

城市地下管线普查测量方法及质量控制要点浅析

张永欣

辽宁省自然资源卫星应用技术中心, 辽宁 沈阳 110034

[摘要]在现代城市的日益发展下, 地下管线系统管理显得尤为关键。这个复杂的网络负责输送和分发城市生活不可或缺的资源, 包括水、电、燃气等。然而, 由于地下管线的隐蔽性和多样性, 传统的管线信息获取方式已经显得不够高效和精准。随着科技的不断进步, 新一代的地下管线普查方法和质量控制原则正在应运而生, 为城市基础设施的可持续发展提供了全新的可能性。本文研究现代地下管线普查的创新方法、质量控制标准及其在城市规划中的重要性, 为构建更安全、高效、智能的城市基础设施奠定理论和实践基础。

[关键词]地下管线; 质量控制; 数据库

DOI: 10.33142/sca.v7i2.11256

中图分类号: TU990.3

文献标识码: A

Analysis of Survey Methods and Quality Control Points for Urban Underground Pipeline Survey

ZHANG Yongxin

Satellite Application Technology Center of Liaoning Natural Resources, Shenyang, Liaoning, 110034, China

Abstract: With the increasing development of modern cities, the management of underground pipeline systems is particularly crucial. This complex network is responsible for transporting and distributing essential resources for urban life, including water, electricity, gas, etc. However, due to the concealment and diversity of underground pipelines, traditional methods of obtaining pipeline information have become less efficient and accurate. With the continuous progress of technology, a new generation of underground pipeline survey methods and quality control principles are emerging, providing new possibilities for the sustainable development of urban infrastructure. This article studies innovative methods, quality control standards, and their importance in urban planning for modern underground pipeline surveys, laying a theoretical and practical foundation for building safer, more efficient, and intelligent urban infrastructure.

Keywords: underground pipeline; quality control; database

引言

随着城市化的不断推进和城市功能的日益复杂, 地下管线网络规模和密度不断增加。传统的地下管线普查方法存在诸多问题, 包括工作效率低、数据准确性不高等问题。基于此, 借助先进的技术手段和智能化技术对地下管线进行全面、精准的普查成为迫切需求。同时, 构建完善的质量控制体系, 确保获得的地下管线数据准确可靠, 成为提高城市基础设施管理水平的关键因素。

1 地下管线普查的工作内容和基本流程

地下管线普查是一项涉及城市基础设施管理的关键任务, 普查的工作内容包括对城市内不同类型的地下管线进行系统性的调查, 包括水道、电力、燃气、通信和污水处理等。在进行地下管线普查的基本流程中, 收集和整理相关地理信息数据、管线图纸、历史档案以及与不同管线运营单位的沟通, 确保普查工作具备充足的信息基础。采用传统测量方法, 团队进行地图资料的详细调查与分析, 确保对管线网络的全面了解。在先进技术应用方面, 地理信息系统 (GIS) 发挥着关键作用, 通过数字化手段实现对管线数据的集中管理和分析。激光雷达技术和电磁感应技术则提供了高效的管线检测手段, 使得数据采集更为迅

速和准确。人工智能算法能够加速数据分析过程, 识别管线异常和提高数据的精确性。无人机的运用则使得难以到达的区域也能够进行高效监测, 提高了整体的调查覆盖率。

2 地下管线普查测量方法

2.1 传统测量方法

2.1.1 地图资料的调查与分析

地图资料的调查与分析是地下管线普查中至关重要的环节。在这个阶段, 普查团队通过收集和规划图、管线图纸以及相关的地理信息数据, 以系统性地了解城市地下管线的整体布局 and 分布情况。通过对规划图的详细研究, 团队能够获得到管线网络的基本框架, 包括各个管线系统的主要走向、连接关系以及周边设施的关联。在地图资料的分析过程中, 普查团队还要注意标记可能存在的错误或不一致性, 确保所获得的信息的准确性和可靠性。同时, 对历史数据的比对分析, 能够揭示出管线系统的发展演变过程, 为管线普查提供更加全面的背景信息^[1]。通过这一阶段的调查与分析, 普查团队能够建立起对地下管线系统的初步认知, 为后续的地面标志测量和其他测量手段提供了方向, 不仅为城市基础设施的管理提供了关键的信息基础, 同时也为规划和维护工作提供了可靠的数据

