

高硬度耐污染水性木器漆的制备及漆膜性能评价

张念椿^{1,2}, 曾令旺^{1,3}, 何显锋^{1,3}, 殷玉花^{1,3}

(1. 大自然家居(中国)有限公司, 广东佛山 528000; 2. 广东大自然家居科技研究有限公司, 广东佛山 528000;

3. 广东盈然木业有限公司, 广东佛山 528000)

摘要: 为开发人造板涂饰用高性能水性木器漆产品, 进行水性木器漆配方设计, 通过单因素试验, 分析配方各成分的影响, 筛选相应乳液和助剂, 并用于中密度纤维板的涂饰。漆膜理化性能测试结果表明: 丙烯酸乳液 XK-14 和聚氨酯改性丙烯酸乳液 PR-100 按 35:30 的质量配比, 辅以成膜剂 5%、钛白浆 22% 时, 漆膜硬度为 2H, 附着力为 1 级, 耐醋、耐醇性能优异, 总体性能满足相应标准要求, 达到最佳。

关键词: 水性木器漆; 聚氨酯; 丙烯酸; 配方设计; 漆膜性能; 中密度纤维板

中图分类号: S781.69; TQ630.7; TS653.6 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654 (2020) 04-0005-04

Development and Evaluation on High Performance Waterborne Wood Paint

ZHANG Nian-chun^{1,2}, ZENG Ling-wang^{1,3}, HE Xian-feng^{1,3}, YIN Yu-hua^{1,3}

(1. Nature Home (China) Co., LTD., Foshan 528000, Guangdong, China; 2. Guangdong Nature Home Research and Development Co., Ltd.,

Foshan 528000, Guangdong, China; 3. Guangdong Yingran Wood Industry Co., Ltd., Foshan 528000, Guangdong, China)

Abstract: In order to meet the requirement of high-performance waterborne wood lacquer products for wood-based panels, waterborne wood paints were developed in the laboratory. The formulation design and coating performance were evaluated. The emulsion and auxiliaries were selected for the corresponding system. The properties of the waterborne film applied on medium-density fiberboard (MDF) were tested. The results showed that at the ratio of acrylic emulsion and polyurethane modified acrylic emulsion of 35:30, with 5% film builder and 20% titanium white pulp, the coating hardness reached 2H, the adhesion strength reached Grade 1 of GB/T 9286—1998. The resistance of the coating to vinegar and alcohol were excellent. The overall performance of the waterborne coating was optimal.

Key words: waterborne wood paint; polyurethane; acrylic; formula design; film performance; MDF

为了扩大人造板的应用范围, 二次加工技术受到重视, 成为提高人造板使用价值、提升产品竞争力的主要手段^[1-2]。中密度纤维板 (medium-density fiberboard, MDF) 是性能优良的人造板产品之一,

在家具、装修、木门等多领域广泛使用, 对 MDF 的二次加工技术也提出了更高的要求^[3]。

水性木器漆是以水替代传统溶剂为稀释剂, 可减少挥发性有机化合物 (volatile organic compounds, VOC) 的排放, 具有环保无毒、不易燃、耐水性优良等特点。然而, 水性木器涂料也存在一些不足, 如白面漆表面不耐污染、漆膜硬度不够、干燥时间长等, 不仅影响漆膜的表现性能, 也制约生产效率^[4]。

水性漆的成膜树脂 (乳液) 对漆膜性能起主导

收稿日期: 2020-03-19; 修改日期: 2020-05-14

基金项目: “十三五”国家重点研发计划课题“珍贵树种木门增值加工技术集成与示范研究”(2017YFD0601106)。

作者简介: 张念椿 (1981—), 男, 高级工程师。Email: nianchun.zhang@nature-cn.cn

作用,常用的成膜树脂有水性丙烯酸、水性聚氨酯等,且各有所长,若将两者结合使用,取长补短,可以提升整个水性漆膜的理化性能。鉴于此,笔者探究了水性面漆的配制方案,通过筛选不同成膜树脂乳液及适用的功能助剂,制备单组分水性木器涂料,旨在开发一种兼具聚氨酯和丙烯酸树脂的特点、高硬度、强附着力、耐污染、工艺简化(无需添加水性固化剂)、高涂装效率的新型水性木器漆。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 水性漆成膜树脂乳液:选择三类5个型号。

A类:丙烯酸乳液,帝斯曼(中国)产。型号:A1为XK-14(Neocryl XK-14);A2为TB-001(NeoCryl TB-001)。

B类:聚氨酯乳液,万华化学集团产。型号:B1为4219型;B2为4221型。

C类:聚氨酯改性丙烯酸乳液,陶氏化学公司产。型号:PR-100(PROSPERSE™100)

