

原油长输管道阴极保护有效性评价分析

王润¹, 翁继军², 陈胜利¹, 宋积文¹, 张亮¹, 王在峰¹

(1.中海油信息科技有限公司 北京分公司, 北京 100027;

2.中国石油化工股份有限公司 西北油田分公司, 乌鲁木齐 830011)

摘要: 目的 探究原油长输管道阴极保护失效的原因。方法 通过管道通/断电电位测试、集输末站内外电位测试和绝缘法兰测试等方法, 判断集输管线是否处于有效的保护状态, 站内外阴极保护是否存在直流干扰情况, 以及绝缘法兰的工作情况。结果 1[#]集气站-1[#]阀室管道通电电位为-850~1200 mV, 断电电位为-773~788 mV, 不满足比-850 mV 更负的准则。站外管线通/断电电位虽然随着站内阴保电流的增大而增大, 但是在电流为 6、18 A 时, 其断电电位分别为-880 mV 和-1198 mV, 在保护电位范围之内(-850~1200 mV), 没有产生过保护, 符合国标的要求。站内外阴极保护干扰是客观存在的, 可以通过调节及平衡站内外的输出, 使站内外管道的保护电位在规定的电位区间之内(-850~1200 mV)。集输末站处的绝缘法兰性能良好, 但是锌接地电池基本耗尽。结论 管道断电电位没有达到要求, 且集输末站内外阴极保护存在相互干扰, 是该长输管道阴极保护失效的主要原因。

关键词: 长输管道; 阴极保护; 通/断电电位; 直流干扰; 绝缘法兰

中图分类号: TG174.41 文献标识码: A 文章编号: 1001-3660(2016)07-0085-05

DOI: 10.16490/j.cnki.issn.1001-3660.2016.07.015

Effectiveness Evaluation Analysis on Cathodic Protection of Crude Oil Long-distance Pipeline

WANG Run¹, WENG Ji-jun², CHEN Sheng-li¹, SONG Ji-wen¹, ZHANG Liang¹, WANG Zai-feng¹

(1.CNOOC Information Technology Co., Ltd, Beijing Branch, Beijing 100027, China;

2.SINOPEC Northwest Oilfield Branch, Urumqi 830011, China)

ABSTRACT: **Objective** To explore the reasons for the failure of cathodic protection (CP) of long-distance pipeline. **Methods** The pipe on/off-potential test, potential distribution measurement and insulated flange test were adopted to investigate the protection status of the gathering pipelines, the direct current effects on the cathodic protection and the operation status of the insulated flange. **Results** The on-potential values of pipelines of 1[#] gas gathering station-1[#] valve chamber met the national standard within the range from -850 mV to -1200 mV. However, the off-potential values were in the range of -773~788 mV, which conflicted with the principle that requested the value to be lower than -850 mV. Although the on/off-potential of outside station increased with the increasing cathodic current in the inside station, the off-potential was still in the protection range of -850~1200 mV with the values of -880 mV and -1198 mV, respectively. As a result, overprotection was not observed and the national standard was strictly kept. The interference of CP was supposed to exist both inside and outside of the gathering station.

收稿日期: 2016-03-23; 修订日期: 2016-06-12

Received: 2016-03-23; Revised: 2016-06-12

作者简介: 王润(1987—), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为金属腐蚀与防护。

Biography: WANG Run (1987—), Male, Master, Engineer, Research focus: corrosion and protection of metal materials.

We could adjust and balance the output inside and outside the station to make the protective potential of the pipeline reach the standard value within the range from -850 mV to -1200 mV , such as decreasing the output current of anode close to pipe outside the station, increasing the output of anode far from pipe of the station. Insulation flange performed well in the terminal station, but the grounding zinc battery was depleted. **Conclusion** The CP off-potential in the terminal station didn't meet the requirements. The interference of cathodic protection systems between the inside and outside of the terminal station was the main reason for the failure of the cathodic protection of the long-distance pipeline.

