

地质勘查技术在金属矿产勘探中的应用

张玉昕

河北省煤田地质局环境地质调查院, 河北 石家庄 050000

[摘要] 伴随着社会经济发展的需要, 对金属矿产资源的需求不断增加, 地质勘查技术对于金属矿产勘查工作越来越重要。本文针对地质勘查技术应用于金属矿产勘探的相关进行探讨, 首先介绍了地质勘查技术的重要意义, 其次分析了目前金属矿产勘查所存在的技术融合程度偏低、深层探测手段缺乏、信息处理精确度较低及人才匮乏等问题, 在此基础上对矿床地质构造研究、矿坑探查、矿石量估算、成矿机制探究等方面进行具体阐述, 在最后就多技术整合运用、信息处理水平提高、数字化智慧化进展及人员培养等方面提出建议。研究指出, 目前地质勘查技术朝着三维化以及智能化的方向发展, 集多种技术于一体才是提升探矿效率的有效途径。

[关键词] 地质勘查技术; 金属矿产勘探; 地球物理勘探; 智能化勘查

DOI: 10.33142/ec.v9i3.19260

中图分类号: P618.2

文献标识码: A

Application of Geological Exploration Technology in Metal Mineral Exploration

ZHANG Yuxin

Environmental Geological Survey Institute of Hebei Coalfield Geological Bureau, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the increasing demand for metal mineral resources in response to the needs of socio-economic development, geological exploration technology is becoming increasingly important for metal mineral exploration work. This article discusses the application of geological exploration technology in metal mineral exploration. Firstly, it introduces the important significance of geological exploration technology. Secondly, it analyzes the current problems in metal mineral exploration, such as low degree of technological integration, lack of deep exploration methods, low accuracy of information processing, and shortage of talents. Based on this, it elaborates on the research of mineral deposit geological structure, pit exploration, ore quantity estimation, and exploration of mineralization mechanism. Finally, it puts forward suggestions on the integration and application of multiple technologies, improvement of information processing level, progress of digital intelligence, and personnel training. Research has pointed out that geological exploration technology is currently developing towards 3D and intelligent directions, and integrating multiple technologies is an effective way to improve exploration efficiency.

Keywords: geological exploration technology; metal mineral exploration; geophysical exploration; intelligent exploration

引言

金属矿产资源是国家经济建设和发展的物质基础, 随着表层矿产资源的不断减少, 金属矿产勘查也逐渐深入到了地表以下的覆盖区以及地形复杂的地区, 对于地质勘查技术的要求也越来越高了。地质勘查在矿产开采中占据重要位置, 在整个过程中的区域普查到矿山的详查, 再到矿石的位置确定和矿产储量估算都是需要依靠先进科学技术的支持的。伴随着航空遥感、地质化学以及人工智能等相关技术的相互融合, 地质勘探已经进入了天上地下、探视地下的时代, 目前我国正在全力推进新一轮找矿突破战略行动, 急需加强地质勘查技术和综合运用水平。本文基于目前金属矿产勘查工作实践现状来探讨地质勘查技术应用方法及改进措施。

1 地质勘查技术在矿产勘探中的重要性

地质勘查技术是矿产勘探的基础, 是探矿成功与否的关键所在。一方面, 地质勘查技术是认识矿产资源的基础。航空地球物理探测是地球物理勘探与航空相结合的一种方法, 就相当于给地球做一个“CT”, 透视厚厚的地球外

壳, 获取矿藏信息。据统计, 国内约 90% 的隐伏磁性铁矿及 80% 以上的铀矿均是由航磁以及航空放射性异常发现的。另一方面, 地质勘查技术影响着找矿的速度、精度。相比较人工地面调查来说, 无人机调查在调查数据获取、传送、分析处理等环节上都有巨大的提高, 速度达到人工调查方式的 5 倍之多。第三, 先进的探测技术可以减少勘探投入和环保压力。航空物探具有全覆盖、速度快、无污染特点, 适用于高寒高原等“难通达”的区域以及覆盖层深厚地区进行地球物理勘查, 效益高达地面勘查的 10 至 100 倍。同时地质勘探新技术的发展也为取得找矿突破提供了可能性, 在凤县-太白金铅锌矿集区通过建立“天空地井”四位一体立体化找矿技术方式组合, 新增黄金推断以上资源量 37t、铅锌推断以上资源量约 200 万 t。

