

文章编号: 1001-1498(2000) 04-0397-10

# 湿地松、火炬松工业用材林间伐制度研究\*

姜景民<sup>1</sup>, 虞沐奎<sup>2</sup>, 童方平<sup>3</sup>

(1. 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400;

2. 安徽省林业科学研究所, 安徽 合肥 230031; 3. 湖南省林业科学研究院, 湖南 长沙 410004)

摘要: 在 6~18 年生湿地松、火炬松用材林中布置了 10 片间伐强度试验林, 对不同间伐处理的林分测树因子和间伐作业经济效益进行了分析, 最后确定了两个树种工业用材林密度调控方案。正常情况下, 2 000 株·hm<sup>-2</sup>以下密度林分 8 年生后间伐即有收益, 而首次间伐龄应在 12 年生之前方能使保留木生长速率获得提高。通过间伐可使立木规格材出材率略有提高, 但伐后 4~6 a 间, 立木蓄积量、规格材出材量、林分总收获量基本上随间伐强度加大而减少, 两次间伐的间隔期至少应在 6 a 以上。综合考虑立地条件、生长效应和经营目的, 认为两个树种工业用材林营建应选择立地指数 14~18 林地, 培育纸浆材林分, 初植密度 2 000~1 667 株·hm<sup>-2</sup>, 或 15 年生主伐, 或 8~10 年生作中强度间伐至 1 200 株·hm<sup>-2</sup>左右, 18~20 年生主伐; 培育建筑材, 初植密度 1 667~1 111 株·hm<sup>-2</sup>, 10~12 年生第 1 次间伐至 1 100~800 株·hm<sup>-2</sup>, 16~18 年生第 2 次间伐至 800~500 株·hm<sup>-2</sup>, 20~25 年生时主伐。

关键词: 湿地松; 火炬松; 工业用材林; 间伐; 营林制度

中图分类号: S753 文献标识码: A

林分发育进程中, 林木个体之间、林木与林分环境因子之间的关系发生着动态的变化。间伐是控制林分结构, 调节生长的一种有计划的营林作业。诸多因素包括经营目的、立地条件、间伐材市场及效益、轮伐期等都影响林分密度调控方案的确定<sup>[1]</sup>。我国自 80 年代以来营造了大面积的湿地松(*Pinus elliottii* Engelm)、火炬松(*Pinus taeda* L.) 用材林, 在如何进行间伐问题上一直缺乏系统的研究<sup>[2]</sup>, 有些林分因无即时效益迟迟未间伐, 而有些地区因缺材缺薪而过度修枝间伐, 都对林分发育造成不利影响。世行贷款造林项目营建的约 25 万 hm<sup>2</sup> 国外松工业用材林也需要合理的间伐方案。湿地松、火炬松速生丰产培育技术与推广课题组, 在几个主要造林省区布置了间伐试验林, 以求提出适于不同背景因素条件下的林分间伐制度, 这里对此加以总结。

## 1 试验林设置概况

选择 6~8 年生、10~12 年生、15~18 年生 3 种龄级的林分作初始间伐试验林, 要求能代表生产上普遍采用的初植密度, 林相完整, 郁闭度 0.8 以上, 生长正常, 未经间伐和过度修枝。各林龄级林分设置 4 种间伐强度: (1) 对照, 不间伐或仅作卫生伐; (2) 弱度间伐, 伐去株数 < 20%, 蓄积 < 10%; (3) 中度间伐, 伐去株数 30% 左右, 蓄积 15%~20%; (4) 强度间伐, 伐去株

收稿日期: 1999-09-06

基金项目: 国家造林项目及森林资源发展与保护项目科研推广计划“国外松速生丰产林培育技术与推广”课题的内容

作者简介: 姜景民(1963-), 男, 河南长葛人, 副研究员。

\* 参加试验林设置和林分调查的各试点单位和人员, 恕不一一列出, 谨致谢意

数 40% ~ 50%，蓄积 30% 左右。完全随机区组排列，3 ~ 4 次重复，小区面积 0.08 hm<sup>2</sup>。受条件所限，各地所造林分基础不一致，有些林分在伐后受自然灾害和人为破坏，实际保留株数与设计不一致，这些损失林木按间伐木处理。各试验林分和间伐情况如表 1。

各试点间伐作业于 1991 ~ 1992 年间进行，采取下层疏伐方式，主要伐去弱小下层木及生长不良、有干形缺陷的中上层木，同时使保留木均匀分布。试验区确定后，调查统计各小区生长因子，按设计强度，标定间伐木进行作业，记载施工投入产出。间伐后定期进行生长调查，分析间伐效应。

