空调器外机环保包装结构设计及测试

熊立贵，陈新，皮阳雪，李彭，涂志刚，盘卫星
（中山火炬职业技术学院，中山 528436）

摘要：目的 为了达到保护产品的目的，探讨壁挂式空调外机产品包装用环保材料及创新结构设计。**方法** 通过对产品进行包装测试，验证环保材料对产品的保护功能。通过运输、跌落、脚踩、堆码等产品包装测试试验，验证环保包装的选材及优化结构设计的可靠性。**结果** 绿色产品包装的结构设计具有节约能源、资源，包装材料用量少，能循环回收利用，避免或减少废弃物产生，减少对环境产生的污染等特点。**结论** 壁挂式空调可采用蜂窝材料、EVA材料、纸护角材料，以及瓦楞纸材料设计的创新结构，不仅适用于全自动化生产工艺流程作业，而且能更好地保护产品。

关键词： 壁挂式空调外机；包装结构；环保材料；实验测试
中图分类号： TB482.2 **文献标识码：** A **文章编号：** 1001-3563(2015)17-0056-05

Structure Design and Test of Environment Friendly Packaging for Air Conditioner Outdoor Unit

XIONG Li-gui, CHEN Xin, PI Yang-xue, LI Peng, TU Zhi-gang, PAN Wei-xing
(Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436, China)

ABSTRACT: In order to achieve the goal of product protection, the environment friendly materials and innovative structure design of the packaging for wall-hanging air conditioner outdoor unit were discussed. Based on the product packaging test, the protection function of the environment friendly materials for the product was verified. The reliability of the selection of environment friendly materials and optimization of structure design was verified by tests of transporting, dropping, stomping and stacking. The structure design of green product packaging had a number of advantages such as saving energy, resources and packaging materials, being recyclable, avoiding or reducing waste generation, and reducing environmental pollution. Wall-hanging conditioners could use honeycomb material, EVA material, corrugated board corner protector, and innovative structures designed using corrugated paper material, which was not only suitable for fully automated production process operations, but also for better protection of the product.

KEY WORDS: wall-hanging air conditioner outdoor unit; packaging structure; environment friendly materials; experimental test

保护环境是每个设计师应具备的设计理念，尤其是产品废弃后如何处理，比如电子类产品等，其包装材料更应该考虑环保。包装的使用周期短，当产品到用户手中后，它就失去了使用价值，因此产品的外包装选材必须用环保材料，能够自动降解。包装需考虑经济因素，不能出现过渡包装或欠包装设计[1-2]。

包装应采用环保材料，它的结构应根据产品质量、形状等特性来设计，要适用于生产企业的生产工艺流程，便于产品的包装打包方式，不影响生产效率。包装结构应最小化，这样可以增加出口产品的装柜量，提高装柜的利用率。选用的材料要根据它本身的特性、缓冲性、强度等方面结合使用，缓冲包装必须遵行一个原则：内软外硬结构，以保护产品不

收稿日期： 2014-11-25
作者简介： 熊立贵（1975—），男，江西南昌人，高级工程师，主要研究方向为包装环保材料、产品结构包装。

受损坏。

设计的包装结构要经过跌落、脚踩、潮态堆码、模拟运输等测试,充分验证它的保护性[2]。我国现阶段仍用泡沫作为家电产品的保护物,给大自然造成白色污染,因此采用蜂窝纸、纸护角等纸品设计有利于保护环境,给后代留下一片绿洲。在包装结构设计中,即要求选择符合绿色包装材料、降低原材料成本、减少原材料消耗,也要求降低加工工艺制造成本、设计程序合理、提高生产效率等[3]。

