

汽轮机轴承振动故障分析与检修处理策略

李沈阳

摘要: 本文基于工程实践与理论分析,深入剖析了汽轮机轴承振动的机理,系统阐述了其对机组安全构成的毁灭性危害,并从设计制造、运行操作、润滑冷却三个维度深度挖掘了故障根源。在此基础上,提出了一套涵盖精密检修、动平衡校正、油膜优化及轴瓦修复的综合处理策略。旨在通过“标本兼治”的手段,构建汽轮机长周期安全运行的防护墙,为电力行业的提质增效提供坚实的技术支撑。

关键词: 汽轮机; 轴承振动; 油膜振荡; 动静碰磨; 故障诊断; 精密检修

引言

汽轮机作为电力、化工等众多行业的关键设备,其稳定运行对于整个生产系统至关重要。而轴承作为汽轮机的重要部件之一,其运行状态直接影响着汽轮机的性能和安全性。然而,在实际运行过程中,汽轮机轴承振动故障时有发生,不仅会降低设备的使用寿命,还可能引发严重的安全事故,造成巨大的经济损失。因此,深入分析汽轮机轴承振动故障的原因,并制定有效的检修处理策略具有重要的现实意义。

一、汽轮机轴承振动故障的危害

汽轮机轴承振动故障具有很大的危害性,它关系到设备、生产与安全的诸多方面。过大的振动会加快轴承的磨损、降低配合精度、缩短使用寿命,在较长时间内会造成疲劳损坏而不能正常工作。当振动作用于其他组件,例如转子和叶片时,增加的应力可能导致裂纹和断裂的发生。高速旋转转子在振动作用下可能会发生弯曲变形而加剧振动,造成恶性循环,严重者会造成转子破损而难以维修。

轴承振动故障影响汽轮机的发电效率与供电质量,其运行的不稳定性使得功率输出产生波动,发电效率下降,同时也会导致电网电压与频率的改变,对用户的用电设备造成损坏。与此同时,振动故障也带来了严重的安全隐患,会诱发设备的剧烈震动与抖动,加大设备倾覆与泄漏的危险,危及操作人员的安全。如果发生严重

的安全事故,这不仅会导致人员受伤或死亡,还可能对公司的声誉和整个社会的稳定带来负面影响。

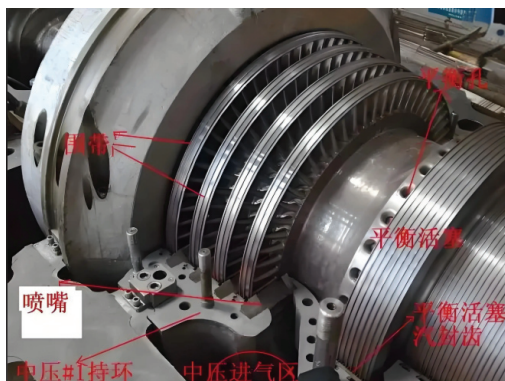


图1 汽轮机轴承图

二、汽轮机轴承振动故障的原因分析

(一) 设计问题

在汽轮机设计阶段,若对系统动态特性考虑不足,易引发共振现象,威胁轴承安全。设计时若忽略各部件固有频率和振动特性,运行中某些部件振动频率与系统固有频率接近或重合,就会产生共振,使振动幅度急剧增大,严重损害轴承。比如在系统结构设计和安装环节,未充分考量这些因素,就可能埋下共振隐患。

此外,轴承选型不当也是常见问题。若设计时未根据汽轮机实际运行工况合理选择轴承,如承载能力、刚度等参数不匹配,运行中轴承难以承受过大载荷,就会产生变形和振动。例如选择承载能力过小的轴承,在汽轮机高负荷运行时,必然因过载引发振动,影响汽轮机的稳定运行,增加故障发生的概率。

(二) 运行问题

运行问题是导致汽轮机轴承振动故障的重要因素。转子质量失衡是常见原因,叶片断裂、结垢等会使转子

作者简介: 李沈阳(1989.01—),男,汉族,本科学历,助理工程师,主要从事电力工程检修方面的研究工作。

质量分布不均,产生1倍转速频率振动,且振幅随转速平方增大。轴系对中不良表现为2倍频振动突出、轴向振动明显,热膨胀不均、地基沉降和管道应力都可能引发。油膜失稳振荡在转速 ≥ 2 倍临界转速时易发生,呈现0.5倍频自激振动,影响轴承润滑性能。转子热弯曲多因暖机不足、蒸汽突变等导致,启停时振动突变,过临界转速振幅激增。动静部件摩擦会产生高频振动并伴有金属异响,轴封间隙过小或缸体变形易引发,不及时处理可能导致弯轴。汽流激振多见于高压缸,0.5倍频振动随负荷增大,调门开启顺序不合理或蒸汽流场不稳定易诱发。此外,负荷分配不当会使高中低压缸受力不均,转子偏移,增大振动。

