

文章编号: 1000-5692(2001)01-0026-06

# 杨树人工林合理轮伐期的研究

江波, 袁位高, 戚连忠, 朱锦茹

(浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023)

**摘要:** 根据对常规栽培模式的杨树人工林林分生产力分析, 确定了各主要立地的培育目标, 并计算数量成熟龄、经济成熟龄和工艺成熟龄。分析结果表明: 以净贴现值最大确定杨树最优轮伐期, 12 指数级培育小径材的轮伐期为 13~14 a, 14 指数级培育中小径材的轮伐期为 12~13 a, 16 指数级培育大中径材的轮伐期为 12~13 a, 18 指数级培育大径材的轮伐期为 11~12 a。表 4 参 2

**关键词:** 杨属; 人工林; 轮伐期; 成熟年龄; 抚育间伐

**中图分类号:** S752.2<sup>+</sup>3      **文献标识码:** A

确定用材林主伐年龄的重要基础是森林成熟。杨树人工林的培育目标主要是在短期内生产更多的胶合板材和纸浆材, 但从经济角度看, 还要考虑投入的成本费用。数个轮伐期下来, 究竟经济效果怎样? 怎样的配置和经营管理最佳? 可得多少? 都要进行综合评价。因此森林成熟不完全是生物现象和林学技术问题, 也是一种经济现象, 而且经济因素是主导因素。我国过去主要根据数量成熟龄和工艺成熟龄, 经济成熟龄北美及欧洲应用较多。新近的研究认为, 确定用材林主伐年龄的原则是以工艺成熟为基础, 重点考虑经济成熟, 适当兼顾数量成熟<sup>1,2</sup>。

过去我们对主伐龄的研究, 大多只侧重某一方面, 依据常常不够充分, 而且与现实距离较远, 导致生产上不分造林类型和培育目标, 一律套用同一个主伐年龄, 致使有限的土地造成巨大浪费, 经济效益不高。本文就培育优质大径杨木试验林分不同立地条件的经营模式进行综合论证, 提出符合培育目标和经济要求的合理轮伐期。

## 1 试验条件

主要试验林设在浙江省富阳市建设村、游泳场、何埭、石羊、江丰、新桐, 桐庐县七里垅、姚村、分水、窄溪, 上虞市七六丘、八四丘等地。属中亚热带向北亚热带过渡的季风气候区。年平均气温 16.1 °C, 年平均降水量 1 462.6 mm, 相对湿度 80%左右, 年日照 1 995 h, 无霜期 232 d。土壤质地属轻壤—砂壤, 地下水位 0.3~2.8 m, pH 值 5.7~6.1, 有机质 8.2~24.8 g·kg<sup>-1</sup>, 全氮 0.2~1.5 g·kg<sup>-1</sup>, 速效氮 88.6~182.0 mg·kg<sup>-1</sup>, 全磷 0.34~0.46 g·kg<sup>-1</sup>, 速效磷 2.0~9.8 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效钾 28.0~86.0 mg·kg<sup>-1</sup>。

收稿日期: 2000-09-08; 修回日期: 2000-10-30

基金项目: “八五”浙江省重点科技攻关项目(944077)

作者简介: 江波(1964—), 男, 浙江浦江人, 副研究员, 从事森林培育和林业生态研究。

## 2 研究方法

根据试验布置和收集到的材料, 首先研究立地质量评价模型、经营模型和胶合板材出材量模型。然后在这些模型系统的基础上, 计算生产中常见栽培模式(表 1)下的林分生长与收获, 以分析不同立地的林分生产力及目标, 确定林分数量成熟龄和工艺成熟龄, 并结合投入和产出, 利用企业动态经济分析方法确定经济成熟龄。最后根据在能达到培育目标的前提下, 以取得最大的经济效益来确定轮伐期。

表 1 经营水平分级及其经济参数

Table 1 The management degree and economic index

经营强度	苗木	造 林		施 肥			整 枝			
		挖穴规格/ (m×m×m)	经济参数/ (元·株 <sup>-1</sup> )	底肥	3 年生追肥	经济参数/ (元·株 <sup>-1</sup> )	2 年生	3 年生	4 年生	经济参数/ (元·株 <sup>-1</sup> )
强	优质苗或 2 根 1 干苗	0.8×0.8×0.8	1.5	施肥	施肥	0.75	整枝		整枝	0.3
中	I 级或 II 级苗	0.6×0.6×0.6	1.0	施肥	不施	0.75		整枝		0.3
弱	II 级苗	0.4×0.4×0.6	0.7	不施	不施					

