

UDAN 优旦

2026年 两轮车换电电池资产管理技术 蓝皮书



安徽优旦科技股份有限公司
Anhui UDAN Technology Co., Ltd.

前言

“双碳”战略持续落地、城市交通电动化转型进程加速，电动两轮车作为解决城市出行“最后一公里”、支撑即时配送产业发展的核心载体，市场规模持续扩容。中国凭借庞大的市场需求与成熟的产业配套以及全球规模领先的电动两轮车换电市场，催生了标准化、规模化的换电商业模式。行业依托集中式能源管理，实现电池安全、高效补能，重构产业商业逻辑。

伴随全国换电网点高密度、规模化铺设，海量换电电池进入跨区域、高频次循环流转阶段。户外复杂工况、多用户交替复用、长期充放电循环等场景特性，大幅增加了电池资产管理难度。当前行业百万级电池分散化、网格化运营，传统人工巡检、事后抢修、经验决策的粗放式管理模式，在安全风险防控、运维服务效率、电池资产保值增值等维度暴露出显著短板。大量电池产生非必要衰减、寿命折损、残值流失，行业亟需一套轻量化、标准化、全链路、智能化的电池资产管理体系，消除全生命周期非必要价值损耗，实现产业提质降本增效。

人工智能技术正深度重构电池资产管理底层逻辑，AI 已从传统单点辅助工具，升级为贯穿电池投放、运维、退役全生命周期的核心决策引擎。本蓝皮书整合优旦科技 iBMS 智能硬件、资产管理平台、安全预警系统等核心模块，依托国内大规模两轮车换电场景的落地经验，践行“端 - 云 - 智”三位一体技术路线，为产业链参与者提供可落地、可复用、可迭代的实践参考。



目录

01	电池资产管理的必要性	01
02	电池资产管理的行业挑战与演进	02
	2.1 电池资产管理的挑战	02
	2.2 电池资产管理技术演进路径	02
	2.3 AI 重塑电池资产全生命周期价值管理	03
03	优旦科技端云智一体电池资产管理方案	04
	3.1 端云智一体架构	04
	3.2 智能电池管理系统	05
	3.2.1 产品介绍	05
	3.2.2 技术特性与优势	06
	3.3 电池资产管理平台	07
	3.3.1 主要功能	08
	3.3.2 核心价值	08
	3.4 AI 智慧算法	09
	3.4.1 云端全时均衡	09
	3.4.2 远程智能运维	10
	3.4.3 主动安全预警	12
	3.4.4 电池智慧延寿	15
04	行业展望与未来趋势	17

01 电池资产管理的必要性

换电商业模式的核心资产与核心竞争力均集中于动力电池。不同于传统硬件设备的规模竞争，换电行业的长期盈利能力、资产回报率与运营稳定性，完全取决于动力电池的安全管控能力、健康管理能力与全生命周期价值运营能力。基于换电电池的特殊运营属性，精细化、智能化资产管理已成为行业规模化发展的必要条件，核心原因体现在五大维度。

一是重资产属性决定电池必须精细化管控。动力电池为换电企业核心固定资产，资产投入占比高、单组价值高、整体资产规模大。电池循环寿命、健康衰减速率、日均利用率直接决定项目投资回报周期与整体盈利水平。粗放式管理将直接导致资产提前报废、残值流失、运营成本抬升。

二是工况敏感动态衰减，传统静态管控失效。换电电池衰减具备强工况相关性，环境温度、充放电倍率、骑行负载、充放电深度等变量持续影响电芯老化速率。电池 SOH 动态波动、单体电芯一致性持续分化，传统固定阈值管控、静态寿命模型无法适配真实、复杂、多变的终端工况，存在评估失真、预判不准等问题。

三是全域高频流转，传统台账式管理存在盲区。换电电池无固定用户、无固定站点绑定，具备跨区域、跨网点、多用户、高频次轮换特征，使用场景碎片化、工况离散度高。传统人工台账、定点登记、人工巡检模式无法实现电池全生命周期溯源、工况统计、损耗追踪，资产失控、流失、错配问题突出。

四是安全风险具备累积隐性特征，风险前置管控刚需凸显。锂电池热失控隐患具备渐进性、隐蔽性、累积性特征，析锂、微短路、内阻异常、内部老化等隐性故障不会即时触发硬件保护，但长期累积极易引发安全事故。传统 BMS 仅具备故障后被动断电能力，无法实现早期风险识别与前置防控，行业安全管理体系亟需智能化升级。

五是电池具备全生命周期可增值属性，智能化管理是资产增值核心手段。电池衰减具备可优化、可调节特征，通过智能均衡、工况优化、充放电策略动态调节，可有效延缓电池老化、延长循环寿命。同时，基于精准 SOH 评估可实现电池分级利用、梯次复用，释放全周期资产价值，该增值能力可通过数据化、智能化管理实现。



02 电池资产管理的行业挑战与演进

2.1 电池资产管理的挑战

国内两轮换电行业已进入规模化、网格化、高密度运营阶段，百万级电池资产分散部署于城市全域网点。传统人工运维、被动抢修、经验决策的管理模式已无法适配行业发展节奏，行业在安全管控、续航一致性、运维效率、资产保值四大维度存在结构性痛点，成为产业高质量发展的主要瓶颈。

安全管控维度：风险后置、隐性隐患无法识别。传统电池保护体系依赖电压、温度阈值做被动防护，仅能在故障发生后实现断电保护，无法识别电芯老化、微短路、析锂、内阻异常等前置隐患。换电电池高频循环、多用户复用、工况复杂，风险持续累积，传统管控模式无法做到提前预警、分级防控、主动阻断，行业安全事故隐患长期存在。

