




# 东南亚大型稻作灌溉系统的未来

联合国粮食及农业组织亚太区域办公室和  
日本政府资助项目“季风区水稻灌溉评价研究”合作主办

## 研讨会论文集

联合国粮食及农业组织 编



 中国农业出版社





# 东南亚大型稻作灌溉 系统的未来

联合国粮食及农业组织 编  
王永春 译

中国农业出版社  
联合国粮食及农业组织  
2009·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

东南亚大型稻作灌溉系统的未来 / 联合国粮食及农业  
组织编. —北京: 中国农业出版社, 2009. 10

ISBN 978-7-109-13607-6

I. 东… II. 联… III. 水稻-灌溉系统-东南亚-文集  
IV. S511.071-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 188066 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 刘爱芳

文字编辑 张要丹

---

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2009 年 10 月第 1 版 2009 年 10 月北京第 1 次印刷

---

开本: 880mm×1230mm 1/16 印张: 14

字数: 435 千字 印数: 1~3 000 册

定价: 50.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

19 - CPP/09

本出版物的原版系英文，即 *The Future of Large Rice-based Irrigation Systems in Southeast Asia*，由联合国粮食及农业组织于 2007 年出版。此中文翻译由中国农业部国际交流服务中心安排并对翻译的准确性及质量负全部责任。如有出入，应以英文原版为准。

ISBN 978-7-109-13607-6

本信息产品中使用的名称和介绍的材料，并不意味着联合国粮食及农业组织（粮农组织）对任何国家、领地、城市、地区或其当局的法律或发展状态、或对其国界或边界的划分表示任何意见。提及具体的分司或厂商产品，无论是否含有专利，并不意味着这些公司或产品得到粮农组织的认可或推荐，优于未提及的其他类似公司或产品。本出版物中表达的观点系作者的观点，并不一定反映粮农组织的观点。

版权所有。为教育和非商业目的复制和传播本信息产品中的材料不必事先得到版权持有者的书面准许，只需充分说明来源即可。未经版权持有者书面许可，不得为销售或其他商业目的复制本信息产品中的材料。申请这种许可应致函：

Chief, Electronic Publishing Policy and Support Branch

Communication Division

FAO

Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy

或以电子函件致：

copyright@fao.org

© 粮农组织 2007 年（英文版）

© 粮农组织 2009 年（中文版）

# 序

灌溉农业的粮食产量占亚洲粮食产量的40%，足以满足世界粮食需求的三分之一，在全球和地区发展与粮食安全中发挥着重要作用。过去十多年来，亚洲社会经济的迅速发展给灌溉部门带来了新的机会与挑战，其中东南亚大型稻作灌溉系统所受影响最大。1996年，粮农组织在曼谷就“灌溉系统现代化：过去经验与未来选择”组织了地区性专家咨询会。此次会议提出了灌溉系统现代化的新概念，它对今后的理解与努力做出了导向：灌溉现代化就是灌溉系统技术升级和管理升级的过程，若需要，则还伴随着制度变革，其目的是提高资源利用率（劳力、水、经济资源和环境资源）和对农场的供水服务。会议确定并提出了支持和促进灌溉现代化的方案建议。

距1996年的专家咨询会几乎十年之后，在日本政府资助项目“季风区水稻灌溉评价研究”（ESPIM）项目支持下，粮农组织与越南农业和农村发展部水资源研究所于2005年10月在胡志明市召开了“东南亚大型稻作灌溉系统的未来研讨会”，以重新评估其前景和进展情况，确定发展战略、机会和干预方法，从而在改善水资源管理，促进地区协作的背景下促进东南亚大型稻作灌溉系统在未来几十年的可持续管理。来自国际、区域、次区域和各国相关机构与组织的约50位专家和代表出席了此次研讨会。

研讨会讨论了三个关键问题，对这三个问题的解答决定着大型稻作灌溉系统在未来20到25年的发展道路。这三个问题是：东南亚的农业和水稻生产将如何发展？大型稻作灌溉系统的灌溉提供服务需做何改变？正在和将要进行的改革与投资规划如何满足该地区的计划性需要？在对发展情况与战略应对进行讨论时采用了既能反映计划的技术特征又能反映其社会经济背景的类型学分类法。

本论文集是研讨会文章与成果的集合，它为专家、研究人员和政府决策者在可持续农业、水管理和灌溉现代化方面提供了有益参考。我们对研讨会组织者和参加人员的所有努力表示感谢。

助理总干事 何昌垂  
粮农组织亚太区域代表

# 致 谢

本论文集编者衷心感谢日本政府资助项目“季风区水稻灌溉评价研究”对此次研讨会的协办，感谢越南农业和农村发展部水资源研究所在研讨会中的大力支持与合作，特别要衷心感谢各位特邀发言人和与会人员，感谢他们的积极参与和无私奉献，还要非常感谢 Iljas Baker 在语言和技术方面的大力支持。

# 目 录

序  
致谢

|   |     |
|---|-----|
| 执行总结 .....                                  | 1   |
| 引言 .....                                    | 3   |
| 绪论篇 .....                                   | 15  |
| 东南亚大型灌溉系统概况 .....                           | 17  |
| 农业用水管理的综合评估：水稻和水——亚洲的生计 .....               | 32  |
| 影响东南亚农业水资源管理的主要趋势 .....                     | 48  |
| 东南亚大规模灌溉的生态系统、生计和管理 .....                   | 57  |
| 国家篇 .....                                   | 63  |
| 柬埔寨大型稻作灌溉系统 .....                           | 65  |
| 印度尼西亚大型稻作灌溉系统现状 .....                       | 74  |
| 老挝大型稻作灌溉系统 .....                            | 84  |
| 马来西亚水稻产区灌溉系统——挑战和改革要求 .....                 | 90  |
| 缅甸稻田灌溉系统 .....                              | 99  |
| 菲律宾大型稻作灌溉系统的发展与管理 .....                     | 109 |
| 泰国大型稻作灌溉系统 .....                            | 114 |
| 发展灌溉系统促进越南农业可持续发展 .....                     | 118 |
| 问题篇 .....                                   | 125 |
| 东南亚大型稻作灌溉系统性能：FAO 培训项目中应用快速评估方法的经验和教训 ..... | 127 |
| 对东南亚大型稻作项目的几点经济分析 .....                     | 163 |
| 节水灌溉系统：技术、经济和制度问题 .....                     | 178 |
| 从运营者的角度看渠道控制的演变 .....                       | 188 |
| 变革时代的永续性——发展灌溉制度满足需求变化 .....                | 201 |
| 附录 .....                                    | 205 |
| 附录 1 研讨会日程安排 .....                          | 207 |
| 附录 2 与会人员名单 .....                           | 210 |

# 执 行 总 结

在日本政府资助项目“季风区水稻灌溉评价研究”和越南农业和农村发展部水资源研究所支持下，粮农组织（FAO）于2005年10月26—28日在胡志明市召开了东南亚大型稻作灌溉系统的未来研讨会。该研讨会的主要目的是确定发展战略、机会和干预方法，从而在改善水资源管理，促进地区协作的背景下促进东南亚大型稻作灌溉系统在未来几十年的可持续管理。

研讨会前半天到灌溉系统实地考察，后两天半进行大会报告、分组讨论和大会讨论。大会集中在三个关键问题上，对这三个问题的解答决定着大型稻作灌溉系统在未来20~25年的发展道路。这三个问题是：东南亚的农业和水稻生产将如何发展？大型稻作灌溉系统的灌溉提供服务需做何改变？正在和将要进行的改革与投资规划如何满足该地区的计划性需要？来自国际、区域、次区域和各国，包括柬埔寨、中国、印度尼西亚、老挝、马来西亚、缅甸、菲律宾、泰国和越南的相关机构与组织的约50位专家和代表出席了此次研讨会。

除对本地区水资源、水稻、农业、经济与环境的发展趋势和面临的挑战，以及以前所提出和采用的灌溉政策与战略进行了概要回顾和分析外，此次研讨会还有三个主要成果：

- 创建了按社会经济背景和水文特性进行分类的灌溉系统类型分类法，各类型灌溉系统的主要动力、战略应对和发展情况都得以明确和概括（见表1）。
- 在明确发展问题，并对当前战略和选择进行重新评估的基础上，对融资与多功能性、设计与运营、管理与制度、新系统等几方面提出了有关新战略、发展方向和具体行动的建议（见表2）。
- 得出了有关东南亚大型稻作灌溉系统的现状、发展道路和需采取措施的六个一般性结论，即：

1) 现在比以前更要加强灌溉系统及其管理的现代化，以提高其适应性并将其纳入流域管理，同时也更需考虑农业水管理的多功能性。

2) 新的层次联合体被引入到我们对灌溉的理解中，从多种用途和社会联合体，到多种用途、复合生态系统和生计功能，再到农业——社会——经济——生态联合体。

3) 作为对这种联合体的应对，管理需要更加专业化，而且需要对目前的制度改革模式进行评估和检查以适应农民的新需求和新特点。

4) 发展情况、目标和战略将随着灌溉系统的类型及其社会经济环境不同而有很大差异，非水稻驱动因素将在今后的发展中发挥重要作用。

5) 新建议的特点是：避免由意外事件引起的正的和负的外部性，以及由于忽视而导致自治农民应对的发展，要达到对多种用途的明确管理、对农民服务与其他目标的明确认识，并对他们对整体效率和生产率的影响，如抽水，以及农民行为所引发的成本也要有明确认识。

6) 灌溉现代化的重点仍将是改善现有资产的性能，新系统也许仍将在主要的农业经济区和具有比较优势的生态系统中发展，但其计划和评估过程将会进行改革，以遵循完善后的水管理制度。

表1 不同灌溉系统发展情况

| 国家和地方环境   | 经济和农业概况  | 战略与政策                                 | 第一类：<br>水库自流                     | 第二类：<br>河外自流                                  | 第三类：<br>河外抽水                                    | 第四类：<br>联合型                           | 第五类：三角<br>州综合管理                               |
|-----------|--|---------------------------------------|----------------------------------|---|---|---------------------------------------|---|
| 重点是农业外农业后 | 农业高度多样化；资源竞争；高度关注环境；饮食变化；需要保持一定的粮食生产能力；水多功能性因素（更多典型环境问题） | 减少水稻灌溉面积；专业化；提高水分生产率；保护环境和水质；政府投资于现代化 | 0<br><br>优化多种用途；经济上合理；少数节点可用于新系统 | —<br><br>因可靠性差要减少、合并或忽略；转向第三类或第四类；转向不同作物/土地利用 | +<br><br>增加能源花费；作物多元化；在经济上，水稻逐渐变的不合理；少数节点可用于新系统 | +<br><br>灵活性强；农民决定；市场规则（出口可能）（更多使用水泵） | —<br><br>城市化；优化多用途（环境、排水问题，半都市农业，城市化）；作物更加多元化 |



(续)

| 国家和地方环境         | 经济和农业概况                                     | 战略与政策                              | 第一类：水库自流                  | 第二类：河外自流            | 第三类：河外抽水           | 第四类：联合型                          | 第五类：三角洲综合管理                         |
|-----------------|---|------------------------------------|---------------------------|---------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 农业出口为主；<br>中间阶段 | 多元化进行中；人口快速转移；进一步提高粮食安全；需出口水稻以换取外汇；同时稳定水稻生产 | 水稻灌溉面积稳定并适度发展；小型系统开发；提高财政自足能力      | 只在农业上不是经济合理，但也许会扩张        | 0                   | 0/-                | +                                | 短期会扩张，然后由于城市化、海平面上升、盐化作用则又会下降？      |
|                 |   |                                    | 预期多种用途                    | 改善、现代化（无止境）；供给的内在约束 | 由于能源花费（用于水稻）而可能会减少 | 灵活性强；农民决定；市场规则（出口可能）（一些农民使用水泵）   | 优化多种用途；须要大笔开支的排水（环境、排水问题、半都市农业、城市化） |
| 农业为主；<br>发展水平低  | 依赖水稻生产；急需提高粮食安全；拥有比较优势；无可选择；水、生态系统与生计间的关联因素 | 进一步加强水资源开发；进一步增加水稻灌溉；政府资金支持和外来援助加强 | 0                         | +                   | +                  | +                                | 短期会扩张，然后由于城市化、海平面上升、盐化作用则又会下降？      |
|                 |   |                                    | 对水稻来说过于昂贵，但要为未来或多用途结构做出计划 | 成本低；比较优势（与其他选择相比）   | 花费得起的投资；对运行和维护进行补贴 | 灵活性强；农民决定；市场规则（出口可能）（一些富裕农民使用水泵） | 开发水稻系统；尚未城市化                        |

表 2 四个主题工作组的建议

| 财务与多重角色   | 设计与运营  | 管理与制度  | 新的大型灌溉项目   |
|---|--|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 现代化应该以改善用水服务和满足农民需求为目标。</li> <li>2. 改装输水系统以满足多个用户。</li> <li>3. 随着经济发展水平的提高，灌溉财务制度应逐渐从补贴向市场激励、公私成本分摊转变。</li> <li>4. 早期经济应考虑长期发展以协调水资源管理与生态系统服务功能。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 由大学和学院制定优秀的“水资源控制工程”规划；建立国家或地区灌溉现代化中心。</li> <li>2. 继续开展灌溉现代化和快速评估方法的地区培训项目；任何新的投资在投入前都需进行快速评估。</li> <li>3. 修订国家设计标准和运营手册以利用灌溉部门新知识和顶尖技术。</li> <li>4. 重复实验项目以展示现代技术；以较低的成本学习实践经验。</li> <li>5. 考虑利用新的捐赠贷款手段，如可调节项目贷款。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 连续开展运营管理在职培训以促进灌溉管理更加专业化。</li> <li>2. 制定并实施一套评估和执行措施以监测和改善灌溉工作及其外部性，如快速评估方法、基准测试、服务导向的灌溉管理、资产负债表和完善的数据收集与加工。</li> <li>3. 找出现有季风区水稻灌溉方法存在的问题；确定并复制成功经验。把措施主要集中在：最小化交易成本；鼓励参与；促进经费自给；促进实践性用水者协会或联盟的成立；加强用水者协会和联盟的作用。</li> <li>4. 宣传！将这些信息传递给政府。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在转向新的大规模灌溉系统开发前，应对当地土地和水的现有利用价值和开发方案进行综合评估。</li> <li>2. 若提出了新的大规模灌溉开发方案，则设计上必须考虑未来需求会不可避免的产生变化，因而要有足够的灵活适应性。</li> <li>3. 大规模灌溉项目与其他任何项目一样，应在包含社会公正道德、透明和参与性的管理制度内进行计划、建设和运营。</li> <li>4. 若提出了新的大规模灌溉开发方案，则有必要加强努力，提升当地受益人承担各种不同角色的能力。</li> <li>5. 除了总体的经济评价外，实施覆盖整个建筑、运营和维修保养各环节的充分的财务战略也是非常重要的。</li> <li>6. 灌溉项目对当地环境、生态系统和生计的影响需进行严密地评估和监测。</li> </ol> |

# 引 言

Thierry Facon<sup>①</sup>

## 1. 研讨会的理论基础、概念、方法和目标

### 1.1 灌溉系统现代化：以前的共识和发展历程

1996年，FAO在曼谷就“灌溉系统现代化：过去经验与未来选择”组织进行了地区性专家咨询会。召开此次会议的理由是：灌溉农业满足了世界粮食需求的约1/3，占亚洲粮食产量的40%，而它与城市、工业以及环境部门竞争的加剧，限制了灌溉进一步发展可获得的水量。此外，由于可用于进行经济开发的土地和水资源有限，剩余的主要选择就是提高土地和水的生产率。最后的结论是：灌溉系统必须适应农民的需求；供给和需求应尽可能的相匹配；应使水的流失达到最小化；耕作方式须适应社会习惯的变化。

这意味着必须为灌溉系统建立新的目标，而这需要其在自然和管理体系上进行变革。灌溉系统的现代化能解决部分问题，然而，在灌溉部门面临新的挑战情况下，传统的促进现代化的方法和灌溉系统的改良都需要有所变化。此次会议形成了对未来理解与努力具有导向作用的灌溉系统现代化的一个新定义：

“灌溉现代化就是灌溉系统的技术升级和管理升级的过程（而不仅仅是重建），若需要，则还伴随着制度变革，其目的是提高资源利用率（劳动力、水、经济资源和环境资源）和对农场的供水服务。”

会议最后得出结论，尽管由于国家和体系的不同，其特定的理由也会不同，但各个国家都有灌溉现代化的良好判定标准。可用于评估现代化需要的广义标准包括保护水资源、提高水资源分配的可靠性、减少环境退化、支持作物多样化、降低运营和维修成本以及增加农民收入等。更加理想的是能预测并证实可以从现代化行动中得到的益处，而且需要加强对评估程序进展、现行和新项目监测以及孤立因果关系的关注，从而可以更准确的估计益处。强烈需要有更多更好的适应性研究和诊断研究，尤其是加上有效信息传播规划的此类研究。任何现代化项目都有一个基本因素，就是初始情况，这需要调查以确定基本条件。为改善水资源控制而进行的适当的设备选择或升级，对在整个灌溉项目提供优质的输水服务非常重要，而技术进步一定常常伴随着管理和（或）制度变革。

这种软件的变革也许象新机构的正常维护和运营中的培训那样简单，但通常需要的是更重要的制度变革。全部受益人的所有权意识的重要性也得以强调，而尽管目前许多项目中，用水者协会实际上还很弱或不存在，但将来许多为现代化所做努力的普遍成功却依赖于他们的存在和活力，反之亦然。

此次会议中明确要进行的基本制度和政策变革包括：

- 供水服务提供者（如灌溉当局）责任和用水者义务的确立。这可以通过建立个人或用水者协会用水权，或通过对现行灌溉法进行适当修订进行；
- 制定授权法，并提高其执行力。这可以使用水者协会象企业一样运作，他们可以借钱，提供服务时可以签定有法律约束力的合同，还有明确法律保护与法律责任的法律体系；
- 发展政府机构的服务意识；

<sup>①</sup> 水管理高级官员，亚太地区粮农组织区域办公室，泰国曼谷，30 Phra Athit Road, Bangkok 10200

- 实行分散管理以提高运营政策的透明度，方便农民或用水者协会决策，促进农民或雇员激励机制的形成。

会议认为，强有力的领导、各级培训以及升级设计（或程序手册的制定）是促进和支持未来现代化发展的关键因素，并呼吁国际组织和金融机构支持此类行动。

## 1.2 FAO 的回应

FAO 按照专家咨询会的建议采取行动，启动了一个灌溉现代化项目，其主要内容是一个地区培训项目。该项目的目标是在成员国中传播对灌溉系统进行服务导向管理的现代化概念，以促进在农业现代化支持下对所实施的灌溉现代化战略的采用，并提高水分生产率，促进水资源管理一体化。FAO 已编写了培训教材并制定了详细课程（对世界银行培训手册在改善渠道运营方面进行了更新，一系列根据灌溉培训和研究中心材料及其他材料改编的实地培训研讨会的培训材料，一个与墨尔本大学进行的关于灌溉与排水系统战略计划与管理的培训单元），还有对灌溉系统基准与合适的灌溉系统现代化计划进展进行评价的特定工具 [（快速评估方法（RAP）]，以及一个信息与知识发布网站（[www.watercontrol.org](http://www.watercontrol.org)）。该项目的第一次培训研讨会于 2000 年在泰国进行，之后中国、印度、印度尼西亚、马来西亚、尼泊尔、巴基斯坦、菲律宾、泰国、土库曼斯坦和越南均从地区培训项目中得到支持，组织进行了灌溉现代化及其标准的国内培训研讨会。600 多名工程师和管理者得到了该项目支持的培训，而该项目自身也得到了一系列技术和宣传出版物的支持。

该项目正在成员国中产生影响。泰国灌溉部正将该项目介绍的工具与方法应用于项目评估，并将培训研讨会纳入其定期培训项目中。现代化概念将通过一项正在进行的技术援助项目来支持灌溉部门未来的改革和灌溉部重组战略计划。在越南，正在进行的一个世界银行资助项目有很大一部分是灌溉现代化，其概念基础即是通过前期准备阶段的培训引入的，这有助于修订的设计标准的采用。马来西亚已将培训项目及其工具纳入质量与现代化战略：对于该国大米产区现代化的提议，现在产区管理者必须先参加培训，并应用 FAO 介绍的 RAP 对其产区进行评价，在此基础上制定的现代化计划才能提交给决策者。信德省已进行投资项目准备的投入。该项目现正在印度的几个州和中国的一些省迅速扩展，并正在支持着湄公河委员会的运行。

## 1.3 对东南亚大型稻作灌溉系统的前景、发展模式和干预措施进行重新评估的需要及其时机

FAO 于 1996 年召开的灌溉系统现代化地区专家咨询会已经过去了约 10 年了，是时候该对东南亚大型稻作灌溉系统的前景、发展模式和干预措施进行重新评价了。自 1996 年来，这些系统所面临的趋势和挑战已被东南亚国家社会经济的持续增长和农业社会的转变固化并加强了，而切实的削减贫困的挑战依然存在。尽管该地区有些区域是世界上经济扩张最快的地方，但农业仍然是该地区的最主要就业方式。许多流域的水资源分配都从农业流向了城市地区和其他部门。在全球化和贸易自由化的日益影响下，农业生产与政策更快速的向市场导向的耕作制度转变。而全球化和贸易自由化已成为一项重要的国际议程，保护和恢复水生生态系统变的日益重要，并成为各国政府的明确目标。新的挑战已经出现或得到了较好的理解，如伴随全球变暖而发生的气候变化。

近来进行的部门和机构改革极大的影响到水资源管理情况和灌溉部门的机构设置，这种改革给提高灌溉系统的性能又带来了进一步的挑战，而同时也是一种机会。许多在 1996 年的专家咨询会及其后的协商会上得出的改良灌溉系统性能的建议或方案已通过改革规划或项目得到实施，并对他们的影响与结果进行了评价。因此有可能对这些建议进行回顾并总结经验教训，尤其是评价令人失望的结果是不是由于过分集中于灌溉系统自身而导致的，而行动实施的效率低下归因于国家政府和国际社会，方案错误或不当以及其他因素。这种回顾还可以促进成功进展与案例研究的形成。更一般的来说，这种回顾使人们得以对建议从新的或面临的挑战的角度进行评价。

从国际的角度来看，也包括地区和国家的角度，水资源管理的一体化促进了水、环境和农业部门的对话并使对话更富有成效，而这种对话为讨论灌溉的未来和各部门机构间的协作提供了一个更

加综合性的框架，以及对大型稻作灌溉系统多种角色及其在流域、农村生活和生态系统中的地位与相应影响的更好理解。在全球水伙伴东南亚召开的第一届东南亚水论坛（清迈，2003）上，论坛的水和粮食分部强调了第三次世界水论坛京都部长级建议所提到的三大挑战，即粮食安全与减贫、可持续的水利用、知识和协作。归入论坛声明的结论之一就是“东南亚国家应当协作寻找提高并转变大型水稻灌溉系统的道路，以进行参与式分散化管理，提高效率，完善服务，多重利用，通过服务收费和水资源综合管理实现财务可持续。”

## 1.4 东南亚大型稻作灌溉系统的未来区域研讨会

在日本政府资助项目“季风区水稻灌溉评价研究”（ESPIM）项目和越南农业和农村发展部水资源研究所支持下，FAO于2005年10月在胡志明市召开了“东南亚大型稻作灌溉系统的未来研讨会”，以确定发展战略、机会和干预方法，从而在改善水资源管理，促进地区协作的背景下促进东南亚大型稻作灌溉系统在未来几十年的可持续管理。

此次会议试图解决三个关键问题（从中衍生出大量问题），对这三个问题的解答决定着大型稻作灌溉系统在未来20到25年的发展道路，这三个问题是：

- 东南亚的农业和水稻生产将如何发展？在现有人口规划和预期人口变化，营养与饮食预期改变，灌溉和雨养农业区域改变，来自城市、工业和环境用水部门竞争加剧的情况下，农业将如何发展来为预期最终将要减少的农业劳动力提供切实的就业机会？农业供水部门需做何改变来支持该部门按计划发展？
- 大型稻作灌溉系统的灌溉服务提供的需做何改变？大型灌溉系统需做何制度、管理及技术的变革才能够提供用户所需的新的服务范围，并承担其新的功能？
- 正在和将要进行的改革与投资规划如何满足该地区的计划性需要？公共灌溉机构应如何发展以支持新的农业需求？在未来的发展中私人部门会起何种作用？分散化管理如何能变的有效？若需要的话，现有或正在创建中的机构能否成为多用途系统的管理者？是否有灌溉与农业用水管理改革的备选方案，这种方案更能有效地满足部门需求？现有大型水稻灌溉系统管理模式能否满足未来需求？当代的大型稻作灌溉系统投资项目是否充分适应了未来的挑战？现行流域管理模式是否代表了大型稻作灌溉系统可持续管理的最佳环境？

与会的50名专家和代表来自：

- 国家灌溉部门与机构，流域和水资源管理部门及国家水利领导机构；
- 该地区国家，包括柬埔寨、中国、印度尼西亚、老挝、马来西亚、缅甸、菲律宾、泰国和越南的农业部、环境部及学术和非政府组织；
- 区域性团体和机构，如亚洲理工学院和湄公河区域委员会；
- 国际组织，如FAO、国际水稻研究所和国际水资源管理研究所；
- 捐助团体，包括亚洲开发银行与世界银行；
- 国际承认的优秀中心，如加州州立理工大学；
- 国际项目，如农业用水管理综合评价；
- 环境方面的国际非政府组织，如世界自然保护联盟、湿地国际和世界自然保护基金；
- 相关人士。

## 1.5 研讨会程序

研讨会采用了多学科战略程序：

- 评论与水资源管理、社会经济发展、贸易、农业和水稻生产与环境、东南亚大型稻作灌溉系统的现状有关的趋势和挑战；
- 评论国家现行和计划大型稻作灌溉系统的战略、规划和目标；
- 评估以前建议的采用率和有效性；
- 明确主要激励因素的变化；

- 根据大型稻作灌溉系统特点及其社会经济环境分类，概括其未来进展的主要情况；
- 明确这些情况在服务和功能目标、设计、管理、运营、制度、财务、环境和生物多样性及多种用途方面的含义；
- 重新评估现行政策、战略、规划和干预模式，提出新的战略和方向及具体行动建议。

特定项目组织了对灌溉系统（古芝体系）的实地调查以发现不同问题（环境与多功能性、灌溉管理与运营，以及耕作制度）。希望实地调查会将新问题带入研讨会，并使参加者通过对运行中的灌溉系统的面对面的观察产生一定想法。

### 前期建议的评估

在召开研讨会之前，根据六个区域和全球性事件（1996年FAO灌溉现代化专家咨询会，1998年在印度举行的第五次国际产业技术信息服务推广计划网络会议，世界水展望2000，2002和2005年的第一和第二屆东南亚水论坛，国际参与式灌溉管理网络/FAO国际移动通信电子邮件大会）的50条相关建议清单准备了一份调查问卷发给了与会者，问他们这些建议是否已实施或并未实施，有效还是无效，并提供附加评论。这项活动的目的是通过明确有效建议，考虑有些建议的无效性，以及认识有些建议尚未实施的原因来告知大家研讨会的程序。

### 激励与类型

为支持对进展情况和战略应对的讨论，研讨会对该地区的大型稻作灌溉系统进行了分类，并明确了变化的动力。开始，人们认为分类有必要既反映项目设计的技术特征，也要反映其社会经济背景，因为不同的激励方式的适用性不同，或者相同的激励应根据系统的不同类别进行不同的应用，而可能的目标与战略应对也会因类别不同而不同。分类的目的也是为研讨会下一步工作提供指导，即将生产情况、战略和建议尽可能的弄明确和实用。

### 进展情况与战略应对

考虑到所有不同类型体系的不同激励、战略和政策的影响，研讨会分成几个工作组，并将各类中相似的进展情况进行了综合总结。

研讨会接着明确了这些情况在服务和功能目标、设计、管理、运营、制度、财务、环境与生物多样性以及多用途方面的应用。还对现行政策、战略、规划和干预模式进行了重新评估，并对新的战略、发展方向以及具体行动提出了建议。

为此，研讨会分成了多学科工作组，每个工作组都回顾并准备与下列特定主题相关的建议：

- 财务与多种用途。
- 设计与运营。
- 管理与制度。
- 新灌溉系统。

在设计上方案的一项重要的考虑是，在各领域的结论应在工作组间分享，而建议应在总体框架内协调，因而整个研讨会能产生出一系列一致并相互支持的建议。因此研讨会程序中安排了中间的小结和讨论，所有的建议都进行讨论、总结并得到与会人员的全体通过。

研讨会流程总结如图1。

## 2. 地区趋势与挑战

东南亚有40%~90%的人口从事农业或农业相关产业，而农业对GDP的贡献却仅有10%~60%。大部分灌溉农田都是水稻主导型耕作模式，因而该地区的大型灌溉系统的特点也是水稻灌溉，而且实际上灌溉系统也主要是为了支持季风期水稻生产而建设的，另外也为之后的枯水季节水稻种植提供灌溉。一般认为水稻的商品价值较低，但促进该地区作物多样化的努力总是不能为如此

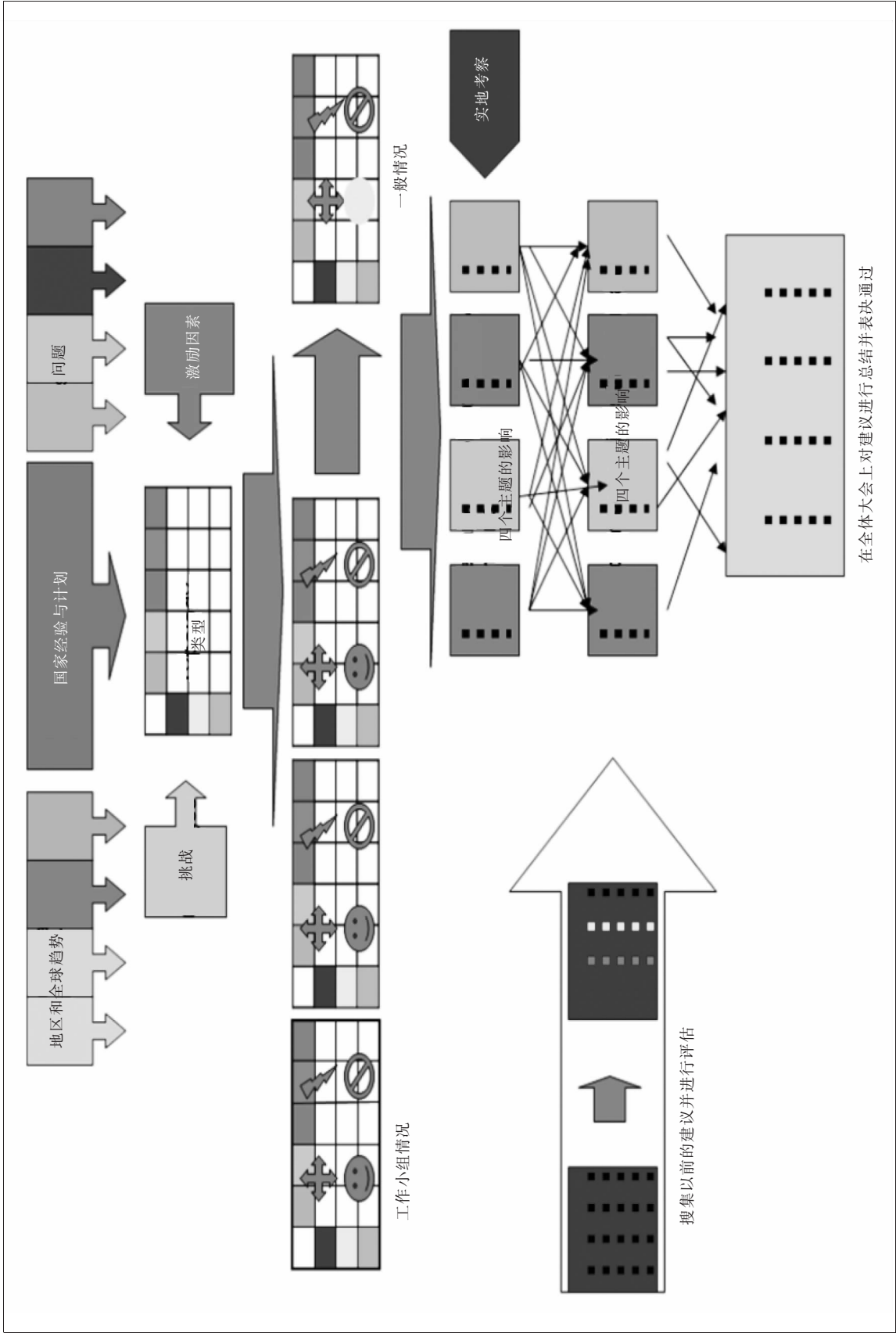


图 1 研讨会程序

大量的农民提供可行的选择。而传统上的非灌溉区的不同作物混种与土地、水资源管理战略的改革似乎为高价值农产品提供了新机会。

灌溉系统的特定特点、水稻消费和水稻生产经济的变化给这些系统提出了未来需要面对的新挑战。尽管该地区的人均水稻消费量在下降，并将继续下降，但水稻仍将是东南亚地区人民的主粮，总需求量将继续增长。数百年来，水稻已经成为亚洲农村地区人口食物、就业和收入的最重要来源。过去 50 年来，水稻产量的增长在满足粮食安全、减少营养不良和贫困上发挥了主要作用，而这主要是通过降低水稻价格来实现的。然而，绿色革命却大大忽略了有近 7 亿人口依靠生产水稻生活的干旱、洪涝和盐化等条件不良地区。亚洲经济持续快速增长与城市化将进一步使妇女在农业中占大多数，并减少水稻种植可用的劳动力，这促进了对高产、低劳动力成本技术的需要。

水稻在种植和生产范围上是独一无二的，他可以适应广泛的农业生态条件，从洪涝的低地到干旱的高原，从湿热状态到寒冷的气候。水稻是一种半水生植物，随着土壤干旱到饱和度以下，产量也会随之降低。因此水稻尽可能的种在潜水层下（低地水稻），这种水稻产量约占全世界水稻总产量的 90%。与流行的错误看法相反，当种植在水淹条件下时，水稻与其他作物的蒸腾作用是差不多的。但是，低地稻田通过渗流、渗漏、流淌和水面蒸发流失掉大量水分，因此比其他作物需要多 2~3 倍的水。这些流失的水大部分可以截获并重新用于下游，因而并未从水稻体系中真正的流失。然而，从低地稻田转变到其他更有价值的作物或用途，包括水产业，是大势所趋。

由于部门竞争和气候变化所导致的缺水情况日益严重，水稻灌溉系统的生产率正受到的威胁（尽管对水稻种植区域缺水的状况、程度或严重程度并没有系统的盘点或量化，但它很可能对生产率造成了影响）。同时，雨养和条件不良水稻生态系统还经历着多种非生物压力，如干旱、盐碱化和不可控制的洪水。

低地水稻生态系统同时具有正的和负的环境外部性，以及独特的生态系统服务功能，而这种生态系统服务功能将受到日益严重的缺水影响。与其他作物相比，低地水稻是甲烷和氨的大型散发器，而一氧化二氮的排放量则较小。然而，低地稻田的甲烷排放量占全世界甲烷排放量的近 10%。低地稻田还扮演着人工湿地的角色，他能从污染的水面去除氮和磷，而从稻田中滤出的硝酸盐通常是可以忽略的。亚洲水稻体系中应用的生物杀灭剂很少，而且正迅速减少。这些生物杀灭剂常常有极高的毒性，它们对人类健康的负面影响极大。稻田提高了地下水位，因而会增加排水较差地区的盐化和涝灾风险。低地水稻所提供的非稻粮食生态系统服务功能是非常重要的，尤其是对于最贫穷的农村人口来说。低地水稻提供的非粮生态系统服务同样也经常被忽视了，如栽培方面、地下水补给、土壤流失的控制、减轻洪水和维持丰富的生物多样性（包括一些独特和濒危物种）等。稻田的多用途与多功能在水资源综合管理讨论、政策改革和制度建设经常被忽略，而人们需要更好地评估其价值。

以前的发展和政策在保证东南亚人口的粮食安全上取得了极大成功，但谷物价格却持续下跌。利益越来越流向城市人口和无地农民，而水稻生产者则受到挤压。满足未来的水稻需求和减少贫困需要做到：提高灌溉、雨养和条件不良生态系统中的资源生产率；减少生产成本和劳动力需求；在供水减少情况下改善水资源管理；开发技术，制定战略以应对气候变化带来的可能影响，包括应对越来越多极端事件的发生。许多地区缺水情况日益严重，这会在水田主导体系改变为需氧型体系，从而在减少负的外部性和维持水稻体系有益于生态系统服务（多功能性）的同时也带来了提高生产率的新挑战。

然而仍然有很大可能通过开发抗旱、抗盐或耐淹水稻品种在环境恶劣的地区提高水稻生产率。但在无胁迫条件下，现有高产品种（近交或杂交）进一步提高单产的潜力已经非常有限了，然而东亚已经跨越的单产差距在东南亚却依然存在。现代高产品种的单产潜力在过去二十多年来已经停滞不前了，但杂交水稻的发展除外。研究为人们在土壤水分蒸发蒸腾损失总量方面提供了提高水稻水分生产率的一些选择，包括早期作物长势控制，蜡质叶片与蒸腾效率，提高营养质含量等，而这些需要与抗旱等其他良好性状结合。若投入适当的话，开发的品种 10 年内雨养低地和旱涝地区可有 50%~100% 的单产上升潜力。

在缺水情况下，为提高水稻生产率和降低生产本来进行一体化技术的开发配置也具有较大可能，但需要更多的研究关注于真正的水资源节约、长期的可持续性与环境影响。综合管理技术和品

种改良在明确的目标环境中可跨越单产差距。在此技术条件下的稻田水平衡应该可量化，以确定在稻田和系统规模上的水资源节约情况。几种节水技术正在开发中，以适应缺水的灌溉条件。然而许多新开发技术的可持续性和环境影响尚未充分被弄清。在雨养和旱涝环境中，技术应以减弱非生物胁迫强度，增强作物存活性和健壮性，以抵抗胁迫以及稳定单产为目标。

### 3. 东南亚（和中国）的灌溉发展

东南亚的灌溉在过去十多年来呈现出集中和分散的双重特点。尽管主要通过管理转变、制度改革、加强治理和参与来完成的软件升级在所有国家都得到了突出重视，但不同国家在硬件体系改良中采取了不同的行动。

印度尼西亚、菲律宾和泰国都结合小规模灌溉的发展，而专注于现有体系的软件升级以更好的开发其潜力，印度尼西亚重视制度强化与部门间的协作；菲律宾进行了政策变革，如“不付费不灌溉”；泰国则采取了参与式灌溉管理。

柬埔寨、中国和马来西亚对灌溉进行了大量投资，而对软件和硬件体系的联合努力也使得灌溉现代化得以启动。柬埔寨获得了国外捐助支持，开启了 20 多个参与式灌溉管理与发展项目，这些项目的内容既包括基础设施重建，也包括制度改革。中国则花费了 40 亿美元实施了全国大型灌溉系统修建项目。马来西亚在八个水稻主产区增加投资，以改良大型灌溉系统。

老挝、缅甸和越南的灌溉也取得了巨大发展，包括各种模式：大型和小型的，自流型和抽水型的，地表水和地下水。而这些都主要集中于硬件设备的建设。而它们的软件体系也以较低的速度发展着。从 1997 年到 2004 年，老挝的灌溉面积增长了 140%。缅甸的灌溉也在 1995 到 2005 年间达到了历史上最快的发展水平，总灌溉面积增加了约 70 万  $\text{hm}^2$ ，这大部分集中于水库体系中。越南从 1975 年开始了灌溉的现代化发展，从 1988 到 1994 年，灌溉面积年均增长率达到 4.58%，且仍在不断扩张中。抽水灌溉在越南起着重要作用，占总灌溉面积的 26%。

到 20 世纪末，东南亚灌溉面积达到 1 800 万  $\text{hm}^2$ ，其中 80% 是用于水稻种植，40% 是由大型灌溉系统灌溉的，大型灌溉系统已成为粮食安全和农村发展最重要的支持体系。尽管取得了巨大成就，人们却普遍认为，由于制度安排和系统设计缺陷、基础设施退化、管理不善以及面对农业和水资源部门快速变化的停滞，这些大型灌溉系统未能如预期的那样发挥作用。农民和实地工作人员通过开发利用地下水，回收利用排水沟渠的水，改变耕作模式，调整放水时间等将自身从各种约束中解放出来。这些变化利用了新的廉价抽水技术和政府补贴，但它们也许会遭到能源价格上升的进一步挑战。

为满足新的需求和迎接新的挑战，不同国家都制定了不同的战略、规划和目标。泰国灌溉部对其水资源情况进行了梳理，专注于为农业生产提供充足用水，提高农民收入并促进经济的可持续发展。并制定了国家战略以提高现有体系的灌溉效率，改善水资源管理，同时促进小型和中型体系的发展。同时，还在参与式管理、联合用水、减轻水患和环境保护等方面采取了相关行动，并在 FAO 支持下启动了一个国家培训项目。马来西亚水利灌溉局将其国家现代化战略集中于水稻产区，并已制定了一项结构明确的详细规划，以改善系统状况和服务质量。在越南，由世界银行和亚洲开发银行资助的投资项目，即包括类似服务导向基础上的大型灌溉现代化部分。中国政府已确立目标，要在未来 25 年内，也即在国家人口从当前的 13 亿达到 16 亿的高峰时，农业部门在不增加耗水量的情况下保证国家的粮食安全（自给率达到 95%）。因此，中国在法律、制度、自然、技术和管理各方面开展了全国性的节水运动。而大型稻作灌溉系统的现代化是其核心组成部分之一，目前已在 200 多个大型项目中实施。

尽管取得了乐观的成绩，但 1996 年现代化的整体进展仍然不大。许多限制因素仍然存在：灌溉现代化的概念仍未得到充分理解和合理采用，有些时候，它只是被用来继续获得修建、运营和维持，或者高度资金集约型的干预资金；政策变化的影响不大，因为它们是基于对盆地和体系效率的贫乏了解上；机构改革也不符合水文循环的复杂性，以及不同管理层间灌溉系统与服务的多功能性的关系；在大部分国家，参与式灌溉管理和灌溉管理转移（PIM/IMT）在提高系统生产率和成本



回收率方面取得了重要进步；书面政策和实地行动的差距非常大；运营和维持的投资非常不足，管理不善仍然是常规而不是偶然现象。总的说来，东南亚大型稻作灌溉系统在控制、水分生产率、单产和对农民的服务质量方面仍然很差。因此有必要明确主要激励因素的变化，大型稻作灌溉系统的类型，以及今后进展和适于选择的可能情况。

#### 4. 系统类型和激励变化因素

研讨会采用了如下东南亚大型稻作系统类型体系：

| 技术标准           | 主要特点 (例子)  |
|----------------|--|
| 1 水库支持，自流型灌溉系统 | 水贮存于大型水库中，通过达到田间的渠道网络自流送水（漳河体系、油町县、上邦板牙河综合灌溉系统）                      |
| 2 河外分流灌溉系统     | 用堤坝将河里的水位抬高，因而可通过达到田间的渠道网络来输送水（SCRIS，菲律宾）                            |
| 3 河外抽水灌溉系统     | 将水抽送到渠道网络，再输送到地里（越南北部）   |
| 4 三角洲水资源综合管理体系 | 三角洲地处低地，有一系列多功能的渠道网络（供水、排水和运输）和水管理设备（盐分控制），以及穿插其中的小型灌溉系统（利用潮汐影响或用水泵） |
| 5 地下水和地表水联合体系  | 地表水利用自流灌溉，地下水则抽水灌溉   |
| 其他标准 城乡灌溉系统    | 靠近或包括城市或工业中心，对水和劳动力的竞争激烈（古芝、漳河、芒盖特）                                  |

明确了该区域的国家或地区各种农业情况及各种农业情况下的目标与战略。

| 国家和地区所处阶段          | 经济与农业状况   | 战略与政策  |
|--------------------|---|--|
| 重点在农业外；<br>产后/产前   | 农业高度多样化；<br>资源竞争；<br>高度关注环境；<br>饮食变化；<br>需保持一定的粮食生产能力；<br>正在进行多样化变革 | 减少、退减水稻灌溉面积；<br>专业化；<br>提高水分生产率；<br>保护环境和水质；<br>政府投资于现代化 |
| 注重农产品出口<br>中转/转口   | 人口转移迅速；<br>进一步提高粮食安全水平；<br>需稳定水稻生产；<br>出口水稻以换取外汇；<br>依靠水稻生产         | 水稻灌溉面积稳定和适度发展；<br>发展小型系统；<br>提高财政自给率；<br>促进水资源开发         |
| 农业为主<br>欠发达/经济发展早期 | 粮食安全的迫切性；<br>具有比较优势；<br>选择余地小                                       | 进一步促进水稻灌溉；<br>加强政府财政支持；<br>外部援助                          |

影响灌溉用水管理的主要因素是：

| 一般因素                 |
|----------------------|
| 粮食安全：国家——地区——家庭      |
| 缓解贫困/地区发展            |
| 加强对环境保护和生态系统管理的关注    |
| 能源和其他化学投入问题          |
| 气候变化（海岸影响——对雨养农业的风险） |

|                                |
|--------------------------------|
| <b>国家特定因素</b>                  |
| 决定出口/进口战略的发展阶段                 |
| 国家预算支持/限制——运行与维护经费减少（也许是限制因素）  |
| 制度改革：区域自治——分散化                 |
| 农业和水管理政策                       |
| 移民：农民/城乡人口平衡                   |
| <b>其他影响变化的因素</b>               |
| 分配的公正性，包括性别方面                  |
| 水库服务的多目标性                      |
| 市场多样化和综合化（需要作物多样性）             |
| 水资源压力：稀缺、水质和竞争用水               |
| 土地复垦                           |
| <b>管理相关目标/因素</b>               |
| 运行、维护与管理的成本效益                  |
| 反应更迅速、更透明的参与式管理                |
| 更灵活的输水系统                       |
| 考虑水的多种用途                       |
| 按需供水（排除技术限制）                   |
| 技术：低成本水泵的可获得性                  |
| <b>补充支持（允许条件）/因素</b>           |
| 世界银行和亚洲开发银行的管理、重建项目战略          |
| 现代化发展过程中，水资源基础设施管理与服务导向管理的能力建设 |

## 5. 进展情况与战略应对

考虑到不同因素、战略和政策在三种情况、阶段下对五种类型系统的影响，研讨会对可能的进展情况展开讨论。各国都有一个共同趋势，就是从农业部门在经济中占重要地位向农业外部门为主转变，而未来这种趋势预计仍将继续。根据经济背景进行更明确的区分，各种类型的大型灌溉计划预计会在以下几方面产生影响：

### 水库自流计划

由于修建大型堤坝成本巨大，因此这种只为了水稻而发展的计划，对农业占主要经济地位的国家来说太昂贵。然而，这些国家可以为未来作出水库计划，因为它适用于注重农产品出口的国家。而这些国家应预见到其非农业用途。优化水库计划的多用途将是那些注重农业外部门经济的国家的优先选择。水除了用于农业外，还可能用于环境、娱乐、能源和城市。

### 河外自流计划

河外自流计划比其他计划的成本要低，因此预计处于经济发展早期阶段的国家会投资于此种计划（部分是因为缺乏选择）。由于这些计划的可靠性较差，中等经济国家会尽量在考虑其内在约束情况下将其现代化以提高其性能。而农业后经济国家则可能会减少此类计划，而转向其他类型，如河外抽水计划或引入地下水和地表水联合利用计划。其他的选择是将水稻计划改成不同的作物或不同土地用途。

## 河外抽水计划

对农业为主的经济类型来说，有运营和维护补贴支持的河外抽水计划也许是支付得起的投资。这类计划不大会延伸到其他类型的经济中，因为种植如水稻等高度水集约型作物的能源成本较高。而以农业外为主的经济将促进作物的多样化，而水稻将会逐步淘汰。

## 联合计划

由于具有高度灵活性，这类计划非常受那些能买得起水泵的农民的欢迎，也因此会延伸到其他所有类型的经济中。在较贫困的经济中，只有少数富裕农民能购买水泵；但在较富裕的经济中，有许多农民已经应用水泵。通过抽取地下水，农民可对市场需求做出更快的反应。由于能源成本上升，抽取的地下水将主要用于经济作物，而不是水稻。

## 三角洲的综合管理

三角洲的综合管理对正在城市化进程中的三角洲经济尤其重要。依赖于农业的早期经济发展的城市化水平不会很高，因而会开发河流三角洲以用于水稻种植。出口导向和农业后经济则不得不通过优化水的多种用途来解决城市化问题。因此，必须考虑城郊农业，环境保护与排水处理的增加的问题。

总之，对于高度依赖农业部门的国家，进一步投资水资源开发，扩展并加强现有水稻计划在经济上是合理可行的。对中等和农业后经济国家来说，农业发展将趋向于以下几个方面：

- 现有大型系统的现代化；
- 依赖于河水与地下水联合利用的小型灌溉系统；
- 河流三角洲地区的综合管理，应将所有部门用水考虑在内。

对这些类型的经济来说，重要的一点就是灌溉计划需进行改变，以适应融合作物多样性的方式。

## 6. 小组建议

与会人员分成四个主题工作组，并根据以下四个不同主题提出建议：

- 1) 财务与多种用途
- 2) 设计与运营
- 3) 管理与制度
- 4) 新灌溉系统

每个小组都要将以前的建议，以及它们的效果及实施情况考虑在内。

研讨会采用了循环程序，通过这种程序，各主题小组进行报告并能对其他小组的工作进行评论。这样可以保证一致性，与会人员可以相互交流建议以使其适于所有四个主题。最终的建议要最后在全体大会上作陈述、修改，并被整个研讨会采用。

### 财务与多种角色

- 1) 现代化应以保证供水的可靠性、公正性和可预见性为目标，并尽可能的满足农民的个别要求。相信农民会适应这种供水，如通过联合用水。
- 2) 输水系统可灵活（技术上和制度上）应用于多种用途（农业、环境、城市、工业、能源生产），从整个河道流域到大型灌溉系统都要如此。
- 3) 灌溉系统的资金（资本和运营与维护费用）需逐步从补贴转向市场激励和公私成本分担机制，就像经济发展一样（早期——转型——农业后）
- 4) 早期经济应该预期，转型经济应该计划，农业后经济则应该协调（社会、文化、制度和政

策) 灌溉区和集水区不同生态系统服务功能的水资源管理。

## 管理与制度

- 1) 东南亚政府应出资进行连续的运营管理在职培训, 以促进灌溉管理更加专业化:
  - 对今天的毕业生也即明天的管理者进行培训;
  - 培训内容涉及灌溉系统所有专业技术水平和所有相关学科;
  - 从该地区和高收入国家借调国外灌溉管理人员;
  - 对农民组织、用水者协会、联盟进行实践培训
- 2) 东南亚的灌溉部门应进行整套评估, 并采取一定措施使其不断优化, 并将服务提供的有效性与对负外部性如环境影响的管理进行比较:
  - 快速评估方法;
  - 标准程序;
  - 介绍灌溉服务提供人员服务相关业绩;
  - 公开账目——资产负债表;
  - 改善并持续进行监测、数据搜集和处理及管理, 以提高服务供给水平。
- 3) 要对该地区现有的参与式灌溉管理方法进行诊断, 并将成功的方法及其背景进行明确和复制。实施参与式管理与管理转型的关键在于:
  - 相对于参与的实际收益来要说, 要最小化交易成本;
  - 创造参与激励并使灌溉服务提供者适应;
  - 自给经费安排;
  - 赋予用水者协会和联盟职能, 明确管理和当地投资方面的权利和义务和行动规划;
  - 完善用水者协会和联盟的服务——要实现这个目标需要支持。
- 4) 宣传! 将这些信息传达给政府。

## 设计与运营

- 1) 自从 FAO 上次进行的咨询会以来, 人们就对大型稻作灌溉系统的运营缺陷存在一个广泛共识: 在现有专业知识缺乏和问题重大情况下, 需要由大学和工程学校来制定良好的水力控制工程规划, 与此相关的是灌溉现代化国家、地区中心的建立。
- 2) 地区现代化培训项目和快速评估方法 (RAP) 应专门针对组织的各级人员进行——高级管理人员、具体操作人员、设计师和工程师。在任何新投资实施前, 都应进行快速评估, 以对系统作出综合诊断, 制定正确的水管理战略, 确定现有的和需要达到的性能基本标准。
- 3) 应修订国家设计标准和运营手册, 以充分利用灌溉新知识和最先进的技术。
- 4) 要重复进行试验项目以展示现代技术, 并以较小的成本学习实际经验。
- 5) 利用新的捐赠贷款手段, 如可调整项目贷款 (APL) (需要较长时间进行设计和实施现代化项目; 典型的五年期贷款时间太短)。

## 新的大规模灌溉项目

- 1) 在进行新的大规模灌溉开发前, 应对该地区土地和水的现有利用价值和发展选择进行综合评估。若计划进行新的大规模灌溉开发, 则要在广泛范围内进行可行性分析, 包括生态、自然、经济、政治、社会和文化合理性。在检查项目可行性时, 这些不同方面都要指导分析和争论。这些程度要在进入正式、法律、通常严格而较窄的“影响评估”之前进行。澳大利亚联邦科学与工业研究组织 (CSIRO) 的五日法和世界水坝委员会指导方针的有关部分是此类国际参考标准。
- 2) 若提议进行新的大规模灌溉开发, 则其设计需考虑未来需求会不可避免的变化, 而其要有足够的灵活性来适应这些变化。随着经济的发展和变化, 土地、水的利用和耕作制度

也会变化，因此，灌溉的功能和服务也会变化。从一个灌溉项目的启动阶段开始，预见这些变化怎么发生就非常重要（如水稻为主的生产向产业多样化转变）。

- 3) 大型灌溉项目也和其他项目一样，需要在一个治理框架内进行计划、建设和运营，而该框架则体现了社会公正的道德规范，它是透明的和参与性的。对灌溉治理的参与不能只限于技术专家和官员，而且应向有关团体和利益集团代表开放。所有利益相关人员的用水权利与义务都应进行公开的谈判并确定，而公正和可持续性为首要的考虑因素。对一个新项目的管理安排从开始就应包括不同利益集团的可靠代表。
- 4) 若计划进行新的大规模灌溉开发，就必须加强当地人群扮演各种不同角色的能力，如地方决策者需了解不同选择及其可行性；政府当局应熟于设计参考条目和合同检查；需设立当地咨询公司，培养当地工程师以提供运营、维护和调整支持，要帮助用水者提高用水效率。当地民间组织和大学应可在治理（如对遵循谈判协议情况进行监督）和问题解决中发挥一定作用。任何一个新项目中都要将支持这种能力的发展考虑在内。
- 5) 除了对总体经济情况进行评估外，实施充分的财务战略也是非常重要的，必须保证完成建设所需的资金。除建设外，还必须有一个合理的战略以保证能得到全部运营和维护所需的资金，该资金来源于项目的所有受益人。
- 6) 灌溉项目不只是供水，他们会变成生态系统的一部分并产生主要影响，如对地下水的水文影响。要对一个项目对水文和大环境的终年影响进行评估，就像对受影响人群的生活进行的评价一样，不管是正的还是负的影响，都要进行评价。

## 7. 研讨会结论

研讨会达成的主要结论如下：

- 1) 尽管人们对大型稻作灌溉系统的运营缺陷存在一个广泛共识，知识上也确实存在，且人们一直在持续有效的努力开发工具，能力建设在有些地方也取得了成效，但东南亚尚未成功的实现现代化。面对现在，展望未来，考虑到农业用水管理的多功能性，现在比以前更加需要促进灌溉系统及其管理的现代化，以提高其灵活性并将其纳入河道流域管理。迅速变革是一定的，另一个可以确定的就是，除非改变管理方式，否则书面的和实际的政策执行将会越差越远。
- 2) 与 10 年前相比，我们对灌溉的理解中加入了新的联合体层次，从多种用途和社会复杂性，到多种用途、多重生态系统和生计功能，再到农业—社会—经济—生态联合体。
- 3) 作为对这种复杂性的反应，管理需要专业化，还需对现有制度改革模式进行评估检查以适应农民的新需求和新特点。管理者和即时服务提供者的能力建设需要持续加强，运营需要简化，还要有正确的信息。数据采集与监视控制系统（SCADA）的进展正在许多国家进行慎重检测。咨询公司和各种民间组织的能力也都非常需要加强。
- 4) 进展情况、目标和战略应对会随着系统的类型和社会经济环境的不同而有很大区别。非稻激励因素在其进展过程中将起到重要作用。
- 5) 与 10 年前提出的建议相比，新建议具有如下特点：从意外事件产生正的和负的外部性和由于忽视而造成自治农民应对的发展，转向了多种用途的明确管理和清楚认识到了农民服务和其他目标，以及其对整体效率和生产力的贡献，如抽水，还有他们所引起的成本支出。还可将此特点归纳为：在哪儿？怎样以及在何种水平上（主要系统、中间分配、农民、联合使用等）为完善服务提供而寻找最实用、最经济的选择？
- 6) 重点仍在现有资产的性能改良上。新系统也许仍在以农业为主的经济体，和在有比较优势的生态系统中发展，但它们的计划和评估程序应进行改革，以坚持完善水资源治理。

# 绪 论 篇



# 东南亚大型灌溉系统概况

Zhijun Chen<sup>①</sup>

## 摘 要

东南亚的大部分大型灌溉系统都是在供给驱动模式下为水稻灌溉而设计的。尽管它们对农业生产与当地社会经济发展起到了巨大作用，但由于传统的不合理制度安排和体系设计，基础设施退化，管理不善以及面对农业迅速转型和供水压力，其却停滞不前，而且人们普遍认为这些大型水稻灌溉系统未实现预期的作用。人口增长、经济发展、城市化和全球化已经发生，并将继续是农业和水部门发生变化的主要因素。预计东南亚地区将是未来三十年内城市化最快的地区，农业用水将面临着更激烈的竞争。同时，农业的多样化、商业化和现代化要求有更灵活、质量更好和用户导向的用水服务。大型水稻灌溉系统正面临着多重挑战。

过去十多年来，国际社会、政府部门和农民已经采取措施，在田间水管理、制度改革、加强治理、系统建设和灌溉现代化等方面采取了一定行动。但迄今为止，进展不大。总体来说，东南亚的大型水稻灌溉系统在控制、水分生产率、单产和对农民的服务提供质量上仍然作用不大。运营与维护的投资严重不足，管理不善仍然是常规而不是偶然问题。因此，我们有必要总结经验教训，对现行战略与规划进行分析，以提出进一步的方案建议。

本文首先概述了东南亚大型水稻灌溉系统的历史进展、现状和限制因素；其次分析了东南亚农业和用水部门的变化趋势，及其对大型水稻灌溉系统的影响；第三是讨论了政府部门与国际社会所采取的应对措施（过去与现在）；第四是对产出与限制因素进行评估；第五是明确了需要解决的问题和可采取的措施。

结论认为，为了更好的应对未来挑战，需采取多种措施和系统的方法对东南亚的大型水稻灌溉系统进行转型，使其从供给驱动向需求驱动系统转变，从而在可靠性、公正性、灵活性和多种用途上提高供水服务水平，也使农民提高农业和水分生产率，更好把握市场机会。

## 1. 东南亚的大型灌溉系统

### 历史进展

亚洲的大型灌溉系统有着悠久的发展历史。世界著名的都江堰灌溉系统于两千年前在今天的中国四川省建造，而且仍在发挥作用，其现灌溉面积为 67 万  $\text{hm}^2$ 。派屋，在公元前 8~6 世纪位于今天的缅甸，是东南亚最早建造复杂灌溉系统的王国之一。农业社会的以国有为主的早期大型灌溉系统使得粮食富足，并解放出劳动力从事其他文化活动，促进了许多早期强大王国的建立。Barker 和 Molle (2004) 在其亚洲现代灌溉发展概述中按照地理政治重要性将其灌溉系统分为三个时期：殖民地时期（1850—1945 年），冷战时期（1946—1989 年）和全球化新时期（1990 年以来）。

殖民地时期的特点是：殖民列强主要通过改造河道发展灌溉以控制饥荒、动荡或反抗，并榨取剩余，如荷兰 1890 年到 1940 年间在印度尼西亚进行的大规模水稻扩张，越南 19 世纪 60 年代到 20 世纪 30 年代间的沟渠发展和稻田扩张，还有缅甸伊洛瓦底江三角洲的开垦。但也有一些例外：泰

<sup>①</sup> 水资源开发保护官员，亚太地区粮农组织区域办公室，泰国曼谷，Zhijun.Chen@fao.org



国的昭柏椰三角洲是在 19 世纪中叶到 20 世纪中叶间开垦的，当时尚无正式的殖民者；多个世纪以前，中国在灌溉上的许多发展都没受殖民项目的影响。

冷战时期的特点是：灌溉迅速发展，这主要通过堤坝、水库和沟渠体系的建造进行，后来是公共和私人支持的地下水开采。从 20 世纪中叶到 20 世纪 70 年代末，许多亚洲国家农业预算的 50% 或者更多都用在了灌溉上。20 世纪 70 年代末，80 年代初，世界银行和亚洲开发银行用于灌溉的借款达到了每年十亿美元的高峰期，但之后到 20 世纪 80 年代末期就下降到不到该水平的一半，原因是 80 年代中期谷物价格的暴跌、建设成本上升和环境保护主义者的日益反对。

全球化新时期的特点是：农业和非农业用水的控制与管理。随着需求增长，水变的稀缺，水污染日益严重，亚洲大部分地区的谷物单产增长缓慢或稳定不变，谷物价格利润下降，亚洲农户越来越依靠非农业收入。通过建造地表灌溉系统或开采地下水促进灌溉面积迅速扩张的时代似乎走到了尽头。人们转而开始关注完善管理，提高现有灌溉系统的性能，以减少财政压力，并增加非农业用水的比重。

表 1 南亚和东南亚公共管理灌溉的进展

| 项 目                     | 殖民地时期<br>(1850—1945 年)  | 冷战时期<br>(1946—1989 年)            | 全球化新时期<br>(1990 年以来)     |
|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 国内和国际机构<br>(或殖民当局)的首要目标 | 抵御饥荒<br>税收<br>出口        | 粮食安全<br>遏制共产主义发展                 | 生计<br>环境保护<br>全球市场<br>出口 |
| 特定事件                    | 饥荒<br>苏伊士运河 (1869 年)    | 干旱 (1965 年; 1972 年、1973)<br>人口增长 | 谷物价格下降<br>全球变暖           |
| 资源可获得性                  | 土地、劳动力丰富                | 土地变的稀缺                           | 水和劳动力变的稀缺                |
| 水利经济阶段                  | 建设                      | 建设、利用                            | 利用、分配                    |
| 发展的专业方向                 | 土木工程师                   | 农业工程师                            | 多学科                      |
| 主要发展的灌溉领域               | 河流改道<br>洪水控制<br>三角洲开挖沟渠 | 蓄水堤坝<br>自流灌溉                     | 水泵和水井                    |
| 系统设计                    | 保护、补充                   | 供给激励                             | 需求激励                     |
| 系统管理                    | 水利                      | 农业                               | 农民导向                     |
| 作物                      | 谷物、棉花                   | 谷物、棉花                            | 多样化                      |
| 种植密度                    | 单作                      | 两作                               | 复种                       |
| 影响生计的因素                 | 自给农业<br>抽取殖民剩余          | 灵活性和经济多样性增强                      | 高度经济多样性                  |
| 水的价值                    | 低                       | 上升                               | 高                        |
| 环境退化                    | 低                       | 严重                               | 高度                       |

资料来源：Barker 和 Molle (2004)

东南亚的灌溉一般都沿着该地区的路径发展，但各地进程不同，呈现多样化趋势。20 世纪 70 年代末，印度尼西亚、马来西亚、菲律宾、泰国和中国达到建设高峰阶段。1985 年后，这些国家的增长率显著下降。但近年来，灌溉投资在马来西亚、中国和泰国又恢复了，这些投资主要集中于大型系统的修建和新的中小型系统开发。柬埔寨、老挝、缅甸和越南在过去二十多年来一直持续有力增长，各种灌溉系统已在设计和建设中。

表 2 1961—1999 年亚洲及亚洲次区域国家灌溉面积年均增长率

| 国家或地区  | 灌溉面积年均增长率 (%) |             | 占总净灌溉面积比率 (总数为 1)<br>1998 年 |
|--------|---------------|-------------|-----------------------------|
|        | 1962—1985 年   | 1985—1998 年 |                             |
| 亚洲     | 2.3           | 2.0         | 1.00                        |
| 东南亚 I  | 2.2           | 1.3         | 0.07                        |
| 东南亚 II | 3.7           | 4.2         | 0.03                        |
| 中国     | 1.9           | 1.4         | 0.34                        |

注：根据三年移动平均值计算，东南亚 I 包括印度尼西亚、马来西亚、菲律宾和泰国，东南亚 II 包括柬埔寨、老挝、缅甸和越南。

资料来源：Barker 和 Molle (2004)

### 近期发展

过去十多年来，东南亚的灌溉发展既有一般趋势，又有多样化发展。一般趋势即软件体系在所有国家都得到了重视，它包括水管理、系统管理、法规、制度和参与性。多样化即不同国家根据各自特定资源条件和农业与经济发展需求，在硬件体系上采取了不同措施。印度尼西亚、菲律宾和泰国主要致力于对现有灌溉系统的软件体系的革新以更好的开发其潜力，同时发展了一些小型灌溉系统。印度尼西亚自 20 世纪 60 年代起启动了大规模灌溉系统的修建和开发项目。从那时起，政府通过加强制度可靠性和有效的部门协作，开始致力于高效的灌溉用水管理。菲律宾一直致力于通过灌溉部门改革和政策创新，如“不付费，不灌溉” (Domingo, 2005) 来增加供水、完善分配、加强规制和提高灌溉效能。泰国受近年来水稻价格上升和干旱的影响，已通过采用参与式管理和改变灌溉进度安排来进一步开发现有大型灌溉系统的潜力，同时还加强了地下水开发。

柬埔寨、中国和马来西亚的大型灌溉投资恢复，并主要集中于通过同时解决软件和硬件系统的问题来促进现有大型灌溉系统的现代化。2000 年，柬埔寨实施了参与式灌溉管理与发展政策，并自此开始致力于该政策的实施。该政策要求灌溉管理权从政府转向用水者协会。而权利成功转移的一个前提条件就是转移前的适当物质优化。为支持此项政策实施，十三家捐助机构，大部分是国际资助机构，包括亚洲开发银行、欧盟和世界银行已实施了 20 个灌溉基础设施建设项目，之后是管理权转移和用水者协会授权。

表 3 1966—1989 年印度尼西亚的灌溉

| 灌溉计划   | 爪哇和马都拉 (hm <sup>2</sup> ) | 其他岛屿 (hm <sup>2</sup> ) | 合计 (hm <sup>2</sup> ) |
|--------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 科学灌溉   |                           |                         |                       |
| 1966 年 | 1 430 000                 | 274 000                 | 1 704 000             |
| 1989 年 | 1 997 000                 | 724 725                 | 2 701 765             |
| 半科学灌溉  |                           |                         |                       |
| 1966 年 | 457 000                   | 301 000                 | 758 000               |
| 1989 年 | 393 295                   | 878 177                 | 1 271 472             |
| 简单灌溉   |                           |                         |                       |
| 1966 年 | 920 000                   | 415 000                 | 1 335 000             |
| 1989 年 | 399 620                   | 446 928                 | 846 549               |
| 合计     |                           |                         |                       |
| 1966 年 | 2 807 000                 | 990 000                 | 3 797 000             |
| 1989 年 | 2 769 955                 | 2 049 830               | 4 819 785             |

资料来源：印度尼西亚国别报告 (本书)

中国政府将节水作为一种战略选择。在进行用水立法革新、制度改革和技术推广的同时，还于1996年启动了全国大规模节水灌溉系统建设，目的是到2015年通过政策革新、基础设施建设、制度改革和技术进步来促进其所有402个大型灌溉系统（每个系统的灌溉面积都超过2万hm<sup>2</sup>）的升级改造。从1996年到2003年，中央政府和地方政府联合投资约40亿美元，建设或开发灌溉面积200万hm<sup>2</sup>，改善用水服务灌溉面积466万hm<sup>2</sup>。这些地区的粮食总体生产能力增加了1100万t，而总体灌溉用水量却下降了120亿m<sup>3</sup>。

马来西亚在其全国发展议程中，将农业部门视为“第三个增长发动机”，并将八个大型灌溉水稻产区定为马来西亚的“水稻主产区”。为支持这些地区的发展，政府对灌溉和排水的投资在过去十多年迅速增长。在马来西亚第七个五年计划中正式制定了灌溉现代化规划，目前该规划正在实施中，其目的是进一步完善灌溉基础设施，同时促进管理、制度和技术的发展。

表4 马来西亚排水灌溉投资支出

| 马来西亚计划    | 时 期        | 农业总投资（百万令吉） | 灌排投资     |       |
|-----------|------------|-------------|----------|-------|
|           |            |             | 数额（百万令吉） | 比重（%） |
| 第一个马来亚计划  | 1956—1960年 | 227.5       | 38.3     | 16.8  |
| 第二个马来亚计划  | 1961—1965年 | 467.9       | 108.5    | 23.2  |
| 第一个马来西亚计划 | 1966—1970年 | 1 114.1     | 342.6    | 30.8  |
| 第二个马来西亚计划 | 1971—1975年 | 7 100.3     | 271.1    | 3.8   |
| 第三个马来西亚计划 | 1976—1980年 | 4 666.2     | 554.8    | 11.9  |
| 第四个马来西亚计划 | 1981—1985年 | 7 671.3     | 396.6    | 5.2   |
| 第五个马来西亚计划 | 1986—1990年 | 7 325.0     | 200.3    | 2.7   |
| 第六个马来西亚计划 | 1991—1995年 | 8 215.2     | 844.6    | 10.3  |
| 第七个马来西亚计划 | 1996—2000年 | 8 139.3     | 1 929.9  | 23.7  |
| 第八个马来西亚计划 | 2001—2005年 | 7 860.0     | 2 170.2  | 27.6  |

资料来源：马来西亚国别报告（本书）

老挝、缅甸和越南的灌溉发展迅速且模式多样：大型和小型，自流和抽水，地表水和地下水都得到发展。其重点是硬件建设，软件体系也得到了关注，但在一定程度上进展速度较慢。从1997年到2004年，老挝的灌溉面积增加了140%。这主要是通过多途径水资源开发来进行的，包括堰坝、水库、抽水系统、分水闸门、传统的堰和石筐坝。一些大型水库系统仍处于设计阶段。缅甸灌溉最显著的增长是在1995年到2005年间，灌溉面积净增70万hm<sup>2</sup>，其中大部分是通过水库系统增加的。越南在1975年国家重新统一前，现代灌溉的发展几乎停滞。1975年后的早期发展也只是小型和中型灌溉计划，而到了1985年到1990年间，越南开始致力于发展大型和多用途灌溉计划。1980年到1987年间，其灌溉面积年均增长率为2.9%，而1988年到1994年间，却上升到4.58%，而这种趋势仍在继续中。抽水灌溉在越南起着重要作用，其灌溉面积占总灌溉面积的26%。

## 现状

从20世纪60年代早期到20世纪末，东南亚的灌溉面积增加了一倍，总灌溉面积达到了1800万公顷。水稻是最重要的灌溉作物，占总灌溉作物面积的80%。若将中国东南部考虑在内，该比例约为75%。柬埔寨的水稻占灌溉作物面积的98%，印度尼西亚、老挝、缅甸和菲律宾的比率都均高于80%。

马来西亚、菲律宾和泰国已修建了102个大型稻作灌溉系统（1万hm<sup>2</sup>以上），总灌溉面积达300万hm<sup>2</sup>，占三国水稻灌溉总面积的44.4%。印度尼西亚有320万hm<sup>2</sup>的稻田由大型水稻灌溉系统（3000hm<sup>2</sup>以上）浇灌，占水稻灌溉总面积的42%。中国有402个大型灌溉系统（2万hm<sup>2</sup>以上），其水稻灌溉总面积占全国灌溉总面积（5600万hm<sup>2</sup>）的30%；5300个中型灌溉系统（667hm<sup>2</sup>到2万hm<sup>2</sup>间）的灌溉面积占全国灌溉总面积的15.5%，而这些系统有50%是用于水稻。

它们也是粮食安全和农村发展的最重要支撑体系。中国将其能用世界 9% 的耕地养活世界 22% 人口的能力归因于其灌溉面积占世界灌溉面积的 20%，而大规模灌溉计划是基本粮食生产的基础。马来西亚的八个灌溉水稻主产区只占稻田总面积的 36%，但产量却占全国的 72%。

表 5 1997—2004 年老挝的灌溉发展

| 年 份         | 雨季 (hm <sup>2</sup> ) |      | 旱季 (hm <sup>2</sup> ) |         |
|-------------|-----------------------|------|-----------------------|---------|
|             | 稻田                    | 其他作物 | 稻田                    | 其他作物    |
| 1997 年      | 164 892               | —    | 26 645                | 25 500  |
| 1998 年      | 216 892               | —    | 53 130                | 30 930  |
| 1999 年      | 250 000               | —    | 75 000                | 40 000  |
| 2000 年      | 280 000               | —    | 100 000               | 100 000 |
| 2001—2002 年 | 307 097               | —    | 214 625               | —       |
| 2003—2004 年 | 310 360               |      | 215 000               |         |

资料来源：Ouanpasith Chounlamany，老挝农林部，2005，个人信息

表 6 2000 年东南亚水稻灌溉

|          | 水稻灌溉面积<br>(khm <sup>2</sup> ) | 全部作物灌溉面积<br>(khm <sup>2</sup> ) | 水稻灌溉比例<br>(%) | 灌溉装备面积<br>(khm <sup>2</sup> ) | 种植密度 (%) |
|----------|-------------------------------|---------------------------------|---------------|-------------------------------|----------|
| 柬埔寨      | 313                           | 319                             | 98            | 269                           | 119      |
| 印度尼西亚    | 5 505                         | 6 575                           | 84            | 4 428                         | 148      |
| 老挝       | 150                           | 186                             | 81            | 155                           | 120      |
| 马来西亚     | 434                           | 501                             | 87            | 363                           | 138      |
| 缅甸       | 1 600                         | 2 123                           | 75            | 1 555                         | 137      |
| 菲律宾      | 1 810                         | 2 067                           | 88            | 1 550                         | 133      |
| 泰国       | 4 531                         | 6 210                           | 73            | 5 004                         | 124      |
| 越南       | 2 550                         | 4 300                           | 75            | 3 300                         | 129      |
| 中国（仅东南部） | 29 621                        | 40 405                          | 73            | 23 295                        | 173      |

资料来源：FAO 水利统计资料（2004）

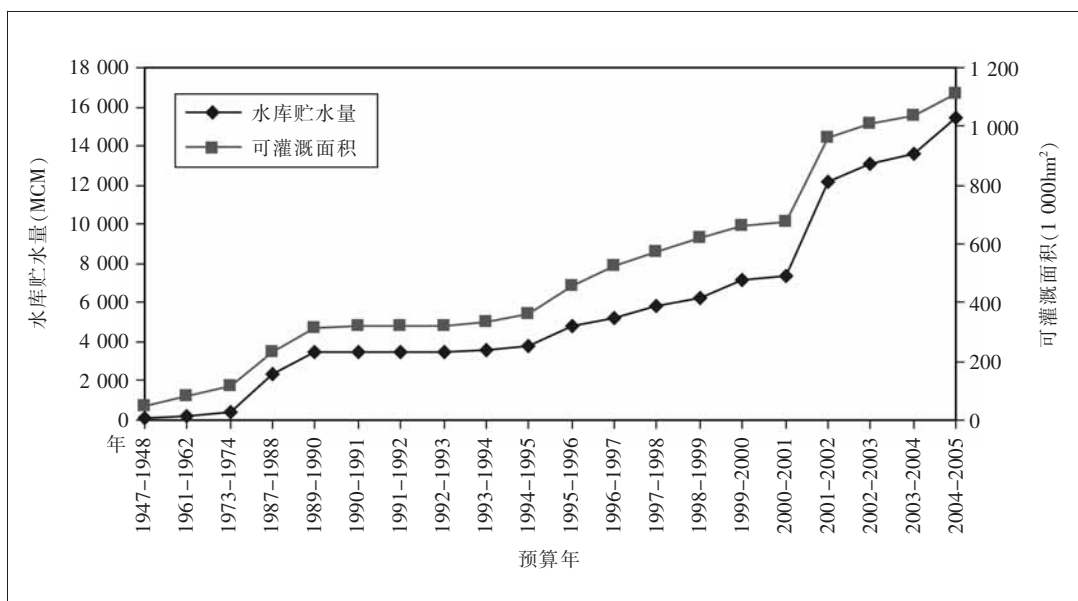


图 1 缅甸水库贮量和可灌溉面积年度变化

资料来源：缅甸国别报告（本书）

表 7 某些东南亚国家（和中国）的大型稻作灌溉系统

|       | 灌溉装备总面积 (kkm <sup>2</sup> ) | 大型灌溉系统 |                          | 大型灌溉面积占总灌溉面积比例 |
|-------|-----------------------------|--------|--------------------------|----------------|
|       |                             | 数目     | 灌溉面积 (kkm <sup>2</sup> ) |                |
| 马来西亚  | 363                         | 4      | 166                      | 45.7           |
| 菲律宾   | 1 550                       | 13     | 236.4                    | 15.3           |
| 泰国    | 5 004                       | 85     | 2 668.2                  | 53.3           |
| 合计    | 6 917                       | 102    | 3 070.6                  | 44.4           |
| 印度尼西亚 | 7 767                       |        | 3 246                    | 42             |
| 中国    | 56 000                      | 402    | 16 800                   | 30             |

资料来源：马来西亚、菲律宾和泰国国别报告（本书）

注：在马来西亚、菲律宾和泰国，大于 1 万 hm<sup>2</sup> 为大型灌溉系统，在中国大于 2 万 hm<sup>2</sup> 为大型灌溉系统，在印度尼西亚大于 3kkm<sup>2</sup> 为大型灌溉系统。

东南亚的大部分大型灌溉系统都是在供给驱动模式下设计的。尽管他们对农业生产和当地社会经济发展起到了巨大作用，但由于传统的不良制度安排和体系设计，基础设施退化，管理不善以及面对农业迅速转型和供水压力，其却停滞不前，人们普遍认为这些大型水稻灌溉系统未实现预期的作用。从 2000 年到 2005 年，FAO 亚太区域办公室对印度尼西亚、马来西亚、菲律宾、泰国和越南的一些大型水稻灌溉进行了系统评估，并明确了其主要限制因素（Facon, 2005）。

组织管理体系一般都是自上而下的，系统计划者、设计者、管理者和受益者没有系统地被整合在一起，而设计标准已经二、三十年没变了，沟渠结构设置也不利于水的控制、管理和系统运营。尽管这些大型灌溉系统的大部分都被设计为多功能系统（自治区、产业消费者），但它们却没有一个有特定的环境目标。大部分计划中都对排出水进行了回流利用，但却没有一个设有缓冲器或调节库。农场及其相关基础实施不发达，系统运转严格按照季节安排而缺乏灵活性。田间操作者报酬极少，而且他们的操作实践也经常与正式的规章制度不同。从干渠到二级沟渠和相应区域范围的供水通常得不到保障，也不公正。有效的监督评估体系没有建立或直接附设在运营机构上，因而管理者不能正确的估计系统的水平衡与效率。

## 2. 未来趋势与要求

### 2.1 人口增长要求进一步发展灌溉

东南亚地区是人口最密集的地区之一，2002 年其人口总数约 5.22 亿，年均人口增长率为 2.1%。33% 的东南亚人口生活在市区，预计城市人口将以年均 3% 的速度进一步增长。粮食安全仍是该地区的主要问题。如表 8 所示，该地区发展中国家约有 13% 的人口营养不良。柬埔寨、老挝、菲律宾、泰国和越南的营养不良人口比重仍然高于全球平均水平。随着未来十几年人口的持续增长，东南亚地区需要进一步增加粮食生产，而灌溉则是提高粮食安全水平的主要手段之一。目前，发展中国家的灌溉农业占全部耕地的 20%，作物总产量的 40%，谷物产量的近 60%。FAO 认为，从 2000 年到 2030 年，要满足未来粮食需求，全球耕地净灌溉面积需增加 4 500 万 hm<sup>2</sup>。预计约 70% 全球谷物产量的增加源自于灌溉。水资源总量丰富，发展水平较低的东南亚是有明显的灌溉发展潜力的地区之一。几个世纪以来，水稻都是东南亚农村人口最重要的粮食、就业和收入来源。尽管人均水稻消费量不断下降并将进一步下降，但当地特殊的季风气候，长期的社会文化传统以及独特的水稻文化决定了水稻仍将是东南亚地区人们的主粮，总需求量仍将继续增长，东南亚的水稻灌溉将进一步发展。

### 2.2 竞争加剧要求提高用水效率

东南亚年均水资源总量 7 000m<sup>3</sup>，约占世界总量的 15%。该地区 90% 多的淡水开采用于农业，大大高于全世界 70% 的平均水平。目前，东南亚 18% 的收获地可以灌溉。这个比率仍低于亚洲的

平均水平。水稻是一种半水生植物，尤其是低地水稻，而低地水稻约占水稻总产量的 90%。稻作灌溉系统的生产率正面临着迅速发展的工业化和城市化所引发的用水竞争的挑战。中国和越南的农业用水开采占全国总开采水量的比例分别从 1990 年的 88.2% 和 92.5% 下降到 2000 年的 67.7% 和 68.1%。总的来说，在东南亚，来自其他部门的用水竞争也许并不是重点，因为预计从 1995 年到 2025 年实际灌溉用水量将从 85.5m<sup>3</sup> 上升到 91.9m<sup>3</sup>，这比其他部门的用水增长慢的多（Rosegrant 等，2002）。然而，一定情况下，来自工业、家庭和环境用水的竞争加剧将给农民带来一定约束，尤其是对于靠近城市地区和干旱年份来说更是如此。这显著改变了我们对水的评估和利用方式，以及水资源的调用管理方式。我们必须用更少的水生产更多的粮食和农产品，同时要维持系统的多种用途。图 2 是中国湖北省武汉附近的漳河水库的例子。30 多年来，该水库用于农业的水从 80% 迅速下降到不到 20%。通过在系统和农场两头采取节水措施，10 万 hm<sup>2</sup> 漳河灌区的农产品产量仅下降一点。

表 8 东南亚（和世界其他地区）营养不良人口

| 发展中地区<br>区域/次<br>区域/国家 | 总人口             |                 |                 | 营养不良人口          |                 |                 | 营养不良人口占总人口比例 (%) |                 |                 |
|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
|                        | 1990—<br>1992 年 | 1995—<br>1997 年 | 2000—<br>2002 年 | 1990—<br>1992 年 | 1995—<br>1997 年 | 2000—<br>2002 年 | 1990—<br>1992 年  | 1995—<br>1997 年 | 2000—<br>2002 年 |
|                        | 百万              |                 |                 | 百万              |                 |                 | %                |                 |                 |
| 柬埔寨                    | 10.1            | 11.8            | 13.5            | 4.3             | 5.2             | 4.4             | 43               | 44              | 33              |
| 印度尼西亚                  | 185.2           | 200.1           | 214.3           | 16.4            | 11.2            | 12.6            | 9                | 6               | 6               |
| 老挝                     | 4.2             | 4.8             | 5.4             | 1.2             | 1.3             | 1.2             | 29               | 28              | 22              |
| 马来西亚                   | 18.3            | 20.9            | 23.5            | 0.5             | 0.5             | 0.6             | 3                | —               | —               |
| 缅甸                     | 41.2            | 44.8            | 48.2            | 4.0             | 3.2             | 2.8             | 10               | 7               | 6               |
| 菲律宾                    | 62.5            | 69.9            | 77.1            | 16.2            | 16.3            | 17.2            | 26               | 23              | 22              |
| 泰国                     | 55.1            | 58.5            | 61.6            | 15.2            | 12.0            | 12.2            | 28               | 20              | 20              |
| 越南                     | 67.5            | 74.0            | 79.2            | 20.6            | 16.7            | 14.7            | 31               | 23              | 19              |
| 东南亚                    | 444.2           | 484.7           | 522.8           | 78.4            | 66.3            | 65.5            | 18               | 14              | 13              |
| 南亚                     | 1 125.3         | 1 242.7         | 1 363.3         | 291.3           | 287.3           | 301.1           | 26               | 23              | 22              |
| 东亚                     | 1 241.5         | 1 307.2         | 1 364.5         | 198.8           | 155.1           | 151.7           | 16               | 12              | 11              |
| 亚太                     | 2 815.2         | 3 039.5         | 3 256.1         | 569.2           | 509.5           | 519.0           | 20               | 17              | 16              |
| 发展中地区合计                | 4 058.7         | 4 431.1         | 4 796.7         | 823.8           | 796.7           | 814.6           | 20               | 18              | 17              |

资料来源：FAO（2005）

## 2.3 农业多样化要求用户导向的供水服务

在过去的 20 年间，贸易在东南亚的重要性迅速上升。农产品国际贸易（农产品进出口平均值）占农业 GDP 比重从 1981—1983 年的 47% 上升到 2001—2003 年的 89%（Dawe, 2005）。全球谷物价格比前三十年下降了 50%，到 2001 年达到了历史最低点，但泰国近年来有所恢复。东南亚的农业已经从传统的水稻种植转向更加多样化和市场导向的作物种植。1990 年到 2003 年间，中国的水稻面积减少了 660 万 hm<sup>2</sup>（19.8%），而蔬菜面积增加了 1 160 万 hm<sup>2</sup>（183.3%），果园面积增加了 430 万 hm<sup>2</sup>（82.2%）。马来西亚的国家政策是到 2010 年将大米自给率从 80% 降低到 65%。农业的多样化要求提供水服务的灵活性和可靠性。

表 9 2000 年东南亚国家（和中国）灌溉用水开采量

|       | 可更新水资源总量<br>(km <sup>3</sup> ) | 灌溉用水需求量<br>(km <sup>3</sup> ) | 需水百分比 | 农业回收用水量<br>(km <sup>3</sup> ) | 回收水占可更新水<br>资源百分比 |
|-------|--------------------------------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------------------|
| 柬埔寨   | 476.11                         | 1.20                          | 30    | 4.00                          | 1                 |
| 印度尼西亚 | 2 838                          | 21.49                         | 28    | 75.60                         | 3                 |
| 老挝    | 333.55                         | 0.81                          | 30    | 2.70                          | 1                 |
| 马来西亚  | 580                            | 1.68                          | 30    | 5.60                          | 1                 |
| 缅甸    | 1 045.601                      | 9.79                          | 30    | 32.64                         | 3                 |
| 菲律宾   | 479                            | 6.33                          | 30    | 21.10                         | 4                 |
| 泰国    | 409.944                        | 24.83                         | 30    | 82.75                         | 20                |
| 越南    | 891.21                         | 15.18                         | 31    | 48.62                         | 5                 |
| 中国    | 2 829.569                      | 153.90                        | 36    | 426.85                        | 15                |

资料来源：FAO 水利统计资料（2004）。

表 10 1961 年、1990 年和 2004 年的东南亚城市化率

| 国家    | 1961 年 | 1990 年 | 2004 年 |
|-------|--------|--------|--------|
| 柬埔寨   | 0.10   | 0.13   | 0.19   |
| 印度尼西亚 | 0.15   | 0.31   | 0.47   |
| 老挝    | 0.08   | 0.15   | 0.21   |
| 马来西亚  | 0.27   | 0.50   | 0.65   |
| 缅甸    | 0.19   | 0.25   | 0.30   |
| 菲律宾   | 0.30   | 0.49   | 0.62   |
| 泰国    | 0.20   | 0.29   | 0.32   |
| 越南    | 0.15   | 0.20   | 0.26   |

资料来源：FAO（2005）

## 2.4 人口转移要求进行新的体系创新

东南亚持续的经济增长和城市化进程同时伴随着人口的大幅转移，大批农民从农村迁移到城市。一些东南亚国家，如印度尼西亚、马来西亚和菲律宾的人口在过去十年间已经减少了，而中国约有 1 亿农民季节性的迁移到城市从事短期工作。除了城市地区部门间的流动与增长外，农村家庭经济也变的更加具有综合性，农户的农业外收入来源多样化，有些地方来自农业的家庭收入甚至低于来自非农业的工作收入。如在菲律宾中吕宋，来源于农业的家庭收入比重从 1985 年的 64% 下到 1997 年的 40%（Hossain, 2000）。由于年轻男性都进入了城市，农户变的老龄化且日益以女性为主。泰国的农业普查数据显示：以女人为户主的农户比重从 1978 年的 12% 上升到了 2003 年的 27%。同一资料来源显示农户户主年龄在 55 及以上的户数比重从 1978 年的 25% 上升到了 2003 年的 34%。这种情况导致农户难以雇到劳动力，并使农村地区的劳动力价格上升。例如，剔除通货膨胀因素后，2002 年菲律宾的农业工资比 1981 年高 60%。这对灌溉的设计、建设和管理产生了重要影响。因此，需要采用劳动节约、成本节约、高生产率和便于运营与管理的创新技术。

## 2.5 可持续发展要求水资源管理一体化

竞争性用水和水资源的分段式管理导致了农村水域和地方环境的迅速退化。中国主要河流水体

的 70% 都被污染；印度尼西亚的流域退化河流数从 1984 年的 22 条增加到 1998 年的 59 条；泰国和越南的红树林和沿海作物都遭到了养虾场的污染破坏。水稻灌溉也造成了一些环境问题，如硝酸盐和杀虫剂造成的面源污染，地下水超采已导致了咸水对沿海蓄水层的倒灌，陆地沉降导致曼谷与雅加达等大城市的逐渐沉没。此外，印度尼西亚、菲律宾、泰国和越南约 140 万  $\text{hm}^2$  的农业区由于灌溉而发生了盐化，中国则有 670 万  $\text{hm}^2$ 。其他与灌溉有关的环境问题还包括渍水、酸排放（例如湄公河）以及虫媒疾病的传播。因此，将大型水稻灌溉系统管理纳入河流流域管理或水资源水域管理是非常重要的。

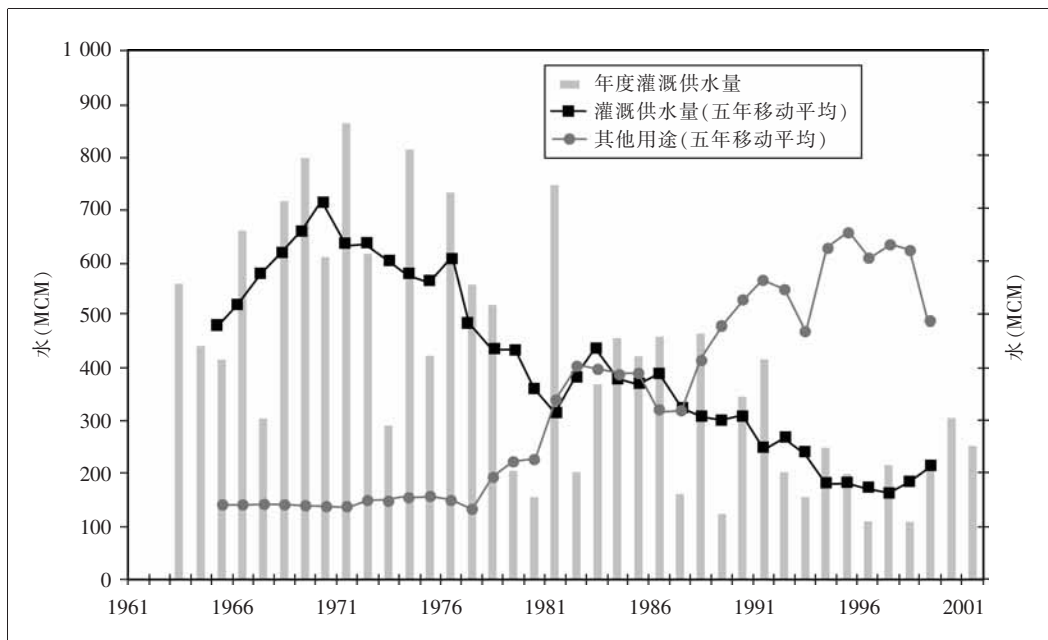


图 2 1965—1999 年中国漳水库年度用水分配

资料来源：Barker 和 Molle (2004)

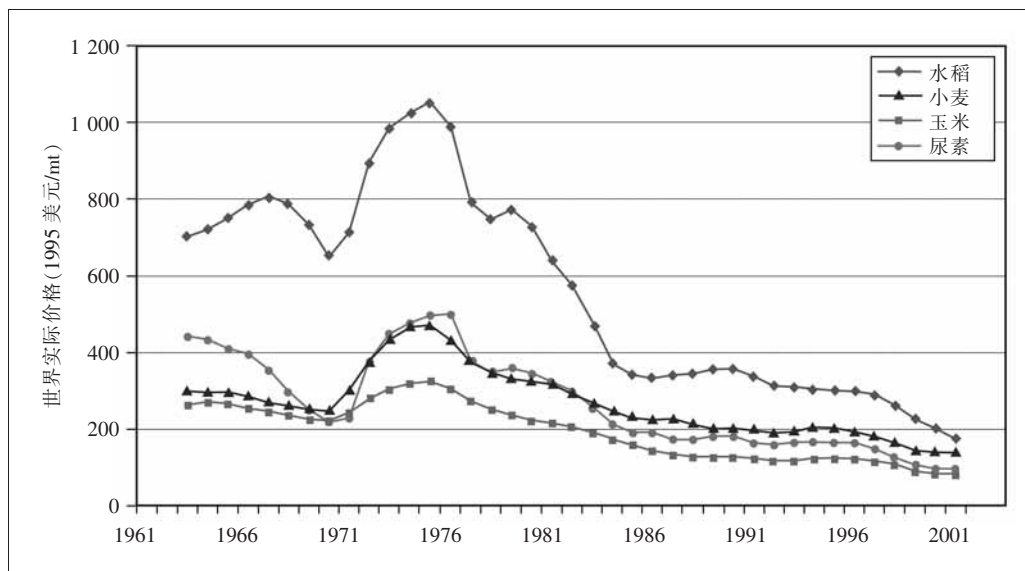


图 3 1995 年世界水稻、小麦、玉米和尿素实际价格 (美元/t)

资料来源：Barker 和 Molle (2004)



