

适用夹持搬运的窗机包装结构研究应用

熊立贵¹, 皮阳雪¹, 蔡昭华²

(1. 中山火炬职业技术学院, 中山 528400; 2. 中山市铿鸿印刷有限公司, 中山 528400)

摘要: **目的** 窗式空调器产品包装选择环保型的包装材料, 采用优化内包装结构方案使设计出的整套产品包装尺寸符合装柜量最大化要求, 并通过夹持力测试, 以适用于机械手搬运、装卸作业。**方法** 新设计的窗式空调不仅在材料及结构上满足常规的运输环境, 通过常规的脚步、跌落、堆码、运输等产品包装测试, 还要验证它的可靠性, 并能满足机械手的搬运方式, 通过夹持测试。**结果** 此种环保包装的结构设计不仅节省能源、资源, 且包装材料用量少、可循环回收利用, 并能通过包装各种测试, 特别是夹持测试能够适用于机械自动化搬运周转窗式的空调产品。**结论** 产品包装结构不能只重视包装设计, 更不能缺少包装设计, 采用绿色包装材料、新结构、新工艺的结合达到保护产品的目的。

关键词: 窗式空调器; 机械手; 夹持测试; 机械自动化

中图分类号: TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)15-0139-05

Window Air Conditioner Packaging Structure Suitable for Clamping Handling

XIONG Li-gui¹, PI Yang-xue¹, CAI Zhao-hua²

(1. Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528400, China;

2. Zhongshan City Keng Hong Printing Co., Ltd., Zhongshan 528400, China)

ABSTRACT: It aims to select environment-friendly materials for window air conditioner packaging and optimize the inner packaging structure to make the whole package dimensions conform to maximum loading capacity and pass the clamping force test and enable the packaging to be suitable for manipulator handling, loading and unloading. The new design of window air conditioner fitted regular transport environment from aspect of both material and structure and passed the packaging test for foot stepping, dropping, stacking and transporting. Its reliability was also demonstrated. Besides, it was suitable for manipulator handling and passed the clamping test. This structure design not only saved energy and resources, but also used less packaging materials and could be recycled. It could also pass all kinds of packaging tests, especially the clamping test. It could be applicable to window air conditioner that was subject to mechanical automated handling. In conclusion, product packaging structure can neither be excessively designed, nor poorly designed. The application of green packaging materials, new structures and new technologies will be able to protect the product.

KEY WORDS: window air conditioner; manipulator; clamping test; mechanical automation

“以人为本”、“以人为中心”的现代物流运输包装设计, 即设计的包装理念要适合以机械工具如机械手等辅助工程来操作, 可以使人能够更安全、健

康、舒适以及有效地进行工作。这样不但可以极大地提高物流包装搬动、装卸等环节过程中的工作效率, 而且可以降低货物的周转费用, 以及减少人为

收稿日期: 2015-11-16

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。

因素原因而损坏包装产品^[1]。人在疲劳时或者心情不好的情况下工作效率低,这样对产品也有一定的比例损坏。产品的物流运输包装是以货物的流通、周转、储存为主要目的的包装,它的功能是保障产品安全、不易被损坏^[2]。

在实际出口外销产品的运输中,很多种货物混装在一个集装箱内,在这种储运有限的空间容易产生乱堆放问题,容易出现较轻的货物堆放在下面,而重的货物堆放在上面的现象,导致产品损坏。例如在运输成套分体式空调过程中,由于每套分体式空调由一台内机、一台外机以及连接管附件组成,这其中既有货物箱型的不同,还有轻重包装物的不同^[3]。在出口产品中如果将它分为几个包装一起打包装柜,可以合理考虑到一大一小在集装箱里的利用率。对单一的货物来说,包装设计不仅要考虑到它的保护性能、包装选材,还要考虑到它包装后的尺寸大小,另外还涉及到它的搬运、周转问题。随着产品的出口量增大,特别是出口到北美的产品,货物的周转就存在一定的难度,这些国家的人工成本很高。现在所有的窗式空调在码头周转时都用机械手搬运,这样就需要设计适合机械手搬运的包装来满足市场的要求。

