

适用于轨道车辆涂装作业的框架式升降台的研制

李超华, 张煜

(中车株洲电力机车有限公司, 湖南 株洲 412001)

摘要: 针对轨道车辆涂装过程中屏蔽防护、腻子刮涂、涂层打磨、收尾清洁、涂层检查等作业的特点和需求, 设计了一种适用于轨道车辆涂装作业的框架式升降台。该升降台能够满足不同长宽高轨道车辆的涂装辅助作业, 且具备一键回原位的功能, 可通过 PLC 程序通讯将升降台到位信息反馈给车间中控系统。本文分析了框架式升降台的结构和功能方案, 详细阐述了框架式升降台的机械结构(固定框架、升降平台、升降机构、伸缩机构)、电气控制及安全措施。

关键词: 轨道车辆; 框架式升降台; 电动升降台; 涂装

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2025)05-0065-06

Development and Manufacture of Framework Lifting Platform for Painting of Rail Vehicles

LI Chao-hua, ZHANG Yu

(CRRC Zhuzhou Locomotive Co., Ltd., Zhuzhou 412001, Hunan, China)

Abstract: According to the characteristics and requirements of the operations during the painting process of rail vehicles, the operations include protective operation, putty scraping, final painting work and coating inspection, etc. It has designed a framework lifting platform for rail vehicle coating operations. The lifting platform can meet the coating auxiliary operation of different length, width and high rail vehicles, and has a function of going back to the original by one-click. In addition, through PLC program communication, the information of lifting platform to the original can be fed back to the workshop central control system. This article analyzes the structure and functional solutions of the framework lifting platform, and explains the mechanical structure, which includes fixed framework, lifting platform, lifting mechanism and telescopic mechanism, electrical control, and safety measures.

Key words: rail vehicles; framework lifting platform; electric lifting platform; painting

0 引言

据统计,截至2023年底,全国铁路营业里程15.9万km,其中高铁营业里程4.5万km,全国铁路机车拥有量为2.24万台,电力机车1.46万台,全国铁路货车拥有量为100.5万辆,客车拥有量为7.84万辆,其中动车组4427标准组、35416辆^[1]。根据中国城市轨道交通协会信息,截至2023年底,全国内地累计有59个城市投运城轨交通线路11232.65km,其中大运能系

统(地铁)8547.67km;中运能系统(含轻轨、跨座式单轨、市域快轨、磁浮交通、自导向轨道系统)1893.53km;低运能系统(含有轨电车、电子导向胶轮系统、导轨式胶轮系统、悬挂式单轨)791.45km,累计配置6万余辆车辆^[2]。

随着近年轨道交通的发展,对轨道车辆的需求也持续增加,轨道交通方式也趋向多样化,国铁方面主要为分高速动车组、普速火车,城市轨道交通方面主要包括地铁、轻轨、有轨电车、跨座式单轨、中低速磁浮、市域动车组、超级虚拟轨道(智慧轨道)等方式。由此造成轨道交通车辆趋于多样化,部分轨道车辆(单节)的长宽高见表1。针对多样化的轨道车辆涂装过程中屏蔽

收稿日期: 2024-04-26

作者简介: 李超华(1989—),男,工程师,主要从事轨道交通车辆表面处理工艺研究与应用工作。E-mail: chaohua_li@163.com。

防护、腻子刮涂、涂层打磨、收尾清洁、涂层检查等作业内容,专门设计了一种适用于轨道车辆涂装作业的框架式升降台。

表1 部分轨道车辆的外形尺寸统计

制式	车型	长度/mm	宽度/mm	高度(含转运工装)/mm
高速动车组	CR300AF	25 240	3 360	4 250
动力集中型动车组	CJ200 机车	18 200	3 360	4 620
普速列车	HXD1D	22 800	3 098	4 240
地铁	A 型车	23 800	3 000	4 160
	B 型车	19 700	2 892	4 160
轻轨		13 750	2 650	3 900
市域动车组		24 540	3 300	4 320
双层动车组		25 870	2 800	4 920
有轨电车	低地板	7 160	2 650	4 400
磁浮	中低速	15 510	2 800	3 980
	中速	14 490	3 700	4 030

