

大岗山杉木人工林主伐年龄的研究*

盛炜彤 惠刚盈

罗云伍

(中国林业科学研究院林业研究所)

(中国林业科学研究院亚热带林业实验中心)

摘要 本文对江西省大岗山杉木人工林主伐年龄进行了系统的研究。试验选定 Richard 生长模型为杉木人工林生长的基本模型,并将地位指数引入该模型,建立了以地位指数和年龄为自变量的 7 参数多形型生长模型;根据生长与收获兼容性原理求得数量成熟龄;借助 Weibull 分布函数建立了林分结构模型,按材种标准确定工艺成熟龄;用调整后的杉木木材影子价格计算木材收入;采用贴现法进行经济分析,并用净现值最大确定经济成熟。依据“以工艺成熟为基限,重点考虑经济成熟,适当兼顾数量成熟”的原则设计出两种可供选择的主伐模式。经与现行的主伐年龄相比,其内部收益率均有较大提高,盈利率提高量最高可达 8% 以上,经济效果十分显著。

关键词 杉木;成熟龄;主伐年龄;多形型生长模型;结构模型

确定用材林主伐年龄的依据是林分成熟龄,主要是数量成熟龄、工艺成熟龄和经济成熟龄。近年来对经济成熟龄及其计算方法研究较多。国外目前除按传统的森林总收益、纯收益、土地纯收益、净现值最大和内部收益率最高确定经济成熟外,美国惠好公司还提出按增殖指数确定经济成熟龄,日本的神崎康一提出,按最大值原理来判断最优的轮伐期^[1]等。现在已发展到应用数学原理及控制理论与经济学相结合进行经营体系的综合规划^[2]。我国对杉木人工林主伐年龄的研究,过去大多只侧重某一方面,常常依据不够充分,而且与现实差距较远。目前生产上不分立地条件采用同一个主伐年龄即 25~30 年,致使土地不能合理利用,经济效益不高。所以,有必要分别立地指数进行综合论证,提出更适宜的主伐年龄,供生产上采用。

1 研究区自然概况

江西大岗山地处中亚热带湿润气候区,属罗霄山脉北端武功山支脉。年均温为 15.8~17.7℃,七月均温为 28.8℃,一月均温为 5.3℃,无霜期 265 天,全年日照平均时数为 1 656.9 h。年均降雨量为 1 591 mm,年均蒸发量为 1 503.8 mm。土壤多为黄红壤类型。地带性植被为常绿阔叶林,由于人为活动频繁,形成以杉木为主的针叶林。

2 材料与方 法

共选用调查标地 154 块,年龄范围 6~25 年,密度为 1 019~5 347 株/ha,地位指数 10~18m。解析平均木 76 株。资料分别按立地指数、年龄归类合并,将各年龄的平均值作为拟合

本文于 1990 年 8 月 21 日收到。

* 中国林科院亚热带林业试验中心给予大力支持,张校林、黄冬青等参加外业调查,特此致谢。

生长模型的基本数据。各年龄点的材积按江西省杉木二元材积表公式计算。根据生长与收获兼容性原理求得各立地条件下的数量成熟龄。借助 Weibull 分布函数来拟合林分直径结构的变化规律,建立结构模型,再按材种规格及其数量确定工艺成熟龄。用调整的木材影子价格计算各采伐龄的木材收入。依据当前世界林业发达国家评价营林投资效果所采用的贴现法^[1]进行经济分析,并用净现值最大^[4]确定经济成熟。最后根据自然条件的可能、杉木生长的潜能及其经济效益权衡利弊,进行综合评定。

2.1 生长模型的选定

生长模型选用 Richards 一般化的 Bertalanffy 模型^[6~7]。

Bertalanffy 的生长速率式为:

$$dw/dt = \eta w^m - kw \quad (1)$$

式中: dw/dt 为瞬时生长速率,可用连年生长量代替; w 为总生长量; η 、 m 、 k 为模型参数,其中, η 为光合作用系数, k 为呼吸作用系数, m 为该植物的内在增殖率。

