

電網恢復了，負載卻自行離線

次秒級的供電行為，正從機電房移往機櫃與其相鄰的電源機櫃。本文以 NERC、PJM 與 ERCOT 的擾動紀錄，對照 Open Compute Project 由 Microsoft、Meta 與 Google 共同提案的 Mt. Diablo 規範對供應鏈所提出的要求，釐清各層儲能實際涵蓋的時間尺度，並說明哪些供應商掌握哪一個介面，以及哪些功能值得進一步進行專利與授權分析。

Apex Standards 研究團隊 · 舊金山與台北 · 研究資料截止 2026 年 10 月 19 日 · 僅採用公開紀錄

圖 1. 兩種擾動自同一條供電鏈路的兩端進入，並落在不同的層級



兩種擾動，兩層儲能。規範只訂定其中一層的能力，另一層則未予規定。

自市電進線到加速器的供電鏈路。電網故障由供電端傳向機櫃；加速器的負載突變則由運算端回傳至供電系統。兩者由不同層級、在不同時間尺度上回應，圖中兩個網底區塊即為兩種儲能所在的位置 [6, 7]。

兩年之內三次，維吉尼亞州北部資料中心聚落的運算負載，在輸電系統正確排除故障的同時自行切離電網：2024 年 7 月約 1,500 MW 與 2025 年 2 月約 1,800 MW，兩者均由 NERC 記錄；2026 年 7 月約 3,800 MW，PJM 稱之為該公司所經歷規模最大的一次負載轉移 [1, 2, 3]。這些機櫃並非缺電，而是廠區內部的保護邏輯累計到設定次數後主動放棄供電。與這份紀錄相對的，是一份由業者自己撰寫的規範：Open Compute Project 的 Mt. Diablo，由 Microsoft、Meta 與 Google 共同提案，首次把加速器本身的暫態寫成對供應鏈的要求；NVIDIA 則訂出機櫃快速儲能必須達到的反應速度，而機櫃平台同樣採用該電源層規範的 AMD，對自家機櫃則未公布上述任何數值。兩者合而觀之，問題可拆解為兩種運作在不同時間尺度上的擾動；商業問題也隨之而來——一側是台達電、光寶、康舒與緯穎，另一側是 Flex、Vertiv、Skeleton 與 Siemens：哪一家掌握哪一個介面、由誰證明它確實如規格運作，以及哪些功能值得進一步進行專利與授權分析。

1 電網排除了故障，負載卻自行離線

電網擾動的官方紀錄，是規範本身無法呈現的一環，而這些紀錄相當完整。2024 年 7 月 10 日傍晚七時左右，美東互聯電網中資料中心密集區域的一條 230 kV 輸電線路避雷器失效。兩端交錯設定的自動重合閘共產生六次故障，每次持續 42 至 66 ms，使當地電壓降至 0.25 至 0.40 p.u.，相當於正常電壓的四分之一到五分之二。NERC 記錄「保護系統偵測到這些故障並正確地予以排除」，但同一區域仍出現約 1,500 MW 的負載減少，且

全部為資料中心負載，其中約 1,260 MW「自電網脫離，且數小時未恢復」[1]。

NERC 對成因的認定，才是本文關注的重點。「這些負載並非由電力公司設備自系統切離；負載是在用戶側，由用戶自有的保護與控制裝置切離」，其成因是重合閘動作程序與廠區端一套「計算電壓擾動次數」的機制相互作用：一旦累計達到設定次數，該機制即將廠區轉由備援電源供電，並維持此狀態直到人工復歸 [1]。電網排除了故障，重合閘依設計動作，而廠區內部的保護機制達到門檻，將廠區帶離系統。

同樣的行為已重複出現，而且集中在同一個地區。NERC 的標準制定申請書記錄 2025 年 2 月維吉尼亞州約 1,800 MW 的負載損失，涉及 18 座變電所與 44 台變壓器 [2]。PJM 則記錄 2026 年 7 月 22 日，一條 230 kV 線路因單股分裂導線自壓接套管脫出而發生相間故障後，Dominion 區域內「約 3,800 MW 的負載轉移至備援電源」；「所有保護系統均依設計動作，隔離故障線路」，無繼電器誤動作、亦無斷路器卡死，而 Loudoun 郡與 Prince William 郡聚落的負載在重合閘過程中切離電網。負載損失本身接著推高當地電壓，並觸發第二批轉移。PJM 指出這是該公司所經歷規模最大的一次負載轉移，並將 2024 年與 2025 年的事件列為同類 [3]。這三個數字並非同一個量體的成長，而是同一種行為在同一個負載聚落中以更大規模重複發生。

實際的敏感度比工程直覺所想的更細。NERC 對電壓敏感型負載的檢討發現，單相電壓僅淺幅降至 0.844 p.u. 時，就有廠區卸除 19% 的用電量；而在其詳細檢視的兩座廠區，觸發條件是相電壓低於 0.7 p.u. 並持續超過 20 ms [4]。這 20 ms 是一項保護設定值。電源供應器所儲存的 20 ms 能量則是另一個量，回答的也是另一個問題。兩者數量級相

同這一點仍值得注意：繼電器動作前的延遲時間，與其後方電源供應器所持有的能量處於同一數量級，因此一旦廠區的控制邏輯設定為轉移，它幾乎沒有可供改變決定的儲能餘裕。

這份紀錄背後的規劃基礎，比運轉面更為薄弱。在 NERC 會員所評估的 33,282 MW 既有資料中心負載中，約四分之三在電網模擬中所採用的模型，被 NERC 認定不足以反映其動態行為；而約 90% 的可靠性協調者、平衡區域管理者與輸電系統運轉者，對單一擾動可切離多少負載完全沒有設定上限 [5]。NERC 自己的結論是，規劃人員「目前無法預測一次可信故障會使多少負載退出運轉」[2]。業界沿用數十年的設備耐受度曲線，同樣無法精確描述這種行為 [4]。

2 運算負載成為電力系統中的行為者

自大規模機房出現以來，市電與機器之間的儲能，目的都是在不穩定的電源下維持穩定的供電，元件容量也依此目的決定。伺服器電源供應器內建足夠的大容量電容，可在輸入電力中斷後短暫維持輸出，此即供電維持時間；現行 Open Rack V3 電源供應器規範將此值訂為滿載 20.00 ms，在 150% 額定負載時降至 13.33 ms [8]。這大致是一般電網故障排除所需的時間。其後則是以分鐘計的不斷電系統，以及以數十分鐘計的發電機。整套架構的前提是負載穩定、電源不穩定。

同步訓練讓負載也變得不穩定。當數以萬計的加速器一同進入與離開同一項集體運算時，整座廠區的用電如同單一個體般變動。Google 指出，數十 MW 等級的功率波動，其變化「可能近乎瞬間發生、每隔數秒重複一次，並持續數週……甚至數月」[9]。Meta 指出其 Prometheus 叢集內部的負載波動達 30% 至 40%，且在大型工作啟動或暫停時，

數秒內出現超過數十 MW 的變化 [10]。Microsoft、OpenAI 與 NVIDIA 在檢視涵蓋數萬顆加速器的訓練工作後，將由此產生的振盪頻率定位在 0.2 至 3 Hz，落在電力業者視為關鍵的 0.1 至 20 Hz 頻帶之內 [11]。NERC 則觀察到，大型負載可在數個電氣週期內改變 GW 等級的實功率 [5]。

