

仪器仪表自动化设备故障及维修管理

贺玉宝

宁夏瑞泰科技股份有限公司, 宁夏 中卫 755000

摘要：随着工业自动化水平的提升，仪器仪表自动化设备在生产过程中扮演着越来越关键的角色，不仅仅是监测和控制工具，更是生产效率和产品质量保障的重要保障。仪器仪表自动化设备通过实时数据采集、监测和反馈，实现对生产过程的精确控制和调节，提升了生产线的自动化程度和操作效率，为各类工业生产提供了技术支持和核心竞争力。本文分析仪器仪表自动化设备的工作原理，并提出了仪器仪表自动化设备常见的设备故障类型，在此基础上提出了维修管理策略，为工业自动化生产的持续改进和优化提供理论支持和实践指导。

关键词：仪器仪表；自动化设备；故障；维修

Malfunctions And Maintenance Management Of Instrumentation Automation Equipment

He Yubao

Ningxia Ruitai Technology Co., Ltd. Zhongwei, Ningxia 755000

Abstract： With the improvement of industrial automation level, instrument automation equipment plays an increasingly crucial role in the production process, not only as monitoring and control tools, but also as an important guarantee for production efficiency and product quality assurance. Instrumentation automation equipment achieves precise control and adjustment of the production process through real-time data collection, monitoring, and feedback, improving the automation level and operational efficiency of the production line, and providing technical support and core competitiveness for various industrial production. This article analyzes the working principle of instrument automation equipment and proposes common types of equipment failures. Based on this, maintenance management strategies are proposed to provide theoretical support and practical guidance for the continuous improvement and optimization of industrial automation production.

Keywords： instruments and meters; automation equipment; fault; repair

前言：

在现代工业生产和科学研究中，仪器仪表自动化设备直接影响到生产效率、产品质量以及研究成果的可靠性和准确性。随着仪器仪表自动化设备复杂性的增加和使用频率的提升，设备故障和维修管理成为了阻碍实际生产效率以及安全性的关键问题。仪器仪表自动化设备的故障可能由多种因素引起，包括但不限于电子元件老化、软件系统错误、机械部件磨损、环境条件变化等，潜在的故障不仅会导致生产过程的中断和质量问题，还可能对整个生产系统或实验过程造成严重影响。传统的预防性维护和应急维修方式已经不能完全满足高效率、低成本的要求。通过先进的技术手段实现设备故障的预测和快速响应尤为关键。深入探讨仪器仪表自动化设备故障及维修管理策略，对推动工业技术进步和提升研究实验质量具有重要意义。

一、仪器仪表自动化设备的工作原理

仪器仪表自动化设备是通过整合传感器、控制器和执行器等多种技术组件来实现自动化控制和数据采集的系统。其中，传感器是仪器仪表自动化系统中的核心部件，部署在各个系统中的传感器用于感知和采集各种环境参数和工艺数据。常见的传感器包括温度传感器、压力传感器、流量传感器等。传感器通过将物理量转换为电信号的方式，实现对过程状态的实时监测和控制。传

感器采集到的传感器信号经过模拟信号处理或直接数字化处理，将数据传输到控制器中进行进一步的分析和处理，且控制器根据预设的控制算法和逻辑，对数据进行实时处理并生成控制信号，从而实现对执行器的精确控制。随后，控制器根据处理后的数据信号生成相应的控制指令，将指令传输到执行器，对应的执行器根据控制指令调节或操作相关的执行机构，如电动阀门、电动马达等，实现对工艺参数或设备状态的调节和控制。在智能自动化背景下，现代仪器仪表自动化设备通常具备网络通信接口，支持

与上位机、SCADA 系统或其他自动化设备进行数据交换和远程控制，基于网络通信技术，实现设备之间的信息共享和集成管理，提高系统的整体效率和可靠性。

二、仪器仪表自动化设备的常见故障及其成因

（一）传感器失效与偏差

传感器在仪器仪表自动化设备中起到关键作用，负责采集环境参数或工艺数据，但其常见的失效与偏差问题会严重影响设备的性能和准确性。

随着使用时间的增长，传感器的敏感元件和电子组件会逐渐老化或磨损，导致其性能逐渐下降。在大部分的应用场景下，传感器内部的电子元件受到环境条件（如温度、湿度）的影响，从而失去精度或响应速度变慢，并且工业生产环境中存在振动、电磁干扰、化学物质腐蚀等因素，这些因素直接影响传感器的正常工作，化工厂中的化学品侵蚀传感器外壳或连接器，导致电路接触不良或短路，从而使传感器产生误差或完全失效。

