

新形势下当前地质矿产绿色勘查及找矿技术研究

刘天鹏

内蒙古有色地质矿业(集团)六〇九有限责任公司 内蒙古 乌兰察布 012000

摘要:新形势下,地质矿产勘查面临生态保护与资源开发的双重挑战。本文系统阐述绿色勘查理念,从核心原则到内涵拓展,构建“理念-技术-管理”体系;剖析低干扰、生态化、智能化等关键技术,以及高精度物探、高效化探等找矿技术创新;提出技术研发、标准完善、人才培养等发展策略。通过产学研协同创新与全生命周期管理,推动地质勘查向绿色、智能、高效转型,为资源可持续开发提供理论与技术支撑。

关键词:新形势;地质矿产;绿色勘查;找矿技术;生态保护

引言:新形势下,地质矿产勘查正处于生态保护与资源开发深度博弈的关键阶段。传统勘查模式面临生态破坏严重、资源利用低效等挑战,迫切需要向绿色化、智能化转型。绿色勘查作为行业可持续发展的新范式,通过理念革新、技术创新与管理优化,实现资源开发与生态保护的动态平衡。本文聚焦绿色勘查体系构建与找矿技术突破,系统阐述其核心内涵、关键技术及发展路径,为推动地质勘查高质量发展提供理论支撑与实践参考。

1 地质矿产绿色勘查理念与内涵

1.1 绿色勘查的核心原则

绿色勘查作为地质矿产勘查领域的新型发展模式,其核心原则贯穿于勘查活动的全生命周期。保护优先原则要求在勘查设计阶段即开展环境承载力评估,通过遥感解译、生态敏感性分析等手段,科学划定勘查禁入区与限入区。例如,在青藏高原冻土区实施勘查时,需避开藏羚羊迁徙通道及湿地保护区,采用无人机航测替代传统槽探,将地表扰动面积减少70%以上。全过程控制原则强调从勘查方案编制到生态修复的闭环管理,如内蒙古白云鄂博稀土矿勘查中,通过建立“一孔一策”管理制度,对每个钻孔实施钻井液循环利用、岩屑分类处置等12项环保措施,实现废水零排放。责任追溯原则通过“谁勘查、谁修复”的终身责任制,倒逼企业加大环保投入,如紫金矿业在福建紫金山金铜矿勘查中,预留勘查预算的15%作为生态修复基金,用于后期植被重建。技术经济性原则推动勘查装备迭代升级,山东黄金集团研发的便携式全液压钻机,单机重量较传统设备减轻40%,搬迁效率提升3倍,单孔成本降低28%。协同创新原则促进产学研用深度融合,中国地质调查局联合高校建立的“绿色勘查技术联盟”,已形成覆盖物探、化探、遥感等领域的36项专利技术集群。这些原则通过《绿色勘查技术规范》(DZ/T0374-2021)等标准文件固化,构建起

“理念-技术-管理”三位一体的制度体系。

1.2 绿色勘查的内涵拓展

绿色勘查的内涵已从单一的环境保护向全要素生态管理延伸。空间维度上,形成“天空地海”立体勘查体系:高分卫星实现每平方公里级矿化异常识别,无人机航测精度达0.05米,海底电磁探测深度突破3000米。时间维度上,构建“勘查-开采-闭坑”全生命周期模型,江西德兴铜矿通过三维地质建模技术,将勘查数据与开采方案动态耦合,减少废石排放量1200万吨/年^[1]。要素维度上,推动“地质-生态-经济”综合评价,云南普朗铜矿采用生物多样性补偿机制,每开采1吨矿石提取5元用于周边森林恢复,实现生态价值正向增长。在应用场景方面,绿色勘查技术已渗透至新能源勘查、城市地质调查等新兴领域。青海柴达木盆地锂矿勘查中,运用地气测量技术捕获深部卤水逸散气体,定位精度较传统钻探提高40%。深圳城市地质调查项目通过微动探测技术,在建筑物密集区识别出12条隐伏断裂,为地下空间开发提供安全保障。国际合作层面,中国与非洲联盟共建的“绿色矿业技术中心”,在刚果(金)科卢韦齐铜矿推广模块化选矿技术,使水资源循环利用率达92%,为绿色投资树立典范。

2 新形势下地质矿产绿色勘查关键技术

2.1 低干扰勘查技术

低干扰技术通过减少物理扰动实现生态保护。浅钻替代技术在植被覆盖区广泛应用,我国地质科学院研发的绳索取心钻机,钻进直径仅76毫米,较传统槽探地表破坏面积减少95%,在内蒙古大兴安岭金矿勘查中成功验证。便携式物探技术突破地形限制,加拿大凤凰公司生产的V8多功能电法仪,重量不足20公斤,可在海拔5000米以上地区工作,在西藏雄村铜金矿勘查中识别出深部隐伏矿体。生物勘查技术利用植物超积累特性,湖南柿

