



# 交能融合零碳服务区/高速公路解决方案白皮书

中交集团现代机电产业链链长 · 旗舰解决方案系列 No.2

编制版本: v1.0

编制日期: 2026-05-22

文档分级: 对外公开版 (脱敏)

编制单位: 中交机电工程局有限公司

业务联系: 王鸿才 (技术负责人) 17861402558

## 目录

- 摘要
- 第 1 章 政策与产业背景
- 第 2 章 交能融合的定义、价值与三同步机制
- 第 3 章 客户场景与典型问题
- 第 4 章 中交机电局交能融合服务体系
- 第 5 章 五大子方案产品矩阵
- 第 6 章 关键技术架构
- 第 7 章 标杆项目实践
- 第 8 章 商务与合作模式
- 第 9 章 实施路线图
- 第 10 章 标准、资质与合规边界
- 第 11 章 风险识别与避坑清单
- 第 12 章 常见问答 FAQ
- 第 13 章 联系与授权
- 附录 政策、术语、参考文献

## 摘要

交通基础设施是能源消耗大户，也是绿色能源开发的重要载体。依托中交集团“交能融合”战略——以“交通为体、能源为用、民生为本”为顶层逻辑，中交机电局承担的零碳服务区与高速公路源网荷储项目，已形成可复制的工程范式。

本白皮书系统说明：交能融合的政策与战略背景、三同步（同步设计、同步建设、同步运营）机制、中交集团参编的三份首批交能融合标准、中交机电局的五大子方案产品矩阵、榆佳高速国家级标杆项目深度复盘、商务模式与实施路线。

适用对象：高速公路集团、省/市交投集团、机场、港口、物流园区运营方。业务联系：王鸿才 17861402558。

## 第 1 章 政策与产业背景

### 1.1 国家"双碳"战略与交通强国战略叠加

中交集团董事长宋海良在 2025-05 署名文中明确：集团围绕"源网荷储"一体化加强交通与能源衔接互动，以原创性技术推动交通运输场景下的能源绿色化。

关键里程碑：

- 中交集团已建立 75 项国家标准 + 90 项行业标准 + 37 项团体标准 + 65 项企业标准
- 率先发布公路、水运等领域碳排放测算企业标准及定额
- 联合行业单位编制《高速公路零碳服务区建设技术指南》《高速公路光伏发电工程建设指南》《分布式光伏发电系统智慧运维管理指南》三份首批交能融合标准
- 集团绿色产业营业额年均增长率 +70%

### 1.2 高速公路与能源融合的工程价值

维度	传统模式	交能融合模式
用能角色	能源消耗端	能源创造 + 消费 + 调度端
资产属性	单一交通资产	交通 + 能源双重资产
经济性	持续电费支出	自发自用 + 余电上网 + EMC 收益
政策契合	无碳排约束时段	零碳服务区评估 + 双碳考核

### 1.3 已落地的国家级标杆

榆佳高速"源网荷储"微电网项目（中交光伏 + 机电局协同）入选 2024 年全国交通与能源融合创新案例，实证了高速公路场景下源-网-荷-储多层级一体化的工程可行性。

### 1.4 中交集团 2025 业绩侧证

中国交建 2025 年新签合同中：

- 能源工程合同 +50.4%（全集团增速最快板块之一）
- 港口建设 +8.2%
- 境外工程 +9%

能源工程的高增速验证了交能融合赛道的市场承接力。

## 第 2 章 交能融合的定义、价值与三同步机制

### 2.1 定义

交能融合是把交通基础设施从"单一功能载体"升级为"全要素价值平台"的工程模式：

- 空间复用：把收费站顶棚、中央分隔带、服务区屋面、边坡等转化为清洁能源开发"富矿"
- 网络联动：交通网与能源网交织，交通基础设施进化为具备"生产—存储—交易—消费"全链条功能的"智能能源走廊"
- 资产再造：解决"交通占地"与"能源开发"矛盾，为交通存量资产注入绿色动能