1　空调器包装现状

缓冲运输包装的基本目的是保护产品,保证产品在上市投入使用时能执行其本能的作用及功能,即包装保护必须使被包装物从出厂起,经贮存、运输、装卸最终送到每个用户手中为止的全过程得以保护。因此所采用的包装不仅要防止产品在运输过程中因冲击、振动产生的损坏,而且还要防止因地域环境等造成的不可预见的有害影响[4]。出现质量问题主要是因为纸箱的性能参数设定和结构设计不合理,外界因素也存在一定的影响,仓库内空调器成品堆放不规范、出口装柜产品乱堆放等,导致产品外包装破损、起鼓等现象(见图1—2),这会导致产品不同程度的损坏,如空调器的风扇叶破损、箱体钣金变形、两器翅片倒片等(见图3)。

图1　包装破损

Fig.1 Damaged packaging

图2　产品乱堆放混乱

Fig.2 Disordered product stacking

a 风扇叶破损　　b 前面板变形　　c 冷凝器翅片倒片

图3　产品损坏

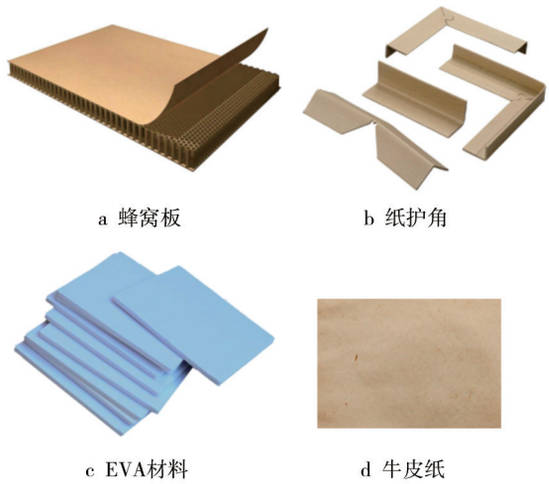
Fig.3 Product damages

2　出现产品、包装箱损坏的原因分析

外包装箱及产品在运输过程中造成破损的原因有3个:压力、振动、冲击。上述包装箱起鼓是因为纸箱高度尺寸偏高,纸箱受力时,承受不了上面的压力;纸箱的边压强不够,制定的纸箱加工技术参数偏低;仓库堆放不合理;产品在周转搬运时出现乱扔、乱放情况。产品出现损坏是因为产品受力设计不合理,包装结构对产品的缓冲不够,出现不规范的物流周转及路况比较恶劣等。

3　包装材料及新的包装结构设计

包装选材及结构设计要求:保护好产品,尽可能重复使用产品包装物,尽量减少产品包装物的用量,对已使用的产品包装物进行统一回收,对产品包装废弃物尽可能再生循环或者再生为有用材料,拒绝使用无环保包装物。分体挂壁式空调室外机的包装内结构下垫使用的材料有牛皮纸和蜂窝纸、纸护角、EVA,内包装的上盖使用的材料为蜂窝板、EVA,该结构的外层由瓦楞纸通过双钉固定而成,起到外层加强的作用,具有优异的抗压和抗弯曲性能。包装材料见图4,内包装底托见图5,内包装上盖见图6,内包装结构实物见图7。



