

# 马尾松天然林木材化学组分 和浆纸性能的地理模式\*

周志春 秦国峰 李光荣 黄光霖 陈炳星 程传演

**摘要** 通过对马尾松自然分布区内 14 个天然群体木材化学组分的分析和浆纸性能的测试,发现木材戊糖、灰分含量、纸张抗张、耐破和撕裂强度呈现随纬度变化的地理模式,与经度无关。和北部天然林相比,南部林分的木材戊糖和灰分含量较低,在相同的蒸煮条件下,浆的 Kappa 值较高,纸张抗张和耐破指数较低而撕裂指数较高。木材  $\alpha$ -纤维素、木素、苯醇抽出物含量以及制浆得率与经纬度无关。研究还发现木材灰分含量和纸张撕裂指数与树木年龄有关,其它性状的年龄效应则较小。

**关键词** 马尾松、天然群体、木材化学组分、浆纸性能、地理模式

一个分布广泛的树种,不同天然群体的树木在材质、材性上存在着很大差异,如湿地松(*Pinus elliottii* Engelm)、火炬松(*P. taeda* L.)、矮松(*P. virginiana* Mill)、长叶松(*P. palustris* Mill)、白松(*P. strobus* L.)、脂松(*P. resinosa* Ait)等松类其天然林分的木材密度大多呈现从北至南、从西至东,或从西北至东南逐渐增加的变异模式<sup>[1]</sup>。人工林也具有这种变异趋势,如处在南半球的新西兰,辐射松(*Pinus radiata* D. Don)的木材密度南北相差 25%~30%<sup>[2]</sup>,从南部 Canterbury 的 0.38 g/cm<sup>3</sup> 增至北部 Auckland 的 0.46 g/cm<sup>3</sup><sup>[3]</sup>。马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)天然林分的木材性状也存在着类似的地理模式,木材密度和管胞长度随纬度的增高而减少<sup>1)</sup>。

从大量的文献报道来看,世界上几乎所有重要针叶树木材性状的天然林表型变异都有研究<sup>[4]</sup>,而对其制浆造纸性能研究未见过报道。本文将通过对 14 个马尾松天然群体的木材进行制浆造纸测试,以研究木材化学组分和浆纸性能在天然群体间的差异性和地理表型变异模式,为真实地评估不同产地的木材制浆收益和制浆成本提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

选择马尾松自然分布区内的 14 个天然群体进行木材取样,各天然群体所处的地理位置、

1994-07-12 收稿。

周志春助理研究员,秦国峰(中国林业科学研究院亚热带林业研究所 浙江富阳 311400);李光荣,黄光霖,陈炳星,程传演(福建省南平造纸营林总公司)。

\* 本文属世界银行贷款国家造林项目“马尾松速生丰产林培育技术的研究与推广”和中国林科院亚热带林业研究所与福建省南平造纸营林总公司科技合作内容的一部分。参加研究的还有南平造纸营林总公司林尧珂、葛彤军、吴庆敏、罗玉仙和傅春意。在木材取样时得到广西、湖南、江西、贵州和四川省林科所(院),广东省信宜县林科所,福建省武平县林委、明溪县林委和建阳县范桥林场,浙江省永康市林科所、庆元县林业局和仙居县林业局的大力支持;中国林业科学研究院亚热带林业研究所荣文琛、吴天林,福建省南平造纸营林总公司林气强参加了部分试点的木材取样工作,在此一并致谢。

1)李火根,王章荣,陈天华.马尾松木材比重、管胞长度的地理变异.杉木、马尾松等树种遗传改良讨论会文集.中国林学会遗传育种分会.1991,210~215.

