

文章编号:1001-4500(2008)06-0039-04

## 海洋平台的腐蚀及防腐技术

胡津津, 石明伟  
(上海船舶工艺研究所, 上海 200032)

**摘要:** 概括了海洋平台不同区域的腐蚀环境和腐蚀规律,对海洋平台重防腐涂料的选择要求及配套体系进行简要叙述。针对海洋平台的长效防腐防护要求,介绍了几种具有长效的防腐材料和防腐技术特点,包括海洋平台热喷涂长效防腐蚀技术、锌加保护技术、海洋平台桩腿防腐套包缚技术等,为我国对海洋平台长效防腐防护技术的研究提供参考。

**关键词:** 海洋平台;防腐;热喷涂;锌加技术;防腐套

**中图分类号:** TG17

**文献标识码:** A

## CORROSION AND ANTICORROSION TECHNOLOGY IN OFFSHORE PLATFORMS

HU Jin-jin, SHI Ming-wei

(Shanghai Shipbuilding Technology Research Institute, CSSC 200032, China)

**Abstract:** This paper summarizes the corrosion environment and rules of the different zones in offshore platforms, also briefly introduces the requirements and systems of the anticorrosion coating. According to the long-term anticorrosion requirements in offshore platforms, the paper introduces several long-term anticorrosion technology, including thermal spraying, adding zinc protection and anticorrosion technology with platform legs wrapped etc, which will provide some references to the research of the long-term anticorrosion technology in offshore platforms.

**Key words:** offshore platform; anticorrosion; thermal spraying; adding zinc technology; anticorrosion wrap

海洋平台是一种海上大型工程结构物。其钢结构长期处于盐雾、潮气和海水等环境中,受到海水及海生物的侵蚀,而产生剧烈的电化学腐蚀。腐蚀严重影响海洋平台结构材料的力学性能,从而影响到海洋平台的使用安全<sup>[4]</sup>。而且由于海洋平台远离海岸,不能像船舶那样定期进坞维修保养,因此海洋平台的建造者及使用者都非常重视海洋平台的防腐问题。如何对海洋平台结构进行长效防腐,以及开发研究海洋平台结构长效防腐的新材料、新技术及新工艺都具有十分重要的意义。

### 1 海洋平台的腐蚀规律

#### 1.1 海洋环境的腐蚀区域界定

海洋平台的使用环境极其恶劣,阳光暴晒、盐雾、波浪的冲击、复杂的海水体系、环境温度和湿度变化及海洋生物侵蚀等使得海洋平台腐蚀速率较快。海洋平台在不同的海洋环境下,腐蚀行为和腐蚀特点会有比

收稿日期: 2008 - 08 - 26

作者简介: 胡津津(1979-)女,工程师,从事非金属材料研究。

较大的差异。因此要对海洋平台结构在海洋环境中腐蚀区域的腐蚀情况进行分析和界定,才能针对性地提出有效的保护措施。根据海洋环境、腐蚀特点和平均腐蚀率不同,海洋平台在海洋环境中可分为海洋大气区、飞溅区和全浸区 3 大区域。为了更好地分析海洋平台钢结构的腐蚀情况,许多研究者又将飞溅区分为飞溅区和潮差区,全浸区分为海水全浸区和海底泥土区,即分成 5 大腐蚀区域<sup>[5-7]</sup>,见图 1。

## 1.2 海洋钢结构腐蚀情况

**海洋大气区:**海洋大气区海盐

粒子使腐蚀加快,干燥表面与含盐的湿膜交替变换形成物理、化学和电化学作用影响金属腐蚀。

**飞溅区:**在海洋环境中腐蚀最严重的部位是在平均海潮以上的飞溅区。由于经常成潮湿表面,表面供氧充足,无海生物污损。长时间润湿表面与短时间干燥表面的交替作用和浪花冲刷,造成物理与电化学反应为主的腐蚀破坏,且破坏最大。

**潮差区:**钢结构在潮差区的腐蚀为最低,甚至小于海水全浸和海底泥土的腐蚀率。在平均低潮位以下附近区域的腐蚀出现一个峰值,这是因为钢桩在海洋环境中,随着潮位的涨落,在水线上方湿润的钢铁表面供氧总量比水线下方的浸在海水中的钢结构表面要充分得多,且彼此构成一个回路,由此成为一个氧浓度差宏观腐蚀电池。腐蚀电池中富氧区为阴极,即潮差区;相对缺氧区为阳极,即平均低潮位水线下方的区域。总的效果是整个潮差区中每一点分别受到了不同程度的阴极保护。而在平均低潮位以下则经常作为阳极而出现的腐蚀峰值。

