

浅析汽轮机轴承温度高的原因及应对方法

翟广朝

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司甲醇分公司, 宁夏 银川 750000

[摘要] 文章基于汽轮机轴承温度升高问题, 详细分析了汽轮机轴承温度升高的理论基础, 同时采用案例分析法, 结合某汽轮机实际案例, 分析了轴承温度升高的问题以及应对措施, 希望相关工作人员能批评指正。

[关键词] 汽轮机; 轴承; 温度异常

DOI: 10.33142/ec.v3i1.1321

中图分类号: TQ116.11

文献标识码: A

Brief Analysis on the Causes of High Temperature of Steam Turbine Bearings and the Countermeasures

ZHAI Guangchao

CHN Energy Ningxia Coal Industry Co., Ltd. Methanol Branch, Yinchuan, Ningxia, 750411, China

Abstract: Based on the problem of bearing temperature rise of steam turbine, this paper analyzes the theoretical basis of bearing temperature rise in detail. At the same time, it analyzes the problem of bearing temperature rise and corresponding measures by using case analysis method and combining with a practical case of steam turbine, hoping that relevant staff can criticize and correct it.

Keywords: steam turbine; bearing; temperature anomaly

引言

汽轮机是目前工厂生产的重要组成部分, 根据对当前我工厂运行情况作分析后, 发现汽轮机轴承易出现故障, 而造成故障的重要原因就是轴承温度升高。从汽轮机的运行过程来看, 受温度升高的影响, 造成金属膨胀变形, 而汽轮机内部有多个轴承支撑转子, 膨胀会影响高速旋转振动, 最终降低汽轮机的使用性能, 因此面对目前严峻的工业生产需求, 降低汽轮机的运行故障已经成为相关人员关注的重点。

1 汽轮机轴承温度高的理论分析

根据现有的研究经验可知, 按照轴承原理, 轴承金属温度升高与润滑油的温度升高存在密切关系, 其中的关系式表达为:

$$\Delta T = f(W, f, u / C_p, p, Q)$$

在上述公式中, W 代表轴承的荷载参数; f 代表轴承的摩擦系数; u 代表轴径圆周速度; p 代表润滑油在运行期间的密度指标; Q 代表润滑油的油量, 该指标普遍与节流孔板的孔径存在关系; C_p 代表润滑油的温度比热。

从上述关系式中可以发现, 造成轴承温度升高的因素很多, 包括摩擦系数、轴径圆周速度、轴承润滑油温度等。

(1) 润滑油温度。润滑油的温度会直接影响油的黏度、油流量等, 油流量异常会影响轴承内相关物质的含量变化, 如造成轴承内部存在杂质、气体指标异常等; 也有可能引发顶轴油管止逆阀不严或者油管泄露等, 在汽轮机轴承运行期间, 润滑油的变化会加剧轴承内部的摩擦, 进而产生大量的热, 最终造成温度升高^[1]。

(2) 轴径圆周速度。轴径圆周速度与汽轮机的转速之间存在密切关系, 尤其是在轴承转速快速升高的情况下, 其圆周速度增大, 会加剧内部的摩擦力, 尤其是在内部存在杂质的情况下, 会进一步增加轴承内部的温度变化。同时汽轮机降速的情况下, 同样有可能因为轴径圆周速度等问题而造成温度的异常。

(3) 摩擦系数。在轴承生产期间, 因为浇筑质量不理想, 会造成基体与钨金之间的结合效果差, 因此在后期运行阶段出现脱胎等一系列问题; 此时受动荷载以及温度变化的影响, 脱胎会引发摩擦系数变化; 而轴承在安装期间的轴承间隙变化、安装部件偏斜、轴承紧力太大、轴承不同心问题等, 会造成轴承球面之间没有理想的调整能力, 最终造成摩擦系数变化, 最终引发一系列的运行质量问题^[2]。

