

机电一体化设备常见故障分析与维修对策研究

曹 萧

新疆华瓯矿业有限公司 新疆 巴音郭楞蒙古自治州 841800

摘 要: 机电一体化设备融合机械、电气与智能控制技术,是现代制造业生产的核心设备。为解决设备运行故障频发、停机损耗较大等问题,本文梳理设备基本结构与运行机制,系统归类机械、电气、控制系统的典型故障,深入剖析故障产生的人为、环境与设备自身诱因。结合生产实际制定针对性维修方案与常态化维保制度,搭配人员管控与智能运维手段,有效提升设备运行稳定性,为工业设备运维管理提供有效参考。

关键词: 机电一体化设备; 常见故障; 维修对策

引言: 随着工业智能化、自动化技术快速迭代,机电一体化设备广泛应用于各类工业生产场景,成为制造业转型升级的重要支撑。设备长期处于复杂恶劣的生产环境,受磨损、操作不当、环境干扰及运维疏漏等多重因素影响,极易出现各类故障,不仅会降低生产精度与效率,还可能引发安全隐患,增加生产成本。为有效解决设备运行故障问题,本文系统探究设备故障成因与类型,深度剖析各类典型故障机理,结合现场运维经验制定科学可行的维修与保障对策,助力提升设备运行稳定性与使用寿命。

1 机电一体化设备概述及故障成因基础

1.1 机电一体化设备核心构成与运行原理

(1) 核心组成结构: 机电一体化设备主要包含机械本体、传感检测模块、伺服驱动模块、控制系统、动力辅助模块五大核心部分。机械本体是设备的基础承载结构; 传感检测模块负责实时采集运行参数; 伺服驱动模块执行动作指令; 控制系统作为决策中枢协调全局; 动力辅助模块提供能源支持。各模块紧密协同,保障设备自动化、智能化运行。(2) 整体运行原理: 设备以控制系统为核心,通过传感器实时采集位置、速度、温度、压力等工况信息,经数据处理与逻辑判断后,向伺服驱动模块发出精确指令,驱动机械本体完成预定动作。同时,系统将运行状态反馈至控制端,实现闭环调控与动态优化,确保设备在无人或少人干预下稳定完成自动化生产作业目标。

1.2 机电一体化设备故障主要类型

(1) 机械类故障: 包含零部件磨损、松动、变形、卡顿、润滑失效、传动偏差等典型故障,具体表现为轴承磨损导致旋转精度下降、紧固件松动引起异响与振动加剧、传动皮带打滑造成速度失准等。该类故障是设备最基础、最高发的故障类型,往往通过周期性点检与状

态监测可提前发现。(2) 电气类故障: 涵盖线路老化、短路、断路、接触不良、元器件损坏、电压电流异常等问题,如线缆绝缘层破损导致漏电、继电器触点氧化引发控制失灵、电源模块输出电压漂移等。此类故障直接影响设备供电安全与电气控制系统运行稳定性^[1]。(3) 控制系统故障: 包括程序紊乱、传感器失灵、数据传输异常、控制器卡顿、参数匹配失误等智能化模块故障,如PLC程序跑飞导致动作逻辑错乱、编码器信号丢失引起定位偏差、通信总线干扰造成数据丢包等,严重影响设备自动运行可靠性。

1.3 设备故障通用诱发因素

(1) 设备自身因素: 零部件材质存在缺陷、设备结构设计不合理、装配精度未达标准要求、设备长期运行后自然老化磨损等固有质量问题,这些因素在设备投运初期或服役中后期逐步显现,是设备故障的内在根源。(2) 人为操作因素: 操作人员违规操作、岗位熟练度不足、日常巡检不到位、维护保养不规范等人为失误,如超负荷运行加速设备劣化、润滑周期执行不到位导致磨损加剧等,是设备故障的重要人为诱因。(3) 环境与运维因素: 生产车间粉尘、潮湿、高温、振动等恶劣环境影响设备正常运行状态,同时运维制度不完善、维修不及时、配件更换不规范等管理问题,也会进一步加剧设备故障发生频率与严重程度。

2 机电一体化设备常见故障具体分析

2.1 机械系统常见故障分析

(1) 传动系统故障: 涵盖齿轮、链条、皮带、联轴器等,常见表现为卡顿、异响、转速不稳、动力中断。主因: 长期超负荷致齿轮点蚀或断齿; 润滑不足致链条磨损伸长、啮合不良甚至跳齿; 皮带老化龟裂、张紧力下降致打滑丢转。此类故障初期仅轻微异响或温升,若不及时处理,会迅速恶化为严重事故。(2) 执行机构故

