

## 纤维模塑包装材料力学性能指标体系的构建

荣人慧<sup>1,2</sup>, 肖生苓<sup>1,2</sup>, 岳金权<sup>1</sup>, 姚培培<sup>1</sup>

(1.东北林业大学, 哈尔滨 150040;

2.黑龙江省森林持续经营与微生物工程重点实验室, 哈尔滨 150040)

**摘要:** **目的** 通过介绍纸浆模塑材料现有的分类, 定义一种新的造型类纤维模塑包装材料, 并构建其力学性能指标体系。**方法** 分析造型类纤维模塑包装材料需要满足的特性要求和主要用途, 参照纸包装材料、缓冲包装材料及整体包装材料性能的测试标准探讨造型类纤维模塑包装材料需要检测的力学性能指标。**结果** 从强度、刚度、弹性、可塑性、柔韧性等方面对造型类纤维模塑包装材料的性能指标进行归纳分类, 建立含 5 项二级指标, 14 项三级指标的力学性能指标体系。**结论** 构建的力学性能指标体系不仅为今后模塑包装制品的结构设计提供基础依据, 同时也为国内外统一模塑包装材料的测试方法和性能评价标准提供一定的参考价值。

**关键词:** 绿色包装; 纸浆模塑; 特性要求; 力学性能; 指标体系

**中图分类号:** TB484.1; TB485.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)13-0024-06

## Construction of Mechanical Performance Index System of Fiber Molded Packaging Materials

RONG Ren-hui<sup>1,2</sup>, XIAO Sheng-ling<sup>1,2</sup>, YUE Jin-quan<sup>1</sup>, YAO Pei-pei<sup>1</sup>

(1.Northeast Forestry University, Harbin 150040, China; 2.Key Laboratory of Forest Sustainable Management and Micro-bioengineering in Heilongjiang Province, Harbin 150040, China)

**ABSTRACT:** Through the introduction of existing classification of molded pulp materials, a new kind of molded pulp packaging materials was defined, whose name was modeling fiber molded packaging material. And the index system of the mechanical properties was constructed. The characteristic requirements and the main purpose of the material to be met were analyzed, and the index system of modeling molded packaging materials was discussed. Due to lack of molded pulp packaging unified test method at home and abroad, it referred to the performance test standards of paper materials, cushioning packaging materials and overall packaging materials. It concluded the performance index of modeling molded packaging materials from the strength, stiffness, elasticity, plasticity and flexibility, in order to establish the mechanical performance index system containing 5 secondary indexes and 14 tertiary indexes. It provided the basis for the structure design of the molded packaging products in the future, and also provided certain reference value for the molded packaging materials which lack unified test method and performance evaluation standard at home and abroad.

**KEY WORDS:** green packaging material; molded pulp; characteristic requirements; mechanical properties; index system

收稿日期: 2015-12-22

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项 (201304506)

作者简介: 荣人慧 (1991—), 女, 吉林长春人, 东北林业大学硕士生, 主攻森林工程产品开发与检测。

通讯作者: 肖生苓 (1961—), 女, 黑龙江哈尔滨人, 博士, 东北林业大学教授, 主要研究方向为森林工程和包装工程。

绿色包装已成为当今包装工业、世界贸易不可逆转的潮流，绿色包装材料是发展绿色包装的关键<sup>[1-2]</sup>。作为代替泡沫塑料最佳选择的包装材料，纸浆模塑包装制品从原材料的获取、生产工艺、销售使用、包装废弃物的处理这整个生命周期都是环保的，是典型的绿色包装材料。按照其使用行业和具体用途分类，可用于农业包装、工业产品缓冲包装、食品用包装、医用产品的包装及其他特殊用途等，应用范围十分广泛<sup>[3-5]</sup>。

