

船舶腐蚀成因及防护技术

王来强

(济南船舶检验局, 山东 济南 250014)

摘要: 船舶长期处于海洋环境中, 腐蚀极为严重, 因腐蚀导致结构损坏和破坏, 严重影响船舶性能和航行安全。本文通过分析船舶腐蚀的类型和产生原因, 探讨当前船舶防腐蚀所采用的技术。

关键词: 船舶; 腐蚀; 防护

中图分类号: U672.7'2

文献标识码: A

文章编号: 1006-7973 (2008) 010-0020-02

一、引言

船舶由于长期处于盐度较高的海洋环境中, 腐蚀极为严重, 腐蚀不但能够降低船舶钢结构的强度, 缩短船舶寿命, 还会增加航行阻力, 降低航速, 影响船舶性能和航行安全。因腐蚀导致结构损坏和破坏, 财产甚至生命的损失屡见不鲜, 可以说船舶腐蚀是影响其寿命的最大的因素之一。IMO 环境保护委员会已通过《国际控制有害船底防污系统公约》, IACS 为了顺应这种国际趋势, 也加强了对现有老龄船舶的检验要求。为此, 船舶和海上设施的防腐蚀问题开始备受主管机关、检验部门、船东、保险商等的关注。本文着重介绍船舶腐蚀的几种类型和产生原因, 以及当前船舶防腐蚀所采用的技术。

二、船舶腐蚀的类型及产生原因

船舶腐蚀的类型多样, 是由于船舶腐蚀发生的原因的多样性造成的, 船舶腐蚀发生的原因主要有以下几种:

1. 船体在初次涂装时由于其表面处理的不干净, 存在残碱、残盐、残存氧化皮或锈斑等而引起的破坏作用。残碱对金属有较大的亲和势, 即使在涂覆涂层后, 它还能自发的沿着涂层与金属界面扩展而破坏涂层与金属表面的粘附; 残盐与通过涂层渗透进来的水分子发生水解和受氧分子的作用生成不溶性产物, 此物质与金属形成腐蚀电池, 体积不断增大, 使涂膜破坏; 残存氧化皮在介质发生渗透时, 轧制氧化皮和轧制氧化皮缝隙所暴露出的铁, 在电解质溶液下形成腐蚀电池, 结果腐蚀沿缝隙在轧制氧化皮下扩展, 最后氧化皮带着表面的涂层一起脱落。

2. 机械作用腐蚀。机械作用的腐蚀包括腐蚀作用和机械磨损, 二者相互加速。其中包括冲击腐蚀, 这是由于液体湍流或冲击所造成; 空泡腐蚀, 高速流动的液体, 因不规则流动, 产生空泡, 形成“水锤作用”, 常常破坏金属表面的保护膜, 加速腐蚀作用, 如螺旋桨、泵轴等处易发生; 微振磨蚀, 两个紧接着的表面相互振动而引起的磨损; 应力腐蚀开裂, 是在拉伸应力和腐蚀介质作用下的金属金属腐蚀破坏, 金属内会产生沿晶或穿晶的裂纹。

3. 生物腐蚀。生物腐蚀是由海洋生物的船底附着引起的,

这种腐蚀包括化学腐蚀和电化学腐蚀两种。由于海洋生物在船底的附着, 破坏了漆膜, 造成钢板局部电化学腐蚀; 由于微生物的新陈代谢作用, 分泌出具有侵蚀性的产物如 CO_2 、 NH_4OH 、 H_2S 等以及其他有机酸和无机酸引起钢板的腐蚀作用等。

4. 由于光照、温度、化学介质、磨损或机械损伤等某一原因引起的破坏。光照会使涂层老化、粉化; 过高的温度以致超过高聚物所能承受的极限温度时会出现发软或龟裂、熔化等问题; 化学介质会使涂层溶胀或溶解、脆化等; 机械损伤会造成涂层破裂。

5. 介质渗透后使涂层下金属表面发生电化学腐蚀所引起的破坏。当漆膜有电解质透过后, 发生了电化学腐蚀, 会使漆膜下呈碱性, 当漆膜不耐碱时, 就会对涂膜造成破坏。水的渗透使涂层体积增加所引起的破坏。有些涂层在水的浸泡过程中因吸收水分使体积增加而产生内应力, 这时, 在任何粘附得较差的点上的涂层就会脱离金属并隆起成泡。

