

# AI 資料中心進入場址瓶頸期，GEV 與 VRT 的長週期機會

---

蘇家叡

# 結論與大綱

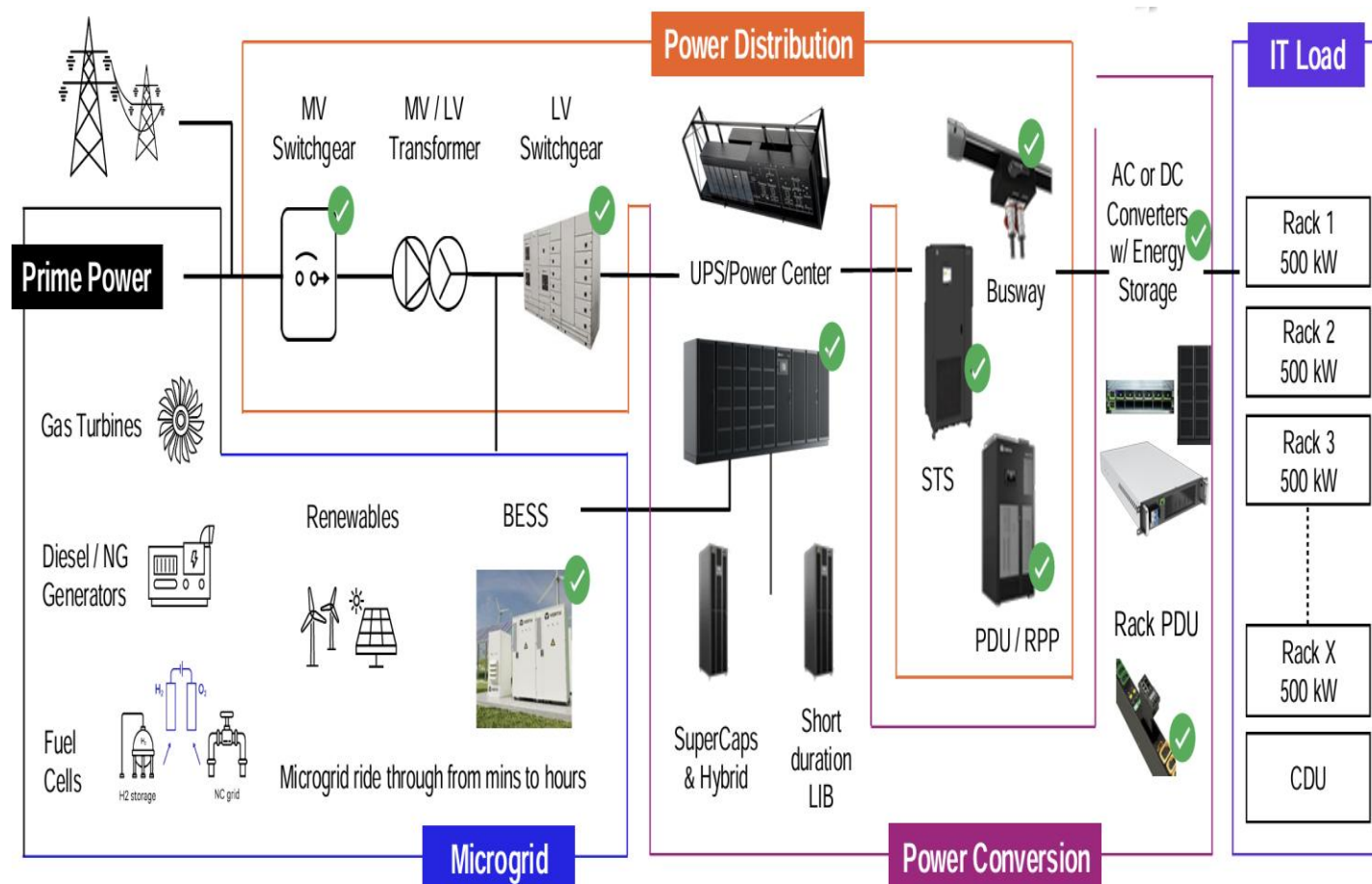
---

- **園區級供電看 GEV**：AI 場址擴張快於電網併網，資料中心轉向專屬供電；中長期大型基載仍以重型燃氣渦輪為首選。
- **需求缺口支撐長週期能見度**：產能出貨具時間差，2028–2030 北美 CCGT 供需仍偏緊，有利 GEV 價格與服務收入。
- **延伸觀察過渡供電與上游瓶頸**：短期由快速部署、模組化 onsite power 補電；中長期瓶頸往熱端葉片、高溫鑄件與大型鍛件傳導。
- **基礎設施整合看 VRT**：高密度機櫃使電熱一體化，價值從單一設備轉向整體方案與長期服務；VRT 為最純資料中心平台。
- **個股推薦**：GEV、VRT

# AI資料中心的瓶頸正在外溢到場址供電能力

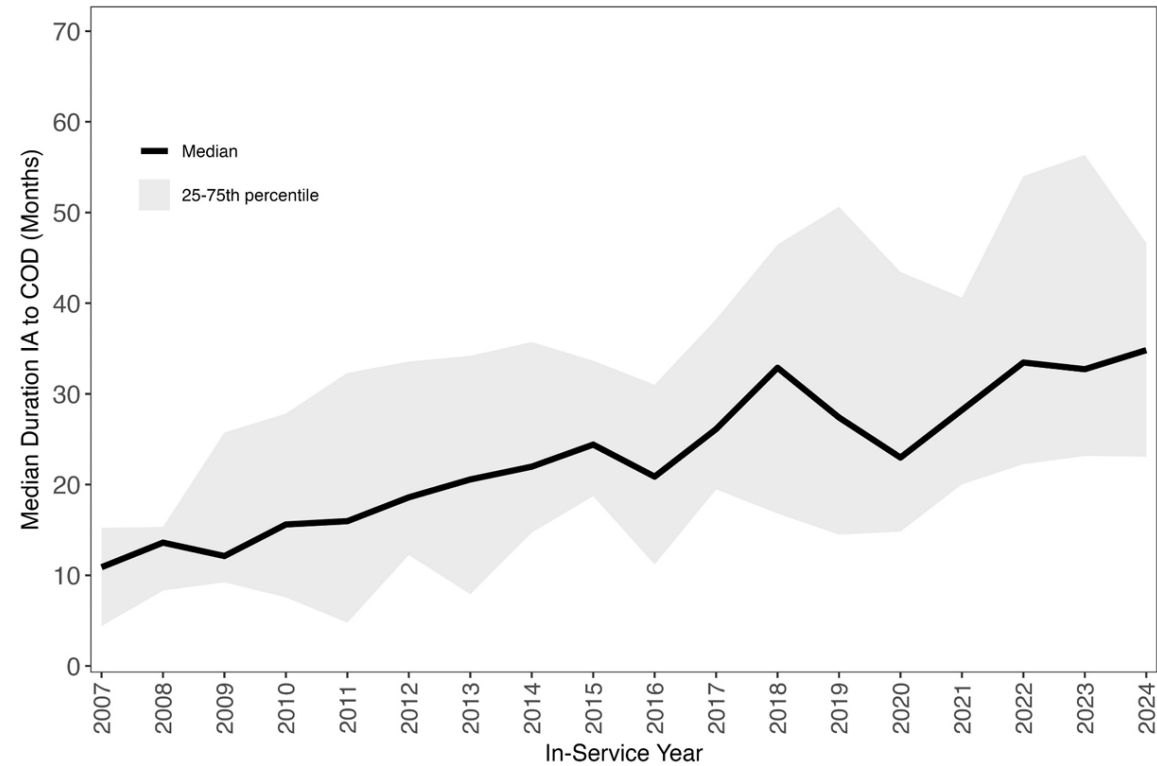
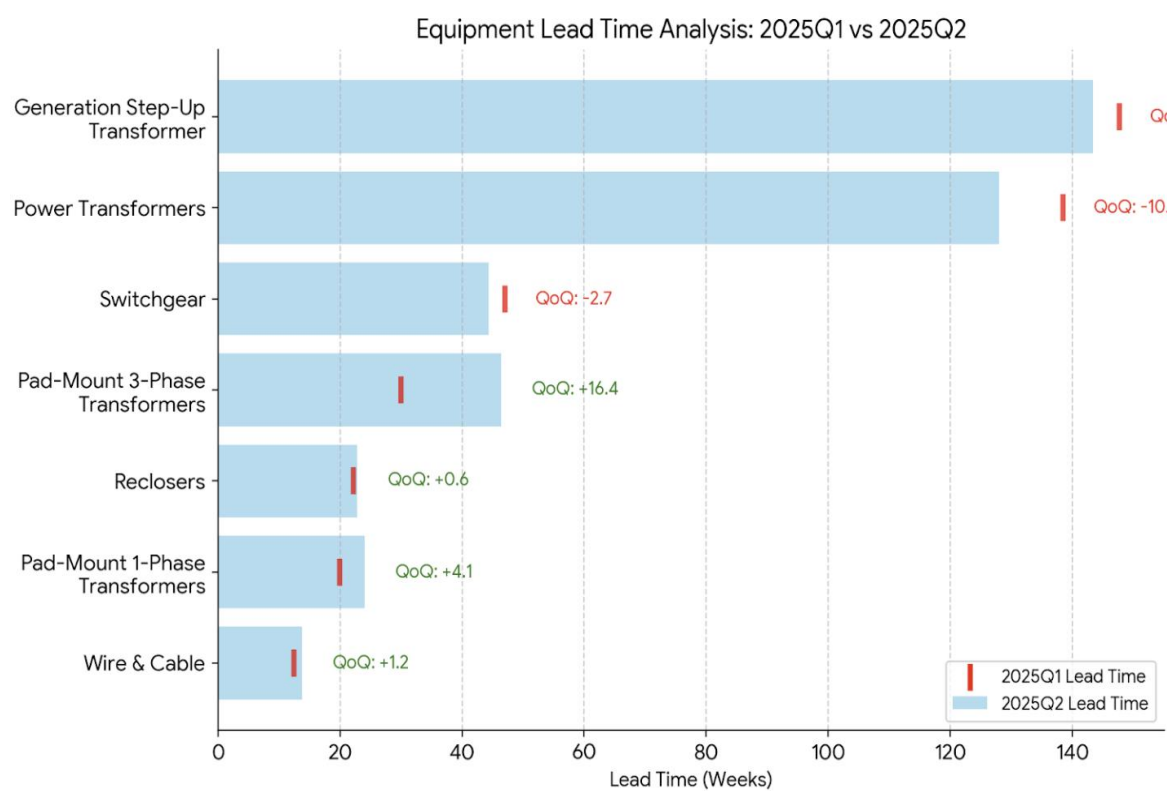
- AI 需求帶動的不只是 IT 設備，更把資料中心瓶頸從買設備推向拿到可用電力、散熱與場址交付能力。
- 傳統資料中心的 prime power 多由電網提供，AI 資料中心若採 onsite power，僅發電設備本身的支出可能約 \$240萬/MW 起跳。

