

智能远传测试桩 在高压燃气管道监测分析中的应用

□ 武汉市天然气有限公司 (430000) 余杰

摘 要: 本文利用新型的智能远传测试桩,对高压燃气管道阴极保护电位进行连续、精确的实时检测,得到了连续的电位数据。通过数据波动情况进行了杂散电流干扰分析。最后对存在的问题提供了几种解决方案。

关键词: 燃气管道 杂散电流 实时监测

1 前言

武汉市天然气有限公司成立于2003年6月,经过十余年的发展,现有高压燃气管道共146.88km。管道规格为 $\Phi 711 \times 11\text{mm}$, L290钢制管道,采用3PE防腐涂层,外加强制电流保护。

2012年底,地铁2号线正式投运,武汉轨道交通建设也越来越快,平均每两年就会有一条新线投入使用。截至2017年11月,正式投运的有1、2、3、4、6号线,共计5条线路。随之而来的是地铁运行中带来的直流杂散电流干扰。特别是4号线铁机路站等站点,建站位置离高压燃气管道较近,因此造成的干扰也比较强烈。

根据武汉市交通发展战略研究院规划,远期轨道交通会继续向远城区外延,如图1所示,届时轨道交通对武汉市燃气管网的影响会进一步加剧。

2 杂散电流的危害性

杂散电流按干扰源来源可以分为交流杂散电流,直流杂散电流以及地磁感应电流。本文中涉及的干扰源为高压变电站、地铁站、有轨电车站等场所,故主要讨论前两者的危害及解决方案。

2.1 交流杂散电流的危害

在管道防腐层出现破损和管道与交流干扰源并行的情况下,会产生较大的IR降,使得管道真实的阴极保护电位远小于电位测量值,造成阴极保护电位的误判。另外在交流杂散电流干扰的瞬间,会产生较强的电位信号,可能造成防腐层剥离。

2.2 直流杂散电流的危害

直流干扰会引起管道的严重腐蚀,腐蚀的速率可达到自然腐蚀的几十甚至几百倍。依据法拉第第一定律 $M=KI t$,钢管电化当量取 $1.039\text{g}/(\text{Ah})$,则1A的直流电流1年可使钢铁腐蚀大约9.1kg。而腐蚀位置通常发生在管道防腐层破损处,因而极易导致管道穿孔。

3 测试情况分析

在2014年6月出具的《防腐层检测报告》中,我们选取了高压沿线的23处检测点进行测试,并对结果进行了分析^[1]。由于测试点经常受到干扰,且无法做到同步通断,难以消除土壤IR降,在人工测试过程中总会存在一定偏差。于是我公司于2014年初进行了远传测试桩试点,远传桩增加了埋设在管道附近的极化探头,并在桩内安装了数据采集、发射装置。试点结

