

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2016.03.013

# 烟包印刷中水性光油耐摩擦性能研究

康 希

(武汉大学 印刷与包装系, 湖北 武汉 430079)

**摘 要:** 在烟包印刷用水性光油中添加慢干剂、蜡乳液、阳离子表面活性剂等, 配制多组水性光油, 以研究光油的流平性、蜡乳液含量、表面张力及干燥时间等对水性光油耐摩擦性能的影响。研究表明: 不同种类的添加剂及其含量对水性光油的耐摩擦性能影响不同, 添加慢干剂、蜡乳液及阳离子表面活性剂均能提高光油的耐摩擦性能, 流平性和蜡乳液含量对光油的耐摩擦性能影响最大; 慢干剂、初次上光量为光油的流平提供了足够的时间, 使得光油自身流平较好, 耐磨度较高, 而蜡乳液、表面活性剂分别从抵消外部应力和提高光油润湿性能2个方面提高了光油的耐摩擦性能; 随着干燥时间的延长, 光油的耐摩擦性能得以提高, 当镭射纸的干燥时间为10 s、白卡纸的干燥时间为12 s时, 其光油的耐摩擦性能最好。

**关键词:** 烟包印刷; 水性光油; 耐摩擦性能; 流平性; 表面张力; 干燥时间

中图分类号: TS802.3

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2016)03-0071-05

## Research on Friction Resistance of Water-Soluble Varnish in Cigarette Packaging Printing

KANG Xi

(School of Printing and Packaging, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** By adding slow drying agent, wax emulsion, cationic surface active agent into water-soluble varnish, new water-soluble varnish was compounded for experiments to study the impacts of leveling property, the addition of wax emulsion, surface tension and drying conditions on the friction resistance of water-soluble varnish. The results showed that different categories and contents of additives had different impacts on the friction resistance. The friction resistance of coating film could be improved by adding slow drying agent, wax emulsion, cationic surface active agent, while leveling property and rate of wax emulsion showed greatest impacts on the friction resistance. Addition of slow drying agent and first polish allowed enough time for leveling, the effect of leveling and friction resistance were good. Addition of wax emulsion and surface active agent decreased the external stress and improved the wetting ability of water-soluble varnish, therefore it improved the friction resistance too. With the extension of drying time, friction resistance could also be improved. Under the condition of drying time being 10 s for laser paper and 12 s for white cardboard, water-soluble varnish demonstrated optimal friction resistance performance.

**Key words:** cigarette packaging printing; water-soluble varnish; friction resistance; leveling property; surface tension; time of drying

收稿日期: 2015-12-12

作者简介: 康 希 (1991-), 男, 安徽阜阳人, 武汉大学硕士生, 主要研究方向为印刷材料与适性,

E-mail: [568674183@qq.com](mailto:568674183@qq.com)

## 0 引言

在烟包印刷中,为提高产品表面油墨的光泽度、耐磨度以及产品本身的精美度,企业常使用上光油对烟包进行上光工艺处理。常见的上光油包括溶剂挥发型、UV 固化型以及水性光油 3 种<sup>[1]</sup>。溶剂挥发型和 UV 固化型 2 种光油因具有光油耐摩擦性能好、成膜光泽度高、耐折性能好等优势,故曾被大量运用于需要上光的烟包表面。但是溶剂挥发型光油的构成成分中含有苯类(甲苯、二甲苯)或环己酮等有毒溶剂,后期的挥发干燥将产生大量的挥发性有机化合物(volatile organic compounds, VOC),会造成严重的环境污染问题;而 UV 光油依靠紫外光照射下的单体交联聚合成膜,虽无 VOC 的排放,但是其上光设备多依靠进口,价格昂贵,且上光后的成品回收处理困难。因此,在绿色环保和节能减排理念的倡导下,越来越多的烟包印刷企业选择水性光油进行烟包上光<sup>[2-3]</sup>。

