

## 一. 報告內文(Content)

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

根據以往的經驗，逢甲大學電機工程學系的學生在大學求學階段中，並非每位學生都能對課程的內容有充分的了解。學生常因第一次接觸專業科目，而產生畏懼甚至排斥學習，導致在課程上無法跟上進度或是無法理解其內容的邏輯性，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。

本計畫將針對上述的這些問題提出構思(Conceive)、設計(Design)、實施(Implement)與操作(Operate)，簡稱 CDIO 的工程教育模式，透過線上開放式的學習平台擴展學習視野，使課程的選擇更多元化。而採用 CDIO 的主要動機是為了讓工程教育更嚴謹，並在『電工實驗』的教學設計上提供更有系統的方法論，以增加課程的設計及創新內容，故本計畫擬利用 MATLAB 高科技運算軟體與電力系統模擬分析工具將理論實現，達到使課程內容更多元化並有效提升學生學習效率的目的。

### 2. 文獻探討(Literature Review)

為了提升課堂的教學品質，有許多新型的教育理念，如翻轉教室、磨課師、行動學習與 CDIO 工程教育的新教育理念被提出，其基本的概念簡述如下。

#### ■ 翻轉教室

翻轉教室又稱為翻轉課堂或顛倒教室，是起源於美國一種新興的教育模式[15]-[24]。翻轉教室的執行方式是由學生預先閱讀由老師準備之課程內容，再到課堂上和老師一起完成作業，並進行討論和提問。這種教學方式的特色是在家學習，再到學校完成作業，與以往教學模式相反，而學生與老師的角色就像是調換一樣。而後隨著翻轉的概念不斷進行創新改造，從教學流程到教育價值觀層面。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。

#### ■ MOOC

MOOC 或稱磨課師，是一種線上學習的模式，是翻轉教室已實現的例子[25]-[34]。讓人們可以透過網路進行線上學習。可以突破現有教育模式的瓶頸，如課堂修課人數不被教室大小限制，以及不綁定時間，何時何地都可以進行學習，能夠有效利用時間。

隨著科技的快速發展，教育型態不再只是課堂上的教學。網際網路的資訊媒體隨著行動裝置的盛行快速傳播，也因此發展出許多線上的教學課程，如 MOOC 線上學習網站。台灣也在 2007 年開始陸續加入這個行列，並於 2008 年底成立了台灣開放式課程聯盟(Taiwan Open Course Ware Consortium, TOCWC)，其中也包含了許多台灣頂尖學校分享其教學資源。這種 MOOC 的概念，讓學生可以在課堂學習前預覽課程內容，並在課堂上積極的參與討論及交流，課程後能以社群管道分享學習心得，以提升學習的效率及成果。大規模開放式課程的出現將提供學生開放式、社會化與網路線上式的學習概念，也就是說除了學校課程之外，也可以學習不同的專業，為就業與升學做準備。

#### ■ 行動學習

做為翻轉教室的另一種實現模式，行動學習同樣不受限於教室，無教學環境之限制[35]-[45]。結合可攜帶裝置，進一步將翻轉教室的翻轉概念，延伸至所有可攜式

裝置能到達的地方。藉由記憶體強大的資訊儲存能力，學習不受限於書本，設備。近年蓬勃發展之智慧型手機即為此概念最好的推手，並且在未來更可能將學習結合時下流行的 APP，甚至遊戲。

### ■ CDIO 工程教育

麻省理工學院及皇家工學院等學校於 2000 年共同推廣 CDIO 工程教育人才培育模式，這種理念也成為近年來國際間工程教育領域中最成功的改革且具有相當大的影響力[3]-[12]。透過這種教育改革可以使學生清楚的掌握工程相關課程的知識並能加以應用與實踐。大部分導入 CDIO 改進教育模式以及品質之前例均受到外界肯定。

CDIO 是一套完整的產業人才培育架構，其標準是直接參考產業界需求，以真實世界的產品/系統為導向，進行構思、設計、實施、操作等全產品設計過程的教育，讓學生掌握紮實的基礎知識，構思並設計新的產品，同時能夠實施及操作，成為學用合一的產業人才。採用 CDIO 主要動機為：讓工程教育更嚴謹、在教育設計上需要更有系統的方法論、希望讓課程更具設計及創新內容。除了工程領域外，CDIO 的人才培育模式亦應用於商業、管理、人文社會科學等其他領域。大部份 CDIO 導入能成功地讓學習及外界對教育品質受到肯定。CDIO 大綱相當周全，未來可以往多重跨領域整合經驗發展。

