

# 石油化工机械设备维护检修技术分析

朱振宇 张飞祥

北京航天石化技术装备工程有限公司 北京 100176

**摘要:** 石油化工机械设备是行业生产核心支撑,但其工况严苛,维护检修质量直接关乎生产连续性与安全性。传统维护检修技术存在精准度不足、响应滞后等局限,智能化技术虽有应用但面临技术融合不充分、适配性欠佳等问题。本文阐述了石油化工机械设备维护检修基础理论,分析预防性、预测性及智能化等核心维护检修技术特性,提出技术优化创新、管理体系完善、人才队伍建设及安全保障强化等策略,为提升石油化工机械设备维护检修水平提供参考。

**关键词:** 石油化工; 机械设备; 维护检修; 技术分析; 优化策略

引言: 石油化工行业作为国民经济支柱,生产流程的连续性与安全性依赖于机械设备稳定运行。当前石油化工机械设备普遍面临高温、高压、强腐蚀等问题,故障发生率较高,传统维护检修模式难以适配设备集成化、复杂化发展需求,易导致维护不及时或过度维护,影响生产效率且增加运维成本。在此背景下,梳理维护检修基础理论,剖析核心技术痛点,探索优化路径成为行业发展关键议题,对保障石油化工行业高质量发展具有重要现实意义。

## 1 石油化工机械设备维护检修相关基础理论

### 1.1 石油化工机械设备的分类与核心特性

石油化工机械设备按功能可分为反应设备、传热设备、分离设备、储运设备等核心类别。其核心特性集中体现为工况严苛,普遍面临高温、高压、强腐蚀环境,对设备材质与密封性要求极高;连续性强,设备运行与生产流程紧密衔接,停机易造成生产中断;集成度高,多设备协同运作,涉及机械、电气、自控等多系统融合,对整体稳定性要求严格。

### 1.2 设备维护检修的核心原则与目标

设备维护检修核心原则包括预防为主、防治结合,通过常态化巡检与周期性维护降低故障发生率;安全优先,确保维护检修过程中设备与人员安全,规避风险隐患;精准高效,基于设备运行数据制定针对性方案,提升维护检修质量与效率。核心目标是保障设备长期稳定运行,延长设备使用寿命,降低运维成本,维持生产流程的连续性与稳定性,提升设备运行效率与可靠性<sup>[1]</sup>。

### 1.3 维护检修技术的核心构成与发展趋势

维护检修技术核心构成涵盖基础检测技术、故障诊断技术、修复技术等,其中基础检测技术包括无损检测、油液分析等,故障诊断技术依托传感器与数据采集实现状态监测,修复技术涵盖焊接修复、表面强化等。发展趋

势呈现智能化升级,借助物联网、大数据实现设备状态实时监控与故障预警;精准化提升,通过激光检测、超声成像等先进技术提升诊断与修复精度;绿色化转型,采用环保型修复材料与节能型维护工艺,降低运维过程中的环境影响。

## 2 石油化工机械设备核心维护检修技术分析

### 2.1 预防性维护检修核心技术

预防性维护检修核心在于“防患于未然”,通过定期对设备进行检查、保养与维修,提前排除潜在故障隐患。该技术体系以设备运行手册和历史维护数据为依据,制定标准化的维护周期与作业流程。在具体实施中,关键技术包括定期润滑养护、密封件更换、精度校准等。其中,针对转动类设备如泵、压缩机等,需按照运行时长定期补充或更换润滑油,一般每运行2000小时进行一次全面润滑检查,避免因润滑不良导致轴承磨损、部件卡滞等故障;对于密封系统,需每1500小时检查密封件老化、渗漏情况,及时更换失效密封件,防止物料泄漏与设备腐蚀。借助无损检测技术如超声波检测、磁粉检测等,对设备关键焊缝、轴类部件进行定期检测,可精准识别微观裂纹等缺陷,提前进行修复处理,保障设备结构完整性。

### 2.2 预测性维护检修核心技术

预测性维护检修技术基于设备实时运行数据,通过数据分析与趋势预判,确定设备故障发生的可能性与时间节点,实现“按需检修”。该技术的核心在于数据采集与分析模型的构建,主要依赖各类传感器与数据处理系统。通过在设备关键部位安装振动传感器、温度传感器、压力传感器等,实时采集设备运行中的振动频率、部件温度、介质压力等数据,数据采集频率可达每秒10次,确保数据的连续性与完整性。将采集到的数据传输至后台分析系统,借助大数据分析机器学习算法,对比正常运

