环境湿度对纸板水分及其力学性能影响的实验研究

肖雯娟, 古奇夏
(深圳市一通检测技术有限公司, 深圳 518055)

摘要: 为了考察环境湿度、瓦楞纸板水分与纸板力学性能之间的关系,选择对瓦楞纸板进行不同环境条件的温湿度处理,即试验环境选择温度为 23 ℃,相对湿度分别为 40%,50%,70%,80%及 90%等 5 种环境处理条件,样品处理完后按照相关标准测试水分、耐破强度、边压强度。测试结果表明,随着环境相对湿度的提高,纸板水分的增加,纸板的耐破强度及边压强度随之下降,且边压强度的下降程度更为明显。

关键词: 湿度; 水分; 耐破强度; 边压强度
中图分类号: TB484.1; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)21-0028-03

Influence of Environmental Humidity on Water Content and Mechanical Properties of Corrugated Paperboard

XIAO Wen-juan, *GU Qi-xia*
(Shenzhen Yitong Testing Technology Co., Ltd., Shenzhen 518055, China)

Abstract: Corrugated paperboard was treated under different environmental conditions of temperature and humidity, which were temperature of 23 ℃, relative humidity of 40%, 50%, 70%, 80%, and 90%. Water content, bursting strength, and edgewise crush resistance of the sample were determined in accordance with the relevant standards immediately after the treatment. Test results showed that with the humidity increase, the water content increases, the bursting strength and edgewise crush resistance of corrugated paperboard become poor, and the downtrend of edgewise crush resistance is more obvious.

Key words: humidity; water content; bursting strength; edgewise crush resistance

瓦楞纸箱由于具有质轻、易加工、环保等特性,因而成为目前使用最为普遍的包装容器。由于受到恶劣的环境及物流影响,纸箱抗压力迅速下降[1]甚至坍塌,导致货损的事件时有发生。曾有研究[2]表明,当环境相对湿度达到 90% 时,纸箱的抗压力下降到相对湿度为 50% 时的 60%。从 Mckee 马基公式 $P=5.87P_{m}(TZ)^{0.5}$ 可知纸箱抗压力与纸板边压强度有密切关系[3],边压强度的下降将直接导致纸箱抗压性能的降低。耐破强度是指瓦楞纸板在单位面积上所能承受的垂直于试样表面均匀增加的最大压力,对纸箱的承载及抗冲击能力起着重要作用。

笔者通过研究瓦楞纸板 2 个最重要的性能指标(即耐破强度及边压强度)在不同的环境湿度处理后的变化,来验证环境温湿度对纸板造成的性能衰减。

1 试验

1.1 样品

选择不同生产企业生产的共 9 款瓦楞纸板,其中包括 6 款 BC 楞,1 款 AB 楞,2 款 C 楞。对不同材质及楞型取样比较具有代表性。

1.2 预处理环境与测试环境

1)试验分为 5 组,选择标准温度及不同相对湿度,具体的预处理环境分别为:23 ℃,40%,24 h;23 ℃,50%,24 h;23 ℃,70%,24 h;23 ℃,80%,24 h;23 ℃,90%,24 h。

2)所有样品统一在温度为 23 ℃,相对湿度为 50% 的环境下放置 24 h 之后,分别进行 5 组环境预处理,处理完成后立即在标准温湿度条件(即 23 ℃,50%)下进行水分及性能测试。

收稿日期: 2013-06-20
作者简介: 肖雯娟(1985-),女,江西赣州人,深圳市一通检测技术有限公司工程师,主要从事包装检测及实验室管理工作。

1.3　试验标准方法及设备

1）水分测试依据 GB/T 462—2008[4]，每款样品取 2 份大于 50 g 的试样，在 105 ℃下烘干至恒重，计算样品的水分含量。使用设备为 DHG-9145A 电热恒温鼓风干燥箱、BL-410S 精密电子天平。

2）耐破强度测试依据 GB/T 6545—1998[5]，将试样夹紧在两试样夹盘的中间，然后开动测定仪，以(170±15) mL/min 的速度逐渐增加压力。在试样爆破时，读取压力表上指示的数值。以正反面各 10 个贴向胶膜的试样进行测定，以所有测定值的算术平均值表示。使用设备为 RH-P5600 电脑纸板耐破度仪。

