

海洋环境下港珠澳大桥钢结构防腐涂装技术研究

张 杰¹, 魏莉洁²

(1. 常州市宝新防腐工程有限公司 工程部, 江苏 常州 213000;
2. 江苏航运职业技术学院 船舶与海洋工程学院, 江苏 南通 226010)

摘 要:港珠澳大桥主体工程钢箱梁结构在亚热带海洋性气候条件下防腐施工难度极大,其防腐涂装施工费用创下了中国桥梁之最。通过对港珠澳大桥钢结构工程腐蚀环境特点及工程涂装技术的要点进行分析,对 HSE 体系下港珠澳大桥在海洋环境下钢结构防腐涂装的一些涂装厂房、喷砂技术、新型磨料技术、喷涂技术等关键技术进行了探究,对跨海大桥钢结构防腐技术的发展有着重大的实践和推广意义。

关键词:港珠澳大桥;钢结构;防腐涂装

中图分类号:U445.7

文献标志码:A

文章编号:1671-9891(2020)2-0063-03

0 引言

港珠澳大桥是由广东省牵头、粤港澳三地共同建设的连接粤港澳三地的一座集桥、岛、隧道为一体的跨海通道。港珠澳大桥全长 55 km,设计使用寿命 120 年,是目前中国建设史上里程最长、投资最高且施工难度最大的跨海桥梁^[1]。

港珠澳大桥主体工程中桥梁上部结构达 22.9 km,绝大部分采用钢结构。其制造规模达到 42.5 万 t。防腐涂装工程约 580 万 m²,防腐涂料用量约 390 万 L。港珠澳大桥的防腐涂装项目面临工程量大、工程难度大、制造质量标准高和系统复杂等问题。

1 大桥钢结构工程腐蚀环境特点及涂装技术要点分析

港珠澳大桥处于珠江口外的伶仃洋海域,该地区属于亚热带海洋性季风气候,属于高含盐度海上区域,钢结构桥梁的腐蚀发生较为活跃,其中氯离子、氧气、水气和强烈的紫外线照射等都是主要的自然腐蚀介质。根据国标 GB/T 30790《色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第 2 部分 环境分类》,港珠澳大桥钢结构的腐蚀环境为 C5-I 和 C5-M 级别,属于严重腐蚀的环境。在这种气候环境条件下,如何保证港珠澳大桥钢结构防腐涂装工程的完成,并满足其设计使用寿命的要求,是该工程防腐涂装的重点及难点。

根据该地区气候腐蚀特点以及国内外相关的桥梁防腐蚀涂装的案例,港珠澳大桥钢结构涂装采用长效重防腐体系^[2]。港珠澳大桥钢结构防腐涂装工序主要在涂装车间完成,其中包括表面净化处理、二次表面喷砂除锈、环氧富锌底漆、环氧云铁中间漆、氟碳面漆、焊缝修补等工序。同时港珠澳大桥作为一个举世瞩目的国际大工程,采用了 HSE(Health、Safety、Environmental)管理体系,为了避免工人在施工过程中吸入金属铝粉或者氧化铝等粉尘引起肺部病变,采用了“环氧富锌底漆”来替代热喷铝锌防腐涂层。并且该工程对涂料的性能也提出了针对性的要求,如环氧富锌底漆、环氧云铁中间漆、环氧厚浆漆、玻璃鳞片漆挥发性有机化合物 VOC(Volatile Organic Compounds)含量应小于 350 g/L,聚氨酯面漆、氟碳面漆 VOC 含量应小于 420 g/L。港珠澳大桥也是国内首次对防腐材料的挥发性有机化合物、重金属等环保指标进行规定的工程。

2 海洋环境下港珠澳大桥钢结构防腐涂装的关键技术

2.1 涂装厂房

港珠澳大桥的涂装厂房按照分段式喷砂房、喷漆房设计。依照钢结构在涂装房内进行喷砂和喷涂的对比时效,通常将涂装房以一喷三涂、一喷四涂、二喷六涂等形式进行设置。涂装厂房的结构形式通常分为车

