

海边电厂供水系统的防腐措施

韦 冰

(中南电力设计院,湖北 武汉 430071)

摘要 结合马来西亚古晋电厂二期工程中海水循环设备的腐蚀问题,研究了海边电厂供水系统的防腐措施,给出了有效的防腐措施设计.对于海水循环水泵房内循环水泵、拦污栅、旋转滤网设备、主厂房内的循环水管道等,采用耐海水涂层系统和外加电流等阴极保护措施.从海水循环水泵房至主厂房的循环水管,选用玻璃钢管为管材,其综合造价与钢管相当,但有钢管无法比拟的耐海水腐蚀性能.对于高压力的管道,采用涂层保护防腐,可以布置于地沟、地面管架、甚至直接安装在地面上.对于压力不高的生活给水管、工业服务水管,选用塑料管、孔网钢塑管或玻璃钢管等耐腐蚀的管材.马来西亚古晋电厂二期工程有效地解决了海水循环设备的防腐问题,设计施工顺利,运行效果好.

关键词 供水系统;金属腐蚀;牺牲阳极;外加电流保护;参比电极;马来西亚古晋电厂

中图分类号:TK284.7 文献标识码:A 文章编号:1006-7647(2005)S2-0046-04

对于建造在海边,以海水作为凝汽器等辅机冷却水源的电厂,盐雾(大气腐蚀)、海水(水腐蚀)、盐碱地(土壤腐蚀)等都对电厂的海水循环系统的设备、管道造成不利影响.海边电厂厂址地下水位高,含盐量高,对混凝土有中等结晶分解复合类腐蚀,对钢材也有腐蚀.为节省投资、少占地和美观,电厂供水系统大部分管道都敷设在地下,以往的埋地管道管材大多为普通碳钢.由于海水或盐碱地的腐蚀,埋地管道往往在短时间的几年内就会腐蚀穿孔.海水循环水泵房内循环水泵、拦污栅、旋转滤网设备、至主厂房的循环水管及主厂房内的循环水管道等接触海水的钢结构,在海水的作用下,会产生严重的腐蚀,同时高速流动的海水中所携带的泥沙等固体颗粒物,又会加速腐蚀.马来西亚古晋电厂二期工程中的供水设备工作在海边,面临着这些海水腐蚀问题.本文结合马来西亚古晋电厂二期工程海水循环设备的防腐设计,研究海边电厂供水系统的防腐设计方法,提出有效的防腐措施,并用实例表明了防腐设计的有效性.

1 金属腐蚀机理

要进行防腐设计,首先应该掌握金属腐蚀的机理.金属受到周围介质的化学作用、电化学作用、物

理溶解而产生破坏,称为金属腐蚀^[1,2].按金属腐蚀的机理分类,可以分为化学腐蚀、电化学腐蚀和物理腐蚀.电化学腐蚀是造成各种金属结构物腐蚀的主要原因,其腐蚀造成的破坏要远比化学、物理腐蚀强烈得多.土壤及水中的有关金属结构物的腐蚀主要是由于电化学腐蚀造成的,即腐蚀电池工作的结果.腐蚀电池包括互相接触的三个部分:电极电位较负的阳极(发生金属氧化反应)、电极电位较正的阴极(在阴极上进行着溶液中某种物质的还原反应)和电解质溶液.

金属腐蚀反应机理如下^[3]:

阳极过程 金属溶解为金属离子并失去电子,正离子进入溶液.反应式为 $[Me] \rightarrow Me^{n+} + ne$,此时,若不发生其他电极过程,阳极过程会很快停止.

阴极过程 在电解质中能吸收电子的氧化物质(即反应式中的D),接受阳极释放出的电子,反应式为 $D + ne \rightarrow [De]$.在阴极区能和阳极区释放出的电子结合的物质(D)是很多的,大多数情况下是水溶液中的 H^+ 离子和 O_2 分子.

电流的流动 在金属中靠电子从阳极流向阴极,在溶液中靠离子的迁移,即阳离子从阳极区移向阴极区和阴离子从阴极区移向阳极区,这样就使整个系统中的电路构成回路,腐蚀就发生了.

