

高性能防静电瓦楞纸板及其影响因素的研究

刘杨, 张惠忠

(达成包装制品(苏州)有限公司, 苏州 215155)

摘要: **目的** 研制一种高性能的防静电瓦楞纸板、纸箱, 并研究涂布量, 运输环境的温度、相对湿度及机械摩擦对其防静电性能的影响。**方法** 采用定量涂布的方式将防静电涂料均匀涂覆在原纸表面, 通过改变涂布量研究其与纸板防静电等级的关系; 通过改变环境温度、相对湿度、摩擦参数(次数和强度)来模拟研究实际运输途中温度、相对湿度及摩擦参数(振动、冲击等机械力造成的)对瓦楞纸箱防静电性能的影响。**结果** 在研究的范围内, 随着温度、相对湿度的增加, 防静电纸板表面电阻率也增加, 但是材料的防静电等级未发生变化, 仍为导静电材料, 其中相对湿度对防静电的影响较温度的影响更为明显; 摩擦对防静电性能的影响比相对湿度明显。**结论** 温度、相对湿度及摩擦参数对瓦楞纸板的防静电性能均有不同程度的影响, 但仍为静电防护型材料, 能够有效保护内装物不受静电的危害。

关键词: 瓦楞纸板; 高性能防静电; 影响因素

中图分类号: TB484.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)01-0117-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.01.018

High-performance Anti-static Corrugated Board and its Influence Factors

LIU Yang, ZHANG Hui-zhong

(Tat Seng Packaging (SuZhou) Co., Ltd., Suzhou 215155, China)

ABSTRACT: The work aims to develop a high-performance anti-static corrugated board and carton, and study the effect of coating amount and temperature, relative humidity and mechanical friction of transport environment on its anti-static performance. The anti-static coating was uniformly coated on the surface of the base paper by means of quantitative coating. The relationship between the anti-static coating and the anti-static level of the paperboard was studied by changing the coating amount. The temperature, relative humidity and friction parameters (times and intensities) of the environment were changed for the simulation study on the effect of temperature, relative humidity and friction parameters (caused by mechanical force such as vibration and impact) on the anti-static performance of the corrugated carton during actual transportation. Within the scope of study, as the temperature and relative humidity increased, the surface resistivity of the anti-static corrugated board also increased, but the anti-static level did not change, and it was still an electrostatically conductive material, in which the relative humidity had a greater effect on the antistatic effect than the temperature. The friction had a greater effect on anti-static performance than relative humidity and temperature. Temperature, relative humidity and friction have different effects on the anti-static performance of corrugated board. However, the board is still the electrostatically protected material and can effectively protect the contents from electrostatic hazards.

KEY WORDS: corrugated board; high-performance antistatic; influence factors

收稿日期: 2018-05-08

作者简介: 刘杨(1988—), 女, 硕士, 达成包装制品(苏州)有限公司研发工程师, 主要研究方向为特种瓦楞纸箱的生产、新品研发及运输性能测试。

随着电子行业的迅猛发展,产品高度精细化、小型化、集成化,导致其电磁感应敏感度越来越高,即越易受到电磁、静电的干扰,比如电子管、集成电路板、电子连接元件等^[1-5]。在生产、搬运、储存、运输、使用的过程中,由于摩擦、撞击、接触、分离产生的静电电压极可能影响产品技术参数,降低稳定性甚至使产品失效,因此静电防护包装显得尤为重要。美国静电放电协会从静电放电(ESD)防护原理及包装材料的导电性出发^[6],将防ESD材料(防静电材料分类)分为下列几种:静电屏蔽材料(电阻 $<1\text{ k}\Omega$)、导静电材料(电阻 $<10\text{ k}\Omega$)、静电耗散材料($10\text{ k}\Omega \leq \text{电阻} < 1000\text{ G}\Omega$)、绝缘体(电阻 $\geq 1000\text{ G}\Omega$)。

