

沿海高腐蚀地区金属结构防腐施工实践

——温州市瓯飞一期围垦工程闸门防腐工艺

周 毓 郑 斌 陈丽霞

浙江江能建设有限公司, 浙江 杭州 310051

[摘要]温州市瓯飞一期围垦工程属于淤涨型高涂固垦, 海堤及水闸迎水面结构处于海水浪溅区或盐雾作用区, 潮湿并有严重侵蚀性介质作用, 海水环境下的钢闸门及埋件由于受到水压、水流冲击和阳光、水生物等的影响, 极易被腐蚀并降低钢闸门的承载能力和安全性能, 对设备的抗腐蚀性能提出了非常高的要求。文中从闸门及埋件的新材料选用、防腐涂料的选择、防腐施工的工艺及措施、取得的效果等方面阐述了在沿海高腐蚀地区的金属结构防腐施工实践。

[关键词]沿海高腐蚀; 金属结构; 防腐; 工艺

DOI: 10.33142/hst.v4i2.3773

中图分类号: TV34

文献标识码: A

Anti-corrosion Construction Practice of Metal Structure in Coastal High Corrosion Area -Anti-corrosion Technology for Gate of Wenzhou Oufei Phase I Reclamation Project

ZHOU Yu, ZHENG Bin, CHEN Lixia

Zhejiang Jiangneng Construction Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310051, China

Abstract: Oufei phase I reclamation project in Wenzhou City belongs to the silting type of high-rise reclamation. The seawall and the upstream structure of the sluice are located in the seawater splash area or salt fog action area, which is humid and has the effect of serious corrosive medium. The steel sluice and embedded parts in the seawater environment are affected by water pressure, water flow impact, sunlight and aquatic organisms, which is easy to be corroded and reduce the bearing capacity and safety performance of the steel gate, which puts forward very high requirements for the anti-corrosion performance of the equipment. In this paper, from the gate and embedded parts of the new material selection, selection of anti-corrosion coating, anti corrosion construction technology and measures, the effect of the metal structure anti-corrosion construction practice in coastal high corrosion area is described.

Keywords: coastal high corrosion; metal structure; anti-corrosion; technology

1 工程概况

1.1 工程概况

温州市瓯飞一期围垦工程是全国单体最大的围垦工程, 建设地址位于浙江省温州市瓯江与飞云江之间瓯飞滩区域高滩区域范围, 项目东邻东海。围涂区面积 13.28 万亩, 海堤总长 36.66km, 工程为 I 等工程, 主要建筑物海堤、北 1#闸、北 2#闸及通航孔、东 1#闸均为 1 级建筑物, 主要工程设计寿命要求达到 100 年。

1.2 环境对设备防腐的影响

温州市瓯飞一期围垦工程属于淤涨型高涂固垦, 工程规模大, 建设周期长, 质量要求高, 主要工程设计寿命要求达到 100 年。根据《水工混凝土结构设计规范》(SL191-2008), 海堤及水闸迎水面结构处于海水浪溅区或盐雾作用区, 潮湿并有严重侵蚀性介质作用, 环境类别按五类环境设计 (即: 使用除冰盐的环境; 海水浪溅区; 重度盐雾作用区; 严重化学侵蚀环境)。

因金属结构闸门及埋件将永久浸泡在海水、海水浪溅区或重度盐雾作用区, 海水环境下的钢闸门及埋件由于受到水压、水流冲击和阳光、水生物等的影响, 极易被腐蚀并降低钢闸门的承载能力和安全性能, 对设备的抗腐蚀性能提出了非常高的要求。而为保持钢闸门的安全运行, 对闸门及埋件制造的技术能力特别是构件的防腐蚀施工提出了非常高的要求。

