

# Analysis and Treatment of Auxiliary Machine Vibration Fault in Thermal Power Plant

Yuanjian Song

Liaoning Datang International New Energy Co., Ltd. Jinzhou Thermal Power Branch, Jinzhou, Liaoning, 121011, China

## Abstract

Auxiliary equipment in thermal power plant steam turbines, primarily comprising feedwater pumps, condensate pumps, circulating water pumps, vacuum pumps, their drive motors, and lubrication/sealing oil stations, are continuous rotating machinery. Their vibration levels directly reflect the combined effects of shaft system stress, fluid dynamics, and foundation rigidity. Field measurement points are typically installed on non-rotating components like bearing housings, with measurements conducted per national standards and anomalies identified through start-stop cycles and load variations. Due to variations in maintenance quality, pipeline stress relief, and cold/hot-state alignment deviations, vibration characteristics of similar auxiliary equipment often differ. This paper identifies the primary causes of vibration faults in thermal power turbine auxiliary equipment and proposes maintenance-integrated troubleshooting measures for rapid field implementation.

## Keywords

thermal power plant; steam turbine auxiliary equipment; vibration fault; cause analysis; corrective measures

## 火力发电厂辅机振动故障分析及其处理

宋远健

辽宁大唐国际新能源有限公司锦州热电分公司, 中国·辽宁 锦州 121011

## 摘要

火力发电厂汽轮机辅机多为连续运行的旋转机械, 常见包括给水泵、凝结水泵、循环水泵、真空泵及其驱动电机、润滑与密封油站等, 其振动水平直接反映轴系受力、流体工况与基础刚度的综合状态。现场一般在轴承座等非旋转部位布置测点, 依据国家标准开展测量与评价, 并结合启停与负荷变化识别异常趋势。由于检修质量、管路应力释放、冷态与热态对中偏差等条件不同, 同类辅机的振动特征往往不一致。本文归纳火电汽轮机辅机振动故障的主要致因。本文提出与检修工艺相衔接的处置措施, 便于现场快速执行。

## 关键词

火力发电厂; 汽轮机辅机; 振动故障; 原因分析; 处理措施

## 1 引言

汽轮机辅机是指围绕汽轮机做功与凝汽、给水回热、轴封与油系统等环节配置的配套设备与管路组件, 主要任务是提供介质输送、压力建立、真空维持、冷却与润滑保障, 使主机在额定转速与负荷下稳定运行。其辅机长期受管路热位移、阀门节流、水质沉积与启停冲击影响, 因此更容易在轴承、联轴器与泵体处暴露振动与噪声异常<sup>[1]</sup>。有鉴于此, 文章先针对提出火力发电厂辅机振动故障原因展开阐述, 随后提出与检修工艺相衔接的处置措施, 便于现场快速执行。

【作者简介】宋远健(1998-), 男, 中国辽宁大连人, 本科, 助理工程师, 从事汽机研究。

## 2 火力发电厂汽轮机辅机振动故障分析

### 2.1 轴系对中失准与热态偏移

辅机多采用弹性柱销或膜片联轴器与电机相连, 冷态检修若只关注端面间隙而忽视径向偏差, 运行后易出现1倍转频为主的稳定振动, 并在联轴器附近测点更为突出。部分机组在启机升温阶段, 泵体与管路受热膨胀产生附加载荷, 若基础二次灌浆不密实或地脚螺栓预紧不均, 会形成软脚, 使机组中心线随温度漂移。运行人员在调节出口阀位或切换备用泵时, 管路应力重新分配, 也可能导致联轴器偏斜量突变。轴系中心不正的外观征兆通常表现为联轴器弹性元件单侧发热、护罩内粉末异常增多, 轴承瓦面可见偏磨或擦亮带。此类振动在水平与轴向方向往往同时抬升, 且相位角较为稳定。

