

热态内装物对纸箱抗压强度的影响研究

刘杨, 张惠忠

(达成包装制品(苏州)有限公司, 苏州 215155)

摘要:目的 研究内装物温度对瓦楞纸箱抗压强度的影响。方法 采用理论与实验相结合的方式,分析60℃的热装物对瓦楞纸箱抗压强度的影响,并提出了改善措施。实验主要包括:常温环境和恒温恒湿室内的对比实验;0201型六层复合的普通纸箱与内层涂布防水层纸箱的对比实验。结果 66.7%的普通纸箱实验中,装热态物的纸箱抗压强度平均下降5.5%左右;防水涂布实验箱的抗压强度平均高于常规纸箱20%左右。结论 防水涂料涂布的纸箱可以有效地抵消热装物对纸箱强度的影响。

关键词: 瓦楞纸箱;热装物;空箱抗压强度

中图分类号:TB484.1 文献标识码:A 文章编号:1001-3563(2016)03-0111-05

Influence of Hot Charging Contents on Compression Strength of Corrugated Box

LIU Yang, ZHANG Hui-zhong

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

ABSTRACT: The aim of this work was to study the influence of hot charging contents on the compression strength of corrugated box. The influence of 60℃ contents on the compression strength of cartons was analyzed by means of combining theory and experiments, and improvement measures were put forward. Experiments mainly included: contrast experiment in normal temperature environment and constant temperature and humidity room, and contrast experiment of the type 0201 six composite layer of ordinary and waterproof cartons. In 66.7% of the ordinary carton experiment, the compressive strength of experimental boxes fell by 5.5% on average as compared with the control cartons. The compressive strength of Waterproof experimental cartons was superior to that of common cartons by 20% on average. In conclusion, cartons coated with waterproof paint could effectively counteract the effects of hot charging content on the compression strength of cartons.

KEY WORDS: corrugated box; hot charging contents; compression strength of empty box

以纸代木、以纸代塑、以纸代金属容器的发展理念,以及纸包装轻便、绿色可循环、易加工、价廉、可折叠等独特的优点,使得瓦楞纸箱在产品包装、运输等领域被广泛应用^[1]。据报道,近几年我国包装用纸量持续增长,至2020年可达6972万t^[2]。不同行业的特殊内装物,以及恶劣的存储运输环境,对瓦楞纸箱强度的要求越来越高^[3-4]。

全国有300余家化工染料厂是达成包装的客户,

其中不少客户反映纸箱易变形,强度不够。调研发现大部分染料的最后一道工序是高温烘干,生产线降温环节的局限性导致染料装箱时仍为高温。封箱堆码后降至室温的过程中,引起了纸箱的变形,进而影响了纸箱的强度。为进一步了解引起纸箱抗压强度变化的原因,文中结合理论与实验分析热态染料对纸箱抗压强度的影响。

收稿日期:2015-06-25

作者简介:刘杨(1988—),女,江苏盐城人,硕士,达成包装制品(苏州)有限公司研发工程师,主要从事特种瓦楞纸箱的生产和新品研发。

1 理论基础

热态染料先装入PE塑料袋封口后再装箱,理论设想对纸箱抗压强度的影响主要途径是空气温度变化引起含水率的变化和空气的热膨胀。

1.1 空气中水分的影响

空气中饱和水蒸汽的含水量随着温度的升高而增大,含水量可依据克拉伯龙方程推导出的式(1)求得^[5]。当空气中绝对含水量不变时,温度升高,相对湿度下降;温度下降,相对湿度升高。即箱内高温的空气所能容纳的水分较多,温度下降,则多余的水分就会析出被纸箱吸收,导致纸箱变软,抗压强度即发生变化^[6-7]。

$$m = \frac{p_b}{760} \times \frac{1000}{22.4} \times \frac{273}{T} \times 18 \quad (1)$$

式中: m 指不同温度下水蒸气饱和时每立方米气体的含水量(g); p_b 指不同温度下水的饱和蒸汽压(mmHg(1 mmHg=133.322 Pa)); T 为热力学温度(K)。

