

机电工程设备的故障诊断及维修策略研究

张建富

山东省枣庄矿业集团高庄煤业公司 山东枣庄 277605

[摘要] 在当今工业飞速发展的时代，机电工程设备作为工业生产的核心力量，其运行状况直接关乎企业的生产效率与经济效益。机电设备长期处于复杂的工况环境下面临着各种故障风险，无论是机械部件的磨损、电气线路的异常，还是液压与气动系统的故障都可能导致设备停机、生产中断，甚至引发安全事故。因此深入探究机电工程设备的故障诊断方法与维修策略，及时精准地发现并解决故障隐患，对于保障工业生产的连续性、稳定性以及提升企业竞争力具有不可替代的重要意义。

[关键词] 机电工程设备；故障诊断；维修策略；设备维护

引言

机电工程设备广泛应用于各个工业领域，其复杂的结构和多样化的运行工况使得设备故障难以避免。一旦发生故障，不仅会导致生产停滞、延误交货期还可能引发安全事故，给企业带来巨大的经济损失和不良的社会影响。因此深入研究机电工程设备的故障诊断及维修策略具有极为重要的现实意义。

一、机电工程设备常见故障类型及成因分析

表1 机电工程设备常见故障类型及成因分析

故障类型	具体故障	成因分析
机械故障	磨损故障	长期运行摩擦，缺润滑或过载致磨损加速
	断裂故障	应力超强度极限，有内部缺陷或设计不合理
	变形故障	长期受力或受热不均
电气故障	短路故障	绝缘层损坏导致导体接触，潮湿环境易引发
	断路故障	导线、连接点或元件问题致回路中断
	电气元件故障	质量、过载、过压等致电机、接触器等故障
液压与气动故障	液压系统故障	泵零件磨损、阀问题、缸密封不严、油污染
	气动系统故障	气源差、阀密封不良、润滑不足

（一）机械故障

1. 磨损故障

在机电设备长期运行过程中零部件之间的摩擦会导致表面材料逐渐损耗（如上表）。例如轴与轴承的配合面，由于持续的相对运动，在缺乏良好润滑或承受过大载荷时磨损速度加快。这种磨损会使配合间隙增大，引发设备振动加剧、精度下降等问题，严重时可导致设备无法正常运行。

2. 断裂故障

当零部件所受应力超过其材料的强度极限时就会发生断裂，如在高速旋转的轴类零件中若存在内部缺陷（如气孔、夹渣等）或因设计不合理导致应力集中，在交变载荷作用下极易产生疲劳断裂。断裂故障往往具有突发性就会造成设备的严重损坏，甚至危及人员安全。

3. 变形故障

设备在长期受力或受热不均匀的情况下会发生形状改变，例如机床的床身如果长期承受超重工件的压力或者因环境温度变化较大而产生热应力，可能会出现弯曲变形。变形故障会影响设备的装配精度和运动准确性进而导致加工产品质量不合格^[1]。

（二）电气故障

1. 短路故障

主要是由于电气线路的绝缘层损坏，使不同电位的导体直接接触，电流瞬间增大，例如在潮湿的环境中电线外皮老化、破损就可能造成火线与零线短路。短路故障会引起电气设备过热烧毁，甚至引发火灾等严重后果。

2. 断路故障

通常是因为导线断裂、连接点松动或电气元件损坏而导致电路无法形成完整回路，电流中断。像继电器的触点接触不良或者印刷电路板上的线路断路就会使设备的部分功能丧失从而影响正常生产。

3. 电气元件故障

电机、接触器、传感器等电气元件在长期使用过程中可能因质量问题、过载、过电压等原因出现故障，例如电机长时间过载运行会导致绕组发热烧毁；接触器频繁动作，其触点可能会因电弧侵蚀而损坏，影响电路的通断控制；传感器受环境干扰或自身老化可能会输出错误信号，导致设备控制系统误动作。

（三）液压与气动故障

1. 液压系统故障

液压泵是液压系统的动力源，如果泵的内部零件磨损就会造成泵的输出流量不足或压力不稳定。液压阀的阀芯卡滞或密封件损坏会导致内泄漏或换向失灵。液压缸的活塞密封不严，会引起外泄漏，使液压缸推力不足或爬行现象。此外液压油的污染也是导致液压系统故障的重要因素，杂质颗粒可能会堵塞液压元件的油道进而加速元件磨损。

