

管道电流测绘技术在地下燃气管道防腐层检测中的应用

穆 静 (泰安泰山港华燃气有限公司, 山东 泰安 271000)

摘要: 目前, 管道电流测绘技术凭借其操作简单、高效环保等优势, 已成为地下燃气管道防腐层检测的重要手段。文章以这项技术为载体, 研究其在地下燃气管道防腐层检测中的应用思路、方法和效果, 能拓宽相关领域的研究思路, 也能积累成功经验赋能检测技术的发展及水平提升。为此, 文章聚焦管道电流测绘技术在地下燃气管道防腐层检测中的应用, 以理论与工程实践分析相结合的方式介绍了技术应用和改进的思路, 并指明了技术应用的范围和具体方法。研究中从检测效果分析的角度, 肯定了管道电流测绘技术在实际应用效能和经济效益方面的价值, 也表明了其在地下燃气管道防腐层检测中的应用前景广阔。未来, 该技术也将获得更为广泛的应用。

关键词: 管道电流测绘技术; 地下燃气管道; 防腐层检测

中图分类号: TQ050.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 010-0157-03

Application of pipeline current surveying technology in the detection of anti-corrosion coating of underground gas pipelines

Mu Jing(Tai'an Mount Taishan Ganghua Gas Co., Ltd. Tai'an Shandong 271000,China)

Abstract: Currently, pipeline current surveying technology has become an important means of detecting the anti-corrosion layer of underground gas pipelines due to its advantages of simple operation, high efficiency and environmental protection. The article uses this technology as a carrier to study its application ideas, methods, and effects in the detection of anti-corrosion coatings on underground gas pipelines. It can broaden the research ideas in related fields and accumulate successful experience to empower the development and level improvement of detection technology. To this end, the article focuses on the application of pipeline current surveying technology in the detection of anti-corrosion coatings on underground gas pipelines. By combining theoretical research with engineering practice analysis, the article introduces the ideas of technology application and improvement, and points out the scope and specific methods of technology application. From the perspective of analysis of detection effectiveness, the study affirmed the value of pipeline current surveying technology in practical application efficiency and economic benefits, and also indicated its broad application prospects in the detection of anti-corrosion coatings on underground gas pipelines. In the future, this technology will also have a wider range of applications.

Keywords: Pipeline current mapping technology; Underground gas pipelines; Anti corrosion layer testing

地下燃气管道是维护城市稳定运行及保障居民正常生活的重要基础设施, 等同于城市的“生命线”。虽说地下燃气管道的用材和施工工艺有一定标准要求, 但长期投入使用也容易出现腐蚀情况, 若未能及时处理, 极有可能引发安全问题。为精准检测地下燃气管道防腐层的状态, 推荐使用管道电流测绘技术。这项技术的应用是通过测量和分析电流经过管道时产生的衰减梯度变化数值来进行防腐层使用状况评估、防腐层破损点的定位及阴极保护效果评估。因其具有检测效率高、占用的人力物力少、识别和检测准确等诸多优势, 故在地下燃气管道防腐层检测工作中得到了广泛应用和实践中改进的空间。

1 管道电流测绘技术在地下燃气管道防腐层检测中的应用——项目概况

1.1 项目情况

某市将“燃气设施安全智能监测控制工程项目”列为政府高度重视的民生大事之一, 投资数千万元对

部分区域的燃气系统进行全方位智能化升级改造。该区域内待检测管道全长 20.6km, 直径为 219mm, 厚度为 8mm, 其外防腐层采用的是三层 PE 材料。鉴于被改造区域内的地下燃气管道大多为 2000 年前建成, 且当时的建设水平较低, 截止如今投入运行的时间已接近三十年, 有很大的安全隐患。彼时, 地下燃气管道防腐层普遍采用玻纤布加沥青防腐的方式, 效果不够理想, 加之早期未加装阴极保护, 经过数十年的雨污水侵蚀, 早已出现了防腐层破损的问题。每年都需要投入人力物力进行管道漏气抢险维修。由于这一区域地下燃气管道问题频发, 因此每次挖开城区道路及人行道进行处理和维修并不现实, 故政府相关部门决定使用管道电流测绘技术进行防腐层检测, 查看是否存在破损或剥离现象, 以降低成本及连带影响。

