

包卷式纸箱封合质量标准体系研究

王虹, 印雄飞, 杜雄章, 郭太松
(杭州娃哈哈精密机械有限公司, 杭州 310018)

摘要: **目的** 根据纸板粘合理, 从纸板特性指标角度进行研究, 建立包卷式纸箱封合质量标准评价体系, 实现通过纸板表面性能相关指标测试, 即可评判预测包卷式纸箱在线封合质量的目的。**方法** 通过设计不同试样进行直角粘合模拟测试及拉力测试, 研究瓦楞纸板的表面性能参数对包卷式纸箱封箱效果的影响, 找到纸板表面吸水渗透性、表面张力、纸纤维内结合强度等指标的合理范围, 建立包卷式纸箱封合质量标准评价体系。**结果** 根据试验结果预测, 纸板印刷面吸水量低于 1 g/m^2 , 表面张力低于 38 mN/m , 内结合强度低于 100 J/m^2 的纸板, 包卷式纸箱粘合封箱强度较低。**结论** 可以通过增加测试纸板表面吸水渗透性、表面张力、纸纤维内结合强度等指标, 建立包卷式纸箱的封合质量标准评价体系, 对包卷式纸箱在线封合质量进行预测。

关键词: 包卷式纸箱; 渗透性; 表面张力; 内结合强度; 直角测试; 拉力测试

中图分类号: TB484.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)13-0123-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.13.018

Quality Standard System of Adhesive Performance of Wrapped Cartons

WANG Hong, YIN Xiong-fei, DU Xiong-zhang, GUO Tai-song
(Hangzhou Wahaha Precision Machinery Co., Ltd., Hangzhou 310018, China)

ABSTRACT: The work aims to conduct the study from the characteristics of cardboard according to the bond mechanism of cardboard and establish the quality standard evaluation system for wrapped cartons to predict the on-line adhesive quality by testing certain surface indicators of cardboard. Different samples were designed for the rectangular bonding simulation test and tension test to study the effects of the surface parameters of corrugated cardboard on the adhesive performance of wrapped cartons, find out the reasonable range of indicators such as surface water permeability, surface tension, internal binding strength of paper fiber, etc. and establish the standard evaluation system for wrapped carton adhesive quality. According to the test results, if the surface suction of cardboard was less than 1 g/m^2 and the surface tension was less than 38 mN/m . The cardboard with internal binding strength less than 100 J/m^2 had lower adhesive performance if wrapped cartons. The standard evaluation system for wrapped carton adhesive quality can be established by increasing the indicators such as surface water permeability, surface tension, internal binding strength of paper fiber, etc. of tested cardboard to predict the on-line adhesive quality of wrapped cartons.

KEY WORDS: wrapped cartons; permeability; surface tension; internal bond; right angle bonding test; tension test

与传统 0201 箱型纸箱相比, 包卷式纸箱制作工艺更简单, 成型装箱效率更高, 越来越受到快消品生

产企业欢迎。包卷式纸箱包装产品的工序: 使用包卷式装箱机, 用片状箱坯将产品裹包并喷胶封箱一次完

收稿日期: 2019-03-29

作者简介: 王虹 (1988—), 女, 蒙古族, 硕士, 杭州娃哈哈精密机械有限公司中级工程师, 主要研究方向为纸包装结构与技术。

成。封箱时无需粘贴胶带, 仅需使用热熔胶粘合, 大大提高了生产效率。若纸箱封合不良、散包, 那么将会给生产或商品储运环节造成极大不便^[1]。在生产过程中能否控制好包卷式纸箱的在线封合质量, 减少废品率, 已经成为企业关注的焦点。包卷式纸箱的在线封合质量主要与3个方面有关: 热熔胶的品类特性^[2-3]; 包装设备的性能以及施胶量、施胶位置、封合压力、压合时间等相关参数设置; 必须从源头上对瓦楞纸箱的质量进行控制。

