

创新技术在矿山水资源节约与复用中的应用研究

吴嘉艺, 曹子钊

中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司, 辽宁 沈阳 110015

摘 要 : 为加速构建绿色化、循环化、高效化的矿山水资源利用效能, 解决水资源复用率低、运行维护成本高、污废水治理难度大等问题。文章运用系统理论, 从多个维度出发, 通过工艺迭代和技术创新, 构建矿山水资源利用新模式, 推动水资源节约与复用体系的完善。

关 键 词 : 水资源复用; 矿山节水; 创新技术; 节能高效

Application Research of Innovative Technology in Mine Water Resources Conservation and Reuse

Wu Jiayi, Cao Zizhao

China Coal Science and Research Group Shenyang Design and Research Institute Co., LTD. Shenyang, Liaoning 110015

Abstract : In order to accelerate the construction of green, recycling and efficient mine water resources utilization efficiency, to solve the problems such as low water resources reuse rate, high operation and maintenance cost, and great difficulty in sewage and wastewater treatment. This paper uses the system theory, starting from multiple dimensions, constructs a new mode of mine water resources utilization through process iteration and technological innovation, and promotes the improvement of water resources conservation and reuse system.

Keywords : water resources reuse; mine water saving; innovative technology; energy saving and high efficiency

前言

着眼矿山开发的目标定位, 技术团队和研发人员投入大量资源, 进行技术创新和工艺升级, 实现水资源节约和复用, 达到控制成本投入规模, 缓解水资源短缺, 减少生产过程中污废水排放, 保护周围水体生态环境的总体目标。通过技术思路的调整、技术方案的优化和技术体系的搭建, 整合优势技术, 围绕矿产资源开发, 形成完备的工艺体系。

一、矿山水资源节约与复用的必要性与重要性分析

总结矿山水资源节约与复用的必要性、重要性, 实现既有认知的扭转, 运用新思路、新观念, 调整水资源利用方法, 优化污水处理复用路径, 推动创新技术的应用。

(一) 矿山水资源节约与复用必要性

矿产资源开采过程中, 在钻孔、爆破、浮选、降尘等环节, 对水资源的需求量较大。为保证水资源的持续稳定供给, 矿山企业投入大量资源, 引入污水处理系统、用水监控系统等工艺方案, 旨在提高水资源利用效率, 减少水资源损耗, 同时在水循环系统、回收技术辅助下, 实现污水、废水复用, 实现水体环境保护, 降低矿产资源开采对区域生态的影响^[1]。

受管理思维、成本投入等因素影响, 国内矿山水资源节约与

复用过程中, 暴露出技术装备不完善、保护利用不充分、非常规水资源利用不高效、生态修复保护不全面等问题, 上述问题如果没有得到妥善解决, 势必妨碍矿山水资源开发和利用, 无形中, 推高了矿产资源开发的经济成本、生态成本。具体来看, 部分矿山企业片面追求经济效益, 忽视了水资源节约与复用的重要性, 没有能够从资源开发、环境保护等层面出发, 引进先进性、实用性的水资源处理技术与回收设备, 使得水资源节约效果不佳, 复用水平得不到预期。部分工作人员对矿山水资源节约与复用工作的系统性、整体性、科学性认知不充分, 在技术参数调试、设备工艺选择等方面, 出现技术方案盲目, 主要设备低效系列问题, 从长远来看, 无助于矿山开采活动正常开展。为应对上述局面, 解决技术缺陷和设备短板, 矿山企业要发挥主观能动性, 做好经验总结, 坚持问题导向, 不断创新技术, 形成完备的

作者简介: 吴嘉艺 (1998.12-), 女, 汉族, 籍贯: 辽宁省沈阳市, 现就职于: 中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司, 大学本科, 助理工程师, 研究方向: 矿上水资源保护与利用。

水资源节约与复用方案。

（二）矿山水资源节约与复用重要性

2024年，国家发展改革委发布《关于加强矿井水保护和利用的指导意见》等文件，明确提出要不断增强技术支撑能力，提高矿山水资源利用效能和复用水平。水资源节约与复用作为矿山开发体系的重要组成，采取最优化的工艺方案，合理利用水资源，保证矿山长期运营，减少停产风险，为资源勘探、开采、运输提供有力支撑^[9]。矿产资源开发对水资源的需求量较大，依托工艺方案和技术设备，实现矿坑水处理、生产系统建筑物内地面冲洗水回收、生活区污水处理回收，在矿区内部形成循环体系，形成自给自足式的供水模式，逐步降低对周边地区水资源的压力，缓解生产、生活用水冲突，保证矿产资源开发活动的连续性。

矿山水资源节约与复用能够减轻生态破坏，促进生态修复，在污水处理系统、废水循环技术支持下，最大程度地控制污水、废水排放量，减少了对土壤、水体环境的污染和破坏，加速矿山区域生态修复进程，防范水土流失、地面沉降等问题。水资源节约与复用能够节约矿山企业的运营成本，尤其在复用过程中，企业能够就地、就近用水，节约了水资源采购与运输成本，提高了企业利润空间，在激烈行业竞争中积累优势。