作者简介:韦冰(1962—),女(壮族),广西柳州人,高级工程师,从事发电厂水工供水设计工作.

金属电化学腐蚀的机理可归纳为腐蚀电池作用,用肉眼看不见电极构成的腐蚀原电池称为微电池。在腐蚀电池中,绝大多数的金属腐蚀属于腐蚀微电池作用,构成微电池的原因主要是整个金属表面的物理和化学性质不均匀,使金属表面建立起电极电位差,形成无数个微小阳极和微小阴极组织的微电池,腐蚀电池的存在将促使金属不断受到腐蚀。设计中,可以根据上述几种腐蚀机理,分析设备工作的环境因素,设计不同的防护措施,或者综合运用各种防腐措施。

2 海水循环水系统设备及管道的防腐措施

海水水泵泵壳及本体大部分、拦污栅、旋转滤网等设备处于海水中,而海水是自然界中量最大且具有很强腐蚀性的天然电解质溶液。因此,除对设备要求其本身材质耐海水腐蚀外,还要根据实际情况,采取耐海水涂层系统和阴极保护的防腐措施。

2.1 阴极保护原理

阴极保护就是对被保护的金属施加一定的阴极电流,使被保护金属的电极电位负于某一电位值,使其上的阳极反应电流得到抑制。阴极保护是防止金属材料在海水、淡水、土壤等自然环境中发生腐蚀最方便、最有效的方法之一。根据电流供给源的不同,阴极保护可以采用外加电流保护措施和牺牲阳极保护措施。

a. 外加电流保护措施。利用直流电源,通过辅助阳极给被保护的金属以恒定电流,使之阴极极化,以减轻和防止腐蚀。

b. 牺牲阳极保护措施。在被保护的金属上连接一种电位更负的金属或合金作为阳极,把选择的金属或合金做成一定形状,连接在被保护金属上,由于两者之间有一定的电位差,电位较负的金属不断失去电子,产生电流流入被保护体,使被保护金属变成阴极而极化,从而得到保护。电位较负的金属产生的电流称为保护电流,由于电位较负的金属不断产生电流而溶解,并逐渐的消耗掉,被称为牺牲阳极。

无论是由外部电源引入的保护电流还是由电池内产生的电流,都必须大到足够克服和抵消离开金属阳极区的腐蚀电流,即能把腐蚀电流抵消等于零,金属腐蚀就停止了。

2.2 阴极保护和涂层联合应用

防腐涂料的主要作用是防止化学介质和水分子等介质接触设备、管道外壁而与之发生化学或电化学反应,防止和阻止腐蚀发生。目前海边电厂防腐多采用阴极保护+涂层保护,二者是相辅相成的关系。涂层在涂覆过程中不可避免地存在着毛细孔或裸

处,而且在安装和使用过程中也会有破损,腐蚀易集中发生在这些部位,采用阴极保护,弥补了涂料的不足,阴极保护和涂层联合保护是最经济的、保护效果最好的方法。

2.3 海水循环水系统设备及管道的防腐设计

大多数海边电厂循环水系统设备及管道的防腐设计基本相同,现以马来西亚古晋电厂为例,对海水循环水系统设备及管道的防腐设计作探讨。古晋电厂循环冷却水水源为砂捞越河,电厂取水河段位于砂捞越河下游,上距古晋市 27 km,下距出海口约 3 km。电厂设计最高潮位 3.8 m,最低潮位为 -3.43 m,高潮位涨潮历时 7 h,落潮历时 6 h,涨潮潮差 5.10 m,落潮潮差 4.05 m。海水由取水头部通过两根 DN1600 虹吸式玻璃钢管引入循环水泵房,泵房零米层标高为 5.0 m,底部标高为 -9.0 m。电厂取水河段为感潮河段,水流由潮流和径流组成,淡水、海水交替出现,对电厂循环水系统设备管道的腐蚀比其处于纯海水的工况更为恶劣。

电厂二期工程海水循环水泵房内安装有 3 套拦污栅、3 台旋转滤网、2 块平板钢闸门、3 台循环水泵、水泵出口 DN1400 钢管和蓄能罐式液压止回蝶阀、切换井内 DN1400 钢管和电动蝶阀。