1.2 技术应用原理

管道电流测绘技术在地下燃气管道防腐层检测中的应用原理是通过向管道内提供电流信号, 再监测信

表 1 我国石油天然气国家标准 SY/T 5918-2004 中沥青防腐层分级标准

等级 / ($k\Omega \cdot m^{-2}$)	绝缘电阻率
<1	劣
1~31	差
3~61	可
6~101	良
≥ 101	优

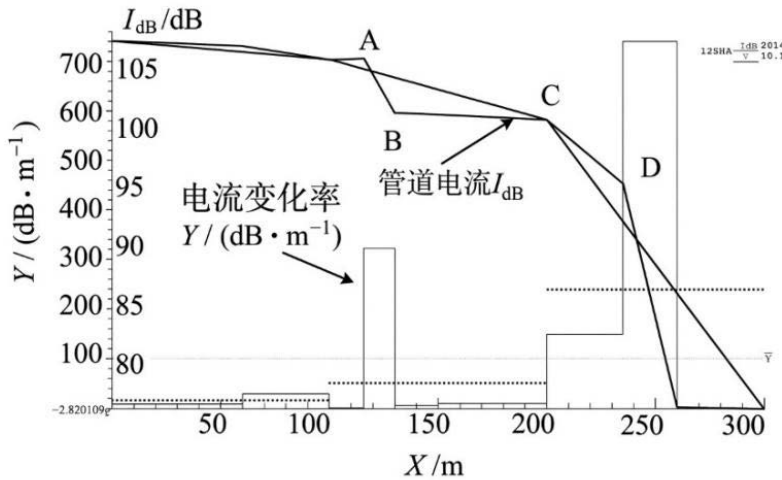


图 1 地下燃气管道防腐层的状况分布图

号随传输距离变化而出现的衰减情况来评估管道防腐层的绝缘性能，同时借助公式计算得到相关数值，并以此为依据给出最终的检测结果^[1]。考虑到直接检测地下燃气管道内电流衰减的程度难度较大且容易出现数值不准确的情况，因此可以采用将管道磁场强度相关数值转变为电流大小的方式求得管道的绝缘电阻率，再进行管道防腐层检测结果判定和腐蚀位置定位。计算结果的过程中将参考公式(1)和我国石油天然气国家标准 SY/T 5918-2004 中沥青防腐层分级标准等相关内容。公式(1)中， I 表示管道任意 x 处的电流， I_0 表示初始电流， a 表示衰减系数， R 表示绝缘电阻率， G 表示管道横向电导率， φ 表示管道管径^[2]。

$$I = I_0 \cdot e^{-ax} \quad (1)$$

$$R = \frac{\pi \cdot \varphi}{G}$$

2 管道电流测绘技术在地下燃气管道防腐层检测中的应用——现场检测及效果分析

2.1 检测判定标准

管道电流测绘技术在地下燃气管道防腐层检测中的应用是通过测定电流在管道中传输的衰减速率来判断管道外覆盖的防腐层质量^[3]。若检测到电流衰减数

值出现异常，则说明防腐层可能有破损点。这是因为防腐层绝缘性能下降，会使电流信号从破损处泄漏，从而出现电流的异常衰减情况。简而言之，对地下燃气管道防腐层进行检测时，电流衰减率越小，说明防腐层质量越好，反之亦然。该项目中也沿用了这一思路设计了管道电流测绘技术在地下燃气管道防腐层检测中的应用判定标准，即电流读数跌落较小的情况下表明管道防腐层状况良好；电流读数有急剧衰减的情况下表明管道防腐层已全面老化；老化段检测电流急剧下降的情况下说明管道防腐层质量好坏并存。除此之外，还可能会存在管道与其他金属结构搭接、管道上的套管防腐层较差等情况。技术人员利用管道电流测绘技术进行地下燃气管道防腐层检测时，可参考诸如此类标准解读电流数值和防腐层腐蚀的具体情况^[4]。

2.2 现场检测

2.2.1 检测方法

该项目中，技术人员参考管道敷设时留存资料、详尽的路由图和指导数据提前做好的方案规划：先将发射机一端与该段管道连接，另一端与地面连接，然后将检测频率设定为 $4\text{Hz} + 128\text{Hz}$ 混合频率，将管道通入的电流强度设置为 600mA 。接着，技术人员将会开启电流测绘接收机，并按照发射机频率重新调整

接收机的频率,再沿着地下燃气管道敷设方向行走,使接收机能自动采集电流数据。接收机采集的数据也会同步到技术人员的移动终端中,使其得以掌握测点的距离、管道注释、管道电流等参数^[5]。最后,技术人员利用工具生成地下燃气管道防腐层的状况分布图(见图1),并从中了解电流变化率、测试距离及电流值。根据图1给出的信息可以发现,A-B段及C-D段管道电流出现了明显衰减现象,说明这两段可能存在防腐层质量问题。

