

# 浅谈化工仪表自动化设备的预防性维护

蒋雪琴

揭阳技师学院 广东 揭阳 522000

**摘要:** 化工仪表自动化设备是保障化工生产连续、安全、高效运行的核心支撑, 涵盖检测、控制、辅助三类核心设备, 长期处于复杂工况易出现故障。预防性维护区别于传统事后维修与定期大修, 以“防患于未然”为核心, 依托全生命周期等理论, 通过状态监测提前排查隐患。本文分析当前化工仪表预防性维护的现状、问题及成因, 提出分级分类维护、强化智能技术应用等实施策略与保障措施, 为化工企业提升设备维护水平、降低故障发生率提供参考。

**关键词:** 化工仪表; 自动化设备; 预防性维护

**引言:** 化工行业生产工况复杂, 高温、高压、强腐蚀等环境对仪表自动化设备的稳定性和精度提出极高要求, 设备故障易导致生产停机、安全隐患及经济损失。当前多数化工企业仍沿用传统维护模式, 难以适应自动化仪表的发展需求。预防性维护作为一种科学的维护模式, 可有效规避故障风险、延长设备寿命、降低维护成本。基于此, 本文围绕化工仪表自动化设备的预防性维护展开探讨, 分析相关理论、现存问题并提出解决策略, 助力化工行业高质量发展。

## 1 化工仪表自动化设备概述及预防性维护相关理论

### 1.1 化工仪表自动化设备的类型与核心功能

(1) 检测类仪表: 核心用于采集化工生产关键参数, 温度仪表含热电偶、热电阻等, 可精准检测介质温度范围; 压力仪表以压力变送器为核心, 将压力信号转化为电信号传输; 流量仪表包括智能电磁、涡街流量计等, 实时监测介质流量变化; 液位仪表可实现容器内介质液位的连续或定点检测, 为生产调控提供基础数据。

(2) 控制类仪表: 控制器根据检测仪表反馈信号, 对比设定值输出调控指令; 执行器中, 气动调节阀依靠气压驱动阀芯动作, 电动调节阀通过电机驱动, 二者均能精准调节介质流量、压力, 保障生产参数稳定。(3) 辅助类仪表: 安全仪表系统(SIS)用于应对生产异常, 及时触发联锁保护; DCS系统I/O模块负责信号转换与传输, 通信设备保障各仪表间数据互通, 支撑自动化系统高效运行<sup>[1]</sup>。

### 1.2 化工仪表自动化设备的运行特性与故障特点

(1) 运行特性: 化工生产环境复杂, 设备长期处于高温、高压、强腐蚀工况, 同时受振动、电磁干扰影响, 导致仪表精度下降、部件老化, 性能逐步退化。

(2) 故障特点: 故障类型涵盖参数漂移、部件损坏、信号异常等, 且多隐藏于设备内部, 不易发现; 多数故障

呈渐进式发展, 初期隐患易被忽视, 且故障会在系统内传导, 影响整个生产流程。

### 1.3 预防性维护的核心内涵与理论基础

(1) 核心内涵: 区别于故障发生后的事后维修和固定周期的定期大修, 以“防患于未然”为核心, 通过常态化状态监测, 及时发现潜在隐患并提前干预, 降低故障发生率。(2) 理论基础: 基于全生命周期管理理论, 覆盖设备从投入到报废的全过程维护; 依托可靠性工程理论提升设备运行稳定性; 通过故障模式影响分析(FMEA)理论, 预判故障类型及影响, 制定针对性维护措施。

### 1.4 预防性维护与其他维护模式的对比分析

(1) 与事后维修的对比: 事后维修故障发生后才处理, 维护成本高、停机损失大, 严重影响生产连续性; 预防性维护可提前规避故障, 降低维护成本, 保障生产稳定。(2) 与定期大修的对比: 定期大修按固定周期进行, 易出现过度维护浪费资源或维护不足仍发故障的问题; 预防性维护结合设备实际状态, 精准匹配维护需求, 提升维护资源利用率。

## 2 化工仪表自动化设备预防性维护的现状、问题及成因分析

### 2.1 化工仪表自动化设备预防性维护的现状

(1) 行业整体现状: 当前化工行业预防性维护呈现两极分化态势, 部分大型化工企业凭借资金、技术优势, 已逐步推行预防性维护模式, 结合智能监测技术实现设备状态实时监控, 有效降低了故障发生率。但多数中小型化工企业受资金、技术、人才限制, 仍以事后维修、定期大修等传统维修模式为主, 对预防性维护的重视程度和投入不足, 难以实现故障提前防控。(2) 典型企业实践现状: 结合调研案例来看, 某大型石油化工企业搭建了仪表状态监测平台, 对关键检测类、控制类