收稿日期:2019-11-13

作者简介:张杰(1980—),男,江苏镇江人,常州市宝新防腐工程有限公司工程部工程师。

库式、串联式、对开车库式和对开复合式四种形式。而涂装房的设计不仅要体现钢结构涂装的发展水平,也需要满足相关规范的要求,并以实用为原则,充分考虑涂装厂房布置方案的成本效益、维修频率及操作的难易程度等因素。由于涂装施工场地的限制,考虑新风提供的便利以及为了方便在不同厂房的运转,港珠澳大桥的涂装厂房采用了车库式布置,使设备和涂装厂房合理分隔,有利于设备免遭粉尘侵害,维修方便。

2.2 连续加砂喷砂技术

港珠澳大桥的防腐涂装工程采用了船舶涂装领域采用的双缸双枪连续加砂喷砂技术,即在三台双缸双枪设备上安装有大型的储砂箱,储砂量可达 300 t,在喷砂厂房的地面设有隔栏地漏可将喷出的钢砂传送到储砂箱附近,再通过斗式提升机将钢砂灌入储砂箱,从而实现加砂喷砂的连续运行。

2.3 新型磨料技术

喷砂表面的前处理是涂装最重要的质量控制环节。现阶段我国桥梁防腐施工中最常见的磨料有石英砂、铜矿渣、铸砂、钢丝段和钢丸等。其中石英砂粉化容易造成施工工人的硅肺病,因此港珠澳大桥在招标文件中明确规定了不允许使用石英砂磨料。然后通过对比上述其他几种磨料的耐磨性,在喷砂循环次数较少时也很容易粉化,这既满足不了轮廓最大高度 R_z 的要求,也会造成粉尘污染。所以港珠澳大桥并未在这几种磨料中选择,而是通过施工单位经过市场调查并且反复实验而确定了一种锰铬合金轴承钢砂作为喷砂磨料。该钢砂为细匀回火马氏体组织,其本身具有金相组织好,机械性能优越,韧性以及抗疲劳性都比较好的特点。施工单位经过多次的循环实验发现该磨料可以节省 30% 的前期处理费用,更重要的是其自身磨损小、耐磨性高、产生粉尘少、对施工的工人的健康有利。符合港珠澳大桥的 HSE 体系要求。

由于该钢砂材料的材质过好,如果全部采用该钢砂就会很容易造成砂管及砂枪的快速磨损,所以施工单位经过反复实验确定 $G25:G18:S390 = 6:3:1$ 的配比。配比后的钢砂能满足喷砂清理等级 Sa 2.5 级, R_z 达 30~70 μm 的要求,该配比中的钢砂有刻蚀钢表面的作用,能够让钢表面实现良好的粗糙度,从而确保钢表面涂装更高的附着强度,钢丸有强化钢表面的作用,也可以提高钢表面对腐蚀的抵抗力,也可以对降低砂管、砂枪的磨耗起到一定的积极作用。

2.4 高压无气喷涂技术

高压无气喷涂技术是现阶段我国在大面积涂装中最常使用的设备。高压无气喷涂技术关系到整个喷涂过程材料的耗损率、工程造价、稀料的添加量以及对环保的影响、施工的效率影响等。

港珠澳大桥所采用的富锌底漆、厚浆中间漆以面漆三种材料,由于这三种材料的特点各不相同,因此其适用设备以及压缩比例都是不同的。所以施工单位经过调查实践推荐使用以下设备:喷涂富锌底漆选用的是富锌专用设备,压缩比为 32~33:1,喷涂厚浆漆或高固体分漆则选用压缩比为 65:1 的压缩比设备,喷涂面漆的时候就换成压缩比为 45:1。该选择可以有效地节省涂料并且减少 VOC 的排放,符合港珠澳大桥的招标要求。

2.5 双组分自动调配无气喷涂技术

由于港珠澳大桥项目对环保的要求,在施工过程中不能加入过多的稀释剂。所以普通的高压无气喷涂技术很难控制氟碳面漆涂装厚度在 40 μm 左右。而双组分自动调配无气喷涂技术就可以满足这一要求,其优势有以下三点。

