

生物质材料丛书

# 木塑复合材料的表面 处理与胶接

邸明伟 王清文 著



科学出版社

生物质材料丛书

# 木塑复合材料的表面处理与胶接

邸明伟 王清文 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书较为全面系统地介绍了木塑复合材料的表面处理方法与胶接技术, 主要内容包括木塑复合材料概述、胶黏剂与胶接技术、木塑复合材料的表面性质与表征、木塑复合材料的表面处理技术、木塑复合材料的胶接耐久性及木塑复合材料胶接接头的无损检测, 具有内容丰富、简明易懂、注重应用实例的特点。

本书适合材料科学与工程、木材科学与技术等专业技术人员和科技工作者阅读参考, 同时可作为相关学科专业的本科生和研究生的教材或参考书使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

木塑复合材料的表面处理与胶接/邸明伟, 王清文著. —北京: 科学出版社, 2016.3

(生物质材料丛书)

ISBN 978-7-03-047807-8

I. ①木… II. ①邸… ②王… III. ①木材-复合材料-表面-处理  
②木材-复合材料-表面-胶接 IV. ①TB332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 056075 号

责任编辑: 周巧龙 / 责任校对: 彭珍珍  
责任印制: 徐晓晨 / 封面设计: 耕者设计工作室

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

北京九州迅驰传媒文化有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2016 年 3 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2016 年 3 月第一次印刷 印张: 19 1/2

字数: 384 000

定价: 98.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

# “生物质材料丛书”

## 编写委员会

主 编 王清文

编 委 (以汉语拼音为序)

邸明伟、高振华、王清文

王伟宏、谢延军、于海鹏

## “生物质材料丛书”序

生物质 (Biomass) 是由植物、动物和微生物的生命活动所产生的天然有机物质, 其总量之大可能超出人们的想象——据生物学家估算, 目前全球每年产生约 1500 亿吨生物质, 地球表面曾经存在过的生物体的总量大约是地球质量的数十倍! 植物以二氧化碳和水为原料通过光合作用所产生的生物质, 一般由纤维素、半纤维素和木质素三种主要高分子以及淀粉、果胶、蛋白质、抽提物等其他多种成分构成, 通常以各种形态的木材、竹材、藤材、秸秆、果壳等形式存在。生物质的巨大储量和自然再生、零碳排放属性, 决定了生物质资源是社会可持续发展和生态文明建设的重要物质基础。

生物质资源利用的主要途径, 一是通过热化学和生物技术等手段制备生物质能源和化学品, 包括固体、液体和气体状态的各种燃料与平台化合物, 是可永续利用的再生能源和基本化工原料; 二是通过物理化学改性、生物技术转化以及异质复合等方法制备生物质材料 (Biomass Materials), 作为典型的生态环境材料广泛服务于人们的住与行, 尤其在园林景观、绿色家居、集成建筑、物流交通等应用领域前景广阔。

生物质材料拓展了传统木材加工产业的原料来源和产品应用领域, 木材竹材加工剩余物、低质木材、废旧木材、森林抚育采伐剩余物、农作物秸秆、果壳乃至城市固体有机垃圾等各种生物质纤维都是生物质材料的优质原料, 以改性功能化人工林速生材、生物质-聚合物复合材料 (俗称木塑复合材料)、生物质-无机质复合材料为代表的生物质新材料, 作为天然林优质珍贵木材的替代品和木质人造板、防腐木、家具与装饰材料、轻质保温建材以及交通工具用材等大宗材料的升级换代产品, 为传统产业升级和战略性新兴产业的形成开辟了新的途径, 从而推动生物质资源的高效率、高附加值利用。

十余年来, 在国家自然科学基金、“863”计划、国家科技支撑计划和国际科技合作专项等科研项目的资助下, 生物质材料科学与技术教育部重点实验室 (东北林业大学) 组织专家学者和研究生, 与企业密切配合, 针对生物质材料的结构设计、成型加工、性能评价和典型应用, 进行了较为系统的基础理论研究、共性关键技术创新和重点产品开发, 提出将现有两个孤立的生物质产业链 (生物质能源、生物质材料) 串联, 即以废旧生物质材料作为生物质能源的原料, 建立“生物质-生物质材料-生物质能源”产业链, 通过生物质产业链条的叠加实现生物质资源利用效益的最大化, 同时解决两个产业相