### 2.2 中交集团"三同步"机制

中交集团以承平高速公路为试点，创新性先行构建：

- 同步设计：交通工程图纸阶段就嵌入能源融合方案
- 同步建设：土建与能源设备同步施工，避免重复开挖
- 同步运营：交通运营与能源运营协同管理

工程化抓手：EPC 总承包阶段就引入能源工程师。

### 2.3 商业价值

对高速公路/交投集团而言，交能融合的核心价值：

价值	量化指标	关键机制
节能降本	服务区年电费下降 30-60%	自发自用 + 储能调峰
政策合规	通过零碳服务区评估	三份首批标准对照
资产升值	单 km 能源资产年化收益 5-12 万	余电上网 + EMC
战略价值	助力交通强国 + 双碳目标	国家级示范案例

## 第 3 章 客户场景与典型问题

### 3.1 客户画像

客户类型	典型决策人	关键关切
省/市交投集团	投建部 / 运营部	节能降本、零碳服务区评估、EMC 模式
高速公路公司	总工 / 财务	屋面光伏改造经济性、储能配置

客户类型	典型决策人	关键关切
机场集团	能源中心	屋面光伏 + 充电桩 + 储能
港口集团	节能办	港机用能、岸电 + 储能
物流园	园区办	光储充一体化 + 充电桩规模

### 3.2 12 个典型业主问题

#### Q-B1. 整线高速公路光伏开发可开发量怎么估?

A: 参考榆佳高速口径: 依托管理中心、服务区、收费站屋面 + 中央分隔带 + 边坡等。每 km 屋面 + 边坡综合可开发约 5-30 kWp (视沿线建筑密度而定)。机电局可在踏勘阶段输出资源评估报告。

#### Q-B2. 服务区光伏怎么避免发电高峰浪费?

A: 三件事: ① 配建储能 (配比建议 15-30%); ② 接入服务区电动汽车充电桩 (光储充耦合); ③ 余电上网, 与电网公司签订余电交易协议。

#### Q-B3. 零碳服务区评估有哪些硬指标?

A: 参考中交集团参编的《高速公路零碳服务区建设技术指南》, 核心指标包含: 可再生能源占比、建筑节能率、智慧用能、碳排测算与核销机制等。机电局方案默认按通过指南要求设计。

#### Q-B4. 光伏组件路面适配难点?

A: 核心三个: ① 抗压强度 (车辆碾压); ② 防滑系数 (雨雪天); ③ 抗冲击与维护。当前路面光伏仍为试点期, 机电局推荐屋面+边坡优先, 路面光伏视具体路段技术成熟度评估。

#### Q-B5. 服务区充电桩配多少?

A: 参考辛集"6+4"立体充电体系: 6 台 120kW 直流快充 + 4 台 60kW 中速桩。具体按车流量、高峰排队需求和服务区面积综合评估, 机电局会出"15 分钟服务圈"测算报告。

#### Q-B6. 高速公路微电网跟大电网怎么解耦?

A: 设计为可并网/可孤岛切换的微电网, 通过构网型储能 + EMS 实现: 正常时与大电网并联运行; 电网故障时切换到孤岛模式自给自足。榆佳高速项目验证了此模式。

#### Q-B7. 我们已经建成的服务区怎么改造?

A: 存量改造典型路径: ① 屋面光伏 (最快投运); ② 增配储能; ③ 接入既有 EMS 或新建轻量级 EMS; ④ 增加智慧用能数据采集; ⑤ EMC 模式实施。

#### Q-B8. EMC 模式下, 交投集团需要垫资吗?

A: 一般不需要。机电局可联合广州中交融资租赁等产融平台, 为合作项目提供融资租赁等金融支持。交投集团按月/年收取节能效益分成。

#### Q-B9. 改造期间影响通行吗?

A: 服务区屋面/边坡光伏施工与交通运营完全解耦, 不影响通行。储能集装箱、EMS 升级在服务区辅助区进行, 影响极小。机电局可承诺 0 通行影响保证。

Q-B10. 服务区光储直柔跟传统配电谁强?

A: 光储直柔(直流母线+柔性负荷)适合新建/大改项目,可省一次变流环节、提高综合效率。存量小改首选传统配电+储能。具体看投资强度与改造时长。

Q-B11. 整线光伏并网手续复杂吗?

A: 关键三步: ① 接入容量批准(与省/市电力公司沟通,提前6-12个月); ② 多点并网协议; ③ 余电交易签约。机电局有专门的并网协调团队。

Q-B12. 怎么找你们做整线方案?

