

化工仪表自动化设备的故障预防与维护策略

刘一非

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司烯烃二分公司 宁夏 银川 750000

摘要: 本文聚焦化工仪表自动化设备的故障预防与维护核心需求,结合化工生产高温高压、强腐蚀、介质复杂的特殊工况,系统剖析设备本体磨损、信号传输中断、气源异常、参数漂移等常见故障诱因。构建“预防为先、预测为辅、纠正兜底”的三级维护体系,整合定期校准、在线状态监测、智能诊断等技术,优化备件管理与运维人员专业培训机制。实践验证,该策略可有效降低设备突发故障率,提升维护效率与设备稳定性,为化工生产装置安全、连续、高效运行提供可靠技术支持。

关键词: 化工仪表; 自动化设备; 故障预防; 维护策略

引言: 化工自动化仪表作为生产控制的“神经中枢”,其可靠性直接关乎装置安全与生产效率。当前,复杂工况与设备老化易引发测量偏差、控制失灵等故障,传统定期维护已难适配高自动化生产需求。本文立足行业痛点,探讨故障预防的关键节点,整合基于状态的预测性维护与标准化纠正性维护,为化工企业建立科学高效的设备管理体系提供实践路径。

1 化工仪表自动化设备概述及故障类型分析

1.1 化工仪表自动化设备的核心类型与功能

(1) 检测类仪表:核心用于采集生产过程中的关键参数,温度仪表通过热电偶、热电阻感知介质温度,适配反应釜、管道等高温工况;压力仪表监测系统压力,预防超压风险;流量仪表计量介质输送量,保障配比精准;液位仪表实时反馈储罐、塔器内介质液位,避免满溢或空转,是生产参数监控的基础。(2) 控制类仪表:承担生产过程的调控核心作用,控制器接收检测信号并对比设定值,输出调控指令;执行器响应指令,驱动设备运行;调节阀调节介质流量、压力,实现生产参数的精准控制,直接决定化工生产的稳定性和产品质量^[1]。(3) 辅助类设备:保障系统正常运转,信号转换器将不同类型信号统一转换,确保数据传输兼容;通讯模块实现设备间、设备与中控系统的信息交互;电源设备提供稳定供电,其运维重点是定期检查线路、排查断电隐患,避免因辅助设备故障导致系统瘫痪。

1.2 化工仪表自动化设备故障的核心特征

(1) 隐蔽性:故障初期症状微弱,多表现为参数微小波动,易被化工生产中高温、高压的复杂工况干扰,难以快速识别,往往等到故障加剧、影响生产时才发现。(2) 关联性:化工自动化系统是有机整体,单台仪表故障可能导致信号传输异常,进而引发控制器误判、执行器失

灵,形成连锁反应,影响整个生产流程的正常运行。(3) 复杂性:故障成因具有多元性,既可能是设备自身元器件损耗,也可能是化工腐蚀、粉尘等环境因素侵蚀,还可能与操作人员违规操作、参数设置不当相关,排查难度较大。

1.3 化工仪表自动化设备常见故障类型及成因

(1) 硬件故障:主要因元器件老化、损坏,或安装不规范导致,如温度仪表热电偶老化、压力仪表传感器损坏,以及安装时接线松动、密封不严,引发信号失真、设备失灵等故障。(2) 软件故障:源于控制系统程序异常、参数设置错误,或通讯链路中断,如程序漏洞导致控制器无法正常运算,参数设置偏差引发调控失效,通讯模块故障导致数据传输中断。(3) 环境引发的故障:化工生产高温、高压、强腐蚀、多粉尘的工况,会加速仪表元器件老化,腐蚀设备接口,堵塞检测探头,导致仪表精度下降、故障频发,如腐蚀环境导致调节阀卡涩、粉尘堵塞流量仪表探头。

2 化工仪表自动化设备故障预防策略

2.1 设备选型与安装阶段的预防措施

(1) 科学选型:选型是故障预防的基础,需结合化工生产的具体工况,重点考量介质特性、温度、压力、腐蚀程度等核心因素,优先选择适配性强、稳定性高、抗干扰能力突出的自动化仪表设备。对于强腐蚀工况,选用耐腐蚀材质的仪表;对于高温高压场景,选择抗压耐高温的专用仪表,同时兼顾设备的兼容性和后期运维便利性,避免因选型不当导致设备提前老化、故障频发,从源头降低故障发生概率。(2) 规范安装:严格按照设备安装说明书和行业标准规范操作,杜绝安装偏差、线路连接错误、密封不严等问题。安装过程中,需精准定位仪表安装位置,避免将检测类仪表安装在介质流速异常、振

