

探讨新形势下地质矿产勘查及找矿技术

马 堃

内蒙古有色地质矿业(集团)七队有限责任公司 内蒙古 兴安盟 137400

摘要:在我国能源储备量在全球范围内占据领先地位的背景下,城镇化进程的快速推进与经济持续增长正不断加剧对能源及矿产资源的需求。这一需求态势的稳定性使得自然资源稀缺性问题逐渐成为不容忽视的议题。在此紧迫形势下,地质矿产勘查行业肩负着双重使命:一方面,确保矿产资源的有效开发;另一方面,努力提升勘查工作效率。为实现这一目标,地质领域的技术人员需专注于提升找矿技术能力,以促进资源向生产力的高效转化,满足社会不断增长的需求。

关键词:新形势;地质矿产勘查;找矿技术;分析

在当前我国社会经济迅猛增长与城市化进程显著加快的双重背景下,矿产资源的需求呈现出持续上升的趋势,这对地质勘查及找矿技术领域提出了前所未有的挑战。

1 新形势下地质矿产勘查面临的挑战

1.1 资源供需矛盾加剧。浅层资源枯竭与战略矿产需求激增,易开采的浅层矿和露天矿近乎枯竭,而新能源、高端制造等产业对镍、钴、锂等战略性矿产需求激增。我国镍、钴对外依存度已超过85%,关键矿产供应链风险突出。勘查目标转向深部与复杂区域,主力矿种向地下1000米以深区域及复杂地质构造区转移,传统勘查技术难以精准识别矿体位置和规模。

1.2 技术与人才瓶颈凸显。深部勘探技术亟待突破,现有装备对深部矿体探测精度不足,需攻克超深钻探(>5000米)、高分辨率地球物理扫描等技术难题。智能化技术虽逐步应用,但空一地一井协同勘探体系尚未成熟。人才结构失衡,基层勘查人员占比高但技术创新能力弱,顶尖技术人才稀缺;国有勘查单位市场垄断制约行业活力,民营资本参与度低。

1.3 环境与社会压力升级。绿色勘查要求趋严,传统钻探与爆破易破坏生态,需推广模块化钻机、无人机运输等低扰动技术,但成本增加30%以上。尾矿库维护与采空区治理压力持续累积。国际竞争与资源安全风险,美欧等经济体强化关键矿产战略储备,全球资源争夺加剧;铁矿石、铜等大宗矿产价格波动显著,增加勘查投资不确定性。

1.4 行业转型滞后。技术与数据整合不足,地质数据碎片化问题突出,AI、GIS等技术应用尚未实现全链条协同,制约勘查效率提升。资金投入与创新机制缺位,部分省份虽增加装备投入,但整体科研经费占比偏低,技术成果转化不足。

2 当前矿产资源消耗现状分析

2.1 资源消费总量持续增长,结构性矛盾突出、能源消费刚性增长,2024年我国能源消费总量达59.6亿吨标准煤,同比增长4.3%,电力消费量增长6.8%,清洁能源消费占比升至28.6%但仍低于煤炭(53.2%)。战略性矿产需求激增,新能源汽车(产量1316.8万辆,同比增长38.7%)和光伏产业扩张推高锂、钴、镍消费,但我国锂钴镍对外依存度超70%,原油、铁矿石超80%。传统大宗矿产消费分化,煤炭消费量增长1.7%,但钢铁供需双降,铜供给增长不及需求(消费增3.72%),铝土矿供需需弱(消费降0.8%)。

2.2 资源利用效率偏低,环境压力加剧。综合利用水平待提升,矿产资源总回收率约35%,比发达国家低15个百分点;共生矿综合利用率不足30%,尾矿综合利用率仅10%(国际先进水平60%)。开发粗放导致生态负担,75%矿山进入老化期,历史遗留废弃矿区生态修复压力大;传统开采方式破坏土地及水资源,尾矿库污染风险持续累积。绿色转型加速但仍存差距,2024年万元GDP能耗下降3.8%,但规模以上矿山数字化率不足15%,开采回采率较发达国家低8-12个百分点。

2.3 供给端结构性短板凸显。资源禀赋约束,我国人均矿产储量仅为世界平均水平的58%,贫矿占比高(铁矿平均品位33.5%,比世界低10个百分点;铜矿仅0.87%)。产能集中与分布失衡,75%煤炭储量集中于晋陕蒙,90%稀土在内蒙古,但75%矿产品消费在东部沿海,形成“北矿南运”物流压力。国际供应链风险,全球矿产贸易区域化加剧,美欧强化战略储备,铁矿石、铜价格剧烈波动增加投资不确定性。

