

讨论与建议

我国集装箱底板的开发及应用现状

张双燕¹, 费本华², 陶仁中³

(1. 国家林业局北京林业机械研究所, 北京 100029; 2. 国际竹藤网络中心, 北京 100102;

3. 新会中集集装箱有限公司, 广东新会 529144)

摘要: 分析我国集装箱底板的发展现状, 总结现有集装箱底板的类型、应用与开发状况, 指出利用竹材制造集装箱底板是一条充分发挥我国资源优势之路, 也是未来集装箱底板发展的必然趋势。

关键词: 集装箱底板; 竹材

中图分类号: TS6 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2011)01-0026-04

Container Flooring Manufacturing and Development in China

ZHANG Shuang-yan¹, FEI Ben-hua², TAO Ren-zhong³

(1. Beijing Forestry Machinery Research Institute of the State Forestry Administration, Beijing 100029, China; 2. International Center for Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China; 3. Xinhui CIMC Container Co., Ltd, Xinhui 529144, Guangdong, China)

Abstract: This paper reviewed the latest status of development, standardization, and research on container floorings. The authors also analyzed the process and performance of this product and expect bamboo container floorings will play a key role in China's container flooring market.

Key words: container flooring; bamboo

集装箱底板是集装箱的重要组成部分和主要承载配件。传统底板通常为 28 mm 厚的 19 层胶合板, 主要采用印尼、马来西亚等地产的大花龙脑香, 如阿必通、克隆等热带硬阔叶树材制造。然而, 由于世界热带阔叶木材资源的减少和环保措施的实施, 使得制备集装箱底板的木材原料来源受到限制。对此, 笔者对新型底板及其替代材料的可用性等进行了分析, 以期为我国开发高附加值的集装箱底板产品, 提供参考和借鉴。

1 集装箱底板的行业现状

1.1 基本概况

集装箱是现代经济发展的产物, 20 世纪 50 年代开始得到应用。集装箱制造业始于 60 年代初期的美国, 到 70 年代, 国际货运集装箱化迅速发展。我国的

集装箱工业始于 70 年代末, 最初仅有 4 家生产厂, 年生产能力不足 4 万个 TEU (长度为 20 英尺的标准集装箱)。而到 2007 年底, 集装箱生产商已发展到 58 家, 年生产能力达 580 万个 TEU, 增长了 144 倍, 占世界集装箱生产能力的 96% 以上, 集装箱生产能力、种类、规格和产销量均达到世界第一 (图 1、2)^[1]。

集装箱产业的发展, 需要集装箱底板制造业的支撑。据统计, 20 英尺的标准箱, 其底板需要 0.38 m³

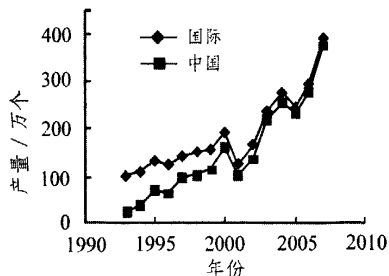


图 1 1993—2007 年我国集装箱标箱的产量

Tab. 1 The container production in China from 1993 to 2007

收稿日期: 2010-03-17; 修改日期: 2010-12-02

基金项目: 农业科技成果转化资金项目 (2008GB243204023)。

作者简介: 张双燕 (1981—), 女, 国家林业局北京林业机械研究所博士研究生。

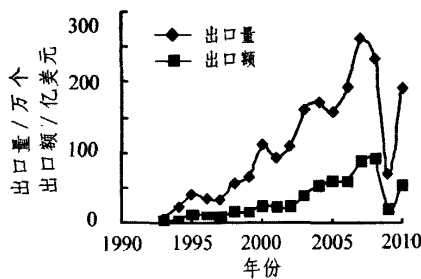


图 2 1993—2010 年截止到 10 月我国
集装箱的出口量与出口额

Tab. 2 The export statistics of China's
container from 1993 to 2010 Oct.

