

文章编号: 1001-1498(2007)06-0801-06

# 树冠特征对小黑杨木材性质和生长量的影响研究<sup>\*</sup>

王小青, 刘杏娥, 任海青

(中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091)

**摘要:** 以小黑杨人工林为对象, 研究树冠特征对木材性质和生长量的影响。结果表明: 树冠特征对木材基本密度影响不显著; 对抗弯弹性模量 (MOE) 和顺纹抗压强度影响显著, 对抗弯强度 (MOR) 影响不显著; 对纤维长度、纤维宽度以及纤维长宽比影响不大; 对胸高处湿心材、边材影响极显著。MOE、MOR 和顺纹抗压强度与冠幅、冠长呈负相关。线性回归方程能较好地拟合顺纹抗压强度与冠幅的关系,  $R^2$  值达到 0.61; 纤维长度、宽度与冠幅、冠长呈一定的正相关; 湿心材面积、边材面积与冠幅、冠长呈高度正相关, 边材面积与冠幅间存在密切的线性关系, 方程的  $R^2$  值达到 0.78, 二次多项式方程能很好地拟合湿心材面积与冠幅的关系,  $R^2$  值为 0.91。

**关键词:** 树冠; 木材生长量; 木材性质

中图分类号: S792.11

文献标识码: A

## Effects of Crown Attributes on Wood Characteristics and Increments of *Populus xiaohei*

WANG Xiao-qing, LU Xing-e, REN Hai-qing

(Research Institute of Wood Industry, CAF, Beijing 100091, China)

**Abstract:** Effects of crown attributes on wood characteristics of *Populus xiaohei* were studied. The results indicated that effects of crown attributes on basic density were not significant. For MOE and compression strength parallel to grain, the effects were significant, while insignificant for MOR. Crown attributes exerted little impacts on fiber length, fiber width and the ratio of fiber length to width. Effects of crown attributes on sapwood and heartwood area at breast height were highly significant. MOE, MOR, and compression strength parallel to grain were found to be negatively correlated with both crown width and length. In addition, the linear regression model fitted the relationship between compression strength parallel to grain and crown width fairly well, with  $R^2$  value of 0.62. Fiber length and width, to a certain extent, were positively related to crown size. Sapwood and heartwood area were highly, positively related to crown size. Furthermore, a close linear relationship was found between sapwood area and crown width, with  $R^2$  value of 0.78; while a second order polynomial equation were best in describing the relationship of heartwood area with crown width, with  $R^2$  value of 0.91.

**Key words:** tree crown; wood increments; wood characteristics

树冠是树木的重要组成部分,是树木进行光合作用的重要场所,是其生长所需能量的重要来源之一。冠层特性与树木生长密切相关,对木材结构形

成起重要作用,最终影响木材性质。人们常常通过研究树冠来监测树木的长势,预测树木的生长量,甚至判定木材材质。从已有文献来看,学者们对树冠

收稿日期: 2006-09-08

基金项目: 国家自然科学基金重点项目“利用遥感技术预测人工林木材性质和利用价值的研究”(30230420)

作者简介: 王小青(1979—),男,安徽怀宁人,博士。主要研究方向:木材科学与技术。

\* 在试验测试过程中,得到许明坤、王爱华、张波等帮助,在此一并表示感谢!

形状<sup>[1]</sup>、冠层结构<sup>[2]</sup>及其光学特性<sup>[3]</sup>等方面开展了较多的研究,然而对于树冠与木材性质之间的关系研究较少。在管道模型理论(pipe model)的基础上,学者们很早就发现许多针叶树种边材面积与叶面积或叶生物量间有密切的线性关系<sup>[4-6]</sup>。不仅如此,Pzadrowski<sup>[7]</sup>研究发现欧洲赤松(*Pinus sylvestris* L.)树冠冠幅、树冠投影面积以及树冠体积与木材的一些宏观特征,如年轮宽度,早、晚材宽度存在某种联系。De kort等<sup>[8]</sup>比较了具有不同树冠活性的花旗松(*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco)木材的年轮宽度、密度以及木材解剖特性。Amarsekara<sup>[9]</sup>对科西嘉黑松(*Pinus nigra* var *maritima* (Aiton) Melville)的树冠大小与木材构造、性质关系进行了详细研究。然而,这方面阔叶树种的研究很少。

