

A Brief Discussion on Comprehensive Utilization and System Optimization of Wastewater in Gangue Power Plants

Mao Sun

National Energy Zhuneng Group Gangue Power Company, Ordos, Inner Mongolia, 010300, China

Abstract

Located on the Ordos Plateau in Inner Mongolia, gangue power plants face relatively scarce water resources and increasingly stringent environmental requirements in recent years. The water resource challenges and environmental issues confronting thermal power plants have become urgent. Thermal power plants consume substantial water during production, with each process generating significant wastewater. Given the growing environmental impact of wastewater discharge, achieving an organic integration of production development, cost control, and environmental protection through comprehensive water resource utilization has become an inevitable choice for implementing sustainable development strategies. Reaching dual benefits of economic and social returns is fundamental to the survival and development of thermal power plants. This paper elaborates on the comprehensive utilization of wastewater, system optimization, and practical applications of production process control in gangue power plants.

Keywords

power plant, wastewater, comprehensive utilization, control measures

浅述矸石发电厂废水综合利用及系统优化

孙茂

国家能源准能集团矸石发电公司, 中国·内蒙古鄂尔多斯 010300

摘要

矸石发电厂坐落在内蒙古鄂尔多斯高原地, 水资源相对来说比较缺乏, 近年来对环境的要求越来越高。火力发电厂面临的水资源问题和环境问题已迫在眉睫。火力发电厂生产耗水量大, 各工艺环节均伴随大量废水产生。鉴于其废水排放对环境的影响日益突出, 通过水资源综合利用实现生产发展、成本控制与环境保护的有机统一, 是落实可持续发展战略的必然选择。达到经济效益和社会效益双获益, 是火力发电厂生存和发展的根本。本文对矸石发电厂在生产过程废水综合利用、系统优化及生产过程管控实践应用进行了阐述。

关键词

电厂, 废水, 综合利用, 管控措施

1 引言

矸石发电厂现运行两台 330MW 循环流化床空冷纯凝机组。我国废水排放标准日趋严格, 《水污染防治行动计划》(“水十条”)的颁布, 将水环境保护上升至国家战略层面。火电行业用水占工业总量的 20%, 属用水、排水大户。从经济运行与环境保护的双重角度考量, 节约新鲜水、提高循环水及回用水重复利用率、实现火电厂废水“零排放”, 意义重大且迫在眉睫。

2 设备简介

矸石发电项目于 2008 年 6 月 10 日开工建设。3 号机组于 2011 年 11 月 18 日投产发电, 4 号机组于 2011 年 9 月

30 日投产发电。锅炉为东方锅炉(集团)股份有限公司制造 2×330MW, 主要参数: 过热蒸汽最大连续蒸发量: 1177t/h, 过热器出口蒸汽压力: 17.4MPa, 过热器出口蒸汽温度: 540℃, 再热蒸汽流量: 969.3t/h, 再热器进口/出口蒸汽压力: 4.02/3.84MPa。汽轮机是东方汽轮机厂生产的 330MW 亚临界、一次中间再热、双缸双排汽、直接空冷凝汽式汽轮机, 型号为 NZK330/16.67/537/537。发电机为东方电机股份有限公司制造的三相隐极式同步发电机, 型号: QFSN-330-2-20B, 额定功率: 330MW, 额定电压: 20KV, 额定电流: 11207A, 冷却方式为水-氢-氢。机组设计发电水耗 0.45 千克/度, 综合水重复利用率 85% 至 90%。

3 水系统概述

矸石发电厂生产用水和生活用水的水源有两路, 一路是黄河地表水, 经过净化站处理后主要供机组生产水用和厂区草坪绿化浇水用; 另一路是来自永辛店水池的地下水, 主

【作者简介】孙茂(1980-), 男, 中国内蒙古呼和浩特人, 本科, 高级工程师, 从事发电厂运行与维护研究。

要公司生活用水。全厂主要的水损失和消耗有：机械通风冷灰场喷洒抑尘用水，厂区废水主要包括锅炉补给水处理系统却塔蒸发损失、脱硫蒸发及石膏携带、除灰及灰库用水、贮废水、脱硫废水、生活污水、输煤废水这几部分。