水性光油是基于水基和醇基的丙烯酸类等水溶性树脂液,其主要依靠对承印物的渗透干燥为主、热风干燥为辅的干燥方式<sup>[4]</sup>,最大的优点为在凹印机上使用时光油的黏度极易控制<sup>[5]</sup>。但烟包上光时水性光油同样面临诸多问题:联线上光速度过快,多色印刷之后热风干燥设备很难让多色叠印的油墨彻底干燥,这将导致后期的光油成膜度下降及耐磨度降低;光油在没有完全流平延展的情况下固化成膜,会导致膜层凹凸不平,出现橘皮现象<sup>[6-7]</sup>;耐摩擦性能较差,而烟包包装时速度高达 300~500 包/min,烟包要承受很大的机械冲击力<sup>[8]</sup>,这就要求烟包表面的水性光油具有较强的耐摩擦性能。因此,有必要研究水性光油与耐摩擦性能之间的关系。本文针对烟包印刷中水性光油上光时干燥速度慢、光泽度不高、耐摩擦性能较差等问题,对烟包印刷中凹印联线水性上光油耐摩擦性能的影响因素进行了检测与分析,力求找出各变量与光油耐摩擦性能的关系,以期为企业进行烟包水性上光提供理论参考。

## 1 耐摩擦性能评价方法

根据 GB/T 7706—2008《凸版装潢印刷品》中的规定,实验使用配重摩擦检测法,对水性光油的耐摩擦性能进行检测。

首先,取表面已经涂布并完全固化的样张,剪成合适的样条,放在耐摩擦测试机上(耐摩擦测试机工作原理如图 1 所示),摩擦纸为定量 80 g/m<sup>2</sup> 的胶版纸,表面清洁,宽度为 50 mm,摩擦次数为 40 次,行

程不小于 60 mm。摩擦之前选取 3 点,测量其密度值并取平均值;然后进行摩擦,完成后,对摩擦损失较为严重的区域测量其密度值,同样测量 3 点并取平均值;最后,根据如下公式计算耐摩擦度:

$$A_s = \frac{D}{D_0} \times 100\%。$$

式中:  $A_s$  为墨层耐磨度;

$D$  为试样摩擦后墨层的平均密度值;

$D_0$  为试样摩擦前墨层的平均密度值。

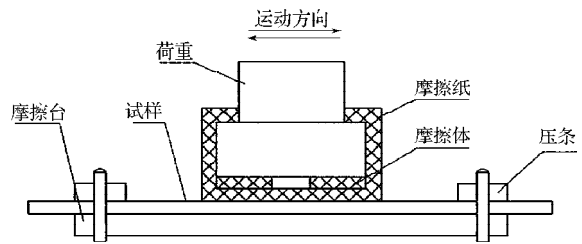


图 1 耐摩擦测试机工作原理

Fig. 1 Principle of rub tester

规定墨层耐磨度在 70% 以上时为合格。

这种方法通过测量底色墨层密度的变化来表示光油耐摩擦性能,是一种间接测量光油耐摩擦性能的方法。密度变化越大,说明光油耐摩擦性能越差;密度变化越小,则说明光油耐摩擦性能越好。

## 2 实验

### 2.1 主要测试样品及测量仪器

烟包印刷用银光柱镭射转移纸,定量为 157 g/m<sup>2</sup>,实验对比用白卡纸,定量为 157 g/m<sup>2</sup>,均为深圳市金永盛纸制品公司生产;凹印四色油墨,天津东洋油墨公司生产;01103 号水性光油、81299 号水性光油、慢干剂、阳离子表面活性剂、蜡乳液,均为山西中北公司生产。

接触角测量仪,Attension 3DTM,瑞典百欧林公司;凹印适性仪,IGT G1-5,厦门欣锐仪器仪表有限公司;分光光度计,X-Rite528,美国爱色丽公司;鼓风式烘干箱,深圳市爱特尔电子科技有限公司;探针式数字温度计,TP3001,深圳市同力兴科技有限公司;耐摩擦测试仪,M CJ-01A,济南市赛成电子科技有限公司;KINO 表面张力测试仪,瑞典百欧林公司。

### 2.2 实验方法

为方便实验的进行,所有样条(镭射纸、白卡纸,下同)均提前裁切成 25 cm × 5 cm 的标准样条,并挂置于恒温恒湿箱中 24 h。实验环境为模拟印刷车间环境条件,实验室温度为 20~25 ℃,相对湿度为 55%。另外,除特殊说明,本实验所有上光标准样条

干燥时间均为 10 s, 干燥温度均为 40 ℃。

#### 1) 流平性实验

使用凹印适性仪, 对标准样条印刷 1 层凹印油墨, 待其干燥后, 使用不同添加体积分数慢干剂的水性光油进行上光, 烘干后进行第 2 次上光, 再次烘干, 然后检测慢干剂对光油耐磨度的影响。

