

# 绿电配储+AI储能双轮驱动，量价齐升可期

## ——美国电力及AI储能研究

电新首席证券分析师：曾朵红  
执业证书编号：S0600516080001  
联系邮箱：zengdh@dwzq.com.cn

电动车首席证券分析师：阮巧燕  
执业证书编号：S0600517120002  
联系邮箱：ruanqy@dwzq.com.cn

联系电话：021-60199793  
2025年12月6日

- ◆ **美国AI数据中心用电激增，电力缺口扩大。**14年以来，美国年用电量约4000TWh，14-24年复合增速2%，保守估计，2030若新增40GW、累计153GW算力，对应AI电力需求约1269TWh（假设满负荷运行），占电力需求比重22%。而美国新增发电装置备案25-27年年均约40GW（不考虑储能，光伏为主），年均尚缺20-40GW电力，且此后进一步扩大，同时美国尖峰负荷高、电网不稳定，加剧用电紧张，急需新增电力装置。
- ◆ **光储为主力新增电源，绿电配储空间大。**光储度电成本考虑ITC补贴已降至0.033美元/kwh，碳排放低，建设周期短，同时FERC提案鼓励大负荷和发电机组直连，对于有灵活性发电机组可优先并网，因此混合绿电+市电组合供应供电方式是美国数据中心首选。按照50%绿电供应比例，50%电源功率配比+4h配储时长，对应1GW算力需要6GWh储能，若按照30年50%绿电供应，对应新增绿电配储需求约240GWh。
- ◆ **低压直流储能为AIDC架构新趋势，AI储能增量弹性大。**低压直流方案，是在数据中心中压侧，新增PCS+储能，并将储能系统与机架一体化设计，从而实现精确的脉冲修复、更强的峰值支撑、一体化检测，增加算力密度和效率。对应储能需求，1GW算力，110%功率配+4~8h时长，电池需求为4.4-8.8GWh，按照30年美国新增40GW算力，30-50%方案渗透率，对应储能系统需求约80-130GWh。特斯拉已稳定运行该方案，其余厂商将跟进，但该方案对系统厂商软硬件能力要求极高，同时需与业主方深度合作，我们看好阳光在领域的竞争力。
- ◆ **美国储能需求有望超预期，国内厂商受益。**上修美国储能26年预计装机需求至80GWh，同比增近51%，数据中心相关贡献37GWh。同时预计2030年美国储能装机391GWh，同比增长39%，对应电池需求超500GWh。而美国规划储能电芯产能仅100GWh，依然依赖中国供应链，宁德、亿纬等受益；另外AI储能系统难度大、单位价值量有望提升，且份额集中，阳光有望与特斯拉平分。
- ◆ **投资建议：美国AI数据中心拉动电源侧配储需求和AI储能需求大增，预计未来3~5年保持高复合增速，高景气赛道全面看好，持续强推！首推**宁德时代、阳光电源、海博思创、亿纬锂能、阿特斯**，其次看好中创新航、欣旺达、德业股份、天合光能、锦浪科技、艾罗能源、派能科技、固德威、通润装备，关注鹏辉能源、国轩高科、瑞浦兰钧、上能电气等。**
- ◆ **风险提示：**竞争加剧、政策超预期变化、AI数据中心低压直流储能方案推广不及预期、原材料供应不足。

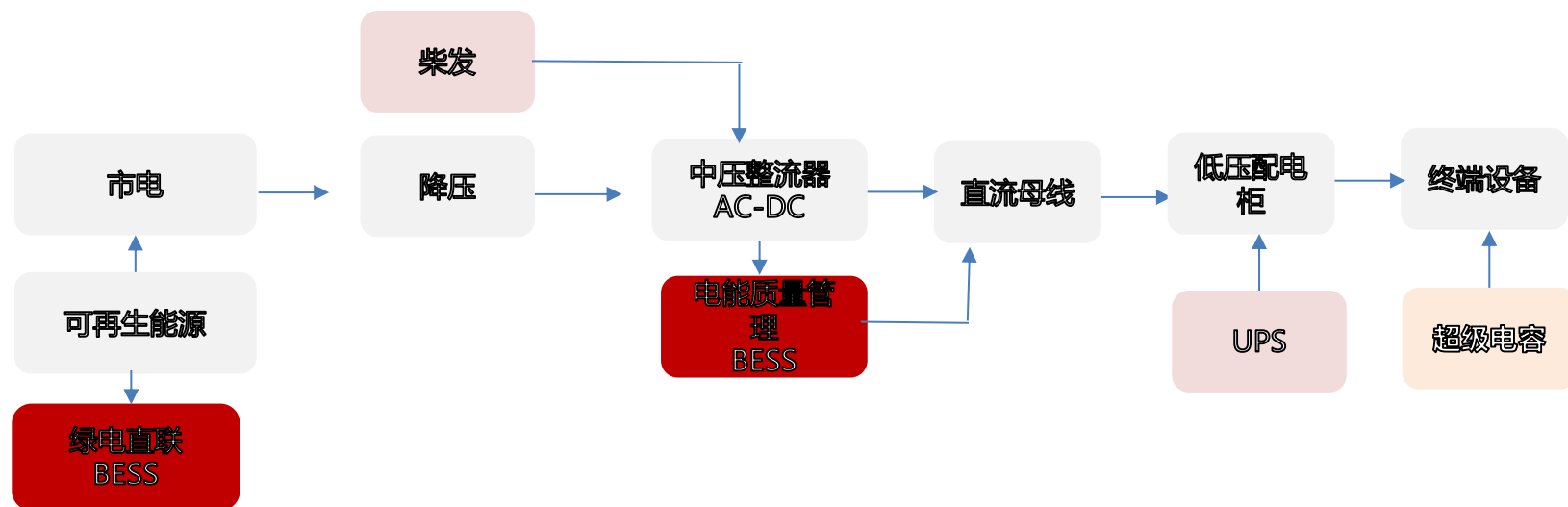
- PART1 AI数据中心用电激增，电力缺口扩大
- PART2 光储为主力新增电源，绿电配储空间大
- PART3 低压直流为AIDC架构新趋势，AI储能增量弹性大
- PART4 产业链：美国储能需求有望超预期，国内厂商受益
- PART5 投资建议与风险提示

## PART1 AI数据中心用电激增，电力缺口扩大

## 1 AI数据中心对锂电储能需求主要为两部分

- ◆ **供电方式：绿电直连对应配储。** 储能规模，取决于绿电供应比例。美国电力紧缺，新增AI数据中心缺电，需新建发电装置，绿电（占比30~50%）+电网交易（占比50%~70%）为主要趋势，按绿电功率50%+4h配储，对应1GW算力配储4-6GWh。
- ◆ **电能质量管理：新增储能BESS，实现低压直流，为AIDC电气架构新趋势。** 在中压侧，新增中压变流+BESS（交流转直流+储能接入），形成统一的直流供电总线，再降压、分路送至终端，减少终端的AC-DC转换，可减少5-8%电耗。对于大型AIDC，这部分储能若同时满足备用电源+削峰填谷需求，相当于电耗功率110%\*（4-8h）配储时长，若仅用于备用电源，平滑波动，则相当于电耗功率110%\*（20min）配储时长。
- ◆ **锂电在中压侧替代柴发+低压侧替代UPS，规模较小，且从响应速度和供电时长看，难以完全替代。**

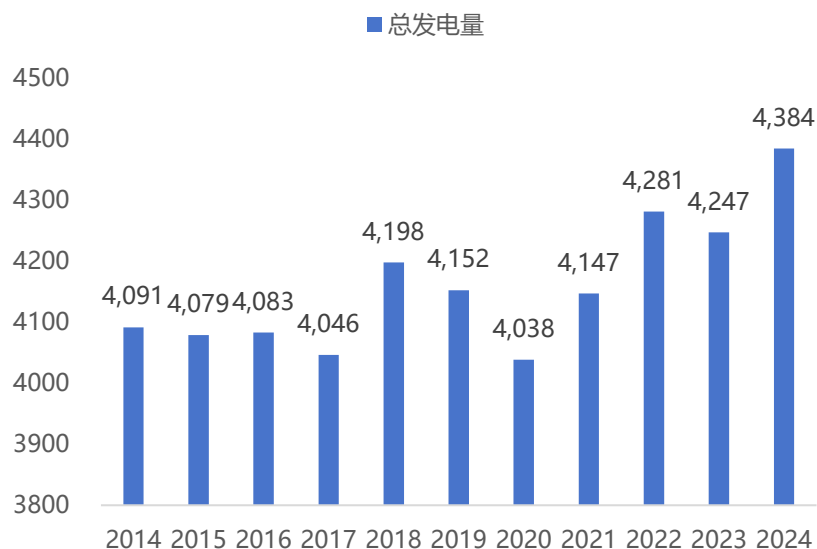
图：AI数据中心储能需求



## 2 美国发电结构：气电为主，光伏占比持续提升

- ◆ 美国2024年发电量为4384TWh，同比增3%，过去10年发电规模基本稳定。若考虑100GW算力，对应电力需求700TWh，新增电力需求16%。
- ◆ **发电结构：气电为主，光伏发电占比稳步提升至7%**：发电结构看，天然气占比逐步提升，为第一大发电结构，24年占比为42.6%；其次为核电，占比为17.8%，呈略微下降趋势；第三为火电，占比为14.9%，逐年下降；第四为风电，占比为10.3%，小幅提升；第五为光伏，占比稳步提升至6.9%。

图：美国过去10年年发电量 (TWh)



图：美国过去5年发电结构

	2020	2021	2022	2023	2024
煤炭	19.2%	21.7%	19.4%	15.9%	14.9%
石油液体	0.2%	0.3%	0.4%	0.3%	0.3%
石油焦	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%
<b>天然气</b>	<b>40.3%</b>	<b>38.1%</b>	<b>39.4%</b>	<b>42.5%</b>	<b>42.6%</b>
其他化石气	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.2%
<b>核能</b>	<b>19.6%</b>	<b>18.8%</b>	<b>18.0%</b>	<b>18.2%</b>	<b>17.8%</b>
水电	6.9%	5.9%	5.8%	5.6%	5.4%
<b>大型光伏</b>	<b>2.2%</b>	<b>2.8%</b>	<b>3.4%</b>	<b>3.9%</b>	<b>5.0%</b>
<b>户用光伏</b>	<b>1.0%</b>	<b>1.2%</b>	<b>1.4%</b>	<b>1.7%</b>	<b>1.9%</b>
<b>风电</b>	<b>8.4%</b>	<b>9.1%</b>	<b>10.1%</b>	<b>9.9%</b>	<b>10.3%</b>
其他可再生能源	1.7%	1.7%	1.6%	1.5%	1.4%
其他	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%

## 3 美国发电存量与新增装机：火电退役，光伏为主力新增电源

- ◆ 美国截至2024年底存量发电装机规模为1282GW，其中天然气发电装机506GW，火电为174GW，光伏为175GW，风电152GW，光伏装机占比14%。
- ◆ 净新增发电装机看，2021年阶段性突破30GW，2022年回落，2023-2024年均保持40%+增长，**其中2024年新增48GW，按2025年备案看，新增规模预计突破55GW，同比增28%。若扣除储能，24年实际为32GW。**

图：美国发电存量装机与历史新增装机

	新增装机规模 (GW)										存量(GW)
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2024
火电	-19.4	-13.1	-10.1	-13.8	-14.1	-13.1	-5.7	-20.5	-10.9	-4.3	174
石油发电	-4.3	-2.4	-1.1	-1.1	-0.8	-3.8	0.6	2.6	-1.3	-0.8	29
天然气发电	7.3	7.4	9.2	14.2	6.3	9.2	6.1	10.5	5.1	-1.2	506
其他化石气电	0.6	0	-0.1	0.2	0	-0.2	-0.4	-0.2	0.1	-0.2	2
核电	0.1	0.9	0.1	-0.2	-1.3	-1.6	-1	-0.9	1.1	2.7	98
水电	0.1	0.5	-0.1	0.1	-0.2	0.4	0	0.2	0	-0.1	103
风电	8.3	8.7	6.3	6.8	9.2	14.8	14.4	8.6	6	4.7	152
大型光伏	3.2	8.3	5	4.9	5.6	10.6	13.8	11.3	19.1	31.5	122
户用光伏	2.5	3	3.4	3.4	3.7	4.4	5.5	6.7	7.9	5.5	53
其他可再生能源	0.7	-0.1	-0.1	-0.3	-0.5	-0.2	-0.8	-0.2	-0.3	-0.5	15
其他	-1	0.2	0.9	-0.5	0.3	0.5	3.2	4.1	7	11	28
合计	-1.9	13.4	13.4	13.7	8.2	21	35.7	22.2	33.8	48.3	1282
-同比			0%	2%	-40%	156%	70%	-38%	52%	43%	
光伏占比		84%	63%	61%	113%	71%	54%	81%	80%	77%	14%