### 2.1 林分数量成熟龄的确定

按最大值原理确定数量成熟龄, 即以林分材积的平均生长量最大时的年龄来确定数量成熟龄。本文根据 95 块标准地资料拟合产量预估模型, 估计在各种经营状态下不同年龄时的产量, 据此计算林分的材积平均生长量。

### 2.2 工艺成熟龄的确定

国家标准规定胶合板材的小头直径必须大于或等于 26 cm, 材长  $L$  不得短于 2 m, 由此可根据绝对削度公式  $L = (D - D_m) / 1.21 + 1.3$ , 得  $D = 26.85$  cm, 即  $D = 26.85$  cm 时可达工艺成熟。

### 2.3 经济成熟龄的确定

采用贴现法, 分别按净贴现值 ( $V_{NP}$ ) 和效益成本比 ( $R_{BC}$ ) 最大确定。同时在分析经济效益时采用内部收益率 ( $R_{IR}$ )。

#### 2.3.1 净贴现值 ( $V_{NP}$ )

$$V_{NP} = \sum_{t=0}^T \frac{R_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

其中:  $R_t$  和  $C_t$  为时间  $t$  的收益和成本,  $T$  为轮伐期。

净贴现值指标体现了资金的时间价值。它通过折现率这一因子, 将在不同时点发生的现金流统一体现于现时点, 为决策者提供更准确直接的依据, 特别是对于困难的造林项目。在方案选优中  $V_{NP}$  强调项目全部投资的总效益, 在投入资金不受限制的情况下, 净收益现值最大。

2.3.2 效益成本比 ( $R_{BC}$ )  $R_{BC}$  是收益现值与成本现值之比, 即  $R_{BC} = R_{PC} / C_{PV}$ 。其中:

$$R_{PV} = \sum_{t=0}^T \frac{R_t}{(1+r)^t}, \quad C_{PV} = \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

$R_{BC}$  指标强调资金的利用率, 适用于资金限定情况下的方案选优。

2.3.3 内部收益率 ( $R_{IR}$ ) 内部收益率为净贴现值等于零 ( $V_{NP} = 0$ ) 时的折现率。当  $R_{IR}$  值超出所规定的值时, 项目将被接收。在一般情况下  $R_{IR}$ 、 $V_{NP}$  或  $R_{BC}$  对项目的接收判断是一致的, 在方案选优中  $R_{IR}$  强调的是资金的高效利用, 在最短的时间内回收有限的资金。

### 2.4 主要技术经济参数

贴现率: 6.2%。木材价格: 小径材 ( $\geq 3$  cm) 为 350 元·m<sup>-3</sup>, 中径材 ( $\geq 12$  cm) 为 550 元·m<sup>-3</sup>, 大径材 ( $\geq 26$  cm) 为 800 元·m<sup>-3</sup>。林地清理及造林设计费 750 元·hm<sup>-2</sup>。连年管理及病虫害防治费平

均每年  $50 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。采伐成本  $70 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$ 。由林业主自己上交的育林基金  $60 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$ 。其他税费在木材价格以外由买主支付, 这里不作计算。间套种年限分: 不间作、1 a、2 a、3 a 和 4 a 等 5 种, 一般林地多可套种 3 a, 每年按净收入  $750 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$  计。有关参数见表 1 说明。

### 3 研究结果分析

#### 3.1 经营模型的建立

经营模型是经营措施及其效果的描述, 它强调各种经营措施所引起的生长信息的改变, 经营模型的结构应能反应此目的。经营模型结构由输入变量、输出变量和函数形式 3 部分组成, 据此基础选定了林分蓄积量  $V_m$ 、林分平均胸径  $\bar{D}$ 、林分平均高  $\bar{H}$  和林分面积  $G_m$  作为主要输出变量。选定林分年龄、立地指数、林分密度、综合经营水平、间作年限作为模型的输入变量。

