



INDUSTRIAL IOT SOLUTIONS

CORE PRODUCT

Smart Link 有线智能振动传感器

三轴振动 · 温度监测

Modbus RTU · 20项特征值

IP67 · RS485总线

HANMBER SMART LINK VIBRATION SYSTEM



OILFIELD APPLICATION GUIDE

油田旋转设备 振动智能监测 解决方案

适用于抽油机、注水泵、压缩机、螺杆泵等
油田旋转设备的全生命周期健康管理

20项 振动特征值 实时输出	4 诊断引擎 交叉验证	IP67 工业级 防护等级	10^k 采样频率 kHz
-----------------------------	--------------------------	----------------------------	--------------------------------------

APPLICABLE SCENARIOS

抽油机电机	注水泵站	天然气增压站	集输管道泵站	分散井场设备群
螺杆泵	离心泵	往复式压缩机		

HANMBER · SMART INDUSTRIAL MONITORING

01 / 08

APPLICATION SCOPE

油田旋转设备 哪些场景 可以用？

凡是带有旋转部件的机械设备，均可通过 Smart Link 振动传感器实现状态监测。以下为油田现场最典型的六类旋转设备应用场景。

抽油机电机 Pumping Unit Motor 油田现场数量最多的旋转设备之一。电机长期户外运行，轴承磨损、转子不平衡是主要故障模式。传感器安装于驱动端与非驱动端轴承座，实现双点覆盖。 驱动端轴承 非驱动端轴承 温度监测	注水泵 Water Injection Pump 注水站核心设备，运行压力高、流量大。叶轮汽蚀、密封泄漏、轴承磨损是常见故障。支持变频泵阈值自适应缩放，适应转速变化工况。 泵体振动 电机端 汽蚀识别	螺杆泵 Screw Pump 稠油开采常用设备，转速低（100~500 rpm），振动幅值小。系统支持低速泵基线自学习，精准识别定子磨损和转子偏心等低频故障。 低速工况 定子磨损 基线自学习
天然气压缩机 Gas Compressor 增压站核心设备，高温高压环境，停机影响整条集输管线。支持 10kHz 高频采集，精准捕捉叶片通过频率，最高耐温 85°C。 前后轴承 10kHz高频 85°C耐温	集输管道泵 Pipeline Transfer Pump 联合站至外输末站的输油泵，连续运行、不允许非计划停机。通过趋势分析提前 7 天预警，为计划性检修争取充足准备时间。 7天趋势预警 ISO 10816评级 计划检修	分散井场设备群 Distributed Well Equipment 油田井场分散、无 Wi-Fi 覆盖是常见挑战。RS485 总线最多串联 32 台传感器，单根电缆覆盖整个井场，无需额外布网，巡检人员减少 80%。 RS485总线 无需Wi-Fi 32节点串联



安装即用，无需改造：Smart Link 传感器采用磁吸 + 螺纹双固定方式，可直接安装在现有设备轴承座上，**无需停机改造**，不影响正常生产。传感器自动完成采样率配置和基线学习，通常 **30 分钟内完成部署**。

PUMPING UNIT MOTOR MONITORING

抽油机电机 状态监测

油田最普遍的旋转设备，数量多、分布散

场景特点

抽油机电机长期在**户外恶劣环境**中运行，夏季高温、冬季严寒，沙尘侵蚀导致轴承寿命大幅缩短。Smart Link 安装在**驱动端和非驱动端**轴承座上，24小时自动采集振动与温度数据，出现早期故障特征立即推送报警，将**非计划停机转变为计划性维护**，让维修人员提前安排检修窗口。

关键技术参数

振动特征值

20项

采样率

10 kHz

防护等级

IP67

工作温度

-40~85℃

通信协议

Modbus RTU

诊断引擎

4重

现场痛点

- ▶ 轴承损坏无感知，停机后才发现已严重损坏，更换成本高
- ▶ 设备分散、数量多，人工巡检漏检率高、响应严重滞后
- ▶ 恶劣户外环境下普通传感器寿命短、故障频发、维护成本高
- ▶ 非计划停机直接影响当日产量，损失无法挽回

可识别故障类型

轴承外圈剥落

轴承内圈磨损

转子不平衡

轴对中偏差

机械松动

共振

温度异常

性能劣化趋势

四重诊断交叉验证引擎

四套诊断引擎同时运行，结果交叉比对：一致时高置信度输出，冲突时自动标注供人工确认，大幅降低误报率。

规则引擎

12条振动规则，覆盖不平衡（1×）、不对中（2×）、松动（高次谐波）、轴承高频等主要故障模式

异常检测

Z-score统计方法，30秒自动建立基线，无需人工设定阈值，自适应工况变化，消除误报

MLP推理（边缘AI）

18维特征输入，7类故障分类，边缘端本地推理，无需联网，响应时间 <100ms

CNN推理（网关深度学习）

1D-CNN深度学习，支持持续学习，运行时模型无需重启，识别精度随数据积累持续提升

典型部署方式



磁吸安装，无需打孔，5分钟完成单台传感器部署

WATER INJECTION PUMP STATION MONITORING

注水泵站 状态监测

油田注水系统核心设备，高压连续运行

场景特点

注水泵是维持地层压力的关键设备，**24小时高压连续运行**，一旦停机将直接影响注水量和采收率。泵站通常配置多台泵组，传统巡检以离线检测以覆盖所有测点。Smart Link 安装在泵体轴承座，实时监测振动与温度，**自动识别汽蚀、不平衡、轴承磨损**等早期故障，支持变频工况自适应，消除因转速变化导致的误报。

