

# 辊涂用车间底漆的研制及应用

凌晓斐, 李小娟, 赵亚丛, 梁延昌, 苏会文

(双塔涂料科技有限公司, 河南 开封 475003)

**摘要:** 主要介绍了起重机厂预涂环氧车间底漆采用辊涂机涂装的优势, 以及这种涂装方式对涂料的要求, 并提供一些涂料配方设计和施工问题解决思路。

**关键词:** 环氧车间底漆; 辊涂机; 施工性; 低 VOC; 低损耗

**中图分类号:** TQ637 **文献标志码:** B **文章编号:** 1007-9548(2024)09-0015-03

## Development and Application of Workshop Primer for Roll Coating

LING Xiao-fei, LI Xiao-juan, ZHAO Ya-cong, LIANG Yan-chang, SU Hui-wen

(Shuangta Paint Technology Co., Ltd., Kaifeng 475003, Henan, China)

**Abstract:** This paper introduces the advantages of roller coating machine for the primer of pre-coated epoxy workshop in crane factory, as well as the requirements of this coating method for coatings, and provides some solutions to coating formula design and construction problems.

**Key words:** epoxy workshop primer; roller coater; constructability; low VOC; low consumption

### 0 引言

目前市售车间底漆主要为双组分硅酸锌车间底漆和双组分环氧树脂车间底漆, 施工方式主要为高压无气喷涂。因为漆膜干燥快、喷涂气压大, 油漆损耗巨大, 几乎达到 50% 以上。为了减少损耗以及废漆渣的产生, 一些大型机械设备加工厂参照卷材涂料涂装方式, 引进了辊涂机设备。该施工方式适用于平整钢板底材较多的机械设备厂, 比如王君<sup>[1]</sup>论述了在集装箱领域的辊涂用车间底漆的设计思路, 与起重机领域应用的车间底漆相比, 产品基础设计方面有较多互通, 但具体施工要求还是有一些不同之处。

起重机厂一般都是辊涂、喷涂两种施工方式并用, 以辊涂为主, 用于钢板的预处理涂装, 喷涂主要用于型材等立体形状的工件底材。河南某大型起重机龙头企业率先引进辊涂机设备, 采用上下双辊可一次完成钢板上下两表面同时辊涂。设备引进后, 节省了大量涂料, 在第一台设备顺利运行后, 又先后添置 3 台设备。

收稿日期: 2024-03-25

作者简介: 凌晓斐(1987—), 女, 专科, 主要从事工业涂料的研究与应用工作。E-mail: lingxiaofei@xjpaint.com。

该施工方法优势明显, 但对涂料的要求却很高, 例如辊筒易清洗、漆膜干燥快、超过 24 h 的适用期、开稀防沉降等问题, 尤以清洗效率和干性的平衡这一项最为棘手。本文主要就施工性方面进行探讨。

### 1 辊涂用车间底漆施工性能

厂方一般使用两种车间底漆: 短期防锈的铁红环氧车间底漆和中长期防锈的环氧富锌车间底漆。涂装工艺流程为: 根据钢板厚度设置设备参数→单桶配漆→泵吸上车→辊涂施工→设备清洗→换漆→辊涂施工→设备清洗→涂料回收, 第二天继续使用。

要在使用过程中顺利换色并保证涂膜质量, 我们首先分析涂料的性能要求。

#### 1.1 表干要足够慢、实干要足够快

辊涂机设备运转时一直处于开放状态, 溶剂挥发很容易导致辊筒上涂料增稠堆积, 而施工要求使用配套稀释剂可快速自动清洗干净设备。因此, 配方设计在达到漆膜 3~5 min 内实干的同时, 还要保证辊筒上的涂料在长时间开放状态下仍能保持湿润以便清洗。

