

涂布两种施胶剂对抄制纸板物理性能的影响

邬泽凯, 李琛

(东北林业大学, 哈尔滨 150040)

摘要: **目的** 对涂布氧化淀粉胶纸板、聚乙烯醇胶纸板和未涂布纸板的耐破强度、戳穿强度、挺度、防水防潮性等物理性能进行研究。**方法** 实验选用表面施胶的方法来增强纸板的物理性能。通过抄制不同定量的化学机械浆和化学浆纸板, 在纸板表面涂布相同体积的氧化淀粉胶和聚乙烯醇胶, 测试纸板的物理性能。**结果** 在相同温度、相对湿度条件下涂布施胶剂的纸板, 其耐破强度、戳穿强度、挺度和防水防潮性要优于未涂布纸板; 涂布聚乙烯醇的纸板其耐破强度、戳穿强度和防水防潮性要优于涂布氧化淀粉胶的纸板, 涂布氧化淀粉胶的纸板挺度要优于涂布聚乙烯醇胶的纸板。**结论** 涂布施胶剂后纸板的物理性能均有所提高, 涂布聚乙烯醇胶的纸板强度较强, 涂布氧化淀粉胶的纸板韧性较好。

关键词: 氧化淀粉; 聚乙烯醇; 抄纸; 物理性能; 施胶剂

中图分类号: TB484.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)07-0086-06

Influence of Coating Two Kinds of Sizing Agents on the Physical Properties of the Paper Board

WU Ze-kai, LI Chen

(Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

ABSTRACT: The work aims to study the burst strength, puncture strength, stiffness, waterproof performance, moisture resistance and other physical properties of the paste boards coated with oxidized starch, the PVA paste board and the uncoated paper boards. The experiment was conducted in the surface sizing method to improve the physical properties of the paper board. By preparing quantitative chemi-mechanical pulp and chemical pulp boards, the paper boards were coated with oxidation starch adhesive and PVA glue of the same volume to test the physical properties of the paper board. For the paper boards coated with the sizing agent at the same temperature and relative humidity, their burst strength, puncture strength, stiffness, waterproof performance and moisture resistance were superior to those of the uncoated paper boards. The burst strength, puncture strength, waterproof performance and moisture resistance of the paper boards coated with PVA were superior to those of the paper boards coated with oxidation starch adhesive; the stiffness of the paper boards coated with oxidation starch adhesive was superior to that of the paper boards coated with PVA glue. All the physical properties of the paper boards coated with sizing agents are improved. The paper boards coated with PVA glue are of stronger strength and those coated with oxidation starch adhesive are of better flexibility.

KEY WORDS: oxidized starch; PVA; papermaking; physical properties; sizing agent

当今, 纸包装在包装制品中所占的比例增大, 纸质包装容器在产品包装中得到广泛的应用。其使用方便^[1], 既起到保护产品的作用, 又方便产品的储存和运输, 印刷适性也比其他材料优良^[2-3]。纸包装材料力学强度较差、耐水性不高等缺点限制了其应用, 国

内外很多学者都对纸材料的改性开展了研究。研究表明, 涂布工艺可以节省胶料, 胶料在纸板上的留着率接近 100%, 可克服浆内施胶胶料的流失, 并可提高纸板的各项物理性能^[4]。文中研究采用氧化淀粉胶和聚乙烯醇胶 2 种常用的表面施胶剂^[5-8], 以杨木片为

收稿日期: 2016-07-18

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金 (2572014CB09); 哈尔滨市应用技术与开发项目 (2015RQXJ037)

作者简介: 邬泽凯 (1993—), 男, 东北林业大学硕士生, 主攻轻工技术与工程。

通讯作者: 李琛 (1979—), 女, 博士, 东北林业大学副教授, 主要研究方向为生物质包装材料。

原料, 抄制化学机械浆和化学浆纸板, 然后分别涂布2种施胶剂, 测试涂布后纸板物理性能的变化规律^[9]。

1 实验

1.1 仪器和材料

实验材料: 杨木片; 硫化钠, 分析纯, 天津欧博凯化工有限公司; 氢氧化钠、高锰酸钾, 分析纯, 天津欧博凯化工有限公司; 淀粉, 分析纯, 天津天力化学试剂有限公司; 聚乙烯醇, 平均聚合度为 1750±50, 天津市光复精细化工研究所。