表 1 间伐试验林分和间伐作业概况

树种	地点	林龄/ a	立地概况	地位级 (SI <sub>30</sub> )	初植密度/ (株·hm <sup>-2</sup> ) (伐前密度)	间伐强度			期末 林龄/ a	
						CK	弱度	中度		强度
湿	安徽 泾县	8	低丘砂砾岩 黄红壤	14	3 000 (2 541 ~ 2 144)	17% (2 093) <sup>①</sup>	27% (1 767)	37% (1 404)	50% (1 078)	14
		12	低丘四纪红 土黄红壤	16	2 000 (1 404 ~ 1 263)	15% (1 178)	15% (1 082)	28% (952)	41% (737)	18
地	江西 景德镇	6	低丘千枚岩 黄红壤	14	2 500 (2 500 ~ 2 010)	25% (1 725)	35% (1 485)	44% (1 260)	55% (1 035)	11
		9	低丘四纪红 土黄红壤	14	1 110 (1 095 ~ 810)	5% (960)	25% (810)	30% (675)	45% (495)	14
松	湖南 湘潭	8	低丘砂岩 红壤	14	1 665	0 (1 665)	15% (1 415)	30% (1 165)	45% (916)	12
		18	岗地四纪红 土红壤	14	1 110	0 (1 110)	15% (944)	30% (777)	45% (611)	23
火	安徽 泾县	8	低丘砂砾岩 黄红壤	16	2 000 (1 733 ~ 1 411)	8% (1 585)	16% (1 333)	21% (1 122)	36% (896)	14
		12	低丘四纪红 土黄红壤	14	2 000 (1 596 ~ 1 333)	13% (1 293)	17% (1 096)	37% (1 004)	44% (804)	18
松	湖南 望城	16	低丘砂砾岩 黄红壤	14	2 500 (1 739 ~ 1 428)	14% (1 500)	23% (1 295)	25% (1 078)	48% (772)	22
		14	低丘砂岩 红壤	14	1 665	0 (1 665)	15% (1 415)	30% (1 165)	45% (916)	18

①间伐强度栏括号内数据为伐后平均保留密度/株·hm<sup>-2</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 间伐对林分个体生长的影响

由于实行下层间伐，林分平均个体生长指标通过间伐获得提高，并随间伐强度增加而增大。伐后个体指标处理间大多差异显著；有些林分由于伐后遭自然或人为破坏，使处理间株数差不均衡，个体指标虽随间伐强度有规律变化，但差异不显著。

到观测期末，各林分平均树高基本上呈自弱度间伐处理到强度间伐处理而上升，但处理间大多差异不显著。从观测期间的树高增量分析，幼龄林分(12 ~ 15 a 前)间伐区树高生长速度大于对照区，从而增量都超过对照区(对照区实际上亦作了一定强度间伐)。而随间伐林分林龄增大，间伐区的树高增量趋于减少，仅稍高于对照区，甚或不及对照。

间伐后及观测终期林分平均胸径、平均单株材积及其生长增量如表 2。期末的林分平均胸

径,随之平均单株材积,均呈从对照、弱度伐到强度伐递增的趋势。大多数林分伐后增量,强度区或中度区与对照区相比,胸径大20%~60%,单株材积大20%~86%,但将伐后与观测期末各处理单株材积与对照区值的百分率相减,即扣除间伐后处理间基础不同的因素,幼龄林分,尤其是中强度处理,单株材积生长速率较对照高10~20个百分点,而大龄林分提高较少,有的处理甚至不及对照。

因此从绝对值看,通过间伐,伐区的个体指标都高于对照区,但从生长速率看,只有幼龄林分通过间伐使生长速度获得提高,而间伐对大龄林分的个体生长促进效应较小。林分本身状况和保留密度对间伐效应产生影响,伐前郁闭度大,处理间株数差大,效应就更明显,而伐前郁闭度小,保留密度过低,可能对个体生长造成负效应,因此上述林分首次间伐年龄应在12a之前,才会真正提高保留木的生长速度,达到培育大径材的目的。

