仅供内部参考，请勿外传

长城证券
GREAT WALL SECURITIES

证券研究报告

AI深度研究专题一：北美AIDC电力约束与投资机遇

评级：强于大市

长城证券产业金融研究院
分析师：马川琪
执业证书编号：S1070526060001
联系人：聂开浚
执业证书编号：S1070126050027

时间：2026年9月1日

仅供内部参考，请勿外传

长城证券
GREAT WALL SECURITIES

CONTENTS
目录

01 美国电力系统概况

02 自建路径分析

03 SOFC-固体氧化物燃料电池

04 GTE-燃气轮机

05 BESS-电池储能

仅供内部参考，请勿外传

核心观点

美国算力扩张面临硬性电力约束：2025-2030年，美国新增电力峰值负荷预计约160GW，其中数据中心贡献该增量的一半以上；与此同时，美国电网则面临设备老化、跨区互济及扩容能力不足等问题，供给侧难以响应快速增长的算力需求，使得电力供给成为美国AIDC扩张与算力落地的核心瓶颈；BloombergNEF进一步量化该约束，其预计在2023–2033年，美国AI芯片部署所需的数据中心新增电力容量可达207GW，与现实可建成的数据中心电力容量基准情景之间将累计形成约63GW的缺口。

电网约束推动数据中心供电模式由依赖公共电网向“电网+现场电源”多元化演进：Rystad预计，到2030年约40%的美国数据中心容量可能寻求专用现场发电，反映自建电源正由局部补充逐步成为重要供电路径；BloombergNEF进一步指出，在同一情景下，即便假设美国电网新增数据中心接入能力维持历史最高约10GW/年，预计到2035年仍需约48GW的现场燃气发电。我们预计，相关需求并非意味着数据中心全面脱离公共电网，而是通过柔性并网、桥接并网及孤岛运行等多种模式实现，并带动燃气轮机、SOFC及BESS等差异化设备需求。

燃气轮机需求预计维持高景气、供需将持续偏紧，交付缺口为SOFC创造发展窗口期，助力其站稳美国算力自备电源赛道：燃机需求端由AIDC、全球工业电气化及存量机组更新替换共同支撑；预计2026–2030年北美数据中心对燃气轮机与内燃机现场发电方案的累计新增需求约16GW。供给端，全球燃机OEM厂商扩产较谨慎，且产能需在不同地区及公用事业、工业、数据中心等终端间分配；以GE Vernova为例，截至2Q26，其116GW燃气设备Backlog及预留产能中，数据中心客户仅占约20%，AIDC实际可获得的短期交付资源有限。供需双重约束下，传统燃机交付周期难以完全匹配算力项目快速投产的需求。SOFC虽在GW级大型站点长期运行稳定性方面仍需进一步验证，但凭借7×24小时稳定基荷供电、短交付周期及模块化部署等优势，正获得阶段性发展窗口；预计2026–2030年北美数据中心燃料电池累计新增需求可达约9.5GW。

BESS配套需求确定性较强，但需求量确定性不足且竞争剧烈：AIDC电负载存在大幅波动，叠加算力规模扩大，将对电网与自备机组运行稳定性造成冲击；BESS可实现负载平滑、黑启动，电压穿越等多重功能，需求具备较强确定性。但当前行业壁垒相对有限，市场竞争激烈，企业盈利存在持续承压风险；同时，AIDC在并网条件、架构等方面存在差异，导致装机体量存在较大不确定性，构成行业发展约束。后续可重点关注项目订单落地及配置方案标准化情况，若二者持续推进，将有望提升BESS的需求能见度，成为行业放量的重要催化。

投资建议：美国算力扩张受电网供给约束，推动数据中心自建发电，电力/发电板块有望受益，建议重点关注 GE Vernova (NYSE: GEV)、Bloom Energy Corp. (NYSE: BE)、Caterpillar Inc. (NYSE: CAT)、Cummins Inc. (NYSE: CMI)、Fluence Energy, Inc. (NASDAQ: FLNC)。

风险提示：

1）AI 算力需求不及预期 2）项目落地进度不及预期 3）技术路线替代风险 4）原材料与供应链风险 5）项目落地与验收风险

仅供内部参考，请勿外传

长城证券
GREAT WALL SECURITIES

01

美国电力系统概况

AI算力驱动下供需格局与电网瓶颈分析

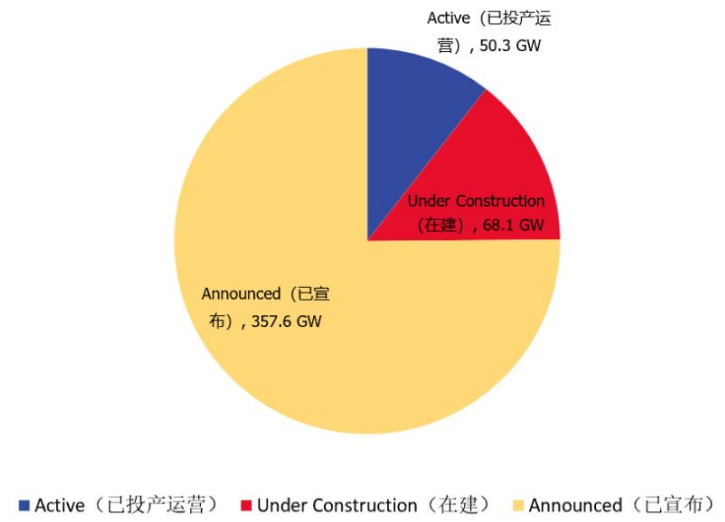
仅供内部参考，请勿外传

1.1 美国电力需求特点：AI驱动用电负荷增长

美国数据中心算力扩张激进，预计到2030年，AMER将会是全球第一大数据中心市场，其中美国贡献约90%的装机容量

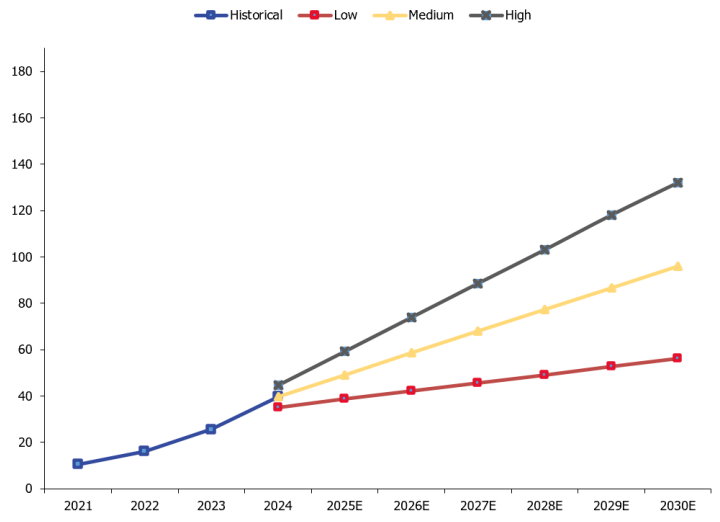
- **数据中心算力扩张规划较为激进：**根据Aterio测算，当前全美已投产数据中心电力容量为50.3GW，仅占未来总规划规模的11%，大规模算力投放周期尚处前置阶段，后续新增用电负荷才是行业电力需求的主要增量来源
- 从结构上看，据Grid Strategies测算，2025-2030年美国新增峰值负荷约160GW，其中数据中心规模约90GW，占比约56.3%

图表1：美国数据中心容量按运行状态划分（GW）



资料来源：Aterio，长城证券产业金融研究院

图表2：EPRI美国数据中心名义容量预测（GW）



资料来源：EPRI，长城证券产业金融研究院

长城证券 GREAT WALL SECURITIES

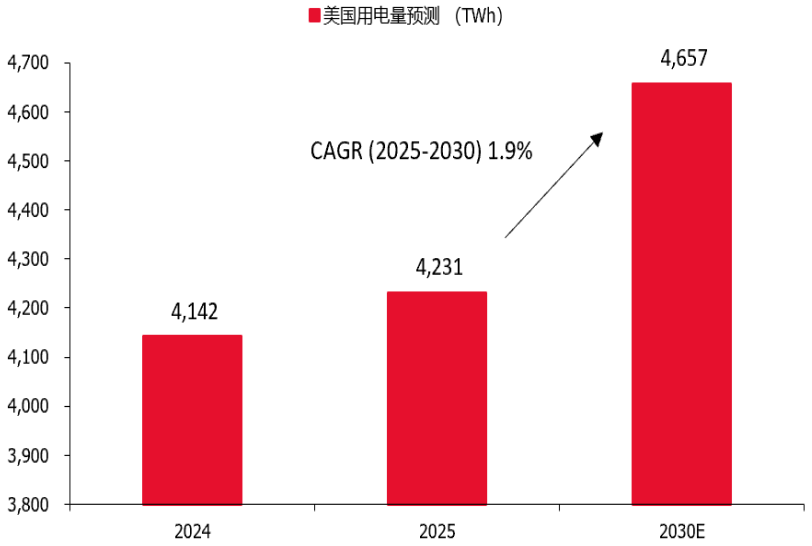
仅供内部参考，请勿外传

1.2 美国电力需求特点：AI驱动用电量增长

美国数据算力扩张，同步推动美国整体用电需求量增长

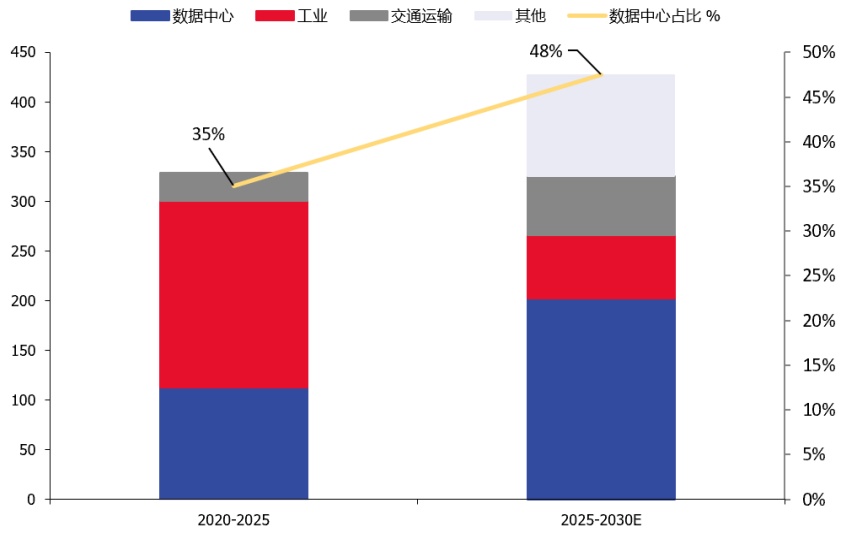
- 用电量总量根据 IEA 预测，2025–2030年美国电力需求累计增量将超过420TWh（4,200 亿度电）达到4,657TWh (46,570亿度电)
  - 其中，数据中心预计将贡献约 48% 的新增需求；与此同时，随着电动车渗透率提升，交通运输部门预计将贡献约 14% 的需求增量。

图表3：美国用电量预测 (TWh)



资料来源：IEA，长城证券产业金融研究院

图表4：美国各行业用电增长情况 (TWh)



资料来源：IEA，长城证券产业金融研究院

长城证券 GREAT WALL SECURITIES

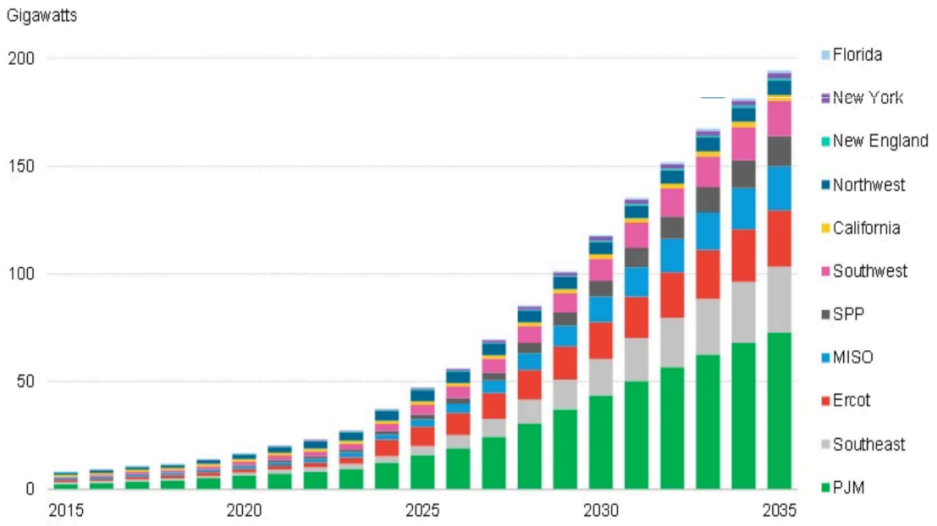
仅供内部参考，请勿外传

1.3 美国电力需求特点：算力负荷集中分布

算力负荷区域高度集中，进一步放大局部电网承载压力

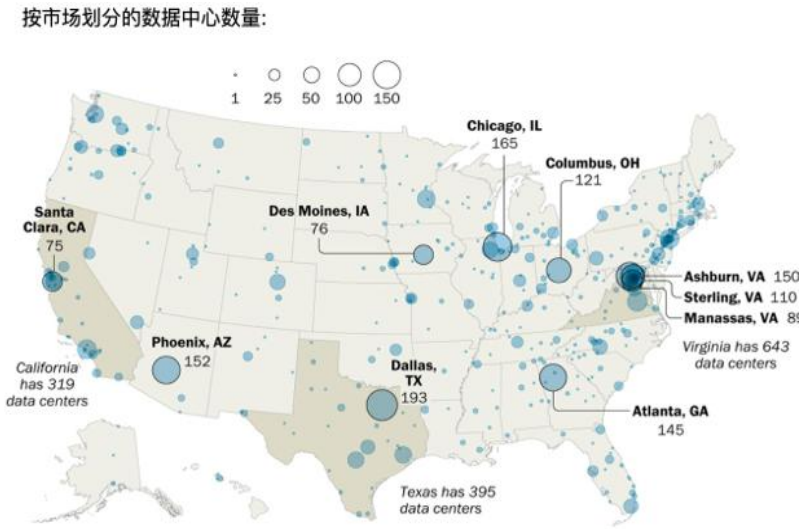
- BloombergNEF 预测，美国数据中心算力容量将向少数区域电网集中；PJM、Southeast、ERCOT 三大核心片区合计承载全国半数以上容量，其中 PJM 为占比最高的单一电网区域
- 算力电力需求高度集中，导致局部电网容量迅速耗尽，扩容改造需求增加，进一步拉长并网上电周期

