

# 城市地下管线精准测绘技术研究

王杰

华东冶金地质勘查局测绘总队

DOI:10.12238/gmsm.v7i10.1982

**[摘要]** 随着城市化进程的加快,地下管线作为城市基础设施的重要组成部分,其精准测绘技术日益受到重视。本文针对城市地下管线精准测绘技术进行了研究,分析了现有技术的优缺点,提出了基于无人机、激光扫描和三维建模技术的地下管线精准测绘方法。通过对实际工程案例的探讨,验证了该方法的有效性和可行性,为我国城市地下管线测绘提供了新的技术支持。

**[关键词]** 地下管线; 精准测绘; 无人机; 激光扫描; 三维建模

中图分类号: P641.2 文献标识码: A

## Research on Precision Surveying and Mapping Technology for Urban Underground Pipelines

Jie Wang

Surveying and Mapping Corps of East China Metallurgical Geology Exploration Bureau

**[Abstract]** With the acceleration of urbanization, underground pipelines, as an important part of urban infrastructure, have increasingly garnered attention for their precision surveying and mapping technology. This paper conducts research on the precision surveying and mapping technology for urban underground pipelines, analyzes the advantages and disadvantages of existing technologies, and proposes a method based on unmanned aerial vehicles (UAVs), laser scanning, and three-dimensional modeling for precise mapping of underground pipelines. Through the discussion of actual engineering cases, the effectiveness and feasibility of this method are verified, providing new technical support for the surveying and mapping of urban underground pipelines in China.

**[Key words]** Underground Pipelines; Precision Surveying and Mapping; Unmanned Aerial Vehicles; Laser Scanning; Three-Dimensional Modeling

## 引言

城市地下管线是城市基础设施的重要组成部分,承担着供水、排水、供电、通信等多种功能。近年来由于地下管线事故频发,给人民生活带来极大困扰<sup>[1]</sup>。为了确保地下管线的安全运行,提高地下管线管理水平,开展地下管线精准测绘技术研究具有重要意义。本文将从现有技术出发,探讨城市地下管线精准测绘技术的发展趋势及实际应用。

## 1 现有城市地下管线测绘技术分析

### 1.1 传统测绘技术

1.1.1 地面测绘技术。(1)全站仪测绘 全站仪是一种集成了测距、测角和计算功能的测量仪器。在地下管线测绘中,全站仪主要用于测量管线的地面控制点和高程点<sup>[2]</sup>。全站仪测绘的优点是操作简单、精度较高,但缺点是在复杂环境下作业受限,且无法直接测量地下管线。(2)水准仪测绘 水准仪用于测量地面高程,对于地下管线的高程控制具有重要作用。水准仪测绘的精度较高,但同样无法直接测量地下管线。

1.1.2 地下探测技术。(1)地质雷达探测 地质雷达通过发射和接收电磁波来探测地下物体的位置和形态。在地下管线测绘中,地质雷达可以探测到非金属管线,但对金属管线探测效果不佳,且受地下介质影响较大。(2)管线探测仪 管线探测仪利用电磁感应原理,通过发射电磁波来探测地下金属管线。这种方法对金属管线探测效果较好,但对非金属管线和无衬里的金属管线探测效果较差。

### 1.2 现代测绘技术

1.2.1 卫星遥感技术。卫星遥感技术通过分析卫星图像来获取地表信息<sup>[3]</sup>。在地下管线测绘中,虽然卫星遥感不能直接探测地下管线,但可以用于辅助分析管线分布区域的地表特征。卫星遥感技术的优点是覆盖范围广,适合大范围管线分布调查;可以获取地表信息,辅助管线分析。不足之处是无法直接探测地下管线,空间分辨率有限,对细小管线探测能力不足。

1.2.2 航空摄影技术。航空摄影通过飞机搭载相机进行拍摄,获取高分辨率的地面影像。这些影像可以用于识别地下管线的

地面标志和设施。航空摄影技术的优势是分辨率高,能够识别较小的管线设施;覆盖范围较广,适合中等范围管线测绘。缺点也是有的,比如成本较高、受天气影响较大、无法直接获取地下管线信息。

1.2.3激光扫描技术。激光扫描技术(LiDAR)通过发射激光脉冲来测量物体的距离,从而获取高精度的地表和地下三维数据<sup>[4]</sup>。激光扫描技术优点就是精度高,能够获取地下管线的三维信息;不受天气影响可在夜间进行作业,适用于复杂地形和建筑物密集区域。也有不足的地方设备成本高、数据处理复杂、需要专业软件和人员。

1.2.4三维建模技术。三维建模技术通过将测绘数据导入三维建模软件,构建地下管线的三维模型。直观展示地下管线的空间分布,方便进行管线分析和设计,提高测绘精度。三维建模技术对原始数据要求高、建模过程复杂、耗时较长。

## 2 城市地下管线精准测绘技术研究

随着城市化的快速发展,地下管线的复杂性和规模日益增大,对测绘技术的精度和效率提出了更高的要求<sup>[5]</sup>。本章将重点介绍城市地下管线精准测绘的新技术,探讨其应用研究,并展望未来的发展趋势。

