

汽轮发电机改造技术探讨

石磊

鄂尔多斯市西金余热发电有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 016100

摘要: 汽轮发电机改造需遵循安全性、经济性与先进性原则。关键部件改造聚焦转子系统材料升级、护环优化等; 定子绕组侧重绝缘与结构优化; 冷却系统着重氢气冷却器更新等。改造中面临新旧部件匹配、电磁参数协调及安装工艺控制等关键问题。为保障质量, 前期要开展全面技术论证, 筛选最优方案; 过程构建严苛质量控制体系, 全程监督; 竣工后系统调试试验, 构建完整改造档案。以此实现设备性能优化提升与长期稳定运行。

关键词: 汽轮发电机; 改造技术, 性能提升; 转子改造; 定子改造

引言: 在电力需求持续增长与能源结构调整的大背景下, 汽轮发电机作为电力系统的核心设备, 其性能优化与稳定运行至关重要。然而, 随着使用年限增加, 部分汽轮发电机面临性能下降、部件老化等问题, 改造需求日益迫切。汽轮发电机改造并非简单部件更换, 而是一项涉及多方面技术考量与复杂操作的综合性工程。它需遵循特定技术原则, 聚焦关键部件改造, 攻克改造中的关键技术问题, 并采取有效质量保障措施, 才能实现设备性能提升与长期稳定运行, 满足电力系统发展需求。

1 汽轮发电机改造的技术原则

汽轮发电机作为电力系统的核心设备, 其改造工作至关重要, 必须遵循安全性、经济性与先进性紧密结合的总体原则, 以实现设备性能的优化提升与长期稳定运行。(1) 安全性是汽轮发电机改造的首要原则。改造工作开展前, 需对设备进行全面且细致的评估, 深入分析改造方案可能对设备结构、运行稳定性等方面产生的影响。改造过程中, 要严格遵循相关安全规范与标准, 确保每一个环节都安全可靠。例如, 在更换关键部件或进行电气系统改造时, 要保证电气绝缘性能良好、机械连接牢固, 防止出现短路、漏电等安全隐患, 避免因改造引发设备故障甚至安全事故, 保障人员与设备的安全。(2) 经济性原则要求进行详细的技术经济论证。在制定改造方案时, 要综合考虑改造所需的资金投入、设备停运损失以及改造后带来的经济效益提升等多方面因素。通过精确的成本核算与效益分析, 确保改造投入与产出效益相匹配, 避免盲目改造造成资源浪费。例如, 对于一些老旧设备, 若改造成本过高且改造后效益提升不明显, 则需慎重考虑是否进行改造。(3) 先进性原则强调积极采用成熟可靠的先进技术。在改造过程中, 要关注行业内的新技术、新工艺、新材料, 结合设备实际情况, 将适合的先进技术融入改造方案中, 使改造后的机组性能达到同期先进水平, 提

高能源利用效率, 降低运行成本, 增强设备在市场中的竞争力^[1]。

2 汽轮发电机关键部件改造技术

2.1 转子系统改造技术

转子作为汽轮发电机的核心旋转部件, 其运行状态直接影响着发电机的整体性能与安全性。转子系统的改造重点聚焦于转子本体材料升级、护环结构优化以及动平衡精度提升这几个关键方面。(1) 在转子本体材料升级上, 选用高强度合金钢材料是重要举措。这类材料具备更高的强度和韧性, 能够承受更大的机械应力和热应力, 从而有效提高转子的机械强度。同时, 优化转子槽形设计也不容忽视。合理的槽形设计不仅可以改善转子的电磁性能, 还能降低应力集中现象, 减少转子在运行过程中因应力作用而产生的裂纹等缺陷, 进一步提升转子的运行稳定性。(2) 护环结构优化方面, 改进护环装配工艺是关键。护环的主要作用是保护转子端部绕组, 防止其在高速旋转和复杂电磁力作用下发生变形或损坏。通过采用先进的装配工艺, 如热套工艺的精确控制, 能够确保护环与转子本体之间紧密配合, 避免出现松动或间隙, 增强护环对绕组的保护作用。(3) 动平衡精度提升对于转子系统至关重要。转子在高速旋转时, 即使存在微小的不平衡量, 也会产生较大的离心力, 导致机组振动加剧, 影响设备的安全运行和使用寿命。应用先进的动平衡技术, 如高速动平衡试验和精确的平衡配重计算, 能够将转子在额定转速下的振动值严格控制在优良范围内, 保证转子平稳、高效地运行^[2]。

2.2 定子绕组改造技术

定子绕组是汽轮发电机实现电能转换的关键部分, 其改造主要涉及绝缘系统升级和绕组结构优化。(1) 绝缘系统升级方面, 采用F级或H级新型绝缘材料是提升绕组性能的有效途径。与传统的绝缘材料相比, F级或H级新

