

我国林木生物质能源资源分类及总量估算

张卫东, 张兰, 张彩虹, 于丹

(北京林业大学经济管理学院)

摘要: 林木生物质能源具有很大的开发价值和利用潜力。目前我国林木生物质能源的发展尚处于起步阶段, 资源分类及资源量的估计方法也有待统一和完善。基于对林木生物质能源资源的概念界定及其主要来源, 对林木生物质能源资源进行分类, 并采用自下而上的估计方法, 结合我国最新的森林资源清查数据, 分析林木生物质能源资源各组成部分的资源量和可利用情况。

现代生物质能源的开发利用, 是目前备受重视和研究的热点问题。而林木生物质能源以其巨大的资源潜力(占地球固定能量的90%)和多形式利用等优势, 成为现代生物质能源开发利用的重要类型。现代林木生物质能源作为一种高效的清洁能源, 其CO₂

净排放量几乎为零, 对其进行合理开发利用, 不仅可以减少人类对化石燃料的依赖, 缓解能源供给的紧张局面, 同时, 这种清洁能源的利用还能减少对环境的污染, 为解决气候变暖问题做出贡献, 达到经济与环境的和谐统一发展。

自20世纪90年代以来, 世界各国学者对全球及不同地区的林木生物质能源资源潜力和开发利用进行了多情境下的数量分析。由于研究范围和研究对象等存在一定的差异, 采用的方法和结果也不尽相同, 如采用Energy-MELA模型、生物质能源需求与供给模型、自下而上模型对不同地区的林木生物质能源资源潜力和开发规模进行量化研究[1-3]。近年来, 我国也有部分学者对林木生物质能源资源类型及数量进行了初步调查和研究[4-9], 但由于估算方法较为粗略, 缺乏统一性, 其结果具有一定的争议。本文借鉴了Smeets等[3]提出的自下而上的资源估算模型, 并结合我国森林功能和林业资源现状, 对林木生物质资源的能源化利用进行分析, 确定林木生物质能源资源类型, 并对其进行了量化估计。

一、林木生物质能源资源构成

(一) 林木生物质能源资源概述

林木生物质资源是指所有来自林木的生物质资源总量, 也称为森林生物量。而林木生物质能源资源是指可以进行能源化利用的林木生物质资源。在林木生物质资源总量中, 一部分作为环境的平衡者, 用以调节气候、净化空气、涵养水土、防风固沙等, 是自然界中不可缺少的角色; 另一部分称为可获得利用的资源, 作为人类的生产资料和生活资料, 是人类最重要的物质原料之一。在人类利用林木资源的生产和生活过程中, 不可避免地会产生很多林木废弃物或林木剩余物; 同时, 为满足生活能源利用也需专门进行能源林(薪炭林)种植, 这两部分林木资源则成为现阶段进行林木生物质能源开发利用的主要原料来源。

(二) 林木生物质能源资源类型

这里根据林木生物质能源资源的来源, 将其分为3类: 第1类是林地生长剩余物, 是指在较低保护级别林地(如我国级保护林地)或非林地上生长的林木, 且并未被列入工业用材采伐的林木剩余物资源; 第2类是林业生产剩余物, 是指在森林经营和生产过程中形成的林木剩余物; 第3类是能源林采伐物, 包括现阶段专门用作能源的薪炭林和生物质能源林。在我国, 林地生长剩余物是指在上述第1类所指林地上, 为促进林木茁壮生长而采取的一系列林地经营活动, 其间产生的剩余林木生物质, 如灌木平茬、经济林、“四旁”疏林、城市绿化抚育修枝等产生的林木剩余物。林业生产剩余物是指在森林经营过程(包括森林培育、地力维持和木质林产品可持续生产3个阶段)中产生的林木剩余物, 主要有苗木修枝、定杆及截杆剩余物, 幼林(未成林)抚育, 公益林抚育间伐、采伐, 以及林产品生产加工剩余物和废旧木制品等。