障：液压缸、气缸、机械手爪等常见动作偏差、爬行卡顿、无法复位、输出力不足。液压系统多因油液污染堵塞节流孔、密封圈磨损内泄漏、压力阀调定不当引起压力波动；气动执行器常因压缩空气中水分杂质过多、消声器堵塞、缸筒内壁拉伤等导致动作失常。执行机构故障直接影响产品质量与生产效率。（3）支撑固定故障：机架、轴承座、导轨等出现松动、变形、基础沉降，表现为振动幅值增大、运动部件轨迹偏移、加工精度超差。轴承磨损后游隙增大会致径向跳动超标，导轨基面变形则引起运动阻力不均。该类故障常被忽视，却是影响设备长期运行精度与结构寿命的重要隐患。

2.2 电气系统常见故障分析

（1）供电系统故障：供电系统为整台设备提供能源保障，故障现象包括电源电压大幅波动、线路短路断路、接线端子氧化松动等，直接后果为设备无法正常启动、运行中频繁跳闸停机、控制器因欠压而复位重启。故障根源多为供电线路绝缘老化破损、配电箱内接线不规范、车间电网负载剧烈变化冲击。供电不稳还会对精密电子元件造成累积性损伤。（2）电气元器件故障：继电器、接触器、变频器、伺服电机及制动电阻等功率型元器件在实际工况中承受频繁通断或大电流冲击，容易发生触点熔焊粘连、线圈烧毁、电解电容鼓包漏液、功率模块击穿等失效形式，造成设备动力输出不足、执行动作缺失或功能完全丧失。过载运行、散热风道堵塞、环境温度过高等因素会显著加速元器件劣化进程^[2]。

（3）线路信号故障：传感器信号线、编码器反馈线、总线通信线等屏蔽线路损坏、插接头氧化接触不良、布线路径不合理引入电磁干扰，引发控制指令响应延迟、执行器动作错乱、上位机频繁报错等现象。该类故障具有隐蔽性强、偶发性高、排查难度大的特点，通常需要借助示波器或专用诊断工具定位。

2.3 控制系统常见故障分析

（1）传感器故障：温度传感器、压力变送器、光电编码器、接近开关等感知元件在恶劣生产环境中长期工作，常出现敏感元件老化漂移、检测面被粉尘油污覆盖、安装松动导致检测距离变化等问题，造成输出信号失真、数据采集偏差或无信号输出。传感器失效后控制系统无法获取真实工况，会引发保护性停机或动作逻辑错误，严重时甚至造成设备损坏。（2）PLC控制系统故障：PLC作为自动化设备的核心控制器，其故障形式包括用户程序因电池掉电而丢失、程序受强电磁干扰出现逻辑紊乱、I/O模块通道损坏、通信接口接触不良导致通讯中断等。一旦PLC控制系统发生故障，设备启停操作异

常、自动化生产流程被迫中断，整台设备可能陷入瘫痪状态，且排查修复时间通常较长。（3）参数匹配故障：设备运行过程中涉及速度环PID参数、位置环增益系数、加减速时间常数等多类控制参数，当参数设置不合理、因环境变化发生漂移、或更换新旧配件后参数未能同步调整时，会引发设备运行抖动、定位过冲或不到位、跟随误差超标等问题，导致加工精度下降且故障反复发作，需借助专业调试软件重新整定参数方可解决。

3 机电一体化设备故障维修对策与运维保障措施

3.1 针对性故障维修技术对策

（1）机械系统故障维修：针对传动系统齿轮磨损、链条伸长、皮带打滑等问题，采取定期润滑与张紧力调整恢复传动精度，对磨损超差齿轮进行齿面修磨或更换，链条通过截链或整体更换解决伸长问题。针对执行机构卡顿或密封失效，通过拆解清洗内部杂质、更换老化密封圈、重新调定系统压力加以修复。对于支撑固定部件松动变形，采用激光对中仪校准同轴度、重新紧固地脚螺栓并加装防松垫圈，对变形机架进行修复加固，消除振动偏移，恢复设备稳定性^[3]。（2）电气系统故障维修：定期对供电线路进行绝缘电阻测试与外观检查，及时更换老化破损电缆，紧固接线端子并涂抹抗氧化导电膏，减小接触电阻。对于继电器、接触器、变频器等功率元器件，采用替换法快速排除故障件，同时优化散热风道、加装轴流风扇降低柜内温度，避免元器件因过热失效。针对电网电压波动加装稳压电源，有效规避欠压、过压及瞬变冲击对精密模块的损害。（3）控制系统故障维修：定期对各类传感器进行零点和满量程校准，使用专用清洗剂清理检测面附着粉尘油污，确保传感信号真实可靠。针对PLC程序丢失或逻辑紊乱，定期利用存储卡或上位机软件备份用户程序与参数，遭遇故障时可快速恢复。通讯故障修复时检查总线连接器插针有无氧化变形、终端电阻设置是否正确，必要时更换通信模块。参数调试严格执行标准流程，使用专业软件逐项整定并记录存档，避免参数漂移引发重复故障。

