

# 矿产地质勘查及找矿主要技术与发展趋势

陈庆维

陕西地矿研究院有限公司 陕西 咸阳 712000

**摘要:**我国是矿产资源需求大国,依赖进口度极高,加强矿产资源找矿勘查工作有效缓解“卡脖子”问题的主要途径。从地浅表至深部找矿勘查工作的难度明显增加,且导致大量传统的找矿方法的成功率明显降低。加强找矿技术研究,综合利用先进的找矿勘查技术和三维模型构建等,是提高勘查效率和成功率的主要途径。因此,本文首先分析了现代化矿产地质勘查现状,然后阐述现阶段矿产地质勘查找矿主要技术,最后提出了地质勘查找矿技术的发展趋势,以供参考。

**关键词:**矿产地质勘查;找矿技术;发展趋势

## 1 引言

随着社会经济的快速发展,矿产资源作为工业生产的重要基础,其需求持续增长。我国虽拥有丰富的矿产资源,但面对庞大的国内市场需求,仍存在较大缺口,对外依存度较高。在此背景下,加强矿产地质勘查及找矿工作显得尤为重要。矿产地质勘查旨在通过科学的方法与技术,探寻地下潜在的矿产资源,确定其分布范围、储量规模及质量特征等,为后续的矿产开发提供关键依据。而找矿技术则是实现这一目标的核心手段,其发展水平直接影响着勘查工作的效率与成果。近年来,随着科技的不断进步,新的找矿技术层出不穷,传统技术也在持续改进,为矿产地质勘查工作注入了强大动力。同时,为适应环境保护、可持续发展等时代要求,找矿技术的发展趋势也呈现出多元化、智能化、绿色化等特点。深入研究矿产地质勘查及找矿主要技术与发展趋势,对于保障我国矿产资源安全、推动矿业可持续发展具有重要的现实意义。

## 2 现代化矿产地质勘查现状

### 2.1 勘查范围拓展

在矿产资源需求的持续推动下,地质勘查工作的范围不断拓展。一方面,向深部地层进军。随着浅部矿产资源的逐渐减少,深部找矿成为必然趋势。例如,在某些地区,勘查深度已从过去的几百米延伸至数千米。以山东胶东地区的金矿勘查为例,部分矿山已在地下2000米深处发现了具有工业价值的矿体。另一方面,积极开拓海洋矿产资源领域。海洋蕴含着丰富的矿产,如海底多金属结核、富钴结壳、热液硫化物等。我国在南海、东海等海域开展了一系列海洋矿产地质勘查工作,取得了一定的成果,为未来海洋矿产资源的开发奠定了基础。

### 2.2 技术手段多样化

现代矿产地质勘查融合了多种先进技术手段。地球物理勘查技术广泛应用,通过测量地球物理场的变化,如重力、磁力、电法等,来探测地下地质构造和矿产资源分布。在金属矿勘查中,高精度磁法勘探能够有效识别磁性矿体,圈定潜在的找矿靶区。地球化学勘查技术通过分析岩石、土壤、水系沉积物等样品中的元素含量和分布特征,寻找成矿异常。土壤地球化学测量在寻找隐伏矿床方面发挥着重要作用。此外,遥感技术利用卫星、航空等平台获取大范围的地表信息,通过对影像的解译,识别地质构造、岩石类型等,为找矿提供宏观指导。钻探技术作为直接获取地下实物资料的手段,也在不断改进,如定向钻探、深部钻探技术的发展,提高了对深部矿体的控制能力。

### 2.3 勘查精度提高

随着勘查技术的不断进步,矿产地质勘查的精度得到显著提高。在地球物理勘查中,新型仪器设备的研发和应用,使得测量数据的精度大幅提升。高分辨率地震勘探能够清晰地揭示地下地质构造的细节,为准确判断矿体的赋存位置提供依据。地球化学勘查中的分析测试技术不断升级,能够检测出极低含量的元素,提高了对微弱成矿异常的识别能力。同时,地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)等技术在勘查中的应用,实现了对勘查数据的精确采集、管理和分析,进一步提高了勘查工作的精度和效率。例如,在某铅锌矿勘查项目中,利用高精度的地球物理和地球化学勘查技术,结合GIS技术进行数据整合与分析,准确圈定了矿体的分布范围,大大提高了勘查成果的可靠性。

### 2.4 面临的挑战

尽管现代化矿产地质勘查取得了显著进展,但仍面临诸多挑战。在深部找矿方面,随着勘查深度的增加,

地质条件变得更加复杂,高温、高压、高应力等环境因素给勘查工作带来了极大困难。深部矿体的探测和识别难度增大,需要研发更加先进的技术和设备来应对。海洋矿产勘查由于受到海洋环境的制约,如风浪、潮汐、海水腐蚀等,勘查成本高、技术要求高。目前,我国在海洋矿产勘查的一些关键技术上与国际先进水平仍存在差距,需要加大研发投入。此外,环境保护要求的日益严格也给矿产地质勘查带来了挑战,如何在勘查过程中实现绿色勘查,减少对生态环境的影响,是亟待解决的问题。

