

地球物理勘探技术在城市地质调查中的应用

杨再立

河北省地质矿产勘查开发局第二地质大队(河北省矿山环境修复治理技术中心) 河北 唐山 063000

摘要: 本文聚焦地球物理勘探技术在城市地质调查中的应用。先阐述城市地质调查的内容与目标,分析其面临城市地下空间复杂、环保与规划协调等挑战。接着介绍该技术在城市活断层探测、地下空洞识别、地下水资源评价管理、地下空间开发规划等方面的具体应用。最后探讨其发展趋势,包括高新技术融合、装备升级、绿色勘探及三维地质建模深化等,为城市地质调查提供技术支撑。

关键词: 地球物理勘探;城市地质调查;地下空间开发

引言: 城市化进程加速,城市地质调查对科学规划与可持续发展意义重大。然而,城市地下空间复杂、环境保护与城市规划协调困难等问题,给地质调查带来挑战。地球物理勘探技术凭借独特优势,在城市地质调查中发挥着关键作用。它能高效获取地下地质信息,为解决诸多地质难题提供有力手段,成为推动城市地质调查发展的重要力量。

1 城市地质调查的内容与目标

城市地质调查涵盖多方面内容。地质构造方面,需查明城市区域内的断裂、褶皱等构造特征,分析其活动性及对城市稳定性的影响。地层岩性调查聚焦于不同地层的分布、厚度、岩性特征,为工程建设提供基础地质依据。水文地质调查包含地下水的类型、水位、水质、补给排泄条件等,评估地下水对城市供水、工程建设及生态环境的作用。工程地质调查关注岩土体的工程性质,如承载力、变形特性等,为建筑地基处理、边坡稳定性评价提供数据。还包括地质灾害调查,识别滑坡、泥石流、地面沉降等灾害隐患,分析其形成条件与发育规律;环境地质调查,研究城市地质环境质量、污染状况及演变趋势^[1]。城市地质调查旨在为城市的科学规划、合理开发与可持续发展提供地质支撑。通过全面系统的调查,掌握城市地质条件与资源环境状况,为城市功能分区、重大工程建设选址提供科学依据,降低工程建设风险。同时评估地质灾害隐患,制定防治措施,保障城市居民生命财产安全。另外,还能为城市资源合理开发利用、生态环境保护与修复提供基础数据,助力城市实现绿色、协调、可持续发展。

2 城市地质调查面临的挑战

2.1 城市地下空间复杂性

城市化加速使城市地下空间开发规模扩大,其复杂性给地质调查带来巨大挑战。地下空间类型多样,有地

下轨道交通、商业设施、停车场、管线等,相互交织成复杂网络。多层性和立体性增加了调查难度,不同层次功能、结构及地质条件有别,调查要考虑层次间相互影响和地层对工程的作用。地下管线密集分布也带来困扰,管线类型多、纵横交错,需掌握其位置等信息,避免调查时破坏并保障开发利用准确。但因历史和管理问题,许多城市管线资料不全不准。地下空间开发会改变地质环境,如开挖引发地质灾害,地下水抽取影响动态平衡和地面稳定。所以,地质调查要考虑开发对地质环境及地质环境变化对地下空间安全的影响。

2.2 环境保护与城市规划的协调

城市地质调查中,环境保护与城市规划协调是亟待解决的问题。城市规划决定城市发展,地质调查为其提供地质依据,但二者存在矛盾。一方面,城市规划为满足发展需求,可能过度开发土地,忽视地质环境保护,如在脆弱地区布局工业项目,引发污染问题^[2]。另一方面,环境保护要求规划考虑地质承载能力,但因缺乏科学调查评估,规划可能破坏地质环境。地质调查成果在城市规划中应用不充分,规划部门与地质调查部门沟通协作少,规划方案与地质条件不适应,增加建设和运营风险。为此,要加强地质调查与规划衔接,规划前期充分开展地质调查;实施过程中加强地质环境监测评估,及时调整方案;还要加强部门沟通协作,建立信息共享机制,提高地质调查成果应用水平。

3 地球物理勘探技术在城市地质调查中的具体应用

3.1 城市活断层探测

城市活断层是城市地震灾害的主要根源,准确探测城市活断层的位置、活动性和几何特征对于城市地震灾害预防和减轻具有重要意义。地球物理勘探技术在城市活断层探测中发挥着关键作用。高密度电阻率法是一种常用的地球物理勘探方法,它通过在地表布置密集的电