### 2.2 转子不平衡与部件磨损

泵类辅机长期输送凝结水、除盐水或循环水, 叶轮、

平衡盘与口环易发生冲刷、点蚀与结垢,质量分布改变后形成静不平衡或偶不平衡,表现为振动随转速升高而近似线性加大。部分机组在低负荷或启停频繁阶段,凝结水含气量波动,气泡夹带使叶轮局部空化,叶片边缘掉块后进一步放大偏重。若检修中更换联轴器键或拆装叶轮未按配重标记复位,或电机转子端环松动、风扇偏装,也会引入新的不平衡力矩。现场还常见轴套与轴肩磨损后出现偏心装配,导致盘车位置不同振动值差异明显。为压低振动临时加装配重块若固定不牢,会在运行中移位并造成振动突升。

### 2.3 轴承结构与润滑条件劣化

汽机辅机轴承多为滚动轴承或滑动轴承,运行中润滑脂老化、润滑油含水或含固体颗粒会破坏油膜连续性,使轴颈在负荷区产生微滑与局部接触,振动往往伴随轴承温度升高与噪声尖锐化。滑动轴承若装配间隙偏大或瓦口圆度不足,转子在油楔内摆动幅度增大,容易出现亚同步成分并诱发油膜涡动。滚动轴承内外圈点蚀、滚道剥落或保持架磨损时,振动呈现间歇冲击特征,且在高频段能量明显提升<sup>[2]</sup>。火电厂油系统还可能因冷油器结垢或旁路阀卡涩导致油温偏高,黏度下降后承载能力降低,严重时出现瓦面擦伤与合金涂抹。轴承间隙增大后转子下沉,密封环或机械密封端面间隙被破坏,也会引起摩擦激振。国家标准对在非旋转部件上测量振动给出了总则与参数选取要求,可作为运行监视与验收判据的基础。

### 2.4 水力工况异常与管路激振

泵组振动在许多场景下与水力工况强相关,典型如入口净正吸入压头不足导致汽蚀,叶轮进口气泡破裂后形成高频随机激振,运行声音呈现沙砾感,振动值随入口温度升高或吸入阀门节流而迅速上升。凝结水系统在热井水位波动、滤网堵塞或旁路回流不稳时易夹带空气,产生两相流脉动,使泵体与管路出现周期性冲击,有文献对凝结水泵振动与异响的故障进行了讨论。循环水泵在低潮位、进水池旋涡或水室淤积情况下,流量分配不均会引起水力不平衡,从而放大径向力。真空泵或射水系统若供水压力波动,泵内也可能出现空化与拍击。若管路支吊架松动、补偿器预拉量不当或止回阀拍击,起动压力会通过法兰与底座传递到轴承座,引起结构共振并叠加到原有转频振动之上。

## 3 火力发电厂汽轮机辅机振动故障处理措施

### 3.1 对中校核与基础刚度恢复

围绕汽轮机辅机振动处置,检修阶段对中校核与基础刚度恢复应按基准复核、热态补偿、管路解耦、联轴件校验四条线同步闭环。第一,班组在拆检前复核泵、电机与底座基准面和标高点,清除锈蚀、漆皮与油膜后,用塞尺逐角检查贴合度并判别软脚,同时敲击检查灌浆空鼓与底座接触面松动,对底座水平度用框式水平仪复测,垫片优先采用整片或阶梯垫铁,厚度与数量实行台账管理,紧固地脚螺栓时按

