

相邻长输管道阴极保护系统干扰影响研究

朱传涛（山东省天然气管道有限责任公司，山东 济南 250000）

摘要：不同阴保系统之间的直流干扰对天然气长输管道阴极保护运行造成了一定的影响。本文选取受直流干扰的测试桩作为长周期监测点，进行阴保及杂散电流干扰电位的监测，分析其对阴极保护运行的影响。结果表明：某天然气管道测 259# 处通电电位异常偏负，但断电电位在保护范围内，经测试受另一天然气管道 2# 阀室线路阴保站阳极地床干扰导致。

关键词：天然气；长输管道；杂散电流；干扰

中图分类号：TE88

文献标识码：A

文章编号：1674-5167(2025)026-0106-03

Study on the interference effect of cathodic protection system on adjacent long-distance pipelines

Zhu Chuantao (Shandong Natural Gas Pipeline Co., Ltd., Jinan Shandong 250000, China)

Abstract: The direct current interference between different cathodic protection systems has a certain impact on the cathodic protection operation of natural gas long-distance pipelines. This article selects test piles affected by DC interference as long-term monitoring points to monitor cathodic protection and stray current interference potential, and analyzes their impact on cathodic protection operation. The results showed that the energized potential at point 259 of a certain natural gas pipeline was abnormally negative, but the de energized potential was within the protection range. After testing, it was found that the interference was caused by the anode ground bed of the cathodic protection station in valve chamber 2 of another natural gas pipeline.

Keywords: Natural gas; Long distance pipelines; Stray current; Interfere

目前埋地长输管道一般采用防腐涂层和阴极保护联合保护的方式进行腐蚀控制^[1-2]。作为防腐层缺陷位置的必要补充，阴极保护系统的有效运行对于埋地管道的腐蚀控制、确保管道本质安全起到了重要作用^[3-4]。

随着我国基础建设的快速发展，石油及天然气管道的不断建设，各管道之间相互交叉多、并行距离长，进而导致各管道阴极保护系统之间的互相干扰逐步增加^[5-7]。此时，另一管道的阴保电位可称为当前管道直流杂散电流。这是一种在正常电路路径之外流动的电流，其对埋地管道腐蚀防护工作的干扰体现在多个层面。杂散电流的干扰使得管道实际保护电位的测试难度上升^[8-9]。

当存在直流杂散电流干扰时，对管道的通电电位、断电电位、交流电压及电流密度进行精确测定，这对于评估管道阴极保护的实际运行效果至关重要^[10]。本文以受不同阴保系统之间的直流杂散电流影响的某天然气长输管道为例，对此管道的通断电电位等阴保数据开展了检测、评价，为直流杂散干扰存在下阴极保护运行有效性评价提供新的思路。

1 直流杂散电流干扰研究方法

1.1 管道基本情况

某天然气管道（为做好区分，下称 1# 天然气管道）于 2023 年投产，管径 Φ1219mm，材质 X80，设计压力 10MPa，采用 3PE 防腐层，强制电流阴极保护。

通过开展阴保系统投运调试，发现 1# 天然气管道测 259# 测试桩附近管道通电电位明显偏负，且波动明显。

1.2 管道保护电位干扰检测评价

针对受不明干扰源的 1# 天然气长输管道进行现场检测，在短周期监测的基础上，通过设置长周期监测设备对管道沿线测试桩位置的通电电位、断电电位及交流干扰电压进行监测，并对部分测试点的土壤电阻率进行测量，以明确其受影响范围、干扰程度。

1.2.1 管道保护电位评价

管道保护电位是阴极保护体系的核心参数，也是衡量其保护效果的基础指标。根据该参数的大小，可对阴极保护设备的输出进行针对性调整与优化，因此精准测量这一电位对阴极保护工作至关重要。瞬间断电法是管道断电电位测试的常用手段。现场操作时，通过瞬间切断影响测量点的阴极保护电流，此时所测数值即为断电电位。若能排除直流杂散电流的干扰，该方法测得的断电电位便等同于极化电位。

