

自动化设备预防性维护管理对提升生产稳定性的作用分析

李 帅

重庆川仪自动化股份有限公司 重庆 401147

【摘 要】：LNG 接收站和化工生产都属于流程型连续生产方式，主要的自动化设备稳定运行是保证生产连续、安全、高效进行的前提。传统的故障后维修模式容易造成设备停机、工艺波动、安全隐患等问题，不能适应现代化工和 LNG 能源生产运行的要求。本文以 LNG 接收站储罐输送、压缩气化、化工连续化生产等设备运行特点为基础，阐述自动化设备预防性维护的主要内涵和实施体系，用实际生产案例和数据对比的方式，分析预防性维护对降低设备故障、稳定工艺参数、减少非计划停机、规避安全风险等方面的作用，整理出目前预防性维护管理中存在的主要问题，并给出相应的改善措施，为 LNG 和化工行业的自动化设备运维管理以及生产稳定性提供一定的参考。

【关键词】：自动化设备；预防性维护；生产稳定性；LNG 接收站；化工生产

DOI:10.12417/2705-0998.26.13.006

引言

LNG 接收站和化工生产行业存在工艺流程繁杂、介质危险性大、生产连续性强、设备自动化水平高等特点，各种自动化控制系统、动设备、自控仪表遍布整个生产过程。LNG 接收站的卸船、储罐储存、增压气化、外输配送、化工装置的反应、分离、换热、输送等各个环节都离不开自动化设备对它进行精确的控制、稳定的运行。伴随着能源化工行业的智能化升级，自动化设备的集成度、精密程度不断提高，传统的被动式维修方式越来越不能满足需求。预防性维护是以设备全生命周期管理为重心，依靠定期检测、状态监测、故障预判、提前维保的管理方式来取代传统的事后抢修模式，可以从源头上减少设备故障的发生概率，保证生产系统稳定地运转。本文以 LNG 接收站、化工生产现场运维经验为基础，对预防性维护管理对于生产稳定性提高的价值进行系统的探究，给行业的运维体系优化提供实践支持。

1 LNG 及化工行业自动化设备运行特点与维护痛点

1.1 核心自动化设备运行特点

LNG 接收站和化工生产的自动化设备主要包括自控系统、动设备、仪表检测设备三大类，各类设备共同支持全流程生产运行，运行特性具有明显的行业特点。自控系统以 DCS、SIS 系统为主，完成工艺参数采集、逻辑控制、联锁保护，是生产系统的中枢神经，运行稳定性和响应精度要求高。动设备有低温储罐泵、工艺压缩机、气化器、输送风机等，长时间处在连续工作、低温高压、介质腐蚀的工况下，设备损耗存在持续性、累积性的特点。仪表检测设备有压力、温度、流量、液位变送器以及各种控制阀，长期处在易燃易爆、低温腐蚀的介质中，容易产生零点漂移、部件老化、密封失效等状况，进而影响到工艺控制的精确度。

该类场景自动化设备具有连续运行无间断、工况环境恶劣、设备联系紧密、故障影响范围广等特点，单台设备出现故

障就会引起局部或者全线生产波动，对设备运维的前瞻性、准确性要求比普通工业场景高很多。

1.2 传统维护模式的核心痛点

以前大部分企业采用的是故障后维修和定期大修相结合的方式，不能适应连续化生产稳定运行的要求，存在许多不足。第一是故障滞后性，设备隐患积累到故障爆发时才进行维修，此时已经造成工艺波动、停机损失，一些重要的设备突发故障还会引起联锁停机，打乱整体的生产计划。二是定期维修盲目性严重，固定周期大修没有根据设备实际运行状况进行，容易造成过度维修或者维修遗漏的情况发生，不仅会造成运维成本的增加，还会因为频繁拆装设备而引入新的运行隐患。三是运维数据利用率低，没有建立设备状态监测体系，不能准确预判设备老化、性能衰减的趋势，运维工作缺少针对性。四是在设备协同管控上存在缺陷，没有考虑到自控系统和终端设备之间的联动维护，单一的仪表、阀门故障造成系统控制出现偏差，影响整个生产过程的稳定。

2 自动化设备预防性维护的核心实施体系

2.1 常态化状态监测与数据采集

依靠自动化控制系统和无损检测技术，对核心设备的运行参数实行全天候的采集和跟踪。对 LNG 接收站低温泵、压缩机等动设备重点监测振动、温度、密封压差、运行负荷等参数；对化工反应装置自控系统实时采集工艺压力、温度、流量、液位等控制参数；对各种自控仪表定期校验精度、监测运行稳定性。依靠连续的数据积累来创建设备运行状态数据库，给故障预判赋予数据支撑。