实验仪器: 纸样成型器, ZT7-01 型, 兴平市中通试验装备有限公司; 水浴锅, DK-98-11A 型, 江苏同君仪器科技有限公司; 数显精密电动搅拌器, TT-1 型, 江苏环宇科学仪器厂; 全数控小型涂膜机, FA-202D 型, 弗安有限公司; 电热鼓风干燥箱, 101-3A 型, 杭州卓驰仪器有限公司; 水分分析仪, MB23 型, 济南科翔实验仪器有限公司; 电子式纸板耐破度测定仪, ZDNP-6 型, 长春市小型试验机厂; 纸板戳穿强度测试仪, CB-CC 型, 长春市小型试验机厂; 电子式纸板挺度测定仪, ZTD-10 型, 长春市小型试验机厂; 电子显微镜, OLYMPUS DP73 型, 日本 OLYMPUS 公司。

1.2 化学机械浆磨浆

截取厚度为 3~5 mm 的杨木片, 实验对木片采用碱处理法进行预处理, 碱液中氢氧化钠的质量浓度为 30 g/L, 碱耗为杨木片量的 6%。取木片 3 kg, 需碱 180 g, 即碱液 6 L, 放入蒸煮锅, 在温度升至 120 ℃ 后蒸煮 30 min。在 25 ℃ 温度下, 浸渍 120 min。预处理后的杨木片利用盘磨机进行磨浆。

1.3 化学浆磨浆

化学浆蒸煮包括 3 个阶段: 第一升温阶段, 在温度升至 110~130 ℃ 时, 蒸煮 1 h; 第二升温阶段, 继续升温蒸煮, 脱出大量木素; 第三残余脱木素阶段, 在最高温度 160 ℃ 下进行保温, 保温至纸浆质量达到 360 g, 停止蒸煮。预处理后的杨木片利用盘磨机进行磨浆。

1.4 打浆

根据纸张的使用要求和质量标准^[3], 文中实验中打浆需绝干, 即无水分杨木浆原料 360 g, 设定打浆机打浆时的杨木浆质量分数为 1.57%, 根据浆水混合质量计算公式:

$$m_1 = \frac{m}{N_1} \quad (1)$$

式中: m 为所需绝干木浆原料质量(g); N_1 为打浆机中木浆质量分数(%); m_1 为打浆机中的浆水混合

质量(g)。

利用水分分析仪, 测得磨浆后化学机械浆的含水率为 7%, 化学浆含水率为 10%。

磨浆后木浆的质量计算公式为:

$$m_2 = \frac{m}{1 - N_2} \quad (2)$$

式中: N_2 为磨浆后木浆的含水率(%); m_2 为所需磨浆后木浆的质量(g)。

根据打浆时需水量计算公式:

$$(m_1 - m_2) / \rho = V \quad (3)$$

式中: ρ 为水的密度(g/L); V 为打浆时需水量(L)。

打浆配比、磨浆后化学机械浆的质量为 387 g, 水为 22.5 L; 化学浆的质量为 400 g, 水为 22.5 L。打浆时间为 30 min, 测试打浆度, 如未达到规定打浆度 40°SR 则继续打浆, 每隔 5~10 min 再测试一次, 直至打浆度达到 40°SR, 收集木浆, 甩干, 储存备用。

1.5 抄纸

计算不同定量纸板所需打浆后木浆的质量, 首先测出化学机械浆纸板的含水率为 80%, 然后, 测出化学浆含水率为 80.5%。根据所需木浆的质量计算公式:

$$m_3 = \frac{P(\pi \times 0.1^2)}{1 - N_3} \quad (4)$$

式中: P 为纸板定量(g/m²); m_3 为所需木浆的质量(g); N_3 为含水率(%).