### 3 现阶段矿产地质勘查找矿主要技术

#### 3.1 地质填图技术

地质填图技术是矿产地质勘查的基础方法之一,它基于科学的地质理论,全面结合矿产资源与地形的分布状况,对区域内地层、岩石、构造等地质要素进行详细调查和研究。通过绘制一定比例的地质图,直观地展示区域地质特征,分析找矿规律,为后续的勘查工作提供重要依据。地质填图技术要求勘查人员具备扎实的地质理论知识和丰富的实践经验,能够准确识别和划分各类地质体。在实际操作中,通常会借助遥感技术辅助地质填图。例如,利用高分辨率的卫星遥感影像,可以宏观地观察区域地形地貌、地层分布和地质构造特征,快速圈定可能存在矿产资源的区域。同时,结合地面地质调查,对遥感解译结果进行验证和补充,提高地质填图的精度和可靠性。在某山区的矿产勘查中,通过遥感解译发现了一系列线性构造和环形构造,经过地面地质填图验证,确定这些构造与成矿作用密切相关,为后续的找矿工作指明了方向。

#### 3.2 地球物理勘查技术

地球物理勘查技术是利用地球物理场的变化来探测地下地质构造和矿产资源分布的方法。其原理是基于不同岩石和矿体具有不同的物理性质,如密度、磁性、电性、弹性等,通过测量这些物理性质的差异来推断地下地质结构和矿体的位置。常见的地球物理勘查方法包括磁法勘探、电法勘探、重力勘探、地震勘探等。磁法勘探利用岩石和矿体的磁性差异,通过测量地磁场的变化来寻找磁性矿体。在寻找磁铁矿等磁性矿产时,磁法勘探具有高效、经济的优势。电法勘探则是根据岩石和矿体的电学性质差异,如电阻率、介电常数等,采用不同的电法装置来探测地下地质体。在某大型金属矿勘查项目中,综合运用多种地球物理勘查方法,首先通过磁法勘探初步圈定磁性异常区域,然后利用电法勘探进一步确定异常体的性质和范围,最后采用地震勘探精确查明地下地质

构造和矿体的赋存状态,取得了良好的勘查效果。

#### 3.3 地球化学勘查技术

地球化学勘查技术通过分析岩石、土壤、水系沉积物、植物等样品中的元素含量、分布特征及元素之间的组合关系,寻找与成矿有关的地球化学异常,从而发现潜在的矿产资源。其理论基础是成矿元素在成矿过程中会在周围介质中形成分散晕或分散流,通过系统采集样品并分析其中的元素含量,能够追踪这些异常,进而确定找矿靶区。岩石地球化学测量是直接对岩石样品进行分析,了解岩石中元素的原始含量和分布情况,对于研究成矿母岩和矿体的关系具有重要意义。在岩浆热液型矿床勘查中,通过分析岩体中的微量元素和稀土元素特征,可以判断岩体与成矿的关系,确定成矿的有利部位。在某铜多金属矿勘查中,首先开展水系沉积物地球化学测量,圈定了大面积的铜、铅、锌等元素异常区域,然后在异常区内进行土壤地球化学测量和岩石地球化学测量,进一步缩小找矿靶区,最终发现了具有工业价值的矿体。

#### 3.4 钻探勘查技术

钻探勘查技术是通过向地下钻进钻孔,直接获取岩芯、岩屑等实物样品,从而对地下地质结构、岩石性质、矿体特征等进行研究的一种勘查方法。钻探技术在矿产地质勘查中具有不可替代的作用,它能够直观地了解地下地质情况,验证其他勘查方法所获得的成果,为矿产资源储量计算和开采设计提供可靠的依据。随着科技的发展,钻探技术不断进步,出现了多种先进的钻探方法和设备。定向钻探技术可以使钻孔按照预定的方向和轨迹钻进,能够准确地穿透目标矿体,获取所需的地质信息。在复杂地质条件下,如矿体倾斜角度较大或存在断层等地质构造时,定向钻探技术能够更好地控制矿体,提高勘查精度。深部钻探技术则致力于解决深部找矿的难题,随着勘查深度的增加,对钻探设备的性能、材料的强度和耐高温、高压性能等提出了更高的要求。此外,钻探过程中的岩芯编录、样品分析等工作也在不断改进,采用数字化技术提高了数据采集和处理的效率和准确性。