2.2 分级分类维保周期管控

根据设备的重要程度、故障风险、运行工况，把自动化设备分为关键核心设备、重要辅助设备、一般普通设备三个等级，制定不同的维保周期和内容。对主要设备实施月度全面检测、季度全面检修、年度全部维修，主要针对隐蔽性隐患展开排查，

重要的设备每月一次巡查，每半年一次保养，普通的设备每月一次常规检查，保证有效维修、无隐患盲区，从而达成运维资源精确分配。

2.3 故障预判与隐患提前治理

根据设备运行数据的变化趋势、以往的故障记录、工况环境的影响来分析设备性能衰减的规律，准确地找到潜在的故障隐患。对于 LNG 设备的低温老化、密封失效、化工设备的腐蚀、仪表漂移等问题，在隐患初发期就提前进行部件更换、参数校准、系统改善等工作，在隐患尚未造成设备故障之前加以解决，防止隐患发展成为设备故障，使设备一直保持在最佳工作状态。

2.4 全生命周期台账管理

创建单台设备全生命周期运维台账，记载设备投用时间，历次维保记录，故障状况，部件替换信息，参数校准数据等。通过台账数据分析，不断改善维保周期和维保内容，动态调整运维策略，创建起监测、分析、维保、复盘的闭环管理机制，加强运维工作科学性、规范性。

3 预防性维护对提升生产稳定性的核心作用

3.1 降低设备故障频次，提升设备运行可靠性

自动化设备稳定运行是生产稳定的根基，预防性维护依靠常态化的状态监测、分层维保、隐患预判治理这些主动管控手段，从源头上排查并消除设备存在的潜在缺陷，大幅度削减设备突然出现故障的可能性，很好地解决了传统运维模式里设备长期处于带病工作状态，故障集中爆发，被动抢修等问题。LNG 接收站以及化工连续化生产场景的自动化设备长时间处在恶劣的工作环境当中，部件的老化、性能的衰减、密封的损耗、参数的偏移等状况不断累积，传统的事后维修方式不能够提前进行干预，很容易造成设备故障频繁发生。系统化的预防性维护体系可以精准地控制设备全生命周期运行状态，及时对设备进行部件保养、参数校准、缺陷治理，有效地延缓了设备的老化速度，提高了各种自控设备、动设备、检测设备的运行可靠性、稳定性，从设备底层保证生产系统的平稳运行。推行标准化预防性维护体系之后，行业同类生产场景的核心设备故障率明显降低，设备完好率可以长期保持在较高的水平上，从根本上解决了传统运维模式下设备运行可靠性差的问题，给连续化生产打下良好的设备基础。

3.2 稳定生产工艺参数，保障产品质量均衡

LNG 气化外输、化工合成反应等工艺对参数的精度要求很高，仪表漂移、阀门卡滞、系统响应滞后等微小的设备问题都会引起工艺温度、压力、流量的波动，从而影响到生产工况和产品质量。传统的维护方式下，仪表、自控设备的隐患不能及时发现，容易造成工艺参数超标的状况。

预防性维护体系依靠创建常态化的仪表精确度校验，自控系统逻辑调整，执行机构状况检测的规范程序，一直保证各种自动化设备的控制精确度和反应稳定情况。LNG 气化外输、化工合成反应等重要工艺对于温度、压力、流量、液位等参数的控制精度要求极高，任何微小的设备运行偏差都会造成工艺波动，从而影响到生产工况的稳定以及产品质量的一致性。传统运维模式下，设备的隐性缺陷不能被及时发现，容易造成仪表零点漂移、阀门卡滞、系统响应滞后等状况，从而引起工艺参数超差，造成生产质量隐患。实施预防性维护管控之后，可以及时纠正设备运行的偏差，保证工艺控制的准确性，使各种工艺参数的波动区间得到缩小，避免出现工艺异常波动、产品质量不稳定等状况，从而达到生产工况精准可控、产品质量均衡稳定的功效。

3.3 减少非计划停机，保障生产连续性

连续化生产模式下，非计划停机是造成生产不稳定的主要原因，单次停机重启会带来大量的物料损耗、产能降低、能耗增加。对 LNG 接收站、化工装置等连续性生产场所来说，生产连续性在保证生产效率、控制生产成本的重要因素，非计划停机是影响生产稳定的因素。传统的事后维修模式下，设备出现突发性故障是造成非计划停机的主要原因，不但会造成生产过程的中断，还会造成物料浪费、能耗上升、产能降低，从而大大增加了生产运维成本。预防性维护依靠提前预测、提前治理的控制思路，从源头上消除设备故障隐患，最大程度地避免由于设备故障造成的非计划停机问题，从而提高生产运行时间以及生产有效利用率。预防性维护可以结合生产空档、常规检修窗口期来统筹开展设备维保工作，合理规避运维作业和正常生产的矛盾，使设备维保常态化、生产运行连续化，保证生产系统高效稳定的运行。

