

Application Analysis of Integrated Geophysical Method in Underground Pipeline Detection

Shuaiwei Li

519 Brigade of North China Geological Exploration Bureau, Baoding, Hebei, 071000, China

Abstract

As urbanization advances, underground pipelines—functioning as the “lifelines” of urban infrastructure—have become increasingly complex and concealed. Accurate detection of their locations, depths, and properties has become crucial for ensuring urban safety and advancing underground space development. This study addresses the limitations of traditional single-method detection techniques, such as insufficient precision and poor adaptability. By leveraging the application characteristics of integrated geophysical methods, it explores their potential in underground pipeline detection. Through analyzing core features like multi-method collaborative detection and trenchless operations, as well as the entire workflow from preliminary surveys and method optimization to data collection and result interpretation, the research concludes that integrated geophysical methods can significantly enhance detection accuracy and efficiency, reduce construction risks, improve pipeline archive informatization systems, and provide reliable technical support for urban underground pipeline management. These findings hold significant implications for promoting standardized development in underground pipeline detection technology.

Keywords

integrated geophysical exploration; underground pipeline detection; detection accuracy; pipeline archives; trenchless excavation

综合物探法在地下管线探测中的应用分析

李帅为

华北地质勘查局五一九大队，中国·河北 保定 071000

摘要

随着城市化进程持续推进，地下管线作为城市基础设施的“生命线”，其分布日益复杂、隐蔽性突出，精准探测其位置、埋深及属性成为保障城市安全运行、推进地下空间开发的关键。本文旨在解决传统单一探测方法精度不足、适应性差等问题，结合综合物探法的应用特点，探讨其在地下管线探测中的应用路径与重要性，通过梳理多方法协同探测、非开挖作业等核心特征，分析前期勘察、方法优选、数据采集及成果解译等全流程应用，得出综合物探法可有效提升探测精度与效率，降低施工风险，完善管线档案信息化体系，为城市地下管线管理提供可靠技术支撑的结论，对推动地下管线探测技术规范发展具有重要意义。

关键词

综合物探法；地下管线探测；探测精度；管线档案；非开挖作业

1 引言

地下管线承担着能源输送、信息传递、给排水等核心功能，直接关系到城市正常运转与公共安全。当前，城市地下空间开发力度不断加大，老旧管线改造、新管线铺设工程日益增多，但部分区域管线历史资料缺失、分布混乱，传统探测方法受地质条件、环境干扰等因素限制，难以满足精准探测需求。在此背景下，综合物探法凭借多方法协同、环境适应性强等优势，逐步取代单一探测手段，成为地下管线探测的主流技术，本文围绕综合物探法的应用特点、重要性及

应用路径展开分析，为相关探测工程实践提供理论与技术参考。

2 综合物探法的应用特点

2.1 多方法协同探测的互补性与冗余校验机制

综合物探法区别于单一探测技术的核心优势体现在多种探测方法的系统性协同，这种协同模式并非简单的方法叠加，而是基于不同探测技术的原理差异构建起相互补充、相互印证的探测体系。地质雷达法凭借高频电磁波的穿透性，擅长捕捉地下管线的具体位置、走向及浅层分布细节，却在复杂地层或深埋管线探测中易受介质干扰导致数据偏差；电磁感应法则依托电磁信号的传导特性，能够精准识别金属管线的材质与埋深，对非金属管线的探测效果却相对有限，通

【作者简介】李帅为（1998-），男，中国河北沧州人，硕士，助理工程师，从事地球物理勘查研究。

过将两种方法及其他适配技术协同运用,可有效弥补单一方法的应用局限,实现不同探测维度数据的相互补充,让地下管线的探测信息更具完整性。

2.2 非开挖式作业的环境适应性与空间约束适配性

非开挖式作业作为综合物探法的核心作业模式,其突出优势在于对复杂环境的超强适配能力,尤其适用于城市核心区、老旧小区等地面环境敏感、周边设施密集的区域。城市核心区往往交通流量大、地面建筑密集,传统开挖式探测不仅会占用大量道路资源,影响正常交通秩序,还可能对周边市政设施造成破坏;老旧小区则因管线布局混乱、地面空间狭窄,开挖作业易干扰居民日常生活,甚至引发安全隐患^[1]。综合物探法的非开挖作业无需破坏地面表层,通过地面探测设备即可实现地下管线的精准探测,大幅减少对地面交通、居民生活及周边市政设施的干扰,降低作业过程中的环境影响与安全风险。

