

城市光储直柔智能微电网解决方案白皮书

中交集团现代机电产业链链长 · 旗舰解决方案系列 No.3

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 光储直柔的定义、价值与技术原理
- 第 3 章 客户场景与典型问题
- 第 4 章 中交机电局光储直柔服务体系
- 第 5 章 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 风险与避坑
- 第 12 章 FAQ
- 第 13 章 联系与授权
- 附录

摘要

光储直柔 (PV-Storage-DC-Flexible, 光伏 + 储能 + 直流母线 + 柔性负荷) 是建筑光伏与新型电力系统融合的工程范式。相对于传统交流配电, 光储直柔以直流母线统一组网, 省一次变流环节、提升综合效率、与柔性负荷协同更紧密。

中交机电局已落地 广州中交城投总部光储直柔项目 (2025-01 并网, 年发电 33 万 kWh, 全额自发自用, 等效节煤 99 吨); 以及 重庆停车楼智慧解决方案 (2000 车位, 年发电 200 万 kWh, 能源自给率 85%, 空间利用率 +40%)。

本白皮书系统说明：光储直柔的政策与技术背景、与传统配电的差异、三类城市场景的子方案、关键技术、商务模式、实施路线。适用对象：央企/国企总部楼宇、政府办公园区、商业综合体、城市更新项目、停车楼/枢纽站。业务联系：王鸿才 17861402558。

第 1 章 政策与产业背景

1.1 政策定调

- 《新型储能规模化建设专项行动方案 2025-2027》"聚焦工业园区、算力设施、商业综合体、光储充放一体化充电站、分布式光伏、通信基站等应用场景，积极创新绿电直连、虚拟电厂、智能微电网、源网荷储一体化车网互动等应用模式"
- 国家能源局《以算电协同赋能新型能源体系》"发展数据中心服务器功耗管理、任务优先级调度、制冷系统智能控制等柔性负荷调节技术"
- 国家"东数西算"+ 双碳战略叠加，为光储直柔提供需求支撑

1.2 产业规模

- 2027 年新型储能装机目标 1.8 亿千瓦 / 直接投资 2500 亿元
- 商业综合体、工业园区、数据中心、充电站为主要落地场景
- 直流配电与柔性负荷调节成为新一代建筑配电首选

1.3 中交集团绿色产业增速

集团绿色产业营业额年均 +70%；2025 年能源工程新签合同 +50.4%。光储直柔属于这一增长曲线的核心场景之一。

第 2 章 光储直柔的定义、价值与技术原理

2.1 定义

光储直柔：把建筑用电系统从"交流为主"改造为"直流主导"，核心四要素：

- 光 (PV)：屋面 / 立面分布式光伏
- 储 (Storage)：电化学储能 / 飞轮储能 / 热储能
- 直 (DC)：直流母线统一组网
- 柔 (Flexible)：柔性负荷（变频空调、可调照明、智能终端）

2.2 与传统交流配电的差异

维度	传统交流配电	光储直柔
拓扑	AC 母线	DC 母线 + AC 子网
变流环节	PV/储能各自变流，多次损耗	统一 DC 组网，少 1-2 次变流
综合效率	85-90%	92-96%
与柔性负荷协同	通过 EMS 间接	母线电压直接传递
改造难度	已成熟	需新建/大改
成本	低	中-高（首次建设贵）
TCO	长期电费高	长期电费低 + 节能效益

2.3 商业价值

价值	量化	机制
节能	综合效率提升 5-10%	减少变流损耗
自发自用	70-100%	直流母线就近消纳
减碳	每 100 kW 装机年减碳 100-150 吨	替代煤电
韧性	故障切断/隔离更快	DC 故障特性
智能化	与建筑智能系统深度融合	电压信号即调度

第 3 章 客户场景与典型问题

3.1 三类城市场景

场景	典型客户	核心诉求
央企/国企总部楼宇	后勤 / 建管部	节能减排考核、绿色建筑认证
商业综合体/产业园	资管 / 节能办	节能降本、EMC 模式、空间复用
城市枢纽（停车楼、交通站）	城投 / 运营公司	空间复用、光储充耦合

3.2 12 个典型问题

Q-C1. 光储直柔比传统交流配电贵多少?

