

人造板饰面涂布装饰原纸的制备及其印刷适性研究

潘娅萍, 张正健, 王满康, 陈蕴智, 王雪吟, 高欣, 陈银林, 辛纪辉

(天津科技大学, 天津 300222)

摘要: **目的** 为了解决传统装饰原纸大量加填所导致的填料流失严重、成纸强度较低和印刷适性不理想的问题。**方法** 实验以传统生产工艺为基础,减少原纸在抄造过程中的加填量,通过对纸张进行涂布来提高其质量。对装饰原纸表面进行涂布后检测涂布装饰原纸的物理性能和印刷适性,并采用PDA动态渗透特性分析仪研究装饰原纸的表面孔隙开放程度和内部孔隙大小情况。**结果** 涂布装饰原纸与市售高档装饰原纸相比,白度提高了0.6%,粗糙度下降了6%,匀度提高了33%,抗拉强度提高了340%,印刷色密度在暗调部分提高了21%,中间调部分提高了29%,亮调部分提高了55%。**结论** 当原纸内钛白粉加填的质量分数为20%,涂料中二氧化钛和瓷土质量比为50:50~60:40之间的涂布装饰原纸的各项性能得到改善。

关键词: 装饰原纸; 涂布; 印刷适性

中图分类号: TS801.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)09-0138-06

Preparation of Coated Decorative Base Paper and Its Printing Performance

PAN Ya-ping, ZHANG Zheng-jian, WANG Man-kang, CHEN Yun-zhi, WANG Xue-yin,
GAO Xin, CHEN Yin-lin, XIN Ji-hui

(Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

ABSTRACT: This work aimed to solve the problems of traditional decorative base paper such as serious filler wastage, low paper strength and poor printability caused by massive filling of titanium dioxide. The experiment was based on the traditional processing technology, the filling amount of base paper in the process of paper making was reduced and the quality of the paper was improved through coating. After coating the surface of the decorative base paper, the physical properties and the printability of coated decorative base paper were tested, and the surface pore opening degree as well as the internal pore size of decorative base paper was studied adopting PDA Dynamic Penetration Characteristics Analyzer. Compared to the commercial base paper produced by the traditional process, the whiteness, evenness and tensile strength of coated decorative base paper was increased by 0.6%, 33% and 340% respectively, and its roughness was decreased by 6%. In addition, the color density of dark tone, middle tone and high tone was improved by 21%, 29% and 55%, respectively. When the filling weight of the coating decorative base paper was 20% and the ratio of pigments was between 50:50 and 60:40, the performances of the coated decorative base paper were significantly improved.

KEY WORDS: decorative base paper; surface coating; printability

采用装饰纸进行人造板贴面,可提高木材利用率,能弥补木材的天然缺陷,提高人造板表面质量,替代优质木材^[1]。目前装饰材料市场广阔,装饰纸的需

求量不断上升,据中国林产工业协会装饰纸专业委员会的不完全统计,2014年我国人造板饰面专用原纸销量合计78.6万t,同比增长14.11%,其中装饰原纸销量

收稿日期: 2015-09-23

基金项目: 天津市高等学校国家级大学生创新创业训练计划(201410057098)

作者简介: 潘娅萍(1994—),女,甘肃金昌人,天津科技大学本科生,主攻印刷材料及适性。

通讯作者: 张正健(1981—),男,江苏人,博士,天津科技大学副教授,主要研究方向为印刷材料及适性。

70.9 万 t^[2],但国产装饰原纸质量存在一定的问题,无法满足印刷需要。近年来的研究中,国外的 Dutt D 等人^[3]采用硅酸盐和钛白粉结合以减少填料中钛白粉的使用量,提高纸浆的留着率。Drees T P 等人^[4]研究了改变纸浆和填料的含量对装饰原纸的强度和吸收性产生的影响。装饰原纸在抄造时加入钛白粉等无机填料,使其具有良好的白度和不透明度,但是会降低纸张的抗拉强度,为解决该问题,吴燕等人^[5]在造纸过程中使用超细硅酸铝部分替代钛白粉进行抄纸,结果表明,超细硅酸铝的引入有利于提高装饰原纸的吸水性和吸胶性,但会引起纸张其他性能的下降。为解决抄纸过程中钛白粉加填造成的缺陷,实验拟采用浆内加填和表面涂布相结合制备涂布装饰原纸,以提高纸张的印刷适性并减少填料流失,为提高国产装饰原纸质量提供有效的技术手段。