竹园钨矿通过分析蜈蚣草中砷含量,圈定矿化范围,较传统化探成本降低60%。微震监测技术实现无损探测,我国石化在四川盆地页岩气勘查中,通过布设300个微震传感器,实时监测地下应力变化,精准定位甜点层位,单井产量提升25%。量子传感技术代表未来方向,中国科大研发的金刚石氮-空位色心磁力仪,灵敏度达 fT/\sqrt{Hz} 级,可探测纳特斯拉级微弱磁场,为深部矿产勘查提供新手段。

2.2 生态化勘查技术

生态化技术聚焦勘查过程的环境友好性。绿色钻井液体系采用可降解基液,中石化胜利油田研发的植物胶钻井液,生物降解率达98%,在塔里木盆地超深井勘查中应用成功。模块化勘查基地实现快速拆装,中国黄金集团设计的集装箱式营地,单日搭建时间缩短至4小时,较传统砖混结构减少建筑垃圾80%。太阳能勘查设备突破能源瓶颈,航天科技集团研制的50kW移动式光伏电站,可满足野外物探设备连续供电需求,在青海东昆仑地区勘查中替代柴油发电机,年减排二氧化碳120吨。生态修复技术向即时化发展,紫金矿业研发的微生物固土技术,通过喷洒芽孢杆菌菌液,使裸露坡面植被覆盖率在30天内恢复至85%以上。三维激光扫描技术实现修复效果量化评估,中国地质环境监测院建立的“勘查-修复-监测”数据库,已收录全国2300个勘查项目生态数据,为政策制定提供科学依据。

2.3 智能化勘查技术

智能化技术推动勘查模式变革。AI物探解释系统突破人工解译瓶颈,中国地质科学院研发的“GeoMind”平台,集成百万级已知矿床数据,可自动识别重力、磁法异常中的成矿信息,在胶东金矿勘查中使靶区定位准确率提升至82%。数字孪生技术构建虚拟勘查场景,中国矿业大学开发的“MetaMine”系统,通过融合地质、物探、化探数据,生成三维地质模型,支持多方案对比优化,使勘查设计效率提高5倍。区块链技术保障数据安全,自然资源部推行的“勘查区块链平台”,实现从数据采集到成果报告的全流程上链,在云南会泽铅锌矿勘查中,通过智能合约自动验证数据真实性,杜绝人为篡改。5G通信技术支撑远程操控,华为与中煤科工联合研发的井下5G基站,时延低于20ms,使北京专家可实时指导新疆矿区勘查作业,提升决策效率70%。

3 新形势下地质矿产找矿技术创新与应用

3.1 高精度地球物理找矿技术

高精度物探技术实现深部资源突破。航空瞬变电磁法探测深度达1500米,中国地质调查局在河南桐柏-大别造山带勘查中,通过固定翼飞机搭载ATEM系统,发现深

部隐伏铜镍矿体,估算资源量超50万吨。广域电磁法抗干扰能力强,中南大学研发的EH4装置,在湖南通道佯溪金矿勘查中,穿透厚覆盖层识别出盲矿体,使矿山服务年限延长15年。核磁共振找水技术精准定位地下水,中国地质科学院在鄂尔多斯盆地勘查中,通过测定氢原子弛豫时间,确定含水层位置,为干旱区矿产开发提供水源保障^[2]。多参数综合物探技术提升解释精度,中国石油集团研发的“GeoEast”系统,集成重力、磁法、电法、地震数据,在四川盆地页岩气勘查中,通过联合反演构建速度-密度-电阻率模型,使甜点评价符合率提高至85%。量子重力仪代表未来方向,德国慕尼黑大学研制的冷原子重力仪,灵敏度达 $1\mu Gal$,可识别10米级矿体引起的重力异常,为深部找矿提供新工具。

3.2 高效地球化学找矿技术

高效化探技术拓展找矿空间。深穿透地球化学突破覆盖层限制,中国地质科学院研发的纳米膜提取技术,可捕获深部300米处矿体释放的金属离子,在内蒙古白云鄂博稀土矿勘查中,通过分析土壤中轻稀土元素异常,圈定隐伏矿体范围。气体地球化学实现快速筛查,加拿大Geotech公司生产的便携式汞蒸气仪,检测限达 $0.1ng/m^3$,在贵州赫章铅锌矿勘查中,通过追踪汞异常带,30天内完成100平方公里勘查任务。生物地球化学技术绿色环保,中国地质大学研发的植物探矿技术,通过分析忍冬属植物中金、银含量,在山东胶东地区圈定金矿靶区12处,较传统化探成本降低40%。同位素地球化学揭示成矿过程,核工业北京地质研究院建立的铅同位素数据库,包含全球2000个矿床数据,在西藏雄村铜金矿勘查中,通过对比成矿流体与围岩的铅同位素组成,确定矿源来自下地壳,为深部找矿提供理论依据^[3]。

