

# 埋地钢制燃气管道 受地铁直流杂散电流干扰的影响与分析

□ 北京市公用事业科学研究所 (100011) 王小璐

## 1 引言

杂散电流是指设计或规定回路以外流动的电流<sup>[1]</sup>。由杂散电流引起的金属腐蚀以其腐蚀速度快、强度高，腐蚀集中于局部位置的特点，成为金属电化学腐蚀中危害最为严重的一种<sup>[2]</sup>。杂散电流根据来源主要分为直流杂散电流和交流杂散电流。其中，直流杂散电流一旦从埋地钢制管道一点进入，再从管道另一点流出，随后进入到土壤或水中，就会在电流流出的那一点发生剧烈腐蚀，造成严重的管道电化学腐蚀。

直流杂散电流干扰具有以下主要特点：

(1) 直流杂散电流干扰会造成严重的管道腐蚀，其腐蚀剧烈、速度快，并且与钢材质量的好坏关系不明显，甚至在较短的时间内会多次出现管道的腐蚀穿孔<sup>[3]</sup>；

(2) 直流杂散电流干扰造成的局部腐蚀会集中在管道电阻小、易放电的位置。例如防腐层破损、剥落的缺陷部位，管道弯头或尖角边棱突出的位置等；

(3) 由于直流杂散电流的强度很大，因此，常规的阴极保护措施很难抑制住杂散电流对金属管道的腐蚀影响。如果采用牺牲阳极保护，牺牲阳极的溶解量和溶解速度也将大大增加。

基于上述特点，导致金属管道受到直流干扰后会在短时间内点蚀穿孔，甚至发生应力腐蚀开裂，造成灾难性的后果。因此，对直流杂散电流干扰进行原因和影响的检测分析是非常必要的，为后续抑制或消除

杂散电流干扰打下了基础。

存在直流杂散电流源是造成直流杂散电流干扰的原因。其中，对埋地钢制管道影响最普遍、最严重的是直流电气化铁路系统，如图1所示。下面针对此种情况，我们进行案例分析。

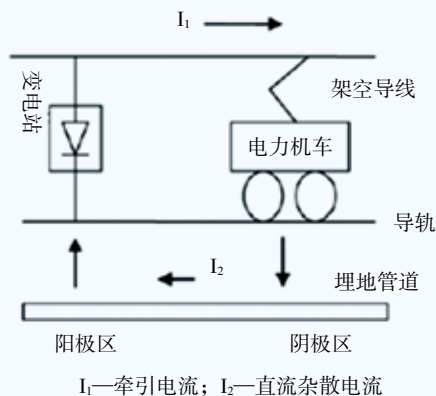


图1 直流电气化铁路系统

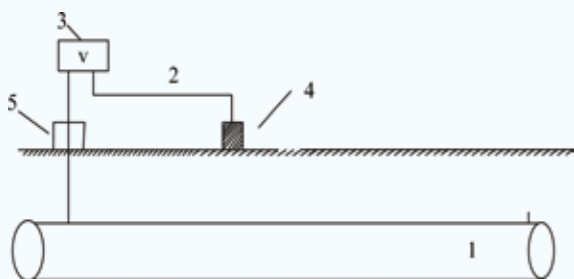
## 2 测试和分析

某段燃气埋地钢质管道南起供热厂，北至调压站，全长约4 000m，管径DN400，施加牺牲阳极阴极保护，3PE防腐层。管线与地铁相邻，可能受到杂散电流的干扰。

直流杂散电流可以通过检测管地电位（管道与其相邻土壤的电位差）来进行测定。应完全切断阴极保护电流24h之后再开始检测，采用一个固定的与土壤接触的参比电极，通过管地电位的变化来反映直流杂

