

# Discussion on Preventive Maintenance Strategy of Key Equipment in Petroleum and Chemical Plant

Qinglin Li

Sinopec Western Sichuan Natural Gas Exploration and Development Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 611900, China

## Abstract

Petroleum and natural gas chemical plants are mostly in continuous operation. Once key equipment experiences performance degradation, it often leads to interlock shutdowns, fluctuations in product indicators, and increased energy consumption. Preventive maintenance is not merely about increasing inspection frequency, but rather combining fault mechanisms, operational loads, and on-site inspection methods to address potential hazards at the “pre-failure” stage within controllable limits. This paper focuses on common equipment such as pumps and compressors in plants, and discusses how to make maintenance activities more aligned with operational realities through hierarchical management, task lists, and closed-loop execution, based on the characteristics of China’s plant inspection and maintenance organization and shutdown window management.

## Keywords

petroleum and natural gas chemical industry; facilities; key equipment; preventive maintenance; strategies

## 石油天然气化工装置关键设备的预防性维修策略探讨

李庆麟

中石化川西天然气勘探开发有限公司, 中国·四川成都 611900

## 摘要

石油天然气化工装置多处于连续运行状态, 关键设备一旦出现性能退化, 往往会引起连锁停工、产品指标波动与能源消耗上升。预防性维修并不是单纯增加检修频次, 而是把故障机理、运行负荷与现场可获得的检验手段结合起来, 提前把隐患从“失效前兆”阶段处置在可控范围内。本文以装置常见的泵类、压缩机等设备为对象, 结合中国装置检维修组织方式与停工窗口管理特点, 讨论如何通过分级管理、任务清单与执行闭环, 使维修活动更贴近运行实际。

## 关键词

石油天然气化工; 装置; 关键设备; 预防性维修; 策略

## 1 引言

石油天然气化工装置关键设备的运行情况将会直接影响企业的发展, 而预防性维修和管理工作的开展能够从源头上保障设备的高质量运行。关键设备的失效表现常具有隐蔽性与突发性并存的特点。部分现场仍存在“故障后抢修”占比偏高、检修计划与备件准备脱节、重复性拆装带来二次缺陷等问题<sup>[1]</sup>。将预防性维修落实到班组层面, 需要把经验做法转化为标准任务, 把“该查什么、查到什么程度、异常如何处置”写清楚, 并在停工检修与在线维护之间建立可交接的边界。因而, 强化实施石油天然气化工装置关键设备预防性管理能够未雨绸缪地消除那些潜在的设备故障隐患。

## 2 预防性维修概述

预防性维修是指维修人员在设备尚能运行但已出现劣化趋势时, 按照既定周期或状态判据开展检查、调整、清洁、润滑、紧固、校验与计划性更换等活动, 从而避免故障扩大成非计划停机。结合中国石油天然气化工装置的实际, 预防性维修通常由三类任务构成。第一类是按周期执行的基础保养, 例如润滑油脂补充、过滤器更换、紧固件复查与对中复核。第二类是按状态触发的维护, 例如振动、温升、泄漏量与压力波动异常后开展针对性排查。第三类是针对隐藏失效的定期验证, 例如连锁回路、阀门动作与保护装置的功能试验。其关键在于把任务与失效模式对应, 避免“做了很多检查但没抓住问题”。

## 3 石油天然气化工装置关键设备的预防性维修价值

在装置连续化生产条件下, 关键设备预防性维修的直

【作者简介】李庆麟(1992-), 女, 中国重庆人, 本科, 工程师, 从事动静设备研究。

接价值首先体现在运行波动的可控性上。以泵和压缩机为例,密封、轴承和润滑系统的劣化往往先表现为小幅泄漏、温升与振动上扬,如果在早期通过点检与小修处置,可避免发展为大修甚至连锁停车。其次,预防性维修能降低停工检修的不确定性。装置停工窗口短、交叉作业多,若平时缺少可追溯的检查记录,停工时容易出现“拆开才发现问题”,导致计划外增项与工期挤压。再次,预防性维修有利于减少安全风险暴露,尤其是含硫、含酸介质系统,一旦设备缺陷引发泄漏,后果往往超过单纯经济损失,设备完整性管理也明确要求企业建立检查、测试与预防性维修的制度化安排<sup>[2]</sup>。最后,从成本结构看,合理的预防性维修可以把费用从抢修加班、事故处置与紧急采购,转移到可计划的备件周转与小修资源配置,使班组工作节奏更稳定。

