

# 地质矿产勘查及找矿技术的关键点

赵 贝

安徽省公益性地质调查管理中心（安徽省地质调查与环境监测中心） 安徽合肥 230000

**摘要：**地质矿产勘查及找矿技术是保障国家资源安全、支撑经济发展的关键环节，随着浅部矿产资源逐渐枯竭，勘查重点转向深部与隐伏矿床，这对成矿理论、技术方法和装备水平提出了更高要求。现代找矿技术强调多学科交叉融合，包括地球物理勘探、地球化学分析、遥感解译及三维建模等方法的综合应用。同时，智能化技术的引入正推动传统勘查模式向数据驱动、精准预测的方向转型。面对环境保护与社会责任的双重压力，绿色勘查技术的创新也成为行业发展的重要趋势。本文系统梳理了当前地质找矿领域的关键技术要点，为未来矿产勘查工作提供理论参考和技术指导。

**关键词：**地质；矿产勘查；找矿技术

## 引言

矿产资源作为工业发展的物质基础，其勘查与开发水平直接影响国家经济安全和战略竞争力。近年来，全球矿产资源需求持续增长，而我国部分战略性矿产对外依存度较高，加强地质找矿技术研究具有重要现实意义。当前，矿产勘查面临深部探测难度大、生态环境约束强等多重挑战，亟需在成矿理论、技术方法和装备研发等方面实现突破。本文从理论创新、技术集成、智能化应用等角度，分析现代找矿技术的关键发展方向，探讨如何通过多学科协同和技术升级提高找矿效率与精度，为新一轮找矿突破战略行动提供技术支持。

## 一、新形势下增强地质矿产勘查与找矿技术重要性

提高矿产勘查与找矿技术的重要作用首先体现在推动经济发展，当前，我国矿产资源丰富，矿产行业也是我国经济发展中的重要组成部分，对矿产资源的开采与利用，有效推动我国经济快速增长，对于地质矿产的勘查与研究更加需要加强，充分发挥矿产资源在社会经济建设过程中的重要意义，推进我国社会经济发展水平不断提高。高效精准的勘查技术能够降低勘探成本、缩短开发周期，提高资源利用率，从而缓解我国部分矿产对外依存度高的压力。同时，技术进步有助于发现隐伏矿体和深部资源，延长矿山服务年限，为新能源、新材料等战略性新兴产业提供关键原材料保障。此外，绿色勘

查技术的创新可减少生态环境扰动，实现资源开发与环境保护的协同，符合“双碳”目标下的高质量发展要求。因此，持续提升勘查技术水平是维护国家经济韧性、抢占科技制高点的重要抓手，也是构建现代化矿业体系的核心驱动力。

## 二、矿产勘查面临的挑战

### （一）深部与隐伏矿床勘查难度大

随着浅部矿产资源逐渐枯竭，勘查重点转向深部和隐伏矿床，但探测难度显著增加。深部地质体受复杂构造运动影响，成矿信息传递至地表时信号衰减严重，导致地球物理和地球化学异常微弱且多解性强。传统勘查技术如钻探和物探方法在深部环境中分辨率不足，难以精确识别矿体边界和品位分布。此外，深部高温高压条件对设备性能和数据分析提出更高要求，现有技术体系在探测深度、精度和成本之间难以平衡。深部成矿理论尚未完全突破，对超深层流体运移、矿质沉淀机制的认识仍存在盲区，制约了靶区预测的准确性。

### （二）勘查技术集成与智能化转型的滞后

现代矿产勘查需融合地质、地球物理、地球化学和遥感等多学科技术，但技术协同不足导致数据割裂和解释偏差。例如，物探数据与地质模型的匹配度低，或化探采样密度与遥感覆盖范围不协调，影响综合研判效率。人工智能和大数据技术虽在矿化识别、三维建模中有潜力，但实际应用面临算法泛化能力弱、地质数据标准化程度低等问题。许多勘查单位仍依赖经验驱动的工作模式，缺乏智能化平台支持，难以实现从数据采集到决策的闭环优化。此外，高精度装备（如量子传感器、无人

**作者简介：**赵贝（1992.11-），女，汉族，籍贯：安徽宿州，本科，工程师，研究方向：地质调查与资源勘查。

机航磁系统)的研发和普及速度较慢,制约了技术迭代。

### (三) 环境保护与社会责任压力加剧

矿产资源开发与生态保护的矛盾日益突出,传统勘查方法(如大规模槽探、钻探)易造成植被破坏、水土污染和生物多样性损失,引发社区抗议和政策限制。绿色勘查技术(如无污染采样、轻便化设备)尚未完全成熟,在探测深度和效率上难以替代传统手段。同时,矿业开发面临更严格的社会责任要求,包括原住民权益保障、土地复垦和碳中和目标,这些因素增加了勘查周期和成本。部分资源丰富地区因环保法规收紧或社区抵制导致探矿权获取困难,迫使企业转向高风险区域或海外市场,进一步放大勘查不确定性。如何在资源需求与可持续发展之间寻求平衡,成为行业长期挑战。

