

# Analysis on Zero Discharge Technology of Waste Water in Thermal Power Plant

Qun Li Fang Yan

National Energy Boxing Power Generation Co., Ltd., Binzhou, Shandong, 256507, China

## Abstract

With the rapid development of the global economy, energy consumption continues to grow, thermal power industry as one of the main ways of energy supply, in order to meet the demand for electricity, but also brought a series of environmental problems. Among them, the treatment and discharge of thermal power plant wastewater is particularly prominent. Thermal power plant wastewater contains a lot of pollutants, such as heavy metals, suspended solids, etc. Direct discharge will not only cause pollution to the environment, but also affect the surrounding ecology and human health. Therefore, the research and application of zero discharge technology of thermal power plant wastewater has far-reaching significance. In order to promote the sustainable development of environmental protection, this paper analyzes the types and hazards of thermal power plant wastewater and puts forward several effective zero-discharge technologies.

## Keywords

thermal power plant; zero waste water discharge; current situation; technology application

## 浅析火电厂废水零排放技术

李群 闫芳

国家能源博兴发电有限公司, 中国·山东 滨州 256507

## 摘要

随着全球经济的快速发展, 能源消耗持续增长, 火电行业作为主要的能源供应方式之一, 在满足电力需求的同时, 也带来了一系列环境问题。其中, 火电厂废水的处理和排放问题尤为突出。火电厂废水中含有大量污染物, 如重金属、悬浮物等, 直接排放不仅会对环境造成污染, 还会影响周边生态和人类健康。因此, 研究和应用火电厂废水零排放技术, 具有深远的意义。论文通过深入研究分析了火电厂废水的种类和危害, 提出了几种有效的零排放技术, 以期促进环保事业的可持续发展。

## 关键词

火电厂; 废水零排放; 现状; 技术应用

## 1 引言

废水零排放技术作为一种前沿的水处理技术, 其核心目标是实现废水处理后的零排放, 从而最大程度地减少对环境的影响。火电厂采用废水零排放技术不仅有助于缓解水资源短缺压力, 还能减少废水处理成本, 提高企业经济效益。同时, 该技术的应用也是火电厂响应国家环保政策、推动绿色发展的重要举措。

## 2 火电厂废水的种类和危害

火电厂废水主要可分为生产废水和生活废水两大类。生产废水是指火电厂在发电过程中产生的各种工业废水, 包括循环冷却水系统排水、锅炉排污水、脱硫废水、脱硝废水、

化学水处理系统排水等<sup>[1]</sup>。这些生产废水不仅含有大量无机盐和悬浮物, 还可能富集重金属离子、酸碱物质以及有机污染物等有毒有害物质, 如果不经过适当处理直接排放, 将会对周边水体环境造成严重污染。

循环冷却水系统排水是火电厂生产废水中数量最大的一部分。在发电过程中, 大量循环冷却水被用于冷却汽轮机冷凝器, 会带走热量和一些污染物, 必须定期排放一部分, 补充新的补给水, 这部分排水中主要含有悬浮物、氯化物、硫酸盐等, 若直接排放将会破坏接纳水体的水质。

锅炉排污水是火电厂生产废水中污染物浓度最高的一类, 主要来自锅炉本体及其辅助设备的冲洗、排放, 这类废水中含有大量悬浮物、硫化物、重金属离子等, 必须经过物理化学处理后方可排放。

脱硫和脱硝是火电厂控制大气污染的重要环节, 但产生的废水也是火电厂废水处理的新难题。脱硫废水中富集大

【作者简介】李群 (1993-), 男, 中国山东郓城人, 本科, 助理工程师, 从事电厂环保研究。

量的钙盐、重金属离子和未反应的石灰石等；脱硝废水则含有硝酸盐、过量的氨水等。这些废水若不经处理直接排放，将会导致受纳水体富营养化和重金属污染。

此外，火电厂还会产生一些其他生产废水，如化学水处理系统排水、设备冲洗废水等，这些废水虽然数量相对较少，但也可能含有各种酸碱、盐类和有机物，不可忽视。

图1为火电厂废水来源示意图。

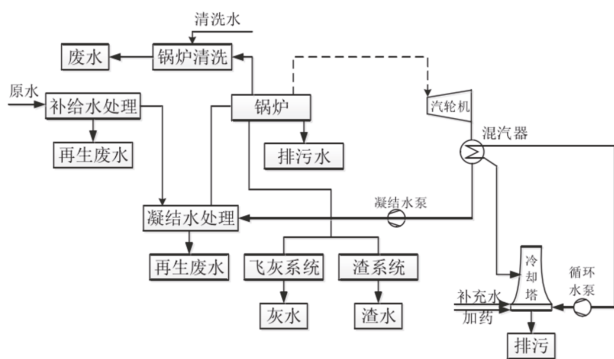


图1 火电厂废水来源示意图

### 3 火电厂废水处理的现状

当前，火电厂废水处理面临的最大问题是水质复杂、污染物种类繁多。火电厂在生产过程中产生的废水，不仅含有悬浮物、碱度、硬度等常规污染物，还含有重金属、有机污染物等有害物质，这些污染物对生态环境和人体健康构成严重威胁。因此，如何高效、彻底地去除这些污染物，成为火电厂废水处理的关键。

