

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：PEE107018

學門分類/Division：工程學門

執行期間/Funding Period：2018/8/1~2019/7/31

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/Learning Performance Analysis of Integrated Teaching Strategy with Flipped Classroom, Reciprocal Teaching, and Project-Based Learning for Course of Signal Processing of Power-Quality Disturbances

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

共同主持人(Co-Principal Investigator)：無

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：中央大學電機系

繳交報告日期(Report Submission Date)：2019/9/19

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/Learning Performance Analysis of Integrated Teaching Strategy with Flipped Classroom, Reciprocal Teaching, and Project-Based Learning for Course of Signal Processing of Power-Quality Disturbances

一. 報告內文(Content)(請繳交 3 至 10 頁成果報告，不含封面、參考文獻、相關佐證附件與連結，檔案大小以 20mb 為限。)

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

隨著資訊科技的發展，眾多重要的工程應用資料與特徵，常常透過訊號處理程序來分析與擷取。舉例來說，一組含有雜訊的訊號可以透過抗雜濾波器的設計進行訊號純化，其概念如圖 1 所示，此程序可應用於生理醫學訊號的強化，以提高人體病徵特徵的辨識、語音訊號的背景雜訊濾除，以提升影音系統的品質、電力系統的故障判別，以強化電力能源使用效率與安全、通訊系統的傳輸通道強化，以增加通訊效能與品質等。因此為了完成對應的工程應用需求，適當的訊號處理與分析是不可或缺的。

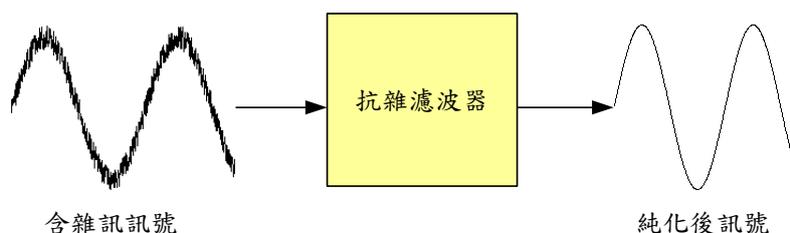


圖 1、含雜訊訊號的純化程序。

傳統的分析程序主要是將時域(time domain)訊號轉化為頻域(frequency domain)訊號進行觀察，藉由頻域資訊的輔助，該受處理訊號的組成成分特性將可得知，因而便可完成相關處理策略的擬定。然而，文獻中有諸多訊號處理的技術與相關背景理論被提出，選擇適當的分析方法時常困擾著該領域的初學者，甚至對於有經驗的工程師來說亦容易誤用，因而導致相關檢測與處理程序的誤判。因此，本計畫透過相關教育平台的開發，將常見的訊號處理技術與背景理論進行分類，藉以釐清各技術之優缺點，進而輔助學習者針對對應的工程應用選擇合適的處理方法。

在計畫主持人多年的教學經驗中發現，採用傳統的板書及投影片教學與考試之評量方式下，學習者常常對數學分析感到困擾甚至無法理解，進而造成只會考試不知所學之工程實務應用的困境。本計畫針對電力品質訊號處理課程採用翻轉教室、相互教學法及專題導向學習之教學策略，藉此探討學習成效提升的效益。長久以來，由於電力系統中非線性負載使用量的逐漸增加，使得電力品質問題逐漸受到重視。電力品質會造成輸電系統在傳輸的過程中額外的損失，並且會減短電力設備的使用壽命。因此，提升電力品質問題已逐漸成為電力公司與用戶間所關心的議題[1]-[2]。為了有效地評估出該系統造成的電力品質成分，一套簡易與準確的分析方法是十分重要的。自 1960 年代以降，由於有效計算離散傅立葉轉換演算法-快速傅立葉轉換(Fast Fourier

Transform, FFT)的開發，促使數位量測技術大幅提升[3]。因而，國內外於通訊、語音、影像、控制等各研究領域逐漸大受採用。然而，由於 FFT 的直接使用受限於諸多限制，促使分析與量測電力設備造成之諧波時，將造成可觀的誤差[4]-[8]。此外，從眾多分析電壓電流波形諧波與間諧波含量的演算法當中，選擇適於當前應用的方法，對領域初學者來說是十分不容易的。一個有效的輔助方式便是從了解分析技術與量測參數間的關係開始。本計畫即依據上述之想法，整合幾種常用的電力品質分析方法[9]-[16]，進行虛擬量測儀表與教育平台系統之研製，以提升在電力品質信號處理與量測領域人才之研究與實作能力。

由於文獻常用的電力品質分析演算法各異，對不同的電力訊號有各自的使用限制，無經驗的系統分析工程師容易誤用，以致無法有效正確地進行訊號處理。因此，本計畫就目前常見之電力品質分析方法進行回顧，並提出完善的整合型學習系統以輔助初學者熟悉各類分析技術。另一方面，所實現電力品質分析演算法，亦將藉由結合相關量測硬體開發出一套虛擬量測系統，以進行實際量測來驗證與評估各分析方式。