1.2 空气的热膨胀

热态染料装入PE塑料袋并封口的过程会带入部分空气。袋中的空气受高温染料的影响,发生热膨胀,空气体积的变化可依据克拉伯龙方程(2)求得^[8]。塑料袋的透气性很小,导致塑料袋体积变大,对正好匹配25 kg染料的瓦楞纸箱内壁有挤压作用,因此,出现客户反映的鼓肚现象,导致纸箱的瓦楞发生微变形,影响纸箱的强度。

$$pV=nRT \quad (2)$$

式中: p 为指压强(Pa); V 为气体体积(L); n 为物质的量(mol); T 为热力学温度(K); R 为气体常数,约为8.31 J/(mol·K)。

2 实验方案

2.1 采样

以某公司的活性染料为研究对象,实验的初始温度为60℃。实验中采用的箱型、尺寸、纸质均为大多数染料纸箱的标准配材,箱型为0201,尺寸为370 mm×280 mm×450 mm,配材为250 g/m²+180 g/m²+200 g/m²+(120 g/m²+120 g/m²)+230 g/m²的六层复合纸箱^[9-10],活性染料装在塑料袋内,见图1。

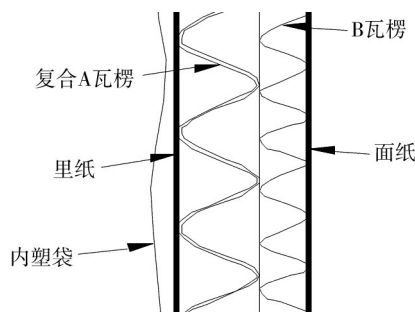


图1 六层复合纸板

Fig.1 Six-layer composite board

2.2 设备

实验设备主要有:恒温恒湿箱;烘箱;MRC-1000精密滚式定量涂布机;QD-3001微电脑程控抗压强度试验仪;电子秤;手持式红外测温仪;精度为0.2℃的水银测温计;纸箱表面含水率测试仪。

2.3 方法

实验主要包括:常温环境、恒温恒湿室内的对比实验;0201型六层复合的普通纸箱与防水纸箱^[11]的对比实验。为使实验箱的数据更有参考价值,每组实验增加一个对比纸箱。常温环境的对比实验15组,相对湿度为50%,温度为23℃的恒温恒湿室内普通纸箱和防水纸箱的对比实验各进行3组。

防水涂布工艺处理的纸箱,能够有效防止箱内水分变化对纸箱强度的影响,因此,增加防水纸箱与普通纸箱的对比实验。防水涂料选择美国麦可门的X300,通过进口的“MRC-1000”精密滚式“定量涂布机”按18 g/m²的涂布量均匀地涂覆在原纸上^[12],生产成实验所需的防水六层复合纸箱。

实验箱:装入25 kg温度为60℃染料的纸箱;对比纸箱:与实验箱处于相同的环境,无特殊处理、无内装物的纸箱。

2.4 测试指标

1) 通过测量实验前后纸箱质量、含水率的变化,来量化热装物引起箱内水分的变化。

2) 纸箱抗压强度,主要指纸箱在压力机匀速施加载荷直至压溃时的最大载荷,是评定染料纸箱质量优劣的重要指标之一^[13-14]。纸箱抗压强度主要依据标准ISO 12048:1994, ASTM D 642—2000—2010, GB/T 4857.4—2008《运输包装件基本试验 第四部分:采用压力试验机进行的抗压和堆码试验方法》进行测试。

3 结果讨论

3.1 对纸箱质量的影响

3.1.1 理论分析结果

高温的染料直接装箱,会导致箱内局部空气的温度升高,箱内的相对湿度低于箱外,见图2,相对湿度的梯度差导致箱外的高湿度向箱内低湿度渗透,导致了纸箱质量增大(箱内含水率变大)。

