

区域地质综合调查在战略性矿产资源勘查中的基础作用研究

胡安林 张颖豪

云南黄金矿业集团股份有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v8i1.2139

[摘要] 区域地质综合调查作为战略性矿产资源勘查的关键步骤,直接关联着勘查工作的方向及效率。本文以某典型地区为例证,采用野外地质现场调查、遥感影像解析工作与地球物理异常分析操作等手段,探究地质综合调查在战略性矿产精准定位与成矿远景区圈定里的作用,此调查对矿产成因的分析以及成矿规律的提取有着无可替代的价值,此成果为战略性矿产高效勘查提供了理论依据及实践路径。

[关键词] 区域地质调查; 战略性矿产; 成矿预测; 地球物理; 矿产资源评价

中图分类号: TE132 文献标识码: A

Study on the basic role of regional geological comprehensive survey in strategic mineral resources exploration

Anlin Hu Yinghao Zhang

Yunnan Gold Mining Group Co.,LTD.

[Abstract] Comprehensive regional geological surveys are a critical foundational step in the exploration of strategic mineral resources, directly impacting the direction and efficiency of exploration efforts. This paper uses a typical region as a case study, employing field geological investigations, remote sensing image analysis, and geophysical anomaly analysis to explore the role of comprehensive geological surveys in the precise locationing of strategic minerals and the delineation of metallogenic prospects. The survey is invaluable for analyzing mineral genesis and extracting ore-forming patterns, providing both theoretical support and practical pathways for efficient exploration of strategic minerals.

[Key words] regional geological survey; strategic mineral resources; metallogenic prediction; geophysics; mineral resources evaluation

引言

作为国家经济安全的重要支撑,战略性矿产资源意义重大,其高效勘查对资源保障体系的搭建起着关键作用。区域地质综合调查为矿产勘查的前置阶段,采用系统方法获取地质、地球物理、地球化学等多源数据,为找矿事宜构建基础格局。但是传统勘查模式多依赖既有经验,效率与精准程度存在局限,本文试图系统分析区域地质综合调查在战略性矿产资源勘查方面的作用路径,建成“调查—分析—预测—验证”全步骤的研究模型,为资源战略布局供给科学依据支撑。

1 研究背景与目的

1.1 国家战略性矿产资源保障现状

伴随全球资源竞争的不断加剧,我国战略性矿产资源保障方面的问题愈发凸显。战略性矿产资源以稀土、钨、锂、钴、铀、镍等为主,在国家能源安全维护、军工制造进程、新能源发展态势及高新技术产业格局中具有不可替代的意义。目前我国对部分关键矿产资源的对外依存状况持续偏高,按照自然资源

部披露的数据,2023年我国钴资源的对外依赖比率超90%,镍的对外依赖占比超80%,锂资源对外依存度同样逼近70%。

处在这种背景情境里,增进国内战略性矿产资源找矿的突破水平,已成为国家资源战略核心内容里面的一项,找矿任务的效率及精度水平,很大程度上要看前期地质调查基础是否坚实、系统完备。为了达成“找矿突破战略行动”给出的“增加可控资源储量、降低对外依赖度”目标,需切实强化区域地质综合调查工作,增进其科学性、系统性以及前瞻性。

1.2 区域地质综合调查的内涵与功能

所谓区域地质综合调查,是在一定空间尺度中,对地层、岩性、构造、岩浆活动、变质作用、地球物理、地球化学等诸多要素进行系统性的调查与分析,全面呈现区域地质背景及其演化规律的基础活儿,其主要意图是搭建成矿地质框架,为矿产资源的勘查、环境评价工作以及地质灾害防控等给予支撑。

经地层调查可鉴定矿源层与含矿围岩;利用构造分析可找出控矿断裂与成矿通道;岩浆活动留下的记录可对热液成矿的

时空背景起到指示作用;特定类型的矿床(如矽卡岩型铁矿)或由变质作用生成,地球物理异常区域往往同深部成矿体有联系。

1.3本研究的目的与意义

即便国家针对战略性矿产找矿的投入持续增多,可在实际的工作开展中,还是面临找矿靶区定位偏差大、预测模型不连贯、成矿规律认识模糊不清等情况,众多问题的根源可归结为前期区域地质调查覆盖不全面或深度不够,在某些地质情况复杂的区域。

本研究试图借实证达成,建立区域地质综合调查跟战略性矿产找矿的有效衔接桥梁,依靠集成地质、地球物理与地球化学各类数据,组建三维地质模型,且融入了矿产成因的专业理论,提升找矿思路与预测线路的合理性。