綜合上述，本計畫主要研究內容包括：(1)針對現行電力品質訊號分析演算方式與相關之量測設計架構進行回顧與比較；(2)實作各項分析技術與比較其優劣；(3)針對所提出之設計準則進行電力品質訊號虛擬分析儀和教學平台之設計與實作；(4)以實現之電力品質訊號虛擬分析儀進行實際量測與分析；(5)設計與建立相關之電力品質訊號量測資料庫；(6)採用翻轉教室(Flipped Classroom)、相互教學法(Reciprocal Teaching)及專題導向學習(Project-Based Learning, PBL)之教學策略，藉此探討學習成效提升的效益。

有鑒於此，本計畫將著眼蒐集常用的電力品質訊號處理方法，將各法加以進行整併與改善，並配合相關硬體進行系統量測分析實務，不同於傳統訊號分析課程創新之處，便是設計使用者介面以視覺化(visualization)方式提昇學習理解，進而培育學生以所學技術去解決電力領域問題的能力，進而促進合作學習與分析演算技術之規畫、設計與實現。此外，本研究結果亦可提供將來國內各校工程教育實施翻轉教室、相互教學法及專題導向學習課程之參考。

2. 文獻探討(Literature Review)

目前工程教育的實作課程多以專題小組合作的方式進行，許多研究者開始將工程教育課程結合 PBL 的教學模式，希冀能有效地輔助學習者學習並提高學習成效。在文獻[17]的機械工程教育課程中，研究者藉由 PBL 教學策略讓學習者學習軟技能，藉由專題合作的方式讓學習者學習溝通與合作，並完成最後的實作專題[17]。Tseng 等研究者同樣將 PBL 的教學模式套用到機械工程教育課程當中，最後調查結果顯示，學習者對於工程學科的态度有顯著改變，學習者也認為這些專業技術與知識對於未來職業生涯有益[18]。PBL 的教學方式也被應用在電力工程學科專題當中，引導學習者學習反思與反饋，結果發現學習者在設計、建模和分析電力系統得到良好的成果[19]。文獻[20]藉由平板的合作專題導向學習方式(Collaborative Project-based Learning, CPBL)，希冀提高學習者保流率與設計能力，結果顯示除了能加強教學效果外，也有顯著的提升學習者的學習成績。綜合上述研究工程教育課程的文獻，明確的指出透過 PBL 的教學方式，學習者能得到良好的學習成效並發現小組合作對於專題課程的重要性，然而在學習者

的學習過程中認知層次與創造力的發展方面並沒有深入討論，本研究則針對此部分進行分析與調整教學策略。

3. 研究方法(Research Methodology)

(1) 課程進行方式

在課程開始第 1 週時，會先請學生填寫個人特質能力的分析表，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。初期藉由課程引導，讓學生發掘電力品質訊號處理相關議題，並引導學生構思所學專業如何應用，以求達成專題設計(Project-Based Learning, PBL)並解決問題。於課堂講授內容之前，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。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。而在口頭分組報告中，採用互評表單設計方式，促成學生各分組間的討論及分享。最後於期末透過報告及實品展示方式讓學生進行表達力、宣傳力、溝通力等訓練，並進行評量與跟各組互動討論，激發學生所做專題之創意與成效反思。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
- 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
- 期中分組專題報告(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
- 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
- 期末分組專題報告(1 週)

學習活動設計方面，本研究是使用專題導向式學習，透過實作電力品質訊號處理演算法專題的方式進行，本研究的學習活動設計總共有四個階段，每個階段各有不同的學習活動，並在活動結束後進行小組報告，而每次的報告完畢皆會進行小組互評，藉此瞭解學習者對於其他組別的實作情況，詳述如下：

(一) 第一階段

由於學習者在之前的課程當中未有電力品質訊號處理演算法的實作經驗，過去的課程皆為理論課程，因此第一階段會讓各組的學習者藉由導師與助教的指導，開始基

礎的電力品質訊號處理演算法實作練習，並在結束後進行工作報告紀錄，以瞭解學習者練習的情況，期中前主要報告基礎實作練習成果。

(二) 第二階段

第二階段同樣進行實作練習，此階段學習者進行進階的電力品質訊號處理演算法練習，透過實作練習將所學習到的內容，開始規劃專題計畫，並且在期中報告時提出專題規劃與實作內容，在導師與助教進行實作評估後，指導學習者進入下個階段。

(三) 第三階段

此階段學習者正式進入專題實作，此階段的學習者開始進行專題實作，而學習者在此階段會遇到許多實作上的問題，需要透過導師與助教的引導，藉此瞭解目前的實作情況並且解決問題，在期末前報告目前專題進度外，還須完成專題半成品。

