

化工仪表故障维护措施及经济性分析

宋世棋 李 杰 (中海壳牌石油化工有限公司, 广东 惠州 516086)

摘要: 在现代化工生产自动化水平不断提高背景下, 化工仪表已成为过程控制系统以及安全监控中的核心手段, 其工作可靠性与企业生产效率以及整个系统安全性有着密切联系, 本文探讨化工仪表在化工生产中所起到的巨大作用, 并分析其中经常出现的故障原因, 同时提出针对性的维修措施以成本效益角度对经济性质做深入的分析, 这样就会给化工企业保证生产的安全性和稳定性的前提下获得最大的经济效益, 促进企业不断发展, 提供了可靠的决策支持。

关键词: 化工仪表; 故障诊断; 经济性分析

中图分类号: TQ056; F406.7

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2026) 008-0067-03

Maintenance measures and economic analysis for chemical instrument faults

Song Shiqi, Li Jie (CNOOC Shell Petrochemicals Co., Ltd., Huizhou Guangdong 516086, China)

Abstract: In the context of advancing automation in modern chemical production, chemical instrumentation has become a core component of process control systems and safety monitoring. Its operational reliability is closely tied to production efficiency and overall system safety. This paper examines the critical role of chemical instrumentation in industrial processes, analyzes common failure causes, and proposes targeted maintenance solutions. Through a cost-benefit analysis, it provides reliable decision-making support to help chemical enterprises maximize economic returns while ensuring production safety and stability, thereby driving sustainable development.

Keywords: chemical instrument; fault diagnosis; economic analysis

化工生产流程繁琐且连续性强, 所以对生产参数的精准监控与调节就显得格外关键, 化工仪表作为化工生产过程的关键监测与控制设备之一, 其性能的好坏会直接关系到化工生产是否安全稳定, 产品是否优质等。所以, 对化工仪表故障维修方法及经济性分析具有重要意义, 可以帮助企业制定出既能保障生产过程平稳进行又可以降低运营成本, 提升整体经济回报的最优维护策略。

1 化工仪表在化工生产中的作用

在化工领域中, 自动化生产的实现主要依赖于各种类型的传感器及变送器, 它们实时监控诸如温度, 压力以及其他关键物理参数, 并将所得的数据传输给像 DCS 或者 PLC 这类控制器, 这样就能够与预设的标准进行比较, 在此基础上根据一定的算法发布命令使执行机构工作, 从而达到准确而稳定地调节的目的, 来保证生产始终处在最佳状态, 与此同时, 作为安全仪表中最尖端的一部分, 当探测出核心操作数据超出安全范围或者设备发生故障后, 系统就会引发连锁反应并且开始紧急停车机制或者安全处理方案来规避可能存在的隐患, 继而保障工作人员, 设备以及自然环境等安全性。

标准化输出信号则组成一条无间断的资料来源以收集与监控生产数据, 通过长期采集资料、分析资料并对走向进行判定, 能够有效帮助工艺诊断、能源消耗评估、生产能力和产品质量追踪, 继而为进一步改

善和优化生产工艺提供依据从而对管理层做出决策给予强有力的支持, 化工仪表将感知、控制、安全防护及数据分析有机融合在一起, 形成化工制造的核心技术手段, 对确保生产设备平稳、高效、经济运行具有重要意义^[1]。

2 化工仪表常见故障类型及原因分析

2.1 机械故障

化工仪表中的机械传动部分和结构部分会因为磨损、卡滞、变松或者产生疲劳变形等问题而造成仪表的测量精度降低等情况, 使工艺参数不能够得到正常的反馈或者控制命令的下达从而影响到对工艺参数的平稳监控和调整。机械方面故障主要集中在仪表运动部件和各部件之间连接处, 具体表现有指示滞后, 回转过程中误差过高, 动作阻塞等, 这些情况在严重的情况下会引发仪器停止工作, 使其监测和控制功能消失。

机械故障的出现主要与仪表长时间持续工作, 现场振动干扰大, 被测量介质对仪表冲刷与腐蚀, 安装不够精确, 维护和修理不及时有关。在化工生产现场中, 设备振动, 介质温度和压力的变化等状况是普遍存在的, 而长时间的振动将使仪表与连接紧固件之间发生松动, 机械配合间隙变大, 加快了零部件的磨损程度, 并且降低了结构强度, 如果在安装时没有严格按照安装规范进行操作, 则会有安装偏差和固定不够稳固的情况, 这些都加重了机械部件受力不均匀的现象而造成卡滞或者松弛, 仪表中的机械零件都有其

