



星旭新能源

技术专题 / 2026.09

算电协同 模型、调度与工程实现

从业务任务建模到PCC功率控制
以数据中心与园区源网荷储为主场景

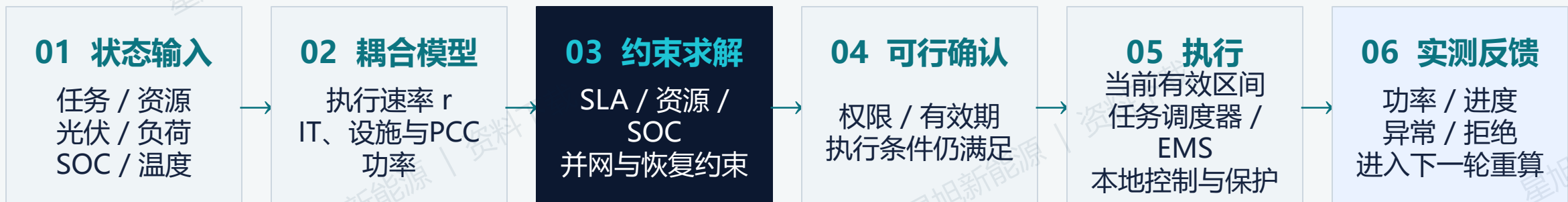
西安星旭新能源科技有限公司
2026.09



概念主视觉 | 非真实项目、非运行证据

一张图看懂算电协同的技术闭环

不是把电价信号直接交给设备，而是把任务、功率、状态、权限和反馈放进同一闭环



-----闭环原则：只执行已确认的当前区间；用实际剩余任务、实际状态和最新预测重算-----

驱动

新能源、任务和并网能力在时间上错配

控制

计划层不越过任务系统、EMS与本地保护

证据

数值核算 → 调度仿真 → 电气动态 → 现场试验

目录 | 从对象边界到工程验证

01 协同什么?

边界与动因



对象边界、时序错配
证据范围

02 怎样建模?

模型与约束



任务、性能、功率、状态
与约束

03 如何执行?

调度与执行



多时间尺度、权限、反馈
与恢复

04 怎么验证?