A: 一般贵 15-30% (设备成本), 但综合效率提升 5-10%, 全生命周期 TCO 反低。建议在新建/大改项目首选; 存量小改首选传统配电+储能。

Q-C2. 直流母线电压怎么定?

A: 行业主流 $\pm 375\text{V DC}$ 或 750V DC (建筑光储直柔); 特殊场景 $\pm 10\text{kV DC}$ (园区级)。机电局按建筑功率、安全规范、设备成熟度选型。

Q-C3. 我们老楼能改光储直柔吗?

A: 原则上可以, 但 ROI 取决于改造范围。建议: ① 大改首选光储直柔; ② 小改首选屋面光伏 + 储能 + 既有 EMS。机电局会给经济性测算。

Q-C4. 光储直柔有标准吗?

A: 国家标准化进程中, 已有团体标准与企业标准。机电局参与了多份相关标准制定与试点项目。

Q-C5. 直流配电安全吗?

A: 需专门的故障切断设备 (DC 断路器) + 智能保护算法。机电局采用一线品牌 + 多重保护, 符合现行电气安全规范。

Q-C6. 光储直柔对建筑结构有什么要求?

A: 屋面承重核算 (PV 组件 + 支架约 $15\text{-}25\text{ kg/m}^2$)、设备间面积 (储能 + DC 配电)、电缆桥架预留。机电局会提供土建对接清单。

Q-C7. 综合体物业能用光储直柔吗?

A: 完全适用。商业物业的中央空调、照明、电梯都是典型柔性负荷。参考重庆停车楼项目, 能源自给率可达 85%。

Q-C8. 邮轮母港这种闲置空间适合做吗?

A: 非常适合。参考广州中交城投总部项目 (依托邮轮母港闲置空间, 2025-01 并网, 年发电 33 万 kWh)。

Q-C9. 政府办公楼能装吗?

A: 可以。作为节能减排示范工程对接政府双碳考核。机电局可提供绿色建筑认证 (LEED/三星) 的指标支撑。

Q-C10. 储能放屋顶还是地下?

A: 储能集装箱 (户外型) 一般置于地下停车场出入口或屋面平台。机电局按消防、通风、承重综合选位。

Q-C11. EMC 模式下, 物业方需要配合什么?

A: 提供: ① 历史用电账单 (节能基线); ② 屋面/电气系统现场条件; ③ 改造期间的施工窗口。机电局负责其他全部环节。

Q-C12. 有专门的运维系统吗?

A: 机电局采用基于集团《分布式光伏发电系统智慧运维管理指南》的运维平台, 提供 7×24 远程监控 + 故障预警 + 现场响应 SLA。

第 4 章 中交机电局光储直柔服务体系

4.1 核心能力

- 光储直柔系统设计 + EPC 总承包
- 智能微电网 EMS 选型 + 联调
- 邮轮母港 / 城市枢纽 P2P 微网
- 绿色建筑认证支撑
- EMC 合作模式

4.2 闭环服务流程

[现场踏勘] → [负荷分析] → [拓扑设计] → [设备选型] → [施工] → [并网] → [调试] → [运营]

