

改善汽轮机真空严密性提高汽轮机效率

王 雨

华泰永创(北京)科技股份有限公司 北京 102600

摘要: 本文概述了汽轮机组的真空系统,探讨了真空严密性差的危害及原因,包括凝汽器故障、循环水温升高和抽气器系统故障等。针对这些问题,提出了加强凝汽器安装质量检查、改造常泄漏的汽封或轴封系统、加强供水设备维护以及定期进行真空严密性试验等策略,以提高汽轮机组的真空严密性和运行效率,减少能耗和安全隐患。

关键词: 汽轮机;真空严密性;危害;原因;策略

引言

汽轮机组的真空系统是保障机组高效运行的关键部分,其性能直接影响到机组的排气压力、排气温度及整体效率。随着运行时间的增加,真空系统可能出现各种问题,导致真空严密性下降,进而影响机组的安全性和经济性。因此,深入分析真空严密性低的原因并采取相应的改进措施,对于提高机组运行效率和延长机组使用寿命具有重要意义。

1 汽轮机组真空系统概述

汽轮机组的真空系统作为整个热力循环中的关键一环,其高效稳定运行对于提升机组效率、保障设备安全及延长使用寿命至关重要。该系统通过精密设计的流程,不仅实现了凝汽器内部低真空环境的创建与维持,还巧妙处理了蒸汽循环过程中产生的不凝结气体,这些气体若不及时排除,会严重影响热交换效率,导致机组性能下降。

具体而言,真空泵作为系统的“心脏”,其选型与运行效率直接决定了真空度的保持能力。水环式真空泵以其结构简单、运行可靠、维护方便等优点,在汽轮机真空系统中得到广泛应用。它利用水作为工作介质,通过旋转形成的水环与泵壳之间的容积变化来抽取气体,实现凝汽器内不凝结气体的有效排出。

此外,凝汽器作为热交换的核心部件,其设计优化与冷却效果同样关键。高效的凝汽器能够迅速将蒸汽凝结为水,同时释放大量潜热,为机组提供稳定的真空环境。而补水阀则负责调节凝汽器内的水位,确保热交换过程的连续性和稳定性。

最后,真空破坏阀作为安全装置,其重要性不容忽视。在机组启动、停机或紧急情况下,能够迅速破坏真空状态,防止设备因过度负压而受损,保障机组的安全运行。综上所述,汽轮机组的真空系统是一个集高效、安全、可靠于一体的复杂系统,其各组件协同工作,共同为机组的稳定运行提供有力保障。

2 汽轮机真空严密性差的危害

汽轮机真空严密性差的危害是一个多维度、深层次的问题,其影响远不止于表面的经济损失,更触及到电厂运行的安全底线与可持续发展能力。

在经济层面,真空度的降低是电厂运行效率下滑的直观体现。随着凝汽器内背压的升高,蒸汽在汽轮机中的膨胀做功过程被提前限制,有效焓降显著减少,这直接导致机组发电能力的下降,单位煤耗上升,增加了运营成本,降低了电厂的市场竞争力^[1]。此外,热效率的降低还意味着更多的燃料被浪费,在能源紧缺的当下,这无疑是对宝贵资源的极大不尊重。

技术层面,真空严密性差加剧了凝汽器的热交换困境。空气的渗入破坏了原有的热交换平衡,降低了蒸汽与冷却水之间的传热效率,使得凝结水温度偏离设计值,这不仅增加了冷却系统的负担,还可能引发一系列连锁反应,如冷却塔效率下降、冷却水管路结垢加剧等,进一步削弱了整个冷却系统的性能。

安全与环境方面,真空严密性差还隐藏着不容忽视的风险。溶氧量的增加不仅加速了热力设备的腐蚀,缩短了设备的使用寿命,还可能因腐蚀产物的积累而引发水质恶化,对环境造成潜在威胁。同时,真空度的波动可能导致机组运行不稳定,振动加剧,对轴承、叶片等关键部件造成不可逆的损害,严重时甚至可能引发安全事故,对人员安全构成直接威胁。

因此,汽轮机真空严密性差的危害是全面而深远的,它不仅侵蚀着电厂的经济利益,更威胁着机组的安全稳定运行和环境的可持续发展。对此,电厂必须高度重视,采取有效措施加强真空系统的维护与检修,确保真空严密性达标,为电厂的安全、经济、高效运行提供坚实保障。