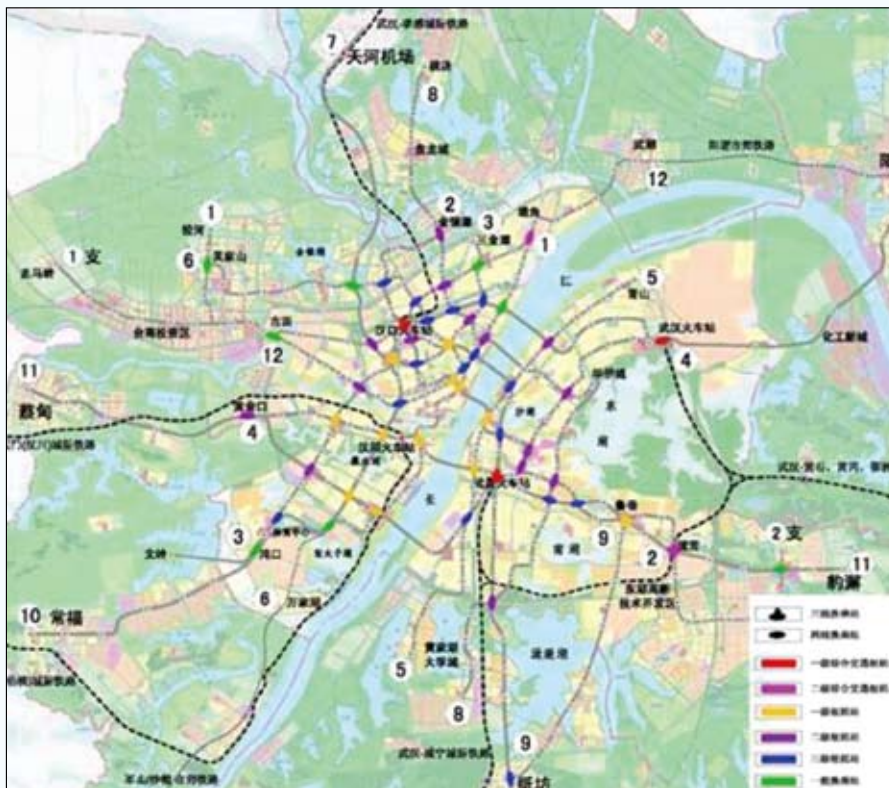


图1 武汉市轨道交通远景年规划示意图

果表明能有效消除IR降,使数据准确度提高,于是进行全管线推广。高压沿线共选取测试点54处,除上述报告中干扰严重的点外,还选取了离地铁站、高压变电站等较近的可能干扰点以及少量参照点。

由于第三方施工损坏或信号接收不良,共有4处测试点从本次测试中移除,剩余测试桩均全程进行测试。本次测试周期为2017年7月整月,24h不间断测试,频率为1次/min,汇总结果如表1所示。表中断电电位为断电瞬间(50ms)测得的极化探头的极化试片对地电位,管道交流电压为交流干扰源在管道上耦合产生的交流电压值,测试结果基本与预期情况相符。

3.1 交流杂散电流干扰情况

根据《埋地钢质管道交流干扰防护技术标准(GB/T 50698—2011)》规定,交流干扰电压低于4V,或交流干扰电流密度小于 $60\text{A}/\text{m}^2$,以上情况可不采取交流干扰防护措施。

上述测试点中,29处干扰电压小于4V,如图2所示,即为24号五里界门站测试点,测试期间干扰电压基本保持在 $0.5\text{V}\sim 2\text{V}$ 之间;剩余21处大部分时间电压都小于4V,偶尔会有强干扰使瞬时电压升高,但电

流密度均在 $10\text{A}/\text{m}^2$ 范围内,如图3所示,即为31号轻轨旁测试点,除7月23日8:00瞬时电压升至 19.6V 外,其它时间干扰电压都在4V以内。因此可认定测试点符合规范要求,暂时无需采取交流干扰防护措施。

3.2 直流杂散电流干扰情况

根据《埋地钢制管道直流排流保护技术(SY/T 0017—2006)》规定,处于直流电气铁路、阴极保护系统及其他直流干扰源附近的管道,当管道上任意点的管地电位较自然电位正向偏移 20mV 时,或管道附近土壤的电位梯度大于 $0.5\text{mV}/\text{m}$ 时,就确认有直流干扰。

上述测试点中,仅45号点数据平稳,表明周边无直流杂散电流干扰,如图4所示。但该测试点断电电位一直维持在 $-1\ 300\text{mV}$ 左右,根据《埋地钢质管道阴极保护技术规范(GB/T 21448—2008)》规定,保护电位的上下限阈值范围为 $-850\text{mV}\sim -1\ 200\text{mV}$,因此该点处于过保护状态,需适量降低此点阴极保护强度。

20号、25号和39号3处测试点波动较小,且电位极值仍在保护范围内,如图5所示,即为20号点直流干扰数据,除去7月21日22:55异常波动外,其它时间均在保护电位范围内,无需采取直流干扰防护措施。

