

海水系统防海生物装置的设计原理与比较分析

梁国栋 刘玉娟

(天津市斯莱顿电子有限公司, 天津 300384; 天津开发区职业技术学院, 天津 300150)

摘 要: 本文较详细地介绍了在海水系统中, 海生物防治装置的设计原理和电流及离子浓度的计算方法, 通过对不同形式的防海生物装置的综合分析与比较, 较详细地说明了正确选择适当防海生物装置的方法。

关键词: 防海生物 离子浓度 电解 分析与比较

中图分类号: TQ151.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4862 (2006) 03-0059-04

The Design Principle and Comparative Analysis of Marine Growth Preventing System for Pipelines

Liang Guodong¹, Liu Yujuan²

(¹Tianjin Sealant Electronics Co., Ltd, Tianjin 300384; ²TEDA College of Polytechnic, Tianjin 300150, China)

Abstract: The text introduces the design principle of marine growth preventing system and computation method of current value and ion concentration in details. Besides, it also concretely illustrates the method for choosing proper marine growth preventing system by integrative comparison and analysis of various types of marine growth preventing systems.

Key words: mariner growth prevent; elemental, ion concentration; electrolysis; analysis and comparison

舰船的海水管系和海上平台以及港口的海水系统都会受到海洋附着生物的严重污染。在海水系统中附着的海洋生物, 会严重腐蚀管道, 并且由于海生物堵塞海水进出口、管道、滤器、冷却器, 会使海水管道的有效直径缩小, 影响海水流量和降低热交换率, 导致成本加大和能源浪费, 并影响有关设备的正常运行。

针对海洋生物对海水管路系统的严重危害, 人们研究了许多防止海洋生物污染的方法, 目前较为成熟且为广泛应用的方法主要有 3 种: 1) 电解海水防污法, 即采用次氯酸钠防污法; 2) 电解铜、铝(铁)电极防污法; 3) 电解海水和电解铜、铝联合防污法。

目前最常用的防海生物装置主要有 2 种: 即

电解海水装置防污装置和电解铜、铝(铁)防污装置。防海生物装置的类型及其处理量是根据船舶和海上设施的海水的用量及其用途而决定的。

1 电解海水防海生物装置的基本原理

海水中含有大量的氯化钠为主的盐类, 其中氯化钠含量最高为 2.7% 左右, 占总盐度的 77.8%, 其次是氯化镁, 为 0.38% 左右, 占总盐度的 10.9%, 在海水的组成中, 氯离子含量最高, 氯浓度达 19% 左右, 占离子总含量的 55%, 电解海水防海生物装置, 它用镀铂钛电极或特制的电极将海水电解, 以产生 NaClO、HClO 和 Cl₂, 这些有效氯是强氧化剂, 能杀死或击晕海生物的幼虫和孢子, 达到防污染的目的。根据实验室试验研究结果表明,

收稿日期: 2006-03-29

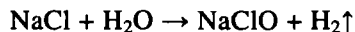
作者简介: 梁国栋(1973-), 男, 工程师, 电子与通信工程硕士, 专业方向: 电器自动化。

刘玉娟(1975-), 女, 工程师, 专业方向: 电子技术应用。

有效氯为 20mg/L 的处理海水,能杀灭海水中几乎所有的细菌和海生物。

1.1 电解海水的电解原理

电解海水的总反应式如下:



电极反应:



溶液反应:



1.2 产生氯离子浓度的计算公式

电解槽出水口流出的海水中的氯素浓度,可由以下公式中计算得出:

$$\left[\begin{array}{c} \text{氯离子浓度} \\ (\text{ppm}) \end{array} \right] = \frac{\left(\frac{\text{产生氯素量}}{1.323(\text{g/A.h})} \times \left(\frac{\text{电解电流大小}}{X(\text{Amp.})} \right) \times \left(\frac{\text{电解效率}}{0.8} \right) \right)}{\left(\frac{Y(\text{m}^3/\text{h})}{\text{通过电极的海水流量}} \right) \times \left(\frac{1.025}{\text{特定海水密度}} \right)}$$

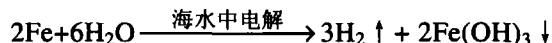
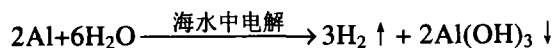
2 电解铜/铝(铁)防海生物装置的基本原理

