

森林与能源

主要问题



封面图片，左起：

上：FAO/FO-6079/C. Jekkel; Wikimedia Commons/Gyre; FAO/FO-6077/A. Godbole; FAO/FO-5762/P. Durst

下：Wikimedia Commons/BrokenSphere; FAO/FO-0071; FAO/FO-6849/M. France-Lanord; P. Aronsson

森林与能源

主要问题

粮农组织
林业
论文

154

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。提及具体的公司或厂商产品，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，优于未提及的其它类似公司或产品。本出版物中表达的观点系作者的观点，并不一定反映联合国粮食及农业组织的观点。

ISBN 978-92-5-505985-8

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，不得为销售或其它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 2008年

目录

致谢	vii
序	ix
执行概要	xi
1. 引言	1
2. 能源供应与需求：趋势和前景	5
可再生能源	8
木质能源	13
未来能源的选择 - 主要问题	18
3. 生物能源生产	21
固体木质燃料	21
液体生物燃料	22
4. 木质能源对未来需求的贡献	27
木质燃料资源	28
排放和生物燃料经济	32
5. 增加使用生物燃料所产生的影响	37
贫困、就业与价格	38
土地与环境	39
6. 政策选择和建议	45
术语表	49
参考文献	53

表格

1 按区域和燃料列出的1990-2030年世界上市能源的总消费量	6
2 按区域列出的1990-2030年世界水电和其他上市的可再生能源消费量	9
3 全球可再生能源增长量	11
4 使用传统生物质的人数	18
5 按区域列出的总贸易量中燃料所占比例	20
6 巴西森林作业的木材废弃物	29

插图

1 1990-2030年经合组织国家和非经合组织国家上市能源总消费量	6
2 2004年燃料在世界初级能源总供应量中所占比例	7
3 按来源列出的2004年和预期的2030年全球上市能源总消费量	7
4 1990-2030年经合组织国家和非经合组织国家上市可再生能源总消费量	8
5 2004年和预期的2030年经合组织国家和非经合组织国家上市 可再生能源在能源总消费量中所占比例	9
6 按区域列出的2002年和预期的2030年世界可再生能源消费量	11
7 G8+5国家来自生物燃料的初级能源总供应量	12
8 生物能源占初级能源供应量的百分比	13
9 立木材积总量	14
10 1990年和预期的2010年至2030年经合组织和非经合组织国家 木质能源消费量	16
11 1990年和预期的2010年至2030年经合组织和非经合组织国家 人均木质能源消费量	17
12 非洲木材采伐量	17
13 1987-2008年欧洲离岸价格 (Brent Spot)	19
14 按部门列出的2000年全球温室气体排放量	19
15 由不同来源生产的生物燃料温室气体排放比较	34
16 按原料列出的生物燃料竞争性	34

插文

1 生物能源术语	2
2 巴西的运输用生物能源	10
3 收集准确木质燃料信息的制约因素	15
4 林产品价格	33

5 能源效率和生物能源生产	35
6 生物能源发展的潜在好处和不利影响	38
7 粮食价格与生物能源	40
8 液体生物燃料发展方案	42

致谢

本出版物综合整理了由粮农组织在2007年委托编写的两份更为全面的研究报告并作为工作文件出版。它们是Ivan Tomaselli撰写的《发展中国家的森林与能源》和由Warren Mabee和Jack Saddler撰写的《经合组织国家的森林与能源》。可以从www.fao.org/forestry/energy获得这些文件。由Douglas Kneeland和Andrea Perlis编写的综合性文件的草稿于2007年11月举办的粮农组织大会特别活动：森林与能源期间散发。目前的版本由Jeremy Broadhead修改，Maria Casa编辑，吸收了来自成员国的意见。Miguel Trossero、Simmons Rose、Sebastian Hetsch和Gustavo Best也为文件的编写做出贡献。

序

森林和能源是有关气候变化问题全球性辩论的中心。本出版物对这两个领域最重要的趋势进行论述，为这一讨论提供信息。

本文参考了2007年由粮农组织委托编写的两份综合性研究：《发展中国家的森林与能源》（Ivan Tomaselli, 巴西）和《经合组织国家的森林与能源》（Warren Mabee和Jack Saddler, 加拿大）。这些工作文件的英文版可从粮农组织网站（www.fao.org/forestry/energy）获取。

当100年前石油的供应尚未普及时，木材是人类最重要的能源来源。在世界许多最贫困的国家，木材仍是用来取暖和烹饪最重要的能源来源。在本研究报告中，我们深入分析未来木材再次成为所有国家一个非常重要的能源来源的可能性。

来自木材和农作物的生物能源将重新恢复其重要性。作为液体生物燃料来源，农业和森林作物在现代生物能源的生产中发挥着特殊作用。尽管今后一段时间内矿物燃料可能仍是占主导地位的能源来源，但在未来的几十年里，许多国家长期和逐步从矿物燃料向固体和液体生物燃料的部分转换是一个越来越有可能的情况。这些趋势会对森林产生影响吗？它们会导致未来森林的增加还是减少？

本出版物对这些问题进行了探讨，并更多地作为对知情决策讨论的一个贡献。它概括了在全球能源需求日益增长的背景下，林业面临的潜在机遇和影响。本文第二部分论述了全球能源供应和可再生能源状况的预期变化。第三部分讨论了生物能源的生产，第四部分分析了在未来数年中森林能源在全球能源消费方面可能作出的贡献。第五部分就生物能源消费量增加对森林的影响进行了研究，而第六部分则针对森林面临的机遇和威胁，概述了政策选择和建议。



Wulf Killmann

粮农组织林业部
林产品及工业司
司长

执行概要

迅速增加的能源消耗和温室气体排放以及对能源进口依赖性的关注都是促使未来几年全球能源的预期来源发生变化。预计发展中国家的能源消费增长速度最快，尤其是亚洲。能源供应增加的大部分预计将来自矿物燃料。虽然发展中国家人均消费量仍将低于工业化世界的水平，但到2010年其能源消费量预计将超过发达国家。

目前其他形式的能源受到高度重视，它们将作为减少矿物燃料消耗和限制温室气体排放的一种手段。包括木质能源在内的生物能源构成了目前来自“可再生”能源供应量的一大部分。尽管最近石油价格上涨，但仅靠市场来支持向可再生能源转变的重大调整是不大可能的，因此未来的消费将在很大程度上取决于政策措施。

几千年来，木质能源一直被用于烹饪和取暖。在世界上许多发展中国家，它仍然是主要的能源来源，而且非洲大部分地区薪材的总消费量仍在增加，其主要原因是人口增长。在其他发展中区域，收入提高和日益城市化，即两个导致更方便燃料用量增加的因素，使国家一级的消费量普遍下降。在工业化国家，特别是拥有大型木材加工业的国家，木质能源被用于家庭和工业用途，而且往往数量巨大。

在许多国家，利用高效技术产生的木质能源已经能够与矿物能源竞争，而且可以提供生物能源原料中一些最高级别的能源和碳效率。最值得注意的是，热电厂的总转换效率高达80%，木质颗粒燃料炉具有同样高的转换率。预计在中期内还将开发出从纤维素材料（包括木材）中获取具有商业竞争力的液体生物燃料的生产技术，尽管专利和特许权等相关费用可能会限制其发展。液体生物燃料目前主要是利用粮食作物进行生产，因此经济和碳效率通常较低。与此规则明显不同的是使用甘蔗生产乙醇。在巴西，生物乙醇的价格已经低于以石油为基础的运输燃料价格。

预计利用木材和其他纤维原料生产的第二代液体生物燃料，无论是在价格还是在碳排放量方面，也会具有同样的竞争力。第二代生物燃料生产已在示范植物中进行，预计将在未来十年中投入富有商业竞争性的生产。大多数研究预计，从多年生作物及木质和农业残留物中提取的第

二代液体生物燃料可以大大减少相对于石油燃料的生命周期温室气体排放量。如果技术方面的发展能够使其效率进一步提高，并至少像利用纤维材料而非粮食作物那样经济地生产液体生物燃料，其结果将是减少与粮食生产的竞争，同时增加能源效率并改善总的能源平衡。

在较长期来看，生物炼制业生产的一系列产品，从用木浆到运输燃料和专用化学品，都可能会变得更加普遍，特别是在拥有庞大木材加工产业、高效率的商业环境和行之有效的政策的国家。此外，由纤维材料生产的运输燃料亦有着向大型高利润市场出口的机会。由此产生的木材需求增长将有可能促使价格上涨，直到市场重新达到平衡。锯木和纸浆原木的价格以及木质板的价格很可能是受影响最严重的，而事实上，在一些市场中价格的影响已经显现出来。

鉴于第一代液体生物燃料的开发对土地的需求不断增加，全球森林面临的压力也会与日俱增。如果市场按照最近的趋势发展，森林的机会成本在很多情况下有可能过高，阻碍了向生物能源作物生产的转换。在森林保护和可持续管理措施无效或不力的地方，有可能导致森林被皆伐。在许多发展中国家，大量退化的土地也被建议作为扩大生物能源作物种植的潜在用地。然而，为了获得这些好处，扩大生物燃料的生产将需要伴之以明确和严格执行的土地使用规定，尤其是那些其热带森林面临转换为其他土地用途危险的国家。

市场的吸引力加上生物能源政策的支持已经导致清除森林，以种植油棕榈和其它作物，用于生产液体生物燃料。与气候变化相关的政策目标是不可能实现的，因为清地过程中释放的碳可能大大高于生物能源作物需要多年才可回收的数量。在泥炭地已被清理的地方，情况更为严重。在这方面，应当重视的一点是，如果生物质的生长超过了收获量，而且在生产、运输和处理过程中，二氧化碳排放量不超过生长中被回收的数量，那么生物能源才能被认为是可再生的。因土地转用于生物能源生产而导致的碳损失也应予以考虑。

木质能源对于未来能源生产的贡献程度很可能取决于：木质能源在实现与能源有关的近期政策目标方面的竞争力；木质能源系统的社会、经济和环境成本效益；为林业运作提供框架的政策和体制问题。任何生物能源战略的潜力还将受到当地情况的巨大影响，其中包括：供求地点、基础设施、气候和土壤、土地和劳力可供量以及社会和管理结构。

目前，当木质能源被作为木材加工业副产品来产生时，它的竞争力最强。鉴于其可供量、相对较低的价值而且接近生产现有林业作业地点

等特点，木材废弃物为生物能源生产提供了可能的最直接机会。来自砍伐和加工活动的废木通常构成了森林采伐总生物质的一半以上。

在天然林中，高达材积总量的70%可被用于能源生产。这种材料的大部分由树冠和其它采伐后留在森林中的废弃物构成。锯木场的木材废弃物是另外一种更容易获得的废料。

在一些国家，专门为能源生产而营造人工林的情况已越来越常见，而且具有多种最终用途的人工林可根据市场需求提供用于木质燃料和其他用途的原木。目前市场尚未看好的品种、森林被清除的地区和森林以外的树木提供了用于能源的额外潜在木材来源，它们不同于普遍销售的，并因此价格更高的林产品类别。

特别是在人力和财政资源有限的情况下，生物能源的开发首先要以现有生物质和验证的技术为基础，探索各种机会。将能源生产纳入工业化森林作业是降低风险的一个具有竞争性的方法，能够提高和改善森林管理。它还能加强能源安全，并有助于减缓气候变化，因此应被作为一个值得探索的优先领域。

为了确保有足够的耕地可供生产低价粮食，而且避免损失宝贵的栖息地，必须使生物能源战略与农业、林业、扶贫和农村发展战略紧密联系起来。土地利用规划和监测以及有效的管理均可在防止出现已报告的一些社会和环境问题方面发挥重要作用。所有国家都将受益于更好的木质能源原料信息，包括从森林作业中回收的生物质和森林生物质贸易。

支持生物能源发展的政策和计划仍处于初级阶段。下列与林业相关的问题需要首先予以解决：

- 可持续利用木材资源，同时考虑法律和体制上的制约因素、森林所有权、数据获取、林业基础设施；
- 支持性法律法规和政策；将信息传播给森林所有者、企业家和其他参与者；
- 提高效率，方法包括强化对现有森林资源、森林采伐和加工废弃物、来自森林以外树木的木质生物质以及从消费者手中回收的木制品的利用；
- 长期扩大森林面积并提高森林资源的生产力，例如通过造林和遗传创新；
- 有可能利用边际和退化的土地来提供用于能源生产的生物质。

向发展中国家转让先进的木质能源技术对于实现气候变化相关目标是非常重要的。目前的情况使林业部门面临一个重大的机遇和挑战，需要在确保能源供应、减缓气候变化和支持可持续的经济和环境发展方面发挥新的作用。

1. 引言

在世界经济中，能源发挥着核心作用，能源费用的变化对经济增长造成重大影响，特别对于依赖石油进口的发展中国家而言。目前正在发生重大转变的是在未来几年里预计能够提供能源的来源。导致出现这些变化的主要有三个原因：

- 矿物燃料的高价格；
- 矿物燃料依赖性的预期风险；
- 矿物燃料日益增多的温室气体排放量。

生物能源与其他替代燃料一同为减少单位能源产量的二氧化碳排放量，降低对能源进口的依赖性提供了机会，同时遏制了飞涨的油价。在有效的政策体制框架下，各国亦有机会通过扩大生物能源生产来推动国家和农村的可持续发展。此外，许多国家拥有大面积森林，如果能以可持续的方式予以管理，能够生产大量可再生燃料。一些国家已经制定了政策，鼓励使用木材生产能源。

生物能源是通过一系列原料和经过多种不同的过程获取的。插文1对一些用来描述不同类型的生物能源的术语作出解释。术语表中提供了更为详细的定义。从传统上讲，木质燃料、农业副产品和粪被用来烧饭和取暖（在本文中称为“传统生物质”）。将木材和森林废弃物转换为动力的大型现代化设施通常修建在木材加工设施附近。这种动力来源被认为是可再生的，因为新的树木或其他植物，可以取代那些已经转化为能源的树木和植物。应当注意的重要一点是，生物能源只有在符合特定条件时才能被视为是可再生的，即生物质的增长超过了采伐量，而且在生产、运输和加工期间二氧化碳的排放量不超过为生产能源而采集的生物质所捕获的二氧化碳。

在世界不同地区，木材作为能量来源所发挥的作用差别很大。许多发展中国家严重依赖木材作为取暖和烹饪能量的来源，而且木材资源往往受到人口不断增加、农业扩张和不可持续的森林管理方式而造成森林覆盖率减少的威胁。工业化国家和迅速增长的发展中大国的消耗着世界上绝大多数的矿物燃料，而且越来越多地在工业中使用木质能源。他们中的一些，但不是全部，已能稳定或增加其森林面积。

最近，液体生物燃料替代运输燃料的潜力已成为对利用植物产品生产生物乙醇和生物柴油进行投资的一个有力推动。目前生产液体生物燃

插图 1 生物能源术语

“生物能源”一词系指来自生物燃料的所有类型的能源。生物燃料是从生物源物质，即生物质，衍生的燃料。

粮农组织根据生产中使用的生物质来源 - 林业、农业或市政 - 并根据产品状态，对生物燃料进行分类。因此，生物燃料包括木质燃料、农业燃料和城市副产品，而且每个类别又分为可被用来供热或发电的固体、液体和气体形式的燃料。以木质燃料为例，可具体分为以下几大类：

- 固体木质燃料 - 薪材（粗糙的木材，包括碎片，木屑和颗粒等形式）和木炭；
- 液体木质燃料 - 黑液（木浆业的一种副产品）和乙醇、甲醇和热解油（来自木材的热化学和生物化学分解）；
- 气体木质燃料 - 热解气体（来自气化的固体和液体木质燃料）。

“农业燃料”一词系指从燃料作物和农业、农工业和动物副产品中直接衍生的生物质材料。城市生物燃料主要包括废弃产品，如污水和垃圾填埋气以及城市固体废弃物。

在本文中，术语“生物燃料”系指所有生物源燃料，而“液体生物燃料”一词则用来表示液体的生物源燃料。这与欧洲常用的生物燃料的含义有所不同，在欧洲，生物燃料是指生物起源的液体燃料，用来作为运输的能源来源 - 生物乙醇和生物柴油。本文未采用此术语。

资料来源：粮农组织，2004年

料的主要原料是粮食作物，包括油棕榈、甘蔗、玉米、油菜籽、大豆、小麦等。一般来说，第一代生物乙醇是通过植物糖或淀粉生产的，而生物柴油的生产则使用植物油。因此，最终用途之间存在着潜在的竞争，而且很多人认为能源生产中对这些和其它作物的需求是造成粮食价格上涨的一个原因。

预计在中期内将开发出能够利用纤维素材料生产具有经济竞争力的液体生物燃料的技术。木材、农业废弃物和一些草本植物，如柳枝稷和芒草，是最有可能利用的原料。由于这些原料不被用作食物来源，而且因为它们能够在被认为不适合粮食生产的边际土地上生长，它们的使用不太可能导致粮食价格的增长。

在短期内存，为生物能源目的而扩大农业生产的可能性非常大，这将会加大土地的压力，并导致森林皆伐现象增多。虽然当前和新出现的用于液体生物燃料生产的若干作物适合在贫瘠的土地上生长，但它们往往要争夺目前被森林覆盖的土地。森林能够储存大量的碳，但如果它们被生物能源作物替代，就可能导致陆地碳的净损失。目前，全球二氧化碳排放量的17%与森林砍伐有关（政府间气候变化委员会，2007年）。

鉴于对生物能源的兴趣日益增加并认识到可能造成的系统影响，已经出现很多类似对利弊的权衡。根据近期发表的研究文章提出的论点，液体生物燃料在减缓气候变化方面的作用未必很大。关键问题是，与矿物燃料相比，液体生物燃料能够减少二氧化碳排放量的实际程度。由于能源被用于种植、收获、加工和运输作物及生物燃料，因此净效益在某些情况下可能很小，而在其他情况下甚至是负面的。然而，第二代液体生物燃料的确具有更大的潜力。与目前使用的液体生物燃料不同，将从可持续来源获得的木材用于供热和发电或用来生产热能和动力，无论从能源转换和温室气体排放方面，其效率都是较高的。