(1)不需要人工称料,省时省力并且可提高喷涂质量。双组分自动调配无气喷涂设备不需要人工配料,直接将设备的两个吸料管分别插入涂料的甲乙组分之中,然后将两组涂料的配比输入到电脑中就可以由电脑自动调漆配料。这种方式使涂料的配比不再依靠人工计量完成,能更好地确保涂料配比的准确性,保证涂料质量、成分和色泽,同时节省了人工成本,可以及时有效地完成桥梁防腐涂装工程。

(2)可通过加温调整涂料黏度,减少稀释剂的添加。双组分自动调配无气喷涂设备包含了加热系统以及安全系统、输送软管外包加热等。该设备拥有两个单独的可加热钢制水套容器。可以将涂料的甲乙组分分别注入其中,通过电加热的方式使氟碳面漆、厚浆中间漆以及无溶剂涂料的黏度迅速下降,当加热到一定温度的时候,涂料黏度甚至接近于水。在确保安全的情况下,将涂料加热到适量的温度后,无需或者只需加入少量的稀释剂就可以将涂料调节到适宜的施工黏度,使其更好的雾化、成膜,可以一次性满足成膜的厚度设计

要求^[3]。

(3)可喷涂活性期短的涂料。双组分自动调配无气喷涂设备可以喷涂活性期短的涂料,比如聚脲材料。由于该设备的两组料浆为独立管道加压,只有到紧连喷枪的混合器时,两种料浆才会混合接触,因此在高压时推动混匀装置的高速旋转可以确保料浆混合均匀,再经喷枪喷出,整个过程仅需要几秒钟时间,该设备完全可以满足喷涂聚脲材料等活性期超短涂料的要求。

3 结束语

港珠澳大桥工程防腐涂装是一项与国际标准接轨的大工程,在高含盐度海洋环境下的桥梁钢结构防腐涂装中克服了恶劣的自然条件,在施工的过程中按照 HSE 标准控制每一道工序质量完成防腐涂装工程,与国内以往的桥梁防腐涂装工程相比,具有里程碑式的意义。同时,随着海上桥梁工程的不断建设和发展,海上桥梁钢结构防腐涂装已经成为一个重要的研究课程,其涉及材料、施工等多个领域,港珠澳大桥钢结构防腐涂装工程的成功对跨海大桥钢结构防腐技术的发展有着重大的实践和推广意义。

参考文献:

- [1]陈江,叶李水,陈星宇,等.海洋环境下大跨径钢箱梁防腐涂装维修技术[J].施工技术,2018(S4):682-685.
- [2]袁鹏园,冯立明,刘宇,等.我国海洋环境中钢结构件防腐研究进展[J].山东建筑大学学报,2019(3):68-73.
- [3]张鸣功,张劲文,高文博,等.港珠澳大桥钢结构防腐涂装项目管理模式构建[J].公路,2015(6):117-121.

(责任编辑 张 利)

Research on Techniques of Anticorrosive Coating of Steel Structure of Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge in Marine Environment

ZHANG Jie¹, WEI Li-jie²

- (1. Engineering Department, Changzhou Baoxin Anticorrosive Engineering Co., Ltd., Changzhou 213000, China;
- 2. School of Ship and Ocean Engineering, Jiangsu Shipping College, Nantong 226010, China)

Abstract: The steel box girder structure of the main body of the Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge is extremely difficult to carry out anti-corrosive work under subtropical oceanic climate, and its anti-corrosive coating construction cost reaches the highest in China. Through analysis of the corrosive environment characteristics of the steel structure engineering of the Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge and the main points of engineering coating technology, some crucial techniques such as coating plants, sandblasting technologies and new types of abrasive technique, spraying technique for the steel structure anti-corrosive coating of the Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge in marine environment are explored within the HSE system, which has great practical and promotional significance for the development of anti-corrosive techniques for steel structures of cross-sea bridges.

Key words: Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge; steel structure; anti-corrosive coating