传统的瓦楞纸箱的质量体系有很多检测指标, 如纸板含水率、边压强度、抗压强度、耐破强度、耐折强度、瓦楞与面里纸的粘合强度等, 但是缺乏可以直接表征影响封合质量的指标。文中从纸板特性指标角度进行研究, 根据纸板粘机理, 通过直角粘合模拟测试以及拉力测试进行粘合效果对比, 研究瓦楞纸板的表面性能指标对包卷式纸箱封箱效果的影响, 通过找到纸板吸水渗透性^[4]、表面张力^[5]、纸纤维内结合强度^[6-7]等指标的合理范围, 建立包卷式纸箱的封合质量标准评价体系, 从而指导企业对包卷式纸箱的在线封合质量进行预测评判, 避免出现在线封合不良造成的损失, 减少企业在线生产的废品率以及仓储、运输过程的脱胶问题的发生, 从而大大降低生产成本, 提高企业效益。

1 试验

针对上述包卷式纸箱(见图1)的在线封合质量标准体系研究, 主要从纸箱的吸水渗透性、表面张力、内结合强度方面开展试验测试, 并用直角测试和拉力测试判断包卷式纸箱的封合质量, 建立包卷式纸箱的封合质量标准评价体系, 从而对包卷式纸箱在线封合质量进行预测。



图1 包卷式纸箱
Fig.1 Wrapped cartons

1.1 材料

选取型号为“300/140/170-B”的瓦楞纸板, 即面纸为 300 g/m² 定量的涂布白板纸, 芯纸为 140 g/m² 的瓦楞纸, 里纸为 170 g/m² 的牛卡纸, 瓦楞楞型为 B 瓦楞, 纸板印刷面经过上光油处理, 分别由 4 个不同厂家提供, 编号依次为 1 号、2 号、3 号和 4 号。试验所用热熔胶为汉高聚烯烃热熔胶。

1.2 仪器设备

主要仪器设备: CA 93940 手持式热熔胶枪, 由诺信(中国)有限公司生产; MS1003S/01 电子天平, 由梅特勒-托利多国际贸易(上海)有限公司生产; PN-IBT 内结合强度测试仪器, 由杭州品享科技有限公司生产; INSTRON 万能材料试验机, 由英斯特朗(上海)试验设备贸易有限公司生产; HEAD 达因笔(表面张力测试笔) 30#、32#、34#、36#、38#、40#、42#, 由美国海德公司生产。

1.3 原理

纸板的粘机理主要是胶水的凝聚粘合, 同时辅以渗透粘合和表面粘合^[8]: 热熔胶的冷却凝固引起凝聚粘合, 胶料渗透到纸板内表面进入纸板纤维间隙里引起渗透粘合, 同时粘合面的两层纸板表面附着有热熔胶引起表面粘合。凝聚粘合能力和热熔胶本身有关, 使用相同的热熔胶, 则胶水凝聚粘合力相同, 仅从纸板本身因素来分析对渗透粘合和表面粘合的影响, 因此试验将测试和纸板表面状态有关的渗透吸水性、表面张力、纸纤维内结合强度^[9-10]等 3 个指标, 然后用直角粘合试验验证评估纸板的粘合强度, 找到纸板表面状态最佳指标范围, 最终建立影响包卷式纸箱封合质量标准体系。

1.4 方法

试验将分为两部分进行。

第 1 部分, 纸板表面性能指标测试。首先对试样进行温湿度预处理, 按 GB/T 10739 进行, 然后分别测试 4 种纸板试样的吸水渗透性、表面张力、内结合强度 3 个表面性能指标, 对比纸板之间的差异, 分析 3 个表面性能指标对纸板粘合效果的影响, 初步预测各纸板的粘合效果。

第 2 部分, 纸板粘合测试。用直角测试模拟包卷式纸箱生产线纸板粘合工序, 将 4 种纸板粘合, 用拉力测试对比 4 种纸板的粘合牢度, 将实际粘合结果与预测结果进行比对, 找到纸板表面性能指标对粘合牢度的影响规律。

1.4.1 纸板表面性能指标测试

1.4.1.1 吸水渗透性测试

纸张是多孔纤维材料, 纸张渗透性能够反映纸和纸

板结构疏松程度、表面粗糙程度以及施胶效果等^[11-12], 试验通过测试纸张吸水性来反映纸张的渗透性, 吸水性越高表示纸板渗透性越好, 从而能够间接反映纸张对胶水的渗透吸收能力^[13]。吸水性指单位面积的纸和纸板在规定时间内表面吸收的水量。吸水性测试方法参照 GB/T 461.3, 将4种纸板编号分别为1—4号, 分别裁取10 cm×10 cm大小的试样, 每种试样测试10组样品取平均值, 测试结果见表1。