结合我国森林经营和林地管理情况, 林木生物质能源资源的具体分类及构成情况如图1所示。

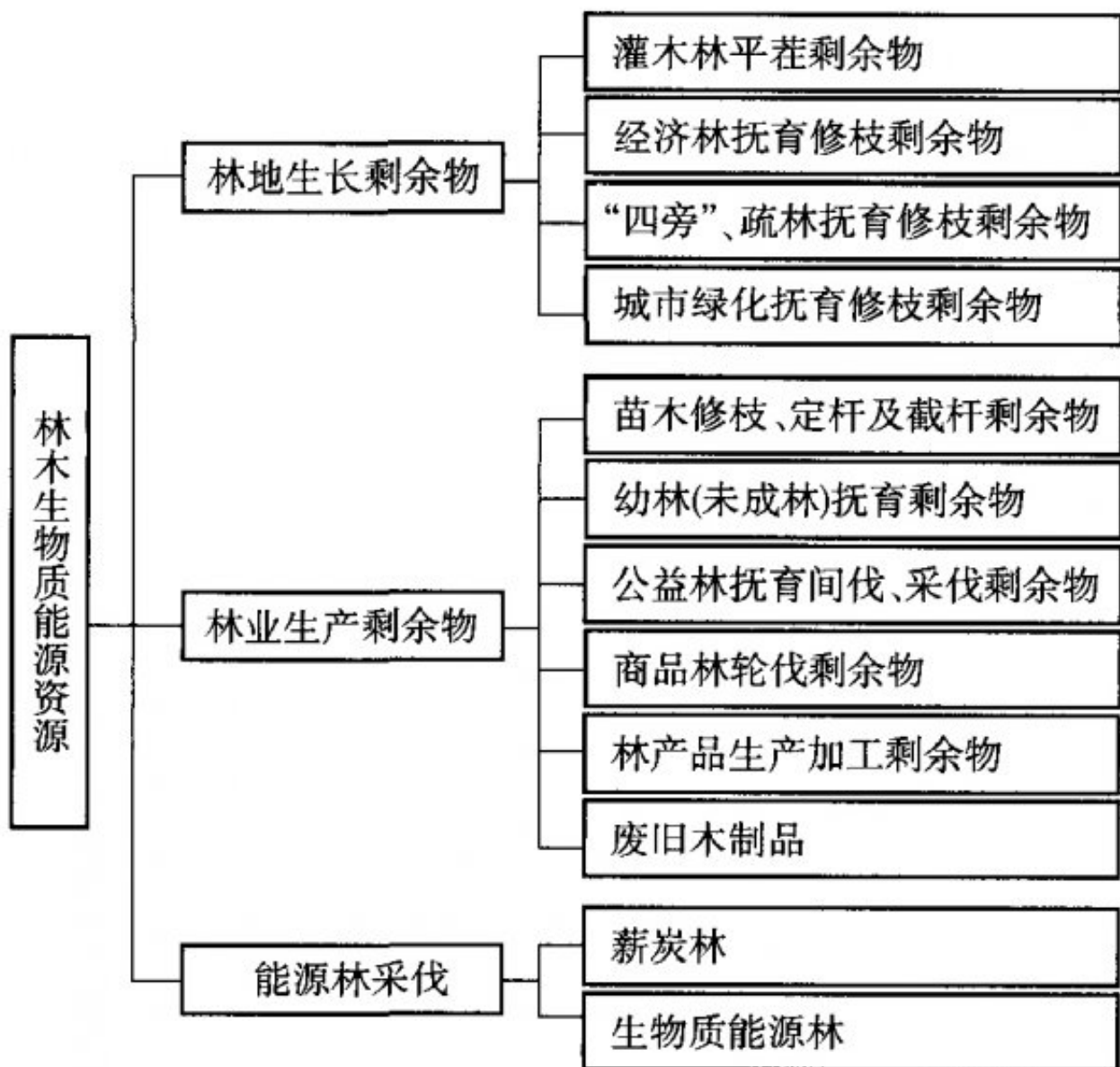


图1 林木生物质能源资源类型及构成图

二、我国林木生物质能源资源初步估算

（一）自下而上的估算模型

根据林木生物质能源资源的来源和类型，这里采用自下而上的系统分析思想构建资源估算模型，对林木生物质能源资源进行多样化的量化估计[10]。

1. 林地生长剩余物

$$L_{11} = \sum_{i=1}^n FR_i \times u_i \times v_i \quad (1)$$

其中, L_{11} 为来自林木生长剩余物的资源量, FR_i 为第 i 种林木资源量, u_i 为第 i 种剩余物折算系数, v_i 为第 i 种剩余物可利用系数。