## 4 美国未来发电规模备案量中，光伏仍为主流

- ◆ 美国已备案净新增发电装机规模（新增-退役），25年为55.6GW，25-29年合计229GW，累计净新增发电装机规模大。
- ◆ 结构看，光伏为主力，25年计划新增光伏装机33GW，占发电新增装机比重59%，按未来发电结构看，光伏基本占比在50-60%。同时气电从备案量看，大规模释放需要至2028年。

图：美国新增发电装机备案规模

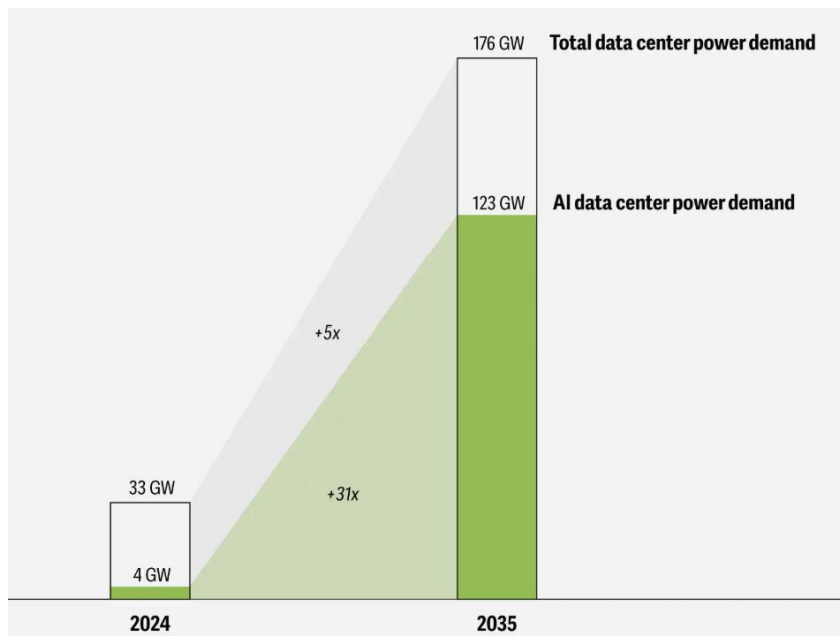
GW	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2025E-2029E
煤炭	-6.2	-3.4	-6.8	-11.4	-3.3	-31.1
石油	-0.7	0.0	0.0	0.0	-0.7	-1.5
天然气	3.1	1.6	1.3	11.0	3.9	20.9
其他化石气	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
核能	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
水电	0.0	0.0	0.6	2.1	0.0	2.8
风电	7.4	10.4	7.5	2.3	3.2	30.7
<b>光伏</b>	<b>33</b>	<b>36</b>	<b>40</b>	<b>19</b>	<b>6</b>	<b>134</b>
地热能	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
其他能源	19.3	19.5	19.3	12.8	2.7	73.6
<b>合计</b>	<b>55.6</b>	<b>64.5</b>	<b>62.1</b>	<b>35.7</b>	<b>11.3</b>	<b>229.1</b>
<b>-光伏占比</b>	<b>59%</b>	<b>56%</b>	<b>65%</b>	<b>53%</b>	<b>49%</b>	<b>58%</b>



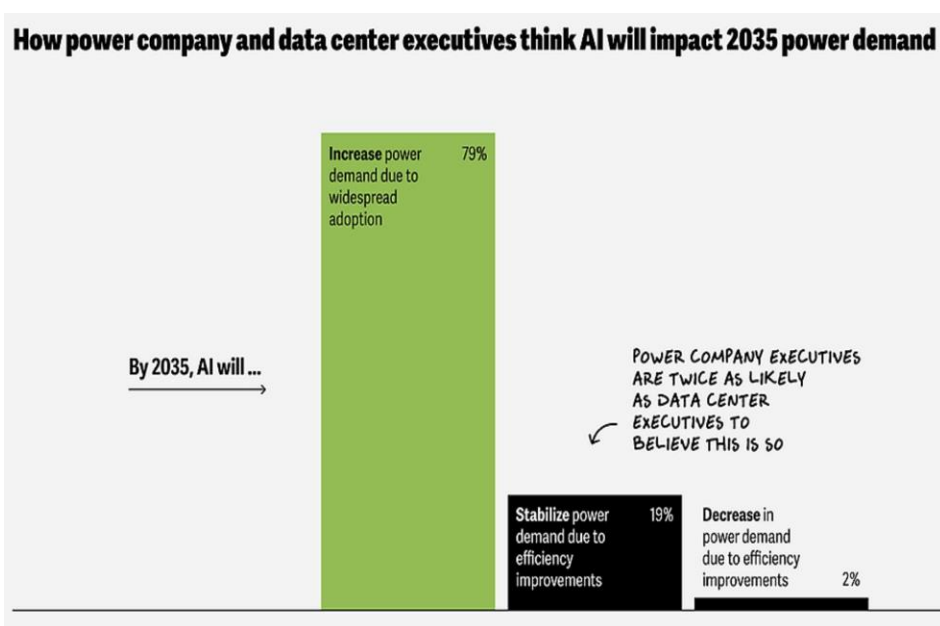
## 5 美国AIDC建设进入“电力约束时代”

- ◆ **美国AIDC正以前所未有的速度扩张，电力短缺成为制约行业扩张的核心瓶颈。**根据德勤2025年调查，79%的北美电力及数据中心企业高管认为AI将显著推升2035年前的用电需求，到2035年有望达123GW，较24年增长超30倍。美国能源部预测到2030年美国电网需新增约101GW负荷，其中AIDC贡献近一半，但同期基荷电源仅规划新增22GW，供需缺口超过70%。
- ◆ **容量预警与接入瓶颈加剧。**美国AI集群功率密度远超传统数据中心，单园区负荷可从5MW提升至50MW，推动区域电网出现明显失衡。PJM等电网运营商多次发布容量预警，部分地区出现谐波失真、负荷释放、甚至局部停电的风险信号。此外，美国AIDC面临严重的电网接入拥堵与供电审批延迟问题，部分地区数据中心接入电网的等待时间长达七年。

图：美国AIDC电力需求可能增长30倍以上



图：电网压力将成为AIDC发展面临主要挑战



## 6 AI数据中心需求爆发，美国电力存在显著缺口

- ◆ 按照2030年底美国累计AI算力153GW，当年新增40GW测算，预计2026年-2030年美国电力需求年复合增长4-5%。其中AI算力2030年需用电约1269TWh（假设满负荷运行），占总体用电量22%。
- ◆ 发电新增装置看，假设50-65%新增光伏装置占比，则25年新增发电装置需求30GW、2030年为215GW，远高于目前美国备案量（30-40GW）。

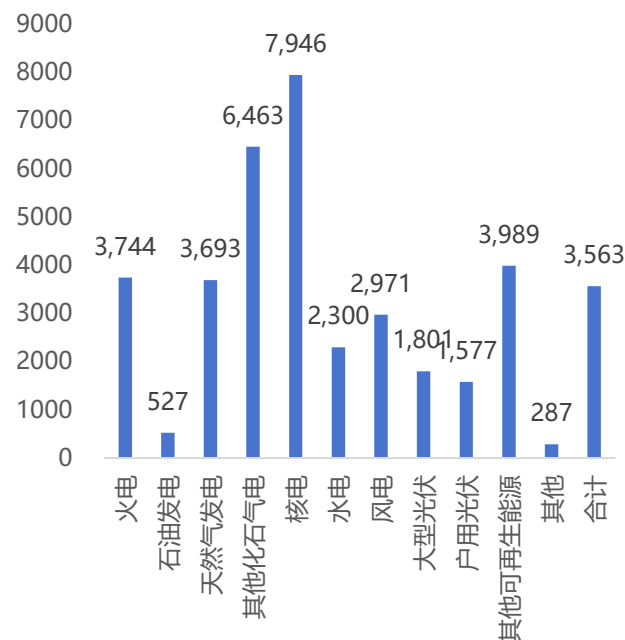
图：美国电力缺口测算（AI算力用电考虑前一年累计装机）

	2024	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
AI算力新增 (GW)	2	7	18	23	28	34	40
AI算力累计 (GW)	2	9	27	50	78	112	153
单位算力用电量 (TWh/GW)	12	12	12	12	11	11	11
AI算力合计用电量 (TWh)	24	24	105	313	579	895	1,269
-占比	1%	1%	2%	7%	12%	17%	22%
其余领域用电量 (TWh)	3,952	4,031	4,111	4,194	4,277	4,363	4,450
-同比		2%	2%	2%	2%	2%	2%
售电量 (TWh, 不含户用)	3,975	4,054	4,216	4,506	4,857	5,258	5,719
-同比	3%	2%	4%	7%	8%	8%	9%
新增电力需求 (TWh)	101	79	162	290	350	401	461
对应新增发电装置需求 (GW)	38	30	64	119	150	179	215
-同比		-22%	116%	87%	26%	19%	20%
新增光伏装置 (年1800h, GW)	30	24	51	97	124	149	179
-光伏装置占比	50%	50%	53%	56%	59%	62%	65%
-同比		-22%	118%	89%	27%	20%	21%
新增其他发电装置 (年7000h, GW)	8	6	12	22	27	31	35
发电装置备案量 (GW, 扣除储能)		36	45	43	23	9	
-光伏发电装置备案量 (GW)		33	36	40	19	6	

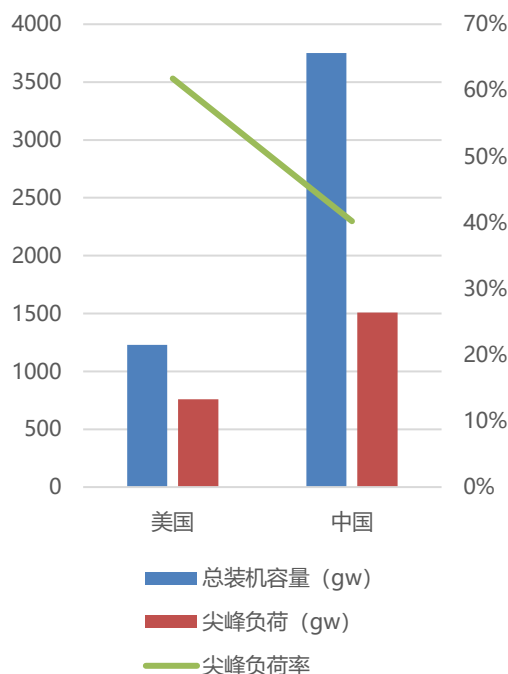
## 7 美国用电负荷破新高，电网不稳定加剧缺口

- ◆ 2024年美国总体发电装置利用小时数高，核电满负荷、气电3693h（调峰成本高）。2024年美国尖峰负荷创新高，达到760GW，尖峰负荷率超60%+，较中国高20pct。
- ◆ 美国拥有三个主要区域电网，东部、西部、得克萨斯州三点电网互联性极差，且电网不稳定，24年美国停电时间663分钟，同比增81%。
- ◆ AI数据中心负荷增加，且功率波动，将加剧尖峰负荷紧缺和电网不稳定。

