

# Application of engineering measurement technology in pipeline detection

Xixi Guo Hejun Wang Jingjuan Chen

519 Team of North China Geological Exploration Bureau (Hebei Jiuhua Exploration and Surveying Co., Ltd.), Baoding, Hebei, 071051, China

## Abstract

In the modern urban construction, the accurate detection of underground pipelines is very important. This study focuses on the application of engineering measurement technology in pipeline detection. It first introduces the development of engineering measurement technology and various detection methods, and then compares the efficiency and accuracy of traditional detection technology with modern engineering measurement technology such as geographic information system (GIS) and underground penetrating radar (GPR) through experiments. It is found that the accuracy and efficiency of the pipeline positioning are significantly improved by using high precision instrument and integrated information management system. The research shows that the engineering measurement technology shows high efficiency and practicability in the construction of early warning system, data processing and pipeline damage assessment, which is of great significance to improve the urban pipeline management and reduce the safety risk in the construction.

## Keywords

engineering survey technology; underground pipeline detection; geographic information system

## 工程测量技术在管线探测中的应用

郭茜茜 王合军 陈静娟

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

## 摘要

在现代城市建设中，地下管线的精准探测至关重要。本研究围绕工程测量技术在管线探测中的应用开展，首先介绍了工程测量技术的发展和各类探测方法，然后通过实验对比了传统探测技术与现代工程测量技术如地理信息系统（GIS）、地下穿透雷达（GPR）等的效率和准确性。研究发现，利用高精度仪器与综合信息管理系统显著提高了管线定位的精确度与作业效率。研究表明，工程测量技术在预警系统建设、数据处理及管线损伤评估中展现出高效性和实用性，对提升城市管线管理和减少施工中的安全风险具有重要意义。

## 关键词

工程测量技术；地下管线探测；地理信息系统

## 1 引言

随着城市化进程的加速，地下管线作为城市基础设施的重要组成部分，其精准探测与管理显得尤为关键。地下管线涉及供水、排水、燃气、电力、通信等多个领域，其复杂性和重要性不言而喻。然而，传统的人工记录与管理方式已难以满足现代城市高效、科学的管理需求。因此，工程测量技术在管线探测中的应用成为当前研究的热点。本文旨在探讨工程测量技术在管线探测中的具体应用及其成效，通过对比分析传统探测技术与现代工程测量技术的差异，揭示现代技术在提高管线探测精度和效率方面的优势。

## 2 工程测量技术概况

### 2.1 地下管线探测的重要性

随着城市化进程的不断加快，地下管线网络日益复杂，传统的人工记录与管理方式已难以满足高效管理与科学施工的需求。地下管线位置的不确定性常导致施工中破坏管线的事故频发，不仅造成资源浪费与经济损失，还可能引发严重的安全隐患，威胁到人身与财产安全<sup>[1]</sup>。精准探测地下管线的位置与分布，可有效避免施工冲突与事故发生，提高建设效率，为城市基础设施管理提供准确的数据支撑。地下管线探测工作的成效，不仅是科学施工与应急抢修的技术保障，更是推动智慧城市建设、优化城市规划布局的重要环节，具有显著的现实意义和战略意义<sup>[1]</sup>。

【作者简介】郭茜茜（1988-），女，中国河北保定人，本科，工程师，从事测绘研究。

## 2.2 工程测量技术的发展历程

工程测量技术的发展历程经历了从传统测量到现代综合技术的深刻转变。早期阶段,工程测量以简单的机械仪器为主,依赖经纬仪、水准仪等设备,通过人工记录和计算完成测量任务。随着科技的进步,电子测量技术逐步取代传统机械手段,全站仪和电子水准仪的广泛应用大幅提高了测量效率和精度。20世纪后期,全球定位系统(GPS)的引入标志着精准定位进入数字化时代。在此基础上,地理信息系统(GIS)、地下穿透雷达(GPR)等先进技术相继出现,为现代工程测量体系注入了全新的技术动力。这些技术的整合发展推动工程测量向信息化、智能化迈进,为城市规划和地下管线探测提供了更加可靠的技术支持。

## 3 管线探测中的传统技术分析

### 3.1 传统探测技术的原理与方法

传统管线探测技术主要基于物理探测原理,广泛应用于地下管线位置与埋深的初步判断。探测方法以电磁感应法和音频探测法为代表。其中,电磁感应法运用电磁辐射产生的磁场变化,利用感应接收设备记录地下金属管线的反射信号,结合信号特征对管线的走向进行推测。音频探测法则通过振动的声波传播原理,借助设备捕捉管线局部振动特性来定位潜在目标。部分探测任务也采用人工挖掘验证,与仪器定位结合以提升准确性。

