穿越汾江河输水管道的防腐蚀工程实践

林锦棠[1], 麦伟成[1], 杨舒灵[1], 李 志[2], 何 炜[2], 王亚平[2]
(1. 佛山市水业集团公司, 广东 佛山 528000; 2. 武汉材料保护研究所, 湖北 武汉 430030)

[摘 要] 按照 SY/T 0019—1997和 SY/T 0023—1997标准,对佛山市禅城区汾江河 DN1400输水管道进行外表面防腐蚀层修复和阴极保护设计、施工管理,在满足规范标准要求的前提下采用合理的最小保护电流参数设计和技术质量保护措施,使输水管道的使用寿命得到延长。

[关键词] 输水管道; 阴极保护; 防腐蚀层修复; 工程实践
[中图分类号] U177 [文献标识码] B [文章编号] 1001 - 1560(2007)07 - 0074 - 03

0 前 言

佛山市供水总公司沙口水厂入城供水主干管建于1993年,管道铺设途中需穿越汾江河,穿越管段总长约150 m,管道规格为 DN1 400 mm ×14 mm,管道材质为A3钢。管道位于运输煤渣的码头边,过河管道位于河床下 0.5～1.0 m深的泥中,汾江河水冬春季节每天都有涨落,起伏较大,落潮时露出河床上部分裸露的水管和淤泥,两岸裸管长约 20 m,夏秋季则涨水至充满河道。原设计中钢管外表面采用二道红丹漆、三道沥青漆防腐蚀。

由于河床上裸露的输水管道表面防腐蚀层已全部脱落,管道直接暴露于干湿交替的环境下,管体出现了严重的锈蚀现象。为了防止管道腐蚀进一步加重,避免管道腐蚀穿孔,因而对管道腐蚀环境和防护现状进行了测试,并结合管道的实际特点,提出了修复裸露管道防腐蚀层、同时采用牺牲阳极法对穿越管道实施阴极保护的防护方案。

1 管道腐蚀环境、防腐蚀层现状及管体腐蚀状况

1.1 管道腐蚀环境

(1)土壤电阻率 根据 SY/T 0023—1997标准[1],测试了埋设管道附近地层的土壤电阻率,结果河床土壤电阻率平均值为 23 Ω·m,表明管道所处河床土壤导电性较强,对导电性离子传输、金属的溶解及宏观腐蚀电池的形成将起到促进作用。按有关标准评价[2],土壤腐蚀性属于“中等偏强”。

(2) pH值 调查主要对河水进行测试,结果表明,河水 pH值为 6.0,属于偏微酸性,这种环境对金属存在着一定的酸性腐蚀,对于阴极保护的阴极极化有着不利的影响。

(3)硫酸根离子 检查土壤中硫酸根离子是否存在即可判断是否有发生硫酸盐细菌腐蚀的可能性[2],本次测试未检测到硫酸根离子,表明过河管道所处的土壤环境中硫酸盐细菌腐蚀的趋向性较弱。

(4)管地自然电位 管地自然电位的测定,可以分析管线是否存在宏观腐蚀电池作用及杂散电流,是预测土壤腐蚀性强弱的指标之一[3]。本次测试管地自然电位为 -0.53 V(相对饱和 $Cu/CuSO_4$),管线存在宏观腐蚀电池的可能性。根据有关资料[3],钢铁对地自然电位与土壤腐蚀性之间有表 1中的对应关系。因此,本段管道管地自然电位值所反映的土壤腐蚀性属于“稍高”。

表 1 钢铁对地电位与土壤腐蚀性的对应关系

腐蚀级别	极低	低	中	稍高	高
钢铁对地电位($Cu/CuSO_4$)/V	< -0.15	-0.15～-0.30	-0.30～-0.45	-0.45～-0.55	> -0.55

根据上述分析结果,本段管道土壤腐蚀性属“中等偏强腐蚀”,大部分环境土壤细菌腐蚀倾向为“较弱”,由于土壤 pH值为弱酸性,因此存在着一定的酸性腐蚀危险性,并且管地电位的起伏也造成了土壤宏观腐蚀的可能性。

1.2 管道防腐蚀层状况

现场检查发现,过河管道裸露部分包括阀井内的管段表面防腐蚀层已全部脱落,据推测,管道埋地部分应有防腐蚀层覆盖。为了评价管道防腐蚀层的性能,

[收稿日期] 2007-01-27

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

采用变频 - 选频法对本段过河管道防腐蚀层绝缘电阻进行了测量,结果为 227 Ω·m^2。按照 SY/T 0087—95 标准[4]。该段管道防腐蚀层绝缘电阻属于“劣”,防腐蚀层绝缘性能基本上相当于裸管,防腐蚀层已基本失去保护作用。

