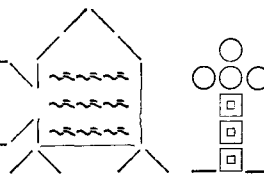


海水冷凝塔阴极保护*



张经磊 侯保荣 孙可良

(中国科学院海洋研究所)

青岛市许多工厂的热交换器多年来一直采用海水冷却。但由于海水含盐量高,浸蚀性强,冷凝塔的腐蚀损坏是长期存在的严重问题。一些工厂多年来的使用经验表明,腐蚀损坏最严重处,主要在管端附近。由于管端的腐蚀穿孔,往往每个塔使用三年左右就有3—5根漏气;4—5年就得更换一个新塔,从而造成极大的经济损失。目前,国内在这方面尚未见到有关防蚀措施的报道。我们采用牺牲阳极和外加电流两种阴极保护法,对管端和水室进行了保护实验,并取得了较好的效果。

一、试验方法

1. 冷凝塔的构造

塔体直径80公分,高5米。每个冷凝塔装有直径为5.7公分、壁厚为0.3公分的冷凝管84

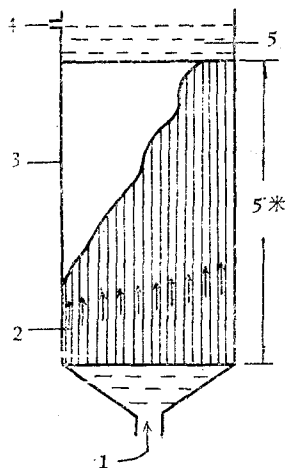


图1 冷凝塔构造

1. 进水口; 2. 冷凝管; 3. 塔壳;
4. 溢水口; 5. 水室。

根。管口与花板用胀管法联接,因而管口的管壁由原来的0.3公分挤压成为0.2公分,残余应力未予消除。水由下部流入,至上端水室由溢水口流出。其构造如图1所示。

2. 牺牲阳极保护

(1) 阳极材料:采用锌基合金牺牲阳极,每块重2.5公斤。电容量为740A·h/kg。中心有钢芯,作导电和固定阳极用。

(2) 阳极的安装:用螺丝连接法将阳极的钢芯固定在水室的支架上。每个水室装阳极两块,上下两端共装4块阳极。其装配方法如图2所示。

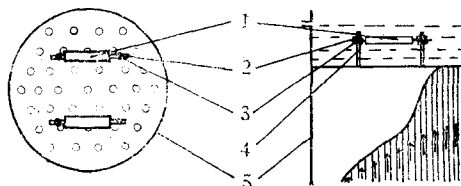


图2 牺牲阳极的安装

1. 锌基阳极; 2. 钢芯; 3. 固定螺母;
4. 焊接在花板上的螺公; 5. 水塔壳。

3. 外加电流保护

如图3所示,用硅整流器作为直流电源。用焊成“+”字状的废钢铁作为辅助阳极,通过支架悬吊于水室中。试验只在上端水室中进行。

