

# 智能制造背景下机电一体化设备运行状态监测系统研究

彭程 王殿利（通讯作者）

长春市机械工业学校，吉林省长春市，130011；

**摘要：**随着智能化制造技术的快速发展，在工业生产过程中发挥着重要作用的机电一体化设备，为了实现其在高精度及安全状态下的工作运行，对其实施在线监测成为智能化制造的重要组成部分。本文研究对象是以智能化制造平台为中心的机电一体化设备运行状态监测系统，本文设计了一套基于多种传感器技术和数据信息处理技术相结合的设备工况实时采集和智能分析系统，旨在实现实时采集并智能判断设备运行状态。文中首先介绍了智能化生产中机械电子化设备的基本概念以及其应用，并阐述了设备运行状态监测的重要性及其相关研究现状。随后结合设备工作特性以及监测需求设计了基于传感器技术的数据采集系统，并提出了信息采集及数据处理方法的实时性方案。最后以实例验证该检测系统的可行性并分析其改进空间。

**关键词：**智能制造；机电一体化；设备运行状态；监测系统

DOI：10.69979/3029-2735.26.02.062

## 引言

机电一体化设备是智能制造系统的重要组成部分，其在自动化生产、智能化管理和人机化方面均具有重要作用。但同时，机电一体化设备在长时间运行过程中也会因内外部因素影响而发生故障损坏及功能老化等问题。这对生产的效率造成不利影响，甚至带来安全隐患。因此，对机械电子化设备运行状态进行及时准确的监测以确保其高效率和安全运行已成为当前智能化工厂亟待解决的问题。

## 1 理论基础

### 1.1 智能制造技术概述

智能制造是目前工业发展的方向之一，主要指利用信息处理技术、自动化技术和先进制造技术构建高效率、高响应速度以及具有智能性的生产体系；不仅是指机器人的自动化作业过程，还指从产品设计到生产调度、质量管理、机器测试和维护等一系列环节所进行全面自动化控制。智能制造是指工厂能够实时监控、自我调整及优化生产流程，并提升生产力和产品品质的技术应用模式，关键技术包含 IoT 物联网、Big Data 大数据分析、Cloud Computing 云端计算、AI 人工智能以及 Robotics 机器自动化等。IoT 技术使得设备间即时连通共享信息作为智能化分析依据；而大数据技术可以从中提取有价值的信息辅助决策并预测设备故障；云技术是存储、计算及交流的强大支撑平台；人工智能则是采用诸如机器学习、深度学习等算法实现智能化故障检测和预测性维护；在生产环节应用机器人技术，还达到了很

高的自动化水平、适应性和正确性。

### 1.2 机电一体化设备的构成与特点

机电一体化是现代工业的重要科学技术支撑，它结合了机械技术、电子技术、控制技术和计算机技术，形成高效、自动化程度高、效率高的设备系统。其精度、工作效率、可靠性以及自控能力不断提高，并广泛应用于制造行业、自动化控制、医疗行业、交通等行业当中。典型的机电一体化产品有：数控机床、机器人、自动生产线、全自动仓储系统等。

一般情况下，机电一体化设备是由五大部分组成，分别是机械设备部分、电子电路部分、控制系统部分、传感器部分以及计算机部分；其中机械设备是机器的动力传输和运动的部分，电子电路则是为机器提供能量和动力的部分；控制系统负责机器自动化的控制工作和管理工作；传感器对设备运行情况起到监督的作用；第四，电脑系统作为资料搜集、统计以及判定的基础。这四个部分有机相连共同保障着机器的正常运作。

### 1.3 运行状态监测的基本原理与方法

设备运行状态监控系统是通过对设备运行过程中各个关键参数进行监测分析，及时发现问题并预警，预防故障发生，并提升设备性能的基础理论，该理论为传感技术和大数据技术。该系统利用传感器对设备进行在线检测。然后将采集的数据反馈给信息采集系统，并借助数据分析技术实现机器工作状态检测及预测。常用的检测方法包括振动检测法、温度检测法、声学检测法以及电压检测法等。其中，振动监测法是根据设备的振动

频率及振幅判断是否存在故障隐患。特别适用于电机、水泵等转子类装置。测温是利用装置内温升值的变化判断其工作负载或其他故障；声学检测可以通过分析产噪信号评估装置运行状况，普遍应用于机械故障诊断中。最后，电压监控主要是通过对设备电压变化情况进行分析判断是否存在电力事故或者操作不稳定情况。