运营体验与资产效率维度：电芯一致性差、续航衰减严重。电池 PACK 串联结构决定单电芯异常即可导致整包性能下降、续航缩水甚至报废。传统均衡策略触发条件单一、策略固化，仅支持充电末期短时均衡，无法适配全场景、全健康度电池的差异化优化需求，电芯一致性持续劣化，电池利用率低、资源浪费严重。

运维管理维度：人工依赖度高、运维成本高、处置效率低。海量电池分散部署，故障排查、原因分析、状态校验高度依赖人工经验。异常出现后需人工调取曲线、核对日志、研判根因，排查周期长、误判漏判多，被动抢修模式导致运维人力成本、通勤成本、设备闲置损耗居高不下，无法支撑规模化集群运营。

资产价值维度：损耗评估失准、资产长期流失。行业缺少适配真实骑行工况的标准化损耗评估体系，实验室寿命数据与实际工况偏差较大，电池 SOH 衰减、剩余寿命难以精准量化。企业无法科学开展资产调拨、运维策略优化、梯次利用分级，导致电池资产提前淘汰、残值流失，整体运营收益受损。

2.2 电池资产管理技术演进

第一阶段：人工管理阶段

该阶段以电池硬件保护板为核心，仅具备基础的过充、过放防护功能。电池运行状态监测、故障排查完全依赖人工巡检与用户故障报修，整体为事后抢修、被动响应的管理模式，存在运维成本高、安全风险不可控、资产损耗大等诸多问题。

第二阶段：数字化管理阶段

智能 BMS 与云端管理平台逐步普及，实现电池运行数据的远程采集、实时监控与集中化管理。运维人员可通过云端大屏直观查看电池运行状态、接收故障告警信息，资产管理效率大幅提升。但核心数据分析、故障研判、运营决策仍高度依赖人工经验，属于数据可视、人工决策的半数字化模式。

第三阶段：智能化管理阶段

AI 算法深度融入电池管理全流程，可实现电池故障智能诊断、健康状态精准评估、安全风险提前预警。AI 从辅助工具升级为核心决策引擎，推动电池资产管理模式从“人工经验驱动”彻底向“数据智能驱动”转型。技术价值不再局限于安全防护，延伸到抑制衰减、延长寿命、降低运维成本、提升残值收益，以技术手段追求同等工况下电池资产价值。

表 1 - 资产管理演进路径

维度	第一阶段	第二阶段	第三阶段
核心载体	硬件保护板	智能 BMS+ 云端管理平台	智能 BMS+ 云端管理平台+AI 算法
主要能力	基础过充、过放硬件防护	远程数据采集、实时监控、故障告警	故障智能诊断、SOH 精准评估、安全风险前置预警
运维模式	事后抢修、被动响应	数据可视、人工决策半数字化模式	AI 为核心决策引擎，数据智能驱动
特点 / 价值	运维成本高、安全风险不可控、资产损耗大	资产管理效率显著提升，分析研判依赖人工经验	实现从人工经验驱动向数据智能驱动深度转型

2.3

AI 重塑电池资产全生命周期价值管理

人工智能技术正从单点场景辅助，全面渗透至电池投放、智能运维、安全预警等关键环节，推动电池资产管理从“被动响应故障”向“主动预防风险”，实现“经验主观决策”向“数据智能研判”的根本性变革。

安全预警：区别于传统单一阈值报警易误报、滞后的短板，AI 结合电芯压差、温升速率、内阻突变、鼓包漏液等热失控前置特征完成风险判断，分级推送预警信息，即时隔离故障电池，在电池入库、骑行途中、柜体静置全流转环节拦截隐患，同时汇总安全事件形成风险分析报表，满足安全监管溯源需求。

均衡管理：传统均衡仅能在充电末期执行，且均衡策略统一不变，无法适配不同健康程度电池，电芯容量持续分化加速续航缩水。AI 算法通过计算每节电芯容量，动态下发差异化均衡策略，结合硬件能力选择合适时机执行电芯均衡，从根源延缓电芯分化，稳定电池性能、延长资产使用周期。

智能运维：传统运维依靠人工经验、故障被动抢修，AI 实现由事后处置转向事前预判，提前捕捉电压、温控、充放电失效等故障特征并自动生成报告；运维人员结合电池分布提前规划运维路线，搭配远程 OTA 批量优化设备控制参数，显著降低运维人力与电池闲置损耗。

智慧延寿：锂电池绝大多数损耗源于不合理充放电、温差与电芯不一致问题，AI 根据电池健康度、环境温度、骑行工况生成动态专属充电曲线，高温限流、低温预热，骑行途中智能限制过流、过放行为，同时汇总全量老化数据，优化损耗高发场景运营策略，有效延缓电池衰减、延长循环使用寿命。

03 优旦科技端云智一体电池资产管理方案

3.1 端云智一体架构

优旦科技“端 - 云 - 智”一体电池资产管理架构，以 iBMS 智能硬件为载体，数字孪生为基础、AI 算法为核心、全链路安全体系为保障，构建覆盖电池全生命周期智能管理体系，实现电池资产可视化、可控化、智能化管理。



图 1 - 优旦科技“端 - 云 - 智”一体电池资产管理方案

端 / 硬件层：以 iBMS 智能硬件为载体，采集电压、电流、温度等多维数据，采集频率可根据实际场景动态调整，最小支持毫秒级实时感知。端侧部署本地智能算法，可实现设备级实时监测、异常即时识别、基础指令就地执行，筑牢设备基础运行安全防线。