2.3 探测精度、效率与成本的动态匹配特征

综合物探法的核心实用价值体现在能够根据地下管线探测工程的实际需求,实现探测精度、作业效率与成本投入的动态平衡,打破三者之间的相互制约关系。地下管线探测工程的需求存在显著差异,管线埋深从浅层到深层不等,材质涵盖金属、非金属等多种类型,探测范围也从局部区域延伸至大面积片区,不同需求对探测精度、作业效率的要求各不相同,成本投入也需随之调整。针对埋深较浅、材质单一、探测范围较小的简单场景,可采用操作简便、效率较高的探测方法,在保证基础精度的前提下控制成本投入;针对埋深较深、材质复杂、探测精度要求高的复杂场景,则可整合多种高精度探测技术,适当提升成本投入以保障探测精度,同时优化作业流程提升效率。

3 综合物探法应用在地下管线探测中的重要性

3.1 保障城市地下空间开发利用的基础数据支撑

城市地下空间的开发利用是缓解城市土地资源紧张、提升城市承载能力的重要途径,而地下管线作为城市地下空间的核心组成部分,其分布情况、埋深、材质等基础数据直接决定着地下空间开发利用的科学性与安全性^[2]。综合物探法通过多方法协同探测,能够精准获取地下管线的全面数据,为城市地下空间规划提供翔实的基础依据,帮助规划人员明确地下管线与规划项目的空间位置关系,避免地下空间开发与管线布局发生冲突,在综合管廊建设过程中,精准的管线探测数据可指导管廊线路的合理规划与施工,确保管廊建设与现有地下管线的协调衔接,减少建设过程中的返工与整改。

3.2 降低工程施工中管线破损与次生灾害风险

工程施工中地下管线破损事故频发,不仅会影响城市基础设施的正常运行,还可能引发燃气泄漏、供水中断、电力中断等次生灾害,威胁施工人员安全与公共安全,造成巨

大的经济损失与社会影响。综合物探法在工程施工前的管线探测中发挥着不可替代的作用,其通过精准定位地下管线的位置、埋深、走向及材质,能够为施工人员提供清晰的管线分布指引,让施工人员明确施工区域内管线的具体情况,避免施工过程中因盲目作业导致的管线破损,针对燃气、供水、电力等高危管线,综合物探法的精准探测能够有效规避破损风险,防止因管线破损引发的爆炸、漏水、触电等安全事故。

3.3 完善地下管线档案信息化与动态更新体系

地下管线档案是城市地下管线管理的重要基础,当前部分城市地下管线档案存在数据缺失、信息滞后、档案不规范等问题,严重影响地下管线管理的精细化与规范化水平。综合物探法所获取的精准探测成果,能够有效补充现有地下管线档案中缺失的管线信息,修正档案中存在的错误数据,完善档案的完整性与准确性,推动地下管线档案从传统纸质档案向信息化档案转型,依托探测数据构建的地下管线信息化档案,能够实现管线信息的集中管理、快速查询与高效利用,为地下管线的日常维护、检修提供便捷支撑。

4 综合物探法在地下管线探测中的应用路径

4.1 前期场地勘察与管线资料收集及预处理

作为综合物探法开展地下管线探测的首要环节,且直接决定后续探测工作针对性与效率的前期场地勘察、管线资料收集及预处理,需将场地各类关键信息,并对资料进行系统性梳理,其中场地勘察聚焦于地形地貌、地质条件、周边环境这三大核心内容,地形地貌调查通过实地摸排探测区域坡度、高差、植被覆盖情况以及地面障碍物分布来明确设备布设可行性与探测盲区,地质条件调查以排查地层岩性、土壤含水量、地下水埋深等因素为重点并分析各类地质介质对探测信号的干扰程度,周边环境调查则着重梳理探测区域内建筑物、道路、市政设施分布且划分作业禁区与安全防护区域;而管线资料收集需涵盖区域内原有管线档案、施工记录、竣工资料等,重点提取管线材质、埋深、走向、铺设年限等核心信息的同时排查缺失与模糊的资料条目^[3];资料预处理对收集到的各类资料进行筛选、核对与整合,剔除错误及冗余信息,对缺失资料标注补充方向,并通过坐标校准与数据标准化处理,将分散资料整合为统一规范的基础数据库以为后续探测方案制定提供精准支撑。

4.2 基于管线材质与埋深的物探方法优选组合

地下管道材料性质和埋藏深度的不同情况会直接对地球物理勘探手段的适用程度产生影响。综合地球物理勘探方法的一个关键运用途径,就是将这两方面的特征相互结合,实现勘探手段的精确挑选和合理搭配,解决单一手段在针对性方面不足的问题。由金属构成的管道具有良好的电磁传导性能,对于埋藏深度较浅(不超过五米)的金属管道,可优先采用电磁感应的勘探方式,这种方式操作起来方便快捷、反应灵敏,能够迅速获取管道的位置和延伸方向;当金属管