3.2 常态化设备维护保养措施

（1）制定分级维保制度：依据设备核心程度、运行频次及价值高低，科学划分日常巡检、每周保养、月度检修、年度大修四级维保体系。日常巡检侧重运行状态观察与异常记录；每周保养包括清洁、润滑、紧固等基础维护；月度检修开展精度检测、易损件更换及功能测试；年度大修实施整机解体检查与系统性能全面恢复，各阶段均制定明确内容清单与验收标准。（2）落实精细化日常运维：操作人员每日检查设备运行工况参数、

倾听运行异响、观察仪表指示是否正常,建立设备状态记录本详细登记巡查信息。定期清理设备表面及内部积存的粉尘、切屑、油污,保持散热通道畅通,防止异物侵入运动副加速磨损。严格按照润滑图表规定的油品型号、加注周期与加注量执行润滑作业,定期紧固关键连接螺栓,及时调整传动带张紧度,从源头减少故障发生^[4]。(3)规范配件管理流程:备品备件采购时严格审核供应商资质,选用与原设备匹配的正规产品,杜绝劣质或参数不符配件入库。建立配件入库检验台账,记录到货日期、批次、合格证明等信息;更换配件时严格执行出库登记并关联设备编号,详细记录更换原因、安装日期及使用效果,形成配件全生命周期追溯,避免因配件质量问题引发二次故障。

3.3 人员管理与技术提升策略

(1)强化操作人员培训:定期组织操作人员参加设备规范操作培训,系统讲解设备结构原理、安全操作规程及日常注意事项,结合典型案例开展故障基础识别与应急处置演练,确保操作人员熟练掌握报警信号识别、异常上报等基本技能,杜绝违规操作,提升日常故障预判与初步处置能力。(2)提升维修人员专业能力:每季度组织维修技术人员参加专题技术培训与案例研讨交流会,学习伺服驱动调试、工业以太网通讯诊断、状态监测数据分析等前沿维修技术。定期开展岗位技能实操考核,以实际排故速度和准确性为评价指标,确保维修团队能力水平与设备智能化发展相适应。(3)建立岗位责任机制:明确划分操作人员、运维工程师、设备管理专员三类岗位职责边界,操作人员对设备日常使用与基础保养负责,运维工程师承担故障排查维修与定期检修任务,管理人员负责维保计划监督与资源协调保障。实行设备机台长负责制,将运行完好率、故障停机时间等指标落实到具体责任人,配套绩效考评与奖惩激励制度,保障各项运维工作落地执行。

3.4 智能化运维优化方案

(1)引入状态监测技术:在设备关键部位加装振动加速度传感器、热电偶温度探头、霍尔电流传感器

及压力变送器等监测元件,通过数据采集终端将运行温度、振动幅值频率、工作电流、系统压力等核心参数实时上传至监控平台。利用阈值报警与变化率预警相结合的策略,在设备状态出现早期劣化迹象时自动推送预警信息,变事后被动维修为事前主动维护,有效避免突发性停机事故^[5]。(2)建立故障台账数据库:搭建设备故障信息管理系统,详细记录每次故障发生时间、设备编号、故障现象、诊断过程、最终诱因、维修方案、更换配件明细及修复效果等全要素信息。通过大数据统计分析,按设备类型、故障部位、诱因类别等多维度生成故障频次分布图,揭示设备薄弱环节与高频故障规律,据此动态优化维护周期与维保策略,持续降低故障复发率,形成运维知识的数字化沉淀。

结束语

本文系统分析了机电一体化设备机械、电气、控制系统的常见故障及诱因,针对性制定了专项维修技术对策与全流程运维保障体系。通过规范设备维保流程、强化人员专业能力、引入智能化运维技术,可有效改善设备故障频发问题,提升设备运行可靠性。未来可结合大数据、智能监测技术持续优化运维模式,精准预判设备潜在故障,实现设备运维智能化、精细化发展,为工业生产高效稳定运行筑牢设备保障基础。

参考文献

- [1]杜启鑫,李博,靳凯峰.机电一体化设备的故障诊断与维护策略[J].高科技与产业化,2024,30(07):194-197.
- [2]王勇,张松涛.工业机电一体化设备典型故障机理分析与维修技术优化[J].机械设计与制造,2023,35(09):289-292.
- [3]刘阳,陈建军.机电一体化控制系统故障特征识别与预防性维修策略[J].电气应用,2022,41(11):78-84.
- [4]陈默兮.工程机械液压传动系统的故障诊断与维修研究[J].流体测量与控制,2023,4(03):61-63.
- [5]赵建峰.机电一体化设备常见故障成因及高效维修对策探析[J].中国设备工程,2026,22(08):156-158.