

# 高光泽水性双组分羟基丙烯酸清漆的研制

李桂琴, 罗 晖, 何智豪, 李树伟, 刘其平

(清远明宇材料科技有限公司, 广东 清远 511540)

**摘要:** 基于双组分羟基丙烯酸清漆在较高温度干燥过程中, 漆膜出现橘皮收缩、缩孔等缺陷, 研究了羟基丙烯酸分散体羟值、多异氰酸酯固化剂对漆膜性能的影响, 分析了体系黏度的影响因素, 优化配方组成和施工过程, 结果如下: 1) 羟基丙烯酸分散体选择羟值 3.9%; 2) 3 种多异氰酸酯组分复配, 以水相容性较高的组分包裹水溶性较低的组分, 提高漆膜外观, 优化漆膜干燥速度; 3) A 组分溶剂选择乙二醇丁醚与丙二醇丁醚复配, B 组分的稀释溶剂选择丙二醇二乙酸酯; 4) 施工过程预先将 A 组分与 B 组分搅拌均匀再加去离子水; 5) 制备得到干燥速度快、光泽高的水性双组分羟基丙烯酸清漆, 漆膜各项性能满足要求。

**关键词:** 双组分羟基丙烯酸清漆; 羟值; 多异氰酸酯复配; 光泽

**中图分类号:** TQ633 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-9548(2024)04-0008-03

## Development of Waterborne Two-component Hydroxyl Acrylic Varnish with High Gloss

LI Gui-qin, LUO Hui, HE Zhi-hao, LI Shu-wei, LIU Qi-ping

(Qingyuan Mingyu Material Tech Co., Ltd., Qingyuan 511540, Guangdong, China)

**Abstract:** In order to reduce the defects such as shrinkage and shrinkage holes of the two-component hydroxyacrylic varnish film dried at higher temperature, the effects of hydroxy value of hydroxyacrylic dispersion and polyisocyanate curing agent on the properties of paint film were studied. The factors affecting the varnish viscosity were analyzed, and the varnish formulation and the construction process were optimized. The results were as follows: 1) The hydroxyacrylic dispersion with a 3.9% hydroxy value was selected; 2) Three kinds of polyisocyanate components were mixed, and the components with higher water compatibility were wrapped around the components with lower water compatibility to improve the appearance of the film and optimize the drying speed of the film; 3) Ethylene glycol butyl ether and propylene glycol butyl ether were selected as solvents for component A, and propylene glycol diacetate was selected as dilution solvent for component B; 4) In the construction process, the component A and component B were stirred evenly in advance and then deionized water was added; 5) The waterborne two-component hydroxyacrylic varnish with fast drying speed and high gloss was prepared, and the performance of the varnish film was qualified.

**Key words:** two-component hydroxyacrylic varnish; hydroxy value; polyisocyanate compound; gloss

### 0 引言

溶剂型涂料含有大量有机挥发物(VOC), 随着消费者环保意识的提高以及国家环保政策的实施, 涂料

行业环保化成为大势所趋。其中, 水性涂料以水为溶剂, 不含或仅含少量 VOC, 具有良好的应用前景。汽车车身面漆对其防护性和装饰性要求较高, 因此漆膜应当具有流平性好、光泽度高、鲜映性好、丰满度高的优点。另一方面, 汽车车身面漆施工流程对其漆膜性能有较大影响, 在不改变现有施工设施的前提下, 生产具有良好施工性能的汽车面漆有助于市场推广。

收稿日期: 2023-03-27

作者简介: 李桂琴(1987—), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事水性汽车涂料研发工作。E-mail: 1399227163@qq.com。

前期试验过程中发现,按照客户使用要求,清漆喷涂后常温放置 30 min,然后 45 °C 条件下烘烤,干燥后的漆膜缺陷大,不能满足高光泽高丰满度性能要求。虽然常温放置的漆膜具有优异的光泽度,但在较高温度干燥过程中,漆膜收缩,出现微观橘皮、暗泡、痱子、针孔等缺陷,漆膜干燥后丰满度差,同时,施工温度、湿度、喷涂过程对漆膜影响大。本试验目的在于制备高性能双组分水性清漆,其中 A 组分为水性羟基丙烯酸清漆, B 组分为多异氰酸酯固化剂。试验设计首先将清漆 A 组分与固化剂 B 组分搅拌均匀,再加去离子水稀释调节至喷涂黏度。若不预先将二者混合搅拌均匀再加去离子水稀释,体系中多异氰酸酯与水反应副作用明显增加,对漆膜性能影响较大。但在将 A 组分与 B 组分混合过程中,体系明显增稠,不利于人工搅拌均匀。试验目的在于设计合理配方,降低或消除上述缺陷,制备高光泽高丰满度水性双组分清漆,满足市场需求。

