

教育部教學實踐研究計畫成果報告(封面)

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program (Cover Page)

計畫編號/Project Number：PEE1080084

學門專案分類/Division：工程學門

執行期間/Funding Period：108/08/01~109/07/31

(以專題式導向學習為核心之教學實踐研究-以電力工程領域專業課程為例)  
(電力系統暫態分析)

計畫主持人(Principal Investigator)：蘇恆毅

共同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：逢甲大學電機工程學系

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2022 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：109/09/20

## 一. 報告內文(Content)

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

『電力系統暫態分析』是電力工程領域中重要的一門課題。過去的教學方式多以課程講授與經驗傳遞作為核心，並搭配課本相關題目作為練習；然而這樣的教學方式可能過於死板與單一，再加上電力的傳輸有看不到且摸不到的特性，這也使得電力系統分析對於大多數學生而言多為霧裡看花，故必須改善現有的教學模式。

本計畫採用了專題式學習(Project-Based Learning, PBL)架構設計電力工程領域相關課程，並搭配本團隊自行設計之電網模擬與分析軟體(Power Grid Simulation and Analysis, PGSAS)，期望透過專題式學習導向的精神將知識經濟時代學生所應具備的7C 融入課程中，包含了批判思考與行動力(Critical thinking and Action)、創意(Creativity)、合作(Cooperation)、跨文化認知(Cross-cultural Awareness)、溝通(Communication)、電腦能力(Computer Skill)以及工作自主與學習主動(Career & Learning Self-direction)，以達到使課程內容更加多元化並培育更多的電力工程領域專業人才。

### 2. 文獻探討(Literature Review)

為了改善及提升授課教學品質，近年來有許多創新的教育模式及理念被提出，以顛覆過往的傳統式教學[1]-[50]。這些新型的教育理念漸漸改變了各個大學的課堂生態，例如翻轉教室、問題式導向教學法、專題式導向教學法，其基本的概念簡述如下。

#### ■ 翻轉教室

「翻轉教室」又稱為「顛倒教室」，是一種源自於美國並藉由科技的幫助下所衍生出的一種新的教學模式[14]-[19]。翻轉教室的含意是將「學生回家自行練習」的作業與「課堂上的知識講授」的順序對調。利用影片將課堂講授的部份錄製下來作為作業讓學生在家預習，並將授課時間用於解決問題、練習或討論等教學互動，以提升學習的成效。以教師與學生角色互換的精神達成真正課堂上的互動式教學。翻轉教室的精神是將學習的責任回歸到學生身上，以學生為核心的教學，將學習的主動權交還給學生，啟發學生學習興趣，自主學習能力，老師的角色則轉變為從旁提供學習上的引導及協助。

#### ■ 問題式導向教學法

問題式導向教學法(Problem-Based Learning)指的是透過情境與實際上的問題誘發學生思考，引導學生以自我探究知識進行學習，在學習的過程中增加新知或是修正既有的錯誤知識，並且建立明確的學習目標[35]-[39]。

問題式導向教學法的進行方式為在課堂中分組，由老師作為引導問題的關鍵人物。過程中以漸進式的方式完成課程流程，其流程為團隊合作、文獻探討、主持團隊學習活動、自我導向學習、傾聽、課堂報告、紀錄、合作、尊重成員意見及呈現學習成果。此種教學方法可以促進學生們的溝通技巧、團隊合作、自主學習、資訊分享、尊重他人的能力。

在問題式導向教學法中教師的角色從傳授知識者轉為引導者，從旁確認團隊討論符合課程的學習目標、輔導小組成員呈現學習成果、鼓勵學生檢討及詢問問題。也因此，問題式導向學習法被視為是結合知識獲取以及培養技巧與態度的學習方式。

## ■ 專題式學習簡介

專題式導向教學(Project-Based Learning)是一種以學生為中心的教學法[40]-[43]，透過課堂中的大量互動，使學生利用挑戰和探討現實中的實際問題獲得更深層次的知識。學生通過長時間的研究和挑戰複雜的問題，從而了解某個主題的專業知識。這是一種主動學習和探究式學習的方式。專題式導向教學法與死記硬背的傳統式教學法形成鮮明對比，這些教學透過提出問題、問題或情景來呈現實際狀況並讓學生透過腦力激盪學習新知。隨著專題的進行從中訓練學生「7C」能力，培養學生進入社會後發揮批判思考、創意、合作、跨文化認知、溝通、電腦能力及學習自主的精神。

專題式導向教學法提供了許多好處，包括更深入的了解所要探討的領域、更廣泛的知識基礎、改善溝通和人際關係/社交技能、提高領導技能、增加創造力和改進寫作技能。的另一種專題式導向教學法的定義為，教師與學生共同努力解決學校或社區的現實問題。在成功解決問題之前通常需要學生吸取多個學科的課程，並以非常實際的方式應用它們，此舉能讓學生能將課本所學知識真實應用到現實社會中，並從中獲得成就感成為學習的動力。

學生可以透過一系列的摸索及學習，並藉由合作的方式克服專題中所遇到的困難，並活用所學知識學習解決問題的方法。專題式學習中包含了許多價值[3]-[8]，如圖 1 所示。



圖 1 專題式學習所包含之價值

典型的專題式學習必須提出一個需要解決問題，例如：減少校園池塘污染的最佳方法是什麼？或者是調查現象，例如：導致下雨的原因是什麼？PBL 取代其他傳統教學模式，它是一個教學框架，可以讓教師對學生有更深層次的理解與評估，而不是單純提供學生死板的知識及資訊。另一方面 PBL 能夠培養學生的解決問題的能力和對於產品的創造性，並且更容易掌握學習事物的關鍵點，訓練 21 世紀的批判性思維等基本學習技能。事實上，專題式學習提出了知識經濟時代所應具備的七個 C 技能[9]-[12]，以下將 7C 整理為表 1。