**海水全浸区:**在海水全浸区的腐蚀中,浅海腐蚀可能比海洋大气中更迅速,深海区的氧含量往往比表层低得多,水温近于 0℃,腐蚀较轻。

**海底泥土区:**存在硫酸盐和还原菌等细菌,海底沉积物的来源及特征不一。受海水影响少,且温度低,腐蚀程度小,只是在海流作用交界处有一定腐蚀。

## 2 海洋平台钢结构的涂料防腐技术

海洋平台长期处于恶劣的腐蚀环境中,使用期间维修困难,因此在防腐蚀技术上规定只能使用高性能重防腐涂料<sup>[8,9]</sup>。海洋平台使用的几种重防腐涂料各具下列特点:

(1) 富锌底漆:要求含高比例锌粉的涂料,同时要求与基材附着力强。富锌底漆作用之一是起阴极保护,另外当涂层中有破坏或不连续时,锌粉可以起牺牲阳极作用而保护基材。富锌底漆一般采用无机富锌底漆、环氧富锌底漆等。

(2) 中间漆:中间漆要求综合防腐能力强,中间漆的特点是含高效的防锈材料或防渗透材料,如颗粒状或鳞片状锌粉、玻璃鳞片、不锈钢鳞片、纳米级的钛粉等为主的屏蔽型和阴极保护型涂料及各种新型缓蚀型涂料等等。

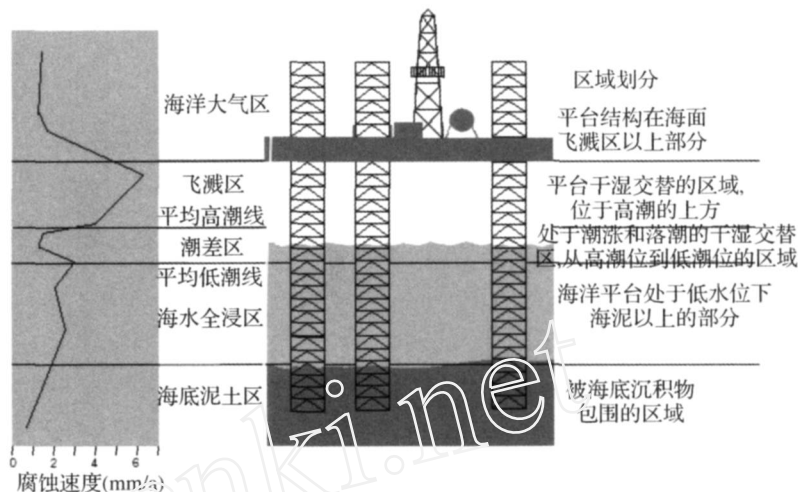


图 1 海洋平台钢结构腐蚀区域划分及典型腐蚀曲线示意图

表 1 典型的海洋平台大气区重防腐涂料配套体系

配套体系	涂层名称	涂层数	干膜厚度(μm)
配套 1	环氧富锌底漆	2	60
	环氧中间涂层	2	100
	环氧面漆	3	200
配套 2	环氧富锌底漆	2	70
	乙烯基中间涂层	3	100
	乙烯基丙烯酸涂层	2	150
配套 3	无机富锌底漆	3	75
	环氧中间涂层	2	50
	聚氨酯面漆	3	150

(3) 面漆:面漆的作用是为底漆和中间漆提供一个保护层,减缓和限制水气、氧及化学活性离子的渗入。还要求有抗冲击性、抗老化性和抗溶性等。面漆一般采用氯化橡胶、乙烯树脂、聚氨酯或丙烯酸树脂涂料等。

另外,重防腐涂料要获得良好的防腐效果,还需要注意多方面的因素,包括基材的表面处理、高品质涂料、合理的涂层体系、外界施工条件、涂层施工的质量控制等。目前重防腐涂料主要还是使用在海洋平台的大气区,参考的涂层配套见表 1<sup>[9-11]</sup>。

