

經濟部研究機構 117 年能源科技專案計畫

節約能源領域研究重點說明

壹、智慧電網次領域研究重點

一、背景說明

- (一)智慧電網方案修訂已於 109 年獲行政院核定，歷經前期佈建階段(100~104 年)、推廣擴散階段(105~109 年)，目前已進入廣泛應用階段(110~119 年)。廣泛應用階段中期將以強化電網韌性，因應氣候變遷，建立安全和適應性強的電網，提高供電穩定度為目標。後期則將落實電業改革，強化低碳能源使用、電網安全可靠、市場公平交易、資訊公開透明等，以達能源永續發展。
- (二)國發會 111 年 3 月公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，其中規劃「十二項關鍵戰略」來達成淨零目標，「電力系統與儲能」為十二項關鍵戰略之一，包含：推動分散式電網並強化電網韌性；推動電網數位化與操作彈性提升電網應變能力，運用資通訊物聯網技術促進系統整合；擴大因應再生能源變動所需儲能等彈性資源規劃。
- (三)行政院已於 111 年 8 月 19 日核定台電「強化電網韌性建設計畫」，透過「分散電網」、「強固電網」、強化「系統防衛」三大主軸提高電網韌性，有效避免設備故障或失效，並採裕度設計，避免停電事故發生；即使發生停電事故，可透過分散性及系統防衛機制，限縮影響範圍、縮短復電時間。預計在十年內為現行電網系統推動全面升級，改善電網韌性。
- (四)配合 2050 淨零轉型及運具電動化政策，政府持續推動電動運具普及與公共充換電網絡建置。行政院於 113 年 10 月 14 日明確劃分電動車充換電設施之跨部會權責，由經濟部負責電氣安全與設備標準，交通部負責電動車運具管理、充換電站配置規劃及停車場管理，內政部負責消防安全與建築管理。
- (五)《電業法》已於 114 年 5 月修正通過，本次修法主要聚焦於四大重點，包含台電公司維持現行經營型態不分割，透過廠網整合綜效，提高投資效率及維持供電穩定；開放再生能源售電業同業互售，增加業者經營彈性；納管併網型儲能及需量反應，明確依循法規，降低業者設立

風險並擴大潛在電力資源；確保電力交易平台中立性，加強電力交易平台監管機制，確保電力市場公開透明，並得視市場發展成立具獨立性交易單位。藉以因應國內外能源轉型趨勢。

- (六)因應 114 年 7 月丹娜絲颱風及七二八豪雨造成多縣市長時間停電與通訊中斷，依「丹娜絲颱風及七二八豪雨災後復原重建特別條例」及行政院公告災區範圍，推動防災微電網建置，提升地方供電韌性與災害應變能力。

二、研究重點說明

- (一)117 年度智慧電網次領域，請針對「智慧電網政策推動與技術驗證」、「電力市場運作及電業監管機制推動」、「配電網韌性強化技術發展」及「微電網與電動車充放電設施管理機制推動」等項目進行構想書提案。

- (二)重要指標請參考如下：

1. 智慧電網政策推動與技術驗證

重點技術項目	因應節能或產業政策需求之最低指標
智慧電網發展策略與法規環境建構	● 國際智慧電網發展及應用趨勢研析。 ● 「智慧電網總體規劃方案」之推動與銜接方案規劃。 ● 智慧電網法規制度研析與總體規劃方案之執行管理。
區域電網調度管理示範驗證	● 推動數位電網設備調控與資訊整合測試，包括高粒度配電網量測與應用框架、區域分散式資源彈性併網運轉管理調控及 500kVAR E-STATCOM 功能驗證。

2. 電力市場運作及電業監管機制推動

重點技術項目	因應節能或產業政策需求之最低指標
電力市場運作與特定電力供應業管理	● 精進電力市場及特定電力供應業監管機制。 ● 規劃電能市場納入電力交易平台之上線做法。 ● 完善輔助服務市場運作機制。
可靠度與系統韌性監管機制	● 協助電力可靠與韌性推動管理辦公室業務推動，如定期出具我國電力可靠度與系統風險評估報告、檢討國內外電力重大事故、檢討各類電力資源併聯技術要點等國內重大電力系統重要議題。 ● 協助電力可靠度審議會運作，如研訂各類電力資源淨尖峰能力評估原則與其他涉及電力可靠度關鍵議題。

