

提高汽轮机效率的真空系统优化研究

盛扬洋

国家能源集团宝庆发电有限公司 湖南邵阳 422000

摘要: 汽轮机是动力装置的核心部件, 它的性能对整个机组的运行效率及安全运行起着至关重要的作用。其中, 真空系统是保证汽轮机正常运行的关键部件, 其主要功能是将冷凝液中未凝结气体排出, 维持凝汽器内低压环境, 提高机组热效率。然而, 目前汽轮机真空系统普遍存在着效率低、能耗高、维修难等问题, 这不仅增加了机组的运行成本, 还可能引起机组性能退化, 甚至引发安全事故。鉴于此, 本项目拟采用试验与性能评价相结合的方法, 对汽轮机真空系统进行优化设计, 从而提高汽轮机真空系统性能, 提升汽轮机的运行效率与安全性。本文的主要贡献有: 深入分析了现有汽轮机真空系统存在的问题, 并提出了相应的优化措施; 实验结果表明, 所提出的优化方法是有效的; 在此基础上, 综合评价了优化后的系统性能, 结果表明, 通过优化设计, 可以有效地提高汽轮机真空系统的效率与稳定性。

关键词: 汽轮机; 真空系统; 性能优化; 热效率; 能耗降低; 运行稳定性

引言

汽轮机是电厂不可或缺的核心设备, 它的性能对发电效率、发电成本有着重要的影响。真空系统是汽轮机运行的重要组成部分^[1]。真空系统的主要作用是将凝汽器内不凝结气体排出, 维持凝汽器内低压环境, 从而提高机组热效率, 减少燃油消耗, 提高发电效率, 降低成本。然而, 由于各种原因, 目前汽轮机真空系统普遍存在着效率低、能耗高、维修难等问题, 这不仅增加了发电成本, 也会影响机组的稳定运行, 甚至引发安全事故。因此, 为了提高汽轮机的效率与安全, 对汽轮机真空系统进行了优化设计, 提高了汽轮机的性能。

近几年来, 随着科学技术的发展, 各种新材料、新工艺、新方法不断在汽轮机真空系统优化设计中得到应用。然而, 由于汽轮机真空系统结构复杂, 外部环境多变, 如何对真空系统进行优化设计, 提升其性能, 仍是一项极具挑战的课题。本文在对汽轮机真空系统现状进行深入分析的基础上, 结合当前科学技术的最新进展, 对汽轮机真空系统进行了优化设计。在此基础上, 结合实验与性能评价, 全面评价优化后的真空系统性能。研究表明, 优化真空系统可显著提高机组热效率、降低机组能耗、提高机组运行稳定性, 提高机组发电效率及安全运行水平。这对电力企业的节能减排、保障电力系统的安全运行有着重大的现实意义。

一、汽轮机真空系统概述

汽轮机的真空系统是整个发电机组中极为关键的组成部分, 它的主要作用是用来维持凝汽器内部的低压环境, 这种低压环境对于改善整个机组的运行效率起着非常重要的作用。总的来说, 真空系统主要由这几个核心部件组成, 包括凝汽器、真空泵、冷却水系统还有管路系统。

(一) 凝汽器: 凝汽器是凝汽器的重要组成部分, 它的作用是把凝汽器中的低压蒸汽凝结为冷却水。凝汽器内安装了许多管道, 这些管道的外侧流动着经过的冷却水, 这些水在管道中凝结为水, 由此产生了热能并产生了真空。

(二) 真空泵: 它是用来将凝汽器中不冷凝的气体排出, 以保持凝汽器内部的压力。真空泵按其工作机理可分成水环型和蒸汽喷射型两大类。

(三) 循环水: 循环水的作用是向凝汽器供给凝结水, 使之凝结为水。冷却水系统一般由冷却塔, 水泵, 管路组成。

(四) 管路系统: 管路将凝汽器、真空泵及循环冷却水的管路, 用于输送蒸汽, 冷却水及不凝液。

其工作机理是利用真空泵持续抽取凝汽器中的未凝气, 在凝汽器内部建立一个压力较小的大气压, 促进水蒸气在压力作用下凝结为水, 以达到提升机组效率的目的。

二、汽轮机真空系统的现有问题分析

虽然汽轮机真空系统在提升整个汽轮机的运行效率方面扮演着至关重要的角色, 但是目前运行中的系统依然面临着一系列问题^[2]。这些问题不但影响了真空系统本身的效率和稳定性, 还会对整个汽轮机的性能产生了负面影响:

(一) 效率低下: 在部分真空系统中, 由于使用了比较陈旧的设备和技术, 导致真空泵的工作效率不高, 不能够有效地维持凝汽器内部的低压环境。这种低效率的真空泵会直接对汽轮机的热效率造成影响, 进而会影响整个机组的发电效率。

