

Research on Detection Method of External Anticorrosion Layer of Buried Gas Steel Pipe

Shengqiang Chen

Nanchang Urban Planning and Design Institute, Nanchang, Jiangxi, 330038, China

Abstract

Combined with the test data of high-pressure gas external anti-corrosion coating, cathodic protection potential and interference current test items in the first bid section of Wanli station Lehua station of Nanchang gas group, this paper introduces the overall quality and damage of gas pipeline external anti-corrosion coating by AC current attenuation method (current method in multi-frequency tube) and AC potential gradient method.

Keywords

gas; current method in multi-frequency tube; AC potential gradient method; anti-corrosion layer; external corrosion layer damage

埋地燃气钢管外防腐层检测方法研究

陈胜强

南昌市城市规划设计研究总院, 中国·江西 南昌 330038

摘要

论文结合南昌市燃气集团湾里站—乐化站一标段高压燃气外防腐层及阴极保护电位与干扰电流检测项目的检测数据作为数据依据,介绍了通过交流电流衰减法(多频管中电流法)、交流电位梯度法技术检测燃气管道外防腐层总体质量状况及外防腐层破损情况。

关键词

燃气;多频管中电流法;交流电位梯度法;防腐层;外防腐层破损

1 引言

埋地燃气钢管的腐蚀控制工程主要包括管道的外防腐层和阴极保护,管道外防腐层构成管道腐蚀控制的第一道防线,而阴极保护则是对管道外防腐层的完善和补充。埋地燃气钢管的阴极保护主要是给管道施加阴极极化电流,使管道防腐层表面管壁的电位阴极化到电化学热力学上的稳定态,从而避免由于防腐层的破损造成金属管壁的腐蚀^[1]。按照相关专业规范要求,在埋地管道的施工及运行管理的过程中,

检测与调查埋地燃气钢管外防腐层的完整性是非常关键和重要的管理内容。

2 埋地管道外防腐层检测方法简介

埋地钢管防腐层常用的检测方法有交流电位梯度法、直流电位梯度法、皮尔逊法、密间隔电位法和交流电流衰减法(多频管中电流法)等,需根据不同的场地环境选择合理的检测方法。现将常用的检测方法的特点进行统计,见表1。

表1 检测方法对比表

检测方法	检测范围	不适用情况	应用要求
密间隔电位法	检测阴极保护工作状态,检测杂散电流影响情况,检测防腐层破损情况	冻土区管线;岩石区或岩石回填区管线	有外加电流保护装置
直流电位梯度法	精确定位防腐层破损位置,破损点腐蚀程度	冻土区管线;岩石区或岩石回填区管线	有外加电流保护装置
交流电位梯度法	精确定位防腐层破损位置,检测防腐层绝缘电阻率	附近有高压输电线	无
皮尔逊法	定位防腐层破损位置	冻土区管线;附近有金属构筑物;有相邻并行管线;岩石区或岩石回填区管线	无
交流电流衰减法(多频管中电流法)	精确定位防腐层破损位置,检测防腐层绝缘电阻率	高压交流输电线的管段	无

【作者简介】陈胜强(1989—),男,中国江西抚州人,本科,工程师,从事工程测量地下管线探测研究。

3 阴极保护系统检测方法简介

3.1 检测内容与方法

本项目需要检测的埋地燃气钢管主要采用的是牺牲阳极保护方法，牺牲阳极保护材料为镁铝合金，待检测管道牺牲阳极直接连接在管道上，本次阴极保护系统检测主要依靠各测试桩处管道的通电电位与交流感应电压来表征管道的保护状态与杂散电流干扰情况。

