

# 地球物理勘探技术在矿产资源勘查中的应用

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：**地球物理勘探技术利用地球物理性质差异，通过观测分析物理场变化来探测地下地质构造与矿产资源。其方法多样，包括磁法、地震、电法勘探等，应用领域广泛。在矿产勘查中，该技术具有高效低成本、适应复杂地形与深部找矿等优势。典型物探技术如重力、磁法、电法、地震勘探各有应用特点，综合物探技术可提高勘查准确性。优化策略包括技术融合、智能化升级与装备创新，对保障国家能源资源安全意义重大。

**关键词：**地球物理勘探技术；矿产资源勘查；电法勘探；地震勘探；综合解释

## 1 地球物理勘探技术基础

### 1.1 地球物理勘探的定义与原理

地球物理勘探，简称物探，是利用地球的物理性质，通过观测和分析地球物理场的变化来探测地下地质构造、寻找矿产资源以及解决其他地质问题的一门学科。其基本原理基于地球内部不同岩石、矿体等介质在物理性质上存在差异，如密度、磁性、电性、弹性等。当人工或天然的物理场作用于地球时，这些具有不同物理性质的介质会对物理场产生不同的响应，通过测量和分析这些响应特征，就可以推断地下介质的分布、形态和性质。例如，磁性不同的岩石会使周围的地磁场产生局部变化，通过测量地磁场的异常，就能发现磁性矿体或地质构造；不同岩石的导电性不同，向地下供入电流后，在地表测量电位差的变化，可了解地下电性结构的分布，进而推断地质情况<sup>[1]</sup>。地球物理勘探以其非破坏性、大面积探测和能提供地下连续信息等优势，在地质勘探领域发挥着重要作用。

### 1.2 地球物理勘探的主要方法

#### 1.2.1 磁法勘探

磁法勘探是通过观测和分析由岩石、矿石或其他探测对象磁性差异所引起的磁异常，进而研究地质构造和矿产资源分布的一种地球物理勘探方法。地球本身具有磁场，而地下各种岩石和矿体由于所含磁性矿物的种类、含量和结晶方向等不同，会产生不同强度和方向的磁化强度，从而使周围的地磁场发生局部变化，形成磁异常。磁法勘探常用的仪器有质子旋进磁力仪、光泵磁力仪等，可进行地面、航空和海洋磁测。该方法对寻找磁性矿体，如磁铁矿、钛铁矿等效果显著，同时也可用于研究地质构造，如断裂带、基底起伏等。

#### 1.2.2 地震勘探法

地震勘探法是利用地下介质弹性和密度的差异，通

过观测和分析大地对人工激发地震波的响应，推断地下岩层的性质和形态的地球物理勘探方法。人工激发地震波的方式主要有炸药爆炸、可控震源等。地震波在地下传播过程中，遇到不同弹性和密度的界面时会发生反射、折射和透射等现象。通过在地表布置检波器接收这些反射波或折射波，并记录它们到达的时间、振幅等信息，经过数据处理和解释，就可以得到地下地质结构的信息。地震勘探法在油气勘探中应用广泛，能够准确确定地下储油构造的形态和深度，也可用于煤炭、金属矿等矿产资源的勘探以及工程地质调查等领域。

#### 1.2.3 电法勘探

电法勘探是根据地壳中各类岩石或矿体的电磁学性质（如导电性、导磁性、介电性等）和电化学特性的差异，通过对人工或天然电场、电磁场的观测和研究，寻找不同性质的岩石、矿体和地质构造，解决地质问题的一种地球物理勘探方法。常见的电法勘探方法有电阻率法、激发极化法、自然电场法、电磁法等。电阻率法是通过向地下供入电流，测量不同点位的电位差，计算地下介质的电阻率，从而了解地下电性结构的分布；激发极化法则是利用岩石、矿石的激发极化效应来寻找金属矿体，特别是浸染状金属矿体效果较好。电法勘探适用于寻找各种金属和非金属矿床，也可用于水文地质、工程地质和环境地质等方面的调查。

### 1.3 地球物理勘探技术的应用领域

地球物理勘探技术的应用领域十分广泛。在矿产资源勘探方面，无论是金属矿、非金属矿还是能源矿产（如煤炭、石油、天然气等），物探技术都能发挥重要作用，帮助确定矿体的位置、形态、规模和埋藏深度等。在工程地质领域，物探技术可用于探测地下溶洞、断层、软弱夹层等不良地质体，为工程建设提供可靠的地质依据，保障工程的安全。在水文地质方面，通过物

探方法可以查明地下水的分布、富水性以及地下水与地表水的关系，为水资源的开发和利用提供支持。此外，在环境地质调查中，物探技术可用于监测土壤污染、地下水污染的范围和程度，以及研究地质灾害（如滑坡、泥石流等）的形成机制和预警预报等。