a 蜂窝板　　b 纸护角

c EVA材料　　d 牛皮纸

图4　产品包装所用材料

Fig.4 Packaging materials for the product

4　产品包装箱及结构试验验证分析

在空调产品包装箱设计中常用的包装箱瓦楞纸

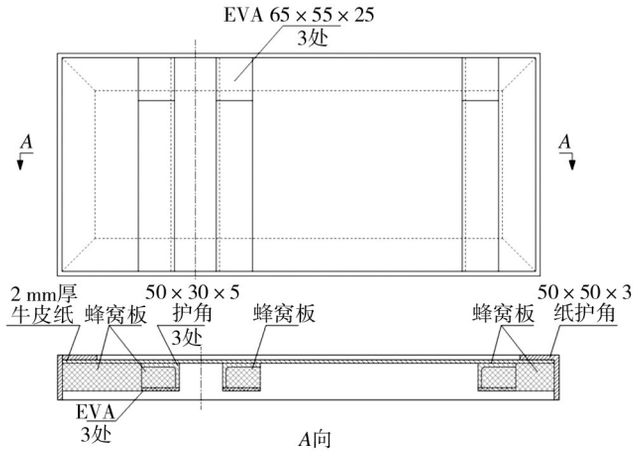


图5 内包装底托

Fig.5 Packaging bottom bracket

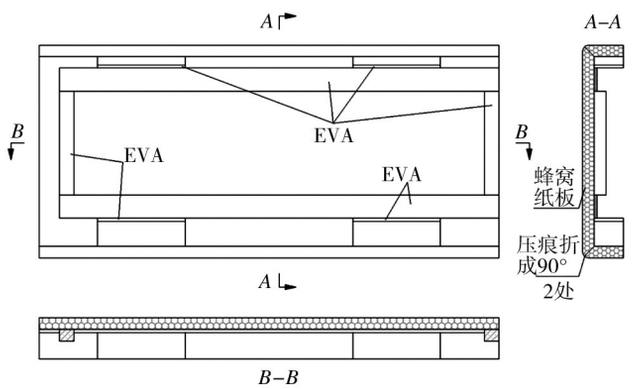


图6 内包装上盖

Fig.6 Internal packaging lid

a 内包装上盖 b 内包装底托

图7 内包装结构实物

Fig.7 The internal packaging structure

材质主要是双层瓦楞牛卡BC坑纸箱或双层瓦楞牛卡AB坑纸箱、单层瓦楞牛卡纸箱，由于其物理性能参数设置不合理，且出口国家的运输条件不同，导致产品受损，尤其是白色牛卡纸箱强度偏弱，会使产品受损更严重[5]。因此在新产品研发出来时，针对产品来设计包装箱的物理性能指标，并通过实验对产品跌落、潮态堆码、模拟运输及实地运输进行验证。

4.1 潮态堆码试验分析

在不同的路面激励幅值、车速和包装件材料刚度条件下的设计包装系统的运动，当车辆经过减速带时，多层堆码包装系统的2个包装件都会产生一定的磨擦及跳动，且一定刚度、车速和减速带范围内多个运动方式相同；当以不同的速度通过减速带时，车速越大，系统的响应越快，但系统的位移、速度不一定在每个时间段都随着车速的增大而增大，总体来说，车速对系统的影响最大[6]。

文中主要测量试验样品包装件的承载高度。将试验样品放置在干球温度为(40±2)℃、相对湿度为95%的试验箱中，持续4 h。再将样品放在干球温度为(28±2)℃、相对湿度为(65±5)%的环境下继续放置24 h。样品摆放在平整坚硬、任意2点的高度差不超过3 mm的水平台面上，采用自由平板试验方法，将计算好的砝码质量加在平板上，在干球温度为(28±2)℃、相对湿度为(65±5)%的环境下持续72 h(自由平板加载试验：在样品上放置一块足够坚硬且能完全承受载荷而不变形的平板上，平板各边超出样品100 mm，再在平板上加载砝码。)[7]

试验载荷公式计算载荷量：

$$F = KP\frac{(H-h)}{h}\times 9.8 \tag{1}$$

式中：F为试验载荷(N)；H为仓储允许堆放的最大高度(m)；K为流通期间劣质系数；h为包装件的高度(m)；P为包装件的质量(kg)。文中取K=1.5，H=4 m，若堆码层数高度超过4 m，则$H=n\times h$，n为允许堆码层数[8]。

试验结束后，除去砝码及平板，量取包装件的高度，计算试验前后的高度差。试验前后的包装高度差每米应小于1.2 cm，且包装件应无明显凹凸、裂烂，裸机表面无明显变形、裂烂，裸机内部部件无裂烂、干涉。