## 1 试验部分

### 1.1 试验原材料

水性羟基丙烯酸分散体 1,羟值 129 mgKOH/g;水性羟基丙烯酸分散体 2,羟值 108 mgKOH/g;水性羟基丙烯酸分散体 3,羟值 148 mgKOH/g。HDI 型多异氰酸酯固化剂 A, NCO 值 23.5%; HDI 型多异氰酸酯固化剂 B, NCO 值 21.0%; IPDI 型多异氰酸酯固化剂 C, NCO 值 9.4%。

### 1.2 试验设备

高速分散机 BGD-750、涂-4 杯 BGD-124、光泽仪 BGD-513,广州标格达仪器有限公司;电子天平秤 XY1000C,上海茂宏电子科技有限公司;鼓风干燥箱 DHG-9625A,上海一恒科学仪器有限公司;膜厚测试仪 QNix 4500,德国尼克斯公司。

### 1.3 双组分羟基丙烯酸清漆制备

水性双组分清漆 A 组分配方见表 1。

表 1 水性双组分清漆 A 组分配方

序号	物料名称	质量分数/%
1	水性羟基丙烯酸分散体	75~85
2	去离子水	8~18
3	10% DMEA(水溶液)	约 0.5,调节 pH 至 7.5~8.0
4	消泡剂 D	0.3
5	润湿剂 E	0.1
6	流平剂	0.5
7	助溶剂(1:1 质量比水稀释)	5
8	流变助剂	0.1~0.5
9	去离子水	适量
	合计	100

制备工艺:按照表 1 配方,在分散状态下依次加入 1~3 原材料,800 r/min 分散 10 min;再依次加入 4~7 的消泡剂、润湿剂、流平剂、助溶剂,分散 5 min;最后加入流变助剂,依据体系黏度变化匹配分散速度,分散 30 min,过滤即得水性双组分羟基丙烯酸清漆 A 组分。

水性双组分清漆 B 组分配方见表 2。

表 2 水性双组分清漆 B 组分配方

序号	物料名称	质量分数/%
1	助溶剂	25
2	脱水剂	0.4
3	HDI 多异氰酸酯 A	25~35
4	HDI 多异氰酸酯 B	25~40
5	IPDI 多异氰酸酯 C	10~20
	合计	100.4

制备工艺:向助溶剂中加入脱水剂,搅拌均匀后静置 5 min,再按照表 2 配方,加入 3~5 多异氰酸酯,分散均匀过滤制得双组分清漆 B 组分,即多异氰酸酯固化剂。

### 1.4 漆膜制备

按照  $n(\text{NCO}):n(\text{OH})=1.5:1$  的比例,将水性双组分清漆 A 组分与 B 组分混合,搅拌均匀后加入适量去离子水调节至喷涂黏度,喷涂漆膜并测试其性能。

### 1.5 检测标准

光泽按 GB/T 9754—2007 测试;铅笔硬度按 GB/T 6739—2006 测试;附着力按 GB/T 9286—1998 测试,柔韧性按 GB/T 1731—1993 测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 羟基丙烯酸分散体羟值对漆膜性能的影响

制备双组分水性清漆过程中,随着丙烯酸分散体羟基含量的变化, B 组分多异氰酸酯用量也随之变化。羟基含量较低时,喷涂正常,但漆膜光泽、丰满度差,不符合双组分清漆高光泽要求。羟基含量过高时, B 组分多异氰酸酯添加量明显增大,导致体系活化适用期明显缩短;羟基含量过高时,清漆与 B 组分二者混合后的体系黏度过高,极性差异大,所需去离子水稀释剂添加量越大,喷涂时容易产生流挂,在喷涂气压冲击下涂料向板材边缘扩散导致边缘漆膜偏厚,漆膜干燥过程中,涂层表面形成软膜,涂层下方气泡和水分尚未挥发,在逸出过程中形成针孔、暗泡、痱子等缺陷。

综上,选择羟基含量为 3.9% 的羟基丙烯酸分散体,按照  $n(\text{NCO}):n(\text{OH})=1.5:1$  比例添加多异氰酸酯固化剂 B 组分,加入去离子水后可以调节至适宜的喷涂黏度和施工固含,适用期满足使用要求。

## 2.2 多异氰酸酯固化剂对漆膜性能的影响

HDI 多异氰酸酯 A 为亲水性改性脂肪族固化剂,与水相容性好,作为固化剂组分制备的漆膜光泽较高,但表干较慢。HDI 多异氰酸酯 B 固体含量为 100%,黏度为 600 mPa·s,高固含低黏度可以有效减少稀释水的添加量,降低漆膜流挂缺陷,同时保证喷涂雾化效果,该组分的缺点是与羟基丙烯酸树脂分散体交联形成的漆膜流平性略差,存在橘皮缺陷。IPDI 多异氰酸酯 C 为亲水型改性脂肪族固化剂,形成的漆膜表干较快,但该组分与水性体系相容性较差,在极性较高的水性涂料中不易分散,漆膜存在橘皮缺陷。