## 2 系统设计与实现

### 2.1 系统架构设计

下面将对基于智能工厂中的机电一体化设备状态监测系统的体系架构进行分析。目的是实现集中的机电一体化设备在线运行状态监测，并能够及时报警和分析处理，在线监测系统应包含数据采集模块、通信传输模块、数据分析和处理模块以及故障诊断和用户界面模块等内容。各个模块相互配合确保了整个检测过程的高效性和精确性，将整个系统框架分为三大部分：物理基础、软件基础和数据通讯网络。物理基础主要以传感器、数据收集模组、嵌入式管理单位等形式出现，用于实时采集并传递装置信息；其中，软件基础部分包括数据分析以及问题判定等内容，用来处理获取到的数据信息，并对其进行分析及预测；而数据通信网络则主要是确保各个组件之间能够实现良好的交流以及数据共享功能。由于我们需要针对不同规模的设备进行测试，因此该系统需要具备可扩展性以及可靠性特点。

### 2.2 数据采集与传感技术

采集是设备运行状态监测系统的重要组成部分，在整个过程中主要是将各类传感装置安装到设备上，对设备的各项运行信息进行实时获取，并做好记录工作，以便于后续的信息分析以及故障检测等工作顺利展开。在实际操作中应当根据具体设备的应用特点以及监测工作的需求选取合适的传感器，常见的有效传感器主要包括振动式传感器、温度传感器、压电式传感器、电磁感应式传感器、霍尔效应式传感器以及光电传感器等多种形式。能够实时采集装置状态参数，振动传感器多用于判断装置的健康水平，在旋转类装置中通过对振动幅度和频率的检测，可以发现机件是否存在磨损、脱落及位移等问题；温度传感器则可用于监测装置温度变化以期及时发现高温、过载等问题。对于压力传感器以及流量传感器而言，则是用来检测液压、气压系统的工作状态，确保装置中的液压系统及气动系统的正常运转；最后则是电流传感器对电力波动的变化情况进行追踪，帮助我们判断电子系统的完好性，并查找潜在的电气故障。

### 2.3 实时监测与数据分析方法

实时性是设备运行状态监测系统的指导思想之一，即连续采集到设备的信息后，采用数据分析技术即时对设备健康做出评估结果的能力。为了实现这一目的，需要具备实时性和瞬时响应能力。具体来说就是数据采集—传输—分析处理—可视化。数据通讯可以通过无线或有线的方式，并采用如 Modbus 或 Ethernet 工业网络协定以确保有效率的数据传输，在此期间内，资料应完整正确而不会丢失或被更改。在资料处理方面，则会使用不同的数据解析方法，例如信号处理、统计、走势分析等。根据实时分析装置的状态信息可以判断装置是否异常并生成健康评价报告。通过对不同装置的历史状态以及当前状态进行对比，形成故障预测模型，如利用装置振动数据分析可预测轴承可能存在的故障；而通过对温升曲线进行分析，则可以发现电机发热隐患。

### 2.4 系统集成与测试

系统集成是指将各个组成部分以及不同分支整合为一个完整的作业平台，确保其能够实现硬件设备之间的合理匹配，进而使得系统具备较高的稳定性以及可靠性。在系统集成的过程中，首先要对相关硬件进行安装调试处理，如传感设备、采集设备、控制设备等相关内容。每个传感器都要根据具体的装置需求进行准确安装并校准以保证采集到的数据准确性。在软件整合上要把全部的软件组件整合起来并且采用接口标准来进行信息共享和通信。软件主要包含信息收集部件、数据分析部件、故障诊断部件、用户界面等。以上所有的模块都应当经过严格的测试以保证能够实现相应的功能。而最终的测试也就是系统的测试，是验证整个系统设计及开发结果的关键环节，在这一过程中首先要进行的是单元测试，用以验证各模块能否独立地有效运行；其次是整体性测试，用于验证各个模块之间的信息传输以及协调配合是否顺利。

## 3 应用案例与系统优化

### 3.1 案例分析：智能制造中的应用实例

智能制造中的机器—电子产品运行检测系统得到了广泛地应用，尤其在高质量产品生产中以及高度自动化的生产过程中。为了证明我们研究所提出的机械设备运行监测方法的有效性，这里将选择一个现代工厂车间的全自动化生产线进行例子分析。这条产线使用电脑操控的裁切刀具及自动搬运机器人进行精密零部件加工与组装作业，对机器的高可靠性、高精度要求让监控系统更加具有难度。在这一时期，我们采用部署振动传感器、温度及湿度传感器以及电流检测仪表等方式，实