(4) 轴承荷载。按照润滑理论, 在轴承的正常运行期间若存在轴承荷载过大的问题, 会导致油膜被破坏, 进而引发轴颈与轴承之间存在严重的干摩擦现象, 这种问题会造成温度异常; 除此之外, 因为轴承负载过轻, 轴承油膜厚, 会导致汽轮机轴承的油膜震荡。而根据文献^[3]的研究结果可知, 造成轴承荷载问题的因素分为很多种, 包括轴承的振动

过大、轴承的扬度变化、轴封漏气等，这些问题会造成轴承标高异常，影响了轴承正常的荷载分布，最终引发温度升高、质量等问题。

2 实例分析

2.1 案例简介

某工厂有一个规格为 1000MW 的汽轮机。在 2017 年对该汽轮机进行了小修之后，开机一段时间后运行基本正常，其中 4 号轴承的温度小于 90℃，但是在 7 月某日的检查中，发现汽轮机轴承温度上升至 98℃，并且在持续的温度检测中发现最高温度达到了 112℃；再运行一段时间后，发现 4 号轴承的温度回落至 94-96℃之间，且此时的瓦振、轴振等处于正常状态；在汽轮机运行到 10 月末之后停机，11 月再次开机后，当汽轮机转速达到 3000r/min 后，发现轴承的问题进一步升高，平均温度超过了 110℃；针对这种情况，工作人员将汽轮机的转速调整至 2800-3000r/min 后继续观察，此时汽轮机轴承的温度恢复至正常值。投自控运行后，2 号设备的荷载变化，同时又造成了温度升高，此时为了维持汽轮机的正常运行，将机组的负荷控制在 240MW，在解除自控运行之后，负荷未变化；对机组真空处理后，调整轴瓦进油温度不超过 39℃。

通过对整个汽轮机的运行数据做进一步分析后，发现设备的瓦振、轴振等处于相对稳定的情况下；同时检查润滑油回油滤网之后，发现了一定的钨金碎末，运行期间的轴瓦金属温度最高达到了 112.6℃。之后通过判断整个汽轮机的状态，在 4 号轴承位置发现了严重磨损问题，在钨金表面可见明显的起皮、发黑等现象，其中部分钨金直接被挤压到顶轴油槽中，此时充分刮开钨金的磨损部位后，通过着色探伤的方法没有发现裂纹，但是可以发现瓦胎与钨金之间的脱胎问题，同时可见轴承顶部接头位置已经破坏。

2.2 对案例设备的原因分析

从前文介绍的汽轮机轴承温度高的理论可知，汽轮机发动机转子在持续运动期间，汽轮机轴承的温度变化与轴瓦、轴颈等关键部件存在密切的关系。而从汽轮机轴承的部件特征来看，汽轮机的轴颈支撑表面在轴瓦上的高速旋转是依靠轴颈与轴瓦之间的油膜来完成的，在油膜完整的情况下可以保证轴瓦不被破坏。假设有两个平面构成的油楔，部件的四周都充满油，此时在轴承运行的情况下，油楔中的油箱内挤压，此时的油会产生明显的反作用力，并略微抬高上部物体，但是对于轴承这种精密部件而言，油楔中的油膜会产生更严重的摩擦，而摩擦期间所产生的热量将会被润滑油带走，此时会产生冷却作用。

而在轴颈运行期间在轴瓦所形成的油楔会影响轴承的运行性能，而此时轴瓦内加入润滑油后随着轴颈转动，并会在轴颈内形成油膜，使轴颈能够更加有效的转动。案例中汽轮机轴承温度升高，此时 4 号轴承承担了其他轴承的部分荷载，这种情况会增加 4 号轴承的荷载，会导致轴承的应变能力显著下降；而一般情况下钨金不会产生塑性变形，而该设备出现的变形甚至破坏，进一步证明汽轮机轴承的运行存在问题。

