

广西南宁木荷人工林生长规律研究*

韦昌幸¹ 秦武明² 张党权³ 严理² 王凤琴¹

(1. 广西国有高峰林场, 广西 南宁 530001; 2. 广西大学 林学院, 广西 南宁 530004; 3. 中南林业科技大学 / 林业生物技术湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410004)

摘要 以广西南宁市国有高峰林场 48 a 生木荷 *Schima superba* 人工林为研究对象, 探讨其生长规律、生长模型。结果表明: 木荷人工林平均胸径为 20.68 cm, 胸径生长速生期为 0~12 a, 胸高形数为 0.48~3.33, 符合培育大径材要求, 胸径最优生长模型为威布尔 (Wei bull) 模型; 平均树高为 23.54 m, 树高生长速生期为 0~14 a, 树高生长模型为二次曲线 (Quadratic) 模型; 平均材积为 0.359 8 m³, 材积生长模型为威布尔 (Wei bull) 模型。

关键词 木荷; 人工林; 生长规律; 生长模型

中图分类号: S792.99 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2020) 03-0048-07

The Growth Rhythm of *Schima superba* Plantation in Nanning, Guxangxi

WEI Changxing¹ QIN Wuming² ZHANG Dangquan³ YAN Li²
WANG Fengqin¹

(1. Guangxi State-owned Gaofeng Forest Farm, Nanning, Guangxi 530001, China; 2. Forestry College of Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004, China; 3. Hunan Provincial Key Laboratory of Forestry Biotechnology, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China)

Abstract Based on the investigation on 48-year-old *Schima superba* plantation in Gaofeng state-owned forest farm in Nanning, Guangxi, the growth regularity and growth model were studied. The results showed that the average DBH of *S. superba* plantation was 20.68 cm, the fast growing periods for DBH was from 0 to 12 years, the breast-height form factors of *S. superba* trees was 0.48~3.33, qualifying for cultivation requirements of big-diameter trees. The optimal growth models for DBH are Wei bull equation. The average tree height was 23.54 m, the fast growing periods for tree height was 0 to 14 years, The optimal growth models for tree height is Quadratic equation. The average volume was 0.3598 m³, and the volume growth trend fits the Wei bull equation.

Key words *Schima superba*; plantation; growth regularity; growth model

木荷 *Schima superba* 别名荷木、荷树, 为山茶科 Theaceae 木荷属树种, 属于常绿大乔木, 是南方重要的防火林带造林树种, 适应性强, 对土壤的条件要求不高, 红黄壤、赤红壤、红壤等都能生长^[1]。在广西南宁市海拔 130~700 m 有大量木荷人工林分布, 如广西国有高峰林场目前

种植有木荷纯林 151.2 hm², 种植有木荷 *Schima superba* 与红锥 *Castanopsis hystrix*、马尾松 *Pinus massoniana*、杉木 *Cunninghamia lanceolata*、火力楠 *Michelia macclurei* 等树种混交林 38.0 hm², 木荷均长势良好, 不受海拔较低的影响。陈芳、华国栋^[2] 在研究中指出, 木荷在广东省生物防火林

* 基金项目: 国家林业公益性行业科研专项 (201204610), 湖南省科技计划重点项目 (2014FJ2004)

第一作者: 韦昌幸 (1971—), 男, 工程师, 主要从事森林培育研究, E-mail: 313879156@qq.com。

通信作者: 张党权 (1976—), 男, 教授, 主要从事森林培育与林业生物技术研究, E-mail: jiguanwei@gxu.edu.cn。

带建设、造林绿化、储备林建设中发挥重要作用,并且将培育大径级木荷作为广东省国家储备林建设主要珍贵树种之一。李志辉等^[3]在《我国南方珍贵用材树种资源的重要性及其发展策略》中将木荷列为珍贵树种。木荷人工林的生态效益、经济效益、防火作用越来越受到关注,具有较好的发展前景。