2. 林业生产剩余物

1) 苗木培育和抚育间伐剩余物。森林培育包括种苗培育、造林更新和营林等生产过程产生的各类林木剩余物, 可用如下公式进行估算:

$$L_{21} = \sum_{j=1}^n FR_j \times u_j \times v_j \quad (2)$$

其中, L_{21} 为来自林木生长剩余物的资源总量, FR_j 为第 j 种林木资源量, u_j 为第 j 种剩余物折算系数, v_j 为第 j 种剩余物可利用系数。

2) 林木采伐、造材剩余物。林木采伐、造材剩余物的生物质能源潜力的计算可通过林木总采伐量乘以林木采伐剩余物产出比例和可回收比例(即为丢弃不用的部分)。计算公式如下:

$$L_{22} = TC \times k \times f \quad (3)$$

其中, L_{22} 为来自森林采伐和造材剩余物的林木生物质资源量, TC 为林木总采伐量, k 为林木采伐剩余物产出比例, f 为林木采伐剩余物可回收比例。

3) 林产品生产加工剩余物。林产品生产加工剩余物(如木质削片、锯末等)的生物质能源潜力的计算是通过工业圆材生产量乘以林木加工剩余物的产出比例和林产品生产加工剩余物的可回收比例进行的。具体计算公式如下:

$$L_{23} = IC \times pr \times rr \quad (4)$$

其中, L_{23} 为来自木材加工剩余物的林木生物质能源资源量, IC 为工业与建筑木材消耗量, pr 为林产品生产加工剩余物的产出比例, rr 为林产品生产加工剩余物的可回收比例。

4) 废旧木制品。废旧木制品的来源有很多, 其中包括废弃木制家具或家具部件、装修木质废料、建

筑木质废料以及拆迁木质废料等。废旧木制品的生物质能源计算公式如下:

$$L_{24} = IC \times l \times lr \quad (5)$$

其中, L_{24} 为来自废弃的林木产品的林木生物质资源, IC 为工业与建筑木材的消耗量, l 为木制产品剩余物的产出比例, lr 为废弃林木产品可回收比例。

3. 能源林采伐

根据我国的实际情况, 木质能源林主要是指薪炭林, 故本文计算的能源林生长量主要是指薪炭能源林每年的生长量。能源林资源量的估算模型如下:

$$L_{31} = EF \times g \times cr \quad (6)$$

其中, L_{31} 为能源林资源量, EF 为能源林种植的面积, g 为单位面积能源林的生长量, cr 为能源林采收比例。

(二) 林木生物质能源资源量估算结果

1. 林地生长剩余物

林地生长剩余物=灌木平茬剩余物+经济林抚育修枝剩余物+“四旁”、疏林抚育修枝剩余物+城市绿化抚育修枝剩余物。根据林地生产剩余物的估算模型, 结合《第八次森林清查报告》和《中国林业统计年鉴》(2013), 可得出估算结果(详见表1)。公式中的剩余物折算系数 u_i 和剩余物可利用系数 v_i 是根据各大林区获得的样地实验数据, 并结合有关文献得出的。各相关系数如表1所示[5-14]。对于城市绿化更新与修剪剩余物, 根据国家绿化委员会的城市绿化资料, 我国平均每年林木修剪和树木更新产生的剩余物达0.4亿t, 约0.2亿t可作为能源资源被利用。

