

# 大岗山实验局杉木人工林 可变密度收获表的编制

李希菲 唐守正 王松林

(中国林业科学研究院资源信息研究所)

## 摘 要

本文利用推广的 Richards 生长模型编制了大岗山实验局杉木人工林的可变密度收获表,在这模型中包括地位指数及密度指数。误差分析表明此表适用于该地区的杉木人工林,这种编表方法是一种较好的方法。

**关键词** 杉木;收获表;地位指数;密度指数

## 一、引 言

林分收获表可分为标准、经验、可变密度三类。我国现在编制的大多是标准收获表,即具有最大疏密度(苏联系统)或完满立木度(欧美系统)的林分生长过程表(或收获表),经验收获表是用于局部地区针对具体林分所编的非“最密”林分收获表,这两类表各有不足,事实上很难说清什么是最大疏密度,什么是完满立木度,生产上也难以使用这种表做密度控制。早在1947年 Molly<sup>[1]</sup>将经验收获表系列化,编制了可变密度收获表,这类收获表可用年龄、林分密度和地位指数作为控制变量,因而为使用此表进行密度控制提供了可能性<sup>[6]</sup>。

编制林分可变密度收获表的方法很多,但往往要求原始资料较严格,例如要求有近似初植密度、未经疏伐和定期复测的标准地材料,并要求有足够大年龄范围的样地资料<sup>[6]</sup>,而我国某些速生树种人工林很难取得这样的资料。如何用不太多的临时标准地资料,编制包括各种地位指数、密度级的可变密度收获表是一个重要的实际问题。本文以大岗山林业实验局的人工杉木为例,系统介绍一种基于拓广的 Richards 生长函数的全林模型编表方法。

编制可变林分密度表采用的密度指标不尽相同,如 Shama<sup>[2]</sup>使用每英亩株数作为密度指标,但他未考虑密度不同对断面积生长率的影响,他的模型基本上属于 Schumacher 生长模型。张少昂<sup>[3]</sup>使用 Richards 模型,并在 Richards 函数中引进了密度指数,用林分密度指数作为密度指标,据我们研究,这是一种较好的方法。但他所采用的数据组织方法存在一定

本文于1988年5月10日收到。

• 本文的基础调查数据由夏良放、陈永富、张会儒等完成,副林木收获由张会儒计算,在此一并致谢。

问题，我们改进了他的数据组织方法，并在此基础上又引进了地位指数，形成一个完整的全林区的生长模型。以此模型为基础编制了大岗山林业实验局杉木人工林的可变密度收获表。

## 二、资 料

在大岗山实验局内选择无明显人为破坏的杉木人工林，按各种地位级、年龄、密度，共设标准地194块。年龄6—24 a，密度778—5 396 株/ha，地位指数约10—18 m。

每块标准地量测或计算得到下述基础因子：年龄  $A$ 、每公顷株数  $N$ 、每公顷断面积  $G$ 、每公顷蓄积量(用二元材积表) $V$ 、优势高  $HH$ 、平均高  $H$ 、断面积平均直径  $D$ 、消亡木平均直径  $D_1$ 。

## 三、方法与结果

### (一) 地位指数

地位指数是区分林地对某一树种生产力的指标，根据对杉木的研究<sup>[9,10]</sup>，我们以 20 a 为基准年龄，利用 Schumacher 式配制了大岗山实验局的地位指数曲线：

$$HH = A_i \text{ EXP}(-4.060 17/t) \quad (1)$$

其中： $HH$ ——优势高； $t$ ——年龄

$$A_{10} = 12.25; A_{12} = 14.70; A_{14} = 17.15; A_{16} = 19.60; A_{18} = 22.05$$

这个结果与全国杉木人工林中带地位指数非常接近。

如地位指数14的树高生长曲线与全国人工林中带地位指数14的比较见图1，由图1可见二条曲线非常接近，在5—35 a 范围内，树高相差不到0.5 m。因此我们用(1)式做为大岗山杉木人工林地位指数曲线族。