当前,学者对木荷人工林的研究日益见多,如木荷育苗造林技术^[4-6],木荷人工林防火性能^[7-8]、混交林研究^[9]、营养元素分布格局^[10]等。林丽平^[11]等对广东省全境范围内的40株木荷解析木按照树高一年龄分级方法,探讨分级方法的生长模型与未分级方法生长模型的不同之处;程玉娜等^[12]进行了木荷次生天然林胸径—树高生长相关模型研究;林立彬等^[13]对14 a生闽楠木荷人工混交林的生长规律进行研究;吴晓生^[14]抽样调查不同林龄木荷的生长指标,研究了13~44 a生闽北防火林带中的木荷生长规律。对木荷人工纯林生长规律和生长模型拟合研究少见报道。文章利用树干解析方法,探讨广西南宁48 a生木荷人工林胸径、树高、材积生长规律,以及胸高形数规律、林木生长率,对胸径、树高、材积生长模型进行拟合,为木荷人工林的抚间抚育、主伐年龄确定及经营管理提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 林地概况

研究林地位于广西南宁市北边的高峰林场六里分场10林班36小班,面积3.8 hm²,木荷种植于1965年,采用实生苗造林。研究地属于亚热带季风气候,年均气温21.8℃、降雨量1350 mm、相对湿度79%。调查时林分郁闭度0.7,每公顷保留密度976株。调查时林下灌木有玉叶金花 *Mussaenda pubescens*、越南悬钩子 *Ru-*

bus cochinchinensis、杜茎山 *Maesa japonica*、毛桐 *Mallotus barbatus* 等;林下草本植物主要有五节芒 *Miscanthus floridulus*、铁芒箕 *Dicranopteris linearis*、蔓生莠竹 *Microstegium vegans* 和东方乌毛蕨 *Blechnum orientale* 等。

1.2 研究方法

1.2.1 典型样地设置及调查内容 在林地内按照典型选样原则,建立面积为20 m×20 m的样地4个,面积共1600 m²,记录标准地的坡位、坡向、海拔等信息,测定标准地内所有林木的树高、胸径及样地内保留密度,根据计算结果,每个样地选取2株标准木作为解析木,共选8株,标准木要求无病虫害、生长正常、不断梢。样地概况见表1。

1.2.2 生长规律测算 解析木伐倒前用罗盘仪标记南北向,标记解析木0 m,1.3 m位置,伐倒解析木后,对胸径以上按长度2.0 m分段标记3.3 m、5.3 m、7.3 m……位置,标记是枝顶,在每个标记位置截取5 cm厚圆盘,在每个圆盘上写清解析木号和南北向、以及区分段号等信息。当天将所有圆盘带回实验室按照树干解析方法(2 a为一个龄阶)、测树学方法测定,每个圆盘对应年轮直径为圆盘南北向直径和东西向直径的平均值,计算分析木荷胸径、树高、材积、胸高形数、林木生长率等情况。其中根据绘制的树高曲线得出各龄阶树高,利用区分段法求算各龄阶去皮材积^[15]。

1.2.3 生长模型拟合 为研究木荷人工林的生长规律,参照吴敏等^[16]和林能庆等^[17]的做法,采用常用的6种经验模型对木荷的胸径、树高和材积进行回归方程的拟合。6种模型分别为威布尔、苏玛克、逻辑斯蒂、理查德、二次曲线和坎派兹。将树干解析所得数据分别带入6个模型中,选择决定系数最大、残差平方和最小的模型为最优生长模型。模型中 D 为胸径, H 为树高, V 为材积, T 为林龄。本文采用Microsoft Excel 2003和DPS

表1 木荷人工林样地概况
Tab.1 The plot situation of *Schima superba* plantation

样地号 Sample No	坡位 Slope position	坡向 Slope aspect	海拔 /m Elevation	树高范围 /m Tree height range	树高均值 /m Tree height mean	胸径范围 /cm DBH range	胸径均值 /cm DBH mean	保留密度 / (株·hm ²) Retention density
1	上坡	东坡	240	7.2-23.7	21.7	9.0-29.9	19.9	915
2	中坡	南坡	227	9.5-25.1	22.9	7.6-38.5	19.0	1010
3	中坡	东坡	252	9.4-24.5	20.5	12.2-34.3	21.3	977
4	上坡	西南坡	248	10.2-24.1	23.7	10.9-32.8	20.1	941