二、矿山水资源节约与复用创新技术应用基本思路

着眼矿山水资源节约与复用现状，技术团队和研发人员坚持技术导向，通过理顺创新技术应用的基本思路，把握水资源回用参数指标基本要求，明确水处理回用过程中关键阶段，推动创新技术的科学化和高效化应用。

（一）做好创新技术评估

矿山水资源节约与复用环节，为保证技术应用效果，工作人员遵循因地制宜、因时制宜基本原则，利用物探技术，对矿山区域水资源现状开展深度调查，详细记录水源、水质、水量以及废水排放等情况，综合评估水资源总体储量和开采量，形成矿山水资源档案。同时，使用大数据技术评估档案信息，筛选错误数据，确保水资源底数的准确性^[9]。矿山生产过程中，钻探、浮选等过程中，会产生大量废水、污水，废水和污水的出现，造成区域环境污染，妨碍水资源正常循环和复用，基于这种实际，工作人员从技术维度出发，深入分析不同工艺、不同环节的用水特点，测算矿山开采、运输中产生的废水量以及污染物种类，围绕废水量和污染物种类，结合矿山水资源节约与复用现状，确定创新技术应用需求以及应用方向，避免创新技术选型的盲目性和随意性。以洗煤活动为例，传统技术模式下，每吨煤用水量在0.5立方米到1.5立方米之间，技术团队在综合评估煤矿区域水资源分布等基础情况后，针对性选择浮选设备和闭路循环水系统，在创新技术介入下，每吨煤用水量达到0.2立方米到0.8立方米，水资源利用率提升极为明显。

（二）做好创新技术筛选

着眼矿山水资源节约与复用定位，工作人员要做好技术筛选、引进、集成以及整合系列工作，旨在形成最优技术方案。具

体来看，结合矿山用水规律、水资源分布、废水处置基本情况，收集已有的节水工艺和复用技术，从成本规模、使用效果、运行效率等维度出发，有序做好矿山水资源节约与复用创新技术选型，保证技术设备的指向性^[10]。例如，工作人员将节水设备、污水处理工艺、智能化水资源管理系统作为重点，进行技术设备定向更新，通过创新技术的合理应用，高质量完成水资源节约和复用任务。考虑到矿山用水场景的多样性，工作人员结合矿产资源开发现状，综合评估各类要素，引进合适技术，开展适应性改造和全面性优化。为压缩矿山水资源节约与复用流程，对不同的节水技术、回用工艺开展集成，形成综合性、平台性水资源管理方案，通过技术流程整合，保证水资源配置效能，实现水资源高质量利用。例如，部分工作人员着眼矿山水资源节约与复用目标，将雨水收集系统、矿井水回收工艺结合起来，串联水资源回收利用渠道，形成多水源的整合。这些回收的矿井水被广泛应用于煤矿的选煤、降尘等环节，大大降低了对外部新鲜水资源的依赖，每年节约了大量的用水成本。山西某煤矿经过多年探索，形成了一套先进的矿井水回收系统，该矿井回收系统在井下相关区域，使用物理处理法，将矿坑水引入沉淀池，在池中停留一定时间，使颗粒沉淀到池底。定期清理沉淀池底部的污泥设置功能强大的排水泵，铺设了体系完备的管道网络，在排水泵以及管道网络的共同配合下，将矿井水有效地抽到地面，实现水体从特定区域的剥离，为后续水资源复用提供便利条件。在地面区域，工作人员设置特定模块，将沉淀、过滤、消毒技术流程进行组合，形成运行高效的净水体系，逐步将矿井水净化到符合工业用水标准的水资源。

（三）做好创新技术反馈

矿山水资源节约与复用，能够改善区域生态，修复水土，为资源开发提供便利条件。着眼水资源节约与复用目标，工作人员运用系统理论，延伸技术流程，搭建技术框架，采取监督、反馈等举措，形成闭环机制，帮助工作人员掌握技术设备实际表现，及时调试技术参数，选择设备类型，保证矿山水资源节约与复用的实用属性。工作人员借鉴过往经验，尝试建立起水资源监测体系，运用智能水表、水质监测设备，实时监测用水量、水质等关键指标，评估关键指标，灵活调整技术方案，保证矿山水资源节约与复用质效。在这一过程中，工作人员选择用水量监测技术、水质监测技术、水资源复用效果监测技术以及自动控制技术，快速准确获取pH值、电导率、溶解氧、重金属含量等水质信息，运用回用水质跟踪检测，分析复用水资源情况，对达到回收标准的，进行回收利用，对达不到回收标准的，不进行回收利用，组织二次处置。矿山水资源节约与复用周期长，难度大，潜在风险较高，不确定因素较多，为应对这种复杂情况，工作人员要充分利用自动控制系统以及可视化监控平台，将水质、水量等数据以图形、地图等方式展现出来，工作人员读取信息后，了解水资源使用和复用情况，并作出相应举措，主动调整节水、用水设备核心参数，实现矿山水资源优化配置以及节约使用。以某矿山为例，工作人员引入完善水资源监测和反馈系统，及时修正水资源节约和复用技术方案，依托技术介入，将矿山用水量压缩了

