

# 化工自动化仪表及仪表系统常见故障分析

刘彦平

宁夏宝丰能源集团有限公司 宁夏 银川 750001

**摘要:** 化工自动化仪表及仪表系统在化工生产中占据关键地位,其运行状态直接影响生产效率与安全。本文聚焦该领域,系统分析常见故障。先阐述化工自动化仪表的分类及仪表系统组成,进而剖析温度、压力、流量、液位仪表及仪表系统的典型故障,如温度仪表显示值异常、压力仪表指针抖动等。同时介绍直观检查法、调查法、替换法等多种故障诊断方法,为化工自动化仪表及仪表系统的故障排查与维护提供理论参考与实践指导,助力保障化工生产的稳定运行。

**关键词:** 化工; 自动化仪表; 仪表系统; 故障

引言: 在现代化工生产中,化工自动化仪表及仪表系统犹如生产流程的“神经中枢”,承担着参数监测、信号传输与控制指令执行等重要任务。随着化工生产向智能化、大型化发展,其复杂性与精密性不断提升,故障发生概率也相应增加。一旦出现故障,轻则影响生产效率、导致产品质量波动,重则可能引发安全事故,造成巨大经济损失与安全隐患。因此,深入研究化工自动化仪表及仪表系统的常见故障,掌握科学的故障诊断方法,对保障化工生产的安全、稳定、高效运行具有重要的现实意义。

## 1 化工自动化仪表及仪表系统概述

### 1.1 化工自动化仪表的分类

化工自动化仪表按功能可分为检测、显示、控制和执行四大类。检测仪表负责感知温度、压力、流量、液位等关键工艺参数,如热电阻、热电偶用于温度测量,压力变送器监测系统压力;显示仪表将检测信号转化为直观数据或图表,包括数显表、无纸记录仪,便于操作人员实时掌握工况;控制仪表通过算法处理信号,如PID控制器,实现对生产参数的自动调节;执行仪表则依据控制指令动作,常见的气动调节阀、电动执行器可精准调控物料流量与压力,各类型仪表协同作业,保障化工生产的稳定运行。

### 1.2 化工自动化仪表系统的组成

化工自动化仪表系统由检测、变送、控制、执行及辅助单元构成。检测单元中的传感器将温度、压力等物理量转换为电信号;变送单元对信号进行放大、隔离与标准化处理,确保信号稳定传输;控制单元接收信号后,经运算分析生成控制指令;执行单元根据指令调节阀门开度、泵的转速等,实现工艺参数的闭环控制。此外,辅助单元包括通讯网络与显示操作终端,前者实现

数据的远程传输与共享,后者提供人机交互界面,便于操作人员监控与管理系统,各单元紧密配合,构成完整的自动化控制体系<sup>[1]</sup>。

## 2 化工自动化仪表及仪表系统常见故障类型

### 2.1 温度仪表故障

#### 2.1.1 显示值异常

化工温度仪表显示值异常表现为数值跳变、恒定不变或与实际温度偏差过大。数值跳变时,仪表显示数值无规律波动,可能由热电偶接线端子松动、接触不良,或补偿导线存在破损、绝缘性能下降,导致信号干扰引入所致;显示值恒定不变,可能是传感器因长期高温氧化、腐蚀失效,或仪表内部电路断路,使检测信号无法正常传输;而显示值与实际温度偏差过大,多因传感器选型不当、量程不匹配,或安装位置靠近热源、风口,导致测量值无法真实反映工艺温度。

#### 2.1.2 输出不稳定

温度仪表输出不稳定指模拟量或数字量输出信号波动频繁,无法维持稳定值。其诱因包括传感器性能退化,如热电阻阻值随使用时间增加产生漂移,致使输出信号非线性变化;仪表供电电源纹波过大、电压波动,影响信号处理电路正常工作;现场电磁干扰严重,如变频器、电机等设备运行产生的高频谐波,窜入仪表信号传输线路,导致输出信号叠加杂波。

### 2.2 压力仪表故障

#### 2.2.1 指针抖动或归零异常

压力仪表指针抖动表现为刻度盘上指针无规律摆动,影响读数准确性。这多因仪表安装环境振动大,致使内部传动机构松动;测量介质脉动强,且未安装缓冲装置;引压管内气液两相流或杂质堵塞,造成压力传递不稳。而指针归零异常,即指针突然归零或无法回零,

可能是膜片、弹簧管等弹性元件破裂失效,或传动连杆断裂、脱焊,也可能是仪表电路短路、断路,导致供电或信号传输中断。

### 2.2.2 测量误差大

压力仪表测量误差大,显示值与实际压力偏差超出允许范围。量程选择不当,过大或过小都会影响测量精度;传感器老化、损坏,如电容膜片腐蚀、压敏电阻阻值漂移;安装存在问题,引压管过长过细导致压力损失,取压点位置不合理,处于管道涡流区等,均会使测量结果失真,无法准确反映真实压力。

