

机电工程机电设备维护管理

徐泽柱 卢自强 赵凯挺
宁波海关技术中心 浙江 宁波 315336

摘要：机电设备维护管理是确保机电工程稳定运转的核心环节，涉及设备分类、全生命周期管理、状态监测与故障诊断等理论技术。当前面临维护计划欠科学、数据整合不足、人员技能不匹配等挑战。通过推行全生命周期维护策略、构建智能化维护平台、优化标准化流程以及加强复合型人才培养，可有效提升设备可靠性，降低维护成本，推动行业高质量发展。

关键词：机电工程；机电设备；维护管理

引言：在机电工程领域，机电设备作为核心生产要素，其稳定运行直接关乎企业生产效率与经济效益。然而，随着设备智能化、复杂化程度不断提升，传统维护管理模式已难以适应发展需求，暴露出维护计划不合理、数据利用不充分、人员技能断层等问题。如何通过科学管理策略与技术创新，实现设备全生命周期高效维护，成为行业亟待解决的关键课题。

1 机电设备维护管理理论基础

1.1 机电设备分类与特点

（1）按功能分类可分为传动设备、控制设备、动力设备等。传动设备如减速器、传送带，负责能量与运动传递，具有高负载耐受性；控制设备如PLC控制器、传感器，精准调控设备运行参数，强调信号响应速度；动力设备如电动机、发电机，为系统提供动力源，核心要求是持续稳定输出。（2）设备全生命周期阶段划分为规划设计、采购安装、运行维护、报废处置四个阶段。规划设计决定设备基础性能，采购安装影响初始运行状态，运行维护是保障设备效能关键环节，报废处置需兼顾环保与资源回收。

1.2 维护管理的基本概念

（1）维护管理是通过规划、组织、实施等手段，保障机电设备正常运行的管理活动。目标包括提升可靠性，减少故障发生率；提高可用性，确保设备在需要时正常运转；控制经济性，平衡维护成本与设备效益。（2）维护类型主要有事后维护，故障后修复，适用于低价值、非关键设备；预防性维护，按固定周期检修，降低故障风险；预测性维护，依托数据监测预判故障，实现精准维护，提升资源利用率。

1.3 维护管理的核心理论

（1）RCM（以可靠性为中心的维护），基于设备故障模式与影响，优先保障关键系统可靠性，制定针对

性维护策略。（2）TPM（全员生产维护），强调全员参与，通过自主维护、专业维护结合，提升设备综合效率。（3）风险矩阵分析法（FMEA），通过分析故障发生概率、严重程度，评估风险等级，提前制定预防措施，降低故障影响。

2 机电设备维护管理的关键技术

2.1 状态监测与故障诊断技术

（1）振动分析、油液分析、红外热成像是常用的离线监测手段。振动分析通过传感器采集设备振动信号，分析频率、振幅等参数，可精准识别轴承磨损、转子不平衡等机械故障，如风机运行中若振动频率异常，大概率存在叶轮偏心问题；油液分析通过检测油液中金属颗粒含量、粘度变化，判断设备内部磨损程度，像液压系统油液中若铁屑超标，提示液压泵或油缸存在磨损；红外热成像利用红外相机捕捉设备表面温度分布，能快速发现电气接头过热、电机绕组故障等隐患，例如配电柜中接头温度异常升高，可能是接触不良导致的安全风险^[1]。（2）在线监测系统依托SCADA（数据采集与监视控制系统）、PLC（可编程逻辑控制器）集成实现实时监测。SCADA系统可远程采集多台设备的运行数据，如压力、温度、转速等，并通过可视化界面展示，方便管理人员实时掌握设备状态；PLC集成监测功能则能与设备控制系统深度融合，当设备参数超出设定阈值时，可立即触发报警并联动控制动作，如生产线电机电流异常时，PLC可快速切断电源，避免故障扩大。

2.2 预测性维护技术

（1）基于大数据的故障预测模型通过收集设备全生命周期的运行数据、维护记录、环境参数等海量信息，运用数据挖掘、统计分析等方法构建预测模型。该模型可挖掘数据中的潜在规律，如设备运行温度与故障发生的关联关系，进而预测设备未来的故障风险，为维护计

划制定提供数据支撑,例如对空压机的运行压力、排气温度等数据进行分析,可提前预测其滤芯更换时间。

(2) 机器学习在设备退化预测中的应用借助算法让计算机自主学习设备退化规律。通过将设备历史退化数据(如振动强度随时间的变化)输入机器学习模型(如神经网络、支持向量机),模型可不断优化对设备退化趋势的判断能力,准确预测设备从正常状态到故障状态的演变过程,甚至能识别传统方法难以察觉的早期退化迹象,如对数控机床主轴的振动数据进行机器学习分析,可提前数月预测其精度退化情况,为及时维护争取时间。