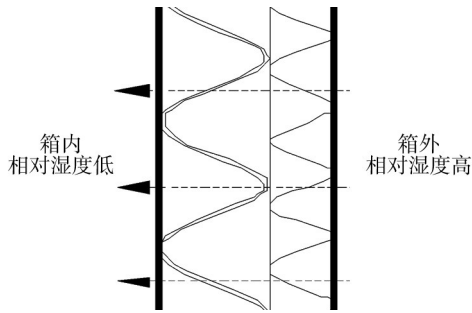


图2 箱内外的相对湿度

Fig.2 The relative humidity inside and outside carton

3.1.2 实验结果

18组实验现象均与理论分析不符,即实验箱的质量不但没有增加,反而降低。由图3a可知,常规环境的对比试验中,实验箱的质量平均降低10.93 g,对比纸箱平均降低7.17 g。由图3b可知,在相对湿度为50%,温度为23℃的恒温恒湿室的对比试验中,实验箱的质量平均降低6.2 g,对比纸箱的质量平均降低1.5 g,说明了装有热态染料纸箱的质量有减小的趋势。同时,通过水分测试仪对实验前后纸箱的平均含水率进行测定,结果见图4,实验箱的含水率平均较对比纸箱低4.97%。主要是因为箱内外温度差,引起箱内热空气向箱外低温区域渗透(见图5),同时带走了纸板中少量的水分。

结合理论分析与实验现象可以发现:纸箱内外温度差“带走”的水分比相对湿度梯度差“带来”的水分多,导致实验箱的含水率较对比纸箱低,质量没有增加反而减少。常规环境与恒温恒湿环境的对比实验发现,环境中温湿度的变化对纸箱含水率的影响也很明显。

3.2 对纸箱强度的影响

3.2.1 纸板边压强度

将恒温恒湿室中实验箱与对比纸箱的纸板边压

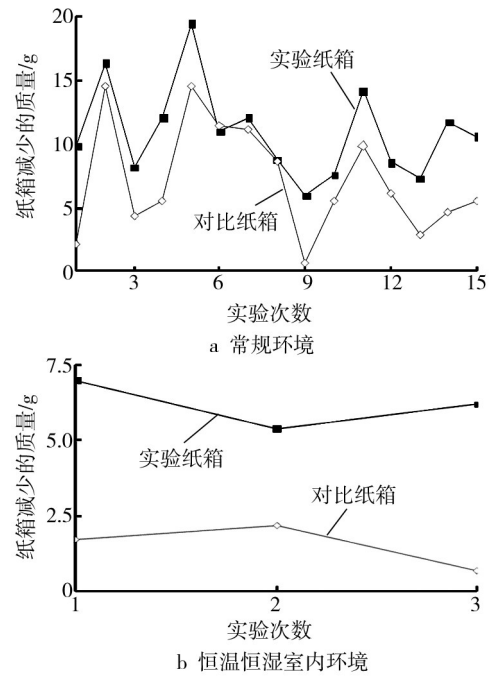


图3 常规环境和恒温室内纸箱的质量变化

Fig.3 Quality reduce of ordinary carton in conventional environment and constant temperature and humidity room

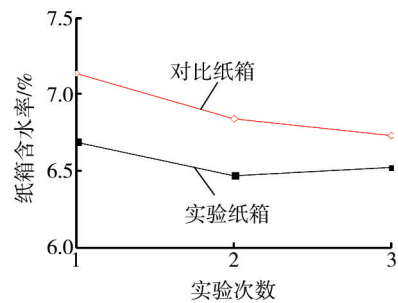


图4 恒温恒湿室内纸箱的含水率

Fig.4 The moisture content of carton in constant temperature and humidity room

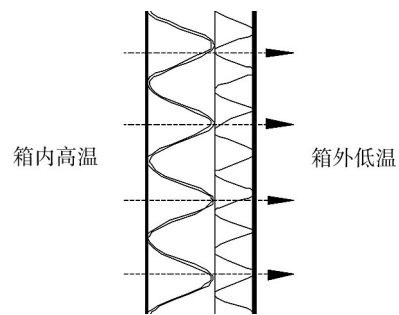


图5 箱内外的温度

Fig.5 The temperature inside and outside the carton

强度进行对比见图6,可见2/3的实验箱边压强度低于对比纸箱,实验箱纸板的边压强度平均对比纸箱低

1.53%。3组实验箱的含水率均低于对比纸箱,其中2组实验箱纸板的边压强度低于对比纸箱,说明了热态内装物会影响纸箱的强度。

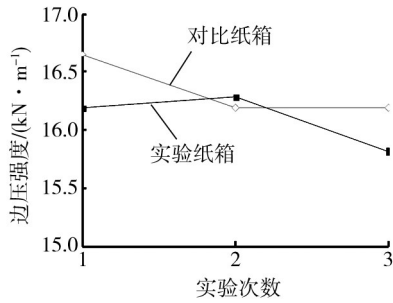


图6 恒温恒湿室中普通纸箱纸板的边压强度对比

Fig.6 The contrast of edgewise crush resistance of ordinary carton board in constant temperature and humidity room