云 / 平台层：平台统一汇聚所有电池数据，承载电池在线监控、分级安全告警、多维数据分析、程序远程 OTA、站点集群控制、运营数据可视化与人机交互等能力，实现跨区域统一运维管理、数据复盘与整体业务统筹。

智 / 算法层：AI 算法覆盖均衡管理、智能运维、智慧延寿、安全预警核心模块，依托数字孪生整合全平台电池数据，完成工况仿真推演、衰减与风险预判，通过算法模型输出最优管控策略，下发至终端长效优化电池资产运营表现。

表 2 - 核心技术

核心技术	描述
高精度信号采样与处理技术	电压采样采用软硬件双重滤波与可配置漂移补偿技术，将采集误差控制在 5mV 以内。温度采样通过优化的传感器布局与选型、信号调理电路及数字滤波算法，有效抑制噪声干扰，确保采样误差小于 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。电流采样针对高频瞬变与复杂干扰工况，设计低功耗、高精度采样方案及专用滤波算法，精准捕捉电流的快速变化。
SOC/SOP/SOH 核心算法与校准策略	通过无线数据传输单元，实现电池全维度运行数据云端同步。基于多时间尺度动态建模方法，构建融合温度、循环、工况等多影响因子的高精度电池状态评估体系。依托云端数据中台，采用特征提取与机器学习算法，建立电池参数的全生命周期在线标定与动态校准机制，实现宽温域范围内的 SOC、SOP 及 SOH 高精度估算，提升电池管理精度与寿命预测准确度。
大规模锂电池数据存储 及处理技术	采用分布式架构与时序数据库的可扩展设计，结合冷热数据分层存储机制，实现对海量、时序、异构电池数据的高效存储与管理；基于流处理、批处理技术，精准支持电池状态监控、故障预警及运维分析等多场景需求，提升数据处理效率与系统可靠性。
锂电池端云协同管理技术	基于统一的电池数据中台，对电池运行数据进行深度特征提取与挖掘，结合电池等效电路模型与深度学习算法，面向电池全生命周期构建管理参数与策略的自适应优化体系，并通过端云协同机制实现对 BMS 模块的持续、精准标定，提升电池管理颗粒度与效率。

3.2 智能电池管理系统

3.2.1 产品介绍

智能电池管理系统（iBMS，intelligent-BMS）是电池资产的终端感知与执行核心载体。区别于传统仅具备基础过充过放保护的普通保护板，iBMS 集高精度信号采集、全域硬件安全防护、智能电芯均衡、物联网双向通信、远程固件迭代能力于一体。



图 2 - 优旦科技 F7/E7 系列 iBMS 智能电池管理系统

它实时采集电芯电压、电流、多点位温度、位置等海量原始数据，一方面在本地完成实时监测、异常识别、故障就地保护，筑牢硬件安全底线；另一方面将全量运行数据上传至云端平台，接收云端 AI 算法下发的均衡、功率管控等策略指令并落地执行，是实现“端 - 云 - 智”一体化电池资产管理不可或缺的硬件底座。

表 3 - 优旦科技 iBMS 产品型号

产品系列	型号	产品描述
F7 系列	F733	支持 10-20 串锂电池，额定持续工作电流 80A，适配 48V、60V 两轮电动车换电电池；适配共享换电站、智能换电柜、集中仓储运维，兼容性强，为主流标准化方案。
	F735	最大支持 24 串锂电池，额定持续工作电流 80A，适配 72V 电压平台；面向重载电摩、长途外卖等高功率放电的换电车型。
E7 系列	E751	额定持续电流 100A，最多支持 4 组电池并联扩容，实现电池组容量、功率灵活叠加，满足高性能、高速度动力输出需求。
	E730	支持 17 串锂电池，额定放电电流 170A，遵循严苛工况标准，满足飞行器瞬时大功率输出、快速拉升、高速飞行动力需求。

优旦科技可根据客户需求定制，精准适配不同电池串数、额定电流、峰值电流、硬件接口、通讯协议及功能逻辑，支持私有通讯协议加密、专属限流策略、特殊工况防护、硬件接口增减等深度定制服务。

3.2.2 技术特性与优势

高精度采集，数据可控：高精度采集芯片 + 滤波算法，可精准捕捉电芯压差变化；搭载多点位温度检测方案，可实时监测电芯、板载 MOS、电池仓多区域温度状态，精准识别局部过热、散热异常等安全隐患，为电芯均衡、故障判定、功率控制提供精准数据支撑。

多级防护，构建安全保障：过充保护、过放保护、过流保护、瞬时短路保护、高低温保护、压差异常保护、均衡异常保护等多维度安全防护。软件可毫秒级控制 MOS 切断供电回路，同时硬件搭载一次性熔断作为终极兜底保护，应对短路冲击、大电流过载、极端高温等突发故障可瞬间断电，大幅提升电池与车辆运行安全。



云端全时均衡，提升电池一致性：摒弃行业传统均衡方案，全系搭载云端全时均衡功能，可在电池充放电、静置状态下启动均衡，持续修正单体电芯容量偏差，有效解决电池组长期循环使用后出现的电芯一致性差、容量衰减、续航缩水、提前报废等问题，延长电池使用寿命。

多协议双向通讯，实现端云智一体管控：支持 CAN/485 总线、4G、蓝牙通讯，向下可精准对接换电柜、车载控制器、智能仪表、本地运维终端，向上可实时向云端平台上传电压、电流、温度、循环次数、故障代码、定位信息、健康状态等核心数据，同时支持云端远程下发控制指令，实现参数远程标定、状态实时管控、故障远程复位等。

