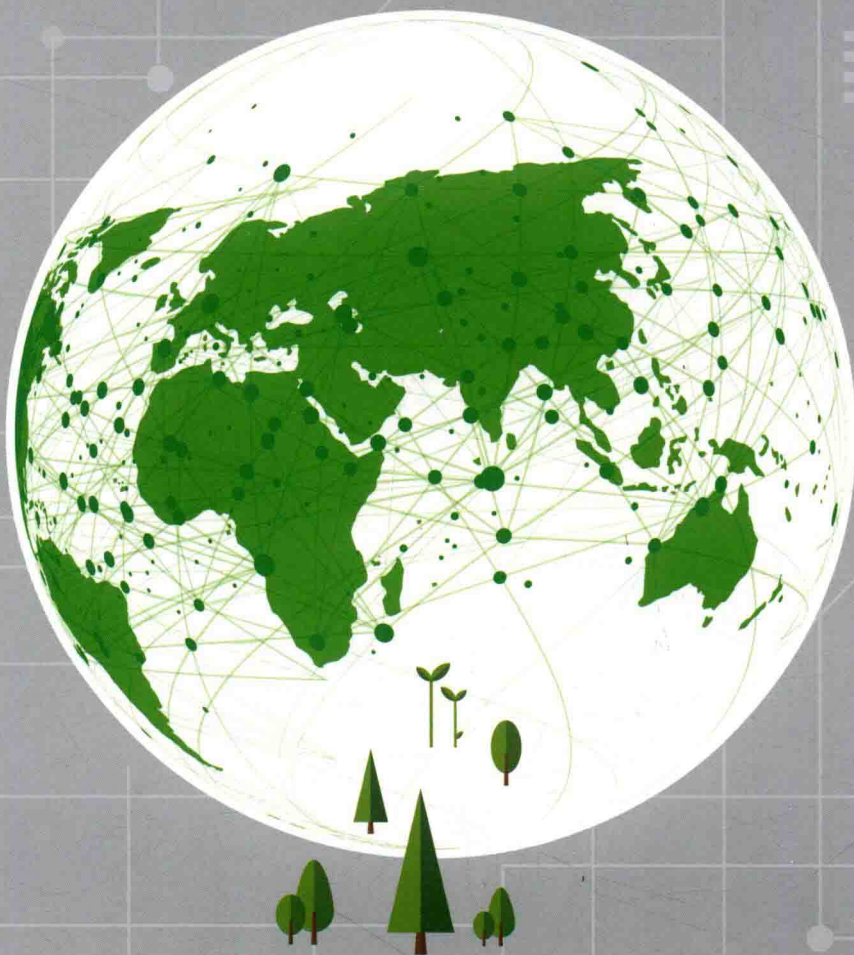




林业产业技术 国际发展动态研究

“林业产业技术国际发展动态研究”项目组 编著

中国林业出版社

International development trends of
forestry industry technology

林业产业技术 国际发展动态研究

“林业产业技术国际发展
动态研究”项目组 编著

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

林业产业技术国际发展动态研究 / “林业产业技术国际发展动态研究”
项目组编著. —北京: 中国林业出版社, 2017. 11
ISBN 978-7-5038-9313-1

I. ①林… II. ①林… III. ①林业-技术发展-研究-世界
IV. ①S7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 254164 号

中国林业出版社·生态保护出版中心

责任编辑: 李敏

出版发行 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号)

E-mail: wildlife_cfph@163.com 电话: (010) 83143575

http: //lycb. forestry. gov. cn

印刷 固安县京平诚乾印刷有限公司

版次 2017 年 11 月第 1 版

印次 2017 年 11 月第 1 次印刷

开本 787mm×960mm 1/16

印张 10.25

字数 202 千字

定价 58.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

《林业产业技术国际发展动态研究》

编辑委员会

主 编：傅 峰 汪阳东 王 斌

副 主 编：刘军利 张宜生 石 雷 张 伟 曾凡勇

编写人员：傅 峰 汪阳东 王 斌 刘军利 张宜生
石 雷 张 伟 曾凡勇 刘玉鹏 高瑞清
常 君

前 言

从“九五”开始至今，林业“948”计划共立项千余项，解决了林业生产中亟待引进升级的产业关键技术与设备。通过这些项目的实施，提高了我国林业科技创新研究水平，缩短了与国外先进国家的技术差距，促进我国林业科技走向了一个新的发展阶段。