在上述所列模塑包装材料中，有一类可以应用于对更加精密的有形产品的包装，将其定义为造型类模塑包装材料。所谓造型类模塑包装材料是指制品形状精准，尺寸稳定性好，具有较高的强度和挺度，在包装运输过程中不会发生明显变形，用于包容和限制被包装物，能达到保护内装产品的性能的模塑包装材料。造型类纤维模塑包装材料可以采用木材（木材加工剩余物以及废旧木质家具）、稻草和秸秆等天然植物纤维或回收废纸再造纤维作为原料，通过造纸工序获得纸浆纤维，经过冷压、热压干燥等工艺进行制备，形成具有一定强度、挺度、韧性、可塑性和缓冲性能的包装材料<sup>[6-7]</sup>。配合使用不同的模具，即可得到具有特定几何空腔结构的造型类纤维模塑包装制品。目前所研究的造型类纤维模塑包装材料主要选用木材加工剩余物、竹材和秸秆等作为浆料原材料，其相比于木制品和金属制品包装容器，从原材料的获取、加工制备方法到废弃物回收等方面更节省成本、节约资源，配合高温高压的成型和整型方法取代自然烘干或烘道烘干，使其制品除了用于普通工业包装等领域，还能够用于更加精密的产品包装上。

就纤维模塑包装制品的功能而言，其区别于传统的发泡塑料包装制品，对包装对象的保护不仅来自于材料自身的缓冲性能，它的结构更直接影响包装功能的实现，利用不同的造型和结构来满足对内装产品的定位、承载和保护等。在对纤维模塑包装制品进行结构设计之前，需要先确定材料本身的性能，尤其是其力学性能。既确保材料本身具有一定的缓冲性能，又保证材料的可造型性，即造型后的包装制品具有较好的尺寸稳定性、结构缓冲性能等。

## 1 构建力学性能指标体系的必要性

为保证造型类纤维模塑包装制品在各种负荷

条件下正常工作，必须通过试验测定材料在不同负荷下的力学性能，并规定具体的力学性能指标，以便为模塑包装制品的强度预期和结构设计提供可靠的依据。原材料的属性对模塑包装制品的外观特征和力学性能的影响颇高，不同原材料制备的模塑包装制品的性能相差很大，因此，对纤维模塑包装原材料力学参数的测定是研究纤维模塑包装制品性能的基础。

造型类纤维模塑包装制品更适用于对高档电子产品、精密机械零件和精密仪器仪表等物品的内衬缓冲包装，这些产品的共同特点是形状特殊，各部位结构相差悬殊，尺寸大小不一，存在脆弱部件，产品本身昂贵精密等。针对上述造型类纤维模塑包装制品主要用途的要求，包装制品需要具备稳定、精准的形状和尺寸造型来实现对内装产品的固定、缓冲和保护功能。回归到原材料本身，需使原材料具备的力学性能满足造型类纤维模塑包装制品主要用途所提出的要求，要对原材料的强度、刚度、韧性等力学性能指标进行研究和检测，构建出可行的力学性能指标体系。通过调整造型类纤维模塑包装材料的制备方法及其工艺，使其性能达到模塑包装制品的应用要求。

目前国内外很少有对模塑包装原材料性能的理论研究<sup>[8-10]</sup>，这就导致了材料测试结果和评价的差异。尽管纸浆模塑行业在标准化方面做了很多工作，但仍不能满足行业快速发展的要求，相关部门的具体措施始终没有出台，影响了标准的实施，因此制定一套针对造型类纤维模塑包装材料的合理可行的指标体系迫在眉睫。

## 2 纤维模塑包装材料的力学特性要求

在制定力学性能指标体系之前，首先要对造型类纤维模塑包装材料应具备的力学性能特点进行分析总结，确定其应满足的特性要求。造型类纤维模塑包装材料作为制备造型类纤维模塑包装制品的原材料，不仅自身需要具备较优秀的力学性能，而且还应为其模压造型后的几何空腔结构提供一定的力学性能基础。作为典型的缓冲运输包装制品原材料，现将造型类纤维模塑包装材料的力学特性要求归纳为以下几点。

1) 良好的承重能力。模塑包装材料应具备良好的承重能力以托载被包装产品，并保证一定的堆

码高度。包装材料的强度、刚度和弹性都决定了其承重能力,进而影响整个包装制品的功能。较高的抗拉强度、断裂强度、压缩强度和边压强度使材料能承受更大的静载力,不至于被密度较大的金属仪器、玻璃制品和液体产品等被包装物压溃而失效;弹性模量、泊松比、压缩弹性模量和弹性极限应适当增大,保证材料本身的刚度和微弹性,使包装制品的几何空腔结构硬挺且具有回弹空间,不易在压力作用下过度变形而塌陷;材料的屈服强度应适当提高,否则其可塑性容易使几何空腔结构在重力堆码下蠕变塌陷,进而导致结构永久形变、尺寸改变,包装制品被破坏<sup>[11-12]</sup>。

