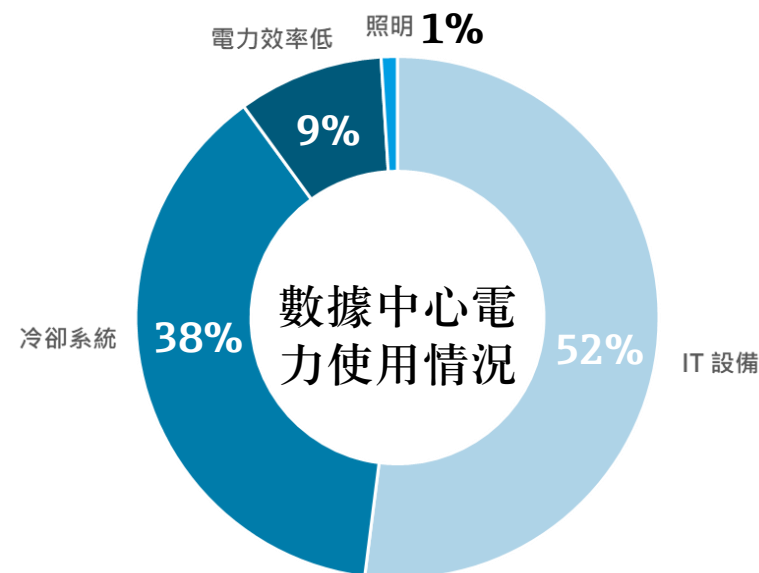


數據中心先進 測量與控制方案



電力需求跳躍式增長，能源效率(PUE)成為核心指標

- ▲ 在雲端運算與 AI 技術的雙重驅動下，數據中心 (Data Centers) 已從單純的硬體存放點，演進為全球數位經濟的運算中樞，為了應對從電信、物聯網 (IoT) 到 GPU 密集型 AI 集群的龐大運算需求，現代設施正朝向兆瓦級模組化 (MW blocks) 設計轉型，並對電源品質、備援系統以及整合液冷與氣冷的熱管理拓樸提出更嚴苛的技術標準。
- ▲ 數位轉型的加速直接反映在能耗指標上，根據聯邦分析預測，美國數據中心的電力需求將從 2023 年的 176 TWh，跳躍式增長至 2030 年的 400-600+ TWh (平均負載約 45-70+ GW)
- ▲ 這說明能源效率(PUE)、營運穩定性和部署速度已成為企業決策的核心指標，在這些高耗能場域中，冷卻系統通常佔據總功耗約 38%，如何在效能與散熱之間取得平衡，已然成為當前熱管理策略的首要挑戰。



氣冷及液冷差異

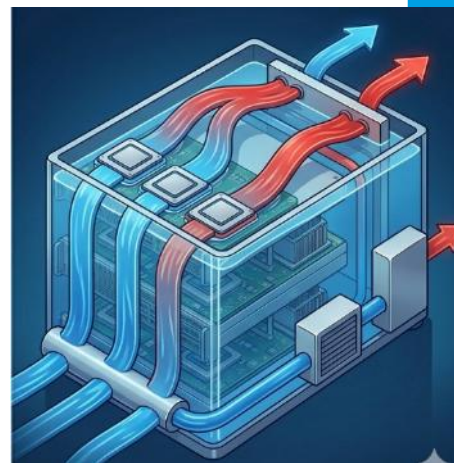
- ▲ 在數據中心的熱管理中，移除伺服器熱量是維持系統可靠性的關鍵，過去氣冷足以應對大多數運算環境，但面對現代的 AI 負載，傳統氣流循環已經難以負荷。
- ▲ 由於功耗的跨越式增長，促使業界廣泛轉向熱傳導效率更高的液冷方案，以應對高溫、高壓力的運算環境。

傳統機架：功耗約 5 kW（氣冷足以支撐）



氣冷架構是透過冷熱通道的氣流循環進行散熱。雖然這在 5kW 左右的常規負載下運作良好，但面對不斷攀升的運算密度，氣冷系統往往需要投入更多的電力於風扇運作及通道密封，以確保散熱路徑不被熱點干擾。

