

## 5.4 技术平台对接方案

### 5.4.1 VPP 平台对接总体架构

#### (1) 技术架构全景图

【见上图：虚拟电厂平台对接架构】

架构说明：

- **L1 层（VPP 云平台）**: 运营商侧，负责聚合调度和市场交易
- **L2 层（企业 EMS）**: 企业侧核心，负责内部资源优化调度
- **L3 层（车间控制）**: 分布式控制，按工序/区域管理
- **L4 层（设备执行）**: 现场设备，实际执行调节动作

#### (2) 关键技术要求

| 技术模块 | 功能要求             | 技术指标      | 技术方案                |
|------|------------------|-----------|---------------------|
| 实时通信 | 企业与 VPP 平台实时数据交互 | 延迟≤500ms  | MQTT/HTTP/WebSocket |
| 数据采集 | 负荷、设备状态实时采集      | 采样≤1s     | 智能电表+传感器            |
| 边缘计算 | 本地预处理、断网缓存       | 算力≥8 核    | 边缘计算网关              |
| 安全隔离 | 生产网与 VPP 接口隔离    | 等保三级      | 网闸+防火墙+VPN          |
| 自动控制 | 响应指令自动执行         | 响应时间≤5min | PLC/DCS 控制系统        |
| 可视化  | 实时监控与历史分析        | Web/移动端   | 可视化平台               |

### 5.4.2 监测与数据采集系统对接

#### (1) 在现有监测系统基础上的增强

基于已有的监测系统，增加 VPP 专用功能：

| 增强模块     | 功能             | 实现方式        |
|----------|----------------|-------------|
| VPP 数据接口 | 实时数据上传至 VPP 平台 | API 开发+边缘网关 |
| 基线负荷计算   | 自动计算响应基线       | 算法模块        |
| 响应效果监测   | 实时对比响应前后负荷     | 算法模块        |
| 多维度分组    | 按 VPP 要求分组上报   | 数据重组模块      |
| 历史数据接口   | 向 VPP 提供历史数据   | 数据库接口       |
| 告警联动     | 响应失败自动告警       | 规则引擎        |
| 合计       | -              | -           |

#### (2) VPP 专用监测点位

除常规监测点位外，新增 VPP 专用监测：

| 监测对象    | 监测目的           | 点位数 | 备注     |
|---------|----------------|-----|--------|
| 可调节负荷总表 | 监测可参与 VPP 的总容量 | 1   | 虚拟计量点  |
| 快速响应资源  | I 级资源独立计量      | 5   | 照明、空调等 |
| 关键工序负荷  | 生产影响评估         | 8   | 核心生产线  |
| 备用资源    | 备用响应能力监测       | 3   | 备用设备   |

### (3) 数据上传规范

#### A. 实时数据包（每分钟上传）

```
{  
    "timestamp": "2024-01-15T14:30:00+08:00",  
    "enterprise_id": "SD_STEEL_CORD_001",  
    "data": {  
        "total_load": 15200, // 当前总负荷 (kW)  
        "controllable_load": 8500, // 可调节负荷 (kW)  
        "baseline_load": 15800, // 基线负荷 (kW)  
        "response_status": "idle", // 响应状态: idle/responding/completed  
        "resource_pools": {  
            "level_1": { // I 级快速响应资源  
                "available_capacity": 560,  
                "status": "ready"  
            },  
            "level_2": { // II 级常规响应资源  
                "available_capacity": 2200,  
                "status": "ready"  
            },  
            "level_3": { // III 级计划响应资源  
                "available_capacity": 4500,  
                "status": "ready"  
            }  
        },  
        "equipment_status": { // 关键设备状态  
            "air_compressors": "3_running_1_standby",  
            "heat_treatment_furnaces": "6_running_2_standby",  
            "circulating_pumps": "4_running_1_standby"  
        }  
    },  
    "signature": "SHA256_HASH_VALUE" // 数据签名  
}
```

