

一种电化学双防系统—— 恒电位-电解系统防腐蚀和防附着初步研究*

马士德 季明棠 孙可良 郑大钧

(中国科学院海洋研究所)

海水中的金属设施遭受海水腐蚀和附着生物的严重危害,通常采用阴极保护只能防止腐蚀而不能防止海生物附着,而防污涂料,防污期不过2—3年,又不能有效地防止腐蚀;再者,有些海洋设施不能使用涂料,如钻井船升降架和某些海防设施等。所以,寻找一种既能防腐蚀又能防生物附着的方法是非常必要的。利用电化学方法同时防止金属腐蚀和生物附着的想法,早在1863年就有人提出,但直到目前为止,仍处于研究阶段。我们于1976年参考文献〔2〕设计了一种恒电位-电解双防系统,在青岛中港码头进行了122天的海上试验,取得了防腐蚀和防附着的肯定效果。

一、恒电位-电解双防系统的基本原理

恒电位-电解双防系统的基本原理是:利用恒电位仪使被保护体电位恒定在保护电位处,借以防止腐蚀;另外,利用一个直流电源使两个惰性电极电解海水,产生含高浓度氯和次氯酸海水,使被保护物体处于这种海水环境

中,以驱赶或杀死附着生物。将上述两个独立的部分,归于一个统一的电路系统中,则可达既能防腐蚀又能防止生物附着的双重目的。双防系统的原理见图1所示。

二、设备与实验方法

1. 设备

- (1) 恒电位仪 (HDV5) 一台;
- (2) 晶体管稳压电源 (WYJ) 一台;
- (3) 被保护体为普碳钢 ($30 \times 800 \times 1.5\text{mm}$);
- (4) 参比电极 (Ag/AgCl) 一只;

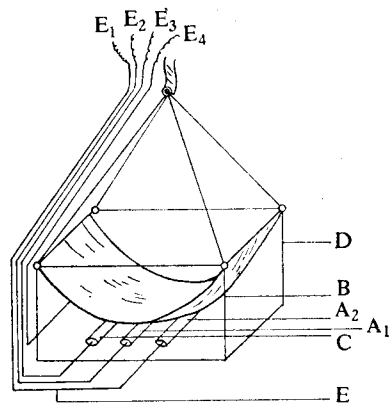


图2 安装示意

A_1 , A_2 为钛涂钉电极; B为试验钢板; C为参比电极; D为框架; E为电缆线。
 E_1 , E_2 为阳极线; E_3 为参比电极线; E_4 为阴极线。

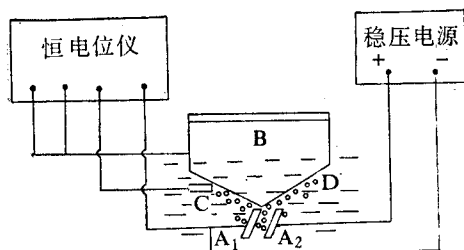


图1 双防系统实验电路示意

A_1 , A_2 为钛涂钉电极; B为被保护体; C为参比电极; D为电解所产生的氯气。

* 冶金部有色金属研究院广东分院提供钛钉电极; 青岛渔轮修造厂提供试验场地, 均此一并致谢。

(5) 阳极两只(钛涂钉), 每只直径为1cm, 长为5cm;

(6) 塑料框架, 电缆等。

2. 安装

把试验钢板弯曲成类似于船体横截面的U形, 用螺丝固定于塑料框架上; 在U形钢板正中部位下面约3cm处, 水平平行放置两个圆柱型钛涂钉电极 A_1 , A_2 , 两者相距1cm, 用环氧树脂固定在框架上; 参比电极C固定在辅助阳极旁; 试验钢板, 各电极按图1分别与恒电位仪和稳压电源联接, 水下各接点用胶泥和乳胶薄膜密封。整个试架用钢丝绳悬挂于水下1.5m处, 实验安装见图2。

3. 实验控制

调节恒电位仪, 使被保护钢板电位恒定于-1.15V (相对于Ag/AgCl电极)。控制稳压电源之输出电压为5V。记录保护电流、稳压电源输出电流随时间的变化。经常检查试验钢板的腐蚀、生物的附着情况, 及辅助阳极及接点处的密封情况。

三、实验结果

1. 双防效果的检查

通电试验7天, 试验钢板无锈, 未有生物附着, 阳极 A_1 周围有白色电解产物的沉积; 通电10天仅在钢板背向阳极的一面(即钢板内侧不直接受电解氯气作用的一面)出现少量石灰虫, 钢板无锈蚀; 通电20天钢板仍无锈蚀, 但钢板内侧及外侧离阳极较远的边缘部分附着