每张纸板取定量 150 g/m² 的化学机械浆 23.6 g, 定量 300 g/m² 的化学机械浆 47.2 g, 定量 150 g/m² 的化学浆为 24.2 g, 定量 300 g/m² 的化学浆为 48.4 g。称量后, 纸浆在 3000 r/min 速度下进行疏解。将解离的木浆进行匀浆、匀蚀处理, 得到直径为 200 mm 的圆形纸样。打开抄纸机开关, 纸样在 170 ℃ 和 0.02 MPa 条件下真空干燥。纸板抄制完成后, 进行称量, 符合标准的纸板进行储存, 不同木浆和定量的纸板抄制 12 张, 共 48 张。

1.6 氧化淀粉胶的制备

称量 15 g 玉米淀粉, 溶入 700 mL 蒸馏水中, 倒入质量分数为 0.75% 的氢氧化钠溶液 200 mL。放入水浴锅内, 在 80 ℃ 下水浴加热, 并以 500 r/min 搅拌, 加入 200 mL 质量分数为 0.11% 的高锰酸钾溶液, 水浴加热 30 min。

1.7 聚乙烯醇胶的制备

称量 10 g 聚合度为 1750±50 的聚乙烯醇粉末, 溶入 90 mL 蒸馏水中。放入水浴锅内, 在 80 ℃ 下水浴加热, 并以 500 r/min 进行搅拌。

1.8 施胶剂的涂布

1) 用注射器抽入一定量的施胶剂, 进行称量,

挤在纸板的一面上,再继续称量,使较之前的称量值减少 3 g 后,对纸板涂布。再用同样的方法和同样质量的施胶剂涂布另一面。

2) 调整刮刀,使示数清零。调节刮刀,刮刀离纸板的距离就是涂布的厚度,为 0.2 mm。放入纸板,运行机器,将施胶剂涂匀在纸板上并烘干。合格的纸板进行储存,不同木浆和定量的纸板涂布氧化淀粉胶和聚乙烯醇胶各 4 张。

1.9 耐破强度实验

先调试仪器,截取直径为 140 mm 的圆形纸板试样,将纸板放在仪器的夹层中,施以 1 MPa 的夹持力,夹紧纸板,并校零。开启仪器,纸板试样破裂时,记录此时的耐破强度值。每组测试 3 次,取平均值,整理数据^[10]。

1.10 戳穿强度实验

先调试仪器,然后裁切出 100 mm×100 mm 的方形纸板试样。将纸板放入仪器的夹口内,固定好纸板,然后放下角锥,待角锥戳穿纸板后,记录数据,并重新固定角锥。重复实验,每组纸板测试 3 次,取平均值,整理数据^[11]。

1.11 挺度实验

取大小为 70 mm×38 mm 的长方形纸板试样。根据实验要求设定弯曲角度为 15°。转动在面板 A 上的“调零”按钮,直至显示器示数为 0。将纸板试样按要求放入仪器的夹持器中,固定传感器。按下开关,

测出纸板挺度,重复实验,每组纸板测试 3 次,取平均值,整理数据^[12]。

1.12 吸水性能实验

裁取半径为 50 mm 的圆形纸板试样,在同一张纸板上,取 2 g 碎纸条。开启水分测定仪,调零,将 2 g 碎纸条放入仪器中,按下开关,测定纸板未浸水的含水率,记录数据。随后,将圆形纸板试样平放,且固定在乘装有蒸馏水容器的液面上,浸泡 10 min 后,取下纸板,同样取 2 g 碎纸条放入水分分析仪中,测定纸板浸水后的含水率,记录数据。重复实验,每组测 3 次,取平均值,2 次含水率之差为纸板含水率^[13]。

2 纸板厚度和表面显微表征分析

通过纸板厚度测试仪,测量涂布氧化淀粉胶和聚乙烯醇胶前后的纸板厚度,见表 1。

利用电子显微镜,观察不同定量和不同纸浆的纸板涂布氧化淀粉胶和聚乙烯醇胶前后表面显微表征,见图 1—4。

由表 1 可以看出,在设置涂层厚度为 0.2 mm 的情况下,涂布氧化淀粉胶后厚度增加 0.1 mm 左右,涂布聚乙烯醇胶后厚度增加 0.16 mm 左右。可见纸板涂布聚乙烯醇胶后的厚度大于涂布氧化淀粉胶后的厚度,氧化淀粉胶对纸板的渗透性更好。