表 1 專題式學習之 7C 說明

7C	技能說明
批判性思考和行動力 (Critical thinking and action)	分析問題、研究問題、解決問題、 專案管理
創意 (Creativity)	創新知識、使用創意解決問題、 別出心裁的成果展現
合作 (Cooperation)	團隊合作、妥協、協商、團隊溝通
跨文化認知 (Cross-cultural Awareness)	跨越種族、知識和不同機構的文化、 外語學習
溝通 (Communication)	善用通訊媒體
電腦能力 (Computer skill)	有效利用電腦軟體、網路資源
工作自主、學習主動 (Career & Learning Self-direction)	工作適應性、自主學習

專題式導向教學的進行流程與學生學習過程是不斷重複且無固定順序的，如圖 2 所示，專題開始至專題結束間持續地學習及修正。

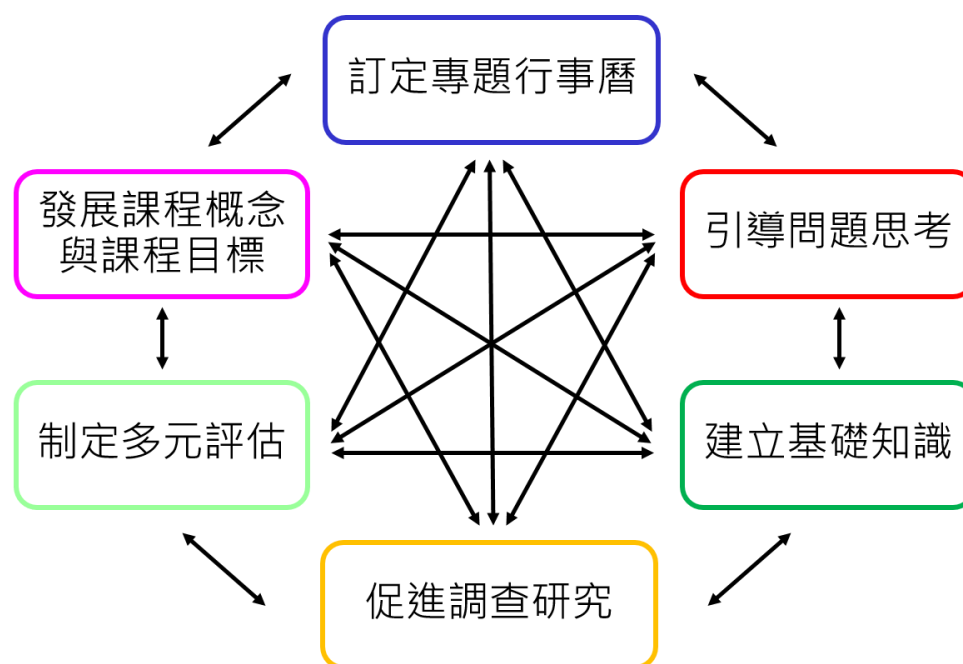


圖 2 專題式導向教學流程

### 3. 研究方法(Research Methodology)

#### (1) 實驗場域描述

本學期以專題式學習實現電力工程領域中『電力系統暫態分析』的教學課程，課程中也將搭配本團隊自行開發之電網模擬與分析軟體(PGSAS)，以漸進式的教學並帶領學生探討電力系統的暫態狀態並進行分析。除此之外，隨著專題的過程，亦可從中培養學生「7C」能力，培養學生批判思考、創意、合作、跨文化認知、溝通、電腦能力及學習自主的精神，訓練往後進入社會職場也應具備終生學習的能力。

#### ■ 本團隊自行開發設計之電網模擬與分析軟體

以往在電力工程專業領域中，電力系統的狀態、特性及數值計算皆是使用課本及投影片的傳統式教學。原因在於電力對於學生來說非常抽象，既看不到也摸不著，且電力系統在運算上非常的複雜，需要透過非常大量且繁雜的運算才能得出電力系統的各個參數，這些原因造成學生在學習上的卻步。而另一方面電力存在高危險性，若在實際操作上稍微不慎可能就會發生意外。

有鑑於此，本團隊特地研發出一套電力系統分析模擬軟體，簡稱為 PGSAS，藉由 PGSAS 可以透過建構電力系統有效幫助學生了解電力系統的概念，並且輕鬆求解系統數值及系統狀態。本計畫期望以 PGSAS 作為專題式學習的主軸，以漸進的方式透過 PGSAS 協助學生體會電力系統的精隨。

PGSAS 也提供了電力系統建模、電力潮流分析、連續電力潮流分析、最佳化電力潮流分析、小訊號穩定性分析及時域模擬等功能。本團隊所設計之 PGSAS 亦可對電力系統進行更深入的探討，其進階功能如圖 3 所示。



圖 3 PGSAS 所提供之進階功能



## (2) 研究對象描述

逢甲大學電機工程學系的學生在求學階段中，並非每位學生都能對課程的內容有充分的了解。學生常因為第一次接觸專業科目而產生畏懼甚至排斥學習，加上電力系統專業科目對於學生又太過於抽象，導致許多人在課程上無法跟上進度或是瞭解其課程內容，使得專業科目的學習效率降低。但專業科目在未來不論是升學或是就業都是非常重要的基礎知識；因此，為了培養出學生良好的學習習慣，在如何找到自己的興趣與如何獨立發現並解決問題方面成為教學中重要的一環。

## (3) 研究架構

專題式學習工程教育模式是目前工程教育改革的一種方法，以情境學習理論與建構主義為概念，認知心理學為基礎並以合作的學習方式執行，強調做中學、學中做的理念。專題式學習是將問題解決及專題作為學習主軸，重點在於教師必須提供學生一個開放、知識支援的學習環境，強調在自然的情境中，透過同儕互助合作，結合探討、建構個人知識觀來完成專題任務並呈現專題作品。依照這種方法去執行教學不僅僅是單一的課程內容，而是透過完成專題的過程中實踐理論，激發學生學習的熱情與動機。

