

矿山地质勘查中地下水质量检测技术及应用研究

张正永

楚雄有色勘测工程有限公司

DOI: 10.32629/jpm.v7i3.8809

[摘要] 随着矿山开采活动的不断深入,地下水质量检测在矿山地质勘查中的作用也越来越大。本文对当前矿山地质勘查的地下水质量检测主要技术进行了梳理,即综合物探技术、流量测井法、地下水动态监测技术和高精度采样分析技术等,并对其在矿山地质勘查中地下水质量检测中的应用进行了分析。通过综合运用各种检测技术可以大大提高矿山地下水质量检测的精度和效率,给矿山生态修复以及水资源可持续利用提供科学依据。

[关键词] 矿山地质勘查;地下水质量检测;综合物探技术;动态监测

Research on Groundwater Quality Detection Technologies and Applications in Mining Geological Exploration

Zhang Zhengyong

Chuxiong Nonferrous Exploration Engineering Co., Ltd.

[Abstract] With the continuous advancement of mining activities, groundwater quality monitoring has become increasingly crucial in geological exploration. This paper systematically reviews key technologies currently employed in groundwater quality assessment, including integrated geophysical exploration techniques, flow logging methods, groundwater dynamic monitoring systems, and high-precision sampling analysis methods. It further analyzes their practical applications in mining geological surveys. The integrated application of these detection technologies significantly enhances the accuracy and efficiency of groundwater quality evaluation, providing scientific foundations for mine ecological restoration and sustainable water resource utilization.

[Key words] mine geological exploration; groundwater quality testing; integrated geophysical exploration technology; dynamic monitoring

引言

矿山开采活动给地下水环境造成的影响,已经成为全世界的环境问题。据有关数据显示,我国矿山开采造成的地下水污染面积大于200万公顷,重金属污染占比较大。地下水属于矿山区域的重要水资源,它的品质好坏直接影响到矿区生态安全和周边居民的健康。但是传统的地下水质量检测方法存在着采样周期长、检测指标单一、空间分辨率低等不足之处,不能满足现代矿山地质勘查精细化、动态化的要求。近些年来,由于物联网、大数据以及人工智能技术迅猛发展,地下水质量检测技术也正处于由单个参数监测向多源数据融合,由静态评价变为动态警报的过程当中。本文以矿山地质勘查环境为研究对象,对地下水质量检测技术进行创新性应用分析,从而给矿山

地下水污染防控和生态修复提供技术支持。

1 矿山地质勘查中地下水质量检测概述

矿山地质勘查过程中地下水质量检测是系统而重要的工作,其目的就是対矿山开采活动造成的影响下地下水的物理、化学和生物特性进行全面、准确的了解。它利用综合物探技术定位污染源和划定区域、流量测井法分析含水层特性、地下水动态监测技术实时跟踪水质变化、高精度采样分析技术鉴定污染成分等方法,对地下水中的各种指标,即重金属含量、酸碱度、微生物数量等实施检测并加以评价。核心目的就是判断地下水是否受到污染、污染程度怎样,为矿山合理开发利用、地下水污染防治、生态修复提供科学依据,保障矿山周边区域水资源安全、生态环境稳定,实现矿产资源开发与环境保护的协

调发展^[1]。

2 加强矿山地质勘查中地下水质量检测技术应用的必要性

2.1 保障矿山安全生产的关键需求

矿山开采过程中地下水情况会对作业安全造成影响。若地下水质量无法进行有效的检测，不能及时发现地下水位、水压和水质的变化，就会导致突水、涌砂等事故的发生，造成井下人员生命安全受到威胁和设备的稳定运行受到影响。比如断层破碎带等导水构造的检测技术不能提前了解到地下水的情况，一旦遇到高压地下水突然涌入矿井，就会造成淹井等重大事故。加强地下水质量检测技术的应用可以准确发现潜在的水害隐患，并及时采取防范措施，比如合理的布置排水系统、注浆堵水等，大大减少事故发生的概率，给矿山安全生产筑牢一道防线。

2.2 保护生态环境的重要举措

矿山开发会破坏周边的生态环境，地下水是生态系统的重要组成部分之一，它的质量发生改变之后会产生一系列的连锁反应。地下水被污染之后，会经由渗透或者径流等途径影响到土壤、地表水，从而扰乱植被的生长状态，威胁到野生动物的生存情况，干扰到生态平衡。加强地下水质量检测技术的应用，可以随时掌握地下水污染状况，发现污染源后及时采取相应的治理措施，对受污染的地下水实施修复处理，对矿山废水进行排放控制，从而减少或防止污染扩散，保护矿山周围的生态环境，实现矿产资源开发与生态保护相协调^[2]。