表2 间伐后林分平均个体生长指标变化

树种	林分	处理	平均胸径/cm				单株材积/m <sup>3</sup>						
			伐后	期末	增量	%(比CK)	伐后	%(比CK)	期末	%(比CK)	差数/百分点	增量	%(比CK)
湿地松	6a	CK	8.36 <sup>N</sup>	12.01 <sup>S</sup>	3.65 <sup>S</sup>	100	0.0164 <sup>S</sup>	100	0.0452 <sup>S</sup>	100	0	0.0288 <sup>S</sup>	100
		德弱	8.43	12.41	3.98	109	0.0171	103.7	0.0486	107.4	3.7	0.0315	110
		镇中	8.41	12.80	4.39	120	0.0167	101.7	0.0522	115.3	13.6	0.0316	110
		6a强	8.49	12.94	4.45	120	0.0173	105.4	0.0525	116.0	10.6	0.0352	122
	8a	CK	9.56 <sup>N</sup>	12.92 <sup>S</sup>	3.36 <sup>N</sup>	100	0.0194 <sup>N</sup>	100	0.0552 <sup>S</sup>	100	0	0.0358 <sup>S</sup>	100
		泾弱	9.07	13.07	4.00	119	0.0170	87.4	0.0574	103.4	16.0	0.0404	113
		中	10.16	14.56	4.40	131	0.0240	122.9	0.0777	140.7	17.8	0.0538	150
		8a强	10.87	15.23	4.36	130	0.0288	148.1	0.0899	162.9	14.9	0.0611	171
	12a	CK	15.01 <sup>N</sup>	18.67 <sup>N</sup>	3.66 <sup>N</sup>	100	0.0692 <sup>N</sup>	100	0.1498 <sup>N</sup>	100	0	0.0805 <sup>N</sup>	100
		泾弱	15.41	19.27	3.86	105	0.0702	101.4	0.1594	106.4	5.0	0.0891	111
		中	15.67	19.25	3.58	98	0.0759	109.6	0.1589	106.1	-3.5	0.0830	103
		12a强	16.41	19.79	3.38	92	0.0856	123.6	0.1689	112.8	-10.9	0.0833	103
18a	CK	15.37 <sup>S</sup>	17.40 <sup>N</sup>	2.03	100	0.1141 <sup>S</sup>	100	0.1908 <sup>N</sup>	100	0	0.0768	100	
	汨弱	16.04	18.94	2.90	143	0.1314	115.2	0.2222	116.5	1.3	0.0909	118	
	中	16.78	19.60	2.82	139	0.1467	128.6	0.2578	135.1	6.5	0.1111	145	
	18a强	17.07	20.43	3.36	166	0.1559	136.7	0.2716	142.3	5.6	0.1157	151	
火炬松	8a	CK	9.10 <sup>N</sup>	13.11 <sup>S</sup>	4.01 <sup>N</sup>	100	0.0171 <sup>N</sup>	100	0.0609 <sup>S</sup>	100	0	0.0438 <sup>S</sup>	100
		泾弱	10.09	14.24	4.15	104	0.0228	133.6	0.0764	125.3	-8.3	0.0535	122
		中	10.72	14.61	3.89	97	0.0262	153.3	0.0837	137.3	-16.0	0.0575	131
		8a强	10.75	15.52	4.77	119	0.0272	158.8	0.0927	152.1	-6.7	0.0655	150
12a	CK	14.06 <sup>N</sup>	17.69 <sup>S</sup>	3.63 <sup>N</sup>	100	0.0659 <sup>N</sup>	100	0.1267 <sup>S</sup>	100	0	0.0709 <sup>N</sup>	100	
	泾弱	14.90	18.62	3.72	103	0.0634	96.2	0.1406	111.0	14.7	0.0772	109	
	中	15.26	18.89	3.62	100	0.0687	104.3	0.1456	115.0	10.6	0.0769	109	
	12a强	15.44	19.46	4.02	111	0.0712	108.0	0.1568	123.7	15.7	0.0856	121	
16a	CK	16.56 <sup>S</sup>	18.65 <sup>N</sup>	2.09 <sup>N</sup>	100	0.0871 <sup>S</sup>	100	0.1477 <sup>N</sup>	100	0	0.0605 <sup>N</sup>	100	
	泾弱	15.94	18.57	2.63	126	0.0822	94.3	0.1446	97.9	3.5	0.0624	103	
	中	17.19	19.90	2.71	130	0.0977	112.2	0.1719	116.4	4.2	0.0741	122	
	16a强	17.17	20.14	2.97	142	0.1036	118.9	0.1859	125.9	7.0	0.0823	136	

注: N、S 分别示方差分析处理间差异不显著和显著。表3同。

## 2.2 间伐对林分蓄积量生长的影响

伐后林分保留立木的蓄积量随间伐强度增强而减少,处理间的差异度因保留木数量和径阶构成而异。到观测期末,立木蓄积量基本上仍呈从对照到强度伐递减的趋势(表3)。从蓄积增量上看,除少数林分的弱、中度伐区与对照区持平或稍高外,基本上低于对照,且随间伐强度增大而下降。以对照区为100%,将伐后和观测期末蓄积百分率作对比,其差异可反映出各处理蓄积增长速度的差异。除少数林分增长速度与对照持平或低于对照外,其余林分增长速度大于对照。因此一般情况下,间伐有增加立木蓄积增长速度的效应,但在4~6 a的观测期间,间伐带来的这种林分效应尚不能弥补株数减少的因素。

期末林分总收获量(立木蓄积+间伐材积),比较各处理与对照区的百分率,在扣除伐前处理间差异之后,除几片幼龄林分的弱、中度伐区与对照持平或提高6~9个百分点外,其余均低于对照,因此间伐对大多数林分总产量没有增效,间伐强度较大,会使产量下降,而大龄林分伐后个体生长加速效应较小,总产量减少会更显著。