2. 气动系统故障

气动系统中的气缸，若气源质量不佳或含有水分和杂质就可能使气缸内壁和活塞密封件磨损而导致漏气，影响气缸的运动速度和推力；气动阀的密封不良或阀芯受杂质卡住也会造成气路控制失常。同时气动系统的润滑不足也会增加元件的摩擦，降低其使用寿命。

二、机电工程设备故障诊断技术研究

（一）传统故障诊断技术

1. 直观检测法

检测人员凭借自身的视觉、听觉、触觉和嗅觉对设备进行检查，通过观察设备外观是否有变形、变色、冒烟等现象来倾听设备运行时的声音是否异常（如摩擦声、撞击声、啸叫声等），触摸设备外壳感受其温度是否过高或振动是否异常，嗅闻设备周围是否有烧焦气味等，初步判断设备是否存在故障以及故障的大致部位。这种方法简单易行，不需要复杂的仪器设备，但对检测人员的经验要求较高且难以发现一些潜在的、深层次的故障^[2]。

2. 仪器仪表检测法

利用各种专业仪器仪表对设备的运行参数进行精确测量，例如温度计可测量设备关键部位的温度来判断是否存在过热现象；压力计可监测液压或气压系统的压力值来检测压力是否正常；流量计可测量液体或气体的流量从而判断管路是否堵塞或泄漏；万用表可检测电路中的电压、电流、电阻等参数，确定电气元件是否损坏；示波器可用于观察电信号的波形，分析电气系统的工作状态。仪器仪表检测法能够提供量化的数据，使故障诊断更加准确，但需要根据不同的检测需求选择合适的仪器仪表且对检测人员的操作技能有一定要求。

（二）现代故障诊断技术

1. 振动分析诊断技术

通过在设备的关键部位安装振动传感器,采集设备运行时的振动信号,然后对振动信号进行时域分析,如计算振动的均值、方差、峭度等统计参数来反映振动的强度和稳定性;进行频域分析,如绘制频谱图、功率谱图,确定振动的频率成分。而且不同的故障类型会在振动信号中表现出特定的频率特征,例如不平衡故障会在旋转频率处产生较大的振动幅值,不对中故障会在旋转频率的二倍频处有明显峰值。通过分析振动特征参数能够准确识别设备的不平衡、不对中、松动、轴承故障等常见故障类型。

2. 油液分析诊断技术

定期采集设备的润滑油或液压油样本,采用光谱分析、铁谱分析、颗粒计数法等手段对油液进行检测。光谱分析可检测油液中各种金属元素的含量并且根据金属元素的种类和含量变化来判断设备内部零部件的磨损情况和磨损部位。铁谱分析则是利用磁场将油液中的金属颗粒分离出来,观察金属颗粒的大小、形状、颜色等特征来进一步确定磨损的类型(如疲劳磨损、磨粒磨损等)和磨损程度。颗粒计数法可测量油液中颗粒的数量和尺寸分布,评估油液的污染程度。油液分析诊断技术能够实现对设备磨损故障的早期预测和诊断,为设备的预防性维修提供依据^[3]。

3. 红外热成像诊断技术

利用红外热像仪对设备表面的温度分布进行非接触式测量和成像(如下图)。设备在正常运行和故障状态下其表面温度分布会有所不同,例如电气设备发生短路故障时短路部位会因电流过大而迅速发热,在热像图上呈现出明显的高温区域;机械部件的摩擦部位如果润滑不良也会出现局部温度升高的现象。通过分析热像图中的温度异常区域及其特征能够快速定位设备的故障点并判断故障类型,如电气故障、机械故障中的过热故障等。另外红外热成像诊断技术具有检测速度快、非接触、安全可靠等优点,适用于大面积、复杂设备的故障排查。