图：2024年美国发电装置平均发电小时数



图：2024年中美尖峰负荷对比



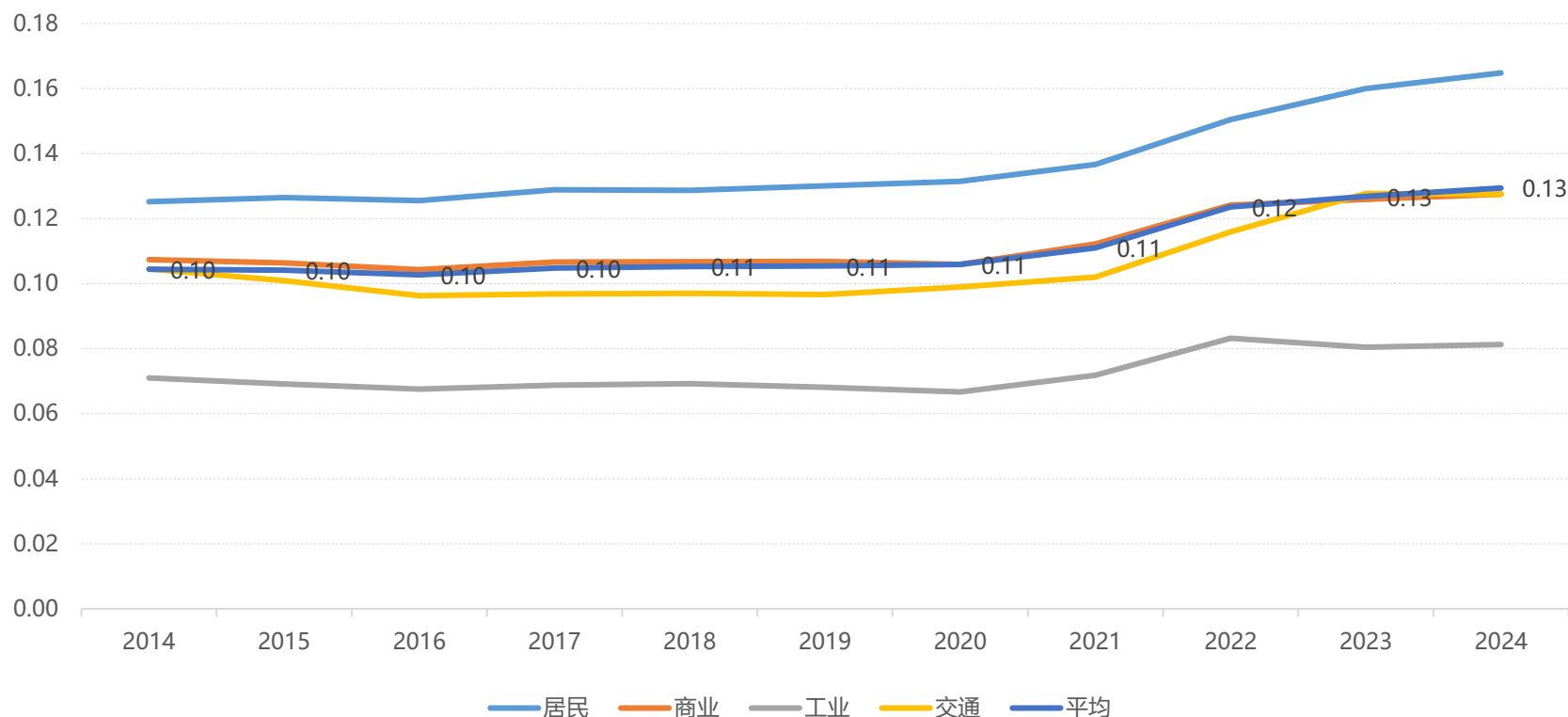
图：美国电网停电情况

Year	SAIDI (分钟/年)	SAIFI (次/年)	CAIDI (分钟/次)
2014	236.2	1.3	188.0
2015	209.0	1.3	163.9
2016	268.4	1.3	202.2
2017	505.9	1.4	356.2
2018	349.2	1.3	260.5
2019	295.5	1.3	221.8
2020	456.1	1.4	329.3
2021	475.8	1.4	331.2
2022	333.0	1.4	233.5
2023	366.6	1.3	271.8
2024	662.6	1.5	432.7

## 8 美国终端用电价逐年提升

- ◆ **美国终端电价逐年提升：**2024年居民电价0.16美元/kwh，同比+3%；商业电价0.13美元/kwh，同比+1%；工业电价0.08美元/kwh，同比+1%，平均电价0.13美元/kwh，同比+3%。

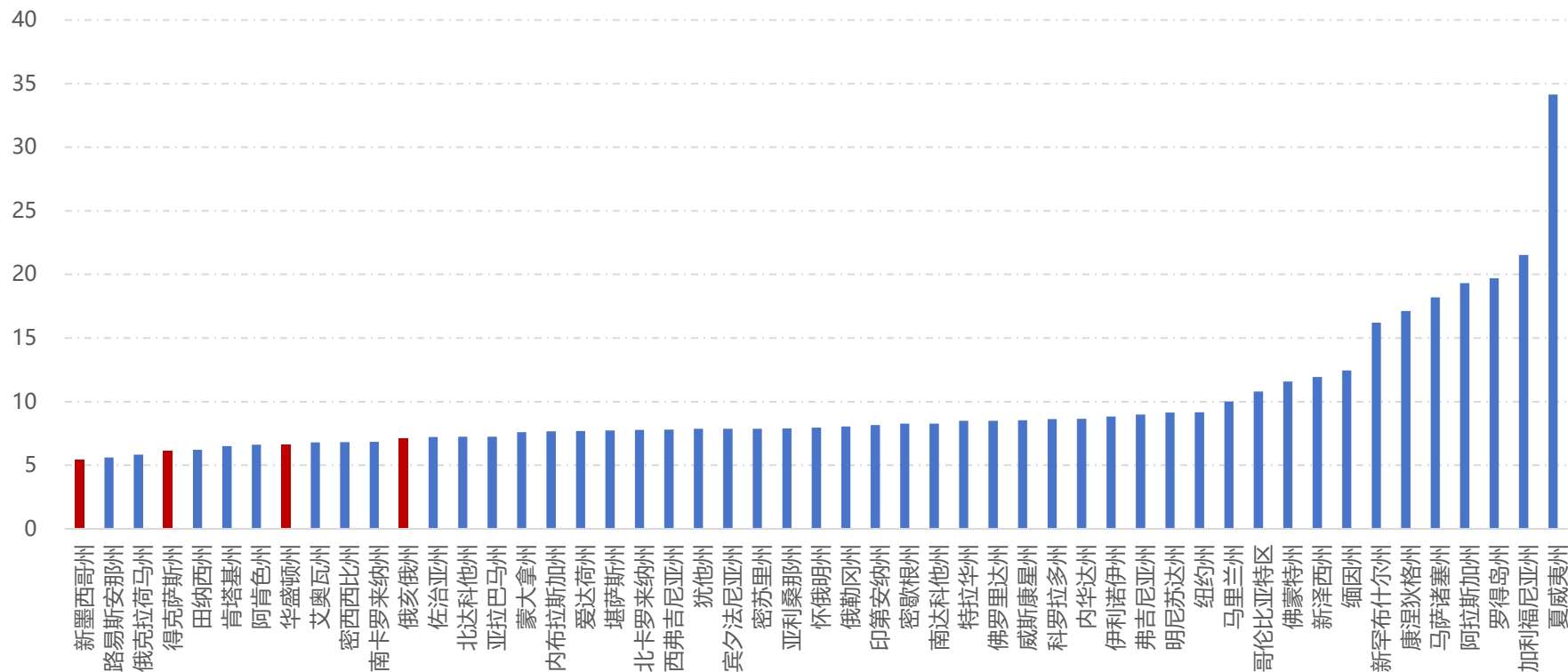
图：美国终端电价（美元/kwh）



## 9 美国各州终端电价分化大，电力供需不平衡

- ◆ 美国各州电价差异较大，2024年工业电价从0.054美元/kwh至0.3美元/kwh不等。
- ◆ 美国数据中心选址多为电价较低地区，如德州（天然气+风电）、新墨西哥州（光伏+风电）、俄勒冈州（水电）、弗吉尼亚州、华盛顿州（水电）、宾夕法尼亚（核电+天然气）、亚利桑那州（火电）等地区。