2 金属矿产勘探中地质勘查技术存在的问题

目前金属矿产勘查中的地质勘查技术还存在一些不足或者难题。首先是现有勘查技术集成度不够。开展金属矿产勘查需要运用地质测量、物探、化探以及遥感等技术

多种技术方法，但是却常常分头行动，缺少统一整合，造成信息浪费的情况。其次是深部及复杂地貌条件下找矿困难。随着矿体越来越深埋以及覆盖层不断变厚，矿体信号越来越弱难以发现，在山东齐河-禹城地区，千余米厚的地表覆盖层下隐藏着一个亿吨级富铁矿矿体的信息几乎被掩盖殆尽了；传统的勘查方式对于深埋的隐蔽性矿体会出现误判情况，急需一种穿透力强的技术手段。最后是勘查数据分析、分析准确率低。多来源、多角度、多种类型的地质信息难以综合处理，异常特征检测及解读具有不确定性，隐伏矿信息千头万绪，地下的矿层一定会留下线索，但是这线索就如同被埋在背景噪音之下的“摩尔斯电码”，常规手段很难捕捉到^[1]。四、新技术开发及人员缺口巨大。智能化勘探开采、大数据挖掘等相关高新技术未能广泛推行开来，学科交叉人才资源十分稀缺，既精通地质又擅长信息学的技术综合性人才奇缺。

3 地质勘查技术在金属矿产勘探中的具体应用

地质勘查技术应用于金属矿产勘探的全过程，在地质构造、矿体探查、储量估算以及找矿预报等方面都有所体现，以下表格对主要勘查技术及其应用进行了总结归纳。

表1 金属矿产勘探中主要地质勘查技术及其应用

技术类别	具体技术手段	主要应用环节	技术优势	适用条件与局限
地质测量技术	区域地质调查、矿区地质填图、构造解析	地质结构调查、成矿背景分析	基础性强、成本较低、直观可靠	依赖地表露头、深部信息获取有限
地球物理勘探	磁法勘探、电法勘探、重力勘探、地震勘探	矿体定位、隐伏矿探测、深部找矿	穿透深度大、可获取地下三维信息	多解性强、受地形干扰大、解释复杂
地球化学勘探	土壤测量、岩石测量、水系沉积物测量	找矿预测、异常圈定、成矿元素分析	直接找矿效果好、异常指示明显	受表生作用影响、采样分析周期长
遥感技术	多光谱遥感、高光谱遥感、雷达遥感	区域成矿预测、线性构造解译	覆盖范围广、信息量大、快速高效	浅表层信息、受植被覆盖影响
钻探工程	岩心钻探、定向钻探、空气反循环钻探	矿体验证、储量评价、样品采集	直接获取地下实物资料、精度最高	成本高昂、施工周期长、环境扰动大
航空物探	航空磁法、航空电磁、航空重力	快速区域普查、深覆盖区找矿	效率高、可进入困难地区、覆盖范围广	分辨率相对较低、需地面验证
三维建模与智能技术	三维地质建模、AI找矿预测、大数据分析	立体找矿、资源量估算、智能预测	多源数据融合、挖掘隐含规律	依赖数据积累、模型可靠性需验证

3.1 矿区地质结构调查与分析

地质结构勘查是金属矿产开发的基础工作，目的是为了弄清矿山区的地层、构造、岩浆岩等主要地质情况，为以后找矿工作做好地质准备。地质测绘方法是最常用的方法，通过进行区域性地质调查与矿田地质测绘，绘制出矿山区地质结构平面图。对于凤太金铅锌矿集中分布区来说，

研究人员对典型矿床进行了详细的剖析，全面总结出矿体的空间产出特征与成因机制，控矿因素以及找矿标志，建立了矿集区成矿模式和找矿预测模式。利用遥感技术可以实现大规模的地质测量工作，其采用多光谱或高光谱影像图像解析，能迅速辨识出线状构造，环形构造与蚀变带的信息。地球物理勘探也经常用于对深层地层的研究，在空中进行地球物理勘探发现了150多个沉积盆地、197个油气远景区带及数以千计的固体矿床。

3.2 矿体位置与规模探测

矿体找矿是金属矿产地质调查的基础工作，必须采用多种方法进行准确探查。而地球物理勘探对隐蔽矿体探查有着特殊作用，磁法勘探适用磁性铁矿，电法勘探针对硫化物矿床敏感，重力勘探适用于寻找高密度矿体。微纳米地球化学勘查技术在红土植被覆盖区发挥着巨大的作用，它能迅速准确地勘查矿床资源，从而发现了一个特大型中重稀土矿，其资源量为115万t。钻探取芯是检验有无矿体的最后一道工序，从岩心中可以了解矿体品位及厚度等信息。在凤太矿区，建立“天上看、空中测、地面查、井里探”四位一体三维立体化勘查模式，在目的层位见到了规模大的铅锌矿体，对深部第二个找矿空间起到了示范作用。

