

矿井水处理和资源化利用的关键问题及对策

王思宇

中煤科工集团北京华宇工程有限公司 北京 100120

摘要: 通过探讨我国矿井水处理和资源化利用的现状、关键问题及对策。由于水资源短缺和矿井水外排对环境造成的严重影响, 矿井水资源化利用具有重要的经济、社会和环境价值。文章介绍了高矿化度含盐矿井水、高浊矿井水、低浊矿井水、酸化水和含油矿井水的处理方法及案例分析, 指出当前矿井水处理存在的关键问题。针对这些问题, 提出了优化浓水处理方案、提高资源利用率、降低处理成本、应对水质波动和提升自动化水平等对策。最后, 分析了矿井水治理的深层矛盾, 并对未来发展趋势进行展望。

关键词: 矿井水; 处理工艺; 资源化利用; 关键问题; 对策

1 水资源背景与矿井水问题剖析

1.1 水资源现状与短缺问题

我国水资源总量丰富, 但人均占有量少, 仅为世界人均水平的1/4左右, 且水资源在地域和时间上分布极为不均。北方地区水资源短缺问题尤为突出, 部分城市 and 地区长期面临着用水紧张的局面。同时, 随着经济社会的快速发展, 工业、农业和生活用水需求不断增加, 进一步加剧水资源的供需矛盾。水资源短缺已成为制约我国部分地区经济社会可持续发展的重要因素。

1.2 矿井水外排对环境的影响

矿井水外排会对地表水、土壤和生态环境造成严重破坏。一方面, 矿井水中常含有大量的悬浮物、重金属、矿物质等污染物, 直接排放会导致地表水水质恶化, 影响周边河流、湖泊的生态功能, 破坏水生态系统的平衡。例如, 含重金属的矿井水会使水生生物受到毒害, 导致鱼类等水生生物数量减少, 生物多样性降低。另一方面, 矿井水外排渗入土壤后, 会改变土壤的理化性质, 造成土壤污染, 影响农作物的生长和品质。长期受污染的土壤种植出的农作物可能含有超标的有害物质, 威胁人体健康。此外, 矿井水外排还可能引发地面沉降等地质灾害, 对周边居民的生命财产安全构成威胁。

1.3 矿井水资源化利用的价值

矿井水资源化利用具有显著的经济、社会和环境价值。从经济角度看, 将处理后的矿井水回用于工业生产、农业灌溉和生活杂用等领域, 可以降低企业的用水成本, 提高水资源的利用效率。例如, 煤矿企业将处理后的矿井水用于井下防尘、设备冷却等环节, 可大幅减少新鲜水的使用量, 降低生产成本。从社会角度看, 矿井水资源化利用有助于缓解区域水资源短缺问题, 保障居民的用水安全, 促进社会的稳定发展。从环境角度

看, 对矿井水进行处理和资源化利用, 能够减少污染物的排放, 减轻对环境的压力, 保护生态环境^[1]。

2 矿井水分类处理技术与案例分析

2.1 高矿化度含盐矿井水

2.1.1 反渗透等处理方法: 高矿化度含盐矿井水的处理通常采用反渗透、电渗析等膜分离技术。反渗透技术是利用半透膜的选择性透过原理, 在压力作用下, 使水分子通过半透膜, 而盐分等溶质被截留, 从而实现脱盐的目的。电渗析则是利用离子交换膜的选择透过性, 在直流电场作用下, 使水中的阴阳离子定向迁移, 从而实现盐分的去除。这些技术具有脱盐效率高、出水水质好等优点, 但也存在能耗高、膜污染严重等局限性。

2.1.2 工程案例: 以某大型煤矿的高矿化度含盐矿井水处理工程为例, 该工程采用“预处理+反渗透+浓水蒸发结晶”的处理工艺。预处理阶段通过混凝沉淀、过滤等方法去除水中的悬浮物和胶体物质, 降低浊度; 反渗透系统对预处理后的水进行脱盐处理, 产水水质达到工业用水标准; 浓水则通过蒸发结晶装置进行处理, 实现盐分的固化处理。工程运行后, 矿井水的回用率达到了80%以上, 有效缓解了矿区的用水紧张问题, 同时减少了浓水的排放。

2.1.3 存在的问题与解决办法: 该处理工艺存在的主要问题包括膜污染严重、能耗高以及浓水难以处理。针对膜污染问题, 可以通过优化预处理工艺、定期对膜进行化学清洗等方式来缓解; 为降低能耗, 可采用新型节能膜材料和优化运行参数等措施; 对于浓水问题, 除了蒸发结晶处理外, 还可以探索浓水的其他回用途径, 如用于井下灌浆、洗煤等。