2) 水性漆制备助剂:消泡剂(810)、流平剂(450)、分散剂(755w)、润湿剂(4100)和触变剂(3030);氟硅润湿剂WT-845B;钛白粉CR-834;交联剂A-1170,蜡乳液BYK-208。市售。

3) 涂布成膜助剂:二丙二醇甲醚(DPM)和二丙二醇丁醚(DPNB)。市售。

4) MDF板材:规格300 mm×150 mm×9 mm(长×宽×厚),密度0.7 g/cm³,含水率10%。

1.2 试验设备

BGD 740/1 高速分散机;涂-4 杯;BGD 241/2 不锈钢刮板细度计(测定涂料细度);BEVS 2203 多功能划格板(测定附着力);BEVS 1301 铅笔硬度计;YQH 200 滚轮式湿膜测厚仪。

1.3 试验设计及方法

1.3.1 水性漆的制备

漆膜性能主要取决于所选成膜树脂乳液,通常A类丙烯酸乳液附着力好、硬度高;B类聚氨酯乳液漆膜耐性和抗性佳、漆膜丰满度好;C类聚氨酯改性丙烯酸乳液兼具二者优点。通过对5个型号成膜树脂的性能测评,筛选出适合的乳液类型;并通过单因素试验,确定乳液混合的配比。

助剂用来改善漆膜性能,其种类及添加量见表1。

表1 水性漆的基本组成

Tab.1 Basic formula of water-based paint

材料名称	质量分数/%	材料名称	质量分数/%
成膜树脂	60~85	消泡剂	0.1~1.0
成膜助剂	1~10	分散剂	0.1~2.0
白浆	20~30	蒸馏水	3~15
流平剂	0.1~2.0	其他助剂	1~10

注:质量分数—添加比例按照单位质量100计算。

水性漆配制流程:

1) 钛白粉+分散剂+润湿剂:搅拌分散,得到钛白浆;

2) 水性乳液(成膜树脂):分散搅拌,得到混合液1;加消泡剂、润湿剂:分散搅拌,得到混合液2;

3) 混合液2+分散剂+钛白浆+蜡乳液:分散搅拌,得到混合液3;

4) 混合液3+成膜助剂+流变助剂:分散搅拌,得到水性漆乳液。

1.3.2 MDF涂装

将涂布UV底漆的板材打磨、除尘,然后均匀喷涂水性漆(湿膜厚100~120 μm,通过膜厚测试仪控制)。室温晾干30 min(表干),转移到40~45℃、45%~60%RH、风速0.1~0.3 m/s的烘房干燥4 h以上,再移出到室温下待干8 h以上,完成面漆涂装。

1.4 性能测试

参照GB/T 9286—1998《漆膜附着力测定法》评价漆膜附着力;按照GB/T 6739—2006《色漆和清漆铅笔法测定漆膜硬度》测试漆膜硬度;参照GB/T 23999—2009《室内装饰装修用水性木器涂料》配制醇、醋、茶、沸水,再按照GB/T 4893.1—2005《家具表面耐冷液测定法》,评定漆膜表面的耐沸水、耐醇和耐污性能。

2 结果与分析

2.1 基础成膜乳液的筛选及配比确定

表2列出5种型号乳液在不同配比时的漆膜理化性能测试结果。可以看出,5种乳液的性能各有优异,其中A1(XK-14)漆膜硬度最佳,达到H,附着力1级,但耐醋性能不佳;A2(TB-001)附着力优异,达到0级,但硬度仅B级;B1(4219)和B2(4221)乳液虽漆膜丰满度好,耐醋也达到2级,

但附着力在 1~2 级之间, 硬度也只达到 B 级; C (PR-100) 为聚氨酯改性丙烯酸乳液, 其漆膜硬度达 HB~H, 附着力在 0~1 级, 漆膜丰满度好、手感佳, 且漆膜表面耐污性较好。

表 2 不同乳液型号和不同配比时漆膜的理化性能

Tab 2 Effects of emulsion types and ratios on paint films performance

乳液型号	占比/%	附着力/级	硬度/级	耐污性/级			
				沸水	醇	醋	茶
A1	60	1	H	1	2	3	2
	85	0	H	1	2	3	2
A2	60	0	2B	1	2	3	2
	85	0	B	1	2	3	1
C	60	0	HB	2	3	2	1
	85	1	H	1	3	2	1
B1	60	1	B	2	3	2	1
	85	2	HB	1	3	2	1
B2	60	1	B	2	3	2	1
	85	1	B	1	3	2	1