表 1 部分林木剩余物计算系数和估算结果

林木剩余物 来源与类型	资源总量/ 10^3 hm^2	剩余物 折算系数 $u_i/\%$	折重	可获得林木 生物质资源 量/ 10^6 t	能源化 可利用 系数 $v_i/\%$	林木生物 质能源资 源量/ 10^6 t
灌木林平茬	55 900	33	10 t/hm^2	184.5	56	103.3
经济林抚育修剪	20 570	100	7.2 t/hm^2	148.1	20	29.6
“四旁”、疏林抚育修枝	23.6 (10^9 株)	100	2 kg/株	47.2	33	15.6
城市绿化更新修剪				40.0	50	20.0
中幼林抚育与间伐	7 847.2	10	7.2 t/hm^2	5.65	22	1.24
苗木修枝、定杆及截杆	17.6 (10^9 株)	100	0.125 kg/株	2.2	67	1.47

2. 林业生产剩余物

1) 苗木培育和抚育间伐剩余物。森林抚育间伐剩余物是通过森林实施抚育、间伐和林下清理等活动产生的除木材标准以外的部分，包括小径木、枝梢、灌木、树皮、树叶、树根等。当前，森林抚育主要以中幼林为对象，产生的大量剩余物堆积在林中，很容易产生病虫害，同时极易引起森林火灾。据统计，2013年我国森林中幼林抚育面积为78 472万 hm^2 [13]”，通过公式(2)计算，可产生抚育剩余物、林木剩余物565万t。另据相关文献研究”，森林抚育间伐还包括林下灌丛的修枝、清理和对森林进行修剪，防火道清理火烧木、病虫死树等产生的林木废弃物，这部分资源量近2亿t。2013年，我国造林约610.01万 hm^2 ，造林使用苗木及绿化苗木量约17.6亿株，年产生的育苗修枝、定杆和截杆剩余物约220万t。

2) 林木采伐、造材剩余物。根据“十二五”期间全国森林采伐限额，2013年我国每年采伐指标为2.75亿 m^3 ，木材产量为1.15亿 m^3 。这里用采伐限额代替林木总采伐量，根据公式(3)计算出采伐、造材剩余物产出比例约58%。在林木采伐剩余物中，绝大部分被用于继续加工生产，仅有一小部分被丢弃，可在今后用于生产林木生物质能源。根据已有文献[8]，可以估计出林木采伐和造材剩余物可回收比例约为26.14%。

综上，采伐、造材剩余物总量 $L_{22}=2.75 \times 58\% \times 26.14\%=0.42$ 亿 m^3 ，折合生物量约为0.49亿t。

3) 林产品生产加工剩余物。工业与建筑业木材消耗量IC包括国产原木、进口原木、国产人造板、进口人造板、进口人造板和家具等木制品的木材消耗量，本文采用国产木材的产量进行估算。根据《中国林业统计年鉴》(2013)，我国的木材产量为0.84亿 m^3 ，在《中国森林能源》中指出，林产品生产加工剩余物数量约为原木的15%-34.4%。综合参考有关文献，本文中加工剩余物产出比例pr则按20%计算。加工剩余物可回收比例rr同采伐、造材剩余物可回收比例，约为26.14%[11]。综上，根据公式(4)计算，来自林产品生产加工剩余物可用于能源利用的资源总量为： $L_{22}=0.84 \times 20\% \times 26.14\%=0.044$ 亿 m^3 。折合生物量约为0.044亿t。

4) 废旧木制品。根据相关数据资料[15]，我国每年各类木质家具、门窗、枕木、建筑木等废弃木材制品抛弃物大约0.6亿t。其中，可作为能源资源利用的约0.3亿t，是发展生物质成型燃料的主要原料。

3. 能源林采伐

薪炭林是传统上解决农村能源短缺问题的有效途径之一。薪炭林的产量因所处立地和自然条件不同，树种差异较大，其生物产量和热值差异也较大，如海南岛引种成功的树种(尾叶桉、马占相思等)年均生物量为20~30t/ hm^2 ，广西南宁的窿缘桉年均生物量达47.15t/ hm^2 等[12]。这里按照薪炭林的年产量16t/ hm^2 ，4年平茬一次计算[11]，2013年我国薪炭林的面积约249万 hm^2 ，故薪炭林年可产996万t木质资源。