重點技術項目	因應節能或產業政策需求之最低指標
系統加入技術規範與可用率數據研析	● 研擬國內大負載加入系統之相關制度與規範。 ● 推動電力可用率數據應用機制。

3. 配電網韌性強化技術發展

重點技術項目	因應節能或產業政策需求之最低指標
配電系統特用通訊框架開發	● 研析微秒級量測傳輸通訊框架，以適用 uPMU 之高粒度資料傳輸需求，並掌握饋線即時運行數據，同時完成 uPMU 資料處理中心與電業 AMI 系統串接驗證。 ● 發展後量子密碼學(PQC)之加密資安技術，解決未來量子運算時代之資安威脅，並滿足配電網數位化之資安升級需求。
配電資訊整合應用技術	● 發展彈性併網技術並評估其可行性，以促進再生能源發展和充分運用電網基礎設施，同時維持電網韌性。 ● 開發配電資料異常診斷與應用技術，建立異常判讀特徵（如電壓變動、相角偏移等），並分析不同異常情境之特徵差異，提升配電網異常診斷之效率。 ● 建立具 AI 影像辨識之無人載具智慧巡檢，可大規模部署於偏遠山區饋線，以即時偵測饋線異常並回報，提升供電可靠度與維運效率。
構網型靜態同步補償器技術	● 開發系統容量 500kVAR 及效率>98%之寬能隙(WBG)三相電壓源轉換器，提供>1s 慣量支撐，並導入 1.5 倍過載能力與故障穿越(FRT)保護機制。 ● 開發電力品質補償控制技術，達成多機並聯穩定度控制，並與電網形成之設備協調運轉。

4. 微電網與電動車充放電設施管理機制推動

重點技術項目	因應節能或產業政策需求之最低指標
微電網系統整合、標準化與測試驗證	● 發展微電網之併離網整合技術，並達成再生能源、儲能、備用電源及可控負載等多元資源整合。 ● 研析微電網系統架構、設備功能、電氣介面、通訊協定、資料格式及保護控制等標準化需求，提升設備相容性、可替換性及擴充彈性。 ● 建立微電網之功能測試、竣工驗收及整體系統驗證方法，確認平時調度與孤島供電等功能。 ● 研析微電網場域 EMS 必要資料項目、交換格式及介接方式，提升不同設備及系統間之相容性，並保留未來與台電或相關管理系統介接之彈性。

重點技術項目	因應節能或產業政策需求之最低指標
微電網與充電設施 國際制度及併網管 理研析	● 蒐集國際微電網、分散式能源及電動車充放電之政策制度、技術標準、併網規範、監管機制及示範案例。 ● 評估國內微電網相關規範之項目，並研提併網審查、資料提送、定期查驗及異常管理等制度建議。
微電網與充電設施 運轉監管、維運及後 續查驗	● 建立微電網與充電樁場域之設備登錄及維運查驗資料管理機制(如管理單位自主回報、異常通報、巡檢保養、故障修復、抽查稽核及缺失改善追蹤)、設備管理及運轉成效。 ● 依微電網與充電樁場域之技術規範、竣工驗收與測試結果、運轉數據、維護紀錄、故障告警及歷次查驗資料，建立電氣安全後續查驗依據。