| 類別             | 傳統資料中心 Cost/MW    | AI資料中心 Cost/MW    |
|----------------|-------------------|-------------------|
| 伺服器            | 25,000,000        | 37,500,000        |
| 网通設備           | 4,250,000         | 3,750,000         |
| 儲存設備           | 1,900,000         | 1,900,000         |
| <b>IT 設備</b>   | <b>31,150,000</b> | <b>43,150,000</b> |
| 不斷電系統          | 850,000           | 985,000           |
| 開關櫃            | 530,000           | 615,000           |
| 匯流排及其他配電       | 420,000           | 300,000           |
| <b>電氣設備</b>    | <b>1,800,000</b>  | <b>1,900,000</b>  |
| 電腦室空調機組        | 575,000           | 575,000           |
| 冷卻分配單元         | 0                 | 450,000           |
| 冰水主機           | 360,000           | 360,000           |
| 冷卻塔            | 90,000            | 90,000            |
| <b>散熱設備</b>    | <b>1,025,000</b>  | <b>1,475,000</b>  |
| <b>備用柴油發電機</b> | <b>800,000</b>    | <b>800,000</b>    |
|                |                   |                   |
| 工程費            | 400,000           | 480,000           |
| 總承包商管理費及利潤     | 900,000           | 900,000           |
|                |                   |                   |
| 建築成本           | 1,300,000         | 1,100,000         |
| 安裝成本           | 1,500,000         | 1,800,000         |
| <b>工程與建築</b>   | <b>4,100,000</b>  | <b>4,280,000</b>  |
| <b>總計</b>      | <b>38,875,000</b> | <b>51,605,000</b> |



# 主流電力設備、公用電網接入時間長

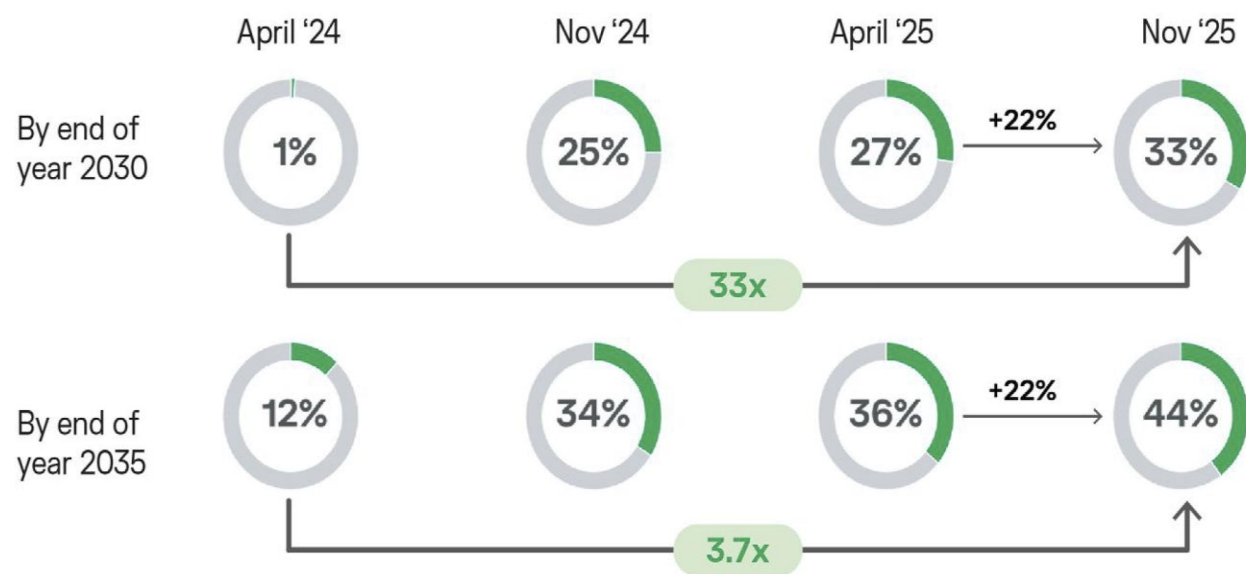
- 即使部分設備交期季度改善，Generation Step-Up Transformer 與 Power Transformer 交期仍遠高於其他品項，再考量公用電網接入、併網許可、輸配電升級等問題，導致 time-to-power 時程拉長，迫使資料中心業者把 onsite power 從備選變成必要。



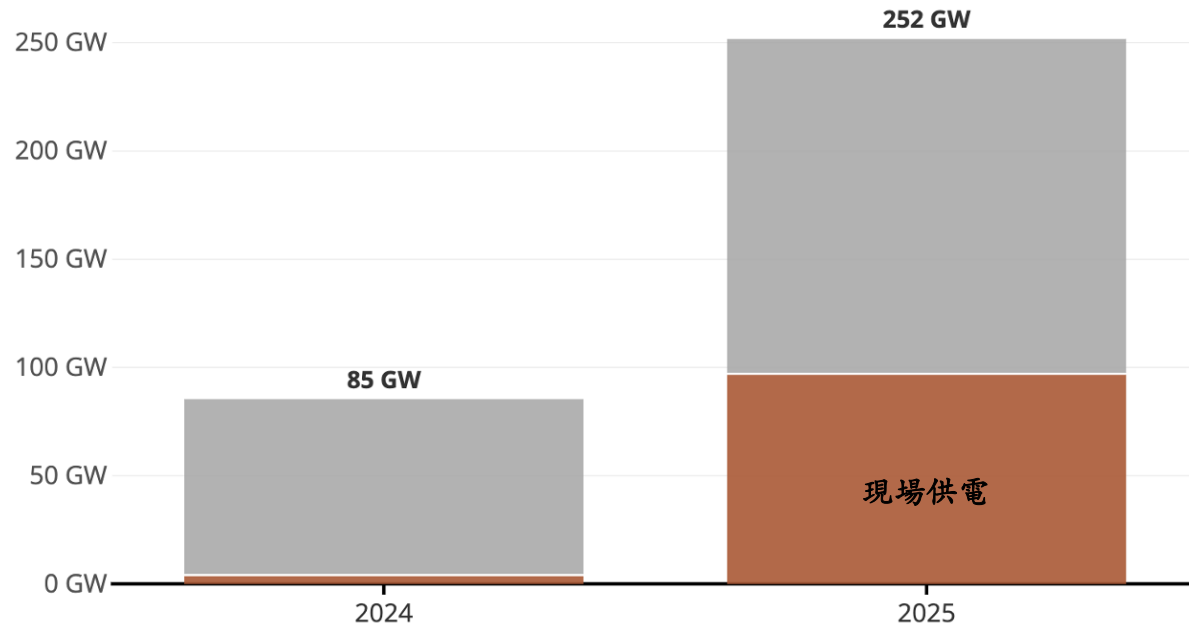
# Onsite power從備援走向主供，資料中心提高專屬供電配置

- Bloom Energy 2026 年調查顯示，資料中心業者對 100% 現場供電的預期快速升高，反映客戶希望降低對公用電網上電時程的依賴。
- 實際供電架構可能包含完全現場供電、現場供電搭配電網、或由公用事業與獨立發電業者建置的專屬供電；共同方向是資料中心需要更可控的電力來源。
- Global Energy Monitor 指出，美國 2025 年在開發中的燃氣發電容量接近 252GW，其中超過三分之一規劃為資料中心 onsite 供電。

