

海洋石油平台导管架阴极保护 监测数据分析与讨论

张亮¹, 宋积文¹, 陈胜利¹, 王秀通², 王润¹, 臧寅¹

(1.中海油信息科技有限公司 北京分公司, 北京 100029;

2.中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266100)

摘要: **目的** 研究海洋石油平台腐蚀现状, 确保导管架处于阴极保护状态。**方法** 对近 3 年导管架阴极保护监测系统所采集的数据进行讨论, 根据不同位置的电位电流传感器所获得的数据进行各个观测点位的腐蚀状态对比分析。**结果** 通过对数据研究表明, 该系统电位电流传感器所采集的数据翔实可靠, 所收集到的导管架节点电极电位均在保护范围内。就现阶段而言, 导管架牺牲阳极输出电流基本趋于稳定。**结论** 该平台阴极保护监测设备运行良好, 所测点位均处于阴极保护状态, 且基本达到完全极化, 对该海域新建平台防腐设计具有重要的参考价值。

关键词: 海洋石油平台; 海洋腐蚀; 阴极保护; 腐蚀监测系统

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2018.03.004

中图分类号: TJ07; TG172.5

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2018)03-0020-04

Analysis and Discussion on Cathodic Protection Monitoring Data of Offshore Oil Platform Jacket

ZHANG Liang¹, SONG Ji-wen¹, CHEN Sheng-li¹, WANG Xiu-tong², WANG Run¹, ZANG Yin¹

(1.China National Offshore Oil Information Technology Beijing Branch, Beijing 100029, China;

2.Institutes of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266100, China)

ABSTRACT: Objective To study corrosion state of offshore oil jacket platform and ensure that the jacket is in the cathodic protection state. **Methods** The data in nearly three years obtained by the corrosion monitoring system were discussed. According to data obtained by the potential current sensor in the different places, corrosion state of each observation point was compared and analyzed. **Results** As the data research showed, the data collected by the potential current sensor this system was accurate and reliable. All electrode potential at node of jacket was in the range of protection. The output current of the sacrificial anode was stable in the current state. **Conclusion** The cathodic protection and monitoring system of the platform runs well. All of the measured points are protected and almost completely polarized. This result has an important reference value on the design and construction of offshore oil jacket platform.

KEY WORDS: offshore oil jacket platform; marine corrosion; cathodic protection; corrosion monitoring system

目前, 随着海洋石油平台的大规模开发建设, 鉴于其所处自然环境条件的苛刻, 人们对于平台导管架钢结构的腐蚀问题已经越来越关注。阴极保护是对平台导管架最常见的腐蚀保护方法, 阴极保护可分为外

加电流法和牺牲阳极法两种, 考虑到外加电流法的施工与维护在海上平台这一特殊环境下有一定的困难, 所以牺牲阳极法成为导管架防腐的最有效手段。传统的阴极保护监测如潜水员检测和 ROV 检测等不仅成

本高,而且无法实现连续在线监测。导管架阴极保护监测系统克服了这些缺陷,目前已成功地应用到多个海洋石油平台,收到了良好的成效^[1-8]。

阴极保护监测系统是对施加阴极保护的导管架进行实时监测,对牺牲阳极的剩余寿命作出及时评估,是全寿命的监测系统,但目前对于该系统所采集的数据进行分析整理还鲜有报道。相较于类似文献材料^[9-12],文中对南海石油平台阴极保护监测系统进行了详细阐述,根据该系统所获取的数据对该平台进行腐蚀状态的分析讨论。

1 阴极保护监测系统概述

海上平台阴极保护系统分为水上部分和水下部分,水下部分主要包括牺牲阳极、双电极电位探头和电流探头,水上部分主要为数据采集系统。两部分由信号传输电缆连接。

1.1 牺牲阳极

一般应用于海洋构筑物阴极保护的材料为锌合金牺牲阳极和铝合金牺牲阳极。鉴于对成本费用和保护效果的综合考虑,海洋石油平台的牺牲阳极多选为铝合金牺牲阳极^[13]。

1.2 双电极电位探头

Ag/AgCl 参比电极和纯 Zn 参比电极组成双电极电位的测量探头,两个参比电极相互校对。该探头主要特点是参比电位稳定,且重现性好,同时还具有温度系数小,制备、使用和维护简单方便等优点。其中,Ag/AgCl 参比电极测量精度为 ± 5 mV,纯 Zn 参比电极电位测量精度为 ± 15 mV,电位监测范围为 $-0.4 \sim -1.4$ V。电位监测点的具体位置将通过电位分布薄弱点原则、监测位置的代表性原则和监测结构的代表性原则等布置原则来确定。考虑到水下钢结构的节点是阴极保护较为薄弱的部位,也是水下钢结构的关键部位,因此,电位监测将重点关注节点部位,以便准确地全面地反映导管架的保护情况。安装位置的水平投影方向要考虑避让水流的方向,应优先采用顺流或顶流,避免侧流^[14-16]。

