

# 地铁杂散电流干扰分析—以某阴保站杂散电流干扰为例

王 喆

西安秦华燃气集团有限公司 陕西 西安 710075

**摘要:**近年来,随着经济的快速发展,城市的地铁线路越来越多,产生的交直流杂散电流给埋地钢质管道带来了腐蚀危害,特别是地地铁杂散电流干扰对于电流漏入大地建设施工的质量要求相对较高,如果其质量不合格,则地铁运行过程中出现安全风险问题的概率必然会大幅提升,由于电流施工项目相对较为复杂,影响施工质量的因素相对较多,因此,对施工质量进行管理的难度相对较大,需要根据目前质量管理过程中存在的问题,采取多种类型的措施,从而使得地铁施工质量可以得到大幅提升。

**关键词:**杂散电流;干扰;阴极保护系统

## 引言

天然气管道工程作为天然气清洁能源运输的主要渠道,考虑到天然气易燃易爆的特性,天然气管道工程对工程施工建设质量的要求有了极大地提高。天然气管道工程的施工作业较为复杂,环节工序较多,且施工周期较长,施工质量容易受到多种类型因素的影响。同时,施工过程中也存在较多的难点问题。正是由于难点问题的存在,进而容易导致施工质量降低,需要对施工过程中的难点问题进行分析,并从多个角度出发,制定合理的质量控制措施,以全面提高管道的建设施工质量。

### 1 杂散电流干扰的产生

#### 1.1 杂散电流定义

杂散电流是指在规定的电路之外流动的电流(GB 50991-2014埋地钢质管道直流干扰防护技术标准,2.0.1条:非指定回路中流动的电流)。对于管道系统,任何使用土壤作为电流通路,都可能称为杂散电流。

#### 1.2 杂散电流分类

杂散电流的分类:直流杂散电流和交流杂散电流以

及地磁电流。其中,城区管道受到的主要是动态直流杂散电流

#### 1.3 动态杂散电流的产生

常见的动态直流杂散电流干扰主要是城市轨道交通(地铁等)的带来的。地铁在走行轨和道床之间已经采取了绝缘措施,仍然会有一部分电流会从走行轨泄露至大地,形成杂散电流。最终会部分流入到管道中沿着管道流动<sup>[1]</sup>。

## 2 动态杂散电流的危害

### 2.1 产生机理

地铁(西安2号线为例,如下图1、图2)供电系统采用1500V的架空接触网供电,列车直流牵引系统采用正极接触网,走行轨做为负回流线。走行轨和道床之间虽有绝缘措施,由于材料和施工工艺等条件限制,钢轨对地的电阻不可能无限大,常规电阻值为15~100Ω·km。仍然会有部分电流会从走行轨泄露至大地,形成杂散电流(或者通过地铁站的排流网形成二次杂散电流)。

