

沉降罐用可更换牺牲阳极的研制与应用

郭 亮^{1,2} 张新发^{1,2} 吴保玉^{1,2}

1. 中国石油集团川庆钻探工程有限公司工程技术研究院, 陕西 西安 710018;
2. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室, 陕西 西安 710018

摘 要: 针对沉降罐用普通阳极现场更换程序繁琐等更换难题, 设计研制出一种用于原油沉降罐内壁防腐的可更换牺牲阳极并配套以更换方法。可更换牺牲阳极由可更换单元、焊接铁脚、防腐扣盒等组成, 牺牲阳极材料选用铝-锌-铟系合金。对 2 000 m³ 沉降罐罐壁内部高度 4 m 以下区域和罐底内部进行保护设计, 设计寿命 8~10 a, 最小保护电位 -0.85 V, 共需 62 支阳极。首次使用时, 需进行焊接安装, 更换时, 只需拆卸螺栓即可进行, 无需动电动火, 可有效减轻常规牺牲阳极更换作业带来的工作强度, 减少安全隐患。该研究对于管线、船舶等处的牺牲阳极更换作业具有一定借鉴意义。

关键词: 更换; 牺牲阳极; 沉降罐; 保护

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2019.02.017

Development and Application of Replaceable Sacrificial Anode for Settling Tank

Guo Liang^{1,2} Zhang Xinfa^{1,2} Wu Baoyu^{1,2}

1. CNPC CCDC Drilling Engineering Technology Research Institute, Xi'an, Shaanxi, 710018, China;
2. National Engineering Laboratory for Exploration and Development of Low-Permeability Oil & Gas Fields, Xi'an, Shaanxi, 710018, China

Abstract: In order to solve the problem of replacement of common anodes used in settling tanks, a replaceable sacrificial anode for corrosion protection of the inner wall of crude oil settling tanks was designed and developed. The replaceable sacrificial anode consists of a replaceable unit, a welded iron foot, a corrosion-proof buckle box, etc. The material of sacrificial anode is an aluminum-zinc-indium alloy. The protection is applied to 4 m below inner wall of the 2 000 m³ settlement tank and the tank bottom floor, with the design life of 8 to 10 a, the minimum protection potential of -0.85 V, a total of 62 anodes. When used for the first time, it needs to be installed by welding and it can be replaced by removing the bolts without electricity and fire, which can effectively reduce the work intensity and safety hazards caused by the conventional sacrificial anode replacement work. The research has certain reference significance for the replacement of sacrificial anodes in pipelines and ships.

Keywords: Replacement; Sacrificial anode; Settling tanks; Protection

收稿日期: 2018-07-04

基金项目: 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室项目“长庆油田钢制储罐防腐技术研究”(CQ 2012 B-31-4-2)

作者简介: 郭 亮(1980-), 男, 陕西西安人, 高级工程师, 学士, 主要从事油田腐蚀与防护工作。

0 前言

中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司第二采油厂沉降罐及加热盘管腐蚀严重。其中木一综合站、悦三转站、中集站等站库的沉降罐加热盘管有效使用寿命仅 1 年,维护频繁,严重影响站点正常的生产运行^[1]。通过联合使用耐高温防腐涂层和牺牲阳极阴极保护技术^[2-3],可对加热盘管和罐底板、壁板进行有效保护,沉降罐的维护周期得到了有效延长。

当罐内牺牲阳极消耗完后,需要对其进行更换。普通阳极是直接将铁脚焊接于罐内壁,因此更换过程中存在以下问题:

1) 增加腐蚀、安全隐患。使用氧气-乙炔焊枪进行铁脚切割作业时,高温会在焊接处造成热影响区,对罐壁产生损伤^[4-5]。

2) 投资成本大。牺牲阳极进行更换时,切割作业、阴极保护设计、焊接作业都会无形中增加施工周期、人力投入和投资成本。

3) 施工手续繁琐。沉降罐属于一级动火区域,切割和焊接作业均需要办理动火手续方可作业^[6]。

可更换牺牲阳极技术可以解决现有技术中更换牺牲阳极时需要动火切割及重新布局的问题,可有效减轻常规牺牲阳极更换作业带来的工作强度及安全隐患,有效保护沉降罐罐体,简化施工过程并可降本增效。

