

大型钢箱梁环氧锌基聚酯复合涂层涂装技术的研究与应用

鹿存才¹, 安娜², 李承宇²

(1.江苏卓奇新材料科技有限公司,江苏 徐州 221018; 2.上海岐海防腐工程技术有限公司,上海 200949)

摘要:介绍了环氧锌基聚酯复合涂层技术在大型钢箱梁防腐中的应用,叙述了环氧锌基聚酯复合涂层技术的施工工艺、主要涂装设备,并展望了环氧锌基聚酯复合涂层技术的发展前景。

关键词:环氧锌基聚酯复合涂层;钢箱梁;防腐;应用

中图分类号:TQ639 **文献标志码:**A **文章编号:**1007-9548(2024)02-0001-05

Research and Application of Epoxy Zinc-based Polyester Composite Coating on Large Steel Box Girder

LU Cun-cai¹, AN Na², LI Cheng-yu²

(1.Jiangsu Zhuoqi New Material Technology Co., Ltd., Xuzhou 221018, Jiangsu, China;

2.Shanghai Qihai Anti-corrosion Engineering Technology Co., Ltd., Shanghai 200949, China)

Abstract: The application of epoxy zinc-based polyester composite coating technology in anti-corrosion of large steel box girder was introduced. The construction technology and main coating equipment of epoxy zinc-based polyester composite coating technology were described. The development prospect of epoxy zinc-based polyester composite coating technology was also prospected.

Key words: epoxy zinc-based polyester composite coating; steel box girder; anti-corrosion; application

0 引言

环氧锌基聚酯复合涂层是多种技术的综合防护体系,在钢结构表面预处理的基础上,先后涂装锌基重防腐粉末涂料和耐候聚酯粉末涂料,具有牺牲阳极保护、屏蔽保护、自修复保护等功能^[1],经试验研究及工程应用证明,该复合涂层在大气腐蚀环境下,对钢结构具有长效防护作用,如徐州市青年桥围栏及拱形结构采用环氧锌基聚酯复合涂层防护,至今超过18年(见图1);山东东港高速公路护栏采用环氧锌基聚酯复合涂层防护,至今已超过16年(见图2),护栏表面防护仍完好。

2015年8月环氧锌基聚酯复合涂层技术被列入

收稿日期:2023-09-18

作者简介:鹿存才(1967—),男,本科,高级工程师,主要从事粉末涂料、钢结构防腐技术研发及涂装工程应用等工作。E-mail:lucuncai1216@163.com。

国家标准 GB/T 18226—2015《公路交通工程钢构件防腐技术条件》,2017年被国家发改委列入国家重点节能低碳技术推广目录,予以重点推广。鉴于环氧锌基聚酯复合涂层技术同时具有节能、环保、经济、高效等优异的社会经济及环保效益,2019年被设计用于徐州市城东大道高架快速路工程和南三环大学路快速路工程桥梁工程钢箱梁结构的腐蚀防护。

徐州市城东大道快速化工程西起三环东路,东至徐贾快速路,道路全长约12 km,主线快速路采用高架快速路与地面快速路结合的形式,其中高架总长度约9.7 km,沿线共设平行匝道8对,共设立交5座。主线桥和汉源大道立交结构形式采用钢结构连续梁、预应力混凝土连续梁,见图3。大学路快速化工程北起三环南路,南至珠江路接入汉王收费站,道路全长约7.8 km,主要采用“主线快速路+地面辅路”形式,大学路-三环南路立交共布置7联钢结构连续梁,见图4。



图1 徐州市青年桥



图4 徐州市南三环大学路互通立交效果图



图2 东港高速公路护栏



图3 徐州市城东大道汉源路互通立交效果图

1 钢箱梁锌基复合涂层长效防腐涂装方案设计

徐州市位于华北平原的东南部,地形以平原为主,属温带季风气候,四季分明,夏无酷暑,冬无严寒,年气温 14℃,年均降水量 800~930 mm,雨季降水量占全年的 56%,是国家重要的交通枢纽、煤炭产地、华东地区的电力基地,属于典型的城市大气和工业大气环境,腐蚀级别不低于 C3。

钢箱梁的涂装防护要求钢结构应采用性能可靠、附着力强、耐候性好、防腐蚀强、成熟可靠的防腐与涂装体系。参照 JT/T 722—2008《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》、GB/T 18226—2015《公路交通工程钢构件防腐技术条件》和《国家重点节能低碳技术推广目录(2017 年本低碳部分)》,钢梁内表面、外表面分别采用的防腐涂装体系(设计年限不小于 25 年)见表 1。