本文以广泛栽培于中国“三北”地区耐旱、抗寒的人工林小黑杨(*Populus xiaohei* T. S. Huang et Liang)为对象,研究不同树冠特征对木材性质和生长量的影响,探讨利用树冠特征因子评价木材性质的可行性;同时,分析和评价受树冠影响较大的材性因子,从而可以根据定向培育目的采取相应的营林措施,如调整株行距、活树冠比等,通过影响树冠发育改变林木生长条件以达到提高木材质量的目的。

## 1 材料与方法

### 1.1 试材采集

试验地点位于山西省朔州市薛家庄国营林场,所采小黑杨于 1977 年造林,主栽为小黑杨,间混有群众杨(*Populus x xiaozhuanica* W. Y. Hsu et Liang cv. 'Popularis'),造林面积 21.6 hm<sup>2</sup>,试验地概况见文献[10]。试材采集方法按照国家标准<sup>[11]</sup>进行。根据标准地每木检尺的结果,在 3 种栽植密度的林分中选择 15 株样木,根据树冠大小划分为 3 个等级:优势木树冠(Dominant)、亚优势木树冠(Co-dominant)和劣势木树冠(Suppressed),每个树冠等级 5 株。冠幅测定以树冠垂直投影面积为依据,测定东西和南北向冠幅,取其平均值。样木伐倒后测定其胸径、树高、冠长等生长指标。

### 1.2 试样加工

分别于伐倒木胸高处(1.3 m)截取约 10 cm 厚圆盘和长为 2 m(1.3 m~3.3 m)的木段,标出南北向及编号。在胸高处圆盘上截取一厚为 2 cm 的圆盘,用于测定湿心材面积、边材面积等木材生长量指标。将余下的圆盘沿直径最小的中心线锯解成 2

cm 宽的木条,每根均在北向取材,用于纤维形态(纤维长度、宽度)的测定。2 m 长的木段按照国家标准制成标准试样,用于 MOE、MOR 和顺纹抗压强度的测定。另于活立木胸高处南北方向过髓心钻取直径为 5 mm 的木芯一根,用于基本密度的测定。

### 1.3 试验方法

纤维长度、宽度:用 1:1 过氧化氢和冰醋酸混合液进行离析。采用光学显微镜投影方法进行测定,纤维长度每生长轮测 50 根,纤维宽度每生长轮测 25 根;

基本密度:采用排水法<sup>[12]</sup>测定;

MOE、MOR、顺纹抗压强度:木材物理力学国家标准<sup>[11]</sup>;

木材生长量:根据杨树湿心材的特点,在圆盘上用颜色笔勾勒出湿心材轮廓,然后采用 SigmaScan 图像分析软件测定湿心材、边材面积。

### 1.4 数据分析

采用 SAS、Excel 统计软件对各种树冠等级下的木材生长量和性质指标进行方差分析、相关性分析和回归分析。

## 2 结果与分析

3 种树冠等级的林木生长特征如表 1 所示。方差分析表明,对于不同树冠等级的林木,其冠幅、冠长差异显著,均表现为优势木树冠明显大于亚优势木和劣势木树冠;3 种树冠等级中,劣势木最矮,与其他树冠等级差异显著;胸径随树冠等级的增加而增大。

表 1 不同树冠等级的小黑杨生长特征的方差比较

生长特征	树冠等级			P
	劣势木树冠	亚优势木树冠	优势木树冠	
冠幅 /m	2.01 A	4.48 B	5.90 C	<0.000 1
冠长 /m	5.1 A	7.5 B	8.5 C	<0.000 1
胸径 /cm	16.5 A	22.1 B	27.7 C	<0.000 1
树高 /cm	16.3 A	18.6 B	18.0 B	0.002

注:大写字母相同的表示用 Duncan 法检验在 0.05 水平上差异不显著

### 2.1 树冠特征对木材基本密度的影响

木材密度是否受树冠特征的影响,长期以来一直是颇受争议的问题。毋庸置疑,树冠特征与木材密度的关系颇为复杂,因为木材密度受若干因素的影响,如:早晚材细胞腔径大小、细胞壁厚、早晚材比例以及抽提物含量等,这些因素中某些受形成层年龄影响,而另外一些受树冠大小影响<sup>[13]</sup>;且其中某

些因素有很强的遗传特性<sup>[14]</sup>。由表 2 可知,不同树冠等级的小黑杨木材基本密度相差不大,分别为 0.329、0.330、0.328  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。尽管优势树冠的冠幅是劣势树冠的近 3 倍,但其木材密度差异不显著,表明树冠特征对小黑杨木材基本密度影响不大。

