

某天然气管道阴极保护电位波动问题的研究

魏恩泽（山东省天然气管道有限责任公司，山东 济南 250199）

摘要：在巡检中发现，某天然气管道JND站电位异常波动，恒电位仪和SCADA系统频繁出现报警。通过UDL2等设备对JND站区域阴保和干线、支线线路阴保的通电电位、断电电位和交流干扰电压等参数进行监测，结果发现，JND站区域阴保基本稳定，通电电位和断电电位符合规范要求；线路阴保断电电位符合规范要求，通电电位存在一定波动，且不同管段的波动时间与某地铁运营时段吻合，结合交流干扰电压等参数分析，结果证明干线和支线受到附近地铁的直流干扰。

关键词：天然气管道；阴极保护；电位波动；杂散电流；地铁直流干扰

中图分类号：TE988.2 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)025-0088-03

Study on cathodic protection potential fluctuation of a natural gas pipeline

Wei Enze (Shandong Natural Gas Pipeline Co., LTD., Jinan Shandong 250199, China)

Abstract: During the inspection, it was found that the potential of a natural gas pipeline JND station fluctuated abnormally, and the constant potential instrument and SCADA system frequently triggered alarms. By using UDL2 and other equipment to monitor the parameters of the cathodic protection in the JND station area, as well as the on/off potential and AC interference voltage of the main and branch lines, it was found that the cathodic protection in the JND station area was basically stable, and the on/off potential met the regulatory requirements; The cathodic protection power-off potential of the line meets the regulatory requirements, and there is a certain fluctuation in the energized potential. The fluctuation time of different pipe sections coincides with the operation period of a certain subway. Combined with the analysis of parameters such as AC interference voltage, the results show that the main and branch lines are affected by DC interference from nearby subways.

Keywords: Natural gas pipelines, Cathodic protection, Potential fluctuation, Stray current, Metro DC interference

1 管道现状

本文研究的天然气管道包括一条干线、一条支线，全线设计输量 $50 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ，线路总长 87km，其中干线全长 73km，沿线共设 3 座场站，4 座阀室，支线全长 14km，沿线共设 2 座场站。管道设计压力为 8MPa，当前运行压力为 6Mpa。

管道全线采用三层 PE 外防腐层，采用强制电流阴极保护，干线为 LJ 站至 ZQD 站，沿线设 LJ 站、JND 站和 ZQD 站，支线为 JND 站至 DCM 站。干线和支线共设 3 座阴极保护站，均与 JND 站合建，沿线场站区域阴保均采用强制电流阴极保护，辅助阳极采用线性阳极。

经现场复测，恒电位仪的接线端子与现场阳极箱、汇流箱电位相同，恒电位仪系统的线路正常，初步判断 JND 站及附近管道受到干扰，导致恒电位仪运行不稳定，出现频繁报警。

2 检测方法

采用 UDL2 等连续监测设备 + 极化探头（极化试片），对该输气管道的线路阴保和 JND 站区域阴保进行 24h 通电电位和断电电位监测。具体方法如下：

① 将数据记录仪与管道、参比电极和试片相连接，参比电极（如管道原有长效参比，优先使用原有长效

参比）置于管道正上方；

② 将数据记录仪参数设置为每秒记录一组数据，试片通断周期设置为 12s，断电时间设置为 3s，记录管道的通电电位、断电电位和测试时间以及测试的位置；

③ 测试 24h 后，将数据记录仪中数据导出，绘制每个监测点的管道通断电电位图。

3 汇流点检测结果

本次检测对 JND 站区域阴保和线路阴保系统运行情况进行了现场测试，JND 站对 LJ 站 -JND 站管段、JND 站 -ZQD 站管段以及支线管段的保护情况如图 1、图 2 和图 3 所示。