电解铜/铝(铁)防海生物装置是通过铜阳极在海水中电解,产生微量铜离子,铝或铁阳极电解后生成少量氢氧化铝或氢氧化铁絮状物,海水带着这种具有很高黏性的铜、铝絮状物从系统中通过时,絮状物就散布开来,粘在海生物幼虫可能栖生的海水流得较缓慢的区域,随着电解时间的加长,这些絮状物就附着在海水管系内壁上,从而在整个系统中形成一层很薄的保护层,进而防止海生物附着及海水腐蚀的双重作用。根据试验研究表明,当海水中铜离子含量达 2 μg/L(2mg/m³)时,铜离子能有效地抑制海生物在海水管系中的生长。

如果海水管系的材质是钢,则需选用铝阳极。如果海水管系的材质是铝或铜,则需选用铁阳极。所以根据海水管系的材质的不同,须正确选择使用的阳极。

2.1 电解铜/铝的电解原理

电解铜/铝的其总反应表达如下:

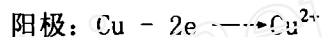


电极反应:

铜阳极反应:

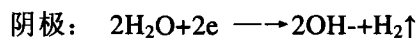
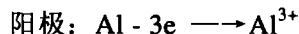
在海水中阳极处于正常溶解时,生成 Cu²⁺,

反应式如下:



铝阳极反应:

在海水中阳极处于正常溶解时,生成 Al³⁺,与阴极产生的 OH⁻形成 Al(OH)₃,反应式如下:



2.2 产生离子浓度的计算公式

电解槽出水口流出的海水中的离子浓度,可由以下公式中计算得出(以铜为例):

$$\left[\begin{array}{c} \text{铜离子浓度} \\ (\text{ppm}) \end{array} \right] = \frac{\left(\frac{\text{产生的通离子量}}{1.186(\text{g/A.h})} \times \left(\frac{\text{电解电流大小}}{X(\text{Amp.})} \right) \times \left(\frac{\text{电解效率}}{0.8} \right) \right)}{\left(\frac{Y(\text{m}^3/\text{h})}{\text{通过电极的海水流量}} \right) \times \left(\frac{1.025}{\text{特定海水密度}} \right)}$$

(X 和 Y 需根据实际情况下的数值而定)

2.3 电极消耗量的计算方法

电解时,在电极上析出或溶解掉的物质的量,与通过电极的电量成正比;如果通过的电量相同,则析出或溶解掉的不同物质的化学克当量数相同。

电解 1 克当量的物质,所需用的电量叫 1 个“法拉第”,等于 96484 C。即:

96484 C = 96484 A · s = 26.8 A · h (法拉第电解常数)

电化当量 = 克当量(摩尔质量) / 化合价 / 法拉第电解常数 (g/A · h)

年消耗率 = 电化当量 × 24 × 365 (kg/A · y)

以铜为例:

1 克当量的铜的质量为 63.55 g。

对 2 价铜,其电化当量为(要 2 个电子才能生成 1 个铜分子):

$$63.55(\text{g}) \div 2 \div 26.8(\text{A} \cdot \text{h}) = 1.186(\text{g/A} \cdot \text{h})$$

若以年为单位,其电化当量为(即年消耗率):

$$1.186 \times 24 \times 365 = 10389(\text{g/A} \cdot \text{Y}) = 10.4(\text{kg/A} \cdot \text{Y})$$

3 防海生物装置的特点

3.1 电解海水防海生物装置的特点

电解海水防海生物装置具有安全可靠,防污

彻底,对环境无污染的特点。但 H_2 作为其副产品,需要注意安全排放。在电解槽电解海水过程中,必然会产生氢氧化镁($Mg(OH)_2$)和碳酸钙($CaCO_3$)等电解副产物,大多数的电解副产物都会随海水一起排走,但在系统运行一段较长时间后,部分副产物可能附着或聚集在电解槽内部,阻塞电解槽,且其在阳极上结垢,会造成电极烧毁,故使用中必须定期对阳极进行酸洗。电解海水防海生物装置分为直接式和间接式两种。