当年龄 $t=0$ 、 $w=0$ 时, (1) 式解为

$$w = [\eta/k - \eta/k (e^{-k(1-m)t})]^{1/(1-m)} \quad (2)$$

令 $\eta/k^{(1/(1-m))} = A$; $(1-m)k = C$; $\frac{1}{1-m} = B$, 则(2)式为

$$w = A(1 - e^{-Ct})^B \quad (3)$$

式中: A = 生长极限值; C = 生长速率; B = 形状参数。

由于不同地位指数的林木生长存在很大差异,为了体现这种差异,将(3)式中的3个参数与地位指数确定为以下相关式:

$$A = C_1 SI^{C_2}; B = C_3 + C_4 SI + C_5 SI^2; C = C_6 SI^{C_7}; \text{代入(3)式,得} \\ W = C_1 SI^{C_2} (1 - e^{-C_6 SI^{C_7} t})^{(C_3 + C_4 SI + C_5 SI^2)} \quad (4)$$

式中, $C = (C_1, C_2, \dots, C_7)$ = 待定参数; SI = 地位指数。

(4) 式即为选定的杉木树高(H)、胸径($D_{去}$)及材积($V_{去}$)生长模型。

为便于求解,将(4)式进行对数变换得:

$$Y = C_1 + C_2 \ln SI + (C_3 + C_4 SI + C_5 SI^2) \cdot \ln (1 - e^{-C_6 SI^{C_7} t}) \quad (5)$$

式中: $Y = \ln W$; $C_1 = \ln C_1$

(5) 式参数求解采用唐守正的通用曲面回归程序中的改进平行线法。林分材积($M_{去}$)为

$$M_{去} = V_{去} \cdot N \quad (6)$$

式中: $M_{去}$ = 每公顷蓄积量 (m^3/ha); $V_{去}$ = 平均单株材积 (m^3); N = 每公顷株数(株/ha)。

2.2 相关关系式的建立

为了弄清密度的变化规律,预测林分结构及其出材量等,需建立以下相关式。

2.2.1 立木株数与平均胸径的关系 考虑到不同立地条件的密度效应的差异^[8],将地位指数及胸径(D)作为自变量,采用二元幂曲线即

$$N = a_1 D^{b_1} SI^{b_2} \quad (7)$$

2.2.2 去皮胸径($D_{去}$)与带皮胸径(D)的互算式

$$D_{去} = a_0 + b_0 D; \quad D = a_2 + b_2 D_{去} \quad (8)$$

2.2.3 检尺径($D_{2.5}$)与平均胸径($D_{去}$)的互算式

$$D_{去} = a + b D_{2.5}; \quad D_{2.5} = a' + b' D_{去} \quad (9)$$

2.2.4 算术平均直径($\bar{D}_{算}$)与断面积平均直径(D)的关系

$$\bar{D}_{算} = a'' + b'' D \quad (10)$$

2.2.5 树高曲线式

$$H = a + bD + cD^2 \quad (11)$$

2.3 林分结构预测

本文利用 Weibull 函数来拟合直径分布。其表达式为:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ \frac{c}{b} \cdot \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} \cdot e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c} & x > 0 \end{cases} \quad (12)$$

参数 a, b, c 均大于 0; a = 位置参数; b = R 度参数; c = 形状参数。

(12) 式中 b, c 参数求解采用西泽表法^[9]。

为达到预测林分结构的目的, 有必要将参数 b, c 与影响林分生长的三大因子即年龄、密度、地位指数等进行多元线型回归分析即

$$b = B_0 + B_1 SI + B_2 t + B_3 N \quad (13)$$

$$c = C_0 + B_1 SI + B_2 t + B_3 N \quad (14)$$

位置参数 a 用经验式^[10] $a = 0.5 \bar{D}_{算}$ (15)

