

林业剩余物资源量评估所用系数的定义和取值

傅童成^{1,3}, 王红彦², 谢光辉^{1,3}

1 中国农业大学 农学院, 北京 100193

2 中国农业科学院 农业资源与农业区划研究所, 北京 100081

3 国家能源非粮生物质原料研发中心, 北京 100193

傅童成, 王红彦, 谢光辉. 林业剩余物资源量评估所用系数的定义和取值. 生物工程学报, 2018, 34(10): 1693–1705.

Fu TC, Wang HY, Xie GH. Definition and assessment of coefficients for the calculation of forestry residues. Chin J Biotech, 2018, 34(10): 1693–1705.

摘要: 有机废弃物是重要的待开发利用的生物质资源, 特别是发展生物炼制。文中针对林业剩余物二级分类的全部 10 个类型, 根据 1993–2017 年间报道的有关林业剩余物系数研究, 首先在前人研究结果的基础上, 完善了系数体系及其定义。然后, 对以前的取值通过文献溯源甄别其合理性, 对于没有明确依据的取值和迄今未取值的系数, 通过相关研究获得数据并进行实地调研, 确定了计算林木苗圃剩余物、林木修枝剩余物、木材采伐剩余物、木材造材剩余物、木材加工剩余物、竹材加工剩余物、薪材、废旧竹材和废旧木材、香蕉和菠萝残体所需系数的合理取值。

关键词: 采伐剩余物系数, 加工剩余物系数, 竹材剩余物产出系数

Definition and assessment of coefficients for the calculation of forestry residues

Tongcheng Fu^{1,3}, Hongyan Wang², and Guanghui Xie^{1,3}

1 College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China

2 Institute of Agricultural Resource, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

3 National Energy R & D Center for Non-food Biomass, Beijing 100193, China

Abstract: Organic waste is an important biomass resource. In this study the definition of coefficients for the calculation of all the secondary 10 forestry residue categories was improved and established according to literature reviewing of previous reports between 1982 and 2017. The rationality of value-taking for each coefficient in previous literature was examined by tracing to its citation sources. The irrational, or unstudied coefficients were assessed using the data in previous reports or questionnaire surveys. Lastly, values of the coefficient for the calculation of woody nursery residue, forest woody pruning

Received: December 25, 2017; **Accepted:** April 25, 2018

Supported by: National Development and Reform Commission on Climate Change, China Clean Development Mechanism Program (No. 2014083).

Corresponding author: Guanghui Xie. Tel: +86-10-62734850; Fax: +86-10-62734851; E-mail: xiegh@cau.edu.cn

国家发展与改革委应对气候变化司中国清洁发展机制基金赠款项目 (No. 2014083) 资助。

网络出版时间: 2018-05-04

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1998.Q.20180511.1800.003.html>

residue, wood logging residue, firewood, wood bucking residue, wood handling residue, waste wood, banana and pineapple plant residue, bamboo processing residue and waste bamboo were reasonably assessed in this study.

Keywords: logging residue coefficient, processing residue coefficient, bamboo processing residue coefficient

准确评估林业剩余物资源量是制定相关政策措施和生物质产业发展规划的重要参考。但是,一直以来前人对林业剩余物的估算差异较大,为此,本系列研究前文讨论并完善了林业剩余物的概念定义^[1],完善了各类型剩余物的计算公式^[2]。本文综合分析前人对计算所用系数,结合产业调研,以期确定一套迄今较为合理的定义和取值。

1 研究方法

1.1 本文所用的定义和研究范围

应用本系列研究对林业剩余物定义的狭义概念^[1],即在林业育苗、管理、采伐、造材、加工和利用的整个过程中产生的废弃物潜在量的总和,但不包括各林种的凋落物(即枯枝、落叶和弃果等)和经济林收获物加工、食用产生的废弃物(即果皮、果壳、残渣等)。根据本系列研究,林业剩余物二级分类包括林木苗圃剩余物、林木修枝剩余物、木材采伐剩余物、木材造材剩余物、木材加工剩余物、竹材加工剩余物、薪材、废旧竹材、废旧木材、香蕉和菠萝残体。本研究的范围是计算这些二级分类的林业剩余物所需要系数的定义和取值。

1.2 林业剩余物资源量评估方法及其参数

根据本系列研究的前文报道^[2],以国家或行业统计的各类林业生产指标数据作为参数,乘以相应的剩余物产出系数得到各类剩余物资源量。计算中所用主要参数包括各林种面积、造林苗木数量、木本水果种植面积、原木产量、薪材体积产量、加工用材量、大径竹产量、木制品产量、竹地板产量、竹胶合板产量、香蕉种植面积、菠萝种植面积,其定义及数据来源已经明确^[2]。林业剩余物产出系数共有 32 个^[2],其定义和取值直接

关系着计算结果的准确性。

1.3 数据来源

通过查阅 1993–2017 年间的中国博士和硕士学位论文、国内外相关著作及期刊论文,提取其中计算所用的系数,评估系数其取值的合理性。

同时采取问卷调查的方法对有关系数进行取值。2017 年 8–10 月对木本水果修枝剩余物相关问题进行了问卷调查,获得 35 位果农和 4 位果树生产一线技术人员的问卷共 157 份,其中异常样本 6 份、有效样本 151 份,在有效样本中,经济林剪枝调研样本 80 份,经济林更新采伐情况调研样本 71 份。2017 年 11 月对山西省和北京市的 7 个苗圃剩余物进行了实地调研,取得有效问卷 6 份。

2 结果与分析

2.1 木材密度 (α_w)

木材密度是单位体积木材的质量,也叫折重系数,分为基本密度、生材密度、气干密度和绝干密度^[3]。根据林业生产实际,本研究认为木材剩余物估算宜用木材气干密度,含水率一般为 12%^[3]。

较多研究都将木材密度取为 1.17 t/m³(表 1),本研究通过对文献溯源,发现刘刚等^[4]最早引用了此取值,但是并未给出引用依据。潘小苏^[5]也引用了此值,经溯源发现此值在原文献^[6]中为 biomass expansion factor,并不是木材密度。还有报道^[7]将木材密度取值为 0.5 t/m³或 0.9 t/m³,但因为取值依据不明确而不宜采用。王红彦等最近报道^[8]引用了我国目前主要木材树种的木材气干密度平均值 0.618 t/m³^[9](表 1),由于获得此值的树种类型多,样本量较大,因此是合理的,适用于各种木材剩余物。

