

岩土工程勘察中地下管线探测技术与实践

王爱跃 王立旭

天津市北方勘察设计院有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i8.8355

[摘要] 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,其规划、设计、施工和管理日益受到重视。然而,在岩土工程勘察过程中,地下管线的存在往往给工程建设带来诸多挑战。地下管线的准确探测是岩土工程勘察中的关键环节。由于地下管线埋设于地表以下,其位置、走向、埋深等信息难以直观获取,因此必须借助先进的探测技术。地下管线探测技术不仅关系到工程建设的顺利进行,还直接影响到城市地下空间的安全利用。基于此,本文主要就岩土工程勘察中地下管线探测技术与实践进行分析。

[关键词] 岩土工程勘察;地下管线;探测技术

Underground pipeline detection technology and practice in geotechnical engineering survey

Wang Aiyue Wang Lixu

Tianjin Northern Survey and Design Institute Co., Ltd.

[Abstract] With the acceleration of urbanization, underground pipelines, as an important part of urban infrastructure, have received increasing attention to their planning, design, construction and management. However, in the process of geotechnical survey, the existence of underground pipelines often brings many challenges to engineering construction. Accurate detection of underground pipelines is a key link in geotechnical engineering survey. Since underground pipelines are buried below the surface, their location, direction, burial depth and other information are difficult to obtain intuitively, so advanced detection technology must be used. Underground pipeline detection technology is not only related to the smooth progress of project construction, but also directly affects the safe use of urban underground space. Based on this, this paper mainly analyzes the technology and practice of underground pipeline detection in geotechnical engineering survey.

[Key words] geotechnical engineering survey; underground pipelines; Detection technology

引言

在岩土工程勘察过程中,准确探测地下管线的位置、走向、埋深及管径等信息至关重要,这有助于避免在工程施工过程中对既有地下管线造成破坏,防止引发停水、停电、停气等严重事故,保障城市的正常运转,确保工程的顺利进行,提高工程建设的安全性与可靠性。因此,深入研究和应用地下管线探测技术具有显著的现实意义。

1 地下管线探测中的主要影响因素

1.1 管线周围介质的匀称程度

大多数城市地下管道在复杂环境中采用的埋设方法普遍为挖掘沟槽、回填土壤并覆盖的方式。此过程中,一旦原始土层结构和回填土壤结构遭到破坏,它们的电导率和介电常数会出现显著差异。此外,回填土经常混杂有砖石等建筑废料,这些独立存在的建筑废料的介电常数和电导率与周围土壤的

介电常数和电导率差异较大,进而会在雷达剖面上产生大量高弹性干扰信号,严重阻碍了对目标管道异常的识别。因此,在管道探测时,需清晰掌握管道的材质、尺寸、埋深,以及反射弧异常的形态、规模和波形特性等因素。同时,充分考虑管道干扰的随机性和连续性,以便在众多干扰源中准确识别出具有连续特征和稳定波形的管道反射异常。

1.2 近间距管线

近间距管线是指地下管线之间距离较为接近的情况,这种情况对于探地雷达在地下管线探测具有一定的影响。首先,近间距管线会提升探地雷达探测的复杂性。由于管线之间距离较近,雷达信号在穿越过其中一个管线后可能会受到相邻管线的干扰,导致信号反射的复杂性提升,降低了探测精度和准确性。其次,近间距管线可能会导致信号穿透深度受限。管线之间的距离较近会限制探地雷达信号的穿透深度,使得雷达无法有效

地探测到地下管线的深层位置，从而影响到整个管线网络的探测范围和效果。最后，近间距管线还可能引发交叉干扰问题。管线之间的距离较近时，雷达信号与管线的交叉干扰可能增加，导致探测结果出现误差，需要进一步的数据处理和分析才能准确判断管线的位置和属性。

2 岩土工程勘察中地下管线探测技术

2.1 电磁感应法

在管道的三维坐标区域内，将探测设备安装在高频交流信号发生器的上方或其周边区域，内置线圈在接收到设备产生的周期性电流后，引发了交互的电磁场，以波的形式向下层土壤渗透。当这种初始电磁场作用于管线时，会在其内部激发涡旋效应，进而引发二次电磁场的产生。驱动源直接由信号发生器对金属管道施加交替电磁场，激活了管道内的电流流动，也在其周围空间形成了明显的磁场波动。通过精密的接收设备，能够解析并分析磁场的分布模式，从而间接推断出管道的具体位置和埋藏深度。相反，响应源方法依赖于管道的独特频率特性来进行探测，主要区分于常规频率（工频）和极低频率（甚低频）的运用，这两种方法各有其独特的优点和适用场景。

