

原材料影响纸箱抗压强度的均匀分析

唐少炎, 魏星, 李婷, 陈志安

(湖南工业大学, 株洲 412008)

摘要: 根据试验条件, 比较了均匀设计和正交设计, 提出了利用均匀设计方法安排瓦楞纸箱抗压强度的试验方案, 该方案能够减少大量试验造成的不必要的因素干扰。用统计分析软件 SPSS 对试验数据进行了回归分析, 得到了高显著回归方程的偏回归系数, 从而确定了纸箱配纸过程中抗压强度影响因素之间的主次顺序, 为合理的配纸设计提供了参考。

关键词: 瓦楞纸箱; 配纸; 抗压强度; 均匀设计

中图分类号: TB484.1; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)07-0048-03

Analysis of Influence of Raw Material on Compressive Strength Uniformity of Corrugated Box

TANG Shao-yan, WEI Xing, LI Ting, CHEN Zhi-an

(Hunan University of Technology, Zhuzhou 412008, China)

Abstract: According to test conditions, the compression strength testing program of corrugated box by uniform design was proposed after comparing orthogonal design and uniform design. The interference of unnecessary factors caused by large number of test was reduced. Importance order of influencing factors of compressive strength in matching paper was determined by using SPSS statistical analysis software. The purpose was to provide reference for matching paper design.

Key words: corrugated box; matching paper; compressive strength; uniform design

在瓦楞纸箱设计阶段, 经验丰富的技术人员根据用户对纸箱功能的要求进行原材料的选配, 这种传统的配纸方式往往满足于能用就行, 设计理论不科学, 容易造成纸箱不必要成本的增加, 降低纸箱价值^[1]。为了满足生产者和用户的共同要求, 提高纸箱生产的社会经济效益, 不少学者致力于对占纸箱总成本 65% 左右的原材料配比进行研究。随着运输流通手段的日趋现代化, 人力散装运输逐渐被大挂车高堆码和集装箱所代替, 抗压强度成为纸箱的首要性能指标^[2]。因此, 文中基于均匀设计试验对原材料的选配设计, 纸箱抗压强度的影响因素进行了研究。

1 均匀设计与正交设计的比较

在科学研究中, 试验必不可少, 试验设计的方法有

单因素试验、双因素试验、随机区组试验、正交试验设计、稳健试验设计和均匀试验设计等^[3]。目前应用较为广泛的主要有正交试验设计法和均匀试验设计法。

正交设计是根据正交性准则来挑选水平组合, 试验点具有“均匀分散”与“整齐可比”的特点, 并且某些好的未包括在正交表中的试验点可以通过统计分析将其发现。“均匀分散”性即均匀性, 让每个试验点都具有一定的代表性; “整齐可比”即综合可比性, 可使试验结果的分析十分方便^[4-5]。但正交试验设计法对任意两个因素而言, 必须是全面试验, 而且每个因素的水平必须有重复。为了达到充分均匀分散, 正交试验的试验点数也不能过少, 对于一个水平数为 n 的正交试验, 至少要选择 n^2 次试验。这对于水平数较大的正交试验而言, 试验次数会很多, 在实际中是难以实施的^[6]。均匀试验设计保留并进一步增强了正

收稿日期: 2012-02-07

基金项目: 湖南工业大学研究生科研创新基金项目(CX1106)

作者简介: 唐少炎(1962—), 男, 湖南株洲人, 硕士, 湖南工业大学教授、硕士生导师, 主要研究方向为包装技术。

交设计“均匀分散性”的优点而不考虑“整齐可比性”。均匀设计最大的特点是尽可能减少试验次数且尽可能多考虑试验因素,采用均匀设计可以节约大量的试验工作量,尤其在试验因素水平较多时,其优势更为明显^[7]。由于均匀设计的试验结果不具有“整齐可比性”,当每个因素的水平较多,试验次数又少时,其试验的结果处理较为复杂,这是不能像正交试验设计的那样采用极差分析法进行。一般来说,因素水平多的均匀试验结果须采用回归分析方法进行处理。

根据试验条件,由于瓦楞纸箱抗压强度的影响因素很多,为了保证试验材料的统一和尽量减少不必要因素的干扰,可以选择试验次数较少的均匀设计试验对纸箱抗压强度的影响因素进行研究。