1 框架式升降台总体方案

框架式升降台整体采用电动方式,亦可称电动升降台,可实现平台的整体升降、端部移动、侧部伸缩功能,以满足不同长宽高的轨道车辆的涂装辅助作业。每套框架式升降台由4个侧部升降平台和2个端部升降平台(马鞍式升降台)、固定框架、照明系统、总体控制系统组成,见图1。框架式升降台通过减速机带动链轮链条实现升降,端部移动平台采用齿轮齿条传动方式,采用电动推杆作为动力使侧部升降平台的走道板和护栏整体向轨道中心方向移动伸缩。

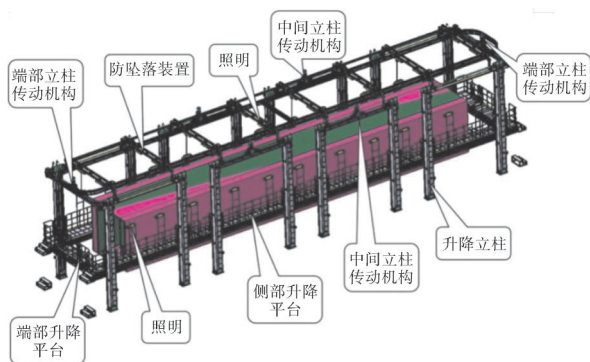


图1 框架式升降台三维示意

2 框架式升降台的机械结构

2.1 固定框架

整个框架式升降台分为4段,每段长度8 m。框架

式升降台设置16根立柱,两侧各8根,立柱高度为7 500 mm,通过纵梁、横梁搭建固定框架。每段的侧部升降平台搭在两根立柱上,两根立柱间距5 m,见图2。升降立柱主要由螺纹底板、立柱、链轮、平台升降机构、链条、爬梯、限位开关、报警灯、防护罩等组成。螺纹底板与厂房预埋钢板焊接,螺纹底板加工有螺纹孔,通过螺栓将立柱与螺纹底板进行连接,并由调平螺栓对立柱的平面度和垂直度进行调整。

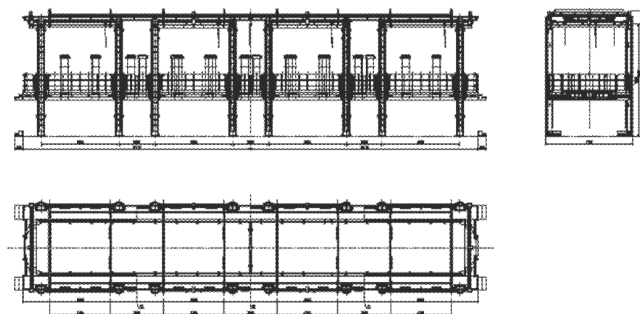


图2 框架式升降台二维图

按照GB 50017《钢结构设计规范》要求,设置参数为:材料Q235A、弹性模量 $E=200$ GPa、重力加速度 $g=9.8$ m/s²,对升降立柱在自身质量加12 000 N载荷作用下的变形、应力进行分析。经计算,最大应力为4.06 MPa,最大位移量为1.37 mm,满足设计要求。

2.2 升降平台

单套框架式升降台由4个侧部升降平台和2个端部升降平台(马鞍式升降台)。在台位两侧各分布2个侧部升降平台,在台位两侧各分布1个端部升降平台,见图3。

2.2.1 侧部升降平台

每个侧部升降平台长度8 000 mm,在减速机驱动下通过链轮链条实现升降。侧部升降平台主要由固定平台、走道板平台、护栏等主要组成。固定平台和走道板平台是由角钢和碳钢板焊接组成,是主要承载负载组件,其结构强度高,刚度大,可靠性强,结构稳定。走道板平台上铺设厚度为3 mm的花纹钢板,宽度为600 mm,具有防滑作用。通过伸缩机构,走道板平台及护栏可以整体向轨道中心线方向来回移动(伸缩动作,下同)。护栏由壁厚为2 mm的25方钢管焊接而成,高度为1 200 mm,下部配置踢脚板,符合AQ/T 7009—2013《机械制造企业安全生产标准化规范》要求。