3）经学者研究认为[6]，用马基公式估算纸箱抗压力时，边压强度的测试方法可以使用 GB/T 6546—1998[7]来代替 TAPPI T811om—2011[8]，故该实验方案中选用测试方法更为简便的标准。测试依据 GB/T 6546—1998，切取瓦楞方向为短边的矩形试样，其尺寸为(25±0.5) mm×(100±0.5) mm。试样上不得有压痕、印刷痕迹和损坏。将试样置于下压板的正中，开动试验仪，施加压力直至试样压溃，记录试样所能承受的最大压力。以 10 个试样的测试平均值计算样品边压强度。使用设备为 RH-3000 电脑压缩试验仪。

2　测试结果

9 款样品在 5 组不同的环境湿度条件处理后测得的水分的质量分数见表 1。

表 1　不同环境处理下瓦楞纸板的水分测试结果

Tab.1 Result of water content of corrugated paperboard with different treatment conditions　%

样品	楞型	相对湿度				
		40%	50%	70%	80%	90%
1	C	6.6	6.8	8.4	9.4	12.4
2	BC	6.2	6.7	8.4	11.0	12.1
3	AB	6.2	6.8	8.8	9.1	11.1
4	BC	6.4	6.5	8.1	10.3	11.0
5	C	6.0	7.5	8.6	10.3	10.9
6	BC	5.3	6.5	8.0	9.1	10.0
7	BC	6.3	6.7	7.5	8.2	9.8
8	BC	5.7	6.9	7.5	9.1	11.5
9	BC	5.2	6.6	7.9	9.7	10.3

注：所有条件中环境温度均为 23 ℃。

9 款样品在 5 组不同的环境相对湿度条件（温度为 23 ℃）处理后测得的耐破强度及边压强度的结果见表 2，数据对比情况见图 1、图 2。

表 2　不同环境处理下瓦楞纸板的性能测试结果

Tab.2 Result of mechanical properties of corrugated paperboard with different treatment conditions

样品	楞型	耐破强度/kPa					边压强度/(N·m^{-1})				
		40%	50%	70%	80%	90%	40%	50%	70%	80%	90%
1	C	1815	1835	1829	1732	1505	8240	7020	6830	6670	5350
2	BC	1760	1862	1682	1623	1475	8360	8320	7810	7550	6080
3	AB	1731	1751	1610	1512	1338	7870	7960	7630	7490	6320
4	BC	1383	1344	1181	1173	1070	8070	8140	7210	7140	6330
5	C	2143	2049	1865	1809	1805	10630	9180	8490	8380	7110
6	BC	983	1055	992	959	928	6640	5840	5730	4740	3810
7	BC	486	484	463	465	456	2060	2040	1890	/	/
8	BC	869	906	864	853	731	4520	4220	3830	3730	3640
9	BC	995	941	827	813	805	4810	4480	3377	3020	2720

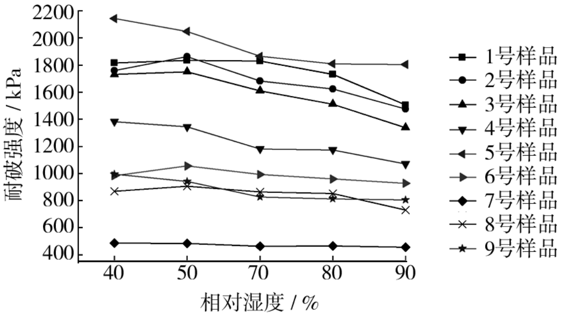

图 1　不同湿度下样品耐破强度对比

Fig.1 Comparison of bursting strength of specimen treated with different humidity

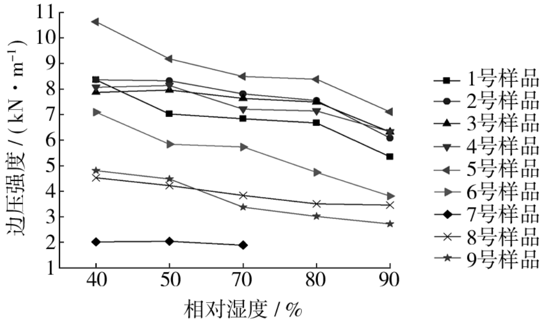

图 2　不同湿度下样品边压强度对比

Fig.2 Comparison of edgewise crush resistance of specimen treated with different humidity

