

杉木、落叶松断面积模型参数比较*

李希菲 洪玲霞

摘要 断面积模型是全林模型系统中最重要模型。本文应用南方 5 省(区)杉木、北方 3 省长白落叶松标准地,分别建立了 10 组断面积模型,进行比较。结果表明,杉木按立地地区建模时,虽然优势高生长过程相似,但断面积生长过程却不同,不能使用同一模型参数。杉木按产区建模时,虽属同区同带,断面积生长过程差异仍很大,因此杉木产区也不是建模的依据。东北 3 省长白落叶松建模结果表明,各省优势高和断面积生长过程接近,模型参数差异不大。

关键词 杉木 长白落叶松 全林整体模型 断面积模型

由于计算机技术的发展,利用生长模型和经营模型指导营林生产,已成为现代集约经营森林的一项重要技术^[1-3]。全林整体模型系统^[4]及其一系列方法和技术近年已在森林资源管理、小班数据更新^[5]、生长量计算^[6]、营林效果定量评价等诸方面得到应用,模型技术也越来越受到人们的关注。

建立一个树种或树种(组)的全林整体模型,一般至少需 50 块以上的实测标准地,实测因子包括:年龄、直径分布、平均高、优势高等。且样地应均匀分布在不同年龄、立地、密度范围内。这项工作本身就是人力、物力、财力的很大投入,因此建模的基础投入是人们必须考虑的问题。对同一树种,究竟在多大范围内建立统一的模型最经济有效,也是人们所关心的问题。为回答这一问题,分别建立了多省(区)、多地区断面积模型,求解参数,以探索断面积模型参数的适用性。

1 全林整体模型简述

首先回顾一下全林整体模型的思想^[4],即先建立林分各主要因子之间的基本关系模型系,由模型系再导出各种生长及经营模型,因此各种模型之间是相容的,影响林分生长的主要因子是年龄 t ,立地 L 和密度 S 。描述立地的综合因子很多,但现在以地位指数最常用^[7]。描述林分密度的指标很多,其中密度指数较简单,且对密度指数的变化规律也了解较多^[1,8]。因此选用地位指数 L ,密度指数 S ,作为描述林分环境因子的指标。

林分测树因子则考虑公顷断面积 G 、断面积平均直径 D 、株数 N 、平均高 H 、优势高 H_u 、形高 F_H 和蓄积 M ,变量之间一些是统计关系,另一些是函数关系。4 个基本统计模型为:

G 与 L 、 S 、 t 的关系:

$$G = C_1 L^{C_2} \{1 - \exp[-C_4 S^{C_5}(t - t_0)]\}^{C_3} \quad (1)$$

地位指数曲线族即 H_u (优势高) 和 L 、 t 的关系:

1996—12—11 收稿。

李希菲副研究员,洪玲霞(中国林业科学研究院资源信息研究所 北京 100091)。

* 本文获 1992 ~ 1995 年国家自然科学基金重点项目“我国主要人工用材林生长模型、经营模型和优化控制”资助。

$$H_u = L \exp(-b/t + b/t_0) \quad (2)$$

优势高 H_u 与平均高 H 的关系:

$$H_u = h_1 + h_2 H \quad (3)$$

形高 F_H 和平均高 H 的关系:

$$F_H = [f_1 + f_2/(H + f_3)]H \quad (4)$$

三个函数式为:

$$G = \pi/4 \ 000 \ N D^2 \quad (5)$$

$$S = N(D/D_0)^\beta \quad (6)$$

$$M = F_H G \quad (7)$$

上述这些关系式组成全林整体模型系统,可以用于编制密控图、收获表、计算生长量等。这些模型中最基本和最关键的模型是断面积模型。断面积对于一个林分来说也是一个比较稳定的指标,本文利用南方 5 省、北方 3 省资料,对杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.]、长白落叶松 (*Larix olgensis* Henry) 的断面积模型参数进行探讨。

2 建模资料

杉木标准地资料 826 块,分布在广西、湖南、江西、福建、浙江 5 省(区) 7 个地区。年龄范围在 5~55 a,密度范围在每公顷 583~9 000 株,立地指数分布范围在 8~22 m。长白落叶松标准地共 598 块,分布在吉林、黑龙江、辽宁 3 省,年龄分布在 11~42 a,密度为每公顷 482~4 400 株,立地指数分布在 8~24 m。每块样地均实测了直径分布、年龄、平均高、优势高,见表 1。

