

電力研究簡訊

Power Research Newsletter

114 年第 2 季 (114.04 No.136)

台電綜合研究所 **TPRI**

地址：(100046) 台北市中正區羅斯福路 4 段 198 號 電話：(02)2360-1084 傳真：(02)2365-8477

目錄

研究計畫成果

- 一、燃煤電廠混燒木質顆粒飛灰作為混凝土摻料性質研究1
- 二、燃煤混氮燃燒之技術研析與模型建立2
- 三、研發關鍵績效指標優化前導性研究5
- 四、交直流複合微電網研究試驗平台建置與試驗6

技術服務

- 台中發電廠輔助機組電源之快速併聯電驛測試 (SEL-451).....7

台灣電力公司

使命：以合理成本及友善環境的方式，
提供社會多元發展所需的穩定
電力。
願景：成為卓越且值得信賴的世界級電
力事業集團。
經營理念：誠信、關懷、服務、成長。

研究計畫成果

一、燃煤電廠混燒木質顆粒飛灰作為混凝土摻料性質研究

(化學與環境研究室：林泓道、邱智勇)

(一) 研究背景及方法：

為配合政府能源轉型及淨零碳排等政策，本公司開始規劃提升燃煤機組的效能與使用部分替代能源，其中燃煤電廠發電鍋爐混燒木質顆粒，可降低燃煤電廠二氧化碳排放量，但其產生之混燒飛灰能否順利去化及再利用，將影響燃煤電廠營運及穩定供電。

本公司於 110 年 5 月 7 日完成國家標準 CNS 3036 改版工作，將燃煤混燒木質顆粒飛灰定義為一般飛灰，混燒木質顆粒含量則依經濟部事業廢棄物再利用管理辦法規定(當時規定可混燒重量 5%以下之木質顆粒)。鑑此本公司於 111 年 2 月開始推動「中五機混燒木質顆粒試燒計畫」，經由一系列之縝密規劃，於 111 年 12 月 13 日至 15 日進行國內首次大型燃煤發電機組之燃煤與木質顆粒共磨混燒，過程中順利取得設備運轉參數、混燒煙氣、飛灰樣本及其分析數據等相關資料，可供後續設備適用性、混燒飛灰去化可行性評估之依據。

依新版國家標準 CNS 3036 及經濟部事業廢棄物再利用管理辦法規定，燃煤電廠發電鍋爐可添加百分之十(重量比)以下木質顆粒與煤共同燃燒，所產生之混燒飛灰可應用於混凝土做為卜作嵐材料使

用。本公司為確保國內混凝土工程品質，秉持謹慎態度，於木質顆粒投入電廠發電製程之前，將前述「中五機混燒木質顆粒試燒計畫」取得的飛灰樣品，委託第三方進行燃煤飛灰及混燒飛灰各項性質差異驗證工作，以消弭預拌業者對於混燒飛灰使用上的疑慮，並推廣其材料之適用性。本研究規劃如下(圖 1、2)：

1. 文獻收集。
2. 混燒飛灰材料性質試驗。
3. 混燒飛灰混凝土性質試驗。
4. 混燒飛灰混凝土實廠產製試驗。
5. 預拌廠訪談。

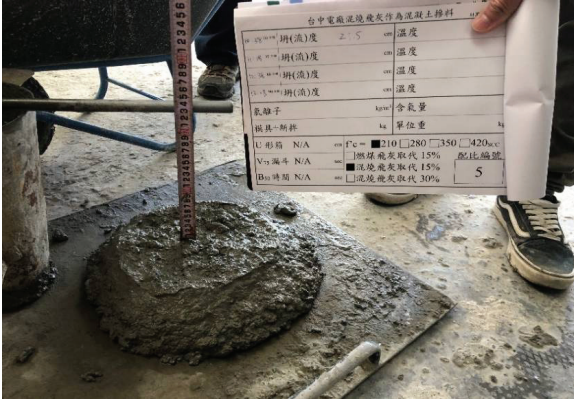
(二) 研究成果：

1. 混燒灰材料性質試驗：燃煤飛灰及混燒飛灰(3.4%w.t.)均符合 CNS 3036 F 類各項規定，且兩者間 CNS 3036 F 類、細度(氣透儀法)、比重(密度)等各項試驗結果均無明顯差異。
2. 混燒飛灰混凝土性質試驗：
 - (1)新拌混凝土試驗：燃煤飛灰混凝土及混燒飛灰混凝土之坍度、坍損、0 至 90 分鐘溫度變化、空氣含量、單位重、初終凝時間均無明顯差異。
 - (2)硬固混凝土試驗：燃煤飛灰混凝土及混燒飛灰

