

研究报告

电力即护城河：AI 基建竞赛的电力经济学

AI 基础设施的军备竞赛出现了新瓶颈，而它不是芯片。全球数据中心用电量将从 2024 年的 415 TWh 增至 2030 年约 945 TWh（翻倍以上）；美国最大电网的容量价格一年内暴涨 833%；超过 2,000 GW 的项目在排队等并网；超大规模云厂商已签约约 9.8 GW 核电，而燃气轮机到 2029 年的产能已全部售罄。链杉研究院绘制正在决定这场竞赛胜负的电力经济学，并解读盈利优先的投资者应当如何下注。

Industry Reports • 2026 年 10 月 12 日 • Chainfir Research

从芯片到千瓦：瓶颈向下游转移

两年前，人工智能的硬瓶颈是先进芯片；2026 年，瓶颈变成了电。国际能源署（IEA）《能源与人工智能》报告测算，2024 年全球数据中心用电量为 415 TWh——约占全球总用电量的 1.5%，大致相当于英国全年用电量；预计到 2030 年将达到约 945 TWh，逼近日本全年用电总量。IEA 2026 年更新已将 2025 年计数定格在约 485 TWh。2024 年 AI 专用服务器约占数据中心用电需求的 15%，且是增速最快的一块——正是加速计算让这条曲线折了弯。

更值得注意的是：如今缺的已不是钱，而是时间。五大超大规模云厂商 2026 年计划资本开支约 6,020 亿美元，其中约 75% 与 AI 相关（CreditSights）。美国数据中心负荷已从 2023 年的约 23 GW 增至 2026 年的约 42 GW，全美预测最高到 2030 年达 134 GW。然而高盛研究部估计，下一年度计划投运的产能只有约 60% 能按时交付，之后两年降至约 50%；Bloomberg 与 Sightline Climate 测算 2026 年计划投运的约 16 GW 中有 30–50% 面临延期或取消风险；IEA 更警告全球计划中的数据中心项目约五分之一可能延期。在这个市场上，稀缺资产不是资本，而是「已通电的兆瓦」。

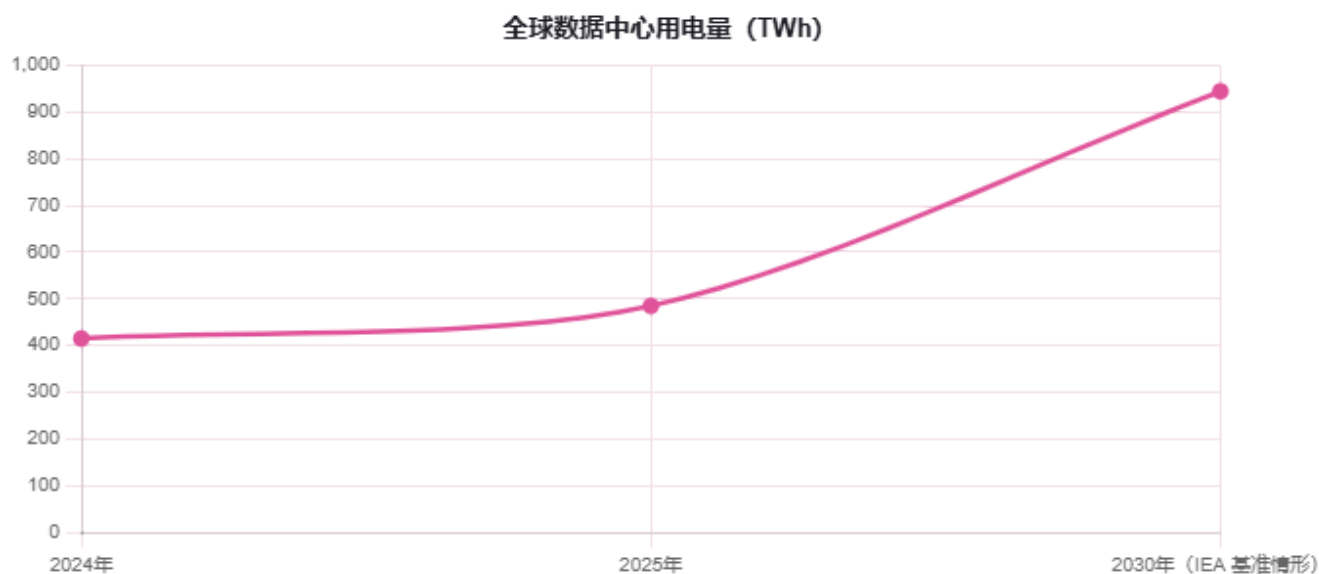


图 1：2024 年数据中心用电约 415 TWh——约占全球总用电量 1.5%，大致相当于英国全年用电量——到 2030 年将达约 945 TWh，逼近日本全年用电总量。IEA 2026 年更新将 2025 年计数定为约 485 TWh。数据来源：IEA《能源与人工智能》（2025 年 4 月）；IEA《电力 2026》更新。