在未来几年内，全球能源的使用量预计将迅速攀升，而就矿物燃料而言，尽管存在一些缺点，但很可能仍然是最经济可行的能源来源。未来能源来源的变化程度可能主要取决于能源的价格和对进口矿物燃料的依赖度，替代能源来源的成本和潜在减缓能力以及对减缓气候变化的承诺。与农业和农村发展补贴有关的政治决定也将发挥非常重要的作用（Wolf，2007年）。鉴于能源利用与气候变化相关的发展动态，最终对世界森林产生的影响将是深远的。对能源的需求显然是二十一世纪森林部门面临的最关键问题之一。未来将会遇到巨大的挑战。正确的决策为优化经济、环境和社会效益并在全社会和几代人之间进行传播提供了机遇。

2. 能源供应与需求：趋势和前景

在未来几年里，人口增长和经济发展预计将促使对能源的需求大大增加（环境影响评估，2007年）。世界上许多人目前正经历着生活方式的巨大变化，因为其经济正在从生计向产业或服务基地转变。能源需求增长幅度最大的是发展中国家，预计在2004年到2030年期间，其占全球能源消耗量的比例将从46%增至58%（环境影响评估，2007年）。然而，人均消费量可能仍远远低于经济合作与发展组织（经合组织）国家的水平。

从2004年至2020年，发展中国家能源消费量的年平均增长率预计将达到3%。在国家经济较成熟和预期人口增长率较低的工业化国家，能源需求的增长率尽管起点较高，但预计将会以每年0.9%的低速增长。到2010年，发展中地区的能源消费量预计将超过工业化地区的消费量。到2030年，全球能源需求增长的大约一半将是对动力的需求，五分之一来自运输的需求，其中大部分是以石油为基础的燃料（环境影响评估，2007年）。

导致能源需求增加的很大一部分原因将是亚洲某些经济体，特别是中国和印度的经济快速增长。亚洲发展中国家对能源的需求预计每年平均增长3.7%，远远高于其他任何地区（图1）。在未来20年间，亚洲的能源消费量将增加一倍以上，预计占有发展中国家能源需求增长的约65%。虽然与亚洲相比，其他地区发展中国家的能源消费增速预计较低，但仍可望超过全球平均水平（见表1）。各地区都将在未来的能源供应和需求方面发挥作用，然而亚洲消费量的预期巨大的增长将促使该地区重视未来能源的开发。

世界绝大多数能源产自不可再生资源，特别是石油、煤和天然气（图2）。刚刚超过13%的全球能源来自可再生能源，其中10.6%来自可燃再生生物质和可再利用的城市废物。其余的可再生能源来自水、地热、太阳能、风能、潮汐和海浪。

对全球总能源消耗量的预测显示，2004年至2030年，矿物燃料将占增长的大部分，而从绝对值来看，核能及其他来源所占比例较小（图3和表1）。按百分比计算，天然气和煤的变化可能最大，将分别增加65%和74%。石油消费量预计将增加42%，而起点很低的核能和可再生能源则

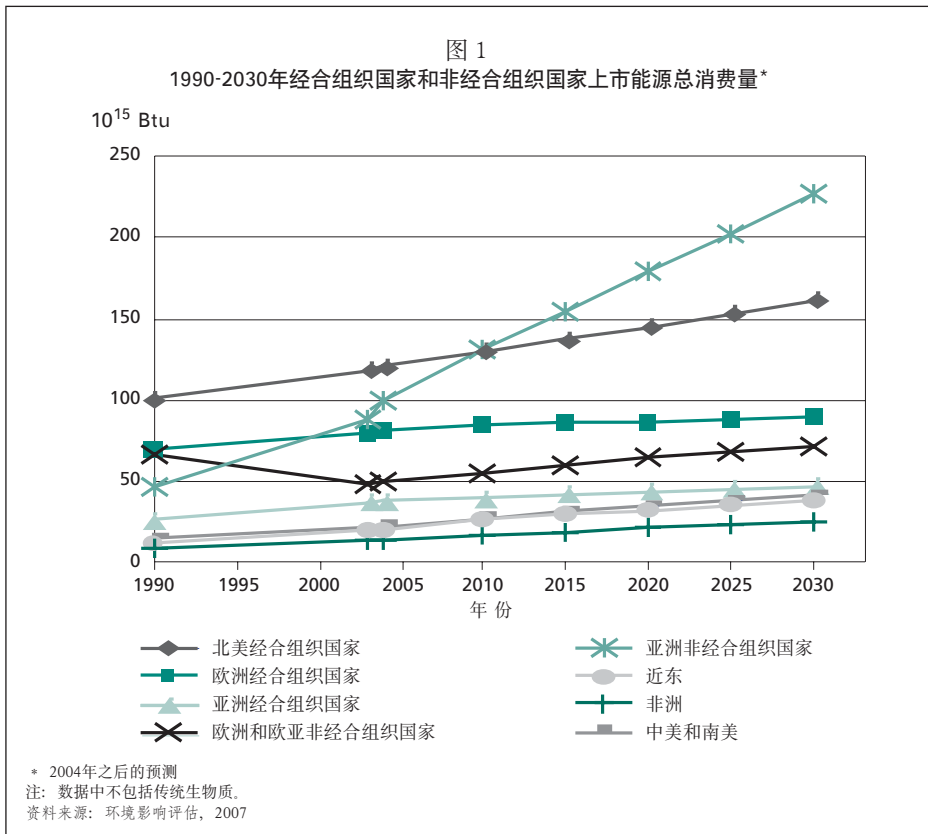
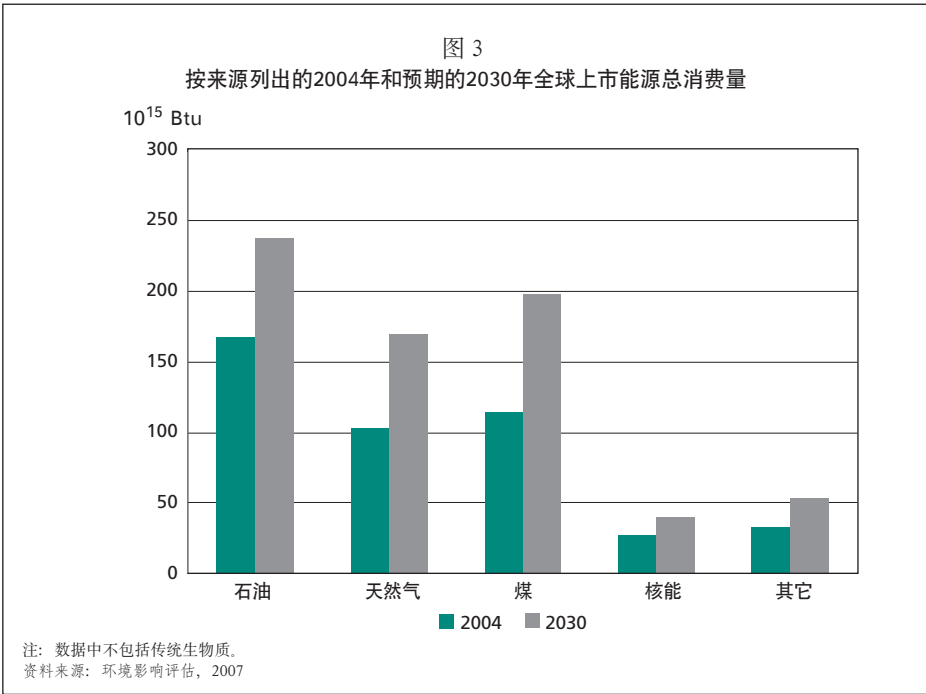
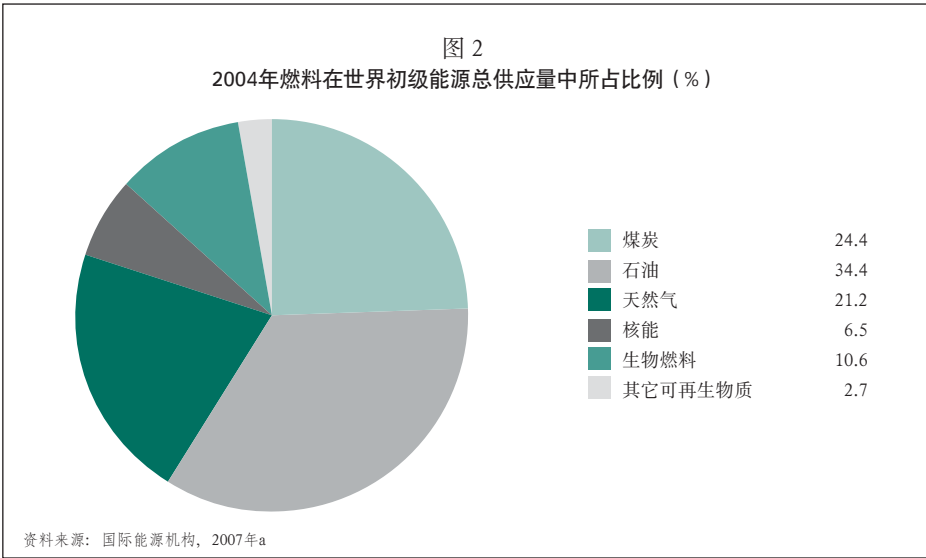


表 1
按区域和燃料列出的1990-2030年世界上市能源的总消费量 (10^{15} Btu)

区域/来源	年份					增长率
	1990	2004	2010	2020	2030	年增长 % 2004-2030
北美经合组织国家	100.8	120.9	130.3	145.1	161.6	1.1
欧洲经合组织国家	69.9	81.1	84.1	86.1	89.2	0.4
亚洲经合组织国家	26.6	37.8	39.9	43.9	47.2	0.9
欧洲和欧亚非经合组织国家	67.2	49.7	54.7	64.4	71.5	1.4
亚洲非经合组织国家	47.5	99.9	131.0	178.8	227.6	3.2
近东	11.3	21.1	26.3	32.6	38.2	2.3
非洲	9.5	13.7	16.9	21.2	24.9	2.3
中美洲和南美洲	14.5	22.5	27.7	34.8	41.4	2.4
经合组织国家总计	197.4	239.8	254.4	275.1	298.0	0.8
非经合组织国家总计	150.0	206.9	256.6	331.9	403.5	2.6
来源						
石油	136.2	168.2	183.9	210.6	238.9	1.4
天然气	75.2	103.4	120.6	147.0	170.4	1.9
煤	89.4	114.5	136.4	167.2	199.1	2.2
核能	20.4	27.5	29.8	35.7	39.7	1.4
其他	26.2	33.2	40.4	46.5	53.5	1.9
世界总计	347.3	446.7	511.1	607.0	701.6	1.8

注：数据中不包括传统生物质。
资料来源：环境影响评估，2007



预计分别增加44%和61%。不同能源来源的最终增长比例在很大程度上将取决于政策走向。因此，所作的预测应主要被视为开展深入讨论的一个起点。

可再生能源

可再生能源包括由可以无限制再生来源所生产和/或衍生的能源，如水能、太阳能和风能，或可持续生产的能源，如生物质等。尽管对能源的预测以矿物燃料为主，但可再生能源来源的利用将会扩大。根据美国能源信息管理局的预测，在未来数十年里，可再生能源（不包括传统生物质）的销售将以每年1.9%的速度增长。最大的绝对增长预计将出现在北美，亚洲发展中国家和中美洲及南美洲，如图4所示。可再生能源消费量年增长率最高的地区预计在近东，亚洲发展中国家和中美洲及南美洲（表2）。在亚洲发展中国家，目前的趋势更多的是由能源消费所推动，而这与中美洲和南美洲以可再生能源为特别重点的情况不同。

在未来几年里，世界大部分地区所销售的由可再生来源生产的能源比例预计将增加（图5）。到目前为止，占可再生能源的消费量最大份额的是中美洲和南美洲，在那里，具有经济竞争力的非矿物燃料的能源来源已经得到较好的开发（插文2）。这些数字并不涉及欧洲联盟（欧盟）

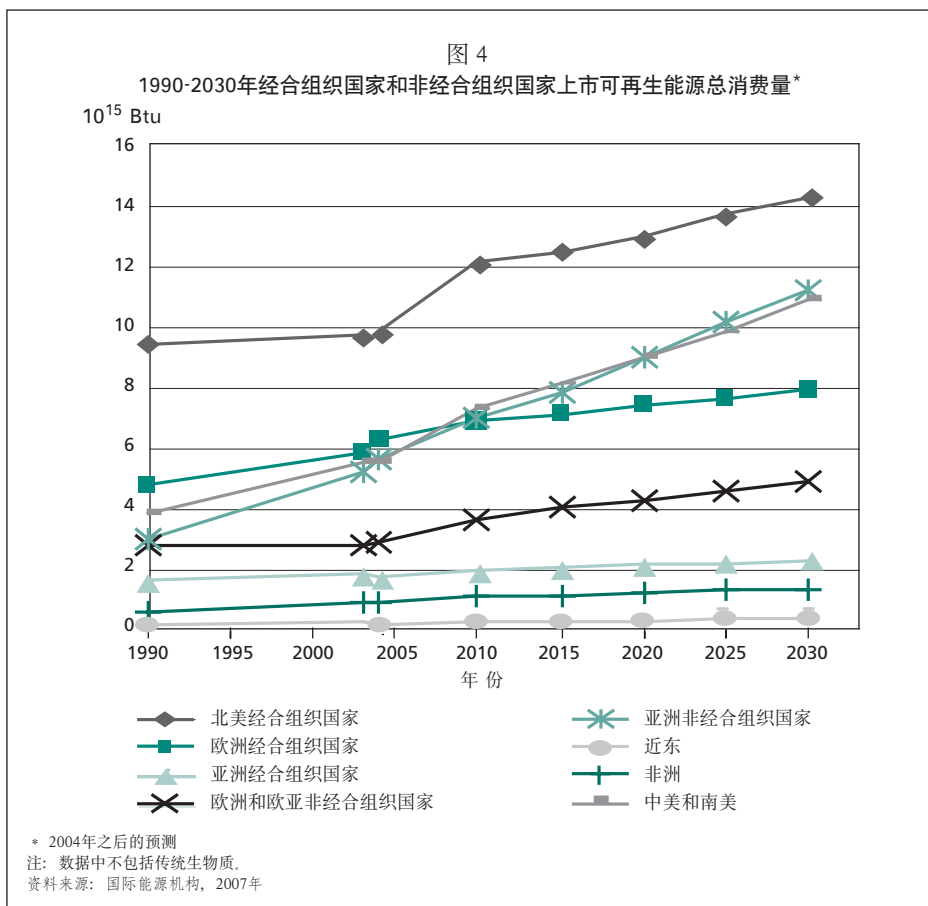
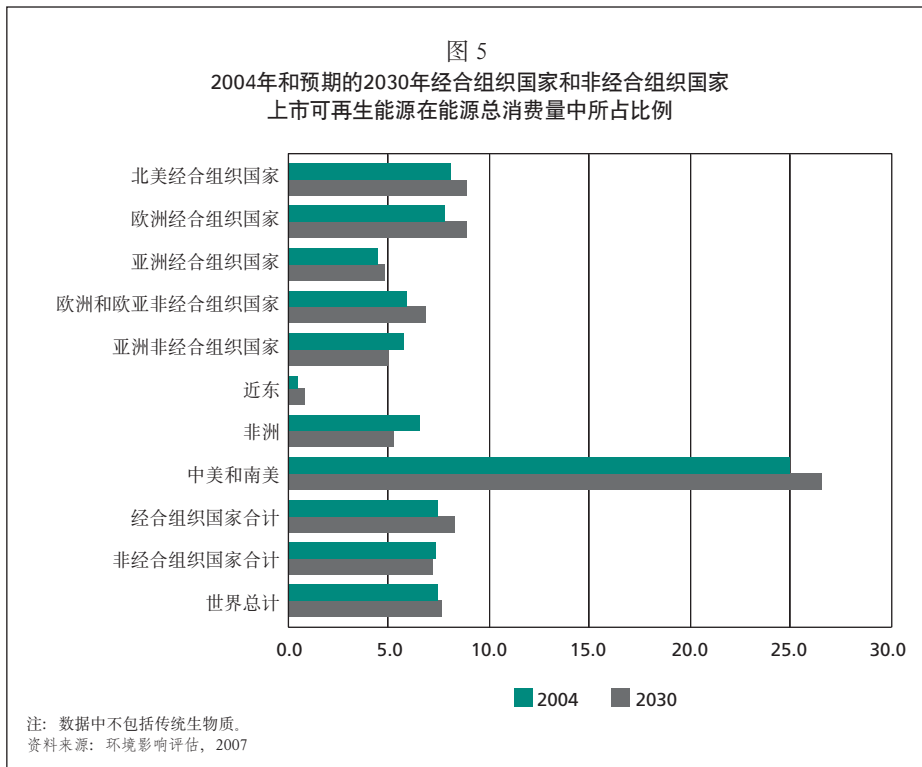


表 2

按区域列出的1990-2030年世界水电和其他上市的可再生能源消费量 (10¹⁵ Btu)

区域	1990	2004	2010	2020	2030	年增长 % 2004-2030
北美经合组织国家	9.5	9.9	12.2	13.1	14.4	1.5
欧洲经合组织国家	4.8	6.3	6.9	7.5	8.0	0.9
亚洲经合组织国家	1.6	1.7	1.9	2.1	2.3	1.2
欧洲和欧亚非经合组织国家	2.8	2.9	3.6	4.3	4.9	2.0
亚洲非经合组织国家	3.0	5.7	7.0	9.1	11.3	2.7
近东	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	4.3
非洲	0.6	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4
中美洲和南美洲	3.9	5.6	7.4	9.1	11.0	2.6
经合组织国家合计	15.9	17.9	21.1	22.7	24.7	1.2
非经合组织国家合计	10.3	15.3	19.3	23.9	28.8	2.5
世界总计	26.2	33.2	40.4	46.5	53.5	2.5

注：数据中不包括传统生物质。
资料来源：环境影响评估，2007



近期制定的长期能源战略，其中计划将2020年欧盟可再生能源的消费量提高到能源使用总量的20%；用于运输的生物燃料使用量的比例将增至10%；并将欧盟的温室气体排放量减少到低于1990年水平的20%（欧洲联盟，2007年）。

插图 2

巴西的运输用生物能源

在全世界的交通运输燃料消费中只有约1%来自液体生物燃料。巴西却是该平均水平的一个明显的例外。在1975年第一次全球石油危机期间，巴西发起了国家生物燃料计划，导致利用国内糖料供应大规模生产乙醇。在巴西生产和销售的所有汽车中，有90%以上采用“flex”系统，即配备了可以使用生物乙醇、汽油或混合燃料的引擎。巴西最近发起了一项全球运动，旨在推动将生物燃料作为一个可行的运输用矿物燃料替代品。