木材。按照 2007 年世界集装箱产量 392 万个计,共使用木材约 149 万 m^3 ,相当于 300 万株树龄约 50 年的热带树木。但是,目前生产集装箱底板的优质木材和后备森林资源,远不能满足市场需求,使得供需矛盾日益凸显,制约了集装箱底板的生产和发展。

1.2 应用开发现状

集装箱底板属结构用板材,生产工艺和技术要求均很高。通常要求木材的气干密度为 $0.62\sim0.82\text{ g/cm}^3$,抗弯强度 $92.1\sim133.3\text{ MPa}$,弹性模量 $10.3\times10^3\sim15.1\times10^3\text{ MPa}$,抗剪强度 $11.6\sim16.5\text{ MPa}$ ^[2]。其制造工艺最初是采用单一树种的实木底板,后改进为使用多层胶合板作为底板。自 1993 年马来西亚率先颁布了限制砍伐热带雨林的政策后,在世界范围内,掀起了研发集装箱底板替代材料的热潮,出现了不同材料制备的集装箱底板。

1.2.1 钢板底板

成型钢板底板具有足够的抗压强度和刚性,加工性能优异,但在相同的抗压强度时,钢底板会增加集装箱的自重,使船舶载货运输能力下降。另外,钢底板的最大不便之处,是系固货物困难,且成本较高^[3-4]。

1.2.2 非传统硬阔叶树材的木材底板

非传统硬阔叶树材的木材底板开发,主要以落叶松、桦木、桉树等国产人工林木材为原料,制备集装箱底板用胶合板。该类产品各方面性能均较优良,但目前还未能大批量推广使用。其原因除了传统底板的性能更优良,以及使用习惯等因素外,主要还是此类底板的成本偏高。

1) 松木/桦木底板

三层等厚桦木单板与表板纹理同向排列,构成三层复合表板,芯板和中长板采用落叶松单板,制备的集装箱底板用胶合板,其强度、韧性、加工性、尺寸稳

定性和吸潮性等性能,均达到 GB/T 19356-2004《集装箱底板用胶合板》要求^[5]。但采用国产材单板组坯时,因使用的是松木、桦木薄单板,通常为 21 或 23 层,多于使用进口热带阔叶树材常用的 19 层,导致生产成本增加。目前该产品还在改进中。

2) 松木贴面底板

在原有松/桦结构的基础上,在底板表面复合了一层高强度保护膜。这种设计不仅将落叶松的弹性和桦木的硬度有机结合,提高了底板的承载强度和使用寿命,而且赋予底板外型美观、表面耐磨、耐酸碱、易清洗等优点。松木贴面底板成本与传统底板相当,但由于使用者习惯等因素,尚未得到广泛应用。

3) 桉木底板

桉树木材密度较高($0.6\sim0.9\text{ g/cm}^3$),强度大,材质优良,资源丰富。桉树木材中矿物质如钙离子含量高,使木材具有天然耐久性,因此,桉木底板的耐候性,优于传统硬阔叶树材底板。但该底板仍采用 21 层的组坯结构,成本略高。

上述 3 种底板的性能指标列于表 1。

表 1 3 种木材集装箱底板的性能

Tab. 1 Properties of three different wood
container floorings

底板类别	静曲强度/MPa		弹性模量/MPa		胶合强度/ MPa
	纵向	横向	纵向	横向	
落叶松/桦木底板 ^[5]	101	48	13 300	4 700	1.30
松木贴面底板	93	48	11 850	4 790	1.95
桉木底板	95	43	12 510	4 830	2.01
GB/T 19356-2004	≥85	≥35	≥10 000	≥3 500	≥1.70

注:数据来自新会中集集装箱木地板有限公司,下同。

1.2.3 合成材料底板

合成材料底板是以塑料为主要原料,性能优越,但原料来源有限,成本较高,尚未实现规模生产。

1) Strato-stock 底板

由 Industria Legno Pasetti s. r. l. (ILPA) 公司研制,采用玻璃纤维增强树脂木板作芯层,聚丙烯材料作表层。产品密度为 0.6 g/cm^3 ,抗弯强度为 85 MPa,弹性模量为 12 797 MPa。据法国船级社(Bureau Veritas, BV)装载测试,底板 7 260 kg 的滚剪残余变形为 1.5 mm,低于国际标准规定的 3 mm。

2) HDPE 底板

英国 Envirodek 公司研发的 HDPE 底板(High Density Polyethylene),是一种空心结构的高密度聚乙烯底板。经检测,该产品滚剪残余变形为 2 mm,且产品质量轻,仅相当于热带硬阔叶树材底板的 2/3。

3) AZDEL 底板

1994 年,由美国通用电器公司塑料分公司推出,采用一种热塑性材料为表层,用针叶树材层压板(Laminated Softwood)、波形钢板(Corrugated Steel),以及由聚丙烯醚聚丙烯发泡而成的隔热材料(CARIL)等作为芯层。该底板产品热塑性好,维修方便,并具有抗化学腐蚀、防渗透、隔热等优点。