1 实验

1.1 材料

1.1.1 抄造装饰原纸的原材料

- 1) 市售高档装饰原纸。定量 90 g/m²的装饰原纸(山东齐峰新材料股份有限公司)。
- 2) 纸浆。漂白硫酸盐针叶木浆和阔叶木浆。
- 3) 填料。二氧化钛,盛钛 R-1199,高档金红石型钛白粉(天津市驰瑞盛钛化工有限公司)。用于装饰原纸加填的钛白粉有金红石和锐钛矿型,其中金红石型钛白粉的折光率高达 2.7,具有更高的遮盖力^[6]。
- 4) 分散剂。六偏磷酸钠(天津大学科威公司)。
- 5) 助留剂。聚丙烯酰胺(PAM)(德州瑞星净水原料有限公司)。PAM 是一种水溶性的高分子聚合物,不溶于大多数有机溶剂,因为其分子链中含有一定数量的极性基团,能通过吸附水中悬浮的固体粒子使粒子间架桥,或通过电荷中和使粒子凝聚形成大的絮聚物,且直链相对分子质量愈高,絮凝作用愈强,对成纸匀度的影响也愈大。PAM 具有良好的絮凝性,能提高钛白粉在纸浆溶液中的留着率,降低液体间的摩擦力^[7-9]。
- 6) 湿强剂。聚酰胺环氧氯丙烷(PAE),质量分数为 8.86%。PAE 树脂属于一种水溶性、阳离子型、热固性树脂,具有增湿强、效果好、无甲醛、用量少、成纸返黄少、使用方便、损纸回收容易的特点,特别适合中碱性抄纸,且兼有助留、助滤作用等优点,由于其无毒性被广泛应用于造纸工业中^[10]。

- 7) pH 值调节剂。硫酸铝,质量分数为 1%(天津市江天技术化工有限公司)。

1.1.2 涂料配制的原材料

- 1) 颜料。瓷土,二氧化钛,型号 R-1199(天津市驰瑞盛钛化工有限公司);分散剂。
 - 2) 胶黏剂。聚乙烯醇(PVA)1788(上海敬余实业有限公司)。PVA 的聚合度、水解度和醇解度对其性能有很大的影响。如果 PVA 的水解度增大,就很难溶于水,其粘结力就会变大,成膜性增强。当 PVA 的聚合度增大时,胶液的黏度就会变大,流动性就差,膜层的强度会增大^[11]。如果 PVA 的聚合度一样,醇解度小,涂布后纸张的光泽度和不透明度高,所印刷图像的实地密度也高,色差变化平缓。一般选择全水解型的中低型分子量的 PVA 作为配制涂料的胶黏剂,使用该类型的 PVA 所配涂料黏度较低,且涂布后涂层具有较好的强度。
 - 3) 其他材料。水性凹印油墨,黏度为 5.25 mPa·s(天津东洋油墨有限公司);异丙醇,质量分数为 16%。
- 将不同颜料比例的涂料配方编号为 A,B,C,见表 1。

表 1 不同颜料比例的涂料配方
Tab.1 Coating formulation with different pigment ratios

编号	二氧化钛溶液(50%)/g	瓷土溶液(50%)/g	分散剂/g	PVA(20%)/g	涂料固含量/%
A	50	50	1	62.5	36
B	60	40	1	62.5	36
C	100	0	1	62.5	36

1.2 仪器和设备

仪器和设备:槽式打浆机,9701054,瑞典 L&W 公司;打浆度测定仪,ZDJ-100,四川宜宾造纸厂;纸页成型器,法国 FDA TECHPAP 公司;磨砂分散机,CP4101G,日本松下通信工业有限公司;涂布机,K303,英国 RK Print Coat Instrument Ltd;压光机,NEG300 型,南京轻工业研究所;抗拉强度测定仪,SE062,瑞典 L&W 公司;透气度测定仪,SE115 型,970203 瑞典 L&W 公司;IGT G1 印刷适性仪;荷兰 X-Rite 418 彩色反射密度计等。