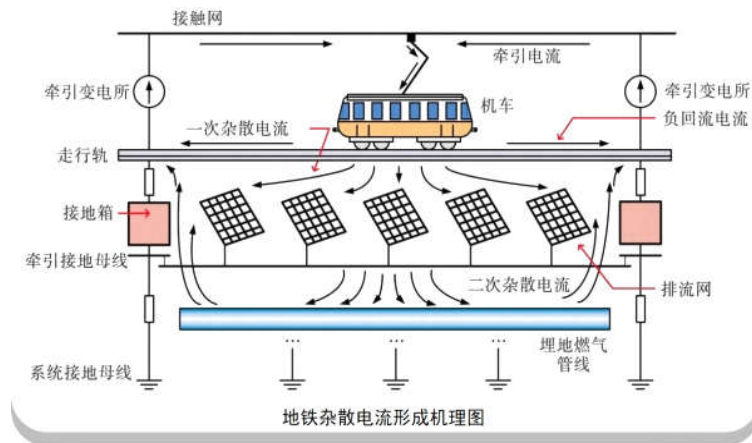


图1 地铁杂散电流形成机理图

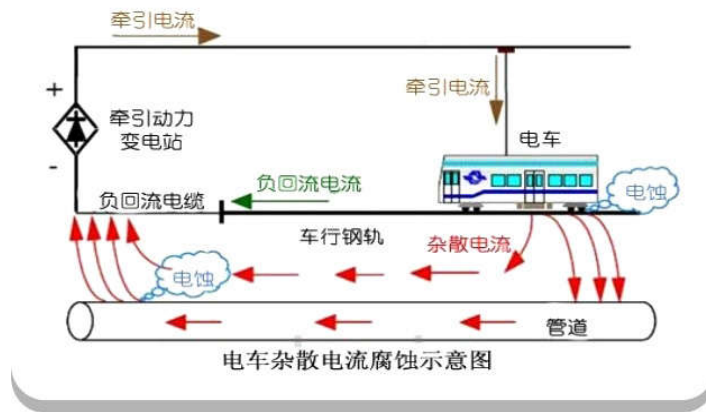


图2 电车杂散电流腐蚀示意图

## 2.2 杂散电流腐蚀机理

处于杂散电流干扰环境中的埋地管道（燃气管道为例），由于诸多因素影响，杂散电流会从电阻较低的某些位置进入管道，形成阴极区，沿管道流动，然后会从其他地方流出管道，形成阳极区。在流出管道的位置，管道处于放电状态，表现为腐蚀状态。

## 2.3 地铁杂散电流对管道的影响

部分杂散电流也将流入附近的地下管道（如钢质地燃气管道，管道防腐层质量差或老化破损等原因无法做到完全绝缘），然后沿着管道流动，在变电所附近，地电位较低处流出管道而进入大地，返回变电所负极。

在新版《地铁杂散电流防腐蚀技术规程》对杂散电流干扰下的管道的对地电位范围做了规定，但这规定的电位区间相对于管道等地下金属构筑物而言，会受到腐蚀。

管道阴极保护标准里管道受保护范围是 $-1.2V \sim -0.85V$ ，而地铁杂散电流对金属管线的规定值范围是 $-1.5V \sim +0.5V$ ，当管道对地电位比 $-0.85V$ （CSE）更正时，随着电位正向便宜，管道腐蚀风险会逐渐增加，管道不可避免的受到杂散电流腐蚀的影响。即杂散电流通过管道的某些位置流入，会从另外一些地方流出，而流出管道的位置即为管道腐蚀点。

## 2.4 管道受杂散电流腐蚀的特点

（1）腐蚀主要集中于局部部位，有防腐层时，往往集中在缺陷附近；

（2）腐蚀强度大。由直流杂散电流引起的腐蚀程度相对其他原因造成的腐蚀程度要严重得多；

（3）范围大，地铁附近的整个区域几乎都受到地铁杂散电流的影响（几公里甚至几十公里都会受到干扰）；

（4）带有随机性。由于轨道与大地之间的绝缘电阻、管道防腐层的绝缘电阻以及土壤的电阻率和杂散电流大小等均不是恒定的值，因此杂散电流的流动方向具

有随机性；

（5）高点蚀率，局部金属腐蚀量小（如管道穿孔）；

## 3 某阴保站附近管道受杂散电流影响情况

### 3.1 受杂散电流干扰下的管道电位特征

典型的地铁干扰电位波动规律如图3所示，不同城市地铁杂散电流干扰下管地电位的波动周期、波动幅值等动态特征会有所不同。

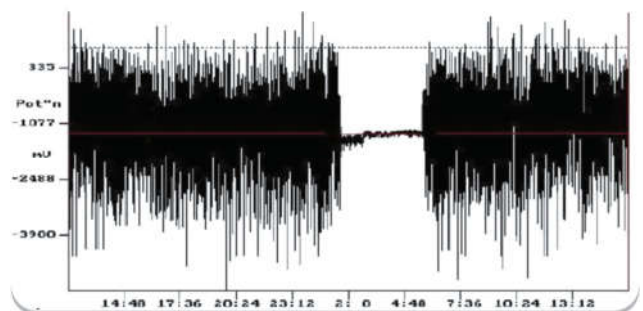


图3 地铁干扰电位波动规律

最明显的规律是电位波动较大，且在时间上存在明显分界。在地铁运行时段，管地通电电位波动剧烈，在夜间停运阶段，该电位恢复到较为平稳的状态。

### 3.2 某站附近实测数据及分析

#### 3.2.1 电位测量--阴极保护系统停运时

关闭该站恒电位仪，停止阴极保护输出，之后进行电位监测，得到测量数据，同时生成折线图如图4。



图4 折线图

根据记录的数据分析，阴极保护系统关闭状态时，

管道对地电位测量数据特征如图所示, 电位分布出现明显的时间特性, 在地铁停运期间非常平稳, 地铁运行期间, 出现较大的波动。电位平均值-0.67V, 接近管道的自然电位, 基本处于未保护状态。

