

采矿工程中的地质勘探技术应用

曹玉峰

内蒙古源源能源集团有限责任公司 内蒙古 通辽 029200

摘要: 采矿工程中常用地质勘探技术包括地球物理、化学勘探,地质钻探及遥感地质勘探等,在矿山前期勘察、开采过程及闭坑后评估阶段均有重要应用。然而,实际应用中存在技术选择与匹配性不足、数据处理整合能力薄弱、技术人员素养待提升、技术应用成本与效益失衡等问题。为此,需优化技术选择与综合应用策略,提升数据处理整合能力,加强技术人员培养与队伍建设,并优化技术应用成本管控,从而推动地质勘探技术在采矿工程中的科学有效应用。

关键词: 采矿工程;地质勘探;技术应用

引言:在采矿工程领域,地质勘探技术是精准掌握地下地质信息、保障资源高效开发与安全生产的关键支撑。从地球物理、地球化学勘探到地质钻探、遥感技术,各类方法各具优势且相辅相成,贯穿于矿山前期勘察、开采过程及闭坑后评估的全生命周期。然而,当前技术应用中存在技术匹配性不足、数据处理能力薄弱、人员素养参差不齐及成本效益失衡等问题。本文旨在系统梳理地质勘探技术类型与应用场景,剖析现存问题并提出优化策略,为采矿工程地质勘探实践提供科学指导。

1 采矿工程中常用地质勘探技术类型

1.1 地球物理勘探技术

物探技术借探测地下介质物理性质(密度、磁性等)差异,推断地质构造与矿体分布,有勘探范围广、效率高、成本低之优。常用地震、电法、重力、磁法勘探。地震勘探激发地震波,接收反射、折射信号,分析岩层特征,用于探矿体埋深、地层界面与断层;电法勘探利用岩石与矿体电性差异,测地下电场,识别矿体位置规模,适用于金属与非金属矿;重力勘探测重力场变化,推断密度异常区,寻与围岩密度差异大的矿体;磁法勘探基于磁性差异,反演磁性体分布,主用于磁性矿产勘探^[1]。

1.2 地球化学勘探技术

化探技术通过分析地表岩石、土壤等化学元素含量与分布,圈定地球化学异常区找矿。能捕捉矿体化学痕迹,有勘探深度大、针对性强特点。常用岩石、土壤、水系沉积物、水文地球化学测量。岩石测量采地下岩石样品分析元素,反映矿体地球化学特征,适于深部矿体勘探;土壤测量分析地表土壤元素,圈定矿体地表投影,用于地表普查;水系沉积物测量检测沉积物元素,追踪矿体延伸,适于大面积普查;水文测量分析地下水

成分,判断有无矿体,适于地下水丰富区勘探。

1.3 地质钻探技术

地质钻探技术借钻探设备钻进钻孔,采岩芯、岩屑或原位测试,获地下地质信息,是验证物探、化探成果,获取精确数据的关键技术。能提供直观地质资料,是矿山设计与开采方案制定依据。常用岩芯、冲击、回转钻探。岩芯钻探用金刚石等钻头获完整岩芯,精确测定矿体;冲击钻探利用冲击力破碎岩石,适于松散或风化岩层;回转钻探靠旋转切削钻进,结合泥浆护壁等,适于不同地质条件深部钻探。

1.4 遥感地质勘探技术

遥感地质勘探技术利用遥感平台传感器获地表与地下浅层电磁波信息,经图像处理解译提取地质信息,有覆盖广、探测快、可动态监测特点,适于大面积普查与区域地质分析。可通过多光谱、高光谱、雷达遥感开展工作,各手段作用不同,适用于不同地形气候区域矿山勘探。

2 地质勘探技术在采矿工程各阶段的应用

2.1 矿山前期勘察阶段的应用

矿山前期勘察阶段是矿山规划与设计的基础,核心目标是查明矿山地质条件、圈定矿体范围、估算资源储量,为矿山建设可行性研究提供依据。此阶段,地质勘探技术的应用需遵循“由面到点、由浅入深”的原则。(1)通过遥感地质勘探技术与区域化探技术,对大面积区域进行普查,圈定具有矿产潜力的靶区;(2)在靶区内采用物探技术(如地震勘探、电法勘探)进行详查,进一步缩小异常区域,确定矿体可能的分布范围与埋藏深度;(3)通过地质钻探技术对物探、化探异常区域进行验证,采集岩芯样品进行实验室分析,精确测定矿体的厚度、品位、形态及与围岩的接触关系,同时查明矿区的