貳、工業節能次領域研究重點

一、背景說明

- (一) 綜整國際能源總署(IEA)、美國能源部(DOE)及日本新能源產業技術綜合開發機構(NEDO)等研發指引，國際工業節能趨勢已由單一設備改善，轉向跨設備、跨系統及整廠整合。因此，本次領域規劃以「系統能效優化」、「熱製程電氣化」及「AI 代理能管&智慧控制」三大方向為主要架構。
- (二) 我國工業部門用電量居各部門之冠，114 年度達 1,573 億度，約占全國總用電量 55.6%，且用電量與占比持續成長。因應未來用電需求持續增加，工業節能研發將強化高效率電力設備、製程電氣化及智慧用電調控等技術開發。
- (三) 工業部門主要用電行業為電子業 696 億度，占 44.2%；化材業 278 億度，占 17.6%；金屬基本與加工業 234 億度，占 14.9%；其他行業 365 億度，占 23.3%。受半導體及人工智慧應用需求帶動，近十年電子業用電年均成長率達 4.5%，高於工業部門整體之 1.8%，已成為工業節能技術布局之重點。
- (四) 半導體及電子產業為維持製程良率與環境穩定，無塵室廠務系統用電約占產業總用電 45%，主要耗能來源包括空調、空壓、超純水、製程冷卻水及排氣系統。未來節能研發應聚焦潔淨氣側、冰水與製程冷卻水及空壓站等共通廠務系統，並由單機效率提升轉向跨設備協同控制與整體能效最佳化。
- (五) 國內目前外氣空調箱採用高效率電子換向(Electronically Commutated, EC)風扇導入率仍低於 10%，且高效率 EC 風扇、高靜壓扇葉、高效除濕材料及低溫再生化學濾網等技術仍多仰賴進口。未來應聚焦高效率 EC 風扇與風扇陣列、高靜壓流體循環模組、高效外氣潔淨處理元件、AI 群控及空調箱系統整合，並建立 EC 風扇測試驗證與性能評估機制，以建構自主供應鏈並提升潔淨空調系統能源效率。
- (六) 無塵室空壓系統多採無油式空壓機，系統能效值普遍介於 9~12 kW/CMM，氣體洩漏比例約 25%，另有約 64%壓縮廢熱未被利用。國內無油式空壓機亦高度仰賴進口，其控制程式與通訊協定易受國

際設備商綁定，並限制系統能源流向分析和節能改善。未來可聚焦(1)無油螺桿壓縮機自主設計平台，開發變動壓比齒型、乾式壓縮腔體散熱及水潤滑聚合物轉子等關鍵技術；(2)廢熱驅動除濕乾燥、進氣預冷及超低露點冷凍式乾燥機等技術；(3)整合多模態感測、虛擬量測技術、無人載自主巡檢，建構異常溯源與情境模擬之智慧決策系統，以降低洩漏、空車運轉及不合理供氣之能源損失。

- (七) 國內能源大用戶之冷卻水系統年用電量約 290 億度，其中冰水機占比高達 70%。過去國內此大型製冷需求多仰賴體積較大之進口低壓型設備；然而，面對近期製冷需求激增、廠房空間與進場動線受限，以及工業冷卻對「中溫與低溫共存」的特殊需求，大型中壓型 R1234ze 製冷設備在兼顧效率與空間的考量下，更具產業優勢。因在相同製冷能力下，中壓型設備體積可較低壓型縮減 30% 以上，未來若能進一步提升 R1234ze 設備之冷卻效率，並整合高效中低溫冷卻需求，節能效益將呈倍數成長。因此，我國應積極發展小型化、高效率且兼具智慧節能之低 GWP「國產無油製冷設備」，以全面滿足工業低溫空調與中溫製程冷卻之雙重需求。
- (八) 工業部門之中高溫加熱與燃燒製程操作溫度約 300~1,200℃。由於升溫、持溫及降溫階段之熱負載不同，單一燃燒或電加熱熱源難以兼顧快速升溫、精準控溫及能源效率。因此，應發展燃燒與電熱複合式加熱技術，結合 AI 智慧調度，依製程負載、能源價格及設備效率，動態切換全燃燒、全電熱或可變比例複合模式。另外燃燒製程可結合快速吸放熱模組及高溫儲熱材料，建構適用 150~1,200℃ 熱源之跨設備熱能回收、暫存及再利用網路，目標達整廠節能率 20% 及餘熱回收率 35%。針對廠務氣體處理爐，可發展催化燃燒及多孔介質低熱值燃燒技術，利用高效觸媒降低燃氣反應溫度，並藉由多孔介質熱再循環機制，提高低熱值氣體穩定燃燒與能源利用率。
- (九) 在熱製程電氣化方面，微波及射頻加熱則可透過材料內部產熱，已應用於乾燥、硫化、殺菌、預熱及材料處理等場域。惟工業放大仍面臨介電特性變化、穿透深度、加熱均勻性、安全防護及連續化製程模型等問題。另外，高溫熱泵亦為重要發展方向。歐洲及日本已投入供熱溫度約 180℃、COP 大於 2.5 之工業高溫熱泵研發；國內目前仍以供熱溫度約 85℃ 之住商用熱泵熱水器為主。未來應發展高溫熱泵與機械蒸氣再壓縮(MVR)整合技術，使整體 COP 達 2.0 以