时监测生产线各关键设备运行状态。采集数据经后台处理系统使用大数据分析技术和故障预测模型快速判断设备是否异常，并给操作人员发出故障预警信息。例如，当振动传感器检测到某台数控车床的振动频率不正常，则这样，该监测系统就可以及时发出警报，说明设备可能产生了机械磨损或不平衡的情况。有了这种监测方法，整条生产线的一般性故障大大减少，同时设备平均无故障运行时间得到有效提升。

### 3.2 系统优化与改进方向

尽管目前的设备运行状态监测系统取得了一定的应用效果，但是随着智能化工厂的发展以及实际生产需求的变化，监测系统的应用仍然存在一定的提升空间。为了适应未来的生产条件和技术发展要求，可以从不同的方面探讨监测系统的优化改进方案，主要包括以下几方面：提升系统的效率还包括对数据分析方法进行改进。现阶段常用的故障诊断方法是基于传统数据统计学及简单机器学习的方法，在面对海量的数据分析时，会出现计算量过大、精度低下的情况，因此在未来我们可以引入包括深度学习、强化学习在内的前沿人工智能技术以获得更高的精度。例如，深度神经网络（DNN）和长短期记忆网络（LSTM）可以自行学习装置数据中的复杂模式并提供故障报警的更高精度。

### 3.3 行业前景与发展趋势

随着智能制造技术和工业 4.0 的发展，设备状态监控系统在制造业中的应用价值将越来越大，在未来物联网、云平台、大数据和智能化技术不断融合的过程中，设备监控系统会更加智能和精准，并能够实现全寿命周期设备管理。在智能制造环境下，设备运行状态监测系统不仅仅局限在设备故障预测与维护上，还将延伸到生产过程优化、资源分配以及智能化决策等领域更深的程度。智能制造环境下的设备运行状态监测系统将为制造企业带来巨大的经济效益。实时监测及数据分析能帮助公司提前发现机器故障，减少停机时间以及维护成本；另外，设备运行状态监测系统还能提高产线自动化水平，提高生产力从而增强企业的竞争力。

### 3.4 系统集成与测试

最后，在对设备运行状态监测系统进行构建时，将各个硬件、软件以及传感器、数据处理模块等多个子系统整合成一个统一的检测平台是关键环节，该过程中的每个子系统之间要能够形成良好的协作关系，并具备较高的可靠性以及扩展性。满足不同车间以及不同机器的

需求；在综合环节当中，最重要的环节便是确保各个硬件能够顺利协作，在实际操作过程中，需要重视的是对于传感器的选择和布置，因为每一台机电一体的机器都是存在差异性的，因此我们应该根据不同的设备类型和使用条件来选取最合适的数据采集器。例如，在对高级数字控制机进行精确监控的过程中，可能需要用到高灵敏度震荡传感器以及温度、湿度传感器对其实时监测；但对于其他设备而言，则可能更多的是需要更多的压力、流速等方面传感器来进行全方位监控。

## 4 结语

综上所述，在智能制造技术不断发展的情况下，机电一体化设备运行状态监测系统对于提升工作效率以及确保安全稳定使用及维修维护工作的意义越来越大。本文从智能制造背景出发，深入分析了机电一体化设备运行状态监测系统的设计与应用，并提出了一体化监测平台的新理念。并且给出了其应用于智能制造中的案例证明。从系统的规划方面来说，详细描述了采用传感技术采集数据的方法，并且建议将在线监测以及数据分析相结合的方法，同时开发出智能预警预测系统。

## 参考文献

- [1] 付崇龙, 马和. 机电一体化在智能制造设备中的设计与控制策略 [J]. 葡萄酒, 2024(7): 0082-0084.
- [2] 薛怡薛燕. 机电一体化技术在智能制造中的应用分析 [J]. 电脑迷, 2023(4): 40-42.
- [3] 张秉典. 机电一体化技术在智能制造中的应用 [J]. 微型计算机, 2024, 000(4): 3.
- [4] 郑军飞. 机电一体化在智能制造中的应用研究 [J]. 中文科技期刊数据库 (文摘版) 工程技术, 2024(003): 000.
- [5] 白书瑶. 智能制造背景下机电一体化技术发展趋势与应用 [J]. 安家, 2024(12): 0220-0222.

作者简介：彭程（1995.12-），女，籍贯：吉林省白城市，学历：研究生学历，研究方向：电气自动化，机电，电子信息。

通讯作者：王殿利，男，汉，副教授，硕士研究生，研究方向：人工智能、计算机应用。

课题：吉林省教育厅科学项目“基于机器学习的非接触式驾驶员生理指标检测技术研究”，立项编号：JJKH20261130KJ，项目层次：一般（自筹），项目类别：科技，课题负责人：王殿利，所在单位：长春科技学院，证号编号：20251997B7D00P5。