表3 间伐对每公顷林分蓄积量变化的影响

树种	林分	处理	伐前		间伐材		伐后		期末		伐后、 期末差/ 百分点	期间增量		总收获量		伐后、伐 前差/ 百分点
			蓄积/m <sup>3</sup>	% (比CK)	积/m <sup>3</sup>	蓄积/m <sup>3</sup>	% (比CK)	蓄积/m <sup>3</sup>	% (比CK)	蓄积/m <sup>3</sup>		% (比CK)	蓄积/m <sup>3</sup>	% (比CK)	蓄积/m <sup>3</sup>	
湿地松	景德镇6 a	CK	31.35	100	2.85	28.50 <sup>S</sup>	100	78.47 <sup>S</sup>	100	0	49.97 <sup>S</sup>	100	81.32 <sup>S</sup>	100	0	
		弱	33.98	108	8.40	25.58	90	72.89	93	3	47.31	95	81.29	100	-8	
		中	36.11	115	15.00	21.11	74	65.81	84	10	44.70	89	82.31	101	-14	
		强	34.25	109	16.05	18.20	64	55.11	70	6	36.92	74	71.16	88	-21	
	泾县8 a	CK	44.73	100	5.98	40.61 <sup>N</sup>	100	115.2 <sup>N</sup>	100	0	74.63 <sup>N</sup>	100	121.22 <sup>N</sup>	100	0	
		弱	35.89	80	6.98	29.50	73	110.75	87	14	71.25	96	107.73	89	9	
		中	44.62	100	12.44	33.50	82	108.80	94	12	75.30	101	121.24	100	0	
		强	46.95	105	17.55	31.02	76	96.91	84	8	65.89	88	114.47	94	-11	
	松12 a	CK	86.03	100	5.35	81.56 <sup>S</sup>	100	176.47 <sup>S</sup>	100	0	94.91 <sup>S</sup>	100	181.82 <sup>S</sup>	100	0	
		弱	82.76	96	2.57	75.96	93	172.24	98	5	96.28	101	174.81	96	0	
		中	83.97	98	12.44	72.21	89	151.30	86	-3	79.09	83	163.74	90	-8	
		强	78.66	91	18.04	63.07	77	124.38	70	-7	61.31	65	142.42	78	-13	
汨罗18 a	CK	126.60	100	0	126.60 <sup>S</sup>	100	211.80 <sup>N</sup>	100	0	85.20	100	211.80 <sup>N</sup>	100	0		
	弱	134.10	106	9.90	124.20	98	210.00	99	1	85.80	101	219.90	104	-2		
	中	140.40	111	25.95	114.45	90	201.15	95	5	86.70	102	227.10	107	-4		
	强	138.90	110	43.05	98.85	76	182.70	86	10	86.85	102	225.75	107	-3		
火炬松8 a	CK	28.23	100	1.21	27.07 <sup>N</sup>	100	96.66 <sup>N</sup>	100	0	69.59 <sup>N</sup>	100	97.87 <sup>N</sup>	100	0		
	弱	32.05	114	2.10	30.45	112	101.80	105	-7	71.35	103	103.90	106	-8		
	中	32.42	115	3.98	29.42	109	93.91	97	-12	64.48	93	97.88	100	-15		
	强	30.87	109	7.45	24.37	90	83.10	86	-4	58.74	84	90.55	93	-16		
火炬松12 a	CK	77.91	100	1.84	72.10 <sup>N</sup>	100	163.89 <sup>N</sup>	100	0	91.79 <sup>N</sup>	100	165.73 <sup>N</sup>	100	0		
	弱	80.56	103	2.30	69.47	96	154.35	94	-2	84.88	92	156.65	95	-8		
	中	86.30	111	17.41	69.17	96	146.37	89	-7	77.19	84	163.78	99	-2		
	强	77.50	99	21.97	57.11	79	125.92	77	-2	68.81	75	147.89	89	-10		
火炬松16 a	CK	145.86	100	7.83	130.71 <sup>S</sup>	100	221.61 <sup>S</sup>	100	0	90.90 <sup>N</sup>	100	229.44 <sup>S</sup>	100	0		
	弱	117.27	80	11.10	106.88	82	188.17	85	3	81.30	89	199.27	87	7		
	中	119.72	82	17.56	105.54	81	184.52	83	2	78.98	87	202.08	88	6		
	强	122.11	84	41.7	80.56	62	143.98	65	3	63.42	70	185.68	81	-3		

### 2.3 间伐对立木品质的影响

对间伐林分保留木观测期末时的株数和蓄积按径阶进行区分如表4。林分蓄积量随间伐强度加大而减少, 但小径阶立木株数和蓄积随之减少, 较大径阶立木株数和蓄积比例随之增加; 但到一定程度, 其实际株数和蓄积量将会下降。因而, 要获得较高的大径材出材率, 应保有一定的株数基础。

对湖南2片林分作立木形数测量, 结果经方差分析表明, 处理间差异不显著, 但因间伐对胸径生长的促进效应大于树高, 因而形数有随间伐强度增加略有下降的趋势。在试验范围内, 间伐强度对立木干形影响不大。

表4 景德镇湿地松间伐林期末每公顷立木分配

林龄	处理	株数	蓄积/ m <sup>3</sup>	6~12径阶				14~18径阶				20径阶			
				株	%	蓄积/m <sup>3</sup>	%	株	%	蓄积/m <sup>3</sup>	%	株	%	蓄积/m <sup>3</sup>	%
6 <sup>a</sup>	CK	1 725	78.465	1200	69.57	49.771	63.43	525	30.43	28.694	36.57	-	-	-	-
	弱	1 485	72.885	968	65.19	44.219	60.67	517	34.81	28.666	39.33	-	-	-	-
	中	1 260	65.805	733	58.17	36.273	55.12	527	41.83	29.532	44.88	-	-	-	-
	强	1 035	55.110	537	51.88	27.120	49.21	497	48.12	27.99	50.79	-	-	-	-
9 <sup>a</sup>	CK	961	98.375	154	16.07	6.156	6.26	617	64.29	59.834	60.82	187	19.65	32.385	32.92
	弱	810	91.635	88	10.83	4.078	4.45	526	64.94	52.525	57.32	196	24.23	35.032	38.23
	中	675	86.009	33	4.91	1.472	1.71	418	61.95	46.499	54.06	224	33.13	38.039	44.23
	强	495	84.091	-	-	-	-	129	36.13	21.471	25.53	316	63.87	62.621	74.47