圖：針對2030/2035年底達成100% onsite power的預期



圖：美國已宣布、處於施工前或施工階段的燃氣發電裝機容量



# 發電技術各自有適用場景

- 燃氣渦輪（航改與工業級）具備模組化、可快速運送、啟動速度快等優勢，適合需要快速補電的場景，缺點是交期越來越長，且渦輪葉片與核心組件受高溫材料與關鍵礦物供應限制，適合想快速有電，又不想把系統拆成太多小單元的場景。
- 往復式內燃機有模組化、快速部屬優勢，缺點是單機容量小，大量部屬會增加運維複雜度，適合用作備援或冗餘的場景。
- SOFC 空汙低，許可、部屬速度、安裝難易度皆最佳，缺點是貴、單機容量小，適合重視許可順利、低汙染、偏基載電力的場景。

| 技術分類                   | 運作原理                           | 核心機制                   | 成本 (\$/kW)                       | 技術種類                         | 單機容量 (MW) | 交期 (Months) | 滿載啟動時間 (Minutes) | 電氣效率 (%) |
|------------------------|--------------------------------|------------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------|-------------|------------------|----------|
| 燃氣渦輪 (Gas Turbine, GT) | 仿航空引擎概念，透過壓縮空氣與天然氣燃燒，產生高溫高壓氣體。 | 氣體推動渦輪轉動，進而帶動發電機。      | 航改型1,700-2,000<br>工業級1,500-1,800 | 航改型燃氣輪機 (Aeroderivative GT)  | 30-60     | 18-36       | 10               | 35-40%   |
|                        |                                |                        |                                  | 工業級燃氣輪機 (Industrial GT)      | 5-50      | 12-36       | 20-30            | 35-40%   |
| 往復式內燃機 (RICE)          | 大型天然氣活塞引擎，原理類似汽車或船舶動力系統。       | 靠活塞上下運動帶動曲軸，進而驅動發電機。   | 1,700-2,000                      | 小型複循環燃氣輪機 (Small CCGT)       | 40-100    | 18-36       | 30-60            | 40-55%   |
|                        |                                |                        |                                  | 中速往復式內燃機 (Medium-Speed RICE) | 7-20      | 15-24       | 5-10             | 40-50%   |
| 燃料電池 (Fuel Cell)       | 透過電化學反應直接發電，非傳統燃燒式機械運作。        | 類似持續性供電的電池，將燃料直接轉換為電能。 | 3,000-4,000                      | 高速往復式內燃機 (High-Speed RICE)   | 3-5       | 15-24       | 5-10             | 40-50%   |
|                        |                                |                        |                                  | 燃料電池 (Fuel Cells)            | 0.325     | 3-4         | 基載 (Baseload)    | 50-55%   |
|                        |                                |                        |                                  | H 級複循環燃氣輪機 (H-Class CCGT)    | 600-1000  | 36-60       | 30-60            | 50-60%   |

# 大型資料中心長期基載成本，複循環燃氣渦輪具規模經濟

- 以 1GW 資料中心連續運轉 10 年估算，複循環燃氣渦輪總成本最低，雖然近年燃氣電廠資本支出上升，但高利用率、較佳燃料效率與長壽命特性，使其在大型基載場景中較容易攤薄成本。SOFC 優勢在部署速度、低排放、低用水與許可；RICE 優勢在模組化、快速啟停與分期擴充。
- 區域氣價與補貼可使成本差距收斂。

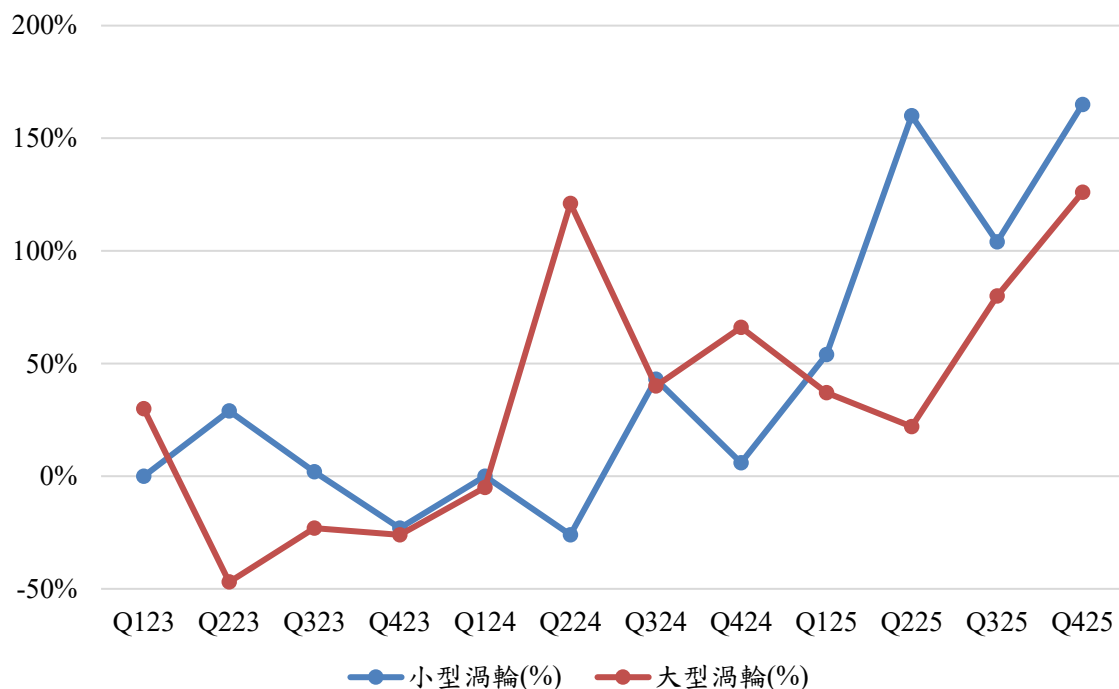
| 項目        | 燃料電池 / SOFC     | 複循環燃氣渦輪 / CCGT    | 往復式內燃機 / RICE |
|-----------|-----------------|-------------------|---------------|
| 淨供電規模     | 1GW             | 1GW               | 1GW           |
| 10 年總發電量  | 87.6 百萬 MWh     | 87.6 百萬 MWh       | 87.6 百萬 MWh   |
| 資本支出假設    | 3,500 美元/kW     | 2,400 美元/kW       | 1,850 美元/kW   |
| 初始資本支出    | 35.0 億美元        | 24.0 億美元          | 18.5 億美元      |
| 熱耗假設      | 6.5 MMBtu/MWh   | 6.2-6.5 MMBtu/MWh | 7.6 MMBtu/MWh |
| 天然氣價格假設   | 4 美元/MMBtu      | 4 美元/MMBtu        | 4 美元/MMBtu    |
| 10 年燃料成本  | 22.8 億美元        | 23.5 億美元          | 26.6 億美元      |
| 固定維運假設    | 50 美元/kW-年      | 15 美元/kW-年        | 25 美元/kW-年    |
| 10 年固定維運  | 5.0 億美元         | 1.5 億美元           | 2.5 億美元       |
| 變動維運假設    | 3 美元/MWh        | 3 美元/MWh          | 6 美元/MWh      |
| 10 年變動維運  | 2.6 億美元         | 2.6 億美元           | 5.3 億美元       |
| 特殊更換 / 大修 | 燃料電池堆更換 8.8 億美元 | 暫不額外假設            | 大修準備金 1.9 億美元 |
| 10 年總成本   | 74.2 億美元        | 51.6 億美元          | 54.7 億美元      |
| 換算成本      | 約 85 美元/MWh     | 約 59 美元/MWh       | 約 62 美元/MWh   |

