



人工林桉树木材 单板利用技术

吕建雄 周永东 陈志林 等 著



科学出版社

人工林桉树木材 单板利用技术

吕建雄 周永东 陈志林 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要包括人工林桉树木材资源与利用,常用桉树木材性质、单板加工及质量评价技术,桉树木材胶合板生产技术、阻燃胶合板生产技术,以及桉树单板制备重组木技术,主要特点是着重介绍桉树木材资源及相关生产技术,内容通俗易懂。书中展示了我国近些年开展的人工林桉树木材单板化利用技术研究所取得的一些进展和成果。

本书可作为从事桉树木材加工及生产相关技术人员、科研人员、高校师生的参考书,也可供桉树木材产区管理及培育人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

人工林桉树木材单板利用技术 / 吕建雄等著. —北京: 科学出版社, 2018.3
ISBN 978-7-03-056534-1

I. ①人… II. ①吕… III. ①桉树属—人工林—板材(木材) IV. ①TS612

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 025899 号

责任编辑: 张会格 / 责任校对: 邹慧卿

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 图阅盛世

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 3 月第 一 版 开本: 720 × 1000 B5

2018 年 3 月第一次印刷 印张: 17 3/4

字数: 358 000

定价: 128.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前言

木材是人类社会生活中不可或缺的重要物资。但是，中国因人口众多一直是一个木材资源非常紧缺的国家，我国木材的年消耗量从 2002 年的 1.83 亿 m^3 上升到 2014 年的 5.39 亿 m^3 ，预计到 2020 年，我国木材年需求量将达 8 亿 m^3 ，总需求量缺口达 4.5 亿 m^3 。随着世界各国环保意识的增强，国际社会加强了对包括红木树种在内的热带木材资源的管制力度，2017 年 1 月 2 日开始生效的《濒危野生动植物种国际贸易公约》（CITES 公约）管制物种附录已包括超过 500 种木材树种。

21 世纪以来，我国木材进口量快速增加，进口木材占国内木材消耗量的比例由 2000 年的 27.9% 上升到 2014 年的 50.7%，木材对外依存度首次超过 50%，安全形势十分严峻。一方面，2015 年中央一号文件明确指出，从 2016 年开始我国将全面停止天然林商业性采伐。随着全面停止天然林商业性采伐，采伐必然向人工用材林迅速转移。另一方面，第八次全国森林资源清查结果表明，全国人工林面积 6933 万 hm^2 ，居世界第一位，蓄积 24.83 亿 m^3 ，占森林蓄积量的 16.4%。因此，为了满足社会对木材的刚性需求，以及为了缓解木材供给压力、保障国家木材安全，国家林业发展规划已从战略布局上进行了一系列调整，高效利用人工林木材资源已成为我国社会经济可持续发展的重大战略选择之一。

桉树是世界上长得最快的树木，已经被成功引种到世界 120 多个国家。作为中国主要的速生丰产树种之一，桉树人工林的种植近年得到了迅猛的发展，种植面积已达 450 万 hm^2 ，年产木材约 3000 万 m^3 ，占全国年商品木材产量的 25% 左右，为缓解木材供需矛盾、保障我国木材安全做出了重要贡献。目前，桉树木材主要用于制浆造纸和人造板原料，少数作为实木用材并用于家具、地板及室内装修等材料，但由于桉树木材生长应力较大、出材率及原木利用率较低，因此产品的附加值仍较低。近年来，桉树木材单板化利用技术的发展使原木利用率和产品附加值得到较大提高，是人工林桉树木材增值利用的一个重要研究方向，市场潜力巨大。