三、船舶腐蚀防护措施

船舶的防护直接关系到船舶的使用寿命和航行安全。船舶的防护包括合理选材、合理设计结构、表面保护(涂层保护、金属喷涂层、金属包覆层、衬里)、阴极保护等。船体防护系统是保护船体免受腐蚀侵害的系统, 主要有两大系统组成: 防腐蚀涂装系统和外加电流或牺牲阳极的阴极保护系统。

1. 防腐蚀涂料技术

采用合适的船舶涂料, 以正确的工艺技术, 使其覆盖在船舶的各个部位, 形成一层完整、致密的涂层, 使船舶各部位的钢铁表面与外界腐蚀环境相隔离, 以防止船舶腐蚀的措施, 称之为船舶的涂层保护。目前, 船舶涂料的品种有: 水线涂料、船壳涂料、甲板涂料、油舱涂料、饮水舱涂料、压载水舱涂料、防污涂料等。现有水线以下船底防护涂料大体分为三大类: 第一类为传统的油性涂料和沥青系防腐蚀涂料。第二类为以环氧树脂、乙烯树脂、氯化橡胶为主体的高性能防护涂料。第三类为 20 世纪 80 年代后出现的高性能船底及水下结构物防腐涂料。其主要有改性环氧树脂涂料、

收稿日期: 2008-08-10

作者简介: 王来强 (1975-), 男, 济南船舶检验局, 主要从事船舶检验工作。

玻璃鳞片涂料、无溶剂环氧涂料、氟树脂涂料等。水线以上防护涂料是具有更好耐久性、耐候性、保光性、保色性的船壳涂料,如聚氨基酯丙烯酸等相继出现,并以在大型船舶上获得应用。高耐候性的氟树脂涂料目前也进入了工业化生产应用。

当前各国船舶涂料厂商重点从以下几个方面对涂料进行研究和开发:高热无机锌车间底漆;低表面处理底漆;万能型防锈底漆;超厚膜型涂料;速干性涂料;低毒无害化涂料;高质量、高性能涂料。近年来随着环保要求的提高,环保型防污涂料也得到了越来越多的重视,成为海洋防腐涂料的发展方向,防污性能好但对海洋生物有危害的防污涂料应用也越来越少。

2. 阴极保护技术

对于船舶中与海水直接接触的部位,采用比钢铁的电极电位更负的金属或合金与钢铁船体电性连接,使其在整体上成为阴极;或给钢铁船体不断地加上一个与钢铁腐蚀时产生的腐蚀电流方向相反的直流电,同样可使其在整体上成为阴极,并且得到极化,便可使钢铁船体免受腐蚀,即得到保护,对于这样的保护措施,称之为船舶的阴极保护。对于船舶的阴极保护来说,主要有牺牲阳极保护和外加电流保护两种。

(1) 牺牲阳极保护技术

牺牲阳极阴极保护技术是通过在船体外表面安装充当阳极的牺牲性金属块,以保护作为阴极的船体钢板不被腐蚀。通常提到的阴极保护,是通过外加阴极电流极化,将处于腐蚀状态的金属的电位降低至其免蚀区,达到该金属的热力学稳定状态,从而使金属的腐蚀速率大大降低甚至停止。牺牲阳极阴极保护是船舶浸水部分最有效的、应用广泛的方法之一,所采用的阳极材料电化学性能的好坏是牺牲阳极阴极保护水平的技术关键。目前,船体使用的牺牲阳极有锌—铝—镉三元合金(称为三元锌牺牲阳极)、高效铝合金阳极、铁合金阳极等。各种不同船型所采用的牺牲阳极型号和数量是根据船体各部位的形状、面积和环境情况专门设计的。牺牲阳极保护阴极不需要外加电流,不干扰邻近设施,设备简单,施工方便。牺牲阳极保护技术的发展趋势是以新型的铝合金阳极替代传统的锌合金阳极,达到延长保护寿命,降低保护费用的目的。

(2) 外加电流保护技术

外加电流阴极保护技术是将牺牲阳极保护中的牺牲阳极块更换成只起导电作用而不溶解的辅助阳极,在阳极和钢板

之间加一直流电源,并通过海水构成回路。电源向钢板输入保护电流,使钢板成为阴极而得到保护。该外加电流保护系统由恒电位仪也就是外加电源、参比电极、不溶性辅助阳极构成。整个系统使船体电位始终保持在保护电位范围内。