2.3.1 拦污栅防腐保护设计

拦污栅宽 3 m,高 14 m,材质采用 1Cr18Ni9Ti,室内布置。对拦污栅安装在平均水位以上部分,采用涂层防腐保护方法;平均水位以下部分,采用涂层和牺牲阳极的阴极保护方法,在每块拦污栅上安装 12 块 AEL-6 型铝牺牲阳极块。牺牲阳极块用安装螺栓固定在栅条上(牺牲阳极块可拆卸),安装螺栓用焊接方式焊接在栅条上,螺栓材质采用 1Cr18Ni9Ti。

2.3.2 旋转滤网

安装在进水间的旋转滤网宽 3 m,高 14 m,室内布置。滤网框架材质采用耐腐蚀的 16Mn,导轨、网丝材质采用 1Cr18Ni9Ti,旋转滤网涂刷防腐涂层,在每台旋转滤网框架上安装 24 块 AEL-7 型铝牺牲阳极块,导轨处安装 4 块牺牲阳极块。仅限牺牲阳极块底面刷油漆,牺牲阳极块用安装螺栓固定在旋转滤网框架和导轨上(牺牲阳极块可拆卸),安装螺栓用焊接方式焊接在旋转滤网框架和导轨上。

2.3.3 循环水泵

泵壳材质采用 HT200Ni2C(HT 为灰口铸铁),对泵壳外壁防腐采用涂层和铝牺牲阳极的阴极保护方法,将牺牲阳极块用安装螺栓均匀固定在泵壳上;泵壳内壁、叶轮(材质 ZG0Cr18Ni12Mo2Ti)及轴保护管等采用涂层和外加电流阴极保护。外加电流阴极保护系统由辅助阳极、参比电极、恒电位仪及相应的电

缆等组成。

a. 辅助阳极. 在外加电流保护系统中与直流电源正极连接的外设电极,其作用是使电流从电极经介质到被保护体表面。

b. 参比电极. 在外加电流保护系统中,用于测量被保护体的电位,并向控制系统传递信号,以便调节保护电流的大小,使结构的电位处于给定范围。

c. 恒电位仪. 在外加电流保护系统中提供电源。

图1和图2是循环水泵防腐设计示例(辅助阳极结构)^[4]

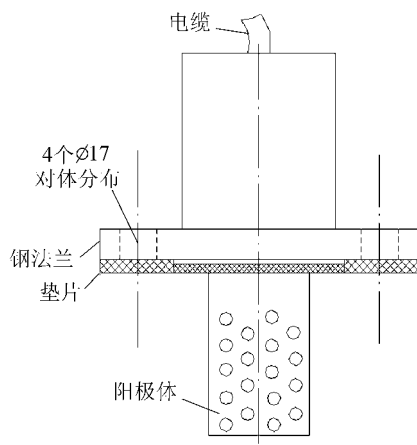


图1 HFF-4 辅助阳极结构

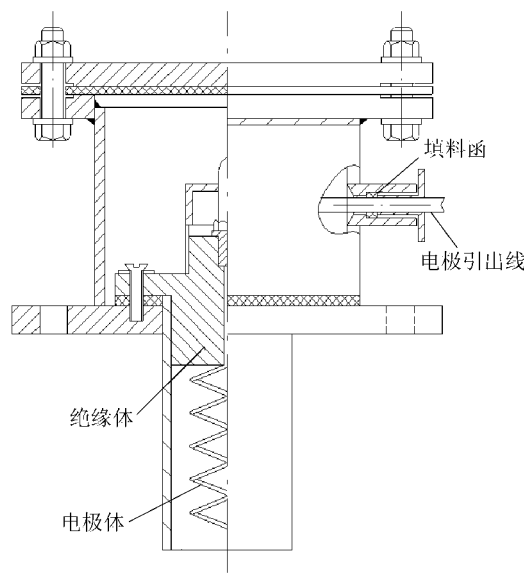


图2 HFTF-4 辅助阳极结构

2.3.4 主厂房内设备管道

主厂房内的凝汽器进出口循环水管道(碳钢)在一期工程采用的防腐方式是衬胶,由于衬胶的工艺以及管道的运输及施工安装问题,使得衬胶不均匀及脱落,容易造成凝汽器进出口管,特别是弯管部分在短时间内被腐蚀穿孔,这给运行管理带来诸多不便,甚至由于管道突然破裂,水淹厂房。为了防止衬胶管腐蚀穿孔,业主不得不在大修年内多次换管,造成很大的损失和麻烦。所以对主厂房内的凝汽器进

