

文章编号:1001-4179(2013)19-0028-04

阴极保护防腐在三汉河河口闸钢闸门上的应用

沃玉报, 臧英平, 许兴武

(南京市三汉河河口闸管理处, 江苏 南京 210036)

摘要:南京市三汉河河口闸钢闸门原设计防腐方式为:钢闸门外侧喷锌+氯化橡胶涂料,压水仓内腔采用氯化橡胶涂料。由于防腐等级较低,涂层已破损,锈迹较严重。为增强闸门防腐能力,同时又不影响闸门外观,结合闸门现状和阴极保护的特点,在对涂层局部破损处进行修复的基础上,实施了外侧外加电流阴极保护,内腔采用牺牲阳极保护的联合防腐措施,以增强闸门的防腐性能,延长使用寿命。主要介绍了外加电流和牺牲阳极两种防腐方式在三汉河河口闸钢闸门上的应用,重点介绍了目前国内较少采用的外加电流方式的设计、施工及应用情况。可为不适宜采用牺牲阳极防腐方式的钢闸门提高防腐能力提供应用参考。

关键词:阴极保护;防腐技术;钢闸门;三汉河河口闸;南京

中图法分类号:TV663.4 文献标志码:A

南京市三汉河河口闸位于秦淮河三汉河入江口,是秦淮河环境综合整治工程的重要组成部分,其主要功能是非汛期关闸蓄水,改善城市河道景观;汛期开闸放水,正常行洪。

三汉河河口闸采用双孔护镜钢闸门方案,单孔净宽40 m,闸门高6.5 m,门厚1.6 m,通过支铰安装在闸墩上。闸门顶部设有12扇调节上游水位的活动小门,并通过小门顶部的溢流形成瀑布,为城市增添靓丽景色。三汉河河口闸闸门原设计防腐方式为:钢闸门外侧喷锌+氯化橡胶涂料,压水仓内腔采用氯化橡胶涂料。虽然目前涂层外观总体情况尚可,但受所在地水体水质等影响,已出现局部涂层老化破损、锈迹外露的现象,特别是压水仓内腔原来只采用氯化橡胶涂料保护,防腐等级较低,原涂层已破损、锈迹较严重。为增强闸门防腐能力,同时又不影响闸门外观,2010年,管理处根据钢闸门现状和阴极保护的特点,在对涂层局部破损处进行修复的基础上,实施了外侧外加电流阴极保护,内腔采用牺牲阳极保护的联合防腐措施,以增强钢闸门防腐性能,延长使用寿命。

1 阴极保护技术特点

钢结构的腐蚀属于电化学腐蚀。在一定条件下,

极化作用可以降低介质中钢结构的腐蚀速率。将钢结构进行阴极极化以减少或防止腐蚀的方法称为阴极保护法,此方法是一种从根本上抑制电化学腐蚀的方法。它可以防止多种钢结构物在土壤、海水、淡水等多种电解质中的腐蚀,如船舶、压载仓、码头钢桩、金属管道、海洋平台、水闸闸门、石油储罐等等,其不仅可以防止钢结构的均匀腐蚀,而且还能有效防止各种局部腐蚀,如点蚀、晶间腐蚀、应力腐蚀、电偶腐蚀等,从而使被保护结构物的使用寿命延长。

阳极保护在现阶段尚不能保护大气区钢结构,并且在淡水介质中,由于水体的电阻率较高(与海水相比),有效保护范围较小,需要的阳极数量较多,因而成本较高。而阴极保护和涂层联合保护,则是目前淡水区钢闸门防腐的较理想方式,国内也有多个成功案例。此保护方式可利用它们相互的协同效应,一方面可以大大降低钢闸门保护电流密度,扩大保护范围,减少阳极用量。另一方面由于阴极保护的使用,完全抑制了涂层损坏点钢闸门的腐蚀,延长涂层的保护寿命。因此在钢闸门原有涂料尚基本完好的情况下(局部破损处需修复),补充阴极保护措施是较理想的防腐方式,并具有以下优越性:

(1) 提高钢闸门的防腐等级。

收稿日期:2013-06-27

作者简介:沃玉报,男,高级工程师,硕士,主要从事工程施工、工程管理和水资源等方面的工作。E-mail:609610040@qq.com

(2) 减少闸门涂层维修工程量,延长维修周期。

(3) 经专门设计的阴极保护,保护效果优异,防腐蚀综合成本低,技术经济效益十分显著。

(4) 阴极保护不会对水体等环境造成污染。

(5) 可根据要求设计该技术的防腐蚀保护寿命,一般水下钢结构防腐蚀年限可达到 15 a 或更长时间。

2 阴极保护防腐方案设计

三汉河河口闸钢闸门阴极保护防腐蚀方案的设计依据为:①《水工金属结构防腐蚀规范》(SL105-2007);②《镁合金牺牲阳极》(GB/T17731-2004);③三汉河河口闸钢闸门目前具有较完好的防护涂层的现状;④根据江苏省水文水资源勘测局南京分局提供的流域水质资料,钢闸门所处水质的电导率为 400 ~ 600 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 。