## 三、找矿技术的关键点分析

### (一) 成矿理论创新与找矿模型构建

成矿理论创新是找矿技术突破的基础支撑,现代找矿工作已从传统的经验找矿转向理论指导下的科学找矿,这就要求我们必须深入理解各类矿床的形成机制和分布规律。岩浆热液成矿系统理论认为,矿床的形成是地质流体在特定温压条件下运移、汇聚和沉淀的结果,这一过程往往与区域构造活动、岩浆侵入事件密切相关。变质成矿理论则强调变质作用过程中元素的活化迁移和再富集机制。沉积成矿理论关注古地理环境、沉积相带对矿体赋存状态的控制作用。在具体实践中,需要针对不同矿床类型建立差异化的找矿模型,如斑岩型铜矿的“中心式”蚀变分带模型、火山块状硫化物矿床的双层结构模型等。这些理论模型的精确构建,能够有效指导勘查靶区的圈定和工程验证的部署。值得注意的是,随着勘查深度加大,传统的浅表成矿理论需要结合深部动力学过程进行修正和完善,特别是要重视壳幔相互作用、流体超临界行为等前沿科学问题对成矿过程的控制机制。

### (二) 地球物理勘探技术创新与集成应用

地球物理勘探技术正经历着从单一方法向多方法协同的转变,重力勘探通过测量岩石密度差异来推断隐伏岩体和构造格架,新型量子重力仪将测量精度提高到微伽级,能够识别更微弱的异常。磁法勘探利用岩石磁性差异,航空磁测可实现快速大范围扫面,而高精度地面磁测则适用于详查阶段。电磁法勘探包括时间域和频率域两大体系,可控源音频大地电磁法(CSAMT)在探测中深部良导体方面效果显著,而瞬变电磁法(TEM)对浅部高导体反应灵敏。地震勘探在金属矿领域的应用不断拓展,全波形反演技术大幅提高了成像分辨率。人工

智能技术的引入使得海量物探数据的快速处理和异常自动识别成为可能,显著提高了找矿效率。

### (三) 地球化学勘查方法的精细化发展

地球化学勘查已从传统的采样分析发展为系统性的地球化学填图技术,原生晕研究表明,成矿元素在围岩中的分布具有明显的分带规律,通过系统采样可以追溯矿化中心。气体地球化学方法通过检测土壤中Hg、Rn等挥发性元素的异常来指示深部矿化。同位素地球化学技术利用Pb、S、H-O等同位素组成特征来示踪成矿物质来源和迁移路径。现代分析测试技术如激光剥蚀电感耦合等离子体质谱(LA-ICP-MS)可实现微区原位分析,获得矿物内部元素分布图像。纳米地球化学关注超微细粒级物质中的元素赋存状态,为深部矿体预测提供新指标。值得注意的是,地球化学异常解释需要考虑景观地球化学背景的影响,不同气候带的风化作用会导致元素迁移规律的显著差异。大数据分析技术的应用使得区域地球化学数据的三维可视化建模和异常自动提取成为可能。

### (四) 遥感地质解译技术的智能化升级

遥感技术已从早期的影像解译发展到多源数据融合分析的新阶段,高光谱遥感能够识别地表矿物的精细光谱特征,在蚀变带填图中发挥重要作用。热红外遥感通过地表热辐射异常来指示地下构造活动带。雷达遥感对地形和地表粗糙度敏感,在植被覆盖区构造识别中优势明显。现代遥感找矿强调多时相、多分辨率数据的综合应用,通过变化检测技术识别矿化相关的地表异常。深度学习算法在遥感影像自动分类和异常提取方面展现出强大潜力,显著提高了工作效率。值得注意的是,遥感解译必须与地面调查相结合,避免“看图说话”的误区。三维遥感技术通过结合数字高程模型(DEM)和影像数据,实现了地质体空间展布的可视化分析。无人机遥感系统的普及使得高精度、机动灵活的区域调查成为可能。

### (五) 深部探测技术的突破性进展

深部矿产勘查的核心挑战在于如何突破现有技术对探测深度与精度的限制,传统地球物理方法如重力、磁法、电法和地震勘探在深部环境中面临信号衰减严重、分辨率不足等问题。为应对这些挑战,新一代探测技术正在向大功率发射、高灵敏度接收的方向发展。分布式光纤传感技术(DAS)通过布设光纤阵列,可实时监测地下声波场和应变场变化,为深部构造解析提供连续动态数据。电磁波层析成像技术采用多频段激励和阵列式接收,通过跨孔或井地观测模式,能够构建钻孔间精细