2) 良好的耐破性能。模塑包装材料应具备良好的耐破性能,避免包装件在运输装卸环节受到外力作用而物理破损。在运输途中和装卸作业时,包装件与包装件之间以及包装件与运输工具之间难免产生磕碰、摩擦,加之意外掉落和野蛮装卸等情况,包装制品的薄弱环节(几何空腔结构的边、角和厚度较小的面)容易被尖锐物刺穿或被较大外力摧毁。材料必须具备较高强度和韧性,主要表现在较高耐破度、戳穿强度和破裂功方面,保证材料能承受较大的静态局部挤压,能抵御突然施加的冲击力,不易在受到外力时破损而伤及内包装产品从而失去保护功能。

3) 较高的强韧性。模塑包装材料应具备较高的强韧性,保证成型后的包装制品结构稳定<sup>[12]</sup>。较高的弯曲挺度、断裂伸长率和抗张能量吸收表现出材料具有良好的强韧性,不易受力弯折、断裂,材料越强韧,包装制品的几何空腔结构越能得以保障,不易在自身重力作用下或在包装工序中的拿运过程中发生变形,环境稳定性得到提高,为被包装品提供更理想的支撑、保护能力,保证了其缓冲包装的承载、保护功能。

4) 良好的抗冲击性能。模塑包装材料应具备良好的抗冲击性能,保证成型后的包装制品在使用过程中能够有效消除冲击外力,提高包装制品的总体缓冲性能。当包装件受到外力冲击和跌落时,需要保证材料具有一定弹性和韧性从而提高其抗冲击性能,可使几何空腔结构在受到冲击的瞬间发生一定变形以消除或减少外力向内容物的传递。

5) 良好的防振动性能。材料应具备良好的防

振动性能,在运输途中减少包装件之间与包装件内部的共振作用。材料本身具有的微弹性和包装制品的微小变形共同作用,可消除颠簸道路以及交通工具发动机带来的振动,从而更好地保护内容物。

由于被包装物自身价值、质量要求和制造时的技术含量比较高,形状比较复杂,而造型类纤维模塑包装制品的包装防护功能是由其几何空腔结构和包装材料本身的性能综合形成的,因此要求造型类纤维模塑包装材料具有上述基本性能,且能发挥其模塑的生产工艺特点,满足所成型的包装制品结构的灵活多变,能够适应不同被包装产品的要求,更好地承受内装产品的质量和堆码载荷,以及外来的冲击、振动载荷等<sup>[14-15]</sup>。

### 3 力学性能指标评价体系的构建方法

纤维模塑包装材料作为纸类包装的一种,其大部分性能可参考纸和纸板的有关测试标准<sup>[16-17]</sup>,同时根据缓冲包装材料和整体包装材料的检测方法,结合其需要满足的特性要求,设计制定具有三级层次结构的造型类纤维模塑包装材料力学性能指标体系,其中二级指标含5项指标,三级指标含14项指标。具体指标体系见表1<sup>[16,18-28]</sup>。

造型类纤维模塑包装制品对产品的保护作用主要是依靠几何空腔结构的支撑与形变和原材料本身的弹性综合作用实现的,其中几何空腔结构为被包装产品提供的力学强度不仅与原材料本身的诸多力学性能紧密相关,还受结构设计中的壁厚、高度、拔模斜度、承载边长和缓冲单元形状等多方面的影响。只有在确保原材料本身性能的基础上,才能对造型类纤维模塑包装制品的结构进行正确精准的设计和力学性能的评估。根据表1所示的力学性能指标体系的部分内容,对不同浆种(化学浆、化学机械浆、废旧瓦楞纸板回收纸浆)在不同制备工艺条件下的模塑包装材料进行了力学性能检测与对比,得出了原生杨木高木素含量纸浆模塑包装材料的最优工艺和相应的最优力学性能<sup>[29-30]</sup>。通过参考表1所示的力学性能指标体系对造型类模塑包装材料进行更加系统的力学性能测试,得出具体、稳定的指标值范围,为制备和设计造型类纤维模塑包装制品提供力学指标参考依据。