2.2 高浊矿井水

2.2.1 处理方法: 高浊矿井水的处理主要采用混凝沉

淀、过滤、磁分离等方法。混凝沉淀是向水中投加混凝剂,使水中的悬浮物和胶体颗粒凝聚成较大的絮体,然后通过沉淀去除;过滤则是利用滤料截留水中的悬浮物,进一步降低浊度;磁分离技术是通过向水中投加磁性介质,使悬浮物与磁性介质结合,然后利用磁场力将其分离。这些方法可以有效降低矿井水的浊度,提高水质。

2.2.2 工程案例分析:某煤矿高浊矿井水处理工程采用“预沉池+混凝沉淀池+过滤池”的处理工艺。矿井水首先进入预沉池进行初步沉淀,去除较大颗粒的悬浮物;然后进入混凝沉淀池,投加混凝剂和助凝剂,使水中的细小悬浮物凝聚沉淀;最后通过过滤池进一步去除水中的剩余悬浮物,出水浊度可降至5NTU以下,满足工业回用标准。

2.3 低浊矿井水

2.3.1 处理方法:低浊矿井水的处理相对较为简单,通常采用消毒、微滤等方法。消毒可以杀灭水中的细菌、病毒等微生物,保障用水安全;微滤则可以去除水中的微小颗粒和胶体物质,进一步净化水质。

2.3.2 工程案例分析:某小型煤矿的低浊矿井水处理工程采用“紫外线消毒+微滤”的处理工艺。矿井水经过紫外线消毒后,利用微滤膜过滤,出水水质良好,可直接用于井下洒水降尘和绿化灌溉。

2.4 酸化水

2.4.1 处理方法:酸化水的处理主要采用中和法和生化法。中和法是向酸化水中投加碱性物质,如石灰、氢氧化钠等,调节pH值至中性;生化法则利用微生物的代谢作用,去除水中的有机物和部分重金属^[2]。

2.4.2 工程案例分析:某矿山的酸化水处理工程采用“石灰中和+生物接触氧化”的处理工艺。首先通过投加石灰调节pH值,使重金属离子沉淀;然后利用生物接触氧化池去除水中的有机物。处理后的出水pH值稳定在6-9之间,重金属离子浓度达标排放。

2.5 含油矿井水

2.5.1 处理方法:含油矿井水的处理通常采用隔油、气浮、过滤等方法。隔油是利用油与水的密度差,使油上浮至水面,然后通过撇油器去除;气浮是向水中通入空气,产生微小气泡,使油滴附着在气泡上,随气泡上浮至水面去除;过滤则可以进一步去除水中的剩余油分和悬浮物。

2.5.2 工程案例分析:某油田的含油矿井水处理工程采用“隔油池+溶气气浮池+核桃壳过滤器”的处理工艺。经过处理后,出水含油量可降至5mg/L以下,达到回用水标准,可用于油田注水等环节。

3 现有矿井水处理存在的问题

3.1 浓水问题

在高矿化度含盐矿井水的处理过程中,浓水的产生不可避免。目前,浓水的处理和排放是一个难题,由于浓水中盐分浓度高,直接排放会对环境造成严重污染,而现有的浓水回用途径有限,如回用至灌浆用水也面临着水质要求、输送距离等问题。大量浓水无处排放,不仅占用大量土地资源,还存在潜在的环境风险。

3.2 资源利用率低

尽管部分矿井水得到了处理和回用,但整体资源利用率仍较低。一方面,现有的处理工艺存在局限性,无法充分提取矿井水中的有用成分,导致部分水资源未能得到有效利用;另一方面,部分企业对矿井水资源化利用的重视程度不够,缺乏先进的处理技术和设备,使得矿井水的回用率不高。

3.3 处理成本高

矿井水处理成本高主要体现在药剂消耗、设备投资和能耗等方面。例如,在高矿化度含盐矿井水的反渗透处理过程中,需要消耗大量的反渗透膜清洗剂和阻垢剂,且反渗透设备投资大、运行能耗高;在高浊矿井水的处理中,混凝剂和助凝剂的用量也较大,增加了处理成本。此外,设备的维护和管理费用也进一步提高了处理成本。

3.4 水质波动大

随着矿井开采面的不断推移,矿井水的来源和成分也会发生变化,导致来水水质波动较大。不同开采区域的矿井水在悬浮物含量、含盐量、酸碱度等方面存在差异,这给处理工艺的稳定运行带来了挑战。如果不能及时调整处理工艺参数,可能会导致出水水质不达标。

3.5 自动化程度低

目前,许多矿井水处理系统的自动化程度较低,主要依靠人工操作和监控。人工操作存在效率低、误差大等问题,且难以实现对处理过程的实时监控和精准控制。同时,由于监管不到位,部分处理设备可能无法正常运行,影响处理效果和设备寿命^[3]。

4 解决矿井水处理关键问题的对策

4.1 优化浓水处理方案

除了现有的蒸发结晶等处理方法外,应进一步探索浓水的多元化回用途径。例如,研发适合浓水水质特点的洗煤工艺,将浓水用于洗煤环节;研究浓水在井下灌浆中的应用技术,解决水质兼容性和输送问题。此外,还可以开展浓水减量技术的研究,如采用正渗透、膜蒸馏等新型膜技术,降低浓水的产生量。