藉由整合專題式導向模式於課程中，可讓學生了解工程基礎理論和專業知識，同時透過主動、解決實際問題的概念，以及團隊合作與創新的訓練，以培養工程師應具備之相關能力。對於實施專題式學習的流程，有學者專家整合了各家說法而提出了吹奏者模式(Preparation, Implementation, Presentation, Evaluation, Revision, PIPER)，PIPER 流程有五個階段：準備(P)-實施(I)-發表(P)-評鑑(E)-修正(R)，每個階段的詳細說明如下，而課程規劃則如圖 4 所示。

### ● 準備階段(Preparation)：

根據課程確定主題範圍、訂定教學目標、確立專題行事曆、訂立評鑑方法、確認專題資源、建立基礎知識、組織專題團隊。

### ● 實施階段(Implementation)：

安排團隊分工及責任、擬定專題計畫、腦力激盪、提出問題假設、蒐集資料、分析研究資料、定期回報進度、整合結果及發現結論。

### ● 發表階段(Presentation)：

專題完成之口頭報告及書面報告。

### ● 評鑑階段(Evaluation)：

自我評鑑、同儕評鑑、教師評鑑。

### ● 修正階段(Revision)：

檢討、修正為最後版本、準備結案。

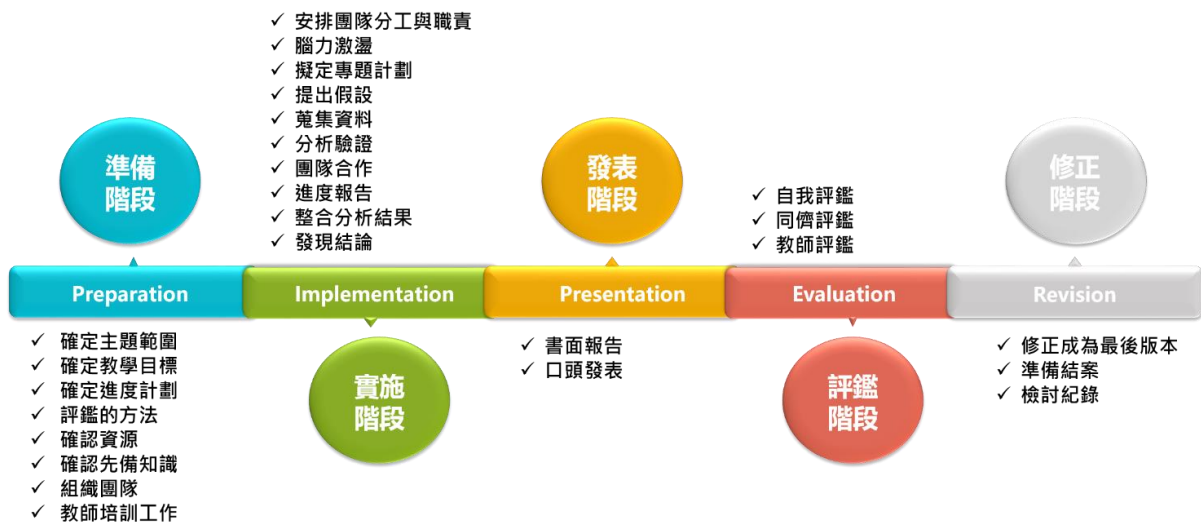


圖 4 專題式學習課程流程圖

#### (4) 資料蒐集方法與工具

專題式學習利用高真實性的內容、實際的評量、學習者導向的學習活動，建立一個優良的專題環境，提供學習者擬真而專業的專題計畫與問題引導。學習者不僅可以合作研究探討問題，並以具體的作品呈現其學習結果，培養專題管理、研究、資訊組織、呈現與傳達、自我反思、團體合作與資源工具應用等多項能力，以及主動參與的學習精神。在專題式學習的過程中，教學者的角色轉變為引導者或提供建議的輔助者，因此學習者知識的學習及能力的培養並非直接來自於教學者，而是在投入專題任務的過程中，經由一連串的探討及研究所獲得。課程資訊蒐集具體流程如表 2 所示。

表 2 專題式導向教學流程說明

專題執行流程	目標說明
訂定專題行事曆	專題式學習的課程性質可能會讓教學時間變得冗長，因此教師可以提前制定課程行事曆，此舉有助於教師安排課程及管理課程進度。
發展課程概念與課程目標	教師必須根據課程標準制定一套專題內容以使課程順利發展，這套專題必須與學生專業課程或貼近生活，讓學生可以根據所學的新知識解決問題，並使學生產生學習興趣以主動規劃專題的進行。
引導問題思考	在課程中教師必須以一些問題做為引導，使學生可以針對所選擇的課程做深入的探討，這些問題必須是沒有標準答案且可以深入討論的議題。
建立基礎知識	設計基礎知識課程的目的是讓學生對於所要探討之領域有一定的認知與理解。
促進調查研究	教師必須規劃適合的研究活動，幫助學生對於所要探討之領域有更深入的了解，學生在活動中也可以藉此修正專題的進行方向。
制定多元評估	評估與審查內容必須與所做研究做連結，並以多元、不同面向的方式進行評估，藉此才能完整的評量學生的學習狀況。

#### (5) 研究分析方法

本學期以專題式導向教學精神設計創新的電力工程領域專業課程，並在課程實施期間定期進行問卷調查及同儕互評。除此之外為了促進課程的檢討與改進，也會將課程中所蒐集到之問卷以及資料進行統計分析，並且針對各項數據進行教學課程再改進。透過反覆且持續的改進對於未來開設其他課程將有許多幫助，並可持續提高教學品質，為學生提供更好的教學環境。