上。冷媒選用亦須符合低 GWP 及 ASHRAE A1 安全等級。

- (十) 傳統用電設備量測多需停電安裝電力儀表，不僅建置成本高，亦影響產線運作，因此開發非侵入式高功率電力量測元件與低功耗邊緣運算裝置，具備免停機、快速安裝優勢，可即時解析設備用電特徵並偵測運作異常，電流最大量測可達 3kA，且量測誤差 $\pm 1\%$ 以內，並整合非侵入式高功率電力量測技術、邊緣物聯網(Edge IoT)、能源管理系統及後端 AI Agent 技術，全面提高能源數據準確性、即時性及控制可靠度，推動工業能源管理由「被動可視化」正式邁向「自主最佳化」，預期提升能源使用效率 $>3\%$ 。
- (十一) 現行能源大用戶深度節能多以設備汰換為主，惟工廠設備眾多、系統高度耦合且負載持續變動，現有能源管理系統仍以監測、警示及事後分析為主，難以依即時負載及製程需求自主調整設備運轉，整廠節能效益受限。尤其熱處理、壓鑄等高耗能製程，普遍存在待機空轉、重複升降溫、裝載率不足、尖峰用電及廢熱未有效利用等問題。未來應發展以 AI 代理(AI Agent)為核心之智慧能源管理技術，建構「單機 AI+ 中央代理」協同架構，整合設備控制、跨設備排程、能源調度、負載平衡及廢熱回收，建立具自主決策能力之整廠智慧能源管理系統。預期代理任務協作成功率可達 90% 以上、異常偵測誤報率 (False Positive Rate) 低於 10%，整廠能耗降低 10% 以上。
- (十二) 高耗能製程(如紡織、食品加工等)，仍缺乏材料、熱能與製程參數整合控制，多仰賴操作經驗設定，導致能源耗用、材料利用率及產品品質仍有改善空間。未來應發展材料劑量與能源耗用協同最佳化、熱能供給智慧控制、關鍵製程與設備最佳化及產品品質預測技術，並結合高效率吸附材料及 AI 代理能源管理，降低吸附材再生能耗，透過即時監測、負載預測及製程最佳化控制，建立智慧製程示範場域，以兼顧節能、品質與生產效率。
- (十三) 隨著工業製程對溫度控制、流體輸送、分離純化及能源穩定供應的要求日益提高，僅依靠設備汰換、操作調整及單項改善措施，已逐漸面臨材料性能、機械摩擦、熱能逸散與能源轉換效率等技術瓶頸，難以支撐深度節能及淨零轉型需求。因此，未來工業節能研發情境，將由單一設備效率改善，進一步融合先進材料、高效率能源轉換、低能耗分離及高溫熱管理等次世代創新節能技術，從材料、元件至系統層級突破既有效能極限，並兼顧可靠度、模組化設計與場域適

用性，藉此降低能源需求、提升能源與廢熱利用效率，建立我國工業深度節能所需的關鍵技術及設備自主能力。

二、研究重點說明

(一)117 年度工業節能次領域，請針對(1)系統能效優化分項之「無塵室氣側」、「空壓(動力)」、「製程冷卻水系統」、「熱能系統」；(2)熱製程電氣化分項之「高溫熱泵/蒸氣再壓縮(MVR)」及「新興電加熱」；(3)AI 代理能管&智慧控制分項之「電力感測分析與 IoT 邊緣運算」、「多智能體系統框架與 AI 代理」、「製程精準控制」及(4)次世代技術分項之「次世代節能科技」等相關技術進行構想書提案。