出口循环水管道和开式循环水管道及设备的防腐采用涂层(内壁:喷砂除锈+厚浆型环氧煤沥青涂料3道)和外加电流阴极保护方法。根据设计计算在管道指定位置开孔,将电极基座焊接安装到开孔位置上,基座安装完成后,对焊接破坏的涂层进行修补。

2.3.5 其他设备防腐

水泵出口 DN1400 钢管(碳钢)和蓄能罐式液压止回蝶阀及切换井内 DN1400 钢管(碳钢)和电动蝶阀采用喷砂除锈+厚浆型环氧煤沥青涂料三道+铝牺牲阳极的保护方法,牺牲阳极直接焊接在钢管内壁上。

平板钢闸门材质为普通碳钢,其防腐采用涂层和牺牲阳极的阴极保护方法,牺牲阳极采用直接焊接安装方式。

选用的铝-锌-铟-镉合金牺牲阳极,其性能参数如下:工作电位 $-1.18 \sim -1.10$ V(饱和甘汞电极)消耗率小于 $3.65 \text{ kg}(\text{A} \cdot \text{a})$ 实际容量 $2400 \text{ A} \cdot \text{h/kg}$ 电流效率大于 85% 。

3 埋地管道的防腐

海边电厂埋地管道的防腐除采用阴极保护(在钢管内壁上焊接牺牲阳极块)或涂层保护外,可在管道选材上采用耐海水腐蚀的材质或在设计上采取一定的方法,减少管道与土壤的接触。对管径较小、压力不高的生活给水管,工业服务水管,管材可选用塑料管、孔网钢塑管或玻璃钢管等耐腐蚀的管材。孔网钢塑管是以氩弧对接焊成型的多孔薄壁钢管为增强体,外层和内层双面复合热塑性塑料的一种新型复合管道。由于多孔增强体完全包覆在塑料之中,这种复合管克服了钢管和塑料管各自的缺点,又保持了钢管和塑料管各自的优点。孔网钢塑管道系统采用电热熔管件连接,利用塑料热加工原理,通过管件内部发热体将管材与管件熔融,把管道或管道与配件可靠地连接在一起,一次完成永不渗漏。孔网钢塑管采用法兰连接方式与钢管连接,连接件(法兰、螺栓、螺母)的材料采用 316L,以防止盐碱地的侵蚀。在西部电厂和古晋电厂工程中,大部分室外埋地管道和输送海水的工业水管都采用孔网钢塑管。孔网钢塑管综合造价与钢管相似,但施工工艺较之简单。

对管径较大的管道,如循环水管管材可选用玻璃钢管或预应力钢筋混凝土管。玻璃钢管综合造价与钢管差不多,但在耐海水腐蚀方面有钢管无法比拟的优势。古晋电厂的海水循环水管(DN1400)和泵房至取水头部的虹吸引水管(DN1600)都采用玻璃钢管。在古晋电厂附近有一钢铁厂,钢铁厂的海水取水管(由马来西亚自行设计)管材采用钢管,在钢厂投入运行不久,取水管由于海水腐蚀无法使用,而古

晋电厂一期工程的玻璃钢虹吸引水管和循环水管自1997年投产以来,一直运行良好。

为防止腐蚀,小管径埋地管道还可以布置在地沟内或安装在地面上的管架上,也可以直接安装在地面上。古晋电厂所有室外消防管道(钢管)直接安装在地面的支墩上,在跨马路段则放入地沟内。这样既达到防腐的目的,又便于运行管理和节省投资。

各海边电厂由于投资金额大小和对设备、管道选用的材质不同,采用的防腐方式也略有差别。另外,采用牺牲阳极的防腐保护,设计时牺牲阳极的选取应考虑到下列因素:被保护体周围介质的成分和含量以及被保护体周围土壤的电阻率或水的电导率等等。

