

教育部教學實踐研究計畫成果報告  
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PEE1135717

學門專案分類/Division：工程學門

計畫年度：113 年度一年期 112 年度多年期

執行期間/Funding Period：2024.08.01 – 2025.07.31

**基於 I-CARE 教學框架與多元教學策略於電力工程實踐教學之學習成效研究**  
**/Research of Learning Performance with Multiple Teaching Strategies Based on**  
**I-CARE Instructional Model for Power Engineering Practice Teaching**  
配合課程：電力品質訊號處理/Signal Processing of Power-Quality Disturbances

計畫主持人(Principal Investigator)：陳正一

協同主持人(Co-Principal Investigator)：無

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立中央大學/電機工程學系

成果報告公開日期：立即公開 延後公開（統一於 2026 年 7 月 31 日公開）

繳交報告日期(Report Submission Date)：2025 年 9 月 30 日

# 基於 I-CARE 教學框架與多元教學策略於電力工程實踐教學之學習成效研究 /Research of Learning Performance with Multiple Teaching Strategies Based on I-CARE Instructional Model for Power Engineering Practice Teaching

## 一. 本文 Content

### 1. 研究動機與目的 Research Motive and Purpose

微電網和再生能源的崛起在能源領域引起了一場革命，為可持續能源未來奠定了基礎。然而，這種轉變也帶來了新的電力品質挑戰。隨著微電網規模的擴大和再生能源接入量的增加，保護協調、電壓調節、諧波和間諧波、電壓閃爍等問題日益凸顯，需要採取有效措施確保電力系統的穩定性和可靠性。在微電網中，保護協調變得更加複雜。由於系統結構的變化和多種能源資源的整合，傳統的保護方案可能不再適用。需要考慮不同能源資源的特性，以確保在故障時及時切斷受影響的部分，同時保證系統其他部分的正常運行。保護協調的不當配置可能導致系統的不必要中斷，影響供電可用性。再生能源的不穩定性和間歇性對電力系統的電壓穩定性提出了挑戰。微電網中，來自太陽能 and 風能等再生能源的波動性可能導致電壓的劇烈變化。因此，需要強化電壓調節系統，通過先進的控制策略和技術，確保電壓在安全範圍內穩定運行。再生能源系統中的電能轉換器可能引入諧波和間諧波，對電力系統造成污染。這些高頻諧波可能對設備和系統的正常運行產生不良影響。因此，需要實施有效的諧波和間諧波控制措施，以確保電力系統中的電壓和電流符合標準，同時減少諧波對其他設備的干擾。再生能源系統的變動性可能導致電壓閃爍，這對用戶的用電設備和系統的穩定性構成風險。有效的電壓閃爍管理需要綜合考慮系統的運行狀態、再生能源的輸出特性以及用戶的需求。通過實施高效的電壓閃爍監測和控制手段，可以減少電力系統對用戶造成的干擾。總體而言，微電網和再生能源系統的發展使得電力品質成為一個亟待解決的問題。良好的電力品質不僅關係到用戶的正常生活和生產，還直接影響到電力系統的穩定運行和可靠性。因此，提升保護協調、電壓調節、諧波和間諧波、電壓閃爍等電力品質改善的重要性不可忽視 [1]-[3]。

本計畫旨在教授學生電力品質分析的基本原理和方法，以及如何應用這些知識發展能源管理系統的跨領域技術。電力品質分析是一個涉及電機、通訊和資訊等多方面的領域，對學習者可能帶來學習負擔，也使教學程序難以系統化。為了克服這些挑戰，本計畫開發一個電力訊號分析平台，藉此輔助學生理解相關的電力工程應用處理方法。在課程中，學生將學習如何分析電力品質干擾訊號，以及了解可能存在的諧波、閃爍等問題。透過這些基本原理的理解，學生將能夠識別電力系統中可能出現的問題，並掌握相應的解決方法。此外，課程將介紹能源管理系統的概念，並教授學生如何應用電力品質分析的結果，發展出更有效的能源管理策略。

電力品質的問題不僅對電力公司產生額外損失，更可能縮短電力設備的使用壽命，甚至引發嚴重故障。因此，提升電力品質並找出適當的故障分析技術已成為電力公司和用戶關注的重要課題。為了有效評估系統造成的故障成分，發展一套簡便而準確的分析方法至為重要。近代隨著快速傅立葉轉換等分析演算法的發展，數位量測技術有了長足的進步。然而，直接使用快速傅立葉轉換在分析和量測電力設備故障時受到諸多限制，可能導致顯著的誤差 [4]-[6]。此外，從眾多分析電壓和電流波形故障特徵訊號的演算技術中，選擇適用於當前應用的方法對初學者而言是相當困難的。因此，有必要發展一套有助於理解電力品質分析技術實務的教學框架和教學策略。

本計畫所提之教學框架將以實務應用為基礎，融合理論知識和實際案例，以提供學生全面的學習體驗。以下為教學框架的主要特點：

1. 理論基礎和實務應用結合：強調理論知識與實務應用的結合，讓學生能夠理解背後的原理並具備實際應對問題的能力。
2. 實驗與操作平台：建立電力品質分析的實驗平台，讓學生親身實踐。此平台應包含模擬電力系統和實測設備，使學生能夠進行實際故障模擬和測試。
3. 案例研究：提供真實案例研究，讓學生分析實際發生的電力品質問題，了解解決方案的制定和實施。
4. 專業工具應用：引入電力品質分析工具，如高階訊號處理軟體、模擬軟體等，培養學生使用專業工具解決問題的能力。
5. 實習和專業指導：安排學生進行實習與中央大學校園微電網實際場域實作，並提供專業指導，使學生在真實環境中學到更多實用技能。

這樣的教學框架將有助於學生深入理解電力品質分析技術，並提升他們解決電力品質問題的能力。同時，透過實際應用和案例研究，學生能夠更全面地理解電力系統運作中可能出現的問題，為未來的實務應用打下堅實基礎。

綜合上述，本計畫主要開發 I-CARE 教學框架，並整合多元教學策略，研究內容包括：(1)針對課程中介紹之電力品質分析演算法進行鷹架式引導設計，引發學生深度思考；(2)透過設計思考方式引導學生實作各項分析技術與比較其優劣，進而進行腦力激盪，發揮創造力；(3)引入專題導向學習策略，在整個分析技術應用階段，進行團隊合作及實作；(4)引導學生在分析技術應用階段進行問題解決，同時與設計思考和專題導向學習相結合，達成問題導向學習之實務解決方案思索；(5)設計與建立電力訊號分析平台，輔助學生驗證課堂所介紹之演算分析方法；(6)採用翻轉教室與相互教學法之教學策略，藉此探討學習成效提升的效益。(7)透過業師導入及企業參訪，並於本校建置的微電網技術試驗場中，進行場域實踐，進而完成系統規劃訓練，實現跨電機、通訊、資訊領域技術之系統整合能力提升。

本計畫主要在透過創新教學方式的改進，以提升學生對課程內容的理解程度。這種創新教學方法包括開發 I-CARE 教學框架，整合翻轉教室、相互交學法、設計思考、問題導向學習及專題導向學習雙 PBL(Double PBL)和場域實踐的多元教學策略。相較於傳統的課堂教學，本計畫的目的在於更有效地引導學生深入思考、互動學習，並將所學應用於實際情境中。在實際的教學策略中，授課教師將事先提出問題，並在下次課堂上由學生組成小組進行報告。這種方式鼓勵學生進行組內互動和討論，不僅僅是被動地接受課堂內容。這有助於提高學生的思辨分析能力，同時實現自主學習的效果。此外，雙 PBL 和場域實踐的方法，不同於傳統課程只有上課和考試，而是通過學生的討論、報告分享和實際操作，使他們更深入地理解授課教師的內容觀念和方法。本計畫透過合作企業(儲盈科技股份有限公司和七泰電子股份有限公司)提供的業師協助，不僅能夠提供專業的電力實務和場域經驗，還能夠提供實習機會，實現學用相輔的教學目標。在傳統的大學工程教育中，學生主要以個人獨立學習為主，合作討論的機會相對有限。而本計畫的核心是設計合作學習環境，規劃一學期的場地實驗，以研究異質能力分組的小組合作情況。學生可以通過數位學習平台上傳和討論實作日誌、相互教學表單、報告和系統展示成果，以分享各組別所開發的專題內容。此研究旨在透過提供學生合作討論和模擬等與傳統獨立學習模式不同的方式，探討基於 I-CARE 教學框架、翻轉教室、相互教學、小組專題導向和場域實踐式的合作學習方式對個人學習成效的影響；了解異質能力分組的小組互動因素與電力品質訊號處理專題設計與實作創造力之關係；以及了解分組中實作能力差異之學生間互動對整體學習成效提升之狀況。本計畫的研究成果不僅有助於深入了解小組學習方式與創造力績效的關係，還為工程教育中小組學習方式的應用和發展提供了實證研究，具有實用價值。

計畫主持人近年主要進行電力工程相關課程之教授，從指導學生及執行教學改進計畫過程中發現，學習者對電力品質訊號處理之數學理論在透過實作後，皆有明顯之高認知層次之

發展。在執行 107 學年度至 111 學年度教育部教學實踐研究計畫中發現，學習者透過增加實作練習、相互教學討論與利用專題式及問題式課程方式開發所學技術，對電力分析課程有很大程度學習認知層次的上升，甚至少數人有達到工程創新能力提升的水準。上述各年度實踐研究計畫教學策略之缺點如表 1 所示。因此，為了扎根工程之基礎訊號處理課程及改善教學策略，本計畫希冀透過所開發之 I-CARE 教學框架、翻轉教室、相互教學法、設計思考、鷹架式引導、專題導向學習、問題導向學習、場域實踐之跨領域教學策略，解決過往教學框架問題，以提升工程領域學生之理解度，進而達成工程實務應用之創造力訓練。

表 1、各年度實踐研究計畫教學策略之缺點

計畫年度	計畫名稱	主要教學策略	需改善之缺點
107	結合翻轉教室、相互教學法及專題導向學習之教學策略於電力品質訊號處理課程之學習成效分析	翻轉教室、相互教學法、專題導向學習	需學生自主學習階段多，不利學習態度低落學生之學習成效提升。
108	結合翻轉教室與相互教學法之教學策略於電力系統故障分析課程之學習成效分析	翻轉教室、相互教學法、鷹架式引導教學	鷹架式引導教學方式須安排多項實作階段引導學生學習，因此實作項目繁多，阻礙學生學習熱忱。
109	結合多元評量雙 PBL 微電網電力場域實踐教學策略之學習成效分析	專題導向學習、問題導向學習、場域實踐教學	無完善的發展框架，學生針對專題項目及欲待解決之工程問題，易受小組領導人思維影響，各組學習成效提升度差異大。
110	以 CDIO 為基礎之 PBL 電力量測與儀表實踐教學策略學習成效研究	CDIO 教學框架、問題導向學習、場域實踐教學	CDIO 教學框架透過構思(Conceive)、設計(Design)、實施(Implement)、操作(Operate)四階段的工程教育人才培育模式，可解決工程教育學用落差問題，然而缺乏教學策略之評估程序，易因構思及設計階段不當而偏離學習目標。此外，實施 CDIO 亦需要豐富的實驗室設備和相應的經費。
111	基於 ADDIE 模型目標導向情境學習模式於電力管理實踐教學之學習成效研究	ADDIE 教學框架、目標導向情境學習、相互教學法、問題導向學習、場域實踐教學	ADDIE 教學框架透過分析(Analysis)、設計(Design)、發展(Development)、實施(Implementation)、評鑑(Evaluation)等五個階段，可提供了一個