规定扭矩分次对称拧紧,必要时补灌无收缩灌浆并在固化后复紧螺栓,再做最终找正。第二,对热态偏移明显的给水泵、凝结水泵等,应结合启机升温曲线与机座膨胀方向,在冷态找正时预留合理偏置,并在机组稳定负荷后测量联轴器端面间隙与同轴度变化,偏差超限时通过微调螺栓与垫铁逐量修正,同时复核不同环境温度下的重复性,将冷、热态数据成组记录,避免季节性漂移引发周期振动。第三,处置对中异常必须同步释放管路外力,先对与泵壳硬连接管段设置临时支撑并松开法兰螺栓,确认泵体水平和对中指标达标且法兰可自由对口、螺栓能顺畅穿入后,再按由近及远顺序复位支吊架与补偿器,逐点检查导向、限位与管夹间隙,并复测泵脚贴合度,防止复位过程中产生二次拉偏<sup>[3]</sup>。第四,联轴器弹性元件、键连接及止推结构应检查磨损、裂纹与配合间隙,并用百分表复测端面跳动、径向跳动与轴向窜动值,若出现偏载或擦碰痕迹,应复核半联轴器装配基准、键槽配合和端面间隙后重新找正,装复后按程序空载试运,记录轴承振动、温升与电流,停机复测对中并按扭矩复紧地脚螺栓,试运后24h内再复紧一次,数据归档留痕。

### 3.2 转子动平衡与磨损部件整治

针对火电厂汽轮机辅机旋转设备的振动治理,转子动平衡与磨损件整治应按拆检、修复、复测、试运的链路闭环推进。第一,解体前先在联轴器端作方向与相位标记并测量轴颈、对轮与叶轮端面跳动,解体后对叶轮、平衡盘、轴套、键槽逐件目视与尺寸复核,重点查冲刷、掉块、裂纹和结垢厚度,附着物采用机械清理后称量清理前后质量差,并把配重孔、键长、锁紧垫片与螺母状态记录入卡,确保复装保持原有相对位置,避免无意引入新偏重。第二,对口环、轴套、平衡鼓和密封环等偏磨部位,应以配合间隙为主控参数,复核圆度、同心度与接触带,发现拉毛擦伤要结合轴承间隙、转子下沉量及壳体中心线复测追查偏心装配、软脚或管路外力,再按规程刮研修整或更换同规格件恢复间隙,同时检查电机端风扇、联轴器半体与键的紧固及止口配合,防止附加不平衡叠加。第三,回装后进行动平衡与跳动复测,现场采用试重法时应在规定校正面分步加试重,按振动幅值与相位变化计算修正量并逐次逼近目标,配重块用螺栓加防松件固定并二次锁紧,配重位置、质量和校正面编号要刻字留档,严禁绑扎或点焊造成运行中移位。第四,试运按低速、额定转速、带负荷三工况分层记录各测点振动、相位及轴承温度变化,若振动随转速持续抬升且相位基本稳定,应回到不平衡链路复核叶轮配重、键长匹配与轴颈跳动,并核对检修中是否更换转子零件或调整过联轴器止口,必要时重新实施单面或双面校正直至满足验收限值。若振动在低速即出现突升或相位漂移明显,应同步复核密封间隙、转子擦碰痕迹及轴承油膜供油状态。

### 3.3 轴承检修与润滑介质治理

针对汽轮机辅机振动伴随轴承温升的工况,处理措施

应从介质状态、几何配合、系统治理与试运验证四线并行推进。第一，运行侧先将负荷回退到规程允许区间，核对主油压、回油液位与回油管畅通，并比对轴承进回油温差与供油温度，再对润滑油或润滑脂在规定取样点取样，按班组化验流程检查含水量、颗粒度、酸值与黏度，并同步查看油箱底部沉积、磁性捕捉器吸附物及滤芯压差变化，若发现乳化、金属屑或压差突升，应切换备用滤器并加强放水排污，避免污染介质持续磨损瓦面或滚道。第二，停机拆检时检修人员应测量轴瓦顶隙、侧隙与瓦口接触带宽，复核轴颈椭圆度、锥度及键槽毛刺，对轴承座定位销、止口与压盖配合进行蓝点检查，并检查瓦背贴合与止推面划痕，若出现合金涂抹、局部拉伤或滚道点蚀，应结合磨痕方向判断偏载来源，必要时通过刮研恢复承载区接触比例，并校正座体水平与垫片均匀性，保证受力区分布均匀。第三，润滑系统需同步冲洗与排水，重点排查冷油器串水内漏，核对旁路阀、节流孔板与回油滤网是否卡涩或被短接，油温长期偏高时应检查通水量、换热面结垢及温控阀动作，必要时清洗换热面并恢复设计流量，防止黏度下降导致油膜承载不足并诱发涡动。第四，装复后先盘车确认转子无擦碰，再进行低速试运与逐级升速，各稳速段连续记录轴承温度、油压及振动趋势，出现温升斜率突变或频带异常时立即回退速度并复核油路。轴承座振动、油压波动与回油温差，测点按 GB/T 6075.3 在非转动部位布置，统一径向与垂向方向及速度有效值参数，试运后复查压盖扭矩和油路渗漏<sup>[4]</sup>。