各径阶株数采用 $n_i = N \cdot L_D \cdot f(x_i)$ (16)

式中: L_D = 径阶距 (2 cm); $f(x_i)$ = 概率密度函数。

2.4 数量成熟龄的确定

采用绝对值和相对值两种方法。

2.4.1 绝对值法 用林分材积平均生长量(Z)最大时的年龄确定数量成熟龄。根据连年生长量等于平均生长量时 Z 值最大的原理, 推导出求解林分数量成熟龄的公式:

$$\frac{BC}{e^{Ct}-1} + \frac{b_1 b_2 A_3 B_3 C_3 e^{-C_3 t} (1 - e^{-C_3 t})^{B_3 - 1}}{a_2 + b_2 A_3 (1 - e^{-C_3 t})^{B_3}} - \frac{1}{t} = 0 \quad (17)$$

式中: B, C 及 A_3, C_3, B_3 均为(3)式的材积及胸径生长模型中的参数; a_2, b_2 为(8)式参数; b_1 为(7)式参数。

2.4.2 相对值法 根据林分生长率(P_V)开始下降到一定程度时的年龄^[11]来确定数量成熟龄。生长率计算公式采用

$$P_V = 200 \left(\frac{V_t - V_{t-1}}{V_t + V_{t-1}} \right) \quad (18)$$

令 P_V 为一定值时, 求解年龄 t , 需解下式

$$\left[\frac{1 - e^{-Ct}}{1 - e^{-C(t-1)}} \right]^B \cdot \left[\frac{a_2 + b_2 A_3 (1 - e^{-C_3 t})^{B_3}}{a_2 + b_2 A_3 (1 - e^{-C_3 (t-1)})^{B_3}} \right]^{b_1} - K = 0 \quad (19)$$

其中, 当 $P_V = 3\%$ 时, $K = 1.0305$; $P_V = 4\%$, $K = 1.0408$; $P_V = 5\%$, $K = 1.05128$;

$P_V = 6\%$, $K = 1.06186$ 。式中参数同(17)式。

2.5 工艺成熟龄的确定

2.5.1 按材种平均生长量最大确定 借助林分结构预测结果(16, 11)式和杉木出材量预测方法^[12]计算各年龄、各材种的出材率, 将出材率与(6)式相乘求出材量, 再由出材量与年龄之商的最大值确定工艺成熟龄。

2.5.2 按各材种株数或材积的百分率确定。

2.6 经济成熟龄的确定

2.6.1 采用贴现法, 按净现值最大确定 计算净现值的公式如下:

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+i)^i} \quad (20)$$

式中: NPV = 营林净现值; $\frac{1}{(1+i)^i}$ = 贴现因素; C_i = 第 t 年的净现金流量; i = 贴现率。

2.6.2 用内部收益率(IRR)确定 内部收益率也是一个贴现率, 它使一系列净增现金流量的现值等于零。这个量度代表项目整个寿命期间的加权平均收益与项目占用资源之比。比值越大, 表示这个项目能够承受银行贷款利率的能力越大, 即盈利能力越强。内部收益率通常作为衡量经济效果的综合指标。其计算采用插值法^[13], 插值规律是:

$$IRR = i_{低} + (i_{高} - i_{低}) \cdot \left(\frac{NPV_{i_{低}}}{NPV_{i_{低}} + NPV_{i_{高}}} \right) \quad (21)$$

通过内部收益率还可以计算出盈利率的大小, 公式为:

$$\text{盈利率} = IRR - i \quad (22)$$

2.7 木材价格、收入及成本

我国现行的价格体系还不够合理, 采用此价格不能正确地评价经济效益, 因此, 在进行经济分析时, 必须对现行的价格进行调整。采用其中一种方法即计算影子价格。本研究借助“林业部世界银行部门贷款丰产林项目主要树种造林模型及财务经济模型建立的说明”中木材影子价格, 即规格材495元/ m^3 , 小规格材220元/ m^3 。但考虑到现行木材价格中各材种价格的差异, 故对此木材影子价格进行了调整。方法是根据各材种现行价格比(大径材:中径材:小径材=1.6:1:0.7)进行修正。修正后的木材影子价格为大径材792元/ m^3 , 中径材495元/ m^3 , 小径材346元/ m^3 , 小条木220元/ m^3 。