图表5：美国数据中心分区域总装机容量预测



资料来源：BloombergNEF，长城证券产业金融研究院

图表6：弗吉尼亚、得州、加州为算力核心聚集地



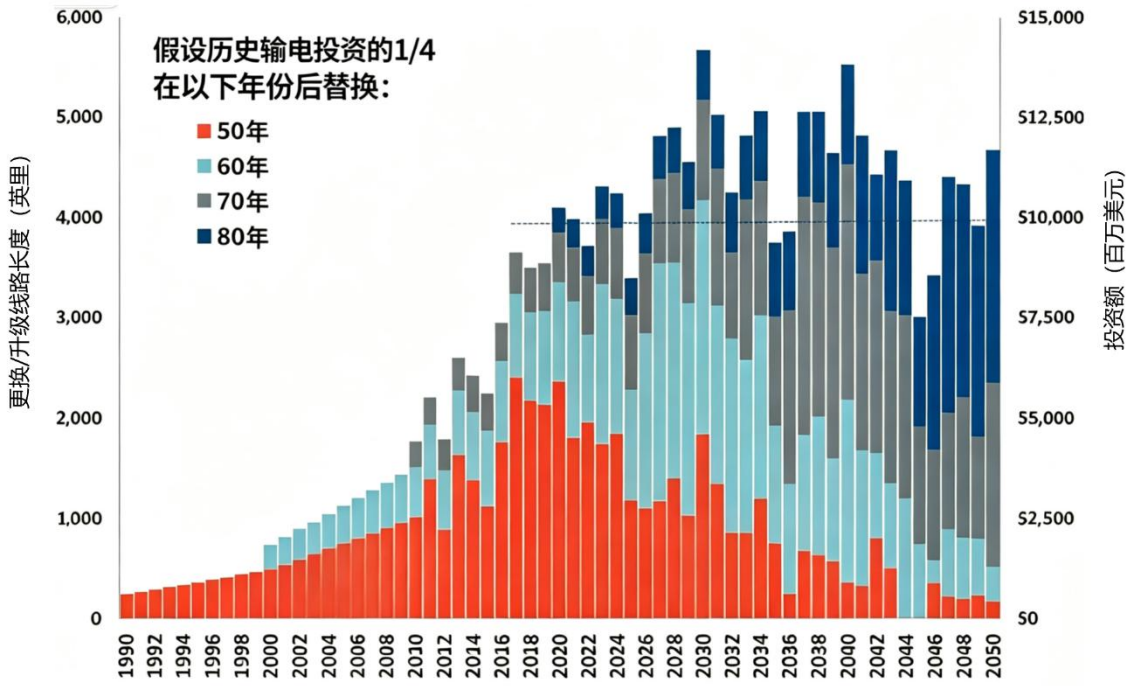
资料来源：PEW，长城证券产业金融研究院

仅供内部参考，请勿外传

1.4 美国电力供给：供电问题背后的核心原因

- **问题1）电网基础设施老化：**美国大量电网资产建于20世纪60至70年代，正逐步接近其50–80年的典型使用寿命末期
  - NREL 估算，美国拥有约6000万-8000万台配电变压器，其中约55%的在运设备已服役至少33年，逐步接近30-40年的预期寿命。
- **问题2）输电体系区域化特征明显：**区域互联互济能力严重不足
  - 根据 NERC 测算，在美国全部 863 个规划 / 在建输电项目中，仅 38 个为跨区联络线，占比仅 4%，较上年 6% 进一步下降
  - NERC 显示，美国需新增 35GW 的跨区输送能力才能应对极端天气，但多数跨区项目仍停留在规划阶段，叠加审批与供应链问题，近 390 个项目延期，互济能力落地缓慢

图表7：美国老旧输电资产更新需求测算



资料来源：Brattle，长城证券产业金融研究院

长城证券 GREAT WALL SECURITIES

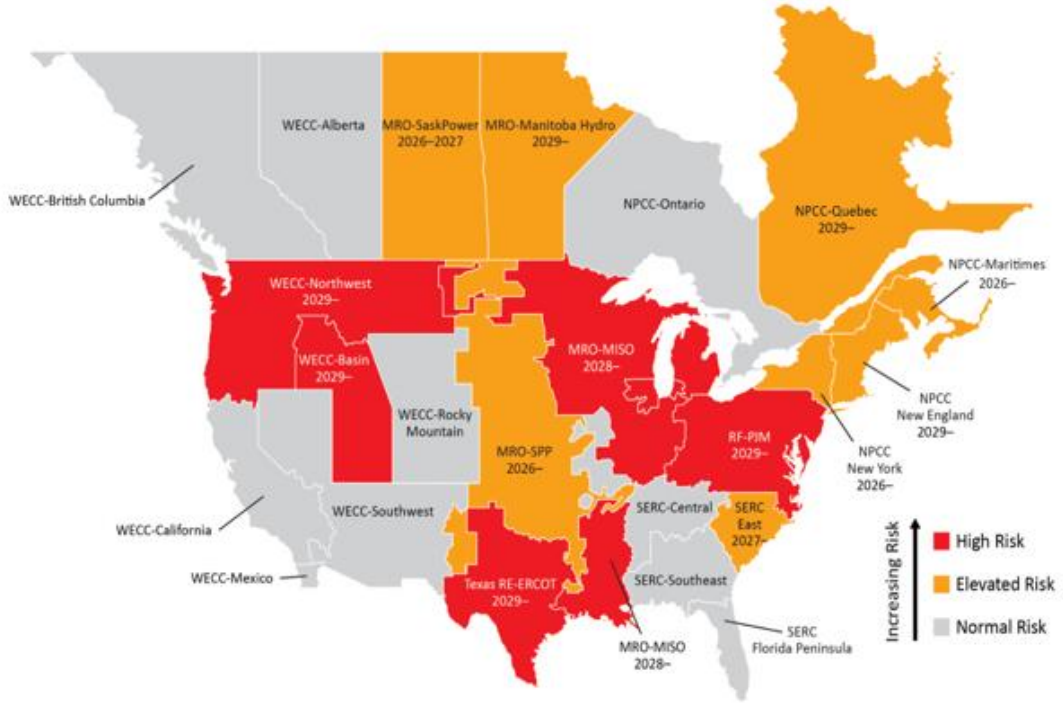
仅供内部参考，请勿外传

1.5 美国电力供给：电网可靠性显著下降

北美电网供电充裕性压力加剧

- 据 NERC 2025 Long-Term Reliability Assessment中测算，未来十年超半数评估区域将面临供电挑战
  - 其主要原因是电源与输电项目落地节奏已滞后于数据中心等负荷激增带来的用电需求增长。
- **结果**：电网容量不足，可靠性下降，停电事件发生频率上升
- 2025年1月，特朗普宣布国家进入能源紧急状态，政策目标包括提升能源供应、降低能源成本，并加快能源基础设施审批流程

图表8：NERC 2026–2030 美国电网供电风险等级分布图：过半区域进入高 / 风险抬升区间



资料来源：NERC，长城证券产业金融研究院

仅供内部参考，请勿外传

1.5 美国电力供给：电网可靠性显著下降（续）

根据 NERC 北美电网容量风险量化评估，2027–2030 年美国多地电网备用盈余持续走低，部分区域远期将跌破安全阈值，中长期限电风险凸显

图表9：NERC 北美电网容量风险量化评估

	标准化预期缺供电量		缺电小时数LOLH (小时 / 年)		预期备用容量盈余 %				
区域	NEUE (ppm) 2027	NEUE (ppm) 2029	2027	2029	2026	2027	2028	2029	2030
MISO	1.13	**42.39**	0.23	**6.61**	2.9%	2.9%	1.0%	0.1%	-4.2%
MRO-SPP	0	0	0	0	13.4%	11.3%	9.4%	6.1%	3.6%
NPCC-New England	0	0.02	0	0	4.9%	8.7%	11.8%	10.7%	10.6%
NPCC-New York	0	0.08	0	0.03	7.3%	9.5%	9.5%	8.6%	7.5%
PJM	3.5	**65.5**	0.61	**9.97**	11.1%	8.2%	2.4%	-5.0%	-12.4%
SERC-Central	0	0	0	0	4.1%	5.8%	4.7%	3.5%	1.5%
SERC-East	0.98	**2.27**	0.15	**0.33**	15.6%	15.5%	15.5%	16.5%	19.9%
SERC-Florida Peninsula	0	0	0	0	12.4%	10.2%	9.3%	7.6%	6.1%
SERC-Southeast	0	**0**	0	**0**	20.9%	14.5%	14.8%	9.9%	5.9%
Texas RE-ERCOT	8.7	18.84	0.95	3.64	14.4%	16.7%	18.0%	17.0%	16.1%
WECC-Basin	0.04	**2250**	3	**310**	22.8%	23.9%	13.8%	7.3%	2.9%
WECC-California	0	0	0	0	32.9%	27.8%	26.8%	25.9%	23.4%
WECC-Rocky Mountain	0	**0**	0	**0**	33.5%	43.0%	37.0%	22.0%	14.8%
WECC-Southwest	0	0	0	0	27.8%	25.9%	25.0%	25.8%	23.9%
WECC-Northwest	0	**36.64**	0	**85**	12.4%	11.9%	7.2%	3.3%	0.2%

* 备用容量盈余缓冲%=为预期备用率（ARM）- 参考备用率（RML）：差值为正代表备用容量充裕，供电保障能力充足；差值为负则代表出现备用容量缺口，存在供电短缺风险
* 从表中可见，未来五年内，几乎所有电网区域的这一差值均呈持续下降趋势，部分区域更是由正转负，进入备用容量缺口状态

资料来源：NERC，长城证券产业金融研究院

仅供内部参考，请勿外传

1.6 自建电源成为美国AIDC快速上电的重要路径

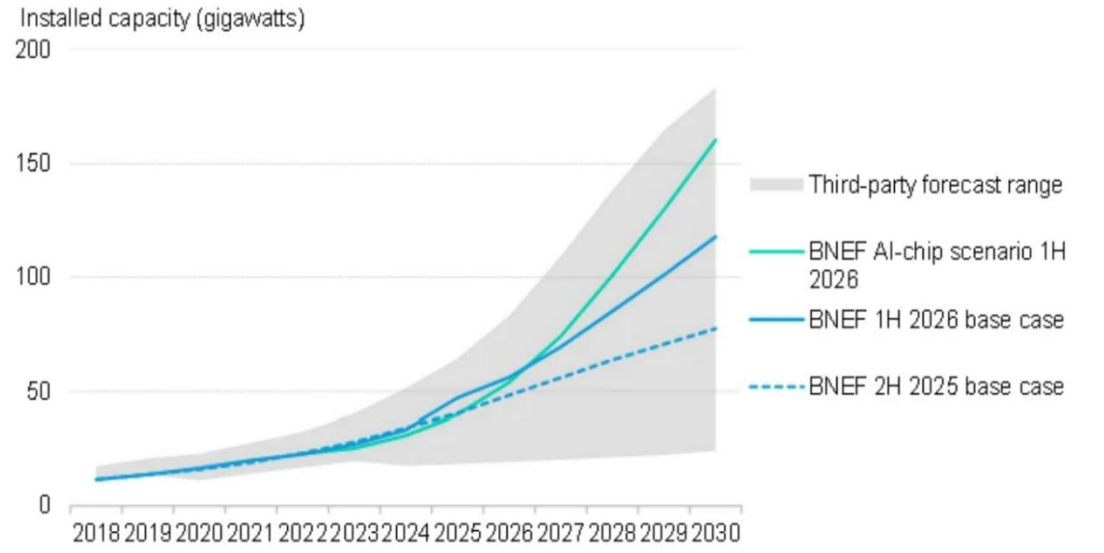
在电网整体韧性偏弱的背景下，电力约束已成为美国AIDC落地的最大瓶颈

- **美国算力项目建设周期与并网周期错配：**据EPRI，数据中心建设周期约2-3 年，而新增输发电资源需3-11年，周期错配将数据中心并网时间由数月延长至数年
- **AI芯片出货所隐含的电力容量需求将高于美国数据中心预计可投运的容量：**
  - BloombergNEF基于Bloomberg Intelligence对于AI芯片销售/出货量测算，2023-2033年美国数据中心理论累计新增电力容量需求可达207GW；而同期数据中心实际累计投运规模仅144GW（基准情景），二者形成了约63GW的容量缺口
  - 同时，报告明确指出该缺口主要由电力供给约束导致
- **电网接入能力难以同步扩张，新增算力项目将更多依赖现场发电：**
  - 根据BloombergNEF，美国电网历史上单年最多仅接入约10GW的新增数据中心需求；若该速度无法提升，为实现其基准预测，至2035年美国需要建设约48GW的现场燃气发电
- **政策端持续收紧并网许可、抬升并网成本，亦推动自建电源需求：**
  - 2026 年 3 月，Amazon、Google、Meta、Microsoft、OpenAI、Oracle、xAI 七家 Hyperscalers 签署《Ratepayer Protection Pledge》，明确由科技企业承担电网扩容成本，避免居民电价上涨。
  - 7月，纽约州暂停了对≥50MW的大型数据中心新项目许可，为期一年
  - 8月，美国德州暂停通过该州电网互联流程审批新的数据中心项目

