

## 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，并且不太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，在油价回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 and 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。插图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）。

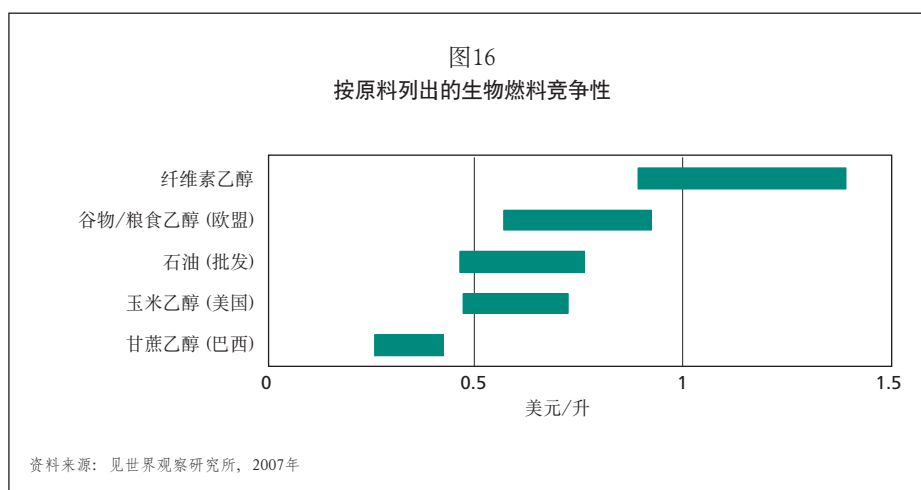
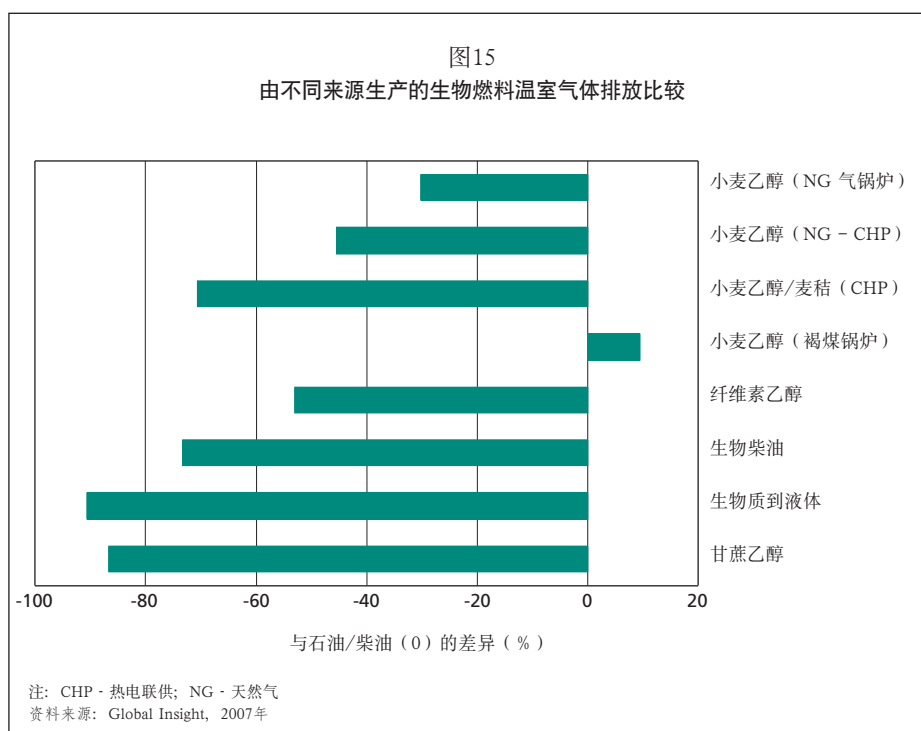
通过观察当前木材价格的趋势，可以得出若干结论。

- 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）。

