

汽轮机调速与检修相关问题研究

张 辉

云南华电昆明发电有限公司 云南 安宁 650308

摘 要: 调速系统在实际应用的过程中, 汽轮机的运转速度有着十分重要的作用, 且该系统在安装使用的过程中, 也容易受到外界因素的干扰出现故障问题, 若不及时解决, 将会对整个汽轮机系统的安全运行产生不利影响。本文通过对汽轮机调速系统的基本原理和结构的阐述, 明确了其在电力生产中的作用。分析了当前汽轮机常见的调速系统故障、主轴故障、汽缸故障和转子故障, 并提出了相应的处理对策。讨论了汽轮机调速系统检修的注意事项, 以确保检修过程的安全性和有效性。本文旨在为汽轮机调速系统的维护和管理提供理论指导和实践参考。

关键词: 汽轮机调速; 检修; 故障处理

引言: 汽轮机作为发电厂的原动机, 其调速系统的性能和稳定性直接影响到电力生产的效率和安全性。随着电力需求的不断增长, 对汽轮机调速系统的要求也越来越高。对汽轮机调速系统进行深入研究, 分析常见故障并提出处理对策, 以及明确检修注意事项, 对于提高汽轮机运行效率和保障电力生产安全具有重要意义。

1 汽轮机调速系统概述

汽轮机调速系统负责调节和控制汽轮机的转速, 确保发电机稳定、高效地输出电能。汽轮机作为发电厂的原动机, 通过驱动同步发电机旋转产生电能, 向电网输送符合数量和供电品质(电压与频率)要求的电力。汽轮机调速系统主要由转速感受机构、传动放大机构、反馈机构及执行机构等组成。(1) 转速感受机构, 通常称为调速器, 负责感受汽轮机转速的变化, 并将其转变成位移、油压或电压信号。(2) 这些信号随后被传递给传动放大机构, 该机构对信号进行比例放大和功率放大, 以确保信号足够强大以驱动执行机构。(3) 执行机构, 主要包括调节阀和其传动装置(也称配汽机构), 根据传动放大机构传递的信号调整汽轮机的进汽量, 从而控制转速的变化。当外界电负荷发生变化时, 调速系统能迅速响应, 通过改变汽轮机的进汽量, 使汽轮机的主力矩和发电机的阻力矩重新相等, 达到新的平衡状态。(4) 反馈机构通过使某调节元件输出的调节信号返回其输入端, 削弱或抵消原输入信号的作用(负反馈), 从而能够结束调节过程, 使机组达到新的稳定工况^[1]。这种反馈机制确保了调速系统的稳定性和准确性。汽轮机调速系统还配备了定值机构(如同步器), 用于在上述自动调节的基础上整定被调量的数值, 确保其不超过允许范围。定值机构在单机运行时改变汽轮机的转速, 在并网运行时改变机组的功率, 以满足不同工况下的需求。

2 汽轮机调速与检修的重要性

2.1 汽轮机调速的重要性

汽轮机调速的主要目的是保持汽轮机的转速稳定, 使其与发电机的负荷相匹配, 从而确保电能的质量和稳定性。调速系统通过监测汽轮机的转速变化, 并自动调节进汽量, 使汽轮机在各种工况下都能保持稳定的转速。汽轮机调速的重要性体现在以下几个方面:(1) 供电质量保障: 电能的频率和电压是衡量供电质量的重要指标。汽轮机调速系统通过维持稳定的转速, 确保了电能频率的稳定性, 从而提高了供电质量。(2) 运行效率提升: 通过精确调节进汽量, 调速系统能够减少不必要的能量损失, 提高汽轮机的热效率和经济性。这不仅能够降低发电成本, 还能提高发电厂的竞争力。(3) 安全性增强: 调速系统能够防止汽轮机在负荷突变时发生超速或失速等危险情况, 从而保障了发电设备的安全运行。

2.2 汽轮机检修的重要性

汽轮机检修是指对汽轮机进行定期维护和检修, 以确保其正常运行、提高设备性能和延长使用寿命的过程。汽轮机作为一个高精密度的机器, 在长期运行过程中会出现各种故障和磨损, 如泄漏、锈蚀、裂纹等。如果不及时检修, 这些故障和磨损会逐渐累积, 最终导致设备性能下降甚至停机故障^[2]。汽轮机检修的重要性体现在以下几个方面:(1) 延长设备寿命: 通过定期检修, 可以及时发现并处理设备故障和磨损, 从而延长汽轮机的使用寿命。(2) 提高运行稳定性: 检修工作能够确保汽轮机的各个部件都处于良好的工作状态, 从而提高其运行的稳定性。(3) 降低运行成本: 有效的检修工作能够减少因设备故障导致的停机时间和维修费用, 从而降低发电厂的运行成本。