### 3.2.2 电位测量--阴极保护系统正常运行

打开该站恒电位仪, 阴极保护正常输出电流, 充分极化之后进行电位监测, 同样测量数据并记录如图5。



图5 电位测量

电位分布同样出现明显的时间特性, 在地铁停运期间非常平稳, 地铁运行期间, 仍然有波动。但是整体波形开始负向偏移, 可以看出阴极保护系统运行期间管道电位发生负向偏移, 即向有利于管道保护的方向移动。这归功于阴极保护电流对杂散电流的缓解作用。

### 3.2.3 数据对比

阴极保护系统运行状态(恒电位仪开启时), 管道对地电位对比如图6所示。处于阴极保护下的管道, 当受到动态直流杂散电流干扰时, 断电电位的波动幅度要明显小于通电电位的波动, 且断电电位有效值/平均值处于-850mv判定准则范围内, 说明阴极保护电流对干扰电流有明显的抑制作用, 其功能相当于强制排流法。恒电位仪在干扰消失或较小时主要以提供保护电流的功能存在, 在干扰较大时, 提供足够的电流抑制铁轨产生的杂散电流<sup>[2]</sup>。

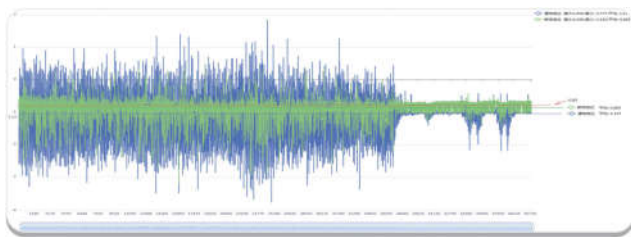


图6 管道对地电位对比

## 4 总结与建议

### 4.1 杂散电流不可避免

受技术施工等客观条件限制, 钢轨不可能达到完全对地绝缘, 总有一部分电流漏入大地而形成杂散电流。由于杂散电流的流动引起的结构电流密度的变化称为干

扰, 表现为电位波动<sup>[3]</sup>。

### 4.2 杂散电流干扰危害巨大

城市地铁等设施对管道的杂散电流干扰影响较大, 同时干扰范围也较广。特别是对于长距离带有防腐层的埋地金属管道, 流入管道的杂散电流很大, 而且电流只能从防腐层的破损处流出, 因而更容易集中在管道的局部, 加速腐蚀穿孔, 干扰腐蚀不可忽视。

### 4.3 阴极保护系统对动态直流杂散电流有明显的抑制作用

地铁杂散电流干扰下, 针对不同的情况有多种缓解措施, 其中强制电流阴极保护外加牺牲阳极保护是控制管道干扰的有效措施之一, 但不是唯一的手段。通过施加阴极保护可以减轻部分区域的杂散电流的影响程度, 从而缓解杂散电流对钢质管线的腐蚀影响, 城市内多条地铁线路同时干扰, 强制抑制法(阴极保护)对杂散电流抑制明显。对于城市埋地管线的动态直流杂散电流腐蚀应采取专门的防护手段和阴极保护相结合。

### 4.4 地铁交叉、并行处的集中排查与整治

有鉴于观音庙站地铁杂散电流的干扰情况, 建议各分公司即刻整理形成钢制管道与地铁交叉、并行的运行台账, 根据台账记录聘请专业检测单位对目前现有台账位置展开一轮评估, 细化评估结果并制定对应的排流、保护措施。对于排查出已有问题的位置, 集团公司统一拨付资金, 纳入十四五计划内, 逐年整改完善。针对未来新建主体, 设计之初就应充分调研、考虑地铁杂散电流干扰, 增加相关排流保护措施。

结束语: 总体来说, 地铁杂散电流本文以某阴保站杂散电流干扰为例以杂散电流干扰的产生、危害实际工程杂散电流防护方案, 为地铁实际建设提供参考。杂散电流的防护贯穿建设、运营、维护等环节, 涉及供电、轨道、通信、结构等多个专业, 是一项极为复杂的工程, 各方面都应协调配合, 尽可能的降低杂散电流的腐蚀危害性。

### 参考文献

- [1]郭勇,丁继峰,王港,等.埋地管道地铁直流杂散电流检测与防护的研究现状[J].材料保护.2021,(7).
- [2]姜睿.地铁直流牵引供电系统OVPD投入时的框架泄漏保护研究[J].光源与照明.2021,(6).
- [3]陈志光,秦朝葵,唐继旭.城市轨道交通动态杂散电流理论分析及计算[J].城市轨道交通研究.2014,(3).