仅供内部参考，请勿外传

1.6 自建电源成为美国AIDC快速上电的重要路径（续）

图表10：美国数据中心实际可投运容量低于AI芯片部署需求



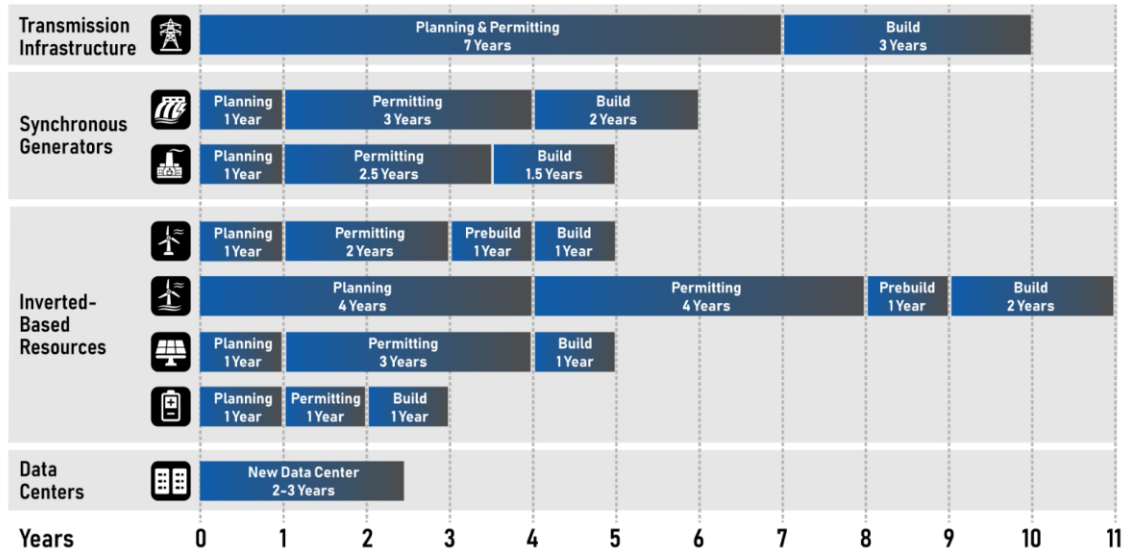
注释：

BNEF AI-chip scenario 1H2026：BloombergNEF 基于 Bloomberg Intelligence AI 芯片销售展望，假设无外部约束，测算2023-2033累计新增的数据中心装机容量上限情景

BNEF 1H 2026 base case：基于美国已公告数据中心项目管线，纳入能源约束、开发周期与执行风险等现实限制，为实际可建成投运的累计新增装机容量预计值

资料来源：BloombergNEF，长城证券产业金融研究院

图表11：电网与传统供电上电周期冗长，节奏显著滞后于数据中心建设速度



资料来源：EPRI，长城证券产业金融研究院

仅供内部参考，请勿外传

1.7 政策与并网规则：引导数据中心配套自备电源或储能系统

总体来说政策与区域电网公司并未强制要求数据中心自建电源，而是以快速并网和更低限电风险作为激励，引导数据中心配套建设就近分布式电源现场自备电源或储能系统

图表12：政策与并网规则：引导数据中心配套建设自备电源或储能系统

监管/电网公司	条例类型	出台时间与后续	核心内容	对于大型用电/数据中心影响	阶段
FERC (Federal Energy Regulatory Commission)/ DOE	联邦政府监管机构	提出时间：2025 年 10 月	Large Load Interconnection Docket 政策核心：DOE/FERC 大型负荷互联提案的核心，是在保障电网稳定和成本公平的前提下，加快数据中心等用电大户并网 1) 推进对于拥有**可调节负荷/ 柔性负荷能力的数据中心**开通快速并网通道，目标将周期缩短到60天 2) 推动大负荷用户承担并网/电网升级成本 3) 推进新增大型负荷纳入标准化互联流程（>20MW），明确监管流程	鼓励数据中心具调节能力与自供电能力，利好分布式发电技术（DG）及电池储能（BESS）	2026年6月18日，FERC启动大型负荷并网规则审查，要求其管辖区域内电网评估现行机制，并说明新增大型负荷的供电保障安排；全国统一规则尚未落地。
Texas 州议& ERCOT (Electric Reliability Council of Texas)	州级法律 + 区域电网实施规则	Senate Bill 6（SB 6）2025 年 6 月	1) 对于 2025 年 12 月 31 日后并网的大负荷用户（75MW 及以上非关键工业、非天然气类），在电网进入电力紧急状态时需依规参与限电，保障电网平稳运行 2) 对于具备 50% 及以上自备发电能力的用户，可自行选择启用自备电源保供或配合限电；对于无自备发电能力用户，须被动执行限电令	同上	法律已生效；实施细则推进中
SPP	区域电网并网规则	HILL / HILLGA：2026年1月；CHILLS：2026年2月提交	1) SPP 推出 HILL（High Impact Large Load）机制，面向配备自备电源的大型用电项目，开通专属高效并网评审通道，90 天内完成审批接入 2) 后续补充推出 CHILLS（Conditional High Impact Large Load Service），允许大型负荷用户提前并网，但将在系统负荷承压时限电	同上	HILL/HILLGA及CHILLS均已获批生效
PJM	区域电网并网规则	2026 年 1 月	PJM 在 CIFP 条例中为大型数据中心设定两条并网路径： 1）Bring Your Own New Generation (BYONG) 配套自备发电能力，并且可进入 EIT（需满足 PJM≥250 MW UCAP），享受快速审批，目标 10个月内并网； 2）不配套新建电源，可常规并网，但在电网容量紧张时将被限电	同上	EIT 已批准

资料来源：FERC，legiscan，SPP，PJM，长城产业金融研究院

仅供内部参考，请勿外传

1.8 基荷能源选择考量

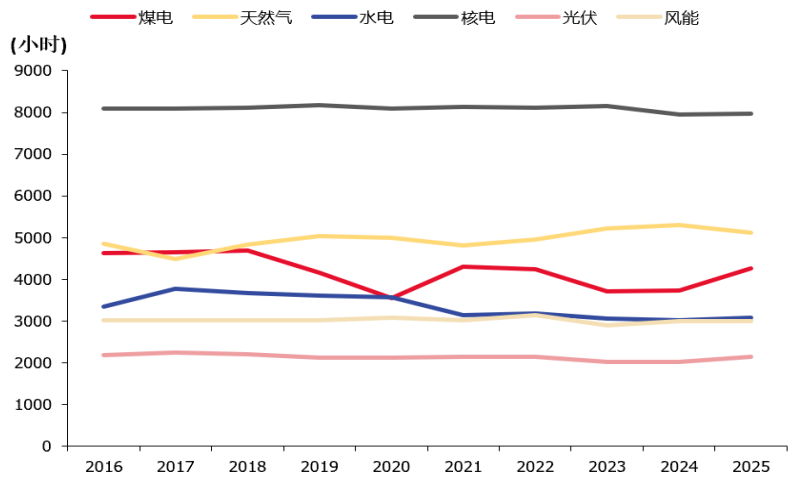
高容量因子电源更契合数据中心 24/7 基荷供电

图表13：美国各发电方式容量因子对比 (2015-2025)

年份	煤电	天然气	水电	核电	光伏	风能
2016	52.8%	55.4%	38.2%	92.3%	25.0%	34.5%
2017	53.1%	51.2%	43.0%	92.3%	25.6%	34.6%
2018	53.6%	55.1%	41.9%	92.5%	25.1%	34.6%
2019	47.5%	57.4%	41.2%	93.4%	24.3%	34.4%
2020	40.5%	57.1%	40.7%	92.4%	24.2%	35.3%
2021	49.1%	55.0%	36.0%	92.8%	24.4%	34.4%
2022	48.4%	56.6%	36.3%	92.7%	24.4%	35.9%
2023	42.4%	59.7%	35.0%	93.0%	23.2%	33.2%
2024	42.6%	60.5%	34.6%	90.8%	23.2%	34.3%
2025	48.7%	58.4%	35.3%	91.0%	24.4%	34.2%
年平均	47.9%	56.6%	38.2%	92.3%	24.4%	34.5%

资料来源：EIA，长城证券产业金融研究院

图表14：各发电方式等效利用小时数



资料来源：EIA，长城证券产业金融研究院

*容量因子（Capacity Factor）= 实际发电量 / 理论满负荷发电量；

*年利用小时数 = 容量因子 × 8,760小时

两者主要用于衡量发电设备在统计期内的实际利用水平及持续输出能力，需注意，数值偏低并不必然意味着机组发电能力不足，也反映资源条件约束或系统功能定位差异，例如光伏受日照条件限制、风电受风资源波动影响，而燃气轮机则常因承担调峰或备用角色而维持较低利用率

仅供内部参考，请勿外传

1.8 基荷能源选择考量（续）

当前阶段燃气发电最适配 AIDC 24/7 供电需求，核电虽具备最高容量因子但短期新增供给受限，风光又难以独立提供稳定基荷

- **燃气发电：**按 EIA 口径，天然气发电是按燃料类型划分的发电大类，进一步可按原动机或技术路线细分为联合循环、简单循环燃气轮机和内燃机等类型
  - **燃气轮机联合循环机组（NGCC），**在技术上具备以 80%–90% 容量因子，完全匹配承担长期基荷运行的能力，同时相较大型核电具有更短的建设周期和更高的运行灵活性
    - 较快的热启动与功率爬坡速度：大型H级联合循环燃机可以在约10-20分钟完成热启动，爬坡速度约55–75MW/分钟；7HA联合循环可在约20分钟内升至满负荷，航改型简单循环燃机更快，例如 LM6000 约5分钟即可从启动升至满功率[1]
  - **SOFC 固体氧化物燃料电池：**不属于EIA通常所定义的燃气发电技术，但以 Bloom Energy SOFC 为代表的固定式燃料电池技术，其主流方案同样依托天然气进行发电
    - BE SOFC 具备模块化、部署速度快，在燃料供应稳定时，理论上可承担24/7基荷供电[2]
- **核电：**拥有长期超过 90% 的容量因子，可提供稳定的24/7 电力，与数据中心持续运行的基荷需求高度匹配，但预计不足以形成规模化的供应
  - SMR凭借模块化设计、较小单机规模和工厂预制，有望缩短现场施工周期并提高部署灵活性，但美国主要项目目前仍处于许可、示范或初始部署阶段，2030年前，能够形成的增量供给预计有限[3]
- **风电和光伏：**在资源条件良好的地区具有显著度电成本优势，但其天然的间歇性和较低容量因子决定了其难以单独、按需匹配数据中心24/7恒定负荷，需要与电网、储能或可调度电源组合
  - 同时，大规模优质风光资源与负荷中心在地域上往往不完全重合，其规模化利用依赖长距离输电及电网扩建

长城证券 GREAT WALL SECURITIES

[1]GE Vernova (GEV) 官网 [2]Bloom Energy (BE) 官网 [3]Nuclear Energy Agency (NEA) 官网

仅供内部参考，请勿外传

1.9 基荷能源选择考量：综合数据对比

综合落地周期、建设速度、资本开支与运维成本来看，燃气轮机和SOFC固体氧化物燃料电池是目前AIDC园区自建供电较为可行的方案

图表15：发电路径综合指标汇总

技术（Technology）	首次可用年份	规模（MW）	建设周期（年）	总隔夜造价（2025$/kW）	可变运维（2025$/MWh）	固定运维（2025$/kW·年）
超超临界煤电（USC）+30% CCS	2030	650	5	5,520	8.68	49.80
超超临界煤电（USC）+95% CCS	2030	650	5	7,770	14.36	90.70
联合循环（单轴）	2028	627	3	1,086	3.49	16.23
联合循环（多轴）	2028	1227	3	1,032	3.57	12.69
联合循环 +95% CCS	2029	543	4	2,824	5.29	25.93
燃气轮机（航改型 / Aeroderivative）	2027	211	2	2,275	5.97	9.99
燃气轮机（重型工业框架 / Industrial frame）	2027	419	2	1,158	4.17	7.18
燃料电池	2028	10	3	8,287	0.72	37.77
氢燃气轮机	2027	237	2	1,215	5.52	8.59
核电——轻水堆	2031	2156	6	8,255	2.62	163.40
核电——小型模块化反应堆（SMR）	2031	480	6	9,831	3.32	127.62
电池储能	2026	150	1	1,521	-	41.84
生物质发电	2030	50	5	4,843	5.93	154.26
生物质 +95% CCS	2030	50	5	13,642	10.09	273.21
地热	2029	50	4	3,282	-	167.86
常规水电	2029	100	4	3,280	1.71	51.30
风电（陆上）	2028	200	3	1,712	-	34.57
风电（海上）	2029	900	4	3,711	-	161.09
太阳能光伏（跟踪支架）	2027	150	2	1,484	-	23.60
光伏 + 储能	2027	150	2	1,903	-	40.00

资料来源：EIA，长城证券产业金融研究院

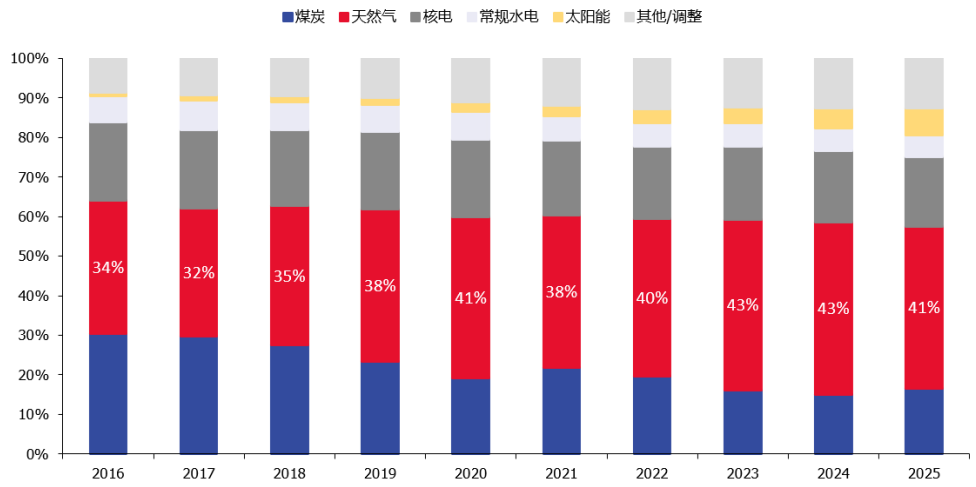
仅供内部参考，请勿外传

1.10 美国电力能源供给结构：天然气长期占据主力地位

我们认为，美国远期天然气产量持续扩容，资源端可保障天然气持续维持主力发电地位

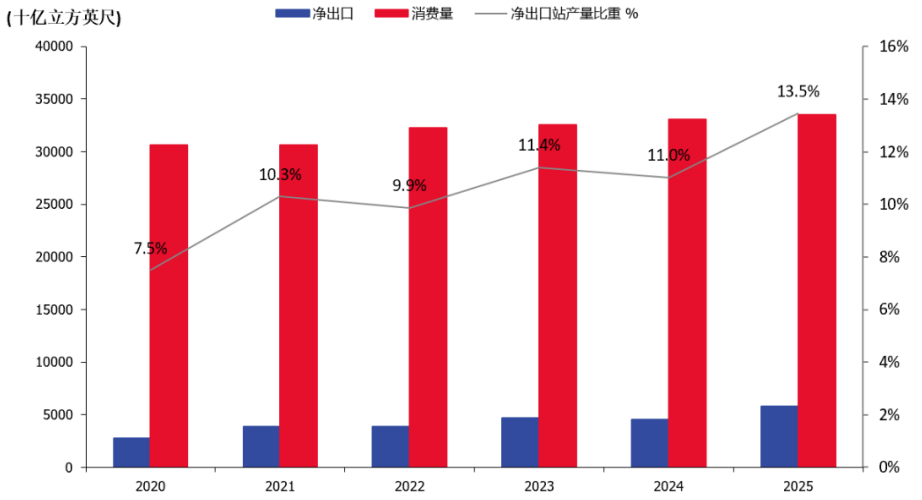
- 从发电结构看，过去十年美国煤电占比持续下行、天然气占比提升；展望未来，天然气预计仍将维持关键地位，同时可再生能源发电占比继续上升
  - 根据EIA测算，在基准情景下，2050年天然气发电占比约为 40%，且绝对发电量继续增长，随着煤电逐步退出、风光占比提升及电力需求增长，天然气将有望继续承担基荷及中间负荷，并为电网提供调峰、备用和可调度能力
- **美国天然气资源总体充足：**页岩气革命推动美国天然气产量大幅增长，并于2017年转为结构性净出口国。EIA 预计2050年美国干天然气产量较 2025年提升20%至40%