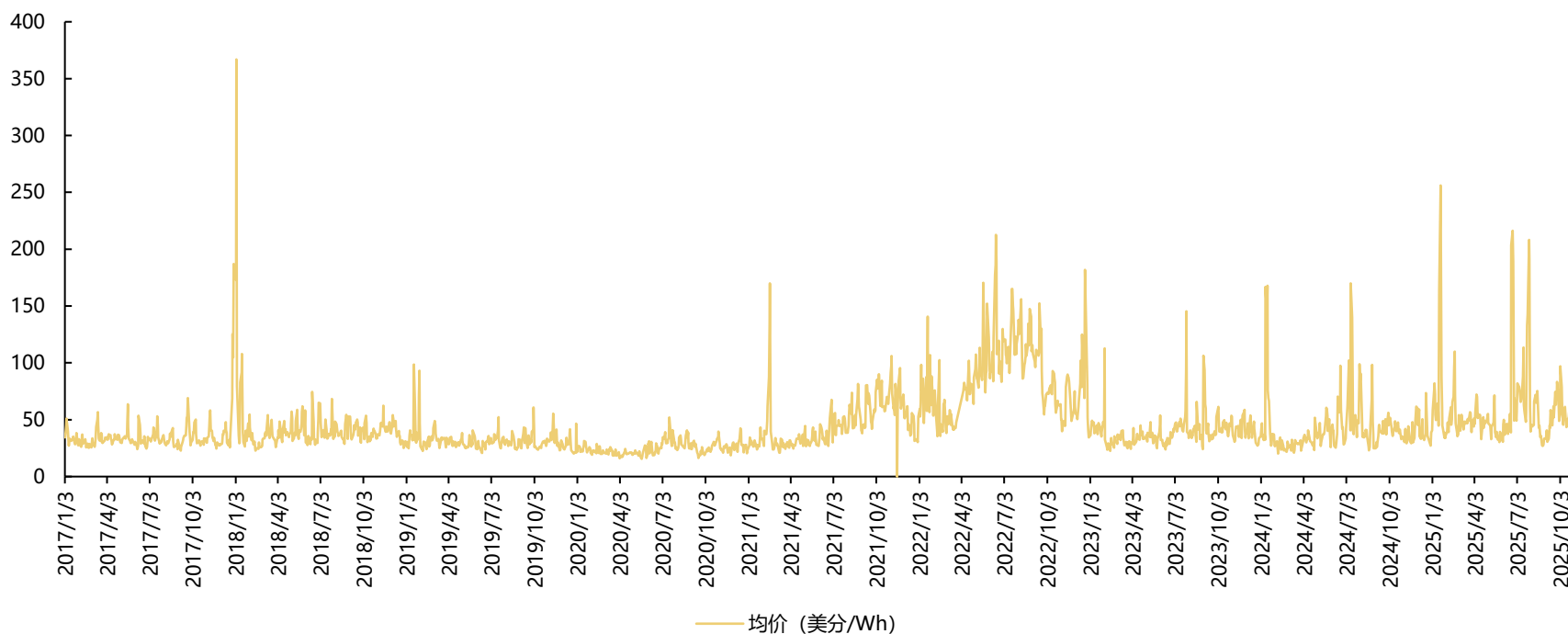
图：美国2024年各州工业终端电价（美分/kwh）



## 10 美国数据中心用电增加，部分批发电价上涨

- ◆ 数据中心密集区（如弗吉尼亚阿什本、得州奥斯汀）因电力需求激增，近五年批发电价波动大，总体批发电价上涨，企业需通过长期协议锁定价格。

图：PJM批发电价变化（美分/kwh）

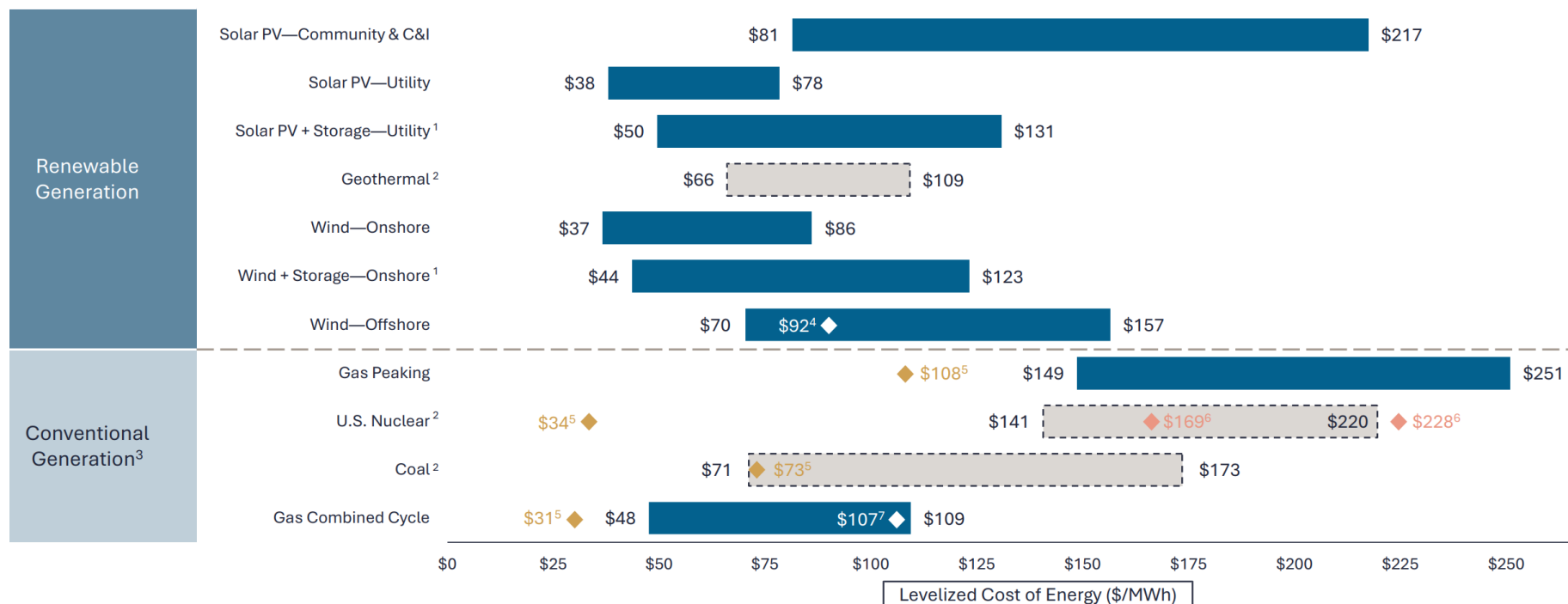


## PART2 光储为主力新增电源，绿电配储空间大

## 1 美国：不考虑补贴情况下，光储发电成本极具竞争力

- ◆ 根据Lazard的2025年6月能源度电成本分析报告，基于过去1年分析，在不考虑补贴情况下，光伏发电度电成本最低为0.038~0.078美元/kwh（0.27~0.55元/kwh），光储度电成本为0.05~0.13美元/kwh（0.35~0.91元/kwh），相对于煤炭发电、核电、气电，光储发电方式具备经济性优势。气电发电成本为0.048~0.11美元/kwh，但由于涡轮机短期、成本上涨、交付周期延长，导致未来成本上涨。

图：不考虑补贴下，美国不同类型发电成本对比（美元/Mwh）



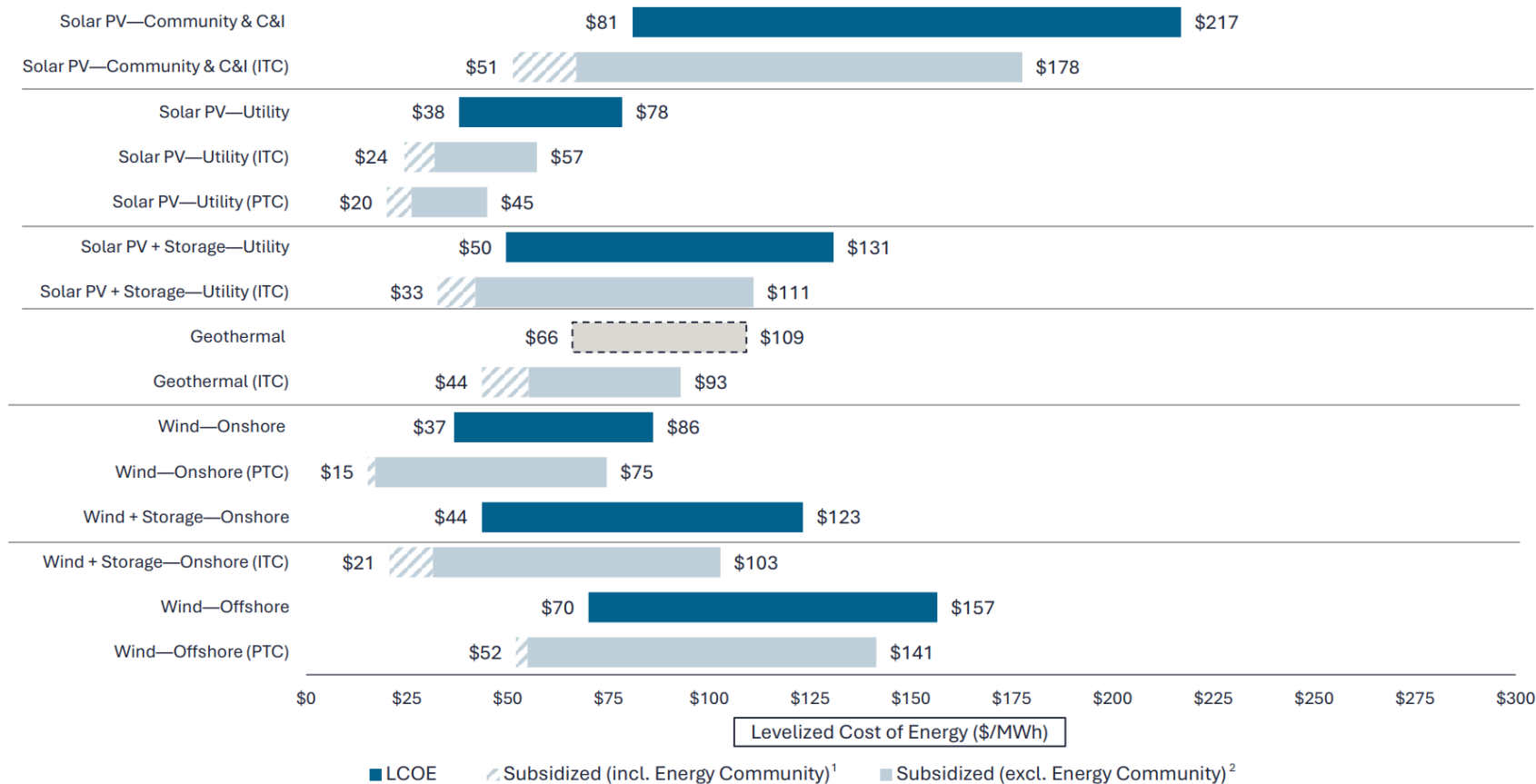
备注：黄色的数据反映完全折旧的天然气峰值、燃气轮机联合循环、煤炭和核设施运营的高、低 LCOE 边际成本的平均值，包括核设施的退役成本。红色数据代表沃格特尔核电站3号和4号机组的示例性LCOE值。



## 2 美国：考虑补贴，光储发电成本更具竞争力

◆ 考虑ITC补贴，美国光储度电成本最低为0.033美元/kwh（0.23元/kwh），相较无补贴最低0.05美元/kwh下降34%，基本为成本最低发电方式。

图：补贴情况，美国新能源发电成本对比（美元/Mwh）



备注：深蓝色条形表示LCOE，浅蓝色表示符合全额ITC/PTC资格，条纹表示符合补贴资格且包含能源社区附加补贴条款的敏感性分析。

数据来源：LAZARD，东吴证券研究所

## 3 美国：光储发电方式落地时间快，Capex低

- ◆ **气电：设备产能已排满。** 重型燃气轮机适用于大容量、高负荷场景，CSP厂商首选，IEA预计2024-2035年美国将新增80GW气电，大部分用于数据中心，但燃气轮机产能2/3集中于通用、西门子、三菱，采购与交付周期长（≥3年），订单排至2028年，产能短期内难以扩张；小型燃机交期较短（约2年），但单位造价较高。
- ◆ **SOFC、小型核电等新型发电方式：** 成本高，不适合大规模部署，Bloom Energy + 甲骨文率先布局1GW的SOFC，但capex为3美元/w（补贴后），度电成本0.09美元/kwh，缺乏经济性。
- ◆ **相对而言，光储落地时间1-2年，度电成本低，Capex低，为最可行方案。**

图：美国各类电源经济性、交付时间、性能总结

电源类型	度电成本 (美元/MWh)	建设/交付周期	Capex (美元/W)	稳定性/可用性	环境属性	典型应用/说明
电网直供（市电）	60-80（视PPA）	3-7年（含接入审批）	—	高（依赖电网）	中性，碳强度取决于电源结构	传统主电源，扩容慢，审批排队长达7年；未来更多用于补充/冗余
在运核电离网直供	80-100	1-2年（审批+接入）	2-3	极高（7×24h稳定出力）	零碳	受FERC监管掣肘，潜在容量<50GW
燃气轮机（重型燃机）	~70	≥3年（主机交付+并网）	≥2	极高，成熟稳定	化石能源，高排放	大型/园区级主流方案（10-300MW级），设备产能已排满至2028年
小型燃机（航改型）	~90	≤2年	~3	高	化石能源，中排放	适合中小型、交期敏感项目；成本高于大燃机，交期更快
SOFC燃料电池	~90（补贴后）	≤90天	2.5-3.5（补贴后）	高（寿命4-6万小时）	低碳，可双燃料（天然气/氢）	快速部署、高效率（55-65%）；头部云厂商正批量采用
可再生能源+储能（光/风+锂电）	33-111（取决于储能比例）	1-2年	1.5-2.5	中（受天气影响）	零碳	辅助/补充角色；难以独立支撑AI高负荷算力中心
小型模块化核电（SMR）	60-90（远期测算）	≥5年（审批长）	5-8（初期）	极高	零碳	尚未商业化落地，长期潜力大但短期不可行