在巴西，当石油价格超过每桶35美元时，从蔗糖提炼的生物燃料比汽油更具竞争性。相比之下，美国利用玉米生产的生物乙醇则在油价达到每桶55美元时便体现出竞争力，而欧盟的生物乙醇则需要石油价格达到每桶75至100美元时才具有竞争力（世界观察研究所，2007年）。

巴西在生物燃料方面取得的成功主要来自蔗糖的高生产力和该原料有效转化乙醇的适宜性。每年建立大约19万公顷甘蔗种植园，主要集中在该国南部地区（粮农组织，2007年c）。预计巴西将继续作为世界主要生物燃料出口国（Global Insight，2007年）。

矿物燃料的较高价格以及政府支持开发替代能源的政策和计划将成为促进可再生能源来源竞争力的因素。然而，国家和国际社会虽然作出努力，但预测显示全球可再生能源所占比例不会大幅度增加。预测到2030年增幅将很小，从7.4%提高到7.6%（环境影响评估，2007年）。

2006年世界能源展望（国际能源机构，2006年）中阐述的世界替代政策情景显示了在世界各国采取目前正在审议的有关减少二氧化碳排放和改善能源供应安全的政策和措施，全球能源市场将会怎样发展变化（表3）。根据该情景，可再生能源在全球能源消费中所占比例基本保持不变，而传统生物质所占的份额将下降。水力发电量将会增长，但其份额将保持稳定，其他可再生能源（包括地热、太阳能和风能）的比例增加最为迅速，但是鉴于其起点较低，到2030年它们在可再生能源中所占的比例仍然是最小的。

由于纳入了传统的生物质，在未来的25年里，取暖和烹饪仍将是可再生燃料主要用途。但电力部门预计将引领全球可再生能源消耗增长趋势（国际能源机构，2004年）。该部门占2002年全球可再生能源消费量的四分之一，但到2030年其市场份额预计将增至38%。目前，不到1%的运输燃料是可再生的。根据预测，在未来的25年中，这一份额将上升到

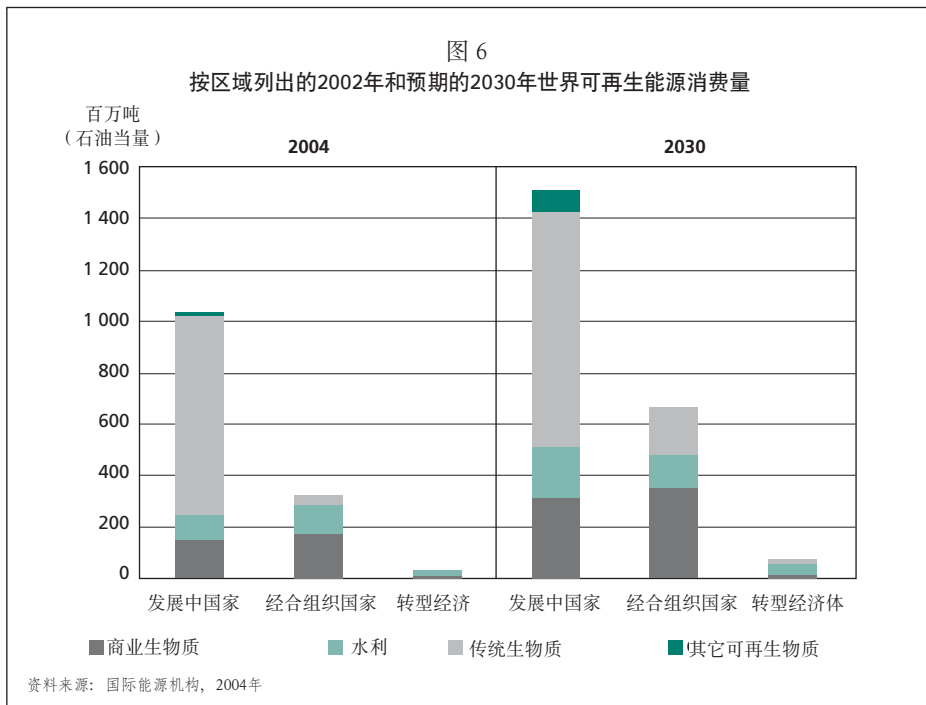
3%。这些变化对全球能源消耗量的总体影响相对较小，但对森林砍伐和粮食安全造成的影响可能会相当大。

在能源供应总量中，发展中国家包括传统生物质在内的可再生能源比例超过发达国家。约四分之三的可再生能源由发展中国家消费，那里大部分可再生能源的生产以使用传统的生物质和水电为基础。工业化国家占全球可再生能源消耗量的23%，转型经济体占3%（图6）。

表 3
全球可再生能源增长量

能源来源	2004	2030	大约增长（倍数）
发电 (TWh)	3 179	7 775	>2
水利发电	2 810	4 903	<2
生物质	227	983	>4
风能	82	1 440	18
太阳能	4	238	60
地热	56	185	>3
潮汐能和波浪能	<1	25	46
生物燃料 (Mtoe)	15	147	10
工业和建筑 (Mtoe)	272	539	2
商业生物质	261	450	<2
太阳能	6.6	64	10
地源热	4.4	25	6

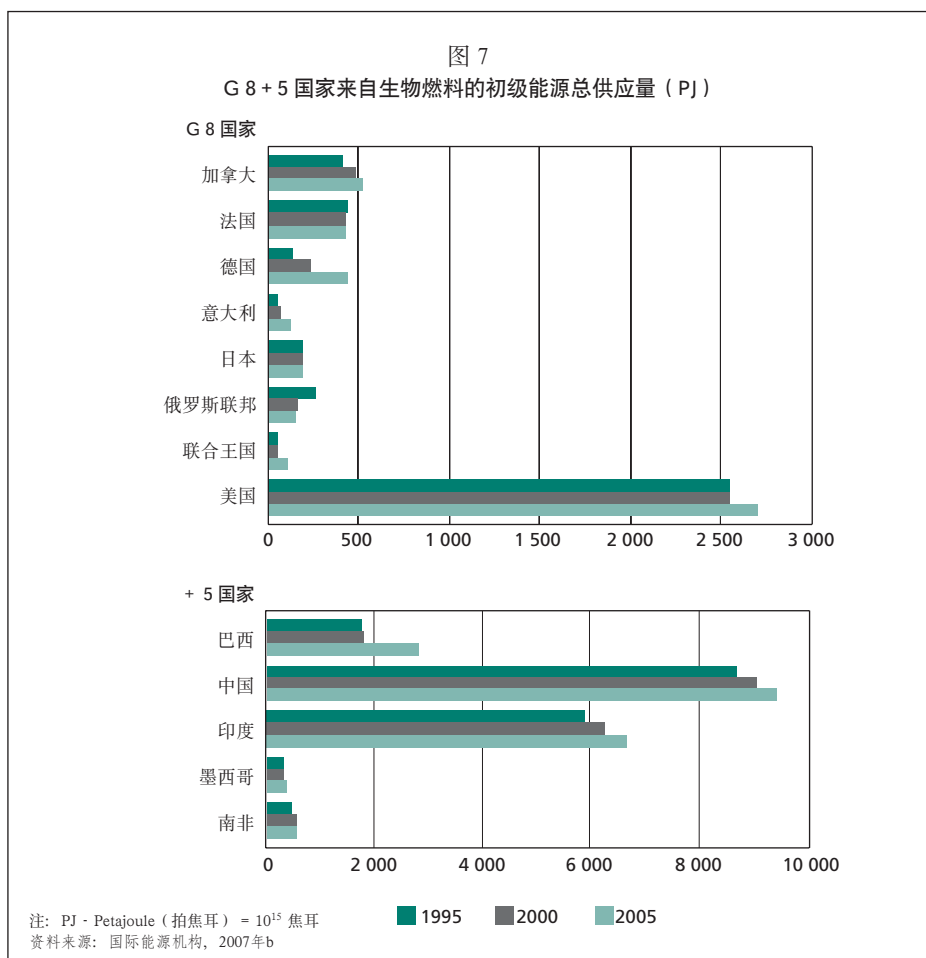
注：TWh = 太瓦小时；Mtoe = 百万吨石油当量
资料来源：国际能源机构，2006年；经合组织 / 国际能源机构，2006年，引自国际能源机构，2007年a

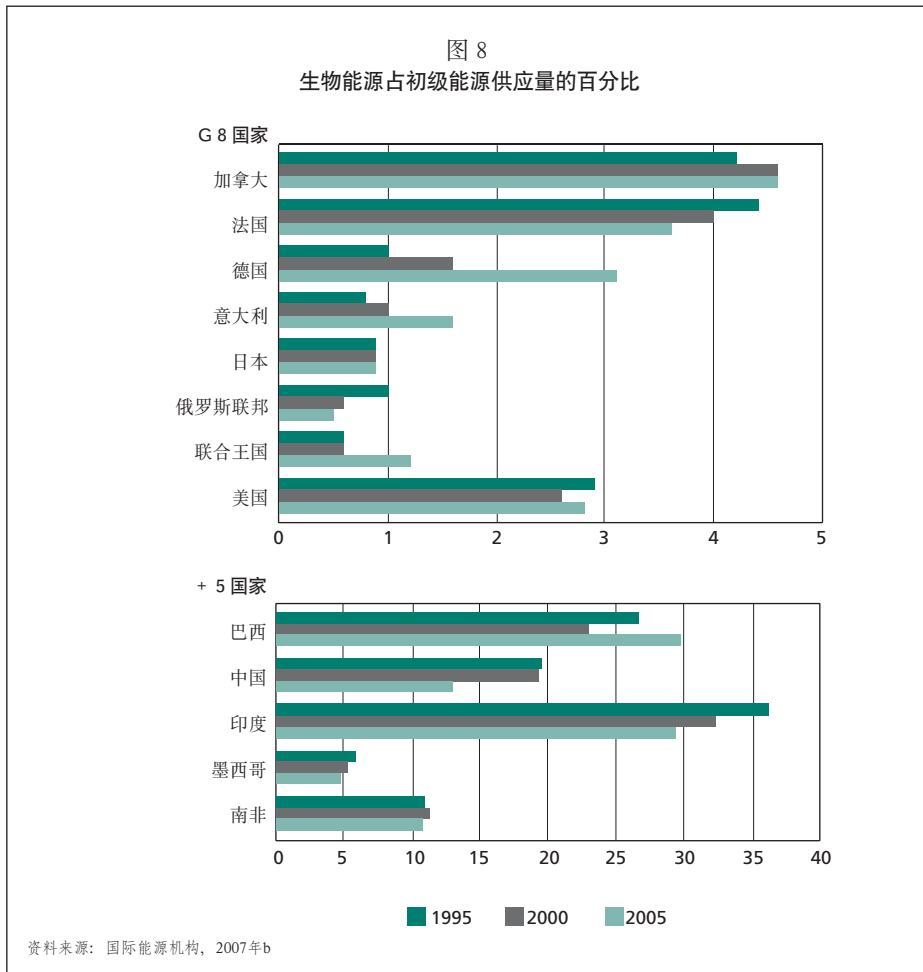


可再生能源具有最重要意义的两个地区是非洲和拉丁美洲。在非洲，这主要是由于取暖和烹饪均使用木质燃料。在拉丁美洲，主要原因则是巴西的可再生能源消费量高，所有能源消耗量的45%是可再生能源—水电、木材和甘蔗乙醇。

大部分G8 + 5（八国集团+ 5个发展中）国家的生物燃料使用在不断增加，是世界能源的最大消费者，其中明显的一个例外是俄罗斯联邦，那里的矿物燃料可供量不断增加。按绝对值计算，美国、中国和印度迄今消费的生物燃料数量最大（图7）。

通过对1995年至2005年期间G8 + 5国家生物能源使用量占能源消费总量的份额进行比较，图8清楚地显示出政府政策的影响。德国、意大利、英国、美国和巴西2000年和2005年生物能源占能源使用量比例增加，从经济上促进了生物能源的消费。然而，中国和印度生物燃料的使用量分别下降，因为两国较高的经济增长速度超过了矿物燃料价格上涨的影响。

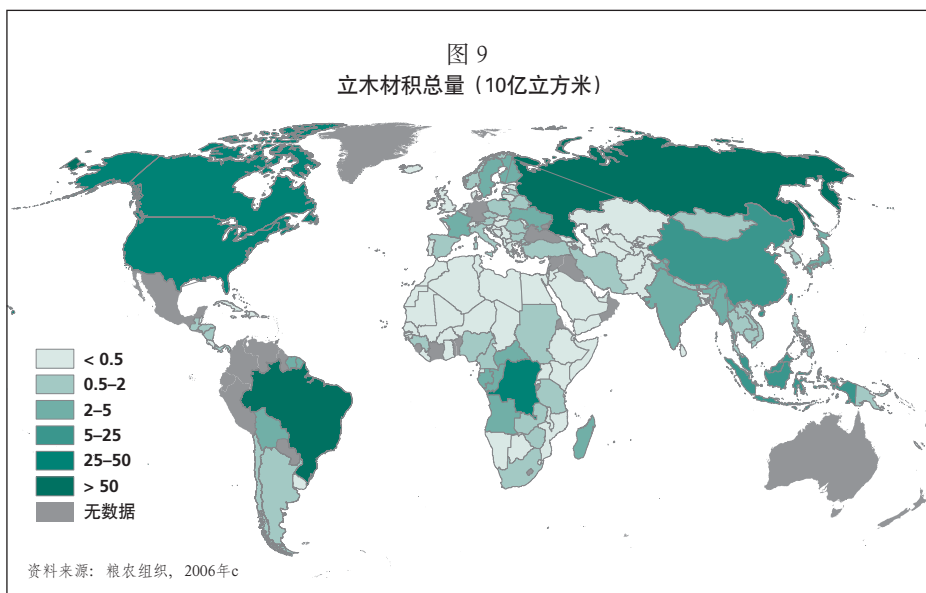




木质能源

木材可供量及木材作为未来替代石油的生物燃料的潜力在世界各地的分布不尽相同（图9）。2005年全球工业原木的产量约为17亿立方米，而薪材的产量大约是18亿立方米（粮农组织，2007年c）。全球工业原木的大约65%产自工业化国家，但薪材的产量只有13%左右。最大的薪材生产国是印度（3.06亿立方米）、中国（1.91亿立方米）和巴西（1.38亿立方米）。薪材产量较高的少数工业化国家包括美国、墨西哥、芬兰、瑞典和奥地利等。但是在获得数据方面存在着困难，而且家庭薪材使用调查已显示出其他几个工业化国家的消费量相当大（Steierer等，2007年）。

绝大多数的薪材仍是在当地生产和消费。由于薪材主要用于家庭，而且往往通过非正式的方式进行交易，因此很难收集到国家一级的准确数据。许多其他因素亦决定了薪材统计数字的准确性和可获得性（插文3）。



从历史上看，木材一直是最重要生物能源的来源。自从发现了火，木材便一直被用于烹饪和取暖。在发展中国家，木材还被用于商业活动，如鱼类的烘干，烟草加工和砖块烧制。在发达国家，木材主要被森林工业用于发电。

近年来，作为矿物能源的一种环保型替代品，木质能源已引起人们的注意，而且已经为提高供热和发电，尤其是有关工业应用方面的效率进行了投资。世界一些地区能源政策的变化有利于发展以木质能源为基础的系统。新技术正在改善利用木材生产能源的经济可行性，特别是在那些拥有大量森林和完备的木材加工产业的国家。

就绝对数而言，经合组织国家的工业生物能源中木材的最大用户是美国、加拿大、瑞典和芬兰。在这些国家，大部分用于能源的森林生物质是从间接来源回收的，其中包括木材制浆产生的黑液和其它废木（Steierer等，2007年）。在上述每个国家，工业应用刚刚超过生物能源总使用量的50%。

薪材是大多数发展中国家农村地区主要的木质能源形式，而对于许多非洲、亚洲和拉丁美洲的城市家庭而言，木炭仍是一个重要的能源来源。发展中国家占世界木质燃料（薪材和木炭）消费量的近90%，而且在发展中国家，木材仍是烹饪和取暖的主要能源来源（Broadhead、Bahdon和Whiteman，2001年）。过去15年来，全球木质燃料的消费量一直相对稳定地保持在18到19亿立方米之间。

插文 3

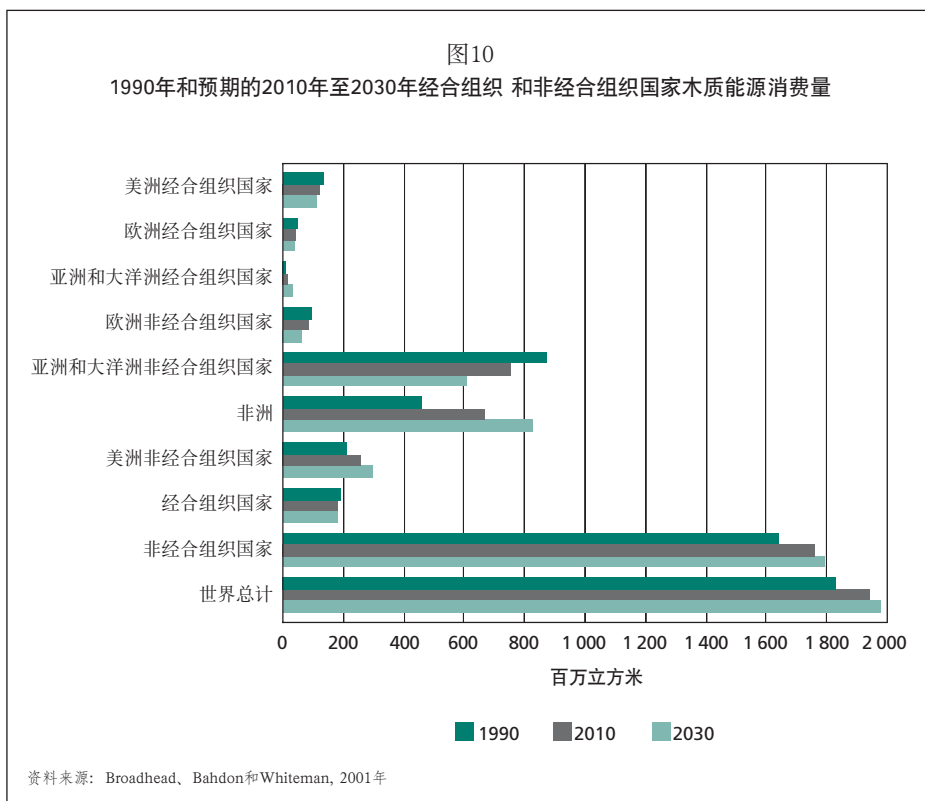
收集准确木质燃料信息的制约因素

一直很难获得有关木质燃料消费量的统计资料。主要原因是：

- 需要开展高强度的调查工作来收集准确的信息，因为在不同的地点和一年里不同时间，木质燃料的生产和消费情况会有很大的差异。
- 木质燃料主要是供采集者自用，而不是在有助于信息的收集的特定地点，如市场、商店或工厂进行销售。
- 由于大多数国家木质燃料的价格低廉，该部门在经济中无足轻重，因此对统计资料收集工作进行投资被认为无价值。
- 许多国家缺少收集薪材信息所需的财力和人力资源，特别是由于那些木质燃料最为重要的国家通常也是最贫困的国家。
- 在与该部门有关机构（如负责农业、林业、能源和农村发展方面事务的政府机构）之间往往缺乏协调，而且信息收集的好处可能对任何一个机构都不明显。
- 许多政府林业机构集中精力开展商业木材生产，忽视了非商业林业产出。
- 薪材方面的信息缺乏明确的定义、计量规范和转换因数，因此很难对各地区和不同时期的统计数据进行比较。
- 由于普遍存在非法采伐现象，生产数字有可能申报不足，因此可作为能源使用的废木数量可能被低估。

