

新形势下地质矿产勘查技术研究

姜福生

扎鲁特旗敦德诺尔露天煤业有限公司 内蒙古 通辽 029100

摘要: 在新一轮找矿突破战略行动落地、双碳生态文明建设落地实施与战略性矿产保供刚需叠加的行业新形势下,国内地质矿产勘查告别传统粗放式野外踏勘模式,逐步向着深部化、智能化、绿色化、立体化方向转型。传统地表浅部矿产资源储量日渐枯竭,隐伏矿、深部矿、覆盖区难识别矿体成为现阶段勘查主攻对象,同时生态环保法规收紧、新能源关键矿产勘探需求激增,倒逼勘查工艺、设备与理论技术全方位革新。本文结合国内近年地质勘查项目实地应用成果,梳理现阶段行业发展新形势特征,分类剖析空天地一体化勘查、深部钻探、绿色低扰动勘查、人工智能大数据成矿预测等主流技术应用现状,客观总结技术落地现存短板,结合国内资源禀赋与产业政策导向提出针对性优化路径,以期为国内地质矿产勘查项目提质增效、实现资源开发与生态保护协同发展提供实操参考。

关键词: 新形势;地质矿产;勘查技术;绿色勘查;智能化

引言:矿产资源是我国实体经济、高端制造、新能源产业稳定发展的基础性原料,锂、镍、钴、稀土、石墨等战略性矿产更是支撑储能、动力电池等产业链的核心保障资源。伴随国内工业化纵深发展与新能源产业爆发式扩张,矿产资源消耗规模持续攀升,浅地表易识别矿床经过数十年规模化勘探开发基本探明完毕,国内找矿工作逐步转入深部隐伏矿体、厚覆盖层盆地、高原生态敏感区、戈壁荒漠复杂地貌区等难勘查找矿场景。与此同时,自然资源主管部门全面推行绿色勘查管理制度,先后出台十余项绿色勘查行业规范,明确野外勘查施工必须同步落实生态修复、水土保持、污染防治要求,过去开山放炮、大面积地表剥离的粗放勘查手段被全面限制,行业外部约束条件发生根本性变化。立足上述新形势,系统梳理各类勘查技术优缺点、落地难题与优化方向,对地质勘查单位优化施工方案、降低勘探成本、提升矿体发现率具备现实指导意义。

1 地质矿产勘查行业发展新形势分析

1.1 资源勘探目标转变:由浅部露头矿转向深部隐伏矿与战略新兴矿产

我国中东部平原、丘陵浅部矿体勘探程度已经达到85%以上,地表矿化露头基本完成踏勘排查,新增矿产发现空间大幅压缩,找矿重心下沉至地下500m~3000m深部地层,华北平原、松辽盆地、四川盆地等厚第四系覆盖区域成为有色金属、油气勘查核心靶区。资源结构上,传统铁、煤、铝土等大宗矿产勘探热度稳步回落,锂、铍、铌、钽、高纯石墨、盐湖锂矿等新能源配套矿产成为勘探投资主力,川西甘孜-阿坝锂成矿带、西昆仑伟晶岩锂矿带、青藏高原盐湖资源带连续实现找矿重大

突破,老矿山深部边部勘探也成为资源补充重要路径,全国上百座资源枯竭型矿山通过深部勘查新增矿体储量,延长矿山服务年限,此类勘查普遍面临地质构造复杂、前期地质资料零散、深部温压条件多变等难题,常规物探、钻探手段难以精准奏效^[1]。

1.2 环保政策约束收紧:绿色勘查成为项目准入硬性标准

生态文明建设与双碳目标落地后,森林保护区、草原湿地、水源涵养地、基本农田范围内的勘查作业审批门槛显著提高,生态破坏赔偿、环保验收纳入勘查项目全生命周期考核指标,过去炸药震源爆破、大面积开挖探槽、废弃泥浆随意排放的作业模式彻底受限。自然资源部在全国推广绿色勘查示范项目,截至2025年国内已落地95项国家级绿色勘查试点工程,形成草原、林区、荒漠、滩涂四类分区勘查规范,所有新立项勘查项目编制方案阶段必须配套生态保护专项设计,从制度层面推动低扰动、无害化勘查技术普及应用。

1.3 技术发展环境革新:数字化智能技术重构传统勘查作业模式

国产高光谱卫星、无人机航测系统、分布式节点物探设备、自动化智能钻机实现量产落地,空天地多源数据互联互通成为可能,地质勘查由过去野外人工单点采样、经验判矿,转变为卫星宏观圈定靶区、航空物探精细化异常、地面物化探精准查证、钻探验证矿体的立体化作业流程。人工智能、大数据算法在成矿预测领域落地应用,通过整合区域地质、化探、物探、遥感数十年存量数据构建成矿数据库,替代传统人工归纳成矿规律,显著提升隐伏矿体预判准确率,国内多家地勘院所、矿