表1 吸水性测试结果
Tab.1 Water absorption test results g/m²

纸板编号	正面(印刷面)	反面(里纸面)
1号	0.19	7.40
2号	2.35	2.03
3号	1.37	2.77
4号	0.27	5.45

由表1测试结果可以看出, 纸板正面吸水量排序2号>3号>4号>1号, 1号和4号纸板反面吸水性远大于正面吸水性, 2号和3号纸板正反面吸水性比较接近, 说明不同纸板的吸水性是有差异的, 对胶水的渗透吸收性也不同。由表1可以看出, 2号和3号纸板正面吸水性较大, 1号和4号纸板反面吸水性较大但正面吸水性较小, 而包卷式纸箱的实际粘合位置是正面和反面相互粘合, 因此需要纸板正反面均有较好的渗透性, 使得胶水容易渗透到纸板纤维间隙里完成渗透粘合, 因此初步预测2号和3号纸板对胶水吸收性较好, 2号、3号粘合性能可能优于1号、4号。

1.4.1.2 表面张力测试

润湿性是固体表面的一个重要特征, 而表面能、表面张力是固体表面润湿性研究的理论基础, 若液体容易在固体表面容易铺展, 则说明该基材容易被润湿, 基材表面张力较高, 若液体在固体表面收缩成水珠状, 则说明基材表面张力较低^[14]。如在薄膜印刷行业, 通常可以测试薄膜的表面张力情况来初步判定材料是否容易印刷等。表面张力的测试方法有很多, 通常用接触角法测试表面张力比较准确, 用达因笔测试相对粗略但是比较快速, 对于工业应用来说比较方便, 因此选用达因笔测试结果来体现表面张力。熔融状态的热熔胶涂覆在纸板表面, 形成液-固界面, 用达因笔测试纸板表面张力, 判断热熔胶在纸板表面是否容易铺展扩散。

测试方法: 首先选择一种已知表面张力的达因笔, 在纸板印刷表面画一条长度约3 cm的直线, 如果所画线在2 s内收缩成水珠状, 说明该表面张力的达因笔不能将纸板表面润湿, 即纸板表面张力低于选达因笔的值, 更换表面张力更低的达因笔进行第2次测试, 如此类推, 直到所画线在2 s内不出现收

缩, 则将此次测试所用达因笔的表面张力作为纸板的表面张力。由上述方法测得4种试样的表面张力见表2。

表2 表面张力测试结果
Tab.2 Surface tension test results mN/m

纸板编号	正面(印刷面)	反面(里纸面)
1号	34	> 42
2号	38	> 42
3号	40	> 42
4号	36	> 42

由表2可以看出, 纸板正面表面张力均低于反面, 纸板正面表面张力也有明显差异, 4种印刷面表面张力排序为3号>2号>4号>1号。主要因为纸板表面经过印刷、涂光油等工艺处理, 表面变得比较光滑平整, 像均匀覆盖了一层薄膜, 4种不同厂家的纸板试样使用的油墨或光油不同, 产生的表面张力也有高有低, 而纸板反面没有经过处理, 纸纤维吸收性好, 试验所用达因笔最大值为42 mN/m, 达因笔测试时达因液被瞬间吸收, 因此纸板反面表面张力远大于42 mN/m, 因此由初步预测胶水比较容易在3号、2号纸板表面铺展, 即3号、2号纸板与胶水接触面积大于1号、4号, 粘合性能可能优于1号、4号。

1.4.2 内结合强度测试

内结合强度主要用于测试纸和纸板之纸层间结合强度, 即纸张表面纤维间结合强度, 它反映的是纸和纸板抵抗层间分离的能力^[15-16]。内结合强度测试方法参照 GB/T 26203 《纸和纸板内结合强度的测定(Scott)》, 使用内结合强度测试仪器分别测试4种纸板试样的正反面内结合强度, 每种试样测试10组数据取平均值, 测试结果见表3。

表3 内结合强度测试结果
Tab.3 Internal binding strength test results J/m²

纸板编号	正面(印刷面)	反面(里纸面)
1号	84.26	88.67
2号	121.33	90.36
3号	134.12	93.14
4号	103.28	87.35