(二)重要技術指標請參考如下：

1. 系統能效優化

系統別	重點技術項目	因應節能或產業政策需求之最低指標
無塵室氣側系統	流體機械循環模組	● 開發高效率 EC 風扇流體循環模組，建立 3~5 kW 中高功率 EC 風扇模組，整合全載、部分負載皆達 IE5 高效率驅動，全載及部分負載風扇效率皆達 65%以上，超越 ErP 2026 能效要求。 ● 建立高效率空調箱空氣潔淨系統，導入 EC 風扇陣列與 AI 智慧群控，支援 800~1,500 Pa 高靜壓運轉，空調箱系統比功率(SFPint)降低至 2.3 kW/(m³/s)以下。相較現行採用合規 IE3 風扇馬達之空調箱系統，能效提升 15%以上，並完成潔淨廠房示範驗證。
	潔淨氣流材料與元件	● 開發高效率外氣潔淨處理材料與元件，使空調系統空氣側能效降低至 0.75 kW/RT 以下。相較冰水盤管除濕與高揚程噴霧水洗系統，潔淨、降溫及除濕總耗能降低 15%以上。 ● 開發低溫再生型化學濾網，再生溫度降至 80℃以下，相較既有商用吸附濾材，在相同吸附量下，再生能耗降低 30%以上。
空壓(動力)系統	無油空壓機轉子	● 擴增無油螺桿自主設計平台，開發乾式(比功率<9 kW/CMM、排氣溫度<220℃)與水潤滑(洩漏率<10%)機型之關鍵元件。

系統別	重點技術項目	因應節能或產業政策需求之最低指標
	空壓機預冷&極低露點冷乾機	● 開發廢熱回收進氣預冷(進氣$<15^{\circ}\text{C}$、空壓機能效提升$>4\%$)與超低露點冷乾機，較傳統乾燥機節能 15%以上。
	空壓異常辨識技術	● 建構智慧能耗管理與決策平台，整合多模態感測、老化補償模型與無人載具自主巡檢，預警準確率$\geq 85\%$。
製程冷卻水系統	無油製冷流體機械	● 開發高效多溫域製冷設備：開發 1,000RT 等級之低 GWP 中壓型冰水機，於製程冷卻之中溫應用(如 22°C)，性能指標(COP)達 15.5。 ● 開發精緻型製冷設備：中壓型製冷設備體積較同級低壓型製冷設備縮減 30%以上。 ● 開發邊緣 AI 智慧運算技術：透過智能化動態調配，提高系統節能 5%以上；並建立設備效率模型，使其預測效率誤差小於 8%。 ● 建立示範推廣與案場：推廣低 GWP 製冷設備於國內外示範達 5~10 套案例，節能率達 30%以上，以關鍵技術落實示範實績驗證，深化國內產業鏈之技術自主化。
熱能系統	鍋爐&燃燒技術-氣電複合式加熱	● 依升溫、持溫、降溫階段與節能目標動態調整能源比例(全電熱/全燃燒/可變比例複合模式)，提升全製程能源效率與最佳均溫性，節能率整體最高達 40%，均溫性$\pm 10^{\circ}\text{C}$。
	鍋爐&燃燒技術-催化燃燒	● 開發複合式催化燃燒節能技術，應用於半導體廠務溫室氣體處理爐，相較傳統電熱式氣體處理爐，目標達成節能 7%以上。 ● 開發多孔介質高效燃燒技術，應用於工業爐，結合多孔介質優異的熱傳導與輻射特性，較傳統自由火焰燃燒爐可提升約 10%-20%的熱能利用率。
	廢熱回收利用	● 能源系統最佳化，預期整廠能耗降低約 10%。 ● 高溫廢熱回收系統，預期餘熱回收率 35%，應用於整廠節能率 20%。

2. 熱製程電氣化

重點技術項目	因應節能或產業政策需求之最低指標
高溫熱泵/ 蒸氣再壓縮(MVR)	● 開發工業高溫熱泵與機械蒸氣再壓縮複合系統，將工業低品位廢熱高效升級至 150°C 高壓飽和蒸氣之相變製程應用。 ● 採用多級冷媒蒸氣壓縮循環搭配多級機械蒸氣再壓縮之複合架構，整體架構 COP 達到 2.0 以上。
新興電加熱	● 高溫電加熱技術開發與先期可行性評估，例如紅外線加熱(>600°C)、高溫微波加熱(>1000°C)。相較傳統電阻式加熱製程，升溫時間縮短≥30%；單位產品能耗降低 15%。