验证与落地



同工况算例、分级证据、
星旭路线

对象与边界 → 耦合模型 → 约束优化与执行 → 同工况验证和项目Gate



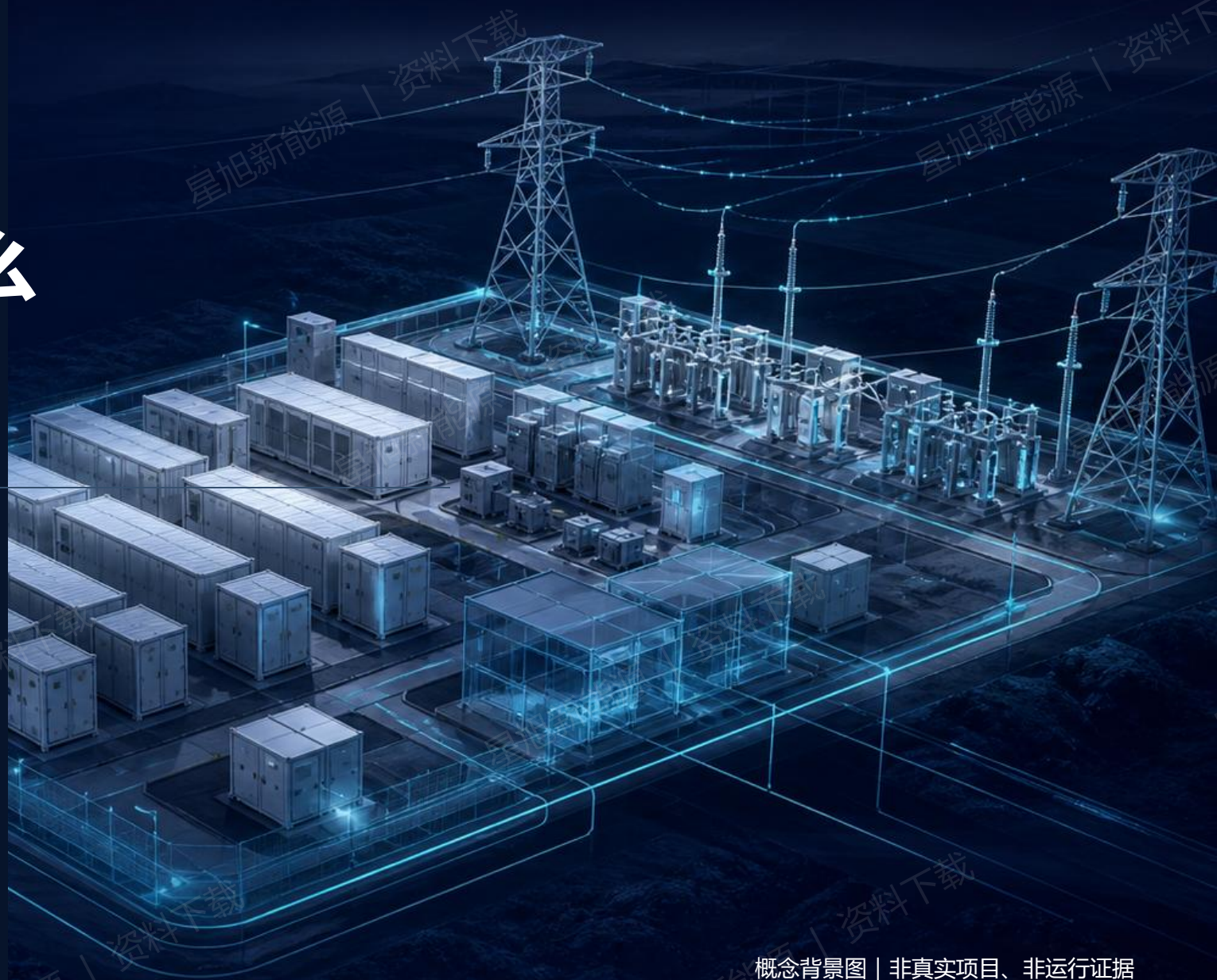
01

算电协同到底协同什么

第01章 边界与动因

本章回答

1. 对象边界在哪里
2. 为什么需要协同
3. 哪些任务和资源可以调



算电协同的工程定义与运行边界

工程定义

**共享任务、资源、功率和状态数据
在业务与供电约束下协同规划并运行
算力设施与电力系统**

本稿重点

运行层协同：任务排程、资源分配，
储能与冷却调节、并网约束和反馈重算。
规划、供能、交易与绿色属性作为上位边界。

规划层

选址、容量、供电架构、绿色电源
与并网条件

运行层

任务—功率映射、日前计划、滚动
调度与异常恢复

市场层

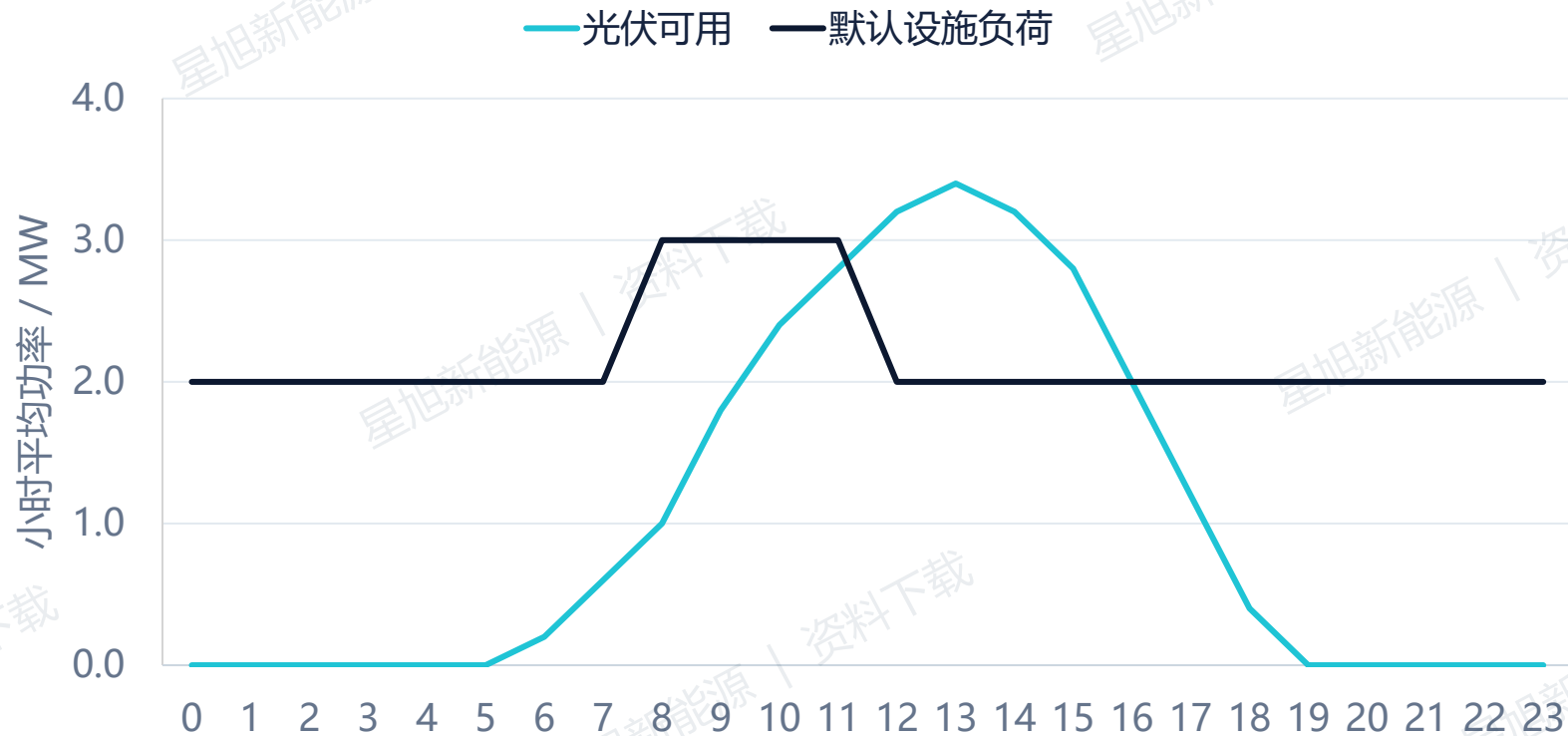
电能量、需求响应、辅助服务、价
格和结算条件

证据层

计量边界、实测数据、仿真、复算
与可追溯结果

**只签绿电合同、只做容量规划或只移动任务，
都只是算电协同的一部分。**

新能源富余时段与默认任务时段存在错位



默认任务

08—12时

光伏高值

11—16时

同一任务若允许在截止时间前移动，可直接利用更多午间光伏。是否移动取决于业务时限、资源和连续性。

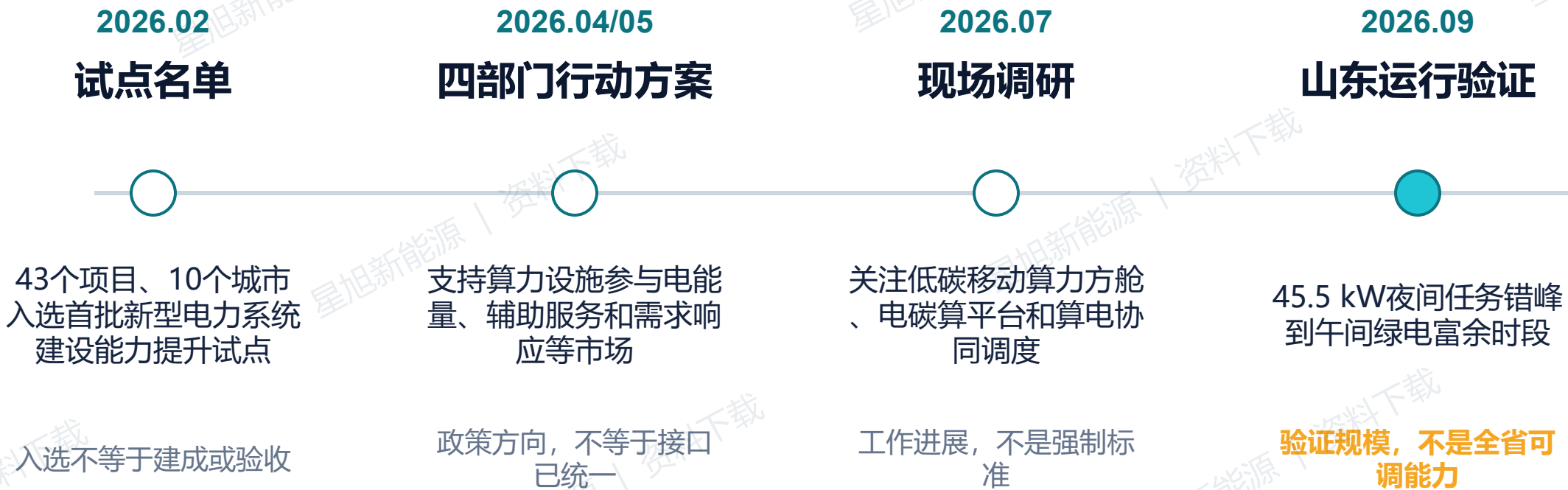
时移改变用电时段，不必然降低任务电量。

功率、电量、成本和碳是四套不同口径

目标	核心指标	需要的输入	常见误读
功率	PCC峰值、爬坡、限额	逐时/秒级功率和并网边界	移峰不等于削峰