对建模材料经反复多次拟合调整, 筛选出了产量预估模型, 其基本形式为:

$$\begin{aligned} \ln V_m &= a_0 + a_{1i} \hat{q}_i + a_{2i} \hat{q}_i + a_3 I_s + a_4 \ln G_m + a_5 / A; \\ \ln G_m &= a_0 + a_1 i \hat{q}_i + a_{2i} \hat{q}_i + a_3 I_s + a_4 N + a_5 / A; \\ \ln \bar{D} &= a_0 + a_1 i \hat{q}_i + a_{2i} \hat{q}_i + a_3 I_s + a_4 N + a_5 / A; \\ \ln \bar{H} &= a_0 + a_1 i \hat{q}_i + a_{2i} \hat{q}_i + a_3 I_s + a_4 N + a_5 / A; \end{aligned}$$

$$\hat{q}_i = \begin{cases} 1 & \text{样木为第 } j \text{ 个定性指数的第 } i \text{ 类} \\ 0 & \text{否则。} \end{cases}$$

其中:  $V_m$  为林分蓄积量 ( $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ );  $G_m$  为林分断面积 ( $\text{m}^2 \cdot \text{hm}^{-2}$ );  $\bar{D}$  为林分平均胸径 (cm);  $\bar{H}$  为林分平均高 (m);  $I_s$  为林分立地指数 (m);  $N$  为林分密度 ( $\text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$ );  $A$  为林分年龄 (a)。  $a_{1i}$  为综合经营水平第  $i$  类的得分;  $a_{2i}$  为间作年限第  $i$  类的得分。

第一定性指数为综合经营水平, 分为 3 类: 1 为强, 2 为中, 3 为差。第二定性指标为间作年限, 分为 1~5 类。经分析, 间作年限在诸多的栽培措施中是影响林分产量的重要因子, 考虑到间作年限与产量的非线性关系, 建模时此输入变量也按定性指标进行处理, 并将不间作年定义为 1 类, 间作年限 1~3 a 各定义为 1 类, 4 a 以上定义为 1 类, 共分为 5 类。

用 95 块标准地资料对以上 4 模型进行拟合, 其结果为:

$$\begin{aligned} \ln V_m &= 0.6875 + 0.3988 \hat{q}_1 + 0.3887 \hat{q}_2 + 0.1000 \hat{q}_3 + 0.1976 \hat{q}_4 + 0.2389 \hat{q}_5 + 0.2029 \hat{q}_3 \\ &\quad + 0.2138 \hat{q}_4 + 0.2342 \hat{q}_5 + 0.0388 I_s + 1.0048 \ln G_m - 1.2301 / A; \\ (R &= 0.9979). \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \ln \bar{D} &= 1.9687 + 1.0572 \hat{q}_1 + 1.0116 \hat{q}_2 + 0.1000 \hat{q}_3 + 0.4230 \hat{q}_4 + 0.4831 \hat{q}_5 + 0.4628 \hat{q}_3 \\ &\quad + 0.5214 \hat{q}_4 + 0.4784 \hat{q}_5 + 0.0198 I_s - 0.0003 N - 3.1630 / A; \\ (R &= 0.9617). \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \ln \bar{H} &= 1.2848 + 0.6993 \hat{q}_1 + 0.6854 \hat{q}_2 + 0.1000 \hat{q}_3 + 0.3089 \hat{q}_4 + 0.3568 \hat{q}_5 + 0.3197 \hat{q}_3 \\ &\quad + 0.3453 \hat{q}_4 + 0.3541 \hat{q}_5 + 0.0534 \hat{q}_5 - 0.0001 N - 2.2433 / A; \\ (R &= 0.9706). \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \ln G_m &= 1.4936 + 0.7789 \hat{q}_1 + 0.8147 \hat{q}_2 + 0.1000 \hat{q}_3 + 0.3630 \hat{q}_4 + 0.3687 \hat{q}_5 + 0.2835 \hat{q}_3 \\ &\quad + 0.4802 \hat{q}_4 + 0.3982 \hat{q}_5 + 0.0525 \hat{q}_5 + 0.0009 N - 6.4204 / A; \\ (R &= 0.9615). \end{aligned} \quad (4)$$

以上模型经复相关系数  $t$  值检验, 回归适应性检验表明, 各模型均无系统偏差, 平均误差在 1.2% 以下, 具有很好的适应性。各模型协方差分析表明, 4 个模型中各自变量对因变量的影响在  $d = 0.05$  水平下都达到了极显著水平。