在設備端，後果立即可見。NVIDIA 描述其加速器「自約機櫃功率 30% 的閒置狀態擺盪至 100% 的功率使用率」，並指出短時儲能必須能回應快至 400 微秒的行為 [7]。過去用來吸收電網不規則變動的儲能，如今還必須吸收負載端的變動；圖 1 顯示兩者自同一條供電鏈路的兩端進入。兩者都無法僅以延長供電時間解決。

3 同一個問題，數種時間尺度

近期的一份機櫃供電規範，首次將加速器所造成的負載暫態寫成對供應鏈的要求，而先前的文件只把它視為工作負載的特性。由 Microsoft、Meta 與 Google 共同提案、2026 年 10 月 8 日生效的 Open Compute Project「Mt. Diablo」規範，為用電 800 kW 至 1.1 MW 的機櫃訂定正負 400 VDC 配電，並明列供應鏈必須吸收的負載突變：熱設計功率（機櫃持續散熱能力所對應的功率）的 180% 須在 0.5 ms 內完成、175% 在 2 ms 內、150% 在 50 ms 內，各項並註明提出該要求的提案成員 [6]。同一系列的另一份文件、HPR V2 電源層規範，則以移動平均的方式載明電源層側的同一項要求：400 微秒移動平均下為額定負載的 160%、50 ms 下為 140%、一秒下為 100% [12]。因此，微秒等級的供電包絡是標準組織所訂的要求，而不只是平台供應商的宣稱。圖 2 將這些時間窗與必須涵蓋它們的各層儲能並列。

這些數字底下的分工相當明確。在不配置儲能的情況下，供電維持時間訂為滿載最多 20 ms [6]；而提供此能力的 Open Rack V3 電源供應器，在回報供電異常的當下仍須保有超過 5 ms 的能量，好讓電池備援模組有時間升載 [8]。電池本身的數字比一般引用的時間更為嚴格：當匯流排電壓低於 48.5 V 並持續 2 ms 時，模組開始放電，並在其後 2 ms 內達到滿輸出 [13]；Mt. Diablo 則要求滿載維持 45 至 90 秒 [6]。48 V 這個門檻是文件名稱沿用下來的說法；Open Rack V3 基礎規範本身訂定的標稱電壓為 51 V 或 54 V，「48 V 機櫃」這個常見簡稱自 2024 年起即已不符現況 [15]。這份較新、功率更高的規範所要求的維持時間，反而比它所取代的 48 V 世代更短，因為關鍵在於交接的速度，以及銜接到下一層所需的時間長度。

規範在電容這一層停了下來。Mt. Diablo 要求機櫃設計必須支援電容儲能，同時載明其功率與持續時間「可依設計而定」，等於明確決定不為這一層訂定能力 [6]。產品卻早已推進。NVIDIA 在 GB300 NVL72 中為每顆 GPU 配置 65 焦耳的電解電容，體積約為電源供應器的一半，並與光寶共同設計；在訓練大型語言模型時，其平均尖峰較前一代降低 30% [16]。其 2026 年架構文件則在每

具電源機櫃電源供應器中配置 1,200 焦耳 [17]。Meta 確認已實際使用電容模組進行尖峰平滑，並以電池模組因應瞬間尖峰，但兩者都未公布容量或持續時間 [10]。

法規面正從另一個方向朝同一條界線靠攏，而且是以兩種不同的速度。NERC 在 2026 年 8 月的說明是，「目前並無針對大型負載的特定電壓穿越可靠度標準」[18]。其標準制定申請書提議，電壓低於 0.50 p.u. 時最少須維持運轉 0.25 s、介於 0.50 至 0.80 p.u. 時 0.50 s、介於 0.80 至 0.90 p.u. 時 2.00 s，並將該表格描述為「建議的起始點」，起草小組得據以調整；相關標準至 2026 年 8 月底仍處於初次投票階段，尚不具強制力 [2]。FERC 則已訂出時程：在 2026 年 7 月 16 日的公開會議中，要求 NERC 制定並提交相關標準，並增訂運算負載實體的登錄準則，兩者皆須於 2026 年 12 月 31 日前完成 [19]。

ERCOT 已在其自身市場內讓一套相近的曲線具備拘束力，兩相對照頗具參考價值。NOGRR282 於 2026 年 6 月 2 日經 ERCOT 董事會建議通過，2026 年 7 月 9 日獲德州公用事業委員會核准，並自 2026 年 8 月 1 日起生效 [20]。其適用對象為大型電子式負載，即單一場址用電達 75 MW 以上、且其中至少半數為電力電子式負載者；要求在 0.80 至 0.90 p.u. 之間穿越 2.0 s、0.50 至 0.80 p.u. 之間 0.5 s、0.20 至 0.50 p.u. 之間 0.25 s、低於 0.20 p.u. 時 0.15 s。2028 年 1 月 1 日之後取得資格的負載，在 0.8 至 0.5 p.u. 區間內必須持續用電，而在此之前取得資格者，僅需在能力範圍內按比例降載 [14]。一個區域已將全國性標準仍在草案中的義務付諸執行，使 ERCOT 成為互聯電網其餘區域未來必須達到之要求的領先指標。

將這些時間長度與硬體並列，兩種擾動便清楚分開。0.25 s 的下限是電源供應器 20 ms 供電維持時間的 12.5 倍，卻僅為電池備援所被要求的 45 至 90 秒的一小部分；因此主管機關所要求的是電池的工作，而 Mt. Diablo 也正是依此為電池訂定能力。機櫃本身的負載突變則屬另一種情況：它在半毫秒至 50 ms 之間結束，落在 NVIDIA 指派給電解電容的時間窗之內——該公司將其描述為適用於「100 ms 以下的任何情況」——且最快須在 400 微秒內獲得回應 [7]。Mt. Diablo 則載明，備援電源不應在尖峰功率負載期間觸發，也不應在動態負載期間觸發 [6]。

因此，規範為回應電網的那一層儲能訂定了能力，將它導離負載本身的暫態，卻讓必須回應暫態的那一層沒有數字可循。未被充分規定的電容緩衝，也因此成為供應商差異化空間最大的所在；而採購方首先應要求的，正是規格書上尚未載明的量：功率對時間的包絡曲線，附上可用能量、容許脈衝寬度與再充電行為，用以取代單一的千瓦數。表 1 則整理了本主題中其他缺乏紀錄支持的流通說法。

4 機櫃的界線正在移動

實體面的驅動因素是電流密度、銅用量與輸送損耗。NVIDIA 指出，當機櫃功率超過 200 kW，機櫃內 54 VDC 配電即開始觸及物理極限；以 54 V 供應 1 MW 機櫃，銅匯流排用量最高可達 200 公斤；而 800 V 匯流排可在相同導體截面下多輸送 85% 的功率，同時將銅用量減少約 45% [23]。Google 提出相同的推理，並補充供應面的理由：選用正負 400 V，是為了沿用電動車產業已建立的製造基礎 [21]。機櫃功率已從過去最高約 100 kW [21]，經 Meta 兩代 NVIDIA 平台所公布的約 135 kW 與超過 170 kW [10]，走向 Mt. Diablo 所訂定的 800 kW 至 1.1 MW [6]。圖 3 繪出這些已公布的數字，並將已部署者與規範所訂者分開呈現。