CDIO 之思考模式(如圖 1 所示)為回到工程教育的基礎，包含了四個項目，說明如下：

- 構思(Conceive)：確定客戶需求，考慮技術的使用，企業戰略和法規，因此開發概念，技術和業務企劃。
- 設計(Design)：創設並描述將要實現的設計，計畫，圖紙，算法。
- 實施(Implement)：轉化設計為產品，包括製造方法，編碼，測試和驗證。
- 操作(Operate)：使用實施的產品或過程或系統來實現預期的價值，包括維護，發展和退役該產品或系統。



圖 1 CDIO 之思考模式

使用 CDIO 重新設計教學課程試圖傳授工程學學生在離開大學時應該擁有的全套知識、技能和態度，以及該有的熟練度。此種類型的綜合課程中，技術知識與 CDIO 大綱的學習成果是相關、相互依存，與同時發展的。例如：在作技術交流時，同時使用技術知識和溝通能力。因此在學習期間，溝通能力和其他技能是深深融入技術知識的應用。

多數工程師的學習方式傾向於從具體到抽象，從操縱物件以理解理論概念。但許多學生進入大學之前都缺乏建造或修理物件的個人經驗，以致於無法適應大學期間之學習模式。CDIO 融合教育模式可使學生從設計實現經驗，和其他體驗式學習方式構建認知框架，以便更深入地理解所需要的基礎知識。根據這種模式建構之學習活動有雙重影響：深化技術的知識，並同時增強對開發產品，過程和系統的建構技能。

CDIO 為世界各地的大學所採用，它提供一個有系統的課程審查過程，和重新設計的方法，例如差距分析，可以設計滿足工商業界要求的課程，勝任工作場所需求的畢業生。透過 CDIO 標準的自我評估，管理層可以對課程不斷進行改進，以滿足其利益相關者的需求。講師也可以改進現有單元，或設計新的單元，支持所需的畢業生屬性的發展。

CDIO 採用了 12 項標準，可根據其面向分類成課程理念、課程發展、設計實施經驗和場域、教與學方法、教師發展與評量與評估。這 12 項標準定義了 CDIO 課程的特色，成為教育改革和評估的準則，並提供持續改善的架構。而每個標準的具體描述和原理如表 1 所示。

表 1 CDIO12 項執行標準的面向

課程理念	1.情境脈絡	採用產品過程和系統生命週期開發和部署的原則:構想、設計、實施和操作是工程教育的背景。
課程發展	2.學習成果	個人技能、人際技能、以及產品過程和系統建設技能的具體與詳細的學習成果，與計劃目標一致並經由計劃利益相關者的驗證。
	3.整合式課程設計	有相互支持的學科課程，有明確的計劃以整合個人技能和人際關係技能，以及產品過程和系統建設技能的課程設計。
	4.工程導論	一個介紹課程，為產品、過程和系統構建中的工程實踐提供框架，並介紹必要的個人和人際技能。
設計、實施和場域	5.設計、實施的經驗	一個包括兩個或更多設計與實現經驗的課程，包括一個基本水平和一個高級水平。
	6.實作場域	支持和激勵產品，過程和系統的建設，促進學科知識的實踐學習和社會學習的工程工作室和實驗室。
教與學方法	7.整合式的學習經驗	綜合的學習經驗，獲得學科知識並同時取得個人技能、人際關係技能，以及產品過程和系統建設技能。
	8.主動學習	採用積極學習方式的教學法。
教師發展	9.提高教師的實作能力	提高教師在個人技能、人際關係技能、以及產品流程和系統構建技能方面的能力的行動。
	10.提高教師的學習能力	提高教師提供綜合學習體驗，使用積極的體驗學習方式和評估學生學習能力的行動。

評量與評估	11.學習成效評量	評估學生在個人技能、人際關係技能、以及產品過程和系統構建技能，學科知識方面的學習。
	12.專業評估	根據這 12 個標準評估課程的系統，並以持續改進為目的向學生、教師和其他利益相關者提供反饋。

目前全世界共 130 多所學校加入 CDIO 國際組織，亞洲地區已有新加坡、中國大陸、馬來西亞、越南、日本加入。主要參與的學科為：機械系、電子系、資訊系，但許多學校的工業工程、化工系亦參與。2008 年中國教育部高教司透過成立「CDIO 工程教育模式研究與實踐課題組」及工作會議，並在 2008 及 2010 年在 39 所大學展開 CDIO 試點工作，擴大 CDIO 教學模組的影響力。逢甲大學也為臺灣第一所成功加入 CDIO 國際合作組織的學校。有鑑於此，本計畫將針對 CDIO 工程教育做深入的研究與應用。