3.4 规避设备安全风险，提升生产安全稳定性

预防性维护针对 LNG 和化工行业高危设备、关键工艺设备的安全运行隐患，创建专项排查、定时检测、提前维保的管控体系，全方位加强生产安全稳定水平。根据 LNG 设备低温运行易老化、密封易失效、易发生介质泄漏的特点，结合化工设备高压、腐蚀、易超压的运行特点，常态化开展密封系统检测、伴热系统排查、设备壁厚监测、自控联锁逻辑校验、防腐维保等工作，提前消除各类设备安全隐患，有效避免因设备故障导致的介质泄漏、工艺超压、联锁误动作、装置停运等安全风险。经过系统的预防性维护管控，可以达到设备安全隐患闭环治理的效果，彻底杜绝设备类安全事故的发生，保证生产系统安全、平稳、可控地运行。

4 优化自动化设备预防性维护管理的策略

4.1 构建分级精细化维保体系

根据 LNG 接收站、化工生产设备运行工况、风险等级、

重要程度来完善设备分级管理制度,细化不同等级设备的维保项目、周期、标准。对低温泵、压缩机组、核心自控系统等重要设备提高状态监测频率,加强隐患排查的深度,对普通辅助设备缩减冗余维保程序,达成精准维保、按需维保的目的,从而改善运维效率和隐患治理水平。根据设备的历史故障数据来动态地对维保方案进行调整,以适应设备整个生命周期内的运行状况。



图 1 分级精细化维保体系

4.2 推进数字化智能化运维升级

依靠工业互联网、设备状态监测系统,创建起自动化设备的数字化运维平台,达成对设备运行参数的实时采集,异常数据的自动预警,故障趋向的智能剖析。采用振动检测、热成像无损检测、油液理化分析等先进的技术手段来准确找到设备早期的隐患,代替传统的依靠人工的经验判断。创建电子运维台账,把维保记录、故障数据、整改情况全部纳入其中,用数字化的办法来加强预防性维护的准确性与科学性。



图 2 数字化智能化运维平台

参考文献:

- [1] 高佳林,沈征杰,李春生.冶金企业电气自动化设备故障诊断与维护[J].冶金与材料,2026,46(7):148-150.
- [2] 西秋敏,杨涛,殷玉亮.智能电网环境下配电自动化设备的机械结构可靠性研究[J].装备维修技术,2026,(3):90-93.
- [3] 据红,尤鹭,童剑峰.电力系统自动化设备维护与智能监测技术研究[C]//中国智慧工程研究会.2026 人工智能赋能工程技术应用与管理交流会论文集.2026:224-226.

4.3 强化运维人员专业能力建设

根据 LNG 低温设备、化工自控设备运维特点,开展专项技能培训,加强新型自动化系统、智能监测设备、故障预判分析等专业能力培训。创建实操实训平台来加强人员现场隐患排查、精准维保、故障处置能力。同时建立岗位考核机制,把维保质量、隐患治理效果、设备运行稳定性作为考核内容,倒逼运维人员提高专业水平,保证预防性维护工作落到实处。

4.4 完善运维闭环管理机制

创建起设备监测、隐患排查、维保治理、效果复盘、策略改进的全流程闭环管理体系。对每次设备维保、故障处理的工作进行复盘分析,找出故障的原因、维保的不足,有针对性地改进维保周期和维保内容。定期对设备运维工作进行总结,整理出高频的隐患、薄弱的地方,制定出专项的控制措施,不断改善运维体系,从制度上保证设备的长期稳定运行,提高生产稳定性。

5 结语

LNG 接收站以及化工连续化生产场景当中,自动化设备运行稳定情况关系到生产安全,产能效率以及产品质量。预防性维护管理抛弃了传统被动维修的弊端,以主动预判、精准治理、闭环管控为特点,可以有效地降低设备故障次数、保持生产工艺参数稳定、减少非计划停机、避免安全运行风险,是提高生产整体稳定性的主要方法。随着智能化技术的广泛使用,预防性维护会越来越精确、越来越智能、越来越高效地支持 LNG、化工行业的安全生产、稳定生产、高效运营。