

# 邓恩桉木材性质特点及加工利用研究进展

覃林波, 周本亮, 彭智邦, 熊涛, 邱炳发\*

(广西国有东门林场, 广西 扶绥 532108)

**摘要:** 邓恩桉是一种优秀的速生、耐寒桉树人工林用材树种。文中概述邓恩桉人工林的资源概况, 全面分析了邓恩桉木材性质及加工利用现状和存在问题, 指出应该将邓恩桉育种、栽培、木材性质与加工利用相结合进行研究, 实现邓恩桉人工林的定向培育、合理、高效利用。

**关键词:** 邓恩桉; 木材性质; 加工利用

中图分类号: S781

文献标识码: A

## Research Advances of Properties and Processing and Utilization of *Eucalyptus dunnii* Wood

QIN Linbo, ZHOU Benliang, PENG Zhibang, XIONG Tao, QIU Bingfa

(Guangxi State-owned Dongmen Forest Farm, Fusui 532108, Guangxi, China)

**Abstract:** *Eucalyptus dunnii* is an excellent fast-growing, cold-resistant plantation eucalypt timber species. The article summarizes the resource situation of *E. dunnii* plantations, comprehensively analyzes the nature of *E. dunnii* wood and its processing and utilization status and existing problems. It also discusses the potential for research into breeding, cultivation, wood properties, processing and utilization of *E. dunnii* to be combined in order to realize the targeted cultivation and rationalization of *Eucalyptus* plantations.

**Key words:** *Eucalyptus dunnii*; wood property characteristic; processing and utilization

桉树(*Eucalyptus*)是我国重要的速生丰产林树种之一, 在华南地区, 桉树已发展成一个新兴的产业, 部分偏北地区也在加大桉树的发展规模。我国南北桉树人工林发展极不平衡, 为实现桉树产业与生态、经济、社会的可持续发展, 全面推进桉树北移很有必要。然而, 在桉树北移的过程中, 低温冻害成为桉树引种、扩大栽培及速生丰产的主要限制因子。历经 33 年联合攻关, 筛选出一个较优秀的耐寒树种—邓恩桉(*E. dunnii*)。本文分析了邓恩桉木材性质及加工利用现状和存在问题, 指出应将邓恩桉育种、栽培、木材性质与加工利用相结合进行研究, 以实现邓恩桉人工林的定向培育、合理、高效利用。

### 1 邓恩桉资源及利用现状

邓恩桉, 桃金娘科桉树属双蒴盖亚属(*Subgenus*

*synthyomyrtus*)、蓝桉组(*Section maidenaria*)多枝桉系(*Series viminales*)树种<sup>[1]</sup>。邓恩桉仅天然分布于澳大利亚东北部海岸及沿海地区的热带雨林和昆士兰州东南部, 是一种自然分布区狭窄的高大乔木。目前在新南威尔士州的天然林面积约 800 hm<sup>2</sup>, 数量不足 82 000 株, 在昆士兰州的面积和数量则更小<sup>[2]</sup>。

我国从 20 世纪 80 年代末开始系统地引进和测试邓恩桉, 此后小规模种源测试和零星的引种逐渐增多。广西柳州和桂林各有一个种源/家系测定试验点, 各包含 5 个种源 100 余个家系<sup>[3-4]</sup>。福建南平市 1998 年建立包含 14 个种批 216 个家系的子代测定林<sup>[5]</sup>。

邓恩桉在广西桂林、柳州两地具有良好的生长表现, 柳州 15 个月生邓恩桉优良林分平均树高可达 6.9 m, 桂林 6 个月生邓恩桉幼林在 -4℃、冰冻持续 5 d 的低温恶劣天气下未受冻害, 38 个月生平均树

基金项目: 国家重点研发计划课题“桉树、云南松(思茅松)、华山松丰产增效技术集成与示范”(2017YFD0601202)

作者简介: 覃林波(1987—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事桉树营林抚育管理工作, E-mail:445978271@qq.com

\*通信作者: 邱炳发(1966—), 男, 高级工程师, 主要从事营林管理, E-mail:70442315@qq.com

高达 11.1 m, 平均胸径达 9.0 cm<sup>[6]</sup>。10 年生邓恩桉平均树高可达 20 m, 平均胸径达 19 cm<sup>[3]</sup>, 且干形通直。邓恩桉在广西中北部地区所表现出的良好适应性和生长潜力, 邓恩桉成为该类地区的速丰生产树种, 通过扩大邓恩桉优良种源的引种, 已在桂北地区营造邓恩桉人工林 4 000 hm<sup>2</sup><sup>[7]</sup>。邓恩桉可以广泛种植在广西广东的中北部, 而且可以进一步种植到湖南、贵州、江西、福建等冬季较寒冷的南方中亚热带区域。

