



## 北美缺电逻辑演绎，储能成为核心解法

华安电新 首席分析师 张志邦

SAC执业证书号：S0010523120004

邮箱： zhangzhibang@hazq.com

华安电新 研究助理 蔡金洋

SAC执业证书号：S0010125040047

邮箱： caijinyang@hazq.com

2026年01月20日



## 要点总结

### ➤ 美国储能现状分析

- 美国储能装机稳步增长，2025年有望实现52.5GWh装机。美国25年1-11月实现新增大储装机36.23GWh，除德州加州基本盘外，亚利桑那等新兴州贡献增量。
- 美国储能可分为套利驱动/容量合同驱动/负荷驱动三类。1) 以德州为代表的低价高波动型：风光渗透率高、日内价差较大，储能以能量套利和尖峰保供为主；2) 以加州为代表的政策+容量市场驱动型：电价高企，有明确储能/清洁能源装机目标，容量合同收入占很大比例；3) 以弗吉尼亚、亚利桑那为代表的数据中心负荷拉动型：电价低且稳，数据中心用电占比高，对7×24可靠性和电价极为敏感，储能既要做容量，也要做本地灵活性/备用电源。

### ➤ AI缺电逻辑演绎，储能优势明显

- AI时代美国缺电系电源和输电建设的时间错配。供给端并网拥挤叠加传统能源退役，需求端数据中心带动负荷激增并高度集中。缺电逻辑已经在电价端和政策端逐步演绎。
- 储能可作用于数据中心电网侧和用户侧，具备多重优势。储能既可以在电网侧充当可调度机组，也可以在用户侧充当灵活负荷/协助扩容，亦可在数据中心内部充当UPS升级方案。储能优势明显：1) 加速数据中心拿电，抢占AI上电窗口；2) 降低系统峰值与容量成本，具备较强经济性；3) 提升用电可靠性和电能质量，减少对柴油机依赖；4) 助力科技公司实现清洁能源供给目标。
- 储能在LCOE和综合电费单都具备较强经济性。根据Lazard 2025，不考虑补贴情况下，美国光储度电成本为0.05-0.13美元/KWh（对应0.35-0.92元/KWh），光储发电相较于核电、煤电、气电具备经济性优势。从综合电费单角度衡量，数据中心四小时配储可实现20.5%IRR，回收期仅为4.76年。

### ➤ 数据中心能源供给方案综合对比，储能将成为核心解法

- 储能是在美国电网速度慢、容量紧的前提下，少数能在1-3年时间尺度内大规模部署、既能提升数据中心供电可靠性，又能改善电网整体韧性和经济性的核心技术路径。我们预计储能将成为2030年之前美国数据中心缺电的核心解法之一。
- 真正卡的是5年以上的并网排队+输电建设，而不是美国整体发电能力不足。能绕开大并网队列、接在配电网或BTM的方案，才是真正有速度价值的解决方案。储能在速度+成本+战略灵活性三个维度上均具备比较优势。
- 我们预计数据中心缺电将刺激美国2027年储能装机超110GWh。未来5年将是本轮数据中心扩张核心窗口期，数据中心缺电逻辑将持续演绎。在所有可行方案中，储能是少数能同时满足经济性+建设快+灵活性高+有助于24/7绿电的技术路径，北美储能需求有支撑。

➤ 推荐标的：阳光电源；上能电气；阿特斯；宁德时代。

➤ 风险提示：美国新能源与储能需求下行；行业竞争加剧影响利润率；美国关税政策不确定性。

## 目录

- 1 25年美国储能装机持续高增，负荷驱动趋势渐显
- 2 AI时代美国缺电系电源和输电建设的时间错配
- 3 数据中心配储具备经济性和功能性优势
- 4 数据中心能源供给方案综合对比，储能将成为核心解法
- 5 推荐标的及风险提示



25年美国储能装机有望超50GWh

- 一、美国储能装机维持高位，价格有望上行
- 二、美国新兴州储能需求快速增长

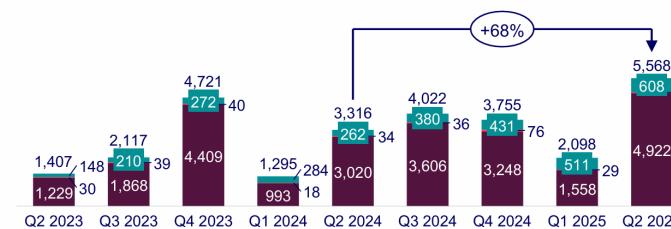


## 1.1 美国装机量：25Q3装机维持高位，全年装机上调至52.5GWh

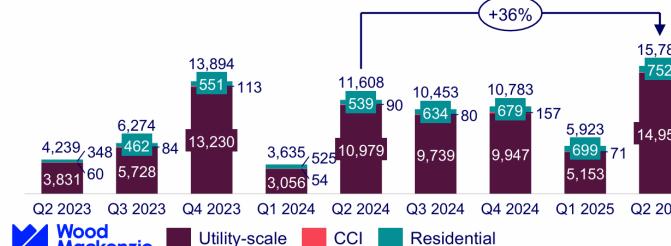
- 储能装机量：据伍德麦肯兹数据，2025年Q3美国新增储能装机5.3GW/14.5GWh，全年新增储能装机预计19GW/52.5GWh，功率、容量分别同比+53%/+45%。
- 分规模看：25Q3公共事业级储能新增装机4.6GW/13.6GWh，同比分别+27%/+40%；工商业储能新增装机33MW/67MWh，同比-8%/-16%；户用储能新增装机647MW/807MWh，同比+70%/+27%。
- 分州看：公共事业级储能中，加州、德州新增装机合计占25Q3总装机82%。

2025年Q3美国储能新增装机情况

Quarterly storage deployments (MW)



Quarterly storage deployments (MWh)

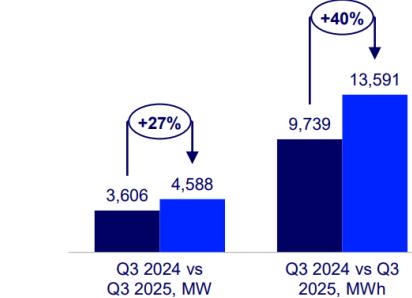


Wood Mackenzie

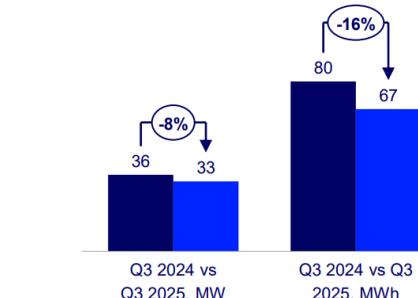
Utility-scale CCI Residential

2025年Q3美国储能细分场景新增装机情况

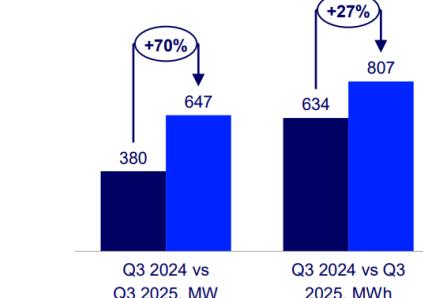
Utility-scale segment, y-o-y



CCI segment, y-o-y



Residential segment, y-o-y



资料来源：Wood Mackenzie&ACP，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明



## 1.2 美国价格：电储系统成本下降，26年有望迎来价格上涨

- 待实施项目数量增长：25Q3美国公共事业级储能储备项目共603GW，同比+17%。
- 从价格上看：2025年Q3美国公共事业级储能系统价格938美元/kW，同比下降11%，环比上涨17%。
- 根据阿特斯美股CSIQ数据，公司大储主要面向北美市场出货，2025年Q1-Q3公司整体大储系统出货单价为1.32元人民币/Wh，分季度价格较为稳定。
- 受FEOC限制影响，2026年7月后美国市场大储大概率搭配海外电芯以拿到ITC补贴/国内电芯+高额关税，我们预计届时美国大储有补贴项目出货价格有望提升。

美国电网级电池储能系统价格对比



资料来源：Wood Mackenzie&ACP, CSIQ官网，华安证券研究所

美股CSIQ分季度储能单价

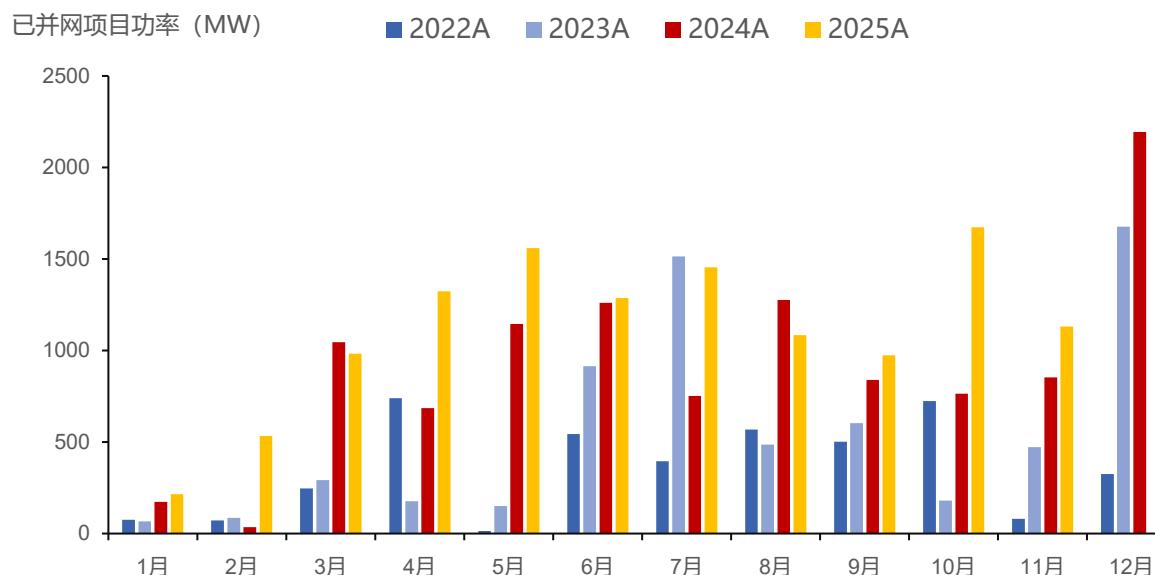
时间	25Q1	25Q2	25Q3	25Q1-25Q3
储能营收 (千美元)	155,310	432,399	486,033	1,073,742
出货量 (GWh)	0.80	2.20	2.70	5.70
单价 (美元/Wh)	0.19	0.20	0.18	0.19
汇率	7.00	7.00	7.00	7.00
单价 (人民币/Wh)	1.36	1.38	1.26	1.32



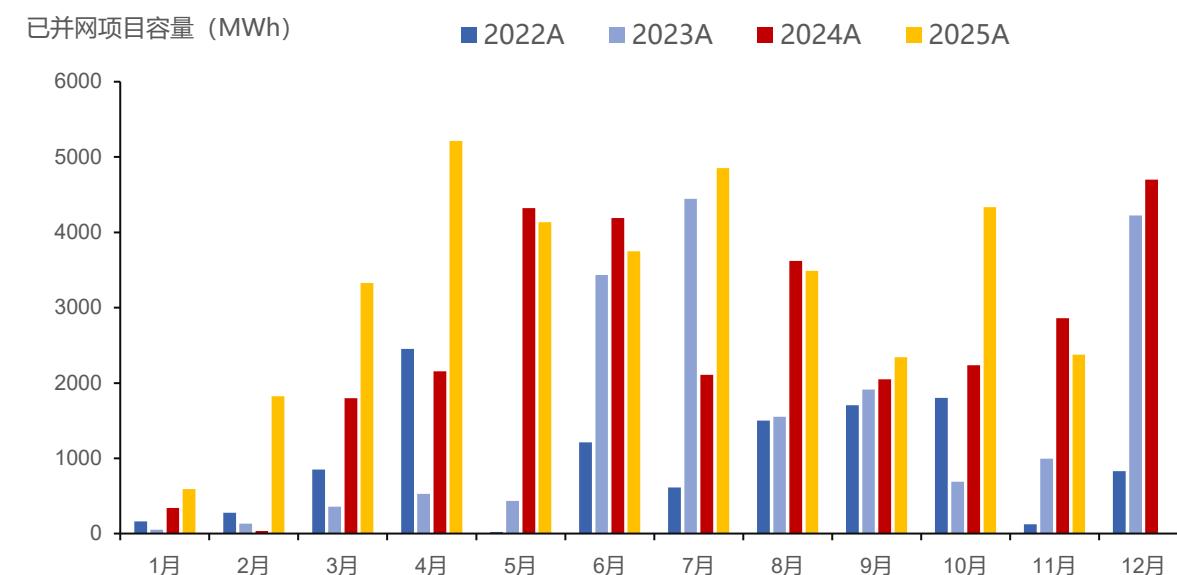
## 1.3 美国装机量：25年1-11月大储装机36.23GWh，同比增长40.86%

- 美国大储装机维持高增长，25年1-11月新增装机容量突破36.23GWh，同增40.86%。2025年1-11月累计装机12.23GW/36.23GWh，分别同比+38.42%/+40.86%，对应配储时长为2.96h，同比增加0.05h。
- 美国将4h配储作为主流选项，未来配储时长将进一步增长。4h 及以上储能系统单位能量成本更易摊薄，且在长时能量缓冲与持续负荷调节场景中优势显著。加州（CAISO）的大规模电池以4h为主，MISO因容量计量对4h给予更高认可度，新建项目以4h居多；德州（ERCOT）从1-2h加速向2-4h迁移。

美国新增并网功率月度跟踪（单位：MW）



美国新增并网容量月度跟踪（单位：MWh）



资料来源：EIA、WOODMAC，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

华安证券研究所

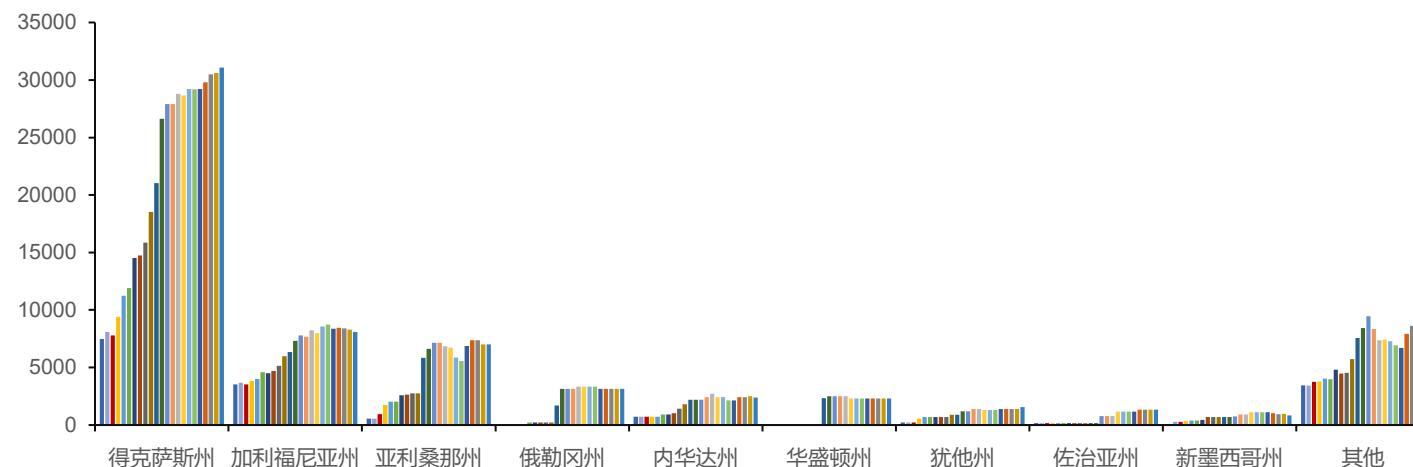


## 1.4 美国储备量：25年备案量高增，德州+新兴市场贡献主要增量

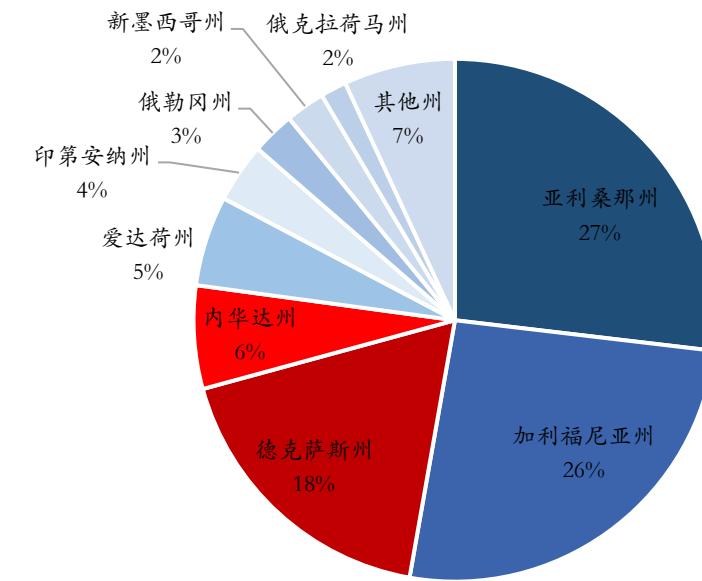
- 2025年9月末，美国总储备储能项目达到66.33GW，储备项目充足。25年预期项目中已有12.50GW项目完成建设/并网，建设进度超50%项目（含并网）超19.78GW，25年储备已开工项目（含并网）29.12GW。
- 德州加州+新兴市场贡献主要增量。25年前三季度，德州并网5.40GWh，德州整体项目储备仍维持高位；加州并网7.78GWh，排名全美第二。美国新兴市场呈现低基数高增长的态势，储备项目高增长，其中亚利桑那州已并网2.01GW/8.06GWh，当前容量新增并网排名全美第一；内华达州、爱达荷州、印第安纳州等并网均超1GWh。

美国主要州储备项目总量变化情况（单位：MW）

■ 2401 ■ 2402 ■ 2403 ■ 2404 ■ 2405 ■ 2406 ■ 2407 ■ 2408 ■ 2409 ■ 2410 ■ 2411 ■ 2412  
■ 2501 ■ 2502 ■ 2503 ■ 2504 ■ 2505 ■ 2506 ■ 2507 ■ 2508 ■ 2509 ■ 2510 ■ 2511



25Q1-Q3美国各州储能并网容量占比



资料来源：EIA、WOODMAC，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

华安证券研究所



## 美国储能负荷驱动趋势渐显

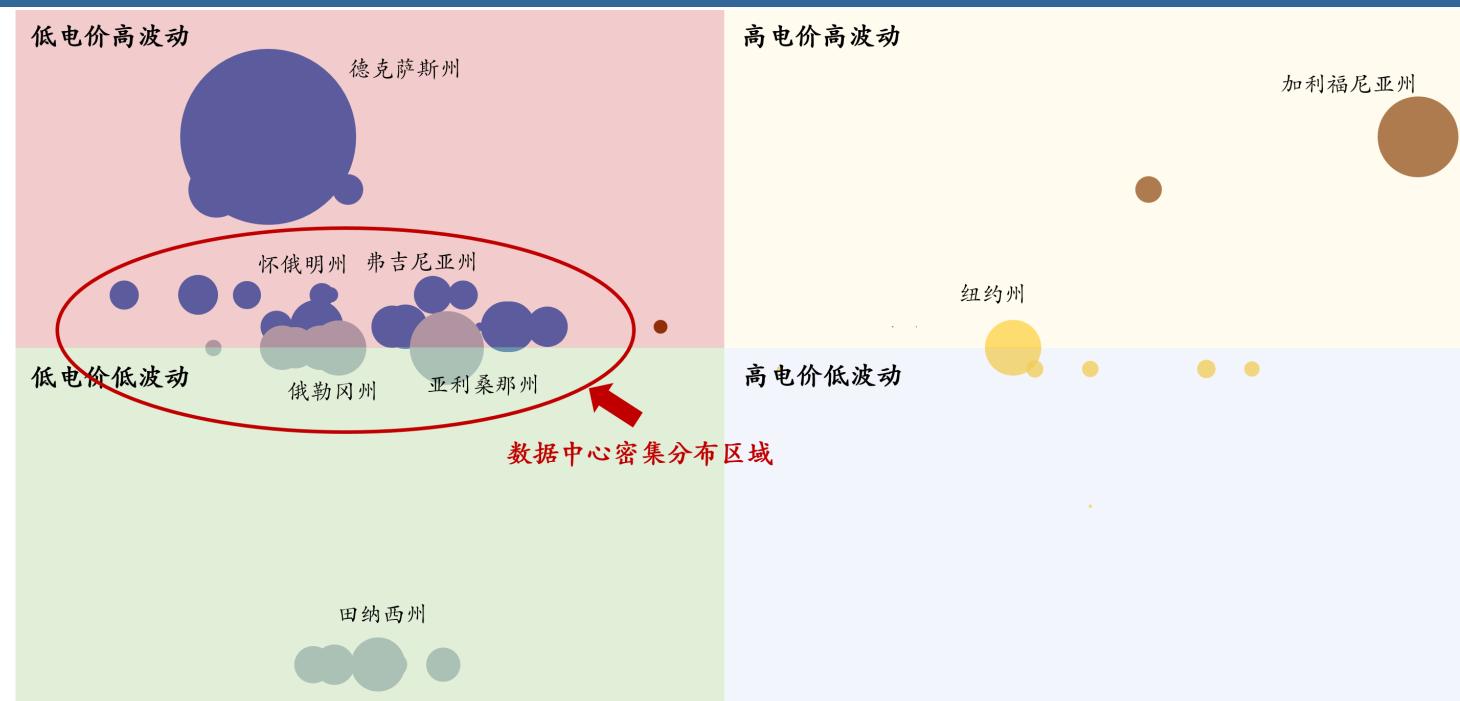
- 一、德州现货市场套利驱动型
- 二、加州政策+容量市场驱动型
- 三、弗吉尼亚数据中心负荷驱动型



## 2.1 美国储能可分为套利驱动/容量合同驱动/负荷驱动三类

➤以美国各州电价水平为横轴，电价波动情况为纵轴，将美国各州划分为四个象限，同时将各州储能储备量作为气泡大小。美国储能可以分为清晰的三类：1、以德州为代表的低价高波动型：风光渗透率高、日内价差大，储能以能量套利和尖峰保供为主；2、以加州为代表的政策+容量市场驱动型：电价高企，有明确储能/清洁能源装机目标，容量合同收入占很大比例；3、以弗吉尼亚、亚利桑那为代表的数据中心负荷拉动型：电价低且稳，数据中心用电占比高，对7×24可靠性和电价极为敏感，储能既要做容量，也要做本地灵活性/备用电源。

美国各州2025-2031年储能储备量气泡图



资料来源：EIA, 华安证券研究所测算

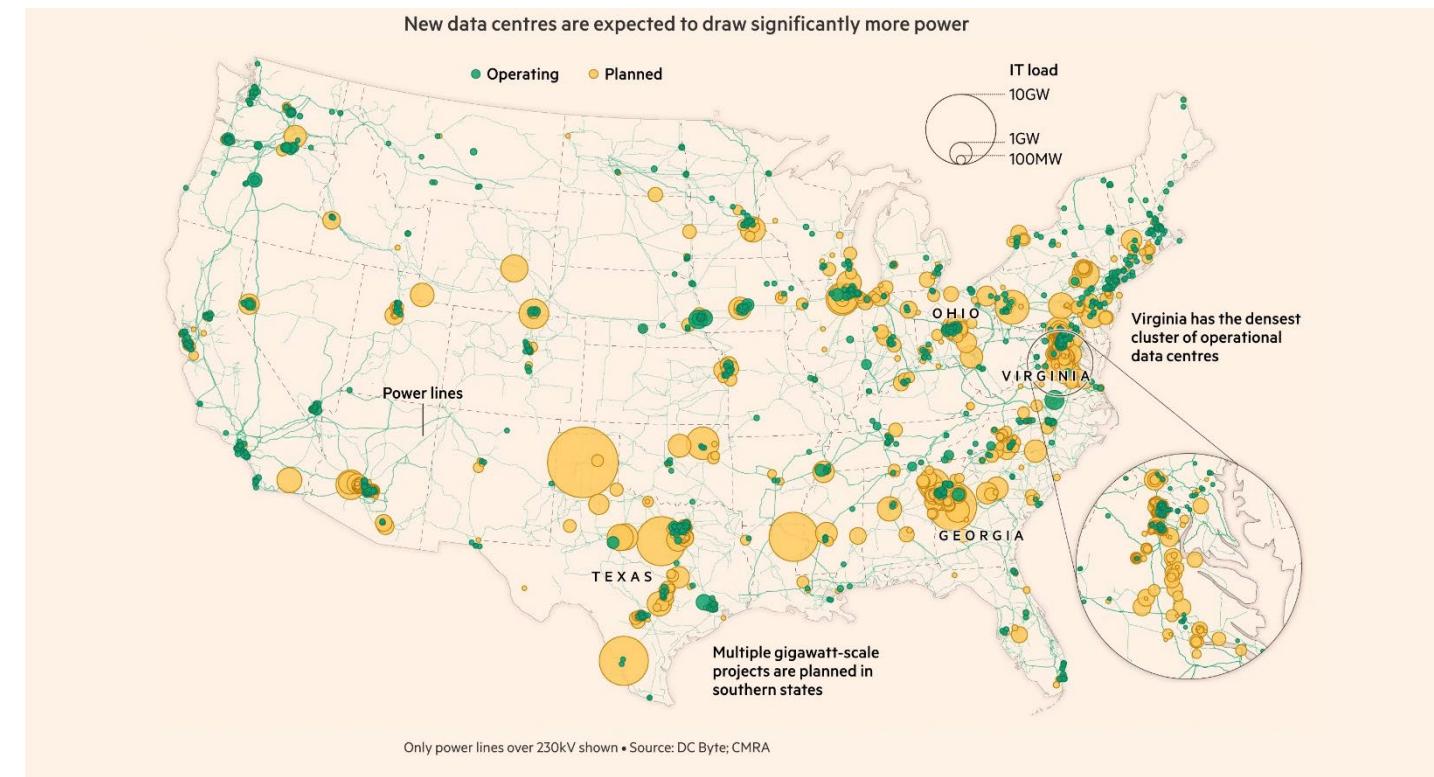
敬请参阅末页重要声明及评级说明



## 2.1 美国数据中心建设规划和储能规划具备一定同步性

➤根据Financial Times美国数据中心建设规划气泡图，美国数据中心主要聚集在包括弗吉尼亚州、佐治亚州、德州等地区，普遍聚集在美国低电价区域，且在储能储备量端已有一定体现，与上页储能储备量气泡图中数据中心密集区较为契合。

2025年美国数据中心建设气泡图



资料来源： Financial Times , 华安证券研究所测算

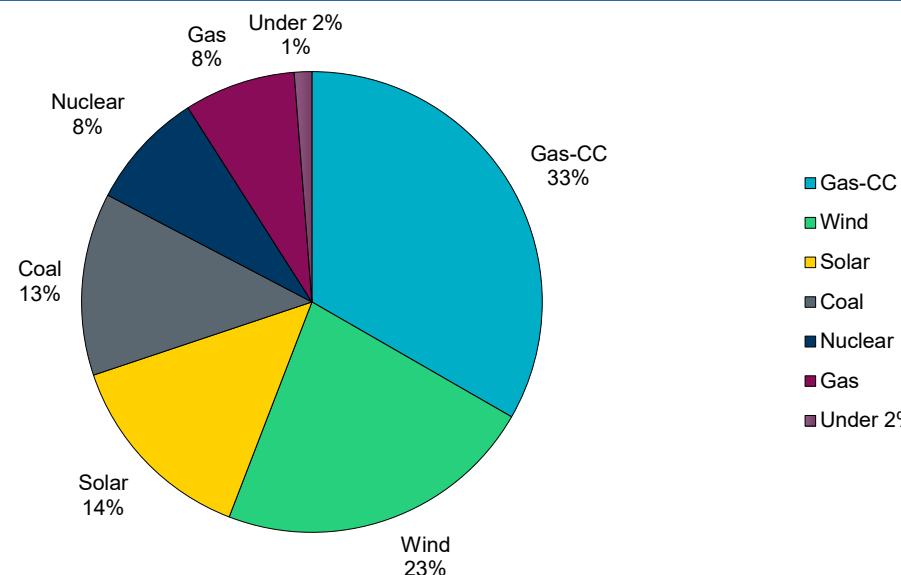
敬请参阅末页重要声明及评级说明



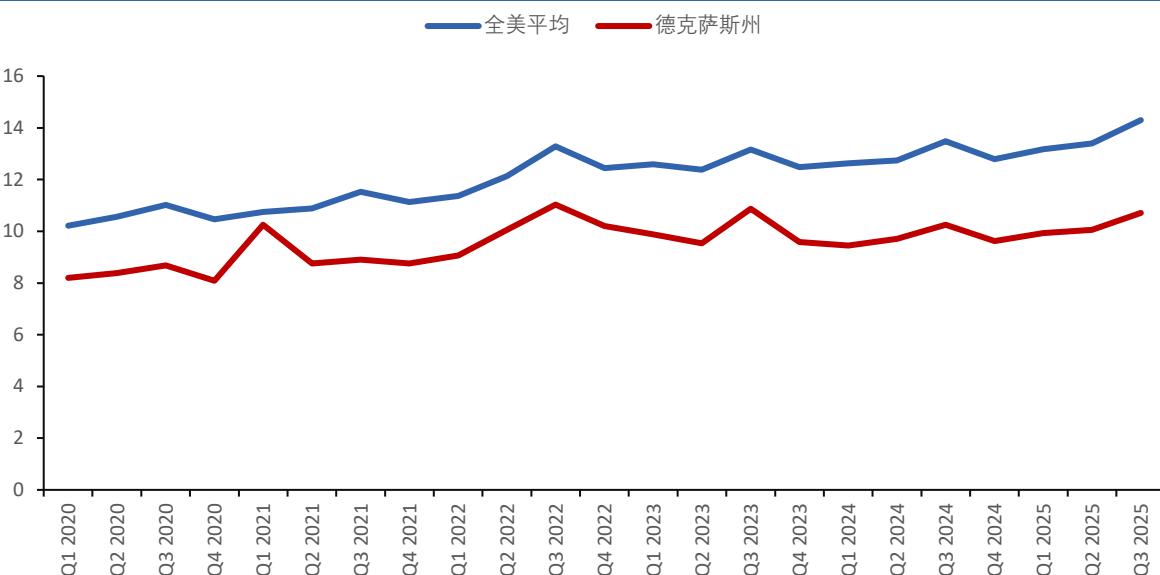
## 2.2 德州：低电价+新能源高渗透率，储能装机量全美第二

- 2025年德州风光渗透率达到37%，储能装机量全美第二。德州电网由德克萨斯电力可靠性委员会（ERCOT）负责独立运营。根据ERCOT报告，2025年1-10月德克萨斯州主要的发电能力来源为天然气（33%）、风能（23%）、太阳能（14%）、煤炭（13%）、核能（8%），风光渗透率达到37%。截至2025Q3，德州已投运储能10.98GW/16.90GWh，储能装机量全美第二；德州储能项目储备量达30.49GW，储备量全美第一。
- 德州电价呈现低价高波动特性。德州系全美能源生产领导者，拥有全美40%原油产量和25%天然气储量，同时风电装机全美第一，24年底装机达到42.3GW，光伏装机全美第二，24年底装机达到25.4GW。丰富的能源供给叠加新能源高渗透率促使德州电价呈现低价高波动特性，25Q3德州平均零售电价为10.71美分/kWh，低于全美平均水平。

