

## 化工装置主控侧仪表系统运行可靠性研究

先杰

四川天华化工集团股份有限公司，四川 泸州 646000

**[摘要]**伴随着化工生产装置大型化、连续化、高度自动化的持续发展，主控侧的仪表控制系统成为了装置安全可靠运行的重要技术保证。主控侧不仅是整个生产过程信息的汇集与展示中心，更是控制决策及操作命令下达的中枢，在线运行可靠性对装置的安全性、经济性及连续性有着至关重要的作用。但长时间满负荷工作和恶劣复杂的现场条件使主控侧的仪表控制系统不得不面对硬件磨损老化、软件故障漏洞、通讯噪声干扰、人为误操作等各种问题所带来的威胁挑战，进而造成系统可用性降低、不稳定乃至生产异常波动甚至安全事故的发生。文章针对化工装置主控侧仪表控制系统在线运行可靠性的课题，阐述了主控侧系统的组成及特性，归纳总结出目前主控系统在运行过程中存在的主要隐患问题，结合设备选型、组网方式、运行环境、运维管理等多个方面探究造成系统可靠性低下的原因因素并给出相应建议措施，为主控侧仪表控制系统稳定可靠运行提供支持帮助。

**[关键词]**化工装置；主控侧仪表系统；运行可靠性

DOI: 10.33142/ect.v3i12.18614

中图分类号: TP273

文献标识码: A

## Research on the Operational Reliability of the Instrument System on the Main Control Side of Chemical Plants

XIAN Jie

Sichuan Tianhua Chemical Group Co., Ltd., Luzhou, Sichuan, 646000, China

**Abstract:** With the continuous development of large-scale, continuous, and highly automated chemical production equipment, the instrument control system on the main control side has become an important technical guarantee for the safe and reliable operation of the equipment. The main control side is not only the gathering and display center of the entire production process information, but also the center for control decision-making and operation command issuance. The reliability of online operation plays a crucial role in the safety, economy, and continuity of the device. However, prolonged full load operation and harsh and complex on-site conditions have forced the instrument control system on the main control side to face various threats and challenges such as hardware wear and aging, software failures and vulnerabilities, communication noise interference, and human error, resulting in reduced system availability, instability, abnormal production fluctuations, and even safety accidents. The article focuses on the reliability of online operation of the instrument control system on the main control side of chemical plants. It elaborates on the composition and characteristics of the main control side system, summarizes the main hidden dangers in the current operation of the main control system, and explores the factors that cause low system reliability from multiple aspects such as equipment selection, networking methods, operating environment, and operation and maintenance management. Corresponding suggestions and measures are provided to support the stable and reliable operation of the main control side instrument control system.

**Keywords:** chemical equipment; main control side instrument system; operational reliability

### 引言

在当前的现代化化工生产体系当中，伴随着过程自动化的逐步提高，生产运行也越来越依赖于仪表控制系统，而其中主控侧仪表系统正是联系现场仪表设备与运行人员之间的桥梁，负责信息汇总、过程监视、报警响应及过程操控等一系列重要工作。如果主控侧系统出现问题或者运行不够稳定，则一方面会干扰到操作人员对装置运行工况的认识了解，另一方面会导致各种控制命令无法下达或者错误执行，进而危及装置的安全性和生产的稳定性。面对大型化、复杂化的装置趋势，主控侧系统要面对越来越多的信号点连接数量、越来越大的控制逻辑规模以及越来

越频繁的数据收发需求，而且运行环境也越来越复杂，这就导致了主控侧系统的可靠性面临着更大的挑战，因此针对当前的化工装置，对其主控侧仪表系统运行可靠性进行系统的研究，找出存在的不足并寻求解决途径，这对于提高整个装置乃至企业的自动化水平和固有安全性都有着非常重要的现实意义。

### 1 主控侧仪表系统及其运行可靠性基础

化工装置主控侧仪表系统是以操作站、工程师站、服务器及相应通信设备为主体建立起来的一个集中的监视及操作平台，主控侧系统通过连接现场仪表、控制器及执行器来对整个生产工艺过程进行集成式的管控。从业务功