电量	购电、弃光、损耗、设施用电	同一计量边界和统计窗口	少购电不等于少用能
成本	电费、响应收益、违约与启停代价	适用电价、结算窗口和合同规则	电量变化不等于电费同比变化
碳	逐时排放、绿电属性、核算边界	可信碳因子、属性和时间匹配规则	低价不等于低碳

工程上优先选一个可复算的主目标，把其他要求写成约束或单独指标；不同量纲不能直接相加。

公开进展已从试点部署走到运行验证



国际实践补充：Google在长期能源合同中纳入合计1 GW需求响应容量；该数字不是同时实测调节功率。

电力、数据和控制必须在同一边界内闭环

协调与控制

任务调度器

联合优化器

EMS能源管理

权限与审批

数据与指令：任务状态 | 功率 / SOC / 温度 | 预测与事件 | plan_id / 有效期 | 接收、执行与异常反馈

电力与计量

园区 / 数据中心责任与计量边界

光伏 / 本地电源

IT设备负荷

冷却与辅助

储能 / UPS
SOC与后备

站内母线

PCC / 总表

公共电网

青色实线：电力连接 蓝色虚线：数据、指令与反馈 橙色：责任和计量边界

柔性来自约束字段，不来自任务或设备名称

对象	进入柔性池前必须给出	可调动作	禁止默认假设
可排程任务	到达、工作量、截止、资源、连续性	延后开工、调整资源	任务名称决定可调性
可恢复任务	已完成进度、恢复开销、最大暂停/迁移次数	暂停、恢复或迁移	随时中断且没有代价
计算资源	型号、可用量、性能点、功率与速率映射	资源限额、功率帽	PFLOPS直接乘固定系数得kW
储能/UPS	P/E、效率、SOC、后备、互斥与寿命边界	充放电与备用保持	后备电量全部用于经济调节
冷却系统	热容、温度/湿度、设定范围、恢复约束	设定值或短时移热	固定比例压低冷却功率

