

论坛与资讯

运输环境数据采集设备在家电物流中的应用

贺志¹, 周晟², 向红¹, 范小平¹

(1. 华南农业大学, 广州 510642; 2. 广东美的制冷设备有限公司, 佛山 528311)

摘要: 由于国内对产品的真实物流环境缺乏定量的了解, 所以介绍了最新路谱采集监控设备(SAVER 9X30)的基本功能、操作与应用, 讨论了不同运输环境的路谱特性与相关标准谱的区别。通过家电企业使用 SAVER 的成功案例, 介绍了该设备在家电产品物流环境采集、监控与运输包装设计中的应用。

关键词: 家电运输环境; 功率谱密度; 包装测试; SAVER

中图分类号: TB487; TB485.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)05-0138-05

Application of Transportation Environmental Data Recorder in Logistics of Household Appliances

HE Zhi¹, ZHOU Sheng², XIANG Hong¹, FAN Xiao-ping¹

(1. South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Guangdong Midea Refrigeration Equipment Limited Company, Foshan 528311, China)

Abstract: The basic functions, operations and applications of the new road spectrum recorder (SAVER 9X30) were introduced. The road spectrum characteristic of different transportation environment and difference between real PSD and standard PSD was discussed. As an example, the successful application of the environmental recorder in environmental data collection, monitoring, and transport packaging design of household appliance were illustrated.

Key words: household appliance transportation environment; PSD; packaging test; SAVER

中国家电行业近年来得到了飞速的发展, 已经成为世界家电生产的第 1 强国。以广东某大型制冷设备有限公司为例, 2010 年产销突破空调 3 000 万套、冰箱 1 000 万台、洗衣机 1 200 万台、压缩机 2 800 万台, 总销售额达 700 多亿元。家用电器在快速发展的同时, 也面临着节能降耗减排、环保和物流损失的巨大挑战。国内外有关环保指令的出台(如限制发泡塑料的使用)、每年由于包装不善造成的物流经济损失高达千亿等, 给我国家电产业的制造和出口提出了新的课题。

国外在减小物流损失与包装用量方面做了大量工作, 并制订了相应的标准, 如 ASTM D 4169-08《运输包装箱和系统性能测试标准规范》中规定了卡车、

火车和飞机等不同交通工具对应的随机振动谱, 并给出了 3 种测试强度等级及振动时间^[1]。Bundit Jarimopas 等人得到了卡车在不同路面状况时的功率谱, 并且分析了果蔬破损的原因^[2]。国际安全运输协会 ISTA 制订的 4AB 标准, 基于真实物流环境(包括振动、冲击、跌落高度等)对运输包装进行设计与评测, 可大大减少包装材料用量与家电产品物流损耗。我国也开始了相关的工作, 如路冰琳等采集了京沈、京沪等 4 条铁路的运输路谱^[3], 苏远等采集了中南地区小型货车在不同等级公路及空载和满载时的运输路谱^[4], 杨凯等采集了上海至天津公路运输环境中受到的振动、冲击和跌落数据^[5]。GB/T 4857.23—2003《包装 运输包装件随机振动试验方法》给出了美国随

收稿日期: 2011-11-16

基金项目: 广东省高等学校人才引进专项资金(2209014); 广东省教育部产学研结合项目(2009B090300082)

作者简介: 贺志(1984—), 男, 湖南攸县人, 华南农业大学硕士生, 主攻运输包装。

通讯作者: 向红(1964—), 男, 湖南人, 博士, 华南农业大学教授, 主要从事运输包装与固体力学等方面的研究。

机振动谱曲线和中国天津外环线路谱实例^[6],但未给出测试强度与时间。采用实际运输环境数据进行运输包装设计与评测的技术在中国还没有得到足够的重视,大量基础工作与数据采集工作需要完善。

在我国,由于对产品的真实物流环境缺乏定量的了解,各企业现有的包装设计、包装测试评价体系并不能很好地反映真实的物流环境状况,各种包装测试项目流于形式,并不能起到合理评价包装性能的效果,从而造成产品的包装不能有效地保护产品或者过度包装,带来了不必要的损失与浪费,也导致了公司部分产品破损率偏高的现象。据统计,某大品牌滚筒洗衣机每年的运输损耗就近1亿。由此可见,对运输环境进行系统研究具有十分重要的意义。