极阵列,测量地下介质的电阻率分布,从而推断地下地质结构。活断层通常具有不同的电阻率特征,与周围地层存在明显差异。通过高密度电阻率法探测,可以识别出活断层的位置和大致走向。浅层地震勘探是另一种重要的活断层探测方法,它利用人工激发的地震波在地下介质中的传播特性,通过在地表布置检波器接收地震波信号,分析地震波的传播时间、振幅和频率等信息,推断地下地质结构。浅层地震勘探可以提供较高分辨率的地下地质图像,能够准确确定活断层的深度、产状和活动性。地质雷达探测技术也在城市活断层探测中得到了一定应用。地质雷达利用高频电磁波在地下介质中的传播和反射特性,通过发射和接收电磁波信号,探测地下目标体的位置和形态。地质雷达具有分辨率高、探测速度快等优点,适用于城市浅部活断层的探测。

3.2 地下空洞与不良地质体识别

城市地下空洞和不良地质体的存在会对城市建筑和地下工程的安全造成严重威胁。地球物理勘探技术可以有效地识别地下空洞和不良地质体。瞬态面波法是一种基于面波传播特性的地球物理勘探方法,面波在传播过程中,其速度与地下介质的弹性性质有关。地下空洞和不良地质体与周围正常地层的弹性性质存在差异,会导致面波速度发生变化。通过测量面波的频散曲线,分析面波速度随频率的变化规律,可以推断地下介质的弹性性质和结构,从而识别地下空洞和不良地质体的位置和范围。电阻率成像法也是识别地下空洞和不良地质体的常用方法之一。该方法通过在地表布置多个电极,采用不同的电极排列方式进行电阻率测量,然后利用计算机对测量数据进行处理和成像,得到地下介质的电阻率分布图像。地下空洞通常表现为低电阻率异常区,而不良地质体如软土、松散砂层等也可能具有与周围地层不同的电阻率特征。通过电阻率成像法可以直观地识别出地下空洞和不良地质体的位置和形态。地震折射层析成像技术也可以用于地下空洞和不良地质体的识别。该技术利用地震波在不同介质中的折射特性,通过在地表布置多个震源和检波器,测量地震波的传播时间,然后利用层析成像算法反演地下介质的速度结构。地下空洞和不良地质体的存在会导致地震波传播速度发生变化,通过地震折射层析成像可以识别出这些异常区域,为地下工程的安全施工提供保障。

3.3 地下水资源评价与管理

地下水资源是城市重要的水资源之一,合理评价和管理地下水资源对于保障城市的供水安全至关重要。地球物理勘探技术可以为地下水资源评价与管理提供重

要的技术支持。核磁共振找水技术是一种直接探测地下水的地球物理方法。它利用地下水中氢原子的核磁共振现象,通过向地下发射特定频率的射频脉冲,激发氢原子产生核磁共振信号,然后接收和分析这些信号,获取地下水的信息。核磁共振找水技术可以准确测定地下水的含量、分布和赋存状态,为地下水资源的评价提供可靠数据。自然电场法也可以用于地下水资源的探测^[3]。当地下水在地下介质中流动时,会产生自然电场。通过测量地表自然电场的分布,可以推断地下水的流动方向和赋存位置。自然电场法具有设备简单、操作方便等优点,适用于大面积地下水资源的普查。在地下水资源管理方面,地球物理勘探技术可以用于监测地下水的动态变化。地球物理勘探技术还可以用于评估地下水污染状况,通过测量地下介质的物理性质变化,推断污染物的扩散范围和程度,为地下水污染治理提供依据。

3.4 地下空间开发利用规划

随着城市地下空间开发利用规模的不断扩大,合理规划地下空间成为城市发展的重要任务。地球物理勘探技术可以为地下空间开发利用规划提供科学依据。在地下空间开发利用规划前期,地球物理勘探技术可以全面了解城市地下地质条件,包括地层岩性、地质构造、地下水等情况。通过高密度电阻率法、浅层地震勘探等方法,绘制城市地下地质剖面图和三维地质模型,直观展示地下地质结构,为地下空间的功能分区和布局提供参考。在地下空间开发利用过程中,地球物理勘探技术可以用于监测地下工程的施工安全和地质环境变化。例如,在地下隧道施工中,利用地质雷达、地震波法等实时监测前方地质条件,及时发现可能存在的断层、溶洞等不良地质体,避免施工事故的发生。同时,通过监测地下水位、地面沉降等指标,评估地下空间开发利用对地质环境的影响,及时调整施工方案,确保地下空间开发利用的可持续性。地球物理勘探技术还可以为地下空间的资源利用提供信息。

