

## 不同立地条件对台湾栾木木材物理性质的影响

杨永前<sup>1</sup>, 罗承德<sup>1\*</sup>, 王金锡<sup>2</sup>, 肖辉<sup>1</sup>

(1. 四川农业大学林学院, 雅安 625014; 2. 四川省林业科学研究院, 成都 610081)

**摘要:** 以四川乐山和广元两地引种的 6 年生台湾栾木为试验样木, 选择 4 个标准试验样地取样, 进行木材物理性质分析; 采集树木生长地土壤样品, 收集近 5 年气象资料, 并进行相关性分析, 探索影响台湾栾木木材性质的主要相关因子。结果表明, 不同立地条件的台湾栾木木材物理性质差异是显著的; 立地因子与木材物理性质有典型相关关系, 土壤的 N、P、K 含量、土壤 pH 值、年降雨量、年日照时数和海拔高度是主要影响因子; 提高土壤中缓效 K 和全 N 的含量, 降低全 P 的含量, 可以提高台湾栾木的木材品质。全 K、有效 P、pH、年日照时数增加与年降雨量减少虽然增加了木材的干缩率, 却有利于台湾栾木基本密度增加。尽管在较低海拔高度种植台湾栾木, 木材气干密度会减小, 然而其材质基本密度可以得到提高, 同时降低全干时木材弦向和体积干缩率。

**关键词:** 台湾栾木; 立地因子; 物理性质; 相关关系

中图分类号: S781;S792.14

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2012)02-0234-05

### Influence of different site conditions on the wood physical properties of *Alnus formosana*

YANG Yong-qian<sup>1</sup>, LUO Cheng-de<sup>1</sup>, WANG Jin-xi<sup>2</sup>, XIAO Hui<sup>1</sup>

(1. College of Forestry, Sichuan Agricultural University, Yaan 625014; 2. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081)

**Abstract:** The physical properties of six-year-old *Alnus formosana* collected from four standard testing grounds of Leshan and Guangyuan city in Sichuan Province were tested, and meteorological data in recent five years and soil samples of these places in which *Alnus formosana* grown were collected. The major correlation factors influencing the properties of *Alnus formosana* were explored using correlation analysis method. Results indicated that the differences of the physical properties of *Alnus formosana* from different site conditions were significant; canonical correlation existed between site conditions, and physical properties, contents of N, P, K, pH of soil, annual rainfall, sunshine duration and altitude were the main factors. The quality of *Alnus formosana* improved with the increase of the contents of slowly available K and total N and the reduction of the content of total P. The raise of the content of total K and available P, pH, sunshine duration, and the decrease of annual rainfall enhanced the shrinkage of timber and the basic density of *Alnus formosana*. The air-dry density and volume and tangential shrinkage of oven-dried *Alnus formosana* which planted in lower altitudes decreased, and basic density increased at the same time.

**Key words:** *Alnus formosana*; site condition; timber-physical property; canonical correlation

立地是植物生长地段作用于植物的环境条件的总称<sup>[1]</sup>, 也就是决定森林生产力的所有生物因子和非生物因子的结合。立地条件一般包括气候条件和土壤条件。立地条件的好坏在很大程度上决定林木生长的速度和质量, 林木生长与木材材质又具有紧密的相关性, 必然对木材材质产生复杂的影响。

台湾栾木原产地分布较为广泛, 从低海拔到海

拔 3 000 m 均有自然分布, 北纬 21°50'~25°15', 东经 120°~122°; 气候温暖湿润, 降雨充足, 年均温 10.6~22.5℃, 极端最低温 - 7.6℃。土壤为山地黄壤、黄棕壤和棕壤, 中性偏酸性土壤。常生于溪边、河谷、荒地, 有时成纯林; 喜光, 喜湿且耐湿, 耐瘠薄, 并具有一定的耐干旱能力<sup>[2-4]</sup>。可以轮作、混作的方式与台湾榉、台湾杉等造林树种混交, 并可促