KEY WORDS: long-distance pipeline; cathodic protection; ON/Off-potential; direct current interference; insulation flange

1958 年,我国建成第一条油气长输管道——新疆克拉玛依油田到独山子炼油厂的原油管道^[1]。此后,我国各地相继建成数万公里的陆上油气管道和数千公里的成品油管道,形成了一个庞大的管道运输网,管道输送在国民经济中的战略地位越来越显著,同时管道安全运行也越来越受到人们的重视。目前,我国石油、天然气资源的输送主要依靠管道来实现,管材一般为钢制螺旋焊管。尽管对于管道外防腐的先进技术已经出现^[2-5],但是早期的管道并没有应用。由于管道埋于地下,会受到输送介质、土壤、地下水以及杂散电流的腐蚀,腐蚀会导致管壁变薄,甚至穿孔泄漏,最终导致管道失效,这不仅造成巨大的经济损失和资源浪费,而且泄漏物还会造成环境污染^[6-9],因此对埋地油气管道进行定期检测尤为重要^[10]。近年来,已经出现相当多的针对埋地管道外的检测技术^[11],本文主要对施加阴极保护的管道进行检测。

中石化西北油田分公司某油气外输管网出现了较严重的腐蚀情况,严重影响油田的生产秩序。此外,该油田外输管道已经施加阴极保护,运行多年后,阴极保护出现诸多问题。本文以该油田某段采用外加电流保护的外输管道为研究对象,通过现场检测并分析阴极保护相关参数,对该管道施加的阴极保护的有效性进行评价。

1 试验

1.1 管道通/断电电位测试

按照 GB/T 21246—2007《埋地钢质管道阴极保护参数测量方法》^[12],把镁阳极和管道断开,并通过 DCVG 电流断续器连接,测试管道的通/断电电位^[13-16]。通断电时间分别设置为 12 s 和 3 s。

消除 IR 降误差的一个有效方法是使电流为零,

因此 IR 乘积等于零。通常 IR 降通过暂时中断电流,瞬时读取保护电位,然而,由于与阴极保护电流中断相关的诱导效应和电容效应,可能会出现“尖峰”,应该在尖峰消退后读取断电电位^[17]。

1.2 站内外干扰测试

站内管线区域的阴极保护和站外集输管线的阴极保护虽然通过绝缘法兰分开,但是由于电流的分布特征与防腐层破损点,二者必然存在关联,所以站内、站外阴极保护直流干扰必然存在。

站内外干扰大小的测试可以采用以下方法:1) 测试站内、站外阴极保护都启用时站内和站外管线的电位;2) 断开站内管线的阴极保护,测试站内和站外管线的电位,可以测试站内管线对站外管线的干扰程度;3) 断开站外管线的阴极保护,测试站内和站外管线的电位,可以测试站外管线对站内管线的影响。

可以通过调节站内、站外恒电位仪的输出测试不同输出情况下干扰的大小,最后调至站内、站外阴极保护达到平衡,电位均在国标规定的 $-850\sim 1200\text{ mV}$ 之间。

1.3 绝缘法兰性能测试

采用电位法测试绝缘接头(法兰)的绝缘性能。使用 Fluke289 型万用表测试通/断电时绝缘接头两端的通/断电电位,根据站内、站外管道电位的变化分析绝缘接头的绝缘性能。

2 结果与讨论

2.1 管道的阴极保护效果分析

1[#]集气站-1[#]阀室之间的管道采用外加电流阴

极保护方式进行保护，阴极保护站设在集气站。为了测试阴极保护的通电和断电电位，在阴保站安装电流断续器，并在不同的测试桩位置进行通/断电电位测试。测试结果见表 1。

表 1 管道通/断电电位测试结果
Tab.1 Test results of ON/OFF potentials of pipeline

名称	通电电位/mV	断电电位/mV
5 [#] 桩	-1100	-775
15 [#] 桩	-1082	-773
35 [#] 桩	-1038	-788
45 [#] 桩	-1160	-780
55 [#] 桩	-1135	-780
65 [#] 桩	-1085	-781