CDIO 教學重視四大主軸的培養，透過教學、學習、實作的整合，培養學生的專業知識和軟能力[9]-[12]。CDIO 課程大綱的四大主題軸(如圖 2 所示)為：

1. 系所專業能力:學科知識和推理。
2. 個人專業能力和工作態度。
3. 人際間的能力：團隊合作和溝通。
4. 整合理論與實務的實踐:應用知識為社會做出貢獻(在企業、社會和環境下構思、設計、實施和操作的創新過程)。

四大主軸內容具有普遍性，適用於各領域，皆為產業所需人才應具備之能力。

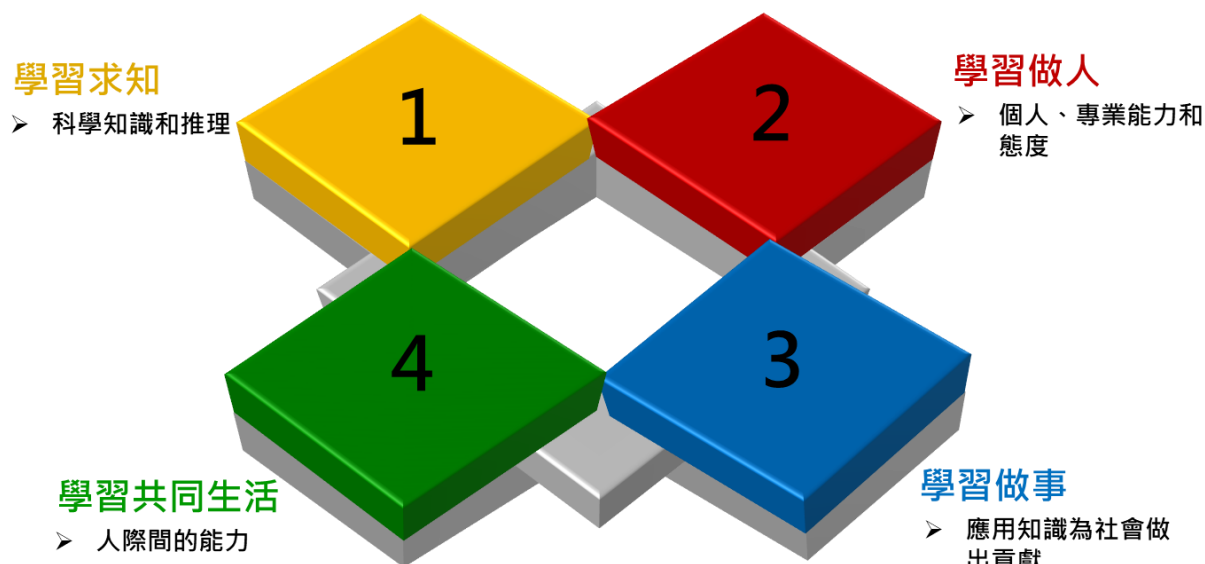


圖 2 CDIO 課程大綱的四大主題軸

最後，CDIO 採用多元評量，且於學習前、中、後進行評量，所蒐集之數據更為全面，有些評量方法甚至在學習中可做為教學方法來使用。採用紙本及口語的評量方式，分析學生的學習紀錄和學習檔案可以直接反映出學生的批判性思考能力以及邏輯能力，同時記錄學生的學習過程。此種方法雖需要耗費大量時間去閱讀且評估，但是學生得到的反饋是最為有效。根據評量結果，紀錄學習效果和給予學生反饋，持續改進教學與學習。

### 3. 研究方法(Research Methodology)

#### (1) 研究架構

本計畫將 CDIO 之概念融入『電工實驗』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、評量與學習成果之三大元素清晰聯繫，以有效達到更高層次的學習。底下為本計畫之主要架構。

- 目標：本計畫之目標為改進現有教學模式，藉由結合 CDIO 於課程中，拓展學生學習面向，引發學生自學興趣，以提升學生學習成效。
- 教學大綱：為滿足針對所開設課程修課學生要求之專業知識、能力及態度擬訂教學大綱。
- 課程設計：結合 MATLAB 工具軟體於『電工實驗』課程中，主要的策略為提供課堂教學及線上課程學習兩種模式，並提供程式編寫的課程與助教課後的輔導與討論，以培養學生對程式邏輯的能力。
- 教與學方法：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。
- 學習成效多元評量：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。

底下則為本計畫針對 CDIO 模式下的『電工實驗』課程教學方法探討：

#### ■ 專案構思階段

學生分為若干組，由教師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。並根據題目要求擬定設計理念，規劃系統模擬，繪製流程圖等。這個階段可以培養學生的自學、獨立思考和分析能力。