图2 红外热成像诊断模拟图

三、机电工程设备维修策略研究

(一) 预防性维修策略

1. 定期维修

根据设备的运行时间、运行里程、生产批次等制定固定的维修周期。在维修过程中对设备全面的清洁、润滑、调整、紧固并更换易损件,例如对于一台数控机床,每运行2000小时进行一次定期维修,包括清理机床导轨和丝杠上的切屑和油污、更换丝杠螺母的润滑脂、调整各坐标轴的定位精度以及检查并更换刀具的易损部位等。定期维修能够有计划地对设备进行维护保养并做到预防潜在故障的发生,但可能存在过度维修的情况而增加不必要的维修成本和设备停机时间。

2. 状态监测维修

通过安装在设备上的各种传感器可以实时监测设备的运

行状态参数,如温度、压力、振动、电流、流量等。当参数达到或超过设定的阈值时触发报警并进行针对性的维修,例如在一台大型压缩机上安装振动传感器和温度传感器,实时监测压缩机的振动幅度和轴承温度。当振动幅度超过设定值时可能预示着压缩机的转子不平衡或轴承磨损,此时可及时安排维修人员对压缩机进行检查和维修。另外状态监测维修能够根据设备的实际运行状况进行精准维修,在避免过度维修的同时提高设备利用率,但需要投入大量的资金建设状态监测系统,并对监测数据进行有效的分析和管理的。

(二) 修复性维修策略

1. 事后维修

在设备发生故障后才进行维修,这种维修策略适用于故障对生产影响较小、维修成本较低的非关键设备,例如一些办公设备如打印机、复印机等,当出现故障时可在不影响主要业务的情况下安排维修人员进行事后维修。但事后维修可能导致设备突发故障时生产中断而造成较大的经济损失,因此对于关键设备应谨慎采用。

2. 应急维修

当设备突发重大故障且对生产造成严重影响时应立即启动应急维修程序。应急维修需要快速组织专业维修团队,准备充足的抢修工具和备件以制定高效的维修方案并迅速实施。例如在化工生产过程中反应釜的搅拌装置突然损坏,如果不能及时修复就可能会导致反应失控,引发严重的安全事故。此时应急维修团队需要迅速赶到现场,采用备用搅拌装置或临时抢修措施来尽快恢复反应釜的正常运行,以保障生产安全和连续性。

(三) 改进性维修策略

1. 设备技术改造

针对设备存在的设计缺陷、性能不足或老化问题,采用新技术、新工艺、新材料对设备进行局部或整体改造,例如将传统的继电器控制电路改造为可编程逻辑控制器(PLC)控制系统,提高设备的自动化程度和控制精度;对老旧的机床主轴进行升级改造,采用高速、高精度的主轴单元来提升机床的加工性能。设备技术改造能够显著提高设备的可靠性、稳定性和生产效率,但需要进行充分的技术论证和成本效益分析,确保改造的可行性和有效性^[4]。

2. 维修管理优化

从维修组织架构、维修流程、维修人员培训与管理等方面对设备维修管理体系进行优化。建立集中化的维修管理模式,在整合维修资源的同时提高维修效率;推行标准化的维修作业流程以规范维修人员的操作行为,保证维修质量;加强维修人员的技能培训和绩效考核,提高维修人员的专业素质和工作积极性。例如通过建立设备维修管理信息系统,实现维修计划的制定、维修任务的分配、维修进度的跟踪和维修记录的管理等信息化操作,提高维修管理的透明度和科学性。

结语

机电工程设备故障诊断与维修工作复杂且系统需深入剖析故障类型与成因并合理选用诊断技术,如传统与现代技术各有千秋,应按需择取。维修策略上要使预防性、修复性和改进性策略相互配合,企业依设备和生产实际制定组合策略,平衡维修成本与运行效益。科技进步下要借助新兴技术有望提升设备智能化运维水平,为工业生产的持续发展筑牢根基。

【参考文献】

- [1]刘光,李俊鑫.基于大数据技术的煤矿机电设备故障诊断与维修策略研究[J].模具制造,2024,24(06):259-261.
- [2]喻碧怡,肖淑斌,赵楠.机电设备故障诊断与维修课程改革策略研究[J].造纸装备及材料,2023,52(07):219-221.
- [3]田伟宁.矿山机电设备故障诊断与维修策略[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(12):35-36.
- [4]韩伟.矿山机电设备故障诊断与维修策略[J].石化技术,2020,27(03):119+121.