

木竹天然纤维 绿色复合材料

何洪城 邓腊云 袁光明 ◎ 等著



MUZHU TIANRAN XIANWEI
LVSE FUHE CAILIAO



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

木竹天然纤维绿色复合材料

何洪城 邓腊云 袁光明 等 著



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

· 长 沙 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

木竹天然纤维绿色复合材料 / 何洪城等著. —长沙:
中南大学出版社, 2019. 8

ISBN 978 - 7 - 5487 - 3534 - 2

I. ①木… II. ①何… III. ①木材—复合材料②竹材—
复合材料 IV. ①TB332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 007916 号

木竹天然纤维绿色复合材料

何洪城 邓腊云 袁光明 等 著

☐责任编辑 谭 平

☐责任印制 易建国

☐出版发行 中南大学出版社

社址: 长沙市麓山南路

邮编: 410083

发行科电话: 0731 - 88876770

传真: 0731 - 88710482

☐印 装 长沙印通印刷有限公司

☐开 本 710 × 1000 1/16 ☐印张 9 ☐字数 165 千字

☐版 次 2019 年 8 月第 1 版 ☐2019 年 8 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978 - 7 - 5487 - 3534 - 2

☐定 价 48.00 元

图书出现印装问题, 请与经销商调换

前言

Preface

利用天然植物纤维制备天然纤维复合材料是近年来国内外蓬勃兴起的一种新型复合材料技术。与玻璃纤维增强复合材料相比,天然纤维复合材料具有密度低、隔音效果好、比性能高、可回收、价格低廉、人体亲和性好等优点,尤其是其纤维原料是可再生资源,可生物降解,能减轻由此带来的环境问题,可广泛用于汽车、建材、家具、物流包装等行业。在崇尚利用绿色资源的今天,充分利用天然植物纤维的潜力,发挥其独特的功能和特性,研究新型天然纤维复合材料,拓展新的应用领域,将面临很大的发展机遇。木竹纤维作为一种来源广泛、可再生的天然纤维,是复合材料的优良增强材料。木竹纤维复合材料具有绿色环保、可赋予阻燃等功能性特点,在国民经济和城乡建设中的地位日益增强。近年来,围绕木竹资源高效增值利用的研究已成为国内外新材料领域的研究热点,相关产业的发展也比较迅速,木竹纤维复合材料在室内装饰材料、汽车零部件、体育器材、航空材料等领域均获得较大的发展。为总结在木竹纤维复合材料领域的最新研究成果,我们收集了该领域的多名专家、教授的技术研究成果编纂成集,旨在为从事复合材料研究以及热爱木竹纤维复合材料的工作者了解该领域的前沿发展、拓宽视野提供一些指导和帮助。

全书共分为四章。第1章木竹纤维复合材料研究进展,简要概述了国内外木材与纤维复合材料研究现状及生物可降解木质天然纤维复合材料研究进展;第2章木竹纤维表面处理技术,重点介绍了木竹纤维复合材料生产中纤维表面改性技术对复合材料的性能影响;第3章木竹纤维复合材料性能研究,主要介绍了木竹纤维复合材料的制备过程中不同组分对各项性能的影响;第4章木竹

纤维复合材料成型工艺,简要介绍了木竹纤维复合材料的加工成型技术及工艺,以及产品应用及产业化。

本书由何洪城、邓腊云、袁光明等著。第1章由何洪城、邓腊云、陈超撰写;第2章由袁光明、罗卫华、胡云楚、何霄、谭林朋、肖罗喜、邓鑫、牟明明,陈世尧撰写;第3章由吴义强、袁光明、何洪城、胡云楚、罗卫华、刘元、吴志平、邓腊云、何霄、谭林朋、肖罗喜、张荣荣、袁彩霞、冯斯宇、袁利萍、张威、王正良、曹兴、李邦、刘美华、周钢、杨素文、田梁才、黄自知、陈超、赵可欣撰写;第4章由邓腊云、何洪城、吴文文、陈超、唐洁撰写。