图表16：近十年美国煤电占比下降，天然气占比上升



资料来源：EIA，长城证券产业金融研究院

图表17：美国天然气出口提升但国内消费依然是主力



资料来源：EIA，长城证券产业金融研究院

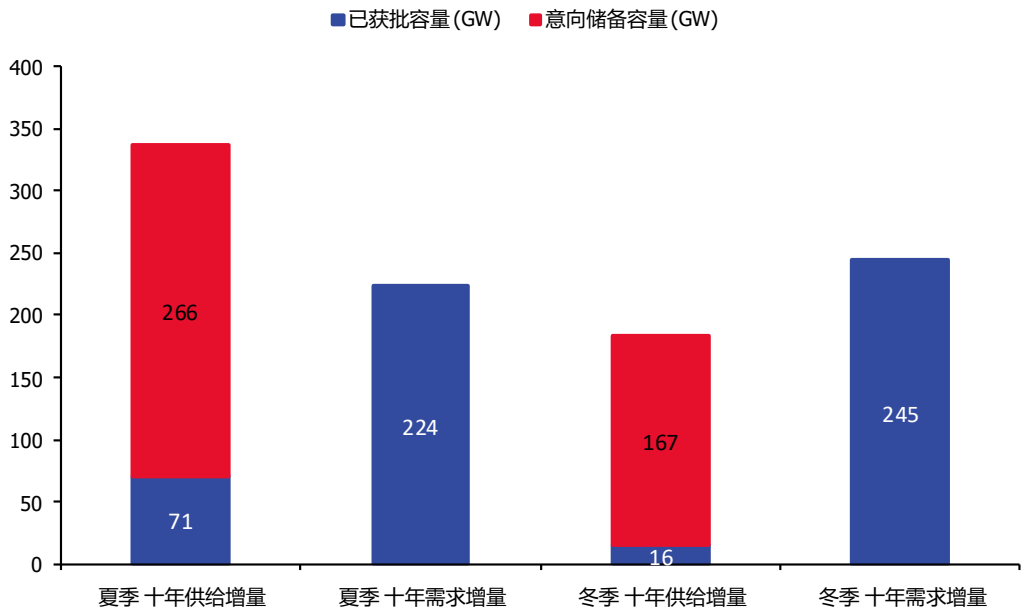
仅供内部参考，请勿外传

1.11 自建发电将会是一个长期需求

美国电网扩容周期长达数十年，短期五年内供给格局难有结构性改观

- FERC指出，由于公用事业大型负荷接入及新基础设施需求耗时较长，数据中心越来越多地寻求现场发电
  - 数据中心出于对稳定性和成本考量，长期依然希望与大电网连接，因此，行业主流趋势不是永久孤岛，而是现场发电＋电网接入的混合模式
- US Department of Energy指出，大型输电项目从规划、许可到建设投运可能超过10年
  - 当前启动的大型电网扩建项目，其系统性成效更可能在2030—2035年逐步显现
  - NERC预计，电力资源及电网扩容速度在未来十年仍将落后于数据中心等大型负荷增长速度
    - **电力基建建设节奏：**NERC 指出目前获批电网项目少，开发进度存在较高不确定性，叠加供应链瓶颈、并网与审批流程，拖累扩容进度
- **因此，我们认为自建发电并非仅为 2030 年前的短期过渡模式，而可能延续至2030年代前半段**

图表18：电力供需容量预测及项目审批进度



资料来源：NERC，长城证券产业金融研究院

仅供内部参考，请勿外传

长城证券 GREAT WALL SECURITIES

02

自建路径分析

桥接、柔性并网、孤岛多元模式并行

仅供内部参考，请勿外传

2.1 核心辨析：自备电源≠全部孤岛独立运行

引言：

前文梳理显示，美国 AIDC 自备发电是长期刚性需求，燃气轮机、固体氧化物燃料电池为现阶段落地可行性最高的技术路线，但自备电源并非等同于永久孤岛运行，下文将区分数据中心四类主流供电架构：刚性并网、孤岛模式、桥接并网与柔性并网模式，并分析不同架构路径对分布式发电设备需求结构的差异化影响

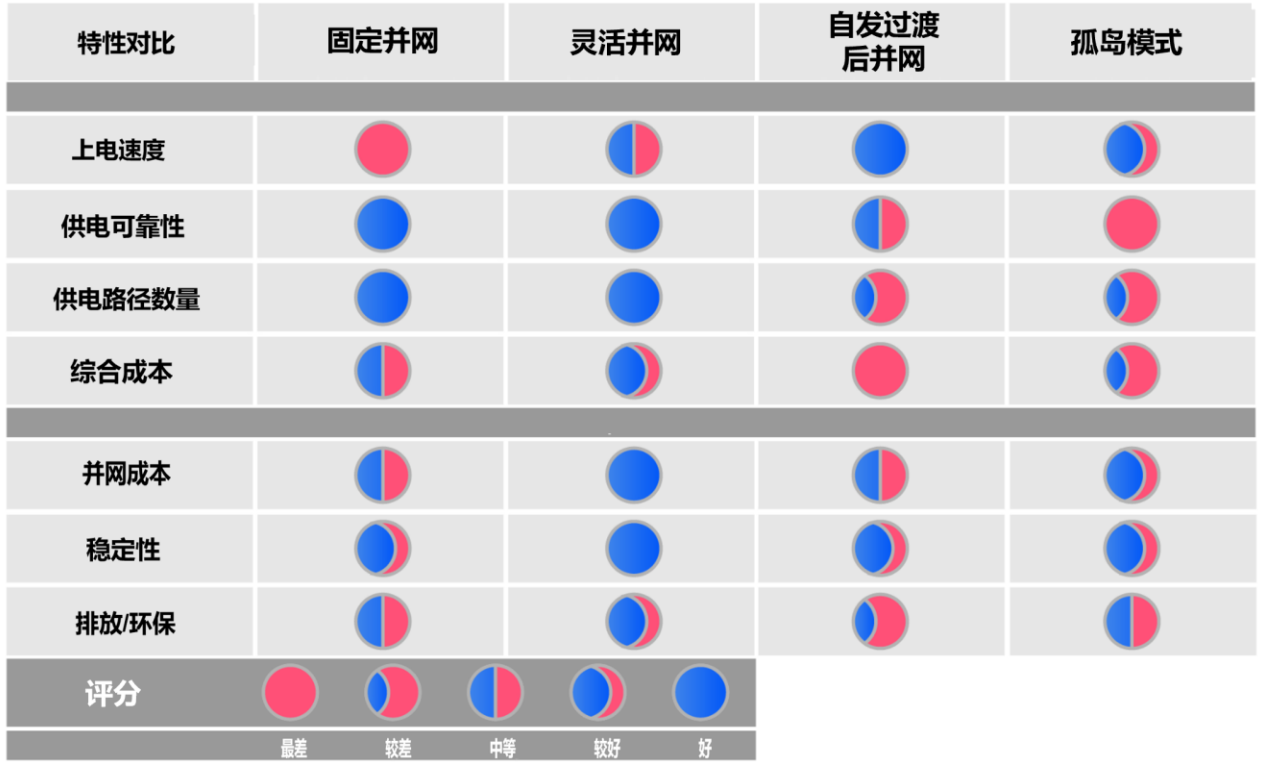
仅供内部参考，请勿外传

2.2 美国 AIDC 具体上电路径分析

EPRI 将数据中心上电路径归类为四种：

- **方案1）刚性固定并网（Grid-Connected Inflexible）**：主要依赖电网供电，应急情况下使用柴油发电机提供现场发电，负荷调节灵活度有限
  - 结合前文可知，北美 AIDC 已越来越难以适用**刚性固定并网方案**
  - 但刚性并网方案仍是成熟度最高、供电稳定且综合成本最低的选择
- **方案2）孤岛离网模式（Islanded）**：数据中心完全依靠现场发电资源供电，且无并网计划
  - 我们认为，由于其整体成本偏高，同时供电稳定性存在短板，较难成为AIDC未来主流趋势

图表 19： EPRI 数据中心上电路径多维度对比分析 (2025)



资料来源：EPRI，长城证券产业金融研究院

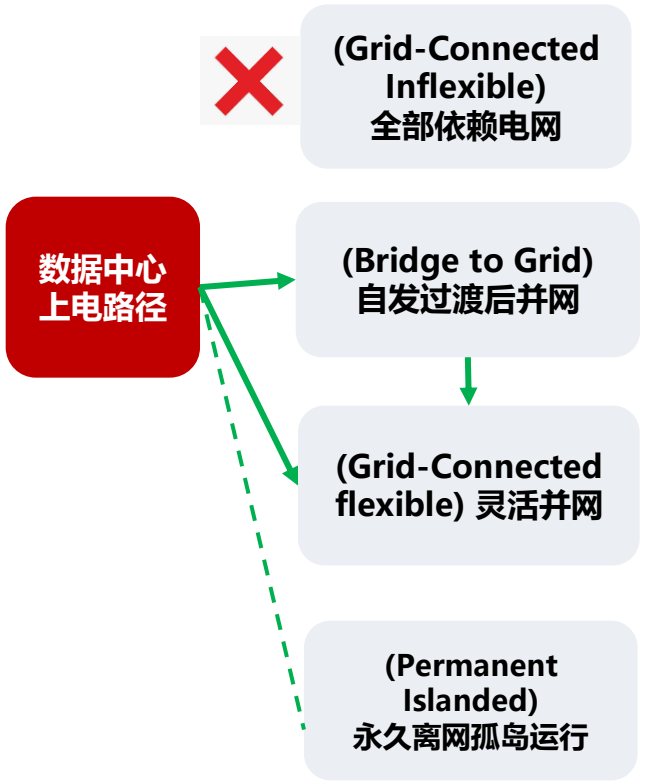
仅供内部参考，请勿外传

2.3 美国 AIDC 上电方案，及对电源偏好的影响

我们认为美国数据中心未来多种自发+并网路径将长期共存，不同路径偏好不同发电设备

- **方案3）自发过渡后并网/桥接并网（Bridge-to-Grid）：**在并网条件受限的情况下通过自发电设备先行投运，完成并网后，根据自身定位及现场资源选择柔性或刚性并网运行
  - 我们认为该路径更偏好可快速部署、易迁移的中小型/航改燃气轮机，SOFC 或往复式内燃机作为发电设备，以降低资产闲置风险
- **方案4）柔性并网（Grid-Connected Flexible）：**在建造之初搭配现场/邻近发电或储能，可按需调峰，从而规避电网容量约束，且可为电网反向输电
  - 此方案下，由于考虑到自发电设备与电网的长期协同发电以及潜在反向输电可能性，我们认为或倾向重型燃气轮机联合循环或 SOFC

图表 20：上电路径分类



资料来源：EPRI，长城证券产业金融研究院

仅供内部参考，请勿外传

2.4 现场发电市场空间展望

现场发电正从备用方案转向数据中心主供电的重要选择

- Rystad预计，2030年约40%的美国数据中心容量可能寻求专用现场发电而非依赖电网接入
- Rystad同时指出，燃料电池已从小众应用转变为电力组合的重要构成；目前，已有大量SOFC以基荷能源的形式签订项目合同，印证其应用正从备用电源向7×24小时连续主供电场景延伸
  - 根据Rystad全球2026-2030年新增数据中心项目模型测算，全球累计将有约10.4GW项目采用燃料电池方案，17.4GW 项目采用燃气轮机 / 内燃机等现场发电方案
  - 同时，该机构预计北美占全球现场发电装机容量约91%，若按此结构推算，北美燃料电池及燃气轮机/内燃机累计新增需求分别约9.5GW和15.8GW

图表 21: 美国数据中心现场发电市场空间及技术路线拆分

指标	时间口径	容量（GW）
美国当前数据中心容量（2026）	2026 存量	60 GW
美国数据中心容量（2030E）	2030E 存量	120 GW
2026-2030E 新增容量	2026-2030E 累计新增	60 GW
2030E 专用现场发电对应容量	2030E 存量	48 GW
2030E 采用专用现场发电比例 (%)		40%
其中-燃气轮机/内燃机	2026-2030E 累计新增需求	15.8GW
其中-燃料电池	2026-2030E 累计新增需求	9.5GW

来源：Rystad Energy，长城证券产业金融研究院

仅供内部参考，请勿外传

长城证券 GREAT WALL SECURITIES

03

SOFC

固体氧化物燃料电池

仅供内部参考，请勿外传

3.1 固体氧化物燃料电池 SOFC 原理与特性

以 Bloom Energy SOFC 技术为例，根据其官网介绍，其技术拥有以下特点和核心优势：

高效率：BE SOFC 采用非燃烧电化学过程直接将燃料化学能转化为电能，官方披露其 Energy Server 平均生命周期电效率约 54%，而若叠加 CHP/余热利用，综合效率可超过 90%

