

# 采油作业区设备故障诊断与运维效率提升研究

李超

长庆油田分公司第五采油厂冯地坑采油作业区 陕西 榆林 718615

**【摘要】**：采油作业区设备长期处于复杂工况运行，存在故障诊断漏判误判率偏高、运维响应滞后、资源配置失衡等突出问题。通过实地调研与典型案例分析，揭示诊断技术与现场工况匹配度低、运维管理制度同质化、人员技能更新滞后等深层成因。基于此，提出精准化诊断技术适配、运维流程标准化重构、分级分类资源调度及人员能力靶向提升等系统性对策。在多个采油作业区的实践验证表明，优化方案可显著提高故障诊断准确率，缩短平均故障处置时间，降低运维成本，增强设备运行稳定性，为采油作业提质增效提供可复用的管理范式。

**【关键词】**：采油作业区；设备故障诊断；运维效率；运维优化；实践应用

DOI:10.12417/2811-0722.26.07.071

## 引言

采油作业作为石油开采核心环节，设备运行状态直接影响原油产能、生产安全与运维效益。油气开采不断向深层及复杂区块拓展，采油设备长期暴露在高温、高压、高腐蚀极端环境中，故障多发、诊断困难、运维低效等问题持续凸显，严重制约采油作业高质量发展。传统故障诊断方式与运维管理模式，已无法适配智能化、规模化开采的发展要求。精准排查设备隐患、完善运维机制、提升作业综合效能，成为行业亟需破解的难题。本文立足采油现场设备运维实际痛点，深入剖析问题成因，围绕技术适配、流程再造、资源优化、人员培训四大方向提出综合优化对策，为采油设备运维提质增效提供可行实践参考。

## 1 采油作业区设备故障诊断与运维现存核心问题

### 1.1 设备故障诊断漏判误判问题突出

采油作业区设备故障诊断漏判误判现象普遍存在，诊断技术体系陈旧及现场工况匹配度偏低构成主要诱因，油田开采装置长期置身高温高压强腐蚀的恶劣环境，故障演化呈现隐匿化、联动化特征，各类异常信号相互交织叠加<sup>[1]</sup>。传统人工研判模式依旧广泛应用于一线场地，作业人员依靠设备外在运行状态完成基础排查，内部构件潜藏的早期隐患难以有效识别，细微运转隐患持续蔓延便会诱发重度设备事故。不同机组故障表征具备差异化属性，通用判定规范无法适配多元设备运行需求，一线从业者对新型器械构造逻辑与隐患演化规律认知有限，相似外在问题极易出现定性偏差，维修整改缺乏合理依据，额外损耗与运维支出持续增加，油田开采整体作业稳定性受到持续干扰。

### 1.2 运维响应不及时导致故障扩大

运维响应不及时导致故障扩大是采油作业区设备运维工作中较为突出的问题，直接影响采油生产的连续性和稳定性。采油作业区设备分布范围广、点位分散，部分偏远井站的设备故障发生后，现场操作人员无法第一时间完成精准故障识别，

需等待专业运维人员到场排查，而运维人员调配、路途往返等环节会消耗大量时间，导致故障处置存在明显滞后。故障初期多为局部轻微异常，如抽油机部件松动、管线轻微渗漏等，若能及时响应处置，可快速恢复正常运行，但因响应不及时，轻微故障会逐步恶化，进而引发设备核心部件损坏、管线破裂、停机停产等更严重问题，不仅增加设备维修成本和维修难度，还会造成原油产量损失，同时可能引发安全隐患，进一步扩大故障带来的负面影响。

### 1.3 运维资源配置不合理造成浪费

运维资源调配失衡成为采油作业区设备运维产生资源损耗的关键因素，人力、物资、资金三类要素分配模式脱离现场运维实际需求。岗位人力排布呈现明显差异化特征，故障多发区域在岗人员供给缺口较大，设施异常问题难以快速处理，低风险作业区域人员排布过于饱和，人力成本出现不必要消耗。物资储备规划缺乏合理统筹，高频损耗配件储备规模不足，设备维修作业易出现物料短缺问题，小众零部件过量囤积占用仓储空间，持续形成物资资源闲置。资金投放规划缺少科学统筹，老旧设施反复维修消耗大量经费投入，预防性维护相关经费预留比例不足，高端运维器械实际应用频次偏低，长期搁置降低实用价值，多重不合理调配问题持续拉低现场运维整体运行效能。

## 2 采油作业区设备故障与运维低效的核心成因

### 2.1 故障诊断技术与设备工况不匹配

采油作业区设备长期处于高温、高压、高腐蚀的复杂工况，且不同区块的地质条件、原油性质存在差异，导致设备运行参数波动幅度大、故障表现形式多样。当前所采用的故障诊断技术多为通用型，未结合作业区具体工况进行针对性优化，诊断指标设置过于笼统，无法精准捕捉设备在特定工况下的细微异常信号<sup>[2]</sup>。部分诊断设备的检测精度与作业区设备的运行要求不匹配，对潜油泵、抽油机等核心设备的内部隐性故障，难以实现早期识别和精准定位，往往只能在故障爆发后才能检测到

