

火力发电厂水循环控制系统关键部件性能优化研究

张一帆

国电内蒙古东胜热电有限公司，内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘 要： 本文针对火力发电厂水循环控制系统中关键部件性能优化进行研究。首先概述了水循环系统在火力发电厂中的重要性，以及关键部件的组成、功能及其性能对系统的影响。随后，从水泵、循环水冷却塔和管道与阀门三个方面，详细介绍了性能优化的方法，包括设计参数优化、运行工况优化以及故障诊断与预测。最后，提出了关键部件性能优化的实施策略与建议，包括制定合理的运行维护制度，加强监测与诊断，以及建立健全优化体系。

关 键 词： 火力发电厂；水循环；控制系统

Research on Performance Optimization of Key Components of Water Cycle Control System in Thermal Power Plant

Zhang Yifan

Guodian Inner Mongolia Dongsheng Thermal Power Co., Ltd. Ordos, Inner Mongolia 017000

Abstract： This paper studies the performance optimization of key components in the water cycle control system of thermal power plant. First, the importance of water circulation system in thermal power plant and the influence of the composition, function and performance of key components on the system are summarized. Subsequently, the performance optimization method is introduced in detail from the water pump, circulating water cooling tower, pipeline and valve, including design parameters optimization, operating condition optimization and fault diagnosis and prediction. Finally, the implementation strategies and suggestions for the performance optimization of key components are put forward, including the formulation of a reasonable operation and maintenance system, the strengthening of monitoring and diagnosis, and the establishment of a sound optimization system.

Keywords： thermal power plant; water cycle; control system

引言

火力发电厂水循环控制系统对发电效率 and 安全性具有举足轻重的影响。关键部件的性能直接关系到系统的运行效果。因此，研究关键部件性能优化，对提高火力发电厂水循环控制系统的整体性能具有重要意义。

一、火力发电厂水循环控制系统关键部件概述

（一）水循环系统在火力发电厂中的重要性

水循环系统是火力发电厂中不可或缺的核心组成部分，其重要性体现在多个方面。水循环系统是热力发电过程中的热量传递介质。在火力发电过程中，燃料燃烧产生的热量通过锅炉转化为蒸汽，蒸汽驱动汽轮机旋转，进而带动发电机发电。水循环系统负责将热量从锅炉传递到汽轮机，再从汽轮机传递到冷凝器，完成热量的循环利用^[1]。水循环系统对发电效率具有直接影响，水循环系统的运行状态良好，能够确保热量传递的高效进行，从而提高发电效率。反之，如果水循环系统出现故障或效率降低，将直接影响发电厂的整体效率，造成能源浪费。水循环系统对发电厂的安全性至关重要，水循环系统中的压力、温度等参数需要严格

控制，一旦超出安全范围，可能引发设备损坏、甚至爆炸等严重事故。

（二）关键部件的组成与功能

火力发电厂水循环系统的关键部件主要包括水泵、循环水冷却塔和管道与阀门等。水泵是水循环系统的动力设备，负责将水从低处输送到高处，克服管道阻力，保证水在系统中循环流动。水泵的设计、选型和运行状态对水循环系统的性能有着重要影响。循环水冷却塔是水循环系统的冷却设备，其作用是将水在汽轮机冷凝器中吸收的热量释放到大气中，降低水温以便再次循环使用^[2]。冷却塔的设计参数、运行工况和冷却效率都会影响水循环系统的整体性能。管道与阀门则是连接各个设备、输送水介质的通道和控制元件。管道设计需要考虑到承压能力、流量和阻力等因素；阀门则需要根据不同的使用场合选择合适的类型，保证水