由表3可以看出, 4种纸板试样的正面内结合强度差异较明显, 由高到低排序分别是3号>2号>4号>1号, 纸板反面内结合强度比较接近。纸板本身是一种多层材料, 若纸板层间粘合性能差, 发生纸板层间分离, 胶水只粘住了纸板表层, 那么也会出现粘合不良的问题。所以纸板内结合强度也是影响纸板粘合牢度的一个因素, 纸板内结合强度越大, 粘合效果越好, 初步判定3号粘合效果最好, 2号次之。

1.4.3 纸板粘合测试

1.4.3.1 直角测试

直角测试用来模拟包卷式纸箱的在线粘合工艺,包卷式纸箱在线粘合时是2个相邻封面分别呈90°角折叠,一个封合面的纸板正面与另一个封口面的纸板反面通过热熔胶相粘合。首先裁剪待测试样为10

cm×10 cm,其中一边垂直裁5 cm开口。用热熔胶枪将热熔胶充分熔融,根据该型号热熔胶说明书的推荐使用温度,将热熔胶枪温度设定为165℃,将熔融的胶水以相同的胶量涂布在每片试样上,将试样扭曲内外搭接粘合,压合3 s,在室温静置5 min后揭开试样粘合处,比较材破效果,测试结果见图2。

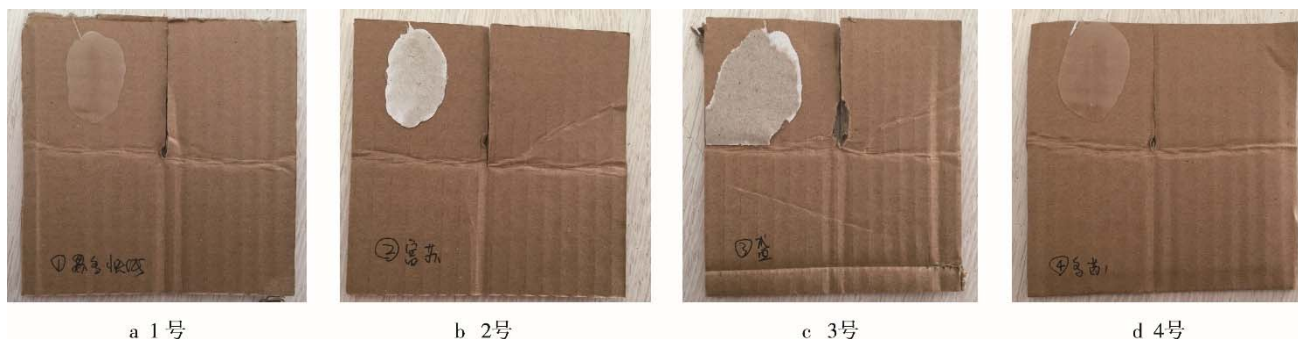


图2 直角粘合性能测试结果

Fig.2 Test results for rectangular adhesion

一般情况下认为材破明显即粘合效果较好,2号和3号有明显材破现象,粘合效果较好,1号和4号没有材破现象,胶水全部转移到里纸面,胶水在1号和4号纸板印刷面没有发生渗透和吸附,1号和4号粘合效果较差。直角粘合测试通过看粘合处材破效果,可以快速直观地判断粘合效果,但是无法量化对比粘合强度,因此进一步通过测试粘合后的拉力,对比4种试样的粘合强度。

1.4.3.2 拉力测试

分别裁切待测试样为长15 cm×宽3 cm的样条,将样条在距离一端3 cm处进行直角折叠,即短边为3 cm的L型试样,2条为一组,每种试样共5组。用热熔胶枪将热熔胶充分熔融,根据该型号热熔胶说明书的推荐使用温度,将热熔胶枪温度设定为165℃,将2个样条的短边进行粘合,涂以相同的胶量,粘合面分别是其中一个样条的印刷面和另一个样条的里纸面,压合3 s,放置在室温静置5 min后,用万能材料试验机夹持试样两端进行垂直于粘合面的拉伸测试,拉伸速度设置为50 mm/min,直至将粘合面拉开,记录拉力值。求每组试样的平均值,1—4号纸板拉力平均值分别为38.29, 95.83, 99.28, 64.82 N。拉力测试结果表示将纸板粘合处分开所需要的拉力值,它反映