(四) 第四階段

最後一個階段各組必須完成專題實作，在此階段同樣會透過導師與助教的指導，並在期末報告時報告完整的專題並且展示實作成果。

(2) 多元評量方式

在整體 18 週的電力品質訊號處理課程規劃中，透過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、專題應用實作等程序，得以協助學生運用所學之工程知識，了解電力訊號之應用問題，進而透過工程相關軟硬體工具、問題分析與設計、與同儕的合作討論，完成專題系統實作。因此，可經由所規劃的平時專題作業練習與整合，得以瞭解學生是否達成本系之教學核心能力；最後再透過期中與期末報告方式，培養學生工程報告寫作及口頭語文表達能力。核心能力與評量表單對應之項目如下表 1 所示。

表 1、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%							

經由本電力品質訊號處理教學計畫之進行與完成，所得之成果為建構了一個訊號分析與量測學習平台架構，以輔助學生對分析演算技術之熟悉與減少誤用，並擬定客觀且正確的訊號處理程序，進而能提供相關工程應用一個可靠的方式，以提高工程學習之效率。除此之外，該平台將可使學生完成實作作品成果驗證，成果將以實體系統展示、口頭報告方式展現。根據上述多元評量方式，依據課程進行方式可歸納如下：

- 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

(3) 學習成效分析方式

資料蒐集與學習成效評估方面，本計畫透過 google 表單與教學平台，讓學生上傳相關實作作業與報告，並進行相互教學、同儕互評、學習成效等資料填寫，以利學期結束後之學習成效分析。各學習成效分析方式如下：

同儕互評各層次評估

電力品質訊號處理為工程教育當中軟體類型的課程，其中包含許多實作演算法過程，課程中透過作業與專題階段循序漸進地讓學習者了解實作的過程，並藉由教師的引導與小組討論讓學習者互相激盪藉此提升學習者之認知層次與創造力，本研究將學習過程中的小組報告與工作報供內容，藉由修改並重新定義 Bloom 認知層次，如下表 2 所示，各階段小組報告及工作日誌內容皆由兩位專業人士對其學習內容進行認知層次評估，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。

表 2、本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

小組互評問卷

當中除了透過小組報告之外，為瞭解小組之間對於別組報告內容的評價與理解程度，藉由小組互評問卷的方式讓各組可以互相給予建議與討論，藉此提升組與組之間的競爭力與加強學習目標。每次小組報告結束之後都會有一次小組互評，小組互評問卷總共有六個項目，並且由專任導師編制而成。問卷量表之量測尺度採用 Likert 五點量表，每個項目皆有五個選項可供勾選，分別從非常同意(5分)、同意(4分)、普通(3分)、不同意(2分)以及非常不同意(1分)，由學習者對其問卷問題的主觀感受進行填答。小組互評問卷評估項目與定義如下表 3 所示。

表 3、本課程之小組互評問卷構面與定義

項目	定義
完成度	評估小組體整報告的完整程度。
理解度	評估小組對自己報告的理解程度。
正確性	評估小組實驗結果的正確程度。
應用度	評估小組報告內容的拓展與應用程度。
創新性	評估小組對於應用是否有新的想法與創新性。
表達力	評估小組報告時的表達能力。

問卷結果分析

本課程進行學習動機與教學策略接受模型兩項問卷，其分析問卷如圖 2 及 3 所示，藉此了解本課程所採取之教學策略是否可提升學生學習動機，與了解學生對創新教學策略之接受度。

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(•̀•̀)♡

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 2、學習動機問卷。

由以上意見，可協助本課程進行相關多元評分與實作課程流程之調整，並且在活動設計中包含翻轉教室、相互教學法、組內互動(工作報告)與組間互動(小組報告與小組互評問卷)，藉由 Bloom 認知層次評估小組的工作報告與小組報告的內容，藉此了解後期的課程其分析與創造層次數量相對於課程前期是否有所提升，這也意涵組內與組間的分組活動是否能更提升學習者高層次的認知。

