

论坛与资讯

基于木材包装存在的主要问题及对策研究

赵彬^{1, 2, 3}(1.制造装备机构设计与控制重庆市重点实验室, 重庆 400067;
2.重庆市特色农产品加工储运工程技术研究中心, 重庆 400067; 3.重庆工商大学, 重庆 400067)

摘要: **目的** 总结近年来有关木材包装存在的主要问题和解决对策。**方法** 查阅并总结近年来国内外有关木材包装的相关文献, 并进行整理分析。**结果** 木材包装具有很多优点, 但同时有害生物和有害物质的存在让木材包装的使用受到一定限制。在当前技术水平下, 热处理和熏蒸处理可以解决部分问题, 但在成本和环境友好等方面还存在很多限制。**结论** 木材包装除害处理方面还需要更多的改进空间。现阶段已经有新型材料不断出现, 可以克服原有木材包装的某些不足。

关键词: 木材包装; 问题; 对策**中图分类号:** TB484.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)23-0196-07

Main Problems Existing in Wooden Packaging and Solution

ZHAO Bin^{1,2,3}(1.Chongqing Key Laboratory of Manufacturing Equipment Mechanism Design and Control, Chongqing 400067, China;
2.Chongqing Engineering Research Center for Processing, Storage and Transportation of Characterized Agro-Products, Chongqing 400067, China; 3.Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

ABSTRACT: The work aims to summarize the main problems existing in wooden packaging and the solution in recent years. Relevant literatures on the wooden packaging in recent years at home and abroad were reviewed and summed up for collation and analysis. Wooden packaging had many advantages, but its application had been to some extent limited by harmful organisms and hazardous substances. At current technical level, heat treatment and fumigation treatment could solve part of the problems, but there were still many restrictions in the cost and environmental friendliness. More improvement should be made in quarantine treatment of wooden packaging. At the present stage, new materials have been emerging, which can partly overcome the shortage of the original wooden packaging.

KEY WORDS: wooden packaging; problem; solution

木材作为包装材料, 具有原料分布广; 强重比高, 能承受一定的冲击和振动, 可承受较大的堆垛载荷; 加工性好, 易于吊装等特点^[1]。木材包装至今仍是机电设备笨重、易碎或者需要特殊保护的产品不可或缺的运输包装材料。联合国粮食与农业组织 (FAO) 提供的数据显示, 全球范围内各国间货物进出口所使用的运输包装有 70%左右是木材

包装^[2], 可见木材包装材料目前仍然是不可或缺的包装材料之一。

1 有害生物

木材包装作为一种生物质材料, 较易携带有害生物。据统计, 2015 年我国各主要口岸共检疫进

收稿日期: 2016-07-05

作者简介: 赵彬 (1974—), 女, 吉林人, 博士, 重庆工商大学高级工程师, 主要研究方向为食品贮藏与保鲜、包装工艺与标准等。

境木材包装 320 万批次, 截获各类有害生物 841 种 41 450 种次^[3], 目前入侵中国的松材线虫、美国白蛾和树脂大小蠹等 10 余种外来有害生物, 每年给中国造成直接经济损失接近 600 亿元。目前来看, 这些有害生物扩散的速度和频率呈现逐渐加快和增高的趋势。以松材线虫病为例, 该病在 1982 年首次在南京中山陵附近发现, 当时染病的松树只有 256 株, 到 2002 年, 病情蔓延数省市县, 累计致死松树 3500 多万株, 到 2008 年, 已扩散至 14 个省, 累计致死松树 5000 多万株, 毁灭松林 500 多万亩, 造成经济损失数千亿元^[4]。鉴于有害生物的传播带来的危害以及造成的损失, 木材包装使用前必须进行严格的除害处理。

2 木材除害处理中遇到的问题

木材包装的检疫除害处理包括熏蒸处理(包括溴甲烷处理、硫酰氟处理、磷化铝处理等)、热处理和辐射处理。1998 年 9 月 11 日和 11 月 4 日, 美国、加拿大相继颁布法令, 要求所有来自中国的木材包装材料及木质铺垫物, 都必须进行熏蒸处理、热处理或者防腐处理, 并附有中国官方检疫机构出具的检疫证明, 证实已进行相应处理^[5], 这就是著名的“天牛”事件。后来, 美国、德国、日本等发达国家相继建立了环境标志制度, 并相互承认。这种做法犹如无形的屏障, 使包括中国在内的发展中国家的产品进入发达国家受到排挤和冲击^[6-7]。