然而，当前中国火电厂废水处理面临着诸多挑战。中国火电厂废水处理技术虽取得一定进步，但与发达国家相比，仍存在明显差距。一方面，火电厂废水中含有大量重金属、悬浮物等有害物质，传统处理技术难以实现高效去除；另一方面，现有处理设施的运行成本较高，导致企业面临较大的经济压力<sup>[2]</sup>。此外，火电厂废水处理技术的研发与创新力度不足，缺乏具有自主知识产权的核心技术。

值得注意的是，火电厂废水处理现状背后反映出中国能源政策、环保法规与实际执行的偏差。在能源政策方面，虽然政府提倡清洁能源发展，但火电仍是中国能源结构的主要组成部分。在环保法规方面，尽管有关废水排放的标准日益严格，但部分火电厂仍存在违规排放现象。这种现象的产生，很大程度上源于企业追求利润最大化与环保责任之间的矛盾。

### 4 火电厂废水零排放技术的应用

#### 4.1 氨氮废水处理技术

氨氮废水处理技术是基于生物脱氮原理，通过硝化、反硝化等过程，将废水中的氨氮转化为无害的氮气排放。这一技术具有处理效率高、运行成本低、操作简便等优点，为

火电厂废水零排放提供了有力保障。

目前，应用于火电厂的氨氮废水处理技术主要包括生物法、化学法和物理法。生物法是利用微生物的代谢活动，将氨氮转化为无毒无害的氮气。常用的生物处理工艺有分批式活性污泥法、移动床生物膜反应器、氨氮菌群生物膜法等。这些工艺通过控制溶解氧、pH值等参数，实现氨氮的高效生物降解。化学法主要包括化学氧化和离子交换，化学氧化法通过添加氯、臭氧等强氧化剂，将氨氮氧化为氮气或硝酸盐，离子交换法则利用离子交换树脂选择性吸附废水中的铵根离子，再经再生处理实现氨氮的脱除。物理法如膜分离、吹脱等，通过物理作用将氨氮从废水中分离去除。

#### 4.2 脱硫废水处理技术

火电厂废水零排放技术的应用已成为实现清洁生产 and 环境保护的重要举措。在这一领域，脱硫废水处理技术扮演着关键角色，该技术旨在从火电厂排放的废水中去除硫化物和其他有害物质，从而实现废水的回用或安全排放。

脱硫废水处理技术通常包括以下几个主要步骤：首先，是预处理。通过混凝、沉淀和过滤等物理化学方法，去除废水中的悬浮物、油类和部分重金属离子，这一步骤有助于保护后续处理设备，提高整体处理效率<sup>[3]</sup>。其次，是化学氧化。通过采用强氧化剂，如氧气、臭氧或高锰酸钾等。将废水中的硫化物氧化为硫酸盐，从而消除其毒性和恶臭。同时，这一步骤也有助于降解部分有机污染物。再次，是生物处理。通过利用特殊微生物在好氧或缺氧条件下将硫酸盐还原为硫化物，并通过沉淀或气体排放的方式去除。生物处理不仅能够高效去除硫化物，还可以同时降解部分有机污染物。此外，是膜分离。通过采用反渗透、纳滤或电渗析等膜分离技术，将处理后的废水进一步浓缩和纯化，实现废水的回用或达标排放。膜分离工艺可以有效去除残留的无机盐和部分有机污染物。最后，是浓缩和固化。该步骤通过将膜分离过程中产生的浓缩液进行进一步浓缩和固化处理，生成固体盐类，实现“零排放”。固体盐类可以作为副产品进行综合利用或安全填埋。

#### 4.3 减量化处理技术

减量化处理技术作为一种源头控制和资源化利用的手段，在实现火电厂废水零排放中发挥着重要作用。减量化处理技术主要包括两个方面：一是通过工艺优化和改进，减少废水中有害物质的产生；二是对含有价值成分的废水进行资源化回收利用，降低排放量。具体而言，前者可从选用环保型原料、优化生产工艺、改进设备等多个环节着手，通过源头控制将污染物的产生量降至最低；后者则可借助膜分离、吸附、萃取、结晶等多种分离富集技术，实现有价值组分的高效回收，促进资源的循环利用<sup>[4]</sup>。与传统的终端治理技术相比，减量化处理技术立足于源头控制和资源化利用，不仅可以从根本上减少火电厂废水的排放量，而且具有较高的经济性和环保性，契合可持续发展理念。