註：估算未納入土地、天然氣接入、冗餘容量、碳成本等，僅比較三種技術在 1GW 長期基載下的相對經濟性

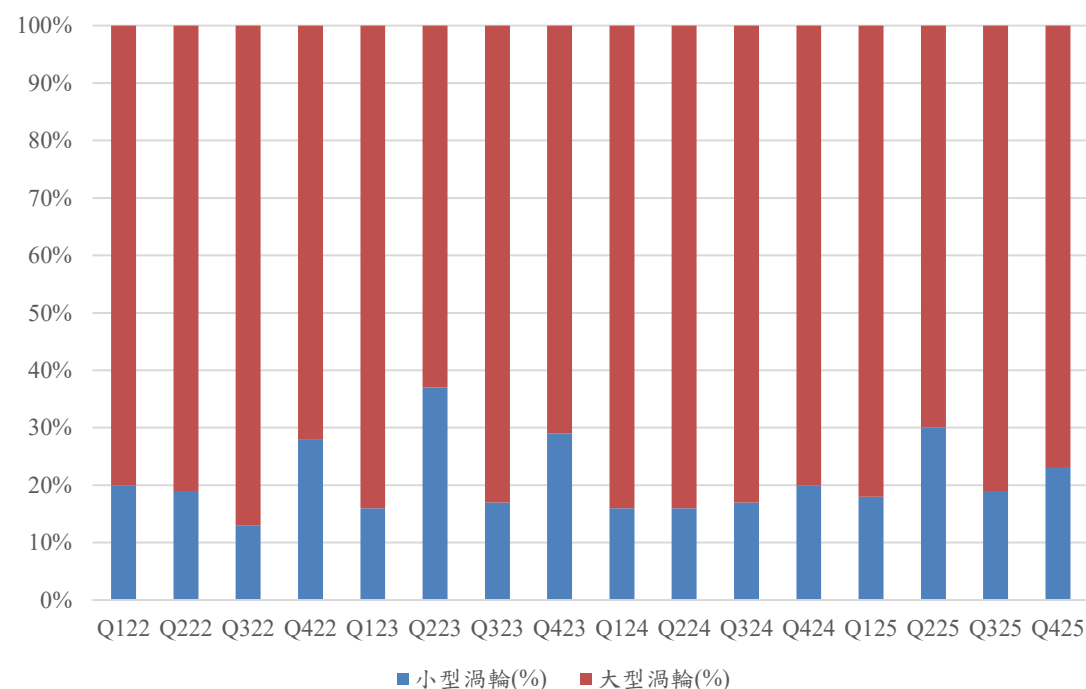
# 小型方案解決先有電，重型燃氣渦輪解決長期基載

- 近期看到小型渦輪訂單成長快速。2025–2027 是「先搶到電」階段，小型、模組化與快速部署的 onsite power 方案較容易率先導入；2028–2030 是「真正補基載缺口」階段，大型渦輪與複循環的份額會上升。
- GEV：具備大型渦輪與航改型產品，可先以航改型縮短time-to-power，再由大型渦輪承接長期基載。
- CAT、BKR、INIO、CMI：小型機組、模組化、較短部署週期、分散式場景較受惠。

圖：小型渦輪(<100MW)訂單增速近期大於大型渦輪(>100MW)

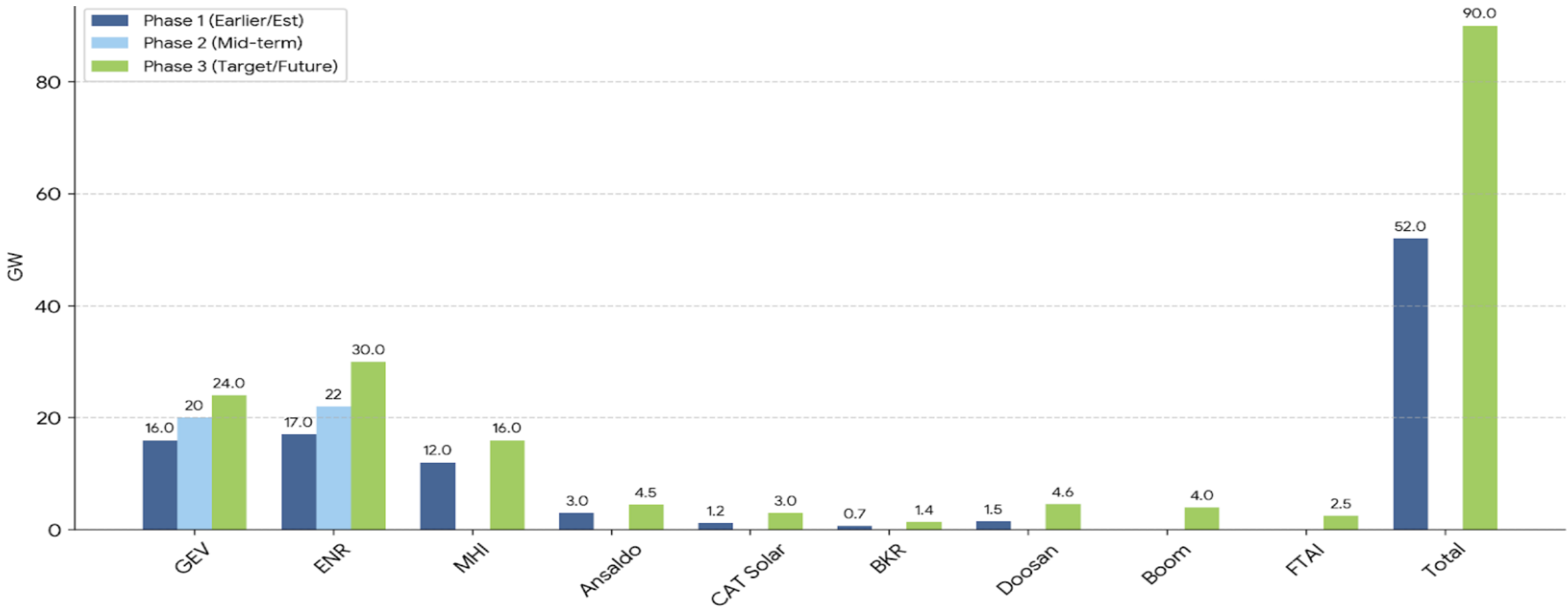


圖：大型渦輪仍佔大部分的份額



# 燃氣渦輪產能2030年新增約40GW(全球角度)

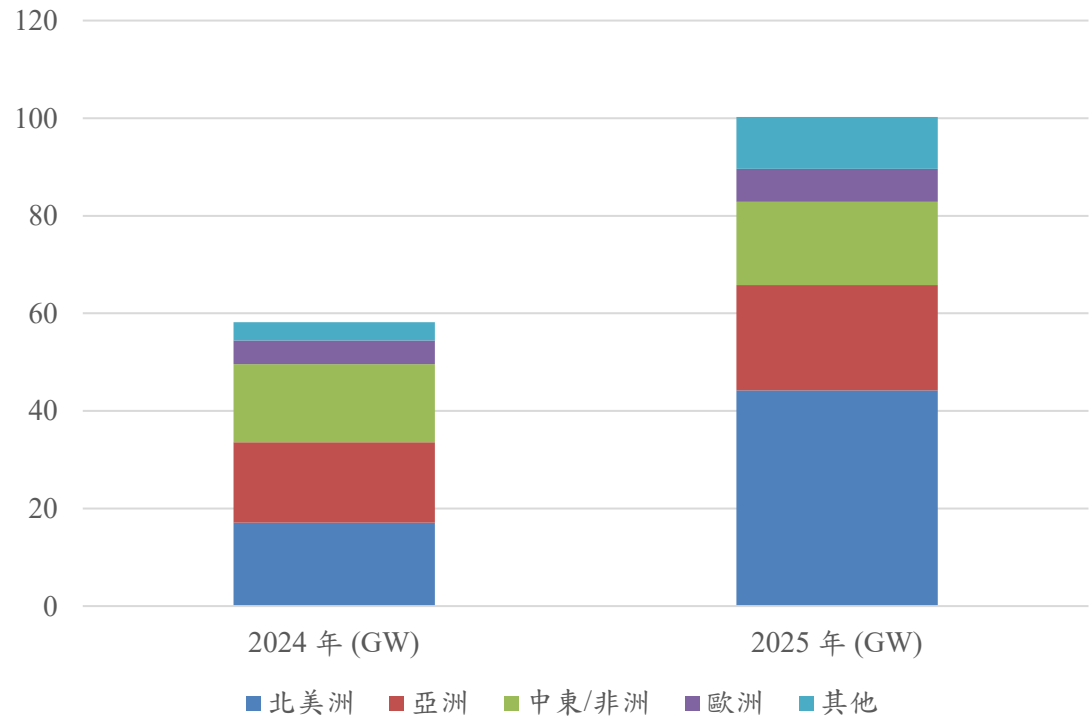
- 燃氣渦輪廠商一年可供應的發電容量，從 2025 年約 52GW 增加到 2028年 約 90GW，考量出貨到實際運轉的時間約 18-24 個月，該 90GW 大部分容量上線時間可能到 2030年。