2024 年全球数据中心用电区域分布

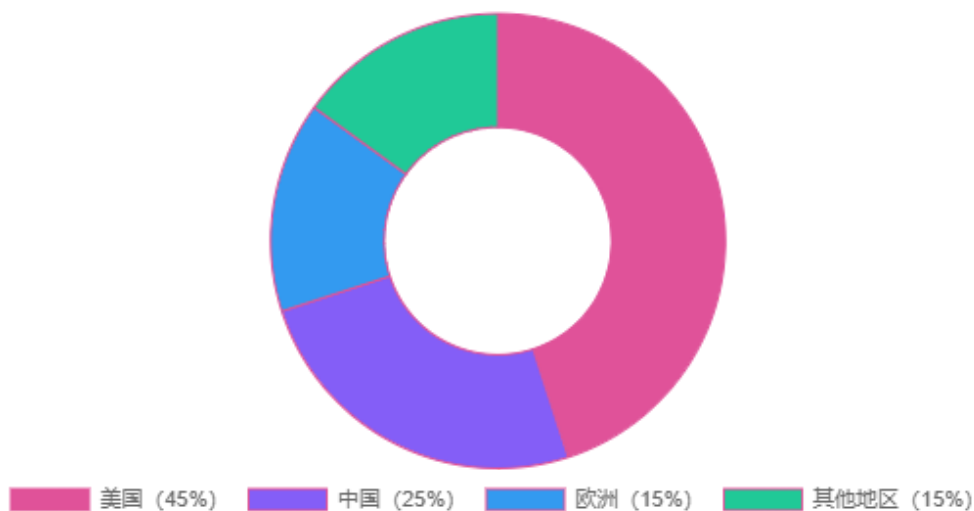
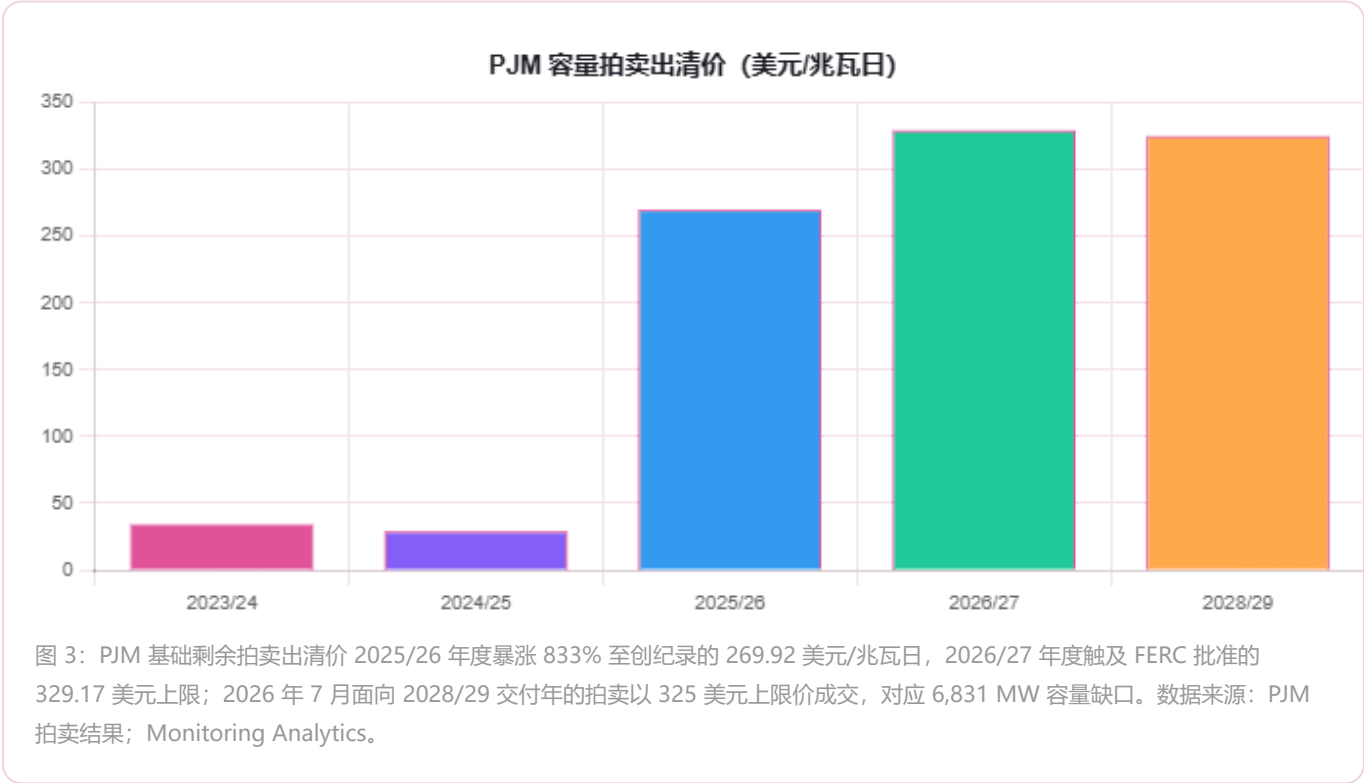