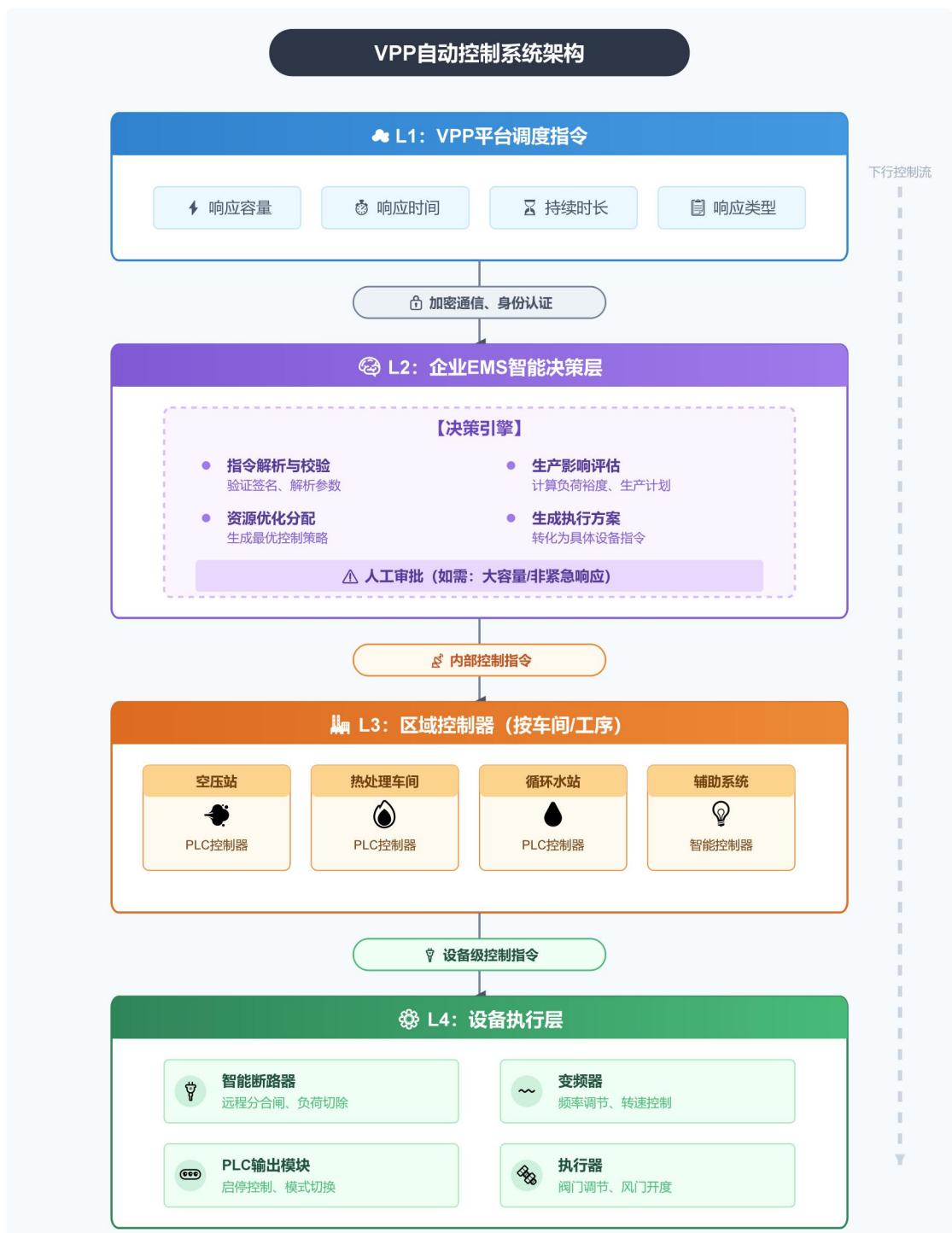
#### B. 响应执行数据包（响应期间每 5 秒上传）

```
{  
    "timestamp": "2024-01-15T14:35:00+08:00",  
    "enterprise_id": "SD_STEEL_CORD_001",  
    "response_id": "RESP_20240115_001",  
    "data": {  
        "response_start_time": "2024-01-15T14:30:00+08:00",  
        "baseline_load_before": 15800,          // 响应前 15 分钟平均负荷  
        "current_load": 13500,                // 当前负荷  
        "actual_reduction": 2300,            // 实际削减量 (kW)  
        "target_reduction": 2000,            // 目标削减量 (kW)  
        "achievement_rate": 115,             // 完成率 (%)  
        "executed_actions": [  
            {  
                "resource_id": "FR-03",  
                "resource_name": "非必要照明",  
                "action": "switch_off",  
                "capacity": 100,  
                "status": "success"  
            },  
            {  
                "resource_id": "SR-01",  
                "resource_name": "空压机 2#",  
                "action": "shutdown",  
                "capacity": 200,  
                "status": "success"  
            }  
        ]  
    }  
}
```

### 5.4.3 自动控制系统对接

#### (1) 控制系统层次架构

【VPP 自动控制系统架构】



## (2) 自动控制模式设计

**模式 A:** 全自动模式（推荐用于快速响应）

| 流程阶段 | 执行内容          | 执行方式     | 时间   |
|------|---------------|----------|------|
| 指令接收 | 接收 VPP 平台响应指令 | 自动       | T+0s |
| 指令校验 | 校验指令合法性、完整性   | 自动       | T+1s |
| 影响评估 | 评估对生产的影响      | 自动（规则引擎） | T+5s |

| 流程阶段 | 执行内容        | 执行方式     | 时间    |
|------|-------------|----------|-------|
| 资源分配 | 选择最优响应资源组合  | 自动（优化算法） | T+10s |
| 执行控制 | 下发控制指令到设备   | 自动       | T+15s |
| 效果监测 | 实时监测响应效果    | 自动       | 持续    |
| 反馈上报 | 上报执行情况到 VPP | 自动       | 实时    |

