

# 石油化工生产装置的安全运行与维护管理

魏海波 张江林 李广吉

东华能源(宁波)新材料有限公司 浙江 宁波 315000

**摘要:** 石油化工生产装置的安全运行依赖于关键技术的应用与有效的维护管理策略。自动化控制技术实现生产过程的精准调控;安全监测与预警技术实时监测风险并发出预警;防火防爆技术通过多方面措施预防事故发生。维护管理方面,预防性维护主动消除故障隐患;故障维修管理确保快速高效修复;维护人员培训与管理提升人员技能与安全意识,共同保障装置安全稳定运行。

**关键词:** 石油化工;生产装置;安全运行;维护管理

引言:石油化工生产装置堪称国家能源安全与工业发展的“定海神针”,其安全运行与维护管理意义重大。但该行业生产环境恶劣,高温、高压是常态,且物料大多易燃易爆,安全风险如影随形。一旦发生事故,火光冲天、爆炸频发,不仅会造成大量人员伤亡,还会让企业遭受巨额经济损失,周边生态环境也会惨遭破坏。所以,如何构建全方位、多层次的安全保障体系,有效确保石油化工生产装置安全运行,已成为当下亟待攻克的重大课题。

## 1 石油化工生产装置概述

石油化工生产装置是石油化工行业的核心基础设施,承担着将原油等原料转化为各类石油化工产品的关键任务,在国民经济中占据着举足轻重的地位。从分类角度看,石油化工生产装置依据生产工艺和产品类型可分为多种。炼油装置主要用于原油的加工,通过蒸馏、裂化、重整等工艺,将原油分离和转化为汽油、柴油、煤油等燃料油以及石脑油、润滑油基础油等产品。化工原料生产装置则以炼油过程产生的中间产品或天然气等为原料,生产乙烯、丙烯、苯、甲苯等基本有机化工原料,这些原料是合成塑料、合成纤维、合成橡胶等高分子材料的基础。精细化工装置进一步对基本化工原料进行深加工,生产各种高附加值的精细化学品,如医药中间体、农药、染料、涂料等。各类生产装置具有鲜明的特点。在工艺复杂程度上,炼油装置涉及多种物理和化学分离及转化过程,工艺流程长且复杂;化工原料生产装置则注重特定的化学反应过程,对反应条件的控制要求极高。操作条件方面,许多装置需要在高温、高压的环境下运行,例如乙烯生产装置中的裂解炉,操作温度可达上千摄氏度,压力也较高,这对设备的材质和密封性能提出了严峻挑战<sup>[1]</sup>。在物料危险性上,石油化工生产过程中使用的原料和产品大多具有易燃易爆、有毒有害

等特性,一旦发生泄漏,极易引发火灾、爆炸和中毒事故。石油化工生产装置的关键设备众多,如反应器是进行化学反应的核心设备,其结构和性能直接影响反应的效率和产品的质量;塔器用于物料的分离和提纯,通过精馏、吸收等操作实现不同组分的分离;换热器则负责热量的传递和回收,提高能源利用效率;压缩机和泵为物料的输送和工艺过程的进行提供动力。这些关键设备的正常运行对于保障整个生产装置的安全稳定生产至关重要。

## 2 石油化工生产装置安全运行的关键技术

### 2.1 自动化控制技术

#### 2.1.1 实时监控系统

实时监控系统是自动化控制技术的基础,它通过部署大量的传感器来采集生产装置的各种关键参数,如温度、压力、流量、液位等。这些传感器将采集到的数据实时传输至中央控制系统,通过对数据的实时分析,操作人员可以及时了解生产装置的运行状态,发现潜在的安全隐患。例如,当温度或压力超过设定阈值时,系统会自动发出警报,提醒操作人员采取相应的措施,防止事故的发生。实时监控系统不仅提高了生产装置的安全性,还减轻了操作人员的劳动强度,使得生产过程更加平稳和高效。

#### 2.1.2 先进控制策略

先进控制策略是自动化控制技术的核心,它利用现代控制理论和方法,对生产过程进行优化控制。例如,模型预测控制(MPC)可以根据生产装置的动态模型,预测未来一段时间内的运行状态,并计算出最优的控制动作,使得生产装置始终保持在最佳运行状态。此外,模糊控制、自适应控制等先进控制策略也在石油化工生产装置中得到了广泛应用。这些控制策略可以有效地应对生产过程中的不确定性和非线性特性,提高控制系