混凝土各齡期強度、RCPT、90 天齡期長度變化均無明顯差異。

3. 混燒飛灰混凝土實廠產製試驗：

- (1) 燃煤飛灰及混燒飛灰對於混凝土生產流程及生產設備能耗(拌和機馬達電流值變化)無明顯差異。
- (2) 燃煤飛灰混凝土及混燒飛灰混凝土之新拌性質



資料來源：本所拍攝

圖 1 混燒飛灰混凝土性質試驗

(如：坍度、坍損、溫度變化量、空氣含量、單位重及水溶性氯離子含量)及各齡期強度均無明顯差異。

4. 目前法規已允許添加 10% 的木質顆粒來取代煤，本公司可以「漸進」的方式，由 3.4% 逐步提升木質顆粒混燒之比例，以符合政府減碳需求，同時避免混凝土業者的反彈。



資料來源：本所拍攝

圖 2 預拌業者訪談

二、燃煤混氨燃燒之技術研析與模型建立

(能源研究室：李泰成、江衍成、楊泰然、林均翰、詹明賢、李尚謙)

(一) 研究背景：

全球暖化問題日益嚴重，二氧化碳減量越來越受重視，各國莫不積極規劃 2050 年淨零排放之減碳路徑，臺灣亦規劃提升再生能源發電配比因應減碳之趨勢，然而再生能源受天候影響導致發電量不穩定，仍需搭配儲能設施並提升電網調度能力，因此短期內再生能源在難以取代火力機組，是故如何將火力機組減排為重要的減碳策略之一，採用低碳替代燃料應用於火力機組即為其中一種可行的減碳方式。目前，氫氣混燒於燃氣機組及氨氣混燒於燃煤機組為較具前瞻性的應用技術，由於氫氣在常溫下的沸點極低(-253℃)，現階段在輸儲上仍待克服，相

較之下氫的沸點(-33℃)遠高於氨氣，具有便於運輸的特色，且由於氨不含碳元素，燃燒時不會產生二氧化碳，預期燃煤機組混氨燃燒可降低一定程度的二氧化碳。

氨過去多應用於農業肥料或化學品，應用在能源則尚處發展階段，於能源燃料的用途方面，可選擇要將氨直接使用，亦或是分解為氫再使用，由於其化學能轉換為電能的過程不會產生碳排，減碳利用路徑之應用範圍包括火力機組、燃料電池及船舶燃料等，如圖 1 所示，而本研究係以氨應用於燃煤機組的減碳為主題。

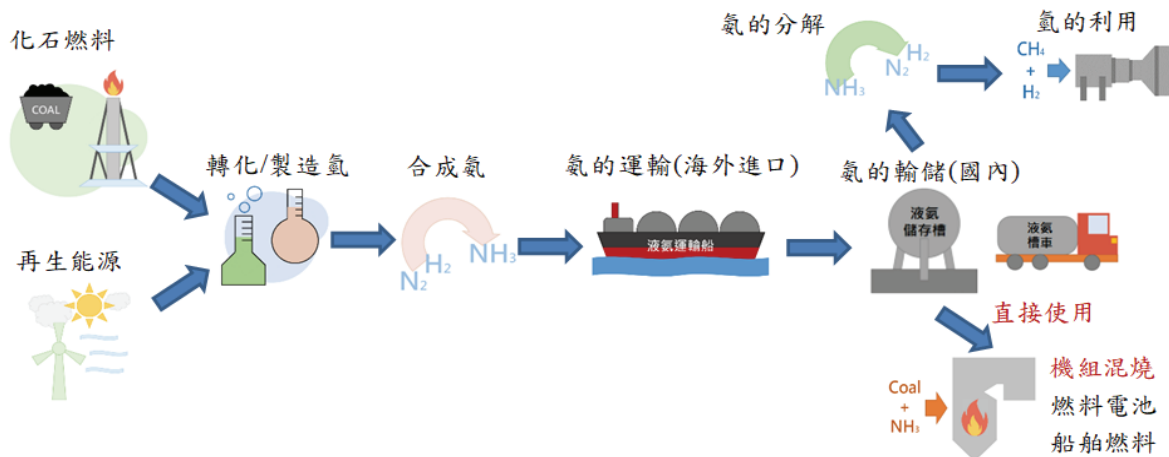


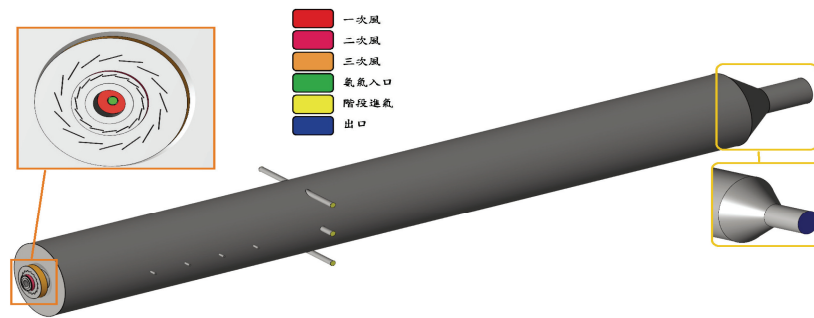
圖 1 氨能的生產、輸儲與應用^[1]