表 11 东南亚国家和中国的人口变化

单位：千人

|       | 1990 年    |         |         | 1995 年    |         |         | 2000 年    |         |         |
|-------|-----------|---------|---------|-----------|---------|---------|-----------|---------|---------|
|       | 总人口       | 农村人口    | 农业人口    | 总人口       | 农村人口    | 农业人口    | 总人口       | 农村人口    | 农业人口    |
| 柬埔寨   | 10 437    | 9 077   | 3 650   | 12 158    | 10 315  | 4 214   | 13 810    | 11 307  | 4 764   |
| 印度尼西亚 | 188 260   | 127 192 | 45 285  | 203 038   | 125 808 | 47 940  | 217 131   | 120 465 | 49 957  |
| 老挝    | 4 350     | 3 648   | 1 665   | 4 918     | 4 032   | 1 875   | 5 529     | 4 414   | 2 113   |
| 马来西亚  | 18 817    | 9 042   | 1 967   | 21 431    | 8 962   | 1 902   | 23 965    | 8 687   | 1 795   |
| 缅甸    | 41 927    | 31 348  | 15 858  | 45 502    | 33 339  | 17 198  | 48 852    | 34 728  | 18 437  |
| 菲律宾   | 63 989    | 31 382  | 11 320  | 71 337    | 31 452  | 12 045  | 78 580    | 31 265  | 12 688  |
| 泰国    | 55 806    | 39 172  | 20 139  | 59 084    | 41 003  | 20 438  | 62 193    | 42 564  | 20 348  |
| 越南    | 68 901    | 54 476  | 24 827  | 75 070    | 57 775  | 26 686  | 80 278    | 60 003  | 28 227  |
| 中国    | 1 189 560 | 840 223 | 499 280 | 1 249 499 | 831 635 | 508 201 | 1 302 307 | 808 094 | 510 950 |

资料来源：FAO 水利统计资料（2004）

## 2.6 民主化进程要求参与式管理

灌溉系统的计划和管理已经并正在受到政治民主化进程的影响。政治的民主化进程对政府和公民间的关系进行了重新定义，并对资源获取条件产生了一定影响（Barker 和 Molle, 2004）。全球化时代对此带来了压力，它将传统的自上而下的政府决策与公民社会的权利增强相结合。这是有证据证明的，如在亚洲非政府组织发展过程中，有些非政府组织已经成功的抵制了一些大规模的发展计划。

## 3. 过去和现在采取的措施

### 3.1 过去途径

最初，东南亚对大型灌溉系统性能的改善很大程度上致力于农场水管理。由于这些措施通常是部分的和片面的，因而成果非常有限，对系统的整体效能几乎没产生什么影响。近来，加强治理与制度改革已被高度提上政府议程。但其成效仍然不大，原因主要是：农民能力有限，也没有动力去承担自然条件较差的灌溉系统运营和管理的责任，并为如此差的供水服务付费；还因为改革仍然是局部的，我们对官僚机构采取必要变化的意愿和能力进行了乐观的假定。在技术上新近做了些恢复，大型灌溉计划进行主要系统的建设，但这些工作一般都是按照最初的设计和理念进行的，致力于通过改变渠道来提高沟渠灌溉系统的效能，鼓励更多的农民参与，要求对水定价，成本回收和灌溉管理权转移，而忽视了趋势的变化和农业与用水部门的新要求，忽视了系统设计、运营和供水服务问题。在 1996 年 FAO 召开的灌溉系统现代化专家咨询会上，形成了对未来理解与努力具有导向作用的灌溉系统现代化的一个新定义，即“灌溉现代化就是灌溉系统的技术升级和管理升级的过程（而不仅仅是重建），若需要则还伴随着制度变革，其目的是提高资源利用率（劳动力、水、经济资源和环境资源）和对农场的供水服务。”咨询会还制定了系统化战略以通过参与方法解决相关制度、自然和技术问题。从那以后，国际社会和组织以及东南亚国家政府开始采取多方面的努力，并仍在进行中。

### 3.2 FAO 的近期反应与动向

近年来，FAO、水土开发司、多国际和国家组织合作对此作出反应，出版了一系列关于灌溉系统现代化的技术和宣传出版物，开发了灌溉系统绩效评估评价工具，编写了一套关于灌溉系统现代化的培训材料和单元，实施了灌溉现代化的地区培训项目，创建了灌溉现代化网站，还对国家政府

和部门对其灌溉现代化采取的措施提供支持。该地区项目的目标就是在成员国传播服务导向的灌溉系统管理的现代概念，从而促进有效的灌溉现代化战略的实施，以促进农业现代化，提高水分生产率，并促进水资源管理的一体化。该项目下的第一个培训班于 2000 年在泰国进行，之后印度（安得拉邦）、印度尼西亚、马来西亚、尼泊尔、巴基斯坦、菲律宾、泰国、土库曼斯坦和越南都得到了该地区培训项目的支持，组织进行了灌溉现代化和标准程序的国内培训。500 多个工程师和管理人员受到该项目资助的培训。FAO 所介绍的快速评估方法（RAP）已被世界银行作为其灌溉系统评判标准程序法三要素之一而采用。

### 3.3 政府和国际社会的最新动向

尽管近年来国际社会对灌溉的投资支持在一定程度上减少了，但东南亚国家仍然对灌溉部门制定了雄伟规划和艰巨的目标，尤其是在改良大型灌溉系统方面。比如，泰国灌溉部制定了国家战略以提高现有体系的灌溉效率，改善水资源管理，同时促进小型和中型系统的发展。还在参与式管理、联合用水、减轻水患和环境保护等方面采取了相关行动。其还在 FAO 支持下启动了一个国家培训项目。

马来西亚水利灌溉局将其国家现代化战略致力于水稻产区，并已制定了一项结构明确的详细规划以改善系统状况和服务质量。在越南，由世界银行和亚洲开发银行资助的投资项目就包括类似服务导向基础上的大型灌溉现代化部分。中国政府已确立目标，要在未来 25 年内，也即在国家人口从当前的 13 亿达到 16 亿的高峰时，农业部门在不增加耗水量的情况下保证国家的粮食安全（自给率达到 95%）。因此，中国在法律、制度、自然、技术和管理各方面开展了全国性的节水运动。大型稻作灌溉系统的现代化是其核心组成部分之一，目前已在 200 多个大型项目中实施。

总之，各国政府和国际社会已经和正在采取的各种措施都是通过修订国家水政策和战略，建立国家水体和流域管理组织而，致力于水资源管理的一体化和环境问题。对于灌溉部门来说，其重点就是通过参与式灌溉管理（PIM）和灌溉管理权转移（IMT）进行制度改革，以提高投资回收率，采取需求管理方式，通过用水定价促进效能提高。各国还在灌溉管理与发展中，就促进私人部门发挥作用和公私合作进行了试验。通过实现农业用水的多功能，国家政策已经从工程扩张转向了粮食安全、贫困减少和相关社会目标。一个有关灌溉效能基准测试的国际项目获得了 FAO、国际排灌委员会（ICID）、国际排灌技术和研究计划（IPTRID）、国际水资源管理研究所（IWMI）和世界银行的资助。

### 3.4 农村社会和农民的最新动向

农民和系统操作人员已经适应了各种挑战，包括用水需求增加，地下水开采为农业带来的新机会和限制因素，排水沟渠的水回收利用，耕作模式改变以及泄水时间的调整等。这些变化充分利用了新的廉价抽水技术和政府补贴。在系统运营与管理尚未发生这些变化的地区，官方管理与运营规则和实际的水管理实践却发生了分化现象。总体上，农民仍然对公共灌溉计划的设计和管理以及服务的定义上没有什么发言权。

### 3.5 产出与限制因素

灌溉方面也已取得了一些积极成果。过去十年来，中国的全国灌溉用水效率提高了约 10%。1980 年到 2000 年间，中国的灌溉总面积增加了 670 万  $\text{hm}^2$ ，贫困人口从 2.5 亿减少到 0.29 亿，而总灌溉用水量仍然为 3 500 亿  $\text{m}^3$ ，灌溉用水占全国用水总量比重从 85% 下降到 63%。缅甸的灌溉发展使水稻种植面积从 1988 年的 478 万  $\text{hm}^2$  上升到 2003 年的 654 万  $\text{hm}^2$ ，因此，水稻出口到 2004 年增加到 100 万 t（Naing, 2005）。

尽管取得了一些积极的成果，但 1996 年现代化议程的总体进展不大，其中仍然存在许多限制因素。灌溉现代化的概念仍未得到充分理解和合理采用，有些时候，它只是被用来继续获得修建、运营和维持的资金，或者高度资金集约型的干预资金。政策变化的影响也不大，因为它们是基于对

基础和系统效率的贫乏了解上；机构改革也不符合水文循环的复杂性以及不同管理层间灌溉系统与服务的多功能性的关系。

在大部分国家，水稻参与式灌溉管理和灌溉管理权转移（PIM/IMT）在提高系统生产率和成本回收率方面取得了重大进步。对东南亚大型灌溉系统的评估表明，这些大型灌溉系统总体上在控制、水分生产率、单产和对农民的服务质量方面仍然很差。书面政策和实地行动的差距也都非常大，运营和维持的投资非常不足，管理不善仍然是常规而不是偶然现象。实际系统效能尤其是服务提供经常被高估，因此他们缺乏支持和促进改革进行的能力。另一方面，在总体用水效率方面的系统实际效能可能被低估了，因此，节水获得的潜在收益可能被夸大了（Facon, 2005）。

## 4 问题与措施

### 4.1 急需解决的问题

**类型划分** 东南亚是一个多样化的地区，包括最不发达国家、发展中国家和发达国家。不同的社会经济发展水平对灌溉系统有不同的要求，因此需要确定不同的发展模式与方法。没有一种模式适合所有的国家，在一些国家宣传稻作灌溉系统多功能性的时候，最不发达国家也许仍注重于粮食安全。为解决粮食安全问题，需要不断发展水稻灌溉，而这种发展首先要在那些在土地、水和劳动力资源在水稻种植上具有比较优势的地区进行。但仍有一系列问题要回答：应采用哪种方法？它应该是现有系统的现代化还是扩建新的系统亦或是两者结合？对于新的系统扩张，应采用哪种模式——大型还是小型？地表水或是地下水还是联合利用，利用自流还是抽水？这些问题应通过类型划分来解决。

**水分生产率** 这是在用水竞争加剧情况下，连续将水调用到水稻灌溉的先决条件。与流行的错误看法相反，当水稻生长在水淹条件下时，它与其他作物的蒸腾作用是差不多的。低地稻田通过渗流、渗漏、流淌和水面蒸发流失掉大量水分，因此它比其他作物多需要 2~3 倍的水。这些流失的水大部分可以被截获，并重新用于下游，因而它并未从水稻系统中真正的流失。然而，正如大家所见，水资源的浪费和误用在许多水稻灌溉系统中确实存在，且是可以避免的。因此，这涉及完善水管理和利用，同时要更新水利用效率与生产率的观念和评估方法。

**灌溉服务** 农业多样化和人口转移要求有更灵活、可靠和公正的灌溉服务，以及低成本、劳动节约型的系统运营。大型稻作灌溉系统是为水稻灌溉而设计和建造的，并严格依照程序运营。但它们不适应耕作模式的多样化和迅速转变，大型的复杂工程设计对维护工作的要求也很高。这都需要在以下几方面采取联合行动，包括修改系统设计、改革机构、修建基础设施、管理创新和能力建设等。

**环境保护** 难点在于怎样将灌溉水管理纳入流域水资源综合管理，制定一体化战略，采用系统的方法和操作技术以最小化他们的负外部性，同时维持和进一步发展其正的外部性。另外，最不发达国家也许还要考虑粮食安全的需求和多功能性之间的平衡。

**参与式管理** 大型灌溉系统通常是多种用途设计的，拥有复杂的设备，覆盖范围较广。它们的管理人员要有较高的技术素质和管理素质，在系统运营和管理过程中也需要广泛的协作。有些系统覆盖几个国家、省份，面积甚至超过一个较小的国家。对这些系统来说，参与式管理应与那些国际社会所宣传的小型社区体系采用的参与式管理具有不同的特征。既然农民管理和操作主要系统的能力有限，技术机构和政府也许会继续在系统管理中发挥重要作用。民主决策需要参与式方法，但需要仔细、明确、合适的措施。

### 4.2 专家和机构提出的建议

#### 政策创新

- 水和灌溉政策要与农业和环境政策协调一致，并将其纳入社会经济发展政策体系中；更好的

理解和认识稻作灌溉系统的多功能性。

- 将灌溉现代化的概念和原理融入到现有灌溉系统升级和新灌溉系统的发展之中。
- 将系统目标锁定在水稻生计系统总生产率的同时，要注意不断减少贫困，提高粮食安全水平。
- 制定服务导向的战略计划和管理方法以支持灌溉现代化战略。
- 采用参与式计划和设计程序以将农民的需求纳入系统管理目标。
- 将灌溉官僚机构的权利和责任进一步分化转移到系统管理者和农民组织，以增强运营政策透明度，便于农民或用水者协会参与决策，促进农民和雇员激励机制的建立。
- 推行适当的政策，作好制度安排以对地下水和地表水进行联合管理，并制定合理的资源使用计划。

## 制度改革

- 构建新的框架，该框架要能够处理水分循环的复杂性，灌溉系统的多功能性，并以迅速、负责任和有效的方式向农民提供灌溉和排水服务。
- 采用商业化方法进行制度改革以实现治理和代表性目标以外的特定目标，完善服务导向和责任性，促进分权化管理，并能反映利益相关人员和用水者的多样性。
- 随着劳动力成本上升，未来劳动力和管理人员的短缺，要改变农民的组织模式，促进其专业化，从而扩大服务范围，拓展服务内容，并减少农民的交易成本。
- 通过财务自治、合并、专业化、公私合作、私有化和转向农民组织等方式对公共管理机构进行全面革新。
- 通过为个人或用水者协会设定水权，或通过为现有灌溉法律进行适当修订，来确定灌溉当局的义务和用水者责任，改善政府部门的服务态度。
- 建立授权法，增强能力建设，使用水者协会能以企业模式运营。

## 管理完善

- 采取系统的方式将灌溉系统管理纳入到流域水资源综合管理中。
- 为不同层次（农场、灌溉系统、流域和全国）制订明确的水管理目标。
- 确定系统的方式、程序和方法以完善系统水控制，提高用水服务的公正性、可靠性和灵活性。

## 财务支持

- 动员公共资金用以支持系统和机构向更灵活、高效方向转变。
- 投资政策从以水稻为中心向关注水稻转移。
- 创建新的金融工具，不仅为运营与维护提供资金，而且促进各级农业水管理和基础设施资产的完善与升级。
- 在全国和系统两个层次上提供排水、决策工具和决策数据投资。

## 技术进步

- 通过以下方面完善系统设计，包括采用地表水和地下水联合应用措施，排水循环利用，系统内适当配置缓冲库，完善控制结构设计，运营和调整过程，农场附近供水管道系统，合理的排水系统和增强灌溉系统管理。
- 修订灌溉设计标准，进行灌溉现代化能力建设。
- 研究节水灌溉技术及其真正节水程度，长期可持续性及其环境影响。
- 将远程监控信息控制技术和软件应用于主要排水渠的流出量、注入量和流动速度监测，这是建立反馈机制的基础，也有利于更好的了解系统的水平衡。

- 传播技术，并研究提高沟渠改道灵活性的新方法。
- 制定体积测量与定价的方法，开发相应工具。
- 确定稻作灌溉系统多功能性的评估与定价方法，开发相应工具。

## 国际合作

- 在相关组织、国家机构和政府间进行技术传播与信息共享，尤其是在设计标准、运营战略、服务水平和用水定价方面的互动。
- 寻求资金组织对技术进步、制度改革和工程建设与升级的国际援助。

## 5. 结论

东南亚的大部分大型稻作灌溉系统是在供给驱动模式下为灌溉水稻而设计的。尽管它们对农业生产和当地社会经济发展起到了巨大作用，但由于传统的不合理制度安排和体系设计，基础设施退化，管理不善以及面对农业迅速转型和供水压力，其却停滞不前，人们普遍认为这些大型水稻灌溉系统未实现预期的作用。

人口增长、经济发展、城市化和全球化已经并将继续是农业和水部门发生变化的主要因素。预计东南亚地区将是未来 30 年内城市化最快的地区，农业用水面将面临着其他部门的更激烈竞争。同时，农业的多样化、商业化和现代化要求有更灵活，质量更好和用户导向的用水服务。大型水稻灌溉系统正面着临多重挑战。首选措施就是实行参与式方法的灌溉现代化。

政府部门、国际社会和农民已经采取措施，在田间水管理，制度改革、加强治理、灌溉建设和系统现代化等方面采取了一定行动，并取得了一定成果。但仍然存在诸多限制因素，主要包括：灌溉现代化的概念仍未得到充分理解和合理采用；政策变化的影响不大；水稻参与式灌溉管理和灌溉管理权转移（PIM/IMT）取得了一定进步；这些大型灌溉系统在控制、水分生产率、单产和对农民的服务质量方面仍然很差；书面政策和实地行动的差距也都非常大；运营和维持的投资非常不足，管理不善仍然是常规而不是偶然现象。

为了更好的应对前述缺点和新的挑战，需在战略、制度、财务、技术和国际合作等方面采取多种措施和系统的方法对东南亚的大型水稻灌溉系统进行转型，从供给驱动向需求驱动系统转变，从而在可靠性、公正性、灵活性和多种用途上提高供水服务水平，也使农民提高农业和水分生产率，更好把握市场机会和促进环境的可持续发展。

## 参考文献

- Anon . 2002. Water for food and rural development. *Proceedings of pre-symposium for the third world water forum (WWF3)*, 2002, Shiga, Japan.
- Bakker, M. , Barker, R. , Meinzen-Dick, R. & Konradsen, F. 1999. *Multiple uses of water in irrigated areas: A case study from Sri Lanka*. SWIM paper 8, IWMI, Colombo, Sri Lanka.
- Barker, R. , Li, Y. H. & Tuong, T. P. 2001. *Proceedings of an international workshop held in Wuhan, China 23-25 March 2001* . IWMI, Colombo, Sri Lanka.
- Barker, R. & Molle, F. 2004. *Evolution of irrigation in South and Southeast Asia*. Research Report 5, Colombo, Sri Lanka.
- Chen, Z. & Facon, T. 2005. *Multiple roles of agriculture water management system*. Bangkok, FAO.
- Dawe, D. 2005. *Key trends affecting agricultural water resources management in Southeast Asia*. Paper presented at the regional workshop on the future of large rice-based irrigation systems in Southeast Asia, Ho Chi Minh City, Viet Nam, 26-28 October 2005.
- Domingo, P. T. 2005. *Development and management of large rice-based irrigation systems; Philippine scenario*. Country paper for regional workshop on the future of large rice-based irrigation systems in Southeast Asia, October 2005, Ho Chi Minh City, Viet Nam.

- FAO.** 2005. *The state of food insecurity in the world*. Rome.
- Facon, T.** 2005. *A rapid appraisal procedure to assess the performance of irrigation systems; lessons from an FAO regional irrigation modernization and management training programme in Asia*. Bangkok, FAO.
- Groenfeldt, D.** 2005. *Multiple roles of irrigated agriculture and investment implications*. Background paper for the Comprehensive assessment of water management in agriculture, Santa Fe, New Mexico.
- Guerra, L. C. , Bhuiyan, S. I. , Tuon, T. P. & Barker, R.** 1998. *Producing more rice with less water from irrigated systems*. SWIM paper 5, IWMI, Colombo, Sri Lanka.
- Huang, Y. , Wang, H. , Huang, H. , Feng, Z. W. , Yang, Z. H. & Luo, Y. C.** 2005. Characteristics of methane emission from wetland rice-duck complex ecosystems. *Agriculture Ecosystems and Environment* 105 (2005) 181-193.
- Kristianto, D.** 2005. *Present performance on large rice-based irrigation systems in Indonesia*. Country paper for regional workshop on the future of large rice-based irrigation systems in Southeast Asia, October 2005, Ho Chi Minh City, Viet Nam.
- Maeda, T.** 2004. Bird use of rice field strips of varying width in the Kanto plain of central Japan. *Agriculture Ecosystems and Environment* , 105: 347-351, Morika, Japan.
- Matsumo, Y. , Ko, H. S. , Tan, C. H. , Barker, R. & Levine, G.** 2002. *Accounting of agriculture and non-agricultural impacts of irrigation and drainage systems*. Working paper 43, IWMI, Colombo, Sri Lanka.
- Meusch, E. , Yhoun-Aree, J. , Friend, R. & Funge-Smith, S.** 2003. *The role and nutritional value of aquatic resources in the livelihoods of rural people*. Bangkok, FAO.
- Naing, M.** 2005. *Paddy field irrigation systems in Myanmar*. Paper presented at the regional workshop on the future of large rice-based irrigation systems in Southeast Asia, Ho Chi Minh City, Viet Nam, 26-28 October 2005.
- Renault, D. & Facon, T.** 2004. *Beyond drops for crops — the system approach for water value assessment in rice-based production systems*. Rome, FAO.
- Renault, D. & Montginoul, M.** 2002. Positive externalities and water service management in rice-based irrigation systems of the humid tropics. *Agriculture water management* , 59: 171-189, 2003.
- Rosegrant, M. W. , Cai, X. & Cline, S. A.** 2002. *World Water and Food to 2025*. International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Taniyama, S.** 2002. *Water resources and rice paddy cultivation in the Asia monsoon region*. Tokyo, Japanese National Committee of ICID.
- Ti, L. H. & Facon, T.** 2004. *From vision to action — a synthesis of experiences in least-developed countries in south-east Asia*. Bangkok, FAO.
- Tomith, T. P. , Thomas, D. E. & van Noordwijk, M.** 2004. Environmental services and land use change in Southeast Asia: from recognition to regulation or reward? *Agriculture ecosystems and environment* , 104: 229-244, Morika, Japan.
- Turner, K. , Georgious, S. , Clark, R. , Brouwer, R. & Burke, J.** 2004. *Economic valuation of water resources in agriculture* , FAO water reports 27, Rome.
- UNESCO.** 2003. *World water development report* , 2003. *Water for people, water for life*. UNESCO-WWAP, New York and Oxford, Berghahn Books.

# 农业用水管理的综合评估： 水稻和水——亚洲的生计

主要协调作者：**Boumar B. A. M.**

主要作者：Barker R. , Humphreys E. , Tuong T. P.

参与人员<sup>①</sup>：Atlin G. N. , Balasubramanian V. , Barry G. , Bennett J. , Dawe D. , Dittert K. , Facon T. , Fujimoto N. , Gupta R. K. , Haefele S. M. , Heong K. L. , Hosen Y. , Ismail A. M. , Johnson D. , Johnson S. , Khan S. , Lin Shan, Masih I. , Matsuno Y. , Pandey S. , Paris T. R. , Peng S. , Thiyagarajan T. M. , Wassman R.

## 执行总结和要点

总体情况：要在缺水和非生物压力日益增强情况下维持种植水稻的农民的生计，并满足日益增长的人口的粮食需求，就需要进一步开发和采用能够提高田间和系统生产水平、水分生产率和那些能减少负的环境外部性并维持生态系统功能的低成本技术。

水稻是世界最重要的粮食，它的用水量占农业用水量也最多。水稻产区的生物物理和社会经济环境正在发生巨大变化。面对日趋紧张的资源约束——土地、劳动力和水，必须不断采用新的技术和管理方式，以维持灌溉、雨养和条件不良生态系统中种植水稻的农民的生计，并满足日益增长的人口的粮食需求。尤其要注意一些能够提高水分生产率、保护环境的做法。我们要更好的理解田地、灌溉系统和景观间的交互作用以及水稻景观的各种生态系统功能，以实现农业和环境发展目标。

### 要点 1 有 30 亿人口以水稻为主食，其中有 90%生活在亚洲。

几个世纪以来，水稻都是亚洲农村人口食物、就业和收入的最重要来源。水稻种植的概念赋予水稻不仅是粮食的含义。过去 50 年来，水稻产量的增长在满足粮食安全、减少营养不良和贫困上发挥了重要作用，这主要是通过降低水稻价格来实现的。然而，绿色革命却很大程度上忽略了有近 7 亿人口依靠生产水稻生活的干旱、洪涝和盐化等条件不良的地区。亚洲经济持续快速增长与城市化将进一步使妇女在农业中占更多数，并减少水稻种植的可用劳动力，这促进了对高产低劳动力成本技术的需要。

### 要点 2 水稻具有广泛的环境适应性，在有些其他作物不能生长情况下，水稻仍然可以。

水稻在种植和生产范围上是独一无二的，它可以适应广泛的农业生态条件，从洪涝的低地到干旱的高原，从湿热状态到寒冷的气候。尽管水稻适应水浸，但过深的水会造成其产量下降，而完全淹没则是致命的。水稻是一种半水生植物，随着土壤干旱到饱和度以下，产量也会随之降低。因此水稻要尽可能的种在潜水层下（低地水稻），这种水稻产量约占全世界水稻总产量的 90%。与流行的错误看法相反，当种植在洪涝条件下时，水稻与其他作物的蒸腾作用是差不多的。但是，低地稻田通过渗流、渗漏、流淌和水面蒸发流失掉大量水分，因此它比其他作物多需要 2~3 倍的水。但这些流失的水大部分可以被截获并重新用于下游，因而并未从水稻系统中真正的流失。

---

<sup>①</sup> 2005 年 8 月的作者。在本文随后各版中，对文章修订起重要作用的作为新作者。

**要点 3 水稻灌溉系统的生产率受到水资源日益稀缺的威胁，而雨养和易旱易涝地区的水稻生产则遭受着各种非生物压力。**

高产灌溉水稻生态系统占用了世界开发的淡水资源的 17%~28%，为城市和农村无水水稻消费者提供了廉价食物。许多大型灌溉系统情况很差，管理不善。相对于地表灌溉来说，地下水抽取急速上升，超采已经成为半干旱地区的严重问题。由于城市和工业用水的竞争以及气候变化，水资源在有些地区变的日益稀缺。对水稻种植区域缺水的状况、程度或严重情况还没有系统的盘点或量化，而它很可能对生产率造成了影响。雨养和条件不良水稻生态系统还经历着多种非生物压力，如干旱、盐碱化和不可控制的洪水。

**要点 4 低地水稻生态系统同时具有正的和负的环境外部性，以及独特的生态系统功能（多功能性），而这种生态系统功能将受到缺水日益严重的影响。**

与其他作物相比，低地水稻是甲烷和氨的大型散发器，而一氧化二氮的排放量较小。然而，低地稻田的甲烷排放量占全世界甲烷排放量的近 10%。低地稻田还扮演着人工湿地的角色，它能从污染的水面去除氮和磷，而从稻田中滤出的硝酸盐通常是可以忽略的。与其他温带旱作作物相比，亚洲水稻系统中应用的生物杀灭剂很少，而且正迅速减少。然而，这些生物杀灭剂常常有极高的毒性，它们对人类健康的负面影响极大。稻田提高了地下水位，会增加排水较差地区的盐化和涝灾风险。反过来，它又可以通过滤出根部的盐份来改良盐化和苏打盐化土壤。低地水稻景观提供的非粮生态系统功能常常被忽视，如栽培方面、地下水补给、土壤流失的控制、减轻洪水和包括一些独特和濒危物种的丰富的生物多样性维持。我们要对水稻景观的多种用途和功能进行价值评估。

**要点 5 面对水的日益稀缺和各种非生物压力，需要在保护环境和维护水稻生态系统功能（多功能）的同时以较低的成本生产更多的水稻。**

满足未来的水稻需求和减少贫困需要达到以下几点：提高灌溉、雨养和条件不良生态系统中的资源生产率；减少生产成本和劳动力需求；在供水减少情况下改善水资源管理；开发技术，制定战略以应对气候变化的可能影响，包括应对越来越多极端事件的发生。许多地区缺水情况日益严重，这会在水田主导系统转变为好氧型系统，从而在减少负的外部性和维持水稻系统的有益生态功能（多功能性）的同时，也带来了提高生产率的新挑战。

**要点 6 可以通过在环境恶劣地区开发种植抗旱、抗盐或耐淹水稻品种提高水稻生产率，但在无胁迫条件下，现有高产品种（近交或杂交）进一步提高单产的潜力已经非常有限。**

在过去二十多年来，现代高产品种的单产潜力已经停滞不前了，而杂交水稻的发展除外。若将水稻从 C3 植物转变成 C4 植物，则其单产潜力就会提高，但对其可行性尚未达成一致。理论上，在土壤水分蒸发蒸腾损失总量方面，有多种可以提高水稻水分生产率的方法，包括早期作物长势控制，蜡质叶片与蒸腾效率等，但这些措施还没有付诸实施。提高营养质量的性状需要与其他包括抗旱等良好性状结合。若投入适当的话，10 年内，开发的品种在雨养低地和易发生旱涝地区可有 50%~100% 的单产上升潜力。此外，还需要开发采用管理技术以达到新品种的潜力目标。

**要点 7 在水资源稀缺的情况下，为提高水稻生产率和降低生产成本来进行一体化技术的开发配置也具有较大可能。但需要更多的研究关注真正的水资源节约、长期的可持续性与环境影响。**

综合管理技术和品种改良在明确的目标环境中可跨越单产差距。在此技术条件下的稻田水平衡应该被量化以确定在稻田和系统规模上的水资源节约情况。几种节水技术正在被开发以适应缺水的灌溉条件，这需要在参与式研究中进行深度开发。需要将品种与管理实践集成发展以达到相应环境中的最优单产。许多新开发技术的可持续性和环境影响尚未被充分弄清。在雨养和易发生旱涝的环境中，技术应以减弱非生物胁迫强度，增强作物存活性和健壮性以抵抗胁迫，以及稳定单产为



目标。

**要点 8** 需要对规模效应和水稻生态系统功能（多功能性）有更深入的理解，以制定特定的完善措施，尤其是对于灌溉生态系统来说更是如此。

许多用于完善灌溉系统或提高雨养和条件不良农业生态系统生产率的一般措施也适用于水稻系统。然而，灌溉水稻系统的特征是水流巨大。对现有水的再利用以及田间节水技术的采用对系统的影响的认识需要进一步深化。需要进行更多系统评估以理解灌溉系统各级层次上水的动态平衡和水分生产率。管理实践也需要不断完善，以维持和加强水稻景观的生态系统功能。

**要点 9** 需要采取适当的激励政策以促进水稻生态系统用水的完善。

为提高农业用水效率和公正性的政策、制度和激励措施建议一般也适用于水稻系统。这包括将水定价，可交易水权，水市场，虚拟贸易，提高私人部门在运营和管理及一般农村发展战略中的作用。水稻耕作制度的一个独特特点就规模狭小，有些政策，如体积定价应以农民群体而不是农民个体为目标。随着劳动力和水的日益稀缺，劳动力和水节约型作业及抗旱水稻品种的开发与传播将成为研究的优先领域。

**趋势与条件**

## 1. 水稻在粮食安全与贫困削减中的作用

### 1.1 水稻生产

大约有 30 亿人口都吃水稻，以水稻为主食的人口占地球上最多数。世界水稻的 90% 是在亚洲生产和消费的。水稻种植在有些亚洲国家占到收获面积的一半以上，水稻摄入占总热量摄入的 20%~40%。大部分水稻种植国家的一个重要政治目标就是水稻产量达到自给，并通过库存的国内调拨和调整来维持价格平稳。水稻的国际贸易量仅占约 5%，而小麦为 18%，玉米为 11%。过去 40 年来，亚洲水稻产量的增长与人口的迅速增长同步进行，现在稳定在年均增长 5.5~6 亿 t 的水平上，人均水稻产量比 20 世纪 60 年代中期增长了 18%。水稻产量的增加很大程度上是由于灌溉面积的增加和灌溉水稻单产（t/hm<sup>2</sup>）的提高。

### 1.2 水稻生产与贫困减少

灌溉系统生产的水稻剩余有助于粮食安全，并帮助减少日益增长的城市贫困人口。灌溉水稻产量的增长（绿色革命）是发展高产品种、扩大灌溉面积和增加水、化肥与农药等投入共同作用的结果。通过提高收获指数、矮化和抗倒伏性，高产潜力得以实现。多年来，短生长期（允许多熟种植）和对主要病虫害的抗性都被引入了高产品种中。能够充分灌溉降低了生活贫穷的可能性。然而，贫困减少的主要原因是水稻产量增加而引起的价格下降。现在世界水稻价格仅为 20 世纪 80 年代早期的 25%，各国的价格也呈现出相同趋势。种植水稻的农民承担了低价的冲击，而水稻消费者，尤其是低收入消费者是最大的受益人。特别是城市劳动阶层、农村无地人群和小的边缘生产者（净消费者）都从水稻低价中受益。

尽管绿色革命在条件较好的灌溉生态系统中取得了成功，大幅提高了产量，但它却忽略了条件不良的易旱、易涝和易盐化的地区。近 7 亿人口在这种环境中以水稻生产为生，这些地区主要分布在南亚和东南亚地区。雨养面积占比例较大的国家和地区，贫困的发生率也较高。这些雨养地区现在成了世界上主要的饥饿和贫困热点地区。提高主要粮食如水稻的生产率，对解决这些地区的饥饿和贫困问题是非常关键的。

### 1.3 亚洲的水稻文化与经济

几个世纪以来，水稻已经成为亚洲大部分地区的主要粮食，也是亚洲农村人口就业和收入的最

重要来源。目前，亚洲估计有 2.5 亿个农场种植水稻，其中大部分是家庭型，平均规模从不到 0.5~4hm<sup>2</sup> 之间。许多水稻都用于家庭消费，市场化率很低。亚洲国家的水稻生产系统具有极高价值，因为它与文化、农村社会、自然资源和环境的联系非常紧密。水稻从各个方面影响着日常生活。水稻文化的概念赋予水稻不仅是生产和消费目标的特别含义。有许多传统的节日和宗教活动与水稻栽培有关。许多古老王国和小型社区就是在修建水稻灌溉设施的基础上建立起来，从而稳定水稻生产。这些水文社会的衰落常常是与缺乏能力管理水资源相关。

从上世纪起，亚洲日益城市化。同时，农村和城市的界限变的模糊了，越来越多的家庭有来自两个世界的成员。1950 年，亚洲人口有 17% 是城市人口，但这个比例现在是 40%，到 2025 年则将超过 50%。随着水稻价格下降，曾经主要依靠水稻收入的农民，现在则有一半或更多的收入来源于非水稻，包括非农来源。例如，1985 年到 1997 年间，中吕宋的水稻种植户中，来源于水稻的收入从 48% 下降到 35%。泰国也同样有下降的趋势。

随着经济发展，农村部门经历了重大变化。年轻人，尤其是男性都离开农村到城市或海外寻找工作，并汇款给他们的农村老家。许多情况下，农村经济正变的女性化和老龄化。农业的女性化似乎仍将继续加剧。

工业和服务部门增长对劳动力的需求促进了工资增长。农场就业不合人意，而且在高峰期很难找到关键作业的劳动力，如移栽、除草和收获。随着工资增长和劳动力短缺，机械化在土地平整和收获中变的更加普遍，尤其是在灌溉地区。农民从人工除草转向应用除草剂，从移栽改为直播。20 世纪 90 年代末，亚洲估计有 1/5 的种植面积是直播的，预计这个比例将来还要继续上升。

## 2. 水稻生态与水文

### 2.1 水稻生态

水稻在主要粮食作物中是比较独特的，它能在广泛的水文条件、土壤类型和气候环境下生长。按照水稻生长的水文条件，水稻环境可以划分为灌溉水稻、雨养或不良生态系统。灌溉低地水稻生长在每年可保障一到多种作物灌溉的有堤坝的田间。通常，农民尽量让地里的水（洪水）维持 5~10cm 的深度。全世界约有 7 900 万 hm<sup>2</sup> 灌溉低地水稻。雨养低地水稻生长在堤坝田间，雨水至少可以淹没作物生长季节的一段时间，水深超过 100cm 而不超过 10 天。全世界约有 5 400 万 hm<sup>2</sup> 雨养低地水稻。不管是灌溉还是雨养低地，田地作物种植的主要常规方法就是移栽。在易涝生态系统中，田地周期性的遭受过多的水和不受控制的深水淹没。全世界约有 1 100~1 400 万 hm<sup>2</sup> 易涝地。陆地稻生长在旱地中，不用灌溉和耙地，面积约为 1 400 万 hm<sup>2</sup>。

在有些水稻产区，水稻单作，每年两熟。但是，大部分稻区还和其他非稻作物轮作，包括 1 500~2 000 万 hm<sup>2</sup> 的稻麦体系，其中大部分是灌溉的。在这样的系统中，对水稻有利的栽培作业常常与对非稻作物有利的作业相悖，反之则亦然。

### 2.2 水稻植株

栽培稻的祖先是一种半水生的多年生植物，它在禾本科植物从林中空地转向更开阔的地方之前，就从其他禾本科植物里分离出来了。水稻的湿地血统表现在许多形态学和生理学特征上，而这些特征在作物品种中是独一无二的。水稻与其他谷物的关键不同是，有芽和根部的解剖结构、水分流失模式、对比饱和状态还干的土壤水状态的生长反应。

水稻对缺水尤其敏感，当土壤含水量低于饱和度时，就会影响到水稻的生长和产量，主要是减少叶面积，降低光合速率和库的大小。雨养系统中，干旱威胁在生长期内随时都会发生，尤其在花期前后其破坏性极大。水稻在营养生长期对胁迫的抗性和生殖生长期的没什么影响。水稻抗旱性状的遗传分析表明，水稻在干旱胁迫下的籽实产量是多个基因影响的综合结果。不管是生殖生长期还是营养生长期的，能够对育种有较大影响的抗胁迫基因都还没确定。筛选抗旱品种是非常麻烦的，因为会断续的发生自然胁迫，而且植物物候学和胁迫敏感性间具有紧密联系。

尽管水稻适应了水浸，但完全的淹没却是致命的。大洪水对不同的生长期的影响是不同的，萌芽对洪水是高度敏感的。短期的洪水加速了植物的能量损耗，增加了死亡率。当水位下降时，高的植物容易倒伏，这导致了额外的产量损失，子粒的质量也差。在洪水期长时，基因型水稻需要能迅速伸长以使其叶片暴露在水面之上。这种系统的生产率是较低的，因为植株伸长需要耗费较高能量。若被完全淹没三天以上，大部分现有品种水稻都会被严重破坏。育种进展非常缓慢，因为抗性非常复杂，它涉及到多个性状，还有就是环境复杂，而且同时存在多种胁迫。

水稻是一种盐敏感作物，其盐浓度阈值为  $2\sim 3\text{ds/m}$ 。盐分胁迫通过渗透胁迫、盐害和营养失衡影响水稻。水稻的耐盐性是复杂的，并随着发展阶段的不同而不同。水稻在生殖生长期和出苗早期对盐度最为敏感。一个阶段的抗性与其他阶段的抗性没有相关性，一个阶段的抗性基本特征也与其他阶段也不相同。这表明需要将不同阶段的抗性性状/基因进行综合。由于这种复杂性，并涉及多个性状，因此耐盐育种进展较为缓慢。而且，盐度常常与其他盐分相关胁迫，或短暂的潮汐淹没相伴。

## 2.3 用水和水分生产率

世界上约 90% 的水稻产自所谓的低地稻田。传统上，低地水稻要在苗床上培育，然后再移栽到大田里。大田则一直保持连续或断断续续的蓄水状态。土地准备包括浸水、耕地和耙地（也就是在浅水中耙地或翻地）。耙地是为了控制杂草，并降低土壤渗透性，减少渗漏流失，便于土地平整和移栽。

低地稻田在土地准备中需要用水，还需要很多水用于作物生长过程中的渗流、渗漏和蒸发蒸腾作用。在耙地和移栽前，土壤要浸透水，而且一般一直快到收获时都保持蓄水状态。渗流是横向的地下水流，渗漏是根系下的下降水流。渗流和渗漏的典型综合量从高度黏性土的  $1\sim 5\text{mm/d}$  到砂土和砂壤土的  $25\sim 30\text{mm/d}$ 。蒸发是从水层表面或土壤表面进行，蒸腾则是植物从土壤中吸收水分并将其释放到空气中的过程。热带稻田里蒸发蒸腾作用的典型综合量从雨季的  $4\sim 5\text{mm/d}$  到旱季的  $6\sim 7\text{mm/d}$ ，但在亚热带地区季风来临前可能会高达  $15\text{mm/d}$ 。堤坝上的水流（或说地表径流）是当水深超过稻田堤坝时的溢出水流。

低地水稻的蒸腾率与其他谷物相同，但土壤和水面的蒸发率却高的多。如果种植水分条件适当，现代水稻品种可以与其他 C3 谷物如小麦，具有差不多的蒸腾效率（蒸腾水分生产率），大约是每蒸腾一立方米水为 2kg 谷物。

已经获得的少量数据表明，水稻的蒸发蒸腾作用水分生产率与小麦的类似，每蒸发蒸腾一立方米水约为  $0.6\sim 1.6\text{kg}$  谷物，平均为  $1.1\text{kg}$ 。玉米是 C4 作物，这个值要高的多，每蒸发蒸腾一立方米水约为  $1.1\sim 2.7\text{kg}$  谷物，平均为  $1.8\text{kg}$ 。然而，稻田的总水分投入（降雨加灌溉）约比其他谷物多两到三倍。稻田的总季节性水分投入从少到浅层地下水高度黏性土的  $400\sim 600\text{mm}$ ，到深层地下水粗糙构成土壤（砂土和砂壤土）的超过  $2\ 000\text{mm}$  不等。亚洲灌溉水稻的典型平均值约为  $1\ 300\text{mm}$ 。总水分投入的生产率为每立方米水可产  $0.2\sim 1.2\text{kg}$  谷物，平均为  $0.4\text{kg}$ 。由流掉、渗流和渗漏产生的非生产性径流在浅层地下水黏性土中约占水分总投入的  $25\%\sim 50\%$ ，在深层地下水粗糙构成土壤中则占到  $50\%\sim 85\%$ 。虽然渗流和渗漏在田地里流失掉了，但它们通常在下游被汇集并重新利用，而并未造成灌溉地区或流域范围内的真正损耗。稻田内渗流和渗漏所造成的未回收损失的比率和数量还尚未可知。

## 3. 水稻生态系统

### 3.1 灌溉生态系统

灌溉水稻产量占世界水稻总产量的 75%。绿色革命引致了生产率的迅速增长，尤其是在 20 世纪 60 年代到 80 年代的灌溉地区。现在，亚洲各国平均灌溉水稻单产为  $3\sim 9\text{t/hm}^2$ ，总体平均值约为  $5\text{t/hm}^2$ 。灌溉水稻获得的水占世界所开发淡水资源的  $17\%\sim 28\%$ 。世界灌溉总面积约有 56% 在

亚洲，而水稻占亚洲净灌溉面积的 40%~46%。在东南亚，水稻占灌溉面积的 64%~83%，东亚为 46%~52%，南亚为 30%~35%。灌溉水稻在雨季进行补充灌溉，在旱季则完全依靠灌溉。处于亚热带地区的中国的北部和中部，印度西北的恒河平原和巴基斯坦的雨季灌溉水稻种植占主导地位，并高度依赖于灌溉。旱季灌溉水稻集中于中国南部、印度南部和东部以及孟加拉。水稻灌溉面积比重从 20 世纪 70 年代末期（35%）到 90 年代中期（44%）大幅增长。这是由于灌溉面积的增长，同时也是由于陆地稻和深水稻种植的大幅下降。过去十多年来，亚洲总灌溉面积的增长已开始变缓，预计在 1995—2020 年间将以年均低于 1% 的速度增长。水稻价格低下，灌溉系统性能较差而修建成本高昂，以及对于大型堤坝建设的环境抗议是造成灌溉面积增长率下降的深层次原因。从 20 世纪 80 年代以来，亚洲灌溉面积增长的大部分并不是用于水稻种植。如印度，1960 年的灌溉总面积的 45% 是水稻，但到 1992 年这个数字却下降到了 30%。

灌溉水稻生产只是在最近才进入到印度河恒河平原西北的渗透性土壤这类非传统水稻种植区。从 20 世纪 60 年代中期到 80 年代末，随着高产品种引入，化肥施用增加，公共投资于灌溉系统和私人投资于地下水抽取来保证了灌溉，以及所采取的一些优惠政策（投入补贴和谷物最低价格支持计划），水稻种植面积、单产和总产量都迅速增加。然而，目前急需考虑的一个问题是灌溉水稻在这些地区维持目前生产水平的可持续性，因为地下水位急速下降，并且还需要削减与促进水稻生产的政府政策相关的巨额财政支出。

### 3.2 水稻生产比较优势的转移

水稻在亚洲的生产比较优势正在转变。二战前，三角洲地区（孟加拉、柬埔寨、印度东部、缅甸、泰国和越南）拥有水稻生产的比较优势，是水稻出口的重要来源国。然而，最早受益于绿色革命的地区是这样一些地区，即随着水库的修建，灌溉两熟水稻成为可能，另外私人抽取地下水发展迅速的印度河恒河平原西北部也是受益区。由于政治的原因和（或）对洪水治理的不力，三角洲地区并未能充分利用水稻新技术。而过去 15 年到 20 年来，在低成本抽水技术的帮助下，三角洲地区又重新取得了比较优势。这一时期内，三角洲地区在水稻生产与出口上都取得了最迅速的增长。运用抽水机提高了对水的控制，三角洲地区可以在洪水前后各种一季水稻，使水稻免于深水淹渍。总之，水稻生产在那些水资源和廉价劳动力丰富的地区比那些水资源稀缺的地区收益丰硕。

### 3.3 灌溉供水基础设施

私人部门在地下和地表水灌溉管理中作用的加强改变了用水管理的激励因素。亚洲现有地表灌溉基础设施的大部分都是为雨季的水稻补充灌溉而设计的。大型系统都属于供给驱动模式下的公共管理，不用对用户负任何责任。由于支持不足，它们一般都情况较差，管理不善，对农民提供的服务也较差。许多国家的设计标准与运营已经有 20 年到 30 年没有任何变化了，这也是它们性能较差，未对农业耕作制度和农民服务需求的变化及其在旱季的延伸作出反应的原因之一。在自流系统中，水定价要不低于运营与维持成本，要不甚至根本没有定价。公共部门的一般措施就是修建，却将维持成本负担转移到农民身上，大量投资于渠道衬砌，而结果却令人怀疑。

20 世纪 60 年代以来亚洲半干旱地区地下水灌溉面积的大幅增长是一个重要趋势（如，印度河恒河平原西北部和中国的黄淮海平原）。更近一段时期来，水泵在季风区的应用迅速增加，促进了水稻向高价值作物转变的多样化。在有些地区，私人系统中，除电费有补贴外，用户还需支付油费和维持成本（如印度河恒河平原）。承担水泵成本的用户就有动力去通过更好的管理水来使成本最小化。

### 3.4 灌溉生态系统缺水

尽管全世界缺水情况都日益严重，但却还没有对水稻种植区的缺水情况进行系统的清查、阐明或量化。据估计，到 2025 年，约有 1 500 到 2 000 万  $\text{hm}^2$  的灌溉水稻将不同程度的受到缺水的影响。缺水在印度次大陆半干旱地区最为显著，该地区 150 亿  $\text{hm}^2$  水稻大部分都是雨季种植。在印度河恒河平原西北部和黄河平原的部分地区，长期的谷物剩余和大量抽取地下水导致地下水位迅速下

降。甚至在一些季风区，如印度的高韦里河三角洲和泰国的湄南河三角洲，各地和各部门间存在激烈的用水竞争，尤其是在旱季更为严重。个别案例研究也表明缺水已成为地方热点问题，甚至在那些还没有意识到缺水的地区也是如此。

我们可以明确水稀缺的两种典型情况。在有些灌溉水稻种植区，也许有充足的水让农民可以种植水稻。灌溉系统或区域处于发展后期，同时伴随地下水位下降的是一类地区。在这类地区，农民不能获得足够的水来种植水稻。这种情况所面临的挑战就是制定战略以帮助农民应对水稀缺的问题。第二种情况是农民所在的地方有充足的水（如灌溉系统上游区域），但系统或集水区外的地方却缺水，或者来自社会非农业部门（如城市、工业）的用水需求增加导致了灌溉系统部分或完全的水资源减少。这种情况所面临的挑战就是为农民制定战略以减少用水，以节约水资源用于其他地方或其他部门。

解决缺水问题或减少用水需要改水稻种植为旱作水稻栽培，灌溉系统也要更加以农民需求为导向。水管理的改变会影响到作物管理、生产力和水稻系统的环境影响等许多方面。

### 3.5 雨养与条件不良的生态系统

雨养与条件不良生态系统约占世界水稻总面积的 45%，产量的 25%。雨养与条件不良的生态系统遭受着多种非生物胁迫。约 2 500 万  $\text{hm}^2$  雨养水稻经常受到干旱的影响，受影响最大，最频繁和最严重的地区是印度东部（约 2 000 万  $\text{hm}^2$ ）和泰国东北部与老挝（700 万  $\text{hm}^2$ ）。在南亚和东南亚及热带非洲，约 1 500 万  $\text{hm}^2$  稻田经常被淹没。广泛发生的土壤问题带来了进一步的问题。盐化和（或）碱化在沿海地区最为广泛（大于 1 000 万  $\text{hm}^2$ ），其中以盐化为主。而内陆地区，盐化和碱化均为主要问题且常常并存。

雨养低地水稻地区非生物胁迫的特点是高度的不确定性，尤其是发生时间，持续长短和发生强度，因为降雨和（或）洪水是不可预测的。大部分雨养低地都具有小到中等的地质差异特点，这对供水多少、土壤肥沃程度、洪水风险及土壤传播的非生物胁迫强度都具有重要影响。大部分水稻管理方案都是对能有可靠供水的灌溉生态系统而制定的。雨养生态系统中降雨的不可预测性常常导致过干或过湿的田间条件，它除了对作物生长产生非生物胁迫外，这些情况还会阻止及时有效的关键管理作业，如土地准备、移栽、除草和施肥。如果这些作业延迟了或被遗漏掉，那么尽管植株并未遭受生理缺水，却常常肯定会产生大幅减产。

由于各种胁迫，雨养地区的生产力增长非常缓慢，目前的水稻平均单产约为  $2\text{t}/\text{hm}^2$ 。提高雨养环境中的单产和单产稳定性的研究还很少，雨养水稻的特定研究问题只是在最近才被广泛讨论。而正是由于最近的这些努力，雨养低地的水稻研究已经得以加强，并在过去十多年来取得了较大成功。与社会经济的发展一起，这些研究促进了雨养系统的巨大改善。较为重要的变化有投入的更加市场化（无机肥、农药），更多机会获取农业外收入，改良的种子，（部分）机械化和更便利的信息获取。

## 4. 环境情况

### 4.1 大气污染

印度河恒河平原西北部大部分水稻是用联合收割机收获的，在其稻麦自动化耕作系统中，稻茬燃烧导致了严重的大气污染，影响了人类健康。仅在印度旁遮普一邦就有约 1 000 万 t 稻草燃烧。缺乏对稻草的经济利用，延误种植小麦会造成小麦减产，以及缺乏合适的机械设备来直接粉碎稻茬是导致燃烧稻茬的主因。在中国，收获小麦和种植水稻之间的时间非常短，因而麦秸燃烧是稻麦系统大气污染的主要原因。近来印度旁遮普和中国四川实行了禁止燃烧秸秆的政策，但印度尚未对此政策进行立法，因而在新开发的稻茬直接粉碎技术得到实现和应用前，这项政策的实施将会较为困难。

据估计，低地稻田的氮流失约占全部氮肥施用量的 20%，或为约每年  $2.4\text{Tg}^*$  氨态氮。氮的挥

\*  $1\text{Tg}=1\ 012\text{g}$

发量大小很大程度上取决于气候条件和施用方法。在热带地区，氮的流失可达到全部氮肥施用量的54%，而在大部分化肥于灌溉前施用的温带地区，直播稻田的散发量几乎可以忽略。氮的挥发降低了氮肥的效率，增加了投入成本。通过空气流动，还会导致对临近敏感自然生态系统的无意的氮投入，并可能造成其退化和生物多样性的流失。

## 4.2 温室气体

据估计，在20世纪80年代早期，低地水稻每年释放50多Tg甲烷，占全球甲烷释放量的10%。然而，最近的测量显示许多稻田的排放量大大低于20世纪80年代早期的调查数据，尤其是在印度北部和中国。而且，从20世纪80年代早期以来，由于水稻生产系统的变化，如有机投入要素减少，甲烷的排放量实际上下降了。同时，提高温室气体排放标准的技术有了很大进步。稻田的年甲烷排放量最新估计数为10~30Tg。稻田甲烷排放的数量和方式主要取决于用水机制和有机物投入，而与土壤类型、天气、耕作管理、残渣、化肥以及水稻栽培关系不大。土壤灌溉是甲烷持续释放的首要条件，中期排水是中国和日本水稻主产区所采取的常规灌溉措施，它可以大大减少甲烷的排放。同样，不能保证供水的水稻生长环境，也即雨养稻田，就可能比灌溉水稻的甲烷排放低，而有机肥则常常增加了甲烷的排放。

还没有人对稻田的一氧化二氮排放量进行精确的估计。这种气体的排放首先是受土壤中氮素多少和土壤水分状况的影响，并受厌氧（水浸）和耗氧条件变化的刺激。持续的灌溉通常意味着较低的排放，而氮肥施用后立即灌溉的时期是显著的例外。灌溉稻田里一氧化二氮的大量排放是在土地休整期内进行的。稻田休整前和稻田收获期间的一氧化二氮累积产生量为氮素施用量的1%~7%。

作物生产既未被视为二氧化碳的增加，也未被视为减少，因为作物生长中积存的碳最终将在收获后通过分解和（或）作物残渣燃烧，及产品的消费而被释放。然而，低地水稻栽培增加了土壤的碳含量，水稻生产可导致碳的净留存。我们很难确定碳留存的数量，水稻栽培对全球二氧化碳累积的作用也未可知。

## 4.3 土壤和水污染

与低地水稻生产相关的水质变化可能是积极的，也可能是消极的，这取决于引入水的质量和水稻栽培方式。由于土壤能保留污染物如重金属，能转化有机污染物并挡住沉积物，流出稻田的水的质量也许会因而提高。低地稻田能够去除氮和磷，可起到人工湿地的作用。

水稻田的氮滤出通常是忽略不计的，因为其在厌氧条件下会迅速发生脱氮作用。饱和土壤中氮素的主要形式是氨，通常它在土壤中的灵活性是非常低的。然而，在化肥使用率过高的低地水稻种植区，存在淡水的高度氮污染，如中国的江苏省。通过径流（排水），溶解在灌溉用水中的氮直接从湿地稻田流到了淡水中，这已经引起了更多的关注。

由于耙地、移栽和蓄水就是有效的杂草控制方式，因而在传统的水稻系统中很少用除草剂。通常，亚洲的水稻系统中，生物杀灭剂（除草剂、农药、杀虫剂等）的使用剂量和次数很少，非稻作物在热带灌溉地区比在温带非灌溉地区的化学退化更为迅速。然而，生物杀灭剂对人类健康的负面影响是非常巨大的，超过了其对水稻生态系统和环境的影响。既然低地稻田与流域的水循环紧密相连，那么就存在生物杀灭剂及其毒性代谢物向水体泄露的高度风险。生物杀灭剂造成水污染的可能性很大程度上受田间水管理的影响。不同的用水机制会造成不同的害虫和杂草，因此需要不同数量和类型的生物杀灭剂。不同用水机制下，生物杀灭剂残留与土壤发生不同的互动作用。最近对害虫进行综合治理的成功减少了亚洲一些国家，如印度尼西亚和越南的生物杀灭剂的使用。关于水稻系统排水对下游动植物和生态系统功能的影响的研究还很少。

低地稻田渗透的水常会提高水位。地下水是咸水的地方会造成非稻作物根部土壤的盐化，导致低地的水浸和盐化，如印度河恒河平原西北部地区。另一方面，水稻可以与充分的排水结合滤去根部累积的盐分，如中国北部一些地区。它还可与石膏肥料结合用于开垦碱性土，如印度河恒河平原西北部地区。

酸性硫酸盐土在东南亚的三角洲很常见，在这种土壤上耕作给邻近地区带来了污染物滤出的风险。在常常要种在高设苗床上以避免水淹的旱地作物中，这种滤出过程尤其强烈。这种滤出反过来又会通过降低 PH 值，提高铝浓度，从而影响水稻生产，如我们在湄公三角洲发现的那样。水稻也可种在酸性硫酸盐土壤中，这种稻田的浸出液的害处比那些旱地作物田地的滤出液的害处要小（PH 较高，铝浓度则较低）。

#### 4.4 生态系统功能（多功能性）

水稻景观提供了许多生态系统功能，这些功能已经在“多功能性”条件下日益得到重视。在一些东亚国家（地区），如日本、韩国、中国台湾，多功能性已经成为国际贸易谈判背景下农业政策的一个焦点问题。因为市场力量自身不足以引导农民生产非粮食利益，有些国家认为他们必须能够在没有国际贸易团体干预条件下促进这些有益的产出。然而，迄今为止，关于水稻景观生态系统功能的研究还很少。这些少量的研究表明了这种多功能性会随着基础设施、地区、气候、社会、文化和经济条件的变化而变化。除了生产水稻外，商业化功能的一个例子就是在稻田、池塘或沟渠中养鱼，以及在收割后的田地里养鸭。有些国家中会将青蛙和蛇抓起来用以消费。水稻生产的非商业化产出或者说外部性即可能是正的，也可能是负的。

有堤岸的稻田可以提高水库和流域的储水能力，降低河流洪峰流量，提高地下水流量。如 1999—2000 年间，下湄公河流域估计 20% 的洪水暂时储存在了上游的稻田中。那些与水稻景观相连的灌溉沟渠和水库也具有类似的缓冲功能。有堤岸稻田和梯田的其他可能的功能还有防止地面沉降，土壤流失和塌方。稻田、沟渠和水库渗漏重新补充入地下水系统。这种补充还为农民提供了公正的分享水资源的一种方式，这些农民可以较低的成本从浅蓄水层抽取地下水，从而不用忍受对地表灌溉系统的不公正分配或管理不善。

水稻田和灌溉沟渠形成了一个综合的供水网络，它与其周边的旱地一起组成了一个复杂的嵌花式景观。调查显示水稻生态系统具有丰富的生物多样性，包括一些独特物种，还包括濒危物种，它还增强了都市和都市周边地区的生物多样性。在亚洲，水稻田风景优美。美国的部分地区，如加利福尼亚，稻田在冬天则被围成池塘为鸭子和其他水鸟提供栖息地，以供娱乐和狩猎。在稻谷和城市用地混合地区，稻田缓和气候已被视为对都市周边地区的一项功能。这种功能缘于较高的土壤水分蒸发蒸腾率，它可以在夏天降低周围环境的温度，冬天则减少水体横向的热量散发。

## 5. 挑战

### 5.1 粮食安全与减少贫困

水稻的未来需求量是由人口增长和收入驱动的消费特性决定的。亚洲现在的年均人口增长率约为 1%。随着收入增长，尤其是城市地区收入增长，人均水稻消费将下降。在国家层次上，人均水稻需求量不仅在东亚（日本、韩国、中国台湾）是下降的，而且在马来西亚和泰国也是下降的。然而，尽管比以前速度降低了，但总体上对水稻的需求仍在增长。20 世纪 90 年代中期，人们估计水稻总生产量到 2025 年需要达到 7.5 亿 t，到 2050 年则要达到 8.75 亿 t 以满足人口增长的粮食需求（变化的）和减少亚洲各地 6 亿贫困人口的饥饿。这种粮食产量的增长不得不在水、土地和劳动力资源逐渐减少，而且非生物胁迫可能日益增加的情况下实现。那么挑战就是要找到提高稀缺资源生产率的方法，从而达到总资源（要素）生产率的增长，从而可以满足未来的粮食需求。

除了数量外，水稻的质量也变的日益重要。更多的水稻消费者变得对口感、结构及其他质量属性更加具有判别力。在贫穷的农村地区，提高水稻营养质量（铁、锌、维生素原）有助于减少营养不良，提高健康水平。

尽管过去几十年来，减少贫困取得了进步，贫困人口绝对数却并未下降多少，尤其是在南亚地区。因此，主要的挑战不仅在于生产更多的水稻，还在于更便宜地生产，从而在给养贫困人口的同时，稻农的生计能够得以维持。然而，水稻价格低下威胁着稻农的生计，而正是稻农这部分人口最

有助于贫困减少。因此，需要降低水稻生产成本，以使生产者和消费者都能从中受益。降低生产成本不得不在工资上升，农村人口老龄化和女性化情况下实现。许多情况下，妇女在农业中的作用将从没有报酬的劳动力向农场管理者转变。

## 5.2 提高生产率并保护灌溉生态系统环境

需要提高灌溉生态系统的生产率，以为城市和农村的粮食净消费者提供充足廉价的水稻。在亚洲一些水稻主产国，如孟加拉、菲律宾和泰国，实际单产和单产潜力间仍有巨大差距，需要在采取提高作物管理技术方面努力。其他国家，如中国、日本和韩国，单产差距几乎没有，需要在提高单产潜力上下工夫。提高单产和提高总产量意味着在现有栽培条件下需要更多的水来满足土壤水分蒸发蒸腾量的增加。随着水的日益短缺，这意味着需要提高水稻的水分生产率。

灌溉水稻栽培在亚洲各地已有几千年的历史。这个事实与在亚洲 24 个试验点的 30 项长期连续耕作实验的发现都表明，若供水能够保证的话，灌溉水稻的生产率是可以持续提高的。然而，水资源短缺危及到了水稻生产的可持续性，并可能增加负的外部性。有数据表明土壤传播病害（如线虫类、根部蚜虫）和微营养素失调在非灌溉水稻系统比在灌溉水稻系统有更严重的威胁。尽管在非灌溉条件下，甲烷释放会降低，一氧化二氮的释放会增加，但温室气体的净影响目前还未可知。在非灌溉条件下，预计氨的挥发会减少，但更多的氮会以硝酸盐的形式表现出来，而这些硝酸盐可能易于导致灌溉条件下的滤出或脱氮作用发生。淹没对水稻田的高度碳截存能力非常重要。尽管没有来自改造稻田的直接证据，但是似乎用较少的水种植水稻或转向非稻作物会减少土壤中的碳含量。这种土壤有机质含量的变化会伴随着微生物群落的变化，从厌氧生物为主到好氧生物为主转变。这些变化是否会或者如何影响土壤肥沃度还不清楚。浸没水稻与不是一直浸没的水稻相比，杂草总量少，杂草的种类也不一样。预计水资源短缺将导致除草剂用量的增长和类型的增多。挑战就是要发展杂草管理技术以减少对除草剂的依赖。随着水的减少，虫害和病害的数量与类型也许会变化，同样天敌和害虫的关系也会发生变化。尤其是在非灌溉土壤条件下，土壤和根部传播病害可能会增加。农药使用改变所带来的影响也还不能预计。

## 5.3 水资源管理与灌溉基础设施

随着水变的日益稀缺，必须在农场、系统、流域和全国水平上将其作为稀缺资源进行管理。大部分水稻灌溉用水是由国有大型地表灌溉系统供给的，这些系统存在着各种遗留问题，包括设计低下，基础设施退化，管理不善和发展停滞等。目前，制度改革尚未能掌握水文循环的复杂性，灌溉系统的多功能性，以及不同层级管理间的关系。挑战就是要将这些系统从供给驱动转向需求驱动的响应性系统。它们的财务、环境、技术和服务功能需要进一步完善以加强控制、可靠性、公正性和灵活性。而这些将使系统可以改变水资源分配，促进农民生产率提高，从而更好的抓住市场机会，并采用新的多样化的水资源管理措施。完善系统运营和服务供给能够极大地促进水涝和盐化的减少，但对排水的投资需要在受到盐分影响的地区进行。在制度层面上，挑战则是创建新的框架以能够管理水文循环的复杂性，灌溉系统的多重角色，并以负责有效的方式向农民提供灌溉和排水服务。在政策层面上，挑战则是将用水灌溉政策和农业与环境政策相协调，并通过对国家政策、河道流域和灌溉系统的战略规划与管理将它们纳入社会经济发展的总体政策体系。

## 5.4 提高生产率，保护雨养和条件不良生态系统的环境

要提高雨养和条件不良生态系统的生产率以减少贫困，提高农村贫困人口粮食安全水平。适应性较强的耕作和自然资源管理技术仍然缺乏，不足以应对这些环境中复杂的非生物胁迫。雨养环境的高度可变性给农民投入带来了高损失风险。而且，尽管采用新品种的速度可以很快，但新的耕作和自然资源管理技术的采用却通常较慢。它们通常包括各种不同的部分，农民需要时间来适应熟悉并接受这些新技术。尽管在农民田间进行适应性和参与性研究是最有效的方法，然而在现行研究活动中即没有清楚的概念和方法，也没有进行实地操作。如何将目标性条件建议传达给农民是个尚



未解决的挑战。农民的简单决策支持工具有助于那些专门的管理技术，但更多的现有和成功的工具适用于较好的环境。我们还必须提高灵活性以帮助农民应对天气条件的变化和一些极端情况。这些也许会是全球气候变化的结果，其对雨养环境的影响比对灌溉系统更加强烈。

另一个主要的挑战是要避免潜在负面环境影响的强化。农药是造成影响强化的重要成分，必须优化农药使用以使其对环境和人类健康的影响最小化。可能是因为人们通常认为雨养系统是“天然的”，水稻种植环境中没有或几乎没有用到农药，而且传统品种占主导地位，因此很少有研究关注于雨养系统的可持续问题。人们发现雨养系统的甲烷排放相对很少，但好氧阶段的硝酸盐积累会导致一氧化二氮的大量排放。化肥施用增加、耕作强度提高造成的影响强化，和耕作方法的变化则会大大影响这些过程。生产率的提高最初是基于更好的品种，随后是无机肥（不平衡的），减少有机肥使用改变了营养平衡，增强了土壤养分损耗。关于种植强度提高后即出现严重营养不足的报告证明，由于通常土壤的自然肥力较低且缓冲能力差，雨养系统是相对较为脆弱的。

## 5.5 气候变化

据估计，气候变化将会增加极端事件的发生，如干旱地区的风暴、干旱，季风区的大雨和强降雨，而降雨会提高低地和排水不畅地区洪水发生的可能性。海平面上升会提高洪水发生的风险，并使咸水倒流入三角洲地区。水稻生态系统尤其容易受到咸水倒流和洪水增加的影响，因为它广泛分布于低地三角洲和内陆地区。尽管二氧化碳含量提高，但由于温度上升，气候变化还是会降低大部分水稻产区的产量，另外可能的原因是 UV - B 辐射加强，风暴损失加大。近来，水稻产量下降与夜间温度上升有关。温度提高会降低生物量生产而提高蒸发量，因而会降低作物的水分利用率。

## 5.6 对水稻景观的生态系统功能进行评价

将环境和其他非商品产出的供给视为实现如粮食安全和收入支持等传统政策目标的第二因素已经变得非常普遍。若从根本上说，则焦点似乎仅集中于环境问题上。然而，将环境目标和非商品性产出作为辅助因素已经成为过时的政策了。尽管有方法能够测量和估计农业系统的各种功能，但是对正的和负的外部性的量化与评估仍然是主要问题。生态系统功能的类型、大小和价值常随着地区变化而变化，精确评估则必须基于地区或当地数据。在许多国家，没有适当的地理分区相关数据。而且，由于重复计算，认识不到产出间的交互作用，考虑不到该地其他用途的潜在产出，因而还可能对多功能性产出做出错误评估。

# 6. 应对措施

## 6.1 品种改良

预计水稻基因组的完整序列会加速育种项目对所有生态系统有用基因的开发和开发。然而，优良品种的鉴定和采用，农民需求，参数选择和各方观点在选育过程中都应考虑在内，比如农民参与式品种选育。

### 6.1.1 灌溉系统的品种改良

绿色革命品种成功的关键因素是提高了收获指数，缩短了生长期的同时保持了单产潜力。然而，没有证据表明在未来充分灌溉条件下还可以对这些因素进一步开发以大幅提高杂交品种的单产潜力。例如，自引入 IR8 后，半矮秆热带籼稻杂交品种的单产潜力停滞在约 10t/hm<sup>2</sup> 左右。生长期较长的温带粳稻杂交品种的单产潜力约为 14t/hm<sup>2</sup> 左右。近来单产的大幅提高主要来自于杂交水稻的发展，它使同样生态系统内杂交品种的单产潜力提高了 5%~15%。通过基因工程将 C3 植物转变成 C4 植物也许是提高水稻单产潜力的长远办法。

现代高产水稻品种生长期的缩短减少了水稻耕作中的蒸发、渗流和渗漏总量。综合效应就是这些品种的总投入（灌溉、降雨）水分生产率是那些同样用水机制下传统品种的三倍。高收获指数通

过提高单位蒸发或用水谷物产量而提高了水分生产率。对单产潜力来说，在充分灌溉条件下通过缩短生长期或提高收获指数来进一步提高水分生产率似乎没有多大余地。

传统灌溉环境的育种项目都是在持续的蓄水条件下进行的。随着灌溉系统内水的日益稀缺，育种项目也应该包括在节水技术条件下进行的选育，如干湿轮流或旱作（见后面）。中国北部已有旱作高产水稻品种发展的成功记录。缺水条件下的育种项目应集中于保持收获指数，成苗率和早期生长旺盛。就土壤水分蒸发蒸腾来说，可以采用多种育种战略提高水分生产率，如早期生长旺盛可以减少土壤蒸发，杂草抑制可以减少杂草蒸腾，增加叶片蜡质可以减少气孔外蒸腾。现代改良粳稻品种比旧的籼稻品种的蒸腾利用效率要高，表明水稻种质的这个属性存在显著改变。然而，还尚未对开发利用这个属性的潜力进行研究。将水稻转变为 C4 植物也可能提高水分生产率，然而尚未有人对这种方法的有效性进行评估。

### 6.1.2 抗非生物胁迫品种改良

对于旱来说，迄今为止所取得的大部分进步都来自于短生长期品种的发展，这些品种在雨季的最后成熟而避开了干旱。但是近来，干旱胁迫下谷物产量的重大遗传变异已有记载，并证明是适度遗传属性，与非胁迫环境下的那些产量属性一样具有可重复性。新的育种方法和完善的筛选方法促进了抗旱品种的发展，需将其扩大到国家项目中。

尽管暴洪地区的耐淹高产育种进行了三十多年，但是迄今仅开发了几个农艺性状得到改良的抗性品系。然而，利用标记辅助选择在耐淹品系发展上取得了很大进步。头一个主要的数量性状基因位点（QTL）已经精确定位，已开发出分子标记并成功应用，将此 QTL 导入到普遍应用的雨养低地品种中。目前，正努力将此 QTL 导入其他低地水稻品种。对于沿海地区，育种上已取得了一些进步，产量和谷物质量都合适的几个新品系已经发布。近来，拔节能力的三个主要 QTL 已确定，通过标记辅助选择，这些 QTL 的精确定位和标记将促进他们与现代常用品种的有效结合。

尽管水稻对盐度非常敏感，但它的抗盐性发生了很大变异。将新的高效筛选技术与常规、诱变和花药培养技术结合，抗盐性成功的导入了高产植株型。新发布的几个品种比现有的对盐分高度敏感品种的产量提高了 50%。如果在恰当的遗传背景下将有关属性结合，就有可能育成高抗性品种。通过有用基因的结合和（或）优势基因叠加，提高抗盐性的机会显然是大有希望的。近来定位了一个主要 QTL，正进行标记辅助回交以将此 QTL 导入对盐胁迫较为敏感的常用品种中。

在此基础上，单产潜力提高 1t/hm<sup>2</sup> 的改良现代品种将会在未来十年内遍布于易旱、易涝和易盐化的水稻产区。目标区域的切实特点是开发高效品种和管理技术所必不可少的。

### 6.1.3 抗气候变化品种改良

前面的结果表明存在对夜间温度上升的敏感性基因型变异。如果这是真的，那么就有可能通过植物育种开发出对夜间高温敏感的水稻品种。在水稻基因型中，存在高温诱导小穗不育抗性的较大遗传变异。筛选上午早开花的水稻品种也许是避免高温诱导小穗不育的一个有效途径。因此，耐逆性和避逆性机制都可以用于极端高温下的品种培育。已经发现水稻对现有二氧化碳水平加倍的产量应答发生了显著的种内变异。旧品种的二氧化碳应答特性可以纳入将来的品种筛选因素，以使富碳的有益影响最大化。

## 6.2 质量提高

育种中一个日益增长的趋势就是，不仅努力提高作物单产潜力，而且要提高从作物中所获得食物的营养价值。为减少营养不良，特别强调的是要提高食用部分的微量营养素比重，尤其是集中于提高类胡萝卜素维生素 A、铁和锌的含量。然而，假定几乎全球的人都吃精白米的话，那么是否能在胚乳而不是糠中真正提高这些营养素的含量，以对人类健康和营养形成巨大影响仍需拭目以待。估计提高营养价值的努力不会对作物用水产生影响。为促进这些新品种的采用，成功的特性要与其他成功特性结合，包括那些耐旱特性。这一点尤其重要，因为需要更营养稻米的大部分目标农民和

消费者处于最不利地区（雨养和不良环境），不仅贫穷，而且作物生产资源少。

## 7. 提高单产和水分生产率的田间管理

### 7.1 灌溉生态系统的节水技术和整体措施

已经有或正在研发一系列节水技术以帮助农民解决灌溉生态系统的各种缺水问题。这些节水技术对水分总投入（降雨、灌溉）来说，提高了水分生产率，主要是减少了渗流和渗漏，蒸发的减少要少一些。常规措施如土地平整、农场渠道、良好砂地和堤岸维修等改善了用水控制，减少了渗流和渗漏流量。采用社区苗床或直播方式可以缩短湿土地准备和移栽间的转换时间。早直播可提高对降雨的有效利用，并减少对灌溉的需求。土壤机械压实可减少一定类型土壤内的渗漏量。化学蒸发抑制剂已在水稻田间进行试验，但还没对其经济和环境的影响进行评估。水管理技术，如饱和和土壤栽培和干湿交替可减少15%~20%的田间用水量而对产量没有大的影响。干湿交替已在全中国广泛采用，已被视为低地水稻生产的常规措施。在旱作水稻系统中，专门改良的“旱稻品种”都与其他谷物如小麦一样在旱地种植，而补充灌溉在有的系统有，有的则没有。目前，常规低地品种的旱作水稻产量比持续灌溉水稻的产量最多低20%~30%，而水分投入量则可减少30%~50%。在旱作水稻系统中，如同在其他旱地非稻作物中一样，稻农也使用资源节约技术，如地膜栽培、免耕和少耕。水稻垄上旱作显示出了巨大前景，但其仍处于发展初期，面临许多挑战，包括微量营养素不足，生物胁迫，产量可持续性，以及灌溉用水有限地区要确定适宜的灌溉管理等。管理技术的发展要与缺水目标环境的特性，以及针对目标环境进行的适当品种筛选或育种相结合，旱作水稻是此中一例。

以缩小实际单产（农民）和潜力单产差距为目标的技术越来越需要采取整体措施，包括作物、土壤和水管理的各个部分。其他的例子有水稻强化栽培体系（SRI）、实地养分管理技术和整合作物管理等。在基础条件具备情况下，已有报告应用这些技术将单产提高了10%~100%。尽管在这些单产提高整合技术中很难研究水流量，但是单产提高可能伴随着蒸腾的相对增加和蒸发、渗流和渗漏的相对减少。就节水来说，任何提高收获指数的农艺措施都会导致单位蒸腾水量谷物生产的增加，因此会提高作物的水分生产率。水稻强化栽培体系包括干湿交替节水措施，并已表明它能够减少田间水分投入。每种技术（整合的）或系统的适当性都取决于缺水的状态和严重程度，农民的现行措施，土壤特性和水文条件（地下水位深度、降雨）。而技术的吸引力在于收益性、风险知觉和对农民的易用性。技术应当目标明确，并应用农民参与式方法进行广泛地试验和完善。

### 7.2 缺水情况下的永续性与环境保护

人们在发展技术提高缺水情况下的作物生产率方面做了许多工作，然而却几乎没有关注长期的可持续性和用水少的水稻生产系统对环境负面影响的减少。一方面，需要对有机和无机氮肥施用的类型、数量、时间、方法、水管理和作物收获残余管理的关系进行研究，另一方面，要对单产和单产可持续性，温室气体排放和氮损耗途径进行研究。要在从饱和土壤到干湿交替再到完全旱作土壤条件下的各种缺水情况下，对实地养分管理技术、叶色卡、缓释肥和深施等肥料管理技术的有效性进行评估。对于田间条件从富水到缺水变化时害虫的动态变化还知道的很少。随着土壤干旱程度的增加，用于旱地作物的病害管理技术也许就变得与水稻有关了。整合害虫管理技术需要在缺水条件下进行试验，并注意适当发展轮作。

### 7.3 提高雨养和条件不良生态系统的生产率

耐非生物胁迫品种的发展将会对许多不良环境产生巨大影响。投入敏感品种，生长期变短，风险降低增加了使用外部投入，强化耕作的动力。我们需要对管理技术进行调整，以更充分有效的利用新品种所提供的可能性。这些技术的目标应为降低胁迫强度，提高作物成活率和健壮度以经受胁迫并稳定产量，并要避免在作物敏感期的胁迫发生。因为确定目标系统具有高度复杂性，因而需要

育种专家、农学家、社会科学家和农民一起紧密合作，得出相应结果。

对于易旱的雨养低地来说，有两个前景较好的技术就是直播和改进养分管理。直播可以促进对早期降雨的更好利用，根部长势更好因而更耐旱，遭受后期干旱的风险降低，更好的利用土壤内氮供给，而且收获水稻后种植第二季作物的机会也增加了。实地和应季养分技术建议则通过允许土壤进行自然肥力恢复和田间水供给，在结合使用适当的水稻品种，从而可减少养分流失和对环境的化学污染。这两种技术都已经促进了许多环境良好的雨养系统生产率的持续增长。在印度尼西亚（龙目岛），短生长期、投入敏感品种的引入，与直播、无机肥的使用一起增加并稳定了gogorancah水稻系统的产量。在老挝，引入改良品种和耕作管理的近十年来，雨养低地在满足大米自给中发挥了重要作用。在印度东部易旱低地也取得了类似的切实成功。环境较为不良的地区取得的进步更少也更缓慢，然而尽管过去二十多年来，许多灌溉系统的单产和耕作强度几乎停滞，但是二十年前雨养系统的单产和耕作强度却开始加速增长。对于易旱低地还要进一步开发整合害虫管理技术。

在易受淹环境中，耐淹品种与调整后的耕作和营养管理相结合可以提高幼苗和植株成活率和受淹后的恢复能力。营养素丰富，尤其是锌和磷，可能还有硅丰富的幼苗成活的机会较大，因为他们长势较强，碳水化合物累积储量较高。在洪水退去后施用一定营养素也有助于快速恢复，更好的分蘖和高产。

由于蓄积的水可使上层土壤的盐分滤出，因此低地水稻是唯一被推荐用来脱盐的谷物耕作系统。土壤调理剂，尤其是石膏有助于对盐分影响的土壤的改造，但需要大量投资。使用农家肥，工业废物的压滤泥浆和耐性强品种等新方法有利于减少约50%多对石膏的需求。需要将耐性品种与特殊培养管理、耕作和营养管理战略措施相整合，以提高作物成活率和生产率，减轻盐分胁迫，并提高土壤质量。

## 7.4 降低生产成本和劳动力需求

许多作物管理措施整合的目的不仅是提高产量，而且要提高资源投入的效率，以降低生产成本。在灌溉水由水泵抽取供给的地区，节水技术可减少水投入，抽取成本和能量消耗。而这些措施能否在实际上提高收益率取决于所获得产量和水稻与水（泵）取的相对价格。降低灌溉频率可减少灌溉所用劳动力。另一方面，当田地没有持续的淹水的时候，杂草丛生就会增加，也许就需要更多的劳动力或者除草剂。水稻强化栽培体系需要较多的劳动力，在它的创始国马达加斯加已有报告说明开始弃用这种体系。相反，采用劳动力节约措施则会影响到用水的方式。比如，对菲律宾和马来西亚进行的研究表明旱（直）播可大大节约灌溉用水。然而，变为直播能否在各地都节约用水还不清楚。旱种和旱稻技术为播种、除草和联合收割（在坚实的干地上比在仍然有点湿的低地上容易的多）等农业经营的机械化提供了可能。然而，迄今还没有人对投入减少（如水、劳动力和能源）和产量影响间的平衡进行研究的报告，还需要进一步努力以确定双赢（如收益更高，对农民更便利）的情况。随着农村劳动力女性化的加强，妇女也要加入到适用生产技术的发展中去。

## 8. 整体措施

### 8.1 灌溉系统

稻作灌溉系统的特点就是大量的水从稻田通过地表排水、渗流和渗漏进行循环。在地势较低、排水不良的三角洲或冲击平原的许多系统中，水的持续渗漏已经将地下水位提高到了接近土壤表面的地方。田间节水技术主要是减少田间的渗流和渗漏。因为这些水流常常可以在下游收回，因此在大的空间范围，如灌溉系统层次上，它们也许对节水并没有什么帮助。最近对中国、菲律宾、斯里兰卡的稻作灌溉系统进行的研究表明，由于可以对水进行重复利用，灌溉效率随着灌溉范围面积的增加而增加。有些情况下，减少稻田的渗漏可降低地下水位，并使田间产量与用水量间的关联度下

降，同时提高了抽取再利用下游水的成本。另一方面，地下水位的下降会减少地下水的直接蒸发，而由于这样减少了非收益性流量损耗，因而这才是真正的节水。还可应用节水技术来减少田间蒸发。人们已发现，干湿交替可减少0%~30%的蒸发量，而旱稻可减少50%~75%。总体上，采用田间节水技术对灌溉系统整体的水体动态、水平衡和水的生产率的影响还未可知。

需要进行更加系统的评估以明确灌溉系统各个层次上的水平衡动态和水分生产率。将回归水（流出和渗漏的灌溉水重新进入田间供水）考虑在内的灌溉效率新概念的应用需要制定干预措施，以提高系统的总水分利用率。选择适当的一系列水平衡和水分生产率指标，明确用水者之间时空范围上的利益与交互作用（农业水文、社会经济与环境）是非常重要的。要确定水平衡相关目标及达成这些目标的水管理战略就必须要有系统措施。这些战略的目标应是提高用水的控制性、公正性、可靠性和服务的灵活性，以使农民能够就作物和水管理做出选择。完善灌溉系统的主要措施包括地表和地下水的联合利用，排出水的循环再利用，在系统内适当层次设置缓冲库，改良控制结构设计，投资于排水、运营和分类程序，强化灌溉系统管理。我们缺乏的是灌溉专业的普遍能力建设，而需采取的关键行动是对设计标准进行修正。

## 8.2 雨养和不良环境

在雨养和不良环境中，整体上有许多干预措施能有效地降低田间的非生物胁迫，并提高土地和水分生产率。农场集水是易旱雨养地区减少风险和提高生产率的一种有效方式。发展水库和沟渠网络以将降雨或河流的淡水在盐化前进行蓄积，有助于延长盐化海边地区的生长期，并大幅提高生产率。采用这些技术的主要限制因素是相关的社会经济和组织问题。因此，是否进一步采用这些措施似乎更取决于当地决策者和国家政府而不是其他因素。

通过大规模修建沿海堤坝和水闸对水进行管理在防止海水入侵海边三角洲地区，大大降低雨季土壤盐化程度方面已取得了一定成功。20年来，海岸堤坝将孟加拉沿海的水稻单产提高了200%多。这种技术还为在湄公河三角洲和越南的沿海地区种植高产现代品种提供了可能。然而，需要对水进行明智的管理以防止对环境产生不必要的长期影响，避免与当地其他用水者的矛盾，尤其是那些无地的、贫穷的、依靠咸水渔业来维持生计的人们。

## 8.3 生态系统服务（多功能性）

人们对生态系统服务或者说多功能性概念的理解就是对作物生产如水稻生产对环境的贡献给予认同。最近以来，由于政府尤其是东亚的政府寻找给予农业补贴的理论基础，因此多功能性已经成为了政策重点。然而，既然我们逐步进入了一个水资源日益短缺，用水竞争日益增强的时代，就更尤其需要注意水稻系统用水所产生的正的和负的外部性。这就需要加强对适当数据的收集以促进对生态系统服务的评估。需要进行更多的案例研究以明确当地或地区生态系统服务的特定特点，并采取管理措施来支持并加强水稻景观的生态系统服务。最后，应当实施明确考虑水稻生产多种产出的农业政策。

# 9. 创造动力，改善水管理

## 9.1 农场和村庄

对于已经直面缺水的农民来说，也许就不必进一步提高水管理的动力了，获得水的成本已经是足够的动力了。例如，许多抽水灌溉的农民每次灌溉农田时都已经面临着正的边际成本。另一方面，在自流灌溉免费或低费提供给农民，或抽水用电有补贴的地方，农民却没有仔细进行水管理的动力。这在水资源丰富的地方不是问题。但是，许多情况下，水在上游是丰富的，但到了下游却非常少了（农业和非农业用途都是如此），那么上游缺乏节水动力就成了问题了。一种措施就是将水按体积定价。然而，世界上大部分水稻都是由小农户生产的，那么在农户层次上进行体积定价的成本令人望而却步。这种情况下，在村庄或灌溉协会层次进行体积定价则是可能的。节余则可由村庄

或协会保留，或在用户间分配。

## 9.2 部门间分配

在工业和国内各部门对水有充分需求的地方，通常都有行政命令将水划出了农业使用。管理价格或可交易水权也许会在灌溉系统或流域层次上提供对水进行重新分配的动力。灌溉管理者重新分配水的动力会造成农场缺水，从而鼓励农民采用节水措施、技术或耕作制度。

## 9.3 虚拟水

解决缺水的其他方法都围绕在提高价格、制定法权体系或行政限制用水分配等困难问题上，其中最有一个就是虚拟水贸易。这涉及到水资源集约型商品（如水稻）贸易，而不是对水本身进行贸易，因为水本身的贸易运输成本通常是极其高昂的。在世界水稻经济中，这在很大程度上已经发生了。缺水的中东是世界上最大的水稻进口地区之一。东南亚大陆（缅甸，中国南部，泰国和越南）水资源丰富，这些国家水稻的出口有助于缓解其他国家的缺水问题。但国际贸易仍然是有限的，更多的有益虚拟水贸易将会发生。

## 9.4 公共和私人部门

对灌溉管理转移的关注日益增强，政府正试图将灌溉系统的管理和一些运营与维持财务负担转移给用水者集团。同时，私人部门应用水泵和管井迅速增长，其中大部分是在地表灌溉系统中。需要将地表与地下水管理进行整合以避免超采，公正获得水资源，并保证用户具有从水稻转向高价值作物的灵活性。在许多经济体公共部门所面临的财务约束一定情况下，未来出现以下情况是大有可能的，就是私人部门在运营与维持中发挥重要作用，用水者付费给私人实体接受服务。

## 9.5 农村发展

我们已经强调了城市化带来的挑战：农业部门的老龄化和女性化。不过，近一半的劳动力和大部分的穷人留在农村。促进农村发展需要投资农村基础设施（道路、电力、通讯和灌溉）和人力资本（教育和卫生）。这些投资将带来农村非农业部门就业和收入增加，加强对农业和工业产品的需求。

## 9.6 新的优先研究领域

随着研究资助的减少，必须谨慎定位那些具有增产潜力的地区。科学家不认同灌溉地区的增产潜力，而认同雨养地区的。然而，灌溉和雨养地区的产量都需要增加是明显事实。过去产量的增加是典型地来自于面积和土地生产率（单产）的增加。然而，由于其他资源变的稀缺，必须在更宽泛的背景下考查生产率。考虑劳动力和水日益稀缺，劳动节约和水资源节约管理措施与耐旱品种的开发与推广将是研究的优先领域。

# 影响东南亚农业水资源管理的主要趋势

David Dawe<sup>①</sup>

## 1. 导言

在市场经济中，农业最重要的功能是为人们提供食物，消费者需求也因而成为农业的一个重要激励因素。不同国家甚至一个国家的不同省份或州的口味和偏好都明显不同。不过，在收入允许情况下，世界各地的消费者都表现出了几乎全球一致的需求，就是多样化饮食。如果农民不能生产出私人消费者想以合理价格得到的多样化食物，那么农业必定会陷入停滞，并最终不能为农民提供可持续的生计。当然，农民在一定时期会生产政府想要的东西（而不是消费者想要的），但政府需求和补贴很可能不会持续。例如，对农业进行补贴许多年后，新西兰政府最终被迫在 1984 年放弃补贴，以避免财政危机。

尽管消费者想要多样化饮食，但大部分农民却想只要有可能就完全离开农业。他们想离开农业以避免农业的辛苦劳作，并能有机会获取非农业工作中可能更多的收入。亚洲没有多少农民希望自己的孩子继续留在田地里干活。农民知道在未来的经济中，只拥有一或两公顷的土地是不够的。换句话说，如果土地是一个人所拥有的除体力以外的唯一资产，那么想远离贫穷是不可能的。

经济增长是决定消费者和农民能否满足其需求的最重要因素。幸运的是，尽管 1997 年金融危机席卷东南亚地区，但该地大部分地区过去 40 多年来的经济增长却是相当迅速的（图 1）。这种高

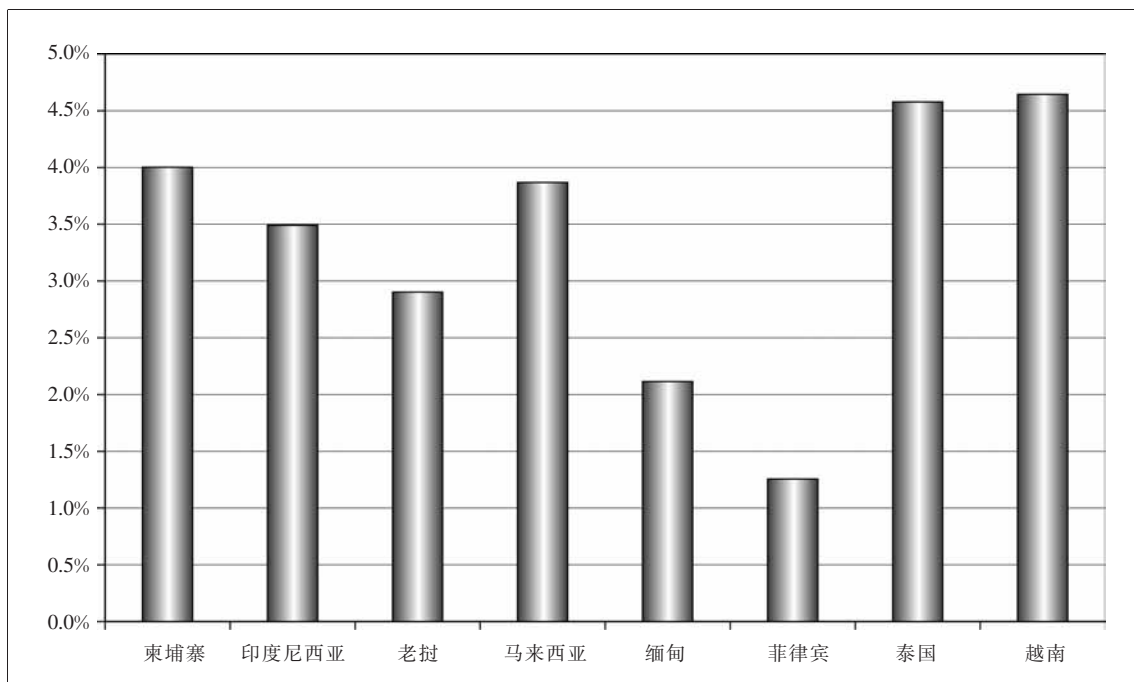


图 1 人均 GDP 年均增长率，1960—2003 年

注：由于数据可获得性，增长率按短期计算如下：柬埔寨（1993—2003 年），老挝和越南（1984—2003 年），缅甸（1960—2001 年）。

数据来源：世界银行（2005）

<sup>①</sup> 高级粮食经济学家，粮农组织，亚太区域办公室，泰国曼谷。

速增长维持了相当长一段时期。例如，将通货膨胀计算在内，泰国 2003 年的人均 GDP 比 1960 年的高 7 倍多。

除收入迅速增长外，城市化也经历了迅速增长的过程（表 1）。似乎东南亚海岛地区（缅甸、印度尼西亚、马来西亚和菲律宾）的城市化要比大陆地区（柬埔寨、老挝、缅甸、泰国和越南）的城市化进程快的多。随着城市化进程和农业外工作机会的增加，农业需要变的更加市场化，以为不再依靠农业工作或生活的人们提供食物。随着消费者便利需求的增强，农用工业将向深加工食品业发展，农民将需要更加注重质量以销售他们的产品。

由于工业、家庭和环境目标用水需求的迅速增长，农民的职业选择、经济增长和城市化除了影响消费者的食物需求外，还大大影响了农业用水的供给。本文的目的就是要揭示，在经济增长和城市化造成的世界环境的迅速变化中，农业用水管理者需要考虑哪些因素以为农民和社会提供有效服务。

表 1 1961 年、1990 年和 2004 年东南亚的城市化率

| 国 家   | 1961 年 | 1990 年 | 2004 年 |
|-------|--------|--------|--------|
| 文莱    | 0.44   | 0.66   | 0.77   |
| 柬埔寨   | 0.10   | 0.13   | 0.19   |
| 印度尼西亚 | 0.15   | 0.31   | 0.47   |
| 老挝    | 0.08   | 0.15   | 0.21   |
| 马来西亚  | 0.27   | 0.50   | 0.65   |
| 缅甸    | 0.19   | 0.25   | 0.30   |
| 菲律宾   | 0.30   | 0.49   | 0.62   |
| 泰国    | 0.20   | 0.29   | 0.32   |
| 越南    | 0.15   | 0.20   | 0.26   |

数据来源：FAO (2005)

## 2. 影响东南亚农业发展的主要宏观趋势

### 2.1 农业重要性的相对下降

随着如前所述的经济的增长，以占 GDP 比重来衡量的农业在国民经济中的地位大大下降了（图 2.1 和图 2.2）。尽管农业劳动力所占比重比农业占 GDP 的比重大，但是也呈下降趋势（图 3.1 和图 3.2）。这种农业重要性的下降并不是东南亚所独有的，这是经济发展中结构调整的一个基本特征，并已在世界所有经济增长的国家中发生。

结构调整并不意味着农业部门的萎缩，实际上，至少回溯到 1960 年以来，东南亚的农业部门还大大的增长了。例如，泰国现在的农业产值是其 1960 年的近 5 倍。印度尼西亚和菲律宾则超过了三倍。然而，它的增长大大慢于工业和服务部门的增长，因而其相对重要性下降了。

相对重要性的下降预示着农业获得政府资源的份额将逐渐下降，而实际上也是这样的。这可能会意味着资助水平的绝对下降，也可能不会，因为经济增长会将馅饼做的更大以满足每个人。但是不管政府对农业的支持会增长、减少还是基本保持不变，农业都仍是经济的关键部门。农业占国民经济的比重仍然从 10%（马来西亚和泰国）到老挝的近 50%。在这种重要性前提下，持续的农业增长对整个经济的健康运行和贫困减少都具有关键意义。但在预算优先转移的情况下，要维持这种增长，为农民提供服务将是一个重大挑战。

### 2.2 消费者食物需求变化

收入增长带来了饮食的诸多变化。例如，Bennett 法说明淀粉类食物（谷物、根和茎）在总热量中的比重随着收入增加下降了（Timmer 等，1983）。东南亚所有国家在过去 20 多年来都发生了这种下降（表 2，FAO，2004）。



