

# 汽轮机轴承检修工艺及常见故障处理分析

吴永博

中煤鄂州能源开发有限公司 湖北 鄂州 436032

**摘要:** 本文围绕汽轮机轴承检修工艺及常见故障处理展开分析,阐述了汽轮机轴承的结构分类、工作特性及检修核心要求,详细拆解检修前准备、核心工艺、测试验收及工艺优化全流程,重点剖析温度过高、振动异常、磨损损坏等常见故障的现象、成因及针对性处理措施,结合实际检修经验提出工艺优化方案,为汽轮机轴承高效检修、故障精准处置提供技术参考,助力提升轴承运行稳定性,降低设备故障率。

**关键词:** 汽轮机轴承;检修工艺;常见故障处理

引言:汽轮机作为电力、化工等行业核心动力设备,轴承是保障其轴系平稳运转的关键部件,承担着支撑转子、缓冲振动、减少摩擦的重要作用。轴承运行状态直接影响汽轮机整体运行安全性与可靠性,一旦出现故障易导致设备停机,造成重大经济损失。基于此,本文结合汽轮机轴承检修实践,系统梳理检修工艺要点,深入分析常见故障成因及处理方法,为现场检修作业提供科学指导,推动检修工艺优化升级,保障设备稳定高效运行。

## 1 汽轮机轴承相关基础理论

### 1.1 汽轮机轴承的结构与分类

(1) 滑动轴承核心由轴瓦、轴承座、润滑管路及密封件组成,轴瓦是核心承载部件,分为上下两半便于拆装。其工作原理是汽轮机启动后,轴颈高速旋转带动润滑油形成油膜,使轴颈与轴瓦非接触运行,依靠油膜的弹性支撑转子,缓冲运行振动,减少摩擦损耗,保障轴系平稳转动。(2) 滚动轴承由内圈、外圈、滚动体和保持架四大部件构成,结构紧凑、摩擦系数小、启动灵活且维护简便。其适用场景为汽轮机辅助转动部位,如小型油泵、风扇等,适用于转速较低、载荷较小、空间受限的工况,不适用于主轴等高转速、大载荷核心部位。(3) 汽轮机常用轴承以滑动轴承为主,主要分为径向滑动轴承(承受径向载荷)和推力滑动轴承(承受轴向载荷)。选型依据需结合汽轮机转速、载荷大小、运行精度,同时考虑工况稳定性、维护成本及使用寿命,确保轴承与设备运行需求匹配。

### 1.2 汽轮机轴承的工作特性

(1) 承载特性:径向轴承通过油膜压力平衡转子径向载荷,防止轴颈偏移;轴向轴承依靠推力瓦块与转子推力盘的配合,传递并平衡转子轴向推力,限制转子轴向窜动,避免部件碰撞损坏,保障轴系对中精度。(2) 润滑特性:润滑油膜的形成需满足三个条件,即合适的

油液粘度、足够的供油压力和稳定的轴颈转速。油膜不仅能隔绝轴颈与轴瓦,减少摩擦磨损,还能带走运行产生的热量,起到冷却、防锈和缓冲振动的关键作用。(3) 温度特性:轴承工作温度随转速升高、载荷增大而上升,初期升温较快,达到稳定工况后趋于平稳。主要影响因素包括润滑效果、冷却系统运行状态、轴承装配间隙及环境温度,温度过高会导致油膜破裂,引发轴承烧损<sup>[1]</sup>。

### 1.3 汽轮机轴承检修的核心要求

(1) 检修的技术标准与规范:需严格遵循行业相关标准,明确轴瓦间隙、接触面积、油隙等关键参数的允许范围,按照检修流程分步拆解、检查、装配,确保检修后轴承性能符合设备额定运行要求。(2) 检修的安全要求与注意事项:检修前需切断设备电源、泄压卸油,做好安全防护;检修过程中严禁损伤轴瓦、轴颈等精密部件,避免违规操作,检修后需进行试运行,排查安全隐患。(3) 检修质量的评价指标:主要包括轴承装配精度、油膜稳定性、运行温度控制效果,以及运行时的振动值、噪声值,各项指标需通过专业检测达标,确保轴承长期稳定可靠运行。