收稿日期: 2011-07-18

基金项目: 四川省林业科学研究院“948”资助。

作者简介: 杨永前, 男, 讲师。E-mail: yangyq\_6018@163.com

\* 通讯作者: 罗承德, 男, 教授, 博士生导师。

进这些树种的生长<sup>[5]</sup>。台湾桫木自然整枝性强, 干形通直、高大, 出材率高, 这是区别于桫木属其它种的重要特征之一<sup>[6-9]</sup>。木材细软, 纹理直, 韧性好, 易于加工、成型, 气干密度  $0.52 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , 除耐腐蚀、耐蛀性能外, 其它物理、机械加工性能十分良好, 破坏系数和弹性系数与台湾檫树、樟树相近, 属二级木, 可用于建筑、器具、箱板、家具和造纸等。在台湾, 已探索了用台湾桫木木材、枝丫等作为原料生产中密度纤维板、刨花板和造纸, 以及木材改性、油漆、防腐和从桫木叶中提取化合物等<sup>[10]</sup>。目前, 对台湾桫木的生境、种苗的繁殖与栽培等方面研究较多, 在立地条件对台湾桫木木材材质的影响方面可参考的文献较少。在研究树木生长环境和木材物理性质的基础上, 将台湾桫木立地条件与木材的物理性质结合起来进行相关分析, 为台湾桫木人工林的定向培育及木材加工利用等提供一定的依

据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样木采集

根据国家标准 GB1927-2009《木材物理力学试验采集方法》<sup>[11]</sup>的规定, 采集样木。在四川省广元市元坝区柳桥乡新胜村曾家山(I)、四川省广元市元坝区朝阳乡 3 个包村(II)、四川省乐山市中区苏稽镇杨坪村一组大寨山沟(III)、四川省乐山市中区苏稽镇生态园(IV)4 个不同试验点设立标准样地, 在每个试验点采伐具有代表性的 3 根 6 年生样木, 试验地及样木情况见表 1。

### 1.2 台湾桫木的主要物理性质测定

台湾桫木物理性质试件的制作和测定方法参照国家标准《木材物理力学试验方法》<sup>[11]</sup>进行。以置信度 95%确定试验样本数。

表 1 试验地与样木的基本情况

Table 1 Basic information of the plots and the samples

样木参数 Parameters for sample trees	采样地点 Sampling location			
	I	II	III	IV
树高/m Tree height	15.9~16.7	12.38~13.27	14.72~15.48	15.51~15.84
胸径/cm DBH	15.8~16.4	10.5~11.2	15.4~16.3	15~16
树龄/a Age	6	6	6	5~6
枝下高/ m Height under branch	6.18~6.35	4.5~4.8	5.43~5.96	4.97~5.2
取材长度/ m Length of drawing material	10.2~10.6	8.3~9.2	9.25~10.32	9.0~9.4
郁闭度 Canopy density	0.7	0.7~0.8	0.7	0.8
海拔高度/m Altitude	700~780	514~640	400~440	360m
坡度/° Gradient	18~20	0~10	35~50	0
坡位 Slope location	山体中部	山体中部及下部	中坡沟槽	—
坡向 Slope direction	NW45°	全向	NW20°	全向

表 2 土壤物理化学性质

Table 2 Physical and chemical properties of the soils

样地 Sampling location	全 K/g·kg <sup>-1</sup> Total K	缓效 K/g·kg <sup>-1</sup> Slowly available K	全 P/g·kg <sup>-1</sup> Total P	有效 P/g·kg <sup>-1</sup> Available P	全 N/g·kg <sup>-1</sup> Total N
I	2.862 <sup>cC</sup>	1.453 <sup>aA</sup>	0.010 90 <sup>bB</sup>	13.574 <sup>aA</sup>	1.733 <sup>bB</sup>
II	3.303 <sup>bB</sup>	1.203 <sup>bB</sup>	0.000 37 <sup>dD</sup>	11.478 <sup>bB</sup>	2.033 <sup>bB</sup>
III	3.598 <sup>aA</sup>	1.495 <sup>aA</sup>	0.007 77 <sup>cC</sup>	5.788 <sup>cC</sup>	1.680 <sup>bB</sup>
IV	1.744 <sup>dD</sup>	0.949 <sup>cC</sup>	0.012 93 <sup>aA</sup>	5.298 <sup>cC</sup>	3.207 <sup>aA</sup>

  