1 可更换牺牲阳极的研制

1.1 结构

可更换牺牲阳极由可更换单元、焊接铁脚和防腐扣盒三部分组成,配套以螺栓和发泡胶,组装完整后的结构见图 1。

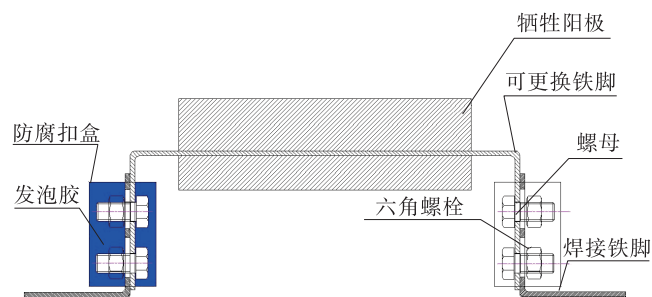


图 1 可更换牺牲阳极组装

可更换单元为一体式结构,由牺牲阳极材料和可更换铁脚铸造组成,阳极材料使用完后,对此部分进行更换。

由于沉降罐内有加热管束、支撑架、油水进出管线等附属设备,且在罐内高低位置不一,因此,若采用将螺栓倒过来焊接(螺栓头向下)在内壁上,再用螺母固定阳

极的方法,在施工过程中会和其他设备位置发生冲突。因此,设计出焊接铁脚并在一端设置两处腰型孔,腰型孔和可更换铁脚的螺栓孔位置对应,用于和可更换单元的拆卸式连接^[7]。一组可更换牺牲阳极两侧共配备两根焊接铁脚。焊接铁脚上设置腰型孔,安装可更换牺牲阳极时,可上下调节阳极的高低位置。

油田采出水中含有的大量固体悬浮物会自然沉降在罐底,六角螺栓的螺纹会被填满,给后期更换作业带来诸多不便,因此设计出防腐扣盒用于保护螺栓螺纹。防腐扣盒呈圆筒状,由两片相同的半圆环状扣盒组成。上、下端设有长方形定位口,焊接铁脚或可更换铁脚可穿过。每片扣盒的左右两侧设有逐一对应的凹孔或凸起,中部设有注胶口,用于注入发泡胶,防止固体悬浮物进入。

1.2 材料

沉降罐的主要用途为油水混合物的破乳和油水分离沉降^[8],可更换牺牲阳极所处沉积水部位腐蚀介质温度较高,且含有大量的盐类(如氯化镁、氯化钠和氯化钙)、硫酸盐还原菌和固体悬浮物等^[9-11]。由于温度高于 54 ℃时锌基牺牲阳极可能发生极性逆转^[12-15],因此所用材料选用铝-锌-铜系合金牺牲阳极。

牺牲阳极材料的化学成分按照 GB/T 4949-2018《铝-锌-铜系合金牺牲阳极化学分析方法》^[16]中的方法测定,符合 GB/T 4948-2002《铝-锌-铜系合金牺牲阳极》^[17]中的化学成分要求。经测试,铝阳极材料中各化学成分及质量百分比分别为:锌(Zn)2.80%、铜(Cu)0.03%、镉(Cd)0.01%、硅(Si)0.10%、铁(Fe)0.15%、铜(Cu)0.01%,余量为铝(Al)。

实验设备:PerkinElmer ICP 电感耦合等离子体发射光谱仪。

依据 GB/T 17848-1999《牺牲阳极电化学性能试验方法》^[18]中的方法测定,在模拟海水溶液中,介质温度 25 ℃时,进行 96 h 的加速试验。经测试,铝阳极材料的电容量为 2 587.27 A·h/kg,电流效率为 86.82%,阳极材料腐蚀均匀,腐蚀产物易脱落。

