

高压电机振动的原因分析及处理

周玲芝

茵梦达天津驱动技术有限公司 天津 300384

摘要: 高压电机振动是工业生产中常见的设备故障问题,可能引发多重危害并影响系统稳定性。本文从机械、电磁、安装三个维度深入分析振动原因:机械层面涉及转子不平衡、轴承故障、气隙不均匀及联轴器异常;电磁层面包括电源质量缺陷、绕组故障和谐波干扰;安装层面则与基础不牢、安装工艺不规范密切相关。针对上述原因,分别提出机械校正、电磁治理、安装优化等具体处理方案,旨在为高压电机振动故障的诊断与排除提供系统性技术参考,以提升设备运行可靠性,降低生产安全风险。

关键词: 高压电机振动;原因分析;处理

引言: 高压电机作为工业动力系统的核心设备,其运行稳定性直接关系到生产效率与安全。然而,振动问题频发已成为影响高压电机可靠性的关键因素。过度振动不仅会加速电机部件磨损、缩短使用寿命,还可能通过联轴器传导至连接设备,引发连锁故障,甚至导致生产中断或安全事故。目前,工业领域对高压电机振动的研究多集中于单一故障类型,缺乏系统性的原因归类与综合治理方案。通过整合机械动力学、电磁学与安装工艺等多学科理论,结合工程实践案例,全面剖析振动诱因,并提出分维度的解决策略,以期和设备维护人员提供科学的故障排查路径,推动高压电机运行维护技术的优化升级。

1 高压电机振动的危害

1.1 对电机自身的损害

高压电机长期处于振动状态,会加速内部零部件的磨损。转子与轴承在振动作用下,配合间隙逐渐增大,加剧摩擦,缩短轴承使用寿命,甚至引发轴承卡死故障。同时,振动还会使电机绕组的绝缘层反复受力,出现龟裂、破损,导致绕组短路或接地故障,严重时直接烧毁电机,增加维修成本与停机时间,影响设备的正常运行与使用寿命。

1.2 对连接设备的影响

高压电机振动通过联轴器等连接部件传导至其他设备,破坏连接设备的运行稳定性。例如,与电机相连的泵、风机等设备,会因振动出现轴系不对中现象,致使设备运行时产生异常噪音和额外的机械应力,加速设备内部密封件、齿轮等关键部件的损坏,降低设备的工作效率与精度,增加设备维护难度与维修成本,影响整个生产系统的协同运行^[1]。

1.3 对生产系统的干扰

高压电机振动会干扰生产系统的稳定运行。持续的振动可能引发设备保护装置误动作,导致生产系统频繁停机,降低生产效率。此外,振动产生的噪声污染,会影响操作人员的工作环境与身心健康,干扰正常的生产操作与设备监控,增加安全隐患,严重时还可能因设备故障导致产品质量下降,造成生产事故与经济损失。

2 高压电机振动的原因分析

2.1 机械原因

2.1.1 转子不平衡

在高压电机运行过程中,转子因制造误差、局部磨损、异物附着或材质不均匀等情况,会导致质量分布失衡。当转子高速旋转时,这种不平衡产生的离心力周期性变化,形成激振力,引发电机振动。随着运行时间增加,振动幅度可能持续增大,严重影响电机正常运转。

2.1.2 轴承故障

轴承作为支撑转子的关键部件,长期承受交变载荷与摩擦。润滑不良、装配不当、疲劳磨损、杂质侵入等问题,会导致轴承滚道磨损、滚珠损坏、保持架变形。这些故障使轴承运行时产生异常摩擦与冲击,进而引发电机振动,同时伴随异常噪音,加速轴承失效。

2.1.3 定转子气隙不均匀

定转子气隙是电机磁路的重要组成部分,制造安装偏差、电机基础变形、转子弯曲等因素,会造成气隙大小不一致。气隙不均匀会导致磁场分布不均,产生单边磁拉力,使转子受到非对称电磁力作用,引发电机振动,还可能加剧定转子间的摩擦,影响电机性能与寿命。

2.1.4 联轴器故障

联轴器用于连接电机与负载设备,对中不良、磨损、老化、螺栓松动等情况,会破坏轴系的同轴度和平衡状态。在电机运行时,联轴器故障导致传递扭矩不

均,产生周期性扭转振动,不仅影响设备间的动力传递效率,还会使振动通过连接部件扩散至整个系统,干扰设备稳定运行。

2.2 电磁原因

2.2.1 电源问题

电源质量不稳定是导致高压电机振动的常见电磁诱因。实际运行中,电网电压波动、三相电压不平衡等情况时有发生。电压波动会使电机电磁转矩随之变化,产生转矩脉动;三相电压不平衡度超限时,会在电机定子绕组中产生负序电流,形成负序磁场。负序磁场与转子相互作用,产生反向电磁转矩,导致电机振动加剧、发热严重。此外,电源频率偏移电机额定频率,会改变电机内部电磁力的平衡状态,破坏电机正常运行的电磁环境,引发异常振动。