(二) 高能源消耗: 低效的真空泵和过时的控制系统在运行过程中消耗大量能源, 这不仅增加了发电成本, 还间接加剧了环境压力, 与当前的节能减排的大趋势背道而驰。

(三) 维修难度大: 一些真空系统因其设计不合理, 导致后期的维修工作十分困难, 不仅维修成本增加, 而且系统的停机时间延长, 导致了整个发电机组的运行效率和可靠性都受到了影响。

(四) 循环冷却水污染: 在循环冷却系统中, 冷却水会受到污染, 这会降低冷却效果, 从而影响真空系统的运行效率和汽轮机的整体性能。

(五) 管道渗漏问题: 管道系统和设备的渗漏会导致真空度下降, 这不仅影响了真空系统的正常运行, 还可能对环境造成污染。

(六) 自动化程度不高: 部分真空系统缺乏先进的自动控制系统, 导致系统稳定性较差, 无法有效适应汽轮机工况的变化, 影响了整个系统的运行效率和可靠性^[3]。

因为这些问题的存在, 对现有汽轮机真空系统进行优化和改进显得尤为迫切。通过采取有效措施, 提升系统效率, 降低能耗, 提高系统稳定性, 能够有效降低运行成本, 提高发电效率, 为可持续发展做出贡献。

三、优化策略与方法

(一) 提高真空泵效率

措施: 采用先进的真空泵技术, 如涡轮分子泵、干式旋片泵等。这些真空泵具有较高的抽速和较低的能耗, 能够更有效地维持凝汽器内的低压环境。同时, 可以考虑使用多级真空泵系统, 通过分级抽气降低能耗。

预期效果: 提高真空泵的效率能够显著提高汽轮机真空系统的性能, 减少能耗, 提高整体的热效率。这不仅能够降低运行成本, 还能提高汽轮机的稳定性和可靠性^[4]。

(二) 降低能耗

措施: 应用变频调速技术, 根据汽轮机的实际运行状况和负载需求, 自动调节真空泵的运行速度。这样可以避免真空泵在非最佳工作点运行, 减少不必要的能耗。

预期效果: 通过精确控制真空泵的运行, 能够有效降低系统的能耗, 减少发电成本。同时, 变频调速技术还能提高真空泵的响应

速度和适应性, 进一步提高系统的效率和稳定性。

(三) 简化维护流程

措施: 重新设计真空系统, 采用模块化和标准化的组件, 简化维护和更换过程。此外, 引入远程监控和诊断技术, 实时监控运行状态, 提前发现和解决潜在问题。

预期效果: 简化的维护流程能够减少停机时间和维护成本, 提高系统的运行效率和可靠性。远程监控和诊断技术的应用还能提前预防故障, 减少意外停机的风险。

(四) 改善冷却水质量

措施: 定期清洗冷却水系统, 去除管道和设备中的污垢和沉积物。使用过滤器和水处理设备去除水中的杂质和细菌, 保证冷却水的清洁和效率。

预期效果: 提高冷却水质量能够有效提高冷却效率, 减少冷却水的循环次数, 降低能耗。同时, 清洁的冷却水还能延长设备的使用寿命, 减少维护成本。

(五) 减少泄漏

措施: 定期检查和维护管道系统和设备的密封性, 使用高质量的密封材料和技术, 如采用机械密封代替传统的填料密封, 减少泄漏点。

预期效果: 减少泄漏能够有效维持凝汽器内的低压环境, 提高真空系统的效率和稳定性。此外, 减少泄漏还能降低对环境的污染, 提高系统的环保性能。

(六) 提高自动控制水平

措施: 采用先进的自动控制系统, 如基于人工智能的预测控制技术, 实现真空系统的实时监控和智能调节。通过收集和分析系统运行数据, 预测系统的运行趋势, 及时调整控制策略。

预期效果: 提高自动控制水平能够使真空系统更加稳定可靠, 适应汽轮机运行条件的变化, 提高整体效率。同时, 智能控制技术还能降低人为操作的错误, 进一步提高系统的安全性。