4 地球物理勘探技术在城市地质调查中的发展趋势

4.1 高新技术融合应用

随着人工智能和大数据技术的快速发展,其在地球物理勘探领域的应用前景广阔。人工智能技术可以通过机器学习、深度学习等方法,对大量的地球物理勘探数据进行自动分析和处理,提高数据解释的准确性和效率。大数据分析技术可以对海量的地球物理勘探数据进行整合和分析,挖掘数据中隐藏的信息和规律。通过建立地球物理勘探数据库,将不同地区、不同类型的勘探数据进行集中管理,利用大数据分析技术进行数据挖掘

和关联分析,可以为城市地质调查提供更全面、更深入的信息支持。例如,通过分析不同地区地下水位变化与气象因素、人类活动等因素的关系,为地下水资源的合理开发利用提供科学依据。人工智能和大数据技术还可以与地球物理勘探仪器相结合,实现勘探仪器的智能化和自动化。例如,开发具有自动数据采集、处理和分析功能的智能地球物理勘探仪器,提高勘探工作的效率和精度。

4.2 勘探装备的小型化、智能化与集成化

为了提高地球物理勘探在城市地质调查中的灵活性和适应性,勘探装备正朝着小型化、智能化与集成化的方向发展。小型化的勘探装备便于在城市复杂环境中进行操作和运输,能够快速部署到不同的勘探地点。例如,小型化的地质雷达设备可以方便地在城市街道、建筑物内部等狭小空间进行探测,提高勘探效率。智能化的勘探装备具有自动控制、自动诊断和自动调整等功能,能够根据勘探现场的实际情况自动优化勘探参数,提高勘探数据的质量。集成化的勘探装备将多种地球物理勘探方法集成在一起,实现一次勘探获取多种地质信息。例如,将高密度电阻率法、地质雷达和浅层地震勘探等方法集成在一台设备中,可以同时测量地下介质的电阻率、电磁波反射和地震波传播等信息,提高勘探的综合效率和信息获取的全面性。

4.3 绿色、环保的勘探技术开发

在城市地质调查中,注重环境保护和可持续发展是未来的发展趋势。因此,开发绿色、环保的地球物理勘探技术具有重要意义。传统的地球物理勘探方法可能会对城市环境产生一定的影响,为了减少勘探活动对环境的影响,需要开发新型的绿色、环保勘探技术。例如,采用无源地震勘探方法,利用天然地震波或环境噪声作为震源,避免人工震源的使用,减少对环境的干扰。同时,研发低能耗、无污染的勘探设备,降低勘探过程中的能源消耗和废弃物排放。在勘探过程中,还应加强对环境的监测和保护,采取有效的措施减少勘探活动对土壤、水体和空气等环境要素的影响,实现地球物理勘探与环境保护的协调发展。

4.4 三维地质建模与可视化技术的应用深化

三维地质建模与可视化技术能够将复杂的地下地质结构以直观的三维图像形式展示出来,为城市地质调查和地下空间开发利用提供更清晰、更准确的信息。随着计算机技术和图形处理技术的不断进步,三维地质建模与可视化技术的应用将不断深化^[4]。未来的三维地质建模将更加注重数据的融合和集成,不仅整合地球物理勘探数据,还将结合地质钻探、地质测绘等多种数据源,构建更加精确、完整的地质模型。同时利用虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术,实现三维地质模型的可视化交互,使地质人员能够更加直观地观察和分析地下地质结构,提高地质解释的准确性和决策的科学性。三维地质建模与可视化技术还将与其他领域的技术相结合,如与城市规划软件集成,为城市规划提供三维地质信息支持;与地下工程施工模拟软件结合,模拟地下工程施工过程对地质环境的影响,优化施工方案,保障施工安全。

结束语

地球物理勘探技术在城市地质调查中应用广泛且成效显著,从活断层探测到地下空间规划,为城市发展筑牢地质基础。随着高新技术融合、装备升级及绿色勘探等趋势发展,其应用前景更为广阔。未来,应持续创新探索,提升技术水平,让该技术更好地服务于城市地质调查,助力城市实现绿色、安全、可持续发展。

参考文献

- [1]姬姝全.地球物理勘探在工程地质勘察中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(16):172-174.
- [2]李广才,李培,姜春香等.我国城市地球物理勘探方法应用进展[J].地球物理学进展,2023,38(04):1799-1814.
- [3]李华,王东辉,张伟,等.地球物理探测技术在成都市浅表地质结构调查中的应用研究[J].中国地质,2022,49(5):1438-1457.
- [4]贾慧涛,廖圣柱,盛勇,等.微动勘探技术在城市地质工作中的应用[J].安徽地质,2020,30(1):35-38,80. DOI:10.3969/j.issn.1005-6157.2020.01.009.