根据规范要求，一般钢制管道阴极保护的临界电位上限为 -1.20V（硫酸铜参比电极），不应更负；同时需防止出现防腐层阴极剥离及管体氢脆等问题。评价埋地管道阴极保护效果时，可采用对地极化电位或去除 IR 降后的保护电位。判定标准为：阴极极化量达 100mV，或极化电位负于 -850mV (CSE)，即视为有效。现场测试中，通过测试的一瞬间消除 IR 降，

此时获得的电位为断电电位，进而评价阴保电位是否合格。

1.2.2 检测方法

针对1#天然气管道测259#附近受直流杂散电流干扰现象，采用在线式uDL2记录仪实施 $\geq 24\text{h}$ 的长周期测试，其检测方法及原理依据国标执行，检测示意图及原理如图1所示。uDL2为高精度记录仪，需配合极化试片及参比电极使用，可直接测量管道的通电电位、断电电位、交流电流密度，且内置GPS接收器，能提供精确的时间基准与现场地理位置坐标。

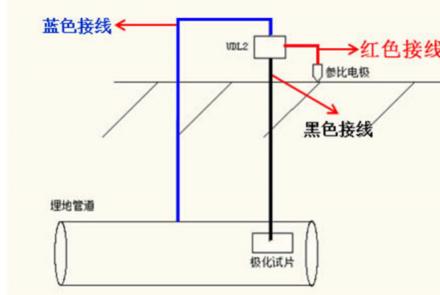


图1 uDL2 测试原理

2 直流杂散电流干扰研究

经过详细排查，发现1#天然气管道测259#位置附近有某输油管道和2#天然气管道，三条长输钢制管道在此处并行，且西侧距离1#天然气管道95m左右有某输油管道阀室。另外，经现场调查发现某输油管道阀室和2#天然气管道在此位置均设置了测试桩，故分别对某输油管道阀室和2#天然气管道进行了测试，发现某输油管道阀室通电电位在-5.0V左右，2#天然气管道为-3.0V左右。同时，对某输油管道阀室测试桩西侧另一测试桩进行了测试，其电位为+1.7V左右，因此初步推断某输油管道阀室在2#阀室设置线路阴保站，此测试桩为其阳极地床测试桩（距离1#天然气管道约165m）。

经确认，2#阀室为某输油管道阀室线路阴保站，阀室西北侧测试桩确为阳极地床测试桩。三条长输管道的路由走向、2#阀室位置及阳极地床位置如图2所示。



图2 现场位置示意图

为进一步明确某输油管道2#阀室阴保系统对1#天然气管道的影响程度，与某输油管道阀室管理单位相关人员沟通后，其将2#阀室恒电位仪进行短时间关断，进而对管道通电电位进行测试。

在某输油管道阀室2#阀室恒电位仪关停后，对1#天然气管道测259#测试桩位置进行了测试，1#天然气管道测259#测试桩在某输油管道2#阀室恒电位仪关停前后通电电位测试结果如图3所示。经过详细对比，我们发现1#天然气管道电位由某输油管道阀室2#阀室恒电位仪关停前的-2.5V左右降至-0.9V左右，某输油管道2#阀室测试桩电位由-5.0V降至-1.8V左右。

综上所述，可证明1#天然气管道测259#处受到了某输油管道阀室2#阀室线路阴保站阳极地床的影响。

在某输油管道阀室2#阀室恒电位仪重新开启后，再次对1#天然气管道测259#上下游各2km的测试桩进行了测试，发现距离上下游各2km处的测试桩电位最负电位均在-1.3V左右，受某输油管道阀室的干扰影响明显减小。由此，可初步判定某输油管道阀室对1#天然气管道的干扰范围约在3km~4km左右。

