

# 高压燃气管道杂散电流干扰的评价分析

□ 武汉天然气有限公司 (430000) 陈春晓 李培 王子敬 周博昊 肖嵩

**摘 要:** 本文通过全面的系统性评估杂散电流对高压燃气管道的影响, 分析了高压管道受杂散电流影响的影响因素, 根据杂散电流种类, 建立起分类评价体系, 并对受杂散电流干扰严重的位置采用排流措施。

**关键词:** 燃气管道 杂散电流 评价体系 排流措施

## Evaluation and Analysis of Stray Current Interference in High Pressure Gas Pipeline

Chen Chunxiao, Li Pei, Wang Zijing, Zhou Boyu, Xiao Song

**Abstract:** This paper comprehensively evaluate the effects of stray current to high-pressure gas pipeline, The influencing factors of the influence of the stray current in the high voltage pipeline are analyzed. According to the type of stray current, establish classification and evaluation system, and the discharge measure is adopted in the position of the serious disturbance of the stray current.

**Keywords:** gas pipe stray current evaluation system discharge measure

### 1 引言

武汉市天然气高压环线管道总长约146km。管道规格为 $\Phi 711 \times 11$ , 管道采用三层PE防腐与强制电流阴极保护联合防护, 管道建成并投入运行8年, 管道沿线周围环境已发生了很大变化, 特别是近年武汉市现代化交通和能源建设的快速发展, 埋地燃气管道存在与输配电系统、电气化铁路及其它电气设施交叉、接近或共用公共走廊的现象, 随之而来, 交/直流杂散电流干扰造成埋地管道腐蚀破坏的风险越来越大。

近年来, 许多地区发生地铁杂散电流对燃气管道腐蚀的报道, 我公司在对整个管道进行全线排查后检

测出23处位置受杂散电流影响。建立高压燃气管道系统的评价体系, 对埋地钢质管道进行杂散电流腐蚀的检测、评估, 并采取排流保护措施, 保障埋地燃气管道的长寿命安全运行具有重大的现实意义。

### 2 交流杂散电流干扰

由高压管道沿线23处测试点的交流干扰测试结果可知:

- (1) 所测试的23处测试点高压管道交流电压平均值和标准偏差均较低, 说明受到的交流干扰较小;
- (2) 所测试的23处测试点高压管道受交流干扰

表1 埋地管道交流干扰测试结果

序号	桩号	最大值 (mV)	最小值 (mV)	平均值 (mV)	波动值 (mV)	交流电流 密度(A/m <sup>2</sup> )	交流干扰 程度	干扰物
1	铁机路站	823	68	828	805	—	弱	地铁
2	东亭站	605	243	281	362	—	弱	地铁
3	岳家嘴站	537	229	358	308	—	弱	地铁
4	仁和路站	1 246	252	896	994	—	弱	地铁
5	工业四路站	1 052	926	977	126	—	弱	地铁
6	和平派出所	1 121	820	963	301	—	弱	地铁
7	关山调压站	997	82	249	916	—	弱	调压站
8	武青十一路	8 300	2 071	2 930	6 229	18.789	弱	高压线铁塔
9	三金潭调压站	650	213	420	437	—	弱	调压站
10	武汉高铁站	907	732	826	175	—	弱	高压线铁塔、高铁
11	地震研究所	191	88	117	104	—	弱	高压线铁塔
12	凤凰二路	4 797	1 883	2 645	2 914	12.175	弱	高压线铁塔
13	舵落口大市场	7 616	1 383	1 572	6 233	8.818	弱	高压线铁塔
14	东风大道沌口支线	514	384	448	130	—	弱	高压线铁塔
15	常福大道	594	435	529	159	—	弱	高压线铁塔
16	东风大道	8 049	2 204	2 550	5 845	6.022	弱	高压线铁塔
17	车城西路	594	435	529	159	—	弱	高压线铁塔
18	武东路	8 315	491	1 586	7 824	5.694	弱	动车基地
19	栗庙阀室	8 329	1 354	2 040	6 975	3.985	弱	阀室
20	五里界门站	35	9	13	26	—	弱	周边场站
21	军山调压站	2 970	632	2 488	2 338	—	弱	周边场站
22	常青万科花园	435	202	276	233	—	弱	常青泵站
23	晨鸣乾发电厂	895	795	834	100	—	弱	发电厂

的程度均为“弱”，可暂不采取交流干扰防护措施；

(3) 高压线铁塔受干扰程度仍然为“弱”，但相对来说较明显，规范要求的高压线塔的距离比较小，高压线塔及接地体会产生交流点干扰，影响管道的阴极保护系统，在后期应该对高压线塔交流杂散电流的干扰的影响重点关注。