由图 1—4 可以看出,涂布后都会在纸板表面成膜,提高表面纤维粘结力;施胶剂渗透到纸板内部,提高内部纤维粘结力。涂布聚乙烯醇胶的纸板在表面

表 1 纸板涂布不同施胶机前后的厚度

Tab.1 The cardboard of thickness before and after coating different sizing agent												mm
施胶种类	纸浆种类	定量 150 g/m ²					定量 300 g/m ²					
		I	II	III	IV	平均	I	II	III	IV	平均	
氧化淀粉胶	未涂布化学机械浆	0.37	0.44	0.39	0.41	0.40	0.78	0.75	0.81	0.76	0.78	
	涂布化学机械浆	0.48	0.52	0.49	0.50	0.50	0.87	0.86	0.90	0.84	0.87	
	未涂布化学浆	0.53	0.47	0.48	0.51	0.50	0.99	0.99	1.01	0.96	0.99	
	涂布化学浆	0.64	0.56	0.59	0.61	0.60	1.10	1.09	1.12	1.05	1.09	
聚乙烯醇胶	未涂布化学机械浆	0.39	0.43	0.41	0.38	0.40	0.77	0.79	0.79	0.82	0.79	
	涂布化学机械浆	0.52	0.57	0.54	0.52	0.54	0.94	0.95	0.98	0.99	0.97	
	未涂布化学浆	0.51	0.49	0.52	0.52	0.51	0.97	1.01	1.02	0.99	1.00	
	涂布化学浆	0.66	0.66	0.68	0.69	0.67	1.13	1.16	1.19	1.15	1.16	

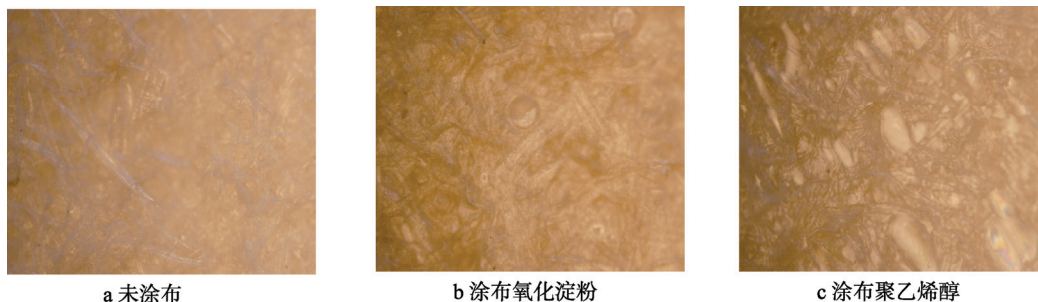


图 1 定量 150 g/m² 化学机械浆原纸与涂布纸板表面

Fig.1 The surface of quantitative 150 g/m² chemical mechanical pulp base paper and coated paper board



图 2 定量 300 g/m² 化学机械浆原纸与涂布纸板表面
Fig.2 The surface of quantitative 300 g/m² chemical mechanical pulp base paper and coated paper board

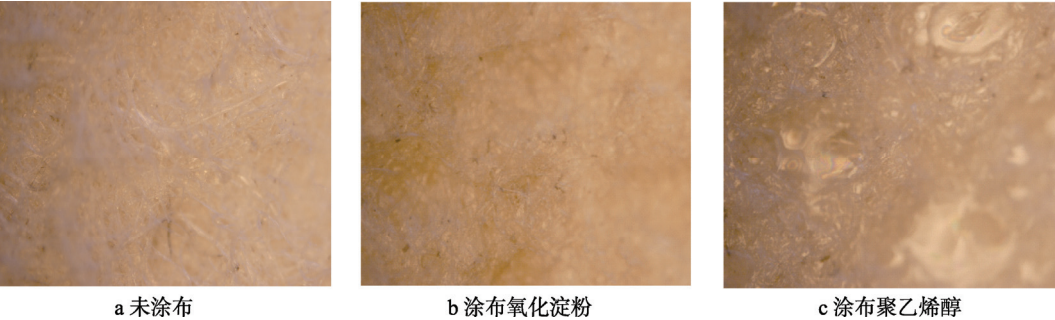


图 3 定量 150 g/m² 化学浆原纸与涂布纸板表面
Fig.3 The surface of quantitative 150 g/m² chemical pulp base paper and coated paper board

