

物探技术在矿产勘查中的应用

王金锁

山西省煤炭地质一一五勘查院有限公司 山西 大同 037003

摘要：物探技术基于地下地质体与矿产资源物理性质差异开展矿产探测。在矿产勘查各环节，区域普查用重力、磁法等快速筛选；详细勘查选高精度方法精准定位；深部勘查靠深部地震、大地电磁测深等技术。其优势明显，具非侵入性、效率高、覆盖广、可灵活调整探测深度等。但易受自然和人为因素干扰，可通过多技术综合应用、强化数据处理与解释、结合地质背景分析等优化策略，提升应用成效。

关键词：物探技术；矿产勘查；应用

引言：在矿产资源开发需求日益增长的当下，矿产勘查工作至关重要。物探技术作为矿产勘查的关键手段，基于地下地质体与矿产资源物理性质差异，借助专业仪器采集地球物理场数据，经处理分析识别异常信号，以确定矿产资源赋存情况。其涵盖多种技术类型，在区域普查、详细勘查及深部勘查等各环节均有重要应用，具备非侵入性、效率高、覆盖广等优势，但也受自然与人为因素干扰。因此，探讨其应用策略对提升矿产勘查水平意义重大。

1 物探技术应用的核心原理与基础前提

物探技术在矿产勘查领域发挥着至关重要的作用，其核心应用原理是基于地下地质体与矿产资源之间物理性质的显著差异。（1）不同地质体和矿产资源在密度、磁性、电性、弹性以及放射性等物理性质方面存在天然的不同。例如，金属矿产往往具有较高的密度和磁性，像铁矿，其密度远大于周围的围岩，且磁性明显；而非金属矿产，如石膏、岩盐等，可能表现出独特的电性特征，电阻率等电性参数与周边岩石差异较大。这些物理性质的差异是物探技术能够开展矿产探测的坚实基础前提。（2）在矿产勘查的实践操作中，物探技术借助专业的仪器设备，对重力场、磁场、电场、弹性波场以及放射性场等多种地球物理场数据进行采集。采集到的原始数据通常包含各种噪声和干扰信息，需要经过严谨的数据校正、处理与解释流程。通过这一系列操作，能够从复杂的数据中识别出与矿产资源紧密相关的“异常信号”。（3）要准确解读这些异常信号并非易事，还需紧密结合勘查区域的基础地质条件进行综合分析。要充分考虑区域的地层结构、构造特征、岩浆活动等因素，排除那些由非矿产因素引起的干扰，从而精准判断矿产资源的赋存位置、埋藏深度以及规模大小等关键信息。同时，物探技术的应用必须以明确的地质目标为导向，根

据不同的地质情况和勘查需求，选择最为适配的物探技术方法，如此才能确保探测结果具有高度的准确性与可靠性^[1]。

2 矿产勘查中常用的物探技术类型及特性

2.1 重力勘探技术

重力勘探技术依托于地下地质体密度差异所导致的重力场变化来实施探测。其核心原理是运用高精度重力仪，精确测量勘查区域的重力加速度值。随后，将实测重力场与正常重力场进行细致对比，以此识别出存在重力异常的区域。在矿产勘查领域，重力勘探技术主要聚焦于探测高密度矿产资源。像铁、铜、铅、锌等金属矿产，以及金刚石、重晶石等高密度非金属矿产，都是其重点探测对象。该技术具备显著优势，探测深度大，能深入地下获取信息；覆盖范围广，可对大面积区域进行快速勘查；工作效率高，能在较短时间内完成数据采集。凭借这些特性，它能够迅速圈定勘查区域内高密度地质体的分布范围，为后续勘查工作精准划定重点区域。不过，重力勘探技术也存在一定局限性，其分辨率相对较低，对浅部小型矿产资源的探测能力欠佳，且易受地形起伏、区域地质构造等因素影响，通常需结合其他物探技术综合验证^[2]。

2.2 磁法勘探技术

磁法勘探技术是一种基于地下地质体与矿产资源磁性差异所引发磁场异常来开展探测工作的重要物探手段。在自然界中，不同矿产资源与围岩的磁性表现差异极为显著。像磁铁矿、磁黄铁矿等磁性金属矿产，其磁性强烈，会产生明显的强磁性异常；而大多数非金属矿产以及部分非磁性金属矿产，磁性微弱甚至几乎无磁性。磁法勘探作业时，借助高精度的磁力仪采集勘查区域的磁场强度数据。通过对这些数据的细致分析，识别出磁场异常信号，并对其进行科学解释，从而精准定位