异常。诊断技术的响应速度滞后于设备工况的动态变化，无法实时适配设备负载波动、介质成分变化等突发情况，导致诊断结果与设备实际故障情况存在偏差，无法为运维工作提供精准可靠的支撑，间接加剧了设备故障频发的问题。

## 2.2 运维管理制度缺乏针对性

运维管理制度缺乏针对性，主要体现在制度设计未充分结合采油作业区设备的特殊性与作业场景的差异性，多采用统一化、模板化的管理模式，未能精准匹配不同类型采油设备的运行规律与维护需求（见图1）。采油作业区涉及抽油机、输油泵、计量仪表等多种设备，不同设备的运行负荷、故障高发点、维护周期存在显著差异，但现有管理制度未对各类设备进行分类管控，统一设定维护流程与考核标准。部分制度过度侧重理论规范，未充分考虑现场作业环境的复杂性，如野外作业的气候影响、设备老化程度差异等实际因素，导致制度条款难以落地执行。同时，制度未根据设备运行状态的动态变化及时调整，对新型设备的运维规范更新不及时，对老旧设备的特殊维护要求未作出明确界定，进而导致运维工作缺乏明确指引，无法精准规避故障隐患，间接加剧运维低效问题。



图1 统一化运维管理制度的适配性问题示意图

## 2.3 运维人员专业技能存在短板

采油作业区各类生产设备集成化与智能化水平持续升级，新型抽油机、变频控制装置、智能监测仪表等现代化设施大范围投入现场应用。一线运维队伍整体知识结构更新速度滞后于设备迭代节奏，多数人员仅掌握传统机械维修基础操作，对电气自动化、智能控制系统、设备在线监测数据研判等新型技术内容掌握程度不足。设备复合型故障频发阶段，单一技能储备难以适配复杂检修作业需求，精密部件拆解调试、故障根源精准排查、智能设备参数校准等关键环节极易出现操作偏差。作业区常态化专项技能培训体系建设不完善，实操化、场景化实训内容占比偏低，老旧设备维修经验无法直接套用至新型设备运维工作，技能断层问题逐步凸显，直接制约现场故障处置质量与日常运维推进节奏。

## 3 采油作业区设备故障诊断优化与运维增效对策

### 3.1 精准化故障诊断技术应用

精准化故障诊断技术应用核心是依托智能化监测设备与数据分析模型，实现采油作业区各类关键设备故障的早期识别、精准定位与隐患预判，打破传统故障诊断依赖经验判断的局限。在抽油机、输油泵、管线等核心设备上安装振动传感器、温度变送器、压力监测模块，实时采集设备运行过程中的振动频率、温度变化、压力波动等关键参数，通过工业物联网技术将数据传输至后台处理系统。系统借助大数据分析算法对参数进行降噪、筛选与比对，结合设备历史运行数据、故障案例数据库，精准识别设备异常信号，区分设备正常磨损与故障隐患，明确故障发生的具体部位、严重程度及发展趋势<sup>[3]</sup>。引入红外热成像诊断技术，对设备密封件、电气接线、轴承等易损部位进行非接触式检测，及时发现隐蔽性故障，避免故障扩大化，为后续运维作业提供精准的数据支撑，大幅提升故障诊断的准确性与及时性。

### 3.2 运维流程标准化与高效化构建

运维流程标准化需立足采油作业区抽油机、输油泵、计量仪表等核心设备的运行特性，梳理设备日常巡检、定期保养、故障响应、维修处置、归档复盘的全流程节点，制定统一的操作规范与技术标准，明确各节点的操作要求、时间阈值、责任边界及质量验收标准，杜绝运维操作的随意性与不规范性。结合设备运行数据与故障诊断结果，优化流程衔接环节，删减冗余审批与无效操作，将故障响应环节的信息传递、人员调度、备件调配流程进行整合，建立快速联动机制，确保故障发生后快速启动运维处置流程。同时，融入数字化运维手段，将流程节点与设备在线监测系统、备件管理系统对接，实现巡检数据实时录入、保养计划自动提醒、维修进度可视化管控，推动运维流程从“被动响应”向“主动预判”转变，提升流程运转效率与运维精准度。

