

轨道交通杂散电流干扰对 长输管道腐蚀影响的检测与判定

张瑞杰 (山东莱克工程设计有限公司, 山东 东营 257000)

摘要: 通过对国内几条天然气长输管道工程的现场调研、检测, 掌握管道受干扰情况, 明确轨道交通杂散电流干扰的类型和影响范围, 对轨道交通杂散电流干扰程度进行检测评价。

关键词: 轨道交通; 长输管道; 杂散电流; 检测评价

1 概述

我国城市轨道交通基本上都是由直流动力牵引, 存在着杂散电流腐蚀的危险, 而这种腐蚀比一般的自然腐蚀程度要大得多, 它不仅会缩短埋地金属管线的使用寿命, 而且还会降低钢筋混凝土结构的强度和耐久性。必须对杂散电流干扰腐蚀的问题引起关注。本文对轨道交通杂散电流产生机理及其动态特性进行讨论, 介绍杂散电流干扰的检测情况, 根据有关标准对干扰情况进行判定, 并提出解决杂散电流干扰的建议。

2 轨道交通杂散电流

2.1 杂散电流产生的机理

变电站将交流电转换为直流电, 经接触网向电力机车输送, 电流由铁轨及相关导线返回变电站。由于铁轨具有一定的电阻, 电流在铁轨中产生电位差, 同时铁轨对大地也存在一定的电位差, 使铁轨中部分电流泄漏进入大地形成杂散电流。泄漏到大地的杂散电流流入埋地天然气管道, 经埋地天然气管道传输至变电站附近通过土壤重新流入铁轨, 在电流流出的部分, 金属发生腐蚀。

2.2 直流杂散电流对埋地金属管道腐蚀的特点

2.2.1 腐蚀强度大, 危害大

杂散电流干扰腐蚀是电解池原理, 电位可达几 V, 电流最大可能上百 A。直流杂散电流干扰腐蚀相对其他腐蚀要更加严重。

2.2.2 辐射范围较大

城市轨道交通的杂散电流可对附近几十千米范围内的埋地管道产生影响; 杂散电流的流向没有确定性, 给干扰防护带来一定难度。

3 轨道交通杂散电流检测

3.1 杂散电流的测试方法

轨道交通杂散电流主要通过管地电位测试法进行

检测。利用 UDL2 数据采集仪, 对天然气管道各测试桩进行连续监测。

管道通电电位波动严重时, 采用数据记录仪 UDL2 和极化探头 (极化试片) 进行管道的 24h 的通断电电位进行检测。具体检测方法如下: 在管道周围埋设极化探头 (极化试片), 极化探头与管道连接极化 24h。如原有测试桩位置有极化探头, 优先考虑采用原有极化探头。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 15s, 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。测试 24h 后, 将数据记录仪数据导出, 绘制每个监测点的管道通断电电位图。

3.2 直流杂散电流干扰评价标准

对采取阴极保护的管道, 可采用管道极化电位相对于该环境中管道最小阴极保护电位准则偏移量及时间比例进行评判, 最小保护电位按 GB/T 21448 确定。

表 1

评价准则	直流干扰执行标准及限值要求
阴极保护有效性准则	GB 50991-2014《埋地钢质管道直流干扰防护技术标准》针对阴保已投运管道, 当干扰导致管道不满足最小保护电位要求时 (断电电位 < -0.85V), 应采取防腐措施
防护效果评价电位正向偏移占比准则	AS 2832.1 埋地管道电位的正向偏移情况应符合以下准则: 电位正于保护准则的时间不应超过测试时间的 5%; 电位正于保护准则 +50mv 的时间不应超过测试时间的 2%; 电位正于保护准则 +100mv 的时间不应超过测试时间的 1%; 电位正于保护准则 +800mv 的时间不应超过测试时间的 0.2%

3.3 不同工程中管道受干扰情况调查测试

3.3.1 案例一：某 DN800 天然气长输管道受干扰情况测试调查

3.3.1.1 管道未采取阴极保护时沿线直流电位波动情况

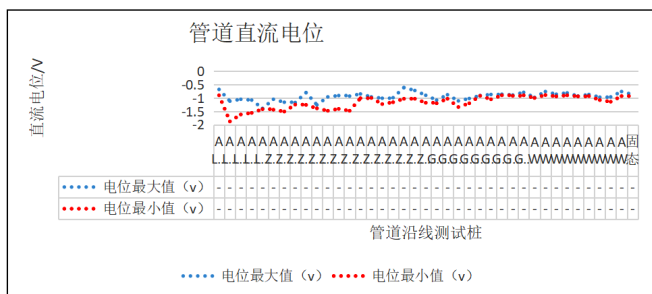


图1 管道沿线无阴极保护时管道电位波动情况

3.3.1.2 对电位波动明显的管段进行 24h 连续监测

采用 UDL2 数据采集仪对管道受干扰明显的管段进行长时间连续监测。对各监测点的检测数据进行分析，得出管道受干扰较为集中的管段分布。UDL2 采集的管道电位波动如图 2 所示。

