

金属矿山水工环地质勘查技术运用研究

普晓伟

云南省有色地质局楚雄勘查院

DOI:10.32629/gmsm.v9i1.2397

[摘要] 在矿产资源开发持续深入的背景下,金属矿山水工环地质条件愈加复杂,对水工环地质勘查提出了更高的要求,而传统勘查手段难以适应现代矿山绿色开发及可持续发展等需要,所以需要重视勘查技术的创新应用,以全面提升工作水平,为矿山开采及地质研究提供可靠支撑。对此,本文基于对金属矿山水工环地质勘查内容及作用的阐述,深入探讨其创新发展现状,并从勘探、建设及运营等关键环节探讨勘查技术的应用要点,为金属矿山开发提供参考。

[关键词] 金属矿山; 水工环地质; 勘查技术

中图分类号: TD3 文献标识码: A

Research on the application of hydro environmental geological exploration technology in metal mines

Xiaowei Pu

Chuxiong Exploration Institute of Yunnan Nonferrous Geological Bureau

[Abstract] under the background of continuous and in-depth development of mineral resources, the geological conditions of hydraulic environment in metal mines are becoming more and more complex, which puts forward higher requirements for the geological exploration of hydraulic environment. However, the traditional exploration methods are difficult to meet the needs of green development and sustainable development of modern mines, so it is necessary to pay attention to the innovative application of exploration technology, so as to comprehensively improve the working level and provide reliable support for mining and geological research. In this regard, based on the elaboration of the content and role of the geological exploration of the hydraulic environment in metal mines, this paper deeply discusses its innovative development status, and discusses the application points of exploration technology from the key links of exploration, construction and operation, so as to provide reference for the development of metal mines.

[Key words] metal mine; Hydro environmental geology; Exploration Technology

金属矿山开发对推动经济社会稳定发展发挥了重要作用,但伴随资源开采规模的持续扩大及地质灾害发生风险的增加,金属矿山开发对水资源及生态环境的影响显著,尤其是深部开采和复杂矿区条件下地质结构的复杂性、多含水层的特殊水文性质与尾矿废水污染范围扩大等水工环境问题的发生,对矿山安全生产造成直接影响,且不利于周边生态环境的稳定性。当前可持续发展理念得到全面推广,金属矿山开发模式也从传统资源最大化利用发展至环境友好与安全高效兼具,水工环地质勘查作为金属矿山开发的前期重要工作,在风险识别、开采指导及污染防治等方面发挥了关键作用,深入探究水工环地质勘查技术的运用要点具有重要意义。

1 水工环地质勘查的核心内容与作用

1.1 水文地质勘查

水文地质勘查属于金属矿山勘查的首要环节,主要工作就是查明矿区地下水系统分布情况、补给排泄条件以及动态变化特点。地下水和矿体之间存在着复杂的耦合关系,在金属矿山中,地下水常常是矿床充水的主要来源,直接危及矿井的安全,另一方面,矿体开采过程中产生的废水如果处理不当,会污染地下水,破坏区域生态平衡。因此水文地质勘查要解决下列问题:

通过地质测绘、地球物理勘探、钻探取样等手段查明矿区主要含水层、隔水层的空间分布情况,分析地下水和地表水的水力联系情况,评价矿床充水强度和突水风险。在岩溶发育地区要查明溶洞、暗河等导水通道的分布,给防排水设计提供依据^[1]。

采集地下水样品做化学分析,测定酸碱度、溶解性总固体、重金属含量等指标,判定水质是否符合工业用水或者生态用水

的标准。对于酸性矿井水,要评价其腐蚀性和对设备的影响,制定相应的处理方案。建立长期的地下水动态观测网,对水位、水温、水质等参数变化进行监测分析,研究开采活动对地下水系统的影响,为矿山排水方案改进和生态修复提供依据。

1.2 工程地质勘查

工程地质勘查就是对矿区岩土体的物理力学性质及稳定性进行评价,给矿山开拓、采准、切割和回采等工程提供设计参数。金属矿山工程地质条件千差万别,有断层、软弱夹层、岩溶等不良地质体,会诱发冒顶、片帮、滑坡等工程灾害。因此工程地质勘查要重点研究以下内容:

通过现场取样和室内试验,测定岩土体的密度、强度、变形模量、渗透系数等参数,为巷道支护、边坡稳定分析、地基处理提供依据。深部开采时要对高地应力下的岩体蠕变进行评价,防止巷道变形破坏。

采用地质测绘、槽探、钻探、地球物理勘探等方法查明矿区断层、褶皱、节理等构造的产状、规模、组合关系,分析其对矿山工程的影响^[2]。对活动断层进行地震活动性评价,给矿山抗震设计提供依据。