支持，有助于提高城市管线系统的运行效率和安全性。

2.1.2 地面标志测量

地面标志测量是地下管线普查中的一项基础工作，普查团队使用传统测量工具，如 RTK、水准仪和经纬仪，以确保标志点的精度准确可靠。测量人员根据地图资料的调查结果和初步的管线模型，选择关键位置进行地面标志的设立，位置包括管线的起点、拐点、交叉口等关键节点，确保标志点的布设能够全面代表管线的走向和位置。标志点的测量通常包括使用 RTK、水准仪和经纬仪等设备记录标志点的地理坐标，不仅用于后续管线的详细调查，还为地理信息系统（GIS）的建立提供了重要的原始数据。

2.1.3 钻孔探测法

钻孔探测法通过在特定位置进行地下钻孔，团队能够获取有关管线深度、埋设状态以及管道材质等关键信息，提供详尽的地下管线细节。在实施钻孔探测法时，首先选择具有代表性的测量点，通常考虑到管线的关键节点、拐点以及可能存在问题的区域。专业的钻探设备被用于在地下进行钻孔，以便获取管线下方的实际情况。测量人员在钻孔过程中要注意确保操作的准确性和谨慎性，以防止对地下管线造成损害。一旦完成钻孔，收集到的数据包括管线深度、埋设状态、地质条件等详细信息。钻孔探测法的优势在于它提供了对地下管线的高分辨率视图，有助于发现潜在的问题，如管线老化、腐蚀或其他损伤。

2.2 先进技术应用

2.2.1 地理信息系统（GIS）在地下管线普查中的应用

地理信息系统(GIS)的应用不仅提高了普查的效率，同时为城市基础设施管理提供了全面而直观的管线信息。GIS 通过将地下管线的空间数据进行数字化，实现了对管线位置、长度、类型等多维信息的集成和可视化展示，普查团队能够在同一平台上查看并分析不同管线系统的关联关系，为城市基础设施的整体规划提供了全局视角。GIS 还能够与其他城市数据集整合，如土地利用、人口分布等，进一步丰富了管线信息的上下文，为决策者提供全面的决策支持。GIS 在数据分析方面具有强大的功能。通过对地下管线数据的查询、空间分析和模型建立，普查团队能够快速生成各类报告和图表，帮助决策者更好地理解管线系统的运行状态^[2]。GIS 为地下管线的风险评估和应急响应提供了有效的工具，通过模拟不同的场景和管线故障，GIS 可以帮助城市管理者制定更为科学合理的应急预案，并提前识别潜在问题，减少事故的发生概率。

2.2.2 激光雷达技术

激光雷达技术利用激光束对地面进行快速扫描，获取地形和物体的高分辨率信息，从而在地下管线普查中展现出独特的优势。激光雷达技术具有出色的快速扫描能力，能够在短时间内覆盖大面积地域，使得普查团队能够高效地获取城市地下管线的全貌，快速而准确地生成地形模型。

与传统测量方法相比，无需实地直接接触，避免了地下管线普查对环境的破坏，不仅提高了测量的安全性，同时也减轻了对城市交通和居民生活的不便。激光雷达技术的应用不仅限于管线的地理位置获取，还能提供有关管线周围环境的详细信息，如建筑物、树木等。

2.2.3 电磁感应技术

电磁感应技术利用电磁场对地下金属物体进行感应，从而定位和识别埋藏的管线，为城市基础设施管理提供了重要的信息。电磁感应技术对于地下金属管线的检测非常敏感，通过引入电磁场，当该场感应到金属管线时，产生的电磁信号可以被专业设备捕捉和记录，使得电磁感应技术成为一种高效、非侵入性的手段，特别适用于城市区域中管线的快速检测。电磁感应技术在管线检测的实施中无需直接接触地面，避免了对地面的破坏。电磁感应技术还具有较大的适用范围，不仅可以用于金属管线的检测，也可应用于其他金属结构，如井盖等，为城市基础设施管理提供了更为全面的地下信息，有助于及时发现潜在的问题和隐患。