1.3 实验方法

- 1) 装饰原纸的抄造。把针叶浆和阔叶浆浆板撕成小片分别在水中浸泡,然后倒入槽式打浆机中打浆,甩干后密封冷藏;将针叶木浆和阔叶木浆按绝干量 80:20 的比例加入标准疏解机,转速为 15 000 r/min,

时间为5 min;配制填料,将称量好的二氧化钛和水倒入磨砂分散机中,速度为20万 r/min,加入分散剂的量为填料绝干量的0.4%,得到质量分数为1%的二氧化钛溶液;将填料钛白粉溶液加入搅拌中的纸浆溶液,依次加入PAM溶液、PAE溶液以及硫酸铝溶液,搅拌10 min左右,转速为900 r/min。最后,对其进行抄片,压榨,干燥和熟化。

2) 装饰原纸的涂布。把涂料倒入涂布机的料槽中,将涂布辊间的辊压力设为300 N,计量棒与辊之间的压力设为10 N,速度设为5 m/min,热风干燥温度设为100 ℃,干燥时间设为50 s,对抄造好的纸张进行涂布。

3) 涂布后的压光。使用压光机对晾干后的涂布装饰原纸进行压光,线压力设为30 N/mm,温度设为70 ℃,速度设为5 m/min。

1.4 实验测试

1) 物理性能的测定。纸张的白度参考 GB/T 22880—2008 纸和纸板 CIE 白度的测定。纸张的不透明度参考 GB/T 1543—2005。纸张的抗拉强度参考 GB/T 12914—2008。纸张的粗糙度、透气度、伸长率和吸水高度均参照 GB/T 28995—2012《人造板饰面专用纸》。

2) 印刷性能的测定。使用 IGT G1 凹版印刷适性仪对纸张进行印刷打样。印刷前先将油墨用磁力搅拌器搅拌30 min,充分搅拌均匀后再开始打样。调节 IGT G1 印刷压力为800 N,速度为2档,然后用移液枪转移0.75 mL 油墨放在印刷辊上,再用反射密度计检测打样纸条的印刷色密度和阶调。

3) PDA 动态渗透特性分析仪的测量过程。测量时,选择 PDA 动态渗透特性分析仪的超声波频率为2 Hz,采用35 mm半径的大孔径作为测量区域,同时选择注入高水位的液体。将专用的双面胶粘贴到测试板表面,且要保证测试板和双面胶间无气泡,裁出50 mm×80 mm的纸样,粘贴到测试板的双面胶上,贴的过程中,使用辊子沿一个方向轻轻碾压纸样,以确保无气泡存在。将带有纸样的测试板安装好,测量得出实验数据和能量变化曲线。

2 结果与讨论

2.1 物理性能

2.1.1 粗糙度和匀度

纸张的粗糙度主要取决于原材料及造纸工艺,特

别是纸张内部纤维本身的形态、分布状态、加填量和压光程度。采用粗糙度较低的纸张印刷,压印时能以最大的面积与橡皮布或印版上的图文进行接触,使油墨能更均匀、完整地转移,从而令原稿清晰细腻、层次饱满地再现在纸张上。涂布后装饰原纸的粗糙度明显下降,因为涂料颗粒填充了原本填料间的孔隙,使纸张表面更均匀平整。

涂布对装饰原纸粗糙度和匀度的影响见图1,涂布装饰原纸的粗糙度,随着涂料中二氧化钛所占颜料比例的增加,先上升后下降,当涂料中二氧化钛与瓷土质量比为60:40时,粗糙度最大,因为此时原纸对涂料的胶黏剂吸收性强,由于胶黏剂的迁移,颜料所形成的涂层结构较疏松,所以表面粗糙度较大。当涂料中二氧化钛与瓷土质量比为50:50,这时瓷土含量较多,因为瓷土晶型呈片状,所以涂层形成的结构比较紧凑,粗糙度降低。当颜料无瓷土时,涂层结构较紧凑,粗糙度不高。