循环系统的正常运行。

（三）关键部件性能对水循环系统的影响

水泵的性能直接决定着水循环系统的循环能力和水流的稳定性。如果水泵效率低或存在故障，可能导致水循环不畅，影响发电效率甚至设备安全。冷却塔的性能关系到水循环系统的冷却效果，冷却效率低下会导致水温过高，影响汽轮机冷凝效果，进而降低发电效率，增加能耗。管道与阀门的性能对水循环系统的流畅性和安全性同样重要，管道阻塞或阀门故障可能导致水流中断、压力波动，甚至引发水击现象，威胁系统的安全运行。

二、关键部件性能优化方法

（一）水泵性能优化

1. 水泵设计参数优化

根据水循环系统的实际需求，对水泵的流量、扬程和功率等参数进行精确计算，确保水泵设计符合系统需求。使用流体力学软件进行模拟分析，优化水泵的叶轮设计，提高水泵的水力效率。对水泵壳体进行结构优化，减少内部摩擦和泄漏，提升泵的机械效率。选择适合的材质，提高水泵的耐磨性和耐腐蚀性，延长使用寿命^[3]。通过采用现代设计方法和工具，如计算流体动力学（CFD）和有限元分析（FEA），对水泵内部流场进行优化，减少涡流和能量损失。对叶轮和导叶进行优化设计，以减少水力损失。调整叶轮进出口角度，以改善流动条件。设计合适的流道形状，减少阻力损失。

2. 水泵运行工况优化

实时监测水泵的运行参数，包括流量、扬程、功率和振动等，根据监测数据调整水泵运行状态，确保其在最佳工况下工作。采用变频调速技术，根据系统需求动态调整水泵转速。实施定期维护，确保水泵内部清洁，减少磨损。对水泵进行定期检查和维修，避免因部件磨损或故障导致的效率下降。优化水泵的启动和停止过程，减少冲击和振动，延长设备寿命。实施软启动技术，减少启动电流，降低对电网的冲击。设计合理的停泵程序，避免水锤效应。采用减振装置，减少水泵运行时的振动。

3. 水泵故障诊断与预测

建立水泵运行数据数据库，通过收集和分析长期运行数据，发现故障的早期迹象。采用传感器监测技术，实时收集水泵的运行数据。应用大数据分析技术，对运行数据进行分析，识别异常模式。采用先进的故障诊断技术，如振动分析、温度监测和声音识别，及时诊断水泵的潜在故障。利用振动传感器监测水泵的振动情况，分析振动特征。通过温度传感器监测水泵的温升，判断是否存在过热现象^[4]。应用声音识别技术，通过水泵运行声音的变化来诊断故障。结合故障诊断结果和历史数据，建立故障预测模型，预测水泵未来可能出现的故障。应用机器学习算法，建立故障预测模型。定期更新和维护预测模型，确保其准确性和可靠性。

（二）循环水冷却塔性能优化

1. 冷却塔设计参数优化

优化冷却塔的热交换面积和填料层结构，以提高热交换效

率。通过 CFD 模拟，优化冷却塔内部流场，确保空气和水的流动均匀，减少死区。采用高效填料，增加热交换面积，提高热质交换效率。设计多级冷却塔，分段进行冷却，以提高整体冷却效果。改进冷却塔的通风系统，包括优化风机设计和提高风量利用率。选择适合的风机类型和尺寸，确保风机在高效率区间运行。对风机叶片进行优化设计，减少风阻，提高风机的风量和风压。调整风机的安装角度和间距，以优化风场分布^[5]。考虑环境影响，对冷却塔的保温和防腐蚀措施进行优化。采用耐腐蚀材料，提高冷却塔的耐候性和使用寿命。在冷却塔外部添加保温层，减少热损失。

2. 冷却塔运行工况优化

实时监测和调整冷却塔的运行参数，包括水温、空气湿度和风机转速等。安装温湿度传感器，实时监测冷却塔入口和出口的水温和空气湿度。根据监测数据，动态调整风机转速，以适应环境变化和负载需求。优化冷却塔的水分布系统，确保水均匀分布在填料层上。设计多级喷水系统，确保水均匀喷洒到填料层。定期清洗喷嘴和管道，防止堵塞，保证水流通畅。实施定期维护和清洁计划，提高冷却塔的热交换效率。定期清洗填料层，去除污垢和生物膜。对冷却塔进行全面检查，及时更换磨损或损坏的部件。