4.2 跌落试验分析

在测试过程中不同的产品质量对高度、棱、角的要求不同，具体要求见表1。面跌落时，样机的跌落面与水平面之间的夹角误差最大不超过2°。棱跌落时，与样机底面同棱的面与冲击台面夹角的误差不大于±5°，样机的重力线通过被跌落的棱(见图8)，跌落后的棱与地面之间的最大夹角误差不超过2°。角跌落时，试验样机底面与地面之间的夹角误差不大于±5°，使样机的重力线通过被跌落的角。棱、角跌

落要求跌落倾斜度不大于45°[9](见图9)。跌落顺序分别为:面—棱—角,棱(2-3)—(3-5)—(3-4)—(3-6),角(2-3-5)—(3-4-5)—(3-4-6)—(2-3-6)(见图8)。

表1　不同产品质量对应的跌落高度

Tab.1 Drop height corresponding to different product weight

质量/kg	跌落高度/mm		
	面	棱	角
5 ≤毛质量 < 20	600	500	400
20 ≤毛质量 < 40	500	450	400
40 ≤毛质量 < 60	400	350	300
60 ≤毛质量 < 80	300	不要求	200
80 ≤毛质量	250	不要求	不要求

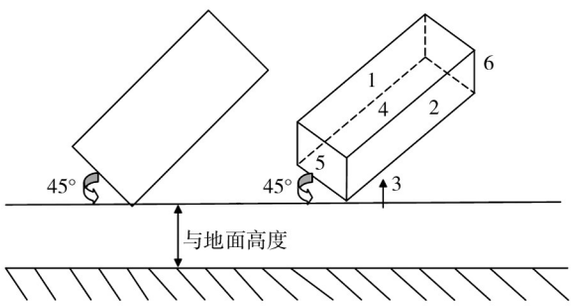


图8　跌落示意

Fig.8 Schematic of the dropping process

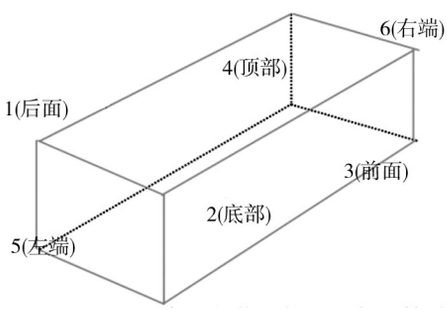


图9　产品包装后的面、角、棱跌落顺序

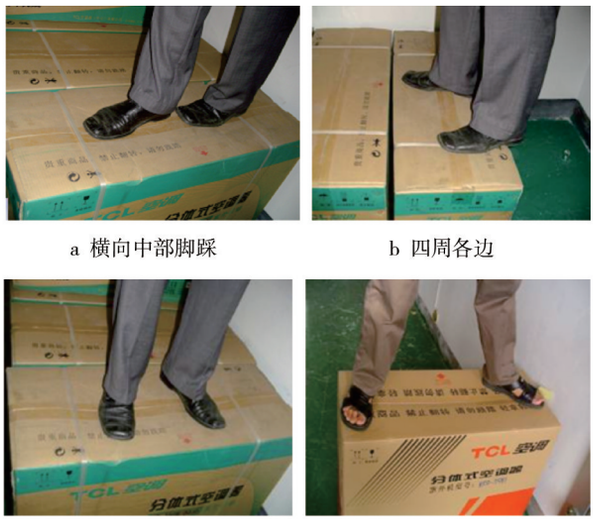
Fig.9 Dropping sequence of the face, angle and edge of the packaged product

跌落后对产品进行验证,验证项目有:跌落试验后对样机进行绝缘电阻和电气强度测试,绝缘电阻实测值不小于2 MΩ,电气强度测试期间,不应有闪烁或击穿现象发生;包装纸箱、泡沫及其他防护附件应不影响防护功能的变形;底盘、外壳不应有明显的变形(目视)、开裂或脱漆现象,整机使用性能正常;塑料件无裂烂、明显泛白;管路不应严重相碰,制冷剂不应泄漏;电子器件引脚不应松焊,紧固件不应松动;样机表面及零部件不应有机械损伤、移位变形现象(针对分体室内机)。若满足上述情况,则符合产品跌落验证结果。