国际植物检疫措施标准 ISPM15 中提到了木材的两种处理方式: 热处理和熏蒸处理。传统的热处理使用木头、煤炭、柴油、天然气等资源作为热源, 往往还需要人工调节干燥介质的温度、湿度和气流循环速度。这些方法需要耗费大量的资源和人工成本。朱晓南等提出了回收陶瓷生产剩余热能处理木材包装系统, 直接回收利用陶瓷生产中排放的 300 °C 余热, 通过自动化系统调控热处理温度, 大大降低了成本, 并达到节能环保、降耗减排的目的^[8]。

随着太阳能等清洁能源技术的发展, 利用太阳能替代蒸汽锅炉等传统加热方式开始受到关注和尝试, 但是其存在一些亟待解决的问题。比如太阳能供给热量不足时如何补充热源, 热处理作业空闲时如何实现太阳能的存储和再利用, 以及太阳能应用方式下的最适宜温度如何设置等, 都尚待继续深入探讨和确认^[9]。太阳能作为一种新能源, 前期投

入成本略高, 因此利用太阳能替代传统能源还需要政府的引导和补贴^[10]。

熏蒸处理一直都是处理虫害木的重要手段^[11]。溴甲烷无色无味, 能高效、广谱地杀灭各种有害生物^[12], 因此长期以来都是重要的熏蒸处理剂。现有研究发现, 溴甲烷不但会破坏臭氧层, 还会对人或动物造成严重的神经系统及呼吸系统损害, 所以 1992 年哥本哈根《关于消耗臭氧层蒙特利尔议定书》修正案将溴甲烷列为受控物质。此后, 该议定书成员国的溴甲烷使用量逐年减少, 欧盟 27 个成员国从 2010 年 3 月起在装船检疫处理中不再使用溴甲烷^[13-14], 美国环保署 (EPA) 提议 2012 年熏蒸剂溴甲烷的使用将减半。1997 年 9 月, 《蒙特利尔议定书》决定, 发达国家 2005 年开始将不再生产和使用溴甲烷, 发展中国家将在 2015 年最终淘汰溴甲烷, 改用热处理方式替代溴甲烷^[15]。

3 有害物质的检测和控制

木材防腐、防虫处理中会用到防腐剂、粘合剂、杀菌剂等化学试剂。这些试剂在发挥重要功用的同时往往含有一些有害物质, 如果不能对这些有害物质做科学管理和严格控制, 它们将会引发食品安全问题, 甚至危害水体土壤环境, 威胁人类健康^[16]。出于保护环境的需求, 欧盟和美国在 20 世纪末以后相继颁布法规, 要求全部包装材料和容器所含有害重金属总量不超过万分之一, 同时提出了对一些有害化学品的管理和制限要求^[17]。

木材在生长过程中会从土壤中吸收铅、砷、铬、镉、汞等重金属, 而木材防腐、防虫处理试剂中也含有重金属, 这些重金属通过各种途径对人类、动植物以及环境安全会造成威胁。防腐防虫剂在生产和使用过程、木材包装废弃处理过程中经口或者皮肤可能发生直接接触性中毒, 因迁移造成毒害, 有毒废水废气对土壤、水资源以及空气的污染, 以及通过生物体富集(比如木材生长过程中)直接从土壤中的吸收, 还有通过食物链产生的毒害。从浓度上看, 以砷对人的毒性为例, 摄入无机砷化合物 70~200 mg 就会因急性中毒致死, 慢性中毒以长期从饮料食品中摄取砷为多。如果长期摄取砷浓度为 3.0~6.0 mg/L 的水, 会有明显的中毒症状。砷被人体服用以后除了一定程度的吸收、代谢以外, 还会发生转化, 在体内被甲基化的砷化合物通过肾脏、