## 4 石油天然气化工装置关键设备的预防性维修策略探讨

### 4.1 分级点检与缺陷闭环策略

石油天然气化工装置的关键设备预防性维修宜以失效后果为主线建立分级点检体系,将巡回检查、周期测量与拆检分层组织,并与缺陷闭环同步运行。分级可按介质危害、停产损失及设备条件确定,点检条目需可观察、可量化、可追溯,现场用点检卡和缺陷单统一记录。缺陷分为提示、一般、紧急三级,对应跟踪观察、限期消缺和立即停用处置,修复后按验收准则复核并更新基准数据。以贫溶剂泵为例,交接班点检由操作员与设备员共同完成,围绕密封腔滴漏、轴承座温升、出口压力稳定性和电机电流波动逐项确认,并复查振动趋势变化,并检查底座螺栓、对中标志、润滑油位及油质。若滴漏由间断转为连续成线,或轴承温度较前次明显升高,班组应立即挂牌并补充记录工况、阀位、旁通状态和异音部位,同时复核泵入口过滤器压差与冷却水流量。紧急缺陷在原因未明前先降负荷或切换备用泵,必要时停泵隔离。周度点检拆护罩检查联轴器弹性体磨损与紧固件松动,复测地脚螺母扭矩,核对机封冲洗管路回流是否顺畅,并核对轴承加脂周期与油窗清洁,同时进行备用泵短时切换,观察启停迟滞与止回阀回落。月度或季度计划停泵时清理过滤器,检查吸入管支吊架受力及软接状态,拆检冲洗节流孔堵塞和密封辅助件老化,轻微拉伤处修磨或更换,并按程序复位对中与管线应力支撑。消缺完成后必须先盘车与灌泵确认无卡滞,再带负荷试运不少于30 min,连续记录泄漏量、温升、压力与电流,验收后将数据写入点检基准表,并由操作、设备、工艺三方签字后关闭缺陷<sup>[1]</sup>。

### 4.2 润滑与密封系统的预防维护策略

石油天然气化工装置的关键设备的预防性维修应把润滑与密封视为可单独退化的功能系统,管理重点从是否故障转为是否偏离基准。现场以油压、油温、过滤压差与泄漏量建立运行窗口,并按运行小时与停机窗口实施状态确认、

部件清洁和连锁校验,确保退化在早期被截获。对油品清洁度、含水与密封气洁净度设定入厂与运行限值,并将异常分为劣化、污染与供给不足三类处置。以装置空气压缩机为例,班组每班核对油箱液位、供油总管压力及过滤器压差,压差接近限值时先更换滤芯并检查旁通阀卡滞,避免杂质循环。回油温度连续偏高时,优先检查油冷却器结垢及水侧流量,必要时对冷却器反冲洗,同时复核风机皮带张紧度。油池温度宜控制在80℃左右,出现温升突变需核对轴承回油是否畅通并检查排油阀是否有效。按计划每1000至2000小时取样,关注黏度、含水与机械杂质,并结合补油量判断是否存在内漏或挥发损失。对干气密封或填料密封,运行中记录密封气压力、端面温度及排放量趋势,排放量上升时先排查密封气过滤器与稳压装置,再检查隔离气供给和放空管阻塞,必要时校核密封泄漏监测孔的畅通性。每次停机窗口清洗油站吸油滤网,检查回油管路与集油槽沉积物,联动试验低油压停机与高温报警动作,确认动作值与延时一致。机组出现轻微喘振或流量波动时,同步检查入口过滤器堵塞和进气阀响应。处理后分阶段加载复核油压、油温、压差与振动并记录。

### 4.3 热工设备的停开炉前检查策略

石油天然气化工装置的关键热工设备的预防性维修应以停开炉窗口为主线,通过状态确认、缺陷隔离与复位验证把风险前移。现场可将炉体承载、燃烧供给、耐火衬里三类要素拆分成可判定条件,并与开炉许可绑定,任何一项不满足即保持停炉状态。检修班组应对遗留缺陷设置隔离标识并完成复点确认。作业中坚持先冷却后检查、先修复后升温、先通风后点火的顺序,避免热应力叠加与带病投料。以克劳斯炉为例,停炉后将炉膛温度降至规定范围,确认残余可燃气体已置换,再按路线检查炉门、观察孔、烟道接口及人孔盖的密封面,重点处理法兰垫片烧蚀、螺栓松动和保温层塌陷引起的漏风,并复查炉壳焊缝与支座有无变形。随后对燃烧器拆检,清理喷嘴积炭与结盐,检查燃料过滤器与回火防止件,校正点火电极间隙,核对燃料切断阀与调节阀动作灵活性,擦拭火焰检测器视窗并完成冷态点火试验<sup>[4]</sup>。炉膛内壁与拱顶采用目测结合敲击识别空鼓、剥落和裂纹扩展,对局部脱落处补抹耐火料,按工艺烘干固化后再复测。烟道侧检查膨胀节波纹完整性、导向支座与滑动支吊架行程,消除卡阻并确认热胀余量,同时清理灰尘与硫凝物,保证排烟通道畅通。开炉前对燃料管线排凝与吹扫,检查压力表指示与安全阀铅封完好,确认助燃风机入口滤网清洁,再复核燃料与助燃风的配比与压力,确认引风机、风门及挡板位置正确,再分段升温,升温过程中沿炉壳布点测温并记录温差,出现异常热点或升温过快时立即降负荷,回查衬里修补区与漏风点,确认稳定后再继续升温。