3.3 矿产资源综合信息预测技术

综合信息预测技术提升找矿成功率。三维地质建模整合多源数据,中国地质调查局开发的“GeoModel3D”系统,可融合地质、物探、化探、遥感数据,生成分辨率达5米的三维模型,在江西朱溪钨矿勘查中,通过模型分析发现新矿体,使资源量扩大至333万吨。机器学习算法挖掘数据价值,中国矿业大学研发的“MineFinder”平台,集成随机森林、支持向量机等算法,在内蒙古白云鄂博稀土矿勘查中,通过训练已知矿床模型,预测新矿体位置,准确率达78%。大数据分析揭示成矿规律,自然资源部建立的“全国矿产资源潜力评价系统”,收录地质、物探、化探、遥感数据10PB,通过聚类分析识别出23个成矿带,指导新疆火烧云铅锌矿等世界级矿床发现。虚拟现实技术优化勘查设计,中国黄金集团开发

的“VR勘查系统”，支持多专业协同设计，在西藏甲玛铜多金属矿勘查中，通过虚拟钻探验证，减少无效进尺1200米，节约成本200万元。

4 新形势下地质矿产绿色勘查及找矿技术发展策略

4.1 技术研发与创新支持

构建“产学研用”创新体系，建议设立国家绿色勘查技术创新中心，整合地质调查、科研院所、装备制造企业资源，重点突破深部资源勘查、生态修复等关键技术。实施重大科技专项，在人工智能物探等前沿技术研发，力争到2030年实现深部资源勘查技术自主可控。建立技术创新联盟，由行业协会牵头，联合30家骨干企业成立“绿色勘查技术联盟”，制定技术发展路线图，推动装备标准化、系列化发展。加强国际合作交流，参与国际地球科学计划（IGCP），与澳大利亚、加拿大等矿业强国共建联合实验室，引进吸收航空物探、生物勘查等先进技术。完善科技创新激励机制，对研发绿色勘查技术的企业，按研发投入的15%给予税收减免，对获得国家级科技奖项的团队给予500万元奖励，激发创新活力。

4.2 标准体系与政策法规完善

健全绿色勘查标准体系，加快制定《绿色勘查技术要求》《勘查生态修复技术规范》等国家标准，建立覆盖勘查设计、施工、验收全流程的标准体系。完善环境监管制度，实施勘查项目环境影响评价“一票否决制”，对未编制生态修复方案的项目不予立项，对造成生态破坏的企业列入“黑名单”。建立生态补偿机制，要求勘查企业按资源储量的0.5%提取生态修复基金，用于后期植被恢复、水土保持等工程。优化资源配置政策，在矿产资源规划中明确绿色勘查区块，对采用新技术、新工艺的项目，优先配置探矿权，延长勘查期限2年。

4.3 人才培养与理念推广

改革地质教育体系，在高校地质类专业增设《绿色

勘查技术》《生态修复工程》等课程，建设10个国家级实验教学示范中心，培养复合型勘查人才。实施人才梯队建设计划，选拔100名青年骨干赴国外进修，引进50名海外高层次人才，组建20个科技创新团队，重点攻关深部资源勘查、智能化装备研发等难题。加强绿色勘查理念宣传，通过举办“绿色勘查论坛”、编制《绿色勘查案例集》等方式，提升行业认知度^[4]。建立示范工程引领机制，在重点成矿带建设10个国家级绿色勘查示范项目，总结推广“勘查-开采-闭坑”全生命周期管理模式。推动企业文化变革，要求矿业企业将绿色发展纳入战略规划，将生态保护指标纳入绩效考核，对表现突出的企业给予表彰奖励，形成行业自觉践行绿色勘查的良好氛围。

结束语

地质矿产绿色勘查与找矿技术创新是行业高质量发展的必由之路。面对深部资源勘探与生态保护的双重需求，需持续强化技术攻关、完善标准体系、培育复合型人才。通过政策引导、企业实践与公众参与的协同共进，推动勘查活动与生态环境和谐共生。未来，随着量子传感、人工智能等前沿技术的深度融合，绿色勘查将迈向智能化、精准化新阶段，为全球矿产资源可持续利用贡献中国方案。

参考文献

- [1]黄莉.绿色矿山水工环勘察工作的重要性分析[J].中国金属通报,2025(1):147-149.
- [2]彭涛.发展新质生产力开创勘察设计行业发展新局面[J].中国勘察设计,2024(8):46-49.
- [3]李洪军.提高地质矿产勘查及找矿技术的策略研究[J].内蒙古煤炭经济,2022,(14):172-174.
- [4]杨旭.从绿色开采角度谈地质矿产勘查与找矿技术[J].世界有色金属,2022,(14):223-225.