

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2018.03.019

基于森林资源清查资料的四川立木生物量建模 类型划分及样本分布研究

赖长鸿¹, 张文¹, 刘波¹, 王丽丽¹, 邱帅², 赵庆霞³, 金彦强³

(1. 四川省林业生态环境监测中心, 成都 610081, 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100001;

3. 中国科学院成都生物研究所, 成都 610081)

摘要:基于四川省连续5次(1988a、1992a、1997a、2002a、2007a)森林资源清查资料, 统计分析不同森林类型面积、蓄积近20年来变化情况, 参考四川森林分布现状(树种、林龄、起源等情况)、林业经营管理和重大林业工程实施情况, 并根据四川森林资源连续清查获取的调查样地、检尺样木信息, 综合分析四川立木生物量建模类型, 将四川地区立木生物量建模类型分为16个树种(组); 在此基础上, 根据清查样地的样木信息确定立木生物量调查样本的胸径、海拔、经度、纬度的分布范围, 以期为四川立木生物量模型的系统研建提供科学参考依据。

关键词:四川森林资源清查资料; 立木生物量; 建模类型; 样本分布

中图分类号: S718.55

文献标识码: A

文章编号: 1003-5508(2018)03-0093-05

A Study of Classification and Sample Distribution of Biomass Modeling in Sichuan Based on Forest Inventory data

LAI Chang-hong¹ ZHANG Wen¹ LIU Bo¹ WANG Li-li¹ QIU Shuai²
ZHAO Qing-xia³ JIN Yan-qiang³

(1. Sichuan Forestry Ecological Environment Monitoring Center, Chengdu 610081, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100001, China;

3. Chengdu Institute of Biology, CAS, Chengdu 610041, China)

Abstract: Based on the data of forest resources inventory in Sichuan Province for five consecutive times (in the year 1988, 1992, 2002, 2002 and 2007), the area of different forest types were analyzed statistically together with the accumulation changes of nearly 20 years. According to the present situation of forest distribution (tree species, forest age, origin, etc.), and forestry management and implementation of major forestry projects, the classification of biomass modeling was divided into 16 species (groups) by survey samples and wood scaling information from continuous investigation of Sichuan forest resources. The distribution range of DBH, altitude, longitude and latitude of the samples were determined on the basis of biomass survey, which could provide a scientific reference for the systematic study of wood biomass models in Sichuan.

Key words: Sichuan forest inventory, Standing biomass, Modeling type, Sample distribution

森林生物量约占全球陆地植被生物量的90%, 是森林固碳能力的重要标志, 也是评估全球森林碳

收稿日期: 2018-03-30

基金项目: 四川省林业厅科技攻关项目(2009-2013)“区域林业碳汇/源计量体系构建及应用研究”、大自然保护协会(TNC)“区域林业碳汇/源计量土壤有机碳调查”。

作者简介: 赖长鸿(1981-), 男, 重庆荣昌人, 高级工程师, 硕士, 主要从事林业生态环境调查、监测等工作及研究。e-mail: 17960261@qq.com

收支的重要参数^[1],迄今为止,全球和区域水平的森林生态系统生物量及碳贮量的研究报道很多,但研究结果具有很大的不确定性,多数研究者认为是由于森林类型多样,区域性研究对象的广泛性和复杂性,以及不同估算方法之间的差异、基础数据和计算方法不统一所致^[2]。目前,国内外开展了较多立木生物量模型的研建工作,但较为系统地研建区域性立木生物量模型的相对很少,并且主要针对我国东北天然林区或典型森林生态系统而开展,比较有代表性的一是陈传国、朱俊凤等系统研究建立了东北地区11个树种的干、枝、叶、根、地上和林木总生物量模型^[3];二是全国立木生物量建模课题组建立的适用于大尺度范围的立木生物量模型^[4-6]。

森林资源连续清查是以区域尺度(我国为省级行政单元)幼小到成熟的全部林木为总体调查对象,获取区域森林面积、蓄积、林木特征等方面的详细资料,具有分布范围广、时间连续性强、技术标准统一等优点,鉴于森林清查资料的详细程度和权威性,充分有效地利用森林资源清查资料,评估区域尺度的森林生物量、碳贮量与碳收支,正日益成为研究的热点^[10]。四川森林资源丰富、类型多样,是我国西南天然林区的主体^[11-12],本文以四川省森林资源连续清查(以下简称“连清”)样地、样木信息为基础,从立木生物量建模类型划分、立木生物量野外调查样本分布等问题分析研究,以期对四川立木生物量模型的系统研建提供科学依据与参考,进而为基于森林资源连续清查成果准确评估四川森林生物量,估算省级区域尺度的生物量奠定基础。

