

# 机电一体化仪表的智能化检测与维护技术研究

乔冠华

山西焦化集团有限公司 山西 临汾 041000

**摘要：**本文聚焦于机电一体化仪表的智能化检测与维护技术，深入剖析了机电一体化仪表的特点及发展现状，阐述了智能化检测技术的原理、方法与应用，包括传感器技术、数据采集与处理技术、故障诊断技术等。同时，探讨了智能化维护技术的策略、模式与实施途径，如预测性维护、远程维护等。最后，对未来机电一体化仪表智能化检测与维护技术的发展趋势进行了展望，旨在为相关领域的研究与实践提供有价值的参考。

**关键词：**机电一体化仪表；智能化检测；维护技术；故障诊断；预测性维护

## 1 引言

在科技飞速发展的当下，机电一体化技术多学科融合，广泛应用于工业生产。机电一体化仪表作为其重要部分，集多种技术于一体，在工业自动化等领域作用重大。但传统检测维护依赖人工巡检和事后维修，存在效率低、故障发现不及时、成本高等问题。智能化检测与维护技术借助先进传感器等，可实时监测、自动诊断、预测问题，实现预防性维护，提高仪表可靠性与可用性，降低成本，研究该技术意义重大。

## 2 机电一体化仪表的特点及发展现状

### 2.1 机电一体化仪表的特点

机电一体化仪表融合机械、电子、计算机、传感器等多种技术，特点显著：（1）功能多样化：兼具测量、数据处理、存储、传输、控制等功能。如艾默生罗斯蒙特3051S系列智能压力变送器，测量范围0-40MPa，精度 $\pm 0.065\%$ ，每秒采集20次数据，存储容量50000组，有HART和FoundationFieldbus通信接口，在中石化炼油厂应用良好。（2）高精度和高可靠性：采用先进传感器和电子技术，测量误差小。德国西门子SITRANSPDSIII系列压力传感器精度 $\pm 0.05\%$ ，内部有抗干扰和冗余设计，在宝钢高炉连续运行超8000小时，故障率低于0.3%。（3）智能化程度高：内置微处理器或单片机，能自动校准、补偿、修正数据，消除环境等因素影响。横河电机EJA系列智能差压变送器可自动补偿差压测量值，还有自诊断功能，在电力企业锅炉监测中及时发现故障<sup>[1]</sup>。（4）通信能力强：具备多种通信接口，可构建工业物联网实现远程监控管理。海尔智能家居生产工厂用以太网连接仪表，提高生产效率和管理水平。

### 2.2 机电一体化仪表的发展现状

近年来，随着相关技术进步，机电一体化仪表飞速发展。国际上，发达国家处于领先，美国霍尼韦尔、德

国西门子、日本横河电机等企业产品应用于高端领域，研发投入占比高，霍尼韦尔每年占销售额10%-12%。我国机电一体化仪表行业成就显著，国内企业加大投入，产品种类丰富，在中低端市场占比较大，并向高端市场进军。如重庆川仪自动化股份有限公司在流量、压力仪表领域竞争力强。但与国外仍有差距，存在核心技术不足、产品可靠性和稳定性待提高、高端研发能力弱等问题，部分高端传感器依赖进口，航空航天领域高精度惯性传感器多依赖美俄产品。

## 3 机电一体化仪表的智能化检测技术

### 3.1 传感器技术

传感器是机电一体化仪表智能化检测的基础，它能够将各种物理量（如温度、压力、流量、位移等）转换为电信号或其他可测量的信号，以便后续的数据处理和分析。随着材料科学和微电子技术的发展，传感器的性能不断提高，种类也日益繁多。

新型传感器的应用：例如，光纤传感器具有抗电磁干扰、耐腐蚀、灵敏度高等优点，适用于恶劣环境下的测量。在石油化工、电力等行业，光纤传感器可用于监测管道内的压力、温度等参数，实现对设备运行状态的实时监测。另外，智能传感器集成了传感器、微处理器和通信模块，不仅能够实现信号的采集和转换，还能对数据进行初步处理和存储，并通过通信接口将数据传输至上位机。智能传感器的出现，大大提高了检测系统的智能化水平。

传感器融合技术：为了获得更准确、全面的信息，常常需要将多种不同类型的传感器进行融合。传感器融合技术通过综合分析多个传感器的数据，利用数据融合算法消除单个传感器的误差和不确定性，提高检测的精度和可靠性。例如，在机器人导航中，通过融合激光雷达、摄像头、超声波传感器等多种传感器的数据，能够