适用场景：

- I 级快速响应（≤5 分钟）
- II 级常规响应（≤15 分钟），且预案清晰
- 辅助服务市场（快速响应）

优势： 响应快速、无需人工干预、适合高频次响应

#### 模式 B：半自动模式（推荐用于大容量响应）

| 流程阶段    | 执行内容           | 执行方式 | 审批要求   |
|---------|----------------|------|--------|
| 指令接收→评估 | 同全自动模式         | 自动   | -      |
| 生成方案    | 系统自动生成 3 套响应方案 | 自动   | -      |
| 人工审批    | 调度员/主管选择方案或调整  | 人工   | 容量>2MW |
| 执行控制→反馈 | 同全自动模式         | 自动   | -      |

适用场景：

- III 级计划响应（≥4 小时通知）
- 响应容量>2,000kW
- 涉及核心生产工序

优势： 平衡自动化与安全性，关键决策人工把关

#### 模式 C：手动模式（备用模式）

| 流程阶段 | 执行内容         | 执行方式 |
|------|--------------|------|
| 指令接收 | 接收 VPP 指令并提示 | 自动   |
| 方案制定 | 调度员手动制定响应方案  | 人工   |
| 执行控制 | 人工操作或授权系统执行  | 人工   |
| 效果监测 | 系统自动监测并提示    | 自动   |
| 反馈上报 | 人工确认后系统上报    | 半自动  |

适用场景：

- 系统故障时的备用方案
- 特殊生产状况（如重要订单）

- 培训与演练

### (3) 安全保护机制

三层安全防护：

【VPP 自动控制安全防护体系】



### (4) 控制系统投资估算

| 项目       | 内容          | 数量      | 单价（万元） | 小计（万元） |
|----------|-------------|---------|--------|--------|
| 决策引擎软件   | EMS 智能决策模块  | 1 套     | 40     | 40     |
| 区域控制器    | 车间级 PLC 控制器 | 4 套     | 3      | 12     |
| 智能执行器    | 智能断路器、接触器等  | 50 个    | 0.3    | 15     |
| VPP 通信网关 | 企业-VPP 通信网关 | 2 台（主备） | 5      | 10     |
| 安全防护系统   | 网络安全、权限管理   | 1 套     | 20     | 20     |
| 调试与集成    | 系统集成、联调测试   | 1 项     | 25     | 25     |

| 项目 | 内容 | 数量 | 单价（万元） | 小计（万元） |
|----|----|----|--------|--------|
| 合计 | -  | -  | -      | 122 万  |

#### 5.4.4 数据与应用平台建设

##### (1) 企业侧 VPP 管理平台功能模块

【企业 VPP 管理平台功能架构】



##### (2) 关键功能界面设计

###### A. 实时监控大屏



## B. 响应管理界面

企业VPP智能管理平台 | 响应指令管理 Admin

新指令 | 响应ID: RESP\_20240115\_002 待处理

**指令信息**

|       |                     |
|-------|---------------------|
| 响应类型: | 常规削峰响应(II级)         |
| 要求容量: | 2,000 kW            |
| 响应时间: | 2024-01-15 15:00:00 |
| 持续时长: | 60 分钟               |
| 补偿标准: | 300 元/MW·次          |

预计收益  
¥1,200

**系统推荐方案**

方案 1 (系统推荐)  
削减 2,100 kW (对生产影响小于5%)  
空压机2号停机 (200kW)  
循环水泵降速运行 (200kW)  
空调温度上调 (120kW)  
热处理炉1号推迟预热 (800kW)  
部分照明关闭 (80kW)  
其他辅助设备 (600kW)

方案 2: 削减 2,000 kW (对生产影响小于3%)  
方案 3: 削减 2,500 kW (对生产影响约8%) 需审批

一键执行方案1 自定义方案 拒绝响应

**历史响应记录**

| 响应ID     | 时间    | 类型  | 目标(kW) | 实际(kW) | 达标率  | 收益    | 状态 |
|----------|-------|-----|--------|--------|------|-------|----|
| RESP_001 | 10:00 | II级 | 2000   | 2150   | 107% | ¥1290 | 完成 |
| RESP_002 | 12:30 | II级 | 500    | 520    | 104% | ¥520  | 完成 |
| RESP_003 | 14:00 | II级 | 1500   | 1480   | 99%  | ¥888  | 完成 |