散电流干扰情况。电位测试示意图如图2所示。

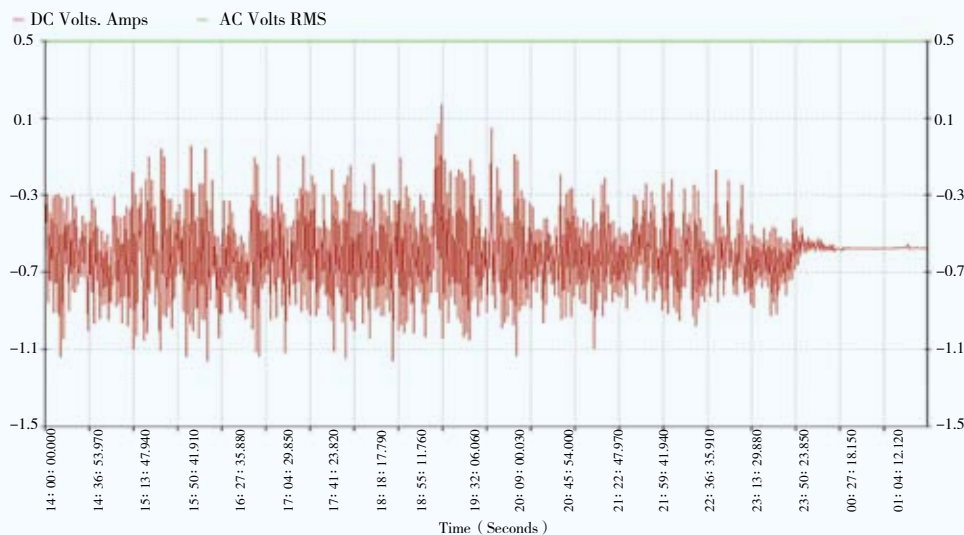
这次测试选定供热厂闸井1号和2号、调压站闸



1-管道; 2-测试导线; 3-电压表; 4参比电极; 5-测试桩

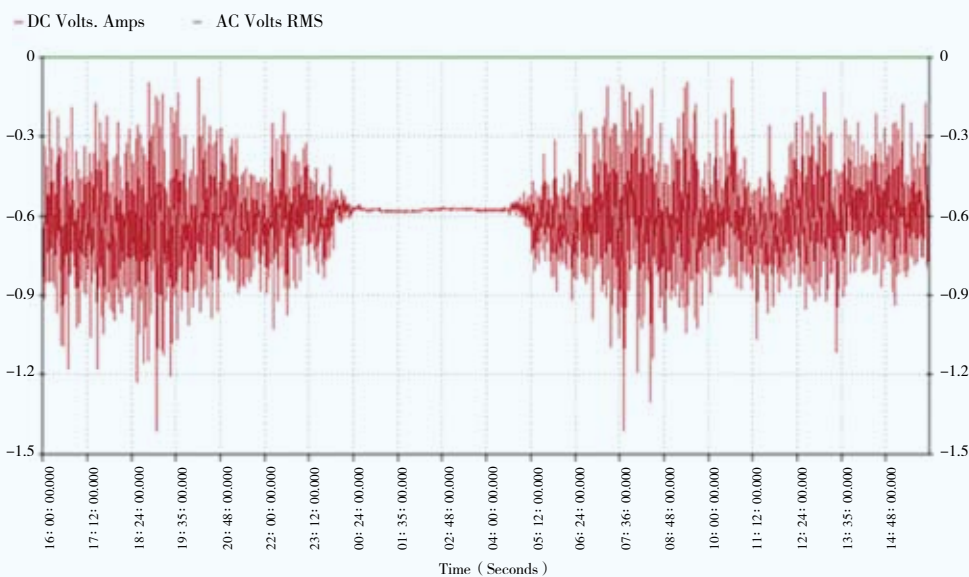
图2 直流干扰管地电位测试接线图

井3号,共3个测试点进行了管线的管地电位检测。在对供热厂闸井1号、2号和调压站闸井3号的管地电位进行24h管地电位检测之前,测试人员采用常规测试方法现场检测了各测试点的管地电位,管地电位分别为-640mV、-630mV、-502mV,均低于管道的阴极保护电位-850mV的要求。说明前期工程施加的阴极保护已经失效,急需增加牺牲阳极,以满足管道的阴极保护电位要求。在检测开始前切断阴极保护电源,24h后开始检测,检测设置采样周期0.5s,采样时间为24h。利用DL-1数据采集器提供的图像处理软件对各测试点的管地电位进行绘图,如图3所示。