1 运输环境数据采集设备

随着技术的进步,运输环境数据的采集设备也朝自动化、长时间记录、小型化发展。目前比较成熟的产品主要有美国 Lanmsont 公司生产的 SAVER 系列现场环境数据记录仪器、日本神荣科技株式会社生产的 DER 系列产品。这些设备可记录最长达1年的现场环境数据,完全无需人工干预,采集到的数据可用于分析并在实验室重现,模拟产品经受的各种真实危害或用于产品结构包装的优化设计。SAVER 系列产品见图1。



图1 环境数据记录设备 SAVER 系列产品

Fig.1 Environmental data recording equipment
SAVER serial products

环境数据记录设备可广泛用于物流、包装设计、汽车与家电等制造业及相关科学研究等。采用环境数据记录设备,可以为企业和科研工作者提供以下帮助:搜集环境参数,向运输企业提供可靠的运输包装设计依据;实现现场在实验室的重现,为产品提供最可靠的运输安全评价;为产品结构强度设计提供最真

实的环境激励数据,改进产品强度薄弱环节,以减少损失和破坏;改善有效包装设计,以增加产量和减少费用;作为对运输保险和风险的评估依据;实时监控物流情况,实现物流安全溯源与事故责任追溯;发现组装生产线上潜在的有害动态因素,保障合格率;在产品的工作和运输过程中,建立系统性能与环境参数的特定关系等。下面以 SAVER 9X30 为例,介绍环境数据记录仪的基本特性及操作。

SAVER 9X30 用自身配备地电池可以不停地测量冲击、振动、温湿度、GPS 信号达 30 d 之久,共有 25 个记录通道(包括 9 个动态和 16 个静态数据记录通道)。用户可以设定信号触发和时间触发 2 个记录参数,25 个记录通道会记录符合触发条件的所有数据。内存可人为设置为“时间触发”和“信号触发”2 个分区,以避免当设置的触发信号太小时,大量的信号触发数据覆盖时间触发数据。在 2 个不同的内存分区上都有不同的安装参数、活动通道、采样频率、样本数量和内存模式,这就可以使仪器在设置不同的测试和满足具体要求时有足够的弹性。当内存分区满了时,SAVER 给用户提供了 3 种可以选择的数据处理方式:忽略采集的多余数据,用最新采集的数据覆盖旧的数据;当最新采集的数据有较大的峰值时,用这些数据替代内存中较小的数据。一般选择最后一种方式。

主要技术参数为:1)内置压电三轴向加速度计,记录通道 4 极,加速度范围可以从 5~200 g 进行选择,低通滤波器可以设置为 20~2 560 Hz,而且每个通道都可以不同,3 dB 频率最小响应为 0.4 Hz,记录精度为 $\pm 5\%$;2)温度测量范围为 $-40\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$,测量精度为 $5\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-40\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时 $\pm 1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$;3)湿度测量范围为 $5\%\sim 95\%\text{RH}$,测量精度 $\pm(2\sim 3)\%$;4)进行数据记录时,A/D 分辨率为 16 位,每通道每秒 50~5 000 次采样。

配套的 SaverXware 集合软件可以让用户设置仪器参数、与主机之间进行信息传输、分析或导出记录的数据。系统引入了 Gateways(快速设置)这一概念,即用户选择一个测试项目(冲击、跌落、振动、跌落/振动综合)后,可以通过一些简单的对话对仪器进行设置,当数据采集后上传到电脑时,Gateways 根据具体的数据类型进行一系列的具体分析,最大程度简化用户操作。软件可自动将记录的数据分为冲击、跌落、振动和综合 4 种类型;可不断地处理所记录的冲

击、跌落和振动数据,以便对每一个事件作全面的分析;可同时分析多个数据文件,得出 PSD, Grms 及跌落高度等用户感兴趣的数据;可方便导入 GPS 信息,以全面了解物流全程情况及危险环节。

