

城市地下管线探测研究进展与发展趋势

霍晓龙 李井侠 史晓琳 刘勇

大连市勘察测绘研究院集团有限公司, 辽宁 大连 116021

[摘要]随着城市化的迅速发展,城市基础设施建设规模不断扩大,地下管线作为其中重要的组成部分,承担着输送各种资源的关键角色。由于地下管线的隐藏性和复杂性,其管理和维护往往面临着诸多挑战。传统的管线探测方法往往效率低下、准确性不高,且存在一定的安全隐患。因此,如何提高地下管线探测的准确性、效率和安全性成为了城市管理者和工程师亟需解决的问题。随着科技的不断进步和创新,新型的地下管线探测技术不断涌现,为解决这一问题提供了新的思路和方法。

[关键词]城市地下管线;探测技术;发展趋势

DOI: 10.33142/aem.v6i6.12032

中图分类号: P631

文献标识码: A

Research Progress and Development Trend of Urban Underground Pipeline Detection

HUO Xiaolong, LI Jingxia, SHI Xiaolin, LIU Yong

Dalian Geotechnical Engineering and Mapping Institute Group Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116021, China

Abstract: With the rapid development of urbanization, the scale of urban infrastructure construction continues to expand. Underground pipelines, as an important component, play a key role in transporting various resources. Due to the concealment and complexity of underground pipelines, their management and maintenance often face many challenges. Traditional pipeline detection methods are often inefficient, inaccurate, and have certain safety hazards. Therefore, how to improve the accuracy, efficiency, and safety of underground pipeline detection has become an urgent problem that urban managers and engineers need to solve. With the continuous progress and innovation of technology, new underground pipeline detection technologies continue to emerge, providing new ideas and methods to solve this problem.

Keywords: urban underground pipelines; detection technology; development trends

引言

随着城市化进程的加速和基础设施建设的不断完善,地下管线作为城市的重要组成部分,承担着输送水、电、气、通信等重要资源的功能。由于地下管线隐藏在地下,位置、形态和状况往往难以直接观测和检测,这给城市运行和维护带来了诸多挑战。因此,地下管线探测技术的发展变得至关重要,它不仅能够帮助城市管理者和工程师准确了解地下管线的位置和状态,还能够提高基础设施的建设和维护效率,保障城市的安全运行。

1 城市地下管线概述

1.1 地下管线分类

地下管线是城市基础设施中不可或缺的一部分,根据功能和用途的不同,通常可以分为给水管线、排水管线、燃气管线、热力管线、电力管线和通信管线几类。给水管线主要用于输送饮用水、非饮用水和专用消防水,以满足居民和企业的生产和生活、市政绿化和消防等需求。这些管线通常由耐腐蚀的材料制成,如钢、铸铁或塑料等,以确保水质安全和管线的耐用性。排水管线则负责排放污水和雨水,以维护城市环境卫生和防止水浸等问题。为了确保排水效率和防止堵塞,这些管线通常被安置在地表以下,并多采用自然流向设计。燃气管线用于输送天然气或液化石油气至家庭、企业和工厂,保障烹饪和工业生产等用途,

这些管线通常具有高强度和耐腐蚀性,以确保安全输送和使用。热力管线多见于北方城市供暖及各工业工厂蒸汽和热水输送。管线材质多为钢、铸铁和塑料,并且外层通常包裹较厚的保温材料。电力管线用于输送电力至各个地区的家庭和工厂,为城市的正常运行提供电力能源支持。这些管线外层通常要求具有良好的绝缘性能和高可靠性。通信管线则用于传输电话、互联网和电视信号等通信数据,以满足人们的沟通 and 信息交流需求。这些管线通常具有高速传输和抗干扰能力,以确保通信的质量和稳定性。

