包装材料

环境湿度对瓦楞纸箱品质的影响

才美慧[1,2]，王宇滨[1,3]，李斌[2]，赵晓燕[1,4]，张超[1,3]
（1.北京市农林科学院蔬菜研究中心，北京 100097；2.沈阳农业大学，沈阳 110866；3.果蔬农产品保鲜与加工北京市重点实验室，北京 100097；4.农业部蔬菜产后处理重点实验室，北京 100097）

摘要：目的 评价环境相对湿度对瓦楞纸箱质量的影响。**方法** 在 23 ℃和相对湿度为 50%，70%，98%的环境中，比较 3 层、5 层和 7 层瓦楞纸箱的抗压强度、耐破强度以及吸湿率等性能指标。**结果** 瓦楞纸箱的吸湿率和含水率随环境湿度的升高而增大；当环境相对湿度在 50%~70%时，瓦楞纸箱的耐破强度、边压强度及抗压强度等性能保持稳定；当环境相对湿度达到 98%时，3 层、5 层和 7 层瓦楞纸箱的耐破强度比相对湿度 50%条件下分别降低了 53.8%，74.1%和 76.3%，边压强度分别降低了 71.4%，70.3%和 77.5%，抗压强度和堆码层数显著下降；7 层瓦楞纸箱的防潮耐压能力优于 3 层和 5 层。**结论** 高湿度会引起瓦楞纸箱的性能指标显著降低，功能受损。

关键词：瓦楞纸箱；相对湿度；含水率；抗压强度
中图分类号：TB484.1 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2017)23-0060-06

Effect of Ambient Humidity on Qualities of Corrugated Cartons

CAI Mei-hui[1,2], *WANG Yu-bin*[1,3], *LI Bin*[2], *ZHAO Xiao-yan*[1,4], *ZHANG Chao*[1,3]
(1.Beijing Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China;
2.Shenyang Agriculture University, Shenyang 110866, China;
3.Beijing Key Laboratory of Fruits and Vegetable Storage and Processing, Beijing 100097, China;
4.Key Laboratory of Vegetable Postharvest Processing, Ministry of Agriculture, Beijing 100097, China)

ABSTRACT: The work aims to evaluate the effect of ambient relative humidity on qualities of corrugated carton. The performance indicators such as compressive strength, bursting strength and moisture absorption rate of the 3-layer, 5-layer and 7-layer corrugated cartons were compared at 23 ℃ and the relative humidity of 50%, 70% and 98%, respectively. The moisture absorption rate and moisture content of the corrugated cartons were enhanced with the increase in the ambient humidity. The bursting strength, edge compressive strength, compressive strength and other performances of the corrugated carton remained stable when the ambient relative humidity was 50%~70%. When the relative humidity reached to 98%, the bursting strengths of the 3-layer, 5-layer and 7-layer corrugated cartons at the relative humidity of 50% were respectively reduced by 53.8%, 74.1% and 76.3%; and the edge compressive strengths were reduced by 71.4%, 70.3% and 77.5%, respectively. The compressive strength and stacking layers were significantly reduced. The moisture resistance and pressure resistance of the 7-layer corrugated carton were better than those of the 3-layer and 5-layer corrugated cartons. High humidity can cause significantly reduced performance indicators and damaged functions of the corrugated carton.
KEY WORDS: corrugated carton; relative humidity; moisture content; compressive strength

瓦楞纸箱具有质轻、价低和缓冲性良好等优点，广泛应用于物流运输和仓储过程中[1—2]。瓦楞纸箱包

收稿日期：2017-05-25
基金项目：现代农业产业技术体系专项资金（CARS-25）；公益性行业（农业）科研专项（201303079）；北京市农林科学院科技创新能力建设专项（KJCX20170205）；果蔬农产品保鲜与加工北京市重点实验室资助项目（Z141105004414037）
作者简介：才美慧（1993—），女，沈阳农业大学硕士生，主攻农产品加工。
通讯作者：张超（1978—），男，副研究员，主要研究方向为农产品深加工。