## 2 地球物理勘探技术在矿产勘查中的作用和优势

### 2.1 高效、低成本的勘探方式

传统的矿产勘查方法，如地质填图、槽探、钻探等，虽然能够直接获取地下岩石的信息，但工作量大、周期长、成本高，尤其是在大面积勘探时，效率较低。而地球物理勘探技术具有高效、低成本的优势。以航空磁测为例，飞机可以在短时间内覆盖大面积的区域，快速获取地磁数据，通过数据处理和分析，能够圈定出磁异常区域，为后续的详细勘探提供目标。与大面积的地面地质调查相比，航空磁测大大缩短勘探周期，降低勘探成本。电法勘探中的电阻率成像技术，可以在一次测量中获取多个深度的电性信息，相比传统的单点测量方法，提高勘探效率，减少野外工作量，从而降低勘探成本<sup>[2]</sup>。

### 2.2 适用于复杂地形和深部找矿

在一些地形复杂的地区，如山区、沙漠、沼泽等，传统的勘探方法实施难度较大，甚至无法开展工作。而地球物理勘探技术具有较强的适应性，能够在复杂地形条件下进行勘探。例如，航空物探不受地形限制，可以在山区、沙漠等地区进行快速测量；地面物探方法也可以通过合理布置测线和测点，克服地形障碍，获取有效的物探数据。在深部找矿方面，随着浅部矿产资源的逐渐枯竭，向深部寻找矿产资源成为必然趋势。地震勘探法能够探测到地下数千米甚至更深的地质结构，为深部找矿提供重要的地质信息。重力勘探和磁法勘探等方法也可以通过对深部地质体的响应特征分析，推断深部矿体的存在和分布情况，为深部矿产勘查提供线索。

## 3 典型物探技术在矿产勘查中的应用

### 3.1 重力勘探

重力勘探是通过测量地球重力场的变化来探测地下地质构造和矿产资源的一种方法。地球内部不同密度的岩体会产生不同的重力场，当存在密度差异较大的地质体时，会引起局部重力场的异常。通过高精度的重力仪测量这些重力异常，并结合地质、地球物理资料进行综合解释，可以推断地下密度体的分布、形态和埋藏深度等信息。在矿产勘查中，重力勘探常用于寻找与密度差异有关的矿床，如盐丘构造与石油、天然气的聚集有关，通过重力勘探可以确定盐丘的形态和位置；在金属矿勘查中，对于密度较大的金属矿体，如铬铁矿、铜镍

硫化物矿床等，重力勘探也能发挥一定的作用，帮助圈定矿体的范围和推测其埋藏深度。

### 3.2 磁法勘探

磁法勘探在矿产勘查中应用广泛，尤其对于寻找磁性矿体具有显著效果。磁性矿体如磁铁矿、钛铁矿等，会使周围的地磁场产生明显的磁异常。通过地面、航空或海洋磁测，测量地磁场的强度和方向变化，绘制磁异常图，结合地质资料进行分析解释，可以确定磁性矿体的位置、形态、规模和埋藏深度等信息。除了直接寻找磁性矿体外，磁法勘探还可用于研究地质构造，如断裂带、褶皱等。许多金属矿床的形成与地质构造密切相关，通过磁法勘探发现地质构造异常，可以为进一步寻找非磁性金属矿床提供线索。例如，在一些金矿勘查中，利用磁法勘探圈定与金矿化有关的断裂构造，指导后续的钻探工作。

### 3.3 电法勘探

电法勘探在矿产勘查中具有多种应用。电阻率法是电法勘探中最常用的方法之一，不同岩石和矿体具有不同的电阻率值。例如，金属矿体通常具有较低的电阻率，而围岩的电阻率相对较高，通过测量地下介质的电阻率分布，可以圈定金属矿体的位置和范围。激发极化法则利用岩石、矿石的激发极化效应来寻找金属矿体，特别是浸染状金属矿体。当向地下供入电流时，金属矿体会产生明显的激发极化异常，通过测量这种异常，可以发现隐伏的金属矿体。此外，电法勘探还可用于寻找非金属矿床，如石墨矿、石棉矿等，这些矿床也具有一定的电性特征，可通过电法勘探进行探测和评价。

### 3.4 地震勘探

地震勘探在油气矿产勘查中占据主导地位，是确定地下储油构造形态和深度的最有效方法。通过人工激发地震波，记录地震波在地下传播过程中的反射波或折射波信息，经过数据处理和解释，可以构建地下地质结构的三维模型，准确确定背斜、断块等储油构造的形态、大小和埋藏深度<sup>[3]</sup>。在煤炭勘查中，地震勘探可用于查明煤层的分布、厚度变化以及构造特征等，为煤矿的设计和开采提供重要的地质依据。对于一些深部的金属矿床，地震勘探也可以提供有关矿体赋存的地质构造信息，帮助了解矿体的形成环境和空间位置。