#### 3.2 大径材出材量模型

在计算林分某一胸径范围的产量时, 主要有 2 种方法: 一是建立胸径分布模型, 然后据胸径分布模型来估计; 二是直接建立某一胸径范围的出材量与林分因子的模型。我们经多种模型拟合, 引入输

入变量  $d$  (小头直径), 选定最佳拟合形式为:

$$P_d = 1 + C_1(d^2/\bar{D}) + C_2(d^2/\bar{D}) + C_3(d/\bar{D})^3 + C_4(d/\bar{D})^4 + C_5(d/\bar{D})^5 \quad (5)$$

式中:  $P_d$  为小头直径为  $d$  时的商品材材积 ( $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ )。

利用调查资料对模型 (5) 进行拟合, 结果为  $C_1 = -0.2007$ ,  $C_2 = -0.0151$ ,  $C_3 = 2.4188$ ,  $C_4 = -5.0769$ ,  $C_5 = 2.3851$ ,  $R = 0.9963$ ,  $n = 215$ 。

### 3.3 不同立地的生产力及培育目标

利用产量收获模型预测常见栽培模式下, 主要年龄阶段的林分生长与收获见表 2。

由表 2 可知, 6 年生时, 各指数级都以小径材出材量为多, 极大多数林木尚未达到工艺标准。到 9 年生时, 12 和 14 指数级以中径材出材量居多, 16、18 指数级中低密度栽培模式 ( $6\text{ m} \times 6\text{ m}$ ,  $6\text{ m} \times 8\text{ m}$ ) 大径材比例急剧上升, 基本与中径材出材量持平。等到 12 年生时, 12 和 14 指数级还是以中小径材为主, 高密度林分大径材出材量几乎为零, 只有低密度林分才有 40% 上下的大径材出材率, 而 16 和 18 指数级小径材比例很小,  $6\text{ m} \times 6\text{ m}$  和  $6\text{ m} \times 8\text{ m}$  密度的林分产出则以大径材为主。可见, 要培育大径材必须选择地位指数 16 以上的立地, 以大株行距模式经营。12 和 14 指数级提倡以培育小径材纸浆林为主, 建议高密度模式经营。