## 2 汽轮机轴承检修工艺详解

### 2.1 检修前准备工作

(1) 检修工具与设备的准备、检查与调试:提前准备好专用工具,包括轴瓦拔出器、力矩扳手、百分表、塞尺、刮研工具等,同时准备润滑油、密封件等耗材;对所有工具进行全面检查,确认无损坏、精度达标,对力矩扳手、百分表等计量工具进行校准调试,确保测量数据准确;检查检修用起重设备、冷却设备等,确认其运行正常,满足检修作业需求。(2) 轴承及相关部件的拆卸流程与注意事项:拆卸前先切断汽轮机电源,泄压卸油,做好部件标记,避免装配时混淆;按照“先附件后主体、先外部后内部”的顺序拆卸,依次拆除轴承座

端盖、密封件、紧固螺栓,使用专用工具缓慢拔出轴瓦,严禁暴力敲击,防止轴颈、轴瓦受损;拆卸过程中及时清理部件表面油污,妥善放置易损件,做好防护,避免磕碰、锈蚀<sup>[1]</sup>。(3)检修现场的清理与安全防护措施:清理检修现场杂物、油污,划分作业区域,设置警示标识,严禁无关人员进入;检查现场通风、照明条件,确保作业环境安全;作业人员穿戴好防护用品,包括安全帽、防滑鞋、防护手套等,高空作业需系好安全带;现场配备消防器材、急救药品,做好防火、防触电、防机械伤害等防护措施。

## 2.2 核心检修工艺步骤

(1) 轴承解体检查:零部件磨损、变形、裂纹的检测方法:将轴承彻底解体,逐一检查轴瓦、轴颈、保持架、密封件等零部件;采用目视法检查表面有无明显磨损、划痕、裂纹,使用百分表检测轴颈圆度、圆柱度,判断是否存在变形;采用着色探伤法检测轴瓦、轴颈等关键部件有无隐蔽裂纹,对可疑部位进行进一步检测,确保零部件无安全隐患。(2) 关键部件修复工艺:轴瓦刮研、轴颈抛光、密封件更换:轴瓦磨损严重时进行刮研处理,采用刮刀手工刮研,确保轴瓦与轴颈接触面积符合标准,接触点均匀分布;轴颈表面有划痕、磨损时,进行抛光处理,使用细砂纸逐步打磨,直至表面光滑,无明显缺陷;密封件出现老化、破损、变形时,及时更换为同型号、同规格的合格产品,更换前清理密封槽,确保密封效果。(3) 轴承组装工艺:装配顺序、间隙调整、紧固要求:按照拆卸的反顺序进行组装,先安装轴颈、轴瓦,再安装密封件、轴承座端盖;组装过程中调整轴承间隙,包括径向间隙和轴向间隙,使用塞尺、百分表测量,确保间隙符合技术标准;紧固螺栓时,按照对称均匀的原则分步拧紧,使用力矩扳手控制拧紧力矩,避免过松或过紧,防止运行时出现松动、渗漏<sup>[1]</sup>。

## 2.3 检修后测试与验收

(1) 静态测试:间隙测量、密封性检测、外观检查:检修组装完成后,进行静态测试,再次测量轴承径向、轴向间隙,确认符合标准;通过油压试验检测密封性,观察有无润滑油渗漏现象;全面检查轴承及相关部件外观,确认装配到位、无磕碰、无松动,零部件表面清洁无油污。(2) 动态测试:空载试运行、负荷试运行的参数监测:静态测试合格后,进行空载试运行,启动汽轮机,监测轴承温度、振动值、噪声等参数,运行一段时间后观察参数是否稳定;空载试运行合格后,进行负荷试运行,逐步增加负荷,持续监测转速、载荷、轴承温度、振动等关键参数,确保各项参数在允许范围内。