2025年1-10月德州各类型能源发电占比



德州电力平均零售价格（单位：美分/kWh）



资料来源：EIA、ERCOT，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

华安证券研究所



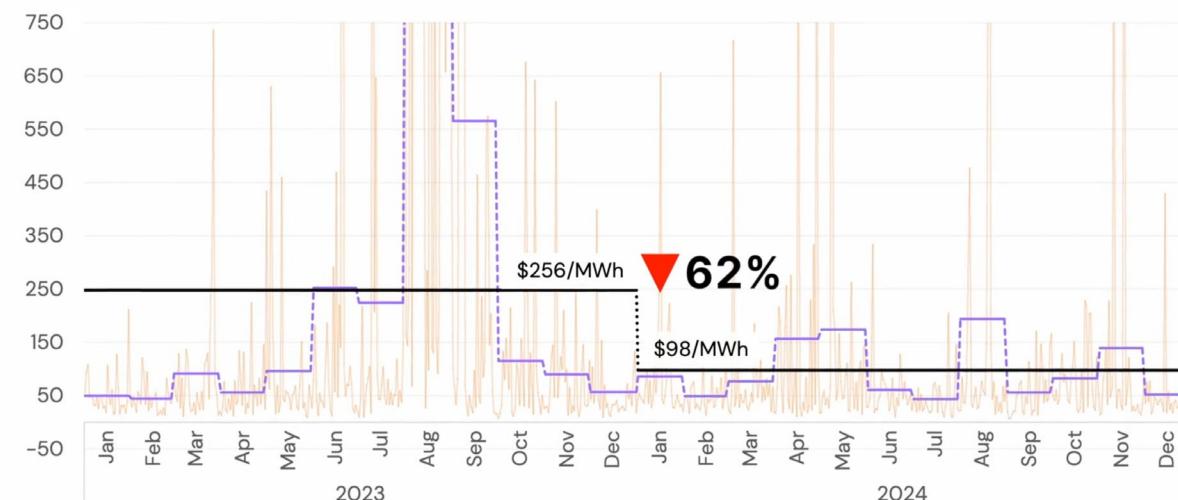
## 2.2 德州：电价高波动造就套利主战场，储能储备项目充裕

- 收益来源：储能德州（ERCOT）的主要收入来自电价套利+辅助服务，2025年1-4月，德州储能电价套利收入占比80%，辅助服务收入占比20%。德州储能配储时长以1-2h为主。
- 套利收益：ERCOT是全美波动性最高的市场之一，特别是在夏季高负荷和极端天气下，价格会短时冲高，24年5月和8月出现两次1小时套利利差超3000美元/MWh。2024年德州1小时储能平均套利收益对应98美元/MWh。
- 辅助服务：伴随储能大量接入竞争加剧侵蚀利润，ERCOT辅助服务平均收益已从2023年113.40美元/MWh降至2024年29.58美元/MWh，市场策略已从依赖辅助服务转向捕捉能量市场的价差机会。

德州电价波动与1小时储能套利收入（美元/MWh）

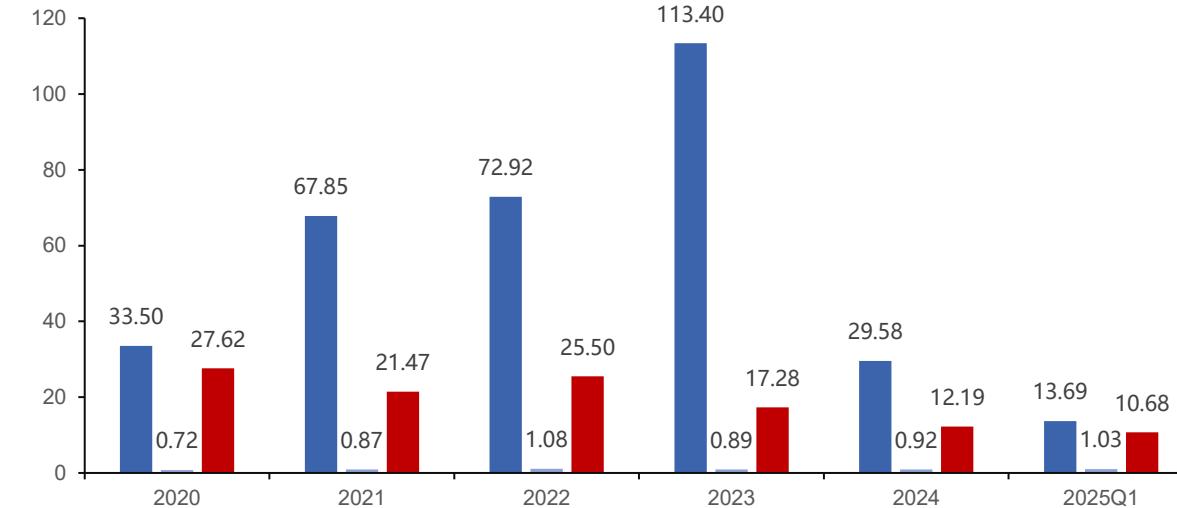
Average top-and-bottom one-hour (TB1) spreads in ERCOT (\$/MWh)

Daily average spread    Monthly average spread    Annual average spread



美国不同电力市场辅助服务平均收益（美元/MWh）

ERCOT    PJM    CAISO



资料来源：RMI、modoenergy，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

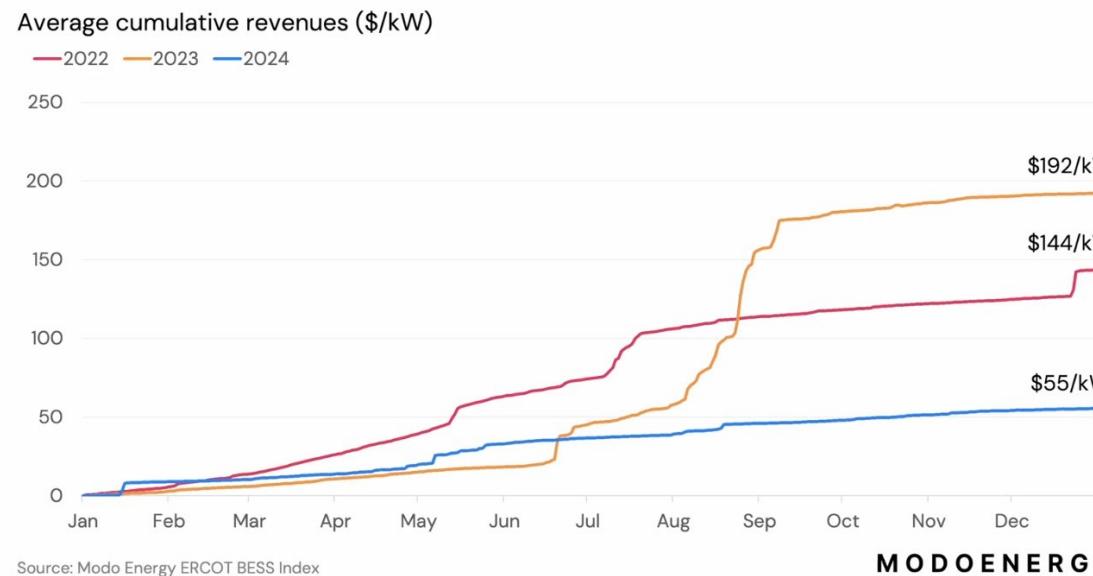
华安证券研究所



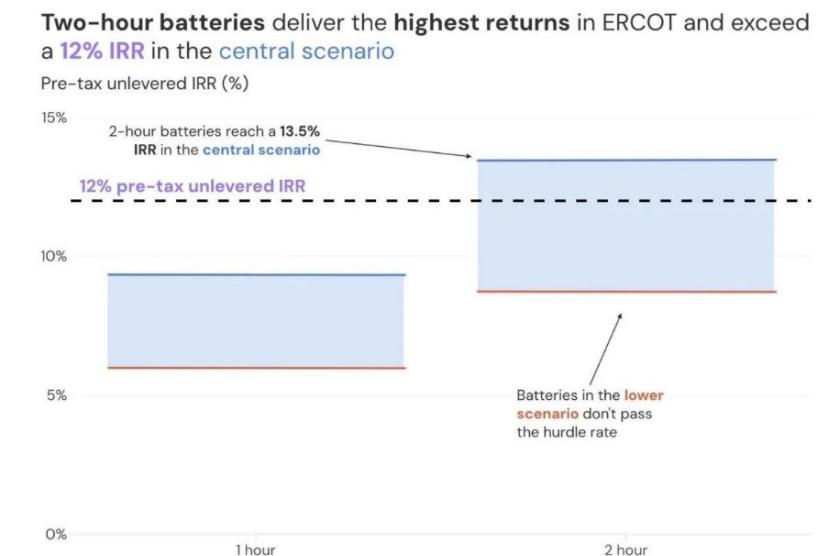
## 2.2 德州：储能收益维持较高水平，优质节点/并网资格带来申请高增

- 德州储能IRR仍处于较高水平。德州单体项目的短期收益在下滑，但储能系统成本也在加速下降。同时资本、项目管线和电力系统的结构性变化，2h储能项目仍可维持13.5%IRR平均水平，带动装机量增长。
- 在ERCOT，当前优质节点+并网资格具备稀缺性。当前不错的IRR水平叠加套利收益波动和未来政策调整，德州储能项目本身就被视作优质资产+长期电力期权，德州储能项目储备充裕。
- 德州负荷仍在提升，收益处于通胀状态。ERCOT预测，到2030年，受AI数据中心等驱动，德州电力需求可能比现在再涨50%左右，储能避免限电和支撑可再生渗透方面是核心工具。

德州储能平均年化收益示意图



德州储能IRR情况



资料来源：RMI、modoenergy，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

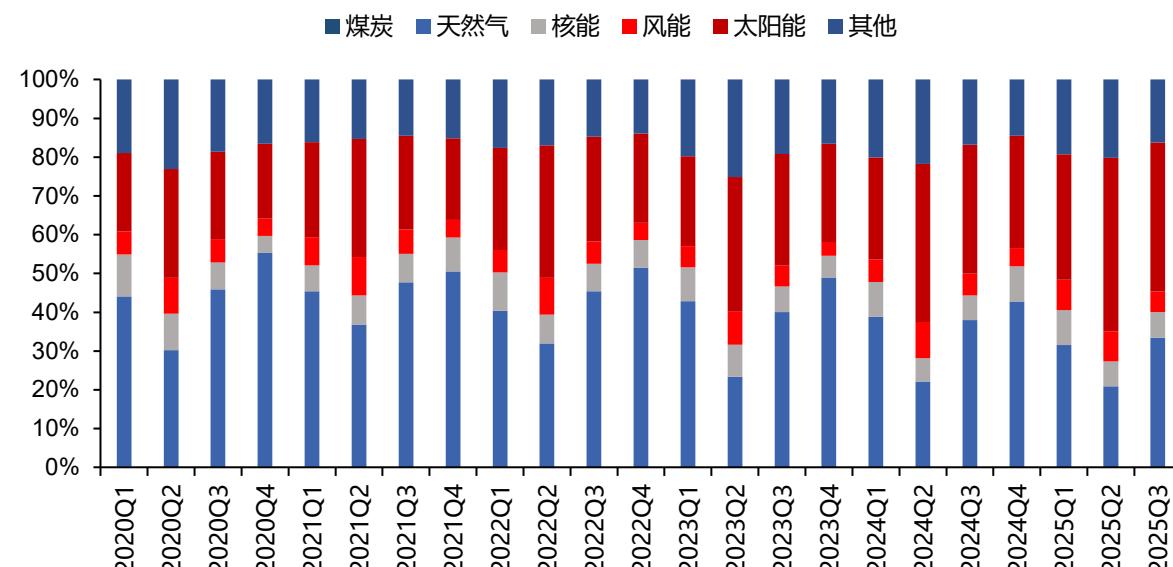
华安证券研究所



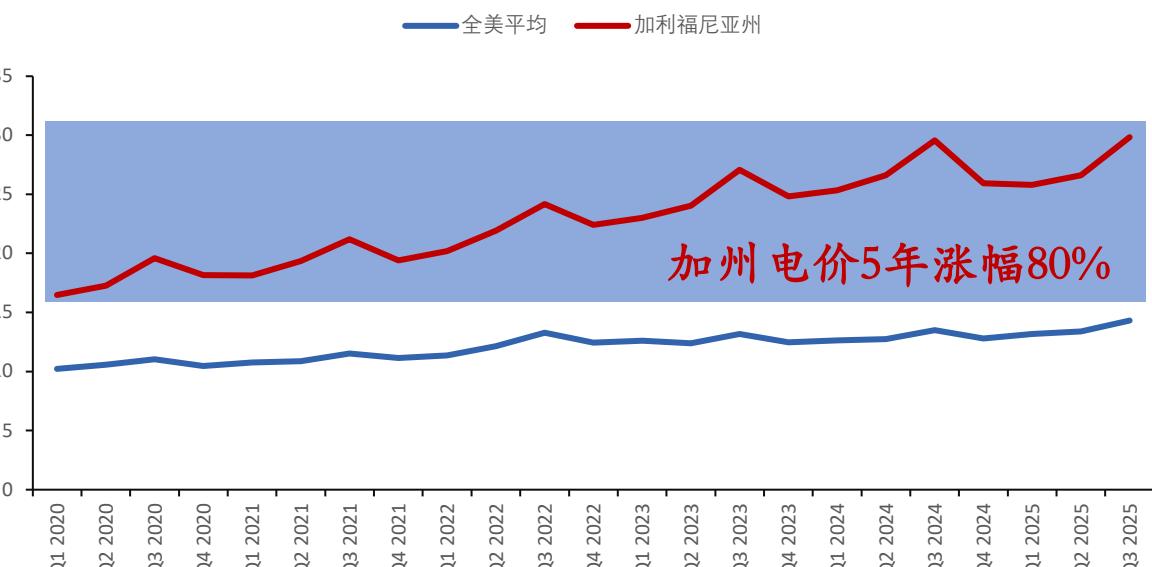
## 2.3 加州：极高电价+光伏高渗透率，储能装机量全美第一

- 2025年前三季度加州风光渗透率达到46%，储能装机量全美第一。加州电网由加州独立系统运营商（CAISO）负责运营。根据EIA数据，2025年前三季度加州主要的发电能力来源为太阳能（39%）、天然气（29%）、核能（7%）、风能（7%）、煤炭（0.1%），风光渗透率达到46%。截至2025Q3，加州已投运储能14.19GW/47.96GWh，储能装机量全美第一，平均配储时长为3.4h；加州储能项目储备量达8.39GW，储备量全美第二。
- 加州电价位居全美前列。加州作为全球第四大经济体，同时也是美国人口最多的州（约占1/9），受节能要求影响，加州人均能源使用全美第三低，同时加州系全美第二大电力进口州。在相对有限的售电量上，要回收包括林火风险与防灾、输配电网更新、光伏补贴等大量固定成本和政策成本，导致加州电价几乎是全美平均电价的两倍。

2020Q1-2025Q3加州各类型能源发电占比



加州电力平均零售价格（单位：美分/kWh）



资料来源：EIA, 华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

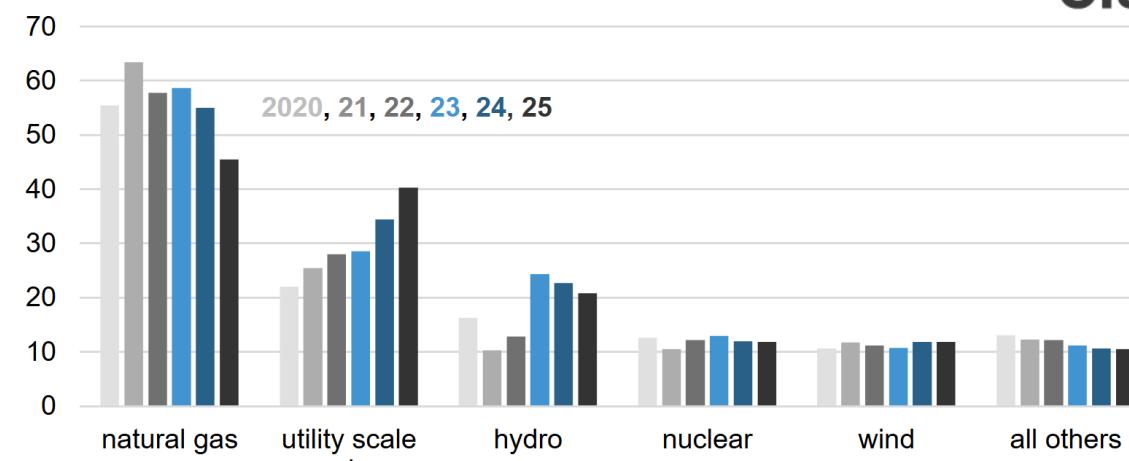
华安证券研究所

## 2.3 加州：光伏装机全美第一，配套储能带动天然气用量减少

- 自然禀赋+政策助力加州光伏装机全美第一。据EIA统计，截至2024年加州光伏累计装机51.9GW排名全美第一。驱动因素：1、太阳能资源好：加州中央谷地、以及沙漠地带年均日照辐照度在5 - 7.5kWh/m<sup>2</sup>/天，属于美国太阳能资源最优区域之一；2、经济性驱动：加州拥有全美最高电价之一，主要系电网老旧、野火和电力需求增加导致；3、强有力国家政策和激励措施：目标2045年可再生能源比例100%，净能源计量政策（NEM）允许太阳能客户将多余电力卖回电网，经济性较高，且2020年后加州成为首个要求所有新建住宅建筑安装太阳能电池板的州。
- 光伏+储能带动加州天然气用量下降。在下午5-9点负荷高峰时段，储能发电量从2022年平均不到1GW上升到2025年4.9GW，取代该时段天然气发电。2025年前八个月加州天然气发电4.55TWh电力，较2022年同期减少18%。

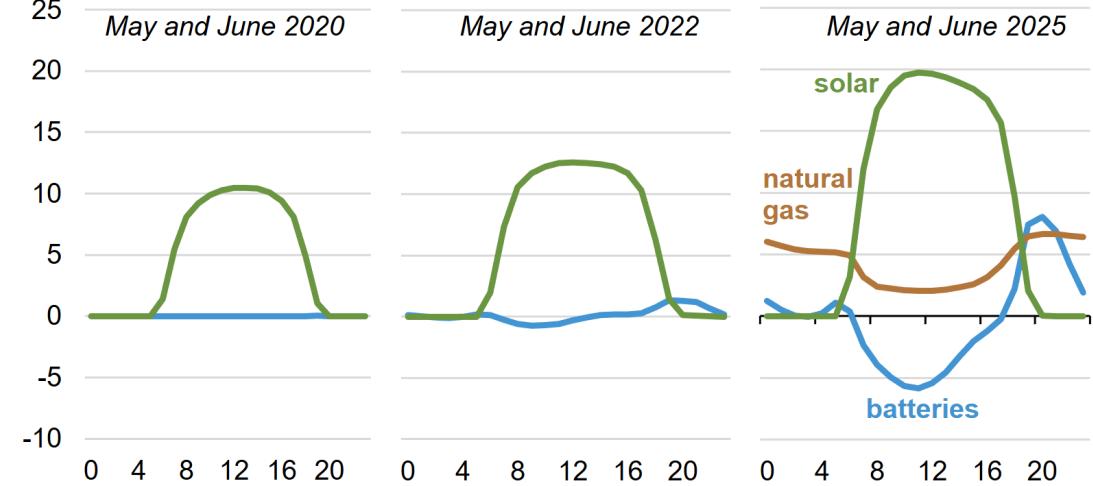
2020-2025年加州太阳能发电增加，天然气发电下降

California electricity generation by source (2020–2025, Jan–Aug)  
billion kilowatthours (BkWh)



2020-2025年CAISO日均电力来源（单位：GW）

CAISO daily electricity generation by source  
hourly average, gigawatts



资料来源：EIA，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

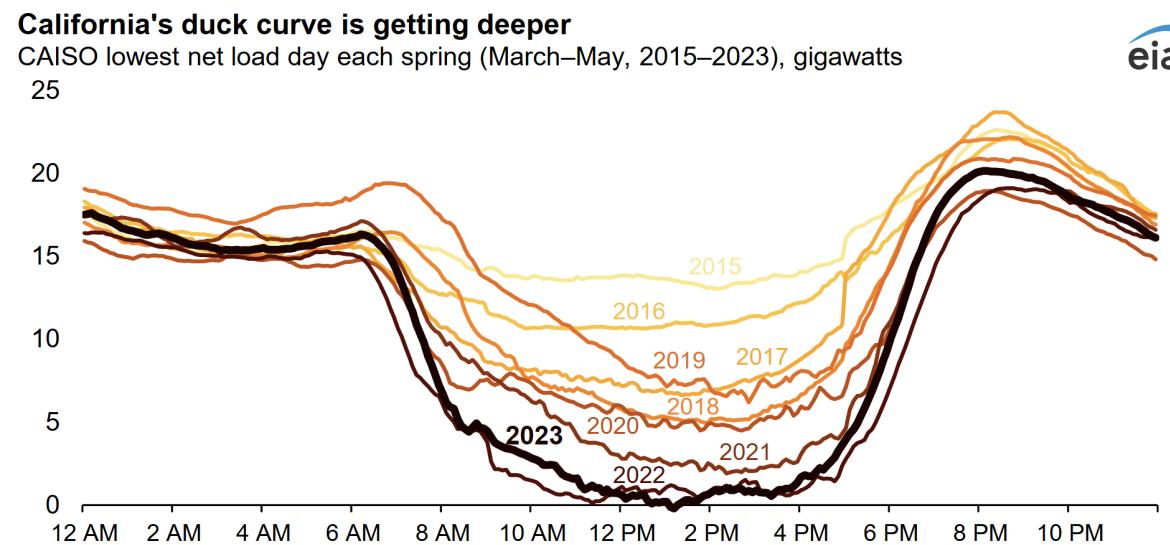
华安证券研究所



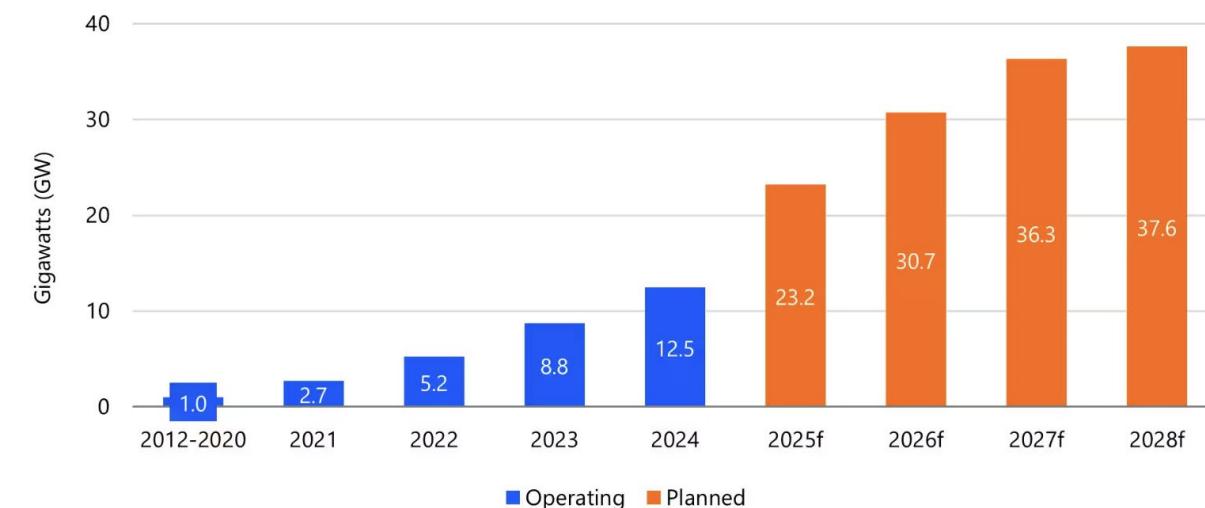
## 2.3 加州：光伏发电占比上升，谷峰波动更明显，提振储能需求

- 光伏发电占比上升，谷峰波动更明显，提振储能需求。光伏占比提升，电力需求谷峰更明显，电网负载压力加大。IEA研究表明，当可再生能源占比达到15%时，消纳瓶颈将会体现。煤电退役+光伏电站占比提升。加州电价中午极端低价甚至负价，傍晚尖峰极陡，是典型需要储能“削峰填谷”的系统，适配4h及以上长时储能。
- 削峰填谷构筑加州储能底层需求。大规模部署储能能有效助力电网削峰填谷。S&P预测，到2028年，CAISO部署储能容量有望达到37.6GW，假设考虑4h配储，对应150.4GWh储能需求。

2015-2023加州鸭子曲线加深历程



2020-2028年CAISO运行及计划电池储能容量（单位：GW）



资料来源：EIA, CAISO, 华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

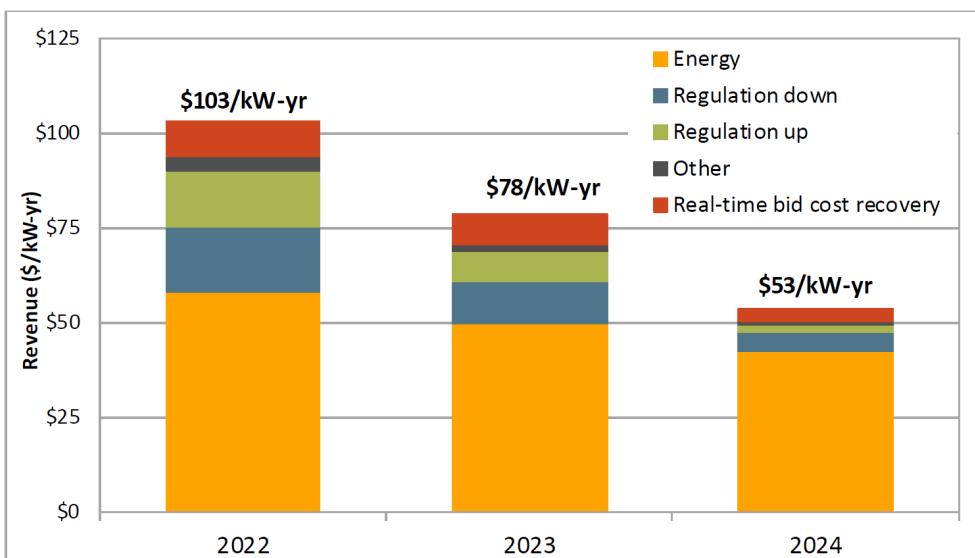
华安证券研究所



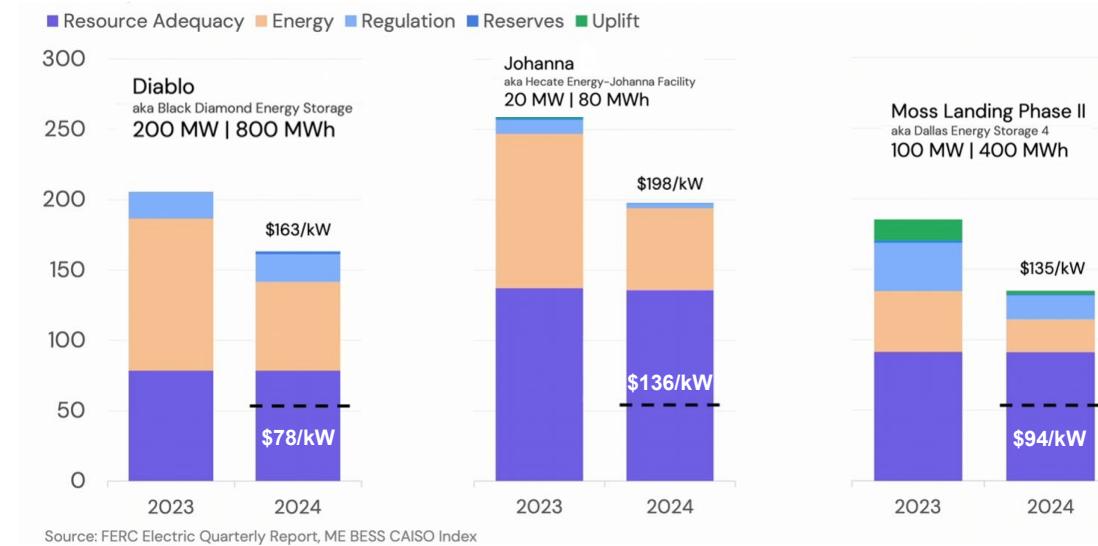
## 2.3 加州：容量租赁+现货交易，加州储能实际盈利丰厚

- 储能净市场收益有所下滑，主要系能源套利利差缩小。2024年CAISO储能净现货收益为53美元/kW\*年，同比下降32%，其中约43美元/kW\*年收益来自能源套利，其余收益来自辅助服务（调频为主）。主要系伴随储能装机量攀升电池参与度增长实时波动性下降，同时辅助服务市场竞争激烈趋向饱和。
- 容量合同（RA）成为关键收入锚点。为确保高峰时段电力系统有足够的可用容量，监管机构要求负荷服务实体（LSE）事先锁定一定规模的电源/储能资源，CAISO的容量合同（RA）采购体系已集成4h储能系统。加州储能容量合同收益平均为90-120美元/kW\*年，部分优质节点可达到136美元/kW\*年，且RA合同通常锁定5-10年，构成储能收入基石，且可叠加净市场收益。我们测算加州一个选址良好的4h储能系统可达到约20万美元年化收入，对应IRR为24.41%。