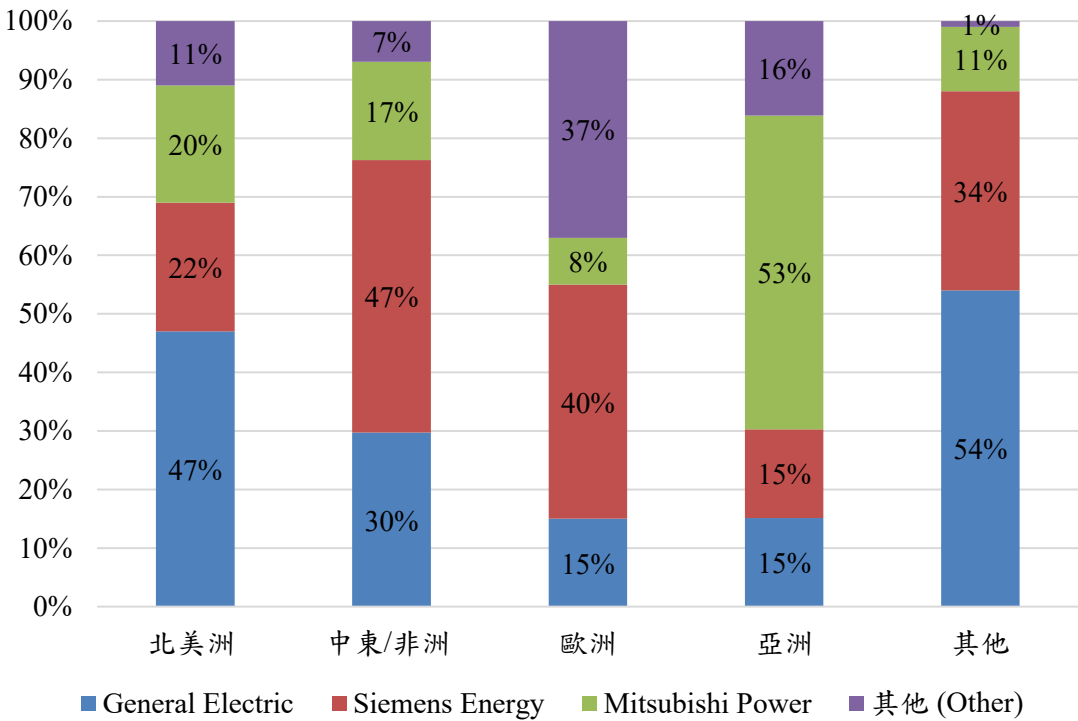
# 北美仍是燃氣渦輪最大增量市場

- 燃氣渦輪全球接單從 2024 年的 58GW 成長到 2025 年的 100GW。區域結構來看，北美從 2024 年的 17.1GW 拉升到 2025 年的 44.2GW，是最主要增量，佔全球約 44%。GEV 在近三年北美市場結構性份額最高，大機率是主要受惠者。

圖：2024/2025各區域燃氣渦輪接單規模 (GW)

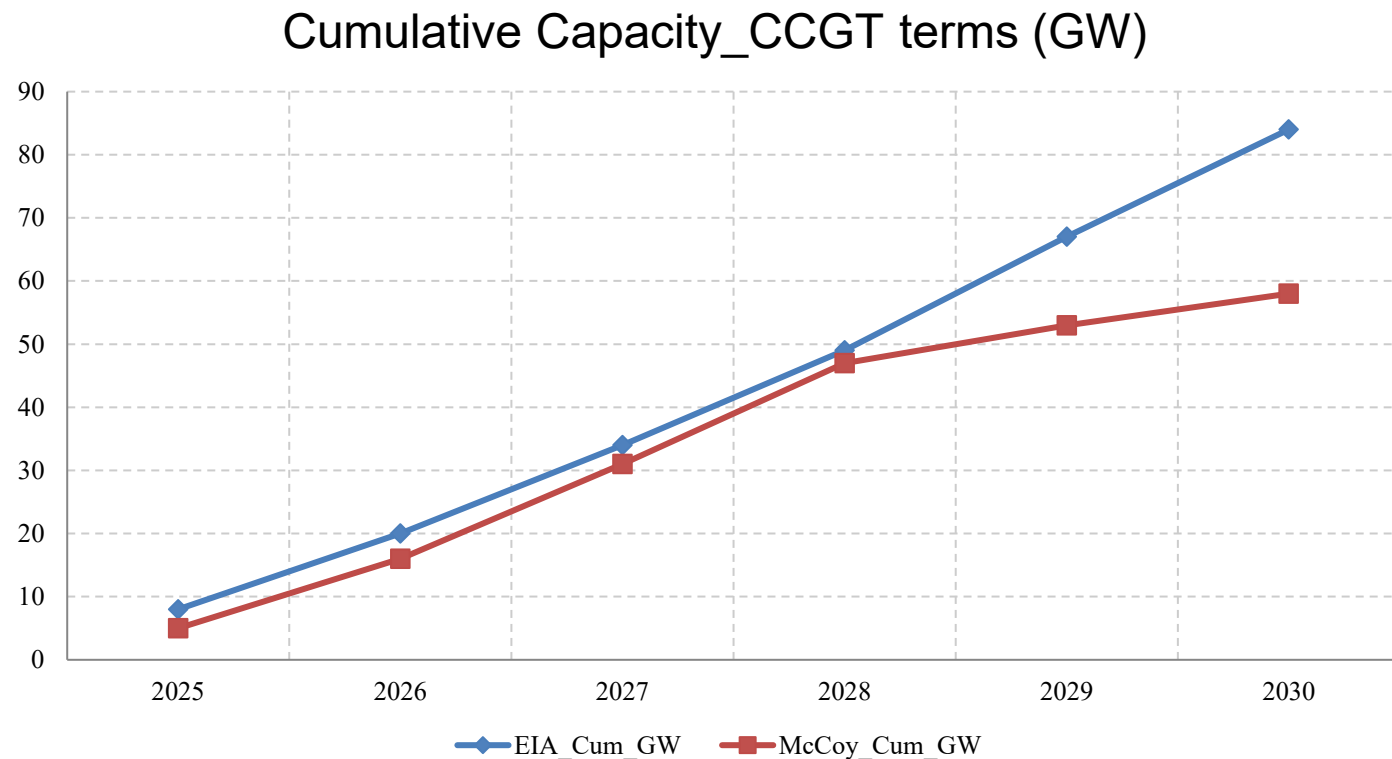


圖：三大廠年各地區市佔率 (自2023年以來)



