

文章编号: 1001-1498(2002)03-0297-07

间伐强度对湿地松木材性质的影响规律研究

蔡 坚¹, 潘 文¹, 冯 水², 冯顺简², 陈瑞炳²

(1. 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520; 2. 广东省阳江市林业科学研究所, 广东 阳江 529500)

摘要: 通过对不同间伐强度处理(未间伐、弱度(伐去株数 18.6%)、中度(伐去 35.7%)、强度(伐去 52.9%))的 19 年生湿地松林分其林木木材的主要材性指标进行全面测试分析研究,结果表明:间伐后 8 a,间伐强度对湿地松木材气干密度、全干密度、径向全干缩率、体积全干缩率、差异干缩、顺纹抗压强度、抗弯强度、弹性模量、径向抗剪强度及端面硬度有显著影响;随着间伐强度的增大,树干年生长轮平均宽度、木材差异干缩是增大的,而随间伐强度的增加木材气干密度、全干密度有不同程度的减小,木材顺纹抗压强度、抗弯强度、抗弯弹性模量、硬度等主要力学性质则是呈先增加后减小的趋势。

关键词: 湿地松;间伐强度;木材物理力学性质

中图分类号: S781.2

文献标识码: A

湿地松 (*Pinus elliottii* Engelmann) 是我国南方引种栽培国外松类中生长最快的树种之一,现已成为南方低丘及沿海地区的重要造林树种,其栽培措施与材性关系的研究是湿地松定向培育的理论基础。间伐是人工林经营的一项重要培育措施,它不仅对林木的生长环境予以改进,而且对林木的材质也有重要的影响。因此,本文就不同间伐强度对湿地松木材性质的影响进行了研究,以探求其变化规律,为湿地松人工林的定向培育和合理利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试样采集

试验地位于广东省阳江市林科所虾山凹,地处 21°52' N, 111°58' E, 平均海拔 23.3 m, 年平均气温 22.3℃, 极端最低温 -1.4℃, 极端最高温 37.0℃, 年日照时数 2 011.9 h, 年降水量 2 464.6 mm, 年均相对湿度 81%。试验地土壤系发育在花岗岩上的赤红壤, 土层厚度大于 100 cm。

试验林于 1982 年春用 5 个月生苗造林, 初植密度为 1 111 株 \cdot hm⁻²。1992 年进行间伐试验, 间伐前密度为 1 050 株 \cdot hm⁻²。采用随机区组排列, 4 个处理, 按伐去的株数百分比分别为对照(不间伐)、间伐 18.6%(弱度)、35.7%(中度)和 52.9%(强度), 每个处理 1 个小区, 小区面积为 0.073 hm², 3 次重复。目前现有林密度为 452 945 株 \cdot hm⁻²。本次试验于 2000 年 3 月取样, 每种间伐处理各取 5 株, 共计 20 株, 试验样木记录见表 1。所有样木取自胸径 1.3 m 以上至枝下高以下, 截取 2 m 长的试材 2 段, 取样及试件加工、制作过程参照国家标准《中国林业标

收稿日期: 2001-10-22

基金项目: “九五”国家科技攻关专题“国外松多世代遗传改良及培育技术研究”部分内容

作者简介: 蔡坚(1973-), 男, 江西萍乡人, 助理研究员, 硕士。

准汇编——木材与木制品卷》^[1]中 GB 1927 29 - 91(木材物理力学性质试验方法)进行。

1.2 测试方法

林木生长轮平均宽度、干材晚材率及各项物理力学性质测试均参照国家标准《中国林业标准汇编——木材与木制品卷》^[1]GB1930 43 - 91(木材物理力学性质试验方法)。各项力学性质试验均在型号为 MW - 4,测定精度为 10 N 的 40 kN 木材万能试验机上进行,试验机的示值误差不得超过 $\pm 1.0\%$,各间伐处理的各种力学性质测定的有效样本数均在 30 - 40 个以上。

表1 试验样木记录

间伐强度/ %	株数	编号	年龄/a	现有密度/ 株 hm^{-2}	平均胸径 / cm	平均树高 / m	枝下高/ m	
对照(间伐)	5	1 - 1	1 - 5	19	452	19.10	13.26	7.58
18.6	5	2 - 1	2 - 5	19	616	19.20	12.72	7.80
35.7	5	3 - 1	3 - 5	19	781	19.56	13.36	8.46
52.9	5	4 - 1	4 - 5	19	945	21.24	13.44	7.78