互争夺原料的问题。

“生物质材料丛书”以团队的系列研究成果为主线，同时吸收相关研究的国内外优秀成果，力求通过对大量翔实数据、研究论文、专利文献、工程化研究和产业化经验的深入分析，经系统总结和理论概括形成规律性认识，编辑成书以飨读者。内容涉及生物质材料的改性功能化、塑性加工、界面科学与流变学、阻燃理论与技术，木塑复合材料及其表面处理与胶接，基于蛋白质、木质素、纤维素的生物基新材料，生物质材料应用工程，以及废旧生物质材料的能源化学品转化等，可供从事生物质材料研究、教学、生产和应用的人士以及相关专业学生阅读参考。

感谢科学出版社对本丛书出版工作的大力支持，作者们尤其要感谢周巧龙高级编辑的鼓励、帮助和在整个出版过程中付出的艰辛！

谬误和不足之处，敬请读者批评指正！

王清文

2016年3月于广州

# 前 言

木塑复合材料（WPC）是以木材加工剩余物、废旧木材、农作物秸秆等木质纤维材料和废旧热塑性塑料为主要原料，通过挤出、压制等成型方式形成的复合材料。在全球塑料污染日益严重以及森林资源日渐枯竭的形势下，WPC产品恰好为废旧塑料的循环利用提供了良好的出路，同时其代木作用又对节省木材资源起到了不容忽视的效果。WPC产品充分体现了可再生资源的有效使用与石油产品的循环利用，对于缓解当前木材与石油资源紧缺、废弃物回收利用困难、环境污染严重等亟待解决的问题，具有十分重要的意义。

然而作为木塑复合材料，其制品连接方式的局限性极大地限制了其应用领域的进一步拓展，尤其是作为木塑复合材料典型代表的聚乙烯基和聚丙烯基木塑复合材料。常用的连接方式中，胶接连接有可能是简便实现木塑复合材料无缝连接的最佳方式。采用胶接工艺进行木塑复合材料的无缝连接，不仅可以美化木塑复合制品的外观，减轻木塑复合制品的质量，而且还可以通过无缝连接实现木塑复合制品的多样化，满足用户对大幅面或复杂形状木塑复合制品以及木塑复合材料与其他材料之间连接的需求，从而扩大使用范围。聚烯烃基木塑复合材料中的聚乙烯、聚丙烯成分表面能低，难以胶接，造成聚乙烯基和聚丙烯基木塑复合材料的粘接性能差，只有在对其进行表面处理，才可以实现以胶接技术进行的无缝连接。粘接是发生在表面的现象，因而被粘物表面的状态和性质对粘接的效果具有重要的影响。对胶接过程来说，被胶接材料的表面处理是重要的胶接工序之一。

尽管有关木塑复合材料的书籍层出不穷，然而到目前为止尚未见到有关木塑复合材料胶接方面的著作，鉴于此，作者在多年从事聚乙烯木塑复合材料表面处理与胶接工作的基础上，全面系统地介绍了木塑复合材料的表面特性、表面处理以及胶接技术，力图通过本书吸引更多的科技人员投身到生物质复合材料的胶接研究中来，以推动本学科的发展，促进生物质复合材料的综合开发和高效利用。

本书受林业公益性行业科研专项（201204802）、中央高校基本科研业务费专项资金（2572015EB01）和黑龙江省哈尔滨市科技创新人才研究专项（2014RFXXJ066）的资助，特致殷切谢意。在本书编写过程中，承蒙东北林业大学生物质材料科学与技术教育部重点实验室大力支持，同时也得到研究生赫彝姗、刘杨、陶岩、滕晓磊、王辉、贺媚等的大力协助，她们在资料收