图 2：美国、中国与欧洲合计占全球数据中心用电约 85%；在美国，数据中心将占 2030 年前全国用电需求增量的近一半，届时 AI 数据处理用电将超过铝、钢铁、水泥与化工等传统高耗能产业之和。数据来源：IEA《能源与人工智能》（2025）。

价格信号：PJM 拍卖在说什么

没有任何市场比 PJM 把稀缺定价得更诚实——这家电网运营商服务美国 13 个州与华盛顿特区的 6,700 万人口。其容量拍卖提前三年为可靠性定价，价格序列读起来像一场压力测试：2024/25 交付年每兆瓦日 28.92 美元；2025/26 飙至创纪录的 269.92 美元——单次拍卖暴涨 833%；2026/27 触及 FERC 批准的价格上限 329.17 美元。2026 年 7 月面向 2028/29 交付年的拍卖以 325 美元上限价成交，同时出现 6,831 MW 的容量缺口——连续第二次未达区域可靠性标准。能量市场同样在重定价：2026 年一季度 PJM 批发电价平均 136.53 美元/MWh，同比上涨 76%；2026 年前七个月批发成本达 567 亿美元，同比增长 46%。

政治问题在于：谁来买单。PJM 独立市场监督机构 Monitoring Analytics 测算，最近四次拍卖的容量费用中约 294 亿美元、约 46% 可归因于现有及预测中的数据中心负荷。忧思科学家联盟（UCS）发现，2024 年 PJM 七个州仅因接入数据中心就批准了 43.6 亿美元的输电项目，其中超过 95% 的成本被摊派给全体用电户。账单已经体现：弗吉尼亚州居民电价从 2025 年 6 月的 15.23 美分/千瓦时升至 2026 年 6 月的 17.22 美分（EIA），马里兰、俄亥俄同步上行。反弹正在变成政策——弗吉尼亚州自 2027 年 1 月起对 25 MW 以上负荷设立专门电价类别；2026 年 3 月，七家最大 AI 公司签署白宫斡旋的「电费户保护承诺」，同意直接出资电网升级。



两太瓦在等一根电线

价格信号背后是结构性的排队。劳伦斯伯克利国家实验室《Queued Up 2026》版统计：美国约有 8,200 个项目、超过 2,060 GW 的发电与储能容量正在排队申请并网。2025 年建成项目的「申请—投运」中位时间超过五年；2000 至 2020 年间申请并网的容量中，到 2025 年底实际投运的仅 13%，75% 已撤回。排队总量同比下降 10%——不是因为电网接入变快了，而是因为开发商放弃了。