远程 OTA 升级，硬件终身迭代进化：支持 OTA 远程升级，无需拆卸电池包，通过蓝牙或 4G 即可远程推送固件升级包。可在线优化电池保护参数、调整均衡策略、适配通讯协议，让硬件无需更换即可持续适配全新场景运营需求，大幅延长设备使用寿命，降低后期硬件迭代与升级成本。

3.3 电池资产管理平台

平台打通电池资产全链路管理，实现海量电池资产的集中监控、智能运维、风险预警与残值评估，解决传统模式下资产散乱、运维低效、安全不可控、资产损耗高的痛点，为电池规模化运营提供标准化、智能化、合规化的管理支撑。



图 4 - 优旦科技电池资产管理平台

3.3.1 主要功能

平台支持多级企业架构管理，自定义配置角色权限，可自主创建账号、分配登录方式，按客户、项目维度实现数据物理隔离，不同角色仅可查看授权范围内的电池资产、告警信息与运营报表。所有账号操作日志全程留存，OTA 升级、远程锁机、批量控制等高风险指令全程可追溯，彻底杜绝越权操作风险。

表 4 - 电池资产管理平台主要功能

主要功能	平台界面	功能描述
资产全局可视		作为运营管理总驾驶舱，平台整合多维可视化看板，依托指标卡片、运行统计图表、GIS 地图与电池清单，实现跨区域、多项目电池资产集中管控，直观掌握资产总量、在线状态、运行工况与地理分布，为电池调度、网点运营提供直观决策依据。
数据动态追踪		依托 iBMS 高精度采集能力，平台存储上百项电芯与设备核心时序指标，支持单电池实时状态查看、多维度趋势分析、行驶轨迹回溯，自动生成从出厂到退役完整数字档案，支撑故障复盘、监管溯源与电池性能评估。
故障主动通知		搭建硬件主动上报与云端 AI 识别双预警体系，区分硬件保护告警与电芯隐性风险预警，按照提示、一般、高危三级分级推送告警信息，建立告警触发、智能派单、现场处置、归档复盘全流程闭环，实现安全隐患提前识别、故障可追踪可管控。
远程高效运维		支持云端远程下发各类控制指令，可实现批量设备参数配置、远程锁机、远程容量自学习、远程 OTA 升级，搭配运维工具快速完成设备入网与台账搭建，大量减少外勤频次，实现规模化电池低成本运维。
资产价值评估		依托云端全时均衡持续优化电芯一致性，高精度 SOH 健康评估量化电池衰减水平，结合全周期数据搭建残值评估模型，指导电池分级调拨、梯次利用，有效延缓电池衰减，提升电池全生命周期资产价值。

3.3.2 核心价值

资产管理透明：解决电池数量统计不清、归属划分不明、健康状态无法量化评估的痛点，实现电池资产全域可视、状态可测。

轻量远程控制：支持设备批量 OTA、远程参数标定、多维度数据导出，适配万级以上规模化电池集群，实现大批量设备高效统筹管理。

运维降本增效：依托云端远程管控 +AI 根因智能诊断替代传统人工线下排查，压缩故障处置周期，显著降低人力及现场物流运维成本。

安全前置管控：安全预警完成风险分级管控、设备自动锁控、告警全流程闭环处置，完整留存运行数据，充分

满足业务数据追溯合规要求。

资产价值可评：通过云端全时均衡、精准 SOH 评估、智能梯次分级策略，有效拉长电池循环寿命，充分挖掘并提升退役电池残余资产价值。

3.4 AI 智慧算法

3.4.1 云端全时均衡

云端全时均衡是一种基于人工智能技术的均衡方法，通过对电池组中每个电池进行实时监测和分析，结合云端历史数据和环境因素，智能调整均衡策略和参数，并下发终端 iBMS 执行，从而更大限度地实现电池组的均衡效果。

3.4.1.1 工作原理

云端在提取到一定条件的连续充放电工况后（持续时间、电流、电压区间等），基于该数据实时拟合出每个单体充电数据曲线并将曲线按一定规则片段化，并基于训练后的混合神经网络模型识别不同单体之间的高相似片段，具有一定的时序差异，基于此时间差及充电电流进行安时积分可计算出单体之间的容量差异，从而精准计算均衡时间，最终通过服务器下发控制指令至终端模块进行均衡执行。

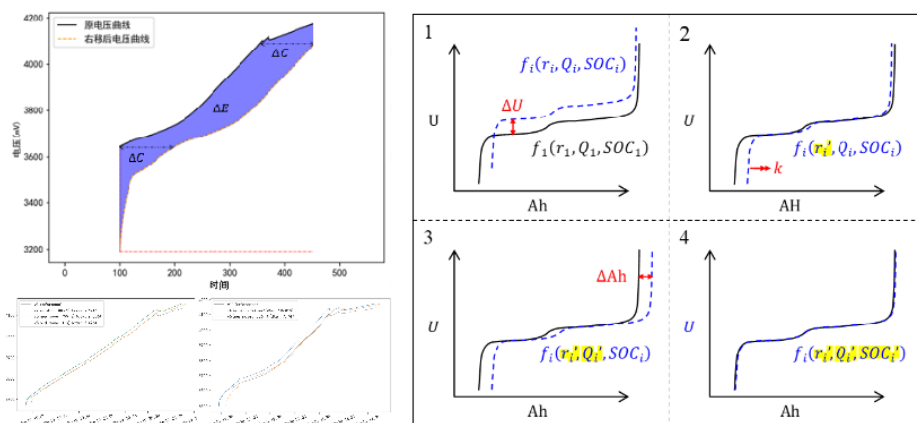


图 5 - 云端全时均衡技术工作原理

3.4.1.2 云端全时均衡技术创新点

端云一体释放算力：突破了传统 BMS 嵌入式端在运算能力和存储空间上的限制，能够进行长时间尺度、高分辨率的电池特征变化监测与评估，实现了对电池均衡状态的精准掌控。