表 1 前人林业剩余物研究对木材密度的取值

Table 1 Coefficient for wood density (WD) according to previous studies

WD type	WD (t/m ³)	Value taking method	Reference	WD type	WD (t/m ³)	Value taking method	Reference
气干密度	0.618	引用前人实测平均值 ^[9]	[8]	不详	0.9	不详	[7]
不详	1.17	不详	[4,11]	气干密度	0.5	引用的文献无法溯源	[10]
不详	1.17	FAO 报告 ^[6]	[5]	不详	0.9	不详	[4,11]
不详	1.17	不详	[7]				

2.2 竹材密度 (α_b)

竹材密度是单位体积竹材的质量。本研究认为宜用气干密度,其含水率一般为 15%^[3]。由于竹材废弃主要为大径竹,而行业统计的大径竹主要品种为毛竹^[12],因此,以毛竹材的气干密度^[3](即 0.81 t/m³)作为竹材废弃物密度取值是合适的。

2.3 林木苗圃剩余物产率 (p_n)

林木苗圃剩余物产率指在苗圃中每年因苗木死亡以及修枝、定杆、截杆产生的截头和树梢等剩余物的气干重量。本研究对北京市和山西省的 6 家苗圃进行了实地问卷调研,主要树种为银杏、苹果、毛竹、玉兰、柿,平均苗圃剩余物产率取值为气干重 0.233 kg/棵。前人研究^[5,13]将每年苗圃修枝、定杆、截杆产生的截头和树梢等剩余物的质量取值为 0.125 kg/棵,但是并没有说明其取值来源,也没有说明剩余物的含水率,同时可能因为没有包括因苗木死亡产生的剩余物而比本研

究调研获得的值小,因此,苗圃剩余物平均产率按本研究调研结果取值。

2.4 林木修枝频度系数和每次修枝剩余物产率

林木修枝频度系数是修枝周期年数的倒数的百分比,类似于取柴系数^[14]或产柴系数^[8]。修枝剩余物产率是指单位面积上每次修枝产生枝桠的质量,前人研究也叫产柴率^[8,14]。由于经济林尤其是木本水果的管理及其修枝剩余物收集具有特殊性,而且木本水果的生产情况统计更为具体,本文分别进行了实地调研取值。因此,不建议应用前人研究^[5,7-8,13,15]将经济林作为一个整体应用其修枝频度和修枝剩余物产率。

2.4.1 用材林、防护林、特种用途林修枝频度系数 (f_t, f_p, f_s) 和每次修枝剩余物产率 (p_t, p_p, p_s)

前人研究^[10,16]报道了不同地区用材林、特种用途林、防护林的修枝剩余物产率(表 2),由于没有更新的研究目前按此取值是合理的。

表 2 前人对林木第年修枝频度系数和每次修枝剩余物产率的取值

Table 2 Coefficient assessment for annual forest pruning frequency (FPF) and pruning residue rate (PRR) for each pruning according to previous studies

Forest category	Reference	South area ^a		Plain hill area ^b		North area ^c		PRR Type
		FPF (%)	PRR (t/hm ²)	FPF (%)	PRR (t/hm ²)	FPF (%)	PRR (t/hm ²)	
用材林	[14]	50	0.75	70	0.75	20	0.6	气干重 ^d
防护林	[14]	20	0.375	50	0.375	20	0.375	气干重 ^d
特种用途林	[8]	20	0.375	50	0.375	20	0.375	气干重 ^e

^a: South area includes Zhejiang, Fujian, Jiangxi, Hunan, Hubei, Guangdong, Hainan, Yunnan, Guizhou, Sichuan, Chongqing, Guangxi, Tibet in China.

^b: Plain hill area includes Beijing, Tianjin, Hebei, Shandong, Henan, Jiangsu, Anhui, Shanghai in China.

^c: North area includes Liaoning, Jilin, Heilongjiang, Inner Mongolia, Ningxia, Xinjiang, Shanxi, Shaanxi, Gansu, Qinghai in China.

^d: The original reference have not noted the type, we consider the weight type is air-dried in this study.

^e: Noted via the communication with authors.

2.4.2 木本水果修枝频度系数 (f_o) 和每次修枝剩余物产率 (p_o)

木本水果包括中国农业年鉴^[17]中统计的7种水果,根据本研究问卷调研的结果,这7种成年木本水果的修枝频度系数和修枝剩余物产率见表3。

2.4.3 其他经济林修枝频度系数 (f_k) 和每次修枝剩余物产率 (p_k)

本研究将表3所列7种木本水果以外的经济林叫其他经济林,对板栗、核桃、龙眼、山楂等共10类经济林木进行了调研,以其所有调研样本的结果取平均值,得到其他经济林修枝频度系数为129%、每次修枝剩余物产率为2.06 t/hm²(表4)。

2.5 经济林栽植密度 (d)、采伐频度系数 (f_c)、采伐剩余物产率 (p_e)、原木材积产率 (p_{ei})、经济林木材加工系数 (c_e)

经济林栽植密度是经济林生产中单位面积上种植的林木棵数。根据本研究调研结果,我国经济林栽植密度平均为1 036 棵/hm²(表5)。

表3 本研究对木本水果每年修枝频度系数和每次修枝剩余物产率的调研取值结果

Table 3 Coefficient assessment for annual forest pruning frequency (FPF) and residue production rate (PRR) for each pruning of woody fruit trees in China according to the field survey of this study

Fruit tree	FPF (%)	PRR ^a (t/hm ²)	Sample size (n)	Region
苹果	194	2.84	17	山东、山西
柑橘	163	2.69	8	广西、江西
桃	144	2.54	18	河南、山东、山西、河北
梨	100	3.78	2	河南、山东
葡萄	100	5.25	1	广西
猕猴桃	100	1.68	1	四川
荔枝	100	2.24	3	广西、广东

^a: PRR value was based on the air-dried weight.

表4 本研究对其他经济林每年修枝频度系数和每次修枝剩余物产率的调研取值结果

Table 4 Annual forest pruning frequency (FPF) and residue production rate (PRR) for each pruning of other economic forest in China according to the field survey of this study

Fruit tree	FPF (%)	PRR ^a (t/hm ²)	Sample size (n)	Region
板栗	100	1.11	5	山东
核桃	100	3.26	2	山东
龙眼	100	2.10	1	广西
山楂	157	2.03	7	山东
柿	100	0.84	1	山西
柳	200	4.62	1	云南
杏	109	2.04	11	山西、河南、山东
银杏	100	4.41	2	河南、广西
樱桃	167	1.08	3	山东
枣	300	1.68	1	山东
平均	129	2.06	34 ^a	

^a: The value is the sum number of all samples.

