

Application of Mechatronics Technology in the Maintenance and Fault Diagnosis of Exhibits in Science and Technology Museum

Li Zhang

Baotou Science and Technology Museum, Baotou, Inner Mongolia, 014060, China

Abstract

The exhibits of science and technology museum are the carrier of scientific and technological knowledge, and its operation state directly affects the interactive experience of the audience. However, with the improvement of the electromechanical degree of exhibits, the traditional maintenance method has been difficult to meet the needs of efficient management. The introduction of mechatronics technology provides a new idea for the maintenance and fault diagnosis of the exhibits. Through the combination of hardware and software, the operation reliability and maintenance efficiency of the equipment can be significantly improved. Based on this, this paper will analyze the application of mechatronics technology in the maintenance and fault diagnosis of exhibits in science and technology museum, and discuss how to achieve efficient maintenance and accurate fault diagnosis through this technology, so as to guarantee the long-term operation and display quality of exhibits in science and technology museum.

Keywords

science and technology museum exhibits; mechatronics technology; maintenance; fault diagnosis

机电一体化技术在科技馆展品维护与故障诊断中的应用

张莉

包头市科学技术馆, 中国·内蒙古 包头 014060

摘要

科技馆展品是科学技术知识的载体, 其运行状态直接影响观众的互动体验。然而, 随着展品机电化程度的提高, 传统的维护方式已难以满足高效管理需求。机电一体化技术的引入为展品的维护与故障诊断提供了新思路, 通过软硬件结合, 能够显著提升设备的运行可靠性与维护效率。基于此, 论文将分析机电一体化技术在科技馆展品维护与故障诊断中的应用, 探讨如何通过该技术实现高效的维护与精准的故障诊断, 为科技馆展品的长期运行与展示质量提供保障。

关键词

科技馆展品; 机电一体化技术; 维护; 故障诊断

1 科技馆展品的维护与故障诊断特点

1.1 设备复杂性

科技馆展品多以多学科交叉技术为基础, 涵盖机械传动、电子控制、电气集成、传感器反馈及嵌入式软件协同等系统, 形成高度集成化的机电一体化结构。这些展品在结构设计上注重精密性和功能多样性, 组件之间的协同作用要求极高, 任何单一模块的失效可能引发系统性问题。机械部分可能涉及复杂的齿轮传动、链条运动或关节控制, 电子控制系统则通常包含可编程逻辑控制器 (PLC)、单片机或其他嵌入式系统, 用以实现实时监测与动作指令的执行。此外, 展品通常具有非标设备的特性, 缺乏统一的维护规范, 增加

了维护工作的技术门槛。

1.2 使用环境特殊性

展品在科技馆中通常处于长时间连续运行状态, 面临高强度、非稳定性负载条件, 运行环境的特殊性对设备的可靠性提出了更高要求。使用者群体包括儿童、青少年等不同年龄段的人群, 其操作水平参差不齐, 非标准化的使用方式如过度用力、频繁切换模式、无序操作等, 易对设备产生异常冲击负荷。此外, 展品在环境温度湿度、粉尘颗粒浓度、光线变化等外部因素干扰下, 可能出现传感器精度偏移、电气部件老化加速以及润滑条件恶化等问题, 进一步影响设备的长期稳定性。某些展品由于其核心部件的设计并未充分考虑过载保护或自我修复能力, 在运行环境复杂化的情况下, 其耐用性和安全性下降趋势显著。

1.3 故障诊断挑战

展品系统故障的表现形式具有多样性, 涉及硬件损坏、

【作者简介】张莉 (1971-), 女, 中国河北三河人, 本科, 副高级工程师, 从事机电一体化专业研究。

电子控制系统异常、传感器数据漂移及软件逻辑漏洞等问题，通常呈现出复杂的耦合性与随机性，单一故障的表象可能掩盖潜在的多源故障根因。故障链条往往贯穿机械、电子与软件多个层级，传统依靠维护人员经验判断的模式难以精准定位故障触发点。部分展品的结构设计导致内部组件布置紧密，拆卸与检查工作量大，增加了故障排查的时间成本。同时，展品运行中缺乏实时监测与数据采集系统，导致关键参数的偏离无法及时发现，易形成故障积累效应，进一步增加排查与修复难度。在高峰使用时段，展品的运行压力较大，故障隐患的复杂性进一步加剧了传统维护方法的局限性。

