

湖区抽油机长效可靠运行配套技术的研究应用

左名玉

江苏油田分公司采油二厂生产指挥中心 江苏淮安 211600

摘要：针对湖区抽油机汛期维护不便、成本高昂的突出难题，成功研究应用了一套以长效可靠的综合技术体系，实现了抽油机维护周期从月到年的根本性跨越。通过集成创新，在湖区试验井上实现了关键系统最长连续 14 个月以上免维护稳定运行，大幅降低停机及维护作业频率，并验证了核心部件延长免维护周期的可行性。该体系产生了显著的综合效益，同时通过提升系统效率与减少非计划停机，为稳产增产提供了保障，并大幅降低了劳动强度与安全环保风险。

关键词：湖区抽油机 长效运行 传动系统优化 光杆密封 免维护技术

湖区采油环境相对复杂，设备运行与操作作业受特殊环境和极端天气条件的影响较大。设备运输、物资供应以及人员进出面临的阻碍增加了维护与施工的难度，暴雨高温洪水等自然因素导致作业条件艰苦且伴随较高风险，湖区较为敏感的生态环境对安全环保风险的防范有所要求。传统设备及其配套系统需要定期操作维护以维持运行，工作负担重且影响生产效率。在湖区油田运营中，提高抽油机的运转时率对于最大化原油产量、降低运营成本和保障安全生产具有至关重要的意义。抽油机运转时率的提高，意味着设备能够在更长时间内稳定运行，从而最大化原油产量，并降低单位产品的生产成本。基于油田湖区抽油机提出的增效需求，为此进行了湖区抽油机配套保护技术的应用研究。

1 研究意义

湖区油田抽油机长期面临湖区高湿度以及汛期水淹交通不便带来的维护挑战，导致常规抽油机设备腐蚀加剧，日常维护工作面临劳动强度大、安全风险高、成本激增等严峻挑战。现场统计数据表明，传统游梁式抽油机的维护间隔核心瓶颈集中体现在传动系统效率低下且寿命短、井口密封易失效、设备异常不能及时发现等方面。为实现延长维护的战略目标，必须从根源上解决上述系统性难题。通过系统性匹配设计与环境适应性改造，形成一套适用于湖区复杂环境的长效免维护解决方案。本研究旨在通过集成创新，研发并应用一套涵盖“长效传动、动态密封、智能监测、免维护润滑”的综合性技术解决方案，以期显著提升设备可靠性，降低全生命周期运维成本，并形成一套适用于复杂环境下的标准化运维新模式。

2 湖区抽油机长效可靠运行配套技术研究

通过总结过往采油设备维护情况，识别导致频繁维护的根源：传动系统短寿且需要频繁调整、密封装置需更换维护、润滑依赖人工、运行状态故障难以尽早发现。为此构建长效防护与智能监测两大技术支柱。通过材料科学、结构力学与机械设计的颠覆性创新，赋予关键部件以长寿命；通过传感监测网络、数据融合

与智能算法，实现对设备健康状态的实时洞察与故障超前干预。摒弃局部改进模式，强调整体解决方案。确保传动、密封、润滑、监测四大子系统在物理接口、性能参数与控制逻辑上深度协同，形成融合系统效能。在真实恶劣的湖区工况下，进行长周期运行考核，以实证数据验证技术体系的可靠性、经济性与可推广性。

2.1 传动系统优化

结合啮合形成复合传动，解决抽油机皮带传动中打滑丢转和频繁更换皮带的问题，延长皮带的使用寿命，提高原油产量。改变皮带是需要定期更换的消耗品这一现状，实现从需要定期调整更换的易损件到长效部件的升级。推动传动形式从依赖摩擦的V带升级为啮合传动的联组齿形带，在传动方式角度着手进行改进，从根本上消除打滑与磨损。同时，研究与之匹配的高精度带轮和张紧装置，确保系统在不同工况下均处于良好的啮合与张紧状态。通过上述材料与结构的协同优化，提高传动系统整体设计寿命目标。

2.2 密封装置改进

认识到单一盘根密封在动态、偏磨、腐蚀工况下的固有局限性，转向构建一个多级、多功能、协同作用的密封系统，将密封功能分解为主密封承压、副密封防尘、补偿磨损等模块。研究各级之间的压力分配、热管理与磨损补偿机制，设计一体化的紧凑结构。针对各级功能需求，优选不同的高性能材料组合进行尝试，确保其在原油介质、高湿环境下的长期稳定性，实现密封主动防控堵漏的转变，达到现场零可见泄漏的标准。

2.3 关键部位免维护技术应用

抽油机的持续稳定运行离不开关键部位的有效润滑，依赖人工在各关键部位进行润滑成本与风险均居高不下，力求通过技术创新将这一重复性劳动消除。针对中轴、尾轴、曲柄销等关键摩擦副，通过两条路径：修复集中润滑系统，实现润滑工作量削减；研究并应用密封润滑轴承、固体自润滑轴承衬套等免维护部件，确保润滑点无需现场人工干预，实现应用周期内免维护。