表5 本研究对经济林有关系数的调研取值结果

Table 5 Coefficient assessment for the economic forest residue according to the field survey of this study

Coefficient ^{a,b}	Value	Sample size (n)
经济林栽植密度 (棵/hm ²)	1 036	75
经济林采伐剩余物产率 (气干重, t/棵)	0.018 5	73
经济林原木材积产率 (m ³ /棵)	0.204 0	72
经济林木材加工用材系数 (%)	11.72	67
经济林采伐频度系数 (%)	3.67	71

^a: The coefficient covered forest species of cherry, Chinese chestnut, orange, citrus, walnut, litchi, longan, kiwi, apple, grape, hawthorn, persimmon, pear, peach, willow, apricot, ginkgo, jujube in China.

^b: The questionnaire survey was conducted for forest in Guangdong, Guangxi, Hebei, Henan, Shandong, Shanxi, Yunnan, Sichuan, Jiangxi in China.

经济林采伐频度系数是指经济林的经济寿命的倒数百分比。本研究调查了我国实际生产中经济林的采伐频度,约26年采伐一次,即其采伐频度为3.67% (表5)。有研究^[8]报道,将果园平均更新周期定为15年,虽然多数木本水果的盛果期可达20年以上^[16],但在经营过程中往往提前更新变更栽植品种。但是,果园仅是经济林的一部分,例如,据专家咨询结果,板栗、山楂、柿树由于盛果期较长,寿命多在40–50年间,因此本研究的调研结果取值更为合理。

经济林木材采伐剩余物产率是平均每棵经济林采伐过程中产出剩余物质量。经济林原木材积产率是平均每棵经济林木经采伐和造材后形成的原木材积量。截止目前,尚未检索到前人关于这两个指标取值的研究,根据本研究问卷调查结果,经济林采伐剩余物产率取值为气干重0.018 5 t/棵,经济林原木材积产率取值为0.204 0 m³/棵 (表5)。

经济林木材加工系数是经济林被采伐后经过打枝、截梢和造材工艺所形成的原木中,被用于加工的量占原木总量的比例。根据本研究67份调研问卷显示,经济林木材加工系数为11.72%。

2.6 木材采伐剩余物系数 (c_c)

指用材林、防护林和特种用途林在其采伐过程产生的剩余物占所采伐林木蓄积量的体积百分比。虽然前人研究对计入木材采伐剩余物内容物不尽相同 (表6),这是林业生产的复杂性所导致,多数研究应用通过经验分析对木材采伐剩余物系数取值为40%,这在目前的研究中是合理的。

近年来有研究^[8]使用“非立木剩余物数量相当于立木材积量的平均比重”(原文简称为“非立系数”)计算木材采伐和造材剩余物的“非立木部分”,认为非立木部分不属于采伐剩余物,这是值得商榷的。首先,“非立系数”本质上就是“用材林、防护林和特种用途林木材采伐剩余物系数”,将原文中此系数的定义与用材林、防护林和特种用途

林木材采伐剩余物系数的定义进行对比发现,实质上两个系数包含的内容物是相同的。第二,“非立系数”将树兜计入了非商品材范围,然而树兜的地上部分属于立木蓄积,其地下部分收集又十分困难。

2.7 原木出材率 (o_t)

也叫经济材出材率,指树干或木段用材长度和小头直径、材质等指标符合用材标准的各种原木、板方材等材种的材积量,占其生产所用林木的立木蓄积量的百分比 (公式1)。经济材出材率前人研究较多,对1 304个样本进行加权平均获得取值为77.12% (表7),由于样本量大,该取值具有代表性。

$$o_t = \frac{p_l}{V_{fr}} \cdot 100\% \quad \text{公式(1)}$$

式中, o_t 为原木出材率(%), p_l 为原木产量(m³), V_{fr} 为采伐立木蓄积量(m³)。

表6 前人研究中木材采伐剩余物系数的取值
Table 6 Coefficient assessment for wood logging residue according to previous studies

Value (%)	Content	Value taking method	Reference
40	梢头, 枝桠, 树叶	引用前人 ^[18]	[4]
40	不详	引用前人 ^[4-5,13]	[7]
40	枝桠, 树梢, 枯倒木, 砸伤木, 遗弃材	理论计算	[19]
30	枝桠	引用前人 ^[20]	[8]
50	枝桠, 树根, 树桩	引用前人 ^[20]	[8]
38–40	不详	不详	[21]
30	枝桠, 梢头	理论计算	[22]
33	不详	理论计算	[23]

表 7 前人研究的不同树种的原木出材率的取值

Table 7 Coefficient assessment for log outturn percentage (LOP) and the sample size (SS) of different tree species according to previous studies

Tree	LOP (%)	SS (n)	Reference	Tree	LOP (%)	SS (n)	Reference	Tree	LOP (%)	SS (n)	Reference
杉木	76.90	22	[24]	杉木	85.89	25	[40]	长白落叶松	88.54	27	[50]
杉木	75.60	20	[25]	杉木	79.20	13	[41]	长白落叶松	73.79	15	[51]
杉木	82.90	14	[26]	杉木	81.71	50	[41]	长白落叶松	85.48	12	[52]
杉木	75.29	18	[27]	杉木	70.94	17	[42]	日本落叶松	89.96	7	[53]
杉木	75.85	75	[28]	马尾松	58.82	22	[29]	樟子松	63.23	47	[54]
杉木	85.20	4	[29]	马尾松	84.25	30	[43]	落叶松	80.35	7	[30]
杉木	69.10	7	[30]	马尾松	77.57	50	[44]	杨树	86.77	24	[55]
杉木	64.75	10	[31]	马尾松	32.00	18	[45]	柳杉	85.05	18	[56]
杉木	75.00	18	[32]	马尾松	73.10	18	[32]	木荷	77.86	15	[57]
杉木	72.16	7	[33]	马尾松	78.72	13	[41]	木荷	75.23	18	[58]
杉木	76.43	8	[34]	马尾松	80.69	50	[41]	尾巨桉	78.26	8	[59]
杉木	84.17	17	[35]	马尾松	72.36	18	[46]	柏木	83.92	3	[60]
杉木	74.29	54	[36]	福建马尾松	73.16	50	[47]	福建柏	78.70	18	[61]
杉木	73.00	20	[37]	火炬松	86.04	50	[44]	福建柏	79.80	18	[61]
杉木	79.00	20	[37]	湿地松	79.80	50	[44]	福建柏	80.80	18	[61]
杉木	75.00	20	[37]	湿地松	71.67	20	[48]	福建柏	84.36	8	[62]
杉木	67.93	53	[38]	湿地松	65.04	18	[49]	福建柏	83.91	12	[47]
杉木	94.70	16	[39]	湿地松	69.27	16	[49]	阔叶树	85.16	98	[63]

