

文章编号:1002-3682(2007)02-0053-04

海上钢结构防腐蚀措施的研究

李 斌,石友强

(山东省交通工程监理咨询公司 青岛分公司,山东 青岛 266000)

摘 要: 针对海上钢结构严重腐蚀环境,分析了影响其腐蚀的主要因素,比较分析了钢结构常用的几种腐蚀防护方法。由于电弧喷涂复合涂层具有20 a以上的长效防腐寿命和涂层结合强度高、免维护等特点,因而成为海上钢结构防腐蚀的优选技术方案。还列举了国内外钢结构热喷涂防腐措施的应用实例及相关标准,对加强海上钢结构长效防腐的立法和推广应用提出了看法。

关键词: 海上钢结构;热喷涂防腐;喷涂锌

中图分类号: TU503

文献标识码: A

海上钢结构是潮汐水电站、水闸、船坞和各种海上作业平台的重要构件,它要长期浸没水下,在潮汐和海浪的作用下频繁的干湿交替,受到高速水流的冲刷,特别是水线部分受到水、日光及水生物的作用,还受到水浪、泥沙、冰凌和其它漂浮物的冲蚀,钢材很容易腐蚀,大大降低了钢结构的承载能力,严重影响工程的使用寿命和安全。采用涂料保护,一般使用3~5 a就失效,工效低,维护费用高。如沿海的某座挡潮闸门,因受到海水的严重腐蚀,使整个闸门体失去稳定而破坏,导致无法继续运行^[1]。腐蚀不仅影响结构的安全运行,还要消耗大量的人力、物力、财力来进行防腐蚀工作,据一些工程统计,每年用于防腐的经费约占全年维修费用的一半,同时还要调动大量的劳动力来除锈、油漆或喷涂等。因此,为了有效地控制钢铁的腐蚀,延长钢结构的使用寿命,确保工程的完整和安全,钢结构的长效防腐问题已引起人们的广泛关注。

1 海上钢结构的腐蚀环境及影响腐蚀的因素

1.1 海上钢结构的腐蚀环境

海上钢结构长期浸于富含电解质的海水中,有的由于水位变化或闸门启闭常处于干湿交替的环境,有的还会受到高速水流的冲击和泥沙、漂浮物、冰凌的磨擦,位于水面或水上部分还受到水蒸发的潮湿气氛和飞溅的水雾作用;处于大气中工作的结构还受到日光、空气的作用。

收稿日期:2007-03-04

作者简介:李 斌(1976-),男,助理工程师,主要从事金属钢结构及电气监理研究。

(杜素兰 编辑)

1.2 腐蚀因素

(1)气候因素:水上部位易受日晒雨淋和潮湿水汽等的作用而发生腐蚀。

(2)钢结构表面状态:粗糙、机械损伤、空穴、焊接缺陷、缝隙等对腐蚀影响很大。

(3)应力和变形:应力和变形越大,腐蚀越甚。

(4)水流速度:受到水流及水中夹带的泥沙等磨粒对金属表面高速冲击,产生冲蚀磨损;同时,水体的流动使极化作用加强,比较容易将腐蚀产物从结构表面随水流冲走,使腐蚀加快,所以运动的钢结构比固定的腐蚀严重。

(5)杂散电流:焊接作业或外加电流阴极保护均可能产生杂散电流,常在杂散结构的阳极区引起不同程度的腐蚀,杂散电流越大,腐蚀越严重。这种腐蚀后果非常严重,但还未引起足够重视。

(6)水生生物:钢结构上常见的生物腐蚀多为点状腐蚀坑,有时成片状连接,最大坑深可达 2.5 mm。

(7)电偶腐蚀:钢结构整体与相关不同材质零部件在潮湿环境和介质中形成异金属连接,而发生严重的电偶腐蚀^[2]。

2 钢结构常用防腐方法

海上钢结构常用防腐方法中,工程上用得最多的是覆盖层防腐和电化学保护。钢结构常用的覆盖层防腐方法主要有涂料防腐和喷涂防腐。各种防腐方法的比较见表 1^[3]。

表 1 钢结构常见防腐蚀方法比较

类别	覆盖层防腐			电化学保护	
防腐方法	涂料	火焰喷涂外加封闭	电弧喷涂外加封闭	外加电流法	牺牲阳极法
防腐机理	物理隔离作用	物理隔离和阴极保护联合作用	物理隔离和阴极保护联合作用	涂料与外加电流联合作用	涂料与牺牲阳极联合作用
防腐年限/a	3~5	15~20	20~25	10~15	10~15
优点	简单方便,初次防腐费用低,适用性广	防腐年限较长,维护工作量小,适用于面积不大及环境恶劣,维护困难的结构	涂层结合率高,防腐年限长,维护或维护量极小,适用于环境恶劣或重要的钢结构的大面积喷涂防腐	保护期适中,保护半径大,适应性强	保护期适中,保护结构简单,安装方便,不需经常管理,适用于没有电源的地方
缺点	防腐年限短,维护工作量大,维护费用总体投资大	难以喷涂铝,生产效率不高,要有专用的喷涂设备	要有专用的电弧喷涂设备,喷涂设备投资较大	必须有外加的直流电源,装置复杂,需专人管理,易产生杂散电流,投资较大	保护半径较小,适应性差
备注	涂层与基体结合力低	涂层与基体结合力较高, 6 ~ 9 MPa	涂层与基体结合力高, 12 ~ 25 MPa	水的电阻率 > 2 000 $\Omega \cdot \text{cm}$	水的电阻率 ≤ 2 000 $\Omega \cdot \text{cm}$