统的鲁棒性和适应性，从而确保生产装置的安全稳定运行。

### 2.1.3 故障诊断与预警

故障诊断与预警是自动化控制技术的重要组成部分，它通过对生产装置的运行数据进行分析，及时发现潜在的故障，并发出预警信号。故障诊断技术通常采用数据驱动或模型驱动的分析方法，如主元分析（PCA）、独立元分析（ICA）等，可以有效地识别出生产过程中的异常情况。预警系统则根据故障的严重程度和发展趋势，发出不同级别的警报，提醒操作人员采取相应的措施。通过故障诊断与预警技术，可以将故障消灭在萌芽状态，避免故障的扩大和事故的发生，从而保障生产装置的安全运行。

### 2.2 安全监测与预警技术

安全监测与预警技术是保障石油化工生产装置安全运行的核心技术，该技术通过集成先进的传感器网络、数据采集系统、信息处理技术和预警模型，实现对生产过程中各种潜在风险的实时监测、分析和预警，为预防事故发生提供关键的技术支持。安全监测技术依赖于高精度、高可靠性的传感器网络，这些传感器被广泛部署在生产装置的各个关键部位，用于实时采集温度、压力、流量、液位、气体浓度等关键参数。例如，可燃气体和有毒气体检测仪能够实时监测装置内部或周边环境中的危险气体浓度，一旦发现超标，立即发出信号。此外，针对特定设备，如反应器、压缩机、泵等，还会安装振动、噪声等专用传感器，以监测设备的运行状态。数据采集与传输系统负责将传感器采集到的数据实时、准确地传输至中央控制系统，现代石油化工装置通常采用工业以太网、无线传感器网络等技术，实现数据的快速、可靠传输。中央控制系统接收到数据后，利用信息处理技术，如数据清洗、数据融合、特征提取等，对海量数据进行处理和分析，以识别出潜在的异常情况<sup>[2]</sup>。预警模型是安全监测与预警技术的核心，基于历史数据、工艺参数和专家经验，可以构建各种预警模型，如基于统计过程控制（SPC）的预警模型、基于机器学习的预警模型等。这些模型能够根据实时监测数据，预测生产装置的未来状态，并在发现潜在风险时，及时发出预警信号。预警信号通常分为不同的等级，根据风险的严重程度和紧急程度，提示操作人员采取相应的措施，如调整工艺参数、停车检修等，从而有效避免事故的发生。

### 2.3 防火防爆技术

防火防爆技术是石油化工生产装置安全运行中至关重要的组成部分，针对易燃易爆物质和潜在点火源，采

取一系列预防、控制和保护措施，以防止火灾和爆炸事故的发生，保障人员和设备安全。（1）危险区域划分与防爆电气设备选用：根据生产装置中不同区域的危险程度，将装置划分为不同的危险区域，如0区、1区、2区等。针对不同危险区域，严格选用符合防爆等级的电气设备，如防爆电机、防爆灯具、防爆开关等，防止电气火花引发爆炸。（2）防雷防静电措施：石油化工装置通常包含大量的金属设备和管道，容易积聚静电。通过采用静电接地、静电消除器等装置，可以有效消除静电积聚，防止静电放电引发火灾或爆炸。同时，安装避雷针、避雷带等防雷设施，可以防止雷击引发的事故。（3）通风与惰化保护：在可能释放易燃易爆气体的场所，设置良好的通风系统，及时稀释和排除危险气体，降低其浓度至安全范围以下。对于某些特定设备或区域，还可以采用惰性气体（如氮气）进行保护，降低氧含量，抑制燃烧和爆炸的发生。（4）阻火抑爆装置：在设备或管道的关键部位，安装阻火器、防爆片、安全阀等装置，可以阻止火焰的传播，缓解压力的升高，防止爆炸的发生或在爆炸发生时降低其破坏力。例如，阻火器可以阻止火焰通过管道传播到其他设备，防爆片可以在压力超过设定值时破裂，释放压力，保护设备。（5）消防系统的配置与管理：完善的消防系统是防火防爆的重要保障。根据装置的规模和风险特点，配置足够数量且分布合理的消防设施，如消防水炮、泡沫灭火系统、干粉灭火器等。同时，制定严格的消防管理制度，定期进行消防演练，确保在火灾发生时能够迅速有效地进行扑救。

## 3 石油化工生产装置的维护管理策略

### 3.1 预防性维护管理

#### 3.1.1 设备定期巡检维护计划制定

在石油化工生产中，设备定期巡检至关重要。需组建专业巡检团队，严格依照既定巡检路线与时间，对生产装置各设备展开全方位检查。巡检时运用听声、观察外观、触摸感知温度及振动等手段，精准判断设备运行状况。基于巡检所获信息，综合考量设备使用时长、运行负荷等因素，精心制定维护计划。明确维护具体内容、时间节点和责任人，确保设备隐患能及时发现并处理，维持设备稳定运行。