1 数据与方法

1.1 数据及参考

研究基础数据包括:一是四川5次“连清”(1988、1992、1997、2002、2007年)的成果报表、调查样地(10 098个)、检尺样木信息(12.7万株~14.5万株);二是四川不同类型森林空间分布情况(2008a四川森林分类经营区划界定成果资料);三是《四川省林业统计年鉴》(1988~2010年);四是《四川森林》、《四川松杉植物地理》、《小凉山植物志》等以往科研调查成果。

1.2 研究方法

1.2.1 建模类型划分

研究采用统计分析、对比研究相结合的方法对

立木生物量建模类型划分进行研究。首先,对四川5次“连清”成果资料进行统一化、标准化处理,建立统计分析数据库,获取四川多年来不同森林类型资源结构(面积、蓄积)整体情况,结合《四川省森林资源二类调查细则》(四川省林业厅1993年)、《四川省一元立木材积表》(四川省林业厅1980年)等技术标准中对四川主要优势树种(组)的划分与归并,按照科学、适用、精炼、可行的原则,综合考虑进行立木生物量建模类型划分。

1.2.2 样本构成分布

在1.2.1研究中确定的建模优势树种(组)的基础上,统计四川5次“连清”检尺样木胸径结构、海拔分布、经纬度分布情况,然后结合《四川森林》、《四川松杉植物地理》、《小凉山植物志》等科研成果对已确定的立木生物量建模类型的优势树种(组)生长特性、空间分布区间进行对比分析,考虑野外样本获取的难易程度,综合确定立木生物量建模样本野外调查的胸径大小区间、海拔及经纬度分布范围。

2 结果与分析

2.1 建模类型划分

根据四川5次“连清”成果资料中不同森林类型的面积、蓄积情况(见表1),从表1可知,近20a来四川不同优势树种(组)的面积、蓄积所占比例排序虽有一定变化,但冷杉、云杉、云南松等针叶树种和栎类、桦木、杨树等阔叶树种的面积、蓄积在四川森林面积、蓄积仍然占主要地位。同时,结合《四川省一元立木材积表》中优势树种(组)建模总体划分,目前排名前10位的树种(组)全部单独划分了材积建模类型,前11~20位的树种(组)有一半(5个)单独划分了材积建模类型,前21~30位的树种(组)有两个单独划分了材积建模类型。

四川森林类型多样、林木种类繁多,不可能也没有必要为所有树种建立单株立木生物量模型。因而,只对资源数量相对较多、分布范围相对较广的树种,才考虑单独建立模型,其它树种合并建模。按照下列原则将不同优势树种进行归并建模:①四川5次“连清”不同树种形态各优势树种(组)蓄积量、面积前列;②与四川省一元立木材积表中建模总体划分尽量保持一致;③针叶、阔叶均有一定数量建模树种,但建模总体数量不超过20个;④近年来四川省大力发展的用材树种。根据上述原则划分确定了四川优势树种(组)立木生物量建模总体(见表2)。

