

矿井水零排放系统中水质处理技术的优化研究

陈梦现

中煤科工集团南京设计研究院

DOI:10.32629/eep.v8i9.2875

[摘要] 在国家生态文明建设与严苛环保政策下,煤炭行业矿井水高效治理与零排放成为关键任务。传统工艺难满足需求,本文聚焦矿井水零排放系统水质处理技术优化。通过创新组合预处理与深度处理工艺,如高密度沉淀池去除悬浮物,超滤、反渗透及高压反渗透技术高效去除溶解盐类与小分子有机物,反渗透浓水用高级氧化技术分解有机物,最终通过蒸发结晶等技术实现资源回收与循环利用,降低污染风险,提升资源利用率,运用多级联用与集成技术,实现不同污染物针对性去除。合理配置关键设备、调控工艺参数,优化后,显著提升污染物去除效率,出水水质达标且稳定,实现水资源安全回用。本研究为矿井水零排放提供了技术支撑,推动环境友好型矿业发展,但仍需解决高盐及微量有毒物质去除等问题,未来将探索新型材料与智能调控系统应用。

[关键词] 矿井水; 零排放; 水质处理技术; 工艺优化; 资源循环利用

中图分类号: TU991.21 **文献标识码:** A

Optimization research on water quality treatment technology in zero discharge system of mine water

Mengxian Chen

Middling coal Technology&Industry Group Nanjing Design&Research Institute

[Abstract] Under the national ecological civilization construction and strict environmental protection policies, efficient treatment and zero discharge of mine water in the coal industry have become key tasks. Traditional techniques are difficult to meet the demand, and this article focuses on optimizing the water quality treatment technology of the zero discharge system for mine water. By innovatively combining pre-treatment and deep treatment processes, such as high-density sedimentation tanks to remove suspended solids, ultrafiltration, reverse osmosis, and high-pressure reverse osmosis technologies to efficiently remove dissolved salts and small molecule organic matter, reverse osmosis concentrated water uses advanced oxidation technology to decompose organic matter, and ultimately achieves resource recovery and recycling through evaporation crystallization and other technologies, reducing pollution risks, improving resource utilization efficiency, and using multi-level combination and integration technology to achieve targeted removal of different pollutants. Reasonably configuring key equipment, regulating process parameters, optimizing, significantly improving pollutant removal efficiency, achieving stable and up to standard effluent quality, and realizing safe reuse of water resources. This study provides technical support for zero discharge of mine water and promotes the development of environmentally friendly mining, but still needs to address issues such as high salt and trace toxic substance removal. In the future, we will explore the application of new materials and intelligent control systems.

[Key words] mine water; Zero emissions; Water quality treatment technology; Process optimization; Resource recycling and utilization

引言

在国家大力推动生态文明建设、环境保护政策执行极为严厉的当下,我国煤炭开采力度不断增强,矿井水处理难题愈发严峻。矿井水必须实现高效治理且完全零排放,这已然成为煤炭行业实现绿色发展的关键任务。矿井水若未经处理直接排放,通常

含有高浓度悬浮物、TDS与重金属,不仅会严重污染河流湖泊,还将致使土地逐步退化,甚至可能引发大规模生态灾难。一年之中煤炭行业所排出的矿井水总量高达几亿立方米,这给当地的水环境造成了极为严重的威胁,所有煤矿企业依据《水污染防治行动计划》等国家政策文件要求,要大力研发矿井水深度净化新

技术,同时加快推进水资源循环利用。传统物理化学处理工艺在矿井水污染物去除方面虽取得一定成效,然而由于处理效率、运行成本以及资源回收能力的限制,要满足零排放目标的现实需求存在较大困难,很难真正达成这一目标。

1 矿井水零排放系统的技术背景与现状

1.1 矿井水排放的环保压力与资源化需求

在煤矿生产过程中会产生副产物矿井水,其排放给水资源和生态环境带来了十分显著的压力^[1]。采掘活动是矿井水产生的主要原因,多种污染物诸如悬浮物、有机物、重金属离子以及盐类等存于其中,对周边水体和土壤环境构成威胁,给区域生态稳定性带来挑战,在当下,公众环保意识不断增强,环保法规愈发完善,矿井水零排放已然成为水资源保护方面的关键任务。矿井水中还含有潜在可回收资源,诸如高矿化度的溶解性盐类以及可回用的清洁水源等。为达成水资源循环利用与清洁生产目标,若能对矿井水合理处理并实现资源化利用,就能将其开发为特殊资源,为矿山行业可持续发展提供有力支撑。