2 瓦楞纸箱配纸过程中抗压强度的影响因素

在制造和流通过程中,瓦楞纸箱抗压强度受诸多因素的制约,可分为基本因素和可变因素。由表 1 可

表 1 瓦楞纸箱抗压强度的影响因素

Tab.1 Influencing factors of compressive strength of corrugated box

基本因素	可变因素
原纸质量、瓦楞楞型、瓦楞纸板种类、瓦楞纸板含水率、流通领域中外界环境的影响	箱型与箱形(尺寸比例)、印刷面积与开孔位置、瓦楞纸箱制造技术、制箱设备缺陷、质量管理

知瓦楞纸箱抗压强度与原纸质量、楞型、箱型、箱形、制造工艺、流通条件等因素有关,而瓦楞纸箱的配纸过程即为箱板纸、瓦楞芯纸和楞型的不断组合,各因素之间的不同配置对纸箱抗压强度的影响很大。因此,在配纸过程中应主要考虑原材料的质量和楞型对瓦楞纸箱抗压强度的因素,文中主要研究分析原材料质量对瓦楞纸箱抗压强度的影响。

3 原材料影响纸箱抗压强度的均匀分析

3.1 试验材料

试验材料选用株洲某包装公司生产的 0201 型 3 层 B 楞瓦楞纸箱,纸箱尺寸均为 280 mm×200 mm×80 mm。试验所需的原材料选用东莞玖龙纸业和理文造纸厂所生产的箱板纸和瓦楞原纸。各试验试样均完好无损,无明显受损现象。

3.2 试验设备

HD-502 型纸箱抗压试验机,东莞海达仪器有限公司;ZHQ-152 环压强度试样取样器,长春市纸张试验机厂;CMT4104 微机控制电子万能试验机,深圳新三思材料检测有限公司。

3.3 试验方法

根据 GB/T 4857. 2—1992《包装 运输包装件温湿度调节处理》^[8],将试验材料放置于恒温恒湿试验室内处理 24 h 以上,处理的温度为 23 ℃,相对湿度为 50%。首先将规格为 12.7 mm×152 mm 的纸试样插入一试样座内形成圆环形,在上下两压板之间进行压缩,记录下试样被压溃前所能承受的最大力即为该试样的环压强度,每种试样选取 10 个样品进行试验,并求取平均值。在 3 层瓦楞纸箱配纸过程中,影响纸箱抗压强度的因素主要有面纸、芯纸和里纸的环压强度值,试验得到的因素水平见表 2。

表 2 因素水平表

Tab.2 Factors and level data

因素	水平						
	1	2	3	4	5	6	7
面纸环压/(km·(15.2m) ⁻¹)	1.33	1.89	2.41	3.38	3.89	3.97	4.10
芯纸环压/(km·(15.2m) ⁻¹)	1.14	1.15	1.19	1.90	1.93	2.27	2.83
里纸环压/(km·(15.2m) ⁻¹)	1.33	2.01	2.34	2.41	3.38	4.10	4.22

根据表 2,试验选用均匀试验表 U7(7⁴)进行试验,由于试验考虑 3 种因素 7 种水平,此处,面纸、芯纸和里纸的环压强度值分别占 U7(7⁴)的 1,2,3 列。按照均匀设计方案,将处理好的纸箱放置在抗压试验机上,试验机以 10 mm/min 的速度对纸箱进行匀速加载,并记录下纸箱的最大承载能力即抗压强度,为保证试验数据的准确性,每种纸箱选取 5 个样品进行试验,并求取平均值,试验方案与结果见表 3。

表 3 U7(7⁴)试验方案与结果

Tab.3 U7(7⁴) test plans and results

试验号	配纸方案			
	面纸环压/ (N·(0.152 m) ⁻¹)	芯纸环压/ (N·(0.152 m) ⁻¹)	里纸环压/ (N·(0.152 m) ⁻¹)	纸箱抗压 强度/kg
1	1(1.33)	2(1.19)	3(1.33)	268
2	2(1.89)	4(2.83)	6(2.01)	474
3	3(2.41)	6(1.14)	2(2.41)	447
4	4(3.38)	1(1.15)	5(2.34)	534
5	5(3.89)	3(2.27)	1(3.38)	617
6	6(3.97)	5(1.90)	4(4.22)	703
7	7(4.10)	7(1.93)	7(4.10)	691

