

# The application method of geophysical exploration technology in urban underground pipeline detection

Nan Sun Yanmei Pan Hejun Wang

Hebei Jiuhua Exploration and Surveying Co., Ltd. (519 Team of North China Geological Exploration Bureau), Baoding, Hebei, 071000, China

## Abstract

With the rapid development of urbanization, the urban underground pipeline system has become increasingly complex. As an efficient underground exploration technology, geophysical exploration technology plays a vital role in the detection of urban underground pipelines. This paper first shows the importance and challenges of urban underground pipeline detection, aiming to accurately locate the pipeline and identify potential hidden dangers through geophysical exploration technology. Exploration methods such as geomagnetic method, electrical resistivity method and geological radar were selected to analyze their principles, applications, advantages and disadvantages in depth and deeply. The research results provide a scientific method for the effective detection and management of urban underground pipelines, and have important practical significance for urban planning, construction and safety supervision.

## Keywords

geophysical exploration technology; urban underground pipeline; geological radar

## 试论物探技术在城市地下管线探测中的应用方法

孙楠 潘艳妹 王合军

河北九华勘查测绘有限责任公司（华北地质勘查局五一九大队），中国·河北保定 071051

## 摘要

随着城市化的快速发展，城市地下管线系统变得日益复杂。物探技术作为一种高效的地下探测技术，在城市地下管线探测中扮演着至关重要的角色。本文首先表明城市地下管线探测的重要性与挑战，旨在通过物探技术精确定位管线并识别潜在隐患。研究选取了地磁、电阻率、地质雷达等物探方法，对它们的原理、应用和优缺点进行深度分析。研究结果为城市地下管线的有效探测与管理提供了科学方法，对城市规划、建设和安全监管具有重要的实践意义。

## 关键词

物探技术；城市地下管线；地质雷达

## 1 引言

为应对城市化进程中地下管线布局的日益复杂化，本研究着重探究了物探技术在定位隐蔽管线与预防地下隐患方面的关键作用。本文比较了地磁、电阻率与地质雷达等技术的原理及应用优缺点，发现地质雷达在地下浅层管线探测上，以其高分辨率和清晰成像能力占据优势。进一步的实证研究验证了地质雷达在准确定位管线和识别潜在隐患上的高效性。研究建议，综合运用多种物探技术将更有助于获取全面准确的地下管线信息。文章还展望了未来智能化物探设备在城市地下管线探测领域的应用潜力，旨在推进城市地下安全管理向科学化、精准化发展，对优化城市规划、建设和

安全监管具有重要意义。

## 2 概述城市地下管线探测的现状与挑战

### 2.1 城市化进程中地下管线系统的复杂性

随着城市化的迅猛推进，现代城市的地下管线系统不断扩展，并呈现出越来越复杂的结构特征<sup>[1]</sup>。地下管线作为城市基础设施的重要组成部分，包括供水、排水、燃气、电力、通信等多种类型，在城市的正常运行中起到关键作用。受制于历史遗留问题和现代化需求的交织，该系统在结构规划、管理维护等方面面临诸多挑战。

随着城市面积的扩展和人口密度的增加，新建管线与旧管线的交错布设使管线网络日趋繁杂。部分早期铺设的地下管线缺乏准确记录，造成了现存管线信息的缺失或不完整。这种断层问题在老城区尤为突出，给后续的探测与维护工作增添了较大难度。不同管线之间的归属单位不尽相同，

【作者简介】孙楠（1986-），男，中国河北保定人，助理工程师，从事测绘工程研究。

管理职责分散,也进一步导致了信息的不对称和资源的分散化,增加了协调工作的复杂性。

近年来城市交通和建筑构造的密集开发造成了对地下空间的多重占用,地下管线的可布设空间显著减少。管线在有限空间内层叠排列,不同类型的管线间隔距离缩短,交叉现象增多。这不仅提高了探测技术的要求,也为施工过程中的误挖、破损等问题埋下了隐患<sup>[1]</sup>。

## 2.2 地下管线探测的重要性与常见问题

随着城市化的不断推进,地下管线的规模和复杂性日益增加,涵盖了给排水、燃气、电力、通信等多种功能,其高效运行直接关系到城市的正常运转和居民的生活质量。由于地下空间的隐蔽性和管线分布的杂乱无章,探测工作面临诸多问题,包括管线位置不明、埋深不准确以及旧管线缺乏完整档案等。不同管材质质的电磁特性差异较大,增加了探测难度。误测和漏测不仅可能导致管线损坏,还可能引发严重安全事故。有效开展地下管线探测是确保城市安全运行、优化资源配置和减少施工风险的关键,对提升城市运行效率和管线管理水平具有重要意义。