毛发、皮肤等途径排出,从而避免中毒。由此可见,重金属的危害大小不仅和它的浓度大小有关,也和它存在的形式有关^[18-19]。

关于重金属检测,目前有原子吸收光谱法^[20]、电感耦合等离子体原子发射光谱法^[21]和微波消解-电感耦合等离子体-质谱法^[22]等。孟迪等利用微波消解-原子吸收光谱法和微波消解-电感耦合等离子体发射光谱法测定人造板饰面材料中铅镉铬汞的总量^[23]。王伟等采用原子荧光光谱法测定了集装箱底板用胶合板中铬和砷的含量^[24]。邱静^[25]、韩井伟等^[26]利用微波消解电感耦合等离子体-质谱法(ICP-MS法)测定木材包装材料中的重金属元素,简单、快速、精密度高,基本可以满足木材包装材料中对重金属的检测要求。

从对环境友好的角度出发,关于溴甲烷的减量和替代技术还在进一步摸索中。有学者预测,溴甲烷处理将逐步退出历史舞台,取而代之的是广谱处理办法,比如氧硫化碳处理、硫酰氟处理、热处理或者辐射^[27]。氧硫化碳(COS)在水中分解成二氧化碳和硫化氢,在燃烧时分解成一氧化碳和硫,所以不会污染环境。也有学者发现植物精油可以实现木材熏蒸,蔡万伦使用辣根原油对原木及原木包装进行现场熏蒸,环境均温35℃下分别进行了帐幕熏蒸与集装箱熏蒸。结果表明,当辣根素原油使用剂量达到9.02 mL/m³时,集装箱熏蒸和帐幕熏蒸都对试虫有一定的杀死效果,其中集装箱熏蒸中试虫赤拟谷盗、玉米象的死亡率均为100%^[28]。

多环芳烃是木材不完全燃烧时产生的挥发性有机物,多环芳烃除了具有致癌性,还有致畸性和致突变性。国际癌症中心1976年列出的致癌化合物中包括15种多环芳烃。李英等^[29]采用固相微萃取技术,建立了一种固相微萃取-气相色谱-质谱联用测定食品接触材料中多环芳烃迁移量的分析方法。操作简单、快速,不足之处是样品前处理较复杂,灵敏度尚待提高。

五氯苯酚(PCP)、四氯苯酚(TeCP)和邻苯基苯酚(OPP)等酚类有害物质常常出现在木材防腐剂当中,它们具有良好的杀菌、杀虫功效,同时具有毒性、致癌性、致畸性以及致突变性,美国和欧盟已经禁止使用,在我国还没有明确规定。李庆使用气相色谱-质谱联用仪对三聚氰胺饰面材料中的PAEs进行了定量分析,摸索出检测木家具中多环芳烃、多溴联苯醚、邻苯酯类增塑剂和有机氯杀

虫剂等共50种有害物质的方法^[30]。另外,曾云龙等^[31]采用气相色谱法定量测定了木材中酚类物质的含量,简单、有效。王伟等采用气相色谱-质谱法(GC-MS)实现了对集装箱底板用胶合板产品中四氯苯酚和五氯苯酚防腐剂的定量检测^[32]。NASIR等^[33]采用紫外-可见光谱测定了木材中TCMTB(2-硫氰基甲基硫代苯并噻唑)的含量。2-硫氰基甲基硫代苯并噻唑(TCMTB)作为防腐剂被广泛应用到木材产品中,它遇到硫代物或者亚硫酸盐会分解成苯并噻唑,影响其的杀菌效果,并且会产生毒性,美国环保署及欧盟委员会已经取消了其在农业中的应用。以上这些探索,都为进一步检测木材包装中的酚类等有害物质提供了技术支持。

4 替代材料

2009年我国机电产品包装产值为1800亿元左右,其中木材包装占80%左右,占全国商品木材使用量的1/6,而且大部分是优质木材。我国的森林覆盖率在全世界排名为120位,因此无论从保护森林资源还是冲破木材包装出口面临的绿色壁垒等困境出发,节材代木工作迫在眉睫^[34]。节材代木可以用纸^[35-36]、重型瓦楞纸箱^[37-38]、蜂窝纸板^[39-40]等。以重型瓦楞纸箱为例,将纸板代替木材包装,可节约2/3的木材。全纸重型瓦楞纸箱的质量比同规格木箱低50%,厚度上,5层AA型瓦楞纸板其厚度为10 mm左右,但综合抗压性能却能与6cm钢带木箱媲美,并且因具有更好的缓冲性能而省去了缓冲材料,另外还可以根据被包装品的特性和构造要求进行分拆和组合,使用方便。由此可见,以重型瓦楞纸箱替代木箱,不仅节省了原材料和生产成本,还能降低运输费用,在降低储存空间的同时减少了储运成本^[37],但是重型瓦楞纸箱在强度等性能上稍显不足,且生产成本低、生产能力不足、无标准可依等^[38]。