2022-2024年CAISO储能净市场收益（单位：美元/kW）



加州典型储能项目收益拆分（单位：美元/kW）



资料来源：CAISO, FERC, 华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

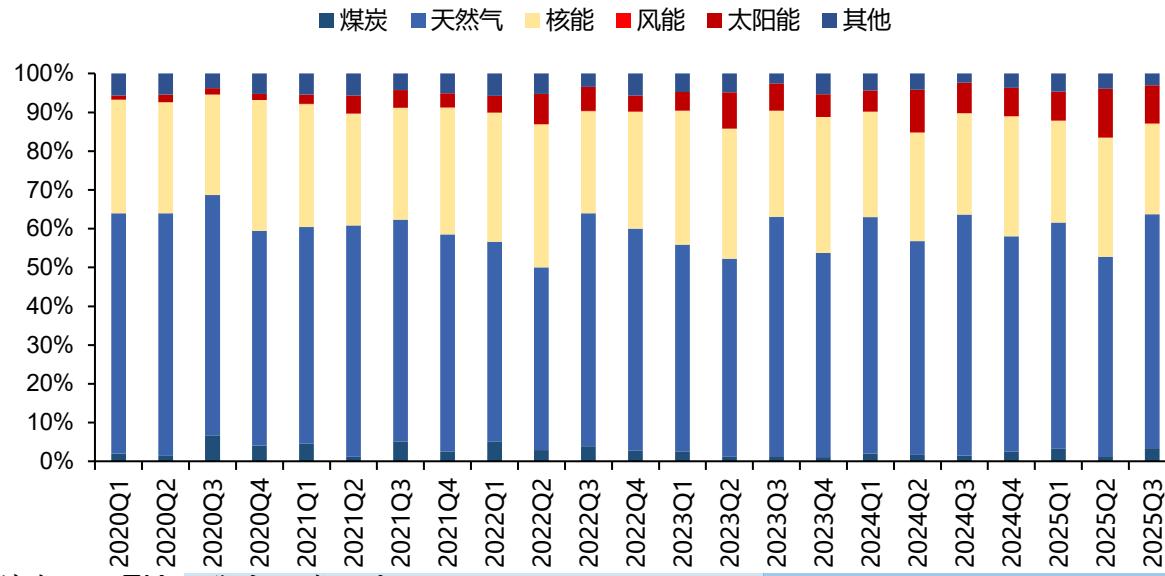
华安证券研究所



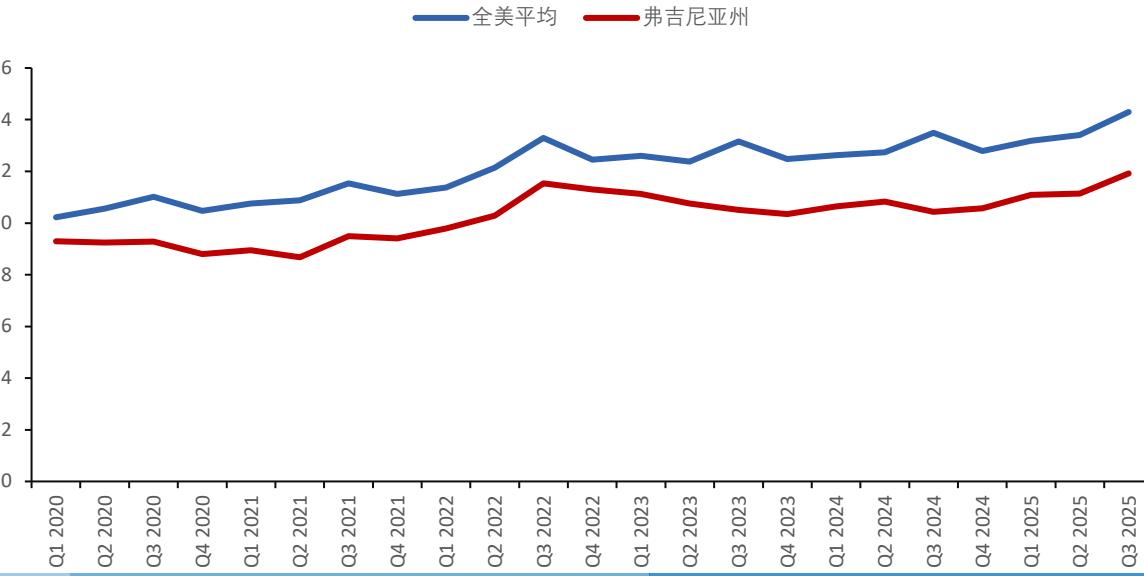
## 2.4 弗吉尼亚：电价低且稳，全球数据中心之都

- 弗吉尼亚州以天然气和核能为主要能源供给。弗吉尼亚州电网由全美最大电网运营商PJM负责运营。根据EIA数据，2025年前三季度弗吉尼亚州主要的发电能力来源为天然气（57%）、核能（27%）、太阳能（10%）。2023年弗吉尼亚州公共事业从其他州净接受电力50.1TWh，占本州电力供应36%，是全美最大电力进口州。截至2025Q3，弗吉尼亚州已投运储能70.5MW/152.6MWh，平均配储时长为2.2h，储能项目储备量达750MW，未来储能增长潜力充沛。
- 弗吉尼亚州电价低且稳，吸引高耗能数据中心集聚。弗吉尼亚州的平均电价低于全国平均水平，同时系截至26年1月全球最大数据中心集中地。伴随数据中心用电激增，负荷集中度过高明显推高区域电网电价，未来电价上涨压力较大。

2020Q1-2025Q3弗吉尼亚州各类型能源发电占比



弗吉尼亚州电力平均零售价格（单位：美分/kWh）



资料来源：EIA, 华安证券研究所

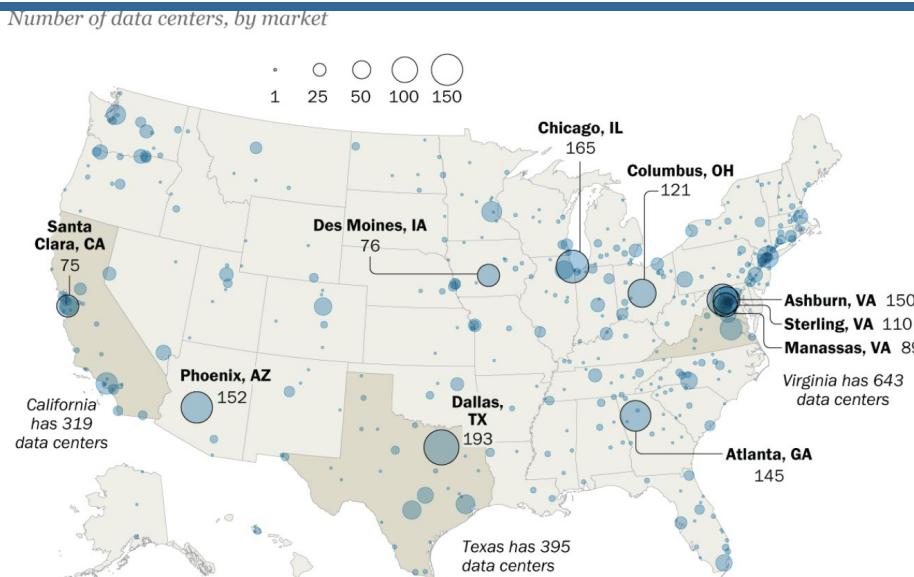
敬请参阅末页重要声明及评级说明



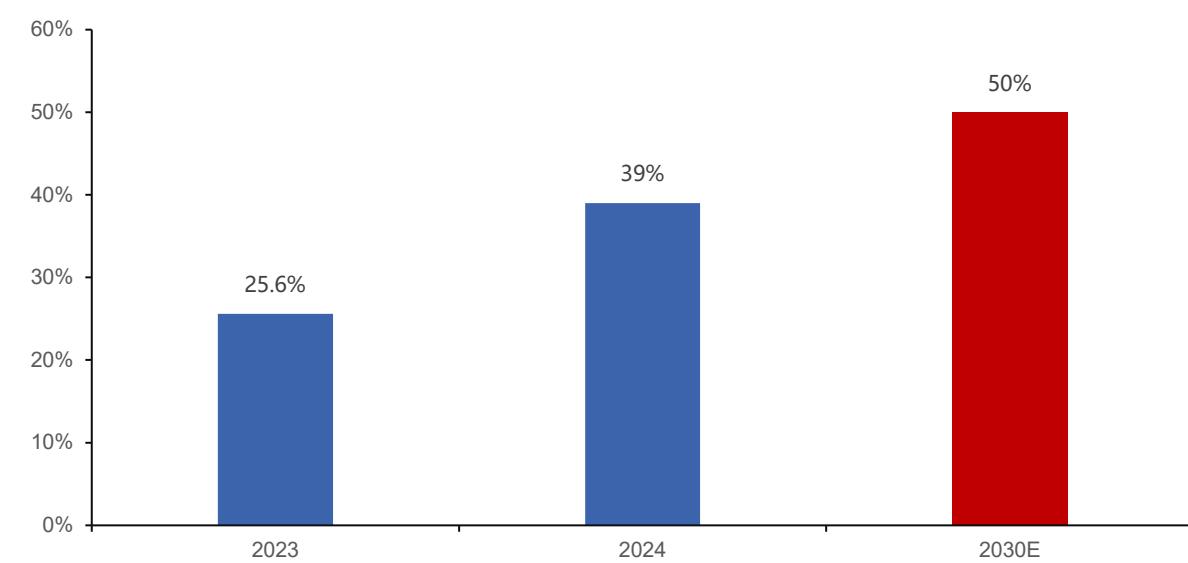
## 2.4 弗吉尼亚：多因素造就数据中心繁荣，数据中心用电占比持续提升

- 多因素共同造就北弗吉尼亚（VA）全球数据中心市场地位。互联网发展早期，20世纪VA凭借临近联邦政府客户，吸引互联网企业落户，随后伴随互联网蓬勃发展，强大的光纤网络、可靠且廉价的能源供应以及充足的土地资源吸引更多数据中心落地，并由此催生数据中心产业集聚，人才聚集。2010年后，VA实行数据中心购买设备销售税减免，并延长税收减免至2035年，仅2023财年税收豁免达9.28亿美元，极大增强数据中心经济性。截至2025年10月，弗吉尼亚州运营/建设中的数据中心共643个，数量位居全美第一。
- 预计到2030年，弗吉尼亚数据中心用电将占到州用电50%。据EPRI统计，2023年弗吉尼亚数据中心用电占比为25.6%，2024年激增至39%，到2030年，数据中心将需要弗吉尼亚大约50%的发电量。

全美数据中心分布及排名



弗吉尼亚州数据中心用电占比



资料来源：PEW RESEARCH CENTER, EPRI, Bloomberg, 华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

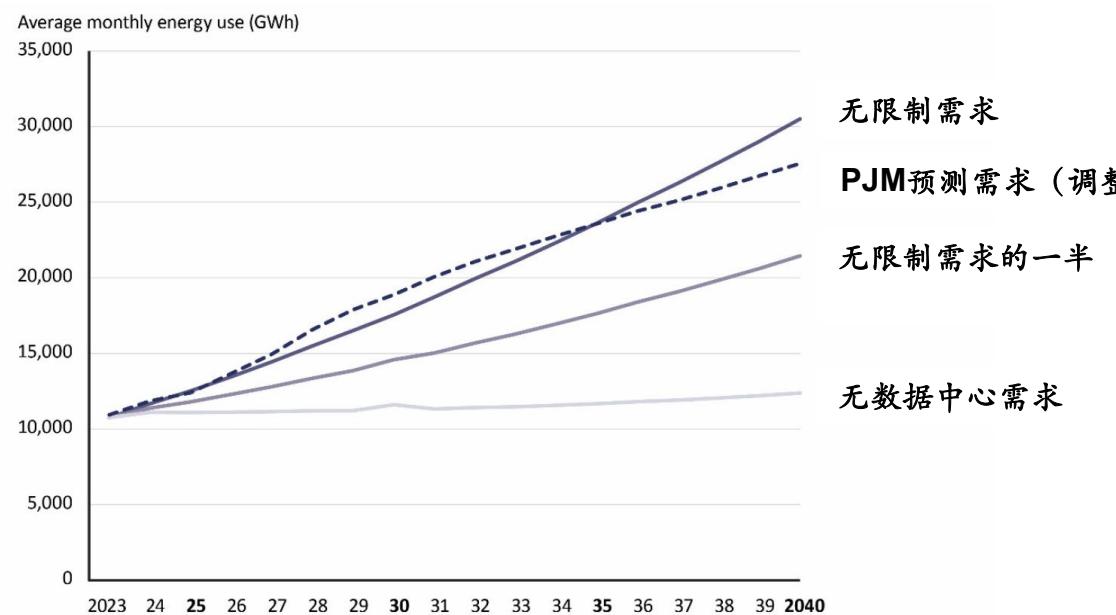
华安证券研究所



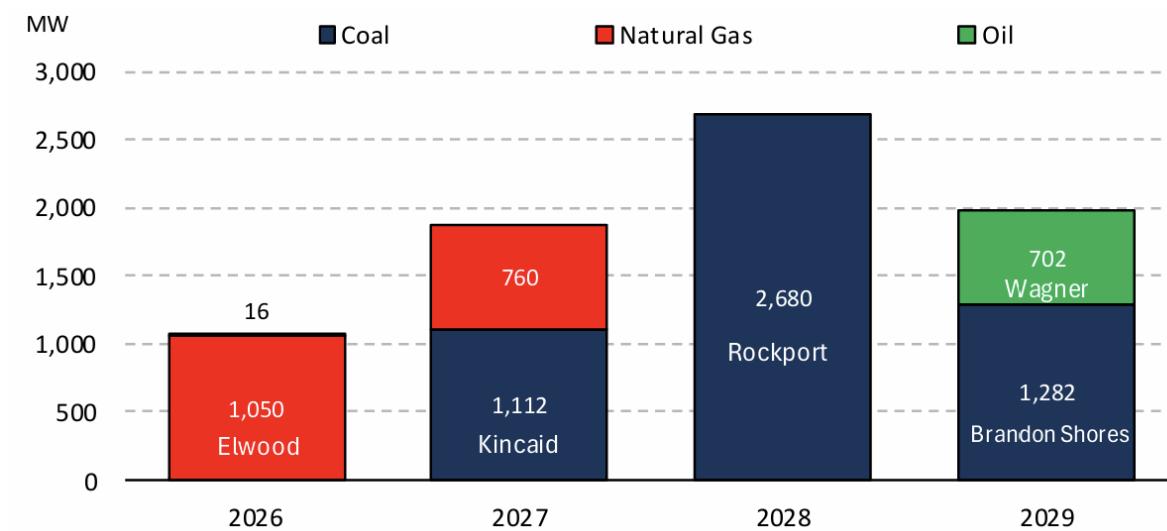
## 2.4 弗吉尼亚：能源需求快速上涨，传统能源退役加剧压力

- 弗吉尼亚未来10年电力需求翻倍。据JLARC（弗吉尼亚州立法审计与审查委员会）测算，弗吉尼亚州对电力无限制的需求将在未来10年内翻倍，数据中心行业正是这一增长的主要推动力。
- PJM区域4年内将退役7.6GW化石燃料电厂，进一步加剧负荷压力。PJM预测，到2030年系统需求将增加32GW，其中30GW将来自数据中心。同时根据PJM统计，共有7.6GW的化石燃料电厂将在4年内计划退役。另有九座燃煤发电机组计划于2029年底退役，总装机容量接近6.6GW，负荷压力进一步加剧。

2023-2024年弗吉尼亚月度能源需求（单位：GWh）



PJM区域传统能源退役情况（单位：MW）



资料来源：JLARC, ENERGY VENTURES ANALYSIS, 华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

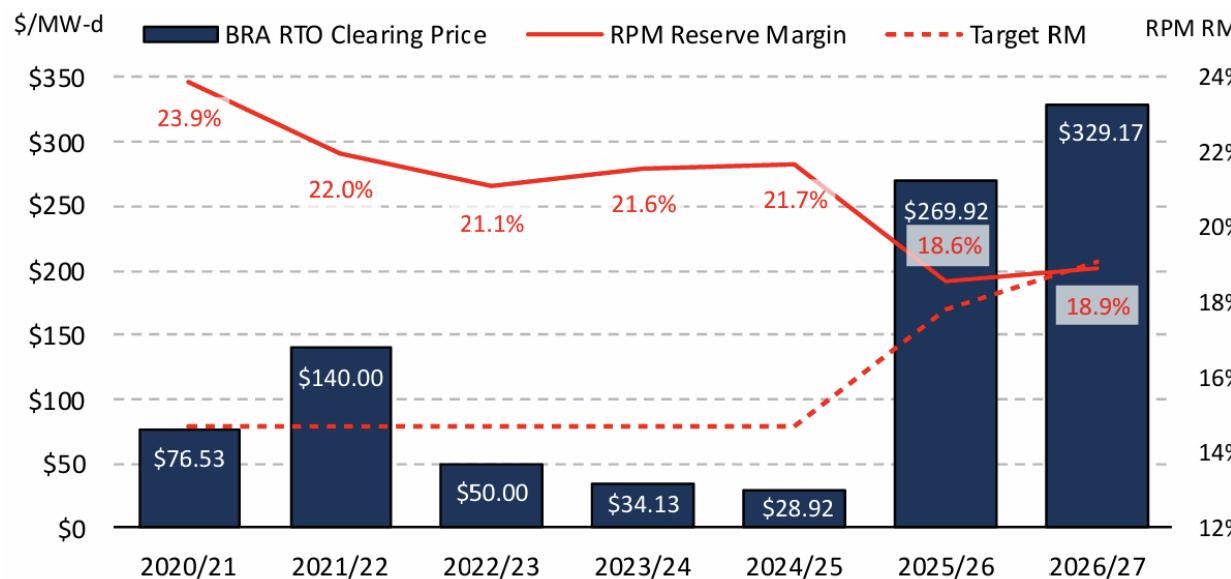
华安证券研究所



## 2.4 弗吉尼亚：PJM容量和远期电价市场释放储能积极信号

- 弗吉尼亚州未来储能增长逻辑顺畅。电价低且稳+光纤好+政策友好→数据中心极快聚集→倒逼电网投资提升→未来电价上涨和容量市场价格抬升→政府立法设定最低储能建设规模→政策+经济性共同促进储能装机增长。
- 可调节资源稀缺性加剧，2025-2027年容量市场拍卖价格暴涨。2025-2026年PJM全区价格从2024-2025年的28.92美元/MW\*日，跳到269.92美元/MW\*日；Dominion分区更是冲到444.26美元/MW\*日。2026-2027年，全区都达到FERC批准的329.17美元/MW\*日上限，仅容量合同一项收入即可贡献12万美元/MW的储能年收益。
- 远期用电价格上涨明显。CMU预计到2030年，在弗吉尼亚中部和北部需求最高的市场中平均电费上涨可能超过25%。

PJM容量电价拍卖情况（单位：美元/MW）



PJM远期电价情况（单位：美元/MW）





## 2.4 弗吉尼亚：尝试通过立法上马储能应对尖峰负荷压力

- 弗吉尼亚州议会尝试通过立法推动美国两大主要公用事业公司进行新的储能投资。VCEA（弗吉尼亚清洁经济法案）本身就要求两家投资者所有制公用事业（Dominion + Appalachian Power）到2035年合计采购3.1GW储能；2025年议会又尝试通过法案，把目标从3.1GW抬到总计到2045年10GW，其中共包括6GW短时+4GW长时储能，最后被州长一票否决，但缺电趋势明显。据VCEA定义，预计短时储能对应4h，长时储能对应8h+，对应储能需求至少56GWh。
- 弗吉尼亚电网侧储能需求有望超预期。据JLARC计算，弗吉尼亚州将需要大量新的发电和输电基础设施，以满足下游负荷增长，当前弗吉尼亚发电资源为38.4GW，预计到2040年将增长至94.7GW，对应净增56.3GW，其中储能净增7.5GW，占比13.4%。弗吉尼亚州电网侧储能主推8h+长时储能以最大化间歇性可再生能源发电的利用效率。

2025-2040年弗吉尼亚州容量装机净增长测算

弗吉尼亚州2025-2040年州内总净增装机约56.3GW

		2025-2040年装机净增长				
		情景一：不限制需求		情景二：限制一半需求		
当前系统		No VCEA	VCEA	No VCEA	VCEA	
发电资源 (州内)	36,000MW	净增长+54,100 MW	+56,300 MW	+31,200 MW	+34,700 MW	
	装机容量	数据中心份额+35,600 MW	+34,300 MW	+12,800 MW	+12,700 MW	
输电 (区域间)	8,700MW	净增长+3,500 MW	+3,500 MW	+3,100 MW	+3,100 MW	
	装机容量	数据中心份额+3,500 MW	+3,500 MW	+3,100 MW	+3,100 MW	
外来电力 (净值)	38TWh	净增长+62 TWh	+73 TWh	+24 TWh	+24 TWh	
	年度电量	数据中心份额+79 TWh	+92 TWh	+41 TWh	+43 TWh	

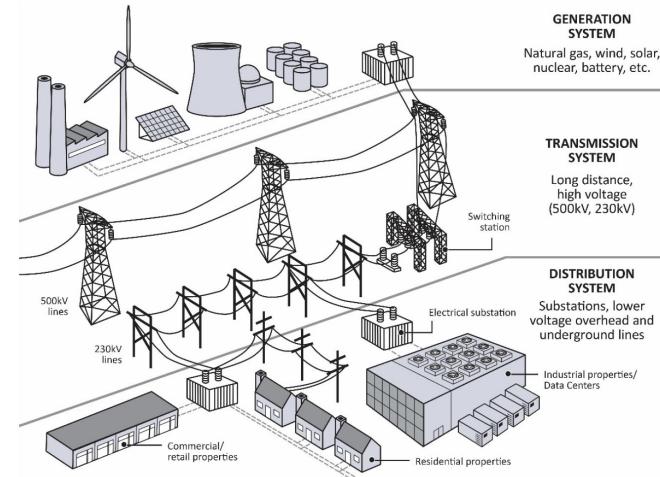
技术类型	2025装机(MW)	2040装机(MW)	2025-2040净增(MW)	在新增中的占比(%)
太阳能	7,596	29,622	22,026	39.1%
联合循环燃气电站 (Gas CCGT)	6,141	19,945	13,804	24.5%
陆上/海上风电	0	8,756	8,756	15.6%
电化学储能	116	7,645	7,529	13.4%
核电	3,708	6,388	2,680	4.8%
燃气调峰机组 (Gas Peaker)	10,499	11,976	1,477	2.6%
其他 (油机、生物质水电、抽水蓄能)	10,332	10,332	0	0.0%
合计	38,392	94,664	56,272	



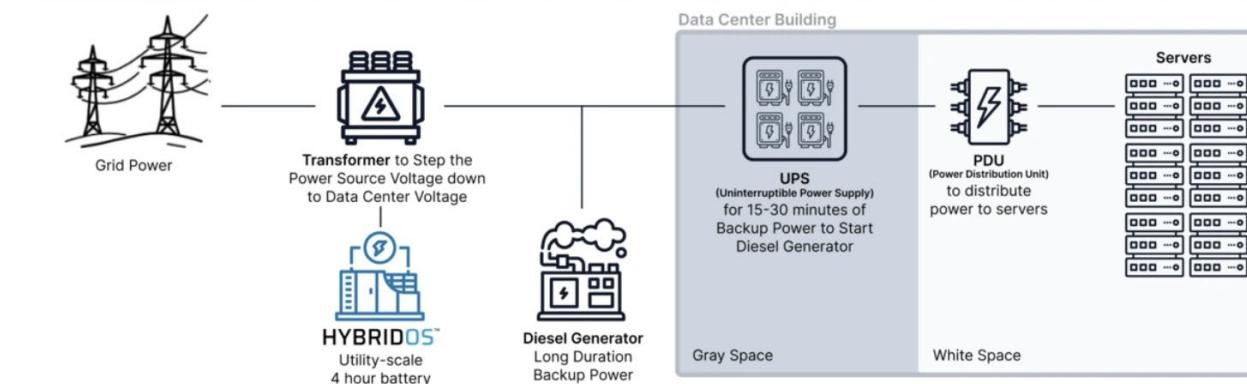
## 2.4 弗吉尼亚：储能在电网侧和用户侧共同作用数据中心

- 储能在数据中心的作用可以分为电网侧（FTM）和用户侧（BTM）。
- 电网侧（FTM）储能主要承担峰值削减+容量保障+输配电扩容替代+可再生能源配储，要接在为数据中心专建的230/500 kV变电站附近。1) 峰值削减+容量保障：面对未来10年数据中心带来的9GW额外峰值负荷，Dominion在IRP里用4+GW储能来对冲，用储能替代部分燃气尖峰电站+推迟新建机组；2) 输配电扩容替代：Dominion在Data Center Alley周边布置的300+MWh储能项目，被定位为缓解数据中心走廊局部网架压力与事故恢复能力的网侧资源。
- 用户侧（BTM）储能主要作为备电和灵活负荷。1) 储能作为UPS+柴油机的升级方案，充当小时级别备用电源；2) 削峰填谷实现虚拟扩容，减少部分容量电费；3) 响应电网频率波动并提供辅助服务；4) 可再生能源配比与PPA对冲。

数据中心电网侧储能示意图



数据中心用户侧储能示意图

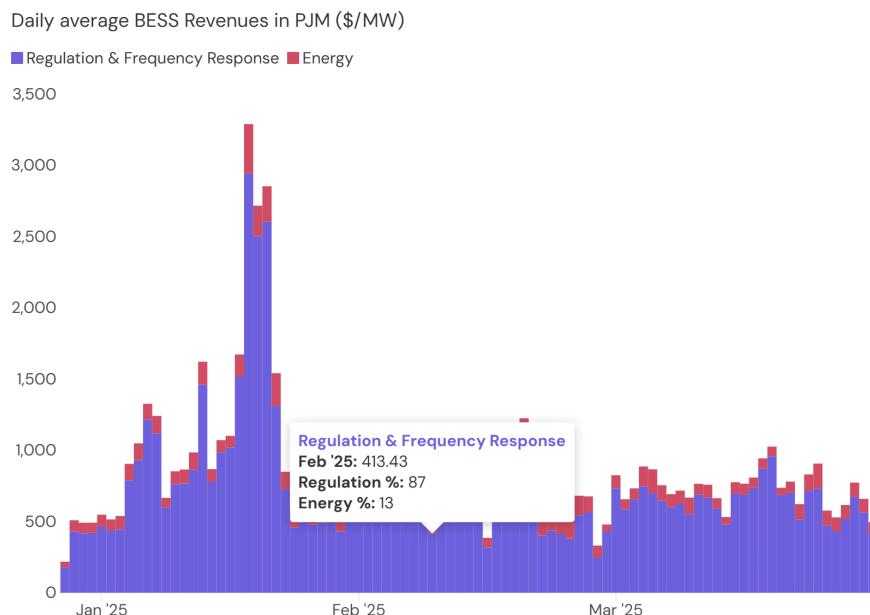




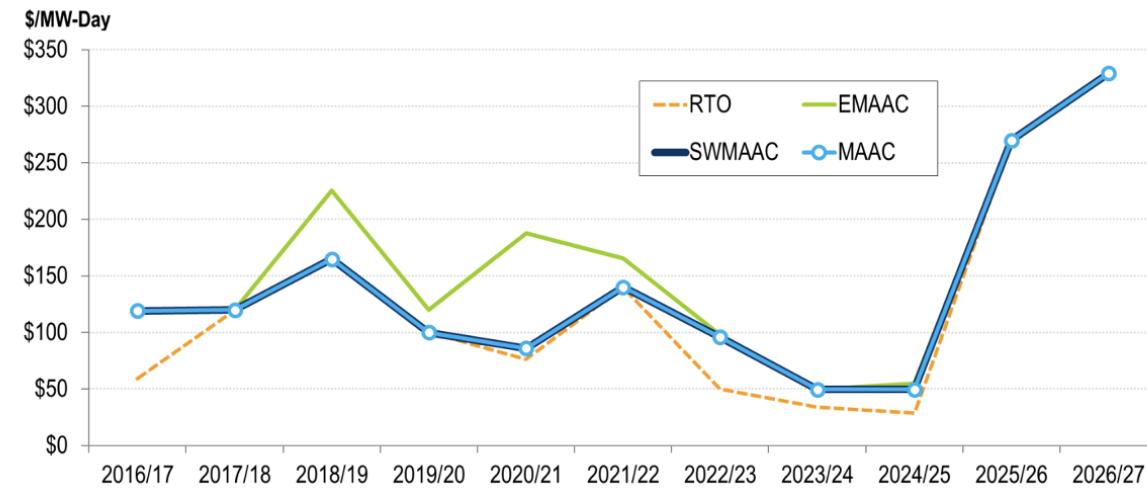
## 2.4 弗吉尼亚：调频+容量合同需求紧缺，储能盈利领先

- 电网侧 (FTM) 储能：1) 容量市场：2025-2027年拍卖结果，Dominion区容量价格大致329-444美元/MW\*日，对应约12-16万美元/MW\*年的容量收入；2) 净市场收益：截至25Q1，FERC报告显示PJM区域平均储能净市场收益为304美元/kW\*年。考虑woodmac给出的美国大型储能801美元/kW成本，对应IRR超50%，具备极强吸引力。
- 用户侧 (BTM) 储能：1) 大型云厂商一次大规模停机场景，业务损失+SLA 赔付+品牌损害往往是千万美元起步，用 BESS 提升事故支撑能力，哪怕只减少1-2次重大停机，NPV就可覆盖系统投资；2) 峰谷套利+减少容量计费进一步增厚收益。