由表 1 可知，1[#]集气站-1[#]阀室管道通电电位在国标规定的-850~1200 mV 之间，但其断电电位不满足比-850 mV 更负的准则。国标规定的极化电位为断电电位，而非通电电位。因此可以判断，该段管道并没有处于有效的阴极保护状态，此时管道金属表面没有达到完全阴极极化，仍处于被腐蚀的状态。所以需要调大恒电位仪输出，采用断电电位判断管道是否达到足够的阴极保护。

2.2 集输末站干扰测试结果与分析

通过测试发现末站站内外干扰最严重，特别是绝缘法兰两端的电位干扰影响最大。为了研究站内外干扰的影响，在此处安装 2 个测试探头，并在离站最近的站外测试桩处安装测试试片。在极化探头极化 48 h 后，测试 1[#]探头和 2[#]探头的通电和断电电位，然后分别断开站外和站内恒电位仪，测试探头处的电位，结果见表 2—3。

由表 2 和表 3 可知，断电电位有时比通电电位高，这是由于阳极位置分布造成的。同时，站内外

表 2 1[#]探头测试结果
Tab.2 The test results of 1[#] probe mV

名称	通电电位	断电电位	站外仪器断电电位	站内仪器也断电电位
站内	-768	-801	-773	-633
站外	-862	-640	-859	-920

表 3 2[#]探头测试结果
Tab.3 The test results of 2[#] probe mV

名称	通电电位	断电电位	站外仪器断电电位	站内仪器也断电电位
站内	-536	-543	-560	-432
站外	-850	-813	-712	-870

的断电电位都没有达到-850 mV 的最低保护电位要求。当站外管道电位为-850 mV 时，站内管道都没有达到阴极保护准则的要求。为了进一步验证干扰程度的大小，将站内管线电位提高（电流从 6 A 增加到 18 A），测试站内外管道电位变化，测试结果见表 4。

表 4 电位测试结果
Tab.4 The test results of potentials

名称	通电电位/mV	
	6 A 时	18 A 时
监测点 1	-569	-918
监测点 2	-714	-1083
监测点 3	-689	-1105
监测点 4	-746	-1173
监测点 5	-757	-1209
监测点 6	-700	-1075
监测点 7	-634	-955
监测点 8	-750	-1477
监测点 9	-666	-1090
监测点 10	-551	-811
站外管线	-1280	-1530

分析表 4 可知，当站内管线电位提高后，其通电电位才达到合格的保护电位范围，此时站外管道的通电电位也相应提高。为了分析站内阴极保护电流增大对站外的干扰，测试了站外测试试片电位的变化情况。电流为 6 A 时，通电电压为-1280 mV，断电电压为-880 mV；电流为 18 A 时，通电电压为-1530 mV，断电电压为-1198 mV。可知随着站内阴极保护电流的增大(电流从 6 A 增加到 18 A)，站内阴保对站外的影响增大。站外管线通/断电电位虽然随着站内阴保电流的增大而增大，但其断电电位在保护电位范围之内（-850~1200 mV），没有产生过保护，符合国标的要求。

通过以上测试可以看出，站内外阴极保护干扰是客观存在的，可以通过调节及平衡站内外的输出，如使离站外管道较近的阳极输出电流较小，而远离

站外管道的阳极输出电流较大,使站内外管道的保护电位都在规定电位区间之内($-850\sim 1200\text{ mV}$)。由于站内外的管线存在阴极保护干扰,首先应考虑站内外的绝缘法兰是否处于良好的工作状态,如果绝缘法兰没有起到绝缘的作用,那么站内外的阴极保护必然存在相互干扰的情况。