继“光肩星天牛事件”之后,纸蜂窝材料作为一种质轻、成本低、强度高、缓冲性能好的绿色包装材料开始被推广。2001年开始,海尔、长虹、美的空调等大型电气集团相继开始使用蜂窝材料^[41]。蜂窝纸芯一般用再生纸制造,成本为同规格木质板的1/3^[41],应用领域除了机械产品及零部件,也可以用于玻璃、陶瓷等易碎、怕压的产品。蜂窝纸板的种类包含缓冲材料、托盘、纸板箱等,但是在防

水防潮性能、耐戳穿强度等性能上还需要进行大幅度改进,另外后道制作设备自动化程度较低,产品缺乏行业标准^[40—42]。

除了以纸代替木材,代替木材包装的材料还可以使用定向结构刨花板(以下简称 OSB)^[43]、单板层积材^[44]、蔗渣人造板^[45]、秸秆人造板^[46]、改性竹材人造板^[47]、模压木^[48]、金属框架箱^[49]。OSB 以小径材、间伐材等为原料经一定工艺制成,它除了在原料来源、强度等方面满足包装要求以外,最显著的特征就是属于免检材料,因为其在制造过程中经历了高温,已经将有害生物全部杀死。鉴于此,世界包装协会已经将其列为“一级暴露”的包装材料。在欧洲,OSB 产量已经占到包装托盘和木质包装箱总产量的 20%^[43]。

单板层积材以速生木材和低质材为原料层压而成,原料成本低,层积材的原木利用率超过 90%,而原木包装制品仅为 70%左右。从材料价格上看,小尺寸原木包装板材价格稍低于层积材,而大尺寸的原木包装板材单价则要高于层积材^[44]。另外单板层积材结构性好、表面光滑、适印性好,最显著的特点是出口免熏蒸,可以直接出关,相较于原木包装制品手续简便,物流费用低^[48]。

框架木箱存在循环重复利用和出口贸易壁垒问题,相比之下,金属框架箱具有承载力强、可拆卸、可维护等特点。金属和其零部件能够做到循环或者重新利用,因此在一定程度上实现了“无容器包装”,是绿色包装的典范。同时,在结构、额定载荷、重量等设计参数和成本方面,金属框架箱还需要作更多的系统研究和设计工作^[49]。

有些废旧材料也可以进行加工替代木材包装,比如木刨花、树枝、板皮等和物流包装废弃物等经过粉碎、干燥、施胶、铺装、热压等工序制成的人造板可以制成代木托盘,实现出口免熏蒸、免检疫、免 IPPC 标识,取得了良好的经济效益和社会效益^[50—52]。

5 结语

虫害问题和有害物质问题是木材包装遇到的主要问题,其它还存在耐候性、尺寸稳定性等多方面问题。有关虫害和有害物质问题,如果使用木材包装,从环保角度,要尽量减少使用溴甲烷处理,使用其他处理方法或者研发新的除害处理方法、有害物质控制方法。另外,还要积极采取有效措施,

促进木材包装的回收和再利用,提高使用效率。比如美盈森公司在液晶面板包装中采用可折叠木质包装容器,并由容器制造公司建立回收系统负责该包装的共享和循环使用,实现了高效物流和有效循环的同时,减少了木材使用量。

2009 年,工信部、发改委等七部委联合发布了《机电产品包装节材代木工作方案》。方案提出了 6 项工作任务:加强科技攻关,积极开发新材料和新技术;加快重点项目建设,早日找到效果好的替代材料;逐步扩大试点;加强标准体系建设;强化回收利用;建立评价体系。总体来说,各种代木材料都具有一定的优势,但鉴于材料本身的部分缺点或者大环境不成熟,使得这项工作还没有取得明显成效。具体原因很多,除了认识不足,还存在产品性能有一定缺陷、标准不统一等问题。由此,必须发挥行业协会的作用,加强生产厂家和终端用户的认识,正确评价和对待重型瓦楞纸箱的成本问题;改善产品性能,改进产品性能上的不足;提高生产能力;加强对国际标准的了解,制定相应对策。这些工作除了企业自身的努力和终端客户的配合,还需要在行业内部加强交流,行业协会的努力,宣传号召甚至国家相关部门制定相应的优惠政策扶持企业或者用户生产和使用代木材料。