表1 阴保检测检验数据汇总

序号	设备编号	测试点所在位置	断电电位情况	断电电位极值		管道交流电压数据情况
				Umin/mV	Umax/mV	
1	NXT23602	全力三路与东风大道交叉路处	欠保护	-2 357	844	< 4V
2	NXT23606	三金潭门站后处	欠保护	-1 571	-311	> 4V, < 10A/m ²
3	NXT23607	下三环右转平安辅转弯点处	欠保护	-1 378	-341	< 4V
4	NXT23657	团结大道鑫东方超市门口	波动较大	-1 576	940	< 4V
5	NXT23658	春笋集团三环线下匝道信号发射塔处	欠保护	-1 216	-403	> 4V, < 10A/m ²
6	NXT23659	青王路废加油站后面	欠保护	-5 210	4 328	> 4V, < 10A/m ²
7	NXT23663	全力五路近点处	正常	-5 031	1 942	< 4V
8	NXT23665	团结大道和平派出所红绿灯路口处	欠保护	-1519	-138	> 4V, < 10A/m ²
9	NXT23667	中冶南方原测试桩	过保护	-4 600	-1 200	> 4V, < 10A/m ²
10	NXT24368	光谷小火车站远点	欠保护	-1 060	-510	> 4V, < 10A/m ²
11	NXT24479	地铁八号线13号桥墩处	正常	-1 493	-396	> 4V, < 10A/m ²
12	NXT24484	团结大道杨春湖国能加气站门前	欠保护	-1 016	-745	< 4V
13	NXT24485	三环线与地铁二号线交汇处远点	欠保护	-1 762	-355	< 4V
14	NXT24486	江夏区坝田湾	正常	-1 286	-759	> 4V, < 10A/m ²
15	NXT24503	三环线与南湖轻轨交叉口处	正常	-1 486	-456	> 4V, < 10A/m ²
16	NXT24505	4号线地铁东亭路C出口处	正常	-1 328	-926	< 4V
17	NXT24509	秦园东路水岸新城	欠保护	-898	-449	< 4V
18	NXT24511	三环线与城际铁路交叉路边远点	欠保护	-1 325	-247	< 4V
19	NXT24513	青王公路进武东路口	欠保护	-1 202	-76	> 4V, < 10A/m ²
20	NXT24515	江夏翁家堰湾	正常	正常	正常	< 4V
21	NXT24516	地铁六号线姑嫂树垃圾站远点	欠保护	-1 453	201	< 4V
22	NXT24519	三环线与城际铁路交叉路边	正常	-1 809	-473	< 4V
23	NXT24543	全力五路远点处	欠保护	-15 167	2 677	> 4V, < 10A/m ²
24	NXT24775	五里界门站	正常	-1 426	798	< 4V
25	NXT24779	江夏区金湾沈	正常	正常	正常	> 4V, < 10A/m ²
26	NXT24781	地铁八号线13号桥墩处远点	欠保护	-1 679	156	> 4V, < 10A/m ²
27	NXT24782	三环线与地铁二号线交汇处近点	欠保护	-1 340	31	< 4V
28	NXT24794	4号线地铁铁机路D出口处2	过保护	-5 125	1 564	> 4V, < 10A/m ²
29	NXT24797	团结大道与三环线交叉桥下	正常	-2 000	-100	< 4V
30	NXT24798	4号线地铁工业四路B出口处200m处	正常	-1 469	15	> 4V, < 10A/m ²
31	NXT24799	三环线与轻轨处远点处	正常	-1 384	-340	> 4V, < 10A/m ²
32	NXT24800	滨湖门站出站口1m处	正常	-1 202	-659	> 4V, < 10A/m ²
33	NXT24804	团结大道和平派出所后200m处	正常	-1 206	-241	< 4V
34	NXT24805	三环线竹叶海西侧远点	欠保护	-907	1 110	> 4V, < 10A/m ²
35	NXT24806	三环孟家铺汉阳大道处	波动较大	-1 639	-308	< 4V
36	NXT24808	车城南路与东风大道西南处	欠保护	-4 750	2 354	< 4V
37	NXT24841	滨湖社区	欠保护	-9 093	2 077	< 4V
38	NXT24842	武汉火车站与工业四路中间黄鹤路段	正常	-1 040	-930	> 4V, < 10A/m ²
39	NXT24843	地铁六号线姑嫂树垃圾站处	正常	正常	正常	< 4V

(续表)