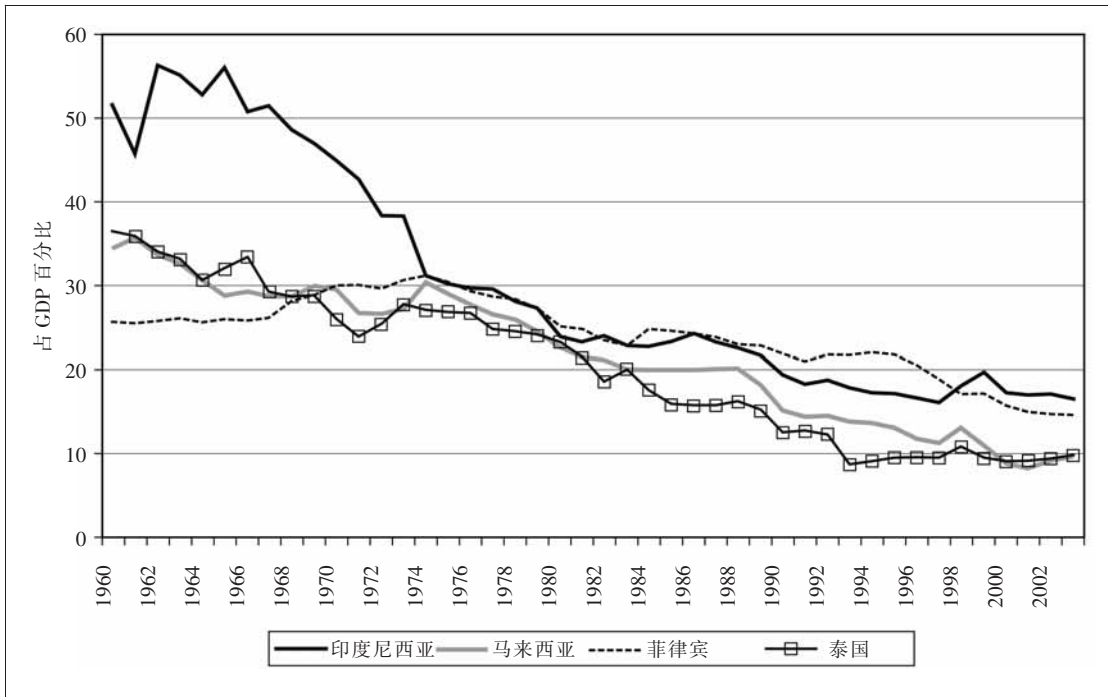


图 2.1 农业占 GDP 比重，1960—2003 年  
数据来源：世界银行（2005）

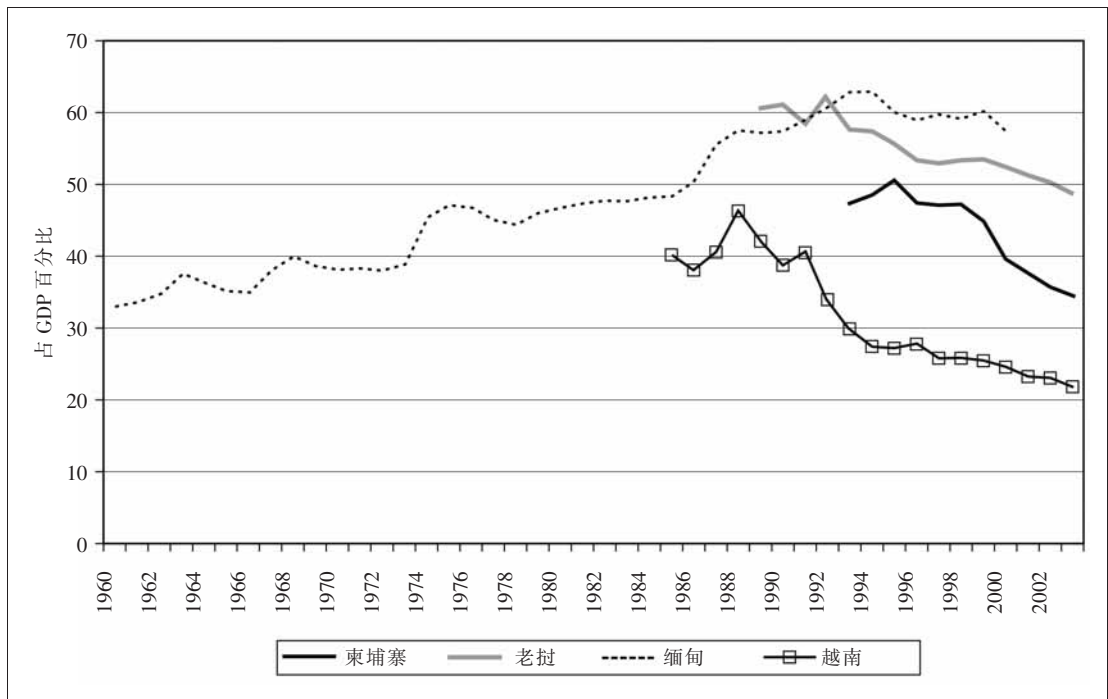


图 2.2 农业占 GDP 比重，1960—2003 年  
数据来源：世界银行（2005）

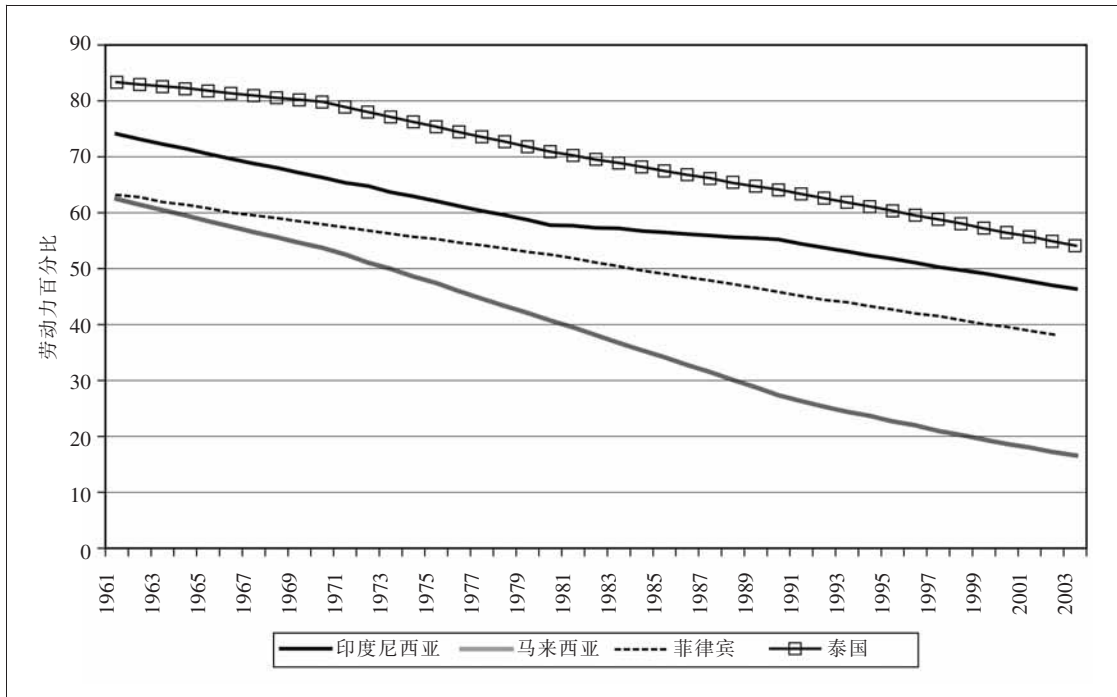


图 3.1 农业劳动力所占比重, 1961—2003 年  
数据来源: FAO (2005)

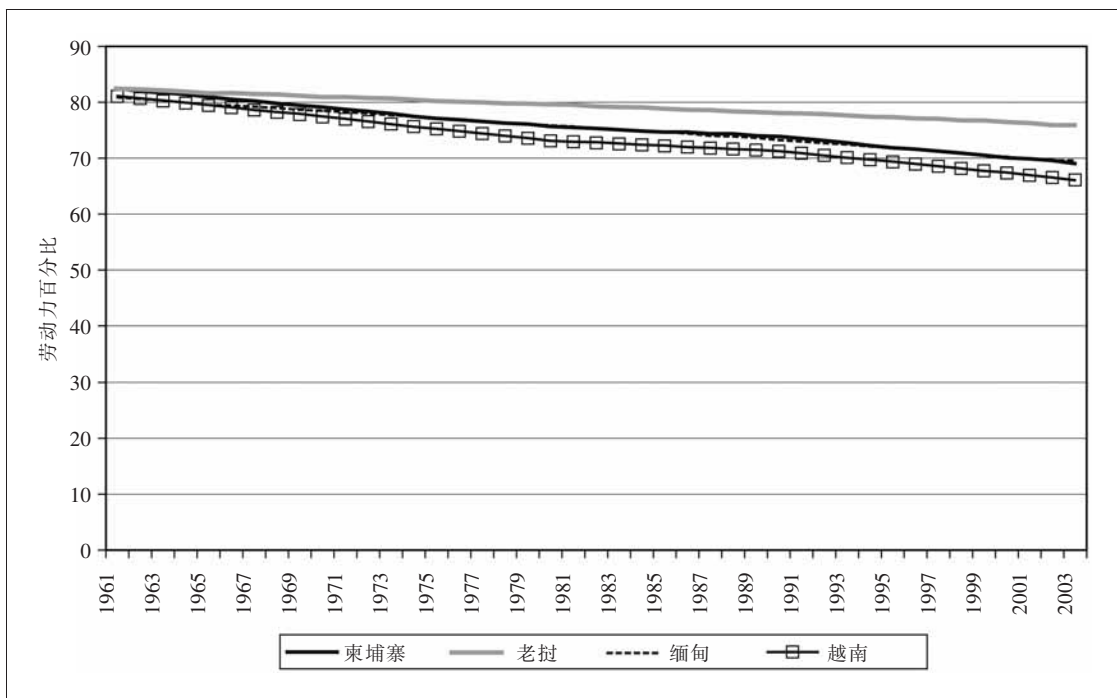


图 3.2 农业劳动力所占比重, 1961—2003 年  
数据来源: FAO (2005)

表 2 1979—1982 年和 2000—2002 年来源于淀粉类食物的热量比重

| 国家    | 1979—1982 年 | 2000—2002 年 |
|-------|-------------|-------------|
| 柬埔寨   | 88          | 78          |
| 印度尼西亚 | 75          | 70          |
| 老挝    | 86          | 77          |
| 马来西亚  | 52          | 47          |
| 缅甸    | 80          | 73          |
| 菲律宾   | 59          | 56          |
| 泰国    | 67          | 50          |
| 越南    | 84          | 72          |

数据来源：FAO (2005)

淀粉类食物内部结构也随着收入增长发生了变化。例如，在印度南部，由于消费转向小麦，水稻的重要性就下降了。但是，在印度北部，小麦是传统主食，因而需求反而从小麦转向了水稻 (Pingali 和 Khwaja, 2004)。中国南部和北部的情况与此类似。在水稻为主食而几乎不种小麦的东南亚，有几个国家从水稻转向了小麦。在印度尼西亚、马来西亚、菲律宾和泰国，这个过程正在进行，在越南则刚刚开始，但柬埔寨、老挝和缅甸还尚未开始 (图 4)。从水稻转向小麦制品的部分原因可能是较少的准备时间提高了便利性，而由于人口更加城市化，这一点也是很重要的。

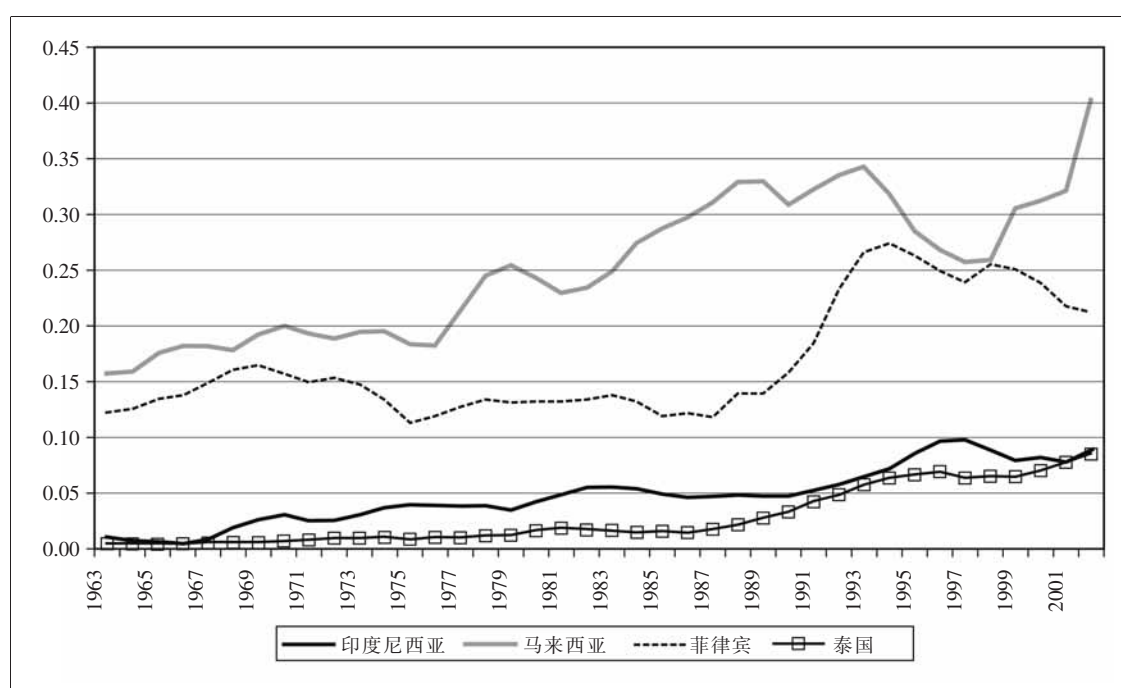


图 4 小麦来源热量和水稻来源热量 (比重) 三年移动平均 1963—2003 年

东南亚从水稻向小麦的需求转变是由对水稻的需求和对小麦的需求共同转变造成的。首先，人均水稻需求量在大部分国家已经停滞不变，在马来西亚和泰国这两个该地区最富的经济体中更是急剧下降。现在维持东南亚水稻需求增长的唯一因素就是人口增长，但这在该地大部分地区已经减缓。第二，人均小麦消费量从 20 世纪 80 年代国际市场小麦价格下降到极低水平以来迅速增长。不考虑世界粮食危机年份 (价格极高时期)，从 1957 年到 1981 年，国际小麦平均价格约为 367 美元/t (2004 年美元)。仅仅 4 年后，到 1985 年，价格就下降到了 238 美元/t，之后的十多年中，大部分年份都维持在 200 美元/t 左右，直到再次下降到现在的 150 美元/t 的水平。价格的下降使东南亚的人们更买的起小麦，并最终加速了无论如何都要发生的这一进程。例如，马来西亚小麦消费在过去至少 40 年都保持了增长态势，而且是在小麦价格下降或全球化开始之前。实际上，小麦消费在过去

二十多年来，甚至在世界小麦价格相对于世界水稻价格大大上升时期（即世界水稻价格下降大大快于世界小麦价格下降）都是增长的。

尽管发生了从水稻向小麦的转移，但在可以预见的将来，水稻仍将是东南亚人们的主食。甚至在收入水平大大高于东南亚的日本，水稻也比小麦提供的热量多的多。不过，水稻将不会是东南亚的动态消费需求来源，而小麦在该地区的种植收益性不大。因此，农民需要开发替代作物以满足消费性需求。

过去二十年间，脂肪的消费也迅速增长。总体来说，东南亚的日均脂肪消费量从 1975 年的 29 克上升到 2002 年的 54 克，所有国家均增加了。消费增长的大部分来自于动物产品，但也有很大比重来自于植物油（2002 年，动物产品提供了 30% 的脂肪，1975 年为 28%）。该地区大部分国家自 20 世纪 80 年代以来，饮食中来自脂肪的热量比重尽管还低于美国 37% 的水平，但也是大大上升了。这个趋势将持续多久仍然还是个没有答案的问题。例如，在马来西亚，这个数字于 1990 年达到了 33% 的最高值，但之后又下降到了 26%。在日本，这个比重是 28%，比澳大利亚（39%）和新西兰（32%）的水平低很多。因此，亚洲的饮食是否会变的和西方国家一样高脂肪还不清楚。然而，由于目前东南亚地区脂肪来源的热量比重仅 18%，因而似乎该地区的脂肪摄入将会持续增长一段时期。

从 1975 年到 2002 年，该地区蛋白质消费也大大增长了，从人均每天 46 克增加到 63 克。同样，该地区的所有国家均增长了。1986 年以来，动物蛋白质比重从 23% 上升到了 27%。

## 2.3 国内国际贸易增加

尽管从总体上，农业部门为满足需求需要变的更加多样化，但单个农场和地区也许会变的更专业化于某种特定作物。贸易，包括国内和国际贸易将因此在满足消费者方面发挥重要作用。实际上，过去 20 年来，贸易在东南亚的重要性迅速加强了。农产品国际贸易（农业进口和出口平均）占农业 GDP 的比重从 1981—1983 年的 47% 上升到了 2001—2003 年的 89%。

尽管国内贸易数据难以得到，但已有数据显示国内市场已变的更加综合化。考虑到国内通讯和运输基础设施的大规模发展，这就没有什么奇怪的了（Rashid 等，2005）。甚至对印度尼西亚的油棕这样的出口导向作物来说，20 世纪 70 年代以来生产大幅增长的 1/3 也用于了国内供给，而这通常涉及到从产地，如苏门答腊等到爪哇消费地区的运输。

## 3 对农户和灌溉系统管理者的意义

### 3.1 作物多样化和竞争用水

农业中，由于需求变化和国际市场水稻价格的下行趋势，主食作物重要性变的日益下降。例如，Isvilanonda 等（2000）曾于 1987 年和 1998 年对泰国中央平原的素攀府三个村庄进行了一项重复调查。他们的报告称专门种植非稻作物的农民比重从 1987 年的 1% 上升到了 1998 年的 17%。类似但较小的变化发生在东北部的孔敬府。就整个东南亚来说，种植淀粉类食物作物（水稻、粗粮、根和茎）的农业播种面积比重在 1961 年到 2004 年间下降了 15 个百分点（从总面积的 70.6% 下降到 55.5%）。因此，农民将更加需要更灵活的灌溉（如适合于不是水稻和谷物的作物）。

对许多继续种植水稻的农民（水稻仍占东南亚总播种面积的 43%）来说，在面临来自其他部门用水竞争日益加强的情况下，他们需要更可靠的灌溉来预防种植胁迫的发生。一般来说，来自其他部门的竞争也许并不是东南亚的主要问题。预计实际灌溉消耗用水将比其他用途的增长慢的多，但仍会增长而不是萎缩（从 1995 年的 85.5km<sup>3</sup> 到 2025 年的 91.9km<sup>3</sup>；见 Rosegrant 等文章中的表 4.6，2002）。不过，在一定情况下，工业和家庭用水竞争的加强将会成为对农民的限制因素。这种竞争在城市地区和经年干旱地区（如由厄尔尼诺现象引起）将尤其尖锐。

农民对加强供水灵活性和可靠性的需求促进了抽水灌溉的发展。许多水泵都来自中国的两个集中产业群，一个在浙江，另一个在福建（Huang，2004），这种水泵的可获得性提高而价格降低了。

在越南，水泵的数量仅11年（1988—1999年）就翻了两番多，从12.4万增加到近80万。尤其在越南南部，水泵极为寻常（越南统计局，2000）。孟加拉也具有类似的趋势。现在，菲律宾约23%的水稻农场利用水泵从地下蓄水层、排灌渠道、天然溪流河水中抽取水。在这三个来源中，地下水是最重要的（Dawe，2005）。抽水灌溉的日益普及给地表水管理者对水进行联合管理带来了挑战。

### 3.2 劳动力缺乏和非农收入重要性加强

与宏观经济趋势相应，整个亚洲的农户农业外收入来源都多样化了。Hossain等（2000）报告称菲律宾中吕宋来源于农业的收入占家庭收入的比重从1985年的64%下降到了1997年的40%。孟加拉农业来源家庭收入比重从1987—1988年的63%下降到了1994—1995年的54%（Hossain等，2000）<sup>①</sup>。

亚洲大部分地区劳动力的日益缺乏使雇佣农业劳动力变的更加困难。例如，将通货膨胀计算在内，菲律宾的农业工资在2002年比1981年高了60%。Fan等（1999）的数据显示印度1993年的农村实际工资比1970年高63%。Sombilla和Hossain（1999）说明泰国和孟加拉呈现出同样趋势。因此，尽管对灌溉灵活性和可靠性的需求加强，农民也不愿意花费宝贵时间去管理灌溉（如上所述，因为非农收入对其生计的重要性加强），而且发现雇佣劳动力去做这些工作也很困难。劳动力的日益缺乏和非农收入对农村生计重要性的加强，对灌溉系统管理和财务责任转移的计划设计（如参与式灌溉管理和灌溉管理转移）具有深远意义。尽管政府有移交管理的财政动力，但农村家庭是否有动力花费所需时间去有效地管理这些系统还不清楚。这些问题也许可以说明一个事实，就是对参与式灌溉管理和灌溉管理转移的研究未能证明效率提高是采用新的管理系统的结果（如Vermillion，1997）。

王姓作者等人（2003）曾对一项希望较大的制度安排进行了描述和评价。在中国的有些灌溉系统中，一个村庄（或其他单位）的地表水管理通过合同由个人进行管理。村里的农民根据他们以前的平均用水量付费给水管理者。这种系统对农民来说没有节约用水的动力。另一方面，要求灌溉管理者支付的只是供给该村庄的水量。如果向该村的供水量低于历史水平，则水管理者会保留此差距，因而水管理者有动力节约用水而不会将供给农民的水减少太多，否则农民就会要求替换他。运用多元统计分析，作者发现，在其他影响因素不变情况下，水管理者有此类动机的系统中用水量较少。这是中国出现的制度形式，它的发展范围如何还不清楚。这种制度形式与水权系统非常相似（Rosegrant和Binswanger，1994），不同的是未将权利授予单个农民（当农场规模狭小时，这样将是非常昂贵的），而是将权利授予了社区，这样就可以临时安排到个人。这种制度创新具有有效节约用水的潜力（Dawe，2005）。

### 3.3 土地联合、老龄化和女性化

商品化和专业化的加强，与人口向城市地区迁移一起将导致未来土地的联合和农场规模的扩大。这种土地联合也许会使供水灌溉管理变的容易，但应当注意的是这个过程进展缓慢。例如，即使在日本这个较富裕的国家，人们也许会以为这项进程会快一些，但是农场平均规模仅从1956年的0.99hm<sup>2</sup>上升到2003年的1.59hm<sup>2</sup>（农林水产省数据，2004）。累计增长了60%，似乎很多，但将这0.6hm<sup>2</sup>放在近半个世纪的时间来看，就相当少了。韩国的情况也类似，从1970年（0.88hm<sup>2</sup>）到2002年（1.46hm<sup>2</sup>），农场平均规模平稳增长（Fan和Chan Kang，2003）。

东南亚部分地区的土地联合已经开始。在马来西亚的姆达灌溉系统中，许多农民将农场承包给他人经营，那些人就可以将这些农场作为一个整体来进行管理。这样，尽管由于土地法的原因还没有土地所有权的大规模转移，但已经实现了管理的联合。

根据2003年农业普查最新数据<sup>②</sup>，泰国的农场规模在全国水平上来说仍然是下降的，但在该国

<sup>①</sup> 孟加拉显然不属于东南亚。但是，这种趋势对南亚的影响与对东南亚的影响一样。由于缺乏一些重要趋势的数据，本文偶尔引用南亚国家数据以便解释。

<sup>②</sup> 除非特别注明，本段和随后两段的所有数据都来源于泰国各种农业普查出版物（泰国国家统计局，1993和2003）。

有些农业地区，如中央平原距曼谷北部 150km 处的素攀武里府，该地的农场平均规模从 1993 年的 3.8hm<sup>2</sup> 上升到了 2003 年的 4.0hm<sup>2</sup>。虽然增长不多，但的确是增长，而且似乎是进一步联合的开始。由于许多小农户或在曼谷或在农村地区转向了非农就业，农场总户数减少了 11.5%。尽管这些农户以前耕种的土地有些不再用于农业（农业总面积下降了 6.6%），许多家庭还正在将土地出租给其他农民——靠租地增长起来的中等规模农场（6~22hm<sup>2</sup>）比重现在达到了 41%，而 1993 年仅为 23%（租种土地比重在所有规模类别中都上升了）。

素攀武里府的小农户在此期间对蔬菜、畜牧和渔业的依赖性增强——在那十年中，从事这些活动的小农户比重从 3% 上升到 11%。另一方面，中等规模农场更加依赖于水稻。供水充足促进了水稻的专业化，使农民可以大大增加耕作强度，一年两熟或多熟的水稻农场比重从 1987 年的 12% 上升到 1998 年的 53%（Isvilanonda 等，2000）。两类农户的商业化都加强了（中等规模农场生产的水稻全部推向市场而未留在家中），并各自专门从事不同类型的活动。这就解释了农业部门整体是如何多样化，而一定类别农场却是专业化的问题。

而且，由于年轻男子都进入城市寻找工作，农户还变的日益老龄化且女性户主更多。泰国农业普查数据显示妇女户主农户比重从 1978 年的 12% 上升到了 2003 年的 27%。同一数据源显示户主年龄 55 岁以上的农户比重从 1978 年的 25% 上升到了 2003 年的 34%。这都不足为奇，因为那些从农场转向城市寻找工作的大部分都是年轻男子（de Haan，1999）。这种趋势表明用水管理的当事人已经与过去不一样了，而且这种趋势似乎在将来还将持续下去。当事人不同则可能意味着需要采取不同的战略以满足他们的需求。

#### 4. 总结和结论

与世界其他地区相比，东南亚水资源较为丰富。不过，农业重要性的下降和人口增长意味着农业水资源谨慎管理压力的增加。加强动力、完善制度和技术进步将对此具有关键意义。

由于作物多样化，农民将更加需要灵活性更强的灌溉（如更加适用于非水稻和谷物作物）。对那些继续种植水稻的农民来说，在来自其他部门的用水竞争日益激烈的情况下，他们需要更加可靠的灌溉以防止种植胁迫。抽水灌溉的日益普及是对此需求的一种反应（Barker 和 Molle，2004），而它给地表水管理者对水进行联合管理带来了挑战。

尽管对更灵活可靠灌溉的需求增加，但由于非农收入在生计中的重要性增加，农民并不愿意花费他们的宝贵时间来管理灌溉，而且他们发现由于劳动力短缺加剧和工资上涨，雇佣劳动力来做这项工作也很困难。这表明依靠大量投入劳动力和时间的制度安排将难以进行下去，而更加直接正视个人激励问题的新制度安排会在完善用水管理中发挥重要作用。

用水管理的当事人已经与过去不一样了，并将在将来进一步发生变化。一般来说，未来农民将更加老龄化，性别更加平衡，经营农场更大，但最后一个特点将要很长时间才会实现。当事人不同则可能意味着需要采取不同的战略以满足他们的需求。

#### 参考文献

- Barker, R. & Molle, F. 2004. *Evolution of irrigation in South and Southeast Asia*. Comprehensive Assessment Research Report #5, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- Dawe, D. 2005. Increasing water productivity in rice-based systems in Asia: past trends, current problems, and future prospects. *Plant Production Science*, Vol. 8, No. 3.
- de Haan, A. 1999. Livelihoods and poverty: the role of migration—a critical review of the migration literature. *Journal of Development Studies*, 36 (2): 1-47.
- Fan, S. & Chan-Kang, C. 2003. *Is small beautiful? Farm size, productivity, and poverty in Asian agriculture*. Paper presented at the 25<sup>th</sup> International Conference of Agricultural Economists, Durban, South Africa, August 2003.

- Fan, S. Hazell, P. & Thorat, S.** 1999. *Linkages between government spending, growth and poverty in rural India*. IFPRI Research Report 110, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- FAO.** 2005. FAOStat on-line electronic database, accessed at <http://faostat.fao.org>.
- FAO.** 2004. *The state of food insecurity in the world: monitoring progress towards the World Food Summit and Millennium Development Goals*. Rome.
- Hossain, M., Gascon, F. & Marciano, E.** 2000a. Income distribution and poverty in rural Philippines: Insights from repeat village study. *Economic and Political Weekly*, Vol. XXXV, Nos. 52 and 53, December.
- Hossain, M., Sen, B. & Rahman, H. Z.** 2000b. Growth and distribution of rural income in Bangladesh: Analysis based on panel survey data. *Economic and Political Weekly*, Vol. XXXV, Nos. 52 and 53, December.
- Huang, Q.** 2004. *Pump industry clusters in China*, unpublished manuscript.
- Isvilanonda, S., Ahmad, A. & Hossain, M.** 2000. Recent changes in Thailand's rural economy: evidence from six villages. *Economic and Political Weekly*, Vol. XXXV, Nos. 52 and 53, December.
- Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries.** 2004. *The 78<sup>th</sup> Statistical Yearbook of the Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries*, Japan.
- National Statistical Office of Thailand.** 1995. *1993 Agricultural Census*. National Statistical Office, Ministry of Information and Communication Technology, Bangkok.
- National Statistical Office of Thailand.** 2005. *2003 Agricultural Census*. National Statistical Office, Ministry of Information and Communication Technology, Bangkok.
- Pingali, P. & Khwaja, Y.** 2004. *Globalization of Indian diets and the transformation of food supply systems*. ESA Working Paper No. 04-05, Agricultural and Development Economics Division, FAO.
- Rashid, S., Cummings Jr, R. & Gulati, A.** 2005. *Grain marketing parastatals in Asia: Why do they have to change now?* Markets, Trade and Institutions Division Discussion Paper 80, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Rosegrant, M. W. & Binswanger, H. P.** 1994. Markets in tradable water rights: potential for efficiency gains in developing country water resource allocation. *World Development*, 22: 1613-1625.
- Rosegrant, M. W., Cai, X. & Cline, S. A.** 2002. *World Water and Food to 2025*. International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Sombilla, M. A. & Hossain, M.** 1999. *Rice and food security in Asia: a long-term outlook*, Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 38 pp.
- Timmer, C. P., Falcon, W. & Pearson, S.** 1983. *Food Policy Analysis*. Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- Vermilion, D. L.** 1997. *Impacts of irrigation management transfer: A review of the evidence*. IIMI Research Report #11, International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- Viet Nam General Statistical Office.** 2000. *Statistical Data of Viet Nam Agriculture, Forestry and Fishery 1975—2000*. Statistical Publishing House, Hanoi.
- Wang, J., Xu, Z., Huang, J. Rozelle, S., Hussain, I. & Biltonen, E.** 2003. Water management reform, water use and income in the Yellow River Basin. In *Proceedings of WCC-101, Agribusiness and food marketing in China, 17-18 April 2003* (available at <http://www.china.wsu.edu>).
- World Bank.** 2005. World Development Indicators on-line database (available at [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)).

# 东南亚大规模灌溉的生态系统、生计和管理

John Dore, David Blake, Madhusudan Bhattarai

世界自然保护联盟 (IUCN)

亚洲区水和湿地项目, 泰国曼谷

iucnasiawater@iucn.org

## 1. 导言

世界自然保护联盟应是一个致力于可持续发展的建设性组织, 其关注目标有两个, 即生态系统和生计。当今世界, 纯粹的国家中心概念正在转变, 世界自然保护联盟的成立正逢其时, 它将为国家和非国家的参与者参与政治进程提供广阔空间, 并在现在和将来产生更大影响。

我们秘书处的许多人, 亚洲的和其他地方的, 都尤其致力于与水相关问题, 这个问题在亚洲和国际事务中变的日益突出。世界自然保护联盟在许多领域都是水参与者, 如水利基础设施决策, 水流制度谈判, 湿地保护, 湿地生计, 水电治理, 灌溉农业, 地下水, 地方对气候变化和波动的适应等。

世界自然保护联盟亚洲水小组致力于:

自然之水——健康的生态系统, 尤其是河、湖、湿地、森林、渔业、山脉;

人类之水——提高生计机会, 保证粮食安全卫生和水的精神贡献;

发展之水——可持续的国家和区域发展, 尤其是就业、能源、交通和工业。

在亚洲, 国家和地区水小组成员与州里的水有关人员, 地方社会组织及其他国际人员展开协作。仍然有许多工作要做, 但世界自然保护联盟秘书处致力于与其他成员和伙伴合作改善我们用水的方式。这就是我们乐于接受邀请参加 FAO 于 2005 年 10 月 26—28 日在越南胡志明市举行的研讨会的背景。由于这个简短的书面发言是事后准备的, 我们谨借此机会向 FAO 成功举办这一知识共享的会议表示祝贺。

## 2. 灌溉发展

### 2.1 东南亚

自 20 世纪早期以来, 亚洲公共资助和国有大型灌溉系统增长的特点就是大型水管理项目, 这些项目通过修建堤坝、引水设施和沟渠系统来对河流进行控制利用。在二十世纪后半叶, 国家主导大型灌溉和注重截留河水的大型堤坝建设促进了灌溉技术的发展。全世界灌溉面积从 1900 年的 4 000 万  $\text{hm}^2$  上升到 1950 年的 1 亿  $\text{hm}^2$ , 之后到 2000 年进一步迅速增长到 2.8 亿  $\text{hm}^2$  (WCD, 2000)。灌溉面积增加的大部分在亚洲。亚洲灌溉面积从 1950 年的 6 500 万  $\text{hm}^2$  增长到了 2000 年的 2.2 亿  $\text{hm}^2$ 。目前, 亚洲灌溉面积占全世界的约 60%, 人口约占 60%, 水稻产量约占 90%, 水稻消费占 90% (Maclean 等, 2002)。东南亚在 1960 年到 2000 年间, 灌溉面积增长了一倍, 从 1960 年的 900 万  $\text{hm}^2$  提高到 2000 年的 1 800 万  $\text{hm}^2$ 。在东南亚, 水稻无疑是最重要的灌溉作物, 平均占该地区灌溉作物面积的 80%, 但在柬埔寨, 这个数字高达 98% (见本文集中 Zhen 的文章)。

在许多国家发生的一个重要的转变就是, 在发展灌溉系统时, 在项目早期就建立一个涉及多学科的专业队伍。要避免将来再发生过去的错误, 这样做就是必要的。



## 2.2 泰国

泰国有许多灌溉系统在较长时期里运行较为成功的例子。然而，有一个项目设计实施地较差，这就是湄公—齐—蒙（KCM）流域间分水项目，从这个项目中可以总结出许多教训。

KCM项目最初计划每年从湄公河抽取68.5亿 $m^3$ 的水，并通过一系列水道、沟渠和水库将其分配到泰国东北部广大区域用于灌溉。1992年项目预算成本110多亿美元，并将分三个阶段用时42年完成。从20世纪80年代开始，后任政府和资深政治家将KCM项目作为解决东北部缺水和贫困伴生问题的方法，利用湄公河多余的水灌溉蒙—齐盆地雨养农业区498万RAI（7970 $km^2$ ）的土地，而该盆地供养着湄公地区。该项目于1989年第一次批准，由泰国科技与环保部下能源发展与促进局负责。

尽管到20世纪90年代末，在蒙河和齐河至少建设完成了12条堤坝，但KCM项目还从未达到其灌溉目标的一小点。因为未预料到的环境影响和土地矛盾造成了社会动荡，引起了当地村民和非政府组织的抗议，因而有些堤坝，象四色菊府的拉斯沙来水坝被完全废弃了。尤其要注意的是水和农地迅速盐化，表明该项目不适于农业，而且河边林地的消失导致蓄水区变成了永久性水淹地。由于河流是在上游入口处（巴蒙河）突然截断的，因此渔业在同一时期也急速下降。尽管自能源发展与促进局解散后KCM项目被搁置起来，但完成一项大型灌溉项目的理由和需求仍然存在，证据就是对所谓的泰国水网格大项目东北部分的重新重视（和下降）。

现在，泰国的粮仓主要是湄南河三角洲，该三角洲从大城王朝（1350—1767年）到现在几百年间，已充分开发灌溉，上三角洲的供水主要来自于猜纳府的一条分流坝，该堤坝的供水有一部分依靠上游大型蓄水堤坝的放水，如普密蓬和诗丽吉水坝。该三角洲是泰国人口最密集地区，首都曼谷及其相关产业和政治权利均位于此，这与农业和家庭对有限的供水形成了竞争。三角洲大部分地区过去种植水稻都是一年两熟甚至三熟，但有些地方几乎完全用于蔬菜或水果种植，如曼谷西部的丹嫩沙多。据估计，在旱季，当需求达到最高时，供水量平均仅达到潜在需求量的一半多。该三角洲的水还是高度连通的，这加强了不同使用者和参与者之间对水及上游水资源，及地表水和地下水之间的竞争和交互作用。

采用政治生态学方法所进行的最近一项研究（Molle, 2005）认为，湄南河三角洲的发展历程并不是直线型的，技术变革使人们对自然和发展的控制力增强。该分析进一步说明用水和发展已经被高度政治化了。用水权一直不断被挑战和重新定义，旧的和新的参与者和利益集团互相竞争以获取利益。KCM项目也是类似情况。

这些例子提醒我们，灌溉系统发展必须考虑生态系统、生计和管理。后面的部分是对这些问题的一些想法。

## 3. 生态系统、生计和管理

### 3.1 生态系统

灌溉系统包括几个组成部分，例如水库、作为人工湿地生态系统的供水渠和灌溉农田，在农业强化和土地转换过程中常常改变或代替了原来的天然或半天然湿地生态系统。由于对湿地生态系统的多功能性认识有限，管理者在水管理中常常忽视这些。加大对生态系统的关注还要归因于这部作品，即“寻求从生态系统内可获取自然资源中受益与发展进程的平衡，同时维持生态系统能持续的提供这些好处的能力”（Pirrot等，2000）。

例如，在东南亚的冲击平原生态系统，常常还伴有高产渔业，而渔业的持续生产依赖于天然水流和水旱循环。该地区最好的例子就上下湄公河流域，估计该流域每年的野生渔业产量超过了百万吨，估计价值达12亿美元（Sverdrup Jensen, 2002）。象其他地方一样，由于水流改变，营养截留，水质改变，濒危物种消失，和对鱼群洄游路线的阻隔，湄公河上游的堤坝和蓄水将会对野生渔业造成不利影响。

在下湄公河流域，人们最终对此提起了关注，开始在考虑农业进一步加强，能源生产和水流机制变化时，注意野生渔业的需求。

要作到这点，需要对人类如何介入自然机制进行详尽的安排。为帮助不同参与者对这些安排作好准备，IUCN编写了一些工具书，这也许对聚集在胡志明市的灌溉界人们是有意义的。包括“价值——象评估水利基础设施一样评估生态系统”（Emerton 和 Bos, 2004），“水流——最基本的环境流”（Dysonet 等, 2003），和“谈判”（即将出版）<sup>①</sup>。

这一点将使人们对生态系统的关注更明确，或采取更生态的方法（Shepherd, 2004）。这样，与灌溉系统相关的全部利益和成本都将考虑在内。

### 3.2 生计问题

既然大部分灌溉项目在设计 and 可行性评估上都是以减少贫困和提高粮食安全的名义进行的，那么解决用水分配中所有利益相关人员的生计问题，包括大型灌溉项目的修建与管理就十分重要了。因此，灌溉项目不应该危害任何社会成员的生计。

过去十多年来，越来越多的双边捐赠机构和发展组织已经认识到，为减少贫困问题，需要将可持续生计方法纳入其工作项目和政策之中。可持续生计方法强调对环境脆弱性和组织制度环境的理解，在这些环境下，穷人们利用不同类型的资产——人类社会、自然、身体、财务——来尽力满足其需求（Scoones, 1998; Deardon 等, 2002）。

在项目设计早期，可持续生计方法为充分考虑贫穷相关问题提供了一个框架。

### 3.3 治理问题

通过用水治理，我们明确了社会在决定如何发展和利用水资源中的权利分配与谈判方式，以及如此做的利益和非自愿性风险分配方法。这包括通过制度和法律设计来修订日程和权衡方案的全部影响，通过这种方式，这些措施将在日复一日的用水管理操作中得以实施。治理因此并不仅是政府的事或限于特定规模或场所，而是从政府、商业和非营利参与者及其组织的交互作用中在多个层次上出现的（Lebel 和 Dore, 2005）。

农民管理径流式灌溉在东南亚有悠久历史，而雨养农业的历史更长。该地区最近制定了大规模方案，许多是由政府机构促进和计划的。总体上，这些计划和建筑的大部分都是在公众信息和咨询很少情况下进行的。

对大规模水利基础设施治理分析，如对大型灌溉系统发展决策的原理和进程进行检查。这会涉及到诸如流域内分流和蓄水堤坝修建，或者更多的涉及到水的分配或运营责任的转移。其他的，认识到也许存在地方、国家和跨国界的影响，我们将分析重点放在泰国水域重新分割的不同因素，和柬埔寨西北（马德望周围）和东北地区（上丁周围）的灌溉工作计划上。通过分析和努力工作，我们希望理解这种“新水”受益人的论文和文件。我们这样做还希望那些地区大型水项目能接受更广泛的群众监督，并成为国家内和国家间公开讨论和谈判的一部分。

## 4. 反思和建议

在东南亚的发展中国家，新的系统正在建立，旧的系统正在现代化，因此东南亚急需从过去总结教训，并实施目前最好的措施，以保证未来有更好的产出和系统可持续性。下面的建议是工作组在胡志明市研讨会上得出的，考虑到对灌溉设计、修建和运营的影响，特在此提出。

### 4.1 综合选择与可行性评估

研讨会建议：在进行新的大型灌溉项目前，要对该地的土地和水现有利用价值和发展选择进行

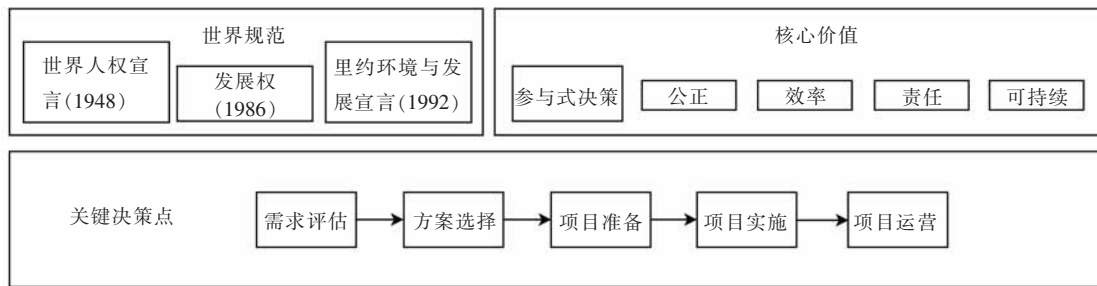
---

<sup>①</sup> 价值、水流和谈判（和其他书籍，如变化、付费、规则与分享）是 IUCN 水和自然系列工具书，可从以下网址下载：[www.iucn.org/water](http://www.iucn.org/water)。

综合方案评估。若提出了一项新的大型灌溉项目，则要进行广泛的可行性分析研究，包括生态、物理、经济、政治、社会和文化合理性等方面。在一个项目的可行性研究中，要用到所有这些不同方面的逻辑关系来引导分析和争论。这要在进入正式的，法律的，通常较为严格和相对狭窄的“影响评估”之前进行。CSIRO 五步法和 WCD 指南相关部分都是国际参考标准。

联邦科学与工业研究组织（CSIRO）是澳大利亚的一家科学组织。CSIRO 五步法可行性研究方法要求新项目能够证明自己在五个不同的方面是可接受的：生态学合理性，物理学合理性（例如良好工程），经济合理性（例如，有向社会提供财务利益的潜力），政治合理性和社会合理性。当然，任何情况下，人们对什么是合理的或明智的都有不同观点。理想情况下，这些不同应在公众中进行分享，从而各种观点的支持者能够就此进行争论。

WCD 指的是世界水坝委员会（WCD，2000），该委员会致力于大型堤坝发展效益的全球概览及其替代措施的评估。它希望建立一个方案评估和决策程序框架。它还想确立堤坝计划、设计、修建、运营、监督和停运的国际可接受的标准和指南。该委员会发布了一个公论报告，一个协商式观点，都在 2000 年的出版物中公开。



良好操作战略优先与指南

| 被公众接受      | 综合方案评估  | 现有堤坝             | 河流与生计持续  | 承认权利分享利益                   | 确保协作                 | 为和平、发展与安全而共享河流 |
|------------|---|------------------|----------|----------------------------|----------------------|----------------|
| 利益相关人员分析   | 对环境、社会、健康和文化遗产问题的战略影响评估                                   | 确保运营制度能反应社会和环境问题 | 基本生态系统调查 | 基本社会条件                     | 协作计划                 | 共享河流的生产者       |
| 协商决策程序     | 项目影响评估  | 改善水库运营           | 环境评估     | 改良风险分析                     | 对社会环境问题的独立专门预测       |                |
| 自由、优先和通知同意 | 多重标准分析<br>经济周期评估<br>温室气体排放项目分布分析<br>社会和环境影响评价<br>完善经济风险评估 |                  | 维持渔业生产性  | 实施分洪、再建和发展行动计划<br>项目利益共享机制 | 性能合同<br>信任基金<br>完整合同 |                |

图 1 WCD 决策框架

资料来源：WCD 报告内的 CMU—用户总结（Dore 等，2004）

## 4.2 预期未来变化

研讨会建议：若提出了新的大规模灌溉开发方案，则设计上必须考虑未来需求会不可避免的产生变化，因而要有足够的灵活适应性。随着经济的发展和改变，土地（水）的利用和耕作制度都会改变。因此，灌溉功能（服务）也会改变。从灌溉项目的早期发展阶段开始，设想这些变化可能的发生轨迹就很重要，例如，从水稻为中心的生产转向更多样化的事业。

这个建议提醒大家任何综合性方案评估都应将未来的可能考虑在内。

## 4.3 治理、用水权利与义务

研讨会建议：大型灌溉项目也和其他项目一样，要在一个治理框架内进行计划、建设和运营，而该框架体现了社会公正的道德规范，它是透明的和参与性的。对灌溉治理的参与不能只限于技术专家和官员，而且应向有关团体和利益集团代表开放。所有利益相关人员的用水权利与义务都应进行公开的谈判与确定，而公正和可持续性为首要考虑因素。对一个新项目的管理安排从开始就应包括不同利益集团的可靠代表。

这个建议提醒大家，按 WCD 的说法，应该有引导行动的全球标准和一些核心价值。

## 4.4 当地能力发展

若提议进行新的大规模灌溉开发，必须加强当地人群扮演各种不同角色的能力。如地方决策者需了解不同选择及其可行性。政府当局应该能熟练地设计参考条目和合同检查。需设立当地咨询公司，培养当地工程师以提供运营、维护和调整支持，帮助用水者提高用水效率。当地民间组织和大学应可在治理中发挥一定作用，如对遵循谈判协议情况进行监督和解决问题。任何一个新项目中都要将支持这种能力的发展考虑在内。

研讨会一些参加人员对过去的例子持严厉的批评态度，在那些例子中，当地人及其组织未被能保证他们有效管理的方式纳入到大型灌溉系统的发展与运营中。

## 4.5 财务

研讨会建议：除了对总体经济情况进行评估外，实施充分的财务战略也是非常重要的。必须保证完成建设所需的资金。除建设外，还必须有一个合理的战略以保证能得到全部运营和维护所需的资金，该资金来源于项目的所有受益人。

为什么会有这项建议不难理解。过去对预期净现值或内部收益率的过分强调及对可用现金的不重视，导致许多计划不能按期建设、运营和维护。

## 4.6 监督对生态系统和生计的影响

研讨会建议：

灌溉项目不只是供水，它们会变成生态系统的一部分并产生主要影响，如对地下水的水文影响。要对一个项目对水文和大环境的终年的影响进行评估，就象对受影响人群的生计进行的评价一样，不管是正的还是负的影响都要进行评价。

胡志明市研讨会小组关于新的大型计划的最后一个建议表明：人们已经认识到，过去的还原论方法导致了人们对大型计划对自然和人类发展影响的分析不充分。

## 参考文献

- Deardon, P., Roland, R., Allison, G., & Allen, C. 2002. *Sustainable livelihood approaches—from the framework to the field*. Supporting livelihoods—evolving institutions. University of Bradford, UK, 29 to 30 May.
- Dore, J., Lebel, L. & Manuta, J. 2004. *Gaining public acceptance*, Report for the UNEP Dams and Development Project. Chiang Mai University's Unit for Social and Environmental Research, Chiang Mai.

- Dyson, M. , Bergkamp, G. , & Scanlon, J.** eds. 2003. *FLOW—The essentials of environmental flows*. IUCN, Gland, Switzerland.
- Emerton, L. , & Bos, E.** eds. 2004. *VALUE—Counting ecosystems as water infrastructure*. IUCN, Gland, Switzerland.
- Lebel, L. , & Dore, J.** 2005. *M-POWER guide : operations manual for the Mekong Programme on Water Environment and Resilience*. Unit for Social and Environmental Research, Chiang Mai University (available at <http://www.mpowernet.org>).
- Maclean, J. , Dawe, D. , Hardy, B. , & Hattel, G.** eds. 2002. *Rice almanac : source book for the most important crop on Earth*. Oxford, CABI Publishing.
- Molle, F.** 2005. *Elements for a political ecology of river basin development : the case of the Chao Phraya River Basin , Thailand*. In 4<sup>th</sup> Conference of the International Water History Association. Paris, December.
- Pirot, Y-J. , Meynell, P. & Elder, D.** 2000. *Ecosystem management : lessons from around the world. A guide for development and conservation practitioners*. The World Conservation Union (IUCN), Gland, Switzerland.
- Scoones, I.** 1998. *Sustainable rural livelihoods : a framework for analysis*. IDS Working Paper 72. International Development Studies, Sussex UK.
- Shepherd, G.** 2004. *The ecosystem approach : five steps to implementation*. IUCN—The World Conservation Union, Gland.
- Sverdrup-Jensen, S.** 2002. *Fisheries in the Lower Mekong basin : status and perspectives*. MRC Technical Paper #6. Mekong River Commission, Phnom Penh, Cambodia.
- WCD.** 2000. *Dams and development : A new framework for decision-making*. World Commission on Dams, Cape Town (available at <http://www.wcd.org>).

# 国家篇



# 柬埔寨大型稻作灌溉系统

Chan Sinath<sup>①</sup>

## 1. 引言

柬埔寨西北部与泰国为邻，北界老挝，东部与越南接壤，南濒泰国湾。总面积为 181 035km<sup>2</sup>，全国分为 24 个省份，其中包括 2 个直辖市和 172 个地区。森林覆盖率为 67%，相当于 1 210 万 hm<sup>2</sup>。耕地面积约占 21%，相当于 378 万 hm<sup>2</sup>（表 1）。1999 年，水稻栽培面积为 208 万 hm<sup>2</sup>，占总裁培面积的 91.2%（表 2）。

表 1 柬埔寨灌溉农业和土地利用

| 土地利用类型             | 面积 (hm <sup>2</sup> ) |
|--------------------|-----------------------|
| 自然区                |                       |
| 森林                 | 12 300 200            |
| 1. 主要常绿林           |                       |
| a. 阔叶林             | 6 283 400             |
| • 阔叶密林             | 4 816 000             |
| • 冲击常绿林            | 361 700               |
| • 红树林              | 61 400                |
| • 常绿或落叶林间隙与次生植物形成  | 528 900               |
| • 冲击林间隙，沼泽植被，休闲地   | 157 200               |
| • 次生植物形成           | 358 200               |
| b. 松树林（南亚松）        | 9 800                 |
| 2. 落叶林             | 6 007 000             |
| 其他植被               | 1 529 200             |
| • 灌木丛              | 95 600                |
| • 矮树，矮灌木丛          | 102 600               |
| • 热带稀树草原           | 129 000               |
| • 易泛滥草原            | 822 900               |
| • 沼泽植被             | 379 100               |
| 栽培面积               | 3 785 000             |
| • 稻田               | 1 377 100             |
| • 有棕榈树的稻田          | 1 309 200             |
| • 旱地作物间隙和次生植物形成    | 839 400               |
| • 田间作物间隙和低地果园/农村地区 | 174 400               |
| • 种植园（橡胶）          | 84 900                |
| 其他土地用途             | 539 100               |
| • 裸露地和沙堤           | 51 500                |
| • 开放水域、河流          | 487 600               |
| 合计                 | 18 153 500            |

资料来源：柬埔寨水资源和气象部灌溉农业统计

① 柬埔寨水资源和气象部（MOWRAM）技术事务司副司长。



表 2 各类水稻生态系统和季节水稻栽培面积

| 水稻类型        | 收获面积<br>(hm <sup>2</sup> ) | 播种           | 收获       | 单产<br>(t/hm <sup>2</sup> ) | 产量 (t)      |
|-------------|----------------------------|--------------|----------|----------------------------|-------------|
| I. 雨季       |                            |              |          |                            |             |
| 1. 旱地       | 48 138                     | 五月           | 十月       | 1.4                        | 67 393.2    |
| 2. 雨养低地:    |                            |              |          |                            |             |
| • 早         | 371 553                    | 五月           | 十月末      | 1.6                        | 594 484.8   |
| • 中         | 838 237                    | 五/六月         | 十二月      | 1.8                        | 1 508 827   |
| • 晚         | 529 495                    | 六/七月         | 一月       | 1.7                        | 900 141.5   |
| 3. 深水稻      | 56 569                     | 四/五月         | 二/三月     | 1.3                        | 73 539.7    |
| II. 旱季      |                            |              |          |                            |             |
| • 灌溉和<br>退洪 | 233 000                    | 一月/二月<br>十二月 | 四月<br>二月 | 3.04                       | 708 320     |
| 合计          | 2 076 992                  |              |          |                            | 3 852 706.2 |

资料来源：柬埔寨水资源和气象部灌溉农业统计

柬埔寨现有人口 1 300 万，年均增长率 2.8%，人口密度为 51 人/km<sup>2</sup>。柬埔寨的性别失衡现象很突出，这无疑是由于二十多年来的冲突造成的：52.2%的人口是女性，而且年轻人比重较高。目前人均 GDP 为 290 美元，是世界收入最低的国家之一。农业是柬埔寨国民经济的主要收入来源，1994 年其农业产值约占 GDP 的 45%，农业就业人口占 75%。柬埔寨是典型的水稻生产和出口国，其自然条件非常有利于水稻种植。

据估计，柬埔寨现在有 36%的人口生活在贫困线以下，柬埔寨皇家政府的总体目标是发展社会经济，根除贫穷。为达此目的，柬埔寨国家战略重点集中在完善公共服务，提供安全饮用水和卫生设施，尤其是在农村地区，完善基础设施（尤其是灌溉系统），提高农业生产率以稳定粮食安全（尤其是大型灌溉系统水稻种植）。水以各种方式对该国的发展起到了重要的促进作用。

- 灌溉有助于农业发展、粮食安全、减少贫困和社会经济发展。
- 供水和卫生满足了城乡人口需求，及健康要求，并有助于达到更好的生活水平。
- 排水系统有助于提高人们的健康和生活水平。
- 水电发展的目标是社会经济发展。
- 内河航行服务于从一个地方到另一地方的货物和旅客运输，并促进了旅游。
- 水为人们提供鱼、动物蛋白和水生植物等生活和粮食供给。

## 2. 目标

本文的具体目标是：

- 1) 提供大型稻作灌溉系统有关情况；
- 2) 对农业发展和水资源管理进行回顾；
- 3) 明确大型稻作灌溉系统的需求；
- 4) 明确水部门在大型稻作灌溉系统上已经和正在采取的措施；
- 5) 明确大型稻作灌溉系统持续管理的工具和方式。

## 3. 农业发展和水资源管理

### 土壤和农学

在许多灌溉系统，尤其是较成功的进行了退洪的耕作体系中，土壤适于种植水稻（尤其是大型

水稻栽培)，而不是其他作物。一般来说，对其他作物的限制来自于排水差或水淹。因此，在这些地区，大面积的作物多样化似乎是不可能的。

在离湄公河、洞里萨湖、巴瑟河冲击平原远一些的地方，也有一些好土地适于水稻和其他作物。这些地区的发展一般都涉及蓄存新水以增加水资源和促进实行两熟制。如果这些地区的市场条件允许商品作物以合理的预期价格销售的话，那么非稻作物的种植则会提高灌溉发展项目的经济效果。

## 种植模式和单产

柬埔寨有三种灌溉和三种非灌溉种植模式，其中灌溉模式几乎全是用于水稻的。灌溉模式包括：

- 雨季低地补充灌溉水稻——这种种植模式是在后面所述这种地方，即当降雨稀少的时候，从水道内抽取或从水库内提取水来灌溉。
- 旱季低地灌溉水稻——一般来说，在这种系统内，土地还被用于雨季补充灌溉生产，但由于水资源有限，基础设施条件差，因而种植的面积很小。
- 退洪水稻——这种种植模式存在于湄公河、洞里萨湖和巴瑟河系统附近及一些蓄水区内，田地依靠自然灌溉。

其余非灌溉种植模式有：

- 雨养低地水稻——这是柬埔寨的主要种植模式，五月到六月初对土地进行准备和种植。所种品种能够忍受从六月末到八月的典型干旱条件，但在干旱年份却有极大的作物歉收风险。而且，在五六月没有充足的雨来种植也不罕见。
- 深水浮稻——这种模式见于洞里萨湖附近，它利用的品种能迅速生长以漂浮在上升的水面之上。
- 旱稻——这见于柬埔寨北部和东北部坡地的小块土地上，没有灌溉。

柬埔寨的水稻平均单产只有 2t/hm<sup>2</sup>。但是，在用水控制和农业措施加强的特定项目区，水稻单产可达 3.0~3.5t/hm<sup>2</sup>。相反，雨养稻田单产可能会低到 0.7~0.8t/hm<sup>2</sup>，而且经常出现降雨不足而导致作物歉收。

柬埔寨约有 86% 处于湄公河的集水区。湄公河从中国起源，流经缅甸、老挝、泰国和越南，最后注入南中国海，流域总面积 81 万 km<sup>2</sup>，全长 4 425km，是世界重要河流之一。它流入柬埔寨的年均径流量超过 3 000 亿 m<sup>3</sup>，而据估计，加上支流作用，每年约有 5 000 亿 m<sup>3</sup> 的水流入大海（表 3）。

表 3 湄公河支流水文特征

| 支 流             | 流域<br>(km <sup>2</sup> ) | 年流量<br>(百万 m <sup>3</sup> ) | 流速<br>(m <sup>3</sup> /s) | 年径流<br>(mm) | 自然枯水量<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|-----------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------|------------------------------|
| Se Kong         | 28 500                   | 32 200                      | 1 368                     | 1 310       | 40                           |
| Se San          | 17 100                   | 17 300                      | 547                       | 1 010       | 28                           |
| Sre Pok         | 29 450                   | 29 800                      | 942                       | 1 010       | 118                          |
| Prek Preah      | 1 510                    | 760                         | 24                        | 505         | 3                            |
| Prek Krieng     | 2 450                    | 1 240                       | 29                        | 505         | 5                            |
| Prek Kanpi      | 1 150                    | 580                         | 18                        | 505         | 2                            |
| Prek Te         | 4 170                    | 2 530                       | 80                        | 610         | 10                           |
| Preg Chhlong    | 5 750                    | 2 910                       | 92                        | 505         | 3                            |
| Stung Chinit    | 4 130                    | 1 360                       | 43                        | 330         | 3                            |
| Stung Sen       | 14 000                   | 6 190                       | 196                       | 440         | 8                            |
| Stung Staung    | 1 900                    | 840                         | 27                        | 440         | 1                            |
| Stung Chickreng | 1 030                    | 450                         | 14                        | 440         | 1                            |

(续)

| 支 流              | 流域<br>(km <sup>2</sup> ) | 年流量<br>(百万 m <sup>3</sup> ) | 流速<br>(m <sup>3</sup> /s) | 年径流<br>(mm) | 自然枯水量<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------|------------------------------|
| Stung Streng     | 3 210                    | 1 140                       | 36                        | 355         | 1                            |
| Stung Sisophon   | 4 310                    | 1 900                       | 60                        | 440         | 2                            |
| St. Mongol Borey | 2 700                    | 1 980                       | 63                        | 730         | 3                            |
| Stung Battambang | 2 135                    | 1 960                       | 62                        | 920         | 3                            |
| Stung Pursat     | 4 480                    | 1 660                       | 52                        | 370         | 1                            |
| Prek Thnot       | 5 050                    | 1 560                       | 49                        | 310         | 1                            |
| Mekong at Kratie | 646 000                  | 441 600                     | 13 974                    | 680         | 1 750                        |

资料来源：湄公河委员会，1994。

柬埔寨湄公河系统的一个重要特点是洞里萨湖。雨季期间，由于湄公河水位上升，从湖向河流的洞里萨河水倒流，湖水充溢，减少了到下游金边的水量。到九、十月份，湖水也许会上升3~4米，湖面扩大到1.05万 km<sup>2</sup>。随着湄公河水位下降，水流又开始下流，增加了下游旱季的水流，湖面最后到旱季会缩小到2 600 km<sup>2</sup>，不到2米深。每年，湄公河的水位上升都会造成下游金边地区大范围被淹没。

## 气候

柬埔寨属于热带季风气候，分为两个季：五到十月为雨季，由西南季风引起；十一月到次年四月为旱季，由西北季风引起。通常，雨季中间，七月或八月还有持续两周的短暂干旱期。年均降水量为1 200~1 500 mm，年平均气温21~35℃。相对湿度从一月和二月的65%~70%到八、九月的85%~90%。年蒸发量为2 000~2 200 mm，在三月或四月达到最高值为200~240 mm/月，九、十月最低为12~150 mm/月。月均蒸散量雨季为90 mm，旱季为120 mm。

## 4. 柬埔寨大型水稻栽培灌溉系统的需求

柬埔寨皇家政府(RGC)认为生产更多的水用于灌溉农业是很重要的，因为它能够提高灌溉农业商品化产品产量，从而满足政府减少贫困和经济增长等优先领域的需求。以前，政府对公共投资的计划约有22%用于灌溉部门，但现在政府将国家总预算的35%用于灌溉部门以生产更多的农业用水。

政府投资于灌溉的目标是要提高总的农业生产率，尤其是大型水稻栽培区域。柬埔寨若有充足的农业用水，产量则可由单产提高和两熟制共同提高。灌溉部门更广一点的发展目标则是经济增长和减少贫困。上述目标可通过增加国家蓄水区，对流域面积进行规划和制度加强来完成。

## 5. 柬埔寨灌溉发展现状

独立后，从1953年到1960年间，在美国帮助下，柬埔寨着手进行了十一项主要计划，包括二战期间损毁的Baval水库的部分重建，在法国殖民时期还制定了许多其他计划。新项目包括由最大的吴哥水库，西式大塘，干丹和磅湛省的50多条淤灌渠对1.3万 hm<sup>2</sup> 土地进行灌溉，这使该地区扩大到约1.7万 hm<sup>2</sup>。这些项目完成后，能进行正式灌溉的面积就达到了7.4万 hm<sup>2</sup>。

磅士卑省多目标特诺项目的第一阶段开始于20世纪60年代末。该项目要修建一条堤坝，以终年为7万 hm<sup>2</sup> 土地提供灌溉，但由于战争开始，该项目未能完成。

红色高棉执政时期(1975—1979年)对柬埔寨整个农业系统产生了主要影响。认识到灌溉的重要性，政府组织进行了分流工程、水库堤坝和其他设施的修筑，在大部分雨养地区修成了一个方格网渠道。直到今天，灌溉面积为40.7万 hm<sup>2</sup> (表4)。表5说明了各种灌溉方式所灌溉的面积。表6是柬埔寨主要稻田土壤分类。

表 4 水稻收获和灌溉总面积

| 省 份        | 收获面积 (khm <sup>2</sup> ) |      |           | 灌溉面积<br>(khm <sup>2</sup> ) |
|------------|--------------------------|------|-----------|-----------------------------|
|            | 雨季                       | 旱季   | 合计        |                             |
| 班迭棉吉       | 140.2                    | 0.3  | 140.5     | 36                          |
| 暹粒         | 181.08                   | 10.0 | 191.08    | 25.5                        |
| 柏威夏        | 16.911                   | —    | 16.911    | 0.3                         |
| 上丁         | 13.466                   | —    | 13.466    | 0.8                         |
| 腊塔纳基里      | 17.618                   | —    | 17.618    | 0.2                         |
| 蒙多基里       | 6.180                    | —    | 6.180     | 0.2                         |
| 桔井         | 20.617                   | 6.0  | 26.617    | 12                          |
| 磅同         | 99.164                   | 1.8  | 100.964   | 37                          |
| 马德望        | 168.571                  | 1.2  | 169.771   | 52                          |
| 菩萨         | 71.950                   | 0.1  | 72.05     | 26                          |
| 磅清扬        | 83.066                   | 9.9  | 92.966    | 22                          |
| 磅湛         | 167.243                  | 30.0 | 197.243   | 30                          |
| 柴桢         | 162.318                  | 9.0  | 171.318   | 20                          |
| 波罗勉        | 240.225                  | 57.0 | 297.225   | 40                          |
| 干丹         | 42.674                   | 45.0 | 87.674    | 20                          |
| 茶胶         | 173.131                  | 58.0 | 231.131   | 40                          |
| 磅士卑        | 84.303                   | 1.0  | 85.303    | 22                          |
| 戈公         | 7.272                    | —    | 7.272     | 0.6                         |
| 贡布         | 133.107                  | 2.5  | 135.607   | 19.3                        |
| 磅逊 (西哈努克城) | 9.5                      | —    | 9.5       |                             |
| 金边         | 5.396                    | 1.2  | 6.596     | 3.1                         |
| 合计         | 1 843.992                | 233  | 2 076.992 | 407                         |

资料来源：柬埔寨水资源和气象部灌溉农业统计

表 5 柬埔寨的灌溉方法

| 方 法  | 灌溉面积 (hm <sup>2</sup> ) |         |
|------|-------------------------|---------|
|      | 雨季                      | 旱季      |
| 自流灌溉 | 87 800                  | 119 700 |
| 抽水站  | 19 350                  | 23 650  |
| 可移式泵 | 73 850                  | 47 850  |
| 传统抽水 | 23 000                  | 11 800  |
| 合计   | 204 000                 | 203 000 |

资料来源：柬埔寨水资源和气象部灌溉农业统计

表 6 柬埔寨主要稻田土壤

| 分 组     | 土壤类型  | 面积 (hm <sup>2</sup> ) |
|---------|-------|-----------------------|
| 发育微弱冲积土 | 冲击土   | 1 706 400             |
|         | 湖泊冲击土 | 1 037 300             |
|         | 棕色冲积土 | 276 000               |
| 老冲击层滤酸土 | 冲击土   | 包含在上面类型中              |
| 排水缺乏低地土 | 传统水性土 | 1 289 600             |
|         | 灰色水性土 | 1 725 200             |
| 排水不畅低地土 | 棕色水性土 | 670 100               |
| 酸性硫酸盐土  | 冲击土   | 278 200               |

资料来源：柬埔寨水资源和气象部灌溉农业统计

湄公河秘书处在 1993—1994 年间曾对灌溉系统进行了清查，该清单列举了柬埔寨约 950 个项目，总面积达 31 万  $\text{hm}^2$ （附录 A）。然而，在雨养低地系统中，灌溉和雨养地区的区别并不明确。许多雨养作物尽管并未通过正式分流系统获得供水，但却从直接降水之外获得了用水。除水稻外，灌溉的作物大部分都是园艺作物。

雨季的时候，补充灌溉也许通过直接径流分流，抽水或过多径流释放来进行。旱季，当大部分河流的水流都很小的时候，灌溉只可能用储存的水来进行，或者用抽水灌溉，从残流、洪水，或更小规模的从地下水中用泵或传统方法抽取。从与湄公河和巴瑟河相连的沟渠小溪的旱季水流中抽水正成为波罗勉和茶胶省日益普遍和生产性的旱季耕作方法。

## 发展机会

**自流灌溉：**灌溉发展促进了柬埔寨最大范围的广泛发展，对雨季充沛的河流和溪水进行了充分开发，为雨季水稻种植提供补充灌溉，而储存设施使雨季径流或洪水得以保存用于旱季灌溉。另一方面，可以由小溪供水的面积也许仅有几公顷。在旱季，有水流的地方也仅能灌溉很小的面积。自流灌溉的运营成本较低，减少了对于操作不当就会损坏的机械设备的依赖。然而，如果渠道是锯齿状的，那么就需要分流设施来进行控制。洪流也需要能安全通过，而洪流通常比能有效分流的水流大的多。

**抽水站：**抽水适用于自然分流不起作用，或者分流成本过高的地方。然而，柬埔寨使用固定水泵计划的经验很令人失望，这有多方面原因，包括水资源不足或淤积，水泵尺寸过大或过分复杂，使用燃油效率低下的前苏联设计的水泵，技术上不可靠的灌溉系统和缺乏维护等。抽水计划对较差的维护非常敏感。尽管抽水的资本支出比自然分流的要低，但年度运营与维护成本却非常高，柬埔寨的抽水计划每年花费约为 80 美元/ $\text{hm}^2$ ，而自流灌溉计划为 20~25 美元/ $\text{hm}^2$  每年。

**可移式泵：**平均为 3 马力，用于雨季不能够到水的相临小地块的补充灌溉。旱季，它们为退洪作物提供灌溉，代替了传统的脚踏泵和汲水器。更小范围上，它们还用于抽取河道和沟渠中残留的水来灌溉梯田的二熟作物，灌溉蔬菜和果园等。

**矮堤水库：**雨季补充灌溉和旱季灌溉从深 1~3m 的矮堤水库取水。柬埔寨全国有 2 800 个此类水库。储存的水或来自上游径流，或来自河流洪水蓄积。雨季的时候，水库灌溉梯田的同时，还起到储水的作用，还可用做分流设施。据报告，雨季可供水面积为 20 万  $\text{hm}^2$ ，旱季为 6.5 万  $\text{hm}^2$ 。旱季灌溉面积范围一般为 20~30 $\text{hm}^2$ ，到几百公顷不等，其中很大部分是退洪区。

**淤灌渠：**淤灌渠是开辟来将含泥沙的洪水排到湄公河和巴瑟河大堤后的低地上。这种渠的位置设置较高，到八月中旬之前一直用一个临时堤坝关闭，以收获前一季的作物。接着，这些渠道在上升的河漫滩上充满水，当洪水退去时，水留在了渠道里，使人们可以进行退洪后的耕作。有些时候，渠道上还有个总水闸，使水位保持较高水平。退洪作物种植在较低的土地上。渠道还具有重要的渔业功能，因为它使鱼群可以洄游到泛滥平原。

## 发展过程

灌溉和排水——到 2010 年将灌溉面积占总种植面积的比重从 20% 提高到 50%（成功后还可能进一步扩大 166.73 万  $\text{hm}^2$ ），从而提高农村粮食安全水平，增加收入，为此，柬埔寨水资源和气象部需做好如下工作：

- 修复现有灌溉项目；
- 开发适用灌溉技术；
- 开发各种规模的自流灌溉系统；
- 随着机构对参与式灌溉管理和发展项目（PIMD）及类似项目的计划、建设和实施能力的提高，要扩大中大型灌溉系统覆盖面积；
- 加强农民用水者公社（FWUCs）对水文基础设施设计、修建、运营和管理的参与；
- 促进私人部门对水文基础设施建设的参与。

控制并消除（减小）洪水和其他灾害的影响——为防止洪水、干旱、水域退化、侵蚀和沉降对大型水稻栽培可能造成的损害，保护水产和渔业资源，必须做到：

- 控制洪水并减小其影响；
- 完善天气预报，以确保对自然事故，如台风、洪水和干旱的及时警报；
- 防止水域退化、侵蚀和沉降；
- 保护鱼类；
- 与湄公河沿岸其他国家合作并交流信息。

政策、法律和制度战略——为实现水资源综合管理与发展（IWRMD），需要做到：

- 制定和实施水业整体政策；
- 构建水业机构综合法律框架；
- 加强水资源和气象部数据和信息系统，以促进对水质和水量的综合管理，确定供需平衡；
- 加强水资源和气象部中央和各级地方人员的能力；
- 通过公开会议、无线电广播和印刷材料（传单、海报等）发布有关水资源的信息。

## 6. 支持大型稻作灌溉系统的工具和方法

### 6.1 改革以促进参与式灌溉管理和发展项目的实施

灌溉、水文和气象司前司长制定了一项国家政策，名为“关于可持续灌溉系统实施政策的1号文件”。这是在没进行试验和发展的基础上做出的，因为那时没有做这些事的资金来源。1999年，水资源和气象部（MOWRAM）成立，并收集了从农民到非政府组织（NGOs）对1号文件的所有反馈意见，随后组织了两场研讨会（一个在马德望为西北部省份举行的地区研讨会和一个在金边举行的全国研讨会）。这些研讨会的目的就是挖掘与会人员对灌溉部门的参与式灌溉管理和可持续发展的想法和经验，以发展1号文件及其他两个支持文件。后来，MOWRAM设立了一个监察委员会，并将所有相关的MOWRAM高级技术官员都作为成员包括进来。监察委员会主席由MOWRAM副国务秘书担任。监察委员会仔细的审阅了1号文件的附件及两个提高透明度的支持文件，确定这些文件适于向利益相关人员分发。之后，这些文件提交给MOWRAM大臣，以进行官方签署和批准，生成普拉卡什（公告）306号。目前，普拉卡什306号已得到签署、批准、发布，并在农民用水者公社（FWUCs）的建立中得以使用。

FWUCs是用来管理灌溉项目的。他们将被授权收取灌溉服务费以用于服务提供、运营与维护成本。1号文件里说明FWUCs将做到下列事项：

- 将一个灌溉区的耕作农民组织起来，以促进灌溉用水向其供给；
- 向成员提供充足的灌溉用水；
- 获取灌溉系统管理、维护和运营及财务事务知识；
- 提高单产和季节性种植；
- 促进政府支持（当其遇到障碍和营销问题时政府干预）

1号文件还说明每个FWUCs的管理委员会承担下列职责：

- 准备FWUCs工作计划；
- 制定公社法规（章程）、约定和内部规章；
- 维护灌溉系统良好状态，以能在整个季节提供灌溉；
- 为所有成员管理和分配用水；
- 以有效的方式加强对灌溉系统的利用、管理和完善；
- 解决公社内部出现的问题；
- 按公社决定收取灌溉服务费。

### 6.2 采用参与式灌溉管理与发展（PIMD）的制度框架

为确保PIMD政策的有效采用与实施，有必要成立下列组织并使其承担下述职能。

## FWUCs

FWUCs 是一个农民用水者的法律社团实体，它在一个灌溉系统内进行用水分配，并承担排水职责。FWUC 将负责灌溉系统的运营、维护、恢复和整体管理资金。在发展一个新的灌溉系统前，要建立 FWUC 来引导发展过程。

一个灌溉系统的所有用水者被要求都成为 FWUC 的成员，并支付足够的灌溉服务费，以支持灌溉系统的适当维护，确保基础设施的功能稳定。灌溉系统若有象三级区域等由几个农民组成的次级单元的，也可在 FWUC 内组成 FWUC 小组作为初级组织。大的灌溉系统也许在 FWUC 内有三级或更多级。任何情况下，都要有一个整体项目层的 FWUC，以确保“一个灌溉系统，一个管理系统”的原则。



### 6.3 灌溉管理转移，FWUCs 支持服务协议和条款

一旦 FWUC 依法成立注册，制定了章程，依法选举出领导人，那么 FWUC 支持小组就将进一步提供一个灌溉季节的在职强化培训和监测。在此期间，FWUC 将准备、批准并实施一项灌溉服务计划。这个季节过后，FWUC 支持小组和 FWUC 官员将准备一份正式文件，就是省政府（由省长代表）、FWUC（由选举产生的官员代表）和村政府（由村领导代表）之间的协议。

该协议说明了 FWUC 的职责和任务，省和地方政府的角色和任务（能力建设、规制和提供服务支持），争端解决程序，FWUC 外部关系规程和 FWUC 职权部门的正式确认。大型灌溉系统中主要设施或干渠上的大型灌溉设施的所有权不会转交给 FWUC，这些设施是由政府用人工材料建造而成。这种情况下，只有这些设施的运营、使用和维护权利转移到 FWUC。其他任何情况下，灌溉设施的所有权也会转移到 FWUC（FWUC 和政府双方同意情况下）。

在相关各方进行了灌溉管理转移，或签署了管理权协议证明后，未来所有提供给 FWUC 的技术、财务和管理服务都必须依照合伙协议的原则进行，这可以通过签定正式协议来实现。各方间的成本分担和责任确保机制要写入协议。在灌溉管理转移，或签署了管理权协议证明后，任何委派到该系统的政府人员，或者委派其他任务，或者将权利交给 FWUC，并在 FWUC 监督下继续承担灌溉管理的职责（只有 FWUC 同意才行）。

## 柬埔寨灌溉系统情况

国家灌溉管理机构：水资源与气象部（MOWRAM）

### 柬埔寨灌溉系统总体情况

| 稻作灌溉系统自然规模                  | <500hm <sup>2</sup> | 500~5 000hm <sup>2</sup> | >5 000hm <sup>2</sup> | 所有规模    |
|-----------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|---------|
| 系统数量                        | 300                 | 350                      | 300                   | 950     |
| 年调水量 (MCM)                  |                     |                          |                       |         |
| 农业用水比重 (%)                  |                     |                          |                       | 95      |
| 家庭用水比重 (%)                  |                     |                          |                       | 4       |
| 其他用水比重 (%)                  |                     |                          |                       | 1       |
| 设计灌溉面积 (hm <sup>2</sup> )   |                     |                          |                       |         |
| 有效灌溉面积 (hm <sup>2</sup> )   |                     |                          |                       |         |
| 水稻灌溉面积 (hm <sup>2</sup> )   |                     |                          |                       | 407 000 |
| 蔬菜和果园面积 (hm <sup>2</sup> )  |                     |                          |                       |         |
| 其他作物灌溉面积 (hm <sup>2</sup> ) |                     |                          |                       |         |
| 受益农民人数                      |                     |                          |                       | 1 100 万 |
| 受益城市居民人数                    |                     |                          |                       | 200 万   |
| 支撑湿地面积 (hm <sup>2</sup> )   |                     |                          |                       | 250 万   |

### 最大稻作灌溉系统情况

| 名 称                         | Kamping Pouy         |
|-----------------------------|----------------------|
| 地点                          | 柬埔寨马德望省 Bannong 区    |
| 修建时期                        | 1966—1977 年          |
| 设计灌溉面积 (hm <sup>2</sup> )   | 30 000               |
| 实际灌溉面积 (hm <sup>2</sup> )   | 12 000               |
| 年调水量 (MCM)                  |                      |
| 农业用水比重 (%)                  | 95                   |
| 家庭用水比重 (%)                  | 4                    |
| 其他用水比重 (%)                  | 1                    |
| 水稻灌溉面积 (hm <sup>2</sup> )   | 20 000               |
| 蔬菜和果园面积 (hm <sup>2</sup> )  | 5 000                |
| 其他作物灌溉面积 (hm <sup>2</sup> ) | 5 000                |
| 每公顷灌溉稻田供水量                  | 13 000m <sup>3</sup> |
| 每立方米供水产出 (美元)               |                      |
| 受益农民人数                      | 40 000               |
| 受益城市居民人数                    | 10 000               |
| 支撑湿地面积 (hm <sup>2</sup> )   | 40 000               |



# 印度尼西亚大型稻作灌溉系统现状

Dwi Kristianto and A. Tommy M. Sitompul

## 1. 大型稻作灌溉系统背景

在印度尼西亚，灌溉已经有数百年了，然而，现在的灌溉管理依然被一些问题困扰着，这主要是由于现代的灌溉管理观念与传统的农村作业习惯不一致造成的。

同许多其他的发展中国家一样，印度尼西亚的灌溉发展计划主要以一种实用的科技方法为基础；因此，一直以来关于农场合理用水管理和长期实施的一些更困难的问题被忽略了。

印度尼西亚是一个以农业为基础的国家，一直以来灌溉农业都对其发展起着极其重要的作用，它还是印度尼西亚政府 1969 年到 1994 年（第一到第五个经济发展计划）五年发展计划的优先领域之一。图 1 表明在 20 世纪 70 年代，尽管国家计划曾试图将耕作推广到其他岛屿，但农业耕作依然在爪哇岛占主导地位。



图 1 印度尼西亚地图及其土地利用

政府的灌溉规划包括修复现有的灌溉系统和发展新的灌溉系统。印度尼西亚的灌溉面积在十六年间（1969—1985 年）显著增加。表 1 比较了 1966—1989 年间修复和新兴发展项目实施前后的灌溉面积变化。

从表 1 可以看出，除发展了新的灌溉项目外，还将许多简单灌溉转变成科学灌溉。

灌溉面积不到 1 000hm<sup>2</sup> 属于小型灌溉区域，直接由当地政府管理。1 000~3 000hm<sup>2</sup>（中型）的灌溉区和跨区灌溉由省级政府负责。大于 3 000hm<sup>2</sup> 灌溉区和跨省灌溉由国家负责。管理责任包括初级和二级系统，而第三级系统则由用水者协会负责。

表 1 1996 年和 1989 年印度尼西亚灌溉情况

| 灌溉方式   | 爪哇岛和马都拉岛<br>(hm <sup>2</sup> ) | 其他岛屿<br>(hm <sup>2</sup> ) | 合计<br>(hm <sup>2</sup> ) |
|--------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 科学灌溉   |                                |                            |                          |
| 1966 年 | 1 430 000                      | 274 000                    | 1 704 000                |
| 1989 年 | 1 977 000                      | 724 725                    | 2 701 765                |
| 半科学灌溉  |                                |                            |                          |
| 1966 年 | 457 000                        | 301 000                    | 758 000                  |
| 1989 年 | 393 295                        | 878 177                    | 1 271 472                |
| 简单灌溉   |                                |                            |                          |
| 1966 年 | 920 000                        | 415 000                    | 1 335 000                |
| 1989 年 | 399 620                        | 446 928                    | 846 548                  |
| 合计     |                                |                            |                          |
| 1966 年 | 2 807 000                      | 990 000                    | 3 797 000                |
| 1989 年 | 2 769 955                      | 2 049 830                  | 4 819 785                |

资料来源: Gany (1993)

按照灌溉改革议程, 政府提出的目标是高效率和高效益的灌溉水管理。灌溉性能已成为评价灌溉系统是否成功一个重要指标。然而由于灌溉改革仍在进行之中, 因而尚未对灌溉系统进行全国性评估, 现有性能数据也尚未可得。

然而, 2004 年, 我们曾对 5 个灌溉区的性能进行评估: Guguk Rantau (西苏门答腊)、Mandika (南加里曼丹)、Kasinggolan (北苏拉威西)、Sesaat (西努沙登加拉) 和 Panewon (东爪哇)。这些区域灌溉性能的数据见表 2。

表 2 灌溉性能评估

| 灌溉区 (省)              | 因素及权重 |      |      |     |     | 合计 (级别)   |
|----------------------|-------|------|------|-----|-----|-----------|
|                      | 输水    | 灌溉设施 | 灌溉管理 | 组织  | 耕作  |           |
|                      | 30%   | 27%  | 18%  | 15% | 10% |           |
| Guguk Rantau (西苏门答腊) | 67    | 87   | 80   | 100 | 9   | 82.49 (优) |
| Mandika (南加里曼丹)      | 49    | 93   | 54   | 100 | 7   | 72.13 (优) |
| Kasinggolan (北苏拉威西)  | 90    | 73   | 55   | 78  | 4   | 73.11 (优) |
| Sesaat (西努沙登加拉)      | 55    | 63   | 89   | 86  | 9   | 76.23 (优) |
| Penewon (东爪哇)        | 70    | 100  | 81   | 88  | 9   | 85.68 (优) |

资料来源: DGWR (2004)

Arif (2004) 在日惹利用“模糊逻辑分析”进行了另一项研究。Arif 对日惹地区的 12 个灌溉区域进行了评估, 分别是 Pengasih、Mejing、Donomulyo、Penjalin、Simo、Papah、Karang Ploso、Blawong、Sapon、Pendowo、Pijenan 和 Kali Bawang。只有一个灌溉区为“优”等, 而其他区域则为“良”。因此, 根据这两项研究, 在一定程度上我们粗略地得出结论, 印度尼西亚的灌溉性能倾向于“良”等。

政府的灌溉政策是为了通过体制加强和机构间的有效协调来实现高效率和高效益的灌溉管理。目前这些为实现可持续灌溉运营与维护的方法中, 至少有四个已经受到高度重视:

- 1) 鼓励增强归属、参与和责任承担意识;
- 2) 为了更可靠的运营与维护而应增加资金来源;
- 3) 一份明晰的进行系统的财务控制的计划、预算、和控制系统;
- 4) 一套专门的维护方案。

除了实现足够的粮食供应, 灌溉发展的目的还在于通过发展农产品来促进农村发展。有些灌溉

发展的目的是支持国家在加里曼丹和苏拉威西等地区的移民规划。

## 2. 农业的发展趋势和水资源管理

目前在印度尼西亚，除了少数例外，所有这些灌溉项目都是为了扩大和加强水稻种植，从而增加粮食供应。而在世界其他地方，灌溉的目的大多数旨在支持商业化耕作农产品。农业对于印度尼西亚的经济仍然起着非常重要的作用。

据 Gany (1993) 研究，在 20 世纪 50 年代至 60 年代初印度尼西亚的农业生产增长率是亚洲国家最缓慢的，甚至低于许多非洲和拉丁美洲国家。

然而，到 20 世纪 70 年代，印度尼西亚的农业开始呈现出快速发展的势头。在国际贸易显著增加的背景下，农业在经济中发挥了更加重要的作用。如表 3 所示，1973 年农业占 GDP 比重约 40%，但是到 1987 年下降至 23.33%，而 1988 年和 1989 年则分别为 24.07% 和 23.45%。

表 3 印度尼西亚一定年份国内生产总值 (GDP) 比较

| 经济部门 | 国内生产总值     |            |            |            |             |             |             |
|------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
|      | 1939 年 (%) | 1960 年 (%) | 1963 年 (%) | 1973 年 (%) | 1987 年 (%)* | 1988 年 (%)* | 1989 年 (%)* |
| 农业   | 61         | 54         | 52         | 41         | 23.33       | 24.07       | 23.45       |
| 工业   | 15         | 8          | 9          | 9          | 13.83       | 12.08       | 13.06       |
| 矿业   | —          | 4          | 4          | 9          | 16.95       | 18.49       | 18.33       |
| 其他   | 24         | 34         | 35         | 41         | 45.89       | 45.36       | 45.16       |

资料来源：Gany (1993)

\* 中央统计局 (1990)

然而在同一时期，65% 的印度尼西亚人口直接从事农业活动（在以后的几年略有减少）。这表明农业部门的人均收入低于非农业部门。

这些因素促使人们改变对农业活动的看法。在有些地区，特别是爪哇和其他一些省份，人们尤其是年轻人越来越讨厌农业生产活动。导致这种后果的原因在于农业商品特别是大米市场价格很低。

人们更喜欢在工业领域工作，即便工资较低，但他们认为能获得稳定的收入。在许多地方农村人口向城市迁移也很普遍，这导致只有老年人从事农业活动。

根据政府在灌溉方面的政策，农民除了满足国家的粮食需求外，可选择性地种植任何农产品。这意味着农民可以选择种植高附加值的农产品。

作为一个农业国，从事农业活动能有一份可观的收入是非常重要的，这是印度尼西亚人所期望的。然而这并非易事，政府需要采取综合措施，包括市场价格干预和高到足以使农民能够获得利润的价格安排。农民自己必须采用现代的农业手段（包括灌溉现代化）并以市场为导向。

鉴于目前的经济状况，工厂企业不断的裁员，年轻人要在城市工业领域赚钱的梦想正变得越来越难以实现，政府应大力吸收年轻劳动力以促进农业活动。灌溉用水应该实行民主管理，从而达到高效率、高效益和可持续灌溉的目的。将水库的水专门用于农业是比较容易的。若水库的水还用于其他方面，则应达成分配协议并优先考虑将水用于灌溉。

另一方面，由于大部分供水系统在设计时为单一用途，因而需进行改造以适应多种用途。伴随着城市、农业、工业和环境部门对水的竞争日益激烈，要求全面改善对水的管理。因此灌溉现代化过程中要引入水资源综合管理。

## 3. 大型稻作灌溉系统的新需求

在印尼，大多数供水系统是为农业设计的，水的分配机制很少改变。要对灌溉用水实行民主、

切实有效、可持续的管理，就需要对灌溉方式的所有组成部分进行综合改进，以加强灌溉系统的运行和管理。

鉴于目前的条件，最有可能引发的问题是持续性和利益冲突。各地城市、农业、工业和环境用水部门之间对水的竞争会日益激烈。解决这些问题将需要重新设计灌溉基础设施，包括它的附属结构和管理。我们可以明确至少有以下四个方面的问题需要解决：

#### 1) 基础设施建设

应该可靠地将水分配给所有用水者。输水系统、测量设施、调节设施应能确保可靠的用水分配。这需要支持技术，即可靠水源的预测方法，操作方法和标准作业程序。由于可计量性也很重要，因此基础设施应该校准，尤其是测量设施。

#### 2) 管理到位

管理，包括制度安排，应能够控制并尽可能的促进系统的正常运行。所有管理人员应清楚了解他们的工作及责任。

人力资源能力和建立的管理制度是成功的关键。管理也应该能够预见到情况、条件和政策的变化并了解冲突管理。

#### 3) 财政投入的增加

充足的财政支持将使管理计划按设想的结果得到落实。管理部门应能够从用水者得到资金投入。

#### 4) 政策

国家和地方政策应努力扶持，以实现高效率、高效益和可持续的灌溉。而很多地方政府并没有把灌溉纳入优先领域。它们首先关注其他基础设施的建设，如道路和建筑物。此外，土地从农业用地转化为住房和工业区的现象在许多地方仍然存在。

## 4. 确保用水分配可靠性的措施

要确保用水分配的可靠性，应采取的措施是，通过修建，升级和专门维护来完善灌溉基础设施。由于受到用于这些措施的预算拨款的限制，导致了基础设施建设的长时间推迟。

管理完善措施受到近期重建计划的影响，而且没有充分准备好人力资源的开发。在这段时期，处于退休年龄灌溉工程师的人数多于准备取代他们的新灌溉工程师的人数。结果，重建工程不能妥善地完成。年长和年轻工程师之间意见不一致，这些年长的工程师将要退休了，而这些年轻的工程师还没准备好去替代这些年长者。因此，需要实施一些培训和教育项目。

参与式灌溉管理被介绍给当地的农民，会让他们有觉得有责任感、参与感和归属感。这样做会让农民自愿去付灌溉服务费。目前在印度尼西亚有 47 648 个用水者协会。在没有用水者协会的系统中建立用水者协会（WUA）应作为一个国家规划项目。建立之后，则要引入组织、技术、管理、耕作和财务问题的强化项目。

## 5. Tarum 灌溉系统案例分析

Tarum 灌溉系统包括在贾蒂卢胡多目标计划中。该计划是为电业，工业，旅游业，灌溉业和家庭应用而进行的。如图 2 所示，Tarum 灌溉系统包括三个子系统，分别为西部 Tarum 渠道（WTC），北部 Tarum 渠道（NTC）和东部 Tarum 渠道（ETC）。西部 Tarum 渠道服务区面积为 68 000hm<sup>2</sup>，北部 Tarum 渠道服务区面积为 78 000hm<sup>2</sup>，以及东部 Tarum 渠道 90 000hm<sup>2</sup>。除了作为灌溉用水，西部 Tarum 渠道也能供给雅加达的家庭用水。图 3 显示的是分水闸和第三级渠道。

考虑到大型稻作灌溉系统的性能，Tarum 灌溉系统正面临着一些典型问题。而且，这些问题看上去变得越来越复杂了。

### 1) 土地转换

Tarum 灌溉系统服务区的潜在灌溉稻田中，已有数千公顷土地从灌溉稻田转变成到工业和住房区（图 4）。农田已经减少了，但是从另一方面来说，相当数量的地区收入能够从当地公司的税收中得到。工业的快速发展反过来也刺激了都市化的进程和房屋需求量的增加。

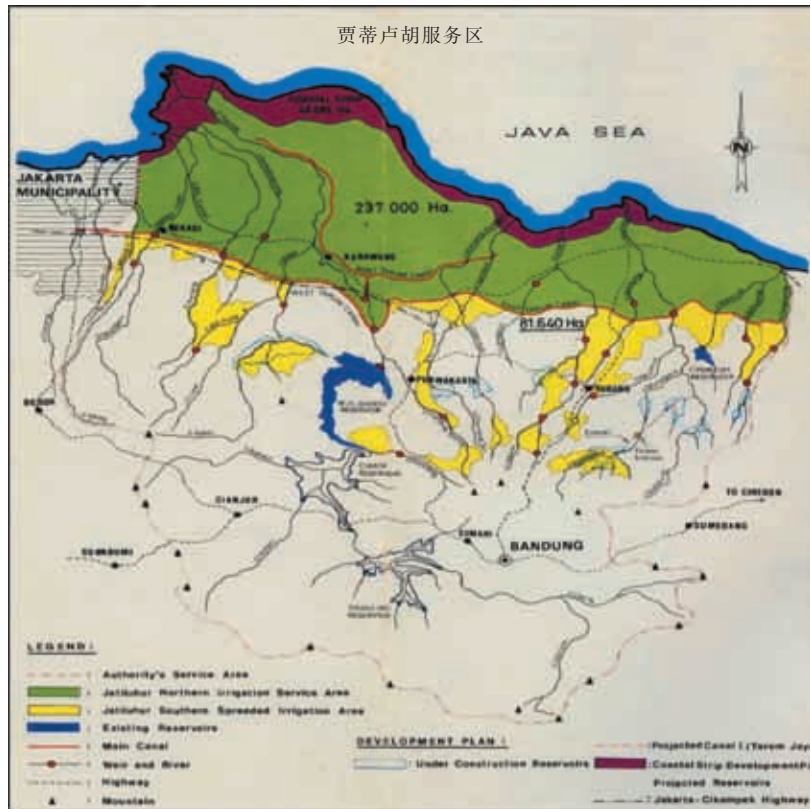


图 2 贾蒂卢胡地图



图 3 分流设施和三级渠道

### 2) 利益冲突

所有用水者都希望有用水优先权。



图4 将向住房和工业用地转变的农田

### 3) 环境

工业和住房区的垃圾常常导致环境恶化。

### 4) 服务能力降低



图5 未衬砌渠道中的杂草

服务能力降低的主要原因是预算拨款有限。适当的运营与维护因资金缺乏而受阻。结果，我们随处就能看到渠道中的沉积物，在无衬砌渠道中看到杂草以及一些设施损坏（如图5）。最终结果就是灌溉水流低于所需水流。

## 6. 结论

1) 印度尼西亚的大型稻作灌溉系统在提供国家部分粮食供给，满足国内消费方面发挥着重要作用。

2) 印度尼西亚的大部分灌溉系统性能为“良”等。

- 3) 要应对未来 25 年的挑战则必须进行综合的改进，即结构、制度、管理、文化和政策。
- 4) 需改革农产品市场机制。
- 5) 需要引进以市场为导向的农产品。
- 6) 需要培养参与意识、归属意识和责任意识。
- 7) 农民的传统观念需要被更加先进和现代化的思想观念所取代。

## 参考文献

- Arif , Jabir dan Bahaduri.** 2004. *Analisis kesiapan daerah irigasi dalam proses penyerahan pengelolaan irigasi dwengan memakai logika keaburan (fuzzy logic)*, Unpublished. UGM (Master's thesis).
- Central Bureau for Statistics.** 1990. *Statistical year of Indonesia 1990*, BPS, Jakarta.
- Direktorat PSDA.** 2005. *Kumpulan data irigasi di Indonesia*. Unpublished.
- Direktorat PSDA.** 2005. *Kumpulan data P3A di Indonesia*. Unpublished.
- Ditjen SDA.** 2004. *Pengkajian kinerja manajemen organisasi petani dalam pengelolaan jaringan irigasi*, Study report. Unpublished.
- Ditjend Pengairan.** 1999. *Proceedings of the seminar on farmer's participation in water management in Jatiluhur irrigation system*. Unpublished.
- Do.** 1989. *Rekap inventarisasi sistim irigasi seluruh Indonesia. Inventory Report*. Unpublished.
- Gany, A.** 1993. *The irrigation based transmigration programme in Indonesia*. Manitoba University, Canada (Ph. D. Dissertation).
- Harsono, Djene & Harjono.** 1982. *Atlas buana*. Intermesa, Jakarta.
- POJ.** 1984. *Profile of Jatiluhur Authority Public Company*. POJ, Purwakarta.