小黑杨树冠大小与木材基本密度的相关性分析如表 3 所示。树冠冠幅、冠长与基本密度呈微弱的负相关性(相关系数 -0.21)。这与 Amarsekara<sup>[9]</sup>的研究结果类似,他在研究科西嘉黑松的树冠大小和叶干质量对木材密度的影响时发现,木材密度与干叶质量的相关性较弱<sup>[8]</sup>。图 1 表明,木材基本密度随冠幅增大呈减小趋势,用对数函数拟合二者之间的关系,决定系数  $R^2$  值只有 0.13,进一步表明基本密度与树冠大小的相关性较弱。

## 2.2 树冠特征对木材力学性质的影响

不同树冠等级的小黑杨木材力学性质如表 2 所示。不同树冠特征的木材弹性模量(MOE)差异较明显,其中劣势木树冠的 MOE 最大,亚优势木树冠次之,优势木树冠最小;Duncan 法检验进一步表明,劣势木树冠与亚优势木树冠的 MOE 差异不显著,而均与优势木树冠差异显著。尽管劣势木树冠的静曲强度(MOR)大于亚优势木树冠和优势木树冠,但这种差异并不显著。顺纹抗压强度与 MOE 情况类似,也是劣势木树冠强度最大,亚优势木树冠次之,优势木树冠最小;且劣势木树冠和亚优势木树冠差异不显著,但均显著大于优势木树冠。总体而言,劣势木树冠的木材力学性能要优于亚优势木树冠和优势木树冠。

相关分析表明,MOE、MOR、顺纹抗压强度与冠

幅均呈负相关,相关系数分别为 0.62、0.45、0.79,除了 MOR 稍低,其它相关系数均较高(表 3)。力学性质与树冠冠幅的这种高度相关性树冠产生的光合产物及生长调节物质有关<sup>[9]</sup>。一般而言,对于同一立地条件,年龄相同的林分,树冠较大的林木获取的光合产物较多,向树干供应的碳水化合物量较多,有利于新原始细胞的产生和衍生细胞的增生。宏观上表现为树木快速生长,形成的木材细胞组织的腔径相对大而壁薄,组织相对疏松,在外力作用下细胞容易被压溃,表现为力学性质较差。任何影响树冠发育而由此对树木生长速度产生变化的措施都可能对木材性质产生影响<sup>[15]</sup>。所以对于一些促进林木树冠发育的营林措施,如增大栽植密度、间伐、施肥等都可能导致小黑杨木材力学性质降低,这给速生、优质的林木营林培育措施提出了一定的挑战。Amarsekara<sup>[9]</sup>在研究科西嘉黑松时发现:MOR 和顺纹抗压强度与树冠叶干质量呈高度负相关性;MOE 与树冠叶干质量(Leaf dry weight)呈负相关性。Lei<sup>[16]</sup>对加拿大东部的黑云杉(*Picea mariana* B. S. P.)树木特征因子与木材的 MOE、MOR 的关系进行了研究,结果表明 MOE、MOR 与冠幅也呈负相关性。

图 2~4 分别为 MOE、MOR、顺纹抗压强度与冠幅的散点图及回归方程。由图可知,小黑杨力学性质均随冠幅增大而降低,这与相关分析结果一致。其中,MOE 采用对数方程形式拟合, $R^2$  为 0.45;MOR 与冠幅的拟合效果较差, $R^2$  值只有 0.21;而顺纹抗压强度与冠幅具有很强的线性关系, $R^2$  值达到 0.61。

表 2 不同树冠等级的小黑杨木材性质和生长量的方差分析

项目	树冠等级			P
	劣势木树冠	亚优势木树冠	优势木树冠	
基本密度 / ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	0.329 A	0.330 A	0.328 A	0.923 3
MOE/GPa	11.2 A	11.1 A	9.7 B	0.032 4
MOR/MPa	75.2 A	72.9 A	70.5 A	0.252 9
顺纹抗压强度 /MPa	41.0 A	40.0 A	36.9 B	0.003 2
纤维长度 / $\mu\text{m}$	996.9 A	1055.4 A	1066.2 A	0.088 2
纤维宽度 / $\mu\text{m}$	23.59 A	24.90 A	23.81 A	0.079 6
纤维长宽比	42.3 A	42.4 A	43.0 A	0.809 0
边材面积 / $\text{cm}^2$	71.39 A	111.97 B	142.61 C	0.000 4
湿心材面积 / $\text{cm}^2$	101.13 A	186.82 B	322.37 C	<0.000 1