关键技术参数

振动特征值

20 项

采样率

10 kHz

防护等级

IP67

工作温度

-40~85℃

通信协议

Modbus RTU

诊断引擎

4 重

现场痛点

- ▶ 高压连续运行，轴承磨损快，停机直接影响注水计划和采收率
- ▶ 变频调速工况复杂，固定阈值报警误报率高，维护人员疲于应对
- ▶ 汽蚀预兆隐蔽，振动特征不明显，人工巡检难以早期发现
- ▶ 多台泵组并联运行，故障定位困难，停机后才能确认故障泵

ISO 10816 振动评级

系统自动对照 ISO 10816 标准，实时输出振动等级，无需人工换算，直接指导维护决策。

A新机
优良**B**可接受
继续运行**C**不佳
需要关注**D**危险
立即处理

适用泵型

离心泵

多级高压
主力注水泵

柱塞泵

高压注水
往复运动

螺杆泵

稠油注入
低速大扭矩

核心技术特点

- ✦ 变频工况自适应：转速变化时自动调整分析基准，消除误报
- ✦ 汽蚀识别：高频包络分析，早期汽蚀特征精准定位，提前预警
- ✦ 启停冲击记录：每次启停振动数据完整存档，便于事后分析

GAS COMPRESSION STATION MONITORING

天然气增压站 压缩机监测

高速旋转、高温高压，故障后果严重

场景特点

天然气增压站压缩机转速高（通常 3000 rpm 以上），轴承、叶轮、密封件长期承受**高温高压**，故障发展迅速，从早期异常到严重损坏往往只有数小时。Smart Link 以 **10 kHz 高频采样**捕捉早期轴承缺陷频率，结合 512-bin 频谱分析识别叶片通过频率异常，在故障扩展前发出预警，为计划停机检修争取时间窗口。

关键技术参数

采样率

10 kHz

振动特征值

20 项

工作温度

-40~85°C

防护等级

IP67

频谱分辨率

512-bin

诊断引擎

4 重

现场痛点

- ▶ 高速旋转设备故障发展极快，人工巡检周期长，发现时往往已严重损坏
- ▶ 天然气泄漏风险高，故障停机可能引发安全事故，损失巨大
- ▶ 高温环境（轴承座温度可达 85°C 以上）导致普通传感器频繁失效
- ▶ 频谱分析需要专业人员，现场运维人员难以判断振动异常根因

轴承缺陷频率分析

系统内置轴承频率计算，根据轴承型号和转速自动计算 BPFO/BPFI/BSF/FTF，无需人工查表。

外圈缺陷频率

BPFO

外圈剥落、点蚀

内圈缺陷频率

BPFI

内圈磨损、裂纹

滚动体缺陷

BSF

滚珠/滚柱缺陷

保持架频率

FTF

保持架松动

频谱分析关键频率

1×

转频分量：不平衡、弯曲轴的主要特征

2×

二倍频：轴对中偏差、角向不对中特征

BPFO

外圈缺陷通过频率：轴承外圈剥落早期识别

BPFI

内圈缺陷通过频率：内圈磨损、点蚀特征

BPF

叶片通过频率：叶片损伤、流体激励异常

可识别故障类型

轴承外圈缺陷（BPFO）

轴承内圈缺陷（BPFI）

滚动体缺陷（BSF）

保持架故障（FTF）

转子不平衡

轴对中偏差

叶片通过频率异常

机械松动

DISTRIBUTED WELL SITE EQUIPMENT MONITORING

分散井场设备群监测

无 Wi-Fi、无光纤，有线总线解决分散部署难题

场景特点

油田井场分布广泛，设备分散，**无 Wi-Fi 覆盖、无光纤接入**是常态。Smart Link 采用 **RS485 有线总线**，单条总线最多连接 32 台传感器，传输距离达 1200m，一套边缘网关即可覆盖整个井场所有设备，**无需改造网络基础设施**，即装即用。

有线 VS 无线方案对比

对比项	无线传感器	Smart Link 有线
信号稳定性	易受干扰	稳定可靠
电源方式	电池、需更换	总线供电
数据完整性	丢包、延迟	实时不丢失
适用环境	需 Wi-Fi 覆盖	无网络要求
安装方式	螺栓固定	磁吸快装
维护成本	高（换电池）	低（免维护）