括 3 层、5 层和 7 层等结构，其中，3 层瓦楞纸箱厚度薄，价格低，而 5 层和 7 层瓦楞纸箱厚度得到提高，缓冲能力强，但价格高。研究结果显示，环境湿度对 3 层瓦楞纸箱的边压强度、粘合强度和抗压强度等性能指标具有一定影响[3]，较高的环境湿度会降低瓦楞纸箱的抗压能力[4]，纸箱的瓦楞结构也对其抗压能力具有显著性影响，ABB 型瓦楞组合的性能最佳[5]。然而，综合比较环境湿度对 3 种瓦楞纸箱抗压及耐破度等性能影响的研究还鲜有报道。

瓦楞纸箱的主要成分为纤维素、半纤维素、木质素等[6]，亲水性强。环境湿度对瓦楞纸箱的性能具有显著影响，随着环境湿度的增加，瓦楞纸箱的抗压强度大幅度下降[6]；当环境相对湿度接近 100%时，瓦楞纸箱会出现瓦解崩溃的现象[7]。贾莉等[8]比较了瓦楞纸箱在 2 种温湿度条件下的性能；杨传民[9]等进一步证明了湿度是影响瓦楞纸箱堆码强度的主要因素，尺寸和温度的影响较小。我国幅员辽阔，北方环境湿度低，南方湿度高，在部分地区，环境相对湿度会接近 98%。因而，系统考察环境湿度对其性能的影响，将为瓦楞纸箱的合理使用提供理论依据。这里考察在环境温度为 23 ℃，相对湿度分别为 50%，70%和 98%的条件下，3 层、5 层和 7 层瓦楞纸箱的性能变化规律，以期指导瓦楞纸箱的合理使用。

1　实验

1.1　材料与仪器

主要材料：河北省博钰源包装制品厂订做的 3 种 3 号瓦楞纸箱，尺寸为 410 mm×210 mm×270 mm，材料分别为 3 层（A 型）瓦楞纸箱、5 层（AB 型）瓦楞纸箱、7 层（ABE 型）瓦楞纸箱。

主要仪器：GDS-225 高低温湿热试验箱，北京雅士林环境仪器有限公司；PL3002 电子天平，梅特勒-托利多仪器有限公司；DHG-9240A 电热恒温鼓风干燥箱，北京雅士林试验设备有限公司；耐破度仪，压缩试验仪，瑞典 Lorentzen & Wettre 公司；140 型压力试验机，日本富士株式会社。

1.2　瓦楞纸箱吸湿率的计算

瓦楞纸箱的吸湿率是指一定温湿度条件下，单位时间、单位面积下样品吸收水分的质量[10]。从完好的纸箱上裁取 10 cm×10 cm 的样品，每种纸箱取 12 块相同位置且具有代表性的部位并烘干至质量不变，烘箱温度为（105±2）℃，再放入 23 ℃，相对湿度分别为 50%，70%，98%的恒温恒湿试验箱中 24 h，并测得质量的变化值。吸（放）湿率=$\Delta m/(A\cdot t)$，其中 Δm 为质量减量（g）；A 为瓦楞纸板样品面积（m^2）；t 为处理时间（h）。

1.3　瓦楞纸箱含水率的计算

根据 GB/T 22906.3—2008 将纸箱置于（105±2）℃烘干至质量不变，然后放入 23 ℃，相对湿度分别为 50%，70%，98%的恒温恒湿试验箱中，记录 24 h 内样品含水率的变化，并根据 Hill 函数拟合曲线，当每 10 min 内含水率变化量小于 0.1%时，作为含水率平衡时间，研究环境湿度与瓦楞纸箱层数对含水率的影响。含水率 $\omega=\frac{m_1-m_0}{m_1}\times100\%$，其中 m_1 为试样变化后的质量（g），m_2 为试样的初始质量（g）。

