

# 我国林木生物质能源资源潜力与可利用性探析

蔡飞，张兰，张彩虹

(北京林业大学经济管理学院)

摘要：林木生物质能源作为一种十分重要和有效的现代生物质能源利用方式，在我国的发展时机已经日趋成熟。我国丰富的林木生物质能源资源和大量的宜林荒山荒地的发展时机已经日趋成熟。我国丰富的林木生物质能源资源和大量的宜林荒山荒地为发展林木生物质能源提供了重要的资源基础。基于2005年对我国部分省区林木生物质资源调查和第六次森林资源清查结果，对各类林木生物质能源资源的潜力进行初步估计；并从森林多功能性、林业可持续经营和产业发展的阶段等方面对我国林木生物质能源资源的可利用性进行了分析。

现代生物质能源转化技术使得生物质能源开发的转化效率、经济性和环境效益等得到明显改善。近年来，现代生物质能源的开发和利用已经在世界范围内得到示范和推广，特别是林木生物质能源的开发和利用已经得到很多国家的关注，并且在能源产业中已经占有一定的比例。林木生物质是指森林林木及其他木本植物通过光合作用，将太阳能转化而形成的有机物质，包括林木地上和地下部分的生物蓄积量、树皮、树叶和油料树种的果实(种子)。林木生物质能源是指贮藏在林木生物质中的生物量经过转化形成的能源，主要是指通过直接燃烧或者现代转化技术形成的可用于发电和供热的能源。从利用方式来看，林木生物质能源包括以传统直燃为主的薪柴和通过现代生物质技术转化生产的现代林木生物质能源。

我国林木生物质资源种类丰富、生物量大、再生性强、燃烧值高，具有重要的开发利用潜力。林木生物质能源的开发和利用，不仅可以在化石燃料缺乏和集中电网不能到达的农村地区增加能源供应，而且对改进林业发展模式、增加农村劳动力就业、调整农村产业结构具有重要的推动作用。目前在能源需求和环境污染的双重驱动下，我国林木生物质能源开发利用已经初步具备存在的条件和发展的空间。但是，如何科学合理地评价林木生物质能源资源，既满足新能源产业发展的需求，又维护林业生态安全，保持林木资源的可持续利用，成为该领域的重要研究内容。

20世纪90年代以来，世界各国采用多种研究理论和评价方法对林木生物质能源资源潜力进行了评价研究，如采用多域GLUE模型、能源-MELA模型、自上而下分析模型及工程经济评价法等多种评价方法和理论，综合考虑技术、经济、土地、生态等基本要素，对全球及地区范围的林木生物质资源潜力进行估算。在全球生物质能源生产潜力的公开研究结果中，评价结果分布于很大的数值区间，其中林木生物质资源潜力为0~358EJ/年。近年来，我国部分学者根据森林资源自然特性、树种类型及地理分布，对不同地区的林木生物质资源类型和数量进行了统计调查和初步估算，尚未形成统一的评价结果和研究结论。

## 一、我国林木生物质能源资源潜力

### (一) 林木生物质能源资源类型

从森林资源的社会总供给和总需求的角度来看，可用于现代生物质能源开发的林木生物质资源的供应能力将受到生态、技术和经济等因素的制约。首先，该类资源来自可以被开发利用的林地，即受保护的林地被排除在外；其次，林木生物质能源利用将不会威胁到工业木材和传统薪柴的供应，也不会引起森林的过度采伐；最后，将来能源林的种植土地来自我国现有的宜林荒山荒沙地，不与农业生产争地。基于此，我国现有林木生物质能源资源主要来自林地林木生长过程和森林生产经营过程中产生的林木剩余资源，以及以燃烧为目的的薪炭林。具体资源构成如图1所示。