PJM区域储能净市场收益（单位：美元/kW）



PJM区域储能容量合同拍卖价格（单位：美元/kW）



资料来源：PJM, modoenergy, 华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

华安证券研究所



## 美国缺电系电源和输电建设的时间错配

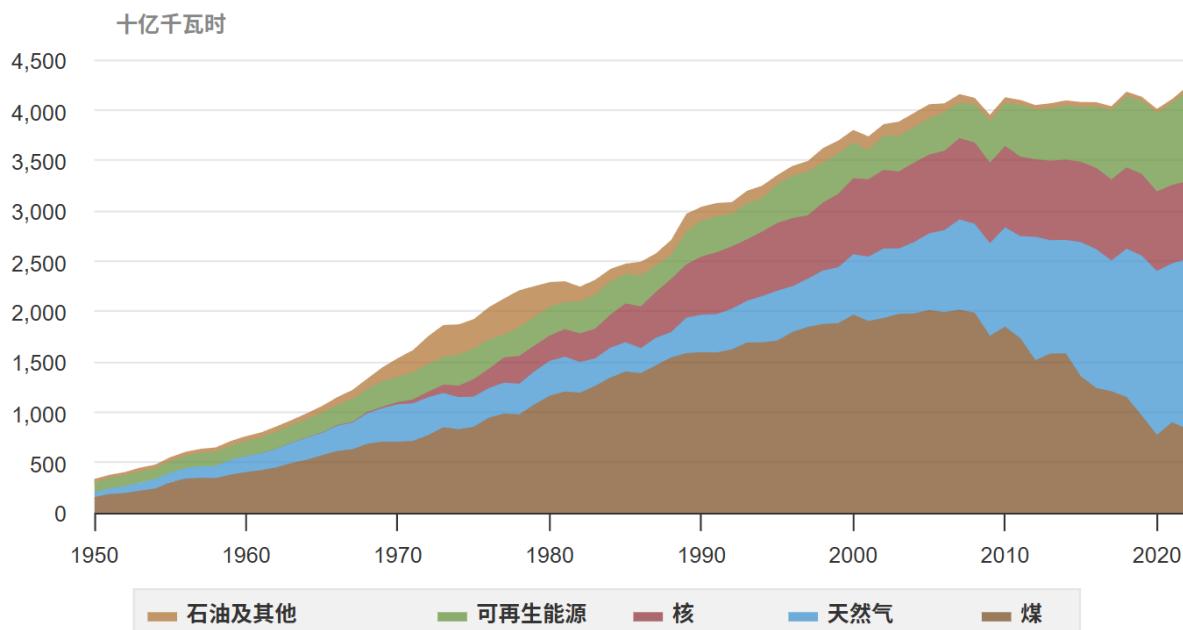
- 一、供给端：并网拥挤叠加传统能源退役
- 二、供给端：数据中心带动负荷激增并高度集中



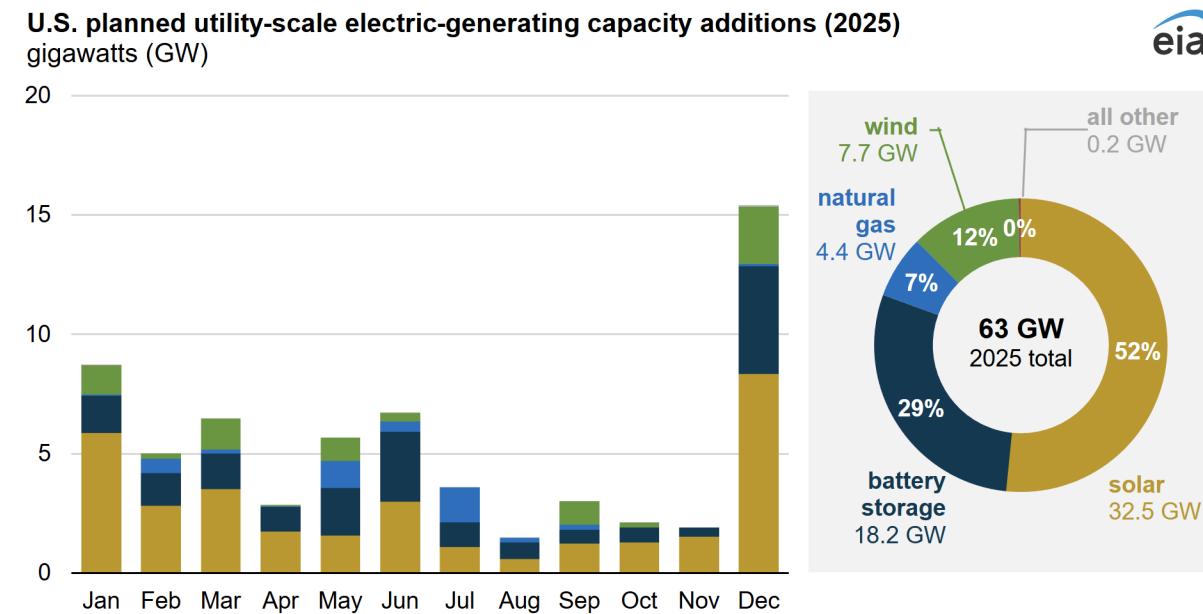
### 3.1 供给端：传统高耗能发电逐渐减少，新增装机以新能源为主

➤ 美国传统煤炭机组发电占比逐渐减少，新增装机以可再生能源为主。美国2023年发电量约4178TWh，其中约60%来自化石燃料、19%核电、21%可再生能源。EIA预计美国2025年将新增63GW公用事业规模发电容量，其中太阳能和电池储能合计占预期总容量新增的81%。

1950-2023年美国主要能源发电情况



2025年美国预计新增发电容量



资料来源：EIA，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

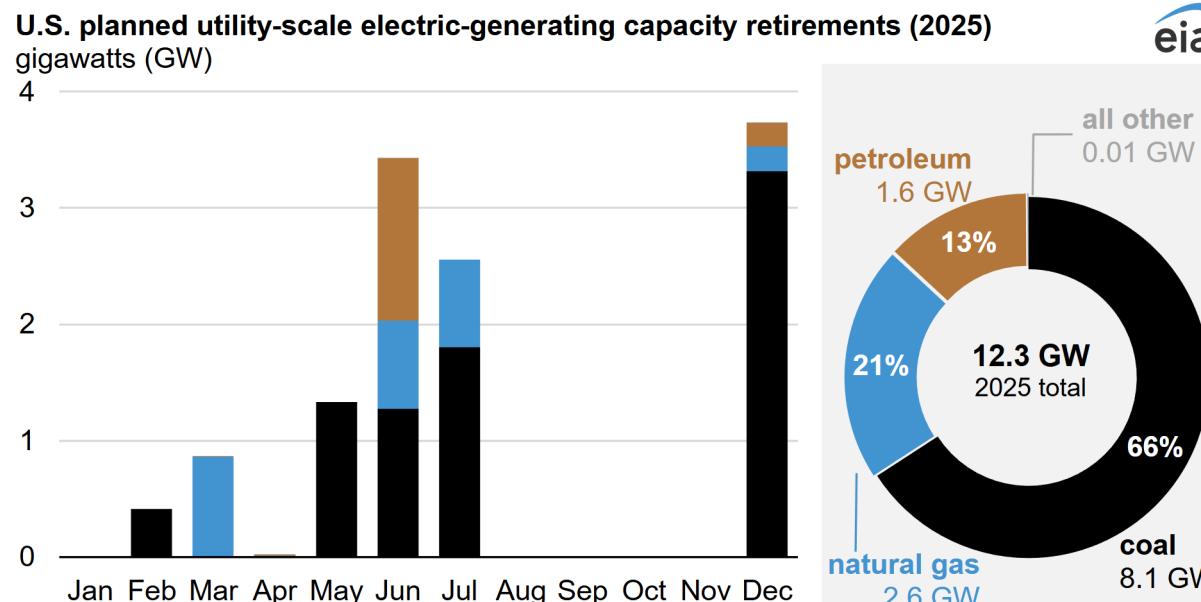
华安证券研究所



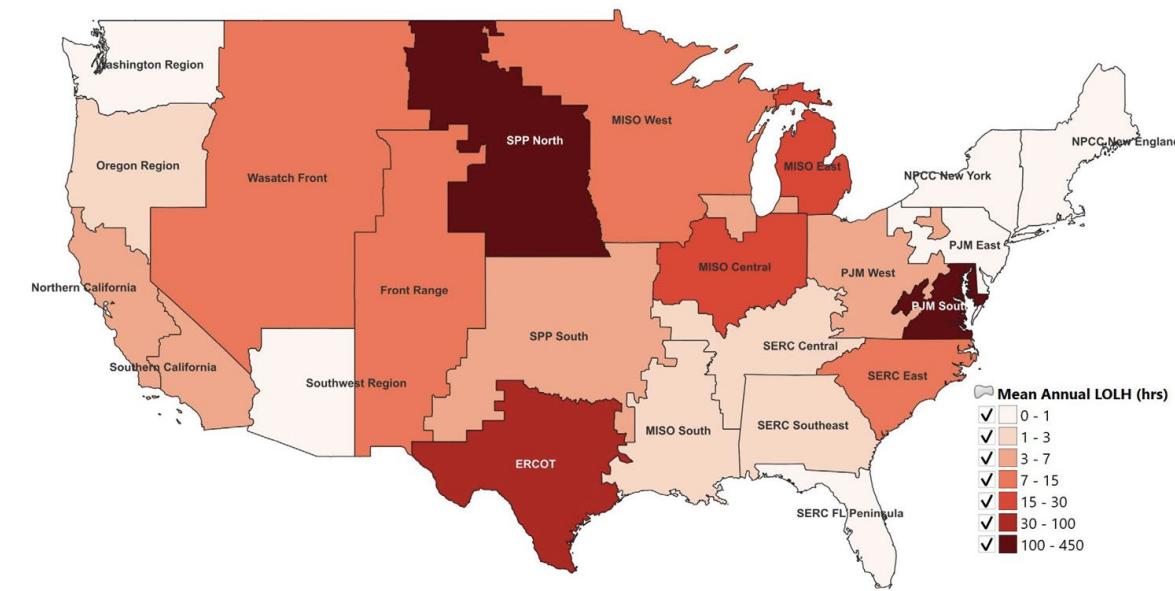
### 3.1 供给端：煤电和天然气机组退役，带动电力系统充裕度下降

➤ 煤电和天然气机组退役加剧负荷压力，美国整体电力系统充裕度呈下降趋势。据EIA统计仅2025年，美国计划退役12.3GW发电容量，其中66%是煤电，21%是天然气。2025年7月美国能源部发布的电力资源充裕性报告显示，预计2030年前计划退役的可调度容量合计104GW，包括71GW煤电和25GW天然气以及少数核电。而同期基荷电源已规划投运容量仅22GW，美国基荷电源存在较大缺口。美国整体电力系统充裕度呈下降趋势，与数据中心相关的重点区域包括PJM、ERCOT等变化更为显著：每年无法满足负荷需求的小时数将从2024年的8.1h激增到2030年817h。

2025年美国预计退役发电容量



2030年美国各区域电力资源充裕性示意图



资料来源：EIA, DOE, 华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

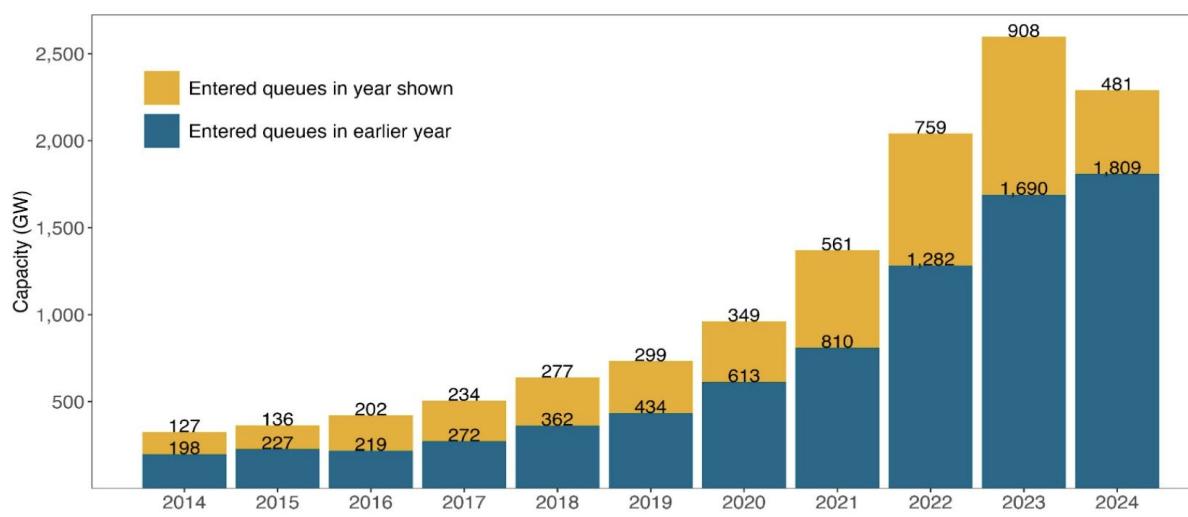
华安证券研究所



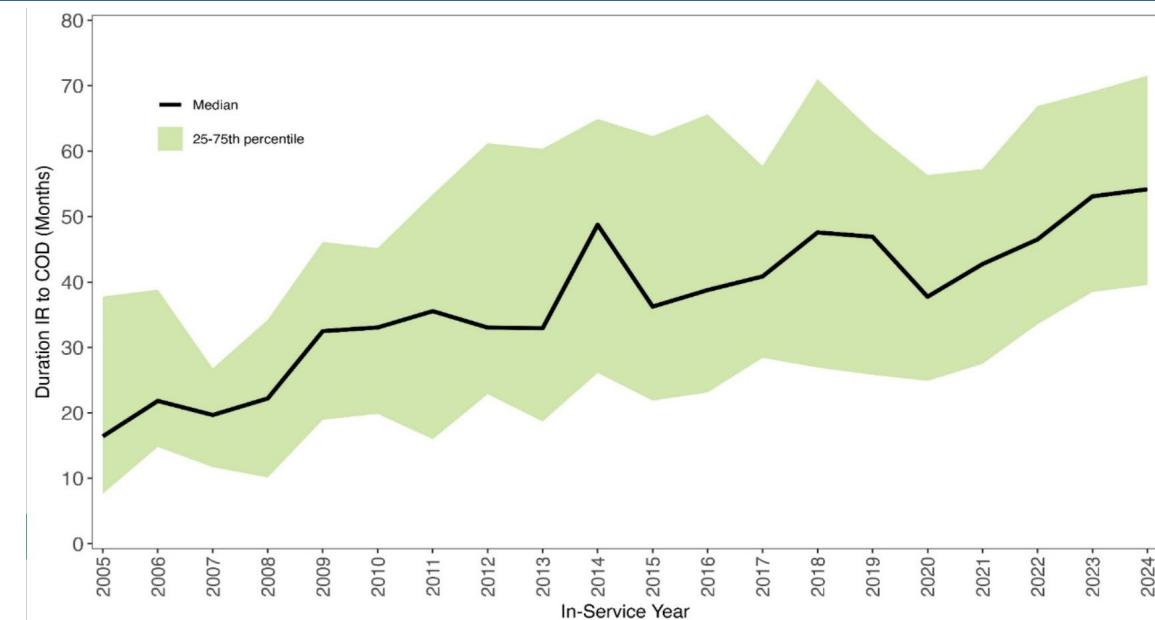
### 3.1 供给端：美国并网累计项目处于高位，并网堵塞持续加剧

- ▶ 美国发电+储能项目并网排队仍处于高位，并网堵塞持续加剧。据LBNL统计，2024年美国新增并网排队项目481GW（23年908GW），累计2290GW，同比减少11.9%，系美国10年来新能源并网堵塞首次缓解，但仍处于高位。项目从提交并网申请到最终投运的平均周期需要4.7年以上，部分拥堵区域甚至更长，PJM区域平均周期为6.3年，CAISO区域平均周期为7.6年。
- ▶ 很多区域出现数据中心比电源建得快的结构性矛盾。大型AI数据中心（单园区100-500MW）从选址到投运典型周期为2-3年，科技公司往往希望更快，与发电项目并网存在时间上错配。

美国并网队列每年新增容量及节奏



美国电网项目从提交并网申请到最终投运的周期



资料来源：LBNL，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

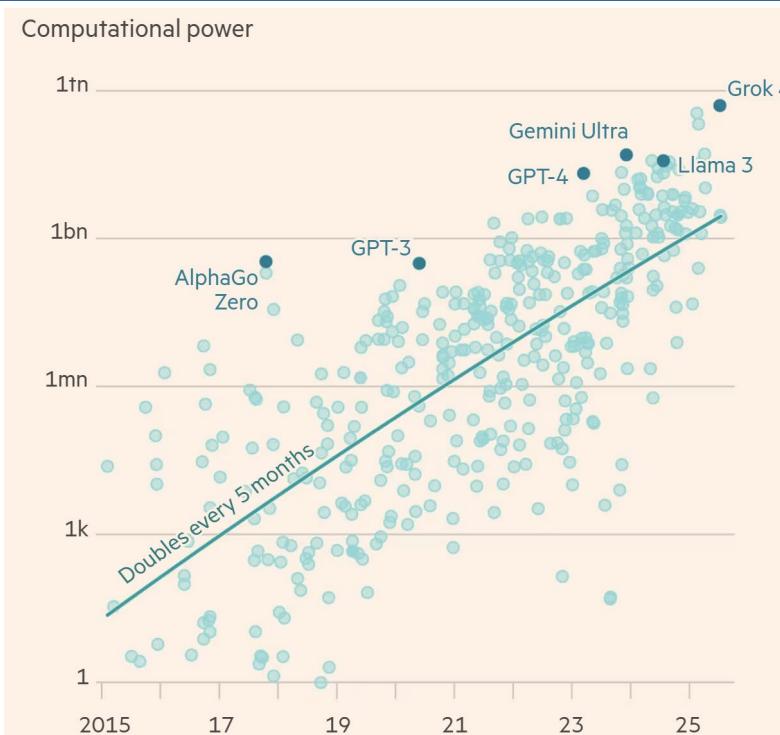
华安证券研究所



## 3.2 需求端：AI模型需要的算力和电力迅速攀升

➤ 伴随AI模型迭代，训练AI模型所需算力和电力迅速攀升。据Financial Times统计，平均每5个月训练AI模型所需算力就要翻倍，平均每1.4年所需电力就要翻倍。

2015-2025年AI模型所需算力



2015-2025年AI模型所需电力



资料来源：Financial Times，华安证券研究所

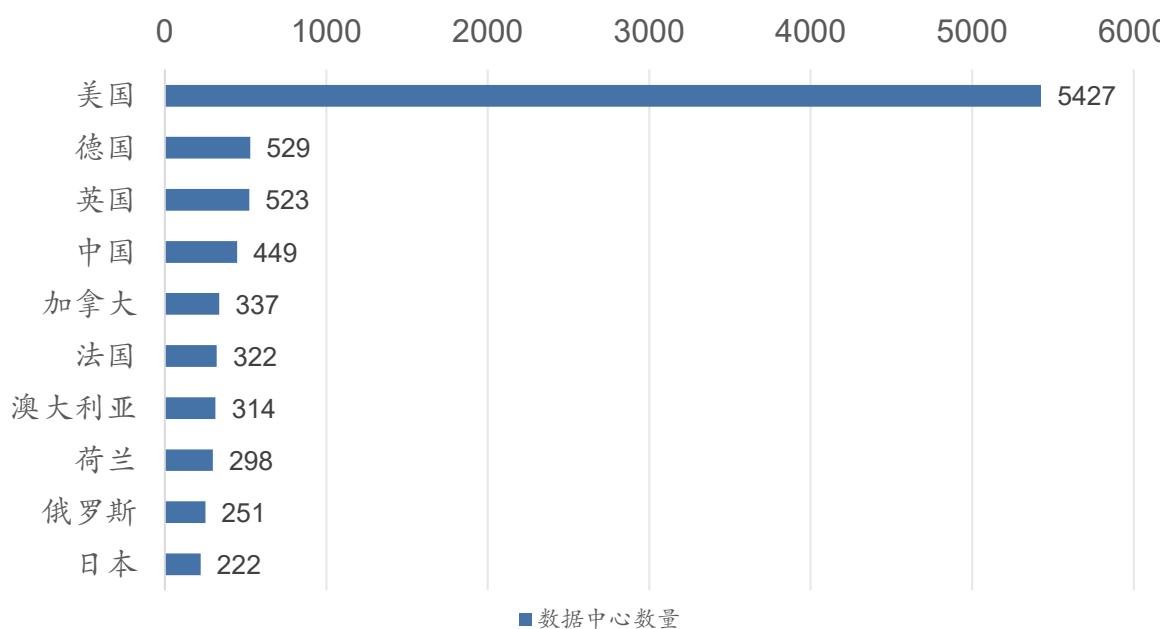
敬请参阅末页重要声明及评级说明

华安证券研究所

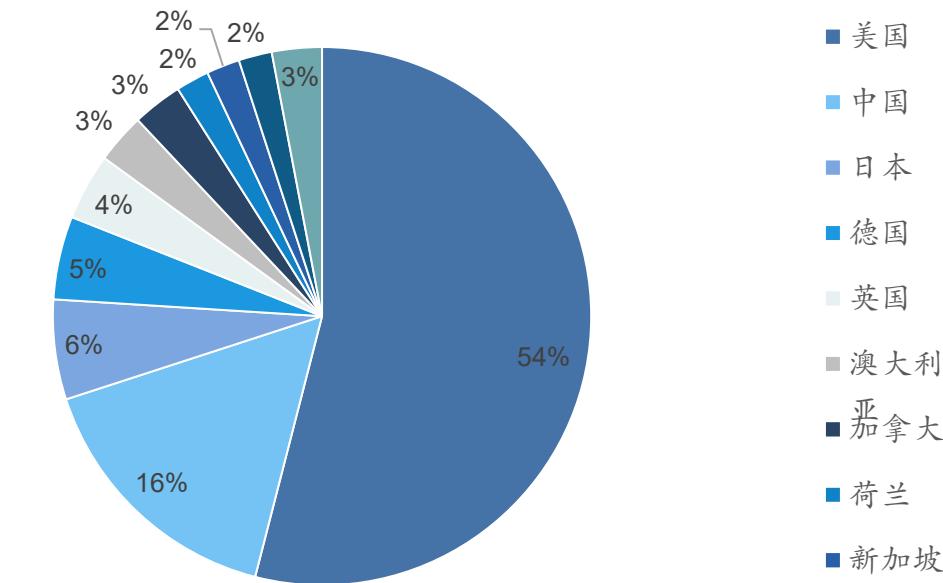
## 3.2 需求端：美国数据中心数量全球领先，增速持续维持高位

- 美国数据中心数量显著领先，在全球数据中心基础设施中占据主导地位。截至2025年11月，美国已布局5427个数据中心，占全球数据中心总量的45%，其中超大规模数据中心达642个，占全球超大规模数据中心的54%左右。
- 基于AI算力需求的快速增长，麦肯锡预测2030年前全球数据中心容量需求将增长至当前的三倍以上，其中美国数据中心需求年复合增长率将达20%-25%。

全球数据中心排名前十的国家（截至2025.11）



全球超大规模数据中心的国家占比（截至2025Q1）



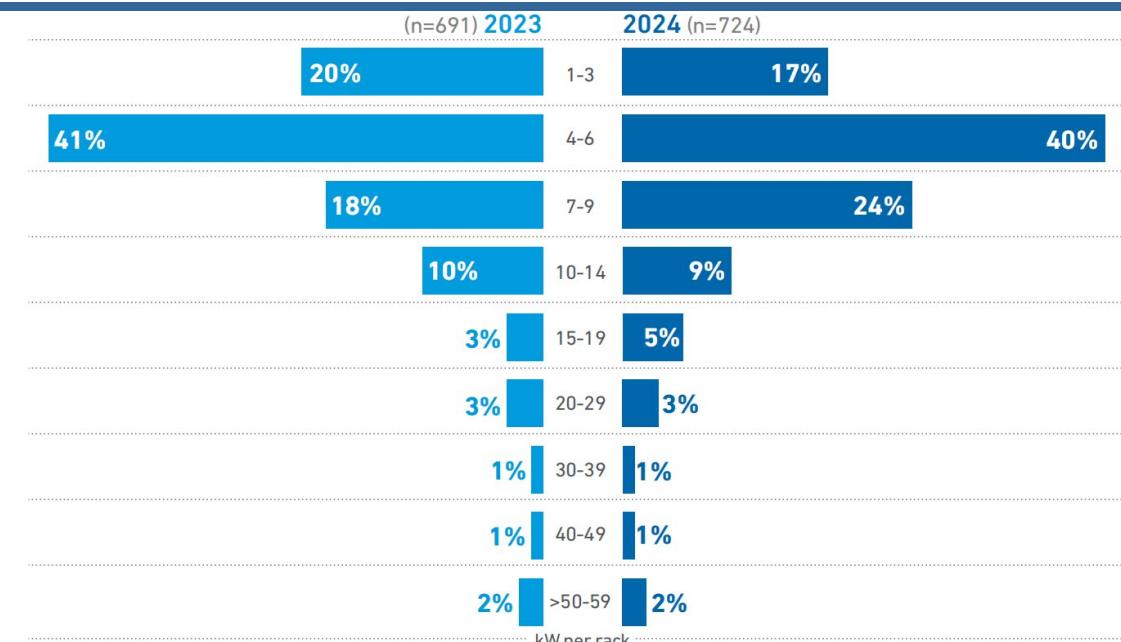
资料来源：cargoson, 华安证券研究所



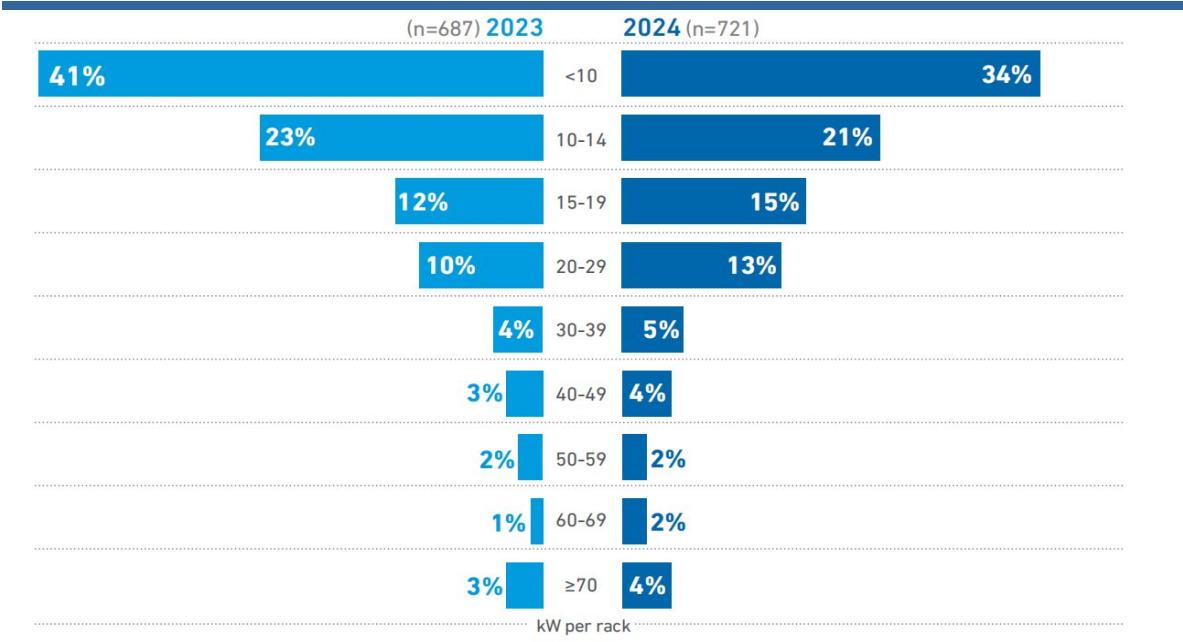
## 3.2 需求端：数据中心功率上升趋势明显

➤ AI算力需求推动美国数据中心的电力及功率需求显著上升。美国LBNL的报告显示，数据中心在2023年消耗了约4.4%的美国总电力，预计到2028年将消耗约6.7%-12%的电力。数据中心总用电量从2014年的58TWh上升至2023年的176TWh，预计到2028年将增加325TWh-580TWh。随着数据中心布局，高密度机架逐渐普及，托管数据中心的机架功率增幅显著。根据Uptime institution报告，相比于2023年，2024年7-9kW机架的数量显著增加，最高机架密度少数已达到100kW以上。我们认为随着大量密集型GPU出货与部署，电力需求上升趋势有望在未来延续。