木材收入指扣除了各种税收后的纯收入。

营林成本(炼山22元/亩、整地18元/亩、苗木费12元/亩、栽植6.5元/亩、抚育(8次)48元/亩、管护1.5元/亩·年), 按实际计算。

3 结果分析

3.1 相关关系(表1)

相关系数检验表明, 表1中相关式均达极显著水平, 故可作为相关因子推算式。

表1 因子相关式

相关关系式	样本数	相关系数
$N = 74202.31D^{-0.7495186}SI^{-0.6184803}$	36	0.954**
$D_{去} = -0.57237 + 0.96415D$	37	0.997**
$D = 0.5953 + 1.034108D_{去}$	35	0.996**
$D = 1.318671 + 1.062468D_{2.5}$	42	0.975**
$D_{2.5} = -0.614345 + 0.895169D$	42	0.975**
$\bar{D}_{算} = 0.2686 + 0.949007D$	41	0.990**
$H = 0.7521 + 0.9698D - 0.0172D^2$	41	0.9996**

注：** $P=0.01$ 水平。

3.2 生长模型

表2为所建立的杉木树高、胸径及材积生长模型(4)式各参量。

各生长模型 R 、 F 及剩余方差 S^2 的值表明，各模型均具有较高的精度。故该模型是可用的。

表2 杉木生长模型(4)式各参量

生长因子	参 数							R	S^2	F 值
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7			
$H(m)$	1.71718	0.791742	0.404043	0.083011	0.0039868	0.002957	1.49348	0.99	0.006	0.2906
$D_{去}(cm)$	3.99143	0.510754	3.98391	-0.351115	0.0135758	0.002957	1.360719	0.99	0.009	0.4792
$V_{去}(m^3)$	0.00123	1.751731	8.59006	-0.679371	0.0321898	0.002957	1.416435	0.99	0.04	0.2884

为进一步说明该模型的生物特性，特将表2按指数级展开(表3)。

表3 杉木生长模型特征值

地位指数	A			B			C			拐点(a)①		
	H	$D_{去}$	$V_{去}$	H	$D_{去}$	$V_{去}$	H	$D_{去}$	$V_{去}$	H	$D_{去}$	$V_{去}$
12	12.28144	14.20119	0.09557	1.97427	1.72545	5.07295	0.12096	0.08697	0.09989	6	6	16
14	13.87566	15.36448	0.1252	2.3476	1.72916	5.38808	0.15228	0.10727	0.12426	6	5	14
16	15.42298	16.44893	0.1582	2.75283	1.84147	5.96073	0.18589	0.12864	0.15013	5	5	12
18	16.93043	17.46884	0.19445	3.18995	2.0624	6.7909	0.22164	0.15101	0.17739	5	5	11

① 拐点由 $t = \frac{1}{C} \ln B$ 计算(公式推导略)。

由表3得知，生长极限 A 及平均增长率 C 均随地位指数级的增高而增大，这符合杉木生长实际。拐点参数基本上随立地质量的降低而提高，表明了好的立地，速生期来得早的生物学规律。由此可见，所选模型具有很强的解析生长现象的能力。

3.3 林分结构预测结果

预测林分结构，实际上是对 Weibull 分布的参数 b 、 c 进行预测，其结果为：

$$b = 8.3184 + 0.0964t - 0.417N + 0.156SI; R = 0.94^{**}; n = 44$$

$$c = 1.11 - 0.0267t + 0.1605N + 0.0379SI; R = 0.80^{**}; n = 44$$

复相关系数检验 ($R > R_{0.01} = 0.4943$)，表明其相关达极显著水平。

3.4 各种成熟龄计算结果(表4)