2.3 应对措施

通过对轴承温度升高问题做进一步观察后，决定更换轴承，而为了确保后期轴承不出现问题，技术人员采取了一系列的应对措施，主要内容包括：

(1) 在更换新的瓦轴之间，认真对比汽轮机新旧轴承的原始数据，包括轴颈参数、轴瓦间隙以及档洼窝中心等关键数据。同时结合汽轮机通过对比历史趋势，发现高压蒸汽压力与轴温的变化趋势一致之后，与调度联系，维持进高蒸压力在 9.0MPa 至 9.2MPa 之间。

(2) 在本次工作中，4 号轴承更换则按照以下标准执行：在轴承的支撑垫铁上使用旧瓦垫片，并确保轴承下方球接触面积超过 75%，并确保每 2-3cm² 的范围内都有一个接触点，0.02mm 塞尺检查结果显示无法插入。根据汽轮机的结构特征，将轴瓦与轴颈之间的触角角度为 60°，在确保接触点均匀分布的情况下，将轴瓦顶部的间隙控制在 (1.00±0.03) mm 水平下，避免球瓦顶部膨胀间隙均匀，整体膨胀间隙不超过 0.20mm。

(3) 在轴承左右偏差的矫正中，以油档洼窝中心原始数据为基础，在确保上下数据正常矫正的情况下，采集原始数据，保证更换后数据恢复的误差值小于等于 0.01mm；为了确保轴承内部的左右偏差以及高差等处于理想水平下，可以调整瓦枕垫片，确保轴瓦内部与垫片之间具有良好的接触效果，两侧间隙不超过 0.02mm；在临时垫片调整之后，更换为正式垫片，此时要确保正式垫片能够在磨床上做精密处理，避免引发严重问题。

(4) 重新加工制作顶轴油管（管件使用无缝钢管制作），顶轴油系统做彻底检查，此时为了确保机组具有良好的性能，在早期将顶轴油泵的运行速度控制在 1200r/min 内。

2.4 汽轮机的运行维护

为了最大程度上避免轴承温度升高等一系列问题发生,在未来工作中还应该重点关注以下问题:(1)强化轴承润滑油管理。日常工作中需要强化对轴承润滑油关系,保证各润滑点的油压不超过 0.2MPa,机组油温不超过 45℃。(2)在加减负载期间确保设备运行平稳。工作人员在设备运行期间,应该平稳操作各个设备,避免大开阀门,这种情况可能会造成汽轮机的振动变大,进而增加出现温度上升的概率,不利于保证汽轮机正常运行。(3)详细记录汽轮机不同阶段的运行数据,以小时为单位,观察温度指标变化,针对发现的轴承温度异常情况进行数据对比,确保汽轮机的各项运行数据都处于理想状态,将汽轮机轴承的运行故障控制在萌芽状态。

2.5 效果评价

在本文所介绍的汽轮机案例中,在 4 号轴承受各项检修工作之后,轴承的进油温度被控制在理想水平下,后期运行检查结果显示轴承温度最高值为 85℃,轴振动不超过 0.04mm,整个机组运行稳定,达到了预期目标。

3 结束语

本文详细介绍了汽轮机轴承的温度升高问题以及应对措施,总体而言,造成汽轮机轴承温度升高原因很多,因此在后期运行期间应该强化对设备的监控,并改进生产工艺,这样才能降低此类质量问题发生,值得关注。

[参考文献]

- [1]秦涛.浅析空分汽轮机轴承温度高的应对[J].泸天化科技,2019(03):104-105.
- [2]靖长财.1000MW 汽轮机轴承金属温度升高原因分析及对策[J].神华科技,2019,17(04):43-44.
- [3]徐民.增压机轴承温升故障分析及修复措施[J].石油和化工设备,2017,20(12):70-72.

作者简介:翟广朝(1987-),男,宁夏大学过程装备与控制工程。国家能源集团宁夏煤业有限责任公司甲醇分公司,空分车间中控主操,助理工程师。