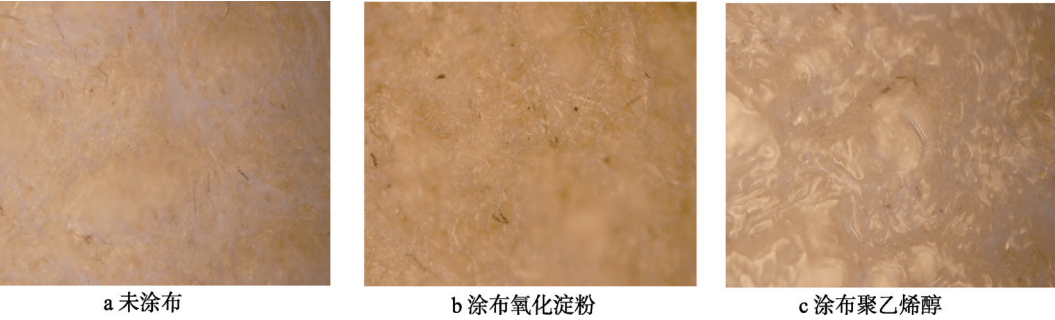


图 4 定量 300 g/m² 化学浆原纸与涂布纸板表面
Fig.4 The surface of quantitative 300 g/m² chemical pulp base paper and coated paper board

的成膜性能要优于涂布氧化淀粉胶的纸板，涂布氧化淀粉胶的纸板渗透入纸板内部的现象较涂布聚乙烯醇胶的纸板明显。

3 纸板力学性能实验数据与分析

3.1 耐破强度

3 种纸板耐破强度关系曲线见图 5a。由图 5a 可以看出，同一定量、同一纸板，涂布表面施胶剂的纸板耐破强度大于未涂布的纸板，涂布聚乙烯醇胶的纸板耐破强度大于涂布氧化淀粉胶的纸板，通过对曲线的进一步分析，化学机械浆纸板涂布后的耐破强度增长趋势大于化学浆纸板。由此可见，通过表面施胶可以增强纸板的耐破强度，聚乙烯醇胶通过在纸板表面成膜提高纸板强度，氧化淀粉胶通过向纸板中的渗透来提高纸板内粘结力，从而提高纸板强度，表面成膜特性更有利于增加纸板的耐破性能。

3.2 戳穿强度

3 种纸板戳穿强度关系曲线见图 5b。由图 5b 可以看出，同一定量、同一纸浆涂布聚乙烯醇胶的纸板戳穿强度大于涂布氧化淀粉胶的纸板，涂布氧化淀粉胶的纸板戳穿强度大于未涂布的纸板；通过对曲线斜率的进一步分析，与耐破强度的趋势一样，化学机械浆纸板涂布后的耐破强度增长趋势大于化学浆纸板涂布后的耐破强度。由此可见，通过表面施胶可以增强纸板的戳穿强度，聚乙烯醇胶所具备的表面成膜性能更有利于增加纸板的耐戳穿强度。

3.3 挺度

3 种纸板挺度关系曲线见图 5c。由图 5c 可知，同一定量、同一纸浆涂布氧化淀粉胶的纸板挺度大于涂布聚乙烯醇胶的纸板，涂布聚乙烯醇胶的纸板挺度大于未涂布的纸板。通过对曲线斜率的进一步分析，化学机械浆纸板涂布后的挺度增长趋势小于化学浆

