

汽轮发电机组轴承温度异常原因及处理对策

高 畅

华电章丘发电有限公司 山东 济南 250200

摘 要：汽轮发电机组是电力系统的核心动力设备，轴承则是转子系统的核心支撑部件，其温度异常是机组运行中最常见的故障现象之一，直接关系到机组的安全稳定运行。基于此，本文从汽轮发电机组轴承温度异常的核心机理与危害表征出发，结合华电章丘发电有限公司 3 号机组 4 号轴承温度高的典型故障案例，探究汽轮发电机组轴承温度异常的原因，提出汽轮发电机组轴承温度异常的处理对策与全周期防控体系，期望为汽轮发电机组轴承的运维管理与故障治理提供一些有益参考。

关键词：汽轮发电机组；轴承温度异常；故障诱因；处理对策

引言：随着电力系统的快速发展，电网供电的稳定性和可靠性需求越来越高，汽轮发电机组的安全稳定运行是保证电网稳定可靠供电的保障。轴承是汽轮发电机组转子系统的关键支撑与定位部件，其运行温度是表现轴承工作状态的核心指标，温度异常不仅会引发轴承本体损坏，还可能诱发轴系振动、动静碰磨等重大设备事故，甚至导致机组非计划停机^[1]。针对汽轮发电机组轴承温度异常问题需要进行系统的分析，辨别故障发生的核心诱因，并采取针对性的处理对策与防控措施。

1 汽轮发电机组轴承温度异常的核心机理与危害表征

（1）轴承温度异常的核心机理

汽轮发电机组所使用的轴承主要是滑动轴承，它分为径向支持轴承和轴向推力轴承这两类，其工作原理是依靠润滑油在轴颈与轴瓦的间隙当中形成动压油膜，以此来隔离转子与轴瓦的金属接触面，进而实现液体摩擦润滑，借助润滑油的循环把摩擦产生的热量带走，使得轴承温度保持在设计规定的范围之内^[2]。轴承温度出现异常的本质原因在于产热的速率超过了散热的速率，进而使得热量在轴承部位不断积聚，最终导致运行温度超出了正常的阈值范围。

（2）轴承温度异常的主要危害表征

轴承温度出现异常的情况时会引发一系列连锁危害，其中核心危害主要体现在四个方面。首先是轴承本体有可能出现不可逆损坏，滑动轴承的轴瓦工作面大多采用巴氏合金，当温度超过正常范围时，巴氏合金层会出现软化、龟裂等状况，进而丧失承载、润滑能力，要是情况严重的话还会造成轴颈磨损^[3]。例如华电章丘发电有限公司 3 号机组 4 号轴承温度异常故障中，轴承温

度最高飙升至 137℃，解体检查发现轴颈存在两处严重磨损凹槽，一处深度达 1.74mm、宽度 8mm，另一处深度 0.54mm、宽度 4mm，同时下瓦撵瓦严重，乌金大面积磨损脱落，造成了不可逆的设备损坏。其次是对转子系统稳定性造成破坏，温度出现异常时，油膜刚度、厚度会下降，进而诱发失稳现象，使得机组振动加剧，如此便会形成恶性循环，对轴系安全构成威胁。第三方面是加速润滑系统劣化，高温的环境会使润滑油加快氧化变质的速度，进而降低其润滑性能，对管路、部件造成腐蚀，最终缩短其使用寿命^[4]。

2 汽轮发电机组轴承温度异常的多维度诱因分析

（1）润滑系统异常

润滑系统对于轴承稳定运行起着核心保障作用，同时也是轴承出现温度异常的首要诱因，大多数轴承温度故障都和润滑条件的劣化存在关联。一方面是润滑油品质发生劣化，倘若受到杂质污染，就会破坏油膜的连续性，要是长期运行出现氧化变质的情况，会致使黏度出现异常，而添加剂失效则会降低润滑防护性能，这些情况都会加剧发热现象。另一方面是润滑油供油参数出现异常，供油压力不足会使得流量不足，供油温度过高会降低冷却散热能力，管路存在问题会导致流量分配不均，进而引发温度异常。再者是润滑油油膜失稳，参数不匹配会让油膜刚度不足，诱发涡动与振荡，造成摩擦功耗增加、振动加剧，最终使轴承温度升高。