### (二) 密度指数

密度指数是1933年 Reineke 提出使用的林分密度指标，这个指标容易确定，简单实用，近年来又被不少林学家重新研究应用<sup>[7,6]</sup>。

在完满立木度的同龄林中，每公顷株数  $N$  与断面积平均直径  $D$ ，往往存在下述统计关系：

$$N = aD^{-\beta}$$

$\beta$  一般与密度、年龄、立地无关。若取  $D_0$  为标准直径，因此，完满立木度林分  $N(D/D_0)^{\beta}$  近似等于常数。于是 Reineke 定义一个直径为  $D$ ，株数为  $N$  的现实林分，密度指数  $S$  为：

$$S = N(D/D_0)^{\beta} \quad (2)$$

我们取定  $D_0 = 20 \text{ cm}$  为标准直径。

为了确定各标准地的密度指数  $S$ ，必须首先估计  $\beta$ 。我们采用二次剔除不足立木度的样地方法来估计  $\beta$  值。即首先由全部样本观测值建立回归方程  $\ln N = a_1 + b_1 \ln D$ ，估计出  $a_1$ 、 $b_1$  值后，删除  $\ln N < a_1 - b_1 \ln D$  的点后，再用剩余点建立回归方程  $\ln N = a_2 - b_2 \ln D$ ，再删除

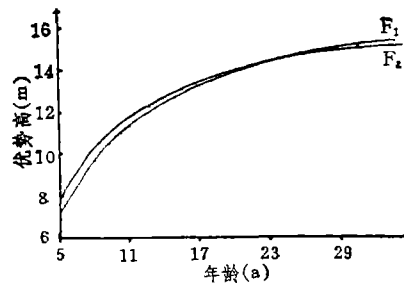


图1 地位指数14杉木地位指数曲线比较  
F<sub>1</sub> 全国杉木人工林中带  
F<sub>2</sub> 大岗山实验局杉木人工林

ln N < a<sub>2</sub> - b<sub>2</sub> ln D 的点, 用最后剩余的较密样本建立回归方程:

$$\ln N = \alpha - \beta \ln D$$

全部较密样本的散点图如图 2 所示, 由图 2 可见散点很集中于一条直线, 取这条线的斜率绝对值  $\beta = 1.318$  为  $\beta$  的估计值。

估计  $\beta$  以后, 由下述公式

$$S = N(D/20)^{\beta}$$

计算各样地的密度指数 S, 然后按地位指数、年龄和密度指数级 (从 700 到 1 900, 级距 300) 分组统计各级的平均断面面积、平均直径及平均密度指数, 得到如表 1 的基础材料。

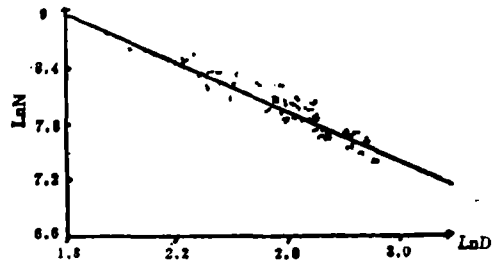


图 2 ln N 与 ln D 的关系

### (三) 断面积和直径的模型

(3) 将 Richards 模型写成如下形式:

$$dG/dt = C_1(C_2G^m - C_3G) \tag{3}$$

其中  $C_2G^m$  表示潜在的同化反应率,  $C_3G$  表示潜在的异化反应率,  $C_1$  表示潜在生长率与实际生长率之间的转化率, 可认为  $C_1 = C_4S^c$ , 这里 S 为密度指数, (注: [3] 用 10 000/s 作为指标, 和我们用 S 为指标实质一样), 这样(3)式可以写为:

$$dG/dt = C_4S^c(C_2G^m - C_3G) \tag{4}$$

很显然, 同化反应率的系数  $C_2$  与地位的关系密切, 根据我们研究  $C_2$  可以表示为:

$$C_2 = C_5L^c, \tag{L 表示地位指数}$$

将此式代入(4)得到 Richards 生长模型在地位与密度二个方向上推广的微分形式:

$$dG/dt = C_4S^c(C_5L^cG^m - C_3G) \tag{5}$$

容易验证, (5)式在初值条件  $t = t_0, G = 0$  时的解为:

$$G = b_1L^{b_2}(1 - EXP(-b_4S^{b_3}(t - t_0)))^{b_5} \tag{6}$$

其中:

$$b_1 = \left(\frac{C_5}{C_3}\right)^{\frac{1}{1-m}}; \quad b_2 = \frac{C_4}{1-m}; \quad b_3 = \frac{1}{1-m}; \quad b_4 = C_3 \cdot C_4^{(1-m)}; \quad b_5 = C_5$$

$t_0$  一般取树高到达胸高时的年龄, 根据树高生长资料, 这里取  $t_0 = 2$ 。

同样道理, 直径的生长方程可以表示为:

$$D = a_1L^{a_2}(1 - EXP(-a_4S^{a_3}(t - t_0)))^{a_5} \tag{7}$$

为了便于计算, 将方程(6)及(7)取对数变换得:

$$\ln G = \ln b_1 + b_2L + b_3 \ln(1 - EXP(-b_4S^{b_3}(t - t_0))) \tag{8}$$

$$\ln D = \ln a_1 + a_2L + a_3 \ln(1 - EXP(-a_4S^{a_3}(t - t_0))) \tag{9}$$

利用表 1 所给资料, 采用森林经理室编的通用曲面回归程序中改进的平行线法, 估计方程(8)和(9)的参数如下:

$$b_1 = 50.5675; \quad b_2 = 0.32378; \quad b_3 = 0.31299; \quad b_4 = 0.000508202;$$

$$b_5 = 2.75092; \quad \text{相关系数} = 0.96$$

$$a_1 = 9.30926; \quad a_2 = 0.42382; \quad a_3 = 0.48749; \quad a_4 = 0.0201434;$$