### 2.4 间伐作业经济分析

间伐是森林培育的一项措施而不是收获, 但目前条件下, 尚难以做到实行非商业性间伐, 间伐作业是否有直接经济收益, 是间伐能否推行的一个刺激因素。间伐经济结果与具体时间、地点的小径材市场和间伐材的规格直接相关, 后者涉及到林分的初植密度、林龄和间伐强度等因子。

依据各径阶样木实际造材出材率结果, 推算泾县试验林分间伐木规格材的产量, 并依据第2.6节中所列的成本和材价计算投入产出, 结果如表5。随着林龄和间伐强度增大, 规格材的出材率和出材量增加, 净收入即随之增加, 强度伐净收入最多, 而投入产出比一般以中度伐最高。在试验林龄和伐前密度范围内, 间伐材作为造纸材的收入大于作为建筑材的收入。

表5 泾县间伐林分间伐作业经济分析(按每公顷计)

林龄/a	处理	间伐材按造纸材计				间伐材按建筑材计				期末林分按造纸材计				期末林分按建筑材计			
		材积/ m <sup>3</sup>	出材 率/%	净收 入/元	产投 比	材积/ m <sup>3</sup>	出材 率/%	净收 入/元	产投 比	出材 量/m <sup>3</sup>	出材 率/%	净收 入/万元	出材 量/m <sup>3</sup>	出材 率/%	中大 材/m <sup>3</sup>	占总材 积/%	净收入/ 万元
湿 地 松																	
8	CK	3.42	57.2	428	1.64	2.89	48.3	270	1.20	74.85	64.9	1.32	70.50	61.1	1.87	2.20	1.24
	弱	3.83	54.9	451	1.61	2.75	39.4	116	1.07	65.65	65.2	1.16	62.06	61.6	1.84	2.80	1.10
	中	7.17	57.6	908	1.71	6.12	49.2	597	1.36	73.13	67.0	1.32	70.17	64.2	6.11	7.44	1.32
	强	10.07	57.4	1265	1.71	8.41	47.9	768	1.36	65.97	68.0	1.20	63.66	65.6	5.72	8.64	1.22
12	CK	3.33	62.2	464	1.79	3.00	56.1	373	1.52	122.79	69.6	2.27	119.59	67.7	54.71	46.13	2.78
	弱	1.45	56.4	179	1.64	1.20	46.7	104	1.20	120.69	70.1	2.24	117.57	68.3	57.55	49.81	2.82
	中	7.88	63.3	1119	1.87	7.27	58.4	966	1.68	106.07	70.1	1.97	103.47	68.3	50.93	49.30	2.48
	强	11.33	62.8	1596	1.87	10.47	58.0	1378	1.68	87.94	70.7	1.64	86.02	69.2	52.78	59.98	2.16

(续表 5)

林龄/a	处理	间伐材按造纸材计				间伐材按建筑材计				期末林分按造纸材计			期末林分按建筑材计				
		材积/ m <sup>3</sup>	出材 率/%	净收 入/元	产投 比	材积/ m <sup>3</sup>	出材 率/%	净收 入/元	产投 比	出材 量/m <sup>3</sup>	出材 率/%	净收 入/万元	出材 量/m <sup>3</sup>	出材 率/%	中大材/ m <sup>3</sup>	占总材 积/%	净收入/ 万元
						火炬松											
	CK	0.80	66.1	120	1.99	0.55	45.5	47	1.37	70.00	72.4	1.33	65.08	67.3	7.95	12.18	1.34
	弱	1.42	67.6	216	1.99	1.08	51.4	121	1.37	74.78	73.3	1.43	70.86	69.3	17.75	22.55	1.58
8	中	2.74	68.8	425	2.07	2.30	57.8	316	1.72	69.30	73.7	1.33	65.71	69.7	17.12	23.91	1.47
	强	5.17	69.4	805	2.08	4.43	59.5	630	1.76	61.82	74.4	1.19	59.15	71.1	20.22	34.04	1.39
	CK	1.25	67.9	193	2.04	1.01	54.9	128	1.58	123.38	75.2	2.39	119.06	72.5	53.57	43.50	2.97
	弱	1.57	68.3	242	2.04	1.27	55.2	162	1.58	117.69	76.2	2.30	114.55	74.2	63.89	55.59	3.05
12	中	12.33	70.8	1957	2.12	11.35	65.2	1796	1.92	111.74	76.3	2.18	108.84	74.3	61.35	56.09	2.91
	强	15.60	71.0	2483	2.13	14.50	66.0	2325	1.96	96.87	76.9	1.90	94.95	75.4	59.69	62.71	2.60
	CK	5.65	72.2	911	2.15	5.19	66.3	835	1.93	168.87	76.2	3.29	164.36	74.2	91.40	55.59	4.37
	弱	7.81	70.4	1233	2.12	7.05	63.5	1085	1.90	143.54	76.1	2.80	139.61	73.8	79.27	54.19	3.76
16	中	12.82	73.0	2090	2.19	11.94	68.0	1973	2.02	142.18	77.1	2.79	139.34	75.5	89.57	64.33	3.88
	强	30.44	73.0	4963	2.19	28.36	68.0	4686	2.02	111.11	77.1	2.18	108.96	75.6	71.33	65.02	3.05

