

电厂汽轮机轴系振动异常原因分析与处理措施

曹建国

成都瑞德电力工程设计有限公司 四川 成都 610000

【摘要】：汽轮机作为火力发电厂的核心动力设备，其轴系运行的稳定性直接决定了电厂机组的安全、高效与连续运行。轴系振动异常是汽轮机运行过程中常见的故障类型，不仅会加剧轴承、转子等关键部件的磨损，缩短设备使用寿命，严重时还会引发轴系断裂、动静碰摩等重大安全事故，造成非计划停机，给电厂带来巨大的经济损失。通过梳理振动故障的主要表现形式，深入剖析导致轴系振动异常的核心原因。针对性地提出振动监测、故障诊断、部件检修、参数优化及日常维护等一系列处理措施与预防策略，旨在为电厂汽轮机运维人员快速定位振动故障、有效解决异常问题提供理论参考与实践指导，保障汽轮机轴系长期稳定运行。

【关键词】：汽轮机；轴系振动；异常原因；处理措施；电厂运维

DOI:10.12417/2811-0536.26.08.021

引言

在火力发电系统中，汽轮机承担着将蒸汽热能转化为机械能的关键任务，是连接锅炉与发电机的核心枢纽。轴系作为汽轮机传递动力的核心部件，由转子、联轴器、轴承等组件构成，其运行状态直接影响整个机组的运行效率与安全性。随着电力行业对机组运行稳定性、经济性要求的不断提升，汽轮机朝着大容量、高参数、高转速的方向发展，轴系的运行负荷与工况复杂度也随之增加，振动异常故障的发生概率显著上升。

1 电厂汽轮机轴系振动异常的核心原因分析

(1) 转子质量不平衡：转子质量不平衡是导致汽轮机轴系振动异常最常见的原因。在转子制造过程中，原材料密度不均、加工精度不足，会导致转子本身存在质量偏心；在运行过程中，转子叶片结垢、腐蚀、磨损，或局部部件脱落，会破坏转子的质量平衡；此外，转子受热不均产生的热弯曲，也会形成动态质量不平衡。质量不平衡的转子在高速旋转时，会产生周期性的离心力，引发轴系工频振动，且振动幅值随转速升高而增大。

(2) 动静间隙碰摩：汽轮机转子与静子部件（如隔板、汽封、轴承等）之间存在设计间隙，若间隙过小或部件发生变形、位移，会导致转子旋转时与静子部件发生碰摩。碰摩故障的诱因主要包括：机组启停过程中温差过大导致部件热变形不均；轴承座松动、基础不均匀沉降引发轴系位移；汽封磨损、隔板变形导致间隙缩小。动静碰摩会产生高频振动，同时造成转子局部受热弯曲，形成“碰摩-弯曲-振动加剧”的恶性循环，严重时会导致转子永久性变形。

(3) 轴承座与基础松动：轴承座是支撑轴系的关键

部件，其安装牢固性直接影响轴系稳定性。轴承座地脚螺栓松动、垫片老化、基础混凝土开裂或不均匀沉降，会导致轴承座刚度不足、位置偏移，使轴系在运行过程中产生振动。此外，轴承座与台板之间的接触不良，存在间隙或杂物，也会降低轴承座的支撑稳定性，引发轴系低频振动或随机振动。

(4) 联轴器不对中：汽轮机轴系由多个转子通过联轴器连接而成，联轴器安装时的平行不对中、角度不对中，是引发振动异常的重要原因。安装过程中找正精度不足、运行过程中基础沉降不均、部件受热变形等，都会导致联轴器对中偏差。不对中的联轴器会使轴系传递扭矩时产生附加弯矩和径向力，引发倍频振动，且振动幅值随负荷增加而增大，长期运行会加速联轴器与轴承的磨损。

(5) 油膜失稳：汽轮机轴承依靠润滑油形成的油膜支撑转子旋转，油膜的稳定性直接决定轴系运行状态。润滑油油温过高或过低、油质劣化、供油压力不足、轴承间隙过大等，都会破坏油膜的正常形成，导致油膜失稳。油膜失稳会引发轴系低频自激振动，振动幅值无规律波动，严重时会出现轴系抖动，影响机组稳定运行。

(6) 蒸汽参数波动：锅炉出口蒸汽的压力、温度、流量等参数波动，会对汽轮机转子产生不均匀的蒸汽作用力，引发轴系振动。例如，蒸汽温度骤变导致转子热变形不均，蒸汽压力波动使转子受力失衡，进汽不均引发转子偏心旋转等。蒸汽参数异常通常与锅炉运行不稳定、调节阀门故障等相关，是外部因素引发的轴系振动问题。

