

# 基于生态环保的煤矿工程污水治理研究

赵慧剑

国电建投内蒙古能源有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017209

**摘要：**本文聚焦基于生态环保的煤矿工程污水治理。先分析煤矿污水来源、水质特性及排放危害，指出其对水环境和土壤环境的不良影响。接着阐述治理现状，虽取得进展但存企业环保意识淡薄、技术适配难、成本高等问题。随后强调生态环保理念的重要性，并介绍传统治理技术及创新发展的生态环保型技术，如自然净化系统、高级氧化工艺等，为煤矿污水治理提供参考。

**关键词：**生态环保；煤矿工程；污水治理；水资源保护

## 1 煤矿工程污水特性及危害分析

### 1.1 煤矿污水来源

煤矿污水来源复杂，主要有矿井水、选煤废水、煤矿生活污水。矿井水是煤矿开采时，与煤层、岩层接触后涌出，且人工排水形成。不同地质和开采方式的矿井，水质水量有别，如富含硫化物矿区，矿井水硫酸盐浓度可能较高。选煤废水产生于煤炭洗选加工，为去除杂质加入大量水和化学药剂，与细颗粒杂质混合形成，悬浮物高且含化学药剂残留。煤矿生活污水来自矿区职工日常生活，含大量有机物、氮磷及微生物，水质与城市生活污水相似，规模较小。

### 1.2 污水水质特性

煤矿污水因来源不同水质有别。矿井水高悬浮物、高矿化度，悬浮物来自煤尘等，矿化度体现为含多种离子，部分含重金属离子，有的呈酸性或碱性，有腐蚀性<sup>[1]</sup>。选煤废水悬浮物极高，主要是细颗粒煤泥和杂质，难自然沉降，还含化学药剂，水质复杂难处理。煤矿生活污水含大量有机物，分解耗氧致水体缺氧发臭，含氮磷等营养物质，排放会致水体富营养化，还含病原体，威胁人类健康。

### 1.3 污水排放的危害

煤矿污水不合理排放危害大。对水环境，矿井水直接排放使水体浑浊、盐度升、重金属积累，危害水生生态和人类健康；选煤废水高悬浮物淤塞河道、化学药剂毒害生物、细颗粒煤泥阻碍自净；生活污水有机物耗氧、营养物质致富营养化、病原体传播疾病。对土壤环境，含高浓度盐分的矿井水灌溉使土壤盐渍化，降低肥力；选煤废水细颗粒煤泥和化学药剂渗入土壤，改变结构性质，破坏生态功能，导致土地退化。

## 2 煤矿工程污水治理现状

当前，煤矿工程污水治理取得了一定进展，但也面

临诸多挑战。在治理技术方面，不断推陈出新，针对矿井水，物理处理法如沉淀、过滤被广泛应用，可有效去除悬浮物；化学处理法能降低矿化度和去除重金属离子；膜分离技术凭借高效、节能等优势，逐渐在深度处理中崭露头角。选煤废水治理上，絮凝沉淀技术成熟，新型高效絮凝剂的研发进一步提升了处理效果；同时，过滤、浮选等联合工艺也提高了废水的回用率。对于生活污水，生物处理技术成为主流，活性污泥法、生物膜法等能有效降解有机物和去除氮磷。然而，治理现状仍存在不足，部分煤矿企业环保意识淡薄，为降低成本，污水处理设施运行不正常，甚至偷排污水。而且，不同地区、不同规模的煤矿污水水质差异大，现有治理技术难以实现精准适配，导致处理效果不稳定。此外，污水治理成本较高，包括设备购置、运行维护和药剂费用等，一些企业因资金短缺而无力承担，影响了污水治理的全面推进。

## 3 生态环保理念在煤矿工程污水治理中的重要性

### 3.1 生态环保理念的内涵

生态环保理念强调人与自然的和谐共生，追求经济、社会和环境的协调发展。它要求在发展过程中，充分考虑生态系统的承载能力和自我修复能力，尊重自然规律，保护生态环境，实现资源的可持续利用和生态的良性循环。在煤矿工程污水治理中，生态环保理念体现在以保护生态环境为出发点和落脚点，采用科学合理的治理技术和方法，最大限度地减少污水排放对环境的负面影响，促进煤矿行业的绿色发展。

### 3.2 基于生态环保的治理目标

基于生态环保理念的煤矿工程污水治理目标主要包括以下几个方面：一是实现污水的达标排放或零排放，确保污水中的污染物浓度符合国家和地方环保标准要求，减少对水环境、土壤环境等的污染。二是提高水资

源的循环利用率，通过有效的治理技术，将煤矿污水转化为可利用的水资源，用于矿区的生产、生活和生态补水等，缓解水资源短缺的压力。三是保护和恢复矿区生态环境，在污水治理过程中，注重对周边生态系统的保护和修复，促进生态系统的平衡和稳定，实现煤矿开发与生态环境的协调发展<sup>[2]</sup>。四是推动煤矿行业的可持续发展，通过采用生态环保型的污水治理技术和模式，降低企业的环境风险和运营成本，提高企业的经济效益和社会效益，增强企业的市场竞争力，为煤矿行业的长期稳定发展奠定基础。