均衡判断精确可靠：相较于当前通过充电末端压差来估计均衡时间的判断方式，云端全时均衡能实时获取并分析充放电运行数据，通过深度学习算法精确计算单体容量差，均衡判断更精确、可靠。

均衡效率显著提升：相较于传统仅能在充电末端开启均衡方式，云端全时均衡通过全周期提升均衡时间，有效减少电池单体容量差，最大程度提升电池组可用容量，延长电池使用寿命。

均衡策略智能调整：基于移动网络系统的低延迟特性，能够迅速响应并调整均衡策略，确保设备始终运行在最佳状态，使得云端全时均衡技术具有广阔的应用前景。

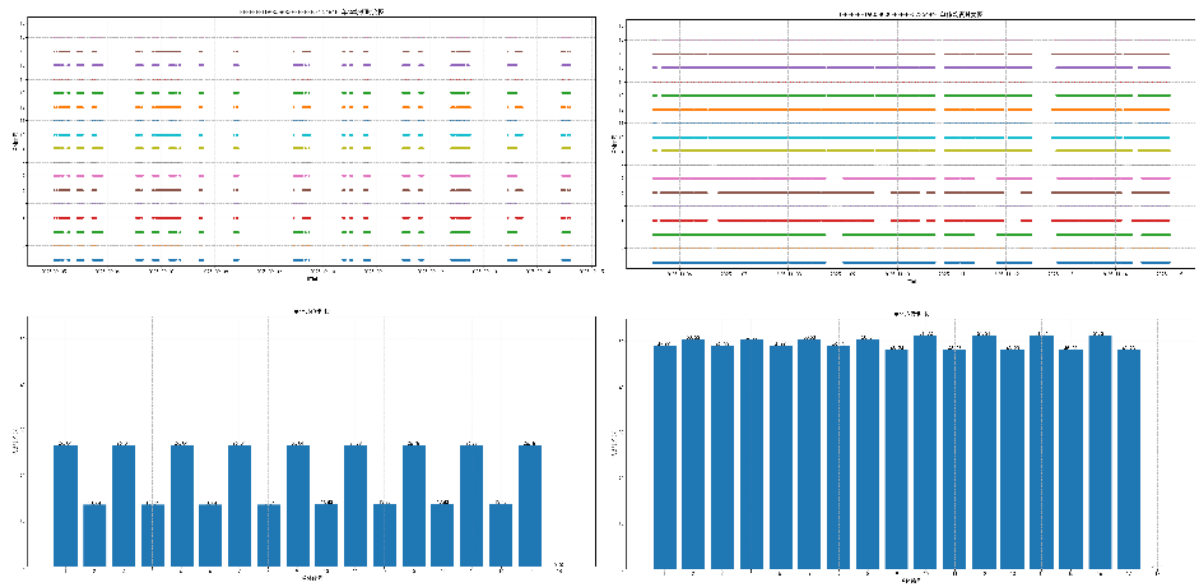


图 6 - 云端全时均衡技术效果展示

云端全时均衡技术无需新增任何硬件设备，依托云端数据库与服务器集群算力，突破传统终端 BMS 存储与算力不足的短板，以纯软件算法实现电池均衡优化，有效改善电池一致性衰减问题，提升换电电池利用率与使用寿命。

3.4.2 远程智能运维

小旦助手面向电池运维场景，将自然语言交互、数据检索、机理诊断和任务编排整合为统一入口。系统不止推送告警，还可自动完成数据拉取、多维交叉验证、根因研判、证据输出与处置建议，形成“告警识别 - 根因定位 - 工单处置 - 数据溯源”的运维闭环。

3.4.2.1 四大核心能力

全场景故障根因智能诊断：支持自然语言提交设备故障诉求，系统自动解析设备编号、故障时段、异常现象，并行调用电压、温度、内阻、MOS 状态、充放电工况等原始数据，结合 SOS 安全指数做交叉验证，分层逐级排除外部干扰，精准区分故障大类并匹配标准化处置方案。

设备位置与轨迹一键追溯：运维人员仅输入电池硬件编号，即可秒级调取设备实时地理点位、历史全周期运行轨迹，适配跨区域多网点调度、故障电池快速定位、溯源盘点等场景，配套 GIS 资产地图数据打通，支撑运维路线智能规划。

批量时序数据自动导出：支持自定义起止时间区间，一键导出单台 / 批量电池全量原始运行数据（电压、电流、温度、内阻、循环记录、告警日志），自动生成标准化报表，无需运维人员逐台手动筛选下载，用于故障复盘、监管合规溯源、电池梯次残值评估。

多轮上下文连续交互：会话全程留存设备编号、时间范围、故障背景等关键上下文，无需重复输入设备信息即可持续追问细节，例如诊断故障后可接续查询“该电池当前 SOS 安全分数”“导出近 7 天温度数据”“查看同网点同类故障频次”，实现连续协同式智能问答，复刻资深工程师一对一沟通研判流程。