本书得到了国家林业公益性行业科研专项经费项目(项目编号 201504503)的出版资助。

由于著者水平有限,不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

著者

2019年7月

目录 Contents

第 1 章 木竹纤维复合材料研究进展.....	1
1.1 美国木材与纤维复合材料研究现状	1
1.2 生物可降解木质天然纤维复合材料研究进展	9
第 2 章 木竹纤维表面处理技术	18
2.1 表面改性对纳米 SiO ₂ 增强木纤维/PP 复合材料微观结构及性能的影响	18
2.2 表面改性纳米 SiO ₂ - 木质纤维/PVC 复合材料性能	27
第 3 章 木竹纤维复合材料性能研究	39
3.1 纳米 Al ₂ O ₃ 增强木塑复合材料的制备与性能研究	39
3.2 杉木 - 纳米 SiO ₂ 复合材料结构表征及复合机理研究	49
3.3 纳米 Al ₂ O ₃ 木纤维/PP 复合材料力学性能研究	55
3.4 植物纤维复合装饰板纤维含量对性能的影响研究	62
3.5 CaCO ₃ 粒子对天然纤维增强柔性复合地板性能的影响研究	67
3.6 纤维素纳米晶/聚乳酸复合材料的制备与性能研究	75
3.7 淀粉纳米晶/聚乳酸复合材料的制备与性能研究	83

3.8 增容纳米纤维素/聚乳酸复合材料的制备与性能研究	90
3.9 APP 硅化泡桐木的制备及其燃烧特性研究	98
3.10 海泡石与 APP 对 PVC 竹塑复合材料的阻燃抑烟机理研究	105
第4章 木竹纤维复合材料成型工艺	126
4.1 一种新型绿色复合材料——柔性木质纤维复合板的生产工艺	126
4.2 生态木竹纤维复合装饰板材成型工艺	130
后 记	137

第1章 木竹纤维复合材料研究进展

1.1 美国木材与纤维复合材料研究现状

美国在木材学、木材化学、木结构工程学、木材保护学、木材环境学、木制品先进制造技术、木基复合材料、木质重组材料、木质生态环境材料和木材生物质能源等研究领域均有比较深入的研究。第二次世界大战之后,美国在木材科学领域的研究由一开始的开发型转向基础研究型。例如,木材解剖、木材物理、木材力学及木材化学的研究,木材及木制品的工程性能研究,病虫害侵入木材机理及其防治方法研究,木材的能源利用——液体燃料制造研究,太阳能干燥及干燥工艺的计算机控制等。20世纪70年代末,森林资源的稀缺性日益显现,美国开始在木材特别是小材、硬材、劣质木材、木材剩余物等用作工程材料或其他工业原料的应用技术、加工技术和保护技术,以及缩短木材生长期和提高林地生产力的技术方法等领域进行广泛深入的研究。由于木材具有固碳、可再生、可自然降解、美观和调节室内环境等天然属性,已成为人们最亲密的建筑材料,广泛应用于室内外环境。近年来,林学家也积极参与木材科学研究,从树木遗传学角度认识和改良木材的基本特性。

1.1.1 对实体木材进行了系统深入的基础及应用研究

1. 商用木材的基础研究

木材具有良好的环境优势,作为一种绿色材料被广泛用作建筑材料,其独特的优良性能使其具有广泛的应用空间和市场。美国是一个木材资源十分丰富的国家,阔叶木树种有红橡、白橡、樱桃、黑胡桃、枫木、桦木、水曲柳、山核桃、榉木、鹅掌楸等,针叶木树种有花旗松、云杉、铁杉、红雪松、南方松、湿地松等。由于普通民用住宅及公共建筑均大量使用木材,木材需求量巨大,每年需要进口大量木材以满足国内需求。虽然美国阔叶木锯材的出口贸易已扩大到世界140个国家,但其仍是木材净进口国。美国对各种木材均有系统深入的