表 1 钢箱梁环氧锌基聚酯复合涂层涂装方案

结构部位	涂装体系	设计值	涂装道数	场地	备注
除钢桥面以外的钢箱梁外表面(非焊缝区域)	表面净化处理	无油、干燥		工厂	GB 11373
	除锈等级	Sa2.5		工厂	GB 8923
	粗糙度	Rz50~80 μm		工厂	GB 11373
	底涂层:环氧锌基粉末涂层	180~220 μm		工厂	GB 18226
	面涂层(第一道):聚酯粉末涂层	60~80 μm	1	工厂	
	面涂层(第二道):氟碳面漆	30~50 μm	1		
	总干膜厚度(涂层)	270~330 μm			
除钢桥面以外的钢箱梁外表面(焊缝区域)	表面净化处理	无油、干燥		工厂	GB 11373
	除锈等级	Sa2.5		工厂	GB 8923
	粗糙度	Rz50~80 μm		工厂	GB 11373
	焊接过渡区:热喷锌涂层	130~170 μm	1	工厂	
	焊缝区:热喷锌涂层	180~220 μm	1	工厂	
	中间层:环氧锌基焊缝涂层	50~90 μm	1	工厂	
	面涂层(第一道):聚酯涂层	30~50 μm	1	工厂	
面涂层(第二道):氟碳面漆	30~50 μm	1	工地		
	总干膜厚度(涂层)	290~330 μm			

续表

结构部位	涂装体系	设计值	涂装道数	场地	备注
钢箱梁内表面 (非焊缝区域)	表面净化处理	无油、干燥		工厂	GB 11373
	除锈等级	Sa2.5		工厂	GB 8923
	粗糙度	Rz50~80 μm		工厂	GB 11373
	底涂层:环氧锌基粉末涂层	200~240 μm	1	工厂	
	面涂层:纯聚酯粉末涂层	80~100 μm	1	工厂	
	总干膜厚度(涂层)	280~340 μm			
钢箱梁内表面 (焊缝区域)	表面净化处理	无油、干燥		工厂	GB 11373
	除锈等级	Sa2.5		工厂	GB 8923
	粗糙度	Rz50~80 μm		工厂	GB 11373
	焊接过渡区:热喷锌涂层	130~170 μm	1	工厂	
	焊缝区:热喷锌涂层	180~220 μm	1	工厂	
	面涂层(第一道):环氧锌基焊缝涂层	70~110 μm	1	工厂	
	面涂层(第二道):聚酯涂层	30~50 μm	1	工厂	
总干膜厚度(涂层)	280~360 μm				
钢桥面 (非焊缝区域)	表面净化处理	无油、干燥		工厂	GB 11373
	除锈等级	Sa2.5		工厂	GB 8923
	粗糙度	Rz50~80 μm		工厂	GB 11373
	环氧锌基粉末涂层	80~100 μm	1	工厂	
	总干膜厚度(涂层)	80~100 μm			
钢桥面 (焊缝区域)	表面净化处理	无油、干燥		工厂	GB 11373
	除锈等级	Sa2.5		工厂	GB 8923
	粗糙度	Rz50~80 μm		工厂	GB 11373
	焊接过渡区:热喷锌涂层	60~80 μm	1	工厂	
	焊缝区:热喷锌涂层	120~160 μm	1	工厂	
	面层:环氧锌基焊缝涂层	80~100 μm	1	工厂	
	总干膜厚度(涂层)	200~260 μm			
钢箱梁 U 肋内表面 (外表面同钢箱梁内表面)	表面净化处理	无油、干燥		工厂	GB 11373
	除锈等级	Sa2.5		工厂	GB 8923
	粗糙度	Rz50~80 μm		工厂	GB 11373
	环氧锌基粉末涂层	40~60 μm	1	工厂	
	总干膜厚度(涂层)	40~60 μm			

注:U 肋封板以外的内表面涂装同桥箱梁内表面涂装体系。

2 钢箱梁粉末涂料涂装技术研究

本项目钢结构施工单位根据项目钢箱梁的实际大小,并考虑交通运输的限制,工厂拼接制作时将钢箱梁分割成若干节段,节段的最大外形尺寸为 16 000 mm(长)×3 720 mm(宽)×3 529 mm(高),单个节段的最大质量 35 t,待各节段车间涂装完成后,运输至桥址现场进行吊装、拼接和焊缝涂装。