1.2 地下管线敷设方式

1.2.1 地下直埋敷设

地下直埋敷设是一种常见的管线敷设方式,通常适用于地势平坦、交通便利的地区。在这种敷设方式下,管线直接埋入地下不需要额外的支撑结构。这种方式可以有效节省成本和空间,并且减少对地表环境的影响。地下直埋敷设通常需要进行地面开挖以便放置管线,然后将管线安置在挖掘好的沟槽中,最后再将沟槽填平,使地面恢复平整。这种方式的优点包括施工简便、成本较低、维护便利等,因此在城市地下管线建设中被广泛采用。

1.2.2 地下管沟敷设

地下管沟敷设是一种常见的管线敷设方式,通常适用于需要保护管线免受外部损害的情况。在这种敷设方式下,

管线被放置于地下挖掘的管沟内,然后沟槽被填平使地面恢复平整,这种方式有效地保护了管线免受外部破坏和环境影响,同时也提高了管线的稳定性和安全性。地下管沟敷设通常在需要较深埋设管线或管线数量较多的情况下使用,例如城市交通繁忙的地区或者需要同时敷设多条管线的工程项目。尽管地下管沟敷设需要较大的施工投入和工程成本,但它能够确保管线的长期稳定运行,因此在城市地下管线建设中仍然具有重要的应用价值。

1.2.3 非开挖敷设

非开挖敷设是一种高效、低影响的管线敷设方式,通常适用于需要穿越障碍物或者保护地表环境的情况。在这种敷设方式下,管线不需要通过传统的地面挖掘方式安置,而是利用特殊的工程技术在地下进行布设。其中,水平定向钻孔法和管道顶管法是两种常见的非开挖敷设技术。水平定向钻孔法通过水平定向钻孔设备在地下开凿管道通道,然后将管线推送或拉拖到预定位置。这种方式适用于需要穿越障碍物或者避免地表开挖的情况,可以最大程度地减少地表破坏和对交通的影响。管道顶管法则是利用顶管机在地下开凿管道通道,然后将管线推送到目标位置。这种方法常用于需要穿越地下障碍物,如河道、铁路等地形复杂或难以挖掘的地区,同样能够减少地表破坏和对周围环境的影响。

2 城市地下管线探测技术

2.1 电磁感应技术

电磁感应技术是一种常用于城市地下管线探测的非侵入性方法,原理是利用电磁场与地下管线产生的磁场相互作用。这种技术利用发射的电磁波穿透地下,当电磁波遇到地下管线时,会发生反射、折射或吸收现象,进而产生特定的信号响应。这些信号可以通过接收设备捕获和分析,从而确定管线的位置、深度和类型等关键信息。电磁感应技术具有许多优点,其中之一是高效性和迅速性。通过专用的仪器设备,可以快速对大面积进行扫描,快速获取地下管线的信息,从而节省了大量的时间和人力成本。此外,电磁感应技术还具有较高的精度和准确性,能够在较高的深度范围内探测到管线的存在,并且能够区分不同类型的管线,例如水管、电缆等。然而电磁感应技术也存在一些局限性。例如,当地下环境存在较多的干扰源时,可能会影响到探测结果的准确性;此外,在某些地质条件下,电磁波的穿透能力可能会受到限制,导致探测效果不佳。因此,在实际应用中,需要综合考虑各种因素,并结合其他探测技术进行综合应用,以提高管线探测的准确性和可靠性。

2.2 地面雷达技术

地面雷达技术是一种常用于城市地下管线探测的高效方法,原理类似于医学影像中的地质雷达技术。这种技术利用雷达发射器发出的电磁波,穿透地下并与地下物体相互作用。当电磁波遇到地下管线时,部分能量会被管线反射回来,形成回波信号。这些回波信号经过接收设备捕