4. 参数测量

试验前首先测定冷凝管内壁自由腐蚀电位;试验开始后定期测定电位随时间的变化情况。使用仪器为MF-10型高内阻万用电表。以

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第791号。

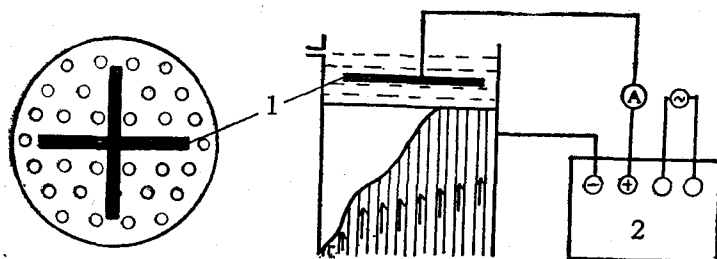


图8 外加电流保护的安裝
1. 钢铁辅助阳极; 2. 硅整流电源。

Ag/AgCl作为参比电极。同时测量出水水温及用0.2级电流表测量回路中总保护电流值。

二、试验结果

1. 自由腐蚀电位

冷凝管内壁自由腐蚀电位的垂直分布如图4所示。该电位分布情况各个管不完全一样，图4所示为两种有代表性的情况。

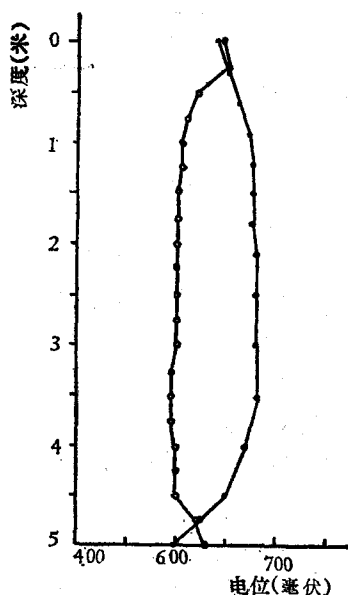


图4 冷凝管内壁自由腐蚀电位
(相对于Ag/AgCl)

2. 锌基牺牲阳极保护

阳极安装好，即开始运转。保护7，70，90天（阳极基本耗尽）时，沿冷凝管内壁的电位变化情况，如图5所示。

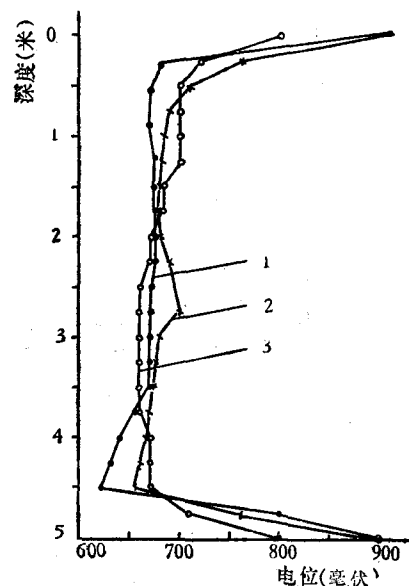


图5 牺牲阳极保护时冷凝管内壁电位分布（相对于Ag/AgCl）
1. 7天; 2. 70天; 3. 90天。

3. 外加电流保护

试验共进行184天。在试验期间，冷凝管内壁不同部位（水室，0.25米，0.5米）处的电位、整流器输出总电流及海水出口处的水温随时间的变化绘于图6，7。

管内壁的电位分布情况如图8所示。该曲线是根据保护装置运行94天的数据绘制的，基本代表整个试验期间的电位分布情况。

4. 保护效果

众所周知，凡是保护电位达到 -800mV 以上时，其保护效果均在90%以上。实验结束时，检查了保护管端的情况，发现管端毫无腐蚀现象，仍保持原加工时留下的楞角，而未加保护的水塔，其管端盖满了黄锈。去除黄锈后，发现管端已锈蚀成钝形。由于条件限制未进行失重挂片对照实验。