树木年龄和单株树干材积见表 1。要求天然群体为当地起源的、具有代表性的天然纯林或马尾松至少在 8 成以上的林分,林分面积在 2 hm<sup>2</sup> 以上,年龄在 20~30 年生之间,立地条件中等以上,未经人为破坏,生长发育正常。

表 1 14 个天然群体的地理经纬度、年龄和单株树干材积

天然群体	(°)N	(°)E	年龄(a)	单株材积(m <sup>3</sup> )
浙江永康	28.90	120.03	23.3	0.124 0
仙居	28.67	120.72	30.0	0.228 4
庆元	27.82	118.98	33.0	0.206 4
福建建阳	27.33	118.12	31.3	0.366 2
明溪	26.36	117.19	37.0	0.352 5
武平	25.15	116.07	27.7	0.319 1
江西吉安	27.08	114.92	19.0	0.073 6
安远	25.15	115.40	25.7	0.294 6
湖南安化	28.47	111.30	28.3	0.418 7
贵州都匀	26.27	107.52	24.0	0.432 7
四川綦江	29.01	106.63	28.0	0.193 2
蒲江	30.25	103.33	27.7	0.157 8
广东信宜	22.35	110.93	20.7	0.241 1
广西宁明	22.13	107.13	23.0	0.525 3

每个天然群体各伐倒 3 株优势木或亚优势木,要求 3 株样木生长在相同的微立地条件(坡度、坡向、坡位、土壤等)下,间隔 100 m 以上,树干通直,树冠正常,无病虫害和机械伤害。分别利用胸高处向下 3 cm 厚的圆盘和向上 50 cm 的木段作为木材化学组分分析和浆纸性能测定的试材。

## 1.2 试材处理

在室内将树皮剥去,每个群体的 3 株样木的木段均经过同一切片机削片混合,木片经网筛及人工剔除不合格木片后装入塑料桶内平衡水分备用。

## 1.3 硫酸盐法制浆和木材化学组分分析

同一天然群体的混合木片分三锅蒸煮,每锅装绝干木片 2 kg,在同一蒸煮曲线条件下作 3 次平衡试验,蒸煮工艺条件及过程控制如下:

蒸煮用碱量:(以 Na <sub>2</sub> O 计)	17.0%(对绝干片)
液    比	1 : 3.5
室温到 80 ℃	40 min
80 ℃到 125 ℃	105 min
小放气时间	5 min
125 ℃到 172 ℃	105 min
172 ℃保温	60 min

煮后浆在湿浆分离器中疏解 5 min,然后进行充分洗涤,洗至无残碱为止,经人工挑出未蒸解部分。在 Valley 打浆机内打浆至 60 °SR,所有试样都在同一打浆机内完成。并用 Weverk 抄片机抄出 60 g 的纸片,每煮一锅浆制成 8 张抄片,在温度为 20±1 ℃,湿度为 65%±2%的条件下测定其物理性能。纸页的制备和其物理性能的测定均按国标进行<sup>2)</sup>。

木材化学组分分析也均按国标进行<sup>2)</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 木材化学组分和浆纸性能的地理变异模式

14 个天然群体的木材化学组分和浆纸性能测定值列于表 2。由于天然群体的树木年龄的差异很大,此时研究木材化学组分和浆纸性能地理变异模式的理想方法是多元线性回归分析。在建立多元线性回归方程时包括三个自变量,即天然群体所处的地理纬度、经度和树木年龄。木材化学组分和浆纸性能与三个自变量的偏回归系数、回归的  $F$  值和决定系数见表 3。从表 3 可以看出木材戊糖和灰分含量、纸张抗张、耐破和撕裂指数与三个自变量的多元回归均达到显著水平,其决定系数在 52.2%~66.1%之间,而木材中  $\alpha$ -纤维素、木素和苯醇抽出物含量以及浆的性能与自变量的多元回归不显著。偏回归系数的  $t$  检验发现,地理经度在多元回归方程中作用很小,而纬度对木材戊糖和灰分含量、纸张抗张、耐破和撕裂指数都具有显著影响。纬度对木材化学组分和浆纸性能的偏相关系数(表 4)能清楚地说明性状的地理表型变异模式,发现木材戊糖、灰分含量以及纸张的抗张和耐破指数随着纬度增加而增加,纸张撕裂指数则呈现从北至南逐渐增加的地理模式。浆的 Kappa 值与经度的偏相关仅在 10%水平上显著,虽有随纬度增高而降低的趋势,但不显著。与经度效应相比,纬度对性状总变异的贡献较大,如纬度能解释木材戊糖、灰分含量、纸张抗张和耐破指数总变异的 60%~80%。除浆的 Kappa 值外,本试验未发现性状随经度变化的地理模式。