### 3.3 生态环保理念对治理技术选择的影响

生态环保理念对煤矿工程污水治理技术的选择具有重要的指导作用。在选择治理技术时，应优先考虑技术的生态友好性和可持续性。一方面，要选择对环境影响小、能耗低、资源消耗少的治理技术。另一方面，要注重治理技术的综合效益，不仅要考虑污染物的去除效果，还要考虑水资源的回收利用和生态环境的改善。例如，膜技术与纳滤技术虽然设备投资较大，但能够实现污水的高效净化和深度处理，获得高质量的淡水，提高水资源的循环利用率，从长远来看具有较好的综合效益。生态环保理念还鼓励技术创新和集成应用。通过将多种治理技术进行有机结合，形成一套适合煤矿工程污水特点的综合治理方案，提高治理效率和效果。

## 4 基于生态环保的煤矿工程污水治理技术

### 4.1 传统治理技术的回顾与评价

传统煤矿工程污水治理技术涵盖物理、化学和生物处理技术。物理处理技术包含沉淀、过滤、气浮等，用于去除污水中的悬浮物和部分颗粒状污染物。沉淀技术利用重力使悬浮物沉淀，实现固液分离，操作简单、成本低，但对细颗粒悬浮物去除效果差。过滤技术借助滤料层截留悬浮物，提高水的清澈度，常见设备有砂滤池、纤维球过滤器等。气浮技术向污水中通入空气，产生微小气泡，让悬浮物附着气泡上浮至水面实现分离，对细颗粒悬浮物去除效果好，但设备能耗高。化学处理技术是向污水投加化学药剂，使污染物发生化学反应转化为无害或易分离物质。混凝沉淀技术是常用方法之一，投加混凝剂使悬浮物和胶体颗粒凝聚成较大絮体后沉淀分离，对悬浮物和胶体物质去除效果显著，但会产生大量化学污泥需后续处理。化学氧化技术利用氧化剂的强氧化性将有机物氧化分解为无害物质，常用氧化剂有氯气、臭氧等，对难降解有机物有一定去除效果，但氧化剂成本高且可能产生二次污染。生物处理技术利用微生物代谢作用将有机物分解转化为无机物。活性污泥

法应用广泛，通过曝气供氧使活性污泥中的微生物大量繁殖，吸附和降解有机物。生物膜法让污水流经生物膜表面，生物膜上的微生物利用有机物生长繁殖，实现污染物去除。生物处理技术处理效果好、成本低，但对污水水质和温度等有要求，且处理周期长。

### 4.2 生态环保型治理技术的创新与发展

#### 4.2.1 自然净化系统（湿地、人工湿地）

自然净化系统是一种利用自然生态系统的自我净化能力处理污水的生态环保型技术。湿地和人工湿地是其中具有代表性的处理方式。湿地是地球上一种独特的生态系统，具有强大的净化功能。它通过物理、化学和生物作用的综合协同，能够有效去除污水中的悬浮物、有机物、氮磷等营养物质以及重金属离子等污染物。在湿地中，污水缓慢流动，水中的悬浮物在重力作用下沉淀到湿地底部；湿地植物根系发达，能够吸附和拦截污水中的颗粒物质，同时为微生物提供附着表面，促进微生物对有机物的分解；湿地中的土壤和填料具有吸附、离子交换等作用，能够去除污水中的部分重金属离子和营养物质。人工湿地是在人工建造的类似于自然湿地的环境中处理污水的一种技术。与天然湿地相比，人工湿地可以根据污水的水质和处理要求进行设计和优化，具有处理效果好、运行稳定、管理方便等优点<sup>[3]</sup>。人工湿地一般由基质、植物和微生物三部分组成。基质通常选用砾石、砂、煤渣等材料，为植物生长和微生物附着提供载体，同时具有吸附和过滤作用。植物一般选用芦苇、香蒲、菖蒲等具有较强净化能力和适应性的水生植物，它们能够吸收污水中的氮磷等营养物质，并通过光合作用为微生物提供氧气。微生物则是人工湿地净化污水的核心，它们能够分解污水中的有机物，将氮、硫等元素进行转化，实现污水的净化。自然净化系统具有投资少、运行成本低、无二次污染等优点，同时还能改善周边生态环境，为野生动植物提供栖息地，具有良好的生态效益和社会效益。然而，自然净化系统的占地面积较大，处理效率相对较低，受气候条件和环境因素的影响较大，在实际应用中需要根据具体情况进行合理规划和设计。

#### 4.2.2 高级氧化工艺

高级氧化工艺是一种利用强氧化剂产生具有高活性的自由基（如羟基自由基·OH），将污水中的难降解有机物氧化分解为小分子有机物甚至二氧化碳和水的技术。与传统的化学氧化技术相比，高级氧化工艺具有氧化能力强、反应速度快、处理效果好等优点，能够有效去除污水中的多种难降解有机物，如酚类、多环芳烃、