地层结构、构造发育情况及水文地质条件，为资源储量估算与矿山开采方案初步设计提供精确的地质数据^[2]。

2.2 矿山开采过程中的应用

矿山开采过程中，地质条件可能随开采活动发生变化（如出现新的断层、矿体形态变化、地下水涌水等），需通过地质勘探技术实时监测与补充勘察，保障开采安全与资源高效回收。（1）在露天开采中，可采用边坡雷达遥感技术与电法勘探技术，监测边坡岩体的位移与稳定性，及时发现边坡失稳隐患，为边坡支护与加固提供依据；同时，通过钻探技术补充勘察露天采场深部矿体，指导开采境界的优化调整。（2）在地下开采中，利用隧道地质超前预报技术（如地质雷达、地震波超前探测），在巷道掘进前探测前方的断层、溶洞、富水区域等不良地质体，避免突水、突泥等事故发生；通过井下物探技术（如井下电法、磁法）探测采空区周边的剩余矿体，提高资源回收率；此外，通过水文地质钻探与监测技术，实时掌握井下地下水水位与涌水量变化，为矿井排水系统设计与水资源保护提供支持。

2.3 矿山闭坑后评估阶段的应用

矿山闭坑后评估阶段的核心任务是评估矿山开采对地质环境的影响，为矿山生态修复与土地复垦提供依据，此阶段地质勘探技术主要用于地质环境现状勘察与监测。通过遥感地质勘探技术与地面物探技术，勘察矿山闭坑后地表塌陷、裂缝的分布范围与发育程度，评估地质灾害风险；利用土壤地球化学测量技术，检测矿区土壤中重金属元素与有害污染物的含量，判断土壤污染程度，为土壤修复方案制定提供数据；通过水文地质钻探与水质分析技术，监测矿区地下水水质与水位变化，评估矿山开采对地下水资源的影响，指导地下水污染治理与恢复；此外，通过钻探技术采集矿区岩石与土壤样品，分析地质环境恢复过程中的土壤改良效果与植被生长的地质条件，为矿山生态修复效果评估与后续管理提供依据。

3 采矿工程中地质勘探技术应用存在的问题

3.1 技术选择与匹配性不足

部分矿山在地质勘探过程中，存在技术选择与实际地质条件、勘探目标不匹配的问题。一方面，部分矿山盲目追求“先进技术”，忽视矿山自身地质条件（如地层岩性、构造复杂程度、矿体埋深），导致技术应用效果不佳，如在松散破碎地层中采用常规岩芯钻探技术，易出现孔壁坍塌、岩芯采取率低的问题；另一方面，缺乏对多种勘探技术的综合应用意识，仅依赖单一技术开展勘探，如仅通过物探技术圈定矿体而未进行钻探验

证，导致勘探成果精度不足，无法为采矿工程提供可靠依据^[3]。

3.2 数据处理与整合能力薄弱

地质勘探过程中会产生大量的多源数据（如物探数据、化探数据、钻探数据、遥感数据），需通过专业的数据处理与整合技术，提取有效信息并建立统一的地质数据库。然而，部分矿山的处理能力薄弱，缺乏专业的数据分析软件与技术人员，导致数据处理方法不规范，如物探数据反演过程中参数设置不合理，无法准确推断地下地质体；同时，各勘探技术产生的数据相互独立，未进行有效整合，形成“数据孤岛”，无法实现多源数据的协同分析，影响地质模型构建的准确性与完整性。

3.3 技术人员专业素养有待提升

地质勘探技术的应用对人员专业素养要求较高，需技术人员具备地质理论知识、勘探技术操作能力与数据分析能力。当前，部分矿山的地质勘探技术人员存在专业知识老化、新技术掌握不足的问题，如对高光谱遥感、地质雷达等新型技术的原理与操作不熟悉，无法充分发挥技术优势；同时，部分技术人员缺乏现场实践经验，在复杂地质条件下难以判断勘探异常的真实性与成因，导致勘探成果解读偏差，影响采矿工程决策的科学性。

3.4 技术应用成本与效益失衡

部分新型地质勘探技术（如高分辨率遥感、深部钻探技术）的设备购置与运营成本较高，部分中小型矿山因资金有限，难以承担高额成本，导致先进技术应用受限；同时，部分矿山在勘探过程中存在“过度勘探”现象，如在资源已探明区域重复开展高成本勘探，造成资源浪费，而在地质条件复杂、勘探难度大的区域，因成本控制过度减少勘探投入，导致勘探数据不足，增加采矿工程风险，造成技术应用成本与效益失衡。

