

解决方案白皮书 / SOLUTION WHITEPAPER

智能井场绿色新能源 AI 智算桩系统解决方案

户外光储一体 / 新型井口一体化装置 (JK-WDS 系列)

西安汉柏电子科技有限公司 XI'AN HANMBER ELECTRONIC & TECHNOLOGY CO., LTD. / 2026

一、行业背景与挑战

1.1 油气田数字化转型趋势

当前，油气行业正处于数字化转型、智能化发展的关键阶段，整体由数字化阶段稳步向智慧化阶段迈进。回顾井场生产的演进，可划分为三个阶段：人工阶段依靠人工巡井、人工录取数据，信息非实时、非连续，费时费力且安全隐患突出；数字化阶段实现电子巡检、远程数据录取与自动调控，数据具备实时性与连续性，显著提升采集效率与决策响应；智慧化阶段则建立在数字化基础之上，通过实时采集、监测、大数据分析与边缘计算，实现智能优化决策与自主操控，是一个自诊断、自学习、自提升的闭环过程。要真正迈入智慧化阶段，气井井口这一最基础、最末梢的生产单元仍存在大量制约因素。

1.2 传统井场的四大痛点

痛点	主要表现	造成的影响
架构之痛	多厂家设备拼凑、接口不统一、布线如蛛网；系统互不兼容、相互干扰	现场杂乱无序，缺乏统一管控，单次维护耗时超过8小时
能源之痛	地埋铅酸电池低温容量骤降、无法充电；高温性能下降、易热失控	冬季频繁停机影响保供，且属危废、存在土壤与地下水污染风险
智能缺失	传统 RTU 缺乏边缘算力、数据孤岛严重，难以运行复杂 AI 模型	无法实现针对性工艺优化与故障预判，"一井一策"难以落地
资产固化	手工作坊式重复开发、"交付即固化"，工程经验锁死于孤岛项目	深陷"反复造轮子"循环，经验与算法无法复用与持续迭代

四大痛点相互关联、形成闭环——架构混乱加剧运维负担，能源不稳制约连续生产，算力缺失阻断智能升级，资产固化锁死持续优化。行业需要的不是局部改良，而是一次彻底的井场基础设施革命。

二、产品总体方案

2.1 设计理念：从"拼凑式"到"一体化"

智能井场 AI 智算桩系统（新型井口一体化装置，JK-WDS 系列）摒弃传统分体式机柜与地埋箱设计，采用全铝合金挤压成型的一体化智能立杆，将供电、储能、计算、通信、控制五大核心功能单元高度集成于一根立杆之内。系统采用导轨式、板卡化内部结构，实现"免地埋"安装与热插拔维护，整机防护等级达到 IP67，支持单人在 30 分钟内完成核心模块更换，从根本上重塑井场基础设施形态，实现从被动"定时控制"向主动"AI 决策"的代际跨越。

2.2 系统总体架构：五大核心单元

核心单元	功能定位	关键能力
供电单元	绿色能源供给	n 型双面双玻光伏 + MPPT 控制器，100% 太阳能供电
储能单元	极端环境可靠储能	钛酸锂/半固态电池 + 超级电容混合储能，免地埋集成
计算单元	边缘 AI 智算核心	HB-ASC 边缘网关，6 TOPS 算力，本地闭环、断网不停机
通信单元	全域数据回传	4G/5G + LoRaMESH 自组网 + 北斗卫星，多链路冗余
控制单元	工艺执行与安防	PLC + AI 模型，间开/柱塞/积液一井一策，智能安防联动

三大变革目标：智能化——边缘 AI 计算、本地闭环控制，使每口井具备自主诊断与决策能力；无人化——远程监控与智能运维，大幅减少现场作业频次与人力投入；绿色化——太阳能供电、免地埋设计，从源头消除土壤污染隐患，助力"双碳"目标。

三、核心技术与硬件单元

3.1 边缘计算单元 HB-ASC

边缘计算单元（HB-ASC 系列）是一款高性能、可扩展的综合性边缘网关，以板卡化形态快速实现应用拓展。其核心价值在于本地自主与断网不停机：可在本地独立运行工况诊断、入侵检测等 AI 模型；当通讯中断时，本地控制逻辑与数据采集照常运行，保障生产连续性。

板卡	核心规格
电源 & 通讯卡	6-60V 宽压输入，板载 UPS，防雷击浪涌；5×RS485、1×RS232、1×CAN，磁隔离保护
路由卡	4G + WiFi + 以太网工业级路由，2×100M 网口，支持 LoRaMESH 组网，Web 端配置
PLC 板卡	支持 5 丛井接入，符合 IEC61131-3；8×DI、8×DO（继电器 5A）、4×AI、4×AO，光耦隔离
算力卡	工业级处理器内置 NPU，AI 算力高达 6 TOPS，支持 TensorFlow/PyTorch/Caffe 与 Docker 容器化
交换卡	可扩展工业级交换，4 网口 + 2 光口共 6×1000M，支持 VLAN 划分