集、文字校对等方面尽心尽力。在此一并致以深深的谢意！

鉴于本书内容广泛，加之作者水平有限，疏漏之处在所难免，恳请广大读者不吝指正。

著 者

2016年2月



# 目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 发展木塑复合材料的意义	1
1.2 木塑复合材料的应用	2
1.2.1 建筑材料	2
1.2.2 汽车配件	3
1.2.3 其他	4
1.3 木塑复合材料的连接	5
1.3.1 机械连接	5
1.3.2 焊接	6
1.3.3 胶接	6
参考文献	7
第 2 章 木塑复合材料概述	8
2.1 木塑复合材料的成分	8
2.1.1 木材及农业植物纤维	8
2.1.2 塑料	11
2.1.3 偶联剂及添加剂	12
2.2 木塑复合材料的成型方法	15
2.2.1 挤出成型	15
2.2.2 热压成型	16
2.2.3 模压成型	16
2.3 木塑复合材料的性能	16
2.3.1 木塑复合材料的一般性能	16
2.3.2 木塑复合材料性能的改进	18
2.3.3 木塑复合材料的耐老化性能	19
2.4 木塑复合材料制品	24
2.4.1 建筑工业用木塑复合材制品	25
2.4.2 汽车工业用木塑复合材制品	27
2.4.3 包装工业用木塑复合材制品	28
2.4.4 其他用木塑复合材制品	29
参考文献	29

<b>第 3 章 胶黏剂与胶接技术</b> .....	32
3.1 胶黏剂的分类与组成 .....	32
3.1.1 胶黏剂的分类 .....	32
3.1.2 胶黏剂的组成 .....	34
3.2 胶接技术 .....	38
3.2.1 胶接理论 .....	38
3.2.2 胶接工艺过程 .....	41
3.2.3 胶接强度 .....	41
3.2.4 胶接技术的特点 .....	42
3.3 胶接接头及其设计 .....	43
3.3.1 胶接接头的结构 .....	43
3.3.2 胶接接头的基本类型 .....	44
3.3.3 胶接接头的破坏类型与设计 .....	44
3.3.4 胶接接头的设计 .....	47
3.4 胶接表面的处理 .....	52
3.4.1 脱脂处理 .....	52
3.4.2 机械处理 .....	53
3.4.3 化学处理 .....	53
3.4.4 漂洗与干燥 .....	54
3.5 胶黏剂的使用 .....	54
3.5.1 胶黏剂的选用原则 .....	54
3.5.2 胶黏剂的配制与使用 .....	58
参考文献 .....	61
<b>第 4 章 木塑复合材料的表面性质与表征</b> .....	62
4.1 固体的表面化学基础 .....	62
4.1.1 固体的表面 .....	62
4.1.2 固体的表面现象 .....	67
4.2 材料表面性质的表征 .....	74
4.2.1 接触角测试 .....	75
4.2.2 红外光谱分析 .....	76
4.2.3 X 射线光电子能谱分析 .....	77
4.2.4 扫描电子显微镜观测 .....	78
4.2.5 原子力显微镜观测 .....	79
4.3 木塑复合材料的表面性质 .....	81
4.3.1 试验材料及测试方法 .....	81

4.3.2 表面润湿性能	82
4.3.3 表面形貌	83
4.3.4 表面结构	84
4.3.5 表面胶合性能	86
参考文献	87
<b>第5章 木塑复合材料的表面处理技术</b>	<b>89</b>
5.1 液相氧化处理	89
5.1.1 液相氧化处理方法	89
5.1.2 液相氧化处理对木塑复合材料表面性质的影响	94
5.2 机械打磨处理	103
5.2.1 机械打磨处理方法	103
5.2.2 机械打磨处理对木塑复合材料表面性质的影响	104
5.3 低温等离子体处理	108
5.3.1 低温等离子体处理方法	108
5.3.2 低温等离子体处理对木塑复合材料表面性质的影响	117
5.3.3 木塑复合材料等离子体处理的时效性	134
5.4 表面涂覆处理	140
5.4.1 表面涂覆处理方法	140
5.4.2 偶联剂涂覆处理对木塑复合材料表面性质的影响	144
5.5 协同表面处理	158
5.5.1 协同表面处理方法	158
5.5.2 协同表面处理对木塑复合材料表面性质的影响	160
参考文献	166
<b>第6章 木塑复合材料的胶接耐久性</b>	<b>172</b>
6.1 胶接耐久性	172
6.1.1 胶接耐久性概述	172
6.1.2 胶接耐久性的影响因素及评价方法	172
6.1.3 胶接耐久性的研究进展	177
6.2 木塑复合材料用胶黏剂	180
6.2.1 木塑复合材料用胶黏剂概述	180
6.2.2 环氧树脂胶黏剂	181
6.2.3 反应型丙烯酸酯胶黏剂	184
6.2.4 聚氨酯胶黏剂	186
6.2.5 热熔胶黏剂	189
6.3 木塑复合材料的胶接耐久性	194