### 3 管道直流杂散电流干扰

由埋地管道沿线土壤电位梯度测试结果可知：

(1) 在23处测试位置中，6处受地铁杂散电流干扰的，除岳家嘴站由于间距较远，干扰程度为“中”

以外，其余干扰程度均为“强”；3处受埋地高压线干扰的，干扰程度为“强”；武汉高铁站受到220kV高压线铁塔及高铁杂散电流干扰，干扰程度均为“强”；统计发现，受地铁、埋地高压线及高铁这三类容易产生强的直流干扰，需采取直流干扰防护措施，以免管道遭受杂散电流腐蚀穿孔而泄漏；

(2) 受高压线铁塔、动车基地、阀室、周边场站、常青泵房、电厂等杂散电流干扰的，干扰程度为“中”，暂时可以不用采取措施，应主要以检测为主。

我们选取其中工业四路站做数据分析，受到地铁轨道动态杂散电流的干扰，杂散电流源随着地铁运行的位置不同而变化，杂散电流方向较散乱。

表2 埋地管道沿线土壤电位梯度测试结果

序号	测试桩位置	干扰源	直流干扰程度	
			水平	垂直
1	铁机路站	地铁	强	中
2	东亭站	地铁	强	强
3	岳家嘴站	地铁	中	中
4	仁和路站	地铁	强	强
5	工业四路站	地铁	强	强
6	和平派出所	地铁	强	强
7	关山调压站	埋地高压线	强	中
8	武青十一路	埋地高压线	强	强
9	三金潭调压站	埋地高压线	中	强
10	武汉高铁站	高压线塔、高铁	强	中
11	凤凰二路	高压线铁塔	中	中
12	地震研究所	高压线铁塔	弱	中
13	舵落口大市场	高压线铁塔	中	中
14	东风大道沌口支线	高压线铁塔	中	中
15	常福大道	高压线铁塔	中	中
16	东风大道	高压线铁塔	中	中
17	车城西路	高压线铁塔	中	中
18	武东路	动车基地	弱	中
19	栗庙阀室	阀室	中	弱
20	五里界门站	周边场站	弱	中
21	军山调压站	周边场站	中	中
22	常青万科花园	常青泵房	中	中
23	晨鸣乾发电厂	电厂	中	中

地铁运行时间段（6:00-23:00）与地铁停运时间段（0:00-6:00/23:00-0:00）土壤电位梯度可知，地铁停运时间段这三处测试桩的土壤电位梯度较地铁运行时间段的土壤电位梯度低。由此可以判定地铁的运行产生了对燃气管道强的直流杂散电流的干扰。

#### 4 管道杂散电流排流建议方案

表4为地铁沿线铁机路站、岳家嘴站、仁和路站、工业四路站、和平派出所5处管道的管地电位测试结果，由测试结果可知：这5处测试点的管地电位在地铁运行期间存在严重的波动，管道管地电位间歇性地发生正向偏移或负向偏移，而当地铁停运后，管道管地电位波动明显减弱，因此，可以判断地铁四号线沿线的牵引变电所的DC750V直流电为地铁沿线的直流干扰源，牵引变电所通过接触轨授电，走向轨回流，并且接触轨和导向轨不可能做到100%的与大地绝缘断开，且泄露的直流电流造成管道沿线杂散电流干扰。这一运行电流对地铁沿线土壤中的管道形成了直接的直流杂散电流干扰，其表现形式为在管道的一侧由于大量直流杂散电流的流入使得管道管地电位负向偏移极化，形成阴极区；而在管道的另一侧由于电流释放到土壤中，管道的管地电位将向正方向偏移，形成阳极区。在直流杂散电流形成的管道阴极区，由

表3 工业四路站土壤电位梯度测试结果

方向	最大值 (mV/m)	最小值 (mV/m)	平均值 (mV/m)	合成值 (mV/m)	直流干扰程度	测试时间	备注
//1	8.430	-7.000	1.365	4.264	强	15:00-15:29	地铁运行
⊥1	7.195	0.650	4.040		强		
//2	8.550	1.650	5.235	5.615	强	15:29-15:59	地铁运行
⊥2	9.000	-6.700	2.030		强		
//3	6.690	1.135	3.835	4.142	强	17:00-18:00	地铁运行
⊥3	7.340	-3.605	1.565		强		
//4	8.535	-0.860	3.040	5.589	强	20:34-22:00	地铁运行
⊥4	7.210	2.910	4.690		强		
//5	3.220	2.610	2.960	5.512	中	23:35-01:35	地铁停运
⊥5	4.855	4.545	4.650		中		
//6	0.530	0.200	0.360	1.229	弱	5:05-5:35	地铁停运
⊥6	1.370	0.960	1.175		弱		