序号	设备编号	测试点所在位置	断电 电位情况	断电电位极值		管道交流电压数据 情况
				Umin/mV	Umax/mV	
40	NXT24845	2号南延长线5标	欠保护	-1 091	-669	< 4V
41	NXT24846	关山高中压调压站	欠保护	-984	-643	< 4V
42	NXT24847	4号线地铁铁机路D出口处1	欠保护	-804	-610	< 4V
43	NXT26213	江夏区南家河	欠保护	-1 150	400	< 4V
44	NXT26216	武昌秦园路与临江大道交汇处	欠保护	-815	-415	> 4V, < 10A/m ²
45	NXT26227	黄龙山南路中冶连铸2号门对面花坛中	过保护	-1 350	-1 300	< 4V
46	NXT26228	武昌区岳家嘴立交桥东北角路边	欠保护	-10 633	23	< 4V
47	NXT26229	车城南路有轨车站2处	欠保护	-8 320	3 678	< 4V
48	NXT26232	群英出站处	正常	-1 253	-704	> 4V, < 10A/m ²
49	NXT26233	地铁六号线姑嫂树垃圾站处	正常	-1 354	-581	< 4V
50	NXT26234	三金潭门站后远点处	欠保护	-1 256	62	< 4V

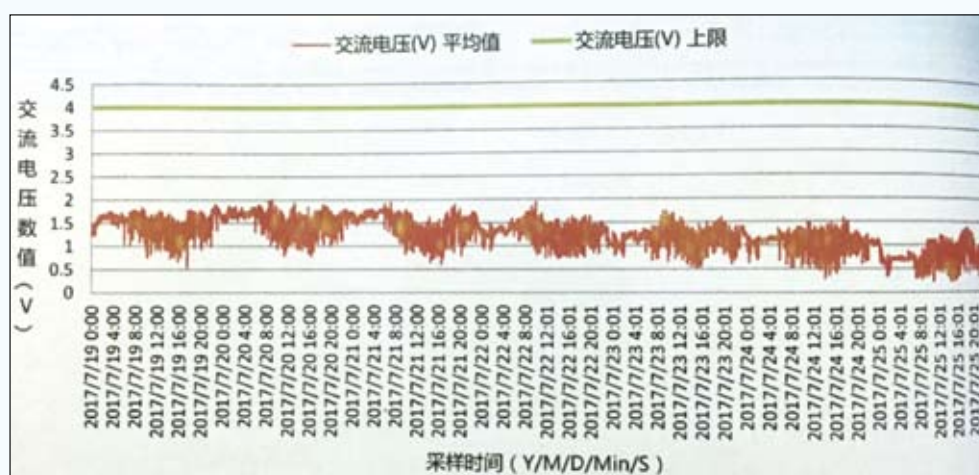


图2 NXT24775交流杂散电流干扰数据图

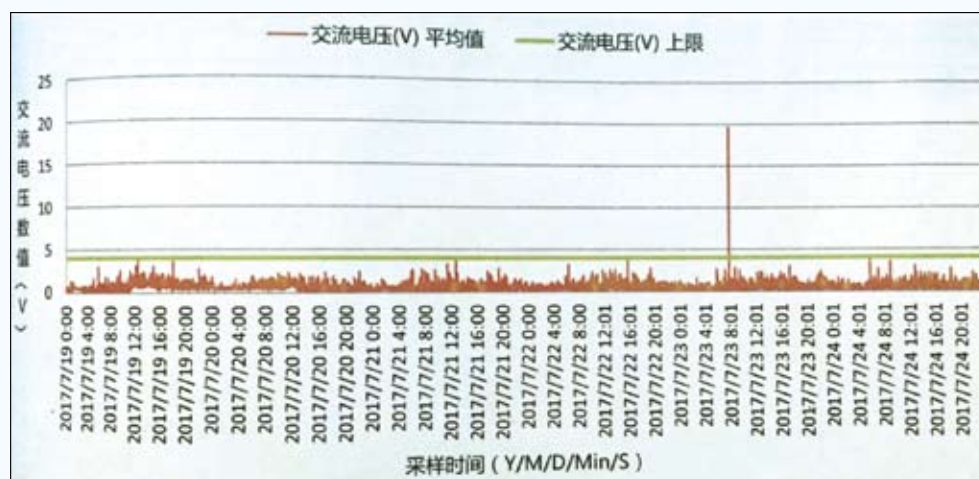