内在的寿命，在长时间的工作后，零件会出现疲劳老化的现象，继而造成故障^[2]。

2.2 电气故障

化工仪表电气回路及电气元件出现异常，造成仪表不能正常地接收、处理和传输信号，测量的数据发生畸变，控制功能丧失，在严重情况下可引起仪表连锁的错误动作。电气故障的发生主要是由电气元件的老化，现场环境潮湿，电路超负荷，电磁干扰，雷击冲击和保养不善造成的。在化工生产现场有大量高压电气设备和动力电缆等，在作业过程中产生了强烈的电磁辐射并形成了电磁干扰场从而对仪表电气回路正常运行产生干扰，造成信号失真或者误触发，现场湿度大且有腐蚀性气体的情况下，将使电气元件的绝缘性能降低和触点头氧化而造成受潮损坏或者接触不好，电气元件经过长时间工作会产生老化的现象和参数漂移的现象，超过额定的工作范围之后就会遭到破坏，电路设计不尽合理，负载过大或者连线不正确都可能造成电路过载，短路或者断路等造成损害从而导致电气故障。

2.3 传感器故障

传感器是化工仪表中一个核心的检测部分，其故障表现之一就是不能正确地采集工艺参数和输出信号异常等造成仪表的测量数据不够精确、重复性较差、不能如实反映工艺工况等从而影响了生产控制工作的稳定性和精度，严重时可使控制回路失灵^[3]。传感器出现故障的主要原因有以下几种：一是被测介质对传感器的腐蚀；二是现场的工作状态对设备的影响；三是传感器本身性能的衰退问题；四是错误的安装方式；五是未能按时完成设备校准工作都会造成传感器检测误差过大而引起设备故障。

2.4 系统故障

化工仪表系统的故障是一种综合性问题，主要体现在整个仪表的控制系统发生故障上。具体表现为数据传输错误、丢失信号、控制逻辑杂乱、连锁功能失常等，如分布式控制系统、可编程逻辑控制器以及其他核心控制设备之间的沟通出现问题、仪器和控制系统的接口之间没有兼容性、数据显示出现异常情况等，使得整个仪控系统不能正常配合工作，工艺参数监控和控制功能受到全方位影响，严重情况下甚至造成生产装置停产。

系统出现故障主要是由于软件上的瑕疵、硬件间的兼容性不佳、网络通讯出现问题以及在进行系统更新和保养时不恰当等原因。仪表控制系统中软件设计方案的疏漏或者对控制程序的不合理的编撰都会造成对控制逻辑的混淆和对数据的误加工。

3 化工仪表故障维护措施

3.1 日常维护

为了保证测量精度和使用寿命，应定期全面地对测量装置实施清洗作业，首先使用无害的中性清洗剂去除仪器外部的尘埃、油脂、残余物质以及可能具有腐蚀性的成分，并同步检验其外部构造是否完好，在此期间还要仔细检查外壳、控制面板、连接部件等部位有无破裂、断裂、扭曲或松弛等问题，然后将所有联接螺丝、导线终端拧紧保证机械和电气联接的稳固性和可靠性，另外还需持续监测测量装置的工作状况以便及时察觉任何不正常的操作情况并采取相应的处理措施。

对仪表内机械传动部件，轴承和齿轮以及其他易磨损件进行定期注入合适型号润滑油介质并控制润滑剂量达到标准规定的要求，降低机械摩擦损失，减缓零件老化以保证机械机构操作灵活和协调。根据仪表检定规程和工艺要求严格按期执行校准制度并确定校准周期，以保证仪表测量精度和控制精度符合工艺要求，保证仪表输出信号准确可靠。

3.2 故障诊断与维修

要想提高故障诊断准确性与效率就必须将多种不同故障诊断技术结合起来使用，在这些故障诊断技术当中直观检查法就是一项基础的手段，通过人的肉眼对仪表外观、密封性能及接线标准性等方面进行观察，并且通过听觉对仪表内机械传动及电磁组件运行声音进行评价其是否在正常情况下，仪器检测法是指采用信号发生器之类的专业检测设备，来判断电路回路是否有异常或者信号传递通道出现故障。对比分析的方法涉及到对故障设备的工作特性和它所产生的信号，以及正常工作条件下同类型的设备对应参数之间的对比，并且结合以往的历史操作数据，目的是发现参数偏离的模式以便准确判定故障的位置，此外还应该结合故障树分析的方法，对仪表的各个部分和各个系统之间的逻辑关系进行梳理，并构建一个全面的故障树模型，逐步排查潜在的故障根源，从而进一步提升整个故障诊断过程的系统化和全面覆盖率^[4]。

根据故障诊断结果，综合考虑故障类型、故障程度和仪表的实际工况来有针对性地进行维修措施，当机械故障发生时，会将磨损误差，形变失真等部分替换成偏移卡涩，而电气故障则将松脱接线端子固定住，并将烧坏，老化的电气元件恢复或者替换掉，由于大部分的化工传感器都采用了集成设计，并且需要非常高的准确度，所以一般都会通过直接替换经过精确检验的相同类型的传感器来进行替换，替换完成之后需要对传感器实施校准以保证传感器测量精度以及信号输出稳定性。在系统出现故障时要修复，启动异常软

