

城市轨道交通对油气管道直流干扰站 控防护技术

张胜利¹ 牙亚萌¹ 张国虎¹ 唐强¹ 陆剑锋² 许捷³

1. 中国石油工程建设有限公司西南分公司, 四川 成都 610041;

2. 四川北尚新材料科技有限公司, 四川 成都 610101;

3. 中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司储气库管理处, 重庆 400015

摘要:相国寺储气库工程铜相线管道遭受了设计阶段不可预见、只能在管道投运后通过实测才能获知干扰程度和范围的地铁杂散电流直流干扰,导致铜相线管-地电位波动剧烈,无法给管道提供正常的阴极保护,造成原有阴极保护系统不能正常运行。经过现场测试和资料分析,对城市轨道交通干扰特征和规律以及各种排流方式对铜相线的适用性进行研究,结合工程实际情况,提出在干扰环境下阴极保护站正常投运的防护方案。正常投运后采用数据记录仪UDL2长时间采集管线电位数据,开展现场实测验证,采用澳大利亚标准AS 2832.1提出的动态电位评价方法来评价排流防护后的效果,根据评价结果可知干扰抑制效果明显,铜相线阴极保护系统能正常运行。

关键词:城市轨道交通;地铁;杂散电流;直流干扰;阴极保护;排流;管道

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2018.05.017

Study on Direct Current Interference Protection Technology of UrbanTrack to Oil and Gas Pipeline

Zhang Shengli¹, Ya Yameng¹, Zhang Guohu¹, Tang Qiang¹, Lu Jianfeng², Xu Jie³

1. China Petroleum Engineering & Construction Corp. Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610041, China

2. Sichuan Beishang New Material Technology Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610101, China

3. PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company Gas Storage Management Office, Chongqing, 400015, China

Abstract: The Tongxiang pipeline of the Xiangguosi gas storage project suffered DC interference of the subway stray current which was unpredictable at the design stage, and the interference extent and range could be known through actual measurement only after the pipeline was put into operation, resulting the Tongxiang pipeline pipe-to-soil potential fluctuated intensely. Normal cathodic protection could not be provided for pipeline, and the original cathodic protection system failed to operate properly. After on-site testing and data analysis, through the study of the characteristics and patterns of urban track interference and the applicability of various drainage methods to Tongxiang pipeline, combined with the actual situation

收稿日期:2018-03-15

基金项目:中国石油天然气集团公司重点工程资助项目(S 2010-12)

作者简介:张胜利(1982-),女,四川富顺人,工程师,学士,从事石油天然气的防腐及阴极保护设计与研究工作。

of the project, the methods for protection of cathodic protection stations under DC interference was proposed for normal operation. After commissioning, the data recorder UDL2 was used to gather pipeline potential data for a long period of time, and field test verification was carried out as well, with the dynamic potential evaluation method proposed by Australian Standard AS 2832.1 to evaluate the effect of drainage protection. According to the evaluation results, the interference suppression effect is obvious, and the cathodic protection system of Tongxiang pipeline can operate normally.

Keywords: Urban track; Subway; Stray current; DC interference; Cathodic protection; Drainage; Pipeline

0 前言

重庆市两江新区的快速发展,导致中卫—贵阳联络线配套相国寺储气库工程管道外部环境在建设期间发生了较大变化,使管道遭受了设计阶段不可预见、只能在管道投运后通过实测才能获知干扰程度和范围的地铁杂散电流直流干扰,对铜相线阴极保护的正常运行产生了不利影响。目前国内的排流方式大多采用在管道沿线设置众多牺牲阳极或排流点的间接排流方法,施工安装要二次进场,征地范围广、费用高,提供的电流和抑制能力有限,且不可调节与控制。本文通过研究国内外现有科研文献资

料^[1-7],并结合本工程的实际工况,确定了直流干扰排流防护方案,成功运用于相国寺储气库工程,有效地缓解了干扰。

1 工程概况

中卫—贵阳联络线配套相国寺储气库工程的相国寺储气库注气气源来自中贵线,功能定位为中贵线季节调峰、事故应急供气、战略应急供气和川渝市场季节调峰、事故应急供气。地面工程总投资额为19亿元。主要包括注采集输系统、双向输气管道系统^[8],八塘阀室和集注站分别设置线路阴极保护站1座,对站外管线实施强制电流阴极保护。配套管线见图1。