1.3 管体腐蚀现状

对过河管道裸露部分进行了初步检测,发现管体表面主要是均匀腐蚀和坑蚀,最大蚀坑深达 3～4 mm。按照 SY/T 0087—95标准,最大坑蚀速度达 0.3～0.6 mm/a,管体腐蚀程度属于“重”。按此推算,管道腐蚀穿孔年限约为 5～10 a。

2 阴极保护馈电试验

对 DN1400过河管段进行馈电试验[1]。对汾江河南北两岸的阀门井进行绝缘改造,使之电绝缘隔离。试验结果如下:该段管线长约 150 m,总表面积 669 m^2,阴极保护馈电试验总馈入电流为 7 A时,管道相对通电点的另一端阴极保护电位 ≤ - 0.85 V(SCE),此时阴极保护电流密度为 10.5 mA/m^2。阴极保护馈电试验结果与外防腐蚀层平均绝缘电阻测试结果有较好的一致性,表明目前该管道的防腐蚀层已经老化并且损坏严重,管道需要很大的阴极保护电流密度才能产生阴极极化,达到阴极保护效果。

3 管道总体防腐蚀方案的设计

通常情况下,埋地钢质管道最经济合理的防腐蚀方法是防腐蚀涂层加阴极保护联合防护,以达到防护效果和经济效益的最优化。鉴于过河输水管道的实际情况,这种联合保护方法仍然是唯一正确的选择。在条件允许时,对部分管道进行表面防腐蚀层修复,可以有效防止管道腐蚀的进一步发生,特别是可以极大地降低管道所需阴极保护电流密度,使过河管道整体的阴极保护变得更均匀、更有效。对于管道的防腐蚀层修复重点应放在管道的裸露部位,由于这部分管段防腐蚀层完全剥落,特别是河水涨水淹没管道整体时,管道上裸露部分将极大地消耗阴极保护电流。对于坡岸埋地部分管道,由于原防腐蚀层非常薄弱,条件允许时也应进行修复。

由于管道附近外接电源及维护管理较困难,因此拟采用牺牲阳极法对管道实施阴极保护[5]。对于管道防腐蚀层进行部分修复后,管道所需总体阴极保护电流将会有效减少,牺牲阳极的设计方案在技术上变得可行。

3.1 防腐蚀层体系的选择

由于过河管道位于河床上,河水水位随潮汐变化频繁,只能利用低潮位时管道暴露于河床上的短暂时间进行管道防腐蚀层的修复施工,按照潮汐变化规律,每天低潮位时间约有 10 h,在这样短的时间内采用普通的有机防腐蚀涂料根本无法达到充分的固化效果,因此也不能确保防腐蚀涂层的保护效果。国内相关管道防腐蚀层修复工程中大量使用 RD - 6型冷缠胶带,效果良好。

3.2 防腐蚀层修复工艺

管段的修复范围为管道周长约 1/2的管道上半部表面,具体施工修复工艺见表 2。本方案防腐蚀体系设计寿命为 15 a。

表 2 防腐蚀层修复施工工艺

防护工艺	工艺参数	施工方法	相应标准规范
动力除锈	St3级,须处理弧长 4.19 m,即须处理管道周长所对圆心角 240°	电动角磨机	GB 8923—88涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级 SY/T 0407—97涂装前钢材表面预处理规范
贴冷缠胶带	涂刷 PolyCoatIR底漆一层,RD - 6增强纤维防腐蚀胶带一层	刷涂、辊涂、人工缠绕	SY 0414—98

3.3 特殊部位管体表面的打底处理

管道位于河道坡岸附近的管体表面由于腐蚀坑较多,使得管体表面不平,另外焊缝处管体表面明显高低不平,如果直接进行冷缠胶带施工很容易造成气孔、缝隙缺陷,使管道表面无法通过火花检测,从而使防腐蚀层体系过早失效,对这些部位必须进行修补处理。拟采用环氧腻子进行填补,骨料可采用石英粉、沉淀硫酸钡等惰性填料。填补前应将坑蚀的部位用凿锤打磨粗糙,用灰铲将腻子填入坑中,将坑蚀和焊缝附近部位刮平或抹至斜坡状平面,在此基础上再进行下一道工序的涂装。