数据分析系统对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 木荷人工林生长过程

通过树干解析方法,计算木荷人工林的生长过程,木荷人工林生长过程数据见表2。48 a 生木荷人工林平均胸径 20.68 cm,平均树高 23.54 m,平均材积为 0.359 8 m³,胸径年平均生长量为 0.38 cm,树高年平均生长量为 0.49 m,材积(去皮)年平均生长量为 0.006 1 m³,胸径、树高、材积生长与年龄基本呈正相关关系。

2.2 木荷人工林生长规律

2.2.1 胸径生长规律 木荷胸径生长过程见表2和图1,48 a 生木荷人工林平均胸径为 20.68 cm。木荷胸径平均生长量最大值出现在 12 a 时,数值

为 0.54 cm,12 a 前随着年龄的增加而增加且增长较快,12 a 后木荷胸径随着年龄的增加而逐渐变小;木荷胸径连年生长量最大值为 6 a 的 0.68 cm,6 a 前连年生长量随着年龄的增加而增加且增长的幅度较为明显,之后逐渐下降且波动较大;平均生长量和连年生长量交汇于 12~14 a,说明交汇点之前胸径生长快速。48 a 生木荷胸径总生长量随着年龄的增加而增加。

2.2.2 树高生长规律 木荷树高生长过程见表2和图2,48 a 生木荷人工林平均树高为 23.54 m。木荷树高平均生长量最大值出现在 14~16 a 时,数值为 0.58 m,0~14 a 随着年龄的增加而增加,16 a 后随着年龄的增加而逐渐减少;木荷树高连年生长量最大值为 4 a 时的 0.66 m,之后缓慢下降;树高平均生长量和连年生长量交汇于 15~16 a,说明