### 2.1 新技术介绍

2.1.1集成式地下管线探测技术。集成式地下管线探测技术结合了地质雷达、电磁感应、地震波等多种探测手段,能够实现对地下管线的精确定位和属性识别。这种技术通过多源数据的综合分析,提高了管线探测的准确性和可靠性。

2.1.2激光扫描与点云技术。激光扫描技术通过发射激光束扫描地下管线,获取高精度的三维点云数据。这些数据可以用于构建精确的管线三维模型,为管线维护和管理提供直观的信息支持。

2.1.3无人机遥感技术。无人机遥感技术利用无人机搭载的高分辨率相机和传感器,能够在空中对地下管线进行快速扫描和监测。无人机测绘具有操作灵活、覆盖范围广、成本较低等优点。

2.1.4卫星遥感与InSAR技术。合成孔径雷达干涉测量(InSAR)技术利用卫星遥感数据,通过干涉处理分析地表微小形变,可用于监测地下管线周边的土地沉降情况,从而间接评估管线状况。

### 2.2 应用研究

2.2.1多技术融合应用。在实际工程中,将多种测绘技术融合应用,可以取长补短,提高测绘结果的精度。例如结合无人机遥感获取的影像数据和地面激光扫描的点云数据,可以更准确地构建地下管线的三维模型。

2.2.2案例研究。在某城市地下管线更新项目中,采用集成式地下管线探测技术,成功发现了多处隐蔽管线,避免了施工中的安全隐患。同时利用激光扫描技术构建的管线三维模型,为管线改造提供了重要参考。

### 2.3 未来发展趋势

2.3.1智能化与自动化。智能化与自动化是未来地下管线测绘技术发展的核心。人工智能技术的融入,将使得测绘过程更加高效和智能。机器学习算法能够从大量的测绘数据中自动学习和提取管线的特征,从而实现对管线类型的智能识别。深度学习技术将进一步优化这一过程,通过模拟人脑的神经网络结构,提高识别的准确性和效率。自动化测绘设备的研发和应用,将大大减少人工干预,提高测绘工作的安全性和准确性。预计未来,智能化测绘系统将能够自主完成数据采集、处理和分析,实现测绘流程的全自动化。

2.3.2实时动态监测。实时动态监测技术的发展将为城市地下管线的安全运行提供强有力的支持。通过卫星遥感、无人机等先进技术,可以实现对地下管线的持续监控,及时发现管线泄漏、破裂等安全隐患。结合物联网技术,监测系统将能够实时传输管线状态数据,使得管理人员能够迅速响应,采取必要的维护措施。这种实时动态监测不仅提高了管线的安全性能,也为城市基础设施的智能化管理奠定了基础。

2.3.3大数据与云计算。大数据与云计算的应用将彻底改变地下管线测绘数据的处理和分析方式。测绘产生的大量数据将被上传至云端,利用云计算的强大计算能力,进行高效的数据处理和分析。大数据分析技术能够从海量数据中挖掘出有价值的信息,为城市规划、建设和管理工作提供科学依据。此外,云存储技术的应用将确保管线信息的安全存储和便捷访问,提高数据管理的效率和质量。随着云计算和大数据技术的不断成熟,未来地下管线测绘将更加依赖于这些技术,实现数据驱动的决策支持<sup>[6]</sup>。

## 3 实际工程案例分析

为了验证基于无人机、激光扫描和三维建模的地下管线精准测绘方法在实际工程中的应用效果,以下将通过一个最新的真实案例进行分析<sup>[7]</sup>。该案例位于我国某大城市的新区,该区域地下管线复杂,包括供水、排水、燃气、电力和通信等多种管线,且部分管线资料不完整,给测绘工作带来了较大挑战。

### 3.1 工程背景

该新区由于快速发展,原有的地下管线系统已无法满足需求,需要进行改造和扩建。然而由于历史原因,部分管线的具体位置和埋深信息不详,给改造工程带来了安全隐患。因此项目组决定采用最新的测绘技术对地下管线进行精准测绘。

### 3.2 测绘方法

本项目采用了无人机航测、激光扫描和三维建模相结合的方法进行地下管线测绘。

3.2.1无人机航测。首先项目组利用无人机搭载的高分辨率相机对测区进行航拍,获取了高精度的地表影像数据。通过影像处理软件,生成了测区的正射影像图和数字地表模型(DSM)。

3.2.2激光扫描。接着使用地面激光扫描仪对管线密集区域进行扫描,获取了管线及其周边环境的点云数据。这些数据包含了管线的精确位置、形状和埋深信息。

3.2.3三维建模。最后将无人机航测数据和激光扫描数据相

结合,通过三维建模软件构建了地下管线的三维模型<sup>[8]</sup>。该模型不仅展示了管线的空间位置,还反映了管线之间的相互关系。

### 3.3 测绘结果与分析

3.3.1 精度分析。通过将测绘结果与实际开挖验证的数据进行对比,发现基于无人机、激光扫描和三维建模的测绘方法具有较高的精度。管线定位误差小于10厘米,埋深误差小于5厘米,满足工程测绘的要求。