3.4 牺牲阳极法阴极保护设计

3.4.1 保护电位

根据 SY/T 0019—1997标准[5],选择管道保护电位为 ≤ - 0.85 V(对饱和 Cu/$CuSO_4$参比电极)。

3.4.2 总保护电流及保护电流密度

对未修复防腐蚀层的管道,由于其现有防腐蚀层

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

非常薄弱,根据现场的阴极保护馈电试验结果,应考虑一定的余量,阴极保护电流密度为 11 mA/m^2。

对已修复防腐蚀层部位的管道,按照有关参考数据和工程实践经验,阴极保护电流密度为 0.5 mA/m^2。

总保护电流强度现场馈电试验结果为 7.0 A,对于未修复的防腐蚀层,管道基本上全裸,根据有关工程实践数据,裸露的钢铁表面在流动污水中的阴极保护电流密度可达 80～100 mA/m^2,防腐蚀层修复后所需阴极保护电流密度很小,约为 13.5 mA/m^2,而总保护电流将减少 2.2～2.7 A,考虑到馈电试验时水位波动对总馈电电流的影响,取下限值,即总保护电流将减少 2.0 A,因此,管道防腐蚀层修复后所需阴极保护总电流为 5.0 A,设计计算时取此参数。

3.4.3 阴极保护设计基本参数

本项目埋地管道总长度约 150 m,管道直径及长度 1 420 mm ×14 mm;原设计防腐蚀层红丹底漆 2道,沥青面漆 3道;管道总保护面积 669 m^2(其中未修复防腐蚀层 642 m^2,修复防腐蚀层 27 m^2);阴极保护装置设计寿命 20 a;河床平均土壤电阻率 23 Ω·m;阴极保护平均电流密度(未修复防腐蚀层 11.0 mA/m^2,已修复防腐蚀层 0.5 mA/m^2);总保护电流强度 7.0 A;镁阳极型号为 MGAZ1型,规格 11 kg/支。

3.4.4 设计计算

根据 SY/T 0019—97标准设计计算需采用镁阳极数量为 320支(阳极规格 11 kg/支)。

阳极共分 8组,35支/组,共 4组;40支/组,共 4组。在汾江河南北岸各布置 4组,于管道两侧对称分布。阳极埋深距地面 1.5～2.0 m。

为便于测量保护效果,在管道边设置阳极桩和电位测试桩 3处,同时设置一组埋地检查片,定期检测阴极保护度。

4 管道防腐蚀施工安装及保护效果

2004年 12月,按照防腐蚀设计总体方案进行了管道部分防腐蚀层修复及牺牲阳极安装施工。工程完工后,测试了管道阴极保护参数,分别对管道各测试点和测试桩进行测试,其保护电位均 < -0.85 V(SCE),符合 SY/T 0019—1997标准中的保护准则[5],牺牲阳极输出电流约 20 mA/支,按此推算,其使用寿命可保证 20 a以上。管道现状从目前看,本项目防腐蚀层修复及阴极保护的联合防护方案的保护效果很好。

[参 考 文 献]

[1] SY/T 0023—1997,埋地钢质管道阴极保护参数测试方法[S].

[2] SYJ7—84,钢质管道及储罐防腐蚀工程设计规范[S].

[3] 全国土壤腐蚀网站编. 全国土壤腐蚀网站资料汇编(第二集)[M]. 上海:上海交通大学出版社, 1992: 32.

[4] SY/T 0087—1995,钢质管道及储罐腐蚀与防护调查方法标准[S].

[5] SY/T 0019—1997,埋地钢质管道牺牲阳极保护设计规范[S].

[编辑:王 宇]

表面处理行业“节约·环保·文明”科普有奖征文

为了在全社会倡导节约、环保、文明的生产方式和消费模式,使建设资源节约型、环境友好型社会成为全社会的自觉行动,材料保护杂志社承担了由国家发展和改革委员会、中共中央宣传部、中国科学技术协会支持,中国科普作家协会主办,中国广播电视协会科教委员会、中国产业报协会、中国科技报研究会、中国科普期刊研究会和中国互联网协会网络科普联盟协办的“节约·环保·文明”科普征文活动表面处理分区相关工作。