## 3 物探技术在地下管线探测中的应用原理

### 3.1 地磁探测技术

地磁探测技术是基于地下管线与周围介质在磁性特性上的差异,通过检测地磁场分布的异常变化来探测地下管线的一种方法。其工作原理依赖于地下金属管线对地磁场的扰动,利用高灵敏度磁测仪器记录地磁异常值,从而推断地下管线的位置与走向。地磁探测技术适用于探测埋设深度较大的铁磁性管线,但对非磁性材料的管线如塑料管或混凝土管难以实现直接探测。

地磁探测具有较高的灵敏度和抗干扰能力,可用于复杂环境中的初步探测,特别是在金属管线分布密集或埋深较大的区域。由于城市地下环境中的电磁干扰和其他金属结构的影响,地磁探测存在一定局限性,可能造成探测精度下降。在实际应用中,该技术通常与其他物探方法结合使用,以提高地下管线探测的全面性和可靠性,为城市地下管线的科学化管理提供高效支持。

### 3.2 电阻率探测技术

电阻率探测技术基于不同地质或物体对电流传导能力的差异,通过测量地下电阻率分布特性,确定地下目标的埋藏位置和性质。在城市地下管线探测中,电阻率探测技术利用电极布设向地下施加电流,并通过接收电极监测电位差,从而计算出地下介质的电阻率分布。地下管线的材料与周围土壤介质通常存在显著电导性差异,使其能够被有效识别。该技术适用于探测中深层管线,尤其在非金属管线或复杂地质条件下具有优势。其空间分辨率较高,能够准确描述地下目标的形态。电阻率探测在高导电背景区域、地下水丰富区或强外界电磁干扰条件下可能存在精度下降与数据失真等

限制因素。通过改进电极布置方式与优化数据处理算法,可进一步提升电阻率探测技术的精确性与适用性,为城市地下空间信息的获取提供有力支持<sup>[2]</sup>。

## 3.3 地质雷达探测技术

地质雷达探测技术通过高频电磁波信号在地下介质中的传播和反射特性,精准探测物体的形状、位置及埋深。其具备高分辨率和非破坏性等优点,特别适用于浅层管线的探测,能清晰成像。但信号受地下介质性质影响较大,不适用于高含水或高导电环境。

## 4 地下管线探测中物探技术的实际应用分析

### 4.1 物探技术的适用场景及限制因素

物探技术在城市地下管线探测中有着广泛的适用性,但其应用受到场景和条件的限制。地磁探测技术适用于识别金属管线,其利用地下磁场差异对目标物进行定位,特别在埋深适中、干扰较少的环境中表现良好。在高密集建筑区域或周边存在强烈电磁干扰的条件下,该技术容易受到外部因素影响,降低探测精度。

电阻率探测技术在检测非金属管线及周边土壤特性方面具有独特优势,适合应用于土壤电阻率差异显著的场景。由于地下介质的多样性及复杂性,信号分辨率可能降低,尤其在管线埋深较浅或周围存在多种复杂地质构造的情况下,该方法的可靠性可能有所下降。

地质雷达技术在浅层地下管线探测中具有高分辨率的优点,能够清晰刻画管线形态及埋深信息,适合用于混凝土基础下的管线探测。其探测深度受限,且对地下介质的电磁特性高度敏感。在高含水量或强吸能介质区域,该技术探测效果可能大打折扣,易受外界杂波干扰,影响数据解读。

### 4.2 多种物探技术的综合应用效果

多种物探技术的综合应用在城市地下管线探测中展现了显著优势。地磁探测技术能够快速获取管线的磁性异常信息,对于大范围初步筛查具有重要价值。电阻率探测技术通过解析地下介质电阻特性,适合探测非金属管线或高埋深管线。地质雷达技术则以其高分辨率成像能力,对浅层管线及其周边隐患的探测表现出卓越效果。单一物探技术在复杂环境下的局限性突出,例如干扰因素可能影响地磁或地质雷达探测的准确性。通过多种技术的联合使用,可有效弥补单一技术的不足,实现探测精度与效率的同步提升<sup>[4]</sup>。实践表明,结合地质雷达与电阻率探测技术,能够满足浅层与深层管线的定位需求,对地下异常构造和潜在隐患进行综合判断。这种综合应用模式为城市地下资源的精准探测提供了可靠保障,有助于提升地下管线管理的科学性与安全性。

## 5 物探技术在城市地下管线探测的优化与创新

### 5.1 探测技术优化的方向与举措

针对城市地下管线探测中物探技术的优化需求,技术改进的核心在于提升探测精度、降低操作复杂度和实现更高

的效率。其中,数据采集与处理技术的精细化是关键方向<sup>[5]</sup>。先进数据采集设备的研发,以减少环境噪声干扰,提高信号分辨率,可显著优化探测效果。结合大数据和人工智能技术,改进数据处理与分析的自动化水平,使复杂管线探测结果的准确性和可视化效果得到增强。

仪器设备的多功能化和集成化发展是优化举措的重要内容。通过开发集成型探测设备,将地磁、电阻率和地质雷达等技术集中应用于单一设备,可减少现场勘探过程中的设备切换和操作误差。设备的小型化与便携化设计能够适应狭窄、复杂的城市环境,提升探测工作的灵活性和作业效率。