(三) 润滑和冷却系统故障

润滑和冷却系统故障会对汽轮机轴承正常运行产生严重影响。冷却系统故障可能使润滑系统过热,进而影响润滑油性能和设备运行。冷却介质不足、冷却器堵塞、冷却系统设计不合理等都可能引发冷却系统故障。在实际中,冷却系统水量不足、百叶窗关闭或开度不够,会导致汽轮机温度过高,破坏零部件配合间隙,降低设备性能,还会使润滑油变稀、易变质,设备易发生烧瓦、拉毛等故障。润滑系统方面,润滑油问题较为常见。油压过低,如油量未达规定容量、黏度变小、汽油或冷却水进入油底壳等,会使润滑效果降低、磨损增加,危及机件正常运转;而油压过高,如润滑油黏度过大、限压阀调整不当,容易冲坏油细滤器盖和压力传感器。此外,润滑油管堵塞、油过滤器堵塞、油管漏油严重等也会导致润滑点少油或无油,引发过热磨损。

三、汽轮机轴承振动故障的检修处理策略

(一) 设备检修和维护

设备检修和维护对汽轮机稳定运行至关重要。定期对汽轮机进行全面检修,能及时发现并解决潜在问题。如泵、压缩机、风机等14类工业设备,应依据故障诊断原理,解析其结构特征与典型故障场景,涵盖零部件修复、仪表检测、现代测控技术等核心技术流程。

日常维护中,保持设备润滑状态良好十分关键。运转平稳、噪音低、振动小的设备,能长期保持设计精度和性能指标,提高生产效率与产品质量。定期进行油品分析,可及时发现设备内部异常,实现状态监测。

在电气维护方面,需打开控制柜,用吸尘器清理积尘,检查接线端子并紧固松动部位,检查接触器触点,若烧蚀严重则打磨或更换,还要测试急停按钮、过载保

护装置的有效性。

年度维护时,要拆解齿轮箱、液压泵、主轴等核心部件,检测齿轮齿面磨损、轴承游隙,若超过规定范围则修复或更换磨损零件。对于关键部件,如减速器、联轴器,其检修质量需达到相关标准,确保整体设备正常运行。通过科学合理的检修和维护,能减缓设备磨损,延长设备使用寿命,降低故障率,保障生产的连续性和稳定性。

(二) 设备平衡和校正

设备平衡和校正是保障汽轮机稳定运行的关键环节。对于因转子质量失衡导致的振动故障,动平衡校正必不可少。不平衡会使设备各部件磨损不均,加速老化损坏,还会增加运行时的振动和噪音,降低设备稳定性。通过动平衡校正,能调整转子质量分布,使中心主惯性轴与旋转轴线重合,减少振动和噪音,提升运行效率,延长设备使用寿命,降低维护成本。

在进行动平衡校准时,需重新测量转子,确保不平衡量降至允许范围。以申曼动平衡机为例,校正步骤包括设置工件参数和系统参数、进行加重测试和去重测试等,保证校正结果准确。随着技术发展,如今可建立高保真设备模型,在数字空间完成大部分平衡调试,大幅缩短现场作业时间,实现虚实融合的校正方式。

对于轴系对中不良问题,要重新调整联轴器中心,检查滑销系统。精确调整联轴器同心度和垂直度,确保轴系运行时能自由膨胀收缩,避免因对中不良引发振动故障,保障汽轮机的平稳运行和高效工作。

(三) 润滑和冷却系统管理

润滑和冷却系统管理对汽轮机稳定运行十分重要,日常要检查并调整冷却系统压力,使用专用工具确保压力在正常范围,在高温环境下可适当提高压力来增强冷却效果。定期检查冷却系统各部件密封性,如水管接头、散热器和水泵等,及时处理泄漏问题。同时监测汽轮机温度,为冷却系统控制提供依据。

