

文章编号:1001-4500(2007)05-0006-04

海洋平台防腐蚀涂料技术进展

邵怀启, 韩文礼, 王雪莹, 徐忠苹, 李爱贵

(中国石油集团工程技术研究院, 天津 300451)

摘 要:介绍了海洋平台不同部位的腐蚀规律、防腐蚀涂料的技术进展和涂层失效的原因, 并对海洋平台防腐蚀涂层体系的选择依据进行了简要叙述。

关键词:海洋平台; 腐蚀; 涂料; 失效

中图分类号:TE985

文献标识码:A

海洋平台是海上采油的重要设施。海洋平台造价昂贵, 日常维护困难, 为保证平台的安全可采用金属镀层、有机涂层和电化学方法。由于海洋环境的影响, 平台用钢具有特定的腐蚀规律和适宜的防腐蚀保护措施^[1]。本文针对海洋平台的有机涂层防腐蚀保护体系, 对海洋平台的腐蚀规律、防腐蚀有机涂层要求以及应用于海洋平台的防腐蚀涂层体系进行叙述。

1 海洋平台的腐蚀规律

海洋平台的使用环境极其苛刻, 日照、海风、波浪冲击、复杂的海水体系、昼夜和季节温度变化及海生物侵蚀等使海洋平台腐蚀速率较快, 因此对防腐蚀保护体系的要求也高。平台按照腐蚀规律可大致分为大气区、潮差飞溅区、水下全浸区、海泥区。根据不同的腐蚀规律和防腐要求采取不同的防腐蚀方案。

1.1 大气区

平台结构在海面飞溅带以上的部分结构较复杂, 受日光、风雨、冰雪和高浓度盐雾等作用, 腐蚀速率较快, 一般阴面比阳面腐蚀更严重, 距海水近的下部比上部腐蚀严重。若海洋大气中含有 SO_2 , 腐蚀速率会进一步增加。如渤海海上平台在海洋大气区的实测腐蚀速率超过 0.1mm/a , 对平台结构安全造成威胁。故平台在海洋大气区采用有机涂层保护, 要求涂层具有优异的耐大气老化和盐沉积性能, 应用于甲板、直升机平台等部位应具有良好的耐冲击、耐磨及防滑性能。

1.2 潮差飞溅区

海洋平台处于涨潮和落潮及海水飞溅达到的部分是海洋平台腐蚀最严重的部分。受到阳光照射、浪花飞溅和冲击、涨潮和落潮时干湿交替、海面漂浮物的撞击和侵蚀、海水电解质腐蚀以及石油化学品污染等环境影响。如渤海海上平台, 在飞溅区的实测腐蚀速率为 0.45mm/a , 并有很多深度 2mm 以上的蚀坑, 这种较大的损失量必将对平台力学性能产生巨大影响。由于平台在潮差飞溅区的环境特点, 一般采用有机涂层和电化学保护相结合的方法进行保护。所选防腐蚀涂料, 要求具有耐候性、耐磨损、耐冲击、耐化学腐蚀、耐干湿交替等性能, 并需要厚涂。

1.3 水下全浸区

海洋平台处于低潮水位下的部分。水下全浸区处于复杂的海水电解质环境中, 表层海水的水温高、氧气近于饱和、生物活性强、有石油泄漏污染, 是水下区腐蚀最强的部分。表层以下部分氧气含量较少, 植物性和动物性污染较少, 但水温低, 压力大, 腐蚀相对较轻, 腐蚀一般由海水电解质的腐蚀造成。平台在海水全浸区的腐蚀速率一般为 $0.1\sim 0.2\text{mm/a}$, 而且容易发生严重的局部腐蚀和疲劳腐蚀。对于半潜式平台, 对负重有

收稿日期: 2007-05-15

基金项目: 国家 863 计划海洋领域重大项目 (2006AA09A104)