资料来源：Broadhead、Bahdon和Whiteman，2001年

图10显示了1990年和2030年期间经合组织和非经合组织国家木质燃料的消费量。全球趋势表明，木质燃料的消费日益增加，主要反映了非洲的消费量不断提高。与此相反，亚洲和大洋洲的非经合组织国家则呈现下降的趋势，其原因是收入迅速增加和城市化。经合组织欧洲国家未来的消费量预计将高于图11所显示的水平，因为最近欧盟计划到2020年将可再生能源在能源总使用量中所占比例增加到20%（欧洲联盟，2007年）。

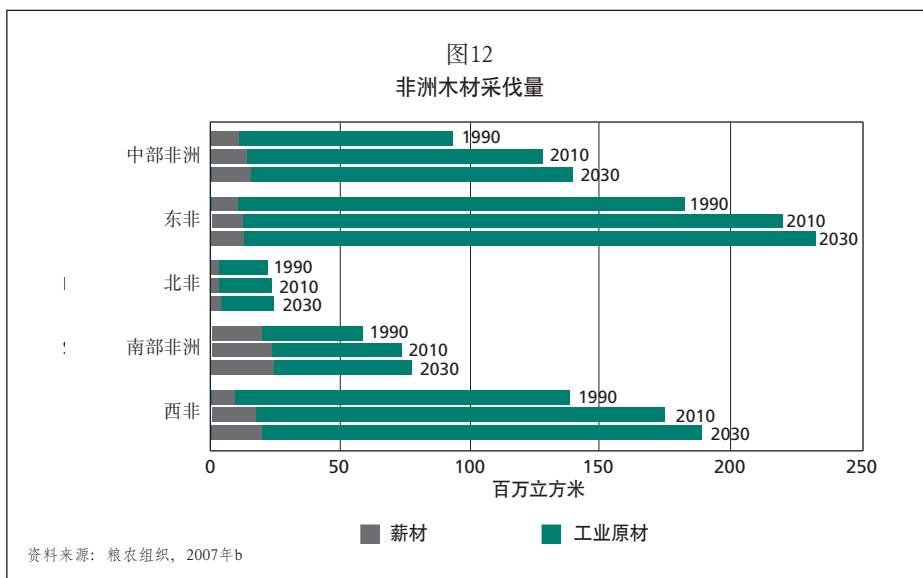
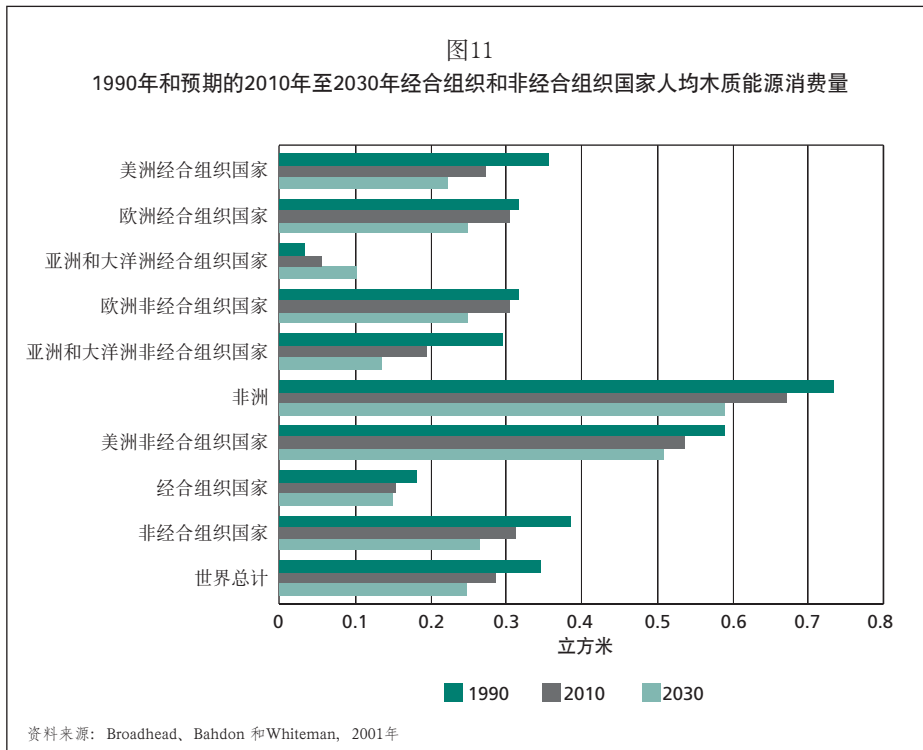


最近开展的调查还发现，几个工业化国家木质燃料的消费量大大高于先前的估计（Steierer等，2007年）。数字显示，经合组织国家可能因此处于可能消费范围的低端。

人均木质燃料消费量（图11）显示出总消费量的不同趋势。除亚洲经合组织国家和大洋洲之外，世界所有区域的人均消费量正在下降，其原因是收入增长，城市化，供应木材的来源减少，以及首选的木质能源等替代能源来源可用性提高。尽管如此，在非洲国家和美洲的非经合组织国家，人口的增长促使木质燃料的总消费量不断提高。

非洲木材使用量的估计数表明，采伐量的绝大部分是薪材，而且除南部非洲以外，其他地区工业用途的消费量相对很小（图12）。非洲所有地区薪材的使用量日益增加，虽然速度有所下降。

根据国际能源机构（2006年）核准的数据，使用生物质资源作为主要烹饪用燃料的人数将增加（表4）。预计非洲和除中国以外的其他亚洲国家的使用量将有大幅增长。总的来讲，如果没有新政策出台，到2030年，依赖生物质的人数将从25亿增加到27亿。



由于很难收集准确的木质燃料数据（插文3），需要很谨慎地对数据进行分析。例如，最近国际能源价格的上涨导致木质燃料用户向更清洁和更有效的烹饪和取暖燃料转变的速度减缓（国际能源机构，2006年）。

表 4
使用传统生物质的人数（百万）

区域 / 国家	2004	2015	2030
非洲撒哈拉以南地区	575	627	720
北非	4	5	5
印度	740	777	782
中国	480	453	394
印度尼西亚	156	171	180
亚洲其他国家	489	521	561
巴西	23	26	27
拉丁美洲其他国家	60	60	58
总计	2 528	2 640	2 727

资料来源：国际能源机构，2006年

未来能源的选择 - 主要问题

对未来能源的选择将取决于多种因素。不同能源来源的重要性根据能源政策中确立的主要目标而不同。碳排放量的多少对于气候变化至关重要，而供应地点对于能源的依存度则是关键性的。同样重要的是未来矿物燃料的价格和提供替代能源的力度。对上述每个因素的重视程度和不同政策目标之间的竞争将在很大程度上决定着未来能源的消耗。

石油价格

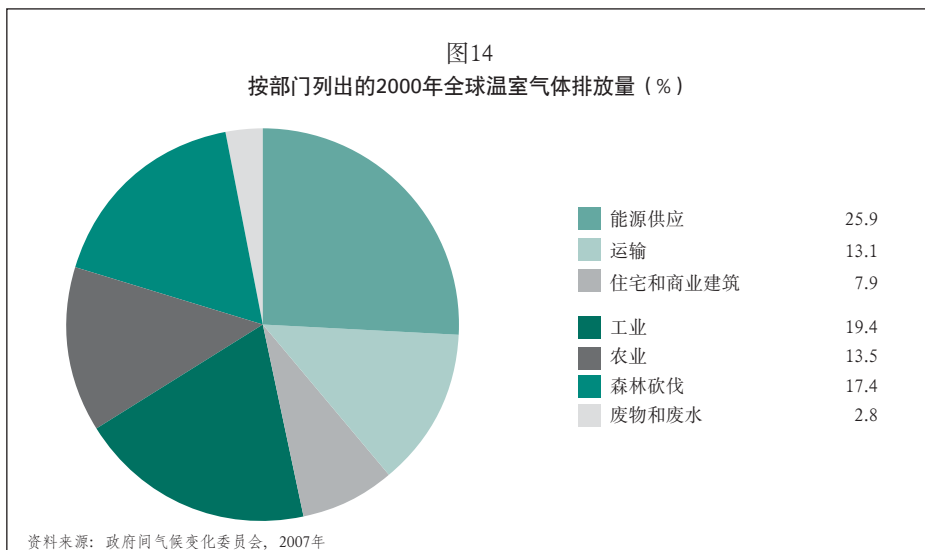
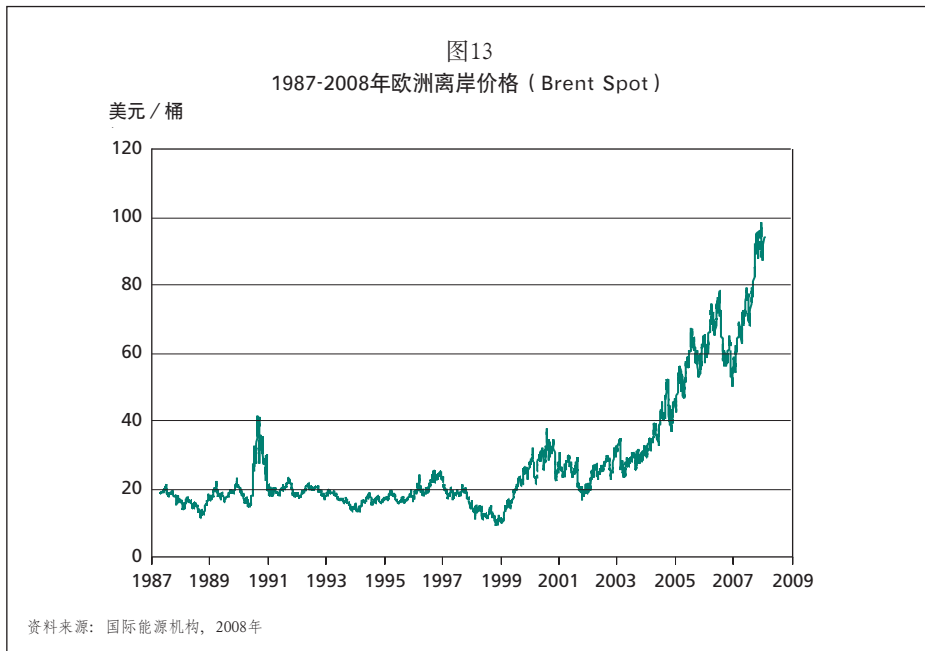
继石油的售价从1999年的每桶不足20美元大幅上涨之后，在2008年5月初，每桶油卖到126美元（图13）。尽管国际能源机构预测在未来20年的大部分时间里价格将会大大低于这一水平，但新的生产能力是否可以弥补现有油田产量减少的不确定性可能意味着2015年之前石油价格将会提高（国际能源机构，2007年a）。

石油和其他矿物燃料的价格会对可再生能源的采用产生重大影响。特别是在发展中国家，石油价格的上涨也可能会抑制经济增长，从而阻碍对在可再生能源的投资，但是价格下降不太可能促使决策者去推动可再生能源的使用。

在这方面，发展中经济体对全球能源供求的波动尤为敏感。国际能源机构估计，若石油价格上涨10美元，将使亚洲的国内生产总值增长率平均下降0.8%，而该区域重债穷国的下降幅度则高达1.6%。非洲撒哈拉以南地区GDP增长率的损失甚至更大，一些国家达到3%（国际能源机构，2004年）。石油价格对可再生能源的发展和全球消费量分布的影响会是很复杂的，而且贸易和技术转让等问题将具有十分重要的意义。

温室气体排放

全球温室气体排放主要来自能源生产（图14）。其他来源，包括土地利用变化、林业和农业占排放量的大约三分之一。但是矿物燃料的使用却是人类给气候造成的最大单一影响，估计占温室气体排放量的56.6%（政府间气候变化专门委员会，2007年）。交通运输虽然只占排放量的八分之一，但它的碳密集性质、公众对石油价格的高度关注和对生产国的依赖，已经使其成为生物能源辩论的焦点。



尽管近年来关注的焦点是石油和运输，煤炭在未来能源利用中的意义以及它在气候变化方面的作用却不容忽视，尤其是如果煤炭气化的过程被广泛用于运输燃料的生产（Perley，2008年）。煤炭是迄今污染最大但也是越来越重要的矿物燃料，特别是在能源需求预期增长量最高的亚洲。在所有矿物燃料中，煤炭是导致气候变化气体的最主要因素，在2003年超过了石油。尽管它在世界能源总量中所占比例与天然气相同，但其二氧化碳的排放量则是天然气的两倍（国际能源机构，2006年）。

鉴于煤炭的供应不像石油那样受到限制，因此尽管制定了环境法规，由煤提供的能源比例的增长似乎是不可避免的。与石油和天然气相比，煤炭储量的分布更广。大部分适合发电的煤储量位于澳大利亚、中国、哥伦比亚、印度、印度尼西亚、俄罗斯联邦、南非和美国。预测显示，亚洲和太平洋地区煤炭使用量的增长幅度最大。据估计，中国和印度共占发展中国家煤炭需求增长的近四分之三，占世界煤炭需求增长的三分之二（国际能源机构，2003年）。

此外，还必须注意到，温室气体排放量的很大一部分来自森林砍伐，每年为17.4%。非常重要的一点是，若要实现气候变化的目标就必须努力确保生物能源的生产不会因森林皆伐而造成陆地碳的损失。最近的研究表明，为生产生物燃料而进行的草原或森林皆伐可能会导致碳损失，而这种损失将需要数百年的时间才能恢复（Searchinger等，2008年；Fargione等，2008年）。

能源依存度

决定可再生能源和生物能源推广力度的另一个关键因素是对能源进口的依存度。表5显示了世界不同地区对燃料进口的依赖程度和出口在商品贸易总量中所占的比例。除近东以外，所有区域的进口量都很高，而且许多区域的出口量高于进口量，这表明有可能会采取一些替代办法。亚洲的进口大大超过出口。欧洲和北美进出口之间的差异较小，其部分原因是目前开展了推广生物燃料的活动。

表 5

按区域列出的总贸易量中燃料所占比例

区域	出口 %	进口 %
北美洲	7.1	11.7
中美洲和南美洲	20.2	15.6
欧洲	5	8.5
独立国家联合体	43.9	9.8
非洲	51.9	10.2
近东	73	4.3
亚洲	5.1	14.7
世界	11.1	11.1

资料来源：世贸组织，2004年

3. 生物能源生产

生产生物能源的过程有很多种，从燃烧木棍和树枝来做饭和取暖，到木屑气化来生产运输燃料。可以从能源效率、安装成本、碳排放量、劳动密集程度或任何成本效益范围对能源生产系统进行比较。但是，不同系统的适宜程度在很大程度上取决于现有结构和市场，而不是孤立的生产评估。

近来，有很多讨论涉及生物能源在二氧化碳排放量方面假定好处。然而，应当指出的是，生物能源只是能源在一定条件下的一种可再生和可持续的形式，（Perley, 2008年）。为了维持二氧化碳平衡，收获的生物物质不得超过生长量，而且还必须考虑到在生产、运输和加工中排放的二氧化碳量。产品的转换效率应连同其最终用途一并考虑，以减少政策失败的风险。

不同的生物能源生产系统在经济、环境和社会方面的适宜性将在很大程度上取决于国家和地方的具体情况。在规划生物能源战略时，应当对不同的选择方案及其广泛的影响进行分析，以确保政策目标的实现。

固体木质燃料

虽然使用木材烹饪和取暖的方法与文明同样古老，但是这种能源的效率因生产系统的不同而存在差异。明火仅能转换木材潜能的大约5%。传统的烧柴炉将这一效率提高约36%，使用木炭的系统按照炉灶的设计和木炭的生产方法，其效率在44%至80%之间。用于住宅的现代木质颗粒燃料炉可将效率提高到80%左右（Mabee和Roy, 2001年；Karlsson和Gustavsson, 2003年）。

在大规模的生物能源生产方面，目前有多项技术正在得到应用或正在开发。这些技术包括用于热回收的发电锅炉、用于供热和供电的热电联供（CHP）系统以及先进的能源回收气化器系统。

主要为使用树皮而设计的汽轮机发电锅炉可以用于锯木厂，替代蜂窝锅炉或其他设备来处理废料。发电锅炉可产生蒸汽，它可通过涡轮机发电或满足加工需要。纸浆和造纸厂余热锅炉采用了类似的方法，反复利用黑液和回收制浆化学品，同时生产蒸汽，为制浆提供动力。汽轮发电锅炉的效率一般在40%左右（Karlsson和Gustavsson, 2003年）。历史上矿物燃料低廉的价格未能有效促进在工厂安装发电装备。

在热电联供设施中，产生的蒸汽是用来供应其他工业加工或为小区住宅、机构或工业设施的供热网供热。加工过程中的热能和电力的回收可显著提高运营效率。当最新技术得到应用并将烟气回收和再循环结合起来时，效率可提高至70-80%（Karlsson和Gustavsson，2003年）。

与不可再生能源和大多数其他生物燃料相比，以木材为基础的热电联供系统的碳效率普遍较高。Spitzer和Jungmeier（2006年）发现，来自使用木屑的蒸汽联合循环电厂的热能生产每千瓦能源只排放60克二氧化碳。使用天然气的类似电厂产生的二氧化碳约427克。