图3 NXT24799交流杂散电流干扰数据图

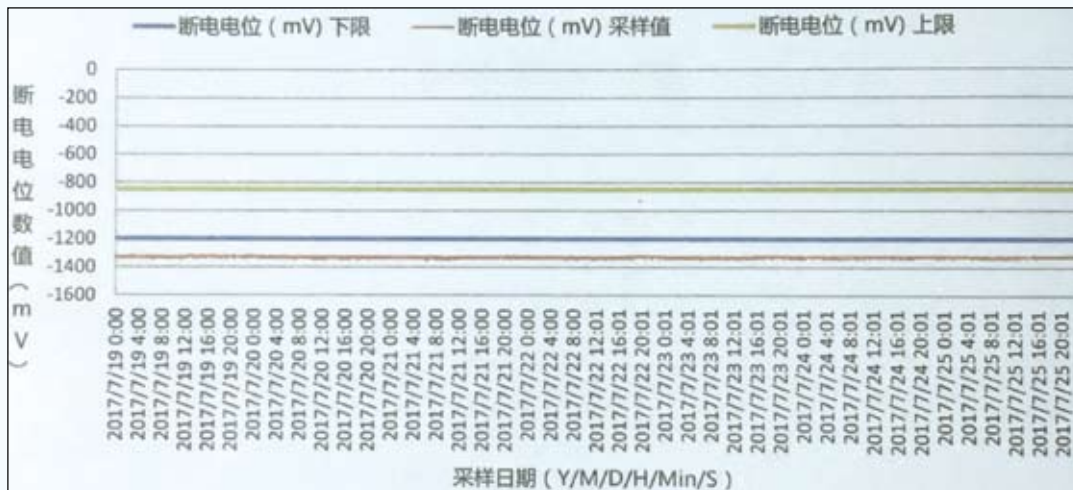


图4 NXT26227直流杂散电流干扰数据图

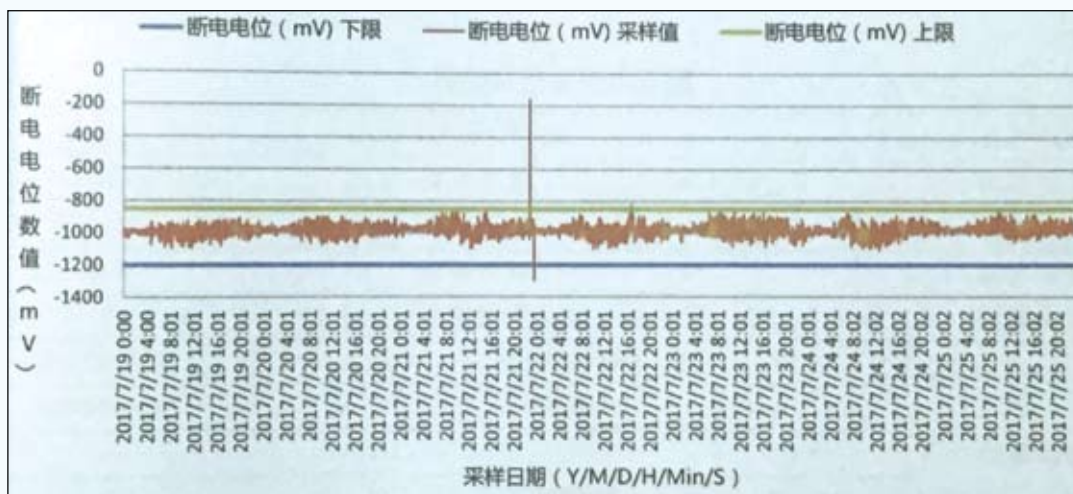


图5 NXT24515直流杂散电流干扰数据图

而其它点均有不同程度电位波动，其中18处电位波动剧烈，电位最大值已到正值。以6号和23号为例，主要干扰源分别为地铁和有轨电车，如图6、图7所示。

图6、图7处于管道交变区，断电电位波动剧烈，杂散电流流入或流出管道方向不断变化，且断电电位值均超过保护电位范围，根据《埋地钢质管道直流干扰防护技术标准（GB50991-2014）》规定，上述测试点急需采取直流干扰防护措施。

观察图5至图7数据，电位值呈周期性波动，图5、图6主要干扰源为地铁，在4:30~24:00地铁运营阶段，波动幅度最大；而图7主要干扰源为有轨电车，因此波动时间段为5:30~19:00。

4 解决方案及建议

4.1 排流保护

对于现存干扰点，进行排流保护依旧是最直接高效的手段。

虽然测试情况表明交流杂散电流干扰并不严重，无需采取防护措施。但是考虑到武汉市正处于高速发展时期，今后在高压沿线可能会有更多高压电网建设，为避免二次保护，建议采用复合型排流器，如图8所示。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。