### 3 海洋平台结构的几种长效防腐技术

对于海洋平台各个区域的防腐,目前除了以防腐涂层与阴极保护或外加电流阴极保护系统配套外,还在海洋平台上使用其他具有长效防腐的技术,包括平台热喷涂长效防腐蚀技术、锌加保护技术、平台桩腿防腐套包缚技术等。

#### 3.1 海洋平台热喷涂防腐技术

热喷涂技术在海洋平台钢铁构件的应用已有很久的历史了。热喷涂锌、铝及其合金涂层在国外海洋平台钢铁构件上都有成功应用实例<sup>[12-14]</sup>,实例表明:热喷涂锌铝及其合金涂层已成为一种成熟的防腐技术,经过适当封闭的热喷涂锌铝涂层在常温和高温下对处于飞溅区的钢结构均表现出优良的防腐蚀性。

热喷涂铝涂层在海洋平台中最大应用工程是 1984 年建造的 Hotton 张力腿平台。该平台设计寿命 50 年。其使用 8 年后,在飞溅区没有发现腐蚀现象和褐色渗漏效应。厚度测量表明,平台安装后涂层厚度没有减少,说明了海洋平台喷涂锌铝金属覆盖层的防腐蚀效果十分明显,即使表面有机涂层脱落也会保护基体免遭腐蚀。同时经试验表明,200 $\mu\text{m}$  厚的热喷涂锌铝涂层对钢结构在飞溅区的防护寿命可以确保超过 30 年。

对于海洋平台使用的高强度钢制件来说,喷涂铝及铝合金涂层不仅可提供一种铝屏蔽层,而且一旦涂层受到破坏,还可以作为牺牲阳极保护所出现的漏涂区。在涂层上可涂覆封闭涂料,以封闭铝及铝合金涂层的孔隙,从而改进涂层性能,延长其总的使用寿命。我国的热喷涂防腐技术起步较晚,目前用在海洋平台防腐还处于试验阶段,有待进一步发展和推广应用。

在海洋平台应用的热喷涂涂层的基本配套见表 2<sup>[10]</sup>:

表 2 海洋平台热喷涂涂层的基本配套

干膜厚度( $\mu\text{m}$ )	配套体系	涂层名称	涂层数
配套 1	金属涂层	1	200
	封闭涂层	2	100
配套 2	金属涂层	1	100
	有机封闭涂层 面层涂料	1 2	125 75

表 3 海洋平台全浸区锌加保护涂层配套体系

涂层名称	涂层数	干膜厚度( $\mu\text{m}$ )
锌加涂膜镀锌	2	60
氯化橡胶防锈底漆	2	100
防污漆	2	200

#### 3.2 海洋平台锌加保护技术

锌加保护是一种优质便捷的钢结构防腐保护方法,锌加保护对基体材料拥有阴极保护和屏蔽保护双重作用。锌加保护技术具有优异的防腐性能在于锌加镀锌涂层干膜中含锌量达 96%,产品中锌粉纯度高达 99.995% 以上。锌加保护还具备独特的重融性,新的锌加涂层与原有的锌加镀层可完全融合,便于维修补涂。

锌加保护与传统有机涂料相比,具有很强的阴极保护作用并且可以作为良好的底层,其耐腐蚀能力高于常规的富锌底漆 5~6 倍,防腐保护年限可达到 25~30 年。

在海洋平台全浸区的腐蚀程度比大气区严重,但比飞溅区要轻。全浸区一般采用阴极保护或涂料与阴极保护的联合保护,而很少单独采用涂料保护,原因是目前防锈、防污涂料使用期限很难达到海洋平台永久性的保护。锌加保护技术在涂层保护和阴极长效保护的双重作用下,具有较长的防腐保护年限从而弥补了一般涂料在防腐作用使用年限的不足。锌加保护在海洋平台全浸区部位钢结构防腐蚀涂装方案如表 3 所示。

经国内外海洋平台的工程证明,锌加保护涂层技术的防腐性能十分优异。2000 年锌加保护技术被应用

在国内深圳蛇口海上钻井平台和东海平湖油田海上钻井平台的局部维修上,修复的锌加涂层用到至今未发现锈蚀,防腐性能良好。

### 3.3 海洋平台桩腿防腐套包缚技术

目前,海洋飞溅区这一腐蚀最严重部位的防腐问题得到了空前广泛的关注,并正在进行深入的研讨之中。现在公认为最成熟的技术是防腐套包缚方法。在美国、英国、日本等发达国家,越来越多的海洋平台对飞溅区桩腿的防腐采用了防腐套包缚技术。

