

新形势下地质矿产勘查及找矿技术

曹亚光

河北省煤田地质局第二地质队(河北省干热岩研究中心) 河北 邢台 054000

摘要: 随着社会经济的快速发展,对矿产资源的需求日益增长,地质矿产勘查及找矿技术面临新的挑战与机遇。新形势下,需加强地质矿产勘查的规划性、科学性和针对性,运用遥感技术、深部地质钻探技术、物探技术等先进手段提升勘查效率。同时,应注重地质矿产形成环境的分析,结合地质条件、矿产资源分布规律进行合理勘查。此外,还需加强找矿信息的研究,不断提升找矿技术的现代化水平,以实现矿产资源的可持续开发利用,满足经济社会发展的需求。

关键词: 新形势;地质矿产勘查;找矿技术

引言:在当前全球资源争夺日益激烈的新形势下,地质矿产勘查及找矿技术作为支撑国家经济发展的重要基石,正面临着前所未有的挑战与变革。随着科学技术的飞速进步,传统勘查手段已难以满足现代社会对矿产资源的巨大需求。因此,探索和应用高效、精准的地质矿产勘查及找矿技术,成为了提升资源勘查效率、保障国家资源安全的关键所在。本文将深入剖析当前地质矿产勘查及找矿技术的最新进展,以期为相关行业提供有益的参考与启示。

1 地质矿产勘查理论基础

1.1 矿产资源的定义与分类

矿产资源是指经过地质作用形成,具有利用价值的固态、液态或气态矿物集合体。其核心属性包括:经济属性,需在当前技术经济条件下可开发获利;技术属性,依赖现有技术能提取利用;市场属性,受市场需求、价格波动影响,需符合市场供需规律。分类上,按用途可分为能源矿产(如煤炭、石油)、金属矿产(如铁、铜)、非金属矿产(如石灰石、石墨)等。

1.2 矿产勘查的基本原则

遵循三大核心原则:科学性,以地质理论为指导,通过精准地质观测、数据采集保障勘查结论可靠;系统性,全面考量地质构造、地层、矿产分布等要素,形成完整勘查体系;经济性,在勘查各阶段权衡成本与收益,避免资源与资金浪费。

1.3 地质矿产勘查的理论体系

以同位成矿理论为重要支撑,该理论认为矿产形成与特定地质环境、地质事件同步,如岩浆活动、沉积作用过程中伴随矿产生成。此外,还涵盖成矿控制理论、矿床成因理论等,共同为勘查方向提供理论依据。

1.4 地质矿产勘查的流程与方法

分为四个关键阶段:预查,通过区域地质调查圈定找矿远景区;普查,在远景区内开展地表地质工作,初步查明矿产潜力;详查,对有前景区域加密勘查,估算矿产资源量;勘探,针对详查确定的矿床,精细查明矿体特征,为矿山建设提供设计依据。各阶段常用地质填图、物化探测量、钻探工程等方法。

2 新形势下地质矿产勘查技术

2.1 信息技术在地质矿产勘查中的应用

(1)“空天地一体化”技术:三维地质建模通过整合地质、物探、钻探数据,构建可视化三维地质体模型,清晰呈现矿体空间分布与埋藏特征,为勘查方案设计提供直观依据;高光谱遥感利用卫星或航空传感器捕捉地物光谱信息,精准识别矿物成分(如石英、方解石)与矿化蚀变带,快速圈定找矿线索;无人机航测则凭借灵活机动的优势,对复杂地形区域(如山区、峡谷)进行高精度测绘,生成高分辨率地形图与地质影像,弥补传统地面勘查的盲区。三者协同实现“空中监测、地面验证、地下建模”的立体勘查模式。(2)GPS定位技术与遥感技术的结合:GPS定位技术提供厘米级高精度坐标,将遥感影像中的地质点(如矿化露头、断层破碎带)与实地位置精准匹配,消除遥感解译的位置偏差;同时,通过GPS追踪勘查人员与设备轨迹,结合遥感影像实时更新勘查区域进度,实现勘查工作的精准管控与数据实时关联,大幅提升勘查数据的准确性与时效性^[1]。

2.2 地球物理勘查技术

(1)航空勘查地球物理技术:以飞机为载体,搭载磁测、电测、重力测量设备,对大面积区域进行快速扫面,高效圈定地球物理异常区(如磁性矿体引起的磁异常、导电矿体引起的电异常),适合区域普查阶段快速筛选找矿远景区,降低地面勘查成本。(2)地面和井

下勘查地球物理技术：地面勘查常用重力、磁法、电法等技术，对航空勘查发现的异常区进行精细探测，进一步确定矿体规模与埋藏深度；井下勘查则通过井中物探（如井中磁测、声波测井），探测钻孔周围未被揭露的矿体，指导相邻钻孔布局，提高深部矿体发现概率，实现“地面控区、井下控体”的精准勘查。