能来看，主控侧系统既是工艺参数的显示器和记录仪，也是报警汇总处理中心、趋势查看工具、控制命令下达者、操作员权限管理者等一系列角色，可以说是化工装置的“大脑”。主控侧仪表系统运行可靠性是指系统在其规定运行时间、环境下可以无故障地持续、稳定、精确地完成所设计任务的概率，它既包括了硬件层面的物理可靠性也包含了软件层面、通信方面、人机交互方面的整体可靠性水平。对于连续化生产的化工行业来说，主控侧仪表系统往往需要长期处于高度可用的状态，如果经常发生频繁死机、反应迟钝、数据失灵等问题都会降低操控员对装置状况的感知度进而加剧安全隐患和生产事故发生的可能性，所以主控侧仪表系统运行可靠性的研究具有很强的系统性和工程性。

## 2 主控侧仪表系统运行中存在的主要问题

### 2.1 硬件设备故障与老化问题

对于化工装置长期连续运转工况来说，主控侧仪表系统的服务器、操作员站、网络交换机和输入输出模块等硬件设备一直处于满负荷运行中，并且还面临着温度变化、电磁干扰、湿度变化、供电品质波动等诸多恶劣条件的影响，导致了机器的老化加速，硬件故障的发生率变大。一些企业的硬件升级及更新不到位，还在使用老旧的计算机硬件、网络交换机、通讯接口，经常会发生接口松动、硬盘读写错误、电压不稳定引起的重启、散热不良导致的各种机器故障，从而导致系统宕机或者丢包，进而影响生产的连续性及安全性。而且一些重要设备缺乏备份，在单点失效的时候会引起一系列的连锁反应，进而导致整个主控侧系统受限，降低了系统的可用度和可靠性，严重时会对生产安全及操控决策带来巨大危害。所以硬件设备的及时保养、日常巡检和适当的冗余设置是提高主控侧仪表系统长时间工作的可靠性的必要保证。

### 2.2 软件系统不稳定与程序缺陷

监控端仪表系统十分依赖操作系统、组态软件及控制应用软件之间的协调工作，软件方面的任何一个漏洞都有可能导致主控端系统稳定性的雪崩效应。而在实际使用过程中，某些系统因版本更新不严谨、补丁更新滞后以及旧程序一层层累加等原因，经常会出现程序冲突、内存泄露、反应迟钝等情况的发生，最终导致操作员站卡慢死机乃至整个系统崩溃。还有一些控制系统在编制或者调整时未经严格测试，潜藏其中的编程错误会在特殊情况下被激活，引发界面乱码或者是失去控制的现象发生，极大程度上影响着操纵员的观察和操控，降低了监控端系统的可用性。

### 2.3 通信与数据传输异常

主控室仪表系统经由工业以太网、现场总线等不同的通讯手段连接到现场设备及控制器上进行数据读写，通讯通道的好坏直接影响着信息传递的速度和精确度。而化工厂内网络拓扑结构复杂，节点众多，一旦网络设计不到位

或者交换机能力不够，在高负荷时就会发生堵车以及丢帧、延时现象，进而引发监控画面上迟滞响应或者是控制系统指令下达延迟等情况的发生；再者就是电磁环境以及接地问题，会引起通信不稳定，使得数据发送时有时无，增大了系统的风险性。

## 2.4 操作失误与管理薄弱环节

虽然说主控制器一侧的仪表系统自动化程度很高，但是它最后的表现还是要依赖于使用者和维护制度的影响。有些企业的工作人员并不真正清楚系统的各项作用，对待警报及屏幕切换等行为也过于随意，在危机时刻可能会发生误动作或者延迟动作，进而扩大了系统自身存在的不足之处。此外，运维管理制度不完善、账号权限管理不到位、变更管理不到位均有可能使未经充分测试的程序更新、系统配置变更上线到生产环境中，提升了控制系统发生故障及不稳定的可能性。