排队结构正随经济性而变：2025 年在排队中的天然气容量激增 86% 至 253 GW，而光伏下降 19% (773 GW)、储能下降 16% (749 GW)、风电下降 19% (220 GW)；核电在低基数上翻倍至 10.4 GW。设备层又叠加了新的堵点：大型电力变压器交货周期约 128 周，升压变压器约 144 周（Wood Mackenzie）。RMI 估计 PJM 平均并网周期已超过八年，而 2008 年不足两年。于是出现了一个「通电速度」（speed-to-power）取代「建设速度」决定选址价值的市场：美国主要市场空置率处于 1.4% 的历史低位，在建产能的 81.5% 已被预订（CBRE）——买家在等电线，而不是电线在等买家。

美国并网排队按资源类型分布 (GW, 2025 年末)

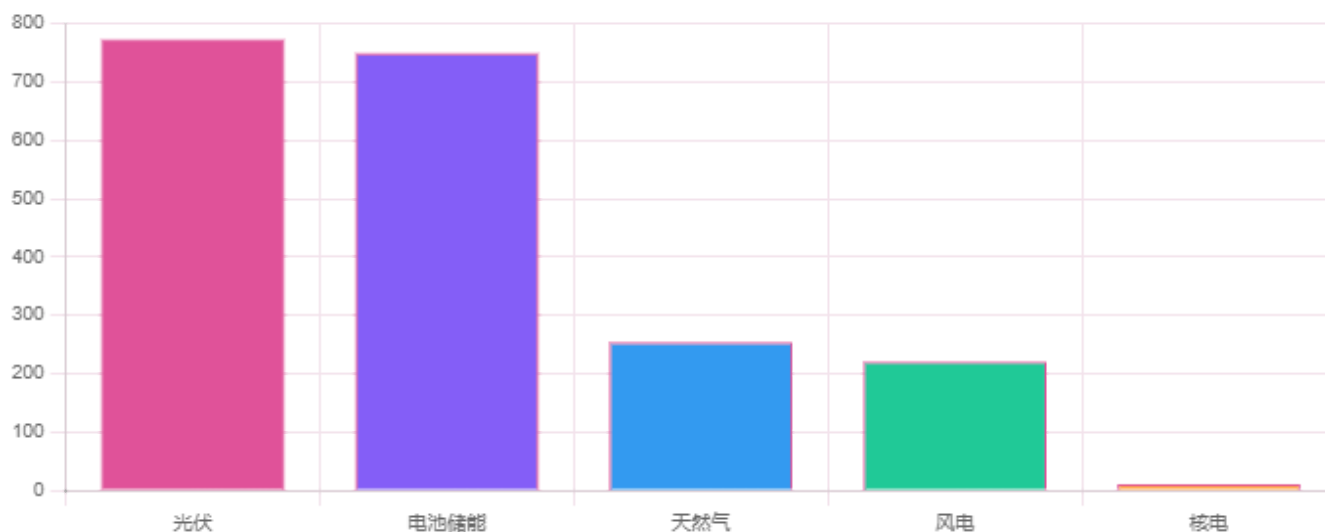


图 4: 光伏与储能仍主导约 2,060 GW 的排队总量, 但 2025 年增速最快的是天然气 (同比 +86% 至 253 GW), 而光伏 (-19%)、储能 (-16%)、风电 (-19%) 全部缩水——排队总量下降是因为项目撤回, 不是电网接入变快。2000–2020 年申请并网的容量中, 到 2025 年底实际投运的仅 13%。数据来源: 劳伦斯伯克利国家实验室《Queued Up 2026》。

核电交易: 9.8 GW 的企业级下注

截至 2026 年 5 月, 美国每一家主要超大规模云厂商都至少签下了一单核电协议——共 13 个已公布项目、约 9.8 GW, 涉及七个买方 (SMR Intel 交易追踪)。微软与 Constellation 签订 160 亿美元、20 年期协议, 重启三里岛 1 号机组 (835 MW, 现名 Crane 清洁能源中心), 首电目标 2027 年下半年。Meta 拿下 Clinton 电站 1.1 GW 的 20 年期购电 (2027 年起), 并在 2026 年 1 月横跨 TerraPower、Oklo、Vistra 与 Constellation 签下最高 6.6 GW 的协议组合 (2032–35 年交付)。谷歌承诺采购 Kairos Power 500 MW 反应堆群, 首堆目标 2030 年。亚马逊将 Susquehanna 协议重组为 17 年期、1.92 GW、约 180 亿美元的 PPA——该组合中唯一「今天就送电」的一单——另向 X-energy 投资 7 亿美元。