2.2 探地雷达法

雷达波探测技术常用于城市地下管线探测。发射雷达波束，当波束遇到地下管线时，部分能量被管线吸收、反射或散射，然后由接收器接收。通过分析接收到的信号，可以确定地下管线的位置、深度和形态。雷达波探测技术适用于各种地质条件，尤其适用于埋深较浅的地下管线，如给水管、排水管道等。该技术具有快速、高效、准确的特点，能够有效提高地下管线探测的效率和精度。然而，它也存在一定局限性，例如在高电导率介质中的应用效果较差，且对管线材质和尺寸的识别能力有限。因此，在实际应用中，需要结合其他地下探测方法，如地面探测和地下雷达等。

2.3 电探测法

对于复杂环境中的城市地下管线识别，电探测技术主要包括两种策略：一是直流电探测，通过设置双极供电系统，形成稳定的地下电流循环，以此精确定位金属管线的具体位置。关键在于理解管线与其周围介质的独特互动，利用电流在低电阻和高电阻介质间的不同分布，优化探测效果，通常在低电阻区域的信号更为显著。二是交流电探测，依赖于磁场的生成，通过精确测量来获取地下管线的精确信息，这种方法有助于揭示不同介质间的特性差异，并分析这些差异背后的深层原因。其显著优点在于探测深度较大，已经成为当前地下管线探测中的常见手段。

2.4 主动声源法

声波探测技术是一种运用声学原理的检测手段，包括发射和接收两个环节。通过专用接口与地下燃气维修井的排放阀门紧密连接，将精心设计的声波信号导入管道内，这些声波促使管道内的燃气产生共振，并沿管道轴线向远处传递。部分声波

能量会穿透到地表，形成可感知的声波回响。专业人员携带便携式接收设备沿着地表追踪这些信号，通过对回声强度和特定模式的分析，来定位燃气管道的平面路径。尽管这种方法在寻找非金属燃气管道时表现出稳定的效能，但在城市环境中，需要选择干扰较少的时间段执行。实施此技术的前提是，必须能在燃气管道内部引发声波活动，这就要求燃气维修井配备排气阀，以便进行位置检测，但它无法获取管道的具体埋深信息。

2.5 管线示踪法

管线示踪法是通过向目标管线内注入示踪剂（如电磁示踪剂、放射性示踪剂等），然后利用相应的探测仪器对示踪剂进行追踪，从而确定管线的走向和位置。以电磁示踪剂为例，将其注入到地下金属或非金属管线中，示踪剂会沿着管线流动，在其周围产生特定的电磁场。通过专用的示踪仪在地面上追踪该电磁场，即可准确找到管线的位置。

管线示踪法适用于各类材质的地下管线，尤其是对于一些深埋、复杂走向或被障碍物遮挡的管线具有独特优势。它能够在不破坏地面的情况下，精确追踪管线的轨迹。例如，在老旧城区，部分地下管线资料缺失且周围环境复杂，采用管线示踪法可有效探测到这些管线。然而，该方法需要对目标管线进行开孔注入示踪剂，可能会对管线造成一定程度的破坏，且操作过程相对复杂，需要专业人员进行。同时，使用放射性示踪剂时，还需考虑其对环境 and 人体的潜在危害，严格遵守相关规定。

2.6 地质雷达与电磁感应联合探测法

该方法结合了地质雷达和电磁感应法的优势。先利用电磁感应法对金属管线进行快速普查，初步确定金属管线的位置和大致走向。对于电磁感应法难以探测的非金属管线以及需要进一步精确确定管线细节信息（如管径、材质等）的情况，再采用探地雷达进行详细探测。通过两种方法的数据融合与相互验证，提高地下管线探测的准确性和全面性。在城市地下管线探测项目中，这种联合探测法能够充分发挥两种技术的长处。电磁感应法的快速普查能力可提高工作效率，初步圈定管线分布范围；探地雷达的高分辨率和对多种材质管线的探测能力，能补充和细化管线信息。例如，在某城市新区的岩土工程勘察中，采用联合探测法，先通过电磁感应法快速找出金属电力电缆和燃气管道的位置，再用探地雷达对非金属的通信光缆和塑料给排水管进行探测，准确获取了各类地下管线的详细信息，为后续工程建设提供了可靠依据。

3 地下管线探测实践流程

3.1 资料收集与现场踏勘

在进行地下管线探测前，全面收集与项目区域相关的资料，包括城市规划图、地下管线竣工图、地质勘察报告等。通过对这些资料的分析，初步了解地下管线的大致分布情况。同时，进行现场踏勘，观察地面标识（如井盖、管线标识牌等），询问周边居民和相关管理部门，进一步核实管线信息，并记录

现场的地形地貌、地物分布以及可能存在的干扰源。

3.2 制定探测方案

根据收集的资料和现场踏勘结果,结合管线复杂程度、地质条件、探测深度要求等特点,选择合适的探测技术和仪器设备,并制定详细的探测方案。探测方案应包括探测方法的选择与组合、测线布置、仪器参数设置、人员分工以及质量控制措施等内容。例如,对于城市繁华商业区,地下管线密集且材质多样,可采用地质雷达与电磁感应联合探测法,并根据建筑物布局和道路走向合理布置测线,确保能够全面覆盖探测区域。