4 美国科技公司对数据中心碳排放要求高

◆ Google、Meta、微软等基本制定2030年数据中心零碳排放目标

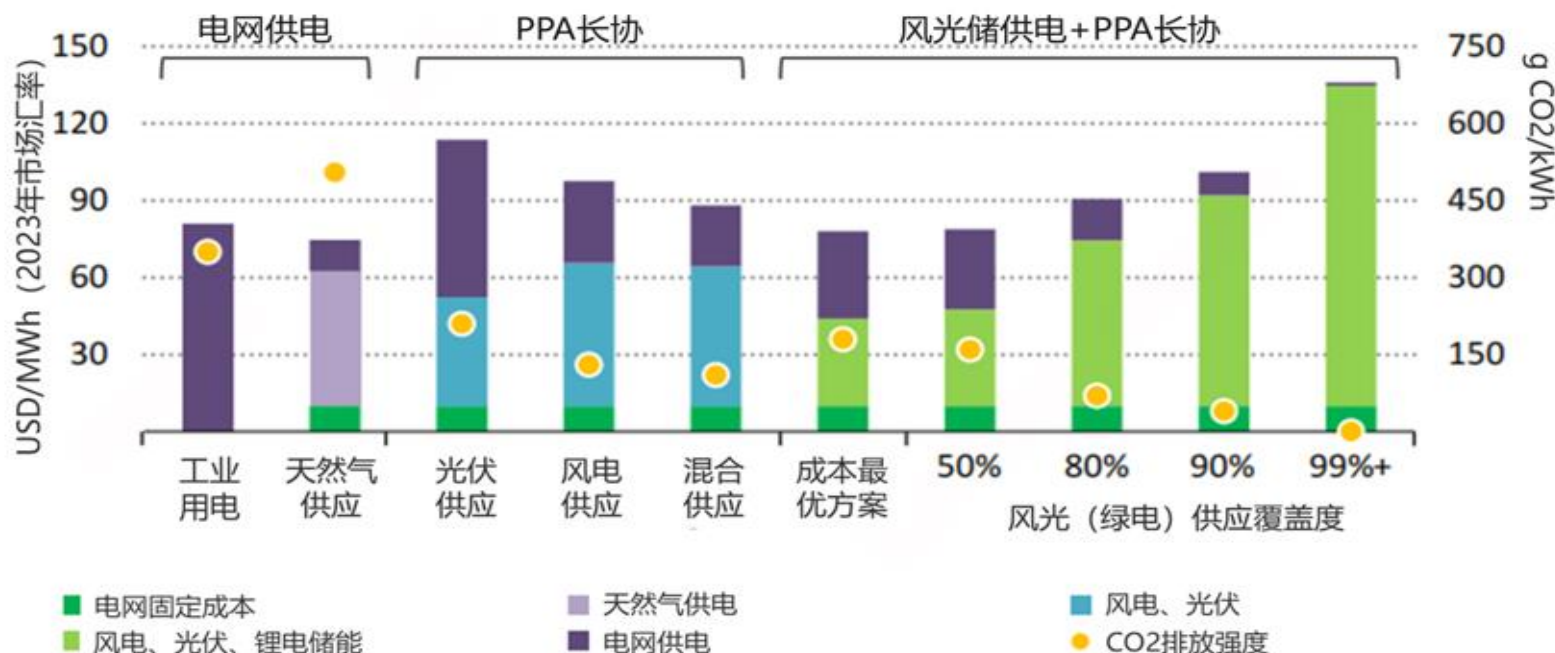
图：美国科技公司对绿电目标

科技中心	科技公司	目标时间	绿电战略表述	所在州绿电政策要求
硅谷（加州）	谷歌	2030 年实现全天候无碳能源	与 NextEra 合作重启爱荷华州杜安·阿诺德核电站（615 MW），为 AI 数据中心提供 24/7 无碳电力；全球签署超 80 份可再生能源购电协议（PPA），总容量超 10 GW	加州 SB 100 法案要求 2045 年实现 100% 可再生能源，2025 年加速绿电项目审批以获取联邦税收抵免
	微软	2025 年 100% 绿电，2030 年碳负排放	与 Brookfield 签署全球最大可再生能源框架协议，投资超 100 亿美元开发 10.5 GW 风电、光伏项目；瑞典数据中心采用 Vattenfall 24/7 绿电方案	
	苹果	2030 年全业务碳中和	丹麦 Esbjerg 投资全球最大陆上风机（单台年发电 62 GWh），为丹麦 Viborg 数据中心供电；欧洲供应商 100% 采用绿电	
奥斯汀（得州）	亚马逊 AWS	2025 年 100% 绿电，2040 年净零	与宾夕法尼亚州塔伦能源签署 1.92 GW 核电购电协议；得州 Las Majadas 风电项目为 Soluna 数据中心供电（166 MW PPA）	得州鼓励风电开发，无强制可再生能源配额，但市场驱动绿电投资
	Oracle	2025 年全球数据中心 100% 绿电	得州“星门”超级计算中心配套天然气发电项目（短期过渡），长期计划整合风电资源；英国、欧洲数据中心已 100% 绿电	
西雅图（华盛顿州）	亚马逊 AWS	2025 年 100% 绿电	华盛顿州水电资源占比高，通过区域电网购电协议匹配绿电需求；全球签署超 500 个可再生能源项目，总容量超 30 GW	华盛顿州要求 2045 年 100% 清洁能源，2030 年实现 80%
	微软	2025 年 100% 绿电	西雅图数据中心通过区域风电 PPA 实现绿电覆盖；参与“24/7 无碳能源”倡议，推动小时级绿电匹配	
波士顿（马萨诸塞州）	IBM	2025 年 75% 绿电，2030 年 90%	采购可再生能源证书（REC），目标 2025 年全球运营 75% 绿电；探索现场光伏与风电项目	马萨诸塞州要求 2030 年 80% 可再生能源，2050 年 100%
	Oracle	2025 年全球数据中心 100% 绿电	波士顿数据中心通过区域绿电 PPA 实现 100% 可再生能源供电；参与本地风电项目投资	
爱荷华州	谷歌	2029 年投运	独家采购杜安·阿诺德核电站 615 MW 产能，为 AI 数据中心提供稳定基荷绿电	爱荷华州无强制绿电政策，依赖企业项目驱动
新墨西哥州	Meta	运营阶段已 100% 绿电	数据中心电力 100% 匹配清洁可再生能源，通过新增电网项目推动区域脱碳；采用循环经济模式，优先使用回收材料	新墨西哥州鼓励可再生能源开发，无强制配额

## 5 混合绿电+市电组合方案，为美国数据中心供电最优方案

- ◆ 综合度电成本、建设周期、单位Capex、碳排放、政策支持，**混合绿电+市电组合方案，为最优方案，用电成本控制在0.07-0.09元/kwh**。同时风光储耦合，可最大限度实现可再生能源利用，降低度电成本和碳排放量。

图 IEA对美国数据中心不同电力供应组合LCOE及碳排强度测算



6 美国FERC提案，鼓励AI数据中心直连发电机组、加速并网

- ◆ 根据联邦能源管理委员会（FERC）大负荷并网提案，主要内容：1) 制定统一技术标准，对于超过20MW的大负荷（用于AIDC，半导体和电动车等高端制造工厂）**直接接入高压输电网络**；2) **大负荷和发电机组直连**，减少电网升级；3) **加速大负荷用电并网流程审批，最快60天**；4) 与大负荷用电配套的发电机组应负责根据**峰值需求提供辅助服务**，并获得对应补偿；电网升级成本由互联负荷承担。FERC将于26年4月30日前进行细则制定。
- ◆ 该法案落地，将加速负荷端自建发电机组，有利于风光储发电落地。

图：FERC大负荷提案细节

要点类别	具体内容	细节说明
大负荷定义与范围	20MW+，后续可调整	覆盖 AI 数据中心（AIDC）、半导体工厂、电动汽车电池厂等，需满足高压并网技术标准
直接联接机制	<b>大负荷与发电机组就近匹配</b>	适用场景：靠近现有电厂 / 自建配套电厂；需提交《电网稳定性评估报告》
加速审批规则	<b>60 天时限，仅适用于两类项目</b>	适用条件：①参与需求侧响应（高峰削负荷）；②自带新建发电机组；豁免部分 NEPA 流程
辅助服务要求	配套机组需提供峰值辅助服务	服务类型：调频、旋转 / 非旋转备用、资源充足性；补偿机制由 FERC 制定（市场化定价为主）
电网升级成本承担	由互联大负荷单独承担	覆盖成本：输电线路改造、变电站扩容、调度系统升级；例外情况可协商分摊（大负荷承担≥70%）
时间节点	<b>FERC 需 2026 年 4 月 30 日前推进细则制定</b>	需完成：①技术标准草案；②审批操作手册；2025 年联邦站点优先试点



7 美国数据中心多采用混合供电方式，新能源+储能增多

图：典型数据中心供电方式

项目名称	所属系列 / 主体	位置	容量	时间安排	电力信息
Stargate 1	Stargate 系列 (OpenAI 主导)	阿比林, 得克萨斯州	1.2-1.6 GW	第一阶段 (200+MW) : 2024 年 6 月启动, 2025 年 6 月完成; 第二阶段 (1.2 GW) : 2025 年 3 月启动, 2026 年年中完成	电网新增 1.2 GW 容量 (含 1 GW 天然气容量); 2025 年 1 月申请建设 360.5MW 简单循环燃气电厂 (离网备用, 不接入电网), 配置 10 台燃气涡轮机; <b>纳入大规模储能保障可靠性</b> / 经济性 / 碳优化; Cruise 目标数据中心 PUE 为 1.2-1.3x
Frontier	Stargate 系列 (OpenAI 主导)	沙克尔福德县, 得克萨斯州	1.4 GW	第一栋建筑 2026 年上半年完成	备案计划配置 709 MW, 含 210 台 INNIO Jenbacher 备用发电机 (197 台运行、13 台备用); 主要依赖德州电网, 辅以附近 Lone Star 风电场 400MW 风电; <b>Vantage 承销 2 GW 零排放能源 (太阳能 / 风能 / 电池储能)</b> , 与 WEC Energy 合作, 70% 电力分配给威斯康星州设施, 剩余匹配可再生能源; 采用闭环冷却系统, 大幅减少用水量
Lighthouse	Stargate 系列 (OpenAI 主导)	华盛顿港, 威斯康星州	1 GW	2028 年完成	与 WEC Energy 合作开发零排放能源, <b>70% 电力来自零排放能源 (太阳能 / 风能 / 储能)</b> , 30% 供应威斯康星州其他用户; 100% 零排放运营, 非可再生能源消耗通过年度可再生能源购买实现 100% 匹配; Vantage 投资至少 1.75 亿美元升级关键区域电力及水设施
Project Jupiter	Stargate 系列 (OpenAI 主导)	多纳安娜县, 新墨西哥州	1.5 GW	2025 年末启动建设	独立微电网供电 (配 700-900 MW 简单循环涡轮机 + <b>储能</b> ); 计划整合可再生能源, 暂不考虑核能; 长期规划 2045 年完全依赖清洁能源 (太阳能 + 储能)
Lordstown & Milam County	Stargate 系列 (OpenAI 主导)	俄亥俄州 Lordstown、得克萨斯州 Milam County	2+ GW	未来 18 个月启动, 2026 年投用, 可扩展至 1.5 GW 以上	Milam County 由 SB Energy <b>太阳能供电</b> (SB 已运营 900 MW 太阳能, 谷歌为锚定客户); Lordstown 依赖当地电网及自备电源补充
Meta Prometheus	Meta 系列	新奥尔巴尼, 俄亥俄州	1 GW	2026 年完成	备案含 516 MW (大气条件下), 配 250 台燃气涡轮机、 <b>18 台太阳能光伏涡轮机</b> 、30 台卡特彼勒 3500 发动机、16 台卡特彼勒 C15 柴油发动机; 支持 “快速启动备用负荷”、“黑启动发电”, 仅作为电网辅助服务, 不直接支持数据中心电力负荷; Williams 提供 400 MW 场内天然气电力
Meta Hyperion	Meta 系列	里奇兰教区, 路易斯安那州	5 GW	2GW 30年投用; 各新电厂分阶段建 2.2 GW 联合循环燃气轮机 + 600 MW 变电站及专用输电线路; Entergy 配套建设 3 座燃气涡轮机, 总容量 2.3GW (占投用: 里奇兰2个28 年末、圣查尔斯3个29 年末 全州发电能力 20%); <b>Meta 承诺同步建设 1.5GW 太阳能 + 储能设施</b> ; 申请电力交易许可, 可通过批发市场转售电力降低成本	
Meta El Paso	Meta 系列	埃尔帕索, 得克萨斯州	1 GW	2025 年动工, 2028 年投用	与埃尔帕索电力合作开发多伙伴发电方案, 含分布式发电; <b>承诺 100% 使用可再生能源</b> ; 采用闭环液冷系统, 全年多数时间零用水, 2030 年实现水正平衡 (返还 200% 消耗水)
Amazon 宾夕法尼亚 AI 创新园区	Amazon 系列	宾夕法尼亚州	1.92 GW	2026 年 7 月 29 日完成 (扩容至 240/360/480 MW)	Talent 能源公司通过萨斯奎哈纳核电站供应 1.92 GW 电力, 协议至 2042 年; 2026 年春改为 “电表前” 模式, AWS 承担输电费用; 投资升级区域输电设施
Microsoft Fairwater	Microsoft & xAI 系列	芒特普莱森特, 威斯康星州	900 MW (未来 3 年扩至 2.5 GW+)	第一阶段 2026 年初投用	与 WEC Energy 子公司合作接入电网; WEC 计划 2025-2029 年新增 1.9 GW 燃气 + <b>4.3 GW 可再生能源容量; 配套 250MW 太阳能项目 (Portage 县)</b> ; 对消耗的每千瓦时化石燃料能源, 通过向电网提供无碳能源实现 1:1 匹配; 90% 设施使用干冷, 10% 使用外部空气和蒸发冷却
xAI Colossus 1 & 2	Microsoft & xAI 系列	孟菲斯, 田纳西州	1.4 GW (Colossus 1 : 300 MW; Colossus 2: 1.1 GW)	122 天启动 Colossus 1, 再 19 天启动 Colossus 2; 2025 年初动工、7 月投用	田纳西河谷管理局 (TVA) 提供 <b>60% 可再生能源 (水电 / 太阳能 / 风能 / 核能)</b> ; 电网容量 300MW (第一变电站 150MW 已投用, 第二变电站 150MW 2025 年秋季投用); 初期 15 台燃气涡轮机 (许可至 2027 年 1 月, 后续转为备用) <b>150MW 特斯拉 Megapack 电池系统</b> (约 168 台, 每台 3.9MWh); <b>西侧和南侧规划建设 88MW 光伏 + 100MW 储能, 2026 年 Q1 开工、2027 年 Q2 并网</b>
Fermi America Project Matador	其他主要项目	阿马里洛, 得克萨斯州	11 GW	第一阶段 1 GW 2026 年末完成; 第一座核反应堆 2026 年开工, 2032 年投用	收购 580 MW 框架级涡轮机, 含 157.5MW GE TM2500 燃气涡轮机 (2025 年底交付, 2026 年初投用); 与 Siemens Energy 签意向书 (供 1.1 GW 联合循环机组); 天然气、核能、 <b>太阳能和储能综合利用</b> , 提供 “超级冗余” 电力