---

6.3.1	木塑复合材料的胶接耐久性概述	194
6.3.2	液相氧化处理聚乙烯木塑复合材料的胶接耐久性	194
6.3.3	等离子体处理聚乙烯木塑复合材料的胶接耐久性	223
6.3.4	表面涂覆处理聚乙烯木塑复合材料的胶接耐久性	246
	参考文献	264
<b>第7章</b>	<b>木塑复合材料胶接接头的无损检测</b>	<b>268</b>
7.1	概述	268
7.1.1	无损检测概述	268
7.1.2	常用的无损检测方法	268
7.2	木质复合材料的无损检测	271
7.3	胶接接头的无损检测	272
7.4	木塑复合材料胶接接头的无损检测初探	273
7.4.1	不同胶种木塑胶接接头的分析	273
7.4.2	不同表面处理的木塑胶接接头的分析	284
7.4.3	不同固化程度的木塑胶接接头的分析	292
	参考文献	296

# 第1章 绪 论

木塑复合材料 (wood-plastic composites, WPC), 简称木塑复合材, 是以木材或木质纤维为基础材料, 将其与塑料 (或多种塑料) 复合而成的一类复合材料。用于制造木塑复合材料的热塑性塑料主要有聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP) 等聚烯烃和聚苯乙烯 (PS)、聚氯乙烯 (PVC), 包括新料、回收料以及二者的混合料。纤维部分最初是以木材为主要原料, 近几年也正向其他植物纤维材料拓展, 如木屑、稻壳、麦秸等资源丰富的天然植物纤维材料。木塑复合材料实际上已成为以各种植物纤维和各种不同塑料为主要原料, 通过一定工艺而制成的一类新型复合材料<sup>[1]</sup>。

由于兼具木材和塑料的优点, 木塑复合材料及其制品具备一系列的优良特性: ①耐虫蛀、耐老化、耐腐朽, 吸水性小, 使用寿命长; ②类似木质的外观, 但尺寸稳定性优于木材, 不会产生裂缝、翘曲且无木材疤痕, 有类似木材的二次加工性, 可切割、粘贴、用钉子或螺栓连接固定; ③比塑料硬度高, 具有热塑性塑料的加工性, 能重复使用和回收再利用, 有利于环境保护。鉴于上述优良特性, 木塑复合材料已在国民经济的诸多领域得到广泛应用。

## 1.1 发展木塑复合材料的意义

现代生活中人们对塑料的依赖性越来越强, 从简单的生活器具到昂贵的家用电器, 从日常办公用品到尖端科学仪器, 无处不昭示着塑料的存在。然而, 人们在享受便利生活、感叹科技发达的同时, 又被挥之不去的白色污染所困扰。

世界塑料的年产量已达 3 亿多吨, 在现有的城市固体废弃物中, 塑料的比例已达到 20%~30%, 而其中大部分是一次性使用的各类塑料包装制品。塑料废弃物的处理已不仅是塑料工业的问题, 还成为国际社会广泛关注的公害。目前城市塑料固体废弃物的处理主要采用填埋、焚烧和回收再利用等方法。填埋处理, 因塑料制品质大体轻, 不易腐烂, 会导致填埋地成为软质地基, 今后难以利用, 且会浪费大量的土地资源。焚烧处理投资大, 焚烧后产生大量温室气体, 对生态环境不利, 有些塑料焚烧时还会释放有害气体而污染大气。采用回收利用的方法, 由于耗费人工, 回收成本高, 且缺乏相应的回收渠道, 故而目前回收利用仅占全部塑料消费量的 15% 左右。不过由于世界石油资源有限, 从节约地球资源的角度考虑, 塑料的回收利用具有重大的意义。为此, 世界各国都投入大量人力、物力, 研发各种废旧塑料回收利用的关键技术, 致力于降低塑料回收利用的成本和开发其合适的应用领域。