表2 木荷人工林生长过程
Tab.2 Growth process of *Schima superba* plantation

年龄 /a Age	胸径 DBH			树高 Height			材积 Volume			生长率 /%			胸高 形数 Breast height form number
	总生长 量/cm Total growth	平均生长 量/(cm/a) Average growth	连年生 长量/ (cm/a) Annula growth	总生长 量/cm Total growth	平均生长 量/(cm/a) Average growth	连年生 长量/ (cm/a) Annula growth	总生长 量/m ³ Total growth	平均生长 量/(m ³ /a) Average growth	连年生 长量/ (m ³ /a) Annula growth	胸径 DBH	树高 Height	材积 Volume	
2	0.52	0.26	0.26	0.55	0.27	0.27	0.000 3	0.000 2	0.000 2				
4	1.53	0.38	0.51	1.88	0.47	0.66	0.001 2	0.000 3	0.000 4	49.59	54.77	56.61	3.329
6	2.90	0.48	0.68	3.18	0.53	0.65	0.002 3	0.000 4	0.000 6	30.83	25.71	32.75	1.085
8	4.12	0.51	0.61	4.45	0.56	0.64	0.004 1	0.000 5	0.000 9	17.34	16.66	28.88	0.697
10	5.40	0.54	0.64	5.69	0.57	0.62	0.007 3	0.000 7	0.001 6	13.49	12.22	27.50	0.557
12	6.53	0.54	0.57	6.90	0.57	0.60	0.012 0	0.001 0	0.002 4	9.50	9.61	24.70	0.520
14	7.30	0.52	0.38	8.07	0.58	0.59	0.017 2	0.001 2	0.002 6	5.54	7.87	17.75	0.509
16	8.10	0.51	0.40	9.22	0.58	0.57	0.024 3	0.001 5	0.003 5	5.19	6.64	17.05	0.511
18	8.85	0.49	0.38	10.34	0.57	0.56	0.033 2	0.001 8	0.004 5	4.42	5.72	15.53	0.522
20	9.50	0.48	0.33	11.43	0.57	0.54	0.042 3	0.002 1	0.004 5	3.54	4.99	12.04	0.522
22	10.23	0.47	0.37	12.48	0.57	0.53	0.051 7	0.002 3	0.004 7	3.72	4.41	10.01	0.504
24	10.70	0.45	0.23	13.51	0.56	0.51	0.062 2	0.002 6	0.005 2	2.23	3.95	9.21	0.512
26	11.18	0.43	0.24	14.51	0.56	0.50	0.073 8	0.002 8	0.005 8	2.21	3.56	8.53	0.518
28	11.73	0.42	0.28	15.47	0.55	0.48	0.085 2	0.003 0	0.005 7	2.40	3.22	7.18	0.509
30	12.40	0.41	0.33	16.41	0.55	0.47	0.099 2	0.003 3	0.007 0	2.76	2.94	7.57	0.501
32	13.00	0.41	0.30	17.31	0.54	0.45	0.114 9	0.003 6	0.007 9	2.36	2.68	7.35	0.500
34	13.62	0.40	0.31	18.19	0.53	0.44	0.133 6	0.003 9	0.009 3	2.32	2.46	7.51	0.505
36	14.33	0.40	0.36	19.03	0.53	0.42	0.153 1	0.004 3	0.009 8	2.56	2.27	6.83	0.499
38	14.95	0.39	0.31	19.85	0.52	0.41	0.173 6	0.004 6	0.010 2	2.11	2.09	6.25	0.498
40	15.58	0.39	0.32	20.63	0.52	0.39	0.194 0	0.004 8	0.010 2	2.07	1.93	5.55	0.493
42	16.17	0.38	0.29	21.38	0.51	0.38	0.215 6	0.005 1	0.010 8	1.84	1.79	5.29	0.492
44	16.77	0.38	0.30	22.10	0.50	0.36	0.237 6	0.005 4	0.011 0	1.82	1.66	4.84	0.487
46	17.30	0.38	0.27	22.79	0.50	0.35	0.262 9	0.005 7	0.012 7	1.57	1.54	5.06	0.491
48	18.13	0.38	0.42	23.54	0.49	0.38	0.297 5	0.006 1	0.017 3	2.34	1.61	6.17	0.485
带皮	20.68			23.54			0.359 8						0.482

交汇点之前为木荷树高迅速生长期。48 a 生木荷树高总生长量随着年龄的增加而增加。

2.2.3 材积生长规律 由于在林木或林分生长过程中，材积连年生长曲线和平均生长曲线的交点所对应的林龄在林业上叫做数量成熟龄，是确定合理采伐年龄的依据之一，在此之前，合理的间伐不仅可以促进林木生长，提高出材量，也可

以在经营过程中获得利润^[18]。木荷材积生长过程见表 2 和图 3，48 a 生木荷人工林平均材积为 0.3598 m^3 。0~48 a 木荷总材积的累积和材积连年生长量、平均生长量均随年龄的增长而呈线性递增关系，且到 48 a 连年生长量曲线和平均生长量曲线仍未相交，未到数量成熟龄，因此，对 48 a 生木荷人工林进行适当的间伐，仍然可以促进林