### (3) 平台建设投资

| 项目     | 内容         | 投资 (万元) |
|--------|------------|---------|
| 平台软件开发 | 定制开发上述功能模块 | 60      |

| 项目      | 内容              | 投资（万元）    |
|---------|-----------------|-----------|
| 数据库系统   | 实时+历史数据库        | 10        |
| 服务器硬件   | 应用服务器（若未建）      | 0（已含在第四章） |
| 可视化大屏   | LED 大屏显示（若未建）   | 0（已含在第四章） |
| 移动端 APP | iOS+Android APP | 20        |
| 系统集成调试  | 与 VPP 平台对接测试    | 15        |
| 合计      | -               | 105 万     |

## 5.5 市场交易策略设计

### 5.5.1 需求响应市场参与策略

#### （1）需求响应市场机制

山东省需求响应市场结构：

| 市场类型   | 启动方式 | 通知时间           | 响应时长        | 补偿标准                | 频次          |
|--------|------|----------------|-------------|---------------------|-------------|
| 年度邀约型  | 年初签约 | 提前 7 天         | 2~4 小时      | 200~300 元 /MW · 次   | 30~50 次 / 年 |
| 日前邀约型  | 日前通知 | 提前 24 小时       | 1~3 小时      | 250~400 元 /MW · 次   | 50~80 次 / 年 |
| 实时邀约型  | 实时通知 | 提前 15 分钟 ~2 小时 | 30 分钟 ~2 小时 | 400~800 元 /MW · 次   | 20~40 次 / 年 |
| 尖峰需求响应 | 紧急启动 | 提前 5~30 分钟     | 15 分钟 ~1 小时 | 800~1,500 元 /MW · 次 | 5~15 次 / 年  |

#### （2）分级参与策略（续）

具体参与方案：

| 市场类型 | 申报容量    | 年响应次数 | 年收益（万元）  | 参与策略        |
|------|---------|-------|--|-------------|
| 年度邀约 | 2,000kW | 40 次  | $2\text{MW} \times 250 \text{ 元} \times 40 = 20$   | 积极参与，承诺容量保守 |
| 日前邀约 | 2,500kW | 60 次  | $2.5\text{MW} \times 300 \text{ 元} \times 60 = 45$ | 主力参与，灵活调整   |
| 实时邀约 | 1,500kW | 30 次  | $1.5\text{MW} \times 600 \text{ 元} \times 30 = 27$ | 选择性参与，保障生产  |
| 尖峰响应 | 800kW   | 10 次  | $0.8\text{MW} \times 1000 \text{ 元} \times 10 = 8$ | 应急参与，高补偿    |
| 合计   | -       | 140 次 | 100  | 多层次参与，分散风险  |

#### （3）响应决策矩阵

【需求响应决策矩阵】



#### (4) 典型响应场景案例

### 场景 A：日前邀约响应（最常见）

| 要素    | 内容   |
|-------|--|
| 通知时间  | 前一日 18:00 收到次日 14:00~16:00 响应通知  |
| 响应要求  | 削减负荷 2,000kW，持续 2 小时   |
| 补偿标准  | 300 元/MW · 次，预计收益：2MW × 300 元 = 600 元  |
| 企业决策  | 接受响应 <ul style="list-style-type: none"><li>热处理炉 1#、2#预热工作提前至 12:00~14:00 完成</li><li>表面处理批次从 14:00 调整至 16:30</li><li>空压机 1 台暂停（200kW）</li><li>循环水泵降速（150kW）</li><li>非必要照明、空调调整（150kW）</li></ul> |
| 响应方案  | <b>合计削减：2,200kW</b>  |
| 对生产影响 | 通过提前和延后安排，对生产无实质影响   |
| 实际效果  | 实际削减 2,180kW，达标率 109%，获得收益 654 元   |

### 场景 B：实时紧急响应

| 要素    | 内容   |
|-------|--|
| 通知时间  | 当日 14:45 收到 15:00~15:30 响应通知   |
| 响应要求  | 削减负荷 1,000kW，持续 30 分钟  |
| 补偿标准  | 600 元/MW · 次，预计收益：1MW × 600 元 = 600 元  |
| 企业决策  | 接受响应（响应时间紧，调用 I + II 级资源） <ul style="list-style-type: none"><li>空压机 1 台立即停机（200kW）- 自动执行</li><li>非必要照明关闭（100kW）- 自动执行</li><li>办公区空调上调 2°C（120kW）- 自动执行</li><li>冷却塔 2 台风机暂停（60kW）- 自动执行</li><li>部分表面处理设备暂停（300kW）- 人工确认</li><li>循环水泵降速（150kW）- 人工确认</li></ul> |
| 响应方案  | <b>合计削减：930kW</b>  |
| 对生产影响 | 30 分钟短时影响，可接受  |
| 实际效果  | 实际削减 950kW，达标率 95%，获得收益 570 元  |

