

Research on the Coordinated Optimization of Circulating Water Pump Load and Ambient Temperature for 660MW Unit

Wei Ye Rengang Yuan

Guizhou Jinyuan Tea Garden Power Generation Co., Ltd., Bijie, Guizhou, 551802, China

Abstract

As the core auxiliary equipment in the thermal system of 660MW units, the operating mode of circulating water pumps directly impacts the unit's vacuum level, plant power consumption rate, and overall economic efficiency. This study, based on the operational characteristics of 2×660MW supercritical units, focuses on two key influencing factors—load and ambient temperature—to conduct an in-depth analysis of energy loss mechanisms under different operating conditions. It explores optimized operation strategies driven by the synergy between load and ambient temperature. By establishing clear start-stop thresholds, speed switching conditions, and parallel operation configurations for single and dual-unit operating modes, the research develops a scientific and standardized operational framework. This approach enables the reduction of plant power consumption while ensuring safe vacuum levels, providing practical references for optimizing circulating water pump operations in similar units.

Keywords

660MW unit; circulating water pump; load regulation; ambient temperature; collaborative optimization; economic operation

660MW 机组循环水泵负荷与环境温度协同优化运行方式研究

叶伟 袁仁刚

贵州金元茶园发电有限责任公司, 中国·贵州毕节 551802

摘要

循环水泵作为660MW机组热力系统的核心辅机,其运行方式直接影响机组真空度、厂用电率及整体经济性。本文结合2×660MW超临界机组运行特性,聚焦负荷与环境温度两大关键影响因素,深入分析不同工况下循环水泵运行的能量损耗机理,探索负荷-环境温度协同驱动下的优化运行策略。通过明确单机与双机运行模式下的循泵启停阈值、转速切换条件及并列运行组合方式,形成科学规范的操作体系,实现机组在保证安全真空的前提下降低厂用电消耗,为同类型机组循泵优化运行提供实践参考。

关键词

660MW机组; 循环水泵; 负荷调节; 环境温度; 协同优化; 经济运行

1 引言

超临界 660MW 机组作为电力系统的主力发电设备,其运行经济性与节能水平直接关系到电力企业的核心效益。循环水泵作为机组冷却系统的关键设备,承担着为凝汽器提供循环冷却水、维持机组真空环境的重要职责,其耗电量占厂用电总量的比例较高,是节能降耗的重点管控对象。在实际运行过程中,环境温度的季节性波动与电网负荷的实时变化,会导致循环水温度、流量需求发生动态改变,若循环泵运行方式未能及时适配,易出现真空度不稳定、厂用电率偏高的问题。尤其在夏季高温时段,环境温度与负荷高峰叠加,

常面临单泵流量不足、双泵运行能耗过高的矛盾;而冬季低温环境下,过量的循环水流量又会造成能源浪费。因此,基于负荷与环境温度的协同关系,深入研究循环水泵的优化运行方式,通过精准匹配运行参数实现节能增效,对提升机组运行经济性具有重要现实意义。

2 660MW 机组循环水泵运行系统特性

2.1 系统配置与运行基础

2×660MW 超临界机组采用每台机组配置两台循环水泵的设计方案,泵型为 88LKXD-28 立式单级单吸混流泵,配备赛龙轴承保障运行稳定性,润滑系统启动时采用工业水,正常运行时切换为自身循环水。循泵出口阀门为液控蝶阀,仅支持全开全关操作,无法实现流量的无级调节。其中一台循泵电机为双速电机,适配不同工况需求,低速运行功