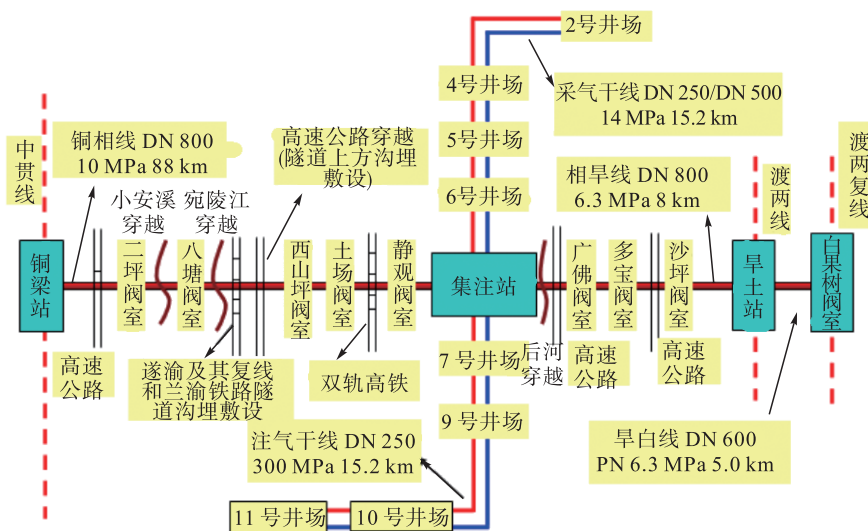


图1 相国寺储气库工程配套管线示意图

2 干扰情况

相国寺储气库工程线路管道均先于重庆3号线地铁龙头寺至江北机场段、6号线地铁礼嘉至北碚区段建设投运,铜相线距离最近的3号线地铁(鱼洞至江北机场)约20 km、距离最近的6号线地铁(茶园至北碚,北碚有始发站)约7 km。相早线距离最近的3号线地铁(鱼洞至江北机场)约6 km、距离最近的6号线地铁(茶园至北碚,北碚有始发站)约18 km。上述地铁投运后,相国寺储气库工程的铜相线受到杂散直流电流干扰严重,相早

线受到杂散直流电流干扰较轻。24 h连续监测发现,铜相线管地电位在 $-3 \sim +1$ V范围内频繁剧烈波动,影响范围为整条管线,主要的干扰源在西山坪—静观阀室段,干扰特征与地铁轨道干扰的特征在时间上存在一致性,见图2。管线在无直流干扰正常情况下,阴极保护电流不超过1 A,当受干扰导致管地电位负于恒电位仪设定值时,设备输出为零,关机;当干扰导致管道出现正电位时,管道所需阴极保护电流量大增,在设备的输出电流超过3 A,深井阳极地床接地电阻高(11Ω),将超出阴保机的额定输出电压范围,致使阴保机频繁报警、关机,