准入Gate：关键约束、测量边界或执行接口缺失时，对象不进入可调资源池。



02

任务怎样转化为并网点功率

第02章 模型与约束

本章回答

1. 任务量怎样建模
2. 设备功率怎样标定
3. 设施与储能怎样耦合



从任务工作量到PCC功率，五段模型不能跳步



任一段缺少同对象、同时间戳和同统计窗口的标定，任务柔性就不能可靠换算成PCC可调功率。

任务模型先约束完成量、时间窗和连续性

完成量

$$\sum_t r_{j,t} \Delta t \geq W_j$$

工作量W与执行速率r必须使用匹配的业务单位

时间窗

$$a_j \leq s_j \text{ 且 } s_j + D_j \leq d_j$$

到达前不能执行，最迟完成时间不能越过SLA

连续性

$$u_{j,t} = 1, \quad s_j \leq t < s_j + D_j$$

不可中断任务在固定性能点连续运行D个时段

建模时还要给出

资源占用与容量

优先级与紧急插入规则

暂停、迁移和恢复开销

执行确认、超时和欠完成量

只给“可延后”标签，不能形成可执行任务模型。

执行速度与IT功率必须成对标定

01 标定对象

固定硬件型号、任务类型、资源配置与性能点

按resource limit或功率设定扫描多个工作点

输入: task、hardware、setpoint

02 同步采样

同一时间戳记录完成速度、GPU/服务器功率、IT支路电表及环境状态

保留质量标志和异常点处理规则

观测: r [业务单位/h]、 PIT [kW]

03 成对建模与留样

同时拟合 $r=g(\cdot)$ 与 $PIT=f(\cdot)$

用留样检查功率误差、耗时误差、残差分布和适用区间

输出: 模型、误差、适用范围

计量口径: GPU板卡、服务器输入、IT支路与PCC总表是不同边界; 先定义用途和包含关系, 不能重复求和。

设施负荷与PCC功率必须统一计量边界

设施负荷

$$P_{\text{fac}} = P_{\text{IT}} + P_{\text{cool}} + P_{\text{aux}} + P_{\text{loss}}$$

支路已计入的损耗不能再次相加

PCC平衡

$$P_{\text{grid}} + P_{\text{pv}} + P_{\text{dis}} = P_{\text{fac}} + P_{\text{ch}}$$

本例不外送；正负号与表计方向统一

光伏分配

$$P_{\text{pv,avail}} = P_{\text{pv}} + P_{\text{curt}}$$

可用光伏分为利用和弃光

PUE的使用条件

PUE = 设施电量 / IT电量
边界、统计窗口必须一致

若用 $P_{\text{fac}} \approx \text{PUE} \times P_{\text{IT}}$,
就不能再次叠加同一冷却、
辅助和损耗。

年度PUE不能直接代替
小时动态关系。

功率: MW

电量: MWh ($\sum P \times \Delta t$)

储能与冷却状态把相邻时段连接起来

储能能量状态

$$E_{t+1} = E_t + \eta_{ch} P_{ch,t} \Delta t - P_{dis,t} \Delta t / \eta_{dis}$$

$$E_{min} \leq E_t \leq E_{max}$$

P_{ch}与P_{dis}互斥

期末状态与后备要求显式设置

额定MW限制速率，MWh决定持续时间

UPS后备电量不能默认全部用于经济调节

冷却热状态

$$C_{th} (T_{t+1} - T_t) / \Delta t = Q_{IT,t} - Q_{remove,t}$$

$$T_{min} \leq T_t \leq T_{max}$$

P_{cool} = g(Q_{remove}, T_{amb}, 设备设定)

温度、湿度和变化率服从设备边界

调整后还要计算恢复负荷

未标定热模型时，不报告精确可调比例

可调能力不是一个数，而是一组带有效期的字段

$$F_t = \{ \Delta P_t \mid \text{任务、资源、SOC、温度、PCC限额和恢复条件均满足} \}$$

状态输入

剩余任务与截止时间
资源可用量与性能点
SOC、后备与热状态
光伏 / 负荷预测
PCC限额与授权状态

能力合同字段

方向与幅度	$\Delta P_{up} / \Delta P_{down}$	MW
可持续时间	T_{hold}	min / h
响应时间	T_{resp}	s / min
有效区间	$[t_{start}, t_{end}] + version$	时间戳
恢复代价	欠完成量、期末SOC、热恢复	业务单位 / MWh / °C

滚动刷新触发

任务到达、取消或优先级变化
预测版本更新
设备可用状态、SOC或温度变化
PCC限额或响应事件变化
执行拒绝、偏差或异常

没有模型或实测支撑时，只定义字段、准入条件和更新规则，不报告精确可调容量。

联合优化先保证可行，再比较明确目标

决策变量

任务开工 $y_{j,s}$

资源分配

$P_{ch,t} / P_{dis,t}$

必要的冷却设定

主目标示例

$$\min \sum_t P_{grid,t} \Delta t$$

只表示最小化全日购电量。成本、碳和峰值需用各自数据与口径。

业务

任务完成、时间窗、连续性、优先级和恢复

资源

CPU/GPU/节点容量、性能点和可用状态

电力

PCC平衡、并网限额、储能SOC、冷却热状态

执行

权限、指令有效期、确认、超时和安全回退

离散任务可用MILP；非线性设备模型可采用分段线性、分层求解或滚动优化。求解状态和可行性必须记录。



03

优化计划怎样可靠落到现场

第03章 调度与执行

本章回答

1. 不同时间尺度怎么分工
2. 谁有权执行
3. 偏差和失效怎么恢复



日前、滚动、执行与保护采用不同时间尺度

01	日前 / 日内计划 小时至一天	任务开工、储能计划、购电边界	预测与计划
02	滚动优化 分钟级	按剩余任务、SOC和新预测重算	状态修正
03	执行与跟踪 秒至分钟	任务限额、功率目标、执行确认	接口与反馈
04	本地控制与保护 毫秒至秒	限幅、联锁、保护和安全回退	硬实时边界