2.8 木材造材剩余物系数 (c_b)

指原条在造材过程中产生的剩余物占其所生产原木材积量的体积百分比。于丹^[7]将此系数取值定为 34%。造材剩余物系数与原木出材率也有一定关系,造材的原料为原条(约等于采伐立木蓄积量),造材过程会产生原木与造材剩余物。综上所述,结合公式 1,造材剩余物系数可由公式 2 推导。

$$c_b = \frac{B_r}{p_l} \cdot 100\% = \frac{(V_{fr} - p_l)}{p_l} \cdot 100\% = \left(\frac{V_{fr}}{p_l} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{1}{o_c} - 1 \right) \cdot 100\% \quad \text{公式(2)}$$

式中, c_b : 木材造材剩余物系数 (%), B_r : 造

材剩余物 (m^3), o_t : 原木出材率 (%), p_l : 原木产量 (m^3), V_{fr} : 采伐立木蓄积量 (m^3)。

2.9 木材加工剩余物系数 (c_h)

指原木在加工过程中产生剩余物占所消耗原木的体积百分比,很多研究将此系数称为木材加工剩余物产出比例^[5,7,13],也有称为木材加工剩余物折算系数^[4,64]。多数研究的取值范围为 15%–34.4%,由于应用 34.4%较多因而也是相对合理的取值(表 8)。也有学者认为^[8],由原木加工至成品过程中产生的木材加工剩余物可达 60%,这是由于未考虑木材加工过程中存在边角料再利用的情况^[65]。根据最后产出的木材产品的不同,加工剩余物所占原木比例也会不同。

表 8 木材加工剩余物系数的内容和取值

Table 8 Coefficient assessment for wood handling residue percentage (WHRP) of forest according to previous studies

WHRP (%)	Residue component	Value taking method	Reference
34.4	板皮、板条、刨花、锯末等	引用前人 ^[18]	[4]
34.4	板皮、板条、刨花、锯末	引用不详	[10]
34.4	板皮、板条、刨花等占 71% 锯末占 29%	实地调查	[15]
34.4	板皮、板条、刨花、锯末	未注明	[64]
20	不详	理论平均	[7, 13]
60	由原木到锯材和锯材到木制品的加工剩余物	引用文献 ^[67-69]	[8]
40	由原木加工成木材产品产生的剩余物	理论取值	[19]
15-34.4	板皮、板条、刨花、锯末	理论取值	[66]

2.10 进口木材加工系数 (c_m)

进口木材加工系数是进口木材中加工用材占总进口原木的体积百分比。本研究通过咨询中国海关得知,我国海关统计系统暂时不统计原木到岸后的具体用途。因此,本研究拟使用中国林业统计年鉴用的加工用材量占商品材产量的比估算加工用材占比将此系数取值为 57.11%。

2.11 竹材剩余物产出系数 (c_p)

是在竹材加工过程中产生的竹叶、竹梢、竹枝、竹屑占所采伐竹材的总生物量的重量百分比,本研究特指大径竹。根据实测^[70]及估算^[71-72],在竹地板、竹材胶合板、竹凉席及竹制日用品生产中,大径竹利用率低于 40%,因此竹材剩余物产出系数取值为 60%。

2.12 大径竹平均生物质量 (w_b)

大径竹平均生物质量指单根大径竹的所有地上部气干重量,单位是吨每棵。张齐生研究^[72]指出,1995 年我国散生的大径竹(主要为毛竹)约有 46 亿棵,即生物质量约有 6 300 亿 t,据此计算可知,大径竹的平均生物质量约为 15 kg/棵。

2.13 直接用原木使用寿命 (l_l)、木制品使用寿命 (l_w) 和竹制品使用寿命 (l_m)

直接用原木、木制品和竹制品使用寿命分别

是指其从开始使用到废弃的时间。王红彦等^[8]通过问卷调研得出我国直接用原木和木制品的使用寿命为 12 年。本研究通过专家调研的方式将竹胶合板和竹地板的平均使用寿命取值为 14 年。

2.14 废旧直接用原木回收率 (r_d)、废旧木制品回收率 (r_w) 和废旧竹制品回收率 (r_b)

废旧直接用原木、废旧木制品和废旧竹制品回收率分别指其达到使用寿命后作为废弃被回收的量占实际废弃木材总量的体积百分比。根据《可再生能源中长期发展规划》的预研究^[8],将废旧直接用原木和废旧木制品回收率均取值为 65%。同时,根据本研究专家调研认为竹材和木材的回收率较为接近,将废旧竹制品的回收率也取值为 65%。

2.15 香蕉残体每年产率 (p_b)

单位面积香蕉经收获后遗留的叶、茎和假茎的气干重量。本研究经咨询专家,将香蕉残体每年产率取值为 6.96 t/hm²。

2.16 菠萝残体每年产率 (p_r)

单位面积菠萝经收获后,遗留的地上部分(茎、叶)的气干重量。通过咨询专家,将菠萝残体每年产率取值为 16.43 t/hm²。

3 总结

本研究首先梳理前人相关研究结果，完善了计算第二级分类的林业剩余物所需的系数体系及其定义。然后，对前人的取值通过文献溯源甄别其合理性，对于没有明确依据的取值或未取值的系数，本研究或通过前人相关研究获得数据，或通过实地调研，确定了所有系数的相对合理的取

值总结于表 9。

致谢：本研究就相关技术问题咨询了中国农业大学的张潞生教授、马会勤教授、张新忠教授、刘国杰教授、王忆教授、中国农业科学院的毕于运教授、北京林业大学的贾忠奎教授、国际竹藤中心科技处范少辉处长、上海市杨浦园林绿化建设养护有限责任公司韩嘉寅经理，特致谢忱。