# CCGT角度，北美天然氣發電缺口2029放大

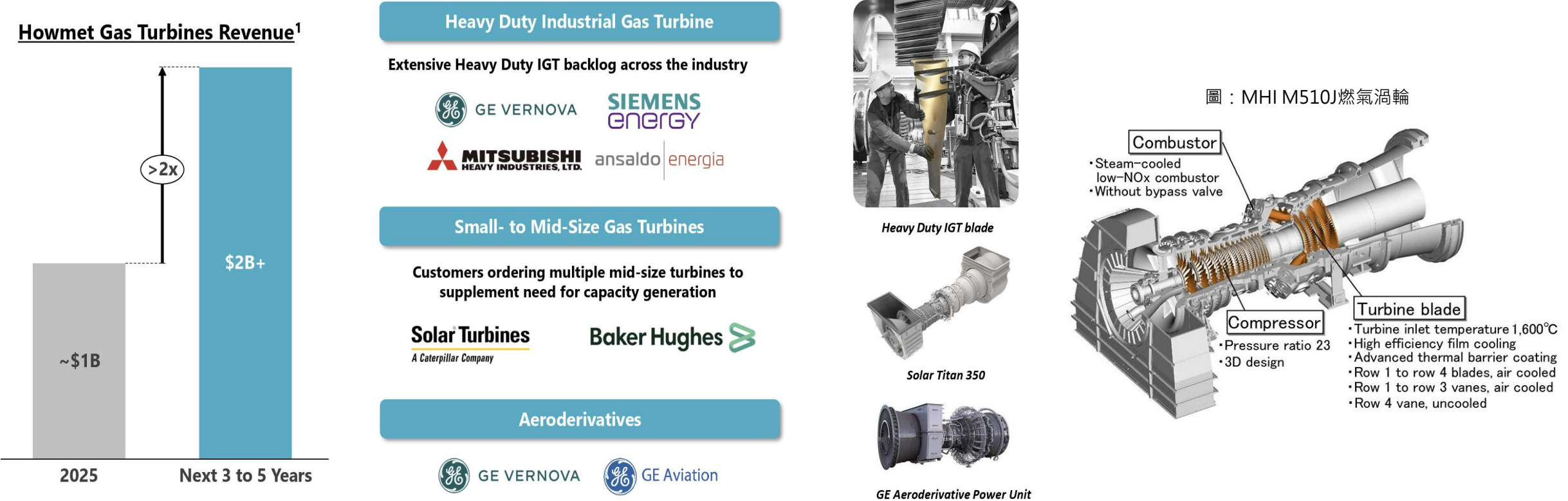
- McCoy 統計已授標容量，代表專案已選定設備商並形成產能配置安排，惟各OEM對正式訂單、預留訂單等分類不同，因此未必全部等同財報認列的正式backlog。
- EIA 預測 2030 年的需求，代表最終市場大概要新增多少天然氣發電容量。
- 若用 EIA 的需求預測來看，到 2030 年美國天然氣發電需求仍比目前已下單給 OEM 的容量多出約 26GW。換句話說，這 26GW 代表後續還有機會轉成正式訂單的空間。考量GEV在北美接近半壁江山，且 2030 年產能已高度緊俏，因此新增訂單的交付時程將進一步向 2031 年以後延伸。



# 燃氣渦輪擴產瓶頸往上游傳導的投資機會

- 根據美國電力研究院，當前燃氣渦輪供應鏈最核心的瓶頸仍集中在熱端零件（尤其單晶葉片 / 高溫鑄件）與大型鍛件，熟練人力則限制 OEM 擴產效率。
- 在瓶頸往上游熱端零件供應鏈傳導下，Howmet Aerospace ( HWM ) 作為燃氣渦輪上游熱端鑄件/葉片供應商龍頭，有望受惠整機擴產時最難放大的熱端製程。

圖：Howmet Aerospace是全球最大燃氣渦輪葉片供應商



Heavy Duty IGT blade

圖：MHI M510J燃氣渦輪

**Combustor**

- Steam-cooled low-NOx combustor
- Without bypass valve

**Compressor**

- Pressure ratio 23
- 3D design

**Turbine blade**

- Turbine inlet temperature 1,600°C
- High efficiency film cooling
- Advanced thermal barrier coating
- Row 1 to row 4 blades, air cooled
- Row 1 to row 3 vanes, air cooled
- Row 4 vane, uncooled

Solar Titan 350

GE Aeroderivative Power Unit

# 電力與散熱

---

# 高密度機櫃讓電力與散熱變成同一套系統

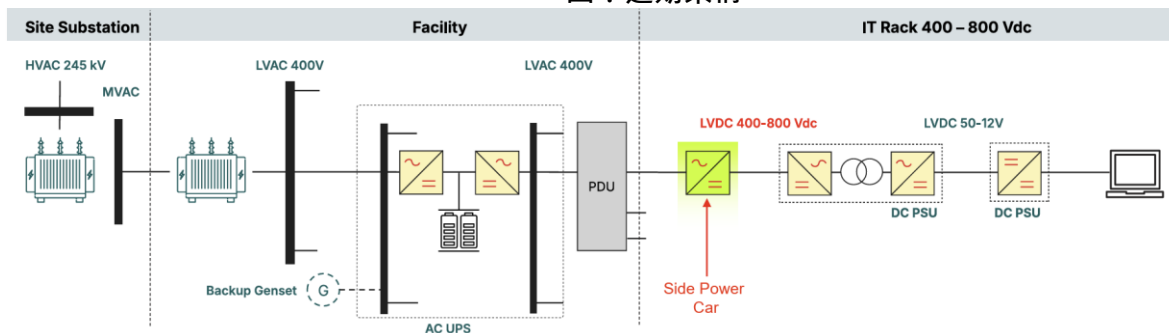
- 電進去就是熱出來：機櫃功率越高，散熱負載同步上升。
- 供電路徑也會發熱：高電流讓線纜、匯流排與轉換器損耗放大。
- 散熱也需要電：泵浦、風扇、冷卻分配單元本身都是關鍵用電負載。
- 散熱決定有效供電上限：熱排不出去，晶片就會降頻、關機或降低壽命。
- 高密度降低容錯時間：冷卻中斷後，系統可反應時間大幅縮短。
- 機櫃級功率到 **350–400 kW** 時，連接器、匯流排、互連與銅材傳輸空間會接近物理限制，因此 2027 年 Vera Rubin Ultra ( Kyber ) 是電力與散熱一起設計的重要節點。

| Server power supply design         | Power shelf (2025 - 2026) |                   |                   |                   | HVDC Standalone power rack (2027~) |                    |
|------------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------|
| AC-DC conversion                   | 400V AC >> 50V DC         | 400V AC >> 50V DC | 400V AC >> 50V DC | 400V AC >> 50V DC | 400V AC >> 800V DC                 | 400V AC >> 800V DC |
| Nvidia AI GPU generation           | GB200                     | GB300             | GB300             | Vera Rubin        | Vera Rubin CPX version             | Vera Rubin Ultra   |
| Nvidia AI server rack architecture | Oberon                    | Oberon            | Oberon            | Oberon            | Oberon                             | Kyber              |
| Power wattage per server rack      | 120kW                     | 140kW             | 140kW             | 200kW+            | 380kW+                             | 600kW              |
| Power wattage per PSU              | 5.5kW                     | 8kW               | 12kW              | 18.3kW            | 18.3kW                             | 30kW               |
| Power value per AI server rack     | US\$36,000                | US\$57,600        | US\$69,120        | US\$76,000        | US\$398,160                        | >10x               |
| Power value per watt               | US\$0.3                   | US\$0.41          | US\$0.49          | US\$0.38          | US\$1.05                           | N/A                |

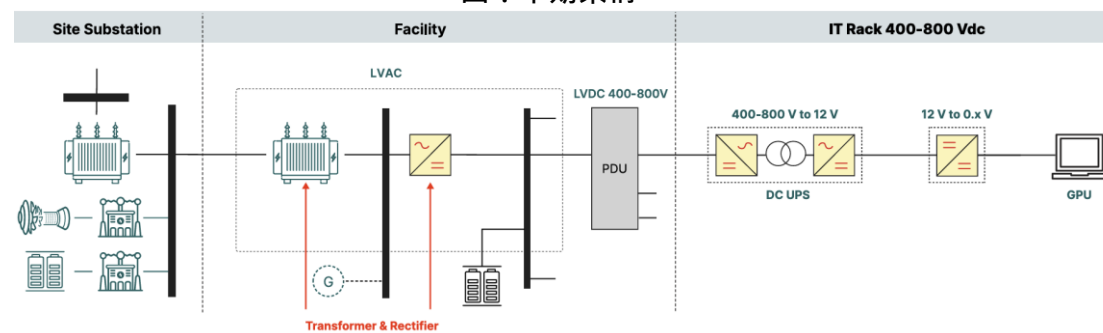
# 電力架構不是一次跳到 800VDC，而是分階段升級

- 近期：既有 AC 架構 + 800VDC sidecar / power rack，讓現有 AC 資料中心先能接上 800VDC 機櫃，導入最快、對既有資料中心干擾最小。
- 中期：中壓 AC → 變壓器 + 整流器轉 DC → 800VDC bus，把 AC/DC 轉換從機櫃旁邊集中到基礎設施前端，減少轉換次數、釋放機房空間，且元件相對成熟、可規模化部署。
- 長期：集中式 DC 架構成形，中壓 AC → 固態變壓器 SST 轉 DC → 800VDC bus，效率最高、空間利用最佳。