表 1 矸石发电公司废水排放统计表

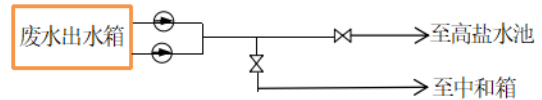
废水来源	反渗透浓水、超滤及过滤器清洗废水	再生废水	输煤废水	脱硫废水	生活污水
废水量	30.9t/h	24.2t/h	2t/h	6t/h	20t/h
总量	63.1t/h				20t/h
备注	1. 机组定排废水及辅机冷却水排至工业回收水池，经工业回收水泵打至辅机冷却塔水池，循环利用； 2. 输煤废水通过煤水处理间处理后回用至输煤栈桥冲洗； 3. 生活污水通过污水处理设施处理好后，回用至脱硫系统； 4. 化学水处理系统产生的废水，回收至复用水池，经复用水泵打至脱硫系统用；				

4 系统优化方案

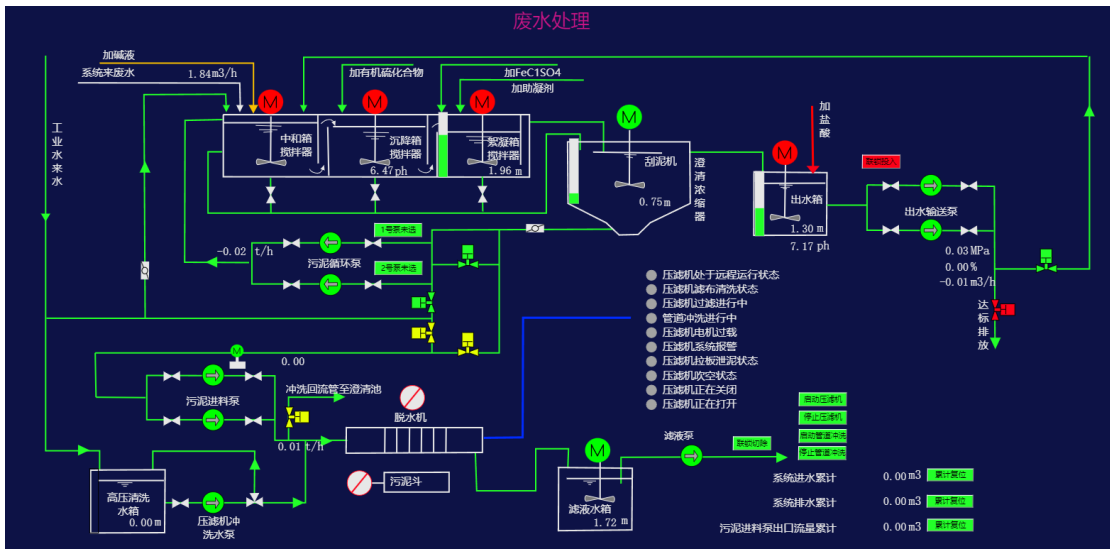
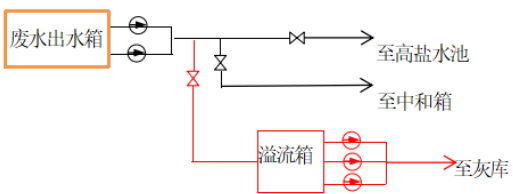
4.1 脱硫废水处理方案