外加电流保护技术越来越多地应用于船舶壳体的腐蚀保护,其优点是设计保护寿命长、电位、电流可调节性强,但目前仍存在可靠性和经济性较差等缺点,未来的发展趋势是通过在恒电位仪的可靠性、辅助阳极的排流量、参比电极的长期稳定性等方面的改进,提高外加电流系统的可靠性和降低保护费用,并进一步延长保护年限。

3. 其他防腐蚀措施

(1) 防止不当操作的异常腐蚀措施

有些船舶的船体会发生异常快的腐蚀穿孔。发生异常腐蚀的原因有可能是钢板的质量差,耐腐蚀性不好;更经常的原因是电腐蚀引起的,这种腐蚀是人为造成的。大多是由于电焊焊接的违规操作,导致了焊接电流从水下船体外表面流向海水,使钢板发生了电腐蚀。造成电腐蚀的方式主要有以下几种:不正确的单线焊接;不正确的双线焊接;其他不正确的焊接施工等。

(2) 减少异种金属部件的直接连接

船舶上普遍使用多种金属材料,如钢质船体、铜质、钛合金、不锈钢及钢管道,铝质上层建筑等。它们之间不可避免地要进行相互连接。如果这些不同金属之间未加电绝缘,当管路、设备的内部或外部有海水时,就会发生电偶腐蚀。致使负电位的金属遭到快速腐蚀溶解。因此,在船舶上,采用防腐蚀电绝缘连接方式,避免此类问题的发生。

(3) 应用防腐蚀监测技术

船体的防腐蚀监测的内容包括两个方面:一是船体腐蚀防护效果监测;另一个是船体腐蚀状况监测。这类监测技术有船体阴极保护状态监测(船体电位监测)、船体腐蚀状况监测(超声波测厚技术测量船体钢板平均厚度,X射线或超声波腐蚀测试仪,钢板表面腐蚀坑深度监测)、水下电视监测系统(船体水下腐蚀及污垢状况监测)、热波成像检测系统等。

参考文献

- [1] 许友林,姚智刚,熊玲.船舶防腐蚀技术应用及其发展[J].中国修船,2008(6):17-19.
- [2] 谷旭东.船体的腐蚀与保养[J].中国修船,2003(5):40-41.
- [3] 李姮娟.船舶腐蚀防护计算机辅助设计系统[硕士论文].大连:大连海事大学2007:13-21.

作者: [王来强](#)
作者单位: [济南船舶检验局, 山东, 济南, 250014](#)
刊名: [中国水运 \(下半月\)](#)
英文刊名: [CHINA WATER TRANSPORT](#)
年, 卷(期): 2008, 8(10)
被引用次数: 1次

参考文献(3条)

1. [许友林, 姚智刚, 熊玲](#) 船舶防腐蚀技术应用及其发展[期刊论文]-[中国修船](#) 2008(06)
2. [谷旭东](#) 船体的腐蚀与保养[期刊论文]-[中国修船](#) 2003(05)
3. [李娅娟](#) 船舶腐蚀防护计算机辅助设计系统 2007

相似文献(10条)