常见（平均）服务器密度机架呈上升趋势



服务器最高密度机架进一步提升



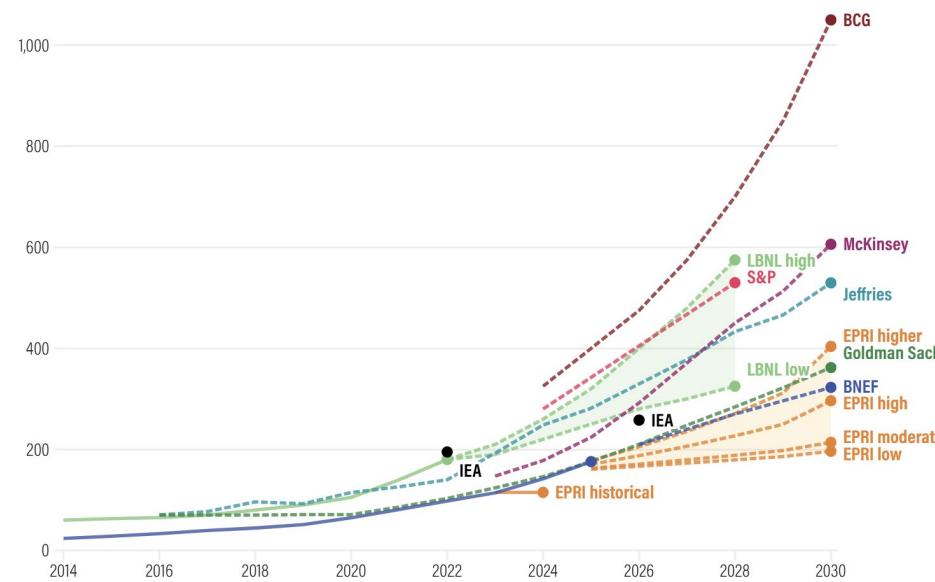
资料来源：Uptime institution，华安证券研究所



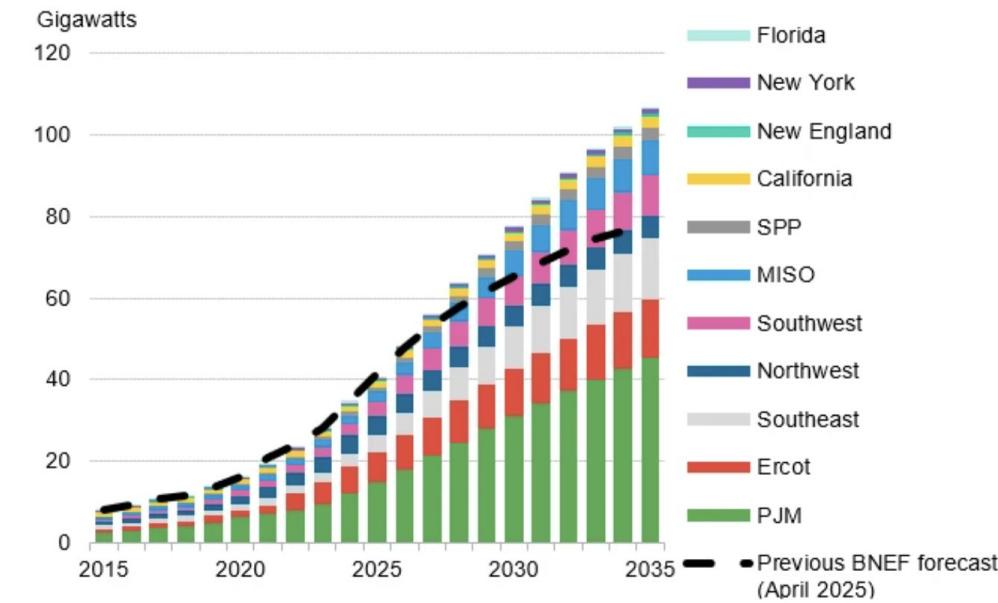
## 3.2 需求端：数据中心用电高增，成为拉高美国用电增长曲线新主力

- 美国的电力消耗基本保持了近二十年的停滞，数据中心将带动新一轮用电增长趋势。过去20年美国负荷需求稳定，对应电网基础设施及发电侧建设也相对滞后。据IEA估计，2024年美国数据中心消耗183TWh电力，占美国总用电量4%以上；预计到2030年美国数据中心将消耗400TWh+电力，占美国总用电量9%以上。
- 数据中心把本来平稳的负荷拉成陡峭上升。BloombergNEF最新预测美国数据中心用电需求到2030年约80GW，2035年将升至106GW，将是2024年25GW在运负荷的4倍多。且伴随数据中心平均规模不断扩大，数据中心用电负荷有望进一步提升。最近一年美国宣布的150个重要数据中心中已有1/4规模超500MW。

美国数据中心用电量预测（单位：TWh）



美国数据中心用电负荷需求预测（单位：GW）



资料来源：WRI, BNEF, 华安证券研究所

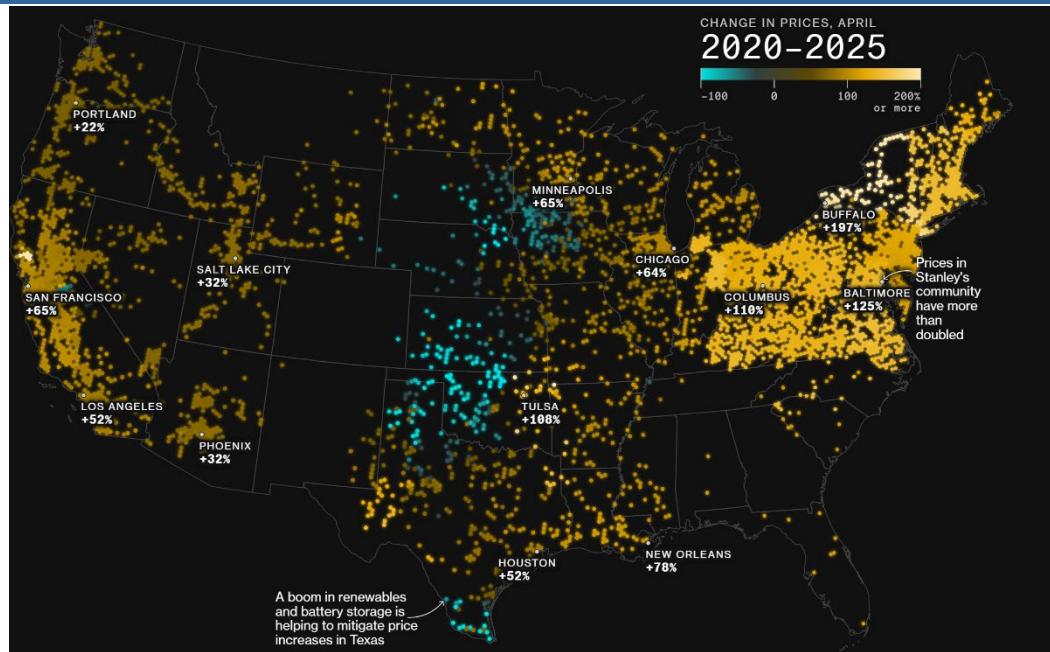
敬请参阅末页重要声明及评级说明



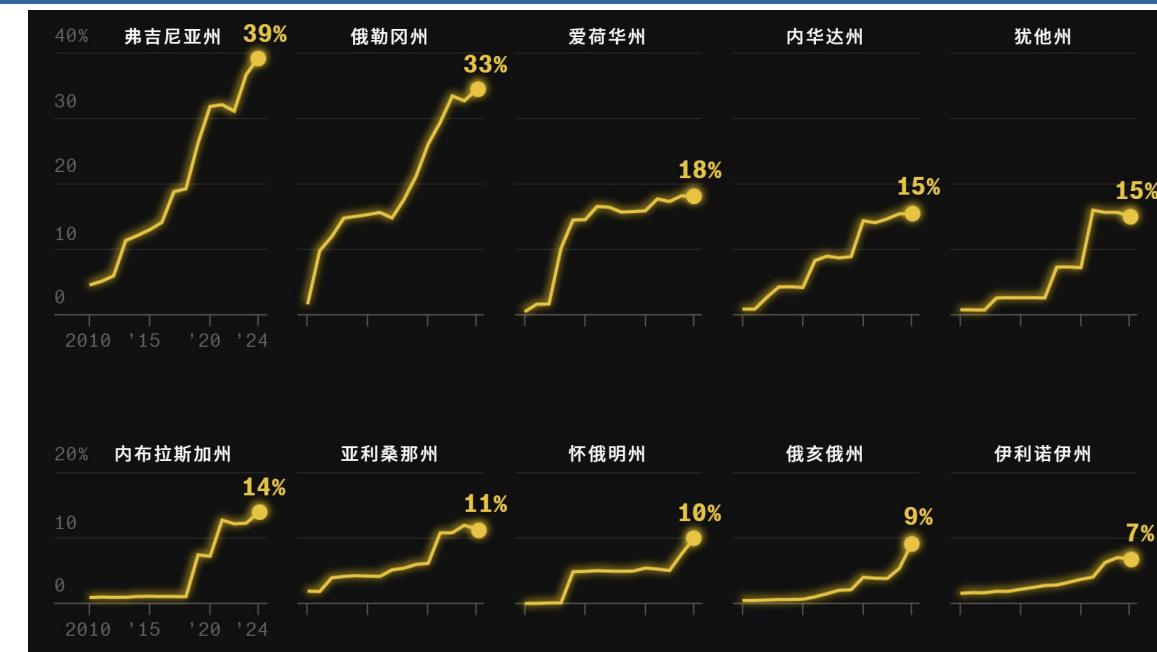
## 3.2 需求端：数据中心新增负荷高度集中，价格信号已反映紧张态势

➤ 数据中心负荷高度集中在少数州与局部电网，对电价产生剧烈影响。EPRI研究表明，美国仅15个州就贡献了约80%的数据中心供电，其中以弗吉尼亚、德州、加州、伊利诺伊和俄勒冈最为突出。据eia和bloomberg统计，2020年-2025年，美国大部分州批发电价上涨50%+，弗吉尼亚州、纽约州等数据中心大规模部署地批发电价上涨超100%。目前已有8个州数据中心用电份额占比超10%，其中弗吉尼亚州数据中心用电占比为39%，对局部电网造成巨大压力，推动能源成本上升，这些成本正在通过零售电价传导给居民和企业。弗吉尼亚等州的长周期电价预测显示，为满足数据中心和VCEA等政策要求，居民月均电费到2030年可能较当前上涨25%。

2020-2025年美国各州批发电价上涨百分比



美国部分州数据中心用电份额占比



资料来源：bloomberg，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

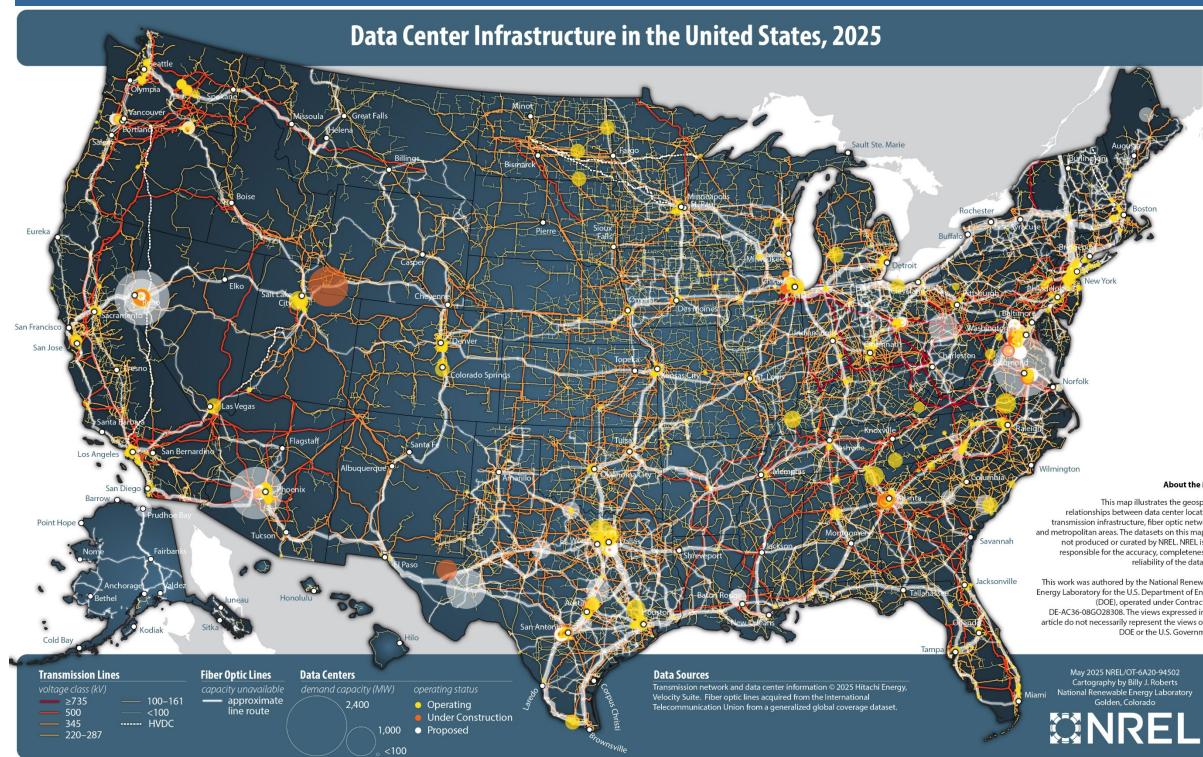
华安证券研究所



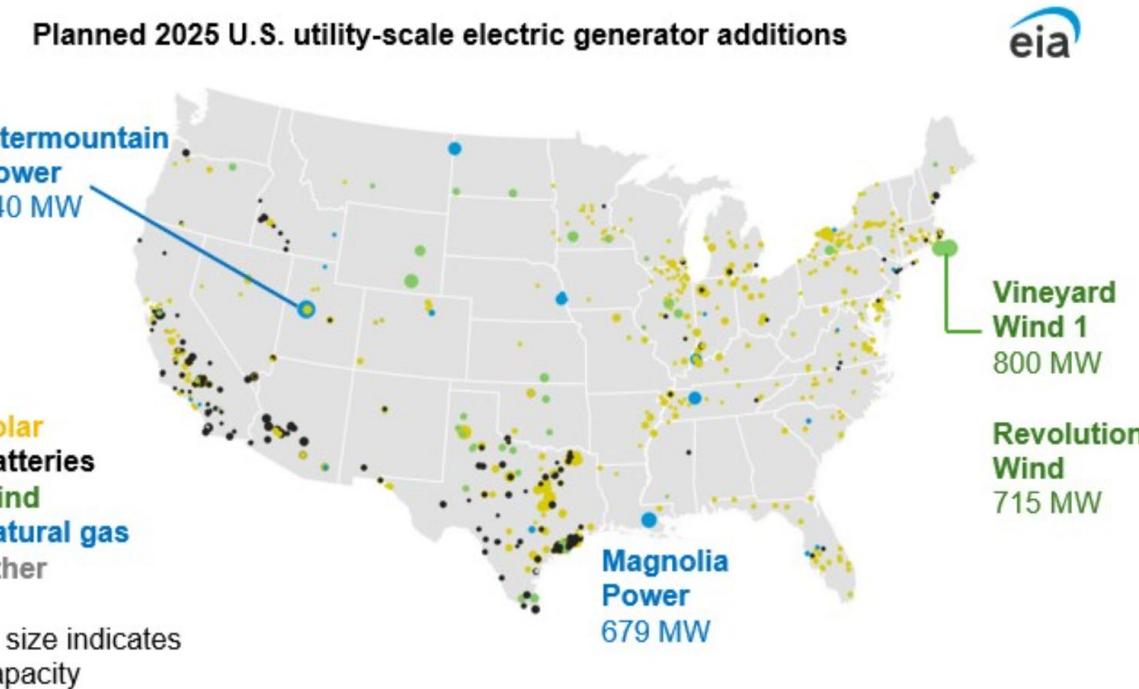
### 3.3 美国缺电主要体现在电力供需的时空错配

➤ 新建清洁电源和输电线路集中在部分地区，与AI数据中心选址存在空间错配。新建清洁电源和输电线路集中在部分地区，而AI数据中心建设需要考虑免税政策及光纤基础设施条件，数据中心选址与新建电源不完全重合。同时跨州输电与大机组项目审批和建设周期长（往往7-10年），而数据中心项目希望在2-3年内投运。即缺电的本质是局部电网的可用容量和输电能力不足以在短期内承接AI数据中心的集中负荷，而不是全国总发电量不够。

2025年美国数据中心基础设施情况



2025年美国计划新增电源项目



资料来源：NREL, EIA, 华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

华安证券研究所

### 3.4 缺电已反映在远期电价和容量电价中

- 数据中心巨大能源需求对电价影响已反馈在远期电价中。由于接网及电源稀缺性，数据中心以远高于市场电价水平锁定供应。如微软与核电公司110-115美金/MWh的20年直连协议，考虑约17美金/MWh过网费，约130美金总价较PJM 2024年平均批发电价55.54美金/MWh上涨134%。
- 容量电价的走高是电网可用容量不足的具体体现。美国数据中心密度最高的电力市场之一PJM电力市场（覆盖弗吉尼亚、宾夕法尼亚等13个州）在7月22日公示2026/27周期容量电价招标结果，134.3GW基荷电力装机将获得\$329.17/MW-day的容量电价，较2024/25周期（\$28.92/MW-day）上涨超10倍。

美国ERCOT远期电价中枢上行



美国PJM远期电价中枢上行



资料来源：bloomenergy，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

华安证券研究所



### 3.5 数据中心强制配储相关法律提案持续酝酿，趋势已明朗

数据中心强制配储相关法律提案持续酝酿，虽当前暂无已通过案例，但趋势已明朗。数据中心快速扩张引发北美对于能源使用公平性、环境污染以及用电成本的担忧。美国最大数据中心所在地弗吉尼亚州于年初提出一系列法案如要求其两家公用事业公司采购的储能容量增加两倍。另一方面，多州出于环保考虑对于数据中心提出可再生能源最少使用比例要求，Google、Microsoft等科技巨头承诺2030年数据中心实现100%净零排放目标，进一步激发储能需求。

#### 美国各州数据中心配储相关法律提案

州名	关键政策和要求	是否强制储能？
加利福尼亚	公用事业关税鼓励储能； <b>自发电激励计划提供4.5亿美元用于表后储能</b> ；AB 1095支持废热捕获与REC；CPUC提议BESS安全规则。	否
弗吉尼亚	HB 2578（失败） <b>提议到2027年逐步淘汰化石备用电源并研究非化石选项；颁布法律促进储能投资</b> （如到2035年的3100 MW目标）；地方指南推荐储能用于电网支持。	否
纽约	S.6394（留委员会） <b>强制数据中心到2040年100%可再生能源</b> ；到2030年6 GW储能目标包括批量和零售项目激励。	否
明尼苏达	HF 2928（提案） <b>要求数据中心到2030年65%可再生能源，此后100%，小时合规。</b>	否
科罗拉多	SB25-280（失败） <b>为储能实施提供税收激励</b> （100%销售税豁免）；有权安装储能与互联规则。	否（激励）
伊利诺伊	HB 3758/SB 2497（提案）设定15 GW储能目标；虚拟电厂计划支持高需求用户。	否
西弗吉尼亚	HB 2014（颁布）允许数据中心使用带储能的微电网，豁免分区障碍。	否
德克萨斯	SB 2888（提案）将效率（如冷却系统）与税收豁免挂钩；SB 6要求大型负载（≥75 MW）从2025年12月起在紧急时削减。	否
印第安纳	批准≥70 MW数据中心模型合同，带绿色关税用于碳中和资源；全额支付基础设施成本。	否
马里兰	到2033年3 GW储能目标；SB 0316（失败）分配税收收入用于太阳能REC。	否
内华达	清洁转型关税允许长期可再生采购；禁止储能所有者歧视性费率。	否
乔治亚	HB 528（提案）要求能源指标报告以获税收激励；待立法基础设施成本支付。	否
PJM州（如PA、NJ、MD、VA）	推荐BYOC规则；数据中心可安装电池提供8小时运行满足容量，避免中断。	否（推荐）

资料来源：bloomenergy，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

华安证券研究所



## 数据中心配储具备经济性和功能性优势

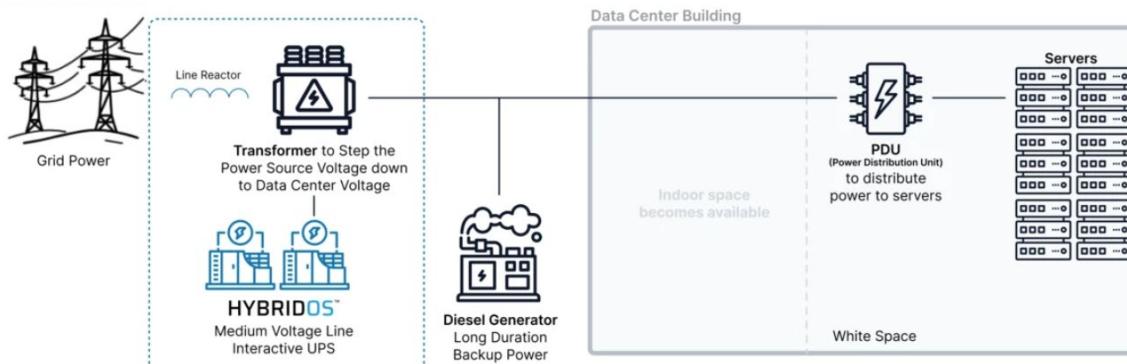
- 一、数据中心配储方案形态与架构
- 二、数据中心配储在缺电逻辑中的价值
- 三、数据中心配储经济性测算



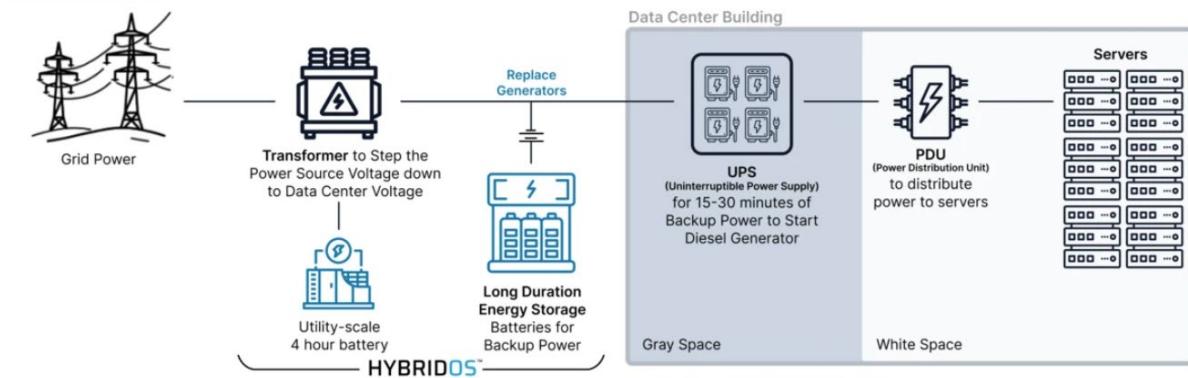
## 4.1 架构一：储能可作为数据中心内部UPS的升级方案

- 聚焦数据中心内部备电需求，储能替代传统铅酸UPS，确保在市电中断等极端情况下的持续运行。传统UPS难以负荷AI数据中心高达MW级的单机柜功率及其剧烈的负载波动，英伟达于2025年发布的800V直流架构白皮书，为整个数据中心能源产业提供了权威的技术指引。其明确指出储能是支撑800V高压直流架构的关键，驱动备用电源体系向混合储能系统演进，以提供毫秒至分钟级的快速、高功率响应能力。
- 储能可提供4到8小时的延长备用电源，取代柴油发电机的需求。即储能可以配置为同时作为中压线路交互式UPS和备用发电机替代，显著减少数据中心所需组件数量，从而降低数据中心的资本支出。且储能电池比传统UPS系统更具可扩展性。

BESS作为中压线路交互式UPS系统运行



BESS作为数据中心备用电源替代发电机

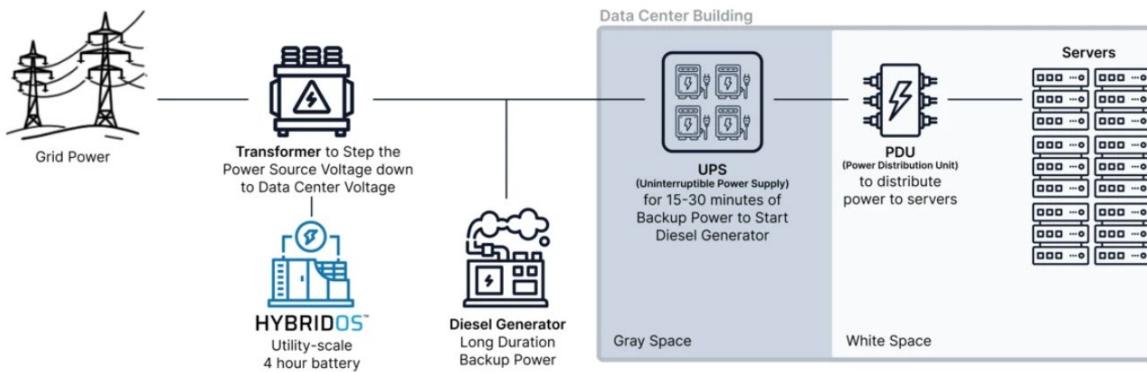


资料来源：Flexgen，华安证券研究所

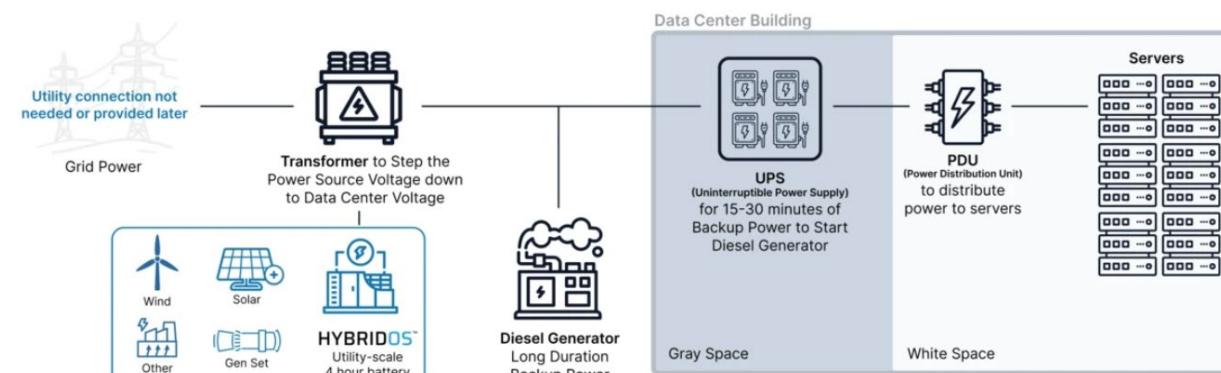
## 4.2 架构二：储能可作为数据中心表后（BTM）灵活负荷/主要能源

- 用户侧（BTM）储能主要作为灵活负荷，可助力数据中心快速并网。通过在数据中心变电站侧建设数十到数百MW级 BESS，与园区高压/中压母线直接相连。具备如下优势：1) 解决功率骤升与电能质量问题：数据中心任务的功耗可能从极低值瞬间飙升至峰值，而高功率储能系统能瞬时响应，从而平抑电涌，避免电网电压骤降，保护数据中心设备；2) 应对电网容量短缺与并网瓶颈：配置储能的数据中心可通过削峰填谷，降低对电网扩容的依赖，加速数据中心项目并网落地；3) 峰谷电价套利：削峰填谷实现虚拟扩容，并减少部分容量电费。
- 发电资源+储能+数据中心共址实现孤网运行。阿联酋Masdar与阿联酋水电公司联合开发，项目包含装机容量达5.2GW的光伏电站，并配备总储能容量19GWh的电池系统为1GW数据中心供电，实现数据中心用电全部由光伏和储能供给。未来孤网数据中心将成为一种新解法，我们预计对应每GW数据中心需要配储16GWh以上。