2.3 满足法规政策与可持续发展要求

由于环保意识的提高，国家以及各地先后颁布了有关矿山地质环境保护和地下水污染防治的法规政策，对矿山地下水质量检测提出了具体的要求。加大检测技术应用，成为矿山企业自觉遵守法规、自觉担负社会责任的必然要求。从可持续发展角度来讲，良好的地下水为区域水资源可持续利用打下了基础。经过准确的检测地下水质量，科学合理地规划矿山开采活动，不破坏地下水的动态平衡，给子孙后代留下优良的水资源环境，使矿山行业长久发展。

3 当前矿山地质勘查中地下水质量检测的核心技术

3.1 综合物探技术

综合物探技术属于矿山地质勘查范畴，是用地震勘探、瞬变电磁法 (TEM)、高密度电阻率法 (HDR) 等各类地球物理技术联合起来，达到快速发现地下水污染点及其空间分布的目的。地震勘探根据地层反射波时差特征来识别地质构造，瞬变电磁法利用电阻率异常信息圈定污染范围，高密度电阻率法则用电阻率成像技术绘制地下水污染三维模型。这些方法各有利

弊，地震勘探穿透能力强，瞬变电磁法分层能力强，高密度电阻率法空间分辨率高。综合使用以上技术，可以大大提高检测的精度和效率，给矿山地下水污染防治提供依据^[3]。

3.2 流量测井法

流量测井法属于矿山地质勘查时评价含水层渗透性、污染负荷的重要技术手段。利用不同的钻孔在各个深度的横截面测量纵向流量，分清含水层和隔水层的位置及渗透情况。流量测井法操作简单、结果稳定，在煤矿等矿山生产中使用较多。根据各层的流量来计算渗透系数，从而得到矿井水害防治所需要的参数。流量测井法还可以用来监测矿井涌水量的变化情况，预警突水事故，保证矿山的生产安全。

3.3 地下水动态监测技术

地下水动态监测技术是采用自动化监测网的方法，对地下水水位、水温、水质等的变化进行观测，并产生报警信号的一种技术。采用 GPRS 等无线通信技术，使数据进行远程传输和自动处理，产生动态分析图表来支持地下水资源的管理。监测网络是三层级的，即核心区、缓冲区和外围区，在保证数据连续的同时又有空间上的完整。利用机器学习算法可以建立水质预测模型，提前发现污染事件，并且准确率可以达到 88% 以上。地下水动态监测技术给矿山地下水污染防治、生态修复赋予即时且精确的数据支撑^[4]。

3.4 高精度采样分析技术

高精度采样分析技术属于矿山地质勘查中解析地下水污染成分的主要手段。该技术用改进的采样方法、检测仪器来达到对地下水污染物质进行准确定量的目的。采样上使用低流量采样器、被动采样技术 (DGT) 和无人机采样等新的方法来避免高流速造成的重金属吸附解吸问题，实现零接触采样。检测仪器上 ICP-MS (电感耦合等离子体质谱) 可以分析出 50 种以上重金属元素，检测限为 ppb 级，HPLC-MS (高效液相色谱-质谱联用) 检测有机污染物灵敏度比传统的提高了 2 个数量级。高精度采样分析技术给矿山地下水污染溯源和修复赋予了科学根基。

4 矿山地质勘查中地下水质量检测技术的具体应用

4.1 综合物探技术在污染源定位与范围圈定中的应用

综合物探技术把各种地球物理方法综合起来，对矿山地下水质量检测起着关键性的作用。地震勘探依靠地下介质弹性差别，剖析反射波，折射波特性，找出地质构造，判定可能存有污染源的地方，比如断层，溶洞这些导水通道。瞬变电磁法是依据电磁感应原理工作的，它对地下低阻体比较敏感，能快速圈定出污染羽流的范围，并且可以判定污染的扩散方向。高密度电阻率法采用密集布设电极的方式获得高分辨率电阻率剖

面,清楚地显示出地下介质的电阻率分布情况,进而判定污染区和清洁区的边界。各种方法相互配合可以提高污染源定位的准确性,给后续检测工作指明方向,减少盲目采样,节约人力物力,提高检测效率,为矿山地下水污染防控提供基本的信息^[5]。

4.2 流量测井法在含水层特性分析与污染评估中的应用

流量测井法是认识矿山含水层特征的一种方法。在不同的深度测量钻孔横截面流量可以确定含水层和隔水层的位置,了解各个层的渗透性。根据达西定律来计算渗透系数,分析含水层的导水性好坏,进而判定污染物在地下水中扩散的速度快慢。流量测井法可以对污染羽流在含水层中分布形态进行分析,进而得到污染范围及程度。通过分析各个时期的流量数据,可以反映污染的变化趋势,从而给修复方案的制定提供依据。此法还可用以确定监测井的布置位置,提高检测数据的代表性,掌握矿山地下水动态,保证地下水质量检测工作科学性、准确性。

