

地球物理方法在城市地下管网探测与绘图中的应用

杨 峰

江苏省矿产地质调查大队 江苏 南京 210012

摘 要：本文探讨了地球物理方法在城市地下管网探测与绘图中的应用。介绍了城市地下管网的复杂性和地球物理方法的基本原理，详细分析了高密度电阻率法、电磁感应法、地质雷达法、地震波法、主动声源法等多种地球物理方法在城市地下管网探测中的具体应用，以及这些方法的优势、局限性及发展趋势。最后总结了地球物理方法在城市地下管网探测与绘图中的重要作用。

关键词：地球物理方法；城市地下管网；探测与绘图；高密度电阻率法；电磁感应法

引言

随着城市化进程的加速，城市地下空间得到了广泛开发，地下管网作为城市的“生命线”，其复杂性和重要性日益凸显。准确探测与绘制地下管网对于城市规划、建设、维护以及应急管理具有重要意义。地球物理方法作为一种非侵入式的探测手段，在城市地下管网探测与绘图中的应用日益广泛。

1 城市地下管网的复杂性

城市地下管网，作为现代城市的“生命线”，其复杂性不言而喻。这一庞大的网络系统，不仅涵盖了给水、排水、电力、燃气、通信等多种管线，而且管线的材质也是多种多样，既有坚固耐用的金属材料，也有轻便耐腐蚀的非金属材料。这些管线在城市的地下空间中交织成一张错综复杂的网，为城市的正常运转提供了必要的支撑。城市地下环境的复杂性，无疑增加了管网探测的难度。楼房、地铁、隔离带等地下障碍物层出不穷，它们不仅占据了地下空间，还可能对管线的探测信号产生干扰，使得探测工作更加棘手。此外，随着城市化的不断推进，地下管线的密度也在不断加大。新建管线与既有管线相互交织，埋设方式也是多种多样，有直埋、穿管、架空等多种形式。这种密集且复杂的管线布局，无疑给探测工作带来了更大的挑战。

2 地球物理方法基本原理

地球物理方法，作为一种探测地下目标体的有效手段，其基本原理在于利用目标体与周边介质的物理差异。这些物理差异可能体现在电性、磁性、弹性、热性等多个方面。例如，不同的地质体或管线可能具有不同的导电性、导磁性或弹性模量，这些差异为地球物理探测提供了可能。在实际应用中，地球物理方法需要运用先进的物探仪器设备，来观测和分析地下物理场的分布。这些设备能够捕捉到地下目标体产生的微弱信号，

并通过数据处理和对比分析，揭示出这些信号与目标体之间的对应关系。通过这种方式，我们可以探查地质界限、地质构造或其它目标体的位置、形态和性质，为城市地下管网的探测和管理提供有力的支持。

3 地球物理方法在城市地下管网探测中的应用

3.1 高密度电阻率法

高密度电阻率法是一种基于地层岩石导电性能差异的地球物理探测方法。该方法通过一组电极向地下供电，另一组电极测量电压、电流，并引入装置系数，计算得到视电阻率值。这些视电阻率值反映了地下不同地质结构的导电性能，从而可以推断出地下的地质构造和管线分布。在城市地下管网探测中，高密度电阻率法特别适用于探测大尺寸的金属和非金属管道。由于城市地面多为硬质路面，这对电极的接地电阻稳定性产生了一定影响。因此，在实际作业中，需要特别注重电极的埋设方式，确保电极与地面的良好接触，以提高探测数据的准确性^[1]。高密度电阻率法的优势在于其能够提供较为连续的地下电阻率分布图像，这对于识别地下管线的走向、埋深以及管径等参数非常有帮助。同时，该方法还具有探测深度大、分辨率高的特点，能够满足城市地下管网探测的多种需求。

3.2 电磁感应法

电磁感应法是一种利用电磁场原理进行地下管线探测的方法。该方法在管道平面位置的正上方或附近放置发射交变电流的发射机，发射机内置的发射线圈在交变电流的作用下产生交变电磁场，并向地下介质传播。在一次交变电磁场的激励下，管线内部将产生涡旋电流，进而在其周围产生二次电磁场。电磁感应法主要适用于金属管线的探测，如铸铁管、钢管等。该方法不仅可以用于管线的盲探，即在不知道管线具体位置的情况下进行探测，还可以探测近距离并行的管线，并确定管线的