表 9 林业剩余物资源量计算所用系数取值总结

Table 9 Summary of assessment for the coefficients related with forestry residues

Symbol	Coefficient	Unit	Value	Reference	Symbol	Coefficient	Unit	Value	Reference
α_b	竹材密度	t/m ³	0.81	[3]	l_w	木制品使用寿命	a	12	[8]
α_w	木材密度	t/m ³	0.618	[8-9]	o_t	原木出材率	%	77.12	本研究
c_b	木材造材剩余物系数	%	34	[7]	p_b	香蕉残体每年产率	t/hm ²	6.96	本研究
c_c	木材采伐	%	40	[4,7,19]	p_e	经济林采伐	t/棵	0.018 5	本研究
c_e	经济林木材加工系数	%	11.72	本研究	p_{el}	经济林原木材积产率	m ³ /棵	0.204 0	本研究
c_h	木材加工剩余物系数	%	34.4	[4,10,64]	p_k	其他经济林修枝	kg/棵	2.06	本研究
c_m	进口木材加工系数	%	57.11	本研究		剩余物产率			
c_p	竹材剩余物	%	60	本研究	p_n	林木苗圃	kg/棵	0.233	本研究
d	经济林栽植密度	棵/hm ²	1 036	本研究		剩余物产率			
f_c	经济林采伐	%	3.67	本研究	p_o	木本水果修枝	kg/棵	见表 3	
f_k	其他经济林修	%	129	本研究		剩余物产率			
f_o	木本水果修枝	%	见表 3		p_p	防护林修枝	t/hm ²	见表 2	
f_p	防护林修枝频度系数	%	见表 2			剩余物产率			
f_s	特用林修枝	%	见表 2		p_r	菠萝残体	t/hm ²	16.43	本研究
f_t	用材林修枝	%	见表 2			每年产率			
l_t	直接用原木使用寿命	a	12	[8]	p_s	特用林修枝	t/hm ²	见表 2	
l_m	竹制品使用寿命	a	14	本研究		剩余物产率			
					p_t	用材林修枝	t/hm ²	见表 2	
						剩余物产率			
					r_b	废旧竹制品	%	65	本研究
						回收率			
					r_d	废旧直接用	%	65	[8]
						原木回收率			
					r_w	废旧木制品回收率	%	65	[8]
					w_b	大径竹平均	t/千棵	15	[73]
						生物质量			

Value of all the coefficients were based on air-dried weight.

REFERENCES

- [1] Xie GH, Fu TC, Ma LY, et al. An overview of definition, classification and availability of forestry residue. *J China Agric Univ*, 2018, 23(7): 144–149 (in Chinese).
谢光辉, 傅童成, 马履一, 等. 林业剩余物的定义、分类和可获得性述评. *中国农业大学学报*, 2018, 23(7): 144–149.
- [2] Fu TC, Bao WQ, Xie GH. Methods of forestry residue resource assessment. *Chin J Biotech*, 2018, 34(9): 1500–1509 (in Chinese).
傅童成, 包维卿, 谢光辉, 等. 林业剩余物资源量评估方法. *生物工程学报*, 2018, 34(9): 1500–1509.
- [3] Liu YX, Zhao GJ. *Wood Science*. 2nd ed. Beijing: China Forestry Press, 2012: 143–144, 271–272 (in Chinese).
刘一星, 赵广杰. *木材学*. 2版. 北京: 中国林业出版社, 2012: 143–144, 271–272.
- [4] Liu G, Shen L. Quantitative appraisal of biomass energy and its geographical distribution in China. *J Nat Resour*, 2007, 22(1): 9–19 (in Chinese).
刘刚, 沈镭. 中国生物质能源的定量评价及其地理分布. *自然资源学报*, 2007, 22(1): 9–19.
- [5] Pan XS. Potential evaluation of woody biomass energy[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2014 (in Chinese).
潘小苏. 林木生物质能源资源潜力评估研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2014.
- [6] Garzuglia M, Saket M. Wood volume and woody biomass: review of FRA 2000 estimates. [EB/OL]. [2018-04-20] http://www.fao.org/docrep/007/ae153e/AE153e03.htm#P206_10204.
- [7] Yu D. Evaluation of forest biomass energy resources supply capacity and analysis of influence factors[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2016 (in Chinese).
于丹. 林木生物质能源资源供给能力评价及影响因素分析[D]. 北京: 北京林业大学, 2016.
- [8] Wang HY, Zuo X, Wang DL, et al. The estimation of forest residue resources in China. *J Central South Univ For Technol*, 2017, 37(2): 29–38 (in Chinese).
王红彦, 左旭, 王道龙, 等. 中国林木剩余物数量估算. *中南林业科技大学学报*, 2017, 37(2): 29–38.
- [9] 中国主要木材树种的木材密度[EB/OL]. [2017-05-31]. <http://www.docin.com/p-538775470.html>.
- [10] Shi YC, Wang XQ, Yin WL, et al. *China's Renewable Energy Development Strategy Research—Biomass volume*. Beijing: China Electric Power Press, 2008: 35–37 (in Chinese).
石元春, 王燮卿, 尹伟伦, 等. *中国可再生能源发展战略研究丛书—生物质能卷*. 北京: 中国电力出版社, 2008: 35–37.
- [11] He RF. Geographical distribution of biomass energy and access on its development and utilization in China[D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2013 (in Chinese).
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.
- [12] State Forestry Administration. *China Forestry Statistical Yearbook*. Beijing: Beijing Publishing House of Xinhua Bookstore, 2015: 76–101.
- [13] 国家林业局. *中国林业统计年鉴 2015*. 北京: 新华书店北京发行所, 2015: 76–101 (in Chinese).
- [14] Zhang WD, Zhang L, Zhang CH, et al. Assessment of the potential of forest biomass energy in China. *J Beijing For Univ: Soc Sci*, 2015, 14(2): 52–55 (in Chinese).
张卫东, 张兰, 张彩虹, 等. 我国林木生物质能源资源分类及总量估算. *北京林业大学学报: 社会科学版*, 2015, 14(2): 52–55.
- [15] Yuan ZH, Wu CZ, Ma LL. *Principles and Technologies of Bioenergy Utilization*. Beijing: Chemical Industry Press, 2005: 16–17 (in Chinese).
袁振宏, 吴创之, 马隆龙. *生物质能利用原理与技术*. 北京: 化学工业出版社, 2005: 16–17.
- [16] Xu JQ. Research on tree biomass and resource collecting radium model[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2016 (in Chinese).
徐剑琦. 林木生物质能资源量及资源收集半径的计量研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2006.
- [17] Editorial Committee of China Agricultural Yearbook. *China Agriculture Yearbook-2014*. Beijing: China Agriculture Press, 2015: 226–230 (in Chinese).
中国农业年鉴编辑委员会. *中国农业年鉴-2014*. 北京: 中国农业出版社, 2015: 226–230.
- [18] Editorial Board of Fruit Editor of China Agricultural Encyclopedia Editorial Board, Editorial Board of China Agricultural Encyclopedia. *China Agricultural Encyclopedia*. China Agricultural