样地 Sampling location	pH	有机质/g·kg <sup>-1</sup> Organic matter	土层深度/cm Depth of soil	保水性 Water retention	通透性 Permeability
I	6.57 <sup>aA</sup>	2.260 <sup>bBC</sup>	71.67 <sup>aA</sup>	3 <sup>bB</sup>	5 <sup>aA</sup>
II	6.63 <sup>aA</sup>	2.723 <sup>aAB</sup>	76.67 <sup>aA</sup>	1 <sup>cC</sup>	3 <sup>bB</sup>
III	5.32 <sup>bB</sup>	2.020 <sup>bC</sup>	80.0 <sup>aA</sup>	5 <sup>aA</sup>	3 <sup>bB</sup>
IV	5.32 <sup>bB</sup>	2.750 <sup>aA</sup>	80.0 <sup>aA</sup>	5 <sup>aA</sup>	5 <sup>aA</sup>

表 3 台湾桫木生长地气象资料  
Table 3 Meteorological data for the growth of *Alnus formosana*

采样地点 Sampling location	年降雨/m Annual precipitation	年日照时数/h Annual sunshine time	年最高温度/°C Maximum temperature of the year	年最低温度/°C Minimum temperature of the year
I	903.60	1 116.80	37.36	-3.86
II	822.96	1 231.60	37.24	-3.26
III	1 104.40	1 043.96	36.64	2.60
IV	1 100.10	1 048.88	37.38	3.6

  

采样地点 Sampling location	年平均相对湿度/% Annual relative humidity	降雪日数/d Days of snowing	海拔高度/m Altitude
I	68.4	7.8	750
II	65.0	6.4	514
III	79.0	3.2	424
IV	78.4	3.2	360

### 1.3 土壤样品采集与分析

设置 20 m×20 m 临时样地，并在临时样地内多点采集 0~40 cm 土样混合，取 1 kg 作为室内化学分析。土壤理化性质测定参照《土壤理化分析》<sup>[12]</sup>。

土壤的保水性能和土壤质地（通透性）以好、中等、差来表示，为分析方便，分别赋予 5（好）、3（中等）、1（差）数字。林地地形地貌（平地、沟槽、丘坡）根据台湾桫木的长势进行赋值，长势好为“3”、中等为“2”、差为“1”。

土壤理化性质见表 2。

### 1.4 气候条件

台湾桫木生长地气象资料来源于广元市和乐山市气象局，见表 3。

### 1.5 数据处理

所有实验数据的处理和分析利用在 SAS 9.1 和 Excel 2007 基础上完成。不同采样地土壤理化性质与木材样品物理性质，采用 Tukey's HSD 法对数据进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同立地条件台湾桫木木材物理性质

**2.1.1 木材密度** 木材密度是造林、育种的重要评定指标，研究证明木材的密度与其力学性质具较强的相关性<sup>[13-14]</sup>，因此也是判断木材材质好坏最直接指标，对林木的定向培育和木材的加工有着极为重要的意义<sup>[15]</sup>。从表 4 可以看出，广元 3 个包村的木材基本密度和气干密度都是极显著高于其余三地。广元曾家山的台湾桫木基本密度和气干密度均是最小的。从木材造纸的要求来看，基本密度适宜范围为<sup>[16]</sup>：0.40~0.60 g·cm<sup>-3</sup>。台湾桫木的基本密度为 0.41~0.47 g·cm<sup>-3</sup>，适合于造纸，但对于其他方面的

用途，则必须从营林措施与育种等方面提高木材的基本密度。不同立地条件下的台湾桫木的气干密度有所差异，采自福建来舟林场的台湾桫木气干密度为 0.532 g·cm<sup>-3</sup><sup>[17]</sup>。

**2.1.2 木材干缩率** 木材的干缩和湿胀是木材结构因子造成的一种性能上的固有缺点，是木材加工和利用上的一大问题，影响了木材的加工和利用<sup>[18-19]</sup>。其中，差异干缩则反映了木材弦向干缩和径向干缩的差异程度，差异干缩越小，木材的尺寸稳定性越好，木材的性质越优良，反之木材越易产生变形和开裂。由表 4 可知，不同立地条件台湾桫木木材径向、弦向和体积的气干干缩率差异是极显著，且木材弦向干缩率大于径向干缩率。其中广元 3 个包村的台湾桫木气干干缩率极显著高于广元曾家山、乐山大寨山沟和乐山生态园的，曾家山的样品各项气干干缩均是最低的，大寨山沟第二，乐山生态园第三。全干时，径向干缩率为：乐山生态园样品>乐山大寨山沟>广元 3 个包村>广元曾家山；来自广元的台湾桫木弦向干缩率极显著高于乐山的台湾桫木；体积干缩率，广元的曾家山和 3 个包村与乐山生态园的样品极显著高于乐山大寨子山，而 3 个包村又显著低于广元曾家山和乐山生态园。木材径向、弦向收缩的差异，其原因与木射线对径向收缩的抑制、晚材收缩量对弦向收缩的效应、细胞径面壁纹孔对径向收缩等影响因素有关<sup>[17]</sup>。测定福建来舟林场的台湾桫木的径向全干缩率为 4.19%，弦向全干缩率为 5.33%，体积全干缩率为 10.07%<sup>[20]</sup>。