1.4　瓦楞纸箱边压强度的测量

从 3 种瓦楞纸箱上分别取尺寸 2.5 cm×10 cm 的样品，然后置于环境温度 23 ℃，相对湿度分别为 50%，70%，98%的恒温恒湿试验箱中 24 h，用压缩试验仪测试瓦楞纸板的边压强度，显示屏上显示的数值就是被测试样压溃的最大压力值。边压强度 $R=F\times1000/L$，其中 R 为瓦楞纸板的边压强度（N/m）；F 为试样压溃时读取的力值（N）；L 为试样长边的长度（mm）。

1.5　瓦楞纸箱耐破强度的测量

从 3 种瓦楞纸箱上分别取尺寸为 2.5 cm×10 cm 的样品，然后置于环境温度为 23 ℃，相对湿度分别为 50%，70%，98%的恒温恒湿试验箱中 24 h，将耐破度仪压力机示数置零，升起夹具，将预处理后的瓦楞纸板放入夹紧。转动齿轮箱上方的手柄，活塞运行使试样爆破，记录压力计示数。

1.6　抗压强度的测定

将样品放入 23 ℃，相对湿度分别为 50%，70%，98%的恒温恒湿试验箱中 24 h，然后在温度为（23±1）℃、相对湿度为（50±2）%的环境下迅速测量样品的抗压强度。抗压强度依据 GB/T 4857.4—2008，在压力试验机上均匀施加动态压力，测量箱体破损时所能承受的最大负荷及变形量。预热后，启动压力机液压装置，慢慢打开输油阀，当下压板开始给试样加载压力时，数显仪表置零。调节施加速率后观察样品在压力下的变形情况，记录压力最大值。

1.7　瓦楞纸箱堆码层数的计算

“堆码层数极限”是我国制定的运输包装指示性标志名称之一，国际贸易惯例规定，作为消费品运输包装的瓦楞纸箱单箱质量以不大于 20 kg 为宜，根据 GB/T 6543—2008 有关规定计算出相同包装的最大堆码层数，其中强度安全系数根据实际流通环境条件确定，包括气候环境条件、机械物理环境条件及贮运时间等，内装物能起到支撑作用的一般取 1.65 以上，文中研究选择安全系数为 1.65。最大堆码层数的计算

公式为：

$$h=\frac{ph_1}{9.8Km_G}+h_1$$

式中：p 为抗压强度值（N）；K 为强度安全系数，这里取为 1.65；m_G 为瓦楞纸箱包装件的质量（kg）；h 为纸箱堆积高度（mm）；h_1 为单只纸箱高度（mm）。

2　结果与讨论

2.1　吸湿率

瓦楞纸箱在温度为 23 ℃，相对湿度分别为 50%，70%和 98%的环境下静置 24 h 期间的平均吸湿率见表 1。可以发现，瓦楞纸箱单位面积的质量与其吸湿率呈正相关关系。瓦楞纸箱受环境因素的影响非常大，会不断与空气进行水分交换直至达到动态平衡[11]，环境湿度的增加会提高瓦楞纸箱的吸湿率。当相对湿度达到 98%时，3 层、5 层和 7 层瓦楞纸箱的吸湿率大幅度增加，层数越多则吸湿程度越大，比在相对湿度为 50%的环境下分别提高了 2.95，3.51，3.23 倍。郭娟[10]等测定 5 层瓦楞纸箱样品在相对湿度为 50%，70%，92%条件下放置 8 h 的平均吸湿率分别为 0.198，0.360，0.450 g/(h·m^2)，可以看出与该实验实测值差异过大，该差别源于样品静置时间不同和样品未进行干燥预处理这两方面。

表 1　环境湿度对瓦楞纸箱的吸湿率的影响

Tab.1 Effect of ambient humidity on the moisture absorption rate of the corrugated cartons　　g/(h·m^2)