$$a_5 = -0.37904; \quad \text{相关系数} = 0.84$$

表 1

## 基础材料汇总

地 位 (m)	年 龄 (a)	G (m <sup>2</sup> )	D (cm)	密度指数	地 位 (m)	年 龄 (a)	G (m <sup>2</sup> )	D (cm)	密度指数
10	8	17.7	9.4	933	14	10	20.1	12.3	888
10	8	19.6	9.0	1 070	14	10	19.6	8.3	1 145
10	9	20.6	7.6	1 231	14	11	22.0	12.7	956
10	11	18.6	12.9	804	14	12	18.3	13.0	759
10	12	25.2	13.1	1 066	14	13	20.5	12.6	893
10	13	24.8	10.0	1 420	14	13	22.3	11.7	1 016
10	13	24.8	10.2	1 719	14	14	21.9	13.8	891
10	14	28.0	10.5	1 384	14	14	24.9	12.6	1 088
10	16	24.5	14.7	968	14	15	21.7	15.6	822
10	16	26.7	12.4	1 177	14	15	27.3	14.5	1 078
10	16	31.4	11.9	1 433	14	15	30.7	13.5	1 364
10	16	38.5	11.4	1 804	14	16	23.4	15.2	897
10	18	21.2	10.6	1 039	14	16	29.0	14.0	1 182
10	19	33.9	12.4	1 494	14	16	38.2	13.7	1 569
10	20	34.2	11.0	1 637	14	16	40.4	14.2	1 632
10	22	39.1	14.1	1 580	14	17	33.0	15.2	891
12	6	19.7	7.6	1 166	14	17	29.8	15.6	1 125
12	10	24.4	11.2	1 163	14	17	39.9	15.0	1 549
12	11	23.1	12.9	996	14	17	43.1	13.2	1 822
12	11	24.9	12.2	1 109	14	18	42.1	15.6	1 589
12	12	17.0	9.1	903	14	19	43.9	14.8	1 715
12	12	31.9	13.6	1 323	14	20	40.5	15.5	1 533
12	15	17.8	12.6	818	14	20	40.8	14.4	1 625
12	15	23.9	10.1	1 196	14	21	36.9	15.6	1 388
12	15	25.6	8.7	1 329	14	22	39.4	17.2	1 389
12	15	30.8	9.5	1 633	14	22	47.1	16.9	1 682
12	16	22.8	14.8	870	14	23	30.3	15.3	1 159
12	16	26.4	12.4	1 168	14	24	50.6	17.1	1 794
12	16	30.9	11.6	1 424	16	6	24.9	7.7	1 534
12	16	42.1	13.3	1 775	16	12	26.2	15.1	1 013
12	17	23.4	10.5	1 155	16	14	31.9	15.6	1 199
12	17	36.8	14.1	1 492	16	15	31.8	14.4	1 265
12	17	40.1	12.8	1 733	16	15	31.9	13.0	1 360
12	18	43.9	14.4	1 749	16	16	21.8	13.9	895
12	19	33.5	14.4	1 333	16	16	26.1	13.6	1 084
12	19	41.3	13.3	1 735	16	16	29.2	11.0	1 351
12	20	39.1	14.1	1 580	16	17	20.8	15.4	775
12	20	43.9	13.9	1 792	16	17	33.9	17.6	1 179
12	22	49.6	17.8	1 711	16	18	41.9	16.8	1 502
12	23	36.7	15.5	1 392	16	18	43.1	15.4	1 643
12	23	45.3	14.7	1 777	16	19	40.1	15.6	1 514
12	24	34.8	13.3	1 463	16	21	28.4	15.0	1 099
14	7	17.2	10.5	849	16	21	38.4	16.8	1 380
14	7	18.1	8.4	1 056	16	23	42.2	18.3	1 428

续表

地 位	年 龄	G	D	密度指数	地 位	年 龄	G	D	密度指数
(m)	(a)	(m <sup>2</sup> )	(cm)		(m)	(a)	(m <sup>2</sup> )	(cm)	
16	23	48.9	17.7	1660	18	15	24.8	17.6	831
16	24	47.5	16.5	1723	18	16	21.9	16.3	892
18	12	31.9	13.0	1291	18	17	32.9	17.1	1159
18	12	34.3	19.5	1787	18	17	44.4	16.4	1617
18	14	29.3	14.5	805					

为了计算的方便，公式(6)–(9)中的  $S$  为密度指数  $1/1\,000$ ，即  $S = \text{密度指数}/1\,000$ 。

**(四) 株数的计算和密度指数的验算**

在计算出方程(6)和(7)之后，即可算出不同地位指数、不同密度指数条件下各年龄的株数：

$$N = \frac{40\,000G}{\pi D^2} = \frac{40\,000}{\pi} \frac{b_1}{a_1^2} L^{b_2-2a_1} \frac{(1 - \text{EXP}(-b_4 S^{b_3}(t-2)))^{b_4}}{(1 - \text{EXP}(-a_4 S^{a_3}(t-2)))^{2a_3}} \quad (10)$$

由(10)式可看出株数  $N$  显然与地位指数  $L$ 、年龄  $t$  及千分之密度指数  $S$  有关。由于编表是以密度指数与年龄及地位指数的关系不大这一基本理论为依据的，所以我们必须验证这一结果。