获和分析后,可以确定管线的位置、深度、形态和材质等关键信息^[1]。地面雷达技术具有高分辨率和高精度,通过精密的信号处理和数据分析,可以实现对地下管线的准确探测和定位,甚至可以检测到管线的微小变化和损坏情况。此外,地面雷达技术还具有广泛的适用性,可以用于探测各种类型的管线,包括金属管道、塑料管道、混凝土管道等,而且在各种地质条件下都能够实现较好的探测效果。但是地面雷达技术也存在一些限制。例如,地下介质的不均匀性和复杂性可能会导致信号的衰减和扭曲,从而影响到探测结果的准确性;此外,地下环境中存在的各种干扰源,如地下设施、水泥墙、地下水等,也可能对信号的传播和接收产生影响。因此,在实际应用中需要综合考虑各种因素,并结合其他探测技术进行综合应用,以提高管线探测的准确性和可靠性。

2.3 声波检测技术

声波检测技术是一种常用于城市地下管线探测的非侵入性方法,原理是利用声波在地下传播时与管线产生的声音反射或衍射现象来检测管线的存在和位置。通过专用的声波发射器产生高频声波,并通过接收设备捕获和分析地下管线反射的声波信号,从而确定管线的位置、深度和形态等关键信息。声波检测技术具有非侵入性和无损性的特点,与传统的地面挖掘或钻孔方法相比,无需对地表进行破坏,可以实现对地下管线的快速、准确的探测,节省时间和成本。此外,声波检测技术具有较高的灵敏度和精度,能够探测到地下管线的微小变化和缺陷,为管线维护和修复提供重要参考。然而,声波检测技术也存在一些限制,如地下介质的不均匀性和复杂性可能影响声波的传播和接收,以及在某些地质条件下声波的穿透能力受限。因此,在实际应用中需综合考虑各种因素,并结合其他探测技术进行综合应用,以提高管线探测的准确性和可靠性。

3 地下管线探测技术的挑战与问题

3.1 精度与准确性

在地下管线探测领域,精度与准确性是关乎工程安全与成本效益的关键问题。确保地下管线探测技术的精准度和准确性对于避免损坏现有管线、减少人为错误以及提高工程施工效率至关重要。一方面精度与准确性的挑战源于地下管线环境的复杂性。地下管线常受到地质条件、土壤特性、管线材料等因素的影响,这些因素使得管线的位置、深度和形态具有一定的不确定性。此外,地下环境中存在着各种干扰源,如地下设施、地下水、地下障碍物等,会影响探测信号的传播和接收,进而影响到探测结果的精度和准确性。另一方面精度与准确性的问题还受到探测技术自身的局限性影响^[2]。不同的探测方法具有不同的适用范围、灵敏度和分辨率,而且每种技术都存在着一一定的误差和局限性。例如,电磁感应技术在某些地质条件下可能受到干扰,地面雷达技术在特定地形下可能无法有效探测等。因此,要

提高地下管线探测技术的精度和准确性,需要采取一系列有效的措施。首先是综合应用多种探测技术,以弥补单一技术的局限性,提高探测结果的可靠性和精度。其次是加强对地下管线环境的调查和分析,充分了解地质条件、土壤特性、管线布置情况等因素,为探测工作提供准确的参考依据。此外,还需要不断优化和改进探测设备和技术,提高其灵敏度和分辨率,从而提高地下管线探测的精度和准确性。

3.2 覆土深度与管线类型

在地下管线探测中,覆土深度和管线类型是两个重要的挑战与问题。首先,覆土深度直接影响着探测的难度和效果。随着城市发展和基础设施建设的不断推进,地下管线的覆土深度也在不断增加。覆土深度较深的管线通常难以被传统探测方法有效检测到,特别是在大规模建筑物或城市交通道路覆盖的区域。此外,覆土深度不均匀性也增加了管线探测的复杂度,需要针对不同深度区域采用不同的探测手段和技术。其次,管线类型的多样性也给探测工作带来了挑战,不同类型的管线具有不同的材质、形态和电磁特性,因此需要采用不同的探测方法和技术来识别和定位。例如,金属管线可以通过电磁感应技术或地面雷达技术来检测,而塑料管道则可能需要采用声波或压力波技术来进行探测。此外,混凝土管道、陶瓷管道等特殊材质的管线也需要针对性的探测方案。因此,针对不同类型的管线,需要综合考虑其特点和探测要求,选择合适的技术和方法进行探测工作。