以膜分离技术为例,其原理是利用半透膜的选择性渗透作用,使水和离子等小分子物质通过,而将大分子物质如金属离子、有机物等富集在浓缩液中。通过精细设计膜材料和操作条件,可高效分离出目标组分。在火电厂废水处理中,膜分离技术可应用于重金属离子、酸碱盐类等有价值组分的资源化回收利用,实现“减量化”目标。该技术去除率高、无二次污染、能耗较低,是减量化处理的重要技术路线。以资源化利用为例。脱硫酸水中含有大量可溶性硫酸盐,若直接排放将造成严重的水体酸化和重金属污染,减量化处理技术可通过蒸发结晶等方式,从废水中高效回收硫酸盐资源,用于生产硫酸等产品,实现资源的循环利用。与之相比,传统的中和沉淀法不仅处理效率低下,而且会产生大量难以处理的污泥,造成二次污染。

#### 4.4 蒸发浓缩处理技术

蒸发浓缩是一种通过加热使水蒸发,从而将溶液中的溶质浓缩的过程,该技术利用相变原理,通过蒸发水分,使废水中的盐分和污染物浓缩,最终实现废水的“零排放”。

在火电厂废水处理中,蒸发浓缩技术通常作为预处理或深度处理的一个环节。废水首先经过预处理,如絮凝、沉淀等,去除大颗粒悬浮物和部分溶解性盐类,然后预处理后的废水进入蒸发浓缩系统。蒸发浓缩设备通常采用多效蒸发或机械蒸汽再压缩(MVR)工艺,通过加热和降压使废水中的水分蒸发,盐分和污染物不断富集,最终形成高浓度盐水或结晶盐。蒸发冷凝产生的二次蒸汽可用于加热,实现能量的梯级利用。经过蒸发浓缩后的废水,其体积大幅减小,污染物浓度显著提高,便于后续的结晶、烘干和安全填埋处置。

与传统的废水处理方法相比,蒸发浓缩技术具有多方面优势。首先,该技术可以有效去除废水中的绝大部分无机盐类、重金属等污染物,使出水水质达到回用标准,实现废水的零排放和资源化利用<sup>[9]</sup>。其次,蒸发浓缩设备占地面积小,模块化程度高,便于运输和现场安装。最后,蒸发浓缩系统可实现连续化、自动化运行,操作维护简单,运行成本相对较低。此外,蒸发浓缩过程产生的二次蒸汽可回收利用,提高能源利用效率。

#### 4.5 电渗析工艺技术

电渗析技术是一种利用直流电场驱动离子选择性透过

离子交换膜,从而实现溶液脱盐纯化的膜分离过程,其基本原理是在直流电场的作用下,废水中带正电荷的阳离子向负极移动,带负电荷的阴离子向正极移动。在阴、阳离子迁移过程中,选择性透过性的阳离子交换膜和阴离子交换膜起到关键作用,这些离子交换膜交替排列,形成浓缩室和脱盐室。当离子透过交换膜时,浓缩室内盐度不断升高,脱盐室内盐度持续下降,最终实现废水的脱盐纯化。

在火电厂废水处理中,电渗析工艺通常用于深度脱盐和提纯。废水经过预处理后,先通过反渗透等膜处理单元去除大部分盐分,再进入电渗析系统进一步降低盐度。电渗析可有效脱除废水中的重金属离子、硝酸根、硫酸根等阴阳离子,使出水水质满足回用或排放标准。电渗析产生的浓缩液则进入蒸发结晶等后处理单元,实现废水的零排放。

与传统的离子交换、蒸发等脱盐工艺相比,电渗析技术具有显著优势。首先,电渗析过程无需添加化学药剂,仅消耗电能,环境友好,运行成本低。其次,离子交换膜选择性好,可有效去除难以处理的重金属离子。再次,电渗析设备模块化程度高,灵活性强,易实现自动化控制。最后,电渗析能耗相对较低,尤其在处理低盐废水时经济性突出。

## 5 结语

综上所述,火电厂废水零排放技术是实现中国火电行业绿色发展的关键。通过深度剖析技术内涵,关注技术创新与政策支持,有助于提高废水处理效果,降低环境污染。同时,行业各方应携手共进,共同应对技术挑战,为中国火电行业的可持续发展贡献力量。

### 参考文献

- [1] 曹荣,邱敏,王仁雷,等.火电厂末端废水浓缩减量及零排放应用技术研究[J].山东化工,2023,52(19):223-226+233.
- [2] 陈卓彬.火电厂脱硫废水零排放技术应用研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2023(12):18-21.
- [3] 张江涛,曹红梅,董娟,等.火电厂废水零排放技术路线比较及影响因素分析[J].中国电力,2017,50(6):120-124.
- [4] 杨志,李春,陈国军,等.移动式钻井平台零排放技术浅析[J].当代石油石化,2024,32(1):42-46.
- [5] 王佩璋.火电厂全厂废水零排放技术[J].发电设备,2007,21(4):289-291.