例如由(10)式给出密度指数为 1600，( $S = 1.6$ )，算出不同年龄  $t$ 、不同地位  $L$  的株数  $N$ ，然后由(2)式算出理论密度指数  $\hat{S}$ ，定义  $(\hat{S} - 1\,000S)/1\,000S$  为误差，表 2 列出了不同密度指数、不同地位条件、不同年龄的理论密度指数及计算时所用实际密度指数的比，由表 2 看出在 6–30 a 内，最多差 43 株，密度误差最大为  $(1\,243 - 1\,200)/1\,200 = 3.6\%$ ，可见，配置的模型密度精度较高。因密度指标是由断面积及平均直径计算的，故这个指标的精度综合反应出模型的精度。

**(五) 断面积误差分析**

决定林分主立木蓄积的主要因素是林分断面积，它的回归剩余标准差从另一方面反映了模型的精度。经计算，断面积回归剩余标准差等于  $2.4\text{ m}^2$ ，即模型与实测最大断面积误差不超过  $4.8\text{ m}^2$ ，68% 的样地断面积误差不超过  $2.4\text{ m}^2$ 。注意，因为我们的样地面积为  $0.06\text{ ha}$ ，考虑到抽样误差，这种精度已是很精确的估计了。

断面积的回归标准误等于  $0.25\text{ m}^2$ ，即

**表 2 密度指数比较**

地位	年龄	密 度 指 数			
(m)	(a)	1200	1400	1600	1800
10	6	1181	1374	1566	1758
	12	1181	1372	1561	1750
	18	1191	1381	1570	1757
	24	1203	1394	1582	1769
	30	1218	1409	1597	1783
12	6	1189	1383	1576	1769
	12	1189	1381	1571	1761
	18	1198	1390	1580	1768
	24	1211	1403	1592	1780
	30	1225	1418	1607	1794
14	6	1195	1390	1585	1778
	12	1195	1388	1580	1771
	18	1205	1397	1588	1778
	24	1217	1410	1601	1789
	30	1232	1425	1616	1804
16	6	1201	1397	1592	1787
	12	1200	1394	1587	1779
	18	1219	1404	1596	1786
	24	1223	1417	1608	1798
	30	1238	1432	1623	1812
18	6	1206	1403	1599	1794
	12	1205	1400	1594	1786
	18	1215	1409	1602	1793
	24	1228	1423	1615	1805
	30	1243	1438	1630	1820

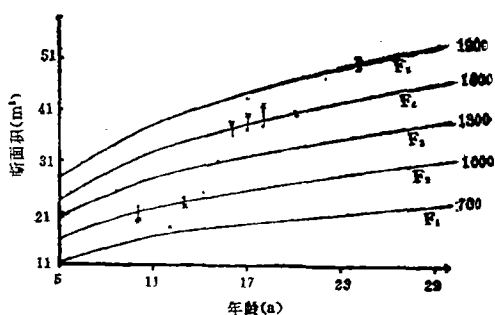


图3 地位指数14的林分断面面积散点

模型的平均误差不超过 $0.5 \text{ m}^2$ 。

为了直观地观察断面积精度，以地位指数14的林分为例，画出了散点图(图3)，图中的五条曲线分别为密度指数700、1000、1300、1600、1900的理论断面积曲线，图上标有×字的点表示它的实测密度指数离理论值相差了半个密度级。由图可见，只有六个点断面积的估计值超出它所应在密度级范围，但一般不超过半个密度级。

#### (六) 可变密度收获表的编制

由公式(6)、(7)、(9)、(10)可以计算各种不同地位指数条件下不同密度指标及不同年龄林分的断面积 $G$ 、平均直径 $D$ 、每公顷株数 $N$ 、各年龄平均高和优势高在合理的密度范围内存在的线性关系，根据样地实测材料得到优势高 $HH$ 和平均高 $H$ 之间的关系式为： $HH = 0.89H + 3.21$ ；形高 $FH$ 与平均高 $H$ 的关系为： $FH = 0.87906 + 0.433905H$ 。于是得到主林木蓄积 $V$ 与年龄、密度指标和地位指数的关系：