注: ① 附着力以 0 级最好、5 级最差, 国标限值≤1 级; ② 铅笔硬度由 4B 到 6H 依次增大; ③ 漆膜表面耐污染性: 1 级最好、5 级最差。下同。

根据上述结果及分析, 确定选用 A1 (XK-14) 和 C (PR-100) 乳液, 按设定配比混合。不同配比下两种乳液的漆膜性能测试结果, 列于表 3。

表 3 基础乳液的配比及其漆膜性能

Tab.3 Ratios of two base emulsions and paint film performance

两种基础乳液配比 $m(A1):m(C)$	附着力/级	硬度	耐沸水/级	耐醇/级	耐醋/级	耐茶/级
70:0	1	H	1	3	2	2
65:0	1	H	1	3	2	2
0:70	2	HB	3	2	2	1
0:65	2	HB	3	2	2	1
45:20	0	HB	1	3	2	2
40:35	0	H	1	3	2	1
35:30	0	H	1	2	2	1
30:35	1	H	2	2	2	1
25:40	2	HB	2	2	2	1
20:45	2	HB	3	2	2	1

由表 3 可知, 前 4 组单一乳液占比 65%以上, 漆膜各种性能良好。当 $m(A1):m(C)$ 为 35:30 时, 漆膜综合性能明显提升: 附着力达到 0 级, 硬度达到 H, 耐沸水达到 1 级, 耐醇、耐茶、耐醋均达到 2 级以上。两种成膜乳液的互补效果达到最佳。

2.2 成膜助剂类型及添加比例的确定

成膜助剂又称助溶剂, 对聚合物起溶解和增塑作用, 使乳液粒子在低温条件下也能很好地融合^[5]。根据前期对所选四种助剂单一添加的试验结果, 淘汰了对人体有一定伤害的 BCS, 以及表干慢且会降低漆膜硬度的 Texanol。DPNB 对乳液溶解能力最强, 漆膜的流平性能最佳和硬度较高, 但其挥发速率也比较慢; DPM 挥发速率较快, 成膜性能较好, 有较高的硬度, 易与水互溶。据此, 选择 DPNB 和 DPM 两种助剂进行后续试验, 两者配比对漆膜性能影响的测试结果列于表 4。当 DPM 与 DPNB 按照 2:3 的配比协同配合使用时, 成膜性良好。

表 4 成膜助剂 DPM 与 DPNB 配比对漆膜性能的影响

Tab.4 Effects of DPM and DPNB ratios on film performance

$m(DPM):m(DPNB)$	表干速率	漆膜表面	漆膜硬度
2.5:2.5	适中	平整	H
2:3	快	平整	H
3:2	快	平整	H
2:4	适中	平整	HB

2.3 白浆添加比例对漆膜的影响

钛白粉有装饰和遮盖作用, 且能够改善涂料的物化性能, 增强化学稳定性, 提高漆膜的耐候性、防腐性、机械强度和硬度^[6]。试验配制钛白浆 (固体含量 75%) 的添加比例对漆膜性能的影响, 见表 5。

表 5 钛白浆添加比例对漆膜性能的影响

Tab.5 Effects of titanium white slurry ratios on film performance

白浆比例/%	漆膜硬度	漆膜附着力
5	H	0
10	H	0
15	H	1
20	H	1
22	2H	1
25	2H	2
30	2H	2

表 5 显示, 随着钛白粉用量的增加, 漆膜硬度逐渐增大。当加量比例增加到 25%时, 硬度虽可达到 2H, 但附着力降为 2 级。这是因为钛白粉为超细粒子, 比表面积大, 表面能高, 颗粒之间容易发生聚集, 用量过大难以稳定分散而聚集, 导致水性漆

的成本增加和最终效果不佳。因此,适合的用量为22%,此时漆膜的各项指标良好。

2.4 其他助剂对漆膜性能的影响

根据前期对助剂种类和加量的交叉试验数据,选定几种助剂及其添加量比例,对应漆膜的性能测试结果列于表6。

表6 不同助剂及添加量对漆膜性能的影响

Tab.6 Effects of additive types and ratios
on film performance

漆膜性能	蜡乳液			交联剂			氟硅润湿剂		
添加量/%	2	4	6	1	2	4	0.1	0.2	0.5
漆膜外观	手感光滑平整			漆膜平整			漆膜光滑平整		
附着力/级	1	1	2	1	1	1	1	0	0
硬度	H	H	H	H	2H	2H	H	H	H
耐沸水/级	2	1	1	1	1	1	1	1	1
耐醇/级	3	3	3	2	2	2	2	2	2
耐醋/级	2	2	2	2	1	1	2	1	1
耐茶/级	2	2	2	1	1	1	1	1	1