表 1 四川 5 次“连清”不同森林类型蓄积、面积比例 单位:%

优势树种(组)	1988 年		1992 年		1997 年		2002 年		2007 年		
	蓄积	面积	蓄积	面积	蓄积	面积	蓄积	面积	蓄积	面积	
冷杉	43.78(1)	18.53(1)	43.81(1)	18.1(1)	42.3(1)	19.14(1)	38.51(1)	16.41(1)	35.16(1)	13.89(1)	
云杉	14.92(2)	7.69(6)	15.90(2)	7.90(6)	15.63(2)	9.2(4)	14.87(2)	9.81(4)	14.65(2)	8.39(4)	
栎类	9.64(3)	12.41(2)	9.10(3)	11.60(3)	8.85(3)	10.75(3)	10.37(3)	12.54(3)	8.43(3)	8.85(3)	
云南松	5.13(4)	8.68(5)	5.10(4)	8.40(5)	4.99(4)	8.97(5)	5.07(4)	8.22(5)	4.31(5)	6.71(5)	
桦木类	4.28(5)	5.96(8)	3.71(7)	5.40(8)	3.85(6)	5.66(8)	3.82(8)	5.24(8)	3.18(8)	3.94(11)	
高山松	4.15(6)	3.97(10)	3.82(5)	3.40(10)	4.03(5)	3.83(9)	4.49(6)	4.27(9)	4.29(6)	3.67(12)	
软阔	3.67(7)	7.40(7)	3.81(6)	7.40(7)	3.71(8)	7.68(6)	3.91(7)	8.05(6)	3.35(7)	6.24(7)	
马尾松	2.77(8)	11.36(3)	3.10(8)	11.70(2)	1.89(11)	6.65(7)	2.35(11)	6.07(7)	2.38(11)	4.33(10)	
铁杉	2.68(9)	1.60(12)	1.90(10)	1.10(15)	2.54(9)	1.33(14)	2.37(10)	1.54(13)	2.36(12)	1.40(18)	
柏木	2.23(10)	8.85(4)	2.70(9)	10.20(4)	3.71(7)	12.17(2)	4.64(5)	13.15(2)	5.18(4)	11.66(2)	
落叶松	1.73(11)	1.47(14)	1.50(12)	1.30(13)	1.84(12)	1.72(13)	1.88(12)	1.85(12)	1.85(15)	1.76(17)	
硬阔	1.62(12)	2.39(11)	1.80(11)	2.80(11)	2.14(10)	2.58(11)	2.43(9)	2.95(11)	1.86(14)	2.03(15)	
杉木	0.86(13)	4.22(9)	1.10(13)	4.60(9)	0.86(14)	3.48(10)	1.22(13)	3.39(10)	1.25(16)	2.73(13)	
杨树	0.79(14)	1.57(13)	0.80(14)	1.70(12)	1.02(13)	1.86(12)	0.98(15)	1.54(14)	0.98(19)	1.40(19)	
楠木	0.59(15)	0.70(16)	0.60(15)	0.70(18)	0.68(15)	0.80(17)	0.38(18)	0.44(18)	/	/	
华山松	0.28(16)	1.23(15)	0.30(17)	1.30(14)	0.32(18)	1.25(15)	0.43(17)	1.19(16)	0.52(20)	1.09(21)	
油松	0.26(17)	0.65(17)	0.40(16)	0.90(16)	0.44(17)	0.68(18)	0.5(16)	0.61(17)	/	/	
油杉	0.23(18)	0.42(18)	0.10(19)	0.30(19)	0.16(20)	0.41(19)	0.14(21)	0.31(19)	/	/	
柳杉	0.13(19)	0.41(19)	0.31(18)	0.90(17)	0.63(16)	1.25(16)	1.04(14)	1.45(15)	1.21(17)	1.87(16)	
樟树	0.11(20)	0.20(20)	0.10(20)	0.10(20)	0.12(21)	0.18(20)	0.16(20)	0.26(20)	/	/	
桐类	0.10(21)	0.16(21)	/	0.10(22)	0.08(22)	0.18(21)	0.10(22)	0.22(22)	/	/	
椴类	0.04(22)	0.03(24)	0.10(21)	0.00(23)	0.18(19)	0.05(24)	0.22(19)	0.09(24)	/	/	
桉树	0.01(23)	0.07(22)	/	0.10(21)	/	/	0.05(23)	0.22(21)	0.08(21)	0.51(22)	
水杉	0.01(24)	0.03(23)	/	/	0.01(24)	0.09(22)	0.04(24)	0.09(23)	/	/	
檫木	/	/	/	/	0.02(23)	0.09(23)	0.03(25)	0.09(25)	/	/	
经济类	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6.67(6)	
针阔混										3.18(9)	4.41(9)
阔叶混										2.72(10)	5.03(8)
针叶混										2.05(13)	2.22(14)
其它针叶类										1.02(18)	1.21(20)