注:电化学保护在其它行业应用很广,但在金属结构上应用很少,这是因为受条件限制,用外加电流保护在管理上有困难,无推广条件。

由表 1 可见,海上钢结构由于腐蚀环境恶劣,在以上防腐方法中,采用电弧喷涂金属涂层外加封闭层的防腐方法,由于具有涂层与钢铁基体结合强度高、防腐年限长(可达 20 a 以上)、很少需要维护、经济节省等诸多优点,是目前的最佳防腐方案。近年来,电弧喷涂

长效防腐技术正日渐成为国际上钢结构件防腐的主流技术,在许多工程实践中得到越来越多的应用。

3 国内外热喷涂长效防腐技术在钢结构上成功应用实例

1957 年法国朗塞潮汐发电站的调水闸,采用喷锌外涂 2 道封闭漆和 1 道面漆防腐。经过 20 a 正常运行后,检查发现金属涂层和漆膜依旧保持良好。

1922 年巴黎附近的圣·丹尼斯运河的船闸闸门上喷涂锌保护层,1954 年(32 a 后)检查发现,涂层腐蚀而钢基体仍完好。

1985 年长江葛洲坝大型水闸门,采用喷涂锌加涂料封闭防腐。江苏三河闸管理处采用热喷涂工艺对大型钢闸门进行大面积喷锌并加涂一层氯化橡胶铝粉漆;山东德州地区水利局在大型钢闸门上大面积喷铝,加涂一层沥青漆,均大大提高了钢闸门的耐腐蚀性能,使用 16 a 后检查涂层完好,预计寿命可超过 30 a,比原油漆涂层寿命提高 6~10 倍。热喷涂特别是电弧喷涂技术在国外得到了大量应用,实践表明,用电弧喷涂长效防腐技术对永久性大型钢结构进行防腐是最佳的防腐蚀选择。我国也正在逐步开始大量应用电弧喷涂长效防腐技术来防护大型水工钢结构,如正在建设中的跨世纪工程——长江三峡工程中的大量钢结构均采用了电弧喷涂长效防腐技术,涂层设计厚度推荐值见表 2^[4]。

表 2 涂层设计厚度推荐值

典型腐蚀环境	设计的防护寿命 /a	涂层厚度/ μm			
		喷 Al(不封闭)	喷 Zn(不封闭)	喷 Al(封闭)	喷 Zn(封闭)
污染的海岸大气	20 以上	250	350	150	250
	10~20	150	250	100	150
	5~10		150		100
海水浸渍	20 以上		350	150	250
	10~20		250		150
非污染的海岸大气	20 以上	150	250	150	150
	10~20		150	100	100
	20 以上				250
海水飞溅区或 盐雾环境	10~20		250	150	175
	5~10		150		150
	5 以下		100	100	

4 热喷涂长效防腐在钢闸门上应用的有关标准

(1)JYJ230-88 海港工程钢结构防腐蚀技术规定,热喷涂是钢结构件指定防腐方法之一。

(2)AWS C2.2-67 美国焊接协会标准认为,在海水介质下应喷铝防腐,淡水介质下喷锌保护。

(3)ISO/DIS14713 (1996)钢铁结构防腐蚀—金属涂层—指南表明,水环境、高湿和盐雾腐蚀的钢铁结构采用喷锌、喷铝可以提供 20 a 以上的保护。

(4)SL 105-95 中国水利部标准水工金属结构防腐蚀规范规定,闸门等水工金属结构

应采用喷锌、喷铝进行长效防腐。

在这些标准中, AWS 和 ISO 是国际知名标准, 得到长期应用和广泛承认。我国在一些防腐蚀规范和标准中, 还需要进一步加强对防腐蚀要求的等级, 使我国更多的重要钢结构工程能得到更长期和有效的保护^[5]。

5 结 语

针对海水对钢结构的严重腐蚀环境, 各种防腐方法各有优缺点, 但总的来说, 电弧喷涂铝或锌加封闭的复合保护涂层, 同现有其它防腐方法比较, 具有技术先进和涂层防腐寿命长久、20 a 内不需进行任何防腐维护、可现场施工、年均防腐费用最低、经济合理等特点, 是海上钢结构等水工金属结构防腐蚀的优选方案。国内外应用热喷涂铝或涂锌来保护钢结构已有较久的历史, 其成功应用经验也充分证明了这一点。国内仍需要加强钢结构长效防腐的立法, 并继续大力推广电弧喷涂长效防腐技术。

参考文献:

- [1] 中国水利部. SL105-95 水工金属结构防腐蚀规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 1996.
- [2] 佐藤靖. 防锈、防腐蚀涂装技术[M]. 北京: 外文出版社, 1990.
- [3] 美国焊接协会. 热喷涂原理与应用技术[M]. 北京: 外文出版社, 1992.
- [4] 张浩. 钢铁长效防护喷锌铝涂层工艺[M]. 北京: 人民教育出版社, 2002.
- [5] 中国水利部. 水利技术标准汇编[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002.

Study on Anticorrosion Measures for Offshore Steel Structure

LI Bin, SHI You-qiang

(Qingdao Branch, Shandong Communication Engineering Supervision and Consulting Company,
Qingdao 266000, China)

Abstract: In this paper, the main factors affecting the offshore steel structure corrosion are analyzed according to its severe corrosion environment, and the common anticorrosion methods for the offshore steel structure are compared with each other. The electric arc spray coating has a long anticorrosive life of more than 20 years and is characterized by high binding strength and being service-free, so the spray coating method has become the optimal anticorrosion scheme for the offshore steel structure. The domestic and foreign cases for applying the anticorrosion technique and relevant standards are listed, and the opinions on the strengthening of legislation and the extension and application of long-term anticorrosion measures for offshore steel structure are expressed.

Key words: offshore steel structure; thermal spray coating anticorrosion; zinc spray coating