由于桉树原木生长应力大，特别是小径（低龄树）原木，早期利用桉树生产单板类人造板时，旋切单板易出现端裂，干燥时容易出现皱缩，从而在一定程度

上限制了桉树木材单板化利用技术的发展。随着生产技术的进步,诸多制约生产的问题得到解决,特别是通过突破无卡轴旋切设备进行小径原木单板旋切的关键技术,使得原木旋切剩余直径由原来单卡剩余直径 150mm 缩小到 30mm 以下,显著提高了出材率和小径木材利用率,直接导致利用桉树木材生产单板类人造板所占比例越来越大。有鉴于此,国家林业局组织了林业公益性行业科研专项重点项目“桉树生态经营及产业升级关键技术研究”,该项目的重要组成部分“桉树胶合板产业升级关键技术”课题(201104003-02),旨在通过优化数控无卡轴旋切技术,提高单板质量和木材利用率;通过规范单板干燥工艺,对现有单板干燥工艺进行调整,使干燥后单板表面裂隙减少,提高等级单板合格率,建立单板干燥系统的能量评价体系,取得适合桉树单板干燥的优化工艺;通过技术集成创新,提高桉树胶合板质量,同时创新开发桉树阻燃胶合板,研发桉树重组木制造技术等,实现我国桉树胶合板生产关键技术升级。作为重要成果之一,本书又是课题组四年研究开发工作的总结。本书重点围绕人工林桉树木材单板化利用技术研发,从桉树资源与利用、桉树木材性质、桉树木材单板加工、桉树木材胶合板、桉木阻燃胶合板、桉树重组木制造技术等方面进行了系统的论述,旨在为企业提供参考,促进桉树木材利用技术的发展。

全书共分为六章:第一章桉树资源与利用由陈勇平、吕建雄、陈志林撰写,第二章桉树木材性质由周永东、吕建雄、徐金梅撰写,第三章桉树木材单板加工由周永东、吕建雄、徐金梅撰写,第四章桉树木材胶合板由彭立民、傅峰撰写,第五章桉木阻燃胶合板由陈志林、傅峰撰写,第六章桉树重组木制造技术由余养伦、于文吉撰写,本书统稿由吕建雄研究员、周永东研究员、陈志林研究员完成。在本书编写过程中,科学出版社给予了大力支持和帮助,在此对张会格等各位编辑的辛勤工作和敬业精神表示深深的谢意和崇高的敬意!感谢本课题组韩晨静、孙锋、胡拉等研究生的辛勤劳动。此外,本书的出版得到了鲍甫成研究员、王金林研究员、张璧光教授、姜笑梅研究员、叶克林研究员、伊松林教授、黄荣凤研究员、殷亚方研究员、赵有科副研究员等的指导和大力协助,特别是王金林先生一字一句对全书进行了认真修改和审核,在此表示衷心的感谢!本书第二章桉树木材性质的有关科学实验数据来自于早期的国际热带木材组织(ITTO)项目“改进与多种利用中国南方热带人工林木材,以减少天然林供应不足的压力”[ITTO PD69/01 Rev.2(I)],对此表示感谢。最后,向所有关心和参与本书编写的同行表示衷心感谢,对书中所引用的大量文献资料的作者表示谢意!

本书的出版,旨在向读者展示我国近些年开展人工林桉树木材单板化利用技术的最新研究进展和成果,为实现我国桉树胶合板生产关键技术升级提供理论基础和技术支持。全书以人工林桉树木材的单板化利用为主线,从性质、加工工艺到产品制备技术,全面、系统地总结了桉树木材应用于单板类人造板生

产的增值利用技术，对于从事木材加工及生产相关技术人员、科研工作者、高等院校师生，以及人工林桉树木材产区的相关管理和培育人员具有重要的参考价值。

由于作者水平有限，不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

著 者

2017 年 2 月

目 录

第一章 桉树资源与利用	1
第一节 桉树资源	1
一、桉树起源与分类	1
二、世界桉树资源概况	2
三、中国桉树引种栽培与桉树人工林发展概况	6
第二节 桉树利用	10
一、桉树人工林主要树种木材特征及其用途	10
二、桉树人工林加工利用主要途径	13
三、国内外人工林桉树木材加工利用现状和展望	15
参考文献	20
第二章 桉树木材性质	22
第一节 木材解剖性质	22
一、试材基本情况	22
二、木材解剖性质	23
第二节 木材物理性质	33
一、6种桉树的生材含水率	33
二、木材密度	35
第三节 木材力学性质	36
一、不同树种的力学性质	36
二、不同家系和无性系间的力学性质	39
三、不同树龄和树干高度的力学性质	40
四、种源间的力学性质	41
第四节 木材化学性质	42
一、木材主要化学成分	42
二、pH和缓冲容量	44
三、酚酸类物质和芳香族黄酮类物质含量	44
参考文献	45