2.2.2 电机绕组故障

高压电机绕组长期处于高电压、大电流的工作环境中,易出现多种故障问题。绕组匝间绝缘老化破损,会导致匝间短路,使三相绕组的电感和电阻发生变化,三相电流严重不平衡,产生不平衡电磁力,引发电机振动。绕组相间短路或接地故障,会破坏电机磁场的对称性,产生剧烈的电磁振动和异常噪音。绕组焊接不良、断线等问题,同样会改变电机内部电磁结构,导致电磁力分布不均,使电机在运行过程中产生振动,严重时甚至可能烧毁电机。

2.2.3 谐波影响

随着电力电子设备在工业领域的广泛应用,电网中的谐波污染日益严重。当含有大量谐波的电源接入高压电机时,谐波电流会在电机定子绕组中产生谐波磁动势。谐波磁动势与基波磁动势相互叠加,形成复杂的合成磁动势,产生额外的电磁力。这些电磁力的频率与电机的固有频率接近或成倍数关系时,会引发电机共振,导致振动幅度急剧增大^[2]。

2.3 安装原因

2.3.1 基础不牢固

在高压电机安装场景中,基础不牢固问题频发。部分基础在浇筑时,因混凝土配比不合理、振捣不充分,导致内部存在蜂窝、孔洞等缺陷,削弱基础承载能力。此外,基础选址若未充分考虑地质条件,地基土质松软或不均匀,电机运行时产生的动载荷会使基础发生不均匀沉降、开裂。部分基础未按设计要求设置隔振层,无法有效缓冲电机振动,致使振动直接传递至基础,引发共振,加剧电机整体振动幅度,严重威胁设备运行安全。

2.3.2 电机安装不规范

电机安装过程中,诸多不规范操作埋下振动隐患。安装时若未使用专业仪器校准电机水平度和垂直度,电机轴与负载轴易出现不对中现象,运行时轴承受力不均,加速磨损并产生振动。联轴器安装时,对中精度不达标、连接螺栓紧固力矩不一致,会使电机运行时产生周期性扭转振动。此外,电机底座与基础之间若存在间隙、垫片配置不当,或未按要求进行二次灌浆固定,电机运行时易发生位移,破坏运行平衡,这些安装不规范问题均会导致电机振动故障的产生。

3 高压电机振动的处理方法

3.1 机械方面的处理

3.1.1 转子平衡校正

转子不平衡是引发振动的常见机械原因,校正时,首先需将转子从电机中拆卸,采用高精度动平衡机进行检测。通过平衡机测量转子在不同转速下的不平衡量大小和相位,标记出需配重或去重的位置。对于允许去重的转子,可使用铣削、磨削等方式在标记位置去除适量材料;若需配重,则在对应位置加装平衡块,确保配重块牢固焊接或紧固。完成调整后,再次进行动平衡测试,直至转子不平衡量控制在标准范围之内,以消除因转子不平衡产生的振动源^[3]。

3.1.2 轴承检查与更换

对轴承进行全面检查,先观察轴承外观是否存在磨损、裂纹、锈蚀等明显缺陷,再使用专业仪器检测轴承的游隙、振动值和温度。若轴承滚道出现凹坑、滚珠破损或保持架变形,需及时更换。更换时,严格遵循安装规范,先对轴承及相关部件进行清洁,确保无杂质残留;采用合适的加热或冷装方法将新轴承安装到位,避免因安装不当损伤轴承。安装后,检查轴承与轴、轴承座的配合是否紧密,添加适量符合要求的润滑脂,保证轴承运行顺畅,减少因轴承故障引发的振动。

3.1.3 调整定子气隙

调整定子气隙时,先使用塞尺沿圆周方向均匀测量多个点的气隙值,记录测量数据并分析气隙不均匀程度。若气隙偏差超出允许范围,对于可调式电机,可通过调整电机端盖的垫片厚度,改变转子的轴向位置,使气隙均匀;对于不可调式电机,可能需对电机基础进行微调或校正转子弯曲变形。调整过程中,反复测量气隙值,直至圆周方向气隙差值符合标准要求,确保定子间磁场均匀分布,消除因气隙不均匀产生的单边磁力,从而降低电机振动。

3.1.4 联轴器检修与调整

对联轴器进行检修时,先检查联轴器表面是否有磨

损、裂纹,连接螺栓是否松动。若存在磨损或裂纹,需根据情况进行修复或更换。调整联轴器对中时,使用百分表等工具测量联轴器的径向和轴向偏差,通过调整电机或负载设备的位置、增减垫片等方式,使联轴器的同轴度和垂直度满足要求。同时,确保联轴器连接螺栓紧固力矩一致,避免因螺栓受力不均导致联轴器振动。调整完成后,对联轴器进行试运行,观察振动情况,如有必要可再次进行微调,保证联轴器运行平稳,减少振动传递。