#### ■ 專案設計階段

以 MATLAB 規劃系統，對於較複雜之系統，可以從課本找尋相關知識，或詢問老師。這個階段使學生徹底了解電力系統相關專業知識以及軟體設計相關能力。透過設計階段的鍛鍊，更可以培養學生的團隊合作能力。

#### ■ 專案實施階段

學生自行對所設計的模擬系統進行檢查，並對系統測試，分析遇到的問題，找尋問題的解決辦法，根據測試結果撰寫專案設計報告。這個階段可以培養學生的創新能力及統整能力。

#### ■ 專案運作階段

每個小組按照專案的任務要求進行答辯，教師及其他組別學生對該專案的設計方案，設計思維等進行評價，然後進行自評、小組互評及教師評價，根據考核評價表給學生綜合成績。

#### (2) 研究假設

根據 CDIO 各項標準，本計畫針對開設之課程所需深入研究之項目如下：

##### A. 課程架構問題：

檢討大學生課程學習中的常見問題，討論因應之策略與學生學習之效率，並針對可能的因素加以分析，如：老師上課的方式、課程內容。

##### B. 如何制定完整教學方案：

根據大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。同時透過分析出大學生目前常面臨之

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。

**C. 如何結合線上課程：**

根據課程的內容與進度，討論如何結合磨課師計畫與台灣開放式課程聯盟計畫，提升學生自主學習的能力。

**D. 檢討與改進：**

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

**(3) 研究範圍**

本計畫課程之研究範圍，包含了學習評量、課程教材、課程進度、教學策略、評量方法、課程目標、學生課程學習回饋與課程持續改善報。本計畫將結合 MATLAB 工具軟體於『電工實驗』課程中，主要的策略為提供課堂教學及線上課程學習兩種模式，並提供程式編寫的課程與助教課後的輔導與討論，以培養學生對程式邏輯的能力，透過實際參與應用工具軟體解決數學問題，並於課程結束後填寫課程問卷調查，以得到課堂回饋，並了解學生學習之成效與學生之學習態度是否可以接受這樣的上課方式。

透過結合 MATLAB 之數學工具軟體的『電工實驗』課程，可以讓學生更實際的了解電力系統。將系統利用 MATLAB 軟體，經由程式編寫模擬，讓學生可以更加瞭解其背後意義。PSAT 提供了許多解決強大的功能，如：電力潮流，連續電力潮流，最佳化電力潮流，小信號穩定度分析，時域模擬分析等。透過這些功能的輔助，學生可以快速的建構系統，學習軟體操作的方法，相信對未來研究與就業上都能有所幫助。

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

**(1) 教學過程與成果**

CDIO 工程教育模式是目前工程教育改革的一種方法，共有三個目標，使學生能更快掌握工程導論課程的基礎知識、能有構思新產品的設計與運作能力、能夠理解所設計之產品對社會的重要性與未來性。依照這種方法去執行教學不僅僅是單一的課程內容，而是透過專業知識的傳授與實踐理論的經驗，去激發學生學習的熱情與動機。

透過整合 CDIO 工程教育模式(如圖 3 所示)於課程中，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，詳細說明如下：