		系統性的方法，確保課程的有效性。然而 ADDIE 的流程較為固定，不夠靈活應對不同的教學場景，因此提升學生創意與應用能力方面較為受限。
--	--	---

## 2. 研究問題 Research Question

### (1) 研究問題

隨著科技的不斷進步，電力工程領域的知識日新月異，而教育體系亦需要跟上時代的步伐，以確保學生具備最新的專業技能和知識。傳統的教學方式往往以講述為主，缺乏互動性和實際應用情境，難以激發學生的學習動機與深度思考。因此，本教學改進計畫旨在引入創新的教學策略，以提高學生的學習成效、理解度，並培養其解決實際問題的能力。本計畫主要研究的問題有：

#### 1. 如何有效整合 I-CARE 教學框架於電力工程課程？

I-CARE 教學框架包含多元的教學策略，包括翻轉教室、相互交學法、設計思考、問題導向學習、專題導向學習雙 PBL 和場域實踐等。如何在電力工程課程中有效地整合這些策略，以提供學生全方位的學習體驗，是一項需要深入研究的重要問題。

#### 2. 教學策略對學生學習成效的實際影響為何？

各種教學策略的導入是否真的能夠提高學生的學習成效，包括知識的掌握、解難能力的培養、團隊協作的的能力等，需要透過實際教學實驗和評估來驗證。了解這些教學策略對學生的實際影響，有助於優化教學方式並提升教學效果。

#### 3. 學生對於不同教學策略的反應和接受程度如何？

學生對於教學方式的接受度和喜好程度是影響教學效果的關鍵因素。透過調查和回饋機制，了解學生對於翻轉教室、專題與問題導向學習、場域實踐等策略的態度，有助於調整教學內容和方式，使其更貼近學生需求。

### (2) 研究對象與場域

在之前的課程中，學習者並未有實作電力品質訊號處理演算法的經驗，僅接觸過基礎電機工程知識。在課程的第一週，我們會要求學生填寫領導力與創造力評估問卷，這有助於我們在期末時瞭解個人特質對於分組專題成果和創造力等能力提升的影響。透過採用翻轉教室、相互教學、設計思考以及小組專題與問題導向的合作學習方式，我們期望提升學生的個人學習成效。本計畫的主要教學資源包含學校提供的網路教學平台系統(ee-class)。在這個平台上，我們不僅將編製的教學投影片匯入供學生下載，還透過訊號處理及分析系統展示設計範例及實際操作的說明，鼓勵學生使用該教育系統展示圖形化的訊號處理狀況。這包括學生調整系統相關參數的過程，有助於初學者理解複雜數學理論的物理意義。在課後，我們將提供相應的系統操作習題，透過學習報告來了解學生的學習狀況。

課程的進行方式需要依賴網路教學平台系統，以提供學生相關的學習資料。此外，在校、院、系和教學中心的支持方面，電機系已提供一個實驗室(42.78 m<sup>2</sup>)作為研究實驗空間。實驗室中已安裝了課程所需的 LabVIEW 圖控編輯軟體環境、訊號產生器、示波器等設備。在行政協助措施方面，有三名系辦人員提供相應協助。課程協作方面，有兩名課程助教協助進行教學改進，並有兩名業師協助專題與問題導向學習實作及場域實踐。場域實踐驗證方面，本計畫將透過圖 2 於本校建置的微電網技術試驗場，結合業師的協助進行實際操作。這將包括

分析太陽能、儲能系統以及用電設備之間的能源管理狀況。同時，我們將進行電能監測技術、電力資料庫、電力量測與儀表設計、系統企劃等方面的系統規劃訓練。這樣的實踐將有助於提升學生的系統整合能力，跨足電機、通訊、資訊工程領域的技術應用。

本課程的評量方式主要採用多元的成果評分方式，包括習題實作、同儕互評討論、翻轉教室報告、分組專題實作、相互教學表單、專題場域實踐展示等。這種評量方式注重學生的實際操作與討論，而不使用傳統的考試評量方式。在課堂授課前，本計畫採用了翻轉教室的模式，要求每組學生上台進行報告，介紹當天課程的內容。同時，我們運用相互教學法，設計了表單，以協助學生整理各組報告的重點。此外，為了確保學生在實作練習中的進度，我們要求學生填寫進度報告。同時，我們引入了設計思考的方式，讓學生探討實際情境與課堂學習的相互關聯。這不僅有助於我們掌握學生在專題和問題導向實作中的進度，還能了解他們在小組內的討論結果和發現，進而激勵他們發展解決問題、團隊溝通、創意思考等能力。

在口頭分組報告中，我們使用互評表單的方式，鼓勵學生進行組內外的討論和分享。最終，我們在期末舉行成果展，學生透過報告和實際成果展示方式，進行表達、宣傳、溝通等方面的訓練。同時，這也是一個評估的機會，學生可以與其他組進行互動討論，激發對所做專題的創意和效果進行反思。

整體課程的進行過程中，我們貫徹了I-CARE教學模型，採用探究(Inquire)、連結(Connect)、應用(Apply)、反思(Reflect)、評估(Evaluate)五階段，來策劃電力品質訊號處理技術的開發與實作。這套模型引導學生完成系統整合和跨領域設計概念，使其具備更全面的知識和技能。

### 3. 文獻探討 Literature Review

工程教育的研究方法分類普遍包含內容分析法、行動研究法、調查研究法、混合研究法等。內容分析法用於評估和理解教學材料、課程、課本或其他教學內容的特徵、結構和效果。這種方法主要集中在內容的本質、特徵和結構上，以提供對教學材料的深入洞察。內容分析法的特點包括(1)客觀性：內容分析是一種客觀的研究方法，它著眼於教學材料中可量化的特徵，而非主觀評價。(2)系統性：研究者通常使用系統性的步驟來分析教材，這包括先定義研究問題、選擇分析單位、制定評量標準等。(3)樣本選擇：進行內容分析時，需要選擇一個代表性的樣本，以確保研究的有效性和可靠性。其分析步驟為(1)樣本選擇：進行內容分析時，需要選擇一個代表性的樣本，以確保研究的有效性和可靠性。(2)選擇樣本：從教材或課程中選擇代表性的樣本，以進行分析。(3)制定評量標準：確定評估內容的準則和標準，這些標準可能包括主題涵蓋範圍、難易度、認知層次等。(4)進行分析：通過系統性的方法，對內容進行量化和質化的分析。(5)總結和解釋：提出結果的總結，解釋研究所揭示的內容特徵和結構。內容分析法是研究教育內容的有力工具，可幫助教育研究者和教育者更好地理解 and 改進教學內容[7]-[9]。

行動研究法是一種以實踐為基礎的研究方法，目的在於改進和提升教學實踐。這種研究方法強調教師參與、實踐導向、逐步循環的反思和行動的特點，使教育者能夠在教學現場中直接進行研究，以解決實際的教學問題並改進學生的學習成效。行動研究法的特點包括(1)教師參與：行動研究的主要參與者是教師自身，他們在自己的教學環境中進行研究。(2)實踐導向：著眼於解決實際的教學問題和改進學生的學習成效，注重實際的教學實踐。(3)逐步循環的反思：透過不斷地循環反思、行動和評估，逐步改進教學策略和方法。(4)合作性：行動研究通常是一個合作的過程，涉及與同儕、學生、行政人員等的合作。其分析步驟為(1)確定研究問題：確定要解決的教學問題，這可能涉及學生的學習困難、教學方法效果等。(2)制定行動計畫：基於研究問題制定具體的行動計畫，明確實施策略和方法。(3)實施行動：在教學現場中實施行動計畫，記錄觀察和數據。(4)進行評估：分析實施後的效果，透過數據和觀察了解行動的影響。(5)循環反思：基於評估結果，反思行動的成效，並調整計畫。(6)重新制定行動：根據反思結果，重新制定行動計畫，進行下一輪的實施和評估。行動研究法的核心在於將研究與教學實踐緊密結合，使教師能夠在實際教學中不斷反思、調整，以達到更好的教

學效果[10]-[12]。

調查研究法其主要目的是探究、了解、描述和分析與教學相關的現象、情境或問題。這種方法通常包括蒐集、分析和解釋資料，以回答研究問題或檢驗假設，進而改進教學實踐。調查研究法的特點包括(1)觀察性質：調查研究法主要以觀察和測量現象為主，透過數據的搜集與分析，了解教學中的各種變數和因素。(2)描述性：主要關注現象的描述，透過統計數據或質性敘述來呈現研究結果。(3)廣泛應用：調查研究法可以應用在不同的教學場景和主題上，包括學科知識的傳授、教學方法的效果、學習環境等。其分析步驟為(1)確定研究問題：確定要解決的教學問題或要探究的現象。(2)制定假設：基於研究問題制定可能的假設或預期結果。(3)選擇研究設計：決定使用何種研究設計，例如是橫斷面研究、縱貫研究、實驗研究等。(4)蒐集資料：選擇適當的資料蒐集方法，包括問卷調查、觀察、訪談等，以收集研究所需的資訊。(5)分析資料：對蒐集到的資料進行統計分析或質性分析，以得出結論。(6)總結結果：根據分析結果總結研究的主要發現，回應研究問題。調查研究法是一種以科學方式進行教育問題探究的方法，它對於提升教學品質、發展教育理論以及支援教育政策的制定都有重要的意義[13]-[15]。

本計畫綜合上述各法之優點，採用混合研究法，如同內容分析法般將課程內容依據本計畫所開發之 I-CARE 教學框架進行系統化拆分，對應主題涵蓋範圍、難易度、認知層次等方面安排翻轉教室、相互教學法、設計思考等活動進行課程內容教學，並以鷹架式引導、專題與問題導向學習雙 PBL 方式，將內容由淺入深、由基礎入應用、由記憶入反思之程序引導學生理解課堂所教授電力工程技術內容。本計畫之方法亦採納行動研究法之特點，課堂中以翻轉教室、相互教學法、設計思考方式讓學生探討要解決之工程問題並制定具體行動策略，透過不斷地循環反思、行動和評估，逐步改進課堂學習之步調，並以鷹架式引導、專題與問題導向學習雙 PBL 方式，協助學生實踐課堂所教授之電力工程技術，進而於本校建置的微電網技術試驗場中進行技術實踐驗證。本計畫之研究特點亦類似調查研究法，透過翻轉教室、相互教學法、設計思考活動讓學生探究、了解、描述和分析所教授電力工程技術，且以鷹架式引導、專題與問題導向學習雙 PBL 策略引導學生面對不同工程應用情境與困難，規劃課堂所教授之電力工程基礎技術之延伸應用，並於本校建置的微電網技術試驗場中進行實驗資訊蒐集、觀察分析、制定解決方案、實踐驗證等，以提升學生對於電力工程技術之學習成效。

#### 4. 教學設計與規劃 Teaching Planning

在當今教育環境中，整合多元教學策略已成為促進學生全方位發展的重要手段。本計畫教學設計旨在融合 I-CARE 教學框架，結合設計思考、鷹架式引導、專題和問題導向學習(Double PBL)，以提高學生的學習成效和深度。本計畫主要之教學目標為在培養學生的批判思考、創造力、團隊協作和解決實際問題的能力。在強化學生工程實務能力方面，本計畫利用所開發之 I-CARE 教學框架，建立設計思考、鷹架式引導、專題和問題導向學習(Double PBL)為基礎之教學策略，並輔以自行開發之教具，採用相互教學法、翻轉教室、同儕互評、業師導入等方式進行學員互動以激發工程創新想法，最後採用實作作業、課題簡報、成果實際展示及場域實踐方式進行評量，取代傳統考試方式。並於每次實作練習請學生填寫進度報告，除可掌握學生設計思考、專題和問題導向學習之實作進度外，亦可了解學生小組內部的討論結果與發現，進而促使學生自主學習解決問題、團隊溝通、創意力激盪等能力。而在口頭報告中，將採用互評表單設計方式，促成各學生之間的討論及分享。最後於期末將透過報告、實作展示及場域實踐方式讓學生進行表達力、宣傳力、溝通力等訓練，並進行評量與跟同儕互動討論，激發學生所做實作之創意與成效反思。在啟發學生跨領域創新思維方面，本課程設計將著重在“做中學”、“學中做”的概念，讓學生能及早接觸跨領域之實驗，並開始進行專題實作前即開始由授課老師引導學習跟專題相關之課程。跨領域實作課程將融合系統與電機、通訊、資訊相關專業之一系列基礎實驗課程，最後於本校建置的微電網技術試驗場中，進行能源管理系統場域實踐，其目的在讓學生透過基礎實驗課程，了解跨領域技術之相關應用，