2.2.2 空箱抗压强度

由图7可知,同一组实验箱与空箱抗压强度的对比,平均相对误差在5.5%左右。但是2组的对比实验中,均有2/3的实验箱强度低于对比纸箱强度。分析原因主要有:热态25 kg 染料的塑料袋的鼓胀对纸箱的挤压;实验箱的摇盖开孔(便于测量内部染料温度);实验过程中对实验箱的人工封箱、搬运等原因。

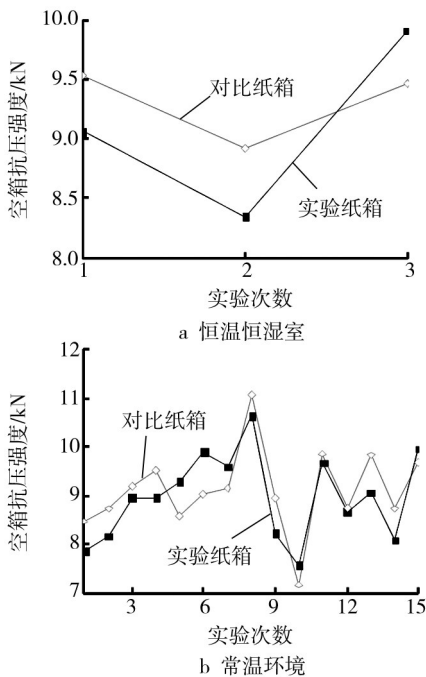


图7 恒温恒湿室和常温环境中纸箱的强度变化

Fig.7 The contrast of ordinary carton compression strength in constant temperature and humidity room and conventional environment

整个实验跨度3个月,温湿度波动较大,导致纸箱

间的强度差异较大,说明环境温湿度对纸箱强度的影响也很显著。

3.3 防水处理效果分析

3.3.1 防水处理对原纸的影响

将防水涂料处理的原纸与同型号的普通原纸,按GB/T 10739—2002《纸、纸板和纸浆试样处理和试验的标准大气条件》处理24 h后进行强度对比,结果见图8,可见涂布防水原纸的环压强度、耐破强度分别比普通原纸提高了4.5%和2.6%,说明防水处理对增强纸箱抗压强度具有显著作用^[15]。

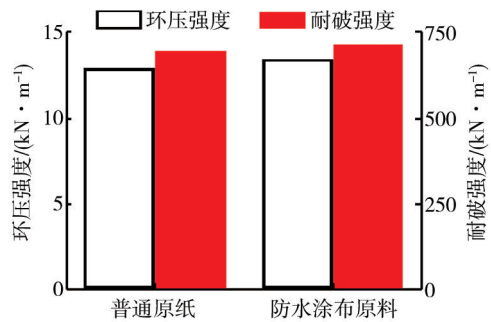


图8 恒温恒湿室普通、防水原纸性能对比

Fig.8 Performance contrast of ordinary and waterproof raw paper in constant temperature and humidity room

3.3.2 防水处理对纸箱的影响

由图9可以发现,防水处理后,装热态染料的纸箱强度平均比防水对比纸箱强度高20.75%,主要原因有:防水涂料经过高温挤压嵌入原纸的浅表层,形成了新的物质层,使纸的纤维间更加密实,有效地提高了纸箱的强度。防水涂料有效地防止了温差引起的湿度梯度渗透,只有温度梯度引起的“烘干”,导致了实验箱的强度均高于对比纸箱。

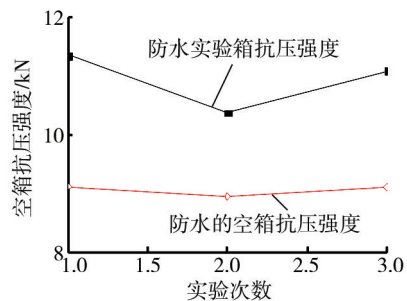


图9 恒温恒湿室防水纸箱抗压强度对比实验

Fig.9 The contrast experiment of compression strength of waterproof carton in constant temperature and humidity room