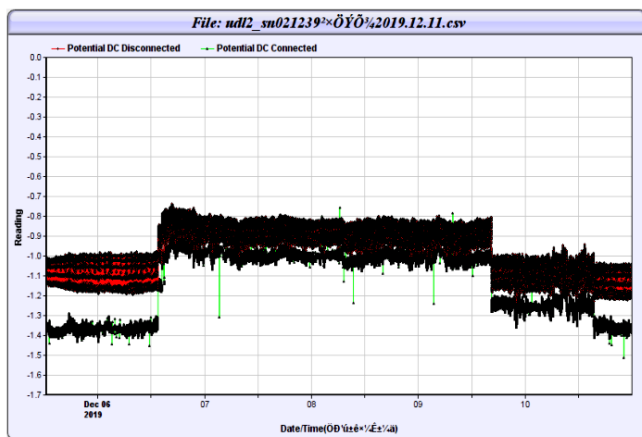


图2 UDL2 连续采集的管道电位波动情况

3.3.1.3 小结

通过管道沿线监测的电位情况来看，2# 输气站至 3# 输气站间管段上监测到的直流电位波动较为明显，且波动幅度较大，其他监测点处直流电位较为平稳。说明本工程管道受干扰的管段集中在 2# 输气站至 3# 输气站之间。结合管道周边的干扰源进行分析，对管道造成直流干扰的干扰源可能来自城市轨道交通，因此我单位人员对轻轨的运行时间、频次等信息进行了调研。

3.3.1.4 轻轨信息调研

经了解，截至 2020 年 1 月，该城市轻轨运营线路

共有 2 条，其中 1 号线走向为东西及南北走向；3 号线走向为南北走向。轻轨运营时间为早上 6:30 至晚上 10 点，每天运营时间为 15.5h。1 号线与本工程管道最近距离为 5.8km。

3.3.1.5 重点测试

根据详细测试阶段的监测结果，在 2# 输气站至 3# 输气站之间管段上选取多个监测点进行长时间连续性监测，以便明确管道受干扰程度及是否需要采取其他治理措施。本阶段测试主要对阴极保护系统投运时及停运后的电位波动情况进行监测。

3.3.1.6 2# 输气站至 3# 输气站间管段电位连续监测情况

阴极保护投运情况下，对 2# 输气站至 3# 输气站间管段上各监测点的 24h 连续监测结果进行汇总、整理，结果如表 1 所示。

表 1 2# 输气站至 3# 输气站间管段 24h 电位监测统计表

监测点位	24h 通电电位 V			24h 断电电位 V			夜间 V	
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	通电电位	断电电位
1	-0.511	-2.68	-1.59	-1.119	-1.173	-1.146	-1.63	-1.188
2	-1.125	-1.655	-1.39	-0.985	-1.118	-1.05	-1.388	-1.114
3	-1.174	-1.562	-1.368	-0.977	-1.081	-1.029	-1.406	-1.135
4	-0.988	-1.012	-1.0	-0.889	-0.90	-0.894	-1.01	-0.91
5	-1.341	-1.441	-1.391	-1.17	-1.172	-1.171	-1.39	-1.167
6	-1.334	-1.391	-1.362	-1.128	-1.132	-1.13	-1.368	-1.128
7	-1.453	-1.51	-1.481	-1.186	-1.188	-1.187	-1.18	-1.18
8	-1.56	-1.644	-1.602	-1.214	-1.216	-1.215	-1.603	-1.209
9	-1.361	-1.449	-1.405	-0.995	-1.063	-1.0	-1.404	-1.02
10	-1.19	-1.287	-1.238	-0.909	-0.967	-0.938	-1.255	-0.935

3.3.1.7 分析

通过以上各监测点电位波动情况来看，1# 测试点至 4# 测试点之间受干扰最为严重。本段管道上直流电位波动呈周期性变化，电位波动明显的时间段集中

在每日早 6 点至夜间 11 点之间，其他时间段内电位无明显波动。对比前期调研的轻轨的相关情况来看，轻轨与管道距离较近，同时地铁 1 号线与管道并行长度较长，地铁每日运行时间与管道上电位波动明显的时间段相同。说明轻轨运行造成的直流杂散电流干扰是引起管道上直流电位波动的最重要的原因。通过断电电位数据来看，管道断电电位都在 $-0.85\text{V} \sim -1.2\text{V}$ 之间，说明阴极保护系统投运时管道断电电位达标，暂时不必采取进一步的排流措施。