鉴于目前国内外还没有大型钢箱梁结构整体进行粉末涂料涂装的工程案例,社会上也没有成熟的涂装设备设施,为保证涂装方案实现和粉末涂装及涂层质

量,必须对相关大型烘烤设备、喷涂设备以及涂装工艺等进行全面研究。

2.1 烘烤设备研究

2.1.1 烘箱整体研究设计

在钢箱梁的涂装工艺中,钢箱梁的预热需要烘烤设备,因此烘烤设备的研究、设计和建造是钢箱梁涂装作业的关键设备之一。

钢箱梁节段的涂装工艺是先预热后喷涂锌基粉末涂料,这样可以有效利用钢箱梁节段巨大的散热量固化锌基底粉和耐候面粉。因此要求加热空气中不能含

有大量水汽,如果采用常规直燃加热方式会造成钢箱梁表面出现大面积浮锈,影响防腐质量。设计烘烤烘箱时用换热加热技术,采用2台换热加热器、8台循环风机、2台RS68/M BLU利雅路燃烧机,采用下送上回式热风循环,保证加热的速度不低于200℃/30min,烘箱内温度的均匀性在±5℃以内。

预热烘烤烘箱建造的内空为17 000 mm(长)×4 200 mm(宽)×4 800 mm(高),加热系统放置于预热烘箱顶部,两端设置自动平开门。换热器出来的烟道气用镀锌管道引入保温烘箱以加热喷涂了耐候聚酯粉末涂料的钢箱梁节段。

2.1.2 钢箱梁烘箱工装车研究设计

由于钢箱梁节段较重,整个承载工装车的质量也近10 t,如果整个承载工装车也与钢箱梁节段一起预热,则会消耗很大一部分热能。

设计烘烤烘箱时,将承载工装车的表面作为预热烘箱的底面,整个承载工装车的车体部分在预热烘箱加热区之下,处于常温状态不需消耗热能,见图5。

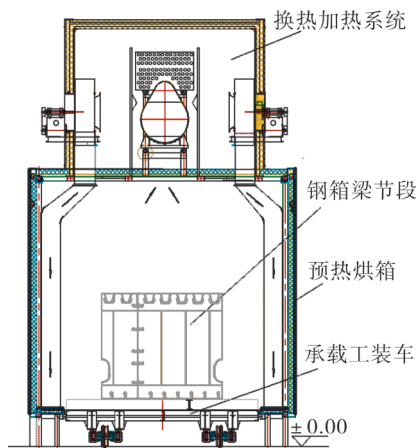


图5 烘箱剖视图

2.2 静电涂装设备研究

钢箱梁预热后,需要快速喷涂锌基重防腐粉末涂料,喷涂的区域包括外顶面、外底面、外立面、内顶面、内底面、内立面、实腹板、U型肋、I字肋等,喷涂面积大、范围广、形状复杂,单纯采用人工很难完成喷涂任务,自动化喷涂工装是钢箱梁涂装作业的又一关键设备之一。

由于钢箱梁的体积较大、喷涂面较多,预热过的钢箱梁温度在200~220℃,喷涂室内空气流动直接影响周围喷涂环境。喷涂室设计采用底部两侧进风、上部两侧回风方式,使热气流向上流动,避免人员和设备承受较高气温。

对于钢箱梁节段的喷涂分区设计工装,外顶面、外

底面采用往复机自动喷涂,箱梁内部的顶面、底面、立面、实腹板、U型肋、I字肋等采用机械手分上中下3部分自动喷涂,见图6。

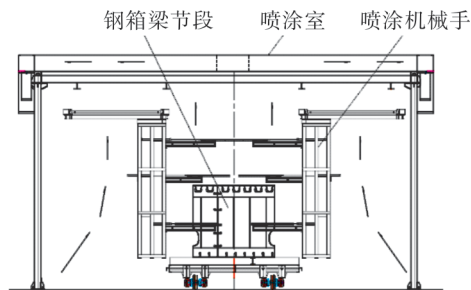


图6 自动喷涂室剖面图

喷涂室建造的内空为20 000 mm(长)×11 500 mm(宽)×6 500 mm(高),上抽式回收粉尘,两侧分别布置4台自动喷涂机械手,上下分别设置一台可行走往复喷涂机,保证每一道涂层喷涂时间不超过30 min。

2.3 激光除锈设备研究

钢箱梁节段的表面预处理是涂装质量的关键环节,决定了钢箱梁的防腐寿命。涂层寿命缩短的原因中除锈质量差占40%,表面处理的目的是除了去除锈污外,尚有另一重要作用,即提高表面粗糙度以增加涂层的附着力^[2]。

对于大型钢结构件的表面预处理,传统的脱漆除锈方法主要是机械和化学方法^[3],劳动强度大、环保成本高、预处理成本也较高。激光除锈是近几年发展起来的一种新型表面预处理技术,具有无污染、对基体伤害小、清洗效率高等优点^[4]。激光清洗就是利用激光辐射基体表面,使基体表面的污物通过蒸发、破碎剥离、振动弹出的方式脱离下来,从而达到清洗基体的目的^[5]。