设备不能正常运行。

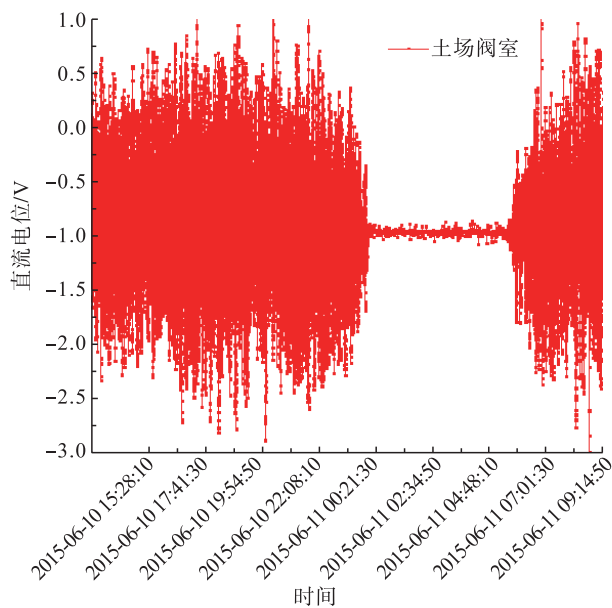


图2 铜相线土场阀室长时间电位监测图

3 腐蚀机理

当导轨附近有埋地金属,如钢筋、管道、电缆护套等时,在整流器附近,电流从电位较低处进入大地,通过大地放回整流器负极。杂散电流流出的阳极受到腐蚀^[9-11],关系见图3。典型的直流杂散干扰示意图见图4。

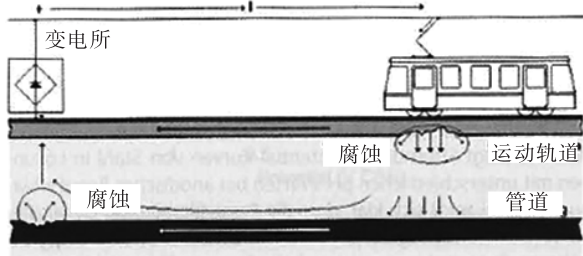


图3 杂散电流对供电轨道的影响

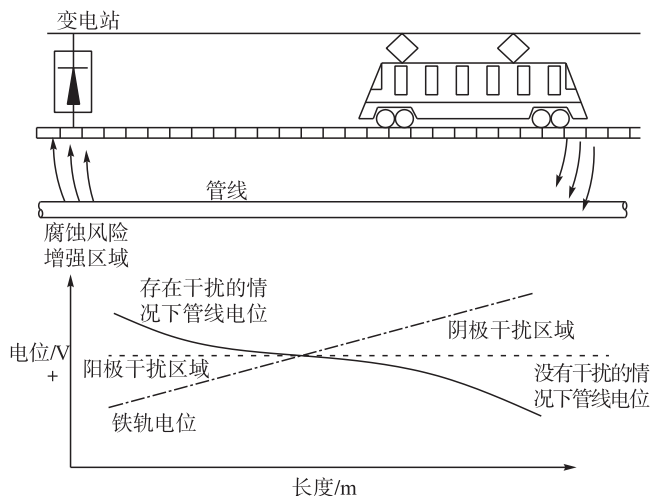


图4 由直流驱动铁路引起的干扰示意图

4 常用直流干扰防护措施

直流干扰的防护应遵循排流保护为主、综合治理、共同防护的原则进行。排流保护是直流干扰防护的主要方法,分为集中强制排流、极性排流、接地排流、阴极保护站、强制排流等多种方式^[12-19]。

4.1 集中强制排流

对地铁干扰防护而言,从效果上首选集中强制排流,即通过强制排流器将管内杂散电流强制返回轨道上,但在中卫—贵阳联络线配套相国寺储气库工程中,管道与干扰源(城市轨道交通地铁线)间距远,约7 km,该方式投资高,排流线回路电阻大,不可行。

4.2 极性排流

由于干扰特征为波动频次在约1 s时间内进行管地电位正负交替,大小变化大的频繁波动的动态干扰,管道上同一位置处阳极区和阴极区频繁转换,难以对正偏移时补充保护电流,难以抑制杂散电流腐蚀,也不适合。

4.3 接地排流

需沿线设置安装,开挖量大,投资大,相国寺储气库管道是已投运管道,二次进场、征地和开挖量大,经济上不合理。

4.4 阴极保护站强制排流

由于动态干扰下常规恒电位仪设备无法正常投运,无法给管道提供保护电流并对正偏移阳极区域进行腐蚀控制。该方式需解决这个关键技术问题,才能发挥其集中排流经济性好、作用范围大的优势,否则不可行。