商業面的驅動因素則是另一種稀缺。Microsoft 於 2026 年 6 月 30 日止的會計年度資本支出達 1,159 億美元，其風險因素中載明「電力的可取得性、可靠性與成本，對我們資料中心的營運與擴張至為關鍵」[24]。相對地，2025 年完工發電設施自併網申請到商業運轉的中位數期間為 61 個月 [25]，大型電力變壓器的交期則達 36 個月甚至更久 [26]。僅 ERCOT 一區，截至 2026 年 6 月即累積約 474 GW 的大型負載併網申請，其中約 90% 為資料中心 [27]。

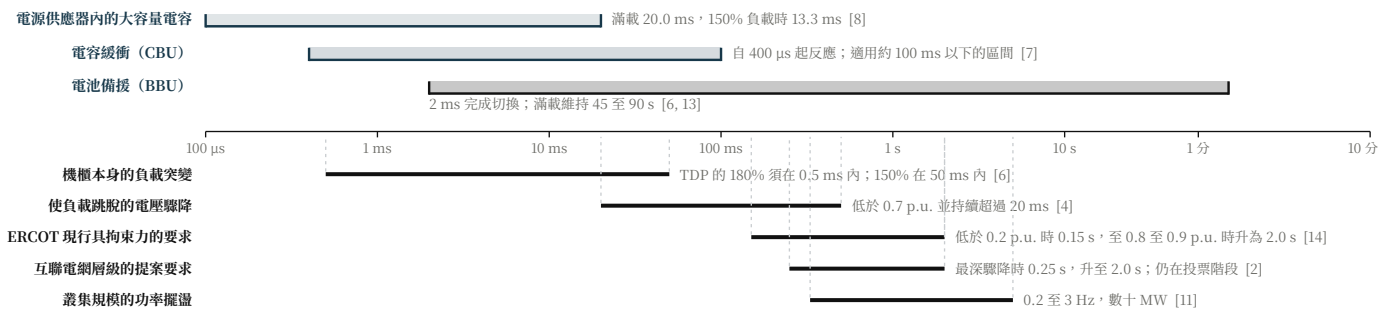
這兩種時間尺度並不相交。資金以季為單位到位，輸電容量則以五年為單位到位 [25, 26]；希望提早開始營運的業者，能處理的只剩廠區圍牆之內的部分。廠區內部所持有的能量正是其中之一，這也是協同式儲能緩衝的需求同時基於商業與工程理由而增加的原因。工程面的理由更為直接。ERCOT 的要求自 2026 年 8 月 1 日起即具強制力 [20]；當併網條件以能否穿越擾動為前提時，機櫃級儲能就不再是韌性加分項，而成為能否獲准運轉的條件。

儲能實際換得的效益，比流通中的整數說法更為有限，因為軟體調節、晶片端控制與實體儲能各自作用於不同的時間區間，彼此無法互相涵蓋。NVIDIA 的實測結果是單一工作負載在單一平台世代上平均尖峰降低 30% [16]。Google 則透過編譯器達成相近效果：藉由在加速器各運算區塊之間平衡運算量，使波動幅度降低近半，效能代價低於 1% [9]。Microsoft 的分析指出，在加速器中維持 90% 的最低功率底線約需付出 10.5% 的能耗代價，而以軟體填充工作負載達成相同的平滑效果，效能代價低於 5% [11]。每一種手段在時間軸的不同區段最具成本效益，這正是業者三者並用的原因，也是決定採購的比較對象應為整體包絡曲線的原因。

儲能實際換得的效益，比流通中的整數說法更為有限，因為軟體調節、晶片端控制與實體儲能各自作用於不同的時間區間，彼此無法互相涵蓋。NVIDIA 的實測結果是單一工作負載在單一平台世代上平均尖峰降低 30% [16]。Google 則透過編譯器達成相近效果：藉由在加速器各運算區塊之間平衡運算量，使波動幅度降低近半，效能代價低於 1% [9]。Microsoft 的分析指出，在加速器中維持 90% 的最低功率底線約需付出 10.5% 的能耗代價，而以軟體填充工作負載達成相同的平滑效果，效能代價低於 5% [11]。每一種手段在時間軸的不同區段最具成本效益，這正是業者三者並用的原因，也是決定採購的比較對象應為整體包絡曲線的原因。

部署位置的選擇出自同樣的推理，目前尚未定案。Google 的架構文件要求「電源元件與電池備援須置於 IT 機櫃之外」，配置於相鄰電源機櫃，使整座運算機櫃回歸運算用途，並使端到端效率提升約 3% [21]。Flex 於 2026 年 3 月 16 日推出分散式 800 VDC 電源機櫃，宣稱可將每機櫃可用運算功率自約 125 kW 提高至最高 880 kW [22]。光寶的 Open Rack V3 組態則是在機櫃內將電源層與電容緩衝模組搭配使用 [28]，台達電則以機

圖 2. 四種時間尺度，同一項採購決策



以對數時間軸呈現；軸線之上為各層儲能依規範或公開資料所能涵蓋的區間；軸線之下為各自必須涵蓋的事件。主管機關所要求的穿越時間落在電池備援的能力範圍之內，並遠超過電源供應器所能提供者。機櫃本身的負載突變落在電容緩衝的時間窗內，而電容緩衝正是規範未予訂定能力的一層。

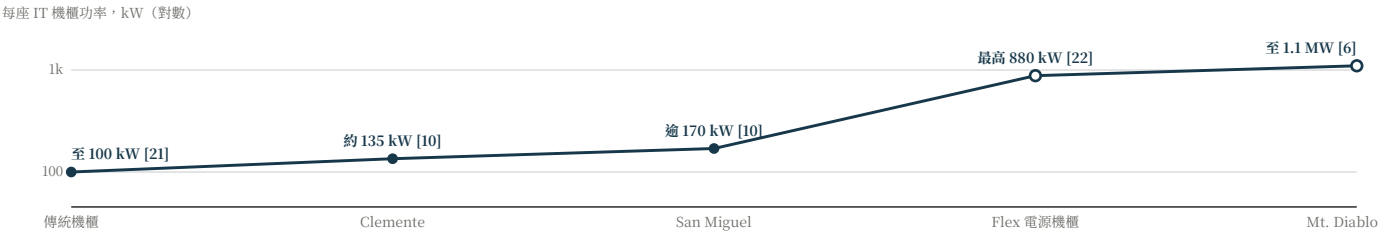
範圍 反應時間、放電持續時間、儲存能量與保護門檻是四個不同的量，本軸僅呈現時間。圖中各層為自所引用紀錄取得的能力區間，彼此不可相加；個別廠區僅會採用其中一部分。