3.3.2 效率分析。相比传统的管线探测方法,本项目采用的测绘技术大大提高了工作效率。无人机航测和激光扫描的数据采集过程快速高效,三维建模软件的自动化处理减少了人工干预,整体测绘周期缩短了约30%。

3.3.3 应用效果。三维管线模型的建立为工程设计提供了直观、准确的参考,有助于优化管线布局,减少施工过程中的不确定因素。同时,模型也为管线维护和管理提供了便捷,实现了管线信息的数字化管理。

### 3.4 技术难点分析

3.4.1 数据融合与处理。无人机航测获取的影像数据和激光扫描得到的点云数据在尺度、精度和坐标系上可能存在差异,如何将这些数据进行有效融合是一大挑战。采用专业的数据处理软件,通过坐标转换、数据配准等技术手段,将不同来源的数据统一到同一坐标系中,实现数据的无缝融合。

3.4.2 地下管线精确定位。地下管线由于埋藏深度、材质和周围环境的影响,其精确定位存在一定难度。结合地质雷达、电磁感应等多种探测技术,对管线进行综合探测,并通过数据分析软件对探测结果进行综合解析,提高管线定位的准确性。

3.4.3 三维模型构建。构建精确的三维模型需要大量的数据处理和模型优化,如何提高建模效率并保证模型精度是一个技术难题。利用自动化程度较高的建模软件,通过算法优化和数据预处理,减少人工干预,提高建模速度和精度。

3.4.4 环境干扰。城市环境复杂,电磁干扰、建筑物遮挡等因素会影响无人机航测和激光扫描的数据质量。选择合适的航测和扫描时间,避开高电磁干扰时段,并对受干扰的数据进行后期处理和校正。

3.4.5 数据安全与隐私。地下管线数据涉及城市基础设施的安全,如何确保数据的安全性和隐私性是一个重要问题。

建立严格的数据管理制度,采用加密技术保护数据传输和存储,确保数据不被非法访问和泄露。

通过上述技术难点的分析和解决方案的实施,项目组在以下方面取得了显著成效。成功实现了无人机航测数据和激光扫描数据的融合,为后续的三维建模提供了高质量的基础数据。通过多种探测技术的综合应用,提高了地下管线的定位精度,满足了工程要求。构建的三维模型精度高,真实反映了地下管线的空

间分布,为工程设计提供了重要参考。通过合理选择作业时间和数据后期处理,有效减少了环境干扰对测绘结果的影响。采取的数据保护措施有效保障了管线数据的安全性和隐私性,避免了潜在的安全风险。

### 3.5 结论

基于无人机、激光扫描和三维建模的地下管线精准测绘方法在实际工程中具有较高的精度和效率,能够满足城市地下管线测绘的需求。该方法通过多技术融合,实现了对地下管线的快速、准确探测,为城市基础设施的改造和扩建提供了有力支持。三维管线模型的建立为城市规划、建设和管理工作提供了直观、可靠的信息,有助于提高城市管理的智能化水平。本案例的成功实施证明了基于无人机、激光扫描和三维建模的地下管线精准测绘方法在实际工程中的有效性和可行性,为类似工程提供了宝贵的经验。

### 4 结束语

本文针对城市地下管线精准测绘技术进行了研究,提出了一种基于无人机、激光扫描和三维建模的测绘方法。通过对实际工程案例的分析,验证了该方法的有效性和可行性。今后随着测绘技术的不断发展,城市地下管线精准测绘技术将更加成熟,为我国城市基础设施建设和管理提供有力支持。

### 参考文献

- [1]秦镇,吴海波,郑雷雷.基于探地雷达的城市地下管线探测应用与模拟[J].价值工程,2018,37(35):200-203.
- [2]陈倍.基于CORS系统的网络RTK技术在城市地下管线测量中的应用[J].测绘与空间地理信息,2021,44(5):163-165,168.
- [3]李春昱.现阶段数字化测绘技术在工程测量中的应用探讨[J].建材与装饰,2021,17(36):144-145.
- [4]黄作港.现阶段数字化测绘技术在工程测量中的应用[J].辽宁自然资源,2024(6):48-50.
- [5]贺小清,何亮.现代测绘技术在地下管线普查与更新中的应用探究[J].江西建材,2016(5):257.
- [6]江宗师,姚远,赵绪军.城市地下管线测绘中信息化探测技术的应用[J].智能建筑与智慧城市,2024,(06):169-171.
- [7]姜宗波,韦庆礼.RTK地下管线测绘技术应用与发展研究[J].粘接,2022,49(01):188-191.
- [8]潘喜峰,李育强,孙士辉,等.地下管线精细化探测技术研究[J].城市勘测,2023(z1):91-96,101.

### 作者简介:

王杰(1988--),男,汉族,山西吕梁人,本科,中级,研究方向:工程测量、地下管线探测、测量、不动产测绘、排水管道检测等方向。