2.3 智能化维护管理工具

(1) 数字化双胞胎(DigitalTwin)技术通过构建与物理设备完全一致的虚拟模型,实现设备全生命周期的数字化映射与管控。虚拟模型可实时同步物理设备的运行状态,管理人员可在虚拟环境中模拟设备运行、故障排查、维护操作等过程,如模拟不同负载下设备的性能变化,提前发现潜在问题;同时,还能基于虚拟模型优化维护方案,减少物理设备停机维护时间,提升维护效率,例如在风电设备维护中,通过数字化双胞胎模拟叶片检修流程,优化作业步骤,降低现场维护风险^[2]。

(2) 维护管理软件(EAM、CMMS)为维护管理提供系统化、信息化支持。EAM(企业资产管理系统)涵盖设备资产台账、采购管理、库存管理、维护计划制定与执行等全流程功能,可实现设备资产的全生命周期管理,如自动关联设备维护记录与备件库存,当维护计划触发时,自动生成备件采购需求;CMMS(计算机化维护管理系统)聚焦维护业务核心,可实现维护工单的创建、分配、跟踪与闭环管理,实时统计维护成本、设备故障率等关键指标,帮助管理人员精准掌握维护工作成效,优化维护资源配置,例如工厂通过CMMS系统可快速查询某台设备的历史维护记录,为故障诊断提供参考,同时合理安排维护人员的工作任务,避免人力浪费。

3 机电设备维护管理的现存问题与挑战

3.1 管理层面问题

(1) 维护计划缺乏科学性,常出现过度维护或维护不足的情况。部分企业仍依据经验制定固定维护周期,未结合设备实际运行状态调整,如对轻度使用的电机按高频率检修,造成人力与成本浪费;而对高负荷运转的关键设备维护间隔过长,易引发突发故障,影响生产进度。(2) 备件库存管理低效问题突出。一方面,部分企业为避免备件短缺大量囤积,导致资金占用过多、备件老化贬值;另一方面,部分备件库存不足,且未建立高效的补货机制,设备故障时需长时间等待备件,延长设

备停机时间,加剧经济损失。

3.2 技术层面问题

(1) 监测数据利用率低是普遍现象。当前多数企业虽部署了状态监测设备,能采集海量运行数据,但缺乏有效的数据分析手段,大量数据仅用于简单存储与显示,未深入挖掘数据背后的设备故障隐患、性能退化趋势等关键信息,无法为维护决策提供有力支撑。(2) 跨系统数据孤岛现象严重。企业内部常存在SCADA、EAM、PLC等多个管理与监测系统,但各系统数据标准不统一、接口不兼容,数据无法实现互联互通。例如,设备运行数据停留在SCADA系统,维护记录保存在EAM系统,数据割裂导致管理人员难以全面掌握设备情况,影响维护方案的科学性。

3.3 人员与组织问题

(1) 维护人员技能断层问题逐渐凸显。随着机电设备智能化程度提升,对维护人员的技术要求越来越高,但部分老员工难以掌握数字化监测、机器学习等新技术,而新入职员工缺乏设备实操经验,导致具备“传统维修+智能技术”复合能力的人员稀缺,无法满足智能化维护需求。(2) 部门间协同效率低下制约维护工作开展。设备维护涉及生产、采购、运维等多个部门,部分企业部门间缺乏有效的沟通机制与协作流程,如生产部门未及时反馈设备异常情况,采购部门与运维部门在备件需求对接上存在延迟,导致维护工作衔接不畅,延误故障处理时机。

4 机电设备维护管理的优化策略

4.1 全生命周期维护管理策略

(1) 设计阶段需重点推行可维护性设计(DfM),将维护需求前置融入设备设计环节。在设备结构设计上,预留充足的检修空间,采用模块化组件,方便后期部件拆卸与更换,如电机设计时采用分体式端盖,减少维修时的拆卸步骤;在配件选型上,优先选用通用性强、易采购的标准件,避免因特殊配件短缺导致维护延误;同时,通过仿真模拟预判设备运行中的维护难点,提前优化设计方案,如对齿轮箱进行润滑系统仿真,确保润滑油路布局合理,降低后期润滑维护难度。(2) 运维阶段需建立动态维护计划调整机制,摆脱固定周期维护的局限。依托设备在线监测数据与历史故障记录,结合设备实际运行负荷、环境温湿度等参数,构建维护周期动态调整模型。例如,当振动监测数据显示风机轴承磨损速度加快时,自动缩短维护间隔;当生产任务量减少、设备负载降低时,适当延长非关键部件的维护周期,实现“按需维护”,既避免过度维护造成的资源浪