图 7 - 小旦助手智能运维模型架构

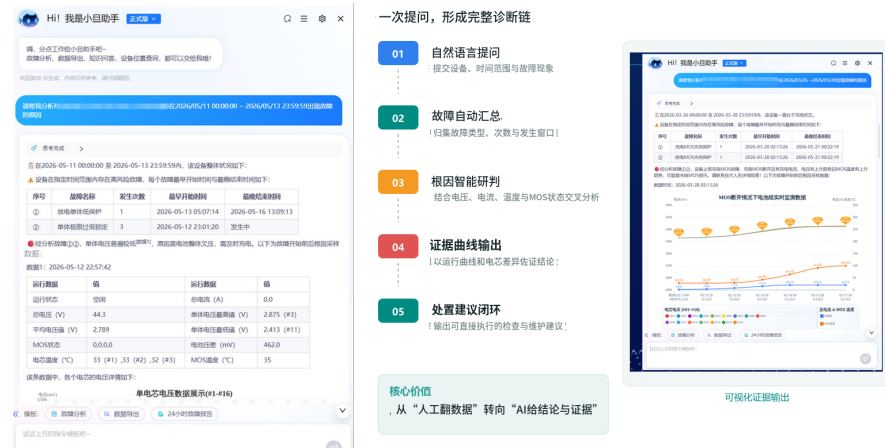


图 8 - 小旦助手真实对话诊断案例

3.4.2.2 底层核心技术支撑

自然语言意图解析：无需固定指令、专业语法，运维人员日常口语化描述即可识别，自动完成设备 ID 提取、模糊时间语义转换、故障类型分类；支持生活化表述，自动映射对应设备、精准时间窗口与故障分析模型，降低使用学习成本。

多工具自动编排并行运算：接收交互指令后自动完成权限校验，并行调用资产管理平台资产台账、iBMS 时序数据库、uSOSight 索见机理算法引擎、GIS 定位系统多接口拉取全维度数据，同步执行电压、温度、内阻、电化学风险多维度并行分析，整套流程全自动完成，无需人工切换多系统查询。

可落地、可视化诊断输出：输出内容摒弃统一模板化报告，针对用户提交的具体故障现象做个性化解读，配套可视化电芯曲线、数据明细表、原始数据包下载入口；每条诊断结论均标注对应电化学机理或硬件故障依据，同步输出可直接落地的现场处置步骤，结论具备可验证、可追溯特性，同时内置安全合规审查机制，高风险电池自动标注并推送锁控处置提醒。

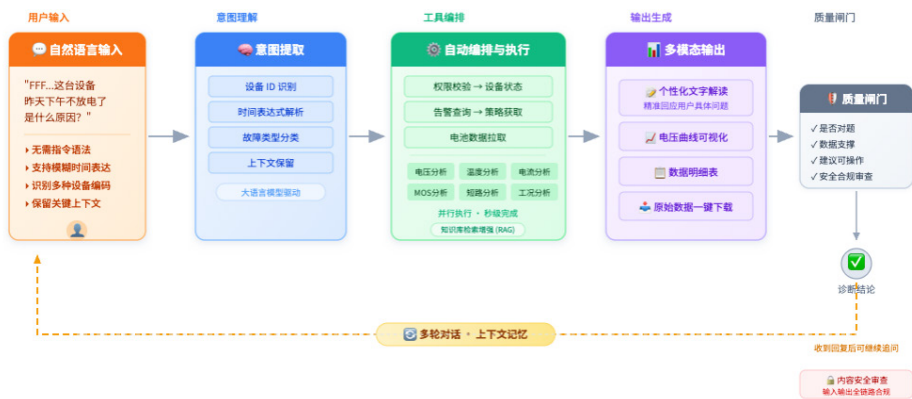


图 9- 小旦助手从问题输入到诊断输出的闭环流程

3.4.3 主动安全预警

传统安全监测主要依赖电压、温度单点阈值，在显性故障发生后进行保护，难以及时识别渐进式老化、析锂、微短路等隐性风险，也难以区分电芯本征劣化与不良工况带来的短期风险。uSOSight 将电化学机理分析与运行数据模型结合，用多证据交叉验证提升预警前置性和可解释性。

3.4.3.1 系统设计

电化学机理引擎：将锂电池容量衰减、相变偏移、自放电异常、析锂、增量容量 DVA 畸变等失效机理编码为可解释判据，精准量化电芯本征健康程度，机理引擎输出的每一条预警均可溯源电化底层成因，避免纯 AI 黑箱判定。

AI 数据驱动引擎：基于海量两轮车换电全生命周期运行数据训练时序模型，自动识别高温搁置、深度放电、低温快充、高倍率骑行等加速电池老化的敏感工况，量化外部使用带来的风险叠加效应。

双引擎输出结果融合计算 SOS 安全状态指数，分数区间 0-100，分数越低代表热失控风险越高，系统自动按风险优先级排序电芯 / 电池包，替代人工逐条筛查海量设备，适配百万级换电电池网格化规模化运营场景。



图 10 - uSOSight 索见智能预警系统

3.4.3.2 风险识别与安全闭环

系统贯通 iBMS 终端、云端平台与 AI 算法，覆盖原始数据采集、特征提炼、风险建模、分级处置和结果验证。整体链路既关注电芯内部机理风险，也识别高温、高 SOC、低温快充和深度放电等外部敏感工况，并通过召回、检测和失效分析持续校正模型。



图 11 - uSOSight 电池安全模型架构

多源数据输入层：依托 iBMS 采集电芯实时状态、充放电工况和历史风险档案，按电池唯一硬件 ID 与时间戳完成标准化对齐，建立可追溯的全生命周期时序数据基础。

表征学习层：融合 LSTM 时序建模、对比学习和图神经网络，对通信毛刺、温感跳变和采样偏差进行清洗，提取老化趋势、工况异常与群体偏离等稳定特征。

双分支解耦建模层：机理健康分支从容量衰减、相变偏移、自放电异常、析锂风险和容量增量变化等维度识别电芯内部风险；敏感工况分支统计高低温充放电、深度负载及高危静置的暴露频次与时长，量化外部使用对老化的叠加影响。