业企业陆续搭建专属智能找矿平台,技术驱动行业变革特征愈发明显^[2]。

1.4 市场与资金格局变化:精准勘探控制成本成为生存刚需

在地勘市场化改革背景下,财政公益性勘查项目资金精细化管控,商业勘探项目由矿业企业自主投资,投资方对勘探投入产出比要求持续提升,盲目大面积布设勘探工程、广撒网式找矿的模式经济成本过高逐步被淘汰,以数据优先、靶区优选为核心的精准勘查成为市场主流需求,倒逼各类新技术落地以缩减无效钻探工程量、压缩野外施工周期。

2 新形势下主流地质矿产勘查技术应用研究

2.1 空天地一体化遥感与航空物探勘查技术

空天地一体化勘查是现阶段大范围圈定成矿远景区最核心技术,分为卫星遥感、无人机低空勘查、航空综合物探三个层级,三者优势互补实现从宏观区域到局部矿化异常的逐级筛选。卫星遥感依托资源一号02D高分卫星、Landsat系列卫星获取全域地表光谱数据,利用蚀变矿物光谱特征提取褐铁矿、绢云母、绿泥石等热液蚀变信息,而蚀变带是热液型金属矿产重要找矿标志,在川西锂矿、藏东铜矿勘查中,遥感先期圈定数千平方公里异常区,将后续地面勘查范围压缩70%以上,大幅减少野外无效踏勘工作量。针对植被茂密、地形陡峭的西南山区,常规地面人员难以进入,无人机搭载多光谱、高光谱载荷低空航测,0.5m高精度成像快速完成小尺度矿化线索排查,内蒙古草原勘查项目依靠无人机优化勘查线路,原生草场破坏避让率达到90%,兼顾找矿效率与生态保护。

2.2 地面物化探精细化勘查技术

地面物探包含可控源电磁法、瞬变电磁、高精度重力、激电等细分技术,是连接航空异常与钻探工程的中间关键环节,在厚覆盖区隐伏矿勘查中作用突出。瞬变电磁凭借探测深度大、施工灵活特点,多用于盆地深部有色金属矿体探测,华北煤下铝土矿勘查中通过瞬变电磁精准圈定含水断裂与矿体边界,规避钻探遇突水风险;可控源电磁法抗地表杂波干扰能力强,在山区炭质页岩干扰地层中有效区分矿致异常与地层异常,近些年在西南铅锌矿勘查中大范围推广^[3]。

2.3 绿色轻量化钻探勘查技术

钻探是获取地下岩心实物资料、最终证实矿体存在的唯一手段,也是对地表生态扰动最大的勘查工序,新形势下各类绿色钻探工艺快速迭代。模块化轻便钻机摒弃传统重型履带设备,整机拆分后依靠骡马、无人机吊

运进入高山、林区作业,不用修建大型施工便道,从源头减少植被开挖;空气钻探、泡沫钻探以空气、环保泡沫替代传统泥浆循环介质,杜绝废弃泥浆渗漏污染土壤与地下水,在水源地周边勘查项目强制普及应用。

全封闭泥浆循环系统配套泥浆固化处理技术,施工产生的废泥浆现场固化打包外运处置,实现勘查场地零废液排放,目前已纳入绿色勘查项目标配工艺。超深定向钻探技术日趋成熟,单孔定向分支钻探可从一个施工点位向地下不同方位布设多个勘探孔,减少数十个地面钻探平台修建,青海盐湖锂矿勘查中定向钻探应用使施工占地缩减65%。不足之处在于轻量化钻机钻进效率低于传统大型钻机,超深部钻进成本偏高,复杂破碎地层成孔稳定性不足。

2.4 大数据与人工智能智能成矿预测技术

依托全国地质资料馆海量纸质资料数字化成果,整合数十年地质填图、物化探、勘探钻孔数据搭建区域成矿大数据平台,借助随机森林、KAN神经网络等机器学习算法挖掘多源数据内在关联,构建智能化成矿预测模型,打破过去仅依靠地质人员个人经验圈定靶区的局限。国内已有多地勘单位搭建AI智能编录系统,通过图像识别自动判定岩性、矿物组分,岩心编录效率提升5倍以上,矿物识别准确率稳定在90%上下。在甘肃寨上金矿整装勘查区,KAN智能预测模型融合化探、遥感、地形多维数据,盲矿区矿体识别率达到100%,成功发现多处前人遗漏隐伏矿点^[4]。

2.5 深部找矿专项配套技术

伴随找矿深度向千米级迈进,耐高温测井、井下物探、深井取样等配套技术逐步完善,我国塔科1井万米深钻完工标志国内超深部钻探装备迈入世界前列,深部原位地球化学取样设备实现国产化,可在地下数千米原位采集地层流体、岩石样品,规避样品提升过程中元素变质问题。

3 现阶段勘查技术落地应用现存主要问题

3.1 新技术推广成本偏高,中小地勘单位装备升级困难

智能化物探设备、高光谱无人机、智能钻探装备采购与后期维保费用高昂,基层中小型地勘企业受项目回款周期、资金体量限制,依旧沿用老旧传统勘查设备,新技术集中在大型央企、省级地勘院试点应用,行业整体技术升级不均衡。部分绿色环保耗材、环保钻井药剂采购成本高于传统材料,在低价中标商业勘查项目中,施工单位出于成本考量被动简化绿色工艺落地标准。