传感器在安装和维护过程中，如果没有按照指定的操作规程进行，会引入外部因素或导致内部连接失效。例如，未正确固定传感器导致机械振动影响传感器测量精度，或者清洁过程中使用了不适当的化学清洁剂，损坏了传感器的敏感表面。此外，传感器在使用前需要经过精确的校准，以确保输出数据的准确性和稳定性，大部分使用条件下存在校准过程不严谨或者校准设备不准确，往往导致传感器输出的数据偏离预期值，影响整个自动化系统的正常运行。

（二）控制器软件硬件故障

控制器负责处理传感器采集的数据并生成相应的控制信号，其软件和硬件故障导致设备无法正常运行或者运行不稳定。控制器的软件程序编写存在逻辑错误、算法不完善或者编程 bug，这些问题导致控制器无法正确处理传感器输入数据或生成准确的控制指令。例如，在控制逻辑中出现死循环或逻辑判断错误，导致控制器无法响应正常操作指令。

控制器的硬件元件包括处理器、存储器、接口电路等，这些元件由于长期使用、环境条件或电气干扰等因素而损坏或失效。例如，电源电压不稳定导致电子元件损坏，或者接口电路短路造成控制器无法正常连接外部设备。与此同时，控制器安装在工业生产现场，受到温度变化、湿度、振动以及电磁干扰等环境因素的影响，上述影响因素导致控制器电子元件老化加快或电路板接触不良，进而影响其稳定性和可靠性。

（三）通信系统故障

通信系统在仪器仪表自动化设备中起到连接不同部件、数据传输和远程控制的重要作用。大部分的通信设备通常通过局域网或广域网进行通信，如果网络设备或线路出现故障、拥堵或配置问题，导致通信中断或延迟，且实际工业生产环境中存在电磁干扰、频率干扰等问题，这些干扰导致通信信号质量下降或丢失。

在通信网络架构下，大部分设备通常使用特定的通信协议进行数据交换和控制指令传输，在不同设备之间的通信协议不兼容

或配置错误的情况下，往往会导致数据解析错误或无法正常通讯。与此同时，后续协议版本更新时，设备之间如果存在版本不一致或兼容性问题，导致通信失败或功能受限。

在硬件方面，交换机、路由器等网络设备出现硬件故障，导致整个网络部分或全部通信中断，而核心的主控通信模块主要用于设备通信的通信模块（如以太网接口、串口通信模块等），当通信主控模块损坏或老化，导致数据传输错误或无法建立通信连接。

（四）机械系统故障

机械系统在仪器仪表自动化设备中承担着执行器和运动传动中起到了关键性的作用，其故障导致设备无法正常操作或者出现安全隐患，严重影响生产效率和设备可靠性。

机械系统中的运动部件如轴承、齿轮等，长期运转会导致磨损，从而影响其正常运动和传动效率，典型的如螺纹连接、销轴等，由于使用频繁或负载过大导致连接件断裂或松动，进而导致机械系统的功能受损或失效。此外，机械系统在使用过程中，润滑不足或过多，导致摩擦增加或润滑油污染，进而加速零部件的磨损，且操作人员在使用设备时，如操作不当或者超负荷操作，导致机械系统的关键部件受损或破坏。从环境的角度而言，极端的温度或湿度条件导致机械部件膨胀或收缩，影响其精确配合或运动效率，尤其是在恶劣的工业环境中，如化学品腐蚀或颗粒物污染导致机械部件表面损伤或内部故障。

三、仪器仪表自动化设备的维修管理策略

（一）构建自动化故障诊断与修复系统

在仪器仪表自动化设备的维修管理中，自动化故障诊断与修复系统通过集成各类传感器，实时采集设备运行数据，包括温度、压力、电流等参数，所采集的各类数据通过物联网技术传输到中央控制系统，用于设备状态的实时监测和分析，并在此基础上利用大数据分析技术，处理和分析海量实时数据，通过建立数据模型和算法识别设备运行异常的模式和特征，提前预警发生的故障。

一方面，应用机器学习和深度学习算法，训练模型识别设备常见故障模式和特征，提高故障诊断的准确性和及时性，并基于历史数据和实时监测数据，利用预测模型预测设备未来出现的故障，提前采取预防性维护措施，避免故障对生产造成影响。另一方面，可以搭建远程监控平台，实现对设备的远程实时监控和管理，能够随时随地获取设备运行状态，减少对现场人员的依赖，在此基础上针对诊断出的故障，系统可以自动提供修复建议或执行预设的自动化修复程序，例如重置参数、调整控制逻辑或发出维修请求。

（二）开展阶段性的预防性维护

前期技术人员可以利用传感器实时监测设备运行状态和关键参数，如温度、振动等，建立设备健康档案，分析设备运行数据趋势，识别异常和潜在故障风险。在日常巡检中，应用超声波检测、红外热像检测等非破坏性检测技术，对设备关键部件进行定