脱硫废水因具有水质差，含盐量太高、污染物种类多等特点，处理脱硫废水主要有灰渣拌湿、灰场喷洒和蒸发结晶这三种方式。因蒸发结晶成本太高，所以大部分电厂采用灰渣拌湿、灰场喷洒的处理方法。矸石发电厂脱硫废水每天约产生 200 吨，根据年灰渣用水统计可知，机组平均每天的灰渣拌湿用水量约 250 吨。由此可知，若将脱硫废水用于灰渣拌湿，则可以完全消耗掉这部分水。具体的实施方案示意图如下：

改造前示意图：



改造后示意图：



脱硫废水处理系统示意图

4.2 厂区雨回收方案

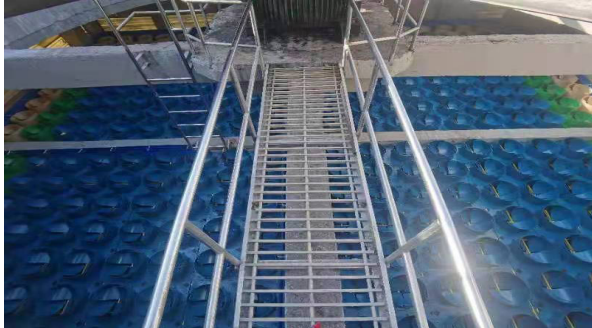
矸石发电厂在厂区低位处建设 500m³+3000m³ 水池（高盐水池），将全厂区的雨水管网改造后回收雨水，同时作为厂区各生产蓄水池溢流和辅机冷却塔水池溢流排水池，高盐水池水由高盐水泵打至脱硫系统作为脱硫补充水，还用于灰场抑尘喷洒水，改造后发电用新鲜水量减少 3.5 至 4.0 万吨/年。

4.3 机械通风冷却塔安装新型节水器，减少冷却塔蒸发量。

机械通风冷却塔的新型节水装置，替代传统波纹板，相比波纹板至少可以提高运维周期 4 年。使得在不改变冷却

塔原有运行条件的情况下，使水汽中的液滴尽可能多的被回收，达到增强节水的目的。主要原理：基于水在汽态与液态相变过程中存在着“临界态”区间的思想，通过液滴聚并机理和新型复合材料的旋流式结构，突破传统装置的理论收水最小粒径极限，提高回收水量，达到节水目的。采用新型旋流收水器节水率可达 67.9%，高出原有波纹板收水器（收水率 30%）为 67.9%-30%=37.9%，安装新型旋流节水器，机力塔节水量为 8.35 吨/时。配置三座机力通风冷却塔，其中一台为备用塔，备用塔仅在夏季高峰期间临时使用，因此暂不考虑备用塔耗水。按照日常两座塔正常运行，两座塔

每小时节水量为 $8.35 \times 2 = 16.7$ 吨/时，两座塔年运行小时按照 5000 小时出力计算（厂内机力塔年运行 8000 小时以上，但是冬季及秋季厂内视实际情况只开一座塔），年节水量为 $16.7 \text{ 吨/时} \times 5000 \text{ h} = 83500$ 吨。年节水量按照试验数据计算 83500t，本地区水费为 5.7 元/吨（包含了税金及水资源税），年节水费用为 $83500 \text{ t} \times 5.7 \text{ 元/吨} = 475950$ 元。