(二) 研究內容：

本研究針對日本電力中央研究院(CRIEPI)之單一燃燒器試驗爐進行模擬比對，其燃煤流量大約 100 kg/h，爐體設計為圓柱型，示意圖如圖 2 所示，爐體的直徑 0.85 m，長度 8 m，爐體前端有一粉煤燃燒器作為供給燃料與部分空氣所使用，其中一次風輸入燃料與部分空氣，二次風與三次風則僅輸入空氣，注氮管則由一次風中心插入；爐體後端設計一出口則作為煙氣排放使用；爐體中間、距離燃燒器約 3 m 處設計一組由 6 根入風管所構成的分段式燃燒空氣注入口，用以模擬燃煤鍋爐的火上風，作為提供部分燃燒空氣所用，並分別進行純煤及其混氮 20 cal.% 之燃燒模擬。

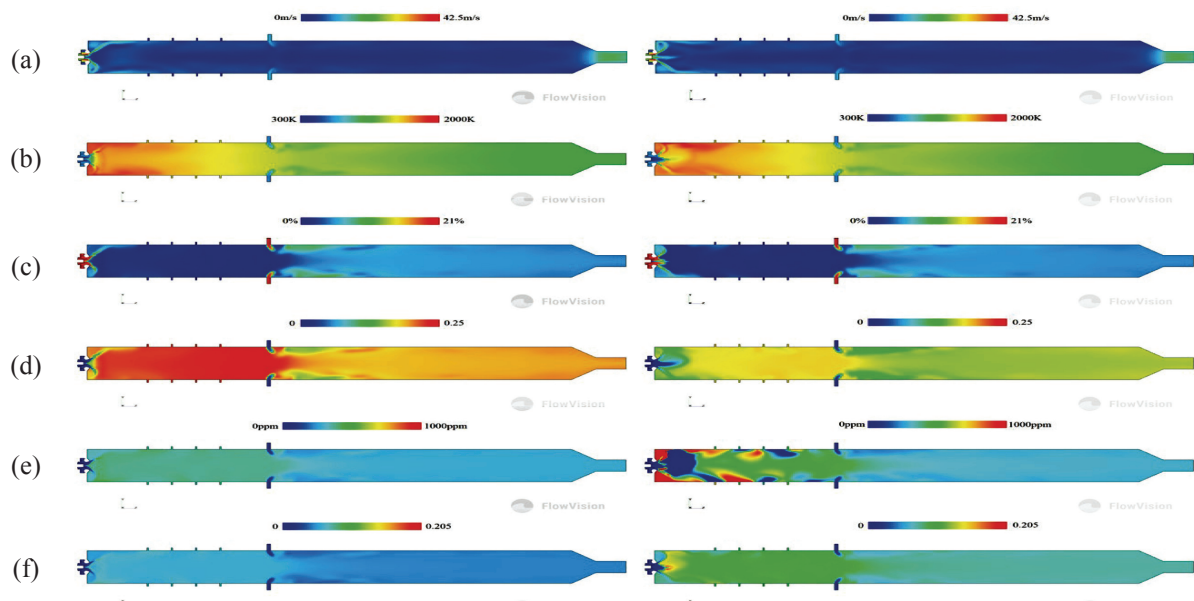
圖 3 為純煤燃燒(左)與混氮 20 cal.%(右)的模擬結果，包括試驗爐之中央橫剖面之軸向速度、溫度及各氣體濃度分佈(O_2 、 CO_2 、NO 及 H_2O)之模擬計算結果。由於自然燃燒器進入的空氣含有旋流動量，因此可從圖 3 (a)看出空氣進入之後即往兩側擴散；溫度分佈之趨勢與純燒煤組別大致相同，主要燃燒

區因旋流緣故發生於軸向距離 0 至 1 m 外環處，如圖 3 (b)所示，不過可能由於軸心處注入常溫氮氣的關係，相較於純燒煤組別，混氮組別於燃燒器前緣約 0.5 m 以內之區域的溫度相對較低； O_2 的濃度分佈如圖 3 (c)所示，其分佈之趨勢與純燒煤組別大致相同，於階段進氣前近乎無氧，直到階段進氣後 O_2 的濃度才會再次增加；圖 3 (d)顯示 CO_2 的濃度分佈，於階段進氣前濃度較高，階段進氣後濃度較低，且由於混氮因素， CO_2 的濃度分佈整體上比純燒煤組別低；圖 3 (e)顯示 NO 的濃度分佈，整體來說，NO 濃度於階段進氣前與階段進氣後皆比純燒煤組別稍高，唯獨燃燒器前緣處 NO 的濃度較低；圖 3 (f)顯示 H_2O 的濃度分佈，於階段進氣前濃度較高，階段進氣後濃度較低，且由於混氮因素， H_2O 之濃度分佈整體上比純燒煤組別高。圖 4 為純煤與混氮的試驗爐量測結果與模擬結果比較，包含軸心溫度、 O_2 濃度與 NO 濃度，模擬結果的趨勢大致與試驗吻合，驗證本模擬計算所開發煤氮混燒模型之可行性。