$$V = FHG \quad \text{其中 } G \text{ 由(6)式确定。}$$

为确定副林木(包括自然稀疏与间伐)的收获，需确定副林木平均直径 $D_1$ ，由样地材料得到：

$$D_1 = 0.7669946D - 1.205188 \quad D \text{ 为主林木平均直径。}$$

由此算出副林木蓄积的收获：

$$\Delta V = \frac{\pi}{40000} D_1^2 \cdot \Delta N$$

其中 $\Delta N$ 为相邻年龄株数之差，即由于枯死及间伐消亡的株数。

据上述结果，编制了大岗山实验局地位指数为10、12、14、16、18密度指数为1200、1400、1600、1800的可变密度收获表。表3是地位指数14、密度指数1800的杉木人工林可变密度收获表。

## 四、结论与问题讨论

1. 杉木人工林在我国分布很广，但缺少大龄人工林资料，由于年龄生长阶段不完整，难以采用某些资料中介绍的分别参数估计法<sup>[6,8]</sup>。加上历来缺少长期定位观测固定标准地资料，如何用各种立地条件、各种不同密度的临时标准地资料编制收获表就成为一个值得研究的问题。以上研究表明，采用拓广的Richards生长模型为基础的编表方法是可行的。

2. 可变密度收获表，不是自然林分生长过程表，只有在承认完满立木度的林分某密度指标不随时间变化这一结论时，完满立木度收获表才是自然林分生长过程表。如果加上不受人工干扰时密度指标的变化规律，可变密度收获表很容易转化为各种不同密度林分的自然生长过程表，这方面的工作已有一些研究<sup>[7]</sup>。可变密度收获表是指在人为干涉下，保持密度指标不变时主副林木的生长、收获过程，正由于这一特性，此表为进行密度控制提供了可能。

3. 据研究，模型(6)还有改进的可能，这个结论基于下述残差分析。

根据模型(6)的对数形式，即模型(8)，可以算出每个样本 $\ln G$ 的理论值 $\ln \hat{G}$ 。称 $\ln \hat{G} - \ln G$ 为残差，对每个样本做残差和理论 $\ln \hat{G}$ 的线性回归，即：

表 3

可变密度收获表

(树种: 杉木 地位指数: 14 密度指数: 1800)