2.3 地球化学勘查技术

（1）土壤检测技术：采集地表土壤样品，利用高精度仪器（如电感耦合等离子体质谱仪）分析其中微量元素含量，识别由矿体迁移形成的土壤地球化学异常，适合覆盖区找矿；水系沉淀物检测技术：通过分析河流、溪流中的沉积物，追踪上游矿体的化学异常晕，确定矿体可能的分布范围。（2）矿床原生晕法技术：研究矿体周围岩石中元素的原生分布规律，圈定与矿体直接相关的原生晕异常，为深部矿体定位提供关键依据，尤其适用于隐伏矿体勘查。

2.4 钻探技术的新进展

（1）智能钻机：集成传感器、控制系统与AI算法，可自动监测钻进压力、转速、泥浆参数等指标，实时调整钻进参数，减少孔内事故（如卡钻、塌孔），同时实现钻进过程的自动化控制，降低人工劳动强度。（2）高精度钻探技术：通过优化钻具结构（如采用金刚石复合片钻头）、改进定向钻进工艺，实现钻孔轨迹的精准控制，确保钻孔按设计路径穿过矿体，提高岩芯采取率与钻探数据的可靠性，为资源储量估算提供高质量样本^[2]。

2.5 智能化装备与技术的应用

（1）基于北斗导航的地质灾害监测系统：在勘查区域布设北斗监测站，实时采集地表位移、裂缝变化等数据，通过北斗导航系统高精度定位与数据传输，及时预警滑坡、崩塌等地质灾害风险，保障勘查人员与设备安全，避免灾害对勘查工作的干扰。（2）数字化、自动化、实时化数据采集与分析技术：采用便携式智能采集终端（如平板电脑、手持光谱仪），现场数字化记录地质编录、样品信息，自动上传至云端数据库；同时，借助边缘计算技术对采集数据进行实时分析，快速生成初步勘查成果（如异常点分布图、岩性柱状图），缩短数据处理周期，为勘查决策提供即时支持，实现勘查全流程的高效协同。

3 新形势下找矿关键技术与方法

3.1 找矿靶区优选技术

AI大数据与云计算的深度融合，彻底革新了传统靶区优选模式。通过云计算平台整合区域地质、物探、化探、遥感等多源数据，打破数据孤岛；再利用AI算法

（如机器学习、深度学习）对海量数据进行智能分析，自动识别成矿有利要素（如构造交汇带、地层接触带、地球化学异常区），并建立成矿预测模型。相比传统人工分析，该技术不仅大幅提升数据处理效率，还能挖掘隐藏的成矿规律，精准圈定高潜力找矿靶区，降低盲目勘查风险，为后续勘查工作指明核心方向。

3.2 智慧勘查技术体系

（1）物联网、人工智能、5G等技术的融合应用：物联网设备（如智能传感器、便携式监测终端）实时采集野外地质数据、设备运行状态信息，经5G网络高速传输至云端；人工智能算法对数据进行实时处理与分析，自动生成勘查报告、预警异常情况，例如当探测到矿化指标异常时，及时推送提醒，助力勘查人员快速响应。（2）数字孪生技术在矿山管理中的应用：基于矿山实际地质数据，构建与实体矿山高度一致的数字孪生模型，可模拟矿山开采流程、矿体变化趋势，还能对勘查方案进行虚拟推演，优化勘查路线与钻探布局，同时实现对矿山资源储量、生态环境的动态监测，为矿山长期规划与可持续勘查提供科学支撑^[3]。

3.3 传统找矿技术的优化与创新

（1）重砂找矿、砾石找矿等方法的改进：传统重砂找矿依赖人工采样与实验室分析，效率低、误差大；如今结合高精度粒度分析仪、微量元素检测仪，可快速精准分析重砂矿物成分与含量，同时借助无人机航测圈定重砂扩散范围，提升找矿精度；砾石找矿则通过GPS定位与遥感影像结合，精准追踪砾石来源，锁定矿体源头区域。（2）地质填图、成矿模型建立等技术的现代化应用：地质填图引入便携式GIS设备，现场采集地质点数据并实时录入系统，自动生成数字化地质图，减少人工绘图误差；成矿模型建立则融合三维地质建模与AI预测算法，构建动态成矿模型，可根据新勘查数据实时更新，更贴合实际成矿规律，提升预测准确性。

3.4 深部找矿技术与挑战

（1）深部勘查技术的研发与应用：研发超深孔钻探技术（如新型金刚石钻具），突破千米级深部钻探瓶颈；应用深部地球物理探测技术（如大地电磁测深、深地震反射勘探），增强对深部地质构造与矿体的探测能力；开发深部矿化信息提取技术，通过高精度地球化学分析，捕捉微弱的深部矿体地球化学异常信号^[4]。（2）应对深部勘查中的技术难题与风险：针对深部高温、高压、高渗透压等复杂地质条件，研发耐高温、耐高压的勘查设备与传感器；建立深部勘查风险评估体系，通过地质力学模拟预测钻孔坍塌、涌水等风险，提前制定应