一、征文时间:2007年 6月 1日至 2007年 12月底。

二、征文的主题、内容范围与体裁形式:1.征文以努力建设资源节约型、环境友好型社会为主题,在表面处理行业大力倡导节约、环保、文明的生产方式和消费模式。2.内容范围:作者可选择一个切入点,对上述主题,发表自己的思想认识,理念见解,经验体会,教训反思,政策建议,以及对有关节能、节水、节材、节约土地和矿产资源,保护环境,生态平衡,清洗生产,循环经济,持续发展等方面的科技知识和典型案例进行讲述、解说与剖析。3.体裁形式:文章的体裁不限,形式不拘,欢迎创新。

三、投稿要求:1.文章字数不超过 2 000字。2.投稿请注明“征文”字样。3.投稿时须提供作者真实姓名及联系方式(邮编、地址、单位、电话、E-mail等)。4.所投稿件须为原创稿件,严禁一稿多投。请自留底稿,恕不退稿。5.投稿方式:通过邮局直接投递或以电子邮件方式投稿,也可在网上在线提交。

四、发表、评选及奖励:1.所有符合条件和要求的应征稿件,首先在中国表面工程信息网和中国电镀信息网上同时发表,均可获得参与奖。2.择优选取网上发表的征文作品在材料保护杂志社的《表面工程资讯》杂志相关栏目刊登。3.征文结束后,材料保护杂志社将联合中国表面工程信息网和中国电镀信息网组织业内专家评出优秀稿件,分设一、二、三等奖若干,颁发证书和奖品。4.评出的优秀稿件按一定比例报送主办单位参加全国评奖,获奖者将得到主办单位颁发的获奖证书和奖金(或奖品),并可参加 2008年全国科普日在京举行的颁奖仪式,获奖作品还有机会结集出版。

联系地址:(430030)武汉市汉口宝丰二路 126号
联系电话:027-83330037 图文传真:027-83638752
联 系 人:文 亚 E-mail:bmgczx@126.com
在线提交网址:www.csec-mp.com/hbzw/gbook.asp

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Application of Additives for Bright Tin Electroplating from Acidic Sulfate Bath

DAI Wen-biao (No. 7 Workshop, Guizhou Tianyi Electric Appliance Co. Ltd., Zunyi 563002, China). *Cailiao Baohu* 2007, 40 (07), 70～71 (Ch). A comparative analysis was made with respect to the performance, application, raw material cost, and technology of the additives RFH DS-4 and bath maintenance for bright tin electroplating from acidic sulfate bath. The posttreatment, welding behavior, and appearance of the coated parts were investigated as well. It was found that the additive could be well applied for bright tin electroplating.

Key words: acidic sulfate; bright tin electroplating; additive; welding behavior; appearance

Analysis of the Causes Leading to Cracking of RJ16-1000BI Stainless Steel Expansion Joint of a Hot-Water Transporting Pipe

LU Tong-jun (Qingdao Branch of Luoyang Ship Material Research Institute, Qingdao 266071, China). *Cailiao Baohu* 2007, 40 (07), 72～73 (Ch). The RJ16-1000BI expansion joint made of stainless steel in heating system experienced cracking after being put into use for four years. Thus the state of the expansion joint in field application was investigated. The chemical composition of the parent metal and corrosion products was analyzed. The fractured surface of the failed parts were examined using a scanning electron microscope, aiming at revealing the causes leading to the cracking of the expansion joint. It was found that the failure of the expansion joint was attributed to severe chloride stress corrosion cracking and partial corrosion.

Key words: stainless steel; expansion joint; stress corrosion; failure

Practice for Anticorrosion Engineering of Water-Conveying Pipelines Traversing Fenjiang River

LIN Jin-tang[1], MAI Wei-cheng[1], YANG Shu-ling[1], LI Zhi[2], HE Wei[2], WANG Ya-ping[2] (1. Water Industry Group Corporation of Foshan City, Foshan 528000, China; 2. Wuhan Research Institute of Materials Protection, Wuhan 430030, China). *Cailiao Baohu* 2007, 40 (07), 74～76 (Ch). The repairing of the exterior surface anticorrosion coatings and cathodic protection design and operation maintenance for the ND1400 water-conveying pipeline located at Fenjiang river of Chancheng district of Foshan city were conducted according to standards SY/T 0019 - 1997 and SY/T 0023 - 1997. Thus rational minimum electric current parameters for protection and technical quality-ensuring measures were adopted under the prerequisites to meet with the corresponding criterion standards, and the life of the water-conveying pipelines was successfully increased.

