

矿山地质探矿工程技术的应用浅析

吴高阳 范国栋 张东东

河南发恩德矿业有限公司 河南 洛阳 471700

摘要：在全球资源需求持续攀升的背景下，矿山资源开发对经济发展的支撑作用愈发关键。本文围绕矿山地质探矿工程技术展开深入探讨。首先概述了矿山地质探矿工程，接着详细阐述了其常用的技术，如雷达技术、高分辨率地震勘察技术等多种技术手段。然后对新技术在矿山地质探矿工程中的应用进行探索，包括遥感技术的应用、智能化探矿过程以及数字化处理平台的搭建。最后展望了矿山地质探矿工程技术的发展趋势，涵盖技术创新研发方向、智能化自动化发展以及可持续发展策略，旨在为该领域的发展提供参考与启示。

关键词：矿山地质；探矿工程技术；应用浅析

引言：在当今社会，矿产资源作为经济发展的重要物质基础，对其的合理勘探与开发至关重要。矿山地质探矿工程是获取矿产资源信息的关键环节，随着科技的不断进步，各种先进的探矿技术不断涌现。然而，目前矿山地质探矿工程面临着诸多挑战，如地质条件复杂、传统技术存在局限性等。因此，深入研究和分析矿山地质探矿工程技术的应用，探索新技术的应用与发展趋势，对于提高矿产资源勘探效率、保障资源可持续供应具有重要的现实意义。

1 矿山地质探矿工程概述

矿山地质探矿工程，是综合运用地质科学理论与多种技术手段，探寻地下矿产资源的系统工程。其目的在于精准定位矿体位置、规模及质量，为后续矿山开采提供关键依据。在矿产资源开发领域，矿山地质探矿工程有着举足轻重的地位。它能有效降低矿产开发风险，避免盲目开采造成的资源浪费与经济损失。通过精确勘查，可保障矿山企业稳定获取资源，助力其长远发展，同时对国家资源战略储备意义重大。该工程主要流程包含前期地质调查，通过收集区域地质资料、开展实地地质测绘，初步掌握地层、构造等地质特征，圈定潜在矿化区域；接着进行物探与化探工作，运用地球物理和地球化学方法，进一步缩小找矿靶区。随后开展探矿工程施工，像钻探、坑探等，获取岩芯等实物资料；最后依据各类资料综合分析，对矿体进行评价与估算，确定矿产资源的经济价值与开采可行性^[1]。

2 矿山地质探矿工程常用的技术

2.1 雷达技术

雷达技术应用于矿山地质探矿时，核心是利用电磁波在不同介质中传播的特性。其工作流程为：通过发射天线向地下发射高频电磁波，频率通常在数百兆赫兹到

数吉赫兹之间。当电磁波遇到如岩石、矿体等不同地质体的界面时，部分电磁波会发生反射与散射，反射波被接收天线捕获。接收系统将这些反射信号转化为电信号，经一系列信号处理与分析，就能反演地下地质结构信息。该技术分辨率极高，能清晰分辨地下浅层1米以内的地质体变化。在某金属矿山采空区探测项目中，运用雷达技术精确探测出采空区范围从100米到300米不等，形状不规则，且准确评估出顶板厚度在3米到8米间的稳定性状况，为后续采空区治理及开采规划提供了关键数据，有力保障了矿山后续作业的安全与高效。

2.2 高分辨率地震勘察技术

高分辨率地震勘察技术的原理基于地震波在不同介质中传播速度和反射特征的差异。人工激发地震波时，可采用炸药震源，通过精确控制炸药量来调节地震波能量，也可使用可控震源，其能更灵活地产生不同频率和波形的地震波。地震波在地下传播，当遇到地层分界面，如不同岩性地层或煤层与围岩界面时，会产生反射波返回地面，被高精度检波器接收。该技术分辨率可达数米，能精准识别薄至1米左右的煤层分布以及落差较小的断层。在某大型煤矿勘探中，运用此技术清晰查明了地下复杂地质构造，确定了煤层走向变化，为采煤工作面合理布置提供依据，使煤炭资源开采效率从原来的70%提升至85%，显著提高了资源利用率。

2.3 瞬间变磁技术

瞬间变磁技术依托电磁感应原理展开工作。在勘探区域布置发射线圈，向地下发射强大的脉冲电流，一般脉冲宽度在毫秒级，由此产生强大的一次磁场。该磁场使地下地质体产生感应二次磁场。在脉冲电流间歇期，利用高灵敏度磁力仪测量二次磁场随时间的衰减变化。不同地质体因其磁性矿物含量和结构不同，二次磁场衰

减特征各异。此技术对寻找磁性矿体效果显著,在某磁铁矿勘探中,成功探测到地下300米深处、规模长达200米、宽50米的隐伏矿体。且该技术受地形影响小,能在山区等复杂地形有效穿透数十米覆盖层开展探测,为深部找矿提供了关键技术支撑。