4.3 与中交集团协同

- 中交集团：智慧城市与城市更新业务条线
- 中交机电局：EPC + 智能化集成
- 中交城投系：项目业主与投资主体

第 5 章 子方案产品矩阵

5.1 GZ-01：央企/国企总部楼宇光储直柔

适用：央企总部、国企办公楼

典型规模：100-1000 kW_p 光伏 + 200-2000 kWh 储能

关键能力：光储直柔设计 EPC + 智能 EMS + 绿建认证

5.2 GZ-02：商业综合体/产业园光储直柔

适用：商业综合体、产业园区、会展中心

典型规模：500-5000 kW_p 光伏 + 多级储能

关键能力：多业态柔性负荷协同 + EMC

5.3 GZ-03：停车楼/枢纽站光储直柔

适用：城市停车楼、交通枢纽

典型规模：参考重庆停车楼 200 万 kWh/年发电

关键能力：光储充耦合 + 空间复用

5.4 GZ-04: P2P 微电网（邮轮母港、枢纽园区）

适用：具备闲置空间的城市枢纽节点

典型规模：参考广州中交城投 33 万 kWh/年

关键能力：智能微电网 + 全额自发自用

5.5 GZ-05: 存量楼宇改造（小改）

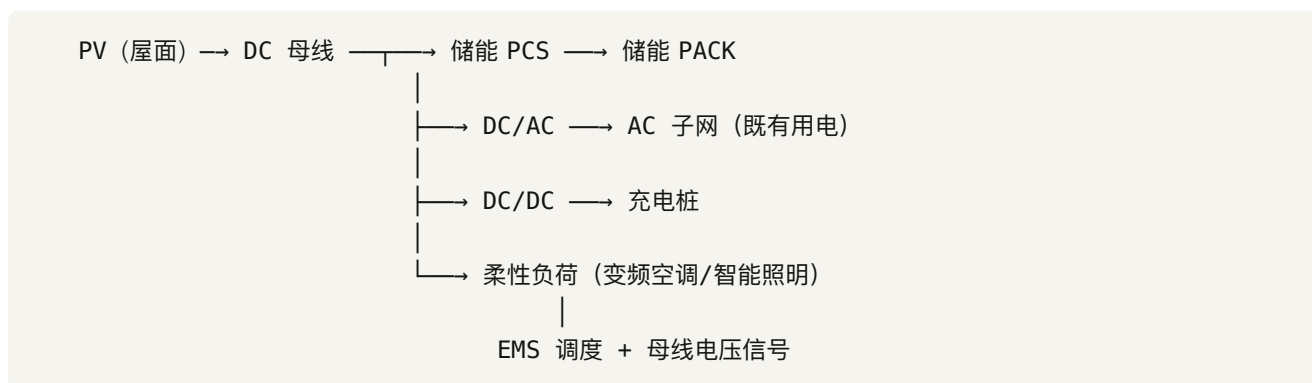
适用：老楼希望快速节能

典型规模：屋面光伏 + 储能 + 既有 EMS

关键能力：快速投运 + EMC

第 6 章 关键技术架构

6.1 总体拓扑



6.2 关键技术点

6.2.1 直流母线统一组网

- $\pm 375\text{V DC}$ 或 750V DC 主流
- 一次变流，光伏-储能-负荷直接对接
- 母线电压本身即调度信号（电压上扬→增加柔性负荷消纳）

6.2.2 柔性负荷调控

- 变频空调按母线电压自动调节
- 智能照明分时分区
- 智能终端（PC/打印机）参与需求响应

6.2.3 智能 EMS

- 时间分辨率：秒级运行 / 分钟级交易 / 小时级调度
- 多目标：自发自用率 + 综合电费 + 设备健康

- 与建筑智能系统（BAS）深度集成

第 7 章 标杆项目实践

7.1 广州中交城投总部光储直柔（深度复盘）

- 项目地点：广州邮轮母港闲置空间
- 投运时间：2025 年 1 月并网
- 装机规模：屋面分布式光伏 + 智能微电网
- 年发电量：33 万 kWh
- 运行模式：全额自发自用
- 等效节煤：99 吨/年
- 等效减碳：约 250 吨 CO₂ /年
- 工程意义：验证光储直柔在央企总部楼宇 + 邮轮母港复合场景的工程可行性

7.2 重庆停车楼智慧解决方案（深度复盘）

- 停车规模：2000 个停车位
- 集成技术：光储直柔
- 年发电量：超 200 万 kWh
- 能源自给率：85%+
- 空间利用率：提升 40%
- 工程意义：破解城市停车难与能源消耗双重矛盾