了纸板的粘合强度,可见2号、3号纸板粘合强度较大,4号次之,1号最差。

2 试验结果与分析

根据纸板表面性能指标测试情况对纸板粘合效果进行预测,预测结果与纸板实际粘合测试的结果比较一致,说明纸板吸水渗透性、表面张力、内结合强度是纸板粘合性能的影响因素,可以根据纸板表面性能指标测试对纸板粘合效果进行预测。

根据纸板表面性能指标测试结果,4种纸板正面参数指标差异较大,反面参数指标差异不明显。主要因为纸板表面经过印刷、涂光油等工艺处理,表面变得比较光滑平整,像均匀覆盖了一层薄膜,4种不同厂家的纸板试样使用的油墨或光油不同,产生的表面性能指标也存在一定的差异,而纸板反面没有经过处理,反面参数指标差异不明显,所以主要对比纸板正面参数指标与粘合效果的关系。将吸水量、表面张力、内结合强度3个纸板表面性能指标以及直接测试、拉力测试结果进行汇总,见表4,分析得到以下结果。

1) 根据直角粘合和拉力测试结果,4种纸板试样的实际粘合强度排序为3号>2号>4号>1号,与

表4 正面(印刷面)测试结果汇总
Tab.4 Summary of front (printing surface) test results

纸板编号	吸水量/(g·m ⁻²)	达因值/(mN·m ⁻¹)	内结合强度/(J·m ⁻²)	直角粘合材破率/%	拉力/N
1号	0.19	34	84.26	0	38.29
2号	2.35	38	121.33	100	95.83
3号	1.37	40	134.12	100	99.28
4号	0.27	36	103.28	0	64.82

纸板表面性能指标测试情况的预测结果基本一致。

2) 1号试样的渗透吸水性、表面张力和内结合强度也较低,说明胶水在其表面不易渗透吸附和扩散,因此直角测试没有材破现象,印刷面胶水完全被剥离转移到里纸面。根据纸板粘合机理,1号试样胶水的渗透粘合和表面粘合都降低,因此拉力测试结果较低;同时1号试样内结合强度也较低,层间结合力差,印刷面涂布层容易被剥离,也导致了粘合强度降低。

3) 4号试样粘合强度次之,原因与1号试样相同,4号纸板吸水量、表面张力和内结合强度略高于1号,因此拉力测试结果也略高于1号。

4) 2号和3号试样粘合效果较好,拉力测试结果接近,这2个试样的渗透吸水性、表面张力和内结合强度都较高,使得胶水容易铺展吸附在其表面,并渗透到纸板纤维间隙里完成表面粘合和渗透粘合,因此拉力测试值较高。

5) 根据表4测试结果进行预测,纸板印刷面吸水量低于 1 g/m^2 ,表面张力低于 38 mN/m ,内结合强度低于 100 J/m^2 的纸板,粘合封箱强度较低。

3 结语

纸板吸水渗透性、表面张力、内结合强度是纸板粘合性能的影响因素,可以根据纸板表面性能指标测试对纸板粘合效果进行预测。根据试验结果预测纸板印刷面吸水量低于 1 g/m^2 ,表面张力低于 38 mN/m ,内结合强度低于 100 J/m^2 的纸板,包卷式纸箱的粘合封箱强度较低。企业可以根据产品的包装要求和运输距离、堆垛高度等实际情况,制定出封合后的纸箱材破标准,从而根据纸箱工艺的实际情况,同时考虑经济性等相关因素,制定出纸板渗透吸水性、表面张力、纸纤维内结合强度等指标的合理范围,建立包卷式纸箱的封合质量企业标准。

参考文献:

- [1] 林淑佳. 封箱质量线上检测及监控方法的探讨[J]. 啤酒科技, 2015(4): 52—54.
LIN Shu-jia. Discussion on the Method of Online Detection and Monitoring of Box Quality[J]. Beer Science and Technology, 2015(4): 52—54.
- [2] 陈琛, 宋利君, 邓玉明, 等. 乙烯-醋酸乙烯树脂和聚烯烃热熔胶点喷封箱的应用研究[J]. 包装与食品机械, 2017(5): 33—36.
CHEN Chen, SONG Li-jun, DENG Yu-ming, et al. Study on the Application of Ethylene-Vinyl Acetate Resin and Polyolefin Hot Melting Glue Point Injection Box[J]. Packaging and Food Machinery, 2017(5): 33—36.
- [3] 陈晓彬. 喷胶点喷技术在纸箱包装机中的应用[J].

燕京啤酒, 2014(2): 51—53.