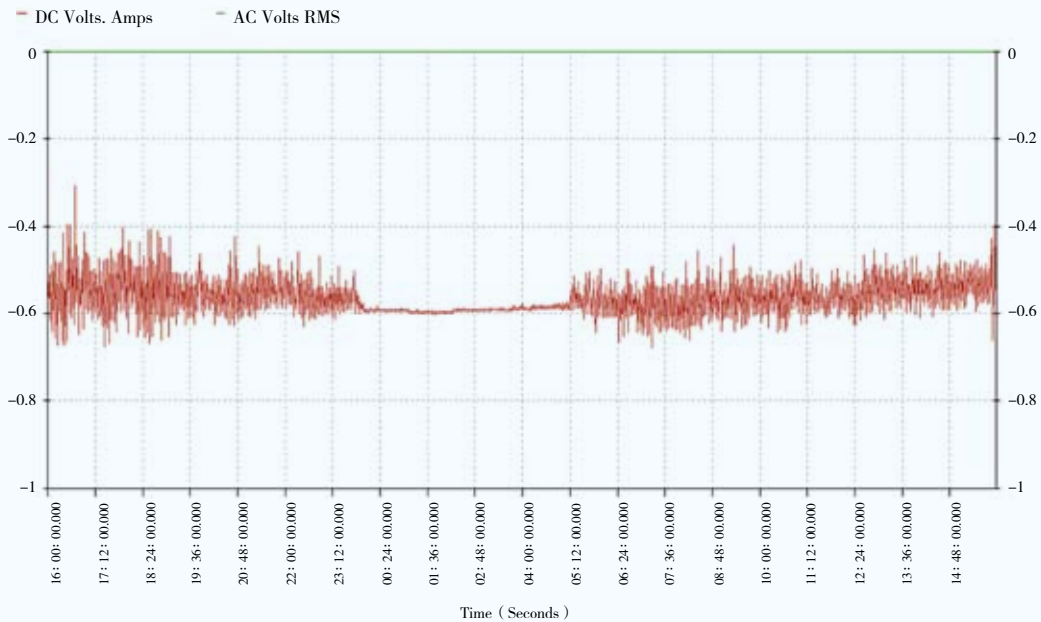
Unit:No.697 s/n:02933-E20 File: 双热高闸1号.dig 2008-3-20 14:00:00.000

(a) 供热厂闸井1号 24h



Unit:No.697 s/n:02933-E20 File: 双热高闸2号.dig 2008-3-26 16:00:00.000

(b) 供热厂闸井2号 24h



Unit:No.698 s/n:02986-E20 File: 双热调压站2号.dig 2008-3-26 16:00:00.000

(c) 调压站闸井3号24h

图3 管线各测试点24小时监测电位示意图

表1中列出了管地电位的标准差，即一种反映数据分布的分散程度的标准，用来衡量数据值偏离算术平均值的程度。标准差越小，这些值偏离平均值就越少，反之亦然。标准差的结果也证明了管道沿线各测试点的电位波动剧烈程度。因此，从表1所列监测测试点的24h监测数据可以看到，供热厂闸井2号的管地电位波动幅度在3个测试点中最大，最低电位和最高电位之差在1 333mV，而在调压站闸井3号的波动幅度也在417mV，说明管道受到的直流干扰严重。

根据《埋地钢质管道直流排流保护技术标准》SY/T 0017-2006的规定，当管道任意点的管地电位较自然电位（管道在未施加阴极保护时测量的管地电位）偏移20mV时，确认为直流干扰。当管地电位正向偏移值大于200mV时，则判断为强直流干扰<sup>[4]</sup>，如表2所示。