2.3 智能化技术在地下管线普查中的创新

2.3.1 人工智能算法在地下管线检测中的应用

人工智能算法，通过机器学习和深度学习等人工智能技术，普查团队能够更加智能地处理和分析大量的地下管线数据。人工智能算法通过训练模型，系统能够识别并区分不同类型的管线，如水道、电力、燃气等，从而为管线的分类和归档提供了高度自动化的解决方案。人工智能算法在地下管线异常的检测方面，通过对大量管线数据的学习，系统能够自动识别管线的异常情况，如损伤、腐蚀等，不仅能够提前发现潜在的问题，减少管线故障的风险，同时也减少了对人工巡检的依赖，提高了整体的检测效率。在实际应用中，人工智能算法还可以通过不断的学习和迭代，逐渐优化管线检测的准确性和精度。这使得地下管线普查不再仅仅是数据的收集，更成为一个智能化的系统，为城市基础设施的安全运行和可持续管理提供了强有力的支持。人工智能算法的应用将地下管线普查推向了新的高度，为城市规划和管理提供了更为智能、精准的数据决策基础。

2.3.2 管道机器人在地下管线普查中的应用

管道机器人是一种可沿管道内部移动，携带一种或多种传感器及操作器，在操作人员的遥控操作或计算机的自动控制下，进行一系列管道作业的机电一体化系统。

管道机器人利用轮式机器人携带摄像头、照明装置、内定位装置、激光传感器、倾角传感器、CCD 传感器等对管道内部进行视频图像采集，对管道内壁的损毁、堵塞情况进行探测并传回地面控制站。管道机器人系统可取代人在地下复杂恶劣的环境下工作，减少或避免了人员伤亡。管道机器人系统将为地下管道无损探查、维护提供新的设

备和方法。在管线普查中广泛应用于对污水管道流向及管道堵塞的探查。

2.3.3 无人机在地下管线普查中的角色

无人机技术在地下管线普查中的应用为整个普查过程注入了新的活力和效率,不仅体现在其高空俯瞰的全新视角,更在于其先进的传感器和数据采集能力,为地下管线的调查提供了全新的解决方案。无人机通过搭载定位设备和标志物投放机制,无人机能够迅速而准确地标记地下管线的位置,不仅提高了地面标志的密度和准确性,也降低了人工布设标志的成本和风险,使得地下管线的位置更加清晰可见。无人机搭载先进的传感器,如热成像仪和激光雷达等,能够在地面上方高效扫描,获取地下管线的深度和埋设状态等详细信息,提供对地下管线的全方位视图,为普查团队提供更为细致和全面的地下管线数据。无人机的飞行操作不会对地面造成损坏,避免了传统测量方法中可能引起的交通干扰和环境破坏,有助于提高普查的安全性和可持续性,特别适用于城市交通密集区域或复杂地形条件下的地下管线调查。

3 地下管线普查质量控制

3.1 质量控制体系的建立

3.1.1 测量设备的校准与验证

在地下管线普查的质量控制体系中,测量设备的准确性直接影响到地下管线数据的可信度和质量,因此对这些设备进行定期的校准和验证是不可或缺的步骤。测量设备的校准是通过将设备的测量结果与已知标准进行比较,以确定设备的准确性和精确性。验证步骤是对校准后的测量设备进行确认,以确保它在实际使用中仍然能够提供准确的测量结果,包括使用标准测试数据,验证设备的输出是否符合预期,并通过统计方法和图形分析等手段进行验证。建立详细的校准与验证记录是质量控制的一部分,包括设备的校准日期、校准者、校准过程中的任何调整,以及验证过程中的测试结果,不仅为质量控制体系提供了可追溯性,也为设备的维护和管理提供了重要依据。

3.1.2 测量数据的准确性验证

测量数据的准确性验证是地下管线普查中关键的质量控制步骤,旨在确保所获得的数据与实际地下管线状况相符,为城市基础设施管理提供可信的基础信息。准确性验证要求将获得的测量数据与已知准确的地下管线信息或其他可信数据进行对比,涉及到对测量数据的一致性和逻辑性进行检查,以确认其与实际情况的一致性^[3]。统计方法能够识别数据集中的异常值或离群点,从而帮助确定可能存在的测量误差,图形分析则可以直观地展示数据的分布和趋势,帮助识别任何不规律或异常的数据模式。在准确性验证的过程中,需要根据实际测量任务的要求以及相关标准进行设定,确定了误差容忍度后,可以将数据的准确性与这一标准进行比较,从而判断数据是否符合质量

