

讨论与探讨

木/竹基复合材料在机电产品包装的应用

梁艳君^{1,2}, 于文吉¹

(1. 中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091;

2. 西南林业大学材料工程学院, 云南昆明 650224)

摘要: 我国机电产品的包装大量使用实木材料, 面临着资源紧张和成本高昂等问题。通过分析机电产品包装材料的结构形式和承载要求, 讨论重组木/竹复合材料在包装行业应用的可行性, 从政策、成本和性能等方面, 总结新型重组木/竹复合材料替代实木材料用于机电产品包装的优势及发展前景。

关键词: 木/竹基复合材料; 重组木; 重组竹; 包装; 机电产品

中图分类号: TB484.2

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654(2015)02-0030-04

Application of Wood/Bamboo-Based Composites for Electromechanical Product Packaging

LIANG Yan-jun^{1,2}, YU Wen-ji¹

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Laboratory of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China;

2. College of Material Engineering, Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract: Solid wood is used as the main material for electromechanical product packaging, resulting in not only concerns for wood supply shortage and high cost issues, but also has a great potential for new packaging materials like wood/bamboo-based composites. The authors analyze structure types and loading requirements for electromechanical product packaging, and then discuss the advantages of wood/bamboo-based composites for electro-mechanical products packaging. And finally, they introduce the development trend of the new wood/bamboo scrimber material for electromechanical products packaging.

Key words: wood/bamboo-based composites; wood scrimber; bamboo scrimber; packaging; electromechanical products

机电产品泛指机械产品、电工产品、电子产品和机电一体化产品, 以及这些产品的零配件和附件等。机电产品是我国进出口贸易的主要产品之一, 2010

年以来, 出口额和进出口总额跃为全球第一, 2013年出口额为 12 655.4 亿美元, 占当年我国出口总额的 57.3%^[1]。

机电产品包装有别于一般商品包装, 其包装方案设计和材料选择需满足保护性要求(安全性和防护性)、运输与储存要求、包装成本和环保要求等。目前, 市场上机电产品的包装材料有木材(实木板材及木/竹基复合材料)、纸类、金属、塑料等, 其中: 木材包装约占 80%, 每年消耗原木 1 000 多万 m³, 占我国商

收稿日期: 2014-04-25; 修改日期: 2015-02-12

基金项目: 林业公益性行业科研专项“速生林木材高效重组制造关键技术”(2014040503)。

作者简介: 梁艳君(1981—), 女, 中国林科院木材工业研究所博士研究生。

责任作者: 于文吉, 男, 中国林科院木材工业研究所研究员, 博士生导师。

品木材产量的1/6左右,而且大部分使用优质木材^[2]。对采用实木包装出口的机电产品,进口国还要求提供木材熏蒸证明,致使包装成本上升20%左右。

随着单板层积材(LVL)、定向刨花板(OSB)开始进入机电产品包装领域,木/竹基复合人造板包装材料本身优良的力学性能,使其不仅可以满足海运、空运等包装运输条件的要求,而且无需再经高温热处理或熏蒸杀虫灭菌处理,成本降低^[3]。因此,以木/竹基复合材料替代实木用于机电产品包装,是机电产品包装材料可持续发展的方向。

1 机电产品包装材料的应用现状

按照结构形式,机电产品包装主要分为:防护缓冲结构和承重结构。

1) 防护缓冲结构 主要起防震、防锈和防潮、隔尘等作用。一类是以普通胶合板、纤维板、竹胶合板为壁板,与实木框架组合构成防护结构;另一类是以蜂窝纸板与瓦楞纸箱连用,作为瓦楞包装箱中的衬垫、隔板,或贴合在箱内壁,作为承重补强的壁板材料,或用于箱角、箱底的缓冲防护材料。

2) 承重结构 主要起抗压、抗拉和抗弯曲等作用。按照承载要求,可以分为小型、中型和大型包装。

① 小型包装(内装物质量 <100 kg) 适用于对承载强度要求不高的产品包装,如小型家电产品、电子元件、五金零部件、卫生洁具和精密仪器等。常采用瓦楞纸箱、蜂窝纸板箱、纸浆模塑制品和塑料容器。

② 中型包装(内装物质量 $100\sim 500$ kg) 最常用的有:

七层瓦楞纸板:比木质包装材料重量轻,具有体积小、容量大、缓冲效果好、节省储藏空间、搬运方便等特点,适于小型机床、钢琴、摩托车等的包装。

蜂窝纸板:可以制成全纸托盘,价格远低于木质托盘,具有质轻、抗冲击性好和平压强度高特点,常用于家电等产品包装。

纸浆模塑制品:加工方式灵活,适合制成托盘和缓冲材料,用于中小型机电产品包装。

塑料:用于机电产品包装时,多制成容器和托盘使用,如用于汽车散件组装进出口包装等。虽然可循环使用,但消耗不可再生的石油资源,且废弃物难以降解,污染环境。

③ 大型包装(内装物质量 ≥ 500 kg) 首选金属材料,制作重型机电产品包装箱的底座和受力框架,还可制成金属周转架和周转托盘,循环使用寿命为 $5\sim 6$ 年。但因金属材料自身质量大,运输成本增加,且容易锈蚀,近年来,多被木/竹基复合材料制作的包装材料所替代。

2 传统木/竹基复合材料在机电产品包装中的应用

用于机电产品包装的传统木/竹基复合材料有:胶合板、纤维板、竹篾胶合板、LVL、OSB等,多采用框架木箱、托盘方式,也有少量的敞装方式,如图1所示。

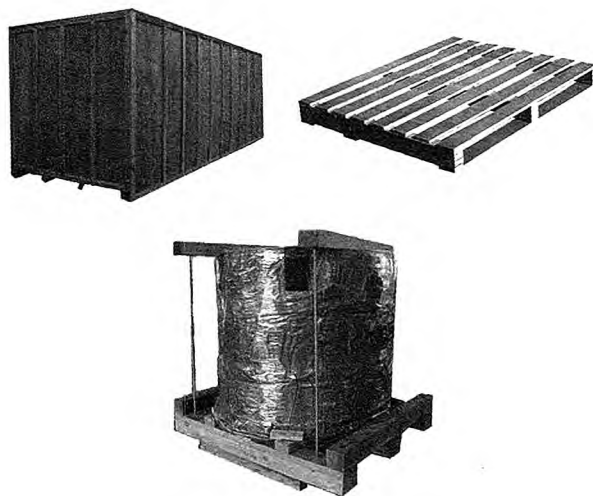


图1 框架木箱、托盘和敞装

Fig. 1 Wooden framed case, pallet and open packaging

2.1 框架木箱

由底座、侧面、端面和顶盖构成。多用普通胶合板、纤维板作为框架木箱的壁板、盖板,起封闭作用;以大规格锯材作木箱的横梁、立柱,构成承重框架。

框架木箱的关键性能指标包括:起吊强度(枕木、滑木、侧面框架等的强度)和堆码强度(横梁、梁承和立柱的强度)。起吊时,内装物的重量直接作用于枕木,并通过枕木传递给两外侧滑木和两个侧面框架;绳索还对箱顶产生横向水平挤压力,使横梁成为压杆,上框木产生弯曲变形;堆码时,横梁承受均布载荷,横梁一端作用在梁承中间,梁承受集中载荷。

框架木箱的常用材料:

1) 竹篾胶合板 采用竹黄篾编成竹席,再经热

压而成型的板材,其机械性能优异,可代替普通胶合板作为重型设备包装箱壁板使用。

2) LVL 主要以小径木为原料,可制备任意尺寸的板材或方材,替代大径级原木锯制的大规格锯材,实现小材大用、劣材优用^[4],在机电包装行业的应用比例逐年增高。如中国第二重型机械集团公司从2006年开始,LVL的使用率以每年近50%的速度增加,到2010年LVL的使用率接近90%,覆盖了该集团的全部产品。

目前,经过全面推广,LVL包装材料的使用率达到98%。销往美国、巴西、印度等及我国台湾的产品,已全部采用LVL代替实木作为包装材料。

3) OSB 是一种利用小径材、间伐材等原料制成的人造板材,由于具有强度高、尺寸稳定性好等优点,在国外于20世纪80年代开始替代胶合板和纤维板使用。OSB具有强度高、尺寸稳定性好、材质均匀等特点,可以用于包装箱的横梁和立柱等受力构件。近10年来,美国、加拿大、韩国和日本都大力推广使用OSB作为机电产品的包装材料,世界包装协会还将其列为“一级暴露”的包装材料^[5]。在我国,OSB主要用作包装箱以及木结构建筑材料^[6]。