CHEN Xiao-bin. Application of Glue Point Spray Technology in Carton Packing Machine[J]. Yanjing Pijiu, 2014(2): 51—53.

- [4] 马晓博, 李克宏, 王东, 等. 影响纸张吸水性的主要因素[J]. 纸和造纸, 2013, 32(12): 8—10.
MA Xiao-bo, LI Ke-hong, WANG Dong, et al. Main Factors Affecting Paper Water Absorption[J]. Paper and Paper Making, 2013, 32(12): 8—10.
- [5] 王晖, 顾帼华. 固体的表面能及其亲水/疏水性[J]. 化学通报(印刷版), 2009, 72(12): 1091—1096.
WANG Hui, GU Guo-hua. Surface Free Energy of Solid Matter and Its Hydrophilic/Hydrophobic Nature[J]. Chemistry, 2009, 72(12): 1091—1096.
- [6] 胡绍进, 陈嘉川, 杨桂花, 等. 造纸助剂的开发与发展[J]. 华东纸业, 2012, 43(2): 49—54.
HU Shao-jin, CHEN Jia-chuan, YANG Gui-hua, et al. Exploration and Development of Papermaking Additive[J]. Shanghai Paper Making, 2012, 43(2): 49—54.
- [7] 卢晓林, 陈少平, 陈孝行, 等. 造纸助剂 HPAMSTX-N21 在再生瓦楞纸浆中的应用[C]// 中国化学会第十二届全国应用化学年会论文集, 2011: 26—29.
LU Xiao-lin, CHEN Shao-ping, CHEN Xiao-xing, et al. Application of Papermaking Assistant HPAMSTX-N21 in Recycled Corrugated Pulp[C]// Chinese Journal of Applied Chemistry, 2011: 26—29.
- [8] 康启来. 瓦楞纸板粘合强度的控制[J]. 印刷世界, 2010(10): 36—39.
KANG Qi-lai. Strength of Corrugated Cardboard Glued Together Control[J]. Print World, 2010(10): 36—39.
- [9] BEEEX L, PEERLINGS R. An Experimental and Computational Study of Laminated Paperboard Creasing and Folding[J]. International Journal of Solids and Structures, 2009, 46(24): 4192—4207.
- [10] 崔丽娟. 纸张层间加填工艺及成纸机理的研究[D]. 西安: 陕西科技大学, 2012.
CUI Li-juan. Study on Interlayer Filling Technology and Paper Forming Mechanism[D]. Xi'an: Shaanxi University of Science & Technology, 2012.
- [11] 王克全, 李国秀, 王春东, 等. 表面施胶剂在造纸工业的应用进展[J]. 湖南造纸, 2008(2): 19—21.
WANG Ke-quan, LI Guo-xiu, WANG Chun-dong, et al. Application and Development of Surface Sizing Agent in Papermaking Industry[J]. Hunan Papermaking, 2008(2): 19—21.
- [12] 邬泽凯, 李琛. 涂布两种施胶剂对抄制纸板物理性能的影响[J]. 包装工程, 2017, 38(7): 86—91.
WU Ze-kai, LI Chen. Influence of Coating Two Kinds of Sizing Agents on the Physical Properties of the Paper Board[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(7): 86—91.

- [13] 荔亮. 接装纸吸水性对卷烟卷接质量的影响[J]. 科技创新与应用, 2014(10): 52.
LI Liang. Influence of Water Absorption on the Quality of Cigarette Joint[J]. Technology Innovation, 2014, (10):52.
- [14] 李小兵, 刘莹. 固体表面润湿性机理及模型[C]// 第六届中国功能材料及其应用学术会议, 2007.
LI Xiao-bing, LIU Ying. Mechanism and Model of Fluidity of Solid Surface[C]// Sixth China Academic Conference on Functional Materials and Their Applications, 2007.
- [15] 宋钊. 基于内聚力模型的纸板分层损伤分析[J]. 包装工程, 2016, 37(7): 75—79.
SONG Zhao. Delamination Damage of Cardboard Based on Cohesion Model[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(7): 75—79.
- [16] 宋钊. 纸板厚度方向的力学模型建立[J]. 包装工程, 2014, 35(3): 52—55.
SONG Zhao. Establishment of Mechanical Model in the Thickness Direction of Paperboard Materials[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(3): 52—55.