研究,如木材解剖学、木材化学、木材物理学以及木材改性等。同时对国内各种常用商品木材的分布、切屑性能、胶合性能、尺寸稳定性、装饰性能、防腐性能及主要用途等都有详细的研究,从而为木材的合理利用提供了重要的技术参数和基础数据。

美国对各地区室内用木材的平均含水率做了详细的统计分析,并提出推荐值,以适应各州对使用木制品不同含水率的控制。美国在房屋建筑中大量使用木材作为结构和装饰用材,对房屋建筑中不同部件结构用材的常用连接方法进行了详细的研究,对每种木结构梁柱均进行了力学分析,这为木材在民用工程中的科学利用提供了指导。红橡是美国的国树,是北美洲东部土生土长的树种,也是最丰产的美国硬木,因此美国对红橡木材干燥过程的含水率和应力分布的研究尤其成熟。

美国在木材科学领域的基础性研究为木材的工业化及工程化利用提供了重要的技术参数,促进了木材工业的深入发展,也为国际前沿木材科学提供了重要的研究方法和技术指导。

2. 可持续发展的美国木材产业体系

美国阔叶木外销委员会(AHEC)是一个具有代表性的商会,旨在向全球提供整系列的美国阔叶木产品,会员包括美国阔叶木出口商及大部分主要的美国阔叶木产品商贸协会。AHEC 协助会员进行美国阔叶木材在整个欧洲、中东及印度地区的推广,专为美国阔叶木材海外市场提供信息及服务。美国联邦法例规定每 10 年进行一次全国性的森林资源调查,有关林业可持续发展的可靠数据及客观证明随时可以在评估报告中找到。报告显示,在过去 50 年,美国森林的阔叶木资源倍增,其采伐强度一直远低于生长速度。目前,美国阔叶木资源已超过 100 亿 m^3 ,每年正以 4000 万 m^3 的速度增长。美国依靠一套有效的监管架构来执行可持续发展的森林管理模式。所有森林拥有者都要遵守联邦法例,保护濒危物种的生长地。有的州已实施严格的规例,监管私人土地上有关森林管理的各个方面,评估报告显示,这些规例整体上有所增加。美国阔叶木板材行业之所以能够将制造过程中产生的废物减至全球最少,有赖于其应用一套沿用了 100 多年、获得国际广泛认可的全美硬木板材协会(NHLA)分等规则。为了尽量开发美国的阔叶木材资源,AHEC 致力于市场推广,扩大市场对美国阔叶木锯材的需求。2010 年,AHEC 启动了国际阔叶材领域最大的环境生命周期评价(LCA)研究,其中涉及的环境生命周期清单数据编译,覆盖了主要的美国出口阔叶材品种,从采伐、干燥、加工,以至分配、输送到欧洲和亚洲的整个过程中的每一个环节来衡量评估产品生命周期对环境的影响。

1.1.2 在结构层积材利用方面具有较高的研究与应用水平

在美国,普通民居房屋的木材使用量一般在50%左右,但根据南北气候及习惯的不同有所差异。除了基座和起隔音作用的墙体以外,许多地方均可采用木结构,甚至有的还用木材做屋面材料。结构层积材主要是单板层积材,由于其具有完整的力学性能参数及建筑标准,被大量用作建筑结构材。20世纪70年代,美国的木材需求量增长较快,木材资源的紧张导致木材价格上升较快,同时由于石化技术的发展,合成树脂的成本降低,这为单板层积材的发展提供了机遇。单板层积材现已广泛应用于建筑托梁的生产中,其原料主要采用中低密度($0.29 \sim 0.693 \text{ g/cm}^3$)的针叶木材,如松木、冷杉以及智利南洋杉等。在北美市场,有61%的单板层积材被用作工字形楼板托梁,31%被用作桁架和梁柱,8%被用作枕木和承重墙等。2005年,北美单板层积材产量已经达到256.4万 m^3 ,且每年都保持增长。单板层积材现已成为北美发展最快的人造板材品种之一,美国是最大的建筑单板层积材生产国和消费国。