表 1 标准地基本情况

树种	省(区)	序号	地区	标准地数(块)	年龄(a)	密度(株/hm ²)	立地指数(m)
杉	广西	1	武宣	96	7~20	1 456~9 399	11~8
		2	凭祥	66	6~36	583~5 067	8~16
	湖南	3	株洲	78	5~55	1 980~5 050	10~22
		4	会同	153	6~16	1 200~4 955	11~18
林	江西	5	分宜	247	9~18	929~9 000	12~8
	福建	6	西芹	62	9~28	586~5 180	10~22
	浙江	7	开化	124	7~29	1 260~3 900	9~18
落 叶 松	吉林	8	延边	76	14~38	483~4 400	8~20
	辽宁	9	抚顺	177	11~42	482~4 254	10~24
	黑龙江	10	江山娇	345	21~36	530~2 995	15~22

3 立地指数求算

断面积模型建立,必先求算标准地立地指数、密度指数。为解决样地在各种立地条件分配不均的情况,杉木采用了哑变量方法^[10]求算立地指数曲线族,因为此法要求有标准地二次以上优势木平均高数据,故只能在南方杉木 6 地区试用。采用苏马克(2)式求解立地指数曲线族斜率 b 值,并分成 5 类。用苏马克(2)式求黑龙江、吉林斜率 b 值为 11.5,辽宁 b 值为 14.735 2,

详见表 2。杉木 5 个组 b 值由 5.790 7~10.630 9, 江西分宜和湖南会同 b 值相同为 6.374 7, 广西凭祥和湖南株洲 b 值相同为 5.790 7。将 b 值相同地区称之为同一立地区, 说明它们的优势木平均高有较相同的生长过程。黑龙江和吉林也为同一立地区, b 值为 11.5, 辽宁为 14.735 2, 密度指数求算由 (6) 式完成, 标准直径 D_0 定为 20 cm。 β 值为完满立木度林分自然稀疏系数, 求法参考文献[2]。杉木 β 值定为 1.65, 落叶松 β 值 1.58。

4 断面积模型

根据模型(1), 用曲面回归的平行线法^[9], 求参数 C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 值。杉木共 5 省(区) 7 个地区, 落叶松 3 省 3 地区, 分别建模, 其中要求 $C_3 * C_5 < 1$, 共得杉木 7 组、落叶松 3 组共 10 组参数(表 3)。模型相关系数都很高, 在 0.987~0.998 之间, 残差 F 值都很小, 杉木在 0.31~3.90, 落叶松在 0.43~1.99 之间。杉木 C_1 值在 3 左右, 从落叶松来看, 吉林和辽宁 C_1 值较高, 达到 5 左右。从 C_5 值来看, 杉木较大, 落叶松较小, 这说明杉木的断面积生长与密度关系较大, 而落叶松断面积生长与密度关系稍小。再看吉林和辽宁模型参数比较相似。对这 10 组模型用回归方程适应性检验, 检验回归方程是否存在系统偏差, 即用标地的预测值 x 与标地的实测值 y 再做一次回归分析, 即假定 $y = a + bx$, 如果原曲线回归没有系统误差, 则直线回归 $y = a + bx$ 中应有 $a = 0, b = 1$, 可以通过假设检查验证。10 组模型的检验结果认为模型并不存在系统偏差, 结论为差异不显著。

表 3 杉木、落叶松断面积模型参数

树种	省(区)	地区	序号	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	相关系数	残差 F	余方差
杉木	广西	凭祥	1	3.107 531	0.237 349	0.157 293	0.002 976	5.959 369	0.995	0.31	0.002 3
		武宣	2	4.693 545	0.144 760	0.195 382	0.000 009	5.085 484	0.997	0.25	0.0006
	湖南	株洲	3	3.130 991	0.255 126	0.163 650	0.004 099	5.959 369	0.987	0.97	0.001 2
		会同	4	3.586 389	0.146 927	0.161 073	0.001 215	5.959 369	0.995	0.72	0.000 6
	江西	分宜	5	3.152 053	0.352 617	0.224 277	0.002 181	4.368 984	0.995	1.30	0.002 6
	福建	西芹	6	3.692 078	0.207 837	0.252 363	0.001 797	3.942 739	0.998	2.07	0.001 4
		浙江	开化	7	3.359 003	0.324 507	0.149 977	0.000 150	6.634 337	0.994	3.90
落叶松	吉林	延边	8	5.256 938	0.231 714	0.306 410	0.000 008	3.163 520	0.994	0.43	0.004 2
	辽宁	抚顺等	9	5.205 057	0.430 775	0.370 882	0.000 008	2.442 875	0.993	1.05	0.001 7
	黑龙江	江山娇	10	3.156 057	0.203 643	0.292 291	0.009 953	3.335 701	0.994	1.99	0.001 6

4.1 杉木按立地区建模

由表 2 看出杉木 5 省(区) 7 地区按立地曲线族的斜率 b 值分类结果是江西分宜、湖南株洲、广西凭祥和湖南会同分别为两个立地区, 现按立地区建模求解断面积模型参数, 结果见