据报告，在发电锅炉中，采用新的气化技术发电比传统的燃烧在能源回收方面效率更高。整体煤气化联合循环可提高效率约47%，从理论上讲，采用热电联供可将效率提高到70%或80%。不过重大的技术障碍仍然存在。

气化技术已被建议作为向村庄和小型产业提供小规模供电的一种适宜手段。小型发电厂是一种适宜的技术，因为它们比较便宜，备件更容易获得，而且可以进行现场维修（knoef，2000年）。在柬埔寨，Abe等人（2007年）发现，尽管生物质的气化可提供比柴油发电机更便宜的电力，但是持续的供应和木材生长方面的障碍是主要制约因素。作为商业企业而建立的小型工厂的盈利能力也被认为是很低的，并高度依赖于能源的价格和生物质投入的成本（knoef，2000年）。Wu等人（2002年）从在中国所做的工作中得出了类似的结论并指出，如果将财政作为主要考虑因素，中等规模发电厂可能更为适合。

采用最先进节约和回收能源技术的木质颗粒燃料炉已成为富有吸引力的技术选择。木质颗粒燃料原本产自木材废料（如木屑和刨花），而不是整个原木，因此可以被视为林产品生产的一个组成部分。原料经过干燥处理和机械粉碎，并经强力挤压而形成颗粒。先进的小型木质颗粒燃料炉是小规模生物能源生产最有效的工具。

液体生物燃料

生物燃料包括一系列来自生物质的液体和气体燃料。“第一代”生物燃料来自粮食作物并包括糖基和淀粉基生物乙醇及油籽生物柴油。“第二代”生物燃料来自非粮食作物的农林业产品并利用植物中的木质素、纤维素和半纤维素成分。木质素成分的加工技术仍处于开发阶段。

最近，高油价进一步增加了人们对液体生物燃料的兴趣。由于它们较低的价格和更先进的发展现状，那些来自粮食作物的燃料最引人注

目。可以预料，就中期而言，未来的科技进步将提高第二代生物燃料的竞争力。目前，许多国家的政府正在将生物燃料作为减少对进口石油的依赖和减少温室气体排放的一种方式加以研究。例如，美国能源部的生物燃料计划目标包括了到2012年让纤维素乙醇的生产成本可与汽油相竞争并在2030年用生物燃料替代目前30%的汽油消费量（欧洲经委会/粮农组织，2007年）。

第一代液体生物燃料

生产第一代液体生物燃料所采用的作物种类与其所处地理位置有关。在温带地区，油菜籽、玉米和其他谷物被用作生物燃料的原料，而在热带地区则使用蔗糖、棕榈油以及较少量的大豆和木薯。甘蔗在经合组织国家不是一种分布广泛的作物，其中只有澳大利亚和美国被列为主要生产国。不过，许多经合组织国家都种植甜菜，虽然其主要用途是食品，但这种情况可能在将来会改变。

用糖和淀粉生产乙醇的技术近年来已得到完善和发展。巴西和美国在这些技术方面取得了显著的进展，巴西侧重于糖发酵，而美国的重点则是淀粉水解和发酵。亚洲和太平洋区域的一些国家已经完善和扩大甘蔗生产系统，尤其是菲律宾、印度、巴基斯坦和泰国。利用甘蔗的优势是蔗渣、纤维成分、甘蔗秸秆所产生的能源可以用来生产生物乙醇，从而增加了碳和能源利用的总体效率。

在全球范围，油籽作物的生产比糖类作物生产更广泛。通过一个被称为酯交换反应的过程将油籽作物用于生物柴油的生产。不过，油籽作物的生产需要最佳的土壤和生长条件。这可能会限制生产的扩大或导致适合种植油籽作物的林地用途的改变。

迄今为止欧洲一直主宰着生物柴油业，用菜籽油作为主要原料生产全球产量的90%。马来西亚和印度尼西亚是目前世界上最大的棕榈油生产国。在2006年，马来西亚的油棕榈种植面积估计达到360万公顷，而印度尼西亚的种植面积大约为410万公顷（粮农组织，2007年c）。目前有关油棕榈种植面积的估计数存在很大差异，但是，一些来源的报告数字比粮农组织所收集的数字高很多（Butler，2007年a）。

鉴于亚洲能源需求预计将急剧增加，发展生物燃料和棕榈油业与该地区尤为相关。在土地被转用于油棕榈方面存在着争议，有人声称马来西亚和印度尼西亚棕榈种植园的扩大常常以牺牲最近砍伐过的林地、宝贵的热带雨林或具有碳储存功能的泥炭沼泽为代价。在东南亚，27%的

油棕榈种植园地处排干的泥炭地（Hooijer等，2006年）。相关的排放量显著增加了全球的温室气体。

最近，已经对作为生产生物柴油原料的其他油料植物进行了探索，如麻疯树未定属（*Jatropha* spp.）。麻疯树有100多个种，包括灌木和乔木，原产于加勒比，现在整个热带地区均可见到。用麻疯树种子生产的油被越来越多地用于生物柴油的生产，尤其是在菲律宾和印度。这种植物耐受性很强，可在贫瘠的土地上良好生长并可用来恢复退化的土地。这些特征表明，如果进行认真地管理，麻疯树（*Jatropha curcas*）的生产可能进一步扩大，而不必直接地与天然林或用于粮食生产的高价值农业用地进行竞争。

第二代液体生物燃料

正在开发的第二代技术将利用包括农业废弃物和木材在内的纤维原料产生出具有经济竞争力、可用于运输的液体生物燃料。预计可在十年至十五年内开发出具有商业竞争力、将纤维素转化为液体生物燃料的技术（世界观察研究所，2007年）。目前已经开始了示范性生产（见 www.iogen.ca），生物乙醇是最接近商品化的纤维素液体生物燃料。美国政府目前正在对小规模纤维素生物炼油厂进行投资（美国能源部，2008年）。

农业废弃物很可能是成本最低的液体生物燃料的原料之一。蔗渣和包括玉米、小麦、大麦、水稻和黑麦在内的谷物生产中的废弃物都属于原料，可用于生物乙醇的产生。然而，在考虑水土保持、禽畜饲料等需求和诸如季节变化等因素之后，废弃物总产量中只有大约15%可用于能源生产（Bowyer和Stockmann，2001年）。随着生物能源生产的增加，农业废弃物可能会成为更重要的生物燃料原料，而且可以通过改进管理规范来增加其供应量。

林产工业的废弃物和人工林生产的木材为商业化纤维素生物燃料的生产原料提供了其他潜在来源。如今，只有比例很少的液体生物燃料是以森林为基础，但是经济上可行的纤维素液体生物燃料生产工艺的发展可能导致运输部门广泛使用森林生物质。

目前正在开发将木材转换为液体燃料和化学品的两项基本技术：生化转换和热化学转换（气化或热解）。在生化转换中，采用酶对木材进行处理，使其以糖的形式释放半纤维素和纤维素。然后再将这些糖进一

步转化为乙醇或其他产品。木质素的废弃物也可转换为其他产品，或为工厂的运转提供热能和动力或进行出售。

在气化中，木材和树皮在氧含量最低的情况下进行加热以产生一氧化碳和氢气混合物，经过清理后成为合成气。合成气可进一步转化为液体运输燃料。热解是在较低温度下处理木材的工艺，在无氧或含氧最低的情况下将木材转换为炭、不凝性气体和热解油。热解油可直接用于燃料或精制成燃料和化学品。

目前，生化转换技术需要清洁木屑（不带树皮），它可利用与纸浆厂相同的木材资源。不过，热化学转换可以使用木材和树皮的混合物。

一个很有意义的发展前景是生物炼油厂，它不仅生产热能和动力，而且还能生产运输燃料和工业产品。现代纸浆厂在某些情况下是热能和动力的净生产者，它可以被描述为生物炼油厂的原型。未来远景是，纸浆厂将由一个巨大的耗能者及仅仅是纸浆和纸张的生产者变为纸浆和纸张生产者及热、电、运输燃料和专用化学品的生产者。将有可能根据市场情况调整产品的组合，从特定数量的木材中获取最大利润（欧洲经委会/粮农组织，2007年）。

在与诸如造纸厂等一些生产或利用廉价或作为副产品的生物质的现有生产设施整合之后，第二代工艺将有可能会更加有利可图（Global Insight，2007年）。由于预期市场规模和进口供应的限制，纤维素乙醇的生产在美国、欧洲和巴西以外的地方很可能受到限制。

目前，美国在纤维素转换方面是最先进的国家之一。该国正在对发展综合性森林生物炼油厂给予支持，这种炼油厂将建立在现有的纸浆厂基础上，并利用森林和农业原料生产可再生生物能源和生物产品（欧洲经委会/粮农组织，2007年）。目前的工作集中在三个重点领域：

- 探索具有成本效益的工艺，在制浆之前从木材中分离和提取特定的成分，用来生产液体燃料和化学品；
- 利用气化技术将包括森林和农业废弃物在内的生物质及黑液转换成合成气，然后再转化为液体燃料、动力、化学品和其他高值材料；
- 提高森林生产力，包括发展快速生长的生物质种植园，其目的是为生物能源和生物产品产生经济和优质的原料。

利用纤维生产生物燃料技术的发展为利用木材生产能源带来极大的希望。然而，将木材和其他纤维素原料转换成液体燃料的系统需要先

进技术，而事实上全球缺乏这样的系统。农业和贸易政策研究所已警告说，专利政策和专利特许权使用费以及许可证费将影响生物燃料的采用（农业和贸易政策研究所，2007年）。除了技术和经济问题以外，了解生物质和生物燃料生产的专利政策对了解生物燃料技术如何能够为可持续发展作出贡献具有极为重要的意义。

正在考虑利用纤维素生物质生产第二代液体生物燃料的国家和私营公司面临一个不确定的和是否有利可图的未来。开发用木材生产液体燃料这一具有竞争力的技术将需要时间和在研究方面的大量投资。大型设施，特别是气化设施也需要相当大的投资。应该指出的是，20世纪80年代初期的高油价导致，特别是在一些欧洲国家，兴建了许多利用木材产生甲醇的气化厂。不过，较低的石油价格最终使这些工厂被廉价出售（Faaij，2003年）。与第二代液体生物燃料投资相关的风险是比较高的；因此，大多数发展中国家在进行这种冒险之前可能会充分探讨其他方案。

4. 木质能源对未来需求的贡献

未来的生物能源和木质能源发展在很大程度上依赖于政策的有效性及其贯彻落实的一致性。在世界经济和人口预计增长率最高的地区仍然拥有丰富的煤炭储备。如果作为刺激生物燃料发展的矿物燃料的高价格消失，只有在政策得到有效实施的地方需求才能增加。因此，在许多情况下，有必要就鼓励生物能源开发的投资提供政策支持 - 至少在可以看到与矿物燃料价格持平之前。同样，在国内政策未能有效鼓励摆脱矿物燃料的地方，出口市场有可能变得更为重要。

世界各地有着各种不同的木质能源生产和使用系统，而且各国对近来的能源政策变化会做出一系列反应。传统的生物质、液体纤维素生物燃料、森林工业废弃物以及其他形式木质能源的供应和需求将由于发达国家和发展中国家不同的因素而受到不同的影响。

与气候变化、能源效率和供应地点相关的因素将在木质能源生产中起到核心作用。此外，一系列生态、经济和社会问题将会产生影响。在一些地区和一些土地类型中，树木的生产效益可能会比农作物更高，并且不大会带来太多的不利环境影响。劳动力供应不足也同样会使人们对森林的选择超过农作物。其他因素，例如液体纤维素生物燃料生产的技术问题和与运输相关的限制等可能会导致对森林用于能源生产的需求减少。一般来讲，林业对未来能源生产的贡献将受下列因素的影响：

- 木质能源在实现最近与能源相关政策目标方面的竞争力；
- 与木材和能源相关系统在社会、经济和环境方面的成本效益；
- 为林业运作提供框架的政策和机构。

任何生物能源战略都将受到地方环境的高度影响，其中包括：供求地点、基础设施、气候和土壤、土地和劳动力供应情况以及社会和管理结构。由于这些众多的因素，所以很难在农业和林业生物质能源之间进行一般性的比较（Perley, 2008年）。

发展具有经济竞争力的液体纤维素生物燃料生产技术将会造成木质能源重要性的重大改变。在这一点上，林产品将直接与农业竞争生物燃料市场的份额。林产品也将成为运输燃料的一个来源，在能源消费量受到政策措施显著影响的地方（如欧盟、美国），大型市场将向来自世界各地发展中国家森林衍生能源开放。

在世界许多地方，用于生物能源生产的种植园可能会因投资上的障碍而无法大规模扩展，这些制约因素包括有争议的土地归属、无保障的土地使用权、征用的危险和低效的管理。由于财产和土地使用权的变化，商业化管理的作物取代自然植被的情况也会导致出现常见的社会问题。

在人们对农作物的选择超过树木的地方，林业的贡献可能会局限于目前使用效率的提高和增加现有林业作业中木材废弃物的利用。在这种情况下，用于生物能源生产的木材供应可能会更多地取决于原木生产趋势、森林资源范围和木材废弃物竞争需求，而能源市场的作用相对较小。

虽然石油价格高，但发展中国家需要对与生物能源投资相关的风险进行谨慎的评估。20世纪80年代，在油价恢复到原有水平后不久，生物燃料方面的多项投资便宣告失败（IBDF，1979年；Tomaselli，1982年）。但是随着新的因素出现，如全球气候变暖，情况再次发生变化。

对生物能源的投资往往依靠补贴和新技术的开发。发展中国家的财政有限，而优先重点很多，所以最根本的工作是充分评估风险和确定如何从生物能源投资中获得最大的好处。京都议定书的清洁发展机制（CDM）为建立能源种植园和可持续生物燃料利用的融资提了鼓励措施。京都议定书也有利于向发展中国家转让技术。

木质燃料资源

利用有效技术产生的木质能源在许多国家已经能与矿物能源进行竞争，并且在生物能源原料中可提供一些最高级别的能源和碳效率，尤其是在用于供热和发电时。除了在经济上有吸引力以外，木质能源是增强能源安全的一项战略选择，特别是对拥有大量森林面积和依赖能源进口的国家而言。

用于能源生产的木材可能来自一系列现有的生产系统。鉴于木材废弃物的可供应量、相对较低的价值以及生产地点靠近现有森林作业地点，它为能源生产提供了最直接的机会。纯粹为能源生产建立的人工林在一些国家已越来越常见，具有多种最终用途的人工林将会为满足市场的需求而生产能源原木和其他用途的原木。砍伐过的林地和目前不为市场青睐的树种是能源木材另一个潜在来源。

木材废弃物

许多国家对从现有森林作业中可以收集到的生物质的数量没有明确的概念，并且从来没有对用于能源生产的木材废弃物的全部潜力进行过评估。表6对亚马逊地区天然林和巴西两种典型产业化经营的快速生长人工松树林的木材废弃物供应量进行了比较。资料表明，只有一小部分树木转化为市场产品。在天然林中，废弃物总量的80%到90%可用于能源生产。这种材料的大部分是由树冠和采收作业后留在林中的不合格产品所构成。

在发展中国家，工厂内多余的木材废弃物往往闲置不用并可能影响水和空气质量，造成环境问题。利用这些废弃物生产能源可以解决能源和废物处置问题。废弃物燃烧技术包括用于小规模发电的简单蒸汽机和大型电厂的汽轮机（国际热带木材组织，2005年）。

对发展中国家来自木材废弃物的能源供应进行的理论分析显示，它们在发电方面具有相当大的潜力（Tomaselli，2007年）。据估计，在喀麦隆等国家，仅工厂产生的木材废弃物便足以满足全国的电力需求。如果森林作业产生的所有废弃物都被用于发电，该国将能够生产5倍于目前需求量的电力。

工厂的木材废弃物也可为加蓬、尼日利亚、马来西亚和巴西发电，满足这些国家相当一部分的用电需求。在印度、泰国、哥伦比亚和秘鲁，木材废弃物对总用电量的潜在贡献相对较小。

来自工厂的木材废弃物只是可使用废弃物总量中的一小部分。热带森林采收作业产生的木材废弃物是工厂产生的废弃物的3到6倍。为了降低成本，减轻对环境的影响并促进发电，可以采用高效率的采伐方法和运输技术来收集这些材料，供应给发电厂。鉴于大部分最先进的工业化国家已经在很大程度上这样做了，因此在那些国家扩大利用废弃物生产能源的空间估计很有限（Steierer等，2007年）。

表 6
巴西森林作业的木材废弃物（占木材采伐总量的%）

作业	天然林		人工林	
	产品	废弃物	产品	废弃物
采伐	30-40	60-70	80-90	10-20
初级和二次加工	10-20	10-20	30-40	40-50
合计		80-90		60-70

资料来源：国际热带木材组织，2005年；STCP数据库（改编）

在许多国家，农业和森林废弃物的利用可以大大减少对用于生产生物燃料土地的需求，从而减少能源作物种植对社会和环境的影响。然而，所报告的可供工业能源生产的木材实际上往往无法以经济的方式采伐。此外，伐木、农业扩张和其他因素使世界各地的森林面积减少。尽管人工林发展速度很快，但是可以预计木材废弃物的供应量在未来几年内仍将会减少。

木材废弃物在保持土壤和生态系统健康方面是必不可少的，因此地面上应当继续保留一定数量的废弃物。伐木场废弃物是森林养分的一个重要来源，有助于减少土壤侵蚀的风险（联合国能源机制，2007年）。增加生物质回收的潜在影响可包括营养匮乏、生物多样性的丧失和生态系统功能的改变。

能源种植园

能源作物并不是一个创新。一段时间以来，许多国家都有专为能源生产木材的人工林（美国国家科学院，1980年），但是这些人工林大多面积很小，采用的技术水平较低并且侧重于为当地消费提供薪材。

在温带地区，一些生长速度快的树种适用于能源种植园，它们包括马占相思（*Acacia mangium*）、石梓（*Gmelina arborea*）和一些桉树（*Eucalyptus*）、柳树（*Salix*）和杨树（*Populus*）品种（Perley，2008年）。树木生长率因管理、树种和地点的不同而存在很大差异。在热带国家，生长率高度取决于水的供应（Lugo、Brown和Chapman，1988年）。土壤肥力也是一个因素。与占用农业需求较低的土地的其他森林相比，短轮伐期的森林作物需要更高的养分状况。