2.3 绝缘法兰测试结果与分析

在集输末站的绝缘法兰两侧都安装锌接地电池,其中测试电缆和锌接地电池通过绝缘胶带直接连接。站外 Zn 接地电压为 -994 mV ,站外管道电压 -938 mV ,站内 Zn 接地电压 -735 mV ,站内管道电压 -565 mV 。绝缘法兰电阻 $2.4\ \Omega$,Zn 接地电阻 $3.1\ \Omega$ 。可以看出,集输末站处的绝缘法兰性能良好,但是锌接地电池基本耗尽,需要尽快更换。由此,站内外的阴保干扰并不是绝缘法兰失效造成的,而是站内外管线施加的阴极保护相互干扰的结果,平衡站内外阴保站的输出是解决阴保干扰的关键。

3 结论

1) 测试管道的通/断电电位发现,管道通电电位都在国标规定的 $-850\sim 1200\text{ mV}$ 之间,但断电电位都不满足比 -850 mV 更负的准则,因此测试管道并没有处于有效的阴极保护状态。

2) 站内外阴极保护干扰是客观存在的,可以通过调节及平衡站内外输出,如使离站外管道较近的阳极输出电流较小,而远离站外管道的阳极输出电流较大,使站内外管道的保护电位都在规定电位区间之内($-850\sim 1200\text{ mV}$)。

3) 集输末站处的绝缘法兰性能良好,排除绝缘法兰对阴保干扰的可能,但是锌接地电池基本耗尽。

4) 管道的断电电位没有达到要求以及集输末站内外的直流干扰,是该长输管道阴极保护失效的主要原因。

参考文献

[1] 梁法春,陈婧.油气管道腐蚀与防护[M].北京:中国石化出版社,2008.

- LIANG Fa-chun, CHEN Jing. Oil and Gas Pipeline Corrosion and Protection[M]. Beijing: SINOPEC Press, 2008.
- [2] 陈郁栋,曾志翔,彭叔森,等.苯胺三聚体固化环氧树脂制备防腐涂层及其性能研究[J].表面技术,2014,43(3):158—162.
- CHEN Yu-dong, ZENG Zhi-xiang, PENG Shu-sen, et al. Preparation and Properties of Epoxy Resin Anticorrosive Coating Cured by Aniline Trimer [J]. Surface Technology, 2014, 43(3): 158—162.
- [3] 王华.聚吡咯涂层的制备及耐腐蚀性能研究[J].表面技术,2015,44(3):111—115.
- WANG Hua. Preparation and Corrosion Performance of Polypyrrole Film[J]. Surface Technology, 2015, 44(3): 111—115.
- [4] 宋东东,高瑾,李瑞凤,等.碳纳米管复合水性丙烯酸涂层的腐蚀性能研究[J].表面技术,2015,44(3):47—51.
- SONG Dong-dong, GAO Jin, LI Rui-feng et al. Study on Corrosion Performance of Acrylic-based Waterborne Coating Containing Carbon Nanotubes[J]. Surface Technology, 2015, 44(3): 47—51.
- [5] 钱鸿昌,李海扬,张达威.超疏水表面技术在腐蚀防护领域中的研究进展[J].表面技术,2015,44(3):15—24.
- QIAN Hong-chang, LI Hai-yang, ZHANG Da-wei. Research Progress of Superhydrophobic Surface Technologies in the Field of Corrosion Protection [J]. Surface Technology, 2015, 44(3): 15—24.
- [6] 祝馨.长输管道的腐蚀与防护[J].石油化工腐蚀与防护,2006,23(1):51—53.
- ZHU Xin. Corrosion and Protection of Long-distance Pipeline[J]. Corrosion & Protection in Petrochemical Industry, 2006, 23(1): 51—53.
- [7] 胡士信.管道阴极保护技术现状与展望[J].腐蚀与防护,2004,25(3):93—101.
- HU Shi-xin. Pipeline Cathodic Protection Technology Present Situation and Prospect[J]. Corrosion & Protection, 2004, 25(3): 93—101.
- [8] 潘一,孙林,杨双春,等.国内外管道腐蚀与防护研究进展[J].腐蚀科学与防护技术,2014,26(1):77—80.
- PAN Yi, SUN Lin, YANG Shuang-chun, et al. The Research Progress of Pipeline Corrosion and Protection at Home and Abroad [J]. Corrosion Science and Protection Technology, 2014, 26(1): 77—80.
- [9] 姜军,王辉,张春晓,等.三种黑色金属的土壤腐蚀行为与土壤性质的关系[J].装备环境工程,2015,12(4):38—44.
- JIANG Jun, WANG Hui, ZHANG Chun-xiao, et al. Relationship of Corrosion of Three Ferrous Metals in Soils and Soil Properties[J]. Equipment Environmental Engineering, 2015, 12(4): 38—44.
- [10] 张其敏,陈宁.埋地管道阴极保护效果监测技术分析[J].油气田地面工程,2008,27(9):11—12.