3 汽轮机真空严密性低的原因

3.1 凝汽器故障

凝汽器作为汽轮机排汽的冷凝装置,其性能直接关系到机组的真空度和热效率。随着机组负荷的增加,凝汽器需要处理的蒸汽量也随之增大,若此时冷却介质(通常是循环水)的流量或温度不能满足要求,就会导致凝汽器热负荷过高,换热效率下降,无法有效将蒸汽凝结成水,从而减少了蒸汽凝结所释放的热量,进而影响到真空度的维持。凝汽器水位过高会淹没部分换热管束,减少有效换热面积,同时还会增加冷却水的阻力,降低换热效率;而水位过低则可能使凝结水泵入口汽化,造成泵运行不稳定甚至损坏,同时也会因汽侧空间增大而增加不凝结气体的积聚,这些都会对真空度产生不利影响。凝汽器及其附属管道、阀门等设备若存在渗漏或封闭不严的问题,外部空气将通过这些缝隙进入凝汽器,增加凝汽器内的不凝结气体含量,这些气体在凝汽器内占据空间,阻碍了蒸汽的正常凝结,从而降低了真空度。此外,凝汽器内部的铜管或不锈钢管若因腐蚀、磨损等原因发生穿孔,也会导致同样的问题。

3.2 循环水温升高

循环水温的升高,作为凝汽器运行中的一个重要参数变化,其影响深远且复杂。具体而言,当环境温度上升或冷却系统效率下降时,循环水温度会随之升高,这一变化直接挑战着凝汽器的冷却性能。在凝汽器内部,高温蒸汽与循环水进行热交换,以期达到蒸汽凝结成水的目的^[2]。然而,随着循环水温度的攀升,两者之间的初始温差显著缩小,这直接削弱了热交换过程的驱动力,使得热量传递效率大打折扣。

换热效率的降低不仅减缓了蒸汽的凝结速率,还导致了凝结温度的上升,这一变化对于维持凝汽器内的低真空状态至关重要。真空度的下降意味着凝汽器无法有效地降低蒸汽的凝结压力,进而影响到整个汽轮机组的热效率和输出功率。此外,凝结温度的上升还可能促进凝汽器管束表面水垢的形成,这些沉积物会进一步阻碍热量的传递,形成所谓的“热阻”,加剧换热效率的恶化,形成一个难以摆脱的恶性循环。

因此,对于发电厂等依赖凝汽器进行蒸汽冷凝的工业领域而言,密切监控并有效控制循环水温度,采取必要的冷却措施,如增加冷却塔喷淋量、优化循环水系统流程等,对于保障凝汽器的正常运行、提高机组效率、延长设备寿命具有重要意义。

3.3 抽气器系统故障

抽气器系统的主要作用是抽除凝汽器内的不凝结气体,以维持真空度。若抽气器系统出现故障,将直接导致真空度下降。真空泵作为抽气系统的核心设备,其

密封性能对抽气效果至关重要。若真空泵密封不严,外部空气将随之进入泵内,增加泵的处理负荷,同时降低其抽气效率。对于水环式真空泵而言,足够且温度适宜的工作液是形成有效水环并带走热量的关键。若工作液不足或过热,将无法形成稳定的水环,影响泵的抽气性能。此外,工作液中的杂质和污垢也可能堵塞泵体或叶片,影响其正常运行。长期运行中的磨损、腐蚀或异物冲击等因素,都可能导致泵体或叶片出现损坏。这些损坏不仅会影响泵的抽气性能,还可能加剧设备的振动和噪音,对机组的安全稳定运行构成威胁。

4 汽轮机真空严密性的相关策略

4.1 加强凝汽器安装的质量检查,确保其正常使用

在汽轮机真空严密性的构建中,凝汽器的安装质量是基础。为此,需从设计审查、材料检验、精确安装、严密测试及后续运维等多个维度强化措施。设计阶段,除了专家团队的细致审查外,还应引入模拟仿真技术,预判密封结构及换热效率在实际运行中的表现,确保设计方案的优化与前瞻。材料检验方面,不仅限于常规的物理与化学检测,还需增加无损检测环节,如超声波探伤,以全面排查材料内部的潜在缺陷。安装过程中,采用数字化管理平台,实现安装步骤的精确追踪与记录,确保每一步操作都符合既定规范。安装完成后,实施多轮次的密封性测试,包括极端工况下的模拟测试,以充分验证凝汽器的可靠性与稳定性。同时,建立在线监测系统,集成AI算法进行数据分析,实现故障预警与智能诊断,将潜在问题扼杀于萌芽状态。运维阶段,制定详细的清洗与维护计划,采用高压水射流、化学清洗等先进技术,确保凝汽器管束清洁无阻,换热效率始终保持在最佳状态。此外,定期对密封系统进行全面检查,采用高性能的新型密封材料替换老化部件,以科技赋能提升密封性能,为汽轮机的高效稳定运行奠定坚实基础。

