

物探方法现状及未来展望

黄 鹏

山西省煤炭地质一一五勘查院有限公司 山西 大同 037003

摘 要：物探方法包括传统方法如重力、磁法、电法和地震勘探，以及新型方法如微动探测、光纤传感、航空物探和井中物探。这些方法在矿产资源勘探、地质灾害监测、城市地质调查等领域发挥着重要作用。随着技术的发展，物探方法正朝着多方法综合应用、智能化与自动化、高精度与高分辨率以及绿色环保的方向发展。未来，物探技术将在城市地质与地下空间探测、新能源勘探与开发、地质灾害监测与预警以及海洋地质调查等领域得到更广泛的应用，为地质资源的可持续开发利用和生态环境保护提供有力支持。

关键词：物探方法；应用现状；未来展望

引言

物探方法是地球物理勘探的重要分支，通过测量和分析地球物理场的变化来探测地下地质体的特征和分布规律。随着科学技术的不断进步，物探方法得到了长足的发展，并在多个领域取得了显著成果。本文旨在综述物探方法的现状和未来展望，探讨其在地质资源勘探、地质灾害监测以及生态环境保护等方面的应用前景，为地质勘探和环境保护工作提供有益的参考。

1 物探方法现状

1.1 传统物探方法持续发展

(1) 重力勘探是利用组成地壳的各种岩体、矿体间的密度差异所引起的地表的重力加速度值的变化进行地质勘探的方法。经过长时间的发展，重力仪的精度不断提高，数据采集和处理技术也日益成熟。在区域地质调查、矿产资源勘探以及地质构造研究等方面仍然发挥着重要作用。例如，在寻找大型金属矿床、石油天然气等资源时，重力勘探可以帮助确定地下地质体的大致形态和分布范围。不过，重力勘探的分辨率相对较低，对于小型或深部的地质体探测能力有限，且存在多解性问题。(2) 自然界的岩石和矿石具有不同磁性，会使地球磁场在局部地区发生变化，出现地磁异常，磁法勘探就是利用仪器发现和寻找这些磁异常，进而寻找磁性矿体和研究地质构造。该方法在矿产资源勘探、地质填图以及大地构造研究等方面应用广泛。随着技术的进步，高精度磁测仪器的研发使得磁法勘探的精度和效率都有了显著提升。例如，在铁矿、多金属矿等磁性矿产的勘探中，磁法勘探能够快速有效地圈定矿体的大致范围。磁法勘探同样受到多解性的影响，对于非磁性或弱磁性地质体的探测效果较差。(3) 电法勘探是根据岩石和矿石的电学性质差异来找矿和研究地质构造的方法，分为直

流电法和交流电法。在实际应用中，电法勘探可以有效地探测地下的含水层、岩溶洞穴以及断层等地质构造。近年来，随着电子技术的发展，电法仪器的性能不断提高，数据采集和处理的自动化程度也越来越高。例如，高密度电法、激发极化法等电法勘探技术在工程地质勘察、水文地质调查等领域得到了广泛应用。但是，电法勘探易受地形、地质条件以及人文干扰等因素的影响，数据的解释和分析也较为复杂。(4) 地震勘探是利用人工激发的地震波在弹性不同的地层内传播规律来勘探地下地质情况的方法。它是目前勘探精度最高的物探方法之一，特别是地震反射法，可以较为准确地测定地下地质体的深度、形态和岩性等信息。在石油、天然气等能源资源的勘探以及城市地下空间探测、重大工程建设的地质勘察等方面具有不可替代的地位。随着计算机技术的发展，地震数据的处理和解释能力不断增强，三维地震勘探技术、多波多分量地震勘探技术等也得到了广泛应用，大大提高了地震勘探的效果和分辨率。

1.2 新型物探方法不断涌现

(1) 微动探测技术是一种利用天然场源或人工激发的微动信号来探测地下地质结构的方法。该方法具有无需人工震源、对环境干扰小、探测深度大等优点，在城市地下空间探测、地热资源勘探以及地质灾害监测等方面具有广阔的应用前景。例如，在城市地铁建设、地下管线铺设等工程中，微动探测技术可以有效地探测地下的岩土体结构和地质异常体，为工程的设计和施工提供重要的参考依据^[1]。(2) 光纤传感技术是利用光纤作为传感器，测量外界物理量变化对光纤中光信号的影响，从而实现对物理量的测量和监测。在物探领域，光纤传感技术可以用于监测地下的应力、应变、温度等物理参数的变化，为地质灾害的预警和防治提供重要的技术支