● **構思(Conceive)：**

讓學生遇到問題時能獨立思考，找到需使用之方法並解決工程問題，以培養其相關的問題處理能力。

● **設計(Design)：**

學習如何利用工具解決問題，例如：Matlab&Simulink 軟體工具或是 PSAT 電力系統分析工具等。

● **實施(Implement)：**

透過 Matlab 程式編寫或是 Simulink 建模等方法分析並解決問題。

● **操作(Operate)：**

調整編寫完成的程式碼，找到欲解決問題的答案，並加以修改使指令更加正確且有效率。

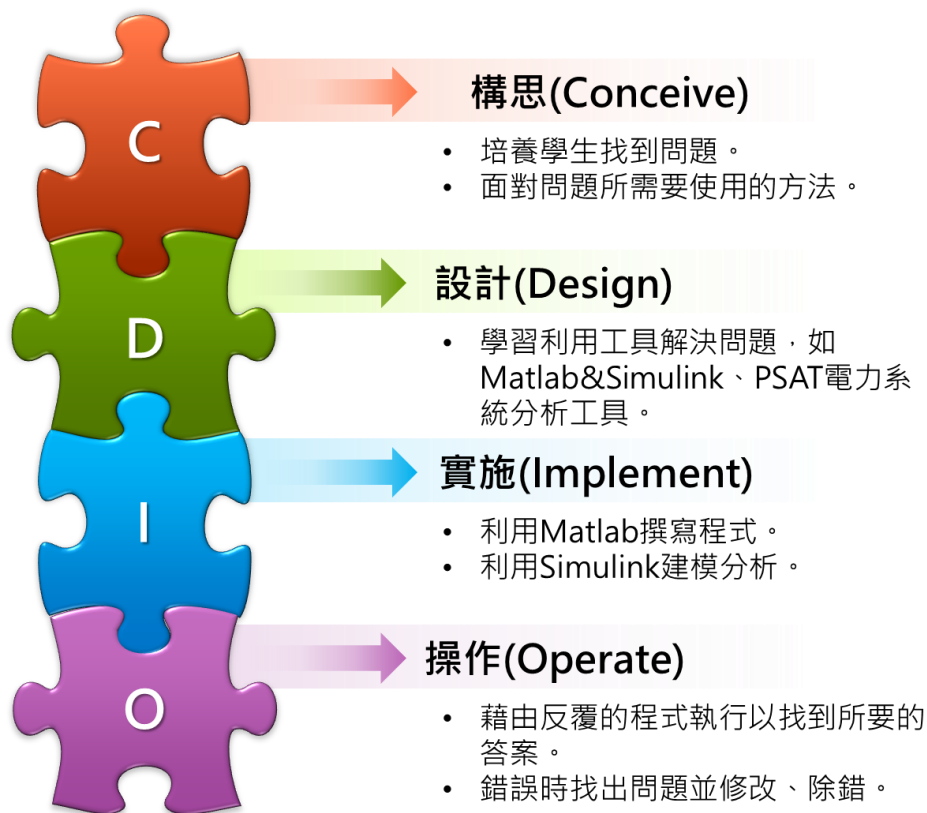


圖 3 基於 CDIO 理念之『電工實驗』課程規畫

本學期將『電工實驗』課程導入 CDIO 專案導向式學習法，在『電工實驗』課程安排上於每堂課開頭授與關於電工實驗之基本課程觀念與所需知識，每堂課後半部則依照 CDIO 專案導向式學習法將課程分為四個階段，以 CDIO 各個階段主要內容做為後半堂課主軸，實行專案導向式學習法，其每堂課後半部之階段詳細內容如下所示：

■ **專案構思階段**

學生分為若干組，並提供電工實驗相關題目，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。

■ **專案設計階段**

以 MATLAB 規劃系統，對於較複雜之系統，可以從課本找尋相關知識，或詢問老師。這個階段讓學生徹底了解電工實驗相關專業知識以及軟體設計相關能力。實行後觀察到學生透過分工合作及積極參與討論，增進了團隊能力。

■ **專案實施階段**

學生自行對所設計的模擬系統進行檢查，並對系統測試，分析遇到的問題，找尋問題的解決辦法，根據測試結果撰寫專案設計報告。在課後回收學生所撰寫的專案設計報告發現各小組學生在創新思考能力以及解決問題能力上皆很優秀。

■ **專案運作階段**

最後每個小組按照專案的任務要求進行答辯，教師及其他組別學生對該專案的設計方案，設計思維等進行評價，然後進行自評、小組互評及教師評價，根據考核評價表給學生綜合成績。

本學期將『電工實驗』課程導入 CDIO 專案導向式學習法，使教學不再侷限於理論，也不再只是為了考試及測驗而學習，而是利用 CDIO 的教育模式，透過課程上的問題讓學生自主發覺解決所需之工具，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。

此外提供線上工程相關教學課程，以線上影片的方式提供學生於課前與課後自主學習，並在課堂期間配合課程進度的章節，透過共同交流與討論其學習心得進行課程，也同時鼓勵同儕間藉由合作與互相討論，去輔助理解不懂的部分。透過線上的課程內容與練習，學生也可以依自己的進度補充課堂上缺少的內容，並按照自己的步驟安排學習進度。

提供 MATLAB 學習課程，使學生學習如何使用工程相關應用的工具如 PSAT，並結合數學運算等內容，讓學生可以充分的理解專業課目之修習目的，並且讓學生了解業界當前所需要的最新專業技術。

透過老師學生課餘的交流，針對其學習或是生活提供幫助，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。

在這學期課程中融合 CDIO 精神之教學課程，並於課程前、中、後皆實施學生之問卷調查、教師評量及同儕互測。並且於下學期無實施此教學模式之同一門課程進行測驗，以取得學生對此教學模式最真實之反饋。此外將大量且直接的資料進行統計與分析，可得到針對此教學模式的各項數據，並在此後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。