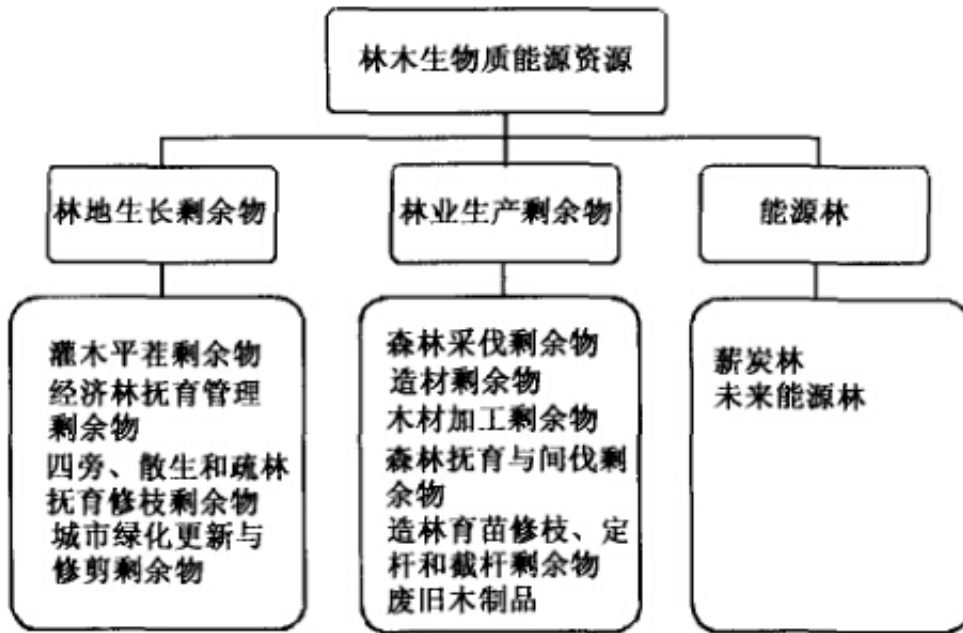


图1 林木生物质能源资源构成

理论上，林地生长剩余物是指可以被开发利用林地上的各类林木生长量减去林木总采伐量，即林木生长总量中，未被工业木材生产和传统薪柴所利用的部分。根据我国现有的林木资源分类特点，林地生长剩余物主要是指来自灌木平茬(包括纯灌木林和天然次生林下木)、经济林修剪更新、四旁树和散生疏林抚育修枝、城市绿化更新及修剪等产生的各类林木剩余物资源。林业生产剩余物包括森林采伐和造材剩余物，木材加工剩余物，森林抚育与间伐剩余物，造林育苗修枝、定杆和截杆剩余物及废旧木制品等。能源林是以生产能源为主要目的而营造和经营的森林。传统的能源林以薪炭林为主。

## (二)林木生物质能源资源量及分布

### 1.林地生长剩余物

1)灌木平茬剩余物。我国拥有灌木林4529.7万 $hm^2$ ，占全国林地总面积的16.02%，主要分布于内蒙古、四川、云南、西藏、青海、新疆等西北和西南地区。其中西藏面积最大，为764.6万 $hm^2$ ；其次是四川，面积为692.4万 $hm^2$ ；内蒙古为452.3万 $hm^2$ 。根据已有研究成果，我国灌木林的生物量产出量为2~8t/ $hm^2$ ，如果以每公顷6t计算，我国灌木林的现有生物量约2.7亿t。若以3年为平茬轮伐周期计算，每年可以获得生物量产出约为9000万t。

2)经济林抚育管理剩余物。经济林是指以提供木材以外的其他林产品，如果实、树皮、树枝、树叶、树脂、树汁、花蕾、嫩芽等为主要经营目的的森林，又称特种经济林。我国有经济林2140万 $hm^2$ ，如每年对经济林进行更新、修剪等经营活动，产生的树枝、树杈等废弃物约为1t/ $hm^2$ ，全国经济林修枝每年产生的总枝条量约2140万t。

3)四旁树和散生疏林抚育修枝。在我国，四旁树和散生疏林约有230亿株，对其进行抚育修枝，按照每株每年产生1.3kg剩余物计算，每年可获得枝条量约0.3亿t。

4)城市绿化更新及修剪剩余物。我国城市绿化森林及园林树木株数可折合面积400万 $hm^2$ ，林木生物量达6~7亿t，每年林木修剪和树木更新产生的废弃物达0.4亿t。