2 家电运输环境采集分析

针对家电产品物流破损严重这一情况,很多家电企业积极采取各种对策,但由于对真实的物流环境不了解,无法对物流公司采取有效的监控手段,以及包装成本的控制而收效甚微。某大型家电公司通过 SAVER 监控家电产品物流运输,根据物流记录的超出正常范围跌落高度的情况进行改进与索赔,取得了良好的效果。以下以该公司的运输环境检测及应用为例进行说明,以期为解决家电行业运输物流存在的问题提供参考。

2.1 运输环境采集

2010 年采集了基地仓库发往成都、深圳、沈阳和武汉的货运汽车底盘运输环境数据。货运卡车均为满载,SAVER9X30 固定于强力磁性支座上,然后安装于汽车中部底架上,见图 2。



图 2 家电货运卡车与 SAVER 安装位置
Fig. 2 Household appliance freight trucks and SAVER installation position

SAVER 记录了这几条线路的振动、冲击、跌落以及温湿度和 GPS 坐标等数据。将采集的数据传到计算机后,通过浏览与分析,就能了解整个物流运输环境的情况。图 3a 为 SaverXware 的“分析观察”与“事件表”界面,通过该界面,可将观察对象定位于冲击、振动与跌落事件,得到用户感兴趣的数据。“综合浏览”可同时显示振动、冲击、跌落、温湿度等时域信息,见图 3b。

2.2 运输环境功率谱分析

对记录的 4 条路谱进行分析,得到了运输过程中感兴趣的所有数据,如随机振动、温湿度及满足触发

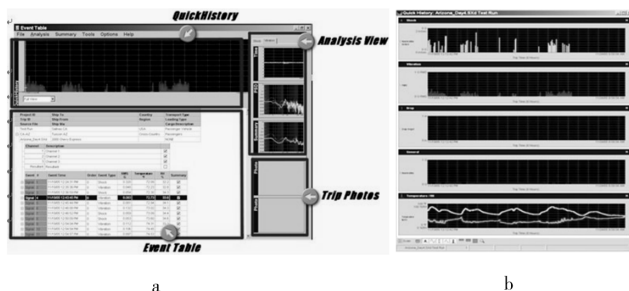


图 3 运输环境数据分析与快速浏览
Fig. 3 The data analysis and fast browsing of transportation environment

条件的冲击、跌落等信号。4 条线路垂直方向 PSD 与 ISTA 3A 及 ASTM 随机振动测试标准中公路运输 PSD 曲线见图 4。考虑到高频激励对包装件的影响较小,只绘出了 1~100 Hz 的 PSD 曲线。

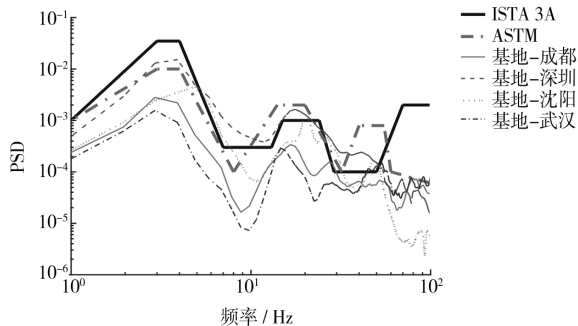


图 4 4 条运输线路功率谱与标准谱
Fig. 4 Four transportation line power spectrum and standard spectrum

通过图 4 可以看出,基地到成都和武汉的路况较好,到深圳的运输环境相对较差。4 条线路的 PSD 与 ISTA 3A 和 ASTM 随机振动标准中推荐的 PSD 曲线有一定的相似度,但在某些频率处相差较大,所以,大多数情况下 ISTA 等标准是可以满足测试要求的,但对一些振动敏感的产品有必要充分了解实际的运输环境,以便设计合适的包装来避免产品产生高强度的振动响应。

2.3 运输环境跌落冲击分析

产品在储运过程中破损主要由跌落冲击造成。安装于包装件内的 SAVER 记录满足触发条件的跌落冲击信号并自动识别,得出跌落高度,借助同步的 GPS 信号还可以得到跌落冲击发生的地点,以便采取相应的改进措施。图 5b 为空调机内安装 SAVER 的示意图,图 5a 为部分家电产品跌落高度与质量之间