注:括号内为该次“连清”比例排序,2007年后优势树种(组)资源统计发生变化

表 2 四川立木生物量建模总体划分

序号	建模总体	树种	划分原则	序号	建模总体	树种	划分原则
1	云杉	紫果云杉、川西云杉等	①、②	9	其他松类	华山松、油松、油杉其他松类	①、②
2	冷杉	鳞皮冷杉、峨眉冷杉、铁杉等	①、②	10	栎类	高山栎、斜栎、石栎等	①、③
3	云南松	云南松、思茅松等	①、②	11	桦类	红桦、白桦、糙皮桦等	①、③
4	高山松	高山松等	①、②	12	樟、楠	润楠、桢楠、香樟、油樟等	②、③
5	马尾松	马尾松等	①、②	13	桉属	巨桉、蓝桉等	④
6	柏木	川柏、高山柏等	①、②	14	杨属	山杨、白杨等	②、③
7	落叶松	落叶松	①、②	15	其他硬阔	丝栗、青冈、木荷等	①、②
8	杉木、柳杉	杉木、柳杉、水杉	①、②	16	其他软阔	椴树、檫木、槭树等	①、②

2.2 建模样本分布结构

2.2.1 胸径分布范围

根据立木生物量建模类型划分结果,按优势树种(组)统计四川 5 次“连清”检尺样木胸径分布,各建模优势树种(组)之间胸径范围变化的差异较大,其他松类胸径变化范围最大为 5.0 cm ~ 144.1 cm (四川森林“连清”样木起测胸径为 5.0 cm),桉属胸径变化范围最小为 5.0 cm ~ 40.0 cm,其余优势树种(组)胸径变化范围详见表 3;云杉、冷杉胸径变异系数最大,分别为 75.4、72.4,其余优势树种(组)胸径变化范围详见表 3。

在较大区域尺度内,立木胸径越大,林木株数越

少;同时随着径阶的增大,生物量测定的工作量将大幅增加,尤其是野外的测定工作。因此,考虑到立木生物量建模类型样本采集野外工作,应当包括较多胸径径阶而且胸径径阶不宜定得过大实际情况,本研究确定四川地区优势树种立木生物量建模样本野外调查最大径阶以“连清”检尺样木胸径平均值 + 2 倍标准差 (AV + 2δ) 作为立木生物量野外调查样本胸径最大径阶,同时扩大延伸一个径阶,由于历次“连清”调查中仅对胸径 ≥ 5.0 cm 以上林木进行检尺调查,对立木生物量建模样本按照胸径径阶下限 (5.0 cm) 向下延伸一个径阶。基于以上实际情况的考虑,四川地区立木生物量建模类型野外样本

胸径大小分布详见表3。

表3 建模优势树种(组)立木生物量样本胸径分布

优势树种(组)	检尺样木胸径分布统计参数						立木生物量样本径阶
	样本数量(n)	最小值 Min	最大值 Max	平均值 AV	标准差 δ	变异系数 CV	
云杉	6 773	5	109.9	18.7	14.1	75.4	2.4...48
冷杉	7333	5	124	23.9	17.3	72.4	2.4...60
柏木	29232	5	94.7	10.5	14.9	46.7	2.4...42
云南松	11470	5	70.5	11.9	16.8	57.1	2.4...48
高山松	5117	5	73	13.8	8.6	62.3	2.4...34
落叶松	1138	5	83.2	21.0	13.1	62.4	2.4...50
马尾松	9143	5	44.3	11.9	5.2	43.7	2.4...24
杉木、柳杉	11202	5	57.7	12.3	8.3	67.5	2.4...30
其他松类	4299	5	144.1	12.3	7.4	60.2	2.4...30
栎类	17402	5	126.8	13.2	8.3	62.9	2.4...32
桦木类	6167	5	104.2	11.3	17.1	62.8	2.4...48
樟、楠	1549	5	93	12.3	6.3	51.2	2.4...26
桉属	1106	5	40	11.7	6.4	54.7	2.4...26
杨属	3546	5	78.5	11.7	6.7	57.3	2.4...28
其他软阔	18786	5	102.3	11.1	6.6	59.5	2.4...26
其他硬阔	5305	5	96	11.5	5.3	46.1	2.4...24

2.2.2 海拔分布范围

统计四川历次“连清”检尺样木的海拔分布(见表4)。从表4可知,不同优势树种(组)的海拔分布范围差异较大。因此,根据各建模优势树种(组)海拔分布上、下限极值和平均海拔分布,并参考《四川森