3.2 智慧能源系统（储能单元）

针对传统地埋铅酸电池在极端环境下的可靠性瓶颈，系统采用钛酸锂（LTO）/ 半固态电池 + 超级电容的混合储能技术。电池组工作温度范围 -30℃~+65℃，低温容量保持率 ≥ 90%，循环寿命超过 5000 次（达传统铅酸电池 10 倍以上），设计寿命长达 10 年，并具备物理穿刺不起火、不爆炸的本质安全特性。能源系统全面免地埋，导轨式安装支持单人 30 分钟内更换；内置 PTC 自加热片，低温自动加热。主动均衡 BMS 实现单体电压（精度 ±5mV）、SOH 健康度与多点温度可视化管理，并可提前 7 天预警故障。经现场数据与全数据对比分析，123Ah 规格电池在续航（约 7.5 天）与循环寿命（3500 次）之间达到最佳平衡，为绝大多数井场场景的推荐选型。

3.3 绿色供电单元

供电单元采用行业领先的 n 型双面双玻光伏组件，结合多主栅半片技术，电池转换效率高达 26%。先进的 MPPT 最大功率点跟踪技术跟踪效率 ≥ 99%，在弱光条件下发电效率提升 15%-20%。一体化航空级铝合金立杆兼作散热器，实现高效自然散热。

3.4 全域通讯单元

通讯单元具备 4G/5G、WiFi、以太网、光纤等常规通信方式，并针对无信号井场提供北斗卫星通信，以及 LoRaMESH 无线自组网与无线基站中继能力（支持 10 公里无线中继）。在信号盲区，井场间通过 LoRaMESH 自组网与多跳中继，将数据汇集到具备 4G 或卫星信号的中继井统一上传；相较于每口井铺设光纤或配备卫星通讯，综合成本可降低约 80%。网络路由可动态寻址，部分节点故障不影响整体网络稳定运行。

3.5 智能安防单元

防区监控单元采用工业级坚固防护：整机 IP67 防护等级；一体化立杆采用 6063-T5 高强度铝合金并经阳极氧化处理，地表基座安装免开挖、快速部署。智能 AI 视觉硬件配备 200 万像素、0.002Lux 星光级夜视，夜间全彩成像；内置边缘 AI 安防算法支持人/车精准识别与区域入侵、越界报警，集成烟火识别与安全帽合规检测，识别准确率 ≥ 98%，支持声光震慑驱离。视频采用 H.265 编码节省约 50% 带宽，内置 256G 存储卡，断网续传超过 7 天。

3.6 智能控制与极简运维

控制单元支持 0-100% 开度自由调节（精度 1%）、高低压保护与 PID 压力恒定调节，并提供定时、定流、定压、压力区间及 AI 控制等多种模式，可结合智能间开、柱塞气举、积液诊断、产量预测等 AI 模型实现"一井一策"自适应生产。运维层面，智算桩采用导轨式安装与模块化插拔，现场更换部件可在 30 分钟内完成，配合设备故障率降低 70%，运维模式实现根本性变革。

四、软件平台与工程资产化

4.1 云边端协同架构

Hanmber Cloud 软件平台构建"云端训练—边缘推理"的协同架构，采用微服务设计、模块解耦，具备千万级数据并发处理能力，自下而上划分为设备域、网关域、平台域与应用域四层。边缘侧实现毫秒级本地逻辑闭环，网络中断时数据本地缓存、恢复后自动补传、数据零丢失；云端汇聚海量历史数据进行长期趋势分析、运行重型 AI 模型训练并一键下发优化策略。平台支持 2000+ 点位并行采集、内置 2000+ 主流驱动，兼容 MQTT、Modbus、TCP、OPC UA 等多种协议。

4.2 四大应用市场：工程资产化

应用市场	内容	价值
组态模板超市	可视化画面、大屏模板	新项目直接选用并绑定数据点，大幅缩短画面设计工作
驱动广场	协议驱动、设备类型模板	同系列设备一次开发、多项目复用，支持远程升级
算法与容器市场	工艺算法包、边缘 AI 应用容器	成熟工艺与 AI 能力按需拉取并部署到边缘智算桩
PLC 策略超市	已验证的 PLC 程序、工艺段逻辑	核心控制逻辑资产化，经安全通道一键下发与追溯