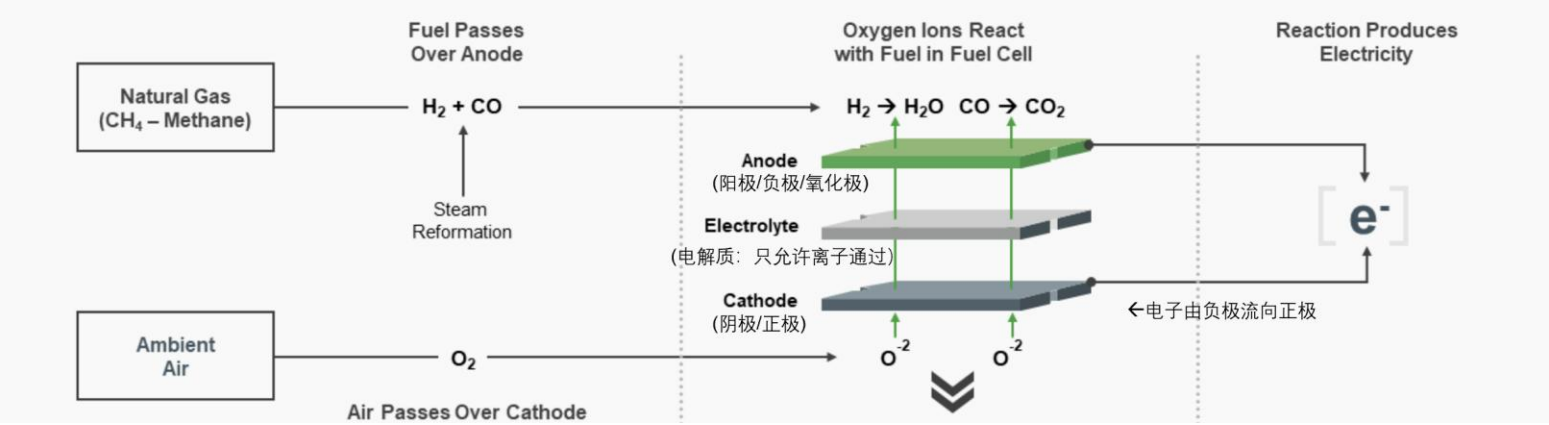
清洁低碳：该设备以天然气发电时，电化学过程产生的二氧化碳排放量较美国电网整体碳排放低 50%；若分别使用可再生沼气、氢气发电，可实现碳中和、零碳排放

Energy Server 系统原生输出直流电（DC）：在直流配电数据中心架构下具备天然适配性

工艺优势：相比其他固体氧化物燃料电池方案，Bloom Energy SOFC 无需贵金属、腐蚀性酸液

模块化设计加持快速部署、扩容便捷：Bloom Energy Server 支持模块化堆叠集成，占地仅半个 30 英尺标准集装箱，且可实现 90 天内（最快55天）落地投产，高度适配 AI 数据中心快速上电与后续增量扩容需求

图表22：Bloom Energy SOFC 工作原理



资料来源：Bloom Energy，长城证券产业金融研究院

仅供内部参考，请勿外传

3.2 燃料电池行业：Bloom Energy 先发壁垒显著

- **全球SOFC 固体氧化物燃料电池赛道集中度极高，Bloom Energy 的先发壁垒优势尤为显著：**目前，Bloom Energy是行业内唯一实现 SOFC 规模化商业运营，并拥有 GW 级年产能与在手订单的固体氧化物燃料电池企业，其模块化发电系统最快可实现 55 天部署
- **行业第二梯队厂商主要为斗山燃料电池与潍柴动力：** 两家企业均采用向英国Ceres Power采购技术授权的模式开展生产，现阶段整体或处于技术导入、产线建设与量产爬坡的初期阶段，公开产能与商业化出货规模和 Bloom Energy 存在量级差距
- 我们认为，目前暂无同业厂商能够与 Bloom Energy 形成有效竞争，公司核心竞争对手集中于航改燃气/中小型工业轮机、内燃机等传统分布式发电方案

图表23：全球主流 SOFC 企业对比：技术路线、商业模式与产能商业化梳理

企业	定位及商业模式	技术路线	公开产能与商业化状态
Bloom Energy (BE.US)	自主设计研发和制造	电解质支撑型 (高于 800℃)	截至 2025 年末，年产能约1GW，已累计交付部署约1.8GW，并计划于 2026 年底将产能扩至2GW
Ceres Power (CWR.LN)	技术授权平台，并非主要制造商	金属支撑型（SteelCell，工作温度 450-630℃）	Ceres自身以授权为主，产能主要位于合作伙伴，并无直接的自身产能指引
斗山燃料电池 (336260.KS)	购买 Ceres 技术授权制造	SteelCell 金属支撑型（Ceres授权）	2025 年 7 月开始规模化生产，韩国工厂年产能 50MW，已实现商业出货和销售
潍柴动力 (000338.SZ)	购买 Ceres 技术授权制造	SteelCell 金属支撑型（Ceres授权）	2025年获得 Ceres 制造许可并计划建设电芯及电堆工厂；具体MW产能尚未披露

资料来源：Bloom Energy, Ceres, Doosan, 潍柴动力，长城证券产业金融研究院

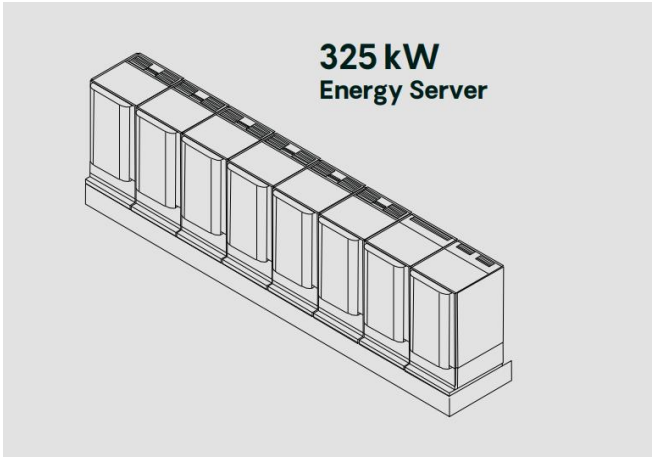
仅供内部参考，请勿外传

3.3 固体氧化物燃料电池部署运行现状

SOFC 已经开始兑现 GW 级的商业潜力，但大型站点长期运营与工程落地仍存挑战

- 以Bloom Energy 为例，其方案是以 325kW Energy Server为基础模块，并通过组合扩展至20MW—500MW
  - 截至2025年底， BE 累计部署约1.8GW，覆盖约1,100个站点，但这些容量分布于大量项目，并不等同于单一GW级场站的长期运行经验
  - Oracle、AEP和Brookfield均已公布与 BE 相关的 GW 级合作、供应框架与部分订单
    - 其中，Oracle的Project Jupiter目前计划由最高2.45GW燃料电池微电网全面供电；
    - 但该项目仍在建设，尚未全面投运，资料也未说明其全生命周期内是否始终维持当前供电架构。AEP和Brookfield虽已形成首批实际项目，但目前同样未形成GW级单址多年运行记录
- 因此，我们认为现有订单和项目规划验证了SOFC进入数百 MW 乃至 GW 级主体供电场景的商业潜力，但尚不能等同于已经验证的GW级单址长期运行和电网协同经验
- 2026年《Nature Communications》研究指出，当前SOFC系统的标准化程度仍然不足，大型项目往往需要定制化设计
  - 规模越大，系统集成、控制和调试难度也越高， SOFC由数十MW扩展至数百MW乃至GW级时，工程复杂度可能成为其大规模部署的重要风险
- 我们认为，SOFC当前的相对优势更集中于快速部署、模块化和分阶段扩容

图表24：Bloom Energy Server 6.5 参数



Outputs

Nameplate power output (net AC)	325 kW
Voltage	3-ph, 480, 415, and 400 V
Frequency	50/60 Hz

Inputs

Fuel[1]	Natural gas
Input fuel pressure	12-18 psig (15 psig nominal) 0.82-1.24 barg (1 barg nominal)
Water	None during normal operation

资料来源：Bloom Energy，长城证券产业金融研究院

仅供内部参考，请勿外传

3.4 燃气轮机与固体氧化物燃料电池成本对比

- **测算口径指标考量：**LCOE (Levelized cost of Electricity) 衡量全生命周期发电成本，对设备年限、利用率等参数敏感度高，而不同上电路径下，电网依赖程度，电源利用率难以锁定，因此此指标给出结论较为模糊
- 若单看前期资本成本（Capital cost），燃气轮机依托成熟工艺与规模化量产，初始投资成本依然显著低于燃料电池技术
- 但同时，以 Bloom Energy SOFC为例，其成本潜力主要体现在整体层面：
  - Energy Server 系统原生输出直流电（DC）：在直流配电数据中心架构下具备天然适配性，可以节省AC-DC 转换设备成本，并通过减少铜耗降低综合成本
  - Bloom Energy Server 支持 Combined Cooling, Heat, and Power (CCHP)，利用废热驱动吸收式制冷机（Absorption Chiller），可减少冷却系统对电驱制冷的依赖，从而降低整体电力成本
  - 相较燃气轮机等燃烧式方案，Bloom Energy 架构有望降低本地污染物控制成本：
    - 美国燃气轮机排放监管整体趋严，燃气轮机在燃烧过程中会产生 NOx 等污染物，通常需要额外配置排放控制设备（如 SCR），并满足相应许可、监测及合规要求
    - EPA 测算显示，对于中型、低利用率简单循环燃机，仅 NOx 控制环节就可能显著抬升中型燃气轮机的发电成本：其加装SCR可能增加约US$10–47/MWh的发电成本，对应电力成本上升约5%–18%

图表25：技术路径初始投资成本对比

技术路径	初始投资成本 （Capital Cost）
燃气轮机	~$1500 - $2500 /kW
固体氧化物燃料电池 SOFC	~$3000 - $5000 / kW

资料来源：GridLab，Gridwp，长城证券产业金融研究院

仅供内部参考，请勿外传

长城证券 GREAT WALL SECURITIES

04

GTE

燃气轮机

仅供内部参考，请勿外传

4.1 燃气轮机类型与数据中心应用场景

- **对于大型 AIDC 长期专属电源，重燃 CCGT 是目前最成熟且匹配度较高的选择，但上电速度偏慢**
  - **CCGT（联合循环燃气轮机）**自 20 世纪 90 年代起就已获得行业广泛认可，其能够承担长期负荷、快速负荷调节并增加输电系统可靠性，典型设计寿命为25-30年（适当维护和升级后还可进一步延长）
  - **大型 CCGT 通常以重型燃气轮机为核心：**EIA 、Sargent & Lundy指出，重燃更适合联合循环应用，其 60Hz 参考机型单机功率可超过400MW，显著超越约 54MW 的航改燃机参考机型，**单位功率成本更低**
- **航改燃气轮机：**其主要优势是在较快部署基础上提供更大的单机规模和充足的部署经验，以更少的设备数量构建稳定的供电系统

图表26：各型号 GEV 燃气轮机关键指标横向对比

类型	航改型燃气轮机	中型单循环机组	中型联合循环	重型联合循环
型号	*Aero LM2500*	*7E Simple Cycle*	*7F 1x1 combined cycle*	*7HA.03 2x1 combined cycle*
功率 (MW)	~35	~90	~380	~1,282
热耗率 (英热单位/千瓦时)	~8,700	~10,000	~5,700	~5,300
燃料成本 ($/MWh)	~29	~34	~19	~18
碳排放 (Kg CO2 /MWh)	550	650	370	340
部署商业化运营时间 (月)	~1.5	~6	~18	~24

资料来源：GE Vernova，长城证券产业金融研究院

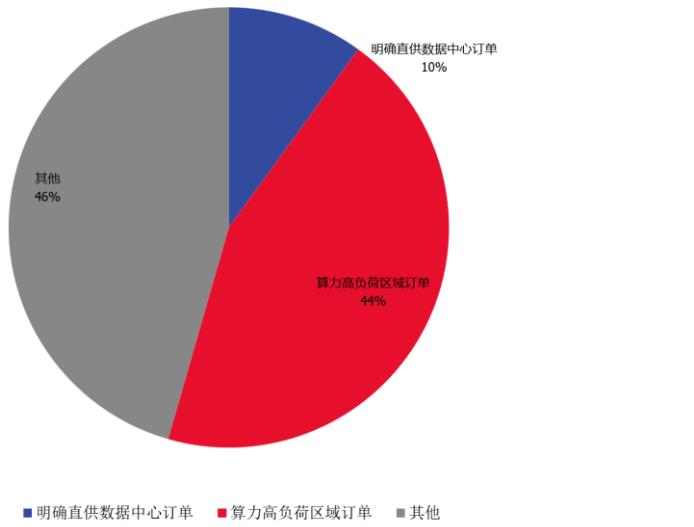
仅供内部参考，请勿外传

4.2 需求侧：数据中心并非需求的唯一驱动因素

数据中心是 2025 年美国燃气轮机需求的重要增量驱动，但并非唯一

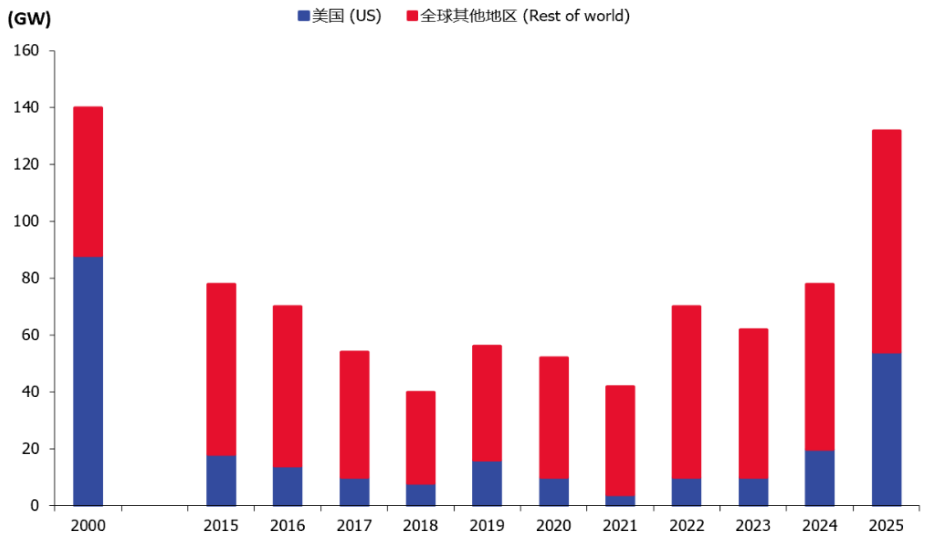
- 根据IEA，2025年美国燃气轮机订单合计约54GW，其中约10%明确用于直接为数据中心供电
  - 另有约24GW订单位于数据中心负荷较高或快速增长的州，占总订单约44%
- IEA指出数据中心用电增长是拉动美国轮机采购的重要因素，但同时，几乎没有大型数据中心布局的州，订单同样大幅上涨，因此，本轮订单增长是电气化普及、制造业回流、算力机房用电需求提升多重因素共同驱动