年 龄 (a)	主 林					副 林 木					总 收 获 量						
	优 势 高 (m)	平 均 高 (m)	平 直 均 径 (cm)	株 数 (株)	断 面 积 (m <sup>2</sup> )	蓄 积 (m <sup>3</sup> )	平 生 长 均 量 (m <sup>3</sup> )	连 生 长 年 量 (m <sup>3</sup> )	生 长 率 (%)	株 数 (株)	直 径 (cm)	蓄 积 (m <sup>3</sup> )	累 积 蓄 积 (m <sup>3</sup> )	总蓄 积量 (m <sup>3</sup> )	平 生 长 均 量 (m <sup>3</sup> )	连 生 长 年 量 (m <sup>3</sup> )	生 长 率 (%)
6	8.7	6.2	7.4	6629	28.3	101.7	16.9			4.4							
7	9.6	7.2	8.2	5761	30.3	122.2	17.5	20.5	18.3	868	5.1	7.08	7.08	129.32	18.5		
8	10.3	8.0	8.9	5144	32.1	140.8	17.6	18.6	14.1	617	5.6	6.74	13.82	154.62	19.3	25.3	17.8
9	10.9	8.7	9.6	4679	33.7	157.6	17.5	16.8	11.3	465	6.1	6.44	20.26	177.90	19.8	23.3	14.0
10	11.4	9.2	10.2	4314	35.1	173.0	17.3	15.4	9.3	364	6.6	6.15	26.41	199.44	19.9	21.5	11.4
11	11.9	9.7	10.7	4020	36.4	187.2	17.0	14.1	7.8	294	7.0	5.88	32.28	219.45	19.9	20.0	9.6
12	12.2	10.1	11.3	3776	37.6	200.2	16.7	13.1	6.7	244	7.4	5.62	37.91	238.14	19.8	18.7	8.2
13	12.5	10.5	11.7	3571	38.7	212.4	16.3	12.1	5.9	205	7.8	5.39	43.29	255.66	19.7	17.5	7.1
14	12.8	10.8	12.2	3396	39.8	223.7	16.0	11.3	5.2	175	8.2	5.16	48.45	272.15	19.4	16.5	6.2
15	13.1	11.1	12.6	3244	40.8	234.3	15.6	10.6	4.6	152	8.5	4.95	53.41	287.73	19.2	15.6	5.6
16	13.3	11.3	13.1	3111	41.7	244.3	15.3	10.0	4.2	133	8.8	4.76	58.16	302.48	18.9	14.8	5.0
17	13.5	11.6	13.5	2993	42.6	253.8	14.9	9.4	3.8	118	9.1	4.57	62.74	316.49	18.6	14.0	4.5
18	13.7	11.8	13.8	2888	43.4	262.7	14.6	8.9	3.5	105	9.4	4.40	67.14	329.83	18.3	13.3	4.1
19	13.9	12.0	14.2	2795	44.3	271.2	14.3	8.5	3.2	94	9.7	4.24	71.37	342.56	18.0	12.7	3.8
20	14.0	12.1	14.5	2710	45.0	279.3	14.0	8.1	2.9	85	10.0	4.08	75.45	354.73	17.7	12.2	3.5
21	14.1	12.3	14.9	2633	45.8	287.0	13.7	7.7	2.7	77	10.2	3.94	79.39	366.39	17.4	11.7	3.2
22	14.3	12.4	15.2	2563	46.5	294.4	13.4	7.4	2.5	70	10.5	3.80	83.19	377.58	17.2	11.2	3.0
23	14.4	12.5	15.5	2499	47.2	301.5	13.1	7.1	2.4	64	10.7	3.67	86.85	388.33	16.9	10.8	2.8
24	14.5	12.7	15.8	2411	47.9	308.3	12.8	6.8	2.2	59	10.9	3.54	90.39	398.68	16.6	10.3	2.6
25	14.6	12.8	16.1	2387	48.5	314.8	12.6	6.5	2.1	54	11.1	3.42	93.82	408.65	16.3	10.0	2.5
26	14.7	12.9	16.4	2336	49.2	321.1	12.4	6.3	2.0	50	11.3	3.31	97.12	418.27	16.1	9.6	2.3
27	14.8	13.0	16.6	2290	49.8	327.2	12.1	6.1	1.9	46	11.6	3.20	100.33	427.56	15.8	9.3	2.2
28	14.8	13.1	16.9	2247	50.4	333.1	11.9	5.9	1.8	43	11.8	3.10	103.42	436.55	15.6	9.0	2.1
29	14.9	13.1	17.1	2207	50.9	338.8	11.7	5.7	1.7	40	11.9	3.00	106.43	445.24	15.4	8.7	2.0
30	15.0	13.2	17.4	2160	51.5	344.3	11.5	5.5	1.6	38	12.1	2.91	109.33	453.66	15.1	8.4	1.9
31	15.0	13.3	17.6	2134	52.1	349.7	11.3	5.3	1.5	35	12.3	2.82	112.15	461.83	14.9	8.2	1.8
32	15.1	13.4	17.9	2101	52.6	354.9	11.1	5.2	1.5	33	12.5	2.73	114.88	469.75	14.7	7.9	1.7
33	15.2	13.4	18.1	2070	53.1	359.9	10.9	5.0	1.4	31	12.7	2.65	117.52	477.44	14.5	7.7	1.6
34	15.2	13.5	18.3	2040	53.6	364.8	10.7	4.9	1.4	29	12.8	2.57	120.09	484.91	14.3	7.5	1.6
35	15.3	13.6	18.5	2013	54.1	369.6	10.6	4.8	1.3	28	13.0	2.49	122.58	492.18	14.1	7.3	1.5