第三章 桉树木材单板加工	46
第一节 单板旋切	47
一、单板旋切原理和旋切工艺	47
二、单板加工相关设备	51
三、桉木单板的旋切及出材率	67
第二节 单板干燥	74
一、单板干燥原理	74
二、单板干燥方法	77
三、单板干燥工艺	87
四、干燥工艺及几种桉木单板干燥质量	89
第三节 单板质量评价	102
一、单板质量评价标准	102
二、评定单板质量的主要指标	106
三、影响单板质量的因素	107
四、几种桉树旋切单板外观质量评价	111
参考文献	115
第四章 桉树木材胶合板	118
第一节 桉树胶合板制造工艺	119
一、木材胶合基本理论概述	119
二、施胶	121
三、成型与预压	126
四、热压	128
五、冷却	135
六、裁边	135
七、表面加工	138
八、降低甲醛释放量处理	141
九、分等和质量检验	143
第二节 桉树胶合板性能与评价	144
一、桉树单板表面润湿性能	144
二、三聚氰胺改性脲醛树脂桉树胶合板的制备与性能研究	154
三、酚醛树脂桉树胶合板的制备与性能研究	160
四、桉树单板层积材的制备与性能研究	169
第三节 桉树胶合板的应用	178
一、浸渍胶膜纸饰面胶合板和细木工板	178

二、多层实木复合地板	183
三、建筑模板	186
四、集装箱用桉树木材胶合板	188
五、木结构覆板用胶合板	189
参考文献	193
第五章 桉木阻燃胶合板	196
第一节 木材阻燃机理和胶合板阻燃技术	196
一、木材的阻燃机理	196
二、胶合板的阻燃技术	199
第二节 桉木阻燃胶合板生产工艺	203
一、FR-2 型阻燃剂优选	204
二、浸渍工艺对单板载药率的影响	207
三、树种及阻燃剂类别对单板载药率的影响	209
四、胶黏剂类别对胶合性能的影响	210
第三节 阻燃处理对胶合板物理力学性能的影响	210
一、阻燃胶合板性能分析	211
二、阻燃处理对单板质量的影响	212
三、阻燃处理对木材 pH 及缓冲容量的影响	213
四、阻燃处理对胶黏剂固化时间的影响	214
第四节 阻燃处理对胶合板燃烧性能的影响	215
一、释热性能	216
二、引燃时间	218
三、发烟性能	218
四、火焰传播指数预测	220
五、热分解特性	222
第五节 5 种桉木阻燃胶合板的性能对比	224
一、阻燃处理及二次干燥对桉木单板质量的影响	225
二、理化性能	226
三、燃烧性能	227
参考文献	229
第六章 桉树重组木制造技术	232
第一节 重组木研究进展	232
一、重组木的发展历程	232
二、重组木的特点	234

三、重组木的发展前景分析	234
四、重组木分类	235
第二节 重组木的制造工艺	235
一、木束制备	235
二、干燥	240
三、胶合成型	245
第三节 重组木性能测试与评价	252
一、物理性能	253
二、力学性能	255
第四节 重组木的应用	258
一、重组木地板	259
二、重组木家具	262
三、重组木建筑用材	265
参考文献	266
图版	268

桉树资源与利用

第一节 桉树资源

桉树又称尤加利树，是桃金娘科（*Myrtaceae*）桉属（*Eucalyptus*）、杯果木属（*Angophora*）、伞房属（*Corymbia*）树种的总称，共有 1039 个分类群（王豁然，2010；胡拉，2013），具有速生丰产、适应性强、抗性强、耐干旱瘠薄、容易种植、萌芽能力强等特点，是联合国粮食及农业组织推荐的三大速生造林树种（桉树、松树、杨树）之一。

