

滨海电厂钢筋混凝土腐蚀防护应用

刘 刚, 张奎志, 韩 冰

(钢铁研究总院 青岛海洋腐蚀研究所, 山东 青岛 266071)

摘要: 某滨海电厂钢筋混凝土结构在海洋大气环境中腐蚀较重, 通过分析已破坏的混凝土, 确定腐蚀原因主要是二氧化碳腐蚀和氯离子腐蚀, 采用 TPEI——乳液砂浆和喷射混凝土两种方案, 对钢筋混凝土结构进行修复, 确保电厂设施正常安全运行。

关键词: 混凝土; 腐蚀; 二氧化碳; 氯离子

中图分类号: TG174.4 **文献标识号:** A **文章编号:** 1000-3096(2005)07-0091-03

钢筋混凝土在现今国民经济建设中起到举足轻重的作用。水泥水解过程中生成的氢氧化钙呈高碱性, pH 值可达 12.5~13.5, 能使铁钝化。铁的钝化是由于铁表面生成了 γ -氧化铁保护层, 而且混凝土的这种高碱性在相当长的时间里足以很好地保存和保护氧化膜, 防止钢发生进一步腐蚀, 所以混凝土是钢的理想环境。

如果钢筋混凝土界面化学环境条件发生变化, 钢筋表面钝性难以维持, 钢筋则可能遭受腐蚀破坏。钢筋混凝土结构的过早失效大多是由于其中的钢筋腐蚀所致, 钢筋的腐蚀与保护研究已成为一项迫在眉睫的课题。

某滨海电厂钢筋混凝土结构处于严酷的海洋大气腐蚀条件下, 受到较为严重的大气腐蚀。海洋环境钢筋混凝土结构的保护主要是提高混凝土表面的抗渗性, 以及对钢筋进行防腐处理。现今钢筋混凝土保护主要有以下几个方面: 新型混凝土、新型钢筋、新型化冰盐、新型阻锈剂、新型防护涂料、新型电化学修复技术等^[1]。

作者针对电厂的实际情况, 采用新型混凝土及对钢筋进行处理并枪喷混凝土两种方案, 确保电厂设施的正常、安全运行。

1 腐蚀原因分析

从几组锅炉检查结果看到, 较多的混凝土表面产

生剥离, 露出混凝土内的石子, 严重处已露出钢筋, 产生钢筋的锈蚀; 立柱和楼板的交接处, 由于混凝土的密实性较差, 加上积水, 造成对混凝土及内部钢筋的腐蚀, 形成了一些空洞, 内部钢筋严重破坏, 破坏深度达 20cm 以上, 并且腐蚀仍在加剧。

对二氧化碳扩散入混凝土的速率和混凝土中保护性碱性转化速率进行了大量测定, 每年的平均碳化厚度为 20mm, 最大的一年为 32mm。

取混凝土破坏比较严重的地方的混凝土, 用去离子水进行清洗, 测定氯离子浓度, 发现氯离子扩散深度很深, 部分部位已到达钢筋表面。

综合以上两个方面, 确认混凝土腐蚀主要有以下两种原因:

1.1 二氧化碳腐蚀

由于混凝土覆盖层是多孔性的, 来自大气中的二氧化碳及其他酸性气体污染物会与混凝土中生成的氢氧化物反应, 将这些氢氧化物转化成非碱性的碳酸盐, 使混凝土中的 pH 值下降, 当 pH 值降到 10.5~11.2

收稿日期: 2005-03-21; 修回日期: 2005-05-12

作者简介: 刘刚(1974-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事海洋腐蚀与防护方面的科研与开发工作, E-mail: liugang-qd@163.com

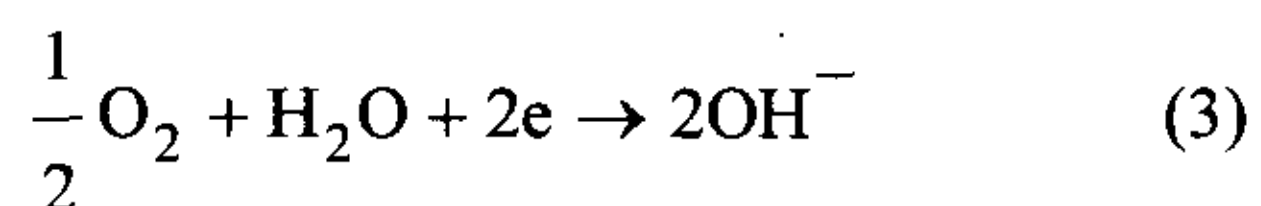
时,就会失去钝化作用。碳酸钙沉积在混凝土的孔隙中,堵塞部分孔隙,随着反应继续进行,孔隙中的pH值降到8.3,生成一些碱性物质,如硅酸盐、铝酸盐及铁酸盐,变得不稳定,并开始分解。到这时钢不再钝化,而且由于氧气和湿气进入孔隙中,钢开始产生腐蚀作用^[2]。

1.2 氯离子腐蚀

如果混凝土中存在氧气和湿气,腐蚀性离子侵入也会破坏钝化膜。氯离子的渗入会出现更严重的问题,特别在滨海地区,尽管混凝土的渗透性很低,氯离子也能以相当快的速度渗透,使相当厚的混凝土覆盖层的使用寿命大大低于钢筋混凝土结构的正常寿命。氯离子能局部破坏钝化膜,甚至在未发生碳化的混凝土覆盖层上。这时阳极反应发生在钢筋表面,其反应式为:



而阴极反应发生在混凝土中,为氧去极化:



因滞流关系,氧只能以扩散方式向混凝土内传递,阳极附近的氧消耗后难以得到补充,氧还原反应很快便停止。而混凝土表面的氧随时可以得到补充,氧还原反应继续进行。随着反应的进行,金属阳离子浓度增加,越来越多的氯离子迁移到阳极附近以维持电中性,氯离子水解的结果,阳极附近酸度增加。酸度的增加使阳极溶解速度加快。阴极附近碱性增强,Fe³⁺与OH⁻生成Fe(OH)₃此种物质在阳极附近生成,更加限制了金属离子的向外扩散和氧的向内扩散。这样形成了电化学腐蚀中的大阴极小阳极的腐蚀状态,这种局部腐蚀发展非常迅速,很快使钢筋穿透^[3~7]。

从现场实际情况可以看到钢筋混凝土表面离地面较近处有大量盐结晶存在。大部分盐在不同环境条件下分别呈固态、液态和气态三种聚集态。对于海滨电厂日夜温差较大,白天混凝土表面温度往往大于32.3℃,夜间气温低,海水中盐以NaCl为主,NaCl在混凝土表面潮解结晶,造成混凝土发生氯离子腐蚀。

2 防腐方案的确定

对电厂钢筋混凝土结构出现开裂等情况,考虑整体涂装耗资大等问题,对应用多年的混凝土采用TPEI——乳液砂浆修复和喷射混凝土两种方案进行维护和修补。

2.1 TPEI——乳液砂浆修复

根据现场混凝土构件表观质量出现露砂及混凝土立柱和楼板交接处出现较大裂缝甚至孔洞的情况,决定对出现露砂的混凝土面采用压抹一层环氧乳液砂浆,外罩一层致密防裂砂浆的施工工艺;对有较大裂缝的地方,首先对孔洞进行清理,对里面的钢筋进行打磨处理,除掉浮锈,使表面光亮,并用水清洗以除去Cl⁻及其它盐离子,待水干后涂抹界面剂,然后填充高强TPEI——乳液砂浆。此种乳液砂浆对原混凝土构件(帽梁)具有很好的粘接力,同时又对新抹的高性能砂浆具有很高的粘接力,从而使新的修复层与原构件粘接成一体,达到恢复结构的整体性及抵抗环境的侵蚀能力。

TPEI——乳液水泥砂浆是一种聚合物水泥砂浆。它是由经乳化的聚合物、固化剂、水泥和细集料等组成,它具有机械强度高、耐水、耐腐蚀的特点,对砂浆或混凝土具有良好的粘接力,材料的长期强度超过40Mpa;粘接抗拉强度≥2.45Mpa,它能很好地与老混凝土和新拌砂浆粘接成一体。TPEI——乳液砂浆还具有优异的工艺性能,和易性好,操作方便,可用于各种混凝土构件潮湿表面下施工、硬化。允许施工后2h接触海水。

本修复方案的罩面材料是选用尼龙纤维水泥砂浆。在该砂浆中掺入高效减水剂,水灰比控制在0.35左右。这种砂浆的特点是高强、致密,砂浆强度超过40Mpa,在此基础上,考虑到当地的气候恶劣条件,掺入乱向分布的尼龙纤维,从而降低砂浆的塑性收缩裂缝,提高抗冲击和抗腐蚀能力。

2.2 喷射混凝土进行修复

用防腐材料涂布裸露的钢筋,然后进行枪喷高强尼龙纤维混凝土,再用尼龙纤维砂浆罩面。这一方案的特点是既提供了钢筋的防腐措施,同时又保证了修复材料(枪喷混凝土)与原构件的混凝土、钢筋有

良好的粘接力和握裹力，以及足够高的抗压强度，采用尼龙纤维砂浆又保证了表面的防裂和平整。从而恢复结构的整体性起到了良好的作用。

两种方案实施一年多，表面均无任何变化，由于施工时间所限，实际保护效果还有待进一步验证。

致谢:技术方案由天津港湾工程研究所的马化雄高工和何小松工程师提供，在此表示感谢。

参考文献:

- [1] 邱富荣, 杜洪彦, 林昌健. 21 世纪钢筋混凝土及其表面保护展望[J]. 材料保护, 2000, 33 (1): 23-25.
- [2] 赖春晓. 钢筋混凝土的腐蚀及控制, 全面腐蚀控制, 2000, 14 (2): 12-16.
- [3] 林荣归, 胡融刚, 冯祖德, 等. 混凝土中钢筋的腐蚀行为研

究[J]. 电化学, 2000, 6 (3): 305-310.

- [4] Kitowski C J, Wheat H. G. Effect of chlorides on reinforcing steel exposed to simulated concrete solutions corrosion[J]. 1997, 53(3): 216-226.
- [5] Syed Ehtesham Hussain, Ahmad S. Al2Gahtani, Rasheeduzzafar, Chloride threshold for corrosion of reinforcement in concrete[J]. ACI Materials Journal, 1996, 93(6): 534-538.
- [6] Alvarez M G, Galvele J R, The Mechanism of pitting of high purity iron in NaCl solutions[J]. Corrosion Science, 1984, 24(1): 27-48.
- [7] Hausman C A. Steel in concrete: How does it occur, Materials Protection [J]. 1967, 6(11): 19-23.

Concrete corrosion protection on coastal power plant

LIU Gang, ZHANG Kui - zhi, HAN Bing

(Qingdao Research Institute for Marine Corrosion, Central Iron & Steel Research Institute, Qingdao 266071, China)

Received: Mar., 21, 2005

Key words: concrete; corrosion; carbon dioxide; chlorine ion

Abstract: Concrete in power plant was corroded seriously in marine atmosphere environment. Analysis results indicated that there are two major reasons that resulted in corrosion of concrete, one is carbon dioxide corrosion, and the other is chlorine ion corrosion. To protect the concrete from corrosion, TPEI-lactescence grout and spraying concrete were applied.

(本文编辑: 张培新)