專題導向之相互教學翻轉教室-接受模型

型

*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

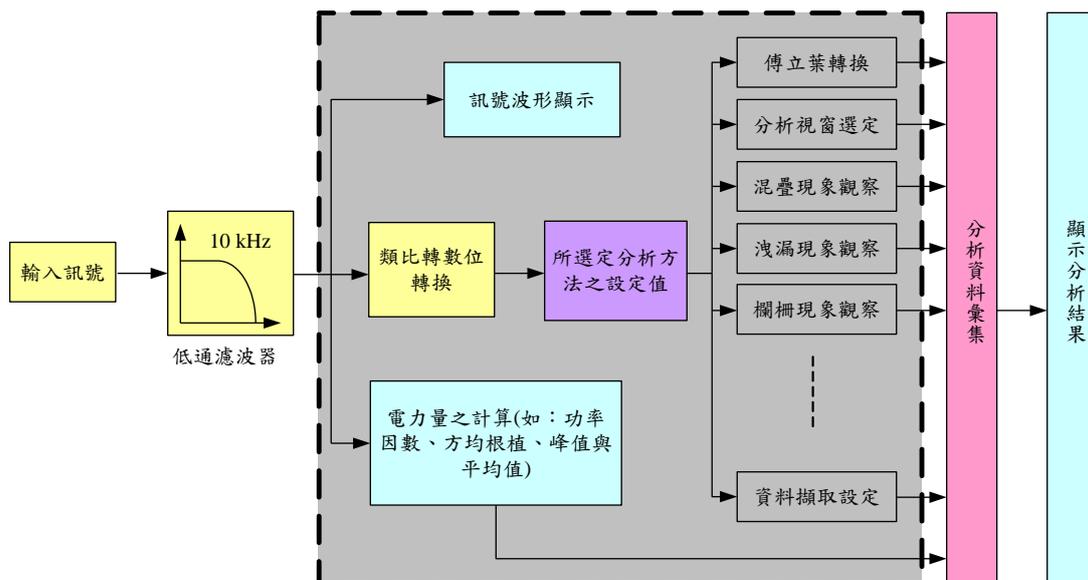
透過「專題導向之相互教學翻轉教室」機制下的相互教學活動

圖 3、教學策略接受模型問卷。

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

(1) 教學過程與成果

為了提高學生分析技術設計時之便利性，進而輔助了解電力品質問題及加速完成分析演算法實作，本計畫透過整理文獻相關電力品質訊號處理之理論與分析方法，依據各類訊號處理屬性並配合課程內容進行劃分，進而完成設計電力品質訊號分析學習教育平台之雛形。並配合學生的使用情況，進行學生對該門課程之學習狀況評估，進而將所擷取之學習成果及學生同儕間互動討論情形，進行學習效果評比，並修正與規劃合適之課程進行方式，以強化學生之學習動機與工程應用之創造力。本計畫所開發之電力品質訊號分析學習教育平台系統設計架構如圖 4 所示，而其使用者介面則如圖 5 所示。關於電力品質訊號測試源部份，該硬體架構設計規劃與實體照片如圖 6 所示。