为进一步科学认识我国林业产业技术与国外发达国家的差距，进而采取针对性的应对措施，尽快提高我国林业产业技术水平，国家林业局科学技术司2012年组织专家实施“林业产业技术国际发展动态研究”项目，围绕林业传统产业与战略性新兴产业进行跟踪分析，评述目前国际林业产业，尤其是产业技术发展趋势，分析我国林业产业科技需求，提出对策与建议。该项目跟踪和分析了2011—2015年国际林业产业技术发展动态，对木材加工、林产化工、经济林、林业装备和林特资源利用等传统林业产业领域，以及生物质能源和生物基材料等战略性新兴产业的发展现状和趋势进行了全面阐述，并对我国林业产业发展面临的问题与科技需求等进行了分析。同时，在充分消化吸收国外先进林业科技基础上，结合我国目前林业产业发展中存在的问题，提出了今后一段时间我国林业产业关键技术引进与创新需求方面的建议，此研究可为我国林业新技术引进提供参考。

本书是项目7个分报告5年跟踪分析的总结，资料系统、内容翔实，具有一定的科学性和实用性，可供林业行政主管部门和广大科研人员参考。由于水平有限，本书难免有疏漏之处，敬请批评指正。

编著者

2017年6月

目 录

前 言

第1章 林业产业技术国际发展动态概述	1
1.1 林业产业发展的科技需求	1
1.2 国际林业产业技术的最新进展	2
1.3 我国林业产业技术的现状与需求	4
第2章 木材加工产业技术国际发展动态	6
2.1 国际木材加工产业发展概述	6
2.2 国际木材加工产业技术发展现状和趋势	7
2.2.1 产业技术发展现状	7
2.2.2 产业技术发展趋势	15
2.3 我国木材加工产业关键技术引进与创新需求、建议	17
2.3.1 关键技术引进与创新需求	17
2.3.2 关键技术引进与创新建议	20
第3章 林产化工产业技术国际发展动态	22
3.1 国际林产化工产业发展概述	22
3.2 国际林产化工产业技术发展现状和趋势	23
3.2.1 产业技术发展现状	24
3.2.2 产业技术发展趋势	32
3.3 我国林产化工产业关键技术引进与创新需求、建议	33
3.3.1 关键技术引进与创新需求	33
3.3.2 关键技术引进与创新建议	35

第4章 经济林产业技术国际发展动态	37
4.1 国际经济林产业发展概述	37
4.2 国际经济林产业技术发展现状和趋势	40
4.2.1 产业技术发展现状	40
4.2.2 产业技术发展趋势	50
4.3 我国经济林产业关键技术引进与创新需求与建议	53
4.3.1 关键技术引进与创新需求	53
4.3.2 关键技术引进与创新建议	55
第5章 林业装备产业技术国际发展动态	57
5.1 国际林业装备产业发展概述	57
5.2 国际林业装备产业技术发展现状和趋势	59
5.2.1 产业技术发展现状	59
5.2.2 产业技术发展趋势	63
5.3 我国林业装备产业关键技术引进与创新需求、建议	66
5.3.1 关键技术引进与创新需求	66
5.3.2 关键技术引进与创新建议	70
第6章 林特资源利用产业技术国际发展动态	73
6.1 国际林特资源利用发展概述	73
6.2 国际林特资源利用技术发展现状和趋势	74
6.2.1 产业技术发展现状	74
6.2.2 产业技术发展趋势	80
6.3 我国林特资源利用产业关键技术引进与创新需求、建议	82
6.3.1 关键技术引进与创新需求	82
6.3.2 关键技术引进与创新建议	83
第7章 生物质能源产业技术国际发展动态	85
7.1 国际生物质能源产业发展概述	85
7.2 国际生物质能源产业技术发展现状和趋势	88
7.2.1 产业技术发展现状	88
7.2.2 产业技术发展趋势	92
7.3 我国生物质能源产业关键技术引进与创新需求、建议	99
7.3.1 关键技术引进与创新需求	99