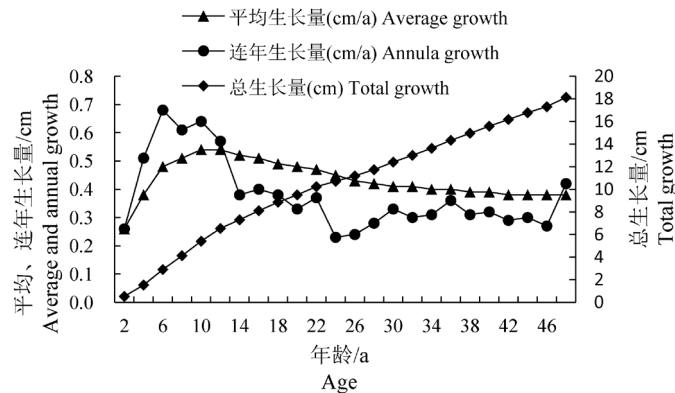


图 1 广西南宁木荷胸径生长曲线

Fig.1 Curve of DBH growth of *Schima superba* plantation in Nanning, Guxangxi

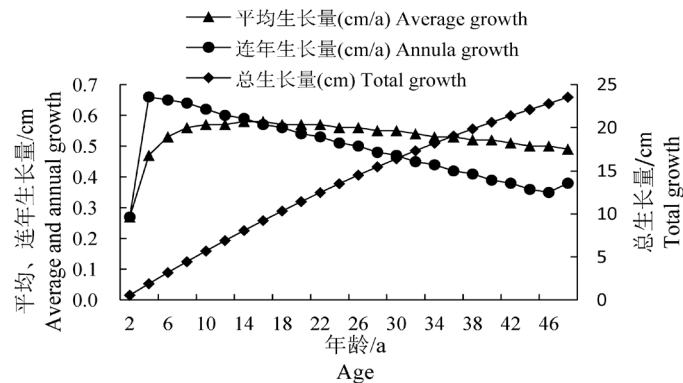


图 2 广西南宁木荷树高生长曲线

Fig.2 Curve of tree height growth of *Schima superba* plantation in Nanning, Guxangxi

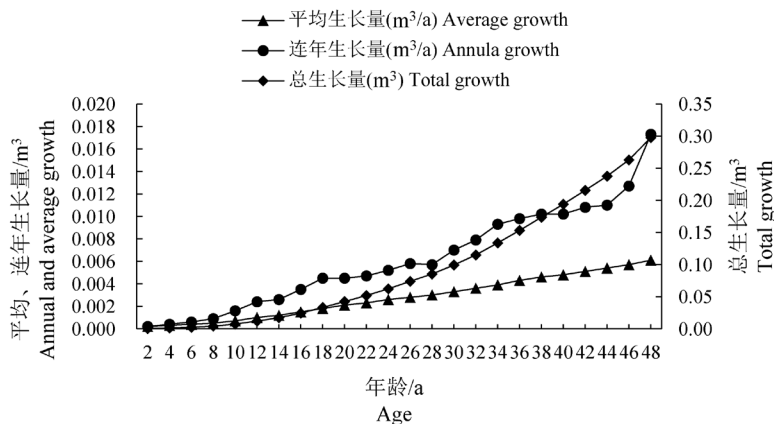


图 3 广西南宁木荷材积生长曲线

Fig.3 Curve of volume growth of *Schima superba* plantation in Nanning, Guxangxi

分材积较快的生长。

2.2.4 生长率规律 生长率反映了林木生长的快慢,利用普雷斯特生长率公式计算求值:生长率

$$p(t) = \frac{y_t - y_{t-n}}{y_t + y_{t-n}} \times \frac{200}{n}, \text{ 其中 } p(t) \text{ 为 } n \text{ 年间的平均}$$

生长率, y_t 为 t 年的生长量, y_{t-n} 为 t 至 n 年的生长量。根据计算所得的胸径、树高、材积生长率绘制曲线图见图 4。从表 2 和图 4 可知,木荷胸径、树高、材积的连年生长率都出现随年龄的增加而递减的规律,曲线变化为先急后缓,胸径、树高连年生长率数值均在第 16 a 后呈现相对平缓的情况,两条曲线非常相近,几乎叠加。而材积生长率在 4~6 a 下降较快,6~20 a 下降速度有所减缓,20 a 之后呈现相对平缓的情况,但 0~48 a 间,材积生长率均高于胸径、树高生长率。

2.2.5 胸高形数规律 胸高形数能够说明树干的通直和完满度。从表 2 和图 5 可知,0~48 a 木荷胸高形数呈下降趋势,且下降速度为先急速后缓慢。4~8 a 木荷胸高形数均高于 0.69,显示木荷干形很好,且 0~48 a 胸高形数均保持在 0.48 以上。