7.3 可复制类型

基于上述两个标杆，机电局已形成可复制的项目类型库：

- 央企/国企总部 + 邮轮母港 / 闲置空间复合场景
- 城市停车楼 + 光储充
- 商业综合体 + 多业态柔性负荷
- 政府办公园区 + 绿色建筑示范

第 8 章 商务与合作模式

模式	适用	业主投入	收益分配
EPC 总承包	业主资金充足	全额	工程毛利
EMC 节能效益分成	物业/租户希望 0 投入	0	节能 60-80%
长期托管	综合体长期运营	部分	长期分成

可联合广州中交融资租赁等产融平台提供金融配套。

第 9 章 实施路线图

单楼宇时间轴

阶段	时长	交付
现场踏勘	1-2 周	踏勘报告
负荷分析	1-2 周	负荷曲线 + 资源评估
拓扑设计	2-4 周	系统拓扑 + 设备清单
可研	2 周	可研报告
施工图	4-6 周	施工图集
采购 + 施工	16-24 周	设备到货 + 安装
并网调试	2-4 周	并网证书

总周期 6-9 个月（典型规模 500 kWp）。

第 10 章 标准、资质与合规边界

- 集团参编《分布式光伏发电系统智慧运维管理指南》
- 直流配电须遵循国家与行业团体标准（标准化进展中）
- 储能消防 GB/T 36276 等
- 不得自称“中国首个光储直柔项目”等绝对化表达
- 推荐：“已落地的标杆项目包括广州中交城投总部 / 重庆停车楼”

第 11 章 风险与避坑

7 大坑

1. 直流配电标准与设备成熟度不足（前沿项目要选成熟厂家）
2. 屋面承重未提前评估
3. 储能选址消防/通风不到位
4. 柔性负荷选型与建筑现状不匹配
5. EMS 与既有 BAS 集成困难

- 6. 直流断路器和保护算法不完善
- 7. 老楼改造的电气兼容性问题

Checklist

- 直流设备一线品牌 + 经过实证
 - 屋面承重核算
 - 储能消防/通风
 - 柔性负荷选型与现状匹配
 - EMS 与 BAS 接口预留
 - DC 断路器 + 智能保护
 - 改造范围与 ROI 平衡
-

第 12 章 FAQ (精选 10 题)

Q1. 光储直柔回收期?

A: 新建项目 6-9 年; 存量改造 4-7 年。按用电量、电价、投资强度调整。

Q2. 适合所有楼宇吗?

A: 不一定。新建/大改项目优先; 老楼小改建议传统配电+储能。

Q3. 储能寿命?

A: 电化学 6000-12000 次循环 / 10-15 年日历寿命。

Q4. 跟绿色建筑认证关系?

A: 互相加分。机电局可在方案中预留 LEED/三星指标支撑接口。

Q5. 安全性?

A: 符合 GB/T 36276 + 多重 BMS + 消防联动 + DC 智能保护。机电局历史项目无重大安全事故。

Q6. 物业方运维难度?

A: 机电局提供智慧运维平台 + 7×24 远程监控; 物业仅需配合年检。

Q7. 改造期间停电吗?

A: 关键停电窗口控制在夜间或周末; 多次切换分阶段进行。

Q8. 跟 BIPV 是什么关系?

A: BIPV (建筑光伏一体化) 是组件层面; 光储直柔是系统层面。两者可结合。

Q9. 有没有简化版方案?

A: 有。屋面光伏 + 储能 + 既有 EMS 是最快投运路径, 6 个月内可完成。

Q10. 怎么开始合作?

A: 联系王鸿才 17861402558, 提供项目地址、建筑面积、用电情况、业主信息。4 周内反馈方案。

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	光储直柔 / 算电协同 / 交能融合 / 用户侧储能 / 风电 EPC

附录

政策与标准

- 《新型储能规模化建设专项行动方案 2025-2027》
- 《分布式光伏发电系统智慧运维管理指南》（中交集团参编）
- GB/T 36276 等储能消防/电气标准

术语

- 光储直柔 / DC 母线 / 柔性负荷 / 微电网 / EMS
- BIPV / 智能 EMS / EMC

参考文献

- 交能融合：重塑未来基建价值逻辑（新浪财经，2025-11-27）
- 中交集团绿色低碳行动方案（新浪财经，2025-02-05）

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。