相对湿度/%	3层瓦楞纸箱	5层瓦楞纸箱	7层瓦楞纸箱
50	0.69	1.21	1.46
70	1.10	2.04	2.37
98	2.04	4.26	4.70

2.2　含水率

瓦楞纸箱的含水率过高，会引起瓦楞形状变化及粘结剂水解[12]等现象发生，进而引起其力学性能降低。3 层瓦楞纸箱含水率在不同环境湿度下的变化规律见图 1，在相对湿度分别为 50%，70%，98%时，瓦楞纸箱含水率平衡时间分别为 2.42，3.64，5.09 h，平衡含水率分别为 6.4%，8.3%，13.9%，证明环境湿度越大，含水率越高，达到平衡所需的时间越多。Allaoui 等[13]研究发现，3 层瓦楞纸箱的水分含量随环境湿度的提高而提高，在相对湿度为 95%时平衡含水率约为 9%。周媛[11]分析了瓦楞纸板的吸湿特性，证明了含水率主要受相对湿度变化的影响，且呈正比，与文中结论一致。环境相对湿度为 98%下瓦楞纸箱层数对其含水率的影响见图 2，3 层、5 层和 7 层瓦楞纸箱分别在 5.09，8.00，12.61 h 时水分含量维持平衡，纸箱越厚，平衡所需时间越长。瓦楞横向及纵向的性能受水分含量的影响也有显著差异[14]。在实践应用过程中，可以通过增加瓦楞纸板各层原纸的质量[15]及涂布疏水剂、树脂[16]等来避免纸箱受湿度影响而瘫软的状况发生。

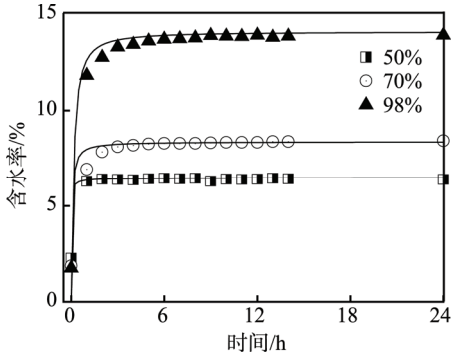


图 1　环境相对湿度对 3 层瓦楞纸箱含水率的影响

Fig.1 Effect of ambient relative humidity on the moisture content of the 3-layer corrugated cartons

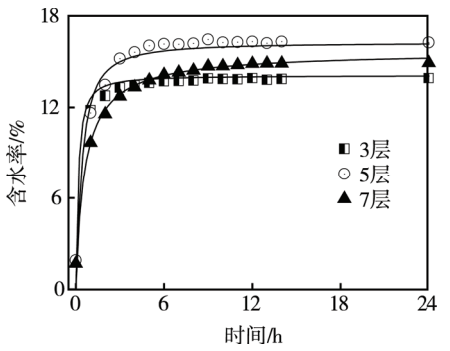


图 2　瓦楞纸箱层数对其含水率的影响

Fig.2 Effect of corrugated carton layers on its moisture content

2.3　耐破强度

环境相对湿度对瓦楞纸箱耐破强度的影响见图 3。瓦楞纸箱的层数与耐破强度呈正相关，在 23 ℃环境下，3 层、5 层和 7 层瓦楞纸箱的耐破强度分别为 800，871，1214 kPa，7 层瓦楞纸箱的耐破强度最大。环境湿度提高，瓦楞纸箱的耐破强度显著降低。张连文[17]等的研究表明耐破强度在低湿度下变化幅度很小；贾莉[8]在温度为 23 ℃、相对湿度为 50%及温度为 27 ℃、相对湿度为 70%这 2 种不同温湿度条件下，测量耐破强度发现了类似状况，且其下降趋势呈波动现象，推测是由于瓦楞纸板粘接时涂覆不均匀造成的，不排除不同纤维强度的原材料制成纸箱的力学性能不同。Modzelewska[7]研究表明，即使环境湿度不同，由初级纤维原料制造的纸比次级或回收的纤维原料的强度更大；同样预处理条件下，多层瓦楞纸箱样品湿度均匀性不同造成数据偏差也是有可能的。当相对湿度达到 98%时，3 种瓦楞纸箱的耐破强度比相对湿度为 50%条件下分别降低了 53.8%，74.1%，76.3%，证明高湿度会导致瓦楞纸箱功能丧失。