2.4 政策驱动转型与技术升级。绿色矿山建设推进,国家级绿色矿山增至1074座,县矿区推行“开采未动、

治理先行”模式，通过充填开采技术降低生态扰动。节能降耗成效初显，重点行业单位能耗下降：吨钢综合能耗降0.1%，电解铝降0.2%，火电标准煤耗降0.2%/千瓦时。市场化改革深化，试点矿权线上竞拍（如金矿1015轮竞价），吸引社会资本参与勘探开发，推动资源配置优化20。未来需通过技术创新（深部勘探、数字矿山）、循环经济（尾矿利用）、国际合作破解资源约束，支撑“双碳”目标与产业安全。

3 地质矿产勘查找矿技术革新

3.1 地质矿产勘查关键装备的便捷化智能化趋势。

装备轻量化与模块化：降低环境扰动，分体式钻探系统革新作业模式，省地质院研发的ZY-800P便携式模块化钻机，采用分体设计（总重仅300公斤），可通过重载无人机精准投送至复杂地形区，减少地表植被破坏，实现“低扰动勘查”；配套的无人机运输系统解决了传统设备搬运对环境的破坏问题。智能化物探设备小型化，便携式地面多道伽玛能谱仪（误差 < 0.5米）、高精度物探传感器等设备实现“背包式勘探”，大幅提升铀矿等战略资源的定位精度。

3.2 AI与大数据驱动智能决策。AI算法重构找矿模型，

基于地质历史、成矿规律构建的AI大模型，可自动解析卫星影像、地球物理数据，识别传统方法难以发现的深部矿体异常模式，预测准确率提升40%以上。数字孪生技术重塑勘查流程，中铝集团猫场矿应用“地质建模-智能配矿-远程操控”全流程数字孪生系统，实现资源回收率提升15%，安全事故下降30%；三维激光扫描仪达到±2毫米监测精度，实时构建滑坡体动态模型。

3.3 空天地井协同探测体系。多维数据融合突破探测盲区，

“星空地海井”技术体系整合无人机电载激光雷达、海洋探测无人船（测绘精度0.2米）、井下传感器等装备，实现对地下万米深部的“透明化”勘查。5G/6G赋能实时数据传输，野外多功能保障车搭载5G基站，支撑勘查数据秒级回传；矿区通过“5G+工业互联网”实现勘探设备远程协同控制。技术瓶颈与突破方向，电池续航：重载无人机运载钻机续航不足2小时，需突破高密度电池技术；数据壁垒：历史地勘资料整合不足，制约AI模型训练效果，需构建国家级地质云平台；深部勘探精度：超5000米深部物探信号衰减严重，量子计算地质模拟技术或成突破关键。

4 三维地质建模系统在找矿中的应用

4.1 精准定位矿体分布。三维可视化靶区圈定，

通过整合钻孔坐标、元素品位、岩层边界等数据，构建矿体空间形态模型，以热力图直观显示高品位靶区（如芒

拉铜矿钻孔见矿厚度137米）。隐式建模优化动态更新，隐式建模技术自动吸收新钻探数据，实时更新矿体边界（如红河稀土矿靶区范围从市级缩小至小区级），较传统方法效率提升40%。

4.2 智能资源评估与设计。储量计算精度跃升，基于三维模型自动估算资源量（如探获8000万吨富铁矿），支持动态储量管理，误差率降至5%以内。开采方案智能化优化，露天矿境界优化与井下开拓设计通过三维模拟实现，猫场矿应用数字孪生系统使资源回收率提升15%。

4.3 多源数据融合与协同。空天地井一体化分析，融合无人机航测（激光雷达精度0.2米）、井下传感器及物探数据，突破深部探测盲区，实现地下万米“透明化”勘查。

4.4 技术瓶颈与突破。模型精度验证：煤矿沉积层界面清晰，但金属矿品位渐变导致矿体边界模糊，需动态调整经济品位阈值；数据标准化：历史地勘资料整合不足，需构建国家级地质云平台打破信息孤岛；深部信号衰减：> 5000米物探数据失真，量子计算模拟技术或成突破方向。

5 海洋勘查设备在地质矿产勘查中的作用

5.1 精准探测与资源定位。多维勘探装备联动，

地震勘探系统（如可控震源、海底节点OBN）通过声波反射构建地下结构模型，识别矿体分布形态，将定位误差控制在5%以内；结合多波束测深仪（测绘精度0.2米）绘制海底地形三维图。深潜器技术突破：“蛟龙号”搭载机械臂与高精度声呐，实现7062米深度矿物采样，厘米级悬停定位能力保障了复杂地形的精细作业。智能数据融合分析，物联网传感器网络（温度/盐度/压力传感器）实时采集海洋环境参数，通过卫星与水声通信传输至云计算平台；AI算法融合地质历史数据与实时监测信息，生成矿产热力图（如山东海域金矿靶区圈定）。