2014 年我国塑料制品的产量达到 7400 万吨, 且自 2010 年以来, 我国塑料制

品产量整体一直保持稳步增长的态势<sup>[2]</sup>。然而,我国废旧塑料的回收却不尽如人意,2014年我国废旧塑料的回收量仅为2000万吨<sup>[3]</sup>;与此同时,国内再生塑料的利用一部分却还要依赖进口,2014年我国废旧塑料的进口量为825万吨<sup>[4]</sup>。在生产量激增的同时,塑料回收、分类、利用的能力与发达国家相比却存在很大差距,可见,塑料污染给我国带来的危害尤为严重。

此外,由于目前全球森林资源日渐枯竭,各国环境保护的意识不断提高,要求限伐、禁伐森林的法令不断颁布,对于木材的利用提出了更高的要求。一方面要尽量减少木材的采伐量,推进寻找木材的替代品;另一方面要提高木材的利用率。传统木材的使用中有25%~35%属于“废料”,如何将这些边角废料加以利用,已成为人们的关注热点。

在这种形势下,WPC产品恰好为废旧塑料的循环利用提供了良好的出路,它的代木作用又为节省木材资源起到了不容忽视的功效。木塑复合材料产品充分体现了可再生资源的有效使用与石油产品的循环利用,它的广泛应用对于缓解当前木材与石油资源紧缺、废弃物回收利用困难、环境污染严重等亟待解决的问题,具有十分重要的意义。

从生物质资源的利用角度来看,发展木塑复合材料意义重大。生物质利用的主要途径有两条,即生态环境材料(生物质材料)和可再生能源(生物质能)。将木材及其加工剩余物和秸秆等生物质材料与塑料、橡胶、合成纤维等聚合物材料及其废旧制品复合,制造高性能的木塑复合材料,是生物质高效利用的有效途径。以生物质材料纤维或粉末为原料制造木塑复合材料制品,废弃后可回收再生并循环使用;对于多次循环利用后降解严重的木塑复合材料,可作为燃料或者裂解的原料用于能源生产。可见,生物质→WPC(循环利用)→生物质能源,这种生物质资源的利用模式是一种集约、产业链长、附加值高的高效利用模式,完全符合发展循环经济和建设节约型社会的要求。

## 1.2 木塑复合材料的应用

木塑复合材料的最主要用途之一是替代实体木材在各领域中的应用,其中运用最广泛的是在建筑产品方面,占木塑复合用品总量的75%,如地板、护墙板、建筑模板、门窗型材、围栏和护栏,以及百叶窗和屋面板等;汽车工业份额占8%,如车门内装饰板、司机用杂物箱、备胎盖、座椅靠板、车顶内衬等。此外,还包括包装及运输业(如运输托盘、铁路枕木、船舶隔舱等)、家具业、办公室设备、体育设备等领域<sup>[5-7]</sup>。

### 1.2.1 建筑材料

聚氯乙烯型材的密度较大(约 $1.4\text{g}/\text{cm}^3$ ),实心聚烯烃 WPC 的密度也较高(一

一般为  $1.1\sim 1.3\text{g/cm}^3$ ), 利用发泡技术制造的聚氯乙烯发泡 WPC 型材, 其密度可降至  $0.6\sim 0.8\text{g/cm}^3$ , 而聚烯烃木塑的弯曲强度却可高于聚烯烃。发泡 WPC 型材表面光滑, 清晰度高, 木质感强, 可按使用要求做成各种色泽, 表面可制成木纹(类似高级红木、柚木、松木、橡木等), 也可以成为带有各种装饰性图案的装饰材。正是上述这些特点使得 WPC 在建筑工程中的应用极广, 如复合门窗框、扶梯、软质百叶窗、地板等。若用多层挤出型材, 内层可采用回收料, 外层采用新料, 制成复合材的各项力学性能可与硬木产品相媲美。

