

## 电力技术

## 火电行业废水处理与循环利用技术进展

姚海洋

宁夏电投银川热电有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i8.7084

**[摘要]** 随着火电行业的迅速发展，废水处理与循环利用技术成为环境保护和资源节约的关键。本文首先概述了火电行业废水的主要来源和成分，分析了废水处理的重要性。接着，详细探讨了当前火电行业废水处理的关键技术，包括物理、化学和生物处理方法，并评估了这些技术在实际应用中的效率和局限性。此外，本文还讨论了废水循环利用的策略和技术，包括废水的预处理、深度处理和回用系统设计。最后，本文提出了火电行业废水处理与循环利用的未来发展趋势，并强调了技术创新和政策支持在推动这一进程中的作用。通过综合分析，本文旨在为火电行业废水处理与循环利用提供科学指导和实践参考。

**[关键词]** 火电行业；废水处理；循环利用；技术进展；环境保护

## Progress of wastewater treatment and recycling technology in thermal power industry

Yao Haiyang

Ningxia Power Investment Yinchuan Thermal Power Co., LTD.

**[Abstract]** With the rapid development of thermal power industry, wastewater treatment and recycling technology has become the key to environmental protection and resource conservation. This paper first summarizes the main sources and components of wastewater in thermal power industry and analyzes the importance of wastewater treatment. Then, the current key technologies for wastewater treatment in the thermal power industry, including physical, chemical and biological treatment methods, are explored in detail, and the efficiency and limitations of these technologies in practical applications are evaluated. Furthermore, the strategies and techniques for wastewater recycling, including wastewater pretreatment, advanced treatment, and reuse system design, are discussed. Finally, this paper proposes the future development trend of wastewater treatment and recycling in the thermal power industry, and emphasizes the role of technological innovation and policy support in promoting this process. Through comprehensive analysis, this paper aims to provide scientific guidance and practical reference for wastewater treatment and recycling in thermal power industry.

**[Key words]** thermal power industry; waste water treatment; recycling; technology progress; environmental protection

## 引言：

火电行业作为全球能源供应的重要组成部分，其废水处理与循环利用技术的发展对于实现可持续发展具有重要意义。废水处理技术不仅关系到企业的经济效益，更关乎生态环境保护和水资源的合理利用。本文旨在深入分析火电行业废水处理与循环利用的现状，探讨相关技术的应用及其面临的挑战，并提出未来技术发展趋势。通过这一研究，我们期望为火电行业的绿色转型提供理论支持和实践指导，以促进环境保护和资源节约。

## 一、火电行业废水的来源与特性

火电行业作为能源产业的重要组成部分，其生产过程中产生的废水一直是环境保护和资源循环利用领域关注的焦点。火电废水主要来源于煤炭燃烧过程中的烟气净化、锅炉水处理、冷却系统以及灰渣处理等多个环节。这些废水含有多种污染物，包括悬浮固体、重金属、有机物和酸碱性物质，对环境构成严重威胁。火电废水的特性分析是废水处理与循环利用研究的基础。废水中的悬浮固体主要来源于煤炭燃烧产生的灰分，

这些固体颗粒不仅影响水质，还会对废水处理设备造成磨损。重金属如铅、汞、铬等，由于其毒性和难以降解的特性，对环境和人体健康构成长期风险。此外，废水中的有机物和酸碱性物质，会破坏水体的生态平衡，影响水生生物的生存。

针对火电废水的这些特性，废水处理技术的研究与开发显得尤为重要。物理处理方法，如沉淀、过滤和离心，能有效去除废水中的悬浮固体，减少后续处理工序的负担。化学处理技术，包括混凝、氧化和中和等，能够去除或降低废水中的重金属和有机物含量，提高水质。生物处理技术则利用微生物的代谢作用，分解废水中的有机物质，是一种环境友好型处理方法。然而，火电废水处理并非无懈可击，现有技术仍面临诸多挑战。例如，重金属的去除效率往往受限于其化学形态和废水的复杂性。此外，废水处理成本与处理效率之间的平衡，也是火电企业在废水处理过程中必须考虑的问题。随着环保法规的日益严格，火电企业亟需开发更为高效、经济的废水处理技术，以满足环境保护的要求。

火电行业废水的来源与特性对废水处理与循环利用技术

提出了具体要求。未来的研究需要在现有技术的基础上，进一步探索和优化废水处理工艺，以实现火电废水的高效处理和资源化利用。同时，政策制定者和企业决策者也应加强对废水处理技术的政策支持和资金投入，推动火电行业向绿色、可持续发展转型。