磁性矿产资源的赋存位置。该技术优势突出,探测速度快,能在短时间内覆盖较大区域;成本低廉,可有效节省勘查经费;操作简便,对技术人员要求相对不高。它尤其适用于大面积普查阶段对磁性矿产资源的探测,能快速圈定磁性矿产的分布范围与大致规模。不过,磁法勘探对非磁性矿产资源无能为力,且易受地表磁性干扰物影响,其探测结果的精准性需紧密结合地质背景进一步验证。

2.3 电法勘探技术

电法勘探技术是矿产勘查领域应用极为广泛的重要物探手段,其核心原理是依据地下地质体与矿产资源在电性方面的差异,如电阻率、极化率等参数的不同来开展探测工作。依据探测原理与方法的不同,电法勘探可细分为直流电法、交流电法、激发极化法等多种类型。其中,激发极化法在金属矿产勘查中优势显著,它能有效识别具有高极化率的金属硫化物矿产,为金属矿的发现提供关键线索。直流电法里的电阻率法,通过精准测量地下介质的电阻率差异,清晰区分矿产资源与围岩,在探测铜、铅、锌等金属矿产以及煤、盐矿等非金属矿产方面表现出色。电法勘探技术具备分辨率高、探测深度可灵活调整的特点,既适用于浅部矿产资源的精细探测,也能满足中深部矿产勘查的需求。不过,该技术也面临一些挑战,地下水位的变化、岩性破碎程度等因素会对其产生较大影响,在潮湿区域或岩性复杂区域的探测效果有待进一步优化提升。

3 物探技术在矿产勘查各环节的应用

3.1 区域普查阶段的应用

在矿产勘查的区域普查阶段,主要任务是迅速圈定具备矿产资源赋存潜力的区域,从而为后续的详细勘查工作精准缩小范围,提升勘查效率。此阶段物探技术的应用侧重于采用大面积、高效率的探测方法,重力勘探、磁法勘探以及航空物探技术是其中的关键手段。

航空物探技术凭借其快速、大范围覆盖的优势,成为区域普查的得力工具。航空磁法勘探能够快速获取大面积区域的磁场信息,识别出磁场异常区域;航空重力勘探则可同步测量重力场数据,发现重力异常地带。结合区域已有的地质背景资料,对这些异常区域与矿产资源赋存之间的关联性进行深入分析,进而初步圈定出具有进一步勘查价值的靶区。例如,在金属矿产普查工作中,磁法勘探可快速锁定强磁性异常区域,这些区域极有可能是磁性金属矿产的潜在赋存地;重力勘探圈定的高密度异常区域,则可作为高密度金属矿产的普查重点靶区。此阶段物探技术应用的重点在于“快速筛选”,

不追求过高的探测精度,关键在于高效提高普查效率,为后续勘查工作精准缩小范围^[3]。

3.2 详细勘查阶段的应用

当矿产勘查进入详细勘查阶段,勘查目标变得极为明确,关键在于精准锁定矿产资源的赋存位置,精确测定其埋藏深度、规模大小、形态特征以及边界范围,从而为矿产资源储量的科学估算提供坚实可靠的依据。

在这一阶段,物探技术的应用着重选用高精度且针对性强的探测方法,电法勘探、地震勘探、地面高精度磁法勘探等技术成为常用手段。以金属矿产详细勘查为例,激发极化法能够凭借其高分辨率,精准识别金属硫化物矿产的赋存范围与埋藏深度,清晰勾勒出矿产资源的形态与边界,为后续开采规划提供精确信息。而在非金属矿产如煤矿的详细勘查工作中,地震勘探技术发挥着重要作用,它可精准探测煤层的埋藏深度、厚度以及分布范围,还能有效识别煤层中的断层、褶皱等复杂地质构造,为后续的开采设计提供全面且准确的依据。此阶段物探技术的应用,需紧密结合前期普查结果,针对圈定的靶区开展精细化探测。通过多种物探技术的综合运用,进一步提升探测结果的精准性,为矿产资源储量估算与勘查评价提供有力的数据支撑。

3.3 深部勘查阶段的应用

随着浅部矿产资源历经长期开采后日益枯竭,深部矿产勘查已然成为矿产资源开发的关键方向。然而,深部勘查面临着诸多核心挑战,探测深度大幅增加、地质条件错综复杂、勘查难度显著提高,传统勘查手段往往难以胜任。

物探技术在深部矿产勘查中展现出不可替代的显著优势。常用的深部勘查物探技术涵盖深部地震勘探、深部重力勘探以及大地电磁测深技术等。大地电磁测深技术依据地下介质的电性差异,借助天然电磁场信号开展探测工作。它具备探测深度大、对高阻地层穿透能力强的突出优势,能够高效地探测深部地质结构以及矿产资源的赋存状态。深部地震勘探技术则通过人工激发弹性波,利用弹性波在不同地质体中传播速度的差异,反演深部地质结构,进而精准定位深部矿产资源的赋存位置。在深部勘查过程中,物探技术的应用务必高度重视数据采集的精度与深度。借助先进的仪器设备与前沿的数据处理技术,最大程度降低深部复杂地质环境的干扰,提升深部矿产资源探测的准确性,从而为深部矿产资源的开发提供坚实可靠的技术支撑^[4]。