#### 4. 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

##### (1) 教學過程與成果

專題式學習的核心思想為當學生在解決問題的環境中獲得新知識時，現實世界的問題會吸引學生的興趣並引發學生的思考。教師們透過扮演引導者的角色，與學生一起探討有價值的問題、構築有意義的任務，從旁指導知識發展和社交技能，並仔細評估學生從經驗中學到了什麼。

本計畫將專題式課程之概念融入『電力系統暫態分析』課程以學習成果出發，規劃適當的教學計畫並於教學期間安排評量方式。透過教學、評量與專題學習成果之三大元素(如圖 5 所示)清晰聯繫，以期能有效達到更高層次的學習。底下為本計畫之主要架構。

##### ● 教與學：

本計畫著重實習與實作，提供學生題目，或者由學生自行發掘興趣，或者較有難度及深度之主題進行專題式教學。學生根據專題要求，規劃系統模擬方案，使用配合之軟體進行模擬演練。

##### ● 評量：

綜合多種評量方式，如筆試和學生互評，學習日誌，自我評估，專題審查等方式徹底收集學生學習資料以用作後續分析及追蹤。

##### ● 專題學習成果：

藉由學生對於每個專題的發表，經過老師的回饋與建議，再帶入下一個主題。

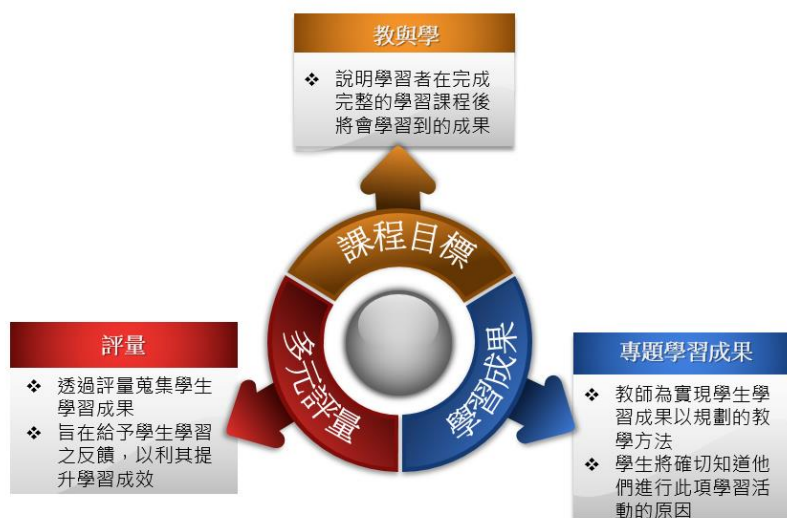


圖 5 電力系統暫態分析專題式學習規畫

本學期將專題式導向學習課程導入『電力系統暫態分析』，在課程安排上於每堂課開頭授與關於基本課程觀念與所需知識，每堂課後半部則依照專題式導向學習讓同學實際操作針對主題進行模擬，其每堂課之階段詳細內容如下所示：

##### ■ 課程架構問題

學生分為若干組，並提供電力系統相關題目，或由學生自行發掘、設計較有難度，知識覆蓋面較廣的題目。根據題目要求擬定設計理念，規劃系統模擬，繪製流程圖等。培養學生的自學、獨立思考和分析能力。

##### ■ 如何制定完整的教學方案

根據學生意見調查中所提出的問題與意見加以分析，並研擬因應的行動方



案。其中包含課程的難易度與教材是否合宜、課程目標是否明確、課堂教學與學生學習是否有足夠的回饋。同時透過分析出學生目前常面臨之問題，並且將其詳細討論以及修正，以制定更優質的教學方案。透過每個學期的問卷評量與師生間的交流以獲得學生學習的意見。

#### ■ 使用多樣化評估方式來對學生進行評估

針對學生的獨特性，針對不同學生的學習能力、學習風格、學習興趣，為配合學生不同的需求，採用紙筆以外的多樣化評估方式，如學習熱忱、主題創意、專題研習的方式對於學生不同面向的能力進行評估。

#### ■ 檢討與改進

計畫執行過程中，將與其他課程老師分享教學心得，並討論所遭受之問題以找到解決對策，並進一步修正與微調此計畫。

本學期將『電力系統暫態分析』課程以專題式導向學習的方式進行授課，使教學不再單調且死板，也不再只是為了考試及測驗而學習，而是以互動式學習的方式，透過專題製作上過程中遇到的問題讓學生運用課堂所學自主性的發掘問題癥結及其找尋解決所需之方式，並充分了解課程內容的應用，著實引發學生在課堂上對於學習的興趣。

此外針對本學期的課程，配合課程內容分成幾個專案提供同學們在課堂期間，透過共同交流與討論其學習心得進行課程，也同時鼓勵同儕之間藉由合作與互相討論，去輔助理解不懂的部分。在每個專案的最後由老師進行專案上的指導，回饋本次學習成果給同學，並以此帶入下一個專案的內容，在本學期的課程結束前，學生即可清楚的感受到自身的進步，帶來更大的成就感，增加學習的熱忱，進入一個良性的循環。

本次以 PGSAS 作為學習上的工具，使學生學習如何使用工程相關應用的工具，並結合數學運算等內容，讓學生可以充分的理解專業科目之修習目的，並且讓學生了解業界當前所需要的最新專業技術。

透過老師與學生、學生與學生課堂上的交流，針對其學習或是生涯提供幫助，並指導學生提升其專注力、自主學習能力及資料蒐集能力，以提升學生解決難題的信心與效率。

本學期以專題式導向學習為核心之教學實踐研究以電力系統暫態分析為範例，在每堂課的最後都會進行小組的討論，由老師指導協助下一步的進行，並於每個階段專題的完成，同儕之間也會互相作評量，師長則會以綜合多種評量方式發掘每位同學的特長，對於每個學生不同的特質側重不同的學習方向。師長也可針對這種模式，進行教學模式之再改進，透過反覆執行並改進，將有助於本系開設各類課程之學生提升學習品質。