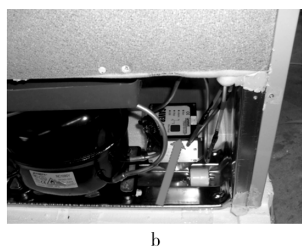
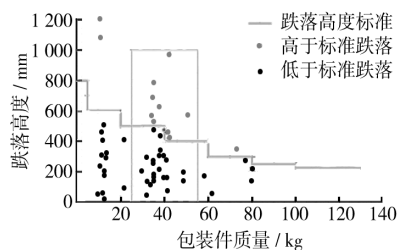


图5 运输环境跌落高度测试

Fig. 5 Drop height test of transportation environment

的关系图,从图中可以看出,质量为 25~55 kg 的空调室外机跌落高度多次超过了 400~500 mm 的标准值,有 2 次超过了 800 mm。所以,实际的运输环境跌落高度数据对产品设计、评测及物流监控具有十分重要的意义。

3 实际环境数据在家电设计与评测中的应用

自从采用 SAVER 等先进设备加强对物流安全的监管与研究以来,取得了不小的成果,据统计结果表明,2010 年家电产品物流比上年减少直接经济损失 7 700 多万元,并提高了产品的信誉。该公司采用 SAVER 与实际运输环境数据进行了以下研究与应用。

3.1 物流监控与溯源

采用环境监测行动以前,产品破损严重,见图 6a。由于没有充分的证据,很难进行索赔,也无法找到破损的环节与原因。物流部门做了大量的工作,如安装视频监控设备等,但收效甚微。

通过将 SAVER 安装于产品内进行运输,可以真实可靠地记录运输过程中的冲击强度与跌落高度,借助 GPS 坐标信息,甚至可以追溯产品破损的地点与原因,见图 6b。

根据这些可靠的数据,不仅可以追查破损责任,索赔物流损失,引起物流公司的重视与责任心,而且可以通过培训破损率高的储运环节的搬运工、改进搬运设备、实施奖惩等措施,有效地改进物流环境,减少



图6 产品破损与运输各环节冲击强度

Fig. 6 Product damage and impact strength in transport links

破损。经过 2 年多的实践,效果十分明显。

3.2 产品结构与包装优化设计

在充分了解实际运输环境振动与冲击的基础上,可以根据包装设计六步法设计可靠的缓冲与隔振包装。模拟实际运输环境的跌落或振动激励,针对产品薄弱部分,采用有限元等手段对产品结构进行不断的优化设计与改进,在不提高成本的前提下不断提高产品脆值,从而节省包装材料并减少破损。另外,在当前瓦楞与蜂窝纸缓冲结构应用越来越多的情况下,由于纸结构耐重复冲击次数与强度是有限的,所以,充分了解实际物流过程中的冲击次数、强度、不同强度冲击顺序,对绿色环保缓冲结构的设计与评测具有十分重要的意义。

3.3 模拟实际环境评测包装产品

由实际运输环境得到的真实跌落高度、PSD 等数据可以在实验室重现,从而对产品与包装件进行可靠性评价测试,在实验室模拟真实运输环境以评估包装是否可靠。对随机振动实验,可以采用加速振动测试,从而减少测试时间^[7]。加速实验增加的强度与减少的时间可以参考文献[8]描述的经验公式。更准确的加速实验需要针对具体的产品与运输环境进行疲劳分析^[9]。“合理包装”设计与评测流程见图 7。

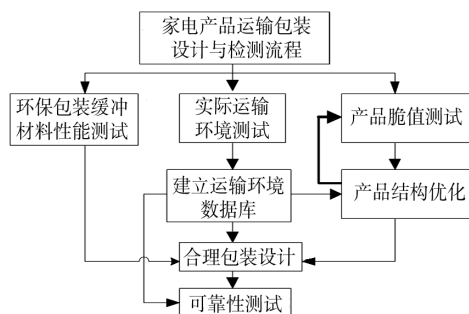


图7 产品结构优化与合理包装设计及评测流程

Fig. 7 Evaluation process of product structure optimization and reasonable packaging design