## 3 影响主控侧仪表系统运行可靠性的关键因素

### 3.1 控制系统与仪表设备配置因素

主控侧仪表系统的可靠程度主要由该系统的控制结构及所采用设备是否合理决定。若系统设计初期忽视了冗余度及容错机制，则一旦核心服务器、工作站、网络组件失效，则会导致全系统崩溃而失去监控界面并丧失控制功能。同时控制器与现场仪表能否兼容，I/O 卡件好坏，信号隔离效果等都会影响到数据获取、控制命令下达的正确性，如接口大小不够、速率不同步、抗扰度较低等问题均会造成信号不稳定、传输滞后甚至出现误操作等情况的发生严重影响主控侧运行可靠性。

### 3.2 网络结构与通信可靠性因素

主控单元系统赖以生存的通信平台，也是系统消息传输的基础，网络物理结构、带宽设置、交换机组都对系统有重要影响，若网络结构设置太集中或者缺少备份路由，某一点或者某一线段出现故障就会导致大面积通讯瘫痪，使得上位机与控制器之间无法进行正常的数据更新及警报提示。另外若缺少完善的网络监控、性能统计、故障排查，则一些隐藏在网络内部的通讯问题比如堵塞，丢包，延时增长甚至信号干扰等都不能被及时的检测到，在后期的关键工况中就容易酿成系统级的故障，大大降低了主控端仪表系统的可靠度，给生产和控制埋下了不稳定因素。

### 3.3 运行环境与电源保障因素

主机侧仪表系统一般较为集中的安装在控制室或者计算机房内，所在环境的温湿度条件，洁净程度及供电情况均会对主机设备使用寿命、稳定运行有所影响，如果空调系统控制不佳，计算机房间灰尘、腐蚀性气体过多，会加快主机内元器件的老化速度，增加主机设备故障的发生概率，从而降低了主机设备长时间可靠工作的可能性。另外供电过程中电压不稳定、短暂失电或 UPS 系统可靠性差会导致服务器以及操作员站非计划性的自动重启甚至

丢失数据，严重情况下会造成系统数据库与系统配置的破坏使得系统重新启动变得复杂困难，进而降低了主机侧仪表系统的稳定运行能力。

### 3.4 运维管理与人员技术水平因素

主控侧仪表系统的可靠运行除了受技术方面因素的影响外，很大程度上取决于运维管理水平以及人员技能水平。缺少了有效的巡检、维护和测试制度，很多设备存在的问题和程序上的漏洞就得不到及时发现并且解决，在日常工作中不断积累而在特殊工况下诱发控制系统故障。此外，使用人员和维护人员对于系统原理、控制策略和系统性能的认识理解水平决定了出现故障时的反应时间和解决问题的能力。使用者技术水平欠缺、规章制度落实不到位、培训学习跟不上都会产生误操作、失误维护或者忽略报警信息等现象，这些都会使得系统可靠性下降、装置安全性降低。所以加强运维管理措施、提升人员技术水平、制定合理的考核标准是保证主控侧仪表系统长期可靠工作的必要手段。

## 4 提升主控侧仪表系统运行可靠性的对策与措施

### 4.1 硬件冗余与系统结构优化

增加关键服务器、工作站、网络交换装置及电源部分的冗余设置能大幅地提升了主控端仪表控制系统容错性能，避免单一节点的异常扩散至整个系统的当机状况发生进而保证生产的稳定可靠运行。系统的冗余除了有主从服务器、双网卡外，还包括了 UPS 电源模块、交换机链路以及重要 I/O 模块的热备等，以便于机器故障时迅速切换而不中断工作<sup>[1]</sup>。另外对体系架构进行调整，科学分配网络域、控制器与功能块，不仅可以减少故障蔓延程度而且方便日后的维修扩容，提高了系统的可控度与便捷性，进而全面提升主控端仪表控制系统稳定性。