目前市场上的防静电瓦楞纸箱,基本上都是通过印刷机在纸箱表面印刷一层功能性油墨,它们的缺陷是:油墨与纸箱表面的结合力很差,印刷层不均匀,厚度不能控制。这些油墨的主要导电成分为碳颗粒,印刷后油墨中的碳粒极易从纸箱表面脱落,触摸后,双手粘黑,因此必须在纸箱表面再印刷一层“罩光油墨”,以减少油墨中碳粒的掉落,但就是这层“罩光油墨”的阻隔,使防静电性能明显下降,一般只可以达到 $1\text{ M}\Omega$ 。此外,油墨本身含水,出现瓦楞纸箱吸水后质量不稳定等问题^[7]。基于这些现实问题,公司采用进口涂布机进行定量、高温、高压的防静电涂料涂布,取得了优异的效果。

陆运、海运及空运时常常会遇到环境温湿度骤变,速度突变,颠簸引起包装件的相互撞击、跌落等现象^[8],内装物与瓦楞纸箱内壁不断地摩擦,也会引起防静电层的磨损与性能的衰减。为了清楚地掌握环境温湿度以及运输中振动、冲击产生的机械力摩擦对防静电性能的影响,文中就这些影响因素进行了分析研究。

1 实验

1.1 样品研制

采用美国MICHELMAN公司生产的STB7009.S涂料,在美国进口的“MRC-1000”型滚式精密涂布机(见图1)上,涂布速度 250 m/min ,对整卷原纸的表面定量涂上特种防静电涂料(与造纸厂加工白卡纸用的刮刀式涂布是2个完全不同的概念),经过多组可调压力的滚轮挤压,同时 $160\sim 170\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温瞬间烘干,涂料中水分瞬时蒸发,有效成分被嵌入纸张表面,在纸张的浅表层形成了一个新的物质层(见图2)^[9],不需要像印刷机上加工印刷油墨后,还要进行二次罩光油墨印刷。再用涂布好的原纸生产成具备防静电性能的瓦楞纸板、纸箱。



图1 精密滚式涂布机

Fig.1 Precision roller coating machine

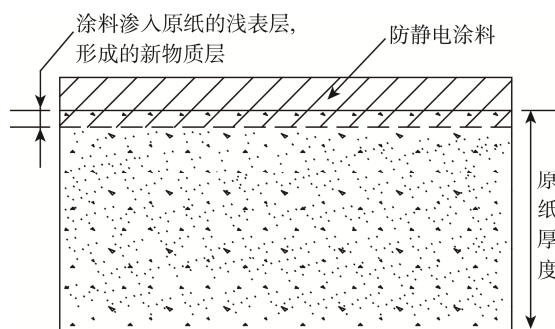


图2 涂布后表面

Fig.2 Surface after coating

1.2 方法

文中选用进口的精密涂布辊在原纸上实现不同量的防静电涂料涂布,通过测定瓦楞纸板的表面电阻率来确定防静电等级。研究的涂布量分别为 $8, 12, 16\text{ g/m}^2$ 。

电子、电器类产品包装客户对瓦楞纸箱防静电的要求主要在 $1\sim 100\text{ k}\Omega$ 范围内^[10],因此,在符合防静电等级要求的瓦楞纸板上,实验分析不同温度、相对湿度及摩擦对防静电性能的影响,每组测试样本数为10件。

国内外包装运输环境不同,参考国际安全运输联盟的测试标准,温度的实验值: $23, 38, 60\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度的实验值: $50\%, 65\%, 85\%$ 。根据GB/T 11210—2014^[11]防静电材料表面电阻率的测试环境为:温度 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度 50% 。在研究不同温度对瓦楞纸板防静电性能影响时,相对湿度保持 50% ,研究不同相对湿度对瓦楞纸板防静电性能影响时,温度保持 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