現代 AI 機架：功耗突破 80 kW（熱密度極高）

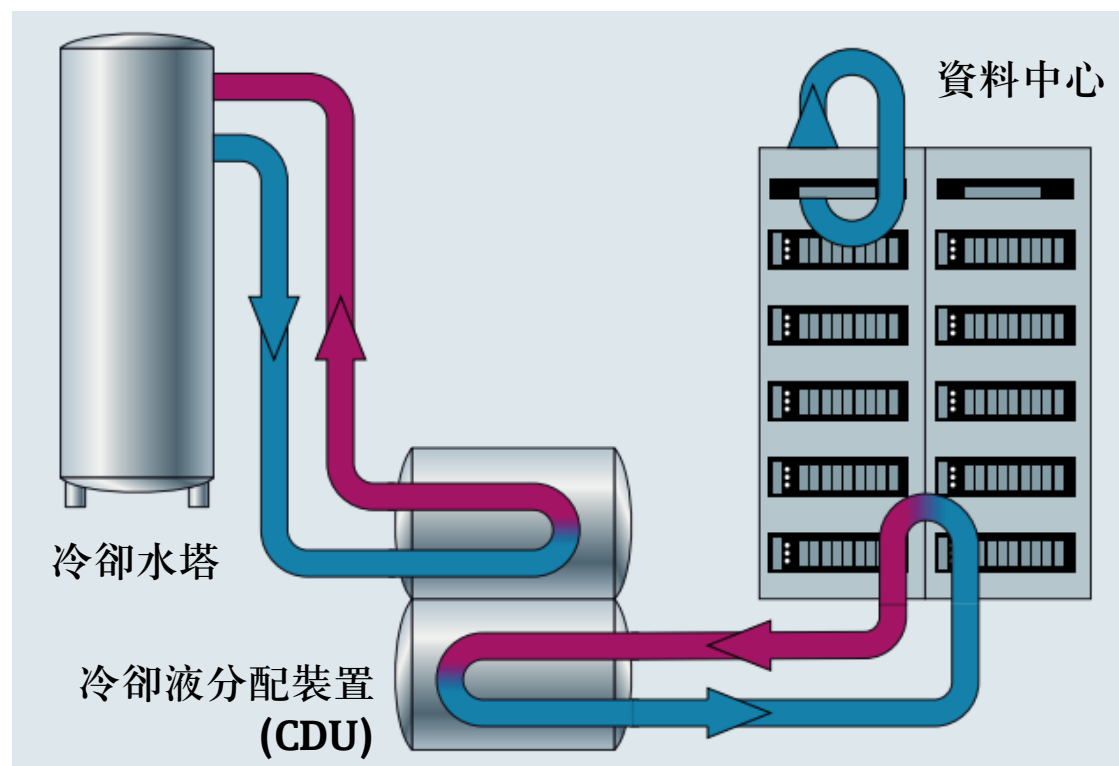


藉由冷卻板技術，熱量能直接在 GPU 核心處被攔截並移除，這不僅顯著降低機房風扇的能耗，更實現了精準溫控。針對 30 kW 以上的高熱負荷（約 100,000 BTU/hr），浸沒式液冷已成為支持次世代 GPU 密度的關鍵基礎。

IC製造仰賴精密設備和高純度材料

- ▲ 液冷技術 (Liquid Cooling) 核心在於將導熱介質直接引導至熱源端 (通常為晶片表面) , 藉由流體遠高於空氣的熱傳遞效率 , 帶走 IT 設備產生的巨大熱能。然而 , 這種效能的提升也伴隨著系統複雜性的增加 , 要確保冷卻迴路穩定運作 , 必須依賴流量 (Flow) 、溫度 (Temperature) 、壓力 (Pressure) 及冷卻劑品質 (Coolant Quality) 的高精度監測。
- ▲ 高精度監測是達成卓越 PUE (電力使用效率) 的關鍵。PUE 作為衡量數據中心能源利用率的核心指標 (設施總耗能 / IT 設備耗能) , 數值越接近 1.0 代表效率越高 , 透過先進液冷技術結合自動化環境監控 , 得以大幅降低非運算能耗 , 挑戰超低 PUE 的永續目標。

— 冷水循環迴路
— 熱水循環迴路



將挑戰轉化為競爭優勢

- ▲ 面對能源成本飆升、緊迫的建設時程、高密度的冷卻需求及全球供應鏈的不確定性，先進的測量儀錶扮演了關鍵的決策基礎，透過全方位的即時性與毫秒級的精確控制，克服了環境限制，並為數據中心的卓越營運與韌性奠定了根基。



獲取收益的速度

- 預整合可加速部署並將時程風險降低
- 經測試的解決方案可確保更流暢、可預測的上線過程
- 標準化、可重複的設計可精簡多個站點的推出流程



能源效率與永續性

- 即時分析優化冷卻和電力效能以改善 PUE
- 減少能源和水資源消耗以達成永續目標
- 簡化的監控和報告, 精簡 ESG 追蹤



高熱密度冷卻

- AI/HPC 的液冷控制, 確保性能穩定。
- 儘早識別問題避免冷卻不穩定、降低故障和停機時間
- 精簡冷卻作業, 以支援持續性的高熱密度負載



擴展性與可重複性

- 模組化擴充, 更快速地進行功能或容量增加
- 藉由全球標準確保一致性和可靠性
- 藉由縮短測試時間的配置範本加速部署



可靠性與安全性

- 自動控制可穩定管理電力和冷卻, 進而確保正常運行時間
- 預測性維護降低非預期故障, 最大限度提高可用性並減少停機時間
- 安全性功能支援合規性並降低營運風險



整合性與可見度

- 結合OT、IT提供清晰、有信心的營運視圖
- 藉由有意義且排定優先順序的警示, 可更早地採取行動
- 推動快速決策的整合資料, 加速作業

為今日數據中心打造的 測量儀錶

數據中心的每一項功能模組都環環相扣，任何細微的失衡都可能影響整體的穩定與節能表現。擎傑企業及 Endress+Hauser 深耕於自動化與測量領域，目的在於協助您在複雜的負載環境下，透過精準的數據洞察，降低非必要能耗並守護運作不中斷。