## (2) 學生學習回饋

於『電力系統暫態分析』課程以專題式導向學習為核心之教學實踐，獲得學生們的良好反應。大致整理學生所提之心得反饋如下：

- 將課堂上的知識帶到實驗中，能更加充分瞭解電力系統相關知識
- 可藉由模擬操作瞭解電力系統架構，以及各元件之功能
- 擺脫以往書本授課的死板氣氛，在課堂上實際操作軟體讓課程更為活潑且有趣

而在實際課程的軟體 PGSAS 操作中也收到許多回饋，其心得反饋整理後大致如下：

- 透過 PGSAS 軟體操作，可大幅提升電力潮流的運算速度
- 擁有中英文介面，操作上手容易能夠快速地進入主題進行學習。

此外，透過回饋中的課程核心能力檢核統計結果中，可充分了解學生對於課程所需探討的主題與任務的掌握度，其統計結果如下表所示：

評量項目	極優	優	佳	待改進
在報告時，內容起承轉合十分清晰、明確、熟練，報告內容也相當緊密充實。	10	0	0	0
能獨立設定合適且切實可行的目標。	8	2	0	0
能自主性的持續專注在同一件工作任務上。	8	2	0	0
能獨立且準確的自我評量。確認錯誤所在，並且能應用所學。	9	1	0	0
能綜觀證據和所有相關情境因素，並具深度洞察力、清楚地定義問題的能力。	10	0	0	0
能深度地探究某一主題，並從中獲得豐富的認識或挖掘出一些較鮮為人知的資訊，足以顯示對於此一領域具有極濃厚的興趣	10	0	0	0
能夠清楚說明不同方案的價值，以協助團隊成長與進步。	8	2	0	0

如上表所示，從回饋中可發現無論在報告、設定目標、自我學習、自我評量、團隊合作的能力、能深入探索主題及促使團隊共同成長與進步上，大部分的學生都處於極優的狀態，而只有部分的學生是處於優的地方，證明了以專題式導向學習為核心之教學後學生的反饋良好

最後也可藉由學生課程目標回饋表達成情形評估生們對於本課程所設定的目標達成情況，其結果如下所示：

課程目標	您在本門達成課程目標的程度，依程度區分，5分為最佳的學習情形
------	--------------------------------

	5	4	3	2	1	填答 人數	平均數	標準差
能藉由電力系統的基本原理，了解電力系統故障分析之觀念與故障電流計算。	10	0	0	0	0	10	5	0
能運用電力系統故障分析原理，並解析應用於實際案例上。	9	1	0	0	0	10	4.9	0.3
能辨識出可應用定理與模型的場合，並能清楚表達。	9	1	0	0	0	10	4.9	0.3
知道於何處可找到電力系統分析的相關資訊、研究結果及標準，並可評估所獲資訊的適用性。	8	2	0	0	0	10	4.8	0.4
能利用電力系統的原理，評估一個真實的大電力系統，並提出計算程序。	9	1	0	0	0	10	4.9	0.3
能將分組討論中所獲結果以書面或口頭方式與同儕及教師溝通。	8	2	0	0	0	10	4.8	0.4

### (3) 教師教學反思

本學期於『電力系統暫態分析』進行了專題式導向學習教學，發現同學們對於課程上學習的積極度大幅提升。

往年在班級進行授課時通常是授課老師的個人秀，在碩士生涯的研究與論文撰寫壓力之下，大部分的同學對於課程上的相關知識興趣較低，學習動力有所不足。本次在導入專題式導向學習，將課程內容切成數個主題，將每個主題都以 PIPER 的方式進行規劃：準備(P)-實施(I)-發表(P)-評鑑(E)-修正(R)。在課程的進行不斷的讓同學親自進行專案的管理，將上課的舞台留給同學，令其自由發揮，依照專案的流程吸收相關的內容，並透過專案將來自不同專業的同學將其揉合，培養未來職場上必要的團隊合作能力。

針對本校對於學生軟能力的培養，創新能力、問題解決、溝通能力、團隊合作、自我管理、終身學習。透過專題式導向學習所包含的「7C」能力有異曲同工之妙。根據過往學生回饋中課程上使用的軟體內容有待改善，本次採用的學習軟體 PGSAS 擁有中英文介面提供選擇，令不同程度的同學都能在課程使用上更加的順手，學習到更多的內容。

往後若有機會繼續開設電力系統相關課程，根據本學期對於同學們課堂表現上的觀察，可以感受到學生對本學期的課程是感到興趣的且積極度大幅提升，因此未來將會再次採用專題式課程的方式導入其他課程中。