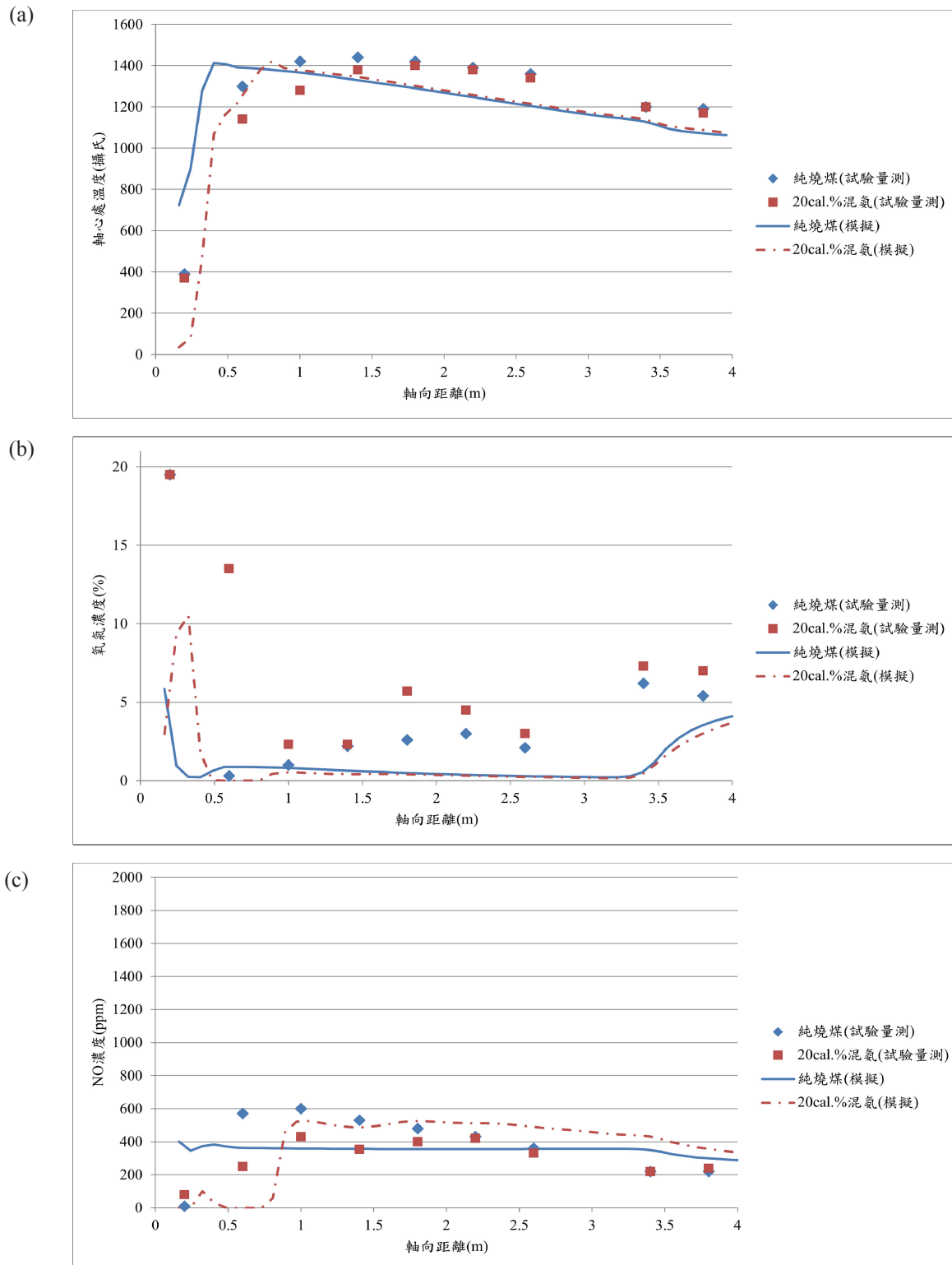
資料來源：本研究自行繪製

圖 2 小型試驗爐之示意圖



資料來源：本研究自行繪製

圖 3 純煤燃燒(左)與混氮 20 cal.%(右)的模擬結果
(a)軸向速度 (b)溫度 (c) O_2 濃度 (d) CO_2 濃度 (e)NO 濃度 (f) H_2O 濃度