3. 冷却塔故障诊断与预测

建立冷却塔的运行数据监控系统，收集关键运行参数。安装传感器，实时监测冷却塔的水温、空气湿度和风机状态。通过数据采集系统，记录运行数据，用于后续分析和诊断。采用数据分析技术，识别冷却塔的异常运行模式。利用时间序列分析，识别运行参数的周期性变化和趋势^[6]。应用机器学习算法，建立故障诊断模型。根据故障诊断结果和历史数据，建立故障预测模型。分析历史故障数据，找出故障的早期迹象和预警指标。结合实时监测数据，使用故障预测模型预测可能的故障，并提前采取预防措施。

（三）管道与阀门性能优化

1. 管道设计优化

根据系统需求和水力计算结果，优化管道的直径、长度和布局，减少压力损失和能耗。利用流体力学原理，计算不同管径下的压力损失和流量，选择最合适的管道尺寸。通过优化管道布局，减少弯头和阀门等局部阻力损失。考虑到系统的可扩展性，设计适当的预留空间和连接点。采用合适的管道材料和结构设计，提高管道的耐腐蚀性和承压能力。根据水质和外部环境选择合适的管道材质，如不锈钢、碳钢或塑料等^[7]。加强管道的防腐措施，如内衬、涂层或阴极保护等。对管道进行结构强度计算，确保其能够承受设计压力和外部载荷。考虑管道的维护和检修方便性，设计易于操作的检查点和维修口。在管道关键部位设置检查点，便于定期检测和维修。设计易于打开的检修门，减少维护工作的难度和时间。

2. 阀门选型与优化

根据系统的工作条件，选择合适的阀门类型和规格。确定阀门的公称直径、压力等级和介质类型。根据使用场合选择合适的

阀门类型，如截止阀、闸阀或蝶阀等。优化阀门的操作方式和控制策略，提高阀门的响应速度和精确度。采用电动执行器或气动执行器，实现阀门的远程和自动控制。设计阀门的快速响应系统，以应对突发状况^[9]。定期对阀门进行维护和检修，确保其长期稳定运行。建立阀门的维护计划，定期进行检查和更换密封件。对阀门进行性能测试，确保其开启和关闭的可靠性。

3. 管道与阀门故障诊断与预测

建立管道与阀门的监测系统，实时收集运行数据。安装压力、流量和温度传感器，监测管道的运行状态。对阀门的关闭状态进行实时监控。采用数据分析技术，识别管道与阀门的异常运行模式。利用统计分析和模式识别技术，识别数据中的异常趋势。应用机器学习和人工智能算法，建立故障诊断模型。根据故障诊断结果和历史数据，建立故障预测模型。分析历史故障数据，找出故障的早期迹象和预警指标。结合实时监测数据，使用故障预测模型预测可能的故障，并提前采取预防措施，如调整运行参数或安排维护工作。

三、关键部件性能优化实施策略与建议

（一）制定合理的运行维护制度

建立完善的运行维护手册，明确关键部件的运行参数和维护标准。手册包括关键部件的操作规程，确保操作人员按照标准流程进行操作。维护周期和检查项目，根据设备特性和使用频率制定定期检查计划。维护作业指导书，详细说明维护作业的步骤、方法和注意事项。实施预防性维护计划，通过定期检查和保养，预防设备故障。定期对关键部件进行状态监测，如振动分析、温度检测等。根据部件的润滑保养，确保润滑系统正常工作，减少磨损。定期紧固部件连接，防止松动引起的故障^[9]。建立快速响应的故障处理机制，一旦发现故障迹象，能够迅速采取措施。设立专门的故障处理小组，负责故障诊断和处理。制定故障应急响应流程，缩短故障处理时间。配备必要的备品备件，减少因等待配件造成的停机时间。建立持续改进的反馈机制，通过收集运行维护数据，不断优化维护制度。分析运行维护记录，识别常见故障和潜在问题。根据分析结果调整维护策略，如更改维护周期、增加检查项目等。定期培训维护人员，提高其专业技能和问题解决