#### 1.2 24 h 可使用时间

辊涂机在使用过程中是循环上料使用, 当日收工后回收的涂料第二天还要继续使用, 设计配方时要保

证足够长的使用期,至少放置 24 h 后黏度无明显增加,机械性能和防锈性能无下降。

### 1.3 开稀后放置 24 h 不沉降

对于高锌含量(60%以上)的富锌车间底漆,为保证正常使用,必须保证开稀后(盐田杯黏度 20 s 左右)放置 24 h 不沉降。

## 2 车间底漆的配方设计和模拟验证

### 2.1 原材料

环氧树脂(元邦、三木)、锌粉、颜料、填料、防沉助剂、溶剂、聚酰胺固化剂。

### 2.2 试验仪器设备

实验室高速分散机(上海现代环境)、震荡机(翁开尔)、测厚仪(毕克)、黏度杯(岩田)等。

### 2.3 配方设计

辊涂膜厚仅在 10 μm 左右,配方的设计要达到基本的防锈要求:铁红室外 3 个月、富锌室外 6 个月无明显透锈。涂料基础配方见表 1。

表 1 涂料基础配方

组分	原材料	质量分数/%		作用
		富锌底漆	铁红底漆	
主漆	75%环氧树脂液	18.0~20.0	18.0~20.0	成膜物质
	防沉助剂	1.5~2.0	1.5~2.0	罐内和开稀后防沉
	锌粉	53.0~56.0	0	防锈颜料
	颜料(铁红)	0	20.0~30.0	辊涂漆膜很薄,提干膜遮盖
	填料	5.0~10.0	25.0~35.0	填料
	溶剂	10.0~15.0	10.0~15.0	溶剂
	固化剂	胺类固化剂	计算所得	计算所得
溶剂		补齐 100.0	补齐 100.0	溶剂

#### 2.3.1 树脂体系的选择

客户现场的喷涂线使用的是 E09 环氧树脂体系,在辊涂机最初上线测试时已验证,该体系干燥过快,极易沾辊,极难清除干净。而 E51 明显不适用该工艺,在等质量的情况下,E51 有更多的环氧基团,反应进程会较慢,干燥速度慢,同时因为反应浓度大,活化期很短。而 E20 分子量更大,空间线性结构更为明显,相对 E51 来说柔韧性更好,更加适合作为辊涂用涂料主体树脂。故最终采用中分子量 E20 环氧树脂。

#### 2.3.2 溶剂的选择

选用高溶解性的慢干溶剂,延长漆膜的开放时间,特别是在夏季炎热并且抽风设备风力较大时,保证涂料在开放的辊轮上循环使用时不干结,并且该慢干溶剂的高溶解性可以很好地自动清洗辊轮,减少清洗溶

剂的使用。正常情况下使用二甲苯与正丁醇质量比 7:3 混合物可达到效果,但在夏季炎热时需要拼入适量高沸点溶剂。慢干的酮类溶剂既是环氧涂料的真溶剂,又可通过与固化剂中的胺形成氢键,阻缓树脂和固化剂的反应速度<sup>[2]</sup>,可解决适用期较短的问题。

#### 2.3.3 颜基比的选择

通过合理的粉料搭配,调整较高的颜基比,保证涂料涂覆到基材上后 3~5 min 可以干燥,不沾辊道,达到既要表干慢又要实干快的效果。高颜基比漆膜,也能更容易被清洗。

#### 2.3.4 防沉助剂的选择

选用防沉效果好的分散剂和防沉剂,达到 24 h 以上的开稀后防沉效果。以富锌底漆为例,防沉助剂的效果对比见表 2。

表 2 防沉助剂在富锌底漆中的效果对比

组合	防沉剂	用量/%	原漆状态	防沉效果
1	有机膨润土	1.5	流动良好	较多软沉淀
	疏水气相二氧化硅	0.2		
2	有机膨润土	1.5	流动良好	很少软沉淀,易搅匀
	疏水气相二氧化硅	0.5		
3	有机膨润土	2.0	触变大,不利于辊涂流平	较多软沉淀
	疏水气相二氧化硅	0.5		
4	有机膨润土	2.0	触变大,不利于辊涂流平	很少软沉淀,易搅匀
	疏水气相二氧化硅	0.5		

有机膨润土是一种无机矿物/有机铵复合物,加少量极性溶剂如甲醇、乙醇、丙酮等,能使蒙脱土层间的季铵碳氢链通过氢键桥接,获得有效的溶剂化,从而使层间膨胀、分散,并形成卡层屋结构的触变性凝胶体,防止无机填料沉淀,具有良好的增稠性、触变性、悬浮稳定性、高温稳定性等。相对气相二氧化硅来说,触变性更大。

疏水性气相二氧化硅产品具有低吸湿性、很好的分散性,即使对于极性体系也有流变调节能力,用于涂料抗沉降,以提高颜料的稳定和加强腐蚀防护。经过特殊处理的疏水性气相二氧化硅可以达到高添加量,而对体系的黏度影响很小。

富锌底漆密度大,防沉要求高,同时又要保证良好的流动性。最终防沉体系由有机膨润土和气相二氧化硅搭配。

#### 2.3.5 胺类固化剂的选择

普通工业防腐涂料常用的环氧固化剂为改性酚醛胺和聚酰胺。酚醛胺与其他曼尼希碱固化剂有一些相似的优点,如固化速度极快,低温固化(甚至低于 0℃),良好的耐化学品性、表面外观、耐水性和不发白性

能。酚醛胺的快速和低温固化特性使其应用效率可以显著提高。聚酰胺具有良好的柔韧性、抗紫外线性和长期再涂性,操作期长。

在辊涂车间底漆中对比了两者的清洗效率和干性,腰果酚改性酚醛胺干性较好,但清洗效率一般,聚酰胺虽然干燥较慢,但在较高颜基比条件下,干性可满足施工要求,且清洗更快。另外聚酰胺固化剂相对酚醛胺类固化剂,适用期更长,对延长施工适用期有利,故最终选择使用聚酰胺固化剂。