对钢箱梁节段的表面预处理,采用多台大功率宽幅激光设备进行除锈,提高了除锈效率,降低了除锈成本,保证了除锈质量。激光除锈设备见图7,水冷式,功率2 000 kW,除锈速度15~20 m²/h。



图7 激光除锈设备

2.4 钢箱梁粉末涂料涂装施工工艺

2.4.1 涂装工艺流程

表面预处理→焊缝过渡区热喷锌→预留焊缝区遮盖→钢箱梁节段预热→热喷环氧锌基粉末涂料→热喷聚酯粉末涂料→保温→桥址现场对焊接→焊缝区热喷锌→焊缝区喷锌层封闭→焊缝区罩面→桥箱梁外表面整体罩面。

2.4.2 涂装工艺关键节点及要求

1)表面预处理:Sa2.5级~Sa3级,粗糙度 $Rz50\sim80\mu\text{m}$,灰尘清洁度要求 \leq GB/T 18570.3规定的3级。

2)预留焊缝过渡区热喷锌:距离焊缝区中心 $X+60\text{mm}$ 范围内为过渡区, X 为单边焊缝区, 60mm 为过渡区。目的是衔接环氧锌基聚酯复合涂层与热喷锌防腐层的覆盖对接,过渡区喷锌厚度 $130\sim170\mu\text{m}$ 。

3)预留焊缝遮盖。

4)钢箱梁节段预热:预热烘箱温度控制在 $200\sim220\text{℃}$,预热时间为钢箱梁钢板温度达到 200℃ 后 $15\sim30\text{min}$ 。

5)热喷涂环氧锌基重防腐粉末涂料,固化后涂层厚度应符合设计要求。

6)热喷耐候聚酯粉末涂料。涂层总厚度应符合设计要求。

7)保温:保温烘箱温度控制在 $190\sim200\text{℃}$,保温时间为钢板温度达到 190℃ 后 $10\sim20\text{min}$ 。

8)焊缝区热喷锌:要与过渡区热喷锌覆盖交叠,喷锌层厚度 $180\sim220\mu\text{m}$ 。

9)焊缝区喷锌层封闭:采用环氧封闭漆或专用防腐涂料对喷锌层封闭,封闭层厚度 $50\sim90\mu\text{m}$ 。

10)焊缝区罩面:采用聚酯漆罩面1道,厚度 $30\sim50\mu\text{m}$ 。

11)现场罩面:对桥箱梁外表面钢结构部分喷涂氟碳面漆1道。

2.4.3 工程施工情况

车间涂装钢箱梁节段,表面预处理采用激光除锈工艺,涂装了环氧锌基聚酯复合涂层的节段见图8-9。现场安装应用效果(南三环大学路快速路工程)见图10。

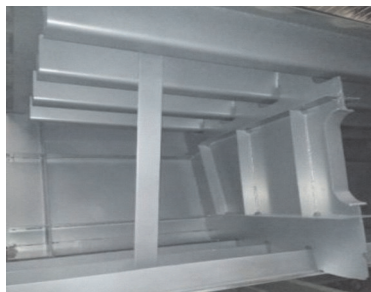


图8 车间涂装钢箱梁节段



图9 车间涂装箱梁节段



图10 南三环大学路快速路

3 结语

针对大型钢箱梁尺寸大、单件超重以及制作钢板厚等技术难题,研制了钢箱梁粉末涂装专用烘箱、构件烘烤用工装车、静电喷涂工装、激光除锈工装以及配套的涂装工艺技术,最终实现了环氧锌基聚酯复合涂层技术在大型钢箱梁工程上的成功应用。随着涂装技术的不断进步,涂装设备自动化程度的不断提高,防护性能及综合效益突出的环氧锌基聚酯复合涂层技术在大型钢结构防腐防护市场上的应用将会不断拓展。

参考文献:

- [1] 晁兵,陆东方,鹿存才.锌基重防腐粉末涂料的研制与应用[J].现代涂料与涂装,2007(2):1-4.
- [2] 虞兆年.防腐蚀涂料和涂装[M].北京:化学工业出版社,1994:104
- [3] 杨明昆,周仿荣,马仪,等.激光除锈技术及其发展现状[J].清洗世界,2018(10):37-42.
- [4] 宋杨,王海鹏,王强,等.激光精细表面制造工艺研究及应用:清洗与抛光[J].航空制造技术,2018(20):78-86.
- [5] 朱国栋,王守仁,成巍,等.激光清洗在金属表面处理中的应用研究进展[J].山东科学,2019(4):38-75.