4.2 提高资源利用率

加强对矿井水处理工艺的研究和创新,研发集成化、高效化的处理技术,提高对矿井水中有用成分的提取效率。例如,采用膜-生物反应器(MBR)技术处理矿井水,可同时实现有机物去除和水资源回用;利用离子交换树脂等技术,回收矿井水中的有价金属离子。同时,鼓励企业引进先进的处理设备和技术,提高矿井水的回用率。

4.3 降低处理成本

通过优化药剂选型和投加量,选择性价比高的药剂,减少药剂消耗成本。例如,采用新型高效混凝剂替代传统混凝剂,在保证处理效果的前提下降低药剂用量。改进设备性能,采用节能型设备和工艺,降低能耗。如选用高效节能的水泵、风机等设备,优化反渗透系统的运行参数,提高能源利用效率。此外,加强设备的维护和管理,延长设备使用寿命,降低设备更新成本。

4.4 应对水质波动

建立完善的水质监测与预警系统,实时监测矿井水的水质变化情况。利用在线监测仪器,对矿井水的pH值、浊度、含盐量、重金属含量等指标进行实时监测,并将数据传输至监控中心。根据水质监测结果,及时调整处理工艺参数,如投加药剂的种类和用量、处理设备的运行工况等,确保出水水质稳定达标。

4.5 提升自动化水平

引入智能在线监测系统和自动化控制系统,实现对矿井水处理过程的远程监控和自动化控制。通过传感器实时采集处理过程中的各项数据,如水位、流量、压力、水质等,利用自动化控制系统对处理设备进行自动调节和控制。同时,建立故障诊断和预警机制,当设备出现故障或处理效果不达标时,系统能够及时发出警报,并提供相应的解决方案,提高处理系统的运行效率和稳定性。

5 矿井水治理的深层矛盾与未来展望

5.1 主观论述

矿井水处理和资源化利用是一项系统工程,涉及到技术、经济、环境、政策等多个方面。从技术层面看,虽然目前已经有多种处理技术,但仍需不断创新和完善,以提高处理效率和降低成本;从经济层面看,企业在追求经济效益的同时,需要权衡矿井水处理和资源化利用的投入与产出;从环境层面看,矿井水处理和资源化利用是保护生态环境的必然要求;从政策层面看,政府需要出台相关政策,鼓励和引导企业开展矿井水处理

和资源化利用工作^[4]。

5.2 矛盾核心分析

矿井水处理和资源化利用过程中的矛盾核心主要体现在经济成本与环境效益之间的冲突。一方面,企业为了追求经济效益,希望降低矿井水处理的成本,但这可能会导致处理效果不佳,影响环境效益;另一方面,为了实现良好的环境效益,企业需要加大在处理技术和设备上的投入,这又会增加成本,降低经济效益。此外,不同利益主体之间的协调也是一个难点,如企业、政府、周边居民等在矿井水处理和资源化利用过程中的利益诉求不同,需要进行有效的协调和平衡。

5.3 未来展望与发展趋势

未来,矿井水处理和资源化利用将朝着更加高效、环保、智能化的方向发展。在技术方面,新型处理技术和材料将不断涌现,如纳米材料在吸附处理中的应用、生物处理技术的进一步优化等,将提高处理效率和降低成本。在管理方面,智能化管理系统将得到广泛应用,实现对矿井水处理过程的精准控制和优化运行。在政策方面,政府将进一步加强对于矿井水处理和资源化利用的支持力度,出台更加严格的环保标准和激励政策,推动企业积极开展相关工作。同时,矿井水资源化利用的范围将不断扩大,不仅局限于工业和农业领域,还可能向生活用水等领域拓展。

结束语

综上所述,矿井水处理和资源化利用对于缓解水资源短缺、保护生态环境和促进经济社会可持续发展具有重要意义。通过技术创新和政策引导,可以逐步解决当前矿井水处理存在的问题,提高矿井水的资源利用率和处理效率。未来,随着新型处理技术和智能化管理系统的不断发展,矿井水处理和资源化利用将迎来更加广阔的发展前景。企业应积极响应政策号召,加大投入和研发力度,共同推动矿井水处理和资源化利用工作取得更大成效。

参考文献

- [1]白乐,李恩宽,郭欣伟,等.矿井水资源开发利用现状及潜力评价方法[J].人民黄河,2021,43(02):73-78.
- [2]田云福,陈雪红.矿井废水资源优化配置研究与应用[J].山西焦煤科技,2021,45(04):45-48.
- [3]刘爽.煤矿矿井水处理技术及资源化综合利用[J].资源节约与环保,2022,(08):104-107.
- [4]杨廷超.煤矿矿井水处理技术及资源化综合利用[J].煤炭与化工,2021,(12):61-63+68.