农药等。常见的高级氧化工艺包括芬顿氧化、臭氧氧化、光催化氧化等。芬顿氧化是在酸性条件下，向污水中加入亚铁离子（ $\text{Fe}^{2+}$ ）和过氧化氢（ $\text{H}_2\text{O}_2$ ），二者发生反应生成羟基自由基，从而氧化分解污水中的有机物。芬顿氧化技术具有操作简单、反应条件温和等优点，但会产生大量的铁泥沉淀，需要进行后续处理。臭氧氧化是利用臭氧的强氧化性直接氧化污水中的有机物，或者通过臭氧分解产生的羟基自由基间接氧化有机物。臭氧氧化技术对污水的色度和臭味有较好的去除效果，且不会产生二次污染，但臭氧的发生成本较高，臭氧在水中的溶解度较低，影响了其氧化效率。光催化氧化是利用半导体材料（如二氧化钛 $\text{TiO}_2$ ）在光照条件下产生电子-空穴对，激发产生羟基自由基等活性物种，氧化分解污水中的有机物。光催化氧化技术具有反应条件温和、无二次污染等优点，但光催化剂的回收和再利用问题有待解决，且光照强度和波长对反应效率影响较大。高级氧化工艺在煤矿工程污水治理中具有广阔的应用前景，尤其适用于处理含有难降解有机物的选煤废水和矿井水。然而，目前高级氧化工艺仍存在成本较高、技术不够成熟等问题，需要进一步研究和优化，以降低处理成本，提高处理效率。

#### 4.2.3 膜技术与纳滤技术

膜技术是一种利用膜的选择性分离特性，实现污水中有用物质回收和污染物分离的技术。根据膜孔径的大小，膜技术可分为微滤、超滤、纳滤和反渗透等。微滤和超滤主要用于去除污水中的悬浮物、胶体颗粒和大分子有机物等，其操作压力较低，能耗较小。在煤矿工程污水治理中，微滤和超滤技术可作为预处理工艺，去除污水中的大部分悬浮物和杂质，减轻后续处理工艺的负担。纳滤技术是一种介于超滤和反渗透之间的膜分离技术，其膜孔径在纳米级别，能够有效截留污水中的二价和多价离子、小分子有机物等，同时允许部分一价离子和水分子通过。纳滤技术具有分离效率高、操作压力低、能耗小等优点，在煤矿高矿化度矿井水的脱盐处理中具有独特的优势。通过纳滤技术处理后的矿井水，不仅可以去除大部分盐分，还能保留部分对人体有益的矿物质，处理后的水可用于矿区的工业生产或生活杂用水，实现水资源的循环利用。膜技术与纳滤技术在煤矿

工程污水治理中具有显著的优势，能够实现污水的高效净化和深度处理，提高水资源的回收利用率。

#### 4.2.4 生态浮岛与植物修复技术

生态浮岛是一种利用无土栽培技术，将水生植物或陆生植物种植在漂浮于水面的浮岛上，通过植物的吸收、吸附和微生物的降解作用，去除污水中的氮、磷等营养物质和有机物的生态环保型治理技术。生态浮岛的植物根系能够吸收污水中的氮、磷等营养物质，将其转化为自身的生物量，从而实现营养物质的去除。植物根系表面附着大量的微生物，这些微生物能够分解污水中的有机物，将其转化为二氧化碳和水等无机物<sup>[4]</sup>。另外，生态浮岛还能为水生生物提供栖息和繁殖场所，增加水体生物多样性，改善水生态环境。植物修复技术则是利用植物的吸收、挥发、根滤、降解等作用，对受污染的土壤、水体等进行修复的技术。在煤矿工程污水治理中，植物修复技术主要用于处理含有重金属离子的污水。一些植物具有超富集重金属的能力，能够将污水中的重金属离子吸收并转运到植物体内，通过收割植物将重金属从污水中去除。生态浮岛与植物修复技术具有成本低、无二次污染、生态效益好等优点，能够与自然生态系统有机结合，实现污水治理与生态修复的双重目标。

#### 结束语

煤矿工程污水治理对生态环保意义重大。当前治理虽有成效，但挑战仍存。生态环保理念为治理指明方向，促使创新多种治理技术。未来，需持续加强监管，加大技术研发投入，降低治理成本，推动治理技术集成应用。通过综合施策，实现煤矿污水达标排放与资源化利用，促进煤矿行业绿色、可持续发展，守护生态环境安全。

#### 参考文献

- [1]胡书彦.基于生态环保的煤矿工程污水治理研究[J].资源节约与环保,2024,(02):59-63.
- [2]李峰.煤矿工程采矿新技术的应用研究分析[J].当代化工研究, 2022, (04):90-92.
- [3]吴聪颖.基于生态环保的城市环境工程污水治理研究[J].黑龙江环境通报,2024,37(12):110-112.
- [4]邵奎清.基于生态环保的城市环境工程污水治理研究[J].清洗世界, 2023, 39(02):103-105.