4.3　脚踩试验分析

试验时施加的质量为试验员体重(60 kg)加一台同款样机的质量,即1个质量为60 kg的人抱1台产品站在上面,以达到与实际一样的环境。

1)试验时不脱鞋,每个试验点的试验踩踏次数为10次,样机试验的主要位置见图10。



a 横向中部脚踩　　b 四周各边

c 纵向中部脚踩　　d 包装两端

图10　脚踩测试

Fig.10 Stomping test

2)对样机的冲击。以同型号的样机在50 cm的高度瞬间堆落在另一台样机顶部,试验次数为4次;试验员在2台样机的高度跳下,大约落在样机中部位置,试验次数为2次(主要针对外机)[10]。合格条件为:包装无明显变形、裂烂;裸机外部部件无裂烂、明显变形;外机顶板与周围零部件的配合间隙符合外观质量要求。

4.4　运输试验分析

主要设备包括Y59-3/ZF型500 kg模拟汽车运输台、捆扎麻绳、检漏仪、磅秤,试验室环境温度为16~38 ℃,环境相对湿度小于80%[11]。根据被试样机的质量,按要求将被试样机固定在试验台相应的位置上,用捆扎带将被试样品固定(样机堆放时要注意纵横放置或在最不利的位置进行);试验时间为3 h(加速度总均方根值为0.45~0.55 m/s);样机从试验台的中部位置向两侧放置,样机堆放的长、宽不可超过试验台面的

长、宽；样机堆放重心高度小于80 cm；放置方向为横向2台、纵向2台，见图11。

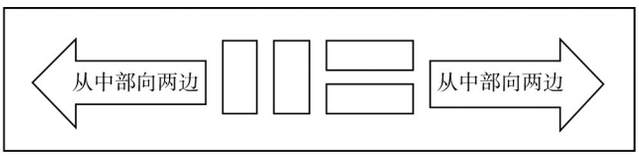


图11 运输台上产品摆放示意

Fig.11 Schematic of products layout on the transport table

合格条件为：包装件无裂烂；裸机表面无明显磨花、刮花现象；钣金件无明显变形、裂口；底盘、外壳无明显变形、脱焊或脱漆现象；电子器件引脚不应松焊，紧固件不应松动；管路不应严重相碰摩擦产生铜粉或异音，制冷剂不应泄漏[12]。

经过上述验证，此包装方案通过了测试，已进入批量生产。

评价一个包装设计系统是否绿色环保，不仅考量它是对产品的保护，更需考虑消费者对包装物的处理是否对环境有影响，才能做出正确、客观、全面的判断，避免在结构设计理念上的主观性和盲目性[13—14]。在新产品中不能出现过包装或欠包装设计的原则下，在各行各业大力推行绿色环保包装，不仅开发及应用绿色包装材料和新技术、新工艺，还要建立与之相符的国家政策、法律、法规等体系[15]。

5 结语

文中瓦楞纸和蜂窝材料相结合设计的结构不仅能起到保护作用，而且通用性较强，可回收重复循环利用。该包装材料替代EPS泡沫衬垫材料，改善并提高了我国产品“轻外包装，重产品质量”的形象，同时避免了我国对外出口贸易的不利影响。

参考文献：

[1] 骆光林，付云岗. 现代物流对运输包装的求[J]. 包装工程，2004，25(5)：209—210.
LUO Guang-lin，FU Yun-gang. Some Requirements about Transport Package Put Forward by Modern Distribution[J]. Packaging Engneering，2004，25(5)：209—210.

[2] 许超. 现代包装设计尺度论[D]. 北京：中国艺术研究院，2008.
XU Chao. On Modem Packaging Design Measures[D]. Beijing：China Art Research Institute，2008.

[3] 张华良，顾祖莉，金国斌. 现代物流中商品运输包装动力可靠性[J]. 包装工程，2004，25(4)：137.
ZHANG Hua-liang，GU Zu-li，JIN Guo-bin. Transport Package′s Dynamic Reliability of Moden Logistics[J]. Packaging Engneering，2004，25(4)：137.