2.1 方案选择

实施阴极保护可以通过外加电流和牺牲阳极两种方式。一般来说,牺牲阳极方式用的较多。外加电流方式采用直流电源给被保护金属通以阴极电流,保护系统主要由直流电源、辅助阳极、参比电极和电缆等组成;牺牲阳极保护是在被保护的金属上连接一种更活泼的金属或合金(称为牺牲阳极),通过牺牲阳极的自我溶解和消耗,使被保护金属得到阴极电流。两种保护方式各有特点,牺牲阳极保护施工非常简单,只需将牺牲阳极进行合理的设计并安装在被保护结构上即可对其提供保护,系统在运行过程中也不需要维护和专人管理。而外加电流阴极保护系统主要部件不直接与闸门接触,只需要在钢闸门上引出两根电缆(可以在闸门隐蔽处),在闸墩隐蔽部位安装一定数量的辅助阳极和参比电极,再配合电源及控制系统即可,不会增加闸门的负荷,也基本没有外观影响。唯一缺点是需要外部电源,在运行期间需对保护系统进行长期的维护管理。

因三汉河河口闸主要是调控外秦淮河水位,且要求与周围景观协调。大闸门门体主要是封闭的空箱结构,如果在门体外表面加牺牲阳极保护,则严重影响工程景观,结合这一实际情况,此次三汉河河口闸大闸门主要采用外加电流的方式进行防腐,仅在压水仓内(闸门两侧近支座段,约占门体长度的 2/7)采用牺牲阳极保护方式。因牺牲阳极的方式相关文章介绍较多,故本文不作具体介绍,只重点介绍外加电流防腐方式在河口闸工程上的应用。

2.2 设计要求

(1) 三汉河河口闸钢闸门防护寿命为 30 a,从经

济合理的角度考虑,此次阴极保护系统的设计使用年限为 15 a,中间补加一次牺牲阳极或更换外加电流阴极保护系统。

(2) 外加电流阴极保护系统运行后,95% 以上测点的保护电位应满足以下要求:①保护电位应小于 -0.85 V (相对于饱和硫酸铜参比电极);②不锈钢保护电位比自然电位偏小 200 mV。

2.3 钢闸门外侧外加电流阴极保护设计

2.3.1 钢闸门阴极保护面积

钢闸门外加电流阴极保护的范围为整个闸门外侧的水下区、水位变动区以及可能接触河水的部位。根据运行时闸门位于水下的高度和接触河水部位,经测算,三汉河河口闸需要外加电流阴极保护的面积为 3 420 m^2 。

2.3.2 外加电流阴极保护系统的选择

(1) 直流电源的选择。外加电流阴极保护系统的电源设备是阴极保护的“心脏”,它将不断地向被保护钢闸门提供阴极保护电流。一般来说,对外加电流电源设备的基本要求为:安全可靠;电流电压连续可调;适应现场的工作环境;有富裕的电裕量;输出阻抗与钢闸门-水体的回路电阻相匹配;操作维护简单。常用的外加电流直流电源有硅整流器和恒电位仪两类。整流器的工作原理是通过调节输出电流使闸门的保护电位达到设计值,而恒电位仪则可以直接控制钢闸门的保护电位,保护电流的输出大小由仪器本身的反馈回路自动调节。由于水位变化期间特别是在启闭过程中闸门与水体接触的面积变化较大,所需保护电流有较大变化,因此,设计采用恒电位仪作为外加电流电源设备,优点是一方面可以自动控制保护电位,不需要人工随时调节仪器,操作方便,维护管理简单;另一方面效率大大提高,可以节省能源。

根据工程状况及环境条件,经计算,护镜门和活动小门需要的保护电流密度为 4.3 mA/m^2 。该工程外加电流阴极保护原理详见图 1。

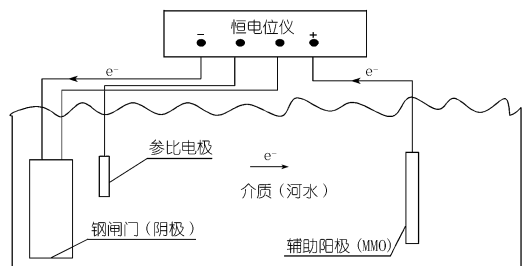


图 1 外加电流阴极保护设计原理示意

(2) 辅助阳极的选择。在外加电流阴极保护系统

中,辅助阳极是其中的关键组成部分,电源设备提供的保护电流需要通过辅助阳极经由水体传递到被保护钢闸门上,辅助阳极性能的好坏会直接影响整个保护系统的可靠性和阴极保护效果。