（2）轴承本体与安装检修缺陷

轴承本体的结构状态、安装检修精度乃是决定运行温度的关键所在，这类缺陷比较隐蔽，是机组投入运行或者检修之后轴承温度出现异常情况的重要缘由。其

一,轴瓦结构、装配参数不符合标准,间隙过小或者过大都会对油膜的形成、承载能力产生影响,轴瓦紧力不足、配合面接触面积不够就会引发发热现象。其二,安装检修工艺存在偏差,轴系找中不准确、轴承标高存在偏差、轴瓦刮研工艺不合适会致使载荷分布不均匀、局部接触不良,从而引发温度异常。比如,2025年11月华电章丘3号机组4号轴承发生检修遗留缺陷导致的恶性温度异常故障。机组升负荷过程中,轴承温度从96℃升至107℃报警,后飙升至114℃,采取应急措施仅能降至103℃,停机过程中最高达137℃。故障根源为2024年9月小修时,4号轴承下瓦瓦枕两个定位销安装不牢掉入进油管道,磨损产生的铁屑破坏油膜,造成轴颈和轴瓦严重损坏。

(3) 转子系统与运行工况异常

轴承作为转子系统的支撑部件,其运行状态会受到转子系统动态特性、机组运行工况的影响,常常会随着机组出现振动异常的情况,而且突发性很强。一方面是转子系统动态特性出现了劣化。当转子不平衡时,会产生离心力作用在轴承上,进而增加载荷、摩擦功耗,导致温度升高,要是转子发生弯曲,会让轴系回转中心出现偏移,进一步加剧不平衡状况,甚至还可能出现碰磨现象,产生附加载荷、热量,使得温度急剧上升,若是轴系临界转速匹配不合适、发生共振,会增大振动幅值,破坏油膜稳定性,引发温度异常。另一方面是机组运行工况出现异常波动,汽轮发电机组进行操作时会让工况产生剧烈变化,要是操作不恰当,油膜就难以适应,进而出现失稳、载荷不均等问题,最终引发温度异常情况,在过临界转速阶段停留时间过长会破坏油膜,使得温度升高,长期处于超负荷运行状态、通流部分蒸汽参数出现异常,会让轴承产生的热量增加,温度持续不断升高。

(4) 辅助系统与环境因素异常

轴承运行时的温度会受到辅助系统、外部环境的间接作用,这种影响容易被人们忽视,然而它却是一个非常重要的隐性因素。首先是冷油器、循环水系统出现故障的情况。冷油器的换热效率直接决定了润滑油的供油温度,要是换热面出现结垢等状况,那么就会使得冷油器的换热效率降低,进而导致供油温度升高,最终引发轴承温度出现异常,而循环水系统要是出现问题,就会降低冷油器的冷却能力,使其无法满足散热的需求。其次是轴承座与基础环境出现异常情况。轴承座的密封如果不严,那么润滑油就会被污染,内部温度会升高,散热效果也会降低,若是连接出现松动,振动就会加剧,

热量传导会受到阻碍,进而引发积聚现象,而机房环境温度要是过高,自然散热效果便会降低,温度异常情况会更加严重。另外,监测系统异常会引发虚假温度报警,温度传感器损坏等状况会让监测数据失去真实性,进而出现虚假报警,监测线路要是受到电磁干扰,信号传输就会出现异常,显示的温度会超出正常范围,如果没有进行甄别,就会引发不必要的停机情况。在华电章丘3号机组4号轴承故障中,运维人员对4号轴承两个温度测点进行对调,发现对调后B4T1温度与原电机端异常温度一致,B4T2显示为调端正常温度,从而排除测点故障可能性,为后续故障处置提供正确依据。

3 汽轮发电机组轴承温度异常的处理对策与全周期防控体系

(1) 轴承温度异常的分级应急处置流程

对于轴承温度异常故障要建立标准化分级应急处置流程,在第一时间辨别故障类型,以此防止故障进一步扩大^[5]。处置的首要步骤是异常真实性验证,运维人员要同步核对轴承振动、润滑油压、供油温度、回油温度、回油流量等多维运行参数,还要校验温度传感器与监测线路,明确划分真实温度异常和监测系统虚假报警,防止出现误操作。对于已经确认的真实温度异常情况,要依据温度变化的速率、超温的幅度来进行分级处置,倘若出现轻微超温并且温度是缓慢爬升的状况,那就应当马上降低机组的负荷,同时对润滑油供油压力、温度等运行参数加以调整,还要加强对轴承温度、振动等参数的实时监测工作,排查异常产生的原因,坚决禁止在参数持续恶化的时候仍然维持高负荷运行。假如温度快速飙升并且处于严重超温状态,那么就需要严格按照机组运行规程来执行,立刻启动紧急停机操作,将故障发展的路径彻底切断,防止出现轴承烧毁、轴系损坏等重大设备事故,严禁强行带着故障运行。在华电章丘3号机组4号轴承故障处置中,运维人员严格执行分级处置原则。首次温度升至107℃时,立即启动顶轴油泵,轴承温度降至96℃左右;温度再次飙升至114℃时,采取启动两台顶轴油泵、启动交流润滑油泵、适当降低润滑油温等强化措施;最终因温度无法恢复正常且持续恶化,果断停机,避免了更严重事故发生。