道的埋藏深度超过五米时,电磁信号容易出现衰减现象,此时需要结合地震波勘探法,借助波速的差异来精确确定管道的埋藏深度和断面形状。非金属材质的管道(像聚氯乙烯管、水泥管等)电磁传导能力较弱,使用电磁感应法进行勘探时效果不理想。对于浅层的非金属管道,可以选用地质雷达勘探法,利用高频电磁波的反射特性来获取管道的轮廓;而对于深层的非金属管道,则需要结合红外勘探法,通过管道与周围介质之间的温度差异来辨别管道的位置。

4.3 现场数据采集、质量控制与误差校正流程

综合物探法地下管线探测的核心实施环节由现场数据采集、质量控制与误差校正共同构成。而严格遵循规范流程,以确保采集数据的真实性、完整性与准确性,是这一核心环节的必要要求。其中,现场数据采集前,不仅需完成设备校准这一基础操作,还要根据探测方法与场地条件,对设备参数进行针对性调整。同时,明确采集点布设密度,即在管线密集区域将采集点加密,且把间距控制在1—2米范围之内;而在管线稀疏区域,则适当放宽间距,但保证不超过5米。在采集过程中,需保持设备稳定,并且同步记录采集点坐标、探测信号强度等辅助信息,以此避免因设备晃动、信号干扰等因素导致的数据失真情况出现。质量控制作为贯穿采集全过程的重要工作,需设立现场复核岗,对采集数据进行不低于总采集量15%比例的实时抽检,重点核查数据的完整性与一致性。一旦发现异常数据,需及时标记并安排重新采集。误差的产生主要源于地层干扰、设备精度不足、操作偏差这三大因素,因而在进行误差校正时需针对不同类型的误差采取相应的处理措施,即对于地层干扰导致的误差通过滤波处理剔除干扰信号,对于设备精度不足的情况需重新校准设备参数,对于操作偏差则通过对比相邻采集点数据并补充采集的方式实现误差修正,最终确保采集数据能够符合探测标准的相关要求。

4.4 探测成果解译、验证与成果归档应用模式

探测结果剖析、确认与整理运用作为多手段地球物理探测地下管道作业的最后阶段,要达成结果精确剖析、有力确认与快捷运用,构建起探测工作的完整管理流程。结果剖

析得依靠先前的资料和现场收集的数据,运用“数据参照+特点研究”的办法,参照不同地球物理探测手段的信号特点,分析管道的具体方位、埋藏深度、材料性质、截面规格等关键内容,标记出管道破损、老化等异常状况,生成初步的剖析报告。在剖析过程中,要避免仅依据单一数据进行剖析的不足,借助多种探测手段获取的数据相互验证。结果确认以挖掘确认为重点,挑选管道的关键节点、异常区域以及剖析不明确区域进行局部挖掘,将挖掘的实际状况与剖析结果进行比对,纠正剖析误差,确认通过后才能形成最终结果。结果整理要依照信息化、标准化的准则,把探测数据、剖析报告、确认记录等进行整理分类,输入地下管道信息化管理系统中,注明整理日期、探测人员等信息,让结果具备可追溯性。运用形式主要集中在管道管理和工程建设两个方面,在管道管理中,能够依据结果开展日常保养、隐患排查工作,在工程建设中,能够提供精确的管道数据指导,同时为地下管道的动态更新和城市地下空间的规划提供持续的数据支持。

5 结语

综合物探法凭借多方法协同、非开挖作业、精准高效等优势,在地下管线探测中发挥着不可替代的作用,其应用有效解决了传统探测方法的诸多局限,为城市地下管线的精准探测与科学管理提供了可靠技术保障,随着物探技术的不断升级与创新,综合物探法的探测精度与效率将进一步提升,其应用场景也将不断拓展。未来,需持续优化探测方案,完善应用路径,推动综合物探法与信息化技术深度融合,为城市地下空间开发、管线安全运维提供更有力的支撑,助力城市基础设施高质量发展。

参考文献

- [1] 张小涛. 综合物探法在地下管线探测中的应用[J]. 工程技术研究, 2025, 10(18): 226-228.
- [2] 朱军锋. 探析综合物探法在地下管线探测中的运用[J]. 新型工业化, 2022, 12(03): 49-51.
- [3] 孙文龙. 基于综合物探技术在地下管线探测中的应用分析[J]. 智能城市, 2019, 5(17): 83-84.