

采矿工程中的地质勘探技术应用

吴淑强

乌海市裕隆利胜矿业有限公司 内蒙古 乌海 016000

摘要：随着矿产资源需求激增与开采难度加大，在采矿工程里，地质勘探技术的重要性日益凸显。本文聚焦采矿工程中的地质勘探技术应用。首先对采矿工程中常用的地质勘探技术进行分类，涵盖地球物理、地球化学、钻探及遥感勘探技术。接着阐述这些技术在矿区地质构造勘查、矿体定位与储量评估、水文地质条件探测以及开采过程地质监测等方面的具体应用。最后探讨地质勘探技术的发展趋势，包括智能化、高精度勘探技术的发展以及绿色勘探技术的推广，旨在为采矿工程地质勘探工作提供全面的理论参考与实践指引。

关键词：采矿工程；地质；勘探；技术；应用

引言：在采矿工程领域，地质勘探技术是保障资源高效、安全开采的关键基础。准确的地质勘探能够深入了解矿区地质状况，为矿山规划、开采设计提供可靠依据，降低开采风险与成本。随着科技进步，地质勘探技术不断革新，从传统方法逐步向智能化、高精度、绿色化方向发展。将系统梳理采矿工程中常用的地质勘探技术类型，详细介绍其在采矿各环节的具体应用，并分析未来发展趋势，以推动地质勘探技术在采矿工程中更好地发挥作用，助力矿业可持续发展。

1 采矿工程中常用地质勘探技术分类

1.1 地球物理勘探技术

地球物理勘探技术基于岩石与矿石的物理性质差异，通过测量地球物理场分布特征来推断地下地质结构。重力勘探利用密度差异探测隐伏岩体或盐丘构造，精度可达微伽级；磁法勘探通过地磁场异常圈定磁性矿体，常用于铁矿勘查；电法勘探借助电阻率、激发极化等参数区分导电与绝缘体，在金属矿、地下水探测中效果显著；地震勘探利用弹性波传播规律构建地下三维模型，是深部资源勘查的核心手段；放射性勘探通过 γ 射线强度异常定位铀、钍等放射性矿床；地热勘探则依托热流密度测量圈定地热异常区。多参数综合物探技术可提升解释精度，如重力-磁法联合反演可有效区分密度与磁性叠加异常。

1.2 地球化学勘探技术

地球化学勘探技术通过分析地表物质中元素含量与分布规律，追溯地下矿源信息。岩石地球化学测量直接测定基岩中元素原生异常，适用于裸露区；土壤地球化学测量捕捉风化产物中次生异常，覆盖区探测深度可达数十米；水系沉积物测量利用水流搬运作用扩大异常范围，实现区域扫面；气体地球化学测量检测地表逸出气

体成分，定位深部气藏或隐伏矿体；生物地球化学测量通过植物体内元素富集特征间接指示矿化。现代技术结合高灵敏度分析仪器（如ICP-MS）与多元统计方法，可识别微弱异常并提取多元素组合特征，为深部找矿提供关键证据。

1.3 钻探勘探技术

钻探勘探技术通过直接获取地下岩芯或岩屑样品，验证物化探异常并确定矿体空间位置。金刚石钻进技术可钻取完整岩芯，孔径误差控制在毫米级，支持精细地质编录；绳索取心工艺减少提钻次数，效率提升30%以上；定向钻进技术通过井下马达控制钻头轨迹，实现复杂地层“分支孔”施工；深孔钻探装备突破4000米级技术瓶颈，配套耐高温钻具与泥浆体系，支撑深部资源开发；绿色勘查理念推动模块化钻机、铝合金钻杆等轻量化设计，结合泥浆循环利用技术降低环境影响。智能钻探系统集成随钻测量与远程操控功能，实时调整钻进参数以优化取样质量。

1.4 遥感勘探技术

遥感勘探技术利用传感器接收地表反射或辐射的电磁波信息，提取地质构造与矿化标志。多光谱遥感通过波段组合增强岩性识别能力，快速绘制地质填图；高光谱遥感可识别矿物光谱特征，定位蚀变带分布；合成孔径雷达（SAR）穿透云雾获取地形数据，监测地表形变；红外遥感通过热辐射差异探测地热异常或隐伏断裂；激光雷达（LiDAR）生成高精度数字高程模型，解析微地貌与构造关系。多源数据融合技术整合光学、雷达与地质数据，构建三维地质模型，提升隐伏矿预测精度。无人机遥感平台搭载轻量化传感器，实现复杂地形快速勘查，在西藏铜矿勘查中缩短工期40%，成本降低25%^[1]。