### 4 地质勘查找矿技术的发展趋势

#### 4.1 智能化发展

随着人工智能、大数据、云计算等信息技术的飞速发展,地质勘查找矿技术正朝着智能化方向迈进。人工智能技术可以对海量的地质数据进行快速分析和处理,识别数据中的模式和规律,从而实现自动找矿预测。通过建立地质模型和机器学习算法,输入地质、地球物

理、地球化学等多源数据,人工智能系统能够预测潜在的矿产资源分布区域,提高找矿的准确性和效率。大数据技术则为地质数据的存储、管理和分析提供了强大的支持,能够整合不同来源、不同格式的地质数据,实现数据的快速查询和共享。云计算技术使得地质勘查工作可以在云端进行大规模的数据处理和计算,降低了硬件成本,提高了工作效率。在未来的地质勘查找矿中,智能化技术将贯穿于勘查工作的各个环节,从数据采集、处理到分析解释和找矿决策,都将实现智能化操作,大大提升勘查工作的水平。

#### 4.2 高精度化发展

为了更准确地探测和识别深部矿体及隐伏矿体,地质勘查找矿技术将不断向高精度化方向发展。在地球物理勘查方面,将研发更高精度的仪器设备,提高对微弱地球物理异常的检测能力。新型的超导磁力仪、超高分辨率地震勘探设备 etc 有望进一步提高磁法勘探和地震勘探的精度,更清晰地揭示地下地质构造和矿体的细节。地球化学勘查技术也将不断改进分析测试方法,提高对微量元素和痕量元素的检测精度,能够更准确地识别与成矿有关的微弱地球化学异常。同时,在数据采集和处理过程中,将采用更先进的算法和技术,减少误差,提高数据的精度和可靠性。高精度的地质勘查找矿技术将为深部找矿和复杂地质条件下的找矿工作提供更有力的支持,有助于发现更多的优质矿产资源。

#### 4.3 综合化发展

单一的找矿技术往往存在局限性,难以全面准确地识别和评价矿产资源。因此,未来地质勘查找矿技术将朝着综合化方向发展,即综合运用多种勘查技术,发挥各自的优势,实现对矿产资源的全方位、多层次勘查。在实际工作中,将地球物理、地球化学、地质填图、遥感、钻探等技术有机结合,相互验证和补充。先通过遥感和地球物理技术进行大面积的区域扫描,圈定潜在的找矿靶区,然后利用地球化学技术进一步确定异常区域,再通过地质填图详细研究地质构造和地层特征,最后采用钻探技术进行验证和矿体控制。通过这种综合化的勘查方法,能够提高找矿的成功率,减少勘查成本和

风险。同时,还将加强不同学科之间的交叉融合,如地质学、地球物理学、地球化学、数学、信息技术等,形成新的勘查理论和方法,推动地质勘查找矿技术的不断创新。

#### 4.4 绿色化发展

在环境保护意识日益增强的背景下,绿色勘查已成为地质勘查找矿技术发展的必然趋势。绿色勘查要求在勘查过程中最大限度地减少对生态环境的破坏,采用环保型的勘查设备和工艺,合理规划勘查路线和施工方案。在地球物理和地球化学勘查中,推广使用低能耗、无污染的仪器设备,减少电磁辐射和化学试剂的使用。在钻探施工中,采用环保型的钻井液和泥浆处理技术,避免对土壤和水体造成污染。同时,加强对勘查过程中产生的废弃物和污染物的治理和回收利用,实现资源的循环利用。此外,还将注重对生态环境的监测和评估,及时采取措施恢复和保护生态环境。绿色化的地质勘查找矿技术既能满足矿产资源勘查的需求,又能实现经济发展与环境保护的协调共进。

### 5 结论

矿产地质勘查技术正处于智能化、绿色化、融合化的转型关键期。通过整合多源数据、深化人工智能应用、发展绿色勘查技术,可有效提升复杂地质条件下的找矿效率,实现资源开发与生态保护协同发展。未来需加强深部探测、深海勘探等关键技术攻关,推动勘查行业向数字化、智能化、绿色化方向迈进,为国家资源安全提供坚实保障。

#### 参考文献

- [1]李明,张伟,王红.深度学习在地球物理数据处理中的应用[J].地质学报,2023,97(6):1821-1833.
- [2]国家自然资源部.绿色勘查技术规范(试行)[S].2022.
- [3]赵强,刘华,陈亮.三维地球物理联合反演在深部找矿中的应用[J].矿产勘查,2021,12(5):892-901.
- [4]孙伟,周明,吴刚.深穿透地球化学技术研究进展[J].地球科学进展,2020,35(8):821-830.
- [5]陈阳,李磊.数字孪生技术在矿产勘查中的应用[J].矿业研究与开发,2024,44(3):112-118.