2 材料选择

根据设计资料、结合闸门及埋件的使用条件、厂家生产制造能力, 制造单位与设计、配套厂家设计先进方案, 整

体考虑防腐材料选型、构件加工及防腐工艺优化, 研究采用高标准新材料, 保证设备符合高腐蚀地区的使用效果, 保障了项目顺利实施^[1]。

2.1 闸门门槽埋件采用合金铸铁 STNi2Cr

2.1.1 闸门门槽埋件

闸门门槽埋件是水利工程建设中非常重要的部件, 安装及使用精度较高, 浸泡在水中的埋件长期受到各种介质的侵蚀, 工况恶劣, 拆除和更换难度和费用都非常高。经长期研究对沿海水闸门槽材料包括碳钢、灰铸铁、合金铸铁和不锈钢材料的类型与特点经分析和比较后, 沿海水闸门槽不宜采用碳钢材料; 在中小型工程中采用灰铸铁材料为宜; 在大型工程中采用合金铸铁材料为宜; 在特殊工程中应采用耐海水腐蚀的钢种的不锈钢材料为好。

瓯飞围垦工程门槽埋件材料采用了适应在咸水中使用的合金铸铁 STNi2Cr 新型材料。该铸件是主要用于沿海水利工程、滨海大闸、海滨发电工程、污水处理工程等需要耐海水及海洋大气腐蚀、城市污水处理的铸件。

工程实施过程中, 制造单位会同设计院与浇铸厂家多次调整各元素比例, 反复比较、多次试验, 使合金铸铁化学成分达到最优比例, 选用了合金铸铁 STNi2Cr 新型耐腐蚀材料。其化学元素平衡, 防腐性能、已加工性达到最佳。

表1 合金铸铁 STNi2Cr 的化学成分

元素名称	镍 Ni	铬 Cr	锰 Mn	硅 Si	碳 C	硫 S	磷 P
设计含量 (%)	2.0-2.8	0.7-1.2	0.7-1.0	1.6-2.2	2.8-3.2	<0.12	<0.12

常规使用普通碳钢与铸铁很难达到实际使用与设计的要求。采用不锈钢焊接钢结构基体的复合材料, 因不同材质的电子电位差不同, 往往因焊接部位的加速腐蚀造成复合材料埋件的过早失效。经综合考虑各种选材原则、平衡各种因素条件后, 选用低合金耐海水腐蚀铸铁是最好的选择。

瓯飞围垦工程研制和使用的低合金铸铁就是在铸铁中加入 Ni、Cr、Si、Mn 等元素形成的低合金耐蚀铸铁, 加入 Ni、Cr、Si 等元素降低铸铁中阳极相, 也就是基体的活性, 朝正电位方向移动, 从而降低材料的腐蚀速度; 加入 Cr、Si 等在铸铁表面形成保护膜, 相当于增加了腐蚀微电池的电阻, 减小电流, 降低腐蚀; 加入稀土元素使铸铁除气, 去除杂质、改善组织, 特别是晶界上的杂质, 从而改善铸铁的耐蚀性, 特别是耐晶间腐蚀性能。腐蚀速度约为 0.05 ~ 0.2mm/a, 耐蚀级别为 4 ~ 6 级, 是优良的耐蚀铸铁材料。即使不经表面防腐, 合金铸铁材料长时间暴露在空气中时, 会生成一层浮锈, 但不影响合金铸铁材料的耐海水腐蚀性能。

合金铸铁 STNi2Cr 有较好的经济性。合金铸铁 STNi2Cr 铸造加工件, 与不锈钢结构件或不锈钢复合结构件相比, 具有结构设计灵活、成本低廉的优点。对于滨海水利工程而言, 耐蚀金属材料的用量大, 一个工程用量可能达到成千上万吨, 使用高级合金将大大提高效率, 避免建设费用造成浪费。

2.1.2 门槽合金铸铁 STNi2Cr 生产工艺

所有铸件均采用消失模生产工艺制作。消失模铸造是被誉为绿色铸造, 又名负压实型铸造, 其工艺流程简要介绍如下:

采用 EPS 聚苯乙烯泡沫塑料作为原材料, 在制造好的金属模具中利用蒸汽进行发泡, 或者利用已经发泡的 EPS 泡沫材料进行加工, 得到我们需要的铸件的实体形状模具。在实体泡沫模具外表面涂刷消失模专用涂料, 粘接浇注系统, 然后将组装好的模具进行干燥。将干燥的模具放置到砂箱当中, 密闭好, 打开真空泵, 对砂箱进行抽真空, 同时金属液浇注到砂箱当中, 取代了泡沫的位置, 泡沫在金属液作用下裂解气化, 得到所需铸件。

消失模生产的工艺流程如下:

EPC 模型制造—刷涂料—干燥—装箱—浇铸—开箱—清砂—抛丸—加工—组装—包装。

2.1.3 消失模工艺技术优势

a、铸件浇注过程中始终处于 EPS 裂解的还原气氛中, 铸件内部需要铸入复合物时金属液与铸入物缺乏氧化条件, 铸入物体没有氧化现象产生。

b、员工劳动强度低、生产效率高; 模型和造型过程的简化提高了劳动效率, 节约了劳动成本; 一箱更容易实现一箱多件, 组合造型, 提高了生产效率。减少了加工余量。可直接降低 20%的加工成本和造价。

c、零件的设计不受传统思想对铸件的工艺限制, 使其可以根据零部件的工况要求自由设计最理想的铸件形状。

d、可以在微震状态下浇注，促进特殊要求铸件金相组织的生成，有利于从根本上提高铸件的内在质量。

e、在干砂中浇注，脱砂容易，铸件和砂子温度同步，部分材质铸件可以利用余热进行热处理，能够节约大量的能源，同时减少了制造周期。

f、大大简化了砂处理系统，型砂损耗少，取消型砂制备工部和废砂处理工部，提高质量。

g、铁水中的硫终含量低，有利于球化，得到铸件的球化级别高，可获得抗拉强度更高、延伸率更好，材料的综合性能优良的产品。

h、在熔炼过程中因强烈的电磁搅拌作用，使得金属液体任何一点的化学成分更加均匀，可获得材质均匀一致的产品。

i、熔炼速度快，生产效率高^[2]

2.2 防腐涂料选择

结构防腐涂料的选择是整个防腐工作中的重点，直接关系到设备使用寿命和形象面貌。

闸门及埋件防腐在采用热喷涂金属基层基础上，采用新型防腐涂料“聚天门冬氨酸酯聚脲面漆”。

聚天门冬氨酸酯材料，是近年来聚脲工业领域出现的一种新型脂肪族、慢反应、高性能涂层材料，被称为第三代聚脲该涂料的产品特性：超长寿命，耐候性优异，耐盐雾能力强，不变黄，不开裂；极好的耐冲击和耐磨损能力，附着良好；优异的保光性能，干燥迅速，施工方便，高固环保，可低温固化^[3]。