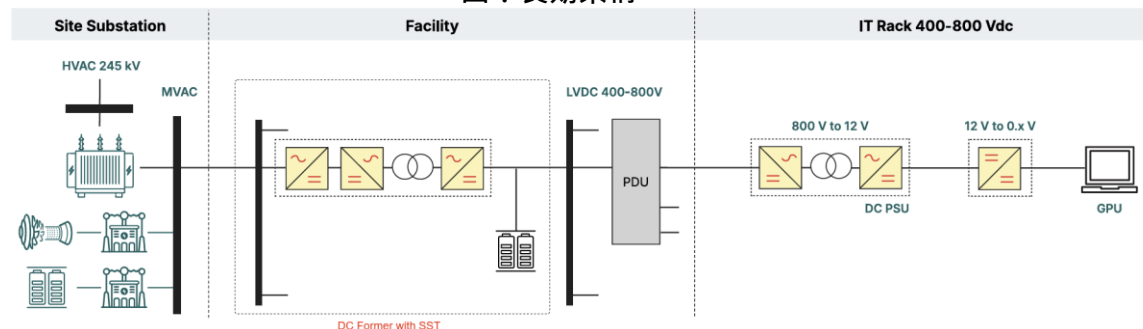
圖：近期架構



圖：中期架構

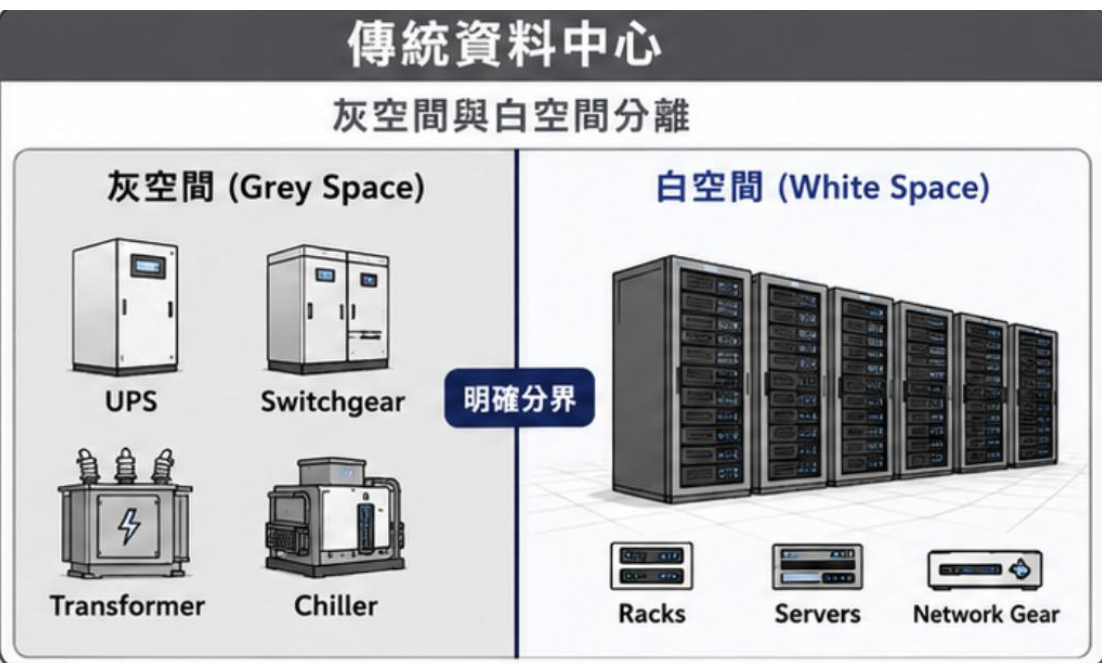


圖：長期架構

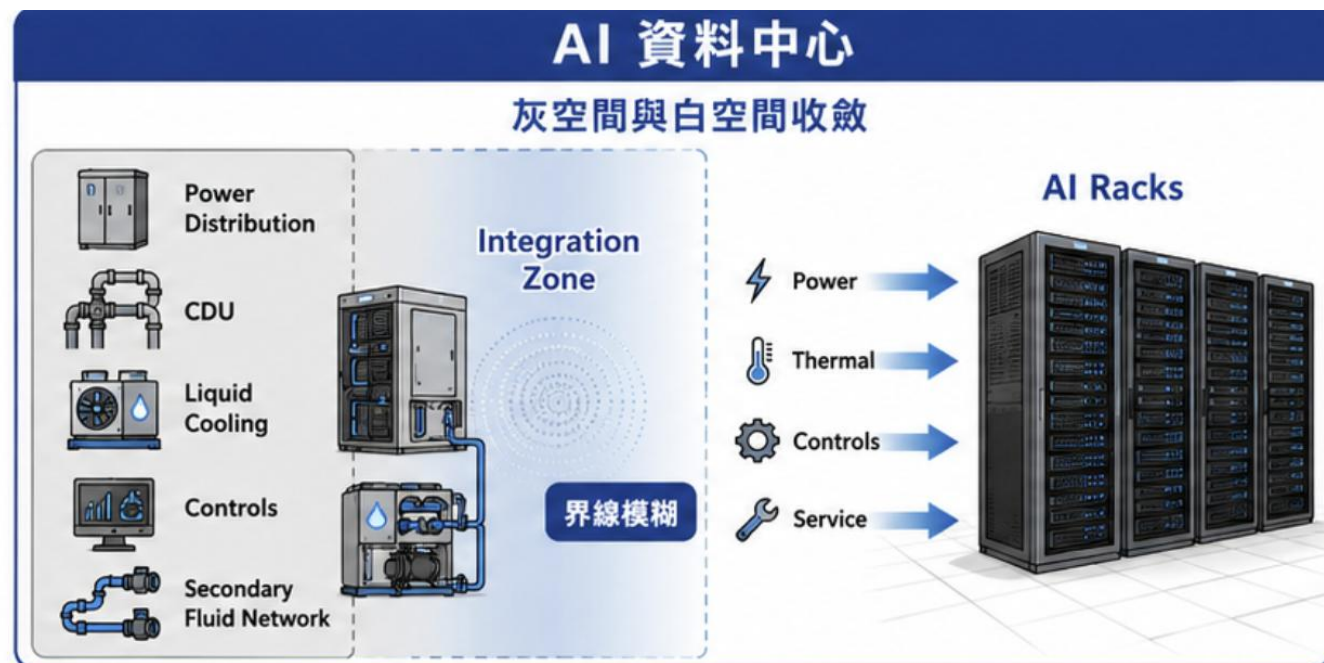


# 灰空間與白空間正在收斂，複雜度提高，需要長期服務維運

- 過去灰空間主要放不斷電系統（UPS）、開關櫃（switchgear）、變壓器（transformer）、冷水機（chiller），白空間主要放運算和網路設備，隨著 AI 算力密度暴增，設計重心已經從買單一設備轉向端到端的整合方案，包含電力、熱能、控制系統與後續服務。
- 當灰空間與白空間的交界變成系統整合的問題，價值就從單一設備移向整體方案、預製模組與長期維運。