用 WPC 做成的地板比目前中密度木质纤维板优越得多, 其不胀缩、防水、表面美观。国外已有抗静电的 WPC 产品, 用作电脑或其他防静电房的地板用材。国内已有人<sup>[8]</sup>成功地以木粉、聚氯乙烯等为原料, 开发了一种新型环保型建材——木质塑料地板, 这种木质塑料地板不但具有极佳的防水性能和高弹性, 而且它的整个生产和处理工序与原木的处理方式完全不同, 可以大大节省产品的生产时间、原料储藏费、原料损耗费以及后续加工费。

WPC 生产增长较快的是结构性能要求较低的建筑用品, 包括篱笆、地板、装饰板、栏杆和线条等, 但发展最为迅速的还是用聚烯烃生产的室外用铺板, 尤其是欧美市场。几十年来铺板市场发展一直比较稳定。窗户和门板是 WPC 建筑材料的另一个重要应用领域, 这类 WPC 中木纤维的比例从 30%到 70%不等。尽管木纤维填充的聚烯烃(通常使用 PVC 塑料)材料比不填充的价格高, 但木纤维填充的材料热稳定性好、强度高、耐水性好, 故而有着极大的应用潜力。

我国目前建筑用的混凝土模板主要以钢模板和竹木胶合板模板为主。胶合板模板表层覆有酚醛树脂浸渍纸, 以提高耐水性且保证表面光滑, 其适合用作清水模板, 但生产成本越来越高。木塑复合刨花板由于其优良的物理力学性能, 可以替代胶合板模板中的胶合板基材, 制成建筑用混凝土模板。例如, 采用废旧塑料和木刨花经热压成型法制造的木塑复合材模板, 尽管其密度较大, 但其弯曲强度和耐水性达到或超过以桦木制成的桦木胶合板模板<sup>[9]</sup>。

### 1.2.2 汽车配件

近年来, 木塑板材以其合理的价位、合适的性能, 在汽车内装饰材料方面应用增多, 如汽车的门板、后搁物箱、行李箱侧围、高架箱、顶篷、支柱、座椅靠板等<sup>[10]</sup>。

目前美国已有利用木质原料和聚丙烯复合而成的车内装修基材 WPC, 同时也有厂商使用其他天然纤维原料代替木纤维作为填充和增强材料。它由于完全可满足汽车内饰件对材料性能的要求并且优于纯塑料材料, 所以在汽车内饰行业的份额不断扩大。WPC 以其生产工艺简单、生产周期短、可以回收利用、价格低廉以及质量相对较轻的优势, 在汽车工业的应用发展迅猛。

### 1.2.3 其他

除了用于传统产业外, WPC 更广阔的用途是在各种新兴产业的应用和传统产业不断改造中的新应用。目前已经开始应用的如托盘、花盆、工具手柄、浴缸、办公用品、高速公路路牌、吸声板及音箱、海洋码头工程组件等。

托盘是目前物流业中的重要工具, 其种类有塑料托盘、木托盘、纸托盘以及金属托盘等。目前塑料托盘应用较为广泛, 而木托盘由于其出口检疫问题其市场占有率不断降低。木塑复合材料用作托盘, 可以降低材料成本, 且耐腐蚀性能优于木材, 因此有很强的竞争力。

铁路作为中国交通运输的动脉, 对中国国民经济有着举足轻重的作用。铁路枕木传统上使用防腐木材, 近年来逐步被钢筋混凝土枕木取代。木质枕木需要大量的优质木材, 而且易损坏, 需要不断地维护和更新。钢筋混凝土枕木缺乏弹性, 对车辆和路基的磨损大, 在山洞的进出口、铁路弯道处, 混凝土枕木的损坏更为严重。研究表明, 天然纤维塑料复合枕木可以达到木质枕木的力学性能, 而且经济性强, 是现有枕木的理想替代品。

WPC 的应用领域非常广泛, 可以说凡是以木材或木质材料为主要材料的应用领域都可以使用木塑复合材料来代替。从世界范围看, WPC 的两个主要发展地区——欧洲和北美, 在原料来源、应用市场和制造技术方面差别较大。北美地区一半以上的市场是铺板或与铺板相关的部件, 剩余的大部分是挤出型材, 还有一部分是模压成型的汽车部件和结构件, 注射成型只占很少一部分。欧洲市场尽管相对北美来说较小, 但也在不断增长。其中汽车部件是较大的市场, 需求稳定, 而且多采用亚麻或其他天然纤维替代木纤维制造 WPC。另一个较大市场是用于家具和橱柜的平板。由于欧洲缺乏大规模稳定的市场来形成北美铺板那样的经济规模, 因而欧洲的 WPC 相对价格较贵, 但其制造技术更为先进, 注射成型和压缩成型技术都有采用, 并且纤维原料也更为丰富, 主要使用农业纤维如剑麻、洋麻、亚麻、大麻、黄麻和棉花等, 而木纤维的使用量相对较小。