表 4。

表 4 杉木按立地分组求断面面积参数

地点	$\ln C_1$	C_2	C_3	C_4	C_5	相关系数	残差 F	余方差
分宜, 会同	3.115 171	0.281 500	0.231 524	0.007 707	4.213 079	0.988	5.27	0.001 4
分宜	3.152 053	0.352 617	0.224 277	0.002 181	4.368 984	0.995	1.30	0.002 6
会同	3.586 389	0.146 927	0.161 073	0.001 215	5.959 369	0.995	0.72	0.000 6
凭祥, 株洲	3.196 537	0.182 990	0.093 325	0.000 820	10.661 600	0.995	6.44	0.001 6
凭祥	3.107 531	0.237 349	0.157 293	0.002 976	5.959 369	0.995	0.31	0.002 3
株洲	3.130 991	0.255 126	0.163 650	0.004 099	5.959 369	0.987	0.97	0.001 2

分宜和会同标地合在一起建模, 凭祥和株洲合在一起建模, 残差 F 值分别为 5.27 和 6.44, 经回归方程适用性检验, 证明合求参数的模型有系统偏差, 差异显著, 说明林分的断面积生长过程和高生长过程是不同的。高生长过程相似, 而断面面积生长过程却不同, 不宜合在一起建模, 也不宜共用同一参数。

4.2 按省建模求断面面积参数

4.2.1 杉木按省建模 收集的杉木标地资料, 只有两个省有两地区资料, 湖南省有会同和株洲两个地区的资料, 广西区有凭祥和武宣两个地区的资料, 每省可以分别建立 3 组模型即会同和株洲合建湖南模型, 凭祥和武宣合建广西模型, 各地区分别建立自己的模型, 求出 6 组参数, 见表 5。

表 5 杉木按省分组求断面面积参数

地点	$\ln C_1$	C_2	C_3	C_4	C_5	相关系数	残差 F	余方差
湖南	3.573 438	0.151 592	0.159 119	0.001 187	5.959 369	0.995	1.18	0.000 8
会同	3.586 389	0.146 927	0.161 073	0.001 215	5.959 369	0.995	0.72	0.000 6
株洲	3.130 991	0.255 126	0.163 650	0.004 099	5.959 369	0.987	0.97	0.001 2
广西	3.710 567	0.272 076	0.126 579	0.000 007	7.860 672	0.997	6.08	0.001 9
凭祥	3.107 531	0.237 349	0.157 293	0.002 976	5.959 369	0.995	0.31	0.002 3
武宣	4.693 545	0.144 760	0.195 382	0.000 009	5.085 484	0.997	0.25	0.000 6

由表 6 可见各组模型相关系数都在 0.987 ~ 0.997 之间, 将每省的 3 组模型参数用于本省样地, 求出每个样地的预测断面面积, 用预测断面面积与实测断面面积之差比预测断面面积与实测断面面积之和除以 2, 可得相对误差。表 6 列出了不同模型参数在本省应用时的最小、最大、平均相对误差, 并用回归方程适应性检验检查。由表 6 可见湖南省的 3 组模型

参数在湖南应用时, 最大误差为 8.2% ~ 10.4%, 平均误差为 -0.4% ~ 1.2%, 会同和湖南的模型在湖南应用, 取得了较好的结果, 也通过了回归方程适应性检验。

湖南株洲和会同分别属杉木中带中区和杉木中带东区, 共同建模, 取得的效果较好。广西的两个地区同属杉木南带, 但凭祥已是杉木南带边缘, 用 3 组参数求断面面积平均相对误差为

表 6 湖南、广西参数本省检验情况

地点	最小误差	最大误差	平均误差	适应性检验
会同	0.001	0.082	-0.004	不显著
株洲	0	0.104	0.012	显著
湖南	0	0.092	0	不显著
武宣	0	0.251	0.033	显著
凭祥	0.001	-0.641	-0.136	显著
广西	0.001	0.131	0.002	显著

0.2% ~ 13.6%, 最大误差达 13.1% ~ 64.1%。回归方程适应性检验, 3 组都没有通过。从检验相对误差来看, 凭祥模型在武宣或武宣模型在凭祥误差都很大, 他们共建的广西模型 F 值达到 6.08, 而分别建模 F 值只有 0.25 和 0.31, 说明两地虽属同区同带(杉木南带), 但生长过程差异很大, 不宜共同建模或使用同一参数, 因此杉木产区也不是建模区划的依据。

4.2.2 落叶松按省建模 吉林、辽宁、黑龙江三省因样地来源不规范, 因此只以省为单位建模, 求参数(表 4), 模型相关系数都在 0.99 以上, 残差 F 值分别为 0.43、1.05 及 1.99, 模型精度较高。应用三省模型在吉林、辽宁、黑龙江各省计算检验, 也就是用吉林的模型在黑龙江、辽宁试算, 辽宁、黑龙江模型也同样在三省试算, 结果见表 7。