整合型時變訊號分析與教育系統

圖 4、本計畫採用之分析與教育系統架構。

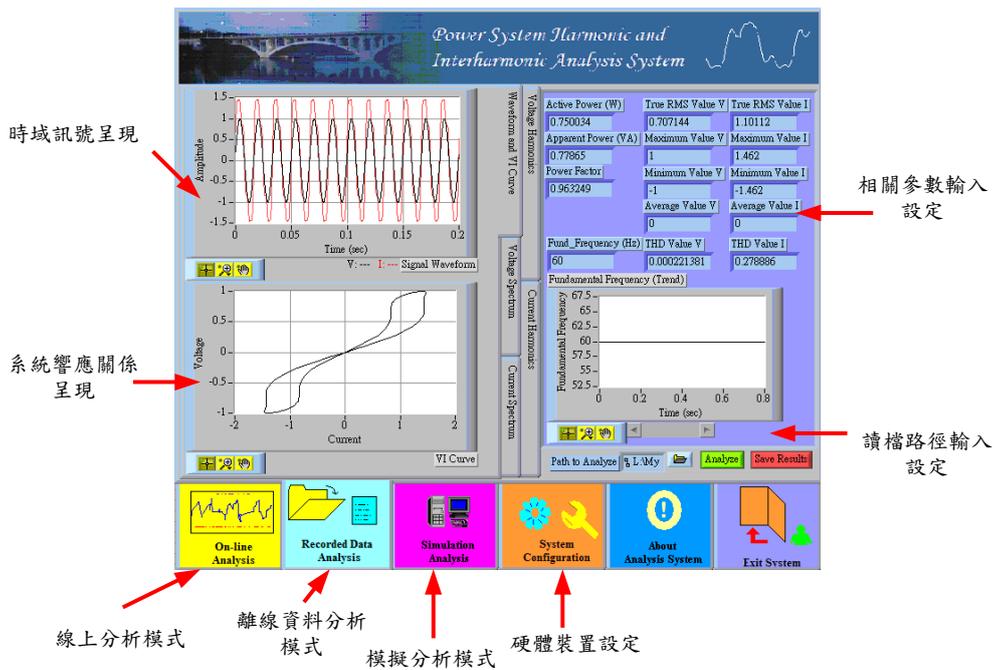


圖 5、本計畫分析與教育系統人機介面。

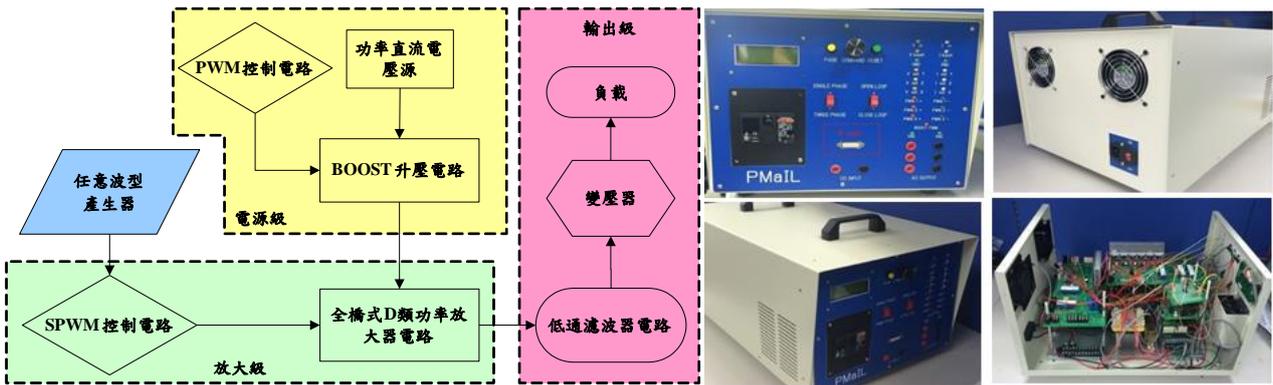


圖 6、電力品質訊號測試源硬體設計架構。

本計畫執行成果彙整如下：

- [軟硬體教具各一件](#)
- [核能研究所微電網系統企業參訪一次](#)
- [觀音大潭發電廠企業參訪一次](#)
- [中華汽車企業實習 13 人](#)
- [碩士生黃得祐與陳廷泓同學榮獲 107 學年度國家中山科學研究院延攬大專院校優秀學生獎助金](#)
- [邱詮復等同學以「儲能系統與微電網整合之效能研究」參加 2019 桃竹苗區域潔能創意實作競賽榮獲佳作](#)
- [榮獲 IEEE 2018 International Symposium on Computer, Consumer and Control \(IS3C 2018\)最佳論文獎](#)

(2) 教師教學反思

根據本計畫教學策略改進方式，在小組報告與工作日誌之認知層次分析如圖 7 與圖 8 所示。針對每週的工作日誌認知層次與學習成效進行相關分析，結果發現到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，然而其他五項認知層次則沒有與專題成績顯著相關，也就是說在小组工作日誌當中的『記憶』層次數量越少，對於其專題成績就會越高。由此結果可以推論，因為本課程透過 PBL 的引導進行實作練習與專題製作，最後專題成績著重在於實作成果方面，所以每週工作日誌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。

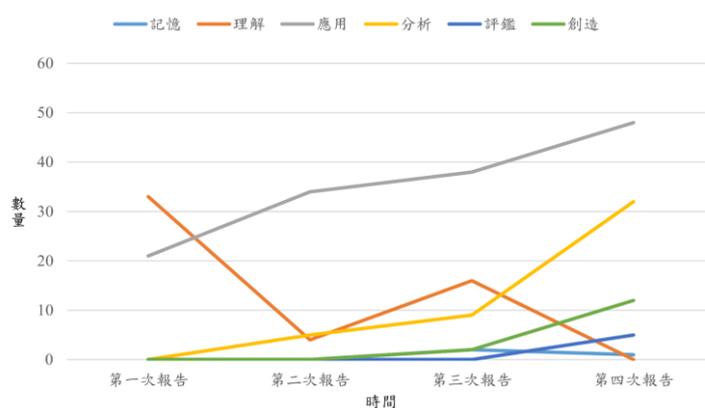


圖 7、小組報告之認知層次數量曲線圖。

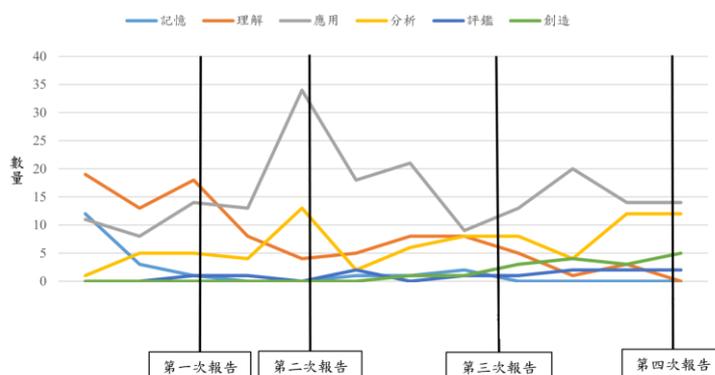


圖 8、工作日誌之認知層次數量曲線圖。

根據上述學習成效分析結果，可初步歸納出在傳統一般翻轉教學策略中，國內學生長期習慣「課堂聽講首次接觸內容→考前才複習」的慣性模式，非常倚賴教師在課堂上為他們整理概念，不習慣主動預習、自己整理概念，也不在意小考結果。學生也很矛盾，他們最喜歡課堂互動，依序才是聽講、看影片和閱讀文本，但若不預先看影片和閱讀文本，課堂內將充滿聽講而沒有互動時間。而本計畫所提出的翻轉與相互教學 PBL 方式，改以報告方式促進學生主動學習，而且老師也容易看出學生是否有認真或理解該知識，學生們大概有一個禮拜時間可以做小組討論和找資料，於下次課堂報告和同學們及老師交流互動，解決了上述問題。在傳統一般評分方式中，學生往往需

