

机电一体化设备故障诊断与维护技术研究

作者：潘栋深

身份证号：530103197501182915

摘要：机电一体化设备融合机械、电气、自动控制、传感检测等多领域技术，是现代工业自动化生产的核心载体，设备运行稳定性直接决定生产效率与安全生产水平。一体化集成结构导致设备故障具备隐蔽性、关联性、复杂性特征，传统事后维修模式弊端突出。本文结合机电一体化设备结构特点与故障规律，系统梳理设备常见故障类型与成因，探究常规诊断技术与智能诊断技术的应用要点，构建适配工业生产场景的预防性维护体系。通过优化故障诊断流程、更新维护策略，可有效降低设备故障率，延长设备使用寿命，保障工业生产线连续稳定运行。

关键词：机电一体化；设备故障；故障诊断；智能检测；设备维护

一、引言

工业自动化转型升级背景下，机电一体化设备集成化、智能化程度持续提升，广泛应用于机械制造、智能制造、化工生产等领域。设备结构精密、耦合性强，单一零部件故障极易引发连锁故障，造成生产线停机、产能下降、安全事故等问题。传统故障排查方式效率低、精准度差，粗放式维护难以适配高精度设备运行需求。优化故障诊断技术、推行精细化预防性维护，是提升机电设备运行可靠性、降低企业运维成本的关键举措。

二、机电一体化设备常见故障类型及特征

（一）机械结构类故障

机械故障是机电设备最基础的故障类型，主要包含零部件磨损、松动、变形、润滑失效等问题。设备长期高速运转、负载交变冲击、润滑介质老化变质，会造成轴承磨损、齿轮咬合偏差、传动轴偏移等病害。此类故障初期征兆隐蔽，仅表现为设备轻微振动、异响，随着损伤持续累积，会出现卡顿、运转失衡、部件卡

滞等问题，严重时引发机械部件断裂失效。机械故障具备渐进性发展特征，多数故障可通过前期监测预判隐患。

（二）电气控制系统故障

电气故障涵盖电路线路、电气元件、控制模块等多个维度，多表现为线路接触不良、元件老化烧毁、电源不稳、控制系统失灵等。设备长期通电运行、车间粉尘潮湿环境、电压波动冲击，会导致继电器、接触器、传感器等精密元件性能衰减，出现信号传输异常、指令执行偏差。电气故障突发性强、影响范围广，极易造成设备启停失控、程序紊乱，是引发设备突发停机的主要原因。

（三）传感与信号传输故障

传感检测系统是机电一体化设备的感知核心，传感器漂移、灵敏度衰减、信号线路干扰、数据传输失真，都会导致设备运行参数采集错误。工业现场电磁干扰、粉尘覆盖、高温高湿工况，会持续影响传感器检测精度，引发设备参数调节偏差、自动控制失灵。该类故障无明显机械损伤，隐蔽性极强，常规排查方式难以识别，是设备精准运行的主要隐患。

三、主流设备故障诊断技术及应用要点

（一）常规人工与参数诊断技术

常规诊断技术包含直观检测、参数比对、故障报警分析等基础手段，依托人工经验结合设备运行参数开展故障排查。通过观察设备运行状态、倾听机械异响、检测设备温度变化，结合系统运行参数、报警代码，可快速判定简单故障位置与类型。设备运行参数的异常波动是故障发生的直接外在表现，参数偏离标准区间，预示设备内部性能出现衰退或结构异常。该技术操作便捷、成本低廉，适用于设备常规故障、显性故障的快速排查。

（二）状态监测诊断技术

状态监测技术以振动监测、温度监测、油液分析为核心，是现阶段工业设备常态化诊断的主流技术。振动与温度监测法针对旋转类设备，通过传感器采集振动频率与温度数据，判断轴承磨损、转子失衡、润滑不良等典型故障，具备实时