注：以上统计数据截至2025年11月

数据来源：LAZARD，东吴证券研究所

## 8 政策缓和，真实需求释放

- ◆ **关税：**26年中国储能出口至美国关税构成：3.4%基础关税+25%301关税（25年为7.5%）+10%芬太尼（下调10%）+10%对等关税=48.4%。
- ◆ **OBBB法案：给予敏感实体缓冲期，年底出具体细则。**30%的ITC补贴延迟1年退坡，延期至2034、2035年分别下降25%、50%；新增储能敏感实体考核，要求储能系统26/27/28/29/30年及以后非外国实体材料援助比例分别为55%/60%/65%/70%/75%，该模式下当前已签订合同或者今年底前开工项目不受影响。年底细则落地，企业反馈有一定的预案以应对敏感实体考核。
- ◆ **中国电芯48.4%关税+0补贴，1800h光伏发电，50%+4h配储，对应度电成本0.072美元/kwh，较本土电芯厂30%的补贴，高10%，在北美缺电芯及技术情况下，中国供应链依然有望享受美国光储新增高增。**

图：美国光储LECO测算

50%+4h配储，1800h	本土电芯+30%ITC补贴	中国电芯48.4%关税+0补贴	中国电芯48.4%关税+30%补贴
储能电芯（美元/wh）	0.10	0.08	0.08
其他储能系统成本（海外，美元/wh）	0.08	0.08	0.08
储能系统成本（美元/wh）	0.18	0.16	0.16
储能建设成本（美元/wh）	0.15	0.15	0.15
<b>储能EPC（美元/wh）</b>	<b>0.23</b>	<b>0.31</b>	<b>0.22</b>
光伏EPC（美元/W）	1.00	1.00	1.00
光储EPC（美元/W）	1.46	1.63	1.44
<b>LCOE（美元/kwh）</b>	<b>0.065</b>	<b>0.072</b>	<b>0.064</b>

## 9 数据中心绿电供电：对应储能需求测算

- 按照50%的绿电供应（为简单测算，绿电为光伏，实际情况多为光伏+风电+储能耦合），光伏年发电1800h，50%功率配比，4h配储时长，对应1GW算力对应储能6GWh，若80%绿电供应，对应10GWh。
- 2030年美国新增算力40GW，按照50%绿电配比，对应新增储能需求约240GWh。若按照30%绿电配比，对应约150GWh需求。

图 绿电供应比例对应储能弹性需求测算（GWh）

假设		1GW算力 绿电供电比例		储能需求 GWh	
算力规模（GW）	1	100%		12.2	
年电量需求（GWh）	10,950	80%		9.7	
光伏年发电（h）	1,800	50%		6.1	
储能功率配比	50%	30%		3.7	
配储时长	4	20%		2.4	
		10%		1.2	

		绿电供电比例					
		100%	80%	50%	30%	20%	10%
新增算力（GW）	5	61	49	30	18	12	6
	10	122	97	61	37	24	12
	20	243	195	122	73	49	24
	30	365	292	183	110	73	37
	40	487	389	243	146	97	49
	50	608	487	304	183	122	61
	60	730	584	365	219	146	73
	70	852	681	426	256	170	85
	80	973	779	487	292	195	97
	90	1,095	876	548	329	219	110
	100	1,217	973	608	365	243	122

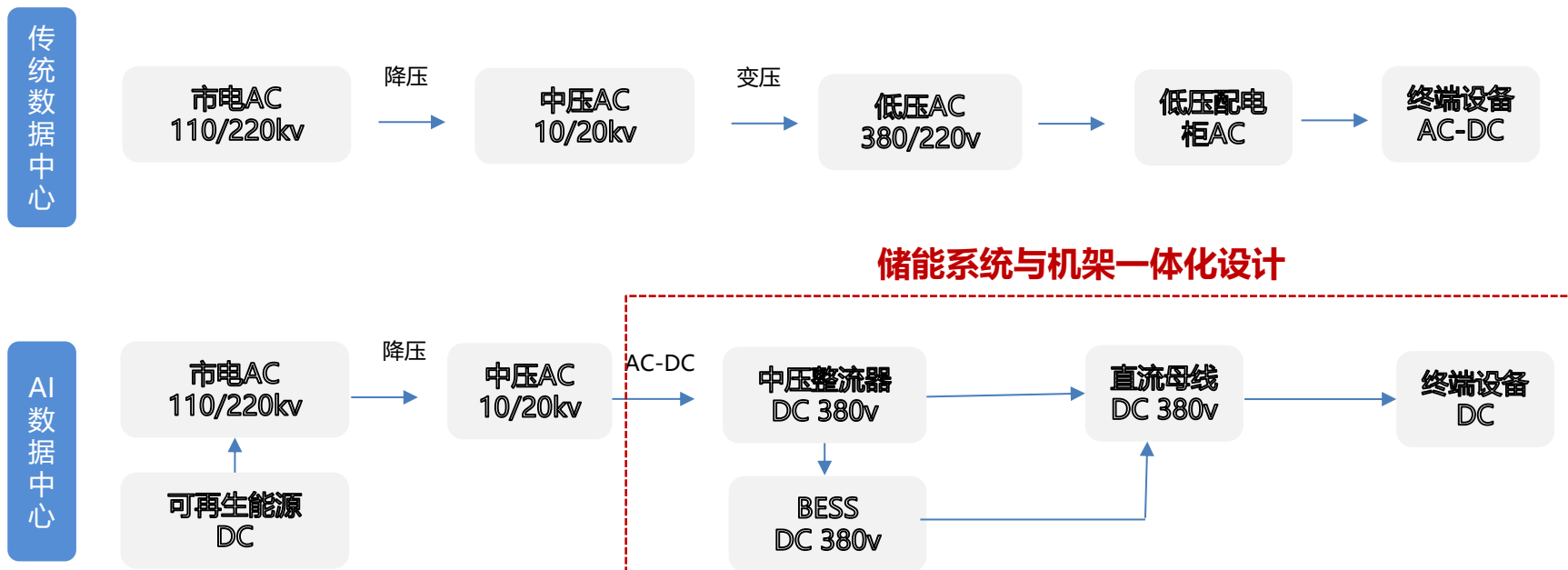


## PART3 低压直流为AIDC架构新趋势，AI储能增量弹性大

## 1 低压直流为AIDC新架构，电源+监测中心+脉冲修复功能

- ◆ **传统数据中心电气架构：**“中压交流-低压交流”，最后由终端设备（服务器等）转换为低压直流。
- ◆ **AIDC电气架构：**新增BESS，低压直流供电，具备**电源+监测中心+脉冲修复功能**。在接入外部电源后，通过高压配电系统降压（110kv/220kv降压至10kv/20kv），新增中压变流+BESS（交流转直流+储能接入），将10kv的交流转为380v的低压直流，再引入PCS+BESS进行调度（充放电），形成统一的直流供电总线，供应终端设备。

图：传统数据中心与AIDC低压直流供电电气架构



## 2 低压直流为AIDC新架构，电源+监测中心+脉冲修复功能

- ◆ **低压直流新架构：储能系统与机架一体化设计。**体现在三个方面：1) **硬件架构直接耦合**，储能主流输出的母线连接至机架的直流配电单元，缩短线缆，减少损耗；2) **储能侧和算力侧的液冷一体化集成**，两套回路共用 1 台冷水机组，通过三通阀组实现流量分配；3) **控制逻辑联动**，实时数据交互（储能bms向液冷、机架发送电芯数据，机架反馈板块功耗，液冷计算总体散热需求）。

图：AIDC低压直流供电电气架构特点

核心维度	核心目标	关键设计要点	解决的传统分散设计问题
硬件架构耦合	实现空间 - 接口一体化，减少冗余连接与物理浪费	1. Megapack 模块化适配（接口预埋、母线匹配） 2. 液冷系统双区域管路布局 3. 机架 “三合一” 接口 + 抗震协同	1. 储能 - 机架需 3-5 个液冷转接件，漏液风险高 2. 直流线缆长 15-20m，传输损耗超 8W/m 3. 设备尺寸不匹配，机房空间利用率低
散热 - 供电协同	动态匹配热负荷与供电需求，避免过热 / 供电不稳	1. 分回路液冷温控（储能侧 + 算力侧协同） 2. 总控阀组流量分配 3. 漏液监测与防护一体化	1. 储能 / 算力散热独立，热负荷集中时局部过热 2. 漏液易引发直流短路（响应 $\geq 500\text{ms}$ ） 3. 散热与供电控制脱节，负载突升时供需失衡
控制逻辑联动	多系统数据互通，实现快速响应与精准故障定位	1. 实时数据交互 2. 功率 - 散热动态匹配 3. 跨系统故障关联分析	1. 储能 / 散热 / 算力系统数据孤岛，无协同响应 2. 负载突升时响应超 1s，易跳闸 3. 故障排查需 30-60 分钟，依赖人工

## 3 低压直流方案优势一：精准脉冲修复，延长板卡寿命

- ◆ BMS 实时追踪每块板卡的电压波动、功耗异常，当检测到“亚健康信号”时，立即触发内置脉冲模块，输出高频精准脉冲在不中断供电的前提下修复电路微损伤，实现“一次 3 分钟、1 小时 6 次”的高频维护，最终延长板卡寿命。
- ◆ **低压直流储能方案的脉冲修复优势突出：**1) 输出可编程脉冲波形，精准可控，适配板卡电路特性；2) 监控 - 修复联动：毫秒级响应，精准触发；3) 高频兼容性：无供电中断，适配密集修复节奏；4) 寿命增益：从“被动更换”到“主动延寿”，降低全周期成本。
- ◆ **若仅针对脉冲修复，对应的储能需求为1GW算力，110%功率配比+18min时长，对应0.33GWh储能。**

图：低压直流储能方案脉冲修复优势

对比维度	传统方案（外置脉冲修复仪 + 交流供电）	低压直连储能方案
脉冲精度	固定波形，精度 $\pm 0.5V$	可编程波形，精度 $\pm 0.1V$
修复与供电关系	需停机 / 切换 UPS，中断算力	供电 - 修复并行，无停机
高频适配性	每小时最多 2 次（散热受限）	每小时 6 次以上（液冷 + 储能支撑）
板卡寿命提升幅度	10%-15%	30%-50%
额外设备成本	需采购外置修复仪（约 500 元 / 块板卡）	储能内置模块，无额外成本

## 4 低压直流方案优势二：更强的峰值支撑，提升计算效率

- ◆ AI 数据中心的峰值算力需求具有瞬时功率波动大、功率密度高、持续周期长的特点。低压直流储能具有“响应速度+容量冗余+供电稳定性”三重优势。
- ◆ **低压直流储能数据中心贡献优势明显：**1) 更高的峰值支撑，可长时保持满负荷运行，同时提高高密度的峰值承载能力，实现板卡的扩容，提高算力密度；2) 减少对电网的冲击，顺势功率波动，储能毫秒级响应，从而可获得更有竞争力的PPA电价，并且可用谷电补能，更具优势（1GW数据中心年耗电1TWh，0.08美元/kwh电费，对应8亿美元）。
- ◆ **对于峰值支撑，特斯拉当前方案1GW算力，110%功率配比+4h配储时长（含脉冲修复），对应4.4GWh储能。其下一代方案，将提升至6-8h，对应1GW算力需6.6-8.8GWh储能。**