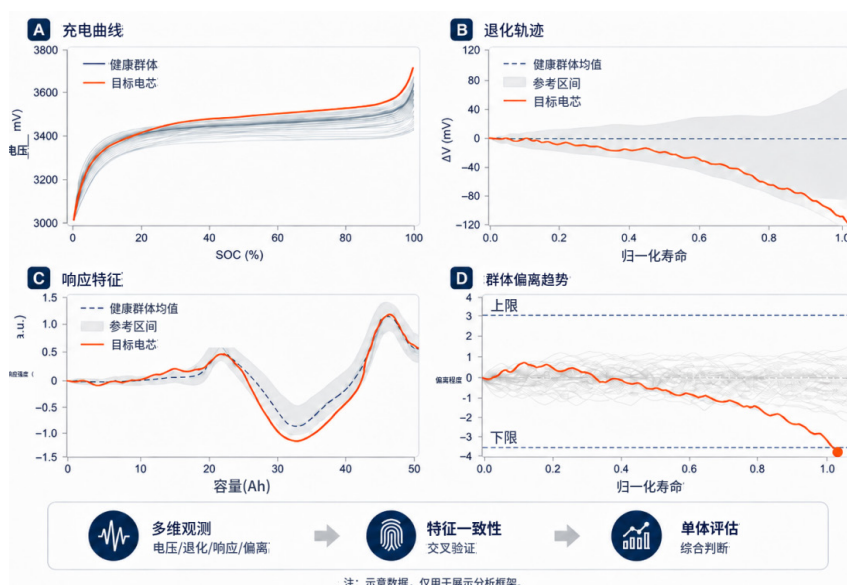


图 12 - 多维异常观测、响应特征与群体偏离分析

融合决策与业务输出层：通过贝叶斯融合和注意力加权生成 S/A/B/C/D 五级 SOS 安全评级，支持风险排序、分级告警、远程管控、机理归因与差异化处置；召回检测、CT 与拆解失效分析形成物理真值，并持续回灌模型。



图 13 - 优旦索见系统从算法诊断到拆解实证的完整闭环

3.4.3.3 核心技术优势

具备领先于传统阈值报警的前置预警能力：传统 BMS 只能在电芯电压、温度超限后开展被动保护，此时电芯内部析锂、微短路等损伤已无法逆转；索见系统基于电化学机理特征，能够提前数周识别电芯内部早期退化信号，在电池尚未出现外在异常时拦截潜在风险，实现从故障事后抢修向风险前置阻断转变，显著降低热失控事故发生概率。

实现故障根因可解释，有效减少无效运维投入：系统精准区分采样硬件异常、不良工况临时风险、电芯电化学本征劣化三类易混淆告警，并配套对应的处置方案，解决行业盲目上门、无效返库检测难题；依托小旦 AI 智能体自然语言交互能力，运维人员输入电池编号就能调取完整机理诊断报告，故障定位耗时由小时级缩短至分钟级。

深度适配端云智一体化体系：端侧可无缝兼容 F/E 系列 iBMS，毫秒级采集多节点温度与高精度单体电压数据，为机理算法提供精准电芯原始数据；云端对接电池资产管理平台，自动关联风险电池的投放时长、循环次数、位置信息；同时与小旦助手智能体双向协同，依托风险数据完成故障解读、工单派发与路线规划，打通闭环业务链条。

搭载标准化合规机制与全链路安全防护能力：在监管层面实现电芯数据加密存储、区块链存证，完整留存各类运行与风险时序数据，满足国标电池安全溯源要求；系统层面采用端云加密传输、分级权限管控，高危远程指令设置二次校验，抵御网络篡改与越权操作；设备层面预警触发后联动 iBMS 硬件多级保护，自动隔离故障电芯、切断充放电回路，构建“算法预警 + 硬件兜底”双重安全防线。

3.4.4 电池智慧延寿

统一参数和固定阈值难以兼顾不同化学体系、健康状态、环境温度与用户负载。睿延系统从“被动记录衰减”转向“主动识别老化并优化工况”，在安全、补能效率和运营可用性约束内，为单设备和单电池包生成差异化延寿策略。

3.4.4.1 睿延系统设计

睿延系统围绕“工况输入 - SOH/RUL 预测 - 老化机理解耦 - 策略寻优 - 延寿验证”构建算法闭环，打通 iBMS 终端、电池资产管理平台与云端机理模型。系统建立动态健康档案，利用真实运行数据持续校准模型，并同步评估策略实施前后的寿命变化趋势。



图 14 - P2D 驱动的 SOH/RUL 高精度评估

工况分析引擎：融合电芯化学体系、容量与额定电压、Pack 散热结构、历史电流电压温度曲线，以及环境温度、路谱 / 功率 Map、SOC/DOD 区间、静置时长等真实用户工况；同时纳入冷却启停、功率限制、均衡和保护降额等 BMS 边界，识别高覆盖、高损伤的敏感场景，为模型计算确定真实输入与约束。

老化解耦引擎：采用阿伦尼乌斯关系与 PINN 模型学习温度、时间和循环载荷对 SOH/RUL 的长期影响，通过双水箱模型量化正极损失、负极损失与活性锂损失，结合 P2D 机理模型解析电解液传输、固相扩散、局部过电位、析锂及 SEI 副反应。机理模型与 AI 模型相互校验，区分日历老化、循环老化和异常工况加速效应，避免将短期波动误判为永久衰减。