7.3.2 关键技术引进与创新建议	102
第8章 生物基材料产业技术国际发展动态	103
8.1 国际生物基材料产业发展概述	103
8.2 国际生物基材料产业技术发展现状和趋势	107
8.2.1 产业技术发展现状	107
8.2.2 产业技术发展趋势	121
8.3 我国生物基材料产业关键技术引进与创新需求、建议	125
8.3.1 关键技术引进与创新需求	125
8.3.2 关键技术引进与创新建议	127
参考文献	129
附录：典型企业介绍	140

第 1 章

林业产业技术国际发展动态概述

1.1 林业产业发展的科技需求

从世界林业产业发展趋势看，世界经济复苏艰难，全球林产品需求矛盾和林业行业局部产能过剩矛盾并存，未来几年林产品市场需求将持续低迷，产业形势严峻，结构调整任务繁重。国内外与林业产业有关的新规范、新公约、新标准密集出台，林产品节能、安全、环保要求不断升级，世界林业产业已经进入了新一轮深刻调整期，围绕能源、技术、产品、市场的全方位竞争日趋激烈。

随着人们对生活品质要求的提高和建筑业的发展，尤其是 20 世纪 90 年代以来，世界林产品的消费量日益增加，林产品需求的增长与森林资源大幅度减少所引起的林产品供求矛盾更加突出。而且各地区和国家之间存在着经济发展和森林资源不平衡的问题，这使得世界林产品贸易额呈现出不断扩大的趋势。中国林产品需求大幅增加与森林资源匮乏的供需矛盾使得林产品国际贸易成为中国对外经济贸易的重要组成部分。而且中国林产品贸易增长很快，在世界木质林产品贸易中的地位不断提高，中国已经成为世界主要林产品贸易国。为应对国际金融危机和全球气候变化的挑战，发达国家纷纷加快发展绿色产业，将其作为推进经济增长和转型的重要途径，走绿色低碳循环的发展道路是必然的选择。随着绿色、环

保、消费者自我保护意识的强化,人们对林产品质量、环保标准等要求更高。社会在由温饱向全面小康迈进的过程中,人们的消费行为也会随之发生转变,以前以“吃穿”为主,现在向“住行”为主转变,人们的消费习惯也向舒适性、和谐性转变,转变的过程将是巨大市场需求释放的过程。

现代林业是科技型林业,要实现林业的稳健发展,就必须利用先进的林业科技推动林业的快速发展。随着科技的进步,现代林业生态建设和产业发展取得了一系列重大突破,促进林业不断升级发展。世界主要发达国家的林业科技总体发展水平是比较高的,这主要受益于所在国家整体上比较发达的技术经济水平与实力。

进入新世纪以来,全球科技发展突飞猛进,正在催生新一轮技术革命和产业革命。生命科学与生物科技、生态环保科技、能源资源科技、材料科技、信息科技等前沿领域孕育着新的重大突破,以绿色、智能和可持续发展为主要标志的新兴产业飞速发展,全球产业结构将进入新一轮大调整周期。在国际金融危机和生态危机的双重压力下,世界各国都在加快调整科技创新战略,把绿色、低碳、环保作为新一轮产业发展的重点,抢占制高点。科技创新已经成为最具时代特色的理念,成为核心竞争力的关键要素和重要标志。

1.2 国际林业产业技术的最新进展

(1) 注重资源高效利用与节能环保。为缓解全球性木材供应紧缺,针对人工速生林木材的高效利用,木材产业技术研究重点围绕资源高效利用、节能环保、高附加值产品和优化技术规范四个主题。国际林产化工产业正向绿色环保、高值化、循环利用方向发展,重视深加工产品先进技术的系统集成,先进生产工艺和新产品的开发以及新领域的拓展。国外在人造板产品集约化生产与控制技术方面处于领先水平,各种人造板生产技术与工艺日臻成熟,配套设备及控制技术正向大型化、集约化、高速化、自动化、节能化和环保化等高新技术方向发展。

生物基材料作为石油基材料的升级替代产品,将朝着以绿色资源化利用为特征的高效、高附加值、定向转化、功能化、综合利用、环境友好化、标准化等方向发展,降低生产成本、提高产品性能是当前生物基材料产业发展的首要任务。随着3D打印、物联网、大数据、云计算等变革性技术的发展,德国工业4.0、美国先进制造伙伴计划的全面实施,林业装备更加注重林业生产的高效率、高质量、低成本,注重改善操作者的安全性与舒适性,注重与生物技术、高新技术的结合,逐步向信息化、集成化、柔性化、智能化、绿色化方向发展,许多智能化林业装备研究成果开始应用。