图：低压直流储能方案峰值支撑与减少电网冲击优势

核心优势维度	关键支撑能力	效果
更强峰值支撑	瞬时微峰值捕捉	无算力降频，模型训练效率提升 15%-20%
	长周期峰值续航	满足 4-8h 满负荷训练
	高密度峰值承载（含 PCS 抗浪涌与板卡扩容）	单机柜板卡数量提升 13%，算力密度同步增 13%；年处理数据量增加 15%，无需额外扩建机房
减少电网冲击	负载波动平抑（削峰填谷）	避免电网扩容，年省调峰成本 2000 万元；电网频率波动收窄至 $\pm 0.1\text{Hz}$
	瞬时尖峰吸收	零电网告警，避免因停机导致模型训练周期延长 40%
降低运营成本	离线峰值运行	减少限电停电导致损失
	更低的PAA电价、谷电补能	降低电费

## 5 低压直流方案优势三：一体化监测，实时响应

- ◆ 低压侧储能凭借“直连供电 + 板卡级数据穿透”的天然优势，可同时承担“储能状态监控”“板卡运行监测”“关联故障诊断”三重角色。通过低压直流母线直接采集板卡供电参数，结合储能自身状态数据，形成“能源 - 负载”全链路数据闭环，成为数据中心的“中枢检测节点”。
- ◆ 一体化监测，数据交互，提前预判，实时响应，可降低故障率，延长板卡使用寿命。

图：低压直流储能方案脉冲修复优势

核心维度	储能端监测（能源端）	算力端监测（负载端）	储能 - 算力互联方式
监测参数	1. 电芯核心：单电芯电压、温差（ $\leq 5^{\circ}\text{C}$ ）、SOC（ $\pm 1\%$ ）、充放电电流； 2. 辅助系统：液冷流量、进出水温差、PCS 转换效率、直流母线电压	1. 供电参数：输入电压、工作电流、电压纹波（ $\leq 2\%$ ）、供电中断次数（毫秒级）； 2. 运行参数：GPU 核心温度（ $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ）、算力负载（0%-100%）、内存带宽利用率（ $\pm 1\%$ ）、板卡故障码（过压 / 欠压等）	1. 数据同步：时间戳对齐技术，采集时差 $\leq 1\text{ms}$ （传统 $\geq 100\text{ms}$ ）； 2. 协议对接：支持 PMBus/IPMI 协议，直接读取板卡 CMS 数据； 3. 硬件联动：低压直流母线预埋传感器，数据通过储能 BMS 以太网模块（1000Mbps）实时传输
监测硬件 / 技术	1. 内置高精度传感器（采样频率 100Hz）； 2. 储能 BMS 集成数据采集模块，支持多电芯组并行监测； 3. 液冷回路嵌入流量 / 温度传感器（防漏设计）	1. 低压母线分支预埋微型电流电压传感器（体积 $2\text{cm} \times 3\text{cm}$ ，适配机架空间）； 2. 无需额外加装板卡监控模块，直接通过母线取电 + 协议对接； 3. 板卡温度 / 负载数据实时回传至储能 BMS	1. 物理链路：共用低压直流母线 + 以太网传输，无额外布线； 2. 算法支撑：储能 BMS 内置 AI 关联分析算法，实时匹配“储能状态 - 板卡运行”数据； 3. 控制联动：储能 PCS 与板卡负载调整指令双向交互
故障诊断场景	1. 电芯一致性偏差：通过母线电压波动关联板卡供电异常； 2. 液冷故障：通过流量 / 温差异常预判板卡过热风险	1. 板卡供电异常：定位根因是储能母线波动还是板卡电源模块故障； 2. 算力降频：分析是储能功率不足还是板卡温度过高	1. 根因定位：AI 算法联动两端数据，如板卡电压波动时，同步核查储能母线电压是否稳定； 2. 风险预判：通过“储能电芯老化率 $\rightarrow$ 板卡纹波变化”关联模型，提前预警故障
自动化处置联动	1. 电芯均衡：检测到一致性偏差时，自动调节单电芯充放电； 2. 液冷调整：板卡温度升高时，加大储能液冷流量	1. 脉冲修复：板卡纹波超标时，触发储能内置脉冲模块（0.5V/50kHz，3 分钟）； 2. 负载调整：储能故障时，自动降低非关键板卡负载（如从 100% $\rightarrow$ 80%）	1. 指令交互：储能 BMS 直接向板卡发送负载调整 / 修复指令，无需人工转发； 2. 闭环控制：处置后实时监测两端参数，确认效果

## 6 总结：低压直流储能需求潜力巨大

- ◆ AIDC低压直流储能作为：电源、脉冲修复、监测中心。按照2030年美国新增40GW算力，30-50%方案渗透率，对应储能系统需求约80-130GWh。
- ◆ 该方案特斯拉已使用2年，且2026年将迭代至第三代，国内系统集成商+电池厂商、美国系统集成商均联合下游科技公司共同合作，预计26年有望初步落地，总体预计26年该方案渗透率达到5%，未来将快速提升，有望提升至30%+。

图：低压直流储能方案对应储能需求测算（GWh）

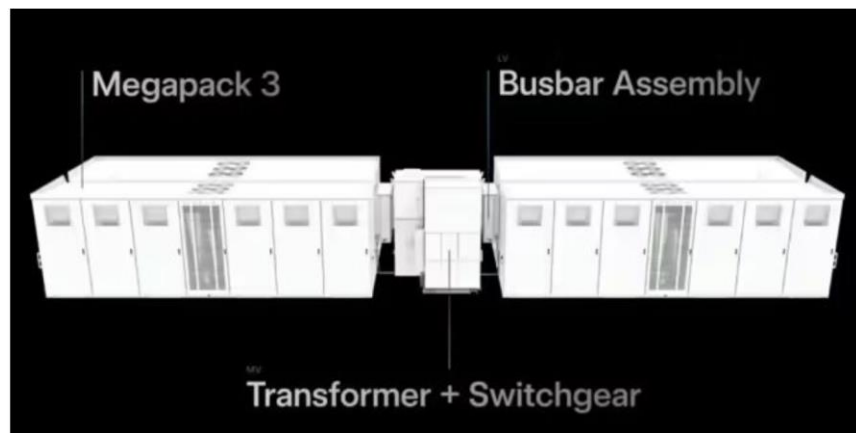
	低压直流方案渗透率						
		100%	80%	50%	30%	20%	10%
新增算力（GW）	5	33	26	17	10	7	3
	10	66	53	33	20	13	7
	20	132	106	66	40	26	13
	30	198	158	99	59	40	20
	40	264	211	132	79	53	26
	50	330	264	165	99	66	33
	60	396	317	198	119	79	40
	70	462	370	231	139	92	46
	80	528	422	264	158	106	53
	90	594	475	297	178	119	59
	100	660	528	330	198	132	66



## 7 低压直流储能系统要求极高，特斯拉与阳光优势突出

- ◆ 低压直流储能要求极高，成本较普遍储能系统成本提高30%+，需要厂商具备极强的软硬件能力（数据协同能力、AI驱动的整段和控制能力、高密度的集成和散热能力），**既懂电网又懂AIDC又懂储能**。
- ◆ 同时，低压直流储能与后端机架一体化集成，需与业主方深度合作绑定。
- ◆ 特斯拉与阳光电源为全球AI储能龙头，特斯拉短期自供为主，阳光可对接全球科技公司。特斯拉Megapack3将于2026H2推出，采用双通道控制架构（功率调度器 + 虚拟机）可自主建立稳定电压和频率，在电网波动时提供亚周期级无功支撑（响应时间 < 10ms），预计率先用于Aix数据中心上。阳光兼具AIDC及储能能力，储能系统广泛应用于全球项目，且具备成本优势，有望逐一突破海外科技公司。

图：特斯拉Megapack3



- ◆ 采用了更大的 2.8 升电池电芯，新款容量可达约 5 MWh。同时对散热舱结构进行了大幅简化，使连接点数量减少 78%。20日内可完成1GWh储能部署

图：阳光PowerTitan 3.0



- ◆ 灵犀交付系统：配置检查时间从17天缩短至1小时，人工巡检效率提升85%，大幅加快投运节奏。
- ◆ PowerDoctor运维平台：集成AI大模型，可实现30+类型故障的早期预警，准确率超过99%，非计划停机率降低99%，运维效率提升92%。
- ◆ PowerBidder电力交易系统：基于AI算法优化储能参与市场策略。



## 8 低压直流储能为方向，其他厂商加快跟进

图：主流厂商AI数据中心储能方案整理

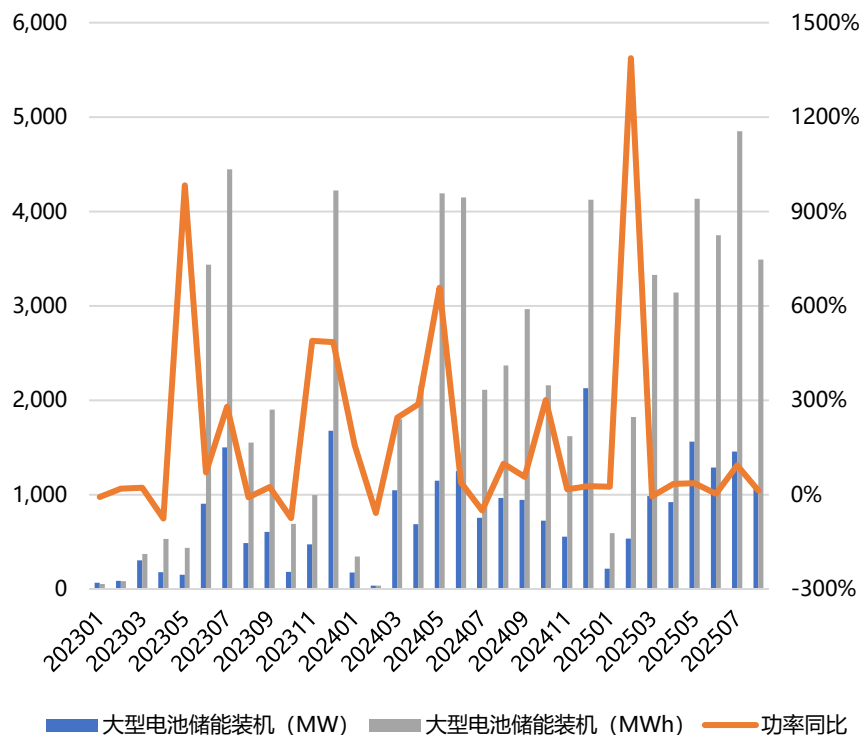
企业名称	储能装置表述	方案设计核心
特斯拉 (Tesla)	Megapack 2 XL: 2MW/4MWh per unit, 200MW/400MWh per acre; IP66 防护, 含 AC 电池模块、Grid-Tied Inverter、EMS 系统	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 并联接入负载, 平滑 AI 训练 70%+ 负载波动;</li> <li>2. 支持 LVRT, 与 UPS 协同避免电网瞬间断连;</li> <li>3. 参与需求响应, 与柴发配合提升稳定性;</li> <li>4. 20 + 年使用寿命, 适配 GW 级 AIDC</li> </ol>
FlexGen	4 小时时长公用事业级 BESS; 含功率转换子系统 (DC-AC/AC-DC)、EMS、安全及 HVAC 子系统	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 峰谷套利 + 削峰填谷, 加速电网接入审批;</li> <li>2. 整合可再生能源, 支撑 24/7 绿电消纳;</li> <li>3. 分三阶段演进 (备用电源→整合 UPS→替代柴发);</li> <li>4. 参与电力市场获取多维度收益</li> </ol>
华为 (HUAWEI)	适配液冷 + 高效模块化 UPS 的协同储能系统; 支持算网存协同的模块化储能单元	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 弹性供电 + 供冷联动, 适配训推融合场景;</li> <li>2. 算存协同加速 CKPT 备份与故障恢复;</li> <li>3. 融入 “一底座两平台三中心” 架构, 保障长稳训练;</li> <li>4. 适配万卡集群, PUE 最低 1.08</li> </ol>
英伟达 (NVIDIA)	800V HVDC 架构专属 <b>双层储能系统</b> : ① 机架侧超级电容 (毫秒级响应, 吸收 GPU 脉冲电流); ② 设施级锂电池 BESS (10 秒 - 1 小时级能量缓冲, 直接挂载 800V 直流母线, 无需双向逆变器)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 储能协同: 超级电容抑制 GPU 30%-100% 功率跳变, BESS 平抑 100ms-5 分钟级负载波动, 满足电网负荷波动率 &lt; 2% 要求;</li> <li>2. 架构三阶段演进: UPS 升级版 (存量改造) → 中压整流器 + HVDC (2026 年规模化) → SST 固态变压器 (终极方案, 效率超 98.5%);</li> <li>3. 端到端优化: 中压 AC→800V DC (1 次转换) → 机柜 12V DC (单级降压), 总转换仅 2 次, 铜耗降低 61%、空间节省 30%;</li> <li>4. 适配 NVL72/NVL144/Kyber 机架, 支撑单机柜 1MW 功率, 适配 576 GPU 集群连续运行</li> </ol>
GE	LFP 电池 + LV5 + 逆变器组成的 BESS; 与航改型燃气轮机协同的混合储能单元	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 混合备份: BESS 毫秒级应急, 燃气轮机长时支撑;</li> <li>2. 融入 GridNode 微电网, 与风光协同;</li> <li>3. 负荷平滑 + 调频调压, 适配高密 AIDC;</li> <li>4. 支持绿氢燃料, 降低碳排放</li> </ol>
施耐德 (Schneider)	模块化 BESS; 适配交流 / 高压直流 / 800V 直流等多供配电架构	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 算电协同核心: 平抑 50%+AI 负载波动;</li> <li>2. 适配单机柜 50-100kW + 高密供电;</li> <li>3. 数字化联动电网、绿电、制冷系统;</li> <li>4. 降低 PUE 至 1.08, 保障供电稳定性</li> </ol>

