

改善汽轮机真空严密性提高汽轮机效率

张吉秋 高宏伟

沈阳经济技术开发区热电有限公司 辽宁 沈阳 110027

摘要：汽轮机效率以及其出力会受到汽轮机真空严密性观察大小的影响，为了能够保证汽轮机有较好的严密性能，避免出现较大的端差，现在很多企业在进行运行过程中针对于真空严密性已经采取了一系列有效的措施。本文探讨了改善汽轮机真空严密性的策略，旨在通过提升真空系统的密封性能来优化汽轮机的运行效率。文中强调了定期试验与检测的重要性，通过精细化管理和先进检测技术，及时发现并解决真空系统泄漏问题等策略的实施，将有效减少能量损失，提升汽轮机的工作效率和整体性能，为能源行业的节能减排和可持续发展贡献力量。

关键词：汽轮机；真空严密性；提高汽轮机效率

引言：汽轮机作为能源转换的重要设备，其运行效率直接影响能源利用的经济效益与环境效益。真空严密性作为影响汽轮机效率的关键因素之一，其优化成为提升机组性能的重要课题。本文旨在探讨通过改善汽轮机真空系统的密封性，减少漏气损失，从而提高汽轮机的运行效率。这不仅有助于提升发电厂的能源转换效率，还能降低运行成本，促进能源行业的可持续发展。

1 汽轮机真空系统概述

汽轮机真空系统，也被称为凝汽器抽气系统，是汽轮机运行中的关键组成部分。其主要作用是建立和维持汽轮机及凝汽器内的高度真空状态，以确保蒸汽能够顺畅地冷凝成水，并有效排除因泄漏等原因进入的不凝结气体。该系统由抽真空系统和密封蒸汽系统两部分构成。抽真空系统通常采用水环式真空泵或射气式抽气器等设备，这些设备通过抽取凝汽器内的气体，降低其压力，从而在凝汽器内形成并保持高度真空。而密封蒸汽系统则负责为汽轮机的轴封等部位提供密封蒸汽，防止空气漏入，影响真空度^[1]。水环式真空泵是该系统中常用的抽气设备之一，其结构简单，制造精度要求不高，且操作简便，维修方便。其工作原理是利用水环作为工作介质，通过叶轮的旋转产生离心力，将气体吸入并压缩后排出。水环除了起到传递能量的作用外，还具备散热、密封和冷却等功能，确保了真空泵的稳定运行。在汽轮机运行过程中，真空系统的作用至关重要。它不仅能够确保蒸汽顺畅冷凝，提高汽轮机的效率，还能有效减少泄漏损失，避免不必要的热量和能量浪费。同时，通过调节真空度，还可以实现旁路密封，保证汽轮机周围环境的密封性，防止外部空气和杂质进入汽轮机内部。

2 汽轮机真空严密性低的原因分析

2.1 凝汽器故障

凝汽器作为汽轮机真空系统的核心部件，其运行状态直接影响整个机组的真空严密性。（1）热负荷过高或水位异常：当凝汽器的热负荷过高时，冷却水的换热能力可能不足以迅速带走蒸汽凝结时释放的热量，导致凝汽器内部压力升高，从而影响真空度。另一方面，如果凝汽器水位迅速升高甚至达到满水状态，会占据部分蒸汽空间，减少蒸汽与冷却水的接触面积，进而影响蒸汽的冷凝效果，导致真空度下降。（2）渗漏或系统封闭不严：凝汽器及其连接管道、阀门等部件如果出现渗漏，或者系统封闭性不够严密，会导致外部空气进入凝汽器内部。由于空气不易凝结，当一定量的空气漏入后，会降低凝汽器内的蒸汽分压力，从而影响蒸汽的凝结温度，使得真空度下降。（3）冷却面积结垢：长时间运行后，凝汽器的冷却面积可能会因为水质问题、沉积物等原因结垢。水垢的存在会增大传热热阻，降低传热效率，使得在相同冷却水流量下，蒸汽的冷凝效果变差，凝汽器内部压力升高，真空度降低。

2.2 循环水温升高

汽轮机真空严密性低的原因中，循环水温升高是一个重要的影响因素。循环水作为汽轮机凝汽器中的主要冷却介质，其温度的变化会直接影响凝汽器的冷却效果，进而对汽轮机的真空严密性产生显著影响。（1）降低冷却效果：循环水温度升高会导致冷却水的热容量减小，即每单位质量的水能够带走的热量减少。因此，在相同的冷却水流量下，高温循环水对汽轮机排汽的冷却效果会减弱，使得凝汽器内的蒸汽无法充分冷凝，从而导致凝汽器内部压力升高，真空度下降。（2）增加排汽温度：由于循环水冷却效果减弱，凝汽器无法将蒸汽有效冷凝成水，导致排汽温度上升。排汽温度的升高会进一步影响汽轮机的热效率和安全性，因为高温排汽可能