5 解决方案

为了使相国寺储气库工程阴极保护站在干扰环境下能正常投运,相国寺储气库工程利用中国石油工程建设有限公司西南分公司《城市轨道交通对相国寺储气库管道直流干扰站控防护技术》课题研究成果,采用了能随干扰波动频次和程度而智能快速响应并调节输出电流的站控防护技术,并结合工程实际情况,在直流干扰波动最强的土场阀室增设一座强制电流阴极保护站,与八塘阀室阴极保护站一起保护铜相线,对正向偏移的管地电位纠偏,使其达到 GB 50991-2014《埋地钢质管道直流干扰防护技术标准》中要求的负于-0.85 V的阴极保护电位要求。

整改设计与施工完成后,为验证整改后阴极保护的有效性,采用数据记录仪 UDL 2 长时间采集管线电位数据。UDL 2 是一种高精度、双通道数据记录仪,与阴极保护试片一起使用。内置具有断电延时功能的一体化电流检测仪器,可直接测量试片的交流电流密度和直流电流。参比电极输入端提供直流电位,交流电压和断电流。

位的测量功能。获得了整改后对铜相线各测试桩处的管道通断电电位 48 h 长时间监测数据,检测数据见图 5~6。

采用澳大利亚标准 AS 2832.1^[20] 提出的动态电位评价方法来评价相国寺储气库工程铜相线排流防护后的效果,评价数据见图 7。

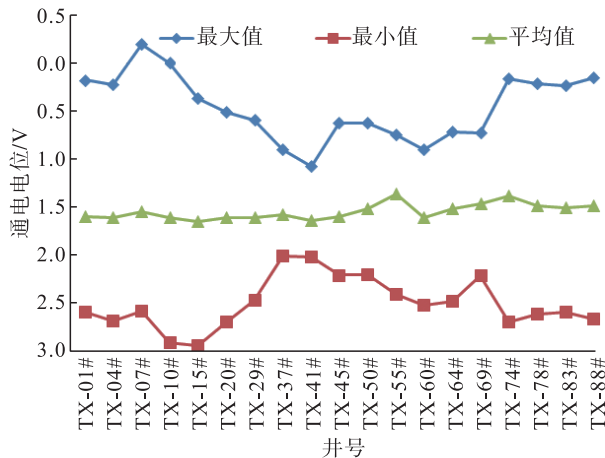


图5 铜相线 48 h 监测通断电电位最大值、最小值和平均值

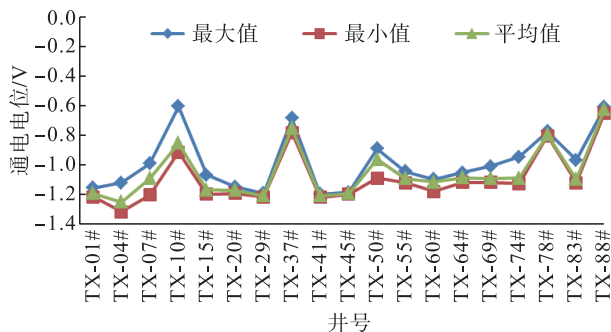


图6 铜相线 48 h 监测断电电位最大值、最小值和平均值

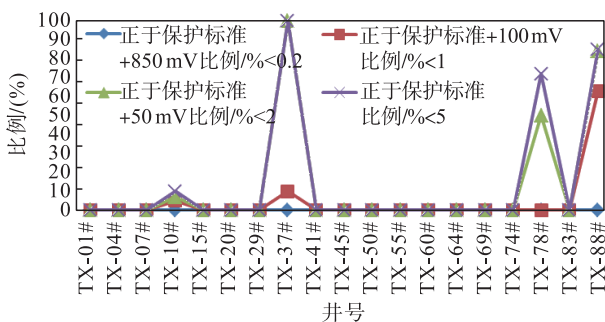


图7 铜相线断电电位统计

6 结论

1) 通过管道长时间的通断电电位监测结果可以看出,在夜间地铁停运时间段,管道的断电电位均能达到 -850 mV ,管道处于有效的阴极保护状态。在白天时间段,长时间监测的位置断电电位在试片充分极化后能够负于 -850 mV 的保护范围。