Power / Cooling 多位於後場，IT 位於白空間

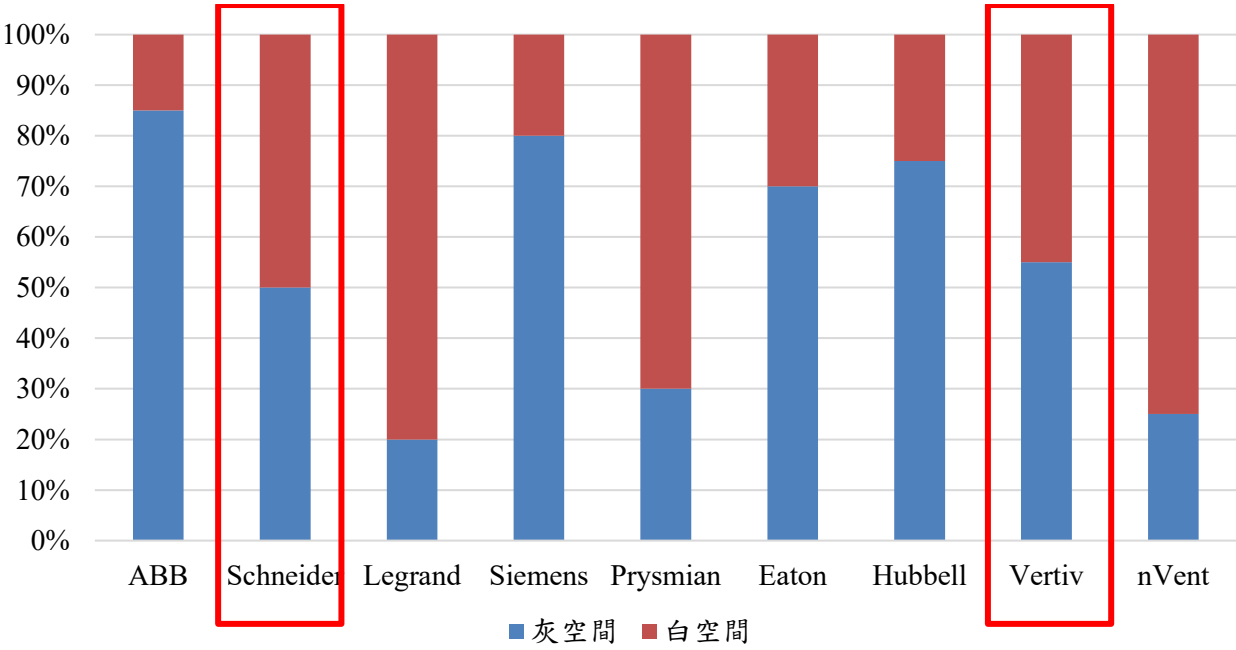


冷卻、配電、控制開始靠近 rack / cage 邊界

AI rack density 提升 → 邊界收斂

# 競爭格局，整合能力是關鍵

- 各家廠商都在補齊整合能力：Schneider 強在配電、機房管理平台與預製化能力；Eaton 強在電力設備，近年透過 併購 Boyd Thermal 強化散熱事業；nVent 在 rack/PDU/manifold/CDU 產品線完整。Vertiv 目前在資料中心曝險、電熱產品廣度、預製化能力與全球現場服務網路方面，形成領先的整合組合。
- 以每 MW 內容價值衡量，Vertiv 約 \$3.25-3.75M/MW，高於 Schneider 的 \$1.2-3.3M/MW、Eaton 的 \$1.4-2.9M/MW、ABB 約 \$2M/MW、nVent 約 \$1M/MW。



| 公司        | 每 MW 可服務市場機會 (USD, million) |
|-----------|-----------------------------|
| Vertiv    | \$3.25-3.75                 |
| Schneider | \$1.2-3.3                   |
| Eaton     | \$1.4-2.9m                  |
| ABB       | \$2mn                       |
| nVent     | \$1mn                       |

# 電熱整合與全生命週期服務，首選Vertiv

| 公司                 | 切入定位                    | 和資料中心散熱設計的關聯                                                            | 服務收入/品質                                |
|--------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Vertiv             | 最直接的資料中心電力 + 熱管理 + 服務平台 | 液冷、CDU、熱管理、電源、機櫃、維運服務完整，最像純資料中心基礎設施標的                                   | 有揭露，涵蓋提升資料中心可運轉時間、液冷維護、備品，揭露最完整。       |
| Schneider Electric | 電力 + 能源管理 + 液冷補強        | 收購 Motivair 後，從電力/軟體延伸到 CDU、冷板、冷卻迴路，和 Vertiv 可比性提高                      | 有揭露但混合軟體與服務，Field Services 才較接近後續維運。   |
| Johnson Controls   | 傳統 HVAC + 資料中心冷卻        | 收購 Silent-Aire 後，強化資料中心冷卻設備與模組化能力；產品包含氣冷/水冷冷水機、空調箱、熱泵等資料中心熱管理。          | 有揭露，服務規模大，但多為整體建築 HVAC 服務。             |
| Trane Technologies | 冷水機、空調、自動控制、資料中心冷卻      | 強調服務 hyperscale 與 colocation，透過自動化系統與智慧控制支援高密度運算冷卻。                     | 有揭露，具 HVAC 後續維修、改造、能源效率優化收入，但未拆資料中心服務。 |
| Carrier            | 冷水機、空調箱、CDU、生命週期服務      | 有資料中心 CDU，主打 direct-to-chip 液冷整合，也提供熱管理生命週期服務                           | 未揭露                                    |
| Eaton              | 電力設備商補上液冷能力             | 收購 Boyd Thermal 後，明確說要形成資料中心「從電網到晶片」端到端方案，這和 Schneider、Vertiv 的一體化方向接近。 | 未揭露                                    |
| nVent              | 機櫃、PDU、線纜管理、液冷模組        | 產品涵蓋液冷、線纜走線系統、整合 PDU 的機櫃，比較像資料中心白空間內的模組化基礎設施供應商。                        | 未揭露                                    |

# GE Vernova ( GEV US )

- **Power 長期能見度高**：目前產能已大致售罄至2030年，燃氣輪機年化產能將由2026年的20GW提高至2028年的24GW及2030年的30GW，價格與設備收入先行成長，裝機擴大則將帶動2030年代的高毛利服務收入。
- **Electrification 成第二成長曲線**：2Q設備積壓訂單年增69%至約410億美元，上半年資料中心客戶訂單超過50億美元，占同期Electrification新增訂單逾三分之一。目前GEV對資料中心每GW可供應的產品價值約3億美元，隨中壓不斷電系統、固態變壓器、能源管理及控制方案商業化，管理層認為每GW產品價值可提高至目前的2至3倍，主要增量較可能自2027年訂單開始反映。
- **財務預估**：研究部預估 FY2028 EBITDA 為 140.8 億美元、EBITDA margin 22.4%，考量 GEV 具備長週期 backlog 能見度、Power 價格與服務利潤率改善、Electrification 部門受惠電力轉換設備需求成長，以近兩年 EV/EBITDA 中上緣 21 倍評價，假設 2028E 淨現金約 220–230 億美元，投資建議買進，目標價 \$1,200。

買進

目標價：\$1,200

|                  | FY | 2024   | 2025   | 2026F  | 2027F  | 2028F  |
|------------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| Revenue(mn)      |    | 34,935 | 38,068 | 45,842 | 53,254 | 63,009 |
| YoY (%)          |    | 5.1    | 8.9    | 20.4   | 16.2   | 18.3   |
| Gross Profit     |    | 6,085  | 7,535  | 11,345 | 15,481 | 19,852 |
| Gross Margin(%)  |    | 17.4   | 19.8   | 24.7   | 29.1   | 31.5   |
| EBITDA           |    | 2,035  | 3,196  | 6,080  | 10,096 | 14,085 |
| EBITDA Margin(%) |    | 5.8    | 8.4    | 13.3   | 19.0   | 22.4   |
| Net Income       |    | 1,552  | 4,884  | 8,004  | 6,559  | 9,626  |
| Diluted EPS      |    | 5.58   | 17.69  | 29.76  | 24.66  | 36.46  |
| EV/EBITDA        |    |        |        |        |        | 21倍    |

# Vertiv ( VRT US )

- **AI 資料中心從「設備採購」走向「整體系統最佳化」**  
：機櫃功率密度提高後，供電穩定、散熱效率、液體管理、後續維運都變得更複雜，客戶更需要能把電力、熱管理、模組化建置與服務整合的供應商。Vertiv 憑藉完整產品組合、全球服務能力與 OneCore、SmartRun 等方案，可把更多原本分散在現場工程的價值轉為自身收入，若公司逐步跨越學習曲線，收入與利潤率上行空間仍大。
- **服務業務提升客戶黏著度**：Vertiv 服務收入的中長期成長，核心在於今日交付的電力、熱管理與模組化系統，將成為未來多年維護、備品、升級與效能管理的收入基礎。管理層預期服務業務 CAGR +20%，約 75% 具經常性基礎，且利潤率高於產品業務，提升能見度與客戶黏著度。
- **財務預估**：研究部預估 FY2028 EBITDA 59.0 億美元，EBITDA margin 27.5%，考量資料中心散熱與電力系統複雜度提高有利於 Vertiv 捕捉更大價值，若下半年大型專案執行改善並兌現公司指引，估值有望回到歷史中上緣，現以近五年 EV/EBITDA 中緣 20 倍評價，假設 2028E 淨現金約 45–50 億美元，投資建議買進，目標價 \$315。

## 買進

目標價：\$316

|                  | FY | 2024  | 2025   | 2026F  | 2027F  | 2028F  |
|------------------|----|-------|--------|--------|--------|--------|
| Revenue(mn)      |    | 8,011 | 10,229 | 14,340 | 18,291 | 21,443 |
| YoY (%)          |    | 16.7  | 27.6   | 40.2   | 27.5   | 17.2   |
| Gross Profit     |    | 2,934 | 3,715  | 5,509  | 7,103  | 8,435  |
| Gross Margin(%)  |    | 36.6  | 36.3   | 38.4   | 38.8   | 39.3   |
| EBITDA           |    | 1,828 | 2,398  | 3,515  | 4,646  | 5,905  |
| EBITDA Margin(%) |    | 22.8  | 23.4   | 24.5   | 25.4   | 27.5   |
| Net Income       |    | 1,102 | 1,640  | 2,604  | 3,393  | 4,356  |
| Diluted EPS      |    | 2.85  | 4.20   | 6.64   | 8.67   | 11.23  |
| EV/EBITDA        |    |       |        |        |        | 20倍    |