三、讨论

1. 自由腐蚀电位。由图4可以看出，冷凝管内壁电位随深度出现无规律的变化。有的中间负一些，有的中间则正一些，两端的变化尤

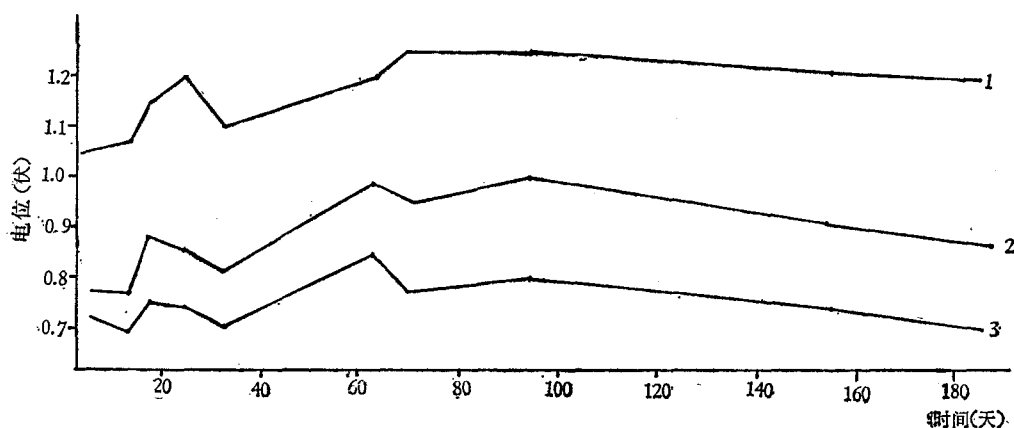


图6 外加电流阴极保护时冷凝管不同深度处电位随时间的变化 (相对Ag/AgCl)

1. 水室管口处; 2. 深0.25米处; 3. 深0.5米处。

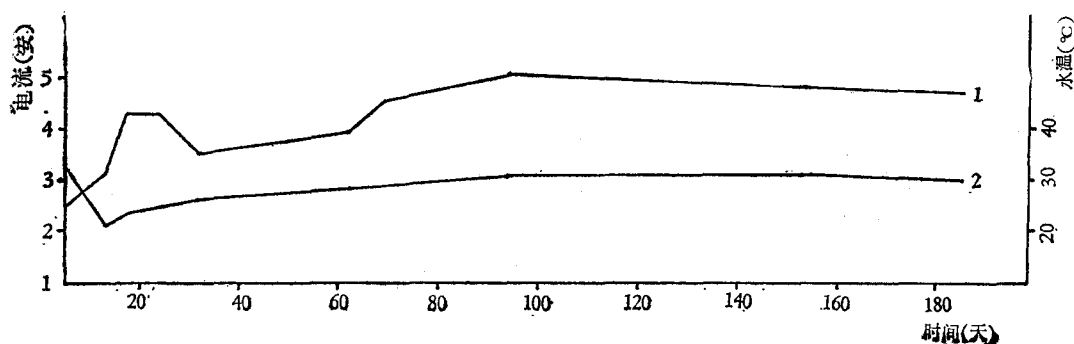


图7 外加电流阴极保护时整流器输出电流和水温随时间的变化

1. 电流; 2. 水温。

为明显。产生这一现象的原因,可能与材质、腐蚀产物及各部位的温度不均匀等因素有关。这表明管壁不同部位存在电偶腐蚀。特别是在管口电位负、中间正的情况下,管口处会遇到较严重的电偶腐蚀,这可能是造成管口腐蚀穿孔的主要原因。比较图3、5和8,可以看出采用牺牲阳极和外加电流阴极保护后,冷凝管两端的自由腐蚀电位差已基本消除。这就是说,基本消除了原来冷凝管内所存在的电偶腐蚀。这对防止冷凝管管端的严重腐蚀穿孔是非常有利的。

2. 牺牲阳极保护。由图5可以看出,用锌基合金阳极保护时,水室及管口附近电位均达到 -800mV 以上,即有效保护电位以上¹⁾。随着时间的延长,其保护深度有所增加,但不明显。在整个保护期间,管深10公分内,一直处

于有效保护电位以上。

3. 外加电流保护。该方法的一个优点是,保护电流可根据需要进行增减。由图6、7可以看出,增加电流,提高水室电位可以使保护深度增加。当水室电位为 -1250mV 时,其保护深度可达0.5米左右。

4. 保护电流。由图7可知,该冷凝水塔所需要的保护电流是较大的。一般说来,在海水中裸钢的保护电流为 $60\text{—}200\text{mA}/\text{m}^2$ ^[1],而我们实验中所需要的电流为 $740\text{mA}/\text{m}^2$ 左右。这主要是由于水温偏高,水处于流动状态所造成的。据报道,当水流速度为 $2\text{m}/\text{sce}$.时,