1. 期刊论文 [秦志高, QIN Zhi-gao](#) 船舶腐蚀及其防腐 -南通航运职业技术学院学报2008, 7(4)
文章对船舶金属腐蚀机理、形式及防止船舶腐蚀的方法进行了较为全面的分析, 同时对船舶涂料的发展方向进行了探讨。
2. 会议论文 [王虹斌, 赵进刚, 王曰义](#) 船舶冷却设备腐蚀特点及设计选材 2002
本文对船舶用冷却设备的使用情况进行了概述, 并对一些船舶冷却设备的典型腐蚀破损原因作了详细分析, 从原理上分析和研究了船舶冷却设备的腐蚀机理和特点. 根据对船舶冷却设备的腐蚀特点分析及材料腐蚀实验测试分析结果, 提出了船用冷却设备的材料选取和搭配原则, 实践证明合理的选材设计是防止船舶冷却设备异常腐蚀的重要环节。
3. 期刊论文 [徐慧, 杨靖海, 胡云昌](#) 基于凸包模型评估不确定腐蚀对现役船舶剖面模数的影响 -船舶工程2001(5)
现役船舶都存在船体构件的腐蚀问题, 由于影响腐蚀的因素很多而且不确定, 造成腐蚀对船舶总纵强度评估的不确定性. 本文基于凸包理论, 建立了评估不确定腐蚀情况下现役船舶最小剖面模数的数学模型, 并以现役散货船为例, 计算得到考虑腐蚀不确定情况下船体横剖面最小模数的极值范围。
4. 会议论文 [金晓鸿](#) 海洋腐蚀和国际船舶涂料标准最新进展 2009
近年来国际海事组织已公布和正在制定若干船舶涂料的标准, 其中已批准并且正式实施的有: 海洋环境保护委员会通过的《国际控制船舶有害防污底系统公约》(简称AFS公约), 海上安全委员会批准的MSC. 215(82)决议: 《所有类型船舶专用海水压载舱和散货船双舷侧处所保护涂层性能标准》(简称PSPC), 以及《船舶空舱保护涂层性能标准》。目前正在制定中还有《油船货油舱保护涂层性能标准》, 《涂层系统维护和修理指南》, 《船舶检验通道涂层/防腐要求》。这些标准的出台直接与海洋腐蚀和船舶的腐蚀控制技术、保护海洋环境和减少对海洋的污染相关。由于国际海事组织公约的强制性特点, 标准的公布和实施对船东、造船界, 油漆供应商、船级社、检测机构、研究单位等已产生了重大的影响。本文对这些标准的提出和制定过程、主要内容、和最新进展情况等进行了分析和评定。
5. 期刊论文 [王启友, 牟小光, WANG Qi-you, MOU Xiao-guang](#) 船体腐蚀对船舶强度的影响 -船舶工程2007, 29(3)
基于营运船的船体腐蚀状况, 运用船体剖面模数概念, 分析了船体腐蚀对船舶强度的影响, 提出了一些保证船舶强度的措施, 为船舶的保养工作提供参考, 以减少船舶安全事故的发生。
6. 期刊论文 [周永峰, 王洪仁, ZHOU Yong-feng, WANG Hong-ren](#) 船舶海水管系的环境腐蚀研究进展 -材料开发与应用 2008, 23(3)
综述了国内外船舶海水管系的材料发展及环境腐蚀研究现状, 报道了海水管系材料的环境腐蚀试验研究进展情况, 以及国内外一些研究海水管系材料环境腐蚀的方法, 分析了海水管系材料环境腐蚀的原因, 并提出了进一步研究的方向。
7. 会议论文 [王洪仁, 周永峰](#) 船舶海水管系的环境腐蚀研究进展 2007
综述了国内外船舶海水管系的材料发展及环境腐蚀研究现状, 报道了海水管系材料的环境腐蚀的试验研究进展情况, 以及国内外一些研究海水管系材料环境腐蚀的方法, 分析了海水管系材料环境腐蚀的原因, 并提出了进一步研究的方向。
8. 会议论文 [胡裕龙, 陈德斌, 刘宏芳, 许立铭, 刘亢](#) 船舶内舱积水中的SRB对碳钢腐蚀的影响 2002
采用两种挂片方式研究了船舶内舱积水中SRB对碳钢腐蚀的影响, 结果表明: (1) 挂片的方式对结果有很大的影响, 静态挂片过程中, 介质发生明显变化, 不能真实反映积水中SRB对碳钢腐蚀的影响; 半连续挂片介质变化小, 基本能真实反映积水中SRB对碳钢腐蚀的影响; (2) SRB的存在增加积水的腐蚀性, 促进了钢的局部腐蚀。
9. 期刊论文 [梁成浩, 于楠, 黄乃宝, 吴建华, LIANG Cheng-hao, YU Nan, HUANG Nai-bao, WU Jian-hua](#) 船舶腐蚀相关的轴频电场特征 -大连海事大学学报2007, 33(1)
通过测量和分析船舶缩比模型轴频电场信号, 研究了与船舶腐蚀相关的轴频电场特征. 实验结果表明, 船模轴频电场是由于螺旋桨转动调制腐蚀电流和阴极保护电流而产生的, 是以螺旋桨转动速率为基频的低频电场, 轴频电场随着螺旋桨转速逐渐增大, 信号特征越来越明显, 幅值越来越大. 调制阴极保护电流而产生的轴频电场最大的幅值比调制腐蚀电流所产生的电场大10倍之多. 船模轴频电场三分量除在幅值上有很大差异外, 功率谱密度强度也有显著差异. 其中x分量轴频电场最大, y分量轴频电场次之, z分量轴频电场最小。
10. 期刊论文 [洪理平, 胡强生](#) 船舶海水管系的腐蚀及其防护 -浙江海洋学院学报(自然科学版)2002, 21(1)
论述了船舶海水管系腐蚀的主要原因及影响腐蚀的重要因素, 提出了防止管系腐蚀的方法。