### 2.林业生产剩余物

1)森林采伐及造材剩余物。森林采伐剩余物是指经过采伐、集材后遗留在地上的枝杈、梢头、枯倒木、被砸伤的树木、不够木材标准的遗弃林木等。由于不同地区森林类型不同、树种不同、木材的利用方式不同，采伐剩余物的比例有很大的差别。从全国总体水平看，树干是林木生物量的主要部分，约占70%；树枝、叶约占30%。另外，树木采伐后生产原木需要经过造材工艺，经不完全测算，采伐剩余物、造材剩余物合计约占林木生物量的40%。在森林采伐剩余物中有一部分被用于人造板加工生产，可作为林木生物质能源资源的部分仅是被丢弃不用的采伐剩余物部分。

目前，我国达到采伐标

准的成熟林和过熟林的用材林面积为1468.6万hm<sup>2</sup>

，蓄积量27.4亿m<sup>3</sup>

，总生物量32.1亿t；防护林和特

种用途林中需要采伐更新的过熟林面积为307.8万hm<sup>2</sup>，蓄积量为7.1亿m<sup>3</sup>

，总生物量8.4亿t。因此，从理论上来说，我国可以进行林木采伐更新的总量约40.5亿t，可产生采伐、造材剩余物量约16.2亿t。但是，由于采运条件、防护要求、国土安全等多方面的限制，这些木材并不能完全采伐。根据国务院批准的“十一五”期间年森林采伐限额，全国每年限

额采伐指标为2.5亿m<sup>3</sup>，换算为生物量约2.92亿t，则每年可产生的采伐及造材剩余物约1.17亿t。

2)木材加工剩余物。在我国，木材加工剩余物主要来自商品用材林。进入木材加工厂的原木，从锯切到加工成木制品，产生树皮、板皮、边条和下脚料、锯末和刨花等剩余物。剩余物数量为原木的15%~34%，其中，板条、板皮、刨花等占7

1%，锯末占29%。

根据有关部门不完全统计，全国各地的

木材加工企业年加工能力约7245.9万m<sup>3</sup>，其中，锯材1597.5万m<sup>3</sup>，人造板5648.4万m<sup>3</sup>，产生加工剩余物约3229.7万t。

3)抚育间

伐及造林剩余物。根

据我国第六次森林资源清查结果，需要抚

育管理的幼龄林面积4758.26万hm<sup>2</sup>，中龄林4430.43万hm<sup>2</sup>

。中幼林面积占森林总

面积的52.5%，是森林的主要组成部分。森林

抚育期内平均伐材量6.0m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>

(按10年抚育期，20%的间伐强度来计算)，可产生小

径材5.4亿m<sup>3</sup>

，生物量为6.3亿t，年可获得林木剩余物

约0.63亿t。我国每年造林约600万hm<sup>2</sup>，用苗量约120亿株，可以获得的育苗修枝、定杆和截杆剩余物约0.15亿t。

4)废旧木制品。废旧木制品是指各类木制家具、门窗、矿柱木、枕木、建筑木等各类废弃木制品。我国每年因危房改造和家具更新淘汰等产生的木制品废弃物多达2000万m<sup>3</sup>，约0.8亿t。

### 3.能源林

1)薪炭林。我国

薪炭林发展已初具规模，根据第六次

全国森林清查结果，薪炭林面积303.44万hm<sup>2</sup>，蓄积量5627万m<sup>3</sup>

，分别占森林面积和蓄积的2.12%和0.46%。根据各省薪炭林的面积、蓄积量和树种组成因素测算，生物质总量约0.66亿t。

2)未来能源林种植。能源林具有一次造林、多次采伐、多年利用的特点，便于实行集约化经营，是未来林木生物质能源资源供应的主要发展方向。来自能源林的林木生物质能源资源量主要取决于可用于能源林种植的土地资源量和单位面积林木产出量。而单位面积林木产出量主要受到地区能源树种选择及种植技术先进程度的影响。