表 1. 五項流通中的數據，對照發布機構的原始紀錄

其中三項禁不起與其所援引規範的核對，第四項僅在其上限成立；更正後的數字比原本的說法更具說服力，而每一項更正都指出一個採購方可以要求供應商載明的參數。

流通中的說法	原始紀錄的內容，以及應改為索取的資料
功率需求在微秒內躍升至 160% 至 175%	兩個數字都屬實，而且分別來自兩份規範、對應不同的時間窗。Mt. Diablo 載明 180% 須在 0.5 ms 內、175% 在 2 ms 內、150% 在 50 ms 內；HPR V2 電源層規範則載明 400 微秒移動平均下為 160%、50 ms 下為 140%、一秒下為 100%。此一說法本身成立，不成立的是把兩者混為一談；每一個百分比都對應各自指定的時間窗 [6, 12]
電池模組在 10 ms 內投入，並可維持 45 秒至數分鐘	投入時間規範為偵測 2 ms 加上升載 2 ms。45 秒是滿載 45 至 90 秒區間的下限；它所取代的 48 V 世代規範則訂為最長 240 秒。在現行架構下，沒有任何具拘束力的規範支持「數分鐘」的說法 [13, 6]
電容模組的放電時間小於 1 毫秒	規範並未訂定電容的功率或持續時間。平台供應商將電解電容定位於 100 ms 以下的區間，並以 400 微秒作為反應速度。反應速度與放電持續時間是兩個不同的量；應索取的資料是放電曲線 [6, 7]
傳統電源供應器可提供約 10 至 20 ms 的供電維持時間	僅上限值有依據。現行規範列出滿載 20.00 ms，於 150% 負載時降至 13.33 ms。沒有任何官方資料支持 10 ms，且其中 5 ms 的能量已保留供電池備援升載之用 [8]
削峰可使廠區的裝置容量餘裕減少 25% 至 30%	依其表述方式無從查證。最接近的官方量測，是單一工作負載在單一平台世代上平均尖峰電網需求降低 30%，而那是對尖峰需求的量測，與裝置容量餘裕是不同的量 [16]

圖 3. 機櫃功率的成長幅度，已使原有的配電電壓難以負荷



實心標記為營運商已回報實際運轉的機櫃；空心標記為規範上限或供應商所宣稱的能力。

依各營運商或規範自身所載的數字，以對數座標呈現。已部署平台與規範上限屬不同類別，並於圖中分別標示。

範圍 圖中每一點皆為單一機櫃的數值。Meta 較早的 Catalina 平台未列入，因其所公布的約 120 kW 為雙機櫃一組的功率，不適用於本座標軸。

櫃內模組化的方式出貨電池備援系統 [29]。這些方案各自建立在不同的功率密度、散熱、維護與驗證前提之上，目前公開紀錄中也還沒有任何一種部署位置勝出。架構的選擇會改變採購方必須驗證的供應商與介面。

5 供應商未必是通往客戶的關口

台灣在這項產品上的位置，與其視為單一的電池產業，不如說是四個各自不同的位置，而這項區分決定了每一家公司實際在賣什麼。台達電公布 Open Rack V3 電源層 33 kW（配置一組備援電源時為 27.5 kW），可在 97.5% 效率下承受 150% 負載達 20 ms [30]；另公布由 3 kW 模組組成的 15 kW 電池備援系統，在使用四年後仍可於額定功

率下維持四分鐘，效率高於 97%，並於模組與機箱層級取得 UL 9540A 認證 [29]；該公司預期其正負 400 V 與 800 V 產品自 2026 年第三季起量產 [40]，並描述一套可將 800 kW 容量納入單一高功率機櫃的百萬瓦級架構 [31]。光寶的峰會新聞稿描述一套 Open Rack V3 組態，整合 180 kW 電源層與 108 kW 電容緩衝模組，以及供 Vera Rubin 平台使用的 95 kW DC-DC 電源層 [28]；NVIDIA 另行指名光寶為其 GB300 電源電子的共同設計夥伴 [16]。康舒的新聞稿描述一款 10U 的 100 kW 電源層，可組態為正負 400 V 或 800 V 輸出 [32]。緯穎於 2026 年 5 月揭露，該公司與台達電及 TE Connectivity 共同展示涵蓋電源機櫃、液冷

匯流排與 800 V 轉 50 V 配電板的機櫃級 800 VDC 方案，但未公布自有的儲能緩衝產品 [33]。

這是四種不同的功能，所公布的數字彼此之間並不具可比性。更關鍵的是，其中幾乎沒有一項是採購方真正需要的數字，而這個缺口貫穿整個產品類別。本文所檢視的供應商，無論位於海峽哪一側，儲能緩衝一律以千瓦為單位的功率容量公布，從未以能量或可穿越時間表示。一款標示 108 kW 的電容緩衝模組，並未載明該數值屬尖峰或連續額定，也沒有能量、容許脈衝寬度或再充電時間 [28]。本文只找到一個例外，而這個例外很能說明問題：Skeleton Technologies 為其 800 VDC 電池模組所公布的規格書，載明標

圖 4. 各方已公開的位置，依機櫃實際組裝的順序排列

規範與平台		電力轉換	電源層與儲能緩衝	機櫃整合	廠區、維運與通路
台灣	台達電 ORV3 BBU 模組規範具名提案成員 緯穎 ORV3 連接器與 IT 機櫃設計指引具名提案成員	台達電 33 kW ORV3 電源層，97.5%，150% 負載 20 ms 光寶 180 kW 電源層；供 Vera Rubin 的 95 k W DC-DC 康舒 10U 內 100 kW，±400 V 或 800 V	台達電 15 kW 機箱內 3 kW BBU 模組，UL 9540 A 光寶 108 kW 電容緩衝模組	緯穎 800 VDC 機櫃、液冷匯流排、配電板 台達電 單一高功率機櫃內 800 kW	台達電 資料廳用 HVDC In-Row 系統
台灣以外	Microsoft、Meta、Google Mt. Diablo ±400 VDC 提案作者 NVIDIA 快速儲能須達到的 400 μs 反應速度 AMD 採用 ORv3 與 HPR V2；未公布自有機櫃數值	Flex 110 kW 電源層 Monolithic Power 800 V AC-DC 元件送樣中	Skeleton 800 VDC 下 2.1 kWh、尖峰 125 kW Flex 30 kW 電容式儲能系統	Flex 分散式機櫃，可支援至 880 kW 運算 NVIDIA GB300 與 Vera Rubin 平台包絡條件	Vertiv 400 至 900 kW 相鄰電源機櫃 Siemens Skeleton 儲能產品的獨家通路 Google 儲能置於 IT 機櫃之外，效率 +3%
由誰簽核？	規範提案成員	電源層效率與供電維持時間	脈衝包絡與再充電能力	機櫃系統驗收測試	試車與現場維運

每一欄位列出該參與者，以及其自身紀錄在該環節所公布的内容。

依各參與者自身公開紀錄所置的環節排列，並列出該紀錄載明的内容。由左至右，整條鏈路是一連串的驗收程序，而台灣供應商在每一個環節都占有位置，其中兩家更是規範本身的具名提案成員。

範圍 每一項内容均取自 表 2 或 表 3 所引用的紀錄。不同欄位的數字不可互相比較；電源層額定、儲能額定與機櫃容量回答的是不同的問題。

稱能量 2.1 kWh、尖峰放電功率 125 kW、標稱放電功率 110 kW，工作電壓範圍 540 至 880 VDC [34]。千瓦數無法告訴讀者一座機櫃能穿越多久；整個產品類別只有一項已公布的能量數據，而且出自一家儲能專業廠商，這正是衡量此一市場成熟度最清楚的指標。