3.3 矿产资源储量评价

储量估算是一架连接着勘探与开发之间的桥梁，准确与否直接影响到矿山开发建设选择。而储量估算以详尽的地质调查资料为基础，利用科学的计算手段来推算出矿体的大小、品位以及储量大小。传统估算方式有剖面法、多边形法等。而由于勘查工程的增多以及计算机的应用，三维建模技术和克里格法等新技术被广泛使用^[2]。三维建模技术能把地质、地球物理、地球化学、遥感及钻探等多个方面结合起来，并且建立同一个空间坐标系，把零散的钻孔数据、物探异常、化探元素分布等都包含进去，从而使整个矿体的埋藏条件一览无余地被展现出来。储藏量评估时也要考虑矿石的工业指标及采选的技术条件和选冶性能等，将矿产资源进行科学分类排序。

3.4 成矿规律与找矿预测分析

找矿规律的研究是指导找矿预测的基础，是要探明形成矿床的地质背景及时空产出特征以及控制因素，找矿预测是综合利用地质理论和科技手段圈定找矿靶区、评估找矿前景的过程。以勘探区找矿预测理论及方法为基础，创建“三位一体”的找矿预测地质综合模型，建立“天空地井”绿色勘查找矿方法技术体系。地球化学勘查对找矿预测起到了重要作用，中重稀土矿地球化学勘查技术就像个“导航仪”，实现了由全国范围内筛选出靶区再到开展局部矿体勘探，所花费的时间从原来的地质勘查所需的十来年缩短到了几年。人工智能应用于找矿预测也越来越多了，人工智能基于机器学习方法可以把一堆零乱无序的地质信息转变为“找矿指数”，绘制出一幅带概率高低分布的

“矿藏热力图”，地质信息越多，人工智能的找矿效果就越好，在西藏巨龙铜矿，研究人员利用了人工智能研究了该矿区地层结构、地质构造以及火山喷发情况，进而又在下方发现了一处尚未被开采的斑岩型矿床，使得铜储量由原本的接近一千万吨猛增至两千五百八十八万吨。

4 提升地质勘查技术在金属矿产勘探中应用效果的措施

对于目前存在问题应该从多种技术相结合、提高数据处理水平、信息化智能化建设以及人才方面进行全方位的建设，从而全面提高找矿技术。下表是对各方面的建设提高方案以及成效进行了系统的整理^[3]。

表2 地质勘查技术应用效果提升措施及预期效益

措施类别	核心技术要点	实施路径	预期效益	适用阶段与条件
多技术综合应用	“天空地井”立体勘查、空—地—井协同、多参数融合	建立综合勘查技术体系，分阶段优化技术组合	提高异常查证成功率、减少盲目钻探、降低勘探风险	贯穿勘探全过程，尤其适用于深部隐伏矿
数据处理能力提升	多源数据融合、弱异常识别、三维建模	建设地质数据中心，研发专业处理软件，统一数据标准	提高解释精度、挖掘数据隐含价值、支撑定量评价	详查与勘探阶段、大数据积累区
信息化与智能化发展	AI找矿预测、大数据分析、智能传感、数字孪生	开发行业大模型，建设智能勘查平台，推进数字化转型	提升找矿效率、缩短勘查周期、降低人工成本	区域预测、深部找矿、复杂条件勘查
人才培养与机制优化	复合人才培养、产学研结合、专家指导机制	开展专项培训，建立教学专班，完善技术传承机制	提升队伍素质、加快技术推广、保障可持续发展	长期坚持，覆盖各层级技术人员

4.1 加强多技术综合应用

单一种类的探测手段很难对复杂的地质现象进行有效的解释，多种手段联合使用才是获得成功的关键。在多角度、多因素的综合集成大数据下进行智能化处理，相比于传统的单一方式具有很大的优势，在数据的来源上、数据处理的能力以及外界环境的影响程度、勘查时间长短、经济成本效益上都有很大不同。要构建“天空地井”一体化综合勘查的技术框架，从宏观面上到微观层面逐步缩小范围。在宏观面上，使用遥感与航空物探大面积的快速扫描确定成矿带；矿区详细调查中利用地面物探、化探深入异常区，推测出矿体的空间位置；在勘探验证当中利用钻孔来验证并且限定住矿体。矿致弱异常识别方法可以获取地下深层的小强度的信号，进而利用空-地-井三位一体综合探测方法完成对矿体准确的确定任务。