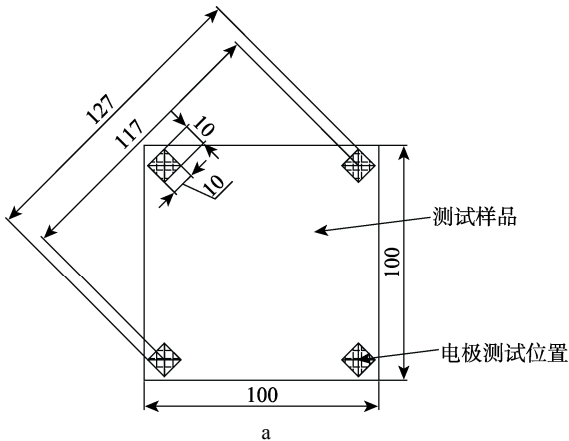
运输中引起的振动、冲击在防静电性能包装件上的表现是内装物与纸箱内壁间的不断摩擦,为探索这些摩擦是否会对防静电纸箱的性能有影响,文中依据GB/T 7706—2008^[12]中的摩擦试验机对防静电纸板进行摩擦试验,其中摩擦荷重为 $(20\pm 0.2)\text{ N}$ 。以牛皮纸、符合GB/T 9258.1—2000^[13]的 2500 目 (粒度 $5.4\text{ }\mu\text{m}$)、 1000 目 (粒度 $12.4\text{ }\mu\text{m}$)砂纸分别与防静电样

品形成一对对摩擦副，模拟不同的摩擦强度对防静电性能的影响。

实验前后样品进行表面电阻测定均经过温度 23 ℃，相对湿度 50%，24 h 的处理。

摩擦次数：50，100，150，200，250，摩擦纸为牛皮纸。

摩擦强度：由牛皮纸、普通砂纸（2500 目、1000 目）分别与防静电性能样品形成摩擦副，摩擦次数为 50。



1.3 测试指标

瓦楞纸板静电防护的等级主要通过表面电阻率来区别。表面电阻率在数值上等于表面为正方形材料的两对边电极间的表面电阻，并与该正方形尺寸无关^[14]。

表面电阻率的主要测定方法：静电仪（直接测得）、万能电表（换算测得）。论文利用万能电表按 GJB 2604^[17]对表面电阻率进行测定，见图 3，对角测试，测量电极采用尺寸为 10 mm×10 mm 的铜方块。

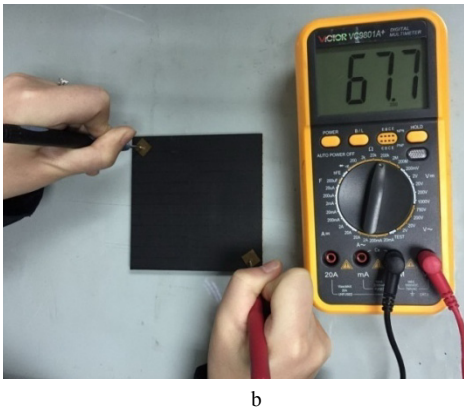


图 3 表面电阻率测量
Fig.3 Surface resistivity measurement

测量时，按图 3 所示位置 2 次测量，分别记为 R_1 ， R_2 ，则有：

$$R_S = (R_{S1} + R_{S2}) / 2 \tag{1}$$

式中： R_S 为防静电纸板表面电阻率（ Ω/cm^2 ）； $R_{S1}=R_1/(L \times 1)$ ； $R_{S2}=R_2/(L \times 1)$ ； $L=11.7 \text{ cm}$ ^[15]。

2 结果与讨论

2.1 涂布量与防静电等级对应关系

为了解不同涂布量瓦楞纸板的防静电性能，依据防静电材料等级的划分标准，测定不同涂布量的瓦楞纸板的表面电阻率，分析所达到的静电防护性能等级。

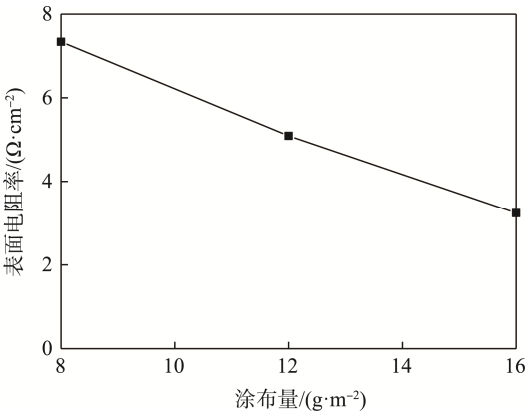


图 4 不同涂布量与表面电阻率的关系
Fig.4 The relationship between different coating amount and surface resistivity