## 2 邓恩桉木材性质特点

### 2.1 解剖特性

纤维形态特征决定着木材的物理、力学性质, 影响着木材的加工利用, 尤其是纸浆造纸方面, 纤维形态特征关系着制浆造纸的质量好坏。对制浆造纸来说, 壁薄腔大的纤维柔软性大, 利于纸张的成型及交织, 纸强度较大, 纸张耐折度高。长宽比值大, 纤维之间有更好的结合能力, 打浆时纤维有较大结合面积, 纸张撕裂指数高, 纸张强度大<sup>[8]</sup>。卢翠香等<sup>[9]</sup>研究了邓恩桉木材纤维形态特征, 得出邓恩桉纤维长度、宽度、双壁厚、长宽比、腔径比、壁腔比分别为 942.65 μm、17.50 μm、8.99 μm、55.81、0.48、1.19。根据国际木材解剖学会(IAWA)关于木材纤维的分类<sup>[8]</sup>, 邓恩桉的纤维长度为中等纤维(900 ~ 1 600 μm), 纤维宽度为中等级, 双壁厚为四级。就造纸而言, 纤维原料的纤维形态及其化学成分为纤维原料评价的重要依据。一般来说, 纤维长度 > 500 μm, 长宽比 > 33<sup>[10]</sup>, 壁腔比 < 1, 就能满足纤维原料要求。卢翠香等<sup>[9]</sup>研究还指出, 22 年生的邓恩桉木材除了壁腔比未达到优良造纸用材要求外, 其余 5 个纤维指标均达到纸浆材要求。邓恩桉 9 年生前其木材壁腔比 < 1, 第 10 年生腔径比为 1.17, 说明邓恩桉 9 年生前纤维指标满足优良造纸用材要求, 第 10 年的邓恩桉木材已不符合优质纤维原料的要求。壁腔比大的木材具有较大的强度, 建筑和家具用材要求木材具有适当的韧性和强度。邓恩桉木材壁腔比随树龄增大而增大, 这种变异不利于纤维材培育, 邓恩桉作为中大径材培育有更大的发展空间。

### 2.2 物理特性

有关研究表明<sup>[11-13]</sup>, 邓恩桉生材含水率、基本密度、生材密度、气干密度和全干密度均值分别为 114.67%、0.552 g cm<sup>3</sup>、1.164 g cm<sup>3</sup>、0.75 g cm<sup>3</sup>、0.71 g cm<sup>3</sup>; 弦向、径向和体积的全干至气干湿胀率分别为 4.70%、3.77%、8.97%, 全干至饱和湿胀率分别为 12.91%、9.11%、23.55%; 弦向、径向和体积的湿材至气干干缩率分别为 10.10%、3.97%、13.85%, 湿材至全干干缩率为 15.22%、7.76%、22.14%, 差异干缩分别为 2.54、1.96。根据木材物理力学性质分级表<sup>[10]</sup>, 邓恩桉木材的主要物理指标居国产阔叶树材的中下水平。与广西乡土树种观光木(*Tsoongiodendron odorum*)、米老排(*Mytilaria laosensis*)和红锥(*Castanopsis hystrix*)相比, 邓恩桉的基本密度和气干密度均高于广西乡土树种, 各向气干干缩率和全干干缩率均明显高于 3 个乡土树种, 湿胀率除与米老排近似外, 均高于其他树种; 吸水率均低于其他树种。可见邓恩桉有着良好的物理性能, 作为锯材树种推广种植, 有着广阔的发展空间。

### 2.3 力学特性

卢翠香等<sup>[12]</sup>研究发现, 邓恩桉木材端面硬度、弦面硬度、径面硬度平均值分别为 4 983.19 N、4 366.56 N、4 360.62 N; 顺纹抗压强度、抗弯强度、抗弯弹性模量平均值分别为 53.05 MPa、98.18 MPa、10 569.1 MPa、径向抗剪强度和弦向抗剪强度平均值为 13.90 MPa、12.02 MPa。

