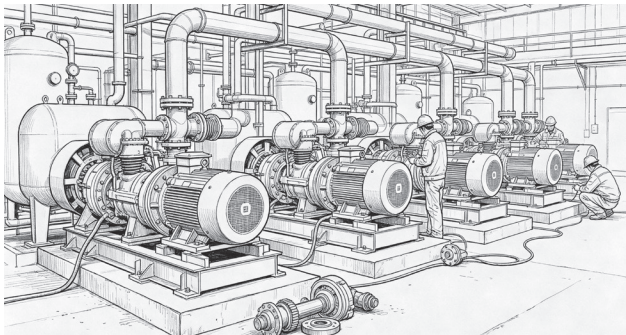


压缩机设备运行可靠性提升中的 运维管理创新实践

文 | 姚剑锋 刘东升

在新一代信息技术与工业深度融合的背景下,大数据、人工智能、数字孪生、元宇宙等前沿技术正深刻重塑工业设备运维管理模式。压缩机作为流程工业的核心动力设备,其运行可靠性直接影响生产安全与运营效能,传统运维模式已难以适应高质量发展需求。为此,从概念重构、价值阐释与创新策略三个层面展开系统探讨。



(配图由 AI 生成)

压缩机智能运维管理的概念重构

压缩机智能运维管理的概念重构,本质上是对传统“以故障为导向”的运维理念作系统性颠覆与升维。它把可靠性工程作为理论根基,将大数据采集、人工智能分析、数字孪生建模等前沿技术手段有机融入设备运行、状态监测、维护决策的全过程,让运维管理从依赖人工经验的被动响应模式转变成依托数据智能的主动预判机制。这一概念的核心内涵在于,压缩机不再被视为孤立的物理设备,而是作为工业互联网里的智能节点存在,其运行状态、历史数据与维护行为都在数字空间中得到实时映射与持续追踪,进而构建起横跨物理层与数字层的闭环管理体系,为运行可靠性的持续提升奠定认知与方法论基础。

数字化转型驱动压缩机运维管理创新的多维价值

数字化转型对压缩机运维管理创新所蕴含的价值,在安全保障与管理效能两个维度上体现得尤为深刻。在安全保障方面,大数据平台持续采集并智能分析压缩机振动、温度、压力等运行参数,能在设备早期故障特征演变成安全事故之前精准识别并有效干预,从根本上改变传统运维模式下风险管控滞后的结构性缺陷,为装置长周期安全平稳运行构建坚实技术屏障。在管理效能方面,数字化转型通过数据互联打破工艺、设备、维护各职能条线间长期存在的信息壁垒,推动运维决策从依赖个体经验的主观研判转向基于实时数据的客观循证,使管理模式从分散粗放向协同精细发展,进而带

动企业整体运维治理能力实现系统性提升。

压缩机运行可靠性提升的智能运维创新策略

在明确压缩机智能运维管理的概念内涵与数字化转型价值的基础上,围绕运行可靠性提升这一核心目标,从数据底座搭建、状态实时映射、智能维护决策与沉浸式协同管控四个层面,系统构建压缩机智能运维创新策略体系。

搭建大数据采集平台,筑牢运维管理数据底座

大数据采集平台的搭建,是压缩机智能运维体系有效运转的根本前提。平台把传感器网络当作末端触角对压缩机振动频率、轴承温度、级间压力、润滑油品质等核心运行参数进行高频连续采集,将分散的现场数据汇聚到统一的工业数据中台,经过清洗、标注与结构化处理之后形成高质量数据资产,同时打通设备档案、维修工单与运行日志之间的数据关联通道,让各类运维信息在同一平台内实现互联互通,为故障预判与维护决策提供连贯完整的数据支撑。

某大型石化企业依托工业物联网技术构建覆盖全厂关键机组的数据采集网络,将原本分散在各装置控制系统中的运行数据统一接入企业级设备健康管理平台。该平台在架构设计上采用边缘计算与云端存储相结合的模式,将部分实时性要求比较高的数据处理任务下放到现场边缘节点,有效降低了数据传输过程中的时延,保障关键参数监测具备实时响应能力。平台上线之后,运维人员能够摆脱逐台手工记录的低效模式,而是根据平台实时推送的设备状态报告开展针对

性巡检,压缩机运行数据的完整性与可追溯性得到显著增强,为后续智能分析与可靠性评估奠定坚实的数据底座。

引入数字孪生技术,实现设备运行状态实时映射

数字孪生技术的引入,使压缩机在物理空间的运行状态得以在数字空间获得高保真、动态连续的镜像呈现。依托三维建模与仿真计算,孪生模型能精确复现压缩机各部件结构属性与运动关系,通过实时数据流持续驱动,孪生模型和物理实体保持高度同步。在孪生模型的构建过程中,多物理场耦合仿真技术的引入尤为关键,其能够同步模拟压缩机在热场、力场与流场交互作用下的运行行为,从而让模型对复杂工况的适应性及预测精度获得显著提升。当设备运行参数出现偏离正常区间的细微变化时,孪生模型可在数字空间同步推演故障演化路径,辅助运维人员在不拆检条件下精准定位潜在异常发生部位与成因机理,大幅压缩故障诊断周期,将可靠性风险消弭在扩散之前。