4 采矿工程中地质勘探技术应用的优化措施

4.1 优化技术选择与综合应用策略

针对技术选择与匹配性不足的问题，需建立“地质条件 - 勘探目标 - 技术特性”三位一体的技术选择体系。首先，在勘探前开展详细的地质条件调查，明确矿山地层岩性、构造发育情况、矿体特征等基础信息，结合勘探目标（如资源普查、边坡监测、地下水勘察），分析不同勘探技术的适用范围与优势；其次，加强多种勘探技术的综合应用，根据勘探阶段需求，构建“遥感 - 物探 - 化探 - 钻探”的递进式勘探技术组合，如在矿山前期普查阶段，采用遥感与化探技术圈定靶区，再通过物探技术详查，最后用钻探技术验证，实现各技术优势互补，提升勘探精度；此外，针对特殊地质条件（如深部

矿体、复杂构造),开展专项技术研究,开发定制化勘探技术方案,如在深部采矿中采用新型定向钻探技术,提高深部矿体勘探效率^[4]。

4.2 提升数据处理与整合能力

为解决数据处理与整合能力薄弱的问题,需从技术平台建设与数据管理体系两方面入手。一方面,引入先进的地质勘探数据处理软件与平台(如GIS地理信息系统、三维地质建模软件、多源数据融合分析系统),实现对物探、化探、钻探、遥感数据的标准化处理,如通过三维地质建模技术,将多源数据整合构建可视化的三维地质模型,直观反映矿体分布、构造特征与地质环境现状;另一方面,建立统一的矿山地质数据库,制定数据采集、存储、共享的标准规范,实现各勘探技术数据的互联互通,避免“数据孤岛”;同时,加强数据分析技术人员的培养,提升其对专业软件的操作能力与数据解读能力,确保数据处理结果的准确性与有效性。

4.3 加强技术人员培养与队伍建设

提升技术人员专业素养是推动地质勘探技术有效应用的关键。(1)建立系统化的人员培训体系,结合矿山实际需求,开展地质理论知识、勘探技术操作、数据分析方法的培训,尤其加强对新型技术(如高光谱遥感、地质雷达、智能钻探)的培训,邀请行业专家进行技术指导,确保技术人员掌握先进技术的原理与应用方法;(2)鼓励技术人员参与现场实践,通过“老带新”“项目实操”等方式,提升其在复杂地质条件下的技术应用与问题解决能力;(3)建立人才引进与激励机制,吸引地质勘探领域的高素质人才,同时对在技术应用与创新中表现突出的人员给予奖励,激发技术人员的积极性与创造性,打造专业能力强、实践经验丰富的地质勘探技术队伍。

4.4 优化技术应用成本管控

针对技术应用成本与效益失衡的问题,需建立科学的成本管控与效益评估机制。(1)根据矿山规模、勘探目标与经济实力,制定差异化的技术应用方案,中小型

矿山可优先选择成本较低、适用性强的勘探技术(如常规物探、化探技术),在关键环节(如矿体验证)适度引入先进技术,平衡成本与精度;大型矿山可加大对先进技术的投入,通过技术创新提高勘探效率,降低长期成本。(2)建立勘探技术应用效益评估体系,从勘探精度、资源回收率、安全保障效果等方面,量化评估技术应用的经济效益与社会效益,避免“过度勘探”或“投入不足”;同时,加强勘探设备的维护与管理,延长设备使用寿命,降低设备更新成本;此外,推动勘探技术的国产化与产业化,降低对进口设备与技术的依赖,进一步控制技术应用成本^[5]。

结束语

地质勘探技术是采矿工程全生命周期的核心支撑,从前期勘察的资源定位,到开采过程的安全保障,再到闭坑后的环境修复,均依赖其精准的数据支撑。当前,技术选择匹配性、数据处理整合能力、人员专业素养及成本效益平衡等问题,仍是制约技术应用效果的关键因素。未来,需通过构建“地质条件适配-多技术协同-数据智能融合-人才专业支撑-成本动态管控”的体系化解决方案,推动地质勘探技术向精准化、智能化、可持续化方向发展,为采矿工程提供更可靠的地质保障,助力矿业行业实现安全高效、绿色低碳的高质量发展。

参考文献

- [1]马庆范,魏凯,赵怀利.矿山开采技术在地质勘探中的作用及应用[J].中国金属通报,2025,(03):43-45.
- [2]刘旭.煤矿地质勘探技术及其重要性[J].新疆有色金属,2024,47(02):9-10.
- [3]马钦.综合地质勘探技术在矿山开采中的应用研究[J].世界有色金属,2022,(05):31-33.
- [4]郭林强,肖祖未,武成周.探矿工程中地质资源勘探技术的应用研究[J].世界有色金属,2020,No.551(11):96-97.
- [5]朱海山,李彦山.地质矿产施工中勘查与找矿技术的发展研究[J].世界有色金属,2021,No.577(13):80-81.