行数据阈值,识别数据异常波动趋势。例如,当转动设备振动频率超出正常范围5mm/s时,系统可发出预警信号,提示维护人员针对性检查轴承、叶轮等关键部件;通过温度数据变化趋势分析,可预判冷却系统故障,提前进行检修干预。预测性维护检修技术能够有效避免过度维护与维护不足,降低维护成本的同时,提升维护精准度<sup>[2]</sup>。

### 2.3 故障维修核心技术

故障维修核心技术聚焦于设备故障发生后的快速诊断与高效修复,核心目标是缩短停机时间、恢复设备正常运行功能。该技术体系的关键在于故障精准定位与修复方案的科学制定。在故障诊断阶段,采用综合性诊断技术,结合设备运行数据、故障现象及无损检测结果,快速锁定故障部位与故障类型。例如,针对设备异响故障,通过声学检测设备采集异响信号,结合振动数据综合分析,可精准判断故障源于轴承损坏、齿轮啮合不良还是部件松动。在修复技术方面,根据故障严重程度采用针对性修复方案,轻微故障如部件松动可通过紧固处理完成修复;对于磨损、腐蚀等部件损伤,采用堆焊、喷涂等表面强化技术进行修复,恢复部件尺寸与性能,堆焊修复层厚度可达3-8mm,能够满足设备运行强度要求;对于严重损坏部件,采用快速更换方式,提前储备关键备件如泵轴、叶轮等,确保故障发生后可在4-6小时内完成备件更换与调试,快速恢复生产。

### 2.4 智能化维护检修技术应用

随着信息技术的发展,智能化技术在石油化工机械设备维护检修中的应用日益广泛,推动维护检修工作向数字化、自动化转型。核心应用包括智能监测系统、远程运维平台与机器人检修技术。智能监测系统整合多维度传感器数据与视频监控画面,通过边缘计算技术实现数据本地实时分析与预警,减少数据传输延迟,确保预警信号及时反馈;远程运维平台打破地域限制,维护人员可通过平台实时查看设备运行状态、接收故障预警信息,远程指导现场人员开展检修作业,降低现场运维人员工作量,提升检修效率;机器人检修技术主要应用于高危作业环境如储罐、反应釜内部检修,通过遥控机器人携带检测设备与维修工具,完成设备内部缺陷检测与小型修复作业,避免人员进入高危环境,提升作业安全性。数字孪生技术的应用实现了设备虚拟建模,通过虚拟模型模拟设备运行状态与故障演化过程,为维护检修方案制定提供精准参考,降低方案试错成本。

## 3 石油化工机械设备维护检修技术应用中的关键问题

### 3.1 技术层面的核心问题

技术层面的核心问题集中在技术适配性不足与技术

融合难度大两方面。部分维护检修技术与设备实际运行特性不匹配,尤其是针对老旧设备或特殊工况下的设备,现有检测技术难以精准捕捉故障信号,导致诊断误差较大。不同维护技术间的融合程度较低,如预测性维护的监测数据与智能化维护的数据分析平台衔接不畅,数据共享与交互存在障碍,无法充分发挥技术协同效应。技术更新迭代速度与设备升级节奏不同步,部分先进维护技术缺乏对应的技术标准与操作规范,制约了技术应用效果的充分发挥<sup>[3]</sup>。

### 3.2 管理与实施层面的问题

管理与实施层面的问题主要表现为管理体系不完善与实施流程不规范。部分企业未建立健全维护检修技术管理机制,缺乏对技术应用全流程的有效管控,导致维护计划制定随意、检修过程监督缺失、效果评估流于形式。在人员管理方面,维护检修人员专业素养参差不齐,对先进技术的操作熟练度不足,难以精准掌握技术核心要点,影响技术应用质量。同时,维护检修资源配置不合理,备件储备、设备工具等资源调度缺乏科学性,常出现资源闲置或短缺的情况,降低了维护检修工作的效率。

### 3.3 安全层面的潜在风险

安全层面的潜在风险贯穿于维护检修技术应用的全流程。在检修作业实施过程中,若未严格执行安全防护措施,易引发设备误操作、部件坠落等安全事故。部分维护检修技术在应用时需接触高温、高压、易燃等危险环境,若技术操作不当或安全监测不到位,可能诱发火灾、爆炸等严重安全隐患。此外,智能化维护技术应用中,数据传输与存储的安全性不足,若出现数据泄露或被篡改,可能导致设备运行参数异常、故障预警失效,间接引发安全风险。同时,设备检修后的试运行阶段,若安全验收标准不严格,未及时发现潜在问题,可能导致设备投入运行后出现安全事故。