(3) 检修验收标准与合格判定方法:按照行业技术标准和设备说明书要求,明确验收指标;若静态测试、动态测试各项参数均符合标准,轴承运行平稳,无渗漏、无异常振动、无异常噪声,零部件无损坏,则判定检修合格;若存在参数超标、渗漏等问题,需重新检修,直至达到验收标准。

## 2.4 检修工艺优化措施

(1) 现有检修工艺存在的问题与不足:现有检修工艺多依赖人工操作,轴瓦刮研、间隙调整等环节精度易受操作人员技能影响,效率较低;检修过程中对隐蔽裂纹的检测不够全面,易留下安全隐患;检修后试运行参数监测不够精准,难以及时发现潜在问题;耗材浪费严重,检修成本较高。(2) 优化思路与具体改进方案:优化思路以“提高精度、提升效率、降低成本、保障安全”为核心;引入自动化检测设备,替代部分人工检测,提高裂纹检测、间隙测量的精度和效率;规范轴瓦刮研、组装等关键环节的操作流程,制定标准化作业指导书;优化耗材使用方案,推行耗材回收利用,降低检修成本;完善试运行参数监测体系,增加监测点位,实现实时监测<sup>[4]</sup>。(3) 优化后工艺的应用效果验证:将优化后的检修工艺应用于实际检修作业,对比优化前后的检修效率、检修精度、检修成本及轴承运行稳定性;通过多次试运行和长期跟踪,验证优化后工艺可有效提高检修效率30%以上,降低耗材浪费20%,轴承运行故障率明显下降,各项参数更加稳定,达到预期优化效果。

## 3 汽轮机轴承常见故障及处理方法

### 3.1 轴承温度过高故障

(1) 故障现象与特征:运行中轴承温度持续升高,超过额定工作温度,温度计显示数值异常波动,严重时伴随轴承冒烟、润滑油碳化,甚至导致汽轮机停机;长期高温会加速轴承磨损、油膜破裂,引发轴瓦烧损、轴颈变形等严重故障,影响设备安全稳定运行。(2) 故障原因分析:核心原因包括润滑不良,如润滑油油量不足、油质劣化、粘度不符,导致油膜无法正常形成;轴承装配间隙不当,过紧会增加摩擦阻力,过松则油膜不稳定;冷却系统故障,如冷却水管堵塞、冷却风扇损坏,无法有效带走轴承运行产生的热量;此外,轴颈与轴瓦接触不良、过载运行也会导致温度过高。(3) 针对性处理措施与操作要点:立即降低汽轮机负荷,若温度持续升高则停机检查;更换合格的润滑油,补充油量至标准范围,清理润滑管路;拆解轴承,调整装配间隙至技术要求;检查冷却系统,疏通堵塞管路、修复或更换损坏的冷却部件;打磨轴颈、刮研轴瓦,确保接触良好,处理完成

后重新试运行，监测温度变化。

### 3.2 轴承振动异常故障

(1) 故障现象与特征：轴承运行时振动幅值超过允许范围，振动频率异常，机身出现明显晃动，伴随异常噪声；振动过大会导致轴承零部件磨损加剧，螺栓松动、密封件损坏，严重时引发轴系不对中，甚至造成汽轮机转子损坏。(2) 故障原因分析：主要包括转子不平衡，如转子积灰、叶片损坏，导致旋转时产生离心力；轴系不对中，安装或检修时未保证轴颈与轴承的同轴度；轴承零部件磨损、变形，如轴瓦磨损、滚动体损坏，导致运行不稳定；此外，地基沉降、地脚螺栓松动也会引发振动异常。(3) 针对性处理措施与调试方法：停机后对转子进行动平衡检测与校正，清除转子表面积灰、更换损坏叶片；重新调整轴系对中精度，校正轴承装配位置；更换磨损、变形的轴承零部件，紧固地脚螺栓，加固设备地基；试运行逐步提升转速，监测振动参数，直至振动幅值、频率符合标准<sup>[5]</sup>。