$$(\ln \hat{G} - \ln G) = a + b \ln \hat{G} \tag{11}$$

显然, 如果一个模型如果“很好”, 其残差回归系数  $a, b$  都应近似为 0。对(11)式做假设检验  $a=0, b=0$ 。我们知道当零假设成立时下述统计量:

$$F = \frac{[\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})]^2(n-2)}{[\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2 - (\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y}))^2] \cdot 2}$$

其中:

$$x = \ln \hat{G}$$

$$y = \ln \hat{G} - \ln G$$

是服从自由度为 2,  $n-2$  的 F 分布, 因而 F 值的大小说明了模型的“好坏”程度(注意: 模

型好坏是说明模型形式的度量，不是模型计算精度的度量，模型计算精度的度量是剩余标准差，已在前面讲过)。对于大岗山实验局的资料，计算的  $F = 3.85$ ，其残差回归图如图 4 所示。因为  $F_{0.01}(2, 95) = 4.83$ ， $F_{0.05}(2, 95) = 3.09$

即：

$$F_{0.01}(2, 95) > F > F_{0.05}(2, 95)$$

说明断面积模型(6)或(8)已较好，但还有改进余地。

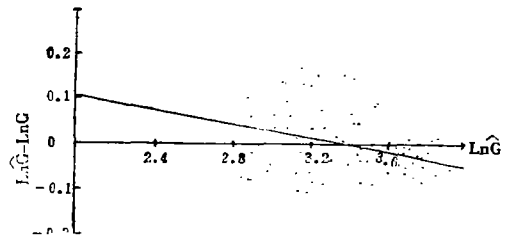


图 4 断面积残差回归

### 参 考 文 献

- [1] Molly, G. A., 1947, Empirical stand density yield., Dept. Mines and Res. Ottawa, Canada, Silv. Res. Note, № 82.
- [2] Shama, R. P., 1979, Variable density yield table of dalbergia sissoo, The Indian Forester, 105(6):421—435.
- [3] 张少昂, 1986, 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, 14(3):17—26.
- [4] Clutter, J. L. et al., 1983, Timber Management, John Wiley and sons, New York.
- [5] Drew, T. J. et al., 1979, Stand density management: an alternative approach and its application to Douglas-fir plantations, For. Sci., 25:518—532.
- [6] Ito, T. et al., 1984, An analysis of the basal area growth in even-aged pure stands based on the richards growth function, 日林志, 66(3):99—108.
- [7] Parker, R. C., 1978, Investigations into the limits of stand density. Ph. D. dissertation, School of Forest Res. Univ. of Georgia.
- [8] Pienaar, L. R. et al., 1973, The Chapman-richards generalization of von bertalanffy's growth model for basal area growth and yield in even-aged stands, For. Sci., 19:2—22.
- [9] 南方十四省(区)杉木栽培科研协作组, 1982, 全国杉木(实生林)地位指数表的编制与应用, 林业科学, 18(3), 266—278.
- [10] 全国主要林木专业调查工作队, 1982, 全国杉木专业调查福建试点技术总结。

## THE ESTABLISHMENT OF VARIABLE DENSITY YIELD TABLE FOR CHINESE FIR PLANTATION IN DAGANGSHAN EXPERIMENT BUREAU

Li Xifei Tang Souzhen Wang Songlin

(The Research Institute of Forest Resources Information Technique CAF)

### Abstract

The variable density yield table is established for chinese fir plantation in Dagangshan Experiment Bureau, which is based on generalized Richards growth model, in which site index and density index are included. Errors in the model are analyzed. The results show that the table is suitable for Chinese fir plantation in this Bureau and the method proposed in the paper is satisfying.

**Key words:** Chinese fir; yield table; site index; density index