一、桉树起源与分类

（一）桉树起源

桉树可能起源于白垩纪末，因为在始新世和中新世早期已经有了斜脉序和纵脉序的种，它的原始类型具有中生系构造特点，其进化主要是在澳大利亚境内顺应着地质史的变化而进行，也取决于它对干燥、干旱和半干旱条件的适应，以旱生系为主，也有中生系和喜冰雪系。桉树对干旱条件的适应导致了一系列形态、解剖结构的形成。最早适应类型之一是在叶上形成树胶、绒毛或刚毛，但当干旱加强时，这种保护并不太有效，因此除了少数情况外，仅在植株幼龄发育期被保留下来，以后的阶段是形成蜡层表皮。山区、干旱区生长的桉树的幼叶和成熟叶上、树枝上，有时在树干上都有蓝灰色的蜡层。到现代发育阶段，桉树的角质层加厚，以利于它最安全地适应干燥条件。应该说，桉树的再生性状都是在中生系的基础上发展起来的。澳大利亚北部潮湿地区的各个种、澳大利亚东南部及塔斯马尼亚州潮湿沿海地区和潮湿山区的很多树种都应归到中生系。喜冰雪系是一种适应了高山寒冷生态的进化系，它包括了生长在澳大利亚中部干燥地区的一些种，这个地区的环境条件是昼夜温度剧烈变化，往往白天高温（炎热）、夜间低温（严寒），这里桉树的进化实质上是一种退化性进化，其演变进程为乔木—亚乔木—小乔木—灌木（祁述雄，2002）。

桉树的显著特点是种类多、适应性强、用途广。它的生长环境很广，从热带

到温带，有耐-18℃的二色桉(*Eucalyptus bicolor*)、冈尼桉(*E. gunnii*)及耐-22℃的雪桉(*E. niphophila*)。从滨海到内地，从平原到高山(海拔2000m)，从年降水量250mm的地区到年降水量4000mm的地区都可生长。其体型变化也大，包括世界罕见的高达百米的大树，也有矮小并多干丛生的灌木，还有一些既耐干旱又耐水淹的树种。

(二) 桉树分类

桉树分类系统于1971年开始，当时共分成1属和7亚属，无伞房属。1995年，Hill和Johnson等对分类系统进行了修订，该分类系统得到了广泛的认可和应用。

按照Hill和Johnson(1995)的桉树分类系统，桉树分为杯果木属、伞房属和桉属，3属树种见表1-1。桉属又包括纹蒴亚属、小帽桉亚属、双蒴盖亚属、高伯亚属、昆士兰桉亚属、单蒴盖亚属和赤道桉亚属。据不完全统计，桉树目前已有分类群1039个，其中种806个、亚种219个、变种9个、杂种5个(王豁然，2010)。

表 1-1 桉树分类群数目列表				(单位: 个)
属	杯果木属	伞房属	桉属	桉树分类群总数
种	10	91	705	806
亚种	4	18	197	219
变种	—	—	9	9
杂种	2	—	3	5
分类群	16	109	914	1039

二、世界桉树资源概况

(一) 桉树天然林资源

桉树原产地绝大多数生长在澳大利亚大陆，天然分布于修正的华莱士线(Wallace’s line)以东，北纬7°到南纬43°39’，除少数分布于巴布亚新几内亚、印度尼西亚和菲律宾群岛等地外，其余全都自然分布于澳大利亚(IUFRO，2000；祁述雄，2002)。在澳大利亚以桉树为主的天然林约3600万hm²，其天然林可分为以下3种类型(祁述雄，1981)。

1. 沿海及高地桉树林

这是澳大利亚的主要经济林，分布于沿海东岸和东南岸、平均年降雨量

760~1270mm 的中纬度地区, 以及塔斯马尼亚州及西澳大利亚的西南部。其中最重要的是昆士兰和新南威尔士州东部的弹丸桉、巨桉、小帽桉、树脂桉; 新南威尔士、维多利亚、塔斯马尼亚州的大桉; 维多利亚、塔斯马尼亚州的王桉、二棱桉、斜叶桉; 西澳大利亚西南部的异色桉和边缘桉。它们是世界上最高最雄伟的阔叶树, 只有北美洲的一些针叶树才凌驾其上。

桉树一般形成混交林, 但异色桉和王桉通常形成纯林。桉树林中经常还有木麻黄属、黑荆属或旱生植物等树种的矮树丛。

2. 季雨林

热带季雨林在昆士兰州北部, 年降雨量 2030~3005mm, 澳大利亚热带、亚热带林与马来西亚、中南半岛相似, 树多矮小, 较高大经济树木零星分散。桉属有圆锥花桉、托里桉、四齿桉。