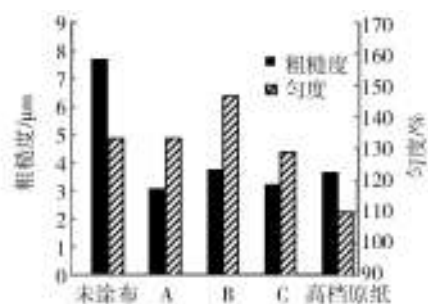


图1 涂布对装饰原纸粗糙度和匀度的影响

Fig.1 Effects of coating on the roughness and formation of decorative base paper

装饰原纸是一种经印刷、浸渍、压合在人造板上的装饰面纸,需具备较高的匀度和吸收性能,否则不仅影响印刷图像的质量,还会影响到吸胶的均匀性,使其在后期的压板过程中出现鼓泡或露底的现象。匀度好的纸张才能保证在涂布的过程中涂料能均匀地涂覆于纸张表面,生产出高质量的涂布纸。如果纸张的定量和厚度不均匀会影响涂料的分布,导致干燥不均匀而产生皱褶,涂层内的组分不均匀进而影响涂布纸的印刷适性。涂布装饰原纸的匀度随着涂料中二氧化钛所占颜料比例的增加,呈先上升后下降的趋势,当涂料中二氧化钛与瓷土颜料质量比为60:40的时候,匀度最高,这是因为在该比例条件下,二氧化钛和瓷土的协同效应达到最佳,涂料的流平性达到最好。实验得到的装饰原纸匀度均高于市售高档装饰原纸。

2.1.2 透气度和吸水高度

纸张透气度与匀度之间呈现局部二次曲线的关

系,可以通过提高纸张匀度来降低透气度,但随着匀度的提高,透气度的下降效果逐渐减弱^[12]。透气度越大,装饰原纸渗透水分的能力越强,在一定程度上反映了其浸胶的能力。

涂布对装饰原纸透气度和吸水高度的影响见图2,涂布后的装饰原纸的透气度与未涂布装饰原纸的透气度相比有大幅度的下降。当纸页结构紧度较低,即微孔半径较大或孔的数量多时,其透气度增加,涂料中二氧化钛与瓷土质量比为60:40的涂布装饰原纸,与质量比为50:50的涂料相比,其涂布量较低,纸页结构紧度较低,与无瓷土的涂料相比,所形成的涂层结构较为疏松,内部孔隙较多,透气度最大。

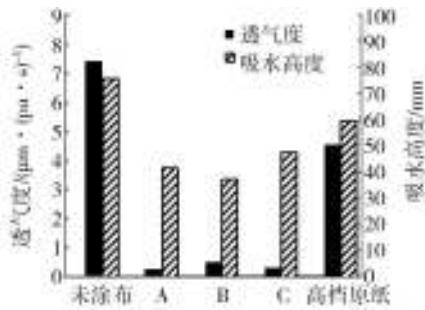


图2 涂布对装饰原纸透气度和吸水高度的影响
Fig.2 Effects of coating on the air permeability and suction height of decorative base paper

装饰原纸需要均匀浸胶,满足高速印刷(250 m/min)和高速浸渍(50 m/min)的技术要求,如果原纸吸收性能不均匀,会影响浸胶的车速及产量,还容易产生不饱和区域,致使后续的压板过程中出现干花、白点、雾状斑点、板面麻坑、图案模糊等质量问题^[13],因此装饰原纸要具备稳定良好的吸收性能。通过测量装饰原纸的吸水高度来判断装饰原纸后期在浸胶时对胶液的吸收能力。未涂布装饰原纸吸水高度较高,而涂布后装饰原纸的吸水高度随二氧化钛质量分数的上升先降低后升高。涂料中无瓷土时,吸水高度值最大。虽然涂布后装饰原纸吸水高度低于市售高档原纸,但均达到国家优等品吸水高度(20 mm/(10 min))的标准。

2.1.3 抗拉强度和伸长率

因为装饰原纸在印刷过程中,在辊与辊之间运行时会受到一定的拉力作用,所以装饰原纸必须具备一定的抗拉强度,使其受到力的作用时不会因为断纸而影响生产,可在不损害纸页吸收性的前提下尽量提高纸页强度。