3. AI 代理能管&智慧控制

重點技術項目	因應節能或產業政策需求之最低指標
電力感測分析與 IoT 邊緣運算	● 針對工業場域各式高耗能設備，開發非侵入式高功率電力量測元件進行設備能耗快速揭露應用，該電力量測元件內建環境取能模組可取>1W 功率，整體電流最大量測至 3kA，量測誤差±1%以內。 ● 開發具備無線及多種工業通訊協定的低功耗邊緣運算裝置，並結合非侵入式高功率電力量測元件，以解析設備用電特徵。該裝置將導入至少兩種邊緣分析技術，當設備達到不經濟運轉的『能耗劣化拐點』時，便能自動觸發即時異常告警，異常判斷準確率≥80%。
多智能體系統框架與 AI 代理	● 建置多智能 AI 代理人系統，執行多代理協作與工作流引擎，並完成多場域可配置代理架構，整體 AI 多代理任務協作完成率≥90%。 ● 開發能耗異常偵測 Agent 模型，識別異常耗電設備並具可解釋性證據，異常偵測誤報率(False Positive Rate)≤10%。 ● 建立事件資料模型與事件分類規則，並導入有限閉環控制，支援即時事件驅動優化，預期閉環回應時間(事件→建議)≤180 秒，閉環執行任務完成率 85%。 ● 結合以上 AI 代理關鍵技術，預期提高能源使用效率>3%。
製程精準控制	● 針對高耗能製程，建立智慧能源管理與節能控制技術，整合精準材料劑量控制、熱能供給調控及製程品質監測等技術，透過智慧感測、AI 分析及自適應控制，降低材料用量 3%以上、熱能使用量 10%以上。 ● 開發通用智慧型環境調節控制系統，導入 AIoT 監控技術，結合 AI 演算法進行數據分析、運轉參數預測及動態控制，相較於傳統採固定溫濕度上下限啟停冷氣、加熱、除濕及通風設備，且各設備獨立運轉之控制方式，節能 15%以上。

4. 次世代技術

重點技術項目	因應節能或產業政策需求之最低指標
次世代節能科技	● 磁浮空壓機，較傳統相同供氣量之微油/無油空壓機節能 10% 以上。 ● 高溫加熱之隔熱材料，耐溫$\geq 1,000^{\circ}\text{C}$，熱循環 500 次後性能衰退$\leq 10\%$，應用設備熱損失降低$\geq 15\%$。 ● 其他創新次世代節能技術，如仿生材料、高導熱材料、薄膜過濾設備等。