根据木材物理力学性质分级表<sup>[10]</sup>, 邓恩桉木材的主要力学指标居中等水平。木材的综合品质系数高, 为高等级材, 但木材应力大, 干缩大, 易变形, 因此不宜直接用于建筑和家具用材。如经过表面密化、浸注树脂、尺寸稳定改性等改良处理, 则利用的范围更广。

### 2.4 化学特性

桉树木材中主要成分有纤维素、半纤维素、木素及少量灰分和抽提物。纤维素、半纤维素和木素为高分子化合物, 它们的结构和性质决定着木材的强度、硬度、密度、木材分类和抗腐性等。木材抽提物的成分与含量对木材颜色、胶合性能、气味、强度、渗透性等有一定影响。

研究表明, 邓恩桉木材木素含量 23.43% ~ 38.5%, 灰分含量 0.55% ~ 1.38%, 水分含量 7.73% ~ 15.80%,  $\text{SiO}_2$  含量 0.11%, 纤维素含量 40.33% ~ 45.31%, 多戊糖含量 23.88% ~ 27.62%, NaOH 抽提物含量 14.68% ~ 16.80%。作为造纸用材要求的纤维素含量要高, 木素含量要低来衡量。总体而言, 邓恩桉纤维素含量较低, 木素含量较高。随着林龄的增加, 邓恩桉木材的纤维素含量呈上升趋势<sup>[14-15]</sup>。

### 3 邓恩桉加工利用研究

目前邓恩桉最主要的用途仍是作为纸浆材利用, 相关制浆造纸性能的研究已较深入, 而对其木材加工性能研究较少, 利用有限。

#### 3.1 制浆造纸

芬兰曾对 4 年生邓恩桉、巨桉(*E. grandis*)、柳桉(*E. saligna*)、直干桉(*E. maidenii*)和本沁桉(*E. benthamii*)的制浆造纸性能做了系统的对比研究, 发现邓恩桉的切片合格率为 91.3%, 是所有树种中最高的, 巨桉列第 2, 合格率为 87.6%; 邓恩桉的硫酸盐浆得率(卡伯值 20)高达 50.1%, 也是所有树种中最高的, 巨桉、柳桉和直干桉同为 48.5%, 本沁桉的 47.8%最低; 邓恩桉的制浆耗碱量还是以上树种中最低的。经计算, 邓恩桉生产 1 t 风干漂白纸浆所需的木材为 3.9 m<sup>3</sup>, 仅多于直干桉的 3.6 m<sup>3</sup>, 而巨桉和柳桉分别为 4.3 m<sup>3</sup> 和 4.2 m<sup>3</sup><sup>[11]</sup>。南非<sup>[16]</sup>对 8 种 12 年生桉树的研究显示, 邓恩桉的筛浆得率为 48.2%(卡伯值 18.2), 强度性能也相当好。

#### 3.2 人造板生产

随着邓恩桉培育技术的成熟, 近些年广西、广东等地也开始对邓恩桉木材进行单板旋切。邓玉华等<sup>[17]</sup>对邓恩桉单板外观质量及林分密度对其影响进行研究得出, 单板外观质量等级由优至劣的树种排名为: 尾巨桉(*E. urophylla* × *E. grandis*) > 柳桉 = 邓恩桉 > 大花序桉(*E. cloeziana*) = 本沁桉 > 粗皮桉(*E. pellita*) > 巨桉。

#### 3.3 实木加工

澳大利亚已有将邓恩桉用作锯材并进行实木加工利用的报道。研究人员对邓恩桉人工林幼龄材(14

年生)的锯切和干燥试验表明: 邓恩桉适合用作实木加工材, 锯切变形在可接受的范围内; 有的木板会发生季节性变形, 但问题并不严重<sup>[18]</sup>。南非对 5 年生的邓恩桉木材的端裂做过专门的研究, 认为邓恩桉开裂十分严重, 不适合用作矿柱材<sup>[19]</sup>。但可喜的是, 他们认为木材开裂并不是不可改变的, 已有人正尝试用遗传育种和营林技术对其进行改善, 并取得一定的进展。

国内对邓恩桉的实木利用研究刚刚起步, 卢翠香等<sup>[20]</sup>、李贤军等<sup>[21]</sup>采用百度试验法对邓恩桉木材的干燥特性进行研究表明, 邓恩桉属难干材, 截面变形严重, 内裂 3 ~ 4 级, 干燥速度慢, 弦向干缩率和体积干缩率大, 差异干缩小, 并制定 25 mm 厚邓恩桉板材的干燥基准。目前广西一些厂家还尝试采用邓恩桉木材制作地板和指接材。