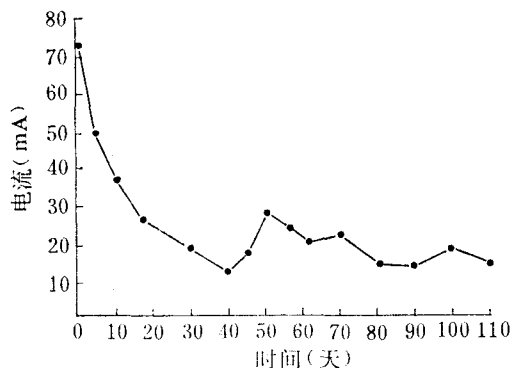


图3 恒电位仪控制电位-1.15V时保护电流与时间的关系

很多的石灰虫, 阳极 A_1 被厚厚一层白色石灰质产物所包覆; 通电4个月后, 钢板内侧和钢板外侧离阳极较远的部位均长满了石灰虫和海鞘, 而距离阳极近处, 大约在直径为20cm的范围内未有生物附着。

2. 保护电流、稳压电源输出与时间的关系

当恒电位于-1.15V时, 保护电流开始很大, 随着时间的增大而下降, 一个月后, 稳定在10mA左右, 见图3; 当稳压电源在恒定输出为5V时, 电解电流开始为500mA, 以后随着时间的增加不断下降, 见图4。

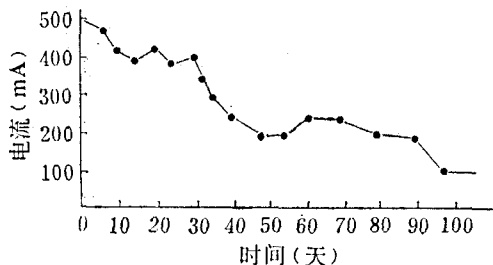


图4 稳压电源控制在输出电压5V时输出电流与时间的关系

3. 电极与密封接点的检查

取出钛涂钉电极, 将电极表面电解产物清洗干净, 涂钉电极的涂层完好, 无龟裂破坏, 试验前后涂层颜色无变化。各密封处无开裂, 剥开各接点的密封层, 接点无锈蚀, 各接点密封良好。

四、讨论与结论

1. 恒电位-电解双防系统取得了既能防止金属腐蚀又能防止海生物附着的肯定效果, 但防污面积不大。这是因为其一, 与采用的电极尺寸较小有关; 其二, 在实验过程中, 电解电流开始为500mA, 由于电解海水时所产生的钙、镁阴极沉积物不断在电解电极的阴极表面上沉积, 沉积层逐渐增厚使电解电极间的电阻逐渐增大, 而引起电解电流逐渐减小, 电解效率逐渐降低, 防污效果逐渐减弱, 所以防污面积就逐渐缩小。这可采取增大电极尺寸和消除或减弱电解产物在电解电极上沉积的办法来提

高电解效率, 扩大防污面积, 使该双防系统完善。

2. 控制钢板的保护电位在 -1.15V 时, 由图 3 可知, 保护电流开始很大, 以后逐渐下降, 一个月后, 保护电流稳定在 20mA 左右, 这可能与钢板上附着生物逐渐增多和阴极保护所形成的石灰质膜越来越厚有关。这对于面积约 12dm^2 的被保护体 (钢板) 来说, 相当于电流密度为 $1.7\text{mA}/\text{dm}^2$, 这一保护电流密度与一般钢铁结构物在海水中完全保护时的电流密度相近^{〔1〕}。

3. 该试验系统所采用的广州有色金属研究院提供的钛涂钎电极, 试验过程中未发现涂层的龟裂、脱落等损坏现象。说明这种电极在

本系统中是可行的。用胶泥和乳胶薄膜密封电极和电缆的接头, 经 4 个月的水下实验, 密封性能良好, 说明这是海上实验的一种可行的密封方法。

电化学双防系统, 即恒电位-电解双防系统, 通过初步实验研究, 取得了肯定的双防效果, 但工作并不完善, 今后经进一步地完善、改进, 该系统有可能成为实际应用的方法, 特别对于那些封闭或半封闭系统将更为有效。

参 考 文 献

- 〔1〕 马士德, 1979. 金属腐蚀与防护 3:71—73页。
- 〔2〕 Anderson, P. E., 1967. U.S. Patent 3303118.

AN ELECTROCHEMICAL DOUBLE PROTECTION SYSTEM AGAINST BOTH CORROSION AND FOULING BY CONTROLLED POTENTIAL AND ELECTROLYTE

Ma Shide, Ji Mingtang, Sun Keliang and Zheng Dajun

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Abstract

An electrochemical double protection system against both corrosion and fouling by controlled potential and electrolyte was developed and described. Field experiment made in Qingdao port for 122 days shows that the system is quite effective. It can be put into use if further perfected.