4 地下管线探测技术的发展趋势

4.1 智能化与自动化

地下管线探测技术正朝着智能化与自动化方向发展。智能化技术包括人工智能、机器学习和数据分析等,这些技术可以大大提高管线探测的效率和准确性。通过利用大数据和深度学习算法,可以实现对探测数据的快速处理和分析,从而快速准确地确定管线的位置、深度和类型。此外,智能化技术还可以实现对管线探测过程的实时监控和追踪,及时发现和解决问题,提高工作效率和质量。自动化技术则是利用机器人、自动化设备和无人机等技术来完成地下管线探测工作。例如,无人机可以搭载各种传感器和摄像设备,通过空中拍摄和数据采集,快速获取大范围的地下管线信息^[3]。机器人则可以在地下进行精准探测和测量,避免了人工操作中的误差和安全风险。这些自动化设备可以实现高效快速的管线探测,同时降低了人力成本和施工风险。

4.2 多模态集成

多模态集成是地下管线探测技术发展的重要趋势之一,它指的是将多种不同类型的探测方法和技术进行有效整合和结合,以提高管线探测的全面性、准确性和可靠性。这种集成可以涵盖不同原理的探测技术,如电磁感应、地面雷达、声波检测等,以及不同类型的探测设备,如传感器、测量仪器、图像采集设备等。通过多模态集成,可以

充分利用各种探测方法的优势,弥补各自的不足,实现对地下管线的全方位、多角度的探测和分析。例如,结合电磁感应技术和地面雷达技术,可以实现对地下金属和非金属管线的同时探测,提高探测的全面性和准确性。此外,多模态集成还可以实现对探测数据的综合分析和处理,从而更准确地确定管线的位置、深度、形态和材质等关键信息。通过综合利用多种探测方法和技术,可以实现对地下管线的全面性、多角度的探测和评估,为城市基础设施建设和维护提供更加全面和可靠的技术支持。

4.3 数据处理与可视化技术

随着技术的不断进步,地下管线探测中的数据处理与可视化技术变得越来越重要。数据处理方面,现代技术使得大量的探测数据能够被高效地获取和存储。然而这些数据通常是原始的、庞杂的,需要进行有效的处理和分析才能提取有用的信息。数据处理技术涵盖了信号处理、图像处理、模式识别等领域,能够对数据进行清洗、筛选、提取特征等操作,从而实现了对地下管线的准确定位和识别。可视化技术则是将处理后的数据以直观的方式展现出来,使得用户能够更加直观地理解管线的分布、形态和特征,这种技术通常包括地图绘制、三维模型展示、虚拟现实等形式,能够将复杂的地下管线信息以图像化的方式展示出来,为决策者和工程师提供直观的参考。通过可视化技术,用户可以快速了解管线的位置、深度、类型等关键信息,从而为管线维护、改造和施工提供支持。

5 结语

地下管线探测技术的发展在城市基础设施建设和维护中起着至关重要的作用。随着城市化进程的不断推进和技术的不断创新,地下管线探测技术也在不断发展和完善。本文从地下管线概述、探测技术、挑战与问题以及发展趋势等方面进行了全面的介绍和分析。地下管线探测技术的发展离不开科技的不断进步和工程实践的不断探索。相信在不久的将来,随着技术的不断创新和应用,地下管线探测技术将会取得更加显著的进步,为城市的安全和可持续发展提供更加有力的支撑。

[参考文献]

- [1]钟苏美,李杰,王启森,等.复杂条件下城市地下管线探测技术分析及应用[J].城市勘测,2023(1):120-124.
 - [2]湛长才.城市地下管线探测精度检测研究[J].工程技术研究,2023,8(8):92-94.
 - [3]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.
- 作者简介:霍晓龙(1988.9—),毕业院校:辽宁工程技术大学,所学专业:地理信息系统,当前工作单位:大连市勘察测绘研究院集团有限公司,职务:项目经理,职称级别:高级工程师。