1.3 电流探头

电流探头用于测量导管架牺牲阳极的输出电流,其主要基于欧姆定律设计而成。通过该探头里边的额定电阻,以及电位探头所测得的电位,可以计算出该点的电流输出大小。

1.4 数据采集系统

数据采集系统采用多通道数据采集器,获取各个电位电流探头的的数据,通过信号调理器和 A/D 转换板实现在阴极保护监测系统软件程序中的记录与显示。

2 阴极保护数据分析

该海洋石油平台导管架于 2014 年年初下水,阴极保护系统调试完成开始运行于 2015 年初。电位电流探头安装于导管架编号为 A2, A3 的两平行桩腿上,以达到相互对比校准效果。其中电位探头记作 VT,共 16 个,电流探头记作 AT,共 8 个,分别布放于不同水深环境下。相比于之前报道的平台阴极保护监测系统出现多个电极探头损坏问题,该系统所处平台目前所有电流探头全部正常,双电极电位探头中仅有一个 Ag/AgCl 参比电极出现电位不稳定现象,其他一切正常。该研究以半年为一个时间节点,选取 2015 年 4 月 16 日、2015 年 10 月 16 日、2016 年 4 月 16 日、2016 年 10 月 16 日、2017 年 4 月 16 日和 2017 年 10 月 16 日等 6 个具有代表性的点进行数据分析讨论。

2.1 导管架极化电位

由于导管架的电位监测点众多,该次仅选择处于导管架节点位置的 VT3, VT5, VT7, VT11, VT13 和 VT15 等 6 个电位探头数据。以上位置能有效反应导管架整体的保护程度,腐蚀状态最具代表性,故选取该数据进行分析。

该次电位探头为双参比电极,故每一个探头均获得两组数据,将每个探头的两组数据转换成甘汞参比电极数值后,取平均值得到该探头所监测位置的电极电位。选取的导管架节点电极电位数据见表 1。

表 1 导管架节点电位数据

探头	位置/m	导管架电极电位/V					
		2015-04-16	2015-10-16	2016-04-16	2016-10-16	2017-04-16	2017-10-16
VT3	-11	-1.013	-0.985	-0.999	-0.989	-1.003	-1.020
VT5	-50	-0.962	-0.961	-0.980	-0.978	-0.992	-0.992
VT7	-92.6	-0.998	-1.011	-1.012	-1.005	-1.008	-1.014
VT11	-11	-1.009	-1.008	-1.006	-1.007	-1.013	-1.020
VT13	-50	-0.992	-0.974	-0.977	-0.979	-0.984	-0.989
VT15	-92.6	-1.021	-0.994	-1.007	-1.010	-1.013	-1.022

其中 VT3, VT5 和 VT7 位于 A2 桩腿上, VT11, VT13 和 VT15 位于 A3 桩腿上, VT3 与 VT11 位于水下-11 m, VT5 与 VT13 位于水下-50 m, VT7 与 VT15 位于水下-92.6 m。从监测数据可以看出, 以上所有节点位置均获得良好的阴极保护效果。在不同水下深度, 阴极保护数值有一定差异。A2 桩腿上三个节点位置的电位随时间的连续变化曲线如图 1 所示, 由于该次监测数据波动较大, 因此对各个点位进行拟合。可以看出, 从 2015 年 4 月—2017 年 10 月, 所有的电位数据均达到阴极保护水平标准, 随着极化反应的进行, 各点的保护电位也均有降低的趋势。另外, 在同一个桩腿上, 三个点的电位随深度的增加, 数值也有所变化, 由于所选取节点所处位置的牺牲阳极距离和数量均相同, 根据水下-50 m 位置的电位相比于其他两个点略高, 可以推断出在这个位置上的腐蚀相较于其他两个点较为严重。出现这一现象的原因是多方面的: 在水下-11 m 左右的位置, 由于海洋生物生长比较活跃, 对结构有附着作用, 在一定程度上减轻了腐蚀作用; 在-92.6 m 的水深处, 由于含氧量较低, 使得结构的氧化反应速度减小; 而位于水深-50 m 左右的层面上, 氧气充足, 加之水流冲刷作用, 使得结构的氧化反应不断进行, 造成该位置的腐蚀较为严重。随着时间的推移, 极化反应趋于稳定, 这种差异将逐渐变小。同样的情况在 A3 桩腿上得以验证, 如