使用凹印适性仪, 对标准样条先印刷 1 层凹印油墨, 待其干燥后, 进行第 1 次不同厚度的水性光油上光, 待其烘箱干燥后进行第 2 次同等厚度的水性光油上光, 然后进行烘干处理, 用以检验 2 次上光时流平性对光油耐摩擦性能的影响。

#### 2) 表面张力实验

取 01103 号、81299 号 2 种水性光油, 对干燥后的印刷标准样张进行上光, 置于烘箱干燥后, 检测不同表面张力与耐摩擦性能的关系。

取添加不同体积分数阳离子表面活性剂的 01103 号水性光油, 对印刷干燥后的标准样条上光, 置于烘箱干燥后, 排除其他因素影响, 检测表面张力这个单一变量对光油耐摩擦性能的影响。

#### 3) 蜡乳液实验

采用添加不同体积蜡乳液的 01103 号水性光油, 对干燥后的印刷标准样张进行上光, 待其烘干后, 检测蜡乳液的不同添加量对光油耐摩擦性能的影响。

#### 4) 干燥性能实验

采用 01103 号水性光油, 对干燥后的印刷标准样张进行上光, 设置不同的烘干时间进行干燥处理, 检测干燥性能对光油耐摩擦性能的影响。

## 3 结果及分析

### 3.1 流平性对光油耐摩擦性能的影响

凹版印刷使用的慢干剂主要由高沸点醇类、酯类组成<sup>[9]</sup>。水性光油中添加一定量的慢干剂, 可有效降低溶剂的挥发速度, 延长光油的干燥时间, 有利于光油流平的同时, 还能降低其表面缩孔的产生。另外, 凹版印刷中承印物的表面平滑度越高, 光油在流平过程中受到的阻力越小, 流平速度和效果越好。

通过向水性光油中添加不同体积分数的慢干剂, 分析该因素对光油膜层耐摩擦性能的影响, 其结果见图 2。由图 2 可知, 当慢干剂添加体积分数从 0 变化到 1.0% 时, 光油的耐磨度由最初的 87.4% (白卡纸) 和 90.7% (镭射纸) 分别增强至 93.7% 和 95.9%。但是, 当慢干剂添加体积分数超过 1.0% 时, 光油的干燥速度变得缓慢, 这使得 2 种纸张光油的耐磨度均有所下降。其主要原因可能为: 慢干剂添加体积分数的持

续增加带来了光油膜层的不稳定, 导致了光油耐摩擦性能的降低。

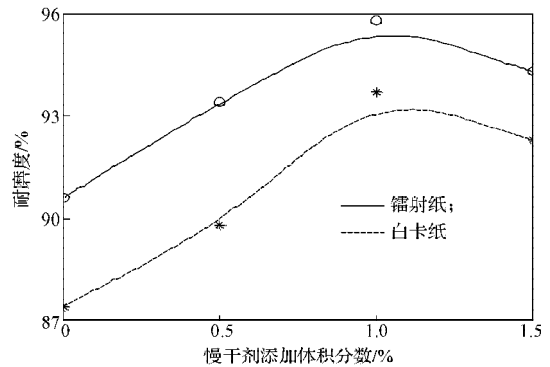


图 2 慢干剂含量对光油耐摩擦性能的影响

Fig. 2 Effect of the content of slow drying agent on friction resistance of water-soluble varnish

图 3 为初次上光量对光油耐摩擦性能的影响。

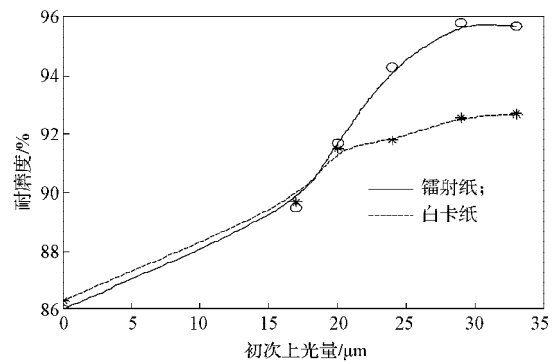


图 3 初次上光量对光油耐摩擦性能的影响

Fig. 3 Effect of initial weight on friction resistance of water-soluble varnish

从图 3 中可以看出, 水性光油的耐摩擦性能随着初次上光量的增加而增强, 但是达到一定上光量即印版网穴深度为 29  $\mu\text{m}$  时, 其耐摩擦性能趋于稳定。初次上光相当于在承印物表面先打 1 层底油, 形成一个相对较为光滑的表面。这样, 进行第 2 次上光时, 承印物材料表面光滑平整, 有利于光油的流平, 光油成膜更平整光滑, 光泽度更高, 耐摩擦性能更好。随着承印材料的表面光滑度逐渐提高, 初次上光量对光油耐摩擦性能的影响趋于稳定, 继续增加初次上光量, 也不会增强光油的耐磨度。