根据表6的结果,4%的蜡乳液有提升漆膜手感和耐水性的作用,漆膜丰满度进一步提升;2%的交联剂可使漆膜的耐醋性和硬度增加;0.2%的润湿剂具有高效润湿渗透作用,使漆膜的耐醋性和附着力进一步提升^[7-8]。故本试验确定的助剂最佳添加量为:交联剂2%,蜡乳液4%、润湿剂0.2%。

2.5 水性漆综合性能指标的检测

综合上述主剂、助剂的筛选结果,配制了水性白面漆,其综合性能测试结果(表7)表明:漆膜外观效果好、漆膜丰满,测试指标均高于水性漆的相关国标限值;而且在实际涂饰操作时,基材仅需UV封闭底漆后,直接涂布1道水性面漆即可。对比现有生产工艺(UV封闭底漆+1~2道底漆+1道水性面漆),可免除底漆工序,不仅漆膜的性能和整体效果优异,也节省了材料成本、降低了能耗,缩短了时间,提高了效率。

表7 高性能水性漆的漆膜性能指标检测结果

Tab.7 Properties of waterborne paint films

水性漆类别	漆膜外观	附着力/级	硬度	耐沸水/级	耐醇/级	耐醋/级	耐茶/级
市售	1	1	HB	1	2	3	3
自制	1	1	2H	1	2	1	1
国标限值	2	1	B	2	2	2	2

注:漆膜外观效果,以表干快、手感佳、流平好为1级。

3 结论

1)以丙烯酸酯乳液和聚氨酯改性丙烯酸乳液为主要成膜树脂,按本试验确定的配制比例,可以制备出高性能的水性白面漆。漆膜丰满度良好,附着力的1级,硬度达到2H,耐沸水、耐醇和耐醋等均达到2级以上,漆膜性能优异。

2)作为具备高硬度、耐水、耐醇、耐污染的水性漆,用于UV漆封闭底的MDF基材表面涂装时,可直接涂布面漆,省去底漆工序,节省了材料成本和能耗,生产效率和效益显著提升。

参考文献:

- [1] 叶克林.当前我国人造板工业面临的新挑战[J].木材工业,2016,30(2):4-6.
YE K L. New challenges faced by wood-based panel industry in China[J]. China Wood Industry, 2016, 30(2): 4-6.
- [2] 刘美宏,彭立民,傅峰,等.中密度纤维板/橡胶阻尼层夹心复合材料的力学与隔声性能[J].木材工业,2017,31(3):22-26.
LIU M H, PENG L M, FU F, et al. Mechanical properties and sound insulation performance of sandwich composites made from MDF and rubber damping[J]. China Wood Industry, 2017, 31(3): 22-26.
- [3] 常亮,郭文静,吕斌,等.我国刨花板产业现状和发展趋势[J].中国人造板,2017,24(10):1-5.
CHANG L, GUO W J, LU B, et al. Development status and trends of china's particleboard industry[J]. China Wood-Based Panels, 2017, 24(10): 1-5.
- [4] 王小荣,高干涵,惠瑞敏,等.环境友好型水性聚氨酯的合成及其应用综述[J].广东化工,2016,43(10):109-110.
WANG X R, GAO Y H, HUI R M, et al. Study on synthesis and application of environmentally friendly waterborne polyurethane[J]. Guangdong Chemical Industry, 2016, 43(10): 109-110.
- [5] 康永,罗红.环境友好型乳液涂料研究进展[J].化学工业,2011,29(2):35-38.
KANG Y, LUO H. Research progress of environmental-friendly emulsion coating[J]. Chemical Industry, 2011, 29(2): 35-38.
- [6] 王小荣,沈一丁,赖小娟.γ-(甲基丙烯酰氧基)丙基三甲氧基硅烷改性聚氨酯的研究[J].功能材料,2011,42(10):83-85,89.
WANG X R, SHEN Y D, LAN X J. Research of waterborne polyurethane modified with silane coupling agent γ-methacryloxypropyl trimethoxy silane[J]. Journal of Functional Materials, 2011, 42(10): 83-85, 89.
- [7] 王黎,闫福安.羟基型水性聚酯-丙烯酸树脂杂化体的合成研究[J].中国涂料,2019,34(4):40-45.
WANG L, YAN F A. Research on synthesis of hydroxy waterborne polyester-acrylic resin hybrid[J]. China Coatings, 2019, 34(4): 40-45.
- [8] 王小荣,惠瑞敏,朱文婷.单组分水性漆的制备及性能测试[J].广州化工,2016,44(21):65-67.
WANG X R, HUI R M, ZHU W T. Preparation and properties of one-component waterborne coatings[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2016, 44(21): 65-67.

(本文编校 姜征、孟凡丹)