

机电设备故障预防维修及电气维修

傅晓瑞

乌海市职业技术学校 内蒙古 乌海 016000

摘要: 随着工业自动化程度不断提高,机电设备在生产领域的应用愈发广泛,其运行可靠性直接影响企业生产效率与经济效益。本文构建了系统化的设备故障预防维修体系。基于可靠性工程理论与设备全生命周期管理理念,分析常见故障类型及成因,提出预防性维护计划制定、状态监测技术应用等预防维修策略,阐述电气故障诊断、元件维修及数字化工具应用等技术方法。探讨了预防维修与电气维修的协同管理,通过策略整合、资源协同及数据分析优化决策。为提升机电设备可靠性、降低维修成本、保障生产连续性提供理论支持与实践指导,推动设备管理向智能化、科学化发展。

关键词: 机电设备故障; 预防维修; 电气维修技术; 管理

引言: 机电设备故障频发导致的停机损失、维修成本增加等问题日益突出。传统事后维修模式已难以满足现代工业需求,亟需构建科学的预防维修体系并强化电气维修技术。本文结合理论与实践,系统分析机电设备故障机理,探索预防维修与电气维修的协同管理路径,旨在为工业企业优化设备运维策略、提升综合竞争力提供有效参考,推动行业可持续发展。

1 设备故障预防维修体系构建

1.1 机电预防性维修的理论

机电预防性维修理论核心在于通过系统化、科学化的方法,降低设备故障概率,延长设备使用寿命。可靠性工程理论是预防性维修的重要支撑,它运用概率统计、系统工程等方法,对设备的可靠性进行定量分析与评估。通过建立可靠性模型,预测设备在不同工况下的失效概率,为制定合理的维修周期和策略提供依据。设备全生命周期管理理念则贯穿设备从采购、安装、运行到报废的全过程。在设备规划阶段,充分考虑其可靠性、可维护性等指标;运行阶段,通过实时监测设备状态数据,掌握设备健康状况;退役阶段,总结设备使用经验,为后续设备选型和维修策略优化提供参考。这种全流程的管理模式,能够实现资源的合理配置,最大化设备的综合效益。基于状态维修(CBM)和基于风险的维修(RBM)等理念,进一步细化了预防性维修的实施路径,使维修工作更具针对性和经济性。

1.2 常见机电设备故障类型与成因

机电设备故障类型复杂多样,主要可分为以下机械故障和电气故障两大类。(1)机械故障。磨损是最常见的问题之一,长期运行过程中,设备零部件之间的摩擦会导致表面材料逐渐损耗,影响设备精度和性能。振动

故障则往往由不平衡、不对中、松动等原因引起,如风机叶轮不平衡会产生异常振动,加剧设备疲劳,甚至引发结构损坏。疲劳失效也是机械部件常见的故障形式,在交变应力作用下,零部件内部产生裂纹并逐渐扩展,最终导致断裂,如发动机曲轴的疲劳断裂会造成严重的设备事故。(2)电气故障。短路故障是电气系统中最危险的故障类型之一,多由绝缘老化、线路破损或元件损坏引起,可能引发设备烧毁甚至火灾。过载故障则通常由于设备长时间超额定负荷运行,或电路中电流过大,导致电气元件过热损坏,如电机过载会使其绕组温度升高,加速绝缘老化。(3)电气元件的老化,如继电器触点氧化、电容容量下降等,也会导致设备控制失灵、性能下降^[1]。而电气故障与机械故障之间还存在耦合效应,例如电机轴承磨损会导致电流异常,电气系统异常也可能引起机械部件的异常振动,进一步加剧设备故障的复杂性。

2 机电设备故障预防维修策略与技术

2.1 预防性维护计划制定

预防性维护计划核心在于通过系统性的检修与保养安排,降低设备故障概率,其策略如下:(1)定期检修周期设计需综合设备类型、运行工况、历史故障数据等多维度因素。对于高负荷、连续运转的关键设备,缩短检修周期,采用高频次、短时间的维护模式;而低风险、间歇性运行设备则可适当延长周期,平衡维护成本与设备可靠性。在周期制定过程中,常采用基于时间(TBM)、基于运行小时数或基于生产批次的划分方法,确保维护计划与设备实际损耗规律相匹配。(2)规范润滑、紧固等基础维护。润滑管理需严格遵循设备制造商推荐的润滑油型号、加注周期及用量标准,同时考