1.2.4 竹材底板

20 世纪 90 年代,我国集装箱生产企业和科研院所合作,进行竹子替代热带硬阔叶树材的研究和试验。目前,已在安徽建立了竹材集装箱底板生产线。但竹材底板的成本较高、检疫问题复杂,对不同竹种的材料厚度,防腐处理方法和适用范围均有不同的要求,工艺控制较复杂。

1) 全竹材底板

全竹材底板采用竹片、竹帘、竹席、竹篾,经人工组坯成对称性层状结构板坯,热压胶合而成。该产品的弹性模量、静曲强度、质量和外观,均优于热带硬阔叶树材底板^[6]。但是,由于竹子本身径小中空、不易加工,竹材利用率仅约 40%。另外,在底板生产中,竹材需剖篾、刨片、旋切等,工序复杂,导致全竹材底板成本升高。

2) 竹/木复合底板

以竹材作为面层材料,人工林木材单板为芯层材料,经过组坯、热压等工艺制成的底板。与进口底板相比,竹/木复合集装箱底板,除拥有木材底板的特性外,还具有强度高、物理力学性能均匀、尺寸稳定性好、耐磨等优势。自 1993 年以来,已进行了一系列新型集装箱底板替代材料的研发,陆续开发了毛竹/落叶松、竹材/桦木和毛竹/马尾松等集装箱底板。研究发现,采用合理的组合结构和制备工艺,竹/木复合集装箱底板的综合性能,可与阿必通胶合板底板相媲美,是传统硬阔叶树材底板的理想替代产品。

几种竹/木复合底板的性能对比列于表 2。

表 2 几种竹材集装箱底板的性能

Tab. 2 Properties of bamboo container floorings

底板类别	密度/ (g·cm ⁻³)	静曲强度/MPa		弹性模量/MPa		胶合强度/ MPa
		纵向	横向	纵向	横向	
全竹材胶合板	0.78~0.92	129~161.2	48.3~61.1	9 218~11 976	3 151~4 600	3.28~3.8
落叶松/毛竹复合底板	0.88	108.6	43.9	11 184	4 105	2.04
竹材/桦木底板	0.87	99.0	—	12 905	—	1.45
毛竹/马尾松底板	0.86	111.4	42.2	10 802	3 877	2.04
毛竹/杨木复合底板	—	91.0	47.0	10 700	4 620	—
阿必通胶合板底板	0.87	93.5	40.9	12 314	3 279	1.43
GB/T 19356-2004	≥0.75	≥85.0	≥35.0	≥10 000	≥3 500	≥1.70

2 集装箱底板的标准化与发展趋势

2.1 底板的标准化

长期以来,国际上尚无集装箱底板的制作和使用标准,生产中通常遵循以下原则:

1) 在静载条件下,底板要按照最大装载量的均布载荷进行设计,并考虑 5% 装载偏心的可能性;

2) 底板要与箱体的有关杆件连成整体,使整箱具有足够的强度和刚度;

3) 底板具有韧性,能够在一定程度上吸收震动和冲击力等。

2004 年 6 月,GB/T 19356-2004《集装箱底板用胶合板》发布,并于 2004 年 9 月正式实施。标准中明确了集装箱底板用胶合板的定义,规定了制作技术要求、试验和检测方法,规范了产品的标志、包装、运输和贮存等。为保证产品质量、规范底板的生产和应用,提供了依据。但是该标准仅针对木材胶合板为主的底板,能否适用于其他材料和结构的底板,尚待进一步验证。

2.2 底板的发展趋势

我国是世界竹材资源最丰富的国家,与木材相比,竹子生长周期短,若能科学经营管理和合理利用,竹材资源将是一种重要的替代资源。此外,我国在竹材加工利用方面的研究,处于世界领先地位。因此,竹材集装箱底板的开发和推广,将是我国和世界集装箱底板发展的重要方向。

但如何依据竹材特性,生产出性能优良的集装箱底板,并推广应用,笔者认为还需在以下几方面加强研发。

2.2.1 加强理论研究

现有的竹材集装箱底板的研究,主要集中在制造工艺对产品性能的影响等方面,很少从复合材料力学的角度,对其进行设计和研究。建议利用复合材料力学经典层板理论、细观力学,复合材料粘弹性力学、损