### 3.4 水力工况稳定与管路激振消减

在汽轮机辅机振动治理中，先把水力工况稳住并消减管路激振，可使故障边界尽快收敛。第一，处置汽蚀或两相流诱振时，值班人员应核对吸入水位、入口滤网压差与吸入阀开度，沿吸入管逐段排查高点积气、法兰漏气和阀前堵塞，利用放气阀连续排气直至出水致密稳定，再复核吸入侧直管段长度、弯头布置与偏心异径管上平安装，避免入口旋涡和偏流，同时检查吸入管支撑下沉与软接头吸扁情况，按泵铭牌所需汽蚀余量计算净正吸入压头裕量，必要时抬高水位、降低介质温度或切换备用泵降低吸入损失。第二，凝结水泵与循环水泵切换、并列或变工况前，应按操作票分段缓慢调

节出口阀位并监视压力变化与止回阀回座声，出现阀瓣摆动、回流指示异常或压力突跳时应停止动作并通过放空、旁路卸压缓解水锤，同时核对止回阀缓闭或阻尼机构位置，校验最小流量回流装置动作可靠，检查回流阀阀芯磨损、限位与弹簧预紧，避免泵长期落入低流量喘振区。第三，针对管路激振，应以泵出口至母管为主线复查支吊架松动、卡阻与限位间隙，核对弹簧支吊架荷载指示与冷态标高，纠正补偿器预拉量过大、导向失效或滑动支座咬死造成的膨胀受阻，对疑似共振薄弱段可做敲击听音与位移复核后标记，必要时增设刚性支撑或调整跨距与支点位置，使起动压力不再集中于泵体法兰和轴承座。第四，真空泵及其供水系统应保持供水压力与流量稳定，定期清理喷嘴、水室与过滤器沉积，检查供水阀门和节流件是否结垢导致供水不足，复测叶轮间隙并疏通轴封与冷却水通道，试运时同步复测泵体和供水管路振动，确认随机高频成分回落后再恢复常态运行方式<sup>[5]</sup>。

## 4 结语

综上所述，火力发电厂汽轮机辅机振动往往不是单一因素触发，而是安装精度、部件状态与介质工况叠加后的外在表现。现场处理应以风险控制为前提，先稳定工况与隔离激振源，再围绕对中、动平衡、轴承与管路四条主线组织检修与复测，并把关键数据纳入可追溯记录。通过标准化的复测与交接，可减少振动反复并提升辅机运行的可控性，同时为后续计划检修提供依据。

### 参考文献

- [1] 杨承洪.火力发电厂汽轮机辅机常见故障及解决措施[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2022(8):78-81.
- [2] 高诚.火力发电厂汽机辅机现状和优化措施分析[J].电气技术与经济, 2022(6):152-154.
- [3] 朱伟男,薛 隽.电厂汽轮发电机组振动监测及故障诊断[J].机械与电子控制工程, 2025(9).
- [4] 陈浩然.电站辅机转动设备振动故障与处置方案研究[J].中国机械, 2024(26).
- [5] 宋浩泽.电站辅机转动设备振动故障分析及处理[J].清洗世界, 2023(012):039.