表 1 力学性能指标体系  
Tab.1 Mechanical properties index system

一级指标	二级指标	三级指标	指标拟检测方法	指标意义	确定指标的参考标准
造型类纤维模塑包装材料力学性能指标体系	强度	抗拉强度	单向静拉伸试验	材料抵抗外力拉伸的能力	参考 GB/T 12914—91 纸和纸板抗张强度的测定方法(恒速拉伸法)
		断裂强度		材料发生失效断裂时的应力	
		压缩强度	面内压缩试验	材料可承受的最大压缩应力	参考 GB/T 5258—2008 纤维增强塑料面内压缩试验方法
		耐破度	耐破度测试	材料单位面积所能承受均匀增大的最大压力值, 考察材料承受静态局部挤压的能力	参考 GB/T 6545—1998 瓦楞纸板耐破强度测定法
		边压强度	垂直边压试验	材料纵向的抗压承重能力(在结构已经确定的情况下, 此指标影响包装件的堆载层数及安全性能)	参考 GB/T 6546—1998 瓦楞纸板边压强度测定法
		戳穿强度	戳穿强度测试	材料受到突然施加的冲击力时的强度性能	参考 GB/T 2679.7—2005 纸板戳穿强度的测定
	弹性	弹性极限(比例极限)	单向静拉伸试验	材料在弹性变形阶段按正比关系变化的最大应力, 即材料保持完全弹性变形的最大应力	参考 GB/T 12914—91 纸和纸板抗张强度的测定方法(恒速拉伸法); 参考 ISO 1924—2—2008 纸和纸板抗张强度的测定第 2 部分(恒速拉伸法(20 mm/min))
		塑性	屈服强度	单向静拉伸试验	材料发生明显塑性变形(应变量为 0.2%)时的应力
		弯曲挺度	弯曲挺度测试	材料抵抗弯曲的强度性能, 也表明其柔软或挺硬的性质	参考 GB/T 22364—2008 纸和纸板弯曲挺度的测定
	韧性	断裂伸长率	单向静拉伸试验	材料受到拉伸至断裂时所增加的长度与试样原长的百分比, 表示材料的韧性	参考 GB/T 12914—91 纸和纸板抗张强度的测定方法(恒速拉伸法)
抗张能量吸收(破裂功)		材料拉伸到破裂时应力应变曲线下的面积, 表示材料的强韧性			
刚度	弹性模量	单向静拉伸试验	材料在弹性变形阶段其应力和应变的比例系数, 考察材料抵抗弹性变形的能力	参考 GBT 3354—1999 定向纤维增强塑料拉伸性能试验方法; 参考 ISO 1924—2—2008 纸和纸板抗张强度的测定第 2 部分(恒速拉伸法(20 mm/min))	
	泊松比		材料横向应变与纵向应变之比的绝对值		
		压缩弹性模量	面内压缩试验	材料压缩应力-应变曲线在比例极限内直线段的斜率	参考 GB/T 5258—2008 纤维增强塑料面内压缩试验方法

#### 4 结语

随着人类节约资源、保护环境意识越来越强

烈, 加之我国可持续发展的要求和进出口绿色贸易壁垒, 作为时下典型的且具有发展潜力的绿色环保包装材料, 造型类纤维模塑包装必将以其独特的性能优势和广泛应用成为绿色包装发展领域中的一

支强大生力军。

目前行业内还没有针对模塑包装材料统一完整的测试方法以及力学性能等的评价标准,造成在生产应用中对模塑包装材料以及利用其成型的包装制品的性能测定和分析缺乏依据,因此研究者们已经开始意识到对原材料性能进行研究的重要性及其带来的奠基作用。这里参照纸包装材料及现有缓冲包装材料的测试方法,构建了具有三级层次结构的造型类纤维模塑包装材料力学性能指标体系。接下来的研究将同时探讨材料应具备的物理相容性、环境稳定性和透气性等其他性能,将造型类纤维模塑包装材料性能指标体系不断扩充完善,为研究并优化模塑包装材料的制备、性能和成型后包装制品的结构设计提供了参考依据。只有有了统一的性能评价指标,才能使模塑包装材料的各方面性能具有可比性,得以进一步更客观地对模塑包装制品的性能进行评价,对此类包装制品的生产和设计具有指导意义。