的电性结构模型。微动探测技术利用天然背景振动信号,通过台阵观测和波场分离技术,可反演深部速度结构,特别适用于城市等人工干扰强烈区域。深部流体示踪技术通过监测地热异常、气体组分及同位素特征,为深部矿化中心定位提供间接证据。需要特别强调的是,深部探测必须建立在扎实的区域地质认识基础上,将地球物理异常与地质模型有机结合。量子传感技术的突破性进展,如基于金刚石NV色心的磁强计和原子干涉重力仪,将探测灵敏度提升至量子极限,为3000米以深的矿产资源勘查开辟了新的技术途径。

### (六) 三维地质建模与可视化分析

三维地质建模技术彻底改变了传统找矿工作的空间认知方式,实现了从二维剖面到三维立体的跨越式发展。现代建模系统通过整合钻孔编录、物探反演、化探异常等多源异构数据,构建包含地层界面、构造格架、矿体形态的精细化三维地质模型。隐式建模方法采用径向基函数或距离场等数学算法表达地质界面,支持自动插值和不确定性量化分析。显式建模方法通过人工交互编辑三角网格或参数曲面,可精确刻画复杂构造形态。高级可视化功能支持矿体空间展布、品位变化的三维渲染和多角度观察,为勘查工程部署提供直观决策依据。数值模拟技术通过求解流体动力学方程,重现成矿期热液运移路径和沉淀过程,为深部找矿预测提供理论支撑。在建模实践中,需要特别重视原始数据的质量控制,通过多解性分析评估模型可靠性。云计算平台实现了海量地质数据的并行处理和模型实时更新,显著提升了建模效率。虚拟现实技术构建的沉浸式分析环境,使地质专家能够走进三维地质模型进行交互式研究,大大提升了地质解释的准确性和工作效率。

### (七) 智能化找矿技术的融合发展

智能化找矿技术正推动矿产勘查进入数字化、智慧化新阶段。人工智能与地质勘查的深度融合主要体现在三个层面,在数据处理方面,机器学习算法通过对海量历史勘查数据的深度学习,建立了基于多维特征空间的矿床预测模型,显著提高了找矿靶区圈定的科学性和准确性;在技术集成方面,智能算法实现了物探数据自动反演、遥感影像智能解译、地球化学异常自动识别等多源信息的融合分析,其处理效率和识别精度已超越传统人工解释;在勘查决策方面,数字孪生技术构建的虚拟

矿山模型可进行勘查方案模拟优化,自然语言处理技术从文献中挖掘成矿规律,为决策提供智能支持。值得注意的是,智能化找矿必须坚持地质认识主导、数据驱动辅助的原则,避免陷入唯算法的技术误区。边缘计算实现了野外数据的实时处理,区块链技术保障了数据共享的安全性,5G网络支撑了勘查现场的远程协同。未来发展方向是构建人在环路的智能增强系统,通过人机交互迭代优化勘查决策,既发挥人工智能在大数据处理和模式识别方面的优势,又保留地质专家在综合研判和创造性思维方面的不可替代性,最终实现勘查效率和找矿成功率的双重提升。

### 结束语

地质矿产勘查及找矿技术的进步是推动矿业可持续发展的核心动力,面对深部找矿难度增加、环保要求提高等现实挑战,未来勘查工作需要进一步加强成矿理论创新,发展高精度探测技术与智能化分析方法。同时,应注重勘查技术的绿色化转型,平衡资源开发与生态保护的关系。随着人工智能、大数据等新技术的深度融合,矿产勘查将逐步实现从经验驱动向数据驱动的转变,为发现新矿体、提高资源利用率提供更强大的技术支撑。只有持续推动技术创新和理论突破,才能更好地满足国家资源需求,服务经济社会发展大局。

### 参考文献

- [1] 王月强.新形势下地质矿产勘查及找矿技术的分析[J].世界有色金属,2023,(24):87-89.
- [2] 赵超.地质矿产勘查中绿色勘查技术应用分析[J].世界有色金属,2023,(23):142-144.
- [3] 袁彩霞.地质矿产勘查的方法和防护措施解析[J].世界有色金属,2023,(23):148-150.
- [4] 薛斌,赵闯.金属矿产勘查中地质找矿技术的应用创新[J].世界有色金属,2022,(03):82-84.
- [5] 何小明.阐述地质矿产勘查及绿色开采技术创新[J].世界有色金属,2022,(03):85-87.
- [6] 田俊.地质勘查和深部地质钻探找矿技术分析[J].内蒙古煤炭经济,2022,(01):190-192.
- [7] 赵军.地质矿产施工中勘查与找矿技术的应用分析[J].世界有色金属,2022,(01):52-54.