### 3.2 表面张力对光油耐摩擦性能的影响

光油表面张力与光油中树脂的种类与含量、润湿剂的添加量以及其他各种助剂的含量有关<sup>[10]</sup>。根据润湿理论, 光油的表面自由能越低越容易发生润湿, 其在油墨或纸张表面的附着能力也越强, 光油的膜层会更厚, 其耐摩擦性能也更好。在水性光油中添加阳离子型表面活性剂, 可在不影响水性光油其他性能的情况下有效降低光油的表面张力, 改善

光油对底材的润湿性,有利于光油的铺展和干燥,从而提高光油的膜厚和耐摩擦性能。

采用表面张力测试仪,测得2种不同水性光油表面张力的耐摩擦性能,其结果如表1所示。由表1可知,表面张力较低的01103号光油,其耐磨度要高于表面张力较高的81299号光油的耐磨度。

表1 2种光油的耐摩擦性能

Table 1 Friction resistance of two kinds of water-soluble varnish

光油种类	表面张力 / ( $\times 10^{-3} \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ )	上光量 / $\mu\text{m}$	耐磨度 / %
01103号	22.67	24	89.6
81299号	31.45	24	86.7

实验通过改变光油内阳离子表面活性剂的添加体积分数,比较不同表面张力下同种水性光油的耐摩擦性能。图4所示为阳离子表面活性剂添加体积分数对光油耐摩擦性能的影响。

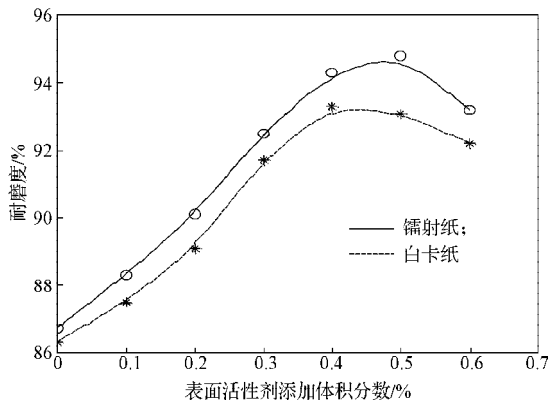


图4 阳离子表面活性剂含量对光油耐摩擦性能的影响

Fig. 4 Relationship between content of cationic surfactants and friction properties of water-soluble varnish

由图4可知,随着阳离子表面活性剂的添加体积分数由0增至0.5%,镭射纸和白卡纸的耐磨度分别由最初的86.8%和86.4%提高到94.7%和92.9%。但当表面活性剂添加体积分数超过0.5%时,过多的表面活性剂会导致光油膜层变厚,使得其干燥困难,从而给光油成膜带来负面影响,导致光油的耐摩擦性能降低。

### 3.3 蜡乳液含量对光油耐摩擦性能的影响

蜡乳液是由石蜡、乳化剂以及调节剂复配而成的稳定的乳液<sup>[11]</sup>。如水性光油中加入蜡乳液,在光油成膜过程中,蜡乳液会漂浮在光油膜层表面,形成保护层,而蜡颗粒多为球形,当应力作用在光油膜层的表面时,球状的蜡颗粒会将其分散,从而可以减轻外界应力对光油膜层的破坏。