### 2.2 树木年龄对木材化学组分和浆纸性能的影响

在研究地理经纬度对木材化学组分和浆纸性能的偏相关时,同时可以研究树木年龄效应,发现随着树木年龄的增大,纸张撕裂指数也不断增大, $\alpha$ -纤维素含量虽有增加的趋势,但不显

表 2 14 个天然群体的木材化学组分和浆纸特性

天然群体	木 材					浆			纸			
	$\alpha$ -纤维素 (%)	木素 (%)	戊糖 (%)	灰分 (%)	苯醇抽出物 (%)	Kappa 值	粗浆得率 (%)	细浆得率 (%)	黑液残碱 (g/L)	抗张指数 (N·m/g)	耐破指数 (kPa·m <sup>2</sup> /g)	撕裂指数 (mN·m <sup>2</sup> )
浙江永康	41.53	27.42	12.93	0.36	2.06	31.55	46.81	46.63	31.26	80.07	8.16	15.52
仙居	41.05	27.62	13.75	0.34	2.43	30.67	46.19	45.56	26.10	80.30	6.82	15.72
庆元	43.12	26.73	13.24	0.25	2.81	27.97	47.53	47.42	29.45	81.07	7.60	18.82
福建建阳	41.44	26.21	11.28	0.21	1.80	27.42	46.18	45.81	27.64	78.52	7.01	17.13
明溪	42.41	26.40	12.63	0.27	4.53	30.60	47.21	46.92	31.00	70.68	6.79	21.44
武平	44.15	26.61	10.55	0.25	1.33	36.33	49.61	49.09	30.74	79.24	6.06	16.43
江西吉安	40.24	27.46	12.46	0.36	3.94	29.70	46.34	45.83	28.67	83.55	7.81	14.54
安远	38.45	26.01	11.42	0.22	4.16	26.47	42.74	42.41	28.80	79.21	6.96	17.03
湖南安化	39.79	28.18	11.31	0.34	2.32	26.15	45.42	45.31	30.22	85.20	7.96	13.68
贵州都匀	37.22	29.00	11.47	0.31	1.96	24.12	42.43	42.40	32.81	80.58	6.80	14.55
四川綦江	41.74	27.42	12.93	0.36	1.48	27.40	47.46	47.28	32.42	87.75	8.01	13.52
蒲江	40.89	26.38	12.39	0.28	1.37	25.40	45.75	45.69	30.62	81.63	7.58	17.06
广东信宜	42.65	26.55	10.14	0.24	2.47	32.82	47.72	47.35	30.55	73.57	6.27	17.63
广西宁明	42.46	27.86	10.53	0.20	2.05	28.67	47.49	47.11	26.61	77.29	6.94	17.11

2)轻工业标准化编辑出版委员会编.造纸工业测试方法标准汇编.1990.

表3 木材化学组分、浆纸性能与群体所处的地理经纬度和树木年龄的回归和偏回归分析

性 状	偏 回 归 系 数			回归的 <i>F</i> 值检验	决定系数 ( <i>R</i> <sup>2</sup> )
	纬 度	经 度	年 龄		
α-纤维素	-0.251	0.053	0.129	0.82	0.197
木 木 素	0.074	-0.028	-0.062	0.76	0.186
材 戊 糖	0.334**	0.053	0.010	6.50**	0.661**
灰 分	0.020**	0.001	-0.006*	5.35*	0.616*
苯醇抽出物	-0.112	0.072	0.017	0.91	0.215
Kappa 值	-0.475	0.316 <sup>+</sup>	-0.081	2.10	0.387
粗浆得率	-0.174	0.049	0.070	0.31	0.085
细浆得率	-0.147	0.030	0.077	0.35	0.069
黑液残碱	0.196	-0.140	0.011	0.77	0.188
抗张指数	1.359**	-0.153	-0.362	4.75*	0.588*
耐破指数	0.220**	-0.006	-0.045	4.52*	0.576*
撕裂指数	-0.501*	0.044	0.305*	4.77*	0.589*