部署在电表后方的公用事业级BESS示意图



BESS集成发电资产以实现数据中心孤网运行



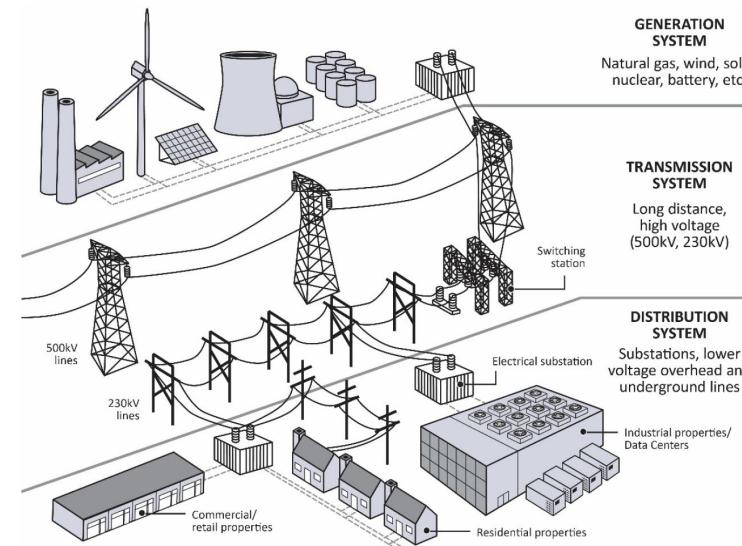
资料来源：Flexgen，华安证券研究所



## 4.3 架构三：储能电网侧（FTM）充当可调度机组

➤ 电网侧（FTM）储能主要承担峰值削减+容量保障+输配电扩容替代+可再生能源配储。电网侧风光+BESS建在电网侧、接入输配电网，资产多由公用事业或IPP持有，数据中心通过PPA/vPPA购买其电量+容量+绿色属性。与园区内BTM储能不同，FTM储能被视为一台可调度机组：中午随光伏充电，傍晚和系统紧张时放电，参与能量套利、容量市场和辅助服务，为整个区域提供峰荷支撑和资源裕度。对数据中心而言，FTM储能一方面锁定长期 $7 \times 24$ 低碳电源，提升24/7绿电匹配度；另一方面在负荷快速扩张、接网容量紧张的地区，通过先建电源再上负荷的方式，实质上帮数据中心获取接入资格和容量空间。对公用事业和监管而言，FTM配储模式将AI负荷的边际压力转化为新增清洁电源与储能资源，实现数据中心扩张、电网可靠性和减碳目标的三方平衡。

数据中心电网侧储能示意图



资料来源：PJM，华安证券研究所



## 4.4 价值一：加速数据中心拿电，抢占AI上电窗口

- 部分区域监管和电网公司倾向数据中心用更严格的储能要求+更小的负荷容量换取更快并网。电网运营商在评估接入新负荷时，重点关注峰值功率和对系统稳定性的影响，如果数据中心自带储能，可以限制并平滑其对电网的最大负荷和爬坡速率，降低对输电和新建机组的边际需求。
- 加州、俄勒冈州等地区已经出现首批利用储能快速并网的数据中心案例。2025年10月Aligned Data Centers公告在俄勒冈州的太平洋西北数据中心园区建设31MW/62MWh储能，以满足电网对调峰与系统支持的要求，从而提前获得并网许可和负荷接入，该数据中心预计2026年投入运行，并网用时大幅减少，较传统7年以上并网周期快速提前。

### 美国部分州鼓励灵活并网条例

州	方案 / 机制形式	核心做法
俄勒冈州	PGE灵活并网实践	PGE与GridCARE利用储能等灵活资源，提出在不立刻完全扩容网架的前提下，通过可控负荷/储能调整功率曲线，让数据中心客户比原计划提前数年并网。
加利福尼亚州	CPUC灵活并网标准+PG&E FlexConnect 计划	CPUC 批准Flexible Interconnection框架，允许DER（光伏+储能等）在接受限发/功率曲线约束条件下提前并网，数据中心如果愿意签可调负荷/储能响应合约，可以纳入该类框架。
德克萨斯州	ERCOT高度市场化并网+储能/柔性负荷友好环境	ERCOT对发电和大负荷的并网程序相对简化，且BESS可作为发电机参与现货市场、辅助服务；在很多节点，数据中心通过配套储能和柔性负荷曲线，向ERCOT/TDSP 证明不加剧峰值压力，可以实质上缩短并网周期或争取更大接入容量。
弗吉尼亚州	VCEA储能目标+Dominion IRP/Grid Transformation	《弗吉尼亚清洁经济法案》(VCEA) 要求到2035年部署2.7GW储能，Dominion在IRP中把BESS视为应对数据中心集中负荷、提高资源裕度的核心资源；大量光储、电池和调峰电源项目在北弗吉尼亚数据中心集群附近布局。
明尼苏达等灵活并网先行州	州监管要求公用事业提供Flexible Interconnection选项	明尼苏达等州已在并网规则中引入Flexible Interconnection条款：公用事业需与开发商协商通过DERMS/限发/按时段限额等方式，在网架尚未完全升级前，允许更多DER接入。

资料来源：DOE, DataCenterKnowledge等，华安证券研究所

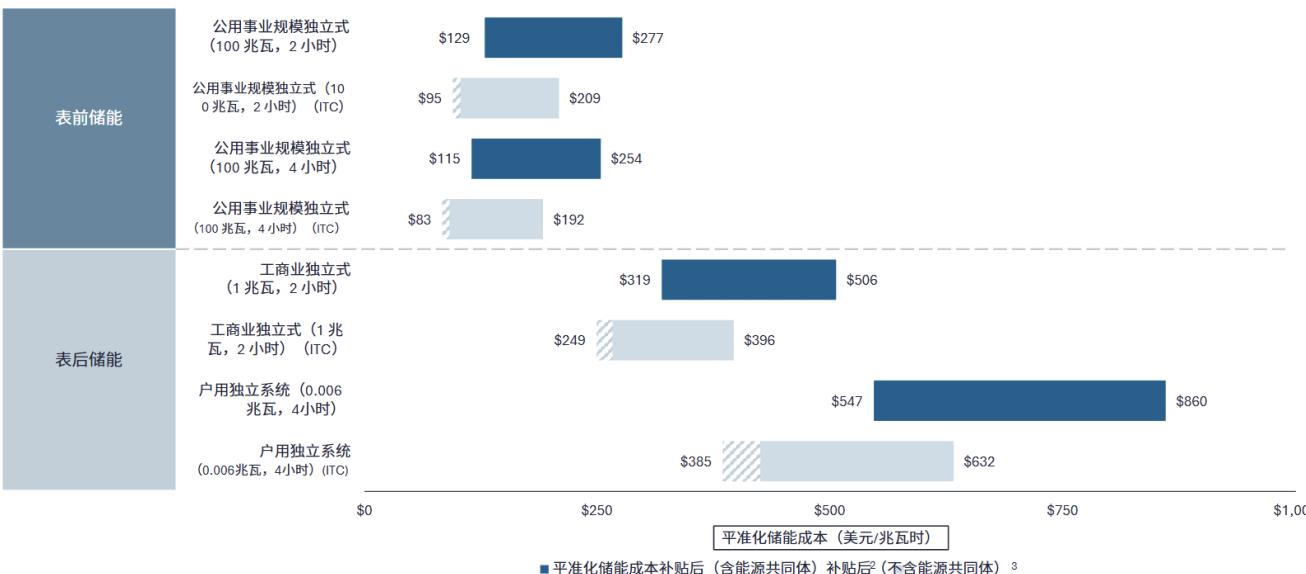
敬请参阅末页重要声明及评级说明



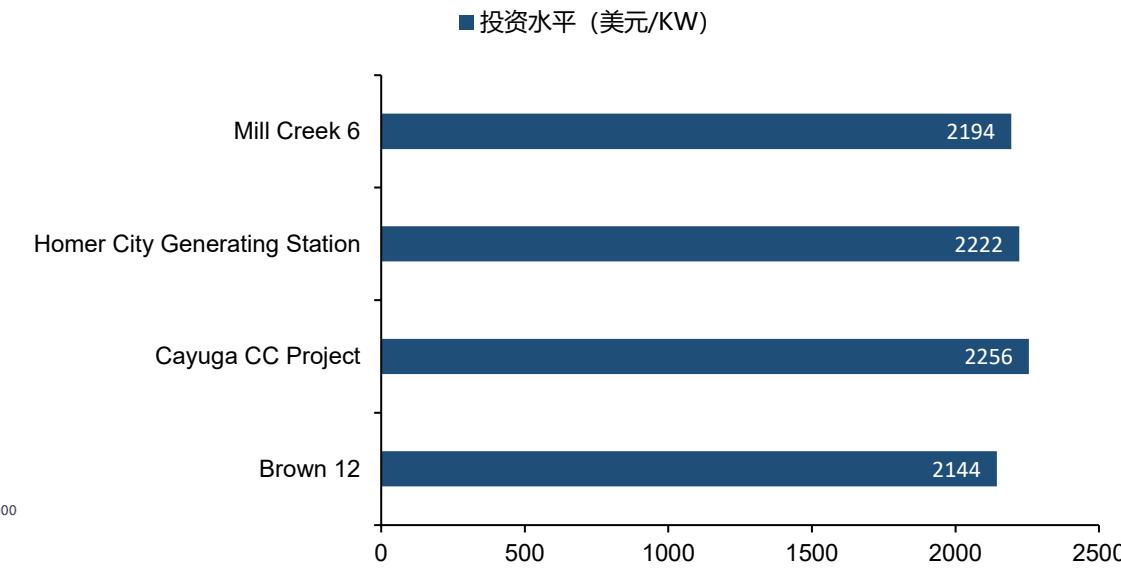
## 4.5 价值二：降低系统峰值与容量成本，具备较强经济性

- 储能可以在峰电价和容量紧张时段放电，从而减少对新建燃气机组的需求。
- 储能成本下降明显，已具备经济性。目前美国4h储能投资成本低至115-254美元/kWh，考虑ITC补贴后可低至83-192美元/kWh，远低于建设联合循环燃气电站的2200美元/kW投资水平。据Lazard分析，部分地区光储的度电成本已经低于新建燃气电站，伴随考虑中国储能集成商成本优势更为显著，储能经济性优势将进一步凸显。

美国各类型储能成本示意图



2025年美国联合循环燃气电站建设成本



资料来源：LAZARDS, GridLab, 华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

华安证券研究所



## 4.6 价值三：提升用电可靠性和电能质量，减少对柴油机依赖

- 储能可提升数据中心用电可靠性和电能质量，未来有望替代柴油机。目前数据中心普遍采用UPS+大量柴油机组的传统方案，未来储能可以接管UPS之后的短时供电，提供15-120分钟的不间断电源，在很多短停电/瞬时电压跌落场景下完全免启柴油机，大幅减少排放和维护成本。同时储能可以提供无功和谐波支撑，改善敏感IT负载的供电质量。
- 配储并减少柴油机依赖成为数据中心实现环保承诺的重要方式。微软在瑞典数据中心采用Saft BESS替代部分柴油备电，通过配套4组各4MW的储能，可提供80分钟备用电源，峰值功率可达到24MW。更进一步，Microsoft目标在2030年前实现全公司范围内的无柴油数据中心，储能潜在替代需求大。

Saft为微软数据中心配储



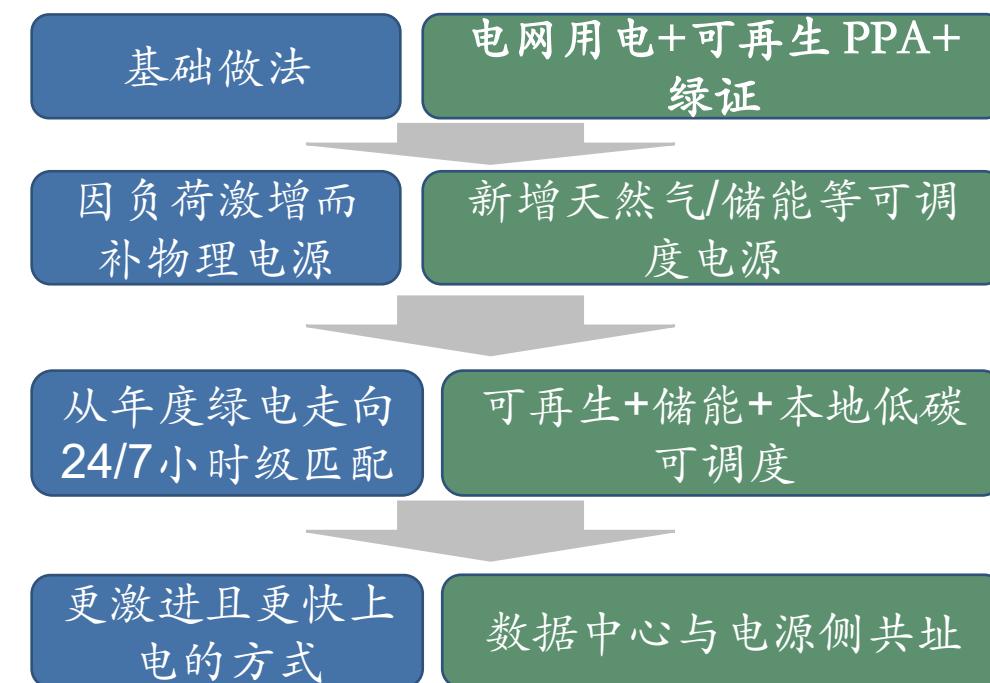
## 4.7 价值四：科技公司清洁能源供给目标需要储能助力

➤ 美国科技公司/大型数据中心运营商实现清洁能源供给的路径，核心是把采购（PPA/证书）、物理供电（本地可调度电源）和24/7小时级匹配三件事逐步叠加做实。从基础的电网用电+可再生 PPA+绿证实现年度口径的清洁能源目标；到因为负荷激增，公用事业公司新增天然气/储能等调度电源；更进一步部分科技公司签订小时级匹配PPA，通过可再生能源+储能实现本地化低碳可调度；最后直接共建数据中心和可再生能源项目，显著缩短并网周期，可选择更小的并网容量或可中断接入，降低成本并缓解电网拥塞。

美国各科技公司清洁能源目标

公司	估计数据中心容量 (MW)	净零排放目标年份	企业清洁/绿色/可再生用电目标	当前占比	小时级匹配目标
Meta	9,780	2030	自2020年以来 100% 可再生电力	100%	
谷歌 (Google)	8,960	2030	自2017年以来 100% 可再生电力	100%	到2030年 100%
亚马逊 (Amazon)	7,660	2040	自2023年以来 100% 可再生电力	100%	
微软 (Microsoft)	6,970	2030	到2025年实现 100% 可再生电力	100%	到2030年 100%
Digital Realty	2,740			66%	
Equinix	1,850	2030	到2030年实现 100% 可再生电力	96%	
Aligned	1,290	2040	自2020年以来 100% 可再生电力	100%	
苹果 (Apple)	1,240	2020	自2018年以来 100% 可再生电力	100%	
Vantage	1,180	2030		58%	
CyrusOne	1,120	2030	到2030年实现 100% 零碳电力 (Carbon-free energy)	62%	
QTS Data Centers	1,060			65%	
Switch	660	2021	自2016年以来 100% 可再生电力	100%	

美国清洁能源供给演绎



资料来源：IEA, 华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

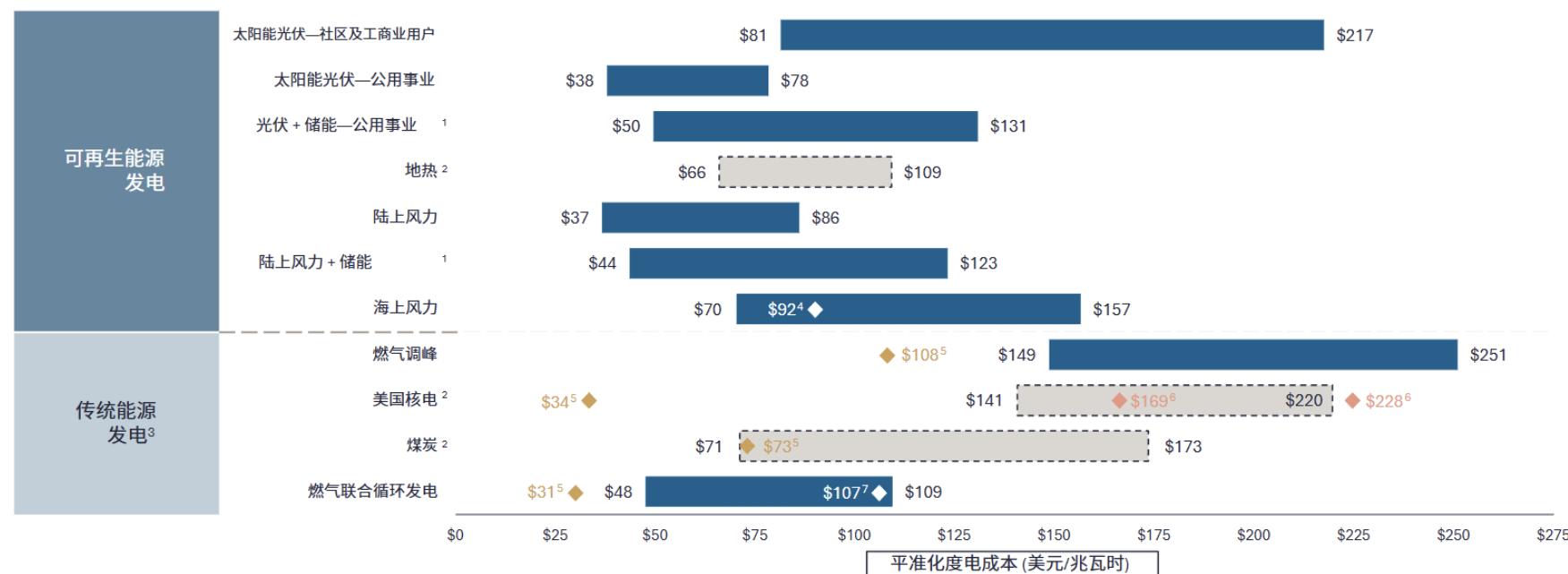
华安证券研究所



## 4.8 经济性测算1：美国光储度电成本LCOE具备较强竞争力

- 根据Lazard 2025年美国能源度电成本分析报告，不考虑补贴情况下，光储度电成本为0.05-0.13美元/KWh（对应0.35-0.92元/KWh），光储发电相较于核电、煤电、气电具备经济性优势。气电度电成本为0.048-0.109美元/KWh，但气电产能受限，交付周期延长，2025年订单预计在2028-2030年交付，且建设成本进一步上涨。
- 考虑ITC补贴下，美国光储最低度电成本可达到0.033美元/KWh，较无补贴最低0.05美元/KWh下降34%，较气电亦有优势。

美国不同类型发电LCOE（美元/MWh，不考虑补贴）



来源：Lazard估算与公开信息。

注意：除非另有说明，本分析通篇假设债务比例为60%，利率为8%；股权比例为40%，资本成本为12%。有关资本成本敏感性分析，请参阅标题为“平准化度电成本比较—资本成本敏感性分析”的页面。



## 4.9 经济性测算2：从综合电费单角度衡量数据中心配储经济性

- 实务中，数据中心业主通过“综合电费单”衡量BESS价值，而不是单纯用LCOE一项指标。我们考虑如下模型：
- 假设美国某数据中心最大负荷200MW，若无储能，则需向电网申请200MW容量；
- 若部署100MW/400MWh储能，并通过EMS控制，将对电网最大需量限制在150MW；
- 电网侧可少建设50MW的燃气或输配电扩容：
  - 我们假设每天有4小时处于高峰负荷+高峰电价时段（典型工作日下午）；
  - 通过配储，在当天4小时峰段，数据中心实际负荷仍是200MW，但储能每天出力50MW给数据中心，替代掉原本向电网要的50MW，因此电网端显示的数据中心最大需量从200MW降到150MW；
  - 我们假设峰段4小时内，BESS实际出力100MW（满功率），其中50MW用于给数据中心带负荷（削峰），另外50MW向电网出售（参与峰段电价套利），夜间谷段统一充电，单日完整充放400MWh，一年330次。
- 数据中心在TOU电价和容量电价上可获得可观折扣；
- 考虑峰谷电价分别对应60/120美元/MWh，需量电价为180美元/kW\*年，容量电价为200美元/kW\*年；
- **四小时储能即可实现20.5%IRR，回收期仅为4.76年，从综合电费单角度测算，数据中心配储具备极强经济性。**



## 4.9 经济性测算2：从综合电费单角度衡量数据中心配储经济性

美国数据中心配储经济性测算表

核心假设	参数
储能额定功率(MW)	100
储能额定容量(MWh)	400
年循环次数(次)	330
循环效率	0.85
峰时电价(美元/MWh)	120
谷时电价(美元/MWh)	60
需量电价Demand charge(美元/kW·年)	180
容量电价Capacity charge(美元/kW·年)	200
数据中心基准峰值需求(MW)	200
使用储能后目标峰值需求(MW)	150
储能资本支出(美元/kW)	800
年衰退系数	1%
折现率 / WACC	0.08
项目周期(年)	20
资本回收系数(CRF)	10

输出表	参数
总支出(美元)	80000000
年化资本支出(美元/年)	8148177
年度固定运营与维护费用(美元/年)	1000000
储能年度总成本(美元/年)	9148177
年放电量(MWh/年)	112200
LCOS(美元/MWh)	81.53
峰值需求减少量(MW)	50
年需量电价节约(美元/年)	9000000
年容量电价节约(美元/年)	10000000
日放电电量(MWh/日)	170
日充电电量(MWh/日)	400
日套利收益(美元/日)	-3600
年套利收益(美元/年)	-1188000
年毛利润(美元/年)	17812000
年净现金利润(美元/年)	16812000
回收期(年)	4.76
IRR	20.5%

资料来源：华安证券研究所测算

敬请参阅末页重要声明及评级说明



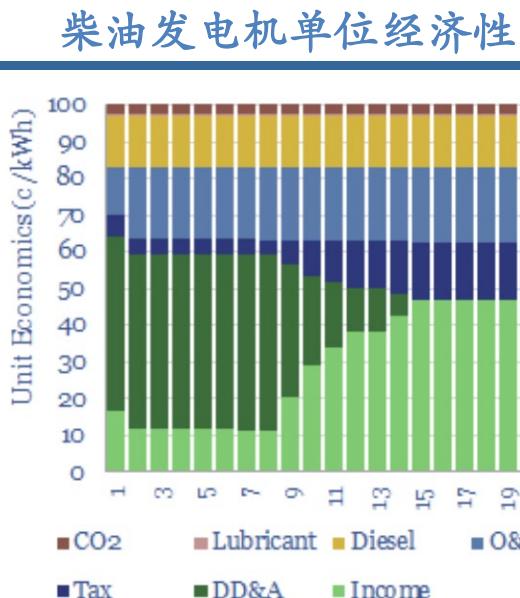
## 数据中心能源供给方案综合对比，储能将成为核心解法

- 一、 电网+柴油机+传统UPS架构
- 二、 电网+天然气自备电厂/微网
- 三、 电网+燃料电池
- 四、 电网+核电（现役核电+SMR/先进核）
- 五、 电网+远端可再生+输电走廊（风光+储能+PPA）



## 5.1 解法一：电网+柴油机+传统UPS架构，并网困难且环保问题突出

- 电网作为主电源+静态UPS+柴油机备用架构仍为目前数据中心供电主流方案，但并网困难以及环保问题日益突出。
- 优势：1) 技术成熟，工程标准完备，获得金融机构和保险公司认可；2) 单MW CAPEX较低，一次性投资压力较小，机组+油罐约700美元/KWh。
- 劣势：1) 目前美国数据中心直接并网排队周期长，弗吉尼亚核心区目前大型数据中心并网排队时长达到7年；2) 高碳高污染，柴油发电碳排放约0.8tCO<sub>2</sub>/MWh，还有NOx、颗粒物排放，冲突ESG目标；3) 地方监管趋严，美国很多州/县需要严格排放许可，同时各大数据中心运营商开始设立无柴油机年份目标。



柴发与光储成本对比

	柴油发电机组	太阳能+储能
资本成本	低 (700美元/KWh)	高 (光伏约1110美元/KW, 储能约185美元/KWh)
燃料成本	约0.2美元/KWh	几乎为0
后勤成本	定期柴油运输	几乎为0
运维成本	频繁保养 (机油、滤网)	电池检查, 清洁面板
LCOE (>15年)	0.35-0.5美元/KWh	0.05-0.13美元/KWh
污染	0.8kg CO <sub>2</sub> /kWh+NOx,PM	0
回收期	持续燃料成本	4-6年

资料来源：THUNDER SAID ENERGY, GletscherEnergy, 华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明



## 5.2 解法二：电网+天然气自备电厂/微网，目前大机组交付周期拉长

- 在电网难以及时扩容区域，数据中心业主/合作方投资建设园区自备燃气电厂（CCGT、小型燃气轮机或往复式机组），通过专线为数据中心供电。该方案已成为目前数据中心主流解法。
- 优势：1) 可提供7×24可调电源，容量系数高；2) 若采用高效率CCGT，CO<sub>2</sub>排放低于煤电和柴油机。
- 劣势：1) 目前大机组交付周期已拉长到7年，难以助力数据中心短期并网。燃气轮机主要设备商，GE Vernova、Siemens Energy、Mitsubishi Power三家目前都处在历史高位的订单积压状态，主要系燃气轮机和电网设备被数据中心负荷、煤电退役和电网更新三重需求挤压，对应大机组实际交期已从传统的2.5-3年拉长到最长约7年。2) 仍为化石燃料，新建纯燃气电厂在一些州面临舆论和政策阻力。
- 经济性：据Lazard报告，CCGT LCOE约48-109美元/MWh；燃气调峰电站LCOE为149-251美元/MWh。

燃气轮机配数据中心示意图



2025年美国燃气轮机经济性（美元/MWh）



资料来源：AI Power, LAZARDS, 华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

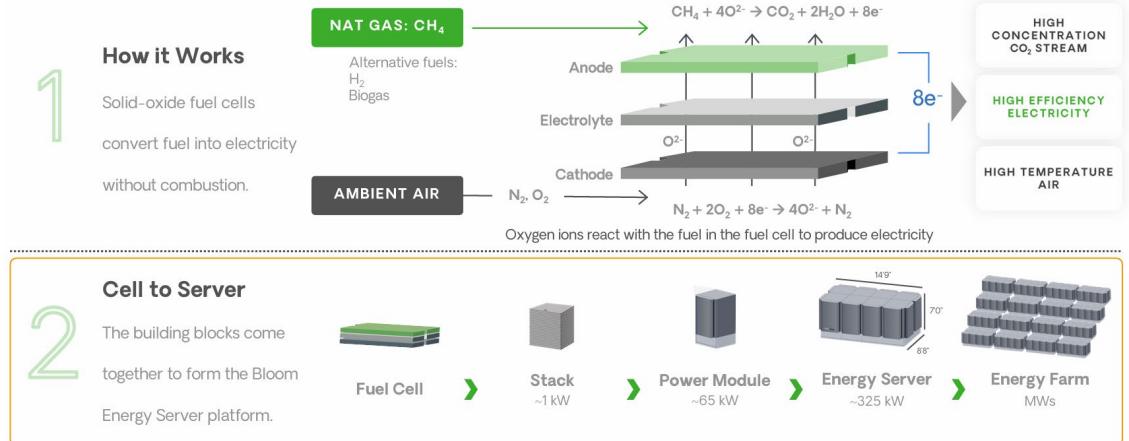
华安证券研究所



## 5.3 解法三：电网+燃料电池，落地较快但降本压力大

- 燃料电池使用天然气、氢气或生物气作为燃料，在固体氧化物燃料电池（SOFC）或质子交换膜（PEM）中发电。可直接在数据中心园区布置若干MW级模块，形成自带7×24电源的数据中心。
- 优势：1) BTM形态，可缓解输电和并网瓶颈；2) 发电效率高、负荷跟踪能力强，对环境更友好；3) 几乎是目前最快的落地方案，Bloom Energy在2025年7月披露，公司能在90天内完成兆瓦级系统的安装。
- 劣势：1) CAPEX较高，LCOE目前普遍高于CCGT和多数风光+储能。当前SOFCCAPEX约为4000美元/KWh，对应LCOE约335美元/MWh，降本压力较大；2) 对燃料价格较为敏感；3) 产能受限，目前仅Bloom Energy等少数厂商具备供应能力，2026年底方可实现2GW燃料电池交付能力。