2 地质勘探技术在采矿工程中的具体应用

2.1 矿区地质构造勘查

矿区地质构造勘查是资源开发的基础,需综合运用多技术手段解析区域构造格局。重力勘探通过密度差异识别基底起伏与断裂构造,结合磁法数据圈定磁性岩体边界,二者联合反演可构建深部构造框架。地震勘探利用反射波组特征揭示地层接触关系,在沉积盆地中可精确识别背斜、向斜等褶皱形态,为隐伏矿体定位提供构造控制依据。遥感技术通过多光谱影像解译线性构造与环形影像,结合数字高程模型分析地貌特征,快速圈定控矿断裂带与侵入体接触带。钻探验证阶段,定向钻进技术可沿目标构造带连续取芯,配合测井曲线分析岩层倾角与破碎带宽度,结合岩芯编录绘制构造剖面图。现代勘查强调构造-地层-岩性综合建模,采用三维地质建模软件整合重力、磁法、地震及钻探数据,动态更新构造模型,提高解释精度。此外,构造地球化学方法通过分析断裂带中元素迁移规律,进一步圈定成矿有利部位,为深部资源预测提供关键证据。

2.2 矿体定位与储量评估

矿体定位需结合地球物理异常与地质规律进行三维约束。电法勘探中,激发极化法对硫化物矿体响应敏感,通过电阻率-极化率联合反演可圈定矿体空间形态,确定其埋深、走向及倾向。高精度磁测在磁铁矿勘查中定位误差小于20米,结合磁源体形态参数计算矿体规模。地球化学勘探通过土壤或岩石中元素分带性追踪矿体延伸方向,利用元素比值(如Cu/Pb、Zn/Cd)划分矿化阶段,指导钻探工程部署。钻探工程按网度控制矿体边界,绳索取芯技术确保岩芯完整率超95%,结合X射线荧光分析实现快速元素测定,缩短勘查周期。储量评估采用地质统计学方法,以钻孔数据为样本构建块段模型,通过变异函数分析空间相关性,按国际标准(如JORC)分类计算资源量。现代技术引入机器学习算法,通过训练已知矿体模型实现未知区资源量智能估算,在金矿勘查中预测精度达88%。此外,动态克立格法插值技术可随新数据加入实时更新储量模型,降低估算误差,为矿山生产规划提供可靠依据。

2.3 水文地质条件探测

水文地质探测是保障矿山安全生产的核心环节,需查明含水层分布、导水通道及突水风险。电法勘探中,电阻率成像技术通过岩体电阻率差异识别含水层与隔水层界面,在岩溶地区可圈定溶洞、溶隙等富水区;核磁共振测井直接测定孔隙水中氢原子弛豫时间,定量评价含水层渗透性。水文地质钻探需进行抽水试验,获取渗

透系数、导水系数等参数,结合水位动态监测建立地下水数值模型,预测采动影响下地下水场变化。突水预警系统整合微震监测与电法动态观测,分析岩体破裂产生的电磁辐射异常,提前24小时预警突水事件。在生态脆弱区,水文地质勘探还需评估矿山排水对地表水体的影响,采用同位素示踪技术追踪卤水渗漏路径,制定分区防渗方案。此外,三维水文地质建模技术可直观展示含水层空间分布,指导采矿工程避开高风险区,实现资源开发与环境保护的协调。

2.4 开采过程中的地质监测

开采地质监测旨在实时掌握岩体变形与矿体消耗情况,优化生产参数。微震监测系统通过布设传感器网络捕捉岩体破裂信号,结合P波初动定位技术确定破裂位置,在深部开采中成功预警大规模岩爆事件,保障人员安全。三维激光扫描技术定期获取采场表面形变数据,生成毫米级精度点云模型,量化顶板下沉量与两帮移近率,为支护设计提供依据。例如,在金属矿开采中,通过形变分析发现局部冒顶风险区域,提前3天进行加固处理,避免事故发生。随钻测量技术(MWD)在钻进过程中实时传输孔深、方位角等参数,动态修正钻孔轨迹,确保爆破孔网参数符合设计要求,提高爆破效率。资源动态管理系统集成地质、测量与采矿数据,通过三维可视化平台实时更新矿体模型,当实际开采量与计划偏差超过5%时自动触发预警,调整生产计划。此外,开采地质监测数据还可反馈至勘探阶段,优化后续勘查网度设计,形成“勘探-开采-再勘探”的闭环管理机制,提升资源利用率与矿山经济效益。