林》、《四川松杉植物地理》等相关资料。本研究采用海拔等分方式对立木生物量建模优势树种海拔分布范围进行区间等分,在此基础上,以建模类型海拔分布的平均海拔 ± 1 个海拔区分段,作为立木生物量野外取样本海拔区间分布范围,详见表4。

表4 建模优势树种(组)立木样本海拔分布

优势树种(组)	海拔分布(m)			海拔区分段		样本海拔分布范围
	海拔上限	海拔下限	平均海拔	区分段值	分段数量	
云杉	4 390	2 260	3 663	530	4	3 100 ~ 4 200
冷杉	4 410	2 420	3 714	490	4	3 200 ~ 4 200
柏木	4420	250	785	420	10	360 ~ 4 000
云南松	3 490	960	2 490	500	5	1 460 ~ 3 000
高山松	4 240	2 550	3 340	340	5	2 200 ~ 4 000
落叶松	4 460	1 580	3 737	300	10	1 900 ~ 4 100
马尾松	2 280	267	706	400	5	650 ~ 1 900
杉木柳杉	2 400	267	1 012	430	5	700 ~ 2 000
其他松类	3 640	300	1 849	680	5	1 000 ~ 2 300
栎类	4 280	267	2 234	400	10	650 ~ 3 800
桦木类	4 240	2 345	3 062	380	5	2 700 ~ 3 800
樟楠	2 750	267	896	500	5	750 ~ 2 250
桉	1 980	260	718	600	3	850 ~ 1 400
杨	4 420	267	2 847	800	5	1 050 ~ 3 200
其他软阔	4 250	267	1213	400	10	650 ~ 3 800
其他硬阔	3 720	265	1296	350	10	600 ~ 3 200

2.2.3 空间分布范围

根据历次四川“连清”检尺样木空间范围分布统计(见表5)。从表5可知,不同建模树种的海拔分布范围差异较大。因此,根据各建模优势树种(组)空间分布跨度值,本研究采用经度、纬度等分方式对立木生物量建模优势树种海拔分布范围进行区间等分,并参考《四川森林》、《四川松杉植物地理》等相关资料,以建模类型的优势树种(组)经纬

度分布中心 ± 1 个经纬度区分段(忽略极限经度、纬度分布带立木生物量对建模的影响),综合确定各建模类型优势树种(组)野外取样本经度、纬度分布范围,详见表5。

3 结 语

本文以四川主要优势树种(组)立木生物量建

表 5 建模优势树种(组) 样木空间范围构成分布

优势树种 (组)	经度(°)			纬度(°)			样木空间分布范围	
	西界	东界	中心	南界	北界	中心	经度范围	纬度范围
云杉	98.4	104.07	102.46	27.54	34.15	31.22	100.20 - 104.73	28.58 - 33.87
冷杉	98.4	104.23	103.31	27.28	34.06	30.39	100.98 - 105.64	27.68 - 33.11
柏木	98.4	108.18	105.07	27.24	34.13	31.13	101.16 - 108.98	28.37 - 33.88
云南松	100.09	105.59	104.02	26.14	29.59	27.3	101.82 - 106.22	25.91 - 28.68
高山松	99.09	102.12	100.41	27.46	33.34	28.45	99.19 - 101.62	26.09 - 30.80
落叶松	99.1	107.06	102.45	27.5	33.26	30.09	99.26 - 105.64	27.78 - 32.39
马尾松	101.02	108.18	106.28	27.38	32.47	31.03	103.41 - 109.15	28.99 - 33.06
杉木柳杉	100.17	108.21	104.4	26.22	32.47	29.3	101.18 - 107.62	26.80 - 31.80
其他松类	98.48	108.08	103.06	26.14	34.04	29.38	99.21 - 106.90	26.22 - 32.54
栎类	99.02	108.26	101.18	26.14	33.35	29.56	97.49 - 104.87	26.68 - 32.44
桦木类	101.41	108.26	100.09	27.28	34.09	30.51	97.36 - 102.83	27.79 - 33.23
樟楠	101.29	107.56	103.58	26.48	32.42	29.44	101.07 - 106.09	27.06 - 31.82
桉	99.02	108.05	104.11	26.09	31.55	29.17	100.50 - 107.72	26.98 - 31.35
杨	100.07	107.56	100.1	26.19	33.42	30.34	97.11 - 103.10	27.45 - 33.24
其他软阔	100.07	108.27	104.15	26.14	33.34	30.21	100.87 - 107.43	27.33 - 33.09
其他硬阔	101.14	108.27	104.02	26.23	33.3	30.18	101.17 - 106.87	27.35 - 33.01