注:大写字母相同的表示用 Duncan 法检验在 0.05 水平上差异不显著。

## 2.3 树冠特征对木材纤维形态特征的影响

木材纤维形态特征决定着木材的物理、力学性质,影响木材的加工利用,特别是关系到制浆质

量的好坏,因而研究很广泛。由表 2 知,虽然优势木树冠的纤维长度为 1066.2  $\mu\text{m}$ ,均大于亚优势木树冠和劣势木树冠(分别为 1055.4、996.9  $\mu\text{m}$ ),但差

异不显著。同样,对于纤维宽度和长宽比,不同树冠等级差异不显著,表明小黑杨树树冠大小对其纤维形态特征影响不大。相关分析表明,纤维长度和宽度与冠幅、冠长均呈一定的正相关性(表 3),即对于同一立地条件,生长年龄相同的林分,随着树冠尺寸、胸径以及树高的增大,表现为林木生长加快,其纤维长度和宽度呈增大趋势,但增加的幅度很小。而纤维长宽比基本不受树冠特征的影响。Amarsekara<sup>[9]</sup>在研究科西嘉黑松时发现,管胞长度不受树冠叶干质量(Leaf dry weight)的影响,与本研究结果一致。

图 5 表明纤维长度随冠幅增大而增大,采用对数方程形式拟合二者的关系, $R^2$ 值为 0.32。图 6 中纤维宽度也是随冠幅增大而增大,用对数方程拟合, $R^2$ 值为 0.38。图 7 显示纤维长宽比与冠幅关系较差,用线性方程拟合, $R^2$ 值只有 0.01。总体而言,小黑杨木材纤维形态特征与冠幅之间的关系较弱。