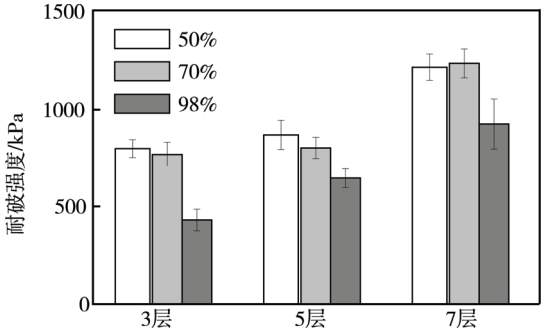


图 3　环境相对湿度对瓦楞纸箱耐破强度的影响
Fig.3 Effect of ambient relative humidity on the bursting strength of the corrugated cartons.

2.4　边压强度

边压强度是瓦楞纸箱堆码强度和抗压性能最重要的影响因素之一[8]，见图 4。瓦楞纸箱边压强度随层数增加而增加，3 层、5 层和 7 层瓦楞纸箱的边压强度分别为 3.01，4.63，8.14 kN/m。通过对不同相对湿度条件下瓦楞纸板的边压强度进行比对，发现瓦楞纸板性能受到高湿度显著影响，当相对湿度达到 98%时，3 种瓦楞纸箱边压强度比标准条件下的分别降低了 71.4%，70.3%，77.5%。黄剑宗等[18]发现在环境相对湿度超过 80%时，环境温度降低会引起边压强度迅速下降；周媛[11]的研究同样得出边压强度在高湿情况下，其会随着相对湿度的增加显著下降的结论，与文中结论一致。

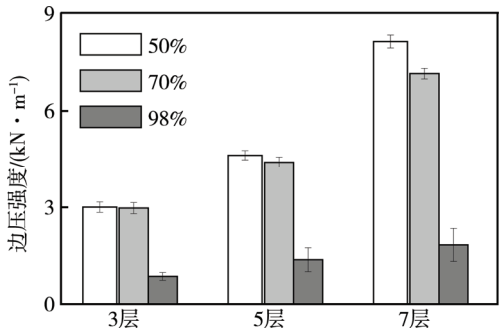


图 4　环境相对湿度对瓦楞纸箱边压强度的影响
Fig.4 Effect of ambient relative humidity on the edge compressive strength of the corrugated cartons.

2.5　抗压强度

抗压强度是反映瓦楞纸箱的内在强度质量及安全性的指标[6]，见表 2。随着瓦楞纸箱层数的增加，瓦楞纸箱的抗压强度显著提高，3 层、5 层和 7 层瓦楞纸箱的抗压强度分别为 1.95，3.24，4.32 kN。值得注意的是，7 层瓦楞纸箱试验数据的相对标准偏差过大，可能是由于受到纸箱尺寸的限制，抗压测试时变形量过大、缓冲时间长[19]造成的。此外，空箱抗压强度并不是判断纸箱承压能力的唯一准则，内装物的性质和支撑作用[20]以及纸箱装载时间过长产生疲劳现象[19]都会造成影响，在实际应用中需要综合考虑。万旺军[3]等研究发现，当环境湿度提高时，瓦楞纸箱抗压强度会发生缓慢下降，当相对湿度进一步提高至 70%以上时，抗压强度迅速下降；Twede 等[21]研究了相对湿度为 85%时，抗压强度损失约 40%；尹朝晖[15]发现环境相对湿度增加时，瓦楞纸箱抗压强度不断下降；李雨田[19]研究发现环境温度对抗压强度影响较小。