由图 4 可知，防静电瓦楞纸板的表面电阻率随涂布量的增加而减少。主要由于涂布量越多，单位面积内的导电粒子含量越高，导电能力越好，表面电阻率越低。涂布量分别为 8，12，16 g/m² 具体的防静电等级均为导静电材料，可达 10³，较印刷工艺价格的指标高很多，可满足高端电子产品静电防护包装的需要。

2.2 温度对防静电性能的影响

由图 5 可知，在 23，38，60 ℃ 这个 3 个温度环境中，随着温度的升高，防静电纸板的表面电阻率稍有升高，但不明显。主要原因：在研究的范围内，随着温度的升高，导致体积膨胀导电粒子间的距离逐渐增大，则单位面积内的导电粒子数减少，导致电阻率有增大的趋势。3 种涂布量纸板的防静电等级未发生变化，说明在实际物流运输中，随着温度的升高其表面电阻率有增大的趋势，但是这种增大没有改变材料的防静电等级，不会影响防静电纸板对静电防护的能力。

2.3 相对湿度对防静电性能的影响

由图 6 可知，随着相对湿度越大，表面电阻率越大，其中相对湿度 85% 比 65% 的变化更明显。主要原因：高湿环境在涂层表面形成一层水膜，而温湿度房所用的水源是蒸馏水，严格意义上涂层上的水膜不可能是纯水，会有一定的导电性，但是导电性非常弱远不如涂层中碳颗粒的导电性，因此，水膜起到了阻隔

作用,使其导电性能变弱,表面电阻率变大。原纸对水分的吸收导致导电粒子间的距离变大,所以表面电阻率变大,而且随着相对湿度的增大,粒子间的距离继续变大。这种迁移有了阻碍的作用,导致电阻率稍微升高,因此电阻率的变化趋势不如相对湿度 85% 的明显。3 种涂布量纸板的防静电等级未发生变化,说明随着相对湿度的升高,表面电阻率有增大的趋势,但是这种增大没有改变材料的防静电等级,不会影响防静电纸板对静电防护的能力。