4.2 改造常泄漏汽封或轴封系统

在提升汽轮机真空严密性的策略中,针对常泄漏的汽封或轴封系统进行改造是至关重要的一环。首先,需深入挖掘历史运行与维护数据,运用大数据分析方法,精准定位那些频繁出现泄漏问题的关键区域。这些区域往往受到运行环境、负荷变化及操作习惯等多重因素影响,导致密封材料加速老化、原有设计适应性下降或安装时的微小偏差被放大。随后,针对识别出的泄漏源,深入剖析其成因,从材料特性、结构设计、工艺执行等多个维度综合考量。在此基础上,积极引入先进密封技术,如采用高性能的蜂窝状密封和刷式密封材料,这些新型材料不仅耐磨性强,而且能有效减少流体泄漏,提

升密封效率。设计优化方面,根据泄漏部位的具体情况,量身定制密封结构优化方案,可能包括增加密封齿的密集度以增强阻挡效果,精细调整密封间隙至最佳范围以平衡密封性能与功耗,或是在高泄漏风险区域增设多级密封结构,形成更为牢固的屏障^[3]。改造计划需详尽周密,明确改造的具体内容、执行步骤、责任人及时间进度表,确保改造工作有序进行。同时,组建由经验丰富的技术人员组成的专项小组,负责改造施工的全过程,严格控制施工质量,确保每项改造措施都能精准到位。改造完成后,通过严格的密封性测试,全面评估改造效果,确保改造后系统的真空严密性显著提升,达到或超越预期目标。

4.3 加强供水设备维护,保证经济的循环水量

在提升汽轮机真空严密性的综合策略中,加强供水设备的维护与管理占据着举足轻重的地位。这不仅关乎到循环水系统的稳定运行,更是保障凝汽器高效换热、维持真空度稳定的关键环节。具体而言,应建立一套完善的供水设备维护体系,涵盖日常巡检、定期保养、故障排查及应急响应等多个方面。通过精细化的管理,确保电机运行平稳、泵体密封良好、阀门开关灵活无泄漏,从而有效减少因设备故障导致的循环水量波动。同时,水质管理亦不容忽视。需建立水质监测网络,实时跟踪循环水的硬度、pH值、含氧量等关键指标,一旦发现异常立即采取措施,防止水质恶化对管道、凝汽器等设备造成腐蚀和堵塞,影响冷却效果和真空度。此外,还应根据机组实际运行工况,灵活调整循环水量。在低负荷或低水温时段,适当减少循环水量,以节约能耗;而在高负荷或高水温时段,则增加循环水量,确保凝汽器得到充分冷却,维持真空度在最佳范围。为进一步提升管理效率,可引入智能控制系统,通过集成传感器、数据分析算法等技术手段,实现循环水量和供水设备运行状态的自动优化调整。这不仅能显著提升系统的响应速度和调节精度,还能有效降低人为操作失误的风险,实现节能降耗与环保效益的双赢。同时,积极推广使用环保型冷却塔和节水型供水设备,也是减少水资源消耗、降低环境污染的重要途径。

4.4 定置试验

为了确保试验的精准性与安全性,首先需精心策划一套详尽的试验方案,明确试验目的、步骤、预期结果及应急处理措施。同时,对参与试验的人员进行全面的安全教育与技能培训,确保他们熟悉试验流程,掌握应急操作技能。试验准备阶段,除了常规的试验设备和工具外,还需配备高精度的测量仪器,如真空计、温度传感器等,以精确捕捉试验过程中的各项关键参数变化。试验实施时,严格按照既定方案执行,确保每一步操作都准确无误。过程中,详细记录真空度随时间的变化趋势、水温波动情况以及任何异常现象,这些数据将为后续分析提供宝贵依据。试验完成后,运用专业的数据分析软件对收集到的数据进行深度挖掘与处理,通过对比历史数据、建立数学模型等手段,全面评估真空系统的性能状态,精准定位问题根源。基于分析结果,制定针对性的改进措施,包括但不限于密封件更换、管路优化、系统调试等,以提升真空系统的严密性和整体性能。最终,将试验成果转化为实际生产力,指导汽轮机组的日常运行与维护工作。通过调整运行参数、优化维护策略,不仅能够有效预防真空泄漏等问题的发生,还能显著提升机组的安全运行水平和经济效益,为企业的可持续发展奠定坚实基础。

结束语

综上所述,汽轮机组的真空严密性对于机组的整体性能和运行安全至关重要。通过加强凝汽器、汽封或轴封系统、供水设备等的维护和改造,以及定期进行真空严密性试验,可以有效提高真空系统的性能,降低能耗和安全隐患。随着技术的不断进步和经验的积累,我们有理由相信汽轮机组的真空系统将会更加完善,为电力生产提供更加可靠和高效的保障。

参考文献

- [1]鲍佳威.关于燃气电厂汽轮机真空密封性优化的分析[J].科学与信息化,2019(29):81,83.
- [2]荣士龙.燃气电厂汽轮机真空严密性优化策略[J].中国高新科技,2021(19):84-85.
- [3]王统志.凝汽器真空严密性不良的原因与对策分析[J].集成电路应用,2021,38(11):140-141.