

燃气埋地钢制管道外防腐层完整性检测的应用及探讨

北京市煤气热力工程设计院有限公司(100032) 龚明 孙明焯 陈敏
北京市燃气集团有限责任公司(100035) 张铁程

摘要 本文简要介绍了燃气埋地钢制管道外防腐层完整性检测的基本原理和方法,通过新、旧管道的完整性检测案例,叙述了完整性检测的过程,并分析了需要注意的因素和存在的问题,提出了解决外防腐层完整性检测的一些建议,希望对今后其他类似工程提供一定的参考。

关键词 完整性检测 外防腐层 埋地钢制管道

1 前言

《城镇燃气埋地钢质管道腐蚀控制技术规程》CJJ/T95-2003 中第 5.3.5 条“防腐管回填后必须对防腐层完整性进行检测”是强制性条文^[1]。防腐涂层完整性检测是在埋地燃气管道回填后,采用专用设备在地面对涂层综合性能进行检测,科学、准确、经济地对外防腐层破损缺陷定位,对缺陷大小程度分类统计,掌握外防腐层状况,并为防腐层破损部位的修复提供指导,保证涂层的完整性及完好性。

2 完整性检测的主要方法

燃气管道外防腐层完整性检测的方法很多[2],比较常见的主要包括以下两类。

2.1 电压法

基本原理:当一个交流信号加在金属管道上时,在防护层破损点便会有电流泄漏入土壤中,这样在管道破损点和土壤之间就会形成电位差,并在破损点的正上方辐射的信号最强,可用仪器在埋设管道的地面上检测到这种电位变化,从而发现管道防腐层的破损点。电压法包括标准管/地电位法、密间隔

管地电位法(CIS, CIPS)、直流电压梯度法(DCVG)、变频-选频法、电位差法、近电位勘测法等。

2.2 电流法

基本原理:由发射机向管道发射某一频率的信号电流,电流流经管道时,在管道周围产生一相应磁场,当管道完好时,无电流流失现象或流失较少,在管道周围产生的磁场比较稳定;当防护层破损或老化时,在破损处就会有较大的电流流失现象,随着管道的延伸,其在管道周围磁场的强度就会减弱。与前面检测的电流读数进行比较,发现明显陡降,可以对外防腐层破损点进行实时定位。检测人员在管道上方用地面专用仪器对管道周围的磁场进行接收处理,可以直接读出该处管道数据和管道深度。电流法包括皮尔逊法(PEARSON)、管中电流法(PCM)、C扫描(C-SCAN)、间歇电流法等。

3 完整性检测在工程实践中的应用

3.1 工程案例一

3.1.1 工程简介

北京市某新建天然气工程钢制管道设计管径 DN1 000、设计压力 4.0MPa,防腐采用三层结构聚乙烯(3PE)加强级防腐和柔性阳极的联合保护,在管道回填后综合采用管中电流法(PCM)、人体电容法、变频-选频法对埋地管道的防腐层进行完整性检测分析。^[3]

3.1.2 检测过程

(1)前期准备

在测试前在现场对管道进行定位,并初步了解

工程实施情况,收集土壤测试报告,查看相关基础资料,主要包括管道施工设计图、相邻管线及地下构筑物、管道防腐涂层设计等,然后进行现场踏勘,选定检测方法和仪器。

(2)现场测试

一般情况,完整性检测应在管道工程完工后进行。结合具体工程特点,为及时发现问题并解决,并结合工期要求,确定检测方式为管道回填一段立刻实施检测。具体做法为:在管沟回填至管顶 0.5m 处、敷设管道警示带之前,检测人员执行防腐层完整性检测操作。

(3)数据整理

检测完成后立即进行数据分析,并出具检测报告。如检测后没有发现问题,可以继续铺设警示带,并回填其他剩余土方。

3.1.3 本工程完整性检测方式的优缺点

(1)优点

防腐层破损主要是施工中磕碰引起的,检测发现破损点后可以立即将该部位管道挖出进行修补,相对全部回填完毕检测再将管道挖出,减少大量土方,避免不必要的工程费用支出,同时又不影响管道施工组织,保证了整个工期进度。

(2)缺点

回填一段检测一段的检测方法固然能及时发现问题,但也有局限性。

a.因管线较长,分段检测无形之中增加了检测次数,加大了检测成本。

b.先回填的管段一般是直管段,容易操作,出现问题的可能性一般较小;而弯管段管道连接时不易操作,固定口防腐出现问题的可能性较大。由于施加信号和管段位置识别困难,该管段完整性检测出现错误判断的可能性较大。

3.2 工程案例二

3.2.1 工程简介

北京市某在役管线已运行 30 年以上,管线主要敷设在沥青路面下,压力级制为中压 A(0.4MPa),管径 DN400,外防腐层为石油沥青防腐,无阴极保护措施。采用了 C 扫描技术进行完整性检测。

3.2.2 检测过程

(1)前期准备

对被测管线进行现场定位,查看基础资料,包括

管道施工设计图、竣工图,调查相邻管线及地下构筑物,协调道路、交通等相关主管部门,安排检测人员,制订检测计划,选定检测方法和仪器。

(2)现场检测

进行现场数据记录,查找防腐层缺陷。通过土壤测试,测量地表下的土壤电阻率、杂散电流的影响、管线周围微生物腐蚀程度、管道在土壤中的自腐蚀电位、土壤含水量、土壤导电性能、土壤 PH 值,判定该管道所处的土壤环境为强腐蚀性。使用 C 扫描在线检测管道防腐状况。对于此类已经通气、无阴极保护测试桩的管道,可利用地面设施如阀室等进行重点检测。实施前应得到管道运行管理部门的支持和配合。