型绝缘材料具有更高的耐热等级和电气强度。在高温环境下,这些材料能够保持良好的绝缘性能,减少因绝缘老化而引发的短路故障,从而提高绕组的运行可靠性。(2)绕组结构优化中,优化绕组端部固定结构是重点。绕组端部在发电机运行过程中会承受较大的电磁力和机械力,如果固定结构不合理,容易导致绕组端部变形、松动,进而影响发电机的正常运行。通过改进端部固定结构,如采用新型的绑扎材料和固定方式,能够增强绕组端部承受短路电流冲击的能力,确保绕组在各种工况下都能稳定运行。(3)改进绕组冷却通道设计也不可或缺。良好的冷却效果对于维持绕组的正常运行温度至关重要。通过优化冷却通道的布局和尺寸,提高冷却介质的流动速度和散热效率,能够有效降低绕组的温度,防止因过热而导致的绝缘损坏,显著提升定子绕组的使用寿命。

2.3 冷却系统改造技术

冷却系统的性能直接影响着汽轮发电机的运行效率和安全性,其改造重点包括氢气冷却器更新、冷却介质优化和风路系统改进。(1)氢气冷却器更新方面,采用高效换热管的氢气冷却器是提升冷却效率的关键。高效换热管具有更大的换热面积和更好的传热性能,能够在相同的冷却介质流量下,更有效地将发电机内部的热量传递出去,从而提高冷却效果,降低发电机的温升。(2)冷却介质优化中,优化密封油系统是重要环节。密封油系统的主要作用是防止氢气泄漏,保证发电机内部的氢气压力稳定。通过改进密封油系统的设计和运行参数,减少密封油的泄漏量,不仅能够降低氢气的损耗,还能避免因氢气泄漏而引发的安全隐患。(3)风路系统改进方面,改进定转子通风结构是核心。合理的通风结构能够使冷却空气在发电机内部均匀分布,降低温升不均匀度。通过优化通风道的形状和尺寸,调整冷却空气的流动方向和速度,确保发电机在满负荷运行时的各个部位都能得到有效的冷却,将温升严格控制在设计范围内,保证发电机的安全稳定运行。

3 改造过程中的关键技术问题

3.1 新旧部件匹配问题

在汽轮发电机改造进程中,新旧部件匹配问题频繁出现,其中新部件与原有结构的接口匹配难题尤为突出。由于原有设备经过长期运行,其结构尺寸可能存在一定程度的变形或磨损,而新部件是按照理论标准制造的,这就导致二者在接口处难以精准对接。为解决这一问题,精确的测绘工作必不可少。需运用先进的测量仪器和技术,对原有结构的接口尺寸、形状等参数进行全面、细致的测量,获取准确的数据。同时,借助仿真分析软件,依

据测绘得到的数据构建三维模型,对新老部件的装配情况进行模拟分析。通过这种方式,提前发现可能存在的干涉、间隙过大等问题,并对新部件的设计或加工进行相应调整,确保新老部件之间的尺寸配合精确无误。尤其是转子与汽轮机、发电机与励磁机等关键接口,其匹配精度必须严格控制,因为这些接口的微小偏差都可能引发设备振动加剧、运行不稳定等严重后果,影响整个发电系统的正常运行^[3]。

3.2 电磁参数协调问题

汽轮发电机的局部改造往往会对发电机的电磁特性产生影响,进而导致电磁参数不匹配。发电机在运行过程中,其电磁参数与电网的稳定运行密切相关,若参数不匹配,可能会引发功率因数异常、电压波动等问题,影响发电机的出力和电能质量。因此,在改造后需要进行完整的电磁计算与仿真。利用专业的电磁计算软件,根据改造后的设备结构和材料特性,精确计算发电机的各项电磁参数,如电抗、电阻、励磁电流等。通过仿真分析,验证改造后的电磁参数是否满足系统要求,确保发电机在并入电网后能够与电网协调运行,实现电能的稳定传输和高效利用。

3.3 安装工艺控制问题

在汽轮发电机改造环节,安装工艺控制问题至关重要,安装质量直接关乎改造的最终成效。若安装工艺存在瑕疵,即便新部件具备卓越性能,也可能因安装不当引发设备运行故障。比如,装配间隙不合理,可能使部件在运行中产生过度摩擦或碰撞;紧固力矩不达标,会导致部件连接松动,影响设备整体稳定性。为确保安装质量,必须制定科学严谨的安装工艺规程。详细明确各部件的安装先后顺序、精确的装配间隙范围以及合适的紧固力矩数值,同时对安装流程的每一步都作出细致规范。在具体安装操作时,严格依照工艺规程执行,充分利用专业的安装工具,如高精度的扭矩扳手等,并借助先进的检测设备,像激光测量仪等,对关键参数进行实时监测与精准控制,保证安装质量完全契合设计要求,进而保障改造后的汽轮发电机安全、稳定且高效地投入运行。

