

文章编号: 1002-0268 (2010) 09-0144-03

青岛海湾大桥电弧喷涂锌铝伪合金技术

盖国晖¹, 万贵章²

(1. 山东高速青岛公路有限公司, 山东 青岛 266061; 2. 镇江蓝舶工程科技有限公司, 江苏 镇江 212003)

摘要: 通过对电弧喷铝及富锌底漆、热喷涂锌、铝与锌铝伪合金对比, 分析了电弧喷涂锌铝伪合金涂装方案的特点, 通过检测和分析指出: 电弧喷涂锌铝伪合金具有更高的性能比和质量保证。

关键词: 桥梁工程; 海湾大桥; 钢箱梁; 电弧喷; 锌铝伪合金

中图分类号: U445.47⁺2

文献标识码: A

Technology of Electric Arc Spraying Zinc-aluminum Pseudo Alloy for Qingdao Bay Bridge

GAI Guohui¹, WAN Guizhang²

(1. Qingdao Highway Co., Ltd., Shandong Hi-Speed Group Qingdao Shandong 266061, China)

2. Zhenjiang Lanbo Engineering Technology Co., Ltd., Zhenjiang Jiangsu 212003, China)

Abstract: The characteristic of electric arc spraying zinc-aluminum pseudo alloy technology was analyzed based on comparing arc spraying zinc-rich primer, thermal spraying of zinc-aluminum and zinc-aluminum alloy. It is pointed out after inspection and analysis that the technology of electric arc spraying zinc-aluminum pseudo alloy has higher performance ratio and quality assurance.

Key words: bridge engineering; bay bridge; steel box girder; electric arc spraying; zinc-aluminum pseudo alloy

0 引言

青岛海湾大桥为我国在北方寒冷海域一座特大型海上桥梁集群工程。全线共设 3 个通航孔桥: 沧口航道桥、红岛航道桥和大沽河航道桥。沧口航道桥为双幅分离的双塔双索面稀索钢箱梁斜拉桥, 桥跨布置为 (80+90+260+90+80)m。主梁采用流线型扁平钢箱梁, 梁高 3.5 m, 梁宽 24 m (外到外)。红岛航道桥为双幅分离的独塔双索面稀索钢箱梁斜拉桥, 桥跨布置为 (120+120)m。主梁采用流线型扁平钢箱梁, 梁高 3.3 m, 梁宽 24 m (外到外)。大沽河航道桥 K26+660 独塔自锚式悬索桥, 跨径为: (80+190+260+80)m。桥面宽 46 m。

1 涂装方案选定

1.1 桥址气候

青岛海湾大桥处于胶州湾畔, 濒临黄海, 属季风气候区, 气候季节变化明显。冬半年 (10月至第 2 年的 3 月) 呈现大陆性气候特点, 干燥、低温; 夏半年 (4月至 9 月) 受到东南季风影响, 空气潮湿, 雨量充沛, 日间温差小, 呈现典型的海洋性气候特征。

青岛多雾, 年历史最多雾日为 70 d, 年历史最少雾日为 33 d, 年平均雾日为 50 d。相对湿度较大, 年平均湿度为 70.9%, 其中 7 月平均湿度最大为 88%。

1.2 电弧喷涂与富锌底漆比较

钢结构涂装体系底层防腐常用富锌底漆或电弧

收稿日期: 2010-08-03

作者简介: 盖国晖 (1981-) 男, 山东青岛人, 工程师, 研究方向为桥梁工程及项目管理。(gaiguohui@163.com)

喷涂。富锌底漆分为无机富锌底漆和有机富锌底漆; 电弧喷涂在防腐蚀中应用较多的为电弧喷锌、电弧喷铝、电弧喷锌铝伪合金。

1.2.1 防腐原理

富锌涂层和金属喷涂层都是形成既具有遮蔽作用又具有电化学阴极保护作用的复合涂层中的底涂。从金属粒子分布的连续性来看, 金属涂层要优于无机硅酸锌涂层, 即金属涂层的阴极保护作用要强于富锌涂层。ISO12944第 5 部分及 JT/T722《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》都对富锌底漆的不挥发分中的金属锌含量作出了明确规定; 并指出在一般情况下, 锌粉含量越高, 涂层体系寿命越长。同时 JT/T722《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》对漆膜表面电阻率也提出了相应要求。上述条件说明, 金属涂层的电化学保护功能优于涂料涂层。