2.2.2 端部升降平台

端部升降平台为“U”型平台,分为2个侧部平台和1个端部平台(见图4),长度8 000 mm,铺设与侧部升降平台规格相同的花纹钢板,整体可在减速机驱

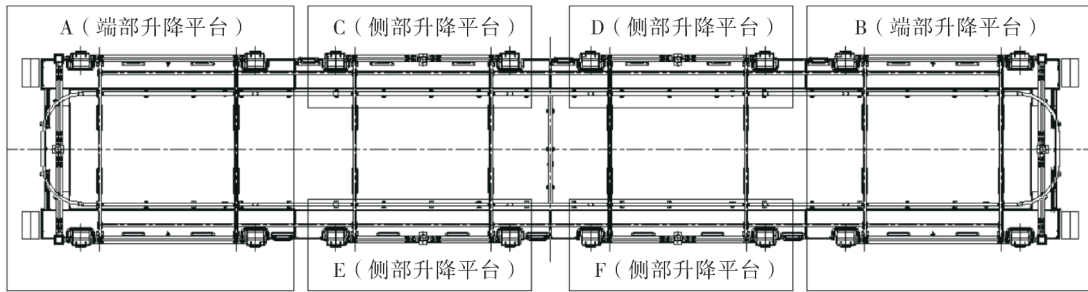


图3 升降平台分布

动下通过链轮链条实现升降。端部平台内设有齿轮齿条结构,齿条在上,齿轮在下,端部平台凭自身重力压在侧部平台的圆形轨道上方,通过电机带动齿轮齿条传动使端部平台整体沿着轨道方向移动,且侧部有彼轮结构防止齿轮跳齿。

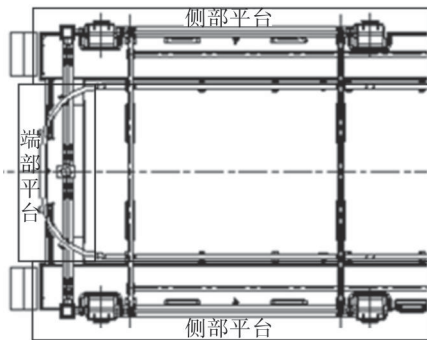


图4 端部升降平台组成示意

端部平台设置了长度为 500 mm 的可移动模块,当侧部通过伸缩结构进行伸缩动作时,该模块可以跟随伸缩,避免侧部平台与端部发生干涉,见图 5。

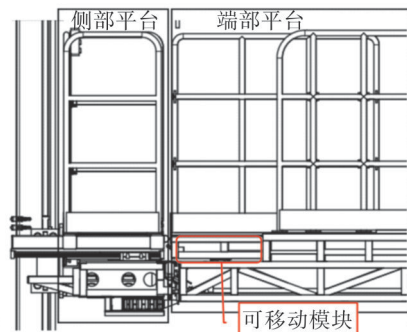


图5 端部升降平台端面示意

2.3 升降机构

链条式升降机构采用链传动方式,一般将电机链轮作为驱动机构,通过联轴器、传动轴、链轮等一系列

传动实现升降平台的升降^[3]。本框架式升降台采用链条式升降机构,分为侧部升降机构和端部升降机构,分别作用于侧部升降平台和端部升降平台。

2.3.1 侧部升降机构

侧部升降机构主要包括联轴器、传动轴、电机减速机、支撑梁、带座轴承、链条、链轮等,见图 6。其传动轴端部与立柱相连接,由一个电机减速机带动 2 个立柱的侧部升降平台一同升降。该电机为隔爆型抱闸电机,减速机为双输出轴结构,通过联轴器及传动轴,带动 2 个立柱上面的大链轮同步转动,再通过链轮与链条的啮合,带动侧部升降平台一起升降,升降机构的机械传动误差小于 5 mm。当发生短路、断路、漏电、停电或意外停机等情况时,电机自行抱闸而停止工作,减速机也停止工作,此时侧部升降平台停止升降。