安装新型节水装置现场图片

5 废水零外排管控

矸石发电厂根据生产实际情况制定废水不外排管控措施 13 条，落实责任部门，值长在实际生产过程统一指挥协调，同时生产职能部门监督执行，真正做到废水零排。

对所管辖的水池指定值班员监视，杜绝溢流。

高盐水池水用于灰场喷洒、抑尘及脱硫补充水杜绝外排。

夏季生活污水池水用于浇厂区草坪。

$500\text{m}^3 + 3000\text{m}^3$ 高盐水池杜绝溢流。

高盐水池保持低位运行（小于 4 米）。

制氢站冷却水，不制氢时关闭冷却水门。

脱硫系统用水优先使用复用水，将一期工业回收水泵房水和水塔水消耗，工业水作为备用水源。

生产部对所管辖的水池指定值班员监视，杜绝溢流。

二期锅炉放水时，向化学值班员汇报，杜绝因锅炉放水导致工业回收水泵房水池溢流。

二期机组停用，锅炉转机不需要冷却水时，关闭锅炉冷却水进回水总门。

关闭工业水至二期定排井冷却水门。

维护部做好所管辖的工业回收水泵、复用水泵、浇花水泵等排水泵的维护保养工作。

维护部做好所管辖的脱硫废水车间设备、灰库放灰搅拌机、煤水处理等设备的维护保养工作。

6 废水管控意义

6.1 环境保护

减少水体污染：发电厂废水通常含有重金属、悬浮物、化学需氧量（COD）、氟离子等污染物。若未经处理直接排放，会严重污染地表水、地下水和海洋，影响水生生态系统。

6.2 资源节约

实现水资源循环利用：通过废水处理和回用技术，可将处理后的废水用于电厂内部的循环冷却、脱硫、除灰等工艺环节，减少对新鲜水的依赖，提高水资源的利用效率，缓解水资源紧张局面。

降低取水成本：减少新鲜水取水量，可降低取水费用，同时，避免因超取水限额而产生的罚款或加价收费。

6.3 合规与社会责任

满足环保法规要求：国家和地方环保部门对发电厂废水排放有严格的法规和标准，如《污水综合排放标准》《水污染防治行动计划》等。有效管控废水排放是企业遵守法律法规、避免环境违法处罚的必要措施。

6.4 经济效益

降低处理成本：合理规划废水处理系统，优化处理工艺，可减少处理成本。例如，通过梯级利用和分类处理，避免过度处理，降低药剂、能源和设备维护费用。

避免经济损失：若废水排放不达标，可能面临罚款、停产整改等处罚，给企业带来直接经济损失。此外，环境问题还可能影响企业的融资、市场拓展和品牌价值。

7 结语

综上所述，火力发电厂通过对各类型废水进行合理梯级利用以实现资源化，同时强化生产全工艺环节的用水管控，是减少外排水量与电厂总耗水量的核心途径，亦是电厂节水工作的关键抓手。秉持“节水优先、高效利用”的核心方针，火电企业需通过强化节水管理、提升用水效率、推进节水技术改造、加强用水过程管控等多重举措，持续提高水资源循环利用水平，最终实现废水“零外排”的目标。在节水改造实践中，应基于水量平衡原理优化各类废水量与可回收量配置，将废水综合利用贯穿于电厂系统运行的全流程，在保障机组安全、经济运行的前提下，最大限度地合理利用废水，降低新鲜水耗用量与外排水量。该电厂 2024 年的实践成果表明，其发电水耗同比降低 0.11 kg/kWh ，年节约水费 91 万元，这一案例为同类型火力发电机组的节水改造与废水资源化利用提供了宝贵的实践经验与借鉴范式，对推动火电行业的水资源高效利用与可持续发展具有重要意义。

参考文献

- [1] 王洪一. 电厂化学废水综合利用工程探讨[J]. 科技资讯, 2014, 12(14): 49. DOI: 10.16661/j.cnki.1672-3791.2014.14.040.
- [2] 金黎明. 浅谈热电厂工业废水处理自动控制系统[J]. 机电信息, 2012, (21): 56-57. DOI: 10.19514/j.cnki.cn32-1628/tm.2012.21.035.
- [3] 魏彤宇, 马妮. 煤矿矸石山分布式光伏发电的综合效益分析——以甘肃华亭矿区煤矿矸石山光伏发电项目为例[J]. 生态与资源, 2025, (05): 84-86. DOI: 10.20260/j.cnki.styzy.2025.05.028.
- [4] 林进海. 电厂工业废水处理系统改造研究[J]. 化学工程与装备, 2025, (08): 133-136. DOI: 10.19566/j.cnki.cn35-1285/tq.2025.08.039.