件,或者再编程序,再整定系统参数从而保证仪表和控制系统之间通讯顺畅和协调工作。

3.3 预防性维护

根据仪表使用频度、工作环境恶劣程度、仪表使用寿命、计量检定周期和生产工艺要求等因素编制预防性维护计划并确定维护周期、维护内容、维护标准、负责人和考核机制。对于在恶劣工况中工作的仪器来说要减少维护周期、提高维护频次和维护内容以保证维护工作能够及时有序地进行,并且规范化地进行,以免使维护工作变得表面化。

引入先进的状态监测技术、建设仪表在使用整个过程中状态的监测系统和实时连续地监控仪表的工作状态,应用振动监控手段来跟踪仪器机械部分的震动幅度和频率等关键指标,以此来探测可能存在的机械磨损、松动和其他问题,并运用温控技术持续监控设备中的风险因素,通过收集整理和分析所获得的监测信息来构建仪表的健康状况评价体系,预测可能出现的故障走向并事先制定相应的应对措施,以防止潜在的问题进一步演化成明显的故障,从而确保仪器能够持续稳定地运作。

3.4 人员培训与管理

为促进仪表维护专业人员专业知识与实际工作技能提升,必须制定长期培训方案并经常开展系统化训练,密切关注化学工程仪器领域的最新科技进展、创新装备及新型操作手法,持续更新教育内容确保工程师们能及时了解最前沿的技术发展情况进而强化解决各类复杂难题的能力,同时还要建立专项培训评估制度,对培训结果进行定期评估以保障培训材料切实执行,以此进一步提升维护团队的职业操守。建立完善的仪表维修记录档案管理制度,使仪表维修过程具有可追溯性,并且要定期对其进行整理与分析,总结出仪表故障发生规律、常用故障类型以及维修经验等,发现修理中存在的问题,从而为优化修理计划、调整修理策略、改进修理方法提供数据支撑,推动仪表维修工作开展得更科学、更有规范、降低故障复发率^[5-6]。

4 化工仪表故障维护的经济性分析

4.1 成本分析

化工仪表维护人员需具有专门的知识与技术,人力成本比较高,对维护人员进行培训还要付出一些成本,维修时所需的替换零部件、润滑油脂及校准标准件及其他材料的成本,部分仪表部件成本较高从而加大了材料的成本,而且购买用于故障诊断与修理的仪器设备,器具等所需定期校正与保养也会带来附加的费用,仪表发生故障并加以修理可能会引起生产停机导致产品产量损失、原材料浪费及订单推迟等费用,

生产停止的时间越长其间接费用就越大。另外,仪表故障还可能使生产过程失去控制,造成产品质量不过关、需返工作业或者报废等现象,这就加大了质量损失的成本,如由于产品质量问题会造成顾客抱怨和信誉损失等问题,对企业经济效益有着间接的影响。

4.2 效益分析

通过采取有效的维护措施可以降低仪表故障的发生频率,故障维修时间也会随之变短,从而保障生产过程中平稳地运转,提高了设备的利用率以及生产效率,而生产效率越高说明在同样时间里能产出较多产品,从而增加企业收入,精确而可信的仪表准确地控制着生产过程,帮助保证了产品质量稳定一致,高质量的产品易于得到市场的肯定可以提升产品的价格、增加企业利润、降低成本,合理保养能延缓仪器磨损老化程度并提高仪器使用年限,这样既降低了仪表替换频度和设备采购费用又避免了由于新装备的安装调试而造成的停产及费用上升。

5 结语

综上所述,化工仪表故障检修对化工生产非常重要,采取有效维护措施可以确保其正常运转从而提升生产安全性和产品质量。就经济性而言尽管维修所需的投资是必要的,但由此带来的促进生产效率和保证产品质量以及延长仪器寿命的好处更加突出,化工企业要注重化工仪表的故障维修,并结合自身实际采用新技术来不断地优化维修措施并制定出科学合理的维修策略以寻求成本和收益的最佳平衡使企业的经济效益和生产效益达到共赢。

参考文献:

- [1] 齐明轩. 浅析化工仪表自动控制系统的故障和维护[J]. 中国设备工程, 2025(05):54-56.
- [2] 刘鹏. 石油化工仪表设备智能维护与故障诊断技术研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024(08):10-12.
- [3] 黄传玉. 化工仪表自动控制系统的故障和维护[J]. 仪器仪表用户, 2024(01):51-53.
- [4] 马英. 化工仪表维护与故障检修的思路及措施探讨[J]. 化工管理, 2023(28):121-123+130.
- [5] 李云坤, 吕行, 王维栋. 浅析化工仪表故障维护措施[J]. 流程工业, 2025(09):84-87.
- [6] 张伟, 王磊. 化工仪表常见故障诊断与智能维护技术研究[J]. 自动化仪表, 2023, 44(7):45-48.

作者简介:

宋世棋(1992-),男,湖南岳阳人,本科,助理工程师,研究方向:仪表维护。

李杰(1995-),女,山东莱阳人,本科,助理工程师,研究方向:分析仪表维护。