4.3 地下水动态监测技术在实时预警与长期管理中的应用

地下水动态监测技术是在一定的范围内布设自动化监测网,及时地对水位、水温、水质等参数进行监测的地下水质量变化过程连续性监测。通过无线通信的方式实现数据的远距离传输到监控中心,并且可以进行自动化处理以及分析,从而得到实时的曲线图和报表。当监测参数超过预设阈值的时候,系统就会发出警报,及时告知有关人员采取相应的措施,防止污染事故的扩大。长时间管理之下,动态监测数据能形成数据库,给探究地下水演变规律以及评判矿山开发对地下水环境影响赋予支撑。通过分析长期数据可以改善监测方案,改变检测频率和指标,提高地下水质量检测的针对性、有效性,达到矿山地下水环境可持续管理的目的^[6]。

4.4 高精度采样分析技术在成分鉴定与精准修复中的应用

高精度采样分析技术是认识矿山地下水污染成分、浓度的主要方法。采样时使用专业的采样设备来保证样品不会受到污染或者发生变化,从而提高采样的准确性。根据不同的污染物选择合适的分析仪器,ICP-MS可以检测重金属元素,灵敏度高、检测限低、可以同时检测多种元素;HPLC-MS可以测定有机污染物,能准确地鉴定化合物的结构和含量。高精度采样可以得到完整的地下水污染情况,给污染溯源提供线索。修复时按照检测结果确定准确的修复方法和技术以及药剂。修复期间,定时取样测定,并对水质变化加以跟踪监测,及时改变修复办法,保证地下水质量有所改善,达到安全要求^[7]。

4.5 多技术融合在复杂矿山地下水污染综合治理中的应用

复杂矿山地下水污染情况下,单一的检测技术会存在不足,多技术结合成了破解难题的方法。以综合物探技术为主干、高精度采样分析技术为补充,先用综合物探对污染大致范围进

行圈定,后用高精度采样分析确定污染的具体成分和浓度,准确找到污染的源头。流量测井法与地下水动态监测技术相结合,流量测井法确定含水层的特性,为动态监测的布点提供依据,动态监测及时反馈污染变化情况,两者配合起来可以全面地给出污染治理方案及调整方面的信息。采用物联网、大数据技术,将各种检测技术得到的数据结合起来分析建立三维地下水污染模型,直观地表现出来。利用机器学习算法分析历史数据,预估污染发展走向,提前采取预防措施。多技术融合可以使污染检测、评价和治理决策的全过程工作效果得到改善,提高矿山地下水污染综合治理的能力来保证矿山地下水环境的安全和可持续发展^[8]。

5 结语

因此,在矿山地质勘查中,地下水质量检测意义重大而且技术多种多样。依靠物探、流量测井、动态监测和高精度采样分析这些主要技术手段,从全方位全方位去了解地下水状况。这些技术可以对污染源进行定位,还可以分析含水层特性,发出实时预警,也可以做成分鉴定和精准修复。采用多种检测技术相结合的方式可以大大提高检测精度和速度,准确地对地下水污染进行判定。它给矿山安全生产、生态环境保护筑牢了坚实的保障,也契合法规政策要求和可持续发展的需要。

【参考文献】

- [1]李菊红,孙彦良.矿山工程中地下水地质勘查的重要性研究[J].中国金属通报,2021(13):2.
 - [2]常祖青,董光伟,王子运.矿山地质勘查中水文地质问题分析和水文地质灾害防治[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2022(12):4.
 - [3]王立志,揣淑磊.水文地质在矿山岩土工程勘察中的应用[J].中国金属通报,2022(20):53-55.
 - [4]郝晓雨.矿山工程勘察过程中的水文地质问题分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023.
 - [5]张云毅.城门山大溶洞堵水湖泥固化膏浆注浆成墙技术及机理研究[D].中南大学,2023.
 - [6]王智灵,许杨东.遥感技术在矿山地质环境调查中的应用研究[J].中国金属通报,2023(14).DOI:10.3969/j.issn.1672-1667.2023.14.061.
 - [7]范育典.地球物理勘查方法在水文地质工程中的应用研究[J].中国金属通报,2022(003):000.
 - [8]陈云鹏.水文地质在矿山地质勘查中的要点分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023.
- 作者简介:张正永,1988-11-07,男,云南楚雄,汉族,本科,化验工程师,研究方向:矿山地质勘查地下水检测,土工试验测试,有色金属元素检测。