期检测，发现裂纹、磨损等潜在问题。

按照每日巡检以及系统应用规划的要求，制定详细的预防性维护计划和周期，根据设备类型、工作环境和条件确定维护频次和维护内容，在此基础上建立标准化的维护作业流程和操作规程，包括维护工具、润滑油品、检测仪器的标准选择和使用，确保维护作业的规范和质量。

一方面，需要对维护过程中收集的数据进行分析和挖掘，识别设备运行问题和性能改进的潜力，优化维护策略和周期，并根据设备使用寿命和制造商建议，定期更换易损件和关键部件，减少因部件老化导致的突发故障风险。另一方面，可以建立维护数据管理系统，记录和管理设备的维护历史、维修记录和维护成本，为维护决策和预算编制提供依据，在此基础上设立维护反馈渠道，收集维护人员的实地反馈和建议，及时调整和优化维护策略，提升预防性维护的效果和持续改进能力。

（三）优化通信网络的冗余

通信网络冗余设计旨在防止单点故障，提高网络的抗干扰能力和数据传输的可靠性，保障设备运行数据的实时传输和监控。具体而言，冗余的通信网络采用多路径传输设计，通过备份链路、环路和并行传输等方式，确保数据在网络中的备用路径，避免单一路径故障导致通信中断，将网络划分为多个独立的段和区域，采用隔离和分流技术，限制故障扩散范围，提高整体网络的稳定性和可管理性。通信网络的冗余体系的构建如图1所示。

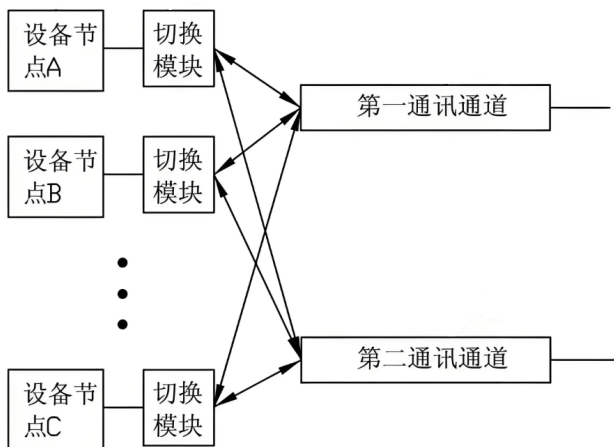


图1 通信网络的冗余体系

在设备工作时，选用具备冗余功能的核心交换设备和路由器，支持设备双机热备份、链路自动切换等技术，保障关键节点设备的持续运行，并基于前期设定的控制算法优化网络通信协议和传输协议，根据实际需求和网络环境，选用性能稳定、抗干扰能力强的通信协议，确保数据传输的稳定性和安全性。为了确保通信网络多机冗余系统能够顺利工作，还需要建立完善的网络安全防护策略，包括访问控制、数据加密、防火墙设置等，保障网络数据的安全性和机密性，在此基础上部署实时网络监控系统，监测网络流量、设备运行状态和安全事件，及时发现和应对网络攻击和异常行为，保证通信网络的稳定和安全。

与此同时，制定灾难恢复和业务连续性计划，包括设备备份、数据备份和灾难恢复策略，确保在网络故障或灾难事件发生时能够快速恢复和运行。优化通信网络的冗余不仅能够提高仪器仪表自动化设备的通信稳定性和可靠性，还能够降低设备因通信故障导致的停机时间和生产损失，是现代工业自动化生产中不可或缺的关键技术策略。

结语：

综上所述，随着设备复杂性和功能多样化的增加，仪器仪表自动化设备的维护管理面临诸多挑战。通过构建自动化故障诊断与修复系统，实现故障的快速诊断和修复；开展阶段性的预防性维护，有效降低设备故障率；优化通信网络的冗余，提升设备通信稳定性。这些策略不仅可以显著提高设备的可靠性和生产效率，还能有效降低维护成本和停机时间，为企业的生产运营带来持续的技术和经济优势。维修管理的科学化和智能化是实现工业自动化生产高效稳定运行的重要保障，为企业在竞争激烈的市场环境中保持竞争优势提供了可靠支持。

参考文献：

[1] 李俊川, 陶利民, 胡芑庆, 等. 设备智能故障诊断与维修支持技术研究 [J]. 仪器仪表学报, 2002.DOI:CNKI:SUN:YQXB.0.2002-S1-108.
[2] 李俊川, 陶利民, 胡芑庆, 等. 设备智能故障诊断与维修支持技术研究 [C] // 中国仪器仪表学会青年学术会议. 中国仪器仪表学会, 2002.DOI:10.3321/j.issn:0254-3087.2002.z1.109.
[3] 耿迪. 石油企业常用仪器仪表的故障诊断及检修 [J]. 科技与企业, 2013(16):1.DOI:10.3969/j.issn.1674-8980.2010.05.017.