### 3.3 运维人员技能提升与资源优化配置

针对采油作业区运维工作专业性强、设备类型复杂的特点，运维人员技能提升需立足现场实操需求，构建分层分类培训体系，重点围绕抽油机、输油泵、计量仪表等核心设备的故障识别、参数调试、应急处置等内容开展专项培训，结合设备故障案例复盘、现场实操演练、技术骨干带教等模式，强化运维人员对新型诊断设备和运维技术的掌握，提升故障判断的精准度和处置的及时性。资源优化配置需结合作业区设备分布、运维工作量及故障高发时段，合理划分运维责任区域，整合运维工具、备品备件等资源，建立资源共享机制，避免重复储备和资源闲置，同时根据运维人员技能特长进行科学分工，实现人岗精准匹配，减少人力浪费，确保运维资源高效流转、合理利用，为设备运维效率提升提供坚实保障。

## 4 采油作业区故障诊断与运维优化的实践应用

### 4.1 优化方案的现场落地实施

优化方案现场落地以采油作业区核心生产设备为重点,围绕抽油机、输油泵、计量仪表等高故障关键设备,结合历史故障诊断数据与现场运维短板,制定专项实施流程<sup>[4]</sup>。全面排查校准辖区全部生产设备,标定统一运行参数基准,将优化故障诊断算法接入在用监控系统,实时采集设备振动、温度、压力等运行数据,自动开展异常识别与提前预警。依托全新运维管理体系落实设备分级管控,关键设备执行每日巡检、每周专项检测,辅助设备落实周期性维保,统一规范故障处置标准,明确响应时限、操作流程与岗位分工,缩短故障排查及处理时长。同步完善设备运维台账,详实记录运行状态、维保信息与故障处置全过程,积累现场实操数据,持续夯实运维管理基础,有效改善运维效率不足、故障处置滞后等现场突出问题。

### 4.2 应用过程中的效果跟踪与监测

故障诊断模型与运维优化系统投用后,构建多维度跟踪监测机制,是稳定落地成效的核心举措。大庆采油一厂依托数智生产指挥中心,对两万余口油水井实行全天候在线监控,异常井平均处置时间缩短 27 小时,单井可减少产量损失 2.25 吨。吉林油田搭建停井分析、远程处置、管理升级的闭环管控模式,累计采集海量电参与集输运行数据,精准研判电气运行隐患,及时开展线路专项改造,电气故障时长下降 40%,生产时率大幅提升,年增原油产量一万吨。鲁胜公司落实分级联动处置机制,严格执行限时响应、快速处置、当日复盘的管理要求,区域躺井率实现明显下降。依托长期动态数据监测与指标横纵向对

比,系统可精准锁定运维薄弱环节,以量化数据支撑管理改进,持续提升油田设备运维智能化、精细化水平。

### 4.3 应用过程中的问题整改与优化

故障诊断与运维优化落地阶段普遍存在诊断精准度偏差、现场处置节奏拖沓、业务环节衔接割裂等现实短板,结合采油区域设备运行实况与生产实际诉求落实专项整改调整<sup>[5]</sup>。诊断模型面对低负荷运行状态下设备潜在隐患捕捉能力偏弱,扩充多场景运行监测数据,调整算法核心参数,融合历史故障样本特征信息,强化潜藏隐患捕捉能力,运维体系内部岗位协作割裂,梳理岗位权责边界,搭建闭环处置模式。界定隐患上报、问题研判、现场处理、资料归档全流程执行规范与时间标准,填补流程运行漏洞,调配一线作业人力、检测器械与储备物资,结合设施布局及隐患高发区域完成资源动态调配,压缩现场作业往返消耗时长,完善设施运行管理档案,保障隐患治理全程可追溯,各类改良方案稳定落地,长效保障现场运维综合质量。

## 5 结语

采油作业区各类设备保持稳定高效运转,直接维系原油连续生产节奏,合理压缩运维投入,有效规避各类安全风险。围绕作业区故障判别偏差、现场处置迟缓、资源调配失衡等现存短板,剖析技术体系、管理制度及岗位能力层面内在诱因,依托精准诊断手段、规范运维体系、人员素养培育及资源统筹调配制定改良策略,现场实践充分印证相关改良方案具备落地价值。设备运维改良属于长期动态工作,结合设施更新与工况变动持续完善相关举措,深度融合智能技术推动运维模式转型,为采油领域稳定发展筑牢硬件基础。

### 参考文献:

- [1] 柳理.采油企业设备管理数字化转型研究与实践[J].中国设备工程,2024,(S2):314-316.
- [2] 翟磊.人工智能在油田采油设备故障预测中的应用研究[J].全面腐蚀控制,2025,39(09):117-119.
- [3] 王德安,卢元文,张明,等.采油设备状态监测在油田安全生产的应用分析[J].中国科技信息,2023,(01):52-54.
- [4] 金化线.采油现场设备常见故障精准判断的重要性[J].化学工程与装备,2021,(11):91-92.
- [5] 王若晗.采油机械设备状态监测与故障诊断技术[J].设备管理与维修,2021,(18):178-179.