3.4 试验结果分析

对表 3 的试验数据应用统计分析软件 SPSS 15.0 进行多元线性全回归分析,其数学模型见式(1):

$$y=\beta_0+\beta_1x_1+\beta_2x_2+\cdots+\beta_mx_m \tag{1}$$

式中: y 为因变量; $x_1,x_2,\cdots,x_m$ 为因变量; β_0 为截距; $\beta_1,\beta_2,\cdots,\beta_m$ 为回归系数。

表 4 是回归分析的输出结果,从结果中可以看出,复相关系数 $R=0.997,F=184.047>F(0.05,3,$

$3)=9.28$,因此可以认为自变量面纸、芯纸和里纸的环压强度值与变量纸箱的抗压强度值之间有线性关系,且回归有显著意义($p<0.05$)。结果显示,每个影响因素的 p 值都小于 0.05,均对抗压强度有显著影响。由标准回归系数 $b_1=0.508,b_2=0.246,b_3=0.471$ 可得,各因素对纸箱抗压强度的影响程度排序为面纸环压值>里纸环压值>芯纸环压值。

表 4 回归分析结果

Tab.4 Regression analysis results

模型统计		方差分析					
复相关系数	0.997	模型	平方和	自由度	均方	F	Sig.
决定系数	0.995	回归	141254.22	3	47084.742	184.047	0.001
调整决定系数	0.989	残差	767.489	3	255.830		
估计值的标准误差	15.995	总计	142021.71	6			
回归系数							
模型	偏回归系数	标准误差	标准化偏回归系数		t	Sig.	
Constant	32.613	26.193			1.245	0.301	
面纸环压	70.083	11.788	0.508		5.945	0.010	
芯纸环压	58.366	11.133	0.246		5.243	0.014	
里纸环压	66.225	12.318	0.471		5.376	0.013	

注: $F(0.05,3,3)=9.28$

4 结论

通过均匀设计试验得出在 3 层瓦楞纸箱配纸过程中对抗压强度影响因素的主次顺序为面纸环压值>里纸环压值>芯纸环压值,为合理的纸箱配纸设计提供了参考。陈希荣^[9]认为不少等级低的原纸物理性能不一定低于等级高的原纸物理性能,高级别的纸只是在印刷方面具有优势,而低级别的纸在价格方面的优势更为突出。因此,在配纸设计阶段对 3 层瓦楞纸箱的芯纸或里纸可以考虑降低等级或使用成本小的规格,这样可以大大避免过度包装,合理减少配纸过程中产生的不必要成本,提高纸箱的价值。

参考文献:

[1] 唐少炎,魏星.瓦楞纸箱配纸方法的研究[J].包装工程,2011,32(9):27-29.
TANG Shao-yan,WEI Xing. Study of Paper Matching Method for Corrugated Box[J]. Packaging Engineering, 2011,32(9):27-29.

[2] 李兰芬.瓦楞纸箱抗压强度及纸板边压强度的国内外研

究[J].中国包装工业,1997,5(12):16-19.

LI Lan-fen. The Study at Home and Abroad on Compressive Strength of Corrugated Box and Edgewise Crush Resistance of Corrugated Fiberboard[J]. China Packaging Industry,1997,5(12):16-19.

[3] 陈魁.试验设计与分析[M].北京:清华大学出版社,2005.
CHEN Kui. Test Design and Analysis[M]. Beijing:Tsinghua University Press,2005.

[4] 方开泰,马长兴.正交与均匀试验设计[M].北京:科学出版社,2001.
FANG Kai-tai, MA Chang-xing. Orthogonal and Uniform Design[M]. Beijing:Science Press,2001.

[5] 刘魁英.食品研究与数据分析[M].北京:中国轻工业出版社,1999.
LIU Kui-ying. Food Research and Data Analysis[M]. Beijing:China Light Industry Press,1999.

[6] 林维宣.试验设计方法[M].大连:海事大学出版社,1995.
LIN Wei-xuan. Method of Test Design[M]. Dalian:Maritime University Press,1995.