我国林木种类丰富，树种分布区域性差异较大。对能源林树种的选择，一般遵循以下原则：首先，树种生物量大，生长迅速，如南方树种生长量，灌木应在每

年5t/hm<sup>2</sup>以上，乔木在10t/hm<sup>2</sup>

以上；北方地区树种生长量，灌木在每年2t/hm<sup>2</sup>以上，乔木8t/hm<sup>2</sup>

以上。第二，热值高，树种热值应大于16.7GJ/t。第三，树种适应性和抗逆性强，耐干旱、耐瘠薄、抗盐碱等。第四

，树种萌生能力强，耐平茬，便于短期轮伐经营。最后，适合规模化经营。

同时，我国土地资源丰富，各类宜林地面积近5700多万 $\text{hm}^2$ ，不适宜农业生产的边际性土地近1亿 $\text{hm}^2$

(包括盐碱地、沙地及矿山、油田等复垦地)，这些土地中有很大比例可用于种植特定能源树种。未来能源林经营以灌木林为主，土地利用以现有宜林荒地和宜林荒沙地为主。

## 二、林木生物质能源资源可利用性分析

### (一)世界林木生物质资源能源化利用

林木生物质能源不论在人类早期的生活用能中，还是在未来的新能源发展中都占有重要的地位。林木生物质能源资源的丰裕程度主要取决于阳光、气候条件、种植树种、土地资源的可获得性与肥沃程度以及病虫害控制等。全球生物质能源的资源潜力为103.8EJ/a，其中林木生物质能源资源潜力为41.6EJ/a，占到40%以上。

近年来，随着化石能源价格的上涨，对林木生物质能源需求进一步增加，发达国家对来自农林剩余物的生物质能源利用和发展中国家农村生活用能利用都呈现增长趋势。据统计，全球约有14%的基本能源消耗源于林木生物质资源，25%用于发达国家，剩下的75%用于发展中国家。在发展中国家贫困的农村地区，居民做饭和取暖的生活用能多数通过砍伐林木直接获得，如非洲有近90%的砍伐后林木资源被用于生活燃料。在一些经合组织成员国，如奥地利、芬兰、德国和瑞典等，越来越多的林木生物质能源资源被用于发电。虽然传统的林木生物质能源资源大多以传统的废弃物形式存在着，并将作为发展中国家农村生活用能的基本来源，但是随着现代生物质能源技术的成熟与推广，林木生物质能源利用模式也将从传统低效的薪柴消耗模式转化为现代新能源模式。

当前的林木生物质能源现代化利用仍以林地生长剩余物和林业生产剩余物为主，未来林木生物质资源供应则更多通过专业能源林种植直接供应。生物质能源的现代化生产，可以解决很多国家面临的农林废弃物问题，解决人口增长带来的能源需求问题。同时，发展能源林种植，将为发展中国家农村居民和林区工人提供更加稳定的收入，提高地区整体社会经济水平和生态环境质量。

### (二)森林多功能性与能源化利用

由于森林对于人类生存和生活的影响是多方面的，所以森林的功能也具有多样性。国内研究者习惯从经济、生态和社会等方面分析森林的功能，包括经济功能、生态功能和社会功能；国际上通常将森林功能分为产品功能、服务功能和文化价值。

从现代社会对森林的基本需求的角度来看，森林的经营与利用应在考虑满足人类需求的同时，发挥其在地球生物圈的主体作用。因此，森林的基本功能是提供生产资料和发挥生态效益，即优先发展森林的生态功能和经济功能。具体来说，生态功能以保护和改善人类生存环境，保持生态平衡，保护生物多样性和固土保肥等为主体功能，主要提供“公益性服务”；经济功能则提供商品林木质和非林木质产品，以获得最大经济产出为主体功能，主要提供进入市场流通的经济产品。森林系统的多功能性导致了森林在经营和利用过程中呈现出各种矛盾和冲突。在获取森林经济产品和生态产品时，通常表现为生态功能和经济功能之间的矛盾，如获取森林产品通常会改变森林的组成结构，使得森林生态功能的发挥受到影响。另外，森林在满足人类生态需求和地球生态需求时也会引起不同功能产品之间的矛盾。