- Encyclopedia (Fruit Tree). Beijing: China Agriculture Press, 1993: 44, 200, 256, 272, 328, 417 (in Chinese).
- 中国农业百科全书总编辑委员会果树卷编辑委员会, 中国农业百科全书编辑部. 中国农业百科全书-果树卷. 北京: 中国农业出版社, 1993: 44, 200, 256, 272, 328, 417.
- [19] Wang GS, Lü W, Liu JL, et al. China forest biomass energy resource cultivation and development potential. *China For Ind*, 2006, (1): 12–21 (in Chinese).
王国胜, 吕文, 刘金亮, 等. 中国林木生物质能源资源培育与发展潜力调查(1). *中国林业产业*, 2006, (1): 12–21.
- [20] Shi YC. Biomass: To Win the Future. Beijing: China Agriculture Press, 2011: 299–301 (in Chinese).
石元春. 决胜生物质. 北京: 中国农业大学出版社, 2011: 299–301.
- [21] Jiang MN. Forest tree cutting area material yield and leftovers of investigation and study. *Hunan For Sci Technol*, 1992, 19(3): 31–33 (in Chinese).
江慕媛. 林木出材率和伐区剩余物的调查研究. *湖南林业科技*, 1992, 19(3): 31–33.
- [22] Wen HQ, Liu YS. The suitable production and utilization measures of felling residue. *For Sci Technol*, 1990, (3): 57–59 (in Chinese).
温宏泉, 刘玉书. 采伐剩余物的适宜产量与利用措施. *林业科技*, 1990, (3): 57–59.
- [23] Sun J. Resource and significance of wood residues used as energy sources. *Ren Energy*, 2002, (5): 8–11 (in Chinese).
孙军. 木废料资源及其作为能源利用的前景. *可再生能源*, 2002, (5): 8–11.
- [24] Wang CH, Ye HL. The comprehensive utilization of agriculture and forestry waste. *Chem Ind Times*, 1988, (10): 12–18 (in Chinese).
王传槐, 叶汉玲. 农林废弃物的综合利用. *化工时刊*, 1988, (10): 12–18.
- [25] Xie ZG, Tang ZL, Weng WS, et al. Study on merchant volume ratio prediction model systems. *J Zhejiang For Coll*, 1996, 13(4): 392–396 (in Chinese).
谢哲根, 唐正良, 翁卫松, 等. 材种出材率预估模型研究. *浙江林学院学报*, 1996, 13(4): 392–396.
- [26] Li TT, Zheng XX, Ning YC, et al. A simple method for construction of timber-produced rate table—a case of Kaihua Forest Farm. *J Northwest For Univ*, 2010, 27(1): 155–157 (in Chinese).
李婷婷, 郑小贤, 宁杨翠, 等. 出材率表简易编制方法研究—以浙江省开化林场人工林为例. *西北林学院学报*, 2010, 27(1): 155–157.
- [27] Chen CX. Main influencing factors for Fujian fir timber-produced rate. *East China For Manag*, 1996, 10(3): 45–47 (in Chinese).
陈长雄. 对福建杉木树干出材率主要影响因素的研究. *华东森林经理*, 1996, 10(3): 45–47.
- [28] Cheng ZP. Research and discussion on the timber-produced rate of the fir in Fuzhou national forest farm. *For Pros Des*, 2014, (1): 25–29 (in Chinese).
程周平. 福州市国有林场杉木人工林出材率表编制研究与探讨. *林业勘察设计*, 2014, (1): 25–29.
- [29] Lv JQ. The research on the forest resource assets value of four forest farms such as Gaoben[D]. Hunan: Hunan University, 2014 (in Chinese).
吕俊钦. 高盆等四个林场森林资源价值评估研究[D]. 湖南: 湖南大学, 2014.
- [30] Xiao ZQ. Making forest stand outturn percentage table of *Pinus massoniana* plantation of Gutian County. *For Invent Plan*, 2015, 37(5): 9–11, 17 (in Chinese).
肖祖钦. 古田县马尾松人工林分出材率表的编制. *林业调查规划*, 2015, 37(5): 9–11, 17.
- [31] Wang ML. Theoretical bucking: taper equations and merchantable volume tables. *For Res*, 1998, 11(3): 271–276 (in Chinese).
王明亮. 理论造材: 削度方程和出材率表的编制. *林业科学研究*, 1998, 11(3): 271–276.
- [32] Huang CC, Zheng DX, Huang B, et al. Forecast of stand volume ratio based on artificial neural network. *Central South for Invent Plan*, 2007, 26(4): 43–46 (in Chinese).
黄传春, 郑德祥, 黄斌, 等. 人工神经网络在林分出材率预测中的应用. *中南林业调查规划*, 2007, 26(4): 43–46.
- [33] Lin WL, Huang HJ, Huang XL, et al. Studies on the compilation of the timber-produced rate table of plantation timber assortment of *Cunninghamia lanceolata* and *Pinus massoniana* in Sanming city. *J Fujian For Sci Technol*, 1995, 22(2): 19–24 (in Chinese).
文龙, 黄华娇, 黄修麟, 等. 三明市杉木、马尾松人工林材种出材率表编制的研究. *福建林业科技*, 1995,