資料來源：本研究自行繪製 & [2]

圖 4 試驗爐純燒煤/煤氣混燒爐心軸線之量測結果與模擬結果比較^[2]

(a)溫度 (b)O₂ 濃度 (c)NO 濃度

(三) 結論：

考量燃煤機組混氣燃燒技術尚屬發展階段，且日本在煤氣混燒技術發展最快，因此本計畫透過蒐集日本燃煤混氣燃燒技術發展進程，了解技術的發

展及可能遭遇的問題，並藉由日本電力中央研究院小型燃燒試驗爐之煤氣混燒試驗資料，透過計算流體力學軟體發展煤氣混燒的燃燒模型，過程中逐步剖析物理、化學及數學模型，根據本計畫的研究模

擬結果，混氫 20 cal.%之軸向溫度分佈與氮氧化物出口濃度，和該試驗之結果趨勢相近，驗證所開發的燃燒模型之可行性，未來可應用於實際大型燃煤鍋爐的混氫燃燒模擬，有助於探討混氫方式、位置和比例對於鍋爐燃燒效能之影響。

(四) 參考資料：

- [1] Aziz, M., Wijayanta, A. T., & Nandiyanto, A. B. D. (2020). Ammonia as Effective Hydrogen Storage: A Review on Production, Storage and Utilization. *Energies*, 13(12), 3062.
- [2] 日本電力中央研究院，既設火力發電所におけるアンモニア利用に関する検討，2019.

三、研發關鍵績效指標優化前導性研究

(研究發展企劃室：陳曉薇、黃鐘、林文文、李依恬)

(一) 計畫緣起與目標：

在全球氣候變遷日益嚴峻之際，淨零碳排已成為國際社會共同追求之目標，我國政府亦積極呼應此一趨勢，明確提出 2050 年淨零排放之國家願景。本公司作為台灣電力供應之主要機構，在能源轉型過程中扮演關鍵角色。為實現淨零目標，本公司必須加強研發資源之投入、開發並引進先進技術，除提升能源使用效率外，亦須強化電網韌性。

然而，現行研發績效評估體系無法充分反映新形勢下研究成果之實質價值。為確保研發資源有效運用，加速研發成果落地應用，並引導研發方向與政策目標一致，本公司決定推行本研究計畫，作為後續研發關鍵績效指標優化之基礎工作。

本研究的目標包括：

1. 優化公司研發關鍵績效指標體系：建立科學、合理、有效之績效指標體系，採用因果關係鏈 (Input-Project-Output-Outcome-Impact, IPOOI) 模式，系統性界定研究計畫之投入(I)、活動(P)、產出(O)、成效(O)及影響(I)等關聯脈絡與關鍵成效要項，以更精確反映研發成果之實際價值及對公司發展之貢獻(圖 1)。
2. 進行研發關鍵指標體系實施前導作業：檢驗優化後指標體系推動的可行性，為後續全面實施奠定基礎。

(二) 研究內容與主要執行工作：

為達成上述目標，本研究主要執行工作如下：

1. 參考國外標竿電業集團研發關鍵績效指標，提出研發關鍵績效指標改善方向原則。
2. 建構研發關鍵績效指標體系、指標項目及衡量原則。
3. 辦理研發關鍵績效評估試行作業。
4. 研擬後續研發關鍵績效指標之精進策略及實行作法。

(三) 初步成果：

本計畫執行已取得初步成果如下：

1. 研發關鍵績效指標體系改善方向與原則建立：完成對韓國韓電、日本東電、美國南方公司、德國萊茵等國際電業組織研發績效指標體系之研析，並吸取各機構可供參考之項目應用於本研究。
2. 完成本公司研發指標重整：

(1) 鑒於原有指標所呈現之量化數據無法完整表現成果特殊性及重要性(如降低成本金額、報告篇數、產品開發件數等)，故增加「優質論文數量」及「專利應用數量」等指標，使利害關係人能直接透過此類指標了解各研究計畫之成果亮點。

(2) 本研究導入研究特色指標以強調成果獨特貢獻。以「電廠資源永續與煙氣淨化技術研究」計畫為例，經重整後增設「輔助降低溫室氣體排放量」以及「輔助降低煤灰產生量」等指標，明確呈現該研究案成果之獨特性。特色指標之建立旨在便於公司對外說明各研究案對特定發展方向之貢獻，協助利害關係人更加了解公司之研發特性。