费,又防止维护不足引发故障^[3]。

4.2 智能化与数字化转型

(1) 构建IoT+AI的智能维护平台,实现设备监测、分析、决策的一体化。通过IoT技术将分散的设备传感器、在线监测系统数据接入统一平台,打破数据采集的时空限制;借助AI算法对海量数据进行实时分析,如利用深度学习模型识别设备振动信号中的故障特征,精准预测故障发生时间与部位;平台还可自动生成维护工单,同步推送至维护人员移动端,并关联备件库存信息,实现“监测-分析-预警-处置”的闭环管理,大幅提升维护响应速度与准确性。(2) 推进维护知识图谱的构建与应用,实现维护经验的数字化传承。梳理设备故障案例、维护手册、专家经验等信息,按照“设备型号-故障类型-故障原因-解决方案”的逻辑构建知识图谱,形成结构化的维护知识库。当设备出现新故障时,知识图谱可通过语义检索快速匹配相似案例,为维护人员提供参考方案;同时,知识图谱可实时更新新增的故障处理经验,不断丰富知识库内容,解决维护经验碎片化、传承难的问题。

4.3 标准化与流程优化

(1) 推动ISO55000资产管理体系落地,规范设备维护管理全流程。依据体系要求建立完善的设备资产台账,明确设备从采购到报废的全生命周期管理责任;制定标准化的维护作业指导书(SOP),统一维护操作流程、技术标准与质量验收规范,如电机检修需严格按照“断电-拆解-检测-组装-调试”的步骤执行,并明确各环节的技术参数要求;通过体系审核与持续改进机制,定期评估维护管理成效,及时修正流程漏洞,确保维护工作的规范性与高效性^[4]。(2) 探索精益维护(LeanMaintenance)实施路径,以消除浪费、提升效率为核心优化维护流程。通过价值流分析识别维护过程中的非增值活动,如备件等待、重复检测等,针对性制定改进措施:建立备件JIT(准时制)供应模式,根据维护计划精准调配备件,减少库存积压与等待时间;引入快速换型技术,优化设备维护时的工装切换流程,缩短停机维护时长;同时,推行全员参与的持续改进机制,鼓励维护人员提出流程优化建议,如通过改进工具存放方式减少维护时的工具寻找时间,不断提升维护流程的精

益化水平。

4.4 人员能力提升方案

(1) 搭建复合型技术人才培养体系,满足智能化维护需求。针对不同层级维护人员制定差异化培训计划:对基层维护人员开展IoT设备操作、智能监测系统使用等实操培训,提升数字化工具应用能力;对技术骨干开展AI故障诊断、数字化双胞胎技术等进阶培训,培养技术攻坚能力;采用“理论授课+实操演练+现场带教”的培训模式,如与设备厂商合作建立实训基地,让学员在模拟故障场景中提升实战能力;同时,将培训效果与技能考核、岗位晋升挂钩,激发员工学习积极性。(2) 加快维护经验知识库建设,实现经验的高效共享与传承。搭建企业内部经验分享平台,鼓励维护人员上传故障处理案例、维护技巧等内容,平台设置点赞、评论、收藏功能,筛选优质经验并给予作者奖励;定期组织经验交流会,邀请资深维护人员分享典型故障处理经验,开展“师带徒”活动,通过一对一指导将实操经验传递给新员工;此外,将知识库与维护管理软件关联,维护人员在处理故障时可随时调取相关经验,提升问题解决效率,避免重复踩坑。

结束语

机电设备维护管理作为机电工程稳定运行的基石,其重要性不言而喻。面对设备智能化、集成化发展趋势,我们需不断优化维护策略,融合先进技术手段,构建全生命周期管理体系。通过强化数据驱动决策、推进智能化转型、完善标准化流程以及提升人员专业素养,方能实现设备可靠性与维护效率的双提升,为机电工程领域的可持续发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]禹周.工业机电设备安装项目管理研究[J].中国机械,2023,(07):86-87.
- [2]徐斌.机电设备安装项目中的技术要点及管控措施[J].造纸装备及材料,2023,(04):41-43.
- [3]魏利.简析泵站机电设备安装工程运行管理与维护措施[J].治淮,2022,(12):146-147.
- [4]杨兆晖.机电工程机电设备维护管理[J].建筑技术科学,2023,(09):92-93.