(2) 温度异常诱因的精准治理对策

针对不同维度的异常诱因可以制定精准的治理对策,实现故障的根本消除,与诱因分析形成闭环治理。首先要对润滑系统异常展开系统性治理工作,对于润滑油品质出现劣化的情况需建立油质检测机制,按照一定周期检测理化指标,一旦发现指标异常便及时更换润滑

油,同时强化设备的密封、过滤环节^[6]。其二是要进行轴承本体、安装检修所存在缺陷的标准化修复工作,要是轴瓦装配参数超出标准范围,那就依照规范精确控制核心参数,若是巴氏合金层出现缺陷,要么更换轴瓦,要么重新进行浇铸然后刮研,要是安装检修工艺存在偏差,那就严格执行轴系找中工艺,同时加强质量管控、验收工作。

(3) 全周期长效防控体系构建

为从根本上降低轴承温度异常故障的发生概率需要构建覆盖设备全生命周期的长效防控体系,实现从被动故障处理向主动预防的转变。在设计选型阶段需要根据机组的运行参数和工况特点,进行轴承结构设计和润滑系统配置的优化,来确保轴承的承载能力、散热性能与机组运行需求相匹配,从源头上规避设计的缺陷。于安装调试阶段之时要严格依照安装规范、工艺标准来执行,对轴系找中、轴承装配、管路安装这类关键工序的质量进行全程把控,认真做好分部试运、整套启动试验,以此保证设备在投运前的各项参数能够符合设计要求。日常运维阶段需要健全常态化的巡检与状态监测机制,对于轴承温度、振动、润滑油参数等关键指标的变化趋势进行实时跟踪,以便能够提前识别其中出现的异常情况,从而实现对故障的早发现、早处置,与此同时制定具有标准化特征的设备维护计划,按照一定周期进行针对润滑系统维护、油质检测还有传感器校验等方面的工作,以此保障设备始终保持在良好的运行状态^[7]。在检修管理阶段,推行基于状态监测的预知性检修模式,根据设备的实际运行状态制定检修计划,避免过度检修与检修不足,同时建立完善的设备台账,详细记录设备的设计参数、检修记录、运行数据、故障处理情况,形成全生命周期的闭环管理,不断提升设备运维管

理水平。

结语: 汽轮发电机组轴承温度出现异常,是润滑系统、轴承本体、转子系统、辅助环境等多种因素共同作用造成的,属于威胁机组安全稳定运行的核心故障类型之一。华电章丘3号机组4号轴承温度高的典型案例充分说明,检修质量管控不到位是导致轴承温度异常的重要人为因素,其造成的设备损坏和经济损失十分严重。此篇论文通过全面梳理轴承温度异常的机理、危害还有诱因,创建了包括应急处置、精准治理、长效防控在内的全维度处理对策模式,能够有力实现故障的快速处置与根源性消除。

参考文献

- [1] 赵帛泊,马杰. 汽轮机振动异常原因分析及处理对策[J/OL]. 中国科技期刊数据库工业 A,2025(6)[2025-05-22].
- [2] 武书安. 大型核电机组发电机轴瓦温度波动原因探究[J]. 阀门,2025,(10):1183-1188.
- [3] 杜云,李磊,顾琳涛. 汽轮发电机组振动异常原因分析及处理[J]. 设备管理与维修,2025,(17):88-90.
- [4] 唐峰,宁玉开,韩江,等. 660MW 汽轮发电机组可倾瓦轴承温度异常分析[J]. 山东电力技术,2020,47(1):70-73.
- [5] 周天旺,吴欢,杨军. DKY4-4N41B 型超临界机组#2 轴承单点温度高的分析与处理[J]. 能源研究与管理,2021,(3):90-94.
- [6] 杨宁. 汽轮发电机组异常振动原因及处理对策[J/OL]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2016(10)[2016-10-31].
- [7] 彭刚,闵银旭,李建平. 小汽轮机推力瓦温高原因分析与故障处理[J]. 电力设备管理,2024,(19):294-296.