

化工机械设备维护维修与安全管理分析

许春英 王红雷

岳阳长炼机电工程技术有限公司多伦分公司

DOI:10.32629/etd.v7i4.20246

[摘要] 化工生产具有高温、高压、易燃、易爆、有毒及强腐蚀性等特点,其核心载体——机械设备的运行状态直接关系到生产连续性、经济效益和安全水平。本文系统分析了化工机械设备的维护维修与安全管理,旨在提升设备可靠性,保障化工生产安全稳定运行。

[关键词] 化工机械; 设备维护维修; 安全管理; 风险管理; 预测性维护

中图分类号: F416.45 **文献标识码:** A

Analysis on Maintenance, Repair and Safety Management of Chemical Engineering Machinery and Equipment

Chunying Xu Honglei Wang

Duolun Branch, Yueyang Changlian Electromechanical Engineering Technology Co., Ltd.

[Abstract] Chemical production is characterized by high temperature, high pressure, flammability, explosiveness, toxicity and strong corrosiveness. The operation status of mechanical equipment, as its core carrier, is directly related to production continuity, economic benefits and safety level. This paper systematically analyzes the maintenance, repair and safety management of chemical engineering machinery and equipment, aiming to improve equipment reliability and ensure the safe and stable operation of chemical production.

[Key words] chemical machinery; equipment maintenance and repair; safety management; risk management; predictive maintenance

引言

化工生产作为国民经济的关键支柱,其生产进程对各类机械设备的安全、稳定以及连续运行有着高度的依赖。这些设备大多时候处于高温、高压、易燃、易爆以及存在腐蚀性介质等极为苛刻的服役环境之中,这些设备的状态以及运行可靠性直接关联着生产效率、产品质量、资源能耗,并且是安全生产与环境保护的物理基础。长久以来,化工行业在设备管理范畴面临着双重挑战:其一,传统的、依据固定周期的计划维修模式,有可能存在因“维修不足”而带来的安全隐患,或者因“过度维修”而造成的资源浪费;其二,静态的、以合规为导向的安全管理模式,很难对动态变化的风险进行精准预判以及主动地防控。怎样把设备维护维修的前端技术活动,与后端安全管理体系进行深度融合以及协同优化,构建一套系统化、精细化、前瞻性的管理机制,已然成为保障现代化工企业达成“安、稳、长、满、优”运行目标的核心课题。本文从维护维修和安全管理这两个方面展开分析,探寻提升化工设备可靠性与安全性的实践路径。

1 化工机械设备维护维修与安全管理的意义

1.1 保障生产安全与人员生命健康的根本前提

化工生产过程中会涉及到高温、高压、易燃、易爆、有毒

以及有强腐蚀性的介质,一旦其核心设备出现故障,就很容易引发介质泄漏、火灾、爆炸或者中毒等灾难性事故,这会直接对现场人员的生命安全和健康构成威胁,还可能给周边社区和环境带来严重危害。科学系统的设备维护维修工作,是凭借预防性检查、预测性诊断以及高质量修复等方式,主动消除设备存在的隐患,保证设备处于安全可靠的运行状态。全面的安全管理工作,从风险识别、规程制定、行为管控以及应急准备等多个方面,构建起覆盖设备全生命周期的防护体系。这两者共同发挥作用,一起筑牢化工生产的“物理防线”与“管理防线”,是杜绝重大安全事故、保护人员生命健康的基础,体现了“以人为本、安全发展”的核心价值观。

1.2 实现稳定运行与经济效益最大化的重要基石

化工生产具有高度的连续性以及关联性,关键设备出现非计划停车大多时候会导致整个生产链条中断,造成产量大幅损失、原料大量浪费以及能耗较大增加,对企业经济效益产生直接冲击。精细化的维护维修策略,像基于状态的预测性维护以及以可靠性为中心的维修,可以降低设备突发故障率,延长设备运行周期,减少非计划停车时间,保障生产装置实现“安、稳、长、满、优”运行。优化备件管理、建设知识库以及制定维修策略,可有

效控制维护成本,避免因过度维修造成资源浪费,安全管理虽不会直接带来效益,不过依靠预防事故、减少停车、避免重大财产损失以及环境污染赔偿,为企业创造了巨大的隐性经济效益以及稳定的运营环境。