仪表进行24小时实时监测,建立维护台账并定期分析数据,初步实现了故障精准预警,设备故障率较之前下降30%,生产连续性显著提升;而某中小型化工企业仅针对核心设备开展简单定期检查,未建立系统的预防性维护流程,仍频繁出现仪表故障导致的生产停机,维护效果不佳。

## 2.2 预防性维护过程中存在的主要问题

(1) 维护模式落后:多数企业缺乏科学的分级分类维护标准,未根据仪表重要程度、运行工况差异制定差异化维护方案,维护周期要么过于密集造成资源浪费,要么间隔过长导致隐患积累,难以适配实际生产需求。

(2) 技术水平不足:状态监测手段较为单一,多依赖人工巡检和简单仪器检测,智能传感器、大数据分析等先进技术应用有限,对隐蔽性强、渐进性的故障识别能力弱,故障预警精度低,难以提前发现潜在隐患。(3) 管理体系不完善:维护台账记录不规范、信息不完整,设备运行数据、维护记录分散在不同部门,难以实现数据共享和统一分析;部门间协同不足,生产、维护、技术部门缺乏有效联动;备件管理混乱,存在备件积压或短缺问题,影响维护效率<sup>[2]</sup>。(4) 人员素养不足:维护人员多缺乏仪器、自动化、计算机等跨学科知识,对新型智能仪表的工作原理、维护方法掌握不熟练,面对复杂故障难以快速排查解决,整体维护能力滞后于仪表技术的发展。

## 2.3 问题产生的成因分析

(1) 思想层面:企业管理层普遍存在重生产、轻维护的理念,将核心精力和资源投入到生产效益提升上,对预防性维护的重要性认识不足,认为预防性维护投入大、见效慢,缺乏主动推行的意识。(2) 技术层面:化工企业对智能维护技术的研发投入不足,现有监测、诊断技术多适用于常规工况,与化工生产高温、高压、强腐蚀的极端工况适配性差,技术成熟度和实用性有待提升。(3) 管理层面:缺乏完善的预防性维护管理制度,未明确各部门、各岗位的维护职责,维护流程不规范;未建立PDCA持续改进机制,难以根据设备运行状态和维护效果优化维护方案,导致问题反复出现。(4) 人才层面:缺乏系统的人才培训体系,未针对维护人员开展定期的技能培训和知识更新,尤其是智能仪表、智能监测技术相关的培训不足,导致维护人员技术水平难以跟上仪表设备的更新迭代速度。

## 3 化工仪表自动化设备预防性维护的实施策略与保障措施

### 3.1 构建分级分类的预防性维护体系

(1) 分级维护标准:结合化工生产工艺需求,根据仪表对生产安全、产品质量、生产连续性的影响程度,将仪表划分为关键级、重要级、一般级三个等级。关键级仪表主要包括涉及安全生产的SIS系统仪表、核心工艺参数检测仪表,实行最短维护周期,每周开展1次状态巡检,每月进行1次全面排查,每季度开展1次深度校准,确保无任何潜在隐患;重要级仪表涵盖常规工艺控制仪表,每两周巡检1次,每两个月校准1次,每半年进行1次深度维护;一般级仪表为辅助性监测仪表,每月巡检1次,每半年校准1次,每年开展1次全面维护,通过差异化维护周期与内容,实现资源合理配置,避免过度维护或维护不足<sup>[3]</sup>。(2) 分类维护方案:针对不同类型仪表的结构特点、运行工况和故障规律,制定专项维护措施。检测类仪表重点做好防护与校准,温度仪表定期检查热电偶、热电阻的接线稳定性和防腐层完好性,压力变送器定期排查引压管堵塞、泄漏问题,流量仪表重点清理传感器探头杂物,液位仪表定期检查浮筒、雷达探头的灵敏度;控制类仪表重点维护执行机构,气动调节阀定期检查气源压力、膜片密封性和阀芯磨损情况,电动调节阀定期检测电机运行状态和限位开关灵敏度,控制器定期进行参数校验和系统调试;辅助类仪表重点保障系统稳定性,SIS系统定期开展联锁试验,DCS系统I/O模块定期清理灰尘、检测信号传输精度,通信设备定期检查网络连接和信号稳定性,确保各类仪表高效运行。

### 3.2 强化状态监测与智能诊断技术应用

(1) 完善状态监测手段:摒弃单一的人工巡检模式,融合多模态监测技术,构建全方位、立体化的状态监测网络。采用振动分析技术,实时监测仪表电机、泵体等转动部件的振动频率,及时识别部件磨损、不平衡等隐患;运用红外热成像技术,检测仪表电气部件、接线端子的温度变化,排查过热、接触不良等问题;借助超声波检测技术,检测仪表密封部位、管道接口的泄漏情况,提前发现隐蔽性故障,同时结合在线监测仪表,实现关键参数的24小时实时采集,确保故障隐患早发现、早识别。(2) 推广智能诊断技术:积极应用数字孪生、机器学习等先进技术,构建化工仪表故障预警与根因分析模型。通过数字孪生技术,搭建仪表虚拟仿真模型,模拟仪表在不同工况下的运行状态,预判性能退化趋势;利用机器学习算法,对仪表运行数据、维护记录、故障案例进行深度分析,挖掘故障发生的规律,实现故障的精准预警,并自动分析故障根因,为维护工作提供科学指导,减少人工判断误差,提升故障处理效率<sup>[4]</sup>。(3) 规范仪表校准流程:建立标准化的仪表校