#### 3.1.2 基于状态监测预知性维护

在石油化工生产装置中，应用振动监测、油液分析和红外热成像等先进状态监测技术，能够实现对设备运行状态的实时监控。通过对监测数据的深入分析，可以敏锐地捕捉到设备潜在的故障迹象和性能下降趋势。一

旦监测数据偏离正常范围,系统将迅速触发预警机制,提醒维护人员注意。随后,维护人员可以根据设备的实际状态,量身定制维护策略,在故障发生前提前介入维护,从而有效降低设备故障停机风险,提升生产的连续性和设备的可靠性。这种基于状态的预防性维护方法,能够显著提高设备的使用寿命和运行效率,为石油化工生产装置的安全稳定运行提供有力保障。

### 3.1.3 设备清洁润滑紧固工作

设备的清洁、润滑与紧固是预防性维护的基础且关键任务。定期彻底清洁石油化工生产装置设备,去除表面油污、灰尘及杂物,避免污染物侵入设备内部影响性能。依据设备要求,选用适配润滑剂并按时加注,减小部件间摩擦损耗,延长设备使用寿命。同时,对设备连接部件的螺栓、螺母等进行周期性紧固,防止松动引发设备振动异常、泄漏等问题,保障设备运行的安全性与稳定性。

### 3.2 故障维修管理

在石油化工生产中,故障维修管理是保障生产装置正常运行的关键环节,需从多个方面进行严格把控,具体如下:(1)故障精准诊断:当石油化工生产装置出现异常时,维修团队要迅速响应,综合运用各类先进检测技术与丰富实践经验,对设备进行全面细致的排查。深入分析设备运行数据、故障表现等,准确找出故障根源,为后续维修提供可靠依据。(2)方案科学制定:依据故障诊断结果,组织专业技术骨干共同研讨,制定切实可行的维修方案。充分考量维修的技术难度、时间成本、安全风险以及对生产流程的影响等因素,确保方案既能高效解决故障,又能将对生产的干扰降至最低。

(3)资源合理调配:及时协调维修所需的人力、物力资源。根据维修任务的复杂程度和技术要求,合理安排专业维修人员,同时确保所需零部件、工具等物资的及时供应,避免因资源短缺导致维修工作停滞。(4)质量严格把控:在维修作业过程中,严格遵循既定的维修工艺和质量标准。加强对每一个维修环节的监督检查,通过自检、互检和专检等方式,确保维修质量达到要求,有效提升设备的可靠性和稳定性。(5)经验及时总结:维修工作结束后,对整个维修过程进行全面复盘。详细记录故障发生的原因、维修过程和采取的措施,分析总结

经验教训,形成案例库,为今后设备的维护和故障处理提供宝贵参考,不断优化故障维修管理水平。

### 3.3 维护人员培训与管理

在石油化工生产领域,维护人员的专业素质和管理水平对生产装置的稳定运行起着关键作用,故而维护人员的培训与管理工作的需多维度开展。要构建系统的专业技能培训体系,石油化工生产装置精密复杂,涉及众多专业知识。为维护人员定制贴合实际需求的课程,从设备的基础构造、运行原理,到先进的故障诊断技术和维修手段,都要进行全面且深入的讲解。同时,结合现场实操,让维护人员在实践中积累经验,提升解决实际问题的能力。安全培训必不可少,该行业存在潜在的危险,如化学品泄漏、火灾爆炸等<sup>[3]</sup>。定期组织安全知识讲座、应急演练,让维护人员熟悉安全法规、掌握应急处理流程,牢固树立安全第一的意识,确保在工作中严格遵守安全操作规程。建立完善的绩效考核机制也至关重要,从工作质量、效率、责任心等多个方面对维护人员进行综合评估。奖励表现突出的人员,激励他们不断进步;对考核不达标的人员,进行针对性的辅导和再培训。通过这种方式,激发维护人员的工作积极性和主动性,打造一支高素质的维护团队。

### 结语

未来,技术革新与管理升级将为石油化工行业安全运行注入强劲动力。在技术层面,智能化监测设备将更加灵敏精准,能实时捕捉生产装置的细微异常;自动化控制系统将不断优化,实现更高效稳定的生产调控。在管理方面,安全管理制度将更加完善,安全培训会更深入全面。通过技术与管理的协同发力,石油化工行业的安全运行将拥有更坚实的保障。这不仅有助于企业降低事故风险、提升经济效益,更能为国民经济的稳健增长和社会秩序的和谐稳定添砖加瓦,发挥更大的积极作用。

### 参考文献

- [1]周越.石油化工装置检修过程中的安全管理措施分析[J].中国科技期刊数据库工业A,2024(6):0120-0123.
- [2]孙亚峰.石油化工设备的管理与维修[J].化工管理,2025(4):121-124.
- [3]郭强.石油化工设备维护与管理相关措施分析[J].中国设备工程,2024(2):59-61.