1.2.2 涂层结合力

金属涂层主要以机械锚固和微冶金结合的共同结果, 富锌底漆中无机硅酸锌底漆是以机械镶嵌和部分化学键结合的共同结果, 两者的结合力都能满足相关标准要求。

1.3 热喷涂锌、铝与锌铝伪合金

在腐蚀介质中, 锌或铝涂层作为阳极, 提供可靠的阴极保护作用。另一方面, 它们存在于钢铁基体与腐蚀介质之间起机械保护作用。锌涂层和铝涂层在许多方面有相似的性质, 但也有各自的特点。

锌涂层在基体上结合状况好、易于喷涂; 涂层内的气孔与氧化含物量较低。在腐蚀介质中, 可以对钢铁基体起积极的保护作用。耐中性或碱性腐蚀能力强。

铝涂层含有相对多的氧化物, 并且涂层的硬度高于锌涂层。抗腐蚀、冲蚀性能优于锌涂层。在 pH 值显酸性的介质中其耐蚀性好于锌涂层。

一般来说, 在同样腐蚀条件下, 同样厚度的铝涂层比同样厚度的锌涂层有更长的使用寿命。铝的比重为 2.7 锌的比重是 7.1。锌的比重近似为铝的 3 倍。欲获得同样厚度的涂层, 铝的用量仅为锌的 1/3。但铝涂层的最大缺点是: 由于涂层内存在较多的氧化物和孔隙, 当涂层较薄时如封孔不当, 经常会出现泛黄锈蚀现象。

通过电弧喷涂, 将锌丝和铝丝作为电弧的两根熔化极, 喷出后便得锌铝伪合金涂层。锌铝伪合金组织结构是两种材料的机械混合物, 涂层的化学性能和力学性能二者兼而有之。

电化学性能: 介于锌涂层和铝涂层之间近于锌涂层, 对钢铁起到很好的阴极保护。力学性能: 介于锌涂层和铝涂层之间近于铝涂层, 有较高的硬度和抗冲击性 (见表 1)。^[2]

表 1 锌铝伪合金涂层的性能比较表

Tab 1 Performances of zinc-aluminum pseudo alloy paint			
指标	涂锌层	锌铝伪合金涂层	铝涂层
涂层硬度 /HV	22.9	38.5	41.2
腐蚀电位 /V	-1.38	-1.30	-1.16
腐蚀电流 /(A·cm ⁻²)	150	100	10

2 青岛海湾大桥钢箱梁电弧喷涂锌铝合金

表 2 电弧喷涂锌铝合金层检测结果表

Tab. 2 Test result of electric arc spraying zinc-aluminum alloy paint			
膜厚 /μm	孔隙率 /%	附着力 /MPa	中性盐雾盐雾试验
129	0	12.5	72 h 无异常
127	0	13.9	72 h 无异常
138	0	13.2	72 h 无异常

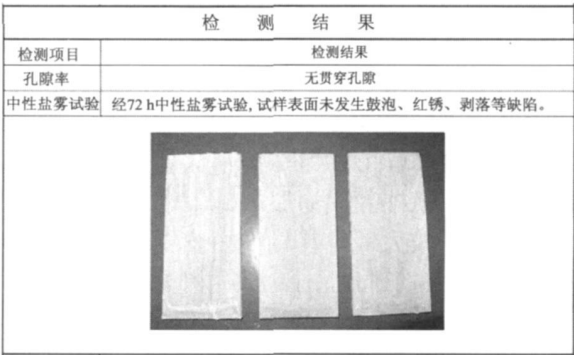


图 1 锌铝伪合金涂层孔隙率、中性盐雾试验
Fig 1 Porosity and neutral salt spray test of zinc-aluminum pseudo alloy

3 分析与比较

3.1 锌铝伪合金涂层与铝涂层孔隙率比较

电弧喷涂涂层均有一定孔隙。涂层中贯通孔隙缺陷导致金属基体与外界环境相通, 腐蚀介质容易渗透至基体界面, 发生局部腐蚀, 降低涂层耐蚀性。因此, 表面孔隙率越小越好。

电弧喷铝层孔隙率比锌铝伪合金涂层大。铝与氧的亲合力很大, 能与空气中的氧反应, 在表面很快生成一层薄而致密、具有自愈合能力的 Al₂O₃ 氧化膜。随着时间的延长或大气湿度的增加, 这层氧化膜厚度增大。因此, 铝在大气中具有良好的耐蚀性。其耐蚀性能主要依靠的是氧化膜的作用, 电化

学保护功能不明显;但在有大量氯离子存在的环境下(如海洋环境中),氧化膜将氯离子吸附在表面,氯离子就会取代膜中的氧形成易溶于水的氯化物,从而使保护膜的结构遭到破坏,产生孔隙,腐蚀介质就可能渗入内部,加速铝的腐蚀。^[3]