牺牲阳极块都是靠自身的溶解提供阴极保护电流,所以所选用的牺牲阳极必须有足够的负电压,保证阳极与被保护金属能产生足够的驱动电压和有效电压,具有较大的理论容量,较高的电流效率,牺牲阳极表面较均匀地溶解,腐蚀产物自动脱落。

古晋电厂二期工程海水循环设备防腐系统的成功设计实施,特别是令业主担心的主厂房内的凝汽器进出口循环水管道的腐蚀问题得到根本解决,使

(上接第32页)

18个仓内进行了劈裂注浆加固,以提高土体的弹性抗力(见图2)。

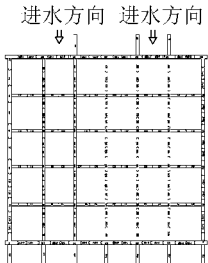


图2 地下连续墙分隔示意图

在地连墙施工中发现大幅地连墙槽段在欠固结淤泥质土中施工非常困难,成槽常常不稳定而坍孔,经现场研究后改为小幅地连墙,并优化泥浆配比。实践证明,这些措施的效果是非常明显的。该基坑工程采用了盆式开挖,逆作法施工,严格遵循了“分层、分步、对称、平衡、限时”的原则,做到边开挖边内衬。整个基坑开挖过程中实施了工程监测,内容包括地连墙测斜、沉降、地连墙应力、侧向土压力及周围环境的监测,监测数据及时指导了施工。

循环水泵房地下结构早已施工完毕,根据当时记录,地连墙的侧向位移为30mm,施工过程中影响邻近的一期循环水泵房的沉降量约2mm。所有实测资料表明,本工程的设计施工是成功的,达到了预期的效果。

得电厂自2003年底投运以来运行良好。

4 结 论

海边电厂供水系统的防腐设计是一项新的研究课题,设计中考虑防腐措施,可以保证系统的安全运行,节省维修开支,具有极其重要的意义。文中针对此类问题进行研究,给出了防腐设计方法和经验,在马来西亚古晋电厂二期工程中,设计施工顺利以及系统的成功运行表明,文中的海水循环设备的防腐措施是有效的,该设计方法与经验对于解决海边电厂设备防腐设计,具有参考价值。

参考文献:

[1] 张明慧,杨兴全.化工腐蚀与防护技术[M].成都:成都科技大学出版社,1988.
[2] 侯保荣.海洋腐蚀环境研究及保护对策:海洋腐蚀与防护技术[M].北京:海洋出版社,1998.
[3] 王庆璋,杜敏.海洋腐蚀与防护技术[M].青岛:青岛海洋大学出版社,2000:33-35.
[4] 韦冰.马来西亚古晋电厂二期工程施工设计图[R].武汉:中南电力设计院,2002.

(收稿日期 2005-09-17 编辑 熊水斌)

4 结 语

深基坑工程质量保证的三大基本要素即设计、施工及监测,三者的关系密不可分。为确保深基坑支护工程的安全、经济、合理,必须从这三方面抓起。基坑工程的设计应根据不同的地质条件、不同的周围环境来确定不同的支护结构形式;基坑的开挖施工(包括支撑设置过程)同支护结构、基坑周围土体位移之间存在着一定的相关性,科学地安排土方开挖施工顺序及控制施工进度,将有助于控制围护墙体和基坑周围土体的位移,即所谓的“时空效应”。施工监测提供了动态的信息反馈和信息化管理依据。

参考文献:

[1] DBJ08-61-97,基坑工程设计规程(上海市标准)[S].
[2] JGJ120-99,建筑基坑支护技术规程[S].
[3] 刘建航,侯学渊.基坑工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.
[4] 刘建航,侯学渊.软土市政地下工程施工技术手册[R].上海:上海市工程局,1990.
[5] 刘建航.地下墙深基坑周围地层移动的预测与治理[J].地下工程与隧道,1991.
[6] 孙更生,郑大同.软土地基与地下工程[M].北京:中国建筑工业出版社,1987.

(收稿日期 2005-09-10 编辑 高建群)