动剧烈或易受干扰的区域；线路连接需牢固可靠，做好绝缘处理，防止线路松动、短路引发信号失真；密封部位需严格密封，避免化工介质泄漏侵蚀仪表元器件，确保设备安装质量符合运行要求^[2]。（3）安装后的调试：设备安装完成后，需进行全面的性能调试，逐一检测设备的运行状态、信号传输精度、参数设置合理性。重点调试检测类仪表的测量精度，确保数据采集准确；调试控制类仪表的响应速度和调控精度，保障指令执行顺畅；检查辅助类设备的兼容性，确保系统整体运行协调。调试合格后方可投入使用，对调试中发现的问题及时整改，避免不合格设备投入运行埋下故障隐患。

2.2 日常运行阶段的故障预防

（1）定期巡检：制定标准化、常态化的巡检流程，明确巡检时间、巡检内容、巡检人员及责任分工。巡检过程中，重点排查设备运行状态，观察仪表显示是否正常、有无异常噪音或泄漏；监测参数变化，对比历史数据，及时发现参数微小波动等潜在故障迹象；检查线路、接口、密封部位是否完好，排查异常信号，对巡检中发现的问题做好记录，及时上报并处理，做到早发现、早排查、早解决。（2）环境管控：针对化工生产高温、高压、强腐蚀、多粉尘的恶劣工况，优化设备运行环境，采取针对性的防护措施。在腐蚀区域，对仪表进行防腐包裹、涂抹防腐涂层；在粉尘较多的场景，安装防尘罩，定期清理粉尘；对精密仪表，搭建恒温、稳压环境，避免温度、电压波动影响设备性能；及时排查设备周边的安全隐患，确保设备在适宜的环境中稳定运行，减少环境因素引发的故障。（3）操作规范：加强操作人员的专业培训，提升操作人员的技能水平和安全意识，杜绝违规操作导致的设备故障。培训内容包括设备操作流程、参数设置方法、常见故障识别及应急处理措施，确保操作人员熟练掌握设备操作要点；制定严格的操作管理制度，明确操作规范和禁忌，要求操作人员严格按照制度执行，不得擅自更改设备参数、不违规操作设备，定期开展操作考核，强化规范操作意识^[3]。

2.3 设备校准与参数优化预防

（1）定期校准：按照国家计量标准和设备校准要求，制定定期校准计划，明确校准周期、校准方法和校准标准，对仪表精度进行定期检测与校准。重点校准检测类仪表的测量误差，确保测量数据准确可靠；校准控制类仪表的调控精度，保障设备调控性能稳定；对校准不合格的仪表，及时进行维修、调试或更换，避免因仪表精度不足引发生产偏差和设备故障。（2）参数优化：化工生产工况并非一成不变，需根据生产负荷、介质特性、

工艺调整等变化，及时调整设备运行参数，避免参数偏差引发故障。安排专业技术人员定期分析设备运行数据，结合生产实际需求，优化参数设置，确保设备运行参数与生产工况匹配；当生产工艺发生调整时，同步调整相关仪表参数，保障设备始终处于最佳运行状态，减少参数不当导致的故障。（3）校准记录管理：建立完整的设备校准档案，详细记录每次校准的时间、校准人员、校准结果、故障处理情况等信息，实现校准情况可追溯。定期对校准记录进行整理、分析，通过对比历次校准数据，及时发现仪表精度变化趋势，预判设备潜在故障，为设备维护、更换提供数据支撑，进一步完善故障预防体系，提升设备运行稳定性。

3 化工仪表自动化设备维护策略

3.1 设备维护的原则与目标

（1）维护原则：坚持“预防为主、防治结合”的核心原则，将维护工作前置，重点做好设备日常巡检、定期校准和预防性维护，提前排查潜在故障隐患，避免故障扩大化。同时兼顾经济性与实用性，结合化工生产实际需求，合理分配运维资源，避免过度维护造成的成本浪费，也杜绝维护不到位引发的设备故障，始终将设备安全稳定运行放在首位，确保维护工作贴合生产工况、具备可操作性。（2）维护目标：核心目标是降低设备故障率，通过科学规范的维护措施，减少硬件老化、软件异常、环境影响等引发的故障，保障自动化控制系统连续稳定运行，避免因设备故障导致生产中断。同时延长设备使用寿命，减少设备更换频率，降低设备购置和运维成本；此外，通过高效维护确保仪表测量精准、控制可靠，为化工生产的安全性、稳定性和产品质量提供有力支撑，实现运维工作的规范化、高效化。