作者简介: 邵怀启 (1973-), 男, 博士后, 从事防腐蚀涂料研究及相关技术转化。

一定要求,最好使用涂层和电化学保护相结合的方法,能够在正常使用情况下减轻牺牲阳极的重量。要求涂层具有良好的耐海水性和耐电位性能。

1.4 海泥区

固定式海洋平台,在海泥区中,粘土和细粉沙软泥会含有厌氧硫酸菌而加速腐蚀;而海砂中微生物含量较少,钢材腐蚀速率相对低。对于浅海区域,由于陆地污染物的排入,使腐蚀变得复杂,一般会加速腐蚀。对于浅海中埋在海底部分的桩腿和海管,由于氧浓差电池作用,将加快腐蚀埋在海泥中的钢结构;而位于深海区,钢由于氧气供应不足而易极化,腐蚀速率较低。海泥区一般采用电化学防腐保护。

2 海洋平台防腐蚀涂料技术进展

2.1 应用趋势

海洋平台防腐蚀涂料最初采用醋酸乙烯共聚物和环氧胺树脂。随后采用低水汽渗透的氯化乙烯,但由于其固体含量较低,较难进行厚涂,一般涂 5~7 层才能达到 250~300 μm 的厚度,经济性能差。以硅酸锌为底漆的多层涂层体系,在大多数情况下可成功使用 30~40 年^[2],但对涂装工艺要求严格,在国内应用较少。由于环氧富锌底漆施工方便,在很多海域得到广泛的应用^[3]。

环氧树脂是被广泛使用的防腐涂料,在海洋环境中厚涂(3000~6000 μm)环氧具有很好的防腐蚀效果。富锌底漆、厚涂环氧和聚氨酯涂层体系具有突出的耐大气老化和耐石油化学品性能,从 1970 年开始用于墨西哥湾的海洋平台防腐,随后应用到波斯湾和北海采油平台中^[3]。

适用海洋工程腐蚀保护的新涂料不断被开发出来,如厚涂聚氨酯、柔性环氧酚醛、聚氨酯和聚硅氧烷等。

聚硅氧烷具有很强的耐候性,但是,聚硅氧烷必须采用有机树脂进行改性来增加弹性、柔韧性、黏结性。在丙烯酸改性的聚硅氧烷涂料内形成无机骨架,能够忍受更残酷的环境,具有很好的耐磨、耐冲击能力和良好的外观^[4]。

随着环境要求的提高,一些防腐效果好的涂料,如有毒的铬酸盐颜料,在水下和飞溅区效果较好的环氧煤沥青涂料,高挥发量有机物涂料等,由于施工时影响工人的健康和造成海洋环境污染,已不再使用。高固体含量涂料或无溶剂涂料,如高固体含量环氧、水性环氧涂料已被研制出来并被许多海洋平台采用^[5]。

2.2 平台不同部位的防腐蚀涂层体系

2.2.1 海洋大气区最初采用一些常用的防腐蚀涂料,如环氧、聚氨酯、氯化橡胶和聚乙烯等。以下为一些国外使用的涂层^[6],但在不同的海域,其他的涂层体系也是存在的。

聚乙烯(3~4 层)	200~250 μm
环氧富磷酸锌底漆,2 层环氧	300 μm
无机硅酸锌底漆,2 层环氧	325 μm
氯化橡胶(3~4 层)	250~300 μm

平台在大气区的不同部位,使用聚氨酯和氯化橡胶面漆来增加耐磨性能,并采用氯化橡胶来补漏。但是,若使用环氧进行修复时,环氧涂料所含溶剂会和氯化橡胶发生作用。目前采用的聚氨酯多为低固体含量涂料,从环保考虑,高固体含量的聚氨酯正在被研究并逐渐被使用。作为良好的替代品,杂化聚硅氧烷可作为海洋平台大气区的面漆^[7]。

目前海洋平台大气区的防腐蚀涂层,底漆一般采用无机富锌底漆、环氧富锌底漆和环氧云铁等厚涂底漆或防锈底漆;中间漆和面漆一般采用环氧树脂、氯化橡胶、乙烯树脂、聚氨酯或丙烯酸树脂涂料。如无机富锌底漆、环氧厚涂中间漆和聚氨酯面漆组成的配套体系,耐候性强、耐石油化学腐蚀、容易清洁,在世界多海域的石油平台上取得了 15 年以上的防护效果。