电弧喷铝层对点蚀及机械损伤敏感。随着腐蚀深入,腐蚀产物附着在涂层与机体之间,随着量的增大,铝层对机体的物理隔绝作用越来越明显,但是其阴极保护作用会降低。腐蚀介质及腐蚀产物增多后,有缝隙腐蚀倾向,可能会使涂层在机体与铝层间形成“空壳”或涂层脱落。

3.2 盐雾试验比较

电弧喷铝层与锌铝伪合金层在中性盐雾盐雾试验(72 h)均无异常。

3.3 综合性能比较

锌涂层具有积极的阴极保护功能。不足之处为锌涂层的腐蚀速率较快,形成氧化锌及氯化锌较快、流失较快,从而使用年限较短。因此,通常设计 30 a 时间的涂层需要近 300 μm 的厚度。同时,在施工雾化过程中会形成大量的 ZnO 对人体及环境带来直接的伤害。原材料成本就相对较高。

铝涂层的电化学保护性能不明显,因其表面的氧化膜的存在,物理隔绝作用起着十分重要的作用,具有长效的防腐性能;但与锌铝涂层比较,阴性保护性能就相应差些。铝涂层的施工缺点为,表面处理铝材的硬度较大,对基材纯净度要求高,并且对粗糙度要求更高。同时,因涂层相对硬,使空隙率较大。同样涂层在经过盐雾 500 h 的状态下,铝涂层与钢铁结合部处会有锈蚀发生。^[4]

锌铝伪合金涂层充分取用了两者的长处,即阴极保护性能的优点和长效保护之利点。锌铝伪合金电弧喷涂形成涂层后,其成分为纯锌相、纯铝相及一些锌铝合金相组成。涂层中铝微粒之间构成网状硬构架,锌填充其间。在腐蚀环境下,因锌腐蚀电位较低,锌先发生腐蚀,锌的阴极保护既保护了钢铁也保护了铝层;锌牺牲后的产物填充涂层间隙,锌牺牲后铝继续发挥作用,同时铝层的网状结构阻止了锌的腐蚀生成物氯化锌、氧化锌的聚集和大块

流失,而且锌的氧化物会把铝的小孔堵住,这样使进入伪合金层的介质减少了,锌腐蚀也少了。从而延长了钢结构的保护时间。

通过涂层孔隙率及中性盐雾实验可表明,锌铝伪合金孔隙率低,电化学性能优良;综合性能较好。

4 结语

通过对锌铝伪合金的综合性能分析、对比,其作为重防腐配套体系的底涂层被广泛应用于国内大型钢结构桥梁防腐蚀工程,具有更高的性能比和质量保证,其涂装工艺和质量控制方法也日趋成熟,具有广泛的应用价值和前景。

参考文献:

References

- [1] 陈国虞, 张政权, 黄佳樨, 等. 锌铝伪合金涂层系统长效防腐的原理 [J]. 城市道桥与防洪, 2008 (2): 92—93
CHEN Guoyu ZHANG Zhengquan HUANG Jiaqi et al Long-lasting Anti-corrosion Principle of Zinc-aluminum Pseudo Alloy Coat System [J]. Urban Roads Bridges & Flood Control 2008 (2): 92—93
- [2] 王真, 宋刚, 刘黎明, 等. 铝合金电弧喷涂纯铝涂层的耐蚀性能 [J]. 材料保护, 2008 (7): 61—65
WANG Zhen SONG Gang LIU Lining Corrosion Resistance of Arc-sprayed Aluminum Coating on Aluminum Alloy [J]. Materials Protection 2008 (7): 61—65
- [3] 王荣富. 锌铝伪合金、金属铝和无机富锌涂装体系比较研究 [J]. 城市道桥与防洪, 2009 (8): 221—224
WANG Rongfu Comparison and Study of Pseudo Zn-Al Pseudo Alloy Metal Aluminum and Inorganic Zinc-rich Coating Systems [J]. Urban Roads Bridges & Flood Control 2009 (8): 221—224
- [4] 刘燕, 朱子新, 陈永雄, 等. Zn—Al 系列高速电弧喷涂层电化学防腐性能研究 [J]. 中国表面工程, 2004 (5): 23—30
LIU Yan ZHU Zixin CHEN Yongxiong et al Electrochemical Corrosion Behavior of Arc Sprayed Zn-Al Coatings [J]. China Surface Engineering 2004 (5): 23—30