上层计划不能替代本地保护；下层保护动作必须反馈给上层重算。

日前给出基准计划，运行中按真实状态滚动修正

01 更新输入

实测功率、SOC
剩余任务、预测

02 滚动求解

未来窗口内求解
保留约束与状态

03 可行确认

资源、权限、有效期
仍满足才执行

04 执行

只下发当前有效区间
等待确认

05 测量反馈

功率、进度、异常
进入下一轮

反馈闭环：使用实际剩余任务、实际SOC和最新预测，不能把上一轮计划当作已经执行

不可行 / 超时：保留已确认策略，或退回安全保底

协调层、执行系统与本地保护各守一条边界

协调层	联合优化器 形成任务与能源计划，说明目标、约束、有效期和失效条件
执行系统	任务调度器 + EMS 分别执行任务开工/资源限额与能源功率目标，返回接收和执行状态
现场层	本地控制器 + 设备保护 执行限幅、联锁、保护和保底；任何时候保留硬安全边界

目标与有效期下行

确认、实测与异常上行

星旭模型与优化建议不替代现场执行权限，也不越过本地保护直接控制设备。

偏差发生后，系统先回到可确认的安全状态

计划生成

可行确认

执行中

偏差识别

安全恢复



新能源低于预测

按新预测和实际SOC重算

紧急业务插入

收缩柔性承诺，优先保底任务

通信中断 / 拒绝

停止依赖未确认动作，转本地保底

响应事件结束

限制恢复爬坡，避免延期任务形成新峰

恢复后重新授权：原计划的预测窗口不等于新指令的有效期。

每条计划、指令和反馈都需要有效期与确认

对象	值 / 状态	单位	时间	有效与确认	失效处理
任务	剩余工作量、优先级、最迟完成	业务单位 / h	业务时间戳	版本、截止、资源确认	退出柔性池或重排
功率目标	PIT、Pch、Pdis、PCC限额	kW / MW	起止时间	有效期、接收、执行确认	撤销并回到保底
设备状态	SOC、温度、可用状态、后备	% / MWh / °C	采样时间	质量标志、过期判据	缩小能力或停用
预测与事件	光伏、负荷、价格、响应事件	MW / 元 / 状态	预测窗口	版本、来源、适用边界	保守预测并重算
执行反馈	实际功率、进度、拒绝、异常码	同指令口径	反馈时间	关联request_id / command_id	进入恢复状态机

接口最小闭环：对象身份 + 单位 + 时间戳 + 有效期 + 确认 + 执行反馈 + 回退。



04

怎样证明协同有效且可以实施

第04章 算例、验证与落地

本章回答

1. 同工况怎么比较
2. 结果的代价是什么
3. 星旭怎样承接工程工作



CASE 01 / 教学算例

教学算例固定任务、光伏、储能和计量边界

同一固定设施负荷、同一光伏、同一任务和同一储能硬件。
只改变任务排程与储能控制。

窗口	固定负荷	任务	任务窗
24 h / 1 h	2 MW	1 MW × 4 h	08—20时
光伏	储能	充/放效率	后备
25 MWh	1 MW / 4 MWh	0.95 / 0.95	$E \geq 1 \text{ MWh}$