此外,比较图 5 与图 6 可以发现,相对湿度的变化对防静电性能的影响比温度明显。

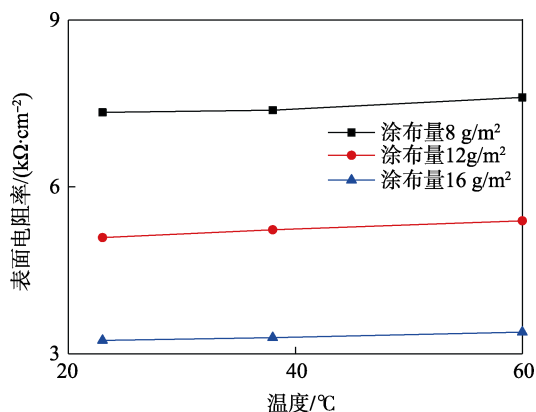


图 5 温度对防静电性能的影响

Fig.5 Effect of temperature on anti-static performance

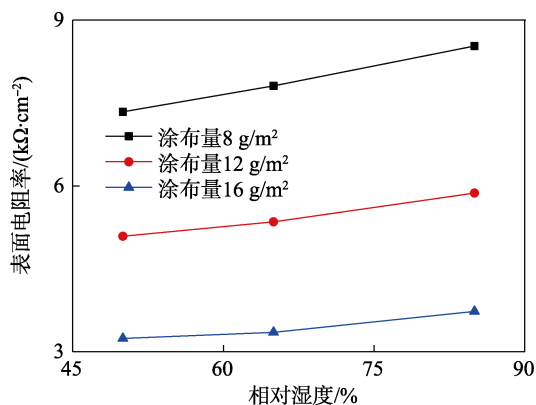


图 6 相对湿度对防静电性能的影响

Fig.6 Effect of relative humidity on anti-static performance

2.4 摩擦对防静电性能的影响

以每组 10 个涂布量为 8 g/m² 的防静电纸板为样品,测定样品在实验摩擦前后的平均表面电阻率来分析摩擦对防静电性能的影响。

图 7 可知,以牛皮纸与用涂布方式加工的测试样品形成摩擦副,用 20 N 力进行摩擦,50~250 次的摩擦对瓦楞纸板的防静电性能稍有影响,但是纸板的防静电等级未发生变化,仍为防静电材料。主要是因为牛皮纸在 20 N 的压力下,来回摩擦样品表面,只会

引起原纸表面少量的涂料脱落,对静电性能指标影响很小。随着摩擦次数的增加,用涂布工艺加工的涂料脱落现象并不明显,因此它有很好的静电防护性能,仍属于防静电材料。

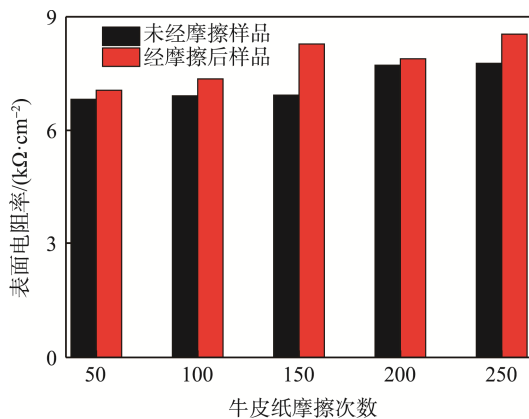


图 7 摩擦次数对防静电性能的影响

Fig.7 Effect of number of friction on anti-static performance

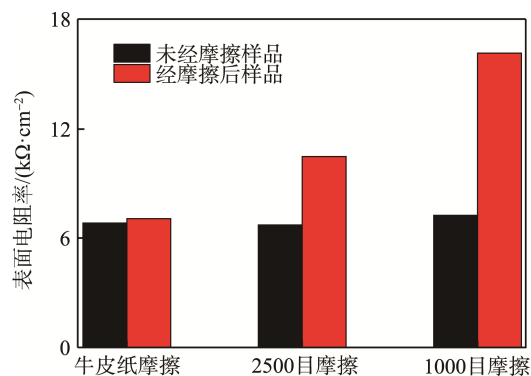


图 8 摩擦 50 次情况下摩擦强度对防静电性能的影响

Fig.8 Effect of frictional strength on anti-static performance under 50 times of friction

利用摩擦介质表面粒度的不同来模拟摩擦的强度,图 8 可知,摩擦强度越大,表面电阻率越大。经 2500 目、1000 目砂纸摩擦的样品表面电阻均大于 10 kΩ,属于静电耗散型材料,仍然具备良好的静电防护性能。主要是因为砂纸表面不同大小的粒度在 20 N 的压力下,在防静电纸板表面摩擦,使得原纸的外层的防静电涂料大部分脱落,但是嵌入原纸浅表层的涂料没有被破坏,仍起到静电防护作用。

摩擦次数、强度分别模拟了运输中因振动、冲击等机械力引起的频率、强度。比较图 7 与图 8 可知,摩擦强度比摩擦次数对瓦楞纸板的防静电性能影响更为明显,但由于先进的涂布生产工艺,使得嵌入原纸纤维的涂料起到静电防护作用,仍然能够保护包装物免受静电的损坏。

3 结语

基于进口定量涂布设备、涂料研制了防静电瓦楞

纸板、纸箱,不仅能够保护内装物避免静电的伤害,而且性能稳定不易脱落。借助试验手段研究运输中温度、相对湿度及机械力引起的摩擦对其防静电性能的影响。

试验中发现随着温度、相对湿度的升高,表面电阻稍有增大,其中相对湿度的影响较为明显,但是不影响静电防护等级,仍具有很好的静电防护效果。此外,还发现摩擦对防静电性能的影响最为明显,但是仍为静电耗散型材料,能够有效保护内装物不受静电危害,而且加工成本低廉。