## 4 提升石油化工机械设备维护检修技术水平的优化策略

### 4.1 技术优化与创新策略

技术优化与创新是提升石油化工机械设备维护检修水平的核心驱动力,需从技术适配性改进、跨技术融合及前沿技术研发三方面系统推进。针对行业高温、高压、高腐蚀的复杂工况及反应釜、输送泵等不同设备类型差异,开展定制化技术优化,通过优化传感器布局、升级传感设备并改进数据算法,显著提升检测技术精准度,可使设备故障早期识别准确率提升至95%以上,有效防范隐性故障扩大。加强预防性、预测性与智能化技术深度融合,搭建统一技术数据共享平台,整合设备运行参数、维护

历史等多维度信息,实现数据实时交互与协同分析,确保平台兼容至少20种不同类型设备参数采集处理需求,打破技术应用壁垒。加大前沿技术研发投入,重点攻关数字化孪生、AI故障诊断等关键技术,建立“研发-转化-应用”机制加速成果落地,同时构建技术更新迭代体系,确保每年至少完成5项核心维护技术优化升级,持续增强技术核心竞争力<sup>[4]</sup>

#### 4.2 管理体系完善策略

完善的管理体系是技术有效应用的保障,需构建全流程、精细化的管理机制。建立覆盖设备全生命周期的维护检修管理体系,明确从设备购置、运行监测到维护检修、报废处置各环节的管理职责与流程标准,形成闭环管理。优化维护检修计划制定流程,结合设备运行数据与维护历史记录,采用信息化管理工具生成动态维护计划,减少计划制定的主观性与随意性。健全资源配置管理机制,搭建备件管理信息系统,实时监控备件库存状态,确保关键备件储备量满足至少3个月的应急需求,同时优化设备工具调度流程,提高资源利用率。建立维护检修效果评估机制,通过设备故障率、维护成本、停机时间等指标量化评估效果,根据评估结果及时调整管理策略,推动管理体系持续优化。

#### 4.3 人才队伍建设策略

人才是技术落地与管理实施的关键,需打造一支专业素养高、操作能力强的复合型人才队伍。构建分层分类的培训体系,针对基层检修人员开展基础操作技能培训,针对技术骨干开展先进技术应用与故障诊断专项培训,每年组织集中培训不少于8次,单次培训时长不低于4小时,全面提升人员专业能力。建立“师带徒”培养机制,选拔经验丰富的技术专家与青年员工结对,加速青年员工成长,缩短人才培养周期。搭建人才交流与激励平台,定期组织行业内技术交流互动,鼓励员工参与技术攻关与创新项目,对取得技术突破或显著提升维护效率的团队给予奖励,同时完善人才晋升通道,吸引并留住核心技术人才,保障人才队伍的稳定性与活力。

#### 4.4 安全保障体系强化策略

强化安全保障体系需贯穿维护检修全流程,构建多维度的安全防护网络。制定针对性的安全操作规范,明确不同维护检修作业的安全防护要求与操作步骤,配备齐全的安全防护设备,确保作业人员每人一套符合标准的防护装备。加强作业过程安全监测,在高危作业区域部署实时安全监测设备,监测数据同步传输至安全管理平台,一旦出现安全隐患立即发出预警并启动应急响应。优化智能化技术应用的安全防护,加强数据传输与存储的加密防护,定期开展安全漏洞检测与修复,每年完成不少于4次全系统安全审计,防范数据安全风险。建立安全应急处置机制,制定各类突发安全事故的应急处置预案,定期组织应急演练,提升作业人员应急处置能力,同时完善检修后设备安全验收标准,确保设备试运行前各项安全指标均达标,从源头规避安全风险<sup>[5]</sup>。通过多维度安全保障措施,可使维护检修作业安全事故发生率控制在极低水平,保障作业安全与生产稳定。

结束语:石油化工机械设备维护检修是保障行业稳定生产的关键环节,其技术升级与管理优化刻不容缓。本文围绕维护检修基础理论、核心技术及优化策略展开系统探讨,明确了技术智能化、管理精细化、人才专业化及安全全面化的发展方向。未来,需持续推动技术创新与多系统融合,强化理论与实践结合。相关研究成果可为行业维护检修工作提供实践指导,助力提升设备运行可靠性,推动石油化工行业绿色、高效、安全发展。

#### 参考文献:

- [1]刘旭东.研究石油化工机械设备的维护检修技术[J].越野世界,2021(10):217.
- [2]吴启然.石油化工机械设备的维护检修技术探析[J].石油石化物资采购,2023(12):52-54.
- [3]石锐.机械设备检修中存在的问题及完善对策[J].内蒙古石油化工,2025,51(7):38-42.
- [4]李潇.石油化工机械设备维护检修技术措施分析[J].中国机械,2021(11):109-110.
- [5]许魁峰.石油化工设备维护方法与管理策略探究[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(4):37-39.