最终目标是为战略性矿产勘查提供更具针对性的技术支撑和实践指导,促进区域地质调查成果在找矿工作中的有效应用,提升在地质条件复杂地区进行找矿预测的实用性与操作性。

2 研究方法与技术路径

2.1调查区域选择与野外工作设计

为达成立体化成矿背景的细致分析,本研究采用把遥感、地球物理与地球化学手段结合起来的数据获取途径。

就遥感技术而言,采用GF-2与Sentinel-2影像数据,实现10米的分辨率,对主要的岩体、蚀变信息开展波段组合解析,辅助判认出有几处强蚀变反射地带。

处于地球物理工作当中,开展了重力、磁法与电法的综合测量。重力测量采用相对重力法处理,磁法测量完成了几条剖面布设,在重点区域发现明显的磁异常,表明可能存在磁性岩体或矿体;电法工作采用可控源音频大地电磁法进行探测,在深部识别出几个低阻异常区,具备进一步勘查价值。

从地球化学分析这个维度,所有样本均被送至获国家认可的实验室进行多元素分析(包括W, Sn, Mo, Li等24种元素),检测所得的检出率为95%以上,数据质量表现十分出色,初步探究结果说明,最大的钨异常值为380ppm,大幅超出区域地球化学背景值,呈现显著的找矿价值。如表1所示。

表1 为主要技术手段参数汇总

技术方法	参数设置与数据内容	说明
遥感影像	Sentinel-2, GF-2, 10m分辨率	提取蚀变、构造信息
重力测量	相对重力法处理	判断深部构造和密度差异
磁法测量	多条剖面, 磁异常	辅助识别岩浆活动区
CSAMT电法	多个低阻异常区	判断深部含矿热液流通带
地球化学分析	样品元素分析	圈定元素富集区与找矿靶区

2.2多源信息集成与地质模型构建

结合上述基础数据,依靠ArcGIS平台,对遥感、地质编图、地球物理和地球化学成果进行统一的空间配准及叠加解析,依靠构建断裂构造图、蚀变带分布图、元素异常图等成矿信息图层。

以这些图层作依托,以Micromine与Leapfrog Geo平台为依

托开展三维地质建模,构建的模型囊括岩性体、断裂构造、地球物理异常体以及金属元素富集带。

初步模型披露,北东向断裂构造跟燕山期花岗岩体接触带控制着成矿作用,成矿流体大多顺着断裂运移且在岩体边缘沉淀。

3 调查成果与找矿预测分析

3.1地质单元划分与构造解析

经由对研究区开展系统的地质编录及遥感影像解译,初步划分出4组主要岩性单元,分别是中-新生界沉积岩层、太古宇变质岩岩系、中生代中酸性侵入岩群以及侏罗纪火山岩套层,区域里出露最普遍的是中生代花岗闪长岩,属于燕山期岩浆活动代表性标志,跟区域成矿活动紧密相关联。

辨识出两组主要的断裂系统:一是以NE向为主导的区域级深大断裂带,二是NW向的次级破碎构造带。前者属于主控构造类型,控制成矿热液的运移通道及矿体的形成与赋存;后者多呈拉张性质,有利于矿液的聚集与富集。部分NE向断裂还表现出强烈的蚀变与褐铁矿化特征。如表2所示。

表2 地质单元解析

岩性单元	岩性特征	出露面积(km ²)	相关矿产类型
A组: 沉积岩	页岩、砂岩为主	42	暂未见明显矿化
B组: 变质岩	片麻岩、混合岩	17	与钨矿外围有关
C组: 中酸性侵入岩	花岗岩、闪长岩	61	与Sn、W矿密切相关
D组: 火山岩	安山岩、流纹岩	24	局部铅锌异常

3.2成矿地质条件识别与远景区圈定

结合岩性、构造与蚀变带分布,识别出影响本区成矿的主要控矿因素包括以下三类:

岩体类型与接触带:C组花岗闪长岩体与围岩接触带的蚀变程度极为强烈,边部岩体中,Sn、W、Be等元素富集明显,属于成矿热液易于富集沉淀的理想空间。

构造导控性:NE向断裂构造带主导成矿热液的上升运移,部分跟NW向断裂的交汇地带表现出元素高异常现象,属于重点找矿地段。

地球化学异常分布:采用土壤与岩石样品做分析,标定出3处多元素异常叠合范围,钨(W)元素出现的最高异常值达380ppm,背景值约40ppm,呈现出显著成矿潜力。

参照以上控矿因素,圈出了两个找矿的远景区,给这两个区命名为T1与T2区,T1区面积近似6.4km²,T2区的面积近似4.1km²,皆呈现为多因素叠加的异常区域。

3.3成矿预测模型建立与验证

以掌握控矿因素为基础,凭借“成矿潜力指数模型(MPI)”构建找矿预测的模型,该模型把地层、岩性、断裂、蚀变强度、地球化学异常值这5个变量引入进来,完成统一标准化处理后赋予权重值,经叠加分析绘出找矿预测图。