## 二、火电行业废水处理技术的现状与挑战

火电行业作为能源产业的重要组成部分，其生产过程中产生的废水一直是环境保护和资源循环利用领域关注的焦点。火电废水主要来源于煤炭燃烧过程中的烟气净化、锅炉水处理、冷却系统以及灰渣处理等多个环节。这些废水含有多种污染物，包括悬浮固体、重金属、有机物和酸碱性物质，对环境构成严重威胁。火电废水的特性分析是废水处理与循环利用研究的基础。废水中的悬浮固体主要来源于煤炭燃烧产生的灰分，这些固体颗粒不仅影响水质，还会对废水处理设备造成磨损。重金属如铅、汞、铬等，由于其毒性和难以降解的特性，对环境和人体健康构成长期风险。此外，废水中的有机物和酸碱性物质，会破坏水体的生态平衡，影响水生生物的生存。

针对火电废水的这些特性，废水处理技术的研究与开发显得尤为重要。物理处理方法，如沉淀、过滤和离心，能有效去除废水中的悬浮固体，减少后续处理工序的负担。化学处理技术，包括混凝、氧化和中和等，能够去除或降低废水中的重金属和有机物含量，提高水质。生物处理技术则利用微生物的代谢作用，分解废水中的有机物质，是一种环境友好型处理方法。然而，火电废水处理并非无懈可击，现有技术仍面临诸多挑战。例如，重金属的去除效率往往受限于其化学形态和废水的复杂性。此外，废水处理成本与处理效率之间的平衡，也是火电企业在废水处理过程中必须考虑的问题。随着环保法规的日益严格，火电企业亟需开发更为高效、经济的废水处理技术，以满足环境保护的要求。

火电行业废水的来源与特性对废水处理与循环利用技术提出了具体要求。未来的研究需要在现有技术的基础上，进一步探索和优化废水处理工艺，以实现火电废水的高效处理和资源化利用。同时，政策制定者和企业决策者也应加强对废水处理技术的政策支持和资金投入，推动火电行业向绿色、可持续发展转型。

## 三、火电行业废水循环利用的策略与技术

火电行业废水的循环利用是实现水资源可持续利用和减少环境污染的重要途径。在这一过程中，策略与技术的创新和应用尤为关键。废水循环利用的核心目标是将处理后的废水重新引入工业生产流程，替代部分新鲜水资源，从而降低整体的水资源消耗和废水排放量。在火电行业，废水循环利用的策略通常包括预处理、深度处理和回用系统设计三个主要环节。预处理阶段，主要目的是去除废水中的大颗粒悬浮物、油脂等，以减少后续处理工艺的负荷。深度处理阶段则侧重于去除废水中的溶解性污染物，包括重金属、有机物等，确保废水达到回用的水质标准。这一阶段常采用的技术有反渗透、纳滤、电渗析等膜分离技术，以及活性炭吸附、离子交换等物理化学方法。

回用系统设计则是将处理后的废水安全、高效地引入生产流程的关键环节。设计时需考虑废水的水质特性、生产流程的用水需求以及系统的经济性。例如，经处理后的废水可以用于锅炉补给水、冷却系统补水或灰渣处理等，具体应用需根据废水的水质和生产需求来确定。然而，废水循环利用在实施过程中也面临一系列挑战。废水中的微量污染物可能在循环过程中

累积，影响系统的长期稳定运行。此外，废水的腐蚀性和生物活性也可能对设备和管道造成损害。因此，废水循环利用系统的设计和运行需要综合考虑废水的水质特性、系统的材料选择、防腐措施以及生物控制策略。

为了提高废水循环利用的效率和安全性，火电行业可以采取多种策略。例如，通过优化废水处理工艺，提高污染物的去除效率；采用智能化监控系统，实时监测水质变化，及时调整处理工艺；以及加强设备维护和管理，延长系统的使用寿命。同时，火电行业废水循环利用的推广也需要政策和法规的支持。政府可以通过制定鼓励性政策，如税收优惠、财政补贴等，激励企业投资废水循环利用技术。此外，制定严格的废水排放标准 and 回用水质量标准，也是推动废水循环利用的重要手段。火电行业废水循环利用的策略与技术是一个系统工程，需要综合考虑废水处理技术、系统设计、经济性分析以及政策支持等多个方面。通过不断的技术创新和优化管理，火电行业可以实现废水的高效循环利用，为可持续发展做出贡献。