蜡乳液的添加体积分数与蜡乳液颗粒度对光油膜层耐摩擦性能具有一定的影响。将2种不同粒径的蜡乳液以体积比为1:1的比例加入水性光油中,小颗

粒用以填充到大颗粒的缝隙中,最终使蜡保护层更加细密光滑,其保护作用更加突出。蜡乳液添加体积分数对光油耐摩擦性能的影响如图5所示。

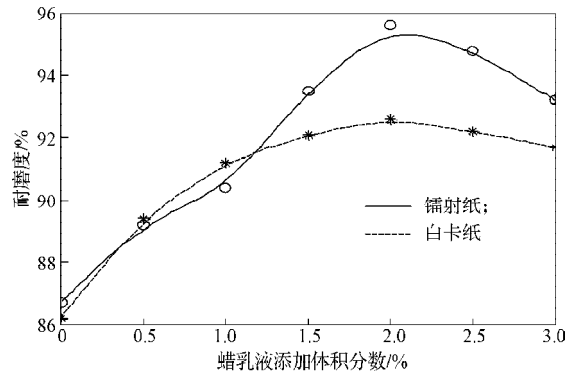


图5 蜡乳液含量对光油耐摩擦性能的影响

Fig. 5 Effect of content of wax emulsion on friction resistance of water-soluble varnish

由图5可知,相对于单一颗粒<sup>[12]</sup>的蜡乳液,不同颗粒蜡乳液的耐摩擦性能有较大提高。但是蜡乳液添加体积分数过高(本实验中约为大于2.0%)同样会影响光油的成膜性能,所以不宜添加过量的蜡乳液<sup>[13]</sup>。

### 3.4 干燥时间对光油耐摩擦性能的影响

水性光油中树脂的干燥机理为:当干燥温度略高于光油成膜的最低温度时,树脂颗粒就会交联,并在印品表面形成光滑均匀的膜层<sup>[14]</sup>。但此刻光油中的溶剂并没有完全渗透或者挥发,光油与承印材料之间结合不牢固,光油表现为初干性;随着干燥时间的延长,溶剂完全挥发,光油表现出彻干性,最终完全附着在承印物上。由于凹版印刷中多采取联机上光,造成光油干燥时间短、干燥不彻底、在印后加工时容易出现划伤等问题。

不同干燥时间对光油耐摩擦性能的影响见图6。

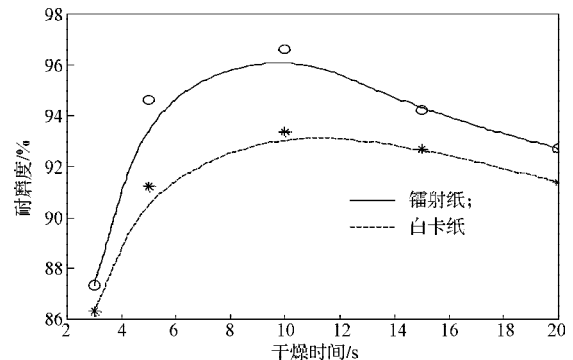


图6 干燥时间对光油耐摩擦性能的影响

Fig. 6 Effect of drying time on the friction resistance of water-soluble varnish

由图6可知:随着干燥时间从3s延长至10s,上光后镭射纸和白卡纸的耐磨度分别从87.3%和86.2%增加至96.2%和92.7%,且镭射纸干燥时间为10s、白卡纸为12s时,其光油的耐摩擦性能最好。但是随

着干燥时间的延长, 底层油墨会出现一定程度的粉化现象, 从而影响表面光油的成膜性能, 导致光油的耐摩擦性能下降。

## 4 结论

在水性光油中添加慢干剂、蜡乳液、阳离子表面活性剂等, 配制多组水性光油, 以研究光油的流平性、蜡乳液含量、表面张力及干燥时间等对水性光油耐摩擦性能的影响。研究结果表明:

1) 不同种类的添加剂及其含量对水性光油的耐摩擦性能影响不同。添加慢干剂、蜡乳液及阳离子表面活性剂均能提高光油的耐摩擦性能, 其中, 流平性和蜡乳液含量对光油的耐摩擦性能影响最大。

2) 慢干剂、初次上光量为光油的流平提供了足够的时间, 使得光油自身流平较好, 耐磨度较高。蜡乳液、表面活性剂分别从抵消外部应力和提高光油润湿性能 2 个方面提高了光油的耐摩擦性能。

