

汽轮机大轴碳刷对汽轮机振动的影响

李林峰

江西赣能股份有限公司丰城发电厂 江西 宜春 331100

摘要：汽轮机运行时，大轴碳刷与转子间的摩擦会产生热量，若热量无法及时散发，将导致汽轮机温度升高，增加振动风险。碳刷磨损、接触不良或打火等现象均会影响碳刷与大轴的正常接触，进一步加剧摩擦，从而可能引发汽轮机异常振动。良好的碳刷维护，如定期更换、清洗和合理设计，对确保汽轮机的稳定运行至关重要。因此，汽轮机大轴碳刷是影响汽轮机振动的一个关键因素。

关键词：汽轮机大轴碳刷；汽轮机振动；影响

引言：汽轮机作为发电领域的关键设备，其性能稳定性对电力供应至关重要。大轴碳刷作为汽轮机的核心部件，其运行状况直接影响着汽轮机的振动水平。本文深入探究大轴碳刷的工作机制及其对汽轮机振动的影响，旨在为优化汽轮机设计、提升运行效率和维护安全稳定提供理论依据。通过细致分析，我们将揭示碳刷状态与汽轮机振动之间的内在联系，为实际操作提供科学指导。

1 汽轮机大轴碳刷的工作原理及类型

1.1 大轴碳刷的基本概念与功能

大轴碳刷，作为汽轮机中不可或缺的部件，扮演着多重关键角色。其核心功能主要涵盖两个方面：润滑与冷却作用，以及电流传导作用。在汽轮机运行过程中，大轴碳刷通过与转子或其他滑动部件的接触，起到了良好的润滑作用。这种润滑不仅减少了部件间的摩擦阻力，还显著降低了因摩擦产生的热量，从而实现了对机器的冷却效果。这种润滑与冷却的双重作用，有助于延长汽轮机的使用寿命，同时确保其高效稳定的运行。除了润滑与冷却外，大轴碳刷还承担着电流传导的重要任务。在发电机类型的汽轮机中，大轴碳刷（特别是接地碳刷）通过与发电机大轴的接触，将电荷中的地电位消耗掉，从而防止电荷聚积形成电弧，保护发电机的安全性。这一过程确保了电流的顺畅传导，避免了因电荷积聚而导致的设备故障或灼伤现象。

1.2 大轴碳刷的类型及特点

根据结构特性和应用场景的不同，大轴碳刷可分为多种类型，包括硬刷式、软刷式、复合式、磁极式以及极帽式等。这些不同类型的碳刷，各具特色，适用于不同的汽轮机工作环境。从材料构成来看，大轴碳刷通常采用具有高导电性和耐磨性的材料制成，如石墨、铜以及银等。石墨碳刷以其良好的润滑性和导电性被广泛应

用；铜质碳刷则因其高强度和优异的导电性能而受到青睐；而银质碳刷，则因其良好的导电性和抗氧化性能，在一些高精度和高要求的场合中得到了应用。这些材料的选用，旨在满足汽轮机在不同工况下的运行需求，确保大轴碳刷能够发挥其应有的功能和作用。

2 汽轮机大轴碳刷对振动的影响

2.1 碳刷与转子间的摩擦产生热量

在汽轮机运行过程中，大轴碳刷与转子之间不可避免地存在摩擦。这种摩擦不仅损耗机械能，还会产生大量的热量。（1）摩擦系数与热量产生的关系。摩擦系数是衡量两个接触面之间摩擦阻力大小的物理量。在碳刷与转子接触的情况下，摩擦系数越大，意味着摩擦阻力越大，因此消耗的机械能越多，产生的热量也随之增加。高摩擦系数可能导致碳刷和转子表面的快速磨损，同时增加系统的热能积累^[1]。（2）热量对汽缸温度的影响。摩擦产生的热量如果不能及时散去，会在碳刷与转子接触区域附近积聚，并通过热传导逐渐扩散到汽缸壁。汽缸作为汽轮机的关键部件，其温度稳定性对于保持汽缸的形状、减少热应力以及防止汽缸变形至关重要。热量积聚会导致汽缸温度升高，进而可能影响汽缸材料的机械性能，甚至引发汽缸热变形，最终对汽轮机的振动特性产生影响。

2.2 摩擦导致的转子热变形

转子作为汽轮机的重要组成部分，其形状和尺寸的精确性对振动性能具有直接影响。摩擦产生的热量可能导致转子局部温度升高，引发热变形。（1）热变形引起的振动特点。转子热变形后，其质量分布将变得不均匀，导致旋转过程中产生不平衡力。这种不平衡力会激发系统振动，振动信号中可能出现额外的频率成分，且振动幅度可能增大。此外，热变形通常具有局部性和非均匀性，这可能导致振动响应的复杂性和非线性。（2）

转子热变形对振动频率和幅度的影响。转子热变形会改变其固有频率,导致振动信号中的主频分量发生变化。同时,由于热变形引起的不平衡力增大,振动幅度也会相应增加。这种频率和幅度的变化不仅会影响汽轮机的稳定运行,还可能加速其他部件的磨损,进一步恶化振动状况。