1.1.3 木材基、纤维基先进复合材料研究有较大发展

20世纪70年代以来,美国在木材基复合材料研究方面取得较大发展,尤其是在对低劣质木材综合利用研究中开发了多种新产品。目前,在美国得到广泛应用的有木塑复合材料、定向刨花板、阻燃处理木材、天然纤维复合材料等。

1. 木塑复合材料

木塑复合材料(wood plastic composite, WPC)是指利用聚乙烯、聚丙烯和聚氯乙烯等代替通常的树脂胶粘剂,与超过50%以上的木粉、稻壳、秸秆等天然纤维混合成新的木质材料,经挤压、模压、注射成型等塑料加工工艺,生产出的板材或型材。木塑复合材料综合了木材的易加工性以及塑料加工方法的多样性和灵活性,具有耐腐蚀、不怕虫蛀、耐用、不吸水、尺寸稳定性高、原材料来源广泛等特点,在园林景观、物流包装、室内装饰等行业得到广泛应用。

20世纪90年代初,Trex公司开始生产实体木塑复合材料,其由50%左右的木纤维和聚乙烯组成,可以加工成铺盖板、园林风景用木、户外餐桌、工厂地板材料等,类似的复合材料还可以铣成门窗件。1996年美国数家公司开始用木材纤维(或其他天然纤维)与塑料混合生产颗粒型原料,用于生产木塑复合材料。目前,美国仍然以木材-聚丙烯片材作为室内装饰的基材,美国一家大公司采用德国工艺用天然纤维和聚丙烯及聚酯复合材生产的汽车侧门板(quarter panels),其侧面碰撞试验可以达到4星级,类似的技术也被用于许多其他汽车

内衬件的生产。

2. 定向刨花板

定向刨花板(oriented strand board, OSB)的内部结构非常紧密,有较多的长纤维,有出色的承载能力、抗冲击性、握钉力和稳定性。定向刨花板表面一般覆以锯末、碎屑等细料,以此来增加表面光洁度,芯部则是定向刨花的结构板材。定向刨花板一般为5层结构:上下2个表层为细料;中间2层为纵向定向刨花;芯层为横向定向刨花。其板坯可在连续式多头成型机上一次铺装成型,可用作板式家具的承载构件(侧主板、搁板等)。定向刨花板表层刨花与定向的芯层刨花互相垂直交错,其性能与胶合板相似,常代替胶合板作结构材使用。由于定向刨花板充分利用了小径材、速生材以及加工剩余物,提高了木材的利用率,减少了对森林实木资源的依赖,且具有普通刨花板所不具备的特点,所以得到迅速发展。

从20世纪80年代中期开始,OSB大量替代胶合板和纤维板使用。同时小径枝丫材OSB技术也取得了较大的进展,将那些不能刨切刨花的枝丫材直接碾压成条状物料,再在表层铺以刨花,由此制成的定向刨花板具有比普通OSB更好的结构力学性能。目前,美国拥有37条OSB生产线,年产量达1367.77万 m^3 。世界上OSB生产能力最大的是美国的Louisiana-Pacific公司,其次是Weyerhaeuser公司。美国的定向刨花板广泛应用于国内的各种民用房屋建筑,用作木结构建筑的屋顶、楼板、内外墙板等,在包装、运输等工业领域也应用广泛,如用于生产包装箱、托盘、集装箱底板、车辆底板、商品货架等。OSB已逐渐成为美国人造板产业的一种主导产品,并在全世界越来越被人们所接受。

3. 阻燃处理木材

阻燃处理木材均采用在一定的压力作用下浸渍阻燃剂,再干燥的方法制成。美国阻燃处理木材(fire retardant treated wood, FRT Wood)的生产始于第二次世界大战后,目前已经形成包括企业、科研单位和协会在内的较为成熟的行业。由于美国对木结构建筑的青睐,木材广泛用作屋顶桁架、衬板、立柱、地板、龙骨等室内外建筑用材,因此对于阻燃处理木材的需求巨大。美国在阻燃处理木材产品的规格、用途、处理方法、阻燃剂、检测方法以及评价等方面建立了比较规范的体系。其建筑材料燃烧性能分级体系以ASTME84“Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials”为基础,该试验方法标准用于测定建筑材料的火焰传播速率,并同时测定烟雾浓度。美国的Arch、Osmose等公司研制生产阻燃处理木材产品时间长,生产规模大。他们均