2.4 坑道钻探技术

坑道钻探技术是在矿山已有的坑道内实施钻孔作业。首先在坑道壁上选定合适位置开孔,选用的钻机类型多样,如液压钻机可提供稳定动力。钻进过程中,通过控制钻机参数,向不同方向钻进,获取岩芯样本。岩芯直径通常在几十毫米到上百毫米不等。该技术能近距离详细勘查矿体,在某有色金属矿山开采阶段,利用坑道钻探进一步圈定矿体边界,确定矿体厚度在2米到10米间变化,矿石品位在10%到30%波动,为开采方案优化提供精准数据。相比地面钻探,坑道钻探受地面地形和复杂地质条件限制小,能更精准控制矿体走向,有效提高矿石回采率,降低贫化率,保障矿山资源高效开采^[2]。

2.5 定向钻探技术

定向钻探技术借助特殊钻孔工具与测量仪器实现钻孔轨迹精确控制。钻孔工具如弯接头、螺杆钻具等可改变钻孔方向,测量仪器如随钻测量系统(MWD)能实时监测钻孔方位、倾角等参数。在矿山地质探矿中,可依据地质目标空间位置,灵活调整钻孔方向。例如在某复杂地质构造区域,存在多条断层阻碍常规钻探。采用定向钻探技术,成功绕过断层,精准探测到另一侧矿体。该技术不仅提高钻探效率,减少无效进尺达30%以上,还能在同一钻孔中对多个不同位置矿体进行探测,节省勘探成本,为矿山地质勘探提供了高效精准的技术手段。

2.6 金刚石绳索取芯钻进技术

金刚石绳索取芯钻进技术采用硬度极高的金刚石钻头破碎岩石。钻进时,当岩芯装满内岩芯管后,无需将钻杆全部提出孔外,而是通过绳索将内岩芯管从钻杆内捞出获取岩芯。该技术使用的金刚石钻头有孕镶式、表镶式等多种类型,适合不同硬度岩石钻进。在深孔钻探中,其优势显著,能减少提钻次数达50%以上,大大提高钻进效率。获取的岩芯完整性好,在某金属矿山勘探中,利用该技术获取的岩芯完整保留了岩石原始结构,为准确分析岩石性质、确定矿体特征提供高质量样本,确保了勘探结果的准确性,广泛应用于对岩芯质量要求高的金属矿山勘探工作。

2.7 空气泡沫钻进技术

空气泡沫钻进技术在矿山地质勘探领域发挥着独特作用,其以压缩空气与泡沫剂混合而成的泡沫作为钻进

介质。在实际操作中,泡沫剂与压缩空气需严格按照特定比例混合,经大量实践验证,一般泡沫剂浓度控制在0.5%到2%之间,此时形成的泡沫性能最为理想。这种泡沫具备卓越的携带岩屑能力,其独特的结构能有效包裹钻孔内产生的岩屑,在压缩空气的推动下,可快速将岩屑带出孔外,持续保持钻孔清洁,为后续钻进作业的顺利进行创造良好条件。同时,泡沫的低密度特性成为保障孔壁稳定的关键因素,相较于传统钻进介质,它能显著降低对孔壁的压力,极大减少孔壁坍塌风险,尤其适用于在松散、破碎地层中钻进。在我国西北等缺水地区的矿山地质勘探中,该技术优势尽显。例如在西北某矿山勘探项目中,传统钻探技术因缺水陷入困境,而采用空气泡沫钻进技术后,不仅有效解决了缺水难题,还使钻进速度提高了20%以上,钻探成本降低了15%左右,切实为在特殊地质条件和环境下开展矿山地质探矿工作提供了可靠技术支持。

3 新技术在矿山地质探矿工程中的应用探索

3.1 遥感技术的应用

遥感技术在矿山地质探矿领域发挥着关键作用。它依托卫星、飞机等载体所搭载的高分辨率传感器,能够在远距离对地球表面及浅层地质状况进行全方位探测。在矿山地质勘探中,该技术可以快速扫描大面积区域,获取包含地形地貌、植被分布、地质构造等丰富信息的地质影像数据。专业人员通过对这些影像进行深入解译,能够敏锐捕捉到地层岩性的细微差别,精准识别褶皱、断层等地质构造形态,进而圈定出极具找矿潜力的区域。在一些偏远山区或地形复杂区域,传统勘探方式受交通条件限制,效率极为低下。遥感技术则可突破地理阻碍,快速完成大面积的地质调查工作,不仅大幅减少了人力投入,还显著缩短了勘探周期,极大地节省了时间与经济成本。同时,遥感技术具备周期性监测的能力,能够及时察觉因矿化作用引发的地表异常变化,为后续详细勘探工作提供精准线索,有效提升找矿的成功率与精准度^[3]。