提升學生之學習興趣與方向，進而激發工程創新思維。本計畫教學設計與規劃架構如圖 1 所示。

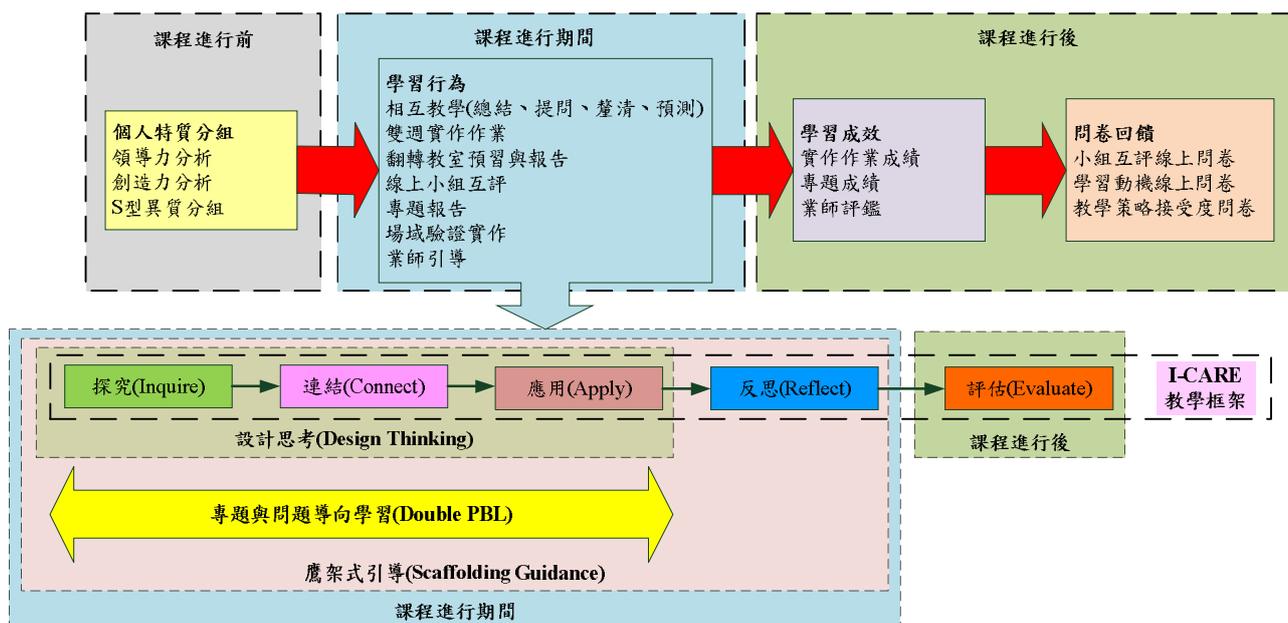


圖 1、本計畫教學設計與規劃架構。

由表 1 可知計畫主持人分別於 110 年度與 111 年度採用 CDIO 與 ADDIE 兩種教學框架進行教學策略改進。CDIO(Conceive, Design, Implement, Operate)是一種強調工程教育的教學框架，強調學生在學習過程中應該具備的工程實踐能力。CDIO 透過四個階段進行：(1) Conceive(構思)：定義問題並理解需求，形成解決方案的初步概念。(2) Design(設計)：基於構思階段的概念，制定具體的設計方案。(3) Implement(實施)：實施設計，即製造、建構或構建解決方案。(4) Operate(操作)：操作並維護實施的方案，了解其性能。該教學框架的特點為注重將理論應用到實際工程問題中，培養學生的實踐能力，並強調學生在學習過程中的主動參與，鼓勵他們發揮創意。然而實施 CDIO 需要豐富的實驗室設備和相應的經費，且對於某些理論較為抽象的課程，CDIO 模型較難以直接應用，尤其是電力品質訊號處理課程之演算技術理論部分之介紹時，此教學框架之問題便更顯著。

而 ADDIE(Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation)是一個傳統的教學設計框架，用於開發和評估教育課程。主要可分為五個階段進行：(1) Analysis(分析)：確定教育需求和學習目標。(2) Design(設計)：制定課程的結構和內容。(3) Development(開發)：創建教學材料和學習資源。(4) Implementation(實施)：在課堂或線上環境中實施課程。(5) Evaluation(評估)：評估課程的效果，並進行必要的修訂。ADDIE 教學框架提供了一個系統性的方法，確保課程的有效性，且該框架容易管理和控制，使得教學設計過程更為有序。然而 ADDIE 教學框架的流程較為固定，不夠靈活應對不同的教學場景，且實施通常需要相當長的時間，可能不適用於迅速變化的教學需求。因此 ADDIE 教學框架提升學生創意與應用能力方面較為受限。

基於 CDIO 和 ADDIE 的優缺點，本計畫提出一種整合的改良式教學框架。該框架以「I-CARE」(Inquire, Connect, Apply, Reflect, Evaluate)為基礎，結合了 CDIO 的實踐強調和 ADDIE 的系統性設計。本計畫教學設計開發的 I-CARE 框架包括「探究」(Inquire) - 引入問題驅動的學習主題，激發學生的好奇心。「連結」(Connect) - 將所學內容與實際應用情境連結，建立知識的實用性。「應用」(Apply) - 提供實際案例，讓學生應用所學知識解決真實問題。「反思」(Reflect) - 引導學生反思學習過程，確認理解度並提出問題。「評估」(Evaluate) - 使用多元評量方式，包括個別任務和團隊專案，確保學生全面發展。此五個要素提供結構性的教學基礎，如圖 1 所示。

學期 18 週之課程規劃安排如下：

- 電力系統簡介(2 週)-簡介電力系統的架構，以及相關應用與背景知識。
- 電力品質與能源問題介紹(3 週)-透過數學方式將電力品質所欲解決之問題表示出來，並依據不同應用主題練習相關軟硬體操作練習。
- 第一次平時作業練習與整合：透過本校建置的微電網技術試驗場之監控平台，完成系統整合測試驗證，了解評估指標之分析性能，達成資訊、通訊、電機之跨領域技術實現目標。
- 諧波問題分析方法與設計(3 週)-針對所採用之分析平台，依據訊號處理類型，進行諧波訊號量測所需操作練習。
- 第二次平時作業練習與整合：透過本校建置的微電網技術試驗場之監控平台，完成系統整合測試驗證，了解諧波訊號分析之性能，達成資訊、通訊、電機之跨領域技術實現目標。
- 期中分組專題報告，並請業師指導(1 週)
- 電壓閃爍問題分析方法與設計(3 週)-針對電壓閃爍問題進行分析，並利用分析平台完成求解架構設計。
- 第三次平時作業練習與整合：透過本校建置的微電網技術試驗場之監控平台，完成系統整合測試驗證，了解電壓閃爍訊號分析之性能，達成資訊、通訊、電機之跨領域技術實現目標。
- 電力品質事件問題分析方法與設計(5 週)-利用分析平台，針對所欲解決之電力品質事件問題，進行分析系統實作及測試。
- 第四次平時作業練習與整合：透過本校建置的微電網技術試驗場之監控平台，完成系統整合測試驗證，了解電力品質事件分析之性能，達成資訊、通訊、電機之跨領域技術實現目標。
- 期末分組專題與場域實踐成果報告，並請業師指導(1 週)

本計畫於本校建置的微電網技術試驗場中，結合業師進行場域實踐，進而分析太陽能、儲能系統、用電設備間的能源管理狀況，並完成電能監測技術、電力資料庫、電力量測與儀表設計、系統企劃等系統規劃訓練，且實現跨電機、通訊、資訊領域技術之系統整合能力提升，實踐場域與規格如圖 2 所示。圖 3 為合作企業所贈與之電力調節與儲能系統，並提供本校業師輔助教學及企業實習機會。關於電力干擾測試源部份，本計畫所採用的測試設備如圖 4 所示。





微電網2與微電網3太陽能配接盤



樓頂太陽能裝設情況



微電網2與微電網3儲能系統



三區域微電網互聯配電盤



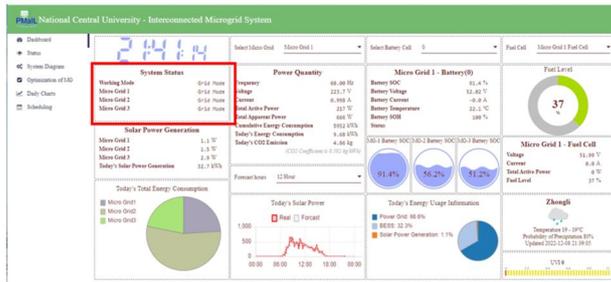
甲醇重組燃料電池系統



微電網1系統



微電網1室內空間



能源管理系統 (Energy Management System, EMS)

圖 2、本計畫實踐場域-於本校建置的微電網技術試驗場。



圖 3、合作企業提供本校業師輔助教學、企業實習機會及實驗用電力調節與儲能系統。



(a)



(b)

圖 4、(a) Chroma 61511 可程式化交流電源供應器、(b)HIOKI PW3360-21 電力品質分析儀。

為探討學生在分組團隊協作中之學習成效與創新思維培育狀況，課程進行前進行每位參與課程學生之領導力分析、創造力分析與課程先備知識之S型異質分組，藉此於期末時可了解個人特質對分組專題成果及創造力等能力提升之影響性，並探討分組中實作能力差異之學生間互動對整體學習成效提升之狀況。領導力與創造力評估問卷及進行課程先備知識S型異質分組之課程前測評估問卷請參閱附件內容。在每個課程主題講授時，會先請各組學生上台報告，以翻轉教室之模式進行課程內容介紹，並搭配相互教學法之表單設計，讓上課學生整理各組所報告之重點。同時依據I-CARE教學框架中之探究、連結、應用階段，導入設計思考、專

題和問題導向學習(Double PBL)進行課程。接著納入I-CARE教學框架中的反思階段，採用鷹架式引導提供深層次的問題引導，引發學生深度思考，並在I-CARE教學框架整個探究、連結、應用過程中，教師提供資源和指引，形成鷹架協助學生學習。並於每次實作練習請學生填寫進度報告，除可掌握學生專題導向之實作進度外，亦可了解學生組內的討論結果與發現，進而促使學生自主學習解決問題、團隊溝通、創意力激盪等能力。最後，在課程進行後，授課教師與助教將蒐集之作業、進度報告、小組報告及工作日誌、同儕互評表單、相互教學表單、場域實踐測試結果報告等進行其學習內容認知層次評估，進而分析學習者在學習過程之認知層次變化與學習成效之影響關係。

根據上述 18 週課程安排，每單元主題導入 I-CARE 教學框架、設計思考、鷹架式引導、專題導向學習、問題導向學習等教學策略之方式，以「電力品質與能源問題介紹」單元舉例規劃如圖 5 所示。由課程規劃架構可知，I-CARE 教學框架整合了 CDIO 和 ADDIE 兩種優勢，提供一個更具靈活性和適應性的教學框架。在電力工程課程中，I-CARE 教學框架的應用可促進學生的創新思維、團隊合作和實踐能力，同時保持課程的系統性和有效性。