- 22(2): 19–24.
- [34] Luo HY. Test and application of the outturn table of Chinese fir. *Anhui Agric Sci Bull*, 2013, 19(23): 66–67, 95 (in Chinese).
罗会友. 杉木人工林出材率测试成果与应用探讨. *安徽农学通报*, 2013, 19(23): 66–67, 95.
- [35] Jiang XD, Huang LZ, Yang JC. On outturn table of stand of Chinese fir plantation. *J Zhejiang For Coll*, 2000, 17(3): 294–297 (in Chinese).
江希钿, 黄娘增, 杨锦昌. 杉木人工林林分出材率表编制方法的研究. *浙江林学院学报*, 2000, 17(3): 294–297.
- [36] Xu ZL, Fan CG. The plantation of the outturn table of Chinese fir plantation in Shuangyong forest farm. *Sichuan For Explor Des*, 1997, (4): 49–52 (in Chinese).
许正亮, 范成刚. 双永林场杉木材种出材率表的编制. *四川林勘设计*, 1997, (4): 49–52.
- [37] Zhou SP. Study on the Compilation of the empirical timber-produced rate of *Cunninghamia lanceolata* in Shunchang county. *East China For Manag*, 2006, 20(4): 23–27 (in Chinese).
周少平. 顺昌杉木林分经验出材率表编制的研究. *华东森林经理*, 2006, 20(4): 23–27.
- [38] Lin YB. Comparative study on the Chinese fir wood outturn rate between different forest farm. *Anhui Agric Sci Bull*, 2013, (13): 114–117 (in Chinese).
林玉斌. 不同林场杉木出材率的对比研究. *安徽农学通报*, 2013, (13): 114–117.
- [39] Ma SL, Lin J, Jiang XD, et al. Application of projection pursuit regression model to the stand merchantable volume rate forecast. *J Fujian Coll For*, 2012, 32(1): 60–63 (in Chinese).
马森林, 林娟, 江希钿, 等. 投影寻踪回归方法在林分出材率预测中的应用. *福建林学院学报*, 2012, 32(1): 60–63.
- [40] Meng XY. Studies of taper equations and the table of merchantable volumes. *J Nanjing Technol Coll For Prod*, 1982(1): 122–133 (in Chinese).
孟宪宇. 削度方程和出材率表的研究. *南京林产工业学院学报*, 1982(1): 122–133.
- [41] Zhang WX. Study on the timber assortment timber-produced rate Table of *Cunninghamia lanceolata* plantation in Yangkou forest farm. *J Fujian For Sci Technol*, 2009, 36(2): 119–122 (in Chinese).
张文祥. 洋口林场杉木人工林材种出材率表的研究. *福建林业科技*, 2009, 36(2): 119–122.
- [42] Cai XL, Zhang ZY, Ouyang XZ. A study on outturn table of log assortment by means of taper equation. *Acta Agric Univ Jiangxiensis*, 1997, 19(6): 127–137 (in Chinese).
蔡学林, 张志云, 欧阳勋志. 应用削度方程研制材种出材率表. *江西农业大学学报*, 1997, 19(6): 127–137.
- [43] Zheng SQ. Working out *Cunninghamia lanceolata* plantation stand species outturn percentage table of Youxi national forest farm. *J Fujian For Sci Technol*, 2009, 36(4): 87–89, 97 (in Chinese).
郑绍全. 尤溪国有林场杉木人工林林分材种出材率表的编制. *福建林业科技*, 2009, 36(4): 87–89, 97.
- [44] Wang PC, Zhuang EQ, Tu BK, et al. Journal of Huazhong A Study on the taper function and merchantable volume yielding rate table of mason pine in Hubei Province. *J Huazhong Agric*, 2001, 20(1): 67–72 (in Chinese).
王鹏程, 庄尔奇, 涂炳坤, 等. 湖北省马尾松人工林削度方程及材种出材率表的研究. *华中农业大学学报*, 2001, 20(1): 67–72.
- [45] He XH, Zhao ZF. Investigation of loblolly pine and slash pine outturn rate and capital cost. *Sichuan For Explor Des*, 1995, (1): 13–15 (in Chinese).
何兴辉, 赵执夫. 火炬松和湿地松出材率及营林成本调查. *四川林勘设计*, 1995, (1): 13–15.
- [46] Lin JF. Research on log rule of timbers from artificial masson pine forest. *J Beijing For Univ*, 2001, 23(4): 35–38 (in Chinese).
林剑峰. 马尾松人工林材种出材率表的研究. *北京林业大学学报*, 2001, 23(4): 35–38.
- [47] Jiang XD, Lin WL, Liu YM, et al. Establishment of the table of timber products per unit of *Pinus massoniana* plantation. *For Pro Des*, 2001, (2): 10–13 (in Chinese).
江希钿, 林文龙, 刘玉明, 等. 马尾松人工林材种出材率表的编制. *林业勘察设计*, 2001, (2): 10–13.
- [48] Zhuang CY. Study on structure regularity and model of timbers sort for *Pinus massoniana* Lamb plantation of Fujian[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2013 (in Chinese).
庄崇洋. 福建马尾松人工林材种出材率结构规律与模