实现对周围环境的精确感知和定位。

### 3.2 数据采集与处理技术

**数据采集系统：**数据采集是智能化检测的关键环节，其任务是将传感器输出的模拟信号转换为数字信号，并进行采集和存储。现代数据采集系统通常采用高速、高精度的模数转换器（ADC），能够实现对多路信号的同步采集。同时，为了提高数据采集的可靠性和抗干扰能力，还采用了隔离技术、滤波技术等。例如，在一些工业现场，为了防止电磁干扰对数据采集的影响，会在传感器与数据采集卡之间采用光电隔离器进行隔离。

**数字信号处理技术：**采集到的数字信号往往包含噪声和干扰，需要进行进一步的分析和处理。数字信号处理技术利用计算机或专用信号处理芯片，对采集到的信号进行滤波、去噪、特征提取等操作，以提取有用的信息。常用的数字信号处理方法包括傅里叶变换、小波变换、卡尔曼滤波等<sup>[2]</sup>。例如，在振动信号分析中，通过傅里叶变换可以将时域信号转换为频域信号，从而分析设备的振动频率成分，判断设备是否存在故障。

### 3.3 故障诊断技术

故障诊断是智能化检测的核心目标之一，其目的是通过对仪表运行状态的监测和分析，及时发现故障并确定故障的类型和位置。常用的故障诊断方法包括基于模型的方法、基于信号处理的方法和基于知识的方法。

**基于模型的故障诊断方法：**该方法需要建立仪表的数学模型，通过比较实际输出与模型预测输出的差异来诊断故障。例如，对于一台电机驱动流量仪表，可以建立电机的动态模型和流量与电机转速的关系模型。在实际运行中，通过测量电机的电流、电压和流量等参数，与模型预测值进行比较，当差异超过一定阈值时，判断仪表出现故障。

**基于信号处理的故障诊断方法：**通过对仪表运行过程中产生的信号（如振动信号、电流信号、电压信号等）进行分析，提取信号的特征参数，如频率、幅值、相位等，并与正常状态下的特征参数进行比较，从而判断仪表是否存在故障。例如，在轴承故障诊断中，轴承故障会产生特定频率的振动信号，通过对振动信号进行频谱分析，检测故障特征频率的出现，即可判断轴承是否存在故障。

**基于知识的故障诊断方法：**该方法利用专家经验、故障案例等知识构建知识库，通过推理机制对仪表的故障进行诊断。常见的基于知识的故障诊断方法包括专家系统、模糊逻辑、神经网络等。专家系统将专家的知识经验和经验编码成规则，存储在知识库中，通过推理机根据

输入的仪表状态信息进行故障诊断。神经网络则具有自学习和自适应能力，能够通过对大量故障样本的学习，建立输入与输出之间的非线性映射关系，实现对故障的准确诊断。

## 4 机电一体化仪表的智能化维护技术

### 4.1 预测性维护策略

预测性维护是一种基于对设备运行状态实时监测和数据分析的维护策略，它能够在设备出现故障之前预测故障的发生，并提前安排维护计划，避免设备突发故障对生产造成的影响。

**状态监测与评估：**通过安装各种传感器，实时监测机电一体化仪表的运行状态参数，如温度、压力、振动、电流等。利用数据采集与处理技术对这些参数进行分析和处理，建立设备状态评估模型，对设备的健康状况进行实时评估<sup>[3]</sup>。例如，对于一台大型电机，通过监测电机的振动、温度和电流等参数，结合电机的历史运行数据和故障案例，建立电机状态评估模型，实时评估电机的健康状况。

**故障预测算法：**采用时间序列分析、机器学习等算法对设备状态监测数据进行挖掘和分析，建立故障预测模型，预测设备未来可能出现的故障。例如，利用支持向量机（SVM）算法对电机的振动信号进行训练和预测，能够提前预测电机的轴承故障。

**维护决策与计划：**根据故障预测结果和设备状态评估报告，制定合理的维护决策和维护计划。如果预测到设备即将出现故障，及时安排维修人员进行检修和更换零部件，避免故障的扩大和恶化。同时，根据设备的维护历史和运行状况，优化维护计划，降低维护成本。

### 4.2 远程维护模式

随着通信技术的发展，远程维护模式在机电一体化仪表的维护中得到了越来越广泛的应用。远程维护模式通过网络通信技术，实现对仪表的远程监控、诊断和维护，无需维护人员到现场，大大提高了维护效率和降低了维护成本。