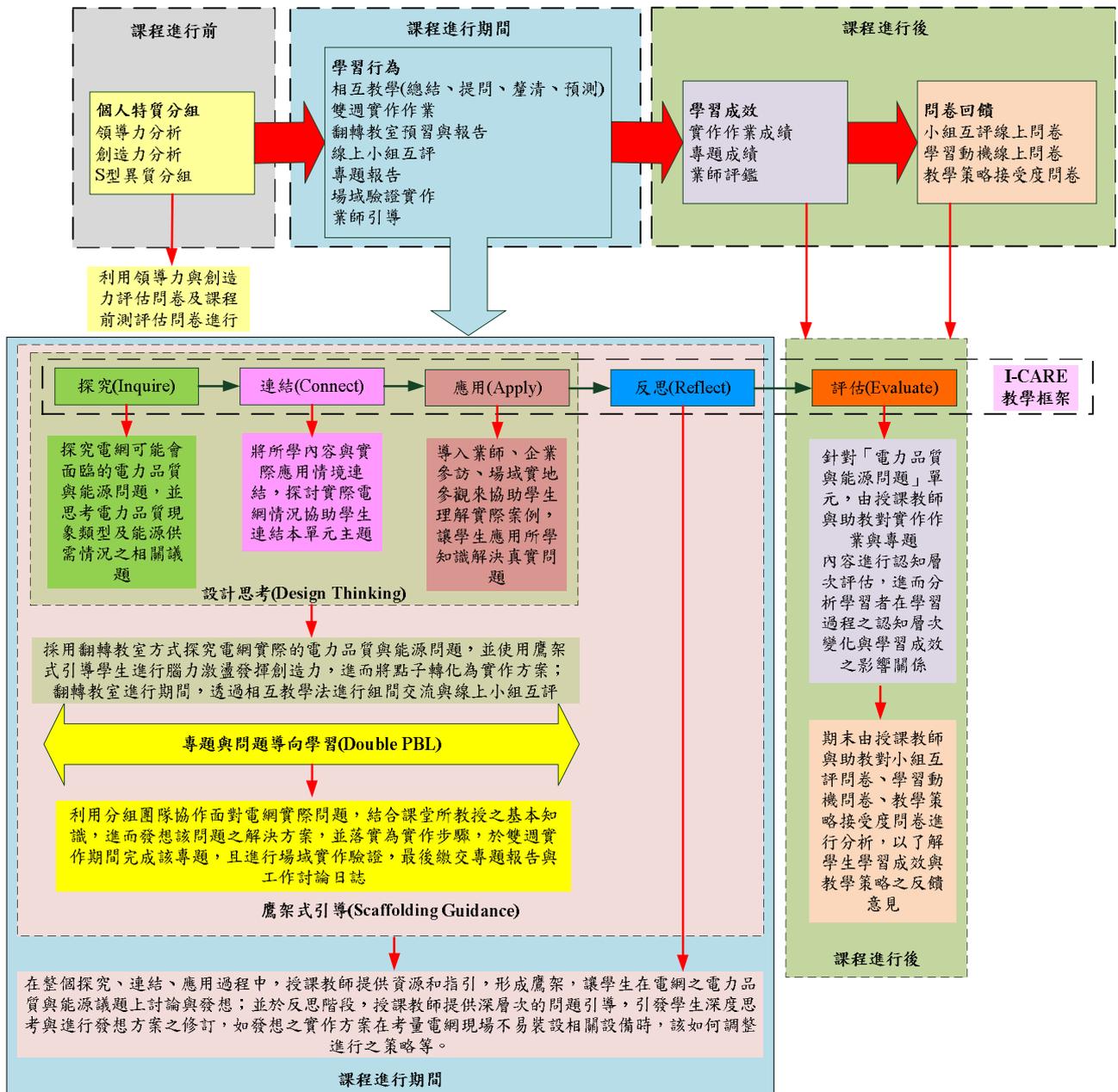


圖 5、本計畫教學規劃 - 每單元主題導入 I-CARE 教學框架與多元教學策略(以「電力品質與能源問題介紹」單元為例)。

## 5. 研究設計與執行方法 Research Methodology

計畫主持人分別於 110 年度與 111 年度採用 CDIO 與 ADDIE 兩種教學框架進行教學策略改進，研究結果顯示學生無論在小組報告或工作進度報告中高認知層次皆有顯著成長，如圖 6 所示。結果顯示工作日誌認知層次中的「記憶」層次與專題成績呈顯著負相關，「理解」層次則沒有與專題成績顯著相關，而「應用」、「分析」、「評鑑」、「創造」層次與專題成績呈正相關，也就是說在小組工作日誌當中的「記憶」層次數量越少，「應用」、「分析」、「評鑑」、「創造」層次數量越多，對於其專題成績就會越高。由此結果可以推論，因為該課程透過 CDIO 與 ADDIE 教學框架、翻轉教室、相互教學法、業師導入及場域實踐之教學策略，最後成績著重在於實作成果方面，所以每週工作進度報告當中越少出現基本的理論知識內容，對於整體學習成果來看越優秀，也就是說學習者要擺脫基本「記憶」層次的框架進入到越高的層次當中，其學習成效就會越好。

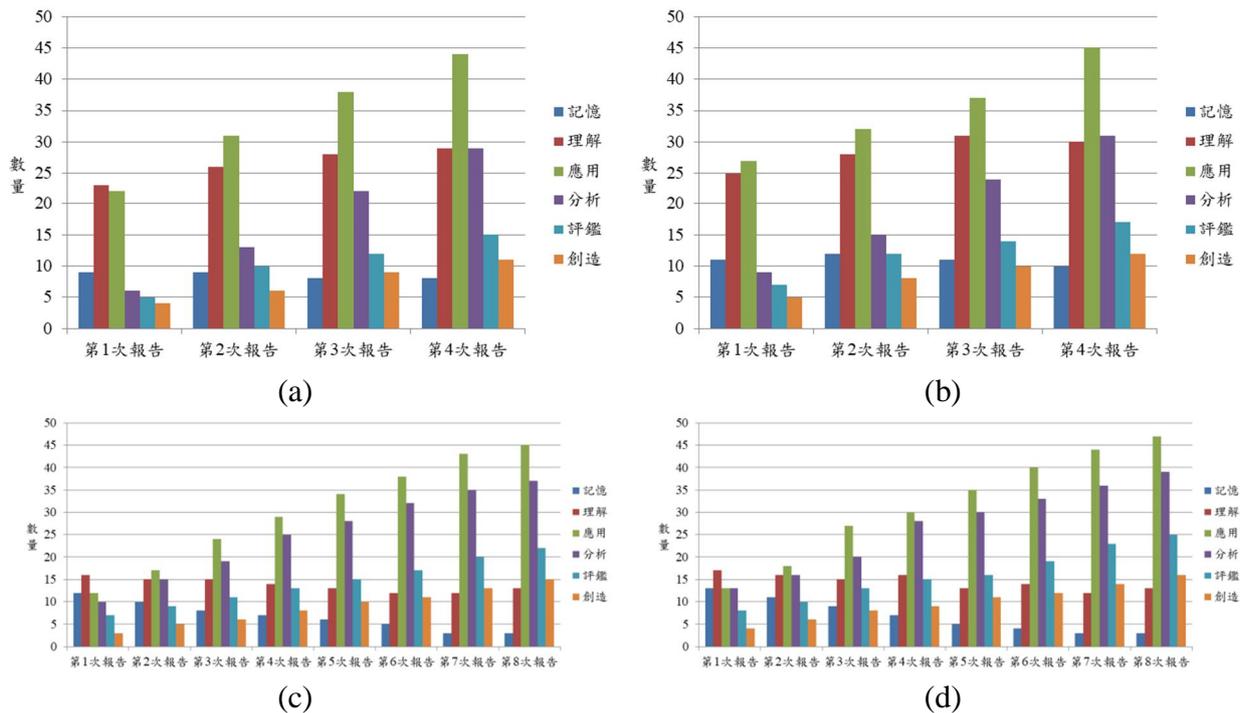


圖 6、計畫主持人於 110 年度與 111 年度執行計畫之認知層次分析統計圖(a)CDIO 教學框架下之小組報告、(b)ADDIE 教學框架下之小組報告、(c)CDIO 教學框架下之工作進度報告、(d)ADDIE 教學框架下之工作進度報告。

然而在 110 年度與 111 年度執行計畫期間，計畫主持人發現 CDIO 與 ADDIE 教學框架調整彈性不足，當面臨學生基礎實作能力不足時，每個分組間的學習成效差異有逐步擴大的趨勢，圖 6 僅為全班的總計情況，故無法發現此問題。因此為了解決學生基礎實作能力不足之情況，本研究計畫開發 I-CARE 教學框架，將專題或解題實作前之構思與設計拆解成探究、連結、應用三階段，並導入設計思考與鷹架式引導方式，讓學生所發想之實作方案可以落實，加上分組間之相互教學法之交流，來降低每個分組間的學習成效落差。

電力品質訊號處理的實現方式在分析系統的發展過程中扮演關鍵的角色。為了簡化硬體和軟體的整合，本教學計畫採用 I-CARE 教學框架下所開發的電力管理暨分析平台，旨在提供學生更方便的分析技術設計和實作環境，同時加速電力品質問題的分析演算法實現。在這個實現過程中，分析軟體的發展必須經歷程式轉換和編譯的過程，以確保硬體能夠使用機械碼進行計算。由於電力應用所需的類比訊號必須進行數位轉換，而與電力品質相關的訊號處理則需要進行有效的分析。這就是本教學計畫引入電力管理暨分析平台的原因，它極大地簡化了訊號轉換的結果驗證過程，同時為學生提供了方便的分析技術設計工具，加速了分析演

算法的實作。

在電力品質訊號處理演算法的實現方面，硬體和系統之間通訊協定的差異對於監測系統的研發造成了不少挑戰。為了加速即時訊號監測暨分析系統的建置，本計畫採用了LabVIEW圖控編輯軟體環境。LabVIEW的虛擬儀表設計優勢使得硬體通訊問題得以簡化，同時也提供了方便的人機介面設計。透過LabVIEW的圖控環境，我們能夠迅速解決通訊協定問題，同時設計出直觀易用的人機介面，提高系統的開發效率。虛擬儀表在這個量測結構下起到關鍵作用，結合了訊號擷取、訊號調節模組與個人電腦的量測裝置，如圖7所示。這種結構允許設計者自行決定所有儀表的分析功能，因此在開發和更新方面具有卓越的靈活性。由於訊號轉換和前置處理電路均以模組實現，系統設計者能夠在硬體抽象化的情況下專注於分析演算法和系統規劃，提高了系統的可維護性和擴展性。這也為學生提供了更豐富的實作經驗，使他們能夠更深入地理解電力品質訊號處理的實際應用和技術設計。由於LabVIEW圖控編輯軟體環境十分容易上手，因此本計畫在課程開始前會先請助教進行三小時的基礎訓練，學生僅需了解軟體實現邏輯概念的方式而無需學習如何與硬體通訊之細節，藉此亦可以適時地降低每個分組間的基礎實作能力落差。