1.3 其他辅助材料

可更换铁脚和焊接铁脚选用板状铁脚,碳素结构钢制造,铁脚表面清洁无锈,并经喷砂处理^[17]。

可拆卸式连接选用螺栓连接,螺栓选用六角螺栓,型号为 M 16×65。

防腐扣盒用于保护螺栓螺纹,材质为 PVC,和发泡胶配合使用。

可更换单元的型号和参数符合 GB/T 4948-2002 中表 9 储罐内用牺牲阳极^[17]的相关要求,共分为四种型号,可用于不同规格储罐的内壁防腐施工。

2 可更换牺牲阳极的应用

可更换牺牲阳极在采油二厂马岭南采油作业区南联站 1[#] 沉降罐进行了应用。沉降罐容积均为 2 000 m³, 直径为 15.84 m, 高度为 11.57 m, 罐内介质工作温度为 0~70 ℃, 罐壁内部高度 4 m 以下区域和罐底内部是沉降罐内腐蚀的保护区域, 腐蚀介质为采油污水^[19-21]。

2.1 阴极保护设计目标

1) 阴极保护有效期: 8~10 a。

2) 保护电位: -0.85~-1.1 V (相对铜/饱和硫酸铜参比电极)。

3) 系统保护面积比: 达到 -0.85 V 以下的充分保护面积与保护总面积之比应大于 90 %^[22]。

2.2 阴极保护设计参数

保护电流密度: 30 mA/m²;

保护面积: 495.39 m²;

设计寿命: 8~10 a;

罐/水保护电位: -0.85 V (CSE);

阳极尺寸规格: $[500 \times (115 + 135) \times 130] [A \times (B1 + B2) \times C]$;

单只阳极净重量: 23 kg;

储罐阳极总需求数量: 62 支;

储罐罐底阳极分布: R 2 000 mm 圆周上均匀分布 3 支, R 4 500 mm 圆周上均匀分布 12 支, R 7 500 mm 圆周上均匀分布 15 支, 小计 30 支, 见图 2。

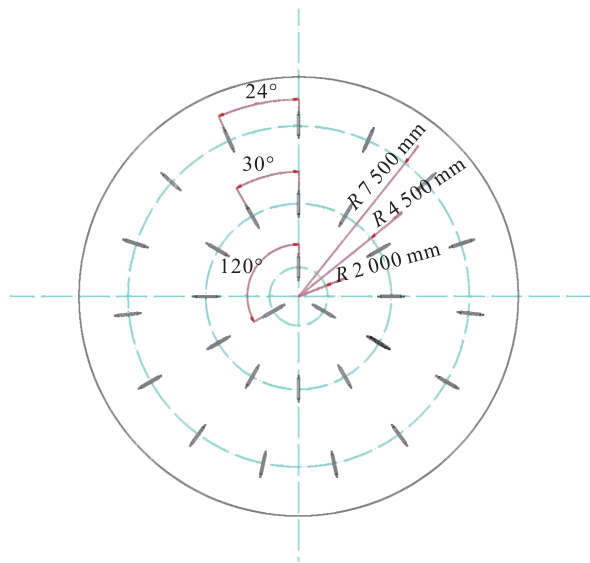


图 2 储罐罐底阳极分布图

储罐罐壁阳极分布: 阳极体中心距罐底 1 000 mm 处, 均匀分布 18 支, 距罐底 3 000 mm 处, 均匀分布 14 支, 小计 32 支, 见图 3。

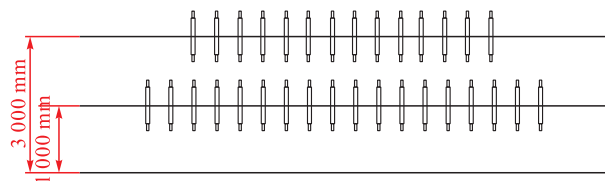


图 3 储罐罐壁阳极分布图

2.3 安装步骤

可更换牺牲阳极可用于罐内底板、壁板以及加热管束的防腐, 首次安装时, 需使用电焊机对焊接铁脚进行焊接安装。安装步骤如下:

1) 安装焊接铁脚。根据阴极保护设计方案, 阳极呈均匀分布, 首先确定安装位置, 使用电焊机将焊接铁脚焊接在储罐内表面。焊缝的缝隙全部焊透, 确保无虚焊、假焊、砂眼, 焊接质量确保达标^[23]。

2) 安装可更换单元。将可更换单元螺栓孔与焊接铁脚腰型孔进行对接定位, 使用六角螺栓完成安装和固定。

3) 安装防腐扣盒。将螺栓放置于两片防腐扣盒的空腔内, 焊接铁脚或可更换铁脚穿过定位口, 注入发泡胶直至溢出即可。

2.4 更换步骤

当可更换牺牲阳极达到设计年限或阳极材料消耗完后, 需要对其进行更换。更换步骤为:

1) 将防腐扣盒拆除, 清理螺纹, 拆卸螺栓。

2) 将可更换单元拆除, 将新的可更换单元按照 2.3 中安装步骤 2)、3) 进行更换。

2.5 应用效果

沉降罐防腐施工结束后, 使用近参比法对罐内壁保护电位进行测试。测试方法是: 将饱和硫酸铜参比电极与信号线连接, 从罐顶部将电极放入罐底, 使用万用表测试。经测试保护电位为 -0.955 V, 达到 SY/T 6536-2012《钢制储罐内表面牺牲阳极保护》要求, 电位 ≤ -0.85 V (相对 CSE), 沉降罐阴极保护效果良好。

3 结论

通过合理设计, 研制出可更换牺牲阳极, 用于储罐内壁防腐。可更换牺牲阳极的牺牲阳极材料和铁脚均符合国标相关技术要求, 更换时无需进行切割和焊接作业, 不损伤沉降罐内壁, 有效延长沉降罐的使用寿命, 消除腐蚀隐患, 降低突发失效事故的频次, 可有效降低工作强度, 减少安全隐患。

参考文献:

[1] 李 岩, 杨 锋. 储罐加热盘管防腐改进研究[J]. 长江大

- 学学报:自然科学版,2011,8(7):49-50.
- Li Yan, Yang Feng. Improvement of Anti-Corrosion of Storage Tank Heating Coils [J]. Journal of Yangtze University: Natural Science Edition, 2011, 8 (7): 49-50.
- [2] 蒋金生. 油气管道阴极保护常见问题分析[J]. 油气田地面工程, 2010, 29(9): 73-74.
- Jiang Jinsheng. Common Problems Analysis of Cathodic Protection of Oil-Gas Pipeline [J]. Oil-Gasfield Surface Engineering, 2010, 29 (9): 73-74.
- [3] 吕昌智. 油气管道阴极保护常见问题分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2014, 34(22): 30.
- Lv Changzhi. Common Problems Analysis of Cathodic Protection of Oil-Gas Pipeline [J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2014, 34 (22): 30.
- [4] 汤亨强, 吴浩. 热水器内胆焊缝热影响区缺陷分析[J]. 电焊机, 2017, 47(5): 129-132.
- Tang Hengqiang, Wu Hao. Study on the Defect of Heat Affected Zone of Welds on Water Heater Tank [J]. Electric Welding Machine, 2017, 47 (5): 129-132.
- [5] 李立英, 王勇, 黎超文, 等. 焊接热循环对 ASTM 4130 钢热影响区组织及韧性影响[J]. 材料热处理学报, 2011, 32(1): 56-60.
- Li Liying, Wang Yong, Li Chaowen, et al. Effect of Welding Thermal Cycle on Microstructure and Toughness of Heat-affected Zone of ASTM 4130 Steel [J]. Transactions of Materials and Heat Treatment, 2011, 32 (1): 56-60.
- [6] 张新发, 李养池, 郭亮, 等. 一种可更换牺牲阳极和更换方法: 201410314977.0[P]. 2017-03-15.
- Zhang Xinfu, Li Yangchi, Guo Liang, et al. A Replaceable Sacrificial Anode and Replacement Method: 201410314977.0 [P]. 2017-03-15.
- [7] 钟晨, 杨青, 迟少艳. 半潜船可拆卸式浮箱连接螺栓强度计算方法研究[J]. 船舶与海洋工程, 2014, (2): 20-23.
- Zhong Chen, Yang Qing, Chi Shaoyan. Study on the Calculation Method of Connection Bolt Strength of Semi-submersible Vessel Removable Pontoon [J]. Naval Architecture and Ocean Engineering, 2014, (2): 20-23.
- [8] 张岩. 原油电脱水技术研究[J]. 石化技术, 2015, 22(12): 13.
- Zhang Yan. Research of Electric Dehydration of Crude Oil [J]. Petrochemical Industry Technology, 2015, 22 (12): 13.
- [9] 方新磊, 李定龙, 李习伟, 等. 油田回注水水质波动原因分析及改进措施[J]. 安全与环境工程, 2015, 22(6): 42-46.
- Fang Xinlei, Li Dinglong, Li Xiwei, et al. Analysis on the Causes of Water Quality Fluctuations of Oil Field Reinjection Water and Improvement Measures [J]. Safety and Environmental Engineering, 2015, 22 (6): 42-46.
- [10] 李莹, 金华, 王心刚, 等. 大港油田滩海地区注入水水质指标体系研究[J]. 油气田地面工程, 2012, 31(11): 25-26.
- Li Ying, Jin Hua, Wang Xingang, et al. Study on Water Injection Quality Index System in Neritic Area of Dagang Oilfield [J]. Oil-Gas Field Surface Engineering, 2012, 31 (11): 25-26.
- [11] 任志鹏, 王小琳, 祁越, 等. 安塞油田长6采出水中悬浮物固体颗粒的研究[J]. 延安大学学报: 自然科学版, 2016, 35(3): 87-90.
- Ren Zhipeng, Wang Xiaolin, Qi Yue, et al. Research of Suspended Solids in Oilfield Produced Water [J]. Journal of Yanan University: Natural Science Edition, 2016, 35 (3): 87-90.
- [12] 张兵, 罗锋, 周雪静. 电脱水(脱盐)器电极板采用镀锌防腐工艺的商榷[J]. 油气田地面工程, 2015, 34(9): 101-102.
- Zhang Bing, Luo Feng, Zhou Xuejing. Uncertainty on Electrostatic Grids Galvanizing of Electrostatic Treaters for Anti-Corrosion [J]. Oil-Gas Field Surface Engineering, 2015, 34 (9): 101-102.
- [13] 王增娣, 闫永贵, 马力, 等. 高纯锌参比电极电位稳定性研究[J]. 腐蚀与防护, 2006, 27(9): 450-453.
- Wang Zengdi, Yan Yonggui, Ma Li, et al. Potential Stability of 99.9999 % High Purity Zinc Reference Electrode [J]. Corrosion & Protection, 2006, 27 (9): 450-453.
- [14] 彭博, 杨春玉, 姚鹏程, 等. 管道内阴极保护防腐措施探究[J]. 全面腐蚀控制, 2017, 31(10): 63-66.
- Peng Bo, Yang Chunyu, Yao Pengcheng, et al. Cathodic Protection Technology for Pipeline Inner Wall [J]. Total Corrosion Control, 2017, 31 (10): 63-66.
- [15] 江汉石油管理局勘察设计研究院. 原油处理容器内部阴极保护系统技术规范: SY/T 0047-2012[S]. 北京: 石油工业出版社, 2012.
- Investigation, Design and Research Institute of Jianghan Petroleum Administration Bureau. Technical Specification of Internal Cathodic Protection System in Oil-treating Vessels: SY/T 0047-2012 [S]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2012.
- [16] 全国海洋船标准化技术委员会. 铝-锌-镉系合金牺牲阳极化学分析方法: GB/T 4949-2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- SAC/TC 12. Chemical Analysis Methods for Sacrificial Anodes of Al-Zn-In System Alloy: GB/T 4949-2018 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.
- [17] 全国海洋船标准化技术委员会船用材料分技术委员会. 铝-锌-镉系合金牺牲阳极: GB/T 4948-2002[S]. 北