後續章節中，我們將針對各項核心應用進行拆解，展示先進的儀錶技術如何為您提供應對挑戰的關鍵手段。



數據中心應用



公用事業系統

水處理、化學品處理、
閉環系統



安全與控制

警報管理與報告、熱
源與氣體偵測



備用電源

發電機、燃油系統、
UPS 系統、電池儲能



IT設備及基礎設施空間

數據大廳、通道、伺服器
機架、AI/HPC區域

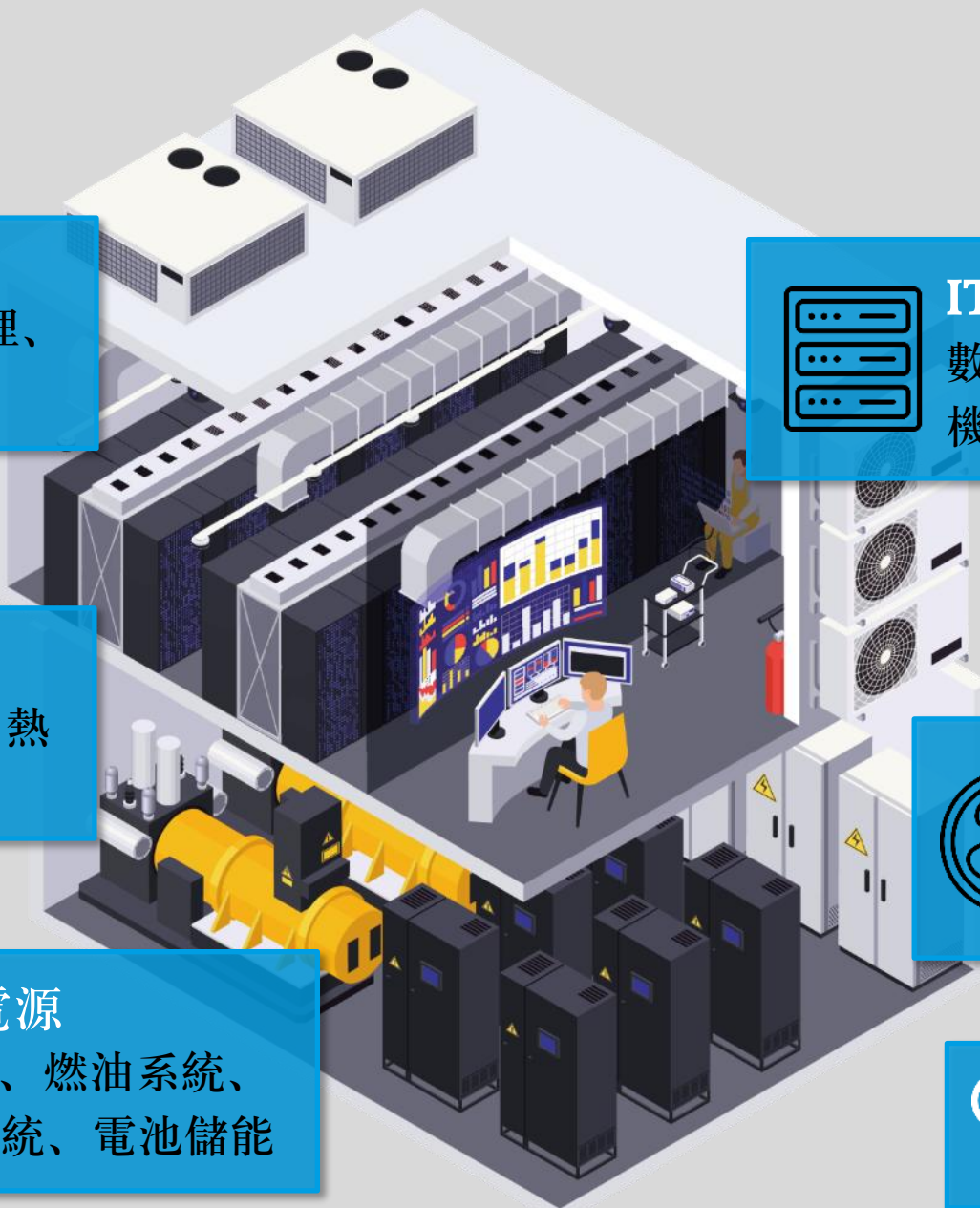


機械與冷卻

冰水主機迴路/CDU、
HVAC 系統、冷卻塔



點擊圖中數據中心應用，
獲取更多測量儀錶方案。



IT 設備及基礎設施空間



維持機架最佳環境 機房壓差與污染控制

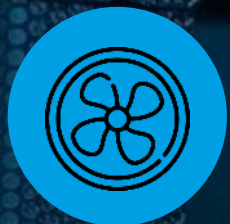
在龐大的伺服器機房中，環境條件的精確管理是確保設備安全運行的關鍵，透過精確監控氣流與壓差，能有效防止外部污染物進入，並優化冷卻效率。