辅助阳极在工作时,其表面会产生电化学反应。对不同的阳极材料和不同的介质环境以及工作条件,阳极反应也不一样。如消耗性的废钢铁、铝等表面将发生金属溶解的氧化反应;而不溶性的混合氧化物阳极或铂阳极在含氯量低的淡水中,则主要发生析氧反应。

针对阳极的工作环境,结合实际工程需要,河口闸工程选用钛基混合金属氧化物阳极。该辅助阳极优点是具有很大的活性表面,具有更高的电化学活性及稳定性,其消耗率很低,易加工成各种所需形状,重量轻,安装方便。由于电极表面为高催化活性的氧化物层所覆盖,不会发生表面钝化膜被击穿破坏的现象,耐酸、碱性强,在污染淡水等水介质中具有极优异的物理、化学和电化学性能,在 100 A/m^2 工作电流密度下,消耗率大约只有 $1 \sim 4 \text{ mg}/(\text{A} \cdot \text{a})$,使用寿命可达 20 a 以上。

该工程辅助阳极布置安装详见图 2。

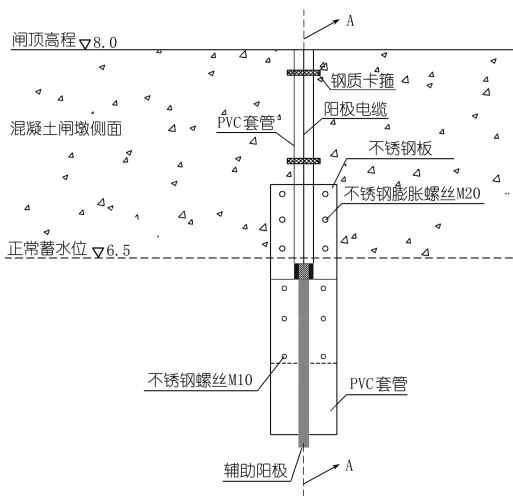


图 2 辅助阳极安装示意(单位:m)

(3) 参比电极的选择。安装参比电极是为了监测钢闸门的保护电位和给恒电位仪提供控制和测量信号,恒电位可根据参比电极测量电位的大小,自动调节输出电流,使钢闸门电位始终维持达到保护要求。

参比电极的主要要求是:电位稳定;电位重现性好;温度系数小,即电位随温度变化小;制备、使用、维护简单方便。

经比选,选择适合淡水,抗压性能优异,使用寿命长,高纯锌长效参比电极。该工程参比电极的设计安装详见图 3。

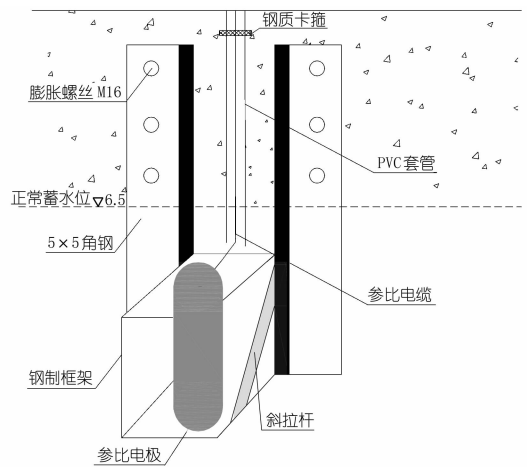


图 3 参比电极安装示意(单位:m)

3 工程施工

3.1 辅助阳极和参比电极的安装

将 6 支辅助阳极预先固定在特制的钢支架上,再用 6 只 M20 不锈钢膨胀螺栓将支架安装在混凝土闸墩侧面水面以上部位,阳极电缆通过 PVC 套管引至闸墩表面,PVC 套管用钢质卡箍通过 M16 膨胀螺栓将其两端固定在闸墩侧面。辅助阳极安装闸墩顶端侧面,上下游各安装 3 支。依据下游枯水期设计低潮位 3.5 m,上游正常蓄水位 6.2 ~ 6.5 m 的实际情况,辅助阳极上游安装标高约为 6.0 m,下游安装标高约为 3.3 m。

将 2 支参比电极预先安放在特制的钢支架上,再用 M16 膨胀螺栓将支架安装在混凝土闸墩侧面水面以上部位,参比电缆通过 PVC 套管引至闸墩表面,PVC 套管用钢卡箍通过 M16 膨胀螺栓将其两端固定在闸墩侧面(详见图 3)。上游参比电极安装在闸墩中部靠近钢闸门附近,下游参比电极安装在闸墩钢闸门铰座附近,安装标高与辅助阳极类同。