使用自主研发的阻燃剂,独立或者与木材处理工厂合作生产阻燃处理木材产品。Arch 公司自主研发的阻燃剂 Dricon 配方已被美国木材保护协会列为其两个阻燃剂配方标准之一,Osiose 公司自主研发的 FirePro 阻燃剂对木材的强度、持久性、腐蚀性以及吸潮性的影响极小。

4. 天然纤维复合材料

天然纤维具有密度低、绝缘、隔热、价廉、资源丰富、可回收、可降解、可再生等性能特点,在相关的建筑工业和汽车工业中得到广泛应用,并拥有广阔的市场发展前景。从 20 世纪 90 年代开始,天然纤维复合材料(natural fiber composites, NFC)成为全球研究的热点。其中麻纤维是天然纤维中长度最长的,纤维的结晶度、取向度和纵向弹性模量均较高,很适合作为树脂基复合材料的增强体。天然纤维复合材料一般以聚酯或聚丙烯为基体树脂,以亚麻、大麻、洋麻或剑麻纤维为增强材料。近年来,天然纤维复合材料是在欧美所有复合材料中需求增长最快的产品之一,平均增长率高达 25%,2005—2009 年天然纤维复合材料汽车零部件的平均年增长率为 50%。其在美国已形成从研发、原材料收集、设备制造、模具制造、成品制作,到市场营销的完整产业。

美国 Lucintel 公司在其《2011—2016 年天然纤维复合材料市场趋势、预测和机遇分析》的研究报告中表明,天然纤维复合材料具有比强度高、在汽车工业中有很大的优势。现在已有多种汽车部件采用天然纤维复合材料制造,汽车工业选用天然纤维复合材料的主要动力是源于其价格、重量以及营销方面的优势,产品范围已不再限于内饰件和车门以及后架之类的非结构件。天然纤维增强热塑性复合材料具有天然的纹理和颜色,而且具有非常高的刚性和强度,以及无可比拟的抗冲击性能,在传统的交通运输、电子产品和体育器材方面具有广泛的应用潜力。

5. 木基纳米复合材料

纳米复合材料是近年来出现的一种新型复合材料。由于纳米粒子具有许多优点,如表面效应、小尺寸效应、量子尺寸效应、宏观量子隧道效应等,使其在许多领域中都得到应用,并发挥出其独特的性能。木基纳米复合材料是以尺寸为 1~100 nm 的金属微粒或纳米氧化物微粒为分散相,以木材为载体,按照一定设计实现某种特定性能的新型材料。无机纳米材料与木材复合机理的研究目前还不成熟,还需要进一步开展实际应用研究。可以通过借鉴纳米材料化学和表面材料物理学的原理与技术手段,进行木材无机纳米材料复合机理研究,若取得突破,将会对木材纳米复合材料产生巨大的推动作用,还可推广至其他纤

维质材料与纳米材料复合的研究。

美国为了保持和增强木材工业的国际竞争力,提出了依靠纳米科技振兴木材工业的发展战略,把纳米技术作为木材及造纸工业等林产品科研机构未来研究方向。美国林务局参与国际纳米研究组织和协调机构,并积极推动纳米技术与林产工业界的合作。2004年,美国编写了《森林工业纳米技术构想》,并制定了《森林工业纳米技术发展路线》,将木材纳米材料的研究重点放在木材的性质和特有的纳米尺度组分上,研究具有成本和效率优势的纳米木基复合材料。