(下转第 61 页)

参考文献:

- [1] 刘国东,祝锡晶.瓦楞纸箱尺寸优化设计的算法分析[J].包装工程,2007,28(12):121-123.
LIU Guo-dong, ZHU Xi-jing. A Lgorithm Analysis of Corrugated Case Dimension Optimum Design[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(12): 121-123.
- [2] 雒洁,郭彦峰,王家民.托盘包装的现状与发展趋势[J].包装工程,2005, 26(4):99-100.
LUO Jie, GUO Yan-feng, WANG Jia-min. The Current State and Development Trend of Pallet Package [J]. Packaging Engineering, 2005, 26(4): 99-100.
- [3] 付云岗,郭彦峰,周炳海.托盘物流及其发展趋势[J].包装工程,2006,27(6):229-230.
FU Yun-gang, GUO Yan-feng, ZHOU Bing-hai. Development Trend of Pallet Distribution[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(6): 229-230.
- [4] 柴培英,王德忠,彭国勋.优化设计瓦楞纸箱结构尺寸降低货物流通整体费用[J].中国包装,1992,12(3):67-71.
CHAI Pei-ying, WANG De-zhong, PENG Guo-xun. Optimum Designing of the Construction of Corrugated Box and Decreasing the Total Expenses of Cargo Distribution [J]. China Packaging, 1992, 12(3): 67-71.
- [5] 张文民,曹凤君,邢晓敏.瓦楞纸箱包装设计的分析和计算[J].齐齐哈尔大学学报,2001,17(2):73-75.
ZHANG Wen-min, CAO Feng-jun, XING Xiao-min. Analyse and Calculate on the Packing Design of Corrugated Box[J]. Journal of Qiqihar University, 2001, 17(2): 73-75.
- [6] 王岭松,王东爱,李宗民.基于物流成本的包装箱尺寸优化设计[J].包装工程,2006,27(1):121-122.
WANG Ling-song, WANG Dong-ai, LI Zong-min. Optimizing the Size of Packing Box Based on the Cost of Logistics[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(1): 121-122.
- [7] 张伟,郭彦峰.瓦楞纸箱运输包装设计[J].包装工程,2002,23(1):25-27.
ZHANG Wei, GUO Yan-feng. Design of Corrugated Board Box Transport Package System [J]. Packaging Engineering, 2002, 23(1): 25-27.
- [8] 王岭松,王东爱.瓦楞纸箱尺寸的优化设计[J].包装工程,2004,25(3):177-178.
WANG Ling-song, WANG Dong-ai. Optimizing the Size of Carton [J]. Packaging Engineering, 2004, 25(3): 177-178.
- [9] 李小丽,郭彦峰.瓦楞纸箱在运输包装系统中的应用与设计[J].包装工程,2006,27(3):126-128.
LI Xiao-li, GUO Yan-feng. Application and Design of Corrugated Case in Transport Packaging System [J]. Packaging Engineering, 2006, 27(3): 126-128.
- [10] 缪敏,戴跃洪.瓦楞纸箱结构设计及其优化方法[J].包装工程,2006,27(4):153-156.
LIAO Min, DAI Yue-hong. Structural Design of Corrugated Box and Its Optimization Methods [J]. Packaging Engineering, 2006, 27(4): 153-156.
- [11] 甘纯刚,赵燕,卢杰,等.瓦楞纸箱结构优化的CAD系统[J].包装工程,2006,27(5):155-158.
GAN Chun-gang, ZHAO Yan, LU Jie, et al. Structural Optimization CAD System of Corrugated Paper Case [J]. Packaging Engineering, 2006, 27(5): 155-158.
- [12] 雒洁.托盘包装系统的优化设计[D].西安:西安理工大学,2005.
LUO Jie. Optimum Designing of Pallet Package System [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2005.
- [13] 孟唯娟,孙诚,黄利强,等.托盘装载优化系统的研究与开发[J].包装工程,2010,31(1):54-56.
MENG Wei-juan, SUN Cheng, HUANG Li-qiang, et al. Research and Development of Pallet Loading System [J]. Packaging Engineering, 2010, 31(1): 54-56.
- ~~~~~
- (上接第50页)
- [7] 高辉,胡良平.如何正确处理正交设计与均匀设计定量资料[J].中西医结合学报,2008,6(8):873-877.
GAO Hui, HU Liang-ping. How to Correctly Process Quantitative Data with Design of Orthogonality or Uniform [J]. Journal of Chinese Integrative Medicine, 2008, 6(8): 873-877.
- [8] GB/T 4857.2—1992,包装、运输包装件温湿度调节处理 [S].
GB/T 4857.2—1992, Packaging-Transport-Temperature and Humidity Conditioning [S].
- [9] 陈希荣.瓦楞纸箱的配纸优化系统设计[J].全球瓦楞工业,2007(6):74-78.
CHEN Xi-rong. Paper Choosing in Box Production [J]. Global Corrugated Industry, 2007(6): 74-78.