虑环境温度、湿度等因素对润滑效果的影响,定期更换或补充润滑油,避免因润滑不良导致的部件磨损与异常温升。紧固作业则要求对设备关键连接部位(如螺栓、螺母)进行周期性力矩检测与复紧,依据不同材质和工况设定紧固参数,防止因松动引发振动、位移等故障。基础维护过程中需建立标准化操作流程(SOP),明确维护步骤、质量验收标准及记录要求,确保维护工作的规范性与可追溯性。

2.2 状态监测技术应用

状态监测技术通过实时采集设备运行参数,为故障预防提供数据支撑。振动监测、温度检测、油液分析等物理手段是最常用的监测方法。振动监测利用加速度传感器捕捉设备运行时的振动信号,通过时域、频域分析识别不平衡、不对中、轴承损坏等机械故障特征;温度检测采用红外测温仪或热电偶传感器,监测关键部位(如电机绕组、轴承座)的温度变化,及时发现过热隐患;油液分析则通过采集润滑油样本,检测金属磨粒、污染物含量及理化指标,判断设备内部磨损程度与润滑状态。传感器与数据采集系统集成实现了监测数据的自动化与网络化。在设备关键位置部署振动、温度、压力、电流等多类型传感器,通过有线或无线通信技术将数据传输至中央控制系统。工业物联网(IIoT)技术的应用,使得数据采集频率大幅提升,同时支持多设备数据的集中存储与分析。边缘计算设备可对原始数据进行预处理,筛选有效信息并剔除噪声干扰,降低数据传输压力,提高监测系统的实时性与可靠性。通过构建覆盖设备全生命周期的状态监测网络,可实现对设备运行状态的全方位、动态化感知。

2.3 故障预警模型构建

故障预警模型是实现预防性维修智能化的核心工具,其通过数据分析预测设备潜在故障。基于大数据的故障预测算法整合设备运行历史数据、维护记录及同类设备故障案例,利用机器学习、深度学习等技术挖掘数据特征与故障模式间的关联。常见算法包括基于神经网络的故障预测模型、支持向量机(SVM)分类算法及时间序列分析方法。这些算法能够对设备运行参数的趋势变化进行建模,识别异常波动并预测故障发生时间。预警阈值设定与风险评估是故障预警模型的关键环节。阈值设定需综合考虑设备设计参数、历史运行数据及行业标准,采用统计学方法(如 3σ 原则)或基于故障机理分析确定合理阈值区间。引入动态阈值调整机制,根据设备老化程度、工况变化实时修正阈值,避免误报与漏报。风险评估则基于故障发生概率与影响程度,对预警

信息进行分级管理^[2]。通过建立风险矩阵,将故障分为高、中、低风险等级,优先处理高风险故障,合理分配维修资源,实现预防性维修的精准化与高效化。

3 电气维修技术与方法

3.1 故障诊断流程与逻辑

电气设备故障诊断需遵循系统化流程,从基础检查到专业仪器检测,逐步定位故障根源,具体如下:(1)目视检查作为诊断的首要环节,通过观察电气元件外观、线路连接状态及设备运行现象,快速识别明显异常。如查看接线端子是否松动、绝缘层是否破损、电气元件表面是否存在烧焦痕迹,初步判断故障可能范围。(2)万用表检测是基础且常用的测量手段,通过测量电压、电流、电阻等参数,验证电路的导通性与元件性能。在电压检测中,通过分段测量法确定电压异常区间;电流检测则用于判断负载是否过载;电阻测量可检测电气元件(如电阻、电感、电容)的参数是否符合标称值。绝缘电阻测试则利用兆欧表检测电气设备或线路的绝缘性能,评估其是否存在漏电风险,绝缘电阻值低于标准值时,需进一步排查绝缘老化或受潮部位。(3)专业仪器应用能够实现对复杂电气信号的深度分析。示波器通过捕捉电压随时间变化的波形,直观展示信号特征,可用于检测电源波形畸变、控制信号时序异常等问题;频谱分析仪则将时域信号转换为频域信号,分析信号的频率成分,常用于诊断电机振动异常、电磁干扰等与频率相关的故障。

3.2 电气元件维修与更换技术

电气元件维修与更换是恢复设备功能的关键环节,需针对以下不同元件特性采用相应技术。(1)低压电器如接触器、断路器的维修,核心在于触点与机械结构的维护。接触器维修时,需检查触点表面的氧化、烧蚀情况,通过砂纸打磨或更换触点恢复导电性能;同时,对衔铁、弹簧等机械部件进行清洁与润滑,确保吸合与释放动作正常。断路器维修则侧重于脱扣机构调试、灭弧室清理,保证其在过载、短路时能可靠动作。(2)电机绕组修复与绝缘处理技术。绕组故障多表现为匝间短路、接地故障或断路,通过绝缘电阻测试、直流电阻测量等方法定位故障线圈。修复时,对于局部损坏的绕组,可采用局部更换或补焊处理;若故障范围较大,则需整体重绕。重绕过程中,严格遵循原绕组的匝数、线径及绕制方式,并做好层间绝缘、相间绝缘处理,使用绝缘漆浸渍、烘干工艺提升绝缘性能,确保电机在高压、高温环境下安全运行。