1 窗式空调包装结构简况

适用于机械手搬运的窗式空调器包装结构研究及应用是针对出口窗机产品而设计的包装。在旧包装不能满足的情况下而新设计的包装结构,旧包装采用的是泡沫底托及泡沫上盖,侧面中空,这样的材料及结构已不能符合出口的要求,更不能保护好产品。新的包装不仅在包装材料上环保,能循环回收使用,满足国内的一些基本测试如跌落、脚踩、堆码、模拟运输等,而且最重要的是能通过机械手搬运即夹持测试。包装夹持力对包装件及货物产生的影响,评估包装件耐夹强度,更要满足对美国西尔斯 SEARS 包装件抗夹持强度测试。

在运输过程中,货物相对运输车会产生振动。振动台是运输包装件进行振动试验的最主要设备,用来模拟物流过程中的运输状态,考察产品及包装件的抗振动能力^[4],见图1。在货物搬运过程中,是通过机械手夹持力来实现货物周转的。机械手夹持力必须克服振动产生的阻力和货物本身的重力之和,才能达到货物周转的目的。

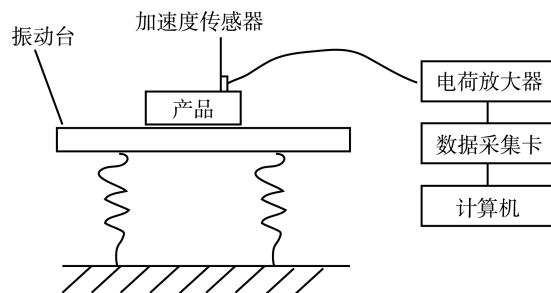


图1 振动台计算机辅助测试系统

Fig.1 Computer aided test system of vibrostand

2 窗式空调器包装现状

目前的包装是由上泡沫及下泡沫及外套1个瓦楞纸纸箱打包而成,两侧是中空的,如果应用机械手来夹起搬运时,都是纸箱受力。这样不但容易造成纸箱严重变形,还会夹不住产品导致产品受到破坏。出现质量问题主要是这种打包方式和结构设计不合理,夹持测试容易出现风口破裂、打包时电源线固定不便、夹持后上盖变形等情况。

3 窗式空调器新包装设计

新式包装采用新型环保材料蜂窝板及纸护角设计的结构,这种结构不但有内缓冲,而且外面有护角的支撑受力。新包装由左、右包装盒及底托组成,其中左、右盒是由瓦中瓦和纸护角构成,且外围用牛皮纸粘接而成的箱体,底托是由瓦楞纸和蜂窝纸板粘接而成。外包装采用加强的5层瓦楞纸箱无底托结构^[5]。

在新产品开发过程中,可以根据产品的价值来设计包装结构。如果要想让产品不受到损坏,那么在包装结构上就必须要用很多内软外硬的包装材料才能保护好,但是这要取决于产品本身的价值,如果包装材料的成本高于产品本身的话,会得不偿失,这样的包装也失去它的保护意义。如果产品价值极高,绝对不能允许有半点破坏,这时包装成本与商品本身的价值相比,可能是微不足道的,那就必须增加包装成本,做到万无一失^[6]。

运输包装环保材料、环保包装结构设计可节省能源、资源,包装材料用量少,能循环回收利用。保护环境要从绿色包装材料开始,对用后的包装物进行积极的废弃物处理也是开发绿色包装材料最重要的思维。使用废弃后的纸和纸板,通过新工艺、新手段后变废为宝^[7]。选材是非常重要的,不能缺

少包装,但更不能只重视包装。在满足基本功能的前提下,要实现“以人为本”和“保护环境”的思想,保证产品包装能够达到高效、安全、环保、方便、省力及舒适,并实现其最优化^[8]。

作为包装设计者就应逐步地体验人们的需要,在实际生产活动中去接触、总结并探索符合人们心理的审美结构和审美活动的规律^[9]。包装结构是对包装工程的具体实施,结构上要解决受力、节约材料、密封、防震、美观、人性化等问题^[10]。不仅在材料上要选择恰当,并且结构也要合理。由上述结构组成的内包装结构,使整个包装结构完全贴着窗机,不会出现中空现象,在受力时有加强的瓦中瓦和纸护角支撑。