## 2.5 间伐对立木出材量和林分总出材量的影响

按造材出材率,对泾县间伐林分期末保留木进行理论造材(分造纸材和建筑材(或矿柱材)两种方案),结果如表 5。由于立木蓄积量随间伐强度增大而减小,造纸材或建筑材的总出材量亦减少。出材率随间伐强度增加有所上升。中大径材的产量占建筑材总量的百分率随之上升,实际产量除火炬松 12 a 外,多通过间伐有所增加。

到期末,林分的总出材量,包括保留木和间伐木,计算结果如表 5。造纸材出材率基本上随间伐强度增大仅略有增加,间伐区出材量多低于对照,林龄大,差距越大。建筑材总出材率则多以强度或中度伐区稍高,较对照区增加 1%~3%,总出材量趋势与造纸材相同。中大径材的出材量除火炬松 16 a 外,多高于对照区。

## 2.6 经济效益分析

对泾县间伐林分进行了经济效益计算,其中:

(1)投入项:造林(含苗木、整地、回土、栽植)0.55元·株<sup>-1</sup>,按伐前密度计;其它 150元·hm<sup>-2</sup>,作为造林当年投入;抚育 600元·hm<sup>-2</sup>,作为第 3 年投入;管护费每年 75元·hm<sup>-2</sup>,作为中期投入,一次折现作为营林费。间伐作业:造纸材 100元·m<sup>-3</sup>,建筑材 110元·m<sup>-3</sup>。主伐作业:建筑材 90元·m<sup>-3</sup>,造纸材 80元·m<sup>-3</sup>,薪材 20元·t<sup>-1</sup>,未计入税费。

(2)产出项:按世行项目论证标准<sup>[3]</sup>,造纸材按 300元·m<sup>-3</sup>计;建筑材分湿地松小径材 321元·m<sup>-3</sup>,中径材 410元·m<sup>-3</sup>计;火炬松小径材 327元·m<sup>-3</sup>,中径材 427元·m<sup>-3</sup>计;薪材按 50元·t<sup>-1</sup>计。

贴现率按世行项目标准 12% 计算。计算结果如表 5、6。

根据表中净现值和产投比确定效益最优的保留密度。由于初植密度不同,第 1 次间伐林龄不同,间伐保留密度不一。湿地松 8 年生林分伐前平均密度 2 337 株·hm<sup>-2</sup>,经营 2 种材种 14 a 时效益较好的保留密度均为 1 400 株·hm<sup>-2</sup>;12 年生林分伐前平均密度 1 322 株·hm<sup>-2</sup>;18 a 时造纸材以 1 200 株·hm<sup>-2</sup>效益较好,建筑材以 1 000 株·hm<sup>-2</sup>较好。火炬松 3 种龄级林分伐前平均密度相近(1 588~1 475 株·hm<sup>-2</sup>),造纸材 8 年生林分以 1 300 株·hm<sup>-2</sup>,12 年生

表6 沅县间伐林分经济效益分析

林分	总收 获量/ m <sup>3</sup>	每公顷按造纸材计				每公顷按建筑材计				净现 值/元	净现 值/元 (比CK)	% (比CK)	% (比CK)						
		总出材 量/m <sup>3</sup>	% (比CK)	出材 率/%	薪材/ t	总出材 量/m <sup>3</sup>	% (比CK)	出材 率/%	薪材/ t					占总 材/m <sup>3</sup>	中大 材/m <sup>3</sup>	占总 材/%	薪材/ t		
湿CK	121.22	78.27	100	64.46	83.41	4 448	100	1.17	73.38	100	60.40	71.51	97.9	1.87	2.1	89.76	4 163	100	1.16
地弱	107.73	69.48	89	64.49	74.28	2 436	55	1.10	64.81	88	60.17	62.97	97.4	1.84	2.6	80.35	2 914	70	1.12
松中	121.24	80.30	103	66.05	79.99	5 628	127	1.20	76.30	104	62.58	70.19	93.2	6.11	6.8	85.20	6 797	163	1.27
8a强	114.47	75.04	97	66.38	74.74	5 301	119	1.21	72.07	98	62.83	66.34	92.4	5.72	7.6	79.90	6 755	162	1.27
湿CK	181.82	126.13	100	69.35	107.97	13 411	100	1.43	122.59	100	67.40	67.17	55.0	55.42	45.0	112.56	18 776	100	1.56
地弱	174.81	122.15	97	69.86	102.96	12 631	94	1.42	118.77	97	67.93	60.08	50.7	58.69	49.3	107.35	18 271	97	1.57
松中	163.74	113.94	90	69.55	97.88	12 501	93	1.42	110.74	90	67.59	59.38	53.9	51.36	46.1	102.05	16 556	88	1.51
12a强	142.42	99.27	79	69.71	85.73	10 423	78	1.37	104.80	85	67.62	49.50	47.2	55.30	52.8	98.50	14 390	77	1.47
火CK	97.87	70.80	100	72.33	63.75	5 613	100	1.29	65.63	100	67.03	57.68	87.9	7.95	12.1	70.47	5 934	100	1.29
炬弱	103.90	76.20	108	73.14	65.85	7 308	130	1.36	71.94	110	68.86	54.19	77.7	17.75	22.3	71.39	8 986	151	1.44
松中	97.88	72.05	102	73.47	60.97	7 049	126	1.36	68.01	104	69.24	50.89	76.9	17.12	23.1	66.22	8 689	146	1.44
8a强	90.55	66.99	95	73.96	57.38	6 454	115	1.35	63.58	97	70.17	43.36	68.4	20.22	31.7	61.81	8 600	145	1.45
火CK	165.73	124.64	100	75.08	100.20	12 739	100	1.41	120.07	100	72.25	66.50	56.9	53.57	43.1	106.11	18 766	100	1.59
炬弱	156.65	119.26	96	76.11	93.44	12 373	97	1.43	115.82	96	73.91	51.93	45.0	63.89	55.0	97.91	20 076	107	1.66
松中	163.78	124.05	100	75.74	100.30	14 069	110	1.43	120.19	100	73.35	58.83	49.2	61.35	50.8	105.37	21 534	115	1.63
12a强	147.89	112.47	90	76.06	90.26	12 574	99	1.41	109.46	91	74.02	49.77	45.5	59.69	54.5	94.18	19 726	105	1.61
火CK	229.44	174.52	100	76.06	134.71	14 394	100	1.31	169.54	100	73.89	78.15	46.1	91.40	53.9	141.17	25 416	100	1.52
炬弱	199.27	151.35	87	75.74	118.67	10 048	70	1.22	146.66	87	73.23	67.39	48.4	79.27	51.6	124.78	19 841	78	1.43
松中	202.08	155.00	89	76.72	117.97	13 483	94	1.31	151.28	89	74.88	61.71	40.7	89.57	59.3	122.81	24 578	97	1.54
16a强	185.68	141.55	81	76.21	108.94	12 845	89	1.28	137.32	81	73.92	65.99	48.4	71.90	51.6	114.44	21 823	86	1.46