表 2　环境湿度对瓦楞纸箱抗压强度的影响
Tab.2 Effect of ambient humidity on the compressive strength of the corrugated cartons

相对湿度/%	3层瓦楞纸箱	5层瓦楞纸箱	7层瓦楞纸箱
50	1.95 ± 0.109^{cd}	3.24 ± 0.421^{b}	4.32 ± 0.943^{a}
70	1.49 ± 0.040^{d}	2.33 ± 0.105^{c}	3.84 ± 0.103^{a}
98	0	0	0

注：不同英文字母的上标表示具有显著性差异（$P<0.05$）

值得注意的是，文中研究发现当相对湿度达到 98%时，瓦楞纸箱出现明显分层。原因在于高湿条件下纤维素变得疏松，粘合剂失效，面纸和芯纸吸湿率不同使承压过程整体的变形率不同[18]，最终导致压力试验机数据显示为 0。瓦楞纸箱在高湿环境下，抗压强度显著降低，在相对湿度为 98%的环境下，瓦楞纸箱无法使用。

2.6　堆码层数

环境湿度对瓦楞纸箱最大堆码层数的影响见表 3。瓦楞纸箱的最大堆码层数受纸箱层数和相对湿度的影响，瓦楞纸箱层数越多，堆码层数提高；湿度增大，堆码层数降低；在环境相对湿度为 98%时，瓦楞纸箱结构瓦解，发生坍塌。与文中结果相似，杨传民[9]也验证了 5 层瓦楞纸箱随着相对湿度增加压溃力下降较明显，相对湿度是堆码强度的最大影响因素。在运输过程中应根据实际情况选用适当厚度的瓦楞纸箱，且要尽量避免纸箱处于高湿条件下或是淋水，否则最终会影响纸箱堆码高度，为商品运输贮存造成不便。商场、连锁店等的销售也是管理者忽略的环节[22]，由于承压过程中纸箱 4 个角约占总受力的 1/3[19]，使用时一定要避免边角的磕碰，除了选用合适的瓦楞组

表 3　理想状态下瓦楞纸箱堆码层数
Tab.3 The number of stacking layers of corrugated cartons in the ideal state

相对湿度/%	3层瓦楞纸箱	5层瓦楞纸箱	7层瓦楞纸箱
50	6/12	10/20	13/26
70	5/9	8/14	12/23

注："/"前面的数字代表内置商品质量为 10 kg 时瓦楞纸箱堆码层数，后面数字代表质量为 20 kg 时瓦楞纸箱的堆码层数

合之外，实际应用时还可以采用加筋的方法[23]提高堆码强度。此外，堆叠方式及内置物的支撑也会在一定程度上增加瓦楞纸箱的承受能力。

3 结语

研究环境相对湿度对 3 种瓦楞纸箱质量的影响，结果表明，7 层瓦楞纸箱较 3 层和 5 层的防潮耐压能力更强；高湿环境会引起瓦楞纸箱吸湿率和含水率的显著变化，造成瓦楞纸箱基本性能指标的显著下降，与标准条件相比，3 层、5 层和 7 层瓦楞纸箱的耐破强度分别下降了 53.8%，74.1%，76.3%，边压强度分别下降了 71.4%，70.3%，77.5%，严重破坏了瓦楞纸箱的构造。

参考文献：

[1] 王俊艳. 瓦楞纸箱生产过程中质量影响因素分析[J]. 印刷质量与标准化, 2015(11): 29—32.
WANG Jun-yan. Analysis of Quality Factors in Corrugated Box Production[J]. Printing Quality & Standardization, 2015(11): 29—32.