本项目阴极保护系统检测主要内容包括以下内容：

①管道交流电压：选用数字万用表、便携式自动平衡记录仪和饱和硫酸铜电极，采用参比电极法，记录管道交流电压的最大、最小和平均值。

②管道通电电位：选用数字万用表、便携式自动平衡记录仪和饱和硫酸铜电极，采用参比电极法，记录管道通电电位的电位数据。

③管道断电电位：选用数字万用表、便携式自动平衡记录仪和饱和硫酸铜电极，采用参比电极法，记录管道断电电位的电位数据。

④试片自然电位：选用数字万用表、便携式自动平衡记录仪和饱和硫酸铜电极，使用万用表电极测试试片电位，间接得到管道的自然电位。

⑤埋地牺牲阳极测试：检测阳极开路电位及阳极闭合电位。

3.2 管道腐蚀环境检测方法

依据项目要求，本次对埋地钢管腐蚀环境检测的内容包括直流、交流杂散电流检测及土壤电阻率检测。

3.2.1 直流杂散电流检测

本项目采用管地电位波动测试方法，测试接线如图 1 所示。

3.2.2 交流杂散电流检测

采用管地电位波动测试的方法，当所测管道任意点上的管地交流电位持续 1V 以上时，就确定有交流干扰。

3.2.3 土壤电阻率检测

此检测采用四极电测深法，采用等距法测量从地表至深度为 a （1.3~1.5 倍管道埋深）的平均土壤电阻率。土壤电

阻率测试示意图如图 2 所示。

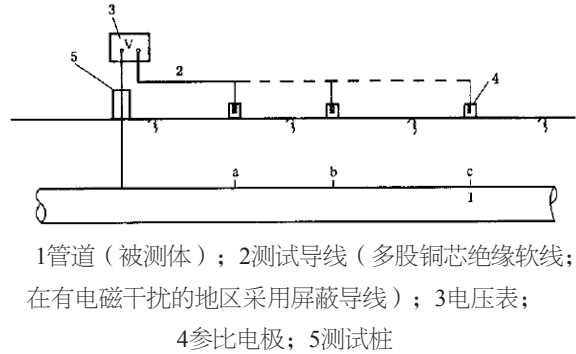


图 1 管地电位测试接线示意图

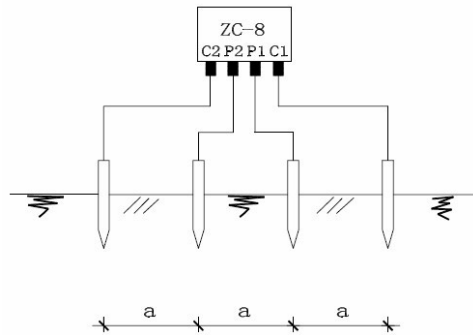


图 2 土壤电阻率测量接线图

4 南昌市燃气集团湾里站—乐化站高压燃气外防腐层腐蚀检测评价

4.1 防腐层漏点检测

本次所检测的管段埋设于 G6001 南昌绕城高速的西侧，地形复杂，施工时多次采用顶管穿越施工技术，检测难度大。根据场地施工环境，选择合理的检测方法。本次防腐层漏点检测使用的方法为交流电位梯度法和多频管中电流法。

对检测的数据进行分析，本项目防腐层漏点情况（见表 2），共发现防腐层异常点总计 14 个，被判定为直埋牺牲阳极的为 11 个，剩下 3 个被判定为防腐层漏点。

表 2 埋地钢质燃气管道防腐层漏点统计表

序号	漏点编号	防腐层破损点概略坐标（m）	漏点情况说明	检测设备	备注
1	G1	X=59975 Y=27909	漏点类型为中等，建议修复	PCM 检测仪	破损点概略坐标采用的是南昌城建坐标系
2	G2	X=59379 Y=27323	漏点类型为中等，建议修复	PCM 检测仪	
3	G3	X=59367 Y=27301	漏点类型为中等，建议修复	PCM 检测仪	

4.2 防腐层绝缘电阻检测评估

本次防腐层绝缘电阻检测采用交流电流衰减法（多频管中电流法）方法，获得的管道防腐层绝缘电阻率数据，依据 GB/T 19285—2014《埋地钢质管道腐蚀防护工程检验》的相关规定进行评级，如表 3 所示。

在对现场进行检测时，大约间隔 50 米采集一组电流数据及管道埋深，对采集的数据由内业计算机进行整合后，再采用专用软件进行分析计算出管道防腐层绝缘电阻率，然后按照上表来进行评级检测，数据见表 4、表 5、表 6。

该段管道检测总长约为 1527m，实际可评价长度为 1527m，其中质量为一级的防腐层长度为 530m，占实际可评价长度的 34.7%；质量为二级的防腐层长度为 377m，占实际可评价长度的 24.7%；质量为三级的防腐层长度为 300m，占实际可评价长度的 19.6%；质量为四级的防腐层长度为 320m，占实际可评价长度的 21.0%。管道防腐层平均电阻率 R_g 值： $102.4k\Omega \cdot m^2$ ；防腐层综合等级为：一级。

该段管道检测总长约为 2095m，实际可评价长度为 2095m，其中质量为一级的防腐层长度为 565m，占实际可评价长度的 27.0%；质量为二级的防腐层长度为 50m，占实际可评价长度的 2.4%；质量为三级的防腐层长度为 520m，