## 附件 1 印度尼西亚灌溉系统情况

国家灌溉管理机构：公共事务部水资源司

| 灌溉系统总体情况                    |                        |                               |                                 |      |
|-----------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------|
| 稻作灌溉系统自然规模                  | <10 000hm <sup>2</sup> | 10 000~100 000hm <sup>2</sup> | >100 000hm <sup>2</sup>         | 所有规模 |
| 系统数量                        |                        |                               | 1                               |      |
| 年调水量 (MCM)                  |                        |                               | 75 亿 m <sup>3</sup> /年          |      |
| 农业用水及比重 (%)                 |                        |                               | 650 亿 m <sup>3</sup> /年 (86.7%) |      |
| 家庭用水及比重 (%)                 |                        |                               | 6.26 亿 m <sup>3</sup> /年 (8.3%) |      |
| 其他用水比重 (%)                  |                        |                               | 5.0%                            |      |
| 设计灌溉面积 (hm <sup>2</sup> )   |                        |                               | 304 724                         |      |
| 有效灌溉面积 (hm <sup>2</sup> )   |                        |                               | 242 585                         |      |
| 水稻灌溉面积 (hm <sup>2</sup> )   |                        |                               | 231 105*                        |      |
| 蔬菜和果园面积 (hm <sup>2</sup> )  |                        |                               | 46 226                          |      |
| 其他作物灌溉面积 (hm <sup>2</sup> ) |                        |                               | —                               |      |
| 受益农民人数                      |                        |                               | 48.06 亿                         |      |
| 受益城市居民人数                    |                        |                               | 55.90 亿                         |      |
| 支撑湿地面积 (hm <sup>2</sup> )   |                        |                               | 200                             |      |

\* Palawija

| 最大稻作灌溉系统情况                  |   |
|-----------------------------|---|
| 名 称                         | 贾蒂卢胡灌溉方案  |
| 地点                          | Subang, Bekasi, Karawang, Purwakarta, Indramayu (西瓜哇) |
| 修建时期                        | 1957—1967 年   |
| 设计灌溉面积                      | 科学灌溉系统  |
| 实际灌溉面积                      | 稻田  |
| 年调水量                        | 75 亿 m <sup>3</sup> /年                                |
| 农业用水及比重 (%)                 | 65 亿 m <sup>3</sup> /年 (86.7%)                        |
| 家庭用水及比重 (%)                 | 6.26 亿 m <sup>3</sup> /年 (8.3%)                       |
| 其他用水比重 (%)                  | 5%  |
| 稻田灌溉面积 (hm <sup>2</sup> )   | 231 105   |
| 蔬菜和果园面积 (hm <sup>2</sup> )  | 46 266  |
| 其他作物灌溉面积 (hm <sup>2</sup> ) | —   |
| 每公顷灌溉稻田供水量                  | 13 165m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> 每季度             |
| 每立方米水供水产出 (美元)              | 0.007 5 美元 (75 卢比)                                    |
| 受益农民人数                      | 48.06 亿   |
| 受益城市居民人数                    | 55.90 亿   |
| 支撑湿地面积 (hm <sup>2</sup> )   | 200   |



印度尼西亚各省灌溉面积简况

| 序号 | 省份         | <1 000hm <sup>2</sup> |          |       |         | 1 000~3 000hm <sup>2</sup> |          |    |         | >3 000hm <sup>2</sup> |          |         |         | 合计      | >3 000hm <sup>2</sup><br>和跨省区、市<br>总面积 |
|----|------------|-----------------------|----------|-------|---------|----------------------------|----------|----|---------|-----------------------|----------|---------|---------|---------|--|
|    |            | 整个<br>区/市             | 跨<br>区/市 | 跨省    | 合计      | 整个<br>区/市                  | 跨<br>区/市 | 跨省 | 合计      | 整个<br>区/市             | 跨<br>区/市 | 跨省      | 合计      |         |  |
| 1  | 2          | 3                     | 4        | 5     | 6       | 7                          | 8        | 9  | 10      | 11                    | 12       | 13      | 14      | 15      | 16=5+9+<br>11+12+13                    |
| 1  | 亚齐达鲁萨兰特区*  | 186 608               | 306      | 0     | 186 914 | 74 376                     | 3 138    | 0  | 77 514  | 112 953               | 20 260   | 0       | 133 213 | 397 641 | 133 213                                |
| 2  | 北苏门答腊省*    | 206 948               | 3 865    | 0     | 210 813 | 128 088                    | 2 846    | 0  | 130 934 | 88 646                | 6 300    | 0       | 94 946  | 436 693 | 94 946                                 |
| 3  | 西苏门答腊省     | 157 205.91            | 6 275.00 | 0     | 163 481 | 32 633                     | 0        | 0  | 32 633  | 74 570                | 3 193    | 0       | 77 763  | 273 877 | 77 763                                 |
| 4  | 廖内省*       | 64 386                | 0        | 0     | 64 386  | 168 315                    | 0        | 0  | 168 315 | 61 558                | 0        | 0       | 61 558  | 294 259 | 61 558                                 |
| 5  | 占碑省*       | 19 401                | 0        | 0     | 19 401  | 19 733                     | 0        | 0  | 19 733  | 172 338               | 0        | 0       | 172 338 | 211 472 | 172 338                                |
| 6  | 南苏门答腊省*    | 53 159                | 0        | 0     | 53 159  | 85 091                     | 0        | 0  | 85 091  | 539 153               | 0        | 0       | 539 153 | 677 403 | 539 153                                |
| 7  | 明古鲁省       | 45 451                | 0        | 0     | 45 451  | 12 733                     | 514      | 0  | 13 247  | 18 657                | 0        | 0       | 18 657  | 77 355  | 18 657                                 |
| 8  | 楠榜省*       | 122 458               | 250      | 0     | 122 708 | 20 559                     | 3 601    | 0  | 24 160  | 111 506               | 94 547   | 8 100   | 214 153 | 361 021 | 214 153                                |
| 9  | 邦加一勿里洞群岛省* | 8 240                 | 0        | 0     | 8 240   | 8 595                      | 0        | 0  | 8 595   | 3 108                 | 0        | 0       | 3 108   | 19 943  | 3 108                                  |
| 10 | 西爪哇省*      | 97 339                | 6 964    | 947   | 105 250 | 64 339                     | 8 720    | 0  | 73 059  | 47 701                | 114 136  | 242 523 | 404 360 | 582 669 | 405 307                                |
| 11 | 中爪哇省*      | 456 069               | 21 787   | 1 189 | 479 045 | 61 553                     | 25 682   | 61 | 87 296  | 131 431               | 145 885  | 49 204  | 326 520 | 892 861 | 327 770                                |
| 12 | 日惹特区*      | 39 382                | 4 541    | 40    | 43 964  | 14 716                     | 0        | 0  | 14 716  | 0                     | 5 158    | 0       | 5 158   | 63 838  | 5 198                                  |
| 13 | 东爪哇省*      | 434 401               | 22 271   | 537   | 457 209 | 144 833                    | 20 341   | 0  | 165 174 | 142 870               | 142 094  | 0       | 284 964 | 907 347 | 285 501                                |
| 14 | 万丹省*       | 87 075                | 1 359    | 0     | 88 434  | 13 673                     | 5 442    | 0  | 19 115  | 14 560                | 51 104   | 0       | 65 664  | 173 213 | 65 664                                 |
| 15 | 巴厘省        | 64 893                | 0        | 0     | 64 893  | 7 450                      | 0        | 0  | 7 450   | 0                     | 0        | 0       | 0       | 72 343  | 0                                      |
| 16 | 西努沙登加拉省    | 82 833                | 0        | 0     | 82 833  | 56 625                     | 0        | 0  | 56 625  | 33 802                | 0        | 0       | 33 802  | 173 260 | 33 802                                 |

(续)

| 序号 | 省份       | <1 000hm <sup>2</sup> |          |       |           | 1 000~3 000hm <sup>2</sup> |          |    |           | >3 000hm <sup>2</sup> |          |         |           | 合计        | >3 000hm <sup>2</sup><br>和跨省区、市<br>总面积 |
|----|----------|-----------------------|----------|-------|-----------|----------------------------|----------|----|-----------|-----------------------|----------|---------|-----------|-----------|--|
|    |          | 整个<br>区/市             | 跨<br>区/市 | 跨省    | 合计        | 整个<br>区/市                  | 跨<br>区/市 | 跨省 | 合计        | 整个<br>区/市             | 跨<br>区/市 | 跨省      | 合计        |           |  |
| 1  | 2        | 3                     | 4        | 5     | 6         | 7                          | 8        | 9  | 10        | 11                    | 12       | 13      | 14        | 15        | 16=5+9+<br>11+12+13                    |
| 17 | 东努沙登加拉省  | 29 631                | 0        | 0     | 29 631    | 37 353                     | 0        | 0  | 37 353    | 36 071                | 0        | 0       | 36 071    | 103 055   | 36 071                                 |
| 18 | 西加里曼丹省*  | 107 325               | 0        | 0     | 107 325   | 77 766                     | 0        | 0  | 77 766    | 119 680               | 0        | 0       | 119 680   | 304 771   | 119 680                                |
| 19 | 中加里曼丹省*  | 71 108                | 0        | 0     | 71 108    | 99 168                     | 0        | 0  | 99 168    | 68 602                | 0        | 11 531  | 80 133    | 250 409   | 80 133                                 |
| 20 | 南加里曼丹省*  | 120 050               | 0        | 0     | 120 050   | 93 425                     | 0        | 0  | 93 425    | 115 063               | 0        | 0       | 115 063   | 328 538   | 115 063                                |
| 21 | 东加里曼丹省*  | 39 891                | 0        | 0     | 39 891    | 38 766                     | 0        | 0  | 38 766    | 4 000                 | 0        | 0       | 4 000     | 82 657    | 4 000                                  |
| 22 | 北苏拉威西省*  | 31 532                | 0        | 824   | 32 356    | 11 866                     | 0        | 0  | 1 866     | 13 181                | 0        | 0       | 13 181    | 57 403    | 14 005                                 |
| 23 | 哥伦打洛省    | 7 838                 | 425      | 0     | 8 263     | 5 545.54                   | 2 263.00 | 0  | 7 809     | 0                     | 0        | 0       | 0         | 16 072    | 0                                      |
| 24 | 中苏拉威西省*  | 52 728                | 0        | 0     | 52 728    | 34 139                     | 0        | 0  | 34 139    | 17 568                | 0        | 0       | 17 568    | 104 435   | 17 568                                 |
| 25 | 东南苏拉威西省* | 27 768                | 0        | 0     | 27 768    | 32 303                     | 0        | 0  | 32 303    | 22 671                | 0        | 0       | 22 671    | 82 742    | 22 671                                 |
| 26 | 南苏拉威西省*  | 227 741               | 0        | 0     | 227 741   | 99 502                     | 5 016    | 0  | 104 518   | 285 032               | 51 977   | 0       | 337 009   | 669 268   | 337 009                                |
| 27 | 西苏拉威西省*  | 28 210                | 0        | 5 500 | 33 710    | 2 800                      | 0        | 0  | 2 800     | 40 082                | 0        | 0       | 40 082    | 76 592    | 45 582                                 |
| 28 | 马鲁古省*    | 7 499                 | 0        | 0     | 7 499     | 37 157                     | 0        | 0  | 37 157    | 12 500                | 0        | 0       | 12 500    | 57 156    | 12 500                                 |
| 29 | 北马鲁古省    | 4 802.43              | 0        | 0     | 4 802     | 3 708.40                   | 0        | 0  | 3 708     | 0                     | 0        | 0       | 0         | 8 511     | 0                                      |
| 30 | 巴布亚省     | 1 700                 | 0        | 0     | 1 700     | 4 700                      | 0        | 0  | 4 700     | 3 450                 | 0        | 0       | 3 450     | 9 850     | 3 450                                  |
|    | 印度尼西亚    | 2 883 673             | 68 043   | 9 037 | 2 960 753 | 1 491 511                  | 77 563   | 61 | 1 569 135 | 2 290 753             | 634 654  | 311 358 | 3 236 765 | 7 766 653 | 3 245 863                              |

资料来源：水资源利用司（2005）

注：旧数据（2005年1月26日）

\* 修订数据

中爪哇省：修订数据需进一步查实；日惹：Kab. Sleman 需确认

# 老挝大型稻作灌溉系统

Phalasack Pheddara<sup>①</sup>

## 1. 大型稻作灌溉系统的背景

老挝位于印度支那半岛的中心，介于北纬 14~23 度，东经 100~108 度之间。老挝是个内陆国家，北邻中国，南接柬埔寨，东界越南，西接泰国，西北毗连缅甸，与五国的边境线长度分别为 505km、435km、2 069km、1 835km 和 236km。南北纵深 1 700km，东西最宽处超过 500km，最窄点仅 140km。老挝国土总面积为 23.68 万 km<sup>2</sup>，大部分为山区和密林，西部与泰国交界处有很长一段为湄公河。

老挝政府从 1986 年开始进行分权，并鼓励私人企业发展。因为老挝开始起点极低，因而成果极其显著——1988—2004 年间，年均增长率为 6%。老挝农业产值占 GDP 的一半，农业就业人口则占总就业人口的 80%。

老挝的经济将继续从国际援助和新的国外投资中受益。老挝各部门占 GDP 的比重分别为：农业 49.5%，工业 27.5%，服务业 23%（2004 年估计数）。

丰富的自然资源，靠近巨大的外部市场，及潜在的战略贸易地位都是老挝尚未开发的资源优势。

老挝的农业是个相对充满生机的部门，水稻、玉米种植面积和单产不断提高，牛、猪和鸡的产量也不断上升。过去二十年来，水稻单产增加了一倍。

老挝有三种农业生产方式：低地灌溉农业，低地非灌溉农业和山地刀耕农业。政府的明确目标是要提高灌溉面积，减少刀耕农业比重。老挝有许多小河，农地则由河水浇灌。

人们用水泵从河里抽水输送到田地里。河流最高和最低水位的差距有 10~12m。泵站设在一个浮台上，浮台投资较少且易于维护。

水稻是主要作物和淀粉类大宗粮食作物。主要的非稻作物包括豆蔻（有时被当作林产品）、咖啡、茶、玉米、棉花、水果、绿豆、花生、大豆、甘蔗、甘薯、烟草和蔬菜。唯一的大量出口作物是咖啡。种植这些作物的总面积比水稻种植面积还小。其他作物种植的增加在一定程度上表明水稻生产在干旱年份下降了，也表明政府推动作物多样化的一定成功。然而，虽然农业产出增加了，但是老挝仍然是个粮食进口国。

灌溉司是农业部下属单位，其职责涉及老挝所有省份灌溉系统的发展与装备。老挝现存所有的灌溉系统都是由灌溉司装备并交由农民公社运营和管理的。灌溉司引导农民按照每种作物需要的水量来有效用水。

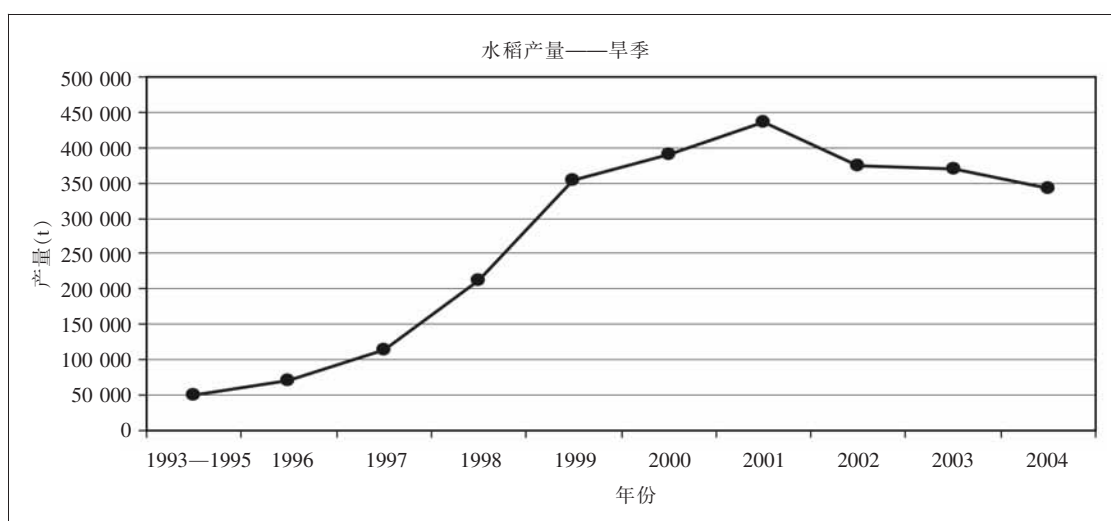
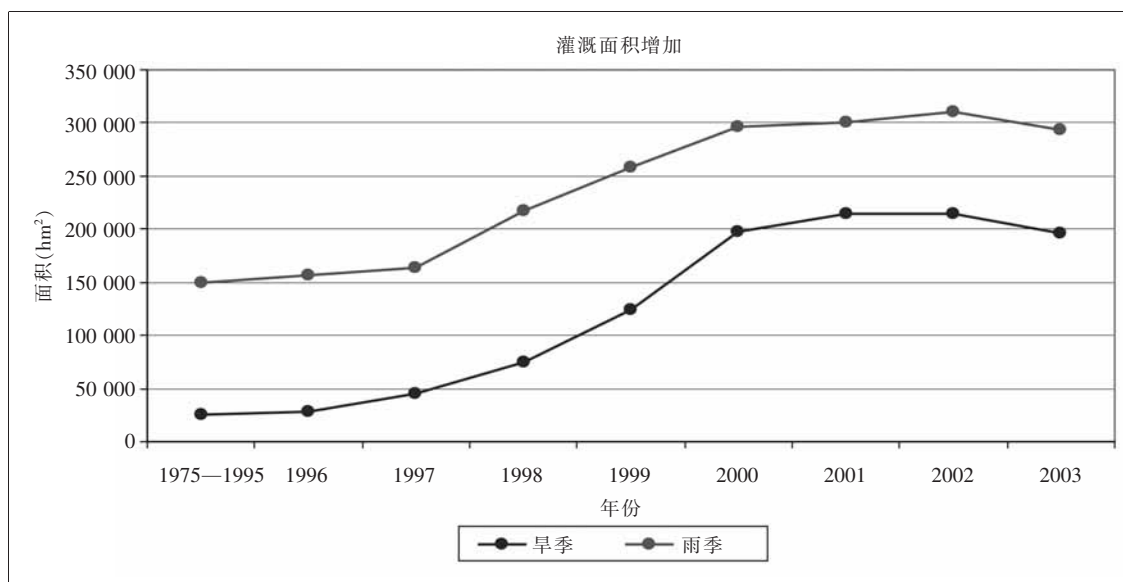
过去，老挝常常从临国进口水稻以满足国内需求，但在 2000 年达到了稻米自给。旱季水稻产量从 1995 年的 5 万 t 上升到 43.6 万 t。旱季灌溉面积也从 1995 年的 2.5 万 hm<sup>2</sup> 增加到 2002 年的 21 万 hm<sup>2</sup>。

目前，老挝一年两熟，旱季作物主要依靠抽水灌溉和水库。

雨季作物主要依靠自然界，而灌溉系统作为补充水源。洪水等自然灾害在雨季对农田有很大影响。

老挝政府在 1996—2000 年间采取了主要发展措施，但由于缺乏资金未能持续下去。政府鼓励

<sup>①</sup> 老挝灌溉司运营维护处，处长



农民有充足的水稻后就种植替代作物。这有助于减少贫困，改善农民生活。

政府战略中制定的主要灌溉方法是基于下列政策：

- 1) 在山地农林系统，低地现有和新的农业区域中，进行可持续的用水分配与供给；
- 2) 灌溉和管理水资源的多样化，以能可持续的利用水；
- 3) 水分生产率的提高；
- 4) 灌溉系统维护完善，和加强运营与维护安排；
- 5) 流域维护和减弱环境退化；
- 6) 减少农村贫困；
- 7) 加速出口和进口替代商品化作物生产。

国家战略将这些政策体现在专门战略和项目。专门战略是要作到以下几点：

- 1) 继续将投资集中于最经济可行的灌溉系统上，稳定并扩大灌溉面积；
- 2) 继续加强社区对项目计划、工作与维护的参与性和主动性；

- 3) 鼓励受益人对灌溉系统的发展，运营与维护提供资金支持；
- 4) 加强农民对商品化作物及营销的集中激励因素，增加市场机会；
- 5) 将农村发展目标定位在流域内焦点上。

这些战略的项目和优先领域包括：

- 1) 可持续灌溉发展与管理的水资源利用计划；
- 2) 利用各种灌溉创新完善灌溉技术；
- 3) 继续促进灌溉管理转移，促进社区管理灌溉项目，包括积极参与计划制定和运营与维护；
- 4) 稳定并增加对农业社区和农民进行的灌溉系统管理中运营与维护、流域保护、耕作制度完善与多样化等培训项目。

国家战略预计结果将是：

- 1) 社区管理小型灌溉系统的大规模合并与扩大；
- 2) 山地耕作系统多样化加速发展，尤其是旱季灌溉农业；
- 3) 灌溉管理完全转移给当地社区；
- 4) 管理和运营成本由灌溉农民承担的可持续灌溉系统。

灌溉发展国家战略的基础是五个国家战略计划，这些计划根据上述项目列出，集中于：

- 1) 水资源计划；
- 2) 灌溉技术；
- 3) 灌溉管理转移；
- 4) 社区管理灌溉；
- 5) 培训和推广。

战略集中于社区对灌溉、灌溉管理转移，过去成果的稳固来进行的管理。在所述这些优先领域得到关注前，新灌溉系统的修建将会被推迟。

## 2. 农业发展趋势和水资源管理

老挝的水资源似乎很丰富。这种丰富，不管是真的还是感觉上的，已经导致了一定程度的对资源管理的轻慢态度。尽管关键人员意识到需要进行资源管理，但该国还有更高度优先的发展领域。老挝的人们迄今还没认识到水资源缺乏管理所带来的问题。临近的泰国东北部和中国云南省是要进行有效资源管理的两个很好的例子。

老挝全国境内，由于集水区的森林被采伐导致退化，河流和小溪的情况正在发生变化。混浊度正在加重，尤其雨季时更严重，这给所有利用地表水的地区都带来了问题。水里的悬浮物增加了对水泵和涡轮的覆盖，使任何需要使用清洁水的地方都增加了过滤问题。灌溉设施的沉降在没有高度重视维护的地区造成了进行性维护问题。这只是集水区退化造成的部分问题。除了这些明显的问题外，所有从小溪流向湄公河的溪流中的水都受到了长期以来日益减少的旱季水流的影响。曾经经常流淌的小溪，尽管现在旱季还有很小的水流，但却是日益干涸了。

在老挝，对水不加区分的利用仍在继续。自流灌溉计划渠首要求设计为  $4.5\text{L/s/hm}^2$ 。而世界其他地区，这个数字为 1.8。分流设施差，管理不善，导致多供水比控制水流失更容易。城市供水产销差水比重非常高。在用管道由溪水自流供水的边远村子里，常可以见到水龙头或者完全敞开着，或者从供水管上拆掉了。这些水并没有完全浪费掉，因为接着可以用它来养鸭和用于其他畜牧业，最后一般流进了公共池塘。除了资源浪费外，还产生了严重的卫生问题。水电系统设计缺乏对下游用水者的考虑，这种现象现在已开始转变。

老挝对地下水开发很少关注，但现在也已开始转变。与这种变化相应的，是必须加强地下水调查，而这不只是为了投资收益的最大化，而且也是为了保护资源。相临泰国东北地区的经验表明南部省份平原地区的地下水条件复杂而脆弱。最重要的一点是要避免临近泰国地区已经发生的问题，尤其是盐化和可用性降低问题。

由于老挝实行的是追求出口收入以增加外汇储备的政策，因而出售给泰国的水电可能要大幅增长，向越南的出售也要开始。为达到此目标，可能很快将向临国泰国出售水。向泰国出售水不需要水的物理转移。相反，应从湄公河整体水流的观点来看待问题。按照湄公河委员会的多边协议框架，各成员国已就各自从湄公河的取水量达成协议。老挝从其丰富的南部河流中保留一定水流，并保证泰国能在湄公河其他地方抽取同样的水量，这样就可以，而不是从老挝向泰国输送水，这种方式下，下游柬埔寨和越南可获得的水量仍然符合多边协议规定。泰国则付给老挝保留的相应的水费，而不必花费从一国输送水到另一国的高昂设施费用。泰国会在靠近需要用水的地方从湄公河抽取相应的水量。

### 3. 大型稻作灌溉系统的新需求

大型稻作灌溉系统的新需求是：

- 研究潜能，明确有助于加强项目潜力和功能的结构及其他措施；
- 以当地和区域的视点，来设计组织发展、水管理、土地利用、生产营销等计划相关的项目；
- 通过加强人们、当地参与促进项目。

### 4. 案例分析：Nam Suang 灌溉项目

#### 位置

Nam Suang 灌溉项目位于离万象 42km 处，覆盖以下三个地区的种植面积：

Naxaythong 区（万象市）

Phonhong 区（万象省）

Thoulakhom 区（万象省）

该项目东部到 Nam Ngum 河，西部达 Phouphanang 山脉。

#### 背景、历史

为实施政府的大米自给政策，采取了下列措施：

- 1978—1980 年：修建了堤坝、引水口、临时排水沟和三千米的干渠，资金来自于政府预算和部分瑞典国际开发合作署（SIDA）资助，灌溉面积 84hm<sup>2</sup>；
- 1980—1983 年：在前苏联专家帮助下，对 4 500hm<sup>2</sup> 的土地进行了重新研究、调查和设计；
- 1988 年：在临时排水沟上第一次修建溢洪道，用于 1988、1989 年紧急援助的直接支援，稻田面积 300hm<sup>2</sup>（利用政府预算）；
- 1994 年：溢洪道重修（利用政府预算）；
- 1996—1998 年：对现有设施和沟渠系统进行重新研究以能在旱季灌溉 3 500hm<sup>2</sup>，雨季灌溉 4 500hm<sup>2</sup>（利用政府预算）；
- 1998—2002 年：修建主、干渠及相关设施，灌溉面积 2 350hm<sup>2</sup>（利用政府预算）；
- 2005 年：农民参与到现有溢洪道的完善中去；
- 到 2005 年总投资约 2 000 万美元。

#### 储水能力

- 最大 91.28 MCM
- 最小 34.20 MCM

#### 渠道（需要修建）

- 总长度 72.0 km

- 干渠 27.0 km
- 支渠 45.0 km

### 建筑物

- 总数 55 个
- 需要修理 35 个

### 组织

- 村落数 15 个
- 团体数 11 个

### 成员

- 长期 960 个
- 临时 380 个

干渠和支渠的渠首由 Nam Suang 灌溉与农业发展中心进行整体管理。

### 财务

- ISF 125 000 基普/hm<sup>2</sup>
- VDF 150kg (稻谷) /hm<sup>2</sup>
- 收集率 65%

### 论证

- 灌溉设施已覆盖 4 500hm<sup>2</sup>；
- 现有储水能力仅够 2 350hm<sup>2</sup> (供小于需)；
- 渠道系统差；
- 水管理不善 (项目人员和农民都缺乏管理知识)；
- 管理制度不完善，执行不力；
- 环境和生物多样性退化；
- 农业管理 (推广) 不力。

### 修建、完善计划

- 回顾与研究；
- 流域管理；
- 渠首和水库 (堤坝、溢洪道、排水道)；
- 渠道系统与设施；
- 运营与维护；
- 能力建设 (成员和农民)；
- 推广服务。

### 预算要求

- 总计 598 万美元
- 双边援助 530 万美元
- 政府出资 68 万美元
- 投资 1 330 美元/hm<sup>2</sup>

## 预计成果

- 恢复灌溉系统；
- 水稻产量增加；
- 作物多样化；
- 流域管理完善；
- 多功能应用；
- 能力建设；
- 制度加强；
- 运营与维护改善；
- 推广。

## 老挝灌溉系统情况

国家灌溉管理机构：灌溉司（DOI）

| 灌溉系统总体情况                   |                         |                                |                          |           |
|----------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------|
| 稻作灌溉系统自然规模                 | <10 000 hm <sup>2</sup> | 10 000~100 000 hm <sup>2</sup> | >100 000 hm <sup>2</sup> | 所有规模      |
| 系统数量                       | 24 000                  | 0                              | 0                        | 24 000    |
| 年调水量（MCM）                  | 6 200                   | 0                              | 0                        | 6 200     |
| 农业用水比重（%）                  | 97%                     | 0                              | 0                        | 97%       |
| 家庭用水比重（%）                  | 2%                      | 0                              | 0                        | 2%        |
| 其他用水比重（%）                  | 0.5%                    | 0                              | 0                        | 0.5%      |
| 设计灌溉面积（hm <sup>2</sup> ）   | 310 000                 | 0                              | 0                        | 310 000   |
| 有效灌溉面积（hm <sup>2</sup> ）   | 214 000                 | 0                              | 0                        | 214 000   |
| 水稻灌溉面积（hm <sup>2</sup> ）   | 110 000                 | 0                              | 0                        | 110 000   |
| 蔬菜和果园面积（hm <sup>2</sup> ）  | 80 000                  | 0                              | 0                        | 80 000    |
| 其他作物灌溉面积（hm <sup>2</sup> ） | 24 000                  | 0                              | 0                        | 24 000    |
| 受益农民人数                     | 300 000                 | 0                              | 0                        | 300 000   |
| 受益城市居民人数                   | 1 200 000               | 0                              | 0                        | 1 200 000 |
| 支撑湿地面积（hm <sup>2</sup> ）   | 20 000                  | 0                              | 0                        | 20 000    |

| 最大稻作灌溉系统情况                 |  |
|----------------------------|--|
| 名 称                        | Nam Suang 灌溉项目                                   |
| 地点                         | 万象市 Naxaythong 区                                 |
| 修建时期                       | 1978—1980 年                                      |
| 设计灌溉面积（hm <sup>2</sup> ）   | 4 500  |
| 实际灌溉面积（hm <sup>2</sup> ）   | 2 350  |
| 年调水量（MCM）                  | 62   |
| 农业用水比重（%）                  | 98%  |
| 家庭用水比重（%）                  | 1%   |
| 其他用水比重（%）                  | 1% 鱼塘  |
| 水稻灌溉面积（hm <sup>2</sup> ）   | 2 350  |
| 蔬菜和果园面积（hm <sup>2</sup> ）  | 50   |
| 其他作物灌溉面积（hm <sup>2</sup> ） | 0  |
| 每公顷灌溉稻田供水量                 | 旱季 23 000m <sup>3</sup> ；雨季 10 000m <sup>3</sup> |
| 每立方米供水产出（美元）               | 12.5   |
| 受益农民人数                     | 1 340  |
| 受益城市居民人数                   | 3 000  |
| 支撑湿地面积（hm <sup>2</sup> ）   | 30   |



# 马来西亚水稻产区灌溉系统 ——挑战和改革要求

Mohd Abdul Nassir Bin Bidin 和 Natalia Puspa Dewi<sup>①</sup>

## 1. 大型稻作灌溉系统的背景

马来西亚国土面积 33.6 万 km<sup>2</sup>，位于北纬 1°~7°，东经 100°~119°之间。全国由半岛部分的十一个州和海岛上的沙巴州和沙捞越组成，两个岛州被南中国海分在东部。马来西亚总人口为 2 000 万，其中近 80% 居住在国家西部。

马来西亚农业用地约占土地总面积的 22%。城镇、开矿活动和其他用地占 10%，其余 68% 被森林覆盖。农业用地的一半种植的是多年生作物，另一半用于一年生作物、多种园艺、轮作及很少的鱼塘。

据估计，马来西亚稻谷总面积为 59.848 3 万 hm<sup>2</sup>，其中 37.946 9 万 hm<sup>2</sup> 位于马来西亚半岛，其他的分布于沙巴州和沙捞越。水稻面积占该国稻谷总面积的 85%，其余 15% 为非灌溉稻区，包括主要集中于沙巴州和沙捞越的雨养稻区、山地或陆地稻。马来西亚半岛有 76% 的土地广泛装备了灌排设施，而东马来西亚仅有 14% 能够得到灌溉。马来西亚半岛灌溉稻区的大部分位于 8 个指定产区，总面积约 21.2 万 hm<sup>2</sup>。

其余的灌溉区包括 924 个小型灌溉计划，其中 74 个占地 2.8 万 hm<sup>2</sup>，划归为小产区。产区和小产区区位图见图 1 和图 2。

稻谷被视为马来西亚的战略部门，因此马来西亚政府常常对稻谷采取一些特殊措施。这表明政府对粮食安全与其他社会经济问题一样关心。由于马来西亚面临产量不足情况，水稻因而被视为安全性农产品。因此，国家政策要保持最低 65% 自给率的谨慎水平。

此外，对该部门的支持是要增加小稻农的收入，因为许多小稻农是很贫穷的。政府干预是较广泛的，涉及生产、流通和销售各环节。基础设施发展和支持服务的大量公共投资用于该行业。价格和化肥补贴包含在这些帮助支持该部门的各种补贴中。

## 2. 农业和水资源管理发展趋势

### 2.1 农业发展进程

马来西亚独立后的十多年中，农业是其主要收入来源。农业对国民经济的贡献最大，是经济增长的驱动因素。农业为马来西亚展提供了资金支持，并由此奠定了工业化基础。

然而，随后十几年工业化的迅速发展使农业对国民收入、出口收入、就业和投资的贡献下降了。国家经济政策的变化给农业部门带来了诸多问题和挑战，尤其是劳动力极度短缺，适合的土地有限，由于部门间的资源竞争导致生产成本上升，以及贸易自由化导致的国际市场竞争加强。

水稻对国民经济的贡献很小且逐渐降低。这种下降趋势很大程度上是生产获得很少，生产成本上升和收益下降的结果。表 1 是 1957 年到 2004 年的农业占 GDP 比重。

<sup>①</sup> 马来西亚农业及农基工业部，Wisma Tani, Lot. 4G1, Presint 4, Level 4, Pusat Pentadbiran Kerajaan Persekutuan, 62624 普特拉贾亚，马来西亚。

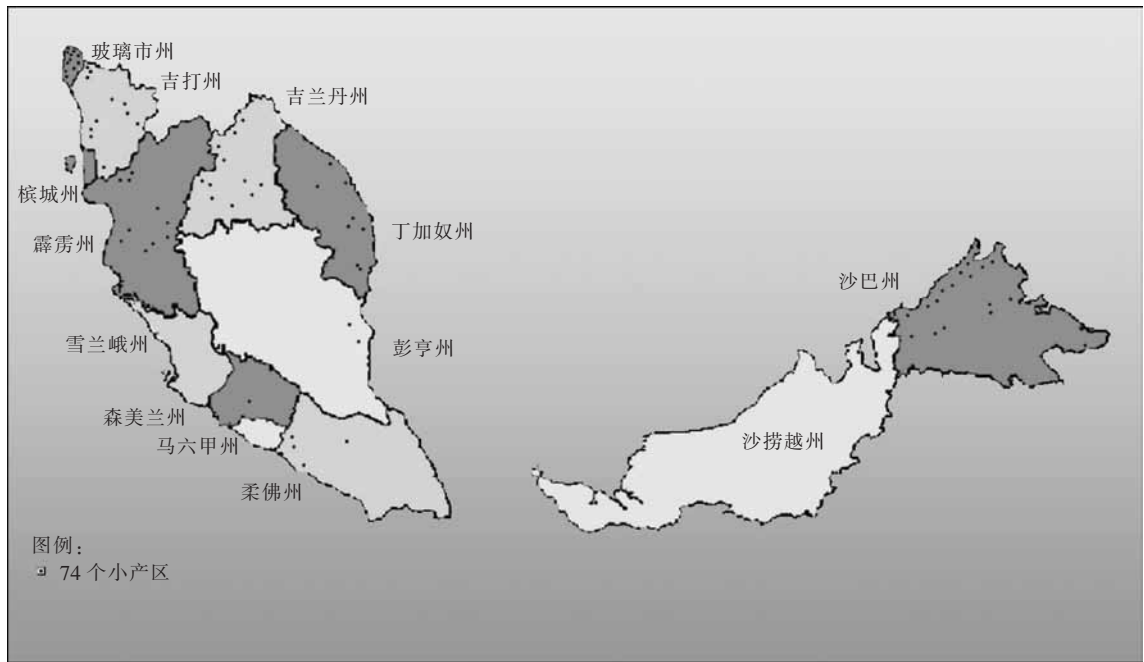


图 1 马来西亚产区

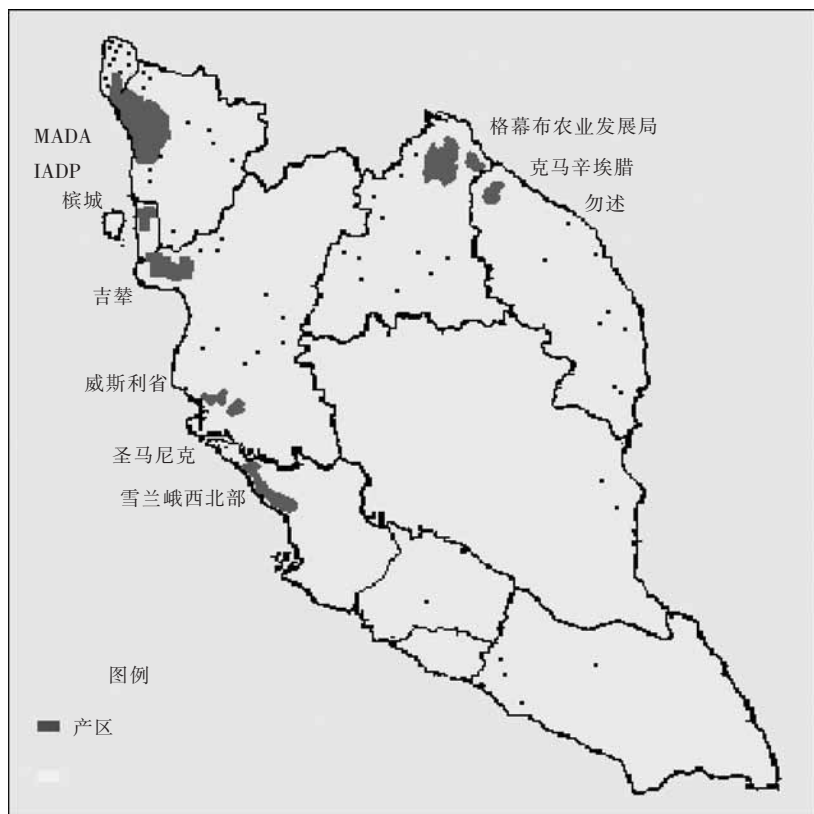


图 2 马来西亚小产区

表 1 农业占 GDP 比重

| 1957 年 | 1970 年 | 1985 年 | 1995 年 | 2000 年 | 2003 年 | 2004 年 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 46%    | 30%    | 20.8%  | 13.9%  | 8.6%   | 9.4%   | 9.7%   |

- 20 世纪 90 年代末期——金融危机引致的巨大变化——危机期间农产品出口价格极高。
- 1998 年——GDP 下降了 5.1%，粮食和农业工业增长 8.5%；粮食进口额高达 120 亿令吉。
- 对现行农业政策的严格审查导致了 1998 年第三代国家农业政策（NAP3）和农业部公司概念的形成。

农业在过去十多年极大的促进了国家的经济、就业、社会和政治稳定。20 世纪 80 年代后半期，农业自由化和加强工业化的政策变化使农业在政策中处于不利地位，因此在资源竞争中失去了吸引力。第一代国家农业政策（NAP）于 20 世纪 80 年代早期颁布，目的是为了启动农业自由化。该政策强调了生产率和可持续增长。随后重点转向新土地开发和通过就地发展实现经济农场规模整合。然而，制造业的迅速扩张改变了农业的相对重要性。为解决生产率、效率和竞争力问题，建立与其他经济部门的联系，马来西亚引入了第二代国家农业政策（NAP2，1992—2010 年）。促进农业进一步自由化的工作得以加强。

国内外经济的急速变化使国际经济政策和国家农业政策制定的缺点突出起来。第二代国家农业政策（1992—2010 年）缺乏对农业发展优先领域的关注，缺少一个行动计划及其实施机制。为提高农业竞争力，保证农业的持续增长，马来西亚制定了第三代国家农业政策（1998—2010 年），目的是通过对现有资源的高效和优化利用，确保农业部门的收入最大化。目前，农业再次被当作重要部门，成为国家发展议程中的“第三增长引擎”。

## 2.2 现在和未来的挑战

国内外情况的迅速变化给农业部门的进一步发展带来了新的问题和挑战。农业所面临的众多挑战之一就是提高土地、水和劳动力等资源利用的效率和效益。这些挑战如果不能得到妥善解决，必将会对农业的可持续性造成影响。农业生产链和生产全过程的传递效率亟待提高。农业灌溉和排水的一个重要作用就是提高土地、水和劳动力的生产率。

马来西亚的大部分耕地都已经用于耕种。要进一步发展农业将必须进行垂直开发或在需要专业整治和较高开发成本的边缘土地上进行。具有讽刺意味的是，大量空闲农地和抛荒资产存在仍然是个问题。这已经是，并且仍将是解决土地问题的一项巨大挑战。

用水效率需要在政策、基础设施、制度和管理等方面进行干预。尽管过多的水对农业生产是个问题，但另一方面，缺水却会严重影响农业生产。提高农业的水分生产率和用水效率本身就是个挑战，除非水被当作一种经济物品，而这在将来将成为现实。

自从 20 世纪 80 年代下半叶以来，劳动力短缺的问题已经制约了农业的发展。然而，机械化是众所周知的解决劳动生产率问题的方法。但二十年后，机械化仍然是个问题。目前，农业劳动生产率仅为制造业劳动生产率的约 60%。目前的挑战就是如何在尽可能最短的时间内将机械化延伸到农业活动的整个链条中。

## 2.3 基础设施投资前景

灌溉沟渠、农场道路和其他农场基础设施投资促进了该国稻谷生产状况的改变。二熟制的成功实现主要归因于灌溉设施的装备。这些设施使该国 8 个水稻产区的种植密度平均提高 180%。

发展灌溉设施是政府的唯一职责，甚至在独立前也是，当时大量预算资金用于此项目的，这反映在第一和第二个马来亚计划中（1956—1960 年和 1961—1965 年）。在这两个计划中，分别有约 16.8% 和 23.2% 的农业总预算用于灌排设施（表 2）。

表 2 排水灌溉投资支出

| 马来西亚计划    | 时 期         | 农业总投资<br>(百万令吉) | 灌排投资      |        |
|-----------|-------------|-----------------|-----------|--------|
|           |             |                 | 数额 (百万令吉) | 比率 (%) |
| 第一个马来亚计划  | 1956—1960 年 | 227.5           | 38.3      | 16.8   |
| 第二个马来亚计划  | 1961—1965 年 | 467.9           | 108.5     | 23.2   |
| 第一个马来西亚计划 | 1966—1970 年 | 1 114.1         | 342.6     | 30.8   |
| 第二个马来西亚计划 | 1971—1975 年 | 7 100.3         | 271.1     | 3.8    |
| 第三个马来西亚计划 | 1976—1980 年 | 4 666.2         | 554.8     | 11.9   |
| 第四个马来西亚计划 | 1981—1985 年 | 7 671.3         | 396.6     | 5.2    |
| 第五个马来西亚计划 | 1986—1990 年 | 7 325.0         | 200.3     | 2.7    |
| 第六个马来西亚计划 | 1991—1995 年 | 8 215.2         | 844.6     | 10.3   |
| 第七个马来西亚计划 | 1996—2000 年 | 8 139.3         | 1 929.9   | 23.7   |
| 第八个马来西亚计划 | 2001—2005 年 | 7 860.0         | 2 170.2   | 27.6   |

资料来源：国家五年发展计划

第一个马来西亚计划（1966—1970 年）保持了这个速度，拨付了 3.426 亿令吉用于同样目的，约占农业发展总预算的 1/3。就是在这个时期，马来西亚最大的计划——MADA 灌溉计划在 1973 年修建完成。在第二个到第五个马来西亚计划中，分配给灌溉排水的预算就大大减少到不到农业总预算的 10%（除第三个马来西亚计划中为 11.9% 外）。从第六个马来西亚计划开始，预算分配又稳定增长，到目前第八个马来西亚计划约 28%，相当于 21.7 亿令吉。

### 3. 大型灌溉系统的新要求

#### 3.1 现代化

农业持续发展最重要的因素就是保持竞争力并与国家发展情况相适应。要保持竞争力，农业需要超越以前的成功模式，并必须向尽力提升自身生产率转变，以满足市场对质量和数量的需求。农业部门必须从其过程、技术和文化上进行根本地转变。它必须能对不断变化的数量和质量需求做出迅速反映，同时还要跟上社会和环境的需求变化。最直接的战略就是现代化。

#### 3.2 灌溉基础设施转变

最近的投资趋势表明，过去灌溉农业基础设施的高速发展似乎不会继续下去。主要的原因在于经济前景不利于新的灌溉基础设施项目。投资成本上升，投资回报率低，运营和维护问题，用水效率低下，水费低廉，堤坝的环境影响和自然资源退化都表明需要降低灌溉基础设施发展速度。

未来灌溉的发展将主要致力于对现有灌溉系统的修复、现代化和管理检查，以开发种植密度和作物产量的全部潜力。主要目标是要确保灌溉农业能够通过提供有效供水系统，为提高成本竞争力提供机会，并使该部门的投资风险最小化，从而使其受益人的生计有所提高。

#### 3.3 技术和知识转变

技术和知识是未来组织机构的基石。农业也不例外，而且它需要通过信息共享和知识发展的一系列进程来超越现有生产系统。农业中的一种新方法需要通过国内、国际网络的通力协作来进行强化和发展。信息共享是促进高效优质决策的先决条件。一个有效的供水系统依赖于良好的决策制定，而良好的决策又是在一系列信息共享机制的优质数据基础上做出的。标准程序信息系统是信息共享机制的一个好例子。

农业变化和增长的极大潜力是通过研究和知识发展来提高效率、效益、质量和生产率。农业知

识是非常地方化的，并局限在单个农场社区中。快速评估方法（RAP）是发展灌溉系统的知识开发与共享机制。

农业部门的大部分知识是隐含的——知识以经验的形式局限于单个农场内。农业部门应当在知识观方面进行根本的转变，要致力于将隐含知识转变为明确的知识。对隐含知识的重视将会导致一个组织产生完全的改观——不是像机器加工信息一样，而是作为生产知识的有机体。它会使人们对如何进行学习产生全新的观点——不单单通过头脑，而是通过身体与头脑同时进行。

## 4. 过去和现在的措施

### 4.1 产区收成情况

马来西亚生产稻谷约 220 万 t，其中 84% 产自马来西亚半岛。全国平均单产约 3.2t/hm<sup>2</sup>，马来西亚半岛为 3.6t/hm<sup>2</sup>，而沙撈越和沙巴州分别为 1.6 和 3.2t/hm<sup>2</sup>。农业各区收成情况总结见表 3。八个主产区占全国水稻产量的比重一直约为 70%。MADA 计划平均约占产区总产量的 55%，随后是 KADA、Kerian-Sg、Manik and Barat Laut Selangor（各约 10%），Pulau Pinang and Seberang Perak（各约 5%）以及 Besut 和 Kemasin Semerak（各约 1%）。

表 3 稻谷主产区种植面积、产量和单产 1985—2002 年

| 地 区                   | 1985 年                      |            |                            | 1990 年                      |            |                            | 1995 年                      |            |                            | 2002 年                      |            |                            |
|-----------------------|-----------------------------|------------|----------------------------|-----------------------------|------------|----------------------------|-----------------------------|------------|----------------------------|-----------------------------|------------|----------------------------|
|                       | 种植面积<br>(kha <sup>2</sup> ) | 产量<br>(kt) | 单产<br>(t/ha <sup>2</sup> ) | 种植面积<br>(kha <sup>2</sup> ) | 产量<br>(kt) | 单产<br>(t/ha <sup>2</sup> ) | 种植面积<br>(kha <sup>2</sup> ) | 产量<br>(kt) | 单产<br>(t/ha <sup>2</sup> ) | 种植面积<br>(kha <sup>2</sup> ) | 产量<br>(kt) | 单产<br>(t/ha <sup>2</sup> ) |
| 马来西亚半岛                |                             |            |                            |                             |            |                            |                             |            |                            |                             |            |                            |
| 主产区                   | 336.8                       | 1 122.4    | 3.33                       | 373.6                       | 1 297.9    | 3.47                       | 383.1                       | 1 527.7    | 3.99                       | 382.4                       | 1 492.8    | 3.90                       |
| ● MADA                | 186.1                       | 701.0      | 3.77                       | 189.7                       | 724.9      | 3.82                       | 193.8                       | 862.2      | 4.45                       | 192.5                       | 820.3      | 4.26                       |
| ● KADA                | 37.9                        | 108.2      | 2.85                       | 46.3                        | 163.7      | 3.54                       | 51.7                        | 181.2      | 3.50                       | 47.2                        | 121.4      | 2.58                       |
| ● Kerian-Sg. Manik    | 47.2                        | 144.1      | 3.05                       | 51.1                        | 128.7      | 2.51                       | 48.6                        | 163.0      | 3.35                       | 56.8                        | 174.2      | 3.07                       |
| ● Barat Laut Selangor | 34.2                        | 97.4       | 2.85                       | 35.7                        | 142.0      | 3.98                       | 35.6                        | 146.7      | 4.12                       | 37.2                        | 177.1      | 4.76                       |
| ● Pulau Pinang        | 16.0                        | 31.7       | 1.98                       | 21.8                        | 35.9       | 1.65                       | 19.3                        | 62.7       | 3.25                       | 17.4                        | 80.04      | 4.60                       |
| ● Seberang Perak      | 9.4                         | 20.5       | 2.18                       | 17.1                        | 70.5       | 4.12                       | 17.1                        | 56.9       | 3.33                       | 16.7                        | 74.5       | 4.46                       |
| ● Ketara              | 6.0                         | 19.5       | 3.25                       | 8.0                         | 25.5       | 3.19                       | 9.5                         | 35.3       | 3.71                       | 10.2                        | 38.8       | 3.80                       |
| ● Kemasin Semerak     | —                           | —          | —                          | 3.9                         | 6.5        | 1.67                       | 7.5                         | 19.7       | 2.63                       | 4.4                         | 6.4        | 1.47                       |
| 其他                    | 118.9                       | 332.4      | 2.80                       | 120.4                       | 326.9      | 2.72                       | 113.4                       | 310.6      | 2.74                       | 126.3                       | 359.2      | 2.84                       |
| 小计                    | 455.7                       | 1 454.6    | 3.13                       | 494                         | 1 624.6    | 3.29                       | 496.5                       | 1 838.3    | 3.70                       | 508.7                       | 1 852.0    | 3.64                       |
| 沙巴州                   | 38.0                        | 79.1       | 2.08                       | 54.8                        | 94.8       | 1.73                       | 53.1                        | 143.5      | 2.70                       | 42.7                        | 137.0      | 3.21                       |
| 沙撈越                   | 161.2                       | 211.7      | 1.31                       | 131.8                       | 165.6      | 1.26                       | 123.1                       | 145.4      | 1.18                       | 127.1                       | 208.4      | 1.64                       |
| 总计                    | 654.9                       | 1 745.4    | 2.67                       | 680.6                       | 1 885.0    | 2.77                       | 672.7                       | 2 127.4    | 3.16                       | 678.5                       | 2 197.4    | 3.24                       |

在马来西亚，指定稻谷产区是加强水稻生产的主要战略之一。八个产区包括 MADA、KADA、Kerian、Barat Laut、Seberang Perai、Seberang Perak、Ketara 和 Kemasin Semerak。这些地区被指定为永久稻谷产区以实现最低 65% 的自给率。目前，它们的面积仅占稻谷总用地面积的 36%，但却占总种植面积的 57%，占全国水稻总产量的 72%。

MADA 是马来西亚最大的水稻产区。因此，MADA 的收成情况尤其重要，因为它影响着整个水稻产业收成情况。在 1982—2002 年间，种植面积保持了基本稳定，大陆和海外总面积为 9.6 万到 9.7 万 ha<sup>2</sup> 之间。栽培季节稻谷平均产量有所波动，但大部分时期为 4t/ha<sup>2</sup>。主产季和次产季的产量年均增长率分别为 1.9% 和 4.6%。然而，增长的大部分是在 1982—1990 年间进行的，而不是最近的 1991—2002 年间。实际上，在 1991—2002 年间的主产季中，还是负增长。这是由种植面积和生产率的负增长造成的。种植面积在两个季节的增长均小于 1%，1991—2002 年间更低。不

过，总体上，MADA 仍可看做是稳定的水稻产区。尽管，总体上，1982—1990 年的收成情况好于 1991—2002 年，但主产季的全面负增长还是引起了极大关注。

过去的国家农业政策采用了各种战略来确保稻谷产业的持续发展。现行第三代国家农业政策 NAP3（1998—2010 年）呼吁要对农业进行渐进但有效的改革，这包括一些在社会政治框架内提高整个粮食价值链的效率、竞争力和可持续性的措施。对于稻谷行业来说，第三代国家农业政策概括了六大主要战略要点以确保该行业的竞争力。首先就是指定 8 个产区为永久性稻谷产区以合理利用资源。促进私人部门稻谷生产的商品化，尤其是沙巴州和沙捞越地区。尤其强调了要提高效率和生产率。为保证收益率具有竞争性，还支持大规模的生产组织。

## 4.2 灌溉现代化

灌溉现代化是马来西亚今后加强该国灌溉服务主要工作的重要一步。在第七个马来西亚计划中，已经正式确立了一个灌溉现代化项目，目的是进一步完善灌溉基础设施，同时也解决其他方面（管理、制度和技术发展）的问题，通过对资源投入，包括水、劳动力、财力和环境的良好管理来支持水稻生产。人们已经认识到需要在农场水平上加强努力，包括田间改良，更精确的供水和管理，改良作物品种，完善播量和化肥投入、农机可用性、农民组织及参与性、农场管理效率，及有效的和环境友好的病虫害防治农艺措施等。

根据政策确定的八个指定产区未来水稻生产的要点，灌溉现代化项目集中于下述领域。灌溉现代化项目，尤其是水管理方面致力于提高工作的时效性，提高管理生产率。人们对下列需完善的关键领域进行了研究并制定了相应的完善计划：

- 1) 系统基础设施完善；
- 2) 田间基础设施完善；
- 3) 水管理完善；
- 4) 土地联合；
- 5) 加速耕作机械化；
- 6) 农业改良（耕作措施）；
- 7) 农民组织加强；
- 8) 环境管理。

上述每个部分在后面都做了详细阐述。

### 4.2.1 系统基础设施完善

系统基础设施完善计划的目标是在负荷、供水排水效率和用水控制上确保充足的灌排设施。提议将渠道加衬砌或其他调节器。必须提供排水设施以提高机械可用性。为促进现代机械化耕作，需要改善农场道路，尤其是，第三级渠道旁边更要加强。

### 4.2.2 田间基础设施完善

直播是马来西亚的稻谷生产方式，为支持这种生产方式，田间条件必须能便于良好的水分条件控制，甚至水分分布和时机都要加以控制。另外还应有有助于有效地控制杂草。田间基础设施发展包括土地平整及田间渠道和控制器的修建。这将需要农业局（40%）和私人部门（60%）的共同努力。鼓励区域性农民组织承担这项工作。田间渠道密度目标是 150m/hm<sup>2</sup>，并建议每个固定地块里修建两个控制器。

### 4.2.3 水管理系统的现代化

所提议的水管理系统正在计划中并将进行计算机辅助运营。干渠和支渠的水量数据及降雨量数据将由遥感勘测设施收集。并利用作物需水量、水平衡、水文模型来确定可获得的水量，需求量和分配量。

#### 4.2.4 灌溉用水管理系统 (IWMS) 和灌溉监测与反馈系统 (IMFS)

灌溉用水管理系统是一个确定日灌溉需求量和分配量的计算机模型，目标是有效利用灌溉水，更好的管理水，以在运营和管理成本节约和劳动力节约情况下生产更多稻谷。有人建议将灌溉用水管理系统应用到每个产区的控制站，从而可以提供灌溉情况和农业活动进展的最新信息，农民则可根据此信息作出及时反应，采取必要的前期准备工作，并按时序安排进行。该系统还可以为运营与维护及农业推广人员提供有用的信息。

#### 4.2.5 灌溉性能评估

作为现代化水管理系统运营的一部分，要根据三个性能指标，即相对供水量 (RWS)、种植密度 (CI) 和水分生产率指数 (WPI) 进行标准化灌溉性能评估。建议目标值为：相对供水量为 1.65 (相当于灌溉效能的 60%)，种植密度为 190%，水分生产率指数为 0.3~0.5kg/m<sup>3</sup>。

#### 4.2.6 土地联合

土地联合是要通过将田埂去除，将相邻的地块联合起来形成更大地块，每块地为 3~5hm<sup>2</sup>。土地联合需要努力获得土地所有者的一致同意。理想情况下，土地联合应该与田间基础设施的发展同步进行。

#### 4.2.7 耕作机械化加速

以前，主要的农业工作，如整地、收获和运输，利用农业机械可以相当高效地进行。但是，其他农业工作，如播种、施肥和喷药却大部分由人工进行或利用行走机械。这种工作效率很低，而且属于劳动力集约型，花费也更多。对湿播和旱播整地的耕作机械化系统建议就是拖拉机和旋耕机联合使用。

#### 4.2.8 农业改良

##### 种植密度

稻谷产区具有支持稻谷产量高达约 5~6t/hm<sup>2</sup> 的潜力。为在种植密度 190% 情况下稳定达到两熟，坚持遵守耕作时序安排非常重要，而充足的水资源对满足这个要求非常关键。

##### 耕作活动

农场经营要以最好的方式进行。这包括整地方法和程序，施肥数量和时间，播种率及病虫草害防治方法。为使上述效应达到最大化需要对水进行精确管理。灌溉监测与反馈系统将可以促进农场的顺利运营。

#### 4.2.9 加强农民组织

农民是按照社会、文化背景组织起来的，而不适于灌溉用水管理系统的有效运转。研究证实灌溉排水局和其他农业机构试图根据灌溉系统边界将农民进行重新组织。重新组织的农民团体，现在广泛所指的用水者团体的主要目的是在各自领域实施良好的用水管理。同时，用水者团体还承担其他功能，如耕作机械化，施肥管理，病虫草防治和市场营销。用水者团体的成功发展需要农民的理解和合作，而该计划的实施要利用国家水管理委员会的设施举办讲习会和培训项目。

#### 4.2.10 环境管理

已经证实，相临排水沟对水质的负面影响是产区发展中最严重的环境问题。因此，应建立

水质监测系统以对稻田排出水的水质进行检查。水样要从每个产区的排水干渠和循环灌溉用水抽水站提取。当检查出任何农用化学品超量使用时，都必须立即采取适当管理措施。农业部的虫害综合管理项目促进了生物制剂在农业活动虫害和草害防治中的应用和易分解化学品农药的有效使用。

### 4.3 精确耕作

精确耕作在成功应用微灌溉技术后即在水稻产区产生了效益。在水稻栽培中，精确耕作还具有类似在正确的时间和地点灌溉正确的水量的目标。这不可避免的会加强未来灌溉水管理和农业活动对信息技术的应用。精确耕作应用于水稻栽培的例子有，在水利和测量设施自动化情况下，利用卫星数据和地理信息系统（GIS）来进行土壤和水分布制图，产量预测，土壤水分蒸散量估计等。

## 5. 进一步应对需求变化的措施

### 结构的根本转变

农业不得不面临着诸多压力和挑战：政治的、社会的、技术的、经济的，在更大的背景下，还面临环境压力。农业部门的表现很大程度上取决于其对环境变化的意愿和能力。农业必须能够快速灵活的进行变化，适应这些压力的要求。

在此方面，农业必须提高其系统适应性、可量性和效率。那样就会使系统更有效益和生产性。反过来，这又会保证质量并促进投资。今后，要调整工作机制以完善传输系统。目前，这个系统过于笨重松散，灵活性差，缺乏重点，而且对变化的反应很慢。在一个决策得以实施前有太多决策机构和磋商层次。资源利用因此变的低效率和低效益。强烈需要将受益人纳入决策机制，就像用水者团体涉入灌溉管理中一样。

为完善传输系统，农业必须经历整个组织结构的根本调整。最近，一些结构改革得以进行，但根本上并不彻底。实际上，在一定程度上，它还进一步强化了旧的官僚体系。最近，将灌溉排水部并入其他部门，并将名称改为农业和农基工业部的结构改革是农业要更有重点性所需的一种根本性变化。

### 文化和身份的根本转变

农业被人们广泛地视为救济性产业，是穷人的部门，是传统的、脏的、农村的、低效的和夕阳产业。这些负面观点必须消除了。

文化和身份的转变极难达到，但如果能成功的话则是最有效益的。这需要心理上的变化和各方努力。今后，要从内部进行转变，就是说农业人口必须专心于从事农业并以此为荣。需要树立新的象征，从而可以大大消除旧的负面形象。“我们养活了世界”这一口号基础上的现代的、生产性的、高效的和知识的农业激励因素正是可以开始这种改变的一个例子。

## 6. 结论

为了保持竞争力并与国家发展情况相适应，农业必须改变自身，提高生产率以尽可能满足市场的质量和数量需求。在目前的世界环境下，农业需要超越以前的成功模式，必须从结构、过程、技术和文化上进行根本地转变，成为一个更加以消费者为重点，以过程为中心，以产出为驱动和以知识为基础的部门。

### 马来西亚灌溉系统情况

国家灌溉管理机构：灌溉和排水局



| 灌溉系统总体情况                    |                        |                               |                         |         |
|-----------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------|
| 稻作灌溉系统自然规模                  | <10 000hm <sup>2</sup> | 10 000~100 000hm <sup>2</sup> | >100 000hm <sup>2</sup> | 所有规模    |
| 系统数量                        | 4                      | 4                             | —                       | 8       |
| 年调水量 (MCM)                  | 892                    | 2 897                         | —                       | 3 789   |
| 农业用水比重 (%)                  | 95                     | 95                            | —                       | 95      |
| 家庭用水比重 (%)                  | 5                      | 5                             | —                       | 5       |
| 其他用水比重 (%)                  | —                      | —                             | —                       | —       |
| 设计灌溉面积 (hm <sup>2</sup> )   | 30 599                 | 175 806                       | —                       | 206 405 |
| 有效灌溉面积 (hm <sup>2</sup> )   | 26 624                 | 165 999                       | —                       | 192 623 |
| 水稻灌溉面积 (hm <sup>2</sup> )   | 26 624                 | 165 999                       | —                       | 192 623 |
| 蔬菜和果园面积 (hm <sup>2</sup> )  | —                      | —                             | —                       | —       |
| 其他作物灌溉面积 (hm <sup>2</sup> ) | —                      | —                             | —                       | —       |
| 受益农民人数                      | 24 577                 | 186 875                       | —                       | 211 452 |
| 受益城市居民人数                    | 0                      | 0                             | —                       | 0       |
| 支撑湿地面积 (hm <sup>2</sup> )   | 0                      | 80 000                        | —                       | 80 000  |

| 最大稻作灌溉系统情况                  |                       |
|-----------------------------|-----------------------|
| 名 称                         | Muda 灌溉项目 (MADA)      |
| 地点                          | 马来西亚 Perlis 和 Kedah 州 |
| 修建时期                        | 1965—1990 年           |
| 设计灌溉面积                      | 97 257                |
| 实际灌溉面积                      | 96 474                |
| 年调水量 (MCM)                  | 908                   |
| 农业用水比重 (%)                  | 95                    |
| 家庭用水比重 (%)                  | 5                     |
| 其他用水比重 (%)                  | —                     |
| 水稻灌溉面积 (hm <sup>2</sup> )   | 96 474                |
| 蔬菜和果园面积 (hm <sup>2</sup> )  | —                     |
| 其他作物灌溉面积 (hm <sup>2</sup> ) | —                     |
| 每公顷灌溉稻田供水量                  | 4 703 m <sup>3</sup>  |
| 每立方米供水产出 (美元)               | 0.154                 |
| 受益农民人数                      | 100 000               |
| 受益城市居民人数                    | 0                     |
| 支撑湿地面积 (hm <sup>2</sup> )   | 0                     |

## 参考文献

- Ghazalli, M. A. & Nassir bin Bidin, M. A.** 2005. *Malaysian agricultural sector as the 3<sup>rd</sup> engine of growth — The irrigation perspective*. Second Southeast Asia Water Forum, Bali, Indonesia. August 29 - September 3, 2005.
- Government of Malaysia.** 1996. *Rancangan Malaysia keenam 1996—2000*, Jabatan Percetakan Negara, Kuala Lumpur (Sixth Malaysia Plan 1996—2000) .
- Keat, I. T. S.** 2000. *Irrigation modernization in Malaysia*. Department of Irrigation and Drainage, Ministry of Agriculture. Kuala Lumpur.
- Ministry of Agriculture.** 1998. *Third national agricultural policy (1998—2010)* . Ministry of Agriculture, Kuala Lumpur.
- Ministry of Agriculture.** 2004a. *Agriculture statistical handbook, 2004*. Ministry of Agriculture, Kuala Lumpur.
- Ministry of Agriculture.** 2004b. *The review of paddy and rice industry in Malaysia*, Kuala Lumpur.

# 缅甸稻田灌溉系统

## Maung Maung Naing<sup>①</sup>

### 1. 引言

由于农业从其自身看就是必不可少的，而且又是其他经济部门的基础，因此农业发展在缅甸的社会经济发展中占有优先地位。缅甸的农业的收入占国内生产总值的 43%、出口收入的 41%，农业劳动力则占到了总劳动的 63%。

2003 年，缅甸的人口达到了 5 300 万，年增长率为 2.02%。据估计，到 2010 年缅甸人口将达到 6 100 万，到 2025 年则将达到 8 600 万。缅甸不断增长的人口需要有越来越多的食物。水稻是缅甸人民的主食，也是农业部门的主要作物。因此，农业和灌溉部（MOAI）将目标确定为：实现稻谷产量盈余，以满足国家需求。其他的目标包括实现食用油自给自足、增加用于出口的豆类和工业原料作物的产量。

灌溉在缅甸农业发展中发挥了重要作用。缅甸全国各地都已建成了中小规模灌溉工程，这特别是为了全年种植稻谷和其他作物进行的。这些灌溉系统，可以改善传统的耕作方式，调整当地的水文特性。此外，它们还有助于改善农村环境、提高农村生活水平、保护生物多样性和加强能源的回收利用。

### 2. 资源

#### 2.1 可种植土地潜力

缅甸的国土总面积是 6 771 万  $\text{hm}^2$ ，但是用于种植稻谷和其他农作物的面积却只有约 1 000 万  $\text{hm}^2$ 。通过开垦其大约 800 万  $\text{hm}^2$  的可耕种荒地，缅甸在扩大种植面积方面还有很大潜力，而且基本不会给环境带来不利影响。

#### 2.2 水

缅甸有三个明显的季节：雨季、热（夏）季和冷（冬）季。缅甸各地区 90% 的降雨都发生在五月到十月的雨季。全国各地的降水情况各不相同（表 1）。

表 1 缅甸的降雨分布

| 区 域          | 年降雨量 (mm)   |
|--------------|-------------|
| 1. 西部和南部沿海地带 | 5 000       |
| 2. 三角洲地区     | 2 000~3 000 |
| 3. 北部和东部山地   | 1 300~3 000 |
| 4. 中部干旱区域    | 760         |

缅甸水资源丰富，潜力巨大。流域面积广泛分布在全国各地，多条河流年水流量 1 082 $\text{km}^3$ 。伊洛瓦底江及其支流如皖江、穆河、邦隆河、照济河、耶涯泌葛河，孟河，曼恩河，沙林河和锡唐河

① 缅甸农业和灌溉部灌溉司

及其在勃固省的分流以及其他一些小河的水主要用于农业部门，特别是稻谷的灌溉。此外，在伊洛瓦底江流域发现了巨大的地下水资源，这将非常有益于农业灌溉（见表 2）。

表 2 缅甸的水资源潜力

| 流域      | 地表水             |        | 地下水             |        |
|---------|-----------------|--------|-----------------|--------|
|         | km <sup>3</sup> | (%)    | km <sup>3</sup> | (%)    |
| 伊洛瓦底江流域 | 455.13          | 42.07  | 303.42          | 61.33  |
| 锡唐河流域   | 81.15           | 7.50   | 28.40           | 5.74   |
| 其他流域    | 545.61          | 50.43  | 162.89          | 32.93  |
| 总计      | 1 081.89        | 100.00 | 494.71          | 100.00 |

### 3. 稻田和灌溉系统

缅甸的稻田主要集中在三角洲地区和中部干旱地区（图 1）。约 60% 的三角洲地区，包括伊洛瓦底、勃固和仰光地区在内的下缅甸主要种植雨养稻谷。灌溉稻谷主要种植于缅甸中部干旱地区的曼德勒、实皆和马圭地区。

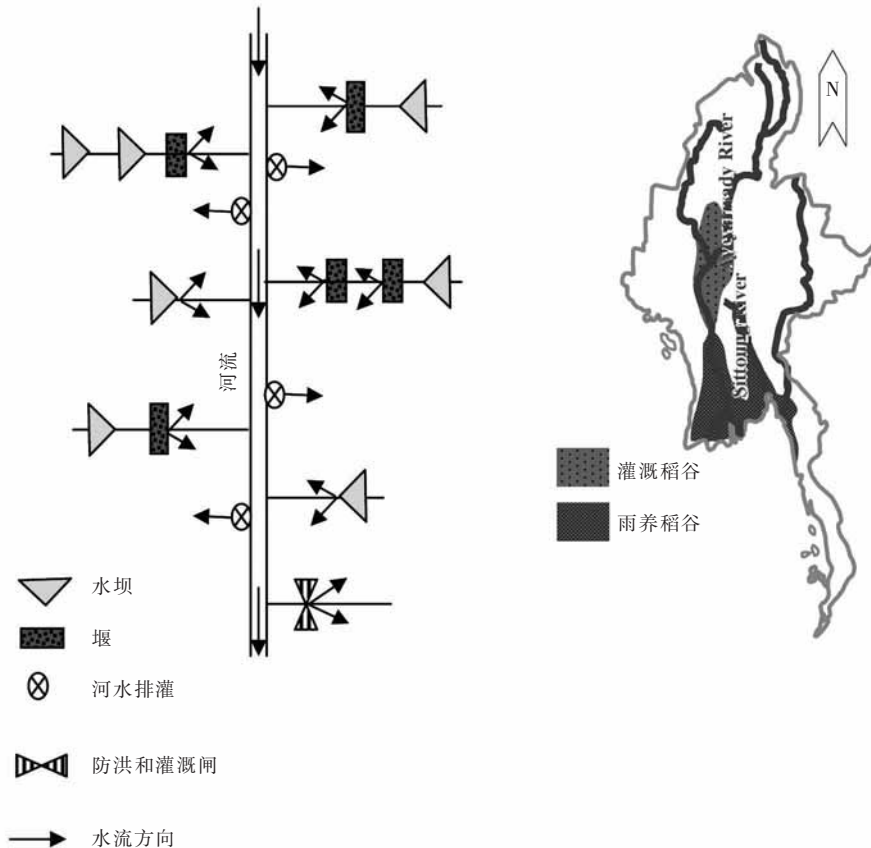


图 1 伊洛瓦底江流域和锡唐河流域的稻田和灌溉系统

各种灌溉系统和工程主要沿两个主要流域进行开发（图 1），并与稻田相连。灌溉司是协调灌溉水资源的开发和管理的一个政府机构，该部已建造了约 200 个灌溉工程，工程类型包括坝、堰和水闸等。在已经建成的水库里蓄有约 15 460 百万 m<sup>3</sup> (MCM) 的地表径流量，这些水可灌溉约 1 万

hm<sup>2</sup> 的农田 (图 2)。

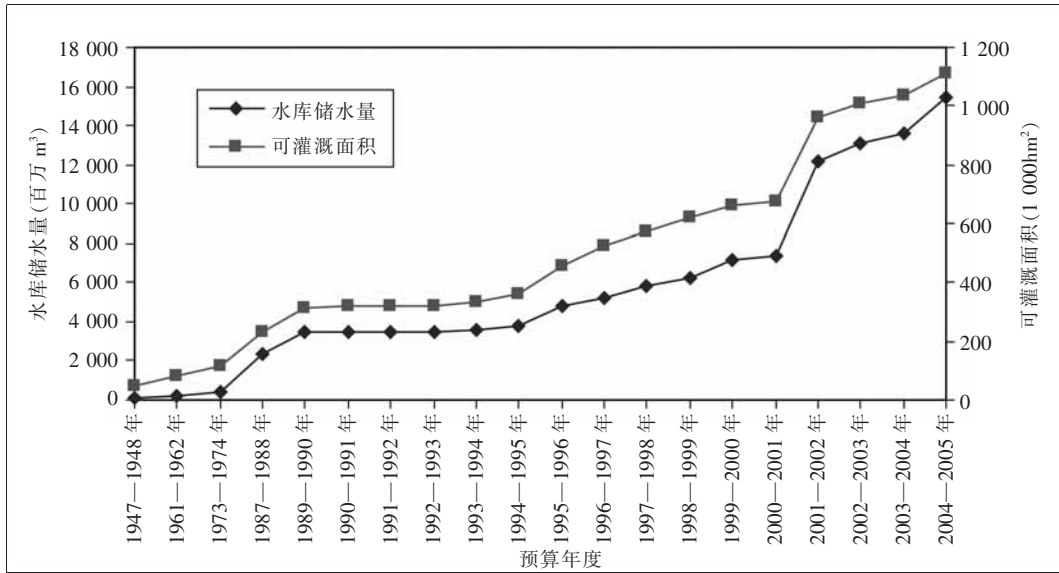


图 2 水库的蓄水量和灌溉面积的年度进展情况

水资源利用司已经实施了各种地下水和河水的排灌工程以确保作物灌溉和农村饮水。

#### 4. 用水情况

包括地表水 (91%) 和地下水 (9%) 在内, 共有约 3 200 百万 m<sup>3</sup> (MCM) 的水用来满足灌溉、家庭和工业用水需求 (图 3)。用水量按农业 (89%), 家庭 (10%) 和工业部门 (1%) 进行了划分。地下水主要用于家庭。

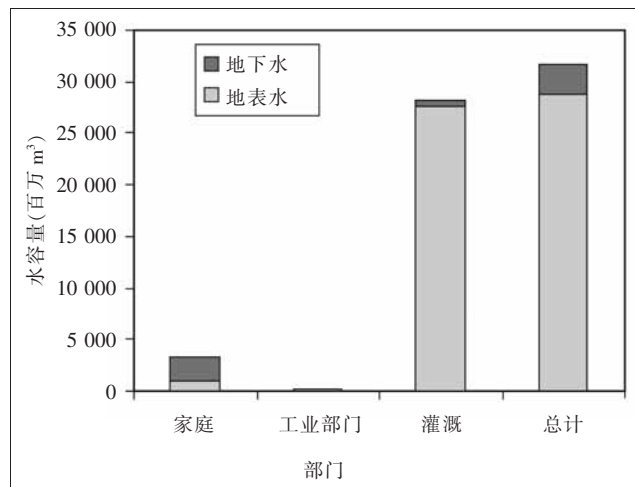


图 3 缅甸不同部门的用水情况

#### 5. 灌溉作物生产

缅甸的灌溉项目主要为种植水稻供水。自 1992 年以来, 雨季水稻后接着是旱季水稻种植, 这增加了水稻产量。目前水稻种植总面积达 648 万 hm<sup>2</sup>, 其中雨季 486 万 hm<sup>2</sup>, 旱季 162 万 hm<sup>2</sup>。由于中部干

旱区的降水量不能满足农作物的水分需求，因此对中部干旱区旱季水稻进行了补灌。在干旱季节，利用灌溉在中部干旱区还种植了其他一些旱地作物。旱季水稻主要在下缅甸利用灌溉种植。因此，由于灌溉工程的作用，作物产量增加了。水稻种植面积从 1988 年的 478 万  $\text{hm}^2$  增至 2003 年的 654 万  $\text{hm}^2$  (图 4)。与此同时，产量也从 1 296 万 t 增至 2 279 万 t。由此，2004 年大米出口增加至 100 万 t。根据国家规划目标，在雨季种植面积进一步扩大 81 万  $\text{hm}^2$  后，水稻播种总面积将扩大到 729 万  $\text{hm}^2$ 。为了使水稻持续增产，农民正在种植高产品种，其中包括引进的杂交水稻品种。

除其他旱地作物外，豆类和油料作物也是缅甸的主要作物，它们和水稻一起是灌溉项目的主要种植种类。种植的豆类主要用于出口，且其种植成本较低。由于国内消费和出口需求不断增加，豆类种植面积大幅增加，从 1988 年的 73 万  $\text{hm}^2$  增至 2003 年的 331 万  $\text{hm}^2$ ，与此同时产量也从 50 万 t 增至 300 万 t (图 5)。现在大约有 100 万 t 豆类出口。缅甸主要的油料作物是花生、芝麻和向日葵。2003 年，这些作物的种植面积增至 278 万  $\text{hm}^2$ 。

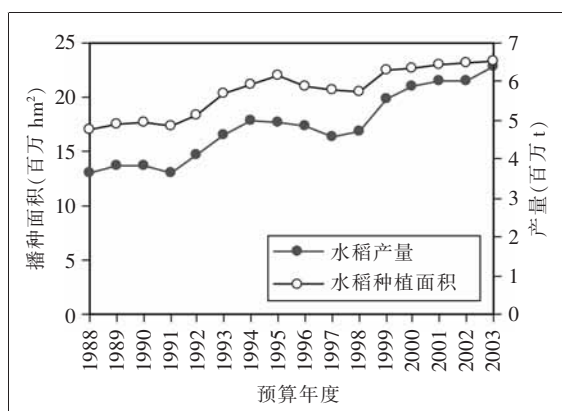


图 4 水稻播种面积和产量

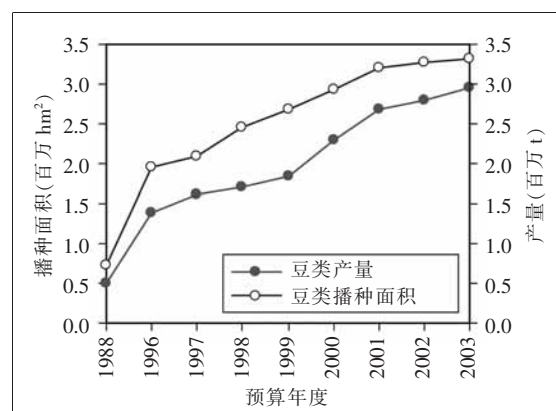


图 5 豆类作物播种面积和产量

## 6. 运营和维护

### 6.1 设施管理

灌溉司主要维护和管理主要水坝、渠首、干渠和二级设备等设施。农民则须维护和运营田间沟渠和水道等终端设施。

### 6.2 水价

灌溉司的自流坝灌溉系统中灌溉用水的价格是非常便宜的，它甚至不能收回用于维护工作的成本。设施的保养和维修的年度预算主要由政府支付 (见表 3)。

然而，水资源利用司的河流排灌系统的水价高于大坝工程的水价 (表 3)。电力和柴油型河流排灌系统用于水稻种植的水价是大坝系统水价的 150 到 300 倍 (表 4)。由于低水价减少了负担，所以农民在用水时不关心缺水或水流失情况。

表 3 政府和农民承担的灌溉设施维护成本比例

| 预算年度   | 政府补贴所占比重 (%) | 农民分担比重 (%) |
|--------|--------------|------------|
| 1993 年 | 95.24        | 4.76       |
| 1994 年 | 96.32        | 3.68       |
| 1996 年 | 95.27        | 4.73       |
| 1998 年 | 97.28        | 2.72       |
| 1999 年 | 97.6         | 2.40       |
| 2000 年 | 97.68        | 2.32       |

表 4 系统间灌溉水价差异（比率）

| 作物种类 | 大坝系统 | 河流排灌系统 |       |
|------|------|--------|-------|
|      |      | （电力型）  | （柴油型） |
| 稻谷   | 1    | 150    | 300   |
| 其他作物 | 1    | 75     | 150   |

### 6.3 农民参与和用水者协会

用水者协会（WUAs）和用水者群体（WUGs）在用水管理方面发挥了根本性的重要作用。然而，功能性协会和群体更有助于进行灌溉工作。根据灌溉司的指导原则，各项目已经建立了用水者群体（WUGs）。这些组织只为终端设备服务，但它们并没有很好地发挥作用。此外还成立了一些综合系统，但同样没有发挥良好的作用。

在一些项目中，农民改进了水渠和地沟渠等终端设备。即使在相同的项目里，项目维护工作也不尽相同。在南摩耶项目中，农民都平等地参与创建一个维护基金，在灌溉季节开始前他们召开会议，根据种植面积的大小来确定并收取维护费。该基金用于农民的终端设备。在斯瓦昌项目中，农民们必须维修和保养连接到他们所在地区的这部分水道。总体上看，缅甸的用水者协会和用水者群体仍然没有良好地运作，需要加以改进，以促进良好的用水管理。

### 6.4 多用途水资源管理

结合稻田灌溉，已建造了多种用途的单水库和多水库系统工程：水力发电、家庭用水以及环保供水。由于该项目包括多个水库点，各种江河流域和多种用水部门，它成了一个复杂的系统（表 5）。供水系统的运作和管理也很复杂。

目前，在简单的水利工程中供水系统采用的是常规做法。然而，多用途和多水库系统工程的运营与管理综合方案是灌溉司和其他相关部门的主要问题。这种综合方案比传统和常规的做法要求更高的工程和技术水平。因此，为能实现高效地使用水资源和更高的水分生产率，项目工程师和水管理人员必须采取更适当的方式来进行运作和管理。

表 5 缅甸水利工程特征

| 工程类型       | 单地址/多地址 | 流域 | 供水目的 | 运作和管理 |
|------------|---------|----|------|-------|
| 1) 单水库和单用途 | 单地址     | 相同 | 单用途  | 简单    |
| 2) 单水库和多用途 | 单地址     | 相同 | 多用途  | 不简单   |
| 3) 多水库和多用途 | 多地址     | 相同 | 多用途  | 复杂    |
| 4) 多水库和多用途 | 多地址     | 不同 | 多用途  | 更复杂   |

## 7. 竞争与压力

### 7.1 种植模式

农业服务局在项目中建议采取复种模式，并在灌溉的基础上通过改进耕作来增加生产力，提高农场和农户的收入。项目中采用了各种不同的种植模式，包括雨养和灌溉水稻、雨养与补灌、灌溉旱地作物如豆类和油料作物等。南摩耶项目中建议的种植模式列举在表 6 中，其中包括了项目中的不同品种和不同时期内的多种作物。因此，需要进行社会的、生物物理性质和社会经济因素的综合调整。然而，还要从水文特性的方面来考虑达到这些目的的用水安全的可能性。如果多用途项目中要考虑到其他部门的供水，那么就需要从技术和制度的可能性方面谨慎地调整。

表 6 下缅甸南摩耶项目增加农场收入的种植模式和日程表建议

| 种植模式                | 种植日程表                                  |  |  |
|---------------------|--|--|--|
|                     | 第一季                                    | 第二季  | 第三季  |
| 1) 水稻—食用豆类—水稻       | 雨季水稻<br>(130~135 天品种)<br>5 月中旬到 10 月中旬 | 黑吉豆<br>(70 天品种)<br>9 月中旬到 11 月<br>(套作)             | 旱季水稻<br>(130~135 天品种)<br>12 月中旬到次年 3 月<br>(移栽) |
|                     | 雨季水稻<br>(115~120 天品种)<br>5 月中旬到 9 月中旬  | 黑吉豆<br>(70 天品种)<br>9 月第四个星期到 12 月第<br>一个星期<br>(耕作) | 旱季水稻<br>(100~105 天品种)<br>12 月中旬到次年 3 月份(直播)    |
| 3) 大米—食用豆类—油料<br>作物 | 雨季水稻<br>(115~120 天品种)<br>6 月到 10 月中旬   | 绿豆<br>(70 天品种)<br>10 月中旬到 12 月                     | 芝麻<br>(70~80 天品种)<br>1 月第二个星期到 4 月第一个星期        |
|                     | 雨季水稻<br>(130~135 天品种)<br>6 月到 10 月     | 旱季水稻<br>(115~120 天品种)<br>11 月中旬到来年 3 月(直<br>播)     | —  |
| 4) 水稻—水稻            | 雨季水稻<br>(130~135 天品种)<br>6 月到 10 月     | 旱季水稻<br>(115~120 天品种)<br>11 月中旬到来年 3 月(直<br>播)     | —  |

## 7.2 劳动力

缅甸连续种植水稻和其他农作物导致了农业劳动力短缺。与传统的农作系统不同，整地、移栽和收割需要在很短的时间内完成以使全年都可以种植。因此，农民正面临着劳动力短缺，尤其是在整地、移栽和收割时期，农民几乎没有时间休息。只有 30% 的农民利用拖拉机来整地。

## 7.3 投资

由于连续灌溉两季或三季，稻田的土壤肥力下降，必须使用更多的肥料才能获得好收成。因此，大多数农民都面临为购买肥料而进行高投入的问题。另一方面，水稻收获时，其价格总是下降。而农民等不到价格再次上涨，就不得不出售他们的稻谷，以便能够投资于下一季种植。这是一个严重的问题，尤其对于那些没有农业外工作的农民来说。为了解决这个问题，应为农民引入合适的销售和贸易体系。

## 8. 新要求

### 8.1 设施

必须发展现有项目中的下游灌溉设施以促进农业生产和高效用水。应该修葺主要的水渠，以便在特定需水时期可充分供水。还应该修建如水渠、田间沟渠、土地整理等农场以外的设施和用于农业生产的适当灌溉和排水网络。从未来农业机械化的角度看，应该通过合并来确定合理的地块大小以适于机械工作和良好的用水控制。与此同时，也应该考虑到改善水稻灌溉对生态和环境方面造成的影响。

### 8.2 技术

基于传统和常规的技术，必须改进设施操作和管理技术，以实现项目目标。为了今后的发展，应密切监测和评估系统，必须用改良技术来取代旧的技术。

### 8.3 制度

用水者协会、农民组织和用水者群体应该得到承认，并要加以改进，以建立组织良好和功能健全的团体。相关部门应培训农民，使他们掌握基本相关知识，如水稻科学、水力学和水文学以及其他制度方面的知识。

### 8.4 水价

为了减少政府在运营和维护上的负担，应加强农民参与并把灌溉水价提高到一个合理的价位。应当改进规则、规章和原则，以确保公平而高效地用水及其分配。

## 9. 用水管理技术的改进

为改善用水管理，促进稻谷生产，灌溉司与日本国际协力机构（JICA）合作实施了灌溉技术中心（ITC）项目（第二期）。它的主要内容是农场内外设施运营与分配计划的开发、监测与评估过程，以及举行用水管理培训。就灌溉和排水发展来说，南摩耶项目是集约耕作和粗放耕作两种类型示范农田的结合，这向农民和当地工作人员证明了用水管理对于提高农场的生产力有多重要。

### 9.1 水库调度和系统配水计划

在项目对水进行分配和使用的实践基础上，灌溉系统已得到发展，运作更加合理、有效。一个需主要考虑的问题是制定并实施年度灌溉分配计划。在计划实施时，如果有必要，可根据水库水资源的供应情况，渠道实际灌溉面积，种植期工作进展，农场用水情况等实地条件制定一个定期修订计划。整个季节都要对水的分配进行监测和评估，所有部门都应被纳入到发展工作中。

### 9.2 农场用水管理发展

农场或田间的用水管理与水分生产率有直接关系。为提高水分生产率，农场需要有合理的水运作设施，如灌溉和排水沟渠及其上控制水的翻板闸门。在项目区有两种类型的示范农田，以研究农场用水管理的发展水平。第一种类型是集约型，它的面积为 25hm<sup>2</sup>、有 9 名农民；第二种类型是粗放型，面积为 134hm<sup>2</sup>，有 38 个农民。

粗放型示范农田体现的是地块连地块的传统灌溉系统（图 6a）。一组地块或水渠仅包括一个主排水系统。不过，其用于分配水的水渠密度非常合理。根据地形条件，粗放型示范田间建造了间隔 100m、200m、300m 和 400m 的水渠。集约型示范农田上则建立了一个现代化的灌溉系统（图 6b），任何地块的水都可以根据需要控制在任何深度。该系统用于用水管理的水渠和排水沟密度高。

在建立了这些示范农田以后，研究了农场用水管理情况，研究内容包括获得水的时间、生长期耗水情况、整地、农场的适耕性、用水性质、农民管理情况和农地合并前后农民的社会经济情况。

### 9.3 用水管理培训

用水管理培训是灌溉司培训计划的一个主要部分。其根本目的是向农民传授灌溉用水管理方面的知识，提高灌溉司的工程师和技术人员在该领域的技术能力。农场内外两个层次的用水管理开发都已实施了这种培训。培训的基础科目包括土地合并区的灌溉和排水渠修建、水库的运营和分配计划、相关设施运营和管理、数据收集和信息管理，以及水资源需求量的计算。这两种示范农田也被用来帮助所有学员了解农场用水管理的发展。为达到这些目的而实施的培训课程列于表 7 中。与此相关的未来培训方案的总体规划也在考虑之中。



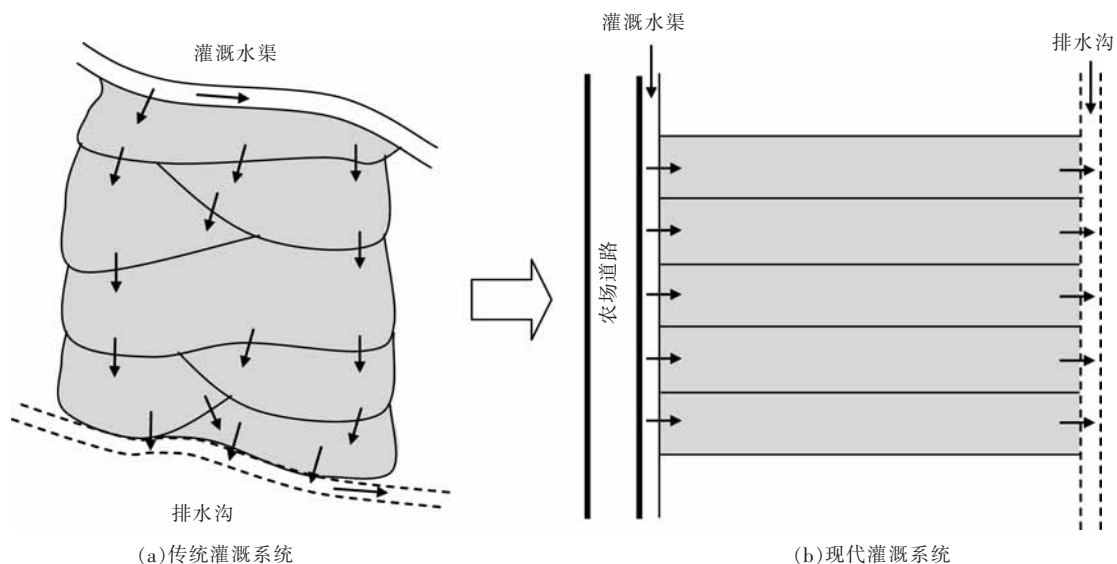


图6 农场水分配系统

表7 灌溉司灌溉技术中心（ITC）用水管理培训实施情况 1999—2005 年（至 10 月）

| 培训类型            | 培训课程数目 | 参与人数  |
|-----------------|--------|-------|
| (1) 农民          | 30     | 903   |
| (2) 灌溉工程师和灌溉司职员 | 19     | 499   |
| (3) 讨论会         | 16     | 914   |
| 总计              | 65     | 2 316 |

## 9.4 技术采用

灌溉司灌溉技术中心目前正在实施改善其他地区用水管理的推广项目（中间目标领域项目），灌溉技术中心项目（第二期）所开发的技术将通过一个又一个项目在其他区域推广。为达到这个目的，它已经成立了执行委员会，包括研究小组成员、运营和维护工程师、农业专家和推广人员。

## 10. 其他

在联合国亚太经济与社会委员会（UNESCAP）和粮农组织的协助下，灌溉司制定了缅甸水资源开发远景规划，并建立全国用水协调机构（NWCA）作为最高权利机构。该机构在与公共和私人部门合作情况下，负责国家水资源的全面管理。此外，还计划建立一个缅甸全国水资源委员会（MWRC）并制定战略管理计划（SMP），以加强该国水资源综合管理应用能力。在这方面，灌溉司提议在制定战略管理计划时对水资源综合管理如下部分进行研究：

- 水资源开发和管理的原则；
- 运作和管理的原则；
- 竞争性用途和用户之间的用水分配；
- 农场、系统和流域的水分生产率；
- 联合使用地表水和地下水；
- 灌溉、人类健康和环境之间的相互影响；
- 公众参与；

- 能力建设 (CB) 和人力资源开发 (HRD)。

缅甸水资源委员会 (MWRC) 成功建立后, 在该委员会的领导下, 战略发展计划 (SMP) 得以制定以促进水稻和其他作物的可持续生产, 同时通过提高水资源综合管理和稻田灌溉系统的水资源管理促进了其他部门的协调发展。

此外, 在日本政府的技术援助下, 灌溉司计划同缅甸农业服务局、水资源利用司、居住和土地记录司一道实施“加强农民的灌溉管理”项目。该项目旨在降低新建灌溉项目和现有灌溉系统的管理和维护费用。从这些调整中所获得的资源可用于改善系统损失, 扩大灌溉面积, 并更新农场设施。农民将自愿组成用水者协会, 灌溉系统管理将得以加强, 灌溉设施也将得以保养和维护。

## 11. 结论

缅甸拥有丰富的水资源, 可满足农业和其他部门的用水需求。农业是缅甸的主要经济部门, 缅甸已经开发了灌溉系统特别是稻作灌溉系统以促进农业生产。由于水库和灌溉系统可以储备供水, 因而使作物可以全年生产。

要把传统的稻田发展成更系统的农场类型以便实现农业机械化和稻田内的良好用水控制。这可以通过合并土地和改善农场内外的灌溉和排水情况来实现。这将使种植密度提高, 并可以种植高产品种。

迫切需要在缅甸采取更加适当的方式来建设复杂的水资源项目, 以满足所有部门的要求。需在技术和制度方面采取措施以取代传统和常规的做法, 但这应该是在认真考虑以往经验的基础上, 在必要的地方做出调整。

需重新建立或改革用水者团体的体制, 使其合理实用, 要符合当地农耕社会的特点, 包括它们所在各地的经济、文化和社会背景。这将支持改善水资源管理措施的采用。应该贯彻落实一个合理的用水定价体系以减轻政府的负担, 并促进农民参与灌溉工作。适当的作物和农产品销售和交易系统是非常必要的, 它能给农民带来便利和足够的好处。

在缅甸水资源委员会的领导下, 灌溉系统将有助于多功能性的发展和农村环境的可持续发展。

### 致谢

作者对缅甸农业和灌溉部灌溉司司长, 越南农业和农村发展部水资源研究所 (VIWRR)、联合国粮农组织亚太区域办公室的合作表示感谢。

## 参考文献

- Euroconsult & UNDP.** 1992. *Ye-U Irrigation Support Project: feasibility study for the rehabilitation of the Shwebo irrigation system* (volume 1), MYA/85/002.
- Irrigation Department.** 1996. *Mu-river basin project (Part-1): Progress report on Kintat diversion dam construction* (in Burmese) .
- Irrigation Department.** 2002. *Thaphanseik multipurpose dam project: background history* (in Burmese) .
- Irrigation Department.** 2003. *Study on effective use of drainage water in Shwebo irrigation scheme in Myanmar.*
- Irrigation Department.** 2004a. *Outline of the Irrigation Department.*
- Irrigation Department.** 2004b. *Report on integrated water resources management in Myanmar.*
- Irrigation Department.** 2005a. *Introduction to Irrigation Department* (in Burmese) .
- Irrigation Department (Hydrology branch) .** 2005b. *Water storage development in the reservoirs* (in Burmese) .
- Irrigation Department-ITC Project.** 2004. *Seminar report on completion of Irrigation Technology Center Project (Phase II)*, ITC, Irrigation Department.
- Irrigation Department-ITC Project.** 2005. *Technical Book on Ngamoeyeik Irrigation Project*, ITC, Irrigation Department.
- Kyaw San Win, U.** 2002. *Multi functional roles in irrigation system*, Paper presented paper at the Third World Water

- Forum (WWF3) Pre-symposium, Japan.
- Maung Maung Naing.** 2004. *Towards participation in adoption of the technical measures for water resources management*, Myanmar Engineering Society, CAFEO – 22 paper 628, 01 – 09.
- Ministry of Agriculture and Irrigation.** 2004a. *Draft on strategic plan of IWRM in Myanmar*, Irrigation Department, MOAI, Myanmar.
- Ministry of Agriculture and Irrigation.** 2004b. *Myanmar Agriculture in Brief*, MOAI, Myanmar.
- Ministry of Agriculture and Irrigation.** 2005. *Myanmar Agriculture in Brief*, MOAI, Myanmar.
- Ministry of Information.** 2002. *Facts and figures 2002*, MOI, Union of Myanmar.
- Myanmar Water Vision Team, Ti Le-Hu & Thierry Facon.** 2003. *Report on formulation of national water vision to action* (3<sup>rd</sup> draft), Irrigation Department, Ministry of Agriculture and Irrigation, Myanmar.
- Zaw Win, U.** 2004a. *Agricultural water resources study in Myanmar: water scarcity variations in Myanmar*, Myanmar Engineering Society, CAFEO – 22 paper 635, 01 – 038.
- Zaw Win, U.** 2004b. *Water assessment and water sector profile for Myanmar*, Irrigation Department.