2.3 木荷生长模型拟合及检验

2.3.1 木荷生长模型拟合 木荷的胸径与林龄最优回归方程为威布尔模型,其决定系统最大,为 0.947 7,残差平方和最小,为 1.2186,木荷胸径

$$\text{生长模型为: } D = 72.0389 \left[1 - e^{-\left(\frac{T-1.8148}{249.8353} \right)^{0.7535}} \right], \text{ 模型}$$

中 D 为胸径, T 为林龄。木荷的树高与林龄最优回归方程为二次曲线模型,其决定系统最大,为 0.920 8,残差平方和最小,为 0.000 2,木荷树高生长模型为: $H = -0.8114 + 0.6880T - 0.0038T^2$, 模型中 H 为树高, T 为林龄。木荷单株材积与林龄最优回归方程为威布尔模型,其决定系统最大,为 0.899 8,残差平方和最小,为 0.0000,木荷材

$$\text{积生长模型为: } V = 246.6322 \left[1 - e^{-\left(\frac{T-0.6891}{1025.1299} \right)^{2.1936}} \right], \text{ 模}$$

型中 V 为材积, T 为林龄。

2.3.2 木荷生长模型检验 以 2 a 为一个龄级,进一步检验生长模型的可靠性,计算相应的预测值,木荷胸径、树高、材积的实测值和预测值数值详

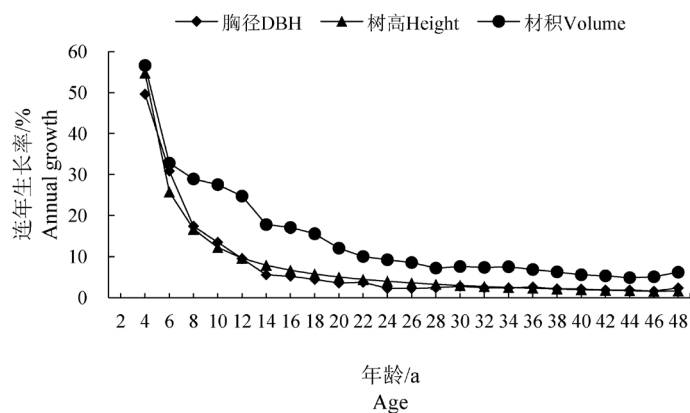


图 4 广西南宁木荷生长率曲线

Fig.4 Curve of growth rate of *Schima superba* plantation in Nanning, Guxangxi

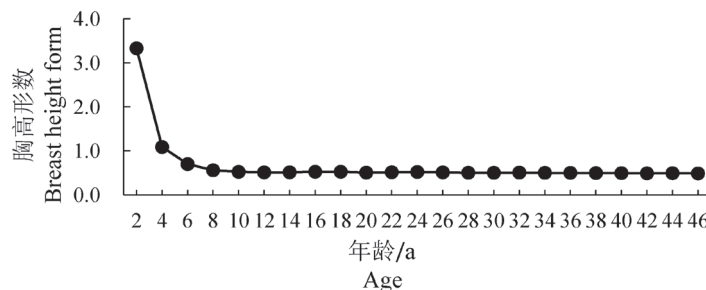


图 5 广西南宁木荷胸高形数曲线

Fig.5 Curve of breast height form factor of *Schima superba* plantation in Nanning, Guxangxi

表 3 木荷胸径、树高和材积生长模型检验
Tab.3 DBH, tree height and volume growth model test of *Schima superba* plantation

