

# Analysis on the Application of Polyethylene Buried Gas Pipeline Detection Technology

Feng Guo Yanheng Fang

Guangdong Special Equipment Testing Institute Shunde Testing Institute, Foshan, Guangdong, 528000, China

## Abstract

In this paper, the existing polyethylene (PE) pipeline is widely used in the gas system. Due to the particularity of the material, incomplete drawing data in the management, and frequent post turnover of line patrol personnel, it is difficult to determine the location of the pipeline. At present, the common detection methods include electromagnetic induction detection, ground penetrating radar detection, acoustic detection, electrostatic force detection, electronic identification detection, etc., and compare the advantages and disadvantages of each method. However, when searching for polyethylene buried gas pipelines, it is necessary to pay attention to the construction and installation conditions and operation conditions of the pipelines, comprehensively consider various methods, excavate and reinspect the pipelines with conditions, and obtain the specific location of the pipelines. It is difficult to detect PE gas pipeline quickly and accurately in the process of daily PE gas pipeline inspection, emergency repair and determining the gas contact point location of new gas pipeline.

## Keywords

polyethylene (PE); buried gas pipeline; detection method; application condition

## 在用聚乙烯埋地燃气管道探测技术应用分析

国锋 方雁衡

广东省特种设备检测研究院顺德检测院, 中国·广东 佛山 528000

## 摘 要

论文阐述现有聚乙烯 (PE) 管道在燃气系统中广泛应用, 由于材料存在特殊性, 管理中存在图纸数据不全、巡线人员岗位更替频繁等原因, 导致管道位置确定困难。目前, 常用探测方法有电磁感应探测法、探地雷达探测法、声波探测法、静电力探测法、电子标识探测法等, 并比较各方法的优缺点, 但聚乙烯埋地燃气管道的找管时, 需重点关注管道施工安装条件和运营情况, 综合考虑各种方法, 有条件开挖复验, 得到管线具体位置, 有效解决日常 PE 燃气管道巡检、抢修、确定新建燃气管道的接气点位置过程中很难快速准确对 PE 燃气管道探测的难题。

## 关键词

聚乙烯; 埋地燃气管道; 探测方法; 应用条件

## 1 引言

聚乙烯 (以下简称 PE) 管因具有良好的柔韧性、耐腐蚀性、易焊接性、抗裂纹快速扩展能力强、使用寿命长、施工方便、质轻价廉等优点, 被广泛应用于城镇中低压埋地燃气管道的建设中。根据住建部、国家发展改革委发布的《“十四五”全国城市基础设施建设规划》, “十三五”末 (2020 年) 城市燃气 (包含人工煤气、天然气和液化石油气) 普及率已达 97.9%, 城镇管道燃气普及率已达 75.7%<sup>[1]</sup>。因此, PE 管道的非金属特性, 具有不导电、不导磁, 在应用在埋地敷设时平面位置和埋深不易被探测、相较于钢管道更易

遭受第三方破坏等缺点, 随着使用时间的增加, PE 管道自身缺点引发的安全问题也逐渐暴露出来, 尤其在图纸数据不全、巡线人员岗位更替频繁, 现场位置标识不清而导致第三方施工破坏引发燃气泄漏事故频发, 使 PE 燃气管道使用安全问题成为人们关注的焦点。

## 2 PE 管探测引用方法标准

目前, PE 燃气管道探测主要依据 GB 50026—2020《工程测量标准》、CJJ 61—2017《城市地下管线探测技术规程》等方法标准。

## 3 PE 管道电磁感应探测法

电磁感应探测法是将电磁信号通过发射机连接管道上敷设一根金属示踪线, 在示踪线上施加一组特定频率的电流信号, 通过追踪电流信号来确定示踪线的位置和埋深<sup>[2]</sup>。检

【作者简介】国锋 (1984—), 男, 中国黑龙江齐齐哈尔人, 硕士, 工程师, 从事锅炉、压力容器、压力管道等承压类特种设备检验检测研究。

测时往往架设在阀门井、调压箱等位置处有出露点。该方法抗干扰能力强,示踪线完好情况下能够快速找管,探测准确性高;但因管线工程按设计要求,施工阶段应设置示踪线,且示踪线在探测区段连通,对安装质量要求较高。

#### 4 PE 管道探地雷达探测法

探地雷达技术,主体构成包括电脑终端、雷达主机、电磁波发射电路、反射波接收电路、发射天线、接收天线。当电磁波发射电路发射的电磁波在地层中传播时,若遇到地层中波阻抗差别较大的区域,即该区域内存在不同性质的介质相毗邻时,电磁波就会在不同介质的交界面上发生电磁波反射现象,而电磁波的反射波则会被探地雷达的接收天线检测并接收,最后通过分析反射波的频率、幅值等特性,作为判断地下介质类型的依据,从而确定地下被测管线的具体位置<sup>[3]</sup>。