**远程监控系统：**建立远程监控系统，通过安装在仪表上的传感器和数据采集设备，实时采集仪表的运行状态数据，并通过通信网络（如以太网、无线通信等）将数据传输至远程监控中心。监控中心对接收到的数据进行存储、分析和处理，实时显示仪表的运行状态，并提供报警功能。当仪表出现异常时，系统能够及时发出报警信息，通知维护人员。

**远程诊断与维护：**维护人员可以通过远程访问仪表的控制界面，对仪表进行参数设置、调试和故障诊断。

利用远程协助工具,如远程桌面共享、视频会议等,与现场操作人员进行实时沟通和指导,协助解决仪表故障<sup>[4]</sup>。对于一些简单的故障,维护人员可以通过远程操作直接修复;对于复杂的故障,可以提前做好维修方案和零部件,安排现场维修人员快速到达现场进行维修。

#### 4.3 自维护技术

**自维护技术:**自维护技术使机电一体化仪表能够在一定程度上自动完成一些维护任务,减少人工干预。例如,一些智能仪表具备自动清洗功能,当传感器表面附着有灰尘、油污等杂质影响测量精度时,仪表能够自动启动清洗装置,如喷水清洗或气流吹扫,清除传感器表面的杂质,恢复传感器的正常测量性能。

**自适应技术:**自适应技术使仪表能够根据环境变化或工作条件的改变自动调整自身的参数和运行模式,以保持最佳的工作状态。例如,在高温、高压或强电磁干扰等恶劣环境下,智能压力变送器能够自动调整其测量电路的增益和滤波参数,提高测量的抗干扰能力,确保测量结果的准确性。在石油化工行业的某炼油厂中,部分压力变送器安装在高温、高腐蚀的环境中。这些变送器采用了自适应技术,能够实时监测环境温度和电磁干扰强度。当环境温度升高时,变送器会自动调整内部电路的温度补偿参数,减小温度对测量精度的影响;当检测到电磁干扰时,会自动增强滤波功能,抑制干扰信号。

### 5 未来发展趋势展望

#### 5.1 与人工智能技术的深度融合

未来,机电一体化仪表的智能化检测与维护技术将与人工智能技术(如深度学习、强化学习等)深度融合。深度学习算法具有强大的特征提取和模式识别能力,能够更准确地诊断仪表故障和预测设备寿命。强化学习算法则可以使仪表根据环境变化和任务需求自动调整控制策略,实现自适应优化运行。

#### 5.2 大数据与云计算的应用

随着仪表数量的不断增加和检测数据的日益丰富,大数据技术将在智能化检测与维护中发挥重要作用。通过对海量检测数据的存储、分析和挖掘,能够发现更深

层次的设备运行规律和故障模式,为故障诊断和维护决策提供更准确的依据。云计算技术则为大数据处理提供了强大的计算资源和存储能力,实现数据的集中管理和共享,方便不同部门和人员之间的协作。

#### 5.3 虚拟现实与增强现实技术的辅助

虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术将为机电一体化仪表的维护提供更加直观和便捷的辅助手段。维护人员可以通过佩戴VR设备,进入虚拟的仪表内部结构,直观地查看零部件的运行状态和故障位置,提高故障诊断的准确性。AR技术则可以将维修指导信息实时叠加在现实场景中,为现场维修人员提供操作指引,提高维修效率和质量。

### 结语

机电一体化仪表的智能化检测与维护技术是工业发展的必然趋势,它对于提高仪表的可靠性、降低维护成本、保障工业生产的稳定运行具有重要意义。本文详细阐述了智能化检测技术的原理、方法与应用,包括传感器技术、数据采集与处理技术、故障诊断技术等,以及智能化维护技术的策略、模式与实施途径,如预测性维护、远程维护、自维护技术等。未来,随着人工智能、大数据、云计算、虚拟现实等技术的不断发展,机电一体化仪表的智能化检测与维护技术将迎来更加广阔的发展前景。相关企业和研究人员应密切关注技术发展趋势,加大研发投入,不断推动机电一体化仪表智能化检测与维护技术的创新与应用。

### 参考文献

- [1]李莉.自动化仪表的智能维护及校验途径[J].现代工业和信息化,2022,12(01):238-239.
- [2]朱志猛.基于深度学习智能仪表检测模型研究[J].计算机测量与控制,2023,31(08):91-97.
- [3]孟庆丰.基于人工智能技术的石化企业仪表自动化设备故障智能检测研究[J].石油化工自动化,2025,61(03):72-75.
- [4]雷中华.石油化工企业仪表自动化设备故障智能检测研究[J].石化技术,2024,31(06):49-51.