參、住商節能次領域研究重點

一、背景說明

- (一)我國 114 年住商部門能源消費以電力為主，占整體用能 86%；用電量約 1,034 億度，占全國用電 36.45%。住宅用電為 534 億度，主要耗電設備依序為空調(29.6%)、冰箱(12.5%)、電熱水器(9.6%)及照明(9.1%)等。服務業為 500 億度，主要耗電設備依序為空調(43.0%)、照明(14.0%)、冷凍冷藏(11.5%)、事務設備(9.1%)與熱水器(8.0%)等。其中家用空調、冰箱、熱泵及照明等產品技術已趨成熟，且多已納入能效管理，後續能效精進可由業界主導。
- (二)隨著低溫電商、冷倉及冷鏈市場快速成長，帶動相關用電持續增加。美國、中國、歐盟、日本及澳洲等已陸續納管商用冷凍冷藏設備能效；國內雖已推動展示櫃、貯存櫃等節能標章及測試方法，但步入式(Walk-in)冷庫及中大型冷庫/冷倉仍缺乏能效規範，高效率系統、關鍵元件及整合技術仍待強化。此外，低 GWP 天然冷媒已成為國際趨勢，國內仍須強化關鍵元件自主化及新冷媒與設備軟硬體之系統整合技術，以提升設備與系統運轉效率。
- (三)國內商業場所類型多元，能源資訊透明度不足，冷凍冷藏產業能管系統普及率偏低，且因分年建置導致系統異質、資料分散，缺乏統一診斷模型與維運流程，管理人員難以快速辨識異常根因，設備維護仍以故障後處理為主。面對專業人力不足，應強化冷庫及冷倉之異質系統整合、跨系統診斷、智慧維運、能效可視化及全域節能控制，並結合大型語言模型(LLM)與生成式 AI(GAI)，發展冷凍冷藏數位能管代理人(Agent)，降低維運人力負擔並提升冷鏈節能效益。
- (四)隨著生成式 AI 快速發展，帶動商用伺服器及資料中心用電持續成長。提升 AI 機房能效除仰賴晶片運算效能外，仍須發展高效率散熱及電源轉換技術，以降低 PUE。因應單機櫃功率突破 100kW，應布局高算力機櫃冷卻液分配裝置(CDU)、兩相流冷卻、高效率電源轉換及相關驗證規範；另針對未來廣泛布建之微型及奈米級邊緣伺服器(Micro/Nano Edge Server)，亦應同步建立高效率技術及能效管理規範。
- (五)國內以物聯網(IoT)為基礎的商用智慧能源管理技術，已逐步應用於商業建築，主要提供耗能資訊、設備運轉狀態及能源流可視化等功能。然而，系統建置效益受場域差異影響，投資回收期約為 3 至 15 年，加

上感測器及後續維運成本，使能管系統普及率仍低於 20%。未來可運用 LLM 與 GAI 模型進行設備故障預測、異常操作診斷及能源使用最佳化，並整合建築用能參數，使系統得以參與需量反應及電力市場交易，增加額外收益、縮短投資回收期，進而提高業主導入意願。

(六)我國已建置約 420 萬具智慧電表，涵蓋全臺 80%以上用電量，並隨智慧家電普及，已具發展智慧住宅節能服務基礎。然而，住宅端仍面臨設備品牌與通訊介面分散、資料整合不足、投資回收期長及節能操作仰賴使用者等問題。建議結合 AI、GAI、數位雙生及 IoT，發展人本 AI 住宅智慧節能決策系統，例如整合用電、環境、設備及居住行為資料，分析用能、節能潛力並結合感知、預測與設備診斷建構節能建議；此外可依家戶數位化程度，提供輔導、一鍵控制及自動調控等分級服務，以促成 AMI 與智慧家電模組介接。

(七)未來住宅用電將由「單一家電」走向「全屋能源管理」。隨 AI、電動車 (EV) 及智慧家電普及，現有能管系統多僅監測總用電，難以掌握設備效率衰退、異常耗能及維護需求。建議整合低碳冷卻、廢熱回收、智慧診斷及設備健康管理，結合邊緣 AI 與代理式 AI (Agentic AI)，發展設備異常、性能退化及預警技術；並建立以三相電壓、電流訊號結合 AI 模型之非侵入式馬達效率、轉速及扭矩診斷技術，支援淨零建築、預防維護及節能設備汰換。另一方面，住宅尖峰負載將由夏季空調逐漸轉為空調、EV 充電、熱水及烹飪等複合型負載，其中 EV 用電宜結合智慧充電與住宅能源管理，提升需量調控能力與電網韌性，成為未來重要研發方向。

(八)未來商業建築除空調、照明、電梯及 IT 設備外，AI 管理、智慧感測、生物辨識、無人載具及 EV 充電等新興設備將使用電負載更加多元且波動。隨高齡化及 AI 應用普及，旅館、醫院、長照機構、大型商場及資料中心等 24 小時運轉設施之用電需求將持續成長。未來除持續提升空調與動力設備效率外，應優先發展高效率、低環境衝擊之散熱、低溫廢熱回收、創新除濕及次世代製冷整合技術，如固態冷媒、高熱傳相變材料、直流空調與家電等；並導入安全、高熱傳冷卻介質，回收機房低品位廢熱供除濕、熱水或製冷使用，降低空調負荷、提升能源效率，並強化商業設施運轉韌性。