平面位置、埋深等属性信息。电磁感应法分为主动源法和被动源法两种。主动源法包括感应法、夹钳法和直接法,其中感应法是最常用的一种方法,它通过发射机产生的交变电磁场来激励管线内部的涡旋电流,进而探测管线的位置。被动源法则包括工频法和甚低频法,这些方法利用的是自然存在的电磁场或人工产生的低频电磁场来进行探测。电磁感应法的优势在于其探测速度快、操作简便,且对金属管线的探测效果尤为显著。然而,该方法也存在一定的局限性,如对于非金属管线的探测效果较差,且在城市环境中可能受到其他电磁干扰的影响。

3.3 地质雷达法

地质雷达法是一种基于高频电磁波反射原理的地球物理探测方法。该方法使用的设备由发射机和接收机组成,发射机产生高频脉冲波,通过内置的发射天线向外辐射电磁波,并往地下介质内部传播。电磁波在地下介质中遇到不同电性界面时会发生反射,反射波由接收机内置的天线接收。地质雷达法适用于探测非金属地下管线,如塑料管、硬质聚乙烯管、PVC管等。该方法可以确定管线的深度和位置,但由于不同材质的管线对电磁波的反射特性不同,因此地质雷达法无法分辨管线的类型^[2]。在实际应用中,地质雷达法具有探测速度快、分辨率高、操作简便等优点。然而,该方法也受到一定限制,如探测深度相对有限,且在城市环境中可能受到地面干扰物的影响。因此,在使用地质雷达法进行地下管线探测时,需要结合其他方法进行综合判断。

3.4 地震波法

地震波法是一种基于管线与周围介质波阻抗差异的地球物理探测方法。该方法利用地震反射法(面波法)原理,应用相应的仪器测量管线周围的弹性波场。当地震波遇到管线时,会发生反射和折射现象,通过接收并分析这些反射和折射波,可以推断出管线的位置和埋深。地震波法适用于探测大直径的金属管线或非金属管线,如铸铁管、钢管、塑料管、硬质聚乙烯管、钢筋混凝土管等。特别是在城市硬质水泥路面条件下的管线探测中,地震波法能够充分发挥其弹性波激振特点,准确获取地下管线的埋深、位置等相关数据信息。地震波法的优势在于其探测深度大、分辨率高,且对不同类型的管线均具有较好的探测效果。然而,该方法也存在一定的局限性,如需要较大的探测场地、对操作人员的技术要求较高等。因此,在使用地震波法进行地下管线探测时,需要充分考虑现场条件和操作人员的技术水平。

3.5 主动声源法

主动声源法是一种基于声学探测原理的地球物理方

法。该方法由发射和接收两部分组成,发射部分通过音频驱动器将特定组合频率的声波信号施加到燃气管道内,声波信号带动管道内燃气共振并向管道远端传播。技术人员手持接收装置沿地表接收对应声波信号,并根据接收装置声波信号的强度及数值高低组合判断出燃气管道的平面位置。主动声源法特别适用于非金属燃气管道的探测。由于非金属管道对电磁波的反射特性较弱,因此传统的电磁感应法对其探测效果较差。而主动声源法通过向管道内施加声波信号并接收其反射波来判断管道的位置,具有较高的准确性和可靠性。然而,城市环境复杂多变,存在许多可能干扰声波传播的因素。因此,在使用主动声源法进行地下管线探测时,需要尽量选择环境干扰较小的时间段进行实施,以提高探测数据的准确性和可靠性。

4 地球物理方法的优势与局限性

4.1 优势

地球物理方法的首要优势在于其非侵入式的探测方式。传统的地下管线探测方法往往需要破坏地面或开挖管道,这不仅对城市环境造成了破坏,还可能对交通、居民生活等带来不便。而地球物理方法则通过测量地下物理场的分布来推断管线的位置、埋深等信息,无需破坏地面或开挖管道,大大减少了对城市环境的干扰。这种非侵入式的探测方式使得地球物理方法在城市地下管网探测中具有极高的应用价值。其次,地球物理方法具有高效准确的特点。城市地下管网错综复杂,管线材质多样,埋设方式也各不相同^[3]。单一的探测方法往往难以准确获取所有管线的信息。而地球物理方法则可以通过多种方法的结合使用,如高密度电阻率法、电磁感应法、地质雷达法等,来准确探测地下管线的位置、埋深、材质等属性信息。这种多种方法综合运用的方式大大提高了探测的准确性和效率。此外,地球物理方法还具有极强的适应性。不同的地球物理方法适用于不同材质、不同埋设方式的管线探测。例如,电磁感应法主要适用于金属管线的探测,而地质雷达法则更适用于非金属管线的探测。地震波法则可以探测大直径的金属或非金属管线,且在城市硬质水泥路面条件下的管线探测中表现出色。这种广泛的适用性使得地球物理方法能够应对各种复杂的地下管网探测任务。