3.2 多源数据孤岛问题突出,跨区域数据共享机制不

完善

国内地质资料分属自然资源主管部门、各地质调查院、矿山企业多头保管,不同单位数据格式、测绘基准、精度标准不统一,跨省成矿带勘查项目数据调取手续繁琐,大数据建模前期数据整理工作量巨大,部分涉密地质数据无法对外开放,制约AI成矿模型大范围训练优化。历史老旧纸质地质资料数字化进度参差不齐,部分上世纪野外勘查原始记录损毁、缺失,影响数据库完整性。

3.3 复合型技术人才缺口较大,传统地质人员数字化转型滞后

新型勘查技术融合地质学、计算机、遥感、环境工程多学科知识,既懂野外地质规律又熟练操作智能设备、大数据建模的复合型人才紧缺,国内地勘行业人才缺口常年保持高位。大量从业多年老地质工作者习惯传统经验找矿思路,对人工智能、遥感解译、三维建模等数字化技术接受与学习进度缓慢,新技术落地缺少实操人才支撑。

3.4 复杂特殊地貌适配技术仍存短板

青藏高原高寒冻土区、西南岩溶溶洞发育区、西北巨厚风积沙覆盖区专属勘查技术尚未完全成熟,冻土区钻探易出现孔壁冻融坍塌,岩溶区钻孔漏浆、偏斜频发,常规物化探方法受岩溶、冻土地层干扰异常畸变严重,针对极端地貌的定制化勘查设备研发进度滞后于勘探需求^[5]。

4 新形势下地质矿产勘查技术优化发展路径

4.1 分层推进新技术落地,完善产业配套扶持政策

主管部门针对公益性地勘项目优先采购智能化、绿色勘查技术服务,通过项目示范带动市场化项目跟进应用;出台绿色勘查设备购置补贴政策,降低中小地勘企业装备升级压力;鼓励装备制造企业依托国产供应链优化智能勘查设备生产成本,推进轻量化钻机、小型无人机物探设备国产化普惠定价,降低新技术使用门槛。结合不同区域地貌特征划分技术推广片区,草原、林区优先普及无人机勘查与空气钻探,盆地覆盖区重点推广瞬变电磁+定向钻探组合工艺。

4.2 搭建标准化地质大数据共享平台,破除数据壁垒

在自然资源部统筹下推进全国地质资料标准化数字化建设,统一数据坐标、分类标准,分级分类开放非涉

密区域地质数据,利用区块链技术保障数据传输安全,实现省内、跨省成矿带数据互联互通。依托高校、科研院所持续补充缺失历史勘查数据,完善锂、稀土等新兴矿产专项数据库,为智能成矿预测模型迭代提供充足样本数据。

4.3 聚焦特殊地貌攻关定制化勘查技术

依托国家深地专项、战略性矿产攻关课题,集中科研力量针对冻土、岩溶、厚风积砂三大难点勘查场景开展技术攻关,研发耐寒型钻探设备、抗干扰专用物探探头;总结国内多年高原、荒漠勘查项目实操经验,编制分区专项勘查技术规范,形成不同地貌标准化勘查工艺组合方案。持续优化废泥浆无害化、钻探废渣资源化利用技术,推动勘查废弃物就地资源化,进一步降低绿色勘查附加成本。

4.4 坚持理论与技术同步创新,完善成矿模型指导勘查

结合新一轮找矿突破行动取得的新矿床发现成果,完善我国锂矿、斑岩铜矿、沉积型铀矿等特色矿床成矿理论,更新“五层楼+地下室”等经典勘查模型,依托新成矿理论指导靶区优选,实现成矿理论与勘查技术双向赋能,从源头减少盲目布设勘探工程带来的资金浪费。

结束语

从行业现状来看,各类新型勘查技术已经在国内多个重点成矿带落地并取得丰硕找矿成果,但仍受成本、人才、数据、特殊地貌技术短板多重因素制约,技术全面普及仍需要政策、科研、市场多方协同发力,为我国矿产资源安全与新能源产业长期稳定发展筑牢地质资源根基。

参考文献

- [1]张金铭.新形势下地质矿产勘查及找矿技术探析[J].黑龙江环境通报,2025,38(11):19-21.
- [2]薛同利,段福平.新形势下地质矿产勘查及找矿技术研究[J].世界有色金属,2025,(13):163-165.
- [3]刘草.浅析新形势下地质矿产勘查与找矿技术[J].中国金属通报,2025,(4):94-96.
- [4]莫钧.新形势下地质矿产勘查及找矿技术关键思路分析[J].中国金属通报,2025,(4):202-204.
- [5]蒋力.新形势下当前地质矿产绿色勘查及找矿技术研究[J].西部探矿工程,2025,37(3):177-179+183.