4 机械手夹持力测试

机械测试要求必须按美国的测试标准进行,分为 2 项要求测试。

4.1 夹持试验

夹持试验进行 2 项测试,即产品包装周边加夹板后进行测试。

第 1 项测试:夹持搬运的运行速度为 300 m/min,全夹前后面受力为 770 kg 的夹持力、运行 2 圈;两边留 75 mm 左右夹前后面受力为 770 kg 的夹持力,运行 2 圈;全夹前后面受力为 500 kg 的夹持力、运行 6 圈。第 2 项测试:夹持搬运的运行速度为 300 m/min,全夹两侧面受力为 770 kg 的夹持力,夹后运行 2 圈;两边留 75 mm 左右夹两侧面受力为 500 kg 的夹持力,运行 2 圈;全夹两侧面受力为 500 kg 的夹持力,运行 6 圈。

4.2 机械夹持搬运分析

机械手夹持包装产品搬运时,机械手的夹力必须大于产品的本身质量所承受的力,另外它还需要克服外界的不确定影响受力。物体所受的重力跟它的质量成正比,根据包装后的窗式空调质量产生的力为 $G=mg$ 。其中 G 为重力; m 为质量; g 为重力系数,取 9.8 N/kg。滑动摩擦力的大小计算公式为 $F=\mu N$ 。其中 μ 为动摩擦因数,它只跟材料、接触面粗糙程度有关,跟接触面积无关; N 为正压力。当夹持的正压力产生的摩擦力 F 大于窗式空调重力 G ,才能夹住货物。由于货物夹后要周转到另一个

地方,必须要克服路上出现颠簸、路程运行的距离以及包装在受到夹力后的变形程度等问题,这与蜂窝板的结构有很大的关联,随着蜂窝板厚度的增加,蜂窝板的平压强度降低,缓冲性能得到增强。

由于在夹持搬运过程中会因为路面不平稳而产生颠簸,即振动,振动脆值的计算如下:

$$x=(C_2/n)^{1/k}$$

式中: C_2 为试验常数; x 为基础振动激励 $x(t)$ 的加速度幅值; k 为换算后斜率参数; n 为在 x 作用下达到破坏时的循环数^[11]。这样可以计算出夹持后搬运时路面上出现冲击情况。当夹持的车速分别取 20, 30, 40 km/h, 夹持物相同, 不同幅值下产品包装的响应见图 2, 可以看出机械手在运行过程中, 运行的速度及路面上的减速带宽、高方向截面近似梯形或弧形, 其宽度尺寸应在 300 ~ 400 mm 范围内, 高度尺寸应在 25 ~ 70 mm 范围下对应的运动轨迹^[12]。

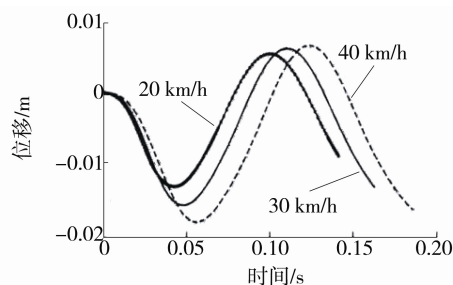


图 2 不同幅值下产品包装的响应

Fig.2 Different amplitude response of product packaging

窗式空调的内包装主要是纸护角和蜂窝板组成,内包装材料主要是蜂窝板,分析它在夹持力的作用下的变形情况。蜂窝纸板的规格:蜂窝纸芯的蜂窝边长为 8 mm,蜂窝纸板厚度为 30 mm,蜂窝面纸定量为 250 g/m²,蜂窝芯纸定量为 140 g/m²,蜂窝纸板容重为 0.0378 g/cm³,蜂窝纸板的含水率为 (12±3)%,平压强度为 180 ~ 200 kPa,蜂窝纸板静态弯曲强度为 95 mN·m。

加强的蜂窝纸板应力在线弹性范围内,应变曲线可表示为:

$$\sigma = \varepsilon_3 E \quad (1)$$

固体模量 E_s 为承载截面面积,弹性模量 E_3 为 3x 方向上的法向加载,它们的计算关系如下:

$$\frac{E_3^*}{E_s} = \left[\frac{h/l + 2}{2(h/l + \sin \theta) \cos \theta} \right] \frac{t}{l} = \frac{\rho^*}{\rho_s} \approx \frac{t}{l} \quad (2)$$

式中: ρ_s 为原纸的密度; ρ^* 为蜂窝纸板芯的相对密度; h 为蜂窝芯纸高度; l 为蜂窝板长度; t 为

蜂窝板厚度； E_3^* 为在纵向上的模量。蜂窝纸的正六边形值为 1.15，大括号内表示正交于 $3x$ 的孔壁内投影的面积。在线弹性区内表达式为标准化的应力、应变：

$$\frac{\sigma}{E_s} = \left[\frac{h/l+2}{2(h/l+\sin\theta)\cos\theta} \right] \frac{t}{l} \varepsilon \quad (3)$$