2 结果与分析

根据间伐后 8 a 的测定结果,参照国家标准《中国林业标准汇编——木材与木制品卷》^[1]中的 GB1928 - 91 的规定,对各间伐强度的各项物理力学指标进行统计,同时,利用郎奎健等 IBM - PC 系列程序^[2],对不同间伐强度的湿地松木材性质进行统计分析,结果列于表 2。

2.1 年生长轮平均宽度和晚材率

林木的年生长轮平均宽度直接反映了树木生长速度的大小。从表 2 可以看出,随着间伐强度的增加,生长轮平均宽度也增加,这一结论与大多数研究者的研究结果相同^[3,4]。与对照相比,间伐强度为 18.6%、35.7%和 52.9%时,年生长轮平均宽度分别增加了 5.2%、7.3%和 9.8%。这主要是由于间伐后,拓宽了林木的有效生长空间,使树冠和树干发育加快,生长率增大,引起年轮宽度增加。间伐强度对林木晚材率的影响,熊平波^[4]对 20 年生左右的杉木、吴义强等^[5]对 21 年生(间伐后 6 a)的日本落叶松研究后认为,强度间伐,晚材率低,弱度间伐,晚材率高,而本次试验结果表明不同间伐强度对 19 年生湿地松晚材率的影响不大,无明显变化规律。经方差分析(表 3)表明,间伐强度对生长轮平均宽度和晚材率的影响均不显著。

2.2 木材物理性质

2.2.1 木材密度 间伐强度对林木木材密度影响的研究尚未有一致结论。Myers^[6]对北美黄松(*Pinus ponderosa*)研究后指出,间伐材和未间伐之间木材密度没有差别,Cown^[7]对辐射松(*Pinus radiata* D. Don)研究认为强度间伐会降低木材密度,周益^[8]研究 6 年生的落叶松(*Larix gmelini* (Rupr) Kuz.)间伐幼龄材后认为间伐使木材密度下降。Lowery 等^[9]甚至发现,美国落叶松间伐后 15 a 内保留木的木材密度始终大于对照木的木材密度。本次试验结果(表 2)表明:间伐对湿地松木材密度的影响,呈现与年生长轮宽度相反的趋势,即随着间伐强度的增大,木材的气干和全干密度都不断减小,以强度(伐去 52.9%)间伐材下降最多,分别比对照下降了 9.8%和 11.0%。方差分析(表 3)表明,间伐强度对湿地松木材的气干和全干密度的影响均极显著。进一步多重比较(表 4)发现,强度(伐去 52.9%)间伐与未间伐材之间的差异达显著水平,其余无显著差异,说明强度间伐使湿地松的木材密度降低。

表 2 湿地松木材材性指标统计值(19 年生)

项目	平均值 \bar{X}	间伐强度/ %	标准误差 S_r	变异系数 $V/ %$	准确指数 $P/ %$
生长轮宽度/ mm	5.74	对照	0.706	12.3	4.215
	6.04	18.6	0.744	12.3	4.430
	6.16	35.7	0.846	13.7	4.780
	6.30	52.9	0.853	13.5	4.864
晚材率/ %	51.01	对照	9.56	17.7	6.076
	51.60	18.6	8.894	17.4	6.254
	53.64	35.7	11.73	22.1	7.706
	51.52	52.9	11.964	23.2	8.343
气干密度/ (g cm^{-3})	0.634	对照	0.079	12.5	4.063
	0.611	18.6	0.059	9.8	3.093
	0.606	35.7	0.057	9.4	2.975
	0.572	52.9	0.058	10.2	3.254
全干密度/ (g cm^{-3})	0.609	对照	0.08	13.1	4.257
	0.582	18.6	0.060	10.4	3.284
	0.575	35.7	0.057	10.0	3.151
	0.542	52.9	0.060	11.1	3.548
弦向	3.327	对照	0.573	17.2	5.669
	3.239	18.6	0.748	23.1	7.494
	3.088	35.7	0.560	18.1	5.805
	3.148	52.9	0.674	21.4	7.041
全干 缩 率 / %	3.431	对照	0.899	26.2	8.611
	2.790	18.6	0.648	23.2	7.441
	2.630	35.7	0.555	21.1	6.757
	2.546	52.9	0.711	27.9	9.065
体积	7.020	对照	1.473	21.0	6.900
	6.191	18.6	1.290	20.8	6.675
	5.950	35.7	1.077	18.1	5.875
	5.978	52.9	1.529	25.6	8.408
差异干缩	1.013	对照	0.161	20.5	5.015
	1.140	18.6	0.170	14.9	4.473
	1.168	35.7	0.173	14.8	4.684
	1.222	52.9	0.177	14.5	4.579
顺纹抗压强度/ MPa	49.9	对照	5.709	11.4	3.620
	51.1	18.6	4.507	8.8	2.827
	54.3	35.7	5.867	10.8	3.458
	48.7	52.9	5.479	11.3	3.514
抗弯强度/ MPa	92.99	对照	10.939	11.8	3.768
	94.63	18.6	13.687	14.5	4.632
	99.14	35.7	9.998	10.1	3.189
	90.91	52.9	7.754	8.5	2.767