**2.1.3 木材湿胀性与吸水性** 气干时，4 个采样地台湾桫木湿胀性差异是极显著的，广元曾家山>广元 3 个包村>乐山大寨山沟>乐山生态园。台湾桫木吸水后径向湿胀性，广元 3 个包村显著高于另 3

个采样地; 乐山大寨山沟最低, 其差异是极显著的。弦向湿胀性差异达到显著水平, 广元曾家山 > 广元 3 个包村 > 乐山生态园 > 乐山大寨山沟。吸水后, 乐山大寨山沟台湾桫木体积湿胀性与全干时体积干缩率类似, 不同的是乐山生态园显著低于广元的 3

个样地。除 6 h 和 2 昼夜测定吸水性, 广元 2 个样地的台湾桫木差异不显著外, 其余测定的木材吸水性差异均达到了极显著水平。木材湿胀性与吸水性差异性显著的主要原因与林木遗传、立地条件、木材的基本构造等因素密切相关

表 4 不同立地条件台湾桫木木材物理性质  
Table 4 Physical properties of *Alnus formosana* from different site conditions

样地 Sampling location	气干密度 /g·cm <sup>-3</sup> Air-dry density	基本密度 /g·cm <sup>-3</sup> Basic density	木材干缩率/% Wood dry shrinkage					
			气干时 Air dry			全干时 Oven dry		
			径向 Radial	弦向 Chordwise	体积 Volume	径向 Radial	弦向 Chordwise	体积 Volume
I	0.445 <sup>bb</sup>	0.410 <sup>cc</sup>	0.95 <sup>dd</sup>	1.42 <sup>cc</sup>	2.85 <sup>dd</sup>	4.10 <sup>bb</sup>	6.47 <sup>aa</sup>	11.32 <sup>abA</sup>
II	0.521 <sup>aa</sup>	0.470 <sup>aa</sup>	1.62 <sup>aa</sup>	2.55 <sup>aa</sup>	4.80 <sup>aa</sup>	4.11 <sup>bb</sup>	6.37 <sup>aa</sup>	10.91 <sup>ba</sup>
III	0.453 <sup>bb</sup>	0.440 <sup>bb</sup>	1.51 <sup>bb</sup>	1.65 <sup>bb</sup>	3.85 <sup>bb</sup>	4.17 <sup>bb</sup>	4.40 <sup>cc</sup>	9.08 <sup>cb</sup>
IV	0.450 <sup>bb</sup>	0.420 <sup>cbc</sup>	1.26 <sup>cc</sup>	1.44 <sup>cc</sup>	3.24 <sup>cc</sup>	5.01 <sup>aa</sup>	5.82 <sup>bb</sup>	11.43 <sup>aa</sup>

  

木材湿胀性/% Wood swelling			木材吸水性/% Wood water absorbing							
气干时 Air dry			吸水后 After water absorbing			0.25 d	1 d	2 d	4 d	8 d
径向 Radial	弦向 Chordwise	体积 Volume	径向	弦向	体积					
2.89aA	5.42aA	9.17aA	3.78bA	6.93bA	12.56aA	43.93cC	60.01cC	78.36cC	91.39cC	121.4cC
2.46bB	4.33bB	7.09bB	4.00aA	7.21aA	12.66aA	43.08cC	51.18dD	75.79cC	82.34dD	107.84dD
1.63dD	3.2dD	5.28dD	2.81cB	4.62dC	8.88cB	59.8bB	71.24bB	95.44bB	108.77bB	131.09bB
1.97cC	3.72cC	5.98cC	3.97abA	6.48cB	11.82bA	107.67aA	115.4aA	132.38aA	138.75aA	167.40aA

注: 小写字母表示 0.05 显著性水平, 大写字母表示 0.01 显著性水平。下同。

Note: Lowercase letters indicate difference at 0.05 level, while capital letters indicate difference at 0.01 level. The same below.