2 机电一体化技术在展品维护中的应用

2.1 实时监测系统

在展品的操作上，通过传感网络，机电一体化技术实现了实时监控的高精度和多维度。第一，通常是依靠加速度传感器来监控机械部件，通过对设备运行时的振动特性及频谱分布进行捕捉，识别出异常振动幅值或频率漂移。并且通过分析轴承状态，来将机械部件的潜在疲劳损伤或磨损情况准确定位出来。此外，机械结构的运动轨迹和受力变化可以通过位移传感器和应变计等设备进行实时测量，进一步提升数据的全面性和准确性。第二，电气系统监测将多种传感器集成起来，以全方位采集关键的电气参数。对电气设备的输入、输出参数，利用电流互感器和电压检测模块进行动态监测，确保其运行在设计规范的范围。如果电气系统出现异常状态，如电流波动、电压偏移或短路等，系统可以通过预警机制触发故障保护。通过有效结合红外热成像技术以及温度传感器，能够实现对电气设备发热部位的温度变化的监测，排查可能存在的过热隐患。第三，传感器收集到的数据可以通过通信模块和数据存储单元，形成完整的运行状态数据库，实时传输到后台服务器或云端平台。系统可结合算法模型，对展品运行参数进行多维度分析，并对趋势变化或突发性异常进行识别，从而为后续维护和优化策略参考提供精准的数据依据。

2.2 自动化维护设备

利用集成传感器、执行机构与控制系统，机电一体化技术能够自动化、智能化地维护设备。一是在机械展品中广泛应用自动校准装置，实时检测和调整部件位置偏移，并通过高精度位置传感器和电动执行器协同工作，确保展品在运行过程中保持精度和稳定性。其核心控制单元通常采用嵌入式处理器，实现高效、精确的自适应调整功能，动态调整校准策略，并根据所收集的参数进行动态调整。此外，自动校准装置可集成反馈控制机制，重复检测校准后的设备状态，确保有效修正误差。二是在自动化维护设备中一种重要的形式就是清洁机器人，其拥有多传感融合技术和路径规划能力，能够自动清理高频使用的交互式展品表面。清洁机器人可借助激光雷达或视觉感应器，对展品表面轮廓、污渍区

域等进行精准识别，制定出避免产生清洁死角的最佳清洁路径。高效清洁模块通过气流吹扫、微水喷雾和擦拭机构的共同作用，可以有效清除表面的灰尘、指纹或其他污渍，减少污损对传感器、触控件或显示界面的影响。清洁设备针对特殊材质的展品表面，可通过调整清洁力度和清洁剂配比来避免表面划痕或由于过度清洁而造成的腐蚀。

这些自动化维护设备通常还配备远程监控模块，维护人员可通过后台系统实时掌控其运行状态与维护效果，同时定制清洁频率与维护周期，以适应不同展品的具体需求。

2.3 数字化管理平台

展品维护数字化管理平台，以机电系统为基础，可实现全面数据化管理和设备运行状态的动态监控。首先，平台利用集成多源传感器数据采集模块、云端数据处理系统和智能分析算法来实时记录并存储展品运行过程中的振动、温度、电流等参数，形成完整的运行数据档案。而且运行日志模块能够详细归档设备的启停记录、负载变化、异常事件等，方便工作人员跟踪与回溯故障根源的历史资料。其次，在数字化管理平台中嵌入健康评价模型，在多维度分析设备运行数据的基础上量化评价展品的健康状况，如此一来平台的隐形老化或性能退化问题可以及时被平台通过参数阈值比较、趋势分析以及预测算法识别出来，并形成设备状态报告。结合展品运行周期和使用频率，系统可以自动生成包含零部件更换周期、润滑需求和校准任务在内的优化维护方案，从而达到预防性维护的目的。最后，平台智能分析功能利用大数据技术挖掘长期运行数据，将对设备运行造成较大影响的因素识别出来。系统通过机器学习算法对常见的故障模式进行建模和分类，对目前设备状态与典型故障的匹配程度进行自动判别。平台还对异地维护协作进行了支持，利用移动终端来动态推送设备的运行状态以及维护任务信息以实现维护响应以及管理效率的提高。

3 机电一体化技术在展品故障诊断中的应用

3.1 智能诊断算法

机电一体化技术将人机交互技术与 AI 算法结合，可达到预测和精确诊断展品故障的目的。首先，故障预测一般是以机器学习模型为基础，对设备的历史运行资料进行建模训练。算法通过对振动频率波动、电气参数异常及热分布变化等时间序列数据中的关键特征进行分析可以对潜在的运行偏差或部件性能衰减的迹象进行识别。回归分析与神经网络模型往往用来进行多维度预测框架的构建，从而将某一特定故障发生的概率及其可能的时间窗口估算出来。数据驱动的预测方式有效转变了以往过分依赖经验和规则的情况，预测的精确性和全面性都得到了显著的提高。其次，通过深度整合专家系统和传感器网络来实现故障定位。专家系统与模糊逻辑与规则推理技术相联合来综合分析传感器采集所得的数据信息。系统基于运行参数的动态比较，能够对异常信号的关键来源进行快速识别。如机械部件出现局部温度过高或