精密的壓差管理

- △ **PTC31B 壓力計** 提供高精度壓差數據，協助維持數據大廳的正壓環境，防止灰塵與污染物侵入，降低設備損壞風險。
- △ 可配置開關輸出與顯示螢幕，直接作為壓力開關使用，在達到特定閾值時觸發警報，簡化了額外控制裝置，特別適合模組化機房 (Skid-based systems) 的快速部署。
- △ 支援 SmartBlue App 藍牙連接，維運人員無需接觸儀錶實體即可快速設定參數與讀取診斷數據，大幅提升巡檢效率。



機械與冷卻



機械與冷卻系統：熱容量與效率的動態管理

機械冷卻架構是數據中心熱管理的基礎，其核心任務是確保伺服器群在嚴苛的負載下仍然能夠維持在安全溫控區間。而系統運行的成敗，高度仰賴於對冰水 (Chilled Water) 與乙二醇 (Glycol) 循環迴路中流量、溫度及流體品質的極致監測。

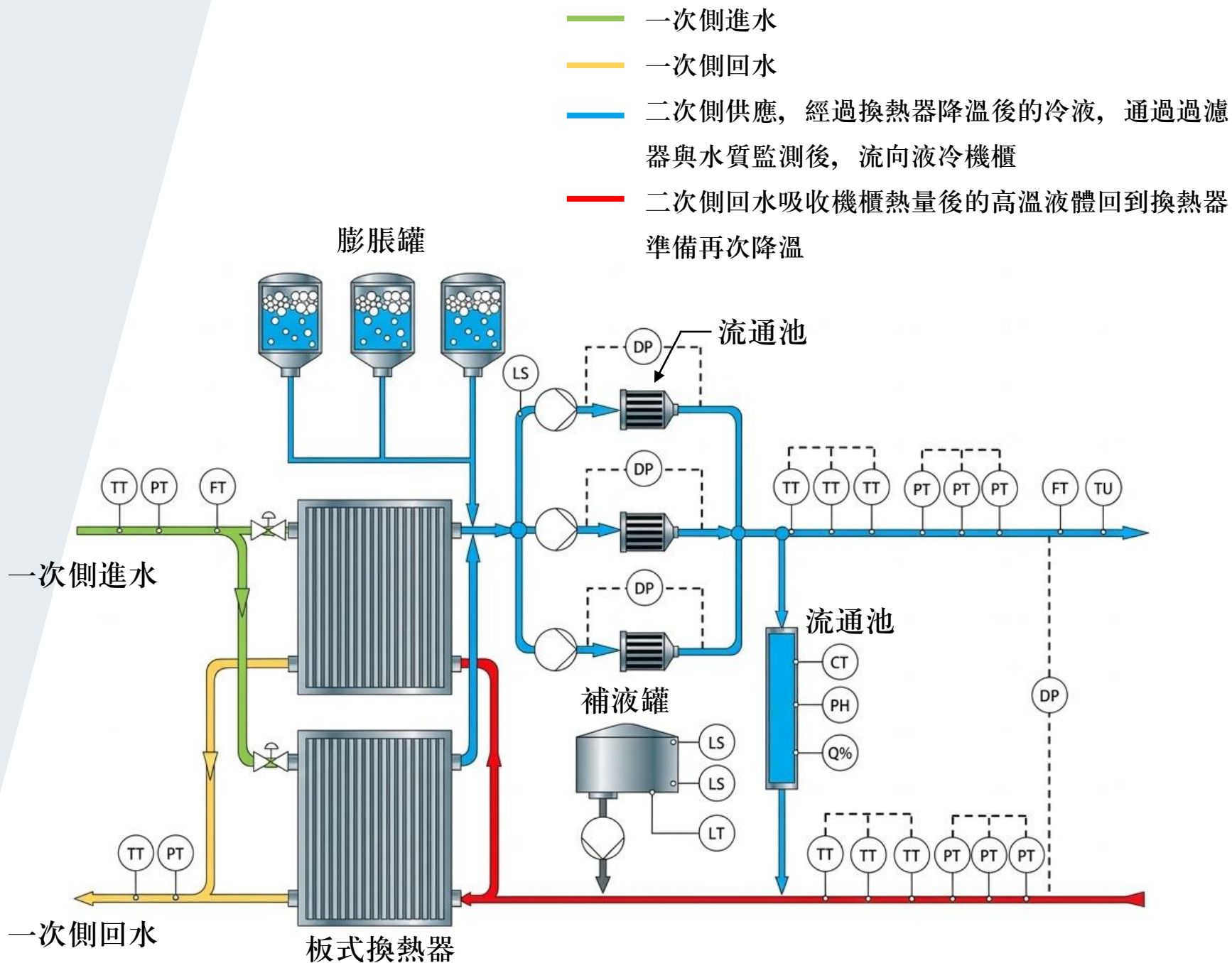
環境溫度監測

精準的環境溫度數據是優化熱交換器 (HX) 效能與冷/熱通道管理的關鍵。透過部署 **iTHERM ModuLine TST434B** 專為環境測量設計的高精度溫度計，能夠獲取極為可靠的即時讀數，從而實現可預測的冷卻表現，並有效消除可能導致設備損害的局部熱點 (Hot Spots)。