温带季雨林在维多利亚南部、塔斯马尼亚西部偏僻地区, 主要树种有山毛榉和其他树种, 桉属的树种有卵叶桉、西蒙花桉。

3. 内地森林

包括昆士兰、新南威尔士、维多利亚州的黄木树林, 在墨累河及其支流的红桉树林, 西澳大利亚的万都和沙蒙桉树林, 以及金矿区生长的红皮桉、单宁桉和温多桉。内地年雨量 380~760mm。

维多利亚州桉属的分布: 总面积为 2300 万 hm^2 , 其中森林面积约为 825 万 hm^2 , 占 1/3, 森林的主要树种是桉属。在最高山脉的岩石层、海拔 1400~1800m 处, 主要树种是雪桉。在海拔 1400m 以下与高山森林相接处, 主要树种由蓝桉组成, 一直伸延到 1100m 的地方, 这种森林在南坡会伸延到海拔 700m 处。王桉林生长在蓝桉林之下海拔 300~900m 的地区, 年降雨量 1140mm 以上, 它是维多利亚州干燥地区土生树种中最宝贵的资源。纤维皮类的桉树林, 以及由纤维皮类、杏仁香皮类、亮果桉等各种桉树组成的混交林, 分布在海岸平原和大分水岭南北两侧、海拔 900m 以下的山坡地区。红桉林分布在州内各地, 大面积纯林分布于墨累河及其支流的下游地区。坚皮类的桉树和厚皮类的桉树林生长在大分水岭北侧、夏季干旱的贫土地区, 这种林区最好的商品材树种有灰厚皮桉、红铁皮桉和有脊桉等。红桉和林下灌木丛的花, 是本州养蜂最好的蜜源。

(二) 桉树人工林资源

19 世纪桉树引种至世界各地, 目前, 全球种植桉树的国家超过 120 个, 除南极洲外各州均有分布 (Git Forestry Consulting Global Eucalyptus Map, 2009), 主要分布国家见表 1-2。

表 1-2 桉树的分布

分布区域	主要国家
亚洲	中国、印度、越南、泰国、巴基斯坦、孟加拉国、柬埔寨、印度尼西亚、伊拉克、约旦、老挝、马来西亚、缅甸、尼泊尔、菲律宾、斯里兰卡
北美洲	古巴、萨尔瓦多、危地马拉、墨西哥、尼加拉瓜、波多黎各、美国、哥斯达黎加
南美洲	巴西、乌拉圭、智利、阿根廷、玻利维亚、哥伦比亚、厄瓜多尔、巴拉圭、秘鲁、委内瑞拉
非洲	苏丹、南非、阿尔及利亚、安哥拉、贝宁、博茨瓦纳、布隆迪、喀麦隆、佛得角、乍得、科摩罗、刚果、埃及、厄立特里亚、埃塞俄比亚、加蓬、肯尼亚、马达加斯加、摩洛哥、莫桑比克、纳米比亚、尼日尔、尼日利亚、卢旺达、塞内加尔、斯威士兰、多哥、突尼斯、乌干达、坦桑尼亚、赞比亚、津巴布韦、莱索托、马拉维
欧洲	葡萄牙、西班牙
大洋洲	澳大利亚、新西兰、美属萨摩亚、密克罗尼西亚、巴布亚新几内亚、萨摩亚群岛、所罗门群岛

1. 桉树人工林种植面积

桉树人工林分布于亚洲、美洲、非洲、欧洲、大洋洲等各地区，自引种以来发展迅速。从表 1-3 和表 1-4 统计数据可以看出，1955 年全球桉树人工林种植面积仅为 70 万 hm²；1985 年为 600 万 hm²；2009 年已超过 2000 万 hm²。

表 1-3 全球桉树人工林种植发展概况

年份	1955	1985	2005	2009
面积 / 万 hm ²	70	600	> 1700	> 2000

资料来源：国家林业局桉树研究开发中心 2013 年提供

在如此庞大的种植面积中，亚洲种植面积最广，为 840 万 hm²，其次为美洲（750 万 hm²），非洲为 240 万 hm²，欧洲为 130 万 hm²，大洋洲为 100 万 hm²（Git Forestry Consulting Global Eucalyptus Map，2009）。