润滑油管理方面,要定期检查清洁度,发现污染及时更换,保持润滑系统的清洁,防止油泥和积碳影响润滑油压力和流动。确保设备密封件完好,避免使用不合适的添加剂或混合不同品牌的润滑油,防止化学反应导致油质恶化。定期检查润滑油压力,若发现异常,及时调整或更换润滑油泵、压力调节阀等相关部件。

散热方面,增加散热器表面的空气流动可提高散热效果,还可优化散热系统结构,改进散热器、水泵和风

扇等散热元件设计，或采用热管技术、热电耦合技术等先进散热技术，提升汽轮机散热性能。要定期清洗汽轮机冷却系统，去除水垢和杂质，保证系统畅通；按照厂家推荐周期，定期更换润滑油和冷却液，选择高品质产品，避免不同品牌型号混合使用，减少不必要的化学反应导致的性能下降。

（四）轴瓦处理

在轴瓦的加工中，首先需要对轴瓦进行彻底的检验。检查轴瓦密封性能是否良好，当发现密封存在破损、老化等问题时，应及时更换密封材料、采用适当的密封材料密封轴瓦、认真检查密封效果、保证不漏油。

对轴瓦磨损应准确判断，采取适当的处理办法。对于磨损较轻的轴瓦可以采用磨削和抛光两种修复方法来恢复轴瓦表面精度；如果轴瓦磨损严重或破损，就必须换上新瓦。更换时应特别注意轴瓦安装的方向及部位，确保其与轴承座配合的准确性，可在轴瓦上抹上适量的润滑油，然后用专用工具安装在轴承座上，并采用扭矩扳手对螺栓进行紧固，以达到螺栓紧固力的要求。

另外，还有几种专门修复轴瓦的方法。金属喷涂修复就是利用热喷涂技术将镍基合金或者铜合金等金属材料喷涂到轴瓦上，适合大范围磨损场合，可以显著增强轴瓦耐磨性，延长使用寿命；如果轴瓦减摩衬层破损较重，可用衬层更换修复法将旧衬层清除，然后再浇筑或贴附新衬层，但此法需专用设备及技术。同时为了保证轴瓦的正常运行，还要保证轴瓦的运行环境，回装时要用内窥镜查看进油孔内是否有残留的异物，以确保下半部分可倾瓦瓦块的活动度，我们还对轴瓦进行了再次研磨，确保其垫铁的接触满足轴瓦的维修技术要求，并修整了可倾瓦块的进油和出油斜边，从而提高了润滑冷却的流量，进一步优化了轴瓦的润滑和冷却性能。

结论

汽轮机轴承振动故障问题复杂而深远，它涉及到设计、运行和润滑冷却系统等诸多方面。它的危害不仅仅表现为破坏设备自身，例如加速轴承的磨损、诱发转子变形，还会影响到发电效率及供电质量，甚至危及操作人员的安全。通过深入分析故障原因，要清楚地认识到设计缺陷、运行过程中存在的诸多问题以及润滑冷却系统故障等因素是引起振动的关键因素。并针对这些问题提出了设备检修维护、平衡校正、润滑冷却系统管理及轴瓦处理的大修策略，针对性强，实用性强。

在实践中，应加强汽轮机日常监控和检修，及时发现和处理轴承振动故障以保证设备的平稳运行。在不断积累经验的过程中，促进故障诊断与处理水平提升，构建汽轮机安全运行防线。在科技不断发展的过程中，也需要不断探索更加先进的监测与诊断方法，对汽轮机设计与运行参数进行进一步优化，减少故障出现的几率，提升设备运行可靠性与效率。

参考文献

- [1] 张冲. 汽轮机振动故障诊断技术分析[J]. 今日制造与升级, 2025, (07): 201-203.
- [2] 乐天山. 汽轮机振动故障原因分析及解决对策[J]. 现代制造技术与装备, 2025, 61(06): 93-95.
- [3] 洪小江, 赖勇能, 吴志强, 等. 汽轮机排汽管道振源及传递路径研究[J]. 汽轮机技术, 2025, 67(03): 183-188.
- [4] 范海坤. 汽轮机高压汽缸温度计套管断裂故障诊断与原因分析[J]. 山东电力高等专科学校学报, 2025, 28(02): 61-65.
- [5] 曹乐康, 李欣欣. 汽轮机异常振动原因及处理措施[J]. 电动工具, 2023, (04): 23-24.