分析图7a和8中的实验箱,发现防水处理后实验

箱的抗压强度较普通实验箱平均提高了17.56%,说明防水处理能够增强纸箱的强度,进而解决因热态物引起的强度问题。

4 结语

普通纸箱的实验发现:实验箱的平均强度较对比纸箱有5.5%的下降;纸箱的质量、含水率稍有减少,质量平均减少6.2 g。此外,环境温湿度的变化对纸箱抗压强度也有影响。

在理论分析的基础上,提出了通过防水纸箱来解决装热态物后纸箱强度下降的问题,装热态染料的防水纸箱强度比普通纸箱高17.56%,说明防水涂料涂布的纸箱能够有效地抵消热装物对纸箱强度的影响。防水涂布技术的成本只需花费0.1~0.4元/m²。提出的改善措施主要有:①纸箱内层涂布防水涂料;②在纸箱非承重部位开孔,加快降温。

参考文献:

- [1] 陈希荣. 解读《“十二五”规划》探索瓦楞纸箱行业未来发展之路[J]. 印刷技术, 2011(2): 15—19.
CHEN Xi-rong. Interpretation of "Shierwu" Planning of Explore the Corrugated Box Industry Future Development Road [J]. Printing Technology, 2011(2): 15—19.
- [2] 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.
- [3] 罗玲. 瓦楞纸箱抗压强度研究[D]. 广州: 暨南大学, 2010.
LUO Ling. The Study of the Compression Strength of Corrugated Box[D]. Guangzhou: Jinan University, 2010.
- [4] DUONG VAN HUNG, YUSUKE NAKANO, FUMIHIKO TANAKA, et al. Preserving the Strength of Corrugated Cardboard under High Humidity Condition Using Nano-Sized Mists[J]. Composites Science and Technology, 2010, 70(14): 2123—2127.
- [5] 谭天恩, 窦梅, 周明华. 化工原理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
TAN Tian-en, DOU Mei, ZHOU Ming-hua. Principle of Chemical Industry[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006.
- [6] 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.
- [7] 薛叶玲, 卢立新. 基于相对湿度影响的瓦楞纸箱抗压强度表征[J]. 包装工程, 2009, 30(7): 13—15.
XUE Ye-ling, LU Li-xin. Characterization of Corrugated Boxes' Compressive Strength Based on the Influence of Relative Humidity[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(7): 13—15.
- [8] 傅献彩. 物理化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.
FU Xian-cai. Physical Chemistry[M]. Beijing: Higher Education Press, 2005.
- [9] 张惠忠. 六层复合重型瓦楞纸板的研制与应用[J]. 中国包装工业, 2010(8): 28—29.
ZHANG Hui-zhong. The Development and Application of Six Layer Composite Heavy Duty Corrugated Board[J]. China Packaging Industry, 2010(8): 28—29.
- [10] ZHANG J, SUPERNAK P, MUELLER-ALANDER S, et al. Improving the Bending Strength and Energy Absorption of Corrugated Sandwich Composite Structure[J]. Materials & Design, 2013, 12(52): 767—773.
- [11] 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.
- [12] 张惠忠. 防划伤瓦楞纸箱与涂布新工艺的研究及探索[J]. 纸包装工业, 2014(1): 65—67.
ZHANG Hui-zhong. Research and Exploration of Prevent Scratches Corrugated Carton and the New Technology of the Coating[J]. Paper Packaging Industry, 2014(1): 65—67.
- [13] 王斐, 母军. 瓦楞纸箱抗压强度的研究进展[J]. 包装工程, 2014, 35(11): 133—138.
WANG Fei, MU Jun. Research Progress on Compressive Strength of Corrugated Box[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(11): 133—138.
- [14] 王悦, 张惠忠. 角柱型瓦楞纸套箱抗压强度的研究[J]. 包装工程, 2014, 35(21): 30—34.
WANG Yue, ZHANG Hui-zhong. Compressive Strength of Angle-type Corrugated Carton[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(21): 30—34.
- [15] 张书彬, 冯学正. 瓦楞纸箱抗压强度的试验研究[J]. 包装工程, 2008, 29(9): 10—11.
ZHANG Shu-bin, FENG Xue-zheng. Experiment Research of Corrugated Boxes' Compression Strength[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(9): 10—11.