2.2.2 潮差飞溅区最初的选择是采用与大气区相同的涂层体系,增加涂层厚度,但应用效果不能令人满意。随着不断的实践,一些新的防腐蚀涂料被推出。底漆可采用无机或有机富锌底漆,中间漆可采用环氧和聚氨酯,面漆采用氯化橡胶、聚乙烯或聚丙烯、改性聚氨酯等,一般需要厚涂,中间层加玻璃布。Alocit 公司在土

耳其马尔马拉海石油平台中采用两层无溶剂环氧树脂($2 \times 300 \mu\text{m}$)和聚氨酯面漆保护平台飞溅区,设计使用寿命 10~15 年。

外加胶护套也是应用非常多的防腐蚀形式^[8]。采用 15mm 厚的橡胶和氯丁橡胶保护套或采用无机硅酸锌外加憎水的环氧防护套;Winn&Coales 公司使用石油膏保护带保护管线,带内加入脱水剂、缓蚀剂和杀菌剂,外面采用高密度聚乙烯防护套,在飞溅区使用 11 年后未发现管线腐蚀^[9]。

玻璃鳞片环氧涂料具有非常好的硬度、耐化学反应、耐溶剂、耐磨等性能,并具有很好的耐阴极剥离性能,在潮差飞溅区应用较多^[10]。

2.2.3 水下全浸区采用有机涂层与电化学方法联合保护要比单用涂层寿命长。

目前国内外的水下全浸区涂层体系,底漆一般采用无机或有机富锌底漆,中间漆和面漆一般采用氯化橡胶、环氧树脂、聚氨酯、聚乙烯等,一般要求重涂。

在水下区必须要考虑到海生物附着的问题,否则大量附着的海生物会加剧水下结构的腐蚀和增加平台载荷。最初采用含锡的有毒涂料来杀死生物,但有毒物质的使用会导致海洋污染。国外正在积极研发并应用无毒的防污涂料,包括含磷或胺的聚合物涂料和硅树脂改性的环氧树脂低表面能涂料^[11,12],可以防止海生物吸附到平台上。国外的一些研究资料表明,现有防污涂料较难使用到 15 年以上^[13]。因此,更有效的防污涂料仍在研究开发当中。

2.3 涂层防腐失效的原因及选择涂层的依据

2.3.1 涂层防腐失效的原因

同样的涂层体系使用不同供应商的涂料,或同样的涂料由不同人员的施工以及采用不同的检验标准都有可能出现不同的防腐结果。一般来说海洋平台的防腐蚀涂层失效主要有以下几种原因^[14]:

- (1) 涂装前表面处理不好,清洁程度不够,或由于作业环境不符合要求导致了清洁表面的二次污染。
- (2) 管接头、扣件和管支撑处涂装不充分极易发生缝隙腐蚀。
- (3) 涂料质量较差,选择的涂层不配套。
- (4) 选择了错误的规范要求,即对涂层体系选择的依据不正确或施工过程控制、验收规范不正确。
- (5) 日常监测维护不够,修补不及时,涂料厚度不均,有流挂等现象。
- (6) 由于冷热循环导致的边缘处附着力、铁锈蔓延和破裂。

2.3.2 选择涂层的依据

涂层质量主要因素有:涂料、涂层体系、涂装工艺及过程。

要想实现海洋平台的长效防腐蚀,涂料选择要重点考虑以下几个方面:不同涂料之间的配套性好,涂层体系应与钢材的附着力好,抗机械损伤能力强,耐盐雾耐大气性能好,抗海水渗透破坏能力强,与电化学保护匹配性好,能够长期在海水介质中工作的高强度、致密涂层。

涂装过程必须严格执行规范。对一些易发生腐蚀的部位,选择正确的施工工艺和防护措施,将涂层的保护功效最大程度地发挥出来。

3 结语

采用涂层和电化学保护相结合是国际上通用的海洋平台防腐蚀的保护措施。为长效保护海洋平台的防腐蚀涂层体系必须要做到:采用优良的涂料和合适的涂层体系、科学的施工方法和严格的施工过程控制,从而得到高质量涂层。

防腐涂料的发展很快,不断涌现新的品种,只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,注重涂层与阴极保护的配套,以此为出发点进行研究和开发,我国的海洋平台防腐蚀技术会有一个长足的发展。

参考文献

- [1] 任强,王成良,张剑波. 谈海上平台的腐蚀与防护[J]. 中国海洋平台,2002,17(3):44-45.