参考文献:

- [1] 付昕,申婷婷. 浅谈木材包装[J]. 河南科技, 2013(19): 71.
FU Xin, SHEN Ting-ting. Talking about Wooden Packaging[J]. Henan Science and Technology, 2013 (19): 71.
- [2] 张方文,于文吉,哈密提,等. 入境木材包装材料检疫除害处理现状与分析[J]. 包装工程, 2007, 28(10): 20—23.
ZHANG Fang-wen, YU Wen-ji, HA Mi-ti, et al. Current Status and Analysis of the Entry Quarantine Treatments of Wooden Packaging Materials[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(10): 20—23.
- [3] 陈文俊,王丽萍. 入境木材包装检疫除害处理现状与分析[J]. 上海蔬菜, 2013(6): 76—77.
CHEN Wen-jun, WANG Li-ping. Current Status and Analysis of the Entry Quarantine Treatments of Wooden Packaging Materials[J]. Shanghai Vegetables, 2013(6): 76—77.
- [4] 冯鑫. 国际贸易视角下生物入侵及其防范问题研究—以松材线虫为例[J]. 物流工程与管理, 2013, 35(10): 206—207.
FENG Xin. Study on Biological Invasion and Its Pre-

- vention from International Visual Angle Taking Pine Wood Nematode as an Example[J]. Logistics Engineering and Management, 2013, 35(10): 206—207.
- [5] 李海龙. “天牛”事件——慎重对待输往美、加产品的木材包装[J]. 包装世界, 1999(1): 17.
LI Hai-long. "Beetle" Event—Be Carefully for Wooden packaging Products Exported to the United States and Canada[J]. Packaging World, 1999(1): 17.
- [6] 刘婷. 我国农产品出口面临的绿色包装问题与对策研究[D]. 大连: 东北财经大学, 2011.
LIU Ting. Study on the Problems and Countermeasures of Green Packaging of Agricultural Products Export in China[D]. Northeast University of Finance and Economics, 2011.
- [7] SUSAN Livingstone, LEIGH Sparks. The New German Packaging Laws: Effects on Firms Exporting to German[J]. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 1994, 24: 86—89.
- [8] 朱晓南. 回收陶瓷生产剩余热能处理木材包装的应用与评价[J]. 海峡科学, 2014(12): 58—60.
ZHU Xiao-nan. Application and Evaluation of the Recovery of Residual Heat Energy in the Process of Ceramic Production for Heat Treatment of Wooden packaging[J]. Strait Science, 2014(12): 58—60.
- [9] 宋杰, 安榆林, 王建斌. 太阳能应用于热处理新技术的探讨[J]. 森林工程, 2015, 31(2): 115—118.
SONG Jie, AN Yu-lin, WANG Jian-bin. A Preliminary Study on Application of Solar Energy in New Technologies of Heat Treatment[J]. Forest Engineering, 2015, 31(2): 115—118.
- [10] 宋杰, 许忠祥, 吴晶, 等. 太阳能应用于检验检疫热处理领域的可行性分析[J]. 太阳能, 2012(13): 13—16.
SONG Jie, XU Zhong-xiang, WU Jing, et al. Feasibility Analysis of the Application of Solar Energy in the Field of Heat Treatment of Inspection and Quarantine[J]. Solar Energy, 2012(13): 13—16.
- [11] 徐艺轩. 热处理在国际贸易木材包装除害处理中的应用及研究进展[J]. 科技创新与应用, 2016(26): 61.
XU Yi-xuan. Research Progress and Application of Heat Treatment in Disinfection Treatment of Wooden packaging Used in the International Trade[J]. Science and Technology Innovation and Application, 2016(26): 61.