# 菲律宾大型稻作灌溉系统的发展与管理

Proceso T. Domingo<sup>①</sup>

## 摘 要

目前，菲律宾灌溉面积仅占其可灌溉面积的45%，这是其实现大米自给的瓶颈约束。政府紧张的财政状况，使其发现有必要修改年度灌溉发展规划。事实上，规划优先考虑的项目已经转移到系统的修复项目，新建的项目则集中于投资少的小规模灌溉系统。

经验表明，灌溉系统的重大修复虽然对检测系统退化和功能障碍有效，但却不能改善灌溉的质量和服务。为了应对这一问题，灌溉机构正致力于提高水的供应、分配和管理，并将其作为灌溉项目的一个特殊部分。这一创新旨在解决种植密度低的主要约束因素：供应水平低且趋于减少的供水、用水分配的不公平和浪费。

所提倡的灌溉改革的一部分是灌溉机构把公共灌溉系统的管理职能下放给灌溉者协会。这种做法有扩大农民参与和缩编系统办事处的双重目的，双方都受益于由此产生的经济收益。灌溉者协会接管系统管理所带来的金钱上的回报是他们支持系统政策的动力。

灌溉服务收费的不足（55%±5%）使系统恢复的资金不足，从而不能进行最合适地保养和维修。伴随这种情况的反复出现，用水供应和灌溉服务持续恶化，而这又使得农民更加不愿支付费用。这就导致了灌溉系统运作的恶性循环现象，而仅仅依靠恢复灌溉系统无法打破这种恶性循环。唯有一系列重大的灌溉系统修复与加强项目才有可能获得成功。

伴随着灌溉部门体制和政策改革的实施，菲律宾的灌溉现代化已经开始向前迈进。这些改革的目的是提高灌溉机构和灌溉系统的经营绩效，这是实现大米自给自足必不可少的条件。所采取的一个特别的改革措施是在灌溉机构中实施合理化计划，以平衡灌溉服务提供与机构财政稳定。

## 1. 灌溉发展：总体情况

建造和修复灌溉系统以及推广和采用改进耕作方法的目的是增加水稻的年产量。然而，供水减少、灌溉系统日益恶化和用水管制的缺陷导致灌溉面积减少，灌溉服务质量降低。低收入、日益增加的工作量和昂贵的材料造成的财务困境要求系统延期维修和延长项目执行期。

### 1.1 系统工作情况

系统管理的主要任务是用水管理，其目的是在灌溉季节给每条水渠提供准确且足够的水。逐渐减少且起伏不定的供水量以及不公平和浪费的用水分配，导致用水分配和管制的低效率，并制约了成功率。因此，灌溉面积远低于服务覆盖面积，使种植密度（135%±5%每年）远低于其潜力——这表明灌溉服务水平差。

除了供水不足、输送效率低下外，劣质水分配和严重的系统恶化也导致了系统的运作效能的降低。不良灌溉服务使得越来越多的农民不支付灌溉服务费（ISF），使收费达不到恢复项目的资金需求。拖欠灌溉服务费的农民被当成了榜样，激化了其他农民的拖欠行为，同时一些系统工作人员所使用的欺骗手段，也使得不付灌溉服务费的人趋于增加。

<sup>①</sup> 菲律宾国家灌溉管理局局长，EDSA, Diliman, Quezon City, Philippines.

## 1.2 灌溉

水稻是菲律宾的主要产品，所以菲律宾多为稻作灌溉系统，也有一些系统给香蕉种植园供水。目前菲律宾的灌溉发展水平仍较低（45%），水稻单产不高，雨养稻田面积不多，因而国内水稻产量不足以满足需求。几十年以来，减少大米短缺已经成为政府每个标志性水稻生产规划项目的压倒性目标，但成功仍然遥遥无期。

随着农民使用改良品种，正确施肥和防治虫害战略的实施，提高单产成为上述规划项目的首要目标。鉴于供水的可靠性能降低作物干旱损害的相关风险，因此，最先受益于规划的是灌溉地区。然而，增加灌溉面积，提高种植密度仍然是菲律宾实现和维持大米自给的基本措施。

## 1.3 灌溉政策

大型稻作灌溉系统的管理（运营，维护和维修）仍然由国家灌溉管理局（NIA）负责。随着逐步发展，国家灌溉管理局处理水渠（一级和二级）的用水管理，并将田间沟渠（农场）的水管理活动指定由农民负责。这种农民参与组织的先行行动使得每个生产服务区（30~40hm<sup>2</sup>）必须将农民组织成灌溉者团体，然后对他们进行培训。

虽然轮流灌溉方法在田间沟渠未能正常运作，但是在灌溉者协会（IAs）<sup>①</sup>的支持下，水渠层次的轮灌方法却可以正常运作。这种情况表明国家灌溉管理局在将一些系统管理中的任务选择性地下放给灌溉者协会上具有潜力，如水渠维护、用水管理和收取灌溉服务等。执行这些任务所带来的资金收益为灌溉者协会提供了必要的收入来源——这是灌溉者协会能够持续作为国家灌溉管理局积极有用合作伙伴的一项因素。

## 2. 农业发展：国家重大目标

灌溉面积扩大对水稻产量增加的贡献比采用改良水稻品种、作物营养和保护措施的共同贡献还要大。为了应对资金限制，灌溉发展规划范围缩小，这导致灌溉服务区每年增加很少，阻碍了目标的实现。因此，实现大米自给仍然是国家的主要目标，但这个目标的实现日期仍比人们希望的要远，因为灌溉开发已经落后了。

### 2.1 实现大米自给

国内农业发展旗帜方案想把菲律宾从大米进口国转变为大米自给国。除了增加水稻单产的目标外，扩大灌溉面积和增加种植密度都是旨在增加水稻产量的战略。建造和修复灌溉系统以扩大灌溉面积，仍然是实现大米自给更为有力的举措。

然而，灌溉项目的实施受资金缺乏的限制，项目的数量和范围都受到预算限额的限制。实际上，正在进行的国外援助项目和政府资助项目都受到现金流不足的影响，这导致了项目竣工日期延期。这种情况进一步延缓了大米自给目标的实现，因为它限制人们把灌溉面积扩大到已知的最大水平。

### 2.2 扩大灌溉面积

只有在破坏性干旱和大米不足危机出现的情况下，农村和城市地区的许多人才会意识到灌溉的重要性。在没有危机的情况下，许多人就忘了灌溉系统的必要性——一个加剧紧张财政情况影响的因素。目前的优先项目倾向于较便宜的系统修复项目，新建项目则集中在低投入的小规模系统。

然而，过去的修复项目忽略大家对改善灌溉质量的期望，灌溉面积和种植密度同以前一样，仍

---

<sup>①</sup> 最初，灌溉者协会覆盖范围约 750hm<sup>2</sup>，由几个灌溉组组成，它们形成的目的是协助解决与水相关的争端，并且帮助实施政策和灌溉方案。

然很低。在系统修复中，正确地判断需求（物质的、程序的和社会的）和创新措施应用使这种情况有了好转的可能。预计系统修复可实现的灌溉面积增加数，仍然不能满足达到大米自给临界值的要求。

### 3. 可持续灌溉：紧急要求

国家灌溉管理局已开始将其管理的二级和三级系统的管理权下放给默认的和有能力（人们所认为的）的灌溉者协会（IAs）。作为增强灌溉者协会内在能力的一种方式，国家灌溉管理局在上述方案中指出，要只针对那些已经或将要进行重大修复的系统。已进行了改良修复的系统的可预见的作用就是减少用水分配和输送问题的发生。

#### 3.1 保护系统功能

灌溉服务费收入仍然是国家灌溉管理局管理的灌溉系统运营、维护和维修成本的主要资金来源。灌溉服务收费不足导致不能进行最佳的保养和维修，并进而导致了系统退化和功能障碍的进一步恶化。随着系统绩效降低和灌溉服务变差，农民们支付灌溉服务费的意愿也同样下降，导致了恶性循环的开始。

随着系统陷入上述种种现象，水的供应量和灌溉面积持续萎缩，而农民最终成了这一疏忽的主要受害者。这推动国家灌溉管理局实行了争议性“不付费，不灌溉”政策以保护农民的利益，灌溉者团体和灌溉者协会（IAs）表示支持这个政策。这一政策的成功实施证明了农民集体行动中灌溉者协会组织和培训之间的相关性。

#### 3.2 促进农民参与

考虑到要解决灌溉者协会能力的问题，并为他们提供收入来源，国家灌溉管理局鼓励灌溉者协会接管系统管理。方案的实施已经达到了这样一个阶段，许多灌溉者协会已经接过了各自辖区内的管理职责。促进灌溉管理职能转移（IMT），国家大力推进向农民放权和管理方式的转变都在系统中进行着。

灌溉管理职能转移（IMT）使得系统工作人员明显冗余，但是国家灌溉管理局不能说服工作人员提前退休，因为缺乏资金激励他们这么做。随着这些冗余的工作人员继续获得酬金，那些接受了灌溉管理职能转移（IMT）的灌溉委员会（IAs）所获得的来自国家灌溉管理局（NIA）的激励费用加重了国家灌溉管理局（NIA）的成本负担。随着灌溉管理职能转移（IMT）覆盖范围的扩大，国家灌溉管理局（NIA）正设想两种可能情况：国家灌溉管理局（NIA）的关联程度可能会下降，灌溉服务的质量可能大幅下降。

#### 3.3 进行机构改革

出于财政上的困难，国家灌溉管理局（NIA）于2002年提出精简机构的计划，但由于缺乏资金，工作人员退休奖励的执行停滞不前。现在，国家灌溉管理局（NIA）与政府执行部门的其他机构正在制定一项合理化计划，旨在改善服务提供质量和机构财政状况。由于政府正在筹措足够的退休激励资金，而国家灌溉管理局（NIA）极希望该计划获得通过。

通过系统修复准备赠款项目参与其中的一家咨询公司制定灌溉部门的政策改革措施。主要内容包括国家灌溉管理局（NIA）的财务加强、系统维修资金、完善设备管理和加强灌溉职能转移（IMT）的指导方针。这些改革措施希望能够补足所设想的系统修复一揽子政策，所有的改革措施都旨在提高机构和系统绩效。

### 4. 灌溉运营：管理改革

重大修复项目对改善灌溉质量的影响很小，这使得国家灌溉管理局（NIA）不得不把创新纳入

到系统修复的范围之内。这些创新措施由增强供水能力、水流管制、运作方式转变、筹措维修资金和机构制度改革组成。改善灌溉系统和服务区的供水情况是增加灌溉区域和改善灌溉服务质量的首要投入。

#### 4.1 更新开发重点

在进行了重大修复而未能完善灌溉服务时，灌溉系统中的农民和国家灌溉管理局（NIA）工作人员会很失望。上游水流过剩、中段水流不足和下游水流严重不足所表现出来的用水分配不公平依然存在。通过传统方法进行的主要修复项目确实可以修正系统退化和恢复功能，但并不能改善灌溉质量。

在此经验基础上，目前，国家灌溉管理局在其即将开始的建造和修复项目中将重点放在改善用水供应和分配方面。新措施还包括通过排水的再利用和中间储水系统来加强供水，以及完善排放管理。一个创新设想是通过设计配水，使用适当结构加以控制和测量来定量供水。

#### 4.2 应对紧急维修

目前的灌溉服务收费水平仅够系统运营、维护和维修成本，但是费用上缴率低造成了许多问题。结果是资金有限，建筑材料和设备燃料成本高昂且不断上升更是加重了困难，这限制了保养和维修。少量且逐渐减少的维修项目政府拨款在一定程度上缓解了国家灌溉管理局的资金困境，但目前紧张的财政状况导致上述补贴有停发的危险。

台风造成的洪水往往会破坏灌溉设施，其中有许多被破坏的设施非常关键，如果不立即修理将危及生长中的作物。菲律宾几乎每年都会发生普遍且重大的系统破坏，许多情况下，由于缺乏修理资金，国家灌溉管理局（NIA）不得不推迟修理这些被破坏的系统。为了修正形象损害，并且支持灌溉管理职能转移接受者灌溉者协会（IAs），国家灌溉管理局正主张建立一个系统紧急维修基金。

表 1 菲律宾稻作灌溉系统的总体情况

| 参 数                         | 自然规模                   |                                |                          | 所有规模      |
|-----------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------|
|                             | <10 000hm <sup>2</sup> | 10 000~100 000 hm <sup>2</sup> | >100 000 hm <sup>2</sup> |           |
| 1. 系统数量                     |                        |                                |                          |           |
| a. 全国灌溉系统                   | 183                    | 13                             | —                        | 196       |
| b. 社区灌溉系统                   | 6 702                  | —                              | —                        | 6 702     |
| c. 私有灌溉系统                   | 4 001                  | —                              | —                        | 4 001     |
| 总计                          | 10 886                 | 13                             |                          | 10 899    |
| 2. 年调水量（MCM）                |                        |                                |                          | 31.50     |
| a. 农业用水比重（%）                |                        |                                |                          | 100       |
| b. 家庭用水比重（%）                |                        |                                |                          | —         |
| c. 其他用水比重（%）                |                        |                                |                          | —         |
| 3. 设计灌溉面积（hm <sup>2</sup> ） |                        |                                |                          |           |
| a. 全国灌溉系统                   | 453 857                | 236 382                        | —                        | 690 239   |
| b. 社区灌溉系统                   | 537 304                | —                              | —                        | 537 304   |
| c. 私人灌溉系统                   | 174 200                | —                              | —                        | 174 200   |
| 总计                          | 1 165 361              | 236 382                        |                          | 1 401 743 |
| 4. 有效灌溉面积（hm <sup>2</sup> ） |                        |                                |                          |           |
| a. 全国灌溉系统                   | —                      | —                              | —                        | 140±5%/年  |
| b. 社区灌溉系统                   | —                      | —                              | —                        | 130±5%/年  |
| c. 私人灌溉系统                   | —                      | —                              | —                        | 130±5%/年  |

(续)

| 参 数                       | 自然规模                   |                                |                          | 所有规模       |
|---------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------|------------|
|                           | <10 000hm <sup>2</sup> | 10 000~100 000 hm <sup>2</sup> | >100 000 hm <sup>2</sup> |            |
| 加权均值                      |                        |                                |                          | 134±5%/年   |
| 5. 灌溉面积占设计灌溉面积比重 (%)      |                        |                                |                          |            |
| a. 水稻                     |                        |                                |                          | 100% in WS |
| b. 蔬菜和果园                  |                        |                                |                          | 5% in DS   |
| c. 其他作物 (香蕉)              |                        |                                |                          | 0          |
| 受益农民人数                    |                        |                                |                          |            |
| a. 全国灌溉系统                 |                        |                                |                          | 434 844    |
| b. 社区灌溉系统                 |                        |                                |                          | 301 035    |
| c. 水泵灌溉系统                 |                        |                                |                          | 134 540    |
| 总计                        |                        |                                |                          | 870 419    |
| 受益城市居民人数                  |                        |                                |                          |            |
| 支撑湿地面积 (hm <sup>2</sup> ) |                        |                                |                          | —          |



# 泰国大型稻作灌溉系统

Chawee Wongprasittiporn<sup>①</sup>

## 1. 大型稻作灌溉系统的背景

泰国大多数农业用地都是稻田，因此大部分灌溉项目都是给水稻供水。

泰国有如下四种主要大型稻作灌溉系统：

- 1) 大湄南河灌溉项目位于中部平原（120 万  $\text{hm}^2$ ）。该灌溉系统由两个储水坝（普密蓬水坝和诗丽吉水坝）和两个导流坝（湄南河坝和纳瑞宣坝）构成。
- 2) 湄干河灌溉项目同样与大湄南河连接。该灌溉系统是由一个储水坝（Wachiralongkorn 水坝）和一个导流坝构成。
- 3) 彭世洛灌溉项目位于中部平原北部（10.4 万  $\text{hm}^2$ ）。该灌溉系统是由一个储水坝（诗丽吉坝）和一个导流坝（纳瑞宣坝）构成。纳瑞宣大坝可以调水给彭世洛大坝，也可以给下游的大湄南河灌溉项目放水。
- 4) 巴帕南灌溉项目位于泰国南部（92 800 $\text{hm}^2$ ）。该灌溉系统是由巴帕南河所有支流入河闸口调节系统和在巴帕南河入海口附近的一个主要闸口调节系统构成。有一条紧急渠道和 3~4 条人造渠道用于向大海分洪，而在旱季，分洪渠道则被用作灌溉渠道。

## 2. 农业发展趋势和水资源管理

根据国家社会经济发展趋势，2005 年，皇家灌溉部对其远景目标、任务、目标和战略进行了概括，以满足国家发展要求。

该部将其远景目标明确阐述为：为支持农业生产，提高农民收入和保持经济稳定提供充足的用水。其任务是：

- 充分挖掘水资源潜力；
- 以可持续的方式公平地为所有用水者管理水资源；
- 鼓励人们参与各层次的水资源开发与管理；
- 防止和减轻与水有关的灾害。

其目标是：

- 在农业区充分发展灌溉；
- 提供良好服务，使农民能够拥有优质生活。

其战略是：

- 扩大灌溉面积；
- 促进灌溉效率提高；
- 防止和减少与水有关的灾害；
- 鼓励人们参与和促进公共关系；
- 提高水管理效率。

由于去年发生了干旱危机，政府在全国都加强了小规模水资源开发，以便使所有人能够获得

<sup>①</sup> 皇家灌溉部，泰国曼谷

水。因此，政府提出了一个数量众多的全国中小规模项目清单。

灌溉面积的扩大将增加雨养地区的灌溉面积，降低农民缺水风险。这将使农民收入更安全。

在现有灌溉区，该政策旨在提高灌溉效率，改善水资源管理。这一战略实施以后，等量的水应该能用于更多的农业生产。

土地资源和水资源设施将被整合以获得更高产量，以满足未来更多人口和更少农用地的要求。通常，在干旱季节或在雨养地区，农民会迁往主要城市，但是雨养地区灌溉的扩张和用水效率的提高会增加种植密度，全年都将需要农业劳动力。

此外，如果给现有的一些农用地提供灌溉设施将会减少对森林保护区土地的侵蚀。这将有助于实现国家的环境保护目标。

### 3. 大型稻作灌溉系统的新要求

近年来，由于水稻价格上涨（价格比 10 年前，即 1995 年几乎增加了一倍），农民因此增加了水稻种植面积。这种情况在旱季最为明显。

有些灌区农民还开发了自己的水资源，如由他们自己管理的对水进行联合利用的浅管井。

有些地区可以一年三熟，这表明，如果水资源充足，农民将更加集约利用农地。

由于水稻价格较高有力刺激了农民，因而他们的行为和做法也反映在一些项目灌溉管理的如下方面：

- 在渠道维护方面投入的时间更少；
- 灌溉提供管理由持续灌溉改为轮灌；
- 由于灌溉方式改变引起渠道变形恶化；
- 头端和最末端的用水者之间水资源分配变得更不公平；
- 用水者会有更多的抱怨和纠纷；
- 需要对这些变化进行密切的监测和评估，并且要对水的管理方式进行调整以符合农民行为的不断改变。

有必要让更多的人参与到用水管理中来，以便明了需求和供给双方的潜力和制约因素，并为双方就土地和水资源集约利用进行协商创造机会。

### 4. 已采取措施

在前面第二部分中提到的 2005 年远景、任务、目标和战略时，介绍了在水资源管理方面提供优质服务的的一些新重点。这些重点就是在全国范围内以平等为基础原则来提供服务，不仅要注重在灌溉面积，而且还要关注人们的参与情况。

#### 4.1 参与式灌溉管理（PIM）

有些战略性措施，如参与式灌溉管理（PIM），最先是在亚洲开发银行援助下以试点项目的方式实行。在试点项目完成后，皇家灌溉部利用自己的年度预算资金将 PIM 方法作为一种日常工作在省级推广。

虽然受到预算的制约，PIM 办法仍是切实可行的，并且这种方法在灌溉者和农民之间很协调。在每次灌溉季节开始之前，会召开一个有灌溉者、农学家和农民团体参加的省级会议。灌溉者在会议上通报有关水的供应情况和灌溉开始日期（在水渠维护以后）的信息，农学家向大会提供农产品市场趋势信息，农民则向大会通报他们的计划种植情况。他们就水量、潜在种植面积、作物种类和销售方式等方面进行讨论以协调需求、资源的可获得情况和制约因素，以便确定种植模式和灌溉安排。如果种植期间发生危机或计划有重大变化则会进一步召开会议进行商讨。

在亚洲开发银行支持的试点项目完成一或两年后，这些新做法（提高人们的参与水平）得到了

实施。过去，农民需询问当地的灌区负责人才能了解灌溉安排情况。而在有些项目中，灌溉水渠的附近会有一个告示板，告知农民灌溉安排情况。然而，这也仅是一个单向沟通，农民只能通过它了解信息，但不能表达他们的需求信息。

允许农民参与用水管理，投诉和纠纷减少了，而且农民可以更好地计划自己的生产过程。虽然转向了充分利用资源潜力的需求管理，但是这种管理方式仍面临一些制约因素。在农民参与的会议上，人们对土地和水资源的公平利用进行了讨论，并鼓励这种做法。

## 4.2 联合用水

由于水稻价格较高，旱季水稻种植面积已远远大于可获得灌溉用水的潜在种植面积。在有些地区，全年一共种植三次稻谷。

种植三次稻谷有可能是因为存在大量替代水源，即农民开发的私人浅管井。

在彭世洛灌溉项目中，对稻田日用水量进行了测量。结果发现在灌溉水不太可靠的末端，浅管井水占其用水量的百分之八十左右，而在头端区灌溉水仍然是主要水源。这种情况会影响到用水管理的规划和灌溉安排。

由于用水需求比预计的高出很多，灌溉安排已经从根据设计标准确定的连续灌溉改为轮灌。轮灌中，闸门调节迅速改变水流方向导致了土渠滑坡。使土渠已经从梯形变成大U形。水流相当缓慢，而缓慢水流的水力学使得灌溉管理更加复杂。

## 4.3 用水管理以促进发展和改善环境

目前，在西班牙政府的技术援助下，皇家灌溉部正进行彭世洛项目的灌溉改良研究。研究的内容是运用适当的数学水力模型以确定最合理的用水管理制度。

目前，地下水利用潜力正在研究之中，用水者团体参与水管理情况也包含在研究内容之中。

泰国南方有个大型水稻灌溉项目——巴帕南项目，它是一个用水管理系统，其设计中不仅包括要实现发展目标，而且还要减轻项目带来的任何不利影响。一整套闸口调节系统的运行目的是为旱季储存淡水，同时减轻雨季的洪水灾害，并防止农业区的海水入侵。后来，为减轻项目的一些环境影响，如旱季下游河口的水污染等，进行了一些补充研究。还研究使淡水成为淡海水动物在淡水和海水之间的缓冲区，把来自上游大型酸性沼泽地的酸水排放进分流渠道，以防止强酸性水流入下游的渔业养殖点。

由于项目所在区域人们的职业不同导致其用水需求不同，因此，大型稻田多目标用水管理是泰国用水管理中最复杂的类型。旱季时农民需要淡水以种植第二季水稻（旱季水稻），而渔民和虾塘则需要淡咸水，并希望全面开放闸口。为解决这个问题，省长，灌溉、渔业和农业相关省政府机构，大学和非政府组织人士，以及各地区的代表已经举行了一系列的会议，以制定一项各方都一致同意的计划。在其中的一次会议中提出了管理办法建议，并据此进行了模拟练习以预测其结果，并将模拟和预测结果作为下次会议讨论的议题。会议最后达成了一致意见，认为用水管理不会对农民产生不利影响。主闸口的调节将依照海水水位进行，使雨季淡咸水区能够达到一定的控制点，从而可以在自然水域中养虾。其他闸口则与主闸口协作保护稻田免遭海水入侵。

## 5. 满足需求变化的下一步措施

现在，巴帕南项目的用水管理还将社会环境因素也考虑在内。在同意开放新闸口后，人群参与式会议也认识到新改变所带来的影响，因此，成立了一个监测小组来执行监测项目。会议还讨论了监测地点和时期。监测小组成员来自所有利益相关方面，如当地人民、灌溉人员、环境非政府组织和大学工作人员。

考虑到彭世洛灌溉项目中浅管井的联合使用，人们现在已经认识到由农民管理的其他水源。在彭世洛灌区还有一些相关研究，如用浅管井潜力地理信息系统研究、一些代表性浅管井的水位测

量、浅管井蓄水率研究。进行这些研究是为了找出合理的水资源管理制度，以使水的分配更能满足需求，并解决土渠的滑坡问题。在不久的将来，用水管理将在一定程度上加以改变以适应当前的具体情况。

## 泰国灌溉系统情况

国家灌溉管理机构：皇家灌溉部

| 灌溉系统的总体情况                    |                        |                                |                          |        |
|------------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------|
| 稻作灌溉系统的自然规模                  | <10 000hm <sup>2</sup> | 10 000~100 000 hm <sup>2</sup> | >100 000 hm <sup>2</sup> | 所有规模   |
| 系统数量                         | 10 536                 | 85                             |                          | 10 621 |
| 年调水量 (MCM)                   | 4 787                  | 29 642                         |                          |        |
| 农业用水比重 (%)                   |                        |                                |                          |        |
| 家庭用水比重 (%)                   |                        |                                |                          |        |
| 其他用水比重 (%)                   |                        |                                |                          |        |
| 设计灌溉面积 (hm <sup>2</sup> )    | 2 611                  | 2 668                          |                          |        |
| 有效灌溉面积 (hm <sup>2</sup> )    | 2 611                  | 2 668                          |                          |        |
| 水稻灌溉面积 (hm <sup>2</sup> )    |                        |                                |                          |        |
| 蔬菜和果园灌溉面积 (hm <sup>2</sup> ) |                        |                                |                          |        |
| 其他灌溉面积 (hm <sup>2</sup> )    |                        |                                |                          |        |
| 受益农民人数                       |                        |                                |                          |        |
| 受益城市居民人数                     |                        |                                |                          |        |
| 支撑湿地面积 (hm <sup>2</sup> )    |                        |                                |                          |        |

| 最大稻作灌溉系统情况                  |             |
|-----------------------------|-------------|
| 名 称                         | 大湄南河灌溉项目    |
| 地点                          | 中部平原        |
| 修建时期                        | 1958—1972 年 |
| 设计灌溉面积                      | 1 200 000   |
| 实用灌溉面积                      | 1 200 000   |
| 年调水量 (MCM)                  | 22 972      |
| 农业用水比重 (%)                  | 80          |
| 家庭用水比重 (%)                  |             |
| 其他用水比重 (%)                  |             |
| 水稻灌溉面积 (hm <sup>2</sup> )   |             |
| 蔬菜和果园面积 (hm <sup>2</sup> )  |             |
| 其他作物灌溉面积 (hm <sup>2</sup> ) |             |
| 每公顷灌溉稻田供水量                  |             |
| 每立方米供水产出 (美元)               |             |
| 受益农民人数                      |             |
| 受益城市居民人数                    |             |
| 支撑湿地面积 (hm <sup>2</sup> )   |             |

# 发展灌溉系统促进越南农业可持续发展

Nguyen Dinh Ninh<sup>①</sup>

## 摘 要

越南国土总面积 330 991km<sup>2</sup>，人口 8 000 万（2004），人口密度为 242 人/km<sup>2</sup>。超过 75% 的越南人民生活在农村。2003 年，农业占其国内生产总值的 22%。

最近几年，越南的经济以每年 7.5% 的速度保持稳定增长。农业以每年 4%~4.5% 的速度稳定增长。越南是一个农产品（大米、咖啡、橡胶、胡椒、腰果等）主要出口国。近年来的农业发展不仅促进了国民收入的增长、国家粮食安全水平的提高和贫困的减少，而且还有助于社会稳定和环境保护。

然而，越南融入国际经济体系给其农业部门带来了许多挑战。为确保农业的可持续发展，市场、价格、水以及农产品的竞争等问题必须得到解决。

越南地处热带季风区，水资源潜力丰富。年径流量约 8 440 亿 m<sup>3</sup>，其中 3 230 亿 m<sup>3</sup> 产自国内，另外 5 210 亿 m<sup>3</sup> 则来自国外。地下水资源动潜能约 1 500 m<sup>3</sup>/s。然而其水资源时空分布不均。全年 75%~80% 的径流集中在为期 3~4 个月的雨季中，三个月的旱季径流量则只有全年的 5%~8%。因此缺水、干旱和洪涝在全国大部分地区时有发生，给农民造成了严重影响。过去几十年来，水资源的开发和管理一直深受越南政府和人民的关注。水资源开发非常有助于越南经济和社会发展，尤其对农业生产更为重要。

今后几十年里，越南经济将经历一个以实现国家的工业化和现代化为目标的快速增长阶段，同时国家的人口也将继续增加，预计在 2010 年将达到 8 800~8 900 万人。因此，社会经济的总体发展，尤其是农业可持续发展对水的需求，将给水利部门带来重大挑战。必须成功地满足经济发展和农业对水资源的需求。

## 1. 水资源管理和开发的主要问题与挑战

### 1.1 越南的水资源特点

越南处在两个季风系统——东北季风和西南季风的影响下，因此，其降雨量分布在空间和时间上都不均匀。雨季通常开始于每年的 5 月或 6 月，10 月或 11 月结束，雨季降雨量通常为全年降雨量的 75%~80%。旱季降雨量很小，许多地区几个月都没有一场雨。从空间上看，降雨的分布受地形影响：在一些地区，降雨量可能高达 3 000~5 000mm/年，而其他一些地区少到只有 1 000mm/年。

雨季，径流模数为 60~80L/s/km<sup>2</sup>，而旱季只有 10L/s/km<sup>2</sup>。从时间上看，雨季水流量占全年水流量的 75%~80%。最低月份水流量只占全年总流量的 1%~2%。流量高的年份和流量低的年份水流量相差达到两至三倍。

根据一项全国调查，越南的年总水流量估计约为 8 440 亿 m<sup>3</sup>（约 271 000m<sup>3</sup>/s），其中国内水流量为 3 230 亿 m<sup>3</sup>，占 37%，国外来源水流量为 5 210 亿 m<sup>3</sup>。

除地表水资源以外，越南还有总量为 500~600 亿 m<sup>3</sup>（相当于 1 513m<sup>3</sup>/s）的地下水资源。但

<sup>①</sup> 越南国务院农业和农村发展水源部副总干事

是据估计，地下水资源的最大可开发量只有 100~120 亿 m<sup>3</sup>。

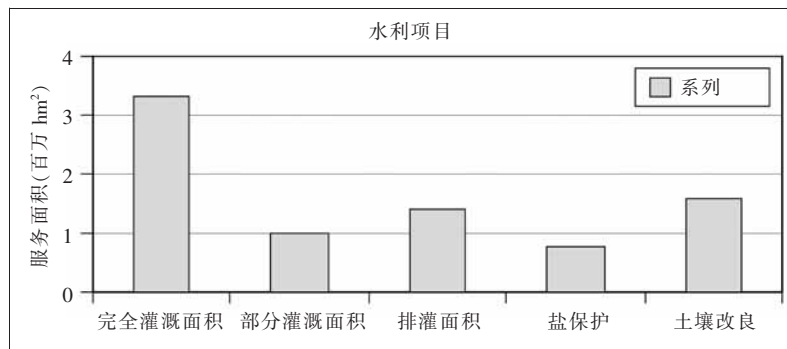
越南有个特点，就是干旱和缺水每年都在不同地区发生，严重程度各不相同。雨季洪涝灾害非常普遍。近年来，越南的各种灾害达到了历史记录水平：1998 年的干旱造成了巨大经济损失，300 多万人缺乏家庭用水；2000 和 2001 年的 11 月和 12 月间，中部省份连续发生两次洪灾；今年在湄公河三角洲发生的洪水是过去 70 年来最大的一次洪灾。2002 年初，在中部高原、中南部省份以及湄公河三角洲都发生了严重干旱。

鉴于上述情况，越南的水资源必须得到高效利用，与此同时必须减轻水过多和过少带来的不利影响。

## 1.2 灌溉系统投资成效

### 1.2.1 供水和排水系统投资成效

截至目前，越南已有 75 个大型灌溉和排水系统、800 个大中型水坝、3 500 多个容积大于 100 万 m<sup>3</sup>且高度超过 10m 的水库、5 000 个大型水闸、2 000 多个大型泵站和数千个中小规模的水利项目。所有这些灌溉系统充分灌溉了 330 万 hm<sup>2</sup> 农地，并对 1 万多公顷农地进行了部分灌溉。排水面积 140 万 hm<sup>2</sup>，防止了 77 万 hm<sup>2</sup> 土地的盐分渗透，并且改良了 160 万 hm<sup>2</sup> 的酸性硫酸盐土壤。它们还提供了 50 亿 m<sup>3</sup> 的家庭和工业用水。水稻、旱地作物、蔬菜和短期经济林木的灌溉面积不断增加，如下图所示：



2000 年，水利项目灌溉了 71.8 万 hm<sup>2</sup> 旱地作物、蔬菜及经济林木，597.3 万 hm<sup>2</sup> 水稻（其中有 245 万 hm<sup>2</sup> 的冬春稻，182 万 hm<sup>2</sup> 的夏秋稻和 170.3 万 hm<sup>2</sup> 的晚秋稻），对 159.6 万 hm<sup>2</sup> 耕地进行了排水。

### 1.2.2 防洪和减灾投资成效

现有的防洪项目体系包括 5 700km 河堤、2 000km 海堤、2.3 万 km 环堤和数千个水闸以及几百千米护坡。现在正加强堤防系统，提高了防洪标准，特别是红河，太平河，马河和卡河的堤防系统。

- 红河堤坝系统设定的河内和普赖的警戒水位分别为 13.4m 和 7.21m。红河堤坝与上游水库联合作用可以抵御历史上 1971 年那种大规模洪水。马河和卡河堤防系统可以防止历史上重大洪水泛滥情况发生；

- 在北部和中北部省份的海岸堤防系统可以防止盐分内渗和减弱八级大风掀起的海浪威力；
- 中南部省份和九龙江三角洲的堤坝和环堤系统能够抵御一年一度的洪水，保护夏秋稻。

## 1.3 灌溉系统投资效益

### 1.3.1 水稻种植面积、单产和产量迅速增长并保持稳定

由于灌溉供水增加，服务质量提高，与水稻种植模式变化相应，水稻种植面积连年增加。2000

年，水稻种植面积为 767 万  $\text{hm}^2$ （1986 年是 568 万  $\text{hm}^2$ ）。尤其是冬春稻面积增加至 300 万  $\text{hm}^2$ （1986 年为 180 万  $\text{hm}^2$ ），夏秋稻种植面积增加到 233 万  $\text{hm}^2$ （1986 年为 90 万  $\text{hm}^2$ ）。水稻种植面积的增加大部分在九龙江三角洲，从 258 万  $\text{hm}^2$  增加至 397 万  $\text{hm}^2$ 。国家粮食总产量从 1600 万 t（1986 年）迅速增加到 3 250 万 t（2000 年），并稳定在这个水平上。这是农业部门的一个巨大成就。它不但保证了国家的粮食安全，而且还出口了 300 多万 t 大米，价值 800 多万美元。

### 1.3.2 作物多样化发展

旱地粮食作物，例如玉米，种植面积从 46 万  $\text{hm}^2$ （1986 年）增加至 70 万  $\text{hm}^2$ ，总产量为 193 万 t。一年生和多年生经济林木与果园的种植面积和产量也增加了。年均产量（1986—2000 年）比前五年高得多，例如，花生增加了 1.64 倍，甘蔗增加 3 倍，大豆增加了 1.67 倍，橡胶增加了 5 倍，咖啡增加 2.5 倍。果树如龙眼，荔枝，红毛丹等的种植面积和产量都增加了。1995 年果树种植面积为 3.76 万  $\text{hm}^2$ ，水果总产量为 22.3 万 t，2000 年果树种植面积为 1.49 万  $\text{hm}^2$ ，水果总产量为 71.9 万 t。

典型的情况是，每公顷耕地的农业产值从 1 350 万越南盾/ $\text{hm}^2$ （1995 年）增加到 1 750 万越南盾/ $\text{hm}^2$ （2000 年），但有些地方因为拥有良好的灌溉和排水设施，并且在新品种和农业材料方面做了更多投资，因此其产值上涨超过了 1 亿越南盾/ $\text{hm}^2$ 。

### 1.3.3 家庭和工业用水供给

为家庭和工业用水提供服务在水资源开发中越来越重要。到目前为止，数以百计的水利项目提供了 50 亿  $\text{m}^3$  的家庭和工业用水。可获得供水的农村人口比例正在增加，尤其是山区边远省份和九龙江三角洲（42%农村人口）。

### 1.3.4 渔业发展用水

渔业发展，特别是淡咸水地区，增长非常迅速。水利设施改良确保了渔业养殖所需的淡水资源，促进咸水和淡咸水养鱼面积从 34.2 万  $\text{hm}^2$ （2000 年）增加至 58.5 万  $\text{hm}^2$ （2001 年）。

### 1.3.5 排水和防洪发展

排水和洪水的发展带来了巨大收益。三角洲常常遭受洪水威胁的数千万人们和数百万公顷耕地现在都得到了水利设施保护。不仅由洪水和台风造成的生命威胁和财产损失大大减少，而且生态环境、人们生活环境和卫生设施也得到了改善，疾病得到控制，而且即使在大雨和洪水发生时，经济活动也得以维持。这有利于社会经济的可持续发展。

### 1.3.6 水资源开发对社会进步的贡献

水资源的开发利用为提高土地利用强度创造了好机会（在红河三角洲，土地利用强度从 1.4 提高到 2.3），给农民创造了新的就业机会，减少了农业生产劳动力使用（通过使用运河的水路运输及运河两岸的陆路运输），改善了防洪疏散的住房设施（特别是在湄公河三角洲），改善了农民的生活条件。许多新经济区已经建立并迅速发展，并得到了水资源开发的大力支持，提供家庭和生产活动所需用水。

### 1.3.7 水资源开发对环境改善的贡献

水资源开发有助于提高生活质量，促进农业生产，增加地下水资源，调节径流，增加土壤水分，增加旱季供水并减少雨季洪水的发生。在湄公河三角洲，由于灌溉和排水系统的作用，酸性硫酸盐土壤影响面积已大大减少，酸度水平也大大降低。淡水灌溉区已日益扩大成一个每年生产两到三种农作物的大区，而不像以前那样只生产一种夏季作物。在山区和中部地区，大多数耕地都在斜坡和裸露山地上，灌溉改善了土壤中的水文条件使之能产生更好的土壤水、气结构，并提高了土壤

肥力。灌溉还减少了少数民族的轮耕活动，保护了森林生态，并有利于边境安全。

水资源开发的益处是非常巨大的，它不仅提高了人们的收入，而且还为社区产生了其他一些无形收益。它对社会、环境、农民生活和农村地区都产生了积极影响，同时它还促进了经济发展、生计维持，并改善了人们的文化生活。

## 1.4 挑战

### 1.4.1 水资源的退化

水资源受到森林退化、污染和全球气候变化的不利影响。自然灾害、洪水、干旱、海水入侵、洪灾、海啸、水源污染等现象日益增多，并已严重影响到人民生命和财产安全。

### 1.4.2 经济增长

随着经济的快速增长，社会经济各部门对水的需求都将增加。解决各部门之间的用水矛盾需要采取这样一种方法：即公平合理地满足各种要求，同时又不损害国家的社会经济发展目标及其在实现工业化和现代化方面的进程。

### 1.4.3 人口增长的压力和生活质量

1999年，全国人口数量是7 630万，其中23.5%居住在城市地区。据预测，到2050年，全国人口将增加到1亿，随后20年或30年内人口数量将处于稳定状态。由于人口的增加和生活质量的改善，满足生产不断增加带来的用水需求和家庭用水需求将是一个巨大挑战，而这些用水需求需要通过在全国水资源进行有效开发和管理来满足。

### 1.4.4 水权冲突

由于下游沿岸国家会遭受上游沿岸国家改变跨境水资源流量或质量等行为的侵害，像湄公河和红河等跨境水资源的争端可能会增加。

### 1.4.5 地方水权冲突

水权冲突，尤其是跨省和跨区灌溉系统的水权冲突将会出现在并逐渐增加。为解决这些冲突，需要开发和管理水资源以确保水资源的可持续利用和公平分配。

## 2. 灌溉系统管理与发展目标

### 2.1 目标 1

促进国家的工业化和现代化。

这就需要建构一种体系，以便到2010年所有部门都能获得充足的水。在总量为955.2亿 $m^3$ 的用水需求中，家庭用水量将达到20.6亿 $m^3$ ；工业—48.5亿 $m^3$ ；农业—719.1亿 $m^3$ ；渔业—97.3亿 $m^3$ ；环境—69.8亿 $m^3$ （旱季下游水流量应不低于4 110 $m^3/s$ ）。

- 通过改变种植模式，这种体系将保证1 580万 $hm^2$ 的各类土地得到充分利用，其中包括1 000万 $hm^2$ 的粮食作物、200万 $hm^2$ 长长期经济作物、200万 $hm^2$ 短长期经济作物、100万 $hm^2$ 食品作物和80万 $hm^2$ 各种果树，并使安全食品产量达到3 600~3 800万t。

- 确保家庭用水供给，尤其是缺水地区的用水供给，具体数量如下：城区家庭用水量—150~200L/天，三角洲农村地区—100L/天，山区农村—80L/天（如此大约90%的农村居民的家庭用水能达到国家标准）；

- 确保工业区发展和水产业用水（60万 $hm^2$ 淡水养殖与80万 $hm^2$ 淡咸水养殖）和旅游服务业用水等。



## 2.2 目标 2

加强投资和技术开发，加强抵御并减轻洪水等自然灾害：

- 加强红河堤防和太平河堤防的技术安全水平以确保河内和普赖分别设定的 13.4m 和 7.21m 的防洪水位能够防止洪水泛滥；确保红河 4 号位北部堤防能够防止如历史记录强度的洪水；
- 加强沿海地区海堤系统和盐水堤防系统的稳定性，以防护 8~10 级的风暴和一般潮汐；
- 在湄公河三角洲浅水区给人们安排一个安全的地方，并确保深水区人民的安全；
- 确保建筑物安全（包括水库、堤防系统、堤下水闸等）。

## 2.3 目标 3

通过在中央和地方各级建立水资源管理组织来加强国家的水资源管理：

- 完善法律文件，以促进水资源管理，防止水源污染，从而确保国家水资源的可持续利用和水利设施的开发；
- 促进生产发展和家庭用水供给；
- 创造可持续发展的基础；
- 加强建设和管理技术的改进与完善。

## 2.4 目标 4

提高科研能力，加强水资源管理、建设和规划设计能力，促进新材料和新技术在水利设施建设中的应用，促进管理设施的现代化，安排有能力的工作人员来管理和开发水力项目。

# 3. 战略实施方案

## 3.1 加强水资源开发投资

### 3.1.1 水资源开发投资

重点投资于现有供排水渠首系统的大型维修、升级和现代化，争取充分利用水利项目，以促进多种作物栽培和作物多样化。同时，投资于从渠首到田间的水渠修复，运用先进的灌溉和排水技术，同时结合传统技术，以节约用水、改良土壤、维护土地、并保持坡地的水。重点投资完成在建项目以及及时服务于生产活动。

投资于能够整合各种用水需求的建设项目，增强调节能力，为国家经济发展和改善环境提供充足用水。

在山区和边远地区投资开发小型水利项目，以促进减贫项目实施，解决农业和人们居住问题，确保这些地区人们的充足市政用水和环境卫生。

### 3.1.2 减轻和抵御水灾及其他自然灾害的投资

通过加固堤防、增强泄洪和分洪能力，积极主动地抵御洪水或控制其他重大自然灾害造成的损失。必须全面巩固和加强红河堤防系统。海堤系统必须能够抵御 9~10 级风暴。必须在湄公河三角洲的浅水区建立防洪安全区，必须保证深水区人们的生命安全。

建立自然灾害紧急情况信息发布和管理原则机制，以协助总理根据相关法律法规对分洪和人力、物力资源调动作出正确决策。

除建筑设施外，还要将预测技术和通信系统进行升级，以将自然灾害带来的损失控制在最低水平。加强人们的防灾减灾活动意识，还要把农业和林业发展规划与自然灾害防御规划进行整合。加强国际合作和区域合作以促进经验交流，并增强技术援助能力。

## 3.2 加强水资源管理和灌溉项目

### 3.2.1 完善法律体系

要将所有相关法律文件进行系统化，并发布水资源法。这可以通过以下途径实现：

- 制定水资源法执行指南规定；
- 制定水资源法违法处罚规定；
- 建立部内通告机制，告知人们农业和农村发展部有关水资源管理和预防水的不良影响的政策程序；
- 依照水资源法规定修订《灌溉项目利用和保护条例》、《堤防条例》和《防汛条例》；
- 建立专门水资源监察机构；
- 制定水价法令；
- 通过大众传媒发布水资源法。

### 3.2.2 加强水资源开发规划

河流域水资源管理应以水资源开发规划为基础，规划内容应包括：

- 根据水资源法规定，对流域和省内资源进行整合利用规划，促进流域水资源的可持续发展；
- 评估地下的水资源状况（包括数量和质量）；
- 建立水资源管理数据库；
- 建立水质监测站网络，以防止水污染，恢复被污染和枯竭的水源；
- 展开用水调查，征收水费；
- 对开采、使用水资源和将废物排放到水源等行为进行许可证管理。

### 3.2.3 加强从中央到地方的水资源管理机构和水利设施

需要采取下列措施：

- 中央要明确界定国家对水资源和供水服务的管理职能；
- 地方所有省份建立水资源管理和水利设施相关分支机构，并增加这些分支机构的资金和人员使其能够管理省内水资源；
- 加强全国水资源理事会职能，向政府提出全国水资源管理建议；
- 建立红河、同奈河、湄公河等大江大河流域的规划和管理委员会；
- 提高灌溉和排水管理公司的管理能力和技术水平；
- 改进管理技术、减少开支、改善运作机制和经济机制以服务于生产和家庭用水供给；
- 建立用水者团体运营机制，以有效利用水资源，妥善管理水利设施，并将小型水利项目转交给农民管理。

## 3.3 加强人力资源培训，促进研究活动的开展和科学技术的应用

### 3.3.1 人力资源开发

人力资源必须通过如下方法加以提高：

- 建立新培训部门，如农村发展、给水、排水、海岸技术、自然灾害和水资源管理等；通过更新来改善培训内容，但内容要具体、合理和专业化；增加自然资源和环境管理、设施管理和开发、经济管理等方面的知识；
- 培训技术人员、研究人员、管理人员和技术工人；进一步加强已毕业工作人员的培训和再培训。重点为偏远地区培训和提供工作人员，并激励他们到边远地区工作。

预计到2010年，每年接受培训的工作人员人数将是：技术人员—4 000人，工程师—2 000人，

硕士学历人员—100人，博士学历人员—10人；到2020年，将有4000名技术员，2400~2600名工程师，120~150名研究生和10~20名博士生充实到全国各地的各部门和机构中去。

### 3.3.2 促进科学和技术发展

加快科研活动，加快诸如信息技术（电讯侦察，信息学）、自动化、建筑材料等方面的新技术在水资源和水利项目的规划、设计、建筑和管理等方面的应用。应确保水利建筑的技术安全性和经济可行性。

## 3.4 加强国际合作

- 继续扩大水资源管理和水利设施所有领域的国际合作——从建立机构、制定政策到投资开发，管理水资源和水利设施。这将有助于优化资金、经验、改进管理、技术和科学设施。此外，根据保护独立、主权和领土完整的要求以及遵循越南法律和越南参与的国际协定要求的原则，对国际河流的研究和开发应满足水资源和水利设施可持续发展的要求。

- 利用国际组织（世界银行、亚洲开发银行、日本国际协力机构、丹麦国际开发署等）的合作、支持、技术转让、金融政策来发展经济、社会、农业和水资源。

## 3.5 参与式开发

以政府和公共伙伴关系为基础，将水利活动和水资源管理社会化。集中精力发展本国能力，鼓励国内外投资者参与水资源的有效开发和水利项目建设，并确保利益的公平分配。

通过公共广播、电视节目和报纸提供必要的信息、良好的模式和管理经验来加强教育活动，宣传国家发布的政策，提高社会的对这些政策的了解程度，使人们认识到，水资源和水利设施管理有益于每个人，而且也是每个人的责任。

## 3.6 水资源相关政策和机制的完善

- 建筑和项目升级相关的投资政策：动员国内外资金来源，确保相应地区的人民致力于渠道的修复、升级和加固。投资成本的分配比是3:4:4或4:4:2（包括科学技术应用投资）。

- 有关水的财政政策：调节用水者的贡献率（或水费），以提高他们的用水责任感，减少国家补贴，并建立保证正常运作和维修的基金，紧密结合建设投资，利用和开发水资源，利用财政支持和家庭用水费用来抵御自然灾害和洪水。

- 社区优先政策：在解决灌溉、家庭供水，尤其是旱地的此类问题时，要将水利活动与社会政策相结合；要致力于减少贫困、人民的居所建设；要减少森林退化。

- 水利设施政策的社会化：鼓励用水者参与规划、建设和管理以提高投资效率。

- 处罚文件：对毁坏水利项目、水利建筑以及造成水源污染的行为制定处罚法规，以提高管理人员的责任感和维护流域内的人们利益。

# 问 题 篇



# 东南亚大型稻作灌溉系统性能：FAO 培训 项目中应用快速评估方法的经验和教训

Thierry Facon<sup>①</sup>

## 摘 要

大量文献表明，专家、学者和利益相关者对灌溉系统性能评估的兴趣日益增强。对一系列特定性能指标的选择反映了特定的视角观点，并会对系统管理和完善的具体目标产生巨大影响，还会对系统具体干预措施及其变化产生重要影响。

在亚洲，致力于提高灌溉效能的努力在很大程度上集中于“灌溉效率”和农场水管理。最近，它更多地集中于政府治理和体制问题，而这主要是为了加强成本回收。一直以来，人们忽视了灌溉系统的设计和运作以及提供服务等方面，同样，许多灌溉发展和建设项目中也忽视了这些方面。结果，农民往往看不到系统的供水服务有多少改善，农业和经济效能与灌溉效率也令人失望。

世界粮农组织选择的快速评估方法，由加州理工大学灌溉培训和研究中心开发，并进一步发展成世界粮农组织和世界银行用来评估灌溉系统条件和性能的方法。这种快速评估方法与促进灌溉现代化及推进服务导向的灌溉观念相一致。人们认为灌溉现代化是“灌溉系统的技术升级和管理升级的过程（而不是单纯的重建），其目的是提高资源利用率（劳力、水、经济资源和环境资源）和对农场的供水服务”。

世界粮农组织与 8 个亚洲国家的合作灌溉机构对大中型灌溉系统进行了一系列评估，由区域现代化培训项目组织进行的全国研讨会的参训人员运用快速评估方法进行，结果表明，系统性能和对农民的服务都很差，但却可以很容易地通过设计、运行和管理的改变而显著改善。评估系统非常混乱（书面政策和实际政策的差异），处于极端无政府状态（违反政策）。纪律缺乏及体制问题是导致这一局面的主要原因。然而，许多问题可以追溯到最初设计中的问题、设计理念超出其有效范围、系统控制和运行困难、布局层次混乱、运作策略有严重缺陷、各层次操作规程不一致、操作规程和农民需求不一致、系统策略的变化不能反映农民需求的变化、对农场的供水服务质量太差、各层次缺乏灵活性等。要提高这些系统供水服务的效率和水平，就要采取明确有效的措施来解决这些问题。

基准测试就是通过与相关可实现的内部或外部目标、规范和标准进行比较，来不断完善灌溉部门的一系列过程。基准测试的总体目标是，将灌溉项目性能与同类项目及其自身任务和目的进行比较测试，以提高项目性能。基准测试的过程应是以提高项目性能为目的的一系列连续的测量、分析和修正。世界银行倡导进行“全面”基准测试，其评估与分析部分形成了基准测试的三大支撑：技术指标评估（包括内部和外部）、系统进程评估和向用户提供服务及用户满意度评估。快速评估方法是全面基准测试的一部分，它致力于对系统进程的评估和对系统从供水到项目再到农场各层次服务的评估。它还被用于对国际灌排技术研究项目基准测试指标的评估。

由于基准测试不仅是在测量和分析阶段，而且涉及到实施变化和提高阶段，因此必须得到项目人员的相当认同，数据收集和分析也因此被纳入了培训项目。这种培训项目主要包括当地管理、操作和维护人员。工作人员学习现代化的概念，并得到一个方案选择工具箱。然后，他们用快速评估方法来评估自己的项目。在培训结束的时候，项目的内外部指标基本成熟，当地工作人员根据内部

<sup>①</sup> 联合国粮农组织亚洲和太平洋地区区域办事处高级水管理主任，泰国曼谷弗拉阿提特路 30 号，10200。

程序和服务指标制定软硬件变化的优先次序表。这个优先次序表以一种系统和标准化的方式对影响系统性能和服务提供的所有因素进行评估。其目的是完善具体特性，提高服务水平，并实现由外部性能指标所界定的改良目标。

曾有人认为快速评估不能当作性能基准测试，理由是它的重点是水利基础设施现代化的投资规划，它需要训练有素和经验丰富的工程师，并不适合在大量项目中进行常规应用，而且它并不以不同时间和不同项目间的对比为基础来确定性能差距和完善规划。实际上，快速评估方法会进行不同时间和不同项目间的对比，并对所有管理和操作过程及硬件进行评价，是可以用于大量项目中的。因此，如果项目启动初期，或者对改良项目影响的评估中用到快速评估方法，那它就可能成为提高部门效能的全国基准测试项目的有用且关键的组成部分。它确实需要训练有素、经验丰富的工程师，但是在亚洲，要显著提高部门性能将需要训练有素、经验丰富的规划者、设计者、管理者 and 操作者。为此，粮农组织和国家灌溉机构在一项培训项目中采用了快速评估方法，在中央办公室评估专家和教员小组支持下，由学员自己来评估自己的系统。

可以确定的是，基准测试将仅适用于这种时候，即管理人员“追求服务导向管理系统内的最佳管理办法”。这意味着要把重点放在供给服务的质量和成本效益上。这是快速评估方法最原始特征和核心。通过评估各级系统管理的服务质量，和集中于不同层次间的服务接合，快速评估方法促进了对所有层次大部分利益相关者的目标和关注点的考虑，从上层管理人员，到用水者协会，再到接受服务的农民。快速评估方法还提供了一种讨论性能和系统目标的通用语言。快速评估方法也是注重资产条件和有用性的资产管理方法学的有益补充。

未来工具的发展，将注重设立其他附加指标，以更好地解决排水和废水处理服务，灌溉系统涉及环境和生物多样性等的多种角色，以及非农业用水户问题，从而更好地服务于多元利益者参与或战略规划和管理过程。快速评估方法是一种有效的性能评估工具，它与迄今粮农组织所采用的现代化概念是一致的。未来，快速评估方法将逐渐向上述那些方面演变。

## 导 言

灌溉系统的性能是正在大量增加的文献的主题。对灌溉及其性能低下的争论日益加强并涉及众多利益相关者和学界，新评估程序、方法和指标反映了他们各自不同的视角，并支持着各自不同的观点。

因此，使用任何一组特定的性能指标都会在一定程度上成为激进文章批评的目标，理由是这些指标反映了主导集团的观点，而且是基于非常不可靠的数据集。基于这个原因，如今国际机构都在就开发以利益相关者为导向的评估方法和决策过程进行合作，而决策过程要反映灌溉系统的多种用途和各方观点。

同时，评估的具体指标和方法，以及它们的价值，仍然是各学科内最热的争论话题，特别是与效率和生产力相关的指标。

因此，灌溉系统的性能是一个有争议的、复杂的和不断变化的主题，也是关于灌溉系统未来演变争论的中心。人们现在知道，对一组性能指标的选择以及这些指标是如何被评估的，都不是中立的，并且它在很大程度上会对目标、规划、提高系统性能的干预措施设计、以及系统管理者的行为产生影响。

更实际的层面上，灌溉工程师和管理者对灌溉效率概念的理解对决定部门投资是非常重要的。例如，对一个灌溉系统效率的评估是灌溉项目的基础，效率评估是灌溉系统连续调水供应效率和农场使用效率的结果，而灌溉项目要以减少供水输送网络的水流失为基础，这主要是通过渠道衬砌和提高农场应用效率来实现。虽然这种方法早已被支持基于系统效率指标的水核算、水平衡的专家所丢弃，但在一些灌溉机构的设计手册中，这种方法仍广泛流行，并仍然是项目规划和设计的基础。

### 1. 粮农组织对灌溉现代化的推动及性能评估的重要性

近年来，粮农组织特别致力于推动东南亚灌溉系统的现代化。在1996年（FAO，1997）于曼

谷举行的区域磋商会议中，提出以下关于灌溉系统现代化的定义：

灌溉现代化就是灌溉系统的技术升级和管理升级的过程，其目的是提高资源利用率（劳力、水、经济资源和环境资源）和对农场的供水服务。

这一定义的重点是向农民提供供水服务、以服务为导向的管理、提高所有资源利用率、技术和管理变化过程的现代化以适应农民不断变化的服务需求。这个定义已成为粮农组织在该地区的行动指导原则，而且自然地也成为选择与发展性能评估工具和方法的指导原则。

特别值得一提的是，粮农组织一直呼吁对亚洲灌溉机构、咨询公司和灌溉服务者的工程师和管理人员进行大规模的再培训（粮农组织，2002），以介绍和传播知识、方法和手段，使他们能经济有效地设计、管理和操作灌溉系统，提高系统性能，并向农民提供充分的服务。使农民能象期望的那样追求社会经济福利改善，促进农业的商业化发展，直面全球化、江河流域水资源的综合化管理趋势、以及其他部门用水竞争加强的挑战。

对培训和能力建设的强调起因于：一、一项大规模性能评估结果，该项评估是对世界银行引进的现代水利控制和管理实践进行的（FAO，1999）。结果表明，缺乏正确选择的知识是延缓灌溉项目成功现代化的一个主要原因；二、灌溉管理转移和参与式灌溉管理项目的表现令人失望，这部分归因于旨在改善对农民服务的改革的失败，及对灌溉系统的操作、设计和其他技术方面缺乏应有的关注（Barker 和 Molle，2005）。因此，正在进行的对已改革的灌溉机构和咨询公司专家，及它们可能聘请来操作和维护灌溉项目的技术人员的强化培训项目被视为转移项目持续成功的条件之一，而咨询公司将向用水者协会及其管理人员提供咨询服务。

人们认为，对将要进行管理转移的系统进行初始条件和性能的评估，有助于更好的设计和具体改进战略规划，同时还有助于明确灌溉服务提供者对用水者协会和用水者协会对其成员所提供服务的定义，并明确未来达到且提高这些服务目标的方式和手段。

## 2. 粮农组织有关灌溉现代化和基准测试的地区培训项目

近年来，粮农组织启动了一项灌溉现代化地区培训项目。该项目的目标是在成员国中传播对灌溉系统进行服务导向管理的现代化概念，以促进在农业现代化支持下对所实施的灌溉现代化战略的采用，并提高水分生产率，促进水资源管理一体化。粮农组织已经为灌溉系统基准测试和灌溉系统现代化计划编写了培训教材，制定了详细课程并确定了具体评估工具。该项目的第一次培训研讨会于2000年在泰国进行，之后，印度（安德拉邦）、印度尼西亚、马来西亚、尼泊尔、巴基斯坦、菲律宾、泰国、土库曼斯坦和越南均从地区培训项目得到支持，组织了灌溉现代化及其标准的国内培训研讨会。现在，已有500多名工程师和管理人员得到了该项目支持的培训。

该项目正开始在成员国中产生影响。泰国灌溉部正将该项目介绍的工具与方法应用于项目评估，并将培训研讨会纳入其定期培训项目中。在越南，正在进行的一个世界银行资助项目有很大一部分是灌溉现代化，其概念基础即是通过前期准备阶段的培训引入的，这有助于修订的设计标准的采用。马来西亚灌溉与排水部（DID）已将培训项目及其工具纳入质量与现代化战略——对于该国大米产区现代化的提议，现在产区管理者必须先参加培训，并应用FAO介绍的RAP对其产区进行评价，在此基础上制定的现代化计划才能提交给决策者。快速评估方法已被世界银行作为其灌溉系统全面基准测试方法的三要素之一。在世界银行投资农业用水管理的原始资料中（世界银行，2005），对那些希望投资改善灌溉系统运营与维护的机构提出了此类培训项目建议。

对灌溉规划人员和管理人员来说，提供农民所需要的服务在当前和未来都是一项巨大挑战。本文以粮农组织培训项目的经验教训为基础，提出了相关建议，重点是不常分析的系统的细节方面：培训项目学员运用快速评估方法对灌溉系统进行的评估、他们对改善系统的建议、以及快速评估方法本身的应用。



### 3. 快速评估方法，培训项目和基准测试

#### 3.1 快速评估方法及其被选中并采用的原因

快速评估方法最初于 1996、1997 年由加州理工大学灌溉培训和研究中心开发，并作为其研究项目的诊断和评估工具，该研究项目由世界银行资助，主要评估在灌溉中采用现代化控制和管理做法对灌溉系统性能的影响（FAO，1999）。

用于灌溉系统性能分析的快速评估方法的概念框架如下（见图 1）：在一系列物质和体制约束

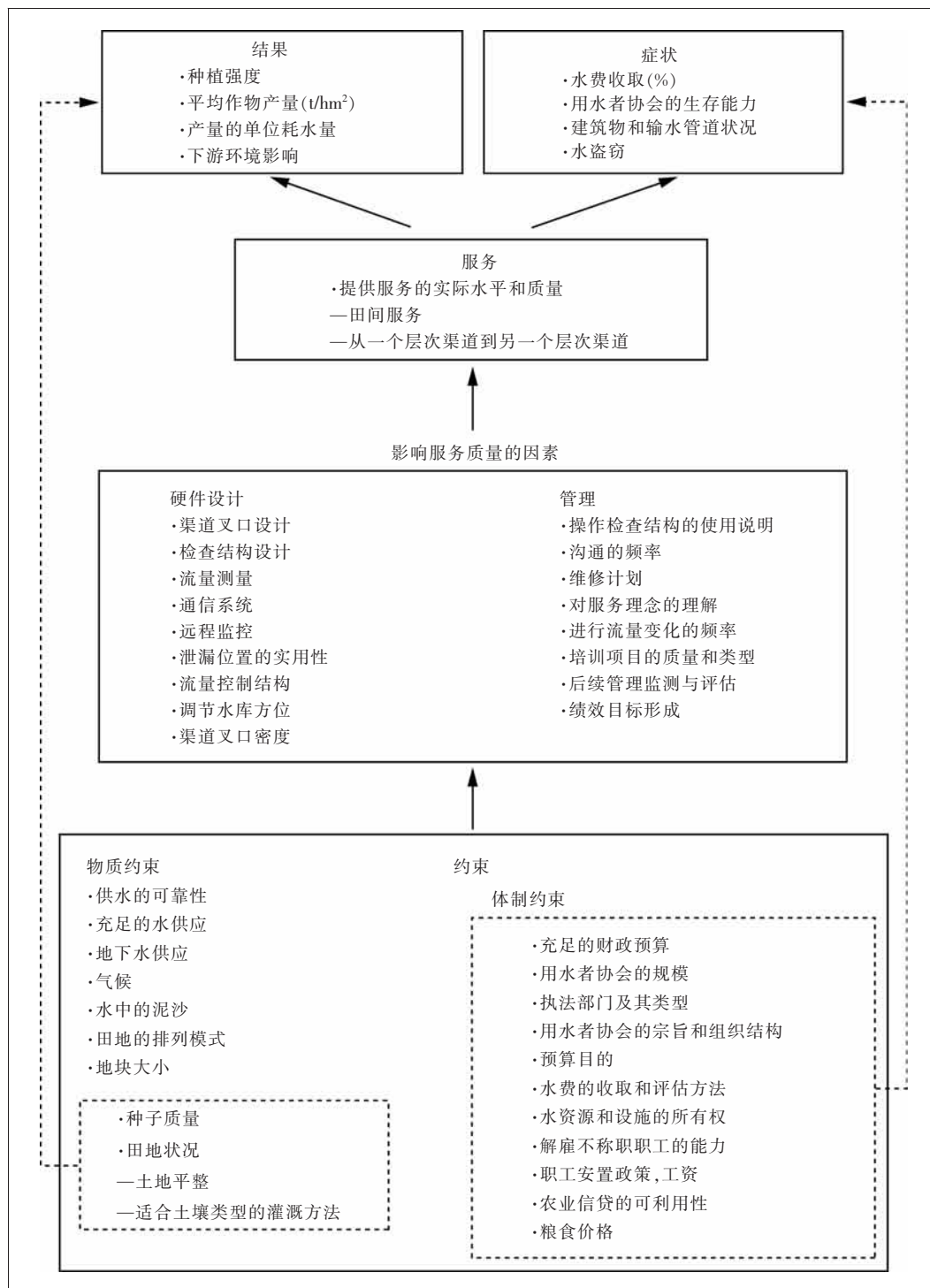


图 1 快速评估方法 (RAP) 的概念框架

下，灌溉系统以一定的资源为基础运行；系统被分成一系列的管理层次，每个层次通过系统的内部管理和控制过程向低一级层次提供供水服务，从向干渠的大量供水到向个体农场或田地供水；在管理各层次之间提供的服务质量，可以根据其各方面（公平性、灵活性、可靠性）及控制和测量的精确度来评估，并受硬件设计和管理等一系列相关因素的影响；在提供给农场的服务质量一定，并在经济和农艺约束条件下，系统和农民管理产生了相应结果（作物产量，灌溉强度，用水效率等），低劣的系统性能和体制约束的征兆具体表现为社会混乱（水盗窃，蓄意破坏）、基础设施条件差、成本回收率低和用水户者协会薄弱。

在项目之间，产生的结果通过一套外部性能指标（见附录 1 快速评估方法外部指标清单及其定义）来进行评估和比较，而影响不同层次服务质量的制约因素和征兆通过一系列标准化内部指标来评估（见附录 2 快速评估方法的内部指标清单和附录 3 典型服务质量指标）。

粮农组织将世界银行研究项目中所总结的经验教训作为重要内容列入到地区灌溉现代化培训项目中。快速评估方法框架本身及其指标与粮农组织对灌溉系统现代化的理解相一致，这反映在 1996 年曼谷会议的定义中（见上文）；因此，在培训项目中，快速评估方法被用作性能评估的方法，和灌溉系统初始条件评估的方法。泰国培训研讨会中使用的是快速评估方法的第一个版本，之后，信息技术资源中心（ITRC）为粮农组织开发了更加方便用户使用的版本，在这个版本中，评估系统水平衡的工具也大大扩展了<sup>①</sup>（Burt, 2003）。

### 3.2 关于基准测试

国际灌排技术研究项目（IPTRID）的文献中将基准测试定义为：通过与相关可实现的内部或外部目标、规范和标准进行比较，来不断完善灌溉部门的一系列过程（IPTRID, 2001）。基准测试的总体目标是，将灌溉项目性能与同类项目及其自身任务和目的进行比较测试，以提高项目性能。基准测试的过程应是以提高项目性能为目的的一系列连续的测量、分析和修正。

世界银行倡导进行“全面”基准测试，快速评估方法是后来被纳入其中的。全面基准测试的评估与分析部分形成了基准测试的三大支撑：技术指标评估（包括内部和外部）、系统进程评估、向用户提供服务及用户满意度评估。快速评估方法致力于对系统进程的评估和对系统从供水到项目再到农场各层次服务的评估。它还被用于对国际灌排技术研究项目基准测试指标的评估。快速评估方法的历届版本都尽可能使用相同的项目主题词和性能指标用于国际项目标准<sup>②</sup>。

由于基准测试不仅是在测量和分析阶段，而且涉及到实施变化和和提高阶段，因此它必须得到项目人员的相当认同，明确薄弱环节和潜在变化，具有为改变作出选择的知识。快速评估方法的数据收集和分析也因此被纳入了培训项目。这种培训项目主要包括当地管理、操作和维护人员。工作人员学习现代化的概念，并得到一个方案选择工具箱。然后，他们用快速评估方法来评估自己的项目。在培训结束的时候要求：

1) 项目的内外部指标基本成熟；

2) 当地工作人员确定短期、中期和长期的现代化目标，用外部性能指标对目标进行说明，并制定现代化战略，得出新的服务目标，详细说明如何在特定层次改善提供服务的具体方面，以实现现代化目标。接着是最后一步，他们根据内部程序和服务指标制定软硬件变化的优先次序表（这个优先次序表以一种系统和标准化的方式对影响系统性能和服务提供的所有因素进行评估）以实现服务目标。

外部性能指标（IPTRID 基准测试的指标基本上都是外部性能指标）可以用某个项目的性能与

---

<sup>①</sup> 快速评估方法手册和文件可从网上下载，网址：[www.watercontrol.org](http://www.watercontrol.org)，有中文、英语、印尼语、俄语、西班牙语、泰语和越南语版本。

<sup>②</sup> 快速评估方法指标和 IPTRID 指标定义的唯一不同在水稻上。如果水稻是作物种植项目，快速评估方法会对稻田渗漏率（通过稻田进入到水稻根系以下的水的百分比）进行评估。然而，与许多研究相反，水稻中把“渗漏”与“蒸发蒸腾量”联系在一起，提出一个联合“耗水”或“受益者用水”，快速评估方法没有使用这种做法，因为这种结合使从渗漏水（可通过井或排水渠进行循环利用）中分离出作物需水量（不能再循环或减少）变得困难。此外，这种做法忽略了一个事实，即对于所有作物来说，不仅是对水稻，深层渗透是不可避免的。因此，该做法将被用于所有作物，而不仅是水稻。

其同类项目的性能进行对比，并根据生产力、效率、经济性和环保性能，确定可能的目标，但它对于确定提高性能的过程和硬件的具体变化没有什么用。这是内部指标的主要作用。

Malano 和 Van Hofwegen (1999) 提出了服务导向管理，其本质是一种服务机构的战略规划与管理过程（图 2）。在现有以服务为导向的灌溉和排水计划的管理过程中，快速评估方法使学员可以对系统环境、资源基础和制约因素进行评估（利用可获得的数据），评估服务、管理和基础设施的现有水平，以确定与具体性能目标相一致的服务需求水平，并设计与管理完善和基础设施改进相关的初步现代化战略和优先行动计划。

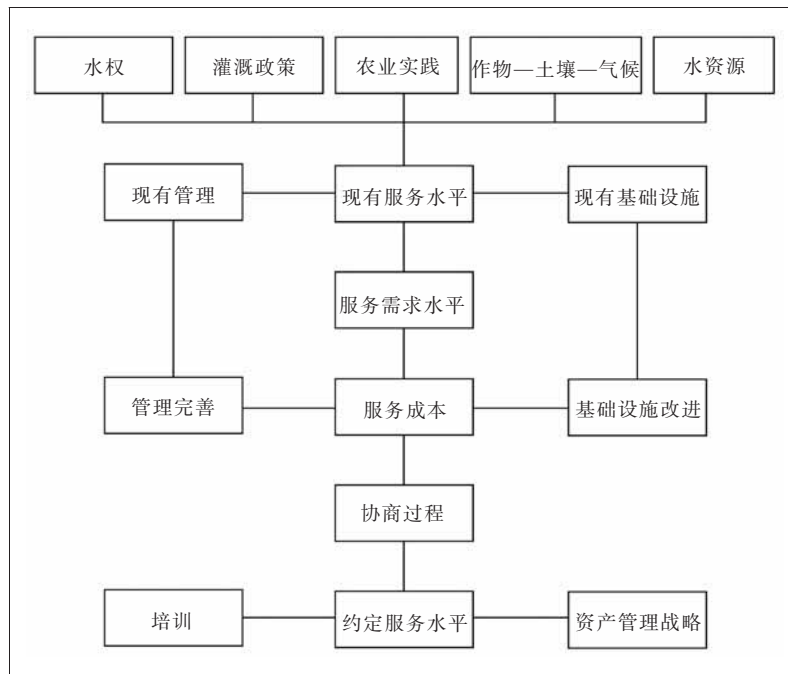


图 2 现有灌溉和排水计划中以服务为导向的管理过程 (Malano 和 Van Hofwegen, 1999)

## 4. 已评估灌溉系统<sup>①</sup>

### 4.1 系统类型

地区培训项目评估的所有灌溉系统都是大型稻作系统<sup>②</sup>。它们通常被设计成用于稻田的雨季补充灌溉（除了土库曼斯坦，那里是干旱沙漠气候）。它们实行的是供给驱动模式的公共管理。许多国家已经建立了用水者协会，但它们在系统管理中并没有发挥有益作用。总体来说，因为维修不足以及提供给农民的服务质量较低，系统状况很差。除马来西亚外，由于渠向支渠和目标区域提供的服务通常也是不可靠、不公正的。渠道水位控制较差并已成为影响服务质量的主要因素。有些系统已经多年没有获得财政支持，而最近大量投资已经完成或正转向其他系统。

### 4.2 设计标准和控制结构

在许多国家，设计标准和运转操作已经二三十年没有变过 (Plusquellec, 2002)。系统一般都被设计成上游控制，但实际上很少系统仅用上游控制。最明显的例子是越南南部的油町县系统，如今用的是下游人工控制。一波水在渠道内的流淌时间常常是有规律的一到两天，闸门调节可以延长

<sup>①</sup> 粮农组织区域培训项目下组织的一些培训研讨会的技术报告，项目培训材料和快速评估方法手册（有多种地方和国际语言版本）可在粮农组织的灌溉系统现代化网站查到，网址：[www.watercontrol.org](http://www.watercontrol.org)。

<sup>②</sup> 一些代表性系统的快速评估方法内外部性能指标列于附录 4（外部性能指标）和附录 5（内部性能指标）中。附录 5 中，还列出了世界银行研究项目下用快速评估方法得出的灌溉系统内部指标值。因此，东南亚的系统可以与其他地区系统进行比较。

流淌时间。所有系统中均缺乏提高系统响应性的缓冲存储器。人们计算出用于补充灌溉的渠道具体流量，这个流量相当小，而且从干渠到低层次渠道，流量变地越来越小。这使人们不能进行灵活操作和大幅变动流量。当农民希望进行机械化同步耕作并因此需要大量的水整地时，这尤其成了一种限制。

除了少数例外，闸门通常与下泄式水渠结合起来操作下泄式设施，而且一般对供水波动非常敏感。在菲律宾，已采用鸭嘴堰实行水位控制。然而，因为系统供水情况变动很大，大多数鸭嘴堰已被肆意破坏。缺水期，上游水渠一直截水，直到可用水流枯竭，下游水渠就无水可用了。有些水渠还是溢流型（Rominj 闸门，印度尼西亚），这加强了进入次级渠道的流量波动。

人们很少校准闸门。最常见的流量测量方法是（非校准）闸孔流量公式。不管闸门是否实际被水淹没，闸孔水流自由，还是闸门完全开放，水流自由或浸水堰（安得拉邦，西克里希那三角洲），工作人员都应用这个公式。还引进了其他的测量设备（宽顶堰），但它们一般都设计不当（过宽）、不准确或被水淹没。大量项目中都有污水的再循环利用，但是没有一个是配备缓冲或调节库。

农场附近和农场基础设施不发达。在结构设计理念方面，采用发展灌区或流量比例分配来代替以往的全程控制配水网络，并没有取得成功。该系统会立即遭到农民的破坏（逊沙里·莫朗工程，尼泊尔）。

### 4.3 操作

操作按照标准季节表进行，该表平均每周进行一次调整，通常随后由管理者根据要求进行质量评定，或者由农民提出质量要求。根据即定时间表，主要设施每日运行 3 次，其操作说明通常由中央办公室制定。虽然系统管理人员常对各水渠的流量目标做出规定，但却很少有人遵守。大多数田间操作人员根据渠道中的水位来调节闸门。这与农民虽没有抱怨，但由于渠道条件很差，不能保证具体流量的状况相应。农民经常自己操作闸门，操作人员和管理人员已经认可了这种情况。这种纪律缺乏的典型反应是“轮流供应”：在“轮换”期，渠道内的水位升高，在“非轮换”期，水位降低。

### 4.4 抽水的发展

低成本的抽水技术和能源补贴，使农民从低劣的渠道系统或者不恰当的时间安排带来的限制中摆脱出来。通过抽取地下水，从运河非法抽水，自由用水或违反系统政策，获得更可靠或更频繁的供水，转作其他作物，并运用更有效的农场水利管理战略和技术。任何人都无法控制联合用水，它通常允许农民采用高产耕作制度。结果往往是最后的人采用更集约和多样化的耕作制度。

### 4.5 管理政策

一般管理政策通常都是由该地区公共机构进行管理，几乎没有对灌溉性能进行奖惩的有效制度。田间操作人员的工资常常很低，管理人员和工程师很难控制他们对设施的实际操作，而他们的实际操作往往不符合官方的规则和政策。实际上管理设施不善往往是造成系统不稳定的原因。在逊沙里·莫朗（尼泊尔）系统中，当干渠操作人员要向支渠按目标流量供水时，他们在支渠的分水闸处进行初步设定，然后操作干渠向支渠的调节阀，或者升高干渠水位来调节进入支渠的流量。如果干渠水位上升过高，他们就打开一个安全设施让“过多”的水流入排水沟。这虽然是个特例，但说明了渠道操作所有细节以及操作指南的重要性。

经营机构的行政设置常常阻碍有效运作。泰国不同操作和维修项目中，按照地区分界线，将较长的渠道分割成了几段。虽然已正式将水分配给各条支渠，实际上各项目之间的接口处都有一个流量指标。因此，每个项目都将重点放在对这些接口处流量的争论上，并将调节阀当作了流量控制结构（这导致干渠水位波动），而忽视了进入支渠的流量目标（因此，支渠的水位波动较大），也没有具体部门对干渠下游河段的缺水负责。虽然项目管理人员已经将其他用户（市政，工业用户）的用水纳入到其供水计划中，但已评估的项目中，没有一个有具体的环境目标。

## 4.6 培训前的系统改进想法

培训研讨会学员提出的系统改进建议和设想（与当地咨询公司提出的项目建议）——在培训之前——通常遵循一个修建标准程式，先是标准设计，运转和维护费用转嫁给农民，然后是大量投资于渠道衬砌。数据采集与监视控制系统（SCADA）和信息技术的引进往往被大家所推崇或在早期阶段已经采用。然而，传感器选择和逻辑控制的细节往往不够充分，采用数据采集与监视控制系统以改善性能的作用也还不清楚。总的来说，培训前所提出的现代化建议很少解决管理、运转、调度、操作程序、交流和培训等问题。

系统管理人员很少有适当的有效监测和评估系统，即使有，他们也极少用于操作的即时反馈。泄漏流量和排水沟的流量没有监测，管理人员没有进行适当的水分平衡，不能合理评估系统效率（马来西亚例外，该国由于有灌溉与排水部的国家基准测试项目而做到了这点）。然而，管理逐渐转向以性能为导向，并确立了性能指标的定义（泰国）。但是，规范和预算分配往往是由国家统一进行，没有反映项目制约因素和潜力，而这在各项目之间可能会有很大差异（菲律宾）。有些项目（菲律宾）引进了体积性水价进行需求管理试点。然而，对系统改进的投资并不是为了完善对用水者协会的控制。按当前服务费用所提出的体积率也不可能产生预期效果，提高用水效率（de Fraiture 和 Perry, 2002, 粮农组织, 2004）。

## 4.7 混乱、无政府状态、劣质服务

总体上，混乱（书面政策和实际政策间的差异）和无政府状态（违反政策）的程度随系统的不同而变化，但都很严重，特别是在管理水平较低的地方。最近标准投资或投资策略（服务地区发展）从性能、控制和服务方面来说效果不佳。纪律缺乏及体制问题是导致这一局面的主要原因。然而，许多问题可以追溯到：

- 最初设计中的问题；
- 设计理念超出其有效范围；
- 系统控制和运行困难；
- 布局层次混乱；
- 运作策略和员工操作指南有严重缺陷；
- 各层次操作规程不一致；
- 操作规程和农民需求不一致；
- 系统策略的变化不能反映农民需求的变化；
- 对农场的供水服务质量太差；
- 各层次缺乏灵活性；
- 人事政策；
- 各级工作人员缺乏培训，特别是缺乏非恒定流水力知识。

在培训前建议中提出的标准改进项目，通常无法处理这些问题。在这方面，灌溉规划人员（中央规划和设计部门的工作人员）和灌溉管理人员（负责系统运行的系统层面田间工作人员）分成了两个不同的群体，而前者不一定意识到管理人员每天面临的具体困难。灌溉规划人员常常指出的改进系统的任务的规划和设计程序以及咨询公司的参考，通常都不太关注管理人员和农民。参与式设计程序正在被逐渐引入，但它们往往专注于细节，如渠道网络布局或排水渠的位置，而不是一般性服务问题（更重要）、性能目标和设计标准问题。

## 5. 面临的挑战

### 5.1 改革的必要性

亚洲大型地表灌溉系统受到低劣设计的遗留问题、基础设施退化、管理不善，面对农业快速转

变的相对停滞，以及供水压力的影响。目前的挑战是要把这些系统由供给驱动转向需求驱动，提高其财务、环境、技术和服务性能，大大提高可控性、可靠性、公平性和灵活性，使这些系统能适应不断变化的水量分配，使农民能够提高农业和水分生产率，更好地抓住市场机会，从而在他们的农场采取新的、多样化的水利管理措施。在一方面考虑水平衡和流域，一方面考虑农业相关服务目标的基础上，要逐项确定与水相关的系统目标。

气候变化及其他部门的用水竞争不仅会加强生长期降雨和长期干旱的变动，还会加强季节间对项目水量分配的变动，因为要优先满足其他部门的需求，而农业将被视为最后的用水者。这需要运转政策每年都能灵活变化，以促进农民参与系统的共同管理。

然而，实际上，灌溉规划人员和管理人员很难预见现有水资源分配及其未来如何演进，因为现有行政系统或实际分配仍在向江河流域分配和水权系统演变。而且，管理人员以及流域规划人员很少有关于灌溉系统效率的准确、有效信息。虽然，就服务质量而言，系统性能常被管理部门高估，而系统效率却常被管理人员和国家部门的规划人员低估。

## 5.2 战略远景规划缺失导致规划不周

虽然，由于近期国际和国内供水部门在远景战略规划上进行了努力，农业用水管理的远景有了一个整体概念，但实际上这些设想对规划人员和管理人员实现可看得见的实际变化来说还是不够详细，而实现这些变化才能应对未来与水与农业相关的挑战——其基础是对农民未来用水需求的分析。马来西亚是一个例外，在那里，战略思维过程已经采用了很长时间，灌溉与排水部（DID）已经在稻田和水管理方面采用了具体的性能指标和目标，系统、制度和农场层面的变化被视为向现代化整体转型的一个进程。

在培训研讨会之前，对已评估灌溉系统提出的现代化建议，常常不能将系统目标、建议和农场改良创新灌溉技术引进的既定目标联系起来，也不能将新的性能目标与管理与制度改革建议相联。结构化设计、按比例配水与轮流供给和新开发的稻田节水技术不一致，稻田节水技术需要经常或按需灌溉。有些设计和操作概念似乎已让稻田达到其产量潜力（日本、韩国、中国南部—长藤结瓜设计概念（Plusquellec, 2002, Barker 和 Molle, 2005）），这在地区培训项目评估的样本项目没有表现出来。但灌溉专家对它们的兴趣日益浓厚。在体制方面，面临的挑战是建立一个新的框架，使其可以管理复杂的水文循环，灌溉系统的多重作用，并及时、负责而有效地向农民提供灌溉和排水服务。

所有这些将需要大量投资，而大米价格预计在中期仍将保持较低水平，而目前的融资安排不包括运营和维护费用，更不用说在提高管理能力和基础设施方面的投资。然而，日益加剧的气候变化可能会增加灌溉系统的收益，因为它可以降低作物歉收的风险。国家的地区投资战略应该有明确的战略目标，无论生产目标是否集中在有竞争优势的地区（例如马来西亚就有这种战略）和（或）减少贫困、粮食安全的目标是否能在边缘系统中体现。

在这种情况下，当务之急应该是加强对投资质量和类型的注意。政策上所面临的挑战是使水和灌溉政策能与农业和环境政策相协调，并将它们纳入整个社会经济发展政策之中。

## 5.3 应对方案

水资源管理应对方案需要明确阐明规模问题（农田、灌溉系统和流域管理机构、法律、政策以及支持性基础设施）。必须采用系统的方法来确定水平衡相关目标及实现这些目标的水资源管理战略。这些战略和变革应该以改善供水服务的可控性、公平性、可靠性和灵活性为目标，从而使农民对用水管理和作物种植有所选择。

改进战略应该有以服务为导向的战略规划和管理办法来支撑（Malano 和 Van Hofwegen, 1999）。参与式规划和设计过程，将有助于将管理目标集中在农民需求上，而这将需要政府灌溉机构更多地权力下放给系统管理人员和农民代表机构。

之前的灌溉现代化项目至多也就是取得了部分成功，但现在有更好的选择和战略。主要办法包括地表水和地下水的联合使用，污水再循环，在系统适当层次设立缓冲水库，改进控制设施设计，投资于排水系统、操作和命令程序，农场附近管道输送，以及灌溉系统管理的加强。目前已经有可

行的并经实地测试过的方案。现有的较普遍的差距就是灌溉行业能力建设方面，而关键行动在于修订设计标准（粮农组织，1998，Plusquellec，2002，Facon，2002，2005）。

地区培训项目表明，当给灌溉规划人员和管理人员提出这些他们还不知道的方案时，而且，经过他们共同努力，根据详细的系统评估情况提出建议时，他们会热情地接受它们——灌溉现代化计划，这是学员在培训研讨会结束的时候提出的，这与他们参加培训之前提出的规划显著不同。这些规划包括新的技术选择（特别是缓冲库被看作是一个设计亮点）；建议平衡各方面投资，包括提高管理能力、提高农民素质、加强基础设施、完善通信设施和提高操作人员移动性；基础设施投资计划将控制和测量放在优先地位。计划通常还包括这些优先领域的变化，如控制设施田间工作人员操作指南的变化、内部组织结构的变化、改进程序来调配供水、以及最初侧重于在系统上层恢复和改善水位控制，而这是较低层次进一步改进和增加投资的先决条件。

现在，信息与控制技术和软件很全面，而且都是现成的，成本也日益降低，将其引入精细战略将起到重要作用。在学员的提议中经常发现的优先事项是泄漏及主排水渠流量的遥感监测，这是建立反馈机制的基础，也有助于更好地了解系统的水量平衡。

组织的商业化对今后稻作灌溉系统的可持续发展非常关键，这是从下面这个角度来说的，即：除了管理和代表性目标外，组织应根据特定性能目标进行调整，一般应加强服务导向，实行问责制，向分散管理转变，并反映利益相关者和用水者的多样性。农民组织的模式可能需要转向专业化机构，因为这种机构能够扩大服务范围，增加服务内容，并为农民降低交易成本，因为劳动力成本增加了，而且预计劳动力和管理将会发生短缺。重整公共管理机构可选择的办法包括财政独立、整体合并、使它们更专业、公私合作、私有化和转向农民组织。中国和其他国家出现了一些新的有希望模式。

新的金融工具不仅是运营和管理所需要的，也是各级农业用水管理的管理机构和基础设施升级所需要的，从农田，到用户组织，再到系统层面的灌溉服务提供者和江河流域各个层次都是如此。这仍然需要公共投资的支持，来促进系统和机构从其目前状况向更灵活、更高效的方向转型。作者认为这种战略投资不会比先前基础设施维修或渠道衬砌项目花费地更多。

国际和国内的研究人员需要在设计标准、运作战略、服务水平和水价方面相互合作开展下一步工作。对闸门系统来说，假如它们是现代化的，体积性水价在第三个层次是可以实现的中期目标（例如泰国和越南）。以按比例分配流量为基础的系统完全可能将选择局限于固定费率，如果用户无法控制供水，预先否定了体积性水价的长期目标，则可按地区收取灌溉费用，或按作物收取灌溉费用。

在未来，政策和投资要重视水稻，而不是以水稻为中心（粮农组织区域战略框架，2005）。战略规划、管理和内容丰富政策发展方法的传播将促进水、灌溉战略与政策和农业、环境政策，以及整个社会经济发展政策的结合（亚洲及太平洋经济社会委员会，2004）。

## 6. 结论

### 6.1 一般结论

亚洲灌溉规划人员、管理人员和农民所面临的挑战复杂多样，不确定因素很多，但不确定性本身就是一条重要信息，可供规划人员和管理人员在现在决策时参考，以应对未来挑战。灌溉系统及其管理必须变的更加灵活，以能够持续地适应供水、气候和市场的不断变化。

粮农组织地区现代化培训项目的主要经验教训充满了矛盾：这一挑战既被低估了，又被高估了。说它低估，是因为在最近过分依赖政策改革、机构改革、改进控制技术、完善管理、经济刺激和仪器或者是农场水管理，而这些措施可以单独用来改善系统性能和服务。地区培训项目调研所获得的有关灌溉系统的详细评估表明，实际上所有这些领域都需要进行复杂的组合变化。说它低估，还有个原因是系统的实际性能，特别是在提供服务方面常常是被高估的<sup>①</sup>。所面临的挑战被高估的

<sup>①</sup> 快速评估方法评估服务水平，这已被系统管理人员所接受和承认（理想服务），实际服务水平与实地调查看到的一样（实际服务）。服务指标的比率（实际：理想）是所谓的“混乱”指标。混乱指标明显低于“1”说明管理机构对其性能缺乏兴趣和知识。

原因是，通过采取简单的低成本措施，显著提高系统性能和改善服务还有巨大潜力，其前提是更加注重运作、管理和设计的所有细节，通过培训和能力建设，规划人员和管理人员知道现在还有更好的选择。

这并不意味着不需要广泛、全面的改革或大量投资。这意味着，启动转型变化的过程将有可能立即得到好处。这种好处对农民来说，是服务；对管理人员来说，是易于操作。而这将使必要的改革议程和投资项目成为更加突出的战略重点，使其通过切实方法可逐步实现，更容易实施，各种利益相关者都能够接受，并能够适应迅速变化的环境。

## 6.2 快速评估方法和基准测试

有人认为（Cornish，2005）快速评估不能当作性能基准测试，理由是它的重点是水利基础设施现代化的投资规划，它需要训练有素和经验丰富的工程师，并不适合在大量项目中进行常规应用。它不以不同时间和不同项目间的对比为基础来确定性能差距和完善规划。

实际上，快速评估方法会进行如前所述的不同时间和不同项目间的对比，并对所有管理和操作过程及硬件进行评估，是可以并正在被用于大量项目中（马来西亚、泰国、越南）。因此，如果项目启动初期就使用，那它就会成为提高部门效能的全国基准测试项目的有用且关键的组成部分。而在项目启动初期，系统管理人员可以制定自己的战略规划或系统升级计划，或者向马来西亚那样用来评估改进项目的影响。

它确实需要训练有素、经验丰富的工程师，但是在亚洲，要显著提高部门性能将需要训练有素、经验丰富的规划者、设计者、管理者和操作者。为此，粮农组织和国家灌溉机构，如泰国皇家灌溉部和马来西亚灌溉和排水部在培训项目中采用了快速评估方法。在中央办公室评估专家和教员小组支持下，由学员自己来评估自己的系统。粮农组织地区培训项目的经验是，这种来自专家评估人员和培训师核心小组的支持，对快速评估方法的质量控制是必不可少的。专家评估人员和培训师对系统而言也应是外部因素。

## 6.3 快速评估方法和服务导向：管理和资产的服务导向

可以确定的是，基准测试将仅适用于这种时候，即管理人员“追求服务导向管理系统内的最佳管理办法”。这意味着要把重点放在供给服务的质量和成本效益上（Malano，2004），而这是快速评估方法最原始特征和核心。

此外，通过评估各级系统管理的服务质量，和集中于不同层次间的服务接合，快速评估方法促进了对所有层次大部分利益相关者的目标和关注点的考虑，从上层管理人员，到用水者协会，再到接受服务的农民。

在快速评估方法中，对控制基础设施（及其操作方法）的关注是从服务提供、控制、操作规则和管理反应的角度来看的。地区培训项目中对许多系统的评估表明，系统控制设施选择和操作不当对系统服务性能起着决定性作用。因此，控制设施决策（维修、操作和更换）是很关键的管理决策，更普遍地说，就象改进基础设施的投资决策一样重要。基础设施决策不当，或投资项目缺乏成效都不会实现所需求的性能，也不能提高服务水平，那就是简单拙劣的管理决策。

在这方面，快速评估方法是资产管理方法的一个有益且重要的附加成分。资产管理方法的重点是资产有用性，快速评估方法的重点是控制质量、控制设施以及这些设施实际操作间的交互作用。人们认为有用性概念很重要，如下所述：

“……资产的有用性（即，它履行其功能的能力）通常假定为与其状况直接相关。但是，这可能是一个误导。实际上，即使资产状况已严重退化，但他们往往能令人相当满意地继续履行其功能。

另一方面，一些常见的例子是，一件状况良好的资产由于一点小毛病而无法使用。这就是有用性，它表明急需将资产恢复至全功能状态”（国际信息服务—官方开发援助，IIS-ODA，1995年）。

因此，评估设施状况和有用性的资产调查，将重点放在资产状况及其是否需要维修或保养方面。然而，一项资产，如排水渠，或测量设备，可能是崭新的，但因为其设计不佳而表现平平（例如，一个与下射调节阀连接的 Rominj 闸门，或一条过宽的测量水道），任何不能促进资产的不同设



计（断流阀门）或改进（测量水道）替代的决定都将是不当资产管理或操作决策。而且，操作人员操作指南变化也不会提高资产的有用性。

## 6.4 快速评估方法作为决策支持

快速评估方法本身不是决策程序，而是一种协助决策的工具。一系列外部性能指标使决策者可以审查现代化进程的各种可能的主要目标：水平衡相关目标、环境（仅限于水质、水涝、盐碱化和效率）目标、农业生产和经济目标（涉及农场和资源限制）、经济和财务可持续性目标以及一定程度上的社会目标。

内外部指标的结合还可以表现出各种利益相关者的关注点，包括中央决策人员、水资源管理人员、系统管理人员、经营者、各级工作人员、用水者协会和农民，在一定程度上，还有环保主义者关心系统的性能。同样重要的是，快速评估方法在各级管理中，就系统的服务、其特点方面的性能现状、未来性能及变化目标，给中央决策者、管理者和用水者提供了一种通用工作语言。

因此，快速评估方法对各种利益相关者决策、战略规划和管理过程来说，是非常值得的投入（但不是唯一的）。

由于系统正日益被视为发挥了多种作用，并很可能向多功能系统发展，因此，未来工具的发展，将注重设立其他附加指标，以更好地解决排水和废水处理服务，同时重视灌溉系统的多功能性。快速评估方法是一种性能评估工具，它与迄今粮农组织所采用的现代化概念是一致的。未来，快速评估方法将逐渐向上述那些方面演变。

## 参考文献

- Barker, R. & Molle, F.** 2005. *Evolution of irrigation in South and Southeast Asia*. Comprehensive assessment research report 5. IWMI, Colombo (available at <http://www.iwmi.cgiar.org>).
- Burt, C.** 2003. *Rapid Appraisal Process (RAP) and benchmarking explanation and tools* (available at <http://www.watercontrol.org>).
- Cornish, G.** 2005. *Performance benchmarking in the irrigation and drainage sector, experiences to date and conclusion*. HR Wallingford and DFID.
- De Fraiture, C. & Perry, C.** 2002. *Why is irrigation water demand inelastic at low price ranges?* Paper presented at the Conference on Irrigation Water Policies: Micro and Macro Considerations, Agadir, Morocco, 15 - 17 June 2002 (available at <http://lnweb18.worldbank.org>).
- ESCAP.** 2004. *Proceedings of the concluding workshop of the regional programme on capacity building in strategic planning for natural resources management*, 2004.
- Facon, T.** 2002. *Downstream of irrigation water pricing: The infrastructure design and operational management considerations*. Paper presented at the Conference on Irrigation Water Policies: Micro and Macro Considerations, Agadir, Morocco, 15 - 17 June 2002 (available at <http://lnweb18.worldbank.org>).
- Facon, T.** 2005. Asian irrigation in transition—service orientation, Institutional aspects and design/operation/ infrastructure issues. In *Asian irrigation in transition: responding to challenges*. Ganesh Shivakoti, D. Vermillion, W. Fung Lam, E. Ostrom, U. Pradhan & R. Yoder, eds. New Delhi, Sage Publications.
- FAO.** 1997. *Modernization of irrigation schemes: past experiences and future options*. FAO-RAP 1997/22, Water Report Series 12, Bangkok.
- FAO.** 1999. Modern water control and management practices. In *Irrigation impact on performance*. FAO Water Reports 19 (also available at <http://www.watercontrol.org>).
- FAO.** 2002. *Investment in Land and Water*. FAO-RAP Publication 2002/09, Bangkok.
- FAO.** 2004. *Towards a food-secure Asia and Pacific—regional strategic framework for Asia and Pacific*, Bangkok (also available at <http://www.fao.org>).
- IIS-ODA.** 1995. *Asset management procedures for irrigation schemes—preliminary guidelines for the preparation of an asset management plan for irrigation infrastructure*. Institute of Irrigation Studies, University of Southampton and Overseas Development Administration, UK.