图表27：2025年美国燃气轮机总订单规模占比



资料来源：IEA&McCoy，长城证券产业金融研究院

图表28：2000-2025 全球燃气轮机订单格局变迁



资料来源：IEA&McCoy，长城证券产业金融研究院

长城证券 GREAT WALL SECURITIES

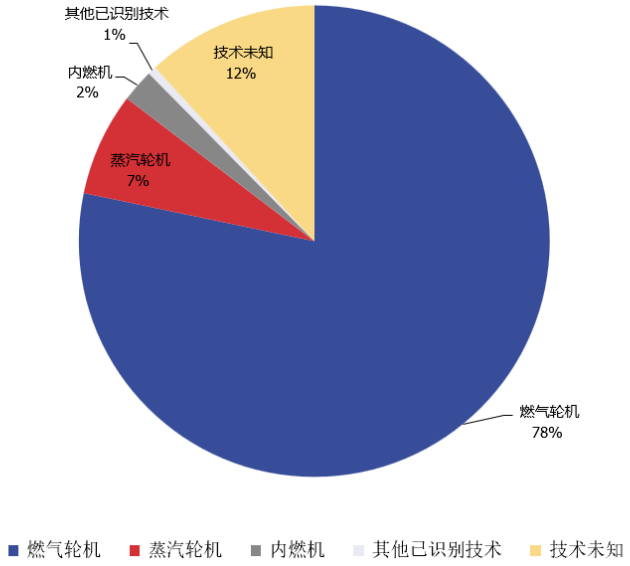
仅供内部参考，请勿外传

4.2 需求侧：数据中心并非需求的唯一驱动因素（续）

放眼全球，燃气发电与燃气轮机需求增长主要由更广泛的电力需求、电气化及工业发展共同推动，而非只有数据中心

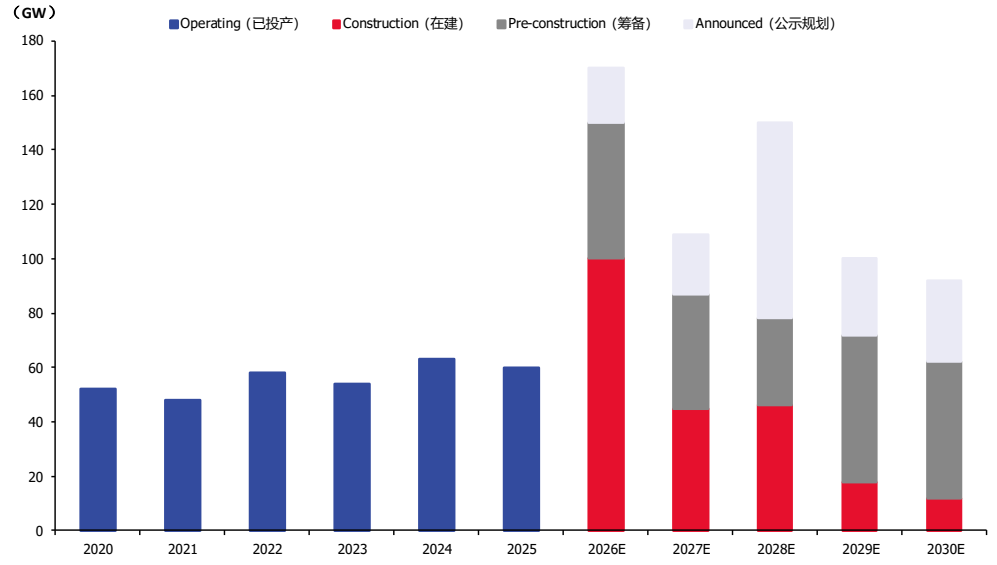
- **燃气轮机为燃气发电的核心技术：**燃气发电包含燃气轮机、内燃机、锅炉机组等多元技术，但其中燃气轮机凭借装机规模、发电效率及场景适配性，是行业的核心技术路径
- **根据 GEM 测算，全球燃气发电项目 Pipeline 显著扩张：**2025 年全球规划 / 在建气电容量同比增长31%（+249GW）至 1047GW，且大量项目计划于2026—2030年投入建设。持续增加的项目储备表明燃气发电设备、尤其是燃气轮机的潜在需求将维持高位
- GEM&EIA 共同指出，全球燃气发电项/燃气轮机的增长是由电气化、工业化和数据中心需求共同推动，值得注意的是，全球处于开发阶段的燃气发电项目中，煤改气（机组改造或整机替换）占比达18%

图表29：全球燃气发电项目在开发容量占比



资料来源：Global Energy Monitor，长城证券产业金融研究院

图表30：全球燃气发电增量预测：2026年迎来装机投放高峰



资料来源：Global Oil and Gas Plant Tracker. H2 2025，长城证券产业金融研究院

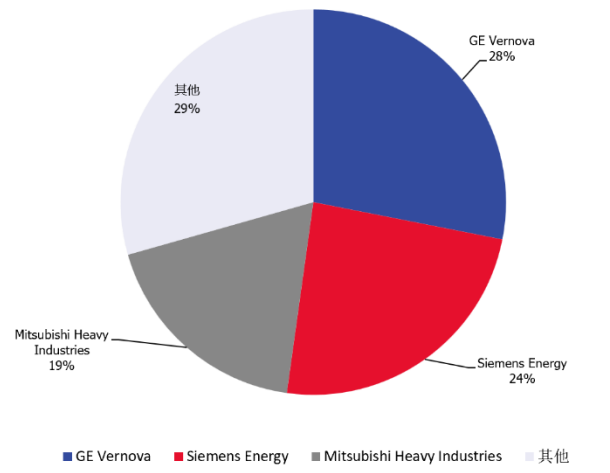
仅供内部参考，请勿外传

4.3 供给侧：市场高度集中，产能短板限制项目落地

燃气轮机市场高度集中，全球市场三巨头（GE Vernova / 三菱重工 / 西门子能源）市占率合计超70%，龙头厂商产品覆盖大型并网发电、中小型工业驱动两大应用场景

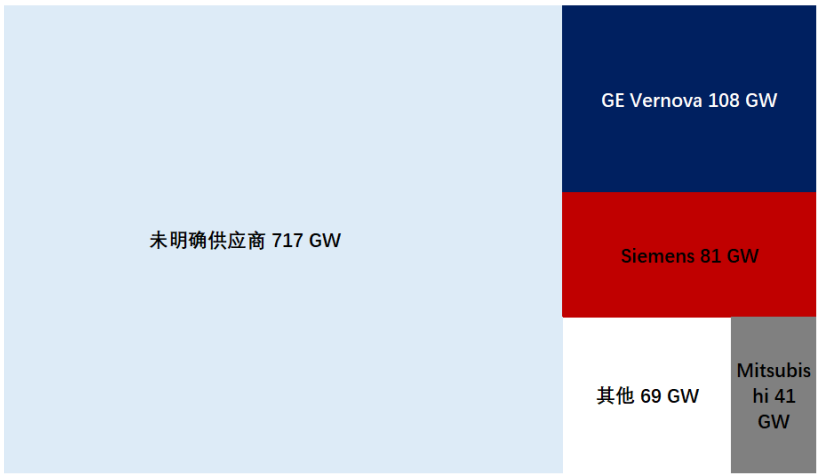
- 燃气轮机供给瓶颈制约全球气电建设节奏：全球气电扩容受限于燃机产能，头部厂商订单普遍排期至 2030 年，供应链持续紧张；Global Energy Monitor指出，全球约 2/3 规划项目尚未锁定设备供应商，设备缺口或直接限制项目实际落地规模
- **GE Vernova**：2QFY2026 电话会披露，燃机产能排期已签至 2031 年，管理层预计到 2026 年底，2030 年的产能将基本售罄，且 2031年 30 GW产能槽位中超过一半预计将被签约，公司 2QFY2026 未重新更新 Lead time，最新明确口径仍为 1QFY2026 披露的约 3 年
- **西门子能源**：产能已售罄至 FY2028，远期档期快速预订：2QFY2026电话会披露，燃机产能已售罄至 FY2028，FY2029档期预订火爆，FY2030已出现预订，预计年末 FY2029 将基本售罄，FY2030剩余产能有限
- **三菱重工**：公司燃机需求同样快速增长，订单交付已排至 2029-2030年

图表31：2025 燃气轮机市场份额 (%)



资料来源：Precedence Research，长城证券产业金融研究院

图表32：全球在建燃气发电装机容量（GW）



资料来源：Global Energy Monitor，长城证券产业金融研究院

仅供内部参考，请勿外传

4.4 供给侧：GE Vernova 产能规划

GEV 燃机现有产能排期已高度饱和，合计锁定产能达 116GW；公司扩产节奏并不激进

图表33：GEV 燃气轮机产能与需求能见度官方指引

指标	Mid 2026	2027	2028	2029	2030	2031
年化产能 (GW)	20	未披露	24	未披露	30	30
扩产速度补充	3Q26起，燃机季度产出能力由约3GW提升至约5GW					
未来产能排期/Slot 锁定情况		已满		2QFY26: 预计到2026年底基本售罄至2030年		2QFY26: 已经开始预定，预计2026年底签约超一半产能
积压订单量 (Backlog)	2QFY26: 53 GW					
产能排期（SRA）	2QFY26: 63 GW					
合计锁定产能	**2QFY26: 116 GW**					
客户分布情况	**约20%来自数据中心客户，约80%来自传统客户**					

资料来源：GE Vernova，长城证券产业金融研究院

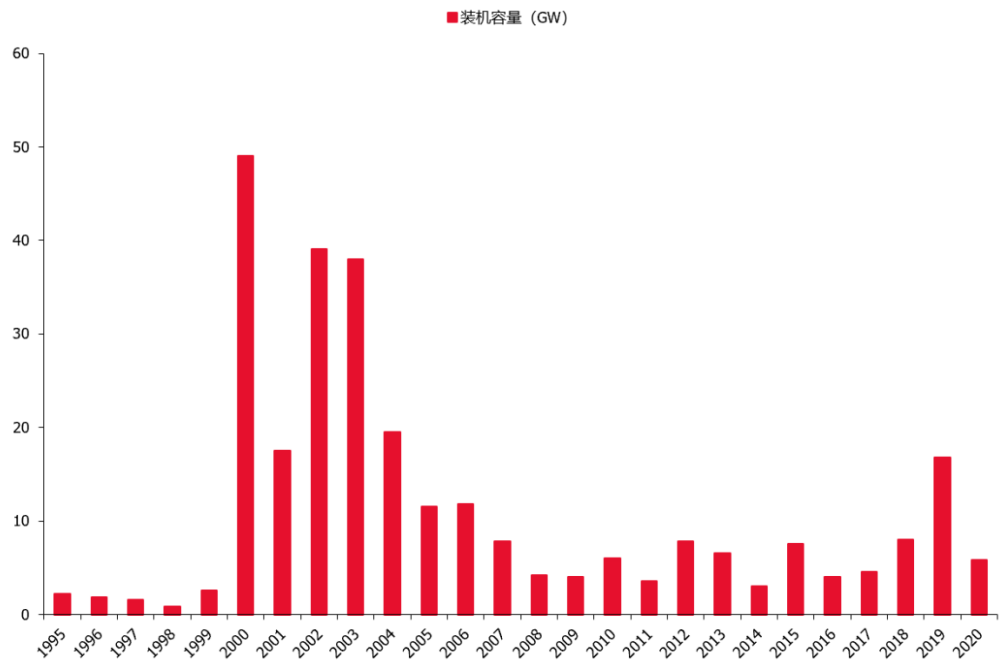
仅供内部参考，请勿外传

4.5 供给侧：前车之鉴，扩产克制谨慎

S&P 指出周期经历教训使得 OEM 厂商对于后续扩产决策偏向克制与谨慎

- 从 2000 年开始，全球电力市场掀起一轮以燃气发电为主线的投资热潮[1]
  - 热潮主要由彼时电力行业政策松绑驱动，2000 至 2005 年，美国年均新增发电装机容量35GW，该阶段新增装机几乎全部为天然气机组，其中约三分之二采用高效联合循环发电技术
- 但后续实际用电增速远不及此前乐观预期，新增装机规模快速下滑，行业长期新增装机维持低位，走出一轮典型的“Boom to Bust” 周期性行情[2]
- 需求预期与实际基本面的错配，直接造成燃气轮机市场出现产能过剩，整机厂商盈利持续承压，GE、西门子等OEM 厂商在此后数年对板块计提大额资产减值、下调盈利预期和裁员[3]
- **因此，目前主要 OEM 燃机制造商普遍选择通过现有设施现代化和自动化提升产能，而非新建工厂，以降低闲置资产风险[4]**

图表34：美国燃气联合循环装机容量 (GW)



资料来源： U.S. Energy Information Administration, Monthly Electric Generator Inventory, Short- Term Energy Outlook，长城证券产业金融研究院

长城证券 GREAT WALL SECURITIES

1. EIA 2. Heatmap News 3. GE 官网，Siemens官网 4. Financial Times

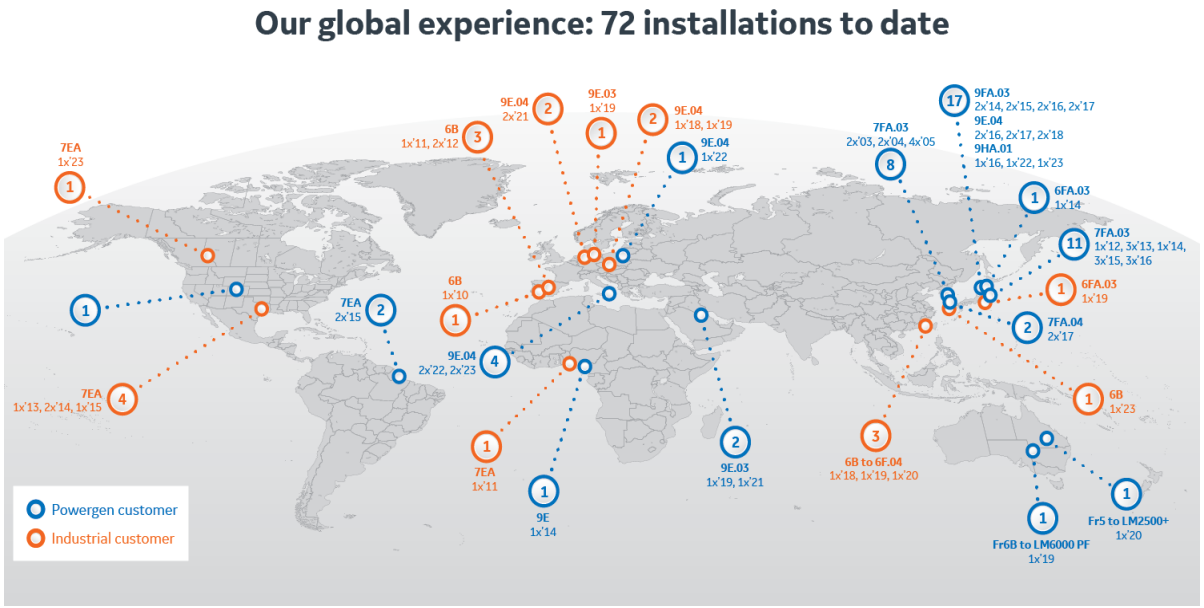
仅供内部参考，请勿外传

4.6 供给侧：全球燃机不会全部流向北美市场

美国数据中心需求正在吸收新增燃机订单和交付槽位，但全球燃机产能并不是可以被美国市场完全自由调用的统一产能池

- **Mitsubishi Heavy Industries 的表述最直接：**北美数据中心需求虽然强劲，但公司仍需要维护东南亚、中东等地区的长期客户关系，因此会主动控制区域集中度，而不是让订单和产能全部转向北美[1]
- **Siemens Energy 并未像 MHI 一样直接使用“避免北美过度集中”的表述，但公司明确将地区多元化视为健康订单结构的一部分：**在其1QFY2026 订单中，美国占40%[2]
- **GEV 当前的燃机需求确实最偏向美国，超过50%的燃机已锁定需求来自美国；**但与此同时，公司仍在越南、中国台湾和沙特等市场推进大量项目，并明确表示全球其他地区仍有长期机会[3]