- [12] 刘波, 任永林, 詹国平, 等. 松木木质包装对溴甲烷吸附与解吸特性的研究[J]. 植物检疫, 2013(5): 56—60.
LIU Bo, REN Yong-lin, ZHAN Guo-ping, et al. Study on Sorption and Desorption of Methyl Bromide on Pinewood Packing Materials[J]. Plant Quarantine, 2013(5): 56—60.
- [13] 石依. 熏蒸剂溴甲烷欧盟遇冷[J]. 农药市场信息, 2011(10): 31.
SHI Nong. Methyl Bromide as Fumigation Agent was Left Out in EU[J]. Pesticide Market Information, 2011(10): 31.
- [14] 美国将减半使用熏蒸剂溴甲烷[J]. 农药研究与应用, 2011(5): 39.
The United States will be Halved the Use of Methyl Bromide[J]. Pesticide Research and Application, 2011(5): 39.
- [15] 景卿. 浅谈国际贸易中木材包装的除害处理方式[J]. 商场现代化, 2012(25): 11.
JING Qing. The Way of Treatments in Wooden Packaging in International Trade[J]. Market Modernization, 2012(25): 11.
- [16] 孙成, 匡华, 徐丽广, 等. 木质食品接触材料中有害物质的分析[J]. 包装工程, 2015, 36(1): 1—5.
SUN Cheng, KUANG Hua, XU Li-guang, et al. Analysis of Contaminants in Wooden Food Contacting Materials[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(1): 1—5.
- [17] 王远德, 李建华. 国际贸易中对商品包装的基本要求[J]. 湖南工业大学学报, 2007(6): 1—4.
WANG Yuan-de, LI Jian-hua. Essential Requirement to Merchandise Packaging in International Trade[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2007(6): 1—4.
- [18] 方桂珍. 木材防腐剂使用与环境安全性[J]. 中国安全科学学报, 2004, 14(2): 66—70.
FANG Gui-zhen. Use of Wood Preservative and Environment Safety[J]. China Safety Science Journal, 2004, 14(2): 66—70.
- [19] 张晓红, 陈敏. 砷的污染毒性及对人体健康的影响[J]. 甘肃环境研究与监测, 1999, 12(48): 215—217.
ZHANG Xiao-hong, CHEN Min. Toxicity of Arsenic Pollution and Its Effect on Human Health[J]. Environmental Research and Monitoring in Gansu, 1999, 12(48): 215—217.
- [20] AZIZ A, SAJJAD M, BASHIR M. Elemental Characterization of Black Shales of Khyber Pakthunkhawa (KPK) Region of Pakistan Using AAS [J]. Chinese Journal of Geochemistry, 2013(32): 248—251.
- [21] EBERHARDT T L, PAN H. Analysis of the Fly Ash from the Processing of Wood Chips in a Pilot-scale Downdraft Gasifier[J]. Comparison of Inorganic Constituents Determined by PIXE and ICP-AES, 2013(51): 163—168.
- [22] LEWEN N, MATHEW S, SCHENKENBERGER M, et al. A Rapid ICP-MS Screen for Heavy Metals in Pharmaceutical Compounds[J]. J Pharm Biomed Anal, 2004, 35(4): 739—752.
- [23] 孟迪. 人造板饰面材料中有害重金属检测方法研究[D]. 中国林业科学研究院, 2012.
LONG Ling, HUANG AN-min, MENG Di, et al. Determination of Harmful Heavy Metal in Furniture Surface Decorating Materials of Wood-based Panels[D]. Chinese Academy of Forestry, 2012.
- [24] 王伟, 房超, 张彰, 等. 集装箱底板用胶合板中铬、砷含量的检测[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2013(4): 175—178.