- 型研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2013.
- [49] Wu YZ. Study on the artificial *Pinus elliottii* outturn rate in Lianjiang county. For Pro Des, 2013, (2): 16–20 (in Chinese).
吴岩镇. 连江县湿地松人工林单木地径出材率表的研究. 林业勘察设计, 2013, (2): 16–20.
- [50] Shen JZ, Long H, Zhou XX, et al. Study on the outturn rate of *Pinus elliottii*. Jiangxi For Sci Technol, 1997, (4): 1–6 (in Chinese).
沈家智, 龙红, 周锡祥, 等. 湿地松材积出材率表的研究. 江西林业科技, 1997, (4): 1–6.
- [51] Liu S, Liu C. Working out two-way merchantable volume table of *Larix olgensis* Henry based on taper equation. J Jilin For Univ, 1999, 15(4): 210–213 (in Chinese).
刘盛, 刘成. 利用削度方程编制长白落叶松材种出材率表. 吉林林学院学报, 1999, 15(4): 210–213.
- [52] Zhang TY, Hu XL, Chang K. Studies on the method for the prediction of merchantable volume outturn rate. For Resour Manag, 1992(3): 37–49 (in Chinese).
张铁砚, 胡晓龙, 常昆. 商品材出材率预测方法的研究. 林业资源管理, 1992(3): 37–49.
- [53] Li M, Li CS, Zhang YC, et al. Study on stand outturn tables of wood sorts for Olga hay larch plantations. J Northeast For Univ, 1994, 22(4): 33–39 (in Chinese).
李梦, 李长胜, 张怡春, 等. 长白落叶松人工林林分材种出材率的研究. 东北林业大学学报, 1994, 22(4): 33–39.
- [54] Hui SR, Liu Q, Zhang H, et al. A study on taper equation and stand outturn tables of wood sorts for Japanese larch. J Shenyang Agric Univ, 1996, 27(1): 71–74 (in Chinese).
惠淑荣, 刘强, 张辉, 等. 日本落叶松削度方程和林分材种出材率表的研究. 沈阳农业大学学报, 1996, 27(1): 71–74.
- [55] Pan XM. Design on the two-dimensional timber-produced rate table of mongolian pine plantation. Hubei For Technol, 1998, (3): 19–21 (in Chinese).
潘湘海. 樟子松人工林二元材种出材率表的研制. 河北林业科技, 1998, (3): 19–21.
- [56] Xia FC. Construction of merchantable volume tables of poplar in Henan province. Central South For Invent Plan, 2006, 25(1): 10–12 (in Chinese).
夏丰昌. 河南省杨树材种出材率表的研编. 中南林业调查规划, 2006, 25(1): 10–12.
- [57] Huang Z. Research on the merchantable volume tables of *Cryptomeria fortunei*. For Sci Technol, 1997, (6): 17–19 (in Chinese).
黄增. 柳杉单株木材种出材率表编制的研究. 林业科技通讯, 1997, (6): 17–19.
- [58] Ye YE. Research on the construction of outturn rate of individual wood of *Schima superba* Gardn. et Champ. For Pro Des, 2007, (1): 22–25 (in Chinese).
叶永恩. 木荷单木材种出材率表编制的研究. 林业勘察设计, 2007, (1): 22–25.
- [59] Zeng YX, Lin T, Ye YE. Research on the construction of outturn rate of stand of *Schima superba* Gardn. et Champ. J Jiangsu For Sci Technol, 2007, 34(4): 15–17, 31 (in Chinese).
曾永祥, 林通, 叶永恩. 木荷林分出材率表编制的研究. 江苏林业科技, 2007, 34(4): 15–17, 31.
- [60] Zhan QH, Chen ZR, Lai JM, et al. Compiling of the one-way function merchantable volume table of *E. urophylla* × *E. grandis* in Xijiang Forestry Bureau. Hunan For Sci Technol, 2009, 36(6): 22–25, 29 (in Chinese).
詹庆红, 陈志荣, 赖建明, 等. 西江林业局尾巨桉人工林一元材种出材率表编制. 湖南林业科技, 2009, 36(6): 22–25, 29.
- [61] Yang HG, Liu XS, Liu ZY, et al. Construction of merchantable volume tables of Chinese weeping cypress in Sichuan. Sichuan For Explor Des, 2010, (4): 1–4 (in Chinese).
杨洪国, 刘兴生, 李治宇, 等. 四川柏木材种出材率表的编制. 四川林勘设计, 2010, (4): 1–4.
- [62] Chi SP. The study of optimizing larger, middle-diameter timber optimal *Fokienia hodginsii* planted forest's management model[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2014 (in Chinese).
池上评. 福建柏人工林大中径材经营模式的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2014.
- [63] Zhuang CH, Jiang XD, Chen XW. Study on the out-put of stand of *Fokienia hodyinsii* plantation. Central South For Invent Plan, 2004, 23(3): 1–3 (in Chinese).
庄晨辉, 江希钿, 陈信旺. 福建柏人工林林分出材率表编制的研究. 中南林业调查规划, 2004, 23(3): 1–3.

- [64] Liu XJ. Analysis on the timber assortment and growth-yield model of prediction for natural broad-leaved forests in North Fujian[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2013 (in Chinese).
李晓景. 闽北天然阔叶林材种结构分析与生长收获预估模型[D]. 福州: 福建农林大学, 2013.
- [65] Xu QF. Research on estimation of exploitation utilization technology and optimization of product mix of forestry Bioenergy[D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2007 (in Chinese).
徐庆福. 林业生物质能源开发利用技术评价与产品结构优化研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2007.
- [66] Zhang DS. The comprehensive utilization of solid waste of forestry. *Protect For Sci Technol*, 2014, (2): 78–79 (in Chinese).
张东升. 林业固废物的综合利用. *防护林科技*, 2014, (2): 78–79.
- [67] Zhang XL, Lü W. *China Forest Energy*. Beijing: China Agriculture Press, 2008: 17–33 (in Chinese).
张希良, 吕文. 中国森林能源. 北京: 中国农业出版社, 2008: 17–33.
- [68] Ma LL, Wu CZ, Sun L. Biomass gasification technology and its application. Beijing: Chemical Industry Press, 2003: 30–35 (in Chinese).
马隆龙, 吴创之, 孙立. 生物质气化技术及其应用. 北京: 化学工业出版社, 2003: 30–35.
- [69] Liu SB, Li HT. Logging enterprises cutting area residues and use. *For Lumbering Sci*, 1992(2): 23–25 (in Chinese).
刘寿柏, 李海棠. 森工企业伐区剩余物的利用. *森林采运科学*, 1992(2): 23–25.
- [70] Wang DL. Calculation of the “three rates” in forestry processing. *For Economy*, 1983(3): 44–49 (in Chinese).
王德林. 试述木材加工中的“三率”计算. *林业经济*, 1983(3): 44–49.
- [71] Zheng RX. Technical analysis of industrial utilization of *Phyllostachys pubescens*. *J Bamboo Res*, 1998, 17(3): 1–9 (in Chinese).
郑睿贤. 毛竹工业利用技术分析. *竹子研究汇刊*, 1998, 17(3): 1–9.
- [72] Hui ZM, Yang YM, Zhou Y, et al. A probe on the overall plan of bamboo industry development in Yunnan province. *J Bamboo Res*, 1999, 18(2): 42–49 (in Chinese).
辉朝茂, 杨宇明, 周远, 等. 关于云南省竹产业发展总体规划若干问题的探讨. *竹子研究汇刊*, 1999, 18(2): 42–49.
- [73] Yang HC. Current situation of bamboo processing and utilization in Jiangxi province. *J Bamboo Res*, 1999, 18(4): 11–16 (in Chinese).
杨鹤筹. 江西省竹类资源的加工利用. *竹子研究汇刊*, 1999, 18(4): 11–16.
- [74] Zhang QS. Scientific and reasonable utilization of bamboo resources in China. *Wood Process Mach*, 1995, (4): 23–26, 32 (in Chinese).
张齐生. 科学、合理地利用我国的竹材资源. *木材加工机械*, 1995, (4): 23–26, 32.

(本文责编 郝丽芳)