### 4.2 软件平台与控制逻辑优化

强化针对操作系统、组态软件及应用程序的版本管控与测试验证工作，规范化的软件更新步骤能够显著降低程序 Bug 对控制系统正常工作的干扰，防止未经严格测试的新版或修订版软件导致系统宕机、控制器故障等情况的发生<sup>[2]</sup>；应开展控制系统程序的系统性精简，其中包含压缩复杂的计算公式、删除重复累赘的判断语句、调整报警方案等内容使得程序具备面对所有可能工况时均能迅速准确作出反馈的能力；在显示画面上增加必要的信息层级展示、强化操作提示程度、规范统一化操作面板样式等措施都可以减轻运维人员的理解难度进而降低误操作、迟缓反应的概率；而引进仿真实验和虚拟调试环境，则可以在正式上线之前检验控制逻辑及人机交互的操作是否合理，从而进一步提升主控端仪表系统稳定安全运转的程度。

### 4.3 通信网络与数据安全保障

对网络的拓扑结构进行优化，提高带宽设置，增加网络冗余及隔离措施，能够有效的提升主控侧系统通讯的可

靠性及抗干扰性能，保证了操作员站、控制器与现场仪表间的通讯在重载及复杂工况条件下依然具有实时性与精确度。网络冗余配置包含主备线路互切、核心交换机冗余、重要节点双网卡等设置，在出现单个节点失效的情况下能自动切换而不造成系统通讯失败<sup>[3]</sup>。网络隔离及防火墙措施可防止外来干扰与恶意攻击，确保通讯安全。对于系统中重要的生产信息、报警信息、历史趋势等数据加强定期备份和分级保存，并制定相应的数据恢复方案，则能在控制系统出现异常或故障后快速重启并恢复正常，减少了因生产停滞造成巨大损失，进而提高了主控侧仪表系统的整体可靠性和安全性水平。

### 4.4 运行维护与应急管理机制完善

构建以防预性维护与状态检测为主的运维框架，对主控侧仪表系统的定期巡检，功能测试，系统评估以及重要设备使用寿命分析，能够在早期阶段暴露存在的风险点并及时采取相应措施予以防范，进而降低突发故障出现的几率。其中巡检工作需包括服务器、工程师站、网络交换机、I/O 模块等设备运行状况的查看，配合系统日志检查以及实时监控信息浏览等构成闭环管控模式。另外，编制应急预案，规定故障应对流程以及开展模拟训练等可以让运维人员在紧急时刻快速、准确地做出判断、解决问题、恢复正常，确保生产的持续开展。除此之外，实施培训考核制度，提升相关人员对于系统功能、控制策略以及各类报警的熟悉程度也可以有效的避免人员误操作给系统可靠性带来的负面影响。进而最大可能的使主控侧仪表系统可靠性的长期稳定发挥。

## 5 结语

DCS (Distributed Control System) 控制系统作为化工装置生产过程管控的核心平台，其可靠运行关系着整个装置的安全和效益。从系统组成到运行异常及影响因素的全方位剖析能够发现，软硬件、通讯以及管理和其它各方面综合因素交织在一起，共同制约着主控端系统的可靠水准。唯有在技术进步和管理水平同步发展的前提下，不断优化系统结构、完善设备选型、强化运维手段，才能达成主控端仪表系统长周期可靠的目标，为主控端仪表系统乃至整个化工装置的安全、经济和有效生产保驾护航。

## 【参考文献】

- [1]宋一歌.化工装置仪表与控制系统失效的原因与改进措施[J].中国仪器仪表,2025(2):74-77.
- [2]谢丽玲.化工装置安全仪表系统可靠性提升策略及案例分析[J].化工管理,2025(32):105-108.
- [3]彭晓阳.大型化工装置仪表自控系统的故障应对措施[J].化工管理,2022(36):139-141.

作者简介：先杰（1997—），毕业于成都信息工程大学，网络工程专业，主要研究方向为化工仪表及自动化。