1.1.4 在木材化学利用新材料方面取得新突破

1. 木材液化物碳纤维及复合材料

碳纤维是指含碳量 90% 以上的高强度、高模量纤维,根据原料及生产方式的不同,主要分为聚丙烯腈(PAN)基碳纤维、沥青基碳纤维和黏胶基碳纤维。碳纤维是一种力学性能非常优异的新材料,它的比重不到钢的 1/4。碳纤维树脂复合材料的抗拉强度一般都在 3500 MPa 以上,是钢的 7~9 倍,抗拉弹性模量为 2.3 万~4.3 万 MPa,亦高于钢,因此在航空航天、汽车构件、风力发电叶片、石油钻探等高科技领域内有着广泛的应用。碳纤维及其复合材料以突出的比强度、比模量、耐热、耐腐蚀、导电等特点,成为当今世界上最重要最先进的材料,是进入 21 世纪以来最受青睐的纤维增强材料。随着石化资源的日益短缺和环境的不断恶化,研究碳纤维石化原料的可替代资源显得非常重要。

20 世纪 50 年代末以来,以木材等可再生木质资源为原料的碳纤维研究开始兴起,美国缅因大学先进结构与复合材料中心副主任 M. Shaler 教授将木材液化后制备出与通用聚丙烯腈(PAN)基碳纤维强度相当的木材液化物碳纤维。美国 Zoltek 公司、Hercules 公司和 Amoco 公司是碳纤维生产的大型企业,生产的工业级碳纤维广泛应用于交通、汽车、能源、土木建筑、压力容器等领域。Stoughton Composites Inc 公司开发的碳纤维复合材料集装箱,具有箱体重量轻、耐腐蚀、保养方便等优点。

2. 木材陶瓷材料

用木材或其他木质材料制备木材陶瓷、设计新多孔陶瓷材料的研究在国际上方兴未艾。以木陶瓷为模板,把具有热塑性的导热性、导电性优异的金属材料(如 Al、Mg、Cu 等)浸入到脆性大的木陶瓷材料中,从而获得一种具有两相或多相互穿网络结构的木陶瓷/金属复合材料,以改进材料的韧性、导热性和导电性等。这种复合材料因其优良的力学性能、热学性能、摩擦性能和阻尼性

能等受到了广泛的关注,具有广阔的应用前景。

利用美国能源部太平洋西北国家实验室开发出一种化学工艺,材料科学家研发出2种新陶瓷材料。通过将木材浸入酸中,再浸入钛或硅乳化液,然后在1400℃充氩炉中烘干,可将木材转化成比钢硬且可耐高温的材料。这种材料综合了金属的硬度和碳的大表面特性,木材的原始纤维素结构在其中起着支架的作用,硅或钛与遗留在纤维素中的碳结合生成碳化硅或碳化钛。这种材料为尖端催化剂研究提供了广阔的前景,也为切割工具、研磨和涂层等领域提供了新研究方向。美国华盛顿大学研究出一种木材陶瓷材料,通过把木材浸入四乙氧基硅烷并放入500℃的固化炉内处理,得到了一种硬度大、强度好、可着色、具有木材纹理的木材陶瓷。

3. 活性炭纤维吸附及过滤材料

活性炭纤维是继粉状活性炭与粒状活性炭之后出现的第三代活性炭产品。20世纪70年代以来逐步兴起的活性炭纤维是随着碳纤维工业发展起来的一种新型、高效的吸附材料。与粉状活性炭、粒状活性炭和炭渣等炭材料相比,活性炭纤维材料具有孔隙和比表面积更大、吸附力更强、滤阻小、更易清洁等特点,可以在-80℃至2500℃的环境下正常工作,耐腐蚀性极强,可应用于不同的环境。碳纤维材料的再生性很强,可反复使用,从而可降低应用成本。因其具有可高达3000 m²/g的超大比表面积,对油脂类物质有极强的吸附能力,饱和值最高可达80倍,吸油后可以浮于水面,易于捕捞,且不产生污染,非常适合应用于海水油污回收清洁去除等。因其吸附力远远超过一般市场上常见的炭材料过滤制品,对染料脱色、化学物质的吸附效果也极为出色,故在石油、化工、制药、农药、印染等涉及除油、脱色、无毒化水处理领域中具有良好的应用前景。并在水处理、食品和制药工业的液流纯化、空气净化等领域发挥了重要作用。