## 二. 參考文獻(References)

- [1] Blumenfeld,P.C.,Soloway,E.,Marx,R.W.,Krajcik,J.S.,Guzdial,M.,& Palincsar,A.(1991). Motivating Project-Based Learning:Sustaining the Doing,Supporting the Learning.Educational Psychologist,26(3 & 4),369-398
- [2] Katz,L.G.(1994).The Project Approach.Location:Research Center.(ERIC Document Reproduction Service No.ED368509)
- [3] Katz,L.G.(1998).Issues in Selecting Topics for Projects. Location:Research Center.(ERIC Document Reproduction Service No.ED424031).
- [4] Knoll,M(1997).The Project Method: Its Vocational Education Origin and International Development.Journal of Industrial Teacher Education,34, 59-80。
- [5] Knoll,M(2014).Project Method.In D. C. Phillips (ed) Encyclopaedia of Educational Theory and Philosophy,2,665-669.
- [6] Ministry of Education Malaysia,Educational Technology Division. (2006). Project-based Learning Handbook.
- [7] Feather, R. A., Carr, D. E., Reising, D. L., & Garletts, D. M. (2016). Team-Based Learning for Nursing and Medical Students Focus Group Results From an Interprofessional Education Project. Nurse Educator, 41(4), E1-E5.
- [8] Helle, L., Tynjälä, P., & Olkinuora, E. (2006). Project-based learning in post-secondary education—theory, practice and rubber sling shots. Higher Education, 51(2), 287-314.
- [9] Hodges, H. F., & Massey, A. T. (2015). Interprofessional Problem-Based Learning Project Outcomes Between Prelicensure Baccalaureate of Science in Nursing and Doctor of Pharmacy Programs. Journal of Nursing Education, 54(4), 201-206.
- [10]Hwang, G. J., Tu, N. T., & Wang, X. M. (2018). Creating Interactive E-Books through Learning by Design: The Impacts of Guided Peer-Feedback on Students' Learning Achievements and Project Outcomes in Science Courses. Educational Technology & Society, 21(1), 25-36.
- [11]Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. C. (2006). Project-based learning: na.
- [12]Moursund, D. G. (1999). Project-based learning using information technology: International society for technology in education Eugene, OR。
- [13][https://www.mathworks.com/help/matlab/matlab\\_prog/what-is-a-live-script-or-function.html](https://www.mathworks.com/help/matlab/matlab_prog/what-is-a-live-script-or-function.html)
- [14]李燕秋(2014)。基於翻轉學習概念之互動式教學平台架構研究。輔仁大學圖書資訊學系碩士班(未出版)，1-71。
- [15]邱筱琪(2012)。臺灣高等教育服務—學習課程發展脈絡之研究朝陽學報。2014，19：1-16。
- [16]張迺貞、周天。(2015)。運用 Kirkpatrick 模式評估資訊法律課程在數位學習環境之學習成效。教育資料與圖書館學，52(4)，417-450。
- [17]Burger, M. L., & DeSoi, J. F. (1992). The cognitive apprenticeship analogue: a strategy for using ITS technology for the delivery of instruction and as a research tool for the study of teaching and learning. International journal of man-machine studies, 36(6), 775-795.
- [18]Carroll, J. B. (1993). Human cognitive abilities. Cambridge: Cambridge University Press.
- [19]Eitel, A. (2016). How repeated studying and testing affects multimedia learning: Evidence for adaptation to task demands. Learning and Instruction, 41, 70-84.
- [20]Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive—developmental inquiry. American psychologist, 34(10), 906.
- [21]Gardner, H. (2011). Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences. Basic Books.
- [22]Glenberg, A. M. (2010). Embodiment as a unifying perspective for psychology. Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science, 1(4), 586-596.
- [23]Horn, M. S., Crouser, R. J., & Bers, M. U. (2012). Tangible interaction and learning: the case for a hybrid approach. Personal and Ubiquitous Computing,16(4), 379-389.
- [24]Järvelä, S. (1995). The cognitive apprenticeship model in a technologically rich learning environment: Interpreting the learning interaction. Learning and Instruction, 5(3), 237-259.

- [25] Jin, W., & Corbett, A. (2011, March). Effectiveness of cognitive apprenticeship learning (CAL) and cognitive tutors (CT) for problem solving using fundamental programming concepts. In Proceedings of the 42nd ACM technical symposium on Computer science education, 305-310.
- [26] Katsioloudis, P., Jovanovic, V., & Jones, M. (2014). A Comparative Analysis of Spatial Visualization Ability and Drafting Models for Industrial and Technology Education Students. *Journal of Technology Education*, 26(1), 88-101.
- [27] Berggren, K. F., Brodeur, D., Crawley, E. F., Ingemarsson, I., Litant, W. T., Malmqvist, J., & Östlund, S. (2003). CDIO: An international initiative for reforming engineering education. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 2(1), 49-52.
- [28] 查建中(2008)。論「做中學」戰略下的 CDIO 模式。高等工程教育研究，3(1)，6。
- [29] Crawley, E. F., Malmqvist, J., Lucas, W. A., & Brodeur, D. R. (2011). The CDIO syllabus v2. 0. An updated statement of goals for engineering education. In Proceedings of 7th International CDIO Conference, Copenhagen, Denmark.
- [30] Bankel, J., Berggren, K. F., Engström, M., Wiklund, I., Crawley, E. F., Soderholm, D. H., ... & Östlund, S. (2005). Benchmarking engineering curricula with the CDIO syllabus. *International journal of engineering education*, 21(1), 121-133.
- [31] Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., & Brodeur, D. (2007). Rethinking engineering education. *The CDIO Approach*, 302, 60-62.
- [32] Jianfeng, B., Hu, L., Li, Y., Tian, Z., Xie, L., Wang, L., ... Xie, H. (2013). The Progress of CDIO Engineering Education Reform in Several China Universities: A Review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 93, 381-385.
- [33] Jianzhong, Z. (2008). On CDIO Model under “Learning by Doing” Strategy. *Research in Higher Education of Engineering*, 3, 1-6.
- [34] Liang, Z., Deng, H., & Tao, J. (2011). Teaching Examples and Pedagogy of Mechanical Manufacture based on the CDIO-Based Teaching Method. *Procedia Engineering*, 15, 4084-4088.
- [35] Marasco, E., & Behjat, L. (2013). Integrating creativity into elementary electrical engineering education using CDIO and project-based learning. In 2013 IEEE International Conference on Microelectronic Systems Education (MSE) (pp. 44-47).
- [36] 沈揚庭、戴沛吟(2016)。以 CDIO 精神發展創客育成模式之課程設計與評估。高等教育研究紀要，81-100。
- [37] Antepohl, W., & Herzig, S. (1999). Problem-based learning versus lecture-based learning in a course of basic pharmacology: a controlled, randomized study. *Medical education*, 33(2), 106-113.
- [38] Hodges, H. F., & Massey, A. T. (2015). Interprofessional Problem-Based Learning Project Outcomes Between Prelicensure Baccalaureate of Science in Nursing and Doctor of Pharmacy Programs. *Journal of Nursing Education*, 54(4), 201-206
- [39] Hwang, S. Y., & Kim, M. J. (2006). A comparison of problem-based learning and lecture-based learning in an adult health nursing course. *Nurse Education Today*, 26(4), 315-321.
- [40] Solomon, G. (2003). Project-based learning: A primer. *TECHNOLOGY AND LEARNING-DAYTON*, 23(6), 20-20.
- [41] Thomas, J. W. (1999). *Project based learning: A handbook for middle and high school teachers*: Buck Institute for Education.
- [42] Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning.
- [43] Van Hoover, C. (2015). Innovation in Health Policy Education: Project-Based Service Learning at a Distance for Graduate Midwifery Students. *Journal of Midwifery & Womens Health*, 60(5), 554-560.
- [44] Veenman, M. V., Bavelaar, L., De Wolf, L., & Van Haaren, M. G. (2014). The on-line assessment of metacognitive skills in a computerized learning environment. *Learning and Individual Differences*, 29, 123-130.
- [45] Anderson, C. (2010). The new industrial revolution. *Wired magazine*18, 2.
- [46] 問題導向學習 <http://www.ncsu.edu/pbl/design.html/>
- [47] Embrace <http://embraceglobal.org/>