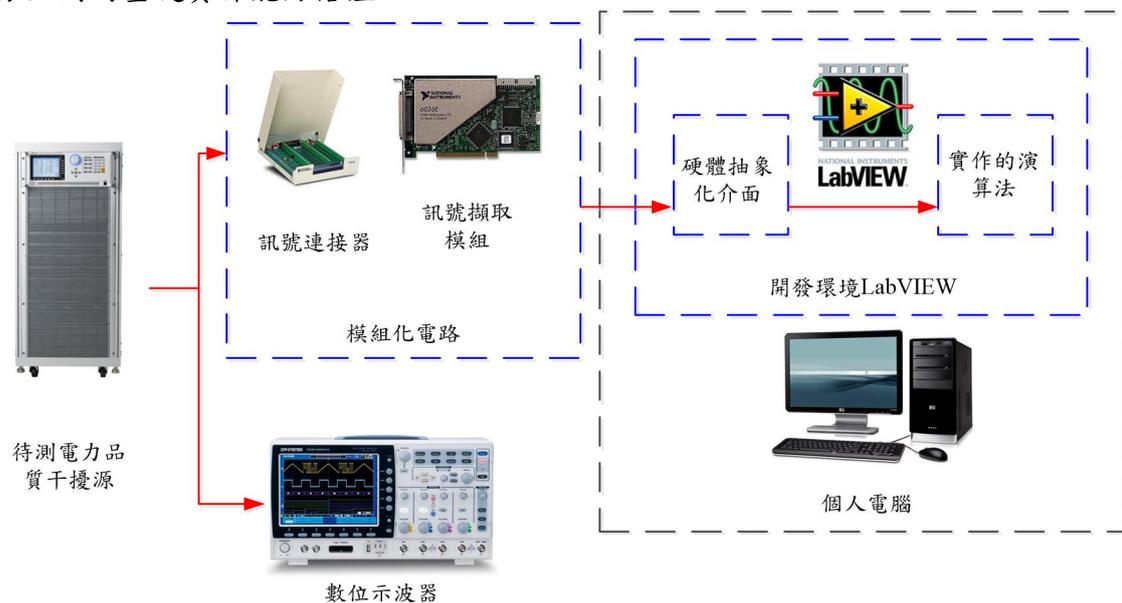


圖 7、LabVIEW 虛擬儀表環境開發架構

本計畫採用混合研究法，將課程內容按照 I-CARE 教學框架進行系統性拆分，類似內容分析法，以便對應主題的範圍、難易度、認知層次等，並安排翻轉教室、相互教學法、設計思考等活動來進行課程內容的教學。同時，本計畫運用鷹架式引導、專題與問題導向學習雙 PBL 方式，以深化學生對電力工程技術的理解，從淺入深、由基礎到應用、由記憶到反思的方式引導學生。

方法上，本計畫借鑑行動研究法的特點，將翻轉教室、相互教學法、設計思考等方式引入課堂，讓學生參與解決工程問題的討論，制定具體的行動策略。透過反思、行動和評估的不斷循環，逐步改進課堂學習的步調。同時，運用鷹架式引導、專題與問題導向學習雙 PBL 方式，協助學生實踐所學的電力工程技術，並在本校建置的微電網技術試驗場中進行實際的技術驗證。

本計畫的研究特點也類似調查研究法，透過翻轉教室、相互教學法、設計思考等活動，引導學生進行探究、了解、描述和分析所學的電力工程技術。同時，以鷹架式引導、專題與問題導向學習雙 PBL 策略，引導學生應對不同的工程應用情境和困難，規劃延伸應用基礎技術，並在微電網技術試驗場中進行實驗資訊蒐集、觀察分析、制定解決方案和實踐驗證，以提升學生對電力工程技術的學習成效。

在資料蒐集與學習成效評估方面，本計畫使用的工具有 Google 表單和校內 ee-class 教學平台，來協助學生上傳相關的實作作業和報告。同時，我們將推行相互教學、同儕互評等資

料填寫，以方便在學期結束後進行學習成效的深入分析。這種方式不僅有助於收集學生在實作中的表現和學習成果，也提供了同儕評價的機會，以更全面地評估他們的學習狀況。透過這些資料，我們將能夠更深入地了解學生的學習歷程，為教學的改進提供實質的參考依據。此外，授課教師亦將透過 youtube 平台工具依據授課內容拆分成小單元，錄製教學模組短影片，輔助學生課後快速複習。

本計畫課程遵循 I-CARE 教學框架，結合翻轉教室、相互教學法、鷹架式引導、設計思考、專題與問題導向學習雙 PBL 策略、業師導入以及場域實踐等多元教學方式。透過這樣的引導方式，學生將參與實作電力品質訊號處理演算法，同時建立能源管理系統。這個實驗將以量化和質性分析的方法進行探討，研究對象根據領導力分析被劃分為不同的組別，每個組別包含 2 到 3 名學生。這樣的教學設計旨在激發學生的主動學習，透過實際應用解決問題的過程，培養他們的綜合能力和專業技能。

### 同儕互評各層次評估

電力品質訊處理是屬於工程教育中的軟體相關課程，涵蓋眾多實作演算法的步驟。透過課程中的作業和專題階段，學習者逐漸深入了解實作的過程。在教師的引導和小組討論中，學習者得以相互激發，提升認知層次和創造力。本研究將以小組報告和工作日誌的形式呈現學習過程，藉由修改和重新定義 Bloom 的認知層次[16]-[18]，如下表 2 所示，各階段的小組報告和工作日誌內容將由兩位專業人士對學習內容進行認知層次評估，統計出如圖 6 之結果，進而分析學習者在學習過程中認知層次的變化對學習成效的影響。此外，為了了解每個分組間的學習成效差異，本計畫除進行全班的統計分析外，亦進行各組之認知層次統計，這樣的分析將有助於深入瞭解學生在課程中的學習表現，並提供有價值的教學改進建議。

表 2、本計畫課程之認知層次定義

認知層次	定義
記憶	對於電力品質訊號處理演算法的基本知識
理解	瞭解電力品質訊號處理中演算架構、運用與分析程序
應用	設計電力分析系統的運作架構與實際執行作業
分析	能分析電力演算法及系統運作的架構，並瞭解如何完成後續工程
評鑑	學習者根據電力分析系統的規範、標準與其經驗來評論作品的優劣
創造	產生新的構架方式或創新想法，融入到目前的實作當中
表達力	學習者對實作成果之報告表達能力
完成度	實作成果之完成度
正確性	實作成果之正確性

### 認知層次分析與訪談的相關性探討

- 對應用層次的領導力特質與無領導力組別之間的差異，透過訪談探討有領導力組別的學生是否在討論中採用多方資料參考，並將知識結合到其他領域，而無領導力組別的學生是否直接使用課程內容進行訊號處理。這有助於了解領導力對應用層次的影響。
- 對分析層次的領導力特質與無領導力組別之間的差異，透過訪談探討有領導力組別的學生是否能清楚描述所探討的訊號，進行實驗並列出圖表進行比較，而無領導力組別的學生是否僅概述與比對訊號。這有助於了解領導力對分析層次的影響。
- 對專題完成度和正確性的領導力特質與無領導力組別之間的差異，透過訪談了解有領導力組別的學生對組別的評價是否接近預期，而無領導力組別的學生是否對組別評價較低，認為無法實際應用且與預期有差異。這有助於了解領導力對專題完成度和正確性的影響。
- 對創造力的領導力特質與無領導力組別之間的差異，透過訪談了解無領導力組別的

學生是否直接採用課堂內容進行實驗設計，而有領導力的學生組別是否有條理性的規劃與發想步驟，從找資料到假設再到實驗和結果，並從網上資料或論文中尋找方法解決問題。這有助於了解領導力對創造力的影響。

- 對表達力的領導力特質與無領導力組別之間的差異，透過訪談了解有領導力組別的學生是否能透過成員合理輪替和工作分配更好地掌握報告內容，而無領導力組別的學生是否能有效負責進度內容和表達報告。這有助於了解領導力對表達力的影響。

### 小組互評問卷

在評估小組報告的過程中，我們不僅使用了小組報告本身，還運用小組互評問卷的方式來深入瞭解不同小組對於其他組報告的評價和理解程度。這種方法有助於促進組與組之間的競爭力，同時也強化學習目標的實現。每次小組報告完畢後，我們進行一次小組互評，使用一份由授課教師編制的六個項目的問卷。這份問卷採用 Likert 五點量表[19]-[21]，提供非常同意(5分)、同意(4分)、普通(3分)、不同意(2分)和非常不同意(1分)五個選項，讓學習者根據其主觀感受進行填答。具體的小組互評問卷評估項目與定義如表 3 所示。這樣的小組互評機制不僅提供了對小組報告的多角度評價，還促進了學生之間的互動和學習氛圍的建立。透過學生之間的建議和反饋，小組得以不斷改進，同時學習者也能從其他組的經驗中汲取寶貴的教訓，共同進步。

表 3、小組互評問卷評估項目與定義

評估項目	定義
對報告內容的理解	對於其他小組報告內容的理解程度，程度越深越高分。
提出建議的深度	對其他小組提出建議的深入程度，越具體越高分。
團隊合作與分工	對其他小組團隊合作和分工情況的評價，越合理越高分。
其他小組表達的清晰度	對其他小組報告表達清晰度的評價，越清晰越高分。
創意和獨特性	對其他小組報告創意和獨特性的評價，越突出越高分。
總體滿意度	對其他小組報告的整體滿意度，總體評價的綜合得分。

### 學習活動資料

學習活動的規劃方面，本研究選擇採用專題與問題導向式學習，以實作電力品質訊號處理演算法為主題進行。整個學習活動分為四個階段，每個階段都設計了獨特的學習活動，並在各活動結束後進行小組報告。值得注意的是，每次報告結束後，學生將進行小組互評，旨在了解學習者對其他組別實作情況的看法。這四個階段的學習活動依次推進，以建立起有系統的學習架構。首先，學生將介紹專題的背景和問題，然後進入實作階段，運用電力品質訊號處理演算法進行探討。接著，每個小組在活動結束後分享他們的實作成果，進行小組報告。最後，進行小組互評，學生將對其他小組的表現提出評論，促進相互學習和反思。透過這樣的學習活動設計，不僅能夠培養學生的解決問題能力，也為他們提供了合作與分享的機會。同時，透過小組互評的方式，學生能夠從多元的觀點中瞭解其他組別的優勢和改進之處，進一步提升整體學習效果。各階段進行方式如下：

#### (一) 第一階段

因為學習者之前並未接觸過電力品質訊號處理演算法的實作，先前的課程主要著重於理論教學。為此，第一階段的設計旨在引導各組學習者透過授課教師和助教的協助，啟動基礎的電力品質訊號處理演算法實作練習。在完成練習後，學習者將撰寫工作報告以紀錄實作的狀況，藉此了解學習者在實作上的表現。期中前，學習者主要報告基礎實作練習的成果。同時，透過專題與問題導向學習教學策略，學習者將進行電力品質干擾嚴重程度之指標分析演算技術的開發，以提升實作能力。

#### (二) 第二階段

在第二階段，學習者繼續進行進階的電力品質訊號處理演算法的實作練習。透過這一階段的練習，他們將所學到的內容應用在實際情境中，同時開始規劃專題計畫。在期中報告中，學習者需提出專題的規劃與實作內容。授課教師和助教會進行實作評估，並在評估後提供指導，引導學習者進入下一階段。同時，這一階段也配合目標導向情境學習教學策略，專注於諧波訊號分析演算技術的開發，以進一步提升學習者的實作能力。

### (三) 第三階段

在第三階段，學習者將開始實際進行專題實作，面臨各種實作上的挑戰。為了解決這些問題，學習者需要得到授課教師和助教的引導，以更好地了解目前的實作狀況並解決問題。在期末前，學習者需要報告專題的進度，同時完成專題的半成品。在這一階段，同樣配合專題與問題導向學習教學策略，側重于電壓閃爍訊號分析演算技術的開發，以進一步提升學習者的實作技能。

### (四) 第四階段

在最後一個階段，各組學習者必須完成他們的專題實作。在這階段，同樣會有授課教師和助教的指導，協助學習者完成專題，並在期末報告時呈現完整的專題內容，展示他們的實作成果。這一階段同樣融入專題與問題導向學習教學策略，側重于電力品質事件分析演算技術的開發，以進一步提升學習者的實作技能。透過此階段的專題實作，學習者能夠應用先前所學的知識，解決實際電力品質事件的挑戰，並展現他們在這一學期中所獲得的專業能力。整個學習過程注重引導學生進行實作，培養解決問題的能力，並在專題中綜合應用各項技能，達到深度學習的效果。

## 問卷結果分析

本課程進行了兩項問卷調查，分別針對學習動機和教學策略接受度進行評估，見圖 8 和圖 9。透過這兩份問卷，可評估本課程所選擇的教學策略對學生學習動機的影響，同時探究學生對於創新教學策略的接受度，進而協助教學策略的改進。

學習動機 (•\_•)♡

\*必填

注意力

在即將上完本學期課程的時刻，我們想就“專題導向之相互教學翻轉教室”這樣的上課模式來請問您一些問題：  
以下有五個小題(๑~๕)

1. 「專題導向之相互教學翻轉教室」的上課模式讓我對電力品質訊號處理課程更感興趣。\*

1      2      3      4      5

2. 「專題導向之相互教學翻轉教室」的課程進行方式，讓我更投

圖 8、學習動機問卷。

專題導向之相互教學翻轉教室-接受模型 9.0.0?