+——10%水平显著; \*——5%水平显著; \*\*——1%水平显著(下同)。

表4 木材化学组分、浆纸性能与群体所处的地理经纬度和树木年龄的偏相关分析

性 状	偏 相 关 系 数					
	纬 度		经 度		年 龄	
α-纤维素	-0.324	(44.56) <sup>①</sup>	0.168	(11.98)	0.320	(43.46)
木 木 素	0.212	(23.78)	-0.191	(19.30)	-0.328	(56.92)
材 戊 糖	0.756**	(82.62)	0.340	(16.71)	0.068	(0.67)
灰 分	0.776**	(61.97)	0.169	(2.93)	-0.584*	(35.10)
苯醇抽出物	-0.265	(31.10)	0.386	(65.99)	0.081	(2.91)
Kappa 值	-0.388	(32.00)	0.549 <sup>+</sup>	(64.07)	-0.136	(3.93)
粗浆得率	-0.211	(48.76)	0.141	(21.78)	0.164	(29.46)
细浆得率	-0.184	(44.44)	0.090	(10.63)	0.185	(44.93)
黑液残碱	0.237	(28.22)	-0.378	(71.78)	0.026	(0.34)
抗张指数	0.742**	(63.21)	-0.280	(9.90)	-0.492	(27.79)
耐破指数	0.757**	(76.57)	-0.069	(0.64)	-0.413	(22.79)
撕裂指数	-0.640*	(44.30)	0.171	(3.16)	0.697*	(52.54)

①括号内数值为地理经纬度和年龄对性状总变异的贡献率,单位:%。

著;木材灰分含量随着树龄增加而减小。纸张抗张和耐破指数也有随树龄增加而减小的趋势。通过地理经纬度和树木年龄对木材化学组分、浆纸性能偏相关系数以及对性状总变异贡献率的对比分析,可以发现,木材戊糖含量、纸张抗张和耐破指数主要受纬度影响,木材灰分含量和纸张撕裂指数受纬度和树木年龄双重控制。而其它性状的地理模式不明显或无一定的规律,年龄效应也很小。

### 3 讨 论

在所有的材性指标中,木材密度是研究最为广泛和最重要的一个木材内在指标,它强烈地影响纸浆的产量和纸张的物理强度,但发现木材密度对浆纸质量的影响是比较复杂的,如纸张撕裂指数随着木材密度的提高而增加,而抗张指数和耐破指数却随着密度的增加而降低<sup>[5,6]</sup>。据李火根等<sup>[1]</sup>报道,马尾松天然林木材密度呈现从北至南逐渐增加的地理模式,从木材密度和

纸张物理强度的关系推断,马尾松分布区南部的天然林木材在制浆时其纸张撕裂指数较北部高,而抗张和耐破指数较北部低,这一理论推断与本试验的结果完全吻合。与马尾松分布区北部的天然林比较,南部天然林有如下特点:

(1)分布区南部温暖多雨,生长期长,因此树木生长迅速,材积生长量大,单位面积的纸浆产量高。

(2)南部天然林因后期晚材生长量大,使木材密度较北部高。南部林分的管胞也较北部长。

(3)南部天然林的木材戊糖和灰分含量较低。 $\alpha$ -纤维素、木素和苯醇抽出物无一定的地理模式,与地理经纬度无关。

(4)在相同的蒸煮条件下,浆的 Kappa 值有增高的趋势,但不明显。制浆得率与地理经纬度也无关。

(5)纸张的撕裂指数高而抗张指数和耐破指数低。

与经度效应相比,马尾松木材化学组分和浆纸性能的纬度效应较大,性状随纬度变化的模式反映了温、湿等气候因子的地理差异性对木材和浆纸的影响,上述结论可以用来真实评价不同天然群体木材的制浆收益和制浆成本,但不能用来指导树木的引种。