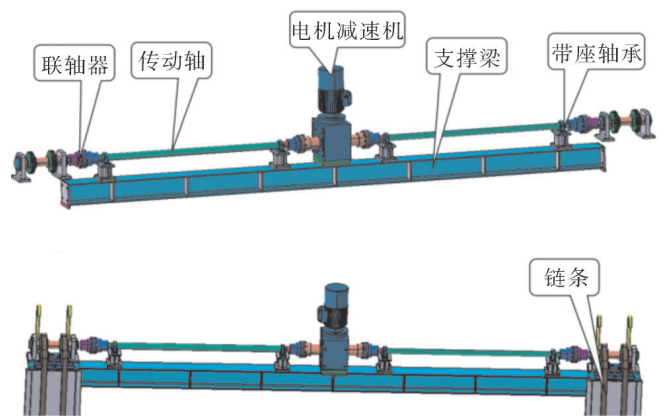


图6 侧部升降机构组成

2.3.2 端部升降机构

端部升降机构主要包括换向器、传动轴、联轴器、电机减速机、支撑梁、带座轴承、链条、链轮等,见图 7。其传动轴与两侧的 4 个升降立柱连接,由一个电机减速机带动 4 个立柱的平台一同升降。该电机为隔爆型抱闸电机,减速机为双输出轴结构,通过联轴器及传动轴,带动 4 个立柱上面的大链轮同步转动,再通过链轮

与链条的啮合,带动侧部平台及端部平台一起升降。两侧的换向器传动比为 1:1,只改变力的传动方向,不改变大小及轴的转速,使得两侧 4 个升降立柱机械传动的传动误差小于 5 mm。

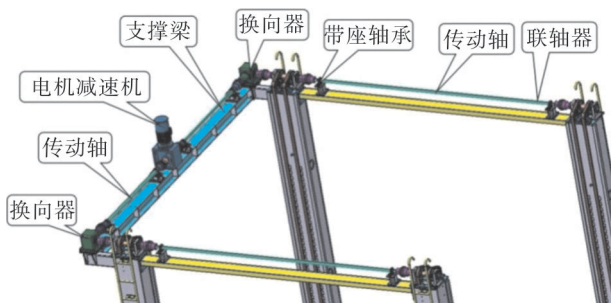


图 7 端部升降机构组成

2.4 伸缩机构

伸缩机构是实现侧部平台整体向轨道中心线方向移动的一种结构,该结构分为滑动组件和电动推杆组件。滑动组件包括直线滑轨和滑块。电动推杆由驱动电机、减速齿轮、螺杆、螺母导套、推杆、滑座、弹簧、外壳及涡轮、微动控制开关等组成^[4],是通用型的辅助驱动装置,具有驱动力、推拉力、自锁力,使推杆在行程中的任意点都不发生位移。电动推杆的伸缩驱动电动推杆的推力作用于该结构,使得滑轨上的侧部走道板平台可向轨道中心线方向移动(见图 8),单侧移动最大行程为 550 mm,并根据编码器给驱动电机的反馈信息进行无级调整,升降台侧部内空宽度最大调整尺寸为 1.1 m,满足宽度 2 600~3 700 mm 的车体涂装辅助作业要求(见图 9)。