\*必填

易用性

以下有五個小題(😊)

1.透過「專題導向之相互教學翻轉教室」機制下的相互教學活動討論，我可以更快理解課程內容。 \*

1      2      3      4      5

2.透過「專題導向之相互教學翻轉教室」機制下的相互教學活動

圖 9、教學策略接受度問卷。

透過問卷反饋所獲得的意見，本課程能夠靈活地進行多元評分和實作課程流程的調整。本課程融合了 I-CARE 教學框架和多元教學策略，旨在協助學習者實現良好的學習成果。在活動設計上，本課程遵循 I-CARE 教學框架，整合了設計思考、翻轉教室、相互教學法、專題與問題導向學習雙 PBL 策略、組內互動(工作報告)和組間互動(小組報告與小組互評問卷)、業師指導以及場域實踐等多元元素。

課程特別著重於使用 Bloom 認知層次對小組的工作報告和小組報告進行評估，以了解後期課程中分析和創造層次的數量相對於前期是否有所提升。這種評估方法不僅有助於檢視學習者在課程進行中的進步，還能夠判斷組內和組間的分組活動是否成功地提升了學習者的高層次認知能力。透過組內的工作報告和組間的小組報告，學生在實作過程中得到實用的經驗，同時透過組內外的互動與評價，學習者的能力逐漸提升。業師的指導和場域實踐更進一步加強了實作環節的實際效益。這樣全面而多元的學習經驗，有助於培養學生的分析力和創造力，使其更好地應對電力品質訊號處理領域的實際挑戰。總體而言，這個整合教學模型旨在為學生提供全方位、深入且實用的學習體驗。

### **Rubrics 評量表單**

在整個 18 週的電力品質訊號處理課程規劃中，透過一系列引導，包括訊號處理演算法介紹、專題背景知識討論、模組系統實作練習、專題問題分析與設計，以及專題應用實作等步驟，本課程致力於協助學生運用所學的工程知識，深入了解電力訊號的應用問題。透過工程相關的軟硬體工具、問題分析與設計，以及與同儕的合作討論，學生能夠完成專題系統實作與場域實踐。

這門課程的設計旨在透過平時的專題作業練習和整合，評估學生是否達到本系的教學核心能力。學生將透過實際操作和應用，培養工程相關領域的實務技能，同時提高問題分析和解決的能力。課程中強調的團隊合作也有助於培養學生在真實工程情境下的協作和溝通技能。

進行平時專題作業練習的同時，教學團隊將利用核心能力與評量表單，對學生進行評估，以確保他們在課程中獲得了所期望的知識和技能。最終，透過期中和期末報告的形式，學生將可發展工程報告撰寫和口頭表達的能力。這種評估方式有助於培養學生的學術寫作和口頭溝通技能，使他們更好地應對未來的工程挑戰。整體而言，課程設計以培養學生在電力品質訊號處理領域中的綜合能力為目標。本計畫核心能力與 Rubrics 評量表單對應之項目如下表 4 所示。

表 4、本課程使用之核心能力對應 Rubrics 評量表單

核心能力	比例	分組						平均
		1	2	3	4	5	6	
運用工程知識	15%							
實作能力	15%							
使用工程工具	15%							
應用工程設計	5%							
多元化團隊合作	15%							
理論分析能力	15%							
論文寫作/語文表達	10%							
環境影響/終身學習	5%							
工程倫理	5%							
總分	100%							

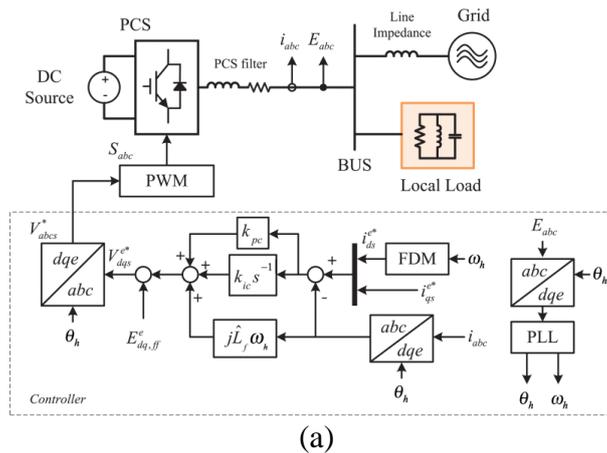
## 6. 教學暨研究成果 Teaching and Research Outcomes

### (1) 教學過程與成果

本計畫課程進行方式包含如下：

- 翻轉教學報告(組間互動)
- 相互教學表單(組間互動)
- 小組互評問卷(組間互動)
- 工作進度報告(組內互動)
- 專題期中規劃報告
- 專題期末成果展示與報告
- 核心能力對應 Rubrics 評量表單

本計畫課程期間學生之翻轉教學報告抽樣與相互教學表單如下圖 10 所示。而本課程學生實作之成果如圖 11 所示。



### 翻轉相互教學活動表單

激發學生間、師生間的互動，腦力激盪，有所學有所教。

cichen@ee.ncu.edu.tw (未分享) 切換帳戶

\*必填

電子郵件地址 \*

您的回答

本次課程日期 \*

日期

年 / 月 / 日

活動小組 \*

選擇

小組成員(學號與姓名) \*

您的回答

提交 清除表單

#### 四大項活動說明

- 總結：根據各組報告後之內容，以一段文字來總結這次翻轉教學討論的主題內容。
- 提問：根據這次的主題，寫下您不懂的地方或問題。
- 闡明：根據自己和聽眾所提出的問題，你的回答與解釋為何？
- 預測：預測本次的主題，在後續會有什麼樣的應用與發展。

總結 \*

您的回答

提問 \*

您的回答

闡明 \*

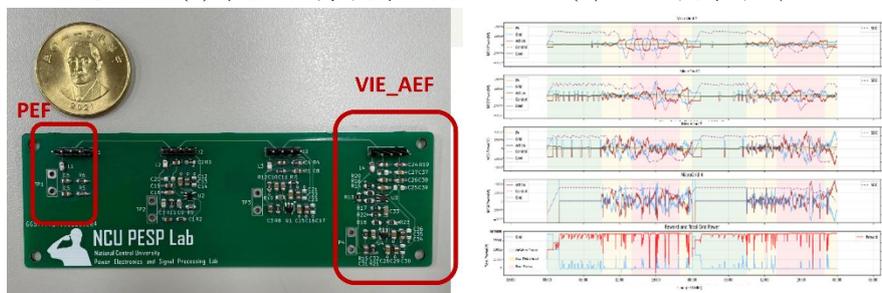
您的回答

預測 \*

您的回答

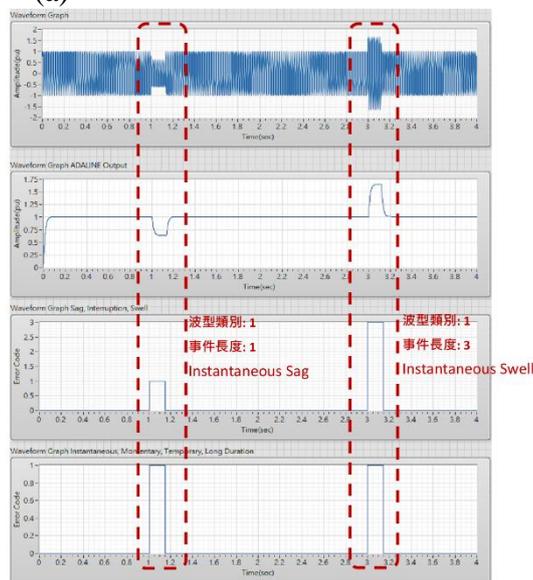
(b)

圖 10、(a)學生翻轉教學報告抽樣、(b)相互教學表單。



(a)

(b)



(c)