2 化工机械设备的维护维修策略

2.1 推行以点检制为核心的预防性维护体系

预防性维护是化工设备管理的关键基础,其重点是借助系统的点检方式,于故障出现之前找出并排除隐患。企业需构建起“操作人员日常点检、维修人员专业点检、技术人员精密点检”的三级点检网络,操作人员运用“听、摸、看、闻”等基础手段,每天对所负责区域的设备展开巡回检查,留意压力、温度、流量、振动、泄漏、异响等直观参数。维修人员依照计划周期,运用专业工具,如测温枪、测振仪开展更深入地检查,记录数据并分析趋势。技术人员负责对关键机组进行定期大体检查或者运用在线监测系统精密诊断。所有点检结果都要记录在标准化表单或者电子系统里,并且与历史数据对比分析,形成设备状态的趋势图,为维修决策提供精确依据,把大量故障控制在萌芽状态,防止非计划停车^[1]。

2.2 严格执行基于风险的维修作业规程与质量控制

化工设备开展维修作业时,那些涉及动火、进入受限空间以及高处作业等具有较高危险性的环节,应当将其视作一个完整的“风险管控项目”,而非仅仅是技术层面的操作。在作业开始之前,务必进行全面的工作危害分析即JHA。要彻底地隔离能量源,同时还需对作业环境展开安全检测。在维修的整个过程中,要严格依据设备制造商所提供的技术规范以及检修规程进行操作,使用符合标准的备品备件以及专用工具。针对关键设备的拆装、对中以及密封更换等一系列工序,应当制定详尽的作业指导书以及质量控制点即W/H点。维修工作完成之后,要开展多层次的验收工作,其中涉及了施工质量验收、单机试车以及联动试车。唯有凭借完整且严格的流程控制,才可保证维修之后的设备恢复到安全且可靠的初始状态^[2]。

2.3 强化关键机组的专项维护与状态监测

对于像压缩机、大型泵组、高速透平以及反应器搅拌系统这类价值颇高、作用关键且故障后果较为严重的动设备而言,有必要实施专项的、更高等级的维护策略。此维护策略覆盖建立独立的设备档案,详细记录设备完整地运行、维护以及故障历史情况。要积极运用状态监测技术,如在线振动监测、润滑油液分析、红外热成像以及超声波检漏等,对这些动设备健康状态进行连续或定期“体检”。通过对监测数据(如振动频谱、磨损颗粒以及温度分布等)的深入剖析,可精确判断转子不平衡、对中不良、轴承磨损以及齿轮啮合故障等早期缺陷。

2.4 建立以可靠性为中心的备件管理与维修知识库

有效的备件管理以及知识积累是支撑高效维修的幕后保障所在。备件管理需要依据设备关键性以及历史故障率,运用ABC分类法来实施差异化策略:对于关键、长周期且高价值的A类备件,像特种机封、专用转子等,要维持安全库存或者与供应商构

建战略储备协议;对于常用易损的B类备件,采取定额库存管理方式;对于低值通用的C类备件,可采用即时采购模式。还要建立数字化的维修知识库,系统地收集每一次故障的现象、原因分析、处理过程、更换的部件以及维修工时等数据,形成标准化的故障案例库以及维修最佳实践。这会大幅缩短新维修人员的培养周期,提升维修一次成功率,还可以为设备选型改进、预防性维护计划优化提供宝贵的数据资产,形成持续改进的闭环^[3]。

3 化工机械设备的安全管理策略

3.1 构建基于风险分级管控的设备安全管理体系

化工机械设备的安全管理不能局限于传统的、围绕符合通用规范构建的静态模式,而应朝着以风险识别、评估以及控制为核心的动态管理体系转变。其最关键的是依据设备于工艺流程中的关键程度、失效可能性以及失效后果,如毒性释放、火灾爆炸、生产中断的严重状况,对全部设备展开科学的风险分级。对于如反应釜、高压管道、液化气体储罐这类高风险设备,一定要实施最高等级的安全管理策略,涉及但不限于:运用更高级别的完整性操作窗口,如更严格的工艺参数报警和联锁值,缩短检验检测周期,如应用在线监测和RBI技术,制定更详细的应急处理预案以及开展更频繁的管理层安全审计。借助这种差异化的资源分配和管理聚焦,保证把有限的安全资源精确投入到风险最高的设备与环节,达成安全管理的系统化与精细化,从根源上提高设备安全管理的效率与有效性^[4]。

3.2 强化人员安全能力建设与行为过程管控

设备可安全运行,最终是依靠人的规范操作以及维护工作。需要构建一种持续性能力培训与考核机制,该机制要与设备安全紧密相关,覆盖设计、操作、维修以及管理等各个岗位。培训内容不应仅仅局限于简单的操作规程,还应涉及设备原理、安全设计意图、偏差运行可能产生的潜在后果、安全附件如安全阀和爆破片的功能,以及异常情况的应急处置方法。对于涉及设备安全的关键作业行为,要进行严格的过程管控,全面施行作业许可制度,如动火作业、进入受限空间作业、高处作业等。作业前要进行JHA,要切实落实能量隔离、气体检测、现场监护等安全措施。依靠培养员工“知风险、会操作、能应急”的安全能力,并且约束其高风险作业行为,把人为失误这个主要风险因素降低到最低程度,筑牢设备安全管理的人防基础^[5]。