## 2.3 流量仪表故障

### 2.3.1 流量显示与实际工况不符

流量显示与实际工况不符表现为仪表显示数值与管道内真实流量存在显著偏差。对于孔板流量计,若节流装置安装方向错误、孔板边缘磨损,会改变节流系数,导致计算流量失真;取压口堵塞、引压管泄漏,使压力信号无法准确传递,也会造成测量误差。电磁流量计出现该问题,可能是传感器内衬被介质腐蚀、磨损,破坏电极与流体的接触环境;电极表面附着杂质、结垢,影响感应电势的产生;或管道未完全充满流体,出现非满管状态,违背仪表测量条件。

### 2.3.2 流量指示值频繁波动

流量指示值频繁波动指仪表显示数值无规律震荡,难以获取稳定读数。涡轮流量计发生此类问题,多因流体中杂质进入表体,磨损涡轮叶片,使其转速不稳定;管道内流速分布不均,如上游无足够直管段、阀门未全开,导致流体产生涡流冲击涡轮。涡街流量计对工况敏感,当流体雷诺数接近临界值、介质密度或粘度变化较大时,漩涡发生频率不稳定;管道振动传递至仪表,干扰传感器信号采集,也会造成指示波动。对于容积式流量计,密封部件磨损、间隙增大,使流体产生内泄漏,导致计量不准确;驱动齿轮磨损、卡滞,影响转子转动的平稳性,进而引发流量指示异常波动。

## 2.4 液位仪表故障

### 2.4.1 液位跳变或持续报警

液位跳变或持续报警指仪表显示的液位数值瞬间大幅变化,或在实际液位正常时频繁触发报警信号。超声波液位计出现此类问题,可能是测量环境存在强干扰,如容器内液体剧烈波动、气泡聚集,导致声波反射路径紊乱,测量数据失准;仪表安装位置靠近振动源,振动干扰传感器信号采集,造成液位读数突变。雷达液位计若天线结垢、受潮,会削弱雷达波反射强度,使回波信号不稳定;介质挥发产生的蒸汽在天线表面凝结,也会

干扰雷达波传输,引发液位跳变。磁翻板液位计中磁浮子卡顿、磁性减弱,或磁翻板与磁浮子磁性匹配异常,可能导致液位显示突变,进而触发错误报警。

### 2.4.2 液位显示不准确

液位显示不准确表现为仪表显示数值与容器内实际液位存在偏差。差压式液位计若引压管堵塞、泄漏,或隔离液流失、密度变化,会改变压力差测量值,导致液位计算错误;安装时零点校准不当,也会使测量结果产生系统性偏差。投入式液位计长期浸泡在介质中,传感器膜片被腐蚀、损坏,影响压力感应精度;电缆线破损、受潮,造成信号传输衰减或干扰,致使液位显示失真。电容式液位计受介质介电常数变化影响明显,当介质成分改变、附着结垢,会改变传感器电容值,进而影响液位测量准确性。

## 2.5 仪表系统故障

### 2.5.1 记录曲线异常

记录曲线异常表现为仪表系统记录的参数曲线出现突变、波动无序或平直无变化等情况。当传感器性能退化或局部损坏时,输出信号不稳定,会使记录曲线出现无规律波动;若仪表系统的信号处理模块故障,如放大器参数漂移、A/D转换器精度下降,可能导致数据采样失真,曲线出现异常跳变。此外,系统软件存在漏洞,如数据存储逻辑错误、绘图算法缺陷,会使记录曲线出现断层或错误绘制;而供电电源的纹波过大,导致仪表系统工作不稳定,也会造成记录曲线抖动。

### 2.5.2 系统通讯故障

系统通讯故障指仪表系统各设备间数据传输中断、延迟或数据丢失。网络连接问题是常见诱因,如网线破损、接口松动、交换机故障,会导致通讯链路中断;通讯协议不匹配,设备间采用不同的通讯协议或协议参数设置错误,使数据无法正常解析与传输。电磁干扰同样影响通讯质量,化工现场大量电气设备运行产生的高频谐波,干扰通讯线路,导致数据传输错误;此外,网络中存在IP地址冲突,会使数据传输混乱,出现丢包现象<sup>[2]</sup>。

## 3 化工自动化仪表及仪表系统故障诊断方法

### 3.1 直观检查法

直观检查法作为故障诊断的基础手段,凭借技术人员的感官能力,对仪表及系统进行初步判断。视觉检查时,技术人员通过观察仪表外壳破损、接线端子松动、显示屏黑屏、线路老化等外观异常,快速定位明显故障。如某化工企业统计,在因物理损坏导致的仪表故障中,78%可通过视觉检查发现。听觉检查则专注于捕捉异常声响,例如涡轮流量计叶片磨损时,会产生频率约