综上所述，某输油管道阀室2#阀室线路阴保站所输出的部分阴保电流，通过大地作为电解质，流到了1#天然气管道上，进而导致了1#天然气测259#位置附近的管道电位异常偏负。此时，某输油管道阀室2#阀室线路阴保站为1#天然气管道的直流杂散电流干扰源。

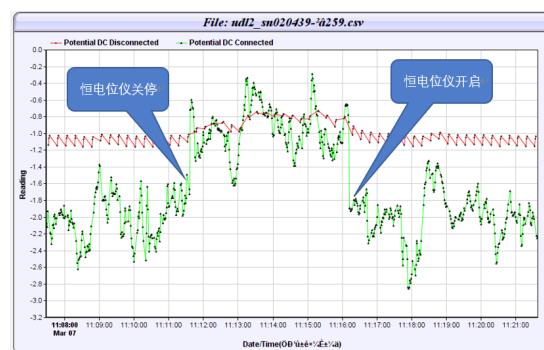


图3 1#天然气管道测259#处电位连续监测曲线

上述我们研究了，某输油管道阀室2#阀室恒电位仪开启的情况下对1#天然气管道通电电位的影响，但目前的标准规范以保护电位（断电电位）判断管道真实保护状态。因此，为准确探究在某输油管道阀室2#阀室恒电位仪重新开启后，对1#天然气管道天然气管道的影响大小及范围，详细测试了1#天然气管道测259#管道保护电位长周期（24h）的基本情况及波动范围。1#天然气管道测259#管道保护电位在某输油管道2#阀室阴保站恒电位仪正常运行的测

试结果如图 4 所示。经现场测试, 259# 断电电位整体在 -1.0V ~ -1.10V 之前, 测试最负断电电位约为 -1.13V。

此外, 根据 GB/T 21448《埋地钢质管道阴极保护技术规范》, 屈服强度超过 550MPa 的低合金钢, 阴极保护限制临界电位应有文件证明或通过相关实验确定, 阴极保护设计说明书未针对干线管材 X80 提出阴极保护限制临界电位值, 导致阴极保护电位评判失去依据。根据目前国内类似项目经验, 如南山 LNG 外输管道、西三线、西四线等, 1# 天然气管道所使用的 X80 钢级管材阴极保护临界电位为 -1.15V。而通过详细测试, 在某燃油管道 2# 阀室阴保站正常运行时, 1# 天然气管道断电电位的最负值约为 -1.13V, 可判断其阴保保护电位仍在有效保护范围内, 未超过 1# 天然气管道所要求的阴极保护临界电位。

综上所述, 在某燃油管道阀室 2# 阀室阴保站恒电位仪的开启下, 1# 天然气管道天然气管道处于保护状态。但其已非常接近阴极保护临界电位, 易超过临界电位, 导致 1# 天然气管道过保护。