防腐套是一种长效防腐技术,用在海洋环境条件下的飞溅区,可以使防腐寿命达 30 年以上。防腐套由高强度多层织物外覆以特殊聚酯层,内覆防腐触变胶 3 部分构成。这 3 层结构紧密地聚合在一起形成了单片式整体结构。这种独特的结构可以通过增加或减少套体的厚度和改变织物的构造来调整防腐套的物理特性,以适应不同的防腐要求。其多层织物本身的弹性可使防腐套以设计的张力紧密地包缚海洋平台桩腿,并且达到水密甚至气密的密封要求,从而实现长效防腐。

海洋平台桩腿防腐套可有效解决海生物附着不良影响。防腐套产品的外层涂覆抗污成分和内层防腐触变胶等独特设计,可有效地防止海生物的附着和生长,从而使防腐套防腐寿命大大延长,最终有效地达到长效防腐保护的目的。其本身高强度织物的弹性作用,会在防腐套和柱桩表面形成一个紧绷的环套张力,这不仅会使防腐套紧紧包缚在桩腿上,而且不会受到由于温度变化引起钢管桩腿热胀冷缩的物理变化所带来的任何影响。目前,桩腿防腐套技术已在世界各地多个海洋工程上得到应用。

## 4 结束语

海洋平台钢结构的防腐,要根据海上不同区域的腐蚀特点,腐蚀速率选用相应的防腐防护措施。防腐涂料不断涌现新的品种,要充分注意到涂料自身的性能及涂层间的配套性,严格涂装过程。热喷涂涂层和锌加保护技术是涂层与阴极保护的相互配套,从而达到对海洋平台的长效防腐。海洋平台的桩腿在飞溅区和水位变动区频繁地经受海浪的拍打和生产作业中外物的碰撞,是桩腿腐蚀最严重的部位,需要特别的防腐保护。防腐套包缚技术具有独特的高强度外套设计,可以使海洋平台桩腿在飞溅区和水位变动区得到很好的防腐保护效果。为了尽可能地避免腐蚀损失,延长海洋平台的使用寿命,发展海洋平台防腐技术具有重大意义。

### 参考文献

- [1] Britton J. Early Coating Failures on Offshore Platforms[A], Corrosion/ 2004[C]. Houston: NACE, 2004.
- [2] 侯保荣. 海洋环境腐蚀规律及控制技术[J]. 科学与管理, 2004, (5): 7—8.
- [3] 侯保荣. 海洋腐蚀环境理论及其应用[M]. 北京: 北京科学出版社, 1999.
- [4] K lfnvik, B H Leinum, E B Heirer, et al. Material Risk-ageing Offshore Installations[R] Petroleum Safety Authority Norway (PSA) Report No 2006 - 3496 Veritasveien Det Norske Veritas 2006.
- [5] Fracis L Laque. Materine Corrosion Causes and Prevention[M]. New York: John Wiley & Sons, 1975: 51—52.
- [6] Pierre R Roberge. Handbook of Corrosion Engineering[M]. New York, Mc Graw-Hill, 1999: 129—142.
- [7] Denis Brondel, Randy Edwards, Andrew Hayman. Corrosion in the oil industry [J]. Oilfield Review, 1994, (4): 4—18.
- [8] Greenwood-sole G, Watkinson C J. New Glassflack Coating Technology for Offshore Applications [A]. Corrosion/ 2004 [C], Houston: NACE, 2004.
- [9] SY/T 10008 - 2000. 海上固定式钢质石油生产平台的腐蚀控制[S].
- [10] NS M-501: 2004, Surface Preparation and Protective Coating [S].
- [11] NACE RP 0176-1994, Corrosion Control of Steel Fixed Offshore Structures Associated with Petroleum Production [S].
- [12] Karl P Fischer, William H Thomason, Trevor Rosbrook, et, al. Performance History of Thermal-Sprayed Aluminum Coatings in Offshore Service[J]. Material Performance, 1995, 34 (4): 27—35.
- [13] 蔡涛, 苗文成, 王锋. 线材电弧热喷涂技术在海洋工程防腐中的应用[J]. 中国海洋平台, 2003, (3): 38—40.
- [14] 李言涛, 黄彦良, 侯保荣. 海洋钢铁件锌铝喷涂技术典型工程实例回顾[J]. 材料保护, 2005, (4): 51—53.