图表35：即便美国公司 GE Vernova 其布局也是高度全球化的



资料来源：GE Vernova，长城证券产业金融研究院

[1] Mitsubishi Heavy Industries业绩会 [2] Siemens Energy 业绩会 [3] GE Vernova业绩会

仅供内部参考，请勿外传

4.7 核心观点

小结：

燃气轮机需求长期高景气、供需将持续偏紧，交付缺口为 SOFC创造发展窗口期，助力其站稳美国算力自备电源赛道

燃机需求端由AIDC、全球工业电气化及存量机组更新替换共同支撑；预计2026–2030年北美数据中心对燃气轮机与内燃机现场发电方案的累计新增需求约16GW。供给端，全球燃机OEM厂商扩产较谨慎，且产能需在不同地区及公用事业、工业、数据中心等终端间分配；以GE Vernova为例，截至2Q26，其116GW燃气设备Backlog及预留产能中，数据中心客户仅占约20%，AIDC实际可获得的短期交付资源有限。供需双重约束下，传统燃机交付周期难以完全匹配算力项目快速投产的需求。SOFC虽在GW级大型站点长期运行稳定性方面仍需进一步验证，但凭借7×24小时稳定基荷供电、短交付周期及模块化部署等优势，正获得阶段性发展窗口；预计2026–2030年北美数据中心燃料电池累计新增需求可达约9.5GW。

仅供内部参考，请勿外传

长城证券 GREAT WALL SECURITIES

05

BESS

电池储能

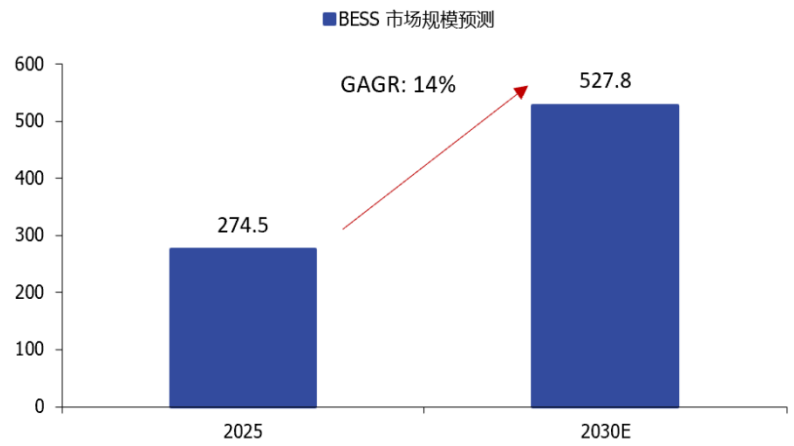
仅供内部参考，请勿外传

5.1 美国电池储能市场概况

美国储能行业景气度上行，数据中心成为核心增长驱动力

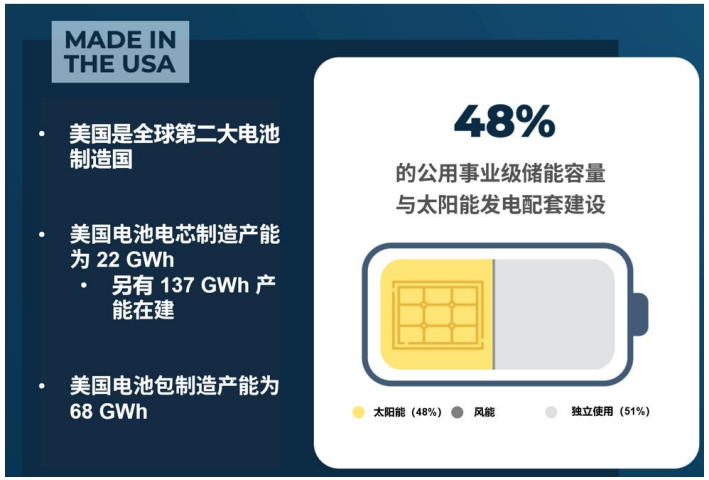
- 行业部署创新高：据 SEIA (The Solar Energy Industries Association)，2026Q1 美国电池储能（BESS）新增装机 9.7GWh，同比增长 32%，创下历年一季度新高
  - SEIA上调行业增长预测，预计 2030 年美国储能总装机将突破 610GWh，
  - Benchmark 报告预测，至 2030 年，数据中心将占据Commercial and Industrial (C&I)用户表后 BESS 电池储能部署总量的83%
- 关键增量来源 ：数据中心催生储能需求，叠加能源供给偏紧、价格波动，推动美国配套储能市场快速扩容
  - 数据中心：DC 是储能增长的核心来源之一，谷歌、Meta 等企业加大储能采购力度，保障 AI 算力设施供电稳定
  - 宏观因素：全球天然气及燃气轮机供给紧张、能源价格波动，储能因不受燃料价格影响、美国本土产能提升

图表36：美国数据中心BESS市场规模预测 (百万美元)



资料来源：Marketsandmarkets，长城证券产业金融研究院

图表37：美国本土储能电池制造产能与配套装机结构概况



资料来源：SEIA，长城证券产业金融研究院

仅供内部参考，请勿外传

5.2 AIDC 负荷特性：瞬时大幅功率波动与储能方案

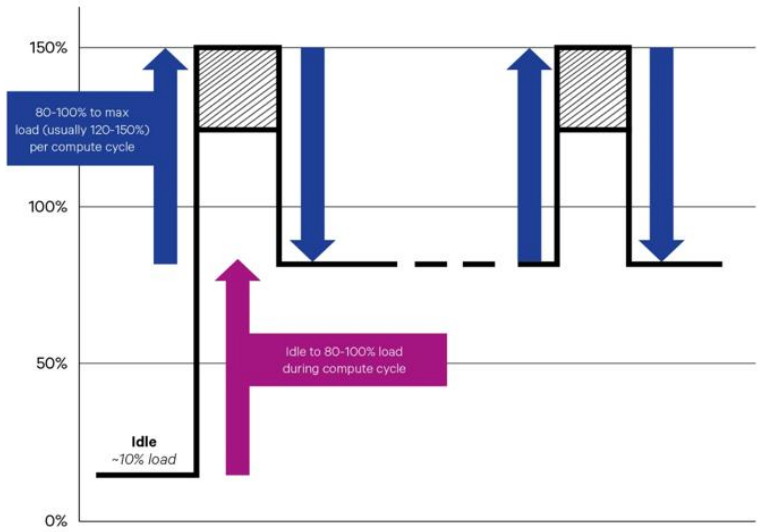
区别于传统数据中心的平稳负载特性，因算力请求变化，单机柜功耗可反复在毫秒级内由 30% 负载待机状态跃升至满载（100%），导致 AIDC 出现百兆瓦级的短时功率波动，由此带来两大核心问题：

- 对电网稳定性冲击：NERC 已明确指出，AIDC 用电负荷波动幅度大、变化速率快，直接并网运行将显著提升电网调频调控压力，甚至诱发功率振荡隐患，对电力系统稳定性构成挑战。
- 对自备发电系统的稳定性与经济性挑战：英伟达联合微软、OpenAI 的专项研究亦证实，AIDC 的快速功率波动与瞬时扰动，也会对传统自备机组（如燃气轮机）形成显著压力
  - 燃气轮机等常规发电设备受爬坡率与响应速度限制，难以高效匹配高频次、毫秒级的负载阶跃，因此将推高设备损耗与降低供电稳定性，增加维护成本
- 随着 AIDC 容量的扩大，电池储能系统（BESS）可与机柜级储能配合参与 AIDC 功率调节，通过平滑负荷曲线、平抑峰谷差，有效提升数据中心侧供电可靠性与并网可行性

仅供内部参考，请勿外传

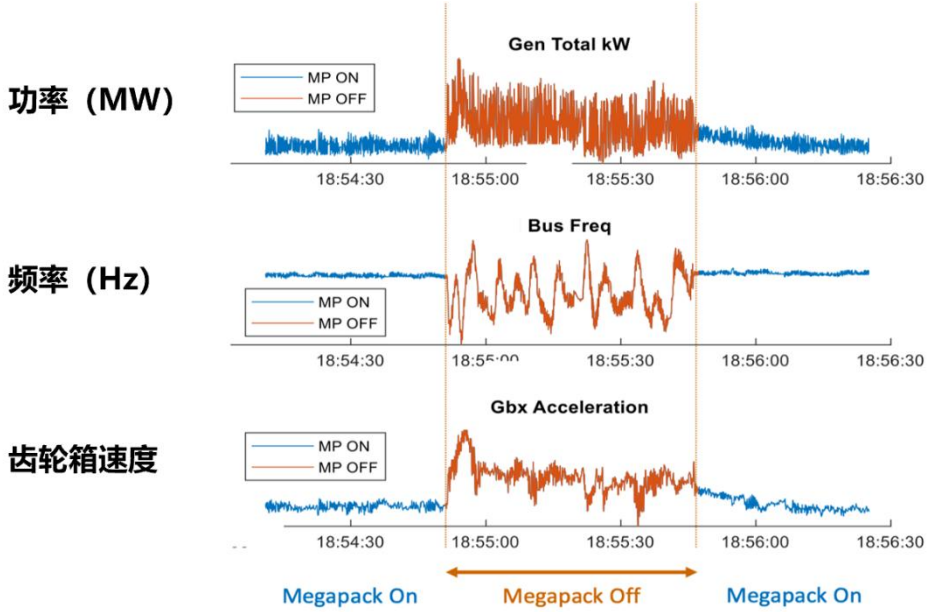
5.2 AIDC 负荷特性：瞬时大幅功率波动与储能方案（续）

图表38: 人工智能负载的用电负载呈现短时大幅波动的特点



资料来源：Vertiv官网，长城证券产业金融研究院

图表39: 无储能缓冲时，AIDC负荷的剧烈波动会超出发电机的调节响应能力，不仅导致机组功率、频率失稳与机械损伤，更会造成供电质量下降，降低供电可靠性



功率：无 Megapack 储能时，发电机输出功率波动极大，无法稳定运行

频率：发电机自身调节速度慢，无法精准应对AIDC 功率波动，导致频率失稳

机械影响：功率 / 频率波动会造成发电机轴承位移、振动加剧，加速设备磨损

资料来源： Tesla官网，长城证券产业金融研究院

仅供内部参考，请勿外传

5.3 广义储能系统在数据中心中的功能定位演变与对比

AIDC 用电负荷/波动增大，推动复合储能保障体系应用

- 传统行业主流采用 UPS + 备用发电机组作为电力保障核心:
- AIDC 用电负荷更大、波动更剧烈、并网约束更强，推动数据中心电力保障体系从传统 UPS + 柴油发电机组，升级为 UPS + BESS 的协同能源架构
  - UPS仍负责关键IT负载的零中断保护及电能质量调节，BESS则在园区/站点层面承担削峰、需求响应及电网互动

图表40：数据中心各层级储能系统及参数功能对比

设备类型	核心定位	响应	供电时长
BBU (Battery Backup Unit)	机架级备用电源	主流毫秒级	几十秒至数分钟
UPS (Uninterruptible Power Supply)	机房/设施级别	主流毫秒级	主流 5–15 分钟
BESS (Battery Energy Storage System	站点级储能	主流数秒级；高端可实现 20–50ms 响应	主流 ~1–6 小时

资料来源：Open Compute，Vertiv官网，Schneider Electric Blog，长城证券产业金融研究院

仅供内部参考，请勿外传

5.4 BESS 电池储能系统在数据中心中的其他应用场景

储能通过负荷整形削峰填谷，既能帮 AI 数据中心突破电网限制、加快上电投产，又能参与调频稳压，还可充当清洁备用电源替代柴油机组，同时满足算力负荷波动、并网瓶颈与供电安全三大需求

- **负载整形（Load Shaping）：** AIDC 用电负荷存在波动，依托电池储能可实现用电调峰（低谷储电、高峰放电），平滑整体用电曲线；通过主动削峰填谷，降低高峰时段对公共电网的电力依赖
- **突破电网约束，加速项目上电投产：**在实现电网全面并网扩容到位前，可以有限市电搭配就地储能做桥接供电，即时匹配数据中心负荷需求，弥补短期电网容量不足，大幅缩短上电周期
- **黑启动功能:** 储能可在电网完全停电时不依赖外部电网自主启动，以孤岛微电网模式独立运行，保障数据中心持续供电
- **清洁备电助力云厂商达成碳排目标：**AI 算力持续扩张推动超大规模云服务商数据中心能耗、碳排大幅上涨，谷歌、微软等头部企业碳排出现明显反弹；依托储能替代传统柴油发电机，有效降低碳排放