1.2 现有矿井水处理工艺流程概述

当前,矿井水处理工艺包含预处理、深度处理和资源回收三大紧密协作环节,旨在实现高效净化与资源化利用。预处理阶段,主要处理矿井水中的悬浮物、胶体颗粒及部分大分子有机物。采用混凝沉淀法,利用密度差使悬浮物沉降;投加混凝剂进行混凝沉淀,让胶体颗粒聚集沉淀;再通过过滤去除细小颗粒杂质,降低水体浊度和初始污染物浓度,为后续处理创造条件。深度处理环节,致力于去除重金属离子、残余有机物和TDS。运用高级氧化技术,产生强氧化性自由基分解有机物;吸附法借助吸附剂去除重金属和有机物;利用离子交换树脂选择性吸附交换特定离子;膜分离技术依据膜孔径差异分离物质,超滤去大分子有机物和胶体,反渗透截留盐分和小分子有机物,进一步净化水质。资源回收环节,通过蒸发结晶析出溶解性盐类,实现盐类回收,达成资源回收与再利用。目前,各流程在效率与成本上有一定成果,但技术衔接不紧密,污染浓度波动影响处理效果,成为制约工艺发展和实现零排放目标的瓶颈。

1.3 零排放系统的关键技术瓶颈

零排放系统现在遭遇好几个关键技术难题。第一个难题是污染物去除效率不高,因为矿井水成分复杂多样致使现有的工艺难以把所有污染物都彻底清除干净,深度处理过程设备选型以及工艺搭配存在诸多难题。第二个难题是技术适用范围受到极大限制。第三个难题是运行成本偏高以及资源回收利用过程能耗偏高。这些难题极大地阻碍了零排放系统实现广泛的推广应用。

2 水质处理工艺的优化路径

2.1 预处理与深度处理工艺的创新组合

矿井水零排放系统成功运行的核心在于预处理与深度处理工艺的创新组合。在预处理阶段,主要任务是清除水中的悬浮物以及部分溶解性污染物,以此显著减轻后续深度处理的负担^[2]。具体而言,混凝沉淀是常用方法,利用污染物与水的密度

差异,使悬浮物自然下沉,实现初步分离;过滤环节则借助多层不同材质的过滤介质,如石英砂、活性炭等,进一步拦截水中的细小颗粒和杂质,降低水体浊度与初始污染物浓度。深度处理阶段主要针对残留的溶解盐类、重金属以及有机污染物。膜分离技术可依据膜孔径大小,精准分离不同物质,超滤能有效去除大分子有机物和胶体,反渗透则可截留盐分和小分子有机物;离子交换技术通过离子交换树脂的选择性吸附与交换作用,去除特定离子;高级氧化。

2.2 多级联用与集成技术应用

在矿井水处理中多级联用与集成技术的运用,呈现出极为显著的优化潜力,将物化处理、生物处理、膜分离等方法予以多级组合来达成,实现不同类型污染物的针对性去除这样便可达成颗粒型污染物能通过物化处理得以充分沉降与分离,从而为后续工序营造良好条件,有机污染物可被生物处理有效分解,以此降低废水中的COD浓度。要提升出水的纯度,膜分离技术必须保证微量污染物得到深度去除,结合废水特性以及出路目标对集成技术应用的工艺衔接和流程设计做进一步优化,以此形成高效灵活的系统结构,矿井水处理效率因多级联用带来的不同工艺协同性而得到显著改良,推动了水资源的多级回收利用,如此一来不仅能确保出水质量稳定达标,还为零排放系统的长效运行奠定了技术基础^[3]。

2.3 关键设备配置与工艺参数调控

矿井水处理系统优化的核心环节在于关键设备配置以及工艺参数调控,借助合理选用深度氧化系统高效混凝沉淀器,及膜分离设备可提升污染物去除效率,为达成污染物降解与资源回收的协同增效,给矿井水零排放目标的实现提供技术保障。需依据水质特性对流量、投药量以及反应时间等参数进行精确调整,确保工艺稳定运行。

3 工艺优化后矿井水水质变化及资源循环利用

3.1 矿井水主要污染物的去除效果

经优化改进后的矿井水处理工艺,在主要污染物去除方面成效显著。预处理与深度处理环节效率大幅提升,有效降低了矿井水中悬浮物和溶解性有机物等关键污染物的浓度。在处理过程中,集成运用膜分离、高效沉淀等多级联用技术,极大地提升了污染物的去除率。以悬浮物为例,经处理后其浓度可降低至5mg/L以下,有效去除了水中大部分的悬浮杂质,使水体变得清澈。同时,溶解性有机物也得到高效去除,溶解性化学需氧量(COD)显著降低,水质得到深度净化。由于污染物去除过程更加稳定,水质波动对后续处理步骤和资源回收工作的影响大幅减小。经优化工艺处理后的矿井水,主要污染物含量大幅降低,为后续的水资源循环利用创造了极为有利的条件,有力推动了矿井水的高效利用和绿色发展。

3.2 出水水质达标与安全回用

工艺流程经优化后显著增强了矿井水处理系统出水水质的可靠性与稳定性。通过污染物多段去除及资源回收技术应用,先经预处理的混凝沉淀、过滤去除大部分悬浮物;接着进入深

度处理,采用超滤与反渗透组合的膜分离技术高效去除溶解盐类和小分子有机物,再运用高级氧化技术分解残留有机物;最后在资源回收环节通过蒸发结晶回收盐类。这一系列操作让出水水质关键指标符合甚至超越相应排放与回用标准,以此满足环保要求,达成工业和生态回用的安全性需求。