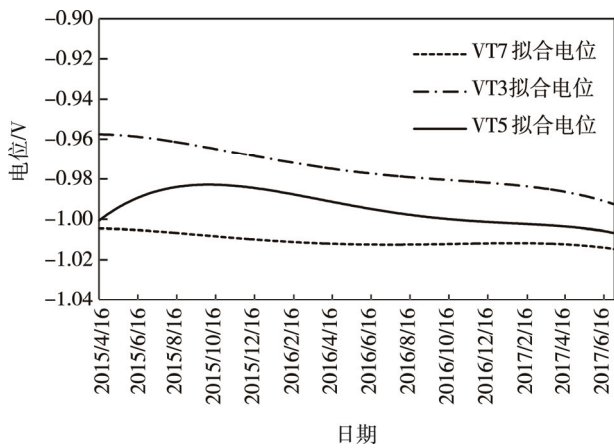


图 1 A2 桩腿节点电位

图 2 所示, 在导管架中间位置, 保护电位比其他点位要高, 但仍保持在被保护状态。

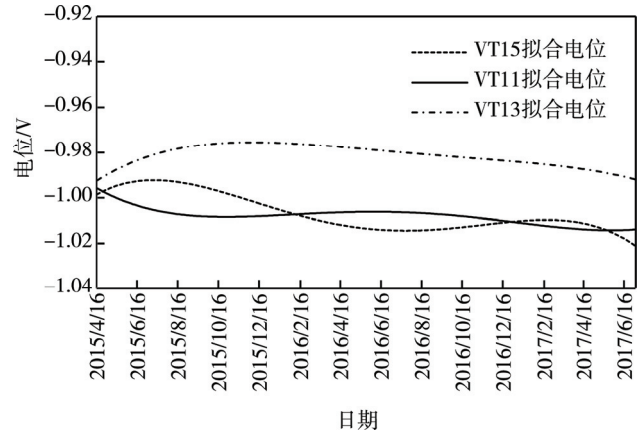


图 2 A3 桩腿节点电位

2.2 牺牲阳极输出电流

该平台安装了 8 个电流探头, 各个探头所获得的牺牲阳极输出电流数据见表 2。

从表 2 中可以看出, 在监测初期, 牺牲阳极的输出电流都明显偏大, 所测点位的电流密度相对较大。随着时间的推移, 每个点的电流密度都大幅下降, 并在最后都基本达到平稳。这一现象跟理论相符合: 当导管架下水后, 立刻形成回路电流, 导管架和牺牲阳极发生极化反应。这时两个电极的电位差值最大, 故反应驱动力最大, 输出电流密度也达到最大值。随着反应的进行, 两个电极的电位差逐渐减小, 极化反应的驱动力也随之减小, 反应基本趋于平稳。相比较反应初始, 输出电流密度明显下降。当反应接近平衡时, 基本趋于稳定。其中 AT1 在同一时期的电流密度均高于其他点, 牺牲阳极消耗较大, 可能由于平台进行钻井等海上作业, 影响了该位置的极化反应。从表 2 中还可以看出, 个别电流探头所采集的数据发生了一定的偏移, 其中有 AT3 于 2017 年 10 月 16 日监测到的-0.841 A 和 AT7 于 2017 年 4 月 16 日监测到的 0 A。相较于整体的数据而言, 以上问题并不影响到数据的总趋势。另外, 从采集的数据质量上来看, 电流探头运行相对正常。