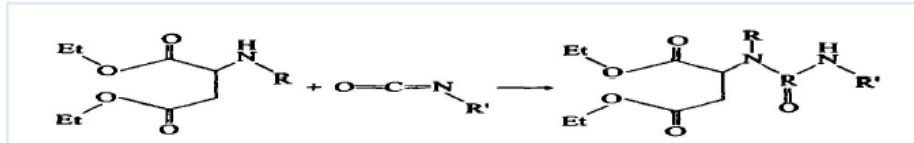


图1 聚天门冬氨酸酯聚脲的反应化学原理

物理参数：

颜色：灰色

体积固含：70±2%

比重 1.40±0.10g/cm³

光泽：有光

涂装膜厚：干膜：60-120 湿膜 85-170 μm

附着力明显加强，设备寿命很大提高。

2.3 其他防腐材料选用

项目设备制造过程中使用大量高效的防腐材料对工程设备的防腐进行全面加强。

金属除锈选择粒径为 G50(0.4mm)~G18(1.2mm) 钢砂除锈，其中以粒径

0.5mm~1.0mm 为主要成分。

防腐热喷涂金属材料采用金属铝线材，符合 GB9795 的规定，保持表面清洁、无油、无折痕。铝线材直径为 Φ3mm，铝纯度在 99.5%以上。

所有工作闸门采用阴极保护（设置阳极块），延长防腐涂层寿命。

3 防腐工艺

3.1 防腐设备的选用

良好、适用的设备是防腐工作实施的保障，在制造防腐过程中，合理采用了相应防腐设备。

采用变频螺杆空压机气压稳定，更节能，启动无冲击，噪音低，储气罐容量

要求小。电弧喷涂机、

为保证防腐质量，对防腐设备进行施工前、施工中、施工后进行全过程、高标准的检测、检验。

3.2 防腐涂装基本要求

甬飞围垦工程的闸门门叶的防腐方法采用金属热喷涂铝加涂漆封闭，所有工作闸门门叶除喷铝加涂漆封闭外，还设置牺牲阳极阴极保护。门槽埋件的外露表面（除不锈钢止水贴面）防腐方法采用涂漆封闭，与混凝土接触表面使用

改性水泥胶浆进行防护。

门槽埋件埋入混凝土一侧除锈等级达到 GB/T8923 规定的 Sa 1 级后,使用改性水泥胶浆(干膜厚底不小于 300 μm)进行防护, 其外露表面进行喷砂处理, 达到 Sa 2.5 级后在有效时间内进行防护涂漆。

3.3 防腐措施

防腐施工准备:

a、金属结构在表面预处理达到标准后, 立即进行热喷涂, 其间隔时间不应超过 4h, 涂装前如发现基体金属表面被污染或返锈, 必须重新处理, 使之达到要求的表面光洁度等级。金属热喷涂以电弧喷涂为主, 以氧乙炔焰线材喷涂为辅。喷涂所用铝丝必须光洁、无锈、无油, 纯度不低于 99.5%; 喷铝厚度为 200 μm ; 不得在潮湿环境下施工, 当构件表面温度低于环境温度并在露点以上 3 $^{\circ}\text{C}$ 以内时或空气相对湿度高于 85% 时不应进行喷砂除锈和喷涂施工。

4 涂层-牺牲阳极联合保护

水下或地下金属结构的腐蚀是一种电化学反应。水利水电工程及水运、给水、石化等其他工程中的金属结构, 每年都要进行防腐维护。实施涂层-牺牲阳极联合保护是一种简单、经济、有效的防腐措施, 本工程所有闸门进行了牺牲阳极保护^[4]。

5 项目完成情况

瓯飞一期围垦工程目前已完成竣工验收, 所有设备已经历数个台风期的考验。从第一批设备进场至今历年 8 年, 设备的防腐质量达到预期、工作效能得到保证、形象面貌成为项目的亮点。

[参考文献]

- [1]刘旭辉. 沿海水闸门槽材料的选择[J]. 浙江水利科技, 2008, 11(5): 28-29.
- [2]郭跃广, 郑华昌, 刘波, 等. 消失模铸造工艺技术研究及应用[J]. 铸造技术, 2015, 36(7): 1896-1899.
- [3]孔振英, 廉兵杰, 方建君. 聚天门冬氨酸酯聚脲涂料的研制及在海洋重防腐领域的应用研究[J]. 涂料技术与文摘, 2017, 39(10): 24-30.
- [4]王芷芳. 涂层-牺牲阳极联合保护在水工金属结构防腐中的应用[J]. 海河水利, 1998, 10(6): 21-22.

作者简介: 周毓 (1976.2-), 男, 毕业于重庆大学, 所学专业: 工程管理; 所在单位: 浙江江能建设有限公司, 职务: 总工程师, 职称级别: 高级工程师 (水力机械及金属结构)。