- WANG Wei, FANG Chao, ZHANG Zhang, et al. Determination of Chromium and Arsenic in Plywood for Container Flooring[J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 2013(4):175—178.
- [25] 邱静. 包装材料中有毒有害元素的分析与检测方法的研究[D]. 合肥: 安徽大学, 2012.
QIU Jing. Study on the Analysis and Detection Methods of Toxic and Harmful Elements in Packaging Materials[D]. Hefei: Anhui University, 2012.
- [26] 韩井伟, 王正国, 杨娟, 等. 微波消解-ICP-MS 法测定木材包装材料中重金属元素[J]. 包装工程, 2015(1): 42—45.
HAN Jing-wei, WANG Zheng-guo, YANG Juan, et al. Determination of Heavy Metal Elements in Wooden Packing Materials by Microwave Digestion and ICP-MS[J]. Packaging Engineering, 2015(1): 42—45.
- [27] 李德山, 段刚, 赵汗青, 植物检疫除害研究现状及方向[J]. 植物检疫, 2003, 17(5): 289—293.
LI De-shan, DUAN Gang, ZHAO Han-qing. Research on the Status Quo and Development of Plant Quarantine[J]. Plant Quarantine, 2003, 17(5): 289—293.
- [28] 蔡万伦, 李金甫, 龚国祥, 等. 辣根素原油对原木及木材包装现场熏蒸的效果[J]. 湖北农业科学, 2011(17): 3540—3543.
CAI Wan-lun, LI Jin-pu, GONG Guo-xiang, et al. Effect of Horseradish Crude Oil on Fumigation of Logs and Wooden packaging[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2011(17): 3540—3543.
- [29] 李英, 李成发, 白爽, 等. 自动固相微萃取-气相色谱-质谱法测定食品接触材料中多环芳烃(PAHs)的迁移量[J]. 质谱学报, 2014(4): 324—329.
LI Ying, LI Cheng-fa, BAI SHUANG, et al. Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons(PAHs) Migrated from Food Contacting Materials by Automated Solid Phase Micro Extraction with GC/MS[J]. Journal of Chinese Mass Spectrometry Society, 2014(4): 324—329.
- [30] 李庆. 木家具中有害物质的检测分析及检测技术研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2013.
LI Qing. Detection Analysis and Detection Technology of Harmful Substances in Wood Furniture[D]. Jinan: Shandong Normal University, 2013.
- [31] 曾云龙, 唐春然. 木屑中残留五氯苯酚的测定[J]. 湘潭矿业学院学报, 2002(4): 81—83.
ZENG Yun-long, TANG Chun-ran. Determination of Residual Pentachlorophenol in Wood Powder[J]. J XIANGTAN MIN INST, 2002(4): 81—83.
- [32] 王伟, 易海华, 高翔, 等. 集装箱底板中防腐剂检测技术——气相色谱-质谱法测定含氯苯酚防腐剂的含量[J]. 江西林业科技, 2010(3): 36—38.
WANG Wei, YI Hai-hua, GAO Xiang, et al. Content determination of chlorophenols Preservative in Container Flooring Detection Technology—Gas Chromatography-mass Spectrometry[J]. Jiangxi Forestry Science and Technology, 2010(3): 36—38.
- [33] NASIR M A M, SALMIAH U, THMIRAH K, et al. Determination of 2-thiocyanomethyl Thiobenzothiazole(TCMTB) in Treated Wood and Wood Preservative Using Ultraviolet-visible Spectrophotometer[J]. Wood Science Technology, 2012, 46: 1021—1031.
- [34] 机电产品包装节材代木“十二五”发展纲要[J]. 中国包装报, 2011(2): 1—6.
Mechanical and Electrical Products Packaging on Behalf of the "12th Five-Year" Development Program[J]. China Packaging Paper, 2011(2): 1—6.
- [35] 丁毅, 赵丽娟. 局部以纸代替木材包装箱的研究[J]. 包装工程, 2011, 32(13): 21—24.
DING Yi, ZHAO Li-juan, Research on Partial Paper Wood Packing Case[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(13): 21—24.
- [36] 郝笑梦. 环保包装纸板强化技术及其性能研究[D]. 无锡: 江南大学, 2012.
HAO Xiao-meng. Study on Strengthening Technology and Performance of Environmental Protection Packaging Board[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2012.
- [37] 毛盾. 重型瓦楞纸板在医疗设备包装中的应用[J]. 印刷技术, 2012(1): 30—31.
MAO Dun. Application of Heavy Type on Medical Device Packaging[J]. Printing Technology, 2012(1): 30—31.
- [38] 温丽娜. 重型瓦楞纸箱的“成”与“惑”[J]. 印刷技术, 2012(1): 12—15.
WEN Li-na. Achievement and Puzzle of Heavy Type Corrugated Box[J]. Printing Technology, 2012(1): 12—15.
- [39] 申婷婷, 付昕. 浅谈蜂窝纸板的结构、性能及在包装领域的应用[J]. 河南科技, 2013(10): 73.
SHEN Ting-ting, FU Xin. The Structure and Performance of Honeycomb Paperboard and Its Application in Packaging Field[J]. Henan Science and Technology, 2013(10): 73.
- [40] 温丽娜. 绿色当行 纸蜂窝材料借势发力[J]. 印刷技术, 2014(7): 9—11.
WEN Li-na. Chance for Honeycomb Material as Green Material[J]. Packaging Technology, 2014(7):9—11.
- [41] 孙书静. “以纸代替木材”新型包装材料蜂窝纸板的性能和应用[J]. 包装世界, 2004(4): 52.
SUN Shu-jing. Performance and Application of New Packaging Material Honeycomb Paperboard[J]. Packaging World, 2004(4): 52.
- [42] 张晶, 钟慧敏, 钱江. 一种基于复合纸板的新型重型纸质包装箱[J]. 包装工程, 2015(3):22—26.
ZHANG Jing, ZHONG Hui-min, QIAN Jiang, et al. A New Type of Heavy Paper Packaging Box Based on Composite Cardboard[J]. Packaging Engineering, 2015(3): 22—26.
- [43] 师振华, 周锐, 李百胜. 定向结构刨花板作为新型包装材料的前景展望[J]. 科技创新导报, 2010(19): 124—125.