[2] 张艳伟, 崔国华, 王磊磊. 瓦楞纸箱纸板抗压及堆码强度计算研究[J]. 中国包装, 2008, 28(3): 77—78.
ZHANG Yan-wei, CUI Guo-hua, WANG Lei-lei. Calculation of Compression and Stacking Strength of Corrugated Packaging[J]. Chinese Packaging, 2008, 28(3): 77—78.

[3] 万旺军, 谭蒙, 鲁婕, 等. 不同温湿度条件对瓦楞纸箱力学性能的影响研究[J]. 中国包装工业, 2015(21): 115—117.
WAN Wang-jun, TAN Meng, LU Jie, et al. Effect of Temperature and Humidity on the Mechanical Properties of Corrugated Carton[J]. China Packaging Industry, 2015(21): 115—117.

[4] 王志伟, 方艳平. 湿度对瓦楞纸箱抗压强度的影响[J]. 包装学报, 2012(1): 1—4.
WANG Zhi-wei, FANG Yan-ping. Effect of Humidity on Compression Strength of Corrugated Box[J]. Packaging Journal, 2012(1): 1—4.

[5] 张钦发, 曾仁侠. 七层瓦楞纸板结构与性能的研究[J]. 包装世界, 2000(2): 72—75.
ZHANG Qin-fa, ZENG Ren-xia. Relationship between Structure and Properties of Seven-layer Corrugated Carton[J]. Packaging World, 2000(2): 72—75.

[6] 岳青青, 王振华. 瓦楞纸箱抗压强度的影响因素及设计和检测[J]. 印刷技术, 2016(4): 43—45.
YUE Qing-qing, WANG Zhen-hua. Influencing Factors of Compressive Strength of Corrugated Carton and Its Design[J]. Printing Technology, 2016(4): 43—45.

[7] MODZELEWSKA I. Climatic Conditions vs. Hygrostability and Strength Properties of Corrugated Board[J]. Folia Forestalia Polonica, 2006, 37: 33—45.

[8] 贾莉. 温湿度对瓦楞纸箱的力学性能影响[J]. 品牌与标准化, 2015(11): 66—67.
JIA Li. Influence of Temperature and Humidity on Mechanical Properties of Corrugated Cartons[J]. Brand and Standardization, 2015(11): 66—67

[9] 杨传民, 孟宪文, 王心宇, 等. 温湿度及纸箱尺寸对堆码强度影响的实验研究[J]. 包装工程, 2009, 30(8): 1—3.
YANG Chuan-min, MENG Xian-wen, WANG Xin-yu, et al. Experimental Study on the Effects of Temperature, Humidity, and Size of Corrugated Carton on Stack Strength[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(8): 1—3.

[10] 郭娟, 张进, 李然. 环境湿度对瓦楞纸箱寿命的影响[J]. 包装工程, 2007, 28(12): 101—103.
GUO Juan, ZHANG Jin, LI Ran. Influence of Environmental Humidity on Life-span of Corrugated Carton[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(12): 101—103.

[11] 周媛. 瓦楞纸板的结构增强与配比技术研究[D]. 无锡: 江南大学, 2007.
ZHOU Yuan. Research on Structural Strengthen and the Technology of Choosing Components of Corrugated Carton[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2007.

[12] 王俊丽, 郑全成. 瓦楞纸箱的含水率对力学性能的影响[J]. 兰州交通大学学报, 2006, 25(3): 134—136.
WANG Jun-li, ZHENG Quan-cheng. Effect of Moisture Content of Corrugated Box on Mechanical Properties[J]. Journal of Lanzhou Jiaotong University, 2006, 25(3): 134—136.

[13] ALLAOUI S, ABOURA Z, BENZEGGAGH M L. Effects of the Environmental Conditions on the Mechanical Behavior of the Corrugated Cardboard[J]. Composites Science & Technology, 2009, 69(1): 104—110.