占实际可评价长度的 24.8%；质量为四级的防腐层长度为 960m，占实际可评价长度的 45.8%。管道防腐层平均电阻率 R_g 值： $68.1k\Omega \cdot m^2$ ；防腐层综合等级^[2]为二级。

该段管道检测总长约为 967m，实际可评价长度为 967m，其中质量为一级的防腐层长度为 587m，占实际可评价长度的 60.7%；质量为二级的防腐层长度为 90m，占实际可评价长度的 9.3%；质量为三级的防腐层长度为 115m，占实际可评价长度的 11.9%；质量为四级的防腐层长度为 175m，占实际可评价长度的 18.1%。管道防腐层平均电阻率 R_g 值为 $189.8k\Omega \cdot m^2$ ；防腐层综合等级为一级。

4.3 杂散电流检测

杂散电流是指来源于管道无关的外部电源，并在大地中流动，且能作用于受影响管道的外部电流。土壤中的杂散电流会通过管道的破损点或接地体流入管道，在管道中移动一段距离后，从管道流出后进入土壤中，电流离开和进入管道的位置极易发生腐蚀，此种腐蚀即直流杂散电流腐蚀^[3]。埋地管道与输电线路、电气化铁路及其他电气设施交叉的现象越来越普遍，杂散电流流入管道的情况越来越多，造成埋地管道腐蚀破坏的风险越来越大。因此，对埋地钢管的杂散电流检测显得尤为重要。

表 3 防腐层评级表

防腐层等级	绝缘电阻 ($\Omega \cdot m^2$)	老化程度及表现	维修措施
一级	≥ 100	基本无老化	暂不维修和补漏
二级	$20 \leq R_g < 100$	老化轻微，无剥离和损坏	每二年为一周期进行检漏修补作业
三级	$5 \leq R_g < 20$	老化较轻，基本完整	每年进行检漏和修补
四级	$R_g < 5$	老化较严重，有剥离和较严重的吸水现象	加密测点进行小区段测试，对测出的劣级防腐层进行维修

表 4 防腐层绝缘电阻评价表（一）

起点 (m)	终点 (m)	管段长 (m)	R_g ($k\Omega \cdot m^2$)	防腐层等级	管段说明
4500	4550	50	147.2	一级	检测管段起点和终点距离为相对于湾里高压站的距离。管道埋设于 G6001 南昌绕城高速的西侧，保利半山东侧。疑似阳极包三处
4550	4640	90	25.9	二级	
4640	4680	40	2.6	四级	
.....	
5890	5940	50	11.8	三级	
5940	5950	10	≤ 0.1	四级	
5950	6000	50	≥ 300.0	一级	

表 5 防腐层绝缘电阻评价表（二）

起点 (m)	终点 (m)	管段长 (m)	R_g ($k\Omega \cdot m^2$)	防腐层等级	管段说明
1915	2000	85	107.9	一级	检测管段起点和终点距离为相对于湾里高压站的距离。管道埋设于 G6001 南昌绕城高速的西侧，疑似阳极包八处，防腐层破损点两处
2000	2050	50	≥ 300.0	一级	
2050	2100	50	133.9	一级	
.....	
3870	3920	50	2.8	四级	
3920	3970	50	≤ 0.1	四级	
3970	4010	40	≤ 0.1	四级	

表6 防腐层绝缘电阻评价表(三)

起点(m)	终点(m)	管段长(m)	R _g (kΩ·m ²)	防腐层等级	管段说明
903	993	90	89.2	二级	检测管段起点和终点距离为相对于湾里高压站的距离。管道埋设于G6001南昌绕城高速的西侧,一处疑似阳极包,防腐层破损点一处,穿越一处
993	1050	57	≥300.0	一级	
1050	1080	30	237.1	一级	
.....	
1267	1305	38	≤0.1	四级	
1305	1370	65	5	三级	
1370	1870	500	≥300.0	一级	

根据国家标准 GB21447《埋地钢质管道外腐蚀控制规范》管地电位较自然电位偏移值对直流干扰程度判断指标(见表7)。

表7 管地电位正向偏移值干扰程度指标表

杂散电流程度	弱	中	强
管地电位正向偏移值 mV	< 20	20-200	> 200

依据国标的规定对该项目9个测试桩的杂散电流干扰程度的判定(见表8)。

从杂散电流检测结果看,杂散电流对埋地燃气钢管的

干扰程度均为弱,无需采取排流措施。

4.4 管道阴极保护电位

管道阴极保护电位作为检验阴极保护装置工作的最重要的指标,检测方法是按照现行的标准 GB/T 21448—2008 埋地钢质管道阴极保护参数测量方法。本次检测管道阴极保护电位的方法是参比电极法,检测数据见表9。