4 改造工程质量保障措施

4.1 前期技术论证

在汽轮发电机改造工程启动前,开展充分且全面的技术论证是保障工程质量的首要环节。这涵盖了对设备现状的精准评估,需运用专业的检测设备与技术手段,对汽轮发电机的各个部件,如转子、定子、冷却系统等,进行细致检查,详细掌握其磨损程度、性能衰减状况以

及潜在缺陷等信息。同时,要对多种改造方案进行深入比较,从技术可行性、经济合理性、施工难度以及改造周期等多个维度进行综合考量。预期效果分析也必不可少,需结合设备的历史运行数据和实际需求,预测改造后机组在效率提升、能耗降低、可靠性增强等方面的具体成效。通过全面且深入的技术经济比较,从中筛选出最优改造方案,为整个改造工程提供坚实、科学的依据,确保改造方向正确,避免盲目施工带来的质量隐患。

4.2 过程质量控制

构建一套完备且严苛的质量控制体系,乃是保障汽轮机改造工程质量的根本性举措。(1)该体系需对改造全流程展开全方位、无死角的质量监督,将范围覆盖至原材料与零部件的采购入库环节,严格审查其质量证明文件,进行必要的抽检,确保原材料和零部件的质量达标。对于每一个施工环节,从基础的设备拆卸、部件清理,到复杂的组装、焊接等操作执行,均要纳入质量监控范畴。(2)针对关键工序,像转子的动平衡调整、定子绕组的绝缘处理等,实施旁站监督机制。安排专业素养过硬、经验丰富的质量监督人员全程在场,依据既定的规范标准,实时监控施工操作,一旦发现存在不符合要求的情况,立即责令整改,将质量问题扼杀在萌芽状态。对于重要部件,如新更换的转子、定子绕组等,开展全程跟踪管理,详细记录部件运输、安装、调试等各环节的质量数据,保障重要部件安装质量精准契合设计标准,让改造质量全程处于可控态势。

4.3 调试与验收管理

改造工程竣工后,系统且全面的调试与试验是精准验证改造效果的核心环节。必须严格依照既定的规程与标准,对改造后的汽轮机开展多维度性能试验。(1)空载试验可检验机组在无负载状态下,电气系统的绝缘性能、励磁系统的工作特性以及机械部分的运转平稳性;负载试验能评估机组在不同负荷工况下,输出功率、效率、温升等关键指标是否达标;短路试验则用于考察机组在短路

故障时的电气稳定性和保护装置的可靠性。(2)通过这些试验,全面评估机组在启动、运行、停机等全流程情况下的性能表现,确认其是否达成预期改造目标,如效率显著提升、振动严格控制在合理区间、各项参数保持稳定等。同时,构建完整的改造档案,详尽记录改造全程的技术方案、施工细节、调试数据及质量检验报告等。这为后续运行维护提供了坚实、精准的技术支撑,便于在设备运行时快速查阅改造信息,精准定位并高效解决潜在问题,保障机组长期稳定运行^[4]。

结束语

汽轮机改造是一项复杂且关键的工程,涉及技术原则的遵循、关键部件的改造、关键技术问题的解决以及质量保障措施的落实等多个重要方面。从遵循安全性、经济性与先进性相结合的技术原则,到对转子、定子绕组、冷却系统等关键部件进行精准改造;从攻克新旧部件匹配、电磁参数协调、安装工艺控制等难题,到做好前期技术论证、过程质量控制、调试与验收管理等质量保障工作,每一步都紧密相连、不可或缺。只有全面、细致地做好各项工作,才能实现汽轮机性能的优化提升,保障其长期稳定运行,为电力系统的安全、高效运行提供坚实有力的支撑。

参考文献

- [1]刘玉新.汽轮机安装调试技术要点分析[J].科技视界,2021(04):59-60.
- [2]张庆文.汽轮机安装调试技术要点分析[J].价值工程,2020,39(27):166-167.
- [3]王坤.火电厂汽轮机地脚螺栓安装及质量控制[J].电力设备管理,2021(02):122-124.
- [4]雷平飞,赵泽有.汽轮机凝汽器安装施工技术[J].安装,2020(07):37-39.
- [5]黄丽.浅谈小型汽轮机安装质量控制[J].中国金属通报,2020(04):146-147.