3 当前汽轮机常见故障分析

3.1 调节系统故障分析

调节系统是汽轮机的关键组成部分，负责根据负荷变化自动调节汽轮机的转速和进汽量，以确保电能输出的稳定性和高效性。在实际运行过程中，调节系统常常出现各种故障，严重影响汽轮机的性能。调节系统故障的一个主要原因在于机油质量问题。机油作为调节系统中的重要介质，其品质直接影响到系统的灵敏度和稳定性。如果机油质量不达标，如含有杂质、粘度不合适等，就会导致系统部件卡顿、磨损加剧，进而影响调速器的调节效果。机油的泄漏也是导致调节系统故障的常见原因，泄漏会导致系统油压不稳定，进而影响调速器的正常工作。除了机油问题，调节系统的安装和调整也是故障产生的重要因素。提板安装不当、内部阀门调节不准确以及运转情况不明等都会导致调速器无法准确感知汽轮机转速的变化，从而无法做出正确的调节动作。工作人员对设备的调试不当也是导致调节系统故障的原因之一。如果调试过程中参数设置不合理，如气阀开度过大或过小，都会导致汽轮机转速波动过大，进而影响电能输出的稳定性。

3.2 主轴故障分析

在长期的运行过程中，主轴常常因为承受过大的负荷而出故障。主轴故障的主要原因在于机械承载的负荷过大。当汽轮机处于高负荷运行时，主轴内部的压力差会增大，导致轴向推力发生变化。如果轴向推力过大，就会对主轴的轴承和密封件造成严重的磨损和损坏，进而引发主轴故障。动静叶片的结构状也会影响主轴的稳定性。如果叶片出现磨损或变形，就会导致内部流通面积减小，进而加剧轴向力的失衡，加速主轴的损坏。

3.3 汽缸故障分析

汽缸是汽轮机的重要组成部分，其负责将蒸汽的热能转化为机械能。但在高温高压的环境下，汽缸常常因为无法有效控制温度而出故障。汽缸故障的主要原因在于温度控制不当。当汽轮机处于高温高压状态时，汽缸和转子的温度会急剧升高。如果无法及时有效地控制温度，就会导致汽缸和转子出现上移现象。这种上移会导致机组轴线的振动加剧，会使汽缸内部出现不规则的磨损和损坏。进排气管线、轴承副连接以及轴承油膜等参数的异常也会导致汽缸故障的发生。

3.4 转子故障分析

转子故障的主要原因在于高温和应力的共同作用。当汽轮机启动时，转子会伴随大量的热量产生，导致转子材质在高温下出现膨胀和变形。这种膨胀和变形会影响转子的平衡性和稳定性，会导致转子内部产生热应

力。如果热应力过大，就会导致转子出现裂纹、断裂等严重故障。转子在运行过程中还会受到各种外力的冲击和振动，这些冲击和振动也会加速转子的损坏。

4 汽轮机常见故障处理对策

4.1 调节系统故障处理

调节系统是汽轮机的重要组成部分，其故障将直接影响电能输出的稳定性和高效性。针对调节系统的常见故障，可以从以下几个方面进行处理：（1）机油质量管理与监测：严格把控机油的采购质量，确保机油符合汽轮机调节系统的使用要求。定期对机油进行化验分析，检测其杂质含量、粘度等关键指标，一旦发现异常应及时更换。建立机油质量监测体系，利用在线监测技术实时监测机油状态，预防机油质量问题导致的故障。（2）系统泄漏防治：定期对调节系统进行泄漏检查，特别是易泄漏部位如阀门、接头等，发现泄漏应及时处理。采用高质量的密封材料和密封技术，提高系统的密封性能。（3）安装与调整优化：严格按照设计图纸和安装规范进行提板、阀门等部件的安装，确保安装精度。对调节系统进行精细调整，确保内部阀门调节准确，运转情况清晰。加强对工作人员的培训，提高其安装和调整技能，减少人为因素导致的故障。（4）调试参数优化：在调试过程中，严格按照调试规程进行，确保各项参数设置合理。对气阀开度等关键参数进行反复试验和调整，找到最佳的开度范围。建立调试参数数据库，对调试过程中的数据进行记录和分析，为后续的调试工作提供参考。

4.2 主轴故障处理

主轴故障其处理对策如下：（1）负荷管理与优化：合理安排汽轮机的运行负荷，避免长时间处于高负荷运行状态。建立负荷监测和预警机制，一旦发现负荷异常应及时调整。对汽轮机进行定期的负荷试验，评估其承载能力，为负荷管理提供依据。（2）轴向推力监测与调整：安装轴向推力监测装置，实时监测主轴的轴向推力变化^[1]。根据监测数据对轴向推力进行调整，确保其在合理范围内。对轴承和密封件进行定期检查和维修，确保其完好性。（3）叶片检查与维护：定期对动静叶片进行检查，发现磨损或变形应及时更换或修复。建立叶片维护档案，记录叶片的使用情况和维护历史。加强对叶片的防护，避免其受到外力冲击和磨损。