露天开采中边坡稳定是工程地质勘查的重点。采用数值模拟、极限平衡分析等手段来评价边坡的稳定系数,提出合理的边坡角和加固措施。高陡边坡要建立监测预警系统,及时掌握边坡变形情况。

1.3 环境地质勘查

环境地质勘查就是评价矿山开发对自然环境的影响,提出生态保护和修复措施。金属矿山开采活动会造成土地塌陷、水土流失、水体污染等环境问题,对区域生态安全造成威胁。因此环境地质勘查要重点开展以下工作:

通过对现场调查以及遥感解译,确定矿区滑坡、泥石流、地面沉降等地质灾害的分布情况及其诱发原因,并对它们的危险性以及危害程度做出评价。高风险区要制订监测预警和治理方案。

矿山闭坑之后要对损毁的土地进行复垦利用。环境地质勘查要评价土地损毁类型、程度和复垦潜力,给出合理的复垦方向和技术措施。采空区塌陷稳定性要评价,决定是否可以作农业用地或建设用地复垦。

针对矿山开采废水的污染源和迁移规律进行分析,提出源头控制、过程阻断、末端治理相结合的综合方案。酸性矿井水用中和沉淀、人工湿地等方法处理,重金属污染用化学沉淀、吸附、植物修复法处理。

2 金属矿山水工环地质勘查技术的创新发展

2.1 地球物理勘探技术的智能化升级

地球物理勘探是水工环地质勘查的重要方法,它利用地下介质物理场的不同来推测地质体的分布和性质。近些年来,由于传感器技术、数据处理算法以及计算能力的提高,地球物理勘探技术由原来的定性解释变为现在的定量反演。研发新型重力仪和数据处理软件,提高重力异常的探测精度和分辨率,可以更准

确地识别出地下密实体(矿体、溶洞)的位置。在深部矿产勘探中,高精度重力勘探能够精确找到钻探位置,从而降低盲目探矿造成的成本。采用时间域电磁法(TEM)、频率域电磁法(FEM)等技术建立地下电性结构三维模型,能更好地反映含水层、导水通道、矿体之间的空间关系。在岩溶地区,三维电磁勘探可以准确地识别出溶洞的形态以及充水情况,为防排水设计提供依据^[3]。采用机器学习、深度学习等人工智能技术,对物探数据进行自动处理和解释,可以提高解释的效率和准确性。利用训练好的神经网络模型可以自动对物探异常进行分类、识别,降低人工干预的主观性。

2.2 钻探技术的精准化与绿色化

钻探是取得地下实物资料的主要方法,钻探技术的好坏直接关系到勘查成果是否可靠。近些年来,由于钻探设备、工艺以及材料的革新,钻探技术朝着精准化、绿色化的方向前进。采用研发的随钻测量系统(MWD)和导向钻具来控制钻孔轨迹,可以提高钻探效率以及目标层钻遇率。定向钻探在复杂的地层中可以绕过障碍物直达目标区,减少钻探工作量。采用环保型钻井液、低能耗钻机、废弃物处理技术来减少钻探活动给环境带来的不良影响。使用可降解钻井液可以防止土壤污染,采用空气钻进技术可以减少废水产生,对钻探废弃物进行分类处理和资源化利用可以减轻环境负担。采用传感器集成、自动化控制以及远程通信技术创建出智能钻探系统,从而可以对钻探过程实施实时监测并加以改善。以钻压、转速、扭矩等为监测指标,可及时调节钻进工艺,提高钻探效率及安全性。

2.3 监测预警技术的实时化与网络化

矿山开发过程中,地质灾害、环境问题的发生一般具有突发性、隐蔽性,因此需要建立实时监测预警系统,实现风险的早期识别和快速响应。近些年来,由于物联网、云计算以及大数据技术的不断发展,监测预警技术也朝着实时化、网络化的方向发展。集成水位、应力、位移、降雨量等多参数传感器,建立矿山地质环境监测网,可以对矿山动态变化有全面的认识。在边坡监测中,用倾角仪、裂缝计等设备可以实时监测边坡变形,给稳定性评价提供数据支持。采用无线通信技术(LoRa、NB-IoT)和云计算平台,可以对监测数据进行实时传输和远程分析,从而提高监测效率和响应速度。在深部开采过程中,利用无线传输技术把地下监测数据及时传送到地面控制中心,为决策提供依据^[4]。采用机器学习、时间序列分析等方法建立地质灾害智能预警模型,可以提高地质灾害预警的准确性、及时性。根据历史灾害数据和实时监测数据来建立灾害发生概率预测模型,从而达到风险分级预警的目的。

3 金属矿山水工环地质勘查技术的应用实践

3.1 勘探阶段

矿山勘探阶段,水工环地质勘查的主要任务是查明矿区水文地质、工程地质和环境地质条件,评价资源开发潜力和风险。这时要结合地质测绘、地球物理勘探、钻探、采样测试等手段,建立矿区地质模型,给资源评价和矿山设计提供依据。以高精度