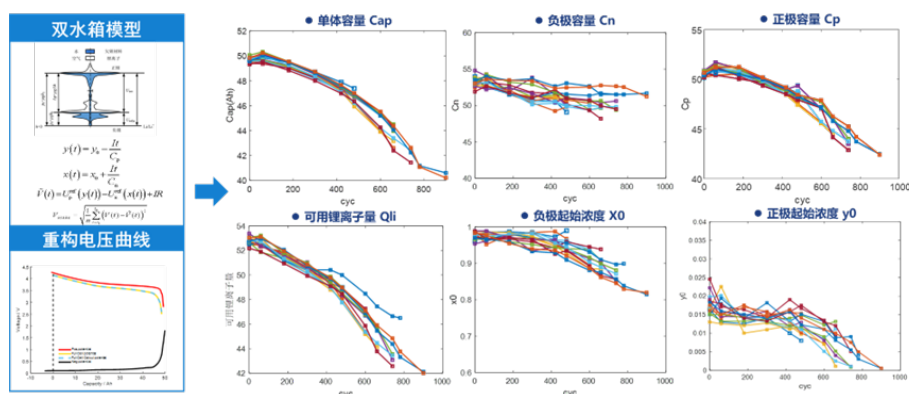


图 15 - 双水箱衰减因子随循环的量化结果

延寿策略引擎：以电流、SOC、电压、表面温度、浓度梯度和设备能力为硬约束，将充电时间、容量损失、终端 SOC 误差及运营可用性纳入软目标，利用 GA-SQP 协同优化与帕累托多目标决策搜索可行策略。系统可输出温度窗口、SOC 范围、充放电倍率、冷却控制和分段充电电流，在健康优先、效率优先与综合平衡之间选择适配方案。

在线验证闭环：策略下发前由 P2D 数字孪生验证电压、温度及内部衰减风险，运行中持续跟踪 SOH、RUL 和关键老化因子的变化，定期结合真实 SOH 标定修正模型。系统对比策略实施前后的寿命衰减曲线与工况暴露变化，形成“策略生成 - 仿真验证 - 在线执行 - 效果评估 - 模型迭代”的闭环。



图 16 - P2D 约束的多目标延寿策略闭环

3.4.4.2 闭环式整体技术架构

睿延系统按输入、建模、优化和验证四层贯通延寿流程：多源数据形成真实工况输入，机理与 AI 模型预测 SOH/RUL 并量化老化来源，多目标优化生成候选策略，P2D 数字孪生完成安全边界校核，执行结果持续回传并更新模型。

输入层汇聚电压、电流、温度、SOC、充放电行为与环境条件，建立可追溯的真实工况画像，并为模型在线校准提供统一数据底座。

建模层融合 P2D 机理模型、双水箱半电池重构与 AI 时序预测，计算 SOH/RUL，进一步区分正负极活性材料损失、活性锂损失和内阻增长等衰减来源。

优化层以安全边界、补能效率和运营可用性为约束，对充放电倍率、SOC 窗口、温控与均衡策略进行多目标寻优，形成设备级候选策略。

验证层通过 P2D 数字孪生预演策略影响，筛选可能引发析锂、过热或性能显著下降的方案；策略下发后持续回收效果数据，完成验证、修正与再优化。

由此形成“健康评估—机理辨识—策略优化—仿真校核—在线验证”的延寿闭环，使寿命管理从统一阈值控制转向随电池状态和工况动态调整。

04 行业展望与未来趋势

随着 GB/T 47352-2026《电动摩托车和电动轻便摩托车换电系统技术规范》国家标准逐步落地实施，换电设备参数、数据采集、安全预警、运维流程及电池回收溯源将全面标准化，推动跨品牌、跨区域电池互通共享。合规化、可溯源、智能化安全管控，将成为行业运营硬性底线。

行业洗牌将持续加剧，缺乏核心技术、规模化运维能力的中小玩家逐步出清，市场资源持续向具备端云智一体化、全链路资产管控能力的头部企业集中。需求结构方面，三四线县域下沉市场、普通通勤 C 端用户成为核心增量，社区共享换电、居家换电场景快速渗透，形成双轮格局，换电从职业刚需工具逐步转型为全民绿色出行基础设施。

传统 BMS 被动防护、人工运维、经验决策的模式将加速淘汰，电池资产管理将从 AI 单点辅助，升级为全流程管控模式，实现风险前置预警、电芯动态均衡、运维智能管理、电池智慧延寿等，从而解决行业安全隐患、运维低效、资产损耗难题。行业竞争标尺发生改变：不再只比拼硬件参数与价格，电池资产价值将成为核心评判维度，技术智能化将成为企业核心竞争壁垒。

行业深度融入智慧城市体系，与智慧交通、安防、分布式储能生态联动，换电网点升级为城市微型能源节点。在低空经济、同城物流、绿色城市建设的加持下，电池资产管理赛道持续扩容，跨界融合将成为行业全新增长曲线。



安徽优旦科技股份有限公司

Anhui UDAN Technology Co., Ltd.

0551-65577522

info@udantech.com

<http://www.udantech.com>

合肥经济技术开发区启迪科技城创客空间 C2 栋

C2 Building, Maker Space, Tuscity, Hefei Economic and Technological Development Area, Anhui

免责声明

本蓝皮书由安徽优旦科技股份有限公司编制，部分分析基于优旦科技大规模两轮换电场景实测数据，不同场景下实际效果存在差异，仅供一般性技术参考，不构成任何专业建议、要约或承诺；本公司已尽力确保信息准确，但不对其完整性、实时性或绝对精确性作任何保证，且本蓝皮书可能包含前瞻性陈述，实际结果因各种不确定因素可能与预测存在差异，本公司不承担更新义务；任何依据本蓝皮书内容作出的决策及行为，由行为主体自行承担全部风险与责任；本蓝皮书著作权归本公司所有，未经书面许可不得复制、转载或用于商业用途，产品规格如有变更恕不另行通知，请以官方最新信息为准。