2.2.2 现象及结论分析

得出A-B段及C-D段管道防腐层出现质量问题的判断依据是“管道电流衰减数值与防腐层绝缘电阻值呈正比关系”,即当地下燃气管道中管道电流衰减数值稳定时,防腐层的性能也较为稳定。得出这一结论后,技术人员可以对疑似防腐层出现损坏区域的A-B段及C-D段进行缺陷定位。这一环节中使用的是“管道电流测绘技术+A字架”法,即在疑似防腐层出现破损点的地面区域形成一个电位梯度场,再用符号表来测量两个电极之间产生的电位差^[6]。技术人员可以携带仪器在这一区域内缓慢移动并观察毫伏表读数变化。若发现站在地面某点时毫伏表读数为零则说明破损点的位置在于此,读数越大则电位差越大、越接近破损点,读数越小则电位差越小、越远离破损点(参考图2)。若要进一步验证检测结果的准确性,在条件允许的情况下可以对防腐层出现破损点的位置进行开挖。

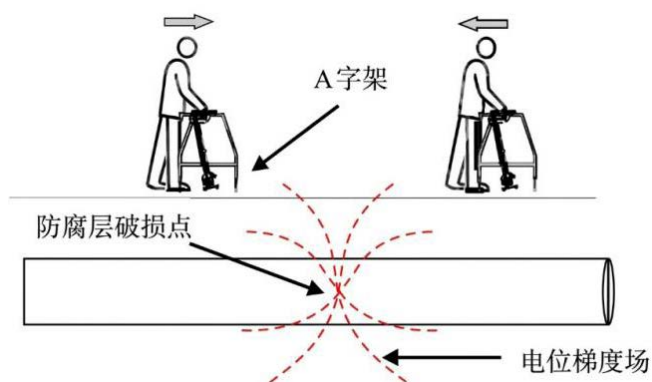


图2 “管道电流测绘技术+A字架”法定位防腐层破损点的原理

2.3 检测效果分析

技术人员利用“管道电流测绘技术+A字架”法定位出地下燃气管道防腐层破损点的位置后也进行了开挖验证,证实了这项技术的应用在防腐层缺陷检测方面有显著作用^[7]。同时,技术人员也发现若只采用“A字架”定位地下燃气管道防腐层破损点的位置,

而不提前测量管道电流衰减数值并生成相应的曲线示意图,将影响检测结果的准确性。不仅如此,因这段地下燃气管道的检测长度比较长,故技术人员每隔一段距离均使用了“A字架”检测法,极大程度上降低了漏检的可能性。

技术人员经过观察和验证发现,有两段外防腐层出现破损点的管线区域,其出现破损点的原因是在施工安装环节受到机械或器具等外力破坏而产生的机械损伤。这是因为该段地下燃气管线外防腐层使用的是三层PE材料,自身保护及绝缘性能较好,基本上不会出现质量问题(劣质材料除外),但若因施工人员操作失误而造成机械损伤,也会增加破损风险。因此,地下燃气管道施工时,施工人员应严格按照工艺流程和标准规范进行,以免使管道外防腐层受损。

3 结语

地下燃气管道为人类生产生活提供便利的同时,随着服役时间的延长,其外防腐层不可避免地会出现破损情况,若不及时进行检测和处理,容易引发管线贯穿性腐蚀,直至出现泄漏或燃爆等安全事故。为避免诸如此类问题的发生,应利用管道电流测绘技术等手段定期检测地下燃气管道防腐层的状态,发现问题、处理问题。除了使用管道电流测绘技术之外,技术人员也可以配合使用直流电位梯度法、皮尔逊测试法等手段进行地下燃气管道防腐层破损点检测和定位,以提升精准度。

参考文献:

- [1] 徐月起,陆扬,孔坚锋,等.变频选频法与DM在防腐层检测中的对比分析[J].全面腐蚀控制,2025,39(12):30-34+80.
- [2] 魏迎奎,陈培刚,陆潇,胡坚焯,王鹏伟.长输管道防腐层检测关键技术探讨[J].全面腐蚀控制,2025,39(11):96-98+104.
- [3] 李垚璐.PCM在城市地下管道探测中精确定位方法研究及应用[J].全面腐蚀控制,2025,39(08):22-26.
- [4] 刘旭文.城镇小区燃气埋地钢质管道防腐层检测及新型防腐修复技术应用[J].全面腐蚀控制,2024,38(11):200-203.
- [5] 何嘉仪.燃气管道腐蚀监测与防护技术探讨[J].安家,2024(12):82-84.
- [6] 赵永威.PCM+ACVG技术在钢管外防腐层检测中的应用[J].上海煤气,2024(04):8-10.
- [7] 张小兵,刘超,王鲁鹏,等.基于PCM联合检测技术的某天然气长输管道防腐层检测及开挖验证[J].全面腐蚀控制,2023,37(06):118-122.