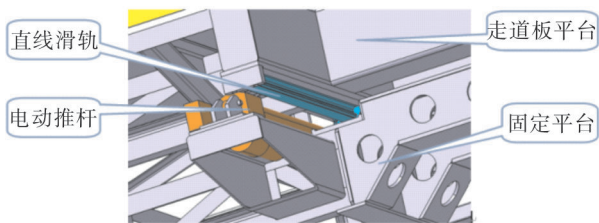


图 8 伸缩结构示意图

端部升降平台的侧部走道板向轨道中心线方向伸出时,端部走道板的移动模块跟随向轨道中心线方向移动;作业结束后,侧部走道板缩回时,移动模块跟随移动,见图 10。使得侧部走道板与端部走道板间隙小于 30 mm,防止人员或物品掉落。

3 框架式升降台的电气控制

电气系统具备缺相、过流、短路、过载等电气控制

保护功能,具备完善、可靠的联锁防撞、安全保护和故障报警等功能。

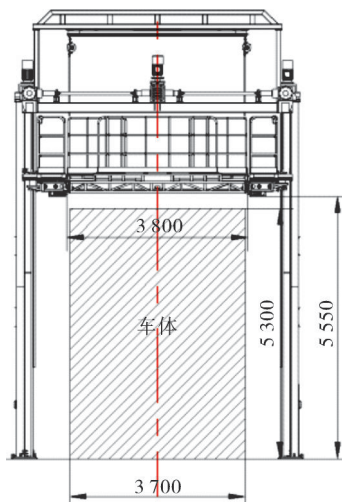


图 9 升降台侧部内空宽度

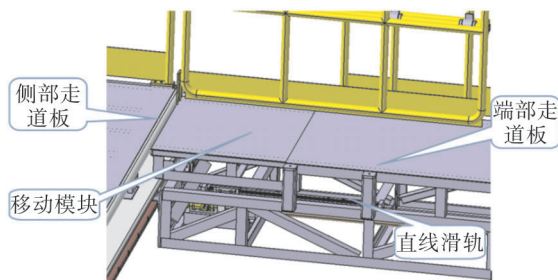


图 10 端部升降台伸缩跟随示意

3.1 总体控制

电动升降台总体控制分为 3 个区域,即控制柜、分控箱、按钮盒,分别位于作业台位端部地面上(称为总控)、作业台位立柱旁(称为柱控)、升降平台护栏上(称为台控),各控制操作互锁,所有的控制采用点动自复位控制,各控制点上配置急停按钮。

3.1.1 总控

在控制柜上的总控分为自动和手动两种模式,在手动模式下柱控和台控才能生效。自动模式下点击控制柜屏幕上的“回原位”,电动升降台则会回到原位(原位定义为:端部升降平台的横向走道板移动至最外端、端部升降平台升至最高处、侧部走道板缩回至最外侧、侧部升降平台降至最低点)。控制柜配置了 PLC 控制程序,通过通讯接口与车间的中控系统连接,升降台到达原位后,PLC 自动将信号反馈给中控系统,实现侧部升降平台的走道板同时升降、同时伸缩的功能。

3.1.2 柱控

总控为手动模式时,分控箱上通过旋钮可选择柱

控或台控,当选择柱控时台控无效,当选择台控时柱控无效。分控箱上旋钮可实现走道板的伸缩、升降、移动等功能。

3.1.3 台控

总控为手动模式时,可在升降平台护栏上的按钮盒上进行操作,通过旋钮可选择柱控或台控,当选择柱控时台控无效,当选择台控时柱控无效。按钮盒上旋钮可实现走道板的伸缩、升降、移动等功能。

3.2 照明控制

在电动升降台两侧各安装 10 只 100 W、220 V 灯管,顶部安装 6 只 100 W、220 V 灯管,底部四周安装 24 只 40 W、36 V 灯管,使得升降台内空区域光照强度 >500 lx,满足作业要求。在控制柜上分为顶部照明、侧部照明、底部照明,可分区实现照明。

4 框架式升降台的安全措施

从升降台的双链条结构、钩舌结构、防坠落装置、限位与互锁等多个方面采取了相应的安全措施,大幅提升了升降台的安全水平。

4.1 双链条结构

升降台的升降采用链条链轮传动,所选用链条为 2 条双排链(见图 11),一条为工作链条,一条为安全链条,工作链条断裂时安全链条起到工作和安全防护作用,防止升降平台脱落,确保工作时的安全可靠。