表 5 立地因子与木材物理性质的典型相关分析  
Table 5 Canonical correlation analysis of site conditions and wood physical properties

序号 No.	典型相关系数 Canonical correlation	典型变量 Typical variable
1	$\lambda_1=0.922$	$u_1=0.190x_1-0.653x_2-0.131x_3-0.041x_4+0.168x_5-0.196x_6-0.080x_7$ $v_1=0.020y_1-0.837y_2+0.030y_3+0.042y_4$
2	$\lambda_2=0.941$	$u_2=0.521x_1+1.734x_2+2.009x_3+0.823x_4+6.864x_5+3.750x_6+1.680x_7$ $v_2=0.105y_1+1.747y_2-1.080y_3+1.059y_4$
3	$\lambda_3=0.897$	$u_3=0.461x_1+3.925x_2+0.565x_3-0.387x_4+5.732x_5+2.167x_6+0.460x_7$ $v_3=-0.741y_1+2.111y_2-2.316y_3-0.269y_4$
4	$\lambda_4=0.880$	$u_4=-6.643x_1-6.437x_2-8.329x_3-4.961x_4-26.180x_5-12.798x_6-5.971x_7$ $v_4=-1.313y_1-7.490y_2+7.348y_3-0.830y_4$

表 6 原始变量与典型变量V和W之间的相关系数  
Table 6 Raw canonical coefficients for the VAR variables and the WITH variables

立地因子 Site condition	典型变量 Typical variable				木材物理性质 Wood physical character	典型变量 Typical variable			
	$u_1$	$u_2$	$u_3$	$u_4$		$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$
$x_1$	0.258	0.708	0.626	-9.016	$y_1$	0.802	4.233	-29.955	-53.074
$x_2$	-0.173	0.459	1.039	-1.704	$y_2$	-0.97	2.03	2.453	-8.701
$x_3$	-0.199	3.055	0.859	-12.665	$y_3$	0.028	-1.02	-2.188	6.943
$x_4$	-0.06	1.217	-0.57	-7.336	$y_4$	0.017	0.045	-0.011	-0.035
$x_5$	0.001	0.053	0.045	-0.204					
$x_6$	-0.002	0.047	0.027	-0.162					
$x_7$	-0.001	0.011	0.003	-0.038					

2.2 台湾桫木典型相关性分析

从 2.1 的结果中可以看出不同立地条件的台湾

桫木物理性质的确是有显著甚至极显著差异, 但是反应的信息是很模糊的; 因此, 将样地的土壤理化

性质和气候因子与上述结果结合起来,确定两组变量进行典型分析,以揭示立地条件与台湾桫木木材物理性质之间的内在联系。

影响台湾桫木木材物理性质的因素很多,以立地条件中的气象因子、土壤化学性质和土壤物理性质作为自变量,全钾 X1、缓效钾 X2、全磷 X3、有效磷 X4、全氮 X5、pH 值 X6、有机质 X7、土层深度 X8、保水性能 X9、质地 X10、年降雨量 X11、年日照时数 X12、海拔高度 X13、坡度 X14、坡向 X15、林地地貌 X16;以台湾桫木的物理性质作为因变量,气干密度 Y1、基本密度 Y2,气干时径向干缩 Y3、弦向干缩 Y4、体积干缩 Y5,全干时径向干缩 Y6、弦向干缩 Y7、体积干缩 Y8,气干时木材径向湿胀 Y9、弦向 Y10、体积 Y11,吸水后木材径向湿胀 Y12、弦向 Y13、体积 Y14,吸水性 6 h Y15、1 昼夜 Y16、2 昼夜 Y17、4 昼夜 Y18、8 昼夜 Y19,进行 2 组一般变量的线性相关关系分析。

从自变量和因变量的一般线性相关系数来看,它们之间均存在一定的相关关系。

在立地条件中,选择以影响台湾桫木成材的主要因子——土壤的 N、P、K 和土壤 pH 值,气象因子中的年降雨量、年日照时数和海拔高度作为自变量 X1~X7;以台湾桫木木材物理性质中的基本密度、全干时弦向干缩率、吸水后木材弦向湿胀性和 2 昼夜木材的吸水性作为因变量,进行典型相关分析。见表 5。