2 电厂汽轮机轴系振动异常的处理措施

(1) 精准诊断振动故障，定位异常原因：为有效

解决汽轮机轴系振动异常问题，首要任务是建立科学精准的故障诊断体系。一方面，需构建完善的轴系振动监测系统，通过部署振动传感器、数据采集仪等专业设备，对轴系振动幅值、频率、相位等关键参数进行全天候实时监测，结合机组负荷、转速、油温等运行工况，绘制动态振动数据曲线，为故障分析提供全面的数据支撑。另一方面，综合运用频谱分析、相位分析、时域分析等专业诊断技术，精准区分不同故障类型的振动特征，如工频振动多对应转子质量不平衡问题，低频振动常指向油膜失稳故障，倍频振动则需重点排查联轴器不对中隐患。同时，通过开展机组启停试验、负荷调整试验、油温调节试验等动态验证试验，进一步核实故障根源，确保诊断结果准确可靠，避免盲目检修造成资源浪费。

(2) 针对不同故障类型，实施专项处理：针对汽轮机轴系振动异常的各类诱因，需采取针对性的专项处理措施，精准解决故障问题。对于转子质量不平衡引发的振动，需对转子进行专业动平衡校验，清理表面结垢与杂物，修复磨损脱落部件，对热弯曲转子采用低速盘车、均匀加热等方式消除变形，必要时进行转子校正；针对动静碰摩故障，应检查调整动静部件间隙，更换磨损的汽封、隔板，加固轴承座与基础以消除位移，同时严控机组启停速率，避免温差过大导致部件热变形；若为轴承座与基础松动问题，需紧固地脚螺栓、更换老化垫片、修复开裂基础，清理轴承座与台板间杂物，提升支撑刚度与稳定性；对于联轴器不对中情况，要重新精准找正，排查并处理基础沉降问题，定期紧固连接螺栓；而油膜失稳引发的振动，则需优化润滑油温、油压参数，定期检测更换劣化油品，调整轴承间隙、更换磨损部件，保障油膜稳定形成。

(3) 优化运行参数，预防振动异常：通过科学优

化汽轮机运行参数，能够从源头降低轴系振动异常的发生概率。在日常运行中，需严格把控蒸汽压力、温度、流量等核心参数，保持参数稳定，避免大幅波动，同时合理调控机组负荷，杜绝超负荷运行与负荷骤变情况。规范机组启停操作流程，严格按照规程开展暖机、升速、带负荷等操作，精准控制升降速率，减少因温差变化导致的部件热变形。此外，加强润滑油系统精细化管理，定期清洗油过滤器，检查油泵运行状态，确保润滑油供应充足、压力稳定、油质合格，为轴系稳定运行提供良好的润滑保障。

(4) 强化日常维护，建立长效机制：构建长效运维管理机制是保障汽轮机轴系长期稳定运行的关键。需制定科学完善的轴系定期维护计划，定期对转子、轴承、联轴器、汽封等关键部件进行全面检查，及时发现并处理潜在隐患，做到防患于未然。建立标准化的设备运维档案，详细记录轴系振动数据、故障处理过程、维护检修记录等信息，形成完整的运维数据库，为后续故障分析、预防策略制定提供历史参考。同时，加强运维人员专业技能培训，提升其振动故障诊断、处理与应急处置能力，规范日常操作流程，杜绝因人为操作不当引发的振动异常问题，全面提升汽轮机轴系运维管理水平。

3 结语

汽轮机轴系振动异常是威胁电厂机组安全运行的重要隐患，其成因复杂、危害显著，需要电厂运维人员高度重视。本文通过对电厂汽轮机轴系振动异常的表现形式、核心原因进行系统分析，提出了精准诊断、专项处理、参数优化、日常维护四位一体的处理与预防体系。未来，随着智能化监测技术、故障诊断算法的不断发展，汽轮机轴系振动管理将朝着智能化、精准化方向迈进，进一步提升电厂设备运维的现代化水平。

参考文献：

- [1] 曾建,向强.浅谈汽轮机轴系异常振动的原因[J].建筑工程技术与设计,2018(31):3036.
- [2] 张进伟.300MW 亚临界机组汽轮机轴系振动原因及处理措施[J].广东科技,2012,21(11):57-57,63.
- [3] 宋保华,李研,隋相华.油田电厂汽轮机组异常振动的分析及处理[J].电世界,2024,65(4):20-21,25.
- [4] 赵凯.高背压改造汽轮机组轴系振动异常事件的诊断及处理[J].节能技术,2021,39(4):344-346,362.