[48] National Training Laboratories. <https://www.ntl.org/>

[49] P21 <http://www.p21.org/>

[50] Times Higher Education <https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings>

### 三. 附件(Appendix)

#### ■ 前測問卷表單設計

題項	非常不同意	不同意	同意	非常同意
1. 我已經修習完成本科目前置課程	A	B	C	D
2. 我具備基礎的邏輯能力	A	B	C	D
3. 我具備基礎的數學能力	A	B	C	D
4. 我具備基礎的英文能力	A	B	C	D
5. 我具備基礎的程式語言能力	A	B	C	D
6. 我了解本科目的授課方式	A	B	C	D
7. 我了解本科目的課程內容	A	B	C	D
8. 我了解修習本科目前的基礎知識	A	B	C	D
9. 我了解本科目與電機工程領域之關聯性	A	B	C	D
整體而言，你對下列事項的瞭解程度？	非常不瞭解	不太瞭解	還好	非常瞭解
10. 我知道什麼是專題式學習	A	B	C	D
11. 我知道什麼是 MATLAB	A	B	C	D
12. 我知道什麼是 PGSAS	A	B	C	D
13. 我知道什麼是磨課師	A	B	C	D

#### ■ 後測問卷表單設計

題項	非常不同意	不同意	同意	非常同意
1. 我已經熟知本科目介紹的相關知識	A	B	C	D
整體而言，你對下列事項的瞭解程度？	非常不瞭解	不太瞭解	還好	非常瞭解
2. 專題式學習提高我在學系專業的學習興趣	A	B	C	D
3. 專題式學習讓我知道在學習專業的學習方法	A	B	C	D
4. 專題式學習讓我知道如何進行團隊合作	A	B	C	D
5. MATLAB 與 PGSAS 等工具對於我學習或研究有幫助	A	B	C	D
6. 磨課師有助於我利用零碎時間學習	A	B	C	D

心得:

## ■ 期中形成性評量表單設計

題項	非常不同意	不同意	同意	非常同意
教師教學前能充分準備，並且熟悉上課內容。	A	B	C	D
教師能運用學生已有的知識來解釋新教材。	A	B	C	D
教師能提供相關補充教材。	A	B	C	D
教師能清楚地說明教學的主題及重點。	A	B	C	D
教師會循序漸進，教材內容的安排由簡加深。	A	B	C	D
教師能善用不同的教學方法，以提升學生的學習效果。	A	B	C	D
教師口語表達清楚。	A	B	C	D
教師能針對學生的反應予以正面回饋。	A	B	C	D
教師會鼓勵同學們互相討論。	A	B	C	D
當同學對課業有疑問時，可以從教師處得到適當的協助。	A	B	C	D
教師與學生互動良好。	A	B	C	D
教師能營造有利學習的班級整體氣氛。	A	B	C	D
教師能有效掌握教學時間。	A	B	C	D
教師會使用多元評量方法，來瞭解學生的學習表現。	A	B	C	D
教師會依照評量結果或作業表現，給予學生回饋與指導。	A	B	C	D
到目前為止，我在本科目有所收穫。	A	B	C	D

您對本課程有任何建議嗎？

## ■ 學生自我回饋表單設計

題項	非常不同意	不同意	同意	非常同意
能藉由電力系統的基本原理，了解電力系統故障分析之觀念與故障電流計算。	A	B	C	D
能運用電力系統故障分析之原理，並解析應用於實際案例上。	A	B	C	D
能辨識出可應用定理與模型的場合，並能清楚表達。	A	B	C	D
知道於何處可找到電力系分析的相關資訊、研究結果及標準，並可評估所獲資訊的適用性。	A	B	C	D
能利用電力系統的原理，評估一個真實的大電力系統，並提出計算程序。	A	B	C	D
能將分組討論中所獲結果以書面或口頭方式與同儕及教師溝通。	A	B	C	D