除此之外，處於一個大數據的時代，懂得資料處理與分析的技術顯得格外的重要。Matlab&Simulink 為全球最廣泛被使用的高科技運算軟體工具，普遍於數學、工程統計、機電整合、控制設定通訊與訊號處理、控制自動化、汽車電子設計，甚至是財務模型分析等領域做教學與研究，透過 MATLAB 可以達成設計、模擬、驗證與分析之目的，對於學生畢業後進入就業市場必定具有非常大的幫助。學習如何使用適當的工具來解決電力與能源專業領域課程上的問題，將成為本計畫的主要目的，也藉此提升學生對於專業科目應用的了解。

## (2) 學生學習回饋

於『電工實驗』課程導入 CDIO 專案導向式學習法後，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：

- 將課本的知識帶到實驗中，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刻板氣氛，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 PSAT 操作中也收到許多回饋，其心得反饋整理後大致如下：

- 透過 PSAT 軟體操作，可大幅提升電力潮流的運算速度
- 缺乏中文介面，操作不夠直覺導致較不易於使用。



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。	65	5	2	0
能獨立設定合適且切實可行的目標。	68	3	1	0
能自主性的持續專注在同一件工作任務上。	68	4	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。	68	3	1	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。	69	2	1	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	68	4	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。	70	1	1	0

如上表所示，從回饋中可發現無論在報告、設定目標、自主立及專注力、自我評量、了解問題的能力、能深入探討主題及協助團隊成長與進步上，大部分的學生都處於極優的狀態，而只有少部分的學生是落於優及佳，證明了其導入 CDIO 專案導向式學習法後學生的反饋良好

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。	71	1	0	0	0	72	4.986	0.1179

能運用電力系統故障分析原理，並解析應用於實際案例上。	70	2	0	0	0	72	4.972	0.1655
能辨識出可應用定理與模型的場合，並能清楚表達。	70	2	0	0	0	72	4.972	0.1655
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。	71	1	0	0	0	72	4.986	0.1179
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。	72	0	0	0	0	72	5	0
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。	71	1	0	0	0	72	4.986	0.1179

### (3) 教師教學反思

本學期於電工實驗課程導入了 CDIO 專案導向式學習法，觀察後發現同學們的學習效率大幅提升。

以往授課時氣氛較為死沉，且在冗長的相關知識及觀念講解後，大部分的學生在課程末專注力會降低。然而在導入 CDIO 專案導向式學習法後，同學們利用每堂課前段時間吸收授課知識，並於每堂課後半段進行 CDIO 的各個階段，如專案構思階段、專案設計階段、專案實施階段、專案運作階段，使同學們熱絡討論自由發揮，並依照專案的流程逐漸吸收知識並透過團隊合作訓練各項能力。

從學生回饋中收到關於課程上使用的軟體 PSAT 完善度有待改善，如缺乏中文介面，及操作不夠直覺導致較不易於使用。因此在此次課程後擬定根據學生需求，為學生訂製一套專用於教學的客製化 PSAT，使學生在課程使用上能更加順手，更易於使用。

未來若再開設電力系統相關課程，由於學生們的反應良好且在課程中明顯感受到課堂風氣變得更為活潑，因此應會再次將 CDIO 專案導向式學習法導入其他課程中進行嘗試以增加其他課程的學習效益。

## 二. 參考文獻(References)

- [1] Brown, A. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. *Metacognition, motivation, and understanding*, 65-116.
- [2] Brown, A. L. (1978). Knowing when, where, and how to remember: A problem of metacognition.
- [3] 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.
- [4] 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。
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., & Brodeur, D. (2007). Rethinking engineering education. *The CDIO Approach*, 302, 60-62.
- [8] 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.
- [9] Jianzhong, Z. (2008). On CDIO Model under “Learning by Doing” Strategy. *Research in Higher Education of Engineering*, 3, 1-6.
- [10] 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.
- [11] 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).
- [12] 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。
- [13] MathWorks, Inc., Mathworks Matlab. [Online]. Available: <http://www.mathworks.com/>
- [14] F. Milano, Power System Analysis Toolbox (PSAT), ver. 2.0.0, Feb. 2008.
- [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] Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational psychology review*, 3(3), 149-210.
- [20] Collins, A., Brown, J. S., & Holum, A. (1991). Cognitive apprenticeship: Making thinking visible. *American educator*, 15(3), 6-11.
- [21] Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser*, 18, 32-42.
- [22] Contero, M., Etsii, D., & Saorín, J. L. (2007). Learning Support Tools for Developing Spatial Abilities in Engineering Design. *International Journal of Engineering Education*, 22(3), 1-12.
- [23] Crawley, E. F., Malmqvist, J., Östlund, S., Brodeur, D. R., & Edström, K. (2014). *Rethinking Engineering Education*. Cham: Springer International Publishing.