4.2 前期协调

表1中干扰最严重的点多来自于地铁4号线，而4

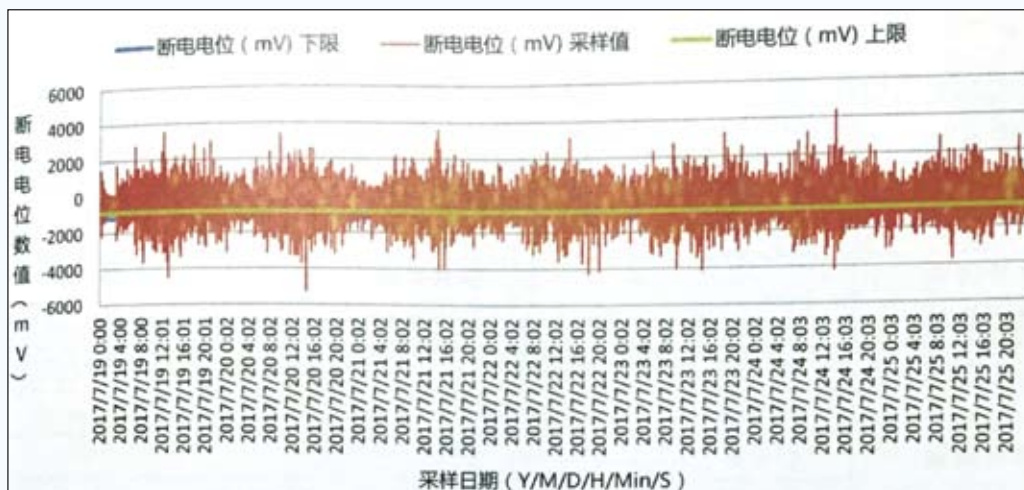


图6 NXT23659直流杂散电流干扰数据图

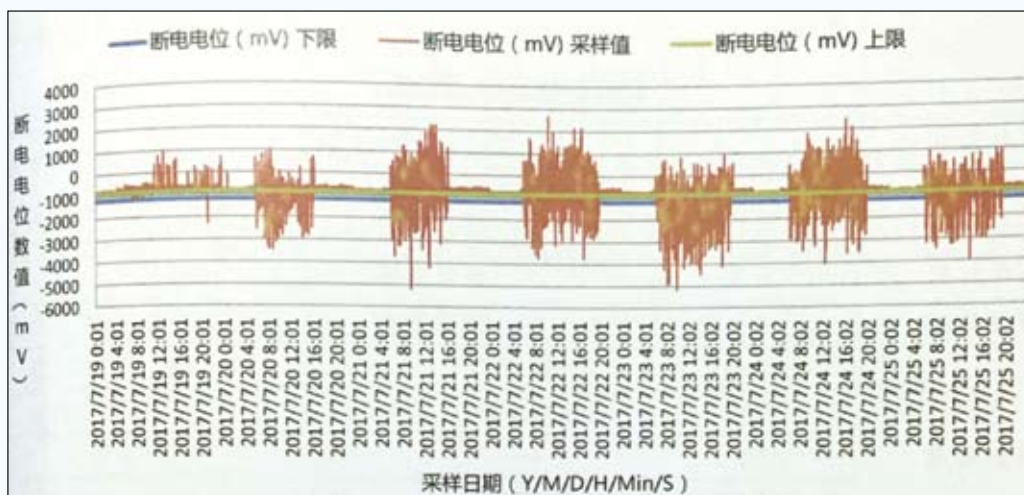


图7 NXT24543直流杂散电流干扰数据图

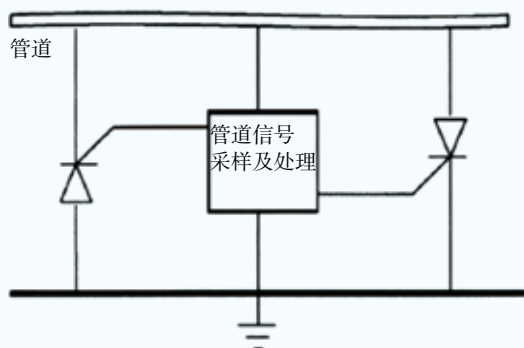


图8 复合型排流器

号线建设前期并未与管线单位做好对接工作，最终造成了部分站点与燃气管道距离过近的局面。因此，如果能在建设前的规划设计阶段就做好协调工作，将地

铁站尽量建在离燃气管道较远的位置，就能很大程度上消除或减少杂散电流干扰。对于无法调整位置的站点，且根据现有经验，可能会造成杂散电流干扰的，可以在满足规范要求的前提下，明确增加排流保护的相关条款，在建站时进行配套施工。一可以减少施工成本，二可以提前设置预防措施，三可以避免因后期检测到干扰而产生的一系列纠纷。