- [2] 王亦工,陈华辉,裴嵩峰,张婷. 水性无机硅酸锌防腐涂料的研究进展[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2006, 18(1): 41-45.
- [3] Mitchell M J. Progress in offshore coatings[A]. Corrosion/2004[C], Houston: NACE, 2004.
- [4] 黄月文,刘伟区. 含硅(甲基)丙烯酸酯在涂料工业中的研究和应用进展[J]. 涂料工业, 2006, 36(11): 57-60.
- [5] Weinmann D J. New epoxy resin technologies to meet the tough demands of offshore platform coatings[A]. Corrosion/2004[C], Houston: NACE, 2004.
- [6] Bayliss D A, Deacon D H. Steelwork Corrosion Control[M], Second edition, London: Spon Press, 2002.
- [7] Andrews A F. Polysiloxane topcoats—a step too far? [A], Corrosion/2005[C], Houston: NACE, 2005.
- [8] Mohei-Eldin M S. Splash/tidal zone active shielding spiral sleeve[P]. Can Pat Appl, 2005-2494608, 2006.
- [9] Smith M, Bowley C. In situ protection of splash zones—30 years on[A], Corrosion/2002[C], Houston: NACE, 2002.
- [10] Greenwood-Sole G, Watkinson C J. New glassflack coating technology for offshore applications[A]. Corrosion/2004[C], Houston: NACE, 2004.
- [11] Clayton P. Antifouling compositions comprising polymers with ammonium and/or phosphonium salt groups[P]. WO 2005075581, 2005.
- [12] Mohseni M, Mirabedini M, Hashemi M, Thompson G E. Adhesion performance of an epoxy clear coat on aluminum alloy in the presence of vinyl and amino-silane primers[J]. Progress in Organic Coatings, 2006, 57(4): 307-313.
- [13] Chambers L D, Stokes K R, Walsh F C, Wood R J K. Modern approaches to marine antifouling coatings[J]. Surface and Coatings Technology, 2006, 201: 3642-3652.
- [14] Britton J. Early coating failures on offshore platforms[A], Corrosion/2004[C], Houston: NACE, 2004.

PROGRESS OF THE ANTICORROSIVE COATINGS FOR OFFSHORE PLATFORM

SHAO Huaqi, HAN Wenli, WANG Xueying, XU Zhongping, LI Aiqi

(CNPIC Research Institute of Engineering Technology, Tianjin 300451, China)

Abstract: The rule of steel corrosion, in different zones of offshore platform anticorrosive coatings progress and coating failure reasons are discussed. The selection of anticorrosive coating for offshore platform is presented.

Key words: offshore platform, corrosion, coating, failure

(上接第5页)

- [23] Bjorset A, Leiira B J, Remseth S. Local buckling analysis of Titanium pipes by probability response on methods[R]. 17th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, 1998;1487.
- [24] Stahl B, Banon H. Fatigue Safety Factors For Deepwater Risers[R]. Oslo, Norway OMAE. 2002 June 23—28, 2002.
- [25] Souza GFM, Concalves E. Fatigue performance of deep water rigid marine risers[R]. 7th International Offshore and Polar Engineering Conference, Honolulu, USA,1997: 144~151.
- [26] Bernt J, Leira, Trond Stokka Meling, Carl M. Larsen. Assessment of Fatigue Safety Factors for Deep—water Risers in Relation to VIV[R]. Cancun, Mexico OMAE2003 June 8—13, 2003.

SOME ADVANCE OF RESEARCH ON STRUCTURAL MECHANICS OF DEEPWATER RISERS

CHEN Yunshui, WANG Deyu

(Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: The researches on the collision of the deepwater risers, assessment of fracture, fatigue and reliability of risers in recent five years are reviewed. Some practical analytical theories and numerical techniques for reliability assessment and collision between risers for deepwater risers are introduced. More attention is paid to a new concept—collision participating masses when dynamic response to the collision between the risers is obtained.

Key words: deepwater riser, collision, collision participating masses, fatigue, fracture, reliability