3.3 实施全生命周期的设备完整性管理

安全管理需要贯穿于设备的整个生命周期当中,这个生命周期包含从设计选型开始,历经安装调试、运行维护,直至最后的报废退役阶段。在设计采购阶段的时候,要遵循本质安全原则以及相关标准规范,认真严谨地去进行材料选择以及安全裕度计算,还要合理设置安全仪表系统。在安装与验收阶段,一定要保证施工质量达到设计要求,并且要开展严格的机械完整性检查以及文件移交工作。当处于运行阶段时,核心是要打造并且实施以预防性维护和预测性维护为核心的设备完整性管理程序,这里面涉及定期检验、测试以及预防性维修等内容,以此保证安全仪表功能、泄压装置、关键机泵等一直都处于良好状态。要

完整且准确地记录设备从投入使用到报废整个过程的运行、检验、维修以及变更历史,形成可追溯的“设备健康档案”,借助这种闭环的、系统化的管理方式,保证设备在其整个服务期内都可在安全可靠的状态下运行^[6]。

3.4 推进设备安全管理的数字化与智能化转型

借助现代信息技术来提升设备安全管理的预见性以及主动性,已然成为行业发展的必然走向,其核心路径是积极构建统一的设备安全与健康管理平台,有效整合分散于生产过程控制系统、安全仪表系统、在线状态监测系统以及维护管理系统中的各类设备数据。基于此构建设备的“数字孪生”模型。这个模型可动态映射实体设备的真实状况,实现设备运行工况、实时风险等级、法定检验周期、全生命周期维修历史的集中管理以及可视化呈现。运用大数据分析和人工智能算法,对汇聚的海量运行数据展开深度挖掘与智能学习,可以实现先进的故障预测与健康管理功能。系统可以识别设备性能的渐进性劣化趋势,提前预警像金属疲劳裂纹扩展、管线腐蚀速率超标、关键旋转部件轴承性能衰退等潜在故障。更进一步,可将此预测性维护系统与生产过程安全控制系统进行智能联动。当系统监测到设备关键参数出现明确且不可逆的异常劣化趋势,判定其可能危及安全稳定运行时,能自动生成精准的维修维护工单,还可以依据预设策略,向生产系统发送指令,自动执行工艺参数调整或启动安全联锁保护,实现从被动故障响应到主动风险防御的根本性转变。

4 结束语

化工机械设备的维护维修与安全管理,是保障化工生产实现安全、稳定、长周期、满负荷、优质运行的两大重要基础,

二者相互依存,必须协同优化。科学的维护以预防性点检和预测性监测为前哨,精准识别设备隐患;严格的管理以风险分级管控和全生命周期完整性管理为主线,系统构筑安全防线。强化人员安全能力、规范作业行为、完善备件与知识库,为设备可靠运行提供了坚实支撑。面向未来,推动设备安全管理的数字化与智能化转型,构建整合数据、智能预警、主动防御的统一平台,是实现从“事后补救”到“事前预防”根本性转变的关键。唯有将维护的精细度与管理的系统化深度融合,方能筑牢化工生产的本质安全根基,为行业的高质量与可持续发展提供不竭动力。

【参考文献】

- [1]张会英,何思齐,王哲.化工机械设备维护维修与安全管理分析[J].全面腐蚀控制,2025,39(03):79-81.
- [2]王哲,张会英,邢静.高温高压环境下有机化工机械设备的运行与维护[J].化肥设计,2024,62(06):62-64.
- [3]王忠引,邵晴莉,聂晓静.化工机械设备维护维修与安全管理分析[J].化纤与纺织技术,2024,53(11):120-123.
- [4]张星宇.化工设备管理的化工机械维护保养技术分析[J].中国设备工程,2024,(06):53-55.
- [5]刘书玉,韩亚男.化工设备管理视角下的化工机械维修保养技术探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(5):41-43.
- [6]夏文.化工机械设备维护维修与安全管理分析[J].价值工程,2020,39(36):157-158.

作者简介:

许春英(1980--),女,汉族,内蒙古锡林郭勒人,本科,毕业于北京化工大学,研究专业:化工工程与工艺。