3.2 电解铜/铝防海生物装置的特点

电解铜/铝海水防海生物装置结构简单,耗电小,安装方便。无须专人管理,无副产物,但需要定期更换铜、铝阳极。电解铜/铝防海生物装置也分为直接式和间接式两种。

3.2 电解海水和电解铜、铝复合装置的特点

氯—铜、铝复合防海生物装置的基本原理是利用电解海水产生的有效氯及电解铜、铝产生的铜离子共同作用来杀死海生物,其防污染效果比单独使用的总效果大,而且药物使用的体积分数比单独使用的低,对环境的污染小;但总费用比单独使用任何一种的总费用都要高。

4 直接式防海生物装置技术分析

4.1 直接式电解海水防污装置

直接式电解海水防海生物装置将电解阳极直接安装在海水过滤器或海水管路或船舶的海底阀箱中,以海水管道本身作为阴极,利用海水构成回路,电解产生的有效氯直接混合在海水中。直接式电解海水防海生物装置具有结构简单、安装方便、成本低的特点,还能使管道得到一定的阴极保护,但维修不便。

4.2 直接式电解铜、铝防海生物装置

直接式电解铜、铝防海生物装置是将电解阳极直接安装在海水管路或船舶的海底阀箱内,电解产生的 Cu^{2+} 和 $Al(OH)_3$ 直接混合在海水中。直接式电解铜、铝装置具有结构简单、安装方便、成本低等特点,不需要专门的摆放空间,但更换阳极不便,且海水处理量小。如果将直接式电解铜、铝防海生物装置安装在船舶的海底阀箱内,更换阳极需在船舶进坞后进行。

5 间接式防海生物装置技术分析

5.1 间接式电解海水防海生物装置

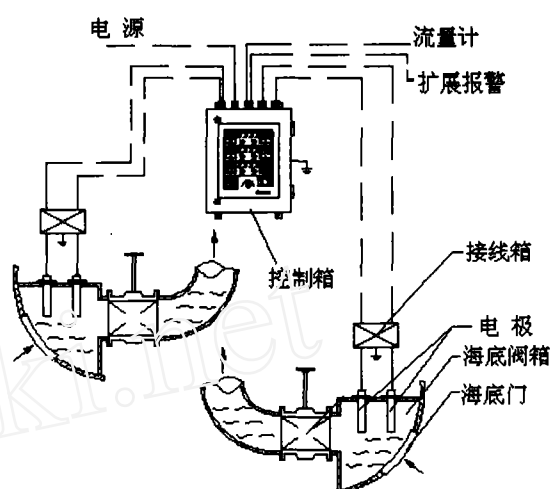


图1 直接电解式防海生物装置原理图

间接式电解海水防海生物装置即电解槽式海水防海生物装置,将一部分海水通过过滤器和压力控制器后再送入电解槽内进行电解,电解后含有效氯的海水经输送管道再送到海水管路或船舶的海底阀箱内。该系统的电解槽,对材质的要求较高,因为它受到的腐蚀较严重;但对其下游,只要保证有效氯的浓度不超过 2×10^{-6} ,就不会产生明显的腐蚀。电解槽式电解海水防海生物装置具有处理量大、操作和维修方便的特点。

5.2 间接式电解铜、铝防海生物装置

间接式电解铜、铝防海生物装置的原理图与电解海水装置类似,电解阳极都安装在电解槽内,见图2。

间接式电解铜、铝防海生物装置即电解槽式防海生物装置,是将安装在电解槽内的铜、铝阳极进行电解,电解产生的 Cu^{2+} 和 $Al(OH)_3$ 被进入电解槽的海水输送到海水管路或船舶的海底阀箱内。间接式电解铜/铝防海生物装置具有处理量大、耗电量小的特点,可随时更换阳极。

6 综合比较与分析

1) 电解海水防海生物技术的防污染效果最好,但需要定期反冲洗,以清除电解槽内的沉积物;定期还要对设备进行酸洗,将阳极上的水垢清除掉。间接式电解海水防污染系统,具有操作维修方便,海水处理量大,便于检测等优点。