式中： θ 为蜂窝特征角； σ 为纵向应力； ε 为等效应变。线弹性区内持续的过程并不长，当 σ 应力作用导致发生蜂窝纸板屈曲会进入下一个阶段，称为过程非弹性^[13]。

蜂窝 2 次加载夹力的损坏程度不同。第 2 次加载夹力时，蜂窝纸板没有首次加载时的峰值，当承受的夹压力达到蜂窝纸板屈服阶段的屈服值时，曲线直接进入屈服阶段，没有失稳阶段。第 2 次加载的屈服平台也呈现一种小幅波动状态，但波动幅度稍大一些，应力值在 100 ~ 140 kPa 之间，与首次加载基本一致。

2 次夹持力下的曲线见图 3，在夹持力的作用下，蜂窝纸板的缓冲曲线是一条平滑的曲线，在应变为 4% 时已具有最佳缓冲效果^[14]。在纸板厚度不同，面纸定量、芯纸定量不同时，蜂窝纸板的应力-应变曲线见图 4。此窗式空调采用纸护角和蜂窝板材料结构，在强度及缓冲上可以满足机械手夹持力的装卸、搬运，原材料也是国家提倡的环保型材料，可回收、再利用。

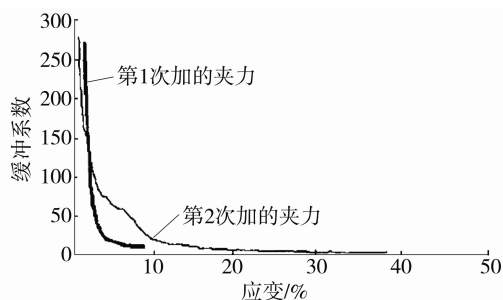


图 3 2 次夹持力下的曲线
Fig.3 Curve under two clamping forces

通过上述分析、结构设计和实验验证，此包装结构内采用蜂窝缓冲，在蜂窝外侧有强硬度的纸护角承受夹力，且结构是紧贴窗式空调，这样不会像旧包装一样出现中空结构在夹持压力下外纸严重变形的情况，也不会因为产品受力不均匀而损坏。即使夹持力偏大时，外面的纸护角有支撑作用力，传递到蜂窝纸板上和产品上的受力也是均匀的，能有效地保护产品。

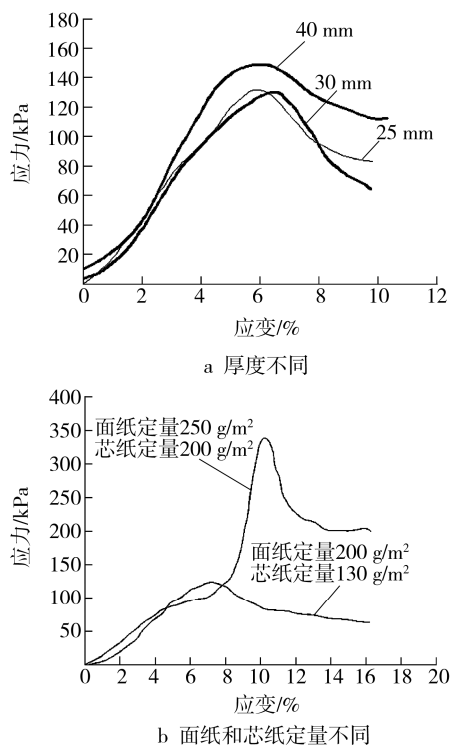


图 4 蜂窝纸板的应力-应变曲线
Fig.4 Stress-strain curves of honeycomb paperboard

5 结语

机械手除了对零件加工、切削外，现已对包装后的产品具有装卸、搬运、周转等应用，减少劳动力、降低搬运成本、提高作业效率，机械工业自动化必将得到广泛应用，因此开发的产品包装结构应适合工业现代化的作业。