边界：不外送；PCC购电 $\leq 4 \text{ MW}$ ；初末 $E=1 \text{ MWh}$ ；不计算电费、碳排或电气动态。



四个策略分开检验任务时移与储能调节

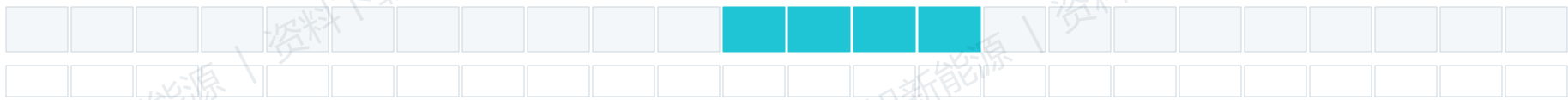
A 基准

任务08—12时；储能待机



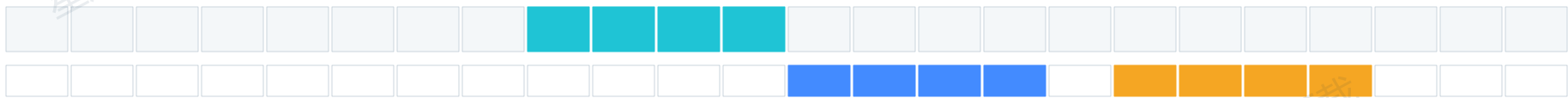
B 仅任务

任务11—15时；储能待机



C 仅储能

任务08—12时；储能优化



D 联合

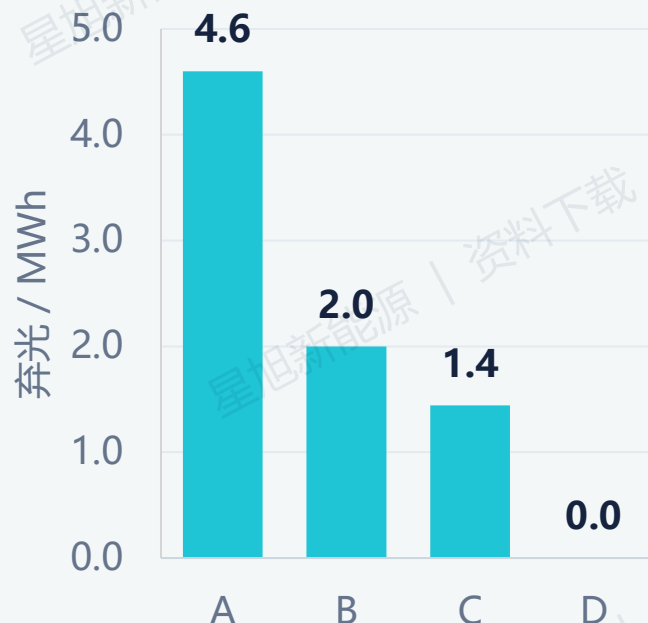
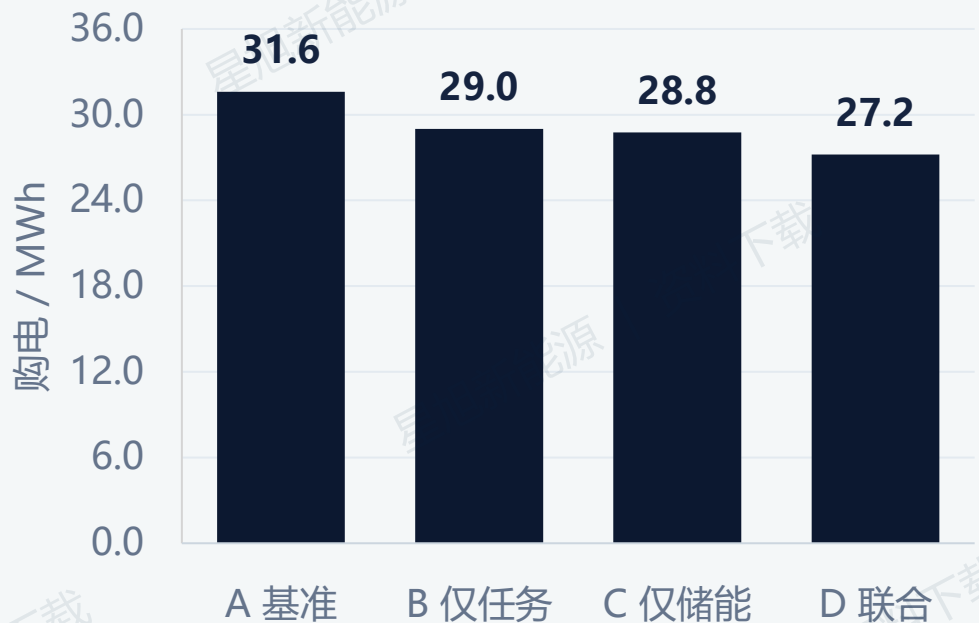
任务11—15时；储能优化