A: 联系王鸿才(中交机电局技术负责人) 17861402558。提供: 高速公路名称、里程、服务区数量、当前用电情况、业主单位等基础信息。

## 第4章 中交机电局交能融合服务体系

### 4.1 与中交集团协同关系

- 中交集团: 战略与标准(参编三份首批标准)
- 中交光伏: 分布式光伏投资开发运营平台(2022年成立,国家级案例承载主体之一)
- 中交机电局: 机电产业链链长, EPC 总承包 + 系统集成

三者协同实现“标准制定—投资开发—工程交付”的完整链条。

### 4.2 闭环服务流程

[需求诊断] → [资源评估] → [方案定制] → [设计] → [采购] → [施工] → [并网] → [运营]  
2周            2周            2-4周            4-8周 持续            24-36周    2-4周 长期

### 4.3 核心能力

- 整线光伏开发能力: 沿线管理中心、服务区、收费站、边坡、中央分隔带统一开发
- 服务区改造能力: 光储直柔、光储充电站、智慧用能
- 微电网能力: 源网荷储拓扑设计 + 构网储能 + EMS
- EMC 模式: 联合产融平台提供 0 投资落地
- 多省协调: 已覆盖国内 30 省, 具备并网调度跨省协调通道

## 第 5 章 五大子方案产品矩阵

### 5.1 子方案 JN-01：整线高速公路光伏开发

适用场景：新建/在建/存量高速公路整线开发

典型规模：1-50 MW<sub>p</sub> / 全线

关键能力：资源评估 + 屋面/边坡分布式光伏 + 接入电网 + 智慧运维

### 5.2 子方案 JN-02：光储直柔零碳服务区改造

适用场景：服务区改造、零碳服务区评估申报

典型规模：每服务区 200kW<sub>p</sub>-2MW<sub>p</sub> 光伏 + 100-500 kWh 储能

关键能力：光储直柔 + 充电桩 + EMS + 零碳认证支撑

### 5.3 子方案 JN-03：高速公路源网荷储微电网

适用场景：高速公路全线或重点路段

典型规模：参考榆佳高速 1.3 MW<sub>p</sub> + 100kW/200kWh 储能 + 4×120kW 直流充电桩

关键能力：源网荷储拓扑 + 变压器低压台区柔性互联 + 微电网 EMS

### 5.4 子方案 JN-04：公路光储充一体化充电站

适用场景：高速服务区、国省干线、县域充电网络

典型规模：参考辛集 1.32 亿、“6+4”立体充电体系

关键能力：光储充耦合设计 + 充电桩选型 + 智慧调度

### 5.5 子方案 JN-05：EMC 合同能源管理

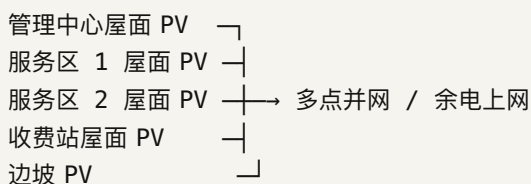
适用场景：交投集团希望 0 投资改造存量服务区

典型规模：1-50 服务区组合包

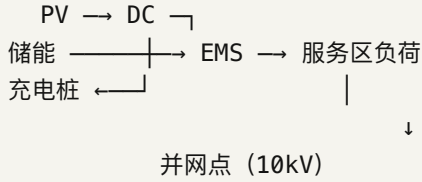
关键能力：融资 + 设计 + 施工 + 运营 + 节能效益分成

## 第 6 章 关键技术架构

### 6.1 整线分布式光伏拓扑



## 6.2 服务区源网荷储微电网拓扑



## 6.3 关键技术点

### 6.3.1 变压器低压台区柔性互联

榆佳高速创新点之一。通过低压侧柔性互联，把多个变压器台区耦合成一个可调度单元，提高新能源消纳率，降低线路损耗。

### 6.3.2 含高比例源/储接入的电压优化控制

针对高速公路配电网，解决高比例新能源接入后的电压抬升、闪变、谐波问题。

### 6.3.3 路域资源全域数字化映射

通过 BIM + GIS + IoT 全要素采集，把高速公路沿线每一处可开发资源数字化建模，为开发决策提供数据基础。

# 第 7 章 标杆项目实践

## 7.1 榆佳高速“源网荷储”微电网（深度复盘）

### 项目背景

榆佳高速位于陕西榆林—佳县。项目目标：构建源-网-荷-储多层级一体化交能融合系统，形成清洁、低碳、融合高效的新型公路交通自洽能源体系。