4 物探技术应用的优势与注意事项

4.1 核心应用优势

物探技术在矿产勘查领域具备显著且多方面的核心优势。(1)具有非侵入性探测的特点。在勘查过程中,无需对地质环境实施大规模的开挖作业,这极大地减少了对勘查区域生态环境的干扰,有效降低了因勘查活动而引发的环境破坏风险,契合当下绿色勘查的理念。

(2)探测效率高且覆盖范围广。它能够迅速完成大面积区域的普查工作,与传统勘查手段相比,勘查周期大幅缩短,勘查成本显著降低,提高了矿产勘查的整体经济效益。(3)探测深度可灵活调整,适应性极强。可根据具体的勘查需求,精准选择不同的物探技术方法,实现从浅部到深部的全方位探测,能充分适配不同类型、不同赋存条件的矿产资源勘查。(4)物探技术还能提供连续的地下地质体物理性质数据,为构建精准的三维地质模型奠定基础,有力推动勘查工作朝着数字化、精准化方向迈进。

4.2 应用中的干扰因素

物探技术在实际运用时,极易受到多种因素的干扰,进而对探测结果的准确性造成不利影响。(1)从自然因素来看,地形起伏会改变地球物理场的分布状态,使得原本规律的场信号发生畸变,导致采集到的数据无法真实反映地下情况。地表岩性不均匀同样是个问题,不同岩性的电性、磁性等物理性质差异明显,会造成局部地球物理场的异常变化,干扰对矿产资源异常信号的识别。地下水位的变化也不容忽视,它会引起地下介质电性等物理性质的改变,使地球物理场信号失真。(2)在人为因素方面,地表分布的工业设施、输电线路以及建筑废弃物等,都会产生人工干扰信号。这些信号与矿产资源引发的异常信号相互混淆,大大增加了数据解释的难度。此外,不同地质体之间的物理性质差异可能存在重叠现象,仅依靠单一物探技术很难准确区分,这也会对探测结果的可靠性产生负面影响。

4.3 应用优化策略

为切实提升物探技术在矿产勘查中的应用成效,需采取一系列针对性强且行之有效的优化策略。(1)坚持多技术综合应用。不同物探技术具有各自独特的优势

与适用范围,将重力、磁法、电法、地震等技术有机结合,能够实现优势互补。通过多源数据的交叉验证,可有效排除各类干扰因素,显著提高探测结果的准确性与可靠性。(2)强化数据处理与解释技术的应用。运用先进的数据分析算法与专业软件,对采集到的地球物理场数据进行精细化处理,深度挖掘数据背后的信息。构建三维地质模型,将抽象的数据转化为直观的图像,实现对地下地质结构与矿产资源的可视化解释,为勘查决策提供更精准的依据。(3)紧密结合地质背景分析。物探技术的应用必须以详细的区域地质资料作为坚实基础,在数据解释过程中,充分考虑区域地质构造、岩性分布等关键因素,避免脱离地质背景进行盲目解释,确保探测结果与实际地质情况高度相符^[5]。

结束语

综上所述,物探技术凭借其独特原理与多元优势,在矿产勘查各环节均发挥着关键作用,从区域普查的快速筛选,到详细勘查的精准定位,再到深部勘查的技术支撑,都离不开物探技术的助力。然而,其应用也面临自然与人为干扰因素影响。为提升应用成效,需采取多技术综合应用、强化数据处理解释、紧密结合地质背景分析等优化策略。未来,随着技术不断进步,物探技术有望在矿产勘查领域实现更精准、高效、绿色的应用,为矿产资源的合理开发与利用提供更为坚实可靠的技术保障,推动矿产勘查行业持续发展。

参考文献

- [1]陈振宏.探讨矿产资源勘查工程的关键问题及合理布置[J].世界有色金属,2022(09):103-105.
- [2]旷爱华.矿产地质勘查与开发利用探究[J].世界有色金属,2021(14):100-101.
- [3]陶艺玫.地质矿产勘查及绿色开采技术的创新研究[J].中国金属通报,2021(06):33-34.
- [4]李佳鹏.现代勘查技术在地质矿产勘查中的应用[J].地质与勘探,2023,56(3):58-60.
- [5]陈刚.遥感技术在地质矿产勘查中的研究进展[J].遥感技术与应用,2023,34(2):235-248.