20%，废水回收率提高到80%。

三、矿山水资源节约与复用创新技术应用策略与方法

完善矿山水资源节约与复用创新技术应用策略，弥补技术漏洞，补齐工艺短板，提升水资源节约效能和复用效率，切合新时期矿山开发基本要求，实现工艺升级和模式转型。

（一）智能化水管理系统的应用

智能化水管理系统在矿山水资源节约与复用中的应用，提升了水资源利用的集约化水平。对于智能化水管理系统的使用，按照数据采集、数据监测、数据分析，利用传感器和计量设备，获取各个生产环节的实时水量、水质、水压等数据，在物联网辅助下，将采集到的数据传输到控制系统，在大数据分析和机器学习算法支持下，掌握历史用水量，预测未来用水量，为用水计划的制定提供支撑，灵活调整开采和生产规模，达到降低用水量的目的。矿山开采对水资源的消耗量较大，为实现水资源的集约化使用，工作人员要建立起水资源优化调度系统，综合比较各类因素，确定不同区域、不同环节的供水优先级，合理分配水资源，在满足生产用水要求的前提下，最大限度地节约水资源，减少不必要的资源浪费。

（二）生活区污水处理回收技术的应用

生活区污水处理回收技术在应用过程中，工作人员应当应用好物理处理技术、化学处理技术、生物处理技术、深度处理技术，通过技术方案的灵活选择，保证污水处置能力，实现循环化使用。例如，物理处理技术主要通过沉淀、过滤等环节，逐步清除大颗粒悬浮物、细小颗粒以及杂质，达到净水目的；化学处理技术采取混凝和中和的方式，在污水中加入硫酸亚铁、聚合氯化铝等混凝剂，将小颗粒物质进行凝聚，通过物理沉降和过滤等方

式进行净化，初步净化后，调节酸碱度，使其pH值达到正常范围；生物处理技术，借助好氧生物处理、厌氧生物处理，通过活性污泥法、生物膜法、厌氧微生物等方式，在不同条件下，对污水内的有机物杂质进行净化和转换，将有机物分解为二氧化碳、甲烷、水等物质。工作人员依据技术原理和技术规范，结合矿山水资源分布以及使用情况，优化技术参数，调整设备工艺，顺利完成矿区污水处置工作^[5]。

（三）雨水收集利用系统的应用

矿山雨水收集利用系统在设计过程中，工作人员做好收集设施的布设，在矿山道路、露天采场周边、工业场地等区域设置的雨水口和雨水沟，实现雨水有效收集。根据矿山规模和雨水收集量建设地下蓄水池、地上混凝土蓄水池等，提升雨水储备能力。对储备雨水进行过滤，工作人员借助如砂滤、滤网等过滤设备，去除雨水中杂质，同时，根据使用要求，增设消毒设备，雨水用于特定环节还需消毒设备。例如，使用化学消毒法、物理消毒法等方式，清除有害物质，降低使用风险，现阶段，多数矿山企业普遍选择氯消毒法，向雨水中加入氯气、次氯酸钠或二氧化氯等含氯消毒剂。含氯消毒剂具有较强的氧化性，能够有效杀灭细菌、病毒和寄生虫卵等病原体。例如，可以使用次氯酸钠溶液，按照一定的剂量投入到雨水中进行消毒。

四、结语

矿山开发对水资源的需求量高、使用量大，为保证水资源供给能力，文章从多个维度出发，在分析矿山水资源节约与复用必要性、重要性的基础上，着眼水资源节约与复用现状，廓清技术应用思路，掌握技术应用要点，完善技术应用路径，达到节约成本投入，培植竞争优势的目的，推动矿山企业健康全面发展。

参考文献

- [1]王旭东，唐佳伟，张锁等. 酸性矿山排水的源头预防技术研究进展[J]. 中国矿业，2023（6）：85-95.
- [2]杜金龙，潘树仁，刘长友等. 面向绿色矿山的注浆关键技术与工程示范[J]. 矿业科学学报，2023（3）：293-307.
- [3]陈涛. 矿山给排水施工质量控制的有效方法研究[J]. 世界有色金属，2022（16）：199-201.
- [4]金凌霄，高文美，武亚婷等. 矿区水资源综合利用思路研究——以甘肃某建筑石料矿整改项目为例[J]. 工程技术研究，2022（18）：77-79.
- [5]卢誉之，陈银萍，曹渤. 矿山生态修复技术体系构建[J]. 环境保护科学，2023（5）：40-51.