传统技术的应用主要依托管材质属性及设备敏感度,很大程度受到地下环境复杂性和外部干扰的制约。复杂土层结构、管线多样性以及非金属管道的存在常对信号识别及实时定位造成困难。尽管如此,该类技术在资源有限且探测场景相对简单的情况下,仍具备较高的适用性,为后续管线探测技术的发展奠定了实践基础。

### 3.2 传统探测技术的局限与挑战

传统探测技术在地下管线探测过程中存在明显局限性,主要表现在探测精度、效率和环境适应性等方面<sup>[1]</sup>。由于传统方法多基于人工操作和简单仪器,受到探测区域复杂性和技术手段局限的影响,难以全面、准确地获取管线的空间分布信息。传统技术在识别深埋或非金属管线时的能力较弱,面对多种材质和密集分布的管线易出现信号干扰和误判问题。在数据管理与信息整合方面,传统技术也难以高效支持现代城市管线管理的需求,比如缺乏统一的数字化平台,导致管线位置信息的更新与共享困难。上述因素不仅增加施工风险,也限制了工程探测的经济性和可持续性。

### 3.3 传统技术在管线探测中的应用实例

在管线探测的实际应用中,传统技术虽然存在局限,但依然在特定条件下发挥着一定作用。例如,通过人工探测结合金属探测仪对浅层金属管线的定位,能够实现基础信息的初步获取。在无过多精密设备的情况下,利用音叉法对燃气管线泄漏的检测,也曾在工程实践中被广泛应用。在复杂

地质条件中,传统方法依托经验判断和可见标志物定位,能够在低成本条件下完成部分探测任务。这些实例表明,传统技术尽管总体精度较低,但在早期管线工程和资源受限环境中仍具备现实意义,在现代技术普及前为城市地下管线管理奠定了基础。

## 4 现代测量技术的管线探测应用

### 4.1 地理信息系统(GIS)在管线探测中的作用

地理信息系统(GIS)作为一种集成和管理空间数据的现代技术,在管线探测中扮演着重要角色。其核心优势在于对地下管线空间信息的精准记录与可视化表达。GIS技术能够通过建立详细的地下管线数字化模型,将管线的几何形态、空间位置及属性信息有机结合,为探测过程提供全面的数据支持。在实际应用中,GIS能够实现管线信息的动态管理,通过空间分析功能对管线分布进行监测与优化。从数据处理角度来看,GIS高效整合了不同来源的管线探测数据,如雷达探测结果和工程测量数据,形成统一的数据库,便于多用户即时共享与远程调取。进一步而言,GIS还在管线损伤评估和灾害预警中展现了显著作用,对隐患区域进行实时标注及趋势分析,从而提升城市地下管线运行的安全性与精准管理水平。在管线探测项目中,GIS的引入大幅降低了传统记录方式带来的错误,成为现代工程测量技术中不可或缺的重要组成部分。

### 4.2 地下穿透雷达(GPR)技术的应用与优势

地下穿透雷达(GPR)技术已被广泛应用于管线探测中,其高效性与精确性受到广泛关注。GPR通过发射高频电磁波并接收地下反射信号,能够识别地下不同材质的介质或目标,适用于多种复杂地质条件。与传统方法相比,GPR具有非破坏性和高分辨率的特点,能够快速获取地下管线的三维空间信息,其结果对后续数据处理和分析极为有利。该技术尤其在金属管线与非金属管线的综合探测中表现出优势,通过结合多频穿透实现了对于不同深度目标的有效探测。在实际应用中,GPR还能根据地质反射信号评估管线周围介质的均匀性,为管线维护与风险预测提供了可靠依据。该技术以高效率、高精度和广泛适用性,成为现代工程测量中不可或缺的探测手段。

### 4.3 其他现代测量技术在探测中的应用案例

其他现代测量技术在管线探测中也展现出显著优势,采用惯性导航技术可实现复杂地形下的高精度探测,应用激光雷达(LiDAR)技术能够高效生成地下设施的三维模型,结合多传感器融合技术,有助于提升探测数据的完整性与可靠性,为地下管线管理提供科学支持<sup>[4]</sup>。

## 5 工程测量技术对比研究

### 5.1 现代技术与传统技术效率对比

现代工程测量技术与传统技术在管线探测效率上的对比表明,两者在速度和工作效能方面存在显著差异。传统探

测技术通常依赖人工测量和经验判断,如人工挖掘和磁感应探测,其效率受制于操作速度及复杂环境的影响。现代工程测量技术则以自动化与数字化为特点,通过结合地理信息系统(GIS)和地下穿透雷达(GPR)等先进手段,能够实现更快速的数据获取和实时处理。应用现代技术后,作业时间显著缩短,减少了重复测量的需求;对于大规模复杂的地下管线分布区域,效率提升尤为突出。现代技术能够在探测过程中减少人为误差,提高工作连续性和作业覆盖范围,这对施工周期受限的城市建设项目有着重要意义。相比之下,传统技术在面对复杂地下结构时往往表现出明显的时间延迟,这些差异突出表明现代测量技术在管线探测效率上的优势,为工程施工进度的优化提供了有力支持。