3 结果分析

由表 1 数据可知,当环境相对湿度增大时,瓦楞纸板逐步吸湿直至其水分含量与大气中的水蒸气达到平衡状态,且相对湿度越高,纸板吸湿越厉害。

对表 2 中第①、②组环境(即相对湿度为 40% 与 50%)实验数据进行比较可知,这 2 个环境湿度下的样品耐破强度未发现比较明显的变化趋势;总体而言相对湿度为 40% 下的边压强度要比相对湿度为 50% 下的数值大。对表 2 中第②-⑤组环境(即相对湿度为 50%,70%,80%,90%)实验数据进行比较可知,当相对湿度大于 50% 时,9 款样品的耐破强度及边压强度都随着湿度的逐渐增大而依次降低。从图 1 及图 2 中能较为直观地体现这一变化趋势,且可发现边压强度的下降程度更为明显。

通过表 2 的数据及图 1、图 2 可知,无论是单瓦楞纸板还是双瓦楞纸板,无论是 AB 楞还是 BC 楞纸板,它们的力学性能随湿度的变化趋势基本一致,未发现明显差异性,说明此次试验的数据具有代表性。基于此次试验的数据,对环境湿度、纸板水分、纸板耐破强度及边压强度这四者间的变化关系归纳见表 3。

表 3 纸板水分及力学性能随相对湿度的变化量

Tab. 3 Relation among water content, mechanical properties of paperboard, and relative humidity

相对湿度	水分	耐破强度	边压强度
40%	$X_0-1.2\%$	$(1-1\%)B_0$	$(1+7\%)F_0$
50%	X_0	B_0	F_0
70%	$X_0+1.4\%$	$(1-7\%)B_0$	$(1-8\%)F_0$
80%	$X_0+2.8\%$	$(1-10\%)B_0$	$(1-13\%)F_0$
90%	$X_0+4.2\%$	$(1-16\%)B_0$	$(1-26\%)F_0$

表 3 中的数据是以相对湿度为 50% 时的纸板各项指标为基准,其他数据均是当前相对湿度下与 50% 时进行比较分析得出的结果,其中 X_0,B_0,F_0 分别代表瓦楞纸板在相对湿度 50% 时的水分、耐破强度、边压强度。从表 3 数据可知,当相对湿度从 80% 升高至 90% 时,纸板耐破强度及边压强度急剧下降,这也与该段的纸板水分含量上升最快相印证,说明纸板水分含量对力学性能有明显影响。

4 结语

实验表明环境湿度的变化直接导致纸板含水率发生变化,进而影响到纸板的力学性能。水分过低,纸板容易干燥变脆;水分过高,纸板吸湿后瓦楞形状发生改变,且胶黏剂粘性下降导致纸板强度降低。通过分析此次试验的数据可知,环境相对湿度在 40% ~50% 时,也即当纸板水分保持在 5% ~8% 之间时,纸板力学性能达到较好水平。由此对于瓦楞纸板的存储要特别注意防雨、防潮,建议控制仓库的环境湿度,并且将纸板用缠绕膜进行包裹后存放。纸板使用环节同样要避免高湿环境,如果有必要,建议选用经特殊防潮处理的纸板以保证质量。

参考文献:

[1] 何理,丁毅,贾丽萍. 不同湿度条件下瓦楞纸箱抗压强度的试验研究[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.

[2] 张洪新,吴云甫. 纸质包装容器[M]. 上海:上海市包装技术协会,1985.
ZHANG Hong-xin, WU Yun-fu. Paper Packing Container [M]. Shanghai: Shanghai Packaging Technology Association,1985.

[3] MCKEE R C. Paperboard Package, Compression Strength Formula for Corrugated Boxes[J]. 1963,48(8):149-159.

[4] GB/T 462—2008,纸和纸板水分的测定法[S].
GB/T 462—2008, Paper Board and Pulp-determination of Moisture Content of Analytical Sample[S].

[5] GB/T 6545—1998,瓦楞纸板耐破强度的测定法[S].
GB/T 6545—1998, Corrugated Fiberboard-determination of Bursting Strength[S].

[6] 周颖红,郭仁宏,黎敏. 瓦楞纸板边压强度 2 种测试方法的分析比较[J]. 包装工程,2012,33(17):63-67.
ZHOU Ying-hong, GUO Ren-hong, LI Min. Compression of Two Edgewise Crush Test Methods of Corrugated Fiberboard [J]. Packaging Engineering,2012,33(17):63-67.

[7] GB/T 6546—1998,瓦楞纸板边压强度的测定法[S].
GB/T 6545—1998, Corrugated fiberboard-Determination of edgewise crush resistance[S].

[8] TAPPI T811om—2011,瓦楞纸板边压强度的测定法(短距压缩法)[S].
TAPPI T811om—2011, Edgewise Compressive Strength of Corrugated Fiberboard (Short Column Test)[S].