材料用量少且能保护产品的包装结构是设计师们追求的最佳理想，也是企业对经济最大化的目标。对某些具有特殊要求的产品运输包装，适度的包装和最小尺寸的包装规格，既能保护产品又可少用包装材料，并能通过运输包装测试要求，一直是设计师的追求。特定的运输包装性能是指产品在特定的运输、装卸等，如上述出口窗式空调产品中的包装要求机械手夹持来周转作业，因此，设计特定的运输包装要能够满足的包装性能要求^[15]。新设计的包装材料及结构要适合现代化作业操作，机械化作业必将替代人工作业。

参考文献：

- [1] 熊立贵, 陈新, 皮阳雪, 等. 空调器外机环保包装结构及测试研究[J]. 包装工程, 2015, 36(17): 56—60.
XIONG Li-gui, CHEN Xin, PI Yang-xue, et al. Envi-

- ronmental Protection Packaging Structure and Test Research of Air Conditioning Outdoor Unit[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(17): 56—60.
- [2] 张允峰, 王婧, 彭国勋. 人机工程与物流运输包装设计[J]. 中国包装工业, 2009(4): 39—40.
ZHANG Yun-feng, WANG Jing, PENG Guo-xun. Ergonomics and Logistics Transportation Packaging Design[J]. China Packaging Industry, 2009(4): 39—40.
- [3] 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): 63—65.
LIU Hong-nan, YANG Chuan-min. The Application of Mixed Containerization in Storage and Transportation Enterprises[J]. Packaging Engineering, 2003, 24(3): 63—65.
- [4] 宋海燕, 孙诚. 运输包装试验计算机辅助测试系统的研究与开发[J]. 包装工程, 2005, 26(4): 91—92.
SONG Hai-yan, SUN Cheng. Study and Development on Computer Aided Testing System for Transport Package[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(4): 91—92.
- [5] GB/T 6544, 国家标准瓦楞纸板[S].
GB/T 6544, The National Standard of Corrugated Board[S].
- [6] 赵煜, 袁文广. 运输包装检测的目的与应用[J]. 中国包装工业, 2007(10): 74—75.
ZHAO Yi, YUAN Wen-guang. Transportation Purpose and Application of Packaging Testing[J]. China Packaging Industry, 2007(10): 74—75.
- [7] 戴宏民, 戴佩华. 绿色包装材料的研发进展和我国的发展对策[J]. 包装工程, 2004, 25(5): 6—7.
DAI Hong-min, DAI Pei-hua. The Research and Development of the Green Packaging Materials and the Developing Countermeasures of Our Country[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(5): 6—7.
- [8] 朱建萍. 物流包装与人机工程学[J]. 包装工程, 2005, 26(1): 102—104.
ZHU Jian-ping. Logistics Packaging and Ergonomics[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(1): 102—104.
- [9] 陶国林. 人机工程学在包装设计中的应用[J]. 包装工程, 2002, 23(6): 24—25.
TAO Guo-lin. Application of the Ergonomics in Packaging Design[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(6): 24—25.
- [10] 苏毅超, 谭哲丽. 包装设计中的的人机工程[J]. 包装工程, 2001, 22(3): 18—19.
SU Yi-chao, TAN Zhe-li. Man-Machine Engineering in the Packaging Design[J]. Packaging Engineering, 2001, 22(3): 18—19.
- [11] 王桂英, 吴月. 包装动力学研究进展及研究方向分析[J]. 森林工程, 2015, 31(1): 80—81.
WANG Gui-ying, WU Yue. Analysis on the Research Progress and Direction of Packaging Dynamics[J]. Forest Engineering, 2015, 31(1): 80—81.
- [12] 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): 1050—1053.
YANG Xiao-qian, QIAN Yi. Kinematic Analysis of Stacking Package in the Transportation Process[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(1): 1050—1053.
- [13] 尹琪. 蜂窝纸板结构缓冲性能的研究与应用[D]. 湖北: 湖北工业大学, 2010.
YIN QI. Research and Application of Honeycomb Structure[D]. Hubei: Hubei University of Technology, 2010.
- [14] 李厚民, 卢宸华, 谢一魁. 预压对蜂窝纸板缓冲性能的影响[J]. 包装工程, 2007, 28(6): 44—46.
LI Hou-min, LU Chen-hua, XIE Yi-kui. Effect of Preload on the Cushioning Performance of Honeycomb Paperboard[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(6): 44—46.
- [15] 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(8): 26—27.
GUO Yan-feng, FU Yun-gang. Performance Test and Evaluation Technology for Transport Packaging[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(8): 26—27.