3. 完成研發關鍵績效評估試行作業。經由公司董事與內外部專家檢驗初步改善後指標體系之可行性，為後續全面推行奠定基礎，完成項目如下：

(1) 內部共識座談會：透過座談會等形式，廣泛徵集研究計畫執行同仁意見，凝聚共識，確保指標體系之建立符合實際需求(圖 2)。

(2) 完成內外部專家評核：邀請內外部專家提供建議，確保指標體系之專業性和前瞻性，並由專家完成客觀、公正之研發成果評估。最後分析評估結果，為後續指標體系完善提供參考依據。

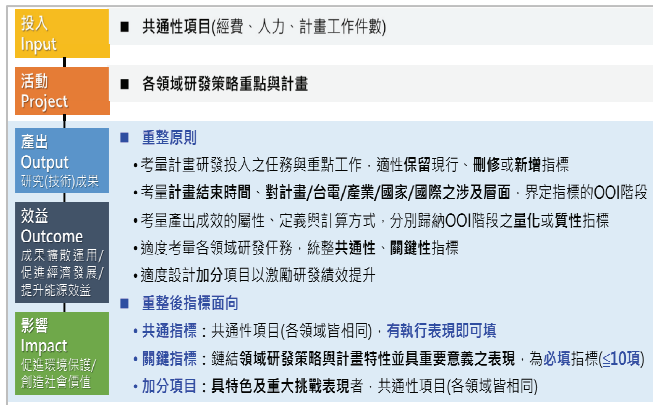
4. 提出未來研發績效評估機制推動建議，為研發管理持續改進建立初步方向：

- (1) 精進指標體系：根據試行結果進行調整，提升其可操作性和實用性。
- (2) 提出推動建議：針對未來研發績效評估機制推動提出具體建議，確保指標體系能有效實施。

(四) 結語與展望：

研發關鍵績效指標體系優化計畫之實施，有助於提升本公司研發投入效益，確保研發方向與政策目標一致，並為因應淨零轉型挑戰下實現永續發展奠定堅實基礎。

未來本公司將持續優化研發管理機制，加大研發資源投入，開發更多具前瞻性之電力技術，為能源轉型、供電穩定以及永續發展做出更卓越之貢獻。



資料來源：本研究整理

圖 1 本公司研發計畫因果關係鏈(IPOOI)模式關聯圖



資料來源：本所拍攝

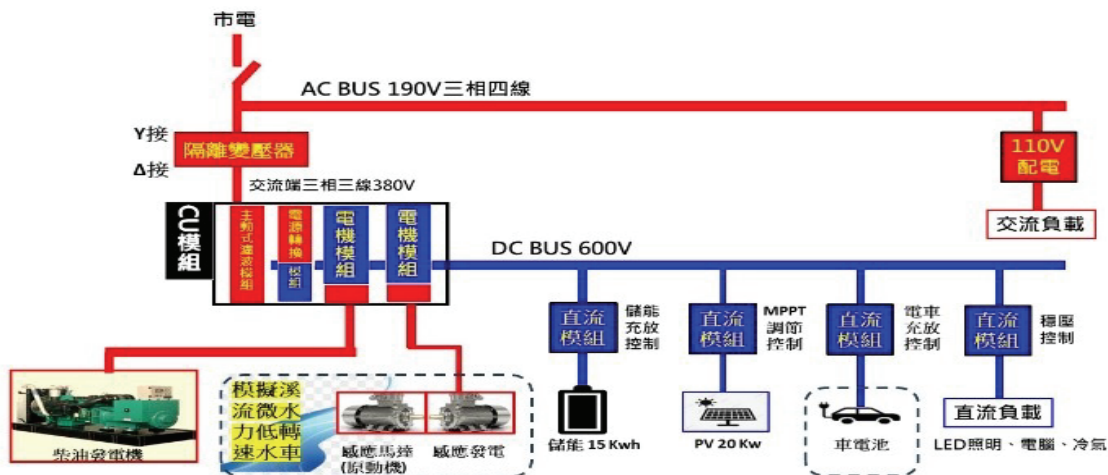
圖 2 內部共識座談會中，由本所同仁領導進行小組討論，確認績效指標內容。

四、交直流複合微電網研究試驗平台建置與試驗 (電力研究室：謝國聖、李兆惠、江文莊)

(一) 研究背景：

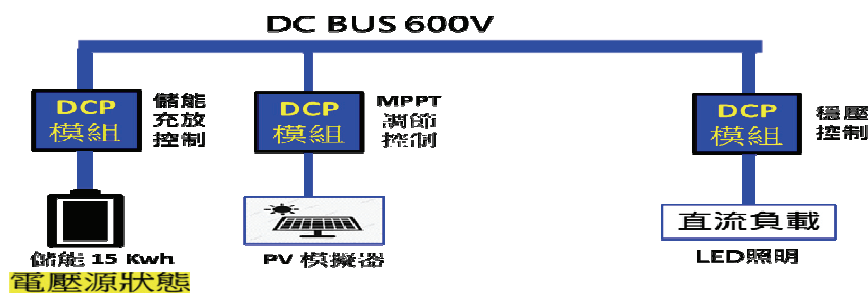
近年來，隨著再生能源發電的蓬勃發展，微電網技術逐漸受到重視，而微電網技術不僅能減緩再生能源對電網的衝擊，減少輸電過程中的電力耗損，更可作為緊急備援電力系統，提升供電穩定度，在確保國家能源安全方面扮演著關鍵作用。微電網作為分散式發電的重要形式，在整合再生能源、提升能源效率及供電可靠性方面扮演著日益重要的角色。交直流複合微電網研究試驗平台架構圖如圖