CDU液冷系統的核心

CDU (Cooling Distribution Unit) 是液冷系統的“心臟 + 大腦”。其核心是由一次側（通常指冷卻源）與二次側（去液冷機櫃，即設備端）組成，透過板式換熱器進行熱交換。



嚴密監測確保CDU效能

CDU系統為確保高效降溫，佈署了大量的監測點，這些是實現自動化控制與安全防護的關鍵。

感測器與符號說明



監測儀錶及縮寫	核心功能	保障價值
壓力監測 PT / DP	監測供回水壓力及過濾器前後壓差	確保運行壓力穩定，及時識別超壓、低壓或過濾器堵塞，保障系統安全運行邊界。
溫度監測 TT	掌握回水溫度	判斷換熱性能與伺服器散熱能力，是確保伺服器散熱安全的重要基礎。
流量監測 FT (F)	維持冷卻液循環流量穩定	支持泵組聯動與能效優化，使系統在不同負載下保持高效率運行。
水質監測 pH、電導度(CT)、濁度(TU)、濃度/品質(Q%)	綜合監控化學穩定性、清潔度	及時發現腐蝕、污染、變質或結垢，保障換熱效率與長期可靠性。
液位監測 LT / LS	監控補液罐或泵吸入口等位置的液位高度	防止泵吸空與罐溢液，並用於識別系統微洩漏，確保迴路持續穩定。

壓力監測確保系統穩定安全

CDU與循環管路中，精確的壓力監測是維持系統平衡與預防故障的關鍵。透過監控過濾器前後壓差或泵浦出口壓力，能即時掌握流體動力狀態，確保冷卻劑穩定輸送至高密度的伺服器端。

壓力監測技術

Cerabar PMP21 / PMC21 壓力計結構緊湊，能靈活安裝於空間受限的機架或緊密的冷卻迴路中。該系列提供金屬 (PMP21) 或陶瓷 (PMC21) 膜片，以應對不同冷卻介質的化學特性，並具備 $\pm 0.15\%$ 的精度。特別是獨家膜片破裂快速診斷功能，能協助維護人員在壓力異常的第一時間判定儀錶健康狀況，防止系統失效風險。



透過高精度溫度監測驗證冷卻效能

在數據中心的PG25迴路中，精確的溫度測量是驗證冷卻表現與優化能源使用的核心。擎傑企業提供多元的溫度監測方案，確保供水 (Supply) 與回水 (Return) 的溫差 (ΔT) 被準確記錄，以確認熱量是否有效地從伺服器端移除。

智慧型溫度監測技術

iTHERM TM311/TMR31 溫度計小型緊湊的設計能輕易嵌入數據中心密集的液冷管路與 CDU 模組中，不佔用多餘空間。其採用全不鏽鋼結構，具備優異的耐用性，並配備自帶護套的快響應技術，其響應時間 $t_{90} \leq 2.5s$ ，能即時捕捉流體的細微溫差，TM311 協助維運人員精確掌握熱交換效率。



革命性的非侵入式溫度監測

針對沒辦法停機改管或需要嚴防洩漏的關鍵管路，iTHERM SurfaceLine TM611 提供了一種革命性的非侵入式溫度監測解決方案。

- △ 不需中斷製程：採用非侵入式表面測量技術，不需要鑽孔或安裝套管即可實現媲美侵入式測量的精準度與響應時間。
- △ 降低風險與成本：有效消除管路洩漏風險，顯著簡化安裝與後續校驗流程。
- △ 永續運營：透過對管路溫度的精準掌控，TM611 協助優化冷卻配置，提升能源效率，完美契合現代數據中心對低 PUE 與永續發展的追求。



優化流量管理：兼顧能源效率與洩漏防護

冷卻迴路精確的流量確保了熱傳遞效率與系統可靠。過度泵送 (Over-pumping) 不僅浪費能源，更會顯著提高營運成本，而潛在的洩漏或阻塞則可能導致熱失控與非計畫性停機。