在美国,由于环境排放指标严格,活性炭的需求非常旺盛,并保持着较高的递增速度。未来几年,美国活性炭需求将以年均15.8%的速度快速增长。威斯康星大学和乔治亚理工学院对特殊用途的活性炭纤维产品进行了研究,研发的滤芯产品广泛应用于电镀、微电子、半导体和食品饮料等工业。

1.1.5 木材生物质能源产业蓬勃发展

开发新的可再生能源原料是美国能源部研究和发展的一个重要领域,根据美国能源部(DOE)能源情报署(EIA)发布的《能源评论月报》(*Monthly Energy Review*)2009年年终数据显示,2009年美国全国共消耗7815万亿BTU可再生

能源,其中包括 3980 万亿 BTU 的生物质能源(包括木材、废料、生物燃料)。2007 年美国立法指令要求到 2022 年每年必须提供 160 亿加仑的纤维素乙醇,2008 年《农业法案》为每加仑纤维素乙醇提供 1.01 美元的补助,更为纤维生物燃料的发展提供了强有力的支持。森林采伐和木材加工剩余物是纤维素乙醇产业的重要原料,位于明尼苏达州德卢斯市的天然资源研究所正在研究如何利用木材来生产乙醇。

目前美国木材能源利用主要有以下几个发展方向:①固体能源利用。主要是加工成颗粒燃料或热解碳化固体,用于采暖或供热系统。②液态能源利用。主要是将木材纤维素、半纤维素乙醇化,用于汽车燃料及其他燃料,以缓解玉米、大豆等农产品乙醇化产业的原料供应短缺状况。③木本油料生物柴油研究。主要是以油料作物或食用油所产生的废油为原料生产生物柴油,作为矿物柴油的替代品。

1.1.6 对我国木材及其纤维复合材料研究的建议

1. 系统地开展木材材性等基础及应用研究

中国已成为世界木材产业大国,但并非木材产业强国,木材资源严重依赖进口。目前,世界木材产业的发展已变成资源和技术的竞争。随着我国木材资源培育和储备战略的实施,我国木材资源在未来将逐步扭转过度依赖进口的局面,一些省份已开始逐步挖掘乡土木材资源的培育和利用潜力,如湖南省开展了“无节良材”“乡土珍贵木材”培育等木材战略储备工作。因此,我国应该继续加强木材资源的系统基础研究,对各种商品民用木材的性质、利用价值、营林管理、产业发展模式等进行研究,建立起支撑我国木材产业可持续发展并保持较强竞争力的技术体系。建议尽快组织相关力量编制《主要商业用木材手册》《各类建筑用实体木材及结构层积材质量标准》《建筑木材设计规范》等工具书。

2. 加快环境友好型木质纤维复合材料的研发

天然纤维复合材料由于其优良的性能已成为国际新材料领域的研究热点,天然纤维复合材料在工业领域的广泛应用已成为一个引人注目的亮点,国内外的研究机构正在加紧对高性能天然纤维复合材料的研究和开发。研发高性能的天然纤维复合材料对促进传统产业的升级、提升产业的国际竞争力具有重要意义。目前,我国对天然纤维复合材料的研究还落后于发达国家,但市场应用前景却十分广阔。应加快高性能天然纤维复合材料的研发,扩大产品的应用范

围,特别是在汽车、环保、建筑装饰、机械装备、体育器材等领域的应用。

3. 加强木材化学及能源利用研究

重点应加强木质纤维化学利用、木质素和多聚糖等深加工利用、木材炭化固体能源及纤维转化液体能源利用等有较高附加值产品的研发。

1.2 生物可降解木质天然纤维复合材料研究进展

1.2.1 引言

天然纤维复合材料(natural fiber reinforced plastics, NFRP)是指利用天然纤维与热塑性树脂基体或热固性树脂基体复合而成的一种新型材料。它是复合材料领域的一朵奇葩,与玻璃纤维等其他合成纤维增强复合材料相比,具有密度低,隔音效果好,比性能、比强度和比模量高的特点。同时价廉质轻、人体亲和性好,最关键的是天然纤维属可再生资源,可自然降解,不会对环境造成危害。由这些可再生资源得到的天然纤维增强材料一般都具有生物可降解性,属环境友好型“绿色产品”,符合可持续发展战略。几年前可再生资源的研究已列入国际24个前沿领域之一,而且各国都已投入大量资金对它们进行研究与开发。美国能源部(DOE)预计,到2020年来自植物可再生资源的基本化学结构材料要增加到10%,到2050年要达到50%。