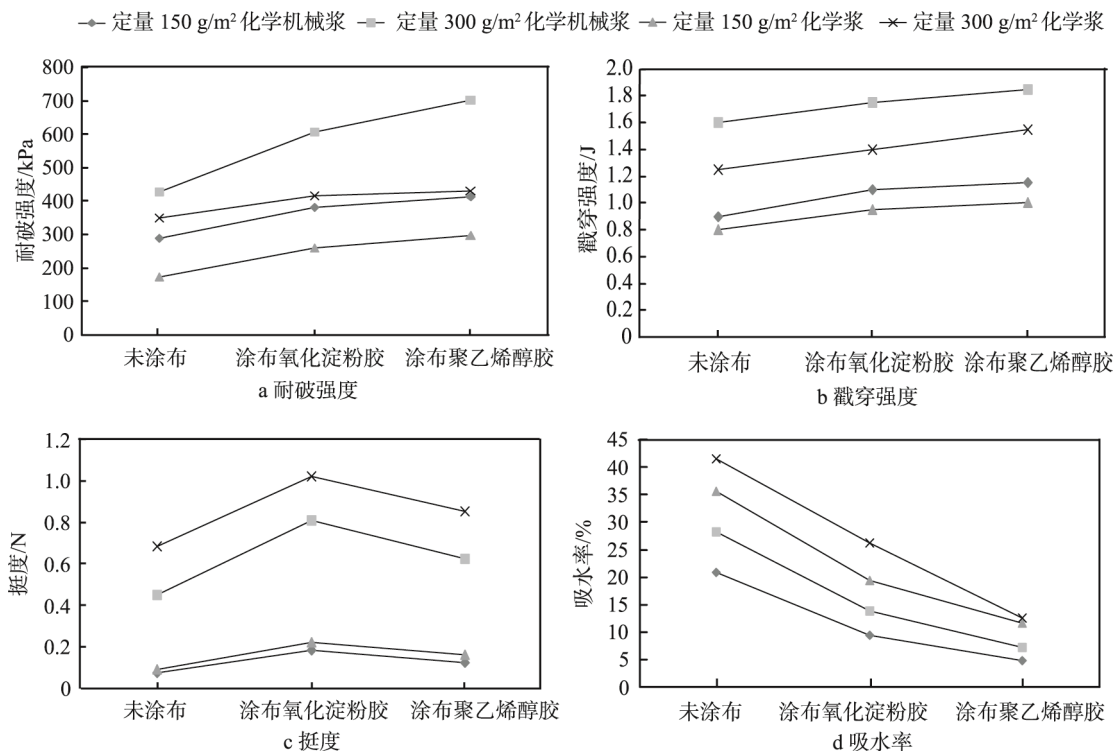


图5 不同纸板的力学性能分析

Fig.5 Analysis of mechanical properties of different board

纸板涂布后的挺度。由此可见,通过表面施胶可以增强纸板的挺度,涂布氧化淀粉胶的纸板由于氧化淀粉胶的渗透较高,可增加内部纤维之间的结合力,因此提高纸板韧性的效果也更明显,其挺度更好。

3.4 吸水性

3种纸板吸水性关系曲线见图5d。由图5d可知,同一定量、同一纸浆涂布聚乙烯醇胶的纸板吸水率小于涂布氧化淀粉胶的纸板,涂布氧化淀粉胶的纸板吸水率小于未涂布的纸板。通过对曲线斜率的进一步分析,化学机械浆纸板涂布后的吸水率减小趋势小于化学浆纸板涂布后的吸水率。由此可见,通过表面施胶使纸板表面形成阻隔性保护膜,阻碍水分吸收,另外,施胶剂向纸板内部渗透,减小了纤维之间的空隙,也起到降低吸水性的效果,因此表面施胶可以使纸板吸水率下降,即提高防水性,且表面成膜性较好的聚乙烯醇胶涂布的纸板对水分的阻隔性优于氧化淀粉胶涂布的纸板^[14-16]。

4 结语

对不同纸浆及不同定量的纸板涂布氧化淀粉胶和聚乙烯醇胶,并比较涂布后纸板的各项物理性能指标,经过研究分析得出以下结论。

1) 表面涂胶可以增强纸板的强度。同一定量、同一纸浆的条件下,涂布聚乙烯醇胶的纸板耐破强度和戳穿强度都要大于涂布氧化淀粉胶的纸板;相同定

量下,化学机械浆纸板的强度大于化学浆纸板的强度;相同纸浆下,定量越高的纸板强度越大。

2) 表面涂胶可以增强纸板的韧性,涂布氧化淀粉胶的纸板挺度要大于涂布聚乙烯醇胶的纸板。相同定量下,化学浆纸板的挺度大于化学机械浆纸板的挺度;相同纸浆下,定量越高的纸板挺度越大;表面涂胶可以降低纸板的吸水性,涂布聚乙烯醇胶的纸板吸水性要小于涂布氧化淀粉胶的纸板。