4.3 建立标准

除开施工质量等人为因素，造成干扰最根本的原因是双方规范要求不同。相对燃气方，地铁方对排流的设计要求会“略显宽松”，双方都依据自己的规范要求与设计施工，结果就产生了冲突。因此，双方统一标准才能从根源上处理这类问题。由于涉及到不

同单位,因此建议双方共同委托一家专业机构,作为第三方进行杂散电流干扰情况的检测及分析。

这样得出的结论就能为4.2中沟通协调提供依据,若能以此为基础进一步建立统一标准,就能从根源上减少杂散电流。

5 结语

近年来,国内对杂散电流的研究越来越多,相关文献^[2-4]也有不少。而对武汉市来说,燃气管道杂散电流干扰还算是比较新的领域,5年前还只停留在理论阶段,随着2012年底地铁2号线正式通车,轨道交通线路也开始爆发式增长。

而相应的强干扰点也由之前的8处变为现在的18处,前景不容乐观。前面提到的解决方案中,设置排流装置是我们的一贯处理方式,但这终究是治标不治本,只有建立统一标准才有解决根源问题的可能性,但修订标准牵连甚广,特别是跨行业标准,会存

在更多问题,短期内难以实现。

当然,为了解决越来越多的问题也会带来技术的革新。目前我们使用的智能远传测试桩就是技术革新的产物,实时性强、精确度高等均是它的优点,但目前也存在成本较高、信号传输易受干扰等问题,而这些正是我们下一步需要解决的重点。

参考文献

- 1 陈春晓等. 高压燃气管道杂散电流干扰的评价分析[J]. 城市燃气, 2017; 4: 16-19
- 2 鲍元飞等. 交流杂散电流干扰对埋地管道阴极保护电位的影响[J]. 腐蚀与防护, 2016; 37(2): 156-159
- 3 孙银娟等. 天然气管道杂散电流干扰监测及防护措施[J]. 油气田地面工程, 2015; 34(9): 76-78
- 4 高玉珍. 轨交杂散电流对天然气主干网的腐蚀影响及防护探究[J]. 上海煤气, 2016; 2: 6-11, 31

其它消息

湖南省“十三五”天然气发展规划出炉

2018年2月2日,从湖南省发改委获悉,《湖南省“十三五”天然气发展规划》已正式出炉。根据规划,湖南将加大天然气对外合作和页岩气资源勘探开发力度,力争到“十三五”末全省建设天然气长输管道3400km左右,煤矿瓦斯年抽采量达到1.09亿m³。

了解到,“十二五”期间,随着西二线樟湘支线的建成投产,湖南全省管道天然气管输能力从19亿m³/a提高到49亿m³/a,新增长输天然气管道584km,总里程达1376km。

根据规划,到“十三五”末,力争全省基本实现天然气利用“全覆盖、县县用”的总体目标。消费总量方面,全省天然气消费量达到85亿m³以上;用气结构方面,全省县级以上城市100%实现天然

气利用,地级市城区居民用户天然气用气普及率达到80%以上,气化人口超过1600万;管网建设方面,力争全省建设天然气长输管道3400km左右,建设改造城镇管网3万km。

围绕“实现页岩气产业跨越式发展”的战略目标,湖南将加强页岩气研究工作,开展勘查开发关键技术攻关,加大页岩气勘查力度,积极推进勘查示范工程建设。加快推进煤层气开发利用,“十三五”末煤矿瓦斯年抽采量达到1.09亿m³;推进渣渡、洪山殿、白沙等9个瓦斯重点矿区勘探工作,建设地面瓦斯开发利用示范区3个~4个;新建瓦斯发电站20座,新增瓦斯发电装机容量3.4万kW。

(本刊通讯员供稿)