4 结语

针对目前我国家电运输破损严重的现状,提出了采用运输环境采集设备(SAVER 9X30)监控家电产品物流运输过程的方法,该设备能实现对运输环境进行追踪数据采集并在实验室重现,为运输包装设计合理化、实际运输环境中对家电物流的监控、产品优化与产品运输可靠性评测提供了一种有效的手段。由于该项工作在我国刚刚起步,还有不少问题需要解决,如还没有系统的运输环境路谱、跌落高度数据库。利用路谱数据库进行设计与加速测试的理论依据、路谱数据库在包装设计与物流监控中的应用与相关标准的建立、价廉物美的物流过程监控与采集设备的开发与应用等工作,都有待进一步研究与完善。

参考文献:

- [1] 陈志强,陈振强. 解析运输包装随机振动试验[J]. 印刷技术,2010(11):46—47.
CHEN Zhi-qiang, CHEN Zhen-qiang. Analysis of Transport Packaging Random Vibration Test [J]. Printing Technology, 2010(11):46—47.
- [2] JARIMOPAS B. Measurement and Analysis of Truck Transport Vibration Levels and Damage to Packaged Tangerines during Transit [J]. Packaging Technology and Science, 2005, 18:179—188.

- [3] 路冰琳,陈振强. 铁路运输随机振动数据的分析与研究[J]. 包装工程,2008,29(2):82—84.
LU Bing-lin, CHEN Zhen-qiang. Analysis and Study of the Data to Railway Random Vibration [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(2):82—84.
- [4] 苏远,赵德坚. 小型货车的随机振动谱的测量[J]. 包装工程,2004,25(3):183—185.
SU Yuan, ZHAO De-jian. Measurement of Random Vibration on Light Truck [J]. Packaging Engineering, 2004, 25(3):183—185.
- [5] 杨凯. 公路运输环境的研究与分析[J]. 中国包装工业, 2011(6):71—73.
YANG Kai. Study and Analysis of Highway Transportation Environment [J]. China Packaging Industry, 2011(6):71—73.
- [6] GB/T 4857. 23—2003, 随机振动试验方法[S].
GB/T 4857. 23—2003, Random Vibration Test Method [S].
- [7] ROUILLARD V. A Novel Approach to Analysing and Simulating Railcar Shock and Vibrations [J]. Packaging Technology and Science, 2007, 20:17—26.
- [8] 陈志强. 运输包装振动试验方法解析[J]. 印刷技术, 2009(11):27—30.
CHEN Zhi-qiang. Research on Transport Packaging Vibration Test Method [J]. Printing Technology, 2009(11):27—30.
- [9] HALFPENNY A. Accelerated Vibration Testing Based on Fatigue Damage Spectra [J]. White Paper. (余不详)

(上接第 121 页)

- [3] SIDEN J, FEIN M K, KOPTYUG A, et al. Printed Antennas with Variable Conductive Ink Layer Thickness [J]. IET Microwaves, Antennas & Propagation, 2007, 8(1):401—407.
- [4] RAMMER Jørgen. Quantum Field Theory of Non-equilibrium States [M]. Cambridge University Press, 2007.
- [5] MERILAMPI S L, BJÖRNINEN T, VUORIMA KI A, et al. The Effect of Conductive Ink Layer Thickness on the Functioning of Printed UHF RFID Antennas [J]. Proceedings of the IEEE, 2010, 9(98):1610—1619.

- [6] 谢拥军. HFSS 原理与工程应用 [M]. 北京:科学出版社, 2009.
XIE Yong-jun. HFSS Theory and Engineering Applications [M]. Beijing: Science Press, 2009.
- [7] 李长勇, 杨士中, 曹海林, 等. 不同夹角 V 型蝶形天线性能比较 [J]. 重庆大学学报, 2008, 31(7):775—780.
LI Chang-yong, YANG Shi-zhong, CAO Hai-lin, et al. A Performance Comparison of V-shaped Bowtie Antennae [J]. Journal of Chongqing University, 2008, 31(7):775—780.