表 2 常见栽培模式下的林分生长与收获

Table 2 The growth and yield of stands under common planting mode

地位 编号	造林 指数/ m	造林 密度/ (m×m)	经营 水平	间作 年限/ a	6 a					8 a					12 a				
					$d$	$V_3$	$V_2$	$V_1$	$V_m$	$d$	$V_3$	$V_2$	$V_1$	$V_m$	$d$	$V_3$	$V_2$	$V_1$	$V_m$
1	12	6×8	强	2	24.40	1.57	49.60	5.96	57.13	27.86	20.18	51.73	6.99	78.90	31.80	48.88	51.46	8.61	108.94
2	12	6×8	中	2	23.30	0.00	52.00	6.56	58.57	26.62	14.42	58.94	7.53	80.89	30.40	43.34	59.22	9.15	111.70
3	12	6×6	强	3	23.90	0.00	54.28	6.55	60.84	27.28	18.53	57.87	7.61	84.02	31.10	48.90	57.80	9.31	116.01
4	12	6×6	中	3	22.80	0.00	55.12	7.25	62.37	26.06	12.19	65.72	8.23	86.14	29.70	42.56	66.48	9.91	118.95
5	12	4×5	强	3	22.40	0.00	65.29	8.96	74.25	25.52	10.71	81.78	10.06	102.55	29.10	46.20	83.39	12.03	141.62
6	12	4×5	中	3	21.40	0.00	66.07	10.05	76.12	24.38	2.64	91.50	10.99	105.14	27.80	36.80	95.52	12.89	145.20
7	12	3×3	强	3	18.60	0.00	105.04	23.45	128.50	21.25	0.00	153.77	23.71	177.49	24.20	3.73	215.57	25.86	245.15
8	12	3×3	中	3	17.80	0.00	104.54	27.19	131.73	20.30	0.00	155.09	26.86	181.95	23.20	0.00	222.80	28.52	251.33
9	14	6×8	强	2	25.40	6.62	55.27	6.78	68.67	28.98	30.27	56.47	8.09	94.83	33.10	64.93	55.94	10.05	130.93
10	14	6×8	中	2	24.30	1.23	61.76	7.41	70.40	27.69	23.90	64.66	8.67	97.22	31.60	59.21	64.38	10.65	134.25
11	14	6×6	强	3	24.90	4.35	61.34	7.43	73.12	28.38	28.89	63.31	8.78	100.98	32.40	65.74	62.83	10.87	139.43
12	14	6×6	中	3	23.80	0.00	66.81	8.15	74.96	27.12	21.78	72.31	9.44	103.53	30.90	59.12	72.31	11.53	142.96
13	14	4×5	强	3	23.30	0.00	79.21	10.04	89.25	26.55	21.46	90.29	11.51	123.26	30.30	65.46	90.79	13.96	170.21
14	14	4×5	中	3	22.20	0.00	80.33	11.17	91.50	25.37	11.86	102.01	12.50	126.37	28.90	55.32	104.30	14.90	174.52
15	14	3×3	强	3	19.40	0.00	128.97	25.48	154.45	22.11	0.00	187.01	26.34	213.34	25.20	24.60	240.70	29.37	294.66
16	14	3×3	中	3	18.50	0.00	128.98	29.36	158.34	21.12	0.00	189.12	29.59	218.71	24.10	1.57	268.36	32.15	302.09
17	16	6×8	强	2	26.40	13.71	61.08	7.75	82.53	30.15	43.09	61.50	9.39	113.97	34.40	84.71	60.88	11.77	157.35
18	16	6×8	中	2	25.30	7.26	68.94	8.42	84.62	28.81	36.21	70.63	10.02	116.85	32.90	78.91	69.99	12.44	161.34
19	16	6×6	强	3	25.90	11.35	68.07	8.47	87.89	29.53	42.17	69.02	10.18	121.37	33.70	86.54	68.33	12.71	167.57
20	16	6×6	中	3	24.70	4.43	76.45	9.23	90.11	28.21	34.39	79.16	10.89	124.44	32.20	79.76	78.61	13.45	171.82
21	16	4×5	强	3	24.20	1.44	94.51	11.33	107.28	27.63	35.82	99.09	13.24	148.15	31.50	89.60	98.71	16.27	204.57
22	16	4×5	中	3	23.10	0.00	97.47	12.50	109.98	26.39	24.85	112.76	14.29	151.89	30.10	78.88	113.58	17.29	209.75
23	16	3×3	强	3	19.30	0.00	145.32	29.00	174.33	23.00	1.61	226.98	29.45	258.05	25.10	25.78	273.50	33.30	332.58
24	16	3×3	中	3	19.30	0.00	158.46	31.87	190.32	21.97	0.00	230.06	32.83	262.89	25.10	26.49	300.12	36.49	363.10
25	18	6×8	强	3	27.50	23.22	67.07	8.91	99.20	31.37	59.18	66.87	10.93	136.98	35.80	108.05	66.36	13.79	189.11
26	18	6×8	中	3	26.30	15.82	76.26	9.62	101.70	29.97	51.89	76.93	11.62	140.44	34.20	103.20	76.15	14.56	193.90
27	18	6×6	强	3	26.90	20.95	74.98	9.71	105.64	30.72	58.94	75.10	11.83	145.87	35.00	112.10	74.41	14.88	201.39
28	18	6×6	中	3	25.70	12.84	84.95	10.51	108.30	29.35	50.62	86.34	12.61	149.56	33.50	105.30	85.48	15.72	206.50
29	18	4×5	强	3	25.20	10.52	105.55	12.87	128.94	28.74	54.50	108.26	15.30	178.07	32.80	119.57	107.31	18.99	245.86
30	18	4×5	中	3	24.10	0.45	117.65	14.09	132.19	27.46	42.31	123.84	16.42	182.56	31.30	108.45	123.51	20.14	252.09
31	18	3×3	强	3	21.00	0.00	192.51	30.65	223.16	23.93	0.00	275.07	33.16	308.23	27.30	94.39	292.76	38.54	425.69
32	18	3×3	中	3	20.00	0.00	193.97	34.80	228.77	22.86	0.00	279.32	36.68	315.99	26.10	62.28	332.50	41.65	436.43