- [24] Dickey, M. D. (2008). Integrating cognitive apprenticeship methods in a Web-based educational technology course for P-12 teacher education. *Computers & Education*, 51(2), 506-518.
- [25] Eitel, A. (2016). How repeated studying and testing affects multimedia learning: Evidence for adaptation to task demands. *Learning and Instruction*, 41, 70-84.
- [26] Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American psychologist*, 34(10), 906.
- [27] Gardner, H. (2011). *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. Basic Books.
- [28] Glenberg, A. M. (2010). Embodiment as a unifying perspective for psychology. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1(4), 586-596.
- [29] 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.
- [30] Hung, P. H., Hwang, G. J., Lee, Y. H., & Su, I. H. (2012). A cognitive component analysis approach for developing game-based spatial learning tools. *Computers & Education*, 59(2), 762-773.
- [31] Iiskala, T., Vauras, M., Lehtinen, E., & Salonen, P. (2011). Socially shared metacognition of dyads of pupils in collaborative mathematical problem-solving processes. *Learning and instruction*, 21(3), 379-393.
- [32] Järvelä, S. (1995). The cognitive apprenticeship model in a technologically rich learning environment: Interpreting the learning interaction. *Learning and Instruction*, 5(3), 237-259.
- [33] 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.
- [34] 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.
- [35] Lombard, M., Snyder-Duch, J., & Bracken, C. C. (2002). Content analysis in mass communication: assessment and reporting of intercoder reliability. *Human Communication Research*, 28(4), 587–604
- [36] Mayer, R. E. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions? *Educational Psychologist*, 32(1), 1-19.
- [37] Mealor, A. D., & Dienes, Z. (2013). The speed of metacognition: Taking time to get to know one’s structural knowledge. *Consciousness and cognition*, 22(1), 123-136.
- [38] Meyer, E., Abrami, P. C., Wade, C. A., Aslan, O., & Deault, L. (2010). Improving literacy and metacognition with electronic portfolios: Teaching and learning with ePEARL. *Computers & Education*, 55(1), 84-91.
- [39] Morán, S., Rubio, R., Gallego, R., Suárez, J., & Martín, S. (2008). Proposal of interactive applications to enhance student’s spatial perception. *Computers & Education*, 50(3), 772-786.
- [40] Price, C. A., Lee, H. S., & Malatesta, K. (2014). Stereoscopy in Static Scientific Imagery in an Informal Education Setting: Does It Matter?. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), 721-734.
- [41] Psycharis, S., Botsari, E., Mantas, P., & Loukeris, D. (2014). The impact of the computational inquiry based experiment on metacognitive experiences, modelling indicators and learning performance. *Computers & Education*, 72, 90-99.
- [42] Risko, E. F., & Dunn, T. L. (2015). Storing information in-the-world: Metacognition and cognitive offloading in a short-term memory task. *Consciousness and cognition*, 36, 61-74.
- [43] Shams, L., & Seitz, A. R. (2008). Benefits of multisensory learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(11), 411-417.
- [44] Skulmowski, A., Pradel, S., Kühnert, T., Brunnett, G., & Rey, G. D. (2016). Embodied learning using a tangible user interface: The effects of haptic perception and selective pointing on a spatial learning task. *Computers & Education*, 92, 64-75.
- [45] Stankov, L., & Kleitman, S. (2014). Whither metacognition. *Learning and individual differences*, 29, 120-122.

- [46] 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.
- [47] Anderson, C. (2010). The new industrial revolution. *Wired magazine* 18, 2.
- [48] 問題導向學習 <http://www.ncsu.edu/pbl/design.html/>
- [49] Embrace <http://embraceglobal.org/>
- [50] National Training Laboratories. <https://www.ntl.org/>
- [51] P21 <http://www.p21.org/>
- [52] 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 CDIO	A	B	C	D
11. 我知道什麼是 MATLAB	A	B	C	D
12. 我知道什麼是 PSAT	A	B	C	D
13. 我知道什麼是磨課師	A	B	C	D

您對創新教學模式的看法？

#### ■ 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. CDIO 提高我在學系專業的學習興趣	A	B	C	D
3. CDIO 讓我知道在學習專業的學習方法	A	B	C	D
4. CDIO 讓我知道如何進行團隊合作	A	B	C	D
5. MATLAB 與 PSAT 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