### 参 考 文 献

- 1 Burley J. Genetic variation in wood properties. *New Perspectives in Wood Anatomy*, Edited by Baas P., 1982.
- 2 Cown D J, Kibblewhite R P. Effect of wood quality variation in New Zealand radiata pine on kraft paper properties. *N. Z. of For. Sci.*, 1980, 10:521~532.
- 3 Cown D J. Wood density of radiata pine; its variation and manipulation. *N. Z. of For. Sci.*, 1974, 19:84~92.
- 4 Zobel B J, van Buijtenen J P. *Wood variation; its causes and control*. Berlin; Springer Verlag, 1989. 393.
- 5 Yang K C. Wood properties, wood qualities and silvicultural treatments. *中华林学季刊*, 1987, 20(2):7~28.
- 6 Namkoong G, Barefoot A C, Hitchings R G. Evaluation control of wood quality through breeding. *Tappi*, 1969, 52: 1935~1938.

## Geographic Pattern of Chemical Components in Wood and Pulp/Paper-making Properties in Natural Stands of Masson Pine

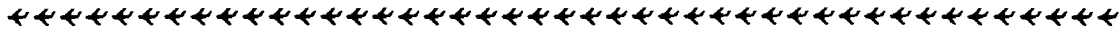
Zhou Zhichun Qin Guofeng Li Guangrong  
Huang Guangling Chen Bingxing Cheng Chuanyan

**Abstract** Through analyzing on the chemical components in wood and pulp/paper-making properties of 14 natural populations covering over the distribution range of masson pine, it was found that there exist latitudinal trends for pentosan and ash content in wood and tensile, burst and tear strength of paper which are less effected by the longitude. Comparing the natural stands from the north, the ones from the south possessed less pantosan

and ash content, higher Kappa value of pulp under the same pulping conditions, lower tensile and burst index and higher tear index. No definite geographic patterns were existed for  $\alpha$ -cellulose, lignin, alcohol-benzene extractives content in wood and pulp yield. The ash content and paper tear index was found to be also influenced by tree age. The age effects of the other traits were small.

**Key words** masson pine, natural population, chemical components in wood, pulp/paper-making properties, geographic pattern

Zhou Zhichun, Assistant Professor, Qin Guofeng (The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF Fuyang, Zhejiang 311400); Li Guangrong, Huang Guangling, Chen Bingxing, Cheng Chuanyan (The General Company of Afforestation Nanping Paper Mill, Fujian Province).



## “面向对象的地理信息系统 WINGIS”达国际先进水平

该项研究属 1993 年中国林科院基金资助项目,由本院资源信息研究所承担。该研究是在以往多个地理信息系统(GIS)的基础上开始的,集国内外经验在微机上开发基于 WINDOWS 环境的地理信息系统。目前已在资源管理、水土保持、环境保护、城镇规划、地籍管理、旅游咨询等领域表现出其独特的优越性。1994 年 12 月 21 日已在北京通过鉴定。鉴定委员会由中国科学院副院长徐冠华院士、北京林业大学董乃钧教授、中国科学院遥感研究所何建邦教授、林业部科技司寇文正副司长和北京大学、林业部规划院、资源司等单位的 12 名同行专家组成。鉴定委员们一致认为:(1)该成果研究方向正确,采用面向对象的程序设计方法实现了对图形、图象数据表格、代码字典、分析模型、分析规则、绘图要素、照片数据进行多信息源的统一管理,11 个子系统可适用多种应用领域地理信息管理的需要。(2)将分析模型、规则推理引入空间、属性分析之中,可制作出反映模型规则特征的专题地图。(3)系统具有平面和立体专题图制作的功能。同时还可利用遥感图象制作出反映遥感图象、图形和属性特征的专题影象地图。通过数字地形模型和平面地图叠加,可制作专题立体地图。(4)实现电子地图空间、属性、照片专题信息的综合查询,实现了不同层次地理信息管理。(5)采用了多文档数表管理方法,并将属性库、代码库、模型规则库、照片库有机结合在一起。实现了空间、属性数据协调更新。(6)软件功能强,易于扩充、容错性强,界面友好。鉴定委员们经过认真讨论认为:从总体上,本研究成果实用性强,商品化程度高,在微机地理信息系统软件上达到了国际先进水平。

(中国林业科学研究院资源信息研究所 袁凯先)