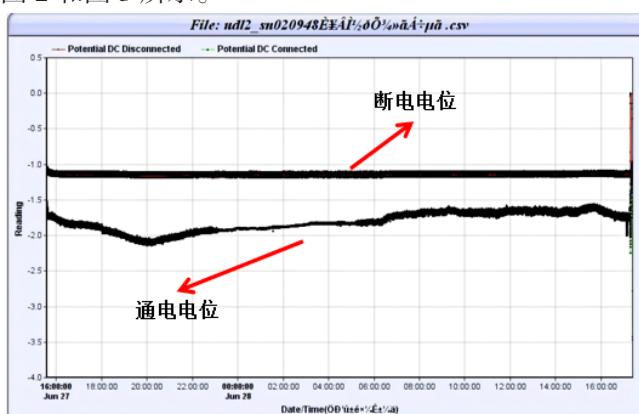


图 1 LJ 站 -JND 站汇流点连续监测数据图

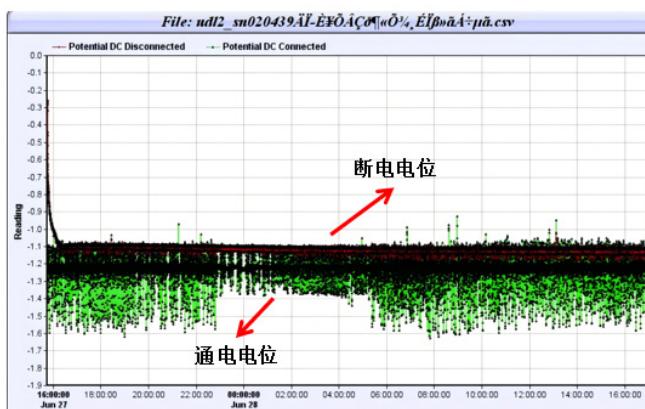


图 2 JND 站 -ZQD 站汇流点连续监测数据图

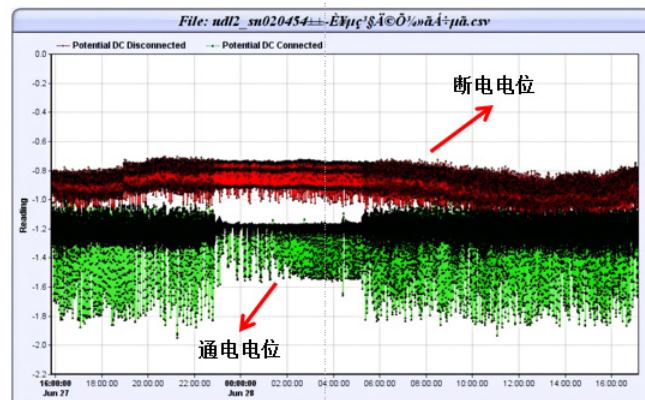


图 3 支线汇流点连续监测数据图

图中可以看出, LJ 站 -JND 站通电电位波动较小, JND 站 -ZQD 站以及支线的通电电位波动幅度大、频率高, 波动时间为早 6:00 至晚 22:00; LJ 站 -JND 站汇流点的断电电位稳定在 -1.17V 左右, JND 站 -ZQD 站汇流点的断电电位稳定在 -1.14V 左右, 支线汇流点的断电电位出现小幅波动, 在 -0.9V 至 -1.08V 之间, 属于正常范围。

经现场复测, JND 站区域阴保系统的通电电位和断电电位比较稳定, 在恒电位仪的自动调节下, 汇流点的通电电位稳定在 -1.02V 左右, 断电电位稳定在 -1.0V 左右, 说明 JND 站区域阴保未受到干扰。

4 管道交流杂散电流干扰的检测及评价

该输气管道附近主要交流干扰源为高压输电线路, 尤其是支线, DCM 站紧邻某发电厂, 沿线与高压线交叉并行。在日常管理中, 结合交流电压和电流密度分析后^[1], 支线管道目前已加设排流桩。LJ 站 -JND 站的交流干扰电压在 0.1~0.8V 之间, 断电电位在 -1.15V 左右, 未受到交流干扰; 支线 3#~5# 测试桩的交流干扰电压较大, 在 2.9~3.3V 之间, 选取交流电压干扰最大的 4# 测试桩进行监测, 如图 4 所示。

分析可得, 支线的交流干扰电压在 1.6~6.5V 之

间, 在排流装置连接后降到 0~1.5V 之间, 断电电位在 -0.9~1.13V 之间, 属于正常范围, 这初步表明管道经排流后未受到交流干扰, 干线和支线是受直流干扰影响。