二、研究重點說明

(一)117 年度住商節能次領域，請針對(1)高效率設備開發分項之「商用冷

凍冷藏與冷鏈設備能效提升」、「高效率機房關鍵技術」；(2)系統整合分項之「冷庫冷倉 AIoT 系統節能最佳化控制」、「住宅設備智慧能管與主動節能調控」；(3)次世代技術分項之「次世代節能科技」等相關技術進行構想書提案。

(二)重要技術指標請參考如下：

1. 高效率設備開發

重點技術項目	因應節能或產業政策需求之最低指標
商用冷凍冷藏與冷鏈設備能效提升	● 針對冷庫應用，開發採用 GWP<150 冷媒之 10 HP 級高效率低 GWP 冷凝機組(CDU)，較國內產品節能 24%，且最終能效指標達 SEPR 2.65(超越歐盟 MEPS)，並建構 CDU 智慧驅控器國產化供應鏈。 ● 建構國內首例之低溫冷風機實驗室並開發高效率冷風機技術，冷風機能源效率達歐盟 B 級。 ● 開發庫板隔熱快速檢測技術，並同步發展高隔熱效率之庫板技術，最終熱阻>7.0 m² K/W。 ● 進行 CDU 能效量測與研析，協助推動關鍵設備 CDU 節能標章與冷櫃能效管理強制化；協助商用冷櫃節能管理與能效基準研析，冷鏈及商業建築產業與節能政策研析。
高效率機房關鍵技術-兩相流散熱	● 追蹤國際 AI 機房應用與能源互動議題的趨勢，提供技術開發與政策推動所需之藍圖。 ● 關鍵兩相流冷板散熱技術，單晶片散熱>3 kW@60*60mm。 ● 兩相流冷卻液分配裝置(CDU)能效提升 10%。
高效率機房關鍵技術-直流供電	● 機房直流供電 800/1500V 架構，供電系統效率提升≥2%，具備援≤2ms 投入與≥50%負載變動之動態負載支撐功能。 ● 發展 AI 機櫃與邊緣運算應用高效率電源轉換技術，輕載效率提升 10%，平均效率>95%。

2. 系統整合

重點技術項目	因應節能或產業政策需求之最低指標
冷庫冷倉 AIoT 系統節能最佳化控制	● 發展多壓縮機聯合最佳化控制技術，建構行為感知冷庫溫控模型並結合內-外機最佳協調節能控制，從單庫/櫃感知到全站協調，累積節能 12%。 ● 開發冷媒洩漏預警技術，達成關鍵管路溫度監測，並同步建構冷凝機組(CDU)系統運轉效率建模與衰退預警技術，協助建構 CDU 數位雙生能源模型。 ● 引入發展 RAG 架構搭配 GAI 技術，開發冷凍冷藏數位管理員，降低維運門檻；並導入全台首座冷倉進行示範驗證，預期節電 5-8%。
住宅設備智慧能管與主動節能調控	● 建立人本 AI 全屋協同調控原型，完成代表性情境及真實住宅長週期驗證，以同一住宅未啟用協同調控、維持原操作之用電量為基準，經天候及使用條件校正後，節電潛力達 10%以上。 ● 建立即時決策、分層服務及模組化介接流程，具備 AMI 與智慧家電介接能力；自資料接收至推播或控制指令下達不超過 1 分鐘。 ● 建立主動調控安全防護機制，完成通訊中斷或設備離線等代表性異常情境驗證，並提出能源受限下之必要用能與負載調整方式。

3. 次世代技術

重點技術項目	因應節能或產業政策需求之最低指標
次世代節能科技	● 開發低溫製程(<100°C)複合絕緣膜包覆電子元件關鍵技術，提升電子元件於純水沉浸環境下的絕緣性、耐腐蝕性及長期可靠度，相較於單相冷板節能 20%以上。 ● 開發吸收式製冷用之新型低溫可再生吸收劑(<50°C)，提高蒸發器溫度達 18°C 以上，降低>30%之機房空調耗能。 ● 其他創新次世代節能技術，如用電異常預測診斷、固態冷媒、高熱傳相變材料、直流家電等。