2) 在获取的 58 组数据中,仅有 TX-10#、TX-37#、TX-78#、TX-88# 等 4 个测试桩处的阴极保护测试数据被评定为“受到干扰”,整体合格率高达 93%。表明铜相线在受到地铁杂散电流干扰情况下,管道均处于良好的保护状态。

3) 对管道受城市轨道交通直流干扰严重,而又与地铁轨道相对较远,无法向干扰源负回归网络实施直流强制排流的情况,该站控防护技术是有效的适用方式。有效地减缓了干扰腐蚀,保证管道的安全可靠运行,将会在更多的工程中进行推广应用。

参考文献:

- [1] 李斌, 杨罗. 浅析城市地铁建设与燃气管道保护[J]. 上海煤气, 2011, (3): 16-18.
Li Bin, Yang Luo. A Brief Discussion on the Connection Between Metro Construction and Protection of Gas Pipeline [J]. Shanghai Gas, 2011, (3): 16-18.
- [2] 夏慧芳, 刘根胜. 地铁直流杂散电流干扰埋地金属管道的防护与研究[J]. 石油库与加油站, 2016, 25(1): 9-11.
Xia Huifang, Liu Gensheng. Research on Interference of Metro DC Stray Current on Oil Products Pipeline and Prevention [J]. Oil Depot and Gas Station, 2016, 25 (1): 9-11.
- [3] 金醒群. 地铁杂散电流对埋地钢质燃气管道的腐蚀[J]. 煤气与热力, 2012, 32(3): 31-34.
Jin Xingqun. Corrosion of Subway Stray Current on Buried Steel Gas Pipeline [J]. Gas & heat, 2012, 32 (3): 31-34.
- [4] 柯甜甜, 方江敏, 钱瑶虹, 等. 地铁杂散电流对埋地金属管道阴极保护的影响[J]. 城市轨道交通研究, 2017, 20(3): 90-93.
Ke Tiantian, Fang Jiangmin, Qian Yaohong, et al. Effect of Metro Stray Current on Cathode Protection for Buried Metal Pipelines [J]. Urban Mass Transit, 2017, 20 (3): 90-93.
- [5] 徐金平. 城市轨道交通中埋地管道杂散电流分析与防护[J]. 城市轨道交通研究, 2017, 20(7): 60-64.
Xu Jinping. Analysis of Urban Rail Transit Stray Current in Buried Pipeline and Protective Measures [J]. Urban Mass Transi, 2017, 20 (7): 60-64.
- [6] 赵英新, 单鲁文. 埋地燃气管道地铁杂散电流腐蚀的防护[J]. 煤气与热力, 2014, 34(1): 5-8.
Zhao Yingxin, Shan Luwen. Protection of Buried Gas Pipeline from Metro Stray Current Corrosion [J]. Gas & heat, 2014, 34 (1): 5-8.
- [7] 董亮, 姜子涛, 杜艳霞, 等. 地铁杂散电流对管道牺牲阳极的影响及防护[J]. 石油学报, 2016, 37(1): 117-124.
Dong Liang, Jiang Zitao, Du Yanxia, et al. Influence and