## 四、火电行业废水处理与循环利用的案例分析

火电行业废水处理与循环利用的实践案例分析对于理解该领域的实际应用和挑战具有重要意义。通过具体案例的剖析，可以揭示废水处理技术的有效性、循环利用系统的可行性以及在不同工况下的表现。在火电行业中，废水处理与循环利用的案例多种多样，但通常都遵循相似的基本流程：废水收集、预处理、深度处理、水质监测和循环利用。一个典型的案例是某大型火电厂采用的废水处理与循环利用系统。该系统首先通过初级沉淀和初级过滤收集废水，去除大颗粒悬浮物和部分有机物。随后，废水进入化学混凝沉淀池，通过加入混凝剂，进一步去除悬浮物和部分溶解性污染物。经过这一阶段，废水中的悬浮固体和部分重金属含量显著降低。

废水进入膜处理单元，包括微滤、超滤、反渗透等步骤，这些技术的应用有效去除了废水中的溶解性盐分和有机物，达到了高标准的水质要求。反渗透产生的浓水则通过蒸发结晶技术进一步处理，回收有价值的盐分，减少了废物的排放。在水质监测方面，该火电厂采用了自动化的在线监测系统，实时监控废水处理过程中的关键水质参数，如 pH 值、溶解氧、化学需氧量 (COD) 等，确保处理后的水质满足循环利用的要求。此外，该火电厂还建立了完善的废水循环利用系统，将处理后的废水用于工业冷却、锅炉补给水、灰渣处理等多个环节，显著降低了对新鲜水资源的依赖，提高了水资源的利用效率。

然而，案例分析也揭示了废水处理与循环利用过程中的一些挑战。例如，废水中的微量重金属和有机污染物在循环过程中可能累积，影响系统的长期稳定运行。此外，废水的腐蚀性和生物活性也可能对设备和管道造成损害，需要定期的维护和更换。为了应对这些挑战，火电厂采取了一系列措施。包括优化废水处理工艺，提高污染物的去除效率；采用智能化监控系统，实时监测水质变化，及时调整处理工艺；以及加强设备维护和管理，延长系统的使用寿命。

案例分析表明，火电行业废水处理与循环利用技术的有效应用，需要综合考虑废水的来源、特性、处理技术、系统设计、水质监测和循环利用等多个方面。通过不断的技术创新和优化管理，火电行业可以实现废水的高效处理和资源化利用，为可持续发展做出贡献。同时，政策和法规的支持也是推动废水处理与循环利用技术应用的关键因素。政府可以通过制定鼓励性

下转第 109 页

等灾害信息，提前做好准备。针对不同类型的灾害制定详细的应急预案，包括人员疏散、设备保护、紧急抢修等措施。对关键设备进行加固处理，提高其抵抗自然灾害的能力，如防风、防洪、防冰冻等。确保关键设施（如医院、通信基站等）有备用电源，以保障在灾害发生时能够持续供电。储备必要的抢修资源，如临时供电设备、抢修工具、生活物资等，以便在灾害发生后迅速投入使用。建立灾害期间的信息沟通机制，确保内外部信息畅通，及时向公众通报灾情和应对措施。灾害过后，迅速组织力量进行电网恢复工作，评估损失，修复设备，尽快恢复正常供电。灾害应对措施的有效实施可以最大限度地减少灾害对电网的影响，保障人民生命财产安全，维护社会稳定。

### 3.7 操作人员培训

定期对操作人员进行电力系统基础知识、设备原理、操作规程等方面的培训，确保他们具备必要的理论知识。通过模拟操作和现场实操，提高操作人员的实际操作技能，包括设备检修、故障处理、应急操作等。随着技术的发展，及时对操作人员进行新技术、新设备的培训，确保他们能够适应技术更新换代。让操作人员了解相关的法律法规和行业标准，确保他们的操作符合法律要求。通过定期的理论和实操考核，检验培训效果，确保操作人员的技能和知识得到持续提升。鼓励操作人员之间的经验交流，通过案例分析、技术研讨等方式，共同提高处理复杂问题的能力。

### 3.8 安全意识提升

企业内部建立安全文化，将安全作为核心价值观，通过各种渠道宣传安全理念。定期对所有员工进行安全教育培训，包括安全操作规程、事故案例分析、应急处理等。明确各级管理

人员和操作人员的安全责任，建立健全的安全责任体系。建立有效的安全沟通机制，鼓励员工提出安全改进建议，及时解决安全问题。定期组织安全演练，如火灾逃生、触电急救等，提高员工应对突发事件的能力。加强安全监督，确保安全规程得到严格执行，对违反安全规定的行为进行严肃处理。