## 5.5.2 辅助服务市场参与策略

### （1）辅助服务市场机会分析

山东电力辅助服务市场包括：

| 服务类型 | 服务内容       | 补偿标准                | 企业适合度     | 参与建议       |
|------|------------|---------------------|-----------|------------|
| 调频服务 | 秒级~分钟级快速调节 | 1,000~1,500 元 /MW·次 | ★★ 较难     | 需配储能，当前不适合 |
| 备用服务 | 待命，按需调用    | 500~800 元 /MW·次     | ★★★★★ 适合  | 优先参与       |
| 调峰服务 | 削峰填谷       | 200~400 元 /MW·次     | ★★★★★ 很适合 | 重点参与       |
| 无功调节 | 无功功率支持     | 按效果补偿 ★             | 不适合       | 当前功率因数已达标  |
| 黑启动  | 电网故障恢复支持   | 固定容量补偿 ★            | 不适合       | 需配自备电源     |

## (2) 备用服务参与策略

备用服务机制：

- 企业承诺一定容量作为“备用”
- 平时不调用，仅在电网紧急情况下调用
- 按月支付固定容量费+按次支付调用费

参与方案：

| 备用类型  | 承诺容量    | 响应时间要求 | 月容量费      | 年调用次数 | 年调用补偿数      | 年收益（万元）  |
|-------|---------|--------|-----------|-------|-------------|--|
| 旋转备用  | 500kW   | ≤1 分钟  | 100 元 /kW | 20 次  | 800 元 /MW·次 | $500 \times 0.1 \times 12 + 0.5 \times 800 \times 20 = 14$     |
| 非旋转备用 | 1,500kW | ≤10 分钟 | 50 元 /kW  | 30 次  | 500 元 /MW·次 | $1500 \times 0.05 \times 12 + 1.5 \times 500 \times 30 = 31.5$ |
| 合计    | 2,000kW | -      | -         | -     | -           | 45.5   |

优势：

- 调用频次低，对生产影响小
- 有固定容量收益，类似“保险费”
- 是稳定的基础收益来源

## (3) 调峰服务参与策略

削峰调峰：

- 在电网负荷高峰时段削减负荷
- 与需求响应类似，但结算方式不同

- 按削减电量(kWh)结算，而非按次

**填谷调峰：**

- 在电网负荷低谷时段增加负荷
- 帮助电网消纳新能源电量
- 按增加电量结算+给予电价优惠

**参与方案：**

| 调峰方向 | 参与容量    | 年调峰时长  | 补偿标准       | 年收益（万元）  |
|------|---------|--------|------------|--|
| 削峰   | 2,000kW | 200 小时 | 0.3 元/kWh  | $2000 \times 200 \times 0.3 \div 10000 = 12$     |
| 填谷   | 2,500kW | 300 小时 | 0.15 元/kWh | $2500 \times 300 \times 0.15 \div 10000 = 11.25$ |
| 合计   | -       | 500 小时 | -          | 23.25  |

### 5.5.3 现货市场套利策略

#### (1) 电力现货市场机制

**山东电力现货市场特征：**

- 日前市场：提前一天申报，按 15 分钟出清
- 实时市场：日内滚动出清，按 5 分钟出清
- 价格波动：日内价格波动 0.2~0.8 元/kWh，极端情况可达 1.5 元/kWh

**适合套利的场景：**

| 时段                 | 典型电价            | 套利机会 | 操作方式    |
|--------------------|-----------------|------|---------|
| 夜间低谷 (02:00-06:00) | 0.25~0.35 元/kWh | 低价购电 | 增加可转移负荷 |
| 上午尖峰 (10:00-11:00) | 0.95~1.20 元/kWh | 高价避用 | 削减可控负荷  |
| 午后平段 (13:00-15:00) | 0.60~0.75 元/kWh | 适度用电 | 正常生产    |
| 晚间尖峰 (19:00-21:00) | 0.90~1.15 元/kWh | 高价避用 | 削减可控负荷  |