巴西是对利用木材进行大规模能源生产已探索了数十年的少数国家之一。它已经在人工林方面投入了大量资金，这些人工林大多是快速生长的桉树（*Eucalyptus* spp.），专门用于工业木炭生产，为钢铁行业提供原料。巴西还发展人工林，为食品、饮料及其他行业提供燃烧和供热供电所需的生物质。

明确而统一的政策、法律和最佳规范可以帮助实现增加人工林投资所涉及的文化、经济和环境的平衡（粮农组织，2007年a）。高产的人工林、高效率的采伐和良好的后勤是低成本生产生物物质的基础，可使能源生产的定价具有竞争力。

作为生物能源的一个来源，树木比许多农作物更具优势，这些农作物通常每年必须收割，因此供应过剩和市场波动风险较大（Perley，2008年）。树木和其他多年生作物的收获可以根据价格波动情况予以提

前或推迟。产品包括若干不同的最终用途，如能源生产、纸浆或板条的制造，甚至是锯木生产。

考虑建立能源种植园的国家应当首先创造利用人工林高效生产生物能源的条件。这包括开发符合当地条件的适当遗传材料和先进的造林、人工林管理、采收、运输和能源转换技术。

一些发展中国家需要对技术研究和开发进行数年的投资，以便使木质能源种植园成为一个有吸引力的行业。尽管可以通过使用合适的树种和优质遗传材料来减少风险，但是各国和投资者必须认识到他们的长期投资具有不确定性。各国和投资者无法控制的一个主要风险是随时间推移而波动的能源和木材价格。

能源价格的变化可能导致用于能源生产的木质能源种植园无法生存，并最终丧失市场价值。但是这对森林产业发达并能够改变生物质用途的国家来讲则是一个较小的风险。例如，木浆和再生板行业使用相同的原材料，可以减少在能源作物种植方面的投资风险。投资者需要考虑的一点是，用于生物质生产的森林种植和管理是否与目前发展中国家，尤其是欠发达国家的森林行业相一致。

较少使用的树种和次生林

木材行业未使用的树种提供了另一个机会。最近的一项研究对将木材行业传统树种与能源生产上鲜为人知或较少使用的树种进行联合采收的可能性进行了分析（国际热带木材组织，2005年）。对能源生产来讲，这种做法可以增加收入并改善可持续森林管理。

生产用于能源的生物质的另一个机会是次生林的管理。热带地区存在大面积的次生林。这种类型的森林有大量传统木材加工业不能利用的生物质，这是能源生产原料的潜在来源。采用国际热带木材组织次生林管理准则可以促进这些用于生产木质能源森林的可持续发展（国际热带木材组织，2002年）。

未来的木材供应

鉴于与其他最终用途相比，用作燃料的木材价值一直偏低，未来用于生物能源生产的木材供应可能来自现有的林业活动。如果第3部分所描述的利用纤维材料生产能源的技术在经济上具有竞争性，那么这种情况则有可能改变。

Mabee和Saddler（2007年）对部分区域和全球的森林纤维供应前景研究进行了审核，以确定用于木质能源生产的可再生森林生物质的全球

供应量。他们的结论是，工业化国家对木质能源需求的增长将对现有森林生物质的多余量产生重大影响，这一增长将占全球估计剩余量的10%至25%。但是全球纤维供应可能无法满足部分区域的需求，而且木材加工行业需求的增长也将造成对供应的竞争。

生产木质能源所采用的技术和系统对分析用于生物能源的森林生物质的未来供应极为重要。木质燃料利用效率的提高将为全世界提供大量的木质能源。通过采用最佳能源回收方式（即将热电联供与烟气回收结合起来，或采用高效率的木质颗粒燃料炉），木质燃料可大幅增加能源供应量并有效地扩展这一资源。

以森林为基础的生物能源利用的增加可能会影响到传统的加工工业。在一些工业化国家，用于生物能源的森林木材采伐量已占工业原木生产的至少一半（Steierer等，2007年；粮农组织，2007年b）。在其他国家，与工业原木采伐量相比，用于生物能源目的的木材数量依然很小。然而，如果把废弃物回收和消费后废料计算在内，部分工业化国家用于能源的木材超过工业原木产量。插文4详细论述了用于生物能源生产的木材需求对林产品价格可能产生的影响。

排放和生物燃料经济

大部分研究预测，与石油燃料相比，利用多年生作物及木本和农业废弃物生产的第二代液体生物燃料可以大大减少生命周期温室气体排放量。如果最大限度减少肥料投入，生物质或其他可再生资源能够用于生产能源，那么一些方案具有超过百分之百的净减排潜力，也就是说，更多的碳会在生产过程中整合而不是在其生命周期中作为二氧化碳被排放（见世界观察研究所，2007年）。

研究表明，与直接使用石油相比，利用玉米生产的生物乙醇的使用仅略微改善矿物燃料的使用效率，而利用木材生产的生物乙醇可以提高能源效率达四倍（保护自然资源理事会，2006年）。据估计，由于耕作的集约化程度较低和假定植物未发酵部分被用作加工燃料，以生物质为基础的第二代燃料的温室气体排放量比汽车石油燃料低75%到85%（Global Insight，2007年）。因此，如果技术发展能够提高效率，并至少可以很经济地利用纤维材料而不是粮食作物来生产液体生物燃料，其结果将是减少与粮食生产的竞争，提高能源效率并改善总的能源平衡。这可能会成为扩大人工林的鼓励因素。

插文 4 林产品价格

在欧洲国家，原木和纸浆用木材的实际价格一直在下降（欧洲经委会，2007年；Hillring，1997年）。由于货币转换、国家通货膨胀率影响、国家税收制度和数据的可得性，很难确定全球的长期趋势。根据对全球未来林产品市场的预测，工业原木、锯木和人造板的实际价格在2010年之前将不会有很大变化，而新闻纸、印刷和书写纸的价格会略有下降（粮农组织，1997年；Trømborg、Buongiorno和Solberg，2000年）。然而，在过去几年中，世界各地林产品的实际价格一直在上升。

最近的研究指出，2005/2006年度北美和欧洲大多数地区软木锯材的价格上涨（欧洲经委会/粮农组织，2006；2007年）。较高的运输成本和对生物能源生产的鼓励被视为价格提高的主要原因。在这些地区，纸浆用材价格也已提高，其原因可能也是运输成本的增加，但也可能是纸浆市场的改善。预计锯木和纸浆用材的价格将在未来几年中继续上升（欧洲经委会/粮农组织，2006）。

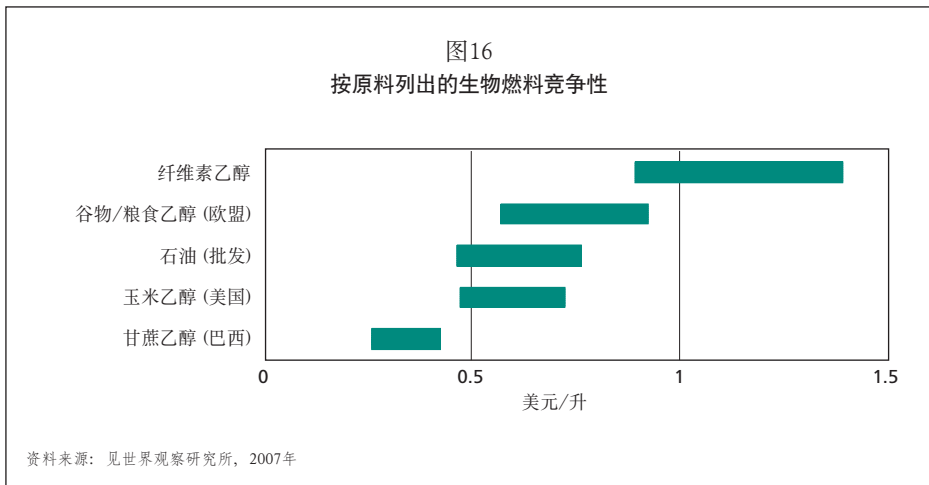
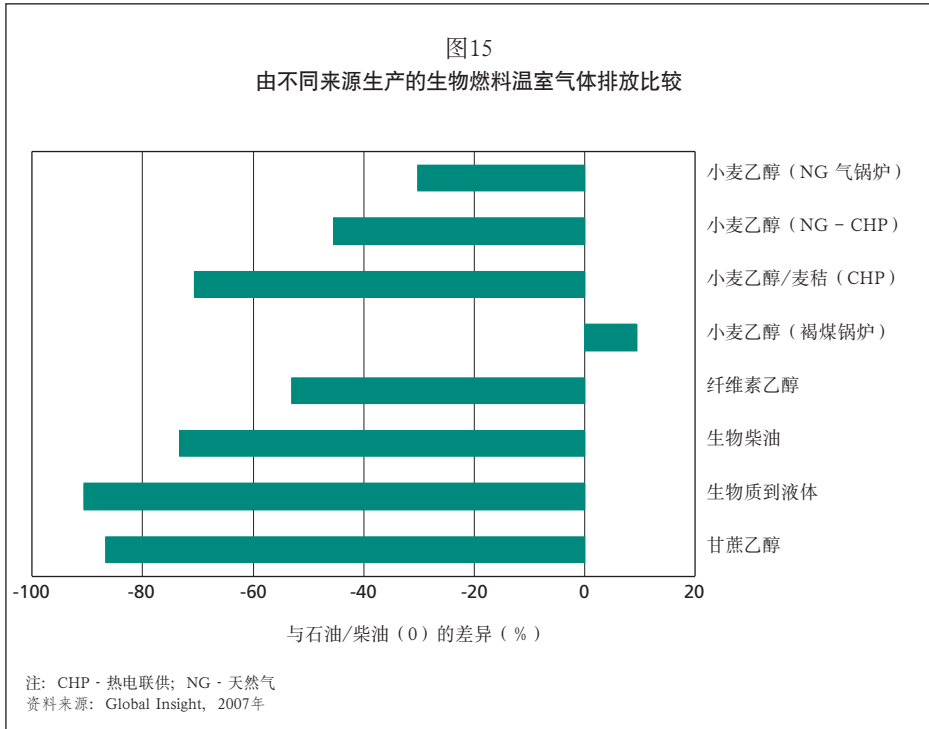
通过观察当前木材价格的趋势，可以得出若干结论。

- 即使木材价值提升，森林工业如今正经历着较前些年更低的回报，这种情况可能会成为再投资或新公司进入此领域的障碍。
- 与历史数据相比，目前的木材价格是比较低的，这可作为在诸如生物能源等价值相对较低的应用领域使用木材的一种鼓励。
- 随着对生物能源方面机会的不断探索，对木材纤维日益加剧的竞争应能对近来高昂的木材价格趋势提供支持。由于木材价格上升，在中长期之内，对生物能源机遇的开发速度可能会放缓。
- 政府的政策会对木材价格产生重大影响。对可再生能源投资的补贴、税收优惠和关税等都对木材价格产生影响，尤其是在工业化国家。

目前，对木质生物燃料原料较高的需求预计将导致林产品价格上升。纸浆厂和面板制造商将与生物能源方面的应用直接竞争木材供应，在短期内，消费者可能将面临一些产品价格上涨的情况（欧洲经委会/粮农组织，2007年）。

与汽油或柴油相比，生物质液化过程（即可利用整个植物的气化/热解过程）中的温室气体排放量最低。甘蔗亦如此，而纤维素乙醇可减少75%以上的排放量。源于小麦的乙醇减排效果不佳，除非小麦秸秆也被用于热电联供过程（图15）。

甘蔗是生产液体生物燃料的最有经济吸引力的农业原料，而在市场条件下，北半球的玉米和其他谷物和油籽作物的竞争力较差（图16）。虽然目前使用纤维素生产乙醇的成本高于使用谷物原料，但使用纤维素生产乙醇的成本在未来似乎有更大的下降可能。到2030年，或许能与甘蔗乙醇的成本相同（国际能源机构，2006年）。



发展经济上可行的纤维素液体生物燃料生产工艺可使运输部门广泛使用森林生物质。由于液体生物燃料需求增长的大部分将来自发达国家，因此贸易规模是影响大多数发展中国家发展计划的主要因素。

不能产生显著净能源收益的原料和生产过程得到市场支持的可能性很小，尽管其他目标可能会延续其生产（Wolf，2007年）。由于技术进步和生物乙醇价格不太可能促进其他作物的生产，专门用于生产纤维生物燃料的作物在产量上可能不会得到很大发展。同样，预计在未来数十年中仅仅第二代生物乙醇和生物柴油植物本身不会盈利（Global Insight，2007年）。不同原料的竞争力涉及与不同作物生产和加工相关的净能源效率（插文5）。

插文 5

能源效率和生物能源生产

生物能源生产中的能源消耗很重要，原因有两个。首先，为了可持续，种植和利用一种能源作物所获取的能源数量必须超过作物生产的能源消耗量。第二，在通过生物能源的使用来实现气候变化目标的地方，必须考虑能源投入物所使用的燃料类型和其温室气体排放量。

能源利用取决于多个因素。农业在许多不同的阶段需要能源投入，包括用于农业机械、灌溉和水管理及运送产品的动力。与农业相关的活动也消耗大量能源，如肥料和杀虫剂的制造以及加工和农产品的销售。在现代高投入耕作体系中情况更是如此。

工业化国家农业的能源集约化程度超过发展中国家的水平，虽然他们采用了更先进的栽培方式，但是能源的投入往往会增加。在许多情况下，能源投入物很可能来自矿物燃料。因此，与矿物燃料的使用相比，生物能源资源的生产和使用仅略微减少了碳的排放量。

森林和树木作为生物质来源的主要优点是其能源投入低，而且它们能够在肥力低于农作物所要求的土地上生长。不过，一些重要的制约因素阻碍了对这些优势的充分利用，其中包括第二代技术的及时提供、未来的木材供应和保证经济可行性所必需的基础设施（Perley，2008年）。

5. 增加使用生物能源所产生的影响

人们越来越多地认识到，生物能源具有超过其他能源来源的一系列优势。这些优势包括增加农村收入和减少发展中国家的贫困程度，恢复低产和退化的土地并促进经济发展。由于有助于增强能源安全，生物能源还具有战略意义，尤其是对石油进口国而言。最后，它还有助于减少温室气体的排放，这是全球关注的问题。

然而，要让生物能源充分发挥潜力就必须克服面临的挑战。一些与生物燃料生产相关的问题，特别是大规模的活动，已经引起重视。为了尽量减少生物能源发展战略的风险，全面分析生物能源和木质能源发展的不同方面是很重要的：

- 农村发展、公平和扶贫；
- 土地和森林管理以及生物多样性；
- 食品和林产品的价格；
- 温室气体排放量和空气质量；
- 水供应；
- 能源价格和对能源的依存度。

生物能源发展既有好处，也有不利影响（插文6）。鉴于一系列的相互作用，生物能源的潜在好处和投资成本应根据不同的案例或国家逐一进行评估。

增加生物质能源生产涉及很多因素。其中作物类型和生产力最为重要。在2004年根据国际能源机构数据开展的一项研究中，按照某一特定的能源产量，对不同的农业燃料所需可耕地的情况进行了比较。结果表明，大豆比甘蔗多需要将近12倍的耕地。其他液体生物燃料的潜在用地需求介于这两者之间。例如，玉米需要的土地是甘蔗的两倍多，而油棕榈大约多需要30%以上的土地。

更令人吃惊的是对问题“用来自液体生物燃料的能源取代25%矿物燃料的运输能源将需要多少耕地？”给出的答案：种甘蔗需要4.3亿公顷 - 占世界可耕地的17%，种大豆需要50亿公顷 - 占世界可耕地的200%（Fresco，2006年）。因此，设想用生物燃料完全取代矿物燃料是不现实的。应当将生物燃料看作是与其他能源结合起来使用的一个潜在能源来源。

插图 6

生物能源发展的潜在好处和不利影响

潜在好处

- 农业产出多样化
- 刺激农村经济发展并促进减贫
- 提高粮食价格和增加农民收入
- 发展农村地区基础设施和创造就业机会
- 降低温室气体排放量
- 增加对土地恢复的投资
- 从木材和农业废弃物的利用及从碳信贷中创造新的收入
- 减少对能源的依赖性并让国内，特别是农村地区的能源供应多样化
- 中小型乡镇企业可以获得可负担得起和清洁的能源

潜在的不利影响

- 如果能源作物种植园取代生计农田，当地的粮食供应将会减少
- 消费者的粮食价格上涨
- 对能源作物用地的需求会促使毁林速度加快，降低生物多样性并增加温室气体排放
- 污染物增加
- 车辆和燃料基础设施须按照要求进行改造
- 燃料生产成本增加
- 增加木材采伐量导致森林生态系统退化
- 小农流离失所以及土地使用权和收入集中
- 土壤质量和肥力因生物能源作物的集约化种植而下降
- 对相关部门补贴的扭曲并造成国家之间的不公平现象

资料来源：粮农组织，2000年；联合国能源机制，2007年；Perley，2008年

贫困、就业与价格

一些研究报告指出，利用生物质生产生物能源将为发展中国家提供新的收入来源，从而减少贫困并提高粮食安全。然而，这里有很多变数，它们决定着发展生物能源是否将对生计产生正面或负面的影响。如果小农有机会独立或通过承包计划进行生物质产生，他们可能会获得实际利益。但是一直以来存在着很多争议。在印度尼西亚，建立大型油棕榈种植园已经与掠夺土地和侵犯人权的指控联系在一起（Aglionby，2008年）。

生物能源的发展对就业机会的影响程度取决于作物和生产体系。诸如麻疯树等作物的采收是劳力密集型的，可以为农村人民创造就业机会和收入。在另一方面，诸如甘蔗等生物能源作物的收获则无需使用大量劳动力，为农村贫困人口所提供的工作机会相对较少。因此液体生物燃料在就业方面的意义受到质疑（Biofuelwatch, 2007年）。与矿物燃料进口相比，生物能源生产可能会提供更多的就业机会，特别是在进口量很大的地方。在创造就业机会方面，生产系统的规模和性质是至关重要的。

生物能源的发展使获得其他来源能源受限制的农村人口有可能获得能源，从而促进经济发展。如果生物能源的开发使传统生物质得到更有效和可持续的利用，贫困家庭的生活条件将得到改善（联合国能源机制, 2007年）。

建立为集中转换设施供应原料的大型能源种植园可能会引发社会矛盾。转换设施应设在靠近生物燃料生产的地方，以减少运输成本和提高经济可行性。这样的安排可能会导致土地所有权进一步集中和传统农民流离失所。但是，通过有效的地方规划，可以制定让农民成为承包者的结构，为小农投资创造机会。