重力勘探、三维电磁勘探为基础,在深部隐伏矿体的识别上取得成效,在矿体品位和厚度上获得明确的结果,在充水强度和突水风险上作出评价,对岩体稳定性以及边坡角的设计参数进行分析。

3.2 建设阶段

矿山建设期间,水工环地质勘查要给矿山开拓、采准、切割和回采等工程赋予设计参数,改良工程布置,保证施工安全。此时要重点做以下工作,根据勘探成果优化矿井开拓系统,避开不良地质体,根据岩土体性质测试结果设计合理的巷道支护方案,根据水文地质条件制定防排水方案,防止矿井突水,建立地质灾害监测预警系统,实时掌握边坡、尾矿库等重点区域的安全状况^[5]。

3.3 运营阶段

矿山运营阶段水工环地质勘查要持续观测矿山开发给地质环境带来的影响,迅速调整开发方案,保证矿山的安全、高效运行,并且还要采取生态保护和修复措施。此时需要做如下工作,建立长期地下水动态观测网,监测水位、水质的变化,评价开采活动对地下水系统的影响;定期开展边坡稳定性评价,及时加固不稳定边坡;实施废水处理及回用工程,减少水体污染;闭坑后对损毁土地进行复垦利用,恢复区域生态功能。

4 金属矿山水工环地质勘查技术的挑战与展望

4.1 深部资源开发的技术挑战

由于浅部资源的不断减少,深部资源开发已成为必然趋势。但是深部开采会遇到高温、高压、高地应力等复杂的环境,对于水工环地质勘查技术的要求也就更高了。深部地下水系统探测难度增大,需要研制更高精度的物探技术、耐高温高压的钻探设备;深部岩体力学性质变化复杂,要建立更准确的本构模型、稳定性评价方法。

4.2 复杂地质条件的勘查难题

岩溶、断层、软弱夹层等复杂的地质条件之下,水工环地质勘查的准确可靠度受到影响。岩溶地区溶洞、暗河分布隐蔽,传统的勘查方法很难准确地找到它们;断层破碎带有可能成为地下水突水通道,需要高精度探测它的空间位置和导水性。未来要重视多源数据融合、智能解释技术研究,提高复杂地质条件下勘查能力。

4.3 生态保护与绿色勘查的需求

随着社会对生态环境保护的重视程度越来越高,金属矿山水工环地质勘查要更加注重绿色化、可持续化。未来要发展更加环保的勘查技术与设备,减轻勘查活动给环境造成的负担,加强生态地质勘查技术研究,给矿山生态修复赋予科学支撑。

4.4 跨学科融合与技术创新

金属矿山水工环地质勘查包含地质学、地球物理学、工程学、环境科学等诸多学科知识,今后要推进跨学科融合,促使技术创新。把人工智能技术应用到物探数据解释、地质灾害预警等各方面,把物联网技术应用到监测预警系统创建中,把新材料技术应用于钻探设备研发等方面。经由跨学科融合,可以冲破传统技术瓶颈,促使金属矿山水工环地质勘查技术向着智能化、精准化、绿色化的方向前进。

5 结语

水工环地质勘查是金属矿山开发的关键一环,通过系统的水文地质勘查、工程地质勘查及环境地质勘查,能够为矿山开发提供重要依据,提高资源利用率,并有效预测和识别潜在风险隐患,降低矿山灾害发生风险,保障安全生产。但水工环地质勘查面临深部资源开发、复杂地质条件及生态保护等一系列挑战,在勘查技术运用实践中,需要加强技术创新,积极引进前沿技术方法,提高数据处理和智能分析水平,保障勘查效率和成果精度,同时应当积极推进资源开发和生态保护的协同发展,为可持续发展夯实基础。

[参考文献]

- [1]王双全.金属矿山勘查服务理念下水工环地质勘查技术[J].中国金属通报,2024(15):146-148.
- [2]王华.金属矿山水工环地质勘查中的技术及应用探究[J].世界有色金属,2024(10):169-171.
- [3]李海青,徐玺萍,李龙杰,等.金属矿山水工环地质勘查技术的应用[J].世界有色金属,2023(3):124-126.
- [4]马甜.金属矿山水工环地质勘查技术的可持续发展分析及应用范围探讨[J].世界有色金属,2021(21):111-112.
- [5]蔡亮.“双碳”目标下金属矿区水工环地质工程勘查的要点研究[J].世界有色金属,2024(2):176-178.

作者简介:

普晓伟(1990--),男,彝族,云南大姚人,本科,水工环地质工程师,研究方向:水工环地质、矿产地质勘查。