

三是构建完善的公共服务平台。支持建设一批工业设计公共服务平台,提供模具设计、样机制作、检验检测、快速成型等专业服务,补齐产业链关键环节。鼓励平台开展供需对接、成果转化、知识产权保护等服务,降低中小企业创新成本。

4.2 加强人才引育与激励机制

人才是工业设计创新的第一资源。重庆应当构建多层次的人才培养体系和有效的激励机制:

一是培养高层次拔尖人才。建立“战略科学家—领军人才—青年骨干”三级培养体系。支持重庆大学、四川美术学院等在渝高校开设智能制造设计、服务设计等新兴专业方向,推行高校企业“双导师制”培养模式,组织学生进入重点企业开展设计实践。同时,依托中新互联互通项目平台,加强国际设计人才交流合作,引进先进设计理念与资源,培育具有全球视野的设计大师。

二是培养高素质技术技能人才。推进职业教育深化产教融合,开发模块化课程体系,实现专业设置与产业需求精准对接。推行现代学徒制,支持职业学院与企业共建设计工匠班,培育“懂工艺会设计”的复合型人才。建立设计师职业能力认证体系,设立初级、中级、高级设计师资格认证标准,将认证结果与企业职称评定、薪酬待遇挂钩。

4.3 推动产业培育与数字化转型

重庆应当做强工业设计产业本身,增强其赋能制造业的能力:

一是延伸产业链条,提升整体竞争力。持续打通模具设计、样机制作、检验检测等关键环节,发展全生命周期设计,形成全链条设计产业集群。支持工业设计企业向综合服务提供商转型,提升产业附加值。

二是优化产业空间布局。引导各区县根据产业基础和资源禀赋,因地制宜发展工业设计。如渝西地区(工业基础较好的地区)、渝东新城等区域可结合本地制造业特色,发展专业化的工业设计服务;中心城区则可依托人才、技术优势,发展高端设计服务。同时,持续提升重点园区带动力,聚焦智能设计等重点领域,打造一批产业集聚区,探索“总部设计+区外制造”等合作模式,让工业设计产业集群成为带动区域发展的有力引擎。

三是加快产业数字化转型。支持工业设计企业应用大数据、人工智能、虚拟现实等数字技术,提升设计效率和质量。建设重庆工业设计云平台,提供从概念设计到样机制作

的全流程服务。推广虚拟现实(VR)协同设计平台,支持跨地域设计团队实时协作。

4.4 深化产业融合与创新发展

重庆应当深化工业设计与制造业的融合,推动创新发展:

一是突出重点、打造特色。明确重庆工业设计发展方向,聚焦“33618”现代制造业集群体系建设,围绕智能网联新能源汽车、电子信息和旅游消费品等方向,加强产品设计和外包设计,以个性化产品满足多样化消费需求。在汽车产业领域,重点发展智能座舱设计、人机交互界面设计,推动设计与智能网联技术深度融合。在电子信息产业领域,强化显示技术与工业设计的协同创新,注重产品形态与使用场景的适配性设计,推动智能终端产品创新。

二是推动工业设计深度融入制造业价值链。引导制造企业将工业设计融入生产经营全流程,从前端市场调研到后端营销服务,全方位发挥设计创新价值。支持制造企业建立工业设计中心,提升设计创新能力。

三是加强知识产权保护和运用。健全工业设计知识产权保护机制,加强对工业设计领域外观设计专利、商标和著作权等知识产权的保护。支持企业进行知识产权布局 and 运营,提升知识产权价值。建立工业设计知识产权交易平台,促进设计成果转化和应用。同时,探索建立工业设计知识产权快速维权机制,降低企业维权成本。

5 结语

本研究系统阐述了重庆工业设计赋能先进制造业的现状、问题与路径。分析表明,重庆已具备良好的产业基础与发展机遇,但赋能效能的全面提升,仍依赖于政策、产业、企业与人才等关键要素的系统性协同与创新。未来,随着数字技术的深度渗透与“设计之都”建设的持续推进,工业设计必将在重庆制造业的高质量发展征程中扮演更加核心的战略角色。

参考文献

- [1] 王晓红.工业设计赋能制造业高质量发展的机制与路径研究[J].中国工业经济,2023(5):45-62.
- [2] 李力行,陈建军.全球价值链视角下工业设计创新与制造业升级[J].科研管理,2024,45(1):120-128.
- [3] 何相莹.重庆制造到重庆“智”造——工业设计产业发展现状调查报告[J].重庆统计,2022(9):12-16.