探地雷达在探测 PE 管道方面起着非常重要的作用,应用时主要考虑如下因素:

①选择地面平整性,且无障碍物。

②雷达行走轨迹应尽量垂直于管线走向,且雷达置于测线起点。

③有足够的探测面,能够覆盖目标管线两侧至少 2m。

④尽量避开管道拐点和倾斜段;拐点的确定宜利用交会法。

⑤避开高压输配线路、电信设备及线路等电磁干扰大的区域。

在实际找管时,探地雷达应用效果受到目标管线附近环境的影响。如目标 PE 管与埋设部位土壤条件的导电性不同,两者之间导电性差异越大,雷达探测灵敏度越高;若埋地管上方土壤结构的含水率越高,埋设管附近土壤对雷达波的吸收越多,雷达分辨能力就会下降,导致探测距离减小等不同情况。不同地区,回填土特性不同,探测深度约为 0~2m。雷达发射频率高低影响探测深度,分辨管线的能力。若采用高频则探测深度小,低频则探测深度大。低频下会导致雷达分辨率降低,应用在对直径小的 PE 管上敷设在大理深位置时灵敏度不高,导致定位困难。此外,探地雷达波形复杂,在处理波形时容易出现误判现象,实际工作中需要探测人员和波形处理人员具有很强专业基础知识和丰富现场经验。而且,在探测多层垂直交叉的地下管线时,特别是管线物理特性不同时,无法探测地下的准确情况。对于管线位置要求精度较高时,探地雷达的应用有了限制。

#### 5 PE 管道声波探测法

目前,声波探测技术有两种方法。一种是基于特定频率声波信号在燃气 PE 管道内沿着天然气介质传播,一部分声波信号会穿透土壤及回填物到达地面,接收机自动接收并解算信号,通过接收机接收解调地面信号,对比其信号大小,从而精确探测管道的位置及走向。该方法排除人为因素

和其他环境条件,识别性和辨识度较高。检测时可在管道阀门井放散阀、调压箱以及支线接管法兰等位置加一定频率声波信号。通过现场正常实际检测经验,中压管内单向传输 600~1000m,而低压管内单向传输 50~200m,并且随管道上方覆土、管道压力、管道直径、管道埋深及周边环境变化而变化。探测时应重点考虑,如信号受到土壤密实程度影响,而使传输效果不同;探测管线区域土质疏松或路面下方存在空鼓情况;目标管线直径对信号传输有影响,大口径管线更有利于信号传输,实地 PE 管线探测时,往往通过增加阀门井放散口的声源信号接入点数量,而增加探测距离,不同地点可以更换信号频率,以达到最佳探测效果。

另一种是发射器向地面发射短脉冲波,脉冲波向地下传播的过程中,遇到不连续、不匹配声波阻抗的接触面后会产生反射回波,其中光滑的管道内表面与管道内气体的接触面的反射系数为 100%,而土壤、岩石与管道外表面的接触面逆反射系数一般比较低,接收器一般会接收到地表表面波和管道反射<sup>[4]</sup>,通过分析确定管道位置与埋深。声脉冲法探测 PE 管线突出优势是应用现场设备操作简单,且无需将探测仪与管线本体或附属部位相连接,即可实现探测;缺点是复杂环境下易受干扰,尤其在多种管道并行存在时,不能辨认想要的管道。

#### 6 PE 管道静电力探测法

氢原子核中的质子是一种带有正电荷的粒子,其本身在不停的自旋,具有一定磁性。在外磁场作用下自旋质子将在其上方按一定方向排列,称为核子顺磁性。但其磁性甚微,只是在一些磁化率很低的逆磁性物质中才能反映出来,如某些氢化合物(水、天然气、原油等)<sup>[5]</sup>。不同物质核磁共振的频率不同,根据被测物的特性,选择其相应的频率(设备发射与燃气相匹配的频率信号),可将被探物的弱磁场放大,燃气管道探测仪主机去放大该磁场,并捕捉 PE 管内甲烷介质核旋在其他电磁场作用下产生的静电力,并通过人体静电驱动探杆去与该磁场碰撞后产生共振,当通过管道上方时出现共振最强状态(闭合现象)来确定管道位置。现有应用技术区分两种模式,即燃气模式和 PE 模式。使用燃气模式探测时不受管道材质的影响;使用 PE 模式探测时,可以探测非金属 PE 管线,但使用时容易受外部条件影响,如环境湿度、地表电磁场干扰,探测物理原理不易理解。

#### 7 PE 管道电子标识探测法

电子标识探测法本质上是通过探测器发射特定频率无线电波,由于电子标签内部含有谐振电路,这些无线电波会引起电路中线圈与电容的谐振,从而产生感应电流,探测器会接收到由感应电流产生的感应磁场,并通过移动探测器的位置来寻找感应磁场信号最强的地方,即电子标签的正上方<sup>[6]</sup>。在 PE 管线施工阶段,需要把电子标签安装在管线设定好特征点位置。在外加配套探测器探测出电子标签的定位