2.3 碳刷磨损与脱落对振动的影响

随着汽轮机的长期运行,碳刷会逐渐磨损,甚至可能脱落。(1)磨损对碳刷与转子间接触状态的影响。碳刷磨损后,其与转子之间的接触面积减小,接触电阻增大。这不仅会影响电流的传导效率,还可能加剧碳刷与转子之间的摩擦和磨损。磨损后的碳刷表面可能变得粗糙不平,导致与转子接触不良,进一步增加振动和噪声。(2)脱落导致的瞬间冲击力与振动。碳刷脱落时,会在极短的时间内与转子或其他部件发生撞击,产生巨大的瞬间冲击力。这种冲击力不仅会对撞击部位造成损伤,还会激发强烈的振动。这种振动通常具有突发性和瞬态性,可能对汽轮机的稳定运行构成严重威胁^[2]。

2.4 碳刷打火现象及其对振动信号的干扰

碳刷打火是汽轮机运行中的常见电气故障之一。(1)打火原因与机制。碳刷打火通常是由于碳刷与滑环(或集电环)之间接触不良或碳刷磨损严重引起的。当电流通过这些不良接触区域时,会产生电弧放电,导致打火现象。打火不仅会产生高温和火花,还可能对接触面造成烧蚀和损坏。(2)打火对电涡流测量原理振动探头的影响。电涡流测量原理是振动监测中常用的技术之一。然而,碳刷打火产生的高温、火花以及电磁噪声可能对电涡流测量探头造成干扰。这种干扰可能导致振动信号失真、测量误差增大甚至探头损坏。因此,在汽轮机运行过程中,应密切关注碳刷的工作状态,及时发现并处理打火问题,以确保振动监测系统的准确性和可靠性。

3 汽轮机大轴碳刷的维护与保养

3.1 碳刷的定期更换与检查

碳刷在使用过程中会逐渐磨损,当其磨损到一定程度时,就需要进行更换。因此,定期更换与检查碳刷是确保汽轮机稳定运行的重要措施。(1)更换周期与标准。碳刷的更换周期取决于多种因素,包括碳刷材质、运行环境、运行时间等。一般来说,制造商会在手册中提供推荐的更换周期。然而,在实际操作中,还应结合汽轮机的运行状况进行灵活调整。当发现碳刷磨损严重、导电性能下降或打火现象频繁时,应及时更换碳刷,以免对汽轮机造成损害。更换碳刷时,应严格按照制造商提供的标准进行,确保新碳刷的材质、尺寸和性

能与原碳刷相匹配。同时,还应检查碳刷的安装位置是否正确,确保其与转子的接触面积均匀且足够大,以减小摩擦和磨损。(2)质量检查与对位安装。在更换碳刷前,应对新碳刷进行质量检查,确保其无裂纹、无杂质且导电性能良好。安装时,应对位安装,确保碳刷与转子的接触面平整且紧密。此外,还应检查碳刷与滑环之间的间隙是否合适,避免因间隙过大或过小而导致接触不良或打火现象。

3.2 碳刷表面的清洁与处理

碳刷表面的清洁程度直接影响其导电性能和摩擦特性。因此,定期对碳刷表面进行清洁与处理是保持其良好工作状态的重要措施。(1)油污与碳粉的清理。在汽轮机运行过程中,碳刷表面可能会积聚油污和碳粉等杂质。这些杂质不仅会降低碳刷的导电性能,还可能加剧碳刷与转子之间的摩擦和磨损。因此,应定期对碳刷表面进行清理,去除油污和碳粉等杂质。清理时,可使用软布或刷子轻轻擦拭碳刷表面,避免使用金属工具或硬质刷子以免损坏碳刷表面。(2)涂抹润滑油以减少摩擦。为了减少碳刷与转子之间的摩擦和磨损,可在碳刷表面涂抹适量的润滑油。润滑油能够形成一层润滑膜,减小摩擦系数,从而降低摩擦热和磨损。然而,需要注意的是,涂抹润滑油时应适量,过多或过少的润滑油都可能影响碳刷的工作效果。同时,应选择适合的润滑油类型,避免使用对碳刷材质有害的润滑油^[3]。

3.3 轴承与汽缸的润滑与保养

轴承和汽缸作为汽轮机的重要部件,其润滑与保养同样至关重要。(1)轴承清洗的重要性。轴承在运行过程中会积聚油污、灰尘等杂质,这些杂质会加剧轴承的磨损和腐蚀,降低其使用寿命。因此,应定期对轴承进行清洗,去除油污和杂质。清洗时,可使用专用的清洗剂或溶剂,同时避免使用金属工具或硬质刷子以免损坏轴承表面。清洗后,应检查轴承的磨损情况,必要时进行更换或修复。(2)汽缸润滑油的涂抹。汽缸作为汽轮机的重要组成部分,其润滑油的涂抹对于保持汽缸的密封性和稳定性具有重要意义。涂抹润滑油时,应确保润滑油均匀分布在汽缸表面,形成一层薄薄的润滑膜。同时,应定期检查润滑油的质量和数量,及时补充和更换润滑油,避免因润滑油不足或变质而导致汽缸磨损和故障。