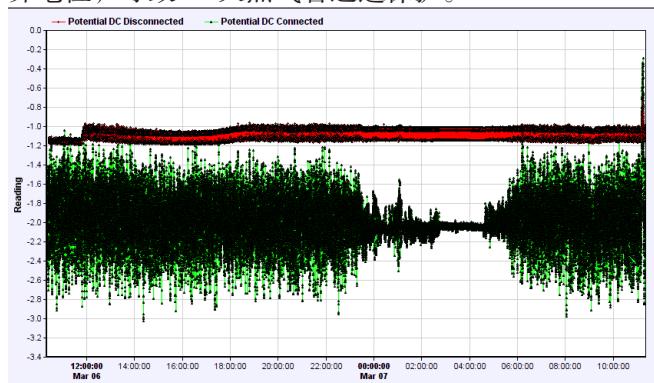


图 4 1# 天然气管道测 259# 处通断电电位连续监测曲线

此时, 针对此类情况, 应加强 1# 天然气管道测 259# 测试桩附近的阴极保护电位的测试及监管。若发现, 测 259# 测试桩处管道电位负于 -1.15V, 应及时有效采取相关整改措施。详细的整改解决措施如下: 一是委托有专业设计资质的设计单位, 根据相关标准规范及公司要求, 针对某燃油管道 2# 阀室阴保站所产生的直流杂散电流干扰, 设置合理的排流方式。如在合适位置增加排流装置, 即极性排流器, 设定合理的排流电位限值, 将超过限值的干扰电流导出, 进而使得 1# 天然气管道测 259# 测试桩附近管道阴保电位不超过临界电位, 在有效保护范围内; 二是与某燃油管道 2# 阀室阴保站管理单位负责人沟通联系, 使其将 2# 阀室阴保站恒电位仪的预置电位或输出电流在一定范围内进行调整。即根据现场实际测试结果, 将 2# 阀室阴保站恒电位仪的预置电位或输出电流由现有水准, 调整至 1# 天然气管道测 259# 测试桩附近管

道断电电位不超过阴极保护临界电位 -1.15V, 使其处于有效保护范围内。但要格外注意的是, 某燃油管道 2# 阀室恒电位仪输出的调整不应使其管道电位正于 -0.85V, 即某燃油管道的管道电位欠保护。

3 结论

通过开展 1# 天然气管道测 259# 位置通电电位偏负原因的排查工作, 明确了某燃油管道阀室 2# 阀室的线路阴保站阳极地床对 1# 天然气管道测 259# 的干扰影响范围、影响程度、周期性变化以及电位偏移等规律, 对阳极地床干扰源对油气管道产生杂散电流干扰的治理方面提供的实践参考。所得主要结论如下:

1# 天然气管道测 259 处受到某燃油管道阀室 2# 阀室线路阴保站阳极地床影响, 影响范围约为 3km~4km, 影响范围相对较小。根据 24h 监测数据, 测 259 处最负断电电位约为 -1.13V, 在有效保护范围内, 未过保护。但应持续关注测 259# 处管道电位, 加强电位测试及监管, 若断电电位仍较负且负于 1# 天然气管道阴保电位临界电位, 则需在此处增加极性排流器等排流措施或与某燃油管道 2# 阀室阴保站管理人员联系, 调整其恒电位仪预置电位或输出电流大小。

参考文献:

- [1] 黄嘉杰. 油气储运长输管道防腐技术的应用研究 [J]. 中国设备工程 ,2025(11):107-109.
- [2] 吴海恩. 长输管道阴极保护技术应用分析 [J]. 清洗世界 ,2025,41(03):104-106.
- [3] 聂维明. 长输油气管道阴极保护系统现状评价及策略分析 [J]. 中国储运 ,2022(07):130-131.
- [4] 邵岩, 张晨. 长输管道阴极保护系统评价方法及应用 [J]. 石化技术 ,2020,27(02):1-2.
- [5] 王爱玲. 西南山区并行油气管道阴极保护系统之间的干扰因素与规律 [J]. 腐蚀与防护 ,2024,45(02):97-102.
- [6] 麦健. 相邻长输管道阴极保护系统干扰及处理对策 [J]. 低碳世界 ,2022,12(07):18-20.
- [7] 杜贵富. 影响油气长输管道阴极保护系统的因素及对策 [J]. 山东工业技术 ,2018(17):88.
- [8] 陈程. 华南某成品油管线地铁杂散电流干扰评价及防护方案研究 [J]. 材料保护 ,2024,57(02):167-174.
- [9] 张恒, 彭瑞宁. 直流杂散电流干扰对管道直流电位的影响 [J]. 电子技术 ,2021,50(04):22-23.
- [10] 熊伟, 魏克同. 影响油气管道阴极保护系统因素与对策 [J]. 设备管理与维修 ,2019,(15):161-162.

作者简介:

朱传涛 (1997-), 男, 汉族, 山东聊城人, 硕士研究生, 助理工程师, 主要从事天然气管道阴极保护相关研究。