3.2 电磁方面的处理

3.2.1 电源质量改善

改善电源质量时,首先需使用电能质量分析仪对电源进行全面检测,获取电压稳定性、三相电压不平衡度、频率偏差等数据。若电压波动较大,可安装自动调压装置,实时监测并调节电压;对于三相电压不平衡问题,通过调整三相负载分布,使各相负荷趋于平衡,或采用三相不平衡调节装置进行补偿。若电源频率超出电机额定范围,需排查供电系统故障,必要时加装稳频设备,确保电源频率稳定在电机允许的工作范围内,从而消除因电源问题引发的振动。

3.2.2 电机绕组修复

电机绕组出现故障时,需先使用绝缘电阻表、万用表等工具对绕组进行细致检测,准确判断故障类型(匝间短路、相间短路、绕组断路等)及故障点位置。对于匝间短路,可小心拆除损坏的线圈,重新绕制并嵌入槽内,做好绝缘处理;相间短路需检查相间绝缘是否损坏,更换受损的绝缘材料;绕组断路则需找到断点,进行焊接修复,并包裹绝缘胶带。修复完成后,再次检测绕组的绝缘电阻和直流电阻,确保各项参数符合标准,恢复电机绕组正常电磁性能,减少因绕组故障导致的振动。

3.2.3 谐波治理

治理谐波时,首先要分析电网谐波源,确定谐波的频率和幅值。对于谐波含量较低的情况,可在电机电源侧加装滤波器,如无源滤波器或有源电力滤波器,无源滤波器通过LC谐振电路滤除特定频率谐波,有源电力滤波器则实时检测谐波电流并注入反向电流抵消谐波。若谐波源为附近电力电子设备,可优化设备控制策略,降低谐波产生量。同时,定期监测电机侧的谐波含量,根据检测结果调整滤波器参数或优化治理方案,抑制谐波对电机的影响,消除谐波引发的振动。

3.3 安装方面的处理

3.3.1 基础加固与修复

当高压电机基础出现不牢固问题时,需先对基础状

况进行全面评估。通过敲击检测、超声探伤等手段,确定基础混凝土的密实度,利用沉降观测点监测基础沉降情况。若基础存在蜂窝、空洞等缺陷,需凿除缺陷部位的松散混凝土,清理干净后,采用高强度灌浆料进行修补,确保修补材料与原基础紧密结合。对于地基承载能力不足导致的基础下沉,可采用注浆加固法,通过向地基注入水泥浆、化学浆液等,提高地基土体的强度和密实度;或增设桩基,将电机基础荷载传递至深层稳定土层。在基础表面增设减震垫或减震弹簧,可有效缓冲电机运行时产生的振动,避免基础共振。加固修复完成后,需重新对基础的平整度、水平度进行校准,确保满足电机安装要求。

3.3.2 规范电机安装

规范电机安装首先要保证安装环境清洁,避免杂质进入影响安装精度。在安装前,使用水平仪对电机基础进行精确测量,确保基础表面的水平度误差控制在允许范围内,若不达标,通过研磨基础表面或添加垫片进行调整。安装电机时,严格按照安装图纸和技术规范进行操作,采用激光对中仪对联轴器进行精确对中,调整电机和负载设备的位置,使联轴器的径向偏差和轴向偏差均符合标准要求,保证轴系同轴度。安装过程中,使用力矩扳手按照规定力矩紧固连接螺栓,确保每个螺栓受力均匀,防止因螺栓松动或受力不均引发振动。电机底座与基础之间需紧密贴合,若存在间隙,使用薄钢板或楔形垫铁进行填充,保证电机稳固安装。

结束语

高压电机振动问题涉及机械、电磁、安装等多领域复杂因素,任一环节的缺陷都可能引发故障连锁反应。本文系统剖析各类诱因并提出针对性处理方案,为设备维护提供理论与实践参考。然而,随着工业生产对电机可靠性要求不断提升,未来仍需持续关注新材料应用、智能监测技术革新,深化振动故障预测性维护研究。企业应在实践中建立多维度故障诊断体系,结合设备运行数据动态优化处理策略,实现高压电机振动问题的精准防控,保障工业动力系统安全高效运行。

参考文献

- [1]何赵亮.高压电机轴承温度过高与振动异常的处理[J].科技与创新,2022,(01):50-52+55.
- [2]雷骏.火电厂输煤皮带高压电机振动处理实践[J].机电信息,2020,(08):162-163.
- [3]文学,杨全超,侯晓宇.立式高压电机轴承振动故障分析与治理[J].设备管理与维修,2022,(11):169-172.