在台灣之外，各方對同一座機櫃握有四種不同性質的主導權，而其中一種在本月易手。2026 年 10 月 14 日，Siemens 宣布對 Skeleton Technologies 進行策略性投資，並建立全球合作關係，依其自身用語，該合作「使 Siemens 取得在資料中心市場銷售並推廣 Skeleton 產品的獨家權利」；Siemens 表示相關交易將於「完成慣例性交割程序後」完成，並未揭露投資金額或持股比例 [37]。Skeleton 正是一年前與康舒共同展示其模組的供應商，也是其規格書載有本產品類別唯一一項已公布能量數據的公司 [41, 34]。表 3 說明台灣之外各方實際銷售的是什麼。

元件依然買得到，通往客戶的路徑卻可能改變

四種權利很容易被當成同一種。技術權利決定誰擁有發明與專門知識；設計導入權利決定誰的參考設計能通過客戶驗證；通路權利決定誰可以在特定市場銷售並支援某項產品；營運責任則決定採購方實際仰賴誰的保固、現場工程與安全義務。這四者可能分屬四家不同公司，而僅憑產品規格書繪製的供應鏈地圖，只看得到第一種。Siemens 與 Skeleton 的合作安排，正是第三種權利單獨易手的實例；而兩家公司的公開揭露，都未說明這對既有的整合合作關係有何影響。因此，電源層廠商該問的不是誰的電容反應更快，而是當設計導入、指定採購、銷售通路與售後維運開始彼此綁定之後，自己還能在哪些環節完成驗證、整合或建立差異化。

6 權利附著在何處

規範機櫃供電設計提案的主要文件，是 Open Compute Project 於 2024 年 7 月 18 日發布的智慧財產權管理政策，其中載明規範授權採用「Open Web Foundation Agreement 0.9」[44]。該政策本身並未界定授權範圍，界定範圍的是該協議。依其用語，必要專利請求項係指一方所擁有或控制、

且「為實施規範中必要部分（含選用部分中的必要元素）所不可或缺，而該等部分須在規範中有詳細描述，而非僅被提及」的請求項，並以免權利金、合理且無歧視的條件，僅為實施目的授權 [45]。提案者若要排除特定請求項，唯一方式是在 30 天的排除期間內，向 OCP 社群總監提出排除通知；最終規範發布時，未提出排除通知的提案者即視為已同意 [44]。

因此，實務上的界線取決於規範本身描述的詳細程度，並以必要專利請求項作為判斷標準。匯流排幾何形狀、連接器、電源層外形與遙測介面皆有足以據以實施的詳細描述，免權利金承諾因而有所附著。電芯化學與電池組構造、轉換器拓樸與控制迴路、電壓驟降偵測與切換時序，以及散熱與機構設計則均無詳細描述，承諾也就無法及於這些部分，它們仍取決於各產品的實作方式，並受相關權利拘束。電容這一層是最明顯的例子：規範要求機櫃必須支援電容儲能，卻不訂定其功率或持續時間 [6]。規範中的闕漏，既不能據以認定某項設計可取得專利，也不能據以認定其不受第三人權利限制；它所能確立的，只是免權利金承諾在該處沒有可涵蓋的對象。

這套制度與本公司平日所研析的標準制度並不相同。行動通訊標準將價值集中於已聲明的必要專利，並以公平、合理且無歧視的授權承諾加以約束，該承諾限制了權利人在整項技術上所能收取的費用。在這裡，免權利金承諾涵蓋的是規範所訂介面的必要專利請求項，而緊接其下的工程內容並未被規範，也沒有任何相當的約束適用於該層。提出機櫃供電設計的公司，讓出的是使多廠商供貨成為可能的部分，保留的則是決定自家模組能否回應 400 微秒暫態的部分。對營運商而言，為電源層尋找第二來源並不困難，為其行為表現尋找第二來源則不然。

已核准的專利紀錄中，有一條軌跡恰好捕捉到這項轉變，表 4 即呈現了它。Dell 在此領域最早的申請案主張 2012 年的優先權，涵蓋一款可自共用機櫃匯流排充電、亦可對其放電，並能插入標準電源供應器插槽的電池模組。2026 年，同一家公司就同一個實體構想取得專利，而這次的表述是一款在需求尖

峰期間將儲存能量注入匯流排的功率輔助模組，使電源供應器毋須依尖峰值選型。硬體明顯是同一件；所陳述的目的卻從度過電網的失效，轉為吸收負載本身的行為。整體觀之，這些核准案例呈現的是正在成形的需求反應式控制功能；它們並未描繪任何公司的專利布局，而針對其中任何一件，合理的下一步都是就具體設計逐項比對請求項。

綜觀各受讓人，已核准的專利紀錄在舊有問題上相當密集，在發展方向上則相對稀疏。機櫃儲能與廠區之間的協調是布局最為多層的領域，多家受讓人持有優先權介於 2010 至 2020 年之間的請求項。電容緩衝僅出現在機箱或電源供應器層級；本組文件中凡將儲存能量置於機櫃直流匯流排上者，置放的都是電池。與工作負載連動的功率調節更為稀少：NVIDIA 主張 2023 年優先權的專利依可用餘裕配置工作，而本組中沒有任何經查證的核准案，主張利用訓練工作的資訊預先調整機櫃的功率曲線。本組中亦無任何經查證的核准案，其請求項指向機櫃端的 800 VDC 或正負 400 V 轉換。這些架構出現的時間尚短，相關申請案較可能仍在審查中而非不存在，因此這僅是對已核准紀錄的陳述，不涉及及其他。

由此可推出五項功能，且僅作為研究課題而非其他：與工作負載類型連動、跨電源的預測性控制；具實測數據的暫態能量包絡曲線與再充電調度；可避免廠區不必要解聯的保護協調仲裁；高壓條件下的隔離、熱插拔與維護；以及串接廠區控制、電源層與工作排程器的可觀測性介面。每一項都需要各自的前案檢索、新穎性評估與請求項分析；而向開放規範提案一事，本身並不足以確定其中任何一項的免權利金範圍 [44, 45]。以上皆未附專利件數統計，此為有意的決定：唯一免費公開、按分類與年度編製的官方數列建立在美國專利分類之上，且止於 2015 核准年度 [46]；而在本領域中，僅依分類進行的統計會被與機櫃無關的通用待機電源所主導。