#### 参考文献:

- [1] PONGRÁCZ E. Environmentally Conscious Materials and Chemicals Processing[M]. New York:John Wiley & Sons, Inc, 2007.
- [2] 盛忠谊. 绿色包装与绿色消费探究[J]. 包装工程, 2010, 31(3):128—130.  
SHENG Zhong-yi. On Green Packaging and Green Consumption[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(3): 128—130.
- [3] 王志伟, 彭春虎. 纸浆模塑制品冲击承载能力和能量吸收分析[J]. 应用力学学报, 2013, 30(4):593—597.  
WANG Zhi-wei, PENG Chun-hu. Analysis for Impact Load Carrying Capacity and Energy Absorbing of Molded Pulp Products[J]. Chinese Journal of Applied Mechanics, 2013, 30(4):593—597.
- [4] 朱圣光, 夏欣. 纸浆模塑工艺与技术[M]. 北京:机械工业出版社, 2007.  
ZHU Sheng-guang, XIA Xin. Pulp Molding Process and Technology[M]. Beijing:Mechanical Industry Press, 2007.
- [5] 王礼银, 韩霖, 肖文飞, 等. 可连续生产的生物质包装材料配方与工艺研究[J]. 包装学报, 2015, 7(4):13—18.  
WANG Li-yin, HAN Lin, XIAO Wen-fei, et al. Study on Formula and Process of Continually Producibile Biomass Packing Material[J]. Packaging Journal, 2015, 7(4):13—18.
- [6] HUO L, SAITO K. Multidimensional Life Cycle Assessment on Various Molded Pulp Production Systems[J]. Packaging Technology and Science, 2009, 22(5):261—273.
- [7] 邵文全, 李砚明. 纸浆模塑开口薄壁圆锥筒压缩力学性能研究[J]. 包装工程, 2012, 33(13):68—70.  
SHAO Wen-quan, LI Yan-ming. Compressional Mechanical Property Analysis of Thin-wall Open Cone Tube of Molded Pulp Material[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(13):68—70.
- [8] 林冬鸣, 陈永铭, 张新昌. 纸浆模塑材料的弹黏塑性模型及实验验证[J]. 中国造纸学报, 2008, 23(2):91—95.  
LIN Dong-ming, CHEN Yong-ming, ZHANG Xin-chang. Nonlinear Elastic Viscoplastic Model of Molded Pulp Material and its Experimental Verification[J]. Transactions of China Pulp and Paper, 2008, 23(2):91—95.
- [9] WANG Z W, LI X F. Effect of Strain Rate on Cushioning Properties of Molded Pulp Products[J]. Materials & Design, 2014, 57(1):598—607.
- [10] 曹国荣, 张勇, 田羽, 等. 纸浆模塑制品的研究进展[J]. 包装工程, 2006, 27(1):21—23.  
CAO Guo-rong, ZHANG Yong, TIAN Yu, et al. Progress in the Development of Moulded Pulp Products[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(1):21—23.
- [11] 黄俊彦, 朱婷婷. 纸浆模塑生产实用技术[M]. 北京:印刷工业出版社, 2007.  
HUANG Jun-yan, ZHU Ting-ting. Pulp Molding Production Practical Technology[M]. Beijing:Printing Industry Press, 2007.
- [12] 韩娟. 液晶显示器的纸浆模塑包装设计[D]. 西安:西安理工大学, 2009.  
HAN Juan. LCD Moulded Pulp Packaging Design[D]. Xi'an:Xi'an University of Technology, 2009.
- [13] 孙强, 蔡想周, 于水生. 纸制品在电热水器上的研究与应用[J]. 电器, 2013(S1):309—312.  
SUN Qiang, CAI Xiang-zhou, YU Shui-sheng. Study and Application of Modeled Pulp on Electricity Water Heater[J]. Electric, 2013(S1):309—312.
- [14] YU H S, SERGIY N. Mechanical Properties of Materials[M]. Beijing:Metallurgical Industry Press, 2005.
- [15] 李新芳. 纸浆模塑材料性能的研究现状和开发应用[J]. 包装工程, 2009, 30(1):124—126.  
LI Xin-fang. Research Progress and Application of Pulp Molded Material[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(1):124—126.
- [16] 郭彦峰, 许文才, 李小丽. 包装测试技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2012.  
GUO Yan-feng, XU Wen-cai, LI Xiao-li. Packaging Test Technology[M]. Beijing:Chemical Industry Press, 2012.
- [17] 鲁建东. 包装工程专业实验指导书[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2010.  
LU Jian-dong. Packaging Engineering Specialty Experiment Guide Book[M]. Beijing:China Light Industry Press, 2010.