注:间伐材按造纸材计。

林分以  $1\ 000\ \text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 16年生林分以  $1\ 500\ \text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 伐后 6 a 效益较好, 年均净现值分别约为 510 元、780 元和 650 元, 以 12 a 间伐效益高; 建筑材 3 片林分均以  $1\ 000\ \text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$  效益较高, 平均净现值分别为 620 元、1 200 元、1 120 元, 同样以 12 a 间伐较好。依净现值和产投比, 以造纸材为目标的间伐, 期末效益一般低于以建筑材为目标的间伐。上述林分的立地和伐前密度, 对现有林分的间伐有较广泛的代表性。总的看来, 以  $2\ 500 \sim 2\ 000\ \text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$  造林, 需 8 年生时间伐到  $1\ 500\ \text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$  左右; 以  $1\ 660\ \text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$  造林, 10~12 年生时间伐至  $1\ 000\ \text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$ ; 造林密度  $1\ 300\ \text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$  以下时, 经营造纸材不间伐, 经营建筑材 12 年生时间伐。

## 2.7 湿地松、火炬松林分密度调控方案

林分密度调控是一个完整的系统, 以林分立地、培育目标为背景。在中、北亚热带地区, 湿地松、火炬松工业用材林所选立地普遍为 14~16 指数级, 少量为 18 指数<sup>[4]</sup>。根据分析结果, 在 20~25 年生之前, 所产材种主要为造纸材, 或中小径木, 高质量立地可产部分大径原木。按本项目密度试验研究结果<sup>[5]</sup>, 适宜的初植密度为  $2\ 000 \sim 1\ 110\ \text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 超过  $2\ 000\ \text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$  以上, 需在 8 年生之前间伐, 且间伐作业无收益。按前述结果, 首次间伐应在 12 年生之前, 16 年后作第 1 次间伐将降低林分总收益。对于间隔期, 在试验范围内, 伐后 6 a 内的生长量尚弥补不了林分株数的减少效应, 故考虑应在 6 a 以上, 否则间隔期愈短, 间伐次数越多, 立木蓄积和总收获量越少。间伐强度则依据试验结果, 并本着加大强度, 减少次数的原则, 以中度至强度伐为宜。综合上述因素, 提出湿地松、火炬松工业用材林林分密度调控方案(表 7) 供参考选择。

表 7 湿地松、火炬松林分密度调控方案

树种	立地指数	培育材种	初植密度/ (株·hm <sup>-2</sup> )	第 1 次间伐		第 2 次间伐		主伐年龄/a	适用范围
				林龄/a	保留株数/ (株·hm <sup>-2</sup> )	林龄/a	保留株数/ (株·hm <sup>-2</sup> )		
湿	18	大径材	1 333	12	800	18	560	22~25	中带
		大中径材	1 667	10	1 000	16	700	20~22	中带
地	16	中径材	1 667	10	1 100	16~18	800	22~25	中带
		造纸材	2 000	8~10	1 300	-	-	18~20	中带、北带
松	14	造纸材	2 000	-	-	-	-	15	中带、北带
	18	大径材	1 333~1 111	12	800	18	50	25	中带
火	16	中径材	1 333	12	930	18	650	22~25	中带、北带
		造纸材	1 667	10	1 200	-	-	18~20	中带、北带
炬	14	造纸材	1 667	-	-	-	-	15	中带、北带