4.2 提高勘查数据处理与分析能力

由于勘探的技术手段越来越多样化，数据也越来越庞

大，数据处理的能力变成了制约勘探效率的因素之一。搭建好统一的地质数据库是最基本的工作，要大力推广三维地质建模的方法，把钻孔、物探、化探等多种来源的数据整合起来，形成一个矿区的三维地质模型来进行矿体的空间可视化。短波红外技术和三维建模方法相结合正在改造整个地质勘探的技术体系，前者的矿物光谱特征可以看成是一种“探测器”，能够对矿化的信号进行准确地识别，而后的三维空间建模就像一种“发动机”，把勘探推进至更深的地方以及智能化的方向上，对于微弱的异常来说，AI的分形算法就像是一个“数学筛子”，可以去掉杂音，筛选出元素聚集异常的信号。还可以利用卫片以及航空磁测成果来判定地层断裂，岩体边界等地质要素。

4.3 推动信息化与智能化勘查技术发展

信息化与智能化是地质勘查技术发展的主要趋势。智能化的地质勘查技术是以建立一个地质大数据中心为基础，形成包含区域地质、矿床特点，以及地球物理、地球化学等各种信息在内的海量数据库。在此之上设计针对不同的矿种和成矿条件下的智能预报模型。而AI强大的海量、高速、精准的数据处理能力将会极大地提升找矿速度。此外还需加快野外数据获取智能化，无人机的三维建模，其通过高效率的数据采集、高精度的建模、智能化分析的方式对传统的矿产资源的勘探方式进行颠覆。在找矿现场使用多模态数据感知的技术，找矿靶区的选择准确率也会大大增加^[4]。将来，从目标选择到矿山复垦，人工智能将会使效率及准确度更上一层楼的同时也将引领矿产开采向着智能化与绿色化的方向变革。

4.4 强化勘查管理与技术人才培养

高新技术应用成效的根本还是在于人才和管理。要建立健全产学研用一体化的人才培养体系，注重培养既能从事地质工作又能熟练运用信息技术，进行数据分析处理的技术复合型人才；目前地质工程行业正在承担着深部矿产资源探测开采、极复杂地质环境下工程建设安全防护等一系列重大的国家使命任务，在这方面对于既精通大数据分析处理，又有数字双胞胎理念以及软件架构设计能力，并且有国际化视野的复合型工程技术人才提出更高的需求期望，从管理角度来讲要加强勘查质量管理、成果验收制度、强化地质找矿专业技术指导委员会职能、完善分片包干制专家指导监督职能，指导勘查单位开展好地质综合研究、典型矿种分析、数据建模等相关工作。同时，加快勘查项目的信息化管理，做到勘查项目的从规划设计到勘察成果的全流程电子化管理。

5 结语

地质勘查技术对于金属矿产勘查来说是非常重要的，它的发展程度决定了找矿效果的好坏以及资源的安全保障力度。本文结合技术的重要性、存在的问题、具体的应用、改进的办法等几个方面对金属矿产勘查的技术路线进

行了分析。研究发现,现代地质勘查技术正在由一种手段走向多手段的“空-天-地-井”的立体综合调查方式;由依靠人工的经验进行解译转向依靠计算机、软件进行数据分析智能化的方向前进;由人工靶区优选到闭矿后复垦, AI 提高了效率及精准度,并且将会把整个矿产资源勘查推向智能化、可持续化的时代。今后要注重多方法组合式使用、数据处理能力和人才队伍建设,以保证国家资源的安全。

[参考文献]

- [1]冯义斌.地质勘查技术对金属矿产勘查的应用[J].冶金管理,2026(1):114-116.
- [2]符启基,唐培宣.地质勘查技术的应用及实践[J].世界有色金属,2024(14):120-122.
- [3]曾琪.地质勘查技术的应用及实现在金属矿山地质勘探领域的应用与实践[J].中国金属通报,2025(4):190-192.
- [4]马祥东.探究金属矿产勘探中的地质找矿技术的应用[J].世界有色金属,2025(13):46-48.

作者简介:张玉昕(1992.12—),毕业院校:河北地质大学,所学专业:构造地质学,当前就职单位:河北省煤田地质局环境地质调查院,职务:科员,职称级别:中级。