#### (2) 无储能情况下的套利策略

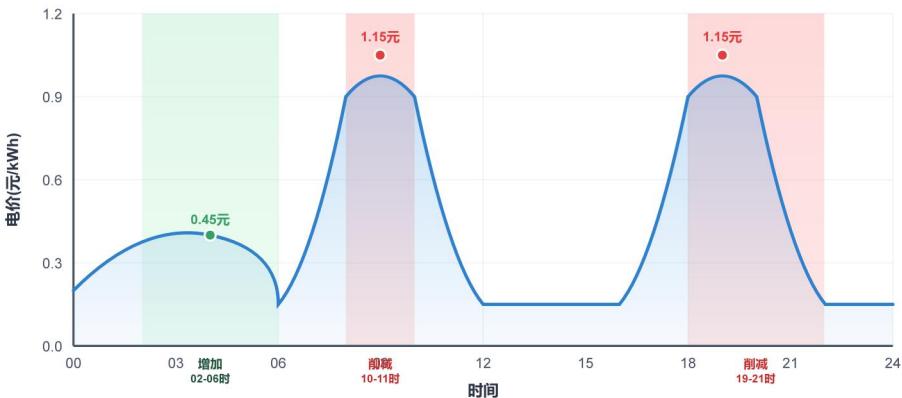
当前企业无储能，套利手段有限，但可通过负荷转移实现：

**策略 A：日内负荷转移**

【日内负荷转移套利】

## 日内负荷转移套利策略

典型工作日现货电价曲线与负荷调整策略



### 削减时段 (10:00-11:00, 19:00-21:00)

- 热处理炉暂停启动 削减功率: 约900kW
- 表面处理批次推迟 削减功率: 约600kW
- 辅助设施最小化 削减功率: 约500kW

### 增加时段 (02:00-06:00)

- 热处理炉提前预热 增加功率: 约1200kW
- 空压机满负荷储气 增加功率: 约800kW
- 蓄冷蓄热系统 增加功率: 约500kW

### 套利收益计算

#### 日均套利:

$$\text{削减收益} = \text{削减 } 2000\text{kW} \times 2\text{小时} \times 0.5\text{元}/\text{kWh} = 2,000\text{元}$$

$$\text{增加收益} = \text{增加 } 2500\text{kW} \times 3\text{小时} \times 0.15\text{元}/\text{kWh} = 1,125\text{元}$$

$$\text{日净收益} = 2,000 + 1,125 = 3,125\text{元/天}$$

$$\text{年套利收益: } 3,125\text{元} \times 300\text{天} = 93.75\text{万元}$$

## 策略 B: 周内负荷优化

| 策略      | 具体操作           | 收益机制                   |
|---------|----------------|------------------------|
| 周末低价囤能  | 周末电价较低时，增加生产强度 | 利用周末低电价（比工作日低 10%~15%） |
| 工作日高峰避让 | 工作日高峰时段生产强度降低  | 避开工作日高电价时段             |
| 灵活排产    | 非紧急订单优先安排周末/夜间 | 降低平均电价                 |

年收益估算: 20~30 万元

### (3) 配置储能后的套利策略（未来选项）

若企业配置储能系统（如 2MW/4MWh）：

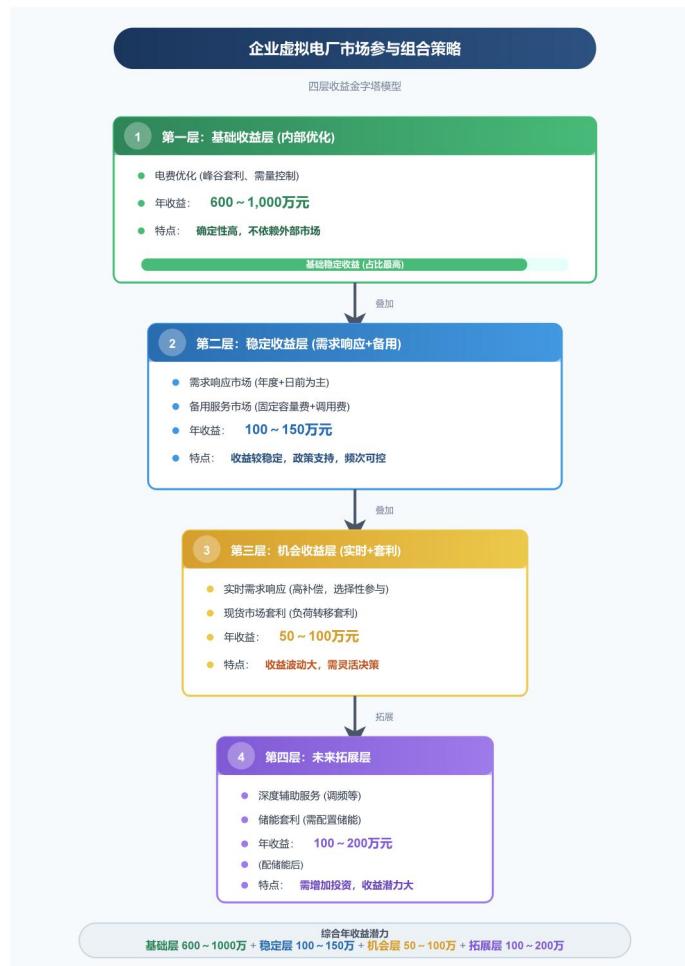
| 套利模式   | 操作方式      | 日收益  | 年收益（万元）                                  | 投资回收期                |
|--------|-----------|--|--|----------------------|
| 峰谷套利   | 谷段充电、峰段放电 | $4\text{MWh} \times 0.5 \text{元} = 2,000 \text{元}$ | $2000 \times 300 \text{天} = 60 \text{万}$ | 储能投资 800<br>回收期 13 年 |
| 现货套利   | 低价充电、高价放电 | $4\text{MWh} \times 0.7 \text{元} = 2,800 \text{元}$ | $2800 \times 250 \text{天} = 70 \text{万}$ | 回收期 11 年             |
| 需求响应增强 | 储能辅助响应    | +500 元   | +15 -                                    |                      |
| 合计     | -         | 约 3,300 元  | 145                                      | 约 5.5 年              |