3.2 智能化探矿过程的探索

智能化探矿融合了人工智能、大数据、物联网等前沿科技,正逐步革新矿山地质探矿的作业模式。通过在勘探设备与现场部署智能传感器,能够实时采集地质体的物理性质、化学成分等多维度数据,并借助物联网技术将这些数据迅速传输至数据中心。在数据中心,大数据分析系统对海量数据进行深度挖掘,提炼出其中蕴含的地质规律与矿化特征。智能化勘探设备还能根据实时采集的数据,自动调整勘探参数,如钻机的钻进速度、

压力等,实现勘探过程的智能优化。在实际作业中,智能化探矿极大减少了人为因素干扰,降低了勘探人员的劳动强度,同时提高了勘探结果的可靠性与稳定性,使矿山地质探矿能够更好地应对复杂多变的地质环境,有力推动行业向智能化、高效化方向发展。

3.3 数字化处理平台的搭建

数字化处理平台是矿山地质探矿工程的重要支撑。它将地质测绘、地球物理勘探、地球化学勘探以及钻探等多源数据进行系统整合,构建起一个统一、高效的数据管理与分析环境。平台对各类数据进行标准化处理后,能够以直观的三维模型形式呈现地质结构和矿体分布情况,让地质人员可以清晰地洞察地下地质信息。在实际应用中,地质人员通过该平台能够便捷地查询和对比不同来源、不同时期的数据,运用平台内置的模拟分析工具,对各种勘探方案进行模拟推演与评估优化。以制定钻探计划为例,借助平台强大的模拟功能,能够精确模拟钻孔轨迹,提前预判在钻进过程中可能遭遇的岩石破碎、涌水等地质问题,从而合理规划钻探路径,提高钻探作业的成功率。

4 矿山地质探矿工程技术的发展趋势与展望

4.1 技术创新与研发方向

未来矿山地质探矿工程技术创新将聚焦于多学科交叉融合。一方面,深化地质科学与信息技术、材料科学的结合,研发新型探测材料与设备。比如,开发对微弱矿化信号更敏感的传感器材料,提高探测精度。另一方面,着力提升现有技术的分辨率与穿透能力。像是改进地球物理勘探技术,使其能更清晰地探测深部复杂地质结构,精准定位深部矿体。此外,针对复杂地质环境,研发适应性更强的综合勘探技术体系也是关键方向,通过整合多种技术优势,全面提升探矿效果。

4.2 智能化与自动化探矿技术的发展

智能化与自动化探矿技术将成为主流趋势。在智能化方面,人工智能技术会更深入地应用于地质数据的分析与解释,不仅能更精准地预测矿体,还能实现对地质灾害的智能预警。自动化设备将广泛投入使用,如无人

钻探设备,可依据预设程序自主完成钻探任务,减少人员在危险环境作业的风险。同时,构建智能矿山地质探矿系统,实现从数据采集、传输、处理到决策的全流程自动化,大幅提高勘探效率,降低运营成本,适应大规模、高效率的矿山开发需求。

4.3 矿山地质探矿工程的可持续发展策略

矿山地质探矿工程的可持续发展至关重要。从资源角度,要注重提高资源综合利用率,通过技术创新,使低品位矿石得到有效利用。在环境方面,研发绿色环保的探矿技术,减少勘探过程对生态环境的破坏,如采用环保型的钻探液与地球化学试剂。此外,加强对矿山地质环境的监测与修复,建立长期有效的环境管理机制。在经济层面,优化勘探成本结构,提高投资回报率,实现经济效益、环境效益与社会效益的平衡统一,保障矿山地质探矿工程长期稳定发展^[4]。

结束语

综上所述,矿山地质探矿工程技术丰富多样且各有优势。雷达技术助力采空区精准探测,高分辨率地震勘察技术明晰地下地质构造,瞬间变磁技术精准定位磁性矿体,各类钻探技术在不同场景发挥关键作用,空气泡沫钻进技术解决特殊地质与缺水难题。这些技术的应用,不仅提升了矿产资源勘探效率,保障了矿山安全生产,还推动矿业向精细化、高效化迈进。未来,随着技术不断创新融合,矿山地质探矿工程技术必将为矿业可持续发展注入更强大动力,助力挖掘更多深埋地下的宝藏。

参考文献

- [1]陈人通,李杰.矿山地质探矿工程的安全问题解决措施研究[J].南方农机,2022(22):131-132.
- [2]茹曼,郑燕,常勤慧.矿山地质探矿工程中存在的问题及解决措施[J].技术与市场,2022,23(03):148-150.
- [3]史洪业,张放.矿山地质探矿工程技术的分析[J].世界有色金属,2022,(9):119-120.
- [4]龙刚.矿山地质探矿工程安全管理措施[J].世界有色金属,2022(10)123-125