3.3 资源回收与循环利用模式

矿井水处理工艺经优化后,为资源回收以及循环利用模式筑牢了坚实根基,矿井水在污染物清除干净之后,会通过分级处理来达成水资源在不同用途上的利用,质量稍差的出水直接进入工业循环系统继续使用,而干净的出水则直接用于补充生产用水或者生活用水,盐分和重金属这些物质借助集成的先进技术手段,能够当作有用资源被回收再利用。矿业走上绿色发展道路得到有力促进,此做法不仅将废弃物排放给环境造成的负担大幅减少,还极大提升了资源利用效率^[4]。

4 矿井水零排放系统的技术支撑与工程应用价值

4.1 技术路径优化对系统运行的影响

在矿井水零排放系统运转中,技术路径优化意义重大,经对预处理、深度处理以及资源回收环节进行创新搭配,对工艺流程予以优化融合,系统稳定性和处理效率大幅提高,这种创新搭配有效降低了设备失效率,延长关键设备使用寿命减少保养成本,在污染物去除上优化后的处置路径能够高效降低水中悬浮物、溶解性污染物,以及重金属含量使得出水水质更加稳定可靠。而且系统对不同污染负载条件的适应性因适宜的技术路径配置得以增强,为水资源的循环利用与回用给予了坚实保障工程实际应用和推广变得更为易于操作,这是由于系统集成水平提升后能耗与材料消耗显著降低,经济效益大幅增长效果极其显著,矿井水零排放的清晰发展方向由这种技术路线指明,这有利于整个系统稳定运行,还能将环境保护效果发挥到极致。

4.2 对矿山水处理水平和资源节约的贡献

在优化矿井水零排放系统的技术路径上,借助工艺深度整合与设备科学选型达成显著提高矿山水处理整体能力以及资源利用效率的目标,通过技术创新实现污染物的彻底清除,以及各种资源的回收利用有效缓解矿山生产给环境带来的压力,达成矿井水深度净化和可靠回用的目的,大幅提升水处理效果与运行可靠性。在资源节约方面优化后的系统能明显减少水资源浪费现象,给予建设节能环保型矿山有力支撑,保证矿产开采过程水资源得以反复循环使用,矿业领域推动环境友好及可持续发展所带来的真实应用价值在这条技术路径中清晰展现^[5]。

4.3 推动环境友好型矿业发展的实践意义

在推动环境友好型矿业发展进程中,矿井水零排放系统的施行具备关键意义,把矿井水彻底净化与资源回收紧密结合,借助改进水质处理工艺能显著缓解矿山废水对周边生态环境的压力,实现水资源的高效循环利用,矿业的可持续发展能力被此类绿色技术路径有效提高同时环境污染得以降低,为建设资源节约型与生态保护型矿业提供了技术支撑推动矿山企业社会责任履行和经济效益达成协调统一。

5 结束语

本文围绕矿井水零排放系统中水质处理技术的优化展开,对预处理环节深度处理环节以及资源回收环节的工艺组合情况与流程衔接状况进行系统的梳理和分析,采用多级联用及集成创新搭配关键设备合理选型与工艺参数优化研究显示,能显著提升污染物去除效率达成矿井水稳定达标排放与回用推动资源循环利用。然而现有技术路径虽说对多数污染物有着良好的处理效果,可在彻底去除高盐或微量有毒物质、应对复杂水质应急状况等方面存在着一定局限,同时设备维护运行成本以及系统能耗等问题,也亟待进一步优化解决,未来研究要将主要精力置于把新型材料以及高效分离技术切实应用到实际生产中,与此同时持续加大力度研发智能调控系统让整个矿井水处理流程变得更为智能自动。特别要重视在遭遇异常状况时的安全保护措施,如此方可确保矿井水零排放系统长期、稳定、安全、高效地运行,推动节约资源保护环境的新矿业发展的扎实基础被这项研究工作成功奠定,同时相关技术继续创新发展的正确道路,也被清晰指明。

参考文献

- [1]李庆亮.高矿化度矿井水“零排放”处理工程实例[J].化工管理,2021,(11):179-180.
- [2]张山山,姬海宏,吴巧玲,等.煤矿矿井水处理零排放技术与工程应用[J].中国给水排水,2022,38(02):98-103.
- [3]徐桂萍.煤矿矿井水零排放处理技术与应用探析[J].产城:上半月,2020,0(05):0161.
- [4]于智卓,丁湘,蒲治国,等.华昱矿区矿井水水质评价及零排放资源化利用[J].中国煤炭地质,2023,35(02):41-46.
- [5]肖艳.煤矿高矿化度矿井水零排放处理技术现状及展望[J].能源环境保护,2021,35(02):7-13.

作者简介:

陈梦现(1990--),男,汉族,安徽省滁州市人,硕士研究生,工程师,主要从事工作:废水处理。