3.2 阴极保护通电点和测量点的制作

施工时下游水位约为 3.7 m,钢闸门铰支座已露出水面,将阴极通电电缆和测量电缆焊接到钢闸门铰支座顶端,焊接处采用涂层封闭。阴极电缆通过 PVC 管用卡箍固定在闸墩侧面引至闸墩表面。

3.3 电缆敷设

各种电缆通过直径为 50 mm 镀锌钢管、弯头、三通等电缆护管后,沿着闸墩两侧外缘(位于现有不锈钢护栏下)引至 3 号启闭机房,其中闸顶面以上 2 m 范围采用直径为 80 mm 的镀锌管,2 m 以上部位至启闭机房底部采用直径为 80 mm 的 PVC 管,护套管通过 2 个半圆形钢质卡箍固定在混凝土闸墩上。进入启闭机

房前的电缆护套采用柔性电缆护套,约 1~2 m 长,通过已有照明电源的电缆孔进入启闭机房,最终连接到厂家定制的安装 3 号启闭机房的 2 台 IHF-30A/80V 恒电位仪上。

3.4 数据传输

自动采集的闸门防腐数据通过一条光纤通讯电路自动传输到控制中心,能完成数据的传输、显示、形成报表,并且能在上位机上对恒电位仪进行设置。

3.5 外加电流阴极保护系统的调试和测量

(1) 在阴极保护系统通电前,检查系统的可靠性和线路连接状况,在无短、断路情况下采取小电位逐步极化,通电调试。

(2) 在确认系统接线正确后,将钢闸门控制点的保护电位调至保护要求,测量整个闸门外侧各部位的保护电位。

(3) 在通电一个星期后,整个钢闸门 95% 测点的

保护电位应达到设计要求。

(4) 保护电位的测量,使用高阻抗电压表和便携式参比电极。

4 结语

三汉河河口闸外加电流阴极保护系统自投入运行以来(大闸门开启期间关闭),系统运行正常,基本达到了设计要求。

(1) 为使闸门达到良好的防腐效果,在实施阴极保护系统前,需去除闸门外表面破损失效的涂层,整体修复闸门原防腐涂层。

(2) 此次实施的外加电流阴极保护主要是提升闸门防腐性能,经过 2 a 多的运行,其功能作用明显,达到了预期运用效果,可为其他类似工程管理提供参考。

(编辑:徐诗银)

Application of cathodic protection in steel gate of Sanchahe Estuary Sluice

WO Yubao, ZANG Yingping, XU Xingwu

(Nanjing Sanchahe Estuary Sluice Management Office, Nanjing 210036, China)

Abstract: In the original anti-corrosion design of the steel gate of Sanchahe Estuary Sluice in Nanjing City, the measure of zinc painted + chlorinated rubber coating outside surface of the gate and chlorinated rubber coating inside surface of the gate was adopted. Due to the low level of anti-corrosion and coating damage, the gate rusted seriously. According to the current situation and the characteristics of cathodic protection, the comprehensive measures are carried out both by outer cathodic protection with impressed current and inner anodic sacrifice protection after repairing the local damaged coating to enhance the anti-corrosion of gate and prolong its service life. The paper introduces the application of impressed current and anodic sacrifice protection in the gate, and focuses on the design, construction and application of impressed current mode that is less used in China at present.

Key words: cathodic protection; anti-corrosion technology; steel gate; Sanchahe Estuary Sluice; Nanjing

(上接第 11 页)

Analysis on layout of air valves in water supply projects

HU Jianyong¹, FANG Jie²

(1. Department of Hydraulic Engineering, Zhejiang University of Water Resources and Electric Power, Hangzhou 310018, China;

2. Hydrochina Huadong Engineering Corporation, Hangzhou 310014, China)

Abstract: The operating effect of a water supply project is closely related with the layout position, interval, as well as orifice diameters of air inlets and outlets of air valves. The paper proposes the determination principle of interval value based on analysis of air dynamic characteristics and capability of air conveying in pipelines. Theoretical calculation method for orifice diameters of air valves is deduced according to the same volume principle under the case of water filling and emptying in pipelines. The result indicates that the layout solution of air valves has an obvious difference between experiential value and theoretical analysis. The interval and orifice diameters by theoretical analysis are quite smaller than those by experiences. Furthermore, the more specific reference for layout and optimization of air valves can be obtained based on experiential value and theoretical analysis simultaneously.

Key words: air valve; orifice diameter; water filling; water emptying; water supply project