选取 3 种多异氰酸酯组分复配,优化漆膜表干时间,提高施工喷涂性,降低漆膜流挂缺陷,以水相容性较高的组分包裹水溶性较低的组分,减少漆膜橘皮。

## 2.3 体系黏度的影响因素

### 2.3.1 助溶剂对体系黏度的影响

助溶剂添加过程中,清漆体系黏度先上升,随后下降,最后剪切黏度保持稳定。该试验中,A 组分羟基丙烯酸清漆助溶剂选择乙二醇丁醚与丙二醇丁醚复配,水溶性、贮存稳定性好,较低添加量即可达到稳定的剪切黏度,VOC 含量低,清漆体系施工性能优异,流平效果好。在漆膜干燥过程中,乙二醇丁醚与丙二醇丁醚复配助溶剂保持漆膜流动性,使流平剂、润湿剂、消泡剂等成分均匀分布在漆膜内,减少橘皮、缩孔、暗泡等漆膜缺陷,另一方面,调节漆膜干燥速度,减少痂子、镜框缩边等漆膜缺陷。

B 组分的稀释溶剂选择丙二醇二乙酸酯,该溶剂对多异氰酸酯固化剂的溶解力强、稀释性好,制备的固化剂 B 组分黏度低、贮存稳定性好。

A 组分与 B 组分助溶剂复配共同作用,可以有效调节漆膜干燥速度,改善流平,避免缩孔缺陷;另一方面,选定的复配助溶剂使 A 组分与 B 组分的混合黏度较低,可以减少去离子水稀释剂的添加量,有效降低漆膜流挂,避免边缘漆膜厚度偏高。在 45 °C 漆膜烘烤过程中,最大程度降低漆膜表面的痂子、暗泡,制备的漆膜具有高光泽、高丰满度的性能。

### 2.3.2 流变助剂的适配

水性清漆以水为分散介质,黏度偏低,为了提高体系黏度,加入流变助剂,一方面保持静止状态下具有高黏度,避免贮存过程中发生沉降,提高贮存稳定性;另一方面,流变助剂可以降低水性体系的假塑性和触变性,在加水稀释的过程中有助于保持适宜静止黏度,减少漆膜流挂风险,同时降低动态喷涂黏度,改善喷涂雾化效果,满足生产贮存高黏度及施工过程低黏度的流变要求。

该试验选择加入流变助剂的类型为缔合型水性聚氨酯结构,工艺为先加入高剪切流变助剂,再加入中剪切流变助剂,达到高低剪切黏度的适配,实现流动和流平性的平衡以及均匀的成膜。

### 2.3.3 喷涂黏度对漆膜性能的影响

漆膜流平性及其外观与涂料本身特性、施工方式、漆膜厚度、环境、底材等密切相关。分析喷涂施工黏度,黏度极高时,雾化效果差,涂料喷出量少,导致漆膜分布不均匀,漆膜厚度低,不能遮盖底材;黏度偏高时,虽然雾化效果较好,但漆膜流平性差,出现橘皮;反之,黏度过低时,漆膜流动性强,制得的漆膜厚度不均匀,出现流挂以及边缘漆膜偏厚等缺陷。最终确定喷涂黏度为 40 s。

## 2.4 漆膜光泽的改进

### 2.4.1 去离子水添加顺序

施工过程的用漆量较大,施工周期较长,施工前的加入去离子水调整涂料至适宜黏度和施工过程中的黏度稳定尤为重要。试验发现,在将 A 组分与 B 组分混合过程中,体系明显增稠,难以搅拌均匀。另一方面,不预先将 A 组分与 B 组分搅拌均匀再加去离子水,体系中多异氰酸酯与水反应副作用增加明显,对漆膜性能影响较大。选择将 A 组分与 B 组分混合搅拌均匀,再加入去离子水调节至喷涂黏度,A 组分、B 组分和去离子水的质量配比为 3:1:1。

### 2.4.2 温度对漆膜光泽性能影响

漆膜制备过程中,参照客户实际操作,喷涂后先常温放置 0.5 h,再将喷涂样板放入烤箱中,45 °C 烘烤 30 min,观察漆膜外观,并测试其性能。

前期水性清漆制备过程中,常温干燥时漆膜的光泽、硬度、丰满度等合格。但常温放置 0.5 h,45 °C 烘烤干燥过程中,漆膜产生大量痂子、失光。分析原因,烘烤干燥过程中,漆膜表面干燥速度快,但漆膜内部存在的气泡,以及固化剂组分与水发生副作用产生的 CO<sub>2</sub> 封闭在漆膜内部尚未挥发,产生痂子。漆膜内部尚未挥发的水分影响漆膜光泽,造成失光。

通过配方调整及优化,最终实现 45 °C 烘烤时漆膜外观和干燥时间的双重优化。

## 2.5 漆膜性能

漆膜性能测试结果见表 3。

## 3 结语

基于双组分羟基丙烯酸清漆在较高温度干燥过程中,漆膜出现收缩、缩孔等缺陷,优化了涂料配方组成和施工过程:1)羟基丙烯酸分散体选择羟值 3.9%;2)3 种多异氰酸酯组分复配,以水相容性较高的组分包裹水溶性较低的组分,提高漆膜外观,优(下转第 13 页)