- IPTRID.** 2001. *Guidelines for benchmarking performance in the irrigation and drainage sector.* International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage, Rome (also available at <http://www.fao.org>).
- Malano, H.** 2004. *Benchmarking in the irrigation and drainage sector.* Position paper. ICID, Task force 4, New Delhi.
- Malano, H. & van Hofwegen, P.** 1999. *Management of irrigation and drainage systems, a service approach.* IHE Monograph 3, A. a. Balkema Brookfield, Rotterdam.
- Plusquellec, H.** 2002. *How design, management and policy affect the performance of irrigation projects: emerging modernization procedures and design standards.* Bangkok, FAO (available at [www.watercontrol.org](http://www.watercontrol.org)).
- World Bank.** 2005. *Shaping the future of water for agriculture: a sourcebook for investment in agricultural water management.* Washington, DC, The World Bank Agriculture and Rural Development Department.

## 附录 1 快速评估方法的外部性能指标

| 项 目 说 明   | 单 位             |
|---|-----------------|
| 规定效率  |                 |
| 规定渠道输配水效率（说明渗漏和末端流量）  | %               |
| 源于规定效率的加权田间灌溉效率   | %               |
| 面积  |                 |
| 灌区自然灌溉作物面积（不包括复种）   | hm <sup>2</sup> |
| 灌溉作物种植面积，包括复种   | hm <sup>2</sup> |
| 灌区作物密度，包括复种   | 无               |
| 灌区外部水源  |                 |
| 灌区以外地表灌溉水流入量（调转和进入点总量）  | MCM             |
| 灌溉农田的总降水量   | MCM             |
| 灌溉农田（不包括脱盐）的有效降水量   | MCM             |
| 灌溉地下水净提取量   | MCM             |
| 项目外部供水总量（包括降雨量和地下水提取量，但不包括内部循环水）                                  | MCM             |
| 项目的外部总灌溉水量  | MCM             |
| “内部”水源  |                 |
| 灌区农民或项目内部循环利用的地表水量  | MCM             |
| 灌区农民抽取的地下水总量  | MCM             |
| 项目主管部门抽取并供给灌区的地下水总量   | MCM             |
| 项目主管部门年灌溉供水总量   | MCM             |
| 灌区地下水抽取总量   | MCM             |
| 项目主管部门抽取并供给灌区的地下水，减去地下水提取量（这是为了避免重复计算。而且，所有净值都适用于此，尽管有些也许用于农民）    | MCM             |
| 估算的内部地表水供水总量+地下水量   | MCM             |
| 输配给用户的灌溉水量  |                 |
| 国内机构使用内部水源的输水效率   | %               |
| 灌区用水户从外部水源得到的地表灌溉水量——按期望输水效率                                      | MCM             |
| 灌区用水户所使用的其他水源水量（循环利用的地表水量+加上所有井泵抽水量，使用期望的输水效率，100%为农民泵水，以及农民地表分配） | MCM             |
| 灌区用水户所使用的灌溉水总量（外部地表灌溉水量+内部水源地表水量+地下水提取量），减少输水效率                   | MCM             |
| 总灌溉水量（内部+外部）——仅仅是中间值  | MCM             |
| 项目管理部门总输水效率   | %               |
| 田间灌溉净需水量  |                 |
| 灌区腾发量   | MCM             |
| 灌区灌溉水的消耗利用量（腾发量-有效降水量）  | MCM             |
| 控制盐碱所需的净灌溉水量  | MCM             |
| 特殊农艺措施所需灌溉水量  | MCM             |
| 净灌溉需水总量（腾发量-有效降雨量+盐碱防治所需水量+特殊农艺措施所需水量）                            | MCM             |

(续)

| 项 目 说 明   | 单 位                 |
|---|---------------------|
| 其他关键值   |                     |
| 干渠渠首设计流量  | MCM                 |
| 干渠渠首实际最高流量  | MCM                 |
| 灌溉高峰期净需水量, 包括任何特殊需求所需水量                                   | MCM                 |
| 高峰期毛灌溉需水量, 包括所有的无效灌溉损失水量                                  | MCM                 |
| 灌区年度或一次性外部指标  |                     |
| 调查年地表灌溉最高入渠流量 (L/s/hm <sup>2</sup> )                      | L/s/hm <sup>2</sup> |
| 灌区相对供水量 (RWS) [(外部供水总量) / (作物生长季的田间腾发量+盐碱控制用水-有效降雨量)]     | L/s/hm <sup>2</sup> |
| 灌区年度灌溉效率 [100 × (作物腾发量+盐分淋洗用水-有效降水量) / (地表灌溉引水量+地下水净提取量)] | %                   |
| 田间灌溉效率 (估算) = [作物腾发量-有效降雨量+盐分淋洗用水] / [输配给用户的总水量] × 100    | %                   |
| 渠道相对输水能力 (RGCC) [(月最高灌溉净需水量) / (干渠输水能力)]                  | 无                   |
| 渠道实际相对输水能力 (RACF) [(月最高灌溉净需水量) / (干渠最大流量)]                | 无                   |
| 不同类型作物年总产量  | 百万 t                |
| 年度农业生产总值  | 美元                  |

## 附录 2 快速评估方法的内部过程指标

| 指标代码      | 主要指标和次级指标名称             |
|-----------|-------------------------|
| 服务和社会秩序   |                         |
| I-1       | 对个人所有权单位的实际供水服务（如农田或农场） |
| I-1A      | 水量测量                    |
| I-1B      | 灵活性                     |
| I-1C      | 可靠性                     |
| I-1D      | 公正性                     |
| I-2       | 规定向个人所有权单位的供水服务（如农田或农场） |
| I-2A—I-2B | 同 I-1 的次级指标相同           |
| I-3       | 系统受薪雇员负责的末端配水点处的实际供水服务  |
| I-3 A     | 此点以下的田块数量               |
| I-3 B     | 水量测量                    |
| I-3 C     | 灵活性                     |
| I-3 D     | 可靠性                     |
| I-3 E     | 公正性                     |
| I-4       | 系统受薪雇员负责的末级配水点处的规定供水服务  |
| I-4A—I-4E | 同 I-3 的次级指标相同           |
| I-5       | 干渠向支渠输水的实际供水服务          |
| I-5A      | 灵活性                     |
| I-5B      | 可靠性                     |
| I-5C      | 公正性                     |
| I-5D      | 按规定控制进入支渠的流量            |
| I-6       | 干渠提向支渠输水的规定供水服务         |
| I-6A—I-6D | 同 I-5 的次级指标相同           |
| I-7       | 由受薪雇员负责的渠道系统中社会“秩序”状况   |
| I-7A      | 遵守“未经允许不得取水或不超规定取水”的程度  |
| I-7B      | 不存在明显的未经授权的取水口          |
| I-7C      | 没有蓄意破坏的行为               |
| 干渠        |                         |
| I-8       | 节制闸硬件（干渠）               |
| I-8A      | 当前操作目标下节制闸操作难易情况        |
| I-8B      | 节制闸的维护                  |
| I-8C      | 无水位波动                   |
| I-8D      | 渠首流量变化波及到渠尾所需时间         |
| I-9       | 干渠的分水闸                  |
| I-9A      | 当前操作目标下分水闸操作难易情况        |
| I-9B      | 维护水平                    |
| I-9C      | 过流能力                    |
| I-10      | 干渠的调节水库                 |
| I-10A     | 水库数量及位置的合理性             |
| I-10B     | 运行效果                    |

(续)

| 指标代码        | 主要指标和次级指标名称                                  |
|-------------|--|
| I-10C       | 蓄水容量、调节容量合理性                                 |
| I-10D       | 维护状况   |
| I-11        | 干渠的通信状况                                      |
| I-11A       | 与直接上级联系的频率                                   |
| I-11B       | 管理人员或监管人员与用户联系的频率                            |
| I-11C       | 电话通信或无线电通信的可靠性                               |
| I-11D       | 上级管理员进行实地考察的频率                               |
| I-11E       | 关键溢流点处是否存在远程监控设施及远程监控的频率（无论是自动的还是手动的），包括渠道末端 |
| I-11F       | 沿渠道路的通行状况                                    |
| I-12        | 干渠的基本状况                                      |
| I-12A       | 渠底和渠堤的总体维护水平                                 |
| I-12B       | 不希望发生的渗漏（注：如果故意混合使用地表水和地下水，视其为希望发生渗漏）        |
| I-12C       | 维护渠道的设备和人员情况                                 |
| I-12D       | 人员和设备到达渠道最远处所需时间                             |
| I-13        | 干渠运行情况                                       |
| I-13A       | 渠道操作人员、观察员的实时反馈信息的应变能力                       |
| I-13B       | 输水过程与实际需水是否匹配及输水效率                           |
| I-13C       | 向运行管理人员做出指示的清晰度和正确性                          |
| I-13D       | 对渠道进行检查并向管理机构汇报的周期                           |
| 支渠          |  |
| I-14—I-19   | 和干渠的指标相同                                     |
| 斗渠          |  |
| I-20—I-25   | 和干渠及支渠的指标相同                                  |
| 预算、雇员、用水者协会 |  |
| I-26        | 预算   |
| I-26A       | 以工代赈和（或）从水用户收取的水费占项目（包括用水者协会）运行和维护总经费的比重     |
| I-26B       | 目前运作模式下，实际资金投入和以工代赈（来自所有资金来源）是否足以维持系统运行和维护   |
| I-26C       | 与维护或日常运行相比，用于供水服务、机构现代化建设方面是否有充足的资金          |
| I-27        | 雇员   |
| I-27A       | 对运行人员和中层管理人员（不包括秘书和司机）进行培训的次数和充足程度           |
| I-27B       | 考核情况   |
| I-27C       | 雇员决策权力                                       |
| I-27D       | 项目因故解雇雇员的能力                                  |
| I-27E       | 对优秀服务的奖励                                     |
| I-27F       | 与临时工相比，运行管理人员的工资情况                           |
| I-28        | 用水者协会  |
| I-28A       | 有一定职能并具有正式协会形式且参与水量配置的用水户占全部用水户百分比           |
| I-28B       | 能力较强的用水者协会影响实时供水服务的实际能力                      |
| I-28C       | 用水者协会依赖外界有效援助来执行其相关规定的的能力                    |
| I-28D       | 用水者协会的法律基础                                   |
| I-28E       | 用水者协会的财力                                     |

(续)

| 指标代码 | 主要指标和次级指标名称                        |
|------|------------------------------------|
| I-29 | 运行管理人员的机动性和规模，根据运行管理人员数与分水闸数量的比值评价 |
| I-30 | 电脑结算和记录管理：结算和记录管理中电脑使用程度           |
| I-31 | 电脑渠道控制：电脑（中央控制或现场控制）被用于渠道控制的程度     |
|      | 没有 0~4 级的特别指标                      |
| I-35 | 分水闸密度：操作人员管理的分水闸下游的用水户数量           |
| I-36 | 分水闸、运行管理人员：（由受薪雇员操作的分水闸数量）、（受薪雇员数） |
| I-37 | 干渠的差异情况（实际、描述）：干渠的整体服务             |
| I-38 | 支渠的差异情况（实际、描述）：末端配水点受薪雇员提供的整体服务    |
| I-39 | 田间差异情况（实际、描述）：向个人所有权单位提供的整体服务      |

### 附录 3 快速评估方法服务指标的举例

| 代码   | 主要指标                        | 次级指标               | 排 列 标 准  | 权重 |
|------|-----------------------------|--------------------|--|----|
| I-1  | 对个人所有权单位的实际供水服务<br>(如农田或农场) |                    |  |    |
| I-1A |                             | 个体单位的水量测量<br>(0~4) | 4—测量和控制装置优良，妥善经营和记录。<br>3—测量和控制设备合理，经营一般。<br>2—体积和流量测定有效但较差。<br>1—流量测量合理，但未测定体积。<br>0—体积或流量均未测定。   | 1  |
| I-1B |                             | 个体单位的灵活性<br>(0~4)  | 4—不限制频率、速度和时间，但由用户在几天之内准备。<br>3—固定频率、速度或时间，但安排。<br>2—要求轮换，但与作物需求大致匹配。<br>1—轮流分配，但时间表稍微有些不确定。<br>0—没有既定的规则。   | 2  |
| I-1C |                             | 个体单位的可靠性<br>(0~4)  | 4—水总是按预期的频率、速度和时间到达。体积已知。<br>3—在速度和时间方面非常可靠，但偶尔延迟几天，体积已知。<br>2—水在需要时到达，总量正确，体积不详。<br>1—体积不详，水分配非常不可靠，但不到 50%的时间。<br>0—频率、速度、时间不可靠，超过 50%的时间，分配数量不详。  | 3  |
| I-1D |                             | 个体单位的公正性<br>(0~4)  | 4—项目所有地块和三级单位收到相同类型的供水服务。<br>3—项目地区收到相同数量的水，但在同一个地区，服务稍微有点不公平。<br>2—项目地区收到水的数量稍有不同（无意的），但在一个地区内是公平的。<br>1—地区间和地区内的公正性都中等。<br>0—整个项目 50%以上相当大的范围内有差距。 | 4  |



## 附录 4 外部性能指标

| 项目说明                               | 马来西亚    |             | 印尼     |        | 越南     |           | 菲律宾              |        | 尼泊尔          |          | 巴基斯坦     |             | 印度      |         |
|------------------------------------|---------|-------------|--------|--------|--------|-----------|------------------|--------|--------------|----------|----------|-------------|---------|---------|
|                                    | MADA    | KERIAN KUMP | Penang | Lodoyo | Lakbok | Dau Tieng | Cau Son, Cam Son | MARIIS | SMP Over All | Narayani | AkramWah | Fuleli-Guni | Ghotki  | Krishna |
| 单位                                 |         |             |        |        |        |           |                  |        |              |          |          |             |         |         |
| 规定效率                               |         |             |        |        |        |           |                  |        |              |          |          |             |         |         |
| 规定渠道输配水效率 (说明渗漏和末端流量)              | 84      | 61          | 80     | 60     | 57     | 50        | 50               | 60     | 75           | 70       | 80       | 80          | 80      | 70      |
| 源于规定效率的加权田间灌溉效率                    | 70      | 70          | 89     | 68     | 78     | 75        | 77               | 75     | 68           | 65       | 70       | 74          | 66      | 67      |
| 面积                                 |         |             |        |        |        |           |                  |        |              |          |          |             |         |         |
| 灌区自然灌溉作物面积 (不包括复种)                 | 96 474  | 23 560      | 6 888  | 12 232 | 18 288 | 44 000    | 24 140           | 43 131 | 64 000       | 28 700   | 21 551   | 403 103     | 400 000 | 201 600 |
| 灌溉作物种植面积, 包括复种                     | 192 948 | 44 405      | 13 776 | 32 232 | 33 317 | 106 300   | 42 706           | 82 172 | 136 040      | 58 163   | 56 056   | 70 163      | 224 478 | 300 000 |
| 灌区作物密度, 包括复种                       | 2.00    | 1.88        | 2.00   | 2.64   | 2      | 2.42      | 1.77             | 1.91   | 2.13         | 2.03     | 0.26     | 0.17        | 0.56    | 1.49    |
| 灌区外部水源                             |         |             |        |        |        |           |                  |        |              |          |          |             |         |         |
| 灌区以外地表灌溉水流入量 (调转和进入点总量)            | 1 155   | 568         | 197    | 280    | 210    | 1 104     | 235              | 1 728  | 751          | 314      | 1 386    | 3 718       | 3 117   | 2 180   |
| 灌溉农田的总降水量                          | 1 922   | 667         | 167    | 162    | 257    | 774       | 336              | 455    | 1 247        | 506      | 395      | 0           | 472     | 1 723   |
| 灌溉农田 (不包括脱盐) 的有效降水量                | 214     | 61          | 17     | 70     | 63     | 213       | 73               | 131    | 193          | 100      | 66       | 0           | 192     | 823     |
| 灌溉地下水净提取量                          | 0       | 0           | 0      | 0      | 0      | 0         | 0                | 0      | 0            | 0        | 0        | 0           | 0       | 0       |
| 项目外部供水总量 (包括降雨量和地下水提取量, 但不包括内部循环水) | 3 077   | 1 235       | 365    | 442    | 467    | 1 878     | 571              | 2 183  | 1 998        | 821      | 1 781    | 3 718       | 3 589   | 3 903   |
| 项目的外部总灌溉水量                         |         |             |        |        |        |           |                  | 1 728  | 751          | 314      | 1 386    | 3 718       | 3 117   | 2 180   |
| “内部”水源                             |         |             |        |        |        |           |                  |        |              |          |          |             |         |         |
| 灌区农民或项目内部循环利用的地表水量                 | 125     | 89          | 0      | 1      | 79     | 276       | 116              | 286    | 137          | 0        | 0        | 0           | 0       | 0       |
| 灌区农民抽取的地下水总量                       | 0       | 0           | 0      | 3      | 0      | 0         | 0                | 0      | 24           | 14       | 0        | 0           | 9       | 1       |
| 项目主管部门抽取并供给灌区的地下水总量                | 0       | 0           | 0      | 0      | 0      | 0         | 0                | 0      | 0            | 0        | 0        | 0           | 474     | 0       |

(续)

| 项目说明  | 单位  | 马来西亚  |             | 印尼     |        | 越南     |           | 菲律宾              |        | 尼泊尔          |          | 巴基斯坦     |             | 印度     |         |
|---|-----|-------|-------------|--------|--------|--------|-----------|------------------|--------|--------------|----------|----------|-------------|--------|---------|
|   |     | MADA  | KERIAN KUMP | Penang | Lodoyo | Lakbok | Dau Tieng | Cau Son, Cam Son | MARIIS | SMP Over All | Narayani | AkramWah | Fuleli-Gumi | Ghotki | Krishna |
| 项目主管部门年灌溉供水总量   | MCM |       |             |        |        |        |           |                  | 2 014  | 841          | 314      | 1 386    | 3 718       | 3 591  | 2 180   |
| 灌区地下水抽取总量   | MCM |       |             |        |        |        |           |                  | 0      | 24           | 14       | 0        | 0           | 483    | 1       |
| 项目主管部门抽取并供给灌区的地下水, 减去地下水提取量 (这是为了避免重复计算。而且, 所有净值都适用于此, 尽管有些也许用于农民)    | MCM |       |             |        |        |        |           |                  | 0      | 0            | 0        | 0        | 0           | 474    | 0       |
| 估算的内部地表水供水总量+地下水量   | MCM | 125   | 89          | 0      | 5      | 79     | 276       | 116              | 286    | 162          | 14       | 0        | 0           | 483    | 1       |
| 输配给用户的灌溉水量  |     |       |             |        |        |        |           |                  |        |              |          |          |             |        |         |
| 国内机构使用内部水源的输水效率   | %   | 95    | 87          | 93     | 87     | 86     | 83        | 83               | 60     | 75           | 90       | 80       | 80          | 80     | 80      |
| 灌区用水户从外部水源得到的地表灌溉水量——按期望输水效率  | MCM | 967   | 349         | 158    | 168    | 118    | 552       | 118              | 1 037  | 563          | 220      | 1 109    | 2 974       | 2 494  | 1 526   |
| 灌区用水户所使用的其他水源水量 (循环利用的地表水量+加上所有井泵抽水量, 使用期望的输水效率, 100%为农民泵水, 以及农民地表分配) | MCM |       |             |        |        |        |           |                  | 172    | 139          | 14       | 0        | 0           | 388    | 1       |
| 灌区用水户所使用的灌溉水总量 (外部地表灌溉水量+内部水源地表水量+地下水提取量), 减少输水效率                     | MCM | 1 083 | 426         | 158    | 172    | 186    | 782       | 214              | 1 208  | 702          | 234      | 1 109    | 2 974       | 2 882  | 1 527   |
| 总灌溉水量 (内部+外部) ——仅仅是中间值  | MCM |       |             |        |        |        |           |                  | 2 014  | 913          | 328      | 1 386    | 3 718       | 3 601  | 2 181   |
| 项目管理部门总输水效率   | %   |       |             |        |        |        |           |                  | 60     | 75           | 70       | 80       | 80          | 80     | 70      |
| 田间灌溉净需水量  |     |       |             |        |        |        |           |                  |        |              |          |          |             |        |         |
| 灌区腾发量   | MCM | 481   | 265         | 94     | 166    | 183    | 552       | 226              | 449    | 550          | 277      | 684      | 901         | 2 112  | 918     |
| 灌区灌溉水的消耗利用量 (腾发量-有效降水量)   | MCM | 267   | 204         | 77     | 95     | 120    | 339       | 153              | 318    | 357          | 177      | 617      | 901         | 1 921  | 95      |

(续)

| 项目说明  | 单位                                | 马来西亚  |             | 印尼     |        | 越南     |          | 菲律宾              |       | 尼泊尔          |          | 巴基斯坦     |            | 印度     |         |
|---|-----------------------------------|-------|-------------|--------|--------|--------|----------|------------------|-------|--------------|----------|----------|------------|--------|---------|
|   |                                   | MADA  | KERIAN KUMP | Penang | Lodoyo | Lakbok | Dau Teng | Cau Son, Cam Son | MARIS | SMP Over All | Narayani | AkramWah | Fulei-Guni | Ghotki | Krishna |
| 控制盐碱所需的净灌溉水量  | MCM                               | 0     | 0           | 0      | 7      | 6      | 20       | 8                | 6     | 1            | 0        | 63       | 84         | 95     | 0       |
| 特殊农艺措施所需灌溉水量  | MCM                               | 0     | 0           | 0      | 8      | 5      | 44       | 7                | 49    | 91           | 27       | 17       | 35         | 5      | 450     |
| 净灌溉需水总量(腾发量-有效降雨量+盐碱防治所需水量+特殊农艺措施所需水量)                  | MCM                               | 267   | 204         | 77     | 110    | 130    | 402      | 168              | 372   | 449          | 204      | 696      | 1 020      | 2 021  | 545     |
| 其他关键值   |                                   |       |             |        |        |        |          |                  |       |              |          |          |            |        |         |
| 干渠渠首设计流量  | m <sup>3</sup> /s                 | 141   | 34          | 14     | 19     | 25     | 90       | 31               | 100   | 60           | 24.1     | 105      | 509        | 326    | 216     |
| 干渠渠首实际最高流量  | m <sup>3</sup> /s                 | 141   | 31          | 13     | 12     | 24     | 87       | 31               | 95    | 60           | 22.1     | 79       | 408        | 312    | 135     |
| 灌溉高峰期净需水量,包括任何特殊需求所需水量                                  | m <sup>3</sup> /s                 | 23    | 15          | 4      | 6      | 8      | 25       | 10               | 21    | 35           | 11.9     | 57       | 78         | 131.1  | 122     |
| 高峰期毛灌溉需水量,包括所有的无效灌溉损失水量                                 | m <sup>3</sup> /s                 | 115   | 51          | 10     | 17     | 22     | 99       | 25               | 113   | 74           | 19.4     | 113      | 283        | 233.7  | 488     |
| 灌区年度或一次性外部指标  |                                   |       |             |        |        |        |          |                  |       |              |          |          |            |        |         |
| 调查年地表灌溉最高入渠流量   | L <sub>i</sub> /s/hm <sup>2</sup> | 1.46  | 1.30        | 1.89   | 0.98   | 1      | 1.98     | 1.28             | 2.20  | 0.94         | 0.77     | 0.37     | 1.01       | 0.78   | 0.67    |
| 灌区相对供水量(RWS) [(外部供水总量)/(作物生长季的田间腾发量+盐碱控制用水-有效降雨量)]      | L <sub>i</sub> /s/hm <sup>2</sup> | 12.29 | 6.14        | 4.85   | 4.06   | 4      | 4.67     | 3.40             | 5.86  | 4.45         | 4.02     | 2.56     | 3.64       | 1.78   | 7.16    |
| 灌区年度灌溉效率 [100 × (作物腾发量+盐分淋洗用水-有效降雨量)/(地表灌溉引水量+地下水净提取量)] | %                                 | 23    | 36          | 39     | 42     | 60     | 36       | 71               | 22    | 60           | 65       | 50       | 27         | 65     | 25      |
| 田间灌溉效率(估算) = [作物腾发量-有效降雨量+盐分淋洗用水]/[输配给用户的总水量] × 100     | %                                 | 25    | 48          | 49     | 68     | 68     | 51       | 78               | 31    | 64           | 87       | 63       | 34         | 70     | 36      |
| 渠道相对输水能力(RGCC) [(月最高灌溉净需水量)/(干渠输水能力)]                   | 无                                 | 0.16  | 0.44        | 0.29   | 0.33   | 0      | 0.28     | 0.32             | 0.21  | 0.59         | 0.49     | 0.54     | 0.15       | 0.40   | 0.56    |

(续)

| 项目说明                                       | 单位   | 马来西亚        |             | 印尼         |            | 越南         |            | 菲律宾              |            | 尼泊尔          |            | 巴基斯坦       |             | 印度          |             |
|--|------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------------|------------|--------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
|  |      | MADA        | KERIAN KUMP | Penang     | Lodoyo     | Lakbok     | Dau Tieng  | Cau Son, Cam Son | MARIS      | SMP Over All | Narayani   | AkramWah   | Fuleli-Gumi | Ghotki      | Krishna     |
| 渠道实际相对输水能力 (RACF) [(月最高灌溉净需水量) / (干渠最大流量)] | 无    | 0.16        | 0.49        | 0.31       | 0.54       | 0          | 0.29       | 0.32             | 0.22       | 0.59         | 0.54       | 0.72       | 0.19        | 0.42        | 0.90        |
| 不同类型作物年总产量                                 | 百万 t |             |             |            |            |            |            |                  |            |              |            |            |             |             |             |
| 年度农业生产总值                                   | 美元   | 141 957 727 | 19 944 537  | 10 917 445 | 24 596 251 | 21 378 846 | 28 772 000 | 25 382 933       | 56 199 902 | 52 680 003   | 21 614 250 | 29 928 364 | 27 420 485  | 119 967 401 | 199 184 839 |

## 附录 5 内部性能指标

| 指标代码 | 指标名称                        | 权重因数 | 权重因数合计 | 马来西亚 |           |        |       | 泰国  |         | 印度尼西亚  |        | 菲律宾    |        | 越南       |              | 印度           |           |           |         | 尼泊尔 |         | 巴基斯坦     |           |        |      | 伊朗      |            | 摩洛哥              |            | 马里      |          | 多米尼加        |           | 哥伦比亚   |     | 墨西哥 |  | 土耳其 |  |
|------|-----------------------------|------|--------|------|-----------|--------|-------|-----|---------|--------|--------|--------|--------|----------|--------------|--------------|-----------|-----------|---------|-----|---------|----------|-----------|--------|------|---------|------------|------------------|------------|---------|----------|-------------|-----------|--------|-----|-----|--|-----|--|
|      |                             |      |        | MADA | KERIAN MP | Penang | Muda* | 克姆埠 | Lampao* | Nam On | Lodoyo | Lakbok | MARIS* | Dau Teng | Cau Son, Cam | West Krishna | Majagaon* | Dantwada* | Bhakra* | SMP | Naryani | AkramWah | Fuleh-Cum | Chokki | Dez* | Guilan* | Benl Amir* | Office du Niger* | Rio Yaqui* | Coello* | Saldana* | Cupaltizio* | Rio Mayo* | Sehan* |     |     |  |     |  |
| I-1  | 对个人所有权单位的实际供水服务<br>(如农田或农场) |      | 11.0   | 2.3  | 2.1       | 2.3    | 2.5   | 2.4 | 1.0     | 1.06   | 1.8    | 1.5    | 1.8    | 1.6      | 1.3          | 0.8          | 2.0       | 2.4       | 0.9     | 1.1 | 0.5     | 1.5      | 1.5       | 1.5    | 1.2  | 0.9     | 2.2        | 3.0              | 2.5        | 1.6     | 2.4      | 2.4         | 2.4       | 2.4    | 3.0 | 2.8 |  |     |  |
| I-1A | 水量测量                        | 1.0  |        | 0.0  | 0.0       | 0.3    | 2.0   | 0.0 | 0.0     | 0.65   | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0      | 0.0          | 0.0          | 0.0       | 0.0       | 0.0     | 0.0 | 0.0     | 0.0      | 0.0       | 0.0    | 0.0  | 0.0     | 0.0        | 2.5              | 0.0        | 0.0     | 0.8      | 1.0         | 0.5       | 2.5    | 3.0 |     |  |     |  |
| I-1B | 灵活性                         | 2.0  |        | 2.0  | 1.7       | 2.5    | 2.0   | 2.0 | 1.5     | 0.8    | 1.7    | 1.0    | 2.0    | 1.0      | 1.0          | 0.5          | 1.0       | 2.0       | 1.0     | 1.0 | 0.0     | 1.5      | 1.5       | 1.5    | 1.5  | 1.0     | 2.0        | 3.0              | 4.0        | 4.0     | 3.0      | 2.5         | 3.0       | 3.5    | 3.0 | 3.0 |  |     |  |
| I-1C | 可靠性                         | 4.0  |        | 2.0  | 2.0       | 2.0    | 2.5   | 2.5 | 1.0     | 1.2    | 1.8    | 1.7    | 2.0    | 2.0      | 1.0          | 1.0          | 1.0       | 2.5       | 1.0     | 1.5 | 1.0     | 1.5      | 1.5       | 1.5    | 1.0  | 2.0     | 4.0        | 4.0              | 3.0        | 1.5     | 2.0      | 2.0         | 2.0       | 2.5    | 3.0 | 3.0 |  |     |  |
| I-1D | 公正性                         | 4.0  |        | 3.3  | 2.8       | 3.0    | 3.0   | 3.0 | 1.0     | 1.6    | 2.3    | 2.0    | 2.0    | 2.0      | 2.0          | 1.0          | 4.0       | 3.0       | 1.0     | 1.0 | 0.5     | 2.0      | 2.0       | 1.0    | 1.0  | 3.0     | 2.0        | 2.0              | 1.0        | 3.0     | 3.0      | 3.0         | 3.0       | 3.5    | 2.5 | 2.5 |  |     |  |
| I-2  | 规定向个人所有权单位的供水服务<br>(如农田或农场) |      | 11.0   | 2.7  | 2.5       | 2.3    | 2.4   | 2.6 | 2.4     | 1.32   | 2.6    | 1.5    | 2.5    | 1.8      | 0.7          | 2.5          | 2.3       | 1.5       | 1.8     | 1.6 | 2.8     | 2.8      | 2.1       | 2.2    | 2.3  | 2.4     | 3.8        | 2.9              | 2.8        | 2.6     | 3.0      | 2.8         | 3.0       | 2.8    | 3.0 | 3.0 |  |     |  |
| I-2A | 水量测量                        | 1.0  |        | 0.0  | 3.0       | 0.3    | 0.0   | 1.0 | 2.0     | 0.87   | 2.3    | 1.3    | 0.0    | 0.0      | 0.0          | 1.0          | 1.0       | 0.0       | 0.0     | 0.0 | 2.0     | 2.0      | 3.0       | 3.0    | 3.0  | 1.0     | 4.0        | 4.0              | 1.0        | 3.0     | 3.0      | 1.0         | 2.5       | 3.5    | 3.5 |     |  |     |  |
| I-2B | 灵活性                         | 2.0  |        | 3.0  | 2.0       | 2.3    | 2.0   | 2.0 | 2.0     | 0.8    | 2.0    | 1.0    | 4.0    | 2.0      | 0.0          | 1.7          | 2.0       | 2.0       | 1.0     | 2.0 | 1.0     | 2.5      | 2.5       | 2.0    | 2.5  | 2.0     | 3.0        | 3.0              | 4.0        | 3.0     | 3.0      | 3.0         | 3.0       | 3.5    | 3.0 | 3.0 |  |     |  |
| I-2C | 可靠性                         | 4.0  |        | 2.0  | 2.0       | 2.0    | 2.5   | 3.0 | 2.0     | 2.0    | 2.3    | 1.3    | 2.0    | 2.0      | 0.0          | 2.7          | 1.0       | 2.5       | 1.5     | 2.0 | 2.0     | 3.0      | 3.0       | 2.0    | 2.0  | 2.0     | 4.0        | 4.0              | 2.0        | 2.0     | 2.0      | 3.0         | 2.0       | 2.5    | 3.0 | 3.0 |  |     |  |
| I-2D | 公正性                         | 4.0  |        | 4.0  | 3.0       | 3.0    | 3.0   | 3.0 | 3.0     | 1.6    | 3.3    | 2.0    | 3.0    | 2.0      | 2.0          | 3.0          | 4.0       | 3.0       | 2.0     | 2.0 | 2.0     | 3.0      | 3.0       | 2.0    | 2.0  | 3.0     | 4.0        | 4.0              | 4.0        | 4.0     | 3.0      | 3.0         | 4.0       | 3.5    | 3.0 | 3.0 |  |     |  |
| I-3  | 系统受薪雇员负责的未级配水点处的实际供水服务      |      | 17.0   | 1.9  | 2.0       | 2.0    | 2.4   | 2.0 | 0.9     | 0.76   | 1.4    | 1.5    | 1.2    | 1.4      | 0.7          | 0.9          | 1.3       | 1.4       | 1.3     | 0.7 | 0.4     | 0.9      | 0.9       | 1.8    | 1.8  | 2.7     | 2.4        | 1.2              | 2.2        | 2.2     | 2.4      | 2.2         | 3.1       | 2.9    | 2.9 | 2.9 |  |     |  |
| I-3A | 此点以下的田块数量                   | 1.0  |        | 1.3  | 2.0       | 2.5    | 3.0   | 0.0 | 3.0     | 0.69   | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0      | 0.0          | 0.0          | 0.0       | 1.0       | 0.0     | 0.0 | 0.0     | 0.0      | 0.0       | 0.0    | 0.0  | 3.0     | 0.0        | 4.0              | 1.0        | 3.0     | 2.5      | 4.0         | 4.0       | 4.0    | 4.0 |     |  |     |  |
| I-3B | 水量测量                        | 4.0  |        | 0.0  | 1.8       | 0.3    | 1.5   | 1.0 | 0.0     | 0      | 0.7    | 0.0    | 0.0    | 0.0      | 0.0          | 0.0          | 0.0       | 0.0       | 2.5     | 0.0 | 0.0     | 0.0      | 0.0       | 0.0    | 2.5  | 0.0     | 2.5        | 0.0              | 0.0        | 0.8     | 2.0      | 0.5         | 2.5       | 3.0    | 3.0 |     |  |     |  |
| I-3C | 灵活性                         | 4.0  |        | 2.0  | 2.0       | 3.0    | 2.5   | 2.5 | 1.5     | 0.6    | 1.8    | 1.7    | 2.0    | 2.0      | 1.0          | 1.5          | 1.0       | 2.0       | 1.0     | 1.0 | 0.0     | 1.0      | 1.0       | 1.0    | 2.0  | 2.0     | 3.0        | 4.0              | 3.0        | 3.0     | 2.5      | 3.0         | 3.5       | 3.0    | 3.0 | 3.0 |  |     |  |
| I-3D | 可靠性                         | 4.0  |        | 2.3  | 1.7       | 2.0    | 2.5   | 2.0 | 1.0     | 0.9    | 1.3    | 2.0    | 1.5    | 2.0      | 1.0          | 1.7          | 1.0       | 1.5       | 1.0     | 1.0 | 0.5     | 1.0      | 1.0       | 1.0    | 1.5  | 2.0     | 4.0        | 3.0              | 1.0        | 2.0     | 2.0      | 2.0         | 2.5       | 3.0    | 3.0 |     |  |     |  |

### 服务和社会秩序

(续)

| 指标代码 | 指标名称                   | 权重因数 | 权重因数合计 | 马来西亚 |           |        |       | 越南  |         | 印度     |        |        |         | 尼泊尔       |              | 巴基斯坦         |               |            | 伊朗         |         | 摩洛哥 | 马里       | 多米尼加     | 哥伦比亚       |        | 墨西哥  | 土耳其     |            |                  |            |         |          |             |
|------|------------------------|------|--------|------|-----------|--------|-------|-----|---------|--------|--------|--------|---------|-----------|--------------|--------------|---------------|------------|------------|---------|-----|----------|----------|------------|--------|------|---------|------------|------------------|------------|---------|----------|-------------|
|      |                        |      |        | MADA | KERIAN MP | Penang | Muda* | 克姆培 | Lampao* | Nam On | Lodoyo | Lakbok | MARRIS* | Dau Tieng | Cau Son, Cam | West Krishna | Audhra Prades | Majalgaon* | Dantiwada* | Bhakra* | SMP | Narayani | AkramWah | Fuleh-Guni | Chokti | Dez* | Gulian* | Benl Amir* | Office du Niger* | Rio Yagui* | Coello* | Saldana* | Cupatitzio* |
| I-3E | 公正性                    | 4.0  |        | 3.3  | 2.7       | 2.5    | 3.0   | 3.0 | 0.5     | 1.6    | 2.0    | 2.7    | 1.5     | 2.0       | 1.0          | 1.3          | 3.5           | 2.0        | 1.0        | 1.0     | 2.0 | 2.0      | 1.5      | 3.0        | 2.0    | 2.0  | 1.0     | 3.0        | 3.0              | 3.0        | 3.5     | 2.5      |             |
| I-4  | 系统受薪雇员负责的未级配水点处的规定供水服务 |      | 17.0   | 2.4  | 1.8       | 1.7    | 2.1   | 2.0 | 2.8     | 1.69   | 2.5    | 2.2    | 2.4     | 1.4       | 1.4          | 2.1          | 1.9           | 1.6        | 3.1        | 1.5     | 1.2 | 3.1      | 2.2      | 2.5        | 1.8    | 3.8  | 3.1     | 1.7        | 2.8              | 3.0        | 2.6     | 3.1      | 3.1         |
| I-4A | 此点以下的田块数量              | 1.0  |        | 0.0  | 0.0       | 0.5    | 2.0   | 0.0 | 3.0     | 1.54   | 1.3    | 0.0    | 0.0     | 0.0       | 0.0          | 0.0          | 0.0           | 1.0        | 0.0        | 0.0     | 0.0 | 0.0      | 0.0      | 3.0        | 4.0    | 0.0  | 1.0     | 3.0        | 2.5              | 4.0        | 4.0     | 4.0      |             |
| I-4B | 水量测量                   | 4.0  |        | 1.3  | 1.0       | 1.0    | 0.5   | 1.0 | 2.0     | 0.0    | 2.0    | 1.7    | 2.0     | 0.0       | 0.0          | 2.3          | 1.0           | 0.0        | 3.0        | 0.0     | 0.0 | 3.0      | 3.0      | 4.0        | 0.0    | 3.0  | 4.0     | 1.0        | 3.0              | 3.0        | 1.0     | 2.5      | 3.5         |
| I-4C | 灵活性                    | 4.0  |        | 2.7  | 2.0       | 2.3    | 2.5   | 2.0 | 2.0     | 2.0    | 2.0    | 2.3    | 3.0     | 2.0       | 2.0          | 1.7          | 2.0           | 2.0        | 2.0        | 2.0     | 2.5 | 3.5      | 2.0      | 2.5        | 2.0    | 4.0  | 2.0     | 2.0        | 3.0              | 3.0        | 3.0     | 3.5      | 3.0         |
| I-4D | 可靠性                    | 4.0  |        | 2.3  | 2.0       | 2.0    | 2.5   | 2.0 | 4.0     | 2.2    | 3.0    | 2.3    | 2.0     | 2.0       | 2.0          | 2.0          | 1.0           | 1.5        | 4.0        | 2.0     | 2.0 | 3.0      | 2.0      | 2.0        | 2.0    | 4.0  | 4.0     | 2.0        | 2.0              | 3.0        | 2.0     | 2.5      | 3.0         |
| I-4E | 公正性                    | 4.0  |        | 3.7  | 2.7       | 2.0    | 3.0   | 3.0 | 2.7     | 3.3    | 3.0    | 3.0    | 3.0     | 2.0       | 2.0          | 3.0          | 4.0           | 3.0        | 4.0        | 2.0     | 0.5 | 3.5      | 2.5      | 2.0        | 3.0    | 4.0  | 3.0     | 2.0        | 3.0              | 3.0        | 4.0     | 3.5      | 2.5         |
| I-5  | 干渠向支渠输水的实际供水服务         |      | 4.5    | 2.9  | 2.6       | 2.8    | 2.6   | 3.3 | 1.3     | 2.73   | 1.7    | 1.7    | 2.7     | 2.5       | 2.2          | 1.0          | 3.0           | 3.3        | 1.8        | 1.7     | 0.4 | 1.4      | 1.2      | 0.9        | 3.0    | 2.5  | 2.7     | 1.1        | 2.6              | 2.1        | 2.4     | 2.8      | 2.8         |
| I-5A | 灵活性                    | 1.0  |        | 1.0  | 3.0       | 3.0    | 2.5   | 4.0 | 1.5     | 2.11   | 0.5    | 1.3    | 2.0     | 3.0       | 3.0          | 1.0          | 1.0           | 3.2        | 1.0        | 1.0     | 0.0 | 1.0      | 1.0      | 1.5        | 3.0    | 1.0  | 4.0     | 2.0        | 2.0              | 2.0        | 3.0     | 3.0      | 2.0         |
| I-5B | 可靠性                    | 1.0  |        | 3.7  | 3.3       | 3.5    | 2.0   | 3.0 | 1.0     | 3.1    | 2.0    | 3.0    | 3.0     | 3.0       | 1.0          | 2.0          | 3.0           | 3.5        | 3.0        | 3.0     | 0.0 | 1.5      | 1.5      | 1.0        | 3.0    | 4.0  | 3.0     | 2.0        | 2.5              | 3.0        | 3.0     | 3.0      | 3.0         |
| I-5C | 公正性                    | 1.0  |        | 4.0  | 3.3       | 3.3    | 2.5   | 3.5 | 2.0     | 3      | 2.8    | 2.7    | 4.0     | 3.0       | 3.0          | 1.3          | 3.5           | 4.0        | 1.0        | 2.0     | 0.5 | 1.5      | 1.5      | 1.0        | 3.0    | 4.0  | 2.0     | 1.0        | 4.0              | 3.0        | 3.0     | 3.0      | 3.0         |
| I-5D | 按规定控制进入支渠的流量           | 1.5  |        | 3.0  | 1.5       | 1.9    | 3.0   | 3.0 | 1.0     | 2.7    | 1.5    | 0.3    | 2.0     | 1.5       | 2.0          | 0.0          | 4.0           | 2.8        | 2.0        | 1.0     | 1.0 | 1.5      | 1.0      | 0.5        | 3.0    | 1.5  | 2.0     | 0.0        | 2.0              | 1.0        | 2.0     | 2.5      | 3.2         |
| I-6  | 干渠提向支渠输水的规定供水服务        |      | 4.5    | 3.3  | 3.0       | 3.0    | 2.6   | 4.0 | 2.9     | 2.86   | 2.5    | 3.0    | 3.6     | 2.3       | 2.2          | 1.7          | 2.9           | 3.0        | 2.6        | 2.0     | 1.6 | 2.9      | 2.9      | 2.4        | 3.3    | 4.0  | 4.0     | 3.0        | 2.9              | 3.1        | 3.6     | 2.8      | 3.3         |
| I-6A | 灵活性                    | 1.0  |        | 2.0  | 3.0       | 3.0    | 2.5   | 4.0 | 2.0     | 2.52   | 1.7    | 2.3    | 2.0     | 3.0       | 2.0          | 1.0          | 1.0           | 2.0        | 1.0        | 1.0     | 2.5 | 2.5      | 1.0      | 3.0        | 3.0    | 4.0  | 4.0     | 2.0        | 2.0              | 2.5        | 2.0     | 3.0      | 3.0         |
| I-6B | 可靠性                    | 1.0  |        | 3.7  | 3.0       | 3.0    | 2.0   | 4.0 | 1.0     | 3.3    | 3.0    | 4.0    | 4.0     | 3.0       | 3.0          | 2.7          | 3.0           | 3.0        | 3.0        | 3.0     | 2.0 | 1.5      | 1.5      | 2.0        | 3.0    | 4.0  | 4.0     | 4.0        | 4.0              | 2.5        | 3.0     | 4.0      | 3.0         |
| I-6C | 公正性                    | 1.0  |        | 4.0  | 3.0       | 3.0    | 2.5   | 4.0 | 4.0     | 2.9    | 3.0    | 2.7    | 4.0     | 2.0       | 2.0          | 1.3          | 3.0           | 4.0        | 3.0        | 2.0     | 0.5 | 3.0      | 3.0      | 3.0        | 3.0    | 4.0  | 4.0     | 3.0        | 4.0              | 4.0        | 4.0     | 4.0      | 3.0         |
| I-6D | 按规定控制进入支渠的流量           | 1.5  |        | 3.3  | 3.0       | 3.0    | 3.0   | 4.0 | 4.0     | 2.7    | 2.3    | 3.0    | 4.0     | 1.5       | 2.0          | 1.7          | 4.0           | 3.0        | 3.0        | 2.0     | 1.5 | 4.0      | 4.0      | 2.0        | 4.0    | 4.0  | 4.0     | 3.0        | 3.0              | 3.0        | 4.0     | 2.5      | 4.0         |
| I-7  | 由受薪雇员负责的渠道系统中社会“秩序”状况  |      | 4.0    | 2.7  | 2.9       | 2.1    | 2.0   | 1.5 | 2.3     | 1.49   | 3.2    | 1.8    | 1.0     | 1.3       | 2.5          | 1.8          | 2.8           | 3.0        | 1.5        | 1.0     | 1.5 | 1.4      | 1.3      | 0.5        | 2.5    | 3.0  | 2.3     | 1.8        | 2.5              | 3.0        | 2.3     | 3.0      | 3.0         |
| I-7A | 遵守“未经允许不得取水或不超规定取水”的程度 | 2.0  |        | 2.7  | 3.0       | 2.5    | 2.0   | 2.0 | 2.0     | 1.55   | 3.3    | 2.0    | 1.0     | 2.0       | 3.0          | 2.5          | 3.0           | 3.0        | 1.0        | 1.0     | 1.0 | 1.0      | 1.0      | 1.0        | 3.0    | 3.0  | 2.0     | 2.0        | 3.0              | 3.0        | 3.0     | 3.0      | 3.0         |

(续)

| 指标代码  | 指标名称              | 权重因数 | 权重因数合计 | 马来西亚 |           |        |       | 泰国  |         | 印度尼西亚  |        | 菲律宾    |          | 越南        |              | 印度           |            |            | 尼泊尔      |     | 巴基斯坦     |          | 伊朗         |        | 摩洛哥  |        | 马里         |                  | 多米尼加       |         | 哥伦比亚     |             | 墨西哥       |        | 土耳其 |  |  |
|-------|-------------------|------|--------|------|-----------|--------|-------|-----|---------|--------|--------|--------|----------|-----------|--------------|--------------|------------|------------|----------|-----|----------|----------|------------|--------|------|--------|------------|------------------|------------|---------|----------|-------------|-----------|--------|-----|--|--|
|       |                   |      |        | MADA | KERIAN MP | Penang | Muda* | 克姆埠 | Lampao* | Nam On | Lodoyo | Lakbok | MARIIS** | Dau Tieng | Cau Son, Cam | West Krishna | Majalgaon* | Dantiwada* | Bhakara* | SMP | Narayani | AkramWah | Fuleh-Guni | Chokki | Dez* | Gulan* | Benl Amir* | Office du Niger* | Rio Yaqui* | Coello* | Saldana* | Cupatitzio* | Rio Mayo* | Sehan* |     |  |  |
| I-7B  | 不存在明显的未经授权取水口     | 1.0  |        | 3.0  | 3.0       | 1.5    | 3.0   | 1.0 | 2.0     | 1.0    | 3.0    | 1.7    | 2.0      | 1.0       | 2.0          | 1.0          | 3.0        | 3.0        | 2.0      | 1.0 | 1.0      | 1.0      | 3.0        | 3.0    | 3.0  | 3.0    | 1.0        | 3.0              | 3.0        | 3.0     | 3.0      | 3.0         |           |        |     |  |  |
| I-7C  | 没有蓄意破坏的行为         | 1.0  |        | 2.3  | 2.7       | 1.8    | 1.0   | 1.0 | 3.0     | 3.4    | 3.2    | 1.7    | 0.0      | 0.0       | 2.0          | 1.0          | 2.0        | 3.0        | 2.0      | 1.0 | 3.0      | 2.0      | 3.0        | 3.0    | 2.0  | 2.0    | 1.0        | 3.0              | 2.0        | 3.0     | 3.0      | 3.0         |           |        |     |  |  |
| 干渠    |                   |      |        |      |           |        |       |     |         |        |        |        |          |           |              |              |            |            |          |     |          |          |            |        |      |        |            |                  |            |         |          |             |           |        |     |  |  |
| I-8   | 节制闸硬件(干渠)         |      | 7.0    | 1.5  | 1.3       | 2.3    | 3.1   | 3.5 | 1.5     | 2.04   | 1.7    | 1.6    | 2.1      | 0.9       | 0.7          | 0.8          | 3.4        | 3.3        | 2.2      | 1.2 | 1.7      | 1.7      | 1.6        | 1.6    | 1.7  | 3.1    | 3.6        | 2.8              | 1.6        | 3.1     | 3.2      | 2.8         | 1.9       | 2.2    |     |  |  |
| I-8A  | 当前操作目标下节制闸操作难易情况  | 1.0  |        | 3.3  | 2.5       | 2.5    | 4.0   | 4.0 | 2.0     | 1.77   | 2.7    | 2.3    | 2.0      | 2.0       | 2.0          | 1.3          | 4.0        | 2.8        | 2.5      | 2.5 | 2.5      | 2.0      | 2.0        | 2.0    | 1.0  | 4.0    | 4.0        | 3.0              | 3.0        | 4.0     | 4.0      | 3.5         | 3.0       | 2.5    |     |  |  |
| I-8B  | 节制闸的维护            | 1.0  |        | 4.0  | 2.7       | 2.5    | 3.0   | 2.5 | 2.5     | 2.8    | 2.3    | 1.7    | 2.0      | 2.0       | 3.0          | 1.7          | 3.5        | 3.6        | 3.0      | 2.0 | 2.5      | 2.0      | 1.5        | 1.0    | 3.0  | 3.0    | 3.0        | 2.5              | 2.0        | 3.0     | 3.5      | 2.0         | 3.5       | 3.0    |     |  |  |
| I-8C  | 无水位波动             | 3.0  |        | 0.3  | 0.0       | 1.8    | 3.0   | 4.0 | 2.0     | 1.6    | 0.0    | 0.7    | 1.0      | 0.0       | 0.0          | 0.7          | 4.0        | 3.0        | 2.0      | 0.0 | 1.0      | 2.0      | 2.0        | 2.0    | 3.0  | 4.0    | 2.0        | 0.0              | 3.0        | 3.0     | 3.0      | 3.0         | 1.0       | 2.0    |     |  |  |
| I-8D  | 渠首流量变化波及到渠尾所需时间   | 2.0  |        | 1.0  | 2.0       | 3.0    | 3.0   | 3.0 | 0.0     | 2.0    | 3.3    | 2.7    | 4.0      | 1.0       | 0.0          | 0.3          | 2.0        | 4.0        | 2.0      | 2.0 | 2.0      | 1.0      | 1.0        | 1.0    | 1.0  | 3.0    | 3.0        | 4.0              | 3.0        | 3.0     | 3.0      | 2.5         | 2.0       | 2.0    |     |  |  |
| I-9   | 干渠的分水闸            |      | 3.0    | 3.6  | 2.2       | 3.0    | 3.3   | 3.3 | 2.5     | 1.95   | 2.9    | 1.9    | 2.3      | 2.3       | 2.3          | 2.2          | 3.7        | 2.7        | 1.3      | 2.0 | 1.8      | 1.8      | 1.5        | 1.8    | 3.2  | 3.5    | 1.8        | 2.0              | 2.3        | 2.3     | 3.3      | 2.3         | 2.8       | 3.2    | 3.2 |  |  |
| I-9A  | 当前操作目标下分水闸操作难易情况  | 1.0  |        | 3.7  | 2.7       | 2.8    | 3.0   | 3.5 | 2.0     | 2.2    | 3.0    | 2.3    | 3.0      | 2.0       | 2.0          | 2.7          | 4.0        | 3.0        | 1.0      | 2.0 | 1.5      | 2.0      | 2.0        | 2.0    | 2.5  | 4.0    | 2.5        | 2.5              | 1.0        | 2.0     | 2.0      | 2.0         | 2.5       | 3.5    |     |  |  |
| I-9B  | 维护水平              | 1.0  |        | 3.0  | 2.2       | 2.8    | 3.0   | 2.5 | 1.5     | 2.8    | 2.7    | 0.7    | 1.0      | 2.0       | 3.0          | 2.0          | 3.0        | 3.0        | 3.0      | 3.0 | 2.0      | 2.0      | 1.5        | 1.5    | 3.0  | 2.5    | 1.0        | 2.5              | 2.0        | 3.0     | 4.0      | 1.0         | 2.0       | 3.0    |     |  |  |
| I-9C  | 过流能力              | 1.0  |        | 4.0  | 1.8       | 3.5    | 4.0   | 4.0 | 4.0     | 2.8    | 3.0    | 2.7    | 3.0      | 3.0       | 2.0          | 2.0          | 4.0        | 2.0        | 0.0      | 2.0 | 2.0      | 2.0      | 1.0        | 2.0    | 4.0  | 2.0    | 1.0        | 4.0              | 2.0        | 4.0     | 4.0      | 4.0         | 4.0       | 3.0    |     |  |  |
| I-10  | 干渠的调节水库           |      | 6.0    | 0.8  | 0.0       | 0.0    | 0.0   | 0.0 | 0.7     | 0.0    | 1.2    | 0.1    | 0.0      | 0.0       | 0.0          | 0.0          | 1.2        | 0.0        | 0.0      | 0.0 | 0.0      | 0.0      | 0.0        | 0.0    | 1.7  | 3.7    | 0.0        | 0.0              | 0.0        | 0.0     | 0.0      | 0.0         | 0.0       | 0.0    |     |  |  |
| I-10A | 水库数量及位置的合理性       | 2.0  |        | 0.7  | 0.0       | 0.0    | 0.0   | 0.0 | 2.0     | 0.0    | 1.3    | 0.0    | 0.0      | 0.0       | 0.0          | 0.0          | 2.0        | 0.0        | 0.0      | 0.0 | 0.0      | 0.0      | 0.0        | 0.0    | 3.0  | 4.0    | 0.0        | 0.0              | 0.0        | 0.0     | 0.0      | 0.0         | 0.0       | 0.0    |     |  |  |
| I-10B | 运行效果              | 2.0  |        | 0.7  | 0.0       | 0.0    | 0.0   | 0.0 | 0.0     | 0.0    | 1.3    | 0.0    | 0.0      | 0.0       | 0.0          | 0.0          | 0.0        | 0.0        | 0.0      | 0.0 | 0.0      | 0.0      | 0.0        | 0.0    | 2.0  | 4.0    | 0.0        | 0.0              | 0.0        | 0.0     | 0.0      | 0.0         | 0.0       | 0.0    |     |  |  |
| I-10C | 蓄水容量、调节容量合理性      | 1.0  |        | 0.7  | 0.0       | 0.0    | 0.0   | 0.0 | 0.0     | 0.0    | 1.3    | 0.7    | 0.0      | 0.0       | 0.0          | 0.0          | 1.0        | 0.0        | 0.0      | 0.0 | 0.0      | 0.0      | 0.0        | 0.0    | 0.0  | 4.0    | 0.0        | 0.0              | 0.0        | 0.0     | 0.0      | 0.0         | 0.0       | 0.0    |     |  |  |
| I-10D | 维护状况              | 1.0  |        | 1.3  | 0.0       | 0.0    | 0.0   | 0.0 | 0.0     | 0.0    | 0.7    | 0.0    | 0.0      | 0.0       | 0.0          | 0.0          | 2.0        | 0.0        | 0.0      | 0.0 | 0.0      | 0.0      | 0.0        | 0.0    | 2.0  | 0.0    | 0.0        | 0.0              | 0.0        | 0.0     | 0.0      | 0.0         | 0.0       | 0.0    |     |  |  |
| I-11  | 干渠的通信状况           |      | 11.0   | 3.2  | 2.0       | 2.3    | 3.3   | 3.0 | 2.6     | 2.79   | 1.3    | 1.2    | 3.8      | 2.1       | 2.3          | 2.2          | 3.6        | 2.9        | 2.1      | 1.3 | 1.7      | 2.1      | 2.1        | 2.1    | 1.5  | 2.5    | 2.0        | 1.4              | 1.5        | 2.7     | 3.6      | 2.0         | 2.9       | 2.9    |     |  |  |
| I-11A | 与直接上级联系的频率        | 2.0  |        | 3.3  | 1.3       | 1.0    | 3.0   | 3.0 | 2.0     | 2.56   | 0.7    | 0.7    | 4.0      | 1.0       | 1.0          | 3.0          | 4.0        | 2.0        | 2.0      | 1.0 | 1.0      | 3.0      | 3.0        | 3.0    | 1.0  | 2.0    | 1.0        | 1.0              | 0.5        | 2.0     | 4.0      | 4.0         | 1.0       | 2.0    |     |  |  |
| I-11B | 管理人员或监管人员与用户联系的频率 | 2.0  |        | 3.0  | 2.3       | 2.0    | 2.0   | 3.0 | 1.0     | 3.0    | 0.7    | 1.3    | 4.0      | 3.0       | 2.0          | 3.7          | 3.0        | 3.0        | 2.0      | 2.0 | 2.0      | 4.0      | 4.0        | 4.0    | 1.0  | 2.0    | 3.0        | 1.0              | 1.5        | 3.0     | 4.0      | 2.0         | 4.0       | 3.0    |     |  |  |

(续)

| 指标代码  | 指标名称  | 权重因数 | 权重因数合计 | 马来西亚 |           |        |       | 泰国  |         | 印度尼西亚  |        | 菲律宾     |           | 越南           |              | 印度         |            |         |     | 尼泊尔      |          | 巴基斯坦       |        |      | 伊朗      |            | 摩洛哥              | 马里          | 多米尼加    |          | 哥伦比亚        |           | 墨西哥    |  | 土耳其 |
|-------|---|------|--------|------|-----------|--------|-------|-----|---------|--------|--------|---------|-----------|--------------|--------------|------------|------------|---------|-----|----------|----------|------------|--------|------|---------|------------|------------------|-------------|---------|----------|-------------|-----------|--------|--|-----|
|       |   |      |        | MADA | KERIAN MP | Penang | Muda* | 克姆培 | Lampao* | Nam On | Lakbok | MARRIS* | Dau Tieng | Cau Son, Cam | West Krishna | Majalgaon* | Dantiwada* | Bhakra* | SMP | Narayani | AkramWah | Fuleh-Guni | Chokti | Dez* | Gulian* | Benl Amir* | Office du Niger* | Rio Yaquil* | Coello* | Saldana* | Cupatitzio* | Rio Mayo* | Sehan* |  |     |
| I-11C | 电话通信或无线电通信的可靠性                                | 3.0  |        | 4.0  | 2.0       | 3.4    | 4.0   | 3.0 | 4.0     | 3.6    | 0.3    | 0.3     | 4.0       | 2.0          | 3.0          | 1.3        | 4.0        | 2.7     | 2.5 | 0.0      | 2.0      | 1.0        | 3.0    | 1.0  | 0.0     | 1.0        | 4.0              | 4.0         | 1.0     | 4.0      | 3.5         |           |        |  |     |
| I-11D | 上级管理员进行实地考察的频率                                | 1.0  |        | 1.7  | 4.0       | 1.8    | 2.0   | 2.0 | 4.0     | 3.4    | 2.7    | 2.0     | 3.0       | 3.0          | 3.0          | 4.0        | 4.0        | 4.0     | 2.0 | 2.0      | 2.0      | 4.0        | 3.0    | 3.0  | 3.0     | 3.0        | 2.0              | 4.0         | 1.0     | 4.0      | 2.0         |           |        |  |     |
| I-11E | 关键溢流点处是否存在远程监控设施及远程监控的频率(无论是自动的还是手动的),包括渠道末端的 | 1.0  |        | 1.7  | 0.0       | 1.3    | 4.0   | 3.0 | 1.0     | 2.6    | 0.3    | 1.0     | 4.0       | 2.0          | 3.0          | 1.5        | 2.0        | 3.5     | 0.0 | 0.0      | 2.0      | 2.0        | 1.5    | 0.0  | 0.0     | 0.0        | 0.0              | 0.0         | 0.0     | 0.0      | 1.5         |           |        |  |     |
| I-11F | 沿渠道路的通行状况                                     | 2.0  |        | 3.3  | 2.3       | 3.3    | 4.0   | 3.5 | 3.0     | 1.6    | 3.7    | 2.7     | 4.0       | 2.0          | 2.0          | 1.3        | 4.0        | 3.0     | 3.0 | 3.0      | 2.0      | 1.5        | 1.5    | 1.5  | 3.5     | 2.5        | 3.0              | 4.0         | 3.0     | 3.0      | 4.0         |           |        |  |     |
| I-12  | 干渠的基本状况                                       | 5.0  |        | 3.0  | 3.2       | 3.2    | 3.2   | 2.3 | 2.4     | 2.88   | 2.3    | 1.3     | 3.4       | 1.8          | 3.4          | 1.7        | 2.4        | 2.5     | 2.5 | 1.6      | 1.0      | 1.3        | 1.5    | 1.6  | 3.2     | 2.4        | 3.0              | 3.1         | 2.3     | 3.0      | 2.4         |           |        |  |     |
| I-12A | 渠道和渠堤的总体维护水平                                  | 1.0  |        | 2.7  | 3.2       | 3.3    | 3.0   | 2.5 | 2.0     | 2.6    | 2.3    | 0.0     | 3.0       | 2.0          | 3.0          | 3.0        | 3.0        | 3.5     | 3.0 | 2.0      | 1.0      | 1.5        | 1.0    | 2.0  | 3.0     | 3.0        | 2.5              | 2.5         | 3.0     | 3.0      | 1.0         | 3.5       |        |  |     |
| I-12B | 不希望发生的渗漏(注:如果故意混合使用地表水和地下水,视其为希望发生渗漏)         | 1.0  |        | 4.0  | 3.7       | 3.0    | 3.0   | 2.0 | 3.0     | 2.5    | 2.7    | 2.7     | 4.0       | 2.0          | 4.0          | 1.3        | 3.0        | 2.0     | 2.0 | 2.0      | 2.0      | 2.5        | 3.0    | 3.0  | 4.0     | 4.0        | 2.0              | 1.0         | 4.0     | 2.0      | 2.5         |           |        |  |     |
| I-12C | 维护渠道的设备和人员情况                                  | 2.0  |        | 3.3  | 2.8       | 3.3    | 3.5   | 2.0 | 2.0     | 3.3    | 1.7    | 1.0     | 3.0       | 1.5          | 4.0          | 0.7        | 3.0        | 2.5     | 3.0 | 1.0      | 1.0      | 1.5        | 1.0    | 4.0  | 2.0     | 2.5        | 3.0              | 1.0         | 3.0     | 2.0      | 3.5         | 2.5       |        |  |     |
| I-12D | 人员和设备到达渠道最远处所需时间                              | 1.0  |        | 1.7  | 3.3       | 3.3    | 3.0   | 3.0 | 3.0     | 3.1    | 3.0    | 1.7     | 4.0       | 2.0          | 2.0          | 2.7        | 0.0        | 2.0     | 1.5 | 2.0      | 0.0      | 0.0        | 1.0    | 2.0  | 2.0     | 3.0        | 3.0              | 3.0         | 4.0     | 2.0      | 3.0         | 2.0       |        |  |     |
| I-13  | 干渠运行情况  | 5.0  |        | 3.3  | 2.7       | 3.0    | 3.3   | 2.8 | 0.8     | 3.11   | 1.6    | 1.9     | 2.7       | 4.0          | 4.0          | 1.5        | 3.3        | 3.1     | 0.8 | 2.4      | 0.5      | 1.6        | 1.6    | 2.3  | 2.7     | 2.4        | 0.5              | 0.1         | 1.1     | 1.6      | 1.9         | 2.3       | 2.1    |  |     |
| I-13A | 渠道操作人员、观察员的实时反馈信息的应变能力                        | 2.0  |        | 4.0  | 2.7       | 2.8    | 3.5   | 2.7 | 0.0     | 3.63   | 1.8    | 2.2     | 2.7       | 4.0          | 4.0          | 1.3        | 3.5        | 3.0     | 0.0 | 2.7      | 0.0      | 2.7        | 2.7    | 2.7  | 1.3     | 2.7        | 0.0              | 0.0         | 0.0     | 1.3      | 1.3         | 2.0       |        |  |     |
| I-13B | 输水过程与实际需水是否匹配及输水效率                            | 1.0  |        | 3.1  | 2.7       | 2.8    | 4.0   | 2.0 | 0.0     | 2.66   | 1.3    | 0.0     | 1.3       | 4.0          | 4.0          | 2.0        | 1.3        | 2.0     | 0.0 | 1.3      | 0.0      | 0.0        | 0.0    | 0.7  | 2.7     | 1.3        | 0.0              | 0.0         | 1.3     | 0.0      | 1.3         | 2.0       | 2.0    |  |     |
| I-13C | 向运行管理人员做出指示的清晰度和正确性                           | 1.0  |        | 4.0  | 1.3       | 2.9    | 3.0   | 2.7 | 0.0     | 2.14   | 1.9    | 3.1     | 4.0       | 4.0          | 4.0          | 1.5        | 4.0        | 3.5     | 1.3 | 2.7      | 1.3      | 0.0        | 0.0    | 1.3  | 4.0     | 4.0        | 1.3              | 0.0         | 0.0     | 2.7      | 2.7         | 1.3       |        |  |     |
| I-13D | 对渠道进行检查并向管理机构汇报的周期                            | 1.0  |        | 1.3  | 4.0       | 4.0    | 2.7   | 4.0 | 4.0     | 4.0    | 1.3    | 1.8     | 2.7       | 4.0          | 4.0          | 1.3        | 4.0        | 4.0     | 2.7 | 2.7      | 1.3      | 2.7        | 2.7    | 4.0  | 4.0     | 1.3        | 1.3              | 0.7         | 4.0     | 2.7      | 4.0         | 3.0       |        |  |     |



(续)

| 指标代码  | 指标名称              | 权重因数 | 权重因数合计 | 马来西亚 |           |        |       | 泰国  |         | 印度尼西亚  |        | 菲律宾    |          | 越南        |              | 印度           |               |          |            | 尼泊尔     |     | 巴基斯坦     |          |            | 伊朗     |      | 摩洛哥     | 马里         | 多米尼加              | 哥伦比亚       |         | 墨西哥      | 土耳其         |           |
|-------|-------------------|------|--------|------|-----------|--------|-------|-----|---------|--------|--------|--------|----------|-----------|--------------|--------------|---------------|----------|------------|---------|-----|----------|----------|------------|--------|------|---------|------------|-------------------|------------|---------|----------|-------------|-----------|
|       |                   |      |        | MADA | KERIAN MP | Penang | Muda* | 克姆埠 | Lampao* | Nam On | Lodoyo | Lakbok | MARIIS** | Dau Tieng | Cau Son, Cam | West Krishna | Audhra Prades | Majgaon* | Dantiwada* | Bhakra* | SMP | Narayani | AkramWah | Fuleh-Guni | Chokki | Dez* | Gulian* | Benl Amir* | Office du Niger** | Rio Yaqui* | Coello* | Saldana* | Cupatitzio* | Rio Mayo* |
| I-14  | 节制闸硬件(支渠)         | 7.0  | 1.7    | 2.1  | 2.2       | 2.1    | 3.9   | 1.8 | 2.04    | 1.3    | 1.6    | 1.7    | 1.1      | 1.9       | 1.0          | 3.4          | 3.2           | 0.6      | 1.5        | 1.6     | 1.5 | 1.3      | 1.1      | 2.3        | 3.1    | 2.6  | 1.9     | 1.1        | 2.1               | 2.7        | 1.9     | 1.8      | 2.8         |           |
| I-14A | 当前操作目标下节制闸操作难易情况  | 1.0  | 3.7    | 3.0  | 3.0       | 2.0    | 4.0   | 1.0 | 2.14    | 3.0    | 2.7    | 2.0    | 2.0      | 2.0       | 2.7          | 4.0          | 4.0           | 0.0      | 1.5        | 2.0     | 1.5 | 0.5      | 2.0      | 4.0        | 4.0    | 3.0  | 0.0     | 3.0        | 3.0               | 3.0        | 2.5     | 2.5      |             |           |
| I-14B | 节制闸的维护            | 1.0  | 2.0    | 2.3  | 3.0       | 3.0    | 3.0   | 1.5 | 3.0     | 3.0    | 1.7    | 1.0    | 2.0      | 3.0       | 1.3          | 3.0          | 3.5           | 0.0      | 1.0        | 1.0     | 1.0 | 1.5      | 1.0      | 3.0        | 3.0    | 3.0  | 2.0     | 0.0        | 3.0               | 2.0        | 2.5     | 2.0      | 3.0         |           |
| I-14C | 无水位波动             | 3.0  | 0.7    | 0.7  | 1.0       | 2.0    | 4.0   | 2.0 | 1.4     | 0.0    | 0.0    | 1.0    | 0.0      | 0.0       | 0.0          | 3.0          | 3.0           | 0.0      | 0.0        | 0.0     | 0.0 | 0.0      | 2.0      | 3.0        | 1.0    | 1.0  | 0.0     | 0.0        | 1.0               | 2.0        | 0.0     | 0.0      | 2.0         |           |
| I-14D | 渠首流量变化波及到渠尾所需时间   | 2.0  | 2.0    | 3.7  | 3.3       | 2.0    | 4.0   | 2.0 | 1.6     | 1.7    | 3.3    | 3.0    | 2.0      | 4.0       | 1.3          | 4.0          | 3.0           | 2.0      | 2.0        | 4.0     | 4.0 | 3.0      | 3.0      | 2.5        | 3.0    | 4.0  | 4.0     | 4.0        | 3.0               | 4.0        | 4.0     | 4.0      | 4.0         |           |
| I-15  | 支渠的分水闸            | 3.0  | 3.4    | 2.6  | 3.0       | 2.5    | 2.0   | 0.8 | 2.27    | 2.5    | 2.1    | 2.0    | 1.8      | 2.0       | 2.4          | 2.5          | 2.5           | 1.5      | 1.7        | 1.0     | 1.8 | 1.8      | 1.5      | 2.3        | 2.2    | 2.2  | 2.3     | 3.0        | 0.8               | 2.7        | 2.3     | 1.8      | 2.3         |           |
| I-15A | 当前操作目标下分水闸操作难易情况  | 1.0  | 3.7    | 2.7  | 3.0       | 2.5    | 2.0   | 1.0 | 2.2     | 3.0    | 2.3    | 2.0    | 2.0      | 2.0       | 2.7          | 2.5          | 2.0           | 1.5      | 2.0        | 1.0     | 2.0 | 2.0      | 1.5      | 2.0        | 2.5    | 2.5  | 3.0     | 2.0        | 1.5               | 2.0        | 2.0     | 1.5      | 2.0         |           |
| I-15B | 维护水平              | 1.0  | 2.7    | 2.2  | 2.6       | 3.0    | 1.0   | 1.5 | 2.4     | 2.2    | 2.0    | 2.0    | 1.5      | 2.0       | 2.0          | 3.0          | 3.5           | 3.0      | 1.0        | 0.0     | 1.5 | 1.5      | 1.0      | 2.0        | 2.0    | 2.0  | 2.0     | 3.0        | 1.0               | 2.0        | 1.0     | 1.8      | 3.0         |           |
| I-15C | 过流能力              | 1.0  | 4.0    | 3.0  | 3.3       | 2.0    | 3.0   | 0.0 | 2.2     | 2.3    | 2.0    | 2.0    | 2.0      | 2.0       | 2.7          | 2.0          | 2.0           | 0.0      | 2.0        | 2.0     | 2.0 | 2.0      | 3.0      | 2.0        | 2.0    | 2.0  | 2.0     | 4.0        | 0.0               | 4.0        | 4.0     | 2.0      | 2.0         |           |
| I-16  | 支渠的调节水库           | 6.0  | 0.0    | 0.0  | 0.0       |        |       | 0   | 0.0     | 0.0    | 0.0    | 2.5    | 0.0      | 0.0       | 0.0          |              |               |          | 0.0        | 0.0     | 0.0 | 0.0      | 0.0      |            |        |      |         |            |                   |            |         |          |             |           |
| I-16A | 水库数量及位置的合理性       | 2.0  | 0.0    | 0.0  | 0.0       |        |       | 0.5 | 0.0     | 0.0    | 0.0    | 2.5    | 0.0      | 0.0       | 0.0          |              |               |          | 0.0        | 0.0     | 0.0 | 0.0      | 0.0      |            |        |      |         |            |                   |            |         |          |             |           |
| I-16B | 运行效果              | 2.0  | 0.0    | 0.0  | 0.0       |        |       | 0.4 | 0.0     | 0.0    | 0.0    | 2.5    | 0.0      | 0.0       | 0.0          |              |               |          | 0.0        | 0.0     | 0.0 | 0.0      | 0.0      |            |        |      |         |            |                   |            |         |          |             |           |
| I-16C | 蓄水容量/调节容量合理性      | 1.0  | 0.0    | 0.0  | 0.0       |        |       | 0.6 | 0.0     | 0.0    | 2.5    | 0.0    | 0.0      | 0.0       | 0.0          |              |               |          | 0.0        | 0.0     | 0.0 | 0.0      | 0.0      |            |        |      |         |            |                   |            |         |          |             |           |
| I-16D | 维护状况              | 1.0  | 0.0    | 0.0  | 0.0       |        |       | 0.4 | 0.0     | 0.0    | 2.5    | 0.0    | 0.0      | 0.0       | 0.0          |              |               |          | 0.0        | 0.0     | 0.0 | 0.0      | 0.0      |            |        |      |         |            |                   |            |         |          |             |           |
| I-17  | 支渠的通信状况           | 2.0  | 3.3    | 1.3  | 1.0       | 3.0    | 2.0   | 2.0 | 2.62    | 1.0    | 1.0    | 1.0    | 2.0      | 2.0       | 2.0          | 2.0          | 2.0           | 0.0      | 1.0        | 1.0     | 2.0 | 3.0      | 3.0      | 1.0        | 3.0    | 1.0  | 1.0     | 2.0        | 2.0               | 2.0        | 1.0     | 4.0      | 2.0         |           |
| I-17A | 与直接上级联系的频率        | 2.0  | 4.0    | 2.7  | 2.3       | 3.0    | 2.0   | 2.0 | 2.6     | 1.7    | 1.3    | 1.0    | 3.0      | 3.0       | 2.7          | 2.0          | 4.0           | 0.0      | 2.0        | 2.0     | 2.0 | 2.0      | 2.0      | 2.0        | 3.0    | 1.0  | 1.0     | 2.0        | 3.0               | 3.0        | 2.0     | 3.0      | 3.0         |           |
| I-17B | 管理人员或监管人员与用户联系的频率 | 3.0  | 1.7    | 1.0  | 3.3       | 2.5    | 2.0   | 4.0 | 3.6     | 1.0    | 0.7    | 4.0    | 1.0      | 3.0       | 1.3          | 3.0          | 1.0           | 0.0      | 0.0        | 1.0     | 1.0 | 1.0      | 1.0      | 1.0        | 3.0    | 1.0  | 0.0     | 2.0        | 4.0               | 3.5        | 1.0     | 4.0      | 3.5         |           |
| I-17C | 电话通信或无线电通信的可靠性    | 1.0  | 3.0    | 3.7  | 2.5       | 2.0    | 2.0   | 1.0 | 3.4     | 1.7    | 2.0    | 3.0    | 4.0      | 4.0       | 2.7          | 4.0          | 2.0           | 0.0      | 2.0        | 2.0     | 3.0 | 3.0      | 3.0      | 2.0        | 2.0    | 2.0  | 1.0     | 3.0        | 2.0               | 4.0        | 0.0     | 4.0      | 4.0         |           |
| I-17D | 上级管理员进行实地考察的频率    | 1.0  | 3.0    | 3.7  | 2.5       | 2.0    | 2.0   | 1.0 | 3.4     | 1.7    | 2.0    | 3.0    | 4.0      | 4.0       | 2.7          | 4.0          | 2.0           | 0.0      | 2.0        | 2.0     | 3.0 | 3.0      | 3.0      | 2.0        | 2.0    | 2.0  | 1.0     | 3.0        | 2.0               | 4.0        | 0.0     | 4.0      | 4.0         |           |

(续)

| 指标代码  | 指标名称  | 权重因数 | 权重因数合计 | 马来西亚 |           |        |       | 越南  |         | 印度     |        |         |          | 尼泊尔          |              | 巴基斯坦       |            |         | 伊朗  |          | 摩洛哥      | 马里         | 多米尼加   | 哥伦比亚 |         | 墨西哥        | 土耳其              |             |         |          |             |           |        |
|-------|---|------|--------|------|-----------|--------|-------|-----|---------|--------|--------|---------|----------|--------------|--------------|------------|------------|---------|-----|----------|----------|------------|--------|------|---------|------------|------------------|-------------|---------|----------|-------------|-----------|--------|
|       |   |      |        | MADA | KERIAN MP | Penang | Muda* | 克姆培 | Lampao* | Nam On | Lakbok | MARIS** | Dau Teng | Cau Son, Cam | West Krishna | Majalgaon* | Dantiwada* | Bhakra* | SMP | Narayani | AkramWah | Fuleh-Guni | Ghokti | Dez* | Gulian* | Benl Amir* | Office du Niger* | Rio Yaquil* | Coello* | Saldana* | Cupatitzio* | Rio Mayo* | Sehan* |
| I-17E | 关键溢流点处是否存在远程监控设施及远程监控的频率(无论是自动的还是手动的),包括渠道末端的 | 1.0  |        | 0.0  | 0.3       | 0.0    | 2.0   | 0.0 | 0.0     | 2.4    | 0.2    | 1.7     | 2.0      | 2.0          | 2.0          | 1.3        | 0.0        | 2.5     | 0.0 | 0.0      | 1.0      | 0.0        | 2.0    | 0.0  | 0.0     | 0.0        | 0.0              | 0.0         | 0.0     | 0.0      | 0.0         |           |        |
| I-17F | 沿渠道的通行状况                                      | 2.0  |        | 3.3  | 2.3       | 3.0    | 3.0   | 3.0 | 2.0     | 1.8    | 2.5    | 2.0     | 4.0      | 1.5          | 2.0          | 2.0        | 2.0        | 2.0     | 2.0 | 1.0      | 1.5      | 1.0        | 3.0    | 3.0  | 2.0     | 2.0        | 3.0              | 2.0         | 2.0     | 3.0      | 3.0         |           |        |
| I-18  | 支渠的基本状况                                       | 5.0  | 3.4    | 3.2  | 3.1       | 2.8    | 2.2   | 2.2 | 2.98    | 2.1    | 1.7    | 2.6     | 1.4      | 2.2          | 1.8          | 2.0        | 2.2        | 2.1     | 2.0 | 1.6      | 1.0      | 1.6        | 1.4    | 1.6  | 2.4     | 2.9        | 2.4              | 3.1         | 2.3     | 2.0      | 2.5         | 2.8       |        |
| I-18A | 渠道和渠道的总体维护水平                                  | 1.0  |        | 3.3  | 3.2       | 2.9    | 3.0   | 2.0 | 2.0     | 2.82   | 2.0    | 1.0     | 2.0      | 1.5          | 2.0          | 3.0        | 3.0        | 2.5     | 2.0 | 1.0      | 1.0      | 1.0        | 1.0    | 3.0  | 1.0     | 2.0        | 1.0              | 3.0         | 2.0     | 1.0      | 2.0         | 2.5       |        |
| I-18B | 不希望发生的渗漏(注:如果故意混合使用地表水和地下水,视其为希望发生渗漏)         | 1.0  |        | 3.7  | 4.0       | 3.3    | 3.0   | 2.0 | 3.0     | 3.1    | 2.7    | 2.3     | 4.0      | 1.5          | 2.0          | 2.0        | 3.0        | 2.0     | 2.0 | 3.0      | 3.0      | 3.0        | 3.0    | 4.0  | 4.0     | 4.0        | 3.0              | 1.5         | 4.0     | 2.0      | 2.0         | 2.5       |        |
| I-18C | 维护渠道的设备和人员情况                                  | 2.0  |        | 3.5  | 2.7       | 3.0    | 2.5   | 2.0 | 1.5     | 3.4    | 2.3    | 1.0     | 3.0      | 1.0          | 2.0          | 1.0        | 2.0        | 2.5     | 2.0 | 1.0      | 1.0      | 1.0        | 3.0    | 2.0  | 1.0     | 3.0        | 2.0              | 3.0         | 2.0     | 1.0      | 2.5         | 3.0       |        |
| I-18D | 人员和设备到达渠道最远处所需时间                              | 1.0  |        | 3.0  | 3.7       | 3.5    | 3.0   | 3.0 | 3.0     | 2.6    | 1.3    | 3.0     | 1.0      | 2.0          | 3.0          | 2.0        | 0.0        | 1.0     | 2.0 | 2.0      | 2.0      | 1.0        | 2.0    | 2.0  | 2.0     | 2.5        | 3.0              | 3.0         | 3.5     | 4.0      | 3.0         | 3.0       |        |
| I-19  | 支渠运行情况  | 5.0  | 3.4    | 2.7  | 2.9       | 3.1    | 3.0   | 1.5 | 2.66    | 1.8    | 1.7    | 3.1     | 2.4      | 2.7          | 1.3          | 3.1        | 3.1        | 1.3     | 1.3 | 1.3      | 1.1      | 1.3        | 2.3    | 4.0  | 2.4     | 2.7        | 2.1              | 2.9         | 3.5     | 1.7      | 2.9         | 3.3       |        |
| I-19A | 渠道操作人员、观察员的实时反馈信息的应变能力                        | 2.0  |        | 2.7  | 2.5       | 2.8    | 2.7   | 2.7 | 0.7     | 2.72   | 1.3    | 1.3     | 4.0      | 2.7          | 2.7          | 0.0        | 4.0        | 2.7     | 1.3 | 1.3      | 2.7      | 0.0        | 2.7    | 1.3  | 1.3     | 4.0        | 1.3              | 2.7         | 2.0     | 4.0      | 1.3         | 3.3       | 2.7    |
| I-19B | 输水过程与实际需水是否匹配及输水效率                            | 1.0  |        | 4.0  | 2.0       | 2.5    | 2.7   | 2.7 | 0.7     | 2.7    | 1.5    | 1.8     | 2.7      | 2.7          | 2.7          | 1.3        | 1.3        | 2.7     | 0.0 | 0.0      | 0.0      | 0.0        | 0.7    | 4.0  | 1.3     | 2.0        | 1.3              | 4.0         | 2.7     | 1.3      | 2.0         | 4.0       |        |
| I-19C | 向运行管理人员做出指示的清晰度和正确性                           | 1.0  |        | 3.6  | 3.6       | 2.8    | 3.3   | 2.7 | 1.3     | 2.26   | 4.0    | 2.7     | 2.0      | 1.3          | 2.7          | 4.0        | 2.0        | 3.3     | 1.3 | 0.0      | 0.0      | 0.0        | 1.3    | 4.0  | 4.0     | 0.0        | 1.3              | 2.7         | 2.7     | 0.7      | 2.0         | 3.3       |        |
| I-19D | 对渠道进行检查并向管理机构汇报的周期                            | 1.0  |        | 4.0  | 3.1       | 3.7    | 4.0   | 4.0 | 4.0     | 2.96   | 1.1    | 1.3     | 2.7      | 2.7          | 2.7          | 1.3        | 4.0        | 2.7     | 1.3 | 1.3      | 2.7      | 4.0        | 4.0    | 4.0  | 4.0     | 4.0        | 3.3              | 2.7         | 4.0     | 4.0      | 4.0         | 4.0       |        |

(续)

| 指标代码  | 指标名称              | 权重因数 | 权重因数合计 | 马来西亚 |           |        |       | 泰国  |         | 印度尼西亚  |        | 菲律宾    | 越南       |          | 印度           |              |            | 尼泊尔        |          | 巴基斯坦 |          |          | 伊朗         | 摩洛哥    | 马里   | 多米尼加    | 哥伦比亚       |                  | 墨西哥        | 土耳其     |          |             |           |        |  |  |  |
|-------|-------------------|------|--------|------|-----------|--------|-------|-----|---------|--------|--------|--------|----------|----------|--------------|--------------|------------|------------|----------|------|----------|----------|------------|--------|------|---------|------------|------------------|------------|---------|----------|-------------|-----------|--------|--|--|--|
|       |                   |      |        | MADA | KERIAN MP | Penang | Muda* | 克姆埠 | Lampao* | Nam On | Lodoyo | Lakbok | MARIIS** | Dau Teng | Cau Son, Cam | West Krishna | Majalgaon* | Dantiwada* | Bhakara* | SMP  | Narayani | AkramWah | Fuleh-Guni | Chokki | Dez* | Gulian* | Benl Amir* | Office du Niger* | Rio Yaqui* | Coello* | Saldana* | Cupatitzio* | Rio Mayo* | Sehan* |  |  |  |
| I-20  | 节制闸硬件(斗渠)         |      | 7.0    | 2.0  | 2.0       | 2.5    |       |     | 2.13    | 2.1    | 0.8    |        | 1.7      | 2.3      | 1.3          |              |            |            | 1.7      | 2.0  | 1.1      | 1.6      | 1.1        |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |  |  |
| I-20A | 当前操作目标下节制闸操作难易情况  | 1.0  |        | 3.7  | 2.0       | 3.3    |       |     | 2.1     | 4.0    | 2.0    |        | 3.0      | 3.0      | 2.3          |              |            |            | 1.0      | 0.0  | 0.0      | 2.0      | 0.0        |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |  |  |
| I-20B | 节制闸的维护            | 1.0  |        | 3.0  | 1.3       | 2.5    |       |     | 3.0     | 2.7    | 1.0    |        | 1.0      | 2.0      | 1.3          |              |            |            | 0.0      | 0.0  | 0.0      | 1.5      | 0.0        |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |  |  |
| I-20C | 无水位波动             | 3.0  |        | 0.7  | 1.7       | 1.8    |       |     | 1.6     | 0.3    | 0.0    |        | 0.0      | 1.0      | 0.0          |              |            |            | 1.0      | 2.0  | 0.0      | 0.0      | 0.0        |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |  |  |
| I-20D | 渠首流量变化波及到渠尾所需时间   | 2.0  |        | 2.7  | 2.7       | 3.3    |       |     | 1.8     | 3.7    | 1.3    |        | 4.0      | 4.0      | 2.7          |              |            |            | 4.0      | 4.0  | 4.0      | 4.0      | 4.0        |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |  |  |
| I-21  | 斗渠的分水闸            |      | 3.0    | 1.3  | 2.2       | 2.8    |       |     | 2.42    | 2.3    | 1.2    |        | 1.7      | 2.0      | 2.2          |              |            |            | 0.7      | 0.7  | 2.7      | 2.7      | 2.7        |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |  |  |
| I-21A | 当前操作目标下分水闸操作难易情况  | 1.0  |        | 0.0  | 2.3       | 2.8    |       |     | 2.17    | 3.0    | 1.7    |        | 2.0      | 2.0      | 2.7          |              |            |            | 1.0      | 0.0  | 3.0      | 3.0      | 3.0        |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |  |  |
| I-21B | 维护水平              | 1.0  |        | 1.3  | 1.5       | 2.6    |       |     | 2.4     | 2.0    | 0.7    |        | 1.0      | 2.0      | 2.0          |              |            |            | 0.0      | 1.0  | 2.0      | 2.0      | 2.0        |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |  |  |
| I-21C | 过流能力              | 1.0  |        | 2.7  | 2.7       | 3.0    |       |     | 2.7     | 2.0    | 1.3    |        | 2.0      | 2.0      | 2.0          |              |            |            | 1.0      | 1.0  | 3.0      | 3.0      | 3.0        |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |  |  |
| I-22  | 斗渠的调节水库           |      | 6.0    | 0.0  | 0.0       | 0.0    |       |     | 0.0     | 0.0    | 0.0    |        | 0.0      | 0.0      | 0.0          |              |            |            | 0.0      | 0.0  | 0.0      | 0.0      | 0.0        |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |  |  |
| I-22A | 水库数量及位置的合理性       | 2.0  |        | 0.0  | 0.0       | 0.0    |       |     | 0.0     | 0.0    | 0.0    |        | 0.0      | 0.0      | 0.0          |              |            |            | 0.0      | 0.0  | 0.0      | 0.0      | 0.0        |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |  |  |
| I-22B | 运行效果              | 2.0  |        | 0.0  | 0.0       | 0.0    |       |     | 0.0     | 0.0    | 0.0    |        | 0.0      | 0.0      | 0.0          |              |            |            | 0.0      | 0.0  | 0.0      | 0.0      | 0.0        |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |  |  |
| I-22C | 蓄水容量/调节容量合理性      | 1.0  |        | 0.0  | 0.0       | 0.0    |       |     | 0.0     | 0.0    | 0.0    |        | 0.0      | 0.0      | 0.0          |              |            |            | 0.0      | 0.0  | 0.0      | 0.0      | 0.0        |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |  |  |
| I-22D | 维护状况              | 1.0  |        | 0.0  | 0.0       | 0.0    |       |     | 0.0     | 0.0    | 0.0    |        | 0.0      | 0.0      | 0.0          |              |            |            | 0.0      | 0.0  | 0.0      | 0.0      | 0.0        |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |  |  |
| I-23  | 斗渠的通信状况           |      | 11.0   | 3.1  | 1.4       | 2.3    |       |     | 2.45    | 0.6    | 0.5    |        | 1.5      | 2.3      | 1.3          |              |            |            | 0.9      | 0.6  | 1.6      | 1.6      | 1.9        |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |  |  |
| I-23A | 与直接上级联系的频率        | 2.0  |        | 3.3  | 2.0       | 1.0    |       |     | 2.51    | 1.0    | 0.7    |        | 2.0      | 4.0      | 1.7          |              |            |            | 1.0      | 1.0  | 3.0      | 3.0      | 3.0        |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |  |  |
| I-23B | 管理人员或监管人员与用户联系的频率 | 2.0  |        | 4.0  | 1.7       | 2.5    |       |     | 2.6     | 0.7    | 0.7    |        | 2.0      | 4.0      | 1.7          |              |            |            | 2.0      | 2.0  | 2.0      | 2.0      | 2.0        |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |  |  |
| I-23C | 电话通信或无线电信的可靠性     | 3.0  |        | 2.7  | 0.7       | 3.5    |       |     | 3.4     | 0.3    | 0.3    |        | 1.0      | 1.0      | 1.0          |              |            |            | 0.0      | 0.0  | 1.0      | 1.0      | 1.0        |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |  |  |
| I-23D | 上级管理员进行实地考察的频率    | 1.0  |        | 3.0  | 3.0       | 2.5    |       |     | 3.4     | 1.3    | 0.7    |        | 3.0      | 4.0      | 2.7          |              |            |            | 4.0      | 1.0  | 3.0      | 3.0      | 3.0        |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |  |  |