2.4 监测保护装置

研究抽油机失稳的故障特征信号，确定传感器以及最优布置方案，联锁抽油机控制系统，构建在线监测保护装置，实现运行状态异常故障扩大前紧急安全停机的保护机制，为前三项被动防护技术的长期效能验证提供支撑，并最终实现无人值守下的安全运行保障。

2.5 系统集成与验证思路

在统一的平台和标准下对多项关键技术进行集成，确保新型传动系统、密封总成、传感器与现有抽油机结构的机械、电气接口兼容。及时观察评估传动、密封、轴承等装置实际运行状态，形成试验-评估-优化的闭环。

在典型湖区井场选取的试验井，进行长期、连续运行考核。通过对比装置应

用前后详尽维护记录与经济指标，验证整个长效技术体系的可行性与经济性。以长效免维护为目标，以材料与结构创新为基石，以状态监测控制为护航，系统集成实现整体性能倍增的完整技术攻关路线。

3 湖区抽油机长效可靠运行配套技术应用

3.1 应用对象

选取湖区的典型抽油机井作为试验对象：选取依据湖区易受汛期影响且运行环境暴露于典型的湖区的井口，实验周期涵盖季节变化，观测抽油机电参数、密封点泄漏状态、维护工单记录（频次、耗时、物料）及故障停机时间。

记录改造前抽油机运行数据，采集电机运行电流、功率因数等数据，进行系统改造与安装：拆除原有皮带并按设计要求安装齿形皮带与张紧装置，安装多级密封装置，改造后，对试验抽油机进行跟踪监测，重点关注传动系统参数变化、电机运行电流稳定性、皮带外观状态，抽油机整体运行情况等，记录数据进行对比分析。

3.2 传动效率与能耗对比

融合摩擦传动与啮合传动双重优势，解决传统小带轮传动中常见的打滑及转速损失问题，显著提升冲次的利用效率，确保油井的安全稳定生产。从试验结果看，安装后初期平均单井节电达到 $25\text{kW} \cdot \text{h}$ ，大幅降低了传动能耗，提高了生产效率，改造后试验抽油机电机平均运行电流下降显著。在相同工况下，装置应用后相较于改造前，有效推动了产量增加与节能降耗。

3.3 关键部件状态评估

齿形复合皮带使用寿命远超原皮带的平均使用周期，试验组齿形皮带运行 12 个月以上，齿形无可见磨损、裂纹，皮带轮齿面无腐蚀与异常磨损。证明皮带具有良好的抗拉性与耐磨性，张紧装置有效补偿了皮带的初期伸长与季节性温差变化，辅助简化皮带调整流程。传动系统全程运行平稳，在未发生抽油机倾覆事故。运行期间未发生任何计划外停机。

3.4 系统创新性验证

本研究的核心创新在于针对湖区特殊环境的系统性、适配性再创新与工程化精准集成。将传动系统从摩擦型带传动升级为啮合传动，从根本上消除了打滑这一主要失效模式。创新性地将高精度齿形结构改进与张紧装置进行耦合设计，二者协同实现了传动效率最大化与张力波动引起的打滑，这是单一部件更换无法达到的效果。通过超过一个目标维护周期的连续现场实证，提供了完整的数据链证明。结果表明，传动系统相关维护作业延长至超过 12 个月无干预。

3.5 间接效益分析

通过技术集成应用，在实现直接降本的同时，催生了更深层次、影响更为广泛的间接效益。以技术可靠性的跃升为基础，首先驱动了生产运行模式的根本性

变革，新型传动与密封系统成倍延长的免维护周期，结合抽油机失态控制技术监测装置的预警能力，使运维模式从依赖人工高频次现场巡视与干预，转变为低维护乃至免维护模式。这一转变不仅直接大幅降低了员工的劳动强度和湖区的作业安全风险，更深远的意义在于解放了宝贵的人力资源并重塑了管理流程，使技术团队得以从应对机械性维保工作转向从事更高效的生产优化分析。在此基础上，停机减少、系统效率提高，设备运行平稳性与时效性的双重提升，为进一步挖掘油井生产潜力创造了条件，试验中已观察到液量提升的趋势，这为实现持续稳产、增产提供了可靠的工程保障。从环保角度看，物料消耗减少与零泄漏的实现，显著降低了整个采油生产过程的环境足迹，固体废弃物与污染风险同步下降，有力地支持了油田的绿色低碳发展战略。

4 结论

本次开展了一系列关键技术研究、集成应用与现场实证。通过对传动、密封、监测及润滑等核心子系统的协同攻关与系统性改造，不仅成功验证了技术路线的可行性，更形成了一套可复制推广的复杂环境抽油机低维护解决方案，证明了技术方案的高可靠性与环境适应性，针对湖区特殊工况形成了立体化的长效保障机制，产生了显著的综合效益，具备明确的经济与技术推广价值。

本研究的实践表明，通过精准的问题诊断、系统性的技术集成与严谨的应用实证，能够保障湖区抽油机长效运行，为油田的降本增效、安全绿色发展战略提供坚实的技术支撑。