年龄 /a Age	胸径 DBH			树高 Height			材积 Volume		
	实测值 /cm Measured value	预测值 /cm Predicted value	相对误差 /% Relative error	实测值 /m Measured value	预测值 /m Predicted value	相对误差 /% Relative error	实测值 /m ³ Measured value	预测值 /m ³ Predicted value	相对误差 /% Relative error
2	0.52	0.31	-40.38	0.55	0.55	0.00	0.000 3	0.000 1	-66.67
4	1.53	2.00	30.72	1.88	1.88	0.00	0.001 2	0.000 8	-33.33
6	2.90	3.23	11.38	3.18	3.18	0.00	0.002 3	0.002 4	4.35
8	4.12	4.30	4.37	4.45	4.45	0.00	0.004 1	0.004 8	17.07
10	5.40	5.28	-2.22	5.69	5.69	0.00	0.007 3	0.008 2	12.33
12	6.53	6.18	-5.36	6.90	6.90	0.00	0.012 0	0.012 5	4.17
14	7.30	7.03	-3.70	8.07	8.08	0.12	0.017 2	0.017 9	4.07
16	8.10	7.84	-3.21	9.22	9.22	0.00	0.024 3	0.024 4	0.41
18	8.85	8.60	-2.82	10.34	10.34	0.00	0.033 2	0.031 9	-3.92
20	9.50	9.34	-1.68	11.43	11.43	0.00	0.042 3	0.040 6	-4.02
22	10.23	10.05	-1.76	12.48	12.49	0.08	0.051 7	0.050 3	-2.71
24	10.70	10.73	0.28	13.51	13.51	0.00	0.062 2	0.061 3	-1.45
26	11.18	11.39	1.88	14.51	14.51	0.00	0.073 8	0.073 4	-0.54
28	11.73	12.03	2.56	15.47	15.47	0.00	0.085 2	0.086 8	1.88
30	12.40	12.65	2.02	16.41	16.41	0.00	0.099 2	0.101 3	2.12
32	13.00	13.26	2.00	17.31	17.31	0.00	0.114 9	0.117 1	1.91
34	13.62	13.85	1.69	18.19	18.19	0.00	0.133 6	0.134 1	0.37
36	14.33	14.42	0.63	19.03	19.03	0.00	0.153 1	0.152 4	-0.46
38	14.95	14.98	0.20	19.85	19.85	0.00	0.173 6	0.172 0	-0.92
40	15.58	15.53	-0.32	20.63	20.63	0.00	0.194 0	0.192 8	-0.62
42	16.17	16.07	-0.62	21.38	21.38	0.00	0.215 6	0.215 0	-0.28
44	16.77	16.59	-1.07	22.10	22.10	0.00	0.237 6	0.238 5	0.38
46	17.30	17.10	-1.16	22.79	22.80	0.04	0.262 9	0.263 3	0.15
48	18.13	18.01	-0.66	23.54	23.53	-0.04	0.297 5	0.297 1	-0.13

表 4 木荷生长模型误差检验
Tab.4 Error test of growth model of *Schima superba* plantation

因子 Factor	胸径 /% DBH	树高 /% Height	材积 /% Volume
平均相对误差 Average relative error	0.30	-0.009	2.74
相对总误差 Relative total error	1.93	0.013	0.94

见表3,生长模型误差检验详见表4。从表3、表4可以看出,木荷胸径、树高和材积的实测值和预测值总体上非常相近,平均相对误差和相对总误差均很小,均在2.74%以下,实践中可用相应模型预测木荷各阶段的生长值。

3 结论与讨论

48 a生木荷人工林平均胸径、树高和材积分别为20.68 cm, 23.54 m和0.359 8 m³。相比梁建平等^[19]研究的广西南宁46 a生降香黄檀*Dalbergia odorifera*人工林平均胸径、树高、材积分别为21.6 cm、18.7 m、0.401 9 m³, 48 a生木荷平均胸径、平均材积均低于46 a生降香黄檀,但48 a生木荷平均树高则大于46 a生降香黄檀,高生长比46 a降香黄檀多出25.9%。这与48 a生木荷人工林管理较为粗放,未进行抚育间伐而导致林木郁闭度偏高,出现树高生长明显,胸径生长较慢的现象。在营林生产过程中,应适当加强抚育间伐的管理,以增加林木胸径增长和材积增长,达到提高经济效益的目的。

48 a生木荷人工林平均生长量和连年生长量相交于12~14 a,说明12~14 a之前为胸径快速生长阶段,应在这一阶段加强水肥管理和适当间伐,以促进林木胸径的生长。48 a生木荷人工林树高平均生长量和连年生长量相交于15~16 a,说明交汇点之前为木荷树高迅速生长期。48 a生木荷材积连年生长量曲线和平均生长量曲线仍未相交,表明48 a生木荷人工林未达到数量成熟龄,还可以继续通过间伐促进林分生长。