[4] 朱海燕. 运输包装理论与技术发展动态[J]. 包装工程，2005，26(3)：108—109.
SONG Hai-yan. Analysis of the Development Trends on Transport Packaging Theory and Technology[J]. Packaging Engneering，2005，26(3)：108—109.

[5] GB/T 6544—2008，国家标准瓦楞纸板[S].
GB/T 6544—2008，The National Standard of Corrugated Board [S].

[6] 杨晓谦，钱怡. 运输过程中堆码包装件的运动分析[J]. 包装工程，2011，32(5)：73—77.
YANG Xiao-qian，QIAN Yi. Kinematic Analysis of Stacking Package in the Transportation Process[J]. Packaging Engneering，2011，32(5)：73—77.

[7] 杨晓谦，钱怡. 运输过程中堆码包装件的运动分析[J]. 包装工程，2011，32(1)：50—53.
YANG Xiao-qian，QIAN Yi. Kinematic Analysis of Stacking Package in the Transportation Process[J]. Packaging Engneering，2011，32(1)：50—53.

[8] 何龙飞，赵道致. 反应型供应链多层库存运输优化与模糊博弈协调[J]. 系统工程理论与实践，2011(7)：70—71.
HE Long-fei，ZHAO Dao-zhi. Optimization of Inventory and Transportation and Fuzzy Coalitional Game Based Coordination for Responsive Supply Chain[J]. Systems Engineering Theory & Practice，2011(7)：70—71.

[9] 胡长鹰. 缓冲包装系统跌落破损边界曲线研究[J]. 包装工程，2001，22(6)：5—6.
HU Chang-ying. Study on Dropping Damage Boundary Curve of Cushion Packaging System[J]. Packaging Engneering，2001，22(6)：5—6.

[10] 郭彦峰，付云岗. 缓冲包装件的运输包装性能测试与评估技术[J]. 包装工程，2006，27(4)：26—30.
GUO Yan-feng，FU Yun-gang. Performance Testand Evaluation Technology for Transport Packaging[J]. Packaging Engneering，2006，27(4)：26—30.

[11] 刘洪南，杨传民. 配货堆码技术在仓储运输企业中的应用[J]. 包装工程，2003，24(3)：65—66.
LIU Hong-nan，YANG Chuan-min. The Application of Mixed Containerization in Storage and Transportation Enterprises[J]. Packaging Engneering，2003，24(3)：65—66.

[12] 张伟，郭彦峰. 瓦楞纸箱运输包装系统设计[J]. 包装工程，2002，23(1)：27—31.
ZHANG Wei，GUO Yan-feng. Design of Corrugated Board Box Transport Package System[J]. Packaging Engneering，2002，23(1)：27—31.

[13] 王德忠，邢月卿. 绿色包装的系统性[J]. 中国包装工业，

（下转第83页）

研究[J]. 包装工程,2013,34(1):75—78.
XU Li-feng, ZHANG Lei. Optimal Design of Wine Dual-elbow Machine of Die-cutting Machine Based on ADAMS[J]. Packing Engineering,2013,34(1):75—78.

[3] 郭卫东. 虚拟样机技术与ADAMS应用实例教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008.
GUO Wei-dong. Virtual Prototype Technology and ADAMS Application Tutorial[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press,2008.

[4] DU Xiao-dong, BIN Liang, XU Wen-fu, et al. Pose Measurement of Large Non-cooperative Satellite Based on Collaborative Cam-Eras[J]. Acta Astronautica,2011(68):56—63.

[5] 唐文献,袁海,李虎. 基于ADAMS的某舰炮补弹系统仿真研究[J]. 江苏科技大学学报:自然科学版,2010(24):61—63.
TANG Wen-xian, YUAN Hai, LI Hu. Simulation of Shells Providing System of Ship-gun Based on ADAMS[J]. Journal of Jiangsu University of Science and Technology: Natural Science Edition,2010(24):61—63.