续表 2

项目	间伐强度/ %	平均值 \bar{X}	标准误差 S_r	变异系数 $V/ \%$	准确指数 $P/ \%$
抗弯弹性模量/ MPa	9 965. 5	对照	1 390. 65	14. 0	4. 527
	10 000. 8	18. 6	1 314. 94	13. 1	4. 266
	11 236. 4	35. 7	1 429. 58	12. 7	4. 128
	8 681. 1	52. 9	1 837. 99	21. 2	6. 869
冲击韧性/ ($\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$)	21. 57	对照	11. 54	13. 4	4. 880
	15. 89	18. 6	8. 55	13. 5	4. 910
	20. 89	35. 7	11. 35	13. 6	4. 962
	19. 88	52. 9	9. 27	11. 7	4. 251
	抗剪强度/ MPa	10. 14	对照	1. 40	13. 8
9. 92		18. 6	1. 34	13. 5	4. 767
9. 91		35. 7	1. 24	12. 3	4. 423
9. 75		52. 9	1. 39	14. 3	5. 050
硬度/ N	12. 09	对照	1. 67	13. 8	4. 892
	12. 85	18. 6	1. 76	13. 7	4. 836
	11. 81	35. 7	1. 56	13. 2	4. 675
	11. 49	52. 9	1. 65	14. 0	4. 974
弦向	4 478. 2	对照	982. 98	22. 0	7. 528
	4 735. 8	18. 6	856. 44	18. 1	6. 496
	4 855. 39	35. 7	928. 13	19. 1	6. 655
	4 252. 9	52. 9	1 154. 98	27. 2	9. 755
径面	4 191. 9	对照	1 044. 81	24. 9	8. 549
	4 405. 3	18. 6	796. 08	18. 1	6. 491
	4 642. 8	35. 7	1 064. 82	22. 9	7. 985
	4 245. 5	52. 9	1 337. 38	31. 5	9. 315
端面	4 484. 7	对照	800. 03	17. 8	6. 119
	5 234. 3	18. 6	1 142. 78	21. 8	7. 843
	5 286. 8	35. 7	981. 08	18. 6	6. 461
	4 741. 6	52. 9	1 069. 63	22. 6	8. 103

准确指数 $P = (2S_r / \bar{X}) \times 100 \%$

表 3 不同间伐强度间材性方差分析

项目	组间均方差	组内均方差	F 值	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$	差异显著性	
年生长轮宽度	4. 74	364. 62	0. 01	2. 68	3. 94	N. S	
晚材率	56. 01	113. 98	0. 49	2. 68	3. 94	N. S	
气干密度	0. 026	0. 044	6. 25	2. 66	3. 92	**	
全干密度	0. 028	0. 004	6. 82	2. 66	3. 92	**	
全干缩率	弦向	0. 413	0. 414	0. 99	2. 66	3. 92	N. S
	径向	6. 013	0. 506	11. 87	2. 66	3. 92	**
	体积	9. 351	1. 826	5. 12	2. 66	3. 92	**
差异干缩	0. 308	0. 110	2. 80	2. 66	3. 92	*	
顺纹抗压强度	234. 14	29. 37	7. 97	2. 66	3. 92	**	
抗弯强度	480. 14	117. 03	4. 10	2. 66	3. 92	**	
抗弯弹性模量	41 370 540	2 271 227	18. 22	2. 66	3. 92	**	
冲击韧性	193. 35	104. 96	1. 84	2. 69	3. 96	N. S	
抗剪强度	弦向	0. 808	1. 805	0. 45	2. 68	3. 94	N. S
	径向	10. 78	2. 76	3. 90	2. 68	3. 94	*
硬度	弦面	1 350 635	1 159 808	1. 16	2. 68	3. 94	N. S
	径面	2 307 797	971 805. 7	2. 37	2. 68	3. 94	N. S
	端面	4 970 902	1 003 389	4. 95	2. 68	3. 94	**