### 4 结语与展望

我国桉树培育技术具有较高水平, 但是桉树木材资源利用有限, 尤其是桉木高值化应用和实木利用方面有待加强。为实现邓恩桉资源的平稳发展和增值利用, 应积极开展以下几项工作:

(1)继续加大对邓恩桉木材性质的遗传变异研究, 建立生长性状与木材性状间的关系模型, 以及木材物理、力学性质特征与木材构造和主要化学组分的关系模型。加强对邓恩桉材性基础理论的研究, 重点解决其高生长应力问题。根据桉树木材材性变异规律, 采用无损技术手段, 预测木材性质的变化趋势。

(2)培育和加工利用相结合, 研究邓恩桉木材材性与生长培育的关系, 建立木材材性与生长培育及材性与加工利用的关系模型。为邓恩桉人工林的合理、高效利用提供理论依据。

(3)加强邓恩桉木材加工和利用研究, 研究材性与利用的关系, 探究邓恩桉各种特性对加工利用的影响原理, 研究最优木材加工工艺和最佳木材利用技术, 实现木材的有效利用。重点加强邓恩桉单板干燥及抑制端裂和变形技术、邓恩桉木材材性对胶合性能的影响; 邓恩桉锯解技术、干燥技术; 邓恩桉重组材、指接材等增值技术。

## 参考文献

- [1] 罗建中.耐寒桉树良种——邓恩桉[J].桉树科技,2002(2):1-8.
- [2] 祁述雄.中国桉树(第2版)[M].北京:中国林业出版社,2002.
- [3] 项东云,陈健波,陈崇征,等.广西耐寒桉树研究进展[J].广西林业科学,2002,31(4):178-180.
- [4] 张建明.广西桂林耐寒桉树引种试验研究[J].桉树科技,1996(1):44-50.
- [5] 福建省林木种苗总站.福建省耐寒桉树遗传改良项目进展[J].桉树科技,1999(2):12-15.
- [6] 陈健波,项东云,张建明,等.广西耐寒桉树育种研究现状与对策[J].广西林业科学,2003,32(1):7-11.
- [7] 郭东强.邓恩桉种源木材纤维特性变异研究[D].南宁:广西大学,2012.
- [8] 李坚.木材科学[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,1994.
- [9] 卢翠香,刘媛,任世奇,等.邓恩桉木材纤维形态特征及其变异[J].广西林业科学,2016,45(4):352-358.
- [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.
- [11] 卢晨升.不同种源邓恩桉遗传变异分析及选择[D].南宁:广西大学,2018.
- [12] 卢翠香,陈健波,郭东强,等.邓恩桉木材物理性质的研究[J].桉树科技,2014,31(4):12-16.
- [13] 卢翠香,陈健波,刘媛,等.邓恩桉生材含水率、年轮宽度及木材密度研究[J].桉树科技,2014,31(2):23-27.
- [14] 陈茜文,谷文众,杨焰,等.湖南耐寒桉树主要化学性质的分析[J].中南林业科技大学学报,2007,27(5):127-131.
- [15] 邓伦秀,武曙红.贵州引种的桉树木纤维特性及化学成分初报[J].贵州林业科技,1997(02):48-51.
- [16] WYK W J V, GERISCER G F R. Pulping Characteristics of *Eucalyptus* Provenance Trials Grown in the Western Cape[J]. Journal of the South African Forestry Association, 1994, 170:1-5.
- [17] 邓玉华,杨明武,陶再平,等.桉树旋切单板外观质量研究[J].桉树科技,2013,30(3):42-46.
- [18] JOHNSON I G, ARNOLD R J. *Eucalyptus dunnii* provenance-family trials in northern New South Wales[R]. NSW, Australia: State Forests of New South Wales, Research and Development Division, 2000.
- [19] STANGER T K. A preliminary investigation of the variation in bark thickness, density and susceptibility to splitting in *Eucalyptus dunnii* Maiden[R]. Pietermaritzburg, South Africa: Bulletin 3/93 – Institute of Commercial Forestry Research (ICFR) Bulletin Series, 1993.
- [20] 卢翠香,刁海林,项东云,等.邓恩桉木材干燥特性初探[J].西部林业科学,2014,43(6):129-134.
- [21] 李贤军,李延军,张星光.柠檬桉和邓恩桉木材干燥特性初探[J].林产工业,2004,31(02):11-13,17.