表2 直流干扰程度的判断标准

直流干扰程度	弱	中	强
正向偏移值/mV	<20	20~200	>200

根据直流杂散电流干扰的判断指标，并以管地电位的稳定值作为偏移标准，可以判断3个测试点的干扰程度均为强等级。

表3 供热厂至调压站管线干扰评价

桩号	正向偏移值 (mV)	正向偏移值 (mV)	干扰程度
1号	406	>200	强
2号	491	>200	强
调压站	285	>200	强

由图3中我们看到在0: 00~5: 00时间段内，管地电位的波动非常小，上下不超过 ± 20mV；而在地铁

表1 供热厂至调压站管线测试分析 (单位: mV)

桩号	管地电位(实测)	监测最小值	监测最大值	标准差	稳定值	稳定时间段
供热厂闸井1号	-640	-1 225.61	-170.62	112.92	-577	-
供热厂闸井2号	-630	-1 413.25	-80.2	123.35	-571	00: 25 ~ 04: 32
调压站闸井3号	-502	-725.6	-308.51	28.53	-594	00: 02 ~ 05: 04

运行期间,每隔一定的时间管地电位就会出现一次较大的波动。也可以看出管地电位波动小的时间段在地铁停运的时间段,因此可以判断管道电位的波动和地铁运行的时间规律密切相关。

在地铁运行的高峰时间,每班车间隔时间缩短,地铁运行车次增多,因此,由地铁运行产生的杂散电流强度增大,对管道的干扰影响也随之增大。从地铁运行的原理上分析,地铁的供电电压是固定的,而每列车的运行需要一定的功率,因此在列车运行时铁轨中会产生电流,部分电流泄漏就会造成杂散电流。当每列车运行到测量点附近时,就会造成管道中杂散电流的一个峰值。所以,一方面当地铁车次越频繁,杂散电流出现的峰值就会越频繁,管道中杂散电流的变化频率越大。另一方面在地铁运行高峰期,地铁载客量增大,需要功率也会增大,而电压不变,造成地铁回路中的电流增大,杂散电流的强度变大,因此管地电位的变化幅度也会增大。

为了进一步分析杂散电流对管道的干扰影响程

度,我们在调压站闸井3号附近选择距离地铁10m、50m、100m的不同位置点进行地电位梯度测试,测试结果如表5所示。

表5 土壤电位梯度与干扰电流大小的关系

地电位梯度 (mV/m)	干扰电流的大小
≤0.5	弱
0.5~5	一般
>5	强

从表5数据分析表明,杂散电流的大小与地铁的距离有较大关系。距离地铁10m处的杂散电流矢量大小为7.17mV/m,方向为东南方向。按照表6的判定,杂散电流干扰很强。

从表5数据中看出,随着距离的增大,杂散电流逐渐减小,杂散电流影响也逐渐减小,杂散电流的方向也发生了改变,如图4所示。可能的情况是,在管道上存在电流流入点和流出点,因此应该加强管道缺陷的检测,以避免腐蚀破坏等问题。

表4 地电位梯度测试记录表

桩号	序号	方向	监测值 (mV)	电位梯度 (mV/m)	矢量大小及方向	干扰电流的大小
10m	1	东-西	-66.29	-6.63	7.17	强
	2	北-南	27.24	2.72	东南	
50m	1	东-西	35.41	3.54	3.86	一般
	2	北-南	-15.28	-1.53	西北	
100m	1	东-西	1.85	0.185	1.22	一般
	2	北-南	-12.06	-1.206	西北	