3) 化学机械浆纸板的吸水率小于化学浆纸板的吸水率。相同纸浆下,定量越高的纸板吸水率越大。

结合显微表征分析得出,涂布聚乙烯醇胶的纸板使表面纤维粘结性更好,这种表面成膜性有利于提高纸板的强度和防水性。涂布氧化淀粉胶的纸板向内部的渗透率更大,因此增加了内部纤维之间的结合力,提高了纸板韧性,使纸板挺度增强。在实际应用中可以根据具体包装要求,对纸板进行表面涂布以提高包装容器的物理性能。

参考文献:

- [1] 卢谦和. 造纸原理与工程[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
LU Qian-he. The Principle and Engineering of Paper[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007.
- [2] OLOTUAH O F. Suitability of Some Local Bast Fibre Plants in Pulp and Paper Making[J]. Journal of Biological Sciences, 2006, 6(3): 2—20.

- [3] 孙杰. 打浆方式对生活用纸未起皱原纸性能的影响[J]. 中华纸业, 2016, 8(2): 1—10.
SUN Jie. Beating Way Affect the Performance of Life Not Wrinkle Paper Base Paper[J]. China Pulp & Paper Industry, 2016, 8(2): 1—10.
- [4] 刘洋. 纸浆模塑包装制品的表观处理技术研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014.
LIU Yang. Apparent Processing Technology Research of Molded Pulp Packaging Products[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2014.
- [5] 杨向平. 造纸工业表面施胶剂的研究进展[J]. 中华纸业, 2012, 22(1): 2—12.
YANG Xiang-ping. The Research Progress of Paper-making Industry Surface Sizing Agent[J]. China Pulp & Paper Industry, 2012, 22(1): 2—12.
- [6] HWANG G S, WANG E, SU Y. Preparation of Composite Board Using Foil-laminated and Plastic-laminated Liquid Packaging Paperboard as Raw Materials[J]. Journal of Wood Science, 2007, 1(10): 5—14.
- [7] 唐龙祥, 王安锋. 高阻隔 PVA 涂布液的制备及性能[J]. 现代塑料加工应用, 2011(6): 1—8.
TANG Long-xiang, WANG An-feng. The Preparation and Properties of High Barrier PVA Coating Liquid[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2011(6): 1—8.
- [8] LEHTINEN E. The Dye Coating and Surface Sizing of Cardboard[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2005.
- [9] O'BRYNE M. Improving the Sustainability of Paper[J]. Paper Packing Industry, 2014, 4(1): 2—16.
- [10] 刘慧. 折叠纸盒强度的理论分析与试验研究[D]. 无锡: 江南大学, 2012.
LIU Hui. The Strength of Folding Carton Theoretical Analysis and Experimental Research[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2012.
- [11] PANYARJUN O, BURGESS G. Prediction of Bending Strength of Long Corrugated Boxes[J]. Packaging Technology & Science, 2001, 2(2): 6—10.
- [12] 黄承昌. 纸张的挺度研究[J]. 中国造纸, 2011, 8(5): 1—12.
HUANG Cheng-chang. The Stiffness Research of Paper[J]. China Pulp & Paper, 2011, 8(5): 1—12.
- [13] 肖香桂. 纸和纸板水分含量对物理性能的影响[J]. 四川造纸, 2015, 2(1): 10—19.
XIAO Xiang-gui. The Influence of Paper and Cardboard Moisture Content on the Physical Properties[J]. Sichuan Pulp & Paper, 2015, 2(1): 10—19.
- [14] 夏新干, 董最红, 张新昌. 一种新型疏水防潮包装纸板及其性能的研究[J]. 包装工程, 2010, 23(5): 20—32.
XIA Xin-gan, DONG Zui-hong, ZHANG Xin-chang. A New Type of Hydrophobic Moisture Proof Packaging Cardboard and Its Performance Study[J]. Packaging Engineering, 2010, 23(5): 20—32.
- [15] KOIVULA H M, JALKANEN L, SAUKKONEN E, et al. Machine-coated Starch-Based Dispersion Coatings Prevent Mineral Oil Migration from Paperboard[J]. Progress in Organic Coatings, 2016, 12(1): 5—12.
- [16] 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, 12(2): 1—8.
MA Xiao-bo, LI Ke-hong, WANG Dong, et al. The Main Factors of Influencing the Absorbent Paper[J]. Paper and Paper Making, 2013, 12(2): 1—8.