圖 11、學生實作之成果(a)干擾濾波器電路製作、(b)電力調度最佳化、(c)電力事件辨識。

此外，本課程亦導入業師、企業參訪、場域導覽及實作等面向，協助學生了解電網實務及電力品質問題與思索解決方案，如圖 12 所示。



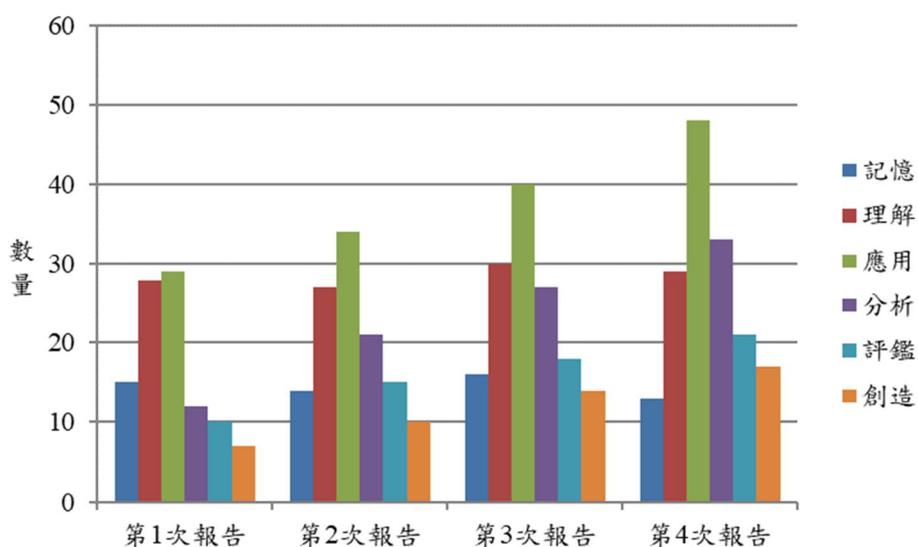
圖 12、(a)業師與企業參訪、(b)場域導覽、(c)場域實踐。

本計畫執行成果彙整如下：

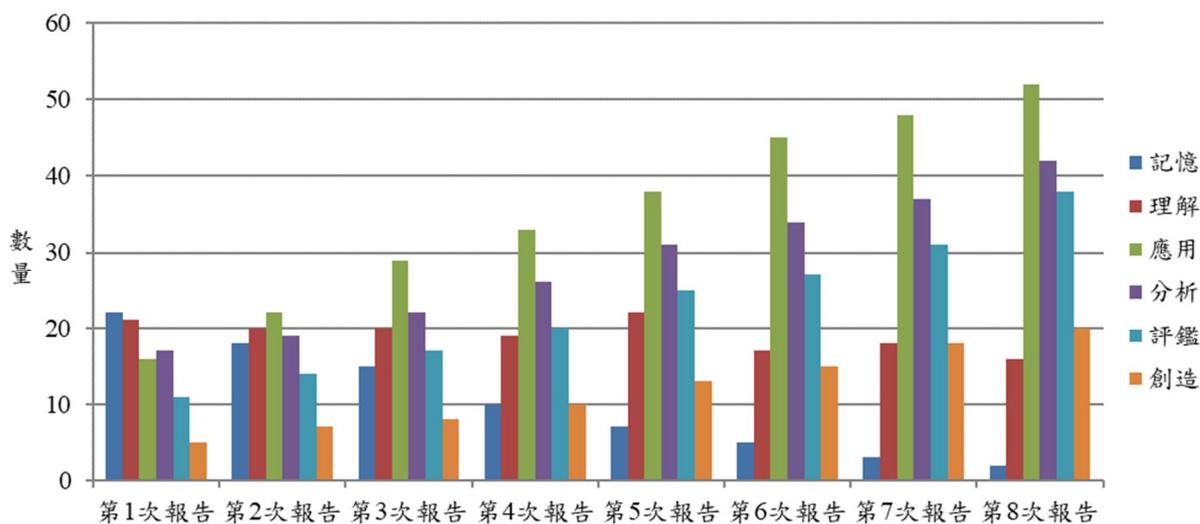
- 軟硬體教具數件
- 台達電子股份有限公司、熙特爾新能源股份有限公司、儲盈科技股份有限公司、企業實習 20 人次與參訪
- 中央大學互聯微電網場域實踐 25 人
- 劉睿謙、鍾佩純、高國鈞同學以「改良式粒子群優化多目標最佳化能源管理系統」榮獲 2024 教育部永續能源跨域應用人才培育聯盟跨校專題競賽綠能創新組 — 銅牌獎
- 計畫主持人榮獲 2024 年度台達年輕學者科技講座
- 計畫主持人團隊榮獲 2024 未來科技獎
- 七泰電子股份有限公司、儲盈科技股份有限公司提供設備進行人才培育，並協助進行業師實作輔導
- 發展之電力品質訊號處理分析及控制技術刊登於國際期刊
  - M. Syamsudin, C. I Chen\*, S. S. Berutu, and Y. C. Chen, "Efficient Framework to Manipulate Data Compression and Classification of Power Quality Disturbances for Distributed Power System," *Energies*, 17(6), 1396, 2024, pp. 1-20.
  - C. I Chen\*, F. J. Lin, Z. M. Su, and Y. T. Cheng, "Frequency and Voltage Stabilization with Polynomial Petri Fuzzy Neural Network Based Control Strategy for Microgrid Clusters," accepted for publication in *IEEE Systems Journal*.

## (2) 教師教學反思

本研究小組報告與工作日誌之認知層次分析結果如圖 13 所示。研究結果顯示，學生在每週工作日誌中不同認知層次的展現與專題成績有顯著關聯。當日誌內容偏向「記憶」層次時，與專題成績呈現顯著負相關；而「理解」層次則無明顯關聯。相對地，「應用」、「分析」、「評鑑」、「創造」等高階層次的比例愈高，學生的專題成果表現也愈佳。這樣的趨勢可推論源自課程所採用的多元教學策略，包括 I-CARE 教學框架、翻轉教室、相互教學法、專題與問題導向學習（雙 PBL）、業師導入與場域實踐等，皆強調實作與應用導向。因此，在工作日誌中若僅停留於理論知識的「記憶」層次，無法有效反映學習成效；反之，能展現高階認知歷程的學生，往往能突破單純知識記憶，進一步深化應用與創新，並在專題成果中獲得更優異的表現。



(a)



(b)

圖 13、(a)小組報告之認知層次數量統計圖、(b)工作進度報告之認知層次數量統計圖。

## (3) 學生學習回饋

學生對於本課程之教學評量分數為 4.7 分，標準差 0.4，課程滿意度佳。學生問卷回饋方面，各面向評量分數如下表 5 所示，其中注意力面向呈現學生透過本研究教學策略可提升學習內容的專注程度；相關性面向呈現學生透過本研究教學策略可提升鏈結課程內容與其他知

識與經驗之應用程度；自信心面向呈現學生透過本研究教學策略可提升學習之信心度；滿意度面向呈現學生對本研究教學策略之接受滿意程度；易用性面向呈現學生透過本研究教學策略對教學內容是否容易掌握之程度；有用性面向呈現學生透過本研究教學策略對教學內容之應用與吸收程度；使用意圖面向呈現學生針對本研究教學策略之採用意願。由表 5 之問卷回饋結果可知，學生對於本研究教學策略各面向皆有高度評價。學生問卷回饋內容如附件所示。

表 5、本課程學生問卷回饋評量分數

評量面向	分數
注意力	4.8
相關性	4.7
自信心	4.6
滿意度	4.8
易用性	4.8
有用性	4.7
使用意圖	4.6

學生之部分訪談回饋意見如下：

- 「這門課讓我第一次真正體會到跨領域整合的實際應用，從電機、資訊到通訊的技術都能在微電網試驗場中實際操作，比起只學理論來說，有很大的幫助，也讓我對自己的未來職涯方向更有信心。」
- 「課程安排了多次在微電網技術試驗場的操作機會，我覺得這是最有價值的地方。透過實際整合測試，我學會了如何觀察系統的運作與分析電力品質問題，對我後續做專題或參與競賽都很有幫助。」
- 「課程在講解電力品質問題的時候，搭配數學模型與實際案例，讓我更容易理解理論背後的實際應用，不會覺得抽象難懂，而且每一個階段的設計都非常有層次，幫助我們逐步建立系統性思維。」
- 「期中與期末的業師指導對我們幫助很大，除了讓我們的專題方向更實用外，也提供了業界的視角與建議，讓我更能理解現在業界在電力品質與能源管理方面的需求與挑戰。」
- 「課程安排很有系統，從基礎電力系統介紹，到諧波、電壓閃爍再到電力事件的深入分析，每個主題都有作業練習與整合，讓我們可以在每個階段都驗證自己的學習成果，也能及時修正理解錯誤的地方。」

## 7. 建議與省思 Recommendations and Reflections

本計畫以「基於 I-CARE 教學框架與多元教學策略於電力工程實踐教學之學習成效研究」為主軸，針對電力品質訊號處理課程進行創新教學設計。I-CARE 模型包含探究(Inquire)、連結(Connect)、應用(Apply)、反思(Reflect)、評估(Evaluate)五大步驟，結合翻轉教室、設計思考、相互教學法、專題導向與問題導向學習(雙 PBL)及場域實踐等策略，強調理論與實務並重、跨領域整合學習，並提升學生自主學習與解決問題的能力。課程設計涵蓋電力系統基礎、電力品質與能源問題、諧波與電壓閃爍分析、電力品質事件解析等，並透過本校微電網技術試驗場，進行系統整合測試與場域實作，結合業師指導，強化工程實務能力與創造力訓練。學生以異質分組方式進行專題實作，搭配數位平台、虛擬儀表工具，完成從訊號量測、分析演算法設計、系統建構到成果展示的全流程學習。本計畫目標不僅在於提升學生學習成效，更著重培育其在電機、通訊、資訊等跨域整合之應用與創新能力，著重於學生能否理解、應用、分析與創新，而非僅以考試成績為評量依據。其核心在於培養學生的實作能力，透過觀察進步幅度進行評比，鼓勵持續學習與創新，而不是單純以分數數字作為學習成效的唯一標準，建構符合現代工程教育趨勢的教學模式。

## 二. 參考文獻 References

- [1] A. Carreno, M. A. Perez and M. Malinowski, "State-Feedback Control of a Hybrid Distribution Transformer for Power Quality Improvement of a Distribution Grid," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 71, no. 2, pp. 1147-1157, Feb. 2024.
- [2] A. A. Jai and M. Ouassaid, "Machine Learning-Based Adaline Neural PQ Strategy for a Photovoltaic Integrated Shunt Active Power Filter," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 56593-56618, 2023.
- [3] C. Gong, Z. Cheng, W. -K. Sou, C. -S. Lam and M. -Y. Chow, "Collaborative Distributed Optimal Control of Pure and Hybrid Active Power Filters in Active Distribution Network," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 38, no. 4, pp. 2326-2337, Aug. 2023.
- [4] R. Puche-Panadero et al., "New Method for Spectral Leakage Reduction in the FFT of Stator Currents: Application to the Diagnosis of Bar Breakages in Cage Motors Working at Very Low Slip," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 70, pp. 1-11, 2021, Art no. 3511111.
- [5] Y. Wang, L. Zheng, Y. Gao and S. Li, "Vibration Signal Extraction Based on FFT and Least Square Method," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 224092-224107, 2020.
- [6] H. Wen, J. Zhang, W. Yao and L. Tang, "FFT-Based Amplitude Estimation of Power Distribution Systems Signal Distorted by Harmonics and Noise," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 14, no. 4, pp. 1447-1455, April 2018.
- [7] A. Hamurcu, Ş. Timur and K. Rızvanoğlu, "A Study on The Adoption of Virtual Reality in Industrial Design Education," *IEEE Transactions on Learning Technologies*,.
- [8] R. M. Paul, Y. Jazayeri, L. Behjat and M. Potter, "Design of an Integrated Project-Based Learning Curriculum: Analysis Through Fink's Taxonomy of Significant Learning," *IEEE Transactions on Education*, vol. 66, no. 5, pp. 457-467, Oct. 2023.
- [9] S. Esche and K. Weihe, "Case Study on the Terms Novice Programmers Use to Describe Code Snippets in Java," *IEEE Transactions on Education*, vol. 66, no. 6, pp. 642-653, Dec. 2023.
- [10] L. Jarrett and K. Ring, "Developing, Delivering and Evaluating Teacher Professional Learning for a New School-Leaving Physics Syllabus using Action Research," *2021 IEEE International Conference on Engineering, Technology & Education (TALE)*, Wuhan, Hubei Province, China, 2021, pp. 48-51.
- [11] R. Y. -Y. Chan and Y. Zhang, "Collaborative Learning in Engineering Students under Social Distancing: An Action Research," *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Uppsala, Sweden, 2020, pp. 1-5.
- [12] A. Delgado and J. V. Vásquez Paragulla, "Improving teaching and learning in systems programming courses using participatory action research," *IEEE CACIDI 2016 - IEEE Conference on Computer Sciences*, Buenos Aires, Argentina, 2016, pp. 1-5.
- [13] B. Swartz, "Ethics in engineering education 4.0: The educator's perspective," *SAIEE Africa Research Journal*, vol. 112, no. 4, pp. 181-188, Dec. 2021.
- [14] S. Luo and X. Huang, "A survey research on the online learning adaptation of the college students," *2012 2nd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet)*, Yichang, China, 2012, pp. 107-110.
- [15] B. Li and Y. E. Li, "Notice of Retraction: A Employment Situation Survey Research to Online Accounting Education Undergraduates," *2010 Second International Workshop on Education Technology and Computer Science*, Wuhan, China, 2010, pp. 745-747.
- [16] S. Shaikh, S. M. Daudpotta and A. S. Imran, "Bloom's Learning Outcomes' Automatic Classification Using LSTM and Pretrained Word Embeddings," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 117887-117909, 2021.
- [17] C. Troussas, A. Krouska and C. Sgouropoulou, "A Novel Teaching Strategy Through Adaptive Learning Activities for Computer Programming," *IEEE Transactions on Education*, vol. 64, no. 2, pp. 103-109, May 2021.
- [18] S. Nikolic, T. Suesse, K. Jovanovic and Z. Stanisavljevic, "Laboratory Learning Objectives

Measurement: Relationships Between Student Evaluation Scores and Perceived Learning," *IEEE Transactions on Education*, vol. 64, no. 2, pp. 163-171, May 2021.