但纪律检查不可省。目前全球商业运行的小型模块化反应堆只有四台——全部在俄罗斯与中国; NuScale 的美国旗舰项目 2023 年取消; 2024 年 11 月 FERC 还驳回了 Talen 向亚马逊厂区扩大表后直供电 (300→480 MW) 的申请。已承诺的核电兆瓦大多要到 2030 年后才能交付, 用一位选址顾问的直白说法, 押注 SMR 时间表的厂址「在 2026 年不是可投资级资产」。核电大概率是 2030 年代电网的正确交易——但它撑不起 2027 年的训练集群。

超大规模云厂商为 AI 数据中心承诺的核电容量 (MW)

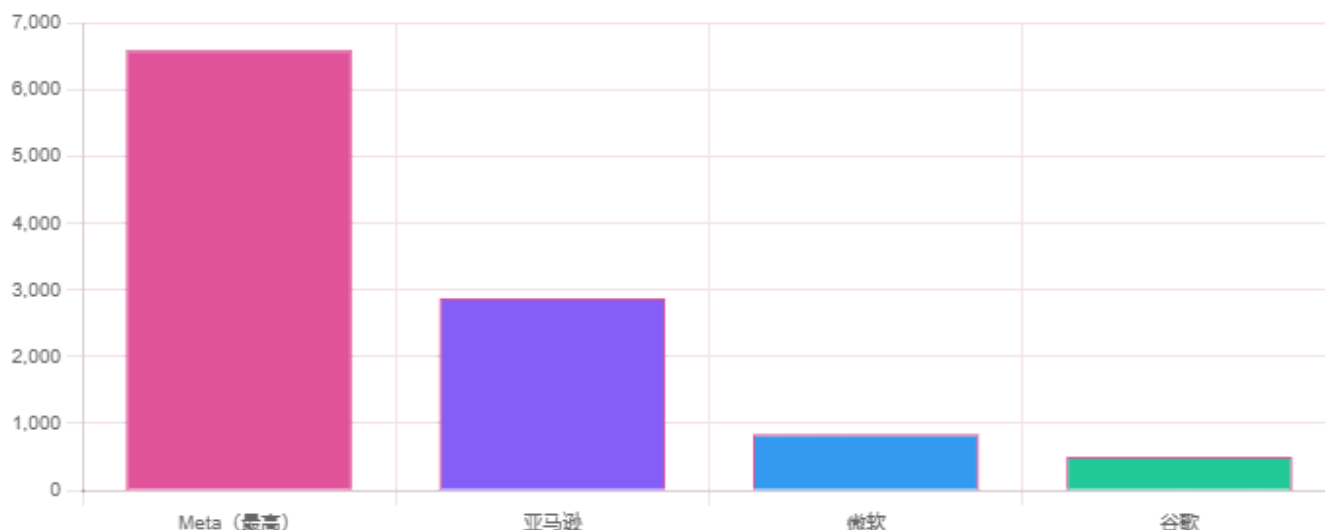


图 5：截至 2026 年 5 月，13 个已公布项目共承诺约 9.8 GW 核电容量、涉及七个买方。亚马逊 = Susquehanna 1.92 GW PPA（当前唯一送电中）+ X-energy SMR 最高 960 MW；数字为已签约或目标容量，其中大部分尚未实际送电。数据来源：SMR Intel 交易追踪（2026 年 5 月）；各公司公告。

天然气之桥：卖到 2029 年的产能

真正跨过缺口的是天然气——而燃气轮机已成卖方市场。GE Vernova 的重型燃气轮机产能已售罄至 2028 年，部分承诺排到 2031 年；其燃气设备积压订单加产能预留（slot reservation）在 2026 年二季度从 100 GW 增至 116 GW，年底目标不低于 125 GW。轮机价格三年上涨约 300%——Wood Mackenzie 估算已接近 600 美元/千瓦——交货周期约三年。二季度财报写尽需求之旺：订单 242 亿美元（有机增长 88%）、积压订单创纪录的 1,760 亿美元，年内数据中心电气化订单已超 50 亿美元——是 2025 年全年的两倍以上。西门子能源持有 87 GW 燃气轮机承诺，其中约 28% 与数据中心相关；三菱动力创下 35 台大型轮机的年度订单纪录。