模类型划分为目标,基于四川省历次“连清”成果数据和调查资料,参考四川省颁布多种林业数表、相关著作、专题论述等研究划分了 16 个四川立木生物量建模类型,并根据历次“连清”检尺样木信息(胸径、海拔、经度、纬度)分布统计分析,确定开展立木类型生物量野外调查样本分布构成,但对于立木生物量野外调查样本构成分布仍然存在需要进一步研究的地方:

(1) 本文划分的四川立木生物量建模类型野外调查样本分布中没有考虑树高对立木生物量的影响。大量研究表明,相同树种(组)不同树高的立木蓄积量、生物量差异极为明显,但由于“连清”体系中并没有大量进行样木树高测定,缺少大量树高信息。因此,在本研究中立木生物量野外调查样本构成分布方面暂时没有考虑树高因素,如何通过其他有效方法,准确获取四川大尺度范围内树高测定信息有待进一步研究。

(2) 关于立木生物量建模类型的样本数量确定。关于建模样本数量,已经发表的各种立木生物量模型差异很大,从国内外已发表的立木生物量模型来看^[12],虽然建模样本数量达到大样本要求(50 以上)的只是少数,但近年来建立的一些大尺度范围应用的立木生物量模型,样本数量有增加的趋势,一般都要求所选样木尽量覆盖整个直径分布范围,并且各个径阶的样木数相等或近似相等的原则。本研究对关于样本数量多少才合适,并没有深入进行探讨研究,需要多少样本数量才能满足精度要求需要进一步细化研究。

(3) 建模类型的胸径大小、样本空间分布范围往往需要兼顾不同的生态地理区位,野外调查样本

的胸径、海拔、经纬度等分布范围原则上应该考虑各建模类型集中分布范围区,没有考虑其胸径、海拔、经度、纬度等极限分布区域区内样本分布。本研究以四川省多次“连清”成果数据为基础,同时也主要考虑立木生物量建模类型样本的野外获取难度、取样调查精度、工作成本经费,不能无限扩大野外样本调查工作的“边界成本”等实际情况。如何通过其他有效方法,来“获取”或者“消除”样本极限值对立木生物量模型建立的精度影响有待进一步更加深入的研究。

参考文献:

- [1] 刘国华,傅伯杰,方精云. 中国森林碳动态及其对全球碳平衡的贡献[J]. 生态学报,2000,20(5):733~740.
- [2] 吕超群,孙书存. 陆地生态系统碳密度格局研究概述[J]. 植物生态学报,2004,28(5):692~703.
- [3] 陈传国,朱俊凤. 东北主要林木生物量手册[M]. 北京:中国林业出版社,1989.
- [4] 曾伟生,唐守正,黄国胜,等. 全国立木生物量建模总体划分与样本构成研究[J]. 林业资源管理,2010,7(3):16~22.
- [5] 贺东北,曾伟生,骆期邦. 通用性二元立木材积模型的建模样本研究[J]. 中南林业调查规划,2001,20(1):1~9.
- [6] 骆期邦,曾伟生,贺东北,等. 立木地上部分生物量模型的建立及其应用研究[J]. 自然资源学报,1999,14(3):271~277.
- [7]
- [8] 赵敏,周广胜. 基于森林资源清查资料的生物量估算模式及其发展趋势[J]. 应用生态学报,2004,15(8):1468~1472.
- [9] 黄从德,张健,杨万勤,等. 四川省森林植被碳储量的空间分异特征[J]. 生态学报,2009,29(9):5116~5119.
- [10] 黄从德,张健,杨万勤,等. 四川省及重庆地区森林植被碳储量动态[J]. 生态学报,2008,28(3):966~97.
- [11] 曾伟生,唐守正. 国外立木生物量模型研究现状与展望[J], 2010,23(4):30~35.