[14] ALLAOUI S, ABOURA Z, BENZEGGAGH M L. Phenomena Governing Uni-axial Tensile Behavior of Paperboard and Corrugated Cardboard[J]. Composite Structures, 2009, 87(1): 80—92.

[15] 尹朝晖. 瓦楞纸箱强度及纸箱用于番茄保鲜的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2002.
YIN Chao-hui. Research on Corrugated Box Strength and Carton for Preservation of Tomatoes[D]. Beijing: China Agricultural University, 2002.

[16] 周浩, 杨倩. 瓦楞纸板(箱)含水量控制[J]. 中国印刷与包装研究, 2007(1): 30—32.
ZHOU Hao, YANG Qian. Controlling of Moisture Content of Corrugated Carton[J]. China Printing and Packaging, 2007(1): 30—32.

[17] 张连文, 冯冰冰, 程金茹, 等. 双面国家 A 级高强度 AB 楞纸板边压和耐破强度试验研究[J]. 包装与食品机械, 2015(5): 5—8.
ZHANG Lian-wen, FENG Bing-bing, CHENG Jin-ru, et al. Research on Edgewise Crush Resistance and Bursting Strength Tests of Double-sided National A Level High Strength AB Corrugated Paperboard[J]. Packaging and Food Machinery, 2015(5): 5—8.

[18] 黄剑宗. 模拟流通环境下温湿度对瓦楞纸板力学性能影响[D]. 南宁: 广西大学, 2015.
HUANG Jian-zong. Temperature and Humidity on Mechanical Properties of Corrugated Cardboard during Transport Circulation Environment[D]. Nanning: Guangxi University, 2015.

[19] 李雨田. 影响瓦楞纸箱抗压强度的因素[J]. 中国包装, 2011, 31(1): 57—58.
LI Yu-tian. Factors Affecting Compressive Strength of Corrugated Box[J]. China Packaging, 2011, 31(1): 57—58.

[20] 陈希荣.《运输包装用单瓦楞纸箱和双瓦楞纸箱》标准解读[J]. 包装世界, 2008(4): 40—43.
CHEN Xi-rong. Understanding of "Transport Packaging for Single Corrugated Boxes and Double Corrugated Boxes"[J]. Packaging World, 2008(4): 40—43.

[21] TWEDE D, SELKE S E M. Cartons, Crates and Corrugated Board: Handbook of Paper and Wood Packaging Technology[J]. Packaging Technology & Science, 2005, 18(5): 223—224.

[22] ZHANG Y L, CHEN J, WU Y, et al. Analysis on Hazard Factors of the Use of Corrugated Carton in Packaging Low-temperature Yogurt During Logistics[J]. Procedia Environmental Sciences, 2011, 10(1): 968—973.

[23] 李慧亮. 七层瓦楞纸箱结构优化研究[D]. 唐山: 华北理工大学, 2015.
LI Hui-liang. Structure Optimization of Seven-layer Corrugated Boxes[D]. Tangshan: North China University of Science and Technology, 2015.

《纳米材料》特色栏目征稿函

纳米技术作为一种最具有市场应用潜力的新兴科学技术，其潜在的重要性毋庸置疑，纳米技术正成为各国科技界所关注的焦点。在国内，许多科研院所、高等院校也组织科研力量，开展纳米技术的研究工作，并取得了一定的研究成果，纳米技术基础理论研究和新材料开发等应用研究都得到了快速的发展，并且在各领域均得到了广泛的应用。在包装领域，纳米材料也得到了诸多应用。

鉴于此，本刊拟围绕“纳米材料”这一主线，作系列的专项报道。本刊编辑部特邀请纳米材料领域的专家为本栏目撰写稿件，以期进一步提升本刊的学术质量和影响力。稿件以研究论文为主，也可为综述性研究，请通过网站投稿，编辑部将快速处理并优先发表。

编辑部电话：023-68792294　　网址：www.packjour.com

《包装工程》编辑部