对投资者而言有两个细节。其一，GE Vernova 积压订单约 80% 来自传统公用事业——这是全电网系统级的建设潮，而非云厂商的支线剧情。其二，前沿已经转向「离网」：雪佛龙与微软的 Project Kilby 是一座造价 70 亿美元、2.67 GW 的西得州燃气电站，以 20 年协议直供微软 AI 园区，刻意避开 ERCOT 电网，首电目标 2028 年。当公共排队排到八年，自购电厂就不再是猎奇，而是承保算术。

亚太：挤兑来得更早

亚太是本轮建设潮增长最快的一环，也是电力稀缺最先变成政策的地方。2025 年区域内数据中心在建规模达到创纪录的 19.4 GW，东南亚占近三分之一，另有超过 32 GW、1,150 余个项目在规划中（Asian Power）。监管正在收紧：BMI 报告称区域内多国政府上调电价、收紧并网规则；Wood Mackenzie 发现，越来越多的并网条件被要求附带电网服务——需求响应、调频、配建储能——接入权正在变成一种交换。

最清晰的案例是新加坡—柔佛走廊。新加坡 2019 年冻结新建数据中心（当时数据中心已消耗全国约 7% 的电力），此后以「受控释放」恢复：绿色数据中心路线图释放至少 300 MW，2025 年 12 月再开放至少 200 MW，条件是 PUE 低于 1.3、强制液冷、至少 50% 绿电。约束溢出国界：柔佛已吸引约 350 亿美元投资（Reuters），规划产能可达 7,000 MW——约为当前水平的八倍（JLL）——但该州 2024 年驳回了多达 30%

的新申请；EY 估算马来西亚数据中心用电需求到 2035 年达 5–6 GW，约为马来半岛现有发电装机的五分之一。澳大利亚 AEMO 已追踪 5.4 GW 数据中心项目，并预计到 2030 年该行业将消耗约 6% 的电网电量；Brookfield 预计印度 AI 数据中心产能五年内从约 1.5 GW 增至 6.5 GW。亚太不缺需求，也不缺资本——缺的是稳定电力，而这一短缺在我们运营的每个市场都已成为政策变量。

盈利优先的解读

投资结论说起来简单、做起来难造假：在 AI 基础设施里，稀缺且可防守的投入品是「稳定兆瓦」——已签约、已并网、有明确日期可交付。土地可以买，芯片可以租，资本至少眼下是充裕的。批发成本同比上涨 46%、容量价格重定价 833%，正是整个行业试图购买电网暂时卖不出的东西时发生的现象。在承保任何 AI 基础设施敞口之前，我们做五项检查：

- **已通电或已签约，而非「已宣布」。**看已签署的并网协议与已通电的变电站——而不是尚未通过电网研究的「管线吉瓦」。
- **电价与期限。**看固定价或限价机制的长期 PPA，而不是对本报告所绘拍卖价格的全额市场敞口。
- **设备槽位已锁定。**轮机、变压器、开关柜的预留要有定金背书；没有变压器槽位的园区只是一张效果图，不是资产。
- **所在电网的监管姿态。**并网规则、大负荷电价类别、冻结令——「用电许可」正在变得和「经营许可」一样致命。
- **收入必须对应送出的电子。**看已入驻、在计费的容量——别忘了美国在建产能 81.5% 已被预租——而不是宣布的容量。

这对链杉意味着什么

这与我们一贯的筛选标准同源：我们只投资已经盈利的公司——至少连续八个季度正运营贡献；约 90% 的承诺来自自有资产负债表；把资本、人才与资源作为一个整体头寸运作，并由 374 位顾问网络支撑。AI 建设潮不会废除这套纪律，只会奖励它——因为已经掌控自身电力、客户与单位成本的公司，才能把电力挤兑转化为定价权，而不是利润预警。

电力经济学也解释了为什么我们的亚太聚焦——新西兰、中国香港与新加坡——是优势而非限制。该区域的「受控释放」监管把约束成本前置到许可阶段明码标价，而不是等园区建成后再诉诸诉讼。在这样诚实的市场里，盈利的经营者不需要嗓门最大——只需要手里握着兆瓦。

「算力可以租，资本可以融，稳定而签约的兆瓦变不出来。我们读一家公司的电力头寸，就像读它的运营贡献——那是它能否真正交付的诚实信号。这一轮周期里，护城河不是模型，护城河是兆瓦。」——
Brian Tian, 链杉资本投后管理负责人 · web3hire.help CEO