1，綜觀交直流微電網平台的整體架構，係作為一種理想的微電網型態，整合了交流微電網和直流微電網的優勢，它不僅具備易於整合再生能源發電與儲能系統之特性，兼具直接供應直流電之功能，也能在純直流供電的微電網架構下運轉，如圖 2 所示，呈現了純直流運轉的微電網系統配置。這使得交直流複合微電網在應對能源轉型、提升能源自給自足能力以及優化電力使用方面具有獨特優勢，且能有效應對傳統交流電網無法單獨解決的問題。



資料來源：本研究繪製

圖 1 交直流複合微電網研究試驗平台架構



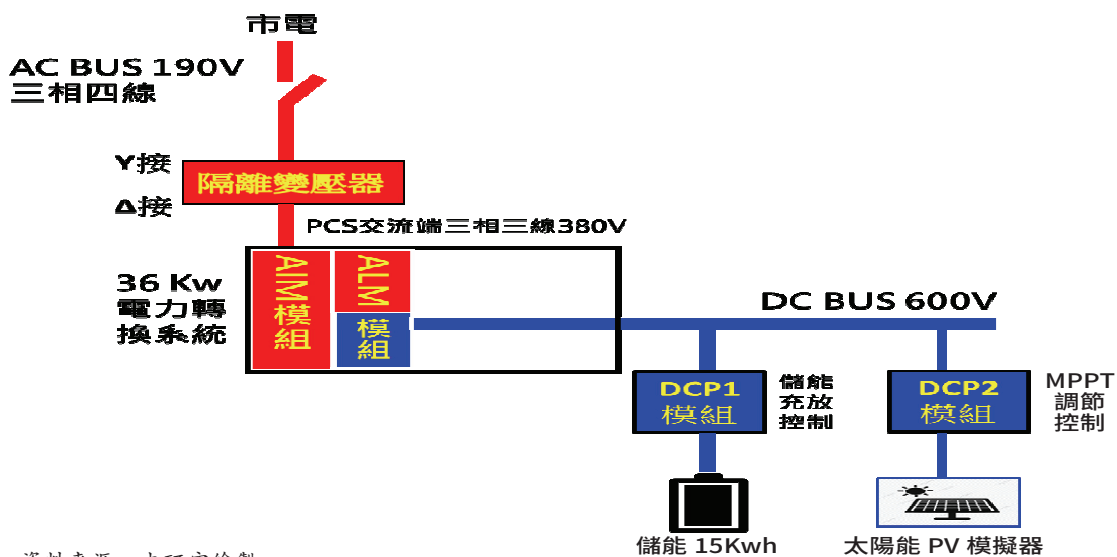
資料來源：本研究繪製

圖 2 純直流運轉試驗架構

(二) 研究內容：

建置交直流複合微電網研究試驗平台，進行了一系列試驗，以探討其在不同運作模式下的穩定性與功能。具體而言，聚焦以下幾個核心研究方向：評估在沒有市電支持情況下，系統能否單獨依靠儲能電池和太陽能光伏系統維持穩定運行，探討交直流複合微電網整合再生能源的有效性。透過運轉效率試驗與能源效率分析，對交直流複合微電網進行包括運轉能力試驗分析、穩定性試驗與功能試驗，以釐清交直流複合微電網的可行性與效益。探討並建置具備不斷電功能及直流供電功能之微電網系統，透過再生能源發電、儲能電池、AC/DC 等裝置的自我調控設計，搭配維持微電網系統穩定運行的構網型變流器(grid-forming inverter)功能及保護控

制設計，讓微電網可於發電變化、負載變化、及併離網狀態下穩定運行。交直流複合微電網研究試驗平台將作為研究微電網關鍵技術與國際標準規範驗證，包含無縫孤島、無縫併網、純直流運轉等相關試驗，探討具備直流供電功能之微電網。為了驗證系統的有效性，進行了多項測試，其中光儲試驗(光儲充放電)如圖 3，呈現光儲充放電試驗的配置，說明了太陽能和儲能系統的整合，評估微電網系統在太陽能光伏系統輸入變化下的充電效能以及系統穩定性；無縫孤島與併網試驗，測試微電網在不同模式下的切換能力；穩定性運轉試驗，驗證系統在負載變動情況下的性能表現。此外，還對直流負載運轉和各類穩定性進行了研究，驗證系統在實際應用中的可行性。