建议：当前储能经济性一般，建议待储能成本降低或政策更优时再考虑。

#### 5.5.4 综合市场参与策略与收益汇总

##### (1) 市场参与组合策略

【企业虚拟电厂市场参与组合策略】



【总收益】当前可实现：750~1,250万元/年  
配储能后可达：850~1,450万元/年

## (2) 市场参与收益汇总表

| 市场类型     | 参与方式      | 年收益(万元)   | 收益占比    | 确定性   | 实施难度 |
|----------|-----------|-----------|---------|-------|------|
| 内部优化     | 峰谷套利、需量控制 | 600~1,000 | 68%~73% | ★★★★★ | 低    |
| 需求响应     | 四类市场组合参与  | 100~120   | 11%~9%  | ★★★★★ | 中    |
| 备用服务     | 旋转+非旋转备用  | 40~50     | 5%~4%   | ★★★★★ | 中    |
| 调峰服务     | 削峰+填谷     | 20~30     | 2%~2%   | ★★★★  | 中    |
| 现货套利     | 负荷转移套利    | 20~50     | 2%~4%   | ★★    | 较高   |
| 其他收益     | 辅助服务、创新项目 | 10~20     | 1%~1%   | ★★    | 高    |
| 合计(当前)   | -         | 790~1,270 | 100%-   | -     | -    |
| 储能增值(未来) | 峰谷套利+辅助服务 | +100~150  | -       | ★★★   | 需投资  |
| 总计(配储能)  | -         | 890~1,420 | --      | -     | -    |

## 5.6 收益模式与分配机制

### 5.6.1 虚拟电厂运营商合作模式

#### (1) 主流合作模式对比

| 合作模式        | 模式描述            | 收益分配                         | 适用场景        | 优缺点                           |
|-------------|-----------------|------------------------------|-------------|-------------------------------|
| A. 平台服务费模式  | 企业自主运营，平台提供技术服务 | 企业90%~95%<br>平台5%~10%(固定服务费) | 企业能力强，有自主团队 | ✓ 企业收益高<br>✗ 企业需投入人力          |
| B. 收益分成模式   | 平台负责运营，按收益分成    | 企业60%~80%<br>平台20%~40%       | 最常见模式       | ✓ 企业零投入<br>✓ 激励相容<br>✗ 收益分成较多 |
| C. 保底+分成模式  | 平台保证最低收益，超额分成   | 保底收益全给企业<br>超额部分5:5或6:4      | 企业风险偏好低     | ✓ 收益有保障<br>✗ 保底价较低            |
| D. 合同能源管理模式 | 平台投资建设，节省电费中分成  | 企业50%~70%<br>平台30%~50%(3~5年) | 企业无资金投入     | ✓ 零投资<br>✗ 分成期较长              |

#### (2) 推荐合作模式

推荐：收益分成模式（B模式）

## 分成方案示例：

| 收益来源   | 企业占比 | 平台占比 | 说明          |
|--------|------|------|-------------|
| 内部优化收益 | 85%  | 15%  | 平台提供优化算法和策略 |
| 需求响应补贴 | 70%  | 30%  | 平台提供市场对接和运营 |
| 辅助服务收益 | 65%  | 35%  | 平台承担市场风险    |
| 现货市场收益 | 60%  | 40%  | 平台提供交易策略    |