水處理專用電磁流量計

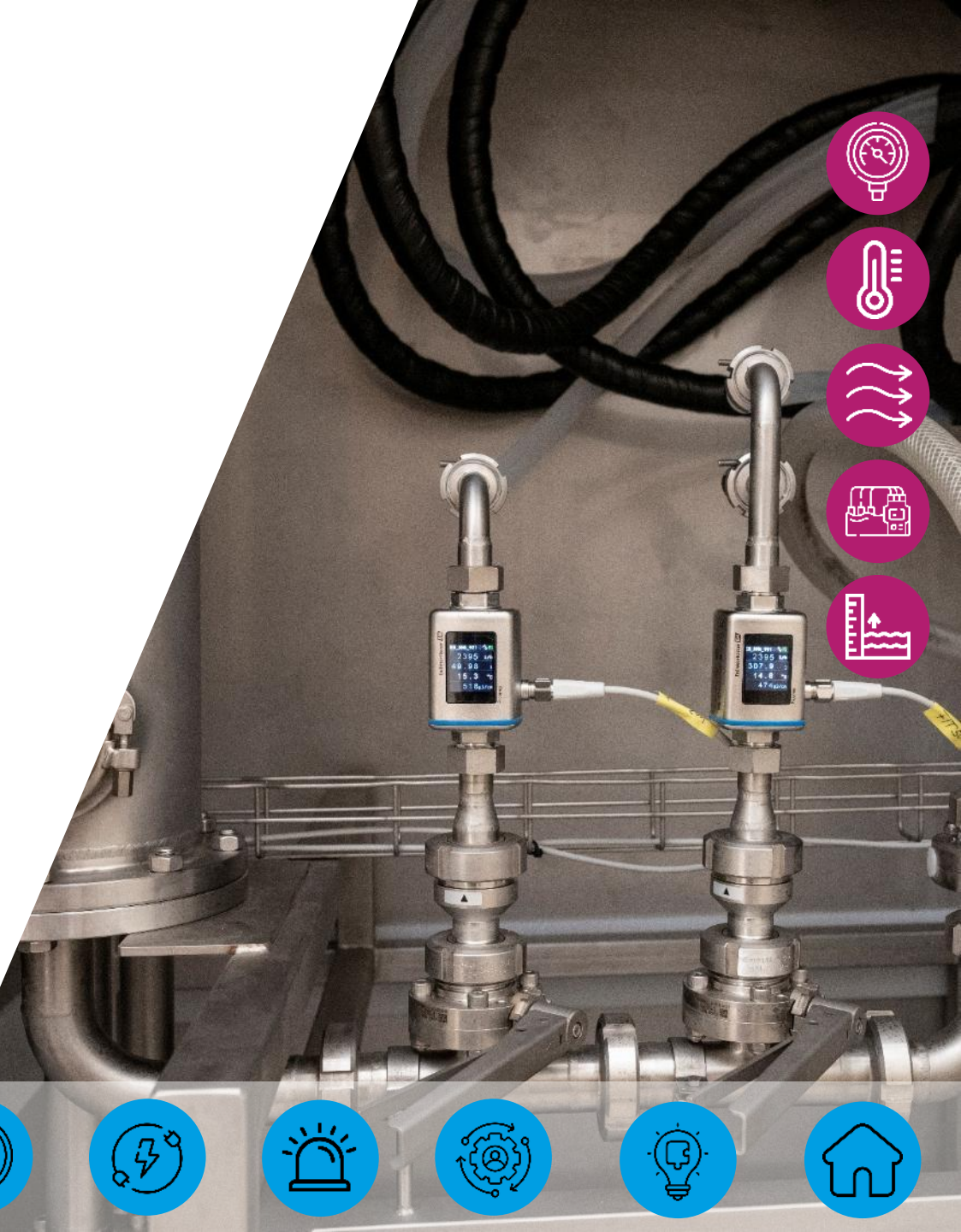
Endress+Hauser Promag W 系列電磁流量計是專為水處理與循環系統設計，對於有導電性的冷卻介質具有極高的測量精度。透過其優異的穩定性，能夠精準平衡系統負載，在不消耗額外能源的前提下實現冷卻性能最佳化。此外，Promag W 具備強大的診斷功能，能夠即時識別流量異常，在問題升級前預先防範洩漏風險，確保數據中心 24/7 的持續運作。



空間受限的流量監測精準方案

在數據中心（尤其是CDU冷卻分配單元或機架級機箱內部），有限的安裝空間是最大的挑戰。Picomag以其極致小巧的設計，為狹窄管路中的流量監測提供了完美解決方案。

- △ 極致小巧與靈活安裝
- △ 單一儀表即可同步測量流量、溫度與電導率，減少安裝位點。
- △ 透過SmartBlue App無線調整，不需觸及狹窄角落的儀錶實體。
- △ 採用電磁感應原理，測量結果完全不受壓力、密度、溫度和黏度變化的影響，確保在動態負載下的數據準確性。



大型冷卻主管的高效流量與熱能監測

針對大規模數據中心的大口徑冷卻主管（通常為15吋或更大），維持主線流量的穩定對於防止 IT 設備過熱非常重要，在這些大型管道上部署**Prosonic Flow W** 夾管式超音波流量計，能展現顯著的技術優勢。

- △ 零停機安裝：直接安裝於管路外側，無需切管、焊接或停水，這對於無法承受停機損失的數據中心十分重要。
- △ 降低工程複雜度：不需安裝大型旁路或隔離閥，大幅節省規劃空間和硬體成本。

這種解決方案不僅提升了能源利用率，更極大化了系統的可維護性，是現代高密度數據中心主管監測的理想選擇。



維持流體品質以極大化冷卻表現

數據中心的冷卻迴路極度依賴乙二醇混合液的化學平衡，若是流體品質不佳（如 pH 值偏移），將導致熱傳導效能下降、管路腐蝕或結垢，進而損害敏感組件。

- △ **Orbipac CPF81E pH電極**是降低風險與成本的選擇，採用 Memosens 數位技術，具備抗干擾能力，特別適合數據中心充滿電子雜訊的環境。並且帶有抗污染設計，內建大型鐵氟龍隔膜，有效防止雜質附著，確保在循環冷卻水中的長期穩定性。
- △ **Liquiline Compact CM72 傳送器**極致輕巧實現空間優化，兩線制迴路供電設計，體積小，可直接安裝在管路或電極上方，不佔用寶貴的機櫃空間。

除了pH外，我們也提供**電導度**、**濁度**等品質分析電極...