准体系,推行在线校验与全量程多点动态校准相结合的方式。对于关键级、重要级仪表,采用在线校验技术,无需拆卸仪表即可完成校准,减少停机时间,保障生产连续性;针对所有仪表,实行全量程多点动态校准,根据仪表实际运行量程,选取多个校准点进行精准校验,避免单点校准导致的误差,确保仪表测量精度符合生产要求,同时建立校准台账,详细记录校准时间、校准结果、校准人员等信息,实现校准工作可追溯。

### 3.3 健全预防性维护管理机制

(1) 完善维护台账与数据管理:整合仪表全生命周期数据,建立统一的数字化维护台账,涵盖仪表采购、安装、调试、运行、维护、校准、报废等所有环节的信息,打破部门间的“信息孤岛”。搭建数据共享平台,实现设备管理、生产、维修等部门的数据互通,便于各部门实时查询仪表运行状态和维护记录,同时定期对数据进行统计分析,挖掘仪表运行规律,为维护方案优化提供数据支撑,确保维护工作更具针对性。(2) 优化备件管理:采用ABC分类法对仪表备件进行分级管控,将关键仪表的核心备件划分为A类,实行重点管理,合理储备库存,确保供应及时;将重要仪表的常用备件划分为B类,按需储备,定期补充;将一般仪表的备件划分为C类,减少库存积压,降低资金占用。同时建立备件入库、出库、盘点制度,定期对备件进行检查,确保备件质量和匹配性,避免因备件问题影响维护进度<sup>[5]</sup>。(3) 建立协同维护机制:加强设备管理、生产、维修部门的协同配合,明确各部门岗位职责,形成“生产部门反馈异常、设备管理部门统筹协调、维修部门实施维护”的闭环管理模式。生产部门在生产过程中及时反馈仪表运行异常情况,设备管理部门根据异常信息制定维护计划,统筹调配人力、备件资源,维修部门严格按照维护计划开展工作,维护完成后及时反馈结果,确保维护工作高效推进,保障生产稳定。

### 3.4 提升维护人员专业素养与技术水平

(1) 构建系统化培训体系:结合仪表技术发展趋势和维护工作需求,搭建分层分类的系统化培训体系。针对新入职维护人员,开展岗前培训,重点讲解仪表基础

原理、维护流程和安全规范;针对在岗维护人员,开展专项培训,涵盖智能仪表维护、多模态监测技术、智能诊断系统操作、故障排查技巧等内容,邀请行业专家、设备厂家技术人员进行授课,同时开展实操培训,提升维护人员的实践操作能力;定期组织维护人员交流学习,分享故障处理经验,促进技术水平共同提升。(2) 建立技能考核与激励机制:制定科学的技能考核标准,定期对维护人员的专业知识、实操能力、故障处理效率进行考核,考核结果与绩效挂钩。对考核优秀的人员给予表彰奖励,激发工作积极性;对考核不合格的人员,开展针对性的补课培训,确保其达到岗位要求。同时建立晋升通道,鼓励维护人员主动学习新技术、新技能,提升专业能力,打造一支高素质、专业化的维护队伍,为预防性维护工作的顺利实施提供人才保障。

### 结束语

化工仪表自动化设备的预防性维护是化工企业实现安全生产、提升生产效益的关键举措,其核心在于“预防为先、精准维护”。当前行业内预防性维护存在模式落后、技术不足、管理不健全、人员素养欠缺等问题,需通过构建分级分类体系、强化智能技术应用、健全管理机制、提升人员素养逐步破解。推行科学的预防性维护,可有效降低设备故障率、保障生产连续性,未来需结合技术发展持续优化,为化工行业自动化、智能化发展筑牢设备保障。

### 参考文献

- [1] 俞华军. 炼化企业仪表自动化设备的预防性维护[J]. 化学工程与装备, 2021, 28(2): 161-162.
- [2] 王一孟. 化工仪表自动化设备的预防性维护[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(7): 21-22.
- [3] 王志刚. 化工仪表自动化设备的预防性维护研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(5): 53-55.
- [4] 王国栋. 炼化企业仪表自动化设备的预防性维护分析[J]. 石化技术, 2020, 25(9): 220-223.
- [5] 郝励. 预防性维护措施在化工仪表自动化设备中的实施[J]. 化工管理, 2023, 12(18): 140-141.