Key words: water-conveying pipeline; cathodic protection; repair of anticorrosion coating; engineering practice

A Shade-Curtain Coating System with New Structure and Its Application

WEI Dong-bo, XIE An-min, SHI Hong-wu, HE Lin, LI Ge, YIN He-chun (Institute of Coating Machinery, Chongqing Changjiang Coating Machine Factory, Chongqing 404040, China). *Cailiao Baohu* 2007, 40 (07), 77～78 (Ch). A shade-curtain coating system with new structure different from that of conventional ones was introduced. The system has the advantages of easy adjusting of the coating thickness, simple machining of frame structure, and ability to automatically rectify deviation. At the same time, the paint could be efficiently used up to a rate of 100%, and the system would be suitable to the coating of expensive liquid paints and plate-type workpieces.

Key words: shade-curtain coating system; new structure; application

Determination of Corrosion Rate of Oil Pipe Made of Steel in Acidic Fluid by Spectrophotometry

SHU Fu-chang[1,2], WANG Jian-hua[2], GUO Xing-peng[1] (1. Department of Chemistry, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China; 2. College of Chemistry and Enviroment Engineering, Changjiang University, Jingzhou 434023, China). *Cailiao Baohu* 2007, 40 (07), 79～81 (Ch). With a view to the corrosion in acidic fluids of the steel pipelines used in oilfield, a method for the measurement of iron ions by henanthroline spectrophotometry was developed. The interference of acidic additives on the determination of the iron ions and the countermeasure for elimination of the interference were studied. Thus the method to measure the corrosion rate of the steel oil pipe in acidic fluid was established and compared with conventional method. It was found that the average relative deviation of the established method was 3.65%, indicating that it could be feasible to determine the corrosion rate of the steel oil pipe in acidic fluid by means of spectrophotometry. In general, the method had the advantages of simple and fast operation and good accuracy as well, and could be used for continuous determination of the corrosion rate in laboratory and for monitoring of corrosion in field as well.

Key words: spectrophotometry; iron ion concentration; corrosion in acidic fluid; corrosion rate; ; determination; oil pipe

Determination of Cr(VI) and Cr(III) in Passivation Film of Chromate by Flame Atomic Absorption Spectroscopy Combined with Separation and Concentration Using Humic Acid Resin

SONG En-jun, ZHANG Dong, GUO Yi (School of Environmental and Chemical Engineering, Shenyang Ligong University, Shenyang 110168, China). *Cailiao Baohu* 2007, 40 (07), 82～83 (Ch). The method for the determination of Cr (VI) and Cr(III) in the passivation film of chromate was studied. Thus humic acid resin powders were prepared by cross-linking of humic acid in the presence of phenolic resin. The adsorption characteristics and separation and concentration of Cr(VI) and Cr(III) by the humic acid resin were investigated by means of flame atomic absorption spectrometry (FAAS). The results showed that Cr(VI) could be quantitatively adsorbed by the humic acid resin at a pH value below 1, when Cr(III) could not be adsorbed. At a pH value above 5, Cr(III) could be adsorbed, but Cr(VI) could not be adsorbed. Therefore, it was feasible to separate Cr(VI) and Cr(III) by adjusting the pH value of the medium. Namely, Cr(VI) and Cr(III) adsorbed on the humic acid resin could be completely eluted using 0.5 mol/L NaOH and 1 mol/L HCl solution, respectively. Then Cr(VI) and Cr(III) could be determined using FAAS. The corresponding newly established method could be satisfactorily applied for the determination of Cr(VI) and Cr(III) in the passivation film of chromate.

Key words: humic acid resin; separate and concentration; passivation film of chromate; Cr(VI); Cr(III); FAAS

Seaover Editorial Committee: K. V. Frolov, V. T. Troshchenko, L. A. Sosnovskiy, Yu. N. Drozdov, T. Bell, Hanshan Dong, HongKee Lee, Hidehiko Enomoto

Journal of Materials Protection Vol. 40, No. 7, July 2007
Published by Materials Protection Publishing House
Edited by Materials Protection Editorial Department
Add: 126 Baofeng Erlu, Wuhan 430030, P. R. China
Tel: +0086 - 27 - 83641679 Fax: +0086 - 27 - 83638752
http://www.mat-pro.com
E-mail: bjb@mat-pro.com
Distributor: China International Book Trading Corporation (P. O. Box 399)
The Foreign Subscription Rate: USD 60.00 per year

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net