1) 交通部第三航务工程局科学研究所等,1976。
上海石油化工总厂油码头钢桩外加电流阳极保护总结报告。

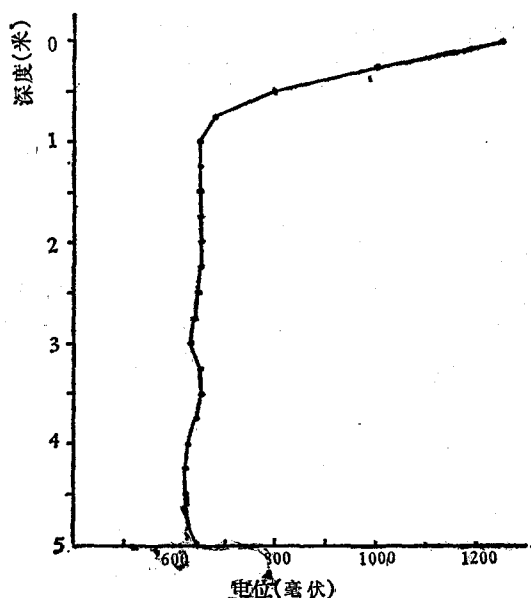


图8 外加电流阴极保护94天后，
冷凝管内壁电位垂直分布情况（相
对Ag/AgCl）

裸钢的保护电流可达 $2.5\text{A}/\text{m}^2$ ^[1]。另外，在计算保护电流密度时，取达到 -800mV 的面积作为保护面积，由于达不到 -800mV 的地方仍然消耗一部分电流，故也能使计算结果偏高。由图6、7还可以看出，保护深度不随时间的延长而增加，保护电流也不随时间延长而减少。这与海水中钢桩的保护情况不完全相同。这是由于在生产过程中为了保持冷凝管的热交换效率，须经常清除管内污垢，在管壁上所形成的保护性石灰质膜^[2]大部分被清除掉所造成的。

如果在水室壁上涂一层耐阴极保护电压的涂料，可以降低一部分电流消耗，同时还可以延长保护深度。对于牺牲阳极来说，还可以延长使用寿命。

5. 牺牲阳极和外加电流两种阴极保护方法的优缺点在文献中已有较多的评论^[3]，根据本试验结果，作者认为，在这种冷凝塔情况下用牺牲阳极保护法较好。因为冷凝管细长，电屏蔽效应严重，中间大部分都不能达到有效保护电位，即使将水室电位提高到 -1250mV （外加电流法），保护深度也只有0.5米，对5米长的管子来说，仍是较短的。同时，电位太负则易于引起氢脆现象。牺牲阳极达 -800mV 的深度虽然仅10公分左右，但对于消除管端电偶作用，防止管口严重腐蚀与外加电流法是相同的，并且此法具有不需仪器设备，不需专门人员日常管理许多优点^[4]，所以作者认为，在类似工程中，采用牺牲阳极法为宜。至于管中间部位的防腐蚀问题，由于管细而长，且须经常清除污垢，困难较大，有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 侯保荣，1978。金属腐蚀与防护 1:49—58。
- [2] 戴忠道等，1966。海洋与湖沼 8(1):51—59。
- [3] 周尊严，1979。金属腐蚀与防护 (1—2):29—41。
- [4] 上海交大560教研组，1979。金属腐蚀与防护 (1—2):52—72。

1) 江苏省水利局，1979。水工闸门防腐蚀。

CATHODIC PROTECTION OF SEA WATER CONDENSER

Zhang Jinglei, Hou Baorong and Sun Kelian
(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Abstract

Cathodic protection experiment was carried out to protect the water rooms and pipe ends of sea water condensers with impressed current and sacrificial anode method. The results show that both methods have satisfactory anticorrosive effect. Considering other factor, such as apparatus, daily management and economic effect, the authors deem the sacrificial anode method more suitable than the impressed current method in this case.