对土地和农产品的竞争可能会增加食品的价格，但也可能获得提高农民收入的效果。生产盈余最多的人将受益，而净购买者将受到更多不利的影 响。虽然 在许多情况下粮食价格上涨对粮食安全的实际影响可能是负面的，但是成本和利益的分配将取决于当地的情况。受影响最大的可能是那些无法通过土地来从农产品涨价中获利的城市贫民。

如果液体生物燃料作物的价格大幅上升，农民往往会将粮食作物用地转种能源作物。在短期内，这可能使粮食供应减少，粮食价格提高。然而，农民转换种植作物种类是相当频繁的，对作物的选择主要以市场价格和利润为根据。粮食价格上涨将促进利用土地种植粮食作物，因此市场会做出反应，恢复供需平衡。不过，必须强调的一点是，粮食价格的提高，即使只是暂时性的，也会影响尤其是发展中国家的穷人（插图7）。

土地与环境

土地是生物能源资源生产的一个关键因素，其可得性在各个区域和国家之间以及各个区域和国家之内有很大差异。大量建立能源种植园可能会对粮食生产用地的供应造成压力并由此引起一些国家，尤其是土地有限和人口众多的国家对粮食安全的忧虑。

插文 7 粮食价格与生物能源

Rosegrant等人（2005年、2006年）就日益增长的能源需求对现实世界的粮食价格潜在影响进行了研究。在假定液体生物燃料迅速增长，即包括中国、印度、巴西、美国和欧洲联盟在内的世界各地特定国家或地区生物燃料总消费量将上升2到10倍，并假设石油的实际价格仍将维持在高水平的情况下，他们对三种情况作了分析。这三种情况分别是：

- 继续把重点放在以谷物为基础的液体生物燃料上；
- 转向以木材为基础的液体生物燃料；
- 增加纤维素生物燃料的使用，同时改善农作方法。

据作者估计，在第一种情况下，到2020年粮食的实际价格将大幅上升（见表1）。在第二种情况下，木质燃料的最新发展可以略微降低这类增长。纤维生物燃料与农业进步相结合可以使价格上涨保持在尽可能低的水平。每一种情况都表明，未来作物的实际价格将会更高。

尽管变化在国家一级会有所不同，但是三种情况中的每一种情况都将导致全球粮食市场的平均价格提高。这些结果得到了其他模式的证实，尤其是Schmidhuber所作的分析（粮农组织，2006年a），其中发现，对生物燃料原料的额外需求已经导致全球农业商品价格的上涨。

粮食价格的上涨将对粮食安全产生影响，尤其是在因生长条件或其他环境因素不利而缺粮的国家。粮食商品价格的提高也将增加农村地区的收入并有可能减少贫困。增加以木材为基础的生物燃料的比例有助于降低预期粮食价格上涨的幅度，但有些成本的增加则是无法避免的。应该指出的是，从历史上看，粮食和农产品的实际价格一直在下降，为满足生物燃料需求而偏离这个趋势可能不是永久性的（粮农组织，2006年a）。

假定液体生物燃料迅速增长，商品粮价格在三种情况下的预期上涨幅度（2005年至2020年的增长 %）

商品	重点继续放在以谷物为基础的生物燃料	转向以木材为基础的生物燃料	以木材为基础的生物燃料 + 改善的农作方式
木薯	135	89	54
甜菜	25	14	10
甘蔗	66	49	43
油菜籽	76	45	43
玉米	41	29	23
小麦	30	21	16

资料来源：Rosegrant等，2006年

最近的研究显示，虽然全球拥有很大的潜在耕地储备，但是对人口增长和对土地利用竞争的预测表明，储备的分布与未来的需求并不一致。例如，亚洲一些人口众多的国家可用于生物能源生产的土地似乎没有，或者非常有限（Risø，2003年）。

然而，在人口稠密的亚洲国家，混农林业、农业和森林废料的利用以及高效率的能源转换技术可以提供大量的生物能源。拉丁美洲、非洲大部分地区和部分森林丰富的亚洲国家有大片地区可以转用于生物质生产。但是，开展以能源为目的的大规模单一种植，即使是使用非林地也会对生物多样性造成威胁。游牧生活方式的丧失与草原的缩减相关，而丧失为这些土地上驯养和野生食草动物生产饲料也可能对经济和社会产生巨大的负面影响（联合国能源机制，2007年）。

在许多发展中国家，大量退化的土地现正被考虑用来扩大生物能源种植园。例如，印度正在将重点放在被列为荒地的6300万公顷土地上。他们估计有4000万公顷适合于种植油料植物（Prasad，2007年）。人们已经提出了建议，在这样的地区种植树木或其他能源作物，作为减少水土流失、恢复生态系统、调节水流量并为社区和农田提供庇护和保护的一种方法（Risø，2003年）。然而，要实现这些好处就必须为生物燃料生产的扩大制定明确的土地使用规则并切实付诸实施，尤其是在面临热带森林转换为其他土地用途风险的国家（世界观察研究所，2007年）。

农业燃料项目由于其所带来的风险和潜在的冲突而一直面临阻力。例如在乌干达，当政府向一家利用马巴拉森林种植农业燃料用甘蔗的公司发放许可证时，公众作出消极的反应。据报告，加纳和南非对农业燃料项目也有类似的反应（GRAIN，2007年）。

一些国家的森林已经被拟定用来生产生物燃料的作物所取代，如果对生物燃料和生物能源的总体需求大幅增加，这种趋势可能会加快。但是，如果木本生物质成为生物燃料原料的选择，而未来的情况则是森林威胁耕地而不是相反，事态的发展可能会出现重大变化。

为了确保有足够的耕地用来生产人们买得起的粮食并尽量避免损失宝贵的生境，在生物能源战略中考虑土地利用规划和监测是刻不容缓的。插图8概述了开发液体生物燃料可能出现的情况及其可能造成的影响。

与森林和生物能源种植园大幅增加相关的潜在负面环境影响包括土壤肥力下降、土壤侵蚀和用水增加。集约化种植不断扩大且用水量大，而在许多国家，水已经成为越来越稀缺的资源。一些农业燃料作物消耗大量的水。在2006年3月，国际水管理研究所在所发表一份报告中警告说，急于发展液体生物燃料可能会加重部分国家的水危机。例

插图 8

液体生物燃料发展方案

大规模生产生物能源需要大量的土地，人们担心，第一代液体生物燃料作物可能会影响粮食安全和森林植被。为了处理好土地使用问题及其对森林的影响，可以按照下列一种或组合方案来扩大液体生物燃料生产：

- 将退化的土地和/或目前用于粮食作物的土地转用于生物能源的生产（包括木质能源）。这种做法预期不会影响森林，但可能会影响粮食安全，特别是大规模行动，除非提高生产力和/或找到整合粮食和能源生产的办法。
- 将液体生物燃料作物引进到林区。这将导致森林砍伐并对生物多样性及其他森林产品和服务产生影响，而且会增加温室气体的排放。以木材为基础的产业可能面临原材料供应减少，对建筑材料和其他木材产品的需求可能会减少。可供能源生产的木材在短期内会增加。
- 将现有森林生产的木材转用于能源生产。这会影响到收入及天然林和人工林的管理，并会加剧木材用户之间对资源的竞争。短期内可提供给森林工业的木材将会减少，产品成本可能会增加。
- 通过优化加工和利用木材废弃物和回收木材来生产生物能源，从而提高木材的利用效率。可产生大量的能源并将对林业和农业负面影响降至最低。

如，在水资源稀缺的中国和印度，大部分农业燃料作物的生产依靠灌溉（GRAIN，2007年）。这会减少用于粮食作物的水资源并已影响到粮食安全。不过，这些影响可以通过良好的土地利用规划和负责任的管理得到缓解（粮农组织，2006年b）。

人们关注的另一个问题是，如果生物质燃烧增加，空气污染也会增加（世界卫生组织，2006年）。特别是木材在缺少过滤器的装置中燃烧或燃烧不完全时可释放出对健康构成威胁的微尘。一些国家已经制定了燃烧装置的标准，但这些标准可能由于低质燃料（如湿木材）和低效的燃烧技术而失去作用。由于增加生物质燃烧会产生严重的后果，其中有许多是相互关联的，因此在确定应对气候变化的目标和政策时要制定整体方针（欧洲经委会/粮农组织，2007年）。人们还花费宝贵的时间和精力

力专门收集燃料，而不能从事效益更高的活动，基于这些原因，联合国千年项目已经确定了到2015年将使用传统生物质煮饭的家庭数量减半的目标。

森林皆伐

随着第一代液体生物燃料的发展对土地需求的日益高涨，世界各地森林所受到的压力很可能会增加。在许多情况下，机会成本或许太高以至无法阻止森林向更具经济吸引力的土地用途转变，如果生物能源继续按其近期的轨迹发展，这种具有吸引力的土地用途就会显现。在森林保护和可持续利用措施不利或得不到支持的地方就会出现森林皆伐。

森林面积的丧失将导致碳释放和生物多样性遗失。在根据传统所有权使用土地或权利没有得到充分承认的地方，所有权和使用权也可能受到影 响。大豆、甘蔗和油棕榈都与森林砍伐相关，在这些作物生产迅速扩大的国家，森林砍伐大幅增加了温室气体的排放量（GRAIN，2007年）。

最近的研究显示，生产生物燃料的经济利益促使越来越多的森林或草原被改变，从而使储存在植物和土壤中的二氧化碳由于分解和火烧而释放出来（Searchinger，2008年）。在生物能源发展的碳计算中考 虑土地用途变化具有不容忽视的意义。例如，倘若用可持续生产的油棕榈取代次生林，估计它将需要50-100年才可收回失去的碳（Butler，2007年b）。

大面积的热带雨林已经和正在被清除，目的是给油棕榈种植园腾出空间。世界上最重要的油棕榈种植园是在印度尼西亚和马来西亚。据估计，在印度尼西亚大约有17-27%的森林砍伐是为了建立油棕榈种植园，在马来西亚这个数字可能高达80%以上。在印度尼西亚，油棕榈种植园的面积高达360万公顷，这一数字每年增加约13%（粮农组织2007年d）。与此同时，每年平均有180万公顷森林消失 - 相当于国家森林覆盖的2%。这不仅造成大量的二氧化碳排放到大气中，也增加了对一些濒危物种的威胁（粮农组织，2007年c）。

根据Hooijer等人（2006年）开展的一项研究，如果油棕榈种植园建立在排干泥炭地，二氧化碳的排放量将会特别大，有27%的油棕榈种植园建在这样的地区。印度尼西亚排干泥炭地的二氧化碳排放量中有14亿吨来自泥炭地火灾，6亿吨来自排干泥炭地的分解。据估算这几乎相当于全球矿物燃料燃烧排放量的8%，这使印度尼西亚成为仅次于美国和中国的全球二氧化碳排放第三大国（Hooijer等，2006年）。有证据表明，包括一些以出口为目的的生物能源产品推动了这一趋势的发展。例如，大

量的棕榈油用于生物柴油的生产，主要在欧洲使用（Carrere，2001年；Colchester等，2006年）。

工业化国家增加生物能源的使用可对世界各地产生广泛的影响。目前，这是最有可能成为易于运输的液体生物燃料。随着商业上可行的液体纤维素生物燃料的出现，拥有丰富森林资源的国家可能会受到诱惑，增加生物能源原料的供应，导致那些未能遵守可持续管理原则的地方丧失森林。

大面积退化森林也可能成为生物能源种植园扩大的目标。虽然并非处于原始状态，但是这样的森林依然保持高水平的生物多样性和大量的碳，也可以在食物和原料的生产方面为当地人民提供重要的安全网。这些地区是否可以得到可持续的管理，提供包括生物能源生产在内的多种产品和服务仍有待观察，但最近的趋势并没有激发人们的信心。

在2007年，中国国家林业局宣布一项举措，在云南、四川省发展两个用于生产生物燃料的麻疯树种植基地。国家林业局此后宣布它打算将超过1300万公顷的林地用于发展生物燃料，云南省林业厅计划到2015年开发130万公顷人工林，目的是每年生产400万吨生物乙醇和60万吨生物柴油（Liu，2007年）。据称，这些种植活动将利用退化的林地和农田进行，估计这样的土地仅在云南省就有400万公顷。中国西南地区的许多林区拥有丰富的生物多样性高并具有土地保护价值（Perley，2008年）。

在实施之前，各国需要从一个完整的生命周期角度对温室气体排放量和与各种生物能源方案相关的其他环境影响进行评估，即对与生产相关的全面环境影响，包括土地使用变化进行评估。生物能源在减少温室气体排放方面的潜力得到广泛承认。在由《京都议定书》清洁发展机制提供资助的全球性后备行动中有很多与此相关的项目。清洁发展机制和其他机制应有助于克服碳高效生物燃料发展所面临的财政障碍，但由于复杂的规则和程序，目前欠发达国家在利用清洁发展机制方面受到限制（Peskett等，2007年）。

6. 政策选择和建议

全球能源消费将继续增长。尽管人们关注气候变化和能源安全，但是矿物燃料将依然是主要的能源来源。与此同时，矿物燃料的高价格将促使各国提高能源效率。发电和运输行业从矿物燃料到替代燃料的逐步转换已经开始。对生物能源研究和发展的投资正在不断增加。以具有经济吸引力的价格大规模地将纤维素转换为液体生物燃料的技术可能很快就会出现。这将对未来的森林管理产生相当大的影响。

在大多数国家，促进生物能源发展的政策和方案仍处于初期阶段。大部分方案的重点是液体燃料，特别是对运输部门而言。这些政策和方案往往有其局限性，与诸如研究和发展、市场自由化、信息和培训等领域的投资相比，更多的注意力放在了监管措施方面。到目前为止，发达国家向发展中国家转让的生物能源技术或信息相对很少。

一些发展中国家具有利用森林和森林以外树木生产能源的巨大潜力，而且投资和风险相对较低，但这种潜力没有适当地反映在国家的能源发展战略中。森林管理不善和缺乏适当的数据收集工作（通常是普遍的非非法林业行动的结果）经常妨碍对林业和木质能源生产的全部经济和社会潜力进行评估。把林业放在一个可持续和透明的基础上将会带来多项好处，包括改善能源生产¹。

大型生物能源项目需要大面积的土地和能够影响粮食安全、社会结构、生物多样性、木材加工业和木材产品的供应。为减轻这些影响，土地利用规划、对其他部门政策的考量和有效的治理是必要的。在平衡经济、社会和环境的影响和惠益时，吸收所有利益相关者参与制定生物能源战略具有重要意义。

在国家战略中，考虑以森林和农业为基础的能源所具有的碳和能源效率以及成本效益和环保方面的绩效是很重要的。种植树木可以帮助减轻气候变化，防止侵蚀和恢复生态系统，特别是在退化地区，但大规模的单一种植可能对土壤和水资源产生负面影响。

¹ 本节中所含建议主要来自粮农组织的“森林与能源高级别特别活动”（罗马，2007年11月17-24日）；欧洲经委会/粮农组织主办的“森林和其他部门生物能源政策与目标方面的机遇及影响政策论坛”（瑞士日内瓦，2007年10月10日）；以木材为基础的生物能源问题国际会议（德国汉诺威，2007年5月17-19日）以及“调集木材资源研讨会”（日内瓦，2007年1月11-12日）。

发展中国家的财政和人力资源能力往往有限，因此生物能源的开发应当首先在已具备生物质和成熟技术的基础上对机会进行探索。发电与森林工业作业相结合是降低风险，增加盈利能力和改善森林管理的一个具有竞争力的方式。它也能加强能源安全并有助于减缓气候变化，因此应作为一个优先领域进行探索。

所有国家都将受益于有关木质能源原料，包括从森林作业中回收的生物质和森林生物质的贸易的更好信息。需要获得资金来评估生物能源和木质能源的发展潜力，尤其是：

- 量化用于生产不同能源（如热，电，纤维素液体生物燃料）的森林生物质潜力；
- 评估天然林、森林以外木本生物质、能源种植园、废弃物和用后材料对木质能源生产的潜在贡献；
- 确定不同土地利用决定之间的取舍。

传统的以森林木材采伐量和各产业木材投入量为主的木材供求分析方法已不能充分满足需要。因此，较先进国家基于木材资源平衡的最新方法很可能效果更好。要在可能的范围内将信息收集与目前的报告进程，特别是粮农组织全球森林资源评估（FRA）统一起来。

所有国家都需要在国家一级制定明确的森林和能源政策目标，体现可持续发展的原则和可持续森林管理。这些目标应考虑国家和国际影响，以及经济部门之间的影响。还应当考虑木质能源、农业燃料和其他能源来源与土地使用选择之间的取舍。在制定国家一级的木质能源政策时应考虑以下各点。

- 政策制定过程应将生物能源作为一个跨部门问题予以考虑并将能源纳入森林、农业和其他土地使用政策。
- 政策制定过程应开展充分的磋商并根据具体区域、国家和地方的条件来分析环境、经济和社会影响。
- 提供给森林所有者、使用者、公众和消费者的信息应加以改善，以支持对森林资源管理做出知情决定。
- 政策制定过程应考虑农村就业、环境保护、土地使用管理、林产品部门及其他相关领域，利用可能的协作和避免消极影响。
- 政策应为生物能源发展提供广泛的支持，包括促进教育、培训和研发，并在运输和基础设施方面采取措施，而不仅仅局限于向生产者、经销商和消费者提供的鼓励办法。
- 政策制定过程应努力创造农业和林业之间以及进口和国产生物质来源之间的适当平衡。还应考虑应急预案，以避免与粮食生产形成竞争。

- 应当考虑生物能源政策对其他经济部门的影响，以避免造成市场扭曲。
- 各国政府应确保林业以外部门的战略和法律对生物能源的木材调集不会产生负面影响。
- 应对政策进行定期和系统的监测，避免对环境和农村社区产生负面影响。
- 应采取步骤，避免破坏宝贵的自然资源和生物多样性。

在木材供应和木材工业方面，应当解决的问题包括：

- 与可持续调集木材资源有关的法律和体制方面的限制（如森林所有制结构）、数据获取、森林基础设施和适当的木材价格；
- 支持性法律、法规和政策，以及有关森林所有者、企业家和其他参与者的信息和动力；
- 通过强化现有的森林资源利用来提高效率，这些资源包括目前尚未利用的各类木材、森林和工业废弃物、森林以外的木质生物质以及使用后回收的木制品；
- 长期扩大森林面积和增强森林资源生产力，如造林和遗传创新。