資料來源：本研究繪製

圖 3 光儲試驗架構圖

(三) 結論：

交直流複合微電網研究試驗平台能在不同運作模式下展現卓越效能，該平台在提升能源效率、整合再生能源以及提高供電可靠性方面，均展現出巨大的潛力，這不僅實現了系統能夠在無市電支持下單獨依靠儲能和太陽能維持穩定供電，更能在突發負載變化下迅速穩定的能力，在無縫併離網與光儲

等試驗中，系統均能高效且穩定地運作。交直流複合微電網研究試驗平台不僅為微電網的實際部署提供了寶貴參考，也為未來的研究方向奠定了堅實的基礎。未來的研究可進一步探索如何優化控制策略、提升微電網韌性，並針對不同應用場景，發掘交直流複合微電網的潛在優勢，從而促進更具彈性、永續的能源系統發展。

技術服務

台中發電廠輔助機組電源之快速併聯電驛測試(SEL-451)

(儀器組：李昆紘、鄭東鎰)

(一) 緣起：

輔助機組在發電廠中扮演著關鍵角色，主要負責支撐發電設備的運行及維持發電廠的穩定運作。輔助機組包含冷卻系統、燃料系統、電力系統、空氣系統以及水處理系統等重要設施，這些系統的穩定供電對於確保主發電設備的高效運行至關重要。

近年來新建的發電廠多採用快速併聯電驛來執行輔助機組的電源切換，這種設計不僅可在機組歲修時透過手動方式進行電源轉供，更重要的是當輔助機組電源發生故障時，能即時由其他輔助變壓器供應電源。台中發電廠#7、#8 機組即採用 SEL-451 快速併聯電驛進行輔助機組電源切換，本組於 112

年5月赴台中發電廠#7機組進行試驗時發現，快速併聯電驛的測試需要開關回授訊號，但現場轉供電源無法任意切換，因此開發了一套專用測試治具。

(二) 測試方式及架構介紹(圖1~4)：

1. 試驗架構主要由以下部分組成：

- (1) Doble 試驗器：提供電壓及模擬控制室投入與切離訊號輸出、接收開關回授訊號。
- (2) SEL-451 電驛：待測設備。
- (3) 快速併聯測試治具：模擬開關狀態與操作條件。



資料來源：盈昇提供

圖1 Doble 試驗器



資料來源：亞力電機提供

圖2 SEL-451 電驛



資料來源：自行拍攝

圖3 快速併聯測試治具外觀



資料來源：自行拍攝

圖4 測試治具內部接線圖

2. 測試治具功能本組開發的快速併聯測試治具專為 SEL-451 電驛設計，可模擬現場開關狀態訊號，且具備以下功能：

- (1) 模擬手動併聯操作。
- (2) 模擬自動併聯操作。
- (3) 模擬故障觸發條件。
- (4) LED 指示燈即時顯示開關狀態。
- (5) 預製接線端子，避免現場接線錯誤。

3. 測試項目：

- (1) 同步參數與同步時間測試
 - A. 測試備用電源切至主要電源同步參數。
 - B. 測試主要電源切至備用電源同步參數。
 - C. 記錄同步可切換時間與電壓、相角、頻率上下限。
- (2) 同期捕捉功能測試
 - A. 驗證主要電源切至備用電源功能。
 - B. 觀察 IED 指示燈狀態變化是否正確。
- (3) 快速併聯功能測試
 - A. 驗證主要電源切至備用電源功能。
 - B. 量測切換時間。
 - C. 觀察 IED 指示燈狀態變化是否正確。
- (4) 殘壓併聯功能測試
 - A. 測試殘壓切換之始動電壓值。
 - B. 量測切換時間。
 - C. 觀察 IED 指示燈狀態變化是否正確。
- (5) 手動切換功能驗證
 - A. 驗證雙向切換功能。
 - B. 量測切換時間。
- (6) 去耦合保護功能測試
 - A. 模擬主要電源與備用電源切換失敗情境。
 - B. 驗證保護功能正確動作。
 - C. 觀察 IED 指示燈狀態變化是否正確。

(三) 結論：

本組所開發的 SEL-451 快速併聯電驛測試治具，不僅解決了現場測試的技術困難，更實現了標準化的測試流程。此測試治具具有以下效益：

1. 提高測試效率，縮短測試時間。
2. 降低人為操作錯誤風險。
3. 建立標準化測試程序。

未來可將本治具推廣至其他採用 SEL-451 快速併聯電驛的電廠，為電力系統的穩定運轉提供更可靠的保障。