对汽轮机的叶片和缸体造成热应力损伤。(3)影响真空泵性能:循环水温升高还可能影响真空泵的性能。真空泵在抽取凝汽器内的不凝结气体时,需要克服更高的气体压力,从而增加了真空泵的负荷和能耗。此外,高温环境下真空泵的密封性能和润滑性能也可能下降,进一步影响其工作效率和可靠性。

2.3 抽气器系统故障

汽轮机真空严密性低的原因中,抽气器系统故障是一个不可忽视的重要因素。抽气器作为维持凝汽器真空度的关键设备,其运行状态直接影响到汽轮机组的整体性能。(1)抽气能力不足:当抽气器因磨损、堵塞或设计不合理等原因导致抽气能力不足时,无法及时将凝汽器内的不凝结气体抽出,使得凝汽器内的压力逐渐升高,真空度下降。这不仅会影响汽轮机的热效率,还可能对机组的安全运行构成威胁。(2)运行不稳定:抽气器在运行过程中,如果因控制系统故障、机械振动或密封不严等问题导致运行不稳定,也会影响其抽气效果。例如,密封不严会导致外部空气进入抽气系统,进一步降低凝汽器的真空度。(3)故障频发:抽气器系统的零部件较多,且工作环境恶劣,容易出现磨损、腐蚀等故障。如果维护不当或检修不及时,会导致故障频发,进而影响机组的真空严密性。

3 改善汽轮机真空严密性的策略

3.1 加强凝汽器安装与维护

针对汽轮机真空严密性低的问题,加强凝汽器的安装与维护是一项至关重要的策略。

3.1.1 凝汽器安装阶段

在凝汽器安装前,应对设备进行严格的验收,包括检查设备配件是否完整、设备是否存在损坏或故障等。同时,还需对凝汽器的连接管路和阀门进行细致检查,确保无松动和漏气的情况。安装过程中,应做好基础的测量和设计工作,确保凝汽器的基础符合安装要求。安装时需将凝汽器主体与支撑座用螺杆紧固,确保连接紧密,避免在运行过程中出现振动或位移。在安装水系统时,需进行水质检测,确保水质符合要求。安装前应清洗和消毒管路,安装过程中注意管路的密封性和连接处的牢固性,防止因水质问题导致的结垢和腐蚀。

3.1.2 运行维护阶段

定期对凝汽器进行清洗,清除内部的灰尘、异物和积水等。清洗时需注意关闭凝汽器的电源,并确保清洗水的质量和温度适中。同时,还需检查凝汽器的换热管是否堵塞或结垢,如有必要可进行疏通或更换。实时监控凝汽器的运行状态,包括温度、压力、流量等参数。

一旦发现异常,应立即查明原因并采取相应措施进行处理^[2]。对于频繁出现的故障点,应重点监控并加强维护。保持凝汽器内水位在正常范围内,避免因水位过高或过低导致的真空度下降。同时,根据机组负荷变化及时调整冷却水量,确保凝汽器的热负荷在合理范围内。

3.1.3 预防性维护阶段

根据机组运行情况和凝汽器的使用状况,制定科学合理的预防性维护计划。计划应明确维护周期、维护内容和维护标准等。定期对运行和维护人员进行培训和教育,提高其专业技能和综合素质。培训内容应包括凝汽器的结构原理、维护要点、故障处理方法等。积极探索和应用新技术、新材料来改进凝汽器的设计和制造。例如,采用高效换热管、耐腐蚀材料等,以提高凝汽器的换热效率和使用寿命。

3.2 改造常泄漏的汽封或轴封系统

针对汽轮机真空严密性低的问题,改造常泄漏的汽封或轴封系统是一项关键的策略。这些系统由于长期运行、设计缺陷或材料老化等原因,容易出现泄漏,进而影响机组的真空度和运行效率。

3.2.1 选用高性能密封材料与技术

选用具有优异密封性能、耐磨性和耐腐蚀性的材料,如蜂窝式汽封、侧齿汽封等。这些材料能够有效减少汽封或轴封处的泄漏,提高密封效果。引进先进的密封技术,如非接触式密封技术,通过优化密封结构和减少密封件间的摩擦,降低泄漏风险。

3.2.2 优化汽封或轴封结构设计

将汽封或轴封系统设计为多段多腔室结构,通过逐级降压的方式减少泄漏量。同时,各腔室之间设置合理的压差,以保证蒸汽或空气不会从高压区直接泄漏到低压区。根据机组运行工况和密封材料的磨损情况,定期调整汽封或轴封的密封间隙。间隙过大会导致泄漏增加,间隙过小则可能增加摩擦和磨损。