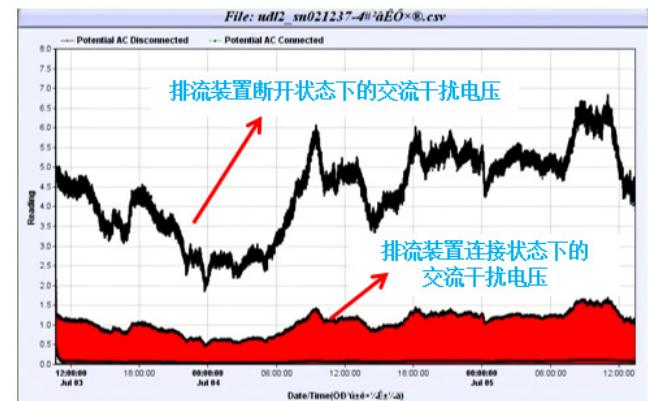


图 4 支线 4# 测试桩交流干扰连续监测图

5 管道直流杂散电流干扰的检测及评价

5.1 线路阴保检测结果

根据日常检测和现场复测, LJ 站 -JND 站测试桩通电电位波动较大, 范围在 -1.6V 至 -2.0V 之间, 断电电位稳定在 -1.15V 左右, 这与 LJ 站 -JND 站汇流点的监测结果现象相同; JND 站 -ZQD 站测试桩, 通电电位为 -1.1~2.0V, 但断电电位受到的影响较小, 均在 -0.9~1.14V 之间, 这与 JND 站 -ZQD 站汇流点的监测结果现象相同; JND 站 -DCM 站管段, 靠近 DCM 站附近的测试桩, 通电电位波动较大, 因此选取具有代表性的 4# 测试桩, 在排流装置连接状态下监测其通电电位和断电电位, 如图 5 所示。

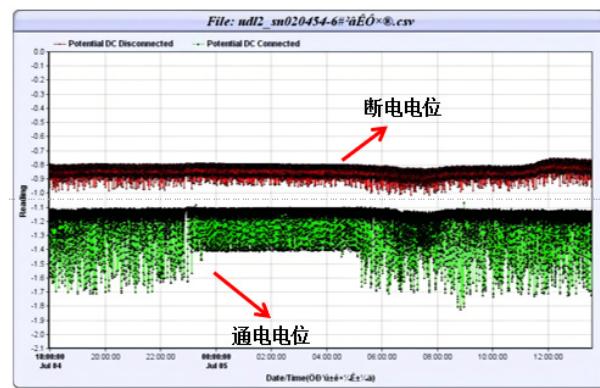


图 5 支线 4# 测试桩通断电电位连续监测图

由图分析可得, 支线测试桩在未受到交流干扰的情况下, 通电电位仍出现较大波动, 断电电位在 -1.0V 左右, 这与支线汇流点的监测结果现象相同。这表明除汇流点位置外, 干线和支线全线均受到直流干扰, 干扰时间段为早 6:00~晚 22:00。

5.2 沿线主要干扰源

根据 GB 50991《埋地钢质管道直流干扰防护技术

标准》及国内外其他研究,埋地管道直流干扰源一般包含地铁、轻轨等直流牵引系统的城市轨道系统、直流高压输电线路、其他有强制电流阴极保护系统的埋地管道以及有直流运输轨道的厂矿等^[2-5]。根据管道路由图和现场调研,可能的主要直流干扰源为某地铁2号和3号线。



图 6 JND 站与附近地铁的最近距离

经现场踏勘和相关测试,如图 6 所示,JND 站距离地铁 2 号线、3 号线的最近距离为 15.3km 和 11.8km, 张培洲,黎金华,张奇等人在研究地铁对天然气管道的影响时提到,城市轨道交通系统通常采用直流电压供电,地铁钢轨不可能实现完全对地绝缘,因此不可避免部分直流电流泄入大地,对周边天然气管道等金属构件造成干扰^[6]。