涂布对装饰原纸抗拉强度和伸长率的影响见图3,装饰原纸抗拉强度随着涂料中二氧化钛的增加先

下降后上升。随二氧化钛的增加,涂料黏度下降,涂布量下降。涂料中二氧化钛与瓷土颜料质量比为50:50和60:40的涂料黏度相差不大,从涂料中迁移到原纸内部胶黏剂的量相差也不大,因此纸张抗拉强度受涂布量的影响较大。涂料中二氧化钛与瓷土颜料质量比为50:50的装饰原纸涂布量大,因此抗拉强度大。当涂料中无瓷土时,虽然涂布量减小,但是涂料黏度大幅度降低,迁移到纸张内部的胶黏剂增多,胶黏剂的渗入大大增加了纤维与纤维之间的结合力,使纸张抗拉强度明显提高。伸长率和抗拉强度的变化趋势基本一致。

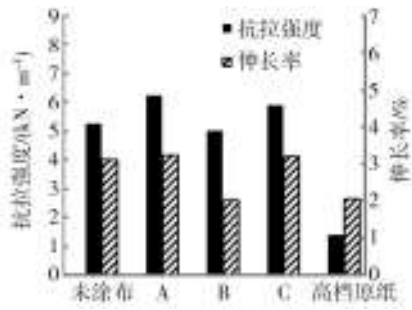


图3 涂布对装饰原纸抗拉强度和伸长率的影响
Fig.3 Effects of coating on the tensile strength and Elongation of decorative base paper

2.2 印刷性能

2.2.1 色密度

油墨在纸张上所能呈现的最大密度值,主要影响图像的最终视觉效果、色域和颜色保真度。从一定范围来说,色密度的大小能间接反映出印品质量的好坏。密度越大,该处墨层厚度越大,颜色越饱满,图像反差越大,色彩还原越逼真。

涂布对装饰原纸色密度的影响见表2,可以看出,使用IGT G1印刷适性仪对装饰原纸进行打样,随着涂料中二氧化钛的增加,涂层结构越来越紧凑,对油墨吸收作用减弱,打样时涂布装饰原纸的色密度值呈减小趋势。未涂布装饰原纸和涂布装饰原纸的色密度值均优于市售高档原纸,其中二氧化钛与瓷土颜料质量比为50:50的时候,涂布装饰原纸的色密度值最大。

2.2.2 阶调曲线

阶调是指印刷品反映原稿层次的能力,密度是衡量阶调再现的重要指标。密度越高,所能再现的层次越多,效果越好,其表面越能使油墨色彩的特性准确地表现出来,图像立体感强^[14]。由图4可知,3种颜料比例的涂布装饰原纸在中间调和亮调部分的色密度值基本相同,变化趋势一致。在暗调区域,涂料中二

表2 涂布对装饰原纸色密度的影响

Tab.2 Effect of coating on the color density of decorative base paper

凹版深度/ μm	色密度				市售高档装饰原纸
	未涂布	A	B	C	
48	1.21	1.35	1.29	1.27	1.11
46	1.18	1.3	1.29	1.23	1.08
44	1.17	1.28	1.27	1.22	1.06
42	1.11	1.26	1.24	1.19	1.03
38	1.03	1.15	1.13	1.1	0.94
34	0.89	1.06	1.03	1.04	0.81
30	0.73	0.92	0.89	0.92	0.65
22	0.33	0.44	0.45	0.47	0.29
18	0.24	0.3	0.29	0.28	0.19
14	0.12	0.17	0.16	0.15	0.11