3.2.3 加强维护与检修

制定详细的检修计划,定期对汽封或轴封系统进行检修和维护。重点检查密封件的磨损情况、密封间隙的合理性以及各连接部位的紧固情况等。引入在线监测技术,实时监测汽封或轴封系统的运行状态和泄漏情况。一旦发现泄漏超标或异常现象,立即进行处理。

3.2.4 实施技术改造与升级

对常出现泄漏的汽封或轴封系统进行技术改造和升级。例如,增加密封蒸汽的供应量、优化蒸汽分配系统、改进轴封加热器的设计等。引入智能化控制系统,通过自动调节和控制蒸汽压力、温度等参数,实现汽封

或轴封系统的优化运行。这不仅可以减少泄漏量，还可以提高机组的运行效率和稳定性。

3.3 提高运行管理质量

在提升汽轮机真空严密性的策略中，提高运行管理质量是至关重要的一环，它涉及到对机组运行过程的全面监控、精细调整以及持续优化。这一策略的深度实施，要求管理者不仅具备扎实的专业知识，还需具备高度的责任心和敏锐的问题意识。提高运行管理质量，首先要建立健全的运行管理制度，明确各级人员的职责和权限，确保各项操作有章可循、有据可查。在此基础上，加强对机组运行参数的实时监控，利用先进的数据采集与分析系统，对温度、压力、流量等关键参数进行持续跟踪，及时发现并处理异常情况。同时，注重运行调整的精细化和科学化。根据机组的实际运行状况，合理调整循环水流量、冷却水温度等参数，优化凝汽器的热交换效率。对于常出现泄漏的汽封或轴封系统，实施更为严格的监控和维护措施，定期检查和更换磨损的密封件，确保密封效果良好。除此之外，加强运行人员的培训和教育也是提高运行管理质量的重要途径。通过定期举办培训班、技术交流会等活动，提升运行人员的专业技能和综合素质，使其能够更好地应对各种复杂工况和突发情况。同时，鼓励运行人员积极参与技术创新和改造工作，为机组的优化运行贡献智慧和力量。

3.4 加强供水设备维护

在改善汽轮机真空严密性的策略中，加强供水设备的维护是至关重要的环节。供水设备作为凝汽器冷却系统的重要组成部分，其运行状态直接影响凝汽器的热交换效率和真空度。因此，必须深化对供水设备的维护管理，确保其长期稳定运行。这要求维护团队对供水设备进行全面、细致的定期检查，包括但不限于水泵、管道、阀门及冷却塔等关键部件。通过运用先进的检测技术和手段，及时发现并处理设备的磨损、腐蚀、堵塞等问题，防止因设备故障导致的冷却水流量不足或水温过高，进而影响凝汽器的真空度^[1]。另外，加强供水设备的日常保养，如定期清洗冷却塔填料、更换滤网、调整水泵叶轮间隙等，以维持设备的最佳工作状态。此外，还需建立完善的供水设备维护档案，记录每次维护的时间、内容、更换的部件及维修效果等信息，为后续的维

护决策提供有力支持。通过这些措施，可以显著提升供水设备的可靠性和稳定性，为汽轮机真空度的保持提供有力保障。

3.5 定期试验与检测

在改善汽轮机真空严密性的策略中，定期试验与检测是不可或缺的一环，它对于及时发现并解决潜在问题、确保机组长期稳定运行具有重要意义。这一策略的深度实施，要求建立全面的试验与检测体系，涵盖从设备性能验证到系统密封性评估的各个方面。首先，需制定详细的试验与检测计划，明确检测周期、检测项目、检测方法及合格标准，确保检测工作的系统性和规范性。通过定期进行真空严密性试验，如真空泵性能试验、凝汽器水侧真空试验等，可以直观评估机组的真空维持能力，及时发现并处理泄漏点。其次，利用先进的检测技术和设备，如超声波检漏仪、红外热成像仪等，对机组的关键部位进行非接触式检测，提高检测的准确性和效率。这些技术能够精准定位泄漏源，为维修工作提供有力支持。除此之外，注重试验与检测数据的收集与分析，建立数据库，对历次检测数据进行对比分析，掌握机组性能变化趋势，为优化运行和维护策略提供科学依据。通过定期试验与检测，可以实现对汽轮机真空严密性的有效监控和持续改进，确保机组始终处于高效、稳定、安全的运行状态。

结语

总之，改善汽轮机真空严密性对于提升汽轮机效率具有显著作用。通过加强真空系统的维护、优化运行管理、以及定期试验与检测，可以有效减少漏气损失，提升机组的热效率和整体性能。未来，随着技术的不断进步和管理的持续优化，汽轮机真空严密性的改善将迈向更高水平。

参考文献

- [1]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.
- [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]吕泰萍,马壮,滕九洋.火电厂汽轮机运行存在的问题与对策[J].现代工业经济和信息化,2021,11(11):235-237.