

汽轮发电机组安装控制与振动预防

马鹏程

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司 浙江 杭州 310016

摘要: 本文围绕汽轮发电机组安装控制与振动预防展开。阐述了安装前准备工作,包括场地、人员与工具等;分析了安装控制要点,如基础、本体及附属设备安装;探讨了振动产生原因,涵盖机械、电磁与流体因素;提出了安装与运行阶段的预防措施,包括控制安装精度、加强零部件检查、优化工艺及合理调整参数、加强维护检修、实施振动监测等。

关键词: 汽轮发电机组;安装控制;振动预防;安装精度;运行维护

引言: 汽轮发电机组是电力生产的核心设备,其安装质量与运行稳定性直接关系到电力供应的可靠性。在机组安装过程中,若控制不当,易引发振动问题,影响机组寿命与安全。深入研究汽轮发电机组安装控制要点,剖析振动产生原因,并制定有效的预防措施,对于保障机组稳定运行、提高电力生产效率具有重要意义。

1 汽轮发电机组安装基础

1.1 安装前的准备工作

汽轮发电机组安装场地需达到特定标准。场地平整度直接影响设备安装精度,需确保地面水平误差在规定范围内,为设备稳定安装奠定基础。承载能力关乎设备运行安全,应根据机组重量及运行时产生的负荷,对场地地基进行强度检测与评估,保证地基能承受设备运行时的动态与静态荷载。环境温度、湿度等对安装影响显著。温度过高或过低,会使设备材料热胀冷缩,影响部件装配精度;湿度过大易造成金属部件锈蚀、电气元件受潮。安装前需对环境温湿度进行监测与调控,为安装工作创造适宜环境^[1]。设备开箱检验是确保安装质量的关键环节。开箱时需仔细检查设备外观,查看有无碰撞变形、表面涂层剥落等情况,对设备表面凹凸、划痕等细节都不能放过。同时核对设备型号、规格是否与设计要求一致,避免出现设备错发情况。零部件存放需遵循科学方法。精密部件应放置在干燥、清洁的专用存放架上,防止部件间相互碰撞;易损件要用软质材料包裹,避免运输或存放过程中受损;电气元件需放置在防潮箱内,保证其性能稳定。

1.2 安装人员与工具准备

汽轮发电机组安装对人员资质和技能要求严格。不同岗位人员需具备相应专业技能,机械安装人员要熟悉设备机械结构与装配工艺,掌握部件安装顺序和方法;电气安装人员需精通电气系统布线、接线规范,确保

电气连接准确无误。安装前,所有人员需接受系统培训与安全教育。培训内容涵盖设备安装技术规范、操作规程,让安装人员熟悉各环节安装要点;安全教育则着重强调安装现场安全风险与防范措施,提高人员安全意识,避免安装过程中发生安全事故。常用安装工具选择与使用需符合安装要求。扳手、螺丝刀等手动工具要根据部件规格型号合理选用,确保拧紧力矩准确;测量工具如水平仪、千分表等,要保证精度满足安装测量需求。大型吊装设备配置要考虑设备重量、外形尺寸及安装现场空间布局。选择合适的起重机、吊车等吊装设备,制定科学的吊装方案,确保设备吊装过程安全、平稳,为设备顺利安装提供保障。

2 汽轮发电机组安装控制要点

2.1 基础安装

基础混凝土浇筑环节采用分层连续推进方式,每层浇筑厚度严格依据设计方案执行,通过振捣棒均匀振捣,避免漏振、过振情况。振捣过程中,需确保混凝土表面不再显著下沉、无大量气泡溢出且表面泛浆,保证混凝土密实度。浇筑完成后,养护工作随即展开。在混凝土终凝后,及时覆盖保湿材料,依据环境温湿度条件,定时洒水保持表面湿润。养护持续一定时长,使混凝土强度稳步增长,达到设计承载要求。基础预埋件安装精度直接影响后续设备安装质量。预埋件位置需依据精确的测量放线进行定位,严格控制偏差处于允许范围。安装时,采用钢筋焊接、螺栓固定等方式将预埋件牢固固定于基础钢筋骨架上,通过增设支撑结构增强稳定性,防止浇筑混凝土时发生位移、变形。

2.2 汽轮机本体安装

转子安装是汽轮机本体安装的关键步骤。吊装转子前,全面检查吊装设备与工具性能状态,确保其安全可靠。吊装过程中,合理设置吊点,保持转子水平起吊、

平稳移动,避免与其他部件发生碰撞、刮擦。转子找正采用高精度测量仪器,通过调整轴承座位置、垫片厚度等方式,使转子中心与汽缸中心精确对齐,满足精度要求^[2]。汽缸安装遵循既定组合与安装顺序,各部件连接面在安装前进行清洁、打磨处理,去除表面油污、锈迹等杂质。密封材料依据工况条件精心选择,涂抹密封材料时,严格控制涂抹厚度与均匀度,确保密封效果。采用螺栓紧固方式连接汽缸各部件,按规定的顺序与力矩拧紧螺栓,保证汽缸密封严密。隔板安装时,依据设计图纸准确调整安装位置,通过调整垫片厚度等手段控制隔板与转子间的间隙。静叶安装完成后,仔细检查安装质量,查看静叶是否牢固、有无变形,确保气流通道顺畅。