斗渠

(续)

| 指标代码  | 指标名称  | 权重因数 | 权重因数合计 | 马来西亚  | 泰国                | 印度尼西亚            | 菲律宾     | 越南                       | 印度   | 尼泊尔             | 巴基斯坦                             | 伊朗              | 摩洛哥        | 马里                  | 多米尼加       | 哥伦比亚                | 墨西哥                      | 土耳其    |  |  |
|-------|---|------|--------|---|-------------------|------------------|---------|--------------------------|--|-----------------|----------------------------------|-----------------|------------|---------------------|------------|---------------------|--------------------------|--------|--|--|
|       |   |      |        | MADA<br>KERIAN MP<br>Penang<br>Muda*<br>克姆埠 | Lampao*<br>Nan On | Lodayo<br>Lakbok | MARRIS* | Dau Teng<br>Cau Son, Cam | West Krishna<br>Andhra Prades<br>Majalgaon*<br>Dantiwada*<br>Bhakra* | SMP<br>Narayani | AkramWah<br>Fuleh-Guni<br>Chokti | Dez*<br>Gulian* | Benl Amir* | Office du<br>Niger* | Rio Yaqui* | Coello*<br>Saldana* | Cupatitzio*<br>Rio Mayo* | Sehan* |  |  |
| I-23E | 关键溢流点处是否存在远程监控设施及远程监控的频率 (无论是自动的还是手动的), 包括渠道末端的 | 1.0  | 1.3    | 0.0   | 1.8               | 0.3              | 0.0     | 1.0                      | 0.0  | 0.7             | 0.0                              | 0.0             | 0.0        | 2.5                 |            |                     |                          |        |  |  |
| I-23F | 沿渠道的通行状况  | 2.0  | 3.3    | 1.3   | 2.5               |                  |         | 0.5                      | 1.0  | 0.3             | 0.0                              | 0.0             | 1.0        | 1.0                 |            |                     |                          |        |  |  |
| I-24  | 斗渠的基本状况   | 5.0  | 3.2    | 2.4   | 3.3               | 2.79             | 2.2     | 2574.8                   | 1.6  | 2.2             | 1.8                              | 1.4             | 1.0        | 1.4                 | 1.2        |                     |                          |        |  |  |
| I-24A | 渠道和渠道的总体维护水平                                    | 1.0  | 2.7    | 2.7   | 3.1               | 2.56             | 2.0     | 1.7                      | 2.0  | 2.0             | 3.0                              | 2.0             | 1.0        | 1.0                 | 1.0        |                     |                          |        |  |  |
| I-24B | 不希望发生的渗漏 (注: 如果故意混合使用地表水和地下水, 视其为希望发生渗漏)        | 1.0  | 3.3    | 2.0   | 4.0               | 3.0              | 2.0     | 3.0                      | 2.0  | 2.0             | 3.0                              | 1.0             | 1.0        | 2.0                 | 2.0        | 3.0                 |                          |        |  |  |
| I-24C | 维护渠道的设备和人员情况                                    | 2.0  | 3.3    | 2.0   | 2.9               | 3.0              | 2.0     | 1.0                      | 1.0  | 2.0             | 1.0                              | 0.0             | 1.0        | 0.0                 | 0.0        |                     |                          |        |  |  |
| I-24D | 人员和设备到达渠道最远处所需时间                                | 1.0  | 3.3    | 3.3   | 3.5               | 2.6              | 3.0     | 2.7                      | 2.0  | 3.0             | 1.0                              | 2.0             | 1.0        | 2.0                 | 2.0        |                     |                          |        |  |  |
| I-25  | 斗渠运行情况  | 5.0  | 1.9    | 2.2   | 2.8               | 2.59             | 1.6     | 1.5                      | 1.1  | 2.0             | 0.5                              | 1.8             | 0.0        | 1.6                 | 0.5        | 1.9                 |                          |        |  |  |
| I-25A | 渠道操作人员、观察员的实时反馈信息的应变能力                          | 2.0  | 1.8    | 1.2   | 2.7               | 2.86             | 1.3     | 1.8                      | 0.0  | 3.0             | 0.0                              | 2.7             | 0.0        | 2.7                 | 0.0        | 2.7                 |                          |        |  |  |
| I-25B | 输水过程与实际需求是否匹配及输水效率                              | 1.0  | 0.0    | 2.2   | 2.4               | 2.08             | 1.3     | 0.9                      | 1.3  | 2.0             | 0.0                              | 1.0             | 0.0        | 1.3                 | 0.0        | 1.3                 |                          |        |  |  |
| I-25C | 向运行管理人员做出指示的清晰度和正确性                             | 1.0  | 3.1    | 3.6   | 3.1               | 2.46             | 3.6     | 2.2                      | 1.3  | 1.0             | 1.3                              | 1.3             | 0.0        | 0.0                 | 0.0        | 0.0                 |                          |        |  |  |
| I-25D | 对渠道进行检查并向管理机构汇报的周期                              | 1.0  | 2.7    | 2.7   | 2.9               | 2.96             | 0.4     | 0.9                      | 2.7  | 1.0             | 1.0                              | 1.3             | 0.0        | 1.3                 | 2.7        | 2.7                 |                          |        |  |  |

(续)

| 指标代码  | 指标名称                                       | 权重因数 | 权重因数合计 |           |        |       |     |         |        |        |        |          |           |              |              |            |            |          |      |          |          |            |        |      |         |            |                  |            |         |          |            |           |        |     |
|-------|--|------|--------|-----------|--------|-------|-----|---------|--------|--------|--------|----------|-----------|--------------|--------------|------------|------------|----------|------|----------|----------|------------|--------|------|---------|------------|------------------|------------|---------|----------|------------|-----------|--------|-----|
|       |  |      | 马来西亚   |           |        |       | 泰国  |         | 印度尼西亚  |        | 菲律宾    | 越南       |           | 印度           |              |            | 尼泊尔        |          | 巴基斯坦 |          | 伊朗       |            | 摩洛哥    | 马里   | 多米尼加    | 哥伦比亚       |                  | 墨西哥        | 土耳其     |          |            |           |        |     |
|       |  |      | MADA   | KERIAN MP | Penang | Muda* | 克姆埠 | Lampao* | Nam On | Lodoyo | Lakbok | MARIIS** | Dau Tieng | Cau Son, Cam | West Krishna | Majalgaon* | Dantiwada* | Bhakara* | SMP  | Narayani | AkramWah | Fuleh-Guni | Chokki | Dez* | Gulian* | Benl Amir* | Office du Niger* | Rio Yaqui* | Coello* | Saldana* | Cupatitzi* | Rio Mayo* | Sehan* |     |
| I-26  | 预算   | 5.0  | 1.3    | 1.9       | 1.3    | 0.4   | 0.8 | 0.9     | 1.52   | 0.9    | 0.3    | 2.6      | 0.4       | 3.6          | 0.0          | 1.6        | 2.0        | 1.0      | 0.0  | 0.0      | 0.8      | 0.4        | 0.8    | 3.0  | 3.4     | 2.0        | 2.2              | 2.0        | 3.2     | 3.0      | 1.0        | 3.0       | 3.4    |     |
| I-26A | 以工代赈和(或)从水用户收取的水费占项目(包括用水者协会)运行和维护总经费的比重   | 2.0  | 0.0    | 0.0       | 0.0    | 0.0   | 0.0 | 0.2     | 0.96   | 0.0    | 0.7    | 4.0      | 0.0       | 4.0          | 0.0          | 0.0        | 0.0        | 0.0      | 0.0  | 0.0      | 0.0      | 0.0        | 0.0    | 4.0  | 4.0     | 1.0        | 0.5              | 3.0        | 4.0     | 4.0      | 1.0        | 4.0       | 4.0    |     |
| I-26B | 目前运作模式下,实际资金投入和以工代赈(来自所有资金来源)是否足以维持系统运行和维护 | 2.0  | 2.7    | 1.3       | 0.0    | 2.0   | 2.0 | 0.8     | 2.0    | 0.0    | 0.0    | 1.0      | 1.0       | 3.0          | 0.0          | 2.0        | 3.0        | 2.5      | 0.0  | 0.0      | 2.0      | 1.0        | 2.0    | 3.5  | 3.0     | 3.0        | 3.0              | 3.0        | 2.0     | 4.0      | 3.0        | 1.0       | 3.0    | 4.0 |
| I-26C | 与维护或日常运行相比,用于供水服务、机构现代化建设方面是否有充足的资金        | 1.0  | 2.7    | 4.0       | 4.0    | 2.0   | 0.0 | 0.1     | 2.8    | 0.3    | 0.0    | 3.0      | 0.0       | 4.0          | 0.0          | 4.0        | 4.0        | 0.0      | 0.0  | 0.0      | 0.0      | 0.0        | 0.0    | 3.0  | 3.0     | 2.0        | 4.0              | 0.0        | 0.0     | 1.0      | 1.0        | 1.0       | 1.0    | 1.0 |
| I-27  | 雇员   | 9.5  | 2.5    | 2.2       | 2.0    | 1.9   | 1.2 | 1.5     | 0.79   | 2.8    | 2.0    | 2.2      | 2.4       | 2.5          | 1.6          | 1.2        | 2.6        | 1.3      | 1.7  | 1.7      | 1.3      | 1.2        | 2.3    | 1.9  | 2.6     | 1.6        | 2.0              | 2.4        | 2.3     | 1.6      | 3.5        | 2.3       | 2.3    |     |
| I-27A | 对运行人员和中层管理人员(不包括秘书和司机)进行培训的次数和充足程度         | 1.0  | 3.7    | 2.3       | 2.9    | 3.0   | 2.0 | 2.0     | 1.37   | 2.3    | 2.0    | 2.0      | 2.0       | 3.0          | 2.0          | 2.0        | 4.0        | 1.0      | 2.0  | 1.0      | 1.0      | 2.0        | 2.0    | 3.0  | 2.5     | 1.0        | 1.0              | 2.0        | 1.0     | 2.0      | 2.0        | 3.0       | 3.0    | 3.0 |
| I-27B | 考核情况                                       | 1.0  | 3.7    | 3.5       | 3.5    | 1.0   | 0.0 | 1.0     | 1.8    | 3.3    | 1.7    | 2.0      | 3.0       | 3.0          | 1.0          | 1.0        | 2.0        | 1.0      | 2.0  | 3.0      | 2.5      | 2.5        | 1.0    | 2.5  | 3.0     | 3.0        | 0.0              | 0.0        | 1.0     | 1.0      | 1.0        | 0.0       | 3.0    | 3.0 |
| I-27C | 雇员决策权力                                     | 2.5  | 1.3    | 2.2       | 1.8    | 3.5   | 2.0 | 0.5     | 2.2    | 3.3    | 3.0    | 2.0      | 3.5       | 2.0          | 1.0          | 1.0        | 3.0        | 1.0      | 3.0  | 2.0      | 0.0      | 0.0        | 0.0    | 2.5  | 3.0     | 2.5        | 3.0              | 2.0        | 4.0     | 4.0      | 2.0        | 4.0       | 2.5    | 2.5 |
| I-27D | 项目因故解雇雇员的能力                                | 2.0  | 2.0    | 3.0       | 2.3    | 1.0   | 0.5 | 1.0     | 1.4    | 1.0    | 0.3    | 1.0      | 1.5       | 3.0          | 2.0          | 0.0        | 2.0        | 1.0      | 1.0  | 2.0      | 2.0      | 2.0        | 2.0    | 0.5  | 1.0     | 1.0        | 2.0              | 5.0        | 3.0     | 3.0      | 1.0        | 5.0       | 1.5    |     |
| I-27E | 对优秀服务的奖励                                   | 1.0  | 2.0    | 4.0       | 4.0    | 1.0   | 1.0 | 2.0     | 2.2    | 2.7    | 0.3    | 2.0      | 4.0       | 3.0          | 0.0          | 2.0        | 1.5        | 0.0      | 1.0  | 1.0      | 0.0      | 0.0        | 0.0    | 3.0  | 2.5     | 0.0        | 0.0              | 0.0        | 0.0     | 1.0      | 2.5        | 3.0       | 3.0    |     |
| I-27F | 与临时工相比,运行管理人员的工资情况                         | 2.0  | 3.7    | 0.0       | 0.0    | 1.0   | 1.0 | 3.0     | 1.6    | 4.0    | 3.3    | 4.0      | 1.0       | 2.0          | 3.0          | 2.0        | 3.0        | 3.0      | 1.0  | 1.0      | 2.0      | 2.0        | 4.0    | 0.0  | 4.0     | 1.5        | 1.5              | 2.0        | 2.0     | 2.0      | 4.0        | 2.0       | 2.0    | 2.0 |
| I-28  | 用水者协会                                      | 6.5  | 0.7    | 1.2       | 0.5    | 0.9   | 0.9 | 1.2     | 1.42   | 2.9    | 0.7    | 1.8      | 2.0       | 2.9          | 1.2          | 0.8        | 1.3        | 0.6      | 0.3  | 0.5      | 0.5      | 0.5        | 0.0    | 0.0  | 0.0     | 0.0        | 0.0              | 3.4        | 3.7     | 3.6      | 3.6        | 3.7       | 3.4    |     |

预算、雇员、用水者协会

(续)

| 指标代码                 | 指标名称                               | 权重因数 | 权重因数合计 | 马来西亚 |           |        |       | 越南  |         | 印度     |       |        | 尼泊尔     |          | 巴基斯坦         |              |               | 伊朗         |            | 摩洛哥     | 马里  | 多米尼加     | 哥伦比亚     |            | 墨西哥    | 土耳其  |         |            |                  |            |         |          |             |           |
|----------------------|------------------------------------|------|--------|------|-----------|--------|-------|-----|---------|--------|-------|--------|---------|----------|--------------|--------------|---------------|------------|------------|---------|-----|----------|----------|------------|--------|------|---------|------------|------------------|------------|---------|----------|-------------|-----------|
|                      |                                    |      |        | MADA | KERIAN MP | Penang | Muda* | 克姆培 | Lampao* | Nam On | Lodyo | Lakbok | MARRIS* | Dau Teng | Cau Son, Cam | West Krishna | Audhra Prades | Majalgaon* | Dantiwada* | Bhakra* | SMP | Narayani | AkramWah | Fuleh-Guni | Chokki | Dez* | Gulian* | Benl Amir* | Office du Niger* | Rio Yaqui* | Coello* | Saldana* | Cupatitzio* | Rio Mayo* |
| I-28A                | 有一定职能并具有正式协会形式且参与水量配置的用水户占全部用水户百分比 | 2.5  |        | 0.0  | 1.7       | 0.5    | 0.0   | 0.0 | 1.1     | 2.02   | 4.0   | 0.3    | 1.0     | 2.0      | 4.0          | 0.0          | 0.0           | 0.0        | 0.0        | 0.0     | 0.0 | 0.0      | 0.0      | 0.0        | 0.0    | 0.0  | 0.0     | 0.0        | 0.0              | 0.0        | 0.0     | 4.0      | 4.0         |           |
| I-28B                | 能力较强的用水者协会影响实时供水服务的实际能力            | 1.0  |        | 0.7  | 1.5       | 0.8    | 1.0   | 1.0 | 2.0     | 1.0    | 2.3   | 1.7    | 2.0     | 2.0      | 1.0          | 1.0          | 1.0           | 1.0        | 1.0        | 0.0     | 0.0 | 0.0      | 0.0      | 0.0        | 0.0    | 0.0  | 0.0     | 0.0        | 0.0              | 0.0        | 0.0     | 0.0      | 3.0         |           |
| I-28C                | 用水者协会依赖外界有效援助来执行其相关规定的能力           | 1.0  |        | 0.0  | 1.7       | 0.4    | 3.0   | 3.0 | 2.0     | 0.4    | 2.5   | 0.3    | 2.0     | 2.0      | 3.0          | 4.0          | 2.0           | 2.0        | 3.0        | 0.0     | 0.0 | 0.0      | 0.0      | 0.0        | 0.0    | 0.0  | 0.0     | 0.0        | 0.0              | 0.0        | 0.0     | 0.0      | 2.0         |           |
| I-28D                | 用水者协会的法律基础                         | 1.0  |        | 1.6  | 0.0       | 0.4    | 1.0   | 1.0 | 1.0     | 1.9    | 2.7   | 1.3    | 2.0     | 2.0      | 3.0          | 3.0          | 2.0           | 3.0        | 0.0        | 0.0     | 0.0 | 0.0      | 0.0      | 0.0        | 0.0    | 0.0  | 0.0     | 0.0        | 0.0              | 0.0        | 0.0     | 0.0      | 3.0         |           |
| I-28E                | 用水者协会的财力                           | 1.0  |        | 2.3  | 0.3       | 0.5    | 1.0   | 1.0 | 0.2     | 1.8    | 1.3   | 0.7    | 3.0     | 2.0      | 2.0          | 1.3          | 0.5           | 0.0        | 0.5        | 1.0     | 0.0 | 0.5      | 0.5      | 0.0        | 0.0    | 0.0  | 0.0     | 0.0        | 0.0              | 0.0        | 0.0     | 0.0      | 3.8         |           |
| I-29                 | 运行管理人员的机动性和规模                      |      |        |      |           |        |       |     |         |        |       |        |         |          |              |              |               |            |            |         |     |          |          |            |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |
|                      | 根据运行管理人员数与分水闸数量的比值评价               |      |        | 0.0  | 0.0       | 0.0    | 0.0   | 0.0 | 0.0     | 0.0    | 0.0   | 0.3    | 0.0     | 0.0      | 0.0          | 1.0          | 1.0           | 0.0        | 0.0        | 0.0     | 0.0 | 0.0      | 0.0      | 0.0        | 0.0    | 0.0  | 0.0     | 0.0        | 0.0              | 0.0        | 0.0     | 0.0      | 4.0         |           |
| I-30                 | 电脑结算和记录管理                          |      |        |      |           |        |       |     |         |        |       |        |         |          |              |              |               |            |            |         |     |          |          |            |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |
|                      | 结算和记录管理中电脑使用程度                     |      |        | 1.7  | 1.0       | 1.0    | 1.0   | 1.0 | 1.0     | 3.0    | 0.7   | 0.3    | 3.0     | 0.0      | 2.0          | 0.0          | 0.0           | 0.0        | 0.0        | 2.0     | 0.0 | 0.0      | 0.0      | 0.0        | 0.0    | 0.0  | 0.0     | 0.0        | 0.0              | 0.0        | 0.0     | 0.0      | 3.0         |           |
| I-31                 | 电脑渠道控制                             |      |        |      |           |        |       |     |         |        |       |        |         |          |              |              |               |            |            |         |     |          |          |            |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |
|                      | 电脑(中央控制或现场控制)被用于渠道控制的程度            |      |        | 2.0  | 0.0       | 0.5    | 3.0   | 1.0 | 1.0     | 2.0    | 1.3   | 0.0    | 0.0     | 0.0      | 0.0          | 0.0          | 0.0           | 0.0        | 0.0        | 0.0     | 0.0 | 0.0      | 0.0      | 0.0        | 0.0    | 0.0  | 0.0     | 0.0        | 0.0              | 0.0        | 0.0     | 0.5      | 0.0         |           |
| 未计算指标                |                                    |      |        |      |           |        |       |     |         |        |       |        |         |          |              |              |               |            |            |         |     |          |          |            |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |
| 这些指标需要在每一格中输入数值(0~4) |                                    |      |        |      |           |        |       |     |         |        |       |        |         |          |              |              |               |            |            |         |     |          |          |            |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |
| I-32                 | 向供水单元提供输配水服务的能力,以支持加压灌溉方法          |      | 3.0    | 0.0  | 0.6       | 2.9    | 1.7   | 1.7 | 0.7     | 0.0    | 0.1   | 0.6    | 0.0     | 1.0      | 0.3          | 0.0          | 0.8           | 0.8        | 0.7        | 0.7     | 0.0 | 0.3      | 0.3      | 0.3        | 1.5    | 1.7  | 2.0     | 3.0        | 2.7              | 3.0        | 2.0     | 2.8      | 0.0         |           |

(续)

| 指标代码  | 指标名称   | 权重因数 | 权重因数合计 | 马来西亚      | 泰国 | 印度尼西亚 | 菲律宾 | 越南 | 印度 | 尼泊尔 | 巴基斯坦 | 伊朗 | 摩洛哥 | 马里 | 多米尼加 | 哥伦比亚 | 墨西哥 | 土耳其 |
|-------|--|------|--------|-----------|----|-------|-----|----|----|-----|------|----|-----|----|------|------|-----|-----|
| I-32A | 入田水量的测量和控制<br>4—有非常好的测水与控制设施；<br>3.5—可以准确地测水，但不能测水量，流量能得到很好地控制；2.5—不能测流，但能很好地控制流量；0—尽管能够测流，但不能控制流量。  | 1.0  |        | MADA      |    |       |     |    |    |     |      |    |     |    |      |      |     |     |
|       |  |      |        | KERIAN MP |    |       |     |    |    |     |      |    |     |    |      |      |     |     |
| I-32B | 向农田供水的灵活性<br>4—供水次数，供水流量和供水时间都能满足预先设计的要求。且均可根据要求进行调节；3—与4同。但不能调节供水时间；2—有2个变量是固定的，已制定了供水计划；0—采用轮灌。  | 1.0  |        | MADA      |    |       |     |    |    |     |      |    |     |    |      |      |     |     |
|       |  |      |        | Penang    |    |       |     |    |    |     |      |    |     |    |      |      |     |     |
| I-32C | 向农田供水的可靠性<br>4—总能按照承诺的时间到达，水量合理；3—偶尔会延误几天，但在水量和持续时间上仍能满足要求；0—延误时间超过几天。   | 1.0  |        | MADA      |    |       |     |    |    |     |      |    |     |    |      |      |     |     |
|       |  |      |        | Penang    |    |       |     |    |    |     |      |    |     |    |      |      |     |     |
| I-33  | 有压灌溉需采取的措施<br><b>程序，管理</b><br>4—在供水次序、人员培训或机动性上不需要变化；3.5—只需要对人员培训进行完善。基本程序、状况良好，只是在实施过程中没有充分发挥出来；3.0—对供水次序、人员机动性、培训和激励机制进行小范围的调整；2—上述一条发生较大改变；1—上述两条发生较大改变；0—需要对所有东西进行彻底修补或转换。 | 2.0  | 0.2    | MADA      |    |       |     |    |    |     |      |    |     |    |      |      |     |     |
|       |  |      |        | Penang    |    |       |     |    |    |     |      |    |     |    |      |      |     |     |

(续)

| 指标代码  | 指标名称  | 权重因数 | 权重因数合计 | 马来西亚      | 泰国 | 印度尼西亚 | 菲律宾 | 越南 | 印度           | 尼泊尔 | 巴基斯坦          | 伊朗       | 摩洛哥        | 马里     | 多米尼加 | 哥伦比亚    | 墨西哥        | 土耳其              |            |         |          |             |           |        |  |
|-------|---|------|--------|-----------|----|-------|-----|----|--------------|-----|---------------|----------|------------|--------|------|---------|------------|------------------|------------|---------|----------|-------------|-----------|--------|--|
| I-33B | <b>硬件设施</b><br>4—不需进行改造；3.5—只需对某些现存的设施进行改造以便能再次使用；3.0—改善通信设施，改造一些新的主要设施（少有300美元/hm <sup>2</sup> ）或对现存设施改变不大，但考虑到水资源循环利用，需要增加一些新的设施；2—需要花费大量的资金进行改造（300~600美元/hm <sup>2</sup> ）；1—需要花费大量资金进行改造（在1500美元/hm <sup>2</sup> 以上）；0—几乎需要进行彻底改造。 | 1.0  |        | MADA      |    |       |     |    | West Krishna | SMP | Narayani      | AkramWah | Fuleh-Guni | Chokti | Dez* | Cuilan* | Benl Amhr* | Office du Niger* | Rio Yaqui* | Coello* | Saldana* | Cupatitzio* | Rio Mayo* | Sehan* |  |
|       |   |      |        | KERIAN MP |    |       |     |    |              |     | Audhra Prades | Bhakra*  |            |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |
| I-34  | <b>接受和使用反馈信息的情况</b><br>无需采用自动方式接收。4—对主要监测点的流量信息可以进行连续反馈和连续使用。或者只需最小限度的反馈即可满足要求，如封闭式管道系统；3—一些主要监测点1天反馈几次信息并在几小时内被迅速使用；2—一些主要监测点1天反馈一次信息，并在1天内得到了合理使用；1—每周反馈一次信息并得到了合理使用，或每天反馈一次信息但信息未得到合理使用；0—没有实际意义的反馈信息，或者有很多反馈信息但未被使用。                |      |        | MUDA*     |    |       |     |    | Majlgaon*    |     |               |          |            |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |
|       |   |      |        | Penang    |    |       |     |    |              |     | Dan Tieng     |          |            |        |      |         |            |                  |            |         |          |             |           |        |  |



(续)

| 指标代码 | 指标名称                               | 权重因数 |           |        |       | 权重因数合计 | 马来西亚  |         | 泰国     |        | 印度尼西亚  |         | 菲律宾      |              | 越南           |               | 印度         |           |         |      | 尼泊尔      |          | 巴基斯坦       |        |      | 伊朗      |            | 摩洛哥              | 马里          | 多米尼加    | 哥伦比亚     |             | 墨西哥       | 土耳其    |  |  |
|------|------------------------------------|------|-----------|--------|-------|--------|-------|---------|--------|--------|--------|---------|----------|--------------|--------------|---------------|------------|-----------|---------|------|----------|----------|------------|--------|------|---------|------------|------------------|-------------|---------|----------|-------------|-----------|--------|--|--|
|      |                                    | MADA | KERIAN MP | Penang | Muda* |        | 克姆埠   | Lampao* | Nam On | Lodoyo | Lakbok | MARIIS* | Dau Teng | Cau Son, Cam | West Krishna | Audhra Prades | Majalgaon* | Dantwada* | Bhakra* | SMP  | Narayani | AkramWah | Fuleh-Guni | Chokki | Dez* | Gulian* | Benl Amir* | Office du Niger* | Rio Yaquil* | Coello* | Saldana* | Cupatitzio* | Rio Mayo* | Sehan* |  |  |
| I-35 | 分水闸密度：操作人员管理的分水闸下游的用水户数量           | 15.7 | 21.7      | 4.0    |       |        | 4.4   | 45.0    | 83.7   | 94.0   | 15.0   | 150.0   | 25.0     |              |              |               |            | 100       | 6 0000  | 30.0 | 30.0     | 30.0     |            |        |      |         |            |                  |             |         |          |             |           |        |  |  |
| I-36 | 分水闸、运行管理人员：(由受薪雇员操作的分水闸数量)、(受薪雇员数) | 0.6  | 3.1       | 1.6    |       |        | 17.19 | 1.0     | 0.8    | 3.6    | 0.7    | 0.6     | 0.1      |              |              |               |            | 0.3       | 0.3     | 0.0  | 0.0      | 0.0      |            |        |      |         |            |                  |             |         |          |             |           |        |  |  |
| I-37 | 干渠的差异情况 (实际、描述)：干渠的整体服务            | 0.9  | 0.9       | 0.9    |       |        | 0.96  | 0.7     | 0.6    | 0.75   | 1.10   | 1.00    | 0.6      |              |              |               |            | 0.83      | 0.28    | 0.48 | 0.42     | 0.42     |            |        |      |         |            |                  |             |         |          |             |           |        |  |  |
| I-38 | 支渠的差异情况 (实际、描述)：末端配水点受薪雇员提供的整体服务   | 0.8  | 1.1       | 1.1    |       |        | 0.82  | 0.5     | 0.7    | 0.50   | 1.00   | 0.50    | 0.4      |              |              |               |            | 0.48      | 0.30    | 0.31 | 0.31     | 0.42     |            |        |      |         |            |                  |             |         |          |             |           |        |  |  |
| I-39 | 田间差异情况 (实际、描述)：向个人所有权单位提供的整体服务     | 0.8  | 0.8       | 1.0    |       |        | 0.72  | 0.7     | 1.1    | 0.71   | 0.90   | 1.75    | 0.3      |              |              |               |            | 0.60      | 0.33    | 0.55 | 0.55     | 0.57     |            |        |      |         |            |                  |             |         |          |             |           |        |  |  |

注：

- 本表中的数值是指标的真实数值 (不是指标的加权值)
- 第 19 列的数据 (旧版本)，名称加 \* 的项目，没有 I-16, I-20-I-25 和 I-35-I-39 的指标值。
- 在 MARIIS 项目中，没有斗渠信息，因为信息在干渠、支渠和末端用户。

# 对东南亚大型稻作项目的几点经济分析

Jeremy Berkoff

## 1. 东南亚的经济、农业和水稻生产

### 1.1 简介

稀缺资源利用的经济学定义为“选择性要素应用”（Green, 2003）。通过介绍可以得出另外两个要点（Young, 1996）：

第一，经济学分析的目标是人类福利最大化，而不是自然产出。灌溉农业的目标往往被设定为自然数量，而不是提高人类福利。而即使自然数量（产量、每滴水作物产量、灌溉效率）低于它们的最大值时，人类福利仍然完全可能达到最大化。

第二，激励问题。激励不仅限于价格。与地表灌溉尤其有关的是缺水，在提高人类福利上，“稀缺这个看不见的手”比任何可能的价格机制都更有效。激励也可以表现为制度形式——政治权力、官僚的野心、专业兴趣和寻求租金。

我希望讨论这些也许显而易见的要点的原因变得清晰。现在，我依次阐述水稻产量、灌溉面积和大型稻作灌溉项目现代化的有关问题。

### 1.2 水稻产量

产量和激励。许多出版物，包括粮农组织、国际粮食政策研究所（IFPRI）、国际水资源管理研究所（IWMI）和世界银行的出版物，都提到了水稻种植的“单产差距”。比如，研讨会文件指出东亚已经没有单产差距，但东南亚却仍然存在。但是这一发现引出了许多重要问题。为什么单产差距在东南亚依然存在，但在东亚已经消失？是东南亚的农民、灌溉官员和研究人员不如东亚？如果十年内平均单产增加 50%~100%，他们将如何处理所有的大米？即使可能单产潜力会提高，但实际产量能实现吗？也许，为什么单产水平有如此合理的理由。假如这样的话，人们在提出解决方案，消除“单产差距”前就必须了解那些理由。

同样，这并不是说物质因素不重要，“作物的最高单产主要取决于其遗传特征和作物如何适应当前的环境”（Doorenhos 和 Kassam, 1986）。如果东亚生长期的总辐射高于东南亚，而其他条件都相同，那么东亚的单产将会更高；在环境条件相同情况下，如果土地得到灌溉，其产量将超过雨养土地。农业研究和投资扩大了个人的选择范围。如果没有绿色革命，农民就不能使用高产品种（HYVs）或施肥以提高盈利。同样，没有教育、卫生、道路等，农民将少有精良的装备去把握机会。但是，有可能增加水稻产量并不总是一定意味着需要增加水稻产量，也不表示实际水稻产量会增加。产量是农民、消费者、灌溉管理人员和其他人同时做出的众多决策的结果，各人都以优化其个体福利的方式对他们面对的激励作出反应，而这并不一定使物质产出最大化。

Mbarali（坦桑尼亚境内一个小型水稻项目）的历史很好的说明了这一点（Berkoff, 伯克夫, 2001）。中国人建立了这个项目并经营了几年，他们在劳动力、施肥等方面不惜代价，使之取得圆满成功。在前 10 年左右，单产水平和世界上任何其他地方一样，种植面积稳定增长，充分挖掘了土地潜力（约 3 000hm<sup>2</sup>）。但是，1983 年、1984 年该项目被公司化改革，经营补贴被取消，财务损失日益明显，而且由于支付不起投入要素造成了产量暴跌。但是大米销售仍然由政府加工公司（SMC）以固定价格来保证，因此整个地区仍然种植水稻。20 世纪 90 年代初，保证价格政策停止。

然后，产量进一步下降，这次种植面积也象市场萎缩一样迅速下降。1997年、1998年的产量只是1980年、1981年高峰时的10%。

Mbarali 案例令人感兴趣的是，环境（也就是自然界）状况在整个期间几乎没变，但激励因素彻底改变——不是一次而是两次。当该项目有大量补贴和市场保障时，这个非洲深处独立小项目的产量和世界上任何地方一样高；当没有补贴和市场保证时，产量下降到一个典型的非洲小农户的平均水平，种植面积也下降。减少的面积被小农户重新开发利用，使总灌溉面积仍然维持大致相同（甚至可能还有所增加）。经济学家可能会说，这种最终结果已经是优化的结果，自从没有补贴项目以来，项目管理者和小农户分别按自己的理解优化自身利益。无疑，这没有做到单产和产出的最大化。

### 1.2.1 亚洲国家水稻产量趋势

当然 Mbarali 的事例并不典型，而且与亚洲大型稻作系统有很大差异。然而，它清楚地说明了激励因素的作用。我认为激励因素还有助于解释为什么亚洲各国和其他地方产量水平存在差异？为什么“东亚没有单产差距，但东南亚仍然存在”？图1总结了6个亚洲国家水稻的单产趋势<sup>①</sup>：

- 所有6个国家的平均产量都有所提高，尽管不同国家和同一国家内部增长率有所不同，但整个时期都一致是增加的趋势。
- 平均产量的顺序非常稳定，虽然越南在20世纪60年代后期明显低于印度尼西亚（80年代后期低于菲律宾和缅甸），但在2001年重新排在第二位，70年代中期，泰国低于菲律宾和缅甸。
- 印度尼西亚的产量在1966—1982年之间大幅增长，缅甸是在1976—1983年，中国在1977—1983年，越南在1988年、1989年之后。而菲律宾和泰国的产量在整个时期都平稳增长，没有出现产量的激增。

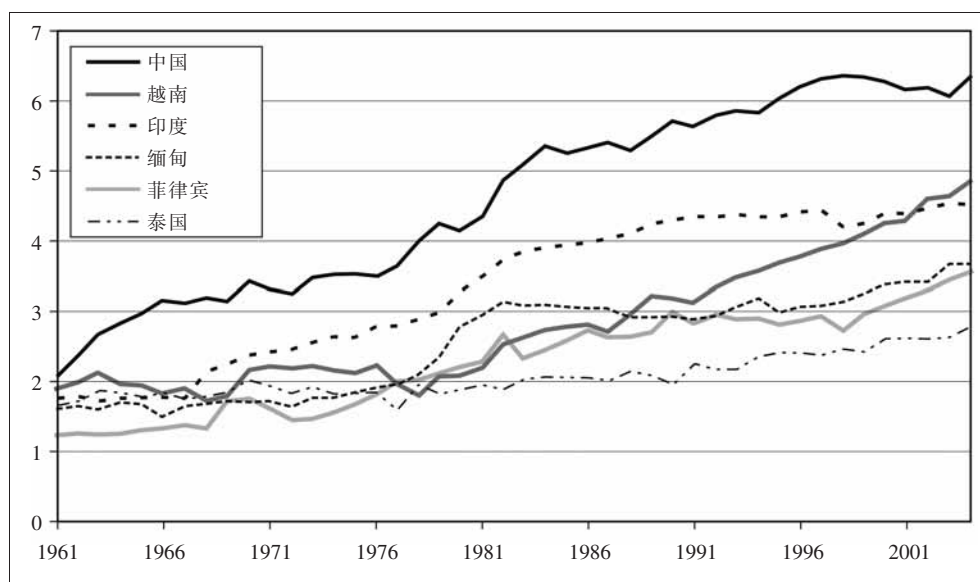


图1 6个亚洲国家的水稻单产趋势，1961—2004年（t/hm<sup>2</sup>）

### 1.2.2 这是怎么回事呢<sup>②</sup>

产量趋势同时受到物质因素和公共政策的影响。所有国家都通过某种方式干预国内粮食市场。

<sup>①</sup> 柬埔寨、老挝和马来西亚的区域研讨会代表，在人口、灌溉面积和水稻产量方面比这些国家都要小。它们也有与之不同的其他特性。因此，它们不在本次讨论之列。

<sup>②</sup> 正如本文提到的，谷物价格出现大幅上涨，部分是因为能源性谷物生产的扩张，而且，我们也注意到全球变暖加剧。这些因素意味着文章中的一些观点需要修改，但所用到的方法仍然是有效的。

进口商通常努力实现自给自足；出口商可能支持当地生产商和（或）促进出口。但是，我认为还有其它因素在起作用，这些因素普遍作用于亚洲的谷物生产，而不仅仅是水稻（Berkoff，2005）。

谷物较易保存和贮藏，因此，如果有所必须的机构的话，显然就可以进行谷物贸易。但谷物占地大且价值较低，这导致其贸易成本比起其他商品被提供了更高层次的内在保护。在一个国家境内，公共政策可能改变产出，但许多国家仍然维持边际自给率，较差年份进口，较好年份出口。同时大多数国家，产量继续增加。尽管有间断性粮荒发生，全球谷物贸易大约保持在总产量的14%~15%。有些地区已经间断性粮荒转变成长期短缺（印度尼西亚和南亚在20世纪60年代，非洲和中国时间更近些）。

粮食生产在世界贸易中占据稳定份额，这至少有部分原因在于价格、贸易成本和风险之间的反馈调节。随着时间的推移，自由市场将变得更加普遍<sup>①</sup>。因气候、季节和贸易等相关因素，自由市场的价格本质上是不稳定的。但是，在边缘贸易国家（即大多数发展中国家），其固有的不稳定性由于进口和出口等量价格之间的差异而进一步加剧。如果贸易成本占最终价格的10%，那么在进口和出口等量价格之间的差异就有20%甚至更多。如果价格从进口到出口等价（例如因为丰收），而其他条件相同，产地价格将下降20%，而假设农场成本占总收入的25%，则净收入将下降30%。其他条件可能不同，但这仍然可能大大加重固有价格的不稳定性。

富裕的农民可以承担风险，但大多数农民采取稳健措施，确保自己的需要，同时控制面临的风险和债务。如果好年景价格下降，他们下一年将进行调整——有些减少土地，所有人通过调整投入水平降低自己的风险，因此产量减少。这些决定总体上都趋向于将平均单产维持在限制进口的水平上。在同样的环境中来思考这个问题。如果印度达到中国的平均产量，这将产生不可持续的剩余，当地价格将会极度下降，农民收入就会受到影响。政府就会象欧洲或美国一样加大出口补贴，但这可能是非常昂贵的，而世界市场价格将进一步下降。实际上，这是一个核算问题：非常高的平均单产在印度根本就不行。他们必须保持产量低于中国，否则印度当地的市场价格将会暴跌，或农业补贴将变得不合理。结构调节性贸易国面临的价格比边缘贸易国面临的价格更稳定，进口国相对较高，出口国相对较低。出口国对结构性的肥料和其他的现金投入奖励比结构性进口国要低（除非抵消，如价格支持或化肥补贴）。自由市场的结构性出口国往往单产较低（澳大利亚的小麦，泰国的大米），而结构性进口国往往单产较高（例如埃及），这也许并不是巧合。

这主要是单产问题而不是面积问题，因为在可能的情况下，农户都会把农场土地种足种满，特别是在农场较小和劳动力丰富时尤为如此。因此，种植面积年年都保持大体相当，调整的负担很大程度上取决于单产。如果一部分农户由于非常幸运获得了更高的单产，另外一些农户肯定就会更低。这不仅有助于解释不同国家之间的产量差异，而且也说明了旱地产量与灌区产量的差异。灌溉面积越大，旱地产量就会越低，这样才能保持综合均衡。这是不公平的，因为灌溉农户得到补贴反过来又会促进肥料的施用，而旱地农户难以得到补贴并且面临许多其他不利因素。

换言之，产量不仅受物质因素（气候、土壤、灌溉、耕作方式等）和政府政策（关税、补贴、贸易管制）影响，也受国家各方面条件（人均耕地、灌溉面积比例、收入水平等）的影响。非洲很贫穷，有很多土地（旱地），产量也很低。如果他们能明显提高产量，过剩将难以管理。巴基斯坦旁遮普灌溉小麦产量低于印度旁遮普邦，部分原因是巴基斯坦的耕地几乎完全是灌溉地，而在印度灌溉面积占耕地总面积的比重较低。埃及的小麦产量出人意料地高是因为耕地是有限的，水资源完全被阿斯旺高坝所控制，农民知道他们将至少得到（较高的）与进口同等的价格。中国的产量较高，部分原因是人均耕地非常有限，或者说，其产量必须要比印度更高，以确保维持边际自给率。

随着人口增长和收入增加，本地市场扩张直到谷物成为次要商品。单产和总产量随着需求而增

---

<sup>①</sup> 在早期阶段，农民往往交税去支持总体发展或者工业增长。但是，随着价格下降和结构性转变，这种方式已经减少。汇率可能仍然被高估，其他贸易扭曲仍然存在，但这些都可能是为了对其征税而保护农业。因此，进口国往往管理贸易或强制征收关税，以保护农民和提高自给率，而出口国通过价格和（或）收入支持（如在欧洲）或灌溉（许多国家）来补贴出口。但是补贴成本是很高的，在贫穷国家的自由市场在促进供需平衡方面已经发挥着越来越重要的作用。

长，大多数国家保持全面的自给自足。如果产量增长过快，出现过剩，价格就会大幅下滑，在下一年就会有所调整。如果产量增长不足，进口增加，价格风险下降，农民也会作出反应。这就是市场规律，通过反馈和看不见的手运行。偶然事件导致欠收年份进口和丰收年份出口——贸易就是逐年平衡供需的润滑剂，满足结构性进口国的需求。但国家之间存在产量差异，不仅因为物质条件和政府的公共政策和投资的不同，还因为，在不让农业收入过少或预算赤字过快增长条件下，没有其他的解决方法在数学上是可行的。

### 1.2.3 国际谷物市场

如果正确，这个理由可以解释为什么大多数国家都在谷物需求方面保持自给自足，以及为什么谷物贸易量一直保持约占世界总产量的12%~16%。事实上，在上升到约16%的高峰时，在1980年后，这一比例开始下降。这看起来似乎与直觉相反。人们可能期望土地和水资源限制加强、收入差距拉大、技术进步差异、饮食多样化和全球化能加强比较优势，并已导致不同时期的许多人预测谷物贸易扩大（国际粮食政策研究所，1976；布朗，1998；国际粮食政策研究所，2000）。整个行业已因类似原因而重新部署，甚至农业贸易数量和价值出现了大幅增长。但迄今为止，在谷物方面尚未出现这样的情况。有时有些人辩称，随着价格上升，潜在的比较优势显露，若世界贸易组织（WTO）的谈判取得成功，就将刺激谷物贸易（美国农业部，2001）。但同样地，更高的价格可能会刺激国内生产，并降低自给自足的预算费用。如果这样，欧盟（EU）（甚至美国）出口的减少可由国内生产代替，而不再进口，并且谷物贸易比重甚至可能会下降。

水稻贸易不如小麦或玉米广泛。2003年，水稻出口占世界总产量的7%，低于小麦和面粉产量的22%，玉米的14%和所有谷物的14.5%。尽管自1980年以来，小麦的贸易比重略有下降，但仍是相当稳定。60年代和70年代，玉米的贸易比重显著上升，但自1980年以来明显下降。相比之下，大米的贸易比重始终低于5%，自1990年以来开始上升。Dawe认为人均水稻生产量的稳定性和出口增加共同促进了价格变动的减小（Dawe，2002）。过去的经验——小麦和玉米比较成熟的市场经验，意味着大米贸易将仍然相当有限。Dawe认为，一直努力保持大米自给自足的政府，如菲律宾政府可能是明智的，如果今后它们适度努力的话（见下文），将承担更少的风险。

这是如何体现在亚洲水稻产量上的呢？现在，我回到以上有关亚洲水稻产量的观点，并根据上述论点来解释它们。这些观点是：

- 大多数亚洲国家，水稻产量呈持续上升的趋势；
- 相应国家水稻单产次序的相对稳定性；
- 产量激增是许多国家的特征，但并非所有国家。

就贸易自由化和激励而言，最后一点很容易解释。印度尼西亚在苏加诺（Sukarno）下台后，放开其大米市场，但是以一种很缓慢方式 [国家粮食分配后勤处（BULOG）继续积极介入]；缅甸于20世纪70年代末在管制经济背景下引进了绿色革命技术；中国在1978—1979年的改革背景下迅速放开大米市场；越南在1988—1989年的革新政策下放开大米市场。相比之下，菲律宾和泰国一直是相当开放的市场经济，甚至绿色革命的出现在这两个国家也没有反映出任何明显的断层。菲律宾和印度尼西亚是持续进口国；缅甸和泰国是持续出口国；越南在20世纪80年代末，从一个边缘进口国向持续出口国转变；中国一直是边缘出口国。令人吃惊的是，净进口占总产量的比重仍然非常小，除了出口国和菲律宾。

如果多数国家保持谷物大致自给自足，对三个主要水稻出口国的概括在一定程度上就不是典型的。尽管如此，它们阐明观点，并依次概述如下：

- 中国 相对于人口，中国的耕地十分有限（尽管已根据卫星图像调高了估计），其中灌溉面积约占40%，其水稻单产轻易就成为六国中最高的（尽管比埃及低1/3）。近年来，谷物产量增长速度已明显放缓，加上人口增长和水资源制约加强（特别是在中国北方平原地区），已经让有些人预测中国会发生大规模粮食短缺（布朗，1998）。但是，尽管有一些波动，目前还没有证据证明这一点（虽然随着畜牧业需求量增加，大豆进口量上升）。事实上，虽然

相对于产量来说，大米出口量较小，但在 1998—2003 年间已达到历史纪录水平。由于规模庞大，中国现在在世界舞台占有举足轻重的地位。在对城乡收入差距强烈关注情况下，中国谷物持续自给自足的部分原因无疑说明当地采购价格较高。但持续自给自足可能也反映了以上的反馈机制——产量增长放缓，可能反映了需求增长放缓（有证据表明，谷物现在是次要商品，至少在城市）和物质约束差不多（伯克夫 Berkoff，2003）。鉴于中国的巨大规模和不同的区域条件，根据需求和反馈机制，预计单产会继续上升。如果是这样，中国将继续保持广义的粮食自给率和直接干预，以促进产量增长，一直到没必要再采取措施的程度。

- 印度尼西亚 爪哇巴厘的人均耕地甚至比中国更少，其周边岛屿越来越多的土地被开发出来，但是多数并不适于种植水稻。其产量增长主要是由于单产的提高。虽然国家市场干预和对被严重破坏的灌溉系统恢复，导致增长率减缓，但 20 世纪 60 年代中期的改革促进了产量提高。那时，收获面积增长 50%，单产提高了 250%，总产几乎翻了两番。20 世纪 70 年代初，没有几个人能够想象，在人口增长两倍（MMP、HTS，1971）的情况下，印尼的水稻仍然能够实现普遍的自给自足。在动乱的 20 世纪 60 年代，净进口量比重达到最高，到 20 世纪 80 年代至 90 年代初又下降了。自 20 世纪 90 年代中期以来，进口量再次增长但仍保持低于 5% 的水平。近几年印尼平均单产逐渐提高，为了保持自给自足，采取了关税和其他措施。尽管印尼被建议接受一定的进口，但其单产仍然低于潜力水平，而这似乎又反过来有助于确保其保持自给自足。
- 缅甸 二战前，缅甸是较大的水稻出口国。伊洛瓦底三角洲填海造田扩大了该地区的水稻种植面积，从 1845 年 20 万  $\text{hm}^2$  增加到 1900 年 260 万  $\text{hm}^2$ ，再到 1935 年近 400 万  $\text{hm}^2$ （Andrus，1948）。虽然缅甸仍然出口水稻，但最近趋向专制，已经落后于它的竞争对手。然而，由于在 1976—1981 年间积极引进绿色革命技术，带来了单产水平的提高，全国平均单产提高了 50% 以上。达到一定的高产水平后，到 20 世纪 90 年代中期，其产量又逐渐有更大提高。与其他多数国家相反，缅甸的人均水稻消费量也出现了增长，由 1970 年 162kg 增加至 2002 年的 205kg，当地需求的增长和政府对外出口的一定支持一起说明了其水稻面积又出现上升趋势的原因。缅甸、泰国和越南共同拥有一个大面积的特有三角洲地区和廉价的水路运输。毫无疑问，只要环境和政策合适，缅甸也能够象这两个国家一样大大增加水稻的出口（世界银行，1983）。
- 菲律宾 河流较少，蓄水量有限，供水变化极大。而且，虽然灌溉面积占耕地总面积比重高于印尼和马来西亚，但却低于中国、泰国或越南。这种情况下，政府一直致力于实现水稻自给。采取的主要手段是控制大米进口，这有助于使国内价格大大高于国际市场水平（世界银行，1992，Dawe，2002）。结果其产量增长速度快于泰国（近年来产量快速增长，见图 1）等国家，尽管 2001—2003 年进口依存度并不比 20 世纪 60 年代初高，但近年来，菲律宾水稻进口通常占其总需求的百分之十以上。虽然政府仍致力于水稻自给，单产潜力可能会继续增加，但可能更好的是仿效马来西亚，接受更高的进口依存度，换言之，接受结构性进口水稻国的状况（Dawe，2002）。
- 泰国 泰国是典型的水稻出口国。即使水稻价格长期下降，泰国仍然具有很强的比较优势（当世界水稻价格高与国内时，政府拿出大部分收益盈余支付水稻保险费以促进国家发展）。泰国中部大部分地区在雨季都是水淹状态，种植非水稻作物需要大量的耕地、土木工程、排灌沟渠等农业投资。尽管在城市附近会有一部分地改种更高效益的作物，但大多数农户仍然愿意种植水稻，即便是在旱季也是这样。一连串的装着水稻的驳船通过便捷和廉价的水路运输经过曼谷转运下游。由于泰国已不再象以前那样依赖于水稻出口，因此，即使会导致国内价格升高，泰国政策现在也允许水稻自由贸易。这种情况发生于 20 世纪 90 年代金融危机时期，当时泰铢大幅贬值，零售价格上升约百分之五十。Dawe 认为，这一政策的变化大大增加了国际市场的稳定性。因此，由于国际水稻出口同等价格水平降低，国内人均消费量下降，水稻单产仅缓慢上升，这种作用已经抵消了泰铢贬值的影响，保持了泰国农民生产水稻

用于出口的基本意愿 (Dawe, 2002)。

- 越南 越南说明了采取怎样的激励措施能促进水稻单产提高和产量增长。在独立战争期间, 进口量超过了国内需求的 10%。即使是赢得战争以后, 在完全计划经济年代, 产量始终徘徊, 并保持有限的进口量。只是在 20 世纪 80 年代后期采取革新政策后, 水稻单产才突飞猛进。自那以后, 水稻单产迅速增长, 到 2003 年, 成为六个国家中仅次于中国的国家。水稻出口主要来自湄公河三角洲, 就如同伊洛瓦底三角洲和湄南河三角洲一样。水资源过剩在人口较稠密的红河三角洲并不显著, 而在其他小流域经常出现短缺, 就象在菲律宾和印度尼西亚主导优势的特点一样。尽管国际水稻出口同等价格很低, 但水稻产量仍持续快速增长, 这就象在泰国一样, 毫无疑问体现了其货币贬值, 考虑到出口对全国发展的重要性, 它也反映了支持水稻出口的其他政府干预措施, 同样, 这又是象泰国早期发展阶段一样。

中国, 与南亚和其他许多发展中国家一样, 可能会保持谷物边缘贸易。如果是这样, 全球水稻贸易比重可能会大致保持在 1980 年以来的水平。有些国家基本上会从边缘贸易进口国变成结构贸易进口国 (如菲律宾和印尼), 有些发达国家将取消出口 (如欧盟)。据美国农业部 (USDA) 估计, 如果取消所有贸易扭曲政策, 世界小麦价格将上升 18%, 水稻上升 10%, 其他谷物上升 15%, 这会使全球每年增加 560 亿美元的收益 (美国农业部, 2001)。具有讽刺意味的是, 这些收益将主要落入发达国家, 但也会落入具有竞争力的出口国 (水稻方面, 尤其是落入缅甸、泰国和越南) 和自由市场经国家的盈余农户手中。由于前面已讨论的原因, 更高的世界价格是否会导致世界贸易比重上升仍不确定。

**灌溉单产和旱作单产** 要获得一个国家灌溉单产和旱作单产的系统比较数据是很难的。然而, 菲律宾有 1967—1989 年的此类数据。国家灌溉系统 (NIS) 的灌溉单产高于全国 (包括社区计划) 的灌溉单产, 灌溉单产又明显高于旱作单产。这些情况正如预料到的一样。更有趣的是, 灌溉单产和旱作单产的发展趋势非常相似, 至少在 1967—1989 年间如此。我不能证明这一点, 但我怀疑其他国家也是相似的结果, 因为如前所述的反馈机制会同时影响到所有农民, 无论他们是在国家灌溉系统 (NIS)、社区灌溉、还是旱作条件下种植水稻。因此, 正如国家之间的平均产量保持相对稳定, 这些国家的灌溉单产和旱作单产也是相对稳定的。

如果这是正确的, 它将对灌溉政策产生重大影响 (Berkoff, 2001, Berkoff, 2001)。如果全国平均单产在一定程度上是价格、交易成本和风险之间反馈机制的结果, 那么平均单产也是国家总体条件的部分结果, 包括灌溉耕地比重。如果保持总体的平衡, 灌溉耕地比重越大, 旱作单产也就越低, 换句话说, 新的灌溉投资决策不仅是增加受益农户的单产, 还会降低旱作单产。对贫困的影响在一定程度上被其他劳动机会抵消, 或者也许被灌溉发展的多重影响所抵消。这些问题将在第 2 部分进一步讨论。但是, 在关注来自于灌溉项目经济评估的证据之前, 应该先讨论灌溉地区和灌溉现代化的途径。

### 1.3 灌溉区

稀缺性——看不见的手。灌溉地区主要受到自然水可获得性的影响。农户为了优化水资源价值对自然性稀缺做出实时和长期的反应, 这种反应类似于对价格的反应。这本身就是一种稀缺资源分配 (经济的) 机制。除完全按需控制系统——极少数例外——地表灌溉的用水定价是不切实际的, 不仅是因为大型复杂系统 (有无数小农户, 降雨和供给不断变化) 的管理和技术问题, 而且还因为如果它们要发挥资源配置作用, 价格就必须要比大多数条件下<sup>①</sup>政策上可行的价格高得多且变化很大。但是, 如果水资源稀缺直接左右农户的决策, 就象在亚洲稻田计划中一样, 则不必进行用水定价。水资源的不确定、变化和稀缺的特点不仅对灌溉系统供水高效利用提供了持续实时激励, 而且也为补充水源投资提供了长期激励, 尤其是在重复利用地下水方面。

“稀缺”通常都会被纳入灌溉系统设计中, 以限制基础设施成本和充分利用旱季流水。稀缺的

<sup>①</sup> 这与通常主要按需设计的城市网状供水系统截然不同, 在这种情况下, 如果是限制用水, 水价通常是关键的变化因素。

含义随着季节和时间变化而变化。

- 雨季，上游用户可能会滥用水资源，耗费水量多于需要量。如果水流够大且最终用户能用到回流水，这可能不是问题，但是，在需求高峰，如果下游用户不想供水不足，就必须在主要系统对渠道调水能力进行限制管理。然而，这是一个内部计划管理问题，而不是水资源禀赋缺乏。雨季灌溉效率可能会很低，但是这没有多大意义，因为引入水流通常来自（过多的）人们没有其他用途的径流，漫水稻田与过量用水无关（但化学径流可能会增加）。稻田灌溉通常使用大量的水，但当别处不用时也经常将它灌溉稻田，因为这里供水多几能使流域低洼处洪水降低。如果没有其他经济性用水——不是稀缺的——那么人们就很少关心是否浪费了水（或许因为某些环境影响的除外）。
- 在旱季和雨季干期，问题就不在于河流的流量限制，而在于供水约束。既然渠道流量和灌溉面积适合于雨季供水高峰期，设计上旱季它们能够吸收所有可获得的水。根据作物需水量估计“缺水”实际上在实践中已经没有多大意义。把灌溉作为“最后的用户”可能更合适些，而不是需要特定的分配，因为它可以基本上可以充分利用可获得的水。这种时候本来就稀少的水，几乎没有浪费，每一滴都能利用（见下文）。
- 流域开发中，要强化稀缺性设计（雨季时渠道流量限制或者旱季本身缺少水资源），稀缺也许最终会变得很普遍。但是当稀缺因素起作用时，稻作系统通常会变得更加有效，因为农民和项目管理人员会利用有益回流。一般而言，某地损失的水会流回到河流或地下含水层（影响水质），并在下游得到重复利用。流域效率通常比项目效率更高，而对社会福利来说，更重要的是流域效率而不是项目效率。在缺水流域导致水真正损失（无法挽回的）的水资源浪费行为确有发生，但这通常是因为流入到地下咸水层中或缺乏项目内部计划管理，而不是农田滥用。相反，农民通过优化配置水资源以应对自然性稀缺，如通过调整农作物、农作方式和农作物时期安排、运用打井和安装水泵综合开发利用等（如见 Loeve 等，2003，Molle，2004）。

因此，亚洲稻作灌溉系统通常比一般假定的更有效率。重复一遍，效率低下，在雨季可能没有问题。降雨量和无人管理河流流量往往超过地表灌溉需要。由于缺少水库，水不是从稻田流入三角洲或大海，就是从稻田流入灌渠，大部分无法使用。这种时候，迫使农民变得“高效”毫无意义。他们为什么要高效呢？事实上，自然效率低可能相当于最大福利，因为管理简化，农民几乎没有问题，任何情况下用水的机会成本为零。旱季供水往往主要来自水库和灌区，这取决于灌溉效率。但另一方面，旱季灌溉通常是有效的。如果缺水，农民就会争水。任何在旱季考察项目的人都会看到：如果不采取阻止行动，最后一滴水都将被取净直到河水干涸。对“效率”进行年度平均是极其错误的。

此外，很少有单一计划，而是众多河流综合利用，有些河流由人工管理，有些不是。大部分时间，它们充分利用降雨、径流、以及无人管理的供水等。如果地形有利但降雨不稳定，就会建设一些小水库（如中国南部的“瓜藤式”水库，印度和斯里兰卡南部的洼地系统）。如果地形不适宜或降雨量相对较高，如在菲律宾、印度尼西亚和大部分东南亚地区，河流仍然无人管理，而且雨季的水资源利用率原本就很低。在综合性开发系统中也许会建设一个或多个大型水坝。就灌溉而言，水库管理的方法就是最有效地利用无人管理水流和降雨，在旱季尽可能地保存更多的水。但是，在复杂的大型水库系统中，如果不是几万而是几千家小农户，不是几百而是几十个调水点，这绝不是一件容易的事，很多时候都是水太多。干旱期，几乎每个农民都同时开始受到压力，因此必须放水，并输送很长距离到每一个小农场。当这些水到了农场的时候，又可能会下雨。总体来说，有效降雨和无人管理流水可能会导致出现水过剩，除非农户每天都需要稳定的水源。在缺乏储水的系统中，不均衡是完全可能的，雨季灌溉效率必然很低。

大型计划中对不可预测的降雨和河流流量的应对表明会多放一些水。实际上可能需要浪费一些水，以保护农民的信心。旱季水库管理比较容易，因为具有可预测性。但是，水从充足转向稀缺本身就是一个重大的问题，它导致农民无纪律性和自然损失，就象农民对其所面临短期困境的反映一



样。然而，这是指系统管理一个典型弱点。许多研究，例如斯里兰卡的 Kaudulla (HRS, 1985) 和菲律宾的 R Porac-Gomain (HRS, 1989) 表明，放松雨季管理同时限制旱季灌溉面积，以及主系统供水分配不均衡，可能会导致福利损失。模式是一种直接练习，往往可以达到改善水库和主要系统的管理，以减少可避免的损失，提高旱季生产。

## 1.4 灌溉现代化

### 1.4.1 简介

人们常说灌溉项目运行效率低下，而改进项目性能的关键在于技术创新 (Plusquellec, 2002) 或经济水价 (Rosegrant 和克莱因, 2003)，或两者相结合 (Rosegrant 等, 2002)。如上所述，有人认为大型地表灌溉项目实际上比通常预想的更有效率，水定价的作用已经充分阐述。至于技术问题，这里值得引入技术现代化的主导言论：

“过去 30 多年来，因为大量开采地下水和节水技术的广泛应用，已经避免了曾预计 20 世纪 90 年代会出现的粮食生产短缺。然而，在发展中国家和发达国家的许多地区，尤其是半干旱地区，出现了地下蓄水层开采及相关水质下降问题……。人们不能仅满足于解决大型灌溉系统管理不善这一长期问题。如果不能理解大型地表项目的技术进步与改革需求间的关系，可能就会加重缺水问题并威胁未来粮食安全。发展可靠的地表灌溉系统对应对灌溉带来的挑战是至关重要的。以大量投资和人力资源能力建设来实现这一目标很可能低估了问题的严重性。” (Plusquellec, 2002)。

Plusquellec 提出的两个重要问题需要加以解决：一、地下水的潜在作用；二、地表灌溉现代化的含义。

地下水。地下水使用的增长可以归因于许多因素，包括：补贴，水泵设备和钻井服务的更多使用，电力分配系统的扩张，以及一些国家的低价柴油。但是，正如 Plusquellec 所强调的，最重要的因素是井带给农民的供给安全性。隐秘的地下水可以按需供给，且完全由末端用户自己控制。和”经济”产出相比，补贴和外部因素扭曲了激励。但是，除此以外，农民采用边际成本定价法——只有按照他们评估的边际收益表明边际成本合理时他们才抽水。只要可以达到地下水层，地下水就可以代替所有难以预测的降水和地表供水。因此，这证实了“对农民来说是安全供水，否则农民将不得不依靠不可靠或严格的渠道系统供水” (Plusquellec 同前；Berkoff, 1990)。作物单产一般较高（虽然仍需与国家总体单产相一致，见上文），地下水已成为高附加值作物多种经营的推动力。尤其让人感兴趣的是灌溉系统周边地下水的作用。很难想像有一个系统能比结合了不可使用的降雨和可靠的地表供应以及地下水使用的系统更高效。这种情况在印度西北部和巴基斯坦的 warabandi 计划中特别普遍。但是，普遍接受的观点是，发展中国家的大型灌溉项目效率低下。虽然大型稻作系统与印度西北部的 warabandi 计划在许多方面有所不同，但这些观点或许在较小程度上仍然适用（见下文）。

上文已经明确了灌溉效率为什么通常比假定效率高的原因。这里要介绍另外两个情况：一、如果没有灌溉系统，降雨，特别是半干旱地区的降雨，往往不能被有效利用；二、地下水为僵化甚至管理不善的灌溉系统提供了充分的按需灌溉。毫无疑问，如果地表供水可以按需进行，严格来说，完全不必在地下水花费。但是，正如上面所讨论的，大型系统不能迅速地按需供水，投资和交易成本将远高于地下水的直接成本。此外，因为是农民决定投资多少，抽多少水，所以，情况表明使用地下水在经济上相对高效（受补贴和外在因素的影响）。

Plusquellec 提出这个问题：地下水灌溉可以持续多久？他的看法显而易见。但是确实是这样吗？水源补充将无限期进行，那么，地下水也将一直有。事实上，地表灌溉本身是水源补充的一个主要来源，它明显增加了来自降雨和河流渗漏的自然水源补充。虽然抽水超过水源补充是一个不容置疑的事实，但水源补充本身的数量也很巨大。由于地下水位下降，抽水成本上升，某些情况下，这使供给和需求进入可持续的平衡。在其他情况下，脆弱的地下蓄水层可能会枯竭或成为盐碱地。如果这样，农民将再次依赖地表供水，或转向雨养农业，或完全停止耕作（迁往城镇）。其重要性依赖于经济环境、经济结构调整速度和环境因素。受影响的农民当然会遭受不利，但农民已经遭受

了许多不利的事情，如农产品低价和跌价、农场规模缩减、环境退化、相对于城市居民的收入下降等。此外，相对于旱作农民而言，灌区农民得到大量补贴，旱作农民承担了经济结构调整的主要负担。

如果反馈机制确保大多数国家大致维持谷物自给自足，这里的主要问题是地下水是否能持续支持高附加值作物的扩张，这对农业增长来说很关键，或者地表灌溉是否也需要现代化。粮农组织统计数据显示，粮食作物仍占有所有作物总收获面积的50%~60%，高附加值水果和蔬菜作物也许不超过5%或6%，其他为油籽、豆类、木本作物和其他非灌溉商品作物。创业企业一般顺应商机而出现，特别是在城市地区，出现了越来越多的出口企业。因此，这些作物种植区最终是被市场所制约，而不是被供水所制约。如果这样的话，毫无疑问，大多数国家有足够的地下水支持高附加值作物地区。一个必然的结果是，促进地表灌溉现代化以满足高附加值作物的需要可能被夸大了。

有一个介绍支持现代化系统的案例，在这个案例中：灌溉是一种多余行为（以色列、塞浦路斯）；或仅占农业的很小份额（摩洛哥）；或高附加值作物出口收益很大（墨西哥北部）；或水资源极度短缺（中国北方平原）；或农业是典型的富裕商业化农场，对它们来说，水只是一小部分费用（美国、西班牙）。从长远来看，这种做法可能会变得普遍合理。但现在该案例泛指小农户的大型复杂稻作灌溉系统的现代化，这种系统比一般假设的更高效，并且该系统仍将在基本谷物种植中保持主导地位，风险主要是财务浪费。强制性的技术创新几乎总是失败，不是因为农民在接受能力不强，而是因为期望不切实际和推动者过于乐观。在可预见的将来，大多数情况下，个体农民直接控制之下的地下水将胜过现代化的地表供水系统。将会有足够的地下水水源补充给高附加值作物，甚至超过其可能的需求。虽然这将有损于那些能使用地下水的人，这就是市场规律。花费巨大的现代化其本身是针对灌溉农民的，而在过去这些灌溉农民一直比旱作农民更有优势。

地表灌溉。那么应该如何改善亚洲大型稻作项目中地表系统的管理呢？我认为主要的机会在于传统的低成本改进，水库运转和主要系统管理的可预测性和可靠性。水库运转是很重要的，因为在季风气候下，旱季有效雨量和无人管理河流的系统开发往往可以增加留存水量以待旱季使用。可预测性和可靠性是很重要的，因为他们帮助有经验的农民对地下水和其他耕作活动，投资和农场决定等作出反应。

在大型系统现有情况下，这往往意味着简化操作和管理，因为不切实际的期望破坏了可预测性和可靠性。例如，如果考虑社会和体制限制，在个体农场或河道上操作闸门可能是不切实际的。替代方式，包括按比例分配和轮流进行往往更好，尤其是如果再有本地存储水和（或）者私营地下水投资。这些做法实际上表示增加了对农民或农民群体的管理程度，农民需要按计划行动以对预见性供水做出反应，而不是计划管理者寻求逐个满足农民的作物需水。这不排除修改时间表以满足主要耕作需求（即某种形式或安排的需求计划表），也不排除投资改善设施控制和其他措施，例如在顶级渠道或地表控制。但它确实意味着，这类措施应该从成本、现实性和可操作性方面进行严格评判。

系统差别很大，每个系统必须考虑其自身特点制定切实可行的行动计划。其中可能涉及什么内容，许多过去的出版物已经有所研究；尤其是沃林福德水力学研究站关于稻作系统的出版物（水力学研究站，1985，水力学研究站，1989）；Albinson和Perry关于“结构设计”的出版物尤其注重非稻作系统（Albinson和Perry，2002）；和Horst“水分配的两难境地”说明了所有类型的系统（Horst，1998）。前面的方法已经由这些不同的作者进行了详细描述，奇怪的是，在粮食和未来灌溉的相关大量文献中却很少提及它们。

## 2. 灌溉项目的经济评估说明了什么？

### 2.1 简介

关于灌溉项目经济性能最容易得到的数据，是那些已结束的，并由世界银行和亚洲开发银行进行过审计和影响评估报告的项目。国际水管理研究所（IWMI）和其他机构也开展了许多性能评估。然而，我已经限定使用世界银行报告中的数据和亚洲主要稻作项目影响评估报告（Berkoff，2001，

Berkoff, 2002), 特别是 1994 年世界银行业务评估局的报告。该报告涵盖了到那时为止所有由世界银行资助的灌溉项目。尽管 1994 年业务评估局的报告已经过时, 还有下面所讲到的一些缺点, 但它很全面, 是一个宝贵的, 真正独一无二的数据库。而影响评估报告尤其适合现在这个研讨会。

## 2.2 经济回报率

表 1 总结了 1994 年业务评估局概述中由世界银行资助的灌溉项目的经济回报率 (ERRs)。在 1948—1993 年批准的 340 个灌溉项目中, 有 208 个项目已被“评估”(即有一个完成、审计或影响报告书)。该表分为完成报告和审计报告, 在贷款结束时由受援国和世界银行分别编制, 影响评估报告通常由业务评估局在实际运行 5 年后编制。表 1 还包括了 1996 年业务评估局影响报告中四个主要的亚洲稻作系统的结果。表 2 显示, 从评估到完成到影响, 经济回报率呈持续下降趋势, 就 1996 年业务评估局报告中的项目来说, 下降到了非常低的水平。而且, 即使是有影响, 在项目周期通常是 20~30 年情况下, 效益仍然不确定。此外, 世界银行最多在发展中国家提供 10% 的灌溉投资。因为有证据确凿的案例, 世界银行项目执行高于平均水平(它们是外部监督, 更好地资助和执行延迟很少公开), 表 1 可能夸大了所有灌溉系统的性能。

尽管结果如此, 业务评估局的结论是, 灌溉一般是令人满意的。这部分是因为 1994 年回顾中并没有区分影响, 完成和审计结果, 而是采纳了最近大部分可用报告的结果(这也解释了表 1 中的问号)。但是, 这并不是全部。业务评估局回顾并没有去更新个别项目的回报率, 只是接受每个报告的结果。这并不奇怪——以确切的数据更新 204 个报告的结果将是一项艰巨的任务。更令人吃惊的是, 在报告会延迟几年情况下——效果评价最早从 1979 年开始, 最晚是 1990 年, 而完成审计报告持续较长时间——却没有对最近趋势的影响评估。下面尝试了这种评估。两个主要假设确定了收益: 未来作物价格和作物产量增加。

表 1 评估、完成和效果评价中的经济回报率: 业务评估局回顾

|                |         | 评估  | 完成/审计 | 影响评估 |
|----------------|---------|-----|-------|------|
| 业务评估局回顾 (1994) |         |     |       |      |
| 自流             | 103 个项目 | 21% | 14%   | ?    |
| 水泵             | 48 个项目  | 25% | 19%   | ?    |
| 混合、不知道         | 37 个项目  | 19% | 13%   | ?    |
| 自流             | 13 个项目  | 19% | ?     | 12%  |
| 水泵             | 7 个项目   | 17% | ?     | 6%   |
| 业务评估局影响研究 1996 |         |     |       |      |
| Lam Pao        | 泰国      | 26% | 12%   | 10%  |
| Macklong       | 泰国      | 35% | 8%    | 4%   |
| Kinda          | 缅甸      | 19% | 14%   | 7%   |
| Dau Tieng      | 越南      | 17% | 5%    | 4%   |

来源: 业务评估局, 1994, 业务评估局, 1996

## 2.3 世界粮食价格

表 2 对世界银行不同时期预测粮食价格与随后的实际价格进行了对比。尽管在多数情况下, 每次预测后都进行调整(但大米并不让人感兴趣), 但世界银行未能跟上价格的实际下降幅度。例如, 在 1987 年 9 月, 世界银行预计到 2000 年大米价格为 315 美元/t, 1994 年 11 月, 价格为 332 美元/t, 1998 年 11 月价格为 296 美元/t, 但是实际的价格是 187 美元/t(所有的价格都处在 1990 年的价格水平)。如果以 2000 年的实际价格而不是先前业务评估局的预测价格为基础, 对经济回报率进行重新估计, 是否大多数项目仍然切实可行, 就很值得怀疑。自 2000 年以来, 粮食价格已趋于稳定。就小麦而言, 已走出了 20 世纪 90 年代的低水平。即便如此, 粮价水平远低于 20 世纪 70 年代和 80

年代，更不用说 70 年代之前的水平。最近世界银行的预测（世界银行，2005，2005）认为，至少在短期内，价格仍会处于低位。

表 2 世界银行粮食价格预测和实际价格：1990 年价格

|                     | 预测时间             |             |        |             |        |        | 实际价格 <sup>2</sup> |        |        |        |        |
|---------------------|------------------|-------------|--------|-------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------|--------|
|                     | 1987 年 9 月       | 1994 年 11 月 |        | 1998 年 11 月 |        |        |                   |        |        |        |        |
|                     | 2000 年           | 2000 年      | 2005 年 | 2000 年      | 2005 年 | 2010 年 | 1970 年            | 1980 年 | 1990 年 | 1995 年 | 2000 年 |
| 美元/t, 1990 年的价格     |                  |             |        |             |        |        |                   |        |        |        |        |
| 大米：5%的泰国米           | 315              | 332         | 369    | 296         | 277    | 267    | 504               | 571    | 271    | 268    | 209    |
| 小麦：美国硬红冬麦           | 155 <sup>3</sup> | 150         | 153    | 120         | 140    | 128    | 219               | 240    | 136    | 148    | 117    |
| 玉米：美国 2 号黄玉米        | 143              | 121         | 125    | 102         | 107    | 100    | 233               | 174    | 109    | 103    | 92     |
| 和 1987 年 9 月的预测价格相比 |                  |             |        |             |        |        |                   |        |        |        |        |
| 大米：5%的泰国米           | 100              | 105         | 117    | 94          | 88     | 85     | 160               | 181    | 86     | 85     | 66     |
| 小麦：美国硬红冬麦           | 100              | 97          | 99     | 77          | 90     | 83     | 141               | 155    | 87     | 95     | 75     |
| 玉米：美国 2 号黄玉米        | 100              | 85          | 87     | 71          | 75     | 70     | 163               | 122    | 76     | 72     | 64     |

注：1. 以美元现价计算，2000 年的实际价格，美元/t：大米—202.4，小麦（美国硬红冬麦）—114.1，玉米—88.5。

2. 根据五个主要工业国制成品单位价值指数索引，1990 年价格的实际价格：1985 年—68.61；1990 年—100，2000 年—97.3。

3. 1987 年的预测是针对加拿大小麦（西红春小麦）。它的价格转换为美国硬红冬麦的比例为 1 : 0.76。

资料来源：1987 年 9 月、1994 年 11 月和 1998 年 11 月世界银行商品价格预测。

2001 年 3 月和 2005 年 7 月世界银行商品价格数据（粉表）。

2004 年世界银行发展报告，五个主要工业国制成品单位价值指数索引。

如果世贸组织谈判成功，无疑将会有价格上涨的压力。美国农业部分析认为，如果消除所有贸易扭曲，那么世界小麦的价格将上升约 18%，大米上升 10%，其他谷物上升 15%（美国农业部，2001）。其他预测认为，鉴于过去趋势、技术变革（例如转基因作物影响）和发达国家的贸易政策，价格将进一步下降。更复杂的分析还需要考虑汇率变化和美元价值。无论详细情况怎样，粮食价格似乎不可能恢复到 80 年代和 90 年代所预计的水平，如果是这样，将来所有的灌溉项目将需要反映特定历史时期较低的实际价格水平<sup>①</sup>。

## 2.4 增产量

业务评估局回顾未能详细分析单产，只是说最后将基本上达到生产目标。然而，已进行效果报告的大多数计划（即有实际资料可查）没有达到产量目标。能得到详细数据的四个亚洲项目（表 3）的单产差额还很巨大。而且，效果估计比在评估，完成和审计阶段更为悲观<sup>②</sup>。

表 3 四个东南亚项目的单产和产量，评估和评价

|              | 关于单产：t/hm <sup>2</sup> |     |      |     | 关于产量                     |
|--------------|------------------------|-----|------|-----|--------------------------|
|              | 评估                     |     | 效果评价 |     |                          |
|              | 雨季                     | 旱季  | 雨季   | 旱季  | 效果估计占评估数的 % <sup>1</sup> |
| Lam Pao：泰国   | 3.8                    | 4.0 | 3.0  | 3.0 | 73%                      |
| Macklong：泰国  | 3.5                    | 4.2 | 3.9  | 3.9 | 48%                      |
| Kinda：缅甸     | 4.0                    | 3.6 | 3.6  | 3.1 | 40%                      |
| Dau Tieng：越南 | 3.8                    | 4.4 | 3.6  | 3.2 | 47%                      |
| 加权平均         | 3.8                    | 4.1 | 3.5  | 3.3 | n. a.                    |

注：目前该地区还不可能生产出报告中的这些产量估计数和单产。

来源：业务评估局，1996

① 价格压力是种植生物能源作物的结果，其他因素显示，本段需要修改。

② 此外，业务评估局没有任何报告讨论有关增产量的问题，增产量是评估效益的关键。如果全国平均单产上升速度高于预期，那么即使达到预期以单产目标，增产量则会减少。菲律实的数据可以很好地说明这一点。但由于版面关系，这里没有包括这些数据。

过于乐观也影响作物面积增加。如前所述，由于当缺水时，农民会互相争水，当水价值高时，人们就不会浪费水，因此灌溉比一般假定的更经济有效。结果必然是，效率提高的潜力比人们通常设想的更小，特别是在公正的说明当前“效率低下”的修复和现代化项目评估报告中对效率的设想。乐观的效率假设反映在对灌溉面积的乐观预测中（表4）。此外，完成和审计报告往往保留有评估假设，但是效果报告将向下调整预期值。就四个亚洲项目而言，涉及的面积不超过评估对象的67%。在菲律宾，根据其他实际数据，预计增加甚至会更少。

如果增加单产和增加灌溉面积都言过其实，那么增产也会被累积夸大。此外，增加灌溉面积和耕作密度是直接用水假设的一个很好的说明。这个数据可以得到，但很难加总。尽管如此，我认为，他们也将证实，效率目标往往被抬到了相当高的水平。

表4 评估、完成/审计和效果评价的灌溉面积

|                              | 计划<br>编号 | 平均项目面积：hm <sup>2</sup> |           | 平均耕作面积：hm <sup>2</sup> |              | 评估百分比 % |              | 种植密度：%       |              |
|------------------------------|----------|------------------------|-----------|------------------------|--------------|---------|--------------|--------------|--------------|
|                              |          | 评估                     | 评价        | 评估                     | 评价           | 预测面积    | 作物面积         | 评价           | 评估           |
| 业务评估局回顾（1994年）               |          |                        |           |                        |              |         |              |              |              |
| 效果                           | 20       | 60 592                 | 50 743    | 81 938                 | 65 975       | 84      | 81           | 135          | 130          |
| 完成/审计 <sup>1</sup>           | 111      | 75 830                 | 80 368    | 118 856                | 129 829      | 106     | 109          | 169          | 175          |
| 完成/审计 <sup>2</sup>           | 51       | 86 230                 | 86 991    | <i>n. a.</i>           | <i>n. a.</i> | 101     | <i>n. a.</i> | <i>n. a.</i> | <i>n. a.</i> |
| 完成/审计 <sup>3</sup>           | 6        | 1 827 000              | 1 804 000 | <i>n. a.</i>           | <i>n. a.</i> | 99      | <i>n. a.</i> | <i>n. a.</i> | <i>n. a.</i> |
| 业务评估局效果评价，1996年 <sup>4</sup> |          |                        |           |                        |              |         |              |              |              |
| Lam Pao                      | 1        | 49 000                 | 49 500    | 78 400                 | 74 250       | 101     | 95           | 160          | 150          |
| Maeklong                     | 1        | 66 000                 | 39 500    | 132 000                | 63 200       | 60      | 48           | 200          | 160          |
| Kinda                        | 1        | 79 000                 | 71 000    | 126 400                | 83 070       | 90      | 66           | 160          | 117          |
| Dau Tieng                    | 1        | 72 000                 | 45 000    | 162 720                | 112 500      | 63      | 69           | 226          | 250          |
| 加权平均                         | 4        | 86 100                 | 51 250    | 12 880                 | 83 255       | 77      | 67           | 188          | 162          |

注：1. 在整个阶段，可以得到预期的项目和作物面积数据的项目（111个计划）。

2. 只能得到预期项目区域数据的项目。

3. 6个大型修复、现代化项目，在许多方面是非典型的。

4. 目前该地区还不可能生产出报告中的这些产量估计数和单产。

来源：业务评估局，1994；业务评估局，1996。

## 2.5 项目评估的偏差

如果对价格和产量增加的预测下降到很低的水平，甚至低于完成和效果评价报告中的修订估计数，那么当按照实际数据进行重新计算时，就会有許多（即使不是大部分）灌溉项目的实际经济回报率低于评估数，许多情况下还低很多。这是在允许成本超支，延期执行和环境外部性之前。业务评估局报告提供了成本超支和执行延期的证据。因为重点在收益上，因此对这些方面没有分析。但是仅仅调整这些就会使经济回报率大大低于最初的估计数。

如何解释这种项目评估的偏差呢？在我看来，答案主要在于以下事实，即地表灌溉仍然很大程度上依赖于公共部门，项目的制度激励常常超越经济分析中的任何疑问：

- 政治动力总是推动项目向前。灌溉是如此明显的一件好事——谁会去反对它呢？
- 正如我们看到的，经济分析本身就带有不确定性和不稳定性。很难反驳过于乐观的假设，盲目乐观也非常普遍。
- 不一定付费的受益农民的自身利益是显而易见的。那些灌溉部门在评判灌溉投资项目时也是如此。类似的激励因素会影响贷款机构的灌溉职员、合同承包商和聘用来评估和建设灌溉项目的顾问。为国家利益服务的规划和财政部往往限制灌溉支出，但却很少能完全阻止它。
- 最重要的是，经费主要来自国家预算，最终没有真正的财务问责制。地表灌溉已经有大量补贴。即使地下水通常是通过电力价格或其他方式给予补贴，但很少承担与地下水位下降相关

的外部成本费用。否则，地下水开发就会与本身拥有大量补贴的公共地表灌溉工程共同存在（如在中国北部和印度次大陆大部分地区，利用管井开采地下水，这种地下水是由地表损失弥补的）。

地表灌溉不同于生产型企业，公共建筑及其所有权很少被质疑。毫无疑问，灌溉往往被列为基础设施，但是也与工业类似。自从大多数政府认为它们可以选择工业优胜者以来已经过去许多年了。然而政府仍然在灌溉工程项目上选择优胜者。社会主义国家有直接的理由去规划基础产业投资，这种理由因为会计核算惯例和价格与实际并不相符而持续了几十年。而这种现象在灌溉领域仍然存在，即使是在其他大多数方面是积极的市场经济体制的国家，也是如此。灌溉项目潜力通常用自然资源潜力（无论水和土地资源是否能够达到）来表示。这样的话，人们就会为了满足粮食需求、促进区域和农村发展、解决贫困问题或还有其他原因来制定这些资源的开发利用计划。

这些论点也有可取之处。市场不是万能的，如果为了更广泛的发展、国家安全、消除贫困、创造就业和（或）城乡协调，政府就应该进行干预（伯克夫，2003）。但实际上，最好的项目首先是在以下情况下建成的，即最好的地点、水源丰富、地下水几乎未开发、粮食实际价格很高、国际贸易风险很大、经济单一而未被多元化的时候。早期的灌溉项目往往服务于重要的国家目标，多数情况下无疑是出于经济方面的考虑。但是，最近许多的项目根本就是不值得的。仅仅拥有水和土地，并不意味着一定要开发，但这仍是许多准备进行的灌溉计划的原因。那些继续把大量资金用于灌溉的国家，就像苏联垮台之前的重工业一样，经常不考虑其真实成本和涉及到的补贴。

任何地方，即使在发达国家，地表灌溉都产生它的所有直接成本费用，更不用说它的机会成本和外部成本。发达国家的水费除了包括经营和管理（O&M）成本，可能还包括部分资金成本，但发展中国家的管理机构努力地收回经营和管理费用。然而，地表灌溉供水是一个资金高度密集型产业，其经营管理费用通常不及贴现（现值）成本的10%~20%。农民将不会（也不能）多支付一小部分项目成本费用的事实，最终导致这些费用根本无法按照农民所得到的收益来进行评判。如果他必须支付全部费用，他将会比其原来的情况更糟。如果真有一个灌溉项目市场，那么，真正的均衡价格将是通常灌溉用水收费的许多倍，许多现有的灌溉项目决不可能建成。当然，在适当的时候，可将已经提供的补贴纳入土地价格，而这种情况下，基本不可能（实际上也不公平）收回全部成本。那些得到补贴的农民首先可以放心，他们出售土地所获得的意外收获仍然会留在自己手中。

此外，分析人员常常会受到来自客户或上司的压力——说是比说不要容易得多。毫无疑问，这也适用于其他部门。但对灌溉的经济分析具有特别的不稳定性和不确定性。增产量表示了两大假设未来走向的差异（增产和未增产），而这依赖于一系列难以证实和难以最终量化的假设。如果谷物的价格、或单产的增加、或灌溉效率、或种植模式能调整到最适合的情况，那么对经济回报率的作用可能大的令人吃惊。谁会说这些假设是错误的？此外，如前所述，尤其是 Mbarali，从自然的角度看，几乎所有地方的生产无疑都会增加，而且往往很多，而无论是灌溉条件还是旱作条件。例如，尽管英国小麦完全是旱作，但其单产却是世界上最高的。无疑，它的降雨较多，技术很先进。但是如果没有欧盟共同农业政策（CAP）的补贴，有多少英国农民可以利用相同技术获利？不多——如果取消所有保护和补贴项目，人们无疑还会种植小麦，它比其他农作物的收益还是要高些，但其投入模式将会有很大不同，因此单产也会不同。同样，灌溉也是如此。单产和灌溉面积反映了一国普遍存在的激励因素构成，而提高潜力通常也被过分的夸大。

### 3. 结束语

本文开始有两个观点：第一，经济学分析的目标是人类福利最大化，而不是自然产出。第二，激励问题。在此框架下，第1节旨在揭示农业和水稻生产的一般演变。结论是，任何特定国家的平均稻谷单产至少部分取决于价格、贸易成本和风险之间的反馈结果，这些过程限制了增加单产的机会。因而不同国家之间平均单产的差异反映了实际因素，而假定东亚和东南亚明显的单产差距有可能消除也在某种程度上得到解释。关于灌溉，有人认为，“稀缺性这个看不见的手”提供了激励，

促使亚洲大型地表系统的用水效率远远大于一般的假定，并再次指出，提高大型稻作项目灌溉性能的潜力可能被大大高估了。而且，高附加值作物耕作中，地下水总是胜过地表灌溉。这样项目一定会继续主要用于基本谷物的生产。因此从这些论点看，昂贵的大型灌溉项目现代化通常是不必要的和不经济的，存在大量经费分配不当的风险。第 2 节总结了世界银行报告中能证实这些结论的证据，结果表明，考虑到作物的实际价格和农业产出，灌溉项目的经济回报率被过分夸大了。

## 参考文献

- Albinson B. , & Perry, C. J.** 2002. *Fundamentals of smallholder irrigation : the structured system concept*. Research Report 58, IWMI, Colombo, Sri Lanka.
- Andrus, J. R.** 1948. *Burmese economic life*. The American Council, Institute of Pacific Affairs, Calcutta.
- Berkoff D. J. W.** 1990. *Irrigation management on the Indo-Gangetic plain*. World Bank Technical Paper No. 129, Washington, DC.
- Berkoff, J.** 2001a. *Irrigation, grain markets and the poor*. Presentation to ICID British Chapter, 21 February.
- Berkoff, J.** 2001b. *World Bank water strategy: some suggestions related to agriculture and irrigation*. Mimeo, Draft, 7 May.
- Berkoff, J.** 2002. *Economic evaluation : why is it so often unsatisfactory and does it matter? (with reference to the irrigation sector)*. Paper presented to the International Consulting Economists' Association (ICEA) on 19 June.
- Berkoff, J.** 2003a. China: the south-north water transfer project — is it justified? *Water Policy* 5: 1 - 28.
- Berkoff, J.** 2003b. *Prospects for irrigated agriculture : has the international consensus got it right?* Paper presented at the Alternative Water Forum held at Bradford University, 1 - 2 May.
- Berkoff, J.** 2005. Memo addressed to MNA region of the World Bank, 19 September 2005, mimeo.
- Brown, L.** 1998. China's water shortage could shake world food security. *World Watch*, July/August.
- Dawe D.** 2002. The changing structure of the world rice market, 1950—2000. *Food Policy*, Vol. 27 (4): 355 - 370.
- Doorenhos J. , & Kassam, A. H.** 1986. *Yield response to water*. FAO Irrigation and Drainage Paper 33, Rome.
- Green, C.** 2003. *Handbook of water economics : principles and practice*. Chichester, John Wiley & Sons.
- Horst, Lucas.** 1998. *The dilemmas of water division, considerations and criteria for irrigation system design*. 138 pp. , International Water Management Institute.
- HRS.** 1985. *Irrigation water management at Kaudulla*, Sri Lanka. Hydraulic Research Station, Wallingford, Report No OD 70, July.
- HRS.** 1989. *Performance assessment of the Porac River irrigation system*. Hydraulic Research Station, Wallingford, Asian Regional Symposium on the Modernization and Rehabilitation of Irrigation and Drainage Schemes, Development Academy of The Philippines, 13 - 15 February.
- IFPRI.** 1976. *Meeting food needs in the developing world : the location and magnitude of the task in the next decade*. Washington, DC. Research report No. 1, February.
- MMP/HTS.** 1971. *Kali Progo Basin study*. Consultancy Study undertaken by Hunting Technical Services and Sir M. MacDonald & Partners, under assignment by ODA, October.
- Molle, F.** 2004. Technical and institutional responses to basin closure in the Chao Phraya River Basin, Thailand. *Water International* 29 (1): 70 - 80.
- NIA.** Undated. *Performance evaluation of national irrigation systems*. NIA databases (mimeo).
- OED.** 1994. *A review of World Bank experience in irrigation*. Report No. 13676, 2 Vols. Operations Evaluation Department, Washington, DC.
- OED.** 1996. *Irrigation O&M and system performance in Southeast Asia : an OED impact study*. Report No. 15824, Operations Evaluation Department, Washington, DC.
- Plusquellec, H.** 2002. Is the daunting challenge of irrigation achievable? *Irrigation and Drainage* 51: 185 - 198.
- Rosegrant M. W, Ximing Cai & Cline, S. A.** 2002. *World water and food to 2025: dealing with scarcity*. Washington, DC.
- Rosegrant M. W. & Cline, S. 2003. *The politics and economics of water pricing in developing countries* (mimeo).
- Third World Water Forum.** 2003. *Water, food and environment*. Session Report, Kyoto, 20 March.

- USDA.** 2001. *Agricultural policy reform in the WTO—the road ahead*. Market and Trade Economics Division, Economic Research Service, U. S. Department of Agriculture, Agricultural Economic Report No. 802. Ed. Mary E. Burfisher.
- Van Hofwegen, P. & Svendsen, M.** 2000. *A vision of water for food and rural development*. Prepared for the World Water Forum, Paris.
- World Bank.** 1983. *Burma: irrigation sector review*. Report No. 4644 - BA, South Asia Projects Department, Washington, DC.
- World Bank.** 1987. *Commodity price forecasts*. September, Washington, DC.
- World Bank.** 1992. *Philippines: irrigated agriculture sector review*. Report No. 9848 - PH, 2 Volumes, World Bank, Washington, DC.
- World Bank.** 1994. *Commodity price forecasts*. November, Washington, DC.
- World Bank.** 1998. *Commodity price forecasts*. November, Washington, DC.
- World Bank.** 2001. *Commodity price data : (Pink Sheets)*, March, Washington, DC.
- World Bank.** 2005c. *Commodity price data : (Pink Sheets)*, July, Washington, DC.
- World Bank.** 2005a. 2004 *World development report*. Washington, DC.
- World Bank.** 2005b. *Prospects for the Global Economy: 2006*, Washington, DC.
- World Water Commission.** 2000. *World water vision—a water secure world: vision for water, life, and the environment*. Report of the World Water Commission, World Water Council.
- Young, R. A.** 1996. Water economics. In Mays L. (ed.) *Handbook of Water Resources*. New York, McGraw-Hill.