控制的要求。通过对数据的准确性进行反复验证,可以不断优化测量方法和流程,提高数据的质量。及时发现并纠正潜在的问题,保障数据的准确性和可靠性,为城市基础设施的科学管理提供坚实的数据基础。

3.1.3 人员培训与技术评估

在地下管线普查的质量控制中,人员培训与技术评估是确保普查团队的操作水平和技术能力达到要求的重要环节。人员培训是提高测量人员操作技能的关键,培训内容应包括测量设备的正确使用方法、测量流程的标准化操作、数据采集的规范要求等。培训过程可以结合实地操作和理论知识,确保测量人员全面理解普查任务的要求,并能够灵活应对复杂的现场情况。通过定期的技术评估,可以评估测量人员的综合素质,包括熟练使用测量设备的能力、对测量数据的准确处理和分析能力等,有助于及时发现个体或团队中存在的技术短板,有针对性地进行培训和提升。建立技术评估的标准和指标,通过设定准确性、一致性、可重复性等方面的评估指标,对测量人员的工作进行全面而有针对性的评价。随着技术的发展和普查任务的不断更新,测量人员需要不断学习和适应新的技术和方法。因此,建立定期的培训计划和技术评估机制,保持团队的专业水平和工作激情,是质量控制的重要保障。

3.2 检测与修复地下管线数据的质量问题

3.2.1 数据异常的识别与处理

在地下管线普查的质量控制中,数据异常可能由多种原因引起,包括设备故障、环境干扰、人为误操作等,因此及时发现并妥善处理这些异常对于保障数据质量至关重要。数据异常的识别,可以通过采用自动化算法、实时监控系统等手段来实现。自动化算法能够对数据集进行快速分析,识别出与预期模式不符的异常值或异常模式。一旦发现异常,需要迅速进行调查和确认异常的原因,包括检查设备状态、分析环境条件、审查测量过程等。通过对异常的深入分析,可以确定是设备问题、外部干扰还是其他因素导致的异常,为进一步的处理提供依据。对于明显的错误数据,直接进行删除或修正;对于不确定的异常,可以通过重复测量、使用其他测量方法、引入更高精度的设备等手段进行验证。在处理异常时,需保持数据的完整性和可追溯性,记录异常的发现和处理过程,以备后续分析和审计。建立异常处理的标准操作程序,有助于提高处理的效率和一致性,确保异常的处理不仅及时而且科学合理。

3.2.2 数据修复与完善的方法

数据修复与完善是地下管线普查中确保数据质量的重要环节,对于已识别的错误数据,可以通过删除、纠正或替换的方式进行修复,包括重新测量异常点,采用更准确的测量工具,或者借助先进的数据处理算法进行修正。修复后,需要重新进行数据验证,确保修复后的数据满足

质量控制标准。对于缺失或不完整的数据,可采用数据完善的方法,包括增加额外的测量点,引入其他高精度的测量手段,或者通过数据插值等数学模型进行推测。修复和完善的过程应该经过精细的验证,避免引入新的误差或不确定性。

4 结束语

在地下管线普查工作中,质量控制是确保获得准确、可靠数据的关键环节,直接关系到城市基础设施管理的科学性和可持续性。随着技术的飞速发展,地下管线普查将迎来更为智能化、高效的时代。人工智能、无人机等新技术的广泛应用将极大地提升地下管线数据的采集和分析效率。对异常数据的处理方法和数据修复技术也将不断创

新,以更好地适应城市发展的多样性和复杂性。

[参考文献]

- [1]刘晋虎,张莉,章磊,等. 管线测量成果质量分析与提升[J]. 地理空间信息,2019,17(9):123-125,11.
 - [2]马栋贇. 城市地下管线普查探测的质量检测探讨[J]. 住宅与房地产,2019(36):92.
 - [3]李东峰,孙群. 浅析城市公共区域与非公共区域地下管线普查作业特点[J]. 测绘与空间地理信息,2021,44(11):200-201,205.
- 作者简介:张永欣(1975.7—),沈阳航空航天大学,计算机专业,现单位:辽宁省自然资源卫星应用技术中心,职务:副组长,职称:高级工程师。