## PART4 产业链：美国储能需求有望超预期，国内厂商受益

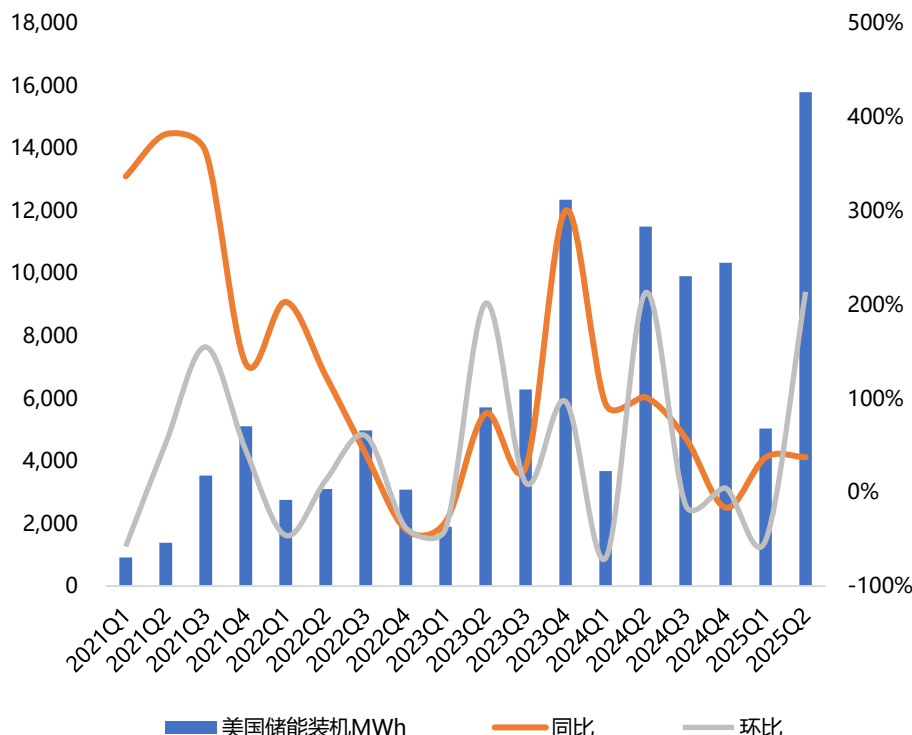
## 1 美国储能备案量规模大，支持后续增长

- ◆ 2025年1-9月累计装机9GW，同比+29%，对应27.5GWh，同比+36%。**9月末美国大储备案量66.6GW，较8月末大储备案量+19.3%，按照3.5h配储时长，对应在建及待建规模233GWh。**
- ◆ 另外Wood Mac口径，**25Q2美国储能15.8GWh，同环比+37%/+214%，全年指引52.5GWh，增45%。其中，Q2大储装机15.0GWh，同环比+36%/267%。**

图：美国大型储能电池装机及功率同比



图：美国电化学储能装机



## 2 上修美国2026-2030储能电池需求

- ◆ 由于AI数据中心电力缺口增大，绿电配储空间大且低压直流为AIDC架构新趋势，假设新增算力需求持续增加，绿电直连比例增加，AIDC低压直流储能比例提升，26-27年单GW算力储能需求维持10%增速，28年之后维持1%增速。经测算，2025年美国新能源储能装机需求约53GWh，数据中心相关（绿电直联配储+电能管理）合计9GWh，2026年预计装机80GWh，同比增51%，数据中心相关贡献37GWh。
- ◆ 电池需求端，考虑抢装，预计2025年电池需求150GWh，同比增71%，2026年预计191GWh，增长27%，27-28年，受益于AI数据中心拉动，预计需求增速为34%/30%。若后续绿电比例提升，需求将进一步超预期。

图：美国储能电池需求预测

美国	2024	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
大储需求 (GWh)	30	49	77	122	184	276	386
-同比		64%	58%	58%	51%	50%	39%
AI数据中心储能需求 (GWh)	1	9	37	84	143	231	335
-新增算力需求 (GW)	2	7	18	23	28	34	40
-AIDC绿电直连比例	5%	10%	15%	25%	35%	45%	50%
-单GW算力储能需求 (GWh)	0.6	1.2	1.8	3.1	4.3	5.5	6.1
-AIDC绿电直联配储需求 (GWh)	1	9	33	71	120	185	247
-AIDC低压直流储能比例	0%	1%	5%	10%	15%	25%	40%
-单GW算力储能需求 (GWh)	4.4	4.4	4.8	5.3	5.4	5.4	5.5
-AIDC低压直流储需求 (GWh)	0	0	4	12	23	46	89
其余大储需求 (GWh)	29	40	40	38	42	46	50
工商储需求 (GWh)	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.2	1.4
-同比		15%	21%	21%	21%	15%	15%
户储需求 (GWh)	2.3	3.8	2.1	2.4	2.7	3.2	3.6
-同比		64%	-45%	16%	15%	15%	15%
合计新能源及数据中心储能装机 (GWh)	33	53	80	125	188	281	391
-同比		63%	51%	56%	50%	49%	39%
其他储能 (GWh)	26	31	31	31	31	31	31
对应储能电池需求 (GWh)	88	150	191	256	332	452	578
-同比		71%	27%	34%	30%	36%	28%
-放大系数	1.90	2.25	2.00	1.80	1.60	1.50	1.40

## 3 美国储能系统集中度高，电芯高度依赖中国企业

- ◆ 美国储能系统集中度高，特斯拉第一、阳光份额第二。除了电源侧的储能系统，在aidc中的低压直流储能系统预计阳光优势突出，与特斯拉平分天下。
- ◆ 电芯高度依赖中国，宁德份额约50%。美国本土电芯产能有限，26年有效产能为特斯拉10gwh+ lg的17gwh + 远景7gwh，2027-2028年增量产能同样有限，仍需依赖中国企业。
- ◆ OBBB法案细则年底出台，预计对中国供应链仍有可协商空间。

图：美国本土电池产能梳理

公司	工厂地址	2026年储能电芯产能 (GWh / 年)	状态	主要技术路线
特斯拉	内华达州 LFP 工厂	10	一期10gwh年底建成	LFP 方形
LG 能源	密歇根州 Holland 工厂	30	17GWh 将于25年底达产，计划到26年底扩至50GWh	LFP软包
三星 SDI	印第安纳州 Kokomo 工厂: (与 Stellantis 合资)	30	第一工厂产能33GWh，第二工厂产能34gwh，预计27年初投产	LFP方形
SK On	乔治亚州 Commerce 工厂	10	预计25年底改造投产4gwh，26年扩张至10gwh	LFP
远景能源	田纳西州 Smyrna 工厂	7	已投产	LFP
亿纬锂能	密西西比州 Byhalia 工厂	10	商用车项目转储能，尚未完全确定	LFP

注：SK on、亿纬锂能产能状态为据公开信息预测值

## PART5 投资建议与风险提示

◆ **投资建议：**美国AI数据中心拉动电源侧配储需求和AI储能需求大增，预计未来3~5年保持高复合增速，高景气赛道全面看好，持续强推！首推**宁德时代、阳光电源、海博思创、亿纬锂能、阿特斯**，其次看好**中创新航、欣旺达、德业股份、天合光能、锦浪科技、艾罗能源、派能科技、固德威、通润装备**，关注**鹏辉能源、国轩高科、瑞浦兰钧、上能电气**等。

图表：重点公司估值表（截至2025年12月4日）

	证券代码	名称	总市值 (亿元)	股价 (元)	归母净利润（亿元）			PE			评级
					2025E	2026E	2027E	2025E	2026E	2027E	
电池	300750.SZ	宁德时代	17,581	385	690	862	1066	25	20	16	买入
	002594.SZ	比亚迪	8,469	95	450	589	710	19	15	12	买入
	300014.SZ	亿纬锂能	1,461	70	45	83	111	32	18	13	买入
	300207.SZ	欣旺达	538	29	21	30	41	26	18	13	买入
	688063.SH	派能科技	136	55	1	5	7	136	27	19	买入
PCS&大储 集成	300274.SZ	阳光电源	3,681	178	142	173	193	26	21	19	买入
	688411.SH	海博思创	506	281	9	19	31	56	27	16	买入
	300763.SZ	锦浪科技	278	70	12	14	18	24	19	16	买入
	605117.SH	德业股份	761	84	33	40	48	23	19	16	买入
	688390.SH	固德威	128	53	3	5	7	48	25	18	买入
	688032.SH	禾迈股份	121	98	5	7	9	24	17	13	买入
	002518.SZ	科士达	256	44	6	9	12	44	28	22	买入
	688472.SH	阿特斯	567	15	23	32	39	25	18	15	买入
	300693.SZ	盛弘股份	118	38	5	7	8	24	17	15	买入
	603063.SH	禾望电气	138	30	6	7	8	23	19	17	买入
	300827.SZ	上能电气	176	35	6	7	9	31	24	19	买入
	002335.SZ	科华数据	278	54	7	10	14	40	27	20	买入
	688717.SH	艾罗能源	101	63	5	7	8	22	15	13	买入



- ◆ **竞争加剧：**储能仍处于行业发展早中期，新进入者较多，竞争不断加剧，或压缩业内公司盈利水平。
- ◆ **政策超预期变化：**当下储能行业仍依赖于政府政策支持，政府补贴力度、贸易壁垒等变化将对储能收益率带来显著影响，进而影响储能装机需求。
- ◆ **AI数据中心低压直流储能方案推广不及预期：**当前AI数据中心储能方案处于推广初期，是否大规模放量，仍需看推广效果。
- ◆ **原材料供应不足：**IGBT、电芯为光伏逆变器、储能PCS重要原材料，近期供应持续保持紧俏，若未来供应不足，将直接影响公司生产经营。

# 免责声明

东吴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。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

在法律许可的情况下，东吴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。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

## 东吴证券投资评级标准

投资评级基于分析师对报告发布日后6至12个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A股市场基准为沪深300指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普500指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的），北交所基准指数为北证50指数），具体如下：

公司投资评级：

买入：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在15%以上；

增持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于5%与15%之间；

中性：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-5%与5%之间；

减持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在-15%以下。

行业投资评级：

增持：预期未来6个月内，行业指数相对强于基准5%以上；

中性：预期未来6个月内，行业指数相对基准-5%与5%；

减持：预期未来6个月内，行业指数相对弱于基准5%以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所

苏州工业园区星阳街5号

邮政编码：215021

传真：（0512）62938527

公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>

# 东吴证券财富家园