基本信息,从而获得管线位置和埋深。电子标签安装需要完好性的保障,探测管线前提条件。电子标签的使用成本高,且电子标签需要埋设在每个特征标记位置(如转弯点、主分支点、穿跨越位置等),大大增加了投入和运营成本。

## 8 PE 管道定期检验过程中探测采取的技术路线:

根据 CJJ61—2017《城市地下管线探测技术规程》的规定,在进行管线探测时,应综合运用实地调查和仪器探查的方法,以确保准确性和效率,需要综合考虑客观条件,从基本原理出发,多角度分析运用适应的方法。在定期检验过程中,以管线设计图纸为基础,结合现场有效标识,排查管道及周围环境,分析管道敷设大致位置走向,示踪线完好情况下,利用电磁感应探测法直接探测。但实际现场检验中大多数 PE 管线,尤其老旧管线并未随管敷设示踪线或示踪线中断情况。根据管道的具体情况配备探地雷达和声波检测设备,综合考虑选用哪种探测方法。在确定了具体位置后,利用探坑开挖验证法或利用已知阀门井位置进行最后的复验,明确管道的平面位置和埋深。

PE 埋地燃气管道探测时应遵循以下原则:

①从已知到未知,即通过已知的标志桩、地牌、阀门井等有效标识物,对未知 PE 管道走向进行确定。

②从简单到复杂,即首先以分支少的管线为主要对象,对复杂位置管线进行关联。

③选用方法有效、快捷、轻便。

④复杂条件下宜多种探测方法相结合,在现场探测中,管线水平位置探测可通过一种方法多次测量,变换不同探测方法对比分析。

## 9 结论

综上所述,现有的 PE 埋地燃气管道探测方法因客观条件和技术特点的限制,均存在各自优点和局限性,汇总见表 1。

PE 埋地燃气管道探测人员应熟悉各种探管方法适用条件、定位局限性、存在技术盲区等信息,开展检验工作首先需要明确的。在 PE 管道探测时,检测人员应依据原始资料、运营维护等资料,现场充分勘查分析管线实地埋设环境,采取检验有效性高的手段、多种探测手段相互补充验证,条件下选择性开挖验证,避免误检、漏检、误判情况出现,为 PE 埋地燃气管道的安全运行提供依据。

表 1 PE 埋地燃气管道探测方法比较汇总表

探测方法	用途	适用探测条件	局限性	存在问题
电磁感应探测法	定位和测深	管道安装时必须预埋有示踪线,且无中断	适用于示踪线良好的管道	1. 示踪线信号不是很好,输出电流小; 2. 会受到其他管线及电磁场干扰
探地雷达探测法	定位和测深	埋深浅,管径相对大的条件下,地质雷达比较容易测出管道的准确位置。在硬质介质中,无法进行开挖或者使用其他方法时,可以采用地质雷达的方法	埋深小于 2m 的管道测深效果好	1. 雷达无特异性,分辨不出来到底是燃气管、水管等,需要人为判定; 2. 检测效率低,一般用来开挖使用
声波探测法	定位	需要信号接入点,土壤均值,用于埋深较浅管道	1. 只能探测,不能测深,即使能测深,误差较大,有的可达 1m; 2. 埋深大于 6m 的管道无法测深,只能估算	1. 检测效果受到土壤介质细密程度和管道埋深的影响; 2. 需要较多的现场检验
静电力探测法	定位和测深	需要管道有天然气介质状况下,操作者现场探测前反复试验,建立稳定的静电力场	1. 需要复杂的解释技术将其量化; 2. 测试结果因人而异	检测效率低,无源易受干扰,尤其在多种管线集中区域
电子标识器探测法	定位	管道安装时,需要预埋特定频率的电子标识器	只能探测有标识器的位置,无法测深,有的能读取 ID 也可测深	局部位置抽查,与其他方法相互验证使用

## 参考文献

- [1] 曾凡小.老旧聚乙烯燃气管道检验技术分析[J].煤气与热力,2023,43(8):18-20+26.
- [2] 任峰.基于风险分析的城市燃气埋地聚乙烯管道检测技术[J].城市燃气,2018(3):4-7.
- [3] 周义铨.探地雷达在地下管线探测中的应用[J].机电信息,2018(21):102-103.
- [4] 彭研明.声波检测在PE燃气管道中的应用[A].中国燃气运营与安全研讨会(第十届)暨中国土木工程学会燃气分会2019年学术年会论文集[C].
- [5] 唐雨.浅谈电子磁力仪在地质勘查中的应用[J].科技创新与应用,2012(9):30-32.
- [6] 杨印臣,梁坚.埋地PE管道定位技术现状及改进[C]//中国燃气运营与安全研讨会,2015.