综上，上文分别计算了林地生长剩余物、林业生产剩余物和能源林的生物质能源资源潜力，故林木生物质能源资源总量及分布如表2所示。

表 2 林木生物质能源资源总量

生物质能源资源	类型	可获得剩余物总量/亿 t	可作为能源利用生物量/亿 t
林地生长剩余物	灌木林平茬剩余物	1.85	1.03
	经济林抚育修枝剩余物	1.48	0.30
	“四旁”、疏林抚育修枝剩余物	0.47	0.16
	城市绿化抚育修枝剩余物	0.40	0.20
	小计	4.20	1.69
林业生产剩余物	苗木修枝、定杆及截杆剩余物	0.02	0.01
	森林抚育与间伐剩余物	0.06	0.01
	林木采伐、造材剩余物	3.22	0.49
	林产品生产加工剩余物	0.74	0.04
	废旧木制品	0.60	0.30
	小计	4.64	0.85
能源林采伐	薪炭林	0.40	0.10
总计		9.24	2.64

三、结语

根据上文建立的林木生物质能源资源潜力估算模型，基于2013年林业基础数据并通过自下而上的计算方法，对我国现有林木生物质能源资源量进行估算得出的结论是，目前我国全部林木生物质资源总量中，除去用于工业圆木和传统薪材的林木质资源后，可获得的剩余物总量约为9.24亿t，其中，可作为能源利用的生物质总量约为2.64亿t，占全部剩余物总量的28.57%。在各类林木生物质能源资源中，林地生长剩余物和林业生产剩余物占比都相对较大，如果合理利用，可以作为林木生物质能源资源的重要供给途径。而目前作为林木生物质能源资源的重要来源——能源林的生物资源量仅占全部资源量的3.79%，可见我国在能源林的种植和采收方面还存在很大的上升空间。

参考文献:

- [1] MALINEN J, PESONEN M, MAATTA T, et al. Potential harvest for wood fuels (energy wood) from logging residues and first thinning[J]. Biomass and Bioenergy, 2001(3): 189-196.
- [2] NOPHEA S, WOLFGANG K. Woody biomass and bioenergy potentials in Southeast Asia between 1990 and 2020[J]. Applied Energy, 2009(86): 140-150.
- [3] SMEETS E, FAAIJ A. Bioenergy potentials from forestry in 2050 an assessment of the drivers that determine the potential[J]. Climatic Change, 2007(81): 353-390.
- [4] 蔡飞,张兰,张彩虹. 我国林木生物质能源资源潜力与可利用性探析[J]. 北京林业大学学报(社会科学版), 2012, 11(4): 103-107.
- [5] 贺仁飞. 中国生物质能的地区分布及开发利用评价[D]. 兰州: 兰州大学, 2013.
- [6] 刘刚,沈镭. 中国生物质能源的定量评价及其地理分布[J]. 自然资源学报, 2006, 22(1): 9-18.
- [7] 罗凌. 关于中国发展林木生物质能源原料供给的思考[J]. 山东林业科技, 2012(6): 101-105.
- [8] 吕文,王春峰. 中国林木生物质能源发展潜力研究[J]. 中国能源, 2005, 27(11): 21-26.
- [9] 马岩. 我国林业生物质能源资源蓄积量的估算[C]// 南宁: 第二届中国林业学术大会——S11 木材及生物质资源高效增值利用与木材安全论文集, 2009: 578-582.
- [10] 张兰. 中国林木生物质发电原料供应与产业化研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2010.
- [11] 张希良,吕文. 中国森林能源[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [12] 张建国,彭祚登. 中国薪炭林培育技术[J]. 生物质化学工程, 2006(S1): 56-66.
- [13] 国家林业局. 中国林业统计年鉴[M]. 北京: 中国林业出版社, 2013.
- [14] 国家林业局. 中国林业发展报告[M]. 北京: 中国林业出版社, 2014.
- [15] 黄彬,赵牧一,王叶辉,等. 废旧木质家具的回收与再利用——以长沙市为例[J]. 家具与室内装饰, 2012(5): 88-89.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/186115.html>