5.2 工程安全与环保保障。钻探装备抗扰动设计，

船用钻机波浪补偿系统（如HD系列钻机）抵消船舶升降运动，解决传统改装钻机在涌浪中的设备损毁风险，保障跨海大桥、海底管线等工程的地质勘察安全。模块化钻探平台配合重载无人机运输，减少生态破坏，较传统作业效率提升30%。环境风险预警体系，磁异常探测仪、高清水下摄像机实时监控作业区生态变化；长期布设的海底观测网（如中国南海网络）建立生态基线数据库，预警矿产开发对珊瑚等敏感生物的扰动。

5.3 技术瓶颈与突破方向。深部信号衰减：> 5000米

水深物探数据失真需量子计算辅助建模；装备续航短板：深潜器能源支撑不足，固态电池技术亟待突破；数据整合

障碍：构建国家级海洋地质云平台破解信息孤岛。

6 地质矿产勘查技术创新与平台建设

6.1 技术创新：智能化与绿色化双轨突破。AI驱动的勘探革命，智能找矿模型：基于多重分形算法与卷积神经网络（CNN），实现深部矿体三维建模与靶区精准圈定，西藏巨龙铜矿案例中资源量从1000万吨跃升至2588万吨。勘查流程优化：数字孪生技术联动地质建模-开采设计，猫场矿资源回收率提升15%，安全事故率降低30%。绿色勘查技术体系，节能装备应用：节能钻机（能耗降低20%+）、泥浆循环污泥处理系统等29项专利技术减少生态扰动，推行“分层钻进+环境噪音控制”工艺。清洁能源替代：可控震源技术（如EV56型）较传统井炮激发降低能耗56.1%。

6.2 政策与实施路径。顶层设计强化，自然资源部要求2026年建成矿山智能化标准体系，危险岗位机器人替代率超30%；推行“矿地融合”模式，拓展地质服务生态文明建设领域。区块建议机制激活社会资本：地勘单位可提交勘查区块建议包，经核查后通过招标/协议出让探矿权。

7 地质矿产勘查找矿原则与策略

地质矿产勘查找矿工作遵循系统性原则与技术策略，需兼顾资源定位精度、环境保护及政策合规性，

7.1 科学找矿原则。靶区分级定位，三维建模驱动：基于隐式建模技术整合钻探数据（如品位、岩层边界），动态圈定矿体空间形态，靶区定位误差控制在5%以内，如西藏芒拉铜矿通过热力图精准定位137米厚矿体。成矿理论指导：应用同位成矿理论识别大型矿床时空分布规律，重点聚焦次级断裂带、低温蚀变带（如铁白云石化、黄铁绢英岩化）等富矿标志区。绿色勘查约束，生态扰动最小化：推广节能钻机（能耗降20%+）、

钢结构可循环泥浆池，减少地表植被破坏70%，山东实施“分层钻进+噪音控制”工艺为范例。无钻孔物探替代：在生态敏感区优先采用可控震源技术（能耗降56.1%），避免传统爆破破坏。智能技术融合，深部探测突破：>5000米采用量子计算辅助建模，结合OBN地震勘探系统突破信号衰减瓶颈。数据驱动决策：国家级地质云平台（如“透视山东”）实现TB级数据秒级分析，靶区圈定效率提升40%。

7.2 政策与实施机制。合规性框架，矿业权管理：探矿权需编制勘查方案并经审批，严禁无序勘查；开采依法缴纳资源税，战略性矿产实行保护性开发。标准化体系：执行《固体矿产地质勘查规范总则》（GB/T 13908-2020），统一资源储量分类、工业指标论证流程。创新激励机制，区块建议制度：地勘单位可提交勘查建议包，经核查后招标出让探矿权，激活社会资本参与。技术人员激励：打通野外津贴、职称评审绿色通道，强化深部找矿技术攻关动力。

总之，目前地质矿产勘查领域面临重大转型挑战，针对这一形势，深入研究和应用先进的找矿技术尤为关键，这不仅有助于满足社会对矿产资源的急迫需求，同时也为推动资源的可持续利用和高效率开发提供了必要条件，此类技术的精进与发展，对于降低资源消耗和减轻环境承载压力起到了至关重要的作用，进而为达成经济质量提升与社会全面进步的双重目标，提供了强有力的技术支持和资源保障。

参考文献

- [1]刘启红.新形势下浅析当前地质矿产勘查及找矿技术.2023.
- [2]张世华.浅谈矿产资源勘查中找矿技术方法的运用.2022.