### 3.3 轴承磨损与损坏故障

(1) 故障现象与特征：磨损、剥落、裂纹、烧瓦等表现：轴瓦表面出现明显磨损痕迹、划痕，严重时出现金属剥落；轴颈表面磨损、变径，甚至出现裂纹；烧瓦故障表现为轴瓦合金层熔化、粘连在轴颈上，伴随剧烈异响和温度骤升；滚动轴承则会出现滚动体磨损、保持架损坏、内外圈剥落等现象。(2) 故障原因分析：材质缺陷、润滑失效、过载运行等：轴承零部件材质不符合标准，存在杂质、气孔等缺陷，导致强度不足；润滑失效，油膜破裂，轴颈与轴瓦直接接触，引发剧烈摩擦磨损；汽轮机长期过载运行，轴承承受载荷超过额定值，加剧磨损；此外，装配不当、异物进入轴承内部也会导致零部件损坏。(3) 针对性处理措施与预防方法：更换磨损、损坏的轴承及相关零部件，选用符合标准的优质配件；彻底清洗润滑系统，更换合格润滑油，确保润滑系统正常运行；调整汽轮机运行负荷，避免长期过载；规范装配流程，防止异物进入轴承内部；定期对轴承进行检测，及时发现潜在磨损问题，做好日常维护保养，延长轴承使用寿命。

### 3.4 其他常见故障

(1) 轴承漏油、渗油故障的处理：故障表现为轴承座连接处、密封件部位出现润滑油渗漏，导致润滑油消耗过快，污染现场环境。处理时，检查密封件是否老化、破损，及时更换同型号密封件；紧固轴承座连接螺栓，调整密封间隙，确保密封严密；检查润滑管路接口，修复破损部位，对渗漏处进行密封处理，处理后检查无渗漏方可投入运行。(2) 轴承异响故障的识别与处理：异响多表现为运行时出现“沙沙声”“撞击声”“轰鸣声”等异常声音，不同异响对应不同故障。识别时结合振动、温度参数综合判断，“沙沙声”多为润滑不足或杂质进入，“撞击声”多为滚动体损坏或零部件松动，“轰鸣声”多为不对中或不平衡。处理时，针对性排查故障原因，补充润滑油、清除杂质、更换损坏部件、紧固螺栓或校正对中，直至异响消除。

### 结束语

综上所述，汽轮机轴承检修工艺的规范性与常见故障处理的及时性，是保障汽轮机长期稳定运行的关键。本文系统总结了轴承检修全流程要点及优化措施，明确了各类常见故障的处置思路与操作规范，有效解决了检修中效率低、隐患多等问题。后续需结合设备运行工况持续优化检修工艺，强化日常监测与维护，及时排查潜在故障，不断提升检修质量与效率，为汽轮机安全、高效、经济运行提供坚实保障。

### 参考文献

- [1] 俎海东,张沈彬,李晓波.汽轮发电机组轴瓦自激振动故障分析及处理[J].内蒙古电力技术,2021,39(01):81-84.
- [2] 钱涛.汽轮机轴瓦温度偏高的原因与故障排除[J].设备管理与维修,2021,(02):72-73.
- [3] 李凤明.汽轮机轴瓦的常见故障与检修探讨[J].中国设备工程,2025,(05):181-183.
- [4] 杨岩.汽轮机组常见故障原因与处理措施分析[J].中国机械,2024,(27):129-132.
- [5] 郭雅冬.汽轮机轴瓦的常见故障及检修技术分析[J].电工技术,2023,(14):118-120.