[6] LIU Cai-shan, ZHANG Ke, YANG Rei. The FEM Analysis and Approximate Model for Cylindrical Joints with Clearances [J]. Mechanism and Machine Theory,2007,42:183—197.

[7] SHI Bing, JIN Ye. A Framework of Virtual Prototyping Environment for the Design and Analysis of Mechanical Mechanism with Clearance[J]. Virtual and Physical Prototyping, 2007,2(1):21—28.

[8] 席晓燕. 基于ADAMS的含间隙酒瓶装箱机构优化设计[J]. 包装工程,2013,34(1):69—74.
XI Xiao-yan. Optimal Design of Wine Bottle Packaging Machine with Clearance Based on ADAMS[J]. Packing Engineering,2013,34(1):69—74.

[9] 贺兵. 基于虚拟样机技术的包装机械系统仿真研究[J]. 包装工程,2008,29(2):47—49.
HE Bing. Simulation Study of Packing Machine Based on Virtual Prototyping[J]. Packing Engineering, 2008, 29(2): 47—49.

[10] 李杨,李光. 基于SolidWorks的托盘结构有限元分析及优化设计[J]. 包装工程,2011,32(19):1—4.
LI Yang, LI Guang. Structural Finite Element Analysis and Optimum Design of Pallet Via SolidWorks[J]. Packing Engineering,2011,32(19):1—4.

[11] 方子帆,舒刚,何孔德,等. 齿轮传动多体接触动力学模型[J]. 机械传动,2009(1):15—18.
FANG Zi-fan, SHU Gang, HE Kong-de, et al. Gear Transmission Dynamics of Multi-body Contact Model[J]. Mechanical Transmission,2009(1):15—18.

[12] 刘飞飞,刘金根. 基于ADAMS的捆扎机锁紧机构的优化设计[J]. 包装工程,2009,30(7):19—21.
LIU Fei-fei, LIU Jin-gen. Optimal Design for Locking Mechanism of Bundling Machine Based on ADAMS[J]. Packaging Engineering,2009,30(7):19—21.

[13] 王晓雪. 非合作目标对接捕获机构的研究[D]. 黑龙江:哈尔滨工业大学,2009.
WANG Xiao-xue. Research on The Docking and Capturing Mechanism for the Uncoopeative Target Satellites[D]. Heilongjiang: Harbin Institute of Technology,2009.

[14] 丁晓红,李国杰. 箱型支撑结构加筋板布局设计方法研究[J]. 中国机械工程,2012,23(4):449—453.
DING Xiao-hong, LI Guo-jie. Layout Design Optimization of Stiffener Plates Inside Housing Structures[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering,2012,23(4):449—453.

[15] 魏衍侠. 基于ADAMS手抛式机器人碰撞动力学分析[J]. 机械工程与自动化,2011(2):82—85.
WEI Yan-xia. Analysis the Impact Dynamics of Throwing Type Robot Based on ADAMS[J]. Mechanical Engineering & Automation,2011(2):82—85.

(上接第60页)

2003(8):10—12.
WANG De-zhong, XING Yue-qing. The System of Green Package[J]. Packaging Engneering,2003,24(8):10—12.

[14] 王军,钱静,卢立新. 产品运输包装可靠性[J]. 包装工程,2006,27(2):119—120.
WANG Jun, QIAN Jing, LU Li-xin. Reliability Design of Product Raansportation Package[J]. Packaging Engneering, 2006,27(2):119—120.

[15] 熊立贵. 分体挂壁式空调内机包装环保材料选用及结构设计[C]// 中国家用电器技术大会 ,2006:154—157.
XIONG Li-Gui. Selecting of Environmental Packaging Material and Structure Design for Indoor Unit of the Mini-split Air-conditioner[C]// China Household Electrical Appliance Technology Conference,2006:154—157.