- [19] F. Peng, S. Wang and X. Wang, "A Survey of Digital Literacy Requirements for Students in Vocational Education based on Likert Scale using the R Language," *2023 IEEE 6th Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC)*, Chongqing, China, 2023, pp. 1795-1798.
- [20] B. M. McSkimming, S. Mackay and A. Decker, "Investigating the usage of Likert-style items within Computer Science Education Research Instruments," *2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Lincoln, NE, USA, 2021, pp. 1-8.
- [21] Q. Zhu, F. Peng, S. Wang and X. Wang, "A Survey of Double-Qualified Teacher's Professional Standard Elements in Double High Level Vocational Colleges based on Likert Scale Using the R Language," *2023 IEEE 3rd International Conference on Information Technology, Big Data and Artificial Intelligence (ICIBA)*, Chongqing, China, 2023, pp. 1564-1568.

### 三. 附件 Appendix

#### 學生問卷回饋表單

親愛的先生/小姐您好：					
這是一份關於『基於 I-CARE 教學框架與多元教學策略於電力工程實踐教學之學習成效研究』的學術性調查問卷，很高興您能參與這項研究，請根據您的真實感受作答，感謝您於百忙之中填寫此問卷。					
<b>評量面向</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>注意力</b>					
1.本課程的上課模式讓我對電力品質訊號處理課程更感興趣。					
2.本課程的進行方式讓我更投入到電力品質訊號處理課程的學習。					
3.本課程的上課模式吸引我的注意力。					
4.課程的進行模式能幫助我更專注於電力品質訊號處理的學習內容。					
5.以本課程的進行模式能提升我的學習注意力。					
<b>相關性</b>					
1.我能將這門課所學的內容與自己的專業做連結。					
2.這門課與我的需求相關，且有助於實務能力提升。					
3.我能夠將這門課所學的內容和過去學過的知識與經驗連接起來。					
4.我覺得課堂中所學的知識與內容和自己生活中曾經思考過的議題有關。					
5.這門課所學的知識對我很有幫助。					
<b>自信心</b>					
1.當我知道此門課進行方式時，我覺得它會是一堂可以掌握的課。					
2.本課程的上課模式幫助我更有信心來學會這門課的內容。					
3.本課程的教學機制能幫助我在學習的過程中遇到困難時，也有信心去克服。					
4.在電力品質訊號處理課程中，有了本學期導入的教學機制，我有信心能夠學得更好。					
5.我有信心可以在本課程的教學機制下，表現得很好。					
<b>滿意度</b>					
1.我很滿意能夠透過本課程的教學機制來學習電力品質訊號處理。					
2.我很滿意在本課程的教學機制下所學到的電力品質訊號處理的專業知識。					

3.我覺得我在本課程教學機制下的課程表現，成績得到足夠的肯定。					
4.在本課程的活動小組中，我會很主動的參與。					
5.參與本課程之教學機制讓我覺得很開心。					
<b>易用性</b>					
1.透過本課程之教學機制，我可以更快理解課程內容。					
2.透過本課程教學機制下的教學活動與討論，我對課程專業知識變得更加理解且容易掌握。					
3.我認為參與本課程教學機制下的教學活動方式並不困難與複雜。					
4.熟練地運用本課程教學機制下的相互教學活動進行學習與討論，對我來說是輕而易舉的。					
5.學習如何將本課程教學機制下的教學活動做良好的運用，對我來說是簡單的。					
<b>有用性</b>					
1.本課程教學機制下的 ADDIE 模型之目標導向情境學習，能夠有效提升我對專業知識的吸收與運用。					
2.本課程教學機制下的翻轉教室報告，能夠有效增加我對課堂專業知識的記憶與理解。					
3.本課程教學機制下的相互教學法，可以更容易地持續促進我們的學習進度。					
4.本課程教學機制下的問題導向學習及場域實踐，可以促進我們對實務問題及應用之學習進度。					
5.本課程教學機制下的業師導入，可以促進我們對產業實務狀況之理解與應用面。					
<b>使用意圖</b>					
1.如果下次還有機會，我願意繼續採用本課程的教學機制來進行課堂活動與學習。					
2.在可能的情況下，我願意再以本課程的教學機制來修習其他課程。					
3.在本課程教學機制下，每次的專題報告發表過程中，我是積極且樂意的為他人解說成果與分享經驗。					
4.在本課程教學機制下，我會想要跟隨其引導的學習腳步踏實學習。					
5.整體而言，我對本課程的教學機制來引導學習感到滿意。					
其他建議或意見：					

### 領導力與創造力評估問卷

親愛的先生/小姐您好：

這是一份關於『**領導力與創造力評估問卷**』的學術性調查問卷，很高興您能參與這項研究，請根據以下問題選擇最適合您的答案，感謝您於百忙之中填寫此問卷。

敬祝您 身體健康，萬事如意！

班級：                      學號：                      姓名：                      性別：男 女

01	你認為領導者最重要的能力是：A. 決斷力 B. 溝通能力 C. 團隊合作 D. 創新思維
02	在壓力情況下，你的反應是：A. 體現出領導風采 B. 尋找解決方案 C. 保持冷靜並分析狀況 D. 與團隊共同應對
03	在團隊中，你更傾向擔任哪種角色？A. 領導者 B. 啟發者 C. 組織者 D. 問題解決者
04	對於新點子，你的態度是：A. 接受並立即實行 B. 仔細評估其可行性 C. 制定計畫逐步實現 D. 與他人合作改進
05	在解決團隊問題時，你更傾向：A. 提出解決方案 B. 啟發團隊思考 C. 詳細制定解決計畫 D. 共同協商最佳方案
06	你認為創造力的核心是：A. 快速產生新點子 B. 挑戰傳統思維 C. 將想法付諸實踐 D. 團隊協作下的創新
07	在領導中，你更注重：A. 達成目標的效率 B. 團隊成員的參與 C. 開發團隊潛力 D. 創造價值與意義
08	對於工作上的挑戰，你的看法是：A. 視為機會成長 B. 尋找解決方案 C. 制定計畫應對 D. 與同事共同克服
09	你在團隊中的溝通風格是：A. 直接明確 B. 啟發性的 C. 組織性的 D. 耐心且開放
10	對於失敗，你的看法是：A. 是不可接受的 B. 是學習的機會 C. 是臨時的挫折 D. 是團隊的共同責任
11	你在領導時更注重：A. 達成目標 B. 團隊的發展 C. 維持穩定 D. 創新和改進
12	你認為團隊合作中最重要的是：A. 每個成員的效能 B. 團隊的默契與協作 C. 有組織的計畫 D. 創新與改進
13	對於挑戰，你的態度是：A. 迅速面對 B. 從多角度思考 C. 制定詳盡計畫 D. 與團隊共同制定策略
14	你認為有效的領導者應具備：A. 決斷力與果斷 B. 適應性與變通 C. 組織能力與管理 D. 同理心與溝通
15	在領導中，你更注重：A. 達成目標的效能 B. 團隊的共享價值觀 C. 工作流程的穩定性 D. 團隊的多元性
16	你在創新中更強調：A. 新點子的產生 B. 啟發式的思考 C. 詳盡計畫的實現 D. 團隊的協作和激勵
17	對於領導挑戰，你的看法是：A. 是提升自己的機會 B. 是學習與成長 C. 是組織的需求 D. 是與團隊共同面對
18	你在解決問題時更傾向：A. 迅速提出解決方案 B. 啟發他人的思考 C. 制定詳盡解決計畫 D. 與團隊合作解決
19	你認為領導者在執行時應該更注重：A. 組織內部運作效能 B. 團隊成員的創新與發展 C. 遵循組織的流程和規範 D. 激勵團隊的合作和共鳴
20	對於新任務，你的態度是：A. 立即著手執行 B. 與團隊共同思考 C. 制定完整的執行計畫 D. 啟發和激勵團隊

『本問卷到此結束，請您確定有無遺漏之處，再次謝謝您的耐心填答合作，更感謝您對學術研究的支持。』

#### 課程前測評估問卷

親愛的先生/小姐您好：

這是一份關於『課程前測評估問卷』的學術性調查問卷，很高興您能參與這項研究，請根據以下問題選擇您認為最正確的答案，感謝您於百忙之中填寫此問卷。

敬祝您 身體健康，萬事如意！

班級：		學號：	姓名：	性別： <input type="checkbox"/> 男 <input type="checkbox"/> 女
C	01	何謂微電網？A. 一種微小型的電子產品 B. 一個小型的電力發電廠 C. 一種小規模的電力分配網路 D. 一個微型的電腦網路		
C	02	能源管理的主要目的是什麼？A. 減少能源的使用 B. 提高能源的生產 C. 有效地管理和使用能源 D. 減少能源產生的成本		
B	03	電力品質分析主要關注什麼方面？A. 電力發電效率 B. 電力供應的穩定性 C. 電力的價格 D. 電力的總量		
B	04	電網當前再生能源發電功率平滑化主要以何種能源設備進行？A. 火力發電機組 B. 儲能系統 C. 氫能燃料電池系統 D. 生質能發電系統		
C	05	微電網的主要特點是：A. 大規模發電 B. 依賴主電網 C. 獨立運作 D. 不需要能源管理		
A	06	參與需量反應之用戶主要依據何者決定參與量？A. 可調度之負載量 B. 用戶側契約容量 C. 系統頻率 D. 系統電壓變化率		
A	07	電力品質分析中，什麼因素較不影響電力的穩定性？A. 環境溫度變化 B. 電力系統饋線連接架構 C. 電力需求 D. 電力發電方式		
C	08	訊號處理的主要目的是：A. 增加訊號的噪音 B. 減少訊號的效果 C. 分析和改善訊號 D. 隨機生成訊號		
B	09	微電網的好處之一是：A. 依賴主電網 B. 更高的能源效率 C. 不需要能源管理 D. 較低的初建成本		
B	10	下列何者非能源管理調派最佳化常見之目標函數？A. 系統運轉成本 B. 系統事故發生率 C. 系統運轉電力品質 D. 系統再生能源使用率		
D	11	電力品質分析的測量指標包括：A. 電力價格 B. 用戶用電量 C. 地理位置 D. 供電可靠性		
A	12	下列何者非電力品質現象？A. 負載量變動 B. 電流諧波 C. 電壓閃爍 D. 系統頻率偏移		
D	13	電力品質分析主要關心的是：A. 價格波動 B. 輸電線損耗 C. 電力的供應量 D. 電力的穩定性		
D	14	下列何者非影響零交越點法檢測電力頻率偏移準確度之因素？A. 取樣頻率 B. 雜訊 C. 諧波振幅 D. 處理器速度		
A	15	下列何種電力品質現象非持續型訊號？A. 電力事件 B. 諧波 C. 電壓閃爍 D. 電力頻率偏移		
C	16	下列何者非電力事件需檢測之資訊？A. 電壓變動幅度 B. 事件持續時間 C. 電力頻率 D. 事件時間戳記		
B	17	電壓閃爍訊號屬於哪種調變訊號？A. 頻率調變 (Frequency Modulation) B. 振幅調變 (Amplitude Modulation) C. 相位調變 (Phase Modulation) D. 脈波寬度調變 (Pulse-Width Modulation)		
A	18	以快速傅立葉轉換進行諧波分析時，何者不會影響分析結果？A. 諧波振幅 B. 取樣點數 C. 取樣頻率 D. 頻率解析度		
C	19	何者不是電網中輔助服務之用途？A. 穩定系統供電頻率 B. 解決系統能量供需失衡問題 C. 增加再生能源使用率 D. 進行系統發生事故失去電源時之事故處理		
D	20	分辨能源管理系統架構為集中式或分散式之依據主要根據何者？A. 能源設備 B. 資料擷取設備 C. 通訊設備 D. 能源管理伺服器		

『本問卷到此結束，請您確定有無遺漏之處，再次謝謝您的耐心填答合作，更感謝您對學術研究的支持。』