- SHI Zhen-hua, ZHOU Rui, LI Bai-sheng. The Prospect of Oriented Strand Board as a New Type of Packaging Material[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2010(19): 124—125.
- [44] 黄巍. 层积材: 机电包装的代木能手[J]. 包装财智, 2012(4): 73—74.
- HUANG Wei. Hierarchical Material: Substitute Material for Mechanical and Electrical Packaging[J]. Packaging Wealth & Wisdom, 2012(4): 73—74.
- [45] 周兆, 曹建春, 汤佩钊, 等. 蔗渣包装制品模压工艺与性能分析[J]. 包装工程, 2001, 22(5): 15—16.
- ZHOU Zhao, CAO Jian-chun, TANG Pei-zhao, et al. Analysis of Properties and Technology of Molding Bagasse Packaging Manufacture[J]. Packaging Engineering, 2001, 22(5): 15—16.
- [46] 苟进胜, 方建, 蔡静蕊, 等. 包装行业用秸秆刨花板的研制[J]. 包装工程, 2013, 34(23): 23.
- GOU Jin-sheng, FANG Jian, CAI Jing-rui, et al. Development of Straw Particleboard for Packaging Industry[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(23): 23.
- [47] 张帆, 孙昊, 张新昌, 等. 利用改性竹材制备环保代木包装材料[J]. 包装工程, 2015, 36(15): 55—60.
- ZHANG Fan, SUN Hao, ZHANG Xin-chang, et al. Replacement of the Wood Substitute Packaging Materials with Modified Bamboo Timber[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(15): 55—60.
- [48] 张帆, 余立. 一种模压木代包装材料的制备工艺及性能研究[J]. 包装学报, 2016, 8(3): 14—20.
- ZHANG Fan, YU Li. Process and Performance of a Molded Pressing Wood Substitute Packaging Material [J]. Packaging Journal, 2016, 8(3): 14—20.
- [49] 赵新伟, 黄巍, 孙靛. 金属框架箱 机电产品代木包装优选[J]. 包装财智, 2012(8): 71—72.
- ZHAO Xin-wei, HUANG Wei, SUN Liang. Metal Frame Box—Substitute Material for Mechanical and Electrical Packaging of Wood[J]. Packaging Wealth & Wisdom, 2012(8): 71—72.
- [50] 沈旭明, 杨帆. 再生人造板引领我国低碳物流托盘与包装发展[J]. 物流技术, 2011(7): 33—35.
- SHEN Xu-ming, YANG Fan. Recycled Artificial Board Which Leads Low Carbon Logistics Pallet and Packaging Development in Our Country[J]. Logistics Technology, 2011(7): 33—35.
- [51] 冯达昌, 陈利科. 环保包装技术方案解析[J]. 包装财智, 2014(1): 24—27.
- FENG Da-Chang, CHEN Li-ke. Analysis of Environmental Protection Packaging Technology[J]. Packaging Wealth & Wisdom, 2014(1): 24—27.
- [52] 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.
- Working Program about Mechanical and Electrical Products Packaging Materials on Behalf of Wood[J]. China Packaging Industry, 2009(10): 44—45.