- 京:中国标准出版社,2003.
- SAC/TC 12/SC 4. Sacrificial Anode of Al-Zn-In Series Alloy: GB/T 4948-2002 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2003.
- [18] 中国船舶工业总公司洛阳船舶材料研究所. 牺牲阳极电化学性能试验方法:GB/T 17848-1999 [S]. 北京:中国标准出版社,2000.
- Luoyang Ship Material Research Institute of CSSC. Test Methods for Electrochemical Properties of Sacrificial Anodes: GB/T 17848-1999 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2000.
- [19] 李福军,陈月勋,李晓川,等. 油水井套管的腐蚀及防管理论、实验与应用-油水井套管的腐蚀与防护[J]. 大庆石油学院学报,2004,28(2):110-112.
- Li Fujun, Chen Yuexun, Li Xiaochuan, et al. Theory, Experiment and Application of Corrosion and Protection of Oil and Water Well Casing: Corrosion and Protection of Oil and Water Well Casing [J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2004, 28 (2): 110-112.
- [20] 张西明,李 军,张新发,等. 长庆油田小套管的腐蚀与防护[J]. 腐蚀科学与防护技术,2004,16(1):59-61.
- Zhang Ximing, Li Jun, Zhang Xinfu, et al. Corrosion and Protection of Small-Casings in Changqing Oil Field [J]. Corrosion Science and Protection Technology, 2004, 16 (1): 59-61.
- [21] 黄金营,魏慧芳. 油井腐蚀因素探讨[J]. 湖北化工,2003,20(2):41-42.
- Huang Jinying, Wei Huifang. Discussion on Corrosion Factors of Oil Wells [J]. Hubei Chemical Industry, 2003, 20 (2): 41-42.
- [22] 张卫涛. 油气管道阴极保护中 IR 降的测量及修正[D]. 西安:西安石油大学,2015.
- Zhang Weitao. Measurement and Correction for IR Drop of Cathodic Protection of Oil and Gas Pipelines [D]. Xi'an: Xi'an Shiyou University, 2015.
- [23] 于清峻. 探析金属材料焊接成型中的主要缺陷及控制措施[J]. 科技创新与应用,2013,(11):82.
- Yu Qingjun. Discussion on the Main Defects and Control Measures in the Welding of Metal Materials [J]. Technology Innovation and Application, 2013, (11): 82.

2018 年中国天然气消费量突破 $2\,800 \times 10^8 \text{ m}^3$

2019 年 4 月 2 日,被称为液化天然气(下称 LNG)行业“奥林匹克”的第 19 届国际液化天然气会议在上海开幕,来自 53 个国家和地区的业内人士一同探讨全球 LNG 产业的未来。据悉,2018 年我国天然气消费量突破 $2\,800 \times 10^8 \text{ m}^3$,已成为全球最具活力的天然气和 LNG 市场之一。

天然气是优质高效、绿色清洁的低碳能源,伴随经济发展、能源消费增长和日趋严格的二氧化碳减排,天然气长期消费增长速度高于煤和石油。LNG 作为天然气业务的重要组成部分,借助灵活的运输方式,能够有效连接供应端和需求端,增长速度高于管道天然气。

天然气开发利用是我国推进能源生产和消费革命的重要路径之一。据了解,2018 年我国天然气消费量突破 $2\,800 \times 10^8 \text{ m}^3$,进口天然气超过 $9\,000 \times 10^4 \text{ t}$ 。其中,LNG 占总进口量的 60%,超过 $5\,300 \times 10^4 \text{ t}$,进口规模创历史新高,来源涵盖亚太、中东、北美等 25 个国家。

“2018 年中国 LNG 年接收能力增长显著,新增年接收能力超过 $1\,000 \times 10^4 \text{ t}$ 。”国家能源局局长章建华表示,随着基础设施不断完善、市场逐步发育、机制政策日臻完善,中国 LNG 产业发展的基础将进一步夯实。

(周 舟 摘自中国石油网)