与电解铜、铝装置相比,电解海水防海生物装置的缺点是:除了需要定期维护外,一次性投资和耗电量较大;在其使用剂量高于 1×10^{-6} 时

对碳钢有腐蚀,为了不污染环境和控制对金属结构的腐蚀影响,需有效控制残余含氯量。

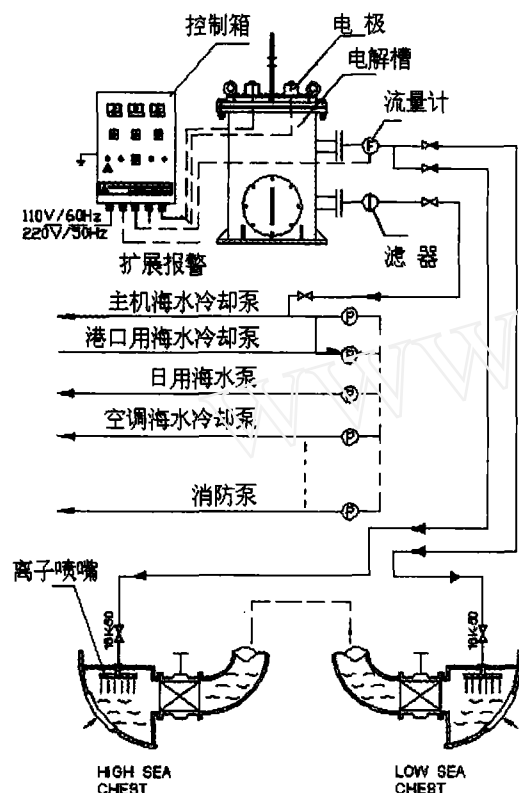


图2 间接电解式防海生污置原理图

2)电解铜、铝防海生物技术对贝壳类动物较有作用,但对黏液类生物和植物类生物影响较小。电解铜、铝设备工艺流程比较简单,除需定期更换阳极外,不需要专人管理。

直接式电解铜、铝防海生物装置可用于海水处理量不大的场合,如,能定期进坞的船只、井口平台等。它具有防污染和防腐蚀的双重效果,不额外占用面积,也无须专人管理,价格比间接式的便宜许多。直接式电解铜、铝装置用在平台上,一般都安装在海水提升泵的套管内,2年左右需提泵更换阳极;用在船上的,一般都安装在海底阀箱内,只有在船的坞修期内才能更换阳极。

间接式电解铜、铝装置不具备阴极保护功能,但检测方便,海水处理量大,并可随时更换阳极;不受坞修时间的限制。

与电解海水装置相比,电解铜、铝防海生物装置的缺点是:综合防污效果不如电解海水技术,资源不可再生(铜、铝资源),并会破坏海洋生态环境(电解铜、铝的产物不可降解)。在浅海地区使用电解铜、铝装置不符合来对环境保护的要

求,电解海水装置的化学反应产品,不会污染海洋生态环境,而电解铜、铝的产物却会对海洋生态环境造成破坏。世界上已有一些国家对在海上排放铜等重金属制定了限制标准。

3)防海生物污染装置的选择与海水的处理量密切相关。

对电解铜/铝防海生物技术,当海水处理量在 $300\text{m}^3/\text{h}\sim 400\text{m}^3/\text{h}$ 时,主要考虑直接式电解铜、铝设备;海水处理量在 $400\text{m}^3/\text{h}\sim 500\text{m}^3/\text{h}$ 时,主要考虑直接式电解氯、铜、铝复合设备;海水处理量在 $600\text{m}^3/\text{h}\sim 1000\text{m}^3/\text{h}$ 时,主要考虑间接式电解铜、铝设备。

对于电解海水防海生物技术,由于直接式电解装置存在检测和维护比较困难的问题,一般不推荐使用,而以间接式为主。当海水处理量在 $500\text{m}^3/\text{h}$ 以上时,可考虑采用间接式电解海水设备。

4)费用比较。在海水处理量比较小的情况下,采用电解铜铝防海生物装置的设备与维护费用,比较经济一些。对海水处理量较大的场合,电解海水与电解铜铝装置的设备费用相差不多,但电解铜铝装置的维护费用远大于电解海水装置,所以,这时多数都选择电解海水防海生物装置。

7 结束语

虽然防海生物装置在船舶等海上设备中只是一种辅助设备,但它是这些海上设施必不可少的保护神,必须根据海水的处理量和海水的用途以及海况和具体设施的情况,认真进行分析与探讨,以选择出既经济又适用的防海生物装置。

参考文献:

- [1] 侯辰光.海洋平台防海生物装置的应用[J].中国修船 2004(6):P.35-36
- [2] 田俊杰,刘刚,曲政.石油平台海生物污损的防治方法[J].腐蚀与防护.2003(10):450-451
- [3] 黄宗国,蔡如星.海洋污损生物及其防污[M].北京:海洋出版社,1984.