表 1-4 全球桉树人工林种植区域概况

分布区域	亚洲	美洲	非洲	欧洲	大洋洲
面积 / 万 hm ²	840	750	240	130	100

桉树人工林主要栽种国家见表 1-5，主要为亚洲的中国、印度、越南、泰国、巴基斯坦、菲律宾等国，南美洲的巴西、阿根廷、秘鲁、智利、乌拉圭等国，非洲的苏丹、南非等国，大洋洲的澳大利亚、新西兰等国，以及欧洲的葡萄牙、西班牙等国。

表 1-5 主要栽种国家桉树人工林种植面积

2008 年			2009 年		
国家	面积 / 万 hm ²	所占比例 / %	国家	面积 / 万 hm ²	所占比例 / %
印度	394.2600	22	巴西	425.8704	21
巴西	375.1857	20	印度	394.2600	19
中国	260.9700	14	中国	260.9700	13
澳大利亚	87.5000	5	澳大利亚	92.6011	5
乌拉圭	67.6024	4	乌拉圭	69.1646	3
智利	65.2100	3	智利	68.7717	3
葡萄牙	64.7000	3	葡萄牙	64.7000	3
西班牙	64.0000	3	西班牙	64.0000	3
越南	58.6000	3	越南	58.6000	3
南非	56.8000	3	苏丹	54.0400	3
苏丹	54.0400	3	泰国	50.0000	3
泰国	50.0000	3	南非	49.1934	2
秘鲁	48.0000	2	秘鲁	48.0000	2
阿根廷	33.3000	2	阿根廷	33.3000	2
巴基斯坦	24.5000	1	巴基斯坦	24.5000	1
∴	∴		∴	∴	
所有国家总计	1960.9670		所有国家总计	2007.1701	

从统计数据可以看出，桉树人工林种植在 1955~2005 年全球发展较快，但在 2005 年后尤其是 2010 年后大多数引种国家增幅趋于稳定，主要栽种国家方面，2009 年巴西桉树人工林种植产量超过印度，为全球第一。此外，中国桉树人工林近年来发展迅速，2014 达到了 450 万 hm²。

2. 桉树人工林的主要品种

桉树人工林的主要品种：巨桉（*E. grandis*）、尾叶桉（*E. urophylla*）、巨尾桉（*E. grandis* × *E. urophylla*）、蓝桉（*E. globulus*）、直杆蓝桉（*E. maideni*）、赤桉（*E. camaldulensis*）、细叶桉（*E. tereticornis*）、亮果桉（*E. nitens*）、柳叶桉（*E. saligna*）、剥桉（*E. deglupta*）、柠檬桉（*E. citriodora*）、大叶桉（*E. robusta*）、窿缘桉（*E. exserta*）、粗皮桉（*E. pellita*）、邓恩桉（*E. dunnii*）、斑皮桉（*E. maculata*）、托里桉（*E. torelliana*）等。

以种植面积较大的巴西（殷亚方等，2005）、印度（联合国粮食及农业组织，2005）、中国和澳大利亚（张国武等，2009）为例，其桉树人工林种植的主要品种见表 1-6。

表 1-6 主要种植国家的桉树人工林品种

国家	主要树种
澳大利亚	澳大利亚 90% 以上的森林资源是由桉树组成的，广泛应用的桉树树种有亮果桉、蓝桉、巨桉、弹丸桉、柳叶桉、大桉、多枝桉、王桉等
巴西	巴西栽培最广泛的桉树树种是巨桉与尾叶桉的杂交种，也种植了一定数量的巨桉、尾叶桉、赤桉、蓝桉、柳叶桉、细叶桉、邓恩桉等
印度	印度于 1865 年开始进行桉树的人工林实验，目前主要桉树树种有细叶桉、赤桉、柠檬桉、剥桉、蓝桉、斑皮桉、圆锥花桉
中国	中国桉树分布约有 20 个省份，主要桉树树种有尾叶桉、细叶桉、巨桉、巨尾桉、柳叶桉、赤桉、多枝桉、蓝桉、邓恩桉、亮果桉、大叶桉等

3. 桉树人工林种植区域的气候条件

桉树人工林种植区域主要分布在 42° N 和 42° S 之间，其气候类型有热带雨林气候、热带草原气候、热带季风气候、亚热带季风气候、地中海气候（李志辉等，2000；王楚彪等，2014）。其分布区域的主要气候特点见表 1-7。