■ 任务运行 ■ 储能充电 ■ 储能放电

A/B拥有同样储能硬件，但策略保持待机；四策略均满足相同初末能量和后备条件。

联合策略少购电4.39 MWh，但任务晚3 h



A → D少购电

4.39 MWh

任务完成

12 → 15时

购电峰值

2 → 2 MW

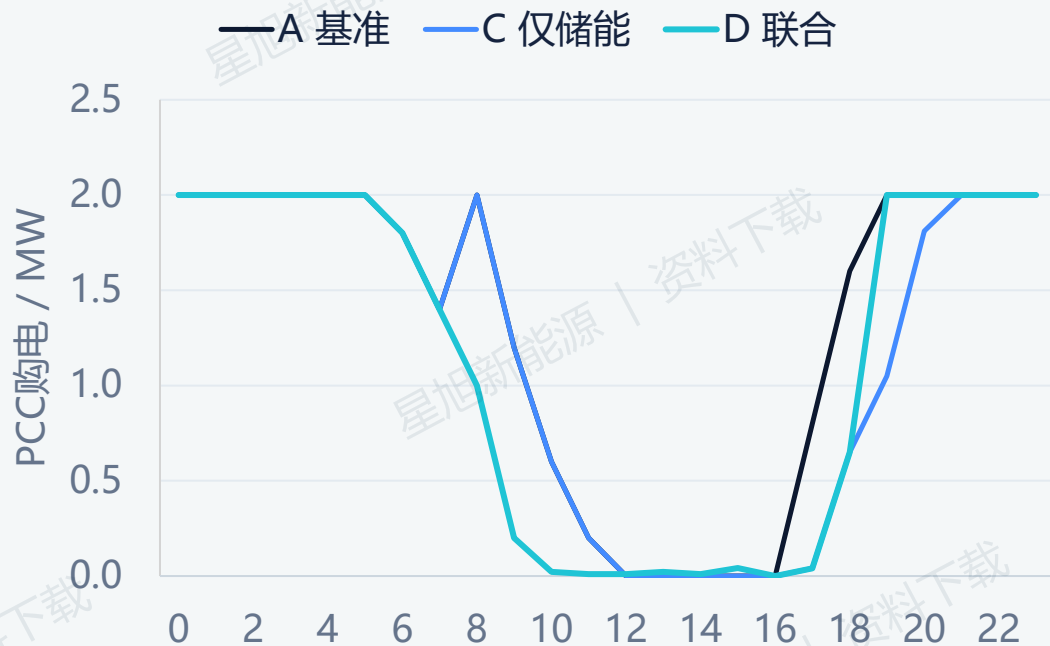
储能损耗

C 0.308 MWh

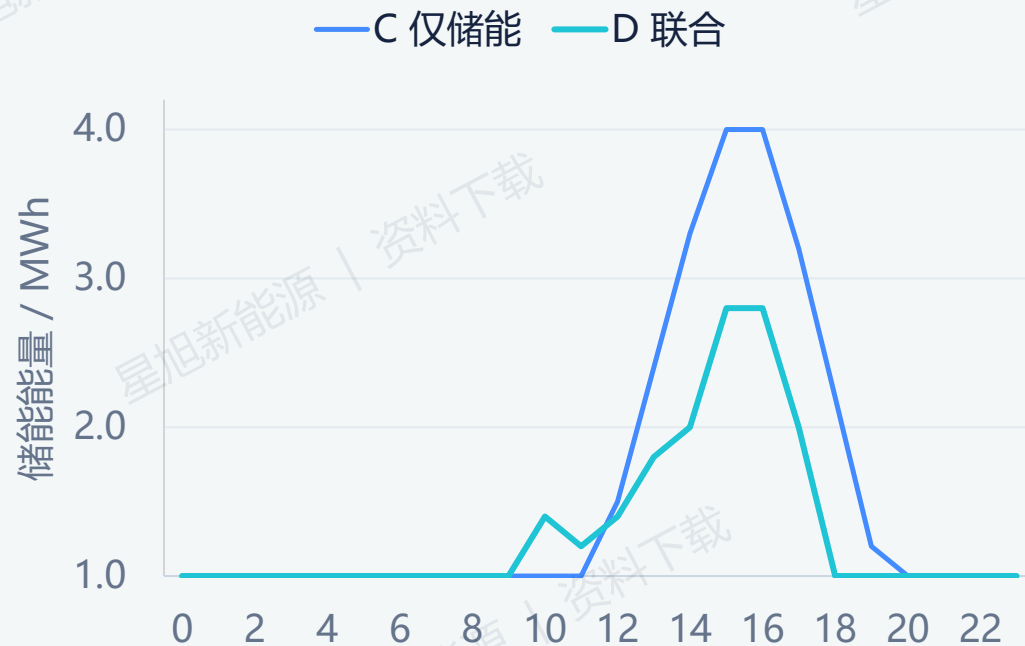
D 0.205 MWh

D在同一任务量、同一设施负荷和同一期末SOC下实现少购电；代价是任务完成推迟3 h，峰值没有改善。

少购电发生在午间，峰值仍保持2 MW



左：午间购电下降，夜间固定负荷仍需购电；所有策略峰值均为2 MW。



右：C较早触及能量上限；D让任务直接利用光伏，储能交流侧吞吐量由6.01降至4.01 MWh。

改善来自多用光伏和减少储能搬移

$$\Delta \text{Grid} = -4.60 + 0.205 = -4.395 \text{ MWh}$$

A→D多利用4.60 MWh光伏，同时产生0.205 MWh储能损耗

任务移到11—15时

—— 午间任务直接吸收光伏

储能少搬移电量

—— 交流侧吞吐量减少2.00 MWh

弃光降到0

—— 全日购电减少4.39 MWh

没有改善 / 未计算

购电峰值：仍为2 MW

设施用电：仍为52 MWh

任务完成：推迟3 h

电费与碳：未计算

动态跟踪：未验证

少购电来自供能匹配改善，不应自动表述为节能、削峰、降本或减碳。

数值核算、调度、电气动态和现场试验逐级加证据

01 数值核算

单位、平衡残差、初末
SOC、任务完成
证明计算自治

02 调度仿真

预测误差、业务插入、
资源故障、滚动重排
证明计划在定义场景内可
行

03 电气动态

控制器、网络、限幅、
故障和恢复

证明对应工况下的跟踪与
安全

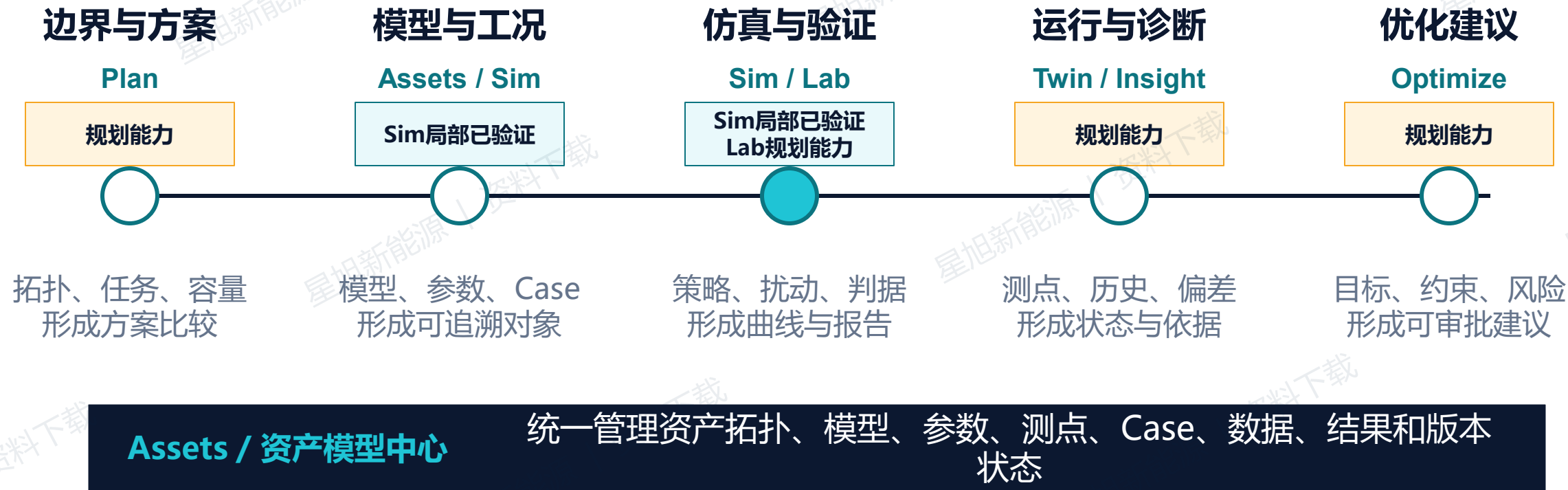
04 现场试验

真实测点、授权执行、
回退和业务影响

证明实际可调能力与收益

本专题当前证据层级：01 数值核算。02—04需要项目数据、模型和授权试验另行完成。

星旭路线以模型、数据和验证成果贯通项目



该路线表达工程承接关系。产品定位与实现状态必须分开，优化建议不绕过人工审批和现场保护。

产品按工作、输入、输出和当前状态承接

工程工作	输入	产品 / 模型工具	输出	当前状态
容量与方案比较	电源、负荷、并网和经济边界	Plan	方案与容量建议	规划能力
教学与策略演练	任务、场景、步骤和观察量	Lab	实验记录与教学报告	规划能力
正式模型与工况验证	模型、参数、Case和判据	Sim + EnerV Model	真实仿真曲线与验证报告	仅受控光伏并网闭环已验证