4 减少汽轮机大轴碳刷对振动影响的策略

4.1 改进碳刷材料与设计

碳刷材料与设计是影响其耐磨性、导电性和摩擦性能的关键因素,直接关系到碳刷在汽轮机中的使用寿命和对振动的影响。(1)提高耐磨性与导电性。传统碳

刷材料在长期高负荷运行下,往往会出现严重的磨损和导电性能下降,导致振动加剧。为了提高碳刷的耐磨性和导电性,需要选用具有优良导电性和耐磨性的材料,如金属石墨复合材料。这种材料结合了石墨的润滑性和金属的耐磨性,能够显著降低碳刷在运行过程中的磨损速率,同时保持良好的导电性能。此外,采用先进的碳刷制造工艺,如等静压成型、高温烧结等,可以进一步优化碳刷的内部结构,提高材料的整体性能^[4]。(2)优化碳刷结构以减少摩擦。除了材料改进外,优化碳刷的结构设计同样有助于减少摩擦和振动。通过减小碳刷与转子之间的接触面积,可以降低摩擦力和摩擦热,从而减少振动。同时,合理设计碳刷的弹簧压力,使其既能保持稳定的接触,又能避免过大的压力导致磨损加剧。此外,还可以采用分段式碳刷结构,将碳刷分成多个小段,每段之间留有适当的间隙,以减少热膨胀和机械应力对碳刷的影响。这种设计不仅能够提高碳刷的耐磨性,还能有效降低振动水平。

4.2 加强碳刷的监控与维护

有效的监控和维护是保证碳刷长期稳定运行、降低振动影响的关键措施。(1)在线监测系统的应用。随着传感器技术和信息技术的发展,在线监测系统已成为实现碳刷状态实时监测的有效手段。通过在碳刷附近安装温度传感器、振动传感器等,可以实时采集碳刷的工作状态数据,如温度、振动幅值等。通过对这些数据的分析,可以及时发现碳刷的异常情况,如温度过高、振动过大等,从而采取相应的维护措施。在线监测系统不仅能够提高维护效率,还能避免因碳刷故障导致的停机事故。(2)定期检查与维护制度的建立。除了在线监测外,定期的人工检查和维护同样重要。应建立完善的碳刷定期检查与维护制度,明确检查周期、检查项目和维护标准。在检查过程中,应重点关注碳刷的磨损情况、接触状态以及周围环境的清洁度等。一旦发现碳刷磨损严重、接触不良或存在其他异常情况,应立即采取措施进行修复或更换。同时,还应保持碳刷周围环境的清洁,防止油污、灰尘等杂质对碳刷造成不良影响。

4.3 调整汽轮机的运行参数

汽轮机的运行参数对碳刷的工作状态和振动水平具

有重要影响。通过合理调整运行参数,可以进一步优化碳刷的工作条件,降低振动影响。(1)润滑油压力的调整。润滑油是保持汽轮机各部件良好润滑和冷却的关键。通过调整润滑油压力,可以影响碳刷与转子之间的摩擦状态和润滑效果。过高的润滑油压力可能导致油膜过厚,降低碳刷与转子之间的接触性能;而过低的润滑油压力则可能导致摩擦增大,加剧磨损和振动。因此,应根据汽轮机的实际情况和运行需求,合理调整润滑油压力,确保碳刷与转子之间形成良好的润滑膜,既保证导电性能,又减少摩擦和振动。(2)调速系统的优化。调速系统是汽轮机的重要控制部件,负责调节汽轮机的转速和输出功率。通过优化调速系统,可以提高其响应速度和稳定性,从而降低因负荷变化引起的振动。一方面,可以采用先进的调速算法和控制策略,提高调速系统的精度和鲁棒性;另一方面,还应加强对调速系统的维护和检修,确保其处于良好的工作状态。此外,还可以考虑引入智能调速系统,通过集成传感器、执行器和控制器等智能组件,实现对汽轮机转速和输出功率的实时监测和智能调控。

结束语

汽轮机大轴碳刷对汽轮机振动的影响不容忽视。确保碳刷的良好工作状态,是维持汽轮机稳定运行的关键。通过优化碳刷材料与结构、强化监控与维护措施,以及适当调整运行参数,可以有效减少碳刷引起的振动问题。这些努力不仅提升了汽轮机的可靠性和耐久性,还保障了其高效运行。未来,持续的技术创新与维护策略的优化,将进一步降低振动风险,推动汽轮机技术的发展。

参考文献

- [1]戚慧茗.汽轮发电机接轴碳刷的异常分析及改造[J].机电信息,2022,(04):46-47.
- [2]王帅兵.汽轮发电机碳刷振损问题的分析及处理[J].黑龙江科技信息,2021,(11):109-110.
- [3]崔小雷.火电厂600MW汽轮发电机碳刷打火的原因及处理方法[J].内蒙古科技与经济,2021,(07):69-70.
- [4]赵飞.汽轮机异常轴振动的分析与处理[J].电力系统及自动化,2020,(09):102-103.