4) 竹材或农作物秸秆包装材料^[7-8] 代替普通胶合板和纤维板,用于制作包装箱壁板和盖板。

2.2 托盘

在物流包装领域,托盘使用量巨大,目前我国拥有的各类型托盘约为1.6亿~2亿片,年递增量约为2000万片^[9]。传统托盘多采用实木,近十年来提倡和推广应用LVL托盘,目前主要销往日本和韩国。

托盘的关键性能指标包括:抗压强度(静载能力)、抗弯强度(动载能力)、抗冲击性能(结构刚性)、表面抗滑落性能等。按材料不同,托盘分为3种:

1) LVL托盘 与实木托盘相比,具有成本低、强度高、握钉力强、尺寸稳定、免熏蒸等优点。

2) 木/竹基复合材料托盘 采用杨木和毛竹片复合,在表层和底层杨木之间加入竹片层,制备的复合材料性能优良^[10]。

3) 竹环蜂窝板托盘^[11]和竹席瓦楞板托盘^[12] 两者都采用竹子为原料,其力学性能、防潮性和环保性优于纸质托盘,环保性和成本优于塑料托盘和金属托盘,尤其适用于中小型机电产品的包装。

2.3 敞装

为了达到包装减量化的目的,国外提出“敞装”的概念,又称为“裸装”。对于防护性要求低的机电产品,可以直接将其固定在木箱底座或托盘上,四角、棱边或顶盖适当固定,并给予一定的防护措施,以代替木箱包装。

3 新型重组木/竹复合材料在机电产品包装中的应用前景

新型重组木/竹复合材料是以速生小径材、小径杂竹、枝桠材以及木材和竹材加工剩余物等为原料,经疏解、干燥、施胶、组坯、冷压或热压等工艺制成的新型复合材料,是一种“全寿命周期”环境友好型的材料,特别是新型重组竹包装材料,从竹子的生长、包装材料的制造、使用,到废弃物的回收处理,全过程能源消耗少、对环境的影响小。

3.1 新型重组木/竹复合材料的优势

1) 符合国家政策。为实施节材代木工程,推进机电产品包装节材代木工作^[2],2009年,国家工信部和发展改革委等七部委联合下发通知,明确要求以速生林木材加工成单板层积材,替代原木包装材料^[9];《机电产品包装节材代木“十二五”发展纲要》中也提出了发展目标。目前,东方汽轮机有限公司、中国二重集团、太原重工股份有限公司和中国移动通信集团公司等企业,均已开展LVL、竹胶板、木/竹基复合材料的应用试点工作,促进了木/竹基复合材料代替实木在包装领域的应用。

2) 具有成本优势。以托盘为例,传统使用约2~3 cm厚的实木板材制成;如果采用尺寸和性能皆可设计的新型重组木/竹复合材料,则可以直接制成,无需锯截,大大降低成本。

另外,作为出口产品包装的实木托盘还要进行熏蒸灭菌处理,熏蒸时间一般需要48 h,其费用占整个包装成本的20%左右;而新型重组木/竹基复合材料制成的托盘无需熏蒸处理。

3) 具有性能优势。与实木包装材料(弯曲强度一般在100 MPa以下)相比,新型重组木/竹基复合材料具有高强度、高韧性以及良好的耐候性和尺寸稳定性等特点。特别是重组竹,抗弯强度>350 MPa,弹性模量>27 GPa,抗拉强度>360 MPa,抗压强度

$>140\text{ MPa}$; 28 h 循环水煮的吸水宽度膨胀率 $<2\%$, 吸水厚度膨胀率 $<5\%$ [13-14]。

新型重组木/竹复合材料的制造, 采用了先进的单元疏解技术, 克服了速生材生长应力大、容易扭曲变形的问题, 可以加工出比 LVL 和 OSB 等人造板材质更均匀、性能可控的优质包装材料 [15]。

3.2 新型重组木/竹复合材料的挑战

目前, 新型重组木/竹复合材料早已成功应用于建筑、地板等领域, 但在机电产品包装中的应用几乎为零。主要障碍为:

1) 缺乏有效的宏观调控机制和健全的市场机制, 无法提供机电产品包装节材代木成果向生产力转化的畅通渠道 [16]。

2) 缺乏木/竹基复合包装材料相关的国家和行业标准, 无法对制造和应用双方提出规范要求, 无法指导新型重组木/竹复合材料在机电产品包装构件上的应用设计。

比如, 包装箱底座滑木、立柱、横梁等承重构件的强度设计, 复合材料许用强度安全系数等。如果机械照搬实木材料的要求, 势必导致包装设计不合理、不规范, 不能充分体现新型重组木/竹材料的优越性, 制约其在机电产品包装中的大规模应用。