长城证券 GREAT WALL SECURITIES

资料来源：Fluence Energy 官网

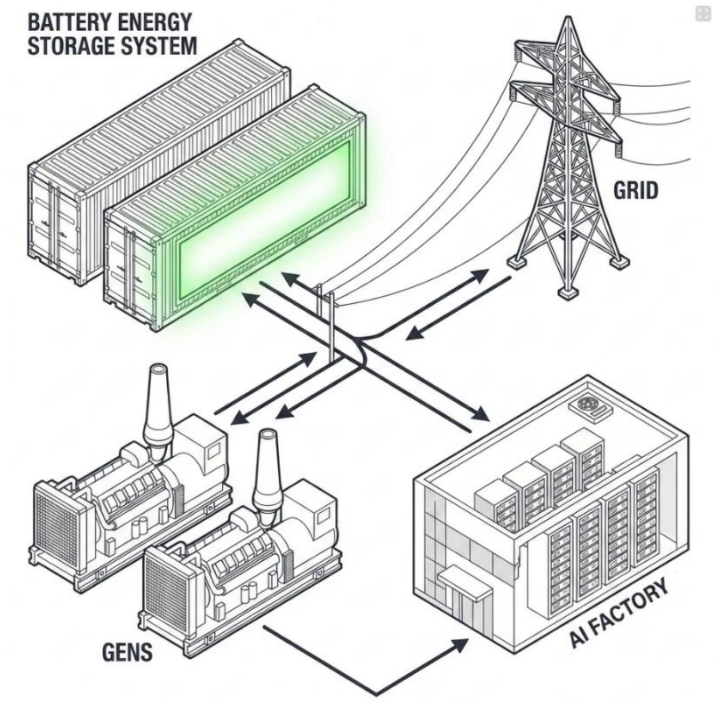
仅供内部参考，请勿外传

5.5 需求确定性高，但需求配置规模存在不确定性

AIDC 对 BESS 的需求方向较为明确，但具体渗透率、配置比例及储能时长仍存在较大不确定性

- NVIDIA 多次强调 BESS 在未来 AI 电力架构中的重要性甚至将其纳入了NVIDIA DSX Vera Rubin AIDC 的电力参考架构[1]
- 但同时也表明，储能需求仍在定义，需结合具体项目的负载特性、UPS运行模式、现场发电等进行系统设计[2]
- 我们认为目前尚难形成统一的配置比例或储能时长口径，单项目配置规模及最终市场需求仍需通过实际项目验证
    - 同时英伟达联合微软、OpenAI 的专项研究提出过，AI 负载波动可优先通过 GPU 侧功率控制与机架级储能进行平滑，而对于规模更大、同步性更高的训练集群，则可进一步配置站级BESS作为补充，但文章并未表明所有AI工厂均需要大型BESS

图表41：AI 数据中心 BESS 多电源协同结构图



资料来源：Nvidia Developer，长城证券产业金融研究院

[1] Siemens 官网 [2] Nvidia Developer

仅供内部参考，请勿外传

5.6 对比与总结：以 Tesla Megapack 为例

图表42：数据中心四类备用电源配套方案性能对比

方案（类型）	AI 负载平滑	低电压穿越 (LVRT)	灵活电网并网	寿命（含负载平滑）
UPS	可能	可能 (目标冲突)	不支持 (受持续时间限制)	约 1 年 (受循环寿命限制)
柴油发电机	不支持	不支持	可能 (受排放许可限制)	不适用 (无法实现负载平滑)
电容器 (E-Statcom)	部分支持 (快速 = 支持，慢速 = 不适用)	不支持 (受持续时间限制)	不支持 (受持续时间限制)	20 年
2 小时电池储能系统 (2H BESS Megapack)	支持	支持	支持	20 年

资料来源：Tesla官网，长城证券产业金融研究院

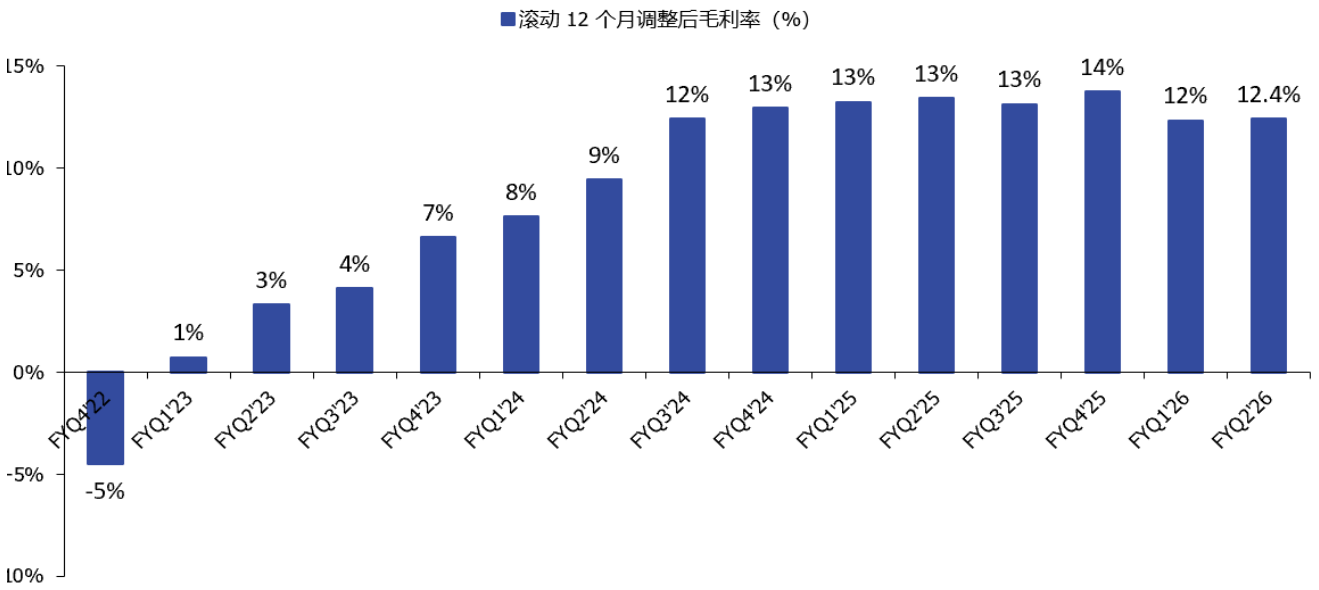
仅供内部参考，请勿外传

5.7 BESS 行业问题：竞争加剧，溢价能力不足

BESS 并非完全没有技术门槛，但潜在进入者较多、行业竞争激烈，差异化能力尚不足以普遍支撑高毛利

- 以 Fluence Energy (FLNC) 为例，其低双位数的毛利率，也反映出该环节较弱的议价能力
  - Fluence FY26Q3调整后毛利率降至5.9%，主要受生产延期、新产品爬坡及供应链前期成本影响；虽然本季度具有较强特殊性，但亦显示储能系统集成业务毛利率对项目执行、产能爬坡及供应链扰动也较为敏感

图表43：Fluence Energy 滚动 12 个月调整后毛利率 (%)



资料来源：Fluence Energy，长城证券产业金融研究院

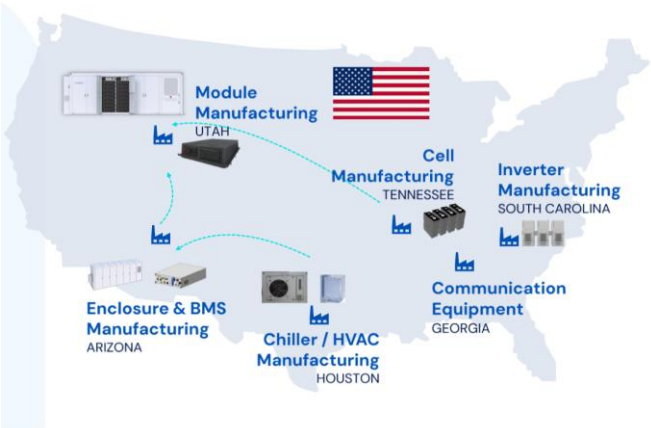
仅供内部参考，请勿外传

5.8 相关政策风向

相关政策有望利好本土供应商

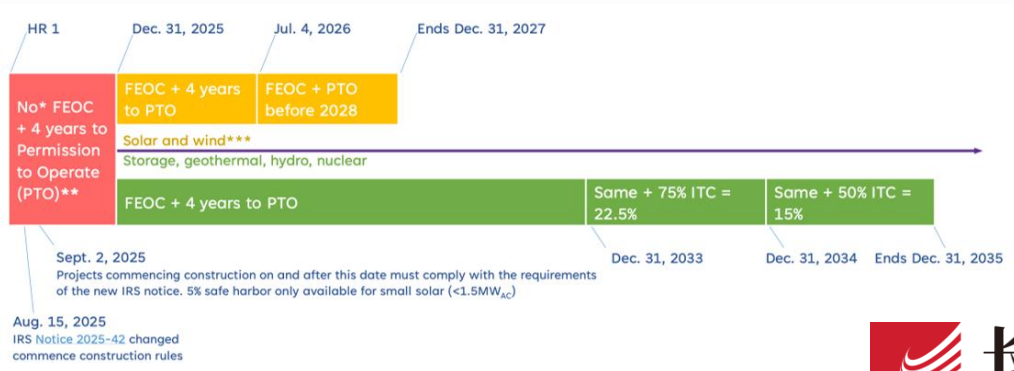
- **OBBBA**：2025年7月4日，美国正式签署通过《One Big Beautiful Bill Act》法案，新增FEOC限制性条款，其条款核心目的是限制中资企业申领税务补贴、降低美国新能源供应链对华依赖
  - 截至26Q2， Fluence Energy已建立完全符合 OBBBA（含 FEOC）的美国本土供应链
- **其他相关政策风向**：2026年8月26日，美国总统特朗普以国家安全为由签署一项紧急行政令，禁止部分外国制造的变压器及其他关键能源设备进入美国电网；该行政令禁止美国采购或安装存在网络安全风险、运行风险的特定外国产电力设备
  - 目前政策直接影响主要集中于Bulk-Power System相关的电网侧BESS，典型数据中心Behind-the-Meter BESS尚未受到类似的市场准入限制。 但此次政策已将电力设备安全提升至国家安全层面，我们认为，未来随着数据中心BESS规模扩大及与电网互动增加，相关限制存在向Behind-the-Meter场景扩大的潜在风险

图表44：Fluence Energy 美国本土供应链



资料来源： Fluence Energy，长城证券产业金融研究院

图表45：OBBBA 下清洁能源 ITC/PTC 补贴退出与 FEOC 合规节点



资料来源： CESA，长城证券产业金融研究院

仅供内部参考，请勿外传

5.9 核心观点

小结：

BESS配套需求确定性较强，但需求量确定性不足且竞争剧烈：

AIDC电负载存在大幅波动，叠加算力规模扩大，将对电网与自备机组运行稳定性造成冲击；BESS可实现负载平滑、黑启动，电压穿越等多重功能，需求具备较强确定性。但当前行业壁垒相对有限，市场竞争激烈，企业盈利存在持续承压风险；同时，AIDC在并网条件、架构等方面存在差异，导致装机体量存在较大不确定性，构成行业发展约束。后续可重点关注项目订单落地及配置方案标准化，若二者持续推进，将有望提升BESS的需求能见度，成为行业放量的重要催化。

仅供内部参考，请勿外传

风险提示

1）AI 算力需求不及预期：若全球云厂商缩减数据中心资本开支、大模型商业化落地不及预期，新增 AIDC 电力负荷增长将低于预期，自备发电设备采购规模将收缩，行业产能或面临闲置压力

2）项目落地进度不及预期：数据中心建设受地方审批、社区舆论、区域电网基建短板制约，项目投产节奏存在放缓可能

3）技术路线替代风险：小型模块化堆等新型发电技术若实现落地突破，或美国电网扩容提速，会分流其他分布式电源需求，对燃机、SOFC 形成替代

4）原材料与供应链风险：分布式发电厂商原材料供给存在波动，原材料涨价、核心零部件交付延迟将推高制造成本、制约产能释放

5）项目落地与验收风险：美国算力项目对环保排放，电源机组调试、可靠性等认证标准严苛，若不达标将引发项目延期、赔付，损害厂商声誉

仅供内部参考，请勿外传

免责声明

免责声明

长城证券股份有限公司（以下简称长城证券）具备中国证监会批准的证券投资咨询业务资格。

本报告由长城证券向专业投资者客户及风险承受能力为稳健型、积极型、激进型的普通投资者客户（以下统称客户）提供，除非另有说明，所有本报告的版权属于长城证券。未经长城证券事先书面授权许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布，亦不得作为诉讼、仲裁、传媒及任何单位或个人引用的证明或依据，不得用于未经允许的其它任何用途。如引用、刊发，需注明出处为长城证券研究院，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，但本公司不保证信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向他人作出邀请。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。在任何情况下，本公司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。

长城证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。长城证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

长城证券版权所有并保留一切权利。

长城证券 GREAT WALL SECURITIES

仅供内部参考，请勿外传

声明

特别声明

《证券期货投资者适当性管理办法》、《证券经营机构投资者适当性管理实施指引（试行）》已于2017年7月1日起正式实施。因本研究报告涉及股票相关内容，仅面向长城证券客户中的专业投资者及风险承受能力为稳健型、积极型、激进型的普通投资者。若您并非上述类型的投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研究报告中的任何信息。

因此受限于访问权限的设置，若给您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，在执业过程中恪守独立诚信、勤勉尽职、谨慎客观、公平公正的原则，独立、客观地出具本报告。本报告反映了本人的研究观点，不曾因，不因，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接收到任何形式的报酬。

仅供内部参考，请勿外传

长城证券投资评级说明

长城证券投资评级说明

公司评级：

买入——预期未来6个月内股价相对行业指数涨幅15%以上；

增持——预期未来6个月内股价相对行业指数涨幅介于5%约15%之间；

持有——预期未来6个月内股价相对行业指数涨幅介于-5%约5%之间；

卖出——预期未来6个月内股价相对行业指数跌幅5%以上。

行业评级：

强于大市——预期未来6个月内行业整体表现战胜市场；

中性——预期未来6个月内行业整体表现与市场同步；

弱于大市——预期未来6个月内行业整体表现弱于市场。

行业指中信一级行业，市场指沪深300指数

长城证券 GREAT WALL SECURITIES

仅供内部参考，请勿外传

联系地址

长城证券产业金融研究院

深圳

地址：深圳市福田区福田街道金田路2026号能源大厦南塔楼16层

邮编：518033

传真：86-755-83516207

北京

地址：北京市宣武门西大街129号金隅大厦B座27层

邮编：100031

传真：86-10-88366686

上海

地址：上海市浦东新区世博馆路200号A座8层

邮编：200126

传真：021-31829681

长城证券 GREAT WALL SECURITIES

仅供内部参考，请勿外传

长城证券
GREAT WALL SECURITIES

长城研究·与您共成长

长城证券产业金融研究院