关于 WPC 的实际寿命目前还有争议, 一般厂家保证 10 年。不过理论上, 如果不是相对苛刻的使用环境, 基本上都能保证较长的使用寿命。与没加填料的塑料板材相比, 木塑复合材料具有硬度更大、热膨胀性更低的优点; 而且产品可以是矩形实心的, 也可以是复杂空心或肋型材, 其表观密度可以降低到很低, 这给提高 WPC 的经济竞争力留下了很大空间。对于某些特殊的高性能应用领域, 在仅靠木材与塑料的两元复合不能满足使用要求的情况下, 可以采用三元(木材、塑料和金属), 甚至四元(木材、塑料、金属和玻璃纤维)复合材料。从技术角度看, 提高 WPC 性能的空间仍然很大, 市场需求将会拉动 WPC 技术不断向前发展, 以不断满足社会的多方需要。



### 1.3 木塑复合材料的连接

WPC 材料通常的形式是通过挤出成型、注塑成型和加压成型而得到的型材或者板材,然而作为一种制品或者结构使用时,单一的部分或构件无法满足使用要求,需要将各个部分或者构件连接起来从而形成制品或者一定的结构。WPC 连接的原因可能是多方面的,包括使用时较大尺寸的需要,特别是在垂直使用的地方;其他加工方式无法获得的复杂几何形体的需要;结构性有效利用的需要等。作为一种新型的复合材料,WPC 的连接要建立在对其本身性能认识的基础上才能达成使用要求。对 WPC 的性能认识不足或对相关连接方面的知识缺乏正确理解可能会导致 WPC 材料连接的失败,从而丧失 WPC 材料质量、强度或刚度方面的优势,因此实际应用中 WPC 正确的连接方式越发显得重要。WPC 构件的连接不仅可以大大提高木塑制品的品质,还可以进一步拓展 WPC 的应用范围,从而促进 WPC 的推广。

通常在木塑复合材料连接中使用最多的方式主要有三种:机械连接、焊接和胶接连接。其中机械连接最为方便,也最为常用,然而综合考虑,胶接是最好的连接方式。

#### 1.3.1 机械连接

机械连接通常是指用螺钉、螺栓和铆钉等紧固件将两种型材或零件连接成一个复杂零件或部件的过程。WPC 最大的应用是作为建筑材料使用,如铺板、护墙板、天花板、装饰板、脚踏板、壁板、高速公路噪声隔板、建筑模板、防潮板、装饰边框、栅栏和庭园扶手等,这些应用主要承受动态载荷,因而也就决定了木塑复合材料的连接方式可以和其他应用于这些方面的木材一样采用传统的机械连接方式。WPC 的机械连接同木材一样,需要在板材的端部或者边部预钻孔,从而避免板材破裂。然而,由于 WPC 本身的黏弹性,对其预钻孔可能会导致材料的力学性能降低,螺孔的大小和边心距离等对机械连接的强度有很大的影响。随着螺孔到端口距离和螺栓直径的增加,破坏载荷均增大,同时裂纹长度也均增大。

目前的生产实践中,机械连接仍是主要的连接方式。大型的木塑制品公司在连接方式上都会选择机械连接的方式,使用的螺钉主要有隐藏式的连接件、甲板专用螺钉、复合材料甲板专用螺钉以及钢钉,每种螺钉都有各自的优势。例如,隐藏式的连接件有成熟的连接构件,能很好地和产品配套使用,并且在出现问题时还可与制造商协商;甲板螺钉专门在室外使用并且分等级,螺钉之间使用距离较短,效果最好,不便之处是操作时需要弄平多余的碎末然后才能将螺丝拧到位;复合材料甲板专用螺钉的设计旨在通过倒刺将材料固定在螺纹