表4 各种成熟龄汇总

地 位 指 数	数量成熟龄						工艺成熟龄						经济成熟龄				
	Z						小径材		中、大径材				NPV最大				
	生长率(%)						Z _小	N(V)(%)	Z _中	Z _大	N(V)(%)				贴现率(%)		
	3	4	5	6	最大	80(70)	最大	最大	30(45)	35(50)	40(55)	45(60)	6	9	12		
12	22	26	23	22	20	20	20	—	—	—	—	—	24	20	20		
14	18	23	21	19	18	16	16	26	—	26	30	—	26	18	16		
16	16	21	19	18	17	12	12	20	—	20	24	28	20	20	16		
18	15	19	18	17	16	10	10	16	28	16	18	22	18	16	16		

表4表明,由于计算成熟龄的方法、指标不同,其结果也不同,但总的趋势是立地质量好的成熟期到来的早,这与国内外其它研究结果^[14]是一致的,采用材种株数百分率作为指标确定的工艺成熟龄与利用传统的方法即各材种材积平均生长量最大所确定的结果是一致的,用材积生长率4%~6%作为指标确定的数量成熟龄与用传统的材积平均生长量最大所确定的结果也基本一致。本研究结果认为,小径材的株数达80%(或材积达70%)时的年龄即为该材种的工艺成熟龄,中、大径木的株数达30%(或材积达45%)时的年龄即为中径材的工艺成熟龄,而中、大径材的株数达45%(或材积达60%)时的年龄即为大径材的工艺成熟龄。培育小径材时,各立地均表现为工艺成熟龄低于数量成熟龄,而培育中径材时,各指数级的数量成熟龄则低于工艺成熟龄。

从表4的数量成熟龄和工艺成熟龄得知,12指数级只能培育小径材,14~16指数级可培育中径材,而18指数级具有生产中径材的能力。

3.5 主伐年龄

主伐年龄是以林分成熟龄为依据的,成熟龄有多种,究竟采用何种适合?研究认为,首先在考虑立地潜能的基础上,确定培育目标,最后依据“以工艺成熟为基限,重点考虑经济成熟,适当兼顾数量成熟”的原则,确定适宜的主伐年龄。

大岗山的自然条件能满足杉木的生物、生态要求,属杉木生长的适宜区。由于局部环境的差异,杉木林的生产力有所区别。从表3的极限生长值A看出,12指数级最大平均胸径落在14径阶组中值附近;14指数最大平均胸径落在16径阶下限附近;16指数最大平均胸径落在16径阶组中值;只有18指数级的最大平均胸径落在18径阶组下限附近。可见,12指数级只能生产小径材(胸径10~16cm);14、16指数级可生产小、中径材(胸径18~22cm);18指数级有生产大径材(胸径24cm以上)的能力。这种判断与前面的分析是一致的。然而经济分析表明,在低贴现率(6%)的情况下,14、16指数级生产中径材,而18指数级培育中大径材有利;在高贴现率(9%以上)时,14指数级生产小径材,16指数级生产中小径材,18指数级生产中径材有利。

为此,杉木人工林的最佳主伐年龄确定为两种模式(表5)。

由表5可以看出,内部收益率均大于基准贴现率12%,这表明两种模式是可行的。模式1与现行的杉木主伐龄26年以上相比,除14指数级以外,其他指数级经济效益均有所提高。其中,12指数级的主伐年龄缩短了两年,内部收益率(IRR)由12.57%提高到13.26%,盈利