【作者简介】叶伟(1996-),男,中国贵州遵义人,助理工程师,从事火电厂集控运行研究。

率 2625kW, 高速运行功率 3700kW, 可根据环境温度与负荷变化切换运行转速^[1]。循环水系统设计中, 两台机组通过联通门实现循环水联通运行或独立运行模式切换。联通运行模式适用于双机并列运行场景, 可实现循环水流量的统筹分配; 独立运行模式适用于单机运行或机组检修时段, 保障单台机组冷却系统的独立性与稳定性。凝汽器真空度作为反映循环水运行效果的核心指标, 与循环水流量、进出口水温密切相关, 而循环水流量又由循环泵运行台数、转速及进出口压力共同决定, 形成“环境温度—负荷—循环泵运行方式—真空度—经济性”的联动关系^[2]。

2.2 运行能耗核心影响因素

电力负荷预测是电力系统规划与运行的技术基础, 通过分析用电设备能耗规律, 预测未来电力需求、用电量及负荷曲线, 为电网容量配置、能源布局提供决策依据。其核心任务涵盖功率预测、能量测算与负荷特性分析, 需综合考虑气象条件、节假日周期、工业用电波动等多重动态因素。预测结果直接影响发电设备容量规划、输配电网架构设计及电力市场资源配置, 尤其在新能源并网场景中成为保障系统稳定的关键技术。随着技术进步, 预测方法从早期指数平滑法、回归分析等传统统计模型, 逐步发展为融合灰色预测、模糊数学的复合算法。21世纪以来, 机器学习与深度学习技术被引入预测体系, 结合 Python 等编程工具实现模型参数优化与特征工程处理。预测周期逐步细分为短/中/长期, 形成覆盖数据采集、模型构建、结果验证的全流程技术框架, 在智能电网建设中持续提升预测精度与适应性^[3]。

环境温度作为自然环境变量, 直接影响循环水进口水温, 进而改变凝汽器换热效率。夏季高温时段, 环境温度最高可达 31.9℃, 循环水进口水温升高, 导致凝汽器内外温差缩小, 真空度下降, 需通过调整循环泵运行方式提升循环水流量, 弥补换热效率不足; 冬季低温环境下, 循环水进口水温降低, 凝汽器换热效率提升, 即使维持较低的循环水流量, 仍能保证机组所需真空度, 过量运行循环只会增加无谓能耗。机组负荷作为电网调度的核心指标, 决定了汽轮机排汽量与排汽参数, 进而影响凝汽器的冷却需求。高负荷运行时, 汽轮机排汽量增加, 需更大的循环水流量带走更多热量, 以维持合理真空; 低负荷运行时, 排汽量减少, 冷却需求降低, 可适当减少循环泵运行台数或降低转速, 避免循环水流量过剩^[4]。

3 负荷与环境温度协同优化运行机理

3.1 协同优化核心逻辑

循环水泵运行的本质是通过消耗电能提供循环水流量, 维持凝汽器经济真空, 进而保障机组发电效率。协同优化的核心逻辑在于实现“能耗输入”与“效益输出”的动态平衡, 即根据环境温度确定循环水冷却能力的基础边界, 结合机组负荷明确冷却需求的动态变化, 通过调整循环泵运行台数、转速及并列组合方式, 使循环水流量精准匹配冷却需求, 在

保证真空度满足机组安全运行的前提下, 最小化循环电耗。从能量平衡角度分析, 循环泵运行能耗的增加需通过机组发电效率的提升实现补偿。当环境温度升高或负荷增加时, 启动额外循环泵或切换至高速运行, 会导致循环泵电耗上升, 但同时凝汽器真空度改善, 汽轮机效率提升, 机组发电功率增加, 若发电收益超过能耗成本, 则该调整具有经济性^[5]。