本书所指生物可降解木质天然纤维复合材料是指利用可降解的木质天然纤维和可降解的生物树脂所生产的复合材料。这种复合材料的研发不仅对材料科学家们是一个巨大的激励,而且为提高人们生活水平创造了更好的机会。许多可再生材料都是以农产品作为原料,所生产的非食品材料将会成为发展中国家农业和农村地区经济发展的原料来源。最近几年这些纤维产品的使用不断增加,表1-1为一些农业废弃物的开发用途。

表1-1 部分农业废弃物全球产量和用途

废弃物	处理业	2010 年年产量/ 10^6 t	用途
甘蔗渣	奶糖厂	5.0	绝缘板
玉米芯和秸秆	农场	14.0	建筑板
椰子壳和副产品	椰子厂	3.0	屋顶, 复合材料, 砖

续表 1-1

废弃物	处理业	2010 年年产量/ 10^6 t	用途
黄麻根和树皮	黄麻厂	5.0	屋面, 复合材料
稻壳	碾米厂	25.0	刨花板, 水泥, 化学品, 浓缩硅粉
花生壳	农场和花生油厂	2.5	复合材料, 绝缘板
水稻和小麦秸秆	农场	90.0 和 33.0	复合材料, 纤维板

开发生物可降解木质天然纤维复合材料, 有利于带动林业新兴产业形成, 有利于为森林资源开辟新的应用领域, 提高其应用效率和附加值, 有利于推动林区经济发展。同时还可以拓宽天然纤维的应用范围, 刺激天然纤维的农业生产, 对调整农村产业结构、发展以天然纤维为基础的高新技术产业、提高农副产品的附加值、促进我国在材料科学方面的发展具有十分重要的意义。

1.2.2 木质天然纤维复合材料

木质天然纤维复合材料主要由木质天然纤维材料和生物树脂材料组成。

1. 木质天然纤维材料

早在 20 世纪 40 年代, 木质纤维素(LC)材料就已经用于复合材料的制备。但由于多方面原因, 无法达到合成纤维的一些力学性能, 故被应用得很少。木质纤维是空洞性纤维, 具有好的热稳定性和声学绝缘性, 比合成纤维对环境危害更小, 随着人们生态环境意识的增强和可持续发展的需要, 将越来越广泛地使用。

木质纤维广泛存在于自然界中, 一些热带地区尤为丰富, 每年从农业废弃物中提取的木质纤维可达 2.5×10^9 Mt。随着木质纤维复合材料的广泛应用, 已取代了塑料材料在材料领域内的主导地位, 不仅减少了对石油产品的依赖, 而且还降低了全球二氧化碳含量, 同时还增加了农村地区就业机会。由于木质纤维复合材料具有众多优点, 其市场不断增长, 在北美, 市场规模从 2000 年的 1.55 亿美元, 预计到 2025 年可增长至 13.8 亿美元。通常用作木质天然复合材料的纤维有木纤维、竹纤维、麻纤维、秸秆纤维等, 这些纤维的力学性能往往超过大多数常用的增塑剂。其刚度可达 130 ~ 140 GPa, 抗拉强度可达 7 GPa, 而合成芳纶纤维的刚度和抗拉强度分别为 180 GPa 和 3 ~ 4 GPa。对于混合生物降解材料, 人们也有一些尝试, 但是不同木质纤维之间的复合, 其化学成分、拉伸性能、成型工艺以及使用还有待深入研究。