精確監測冷卻劑品質

PG25的濃度與純度發生偏移，不僅會導致熱傳導效率大幅下降，更可能因流體變質或黏度改變，造成泵浦額外負擔及冷卻系統失靈。Teqwave H 超音波濃度計是確保冷卻液品質的最佳解決方案，它利用聲速與溫度補償精確測量 PG25 的即時濃度，能敏銳察覺流體是否有稀釋或變質跡象。

- △ 極致節省空間：針對數據中心寸土寸金的內部環境，Teqwave H 具備極其緊湊的小型化設計，能輕易嵌入冷卻分配單元（CDU）或狹窄的二次側管路中，不佔用寶貴的空間。
- △ 免維護的高可靠性：無動件、無消耗品的固態感測設計，有效避免傳統光學式濃度計因鏡面髒污而產生的誤差，為數據中心提供 24/7 的穩定品質防線。



靈活配置的液位安全防護

針對數據中心多樣化的儲水與冷卻監測需求，我們提供多種點位式液位保護方案，確保系統運行的絕對安全：

- △ **Liquipoint FTW23 電容式液位開關**結構緊湊的設計，特別適用於安裝空間狹小的管路或小型水箱。專為水基介質G設計（介電常數 >20 ），能精準偵測冷卻循環水的水位狀態。其食品級不鏽鋼材質與簡易安裝特性，為冷卻系統提供高性價比的點位監控選擇。
- △ **Liquiphant FTL31液位開關**作為業界尺寸最小的音叉傳感器，專為極限空間而生。其開關狀態不受介質特性影響（如氣泡、亂流或積垢），且具備即插即用的特性，更不須校正或調節。



備用電源控制



確保電力穩定：發電機燃油監測與維運

數據中心對備援電力的依賴程度極高，發電機組的可靠性直接取決於燃油供應的穩定與安全。我們提供從「精確計量」到「洩漏防護」的全方位數位化監控方案。

確保燃油存量與業務連續性

精確的燃油存量監控是供應鏈管理與運營不中斷的基礎，

Micropilot FMR10 / FMR20 雷達液位計具有非接觸、高精度特點，不受柴油密度或溫度變化影響，提供連續且精確的剩餘油量比。同時，該液位計內建 Heartbeat Technology，能自動產出設備健康報告，確保在關鍵時刻感測器始終維持最佳性能，符合合規性稽核需求。



針對更複雜的領域選擇

針對更複雜的工況或對安全性要求極高的場域，**FMR6xB** 系列採用先進的 80GHz 技術，具備極窄的發射角，能有效避開油槽內部的障礙物（如加熱管或支架），提供更穩定、更精準的測量數據。該系列符合 SIL 2/3 安全等級認證，並同樣支援藍牙與 Heartbeat 技術，是現代化高可靠性數據中心的最佳選擇。



防範環境污染與火災風險

燃油管路破裂或儲罐滲漏是數據中心巨大的隱災。我們在油槽外部、集油盆及傳輸管路佈建專業偵測系統。

NMR300漏油偵測

- △ 一旦偵測到不該出現的液體燃料，系統將立即透過 DAP 平台發送緊急告警，防止洩漏擴大導致環境污染或引燃風險。
- △ 精準定位：感應電纜可沿管路佈設，精確指出洩漏發生的位置，縮短搶修時間。



安全與控制



安全防護核心

在現代化數據中心的基礎設施管理中，單純的固定式監控已不足以因應複雜的突發狀況，透過**Durabook強固型/防爆平板**結合**DAP數據管理平台**，能隨時掌握環境資訊，將安全措施一舉提升至「主動防護」。

跨設備整合與數據可見性

DAP數位管理平台將現場離散的氣體洩漏偵測器、熱顯像儀、振動偵測等感測器資訊整合至單一平台。大幅減少資訊延遲，並將數據精煉為具備優先順序的「可行動安全訊號」，以圖示方式清楚呈現，平台同步記錄事件發生前後的數據走勢與歷程。並自動將告警顯示於行動裝置，為現場與行動建立起最強橋樑，使數據真正轉化為守護場域的關鍵決策力。



高風險環境的移動指揮中心

數據中心環境複雜，包含高功率電力區、液冷循環區及可能存在冷媒洩漏或氫氣積聚（電池室）的風險區域。

Durabook 強固型/防爆平板

- △ 強固與防爆雙重保障：U11I/U11I-EX平板專為嚴苛環境設計，具備 MIL-STD-810H 軍規認證及 CID2/ATEX/TS防爆認證。即使在潮濕的冷卻機房或具備潛在氣爆風險的區域，維運人員仍能安全地操作設備。
- △ 全天候高亮度顯示：即使在機房強光或戶外高溫環境下，人員依然能清晰讀取熱顯像數據與複雜的系統圖表。