Application Research of Deep Treatment and Reuse Technology of Mine Water

Xugui Zhang Jian Zhang

Wushan Copper Mine Baiyang Town Ruichang City Jiangxi Province, Ruichang, Jiangxi, 332204, China

Abstract

Amid the green transition in the coal industry, the resource potential of mine water as a by-product has garnered significant attention. However, its complex water quality and diverse chemical composition pose challenges to efficient utilization. Addressing the supply-demand imbalance of water resources in mining areas and environmental policy requirements, this study systematically examines the core technological framework for advanced mine water treatment and reuse. It analyzes technical principles and application features across pretreatment and advanced treatment stages, while highlighting the ecological, resource, and industrial value of these technologies. Research demonstrates that a differentiated technology-adapted cascade reuse model can effectively transform mine water from waste into valuable resources, providing a technical pathway for advancing water recycling and ecological conservation in the coal industry.

Keywords

Mine water; Advanced treatment; Reuse technology

矿井水深度处理及回用技术应用研究

张绪贵 张健

江西省瑞昌市白杨镇武山铜矿, 中国 · 江西 瑞昌 332204

摘要

煤炭行业绿色转型背景之下, 矿井水作为伴生资源的资源化潜力受到人们的重视, 但是其水质复杂、组分多样化的特性限制了高效利用。根据矿区水资源供需矛盾和环保政策要求, 本文对矿井水深度处理及回用的核心技术体系进行梳理, 对预处理、深度处理等各环节技术原理及应用特点进行分析, 阐述技术应用生态、资源、产业价值。研究显示, 差异化技术适配加梯级回用模式, 能够让矿井水“变废为宝”, 为煤炭行业水资源循环利用与生态保护协同推进带来技术方向。

关键词

矿井水; 深度处理; 回用技术

1 引言

我国的矿山开采工作长久以来一直是我国基础国民经济发展的重点, 而在矿山开采工作中, 不论是采矿、选矿还是办公或日常的职工生活都离不开水资源, 并且对于水质、水量以及压力等方面都有着较高的要求, 同时也意味着大量废水资源的排放, 这就需要较高质量给排水工程作为支撑。矿井水深度处理及回用技术, 是利用多工艺协同去除矿井水中悬浮物、重金属、高盐等污染物, 进行分质梯级利用的一种技术体系, 这是解决矿区缺水和污染双重难题的重要技术。随着“双碳”目标推进以及矿井水利用政策的收紧, 技术适配性、资源化效率成了行业的核心诉求, 企业只有建立起科学的技术体系, 才能达到矿业开发和水资源保护之间的动态平衡。

2 矿井水深度处理及回用技术应用意义

2.1 筑牢生态环境保护底线

矿井水如果未经深度处理就直接排放, 其中所含的重

金属离子、悬浮颗粒物以及难降解有机物就会渗入土壤、污染地表和地下水系, 破坏矿区及其周边的生态系统完整性^[1]。矿山开采区域通常存在着生态本底脆弱的问题, 水体污染很容易造成植被退化、土壤盐碱化等连锁反应, 增大生态失衡的风险。深度处理及回用技术属于末端削减污染物排放的技术, 通过定向去除特征污染物, 使出水水质达到排放标准以及回用要求, 从源头上阻断污染链条。既符合《地下水管理条例》等政策要求, 又能够修复矿业开发造成的水生态扰动, 保持区域水生态系统的稳定性, 为绿色矿山建设提供生态保障。

2.2 优化矿区水资源配置格局

我国煤炭产区与水资源富集区逆向分布, 西部矿区普遍处于干旱缺水的状况之中, 采矿、选矿等工序要消耗大量的水资源, 部分矿区过度依赖地下水开采, 造成地下水位下降、水资源枯竭等问题。矿井水深度处理后可以做为生产、生活及生态用水的一种补充水源, 实现废水资源化, 解决矿

区水资源供需矛盾。按照分质回用的方式,处理后的矿井水可以直接用来做井下防尘、设备冷却等生产环节的水,代替新鲜水的使用,降低地下水的开采^[2]。这种内循环模式不仅会提高水资源利用效率,还可以构建起“开采、处理、回用”的闭环系统,重新塑造矿区水资源配置格局。

2.3 驱动煤炭行业绿色转型发展

在能源结构优化和环保约束加强的双重压力之下,绿色低碳成为煤炭行业转型的主要方向^[3]。矿井水深度处理和回用技术的大规模应用,能降低矿区新鲜水取水成本、废水处理成本,为企业带来明显的经济效益。技术推广促使矿山企业升级给排水系统,促进采选工艺和环保技术深度融合,提高行业整体环保水平。矿井水回用率的提高,是绿色矿山评价的重要指标,直接影响企业的市场竞争力与政策适配性。利用技术赋能,实现矿业开发和水资源保护的协调发展,为煤炭行业高质量转型注入动力^[4]。