### SOFC工作原理



### SOFC与传统电力解决方案对比

	SOFC	UPS+柴发
综合效率	55%-65%	35%-45%
交付周期	90天内	1-2年
发电成本	0.09美元/KWh	0.27美元/KWh

资料来源：BloomEnergy, 中国能源网, 华安证券研究所

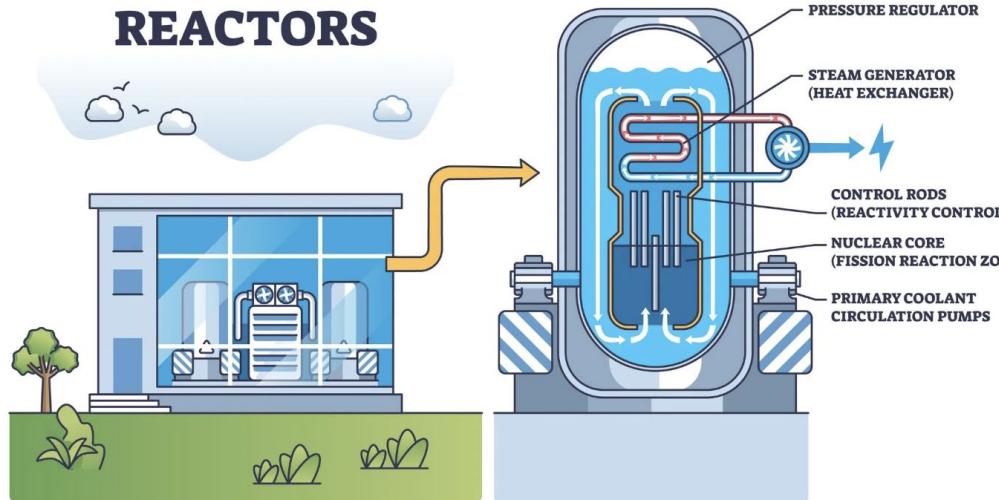


## 5.4 解法四：电网+核电（现役核电+SMR/先进核）

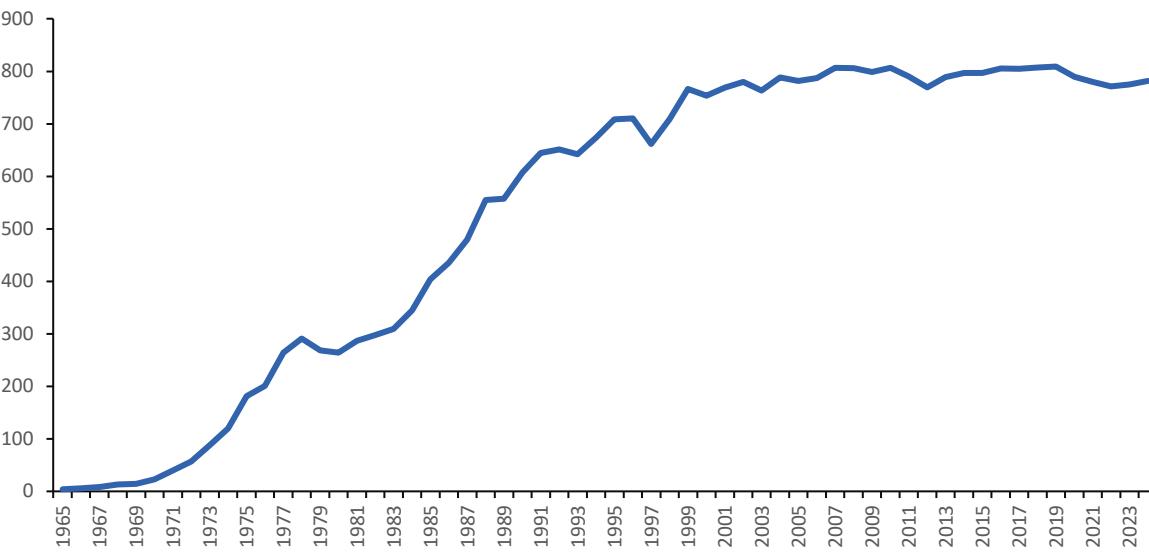
- 第一阶段：数据中心业主通过与现有核电厂签订长期PPA或在厂址附近共址建数据中心，通过近端专线+PPA获得大量无碳基荷电力。
- 第二阶段：投资或签订协议支持小型模块化反应堆（SMR）和先进核，构建核电+数据中心园区一体化。
- 优势：1) 真正意义上的 $7 \times 24$ 零碳基荷，容量系数可达90%以上；2) 与数据中心负荷高度匹配，是AI时代从根本上解决缺电的长期方案之一；3) SMR模块化设计，可按 5-300MW 模块配给数据中心负荷，具备更好的调峰能力和选址灵活性。

SOFC工作原理

### SMALL MODULAR REACTORS



1965-2024年美国核能产量趋势（单位：TWh）



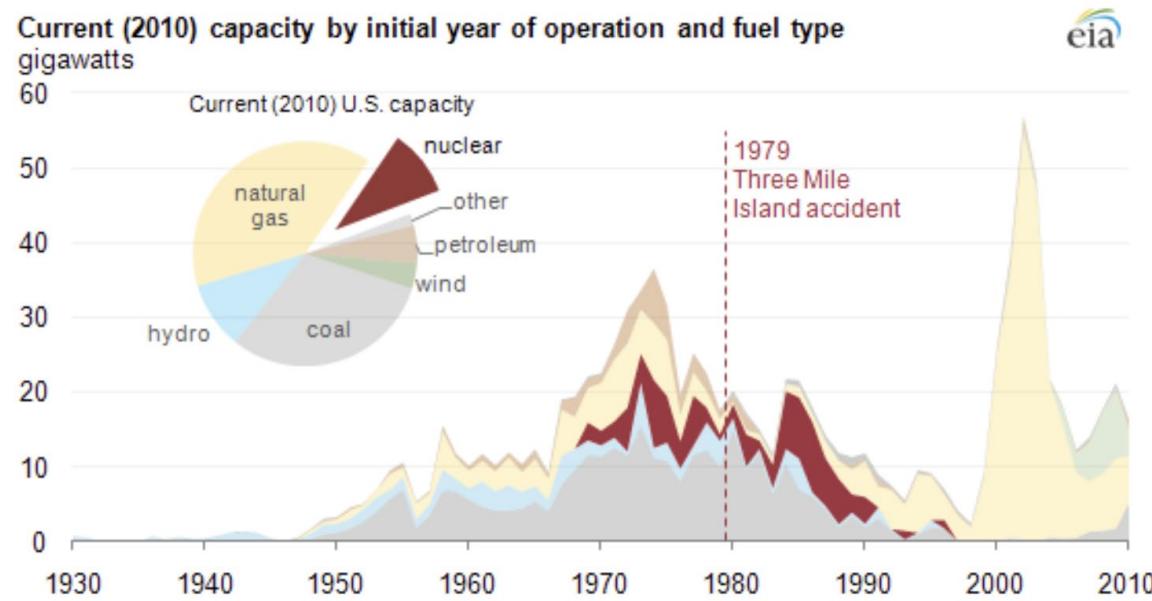
资料来源：Introl, OWD, 华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

## 5.4 解法四：电网+核电（现役核电+SMR/先进核）

- 劣势：1) 新建SMR和大型核电的周期十分漫长（7-11年甚至更长），重启退役核电需要4-5年重新许可和改造，核能很难满足2027-2030年的紧迫缺电。
- 美国核能资源较为紧缺，短期无新增容量。美国的商业核能容量主要来自1970年至1990年间建造的反应堆。截至2024年底，美国共有94座反应堆在运行，总容量为97GW，约20GW（41座反应堆）的容量已永久关闭。

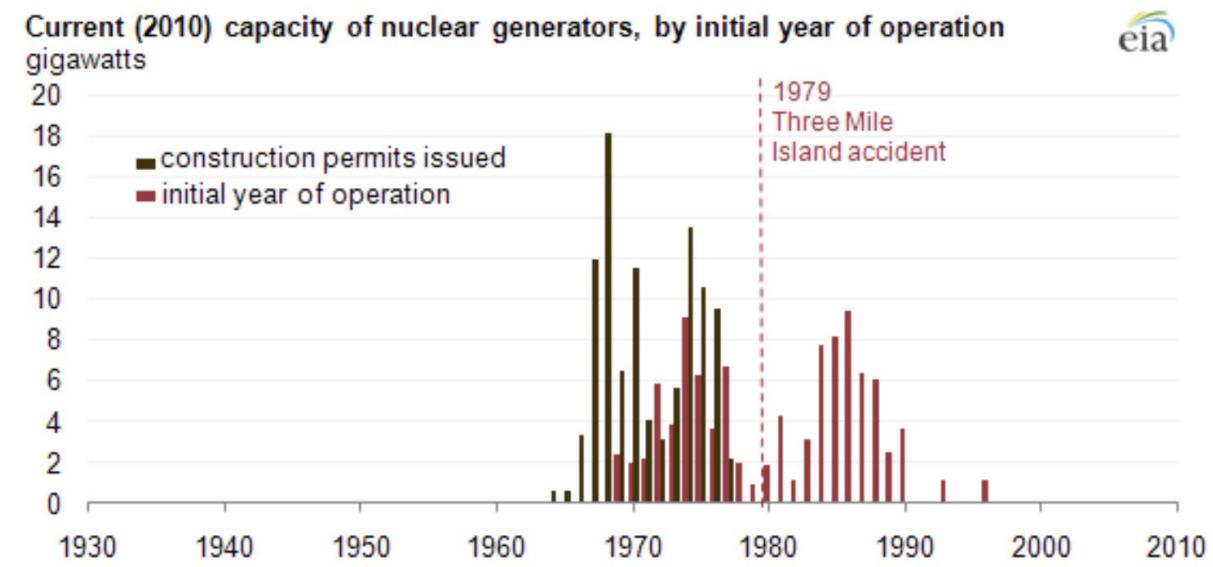
截至2010年美国按初始运营年份和燃料类型划分能源容量



资料来源：EIA，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

截至2010年美国核能发电厂当前容量

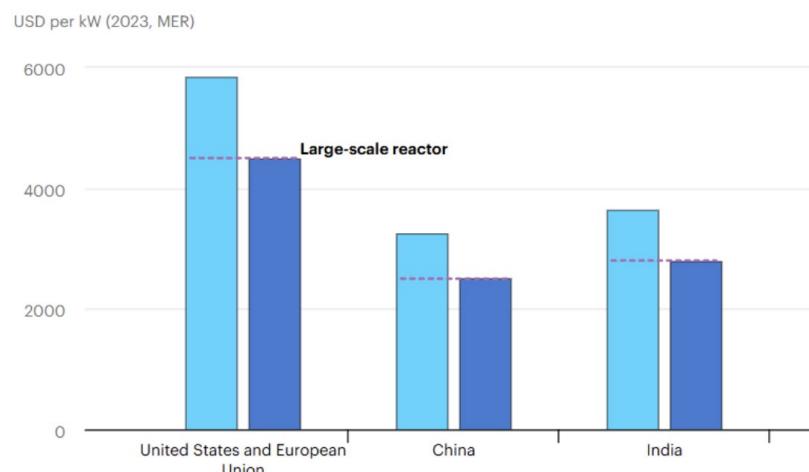


华安证券研究所

## 5.4 解法四：电网+核电（现役核电+SMR/先进核）

- 劣势：2) 当前普遍预计首批SMR商用机组要到2030年以后才能投运，且当前SMR资本支出为3000-6000美元/KWh。
- 核能被各大数据中心业主看做2030年以后电力长期解决方案，2030年前实际放量较少。当前已有包括亚马逊、谷歌、Meta等多家科技巨头计划参与SMR项目，但截至2025年1月，世界核能协会已追踪美国提出的20个小型模块化反应堆（SMR）项目。然而，预计在2030年前仅部署1.5GW。

预计2040年SMR主要市场单位建设成本



数据中心领域核能采购的最新公告和协议（截至2024年）

类别	公司名称	项目描述	地区
使用现有核能反应堆	Talen Energy	亚马逊购买核动力数据中心	美国
使用现有核能反应堆	Ubitus	计划建设核能AI数据中心，毗邻核电站	日本
重启关闭核能反应堆	NextEra	考虑重启杜安·阿诺德核电站	美国
重启关闭核能反应堆	三里岛核电站	重启1号机组为微软数据中心供电	美国
新建小型模块化反应堆(SMR)	Oklo	向普罗米修斯超大规模数据中心交付100兆瓦	美国
新建小型模块化反应堆(SMR)	Oklo与Equinix	预协议，供应高达500兆瓦	美国
新建小型模块化反应堆(SMR)	甲骨文(Oracle)	计划建设配备3个SMR的数据园区	美国
新建小型模块化反应堆(SMR)	Dominion与亚马逊	签署谅解备忘录(MoU)，探索SMR开发	美国
新建小型模块化反应堆(SMR)	亚马逊	购买SMR开发商X-energy的股份	美国
新建小型模块化反应堆(SMR)	亚马逊与Energy Northwest	SMR合作协议	美国
新建小型模块化反应堆(SMR)	谷歌(Google)	已向Kairos Power订购6-7个SMR	美国
新建小型模块化反应堆(SMR)	LS Electric与KHNP	签署谅解备忘录，探索AI数据中心SMR技术	美国
新建小型模块化反应堆(SMR)	Meta	发布提案请求(RFP)，寻求1-4吉瓦核能(包含SMR和大型反应堆)	美国
新建小型模块化反应堆(SMR)	Oklo与Switch	非约束性协议，最多12吉瓦SMR	美国
新建小型模块化反应堆(SMR)	印度	目标建设40-50个SMR，服务于科技公司等	印度

资料来源：CARBON CREDITS, IEA, 华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

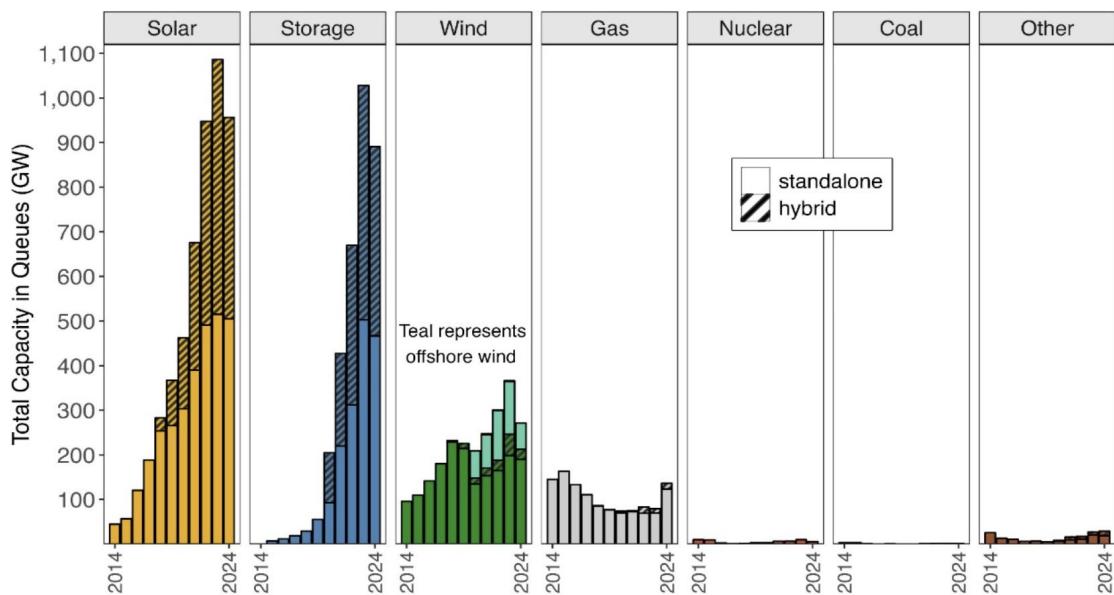
华安证券研究所



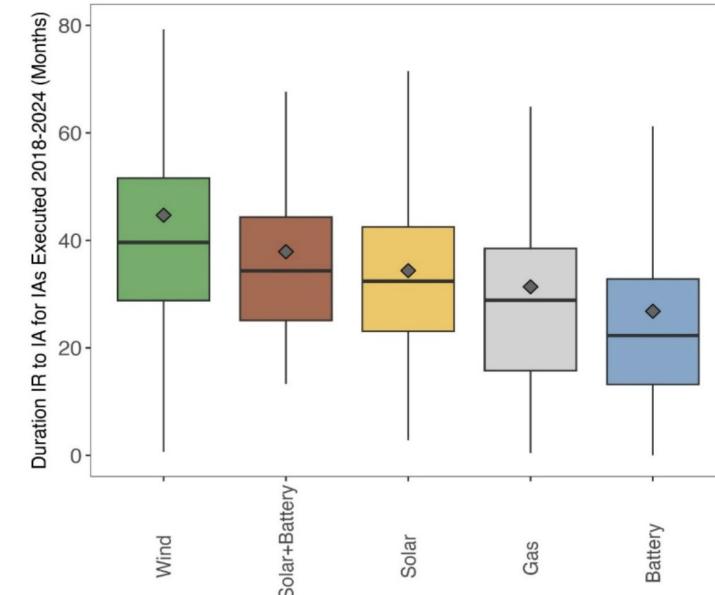
## 5.5 解法五：电网+远端可再生+输电走廊（风光+储能+PPA）

- 大型云厂商和数据中心运营商通过长期PPA或虚拟PPA (vPPA)购买远端风光电，并配套部分储能和新输电通道。
- 优势：1) 确保电力组合的零碳比例；2) LCOE低，据Lazard报告显示，公共事业级太阳能和风电在美国的LCOE在37-86美元/MWh，太阳能+储能在50-131美元/MWh；3) 可实现大规模供电，是真正新增系统供给而非存量调度；4) 直接在数据中心旁建设光储可绕开并网和审批限制。
- 劣势：1) 输电审批与并网排队较长；2) 可再生输出的时空分布与数据中心负荷不匹配，需要大量储能资源配合；3) 新输电线路从规划到投运需要7-10年。

美国各类型能源并网队列情况



储能从申请并网到项目运行平均时长最短



资料来源：LBNL，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

华安证券研究所



## 北美缺电将带动储能需求增长

一、 储能是解决缺电核心路径

二、 北美储能需求量预测



## 6.1 总结：我们怎么看储能在美国本轮缺电中的定位？

- 储能是在美国电网速度慢、容量紧的前提下，唯一能在1-3年时间尺度内大规模部署、既能提升数据中心供电可靠性，又能改善电网整体韧性和经济性的核心技术路径。我们预计储能将成为2030年之前美国数据中心缺电的核心解法之一。
- 真正卡的是5年以上的并网排队+输电建设，而不是美国整体发电能力不足。即任何需要新上高压并网的集中式方案，都很难在5年内解决AI数据中心的接电问题。
- 能绕开大并网队列、接在配电网或BTM的方案，才是真正有速度价值的解决方案。这类方案包括：储能、燃料电池微网、天然气自备微网、柴油+UPS。其中，柴油只能做备用且有碳排问题；天然气与燃料电池属于真基荷，但天然气受燃气轮机交付限制以及在碳排以及燃气与原料价格上有长期风险；燃料电池成本较高。
- 储能在速度+成本+战略灵活性三个维度上形成了比较优势：
  - ✓ 速度：储能从规划项目到实际运营仅需不到20个月，不必排队5-6年；
  - ✓ 成本：4h配储LCOS为115-254美元/MWh，高于光伏+储能/气电，但与燃气调峰电站相当；对数据中心来说，更多是买接入容量+可靠性，可通过容量收益与辅助服务部分对冲，实际IRR可实现20%以上。
  - ✓ 灵活性：1) 降低对电网峰值容量的占用，让电网公司更容易批准接入新数据中心；2) 可以同时充当UPS、黑启动、动态无功与频率支撑，替代部分柴油发电机；3) 可以与燃料电池/气电微网组合形成多能互补微网，降低LCOE；4) 许多州在容量市场和辅助服务中给予储能越来越高的边际价值。



## 6.2 总结：数据中心配储将带动美国储能装机量持续增长

➤ 我们预计数据中心缺电将刺激美国2027年储能装机超110GWh。未来5年将是本轮数据中心扩张核心窗口期，数据中心缺电逻辑将持续演绎。在所有可行方案中，储能是少数能同时满足经济性+建设快+灵活性高+有助于24/7绿电的技术路径。北美储能需求有望持续超预期。

2024-2027年美国储能需求预测（单位：GWh）

	2024	2025E	2026E	2027E
基础需求 (GWh)	30.4	50.0	60.0	57.0
YOY (%)		64.37%	20.00%	-5.00%
数据中心总负荷 (GW)	50.5	61.8	75.8	95.1
数据中心新增负荷 (GW)		11.3	14	19.3
数据中心FTM配储渗透率 (%)		3%	15%	25%
数据中心电网侧配储(GW)		0.3	2.1	4.8
对应配储时长 (h)		4	4	4
数据中心电网侧配储(GWh)		1.4	8.4	19.3
数据中心用户侧配储(GWh)		2.3	11.2	38.5
其中：				
灵活负荷渗透率 (%)		5%	20%	35%
灵活负荷(GW)		0.6	2.8	5.7
对应配储时长 (h)		4	4	4
灵活负荷(GWh)		2.3	11.2	22.8
主供电源渗透率 (%)		0%	0%	6%
主供电源（孤网）(GW)		0.0	0.0	1.0
对应配储时长 (h)		16	16	16
主供电源 (GWh)		0.0	0.0	15.6
美国合计大储需求 (GWh)	30.4	53.6	79.6	114.8
数据中心储能需求占比 (%)	0.00%	6.74%	24.62%	50.33%



## 6.2 总结：数据中心配储将带动美国储能装机量持续增长

➤ 我们综合考虑各州电价；数据中心装机量/在建量/规划量；EIA的分年度储能备案情况；FEOC对于成本的影响，各州IRR对于涨价的接受度；各州配储时长等因素。预计德州、加州、亚利桑那州装机将维持高位，弗吉尼亚、佐治亚州、犹他州等新兴市场将在2026年和2027年贡献显著增量。

美国各州数据中心规划情况（单位：MW）

单位：MW	核心数据中心区域	在运营存量	在建	规划	在建+规划
弗吉尼亚州	Northern Virginia	5,574	1,067	5,900	6,967
德克萨斯州	Dallas-Fort Worth + Austin/San Antonio + Houston	2,611	2,545	6,874	9,419
加利福尼亚州	Northern California + Southern California	1,165	786	3,300	4,086
佐治亚州	Atlanta	1,072	1,112	1,203	2,315
俄勒冈州	Pacific Northwest (跨OR+WA)	1,045	267	227	494
伊利诺伊州	Chicago	882	1,184	2,950	4,134
亚利桑那州	Phoenix	865	1,196	4,000	5,196
新泽西州	New Jersey	531	19	124	143
俄亥俄州	Columbus	506	38	3,262	3,300
内华达州	Las Vegas/Reno	362	207	3,495	3,702
纽约州	New York	192	0	204	204
犹他州	Salt Lake City	157	228	885	1,113
科罗拉多州	Denver/Colorado Springs	122	36	304	340

美国分州储能装机预测（单位：GWh）

单位：GWh	2024	2025E	2026E	2027E	2026年增速	2027年增速
德克萨斯州	6.1	11.3	16.0	19.9	42.35%	24.25%
加利福尼亚州	13.6	11.5	13.2	15.4	14.97%	16.60%
亚利桑那州	4.6	14.2	19.2	25.4	34.75%	32.16%
纽约州	0.1	0.2	1.6	5.5	925.72%	244.31%
俄勒冈州	1.1	1.2	1.5	6.0	30.33%	294.59%
怀俄明州	0.0	0.5	1.0	1.8	103.10%	74.68%
佐治亚州	0.3	0.0	1.2	2.9		146.88%
弗吉尼亚州	0.0	0.0	2.7	6.8		148.42%
新墨西哥州	2.0	1.9	4.1	5.1	110.65%	25.00%
宾夕法尼亚州	0.0	0.0	0.5	1.0		110.79%
伊利诺伊州	0.0	0.0	1.8	2.2		25.12%
科罗拉多州	0.5	0.0	1.3	1.6	4435.50%	25.01%
印第安纳州	0.2	2.0	2.4	3.0	17.40%	25.00%
路易斯安那州	0.0	0.0	0.4	0.7		70.63%
新泽西州	0.0	0.0	0.0	0.0		25.77%
俄亥俄州	0.0	0.0	2.0	2.5		25.08%
内华达州	0.9	3.5	4.8	6.9	38.17%	44.26%
犹他州	0.0	0.0	0.9	1.8		90.89%
田纳西州	0.0	0.1	1.0	2.2	773.92%	110.39%
其他	1.0	7.3	4.0	4.3	-44.38%	5.47%
合计	30.4	53.6	79.6	114.8	48.46%	44.18%

资料来源：EIA, JLL, 华安证券研究所测算

敬请参阅末页重要声明及评级说明



## 北美政策扰动难改对中国储能较高依赖度

一、 OBBBA 法案影响

二、 美国降息影响

三、 美国关税影响



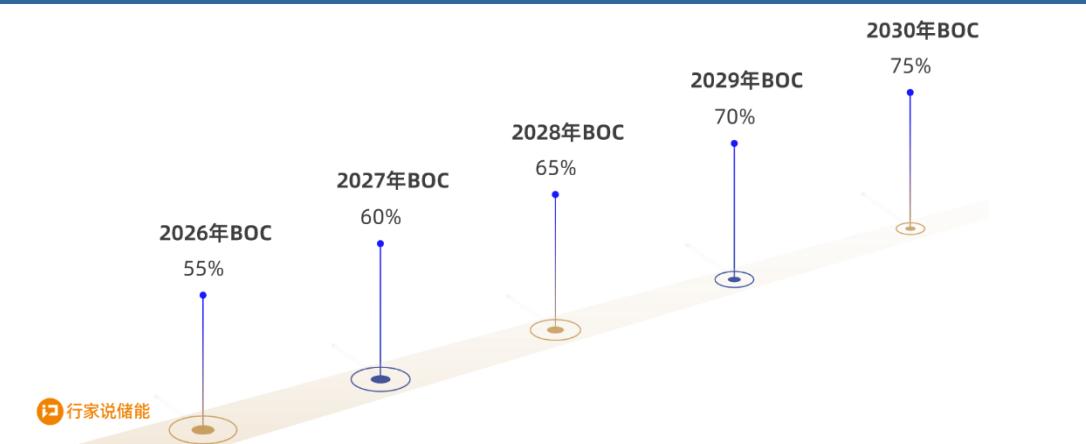
## 7.1 大而美法案储能补贴退坡延期，新增FEOC要求

- 大而美法案落地，储能补贴退坡延期。2025年7月4日，美国总统特朗普签署“大而美”法案（OBBA），法案正式生效。储能ITC补贴时间从2032年延至2036年，2033年前享受全额补贴，2034、2035年补贴分别下降25%、50%，2036年完全退坡。
- 大而美法案新增受关注海外实体限制（FEOC），25-26年中国对美储能将加速出货。2025年12月31日后，若清洁电力工厂的建造包含来自受禁外国实体的任何实质援助，则禁止申请税收抵免。对储能逐年设置本土化材料的最低比例要求：26-30年分别对应55%/60%/65%/70%/75%。当前已签订合同或2025年底前开工项目不受影响。预计未来2年中国储能厂商将加速对美发货。再往后考虑海外电池产业链对中国依赖度，退税补贴有望延续。
- 美国电芯刚性缺口大，后续仍需中国电芯。据SMM储能统计，2025年美国本土储能电芯年产能不足30GWh，与近100GWh的年需求形成显著缺口。Wood Mackenzie预计到2030年，美国本土制造电池电芯或仅可满足40%的需求。

OBBA法案中新的FEOC规定

FEOC类别	控制标准	具体细节/阈值
核心定义	由特定国家政府拥有、控制或管辖的实体	中国、俄罗斯、伊朗、朝鲜
股权控制	外国政府直接或间接持有股权、董事会席位或投票权	25%或以上
合同控制	通过技术许可、生产合同等方式实施“有效控制”	对生产数量、产品用途等关键环节的控制
司法管辖	实体注册地、主要营业地或关键生产活动所在地	位于上述国家
特定外国实体(SFE)	政府、个人或企业持有股权、利润/资本权益或受益权益	50%以上
受外国影响实体(FIE)	直接/间接任命该实体的“受涵盖高管”	董事会成员、CEO、CFO等
	实体所有权SFE	10%
	多个SFE合计所有权	25%或以上
	持有实体债务	25%或以上
	向SFE支付非商品相关款项	单个SFE超过10%，多个SFE合计超过25%

储能技术的材料本土成本比例



资料来源：行家说储能，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

华安证券研究所



## 7.1 大而美法案储能补贴退坡延期，新增FEOC要求

➤ FEOC影响ITC补贴，未来中国储能系统仍具备较强竞争力。根据前文4h配储200美元/kWh成本假设下，即使不考虑ITC补贴，成本上浮40%，美国多地储能IRR仍高于10%；根据Lazard 2025年美国能源度电成本分析报告，当前美国不考虑ITC补贴的4h网前储能成本平均为184.5美元/kWh，考虑ITC补贴后平均为137.5美元/kWh，该情景下美国储能具备更高收益率。综合来看在取消ITC补贴下，中国储能系统出口美国仍具备较强需求。

美国储能IRR对于ITC补贴敏感性测试

		上文基础假设成本 为200美元/kWh				上文基础假设成本 上浮40%为280美元/kWh			
4h储能单位成本 (美元/kWh)	120	140	160	180	200	220	240	260	280
对应IRR (%)	88.33%	75.71%	66.25%	58.88%	52.99%	48.16%	44.14%	40.73%	37.79%
4h储能单位成本 (美元/kWh)	120	140	160	180	200	220	240	260	280
对应IRR (%)	41.21%	35.27%	30.79%	27.28%	24.44%	22.08%	20.10%	18.39%	16.90%
4h储能单位成本 (美元/kWh)	120	140	160	180	200	220	240	260	280
对应IRR (%)	34.94%	29.86%	26.01%	22.98%	20.51%	18.46%	16.72%	15.21%	13.90%

LAZARDS给出考虑ITC补贴  
后2025年美国储能平均单位  
成本为137.5美元/kWh

LAZARDS给出不考虑ITC补  
贴下2025年美国储能单位成  
本为184.5美元/kWh

## 7.2 关税短期落地，美国对中国储能依赖度仍较高

➤ **关税短期偏向稳定。**当前美国对中国储能电芯征收关税为30.9%，储能逆变器关税为48.4%，到2026年对中国储能电芯征收关税为48.4%。中国收紧锂电领域对外技术及设备出口，北美本土建厂周期被迫拉长，美国对中国储能依赖度仍较高。