3) 随着干燥时间的延长, 光油的耐磨度得以提高, 当镭射纸的干燥时间为 10 s、白卡纸的干燥时间为 12 s 时, 其光油的耐摩擦性能最好。

### 参考文献:

- [1] 梁文波, 郑 军, 张士军, 等. 水性光油的研究[J]. 化学与黏合, 2011, 33(1): 43-46, 54.  
LIANG Wenbo, ZHENG Jun, ZHANG Shijun, et al. Study on the Waterborne Glazing Oil[J]. Chemistry and Adhesion, 2011, 33(1): 43-46, 54.
- [2] 屈贞财. 环保油墨助推绿色烟包印刷健康发展[J]. 印刷质量与标准化, 2013(7): 21-23.  
QU Zhencai. Environmental Friendly Ink to Boost the Healthy Development of Cigarette Packaging Printing[J]. Printing Quality and Standardization, 2013(7): 21-23.
- [3] 刘丰杰. 烟包绿色印刷工艺探索: 烟包水性油墨凹印的推广实践[J]. 印刷技术, 2013(20): 51-54.  
LIU Fengjie. Explore of Green Tobacco Package Printing Process in Cigarette Packaging: Practice of Water-Soluble Varnish in Gravure[J]. Printing Technology, 2013(20): 51-54.
- [4] 高美连. 抗粘连水性上光油的研制与市场应用[D]. 郑州: 郑州大学, 2012.  
GAO Meilian. Development and Applications of Water-Based Gloss Paper Coatings with High Adhesion: Resistance Property[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2012.
- [5] 庞洪秀, 翟洪杰, 刘三国, 等. 环保水性油墨成就“绿色”烟包[J]. 广东印刷, 2014(2): 44-45.  
PANG Hongxiu, ZHAI Hongjie, LIU Sanguo, et al. Environmental Protection Water-Soluble Varnish Achievements in “Green” Smoke Packaging Printing[J]. Guangdong Printing, 2014(2): 44-45.
- [6] 王杨勇. 水性油墨用苯乙烯-丙烯酸树脂的合成研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.  
WANG Yangyong. Research on Synthesis of Styrene-Acrylic Adhesive Resin for Water-Based Ink[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2012.
- [7] 覃有学. 油墨的表面张力与流平[J]. 丝网印刷, 2012(12): 25-32.  
QIN Youxue. Surface Tension and Leveling of Ink[J]. Screen Printing, 2012(12): 25-32.
- [8] OZALP M, GEZER I, KORKUT S. The Investigation of Heat Treatment with Water-Based Varnish Double Components in Varnish Applications of Wood Material[J]. African Journal of Biotechnology, 2009, 8(8): 1689-1694.
- [9] 杜晓萌, 邓开发, 邓文骏. 改善水性光油防水性的研究[J]. 包装工程, 2014, 35(1): 61-63, 68.  
DU Xiaomeng, DENG Kaifa, DENG Wenjun. Improving the Waterproof Properties of Water-Based Varnish[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(1): 61-63, 68.
- [10] 王少会, 杨绍明, 章家立. 水性上光油用苯丙共聚乳液的合成及性能表征[J]. 中国胶粘剂, 2012, 21(2): 1-4.  
WANG Shaohui, YANG Shaoming, ZHANG Jiali. Synthesis and Properties Characterization of Styrene-Acrylate Copolymer Emulsion for Waterborne Varnish[J]. China Adhesives, 2012, 21(2): 1-4.
- [11] 曾 渊, 朱先梅, 彭志勤, 等. 表面活性剂对水性油墨干燥性能的影响[J]. 中华纸业, 2015(6): 33-36.  
ZENG Yuan, ZHU Xianmei, PENG Zhiqin, et al. The Influence of Surfactants on the Drying Properties of Water-Based Ink[J]. China Pulp and Paper Industry, 2015(6): 33-36.
- [12] 欧阳向南. 新型表面活性剂的合成与性能研究[D]. 荆州: 长江大学, 2013.  
OUYANG Xiangnan. Research on Synthesis and Performance Evaluation of A Novel Surfactant[D]. Jingzhou: Yangtze University, 2013.
- [13] 赵德平, 魏先福, 黄蓓青, 等. 影响水性光油耐划伤性的因素[J]. 包装工程, 2010, 31(17): 132-134.  
ZHAO Deping, WEI Xianfu, HUANG Beiqing, et al. Influencing Factors on the Scratch Resistance of Water-Soluble Varnish[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(17): 132-134.
- [14] KATIE S Howe, EWAN R Clark, JAMES Bowen, et al. A Novel Water-Based Cathode Ink Formulation[J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2012, 38(3): 1731-1736.

(责任编辑: 徐海燕)