3 矿井水深度处理及回用技术应用

3.1 预处理技术

3.1.1 格栅与筛网过滤

格栅和筛网过滤是矿井水预处理的第一道物理屏障,主要功能是去除水中粒径较大的悬浮颗粒物、漂浮物和杂物,为后续处理工艺提供水质保证。格栅主要用来去除粒径大于 10mm 的杂质,如采矿废渣、树枝等,根据结构可以分为固定式和移动式,根据矿井水流量和杂质含量选择合适的型号,通过机械或者人工的方式清理截留物,防止后续管路堵塞和设备磨损^[5]。筛网过滤是针对粒径更小的悬浮物,使用不同孔径的金属或者合成纤维筛网,利用筛分作用达到固液分离的目的,孔径可以根据后续工艺的要求调节为 0.1 到 1mm。这种技术具有结构简单、运行成本低、无二次污染等优点,适合于各种矿井水预处理场合,处理效果直接影响到后面工艺的运行稳定性,需要得到企业的关注。

3.1.2 混凝沉淀与气浮工艺

混凝沉淀和气浮工艺都用于去除矿井水中的胶体颗粒、细小悬浮物和部分溶解性有机物,主要原理就是利用药剂破坏胶体的稳定性,使污染物聚集分离。混凝沉淀工艺是在水中加入混凝剂,使胶体颗粒失去稳定性而凝聚成絮体,絮体在重力作用下沉降分离,常用的混凝剂有铝盐、铁盐及高分子絮凝剂,投加量要根据水质特点来动态调整^[6]。气浮工艺就是向水中通入微气泡,使絮体附着在气泡上,随气泡上浮到水面形成浮渣排出,相比混凝沉淀,更适合于低温、低浊、含油矿井水,分离效率高、沉淀时间短。两种工艺能够单独使用,也可以组合使用,企业根据矿井水的胶体含量、温度等水质参数选择使用。

3.1.3 预氧化处理

预氧化处理是利用氧化作用将矿井水中的难降解有机物氧化分解、去除铁锰离子,改善后续工艺处理效果的工序,

是复杂水质矿井水预处理的重要环节。常用的氧化剂有氯气、二氧化氯、高锰酸钾、臭氧等,不同的氧化剂适用于不同的水质场景,氯气氧化成本低,适合于含硫矿井水除硫,二氧化氯氧化性强,可以分解有机物,没有消毒副产物,高锰酸钾对铁锰离子去除效果好,还能抑制后续工艺中藻类的滋生^[7]。预氧化过程破坏污染物分子结构,将难降解物质变成易处理的小分子有机物,减少水体色度和异味,减轻后面深度处理工艺负担,提高整体处理效率。

3.2 核心深度处理技术

3.2.1 膜分离技术

膜分离技术是矿井水深度处理的重要技术之一,利用膜的选择性透过性来达到污染物和水分子的分离,根据分离精度可以分为超滤、纳滤、反渗透等。超滤膜可以去除水中的悬浮物、胶体和微生物,孔径范围为 0.001 ~ 0.1 μm,运行压力低,适合于回用为生产用水的前处理;纳滤膜可以截留二价离子和部分有机物,脱盐率适中,适合于微咸矿井水的适度脱盐处理,满足分质回用的要求;反渗透膜分离精度最高,能截留大部分的离子和有机物,脱盐率可达 90% 以上,适合于高盐矿井水深度处理及纯水的制备^[8]。这类技术具有处理效果好、占地少、操作自动化程度高等优点,但需要做好膜污染控制,延长膜的使用寿命。

3.2.2 活性炭吸附技术

活性炭吸附技术依靠活性炭的多孔结构和表面吸附能力,去除矿井水中的微量有机物、重金属离子、异味和色度等污染物,属于深度处理中关键的吸附单元。活性炭按形态可以分为颗粒活性炭和粉末活性炭,颗粒活性炭适合连续处理工艺,采用“吸附—再生循环”的方式实现重复利用,再生方式有热再生、化学再生等,粉末活性炭适合间歇性处理或者应急处理,投加后与水充分混合反应,通过沉淀或者过滤分离,不需要再生但消耗量大^[9]。吸附效果受活性炭比表面积、孔径分布和污染物性质的影响,企业可通过优化活性炭的种类、投加量和接触时间来提高目标污染物的去除效率,一般和膜分离技术配合使用,提高出水水质。

3.2.3 化学沉淀与螯合沉淀技术

化学沉淀和螯合沉淀技术主要用来去除矿井水中的重金属离子,如铅、镉、汞等,两种工艺通过不同的反应机理完成重金属的分离。化学沉淀技术投加碱性药剂调节 pH 值,重金属离子形成氢氧化物、硫化物等难溶性沉淀,固液分离去除,工艺简单、成本低,但低浓度重金属去除效果差,受水体 pH 值影响大。螯合沉淀技术使用螯合剂与重金属离子发生特异性反应,形成稳定的螯合物沉淀,螯合剂选择性好、反应速度快,能有效去除低浓度重金属,沉淀产物稳定,不易二次溶出。本方法适用于重金属污染的矿井水深度净化,尤其是水质复杂、重金属含量高的地区。

3.2.4 高盐矿井水处理技术

高盐矿井水主要分布在西部矿区,由于含盐量高、水