现场工程师无需编写一行 PLC 代码，即可像安装 App 一样将"智能间开""柱塞气举"等成熟工艺策略包一键部署到边缘控制器，实现零代码复杂工艺控制。

4.3 全栈 OTA 与远程运维

平台支持从固件、操作系统到算法与应用的全栈 OTA 远程升级。所有软件层面的更新与维护均可远程完成，无需现场访问，极大减少工程师赶赴偏远、恶劣环境井场的次数，显著降低差旅、时间与人力成本。

五、实测验证与规模化应用

5.1 规模化部署概况

截至 2025 年 8 月，智能井场解决方案已在苏里格、榆林等多个核心作业区实现规模化应用：在役稳定运行井口场超过 226 个，最长无故障运行记录达 4 年以上，并已验证 -30℃~+65℃ 的极端环境工作范围，具备无热失控的本质安全特性。

5.2 AI 接管井口：增产实测

在边缘 AI 程序接入后，多口实验井均实现显著且持续的增产。系统采用基于 AI 的"自动优化"模式，实时分析载荷数据、动态调整开关井时机，有效控制井底积液、提升产气效率：

井号（类型）	测试周期	增产效果
陕 288（间开井）	2025.4.15-7.3（75 天）	日产气由 0.08 万方提升至 0.16-0.22 万方，增产约 103%，后期持续增长
G70-19（柱塞井）	2025.4.15-7.3（75 天）	5 月增产约 100%，井况变化后 AI 自适应仍维持 20% 以上增产
高桥 22-86（柱塞井）	2025.4.15-7.3（75 天）	稳定增产约 50%，油套压差维持 1MPa 以下，排液效果良好
高桥 34-101（间开井）	2025.5.28-7.3（35 天）	增产约 25%，油套压曲线聚合、运行稳定

综合而言，四口井在 AI 接管后增产幅度介于 20% 至 2 倍之间且运行平稳，证明了 AI 控制逻辑相比人工经验可实现更精准、更持续、更具自适应能力的生产优化。

5.3 能源与可靠性验证

在全部实验井的测试周期内，新型井口一体化装置供电全程稳定，无因硬件问题导致的试验中断。光伏发电与混合储能能在冬季低温工况下的实测数据进一步验证了系统在极端环境下的续航能力与运行稳定性。

六、客户价值与效益分析

6.1 三重价值：降本 / 增效 / 绿色

降本——运维时间由 8 小时缩短至 30 分钟以内，设备故障率降低 70%，全生命周期综合成本显著降低，单井年度电池维护成本大幅下降。

增效——单井产量提升 20%-103%，工程经验转化为可复用的数字资产，决策模式从被动响应升级为主动预测。

绿色——100% 太阳能清洁供电，免地埋设计杜绝土壤与地下水污染风险，无人化运维降低人员现场作业风险。

6.2 全生命周期效益对比

指标	传统方案	AI 智算桩方案
单次维护时间	8 小时以上（需开挖、接线）	30 分钟以内（导轨式快插）
设备故障率	高，冬季频发停机	显著降低
电池使用寿命	约 2-3 年（铅酸）	5 年以上，设计寿命 10 年
全生命周期成本	高	显著降低
环保风险	铅酸属危废，污染隐患	免地埋、清洁能源，零土壤污染
单井产量	受定时模式制约	AI 优化提升 20%-103%

七、实施部署与服务保障

系统采用高度集成、模块化与标准化设计，部署流程简洁高效：地表基座安装免开挖，立杆出厂预装电池与板卡，现场即插即用；通过 HB-ASC 配置工具图形化向导，一线人员无需编程基础即可完成井口基础信息、网络专网与平台对接配置，并支持配置项一键导出/导入，便于批量部署与快速恢复。服务保障涵盖标准化交付、远程运维（4G/北斗回传电压/电流/温度/SOC 等数据、故障代码自动诊断）、云端算法持续迭代与全栈 OTA，以及与危废处理企业合作的绿色回收服务。

八、关于汉柏

西安汉柏电子科技有限公司（Hanmber Inc.）创立于 2011 年，专注工业物联网领域，在系统集成、软件开发、物联网云平台、远程数据中心、统一通讯、网络信息安全等方向取得多项专利及计算机软件著作权资质。公司奉行"质量第一、信誉第一、技术第一、服务第一"的原则，为客户提供完整的解决方案。

联系方式	信息
公司名称	西安汉柏电子科技有限公司 XI'AN HANMBER LLC.
电话	029-89181236
网址 / 邮箱	www.hanmber.com / huangkun@hanmber.com
地址	陕西省西安市雁塔区天谷七路国家数字出版基地 B 座 1704 室