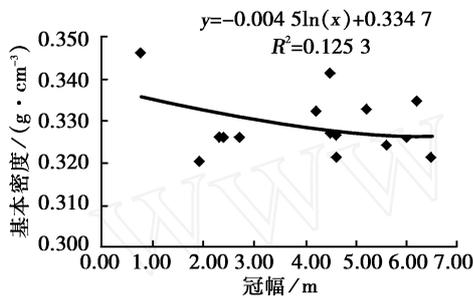


图 1 基本密度与冠幅的散点图

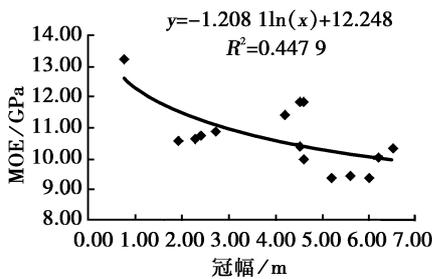


图 2 MOE与冠幅的散点图

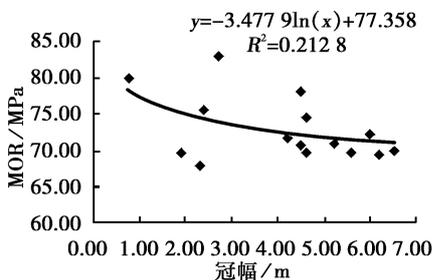


图 3 MOR与冠幅的散点图

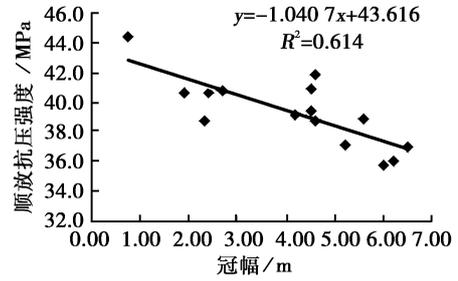


图 4 顺纹抗压强度与冠幅的散点图

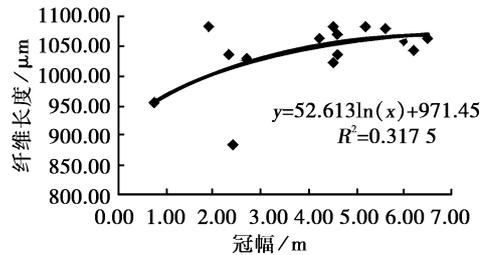


图 5 纤维长度与冠幅的散点图

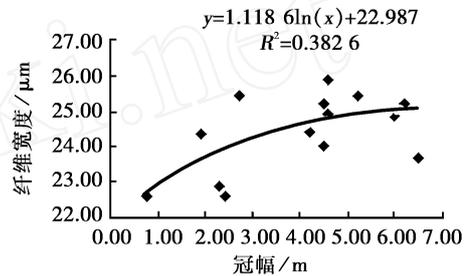


图 6 纤维宽度与冠幅的散点图

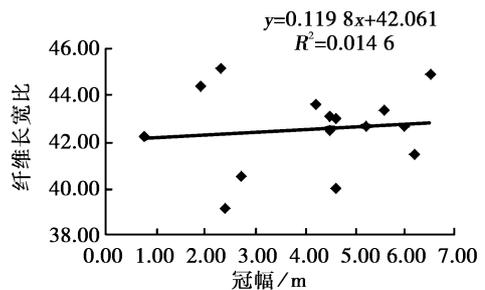
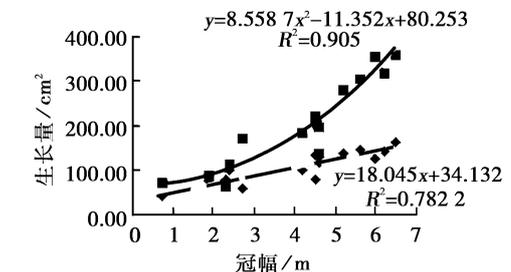


图 7 纤维长宽比与冠幅的散点图



◆ 边材面积    ■ 湿心材面积  
— 线性(边材面积)    — 多项式(湿心材面积)

图 8 边材、湿心材面积与冠幅的散点图

## 2.4 树冠特征对木材生长量的影响

杨树普遍存在湿心材问题。与正常材相比,杨树湿心材含水率高,颜色深,抽提物多以及 pH 值偏碱性,使木材物理、化学性质发生变化,影响木材的干燥、制材和胶合板的质量<sup>[17]</sup>。因而研究小黑杨林木湿心材、边材面积对于正确制材、合理利用具有重要意义。

由表 2 知,优势木树冠的边材及湿心材面积要明显大于亚优势木树冠和劣势木树冠,其中优势木树冠的边材面积约为劣势木树冠的 2 倍,优势木树冠的湿心材面积约为劣势木树冠的 3 倍,不同树冠特征的小黑杨木材生长量差异非常明显。相关分析表明,湿心材、边材面积与冠幅高度正相关,相关系数分别为 0.92 和 0.88 (表 3)。回归分析表明,线性方程能很好地拟合边材面积与冠幅的关系, $R^2$  值为 0.78,说明边材面积与冠幅之间存在密切的线性关

系,且冠幅能解释边材面积 78% 的变异;而二次多项式方程能很好地拟合湿心材面积与冠幅的关系, $R^2$  值为 0.91,这样,利用冠幅参数能够很好地预测小黑杨林木湿心材、边材面积。

由图 8 可知,湿心材、边材面积均随冠幅增大而增大,但湿心材面积增加的幅度要明显大于边材面积。Sellin<sup>[18]</sup> 在研究欧洲云杉 (*Picea abies* (L.) Karst) 心边材比例与树木直径、年龄和生长速率关系时,发现边材面积、心材面积随林木直径的增加而增加,且心材面积随直径增加得更快,这与本研究结果基本一致。大量研究表明,树木边材面积、边材渗透性和树冠叶面积间存在一种动态平衡,具有较大叶面积的树种,具有较大的边材面积<sup>[19~21]</sup>。本研究也再一次证明边材面积与树冠冠幅呈密切的正相关性。

表 3 小黑杨木材性质及木材生长量与树冠特征的相关系数

项目	基本密度	MOE	MOR	顺纹抗压强度	纤维长度	纤维宽度	纤维长宽比	边材面积	湿心材面积
冠幅	-0.21	-0.62*	-0.45	-0.79***	0.54*	0.55*	0.12	0.88***	0.92***
冠长	-0.21	-0.63*	-0.51	-0.74**	0.48	0.55*	0.03	0.90***	0.85***

注:\*\*\* 表明在 0.001 水平显著; \*\* 表明在 0.01 水平显著; \* 在 0.05 水平显著。

## 3 结论

通过分析树冠特征对小黑杨木材性质和生长量的影响,得出如下结论:

(1) 3 种树冠等级的小黑杨木材基本密度相差不大,分别为 0.329、0.330、0.328  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,树冠特征对木材基本密度影响不大。

(2) 树冠特征对木材 MOE 和顺纹抗压强度影响显著,对 MOR 影响不显著。劣势木树冠的力学性能要优于亚优势木树冠和优势木树冠。相关分析表明,MOE、MOR、顺纹抗压强度与冠幅均呈负相关,相关系数分别为 0.62、0.45、0.79。线性方程能较好地拟合顺纹抗压强度与冠幅的关系 ( $R^2$  为 0.61)。