2.3 发电机本体安装

发电机作为汽轮发电机组的重要组成部分,其安装质量直接影响整个系统的运行性能与安全稳定性。发电机本体的安装不仅要求结构稳固,还需确保各部件之间的配合精度和电磁性能良好。定子吊装选用合适的吊装设备与吊具,制定详细吊装方案。吊装过程中,合理规划吊装路径,平稳起吊、缓慢就位,防止定子倾斜、晃动。定子就位后,运用专业测量工具与方法进行找正,调整定子位置,使其中心与基础中心线、转子中心线精准对齐,严格控制误差。发电机转子安装按照特定工艺进行,吊装过程中采取防护措施,避免损伤转子部件。转子安装完成后,进行气隙调整工作。通过测量各点气隙值,分析数据差异,采用调整轴承座位置、增减垫片等方式,使气隙均匀性符合设计标准。

2.4 附属设备安装

凝汽器与汽缸连接方式依据设计要求实施,连接过程中保证连接部位的平整度与密封性。凝汽器真空系统安装时,确保管道连接紧密,阀门安装正确,对系统进行严密性检查,防止泄漏影响真空效果。油系统安装中,油管道安装前进行严格清洁处理,去除管道内部杂质、铁锈等污染物,确保管道清洁度。油泵与油箱安装按照设计图纸与技术要求进行,安装完成后,进行调试工作,检查油泵运行状况、油箱液位显示准确性等。调节保安系统中,调节阀与保安阀安装调试遵循操作规范,准确调整阀门开度、压力设定值等参数。安装完成后,进行调节保安系统联动试验,模拟各种工况,检验系统动作的准确性、可靠性,确保机组安全稳定运行。

3 汽轮发电机组振动产生原因分析

3.1 机械因素

转子不平衡是机械振动的重要根源。质量偏心使转子转动时,质量分布不均导致离心力失衡,产生周期性

激振力。运行中,该激振力随着转速增加而增大,形成强烈振动。转子弯曲时,轴线偏离理想状态,弯曲部分在转动过程中产生惯性力,不断改变方向,使转子运行失稳,振动加剧。轴系对中不良直接影响机组运行平稳性。联轴器安装存在偏差,两轴轴线无法精准对齐,运转时会产生附加弯矩与扭矩,成为振动来源。机组运行中,轴系各部件因工作温度不同,热膨胀程度存在差异,尺寸变化量不一致,破坏初始对中状态,导致振动不断加剧。轴承缺陷严重干扰转子正常运转^[3]。轴承间隙过大,转子运行摆动幅度超出正常范围,稳定性下降,从而引发振动;轴承间隙过小,摩擦阻力增大,热量大量积聚,恶化轴承工作环境,同样会产生振动。轴承座刚度不足,难以有效支撑轴承与转子,在外力作用下易发生变形,促使振动传递与放大。

3.2 电磁因素

定子铁芯松动破坏电磁系统稳定性。铁芯松动后,运行中受电磁力作用产生位移,其振动能量通过定子结构传递至转子,进而引发机组整体振动。转子绕组短路致使电流分布异常,短路电流产生的电磁力打破转子受力平衡,使转子在旋转过程中产生异常振动。气隙不均匀改变磁场分布特性。气隙磁导变化导致磁场力分布不均,转子受到的电磁力大小和方向发生改变。运行时,这种不平衡的电磁力持续作用,驱动转子产生振动,并且气隙不均匀程度越严重,振动现象越明显。随着机组运行,振动还会进一步影响气隙状态,形成恶性循环。

3.3 流体因素

蒸汽激振由蒸汽作用力异常引发。蒸汽在汽轮机通流部分流动时,若蒸汽参数波动、流道出现阻塞,蒸汽对转子的作用力就会发生变化,产生不稳定激振力。该激振力与转子固有特性相互作用,导致转子振动。在复杂的蒸汽流动状态下,激振力的变化更为复杂,加剧了转子振动的不确定性。油膜振荡因滑动轴承油膜特性变化产生。油膜在特定工况下失稳,油膜力发生改变,与转子动力学特性耦合形成低频振荡。当振荡频率接近转子固有频率时,会发生共振,振动幅度显著增大。油膜振荡一旦产生,会持续消耗能量,进一步破坏轴承的正常工作状态,严重威胁机组安全运行。