### 系统配置

- 源：沿线管理中心、服务区、收费站 1.3 MW<sub>p</sub> 分布式光伏
- 网：含高比例源、储接入的高速公路服务区配电网；变压器低压台区柔性互联
- 荷：服务区用电 + 4 台 120kW 直流充电桩 + 监控/隧道照明
- 储：100kW/200kWh 储能系统

## 关键技术成果

- 多能互补的高速公路能源结构
- 优化交通行业能源产业结构、改善用能浪费和线路损耗
- 创新变压器低压台区柔性互联技术
- 含高比例源/储接入的服务区配电网电压优化控制方法
- 微网能量统一调度

## 行业意义

- 入选 2024 全国交通与能源融合创新案例
- 中交集团重点科研项目"高速公路'源网荷储'微电网关键技术"工程承载
- 为同类高速公路提供可复制路径

## 7.2 河北辛集智慧充电站

- 投资：1.32 亿元
- "6+4"立体充电体系
- 形成 15 分钟服务圈
- 年服务车次 50 万 +
- 年减碳 2.3 万吨
- 县域级交能融合可复制样本

## 7.3 重庆停车楼智慧解决方案

- 2000 车位
- 集成光储直柔
- 年发电 200 万 kWh
- 能源自给率 85%
- 空间利用率 +40%
- 城市级交能融合范式

## 7.4 集团参编标准（机电局参与）

- 《高速公路零碳服务区建设技术指南》
  - 《高速公路光伏发电工程建设指南》
  - 《分布式光伏发电系统智慧运维管理指南》
-

## 第 8 章 商务与合作模式

### 8.1 三种合作模式

模式	适用	业主投入	收益分配
EPC 总承包	业主自有资金	全额建设费	工程毛利
EMC 节能效益分成	业主希望 0 投入	0 资金	承包方占节能 60-80%
投建营一体化	长期绑定的整线/区域项目	部分股权	长期分成

### 8.2 EMC 节能基线

服务区改造前用电成本审计 → 第三方背书 → 节能基线锁定 → 改造后实测 → 分成结算。

### 8.3 与中交光伏协同

整线项目可由中交光伏作为投资主体 + 机电局作为 EPC 主体联合实施，交投集团作为业主或战略合作方。

## 第 9 章 实施路线图

### 9.1 整线高速公路改造时间轴

阶段	时长	关键交付
资源踏勘	2-4 周	资源评估报告
可研编制	4-6 周	可研报告
设计	8-12 周	施工图集
采购 + 招标	4-8 周	设备到货
施工	24-48 周	设备安装
并网调试	4-8 周	并网证书
运营移交	持续	EMS 运行

### 9.2 单服务区改造（快速版）

12-18 周即可完成屋面光伏 + 储能 + 充电桩改造。适合 PoC 验证。

## 第 10 章 标准、资质与合规边界

- 中交集团参编三份首批交能融合标准
- 机电局已建立绿色低碳（新能源）研发中心
- 整线开发须满足省/市发改委、交通厅、电力公司的多头审批
- 路面光伏目前仍为试点，避免在主干线大规模铺设
- 服务区改造须遵循《公路服务区设计指南》等行业规范

### 10.2 表达边界（同 WP1）

- ✘ 不得自称发电主体
- ✘ 不得宣称未签约客户
- ✔ "中交集团参编三份首批交能融合标准"
- ✔ "已落地的标杆项目包括榆佳高速…"

## 第 11 章 风险识别与避坑清单

### 7 大坑

1. 路面光伏过早大规模铺设（技术成熟度不足）
2. 屋面承重未提前评估（老服务区改造）
3. 储能配比不合理（过大占地浪费、过小消纳不足）
4. 多点并网手续滞后（拖项目工期）
5. EMC 节能基线核算不严谨（后期扯皮）
6. 充电桩功率与电网容量不匹配
7. 跨省项目并网调度协议各省差异

### Checklist

- 屋面承重评估
- 路面光伏小规模试点优先
- 储能配比按用能曲线测算
- 接入容量提前 6-12 个月沟通
- 节能基线第三方背书
- 充电桩与电网容量匹配
- 多省并网协议预案

## 第 12 章 常见问答 FAQ (精选 12 题)

Q1. 高速公路光伏 IRR 大概多少?