表 1-7 桉树人工林种植区域的主要气候特点

气候类型	气候特点	代表国家
热带雨林气候	终年高温多雨，各月平均气候在 25~28℃，年降水量 2000mm 以上，季节分配均匀，无干旱期	巴西（北部）、刚果、加蓬、印度尼西亚（原产国）、巴布亚新几内亚（原产国）、菲律宾（原产国）、马来西亚
热带草原气候	全年气温高，年平均气温 25℃，年降水量一般在 700~1000mm，有明显的较长干季	巴西（南部）、澳大利亚（东部）、南非、埃塞俄比亚、卢旺达
热带季风气候	终年高温，年平均气温在 22℃ 以上，年降水量一般在 1500~2000mm 及以上，旱雨季明显	中国（海南、雷州半岛）、印度、越南、泰国、缅甸、老挝、柬埔寨
亚热带季风气候	年平均气温介于 13~20℃，年平均降水量一般在 800~1600mm，夏季高温多雨，冬季温和少雨	中国（东部）、澳大利亚（东南沿海）、美国（东南）、乌拉圭、阿根廷
地中海气候	冬季气温 5~10℃，夏季 21~27℃，年降水量 350~900mm，集中于冬季，夏季炎热干燥，高温少雨，冬季温和多雨	西班牙（东南部）、葡萄牙、摩洛哥、突尼斯、智利（中部）

三、中国桉树引种栽培与桉树人工林发展概况

（一）桉树引种与栽培

桉树自 1890 年引进中国，120 多年来得到了较快发展，从 1890 年至今大致经历 3 个阶段。第一阶段（1890~1949 年）：早期零散引种阶段，1890 年从意大

利引进了多种桉树到广州、香港、澳门等地，同年从法国引进细叶桉到广西的龙州，1894年福州引种了野桉，1896年昆明引种了蓝桉，1910年四川的西昌、遂宁引种了赤桉，1912年厦门引种了多种桉树，1916年粤汉铁路广州至衡阳段栽植大叶桉，早期引种主要作为庭园观赏与行道绿化树种。第二阶段（1950~1980年）：系统引种、试验栽培和早期推广阶段，20世纪50年代初期，广东湛江首先建立起粤西桉树林场（现雷州林业局），率先营建大面积桉树人工林，此后并逐渐扩展到南方各省；20世纪60年代中期，广西钦州、南宁等地先后办起了10余个以经营桉树为主的国营林场，形成我国引种栽培和推广桉树造林工作的第一次高潮；1972年全国林木良种科技协作会议后，成立了南方5省份桉树科技协作组，有效地加强了桉树栽培与利用的技术经验交流和总结。第三阶段（1981年至今）：良种推广和大规模发展阶段，1982年，全国共计已有15个省份（600多个县、市）引进了300多种桉树；1986年，全国片状桉林已达46.6万 hm^2 ，另有四旁植桉15亿株，桉树人工林已跃居世界前列。此后，我国桉树人工林的种植更是飞速发展，如表1-8所示，自1960年的20万 hm^2 达到了2014年的450 hm^2 。

表 1-8 中国桉树人工林种植面积

年份	1960	1986	1992	2002	2008	2010	2013	2014
面积 / 万 hm^2	20	46.6	67	154	260	368	440	> 450

资料来源：国家林业局桉树研究开发中心 2013 年提供

（二）桉树人工林发展概况

1. 桉树人工林资源分布区域

目前桉树已成为中国人工林分布面积居第三的优势树种，在20多个省份均有分布，主要产区是广东、广西、海南、云南、福建、江西、湖南、贵州、重庆和四川等省份。

2. 桉树人工林种植面积

据统计，全国桉树人工林种植面积已达450万 hm^2 ，占全国林地总面积的1.4%（陈少雄和陈小菲，2013）。其中广西种植发展最快，如表1-9所示，约占全国桉树人工林的45%。

表 1-9 中国不同省份桉树人工林种植面积统计表

排名	省份	面积 / 万 hm^2	所占比例 / %
1	广西	202.7000	45.05
2	广东	136.7000	30.38