性强、准确率高的优势。油液分析可检测润滑油杂质、粘度、污染程度，精准识别机械部件磨损、油路堵塞等隐性故障，实现故障早发现、早处置。设备运行状态的微小变化都会被特征参数实时反映，持续性在线监测能够捕捉瞬时异常工况，避免人工定时巡检造成的隐患遗漏，有效填补传统故障诊断方式的监测空白，大幅提升设备故障识别的全面性与时效性。

（三）智能化故障诊断技术

随着工业智能化发展，基于大数据、神经网络、专家系统的智能诊断技术逐步普及。智能诊断系统可自动采集设备运行全维度数据，通过特征提取、数据比对、算法分析，自动匹配故障类型、定位故障点位、推送维修方案，无需人工逐一排查。智能诊断技术突破了人工诊断经验局限，可精准识别复合型、隐蔽性故障，大幅提升故障诊断效率与精准度，适配高精度、高集成机电一体化设备的故障排查需求。设备运行过程中的振动、温度、电流等参数存在大量非线性关联特征，传统诊断手段难以挖掘数据内部规律，而智能算法可通过海量样本训练构建故障特征模型，实现故障的提前预警与精准定位。在工业实际应用中，智能故障诊断体系可以实现设备故障在线监测、实时分析、超前预警，有效解决传统诊断滞后性强、误判率偏高的行业痛点，极大提升机电设备运维的智能化、精准化水平。

四、机电一体化设备精细化维护技术体系

（一）建立周期性预防性维护机制

摒弃传统事后维修模式，推行定期检修、状态检修相结合的预防性维护体系。根据设备运行工况、使用年限、负荷强度，制定日巡查、周保养、月检修、年维保的分级维护计划。日常重点清理设备粉尘、检查线路连接、补充更换润滑介质；定期校验传感器精度、紧固机械连接件、检测电气元件性能，从源头规避故障隐患，杜绝小故障演化成重大设备事故。同时结合设备实时运行数据动态调整维保频次，避免过度维护造成资源浪费，兼顾设备运行安全性与企业运维经济性。

（二）落实分类分级专项维护

针对机械、电气、传感系统开展差异化专项维护。机械结构重点做好润滑养护、磨损检测、间隙校准，及时更换老化磨损部件；电气系统重点排查线路老化、元件发热、电压稳定性，做好防潮防尘防护；传感系统定期校准设备参数、检测信号传输质量，更换失效传感器件，保障设备感知与控制精度。分类维护可精准匹配各系统故障规律，提升维护工作针对性。

（三）完善设备运维档案管理

完整的设备运维档案是设备长效管理的重要支撑，全程记录设备检修时间、故障类型、故障成因、维修方案、配件更换情况等核心数据。通过数据分析可总结设备故障发生规律，动态优化维护周期与维保重点，实现精准预判、靶向维护。同时依托运维档案落实设备全生命周期管理，有效延长设备服役年限，降低企业设备运维成本。

五、结论

机电一体化设备故障涵盖机械结构、电气控制、传感信号三大核心类型，具备隐蔽性、关联性、渐进性的突出特征。常规人工诊断、状态监测诊断、智能诊断技术可适配不同故障场景，实现分层分级故障排查。依托预防性维护机制、分类专项维护、数字化档案管理构建全流程维护体系，可彻底改变传统粗放运维模式。精准的故障诊断与精细化维护管理，能够有效提升机电一体化设备运行稳定性与可靠性，减少停机故障损失，为工业自动化生产线安全高效运行提供坚实保障。

参考文献

- [1]何振俊. 机电一体化系统的故障特点分析及可靠性研究[J]. 科技资讯, 2024, 22(15): 89-91.
- [2]王浩宇. 机电一体化设备状态监测与智能故障诊断技术[J]. 机械设计与制造, 2025(03): 289-292.
- [3]李晨曦. 工业机电设备预防性维护体系构建与应用[J]. 制造业自动化, 2024, 46(09): 156-159.

[4]张博文. 机电一体化设备电气控制系统故障排查与维修[J]. 电工技术, 2025(08): 102-104.