公用事業系統



優化水資源管理：確保冷卻系統的穩定與永續

數據中心的冷卻塔與儲水系統是維持 IT 設備正常運行的核心。精確的水位管理不僅能提升冷卻效率，更能有效防止泵浦乾轉損壞及水資源浪費。

針對儲水槽的連續水位監測，我們採用 [Micropilot FMR20 雷達液位計](#)，其非接觸式技術確保了長期的準確性與低維護需求。所有的監測數據與設備狀態，皆透過 [DAP 數據管理平台](#) 整合呈現至 [強固型/防爆平板](#) 作為移動式指揮中心。



關鍵點位使用液位開關防護

在不需要連續監測，但需要「絕對安全門檻」的應用場景（如高水位防溢流、低水位防乾轉），**FTL31 音叉式液位開關**是最經濟且可靠的守護者。

- △ FTL31 透過音叉振動頻率的變化來偵測液體，與傳統浮球開關不同，它不受液體紊流、氣泡、泡沫、懸浮顆粒或甚至積垢的影響，確保報警絕不誤報。
- △ 無機械運動組件，不受磨損或卡死而失效。精巧鋼製外殼，使其能輕易安裝在狹窄的管路或水箱角落。
- △ 具備 LED 狀態指示燈，巡檢人員一眼即可辨識當前水位狀態。



案例分享



案例分享：PG25流體品質管理

全球領先的資料中心 IT 設備供應商

在追求極致效能的液冷架構中，冷卻劑的品質是守護算力的第一道防線。我們協助國內伺服器領導大廠，導入雙指標監控方案，確保 PG25 冷卻液始終處於最佳運行狀態。

解決方案：超音波技術與科氏力質量的雙重守護

- △ Teqwave H 超音波濃度計：內建的 PG25 濃度轉換表，即時監控冷卻液成分比例，防止因濃度偏差導致的熱交換效率下降。
- △ Promass I 多參數監測：同步監控流體的流量與黏度，預防因流體變質導致的泵浦損耗與管路結垢



案例分享：大規模液冷監控優化

數據中心 PG25 冷卻液即時監測

隨著數據中心越來越多採用PG25進行液冷散熱，維持流體的完整性與純度變得更重要；一家領先的數據中心服務供應商為了確保其高密度機房的穩定運行，選擇了**超過200組E+H Orbipac CPF81E pH 電極與 Liquiline Compact CM72 傳送器組合**。目標是針對 PG25 冷卻迴路進行 24/7 的即時水質監控，以預防任何可能導致設備停機的風險。

優勢

- △ 極致節省空間：能輕易安裝在密集的二次側迴路中。
- △ 高可靠性：能抵抗機房內的電子雜訊干擾。
- △ 簡化維護：支援大規模部署下的快速校驗與更換。



案例分享：高效能液冷分配與熱交換監測

散熱櫃 (Sidecar) 與機房冷卻分配單元 (CDU)

隨著 AI 運算帶動機架功率飆升，精確的流量與溫度數據是確保熱管理效率的核心。我們協助國內電源供應器巨擘，在從 140kW 末端散熱到 2.1MW 整排冷卻分配中，實現每一瓦熱能的精準監控。

優勢

- △ 在空間極其受限的 Sidecar 內部，需在高密度配置下維持散熱效能；Picomag DMA50 電磁流量計緊湊設計，並整合流量與溫度雙參數測量，完美嵌入支路管路
- △ 針對整排機架的冷卻核心，系統需具備工業級穩定性與極低壓損；Promag W400 電磁流量計全管徑設計確保零壓力損失，讓冷卻泵浦維持最高效率，優化PUE。



驅動 AI 世代 數據中心效能與永續的全面進化

隨 AI 算力需求增加，數據中心面臨的終極挑戰，是在快速擴充產能 (MW) 的同時，極大化能源效率 (PUE/WUE) 並確保零中斷營運。

精確監測：高效基礎建設的基石

從中央機房到白區 (CDU、熱交換器、CRAH)，擎傑企業 (Kingjarl) 提供流量、壓力、溫度及水質監控方案，確保冷卻系統以巔峰效率運行，在保護昂貴 IT 設備的同時，顯著降低能耗。我們更是您的數位維運夥伴，DAP 數據管理平台與 Durabook 強固型平板，賦予三大優勢：

- △ 極大化 Uptime：透過 Heartbeat 技術實現預防性維護與零接觸診斷。
- △ 優化 PUE/WUE：以精準數據推動超低能耗與節水策略。
- △ 加速上線：標準化設計縮短部署時程，助您快速回應市場需求。

我們不只提供設備，更協助您達成卓越營運韌性，在 AI 浪潮中保持領先。





KINGJARL
擊|傑|企|業



Kingjarl.com.tw



@kingjarl



02-2718-3938