能力。

（二）加强关键部件监测与诊断

部署先进的监测设备和技术，实现对关键部件的实时监控。安装传感器和监测仪器，如温度、压力、流量和振动传感器，以实时收集关键部件的运行数据。利用工业物联网技术，将监测数据实时传输到中央监控系统，进行统一管理和分析。建立专业的监测与诊断团队，负责数据的分析和故障的诊断。培训专业的技术人员，提高他们在监测数据分析、故障诊断和设备维护方面的能力。实施定期培训，确保团队能够掌握最新的监测技术和分析方法。开发和应用智能诊断系统，提高故障诊断的准确性和效率。利用大数据分析和机器学习算法，对收集到的数据进行深度分析，发现潜在的故障模式和趋势。开发专家系统，结合专业知识和历史数据，为故障诊断提供决策支持。

（三）建立健全关键部件优化体系

制定系统的优化目标和标准，确保优化工作的方向和效果。明确优化的关键性能指标，如能效、可靠性和安全性。制定优化方案的评价标准，包括技术、经济和环境等多方面的考虑。建立跨部门的协作机制，确保优化工作得到全面的实施^[10]。成立由不同部门组成的优化工作小组，负责协调和推进优化工作。定期召开会议，分享优化进展，解决实施过程中遇到的问题。实施持续的性能评估和改进计划，确保优化效果的持续提升。定期对优化效果进行评估，识别存在的不足和改进空间。根据评估结果调整优化策略，实施改进措施，并监控改进效果。建立知识管理和经验分享机制，促进优化经验的积累和传播。建立优化经验数据库，记录优化案例和最佳实践。定期组织内部交流会议，分享优化经验和成功案例。

四、结语

通过对火力发电厂水循环控制系统关键部件性能优化的研究，有助于提高系统的运行效率、降低故障率，为火力发电行业的可持续发展提供有力支持。在今后的工作中，还需进一步探讨关键部件性能优化与系统整体性能提升之间的关系，以期为火力发电厂水循环控制系统提供更加科学、高效的管理与维护策略。

参考文献

- [1] 蒋刚. 余热锅炉汽包壁温差控制策略 [J]. 燃气轮机技术, 2023,36(01):60-63.
- [2] 丁方焰. 锅炉炉底加热系统的改造应用 [J]. 自动化应用, 2023,64(03):173-175.
- [3] 滑娇琴. 火力发电厂水循环控制系统的应用研究 [J]. 机械管理开发, 2021,36(11):235-237.
- [4] 贺晓飞. 浅谈火力发电厂循环冷却水处理技术与运行监督 [J]. 中国设备工程, 2021,(08):175-176.
- [5] 牛壮壮. 基于水循环算法的含多利益主体的虚拟电厂优化调度研究 [D]. 上海电机学院, 2021.
- [6] 王欣, 侯保灯, 肖伟华, 侯效灵, 王丽川, 陈晓清. 火电厂冷却水循环系统水量监测技术研究 [J]. 能源与节能, 2020,(09):57-59+173.
- [7] 袁萌. 基于卷积神经网络的电厂热能联合循环控制 [J]. 电工材料, 2020,(04):52-54.
- [8] 任志玲, 赵博雅. 基于 CNN 预测的电厂热能联合循环控制研究 [J]. 控制工程, 2019,26(08):1544-1549.
- [9] 赵晓阳. 全膜法在燃机电厂水处理中的应用及优化 [J]. 能源与节能, 2019,(08):69-72.
- [10] 税钊. 电厂循环冷却水中异养菌的检测分析 [J]. 化学工程与装备, 2018,(05):299-300.