氧化钛与瓷土颜料质量比为 50:50 时的涂布装饰原纸色密度值最大,此时,印刷反差最大,阶调再现效果最佳。涂布后装饰原纸的阶调再现能力明显提高。

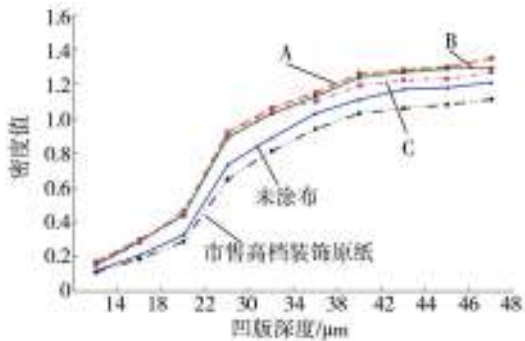


图4 装饰原纸的阶调曲线

Fig.4 Tone reproduction of the coating decorative base paper

2.3 动态渗透特性

动态渗透特性主要描述的是从纸张和液体接触的瞬间到液体渗入纸张内部这个过程中能量连续变化的趋势。这个过程时间很短,使用动态渗透特性分析仪可以把这一能量变化过程用连续的曲线表达出来。曲线下降越快,液体渗透到纸张中的速度越快,说明孔隙开放程度越大,纸张不均匀。实验以水作为测量液体来检测纸张表面孔隙的开放程度,以异丙醇溶液作为测试液体来检测纸张内部孔隙的开放程度,观察能量从 100% 下降到 95% 这个阶段所需的时间长短来分析纸张的孔隙情况,从而得到纸张的渗透吸收性能。

2.3.1 表面结构特性分析

以水为测试液,装饰原纸的动态渗透特性曲线见

图 5,可看出,未涂布装饰原纸在最开始的几毫秒内能量衰减最快,因为未涂布装饰原纸表面不均匀,对水的吸收很快,形成的气泡很多,散射界面增多,导致接收到的超声波能量减少。涂料中二氧化钛与瓷土颜料质量比为 60:40 的曲线在刚开始的几毫秒下降最快,这是因为二氧化钛颗粒一般呈圆形,在圆形颗粒中加入了一部分片状结构的瓷土颗粒,涂层组成的结构较疏松,纸张表面孔隙开放的程度高,该曲线下降最慢,说明其对水的吸收比较均匀,对油墨的吸收性较好,涂料中二氧化钛与瓷土颜料质量比为 50:50 的表面结构相对也比较均匀。

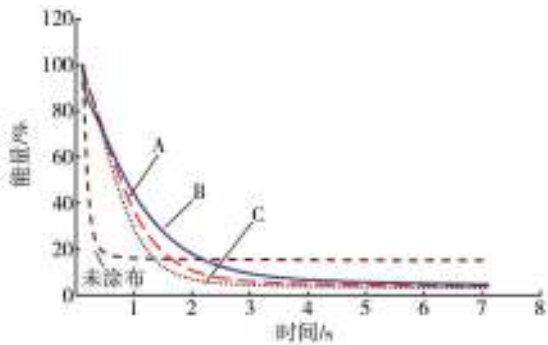


图5 装饰原纸的动态渗透特性曲线

Fig.5 Dynamic permeability curves of the coating decorative base paper

2.3.2 内部结构特性分析

以异丙醇为测试液,装饰原纸的动态渗透特性曲线见图 6,可看出,曲线下降速率随着涂料中二氧化钛的增加,呈先增大后减小的趋势,由于异丙醇溶液的表面张力较小,能快速渗透进纸张涂层的内部结构中,未涂布装饰原纸曲线下降最快,说明其纸张内部结构不够均匀,而涂料中二氧化钛与瓷土颜料质量比为 50:50 的曲线下降最慢,这是因为其内部结构较均匀,异丙醇溶液在渗透过程中形成的气泡少,因此对超声波能量衰减较少。

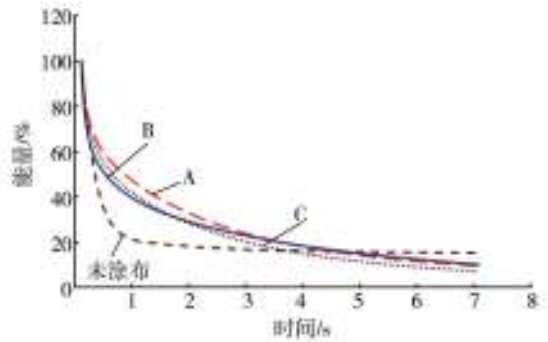


图6 装饰原纸的动态渗透特性曲线

Fig.6 Dynamic permeability curves of the coating decorative base paper

印刷适性的好坏取决于纸张表面和内部结构的孔隙开放程度的大小,纸张均匀性越好,对油墨的固着性越强,色密度值越高,这就是使用 IGT G1 印刷适性仪打样时,涂料中二氧化钛与瓷土颜料质量比为 50:50 的装饰原纸的印刷色密度最高的原因。

3 结语

原纸内钛白粉加填的质量分数为 20%,涂料中二氧化钛和瓷土质量比为 50:50~60:40 之间可以有效改善装饰原纸的物理性能和印刷适性,既可达到减少填料加填量的目的,也使纸张各项物理性能达标,印刷适性最好。