7 下一階段的採購決策，以及應追蹤的事項

未來數年，三種架構會在同一批廠區中並存，而選擇取決於改造成本。Open Compute Project 自己的低壓直流配電白皮書列出了這

表 2. 台灣的四個位置、各自公布的内容，以及可使比較成立的揭露資料

四家公司占據同一條供應鏈上互補的層級；而在每一個案例中，所缺的都是同一項資料：已公布功率額定背後能量、脈衝寬度與再充電行為。

公司	其自身紀錄就此用途所公布的内容	證據階段	可使比較成立的資料
台達電子	Open Rack V3 33 kW 電源層，5+1 配置時 27.5 kW，97.5% 效率下承受 150% 負載 20 ms；15 kW 機箱內的 3 kW 電池備援模組，使用四年後仍可於額定功率維持四分鐘，效率高於 97%，模組與機箱層級均取得 UL 9540A 認證；可將 800 kW 納入單一高功率機櫃的百萬瓦級架構；正負 400 V 與 800 V 產品預計自 2026 年第三季量產 [30, 29, 31, 40]	已公布額定值、載明測試條件並具名認證；量產時程為預期值	是否以單一控制與遙測架構涵蓋電源層、儲能與散熱，以及供應商對整合後系統表現的責任範圍到何處為止
光寶科技	整合 180 kW 電源層與 108 kW 電容緩衝模組的 Open Rack V3 組態，以及供 Vera Rubin 使用的 95 kW DC-DC 電源層；經 NVIDIA 指名為 GB300 電源電子的共同設計夥伴 [28, 16]	峰會新聞稿；平台共同設計一事由平台供應商證實	108 kW 屬尖峰或可持續額定，以及其背後的能量、容許脈衝寬度、再充電間隔與循環壽命
康舒科技	10U 的 100 kW 電源層，可組態為正負 400 V 或 800 V 輸出；其超級電容合作夥伴表示雙方曾共同展示一套將該夥伴模組整合至康舒電源系統的備援方案 [32, 41]	新聞稿；聯合展示由合作夥伴揭露，康舒自身紀錄未提及	何者屬商業化整合、何者僅為聯合展示，以及該電源層已通過與哪些儲能夥伴的搭配驗證
緯穎	與台達電及 TE Connectivity 共同推出的機櫃級 800 VDC 方案，涵蓋電源機櫃、液冷匯流排與 800 V 轉 50 V 配電板；未揭露電池或電容產品 [33]	已公布跨廠商整合成果；自身揭露中無儲能緩衝產品	當電源層、匯流排、配電板與初體分屬不同供應商時，由誰負責機櫃層級的系統驗收

每一列均為該公司自身具日期的紀錄就此用途所公布的内容。光寶與康舒的數字取自兩家公司 2026 年 10 月各自發布的新聞稿，並以發布單位與日期標示引用，讀者可循此追溯原始出處。

表 3. 台灣之外，針對同一座機櫃所握有的六種主導權

兩家平台架構商、一家儲能專業廠、一家廠區電力既有業者、一家專業代工廠與一家功率半導體廠並非在同一條軸線上競爭；取自某一系列的千瓦數，與取自另一列的千瓦數並不具可比性。

參與者	依其自身紀錄所掌握的内容	主導權性質	對台灣廠商位置的影響
NVIDIA	GB300 NVL72 中每顆 GPU 後方配置 65 J 電解電容，體積約為電源供應器的一半，並與光寶共同設計；2026 年架構中每具電源機櫃電源供應器配置 1,200 J；並以 400 微秒作為短時儲能必須達到的反應速度 [16, 17, 7]	平台定義：由它界定供應鏈其餘環節必須回應的電氣問題	它訂出台灣電源層或儲能模組必須通過驗證的條件，並指名自己的共同設計夥伴
Google	要求電源元件與電池備援置於 IT 機櫃之外的相鄰機櫃，以換取約 3% 的端到端效率提升；為正負 400 V 規範的提案成員；並透過編譯器使波動幅度降低近半，效能代價低於 1% [21, 6, 9]	規範主導權，透過提案行使	其部署位置要求決定了儲能緩衝究竟是機櫃內產品，還是相鄰電源機櫃的產品
Skeleton Technologies	一款 800 VDC 電池模組，標稱能量 2.1 kWh、尖峰放電 125 kW、標稱放電 110 kW，工作電壓範圍 540 至 880 VDC；另有一款已命名但未公布額定值的電容模組 [34]	儲能技術：位於他人機櫃之內的儲能介質與暫態子系統	電源層廠商會整合此類模組；Skeleton 是表中唯一公布能量數據的參與者
Siemens	對 Skeleton 的策略性投資，以及一項使其取得「在資料中心市場銷售並推廣 Skeleton 產品之獨家權利」的全球合作關係，尚待完成慣例性交割程序 [37]	商業通路：通往客戶的路徑，以及既有裝機基礎的客戶關係	即使儲能技術本身毫無改變，它仍可能改變台灣整合商取得該技術的方式
Flex	2026 年 3 月 16 日推出的分散式 800 VDC 電源機櫃，宣稱可將每機櫃可用運算功率自約 125 kW 提高至最高 880 kW；2026 年 6 月 1 日發表 110 kW 電源層與 30 kW 電容式儲能系統，後者未公布能量數據 [22, 35]	機櫃級製造與平台共同開發	在產品層級上，它是與台灣整合型電源機櫃最接近的對照對象
Vertiv	一款 800 VDC 相鄰電源機櫃，宣稱可直接向運算端供應 400 kW 至 900 kW [36]	已安裝的廠區電力系統、試車與全生命週期維護	它競爭的是已安裝並附維運服務的系統，與採購電源層屬於不同的採購案
AMD	兩套機櫃級平台 Helios 與 Helion。每座 Helios 機櫃以備援電源供應器搭配電容組，使系統「在廠區供電中斷時仍能維持足夠時間以完成正常關機」，並支援 N+1、N+N 或四取三的電源層備援；Helion 在機櫃與匯流排採用 ORv3，電源層採用 HPR V2。AMD 未公布任何機櫃功率數值、配電電壓或負載突變數據；它是一份 OCP 廠區層級電力規範的具名作者，但未參與任何機櫃供電規範 [42, 39, 43]	平台定義，但透過採用他人的機櫃規範行使	它是台灣電源層可以爭取驗證的第二個買方；而它在機櫃供電上的沉默，正說明平台供應商可以不必掌握這一層到什麼程度
Monolithic PowerSystems	依其向美國證管會申報的 2026 年第二季財報說明，已開始提供供 800 V 資料中心架構使用的高壓 AC-DC 產品樣品；無儲能緩衝產品 [38]	功率半導體與轉換器控制	它是供應零組件進入台灣電源層的廠商，與其中任何一家並不競爭

個順序：第一階段是 IT 機櫃（以及可選的散熱設備）改以直流供電，其餘設備仍使用交流；第二階段是包含冷卻分配與網路在內的整個 IT 模組改用直流，而建策基礎設施仍維持交流；第三階段則是自中壓到所有設備全面採用直流配電 [47]。延伸 Open Rack V3 架構可保留既有生態系並降低重新設計的幅度，也是目前機櫃內電源層與儲能緩衝產品所在的位置 [28, 30]。機櫃旁的相鄰電源機櫃則可把空間還給運算，並在不更換上游配電設備的前提下提高機櫃電壓 [21, 22]。第三階段則屬新建案場的選項。只為單一部署位置設計的供應商，會錯過三者共同的需求：動態電流反應、安全隔離、可觀測性、跨廠商驗證，以及可維修的現場壽命。

有五項發展可使下一階段變得清晰，而每一項都有具日期的紀錄可供判斷。FERC 已要求 NERC 於 2026 年 12 月 31 日前提交運算負載的登錄準則與初版可靠度標準，電力

穿越是否成為全互聯網層級的法遵義務，因此已有明確時程 [19]。NERC 自身分析用戶主動減載事件的白皮書預定於同一個月發布，將成為 2026 年 7 月該次事件的首份權威說明 [18, 3]。Mt. Diablo 若修訂並訂定電容這一層的功率與持續時間，便會把目前尚無規格可循的一層轉為有規範可依、可被比較的產品 [6]。若電源層供應商也能如儲能專業廠一般，公布附測試方法的脈衝—能量包絡曲線，千瓦數才會首次具備可比性 [34]。而若加速器端的平滑技術能以低於目前維持 90% 功率底線所實測的 10.5% 能耗代價達成，儲能這一層便會縮小，價值也會回到晶片端 [11]。