- ZHANG Qi-min, CHEN Ning. Effect of Buried Pipeline Cathodic Protection Monitoring Technical Analysis[J]. Oil-Gasfield Surface Engineering, 2008, 27(9): 11—12.
- [11] 黄颖军, 楼淼, 芦玉峰, 等. 埋地环境下容器外腐蚀检测技术浅析[J]. 表面技术, 2013, 42(4): 122—126.
- HUANG Ying-jun, LOU Miao, LU Yu-feng, et al. Analysis of Detection Technology for the External Corrosion of Buried Vessel[J]. Surface Technology, 2013, 42(4): 122—126.
- [12] GB/T 21246—2007, 埋地钢质管道阴极保护参数测量方法[S].
- GB/T 21246—2007, Measurement Method for Cathodic Protection Parameters of Buried Steel Pipeline[S].
- [13] 徐承伟, 薛致远, 滕延平, 等. GPS 同步中断法在阴极保护有效性评价中的应用[J]. 管道技术与设备, 2012(1): 50—52.
- XU Cheng-wei, XUE Zhi-yuan, TENG Yan-pin, et al. Application of GPS Synchronized Interruption to Evaluations of the Validity of Cathodic Protection[J]. Pipeline Technique and Equipment, 2012(1): 50—52.
- [14] 李自力, 谢跃辉, 郝宏娜, 等. 埋地管道阴极保护电位测量方法研究进展[J]. 腐蚀与防护, 2012, 33(1): 55—59.
- LI Zi-li, XIE Yue-hui, HAO Hong-na, et al. Research Progress of Measurement Methods for Cathodic Protection Potential of Buried Pipelines[J]. Corrosion & Protection, 2012, 33(1): 55—59.
- [15] 陈胜利, 兰志刚, 宋积文, 等. 长输天然气管线的腐蚀与防护[J]. 全面腐蚀控制, 2011, 25(1): 38—41.
- CHEN Sheng-li, LAN Zhi-gang, SONG Ji-wen, et al. Protection and Corrosion for Long-distance Underground Gas Pipeline[J]. Total Corrosion Control, 2011, 25(1): 38—41.
- [16] 薛致远, 张丰, 毕武喜, 等. 东北管网阴极保护通电/断电电位测量与分析[J]. 油气储运, 2010, 29(10): 772—773.
- XUE Zhi-yuan, ZHANG Feng, BI Wu-xi, et al. The Measurement and Analysis of On/Off-potential in Northeast Oil Pipeline Networks[J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2010, 29(10): 772—773.
- [17] 翁永基, 李相怡. 埋地管道阴极保护电位 IR 降评估方法的研究[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2004, 16(6): 360—362.
- WENG Yong-ji, LI Xiang-yi. Evaluation Modeling of IR Drops for CP Potential of Buried Pipeline[J]. Corrosion Science and Protection Technology, 2004, 16(6): 360—362.