要面對考試壓力，而且難以評估綜合學習成效；而透過本計畫的多元評分方式，因結合專題導向學習，比較不注重在考試成績上，反而是關注學生能否能理解、應用、分析、創新等其他認知層面上，致力於學生能力的提升，從進步上做評比，而不是成績數字上的表現。

(3) 學生學習回饋

本課程參與學生之實作分析系統介面如圖 9 所示。且學生亦於本校能源屋進行場域實現(圖 10)，針對分散式電源之電力品質檢測，圖 11 則為學生從一太陽能電力系統中，取出 A 相電壓做為測試訊號及太陽能電力系統分析結果。

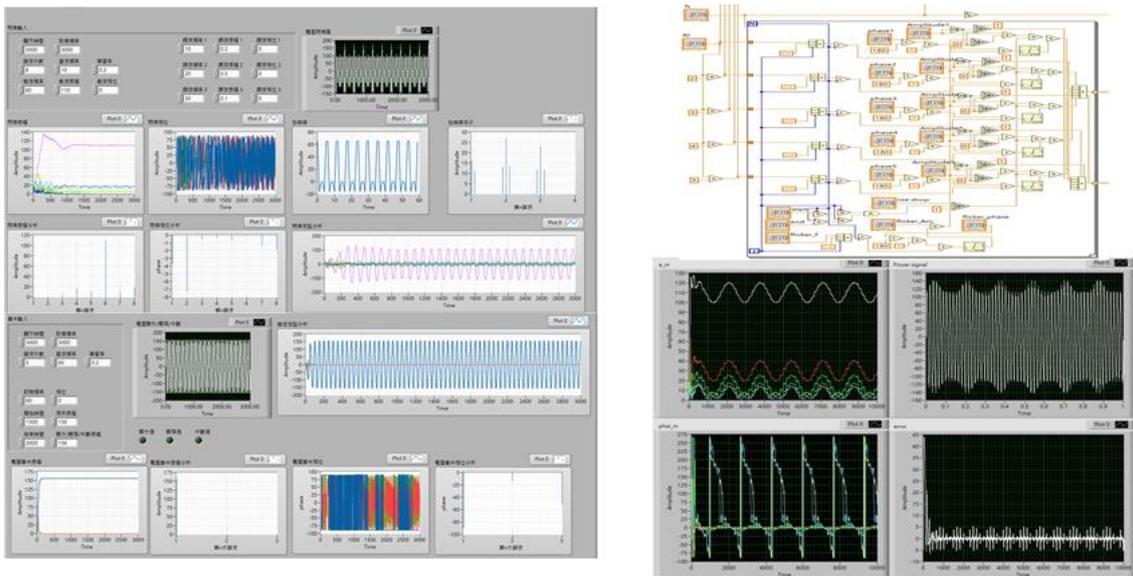


圖 9、學生實作介面。



圖 10、能源屋測試場域。

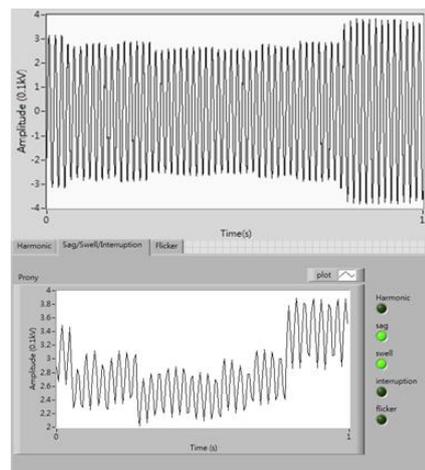


圖 11、學生太陽能電力品質分析。

對於學生所進行的問卷分析，本計畫所採用的教學策略回饋結果如下表 4 所示。

表 4、學生教學策略回饋結果

優點	缺點
<p>可以整合各種想法，可以聽到很多新奇的觀念，有助於加深對課堂內容的理解。</p>	<p>非常難的部分還是需要老師多幫助。</p>
<p>比起以往教授只是要求同學們回家事先做個人預習更有效。(不是只有看過，因為教師事前有拋出問題給每位同學，於下次課堂上會有小組報告，所以組內會互相討論，也提高學生思辨分析的能力)</p>	<p>這種上課方式得到老師的幫助相對較少，比較注重在學生自主學習的能力。</p>
<p>不像傳統課程僅僅是上課然後考試，經由與同學討論、報告分享和實作，會更瞭解老師上課的內容觀念與方法。</p>	<p>一個禮拜一作業加上還有其它課堂報告負擔太大。</p>

二. 參考文獻(References)