### 4.4 备机轮换与机会检修策略

石油天然气化工装置的关键设备的预防性维修应把

运行冗余转化为可控的检修窗口,通过备机轮换降低单台连续服役时间,并在切换后的短停期实施机会检修,形成班组可执行的轮换计划。轮换周期需结合工况波动、密封寿命与润滑状态确定,切换步骤要以工艺稳定为约束,检查项目按外观、对中、密封、轴承与保护回路分层执行,缺陷处置以可外部完成、可快速复位为原则。以贫溶剂泵为例,轮换前班组先核对备用泵入口滤网压差、盘车阻力和密封冲洗流量,确认入口阀全开、出口阀处于小开度,冷却水与润滑油位在允许范围。同时检查吸入压力与气蚀征兆,必要时在泵壳排气阀处排尽空气。启动备用泵后先观察电流与振动变化,待出口压力稳定并与系统压力偏差小于设定值,再缓慢关小运行泵出口阀并停运运行泵,避免吸收塔液位出现突跳。停泵后先保留联轴器护罩进行目视复查,检查轴端甩油、护罩内磨屑、底座螺栓松动和基础裂纹,并用测温枪测轴承端温升是否有滞后升高。机会检修优先处理密封冲洗滤芯更换、回油节流孔清理、填料函预紧和机械密封冲洗嘴疏通,同时复核联轴器对中并更换老化弹性垫块。对轻微渗漏但未超限的密封,维修人员先调整压盖或补充冲洗介质,使渗漏保持稳定,再记录单位时间渗漏量、泵壳温度和轴承噪声作为下次轮换的跟踪指标。处理完成后进行短时带压试车,确认无异音、无异常温升、出口压力恢复正常,保护装置投入状态正确。试车合格后将该泵置于备用位,排净泵体积液并按规定盘车,挂牌注明检修内容、日期与下次轮换建议。

#### 4.5 检修质量控制与复装验收策略

关键设备预防性维修应以失效机理和风险排序为主线,先确定影响安全与连续运行的薄弱环节,再把检修工序、测量项目和允收范围固化成作业包。现场必须做到拆前记录可追溯、拆中尺寸可复核、复装后性能可验证,并用分级验收把个人经验转化为可执行标准。预防性维修不追求过度拆检,而是以关键件状态确认和复位完整性为边界,控制检修窗口内的变更数量。以硫磺回收装置克劳斯炉为例,检修前先核对炉膛衬里温度与压降趋势,结合停工计划确定开箱范围和备件清单。拆解时对燃烧器、混合器、观火孔、热电偶套管逐件编号,记录紧固件规格与力矩方向,保留原始间隙值和定位基准<sup>[5]</sup>。清理后对炉壳内壁腐蚀点、衬里脱落区进

行划线标记,测量炉口同心度、喷嘴伸出量、火焰稳定器偏心量,数据直接写入作业包并由检修与工艺双签。复装阶段先处理衬里,按分层烘干制度控制升温速率,关键部位采用同批次材料并检查含水率。随后安装燃烧器与配风部件,按图纸复核喷嘴角度和中心线,使用塞尺复测间隙,螺栓按对角分步上紧并复核终拧力矩。验收时除外观与尺寸外,还要做冷态密封试验,确认人孔、法兰无渗漏,点火前完成吹扫和阻火器检查。开车后以炉前后压差、尾气含硫和火焰形态作为复装验证点,发现偏差立即停稳复测。现场质量控制还应落实量具周期检定,力矩扳手、塞尺、激光对中器使用前核验零点,避免测量误差带入复装。对更换的炉管、导向件和支撑件执行到货复验,核对材质标识与尺寸公差。焊补部位完成外观检查后进行渗透或磁粉复查,并对膨胀节和柔性密封件做压缩量确认。每个关键工序设置见证点,未签字不得转序。

## 5 结语

石油天然气化工装置关键设备的预防性维修,应当以失效模式为主线,将点检、维护、试验与计划性检修组合成可执行的任务体系,并通过缺陷闭环与复装验收确保措施有效落地。现场实施时需要尊重装置连续运行、停工窗口紧张与班组资源有限的现实条件,把关键检查做到“少而准”,把处置动作做到“短而稳”,从而在不增加过度拆装的前提下实现运行风险的前移控制。

## 参考文献

- [1] 丁仕勇.机械设备维护管理中的预防性维护策略研究[J].你好成都(中英文), 2023(26):0103-0105.
- [2] 折磊,李诚华,李魁委,等.化工设备预防性维护的降本增效价值[J].中国化工贸易, 2025(14):73-75.
- [3] 高峰.钻井设备预防性维护对安全生产与经济效益的影响分析[J].中国化工贸易, 2025(31):45-47.
- [4] 倪令芹.预防性维护在海洋石油工程设施中的实践探讨[J].中国石油和化工标准与质量, 2025(9).
- [5] 刘宇航.施工装置危险源识别与预防在石油化工安全管理中的应用[J].中国石油和化工, 2025(7):69-70.