某天然气管道企业为干线压缩机组构建高精度数字孪生模型,将振动、温度、流量等实时数据持续注入孪生体。当某台机组的轴承区域温度呈现出缓慢上升的趋势时,孪生模型会率先在数字空间模拟出润滑油膜失效的演化过程,运维团队依据这个提前实施具有针对性的检修,成功规避了一次可能会引发非计划停机的轴承损伤事故,有力验证了数字孪生技术在设备运行状态实时映射与风险前置管控方面的应用价值。

应用人工智能算法,驱动预测性维护精准决策

人工智能算法的深度应用,将压缩机运维决策从经验驱动定性研判推向数据驱动的定量预测。机器学习模型通过对设备历史故障数据、运行参数序列与维护记录进行系统学习,提炼出不同故障模式下的特征规律,并对当前运行状态开展实时评估与劣化趋势预测。在算法选型上,针对压缩机运行数据时序性强、异常样本稀少的特点,融合迁移学习与小样本学习策略的复合模型体现出更强的工程适用性,即便在历史故障案例积累有限的条件下也能保持较高的预测准确率。当模型判定某关键部件的剩余使用寿命接近阈值时,系统自动触发维护工单,将维护时机精准锁定在故障发生之前,实现从计划性维护到预测性维护的根本性跨越,在规避可靠性风险的同时,有效避免因过度维修造成的资源损耗。

某船舶企业将深度学习算法应用于船用压缩机健康状态评估,采用长短期记忆网络对机组振动信号开展时序建模工作,构建出覆盖正常运行、早期劣化及严重损伤这三个阶段的故障识别模型。系统在运行期间提前识别出活塞杆密封件的渐进性磨损特征,运维团队依据此在计划检修窗口内完成针对性更换操作,成功避免因密封失效引发的介质泄漏风险状况,充分彰显出人工智能算法驱动预测性维护精准决策

的工程应用价值。

融合元宇宙场景,重塑运维培训与协同管控模式

元宇宙技术与压缩机运维管理的深度融合,为化解专业人才培养周期长、跨地域协同管控效率低这两大结构性难题提供创新路径。在培训方面,扩展现实技术构建的沉浸式虚拟仿真环境,高度还原压缩机拆装、故障排查与应急处置等高风险操作场景,让培训人员在零实体损耗条件下反复操练关键技能,有效弥补老员工退出带来的经验断层。在协同管控方面,元宇宙平台构建跨地域多主体共享的虚实融合作业空间,使远端专家能实时介入现场故障诊断与处置指导,推动运维协同从线性串联转向并行联动,显著提升复杂故障的响应效率与处置质量。

某跨国化工集团在多个生产基地推行压缩机运维元宇宙管理平台,依靠混合现实设备和数字孪生底座构建虚实协同空间。当某海外基地压缩机出现复合型故障的时候,总部专家通过平台实时调取现场三维设备模型与传感器数据,远程标注故障部位并同步指导现场人员完成精准处置,整体响应效率相比传统模式得到大幅提升,生动诠释了元宇宙技术重塑运维协同管控模式的实践价值。值得一提的是,该集团还将元宇宙平台与企业知识管理系统深度对接。每次远程协同处置工作完成之后,专家的诊断思路与处置方案都以结构化形式沉淀到知识库,形成可重复使用的故障处置经验图谱,让组织的集体智慧跨越时空持续积累,为压缩机运行可靠性的长效提升注入源源不断的持久动能。

结束语

本文围绕压缩机设备运行可靠性提升这一核心命题,从智能运维管理概念重构出发,系统阐释了数字化转型的多维价值,并提出以大数据平台筑牢数据底座、以数字孪生技术实现状态实时映射、以人工智能算法驱动预测性维护、以元宇宙场景重塑协同管控的四维创新策略。上述路径的系统推进,有助于从根本上破解压缩机运维管理中故障预判能力不足、数据利用率低、专业人才培养效率低下等长期制约可靠性提升的核心难题。展望未来,随着工业互联网与智能制造国家战略的持续深化,压缩机运维管理将向全要素感知、全流程贯通、全场景智联的方向演进。人机协同、虚实融合的新型运维生态将逐步成形,为流程工业设备可靠性管理迈向更高水平提供强劲支撑。

作者简介:姚剑锋 刘东升 内蒙古荣信化工有限公司

责任编辑:孙姗姗 投稿邮箱:zhouhl@staff.ccidnet.com