持。例如,在滑坡、泥石流等地质灾害多发地区,光纤传感技术可以实时监测山体的变形和位移情况,及时发出预警信号。(3)航空物探技术是利用飞机或其他飞行器作为搭载平台,进行地球物理场的测量和数据采集的方法。该技术具有快速、高效、覆盖范围广等优点,可以在短时间内获取大面积的地球物理数据。随着无人机技术的发展,小型无人机搭载的物探仪器也逐渐得到应用,从而提高了航空物探的灵活性和适应性。例如,在地质矿产勘查、环境监测等领域,航空物探技术可以快速地圈定矿产资源的分布范围和环境异常区域。(4)井中物探技术是将物探仪器放入井中进行测量和数据采集的方法。该技术可以有效地探测井周围的地质结构和矿产资源分布情况,为钻井的选址和矿产资源的开发提供重要的依据。例如,在石油、天然气等资源的勘探开发中,井中物探技术可以帮助确定油藏、气藏的位置和规模,提高资源的开采效率。

2 物探方法未来展望

2.1 技术发展趋势

2.1.1 多方法综合应用

随着地球物理勘探技术的不断进步,不同的物探方法基于不同的物理原理,对地质体的响应特性和敏感度各不相同,因此,它们各自具有独特的优点和局限性。为克服单一方法的局限性,提高地质解释的准确性和可靠性,未来物探工作将更加注重多种方法的综合应用。在综合应用多种物探方法时,我们可以充分利用每种方法的优势,实现对地质体的多角度、全方位探测。例如,重力勘探和磁法勘探对地下岩石的密度和磁性变化敏感,可以揭示地下地质体的基本形态和分布;电法勘探则通过测量地下岩石的电性参数,如电阻率、极化率等,从而揭示地质体的内部结构和性质;而地震勘探则利用地震波的传播特性,探测地下地质体的界面和构造特征。在复杂地质条件下的矿产资源勘探中,综合应用多种物探方法显得尤为重要。通过不同方法之间的相互验证和补充,可以更全面地了解地质体的特征和分布规律,提高勘探的准确性和效率。例如,在寻找隐伏矿体时,可以先利用重力勘探和磁法勘探进行区域性的地质调查,确定大致的矿体位置和形态;然后,通过电法勘探和地震勘探进行详细的探测和分析,从而揭示矿体的内部结构、规模和产状;最后,结合地质、化探等资料进行综合解释和评价,确定矿体的储量和开采价值。此外,随着信息技术和人工智能技术的发展,多方法综合应用也将变得更加智能化和自动化。我们可以利用大数据和机器学习等技术,对多种物探数据进行融合和分

析,提高数据处理的效率和准确性。

2.1.2 智能化与自动化

随着人工智能、大数据、云计算、物联网以及高性能计算等前沿技术的不断融合与演进,物探技术正迎来一场深刻的智能化与自动化变革。该趋势不仅将极大地提升物探作业的效率与精度,还将重塑地质勘探的工作模式,引领行业进入全新的发展阶段。在数据处理方面,人工智能技术的引入使得复杂的物探数据得以被高效、准确地分析。深度学习、神经网络等AI算法能够自动识别并提取关键信息,对大规模数据集进行快速处理,发现隐藏在数据中的地质特征和规律。这种能力对于识别微弱信号、剔除噪声干扰、优化模型参数等方面尤为重要,能够有效提升地质解释的精度和可靠性。此外,通过持续学习机制,AI系统能够不断优化自身性能,适应不同地质条件下的勘探需求。云计算技术为物探数据的存储、管理和共享提供了全新的解决方案。借助云平台,地质学家和工程师可以随时随地访问和分析海量的物探数据,极大地促进了团队间的协作与交流。同时,云环境下的数据安全与备份机制确保了数据的安全性和持久性,为勘探项目提供了可靠的数据支撑。此外,云计算还促进了跨机构、跨国界的数据共享,加速了全球地质科学研究的步伐。在硬件层面,自动化技术的发展推动了物探仪器设备的革新。新一代物探设备集成了高精度传感器、嵌入式系统、无线通信模块等先进技术,能够实现数据的自动采集、预处理和远程传输^[2]。这些设备不仅降低了人工操作的难度和误差,还提高了数据采集的连续性和实时性,为地质勘探提供了更加丰富、准确的信息基础。例如,无人机搭载的高精度物探传感器能够在复杂地形上空进行高效作业,而自动化地震监测系统则能持续监测地下微小震动,为地震预警和油气勘探提供重要依据。结合大数据分析和人工智能技术,未来的物探系统还将具备智能化决策支持功能。通过对历史勘探数据和地质模型的深度挖掘,系统能够预测勘探目标的潜在位置、规模和类型,为勘探项目的规划与实施提供科学依据。