急预案；加强多学科协作，整合地质、工程、材料等领域技术，共同攻克深部勘查技术壁垒，保障深部找矿工作安全高效推进。

4 新形势下地质矿产勘查及找矿技术面临的挑战与对策

4.1 技术挑战

(1) 部分核心装备与国际先进水平仍存在差距：国内在超深孔智能钻机、高精度地球物理探测仪器等核心装备上，仍依赖进口，不仅采购与维护成本高，还受海外技术封锁影响，难以满足复杂勘查场景需求。对策需聚焦“自主研发+产学研协同”，推动高校、科研院所与企业联合攻关，建立核心装备国产化研发体系，同时通过技术引进消化吸收再创新，缩短与国际先进水平的差距。(2) 深部勘查技术、高端传感器研发亟待突破：随着找矿向千米以深推进，现有探测技术难以精准识别深部矿体，且耐高温、耐高压的高端传感器（如深部矿化信息传感器）性能不足。需加大研发投入，重点突破深部地震反射、超深电磁探测等技术，同时研发适配深部环境的微型化、高精度传感器，构建“深部探测技术+高端传感器”协同体系，提升深部矿体识别能力。

4.2 体制障碍

(1) 部分国有地勘单位市场化转型滞后：传统国有地勘单位依赖政府项目，市场竞争意识薄弱，业务模式单一，难以适应市场化勘查需求。需加快推进国有地勘单位改革，通过引入社会资本、推行混合所有制改革，优化产权结构，同时鼓励单位聚焦核心业务（如专项勘查、技术服务），提升市场化服务能力。(2) 体制机制灵活性不足，影响勘查效率与效果：审批流程繁琐、人才激励机制不完善等问题，导致勘查项目推进慢、核心技术人才流失。对策需简化勘查项目审批环节，建立“一站式”服务平台；同时完善人才激励机制，推行股权、分红等长效激励，吸引并留住技术人才，激发团队创新活力。

4.3 环保压力

(1) 绿色勘查标准的缺失与传统勘探方式面临的生态保护压力：目前绿色勘查缺乏统一标准，传统钻探、槽探等方式易造成植被破坏、土壤污染，面临严格环保监管压力。需加快制定绿色勘查行业标准，明确勘查过程中生态保护指标（如植被恢复率、污水排放标准），同时将环保

要求纳入勘查项目审批与验收环节，倒逼勘查模式升级。

(2) 推广无钻孔地球物理探测、生物地球化学分析等低扰动技术：无钻孔地球物理探测（如高精度磁法、电法）可减少地表开挖，生物地球化学分析（如植物根系检测）通过生物指标间接找矿，对生态扰动小。需加大政策扶持力度，对采用低扰动技术的勘查项目给予补贴，同时加强技术培训，推动行业广泛应用。

4.4 资金压力

(1) 中小企业融资难，高风险勘查项目社会资本参与度低：中小企业规模小、信用等级低，难以获得银行贷款；勘查项目周期长、风险高，社会资本因回报不确定性大而参与意愿低。需建立中小企业专项融资通道，如设立地质勘查信贷风险补偿基金，降低银行放贷风险；同时完善勘查成果交易市场，通过成果转化收益保障社会资本回报，提升参与积极性。(2) 政府引导基金与社会资本结合的融资模式探索：政府设立地质勘查引导基金，发挥财政资金杠杆作用，吸引社会资本共同组建勘查投资基金。通过“政府劣后、社会资本优先”的收益分配机制，降低社会资本风险，同时明确基金投资方向（如深部找矿、绿色勘查技术研发），引导资金流向关键勘查领域，缓解行业资金压力。

结束语

综上所述，新形势下地质矿产勘查及找矿技术的发展和对于保障国家资源安全、推动经济社会发展具有重要意义。通过综合运用遥感、地球物理、地球化学等先进勘查技术，结合智能化装备与应用，我们能够更精准、高效地定位和评估矿产资源。未来，随着技术的不断进步和跨学科合作的深入，地质矿产勘查及找矿技术将迎来更多突破，为保障我国矿产资源可持续利用和经济社会持续健康发展做出更大贡献。

参考文献

- [1] 刘海滨,刘统申.试论新形势下地质矿产勘查及找矿技术[J].西部探矿工程,2022,(04):34-35.
- [2] 张勇.新形势下地质矿产勘查及找矿技术[J].世界有色金属,2025,(05):54-55.
- [3] 李小龙,祝久杰.新形势下地质矿产勘查与找矿技术的分析[J].冶金管理,2025,(07):68-70.
- [4] 丁雅鑫,谢少航,李克亚.新时期地质矿产勘查技术发展趋势分析[J].世界有色金属,2024,(14):159-160.