A: 受日照、电价、投资强度影响。屋面项目 IRR 一般 7-12%; 边坡项目 IRR 一般 5-9%。具体由我方诊断阶段测算。

Q2. 一个服务区可装多少 kWp?

A: 参考值: 中型服务区 200-800 kWp, 大型 1-2 MWp。具体看屋面面积、边坡条件、承重。

Q3. 充电桩是不是越多越好?

A: 不是。按车流量 + 高峰排队需求 + 桩位面积综合配置。过多导致利用率低, 过少导致排队。机电局会做"15 分钟服务圈"测算。

Q4. 跟省内交投集团合作流程?

A: 建议从一个 PoC 服务区起步 (12-18 周完成), 验证经济性后再推整线。机电局有标准合作模板。

Q5. 我们交投集团已自建光伏, 你们能接手运维吗?

A: 可以。机电局可承接存量分布式光伏的智慧运维 + 保险 + EMC 升级。参考集团《分布式光伏发电系统智慧运维管理指南》。

Q6. 服务区零碳认证流程多久?

A: 从设计→施工→投运→评估→认证, 一般 18-30 个月。机电局可全程支撑, 出符合标准的核查文件。

Q7. 余电怎么上网?

A: 与省/市电力公司签订余电交易协议。部分省份按燃煤标杆电价 + 绿电溢价收购。

Q8. 光伏组件衰减影响经济性吗?

A: 一线组件 25 年功率质保 (首年衰减  $\leq 2\%$ 、后续逐年  $\leq 0.4\%$ )。机电局优选一线品牌, 降低衰减风险。

Q9. 服务区有储能会不会有安全隐患?

A: 机电局采用磷酸铁锂电池 + 多重 BMS + 消防联动, 符合 GB/T 36276 等强制标准, 历史项目无重大安全事故。

Q10. 改造期间会停电吗?

A: 关键停电窗口控制在夜间 0:00-5:00; 光伏施工与既有用电系统完全解耦; 储能接入分多次切换。

Q11. 项目投运后, 谁负责运维?

A: EPC 模式: 质保期 12-36 个月由机电局负责, 之后业主自维或采购运维服务。EMC 模式: 全合同期由机电局运维。

Q12. 我们想从一个服务区试点开始可以吗?

A: 强烈推荐。联系王鸿才 17861402558, 一般 4 周内可输出试点方案 + 投资概算 + 商务建议。

## 第 13 章 联系与授权

项	值
联系人	王鸿才
职务	中交机电工程局 技术负责人
联系电话	17861402558
服务方向	交能融合 / 算电协同 / 用户侧储能 / 光储充 / 数据中心绿色化 / 风电 EPC
接洽流程	提供项目类型、里程、服务区数量、业主信息 → 5 工作日反馈 → 进入诊断

## 附录 A：政策与标准索引

- 《高速公路零碳服务区建设技术指南》（中交集团参编）
- 《高速公路光伏发电工程建设指南》（中交集团参编）
- 《分布式光伏发电系统智慧运维管理指南》（中交集团参编）
- 《2025 年可再生能源电力消纳责任权重通知》
- 《新型储能规模化建设专项行动方案 2025-2027》

## 附录 B：核心术语

- 交能融合 / 三同步机制 / 源网荷储 / 光储直柔 / 光储充
- 零碳服务区 / 微电网 / EMS / EMC / 构网型储能
- 路域资源 / 变压器台区 / 柔性互联 / 多能互补

## 附录 C：参考文献

- 中交集团交能融合署名文（新浪财经，2025-05-27）
- 中交光伏零碳交通向未来（中国 DEN）
- 交能融合：重塑未来基建价值逻辑（新浪财经，2025-11-27）
- 中国交建 2025 业绩说明会（网易财经，2026-04）

本白皮书 v1.0 由中交机电工程局技术负责人王鸿才及编制团队基于 2026-05-22 时点的公开政策与公开案例编制。下次复核：2026-08-22。