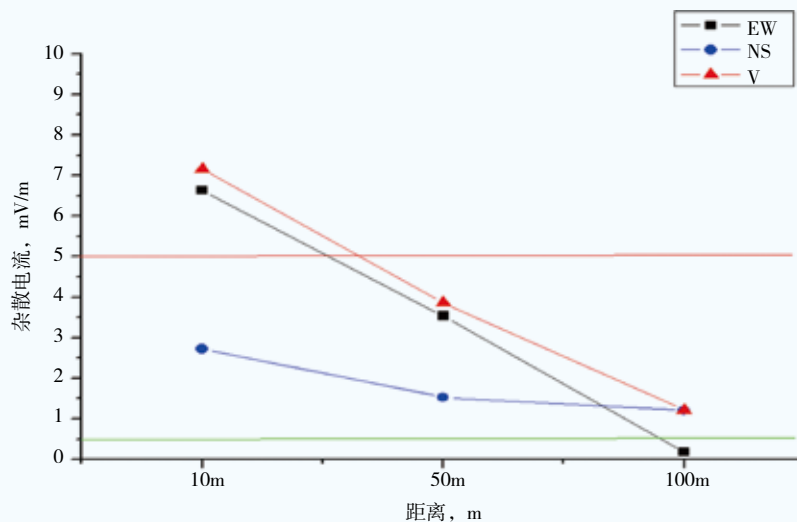


图4 地电位梯度图

### 3 结论和建议

通过对以上管线的检测和分析,可以得出下列结论,提出相应建议:

(1) 钢制管道易受地铁等电气化铁路的直流杂散电流干扰,使管地电位波动幅度很大,造成严重的电化学腐蚀影响,应及时采取直流排流措施或其他防护措施。

(2) 管地电位波动小的时间段在地铁停运的时间段,可以判断管道电位的波动和地铁运行的时间规律相关。地铁运行的高峰时间,每班车次间隔时间缩短,地铁运行车次增多,由于地铁运行产生的杂散电流强度增大,因此对管道的干扰影响也会增大。所以,应该在已测试管线的基础上做进一步现场调查,对杂散电流干扰严重的区域进行监测,主要工作包括:对干扰严重的区域进行干扰源的调查和排流施工,并对排流后的效果进行评定;对施加阴极保护已失效的管线,应该在施加阴极保护后再对干扰进行评价,以确保阴极保护效果;选择其他可能遭受干扰的管线进行监测,尽可能的发现潜在危害,以确保管线的正常运行。

(3) 杂散电流的大小与管道距离电气化铁路的远近有很大关系。随着管道与电气化铁路距离的增大,杂散电流逐渐减小,杂散电流对管道的影响也逐渐减小。并且杂散电流的大小和方向随着两者距离的改变也发生了改变。由此可以看出,在管道的局部可

能存在电流流入点和流出点,所以应该加强管道缺陷的检测。

(4) 对于新建管道,在设计建设初期阶段,应充分考虑杂散电流干扰的影响,对管道沿线进行详细调研,对可能存在干扰的管道,把降低排除干扰的措施提前设计考虑。因为杂散电流干扰随时间、干扰源运行可能发生很大的变化,在管道主体施工和交直流防护措施安装完工后,应检测评价交直流防护的效果,如果不能满足要求,继续采取措施,直到符合技术标准要求。

(5) 应积极与电气化铁路管理部门协调,了解像地铁等电气化铁路直流牵引供电系统中关于限制和减小杂散电流的措施,电气化铁路系统中的防锈措施以及可能受到杂散电流腐蚀或影响其排流效果的结构与设备,以避免可能产生的干扰。

#### 参考文献

- 1 胡士信. 阴极保护程手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000
- 2 陈志光, 秦朝葵, 马飞. 轨道交通动态直流杂散电流检测及判定[J]. 煤气与热力, 2011; 31(10): 35-39
- 3 张攀峰, 于孝春. 受直流杂散电流影响埋地管线的ANSYS模拟[J]. 腐蚀与防护, 2011; 32(2): 146-149
- 4 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

#### 其它消息

## 南京港华与南京华润签订 “出租车油改气推广”战略合作协议

2017年2月28日,南京港华能源投资发展有限公司与南京华润燃气有限公司就“出租车油改气推广”项目正式签订战略合作协议。

经过双方多次磋商,最终达成一致,南京港华能源投资发展有限公司与南京华润燃气有限公司正式结盟,成为战略合作伙伴,并共同出台《出租车油改气推广促销方案》。双方强强联手,

优势互补,旨在更好地拉动南京CNG市场的发展,而刺激CNG市场活力从低谷中反弹。为南京市推广清洁能源利用,及蓝天工程和环保事业贡献一份力量。南京港华燃气有限公司党委副书记朱伟出席了本次签约仪式,并就《促销方案》提出了指导意见。

(杨丽)