3.3 外业探测作业

按照制定的探测方案,进行外业探测作业。操作人员熟练使用探测仪器,沿测线逐点进行探测,记录地下管线的电磁感应法中的磁场强度、探地雷达法中的反射波特征。在探测过程中,要注意仪器的校准和参数调整,以适应不同的地质条件和管线情况。对于发现的异常信号,应进行反复测量和验证,确保探测结果的准确性。例如,在使用电磁感应法探测时,当接收机接收到异常的磁场信号时,操作人员会在该位置进行多次测量,并通过改变发射机与接收机的相对位置和方向,进一步确定信号源是否为地下管线。

3.4 数据处理与解译

外业探测完成后,对采集到的数据进行处理与解译。对于电磁感应法的数据,通过专用软件对磁场强度数据进行分析,绘制地下管线的平面位置图和埋深曲线。对于探地雷达数据,利用雷达数据处理软件进行滤波、增益调整、偏移归位等处理,增强雷达图像的清晰度和可识别性,然后根据雷达图像特征解译出地下管线的位置、埋深、管径等信息。在数据解译过程中,需要结合地质知识和实际经验,对复杂的图像和数据进行准确判断。

3.5 成果整理与报告编制

将数据处理与解译得到的地下管线信息进行整理,绘制地下管线综合图,标注各类管线的位置、走向、埋深、管径、材质等参数,并附上必要的文字说明和图表。同时,编制地下管线探测报告,报告内容包括项目概况、探测目的、探测方法、探测结果、质量评估以及相关建议等。地下管线探测成果将作为岩土工程勘察报告的重要组成部分,为后续的工程设计和施工提供依据。例如,在某高层建筑的岩土工程勘察报告中,地下管线探测成果详细说明了项目区域内各类地下管线的分布情况,为基础设计和施工方案的制定提供了关键信息,避免了施工过程中对管线的破坏。

4 地下管线探测质量控制措施

4.1 仪器设备校准与维护

定期对地下管线探测仪器进行校准,确保仪器测量数据的准确性。在每次外业探测前,对仪器进行检查和调试,保证仪器处于良好的工作状态。例如,电磁感应探测仪的发射和接收

线圈的灵敏度可能会随时间变化,定期校准可保证其探测精度。同时,建立仪器设备档案,记录仪器的使用、维护和校准情况,及时发现并解决仪器存在的问题。

4.2 现场质量检查

在探测过程中,安排质量检查人员对现场探测工作进行抽查。检查内容包括探测方法的执行情况、仪器参数设置是否合理、数据记录是否完整准确等。对于发现的问题及时纠正,确保探测工作符合规范要求。例如,质量检查人员会随机选取部分测线,检查探测人员是否按照规定的步距进行测量,仪器显示的参数是否与预设值一致。

4.3 数据验证与复核

对探测得到的数据进行验证和复核。采用不同的探测方法对同一管线进行探测,对比探测结果,相互验证数据的准确性。例如,对于重要的地下管线,先用电磁感应法进行探测,再用探地雷达法进行复核,若两种方法得到的结果一致,则可确认管线信息的准确性。同时,对数据处理和解译过程进行复查,检查数据处理方法是否正确,解译结果是否合理。

4.4 成果质量评估

在地下管线探测工作完成后,对探测成果进行质量评估。评估内容包括管线定位误差、埋深误差、管线遗漏率等指标是否符合相关规范和项目要求。通过抽取一定比例的管线进行实地验证,计算各项误差指标,对探测成果质量进行量化评价。若成果质量未达到要求,需分析原因,采取相应措施进行整改,直至满足质量标准。

结束语

地下管线探测技术在岩土工程勘察中具有不可替代的重要作用。在实际工程中,通过资料收集与现场踏勘、制定合理探测方案、严格执行外业探测作业、科学进行数据处理与解译以及精心整理成果与编制报告等一系列实践流程,并采取有效的质量控制措施,能够准确探测地下管线信息。随着技术的不断发展和创新,地下管线探测技术将在岩土工程领域发挥更加重要的作用,为城市建设和发展保驾护航。

[参考文献]

- [1]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,(S1): 91-96+101.
- [2]吴颖斯.地下管线探测技术应用研究[J].未来城市设计与运营,2023,(12): 65-67.
- [3]陈建林.浅谈地下管线探测与保护技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(34): 88-90.
- [4]李育强,孙士辉,李奕洁,等.城市新型地下管线的探测技术及其应用研究[J].工程建设与设计,2023,(09): 144-146.
- [5]刘奕青.城市区域复杂条件下的地下管线探测技术探究[J].流体测量与控制,2022,3(05): 21-24+40.