### 3.5 综合物探技术

由于单一的物探方法往往存在一定的局限性，不同的物探方法基于不同的物理原理，对地下地质体的响应特征也不同。因此，综合应用多种物探方法，可以充分发挥各方法的优势，提高矿产勘查的准确性和可靠性。

例如,在寻找金属矿床时,可以同时采用磁法勘探、电法勘探和重力勘探等方法。磁法勘探可以快速圈定磁性矿体或与矿化有关的地质构造;电法勘探可以进一步了解地下电性结构,确定金属矿体的位置和范围;重力勘探则可以提供地下密度分布信息,辅助判断矿体的埋藏深度和规模。通过综合分析各种物探方法的成果,结合地质资料,能够更准确地推断地下矿体的存在和分布情况,提高矿产勘查的成功率。

#### 4 物探技术应用的优化策略

##### 4.1 技术融合

技术融合已然成为物探技术发展进程中至关重要的趋势。在当今复杂多变的勘探环境下,单一物探方法往往存在局限性,难以全面、精准地揭示地下地质信息。而将不同的物探方法进行有机且巧妙的结合,实现数据共享与优势互补,则能显著提高物探解释的准确性和可靠性。以地震勘探与电法勘探相结合为例,地震勘探凭借其独特的技术优势,能够提供地下地质结构的高分辨率信息,清晰呈现地层界面、断层等构造特征;而电法勘探则侧重于反映地下介质的电性特征,可有效识别不同岩性的电性差异。二者相辅相成,能更准确地识别地下岩性以及矿体的位置、形态和规模。另外,物探技术还可与地质、遥感、地球化学等其他勘探方法深度融合,构建多学科、多方法的综合勘探体系。通过综合分析各类勘探数据,从不同角度、不同层面剖析地下地质情况,从而为矿产勘查提供更为全面、准确的依据,大幅提升勘查效果。

##### 4.2 智能化升级

随着人工智能、大数据、云计算等前沿技术的迅猛发展,物探技术的智能化升级已成为不可逆转的必然趋势。传统物探技术在数据采集、处理和解释过程中,存在效率低下、精度有限以及依赖人工经验等问题,而智能化物探技术则能有效解决这些难题。智能化物探技术借助先进的人工智能算法,可实现数据的自动采集、高效处理和精准解释,极大提高工作效率和解释精度。例如,利用人工智能算法对海量的物探数据进行自动分类和分析,能够快速从繁杂的数据中识别出有价值的异常信息,不仅大幅减少人工解释的工作量,还能有效避免人工解释带来的主观性偏差。同时,智能化物探技术具备实时监测和预警功能,在矿产勘查过程中可及时发现

潜在的地质问题,为勘探决策提供科学、可靠的依据。通过建立物探数据智能管理平台,实现数据的深度共享和挖掘,能够充分释放数据的潜在价值,为物探技术的持续创新和进一步发展提供强有力的支持。

##### 4.3 装备创新

先进的物探装备是提高物探技术水平的关键。不断研发和创新物探仪器设备,提高其精度、灵敏度和分辨率,能够获取更准确、更丰富的地下地质信息。例如,研发高精度的重力仪、磁力仪和地震仪等,能够提高物探数据的测量精度;开发新型的电法勘探仪器,如多频电磁仪、高密度电阻率仪等,可以扩大电法勘探的应用范围和提高探测效果<sup>[4]</sup>。加强物探装备的自动化和智能化程度,提高装备的可靠性和适应性,也是装备创新的重要方向。例如,研发无人驾驶的航空物探飞机和地面物探机器人,能够在复杂地形和危险环境下进行物探作业,提高工作效率和安全性。地球物理勘探技术在矿产勘查中具有重要作用和显著优势。通过不断发展和优化物探技术,加强技术融合、智能化升级和装备创新,能够进一步提高矿产勘查的效率和准确性,为保障国家能源资源安全做出更大贡献。

#### 结束语

地球物理勘探技术作为矿产资源勘查的利器,凭借其独特优势与多样方法,在地质勘探领域发挥着不可替代的作用。随着科技发展,通过技术融合、智能化升级和装备创新等优化策略,物探技术不断进步。未来,它将继续完善发展,在矿产勘查及其他地质领域发挥更为关键的作用,为人类探索地下资源、保障资源安全提供更坚实有力的支撑。

#### 参考文献

- [1]姜有亮.GPS定位技术在测绘工程中的运用[J].工程技术研究,2022,7(14):207-209.
- [2]邢焕伟,袁雪超.地球物理勘查技术在复杂地质勘查中的应用分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2023(11):0071-0073.
- [3]牛飞龙.地球物理勘查在深部金属矿产资源中的应用研究[J].中国金属通报,2023(6):132-134.
- [4]李雪,李旭丽.地质矿产施工中勘查与找矿技术的应用分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(1):0057-0059.