方向已經確定，終點則仍未定。能量正朝擾動的源頭移動；仍待解答的是它會走到多近，以及供應鏈上哪一方最終要為「在採購方自身的運轉條件下，整條鏈路如同單一產品般運作」提出證明並承擔責任。下一個世

代的相關合約，將圍繞這項責任歸屬而撰寫，任何單一額定值都無法取代它。

本文的證據基礎

文中每一項數值，都由其旁所引用的紀錄載明。全文共四十七份紀錄：標準組織、主管機關、兩家電網業者、一座國家實驗室、各公司自身的發布與申報文件，以及專利主管機關；每一份均自發布機構本身的公開文件讀取。

各項數值均連同其發布者所採用的時間窗、計算基礎與測試條件一併列出，因此兩個數字只會在其發布者所設定的條件下相互比較。凡發布者僅載明功率額定之處，本文即指出可使其具備可比性的參數——能量、脈衝寬度、再充電間隔——讓採購方能逐項具名索取。

已核准的專利紀錄逐項請求項閱讀。文中列出九件美國專利，每一項機制均取自核准文件的請求項 1，並各自連結至發證機關。

產品數值均標示發布公司及其發布日期，讀者可循此追溯原始出處。涉及財務規模之處則引用申報文件，並標明申報人所採用的計算基礎。

表 4. 九件核准專利，依各自所主張的機制挑選

挑選目的在於呈現何種機制會引來專利請求項，而非衡量任何公司的專利持有量。每一組號碼均連結至發證機關的文件；請求項範圍、法律狀態、專利家族與自由實施分析屬於另外的作業，本次挑選並未進行。

美國專利	文件所載受讓人	優先權年	核准年	所請求發明的作用
9,141,164	Dell Products LP	2012	2015	一款機架式電池模組，可自機櫃匯流排充電並對其放電，並向基礎設施控制器回報狀態
12,663,848	Dell Products LP	2024	2026	一個採電源供應器外形的機殼，其升壓電路以標稱電壓對儲能部分充電，降壓電路則於尖峰功率事件期間輸出電力
10,951,013	Delta Electronics Inc	2017	2021	一款電源層，將多路交流電源導至機櫃匯流排，並在單一控制器之下納入電源供應器、切換開關與電池模組
10,146,285	Quanta Computer Inc	2015	2018	在交流輸入異常時，獨立調整 CPU、系統匯流排與記憶體時脈與頻率，以延長電源供應器的供電維持時間
12,689,212	Wiwynn Corp	2023	2026	在備援模式下，將主電源供應器的輸出限制在設定功率，並啟動從屬電源供應器承擔其餘部分
9,071,083	Microsoft Technology Licensing LLC	2010	2015	電源管理器監測各電源供應器能否滿足需求，並在無法滿足時啟動超級電容模組
10,761,579	Intel Corp	2015	2020	共用電源供應器僅依基準功率選型，另以輔助電源供應超出基準的節點，並由控制器令節點閒置以供其再充電
11,146,099	Google LLC	2015	2021	依歷史異常事件統計，對照停電持續時間的機率門檻，決定第二層共用電池的容量，其上另有各負載自有的第一層電池
12,386,409	Nvidia Corp	2023	2025	推估一組程序的預期用电量，比較多座機櫃的可用容量，並將工作指派至裕餘最大的機櫃

文件均引自發證機關網址 <https://image-ppubs.uspto.gov/dirsearch-public/print/downloadPdf/<number>>。上表每項機制均讀自核准文件的請求項 1。其中三件，發證機關所提供的文件不含可機讀的文字層，該三件的請求項用語取自同一核准案的官方書目紀錄；受讓人、名稱與日期亦均以相同方式交叉核對。

本文使用的名詞

電力穿越 (ride-through) — 在電壓或頻率擾動期間持續用電，而不轉由備援供電或自行解聯。

供電維持時間 (hold-up time) — 電源供應器在輸入電力中斷後，僅靠自身儲存能量維持輸出的時間長度。

負載突變 (load step) — 機櫃用電的快速上升或下降，以熱設計功率的百分比與對應時間窗表示。

標么值 (p.u.) — 以標稱值為分母表示的電壓，因此 0.7 p.u. 即為標稱電壓的七成。

BBU 與 CBU — 電池備援模組與電容緩衝模組：機櫃內兩種儲能中較持久的一種與較快速的一種。

Open Rack V3 (ORV3) — 正負 400 V 架構之前的機櫃世代，沿共用匯流排配送 51 V 或 54 V。

併網排隊 (interconnection queue) — 新增負載或發電設施併網前，等待核准與輸電容量的申請序列。

相鄰電源機櫃 (sidecar) — 立於運算機櫃旁、容納電力轉換與儲能的機櫃，使運算機櫃專供運算之用。

必要專利請求項 (necessary claims) — 實施規範中已詳細描述部分所需的專利請求項，也是其免權利金授權唯一及於的請求項。

參考文獻

1. North American Electric Reliability Corporation, Incident review: considering simultaneous voltage-sensitive load reductions, 8 January 2025. nerc.com

2. North American Electric Reliability Corporation, Large Loads Working Group, Standard authorization request: reliability standards to address computational load disturbance performance. nerc.com

3. PJM Interconnection, Dominion Load Transfer Event, Operating Committee, 6 August 2026. pjm.com

4. North American Electric Reliability Corporation, Incident review: voltage-sensitive crypto load reductions, 9 January 2026. nerc.com

5. North American Electric Reliability Corporation, Aggregated report: Level 2 alert — large load interconnection, study, commissioning, and operations, January 2026. nerc.com

6. Open Compute Project Foundation, Mt. Diablo Disaggregated Power Rack Specification, Base Specification v1.0.0, effective 8 October 2026; contributed by Microsoft, Meta and Google. opencompute.org

7. NVIDIA Corporation, 800 VDC architecture for next-generation AI infrastructure, white paper, October 2025. nvidia.com (PDF)

8. Open Compute Project Foundation, Open Rack V3 HPR V2 12 kW PSU Module Specification, v1.0.0, 12 June 2026. opencompute.org

9. Google LLC, “Balance of power: a full-stack approach to manage power and thermal fluctuations in ML infrastructure,” Google Cloud, 11 February 2025. cloud.google.com

10. Meta Platforms, Inc., “Inside Prometheus: Meta’s journey to a gigawatt-scale supercluster,” Engineering at Meta, 19 October 2026. engineering.fb.com

11. Microsoft Corporation, OpenAI and NVIDIA Corporation, Power stabilization for AI training datacenters, 20 August 2025, arXiv:2508.14318. arXiv:2508.14318

12. Open Compute Project Foundation, Open Rack V3 HPR V2 72 kW Power Shelf Specification, v1.0.0, 12 June 2026; contributed by Meta Platforms. opencompute.org

13. Open Compute Project Foundation, Open Rack V3 BBU Module Specification, Rev 1.4, 12 September 2023. opencompute.org

14. Electric Reliability Council of Texas, Large Electronic Load Ride-Through Requirements, NOGRR282 and NPRR1308, System Planning Working Group, 24 February 2026. ercot.com