# 节水灌溉系统：技术、经济和制度问题

Shahbaz Khan<sup>①</sup>

## 摘 要

灌溉农业用水量占澳大利亚消耗性用水 70% 以上。随着灌溉地区水资源接近完全分配，甚至一些流域过度分配，用水竞争越来越激烈。在墨累达令流域，很难从现有资源获取更多的水。一种普遍的观点认为：未来，灌溉农业可以利用的水资源会越来越少。如果要提供足够的水进行灌溉，唯一的方法是农场和流域更有效地利用现有水资源。环境或者新灌溉发展所需的水资源，需要通过农场和系统水平上灌溉节水来获得。然而，系统某一部分节水可能导致另外一部分用水量增加，因此就可能抵消整体的改善效果。

提高农业水分生产力的方法有渠道衬砌、灌溉制度、高科技灌溉技术、耕作模式改良和高经济回报作物栽培。要实现“真正的”大量节水，其关键在于从整个系统范围内对节水方案进行评估和水利分级。本文中说明了澳大利亚马兰比季河谷主要水资源利用效率的研究结果。通过对田间、灌溉地区和流域水平上的节水措施进行水利和经济评估，总结了系统效益。供求理论被用来探索如何内生灌溉产生的社会成本，以及减少造成社会和地区环境负担的相关损失。

讨论了基于市场的节水方法，该方法利用水资源租赁和节省水源利用优先权，通过市场机制对环境进行保护。要建立可考虑第三方影响的高效供水的私人—公共投资机制，以促进节水技术投资。因为要从固定系统损失中真正地节水，因而上述投资机制将有助于为节水灌溉和环境提供节水供应保证，尤其是干旱期间。

## 1. 引言

和世界上其他国家一样，澳大利亚灌溉系统也面临一些问题造成的损失，这些问题包括贮藏和输送损失、农场损失和不同的水分利用效率。在墨累达令流域，河流输送过程中损失了大约 25% 的灌溉用水，渠道损失占 15%，农场损失占 24%，这意味着实际仅有 36% 的灌溉水用于植物灌溉，这一观点已经获得了普遍认同。这种水资源的损失在全世界并非是非特例（详见表 1）。表 1 中亚马兰比季灌区（MIA）数据不包括河流输送损失，这表明农场损失要少于整个墨累达令流域的平均水平（Khan 等，2004）。然而，假设到 2025 年全世界要满足新增的 15 亿~20 亿人口的粮食需求，就要想方设法减少水输送损失，提高澳大利亚乃至全世界的灌溉效率。

近年来，澳大利亚主要流域灌溉水对环境产生的影响引起越来越多的关注。这就造成了城市和工业用水需求与灌溉用水进一步的“经济”竞争。假设农村用水者（主要是灌溉）占澳大利亚水资源利用总量 70% 以上，则东南亚大部分国家情况与此类似。而由于气候变化和其他环境因素造成水资源物理匮乏情况下，灌溉者面临压力越来越大也就毫不奇怪了。他们要保护水源，而不是任由其无效蒸发或者渗透到咸水层而造成损失，从而提高水资源利用效率，并实现真正地节水。

<sup>①</sup> 查尔斯特大学和澳大利亚联邦科学院水土研究所，科学与技术学院，Locked Bag 588, Wagga Wagga, NSW 2678, Australia, Shahbaz.khan@csiro.au

表 1 三种灌溉系统中地表水灌溉效率

| 主要指标                  | 中国, 柳园口 | 巴基斯坦, 瑞彻拉杜布 | 澳大利亚, MIA |
|-----------------------|---------|-------------|-----------|
| 面积 (hm <sup>2</sup> ) | 40 724  | 2 970 000   | 156 605   |
| 供应系统损失 (%)            | 35      | 41          | 12        |
| 田间损失 (%)              | 18      | 15          | 11        |
| 作物可利用的净地表水 (%)        | 46      | 32          | 77        |

实现“真正”大量节水的关键在于在整个系统环境中, 从技术、经济和制度三个方面对节水措施进行评估。图 1 中表明了在不同空间规模上灌溉流域中的水循环。循环图中的数字表明了改善灌溉系统可持续性和节水的措施。这些措施要点如下:

- 1) 河流取水量和取水方式, 水权定义, 贸易和水权使用的管理, 改善对农场的水资源分配和控制以减少输送损失;
- 2) 地下水取水量和取水方式, 取水必须与流域和河流补给相适应, 改善农场供水, 减少输送损失;
- 3) 地下排水量和排水方式, 改善管理以减少进入地下水的渗漏和排水, 通过土壤蓄积减少盐沉积, 改善浅地下排水截留情况并通过生物富集和提取重新利用, 地下排水和地下水的盐分管理计划;
- 4) 通过减少深处渗漏和蒸发损失提高用水效率, 从而减少水资源抽取;
- 5) 完善地表排水管理, 提高再利用率, 减少污染物;
- 6) 通过土地利用管理调控出水量及向河流和地下水排放的盐分和污染物;
- 7) 根据气候和情况变化调整灌溉管理措施, 好的天气和气候预报将有助于减少降雨损失和系统流失损失。

本文阐述了澳大利亚集水区 1~5 干预点 (图 1) 的用水效率研究技术、经济和制度方面的问题。Khan (2005) 等提出了节水对流域和国家的粮食安全与水平衡影响的推断模拟方法。

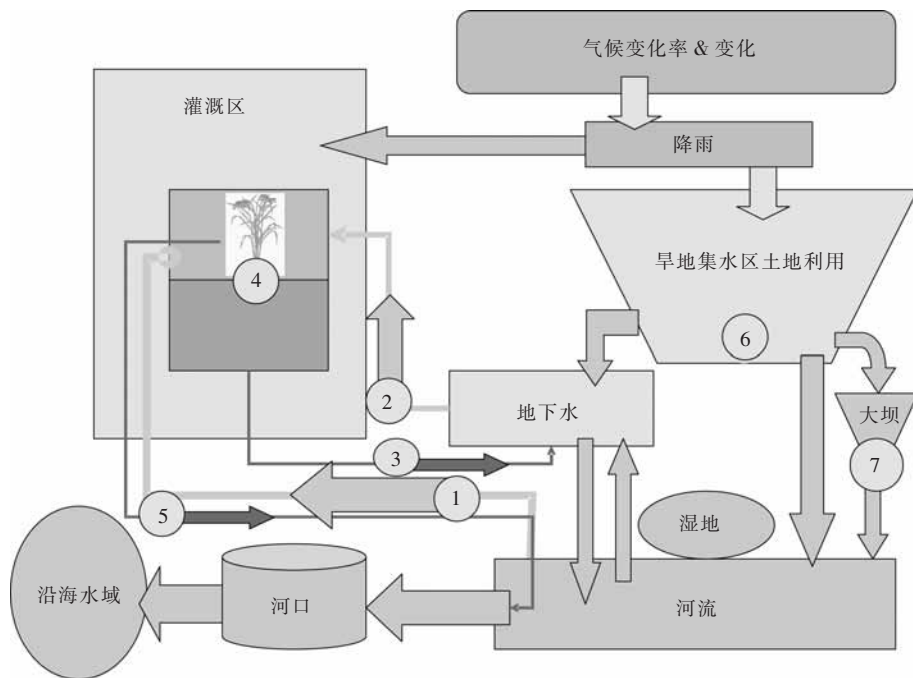


图 1 有循环关键干预点的灌溉集水区示意图

## 2. 技术问题

我们要节水以获得更高单位耗水生产率，为环境提供水资源。然而，由于政府补贴和国际市场竞争，较低的商品价格不允许对高科技进行投资。为更有效的利用提供的水资源进行灌溉，要采取以下技术措施：

- 采用农场节水方法提高水分生产率（从土壤水监测到压灌系统）；
- 通过衬砌和修建管道来降低水资源输送损失；
- 与节水投资相配的更高价值的耕作制度；
- 通过有效的土壤沥滤，除去农场到地区水平的土壤盐分，推动水资源可持续性多重利用。

由于缺乏一套综合性的现有数据，因此很大程度上采用这些节水措施在整个灌溉系统或者流域水平上对整个节水和水分生产率产生的相应的经济和环境效益也并不明确。因此十分有必要开始鉴定和填补这一至关重要的空白。Pratt Water 马兰比季流域研究的一部分（Pratt Water Group, 2005），采用了一套目标数据的搜集、模拟和整合方法（Khan 等，2005），对减少克利姆堡里和马兰比季灌区内 300GL 的农场和非农场水资源流失技术方案进行了评估。

### 2.1 系统方法

#### 2.1.1 流域节水措施

为确定“真正”节水的措施，要采用系统方法，综合考虑流域、灌区和农场各层次上，所有地表水和地下水的利用，损失和的相互作用，这一点是非常重要的。马兰比季流域系统水平平衡的例子见图 2。

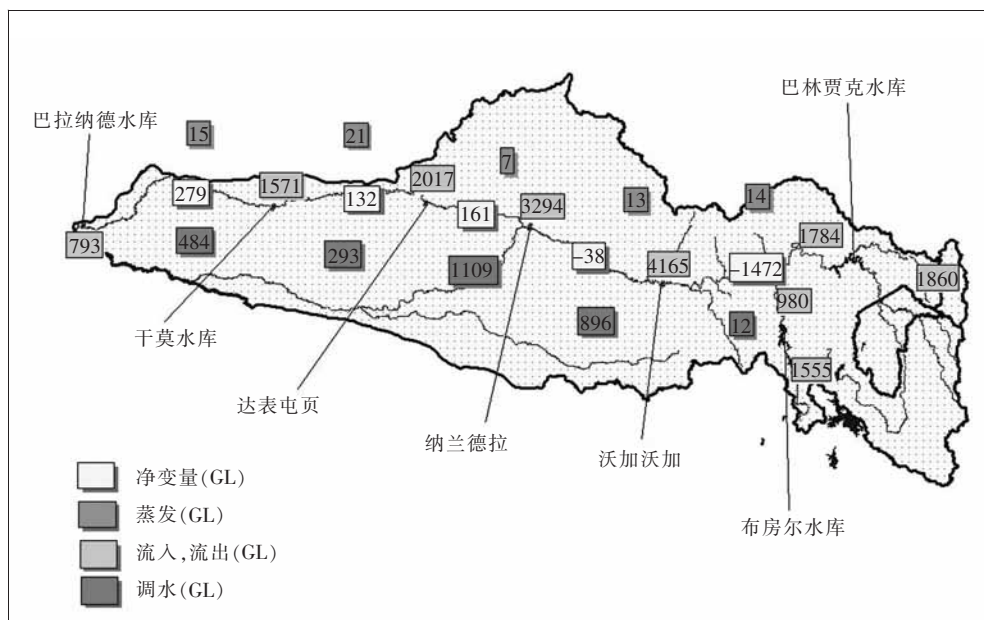


图 2 马兰比季流域系统水平平衡

分析表明有些河段没有计算在内的损失超过 300GL (1 GL = 1 MCM) (Khan 等，2004)，通过流域管理基础设施投资，能实现真正的节水和更好地管理环境。

#### 2.1.2 灌区节水措施

灌区类似的系统方法提供了整个灌区的节水指标。克利姆堡里灌区 (CIA) 灌溉系统水平平衡见

图 3, 它说明了 CIA 可能的用水效率情况 (利用 2000—2001 年的水分配)。系统内不同点的用水效率可以用输水量与供水量之比和净用水量来表示, 用蒸散量和吨农产品/GL 表示净用水量。灌溉效率通过根系贮水量来表示, CIA 主要用水效率指标表明, 这一效率是 70%。如果不对灌溉基础设施进行投资以改良测量、检测并降低水分损失, 这一效率指标将保持这一低水平。由于作物吸收土壤毛细管水, CIA 总的用水效率是 77%。以生产效率来衡量, CIA 的效率是 343t/GL。对 CIA 整体节水的进一步分析 (Khan 等, 2004) 表明在现有耕作和灌溉制度下, 可能将经济用水效率从 91 000 澳元/GL 提高到 97 500 澳元/GL, 总用水效率从 77% 提高到 84%。

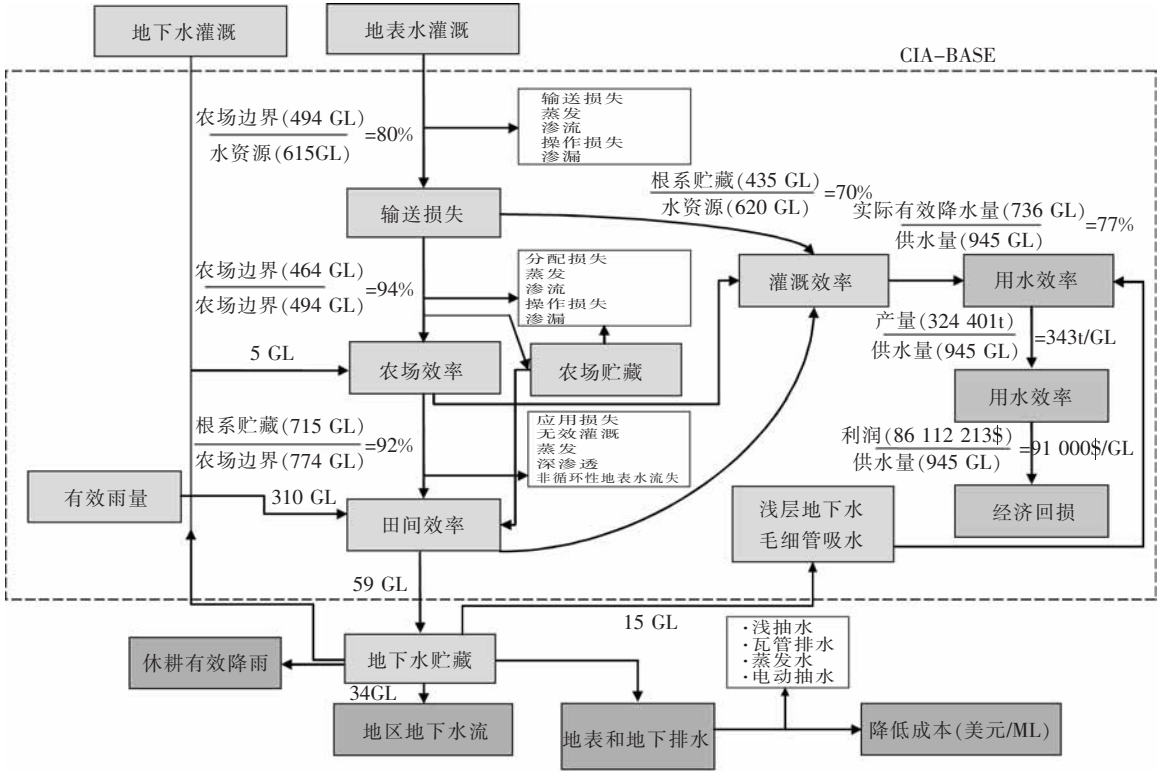


图 3 CIA 的用水效率

## 2.2 计划性节水

### 提高农场水分生产率

表 2 描述了马兰比季河灌区 (MIA) 水资源利用和水分生产率现状, 并对马兰比季河灌区作物净需水量 (NCWR)、现行灌溉水平和产量总体情况进行了概括。所有作物 (除了苜蓿之外) 净需水量都低于所宣称的最高灌溉水平。在最小和最大作物产量, 耗水总量和净作物需水量之间存在着显著差别。这些数据清楚地表明农场收益在以下方面具有提高潜力:

- 与土壤和地下水状况相适应的耕作系统;
- 灌溉效率提高 1~5 ML/hm<sup>2</sup>;
- 通过改变管理、营养和控制盐渍化, 将作物产量提高 20%~50%。

考虑到土壤、水资源和地下水现状, Khan 等 (2004) 认为改变农场灌溉技术可以使不同品种的大田作物节水 0.1~2.2 ML/hm<sup>2</sup> (图 3)。例如柑橘从漫灌改为喷灌, 将节水 1.0 ML/hm<sup>2</sup>~2.0 ML/hm<sup>2</sup>, 从漫灌改为滴灌, 则将节水 2.0~3.0 ML/hm<sup>2</sup>; 利用葡萄喷灌将节水 1.0~1.5 ML/hm<sup>2</sup>, 滴灌则将节水 4.0 ML/hm<sup>2</sup>, 利用蔬菜滴灌将节水 0.5~1.0 ML/hm<sup>2</sup>。模型模拟表明如果用压灌系统代替农场地表灌溉, 玉米节水潜力为 7%, 大豆节水潜力为 15%, 小麦 17%, 大麦 35%, 蚕豆 38%, 向日葵 17%。

根据 Khan 等最近的研究 (2004), 利用压灌系统 (自走式喷灌或者圆形回转喷灌或者类似喷灌) 代替农场地表灌溉的节水潜力见表 2。

表 2 净作物需水量 (NCWR), 公布的 MIA 水资源利用和产量 (2000 年、2001 年公布作物面积)

| 作物       | 作物面积 (hm <sup>2</sup> ) | 净作物需水量               |                       | 公布的灌溉水平 <sup>†</sup> (ML/hm <sup>2</sup> ) |      |      | 公布产量 (t/hm <sup>2</sup> ) |      |       |
|----------|-------------------------|----------------------|-----------------------|--|------|------|---------------------------|------|-------|
|          |                         | (ML)                 | (ML/hm <sup>2</sup> ) | 中  | 低    | 高    | 中                         | 低    | 高     |
| 水稻       | 46 120                  | 506 562              | 11.0                  | 14.0                                       | 12.0 | 16.0 | 9.5                       | 6.0  | 12.0  |
| 小麦       | 39 215                  | 111 835              | 2.9                   | 2.0  | 1.0  | 3.0  | 5.0                       | 3.0  | 7.0   |
| 燕麦       | 2 896                   | 7 512                | 2.6                   | 2.0  | 1.0  | 3.0  | 3.5                       | 2.0  | 6.0   |
| 大麦       | 3 034                   | 8 615                | 2.8                   | 2.0  | 1.0  | 3.0  | 5.0                       | 2.5  | 7.0   |
| 玉米       | 2 924                   | 18 813               | 6.4                   | 8.5  | 6.0  | 12.0 | 9.5                       | 6.0  | 15.0  |
| 油菜       | 2 685                   | 4 643                | 1.7                   | 2.5  | 1.0  | 4.0  | 2.5                       | 1.8  | 3.0   |
| 大豆       | 2 881                   | 18 383               | 6.4                   | 8.0  | 6.0  | 9.0  | 2.6                       | 1.5  | 3.8   |
| 夏季牧场     | 3 929                   | 45 154               | 11.5                  | 7.5  | 7.5  | 8.0  |                           |      |       |
| 冬季牧场     | 24 184                  | 50 403               | 2.1                   | 5.5  | 5.5  | 6.0  |                           |      |       |
| 苜蓿 (未收割) | 2 468                   | 43 291               | 17.5                  | 10.0                                       | 7.0  | 14.0 | 7.3                       | 5.0  | 15.0  |
| 葡萄       | 635                     | 77 508               | 5.7                   | 5.0  | 3.0  | 7.5  | 15.0                      | 9.0  | 25.0  |
| 柑橘       | 8 700                   | 68 861               | 7.9                   | 7.0  | 4.5  | 10.0 | 38.0                      | 20.0 | 60.0  |
| 核果       | 934                     | 9 071                | 9.7                   | 9.0  | 7.5  | 12.0 | 18.0                      | 15.0 | 20.0  |
| 冬季蔬菜*    | 1 500                   | 921                  | 0.6                   | 5.0  | 4.0  | 6.0  | 60.0                      | 50.0 | 70.0  |
| 夏季蔬菜**   | 1 500                   | 8 906                | 5.9                   | 7.0  | 6.0  | 10.0 | 90.0                      | 60.0 | 120.0 |
| 苜蓿 (收割)  | 0                       | 0                    |                       |  |      |      |                           |      |       |
| 总量       | 156 605                 | 980 477 <sup>†</sup> |                       |  |      |      |                           |      |       |

注: †公布的 2000 年、2001 年总调水量是 1 048 000 ML, 农场输水量是 857 000 ML。

\* 洋葱灌溉需水量和产量。对色拉作物 (苜蓿) 来说, 灌溉需水量在 2.0~4.0 之间, 产量在 30.0~40 之间。

\*\* 番茄灌溉需水量和产量。甜瓜灌溉需水量在 4.0~7.0 之间, 产量在 30.0~40.0 之间。

† 根据测量误差调整报道的灌溉水平—例如 Dethridge 轮 (一种在果园内使用的机器) 低估了 14%。

来源: NSW Dept. of Ag. (2003), Beecher 等 (1995), MDBC (1997), MIA 和 D LWMP WG (1997)

表 3 不同灌溉技术下几种作物的用水和节水 (ML/hm<sup>2</sup>)

| 灌溉方法 ML/hm <sup>2</sup> | 地表灌溉 |     |     | 喷 灌 |     |     | 节 水 |     |     |
|-------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                         | 高    | 低   | 平均  | 高   | 低   | 平均  | 高   | 低   | 平均  |
| 玉米                      | 10.6 | 4.3 | 8.3 | 9.2 | 4.0 | 7.7 | 1.4 | 0.3 | 0.6 |
| 大豆                      | 6.6  | 3.6 | 5.4 | 5.6 | 3.2 | 4.6 | 1.0 | 0.4 | 0.8 |
| 小麦                      | 4.2  | 0.5 | 2.4 | 2.8 | 0.5 | 2.0 | 1.4 | 0.0 | 0.4 |
| 大麦                      | 4.3  | 0.7 | 1.7 | 2.4 | 0.7 | 1.1 | 1.9 | 0.0 | 0.6 |
| 向日葵                     | 7.0  | 3.5 | 4.6 | 4.8 | 3.1 | 3.8 | 2.2 | 0.4 | 0.8 |
| 蚕豆                      | 4.9  | 1.5 | 3.2 | 3.3 | 1.4 | 2.0 | 1.6 | 0.1 | 1.2 |

## 供水渠水流失的测定和管理

这项研究综合利用地球物理和原位测量方法, 以确定渗漏点和总的水资源损失量。马兰比季流域对 700 多千米长的渠道进行了渗漏测定。利用 EM31 测量器对所选渠道两侧都进行了勘测。这些

测量器利用电磁感应测定从地表一直到6米深处土壤的平均电导率。平均读数是表观电导率。这种EM方法可以很快的搜集大量的数据而无需破坏地面，但这种方法容易受到电磁干扰的影响。低电导率预见潜在渗漏点。

一旦EM31勘测完成，就可以利用基于GPS的分布，根据EM图像数据作图。这些图可以帮助确定渗漏率较高的渠段。然后利用流量计来测定渠道各点流入和流出量，交叉验证渠道水资源的损失。在较高的渗漏地点，则利用Idaho测渗计来测定渗漏率。在这种方法中，将一个圆柱形的铃放到水渠一侧的底部，通过管道与蓄水库连接，测量仪器安装在水表面。当水从铃中渗出时，通过测量仪器测定蓄水库中压力的变化。

利用EM31测量器、Idaho测渗计、地下水岩性和MODFLOW模型品质数据建立人工神经网络(ANN)模型(Khan等, 2004)。一旦建立这种人工神经网络模型，就可以利用它来预测输水渠道中的渗漏。

我们对9个农场水资源输送过程中的损失进行了个案研究，研究结果表明渗漏损失占所研究农场总供水量的1%~4%，每年超过60ML(相当于4%的损失)。对马兰比季灌溉区700多千米渠道渗漏损失的计算表明，每年渗漏损失超过了40000ML，蒸发损失超过了12500ML。在渠道所能浇灌地区的水资源损失总量差别很大，损失占总供水量比重从1%~30%，每千米长度从0.2%~9%。

利用衬砌和管道可以减少渠道输送过程中的损失。

### 节水梯级

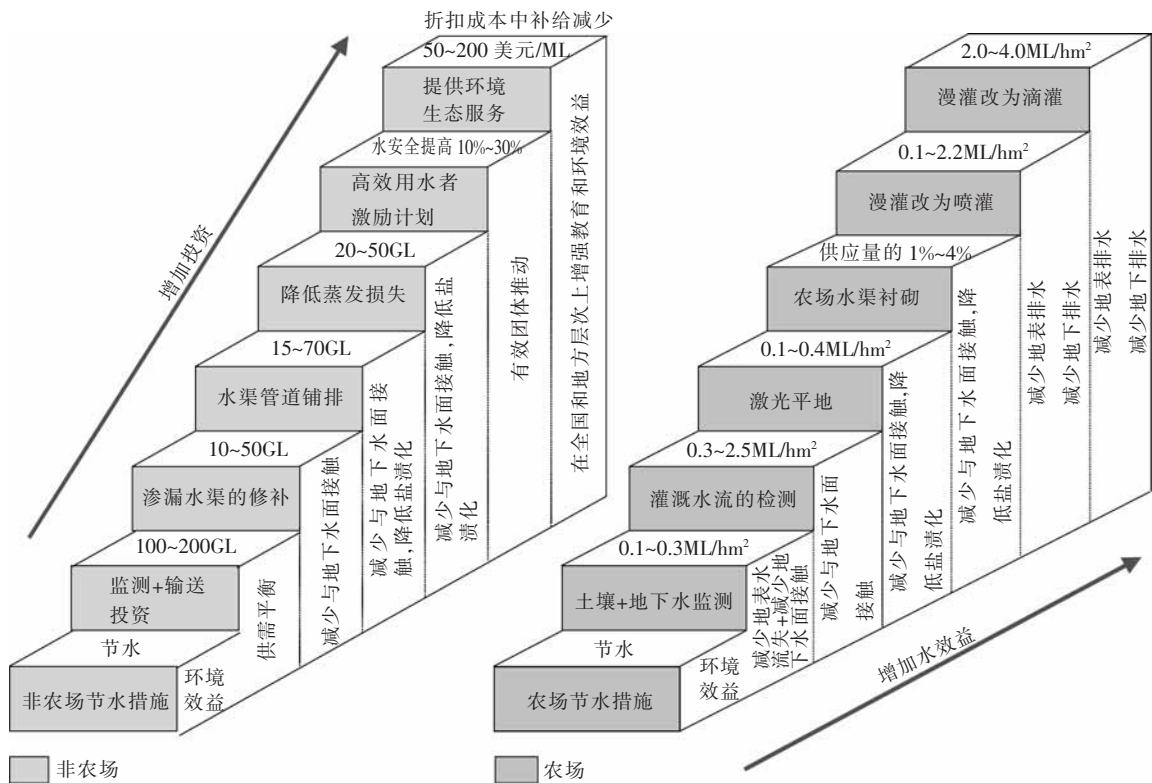


图4 灌溉地区可能的节水梯级

图4将各种农场和非农场节水方式总结成节水步骤梯形图，并标明各自的节水效率和效益。要认识到有些步骤是下一步能有效用水的前提，这是非常重要的。例如，要实现农场节水，关键是实施土壤、地下水和水流监测计划，以保证灌溉水平与作物水分需求相一致，同时要考虑利用高科技灌溉技术。同样，要实行非农场节水措施，在修建管道、渠道衬砌之前了解水资源输送的时间和空间量是至关重要的。要在现代灌溉基础设施中安装最尖端的监测和输送系统，减少从河流到农场的输送损失，降低输送差距。

### 3. 经济问题

以农场和地区节水为目标，假定灌溉节水边际成本会随着节水量的增加而提高，那么就可以画出传统或者其他不同的灌溉替代技术灌溉节水成本曲线，这有助于将成本曲线移动到较低成本处，详情参见图 5。图 5 显示了现有耕作系统边际成本 (MC) 和边际效益的原理图。X 代表现有节水水平，通过实施低成本替代技术可以使其向右偏移。

经济分析表明农场节省 1ML 水资源的成本随着总节水量而增加，详见图 6。由于土壤类型、作物和使用的灌溉技术的差别，节省 1ML 水资源的典型资金成本从小于 2 000 澳元/ML 一直到 7 000 澳元/ML 以上。

盈亏平衡点分析 (图中没有显示) 表明将漫灌改为压力灌溉系统的盈亏平衡年太长 (超过 15 年)。因此有必要缩短盈亏平衡时间，可以考虑从农民那里以 300 澳元/ML 左右的价格租赁环境所用水资源，租期为 5~10 年，之后水资源可以返还给农民，然后政府可以从另一个农民那里租赁下一个水资源。将农民和灌溉区移到灌溉效率阶梯的下一步，减少对当地和地区环境影响，保证水资源更好的生态环境，这将有助于消除采用灌溉技术的障碍。

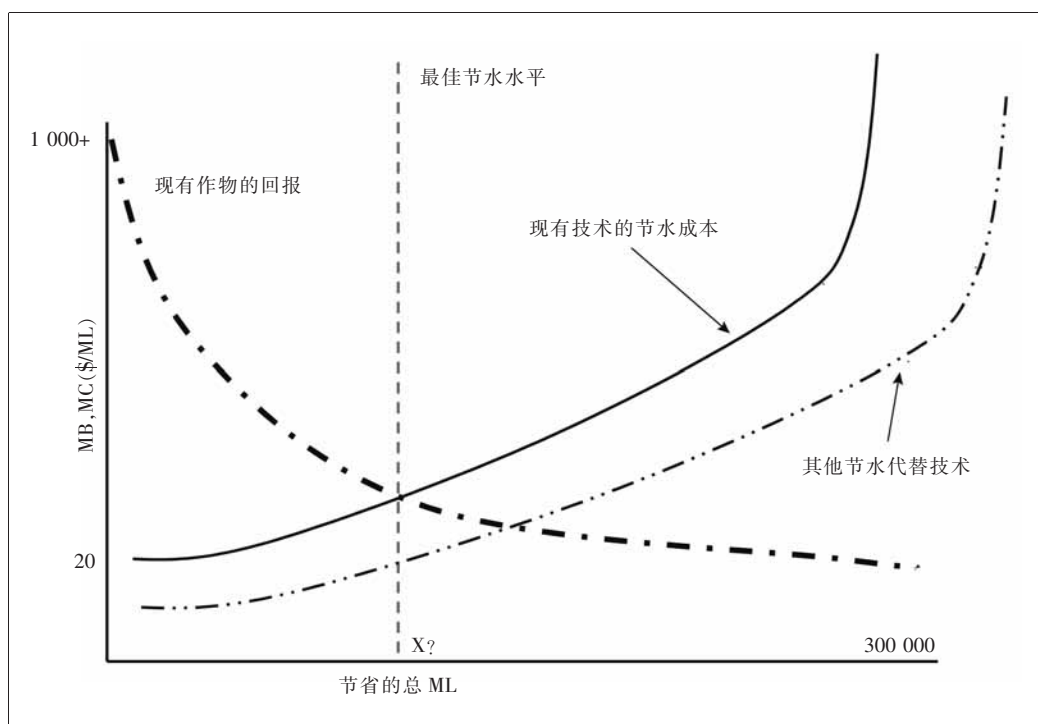


图 5 节水技术成本—效益分析曲线

如图 7 所示，供水渠道节水技术的经济分析表明节省 1 ML 水的成本会随着总节水量增加而增加。由于每单位长度的水资源损失和降低渗漏的方法不同，节省 1ML 水资源的典型资金成本差异较大，从小于 500 澳元/ML 一直到 47 000 澳元/ML 以上。

在澳大利亚，人们普遍认为节水费用如果超过 1 000 澳元/ML 就不可行了 (Khan 等, 2004)。不同渠道衬砌材料盈亏平衡点分析表明每年节水价格要在 30~200 澳元才能在项目设计寿命内保持平衡。可以通过两种方式获得这种投资：一种是利用节省的水栽培更高价值的作物，另外一种方法是根据比例分摊成本，将节水成本作为总的水资源供应费用的一部分。例如，供水费用将增加 5~15 澳元/ML/季节以更有效的提供水资源 (现在的供水费用小于 20 澳元/ML/季节)。这也会有助于减少降低水涝和盐渍化所需要的成本 (现在降低水涝和盐渍化的成本是 10~200 澳元/ML)。如果能在更大范围的环境受益者间进行分担，则农民支付的成本比例也许要比这里讨论的要少。因此

有必要通过优先用水权，为农民和节水技术灌溉投资提供更好的安全保障，推动水资源高效利用文化氛围的形成。

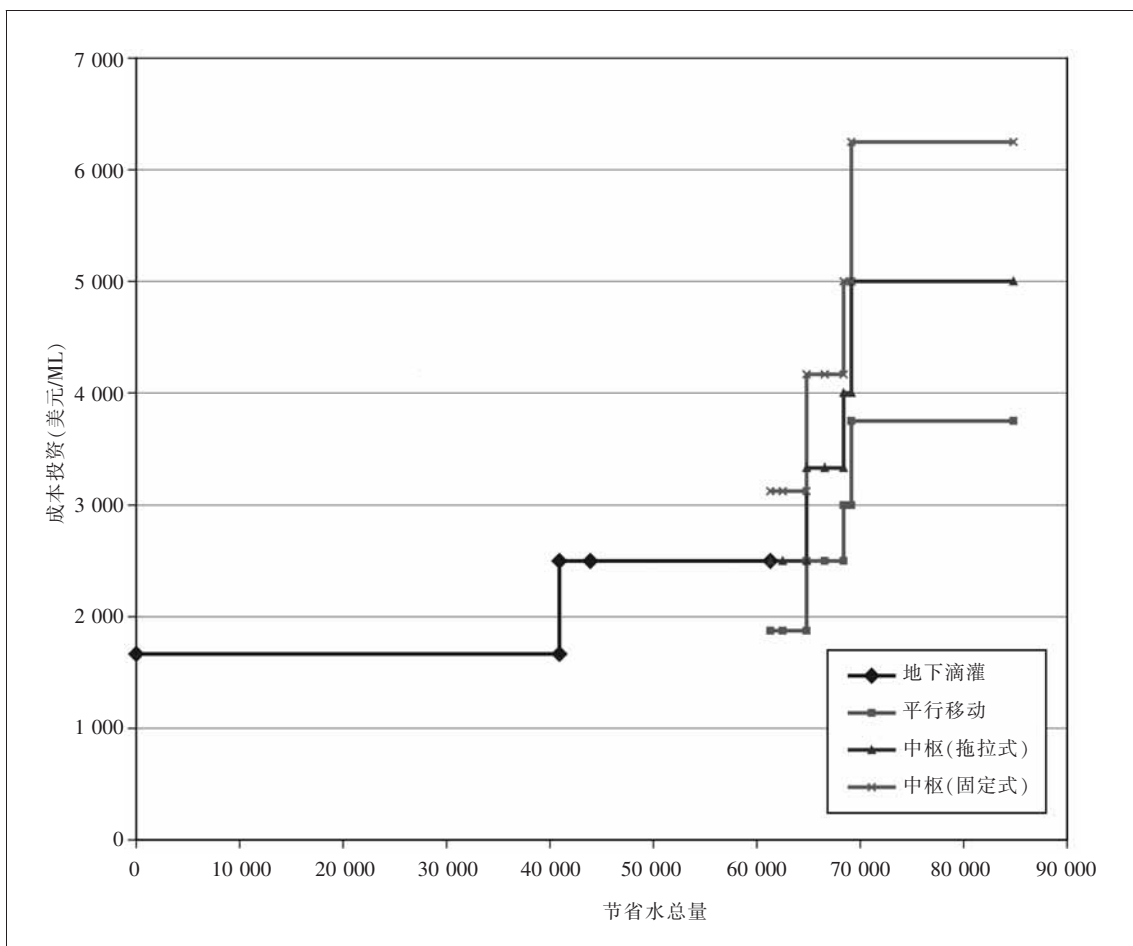


图 6 马兰比季河灌区高科技灌溉技术成本投入和总节水量

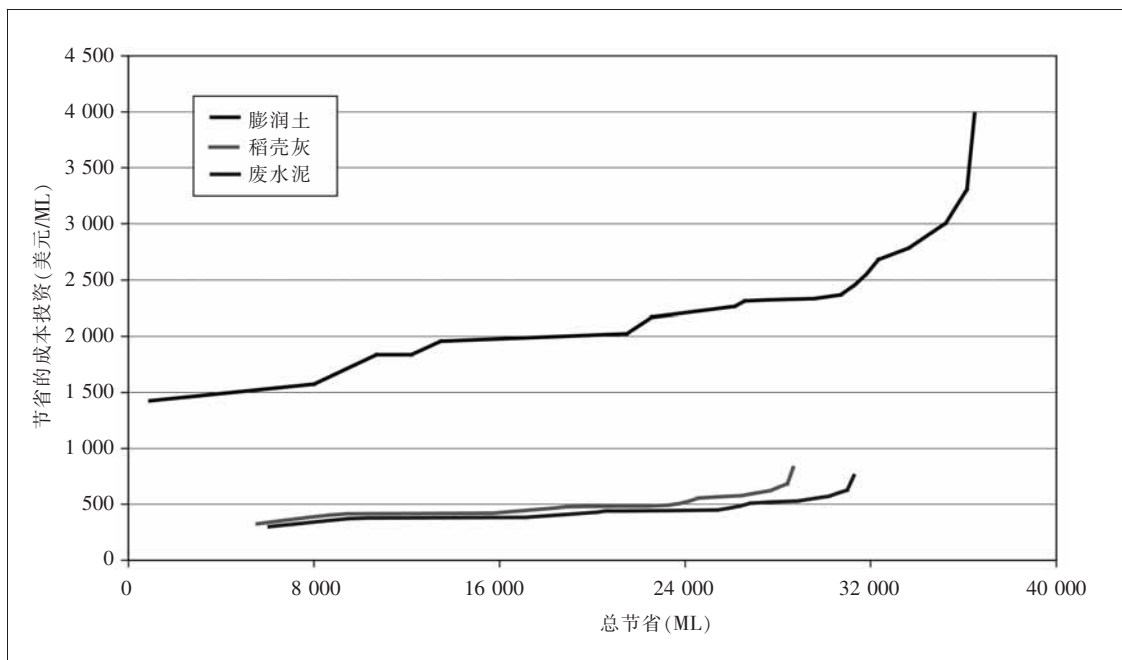


图 7 渗漏损失节水成本投资曲线



## 4. 制度问题

### 谁节水和谁的水资源损失

实现真正节水的障碍是损失水资源的所有权问题和如何对农场与非农场节水进行再分配。在新南威尔士州，通过私有化灌溉公司的运输补贴，输送损失由所有农民共同承担。例如在马尔比季水分享计划中（土地和水保护局，2003）有一个规定，要求马尔比季灌溉公司在供水量超过 243 000 ML 时，要补偿水账户核算中的输送损失（条款 26 和 40）。同样的，根据实际作物水分利用，给予农民用水权。用水权是用以作物灌溉，会导致蒸发和深渗透损失。如果农民投资新技术，节省水源，他们可能会增加生产面积或者将节省的水在市场上销售。

制度的复杂化是由于灌溉供应基础设施的公共池塘性质和根系的深渗透损失造成的。这可能会导致缺乏一致性的行动。管理灌溉系统需要对众多共享同一个灌溉水资源和灌溉基础设施的用户行动进行协调。用户在看到直接的效益后，如果要追求他们自己的利益，可能会忽略他们的行为对公共池塘的影响，因此这种“公地悲剧”可能会加大地表水和地下水环境可持续性和灌溉基础设施资源维护的风险。

为了研究农民和灌溉公司行动不积极的原因，对马尔比季流域从漫灌改为压灌的投资获得净利润的长期盈亏平衡年（超过 15 年）进行了参考和研究。由于现有和所提议进行的水资源改革造成的不确定性，农民对永久性放弃水权以获得高科技激励资金也缺乏兴趣。

可以考虑用公私投资模式来缩短盈亏平衡时间，从农民那里以 300 澳元/ML 左右的价格租赁环境所用水资源，租期为 5~10 年，之后水资源可以返还给农民，然后政府可以从另外的农民团体那里租赁下一个水资源。将农民和灌溉区移到灌溉效率阶梯的下一步，减少当地和地区环境影响，保证水资源更好的生态环境，这将有助于消除采用灌溉技术的障碍。

Pratt Water 对马尔比季流域进行了可行性研究，已经对农场、地区和流域水平上的节水进行了商业论证，研究要求利用澳大利亚政府理事会（CoAG）框架作为国家统一的用水效率和环境调控框架（Pratt Water Group，2005）。

最近澳大利亚政府建立国家水资源委员会（NWC），以加快改革步伐。在水资源分布和农场方面，改革和研究的重点是鉴定和减少渗漏和水损失，确定水效益和完善水资源帐户 [澳大利亚联邦科学与工业研究组织（CSIRO），例如有一项侧重这些问题和相关水资源问题的旗舰计划投资总额为 2 000 万澳元]，提高供水系统效率，包括将重力灌溉改为压灌输送系统、与作物根系更合适的灌溉需求和输送设计、以及研发基于市场的工具以促进自然资源管理的完善。然而，在农场生产力方面仍然存在很大差别，因此需要加倍努力来研究这种变异产生的生物物理、管理活动和社会原因，以促使所有的农场提高生产力。

## 5. 结论和方向

为了实现真正的节水，有必要将系统方法定位于“真正节水”，清除技术、经济和制度障碍。

马尔比季流域所采用的一项系统方法表明估计可节约 300 多 GL 的损失（Khan 等，2004）。农场和非农场节水成本从小于 50 澳元/ML 一直到 5 000 澳元/ML 以上。这种投资可以通过两种方式实现，第一种是利用节省的水种植更高价值的作物，另外一种方法是按比例分摊成本，将节水成本作为总的供水费用的一部分。有必要缩短盈亏平衡时间，可以考虑从农民那里以 300 澳元/ML 左右的价格租赁环境所用水资源，租期为 5~10 年，之后水资源可以返还给农民，然后政府可以从另外一个农民团体那里租赁下一个水资源。

如果考虑到节水技术自身，涉及的成本较高，这就对农民私人 and 灌溉公司对节水技术的投资造成了不利影响。这主要是因为灌溉供应系统代表共享和共同拥有的公共池塘资源。当地、地区和国

家参与者存在着停止行动的可能性，这会导致市场失败和典型的公地悲剧。制度改革要以将公地悲剧导致的市场风险降低到最小为目标，以保证所有利益相关者双赢的局面。

因为商品价格较低，农民和灌溉公司自己没有能力进行节水。如果流域内所有参与者不能都分享节水成本和效益，那么“真正地节水”也是不可能的。私人—公共投资模式旨在为那些投资节水技术的组织或者个人提供“优先用水权”，这种方式可能是将来发展的方向。

## 致谢

感谢新南威尔士州基础产业部，土地与节水部和灌溉公司提供的数据。对澳大利亚国际农业研究中心（ACIAR）、Pratt Water 集团和澳大利亚联邦科学与工业研究组织的健康国家水发展旗舰项目提供的资金支持表示感谢。

## 参考文献

- Beecher, G., McLeod, G. D., Pritchard, K. E. & Russell, K. 1995. *Final report, benchmarks and best management practices for irrigated cropping industries in the Southern Murray-Darling Basin*, NRMS I 5045.
- Department of Land and Water Conservation. 2003. *Water sharing plan for the Murrumbidgee regulated river water source 2003 Order*.
- Khan S., Rana T. & Blackwell, J. 2004a. Can irrigation be sustainable? *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Crop Science Conference. Brisbane—New directions for a diverse planet*. 4th International Crop Science Conference. 26 September—1 October 2004 (available at <http://www.regional.org.au>).
- Khan S., Rana T., Beddek R., Blackwell J., Paydar Z. & Carroll, J. 2004b. *Whole of catchment water and salt balance to identify potential water-saving options in the Murrumbidgee catchment*. Pratt Water Group—Water Efficiency Feasibility Project (available at <http://www.napswq.gov.au>).
- Khan S., Akbar S., Rana T., Abbas A., Robinson D., Dassanayke D., Hirsi I., Blackwell J., Xevi, E. & Carmichael, A. 2004c. *Hydrologic economic ranking of water-saving options Murrumbidgee Valley*. Report to Pratt Water Group—Water Efficiency Feasibility Project (available at <http://www.napswq.gov.au>).
- Khan, S., Akbar, S., Rana, T., Abbas, A., Robinson, D., Paydar, Z., Dassanayke, D., Hirsi, I., Blackwell, J., Xevi, E. & Carmichael, A. 2005a. *Off-and on-farm savings of irrigation water*. Murrumbidgee Valley water efficiency feasibility project. Water for a healthy country flagship report, 16 pp., CSIRO, Canberra, (available at <http://www.cmis.csiro.au>).
- Khan, S., Rana, T., Beddek, R., Blackwell, J., Paydar, Z. & Carroll, J. 2005b. *Whole-of-catchment water and salt balance. Identifying potential water saving and management options in the Murrumbidgee catchment*. Water for a Healthy Country report, 16 pp., CSIRO, Canberra, (available at <http://www.cmis.csiro.au>).
- Khan S., Mu J., Hu Y., Rana T. & Zhanyi, G. 2005c. *Systems approaches to achieve real water savings in Australia and China*. 19<sup>th</sup> International Congress on Irrigation and Drainage, 10 - 18 September 2005, Beijing, China.
- Khan S. Mu J., Jamnani M. A., Hafeez, M. & Zhanyi, G. 2005d. Modeling country water futures using food security and environmental sustainability approaches. *Proceedings of the 16<sup>th</sup> Congress of the Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand*. 12 - 15 December 2005.
- MIA & Districts Land and Water Management Plan Working Group. 1997. *MIA & districts and water management plan*, Griffith.
- Murray-Darling Basin Commission (MDBC). 1997. *Inland agriculture, best management practices and benchmarking study*. Inland Agriculture Pty. Ltd. in association with Hutchins Agronomic Services, Darling Point.
- NSW Dept. of Agriculture. 2003. *Murrumbidgee Catchment irrigation profile*. Written and compiled by Meredith Hope and Marcus Wright.
- Pratt Water Group. 2005. *The business of saving water*. Report of the Murrumbidgee Valley Water Efficiency Feasibility Project. Report prepared under the Pratt Water Murrumbidgee Project—a collaborative venture funded jointly by the NSW and Commonwealth Governments under the National Action Plan for Salinity & Water Quality, and by Pratt Water Ltd.

# 从运营者的角度看渠道控制的演变

Herve Plusquellec<sup>①</sup>

尽管现代技术具有明显优势，但大多数发展中国家大中型地面灌溉系统（尤其是稻作系统）中的现代技术应用仍进展缓慢。虽然这些地区的工程师不再使用标尺或打印机，但是大多数灌溉渠道应用的却仍然是上个世纪的技术。造成这种状况的原因主要有以下几点：

- 在过去 20 年里，灌溉社区认为造成灌溉项目绩效不佳的原因是缺乏有效管理及相关制度问题，而不是灌溉技术的落后；
- 很多灌溉机构坚持过时的标准，并经常反对外来专家提出的改进意见；
- 很多咨询公司缺乏合同动机和经济刺激来引进新理念和控制设备；
- 过去许多技术转让的试点项目都遭到失败；
- 合适的设计比大部分工程师、管理者、捐助者所设想的要复杂的多；
- 设计师极少面对其设计成果安装后运作产生的问题。

很多土木工程师在结构工程和施工技术方面受过良好的训练，但他们在非恒定水力技术方面的理论和实践却都很缺乏，而这正是多数灌溉系统的规范标准。此外，他们对于最终使用者的局限性（例如农场灌溉管理的要求）缺乏了解。

事实表明，侧重于参与式管理的制度和政策改革（在很多国家，捐助者所支持的灌溉机构改革和水综合管理）所取得的成就远远低于预期。现在人们普遍认为，实体性的变革应紧密围绕水资源节约、提高效率、提高农业生产率等问题进行，以实现预期利益。这在东南亚的稻作系统中尤为有效。

该地区的很多灌溉系统是为季风期水稻栽培而设计的，那短时期用水效率不是主要关注问题。运河也以满负荷或接近满负荷运转而设计，根本没有考虑雨水少时的运转。这些系统无论实施怎样的管理，都无法有效运转。结果就是雨季时雨水过度排放和旱季时水又远少于预期需求。例如 20 世纪 60 年代末，泰国的湄南河流域引进了旱季灌溉技术，随后几年内，这一技术被推广到整个区域，这导致了该流域的经常性缺水。政府、捐助者和农业研究人员极力支持的作物多样化要有一套相应的管理系统，该系统要求频繁灌溉，还要求水流要小于区域内普遍应用的连续流。

该地区的很多灌溉系统设计为当地人工操作，并装有下泄式闸门（图 1）。人们认为这种系统最难操作，因为它的闸门太多，而且一天至少需要校正 3~4 次，才能为用户提供可靠的服务（图 2）。



图 1 泰国，湄干灌溉项目：了解甚少的恒流头孔的运营

<sup>①</sup> 咨询师，世界银行前灌溉顾问。



图2 伊朗，duruzan 项目：手动闸门调节

咨询公司在可行性研究阶段对于系统效率的估计过度乐观。该地区捐助支持项目整体效率估计是 50% 或 50% 以上。然而，项目执行数年后的审计和影响评估研究表明，区域内稻作渠道系统的效率很少超过 35%。由于实际控制的基础设施问题，项目并没有实现高设计值。有些项目中，上游损失的水被下游使用者从排水系统重新抽取使用，这提高了项目区域的整体效率，使其接近或高于设计值（图 3）。然而对于下游使用者来说，这样做的成本很高，而且由于水源的不确定性，还限制了他们生产潜力的发挥。



图3 越南：通过篮子方法实现排水的再利用

本文描述了治水技术在这些年的进展，并讨论了现代技术应用于稻作灌溉系统的优点和缺点。

### 渠道控制的演变

世界上很多国家的传统中小型灌溉系统是由当地农民群体修建的。通常这些系统的管理和建造是在用水权确定的基础上进行的。在对水资源上游缺乏季节性调节时，天然的水流（任何来水）通过流量分配器分配给各小组农民（图 4 和图 5）。



图4 尼泊尔：按照比例分配的原则，使用流量分配器的传统灌溉系统

## 按比例分配系统



图5 巴基斯坦：西北边境省份，下斯瓦特项目：现代流量分配器

### 地方人工控制

随着大型水库的建造，灌溉系统规模更大，而水资源的管理也开始成为一个问题。20世纪50年代中期之前的灌溉系统主要采用简易闸板控制水位，排水渠装有简易滑动闸门。建于20世纪20年代的澳大利亚墨累达令流域的大部分灌溉系统，运用的仍是这种控制设备，但现在正处于运用现代化装备的现代化进程中（图6）。



图6 装有闸板的闸门

由于控制闸板既危险又耗时，现在它们逐步被下泄式闸门或者弧形闸门所取代。从机械的角度来看，这个变化是一种进步。然而在水压上，它却有使渠道系统操作敏感性增强的缺点。印度尼西亚灌溉系统由超上射式闸门代替简易排水口（图7），表现出了这一变化。下泄式调节阀与上射式排水口是最差的组合，因为这种系统对进入水流的任何变化都具有高敏感性。



图7 印度尼西亚的下泄式闸门

地方人工控制仅考虑了当地情况，然而系统的优化运行需要了解更大范围区域的情况。不能期望一个操作员能掌握一个复杂系统所有参数间的相互作用。人工控制的其他缺点包括操作人员的动机和奉献程度、他们抵制来自农民的压力能力、和任何天气条件下控制点的可达性。

## 水力自动闸门

人工控制系统的操作难题促进了水力自动闸门的发展。现代自动化控制闸门起源于 20 世纪 20 年代，那时自动控制泄水闸门（通称 Danaidean 闸门）已经被安装在加利福尼亚州的特洛克灌溉项目和亚利桑那州圣卡洛斯项目的干渠上。硬木制的特洛克闸门在安装近 100 年后仍然可以使用（图 8）。类似的闸门还有 20 世纪 30 年代在越南红河三角洲安装的闸门。20 世纪 30 年代末期，一家法国公司开发了一系列浮动操作的闸门，其可以维持上下游恒定水流量（图 9）。这些闸门被广泛应用于地中海国家（意大利、中东、南非、西班牙），其他地区应用较少。另外，这家公司还开发了模块设备，其可以解决不论上游水位怎样变化，将恒定水流从一个渠道输送到另一个较低的渠道或者从一个渠道输送到用水者的技术难题（图 10）。



图 8 硬木造的 Turlok 闸门



图 9 浮动式上游水位控制自动闸门



图 10 摩洛哥，doukkala 项目：模块化分配器输送恒流量

同时，荷兰开发了自动翻板闸门，可维持上游恒定水位（图 11）。近年来，加利福尼亚州立理工大学灌溉培训研究中心（ITRC）对翻板闸门的设计进行了修改（图 12）。



图 11 控制上游水位的自动翻板闸门



图 12 美国加利福尼亚州：ITRC 自动翻板闸门和溢流截面

被动混凝土结构，通称为长顶溢流堰，通过延长堰堤来限制上游水位变动。这些被动控制结构不符合自动化<sup>①</sup>的定义。它们的设计目的是限制上游水位的变化，设计用途广泛。通常它们被设计成 V 或者 W 形状，面向上游或者下游，单独使用或者与绕杆闸门一起使用。（图 13 和图 14）



图 13 斯里兰卡：简易长顶溢流堰调节阀

<sup>①</sup> “渠道自动化……指一种闭环，闸门或水泵可随着水位、流速或压力变化而改变位置/设定，其原因是水位/流速/压力不同于预定的目标值。闭环意味着这种行动可以在不受任何人为干扰情况下进行。自动化可以通过水力、电力、电子或这些方式的组合进行”。（Burt 和 Piao, 2002, p. 1）



图 14 美国加利福尼亚州，Turlok 灌溉地区：双长顶溢流堰

水力闸门的发展很大程度上简化了渠道灌溉系统的操作，并降低了人工成本。这类闸门唯一一起调节作用的是模块排水渠的启闭。然而，它也存在一些局限性。利用当地自动水力控制的两种可能的渠道控制方式是上游和下游控制。上游控制需要对灌溉进度有详细的了解，而这建立在了解农民订水量基础上，或者是操作者收集的大量田间数据和气象数据，对效率以及传输时间的估计基础上。该地区的大部分国家都采用了后者。下游控制不需要了解灌溉的进度安排，但它的应用受现有渠道坡度和提高渠道两岸以将其改成平顶渠道可行性（图 15）的限制。

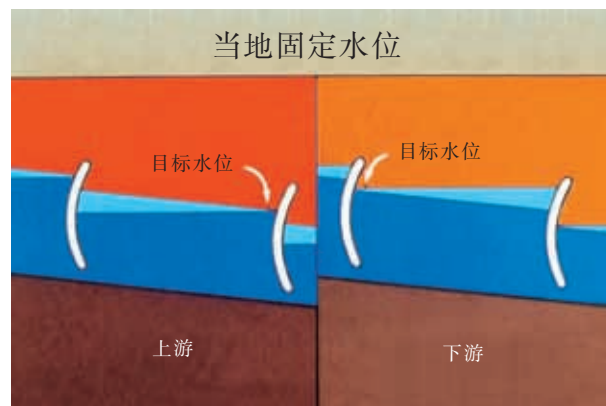


图 15 上下游水位控制原则

上游控制是亚洲南部的普遍渠道控制方式。水流进入渠道时，操作上的损失估计可达 5%~10%。而为了给下游地区提供可靠的服务，这一损失是必需的，因为有些水力参数是不确定，而且灌溉要求会发生一些意外变化。这种损失是上游控制所固有的。南亚或者其他地方的一些设计方案没有操作损失，但大多数时候，灌溉水并没有输送到最终用水者。增强现有系统基础设施可减少操作损失，例如补偿性水库和截水渠修建。这是美国西部现代化战略的重要构成部分。

现场水力控制的一个特征是，一旦闸门安装好后，目标水位便确定了（与现场控制闸门相比，在下一部分谈到）。一些操作者认为这是一个缺点。浮动闸门比传统闸门的造价高，因为浮动闸门所需的钢铁多，要制造浮标、平衡锤、门叶及其他元件。然而，我们不能只进行简单的投资成本比较。运营成本和节水效益也应纳入成本效益分析中。

20 世纪 70 年代，马来西亚的 Kemubu 项目在规划和设计时采用了水力控制，至今仍运转良好（图 16）。对于该地区（例如泰国东北部的南包和 Nam Moon 及湄干流域等）实施的有些新的大型项目来说，水力控制将是很好的选择。

使用水力自动化技术对现有灌溉系统进行现代化改造有一些局限性。当渠道较陡时，下游控制就不行（图 17）。模块分配器的使用要有水头，而这在平坦的稻作区经常没有。如果下游太隐蔽，翻板闸门也无法操作。





图 16 马来西亚，Kemubu 项目：非常好的综合调节器实例——长顶溢流堰与两个闸门联在一起，用于控制淤泥和水流变化



图 17 伊朗，吉兰项目：干渠上的双长顶溢流堰，容量为  $100\text{m}^3/\text{s}$

## 现场控制器

美国没有采用欧洲国家开发的上述水力渠道控制技术，这可能是难以将其改造以适应美国已有系统。20 世纪 60 年代广泛使用的农垦局设计标准，主要是基于使用人工下泄式闸门。随着电子学的出现和电信的发展，渠道自动化技术在美国有了一定发展。现场控制器于 20 世纪 50 年代末在美国西部得到首次应用。安装的设备是电机闸门控制器，以保持调节阀处的恒定上游水位（图 18 和图 19）。20 世纪 60 年代，工程师们试图通过现场自动控制保持下游水位。因为水位传感器远离控制闸门，大多数情况下，在下一个控制闸门的上游，因此需要通讯设施（图 20）。现场下游控制器需要更有力的控制以处理闸门和传感器间的时间滞后。最后，电子设备以编程逻辑控制器或者 PLC 的形式取代了电机设备（图 21，图 22 和图 23）。现在有很多地方都成功应用了现场控制器，

主要包括排水渠水流控制和上游水位控制。较少应用在下游或者较远的水位，因为很难估计单个水塘的水流扰动，这种扰动可能引起控制不稳。



图 18 美国加利福尼亚州，弗里恩特—克恩运河：  
支路排水渠 littleman 控制器



图 19 littleman 控制器详细情况：一种过时的机电技术

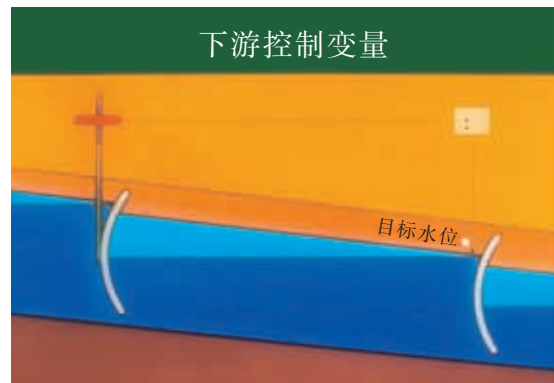


图 20 下游远程控制示意图

不管是水力还是电子活动，现场自动控制自身也有操作缺点，就是总部并不是总能知道实地情况，除非实地工作人员建立一个报告系统。然而，一旦遇到紧急情况，这是非常麻烦和危险的。

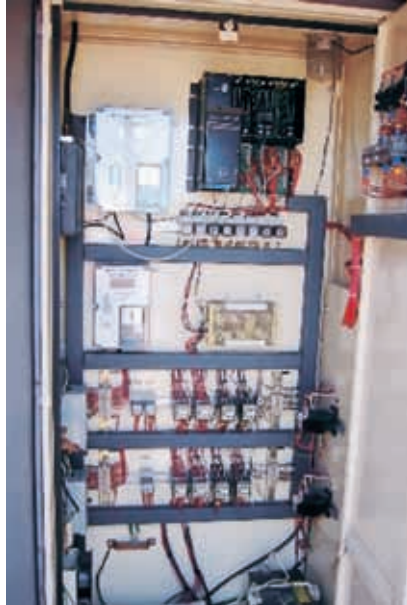


图 21 远程监控数据采集点：电子控制器



图 22 加拿大，艾伯塔：自动上射式闸门



图 23 美国加利福尼亚州，尤马灌区：使用现场控制器的 SCADA 点

## 集中监控

20 世纪 70 年代，高能计算机的出现和通信技术的发展开启了大型渠道灌溉系统的集中控制之门，使一些远距离站点通过集中控制中心联系起来。

美国和法国有一些很有名的应用案例。例如，美国的流域内调水大型渠道，加利福尼亚水道和中央亚利桑那项目都是通过远程监控操作。

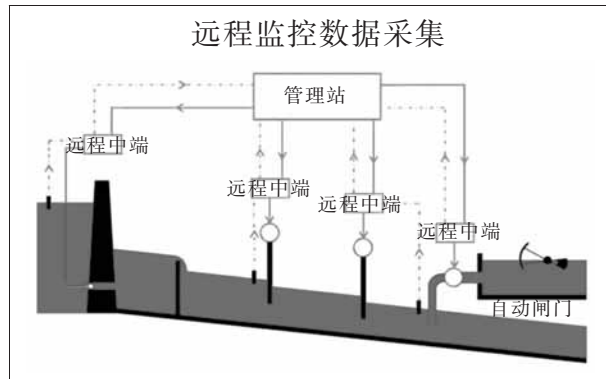


图 24 监控渠道示意图

监控包括将远程站点的全面系统信息传送至一个单独的主控站。监测可以使水管理人员无须离开办公室即了解项目全面信息。监控包括改变现场控制器的目标点，它使水管理人员可以在关键部分作出快速调整。20 世纪 70 年代，有几个灌溉项目实施了监控技术，例如盐河项目（图 25）和科切拉灌区。随着设备的改良发展，远程监控数据采集系统（SCADA）已在美国西部的一些灌区应用。例如，吐洛克灌区、帝王灌区等。



25 美国亚利桑那州，盐河项目：人工设置站点目标条件的 SCADA 主站

20 世纪 70 年代，电脑容量的扩大使工程师开发模拟模型来研究不稳定水流条件下的渠道成为可能。法国南部著名的普罗旺斯运河为广大区域提供灌溉用水和家庭供水服务，它的动态控制就是在大型模型模拟和用水需求预测方法基础上进行的（图 26，图 27，图 28）。约旦的阿卜杜拉运河和印度马哈拉施特拉邦的 majalgaon 运河项目都采取了动态控制技术。印度的那尔马达项目的动态控制仍在实施中。



图 26 法国，普罗旺斯运河：动态调控下的 SCP 系统集中控制



图 27 普罗旺斯运河：渠道和水库系统状况的实时显示



图 28 摩洛哥，豪兹办公室，马拉喀什：豪兹运河集中控制

在发展中国家很少有集中控制项目或 SCADA 项目，无法采用这种技术的原因有很多。自动化项目最关键的阶段是从设计落实到实施，这个过程包括硬件和软件的整合、安装和调试。自动化电子、通讯漏洞可能发生在任何阶段：设计、实施、操作、控制规则系统缺陷，各部分整合不利，设备失灵，操作人员缺乏训练，备用元件缺乏和维护不良等。模拟出现的问题要比预想得更加严重。从规则系统到实际实施的复杂程度不应被低估。

良好的社会环境对于自动化实施也非常重要，因为蓄意破坏的风险可能妨碍任何先进技术的采用。在发展中国家，强烈推荐先采用简单的自动化或者 SCADA 项目，然后再循序渐进地发展。

### 渠道控制技术的突破

尽管技术不断进步，但直到最近，现场控制器的设计、执行和操作，以及 SCADA 和自动集中控制才成为少数研究者和自动化专家的研究领域。这一产业目前正在开发用户友好型渠道控制设备。例如，一家澳大利亚公司已经解决了电子自动化缺陷问题，他们开发了一套集成控制设备，包括上射式闸门，水位和闸门定位传感器，监控器，电池和太阳能电池板，配有软件的电子设备等（图 29）。这套设备很容易安装，通过键盘和液晶显示器即可操作，方便用户使用。键盘用于在不同菜单（远程或近距离控制）间切换，控制各种参数（流量，上游或者下游水位控制）和设定界面进入点。这些闸门可以进行现场控制，也可从中央办公室进行远程控制，或者整合入“总渠道控制”（TCC）。这些闸门也安装在农场出口处，可对供水量作更精确的测量（比旧的戴思力奇转轮量水法精确 10%）。经过几年的试用，现在这一技术已在澳大利亚进行广泛推广，对大部分用闸板的已有 80 年历史的老系统进行现代化升级（图 30）。这一技术现在已扩散到美国西部灌区（吐洛克灌区和帝王灌区）（图 31）。TCC 技术和互动语音回应（IVR）技术可安排农民顺序，而新一代的闸门提供了从 20 世纪的技术更新到 21 世纪技术的整合套件。当然，这一成功同样基于无蓄意破坏的现象。



29 澳大利亚：工厂里便于站点运输的卢比肯闸门



图 30 澳大利亚，墨累达令流域：装有两个卢比肯闸门的调节阀



图 31 美国加利福尼亚州，帝王灌区：装有三个卢比肯闸门的调节阀

## 结论和建议

东南亚稻作灌溉系统的绩效受管理不善和基础设施不足的影响。现有项目或者为满负荷运转而设计，或者没有将运转操作放在心上，因此运转效率低下。经验表明，只有解决以下问题，灌溉系统绩效才有可能取得重大提高：

- 没有一种技术可以适应所有的状况，提高现有灌溉系统的绩效。在现代化过程的规划和设计

阶段就应该考虑以下几方面：员工和农民的技术水平、社会环境和蓄意破坏的风险、现有水力基础设施条件、投资渠道和水平。然而，多种程序、软件和设备使人们可以灵活设计最优化的系统，将特定项目的所有条件都考虑在内。

- 设计时须将操作放在心上，而操作不应依赖于对水位和水流的重复测量。操作人员要完全理解操作程序，而不一定要理解设计过程。
- 应最大程度的应用水力控制技术以限制需要 SCADA 的关键站点数量。
- 对基础设施进行简单改进，例如给下射设施修建长顶翼，或者修建截流渠，这都能给操作带来很大好处。

现代化过程的早期阶段需考虑两个潜在的弊端：

- 在一些地区，蓄意破坏很常见。一些自动水利设施很易被人们破坏，因为人们可以自己用或卖出去，例如太阳能电池板和天线。有些时候，人们蓄意破坏只是因为对现有设施的不满（图 32）。
- 自动化的一个基本特征是能改变流量。这会增强灌溉水渠泥沙淤积的风险，从而限制了黄河流域和印度河流域的自动化应用。



图 32 墨西哥，mayo 灌区：被破坏的长顶堰，很大可能是因为没有遵循上游控制操作的基本原则

## 参考文献

- Burt, C. M. & Piao, X.** 2002. Advances in PLC-based canal automations. Paper presented at the July 9 - 12, 2002 USCID conference on benchmarking irrigation system performance using water measurement and water balances. San Luis Obispo, CA. ITRC Paper No. P02-001 (available at <http://www.itrc.org>).

# 变革时代的永续性—发展 灌溉制度满足需求变化

Ian W. Makin<sup>①</sup>

## 摘 要

在确保迅速膨胀的世界人口的食物供给方面，灌溉已经并将继续发挥重要作用。然而，灌溉部门必须对管理与基础设施不断进行新的设计，实施新的方案，以灵活有效地服务于农业。要进一步考虑农业发展对大环境的影响和对附近社区生计系统的影响，而这将加强对制定干预政策时可采取行动范围的限制，尤其是灌溉农业部门。

要转变思想，不要认为灌溉系统的生命周期分为开发和运转两个独立的阶段。相反，在基础设施建设初始完成后，灌溉农业应假定灌溉项目始终都处于两种阶段。每个项目的开发计划都要以实现该部门和周边社区的战略目标为重点。这使灌溉项目被纳入了河流流域和社会经济大背景之下，因此灌溉系统投资决策，不仅要考虑提高系统性能，而且还要考虑它对改善人们生活和减少环境退化的作用。

虽然各时期的农业用水管理干预措施确实促进了产量的持续增长，但实际上，这种可持续发展是通过通管理和基础设施设计的不断变化而实现的。正是由于能灵活适应条件和机会的变化，农业生产才得以维持，农村生计得以延续并不断改善。许多情况下，干预政策本身并没有持续性，但却有助于从一种管理形式转变成另一种管理形式的跳板。

## 导 言

无论是公共部门还是私营部门的企业管理，在经营的时候必须牢记：只有变化是永恒的。无论是对于个体农民从小河引流灌溉几百平方米的土地，还是对于政府部门调动国际资金发展和改进能服务数百家农户的系统，灌溉都是主要工作。就整个灌溉系统来说，适应变化无常的天气、病虫害、杂草侵袭、劳动力的获得和市场的动态变化，对每个人来说都是挑战。

人们普遍认识到，在需要对条件变化作出灵活应变反应的情况下，政府官僚机构并不是最合适的管理者。中央财政灌溉部门已经发现，维持当前的运转维护（O&M）开支水平已经越来越难，还面临着部分农民支付难题，因为政府灌溉服务常常不符合农业需求。缺乏资金，O&M部门员工缺乏积极性，以及农村社区改善服务需求的加强，已经促使各国政府去寻求某种形式的管理转移来调整灌溉服务提供者。Vermillion 和 Sagardoy（1999）确定了三种模式，总结如图 1。他们指出，分散管理使用水者几乎没有控制管理权，也使灌溉服务难以改善。另一方面，灌溉转移赋予用水者更大权力，同时他们的决策责任和提供运转维护资金的责任也增强。

过去 20 年来，尤其是 90 年代，许多发展中国家灌溉系统用户和政府官员的关系已经发生了变化。这种变化被称为“管理转移”，它表达了一种理念，即部分也可能是全部管理性工作，如经营决策、资源获取和利用、维护、有时候还有设备本身的所有权和改良责任都由政府移交给当地社区。

虽然这些变化得到了较高重视，但还是常常要促进用水者团体新组织的发展，而且这种组织自

<sup>①</sup> 水资源工程师，亚洲开发银行湄公河农业与自然环境司。本文观点仅代表作者个人，并不代表亚洲开发银行。



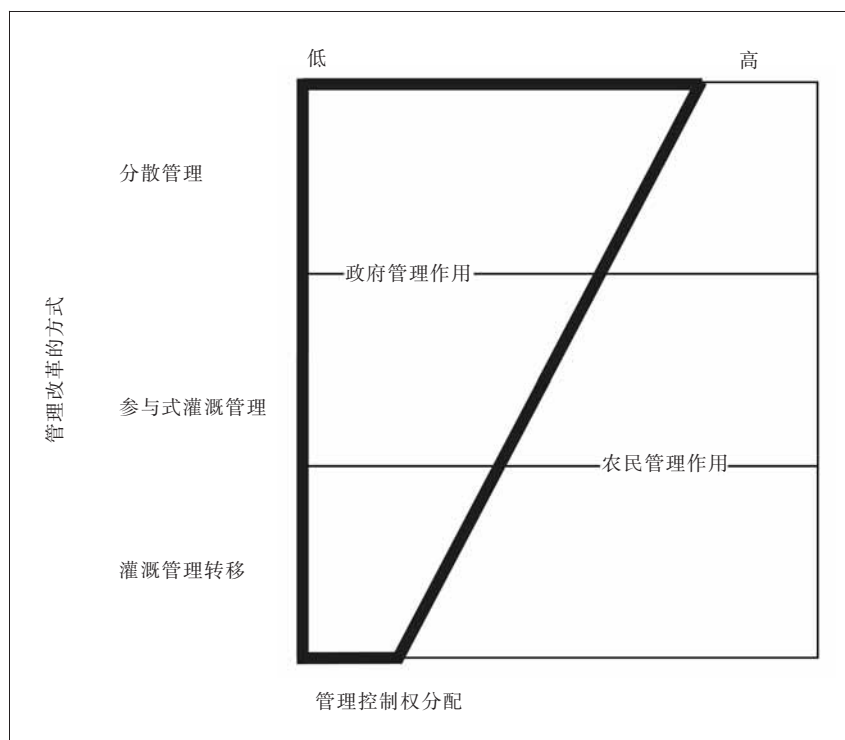


图1 不同管理改革方式管理控制权分配图

身的发展是远远不够的。一些国家即使对灌溉新组织的发展给予了高度重视，但最终结果却令人失望。很多情况下，人们认为新组织效益低下，难以吸引社区去为之努力和积极支持。人们常常将新组织描述为虚无的或者“纸上谈兵”。

导致这种情况有很多原因。一种可能的原因是灌溉系统的规划和老系统的恢复与升级经常是自上而下技术专制式地进行，缺乏用户意见反馈。或许，用户和负责技术管理的官员之间的传统关系，遗留到了新一代组织和制度发展项目中。

Plusquellec (2002) 提醒我们参与式灌溉管理电子邮件会议 (2001 年 7 月~10 月) 有条结论，就是灌溉服务提供者的管理能力要与供水基础设施相匹配，这一点是非常重要的。而且这些要素要基本能够满足用水者的需求。虽然此次会议的主题是稻作灌溉，但很显然，未来灌溉农业对服务灵活性的要求日益增加，作物多样化需求也日益差异化。面对经济变化、市场的全球化、气候变化和农村社区期望的变化，东南亚大型稻作灌溉系统的技术和管理制度如何发展以应对这些挑战是一个关键问题。

### 预测水晶球

关于灌溉制度如何发展以应对未来挑战的预测不可避免有着一定的不确定性。然而，如果我们考虑到最近几年的趋势，并对农村社区特性做出一些切实假定。我们就能以此为基础来预测灌溉农业在今后 20 年的演变形式。

在许多江河流域，农业外的用水竞争将继续加强。随着城市中心区的增长和工业逐渐成为地区主导，农业占国民经济的比重将更小，水将转向其他用途。然而，大多数情况下，由于科学技术的应用，灌溉效率的提高，水用途的转变对农业用水的影响会很小。然而，对水品质的高标准要求将更加限制农业用水，以降低因农业中化肥、除草剂、杀虫剂使用所造成的面源污染影响。许多情况下，该地区这些投入品的使用量仍然很少，然而，人们预计商业化农业企业的增加会使这些投入品的使用日益增多。而且，预计城中心生活方式的转变会使人们对湿地和森林有更强烈的需求意识。这些生态系统与农业系统一样，是用水大户，并还将会与农业争夺土地。

在就业机会从农业转移到其他行业的地区，农民，特别是年轻和接受过良好教育的农民，正转而从从事这些工作。Timmer (2005) 提出，人们准备从事非农就业是根除农村贫困，投资农村卫生和

教育事业的的最正当的理由。在许多地区与农民家庭聊天发现，他们很不愿意看见他们的孩子从事农业，虽然大家都承认农业外的生活不容易，但他们认为从事农业又辛苦又不挣钱。已有迹象表明，农民的平均年龄在不断增加，灌溉项目中的农业耕作规模也在扩大，这种规模扩大或者是通过购买土地，或者通过出租给大规模种植者实现。规模经济正促进了农业机械化水平的提高。预计这种趋势将会继续下去，并导致更少的农民来经营日益商业化的农业企业。

Timmer (2005) 说明了该地区发生的另一个变化，即为城市扩张人口提供食物的从农场到零售店的垂直供给链延伸，但这个变化在很大程度上还没有被认识到。这些供给链中，零售超市占据主导地位，它们需要符合国际卫生标准的高品质产品。世界贸易组织成员的增加为各地生产者开辟了这个地区市场。当地生产者要保持其在当地市场的份额，就不得不满足零售市场的质量、供给和价格标准。然而，在国内市场的成功将越来越意味着这些产品还将满足国际标准，并进而为生产者开创新的全球市场。

为了服务这些商业化灌溉农场，预计将由灌溉服务供应者 (ISP) 提供及时可靠的服务，并收取灌溉服务费 (ISF)。大型农场主或将进行部分农场设施投资，以在当地存储水，保护其对高价值粮食作物，即非水稻等大宗粮食作物的投资，免受灌溉供给变动的损害。

总之，水稻仍将是占主导地位的大宗粮食作物；然而，我们应该预料到，有些大型稻作灌溉系统在未来 10~20 年将发生变化，更少的农民经营更大型的农场，多种作物混合种植，通过农村加工中心形成市场垂直供应链。那些交通和通信设施已经为农村展开一幅美好前景，并已将生产与该地区及以外的城镇消费者相连的那些地区即将发生这些转变。

其他项目，在那些交通和通信设施不很发达的地区，灌溉项目将继续服务于用于消费和贸易的大宗粮食作物。灌溉机构所面临的挑战仍将是向众多小农户提供可靠的灌溉服务，这或许最好通过用水者协会来实现，由用水者协会负责那些为众多小农户供水项目的全部运转与维护费用。然而，在这些系统中，有很大部分运行和维护费用将会以劳动的形式代替，而不是正式的 ISF 支付。

## 亚洲开发银行 (ADB) 水政策和未来的灌溉制度

亚洲开发银行水政策 (ADB, 2003) 旨在通过灌溉和排水系统的性能优化，来提高流域的灌溉效率。该政策认识到：

- 灌溉和排水系统的运行需要转变为服务导向型模式；
- 灌溉和排水系统的现代化是很重要的；
- 现代化和运作过程中需要用户参与。

ADB 水政策明确了需要停止对公共灌溉和排水系统的运行维护补贴；以及需要建立投资、使用者付费、由自主可靠服务机构负责运行维护的良性循环。这些对于建立现代化的灌溉和排水系统是至关重要的。这种供水系统运营与维护责任在农民团体中的阶段性变换有望促进系统的可持续发展。

在涉及大型农场，并已建立了垂直一体化市场多样化种植的项目中，ISP 可能成为一个雇用专业灌溉人员，应用像 ADB 水政策设想的现代控制基础设施的应答型客户驱动机构。虽然地方农场储水可能会减少这种复杂需求，但是灌溉安排将在很大程度上变为“按需式”。ISP 可能要由用水者以用水者和流域代表的身份所“拥有”，并建立正式的治理组织结构以制定政策，而日常运行和维护还是由 ISP 进行。

ADB 水政策还表明要确定和保护用水者（包括灌溉系统终端的贫穷、边缘农民）、服务提供者和公共机构的集体和个人权利与责任。上述大型灌区可能会发生改变的设想给水政策目标带来了额外压力。不能参与这种转变的常常是穷困农民和边缘人群。在那些小农业仍占主导地位的地区，ISP 将需要在更商业化的经营者需求与为所有利益相关者提供可靠的服务间进行平衡。

未来灌溉制度将有一个特征，就是在灌溉和排水系统技术维护方案中采用资产管理计划。这些技术将代替年度维护资金的使用，名义上将系统维持在设计水平上，每年留出一定比例的资金用于基础设施的增量更换，以采用不同的管理策略，举例如下：

- 将明渠改成管道以减少渗流损失；
- 鼓励农民采用高科技设施系统，以减少用水量；

- 引进远程自动化控制，以完善对用户的供水服务。

在传统的中央集权管理下，这种变化将需要一个专门的，通常是外部融资计划。然而，设定一定数量、一定时间减少用水量的目标，可以使系统管理者通过采用更好的目标维护和替代计划来进行优先投资以实现这些目标。可获得外部资金的时候，可以将这些纳入长期计划中，而不用改变管理战略。战略稳定可以使灌溉用户更具有信心，比当前为了他们的利益而进行干预的决策方式还要好。对系统维护可用资金的分配进行透明决策，用户可能就更愿意支付 ISF，从而促进了 ADB 水政策所设想良性循环的发展。

## 结论

随着管理灌溉项目的新灌溉制度的出现，我们的思想也要随之转变，主要是不要认为灌溉系统的生命周期分为开发和运转两个独立的阶段 (Makin, 2002)。相反，在基础设施建设初始完成后，灌溉农业应假定灌溉项目始终都处于两种阶段。每个项目的开发计划都要以实现该部门和周边社区的战略目标为重点。这使灌溉项目被纳入了河流流域和和社会经济大背景之下，因此灌溉系统投资决策，不仅要考虑提高系统性能，而且还要考虑它对改善人民生活 and 减少环境退化的作用。

可持续的灌溉和排水系统运行包括：

- 1) 为中短期干预计划制定中短期战略管理目标以实现中短期目的，对中期环境变化做出灵活反应—系统管理者和部门计划人员要紧记广阔的社会经济背景，以确保所采取的干预措施一直解决优先问题；
- 2) 从专注于短期的运营与维护计划转向资产管理计划，重点是在今后 10~20 年的规划期内使水利经济和水利生产力的发展达到一定水平；
- 3) 利用资产管理计划，整合常规和项目预算，通过渐进式发展实现战略发展目标；
- 4) 认识到灌溉性能的持续提高涉及到政府、私人 and 公民社会的各个方面，灌溉必须在自然资源的使用与保护，尤其是土地和水资源的使用与保护上承担一定责任。

要实现这些目标，就要求用水者，公民社会和为单个项目设定政策目标的灌溉机构流域管理当局参与。在大型灌溉系统中，要为用水者提供有效的灌溉和排水服务，无论他们是种植水稻和其他谷物等大宗粮食作物还是更高价值的多样化作物，都将需要专业的灌溉服务提供者对供水系统进行运营与维护。现有灌溉管理机构的这种适应性变化将大大有助于应对基础设施和制度都需要变化这一事实 (Molden 和 Makin, 1996)。在基础设施和制度设计中，有三个基本要素——水权、基础设施和管理制度必须加以整合和平衡。管理和基础设施的结合必须符合供水服务所需水平。灌溉机构能力相当情况下，当地 ISP 组织和用水者必须在其位，谋其政，管理好相应基础设施。

## 参考文献

- ADB. 2003. *Water for all*. The water policy of the Asian Development Bank. Manila.
- Makin, I. W. 2002. Sustainable Irrigation Development. In *Proceedings of Asian Productivity Organization workshop*. Colombo, Sri Lanka.
- Molden, D. J. & Makin, I. W. 1996. Institutional change in support of modernization and management transfer. In *Proceedings of FAO expert consultation on modernization of irrigation schemes: past experiences and future options*. FAO, Bangkok.
- Plusquellec, H. 2002. *How design, management and policy affect the performance of irrigation projects. Emerging modernization procedures and design standards*. FAO, Bangkok.
- Timmer, C. 2005. *Agriculture and pro-poor growth: An Asian perspective*. Centre for Global Development. Working Paper No. 63 Washington, DC.
- Vermillion, D. L. & Sagardoy, J. A. 1999. *Transfer of irrigation management services*. Guidelines. FAO Irrigation and Drainage Paper 58, Rome.

# 附 录



## 附录 1 研讨会日程安排

| 2005 年 10 月 26 日，星期三 |   |  |
|----------------------|---|--|
| 08: 00—08: 30        | 注册（七层）                                    |  |
| 第一节：<br>七层大厅         | 开幕  | 主席：Daniel Renault, FAO 灌溉系统管理高级官员<br>报告人：Nguyen Tung Phong, 越南水资源研究所 |
| 08: 30—08: 50        | 研讨会介绍                                     | Thierry Facon, FAO 水管理高级官员   |
| 08: 50—09: 10        | 与会人员介绍                                    |  |
| 09: 10—09: 20        | 开幕辞                                       | Nguyen Dinh Ninh 博士, 农业与农村发展部灌溉司副司长                                  |
| 09: 20—09: 30        | 开幕辞                                       | Thai Lai 博士, 自然环境资源部水资源管理司司长   |
| 09: 30—10: 00        | 东南亚大型灌溉系统概况                               | Zhijun Chen, FAO 水资源开发保护官员   |
| 10: 00—10: 15        | 茶歇  |  |
| 第二节：<br>七层大厅         | 影响东南亚大型稻作灌溉系统的主要趋势与挑战：水资源、农业与贸易、社会经济发展与环境 | 主席：Thai Lai 博士, 自然环境资源部水资源管理司司长<br>报告人：Thierry Facon 先生              |
| 10: 15—10: 45        | 农业用水管理综合评估：水稻、水和生计                        | Bas Bouman, 国际水稻研究所  |
| 10: 45—11: 15        | 农业用水管理综合评估：水稻、水和灌溉                        | Hugh Turrall, 国际水资源管理研究所   |
| 11: 15—11: 45        | 影响东南亚农业水资源管理的主要趋势                         | David Dawe, FAO 高级粮食系统经济学家   |
| 11: 45—12: 15        | 治理、环境与生计                                  | John Dore, 世界自然保护联盟  |
| 12: 15—13: 00        | 大会讨论                                      |  |
| 13: 00—14: 00        | 午餐  |  |
| 第三节                  | 国家战略、规划与目标                                | 主席：Andrew Noble 博士, 国际水资源管理研究所<br>报告人：Zhijun Chen, FAO               |
| 14: 00—14: 20        | 越南  | Nguyen Dinh Ninh   |
| 14: 20—14: 40        | 印度尼西亚                                     | Dwi Kristianto, A. Tommy M. Sitompul                                 |
| 14: 40—15: 00        | 菲律宾                                       | Proceso T. Domingo   |
| 15: 00—15: 20        | 马来西亚                                      | Mohd Abdul Nassir Bin Bidin  |
| 15: 20—15: 40        | 茶歇  |  |
| 15: 40—16: 00        | 泰国  | Chawee Wongprasittiporn  |
| 16: 00—16: 20        | 柬埔寨                                       | Chann Sinath   |
| 16: 20—16: 40        | 老挝  | Phalasack Pheddara   |
| 16: 40—17: 00        | 缅甸  | Maung Maung Naing  |
| 17: 00—18: 00        | 大会讨论                                      |  |
| 18: 00—18: 30        | 会外活动（全体）；FAO 为专家手册提出灌溉渠道运营建议              | Daniel Renault, FAO 灌溉系统管理高级官员                                       |

(续)

|                  |   |  |                                |   |
|------------------|---|--|--------------------------------|---|
| 19: 30—21: 00    | 欢迎晚宴                                    |  |                                |   |
| 2005年10月27日, 星期四 |   |  |                                |   |
| 第四节: 五层          | 明确主要驱动力变化, 大型稻作灌溉系统类型和可能的进展情况           | 主席: Peter McCormick, 国际水资源管理研究所<br>报告人: Jippe Hoogeveen, FAO 水资源官员 |                                |   |
| 08: 00—08: 15    | 介绍                                      | Daniel Renault, FAO 灌溉系统管理高级官员                                     |                                |   |
| 08: 15—08: 35    | 大型稻作灌溉系统现状                              | Thierry Facon, FAO 水管理高级官员   |                                |   |
| 08: 35—08: 55    | 经济                                      | Jeremy Berkoff   |                                |   |
| 08: 55—09: 15    | 节水                                      | Shahbaz Khan, CSIRO  |                                |   |
| 09: 15—09: 35    | 技术                                      | Hervé Plusquellec  |                                |   |
| 09: 35—09: 55    | 制度                                      | Ian Makin, ADB   |                                |   |
| 09: 55—10: 20    | 茶歇                                      |  |                                |   |
| 10: 20—12: 30    | 分组 A (Renault/Chen)                     | 分组 B (Barker/Khan)   | 分组 C (Tuong/Noble)             |   |
| 12: 30—13: 30    | 午餐                                      |  |                                |   |
| 第五节              | 到油町县古芝灌溉系统实地考察                          |  |                                |   |
| 13: 30—14: 30    | 从温莎广场酒店前往古芝                             |  |                                |   |
| 14: 30—15: 00    | 简单介绍油町灌溉系统及灌溉管理公司对其进行的运营与维护             | Thanh 先生, 油町灌溉管理公司副处长<br>Xuan 先生, 古芝灌溉管理公司处长                       |                                |   |
| 15: 00—15: 30    | 与会人员提问                                  | 主席: Ninh 先生, 农业与农村发展部<br>报告人: Anh 先生, 越南水资源研究所                     |                                |   |
| 15: 30—17: 00    | 考察主题 1: 运营与设计: 现代化                      | 考察主题 2: 农业用水需求与耕作制度进展  | 考察主题 3: 环境和生物多样性               |   |
| 17: 00—18: 00    | 从古芝返回温莎广场酒店                             |  |                                |   |
| 19: 00—21: 00    | 开会、报告并讨论油町县古芝灌溉系统                       |  |                                |   |
| 2005年10月28日, 星期五 |   |  |                                |   |
| 第六节: 五层          | 对第四节内容进行总结, 说明现状, 驱动力变化和大型稻作灌溉系统进展的可能情况 | 主席: Donny Azdan<br>报告人: Madhusudan Bhattarai                       |                                |   |
| 08: 00—08: 30    | 第四节的发现和结论陈述                             | Daniel Renault, FAO  |                                |   |
| 08: 30—09: 00    | 大会讨论                                    |  |                                |   |
| 第七节              | 服务进展情况与性能目标、管理、制度、设计与运营、财务及多种用途         | 主席: Mr Proceso T. Domingo<br>报告人: Jippe Hoogeveen                  |                                |   |
| 09: 00—10: 30    | 分组 D: 服务, 角色和利用与性能目标 (Bouman/Chen)      | 分组 E: 管理与制度 (Makin/Turral)   | 分组 F: 设计与运营 (Plusquel/Freeman) | 分组 G: 财务 (Dawe/Facon)<br>分组 H: 新系统 (Dore/Bhattarai) |
| 10: 30—10: 45    | 茶歇                                      |  |                                |   |
| 10: 45—11: 15    | 对分组讨论结果的即刻讨论                            | D、E、F 和 G 组的报告人  |                                |   |
| 11: 15—13: 00    | 分组 D: 服务, 角色和利用与性能目标                    | 分组 E: 管理与制度  | 分组 F: 设计与运营                    | 分组 G: 财务<br>分组 H:                                   |

(续)

|               |                                       |   |      |      |      |
|---------------|---------------------------------------|---|------|------|------|
| 3: 00—14: 00  | 午餐                                    |   |      |      |      |
| 14: 00—15: 00 | 小组结果陈述                                | D、E、F 和 G 组的报告人   |      |      |      |
| 15: 00—15: 30 | 大会讨论                                  |   |      |      |      |
| 15: 30—15: 45 | 茶歇                                    |   |      |      |      |
| 第八节：五层        | 对可能的进展情况进行重新评估，明确战略、机会、优先行动和区域合作的可能动议 | 主席：Cuong Pham Hung 先生<br>报告人：Mohd Abdul Nassir Bin Bidin    |      |      |      |
| 15: 45—16: 00 | 对前期建议调查问卷做出说明                         | Zhijun Chen, FAO 水资源开发保护官员                                  |      |      |      |
| 16: 00—16: 45 | 分组 D                                  | 分组 E  | 分组 F | 分组 G | 分组 H |
| 16: 45—17: 20 | 小组结果陈述与讨论                             |   |      |      |      |
| 第九节：五层        | 主要结论和建议                               | 主席：Jiravat Ratisoontorn<br>报告人：Hoanh Chu Thai 博士，国际水资源管理研究所 |      |      |      |
| 17: 20—18: 10 | 主要结论和建议陈述                             | Thierry Facon, FAO 水管理高级官员                                  |      |      |      |
| 18: 10—18: 20 | 总结发言                                  | Anh, 越南水资源研究所   |      |      |      |
| 18: 20—18: 30 | 总结发言                                  | Daniel Renault, FAO 灌溉系统管理高级官员                              |      |      |      |



## 附录 2 与会人员名单

| 序号 | 称谓 | 姓名  | E-mail   | 组织                | 国家    |
|----|----|---|--|-------------------|-------|
| 1  | 先生 | Herve Louis Paul Plusquellec              | plusquel@earthlink.net                               |                   |       |
| 2  | 先生 | Beau James Freeman                        | bfreeman@calpoly.edu                                 | 灌溉研究培训中心          |       |
| 3  | 博士 | Sundari Ramakrishna<br>Godaliyadde Gedara | sundari@wetlands.org.my                              | 湿地国际              |       |
| 4  | 博士 | Ariyathna Godaliyadda                     | ggagodaliyadda@yahoo.com                             | 灌溉部               | 斯里兰卡  |
| 5  | 博士 | Randolph Barker                           | brandy84332@yahoo.com                                | 康奈尔大学/国际水资源管理研究所  |       |
| 6  | 博士 | Bas Antonius Maria Bouman                 | b.bouman@cgiar.org                                   | 国际水稻研究所           |       |
| 7  |    | Cuong Pham Hung                           | Cphamhung@worldbank.org                              | 世界银行国家办公室         | 越南    |
| 8  | 先生 | Doan Doan Tuan                            | doantuan@hotmail.com                                 | 越南水资源研究所参与式灌溉管理中心 | 越南    |
| 9  | 先生 | Jeremy Berkoff                            | jeremyberkoff@mac.com                                | 独立顾问              |       |
| 10 |    | roceso T. Domingo                         | administrator@nia.gov.ph                             | 国家灌溉署             | 菲律宾   |
| 11 | 博士 | Donny Azdan                               | dmazdan@bappenas.go.id                               | 国家发展计划机构          | 印度尼西亚 |
| 12 | 先生 | Phonechaleun Nonthaxay                    | wrcc@laotel.com                                      | 水资源协调委员会          | 老挝    |
| 13 | 先生 | Phalasack Pheddara                        | phalasack@hotmail.com                                | 灌溉部               | 老挝    |
| 14 | 博士 | Andrew Noble                              | a.noble@cgiar.org; iwmi-sea@cgiar.org                | 国际水管理研究所老挝办事处     |       |
| 15 | 博士 | Hoanh Chu Thai                            | C.Hoanh@cgiar.org                                    | 国际水管理研究所老挝办事处     |       |
| 16 | 先生 | Jiravat Ratisoontorn                      | jiravat_r@hotmail.com                                | 灌溉部               | 泰国    |
| 17 | 先生 | David Dawe                                | david.dawe@fao.org                                   | FAO               |       |
| 18 | 先生 | Minh Cao Tuan                             | minh@mrcmekong.org                                   | 湄公河委员会            |       |
| 19 | 先生 | Hiroshi Okudaira                          | okudaira@mrcmekong.org                               | 湄公河委员会            | 越南    |
| 20 | 先生 | Nguyen Tuan Anh                           | icd@netnam.vn  | 越南水资源研究所          |       |
| 21 | 先生 | ohn Dore Chawee                           | johndore@iucnt.org                                   | 世界自然保护联盟          | 泰国    |
| 22 | 女士 | Wongprasittiporn                          | chawee_w@yahoo.com                                   | 灌溉部               | 中国    |
| 23 | 博士 | Dong Bin                                  | dongbinh@public.wh.hb.cn                             | 武汉大学              | 澳大利亚  |
| 24 |    | Shahbaz Khan                              | shahbaz.khan@csiro.au                                | 澳大利亚联邦科学工业研究组织水土所 | 马来西亚  |
| 25 | 先生 | Mohd Abdul Bin Bidin                      | nassirbidin@water.gov.my                             | 农业和农基工业部          | 缅甸    |
| 26 | 博士 | Maung Maung Naing                         | ditc-irr@myanmar.com.mm,<br>socom-irr@myanmar.com.mm | 灌溉部               |       |
| 27 | 博士 | Hugh Turrall                              | h.turrall@cgiar.org                                  | 国际水管理研究所          |       |
| 28 | 博士 | Roberto Clemente                          | clemente@ait.ac.th                                   | 亚洲技术中心            | 越南    |
| 29 | 先生 | Nguyen Dinh Ninh                          | Ninhnd.tl@mard.gov.vn                                | 农业和农村发展部          |       |
| 30 | 先生 | Madhusudan Bhattarai                      | madhu.mwbp@iucnlaos.org                              | 世界自然保护联盟          |       |
| 31 | 先生 | To Phoc Tuong                             | t.tuong@cgiar.org                                    | 国际水稻研究所           | 越南    |

(续)

|    |    |                         |                            |             |       |
|----|----|-------------------------|----------------------------|-------------|-------|
| 32 | 博士 | Nguyen Thai Lai         | ntlai1@vnn.vn              | 水资源管理司      | 印度尼西亚 |
| 33 | 先生 | Dwi Kristianto          | krist_edu@yahoo.com        | 公共事务部       | 印度尼西亚 |
| 34 | 先生 | Adolf Tommy M. Sitompul | adolftmstpl@yahoo.com      | 国家发展计划机构    |       |
| 35 | 先生 | Peter McCornick         | p.mccornick@cgiar.org      | 国际水管理研究所    | 柬埔寨   |
| 36 | 先生 | Chann Sinath            | sinath@online.com.kh       | 水资源气象部      |       |
| 37 | 先生 | Ian Makin               | imakin@adb.org             | 亚洲开发银行      | 泰国    |
| 38 | 博士 | Buapun Promphakping     | buapun@kku.ac.th           | Khonkaen 大学 |       |
| 39 | 先生 | Nguyen Tung Phong       | ntphong44@hotmail.com      | 越南水资源研究所    | 越南    |
| 40 | 先生 | Le Quang Anh            | aba_anh@yahoo.com          | 越南水资源研究所    | 越南    |
| 41 | 先生 | Son Nguyen Quynh        | sonnq171@gmail.com         | 越南水资源研究所    | 越南    |
| 42 | 先生 | Thierry Facon           | thierry.facon@fao.org      | FAO         |       |
| 43 | 先生 | David Renault           | david.renault@fao.org      | FAO         |       |
| 44 | 先生 | Jippe Hoogeveen         | jippe.hoogeveen@fao.org    | FAO         |       |
| 45 | 博士 | Zhijun Chen             | zhijun.chen@fao.org        | FAO         |       |
| 46 | 女士 | Sirijit Sangunurai      | sirijit.sangunurai@fao.org | FAO         |       |



定价：40.00元