表 7 吉林、辽宁、黑龙江参数在东北三省检验情况

地点	最小误差	最大误差	平均误差	适应性检验
吉林参数				
吉林	0.002	0.158	0.001	不显著
辽宁	0.005	-0.226	0.037	显著
黑龙江	0.004	0.207	-0.018	不显著
辽宁参数				
吉林	0.001	0.136	0.019	显著
辽宁	0	0.116	-0.002	不显著
黑龙江	0.006	0.176	0.020	显著
黑龙江参数				
吉林	0	-0.113	-0.004	显著
辽宁	0	-0.165	-0.013	显著
黑龙江	0	-0.109	0	不显著

由表 7 可见三省模型互用, 平均误差都很小, 为 0% ~ 3.7%, 最小误差在 0% ~ 0.6%, 最大误差 10.9% ~ 22.6%, 作回归方程适用性检验表明本省用方程无偏。另外吉林省模型在黑龙江用也获得了较满意的结果。平均误差为 -1.8%, 虽然个别最大误差达到 20.7%, 但还是通过了回归方程适应性检验。总的看来长白落叶松断面积生长过程三省差异不很大, 特别是吉林和黑龙江两省很近似, 与它们在求立地指数树高曲线斜率时曾采用相同的 b 值不谋而合, 说明三省落叶松的优势高生长过程和断面积生长过程都相接近, 为实际应用建模时提供了很好的参考。

5 结论与讨论

(1) 杉木按立地区、省(区)、生长区建模, 模型参数有系统偏差, 差异显著。说明立地区、产区并不能成为杉木统一建立断面积模型的依据。影响杉木断面积模型参数的真正原因(如种源、海拔、气候、经纬度等)是需进一步探讨研究的问题。

(2) 长白落叶松在东北三省建立断面积模型差异不大, 尤其吉林和黑龙江更为接近。

(3) 建模前应对模型的应用范围和精度要求予以确定, 使用一些现成的实测样地验证已有的模型参数是否适用, 再考虑重新建模的问题, 可能会减少一些建模的投入。

参 考 文 献

- 1 张少昂. 兴安落叶松天然林分生长模型和可变密度收获表的研究. 东北林业大学学报, 1986, 14(3): 17 ~ 26.

- 2 李希菲, 唐守正, 王松林. 大岗山实验局杉木人工林可变密度收获表的编制. 林业科学研究, 1988, 1(4): 382 ~ 389.
- 3 Ito T, Osumi S. Growth models for total and average basal area in averaged pure stands based on the richards growth function(1). 日林志, 1985, 67(11): 411 ~ 434.
- 4 唐守正. 广西大青山马尾松全林整体模型及其应用. 林业科学研究, 1991, 4(森林资源现代化经营管理增刊): 8 ~ 13.
- 5 洪玲霞, 唐守正. 大青山实验局营林生产和森林资源信息动态管理方法的研究. 林业科学研究, 1991, 4(森林资源现代化经营管理增刊): 15 ~ 22.
- 6 唐守正, 李希菲. 用全林整体模型计算林分纯生长量的方法及精度分析. 林业科学研究, 1995, 8(5): 471 ~ 476.
- 7 南方十四省(区)杉木栽培科研协作组. 全国杉木(实生林)地位指数表的编制与应用. 林业科学, 1982, 18(3): 266 ~ 278.
- 8 克拉特 J.L., 弗尔林 J.C., 皮纳尔 L.V., 等(范济洲, 董乃钧, 于正中, 等译). 用材林经理学——定量方法. 北京: 中国林业出版社, 1983.
- 9 郎奎健, 唐守正. IBM-PC 系列程序集. 北京: 中国林业出版社, 1989. 110 ~ 113.

Comparison of the Basal Area Growth Model Parameters for Chinese fir and *Larix olgensis*

Li Xifei Hong Lingxia

Abstract The basal area growth model is the most important one in the integrated stand growth model. This paper using sample plot data of Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) stands from five provinces in the south of China and *Larix olgensis* stands from three provinces in the north of China establishes ten basal area growth models of the two species separately and the parameter adaptability among the provinces or regions are compared. The result show that the process of Chinese fir basal area growth are different between site regions where the process of dominant tree growth are similar or the planting areas even though in the same zone and in the same region, the parameters of the basal area growth model are different, so the site regions or planting areas can not be the criterion to establish different basal area growth models. The processes of the *L. olgensis* basal area growth are similar and there is no significant difference between the provinces for the parameters of the basal area growth model.

Key words Chinese fir *Larix olgensis* integrated stand growth model basal area growth model

Li Xifei, Associate Professor, Hong Lingxia (The Research Institute of Forest Resource Information Techniques, CAF Beijing 100091).