伤力学的研究方法,系统研究产品承受外载类型、破坏过程和破坏模式,与其承载能力之间的关系,为准确掌握产品的真实性,预测产品的变化规律和使用寿命,提高产品的稳

定性和优化产品,提供理论依据和数据支持。

2.2.2 底板轻量化

减少箱体自身质量,以增加货运量,是对集装箱制造业提出的特殊要求。充分利用竹子自身密度高($0.7\sim 1.2\text{ g/cm}^3$)、强度高、耐磨性和韧性好的特点,结合木材或其他材料,制备既能满足集装箱底板的强度要求,又具有比传统底板密度低或相当的底板,是今后的重要研究方向。

2.2.3 无公害底板

为了防止集装箱在流动过程中,裸露的底板传播病虫害,故必须对其进行严格的防虫、防腐等处理。底板防腐处理所用防腐剂,必须获得澳大利亚检疫检验局(Australian Quarantine Inspection Service, AQIS)的认证。

而一些防腐剂对人畜健康和生态环境会带来不利的影响,甚至会污染所承载的货物,因此,国际上对集装箱底板用防腐剂提出了愈来愈严格的要求。目前,集装箱底板的防腐处理,主要采用 Tailieum 400 和 Meganium 2000 等木材防腐剂。

与木材相比,竹材含有更多的营养物质,如蛋白质含量 $1.5\%\sim 6.0\%$,可溶性糖类约 2% ,淀粉类 $2.0\%\sim 5.2\%$,比木材更易腐朽、霉变和虫蛀。因此,竹材集装箱底板的防腐处理尤为重要。由于竹材和木材解剖构造,以及竹材底板和木材底板结构上的差

异,木材底板防腐工艺不完全适用于竹材底板。因此,研发竹材底板适用的无公害防腐剂和防腐工艺,是尚待解决的难题之一,也是竹材底板能否获得市场认可的关键。

2.2.4 降低底板制造成本

对于集装箱使用者而言,除了底板性能必须满足使用要求外,成本亦是其最关心的问题。目前,我国研制的竹材底板,90%以上以毛竹为原料,竹材利用率 $40\%\sim 50\%$;重组竹材作为一种新型竹材人造板,工艺简单、强度高、成本低,且竹材利用率高达90%以上。因此,重组竹材集装箱底板,将比其他竹材底板更具市场竞争力。

参考文献:

- [1] 2008年我国集装箱行业发展及钢铁产品需求趋势分析[EB/OL]. [http:// www. chinaccia. com](http://www.chinaccia.com).
- [2] 刘鹏,杨家驹,卢鸿俊. 东南亚热带木材[M]. 北京:中国林业出版社,2008.
- [3] 余良. 集装箱地板[J]. 集装箱化,2009,20(4):34.
- [4] 言智钢. 集装箱底板用胶合板刍议[J]. 中国人造板,2009,16(7):19-22.
- [5] 白化奎. 国产木材集装箱底板用胶合板生产工艺技术[J]. 林业机械与木工设备,2008,36(2):47-48.
- [6] 何文. 竹木复合集装箱底板结构与胶合工艺研究[D]. 南京:南京林业大学,2005.

(责任编辑 张一萍、姜征)

(上接第8页)

维复合材料,可以应用于风电叶片材料的制造。

高性能竹基纤维复合材料具有广谱可设计性,既可以用于制造高强度风电叶片材料、船舶甲板、集装箱底板以及建筑撑木等工程材料,又可以用作室内装饰装潢材料、高耐候性室外材料,具有广阔的应用前景。

4 结语

高性能竹基纤维复合材料的制造技术,解决了制约我国竹产业多年发展的瓶颈问题,即竹青竹黄的胶合问题以及竹材人造板基本组成单元的单板化问题,并将竹材一次利用率提高至90%以上,生产过程耗能低,二氧化碳排放少,符合我国目前低碳经济发展的需要。

竹基纤维复合材料的力学性能优良,完全可以代替木材制造各种工程材料和建筑装饰装潢材料,可以缓解我国木材资源供应不足的矛盾,扩展我国竹基纤维复合材料的应用领域,使得我国在高性能竹基纤维复合材料方面居于世界领先水平。高性能竹基纤维复合材料制造技术的应用,将进一步推动我国竹材加工产业的科技进步和创新能力,为我国竹产业的发展起到极大的促进和推动作用。

参考文献:

- [1] 吴平. 精心做好产业这篇大文章[N]. 中国经济时报,2010-09-27.
- [1] 李琴,汪奎宏,华锡奇,等. 小径杂竹制造重组竹的试验研究[J]. 竹子研究汇刊,2002,21(3):33-36.

(责任编辑 向琴)