3.3 数字化诊断工具应用

数字化诊断工具的发展提升了电气维修的效率与准确性,具体应用如下:(1)电气原理图数字化分析平台将传统纸质图纸转化为可交互的电子文档,通过标注、搜索、关联分析等功能,快速定位故障涉及的电路节点与元件。维修人员可利用平台的信号追踪功能,模拟电流流向与信号传输路径,直观展示故障影响范围;结合历史维修记录与经验库,提供故障可能原因的辅助分析。(2)故障代码解析与智能诊断系统则实现了故障诊断的自动化。现代电气设备多集成故障自诊断功能,通过内置传感器与微处理器实时监测设备状态,当异常发生时生成故障代码。智能诊断系统通过解析代码含义,结合设备运行参数与历史数据,利用人工智能算法分析故障原因,推荐维修方案^[3]。系统还可通过云端数据库不断学习新故障案例,优化诊断模型,逐步提升诊断准确率与效率,为电气维修向智能化、标准化发展提供技术支撑。

4 预防维修与电气维修的协同管理

4.1 维修策略优化整合

预防性维修与事后维修的协同机制旨在结合两种模式的优势,通过建立故障预判与应急响应的衔接规则,提升设备运维效率。对于可通过状态监测提前预警的故障,优先采用预防性维修,如根据电机温度、振动数据变化,提前安排检修;而针对突发电气故障,则立即启动事后维修流程,确保快速恢复生产。基于风险的维修(RBM)策略为协同机制提供量化依据,通过评估设备故障发生概率与后果严重性,划分维修优先级。如对高风险的关键电气设备,制定高频次的预防性检测计划,同时储备应急备件;对低风险设备则适当延长维护周期,降低冗余成本,实现资源的精准分配。

4.2 维修资源管理协同

在备件库存优化与供应链协调方面,通过分析预防性维护耗材(润滑油、滤网)与电气维修备件的使用规律,采用联合采购与分级库存策略。建立共享备件库,对通用型备件实行统一调配,减少重复储备;同时与供应商建立长期合作关系,确保应急备件的快速供应。维修人员技能培训体系构建则聚焦复合型能力培养,设计融合预防性维护技术(振动监测、油液分析)与电气维

修技能的课程,通过理论授课、实操演练与案例分析,提升团队对设备全生命周期管理的能力。利用数字化管理系统实时监控维修人员的工作负荷与技能专长,实现预防性巡检与电气抢修任务的合理分配,最大化人力资源利用效率。

4.3 维修记录与数据分析应用

故障数据库建立与维护整合设备运行参数、预防性维护记录、电气故障报告等多源信息,形成设备全生命周期档案。利用数据分析技术挖掘数据间的关联规律,如分析设备振动异常与电机电流波动的相关性,提前预判潜在故障。维修效率与成本评估模型通过量化指标(如故障修复时间、备件消耗成本、停机损失)评估维修策略的有效性,为决策优化提供依据。如对比预防性维护后电气故障发生率、维修响应时间等数据,判断当前策略是否达到预期效果,并据此调整维护周期或备件储备计划^[4]。引入人工智能算法对历史数据进行深度分析,构建智能决策支持系统,自动生成预防性维护建议与电气故障处理预案,推动设备管理从经验驱动向数据驱动转型,实现维修资源的高效协同与持续优化。

结束语:本研究系统完成了机电设备故障预防维修及电气维修体系的构建与探讨,通过理论分析、技术阐述与协同管理研究,为设备运维提供了全面解决方案。从故障预防到电气维修技术应用,再到多维度协同管理,各环节紧密衔接,实现了设备管理的高效化与智能化。但随着工业技术的快速发展,机电设备的复杂性持续提升,未来需进一步探索新兴技术(如人工智能、数字孪生)在设备运维中的深度应用。

参考文献

- [1]任怀宇.机电设备故障预防维修及电气维修[J].机械与电子控制工程,2025,7(10):22-23.
- [2]闫亚鹏.机电设备故障预防维修及电气维修[J].工程施工新技术,2025,4(8):11-12.
- [3]徐荣秋.机电设备故障预防维修及电气维修[J].科技尚品,2021(2):21-22.
- [4]马征.机电设备故障预防及电气维修探究[J].大观周刊,2020(15):306-307.