3.2 不同工况下协同作用机制

双机联通运行时, 循环水系统实现资源共享, 负荷与环境温度的协同作用表现为“整体需求适配”。当环境温度较低 (<20℃) 且总负荷 <1100MW 时, 两台低速泵并列运行即可满足双机冷却需求, 此时真空度稳定, 循环泵能耗处于较低水平; 随着环境温度升高 (20℃-27℃) 与负荷增加 (900MW-1000MW), 单台高速泵与多台低速泵的组合运行成为最优选择, 既能通过高速泵提升总流量, 又能通过低速泵控制能耗增量; 当环境温度 >30℃ 且总负荷 >1160MW 时, 双机均需采用高低速泵并列运行, 最大化循环水流量, 保障凝汽器真空, 避免因真空不足导致机组降出力。单机独立运行时, 循环水系统负荷集中, 协同作用机制更注重“精准匹配”。环境温度 <20℃ 时, 负荷 <550MW 采用单台低速泵即可, 负荷 >550MW 则需切换为高速泵, 实现流量与需求的精准对应; 环境温度在 20℃-27℃ 之间时, 负荷分界点进一步细化, 450MW 以下维持低速泵运行, 450MW-500MW 采用高低速泵并列, 500MW 以上则需稳定双泵并列运行, 平衡流量需求与能耗控制; 环境温度 >27℃ 时, 高温导致冷却效率下降, 需提前启动高速泵或双泵并列, 即使负荷在 400MW-450MW 之间, 单台高速泵运行仍是更经济的选择^[6]。

4 循环水泵协同优化运行方式

4.1 单机运行优化策略

单机运行时, 循环水系统独立承担冷却任务, 运行方式需严格依据循环水进水温度与机组负荷的协同关系精准调整, 兼顾冷却效果与能耗控制。当循环水进水温度 <20℃ 时, 冷却效率处于较高水平: 负荷 <550MW 时, 采用单台低速泵运行, 既能满足机组真空要求, 又能实现最低能耗运行; 负荷 >550MW 且循环水温差 >15℃ 时, 冷却需求显著增加, 需切换为单台高速泵运行, 通过提升循环水流量保障真空稳定, 避免因流量不足导致机组效率下降。当循环水进水温度在 20℃-27℃ 之间时, 冷却效率中等, 需按负荷分段优化运行方式: 负荷 <500MW 时, 单台低速泵即可满足基本冷却需求, 无需额外增加能耗; 负荷在 500MW-660MW 且循环水温差 >15℃ 时, 采用一台高速泵与一台低速泵并列运行, 通过适度提升流量平衡真空改善与能耗增长的关系, 保障凝汽器换热效率; 负荷 >660MW 时, 维持高低速泵并列运行, 为机组高负荷稳定运行提供可靠冷却支撑。当循环水进水温度 >27℃ 时, 冷却效率大幅下降, 需提前加大

循环水流量：负荷在 450MW-550MW 时，采用单台高速泵运行，通过提高转速弥补温度升高带来的换热损失；负荷 >550MW 时，必须采用一台高速泵与一台低速泵并列运行，通过双泵流量叠加最大化凝汽器冷却能力，保障高负荷下的真空度，实现发电收益与能耗成本的最优平衡。

4.2 双机运行优化策略

双机运行时，循环水流量可统筹分配至两台机组，运行方式需根据总负荷与循环水进水温度协同调整，并结合机组负荷分配差异灵活优化，同时兼顾系统整体经济性与稳定性。当循环水进水温度 <20℃时，冷却效率较高：总负荷 <1100MW 时，采用两台低速泵并列运行，既能满足双机冷却需求，又能将循环泵能耗控制在最低水平，且真空度保持稳定；总负荷 >1100MW 时，需进一步提升流量，保障双机高负荷运行的冷却支撑。当循环水进水温度在 20℃-27℃ 之间时，按总负荷分段调整运行方式：总负荷 <1000MW 时，维持两台低速泵运行，避免过早增加能耗；总负荷在 1000MW-1100MW 且循环水温差 >15℃时，采用两低一高三台泵并列运行，通过单台高速泵的流量增量满足负荷增长需求；总负荷 >1100MW 时，需强化冷却能力，为双机高负荷稳定运行提供保障。当循环水进水温度 >27℃时，高温环境加剧冷却压力，运行方式需进一步升级：总负荷在 950MW-1100MW 时，采用两台高速泵运行，以高转速提升流量，弥补高温导致的换热效率损失；总负荷 >1000MW 时，采用一台高速泵与两台低速泵并列运行，在保证足够流量的同时合理控制能耗增量；当循环水进水温度 >30℃且总负荷 >1150MW 时，启动两台高速泵与两台低速泵全容量并列运行，以最大流量支撑极限工况下的冷却需求，避免因冷却不足导致机组降出力，保障双机安全稳定运行 [7]。