参考文献:

- [1] 张晓玉,袁玉珍. 微电子产品防静电包装材料的研究进展[J]. 包装工程, 2013, 34(13): 117—122.
ZHANG Xiao-yu, YUAN Yu-zhen. Development Progress of Anti-static Packaging Material for Micro-electronic Products[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(13): 117—122.
- [2] 江朋飞. 防静电包装材料在微电子包装中的应用[J]. 大科技, 2016, 24(8): 314.
JIANG Peng-fei. Anti-static Packaging Materials Application in Microelectronics Packaging[J]. Super Science, 2016, 24(8): 314.
- [3] 王成猛, 仵杨, 胡月明. 航空电子产品维修中的静电防护[J]. 航空与航天, 2016, 9(2): 33.
WANG Cheng-meng, WU Yang, HU Yue-ming. The Electrostatic Protective Maintenance Avionics Products[J]. Avionics and Astronautics, 2016, 9(2): 33.
- [4] 龙朝阳. 碳系涂层型静电防护瓦楞纸板的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2010.
LONG Chao-yang. The Research of Carbon Based Anti-static Coatings for Corrugated Cardboard[D]. Wuxi: Jiang Nan University, 2010.
- [5] GJB/Z 86—1997, 防静电包装手册[S].
GJB/Z 86—1997, Handbook for Electrostatic Discharge Protective Packaging[S].
- [6] ANSI/ESD S541—2008, 静电放电敏感物件的防护, 包装材料或 ESD 敏感件[S].
ANSI/ESD S541—2008, Protection of Electrostatic Discharge Susceptible Items-Packaging Materials or ESD Sensitive Items[S].
- [7] 何里, 丁毅, 贾丽萍. 不同湿度条件下瓦楞纸箱抗压强度的实验研究[J]. 包装工程, 2012, 33(17): 68—69.
HE Li, DING Yi, JIA Li-ping. Study of Corrugated Box Compression Strength under Different Humidity[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(17): 68—69.
- [8] 彭国勋. 瓦楞包装设计[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2013.
PENG Guo-xun. Corrugated Packing Design[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2013.
- [9] 张惠忠. 防潮纸箱与防水纸箱的技术探讨[J]. 中国包装工业, 2010(10): 54—55.
ZHANG Hui-zhong. Technology Discussed of Moisture-proof and Waterproof Cartons[J]. China Packaging Industry, 2010(10): 54—55.
- [10] 刘应德. 模块(板件)类军用电子产品包装方法[J]. 包装世界, 2018(24): 85—86.
LIU Ying-de. Module(Panel) Class Packing Method of Military Electronic Products[J]. Packaging World, 2018(24): 85—86.
- [11] GB/T 11210—2014, 硫化橡胶或热塑性橡胶抗静电和导电制品电阻的测定[S].
GB/T 11210—2014, Rubber, Vulcanized or Thermoplastic-Antistatic and Conductive Products-Determination of Electrical Resistance[S].
- [12] GB/T 7706—2008, 凸版装潢印刷品[S].
GB/T 7706—2008, The Relief Prints for Decorating[S].
- [13] GB/T 9258.1—2000, 涂附磨具用磨料粒度分析第一部分: 粒度组成[S].
GB/T 9258.1—2000, Coated Abrasives-Grain size Analysis-Part 1: Grain Size Distribution Test[S].
- [14] 龙朝阳, 卢立新. 一种水性防静电涂料性能研究及其包装应用[J]. 化工新型材料, 2010, 38(3): 112—114.
LONG Zhao-yang, LU Li-xin. A Waterborne Anti-static Coatings and Packaging Applications[J]. New Chemical Materials, 2010, 38(3): 112—114.
- [15] GJB 2604—96, 军用电磁屏蔽涂料通用规范[S].
GJB 2604—96, General Specification for Military Electromagnetic Shielding Coating[S].