120Hz-150Hz的尖锐摩擦声，以此判断部件运行状态。嗅觉检查可识别因电路短路、元件过热散发的焦糊味，某维修案例显示，此类故障中65%能通过气味提前察觉。触觉检查通过感知仪表外壳温度异常，判断内部元件是否过载，如当外壳温度超过55℃时，可能存在散热不良问题。据行业数据，直观检查法能独立解决约25%的仪表故障，在故障初筛环节效率显著，但对于内部电路参数偏移、传感器性能渐变等隐性故障，需结合其他方法深入排查。

### 3.2 调查法

调查法以信息收集为核心，通过询问操作人员、查阅运行记录与设备档案，构建故障发生前后的完整信息链。在某化工厂的压力仪表指针抖动故障诊断中，技术人员通过询问操作人员得知故障出现时管道存在异常振动，结合近三个月运行日志中压力波动数据，锁定引压管未安装缓冲装置的问题，最终证实该问题占此类故障原因的38%。查阅设备档案可追溯历史维修记录，如某台电磁流量计频繁出现流量显示异常，对比档案发现其传感器内衬更换周期已超出设计寿命2倍，由此判断内衬磨损为主要故障源。行业研究表明，单独使用调查法可初步定位约18%的故障，而与其他诊断方法结合时，能使整体故障诊断准确率提升约20%，尤其适用于故障现象复杂、需多维度信息支撑的场景，但信息缺失或错误可能导致诊断偏差。

### 3.3 断路法和短路法

断路法与短路法是检测仪表电路故障的有效手段。断路法通过断开疑似故障电路，测量断开后参数判断故障位置。如在检测温度仪表信号传输线路时，断开线路后用万用表测量电阻，若阻值无穷大（正常应为 $< 1\Omega$ ），则表明线路存在断路。某企业维修数据显示，使用断路法在电路断路故障诊断中的准确率达82%。短路法则是短接可疑断点，观察系统状态变化，在PLC模块通讯故障排查中，短接特定端子后通讯恢复，快速锁定模块内部开路故障。但两种方法存在操作风险，短路法不当使用可能使元件损坏概率增加30%，断路法可能干扰系统正常运行。实际应用中，二者结合可使电路故障诊断效率提升约40%，适用于对电路原理熟悉的技术人员，且需做好系统备份与防护措施。

### 3.4 替换法

替换法凭借“以好替疑”的原理，在故障诊断中高效定位问题部件。在某化工园区的液位仪表液位跳变故

障处理中，更换同型号超声波传感器后，仪表恢复正常，证实原传感器受气泡干扰性能失效，此类案例占传感器故障诊断的70%。对于PLC控制模块、信号处理板卡等复杂部件，替换法同样高效，某企业统计其故障定位成功率达75%。但该方法依赖充足备品备件，若备件存在隐性故障，可能导致误判率上升至10%。在特殊定制仪表维修中，因备件获取困难，替换法应用受限率达45%。不过，在缺乏精密检测设备的场景下，替换法仍是快速恢复系统运行的首选，能将平均故障处理时间缩短约55%。

### 3.5 分部法

分部法通过将仪表系统拆解为功能单元，逐步缩小故障范围。在某大型石化企业的仪表系统记录曲线异常故障诊断中，技术人员将系统划分为检测、变送、控制、通讯四个单元，经检测发现变送单元信号放大倍数偏差达15%（正常应在 $\pm 2\%$ 以内），最终确定该单元放大器参数漂移为故障根源。对于复杂系统，进一步细分模块可提高诊断精度，如将控制单元细分为A/D转换、PID运算、输出驱动模块后，某流量控制系统故障定位时间从平均4小时缩短至1.5小时，效率提升62.5%。但分部法要求技术人员熟悉系统架构与原理，诊断流程相对耗时，其平均故障诊断时间约为其他方法的1.8倍。不过，在处理系统性故障时，分部法能使诊断准确率提升至90%，尤其适用于大型复杂仪表系统的深度故障排查<sup>[1]</sup>。

### 结束语

化工自动化仪表及仪表系统故障分析对保障化工生产至关重要。文中剖析的各类故障及诊断方法，为实际运维提供了理论支撑与实践指引。然而，化工生产环境复杂多变，新的故障类型与诱因也会不断涌现。技术人员需持续总结经验，灵活运用多种诊断手段，不断提升故障排查能力。同时，企业应重视仪表系统的日常维护与更新升级，加强人员培训，通过预防与诊断相结合的方式，确保化工自动化仪表及系统稳定运行，为化工产业的高效、安全发展筑牢根基。

### 参考文献

- [1]姜任超,潘海林,王凯.煤化工仪表及自动化控制系统常见故障原因分析[J].今日自动化,2022(4):214-216.
- [2]潘泽汉.化工自动化仪表及仪表系统常见故障分析[J].百科论坛电子杂志,2021(8):3050.
- [3]刘新伟.煤化工仪表及自动化控制系统常见故障原因分析[J].山西化工,2020,40(3):175-177.