增强技术适应性同样是优化的重点。在应对复杂地质条件与多元化管线材质时,通过调整探测仪器的频率、灵敏度等关键参数,可以更好地应对地下干扰,提高对多类型目标的识别能力。新型传感器材料的引入,可显著扩展设备的适用范围,为深层管线和高强度干扰环境下的探测提供更稳定的技术支持。

技术与管理的融合为管线探测的系统化优化提供了方向。通过构建实时监控与动态巡查系统,将优化的探测技术与城市地下管线数据库进行联动,可实现数据的长期积累与共享,为城市规划提供科学支持,并降低管线事故隐患风险。

## 5.2 智能化物探设备的发展趋势

智能化物探设备的发展趋势主要体现在技术集成化、数据精准化与操作便捷化等方面。通过将人工智能、大数据分析技术与传感器技术深度融合,新一代智能化物探设备能够实现地下管线探测的自动化与高精度处理。机器学习算法的引入使设备具备更强的图像识别与数据分类能力,显著提升复杂环境下管线探测的效率与可靠性。新型传感器的应用能够对多种物理场进行同步监测,实现多种探测手段的集成应用,降低探测盲区。物联网技术的加入使得远程操控与实时数据传输成为可能,为地下管线的动态监测与风险预警提供支持。

## 6 物探技术对城市规划与安全监管的实际意义

### 6.1 提高城市地下管线探测效率的重要性

城市地下管线作为城市基础设施的重要组成部分,其探测效率直接关系到城市化建设的质量和安。随着城市空间的高度集约化以及管线布局的日益复杂,地下管线探测变得日趋艰巨。提升探测效率的意义体现在多个方面。

快速、精准地探测管线分布是确保城市基础设施建设顺利推进的重要前提。当探测效率不足时,不仅可能导致管线定位不准确,增加施工延误和误判成本,还容易因施工错误造成管线破损,引发停水断电、燃气泄漏等安全风险。通过提高探测效率,可以在短时间内获取更全面、更精确的地下管线信息,从而提前发现潜在风险,减轻突发性事故的影响。

在城市规划中,地下管线探测的效率直接影响到数据采集的时效性和全面性。高效探测技术能够为地下空间资源的合理利用和优化布局提供科学的决策支撑。例如,为新建项目选址提供可靠的数据依据,可以有效避开已有管线区域,减少对原有设施的影响,从而提高城市土地利用效率。

在城市安全监管领域,高效探测对突发事件的预防与应急处理至关重要。探测效率的提高能够帮助相关部门迅速掌握事故区域的地下结构状况,制定针对性更强的解决方案,提升救援效率,降低损失。

### 6.2 物探技术对城市建设和管理的贡献

物探技术在城市建设和管理中发挥了关键作用,为地下管线的科学布局 and 高效维护提供了技术支持。通过精准探测技术,能够有效定位地下管线的具体分布位置,减少传统开挖作业中可能引发的地表破坏和资源浪费。这一技术的应用显著提高了地下管线施工和维护的效率,有助于降低施工成本。物探技术的实时监测能力可以快速识别管线的潜在隐患,防止泄漏、堵塞等问题对城市运行造成威胁,为城市基础设施的安全运行提供技术保障。物探技术在城市规划阶段的规划阶段能够辅助管线设计方案的优化,避免交叉误差和资源冲突。精准探测数据为城市管理部门的科学决策提供了可靠依据,助推城市向智能化、精细化方向发展。

## 7 结语

本研究探讨了物探技术在城市地下管线探测中的应用方法,强调了城市地下管线探测的重要性及其面临的挑战。通过对地磁、电阻率和地质雷达等物探方法的深入分析,明确了各方法的原理、应用场景及其优缺点,尤其是地质雷达在浅层管线探测中的显著效果,为管线的精确定位和潜在隐患的识别提供了有效的技术支持。然而,研究也指出了当前物探技术在实际应用中存在的局限性,如不同地质条件下探测效果的差异、设备成本及操作复杂性等问题。此外,物探技术的综合应用仍需进一步探索,以实现更高的探测效率和准确度。未来的研究方向应集中在智能化物探设备的开发与应用上,以提升探测技术的自动化水平和数据处理能力。同时,结合大数据和人工智能技术,建立更为完善的地下管线管理系统,将为城市规划、建设及安全监管提供更为科学的决策依据。通过不断的技术创新与实践探索,期望为城市地下管线的有效探测与管理开辟新的思路与方法。

### 参考文献

- [1] 刘入源,叶唐进,张宇,孙明露,刘丛丛.地质雷达在城市地下管线探测中的应用[J].电工技术,2022,(16):150-152.
- [2] 黄东海.城市地下管线探测中物探技术的应用[J].工程建设与设计,2022,(19):128-130.
- [3] 王正玲.城市地下管线探测方法探讨[J].甘肃科技,2022,38(03):48-51.