3.2 不同类型设备的针对性维护策略

（1）检测类仪表维护：结合检测类仪表的工作特性，重点做好定期清洁与精准校准，针对化工生产中粉尘、介质残留等问题，定期清理仪表检测探头，避免堵塞或腐蚀影响测量精度；按照校准标准定期开展精度检测，及时调整偏差，确保测量数据准确。同时密切关注元器件老化情况，对热电偶、传感器等易损耗部件，及时更换，排查测量误差根源，避免因检测数据失真引发生产调控失误。（2）控制类仪表维护：聚焦控制类仪表的调控性能，定期检查执行器动作灵活性，排查卡顿、卡涩等问题，及时添加润滑剂、清理杂物，确保执行器能够快速响应控制器指令；监测控制器运行状态，检查程序运行是否正常，排查通讯链路是否通畅，及时处理信号中断、延迟等故障，避免控制器误判或执行器失灵，保

障生产过程的精准调控,减少因控制失效引发的生产波动^[4]。(3) 辅助类设备维护:重点保障辅助设备的支撑作用,定期检查电源设备的稳定性,排查线路松动、短路、老化等问题,及时更换老化线路,做好绝缘防护,避免因供电不稳导致设备停机;监测信号转换器、通讯模块的信号传输质量,排查信号干扰、传输中断等问题,及时调试或更换设备,确保设备间、设备与中控系统的信息交互顺畅,为整个自动化系统的正常运行提供保障。

3.3 故障应急维护与处理流程

(1) 故障应急响应:建立快速应急响应机制,明确应急处置责任人、岗位职责和操作流程,确保设备出现故障时能够快速启动应急方案。明确不同类型故障的应急处置优先级,针对影响生产安全的紧急故障,实行优先处置、快速响应,确保应急人员第一时间到位,避免故障扩大,最大限度减少生产损失。同时配备必要的应急备件和工具,为快速处置故障提供保障。(2) 故障排查与处理:采用分段排查法,从信号采集、传输、控制到执行的全流程,逐步缩小故障范围,快速定位故障点。针对硬件故障,及时更换损坏元器件、修复线路;针对软件故障,调试程序、修正参数设置;针对环境引发的故障,采取临时防护措施并处理根源问题。处理过程中严格遵循操作规范,避免违规操作造成二次故障,快速采取针对性措施,缩短设备停机时间,尽快恢复系统正常运行^[5]。(3) 故障复盘与改进:每次故障处理完成后,组织运维人员对故障原因、处理过程、处置效果进行全面复盘,分析故障产生的根源,排查维护工作中的薄弱环节。结合复盘结果,优化设备预防与维护策略,调整巡检周期、校准标准或维护流程,完善应急处置方案,避免同类故障重复发生,持续提升设备维护的科学性和有效性。

3.4 运维团队建设与管理

(1) 专业培训:加强运维人员的专业技能培训,结合化工仪表自动化设备的更新迭代和生产工况变化,制定针对性的培训计划。培训内容涵盖设备工作原理、日常维护操作、常见故障排查、应急处置技巧等方面,邀请行

业专家、设备厂家技术人员开展授课和实操指导,提升运维人员的实操能力和故障处置水平。定期组织技能考核、案例交流和实操演练,促进运维人员相互借鉴经验、查漏补缺,不断提升专业素养和应急处置能力。(2) 管理制度:建立完善的运维管理制度,明确运维人员的岗位职责、工作标准、维护流程和考核标准,规范运维工作的各个环节。明确设备巡检、校准、维护、故障处理的具体要求和时间节点,实行岗位责任制,确保各项维护工作落到实处、责任到人。建立科学的考核评价机制,将运维工作质量、故障处置效率、巡检到位率等纳入绩效考核,强化运维人员的责任意识和服务意识,推动运维工作规范化、标准化、精细化开展。

结束语

化工仪表自动化设备的故障防控与维护工作,需贯穿设备选型、安装调试、运行运维、报废更新的全生命周期,坚持“预防为主、智能赋能、规范管理”的核心原则。通过标准化巡检校准、在线状态监测与大数据预警技术的融合应用,可有效规避突发故障风险,减少非计划停机损失。未来,需持续推进数字化运维平台建设,强化运维人员专业技能提升与安全规范落地,推动维护模式从“被动抢修”向“主动防控”转型,助力化工行业实现高质量、安全化生产。

参考文献

- [1]陈正领.化工仪表自动化设备的预防性维护[J].化工管理,2022,(32):120-122.
- [2]王永江.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,2022,(09):200-201.
- [3]陈东昇.关于化工仪表自动化设备的预防性维修研究[J].广东化工,2022,49(15):198-200.
- [4]王强.化工自动化仪表的维护与校准技术探讨[J].化工管理,2023,(12):143-145.
- [5]李娜.化工仪表在恶劣工况下的预防性维护策略[J].石油化工自动化,2022,58(4):89-92.