向发展中国家转让节省能源和资源的木质生物能源技术的做法，在实现生物能源开发的气候变化目标方面具有重要意义。目前的形势为林业部门提供了重要的机遇，通过替代矿物燃料和利用森林和林产品吸收碳等方法来探索本部门能够发挥的新的作用，促进能源供应安全并减缓气候变化。

术语表

目前国际上还没有生物能源术语方面的统一用法。本文件中所使用的术语具有以下含义。

农业能源

从专门种植的作物中，以及从农业和畜牧的副产品、废弃物和废料中获得的能源。

生物柴油

从各种原料，包括植物油（如棕榈油、油籽、油菜籽、麻风树和大豆）、动物脂肪或藻类中获取的生物柴油。

生物能源

从生物燃料（包括木质能源和农业能源）中获得的所有类型能源。

生物乙醇

产自高糖植物（如甘蔗、玉米、甜菜、木薯、小麦、高粱）或淀粉的生物乙醇。

生物燃料

产自生物质的任何固体、液体或气体燃料。

生物质

地上和地下、活的和死的有机物质，如树木、作物、草、枯枝落叶和树根。

生物炼油厂

新一代炼油厂，不仅将生产动力和热力，而且还将生产运输燃料和工业产品。

黑液

一种液体木质燃料，为纸浆工业的副产品。

纤维素

陆地植物中的主要有机成分，与木材中的半纤维素和木质素相关。

能源作物

为生产生物燃料而种植或直接利用其能源含量的植物。商业能源作物通常采用密集种植方式，属于高产作物品种，如芒属植物、柳树或杨树。

原料

用于向能源或生物燃料转换的任何生物质。例如，玉米是用于乙醇生产的一种原料，大豆油也是生物燃料的原料。纤维素生物质具有成为生物燃料重要原料来源的潜力。

第一代生物燃料

通过专门种植的作物生产的燃料。

森林生物质

从森林中找到的任何生物质，其中包括树木、树叶、树枝和树根。具体用于能源系统的生物质类型包括：木材采伐后留下的树梢和树枝、经营林中的劣质树、清地作业中砍伐的树木、城市地区的木材废物和锯木厂的加工剩余物。

森林覆被

特定区域内的森林覆盖比例。

矿物燃料

由经历了若干地质时代逐步形成的地下活生物体残留物生产的一种不可再生能源来源，其形式包括液体（油）、固体（煤、泥炭块）和气体（天然气）。

燃料作物

见能源作物。

薪材

用来生产能源的未加工木材（如木片、锯屑和颗粒）。

气体木质燃料

固体和液体木质燃料气化所产生的气体。

温室气体

大气中吸收太阳辐射和热能的化合物。

麻疯树

主要指在亚洲、非洲和西印度群岛等地生长的麻疯树（*Jatropha curcas*）。其不可食用的种子含油量很高，可用于生产生物柴油。

木质纤维素的

木材是由木质素、纤维素和半纤维素构成的。其形容词用来描述木质素和纤维素的处理过程，如将其分解。

液体生物燃料

以液体形式利用的生物来源的燃料，如生物柴油和生物乙醇，目前主要产自粮食作物，包括油棕榈、甘蔗、玉米、油菜籽、大豆和小麦。

液体木质燃料

黑液和乙醇、甲醇和热解油。

城市副产品

诸如污水和垃圾填埋气以及城市固体废物等废弃产品。

不可再生能源

来自最终将会缩减和变得过于昂贵或环境破坏性太大而无法获取的燃料。其中包括来自煤炭、石油和天然体等矿物燃料以及核能。

纸浆用木材

用于造纸的各类木材。

热解

在无氧条件下将有机物质加热，进行化学分解；一种将生物质转换为生物燃料的方法。

可再生能源

由可无限制再生来源，如水能，太阳能和风能所生产的能源，或可持续生产的生物质。

原木

采伐后处于自然状态（有或没有树皮）的木材。

锯木

切割的木材。

第二代生物燃料

产自纤维素物质、作物残留物及农业和城市废料。

固体生物质

木材、木质废弃物和其他固体废料。

合成气 (Syngas)

合成气体 (synthetic gas) 的缩写形式。是通过有机物质 (如生物质) 的高温气化所产生的一氧化碳和氢的混合物。净化后可被用来合成有机分子, 如合成天然气或液体生物燃料。

传统生物质

用来烧饭和取暖的木质燃料、农业副产品和牲畜的粪。在发展中国家, 它们仍被普遍地以不可持续和不安全的方式进行采集和利用。

木质能源

从薪材、木炭、林业废弃物、黑液中产生的能源以及来自树木的任何其他能源。

木质能源原料

从森林和树木中回收的用于燃料生产的木材和生物质。

木质燃料

来自包括固体 (薪材和木炭)、液体 (黑液、甲醇和热解油) 等木材来源的燃料和通过将这些燃料气化而获得的气体。

木质颗粒

用于能源生产的经过干燥、碾磨和挤压的小颗粒。

木质废弃物

森林砍伐后丢弃在林中的木材, 以及木材加工产生的任何木质副产品。其形式包括木片、木板、边角料、锯屑、刨花和湿混合废木料。

参考文献

- Abe, H., Katayama, A., Sah, B.P., Toriu, T., Samy, S., Pheach, P., Adams, M.A. & Grierson, P.F. 2007. Potential for rural electrification based on biomass gasification in Cambodia. *Biomass and Bioenergy*, 31(9): 656–664.
- Aglionby, J. 2008. Indonesia faces dispute over biofuels fields. *Financial Times*, 11 February. Available at: www.ft.com/cms/s/0/aea8136e-d8b1-11dc-8b22-0000779fd2ac.html
- Biofuelwatch. 2007. *Agrofuels: towards a reality check in nine key areas*. Available at: www.biofuelwatch.org.uk/docs/agrofuels_reality_check.pdf
- Bowyer, J.L. & Stockmann, V.E. 2001. Agricultural residues: An exciting bio-based raw material for the global panels industry. *Forest Products Journal*, 51(1): 10–21.
- Broadhead, J.S., Bahdon, J. & Whiteman, A. 2001. *Past trends and future prospects for the utilisation of wood for energy*. Global Forest Products Outlook Study Working Paper No. 5. FAO, Rome.
- Butler, R.A. 2007a. Is peat swamp worth more than palm oil plantations? *Jakarta Post*, 22 August. Available at: news.mongabay.com/2007/0717-indonesia.html
- Butler, R.A. 2007b. *Indonesian palm oil industry tries disinformation campaign*. 8 November. Available at: news.mongabay.com/2007/1108-palm_oil.html
- Carrere, R. 2001. Oil-palm: the expansion of another destructive monoculture. In *The bitter fruit of oil-palm: dispossession and deforestation*. London, UK, World Rainforest Movement.
- Colchester, M., Jiwan, N., Andiko, Sirait, M., Firdaus, A.Y., Surambo, A. & Pane, H. 2006. *Promised land: palm oil and land acquisition in Indonesia – implications for local communities and indigenous peoples*. Forest Peoples Programme, Sawit Watch, HuMA and the World Agroforestry Centre. Available at: www.forestpeoples.org/documents/prv_sector/oil_palm/promised_land_eng.pdf
- EIA (Energy Information Administration). 2007. *International Energy Outlook 2007*. Washington, DC, USA. Available at: www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html
- EIA. 2008. *Petroleum Navigator*. Washington, DC, USA. Available at: tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_d.htm
- European Union. 2007. *Promoting biofuels as credible alternatives to oil in transport*. Press release, 10 January. Brussels, Belgium. Available at: europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/07/5
- Faaij, A.P.C. 2003. Bioenergy in Europe: changing technology choices. *Energy Policy*, 34(3): 322–342.
- FAO. 1997. *FAO provisional outlook for global forest products consumption, production and trade to 2010*. Rome.
- FAO. 2000. *The energy and agriculture nexus*. Environment and Natural Resources Working Paper No. 4. Rome.

- FAO. 2004. *Unified bioenergy terminology*. Available at: www.fao.org/DOCREP/007/j4504E/j4504e00.htm#TopOfPage
- FAO. 2006a. *Impact of an increased biomass use on agricultural markets, prices and food security: a longer-term perspective*, by J. Schmidhuber. Prepared for the International Symposium of Notre Europe, Paris, 27–29 November 2006. Available at: <http://www.fao.org/es/esd/BiomassNotreEurope.pdf>
- FAO. 2006b. *Responsible management of planted forests: voluntary guidelines*. FAO Planted Forests and Trees Working Paper FP37E. Rome.
- FAO. 2006c. *Global Forest Resources Assessment 2005 – Progress towards sustainable forest management*. FAO Forestry Paper No. 147. Rome.
- FAO. 2007a. Bioenergy homepage. Rome, Natural Resources Management and Environment Department. Available at: www.fao.org/nr/ben/ben_en.htm
- FAO. 2007b. *State of the World's Forests*. Rome. Available at: www.fao.org/forestry/sofo
- FAO. 2007c. FAOSTAT database. Rome. Available at: faostat.fao.org
- Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S. & Hawthorne, P. 2008. *Land Clearing and Biofuel Carbon Debt*, Scienceexpress. Available at: www.sciencexpress.org
- Fresco, L.O. 2006. *Biomass for food or fuel: Is there a dilemma?* Amsterdam, the Netherlands, University of Amsterdam.
- Global Insight. 2007. *The biofuels boom: A multi-client study*. Waltham, Massachusetts, USA.
- GRAIN. 2007. The new scramble for Africa. *Seedling*, Agrofuels special issue. Barcelona, Spain.
- Hillring, B. 1997. Price trends in the Swedish wood-fuel market. *Biomass Bioenergy*, 12(1): 41–51.
- Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H. & Page, S. 2006. *Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in South-east Asia*. Delft Hydraulics report Q3943. Delft, the Netherlands, Delft Hydraulics.
- IATP (Institute for Agriculture and Trade Policy). 2007. *Patents: taken for granted in plans for a global biofuels market*. Minneapolis, Minnesota, USA. Available at: www.iatp.org/iatp/publications.cfm?refid=100449
- IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal). 1979. *Sumário da viabilidade econômica-financeira da produção de etanol à partir da madeira*. Brasília, Brazil.
- IEA (International Energy Agency). 2003. *Background paper: coal industry advisory board meeting with IEA Governing Board*, 10 December. Paris, France. Available at: www.iea.org/textbase/papers/2003/ciab_demand.pdf
- IEA. 2004. *World Energy Outlook 2004*. Paris, France.
- IEA. 2006. *World Energy Outlook 2006*. Paris, France.
- IEA. 2007a. *Renewables in global energy supply*. Paris, France. Available at: www.iea.org/textbase/papers/2006/renewable_factsheet.pdf
- IEA. 2007b. *World Energy Outlook 2007*. Paris, France.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate change 2007 – the physical science basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge, UK, Cambridge University Press. Available at: www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm

- ITTO (International Tropic Timber Organization). 2002. *ITTO guidelines for the restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forests*. ITTO Policy Development Series No. 13. Yokohama, Japan.
- ITTO. 2005. *Increase in efficiency in conversion of tropical timber and utilization of residues from sustainable sources*. PD 61/99 rev. 4(I). Yokohama, Japan.
- Karlsson, Å. & Gustavsson, L. 2003. External costs and taxes in heat supply systems. *Energy Policy*, 31: 1541–1560.
- Knoef, H. A. M. 2000. The UNDP/World Bank monitoring program on small scale biomass gasifiers (BTG's experience on tar measurements). *Biomass & Bioenergy*, 18(1): 39–54.
- Liu, Y. 2007 *Chinese biofuels expansion threatens ecological disaster*. Washington, DC, USA, Worldwatch Institute. Available at: www.worldwatch.org/node/4959
- Lugo, A.E., Brown, S. & Chapman, J. 1988. An analytical review of production rates and stemwood biomass of tropical forest plantations. *Forest Ecology and Management*, 23(2–3): 179–200.
- Mabee, W.E. & Roy, D.N. 2001. Fuelwood – an overview. In *A compendium of plant and animal life-cycle and their impact on the environment*, Vol. 2, pp. 310–317. Calcutta, India, Srebhumi Publishing Company.
- Mabee, W.E. & Saddler, J.N. 2007. *Forests and energy in OECD countries*. Forests and Energy Working Paper No. 1. Rome, FAO. Available at: www.fao.org/forestry/energy
- NAS (National Academy of Science). 1980. *Firewood crops: shrub and tree species for energy production*. Washington, DC, USA. Unpublished.
- NRDC (Natural Resources Defense Council). 2006. *Ethanol: energy well spent – a survey of studies published since 1990*. New York, USA, NRDC and Climate Solutions. Available at: www.nrdc.org/air/transportation/ethanol/ethanol.pdf
- Perley, C. 2008. *The status and prospects for forestry as a source of bioenergy in Asia and the Pacific*. Bangkok, Thailand, FAO Regional Office for Asia and the Pacific.
- Peskett, L., Slater, R., Stevens, C. & Dufey, A. 2007. Biofuels, Agriculture and poverty reduction. *Natural Resource Perspectives 107*. London, UK, Overseas Development Institute. Available at: www.odi.org.uk/Publications/nrp/NRP107.pdf
- Prasad, B. 2007. *Role of Indian agricultural cooperatives in development for biofuels*. Presented at the FAO/Regional Network for Development of Agricultural Cooperatives (NEDAC) regional workshop *Role of Agricultural Cooperatives in Bio-Fuel Development at Community-Level for Rural Food and Livelihood Security*, Bangkok, Thailand, 4–7 July.
- Risø – National Laboratory for Sustainable Energy. 2003. *Risø energy report 2*. Roskilde, Denmark, Risø Technical University of Denmark.
- Rosegrant, M.W., Msangi, S., Sulser, T. & Valmonte-Santos, R. 2006. Biofuels and the global food balance. In P. Hazell & R.K. Pachauri, eds. *Bioenergy and agriculture: promises and challenges*. 2020 Focus No. 14. Washington, DC, USA, International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- Rosegrant, M.W., Ringler, C., Msangi, S., Cline, S.A. & Sulser, T.B. 2005. International model for policy analysis of agricultural commodities and trade (IMPACT-WATER): Model description. Washington, DC, USA, IFPRI.

- Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R.A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa J., Tokgoz, S., Hayes, D. & Yu, T.H. 2008. Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land use change. *Science*, 319: 1238-1240.
- Spitzer, J. & Jungmeier, G. 2006. *Greenhouse gas emissions of bioenergy systems*. Presented at the European Conference on Bioenergy Research, Helsinki, Finland, 19–20 October.
- STCP Data Bank. 1983–. STCP Engenharia de Projetos Data Bank. Curitiba, Brasil.
- Steierer, F., Fischer-Ankern, A., Francoeur, M., Wall, J. & Prins, K. 2007. *Wood energy in Europe and North America: a new estimate of volumes and flows*. Geneva, Switzerland, UNECE/FAO, 6 February. Available at: www.unece.org/trade/timber/docs/stats-sessions/stats-29/english/report-conclusions-2007-03.pdf
- Tomaselli, I. 1982. Liquidification of wood. In W.R. Smith, ed. *Energy from forest biomass*. Proceedings of the XVII IUFRO World Congress Energy Group. New York, USA, Academic Press.
- Tomaselli, I. 2007. Forests and energy in developing countries. Rome, FAO.
- Trømborg, E., Buongiorno, J. & Solberg, B. 2000. The global timber market: implications of changes in economic growth, timber supply, and technological trends. *Forest Policy and Economics*, 1(1): 53–69.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). 2007. Timber Committee price database. Geneva, Switzerland. Available at: www.unece.org/trade/timber/mis/fp-stats.htm
- UNECE/FAO. 2006. *Forest Products Annual Market Review, 2005-2006*. Geneva, Switzerland. Available at: www.unece.org/trade/timber/docs/fpama/2006/fpamr2006.htm
- UNECE/FAO. 2007. *Forest Products Annual Market Review, 2006-2007*. Geneva, Switzerland. Available at: www.unece.org/trade/timber/docs/fpama/2007/fpamr2007.htm
- UN-Energy. 2007. *Sustainable bioenergy: a framework for decision makers*. Available at: www.fao.org/docrep/010/a1094e/a1094e00.htm
- US Department of Energy. 2008. *U.S. department of energy selects first round of small-scale biorefinery projects for up to \$114 million in federal funding*. Press release. Available at: www.energy.gov/news/5903.htm
- WHO (World Health Organization) Europe. 2006. Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution. Copenhagen, Denmark, WHO Regional Office for Europe. Available at: www.euro.who.int/document/E88189.pdf
- Wolf, M. 2007. Biofuels: a tale of special interests and subsidies. *Financial Times*, 30 October. Available at: www.ft.com/cms/s/0/40a71f96-8702-11dc-a3ff-0000779fd2ac.html?ncklick_check=1
- Worldwatch Institute. 2007. *Biofuels for transport: global potential and implications for sustainable energy and agriculture*. London, UK, Earthscan.
- WTO (World Trade Organization). 2004. International trade statistics. Geneva, Switzerland.
- Wu, C. Z., Huang, H., Zheng, S. P. & Yin, X. L. 2002. An economic analysis of biomass gasification and power generation in China. *Bioresource Technology*, 83(1): 65-70.

森林与能源

主要问题

能源消费量和矿物燃料价格的飙升以及不断增加的温室气体排放量和对能源进口依存度的关注，正在促使人们寻找矿物燃料的替代品来进行能源生产。生物燃料是目前地球上生产的可再生能源的最大来源。作为生物量，木材提供一些最高水平的能源和碳效率。本出版物对森林与能源之间的关系进行了探讨。它论述了木材在目前和未来对生物能源生产的贡献，以及液体生物燃料作物的开发对森林影响。本文件从一开始对全球能源供应和需求进行了概述并对到2030年的情况作出预测。随后在有关各种生物能源作物及其在第一代和第二代生物燃料生产中的应用的一般性讨论中，论述了木质能源的贡献。所作分析对开发生物能源不同来源的好处和转变土地用途的风险作出了评价。它还讨论了市场力量 and 为促进木质能源生产而不断进行的技术创新。提出了旨在发展生物能源的政策选择和建议，强调了土地使用综合规划和监测以及向发展中国家转让先进的木材能源技术的重要性。本出版物对于有兴趣了解更多关于森林在能源生产方面作用的特定和普通读者均将有裨益。

Forests and Energy: Key Issues

ISBN 92-5-505985-8

ISSN 1999-2882



9 789255 105985 6

TC/M/0139Ch/1/05.08/100