说明:  $d$  为林分平均胸径(cm);  $V_3$ ,  $V_2$ ,  $V_1$ ,  $V_m$  分别表示林分大径材、中径材、小径材的出材量和总出材量( $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ )

### 3.4 林分成熟龄及培育周期

根据以上研究, 获得各栽培模式下的林分数量成熟龄和工艺成熟龄以及各种经济成熟龄(表 3)。

由表 3 可知, ①树木材积增长率一般随林龄增长, 经历着逐渐增加, 迅速增长, 达到最大, 逐渐减少

这一过程。但不同立地条件下,达到最大后逐渐减少到来的时间是不同的。立地条件差的,林分往往衰退得早,较快地达到数量成熟。②工艺成熟龄与立地和密度关系密切。立地指数级低,造林密度高的林分达到平均胸径26.85 cm的时间迟,反之,指数级高或低密度林分能提早工艺成熟。③ $V_{NP}$ 和 $R_{BC}$ 确定经济成熟的趋势基本一致,都表现为成熟龄到来得迟。④内部收益率随时间序列,密度大的影响最大,立地次之,密度因子也是非常重要的影响因子。⑤12指数级以生产小径材,14指数级以生产中径材最为有利,而16和18指数级则以生产中大径材最为适宜。

表3 常规栽培模式下的林分经济分析

Table 3 Economic analysis of stands under common plating mode

编号	地位指数/m	造林密度/(m×m)	经营水平	间作年限/a	数量成熟龄/a	工艺成熟龄/a	经济成熟龄			
							$V_{NP}/a$	$R_{IR}$	$R_{BC}/a$	$R_{IR}$
1	12	3×3	强	2	8	>15	14	27.1	13	29.1
2	12	3×3	中	2	8	>15	12	37.6	11	41.2
3	12	4×5	强	3	8	10	13	30.7	12	33.2
4	12	4×5	中	3	7	11	13	35.0	12	38.0
5	12	6×6	强	3	8	8	13	32.7	12	35.5
6	12	6×6	中	3	7	9	13	36.5	12	39.7
7	12	6×8	强	3	8	8	13	33.6	12	36.6
8	12	6×8	中	3	8	9	13	36.6	12	39.8
9	14	3×3	强	2	8	>15	14	29.4	13	31.7
10	14	3×3	中	2	8	>15	14	34.2	13	36.9
11	14	4×5	强	3	8	9	13	33.1	12	36.0
12	14	4×5	中	3	8	10	12	40.8	12	40.8
13	14	6×6	强	3	8	8	13	35.1	12	38.2
14	14	6×6	中	3	8	8	13	39.0	12	42.5
15	14	6×8	强	3	8	7	12	39.3	12	39.3
16	14	6×8	中	3	8	8	13	39.5	12	43.1
17	16	3×3	强	2	8	>15	14	30.7	13	33.0
18	16	3×3	中	2	8	>15	14	36.6	13	39.6
19	16	4×5	强	3	8	8	13	35.6	12	38.7
20	16	4×5	中	3	8	9	13	40.1	12	43.7
21	16	6×6	强	3	8	7	12	40.9	12	40.9
22	16	6×6	中	3	8	8	13	41.5	12	45.4
23	16	6×8	强	3	8	6	12	42.0	11	46.2
24	16	6×8	中	3	8	7	13	42.0	11	50.6
25	18	3×3	强	2	8	12	13	36.9	13	36.9
26	18	3×3	中	2	8	14	13	42.3	13	42.3
27	18	4×5	强	3	8	7	13	38.0	12	41.4
28	18	4×5	中	3	8	8	13	42.6	12	45.5
29	18	6×6	强	3	8	6	12	43.7	12	43.7
30	18	6×6	中	3	8	7	12	48.2	11	53.3
31	18	6×8	强	3	8	6	12	44.7	11	49.3
32	18	6×8	中	3	8	7	12	48.8	11	53.9