- [1] R. C. Dugan, M. F. McGranaghan, and H. W. Beaty, *Electrical Power Systems Quality*, McGraw-Hill International Editions, 2000.
- [2] J. Arrillaga, N. R. Watson, and S. Chen, *Power System Quality Assessment*, John Wiley & Sons Ltd, Jan. 2001.
- [3] A. A. Girgis and F. M. Ham, "A Quantitative Study of Pitfalls in the FFT," *IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems*, vol. AES-16, no. 4, July 1980, pp. 434-439.
- [4] *Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto*, IEC Std. 61000-4-7, 2002.
- [5] F. J. Harris, "On the use of windows for harmonic analysis with the discrete Fourier transform," *Proc. of IEEE*, Vol. 66, No. 1, Jan. 1978, pp. 51-83.
- [6] D. Agrez, "Weighted multipoint interpolated DFT to improve amplitude estimation of multifrequency signal," *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. 51, No. 2, Apr. 2002, pp. 287–292.
- [7] D. Gallo, R. Langella, and A. Testa, "Desynchronized processing technique for harmonic and interharmonic analysis," *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 19, No. 3, July 2004, pp. 993–1001.
- [8] G. W. Chang, C. I. Chen, Y. J. Liu, and M. C. Wu, "Measuring power system harmonics and interharmonics by an improved fast Fourier transform-based algorithm," *IET Proc. on Generation, Transmission, and Distribution*, Vol. 2, No. 2, March 2008, pp. 193–201.
- [9] M. Aiello, A. Cataliotti, and S. Nuccio, "A chirp-z transform-based synchronizer for power system measurements," *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol.

- 54, No. 3, June 2005, pp. 1025–1032.
- [10] M. Aiello, A. Cataliotti, V. Cosentino, and S. Nuccio, "Synchronization techniques for power quality instruments," *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. 56, No. 6, Oct. 2007, pp. 1511–1519.
- [11] V. V. Terzija, "Improved recursive Newton-type algorithm for frequency and spectra estimation in power systems," *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. 52, No. 5, Oct. 2003, pp. 1654–1659.
- [12] A. Cataliotti, V. Cosentino, and S. Nuccio, "A phase-locked loop for the synchronization of power quality instruments in the presence of stationary and transient disturbances," *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. 56, No. 6, Dec. 2007, pp. 2232–2239.
- [13] D. Gallo, R. Langella, and A. Testa, "On the processing of harmonics and interharmonics: using Hanning window in standard framework," *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 19, No. 1, Jan. 2004, pp. 28-34.
- [14] I. Y. H. Gu and M. H. J. Bollen, "Estimating interharmonics by using sliding-window ESPRIT," *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 23, No. 1, Jan. 2008, pp. 13-23.
- [15] S. H. Kia, H. Henao, and G. -A. Capolino, "A high-resolution frequency estimation method for three-phase induction machine fault detection," *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, Vol. 54, No. 4, Aug. 2007, pp. 2305-2314.
- [16] M. H. J. Bollen and I. Y. H. Gu, *Signal Processing of Power Quality Disturbances*, John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- [17] H. A. Hadim and S. K. Esche, "Enhancing the engineering curriculum through project-based learning" *IEEE 32nd Annual Frontiers in Education*, Boston, MA, USA, 2002.
- [18] K.-H. Tseng, C.-C. Chang, S.-J. Lou, and W.-P. Chen, "Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PBL) environment," *International Journal of Technology and Design Education*, Vol. 23, No. 1, 2013, pp. 87-102.
- [19] N. Hosseinzadeh and M. R. Hesamzadeh, "Application of project-based learning (PBL) to the teaching of electrical power systems engineering," *IEEE Trans. On Education*, Vol. 55, No. 4, 2012, pp. 495-501.
- [20] Z. Avery, M. Castillo, H. Guo, J. Guo, N. Warter-Perez, D. S. Won, and J. Dong, "Implementing Collaborative Project-Based Learning using the Tablet PC to enhance student learning in engineering and computer science courses," *2010 IEEE Frontiers in Education Conference*, Oct. 2010, Washington, DC, USA.

三. 附件(Appendix)