## 3 结 论

(1) 间伐对林分个体生长具有一定的促进作用, 尤以胸径, 从而使单株材积效果显著, 以中强度伐效果明显, 以幼龄林分反应较大, 大龄林分间伐促进效果较小。第 1 次间伐作业应在 12 年生之前实施。

(2) 观测期间立木蓄积的增加速率大多数林分间伐区较高, 且多以中强度处理为大。但受间伐后保留株数基础和个体生长促进效应的共同作用, 在 4~6 a 观测期内, 立木蓄积量除幼龄林分低强度伐稍高外, 基本上随保留密度降低而减小, 立木蓄积呈递减趋势。林分总收获量,



除幼龄林分低强度伐区有所增加外,基本上随保留密度减小而下降,个体生长加速的积累尚弥补不了因间伐减少株数的影响。从立木蓄积和总收获量角度,2次间伐的间隔期应在6a以上。

(3) 随间伐强度增加,立木形数略有下降,但影响不大。通过间伐可稍微提高规格材的出材率,而随间伐强度的增加,规格材的总出材量随之减小。其中较大径阶原木产量比率呈上升趋势,实际产量在一定范围内递增。

(4) 在小径材和薪材有销路的地区,2000株·hm<sup>-2</sup>以下密度林分8年生后间伐都会有一定收益,并随林龄和强度增加而增加,而高密度、低林龄林分间伐,除强度伐外,基本上属纯投入作业。

(5) 间伐对林分经济效益的影响与林龄有关。1100~1600株·hm<sup>-2</sup>伐前密度的林分,8~12a间伐,保留900~1100株·hm<sup>-2</sup>,净现值较对照区有一定的增加,而16年生时间伐,净现值低于对照区。因此现有林分尤其是高密度林分间伐不应拖延。

(6) 综合考虑立地条件、生长效应和经营目的,提出湿地松、火炬松工业用材林林分密度调控方案,初植密度在1110~2000株·hm<sup>-2</sup>范围内,8~12a作第1次间伐,15~20a主伐培育造纸材;或16~18a作第2次间伐,培育建筑材、矿柱原木,20~25a主伐。各地应参考当地具体经济和木材市场情况灵活掌握。

#### 参考文献:

- [1] Kellison R C, Gingrich S. Proceedings of the symposium on the loblolly pine ecosystem (east region) [C]. Raleigh: North Carolina, USA Forest Service, 1982.
- [2] 潘志刚,游应天.湿地松、火炬松、加勒比松引种栽培[M].北京:科学技术出版社,1991.
- [3] 林业部调查规划设计院,林业部世界银行贷款项目管理中心.世界银行贷款中国国家造林项目可行性研究报告[R].北京:国家林业局,1990.
- [4] 潘志刚.湿地松火炬松速生丰产培育技术[M].北京:中国科学技术出版社,1992.
- [5] 姜景民,虞沐奎,童方平等.湿地松、火炬松工业用材林造林密度初步研究[J].林业科学研究,2000,13(2):167~176.

## On the Thinning Scheme for Industrial Timber Stands of Slash Pine and Loblolly Pine

JJANG Jing-min<sup>1</sup>, YU Mu-kui<sup>2</sup>, TONG Fang-ping<sup>3</sup>

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China;

2. Forestry Research Institute of Anhui Province, Hefei 230031, Anhui, China;

3. Hunan Academy of Forestry, Changsha 410004, Hunan, China)

**Abstract:** Thinning density tests were established in 10 plantations of 6 ~ 18 years old slash pine (*Pinus elliottii*) and loblolly pine (*Pinus taeda*). Based on the response of stand growth factors to the treatments after 4 ~ 6 years and the economic analysis results, the stand density regulating schemes of the two species were determined. According to the the operating results, it is that under the normal conditions, thinning will have net profits in the stands over 8 years old with density below 2 000 trees · hm<sup>-2</sup>, and the time of first thinning must be before 12 years so the growth rate of reserved trees could be improved. By thinning, the outturn percent of merchantable timber of standing trees are slightly increased, bu the growing stock and total yield of stands are decreased along with the increase of thinning density, the interval of thinning should be at least 6 years or longer. With comprehensive consideration of the factors including site conditions, treatment effects and management targets, the cultivation schemes wrer put forward. The establishment of industrial timber plantation with the two species should be on the site with site index of 14 ~ 18. For the pulping timber cultivation, the stand should be planted with density of 2 000 ~ 1 667 trees · hm<sup>-2</sup>, harvested at about 15 years old, or thinned to about 1 200 trees · hm<sup>-2</sup> at 8 ~ 10 years old and final cut at 18 ~ 20 years old. For construction timber cultivation, the planting density should be 1 667 ~ 1 111 trees · hm<sup>-2</sup>, the first thinning should be operated at 10 ~ 12 years old with the reserved trees of about 1 100 ~ 800 trees · hm<sup>-2</sup>, the second thinning should be at 16 ~ 18 years with 800 ~ 500 trees · hm<sup>-2</sup> reserved, the final cut be at 20 ~ 25 years old.

**Key words:** slash pine; loblolly pine; industrial timber stand; thinning; cultivation scheme