(2) 重视新技术研发及其产业化。关键共性技术的研究开发将成为今后一段时期内林化产品加工技术发展的方向,如高得率制浆造纸关键技术;活性炭纳米孔隙结构控制技术;森林资源有效成分的高效提取、分离和精制的关键技术;森林资源化学深加工的连续化、绿色化、无色化、高效反应等关键技术;纳米功能型胶黏剂技术等。以非粮农作物和农林废弃物为原料,开发燃料乙醇、生物燃油及其综合利用联产化工品的应用技术是目前国内外发展的共同趋势。长远来看,新一代生物燃料开发将是未来可持续发展的保障。以纤维类生物质以及加工过程中废弃物为原料生产的生物燃料(在国际上被称为第二代生物燃料),将是生物质能源优先发展方向。以废弃油脂和能源作物等非食用油脂为原料的新型柴油开发是农林生物质工程及生物柴油产业化的重要方向。

提升和拓展林化产品的高附加值深加工利用技术,加快林产化工高新技术产业发展步伐已成为当前的热点。如应用生化技术改造传统的林化产品及深加工产品;结合新材料技术的发展,改造或创新合成具有林化特色的新材料产品;利用新能源技术发展的思路,研究和开发以农林生物质资源为基础的生物质能源、生物质新材料以及相关技术。活性炭研究开发方面,口服活性炭药剂用于清除肾衰竭病人体内产生的肌酐/尿酸等有害毒素、用作动力电池的电极炭材料、高密度能源物质(如氢气、甲烷等)贮存、高纯物质的分离精制等已成为研究新领域,将来可以作为一种新型材料在高新技术领域占有一席之地,同时拓展活性炭材料的新用途,推动相关产业的发展。

(3) 高新技术在林业产业中得到广泛应用。高新技术在林化产品精深加工领域得到大量应用,例如应用生物和生化技术改造传统的林化产品及深加工产品,重视深加工产品先进技术的系统集成,注重信息技术、生物技术等高新技术在生产工艺中的应用,产品系列化、研究与应用领域不断拓展。高新技术如膜分离、超临界萃取、冷冻干燥、冷灭菌等在林特资源加工中广泛应用,对提高特产资源产品的质量起着重要作用。高温瞬时杀菌技术、超高压杀菌技术、低温真空浓缩技术、膜分离技术、生物技术、分子态吸附技术、真空冷冻干燥技术、自动化控制技术等高新技术及相关设备在果品加工中得到广泛应用,并建立了完善的质量控制体系。基因工程、细胞工程和发酵工程等技术将全面应用于生产高活性生物物质。

高新技术如生物工程技术、计算机技术和遥感技术将从多个层面介入到非木质林产品资源的调查、研究、生产和开发中来。针对木材产业需求,绿色木结构建筑工业化建造、无异味乙酰化木材、天然植物纤维复合材料产品、木材表面的强化及功能化处理技术、木工准备智能控制先进技术、功能性木质纳米复合材料

制备、木材 CT 和核磁共振无损检测等关键技术、基于 3D 打印的木塑复合材料制造技术等新产品、新技术不断出现,极大促进了林业产业的发展。

(4) 安全森林食品生产技术快速发展。随着林业产业的迅速发展和林产业内涵的不断扩大,非木质林产品得到了前所未有的重视和发展,现在已成为人类绿色食品、建筑材料、医疗保健品的重要来源,而且在增加当地人们收入和就业、引导山区脱贫致富等方面发挥着重要的作用。林特资源已成为农业竞争的新领域,尤其是美、日、德等国家显得特别活跃,美国在总体上保持领先地位,德国、日本在应用技术和商品化方面有一定优势。

有机农业、生态农业、无公害栽培、安全食品已成为全人类饮食文化的一种价值取向,安全食品特别是安全森林食品生产将成为一个大的产业。国际市场越来越关注产品特别是食品的生产环境、种植方式和内在质量,森林食品认证正在兴起;无公害、绿色食品和有机食品的生产技术将快速发展;以植物为来源的天然产物药物在癌症、艾滋病和疟疾等疾病的治疗中发挥越来越重要的作用;产后农产品保鲜技术正向着综合控制的方向发展。随着科技进步和宣传力度的加强,食用昆虫的食品质量安全、生物活性组分鉴定、加工利用技术和饲养等问题将会有新的突破,人们对食用昆虫的认知水平也将不断提高。