注: N. S—无显著差异, *—在 0.05 水平下差异显著, **—在 0.01 水平下差异显著。

2.2.2 全干缩率 由表 2 和表 3 可见,间伐强度对林木干材弦向全干缩率的影响不显著,对干材径向和体积全干缩率的影响极显著,对干材差异干缩的影响显著。与对照相比,各间伐强度下林木干材的弦向、径向、体积全干缩率都有下降,其中弦向、体积全干缩率均以中度间伐(伐去 35.7%)为最低,比对照分别减小 7.2%和 15.2%,径向干缩则以强度(伐去 52.9%)间伐最小,比对照减小达 23.4%。而差异干缩随间伐强度的增大而增大,各间伐强度分别比对照增加 12.5%、15.3%、20.6%,这与鲍甫成^[10]对北京杨(*Populus × beijingensis* W. Y. Hsu)的研究结果相一致。干材差异干缩过高,在木材干燥过程中极易产生变形和开裂,因此认为,间伐对木材的干缩有不良的影响。

表 4 不同间伐强度木材密度和主要力学性质多重比较

间伐强度/ %	气干密度/ (g cm ⁻³)		全干密度/ (g cm ⁻³)		顺纹抗压强度/ MPa		抗弯强度/ MPa		弹性模量/ MPa	
	均值	显著性	均值	显著性	均值	显著性	均值	显著性	均值	显著性
对照	0.634	a	0.609	a	49.9	b	92.99	ab	9 965.5	c
18.6	0.611	a	0.582	a	51.1	ab	94.63	ab	10 000.8	b
35.7	0.606	a	0.575	a	54.3	a	99.14	a	11 236.4	a
52.9	0.571	b	0.542	b	48.7	b	90.91	b	8 681.1	d

注:显著性一栏中,小写表示 0.05 水平下的差异显著性,同一列中,相同字母表示无显著差异。

2.3 木材主要力学性质

2.3.1 顺纹抗压、抗弯强度和抗弯弹性模量 由表 2 可见,试验林木的顺纹抗压、抗弯强度和抗弯弹性模量,随间伐强度的增大,呈先增大后减小的变化规律,均以中度间伐(伐去 35.7%)时最高,此 3 种指标分别比对照提高 8.96%、6.61%和 12.75%,以强度间伐(伐去 52.9%)为最低,分别比对照降低 2.35%、2.24%和 12.89%。方差分析(表 3)表明,间伐强度对干材顺纹抗压、抗弯强度和抗弯弹性模量的影响均极显著,这个结果与卫广扬^[3]、熊平波^[4]等对杉木的研究结果一致。进一步进行多重比较(表 4)发现,中度间伐与对照和强度间伐间的干材顺纹抗压强度,中度间伐与强度间伐间干材抗弯强度,中、强度间伐与对照、弱度间伐间,中、强度间伐相互间的干材抗弯弹性模量的差异均达显著水平。由此可见,中度间伐(伐去 35.7%)能提高木材强度,而间伐强度过大使木材强度明显降低。

2.3.2 抗剪强度 由表 2 可见,试验林木干材的弦向抗剪强度随间伐强度的增大而略有减小,但差异不显著;径向抗剪强度以弱度间伐(伐去 18.7%)为最大(12.85 MPa),比对照提高 6.29%,其次是对照。方差分析(表 3)表明,强度(伐去 52.9%)间伐对径向抗剪强度的影响显著,对弦向抗剪强度的影响不显著。

2.3.3 冲击韧性 由表 2、3 可见,间伐强度对林木干材的冲击韧性的影响不显著,且变化规律无明显,以对照最大(21.57 kJ m⁻²),而弱度间伐(伐去 18.6%)时最小(15.89 kJ m⁻²)。

2.3.4 硬度 对于木材硬度指标来说,针、阔叶材均以端面硬度比侧面硬度高,本次试验也证实了这一点。从表 2 中看出,木材的弦面、径面、端面硬度也有与顺纹抗压、抗弯强度和抗弯弹性模量相同的变化规律,即随着间伐强度的增大,各项硬度指标先增大后减小,亦是在中度间伐(伐去 35.7%)时达到最大,其弦面、径面、端面硬度分别比对照提高了 10.7%、8.4%和 17.9%。方差分析(表 3)表明,间伐强度对弦面、径面硬度无显著影响,对端面硬度的影响极显著。

3 结 论

(1) 间伐强度对 19 年生(间伐后 8 a)湿地松林木(初值密度 $1\ 111$ 株 \cdot hm^{-2})干材年生长轮平均宽度的影响,随间伐强度的增大而增大;而对晚材率的影响不大,无明显变化规律。方差分析表明,本次试验条件下不同间伐强度间林木干材年生长轮平均宽度和晚材率差异均不显著。