- [18] 时海芳. 材料力学性能[M]. 北京:北京大学出版社, 2010.  
SHI Hai-fang. Mechanical Properties of Materials[M]. Beijing:Peking University Press, 2010.
- [19] JI H W, WANG H W. Short Span Compressive Stress-strain Relation and Model of Molded Pulp Material[J]. Key Engineering Materials, 2011(1):202—205.
- [20] 韩文佳. 高密度植物纤维功能材料制备、性能和机理的研究[D]. 广州:华南理工大学, 2011.  
HAN Wen-jia. Research on the Preparation, Properties and Mechanism of High Density Functional Plant Fiber Materials[D]. Guangzhou:South China University of Technology, 2011.
- [21] GURAV S P, BEREZNIISKI A, HEIDWEILLER A, et al. Mechanical Properties of Paper-pulp Packaging[J]. Composites Science and Technology, 2003, 63(9): 1325—1334.
- [22] SORENSEN G, HOFFMANN J. Moisture-induced Effects on Stacking Strength of Moulded-fibre Packaging in Varying Environmental Conditions[J]. Packaging Technology and Science, 2004, 17(5):257—265.
- [23] 祝磊, 杨仁党, 韩文佳, 等. 蔗渣浆和竹浆制备墙体装饰材料的研究[J]. 功能材料, 2012, 43(12):1622—1626.  
ZHU Lei, YANG Ren-dang, HAN Wen-jia, et al. Research on Preparation of Wall Decorative Building Materials with Bagasse and Bamboo[J]. Journal of Functional Materials, 2012, 43(12):1622—1626.
- [24] GAVAZZO G B, LANOUILLE R, VALADE J L. Production of Molded Pulp at Laboratory Scale[J]. Progress in Paper Recycling, 2005, 14(2):20—25.
- [25] 李晓飞. 应变率对纸浆模塑制品缓冲性能的影响[D]. 广州:暨南大学, 2013.  
LI Xiao-fei. The Effect of Strain Rate on the Cushioning Properties of the Molded Pulp Products[D]. Guangzhou:Jinan University, 2013.
- [26] MASNI-AZIAN A, CHOUDHURY IA, SIHOMBING H, et al. Tensile Properties Evaluation of Paper Pulp Packaging at Different Sections and Orientations on the Egg Tray[J]. Advanced Materials Research, 2013 (6):542—546.
- [27] 王虹. 预压缩率对蜂窝纸板动态静态缓冲性能的影响[D]. 无锡:江南大学, 2012.  
WANG Hong. The Influence of Pre-compression Ratio on Dynamic Static Cushioning Performance of Honeycomb Paperboard[D]. Wuxi:Jiangnan University, 2012.
- [28] 刘继飞, 韩雪山, 王伟, 等. 蠕变对发泡聚乙烯缓冲性能影响的研究[J]. 包装工程, 2014, 35(3):48—51.  
LIU Ji-fei, HAN Xue-shan, WANG Wei, et al. Effects of Cushion Property of Foamed Polyethylene EPE Cushioning Material Exerted by the Creep[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(3):48—51.
- [29] 姚培培, 肖生苓, 岳金权. 不同干燥方式对纸浆模塑材料性能的影响[J]. 包装工程, 2014, 35(7):23—28.  
YAO Pei-pei, XIAO Sheng-ling, YUE Jin-quan. Effects of Different Drying Methods on the Properties of Molded Pulp Material[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(7):23—28.
- [30] 李琛, 荣人慧, 肖生苓. 成型工艺对废旧瓦楞纸箱制备包装材料性能的影响[J]. 科技导报, 2015, 33(12): 61—66.  
LI Chen, RONG Ren-hui, XIAO Sheng-ling. Influence of Molding Process on the Properties of Packaging Materials Made from Waste Corrugated Containers[J]. Science & Technology Review, 2015, 33(12):61—66.