您覺得何種教學模式適合自己？

■ 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，了解電工實驗的設計準則。	A	B	C	D
能運用電工實驗之原理，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統議題的相關資訊、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

您對本課程有任何建議嗎？

■ 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

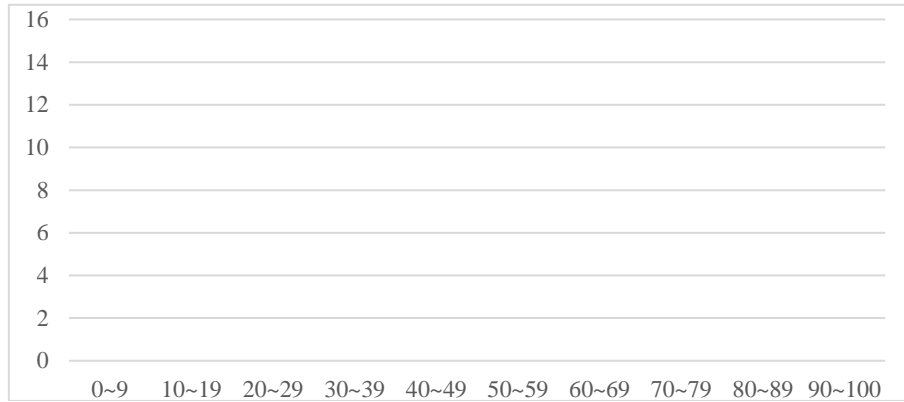


圖 學期成績統計

■ 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成情形表單設計

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，了解電工實驗的設計準則。							
能運用電工實驗之原理，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議題的相關資訊、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

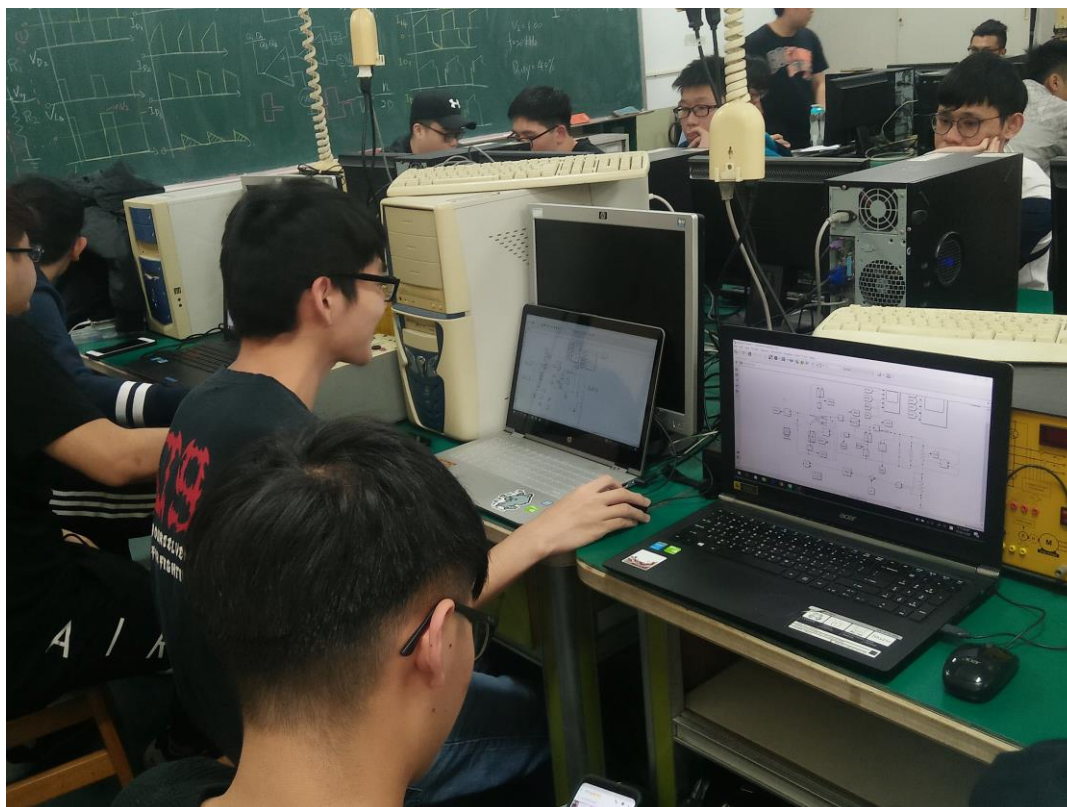


圖 課程照片 1



圖 課程照片 2



圖 課程照片 3