- Protection of Metro Stray Current on Pipeline Sacrificial Anode [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2016, 37 (1): 117 - 124.
- [8] 张胜利,程明,张平. 相国寺地下储气库地面管网直流排流设计[J]. *天然气与石油*, 2012, 30(6): 60 - 62.
Zhang Shengli, Cheng Ming, Zhang Ping. DC Discharge Design of Surface Pipeline Network in Xiangguo Temple Underground Gas Storage [J]. *Natural Gas and Oil*, 2012, 30 (6): 60 - 62.
- [9] 陈飞,周吉祥,牟南翔. 埋地管道直流杂散电流排除实践[J]. *腐蚀与防护*, 2013, 34(2): 171 - 173.
Chen Fei, Zhou Jixiang, Mou Nanxiang. Detection and Prevention of DC Stray Current in Buried Gas Pipeline [J]. *Corrosion and Protection*, 2013, 34 (2): 171 - 173.
- [10] 陈明. 轨道交通杂散电流对埋地燃气管道应用的影响研究[J]. *中国高新技术企业*, 2016, (32): 95 - 96.
Chen Ming. Study on the Influence of Stochastic Current in Rail Traffic on the Application of Buried Gas Pipeline [J]. *China High-Tech Enterprise*, 2016, (32): 95 - 96.
- [11] 张玉星,杜艳霞,路民旭. 动态直流杂散电流干扰下埋地管道的腐蚀行为[J]. *腐蚀与防护*, 2013, 34(9): 771 - 774.
Zhang Yuxing, Du Yanxia, Lu Minxu. Corrosion Behavior of Buried Pipeline Under Dynamic DC Stray Current Interference [J]. *Corrosion & Protection*, 2013, 34 (9): 771 - 774.
- [12] 刘海禄,张国虎,马含悦,等. 天然气处理厂阴极保护投运问题分析[J]. *天然气与石油*, 2014, 32(3): 53 - 55.
Liu Hailu, Zhang Guohu, Ma Hanyue, et al. Analysis on Problems Occurring During Cathodic Protection System Commissioning in Natural Gas Treatment Plant [J]. *Natural Gas and Oil*, 2014, 32 (3): 53 - 55.
- [13] 程明,张平. 鱼龙岭接地极入地电流对西气东输二线埋地钢质管道的影响分析[J]. *天然气与石油*, 2010, 28(5): 22 - 26.
Cheng Ming, Zhang Ping. Effect of Yulongling Grounding Current on Buried Steel Pipeline of West-East Gas Pipeline 2 [J]. *Natural Gas and Oil*, 2010, 28 (5): 22 - 26.
- [14] 程明,唐强,魏德军,等. 高压直接地极干扰区埋地钢质油气管道的综合防护[J]. *天然气工业*, 2015, 35(9): 105 - 111.
Cheng Ming, Tang Qiang, Wei Dejun, et al. Comprehensive Protection of Buried Steel Pipelines at HVDC Earthed Electrode Interference Area [J]. *Natural Gas Industry*, 2015, 35 (9): 105 - 111.
- [15] 韩非. 馈电试验在地铁杂散电流干扰排流中的应用[J]. *腐蚀与防护*, 2015, 36(11): 1101 - 1103.
Han Fei. Application of Current Requirement Test to Mitigation of DC Transit Stray Current Interference [J]. *Corrosion & Protection*, 2015, 36 (11): 1101 - 1103.
- [16] 孙银娟,成杰,王勃,等. 天然气管道杂散电流干扰监测及防护措施[J]. *油气田地面工程*, 2015, 34(9): 76 - 78.
Sun Yinjuan, Cheng Jie, Wang Bo, et al. Stray Current Interference Monitoring and Protective Measures on Natural Gas Pipeline [J]. *Oil-Gas Field Surface Engineering*, 2015, 34 (9): 76 - 78.
- [17] 闫明珍,龚亮,李秋萍,等. 忠县—武汉输气管道遇到的交直流干扰及防护措施[J]. *腐蚀与防护*, 2008, 29(2): 95 - 97.
Yan Mingzhen, Gong Liang, Li Qiuping, et al. Ac and Dc Influence on the Pipeline from Zhongxian to Wuhan and Disposal Measures [J]. *Corrosion & Protection*, 2008, 29 (2): 95 - 97.
- [18] 王若丹. 直流杂散电流对某埋地管道的影响与治理[J]. *科技创新与应用*, 2015, (15): 82.
Wang Ruodan. Influence of DC Stray Current on a Buried Pipeline and Its Treatment [J]. *Technological Innovation and Application*, 2015, (15): 82.
- [19] 李兆玲. 高压直接地极对埋地管道的干扰与防护[J]. *管道技术与设备*, 2017, (3): 39 - 42.
Li Zhaoling. Interference and Protection on Buried Pipeline of High Voltage Direct Current Grounding Electrode [J]. *Pipeline Technique and Equipment*, 2017, (3): 39 - 42.
- [20] Standards Australia Limited. *Cathodic Protection of Metals-Pipes and Cables: AS 2832. 1* [S]. Sydney: SAI Global Limited, 2004.