

海水中金属设施防腐、防海洋生物 污损及检测技术研究*

朱素兰 侯保荣 张经磊 孙虎元

(中国科学院海洋研究所)

随着工业的高速发展和人口的急剧增加及环境污染的加剧,淡水资源危机已引起世界各国的普遍关注。据统计,城市用水中工业用水通常占 80% 左右,而工业用水中有 80% 是工业冷却用水,所以开发利用海水代替淡水直接作冷却用水是节约淡水的重要途径。海水直流冷却系统具有深海取水温度低且恒定、冷却效果好和系统管理简单等优点,但必须具备以下条件:(1)管道系统防除生物附着污损;(2)管道系统的防结垢;(3)金属腐蚀与防护。多年来有关方面虽相应地采取了许多措施,但由于主设备通常需常年连续运行,因而往往出现在某段时间、某些部位上效果降低与失效。现行的对海水环境中生物附着腐蚀检测主要采取取样离位分析方法,其结果与实际状态有差异,且生产过程中许多重要部位,如海上平台、浮码头、船舶、海滨电厂、化工厂的海水冷却系统和海水管路的管道内、及死角区都很难取样,必要时只有定期停机检查(侯保荣, 1998; Efrid, 1976; 吉井彻, 1967),造成很大的经济损失。

防止海水环境中的金属设施遭受海水腐蚀和海洋生物污损的方法很多,通常采用阴极保护、防污涂料、电解海水或电解重金属等方法,但这些方法的缺点是:(1)阴极保护能防止金属腐蚀而不能防止海洋生物附着;(2)防污涂料涂刷一次,只能用 3—5 年,对许多一次性埋入水中的管件无法进行二次补涂,防污涂料所释放出的毒物将长期污染环境;(3)利用电解海水或电解重金属所产生的次氯酸钠或重金属离子来进行防污,即电解防污效果明显,但对金属防腐的作用不大(侯保荣, 1999; 陈光章, 1994; 马士德, 1996)。总结前人的经验,经过多年的研究,我们利用电化学方法研制出既能防止金属海水腐蚀又能防生物附着的双防与检测新技术系统装置,已通过实海实验,取得了良好的效果。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 4000 号。
国家“九·五”攻关资助项目, 96-916-01-02 号; 省自然科学基金资助项目, H54981508 号。
收稿日期: 1999 年 10 月 18 日。

一、系统装置组成与原理

1. 双防系统

双防（防腐、防生物附着）系统是由两部分组成：（1）利用恒电位使被保护体电位恒定在保护电位，防止金属腐蚀；（2）利用直流电源使两个惰性电极电解海水产生高浓度氯和次氯酸海水，使被保护体处于这种海水环境，以驱赶或杀死附着生物，实验装置如图 1，双防系统实验示意图如图 2。

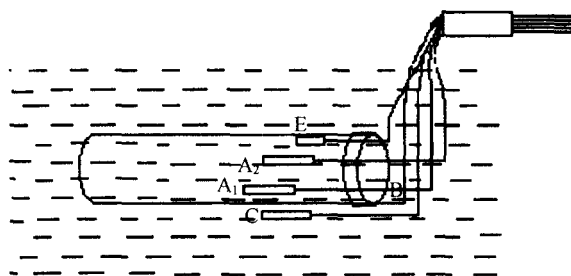


图 1 实验装置示意图

A_1, A_2 . 钎钛电极；B. 被保护体；C. 参比电极；E. 检测探头

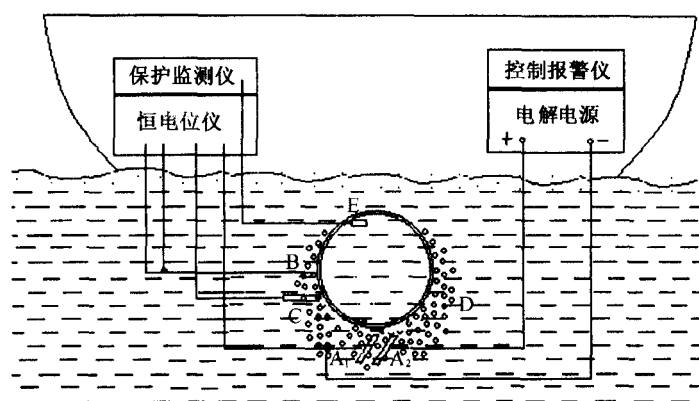


图 2 双防系统实验示意图

A_1, A_2 . 钎钛电极；B. 被保护体；C. 参比电极；D. 电解所产生的氯气；
E. 检测探头

2. 监测与控制系统

本装置利用电化学方法防止金属腐蚀和生物附着，同时进行双防效果检测与调控及腐蚀状态监测，其功能如下：（1）监测钢体保护电位和电解电流及各保护数据的变化；（2）单片机处理数据并控制各保护参数，确保双防效果；（3）资料长期保存和自动打印功能，设有微机接口、打印机接口，数据亦可随用随取；（4）某些参数的现场数字显示