(3)数据整理

数据分析,出具检测报告。管道防腐层分级见表 1。

表 1 防腐层分级表

防腐层绝缘电阻值 ($\Omega \cdot m^2$)	>10 000	2 000~ 10 000	500~ 2 000	<500
防腐层质量	优	良好—合格	差	劣
分类长度 (m)	75	75	107	146
总长的百分比	18.6%	18.6%	26.6%	37.2%

(4)开挖验证

根据检测结果,挖出相应位置的管道检查,发现相应段管线已发生轻微腐蚀,验证检测结果真实准确。结论如下:

a.管线防腐层的破损等缺陷较多,防腐层完整性差,防腐层绝缘电阻率等级为劣。应尽量修复防腐层并增加阴极保护系统,或及时采取其他更为安全的措施。实践证明,在地下状况复杂的城市中使用外防腐层和牺牲阳极的联合电保护措施效果明显。

b.目前管线防腐层大多已处于老化降级速度较快阶段,易形成局部防腐层缺陷。已大量存在的和即将形成的防腐层局部缺陷,加之普遍较强土壤腐蚀性,将加速管道的局部腐蚀,最终导致管道穿孔破坏。在杂散电流存在的地区,这些缺陷处还可能致杂散电流电解腐蚀破坏,应引起重视,并加强检测。

c.在防腐层破损处,管体已发生轻微腐蚀,多表现为表面有浮锈、一定范围的麻点腐蚀和溃疡状腐蚀。防腐层的局部破损易造成孔蚀等局部腐蚀破坏,本工程暂未发现明显影响管道安全运行的孔蚀现象。

对运行一定时间的埋地管道应加强腐蚀控制检测,完善腐蚀控制系统,特别是完善防腐层和阴极保护的联合保护技术,对保证管道的安全运行,抑制各种腐蚀的发生发展有十分重要的作用。

4 完整性检测中需注意的问题

在燃气埋地钢制管道的完整性检测过程中,还发现了一些检测的局限性,使检测报告对管道防腐质量判别产生直接的影响。

4.1 对非开挖、穿越管段的检测

(1) 顶管、浅埋暗挖隧道穿越

由于检测仪器对非金属管道不敏感,在采用钢筋混凝土套管顶管、浅埋暗挖隧道穿越铁路、公路、河流等特殊地段的管段,其本身结构对检测信号有屏蔽作用,穿越此类地段进行检测较困难,无法提供检测报告。该管段的材料通常会提高安全等级,施工时要注意对防腐层的保护,并安装镯式阳极或带状阳极进行电保护。回填之前须进入套管或隧道内进行防腐层的电火花、外观等检测。在确保施工质量的前提下,如果出现极其特殊情况需要检测该段管道的防腐层,可以采用开挖竖井方式进入套管或隧道内进行直观检查。

(2) 夯管穿越

由于夯管一般使用没有防腐层的钢套管,会对检测仪器有干扰,极有可能检测到的是钢套管的数据,无法得到套管内燃气管道的防腐层数据。此处形成了一定的检测盲区,只能在套管内穿燃气管道时避免损伤防腐层,并加装带状阳极专门电保护,否则此段管线将是后期运行比较难检测和评判的部位。

(3) 定向钻穿越

由于定向钻段管道高程变化比较大,对检测仪器的功率和精度要求相对较高。

(4) 过河抗浮块

管道直埋过河设置的抗浮块对检测仪器有屏蔽作用,且管线投产后穿越河道检测比较困难,所以在

电保护设计中应考虑在河底或河两岸增加牺牲阳极,在施工中注意不能损伤抗浮块内管道防腐层。

(5) 盖板保护沟

管道覆土浅等特殊地段通常加设管道承重保护沟,管沟的钢筋混凝土盖板结构对检测仪器有一定干扰,这种情况下,检测人员的经验对检测报告准确性具有很重要的意义。

4.2 其他地下管线对检测的干扰

地下交叉管道情况比较复杂的管段,可能会有其他金属管道或金属物体接触了被测管道,而使电流非正常扩散,对仪器造成严重干扰,将无法得到真实数据。

4.3 检测报告对管道修复方式的影响

对检测数据进行分析并得出报告,防腐层状况的评价结果与真实状况的吻合程度决定了是否进行修复和具体选择修复方法。如发现防腐层破损,但管道没有发生严重腐蚀,根据土壤测试报告并通过评估,仅对防腐层进行修复即可。而当发现防腐层剥离且管道金属表面出现凹坑腐蚀,并通过计算认为管道剩余壁厚不能满足强度,严重影响管道安全运行时,应立即更换该段管道。检测结果直接影响处理方法的选择和发生的费用,务必尽可能保证检测结论的准确。无论使用何种修复方法都应该尽量保证不影响用户的正常用气,采用最合理、最安全的方案进行。

5 结语

在新技术不断涌现的趋势下,完整性检测的检测设备将越来越先进,分析手段会越来越丰富。逐步建立规范化的完整性检测程序,将为提高埋地燃气管道的安全管理水平提供保障,并将在提高管道整体运行效益方面发挥更加重要的作用。

参考文献

- 1 《城镇燃气埋地钢质管道腐蚀控制技术规程》CJJ95-2003.
- 2 肖俊建,吴明明,冯超英.埋地管道外防腐及快速检测技术.化工生产与技术.2004年第11卷第4期.
- 3 杨剑峰,鞠舰波,江志农.埋地管道三层PE外覆盖层及其检测方法研究[J].石油工程建设.2006.8.