■ 成績統計表單設計

班級人數	不及格人數	不及格率(%)	最高分	平均值	標準差

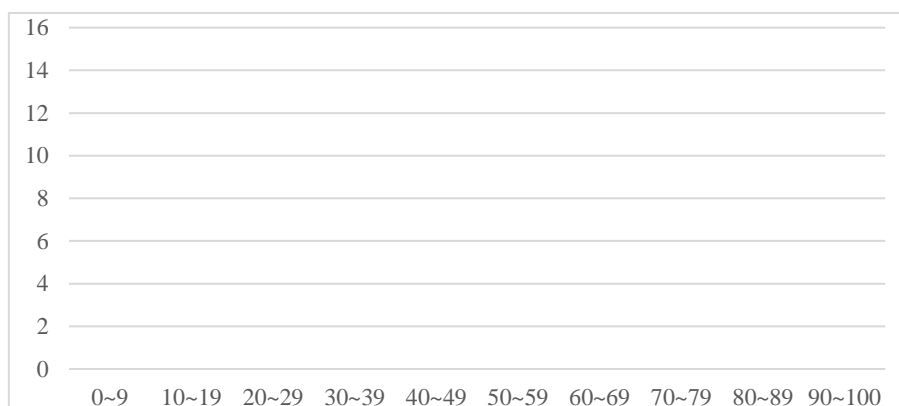


圖 7 學期成績統計

■ 核心能力檢核統計結果表單設計

評量項目	極優	優	佳	待改進
在報告時，內容起承轉合十分清晰、明確、熟練，報告內容也相當緊密充實。				
能獨立設定合適且切實可行的目標。				
能自主性的持續專注在同一件工作任務上。				
能獨立且準確的自我評量。確認錯誤所在，並且能應用所學。				
能綜觀證據和所有相關情境因素，並具深度洞察力、清楚地定義問題的能力。				
能深度地探究某一主題，並從中獲得豐富的認識或挖掘出一些較鮮為人知的資訊，足以顯示對於此一領域具有極濃厚的興趣				
能夠清楚說明不同方案的價值，以協助團隊成長與進步。				

■ 學生課程目標回饋表達情形表單設計

課程目標	您在本門達成課程目標的程度，依程度區分，4分為最佳的學習情形						
	4	3	2	1	填答人數	平均數	標準差
能藉由電力系統的基本原理，了解電力系統故障分析之觀念與故障電流計算。							
能運用電力系統故障分析原理，並解析應用於實際案例上。							
能辨識出可應用定理與模型的場合，並能清楚表達。							
知道於何處可找到電力系統分析的相關資訊、研究結果及標準，並可評估所獲資訊的適用性。							
能利用電力系統的原理，評估一個真實的大電力系統，並提出計算程序。							
能將分組討論中所獲結果以書面或口頭方式與同儕及教師溝通。							

■ 課程照片



圖 課程照片 1



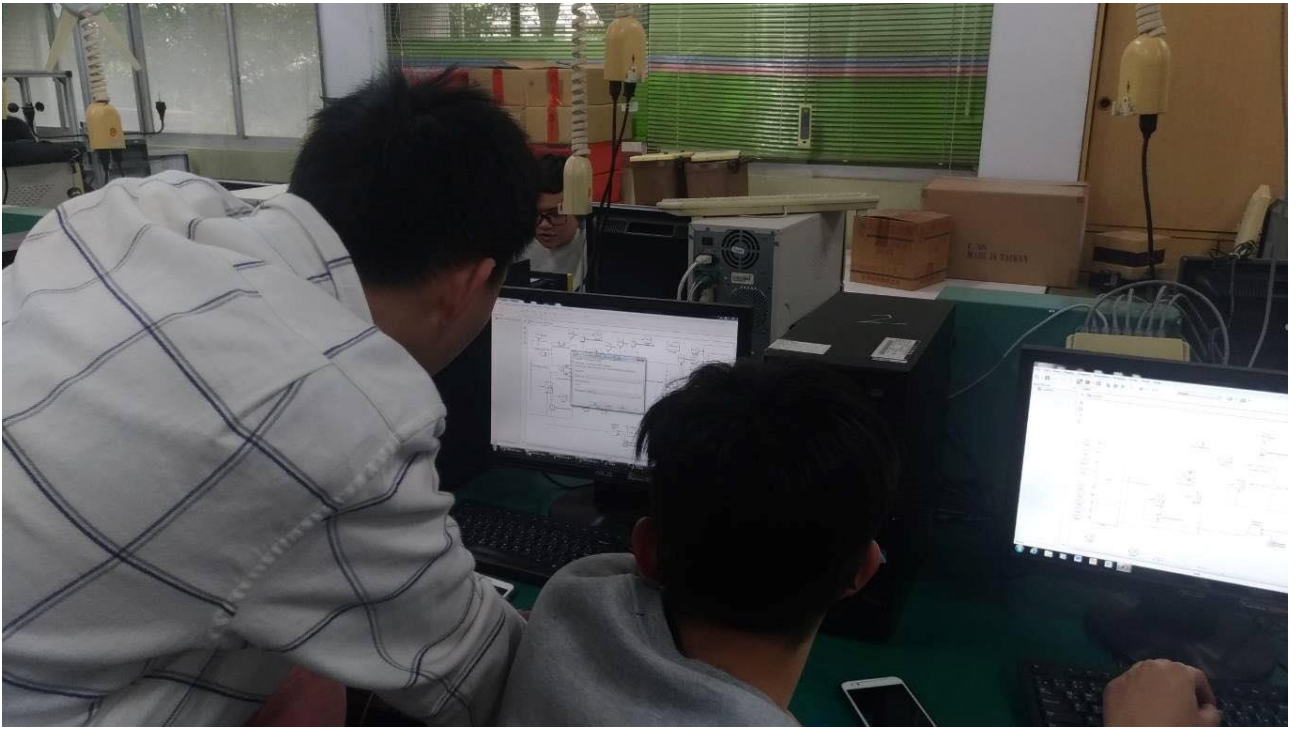


圖 課程照片 2



圖 課程照片 3