4.3 汽缸故障处理

汽缸故障对汽轮机的运行效率和使用寿命有直接影响，其处理对策如下：（1）温度控制与管理：安装温度监测装置，实时监测汽缸和转子的温度变化。根据温度变化及时调整蒸汽的流量和温度，确保汽缸和转子处于

适宜的工作温度范围内。建立温度预警机制，一旦发现温度异常应及时处理。（2）汽缸上移防治：定期对汽缸进行检查和测量，确保其位置稳定无上移现象。对汽缸的支撑结构进行加固和优化，提高其稳定性。（3）参数异常处理：定期对进排气管线、轴承副连接以及轴承油膜等参数进行检查和测试。一旦发现参数异常应及时调整和处理，避免其对汽缸运行造成影响。

4.4 转子故障处理

转子故障是汽轮机运行中的严重故障之一，其处理对策如下：（1）热应力监测与控制：安装热应力监测装置，实时监测转子内部的热应力变化。根据热应力数据对汽轮机的启动和运行过程进行调整和优化，减少热应力的产生。（2）建立热应力预警机制，一旦发现热应力异常应及时处理。（3）转子材质与结构设计优化：选用高质量的转子材质，提高其耐高温和应力的能力。对转子的结构进行设计和优化，减少其在高温下的膨胀和变形。定期对转子进行材质检测和结构评估，确保其性能满足使用要求。（4）外力冲击与振动防治：加强对汽轮机运行监测和振动分析，及时发现并处理振动异常。对转子的支撑结构进行加固和优化，提高其抗冲击和振动的能力。

5 汽轮机调速系统检修的注意事项

汽轮机调速系统的检修是确保汽轮机安全、稳定运行的关键步骤。在检修过程中，必须严格遵守以下一系列注意事项：（1）做好记录与标记：在检修过程中，对于可能引起调速系统特性变化的重要元件，如控制紧度的弹簧、调整间隙的垫片和连杆等，必须做好详细的记录与标记。在拆除这些元件时，进行相对位置测量，以便在检修完成后能够准确恢复。这有助于保持系统的原有性能，能有效避免因误装导致的故障。（2）妥善安放与保护零件：拆下的零件应分类存放在专用的零件箱内，以防丢失或混淆。对于精密零件，如滑阀、套筒和活塞等，应用干净的白布或其他柔软材料包覆，轻取轻放，以防碰撞。应避免零件间的相互碰撞，以免产生新的损伤。（3）细致检查与辨识缺陷：对关键部件进行细致检查，辨识是否存在锈蚀、裂纹、毛刺等缺陷。对于

滑阀凸肩等关键部位，检查其是否无卷边和完整。一旦发现缺陷，应及时更换或修复，以确保系统的可靠性和稳定性。（4）认真清理与保持清洁：对于滑阀、活塞上的排气孔、节流孔等关键部位，认真清理，确保其干净无杂物^[4]。同时滑阀、套筒、活塞、活塞杆及外壳体的凹窝、油室、孔口等也应进行彻底清洗，以防油污和杂质影响系统性能。在清理过程中，使用白布擦拭，并用面团粘净残留物。（5）复装时的注意事项：在复装滑阀及活塞时，在相关接触位置浇以透平油，以确保滑动及转动行为无卡涩和松动现象。复装过程中，应严格按照拆卸时的记录和标记进行，以确保各部件的相对位置和间隙正确。（6）禁止不当操作：严格禁止用砂布清扫调速系统零件，特别是错油门芯、套等精密部件，以防损伤。禁止用棉纱头清擦零件，以防花绒沾上。在拆卸部件前，禁止乱打记号，只有在查明确属无原始记号的情况下，方可补充。（7）注意系统整体性能：要关注单个部件的性能，要注意整个调速系统的整体性能。在调整油动机活塞间隙、行程等参数时，考虑其对整个系统调节性能的影响。（8）安全操作与防护措施：严格遵守安全操作规程，穿戴好个人防护用品。在拆卸和复装过程中，应使用合适的工具和方法，避免对人员和设备造成伤害。

结束语

本文通过对汽轮机调速系统的概述、调速与检修的重要性、常见故障分析、故障处理对策以及检修注意事项的探讨，为汽轮机调速系统的维护和管理提供了全面的指导。希望本文的研究成果能为相关领域的实践提供有益的参考，推动汽轮机调速系统技术的进一步发展。

参考文献

- [1]张峰.汽轮机调速及检修相关问题之研究[J].中国人民大学学报,2019:24-25.
- [2]马建华.中小型汽轮机调速系统的故障及其分析[J].江苏氯碱,2019(04):30-34.
- [3]李常青.汽轮机本体常见故障分析及处理对策探讨[J].山东工业技术,2019(1):178.
- [4]杨红军,张志鹏,高咏梅,等.汽轮发电机组调节系统的故障分析[J].石油化工设备技术,2019(2):133.