由预测模型得出结果显示, T1区以0.89的潜力指数位居最高, T2区呈现出0.81的潜力指数, 较其他区域高出很多, 为核实预测模型的精准度, 把模型叠加图与已知矿点分布进行对照, 占比82%的历史矿点落在潜力指数超0.75的区域里, 模型具备相当高的解释实力。如表3所示。

表3 成矿预测模型验证

预测区编号	潜力指数(0~1)	面积(km ²)	主要异常类型
T1	0.89	6.4	W、Sn多元素异常、蚀变带
T2	0.81	4.1	磁低阻异常叠合、构造密集区
T3(背景区)	0.42	3.3	单元素异常弱、构造稀疏

4 结果讨论与应用价值

4.1 区域调查成果对找矿效率的提升

区域地质综合调查成果在实际找矿工作中的应用, 效果极为显著, 依靠系统的地质编制、构造识别及多源异常分析手段, 完成了矿点推断及钻探布设策略的优化, 以T1远景区为例进行说明, 原有的信息仅停留在表层蚀变岩记录层面, 未达成有效的钻探证据成果, 借助成矿信息叠加和潜力指数模型, 本轮调查完成靶区圈定, 实施4个钻孔的布设, 有3个钻孔揭示了矿化带, 其最高含钨量可至0.35%。

以历史资料为参照进行对比, 传统经验法实施布孔, 成功率约34%, 本轮按照调查成果进行布设的钻探, 成功率为75%, 上扬41个百分点, 按平均计算, 每勘探出一个有效矿体的钻探米数自1, 从1480米降至920米, 节约了近乎38%的成本, 经由遥感蚀变提取及电法低阻定位途径, 找出2处新的矿化异常区域, 已完成剖面验证这一工作, 为后续勘查工作筑牢根基, 此“数据主导+模型导向”勘查模式大幅缩短了找矿周期, 增进了资源投入产出的比值。

4.2 成矿理论模型的深化与应用拓展

按照区域成矿规律, 经研究探索提出“构造—岩浆—热液”复合控矿模式, 打破传统“单一岩体”及“断裂控矿”理论的禁锢, 扩大了找矿的思维边界, 从该模式的角度看, 作为热液通道的是NE向主断裂, 影响并控制岩浆侵位与热液运移; 成矿物质与热能由燕山期中酸性侵入岩体提供。

该“三元耦合”模式能较理想地解释区域内多期多类型矿床的分布情形, 模型验证揭示出, 已知研究区矿点中约83%落入耦合区域, 比非耦合区高出一大截, 说明该模型有着良好的预测

性能与推广价值。

4.3 对资源规划与政策的支撑意义

本次区域地质调查的成果, 为宏观层面的资源规划与政策制定给予了关键支撑, 划定的T1、T2远景区有着良好的找矿潜力以及生态承载能力, 建议优先把此区域列入省级矿产资源潜力区规划, 有部分隐伏矿体在空间上与城市扩展区相互重叠, 应在土地利用政策里明确“资源—建设”统筹开发机制。

本轮调查聚焦于非侵入性技术的运用, 诸如遥感以及地球物理手段, 在推动勘查效率提升之际, 降低了生态层面的干扰, 与“绿色勘查”政策的导向相契合, 建议把本次研究成果纳入地区《国土空间总体规划》跟《矿产资源保护利用方案》, 应用于矿权划定、资源调配与环境协同管控。

为提升战略资源保障水平, 需促进“成果转化—靶区勘查—资源管理”联动机制的运行, 达成从基础调查到政策保障全链路的支撑, 助力国家资源安全战略实施。

5 结语

区域地质综合调查在战略性矿产勘查中起着基础性、引领性的关键作用, 依靠先进技术对地质单元、构造特征与控矿因素进行识别, 把多源数据集成与成矿模型构建加以结合, 让找矿效率与预测精度大幅跃升, 相关成果带动成矿理论实现了进一步深化, 还为资源规划、生态保护以及政策制定提供了有力支持。未来应拓展科技手段应用与跨学科协同范围, 创建智能化、绿色化属性的资源勘查体系, 实现战略性矿产稳定的可持续保障。

参考文献

- [1] 李廷栋.中国地质矿产调查事业发展历程[J].地质力学学报,2022,28(05):653–682.
- [2] 朱荣利,任传涛.简述复杂地质条件下地质环境问题对矿产资源勘查方法影响分析[J].中国金属通报,2023,(1):83–85.
- [3] 陈飞飞.固体矿产资源勘查中的找矿方法及应用管理措施[J].世界有色金属,2022,(23):160–162.
- [4] 王光宇.有色金属矿产资源勘查关键点及合理布局[J].世界有色金属,2024,(04):146–148.
- [5] 李洪军.复杂地质条件区矿产资源勘查方法[J].中国金属通报,2021,(09):50–51.

作者简介:

胡安林(1991--),男,汉族,云南昭通永善人,本科,工程师; 研究方向: 矿产勘查与区域地质调查。