现场数据与模型对比	测点、时间戳和资产映射	Twin	实测状态与偏差记录	规划能力
诊断与预测	历史、气象、工况和偏差	Insight	预测、诊断与置信依据	规划能力
优化建议	目标、约束、状态和风险	Optimize	可审批建议与价值风险比较	规划能力

公共中心：Assets管理资产、模型和版本；Settings管理客户环境与偏好；Admin是供应商交付后台，不是客户业务产品。

项目从数据边界开始，经四个Gate逐步放大

最小数据清单

- 01 任务：到达、工作量、SLA、连续性、资源
- 02 电力：拓扑、PCC表计、并网限额、保护
- 03 设备：IT/设施功率、型号、性能点、时间戳
- 04 资源：光伏、储能、SOC、效率、冷却与环境
- 05 外部：电价、响应事件、碳因子及适用窗口
- 06 接口：权限、确认、异常、保底和回退责任**

四个Gate



G0 边界可用

对象、时间轴、计量和权限一致



G1 模型可用

性能—功率、SOC和热模型误差可接受



G2 离线可行

同工况收益、业务与安全约束同时通过



G3 试点可控

授权、监测、回退、异常演练和退出条件齐备

任何Gate不满足都停止放大范围，查明偏差后再继续；不以一次正常运行替代异常恢复验证。



可调能力有依据 计划可执行，结果可验证

算电协同把业务任务、设备能力和能源约束放进同一条计算与执行链。
价值来自允许的时空调整，同时保留业务、供电和设备安全边界。

实施起点

01 边界统一

任务、计量、权限



02 成对标定

性能、IT、设施、PCC



03 离线验证

同工况、异常、恢复



04 授权试点

小范围、可监测、可退出

教学算例说明方法，不代表现场收益；星旭产品路线说明工程承接关系，不等于六个产品已经全部实现。

资料来源、复算口径与适用范围

完整URL和适用范围随页附注；本页列示来源索引与教学复算口径。

S1 山东能源监管办 2026-09-01
45.5 kW任务错峰验证

S2 国家能源局 国能发电力〔2026〕16号
首批试点名单

S3 四部门 国能发科技〔2026〕34号
人工智能与能源双向赋能行动方案

S4 南方能源监管局 2026-07-21
算电协同现场调研

S5 Google 2026-03-19
长期合同中的1 GW响应容量

S6 Google Cloud 2023-10-03
数据中心需求响应执行方法

S7 Radovanovic et al. 2021
碳感知计算与柔性调度

S8 NVIDIA SMI 核对2026-09-04
设备功率和状态接口

L1 星旭产品与品牌基线 v1.0.0
产品职责、命名和实现边界

T 本报告教学算例 复算日期2026-09-03
24 h教学复算与逐时结果

复算边界：A 31.60、B 29.00、C 28.75、D 27.205263158 MWh；教学计算不是现场收益。