及报警, 被保护体阴极保护电位小于 -750 mV ; 电解电流小于 20 mA 时报警 (图 3)。

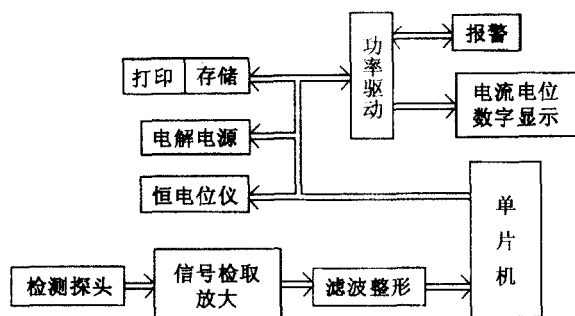


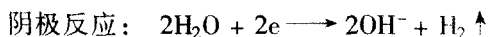
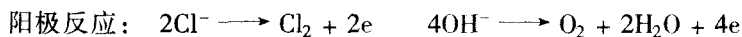
图3 保护状态测控电原理方块图

二、实验方法

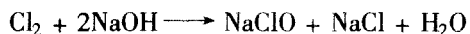
把试验钢管称重后置于海水中, 在钢管中部位外侧 3 cm 处平行放置两个圆柱形 (直径为 1 cm , 长为 5 cm) 钛涂钉电极 A1, A2, 两者相距 1 cm , 用支架固定, 参比电极 C 固定在辅助阳极旁, 生物附着污损检测探头置于管道口周边; 恒电位仪、电解电源、保护效果调整系统等装置置于浮体上, 各设备按图 2 连接好。调节恒电位仪, 使被保护体电位恒定于 -950 mV (相对于 Ag/AgCl 电极), 控制电解电流在 100 mA , 定时检查试验钢管的腐蚀与生物附着情况。

三、结果与讨论

经两个月的连续实验, 在被保护钢管电位为 $-800\text{—}-1000\text{ mV}$ (相对于 Ag/AgCl 电极), 保护电解电流在 $70\text{—}100\text{ mA}$ 时观察, 试验钢管基本无锈蚀, 无生物附着。实验钢管初始重为 3612.786 g , 实验结束后重 3612.767 g , 表明保护效果很好。从实验中还发现, 外加电流阴极保护不仅可防止金属腐蚀, 而且使紧挨金属表面附近的部分形成碱性环境, 对细菌活动也有抑制作用。从电解防污角度分析, 一方面次氯酸钠是极不稳定的氧化剂, 只要有 0.01×10^{-6} 的浓度即可使海洋生物不能附着; 另一方面次氯酸钠最后分解又重新成为海水中的正常组分, 故不污染环境。海水在被电解时,



随着分子和离子的运动, 由阳极产生的氯气又和阴极产生的氢氧根结合发生下列反应:



电解反应形成的 ClO^- 是强氧化剂离子, 它能破坏海洋生物的蛋白组织, 从而使海洋生物不能附着。外加电流阴极保护和电解海水制氯两者相互结合, 再加保护参数的自动调整, 使整个被保护体一直处于基本的完全保护状态。自动检测系统克服了传统的管

路、管道、水环境构筑物的死角区难取样和离位分析误差大的缺点，而且不需停机、停产，在工程设施运行工作照常进行的同时监测其腐蚀和附着污损状态。若遇腐蚀和附着污损状态突然变化时，报警器可立即报警，提醒工作人员及时处理，确保安全生产。此装置还可使人们在日常活动方便的空间观察、调整、控制海上工程设施的安全情况，不仅方便、省时、省力，而且可节省大量经费。

四、结 论

此系统装置的主要功能：(1) 海水环境中金属构筑物防腐、防生物附着；(2) 腐蚀、附着状态原位检测；(3) 自动控制腐蚀保护参数及险情预报。双防、自动监测和腐蚀防护控制等系统，技术操作简捷，管理方便，安全可靠，防护海水环境中金属和生物附着污损效果明显。它不仅适用于海水直接利用（如海滨电厂、化工厂的海水冷却系统）系统的海水输送管道，而且也适用于海上平台，海洋实验室，海底采矿，海洋油气输送管线，船舶，浮码头等海水环境中工作的构筑物。

参 考 文 献

- 马士德，1996，舰船的生物附着腐蚀与腐蚀调查，海洋学报，18（1）：80—84。
陈光章，1994，阴极保护和电解防污技术，中国腐蚀与学会十五周年学术年会论文集，10：443—445。
侯保荣，1998，腐蚀研究与防护技术，海洋出版社，12。
侯保荣，1999，海洋腐蚀环境理论及应用，科学出版社，2。
吉井彻，1967，防止海洋生物附着装置的研究，三菱重工技报，4（3）。
Eiford K D, 1976, Interrelation of corrosion and fouling for metals in seawater, *Mater Perf*, 15 : 16—25.

PROTECTION TECHNOLOGY AGAINST CORROSION AND BIOLOGICAL FILTH FOR SEAWATER DIRECT USE SYSTEM*

Zhu Sulan, Hou Baorong, Zhang Jinglei, Sun Huyuan

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences)

ABSTRACT

This article reports protection technology against damages to seawater refrigerating system and to seawater transporting pipeline, caused by seawater corrosion and marine biological filth. Two methods, seawater electrolysis method to prevent biological adhesion and applied current cathodic protection method to prevent corrosion by seawater, were cooperatively applied to the system under protection. These new technology and apparatus against corrosion by seawater and adhesion by biological filth were used to develop a monitoring, automatic corrosion control, and alarm system

* Contribution No. 4000 from the Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences.

which not only solve the corrosion problem in the installation, transportation setup and seawater delivery pipe in the sea, but also provide monitoring, control and early warning alarm to the status of the protection system to ensure the safety of production. The principles and applications of the dual-protection system technology are also discussed.