因为森林资源具有多种功能，所以其价值内涵可以从多种角度、多种用途进行界定。林木生物质能源只是森林资源利用范畴中的一个子集。仅从能源使用的角度上来说，林木的任何部分都可以燃烧和转化为能源利用，都是潜在的能源资源。但是在实际中，森林在社会经济发展中发挥着更为重要的经济功能和生态功能，林木生物质能源的开发应以不威胁到传统的森林功能为前提。另外，林木的不同部位可以有多种功能，有些树种的某些部位用于非能源用途，其他部位则可用于生物质能源生产。因此，从平衡森林功能的角度来说，林木生物质能源资源的利用范畴是在森林资源利用的众多规定中，通过与其他用途比较和取舍进行界定的。

### (三)林业可持续管理与能源化利用

长期以来，木材产品在我国林业生产中占据主导地位，对森林资源的过度消耗和对生态林业建设的忽视已经造成了很大的环境和资源问题。林业可持续管理是指在保持森林资源的可持续利用和生态环境的持续改善的同时，发挥林业的各种经济效益、社会效益和文化效益。目前，国际社会及各国政府对林业可持续管理的界定和实施已经付出了很大的努力，多数通过建立评价标准来对其进行界定，这些标准主要集中于环境、社会和经济价值方面。环境价值方面包

括对生物多样性、土壤和水质的保护，对生态系统健康和生产效率的维持以及林业对地球生态圈的贡献。社会经济价值方面包括林业产生的社会效益和政府对于林业可持续管理的责任。林业可持续经营不应仅仅局限于造林种树式的传统生产模式，而要摆脱以提供低价值初级产品为主的经营模式，转向深度挖掘林业经济新的增长点，提供具有高附加值的林业产品。林木生物质能源可以被看作是一种新型林业产品，可以通过常规的林业可持续管理的标准和指标来衡量。

林木生物质能源的开发过程并不影响森林原有的生态效益和经济效益的发挥，而是通过采集林下枯落物和林业生产剩余物实现高效率的能源转化。另外，林木生物质能源的发展还可以带动我国广大宜林荒山荒沙地种植能源林，既不占用耕地，又可以恢复植被；且以灌木为主的能源林收割后还能自然萌生更新，是能源建设和生态建设的最佳结合。从一个国家或地区的范围来看，林木生物质能源是林业管理和土地利用总系统中的重要部分，可以对林业和能源产业同时起到促进作用。因此，林木生物质能源的开发将成为林业可持续经营和管理的一项基本动力。

#### (四)资源利用的阶段分析

林木生物质能源产业的发展也将经历一个由不成熟走向成熟的过程。根据产业生命周期理论，林木生物质能源的形成与发展过程可分为形成期、成长期和成熟期。这里结合不同阶段的产业开发规模和生产特点，对林木生物质资源开发与供应的特点进行分析。

在产业形成期，林木生物质能源开发以试点、示范、零星生产为主，生产量低，原料资源以现有林地剩余物和林业生产剩余物为主。这些资源来源丰富，供给充足，但分布分散，收集成本高。然而作为新能源产业的先行主导者——政府，此时就必须出台相应的政策，如对原料资源利用的补贴，制订原料林基地规划，以降低原料资源的利用成本。

在成长期，作为国家积极引导的产业方向，林木生物质能源的生产技术日渐成熟和稳定，大量投资者开始涉足该行业，产量规模增大。原料资源不仅包括森林系统中现有的林木剩余资源，同时人工种植能源林也逐步成为主要来源。国家需制订推动能源林基地发展的优惠政策，如直接投资或鼓励民间资本投资能源林基地，以增强原料资源供应的稳定性和经济性。

进入成熟期，林木生物质能源产业集中程度高，具有较为长期和稳定的产出及收益。原料资源供给以企业自营的能源林基地为主，并实现集约化和规模化供应。政府的角色由政策扶持者转变为产业监督者，通过完善能源林质量评价体系 and 原料资源采收标准，对企业进行严格监控，同时防止滥砍乱伐现象。

总得来说，充足的原料资源是实现林木生物质能源规模化生产的前提条件。我国森林资源总量丰富，具有很大的开发利用潜力。森林系统在发挥其基本的经济功能和生态功能的同时，仍有大量的林木剩余物产出，成为目前相对经济和容易获取的原料资源。并且，随着林木生物质能源产业的发展，以短期轮伐为主的能源林项目将会兴起，成为未来重要的能源原料来源。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/109209.html>