1.3 我国林业产业技术的现状与需求

在国家整体经济增速放缓的节奏下,2016 年我国林业产业总产值实现 6.49 万亿元,林产品进出口贸易额 1360 亿美元,林产品生产和贸易跃居世界首位,成绩显著但也面临不少困难和问题。

近年来,尤其是金融危机以来,国内人工和原材料成本提高、人民币对美元名义汇率升值、国内信贷等金融资源可获取性处于弱势、全球大宗商品价格上涨、发达国家债务危机以及外需不振等多重不利因素对我国林产品出口优势形成挑战。我国林业对外贸易增长方式还较粗放,林业外贸多元化程度较低,适应新规则的挑战能力还比较差,林业产业发展挑战压力持续上升。我国林产品加工业技术创新能力不足,在国际产业分工中处于产业链低端位置,木材依赖度居高不下。亟须促进林业产业的转型升级,亟须循着需求结构调整步伐,引领我国林业产业向着高效、高值、高端、低碳的绿色方向发展。林业节能环保、新能源、新食品、新材料、森林旅游、生物医药、下一代信息技术、现代化林业工程装备等战略性新兴产业将逐渐成为新的市场增长点。

我国林业发展正处于战略机遇期、黄金发展期,现代林业建设对科技的需求从来没有像今天这样紧迫,科技对现代林业发展的支撑引领作用从来没有像今天

这样突出。加大资源培育力度,实现“双增”目标,应对气候变化,迫切需要依靠科技提升森林资源培育技术水平;加强森林生态系统、湿地生态系统、荒漠生态系统建设和生物多样性保护,保障国土生态安全,迫切需要攻克生态保护与建设的技术瓶颈;发展潜力巨大的生态产业、可循环的林产工业、内容丰富的生物产业等国家战略性新兴产业,迫切需要科技推动产业升级;深化集体林权制度改革,实现兴林富民,迫切需要科技提高林业生产效益。

经过多年的不懈努力,我国林业科技取得了显著成就。目前,我国林业科技成果转化应用率超过50%,林业科技进步贡献率由35.4%提高到了43.0%。但我国林业科技仍处于“总体跟进、局部领先”的发展阶段,与林业发达国家相比仍有很大差距。随着全球新科技革命的兴起,为林业科技创新提供了广阔空间。只有加强林业科技创新,才能尽快缩短与发达国家的差距,只有在生物种业、生物能源、生物材料、生物医药、生物环保等关键领域取得重大突破,才能引领未来林业的发展,只有加强先进实用技术的集成配套和科技成果的转化应用,才能大幅度提升我国林业生态建设和产业发展的水平。

第 2 章

木材加工产业技术国际发展动态

2.1 国际木材加工产业发展概述

国外木材产品注重质量控制，销售环节注重售后服务，高端产品注重技术创新和品牌培育。在北美洲、大洋洲和北欧等地区，木结构建筑比较普遍。2007 年次贷危机过后的房地产市场正在逐步恢复，带动了建筑用木材产品的生产和消费，包括锯材、结构材、人造板、门窗、地板和家具等；同时重点开发了以人工林木材增值高效利用为目的的前沿性技术，并取得了重要进展，包括新型建筑材料、功能性改良室外材料及制品、环保型复合材料及制造技术、节能生产技术等，纳米液晶显示材料、CT 和核磁共振无损检测技术、3D 打印复合材料等前沿性技术等。

近几年，虽然各地区的情况略有差异，但全球经济增速明显放缓，受此影响，国外不同地域木材产业有升有降，总体态势为平稳中略有下降。以美国为代表的北美经济增长明显，房地产市场好转，房屋新建及翻新增加，带动建材行情上扬，木材产业也明显好转。巴西等南美国家受货币贬值因素影响，木材出口量增加，但总产值增加不多。受希腊、西班牙、葡萄牙和意大利欧债危机以及中东国际难民危机等因素影响，欧洲经济增长速度明显放缓，房地产和建材市场低