4.2 局限性

尽管地球物理方法具有诸多优势,但其也存在一些局限性。首先,城市地下环境复杂多变,存在众多障碍物和干扰源。这些障碍物和干扰源可能对地球物理探测信号产生干扰,从而影响探测结果的准确性。例如,在

电磁感应法中,城市中的电力线、金属构筑物等都可能产生干扰信号,影响管线的探测结果。因此,在进行地球物理探测时,需要充分考虑城市地下环境的复杂性,并采取有效的措施来减少干扰。其次,部分地球物理方法受到探测深度的限制。不同的地球物理方法具有不同的探测深度范围,对于深层管线的探测效果不佳。例如,地质雷达法虽然具有高分辨率、操作简便等优点,但其探测深度相对有限,难以满足深层管线探测的需求。因此,在进行深层管线探测时,需要选择具有更大探测深度的地球物理方法或结合多种方法进行综合探测。最后,地球物理方法的成本相对较高。这主要体现在两个方面:一是探测设备的成本较高。地球物理探测需要先进的探测设备,如高密度电阻率仪、电磁感应探测仪、地质雷达等,这些设备的价格往往较高。二是专业技术人员的成本较高。地球物理探测需要专业的技术人员进行操作和分析,这些人员需要经过专业的培训和实践,具备较高的专业素养和技能水平。因此,地球物理方法的成本相对较高,可能在一定程度上限制了其在实际应用中的推广和使用。

5 地球物理方法的发展趋势

随着科技的飞速进步和城市化进程的加速,地球物理方法在城市地下管网探测与绘图中的应用正迎来前所未有的发展机遇。这一领域的发展趋势呈现出多元化、高效化、智能化和集成化的特点。①地球物理方法将更加注重多种方法的综合应用。传统的单一地球物理方法往往存在局限性,如探测深度有限、易受环境干扰等。为了克服这些局限性,未来的地球物理探测将趋向于多种方法的综合应用。例如,在探测城市地下管网时,可以结合使用电磁感应法、地质雷达法、高密度电阻率法等多种方法。通过综合应用不同方法的优势,可以提高探测结果的准确性和可靠性,更全面地了解地下管网的分布情况。②随着探测设备的不断更新和技术的不断进步,地球物理方法的探测深度和精度将得到进一步提

升。现代科技的发展为地球物理探测提供了更先进的探测设备和技术手段。这些新设备和技术不仅能够提高探测的精度和效率,还能实现更深层次的探测。例如,新一代的地质雷达设备具有更高的分辨率和穿透力,能够更准确地探测地下管网的细节信息^[4]。此外,随着人工智能和大数据技术的应用,地球物理数据的处理和分析能力也将得到显著提升,从而进一步提高探测结果的准确性和可靠性。③地球物理方法还将与其他领域的技术相结合,形成更加完善的城市地下管网探测与管理体系。地理信息系统(GIS)、大数据、云计算等技术的发展为地球物理方法的应用提供了更广阔的空间。通过将地球物理探测数据与GIS数据相结合,可以实现对城市地下管网的可视化管理和动态更新。同时,大数据技术可以对海量的地球物理探测数据进行分析和挖掘,发现地下管网分布的规律和趋势,为城市规划和管理提供科学依据。

结语

地球物理方法在城市地下管网探测与绘图中的应用具有重要的意义。通过综合运用多种地球物理方法,可以准确探测地下管线的位置、埋深等属性信息,为城市规划、建设、维护以及应急管理提供有力的支持。虽然地球物理方法存在一定的局限性,但随着技术的不断进步和应用经验的积累,其应用前景将更加广阔。

参考文献

- [1]胡明针,李承瑾,林思婷.地球物理反演在地下管线探测中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2024,(12):151-153.
- [2]罗汪彬,陈鸿,徐宏斌,等.综合地球物理方法在厦门220 kV海底电缆现状调查及分析中的应用[J].技术与市场,2024,31(10):57-59.
- [3]何永川,刘永锋,王国云,等.综合地球物理方法在城市道路塌陷勘查的应用[J].云南地质,2024,43(02):269-273.
- [4]黄国松.地球物理勘探在工程地质勘察中的应用分析[J].中国设备工程,2024,(10):251-253.