3) 尚未形成应用研究体系。木/竹基复合材料在机电产品包装中的应用研究尚处于起步阶段, 缺乏科学数据支撑。还必须进行系统应用研究, 以充分体现此类材料的优越性, 如性能可控、高强环保、耐腐蚀候, 及在包装领域的适用性。

4) 尚无木/竹基复合包装材料的方案设计原则, 无法规范材料性能设计和包装产品结构设计。

以重型机械包装方案为例, 设计过程为 [17-18]:

首先, 需根据产品大小、重量、特性、运输方式、运输环境, 考虑运输装卸可能出现的损坏情况、出口目的地的特点等因素, 确定包装方案和包装形式。对于成套设备, 还需要确定解体方案和组合包装方案。

其次, 根据产品净重和装箱单, 确定包装箱尺寸, 进行包装箱底座、侧面、端面和顶盖设计; 根据强度要求选择包装材料, 对各个承重结构进行强度校核。

最后, 考虑运输过程中的气候变化, 进行防锈、防腐等防护包装设计, 以及耐久性和耐候性设计、检测等。

4 结语

机电产品包装对木材需求量巨大, 如果能在合理的总体包装方案的指导下, 在满足设计强度的前提下, 以新型重组木/竹复合材料替代实木, 用于框架木箱、托盘和敞装, 既可省去高温热处理或药物熏蒸, 简化运输环节, 降低包装成本, 又可保护环境和节约森林资源。因此, 新型重组木/竹复合材料在机电产品包装领域将有巨大的发展空间。

参考文献:

- [1] 机电商会. 2013 年机电产品进出口额突破 2 万亿美元 [EB/OL]. (2014-01-10). <http://www.cccme.org.cn/news/content-219399.aspx>.
- [2] 机电产品包装节材代木工作方案[J]. 中国包装工业, 2009(10): 44-45.
- [3] 卫佩行, 周定国. 人造板机电包装材料应用现状及前景[J]. 林业科技开发, 2012, 26(1): 13-16.
- [4] 韩雪山, 何渊井, 陈志强. 单板层积材在机电产品包装上的应用前景[J]. 中国包装工业, 2012(11): 40-41.
- [5] 张方文, 于文吉. 木质包装材料的发展现状和前景展望[J]. 包装工程, 2007, 28(2): 27-30, 33.
- [6] 于文吉, 张方文, 吴大为. 定向刨花板市场应用和研究现状及新进展[J]. 中国人造板, 2008(9): 1-5, 31.
- [7] 祁桂兰, 肖生苓. 利用木质剩余物和向日葵秸秆制作外包装材料的研发[J]. 森林工程, 2011, 27(4): 3-6.
- [8] 于雪斐, 于文吉. 刨花板制造包装材料的研究[J]. 木材加工机械, 2010(4): 19-20, 4.
- [9] 王彬. 临沂新木: 提倡推广单板层积材托盘的应用[J]. 中国包装工业, 2012(12): 30-31.
- [10] 李玲, 李大纲, 徐平, 等. 结构对托盘用竹木复合层合板力学性能的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2007, 31(1): 135-137.
- [11] 吴正心, 庞燕. 新型绿色材料代木托盘研究[J]. 中国物流与采购, 2007(17): 68-69.
- [12] 吴正心, 吴正芳. 竹瓦楞板材料物流托盘的试制与研究[J]. 长沙大学学报, 2008, 22(2): 44-46.
- [13] 余养伦, 于文吉. 高性能竹基纤维复合材料制造技术[J]. 世界竹藤通讯, 2013, 11(3): 6-10.
- [14] 于文吉. 我国高性能竹基纤维复合材料的研发进展[J]. 木材工业, 2011, 25(1): 6-8, 29.
- [15] 于文吉, 余养伦. 我国木、竹重组材产业发展的现状与前景[J]. 木材工业, 2013, 27(1): 6-8, 29.
- [16] 何玲莉, 裴影, 苏世伟. 机电产品包装节材代木科技成果转化探讨[J]. 木材加工机械, 2012(1): 30-33.
- [17] 马占山. 大型机电产品出口包装设计[J]. 中国包装, 2010(6): 51-54.
- [18] 郭伟华, 尹威, 尹辉燕. 全寿命周期设计在国际电站工程包装管理的应用[J]. 交通企业管理, 2011, 279(11): 51-53.

(责任编辑 向琴)