迷,与往年相比木材产业没有出现增长。日本和澳大利亚等地区变化不明显。受我国经济增速放缓及房地产市场出现整体下滑从而阻滞国内木材产业行情的影响,国内木材制品出口竞争更加激烈,对木材产业国际行情也会造成冲击(齐燕,2009)。预计未来全球木材工业整体将保持增长,但同时伴随一些显著变化。现有的产业结构和产业分布与主要经济驱动因素不相符,新的投资和生产正在转向新兴经济体。随着新兴经济体国家的兴起,产业重组和产业升级成为发展的主题。

我国木材产业贸易竞争力总体上进一步走弱,对发达国家的竞争力出现下降,依靠资源消耗、高能源消耗和劳动力比较优势发展起来的产业优势难以为继(齐燕,2009)。在发展质量及产业结构方面,中国与木材产业发达国家之间仍存在着较大的差距,木材产业初级加工仍占据较大比重,最终产品附加值低,处于价值链低端,缺乏国际性自主品牌及销售渠道,高端品牌以进口为主。虽然我国已经成为全球第一大人造板、家具及地板生产国和消费国,这三类产品在国际上具有较明显的价格优势,但因产品技术含量不高,利润空间不大。近年来胶合板、地板和家具接连受到美国等国家反补贴、反倾销及非法原材料来源等调查和指控,对出口造成了一定的影响,因此研发新技术、创制中高端产品,提高附加值、再造生产流程将是产业发展的有效途径。

2.2 国际木材加工产业技术发展现状和趋势

2.2.1 产业技术发展现状

为缓解全球性木材供应紧缺,针对人工速生林木材的高效利用,木材产业技术研究重点围绕高效利用、节能环保、高附加值产品和优化技术规范四个主题进行,重点进展主要有木材功能性改良、木材干燥技术、木材热处理技术、人造板生产技术、木结构体系优化及高新技术利用等六个方面。

2.2.1.1 木材功能性改良

日本、澳大利亚、美国等国在木材强化、着色等技术方面研究较多。在木材强化、生物质材料着色等功能性改良技术方面,比较突出的是木材染色与树脂增强处理一体化进行,既达到了提高木材强度又改善了木材的颜色,提高了木材的综合利用率和附加值。将无机纳米粒子(SiO_2 、 Al_2O_3 、 TiO_2 等)与木材复合,除了可以有效提高低质木材的力学强度、防腐及阻燃性能外,同时赋予了木材新的功能,如疏水、耐光老化、电磁性能等,拓宽了木材的使用范围(龚明星等,2013)。采用柔性气囊负压药剂处理技术替代常规罐式真空处理工艺,可降低生

产成本（袁光明等，2008）。

通过采用纺织用树脂（DMDHEU）、石蜡油浸渍改性、木材-无机（纳米）复合、组合改性、木材表面强化及功能化等改性技术与工艺，多功能性逐渐成为木材改性的发展方向，使木材的阻燃、耐腐、尺寸稳定性等性能均有所提高（顾炼百，2012）。多功能木材阻燃技术解决了水溶性无机盐阻燃剂的析出和吸潮难题，以及开发具有防腐、防霉多种功能的多效木材阻燃剂。具有电功能、磁功能、声功能等功能性复合材料研发技术也取得了很大的进展，正以一个新概念的形式逐步被社会所认可。

目前应用于木塑复合材料的阻燃剂主要有铝-镁系阻燃剂、膨胀型阻燃剂、磷系阻燃剂、纳米粒子阻燃剂等。铝-镁系阻燃剂以氢氧化铝和氢氧化镁为主，这类物质具有热稳定性好、无毒、不挥发、不产生腐蚀性气体、发烟量小等优点。但其在高分子材料中填充量大于50%时才能使材料具有一定的阻燃效果（方露等，2011）。膨胀型阻燃剂以氮、磷、碳为主要成分，不含卤素，也不采用氧化锑为协效剂，其体系自身具有协同作用，符合未来阻燃剂的研究开发方向。含膨胀型阻燃剂的材料在燃烧时会生成炭质泡沫层，起到隔热、隔氧、抑烟、防滴等功效，具有优异的阻燃性能。磷系阻燃剂对木塑复合材料阻燃机理为：磷系化合物受热分解为磷酸，磷酸可促使聚合物脱水炭化生成的焦炭层呈石墨状，能阻隔内部聚合物与氧接触；焦炭层导热性差，使聚合物与热源隔绝，减缓了热分解，从而起到阻燃的作用（张世杰，2007）。纳米粒子阻燃剂可以克服传统阻燃剂添加量大的问题，近年来纳米黏土粒子对木塑复合材料的影响，尤其在有偶联剂存在条件下的阻燃性能受到了关注（方露等，2011）。此外，晶须作为一种新型的功能材料，在复合材料、高分子材料、阻燃防火材料等材料中的应用十分广泛（陈锐等，2007）。