年收益分配测算（以中位值计算）：

| 收益来源 | 总收益（万元） | 企业收益（万元）                | 平台收益（万元）                |
|------|---------|-------------------------|-------------------------|
| 内部优化 | 800     | $800 \times 85\% = 680$ | $800 \times 15\% = 120$ |
| 需求响应 | 110     | $110 \times 70\% = 77$  | $110 \times 30\% = 33$  |
| 辅助服务 | 45      | $45 \times 65\% = 29$   | $45 \times 35\% = 16$   |
| 现货套利 | 35      | $35 \times 60\% = 21$   | $35 \times 40\% = 14$   |
| 合计   | 990     | 807                     | 183                     |

企业年净收益：约 807 万元（占总收益的 82%）

### 5. 6. 2 结算规则与流程

#### (1) 结算周期

| 收益类型   | 结算周期 | 结算时间      | 到账时间      |
|--------|------|-----------|-----------|
| 需求响应补贴 | 月度   | 次月 10 日结算 | 次月底到账     |
| 辅助服务收益 | 月度   | 次月 15 日结算 | 次月底到账     |
| 现货市场收益 | 月度   | 次月 5 日结算  | 次月 20 日到账 |
| 内部优化收益 | 季度   | 季度末核算     | 与电费一起体现   |

#### (2) 结算流程

【VPP 收益结算流程】



### (3) 收益核算示例

某月收益核算单（示例）：

结算中心 导出PDF

### 虚拟电厂月度收益结算单

结算单号: SETT-202407-0045 结算月份: 2024年7月  
企业名称: 山东某钢帘线有限公司 运营商: 国网山东综合能源服务有限公司

#### 一、需求响应收益明细

| 日期           | 类型 | 容量(kW) | 时长(h) | 补偿标准  | 收益(元) | 状态   |
|--------------|----|--------|-------|-------|-------|------|
| 07-02        | 日前 | 2,200  | 2.0   | 300   | 1,320 | ✓ 完成 |
| 07-05        | 日前 | 1,800  | 1.5   | 300   | 810   | ✓ 完成 |
| 07-08        | 实时 | 1,500  | 1.0   | 600   | 900   | ✓ 完成 |
| 07-12        | 日前 | 2,500  | 2.0   | 300   | 1,500 | ✓ 完成 |
| 07-15        | 尖峰 | 800    | 0.5   | 1,000 | 400   | ✓ 完成 |
| ... (省略3条记录) |    |        |       |       |       |      |
| 07-28        | 日前 | 1,900  | 2.0   | 300   | 1,140 | ✓ 完成 |

小计: 9次响应, 成功率100% 合计收益: 9,025 元

#### 二、辅助服务收益明细

|               |           |
|---------------|-----------|
| • 备用容量费 (旋转)  | 50,000    |
| • 备用容量费 (非旋转) | 75,000    |
| • 备用调用费       | 1,200     |
| • 调峰服务        | 12,000    |
| 小计            | 138,200 元 |

#### 三、内部优化收益 (估算)

|          |          |
|----------|----------|
| • 峰谷优化节省 | 65,000   |
| • 需量控制节省 | 12,000   |
| • 现货套利收益 | 8,000    |
| 小计       | 85,000 元 |

#### 四、收益汇总与分配

| 收益类型 | 总收益(元)  | 企业占比 | 企业收益(元) | 平台收益(元) |
|------|---------|------|---------|---------|
| 需求响应 | 9,025   | 70%  | 6,318   | 2,707   |
| 辅助服务 | 138,200 | 65%  | 89,830  | 48,370  |
| 内部优化 | 85,000  | 85%  | 72,250  | 12,750  |
| 合计   | 232,225 | -    | 168,398 | 63,827  |

本月企业应收金额 (税前):  
**¥ 168,398.00**  
人民币(大写): 壹拾陆万捌仟叁佰玖拾捌元整

企业确认签字 (盖章): \_\_\_\_\_ 平台确认签字 (盖章): \_\_\_\_\_  
日期: \_\_\_\_\_ 日期: \_\_\_\_\_

系统生成时间: 2024-08-05 10:00:00 | 第 1 页 / 共 1 页

## 5.7 总结

## 5.7.1 虚拟电厂接入方案综述

### (1) 技术方案总结

| 技术模块   | 建设内容          | 投资 (万元) | 实施周期   |
|--------|---------------|---------|--------|
| 监测系统增强 | VPP 数据接口、响应监测 | 25      | 1~2 个月 |
| 控制系统对接 | 自动控制、决策引擎     | 30 (增量) | 2~3 个月 |
| 通信系统建设 | VPP 通信网关、安全防护 | 50      | 1~2 个月 |
| 应用平台建设 | VPP 管理平台、移动端  | 40 (增量) | 3~4 个月 |
| 系统集成调试 | 联调测试、试运行      | 20      | 1~2 个月 |
| 合计     | -             | 165     | 6 个月   |

### (2) 商业模式总结

【虚拟电厂商业价值创造路径】



## 5.7.2 实施路线图