48 a生木荷胸高形数最低值为48 a的0.485,相比高于吕曼芳等^[20]研究的36 a生顶果木*Acrocarpus fraxinifolius*胸高形数0.47,钟连香等^[21]研究的33 a生广东琼楠*Beilschmiedia fordii*胸高形数0.44,说明48 a生木荷干形通直,完满度较好,出材率高。

通过建立木荷胸径、树高和材积与林龄最优回归方程并进行生长模型误差检验,在实践中可用相应模型预测木荷各阶段的生长值。

效果分析[J].林业与环境科学, 2017, 33(6): 39-42.

- [2] 陈芳, 华国栋. 木荷在广东省林业建设中的应用[J]. 林业与环境科学, 2017, 33(4): 119-122.
- [3] 李志辉, 李柏海, 祁承经, 等. 我国南方珍贵用材树种资源的重要性及其发展策略[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 3(11): 1-8.
- [4] 阮杰旺. 木荷人工林造林密度对比试验初报[J]. 防护林科技, 2019(3): 34-36.
- [5] 李建光. 木荷的生物学特征及其造林技术[J]. 现代园艺, 2018(23): 64-65.
- [6] 郑长瑞. 木荷营养泥团苗造林试验[J]. 福建林业科技, 2012(4): 78-81.
- [7] 刘政, 沈泉, 周宇峰, 等. 木荷生长与防火效益的相关性研究[J]. 华东森林经理, 2015(1): 47-50.
- [8] 倪荣新, 宋其岩, 王军峰, 等. 木荷生物防火林带与杉木林可燃物数量比较研究[J]. 浙江林业科技, 2015(1): 48-51.
- [9] 赖国桢, 曹梦, 潘萍, 等. 马尾松木荷不同比例混交林植被碳密度特征[J]. 中南林业科技大学学报, 2018(2): 114-119.
- [10] 吴朝学, 严理, 秦武明, 等. 木荷人工林营养元素分布格局[J]. 西北林学院学报, 2017, 32(1): 54-61.
- [11] 林丽平, 徐期瑚, 薛春泉, 等. 基于树高-年龄分级的广东木荷生长模型研究[J]. 西南林业大学学报, 2018, 38(4): 126-132.
- [12] 程玉娜, 余济云, 孟伟, 等. 木荷胸径-树高生长相关模型研究[J]. 福建林业科技, 2014, 41(2): 109-114.
- [13] 林立彬, 李铁华, 文仕知. 闽楠木荷混交幼林生长规律及生物量分布特征研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2019(4): 85-90.
- [14] 吴晓生. 闽北防火林带中的木荷生长规律[J]. 林业勘察设计, 2014(1): 16-18.
- [15] 孟宪宇. 测树学(第3版) [M]. 北京: 中国林业出版社, 2006.
- [16] 吴敏, 李春叶, 秦武明, 等. 72年生细叶云南松天然林生长规律研究[J]. 广东农业科学, 2014(2): 61-65.
- [17] 林能庆, 洪永辉, 李蔚倩, 等. 米老排人工林生长规律及生长模型拟合研究[J]. 林业勘察设计, 2017(3): 22-28.
- [18] 韦善华, 覃静, 朱贤良, 等. 南宁地区灰木莲人工林生长规律研究[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(5): 174-178.
- [19] 梁建平, 蒋军林, 秦武明, 等. 广西南宁46年生降香黄檀人工林生长规律[J]. 浙江农林大学学报, 2015, 32(4): 523-528.
- [20] 吕曼芳, 梁乃鹏, 秦武明, 等. 顶果木人工林生长规律的研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2013, 33(8): 43-49.
- [21] 钟连香, 米伟, 施福军. 广东琼楠人工林生长规律研究[J]. 西南农业学报, 2018, 31(12): 2666-2671.

参考文献

- [1] 陈杰连, 陈一群, 蓝燕群, 等. 木荷扦插不同生根剂处理