### 3.5 经济最优轮伐期的确定

经济最优轮伐期是 $V_{NP}$ 、 $R_{IR}$ 和 $R_{BC}$ 最大时所对应的轮伐期。它的确定主要是平衡以下及其相关因素:①树木材积生长规律;②树木价格与规格的关系;③木材价格趋势;④折现率。净现值这一经济指标几乎包含了上面所有轮伐期影响因素。以净现值最大确定的最优轮伐期,体现着此时单位效益增长率等于折现率,即 $\frac{V_t + P_{t+1} - V_t P_t}{V P_t} = r$ ( $P_t$ 为在 $t$ 年时的木材价格,这里忽略了成本因素的影响)。当单位效益增长率大于折现率时,意味着最佳轮伐期应在 $t$ 年以前发生,当 $P_{t+1} = P_t$ 时等式变成 $(V_{t+1} - V_t)N_t = r$ ,这时最佳轮伐期的确定,表现为林分的单位材积增长率与折现率的直接关系,即只有当林分的单

位材积增长率高于折现率时, 该林分继续保存才有价值。年管理成本也影响以净现值最大确定的轮伐期, 管理成本越大, 最佳轮伐期越短。

基于以上分析, 将常见栽培模式杨树人工林各立地的材种目标及合理轮伐期列于表 4。

表 4 培育目标及合理轮伐期

Table 4 Breeding goals and reasonable felling period

地位指数	培育目标	造林密度/ (株 $\cdot$ hm $^{-2}$ )	合理轮伐 期/a	出材量/(m $^3$ $\cdot$ hm $^{-2}$ )			$V_{NP}$ / 万元	$R_{BC}$	$R_{IR}$
				大径材	中径材	小径材			
12	中小径材	1 111	13~14	12.8~21.5	218.4~220.5	26.4~26.9	42 862~49 192	9.5~8.3	27.1~29.1
14	中小径材	500~1 111	12~13	36.9~65.5	242.7~90.8	30.1~14.0	37 877~63 121	13.2~10.4	33.1~40.8
16	大中径材	278~500	12~13	94.7~99.6	68.3~98.5	13.2~16.8	40 937~54 274	18.5~14.3	35.6~45.4
18	大径材	208~278	11~12	98.8~112.1	66.4~74.4	13.2~14.9	50 932~57 591	24.4~21.4	43.7~53.9

## 4 结论

确定轮伐期的基础是成熟龄。本研究根据对常见栽培模式的林分生产力分析, 首先确定了各主要立地培育目标, 然后计算各主要立地的数量成熟龄、经济成熟龄和工艺成熟龄, 经过分析, 最后以  $V_{NP}$  最大确定最优轮伐期。这种考虑也基于降低经济因素(如价格等)的风险性。由于同一立地培育目标基本相同, 成熟龄差异就不大, 可按统一的轮伐期经营。即 12 指数级培育杨树小径材的轮伐期为 13~14 a,  $V_{NP}$  将达到 4.3~4.9 万元; 14 指数级培育中小径材的轮伐期为 12~14 a,  $V_{NP}$  将达到 3.8~6.3 万元; 16 指数级培育大中径材的轮伐期为 12~13 a,  $V_{NP}$  将达到 4.1~5.4 万元; 18 指数级培育大径材的轮伐期为 11~13 a, 其中生产大径材 98.8~112.1 m $^3$  $\cdot$ hm $^{-2}$ ,  $V_{NP}$  将达到 5.1~5.8 万元,  $R_{BC}$  为 21.4~24.4,  $R_{IR}$  为 43.7~53.9。

## 参考文献:

- [1] 江波, 袁位高, 孙敏华, 等. 纸浆林培育与利用[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1996. 126~134.
- [2] 盛伟彤. 杉木建筑材优化栽培模式研究[J]. 世界林业研究, 1996, (9): 103~116.

## Rational rotation of planted forests of poplar

JIANG Bo, YUAN Wei-gao, QI Lian-zhong, ZHU Jing-ru

(Forestry Academy of Zhejiang Province, Hangzhou 310023, Zhejiang, China)

**Abstract:** By analysis of productivity of *Populus* forest stands cultured in normal patten, breeding aims of various main sites were deteminate, and quantitative mature age, economic mature age and process mature age were calculated. The optimum rotation was determinate on basis of the highest  $V_{NP}$ . The results were as follows: the rotation of the small diameter timber of *Populus* cultured in the place with a status index of 12 was 13—14 years, the rotation of the middle and small-diameter timber of *Populus* cultured in the place with a status index of 14 was 12—13 years. The rotation of large-diameter timber cultured in the place with a status index of 18 was 11—12 years.

**Key words:** *Populus*; planted forests; rotation; maturation age; intermediate cutting