国外很多公司也开发了一系列阻燃型木塑复合材料，但其具体阻燃方式没有公开。泰国 Artowood 公司研发的木塑复合材料，同时具有防蚁、防菌、防分裂、阻燃、抵潮湿和耐候性等各种优异的性能，适用于室内和室外。芬兰芬欧汇川公司研发的木塑复合材料 UPM ProFi 已成功地应用于世博会芬兰馆的外墙材料，具有阻燃等优异的性能。

2.2.1.2 木材干燥技术

木材干燥技术在木材加工领域占有极其重要的地位，国内外很多专家一直致力于木材干燥技术的研究（王艳伟等，2014）。目前，木材人工干燥方法主要有常规蒸汽干燥、真空干燥、除湿干燥、太阳能干燥、微波干燥和联合干燥等。

木材常规蒸汽干燥是依靠干燥室内热空气与木材间的对流换热，利用空气加

热木材并吸收木材蒸发掉的水分,同时排出干燥室内的湿空气,吸入外界冷空气的一种干燥方法。可以看出,这种换热方式属于开放式换热,大部分热量伴随着热交换而损失,且热能回收利用困难,有的地区热损失接近40%(王艳伟等,2014)。

真空干燥是一种高效的干燥方法,对渗透性较好的阔叶厚材优势最为明显,其干燥速率是常规干燥的6倍以上,还可以实现低温快速干燥,降低能耗。但真空干燥设备复杂,制造难度大,投资成本相对高,同时干燥设备体积小,不适宜大规模生产,木材干燥后含水率均匀性差。真空干燥设备的应用主要集中在科研实验方面,一般仅适用于小批量的硬质阔叶材干燥(王艳伟等,2014)。

木材除湿干燥是近十年来发展起来的一种新型干燥技术,它利用低沸点制冷剂液化时放出的热量加热空气,再利用它汽化时的吸热作用使木材蒸发的水分冷凝为液体并排出室外。除湿干燥机主要有单热源、双热源、高温、回热型及通风型几种。除湿干燥是一种节能、环保的干燥技术,但由于存在升温慢、干燥时间长、生产效率低、木材表面易硬化等问题,该技术没有得到推广应用,一般都是采用其他辅助热源与其配合干燥木材来达到预期效果(王艳伟等,2014)。

太阳能干燥技术一般分为温室型和集热器型两种,实际应用中还有两者结合的半温室型、整体式及各种能源联合的太阳能干燥室(张碧光,2008)。由于其具有间歇性、不稳定性、能流密度低、干燥周期长、设备投资大、维修费用高等缺点阻碍了推广应用。目前,这项技术的应用还需要与其他辅助能源结合,如热泵、蒸汽、炉气等。利用太阳能干燥木材的研究和推广应用工作已在世界上许多国家展开,欧洲及美国、日本、澳大利亚等发达国家在这方面做了大量工作,发展中国家印度,甚至欠发达国家新几内亚、孟加拉国等都有成功的例子(樊军庆等,2008)。

美国、日本等国家的学者早在20世纪60年代就开始研究将微波干燥技术应用于木材干燥中,其原理是以湿木材中的水分作为电解质,在电磁场作用下,木材中的水分子极化,在电磁场频繁交变的引力下,水分子之间摩擦生热,使木材得到干燥(王艳伟等,2014)。微波干燥速度快、热量分布均匀,杀虫灭菌效果好,高效节能,最主要的是干燥应力小。

木材联合干燥可以弥补单一干燥方法存在的不足,实现优势互补,节能降耗,提高干燥质量。目前,主要的几种联合干燥技术有蒸汽-热泵、太阳能-热泵、高频-真空、高频-对流、微波-真空等几种(王艳伟等,2014)。

2.2.1.3 木材热处理技术

近年来,芬兰、德国、法国、荷兰、日本等国家相继掀起了木材热处理技术