注：//——平行管道；⊥——垂直管道；方向符号后面的数字表示在不同的时间段对管道杂散电流进行测试，测试结果的“+”、“-”仅表示土壤电位梯度的方向发生改变，即杂散电流的方向改变。

表4 埋地管道沿线部分测试点管地电位波动测试结果

测试地点	最大值 (V, CSE)	最小值 (V, CSE)	平均值 (V, CSE)	备注
铁机路站	-0.844	-1.223	-1.1856	地铁运行
岳家嘴站	-0.553	-2.883	-1.423	地铁运行
仁和路	6.028	-8.737	-1.428	地铁运行
仁和路	2.552	-7.718	-1.510	地铁运行
仁和路	-1.367	-1.721	-1.541	地铁停运
仁和路	0.805	-3.612	-1.555	地铁运行
工业四路站	1.084	-3.813	-1.462	地铁运行
和平派出所	2.177	-4.870	-1.3369	地铁运行
和平派出所	0.816	-3.114	-1.291	地铁运行
和平派出所	-0.093	-3.449	-1.338	地铁运行

于管地电位负偏移过大,将可能导致该部位管道表面土壤中的水分子发生阴极反应,管道表面pH值升高,产生管道防腐层阴极剥离,并且大量产生的氢原子溶解到管道钢铁基体中,氢原子与氢原子结合,产生氢分子,从而会导致高强度钢的氢脆。而在直流杂散电流形成的管道阳极区,由于伴随着杂散电流从管道中流向土壤,将在金属/电解质(土壤)界面发生阳极反应,导致金属氧化(分解)。这种腐蚀遵循法拉第电解定律,即对于裸铁或碳钢表面,若1A的阳极电流流出,将分解9.1kg/a的铁,当阳极区集中在管道防腐层较小的破损点处,这种杂散电流引起的阳极腐蚀将会导致管道在非常短的时间内的腐蚀穿孔。

因此,地铁沿线管道直流杂散电流造成的管道阳极区或阴极区,其入地杂散电流都将对管道的安全运行造成严重的危害,必须引起足够的重视并加以防范。

## 5 解决措施

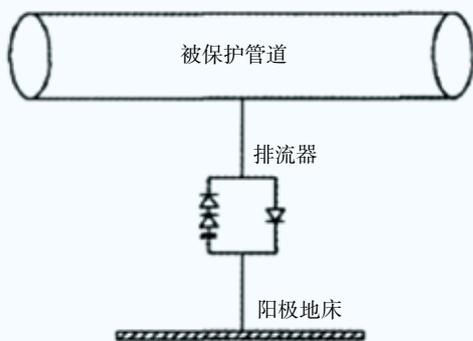


图1 排流器与被保护管道、排流地床连接示意图

图1为排流器与保护管道连接的示意图,锌块作为排流地床,在被保护管道和排流地床(深井式或浅埋式)之间连接复合型排流器。

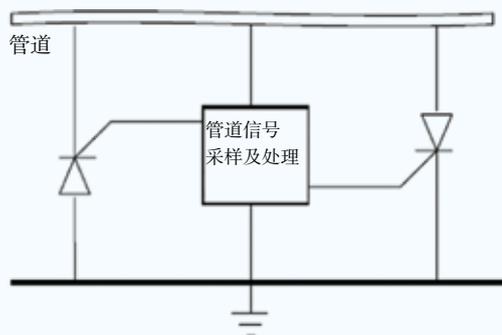


图2 排流器工作原理图

考虑高压管道沿线存在严重的直流干扰,并且随着城市周边高压电网的发展,管道沿线不可避免的存在一定的交流干扰,为防患于未然,拟采用同时排除直流和交流杂散电流的复合型排流器,该排流器采用先进的电气元件和固态技术金属壳体,对多种电磁干扰(雷电磁脉冲、过电压、杂散电流和故障电流等)进行有效的安全接地,因而实现多种保护功能,主要原理是对管道电信号进行采样和处理后,控制晶闸管的通断,从而达到有控制地进行排流。

## 6 结论

(1) 通过本次对我公司整个高压管线的完整的检测,对所有产生杂散电流的干扰源进行排查。建立完善的高压管道杂散电流检测系统,对后期高压管道的安全运行十分必要。

(2) 虽然交流电干扰的影响程度远小于直流电干扰,高压线塔交流干扰影响较为明显,后期可以将高压线塔交流干扰列入监测范围。

(3) 地铁及埋地高压线直流杂散电流的干扰为主要的因素。通过分析发现地铁、埋地高压线两类易产生强的杂散电流干扰,必要时需采取强排流措施进行排流。

(4) 在后期市政的规划建设中,对地铁、埋地高压线需保证更充裕的安全间距,提供了更加充分的理论依据,并对杂散电流做重点监测,防止强杂散电流危害燃气管道的安全。