参考文献:

- [1] 刘瑞诺,田卫国,丁武斌.我国印刷装饰纸发展现状[J].中国人造板,2011,18(1):4—6.
LIU Rui-nuo, TIAN Wei-guo, DING Wu-bin. Current Situation of the Decor Paper Industry and Its Domestic Market[J]. China Wood-Based Panels, 2011, 18(1):4—6.
- [2] 中国林产工业协会装饰纸专业委员会.2014年全国人造板饰面专用原纸销量约 78.6 万吨[J].中国人造板,2015(4):41.
China Cnfpia Decorative Paper Specialized Committee. The National Artificial Veneer Special Paper Sales of about 786000 t in 2014[J]. Chinese Artificial Board, 2015(4):41.
- [3] DUTT D, JAIN R K, MAHESHWARI A, et al. Cost Reduction Studies of Decorative Laminates[J]. Bioresources, 2011, 6(2): 1495—1504.
- [4] DREES T P, LAURENCE K J, OBRIEN K F. Decorative Laminate Assembly and Method for Producing Same: US, 6803110[P]. 2004—10—12.
- [5] 吴燕,姚金伍,于浩,等.超细硅酸铝在装饰原纸中的应用研究[J].造纸科学与技术,2008,27(5):27—31.
WU Yan, YAO Jin-wu, YU Hao, et al. Application of Ultra Fine Aluminum Silicate in Decorative Base Paper Facture[J]. Paper Science & Technology, 2008, 27(5):27—31.
- [6] 陈南男,李哲建,赖君君,等.影响低定量装饰原纸纸页性能的因素[J].纸和造纸,2014(4):18—21.
CHEN Nan-nan, LI Zhe-jian, LAI Jun-jun, et al. Research on the Influence Factors of Sheet Performance of Light Basis Weight Decorative Base Paper[J]. Paper and Paper Making, 2014(4):18—21.
- [7] FRANCOINS B, DANIEL M, ERUNO C. A New Microparticle System to Improve Retention/Drainage in Fine Paper Manufacturing[J]. Appita Journal, 2005, 58(1):47—51.
- [8] 刘军钊.利用高相对分子质量聚丙烯酰胺改善助留效果[J].造纸化学品,2012(6):7—9.
LIU Jun-tai. Retention Improvement with Polyacrylamide of Higher Relative Molecular Weight[J]. Paper Chemicals, 2012(6):7—9.
- [9] DIDATO T, BALLIETT F. The Use of Single Polyacrylamide Retention System[C]// Proceedings of the 1991 TAPPI Paper-makers Conference, 1991.
- [10] 何裔鑫,薛国新,陈金龙,等.造纸湿强剂 PAE 的改性研究进展[J].造纸化学品,2011(5):2—5.
HE Yi-xin, XUE Guo-xin, CHEN Jin-long, et al. Research Trends of Modified PAE Wet-strengthening Agent in Paper-making[J]. Paper Chemicals, 2011(5):2—5.
- [11] 陈志周,王建清.聚乙烯醇成膜性及影响因素研究[J].包装工程,2009,30(1):4—7.
CHEN Zhi-zhou, WANG Jian-qing. Studies on Filming and Effects of Polyvinyl Alcohol[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(1):4—7.
- [12] 樊慧明,王命,刘建安.纸张匀度与透气度关系的探究[J].中华纸业,2013(8):30—33.
FAN Hui-ming, WANG Ming, LIU Jian-an. A Study on Relationship between Paper Formation and Air Permeability[J]. Chinese Paper Industry, 2013(8):30—33.
- [13] 刘瑞恒,付时雨.装饰原纸质量的影响因素及生产工艺控制[J].华东纸业,2007,38(5):18—21.
LIU Rui-heng, FU Shi-yu. Influence Factors and Control of the Production Process of Decorative Base Paper Quality[J]. East China Paper, 2007, 38(5):18—21.
- [14] 鄧云.包装用纸印刷适性的比较与分析[J].纸和造纸,2014(4):61—64.
ZHI Yun. Packing Paper Printability Comparison and Analysis [J]. Paper and Paper Making, 2014(4):61—64.