是振动异常的情况被温度以及加速度同时检测到,专家系统便能够预测可能是在摩擦面或轴承出现故障。在多故障源并存的复杂系统中,信号解耦技术进一步提高了定位能力。最后,智能诊断算法与数据挖掘技术相联合,利用聚类分析与异常检测方式来准确识别与分类运行状态中的非典型模式,系统利用协同处理多源数据以及提取深度学习算法特征的能力来实时诊断多种故障模式,以及分层次分析复杂故障。并通过可视化界面可以显示诊断结果,便于维护人员快速获取详细信息,并据此制定修复策略。

3.2 虚拟仿真诊断

以机电一体化技术为基础,虚拟仿真诊断与数字孪生的深度融合来建设起展品的虚拟复制体,从而达到模拟分析故障诊断的目的。第一,利用感应器对与实际装备高度一致的虚拟仿真环境进行实时采集的物理运行数据,结合展品结构参数和动态行为特点,形成数字孪生模型。仿真平台通过多物理场耦合计算,可以精确地还原和动态分析展品的机械、电子和控制系统的运行状态。第二,虚拟仿真系统可以在交互式展品卡顿或异常的情况下,将它的运行过程在数字模型中进行复现,并对关键部件的状态参数变化进行深入分析。例如,通过对运动轨迹的时序还原和加载力矩的模拟计算,对机械卡塞可能出现的部位进行诊断。对于电器系统,虚拟仿真可以根据实时电流、电压波形数据,对电路运行中的异常现象进行重现,并对可能出现的短路、过载或接触不良区域进行快速定位。第三,虚拟仿真平台一般都配备动态交互功能,允许维护人员对模拟模型施加虚拟操作,将各项维修措施对设备性能可能带来的影响模拟出来。如通过对电气参数进行调整或对机械连接点进行重新配置,对故障恢复的可能性及作用进行评定。虚拟仿真还支持多场景切换功能,可以测试设备在运行条件不同及负载条件下潜在的故障模式,从而帮助维护人员发现隐藏问题,并对诊断方案进行优化。第四,仿真系统的数据驱动特性使其在为后续优化展品设计与维护策略提供科学依据的同时,能够与历史运行记录相结合,对多次出现的同类故障进行模式识别,形成系统化的复杂问题解决方案。

3.3 远程故障处理

以机电一体化技术为基础,远程故障处理结合物联网

架构,通过网络连接来动态监管与控制展品设备。如果展品出现故障,技术人员可以通过远程接入系统,对设备控制模块进行实时访问,提取包括电机转速、传感器读数、数据总线状态等在内的关键运行参数,对当前设备的工作状态和异常表现进行全面了解。技术人员可以利用远程诊断平台中的嵌入式分析工具来解析故障数据。在数据传输过程中,为了提高分析效率和准确性,远程系统能够利用边缘计算技术来预处理关键参数。例如,当探测到电路异常波形后,远程平台就可以通过特征提取算法来识别短路或元件老化的可能性,并向养护组及时反馈诊断结果,从而达到对线路异常波形的检测目的。远程系统可以向设备控制单元发送优化指令,通过软件可以对修复问题进行调整。例如,技术人员可以远程修改参数设定,重新配置控制逻辑,以达到设备运行的快速恢复,以应对电气驱动系统的控制偏差。对于机械系统的局部卡滞,系统可以通过执行远程激励操作,利用反复驱动的方式对卡阻现象进行微调,并对卡阻进行解除。除此之外,远程处理还支持跨平台协作,很多技术人员将诊断数据与维修方案通过云端共享,进行远程处理。在规模较大的展品管理场景中,远程系统能够实时将故障信息推送到中央监控中心,并实现多设备状态的并行处理和统一协调,通过自动化日志记录和诊断流程跟踪,为后续的优化维护策略提供技术支持。

4 结论

机电一体化技术为科技馆展品维护与故障诊断提供了全新的解决方案,具有显著的实用价值与发展潜力。通过实时监测、自动化维护与智能诊断等方式,科技馆不仅能够保障展品的长期稳定运行,还能够为观众带来更优质的参观体验。

参考文献

- [1] 张莉.机电一体化在科技馆展品中的应用[J].百科论坛电子杂志,2020(15):354.
- [2] 朱影波.机电一体化技术的发展趋势分析[J].中国战略新兴产业,2020(4):75.
- [3] 杨艳伍.浅析机电一体化在科技馆的应用与发展[J].黑龙江科技信息,2010(34):1.