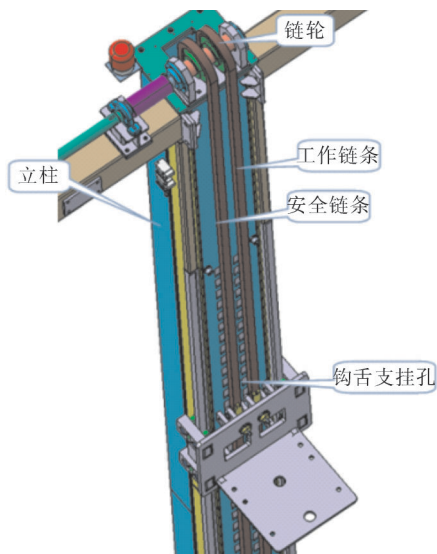


图 11 双链条结构

4.2 钩舌结构

上下钩舌通过销轴固定在升降架,通过销分别与双链条连接,组成一个链条闭环结构,见图 12。在链条链轮的拉扯作用下,升降机构沿着升降立柱导轨上下移动。如果工作链条和安全链条同时断裂,断裂的瞬

间,弹出装置中的弹簧由挤压状态变为拉伸状态,将上钩舌下部弹出去,瞬间支撑在立柱的钩舌支撑孔出,防止升降平台继续滑落。

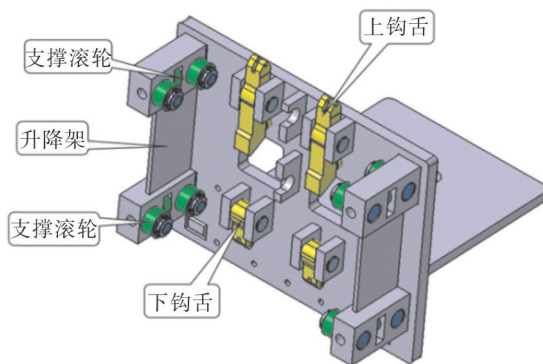


图 12 钩舌结构

4.3 高处作业防坠落装置

防坠落轨道环绕升降台顶部一周,见图 13,其下部纵向滑轨、横向滑轨及其之间可随意顺滑无卡滞,滑动装置嵌入滑轨。速差器悬挂在滑动装置上,速差器顶端挂点有可旋转装置^①,可防止安全绳扭结,速差器提供作业者与防坠落轨道的可靠连接,内置钢缆,能随人体的移动而自由伸缩,并在制动器作用下处于半张紧状态,使操作人员无牵挂感。每套速差器配备一个万向安全钩及一个万向抓钩,人员在高处作业悬挂安全绳时不会发生坠落。



图 13 高处作业防坠落装置

4.4 平台护栏

升降平台外侧设置固定护栏,且各侧部升降平台的端部进出台位处设有护栏门,护栏为人工内开式,高度 1 200 mm,强度及结构等符合 AQ/T 7009《机械制造企业安全生产标准化规范》要求。

4.5 限位与互锁

升降台的多处设有限位与互锁,确保升降台运行稳定安全:

1)升降台的立柱底部和顶部各设置 2 个限位开关,起到工作限位和极限限位的作用,确保平台升降机构的安全工作。

2)升降台的电机减速机自带抱闸功能。当发生短路、断路、漏电、停电或意外停机等情况时,电机就自行

抱闸,电机停止工作,升降台也停止工作,实现异常时停机的功能。

3)侧部走道板伸缩极限位置采用压力波传感器,伸出碰撞工件时立即停止,起到双重保护作用。

4)端部升降平台的侧部走道板与横向走道板移动模块设有限位开关,通过电气控制联锁互锁防止两个平台相互碰撞。

5)端部升降平台的横向走道板移动两端设有极限限位机械止挡,防止横向走道板移动至行程外。

4.6 警示与急停

1)升降台设有报警装置,运行时发出蜂鸣警示声、警示灯闪烁。

2)危险部位及易发生危险的部位根据 GB 2893 和 GB 2894 的要求设置警示标识和警示色。

3)在升降台的控制柜、分控箱、按钮盒等处设有急停按钮,遇到紧急情况可急停保证升降台和人员的安全。

5 结语

本框架式升降台已完成研制、安装、调试,并已应用于涂装车间辅助作业,见图 14。



图 14 框架式升降台实物

总结框架式升降台的研制过程及投入生产的经验,该升降台以安全为本、操作便捷为初衷,设计了侧部走道板伸缩结构、立柱钩舌结构、高处作业防坠落装置、一键回原位控制等新结构新系统,满足不同长宽高轨道车辆的涂装辅助作业要求,提高涂装辅助作业的安全水平。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国交通运输部.2023 年交通运输行业发展统计公报[EB/OL].北京:中华人民共和国交通运输部(2024-06-18).
- [2] 侯秀芳,冯晨,燕汉民,等.2023 年中国内地城市轨道交通运营线路概况[J].都市快轨交通,2024,37(1):10-16.
- [3] 杜干.升降平台升降机构研究分析[J].机械工程与自动化,2013(2):205-207.
- [4] 侯恩光.基于 PLC 的电动推杆机械性能测试台的研制[J].机电产品开发与创新,2022(6):51-53.

- [5] 章康明.速差自控器的标准现状及使用误区分析[J].劳动保护,2021(5):90-92.

(上接第 16 页)有机硅消泡剂搭配毕克 1711 有机硅消泡剂四大类,考察了 15 d 中各类消泡剂对水性丙烯酸涂料体系稳定性的影响。分析其影响机制,有以下三点:一是物理干扰,即消泡剂的加入影响了整个水性丙烯酸涂料体系的表面张力,表面张力的突变会破坏乳液或者颜填料的分散稳定性;二是各类消泡剂的加入是否和水性丙烯酸涂料体系相容、流变特性是否匹配;三是化学风险,即消泡剂的聚集或者迁移有可能导致整个体系中的黏度异常甚至相分离。

表 8 消泡剂对涂料稳定性的影响

项目	810	024	1781+1711	024+1711
分层(15 d)	轻微分层	轻微分层	未分层	未分层
沉降(15 d)	轻微沉降	轻微沉降	轻微沉降	未沉降
结块(15 d)	少许结块	未结块	未结块	未结块
霉变(15 d)	未霉变	未霉变	未霉变	未霉变

3 结语

通过试验得知,消泡剂作为常用的助剂,能直接影响到涂料的密度、漆膜的外观、各项基本性能和贮存稳定性等。不同类型的消泡剂对水性双组分丙烯酸涂料体系的作用效果不一,整体而言有机硅类的消泡剂更适合于水性双组分丙烯酸体系,而有机硅类消泡剂复配制备的涂料及其涂层更优。总之,水性双组分丙烯酸类涂料消泡剂的选用需要着重从其相容性、稳定性等方面考察,同时也要从涂料的使用环境和施工工艺方面筛选出最为合适的消泡体系。综上所述,选择合适的消泡剂既可以明显解决水性涂料制备过程中产生的各类型起泡,还可以降低水性涂料在制备过程中的缩孔率,从而制备出高质量的水性涂料。

参考文献:

- [1] 苏少纯,邱浩等.消泡剂对水性涂料量产的外观性能研究[J].广东化工,2024,51(6):26-28.
- [2] 束树军.水性涂料助剂研究综述[J].中国涂料,2022,37(8):10-15.
- [3] 徐弦,徐文远,胡亚飞.新型改性聚醚消泡剂的合成及其性能研究[J].广州化工,2023,51(14):73-76.
- [4] 易分,黄礼丽,张华芳,等.一种乳液型聚醚共改性硅油消泡剂的合成及其性能研究[J].广州化工,2023,51(2):46-48.