RS485 总线拓扑示意



- 本地供电：**传感器无需独立电源，通过 RS485 总线供电，安装简便
- 本地存储：**边缘网关断网时本地缓存数据，网络恢复后自动同步，数据不丢失
- 磁吸安装：**无需打孔，5 分钟完成单台传感器部署，快速覆盖整个井场

核心技术优势

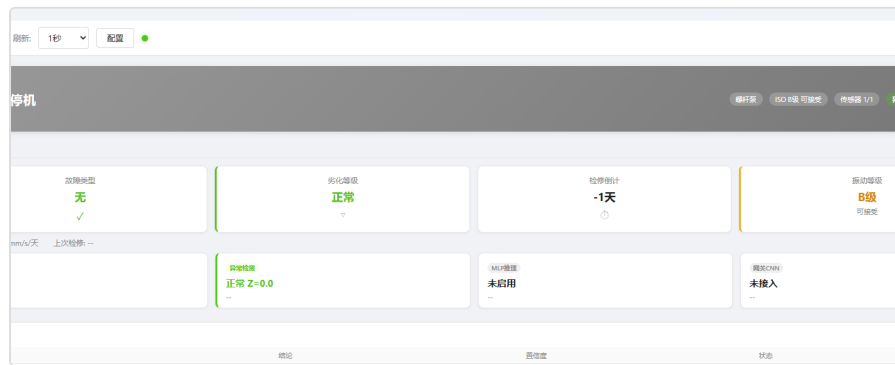
- ◆ RS485 总线：最多 32 台设备菊花链连接，单条总线覆盖 1200m 范围
- ◆ 总线供电：传感器无需独立电源，减少布线工作量，降低安装成本
- ◆ 断网缓存：边缘网关本地存储，网络中断时数据不丢失，恢复后自动上传
- ◆ 磁吸安装：无需打孔，5 分钟完成单台部署，不影响设备正常运行

SOFTWARE CAPABILITY

振动故障检测系统 v2.0

Windows 桌面工具（vibtool），通过 MQTT 协议与边缘网关实时通信，提供故障诊断、趋势分析、频谱展示、AI 推理四大核心功能。

故障诊断主界面



状态横幅

实时显示 ISO 振动等级（A/B/C/D）、健康度评分（0-100）及传感器在线状态

四重诊断对比

四路结果同屏对比，一致时绿色高亮，冲突时黄色提示

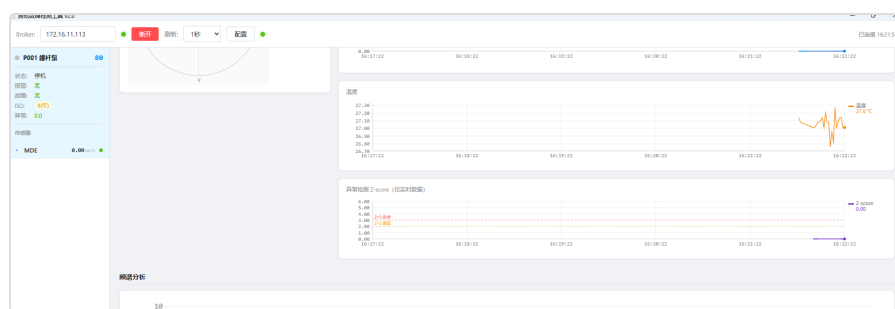
检修倒计时

基于趋势预测下次建议检修时间，**提前安排计划停机**

20 项特征值

速度 RMS、加速度 RMS、位移、温度、峭度等实时刷新

趋势分析 & 频谱展示



多维趋势曲线

速度 RMS、温度、Z-score 异常检测同屏显示，劣化趋势一目了然

512-bin 频谱

自动标注 1/4×、1/2×、1×、2×、3× 转频及轴承缺陷频率

报警记录

历史报警时间线，支持回溯分析

四重诊断交叉验证引擎

四套诊断引擎**同时运行、结果交叉比对**：一致时高置信度输出，冲突时自动标注供人工确认，大幅降低误报率，提升诊断可信度。

规则引擎

12 条振动规则，覆盖不平衡（1×）、不对中（2×）、松动（高次谐波）、轴承高频等主要故障模式，无需训练数据，开箱即用，适合快速部署。

异常检测

Z-score 统计方法，30 秒自动建立基线，无需人工设定阈值，自适应工况变化，消除因工况切换（如变频调速）导致的误报，适合复杂工况设备。

MLP 推理 边缘 AI

18 维特征输入，7 类故障分类，边缘端本地推理，无需联网，响应时间 <100ms。断网环境下仍可正常诊断，适合无网络覆盖的分散井场。

CNN 推理 网关深度学习

1D-CNN 深度学习，支持持续学习，运行时模型无需重启，识别精度随数据积累持续提升，自动适应各类设备特性，长期使用越来越准确。

三层架构，从传感器到平台

感知层 → 边缘计算层 → 中心管理层，每层独立运行，断网不丢数据，支持多站点统一接入