4 汽轮发电机组振动预防措施

4.1 安装阶段预防措施

4.1.1 严格控制安装精度

安装前,利用激光对中仪校准基础平台水平度,误差需控制在极小范围,为设备安装筑牢根基。安装转子时,借助高精度水准仪与百分表,反复调整轴承座标高

和水平位置,确保转子中心线与汽缸中心线同轴。定子安装同样关键,通过经纬仪监测其垂直度与位置,保证定子间气隙均匀,防止因气隙偏差产生不平衡电磁力引发振动。轴系对中采用双表法或三表法测量。对联轴器的径向偏差和轴向倾斜度进行多次测量与调整,每次调整后都要重新复核数据。调整过程中,通过增减垫片厚度、微调轴承座位置,使轴系中心线尽可能处于同一直线,减少因对中不良产生的附加力矩,降低运行振动风险。

4.1.2 加强零部件质量检查

转子在安装前,需对其表面进行无损探伤检测,排查是否存在裂纹、砂眼等缺陷,同时进行高速动平衡试验,模拟运行状态下的平衡性能,确保转子在高速旋转时保持稳定。轴承检验涵盖内外圈尺寸公差、表面光洁度、滚珠及滚道完整性等方面,确保轴承间隙符合设计标准,防止因轴承质量问题引发振动^[4]。所有零部件进入安装现场前,均需进行多轮验收。先核查供应商提供的质量检验报告,再对实物进行外观检查与性能测试,安装前还需进行最终复检,任何环节发现不合格部件,立即退回处理,从源头杜绝因零部件质量问题导致的振动隐患。

4.1.3 优化安装工艺

汽轮机本体安装遵循先下后上、先内后外的顺序。先安装底部支撑部件,为后续设备提供稳固基础。安装转子、汽缸、隔板等部件时,严格控制各部件间的安装间隙和配合精度。例如,隔板安装使用专用定心工具,确保与转子同心。部件装配时,螺栓拧紧按工艺要求操作。采用对称分步拧紧方式,分多次逐步达到规定力矩,每次拧紧后都用力矩扳手复查,保证每个螺栓预紧力一致,避免局部应力集中。安装静叶、密封件等精密部件,使用特制专用工具,防止部件损伤变形。

4.2 运行阶段预防措施

4.2.1 合理调整运行参数

运行时,蒸汽压力、温度、流量需严格维持在设计范围内。通过管道上的传感器实时监测参数,一旦偏离设定范围,立即通过调节阀门调整。机组增减负荷必须按预先制定的速率曲线操作,缓慢提升或降低,让机组各部件有时间适应负荷变化,防止因负荷突变导致轴系受力瞬间改变而引发振动。

4.2.2 加强设备维护与检修

定期检查轴承磨损程度、润滑状况和温度变化。检查润滑油清洁度和粘度,定期更换润滑油和滤芯。若轴承磨损严重或润滑不良,及时更换。更换时严格按工艺操作,保证新轴承安装精度。对转子定期进行无损检测,采用超声波探伤、磁粉探伤等技术,查看表面是否出现裂纹、腐蚀。每隔一定周期对转子进行动平衡复测,确保其平衡性能良好。同时检查联轴器连接螺栓是否松动,密封装置密封性能是否良好,及时更换磨损损坏部件。

4.2.3 实施振动监测与分析

在机组轴承座、转子等关键部位安装高精度振动传感器,将振动信号转化为电信号传输至监测系统。系统实时处理分析信号,以图表形式显示振动幅值、频率等参数。运行人员可随时查看机组振动情况,系统一旦检测到振动幅值超过阈值,立即发出警报。运用时域分析、频域分析等方法深入剖析振动数据。时域分析可直接反映振动信号随时间的变化,判断振动周期性和突发性;频域分析通过傅里叶变换分解信号,准确判断振动产生原因和部位,如振动频率与转子旋转频率一致,可能是转子不平衡导致,据此及时采取处理措施。

结束语

汽轮发电机组安装控制与振动预防是一项系统性工程,贯穿于安装与运行全过程。通过严格控制安装精度、加强零部件质量检查、优化安装工艺,以及在运行阶段合理调整参数、加强维护检修和实施振动监测分析,可有效降低机组振动风险,保障机组安全稳定运行。未来,随着技术的不断进步,还需持续探索更先进的安装控制与振动预防方法,为电力生产提供更可靠的保障。

参考文献

- [1]张佳华.汽轮机振动故障监测及工业性分析研究[J].现代工业经济和信息化,2024,14(03):248-249+252.
- [2]彭刚.炼油厂汽轮发电机组故障诊断技术及状态检修方式[J].设备管理与维修,2023,(20):184-185.
- [3]徐鸿恩.汽轮发电机组振动故障分析与治理[J].自动化应用,2023,64(18):103-105.
- [4]闫玉龙.汽轮发电机运行故障诊断与预防探讨[J].中国设备工程,2022(14):164-166.