4.3 辅助优化原则

为避免循泵频繁启停，当负荷偏差在 50MW 以内、温度偏差在 2℃以内时，可根据当前负荷持续时间灵活决定是否调整运行方式；若满足调整条件且持续时间超过设定阈值，应及时调整运行方式，避免长期能耗浪费。当两台机组运行，其中一台机组因现货市场交易导致负荷偏差较大，已达到单机循泵运行方式要求时，启动其对应的循泵运行方式，当两台机负荷指令偏差 >50MW 时，关闭其联锁门，进行局部的精准调整，实现整体运行经济性最优。根据负荷与温度变化曲线，如果预判将连续满足低速或高速泵运行条件，则应提前切换循泵运行方式。如负荷逐步下降，且后续将长期满足低速泵运行条件，及时停运高速泵或切换为低速运行；夏季环境温度上升前，结合负荷预测提前启动备用循

泵，避免真空度突降影响机组出力。机组降负荷时，根据实际工况曲线，达到循泵停运条件时，应尽早停运一台循泵，进一步降低能耗。

5 结语

660MW 机组循环水泵的优化运行是负荷与环境温度协同作用的系统工程，其核心在于建立“温度定边界、负荷定需求、协同定方式”的运行逻辑。通过分析循环水泵运行系统特性与能耗影响因素，明确不同工况下负荷与环境温度的协同作用机制，形成了单机与双机运行模式下的分级优化策略。实践表明，基于负荷与环境温度的协同优化运行方式，能够实现循环水流量与凝汽器冷却需求的精准匹配，在保证机组真空度满足安全运行要求的前提下，有效降低循泵厂用电消耗。单机运行时通过细化温度与负荷分界点，双机运行时统筹流量分配与机组负荷差异，辅以灵活的辅助优化原则，可显著提升机组运行经济性。经多工况试验验证，该优化策略明确了 1 号机开启 2 号循环水泵的核心条件：当环境温度高于 30℃且机组负荷稳定在 500MW 及以上，或环境温度高于 35℃且机组负荷达到 450MW 及以上时，1 号机需启动 2 号循环水泵投入双机运行模式；该优化策略为同类型机组循环水泵运行提供了科学规范的操作依据，对电力企业节能降耗、提升核心竞争力具有重要实践价值。未来可结合智能监测技术与大数据分析，进一步实现循泵运行方式的自动预判与动态调整，推动机组运行向更高效、更节能的方向发展。

参考文献

- [1] 付玲,王敏超.某单晶硅企业余热供热项目设计浅析[J].工程建设与设计,2025,(07):35-38.
- [2] 金麒麟,王振宇.配置3台电系的超超临界机组深度调峰给水再循环控制[J].电世界,2023,64(01):22-26.
- [3] 崔向前.1000MW机组循环水系统节能应用介绍[J].广西节能,2022,(02):49-51.
- [4] 郭建,余洁,王宇江,范世望.630 MW燃煤机组循环水系统运行优化研究[J].热力透平,2022,51(02):110-116.
- [5] 张书迎,范双双,于涛,苏伟,高绪栋,万杰.汽轮机循环水泵变频改造节能潜力的快速估算方法[J].汽轮机技术,2021,63(06):467-470.
- [6] 任治海.基于火电机组循环水负荷段经济背压自动调节应用研究[J].仪器仪表用户,2021,28(10):98-100.
- [7] 庞庆勋.320 MW机组循环水泵电机双速改造节能分析[J].机电信息,2021,(24):25-26.