(3) 树冠特征对纤维长度、宽度以及纤维长宽比影响不大。纤维长度、宽度与冠幅、冠长均呈一定的正相关性。

(4) 树冠特征对林木胸高处边材面积和湿心材面积均影响极显著。湿心材面积、边材面积与冠幅、冠长高度正相关,相关系数分别为 0.92 和 0.88。边材面积与冠幅存在密切的线性关系,用线性方程拟合,其  $R^2$  值达到 0.78;而二次多项式方程能很好地拟合湿心材面积与冠幅的关系 ( $R^2$  为 0.91)。利用

冠幅参数能够很好地预测林木胸高处湿心材及边材面积。

## 参考文献:

- [1] 李凤日. 长白落叶松人工林树冠形状的模拟 [J]. 林业科学, 2004, 40 (5): 16~24
- [2] 曹永慧, 陈存及, 李生. 间伐对杉莲混交林中乳源木莲树冠结构的影响 [J]. 林业科学研究, 2004, 17 (5): 646~653
- [3] 李树人, 赵勇. 树冠遮光数学模型的研究 [J]. 河南农业大学学报, 1994, 28 (4): 361~366
- [4] Whitehead D. The estimation of foliage area from sapwood basal area in Scots pine [J]. Forestry, 1978, 51: 137~149
- [5] Marchand P J. Sapwood area as an estimator of foliage biomass and projected leaf area for *Abies balsamea* and *Picea nubens* [J]. Canadian Journal of Forest Research, 1984, 14: 85~87
- [6] 钱能志. 杉木叶量叶面积与边材面积关系研究 [J]. 南京林业大学学报, 1989, 13 (4): 75~79
- [7] Pazdrowski W. Interrelationship between some quantitative features of tree crowns and macrostructure of pine (*Pinus sylvestris* L.) wood grown on the fresh coniferous forest site [J]. Sylwan, 1994, 11: 79~87
- [8] de Kort I, Veronique Loeffen V, Baas P. Ring width, density and wood anatomy of Douglas fir with different crown vitality [J]. IAWA Bulletin, 1991, 12 (4): 453~465
- [9] Amarasekara H, Denne M P. Effects of crown size on wood character

- istics of Corsican pine in relation to definitions of juvenile wood, crown formed wood and core wood[J]. *Forestry*, 2002, 75(1): 51~61
- [10] 任海青,刘杏娥,江泽慧,等.栽植密度对小黑杨人工林木材解剖特性的影响[J].*林业科学研究*, 2006, 19(3): 364~369
- [11] 国家技术监督局发布.中华人民共和国国家标准 GB1927-43-91,木材物理力学性质试验方法[S].北京:中国标准出版社,1991
- [12] 成俊卿.木材学[M].北京:中国林业出版社,1985
- [13] Denne M P, Calahan C M, Aebischer D P. Influence of growth rate and cambial age on density of rauli (*Nothofagus nervosa*) in relation to vessel lumen areas and numbers[J]. *Holzforschung*, 1999, 53: 199~203
- [14] Nyakuengama J G, Matheson C, Evans R, et al Effect of age on genetic control of *Pinus radiata* earlywood and latewood properties[J]. *APPITA Journal*, 2000, 53: 103~107
- [15] Zobel B J, Buijtenen J P. Wood variation—its cause and control[M]. Berlin: Springer-verlag, 1989
- [16] Lei Y C, Zhang S Y, Jiang Z H. Models for predicting lumber bending MOR and MOE based on tree and stand characteristics in black spruce[J]. *Wood Science and Technology*, 2005, 39(1): 37~47
- [17] 祖勃荪.国外对杨树湿心材的研究[J].*林业科学*, 2000, 36(5): 85~91
- [18] Sellin A. Sapwood-heartwood proportion related to tree diameter, age and growth rate in *Picea abies*[J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 1993, 24: 1 022~1 028
- [19] Grier C C, Waring R H. Conifer foliage mass related to sap wood area[J]. *Forest Science*, 1974, 20: 205~206
- [20] Albrektson A. Sapwood basal area and needle mass of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) tree in Central Sweden[J]. *Forestry*, 1984, 57: 35~43
- [21] Whitehead D, Edwards W R N, Jarvis P G. Conducting sapwood area, foliage area, and permeability in mature trees of *Picea sitchensis* and *Pinus contorta*[J]. *Canadian Journal of Forest Research*, 1984, 14: 940~947

www.cnki.net