#### 2.4 实验室模拟验证与实际应用对比

在配方设计阶段和生产出厂检验过程中,无法每次都在客户生产设备上验证产品是否合格,所以产品设计关键点首先是施工适应性模拟方法的确定。以下验证的依据方法,均是经过多次客户现场沟通摸索和实验室反复对比确认的,是生产验证实用、快捷的方法。

##### 2.4.1 干性和清洗效率的平衡验证

在实际施工应用中,辊筒的清洗效率和漆膜干性的平衡是最难达到的,也是影响施工进度的重要因素,同时也是实验室较难验证的指标。

通过摸索,我们使用记录浸泡次数的方法验证易清洗性,即:在光滑的马口铁板上,施涂固定厚度的涂膜,自干 0.5 h 后,垂直放入清洗溶剂中,浸泡 1 s,拿出 2~3 s,再次浸泡 1 s,拿出 2~3 s……,每次浸泡拿出为一个周期,在浸泡区域的漆膜完全溶解脱离铁板后,记录次数,次数越少,清洗效率越高。

铁红底漆比富锌底漆难冲洗,以铁红为例,颜基比对于干性和清洗效率的影响见表 3。

表 3 颜基比对于干性和清洗效率的影响

颜基比	干燥时间	实验室冲洗次数	现场洗车时间
3.2	稍慢	40 次以上,洗不净	15 min,难洗
4.2	通过	23 次洗净	5 min,易洗
5.1	通过	20 次洗净	原漆状态差,未生产

通过试验对比和现场中试,颜基比在 4 左右时,综合性能比较合适;清洗次数在 30 次以下时,可以满足现场的使用要求。

最终根据多次实际测试,铁红底漆控制在 20~25 次,富锌底漆控制在 15~20 次。每次生产后,进行实验室施工验证,合格后方可包装。

##### 2.4.2 适用期验证

施工黏度控制在 15~20 s(室温、岩田杯),24 h 后观察黏度变化,黏度不翻倍,检测附着力等各项指标合格。通过加入适量酮类溶剂调整适用期,酮类溶剂添加量对适用期的影响见表 4。

表 4 酮类溶剂添加量对适用期的影响

季节	添加量/%			
	2	3	5	7
夏季	干性通过,活化期不通过	干性通过,活化期不通过	干性通过,活化期通过	干性不通过,活化期通过
冬季	干性通过,活化期不通过	干性通过,活化期通过	干性不通过,活化期通过	干性不通过,活化期通过

根据验证结果,冬季和夏季根据温度变化,配方中添加 3%~5% 酮类溶剂。

##### 2.4.3 开稀后沉淀验证

按照施工配比,施工黏度控制在 20~30 s(岩田杯),24 h 后环氧富锌底漆(60%干膜锌含量)无沉淀,允许轻微分层,合格后包装。

### 3 现场试用

经过合理的配方设计和大量的试验验证,并结合现场设备试用,产品达到了预期效果:施工性良好,干性适中,清洗快捷。同时在夏季应用时,仍能保证足够的适用期。客户满意,并在后续持续使用,在第一台设备顺利运行后,又先后添置 3 台设备。

### 4 结语

市售双组分硅酸锌车间底漆和双组分环氧树脂车间底漆,在高压无气喷涂时虽可满足 GB 30981—2020《工业防护涂料中有害物质限量》中施工条件下 VOC 含量 680 g/L 以下的要求,但如此高的 VOC 含量仍让人难以满意。不仅如此,涂料损耗巨大,达到 50% 以上。而为辊涂机施工设计的车间底漆,配方较喷涂车间底漆有很大变动,该款涂料和辊涂设备的结合,总体来说有以下优势:1)使用辊涂机施工,没有漆雾产生,VOC 也降低很多,工人工作条件明显改善;2)节约用料、减少损耗,涂料利用率极高,特别是在连班作业的情况下,损耗可达到 10% 以内,相比高压无气喷涂施工,能节省 40% 以上的涂料使用量;3)不存在堵枪现象,对环境杂质容忍度极高。

辊涂车间底漆在设计时,涂膜的干燥速率、开稀后的防沉降性、辊涂机的清洗效率和施工性能都要与现场使用相结合。按上文思路设计生产的产品,完全满足现场辊涂施工工艺的要求,具有广阔的市场前景。

#### 参考文献:

- [1] 王君.集装箱辊涂用车间底漆的设计及应用[J].中国涂料,2014(7):58-61.
- [2] 刘登良.涂料工艺[M].4版.北京:化学工业出版社,2009.