### 结束语

配电线路设备运维中的常见故障是个复杂而多变的问题，需要运维人员具备丰富的经验和专业知识，以及识别和解决故障。通过建立健全的故障预防机制、加强设备的定期检查和维修、提升运维人员的技能水平，可以有效减少故障发生的概率，保障电力系统的稳定运行。

### 参考文献

- [1] 范文杰, 刘积成. 配电线路运维检修技术方法研究[J]. 电气技术与经济, 2023, (05): 18-20.
- [2] 梁俊杰, 宋怡昆, 陈励, 等. 配电线路运维风险及检修对策探讨[J]. 光源与照明, 2023, (03): 200-202.
- [3] 袁思亮. 配电线路故障原因分析及运维管理控制[J]. 现代工业经济和信 息化, 2022, 12(11): 309-310.
- [4] 陈天豪. 配电线路故障原因及运维管控[J]. 现代工业经济和信 息化, 2022, 12(10): 295-296.
- [5] 史展旭. 配电线路故障原因及运维管控[J]. 现代工业经济和信 息化, 2022, 12(10): 314-315.
- [6] 张施展. 配电线路故障处理及运维管理控制措施[J]. 光源与照明, 2022, (09): 154-156.
- [7] 李明. 对配电设备运维与检修技术的几点探讨[J]. 低碳世界, 2017, (13): 43-44.

### 上接第 106 页

政策，如税收优惠、财政补贴等，激励企业投资废水处理与循环利用技术。此外，制定严格的废水排放标准 and 回用水质量标准，也是推动废水循环利用的重要手段。

### 五、火电行业废水处理与循环利用的未来发展趋势

火电行业废水处理与循环利用的未来发展趋势将受到环境保护法规、技术创新、经济效益和可持续性目标的共同影响。随着全球对环境保护意识的增强和资源节约型社会建设的推进，火电行业废水处理与循环利用技术的研究和应用将面临新的机遇与挑战。废水处理技术的创新将是未来发展的关键。随着新型膜技术、生物技术和纳米技术的发展，废水处理效率和安全性将得到显著提升。例如，通过应用先进的膜生物反应器（MBR）技术，可以实现废水中有机物和悬浮固体的高效去除，同时减少污泥产量。此外，纳米过滤和反渗透技术的应用将进一步降低废水中的溶解性盐分，提高水质，为废水的循环利用创造条件。

智能化和自动化技术的应用将优化废水处理与循环利用过程。通过集成传感器、自动控制系统和数据分析软件，废水处理设施能够实时监测水质变化，自动调整处理参数，提高处理效率和稳定性。智能化技术还可以预测和预防潜在的设备故障，减少维护成本，延长设备使用寿命。火电行业废水循环利用的模式将更加多样化和个性化。根据不同火电厂的水源条件、用水需求和环境约束，定制化的循环利用方案将被开发和

实施。例如，一些火电厂可能侧重于将处理后的废水用于工业冷却系统，而另一些则可能将其用于锅炉补给水或灰渣处理。通过优化循环利用方案，可以最大化水资源的利用效率，减少废水排放。

### 结语：

火电行业废水处理与循环利用技术的发展，不仅关乎企业的经济效益，更对环境保护和水资源的可持续利用具有深远影响。随着新技术的不断涌现和政策的逐步完善，火电行业废水处理与循环利用正朝着更高效、更智能、更环保的方向发展。未来，通过技术创新、智能化管理、个性化方案设计以及政策和法规的有力支持，火电行业有望实现废水处理与循环利用的全面优化，为推动社会经济的绿色发展贡献力量。

### 参考文献

- [1] 王晓峰, 张建华. 火电厂废水处理与回用技术研究[J]. 环境科学学报, 2019, 39(1): 85-92.
- [2] 李强, 赵明. 火电行业废水处理技术进展与展望[J]. 工业水处理, 2020, 40(8): 1-6.
- [3] 刘波, 陈立群. 火电厂废水零排放技术研究与应用[J]. 中国电力, 2021, 54(3): 97-102.
- [4] 孙涛, 高峰. 火电行业废水处理与资源化利用技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2018: 45-60.
- [5] 张华, 李宁. 基于膜技术的火电厂废水处理与回用[J]. 膜科学与技术, 2020, 40(4): 89-95.