率增加了0.7%; 16指数级主伐年龄缩短了6年, *IRR* 由15.9%提高到19.9%, 盈利率增加了4%; 18指数级的主伐年龄缩短了8年, *IRR* 由16.9%提高到23.6%, 盈利率增加了6.7%。模式2与现行的杉木主伐年龄26年以上相比, 其*IRR*和盈利率均有所提高, 而主伐年龄缩短了6~10年。其中, 12指数级的*IRR*由12.6%提高到14.4%, 盈利率增加了1.8%; 14指数级*IRR*由14.6%提高到19.1%, 盈利率增加了4.5%; 16指数级的*IRR*由15.9%提高到22.4%, 盈利率增加了6.5%; 18指数级的*IRR*由16.9%提高到25.7%, 盈利率增加了8.8%。

表5 杉木林主伐模式

地位指数	培育目标	主伐年龄 (a)	$D_{去}$ (cm)	H (m)	N (株/亩)	$M_{去}$ (m^3 /亩)	生长量 (m^3 /亩·a)	生长率 (%)	纯收入 (元/亩)	6% <i>NPV</i> [(元/亩)]	<i>IRR</i> (%)	盈利率 (%)
模 式 1												
12	小径材	24	11.3	11.0	162	9.54	0.4	4	1 533	312	13.3	7.3
14	中径材	26	13.8	13.2	128	12.91	0.5	2	2 737	539	14.6	8.6
16	中径材	20	14.2	14.4	115	13.46	0.7	4	2 943	858	19.9	13.9
18	中径材	18	15.2	15.6	102	14.96	0.8	4	3 414	1 143	23.6	17.6
模 式 2												
12	小径材	20	10.2	10.1	175	7.98	0.4	6	1 148	41	14.4	2.4
14	小径材	16	10.9	11.2	151	8.57	0.5	8	1 284	136	19.1	7.1
16	中小径材	16	12.8	13.3	125	11.18	0.7	7	1 946	246	22.4	10.4
18	中径材	16	14.4	15.4	106	13.70	0.9	6	2 978	417	25.7	13.7

模式1较模式2有更大的纯收入。由此可见, 低息贷款有利于发展林业生产。即使在贴现率成倍增长(由6%到12%)的情况下, 按模式2进行采伐也是有利的。所以, 模式1和模式2的主伐年龄谓之最佳采伐期。但事实上, 由于劳力、市场价格或其他因素, 常常不能在最佳期采伐, 所以有必要确定合理主伐年龄区间(表6)。

表6与表5相比, 盈利率的损失不超过2%。

表6 主伐年龄区间

地位指数	模式 1	模式 2
12	24~26	20~24
14	26~28	16~18
16	20~22	16~18
18	18~20	16~18

4 结论

(1) 杉木人工林的密度效应规律为:

$$N = 74\ 202.31D^{-0.749\ 618\ 8}SI^{-0.818\ 480\ 3}$$

(2) 杉木人工林的生长模型为:

$$\begin{aligned} \text{树高: } H &= 1.717\ 18SI^{0.791\ 742} \cdot (1 - e^{-0.002\ 957SI^{1.483\ 48} \cdot t})^{(0.404\ 043 + 0.083\ 011SI + 0.003\ 985\ 8SI^2)} \\ \text{胸径: } D_{去} &= 3.991\ 43SI^{0.510\ 754} \cdot (1 - e^{-0.002\ 957SI^{1.380\ 719} \cdot t})^{(3.983\ 91 - 0.351\ 115SI + 0.013\ 576\ 8SI^2)} \\ \text{材积: } V_{去} &= 0.001\ 23SI^{1.751\ 731} \cdot (1 - e^{-0.002\ 957SI^{1.416\ 435} \cdot t})^{(8.590\ 06 - 0.679\ 371SI + 0.032\ 189\ 8SI^2)} \end{aligned}$$