15. Open Compute Project Foundation, Open Rack V3 Base Specification, Rev 1.1, 5 March 2024. opencompute.org

16. NVIDIA Corporation, “How new GB300 NVL72 features provide steady power for AI,” NVIDIA technical blog, 28 July 2025. developer.nvidia.com

17. NVIDIA Corporation, 800 VDC architecture: industry alignment and execution, white paper, 2026. nvidia.com (PDF)

18. North American Electric Reliability Corporation, Large loads frequently asked questions, August 2026. nerc.com

19. Federal Energy Regulatory Commission, Summaries of the July 2026 Commission Meeting, item E-1, Docket No. RD26-7-000, 16 July 2026. ferc.gov

20. Electric Reliability Council of Texas, NOGRR282: Board Priority — large computational load ride-through requirements, approved by the Public Utility Commission of Texas 9 July 2026, effective 1 August 2026. ercot.com

21. Google LLC, “Enabling 1 MW IT racks and liquid cooling at OCP EMEA Summit,” Google Cloud, 29 April 2025. cloud.google.com

22. Flex Ltd, Flex Launches 800 VDC Power Rack for Next-Generation NVIDIA AI Infrastructure, 16 March 2026. investors.flex.com

23. NVIDIA Corporation, “NVIDIA 800 VDC architecture will power the next generation of AI factories,” NVIDIA technical blog, 20 May 2025. developer.nvidia.com

24. Microsoft Corporation, Annual report on Form 10-K for the fiscal year ended 30 June 2026, filed 29 July 2026. SEC EDGAR

25. Lawrence Berkeley National Laboratory, Queued up: 2026 edition — characteristics of power plants seeking transmission interconnection as of the end of 2025, June 2026. lbl.gov

26. US Department of Energy, Large power transformer resilience: report to Congress, July 2024. energy.gov

27. Pablo Vegas, President and Chief Executive Officer, Electric Reliability Council of Texas, testimony to the Texas Senate Committee on Business and Commerce, 29 July 2026. ercot.com

28. LITEON Technology Corporation (TWSE 2301), press release, OCP Global Summit 2026, 15 October 2026. liteon.com

29. Delta Electronics, Inc., Battery Backup System, official product specification. deltaww.com

30. Delta Electronics, Inc., data center power solutions, official product pages. deltaww.com

31. Delta Electronics Inc, HVDC in AI Data Centers, product page, undated, retrieved 19 October 2026. deltaww.com

32. AcBel Polytech Inc. (TWSE 6282), press release, OCP Global Summit 2026, 8 October 2026. acbel.com

33. Wiwynn Corporation, Wiwynn Advances Datacenter Design at COMPUTEX 2026 with High Power and Optical Interconnect, 26 May 2026. wiwynn.com

34. Skeleton Technologies GmbH, GrapheneBBU — BBU 800, datasheet, document reference 01-DS-20260918-GrapheneBBU-BBU800-419-1D, 2026. skeletontech.com

35. Flex Ltd, Flex Showcases Scalable Power Solutions for Next-Generation AI Infrastructure at COMPUTEX 2026, 1 June 2026. investors.flex.com

36. Vertiv Holdings Co, “Vertiv accelerates AI infrastructure evolution in alignment with NVIDIA 800 VDC power architecture announcement,” corporate news, 19 May 2025. vertiv.com

37. Siemens AG, Siemens invests in Skeleton Technologies, expanding its data center portfolio, press release, 14 October 2026. press.siemens.com

38. Monolithic Power Systems Inc, Q2'26 Earnings Commentary, Exhibit 99.1 to Form 8-K, furnished 30 July 2026. sec.gov

39. Advanced Micro Devices Inc, An open rack blueprint to scale agentic AI, newsroom, 12 October 2026. newsroom.amd.com

40. Delta Electronics, Inc. (TWSE 2308), 2Q26 investor conference transcript, investor relations file center. deltaww.com

41. Skeleton Technologies, “Skeleton Technologies unveils advanced BBU solution for data centers,” official news, 15 October 2025, on the unit shown jointly with AcBel Polytech at the OCP Global Summit 2025. skeletontech.com

42. Advanced Micro Devices Inc, “Introducing AMD CDNA 5 and the AMD Helios Rackscale Solution” , ROCm Blogs, 4 August 2026. rocm.blogs.amd.com

43. Open Compute Project Foundation, Open Data Center: Next-Generation ML Infrastructure Design Principles, Revision 0.7.0, effective 27 August 2026; authors AMD, Google, Meta and Nvidia. opencompute.org

44. Open Compute Project Foundation, OCP Foundation Intellectual Property Rights Management Policy, 18 July 2024. opencompute.org

45. Open Web Foundation, Open Web Foundation Agreement 0.9, the specification license used by the Open Compute Project. opencompute.org

46. United States Patent and Trademark Office, Patent Technology Monitoring Team, Patenting by technology class by year. uspto.gov

47. Open Compute Project Foundation, Data Center Facility — Low Voltage Direct Current Power Distribution, white paper version 1.1.0, 2 September 2026. opencompute.org

出版者聲明

法律免責聲明

本報告係基於公開規格、法規與公司申報文件、業績發布、公司與政府出版物、研究，以及市場研究資料。本報告全文依循來源稽核紀律，標明並具體指出各項支持性來源引註，以支持重要事實與關鍵判讀的可追溯性、獨立審閱及來源層級的驗證。凡來源文字對關鍵判讀具重要性者，均納入原始紀錄的相關逐字摘錄，使讀者得以直接檢視原始措辭，並依其來源脈絡評估該判讀。此一證據紀律將所引事實與 Apex Standards 自身的分析加以區分，並使重要結論的依據透明化，使讀者與客戶得以對照原始紀錄檢驗關鍵判讀。前瞻性觀點僅在明示的條件下提出，除所引來源明確支持者外，不指派機率、排名或承諾日期。本資訊嚴格以「現狀」（AS IS）基礎提供，僅供資訊與教育目的，不構成法律、投資、會計、安全認證或工程方面的建議。對於準確性、完整性、特定目的適用性或未侵權，均不作任何明示或默示的陳述或保證。提及第三方個人、組織、產品、標準或服務，僅為提供資訊之目的，並不隱含與 Apex Standards 之間存在關係、受其贊助，或由其背書或對其背書。在適用法律允許的最大範圍內，Apex Standards 對於錯誤、遺漏、對本資訊的依賴，或因使用本資訊而產生的後果，均不承擔任何責任，亦不承擔於公布後更新、修改或修訂本報告的義務。

關於 APEX STANDARDS

Apex Standards 是一家獨立的技術、標準、市場與智慧財產情報機構，專注於關鍵及新興技術。我們提供先進的分析軟體平台、研究工具、經來源稽核的分析，以及策略顧問服務，涵蓋關鍵通訊標準、3GPP、IEEE、IETF、ITU、ETSI、Open RAN、多媒體編解碼器、JEDEC、半導體、光子學、AI 基礎設施、SEP 與 FRAND 授權，以及相關技術與供應鏈生態系。

我們以具決策品質且可供稽核的情報，支援政府、企業、研究機構、技術長與技術團隊、投資人及企業發展主管，應用於策略定位、市場與供應鏈分析、投資與併購實地查核，以及技術評估。我們協助客戶減少策略盲點、發掘被忽略的風險，並更早識別高價值機會。

網站: www.apexstandards.com

電子郵件: support@apexstandards.com