3.3.2 案例二：某 DN500 天然气长输管道受干扰段情况测试调查

3.3.2.1 管道未采取阴极保护时沿线直流电位波动情况

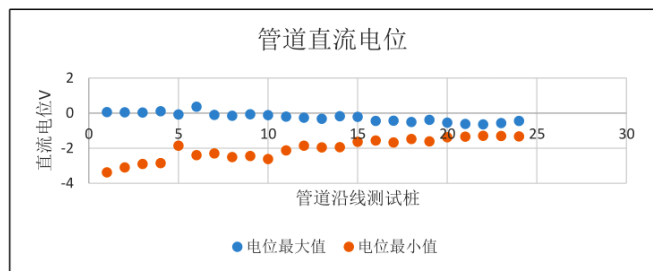


图 3 管道沿线无阴极保护时管道电位波动情况

通过管道沿线监测的电位情况来看，管道上监测到的直流电位波动较为明显，且波动幅度较大。结合管道周边的干扰源以及管道电位在白天跟夜间的波动情况进行分析，对管道造成直流干扰的干扰源大概率来自附近的城市轨道交通（距离管线 2km）。

3.3.2.2 阴保投运后，管段电位连续监测情况

在阴极保护投运情况下，对管道进行 24h 连续监测。根据 3.2.2 条判断原则，将管道上的监测数据进行数理分析，得到不同电位下的时间占比，如图 4 所示。

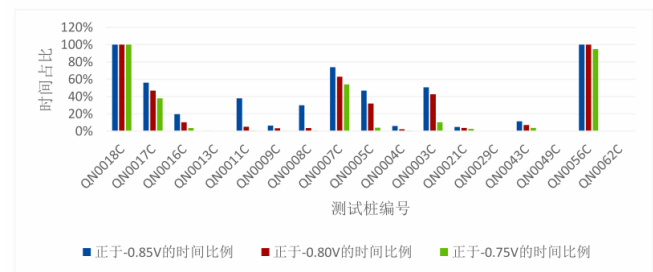


图 4 阴保系统投运时管道上不同断电电位的时间占比

通过对监测数据按照上述评判标准进行对比分析，分析结果显示大部分管段直流干扰程度等级为“高”。

3.3.2.3 采取排流措施后，排流效果验证

在阴极保护系统运行时，管道夜间断电电位达标，满足规范要求；日间，部分时段的断电电位相对于 -0.85V 较正。针对此种情况，在干扰超标段管道上设置极性排流器，接地体采用锌带，锌带长度根据土壤电阻率计算得出。

经测试，上述保护电位不达标的管段在采取排流措施后，管道断电电位均在 $-0.85\text{V} \sim -1.2\text{V}$ 之间。

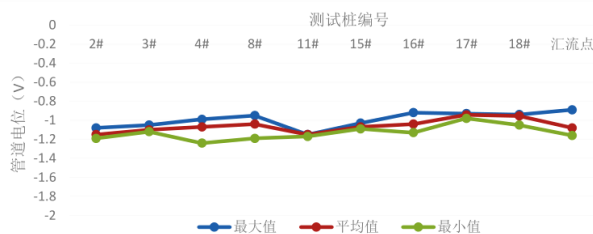


图 5 排流后，原干扰超标段管道沿线断电电位

4 结论及建议

①当地管道与城市轨道交通距离接近时容易受到较为严重的直流干扰；

②针对城市轨道交通带来的直流干扰，首先通过对阴保系统进行调试来抑制干扰，当阴极保护系统不能将管道干扰程度抑制在可接受范围内时，可采取排流器 + 接地体的方式来降低管道上的杂散电流干扰；

③对于干扰段管道应加强防腐层的检漏，若发现漏点应及时修复。

参考文献：

- [1] 胡士信. 阴极保护工程手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2018.
- [2] 陈志光, 秦朝葵, 马飞. 轨道交通动态直流杂散电流检测与判定 [J]. 煤气与热力, 2020, 31(10).
- [3] 席光峰, 张峰, 韩伟, 等. 杂散电流对长输油气管道的危害及其检测 [J]. 油气储运, 2021, 27(7): 3.
- [4] 闫明龙, 吕永林, 周翔宇. 杂散电流对长输管道腐蚀的探讨与防护 [J]. 当代化工, 2021(12): 1737-1738.
- [5] 肖述辉. 杂散电流对长输管道腐蚀影响的研究 [D]. 西安: 西安石油大学, 2019.
- [6] 张承典, 陆希诚. 输油管道受杂散电流干扰的检测与抑制 [J]. 腐蚀与防护, 2021, 19(1): 5.
- [7] 彭飞. 浅谈长输油气管道杂散电流干扰的防治与应用 [J]. 工程技术, 2021(14).
- [8] 刘文会, 石胜明, 徐苏宁, 等. 长输管道地磁杂散电流干扰机理探讨 [J]. 全面腐蚀控制, 2023(11).