(3) 杉木人工林的林分结构可用 Weibull 分布描述, 其参数 b 、 c 的预测式为:

$$b = 8.3184 + 0.0964t - 0.417N + 0.156SI$$

$$c = 1.11 - 0.0267t + 0.1605N + 0.0379SI$$

(4) 杉木人工林的成熟龄随地位指数级的提高而降低。

(5) 确定用材林主伐年龄的原则是以工艺成熟为基限, 重点考虑经济成熟, 适当兼顾数量成熟。

(6) 影响主伐年龄的主要因素有立地条件、培育目标和贷款利率等。低息贷款采用模式1; 高息贷款可采用模式2。

(7) 用某一材种的株数百分率或材积百分率作为确定工艺成熟龄的方法是可行的, 而且较为简单方便。研究认为: 培育小径材, 小径木株数需达80%(材积达70%)以上; 培育中径材, 中、大径材株数需达30%以上(材积45%); 培育大径材, 中、大径材株数需达45%(材积60%)以上。

(8) 用材积增长率4%~6%作为指标确定杉木人工林的数量成熟龄是可行的。

(9) 无论模式1或模式2, 与现行的采伐年龄26年相比, 主伐年龄有所缩短; 而经济效益有不同程度的提高; 盈利率提高量最高可达8.8%。故建议在生产中根据实际情况选用。

参 考 文 献

- [1] 于政中, 1989, 世界森林经理的现状与发展趋势, 世界林业研究, 2(1): 1~36。
- [2] 郭晋平等, 1989, 杉木经济成熟龄确定方法的研究, 华东森林经理, 3(4): 1~7。
- [3] 李禄康, 1988, 浅谈世界银行对林业项目的分析方法, 世界林业研究, 1(3): 65~70。
- [4] 宁军, 1986, 用经济采伐年龄提高毛白杨用材林经济效果的探讨, 森林经理文集, 85~90。
- [5] 杨荣启等, 1989, 史纳德生长函数式在台湾人工林林分结构分析上之应用, 中华林学季刊, 22(3): 3~17。
- [6] 冯丰隆, 1988, 使用贝尔陀兰斐模式研究台湾七种树种生长之适用性的探讨, 中华林学季刊, 21(1): 47~64。
- [7] Horst Kramer, 1988, Waldwachstumslehre, Paul Parey, 49~80。
- [8] 惠刚盈等, 1989, 江西大岗山丘陵区杉木人工林生产力的研究, 林业科学, 52(6): 564~569。
- [9] 李炳铁等, 1986, 关于林分结构预测方法的初步探讨, 林业资源管理, (4): 36~45。
- [10] 北京林学院主编, 1980, 造林学, 中国林业出版社, 258。
- [11] T. W. 丹尼尔等, 1979 (赵克绳等译, 1987), 森林经营原理, 中国林业出版社, 412~413。
- [12] 惠刚盈, 1989, 杉木出材量预测方法, 林业科技通讯, (5): 32~33。
- [13] 普赖斯·吉延格编, 1984, (苏挺译, 1986), 复利表和贴现表, 中国财政经济出版社, 176~180。
- [14] Gerhand Speidel, 1983, Forstliche Betriebswirtschaftslehre, Paul Parey, 169~177。

A Study on Felling Age of Chinese Fir Plantation

Sheng Weitong Hui Gangying

(The Research Institute of Forestry CAF)

Luo Yunwu

(The Experimental Centre of Subtropical Forestry CAF)

Abstract The felling age of Chinese fir plantation was systematically studied in Dagan Shan Area. Richards function was selected as the basic growth model of Chinese fir plantation, and site index was introduced into this model to establish a polymorphic growth model with 7 parameters, using the site index and tree age as the variables. The quantitative maturity was calculated based on the principle of growth and yield compatibility, and stand structure model on Weibull function, technical maturity on the cultivated timber assortment, acceptable return on investment was calculated by the readjusted timber shadow price. By means of discounted measure, economic analysis was analysed and economic maturity was determined by the maximum net present value. Two alternative felling age models were proposed on the basis of technical maturity with a emphatical considering of economic maturity and an appropriate considering of quantitative maturity. The model has a notable economic return. Comparing the felling age determined by our models with the current felling age, the internal rate of return can be raised and the maximum profit rate can be increased by over 8%.

Key words Chinese fir; maturity; felling age; polymorphic growth model; stand structure model