通过对该段9处测试桩的电位测试,此段管道保护电位上端均负于-0.850V,由于存在土壤的IR降,所以下端更负于标准中的-1.20V。根据标准判定所检测段的阴极保护电位均处在保护状态。

表8 直流杂散电流检测数据表

序号	检测地点	电位偏移值 mV	干扰程度
1	1号测试桩	19	弱
2	2号测试桩	18	弱
3	3号测试桩	14	弱
4	4号测试桩	16	弱
5	5号测试桩	17	弱
6	6号测试桩	16	弱
7	7号测试桩	13	弱
8	8号测试桩	14	弱
9	9号测试桩	18	弱

表9 管道电位检测表

序号	检测地点	设计里程	保护电位(V)(含R降)	自然电位(V)	保护状况
1	1号测试桩	2K+124	-1.234	-0.492	保护
2	2号测试桩	2K+148	-1.257	-0.427	保护
3	3号测试桩	2K+575	-1.215	-0.450	保护
4	4号测试桩	2K+990	-1.465	-0.510	保护
5	5号测试桩	2K+049	-1.327	-0.410	保护
6	6号测试桩	2K+240	-1.250	-0.420	保护
7	7号测试桩	2K+710	-1.320	-0.450	保护
8	8号测试桩	2K+130	-1.264	-0.360	保护
9	9号测试桩	2K+675	-1.209	-0.432	保护

4.5 土壤电阻率的检测

按照 GB/T 21447—2008 钢制管道外腐蚀控制规范中土壤电阻率对土的腐蚀性评价的判定如表 10。

表 10 土壤电阻率等级划分标准

腐蚀等级	强	中	弱
土壤电阻率 ($\Omega \cdot m$)	<20	20~50	>50

测量的电阻值见表 11。

表 11 土壤电阻率检测表

序号	检测地点	设计里程	电阻率($\Omega \cdot m$)	腐蚀性	电阻率($\Omega \cdot m$)
1	5 号测试桩	2K4+049	62.8	弱	62.8
2	6 号测试桩	2K4+240	50.24	弱	50.24
3	8 号测试桩	2K5+130	326.56	弱	326.56

从土壤电阻率检测数值看,本次检测管道沿线土壤的腐蚀性均为弱。

4.6 检测小结

①在对这段管道防腐层检测中发现有 3 个漏点,和在对防腐层整体进行评估的较差管段漏点数较多这一结果相符合。

②防腐层绝缘电阻综合评级为一级和二级,每二年为一周期进行检漏修补作业即可。

③由于该项目燃气管道均敷设于城市外环,直流杂散电流干扰较少,9 处检测点评级均为弱,无需采取排流措施。

④本次检测的管道段的阴极保护电位都在保护状态中。

⑤本次管道沿线土壤的腐蚀性均为弱。

5 结语

通过对埋地燃气管管外腐蚀检测,全面了解埋地燃气管管外腐蚀状况,有利于制定针对性的防护措施。

采用交流电流衰减法(多频管中电流法)的方法,对埋地燃气管管进行防腐层评估及防腐层破损的检测,并对管道平面位置进行精准定位及深度的探测,便于突发情况的应对及日常管理^[4]。

通过对沿线埋地燃气管管杂散电流的检测,摸清了沿线输电线路、电气化铁路及其他电气设施是否对管道产生影响,决定是否要制定排流措施。

土壤电阻率是土壤腐蚀电化学的特性之一,它也是评价土壤腐蚀性的一个重要标准。土壤电阻率越小,金属腐蚀越快,并将这一指标作为评价土壤腐蚀性的主要参数。通过对沿线土壤电阻率的检测,对于土壤电阻率小的地方,应当着重加强保护。

阴极保护和防腐层相结合是对钢管防腐最有效的方法,即便防腐层脱落或损坏,阴极保护可以起到有效的防腐蚀的作用。

参考文献

- [1] 冯其栋,范列朋,钟奇.杭州市埋地燃气管管腐蚀与保护完整性管理[J].燃气与热力,2014,34(10):41-45.
- [2] 李明,王晓霏.埋地油气管道防腐层检测与评价[J].当代化工,2013(7):980-983.
- [3] CJJ 61—2017 城市地下管线探测技术规程[S].
- [4] CJJ 51—2016 城镇燃气设施运行、维护、抢修安全技术规程[S].