2.1.3 高精度与高分辨率

随着社会经济的持续发展和科学技术的日新月异,对物探技术的需求日益提升,特别是在精度和分辨率方面。在未来,物探仪器的精度将会实现质的飞跃,数据采集的密度和频率也将显著提升,这将使得我们能够以前所未有的精确度捕捉地下地质体的细微变化和复杂结构特征。在城市地下空间探测领域,随着城市化进程的加速,地下管线的布局日益复杂,地铁隧道、地下停

车场等设施的建设也对物探技术提出了更高的要求。高精度物探技术的应用,将能够精确描绘出这些微小地质体的位置和形态,为城市规划、建设和维护提供有力支持。而在矿产资源勘探方面,随着资源的日益枯竭,寻找新的矿藏和深部矿体已成为当务之急。高分辨率物探技术的发展,将使我们能够穿透更深的地层,发现更多隐伏的矿体,为矿产资源的可持续开发提供有力保障。

2.1.4 绿色环保

在环境保护成为全球共识的今天,物探技术的发展也必须与绿色环保理念相结合。未来的物探工作将更加注重减少对环境的负面影响,采用更加环保、节能的物探方法和仪器设备。例如,微动探测技术等利用天然场源的物探方法,因其无需人工震源,对环境的破坏较小,将得到更广泛的应用。同时,在物探仪器设备的研发过程中,也将更加注重节能降耗,通过采用先进的材料和设计,降低仪器设备的能耗,减少对环境影响。此外,随着社会对绿色、可持续发展理念的深入认识,未来的物探技术还将更加注重与生态保护、环境修复等领域的结合,为构建人与自然和谐共生的美好家园贡献力量。

2.2 应用领域拓展

(1)随着城市化进程的不断加快,城市地质和地下空间探测的需求日益增长。物探技术将在城市地质调查、地下管线探测、地铁隧道勘察、地下空间开发利用等方面发挥重要作用。例如,利用地震勘探技术可以探测城市地下的地质构造和岩土体结构,为城市规划和建设提供科学依据;通过电法勘探技术可以查明城市地下的含水层和岩溶洞穴,为城市的水资源管理和地质灾害防治提供技术支持。(2)随着传统能源的日益枯竭,新能源的勘探与开发成为未来能源发展的重要方向。物探技术将在太阳能、风能、地热能、核能等新能源的勘探和开发中发挥重要作用。例如,在太阳能和风能的开发

中,物探技术可以帮助选择合适的场址,评估地质条件对能源开发的影响;在地热能的勘探中,物探技术可以探测地下热储的分布情况和温度场特征,为地热能的开发利用提供重要的参考依据。(3)地质灾害对人类的生命财产安全构成了严重威胁,物探技术将在地质灾害的监测和预警中发挥重要作用。例如,利用光纤传感技术可以实时监测山体的变形和位移情况,为滑坡、泥石流等地质灾害的预警提供重要的技术支持;通过地震勘探技术可以监测地震活动的动态变化,为地震的预测和预警提供数据支持^[1]。(4)海洋蕴含着丰富的资源和能源,海洋地质调查是开发利用海洋资源的重要基础。物探技术将在海洋地质调查中发挥重要作用,例如,利用海洋地震勘探技术可以探测海底的地质构造和矿产资源分布情况;通过海洋电磁法勘探技术可以查明海底的电性结构和油气藏的分布范围。

结束语

总之,物探方法作为一种重要的地质勘探手段,在多个领域发挥着不可替代的作用。随着技术的不断进步和应用领域的拓展,物探方法将迎来更加广阔的发展前景。未来,我们需要继续加强物探技术的研究和应用,推动其在地质资源勘探、地质灾害监测以及生态环境保护等方面的深入发展,为构建人与自然和谐共生的美好家园贡献力量。

参考文献

- [1]张平松,欧元超,李圣林.我国矿井物探技术及装备的发展现状与思考[J].煤炭科学技术,2021,49(07):1-15.
- [2]陈琨,刘洋,张扬.物探方法现状及未来展望[J].中国金属通报,2022(18):13-15.
- [3]王晓蕾,王晶,姬治岗,郭向前,蒋大鹏,张森.中国煤矿资源勘察及开采过程中的物探技术现状及发展趋势[J].科学技术与工程,2021,21(04):1237-1248.