2.5 矿山环境地质调查与修复

矿山环境地质调查是全面了解矿山开采对地质环境影响的关键工作。通过详细的地质测绘、地球物理勘探、钻探取样及环境监测等手段,精准掌握矿山区域的地质构造、岩土体特性、水文地质条件,以及开采引发的地面塌陷、地裂缝、滑坡等地质灾害的分布、规模与演变趋势。同时,评估矿山废弃物排放对土壤、水体和大气环境的污染状况,明确污染范围与程度。基于调查结果,制定科学合理的矿山修复方案。对于地质灾害隐患,采用工程措施进行加固治理,如修建挡土墙、抗滑桩等。针对土壤污染,运用物理、化学和生物修复技术,降低污染物含量,恢复土壤肥力。对受损的水生态系统,通过生态补水、水生植物种植等手段,重建水体生态平衡。此外,结合矿山地形地貌,开展植被恢复与景观重建,营造适宜的生态环境。矿山环境地质调查与修复对于保障矿山安全生产、保护生态环境、促进区域

可持续发展具有重要意义^[2]。

3 地质勘探技术的发展趋势

3.1 智能化勘探技术的发展

智能化勘探技术正深度融合人工智能、大数据与物联网等前沿科技,引领地质勘探迈向新高度。人工智能算法凭借强大的数据分析和模式识别能力,可对海量地质数据进行深度挖掘,精准识别地质异常,预测矿体分布,大幅提高找矿成功率。大数据技术为地质信息的高效存储、管理和分析提供了坚实支撑,使勘探人员能够快速获取所需信息,优化勘探决策。物联网技术则实现了勘探设备的互联互通,实时传输数据,便于远程监控和智能调控。未来,智能化勘探将实现从数据采集、处理到解释的全流程自动化,通过智能机器人和无人机等设备,自主完成复杂地质环境下的勘探任务,减少人工干预,降低安全风险,提升勘探效率和精度,推动地质勘探向智能化、无人化方向发展。

3.2 高精度勘探技术的突破

高精度勘探技术是提升地质勘探质量的关键。在仪器研发方面,不断有新型高精度勘探设备问世,如高精度地震仪、磁力仪和重力仪等,这些设备具有更高的灵敏度和分辨率,能够捕捉更微弱的地质信号,揭示更精细的地质结构。数据处理与解释技术也取得显著突破,先进的算法和软件能够对复杂地质数据进行快速处理和分析,构建更准确的三维地质模型,提高资源评估的可靠性。深部探测技术是高精度勘探的重要方向,通过研发耐高温、高压的深部钻探设备和先进的探测方法,能够深入地下数千米,探索深部资源,为资源保障提供新的途径。

3.3 绿色勘探技术的推广

绿色勘探技术是响应环保要求、实现可持续发展的必然选择。在勘探理念上,强调最小化对环境的扰动,采用对生态影响小的勘探方法,如非爆破开挖、低影响钻探等,减少对地表植被和土壤的破坏。环保型勘查设备不断涌现,如电动钻机、低噪音发电机等,这些设备

具有能耗低、污染小的特点,降低了勘探过程中的能源消耗和环境污染。同时,注重勘探过程中的废弃物处理和资源回收利用,避免废弃物对环境造成二次污染。勘探结束后,及时开展生态修复工作,恢复植被覆盖,保护生物多样性,实现地质勘探与环境保护的协调发展。

3.4 国际化合作与标准化建设

国际化合作与标准化建设是推动地质勘探技术发展的重要力量。随着全球化进程的加快,资源分布具有跨国性,国际化合作成为各国地质勘探企业的共同选择。通过技术交流、项目合作和人才培养等方式,各国可以共享资源与经验,共同攻克技术难题,提升全球地质勘探水平。标准化建设则能规范勘探行为,提高勘探质量和效率。我国积极参与国际标准制定,推动国内标准与国际接轨,建立统一的技术规范和评价体系。这有助于提升我国地质勘探行业的国际竞争力,促进地质勘探技术的国际化发展,为全球资源开发与利用提供有力支持^[3]。

结束语

在采矿工程领域,地质勘探技术犹如明亮的灯塔,为矿产资源的安全、高效开发指引方向。从传统勘探手段到现代高精度技术融合,每一步发展都推动着采矿工程向更深层次迈进。精准的地质勘探成果,不仅助力合理规划开采方案、降低开采风险,还极大提升了资源利用率,减少对环境的破坏。未来,随着科技持续创新,地质勘探技术将更加智能、高效、绿色。

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):143-145.
- [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)129-130.
- [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):231-233.
- [4]路吉文,蔺秀瑞.现代地质实验测试技术在矿产资源勘探中的应用[J].冶金与材料,2025,45(08):67-69.