从表 5 中分析得出,台湾桫木木材物理性质在第一、二观测点与立地条件呈高度典型相关,典型相关系数分别为 0.922 和 0.941,在第三、四观测点与立地条件典型相关,典型相关系数分别为 0.897 和 0.880。

从表 6 中原始变量 V 与典型变量 W 之间的相关系数看出,降低土壤的  $P(r_{u1x2}=-0.173)$  和  $N(r_{u1x3}=-0.199)$ ,有利于提高木材的基本密度 ( $r_{v1y1}=0.802$ );提高土壤的  $N(r_{u2x3}=3.055)$ ,有利于降低木材的湿胀性 ( $r_{v2y3}=-0.102$ );土壤 pH 值下降 ( $r_{u3x4}=-0.57$ ),木材干缩率会增大 ( $r_{v3y2}=2.453$ ) 等。根据这一特点,我们可以采取相应营林措施,改善木材的一些物理性质。

### 3 结论

不同立地条件的台湾桫木木材物理性质的差异性显著的;

立地因子中土壤的 N、P、K 含量、土壤 pH 值、年降雨量、年日照时数和海拔高度是影响木材物理

性质的主要因子,它们之间存在典型的相关关系;

提高台湾桫木木材综合物理性质,可以通过提高土壤中缓效 K 和全 N 的含量,降低全 P 的含量等因素来实现。增加全 K、有效 P、pH、年日照时数和减少年降雨量,木材的干缩率虽然有所增加,但同时也有利于提高台湾桫木的基本密度;降低台湾桫木种植的海拔高度也可以促进台湾桫木的基本密度增加,减少全干时木材弦向和体积干缩率,但木材气干时和全干时的径向干缩会有所上升。

### 参考文献:

- [1] 李坚,栾树杰. 生物木材学[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1993: 124.
- [2] 李基平. 林木种子结实量的抽样调查法[J]. 云南林业科技, 1988(4): 73-75.
- [3] 姜家华,王亚男,林世宗,等. 台湾赤扬、木荷种子不同温度贮藏之研究[J]. 台大试验林研究报告, 1988, 2(2): 1-6.
- [4] 姜家华,王祥文. 不同台湾赤扬苗木早期生长之研究[R]. 台大实验林研究报告第 166 号, 1986: 13.
- [5] 王金锡,朱万泽. 台湾桫木生态生物学特性及引种推广前景[J]. 四川林业科技, 2000, 21(4): 16-19.
- [6] 朱万泽,王金锡. 台湾桫木引种气候生态适生区分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2005, 13(1): 59-64.
- [7] 徐雨晴,陆佩玲,于强. 气候变化对植物物候影响的研究进展[J]. 资源科学, 2004, 26(1): 129-136.
- [8] 祝宁,王义弘. 刺五加生殖生态学的研究(II)——种子扩散、种子库及更新[J]. 东北林业大学学报, 1992, 20(5): 12-16.
- [9] 祝宁. 植物种群生态学研究现状与进展[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994: 44-67.
- [10] 台湾桫木优良种质资源[J]. 林业实用技术, 2004(11): 41.
- [11] 中国国家质量技术监督局. GB1927-1943 木材物理力学性质试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [12] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.
- [13] Armatrong J P, Skaar C, Zeeuwde C. The effect of specific gravity on some mechanical properties of some world woods [J]. Wood Sei. Technol., 1984, 18: 137-146.
- [14] Walton D R, Amatriong J P. Taxonomic and gross anatomic influences on specific gravity-mechanical property relationships[J]. Wood Fiber Sci, 1986, 18(3): 413-420.
- [15] 徐永吉. 西藏几种主要木材的研究[J]. 南林科技, 1979(3): 27-29.
- [16] 徐永吉. 木材学[R]. 南京林业大学木材学教研室, 2000.
- [17] 成俊卿. 木材学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985.
- [18] 梁世镇. 木材干燥缺陷——中国农业百科全书森林工业卷[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993.
- [19] 北京林业大学. 森林利用学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1983.
- [20] 王晶晶. 桫木与台湾桫木人工林木材性质比较研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2008: 51.