美国对中国储能关税测算

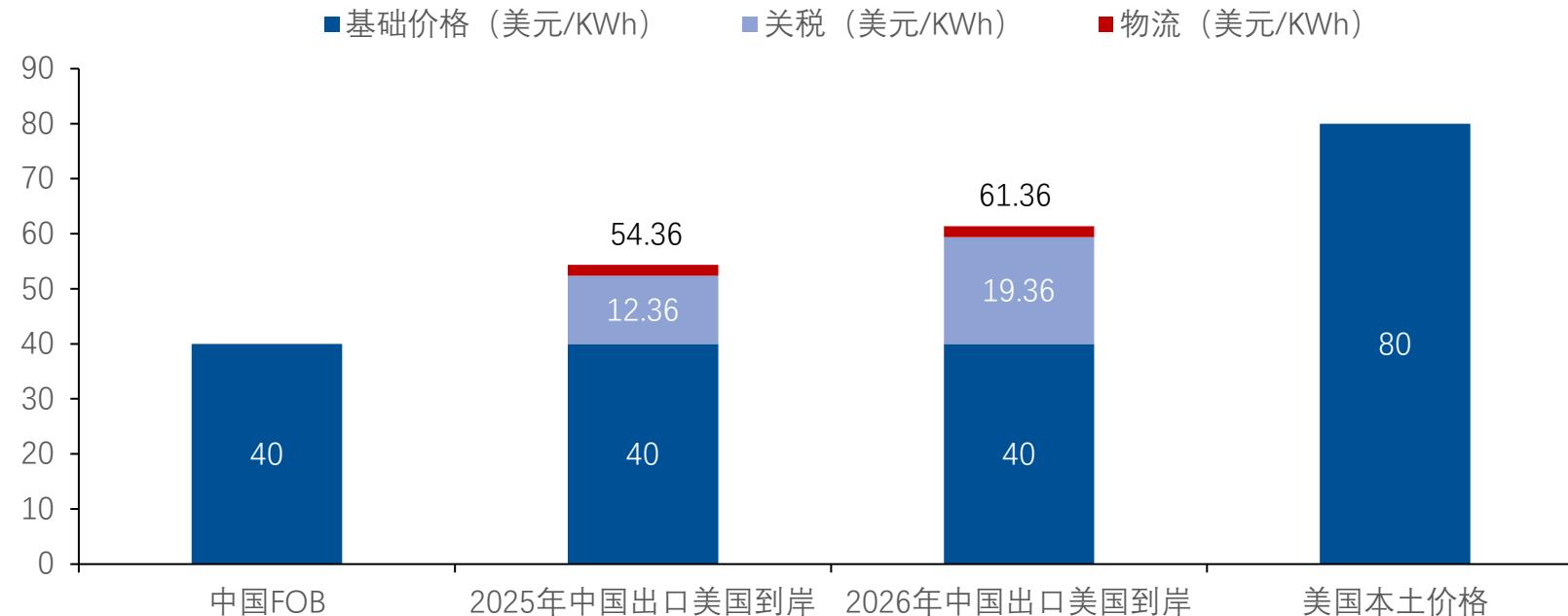
关税类型	储能电芯 (2025)	储能电芯 (2026)	逆变器
基础关税	3.40%	3.40%	3.40%
301关税	7.50%	25.00%	25.00%
芬太尼关税	10%	10%	10%
对等关税（暂定）	10%	10%	10%
合计关税	30.90%	48.40%	48.40%



## 7.2 关税短期落地，美国对中国储能依赖度仍较高

- 26年美国301关税上调后中国LFP储能电芯仍具备较高性价比。当前美国对中国储能电芯征收关税为30.9%，储能逆变器关税为48.4%，到2026年对中国储能电芯征收关税为48.4%。
- 据EMBER数据，截至2025年11月，中国用于固定式储能应用的LFP电池单体价格已降至约40美元/kWh，综合考虑关税和物流成本，中国LFP储能电芯价格低于美国本土LFP电芯。

### 中美储能电芯价格对比



资料来源：EMBER，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

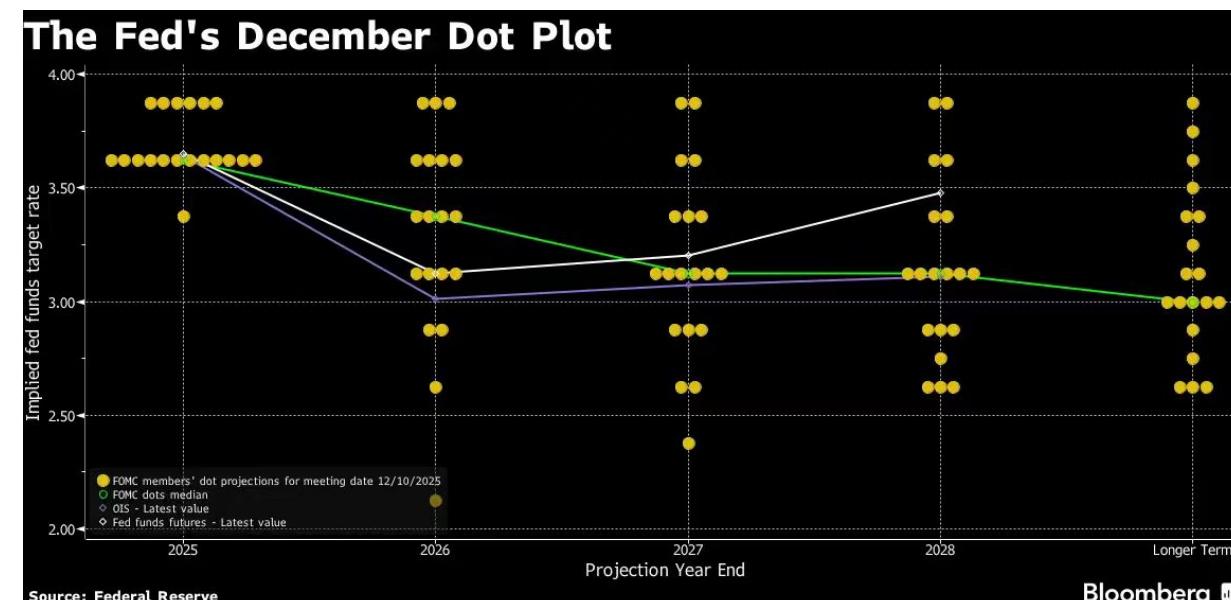
华安证券研究所



## 7.4 加速降息提振大储建设需求

- 为应对就业和通胀美国加速降息，提升大储建设需求。2025年12月11日，美联储将联邦基金利率下调25个基点至3.50%-3.75%。据25年12月点阵图，26年底基准利率预计中值为3%。
- 我们测算融资利率每下降1%，IRR上升0.39%-0.42%。目前降息前景超预期，从融资成本和机会成本两方面提振储能项目建设意愿，建设至并网亦需时间，26年有望迎来大储建设高峰期。

美联储25年12月点阵图



资料来源：bloomberg，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

华安证券研究所



## 推荐标的



## 8.1 阳光电源：数据中心配储深度布局，受益全球储能市场增长

- 2025年前三季度阳光电源储能发货同比增长70%，储能发货结构变化显著，海外发货占比从2024年同期63%攀升至83%，其中美洲大区储能出货占比20%-30%。公司持续看好储能领域增长，预计2025年公司储能出货40-50GWh。预计2026年全球储能市场维持40%-50%高增速。当前中国储能市场从强制配储逐渐转向价值驱动市场，2026年中国储能有望新增150-200GWh；欧洲市场储能盈利模式逐渐完善，预计欧洲未来三年有50%增速；美国AI发展带来大量新增电力负荷需求，光储一体共建将成为重要解决方案。
- 全球产能布局动作加快。公司已在泰国和印度布局25GW逆变器和储能海外工厂，并于2025年9月埃及布局10GW储能工厂将进一步加深公司全球化布局，重点突破中东及欧美市场。阳光将加快海外股权合作，海外产能布局+引入海外电芯产能进一步规避美国限制。总体看全球储能具备较强成长属性，阳光将充分受益。

阳光电源美国德州260MW/260MWh储能项目



阳光电源布局埃及工厂



资料来源：公司公告，公司官网，索比储能网，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

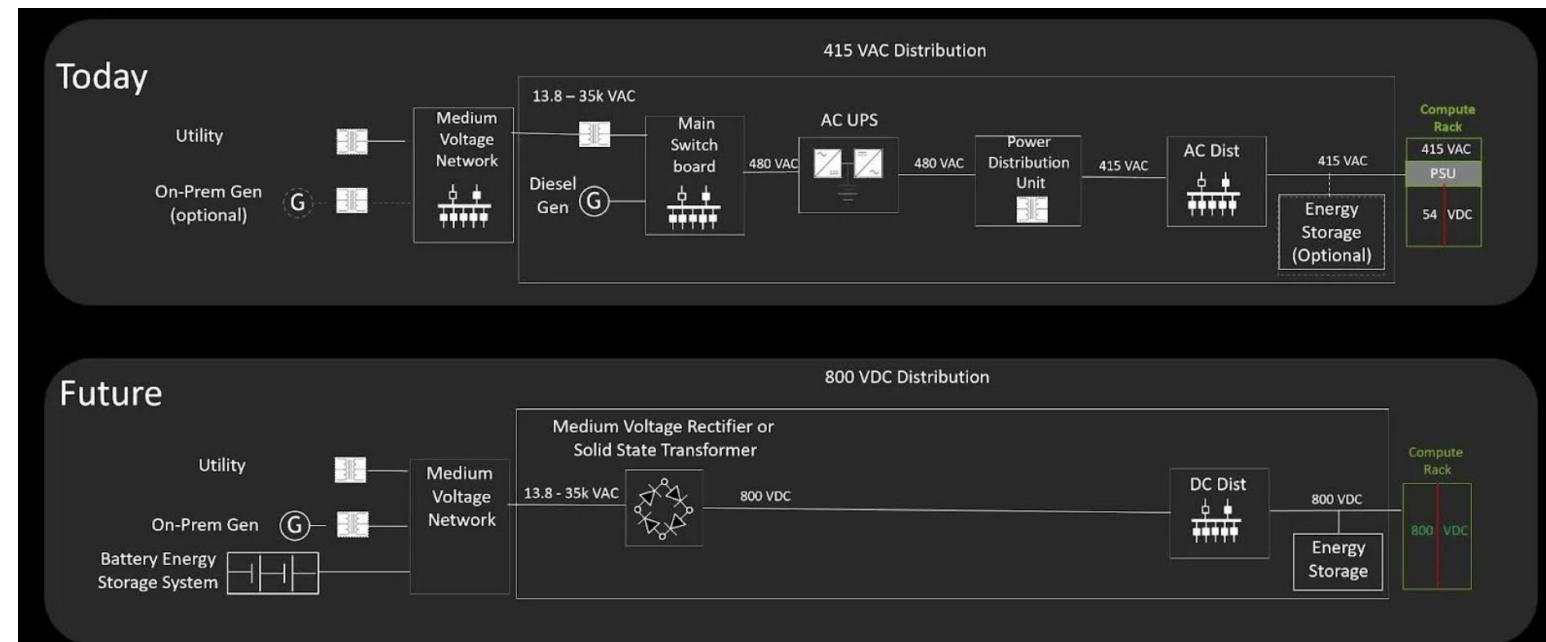
华安证券研究所



## 8.1 阳光电源：数据中心配储深度布局，受益全球储能市场增长

➤ 阳光电源依托在电能转换领域的技术积累，切入AIDC市场，重点布局海外高端市场。当前数据中心电源正从原来UPS为主的交流供电系统向800V直流供电系统演进。公司在高压方面具备优势，公司逆变器、储能系统普遍1500V，同时公司在固态变压器有技术沉淀，已经在35kV固态变压器技术上预研10年左右。目前公司正积极与国际头部云厂商，国内头部互联网企业展开合作，2026年有望产品落地交付。

### 下一代AI数据中心中的800V直流电力分配



资料来源：公司公告，英伟达官网，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

华安证券研究所



## 8.2 上能电气：具备全球供货经验PCS供应商，海外占比稳步提升

- 上能电气在国内储能变流器市场连续四年（2021-2024年）出货量排名前二，行业地位领先。
- 北美对于储能产品的安全性与可靠性要求极高，公司具备对美出货经验，PCS具备稀缺性。公司22年12月200KW组串PCS通过北美认证，23年10月2MW集中式PCS再获北美市场认证，24年9月，上能电气北美服务中心正式开业，对美业务有望持续落地。
- 上能电气作为PCS独立第三方供应商跟随国内大储出海，充分受益全球储能需求增长。

2025年中国非PCS厂商海外大储部分高确定性订单

公司	国家/地区	客户	订单 (GWh)
比亚迪 BYD	沙特	Saudi+E2:E14 Electricity Company (SEC)	12.5
比亚迪 BYD	智利	Greenergy	3.5
宁德时代 CATL	澳大利亚	ACEnergy	3.0
宁德时代 CATL	印尼	Vanda RE (Gurin Energy & Gentari JV)	2.2
宁德时代 CATL	印尼/新加坡	Vena Energy	4.0
宁德时代 CATL	日本	Marubeni Power Retail + Sun Village	2.4
海辰 HiTHIUM	沙特	Saudi Electricity Company (SEC)	4.0
海辰 HiTHIUM	北欧	BOS Power	3.0
海辰 HiTHIUM	东欧	Solarpro (Renalfa Solarpro Group)	2.0
海辰 HiTHIUM	欧洲	Energy 3000 (Austria HQ)	1.0
海辰 HiTHIUM	以色列	El-Mor Renewable Energy	1.5
亿纬锂能 EVE Energy	澳大利亚	EVO Power	2.2
亿纬锂能 EVE Energy	欧洲	CEGASA (Spain)	1.0
瑞浦兰钧 REPT BATTERO	美国	Energy Vault	3.0
天合储能/天合光能 Trina	北美	北美客户 (未披露)	1.4
天合储能/天合光能 Trina	美国	Lightshift Energy	1.0
楚能新能源 CORNEX	欧洲/英国合作方	Immersa (UK)	2.5
南都电源 Narada	印度	印度大型IPP (未披露)	1.4

资料来源：公司公告，华安证券研究所

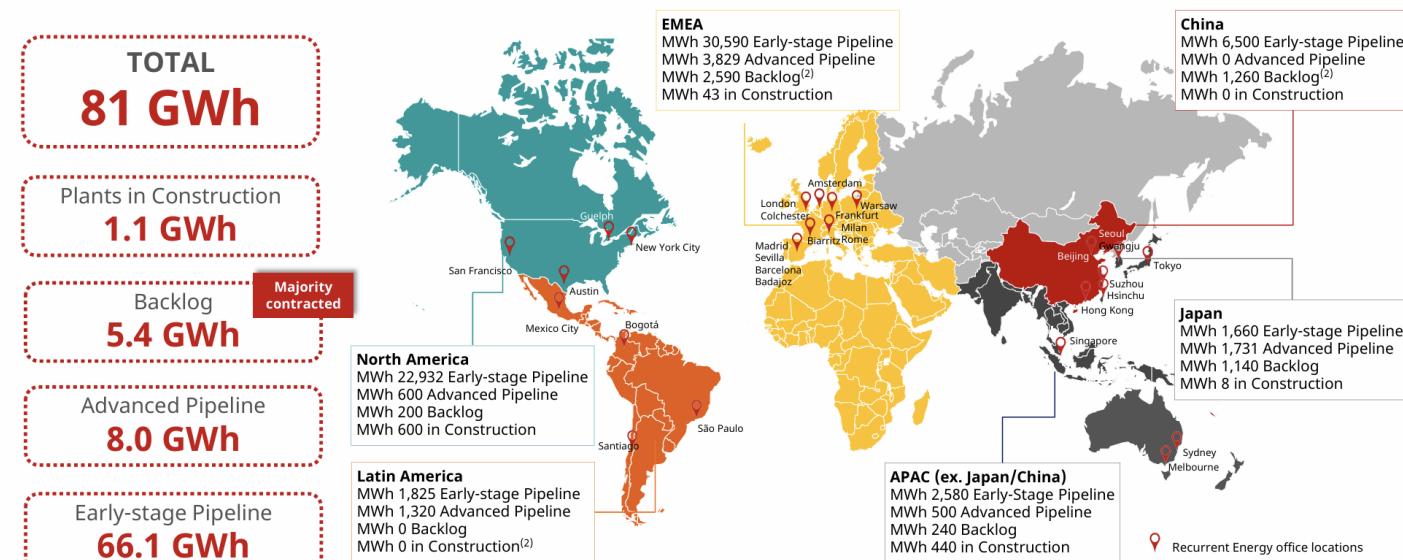
敬请参阅末页重要声明及评级说明



## 8.3 阿特斯：美国市场具备优势，在手订单充裕

- 根据公司官方指引，2025年阿特斯有望实现组件出货24.5-24.7GW，储能出货7.8-8GWh。2026年公司有望实现出货25-30GW，储能出货14-17GWh。
- 公司总部位于加拿大，并于2025年12月宣布对美业务战略调整，未来美股阿特斯持有美国光伏和储能业务的75.1%股权，美国本土产能+海外注册背景在FEOC认证方面具备优势。
- 公司储能项目储备约81GWh，其中北美24.22GWh，占比超30%。公司储能订单主要聚焦欧美以及日本等高毛利市场。

阿特斯全球储能项目储备



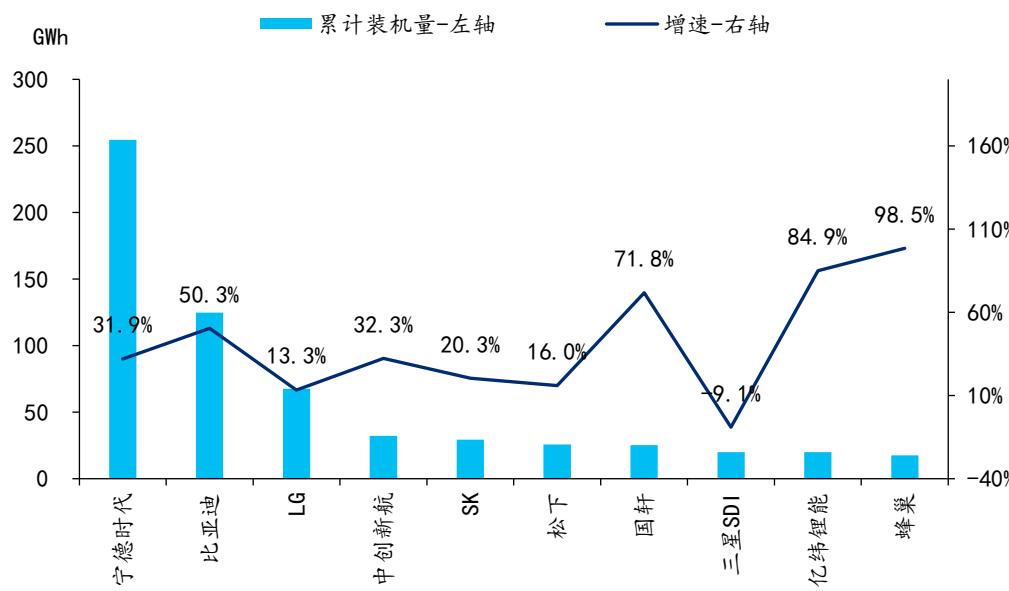
资料来源：公司公告，华安证券研究所

敬请参阅末页重要声明及评级说明

## 8.4 宁德时代：全球电池领先地位稳固，欧洲及储能进入业绩释放期

- 装机占比情况：25年1-8月，宁德时代全球装机254.5GWh（同增31.9%），全球市占率36.8%（同降0.9pct），高出第二名18.8pct，全球领先地位稳固。
- 海外客户进入放量期：宁德时代普遍导入海外客户，欧洲第一代车型已经实现放量，第二代车型份额仍会提升。

### 宁德时代全球电池领先地位稳固



资料来源：SNE，公司官网，华安证券研究所

### 宁德时代海外车型适配进入放量期

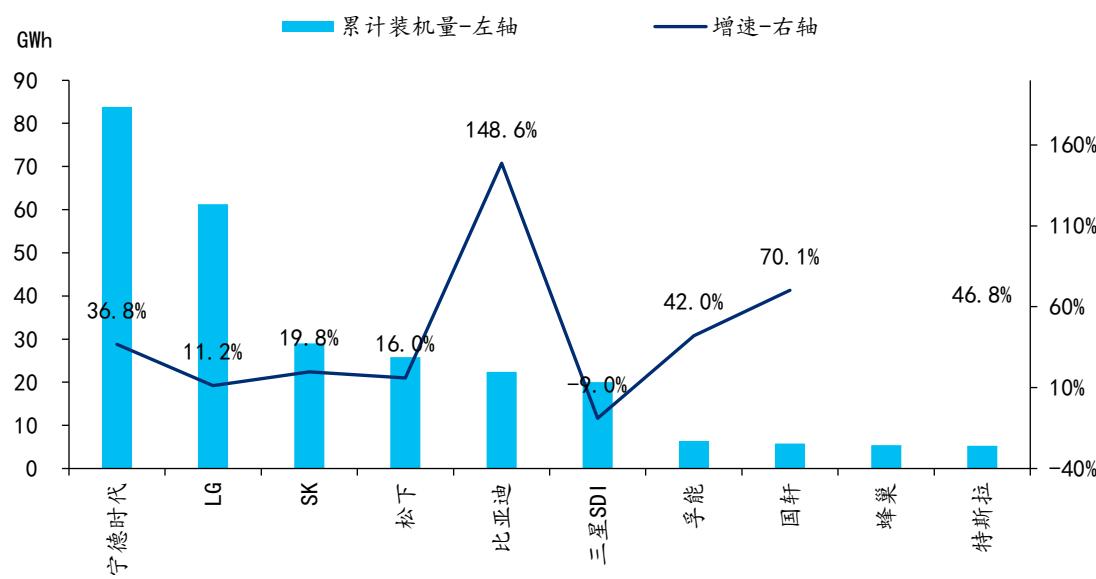
外资车企	宁德时代	LG化学	三星SDI	松下	SKI
特斯拉	√	√		√	
雷诺-日产	√	√			
通用	√	√			
宝马	√			√	
福特	√	√		√	
大众集团	√	√		√	
本田	√	√			
丰田	√			√	
戴姆勒集团	√	√			√
沃尔沃 / Polestar	√	√		√	
现代起亚	√	√		√	
斯泰兰蒂斯	√	√		√	
捷豹路虎	√	√			
斯巴鲁	√			√	
马自达	√			√	



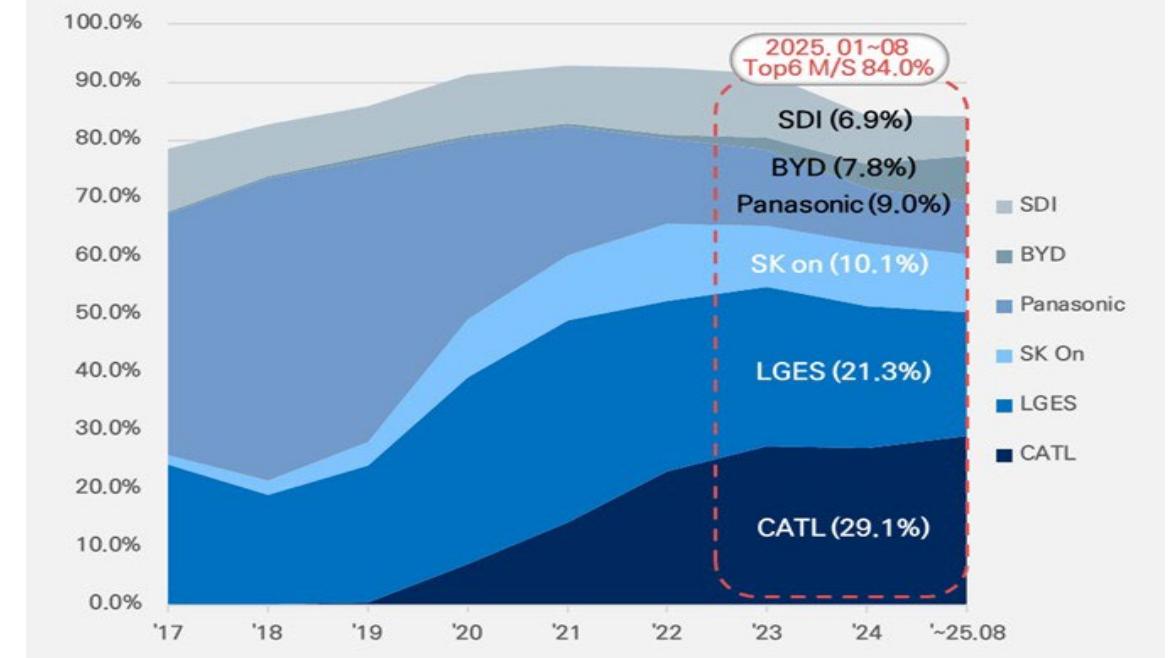
## 8.4 宁德时代：全球电池领先地位稳固，欧洲及储能进入业绩释放期

- 海外份额仍处于提升通道：26年进入欧洲下一代车型周期，磷酸铁锂车型占比提升，且LG/SK等电池企业磷酸铁锂产线仍需26年落地，考虑适配周期，26-28年或为宁德在竞争格局优异的业绩释放期。
- 海外盈利较高：海外售价比国内高1-2毛/wh，海外售价及储能盈利能力高，高毛利产品占比增加，有望提振业绩水平。

2025年1-8月宁德时代海外装机居首且高增 (GWh)



宁德海外份额稳步提升

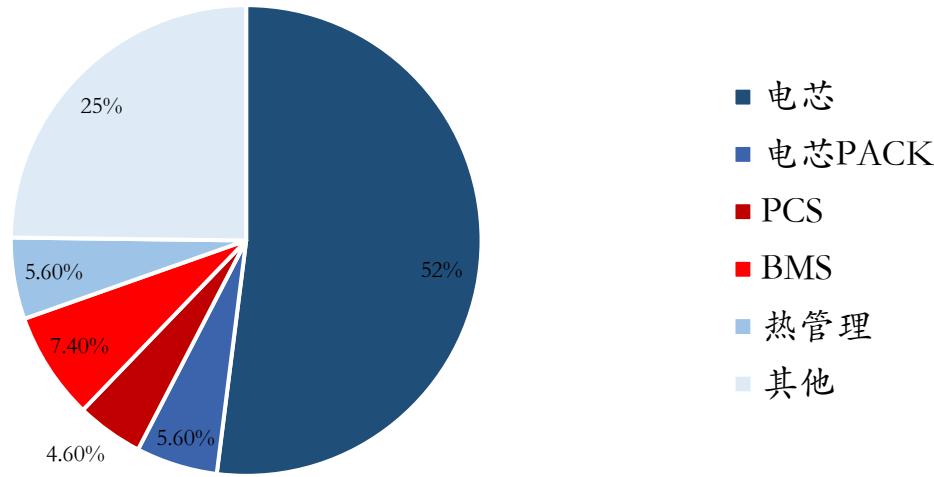


资料来源：SNE，华安证券研究所

## 8.4 宁德时代：全球电池领先地位稳固，欧洲及储能进入业绩释放期

- 电池在终局看话语权高：储能作为风光及电力化后市场，当前仍处于快速增长期，长维度看电池是影响成本及储能盈利的重要因素，大市值公司质保承诺更可信，终局看电池话语权最高。
- 宁德美国储能电池业务有望重启：2025年12月16日，福特汽车公告计划将投资约20亿美元扩展储能业务，计划于2027年开始交付电池储能系统（BESS），年产能目标为20GWh。根据规划，福特将改造其位于肯塔基州工厂的现有制造设施，用于生产磷酸铁锂电池——该技术授权自中国宁德时代，同时还将在此工厂生产电池储能系统模块以及20英尺直流（DC）集装箱式储能系统。

电池成本占比高（美国国税局认定标准）



电池对储能回报率影响高于PCS

循环次数	循环效率								
	87.0%	88.0%	89.0%	90.0%	91.0%	92.0%	93.0%	94.0%	95.0%
6000	11.2%	11.3%	11.5%	11.6%	11.7%	11.8%	11.9%	12.0%	12.1%
7000	11.5%	11.7%	11.8%	11.9%	12.0%	12.1%	12.2%	12.3%	12.4%
8000	11.8%	11.9%	12.0%	12.1%	12.3%	12.4%	12.5%	12.6%	12.7%
9000	12.0%	12.1%	12.2%	12.4%	12.5%	12.6%	12.7%	12.8%	12.9%
10000	12.2%	12.3%	12.4%	12.5%	12.6%	12.7%	12.9%	13.0%	13.1%
11000	12.3%	12.5%	12.6%	12.7%	12.8%	12.9%	13.0%	13.1%	13.2%
12000	12.5%	12.6%	12.7%	12.8%	12.9%	13.0%	13.1%	13.2%	13.3%

资料来源：IRS，华安证券研究所测算

敬请参阅末页重要声明及评级说明

华安证券研究所



## 风险提示

- 1) 美国新能源与储能需求下行；
- 2) 行业竞争加剧影响利润率；
- 3) 美国关税政策不确定性。



# 重要声明及评级说明

## 重要声明

### 分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的执业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人对这些信息的准确性或完整性不做任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。报告中的信息和意见仅供参考。本人过去不曾与、现在不与、未来也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收任何形式的补偿，分析结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

### 免责声明

华安证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。本报告中的信息均来源于合规渠道，华安证券研究所力求准确、可靠，但对这些信息的准确性及完整性均不做任何保证。在任何情况下，本报告中的信息或表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。华安证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

本报告仅向特定客户传送，未经华安证券研究所书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。如欲引用或转载本文内容，务必联络华安证券研究所并获得许可，并需注明出处为华安证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。如未经授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。本公司并保留追究其法律责任的权利。

## 投资评级说明

以本报告发布之日起6个月内，证券（或行业指数）相对于同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准，

A股以沪深300指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以纳斯达克指数或标普500指数为基准。定义如下：

### 行业评级体系

增持—未来6个月的投资收益率领先市场基准指数5%以上；

中性—未来6个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至5%；

减持—未来6个月的投资收益率落后市场基准指数5%以上；

### 公司评级体系

买入—未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数15%以上；

增持—未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数5%至15%；

中性—未来6-12个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至5%；

减持—未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数5%至；

卖出—未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数15%以上；

无评级—因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。



# 谢谢！