(2) 随着间伐强度的增大,19 年生(间伐后 8 a)湿地松木材的气干密度和全干密度及全干缩率随之减小,而差异干缩则随间伐强度的增大而增加。方差分析表明,间伐强度处理对林木干材的气干密度、全干密度、径向全干缩率、体积全干缩率和差异干缩有显著影响。进一步多重比较发现,强度间伐(伐去 52.9%)与对照(未间伐)之间的气干密度和全干密度的差异达显著水平,中(伐去 35.7%)、弱度(伐去 18.6%)间伐与对照之间的差异不显著。

(3) 湿地松木材的顺纹抗压强度、抗弯强度、弹性模量、弦面硬度、径面硬度和端面硬度随间伐强度的增大,呈先增大后减小的变化规律,均以中度间伐(伐去 35.7%)时达到最大,分别比对照(未间伐)增加 8.96%、6.61%、12.75%、10.7%、8.4%和 17.9%,而强度间伐(伐去 52.9%)的干材顺纹抗压强度、抗弯强度、弹性模量、径面硬度最小。不同间伐强度之间,其干材顺纹抗压强度、抗弯强度、抗弯弹性模量、端面硬度、径向抗剪强度达到显著或极显著差异。

(4) 从湿地松木材的基本密度和顺纹抗压强度、抗弯强度、抗弯弹性模量、硬度等主要力学性质分析,初植密度为 $1\ 111$ 株 \cdot hm^{-2} 时,保留密度在 $616\sim 781$ 株 \cdot hm^{-2} 的中(伐去 35.7%)、弱度(伐去 18.6%)间伐不但可以加快林木生长,还可适当地提高木材强度,有利于提高木材材性,而强度(伐去 52.9%)间伐则使木材材性明显降低。

参考文献:

- [1] 中国标准出版社. 中国林业标准汇编——木材与木制品卷[M]. 北京:中国标准出版社,1998. 84-151
- [2] 郎奎健,唐守正. IBM-PC 系列程序集[M]. 北京:中国林业出版社,1989. 102-105
- [3] 卫广扬,唐汝明. 马尾松幼林间伐后木材性质影响的研究[J]. 安徽农学院学报,1980,(1):65-71
- [4] 熊平波. 初植密度和间伐强度对杉木木材性质的影响[J]. 林业科学,1987,23(1):37-43
- [5] 吴义强,方文彬,罗建举. 间伐强度对日本落叶松木材性质影响规律的研究[J]. 世界林业研究,1995,8(专集):305-313
- [6] Myers C A. Estimating oven-dry weight of pulpwood in standing ponderosa pines[J]. J For 1960,(58):889-891
- [7] Cown D J. Effect of thinning and fertilizer application on wood properties of Radiata[J]. N Z J For Sci, 1981,11(2):79-91
- [8] 周釜,卢鸿俊. 落叶松间伐幼林材的材质及造纸性质兼论短轮伐期的造林问题[J]. 林业科学,1980,16(3):161-171
- [9] Lowery D P, Schmidt W C. Effect of thinning on the specific gravity of western larch crop trees [A]. USDA For Serv Res Note, INT-70,1967
- [10] 鲍甫成,江泽慧. 中国主要人工林树种木材性质[M]. 北京:中国林业出版社,1998

Effects of Thinning Intensity on Wood Properties of Slash Pine

CAI Jian¹, PAN Wen¹, FENG Shui², FENG Shun-jian², CHEN Rui-bing²

(1. Guangdong Forestry Research Institute, Guangzhou 510520, Guangdong, China;

2. Yangjiang Forestry Research Institute of Guangdong Province, Yangjiang 529500, Guangdong, China)

Abstract : Wood properties of 19 years old slash pine from four plots subjected different thinning intensity (0 %、18.6 %、35.7 %、52.9 %) were determined and analyzed. Results show that thinning intensity had significant or highly significant effects on air-dry specific gravity, oven-dry specific gravity, radial and volume total shrinkage, shrinkage ratio (tangential to radial direction), compression strength parallel to grain, bending strength, modules of elasticity, radial shearing strength, and the cross section hardness after thinning for 8 years; with the increase of thinning intensity, the width of growth ring and the shrinkage ratio increased, whereas the air-dry specific gravity and oven-dry specific gravity decreased to certain degree, and the compression strength parallel to grain, bending strength, modules of elasticity, and hardness increased at first and then decreased.

Key words : slash pine; thinning intensity; physical-mechanical properties of wood