为进一步研究电位波动是否为地铁干扰原因,通过某轨道交通集团公布的地铁运营服务时间、行车间隔和高峰期绘制地铁运行频次图如图 7 所示。

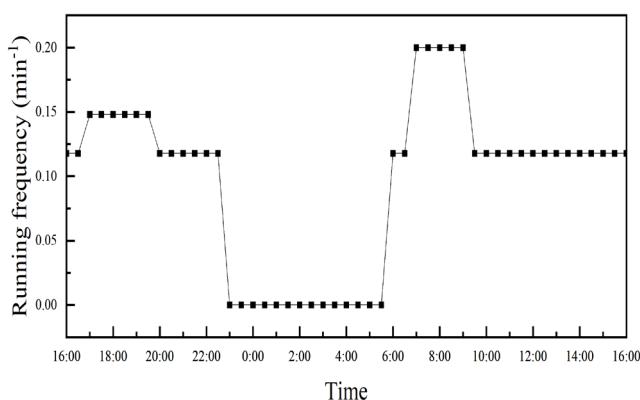


图 7 地铁运行频次图

当天 22:30~ 次日 5:30 为地铁停运时段,结合图 7 和图 1、图 2、图 3, LJ 站 -JND 站、JND 站 -ZQD 站以及支线的通电电位在地铁运营时段的电位波动幅度更大,其他时间段电位基本稳定,进一步证明线路阴保的电位波动是受地铁 2 号线、3 号线的直流干扰。

6 结论

① JND 站区域阴保运行稳定,通电电位和断电电

位符合规范的要求,线路阴保 LJ 站 -JND 站、JND 站 -ZQD 站和支线路段管道受到干扰,管道通电电位在早 6:00 至晚 22:00 波动较大,但其断电电位未受到影响,符合规范的要求。

② 干线的交流干扰电压非常小,断电电位在 -1.15V 左右,干线未受到交流干扰; 3#-5# 测试桩的交流干扰电压较大,在 2.9~3.3V 之间,断电电位均在 -0.87~-1.13V 之间,结合交流电流密度,支线的断电电位属于正常范围; 3#-5# 测试桩的交流干扰电压在 1.6~6.5V 之间,在排流装置连接状态下降到 0~1.5V 之间,这初步表明管道经排流后未受到交流干扰,干线和支线是受直流干扰影响。

③ LJ 站 -JND 站、JND 站 -ZQD 站和支线路段管道阴保的通电电位波动现象与其汇流点的监测结果现象相同,断电电位均符合规范的要求,这表明除汇流点位置外,干线和支线全线均受到直流干扰。

④ 根据管道路由图和现场调研, LJ 站 -JND 站、JND 站 -ZQD 站以及支线路段的汇流点位置均在 JND 站附近, JND 站距离地铁 2 号线、3 号线的最近距离为 15.3km 和 11.8km, 根据地铁运行频次图,结合地铁运行频次图和汇流点及线路电位监测图分析可得, LJ 站 -JND 站、JND 站 -ZQD 站以及支线路段的通电电位在地铁运营时段的电位波动幅度明显较大, 其他时间段电位基本稳定, 这证明 JND 站电位异常波动以及恒电位仪和 SCADA 系统频繁出现报警的原因是地铁 2 号线和 3 号线的直流干扰。

参考文献:

- [1] SY/T 0087.6-2021. 钢质管道及储罐腐蚀评价标准 第 6 部分: 埋地钢质管道交流干扰腐蚀评价 [S]. 北京: 国家能源局, 2011.
- [2] GB 50991-2014. 埋地钢质管道直流干扰防护技术标准 [S]. 北京: 中华人民共和国住房和城乡建设部、民共和国国家质量监督检验检疫总局, 2014.
- [3] Wen-Quan L. Interference Corrosion Hazards of Subway Stray Currents on buried Jet Fuel Metal Pipeline[J]. Total Corrosion Control, 2014.
- [4] 秦润之, 杜艳霞, 路民旭, 等. 高压直流干扰下 X80 钢在广东土壤中的干扰参数变化规律及腐蚀行为研究 [J]. 金属学报, 2018, 54(6):886-894.
- [5] 杨敬杰. 地铁直流干扰影响下管道阴保电位的测试和评价 [J]. 腐蚀与防护, 2014, 35(3):4.
- [6] 黎金华, 秦朝葵, 刘睿涵, 等. 地铁对高压天然气管道杂散电流干扰监测评价 [J]. 煤气与热力, 2022, 42(08):1-8+19.