四、实验研究与结果分析

为了验证上述优化策略的有效性, 本研究设计了一系列实验, 并对实验结果进行了详细分析。

(一) 实验设计

实验目的: 验证提出的优化措施对汽轮机真空系统性能的改善效果。

实验对象: 选取具有代表性的汽轮机真空系统作为实验对象, 记录系统优化前的性能参数作为基准。

实验方案: 按照优化策略, 对真空系统进行改造。包括更换高效真空泵、安装变频器、优化管道设计、改善冷却水质量、加强密封性能和升级自动控制系统等。

实验参数: 监测和记录关键性能参数, 包括真空度、能耗、系统稳定性等。

实验过程: 在专业人员的指导下, 安装和调试改造后的真空系统。在不同工况下运行系统, 收集实验数据。

(二) 实验结果分析

真空度提升: 实验数据显示, 优化后的真空系统在相同工况下真空度较优化前有显著提升, 说明改进措施有效地提高了系统的抽气能力。

能耗降低: 对比实验前后的能耗数据, 发现优化后的系统在维持相同真空度的情况下, 能耗明显降低, 这主要得益于高效真空泵的使用和变频调速技术的应用。

系统稳定性: 经过一段时间的运行观察, 改造后的真空系统运行更加平稳, 自动控制系统的升级提高了系统的响应速度和适应性。

维护成本: 由于采用了模块化设计和优化了维护流程, 改造后的系统维护更加方便快捷, 维护成本有所降低。

环保性能: 改进的密封技术和冷却水处理措施有效减少了系统的泄漏和污染, 提高了系统的环保性能。

通过上述实验结果表明, 本项目提出的优化策略对提高汽轮机真空系统性能、降低能耗、提高系统稳定性及环境保护性能具有重要意义。这些改进措施对提高汽轮机的总体效率及可靠性有重要意义。

五、性能提升效果评估

在对汽轮机真空系统进行优化后, 开展汽轮机真空系统综合优化设计, 综合评价系统关键性能指标, 验证优化方案的实用性。主要评价指标包括: 真空度, 能源效率比, 操作稳定性。

(一) 真空提升: 在试验测试中, 优化后的真空系统显示真空度得到明显改善。此项改进可使凝汽器内的非冷凝气得到更有效的抽走, 降低了凝汽器内的压力, 提高了汽轮机的热效率。高效率真空泵及改进系统设计可有效维持低压环境, 为汽轮机高效率运行提供有力支撑^[9]。

(二) 能效比提高: 由于采用高效率真空泵及变频调速技术, 该系统可大幅度降低能源消耗, 大幅提高能源利用率。采用变频调速技术, 可使真空泵按要求调节工作转速, 避免过多的能源消耗, 提高能源利用率。该技术不仅能降低发电成本, 而且能降低碳排放, 符合当前环境保护与节能减排的潮流。

(三) 运行稳定性增强: 通过改进真空系统的设计, 优化其管道布局和组件选型, 以及提高自动控制系统的水平, 优化后的系统在运行中表现出更高的稳定性。故障率的降低意味着系统更加可靠, 维护需求减少, 从而有利于保障汽轮机的连续运行和减少意外停机时间。而且提高运行稳定性还有助于延长设备的使用寿命, 降低长期运营成本。

总之, 对汽轮机真空系统进行优化设计, 不仅能使真空系统本身性能得到明显提高, 而且能显著提高机组的运行效率与稳定性。本项目的研究成果对提高机组发电效率、降低运行成本、提高系统可靠性与安全性具有重要的现实意义。

六、结论

本项目拟以汽轮机真空系统为研究对象, 采用整体优化的方法, 显著提高了系统的性能。提出了采用高效率的真空泵, 采用变频调速技术, 优化系统设计, 改善冷却水品质, 改善密封性能, 并对自控系统进行升级。试验结果表明, 采取上述措施后, 真空系统的真空度、能效比及运行稳定性得到了明显的改善, 从而提高了机组的运行效率和可靠性。

本项目的研究不仅可以改善汽轮机真空系统的性能, 而且可以为提高汽轮机的能源效率提供一条可行的技术途径。对真空系统进行优化, 可大幅降低机组能耗、降低运行成本、提高发电效率, 对提高机组经济效益与竞争力有重要意义。同时, 提高涡轮的能量效率, 对于减少化石能源消耗、减少温室气体排放量, 具有重要的意义。

总体来说, 汽轮机真空系统的优化是提高汽轮机性能和发电效率的关键环节, 具有重要的理论和实践意义。未来的研究可以进一步探索更先进的优化技术和方法, 以实现汽轮机系统更高效、更环保的运行。

参考文献:

- [1]梁卓.汽轮机真空系统检漏策略优化及典型案例[J].河南电力, 2021, (S2): 58-60+98.
 - [2]孙斌, 曹江华, 缪希希, 等.火电厂汽轮机真空系统凝汽设备的优化运行[J].现代工业经济和信化, 2020, 10(09): 28-29.
 - [3]王建闯.燃气电厂汽轮机真空严密性优化措施研究[J].电气技术与经济, 2019, (06): 14-16.
 - [4]蒲正波.优化火力发电厂汽轮机真空系统的研究[D].哈尔滨工业大学, 2016.
 - [5]张栩嘉, 李博, 潘博闻.汽轮机真空系统优化运行的探究[J].科技与企业, 2015, (22): 185.
- 作者简介: 盛扬洋(1984.12-), 男, 汉族, 湖南益阳人, 本科学历, 工程师。