## 5.2 准确性与精度的综合评估

现代工程测量技术在管线探测中的准确性和精度显著优于传统探测技术,主要体现在数据获取的高分辨率与空间定位的精细化上。地理信息系统(GIS)通过整合多源信息,实现对管线的全生命周期精确管理,其数据误差范围较小,能够满足复杂环境下的测量需求。地下穿透雷达(GPR)凭借电磁波反射原理,精准探测地下目标物,并在不同深度提供清晰的成像数据,有效提升了定位和深度测量的可靠性。相比传统探测技术在复杂地形与地下干扰场景中表现出较大误差,难以满足高精度需求。研究表明,现代技术结合多种传感器及数据处理算法,进一步提升了管线位置与参数的测绘精度,为地下管线的高效管理提供了技术支撑。这种高精度显著降低了施工中误挖风险,同时提升了安全与成本的总体效益<sup>[5]</sup>。

## 6 结论与展望

### 6.1 工程测量技术应用于管线探测的成效总结

工程测量技术在管线探测中的应用取得了显著成效,其高精度和高效率为地下管线的定位与管理带来了显著提升。通过引入地理信息系统(GIS)和地下穿透雷达(GPR)等现代技术,管线探测的精确度大幅提高,能够有效识别复杂地下结构中埋藏的管线位置与分布。结合高精度仪器和综合信息管理系统,管线探测效率显著提升,减少了传统方法中因人为因素导致的误差。工程测量技术在数据处理中的优势也得到充分体现,基于三维建模的技术应用显现了立体化分析的潜力,为管线损伤的评估与预警提供了科学依据。

### 6.2 对工程测量技术在城市管线管理中的重要性讨论

工程测量技术在城市管线管理中具有重要意义,是提高管理效率、保障施工安全、优化城市运行的关键手段。应用高精度工程测量技术,可有效提升地下管线的定位精度,减少因信息误差导致的施工事故,保护管线设施的完整性。

基于地理信息系统(GIS)的管线数据管理使管线信息可视化,实现了信息的动态更新与高效共享,为规划、维护和应急处理提供科学依据。地下穿透雷达(GPR)等技术具有非破坏性和高探测深度的特点,有助于准确评估管线老化与损伤情况,为管线修复提供支持。这些技术的综合应用加速了管线管理的信息化与智能化进程,为现代城市的安全和可持续发展提供了技术保障。

### 6.3 管线探测技术未来发展趋势与研究方向

管线探测技术未来将朝着智能化、集成化和高精度方向发展。人工智能与大数据将进一步融入探测过程,实现管线数据的智能化分析与管理。多传感器融合技术将提升复杂环境下的探测能力。新型探测设备的研发将聚焦于更高的灵敏度与环境适应性,绿色环保技术的应用也将成为重要方向,为可持续发展提供支持。

## 7 结语

本研究通过对工程测量技术在管线探测中的应用进行深入分析,验证了现代测量技术在提高地下管线探测精度和效率方面的显著优势。研究表明,结合地理信息系统(GIS)和地下穿透雷达(GPR)等现代技术,不仅提升了管线定位的准确性,还在数据处理和损伤评估中展现出优越的性能。这些技术的应用为城市管线管理提供了更为可靠的技术支持,有助于降低施工过程中的安全风险。然而,研究中也发现了一些局限性,例如在复杂地质条件下,某些探测技术的适用性和精度仍需进一步验证。此外,数据处理过程中可能面临的信息集成与系统兼容性问题也需要进一步研究和解决。未来的研究可以在以下几个方面展开:首先,进一步优化和集成多种探测技术,以提高在复杂环境中的适用性;其次,开发更为智能化的数据处理和分析系统,以提升信息管理的效率;最后,探索工程测量技术在其他城市基础设施管理中的应用潜力,以推动其在更广泛领域的应用和发展。通过这些努力,期望能够为城市建设和管理提供更为全面和高效的技术解决方案。

### 参考文献

- [1] 张嘉德.地理信息系统技术在工程测量中的应用[J].华北自然资源,2021,(03):90-91.
- [2] 王军彭丽.地下管线探测技术在工程测量中的应用探究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022,(05).
- [3] 颜贻翔.探讨地下管线探测技术在工程测量中的应用与研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2020,(06).
- [4] 丁彪.城市地下管线测量及探测技术分析[J].地矿测绘(2630-4732),2020,3(02):171-172.
- [5] 查继承.探究地理信息系统技术在工程测量中应用[J].百科论坛电子杂志,2020,(08):1244-1244.