表 2 牺牲阳极输出电流数据

探头	位置/m	输出电流/A					
		2015-04-16	2015-10-16	2016-04-16	2016-10-16	2017-04-16	2017-10-16
AT1	-11	9.155	7.934	6.103	5.693	4.882	4.276
AT2	-50	6.122	5.961	1.980	3.978	3.992	3.694
AT3	-71.5	5.610	2.882	1.127	1.227	1.127	-0.841
AT4	-92.6	9.852	4.610	1.831	2.995	1.953	2.160
AT5	-11	2.122	1.974	0.977	0.679	0.611	1.220
AT6	-50	7.610	6.583	6.583	5.115	4.387	4.687
AT7	-71.5	2.227	1.220	0.610	1.220	0	0.601
AT8	-92.6	6.222	4.662	3.051	3.051	2.441	3.051

3 结论与建议

1) 通过对南海平台阴极保护系统所采集到近 3 年的数据进行研究, 发现该平台的阴极保护系统整体运行正常, 阴极保护电位均达到保护状态。

2) 根据所获得的数据可以看出, 在这期间, 导管架电流电位基本趋于稳定, 达到完全极化状态。个别数据出现偏移现象, 但此后数据又恢复正常。从相同布局位置不同水深的点位研究发现, 随着水深的增加, 腐蚀程度有先增大后减小的趋势, 但该现象还需要长期监测数据进行支持。另外, 由于海上石油平台会经常进行生产作业, 会对离海面较近的观测点有一定影响。

3) 由于该监测平台下水时间较短, 该次监测数据量还是略显单薄, 建议以后收集长周期数据进行分析整理。

参考文献:

- [1] 马士德, 段继周, 李伟华, 等. 南海油田 W12-1 平台水下钢结构腐蚀与防护检测情况讨论[J]. 全面腐蚀控制, 2006(2): 26-28.
- [2] 邱文德, 杨永春, 王海涛. 胜利浅海钢结构石油平台腐蚀监测研究[J]. 中国海洋平台, 2005, 20(5): 45-50.
- [3] WANG Xiu-tong, LAN Zhi-gang, SONG Ji-wen, et al. Multichannel Cathodic Protection Monitoring System for Offshore Structures[J]. Marine Technology Society Journal, 2013, 47(1): 96-100.
- [4] 李民强, 郑震生, 董亮, 等. 海洋平台导管架外加电流阴极保护设计数值模拟[J]. 表面技术, 2016, 45(7): 109-114.
- [5] 常炜, 孙荣, 于焱, 等. 导管架外加电流阴极保护系统无阳极屏蔽层的可行性研究[J]. 腐蚀与防护, 2015, 36(10): 982-985.
- [6] 董亮, 杜艳霞, 张建宇, 等. 导管架牺牲阳极阴极保护数值模拟评价与优化改造[J]. 腐蚀与防护, 2015, 36(8): 754-758.
- [7] 余晓毅, 赵赫, 常炜, 等. 基于数值模拟的海上平台阴极保护系统的技术研究[J]. 装备环境工程, 2017, 14(2): 81-84.
- [8] 孙宁松, 路国章, 孙虎元. 海洋采油平台新型腐蚀监测系统的研究[J]. 中国海洋平台, 2002, 17(2): 38-40.
- [9] 樊华, 边大勇, 李月海, 等. 阴极保护监测系统在海洋石油平台上的应用[J]. 中国造船, 2012(2): 489-493.
- [10] 陈武, 杨洋, 龙云, 等. 海洋石油平台导管架阴极保护的实施和改进[J]. 石油化工腐蚀与防护, 2014(5): 44-47.
- [11] 熊信勇, 严涛, 许川壁, 等. 海洋平台阴极保护监测系统的研制及应用[J]. 热带海洋学报, 2003, 22(1): 70-75.
- [12] 常炜, 栗艳侠, 徐桂华, 等. 海上平台阴极保护原位监测系统[J]. 中国海上油气: 工程, 1999(3): 27-30.
- [13] 张伟, 尹鹏飞, 刘福国等. 海洋工程用新型牺牲阳极设计与性能研究(II)——小尺寸阳极实海试验研究[J]. 装备环境工程, 2017, 14(3): 101-106.
- [14] 陈胜利, 王秀通, 宋积文, 等. 南海 A 平台导管架阴极保护监测结果讨论与分析[J]. 海洋科学, 2014(10): 26-29.
- [15] 尹鹏飞, 马长江, 许立坤. 工程用 Ag/AgCl 参比电极性能对比研究[J]. 装备环境工程, 2011, 8(3): 27-29.
- [16] 徐志毅. 平台导管架阴极保护监测系统校验与分析[J]. 全面腐蚀控制 2017, 31(8): 27-30.