		非常不同意	不同意	無意見	同意	非常同意
1.	我喜歡老師課後拋出下堂課問題讓我事先預習的方式。					
2.	我喜歡透過分組討論的方式來學習。					
3.	我覺得與組員共同準備下周上課要報告的問題，有助於概念學習。					
4.	我覺得事先與組員一起討論課後問題，有助對問題的思考和解決。					
5.	我覺得老師課後拋出下堂課問題，進行組內討論，提升了與同儕互動的數量與品質。					
6.	我覺得課堂組間報告的教學方式，能讓我更瞭解課程重點。					
7.	我覺得課堂組間報告，提升了與同儕互動的數量與品質。					
8.	我覺得課堂報告時，老師給予回饋有助於理解後續回家作業內容。					
9.	我覺得課堂報告的模式有助於回家作業的完程度。					
10.	我覺得課堂報告中他組報告的內容，有助於對概念的澄清。					
11.	我覺得課堂報告中他組報告的內容，有助於對問題的思考和解決。					
12.	我覺得課堂報告中他組報告的內容，有助於學習不同的解決方式。					
13.	我喜歡使用 <u>LabVIEW</u> 軟體來實作回家作業。					
14.	透過 <u>LabVIEW</u> 實作作業有助於我對電力品質訊號的學習。					
15.	我覺得 <u>LabVIEW</u> 實作作業有助於電力品質訊號的實務應用。					
16.	我覺得 <u>LabVIEW</u> 實作作業有助於分析比較不同的演算法。					
17.	我覺得學期四次專題報告時，老師給予回饋有助於專題理解。					
18.	我覺得學期四次專題報告的模式有助於期末專題的完程度。					
19.	我覺得學期四次專題報告中他組報告的內容，有助於對專題內容的理解。					
20.	我覺得學期四次專題報告中他組報告的內容，有助於對專題問題的思考和解決。					
21.	我覺得學期四次專題報告，提升了與同儕互動的數量與品質。					
22.	我覺得學期四次專題報告中他組報告的內容，有助於學習不同的演算法和解決方式。					
23.	我覺得課前的預習討論有助於我對於電力品質訊號的學習。					
24.	我覺得課堂報告有助於我們對專題實作產生更多不同想法。					
25.	我覺得 <u>LabVIEW</u> 實作作業可幫助電力品質訊號的高層次思考。					
26.	我覺得學期四次專題報告有助於學習不同的解決方式。					
27.	如果有機會，我樂意參加其他翻轉教室的教學課程。					

圖 A-1、教學策略問卷

1.在「專題導向之相互教學翻轉教室」機制下，加以LabView的模擬課程，是否讓你覺得在這堂課有更高的成就與滿足感?(煩請敘述)

14 則回應

是
當完成作業時會很有成就感
普通
是，能增進我的表達能力與團隊合作
是，有
參照前一篇
是，且讓我在這門課中學習到了很多以前所沒有學習過的技能
透過實作可以更清楚理論的應用，完成LabView實作會有成就感
是，可以更加理解上課的內容，幫助理解
本身所學較偏網路通訊，在學習labview平常不會使用到，因此在學習上較被動，也因此成就感滿足感較低。
參照前一分
是，Labview的圖控真的很方便，可以以不同的思維去想。

圖 A-2、問卷回饋意見 1

2.修這門課，是否覺得對你的未來職涯有所幫助?有的話是課程中的哪個部份呢?(煩請敘述)

14 則回應

電力品質訊號分析及相關軟體學習
我覺得在做labview每個程式時，都可以訓練到邏輯的部分，有時候以為自己想的是對的，但模擬出來卻跟我想的相反，這時候就很有趣，所以可以加強我解決問題的能力，當然對未來職涯有所幫助。
是，關於電力品質相關知識及labview操作
是，增進我的表達能力與團隊合作
是，多學會一種工具
參照前一篇
這方面倒還好
能將理論實踐在實作上，可以強化實作能力
有，關於訊號產生及諧波檢測的部分
當初修本課程是為了之後結合智慧電網，認為需要具備對電力的基本知識，就本需求來說，本課程給我相當大的幫助。
參照前一分
是，聽說在業界labview很重要。

圖 A-3、問卷回饋意見 2

3.相互教學活動主要在促進同儕間討論，以及每個人思辨的能力，是否有因此覺得訓練到自己的口條、表達能力?(煩請敘述)

14 則回應

有增加與同儕交流的機會
有
普通
是，並且瞭解了團隊合作的重要性
是，有
參照前一篇
有在寫報告上、上台分析講述，以及回答提問者的問題，這些台風上的訓練能力都讓我有更加的進步
透過上台報告，可以增進自己口條
有，訓練自己完整表達想表達的內容
因為與同學之間的不熟識，討論的時候會比較困難，但平常的報告有增進表達能力。
參照前一分
是，因為報告次數多，練習量有上升多少就會變好。

圖 A-4、問卷回饋意見 3

4.相互教學活動主要在促進同儕間討論，以及每個人思辨的能力，是否有因此覺得訓練到自己帶領小組討論某主題的能力?(煩請敘述)

14 則回應

無
有
普通，由於對於電力知識的不足相對而言帶領小組某主題較吃力
是，互相討論中，增進彼此的進步
是，有
參照前一篇
有，我能更加清楚一項題目該如何的去描述和表達，還有將那項題目的報告做得更加完整
透過與組員討論，可以針對題目進行更深入的研究
有，會與組員做相互討論
這部分較無訓練到。
參照前一分
是，討論大家遇到的共同問題可以增進雙方的思辨能力。

圖 A-5、問卷回饋意見 4

5. 比起傳統學習與授課的模式，學生大多靜態聆聽，缺乏主動思考，又或者怯於發問，是否因為相互交學翻轉教室機制(例:準備新知內容的課堂報告)的加入，促使你的主動學習?(感受、心得和學習成果等等)

14 則回應

較有機會提問與討論
我覺得可以以一個大家同坐在一張大桌子，彼此互相面對面討論可能效果會更好。
由於專業知識的不足更多時間在課後學習上才能跟上班上進度
是，經過分組討論，能更融入課程，也能增進表達能力
是，有讓我更主動學習，因為要報告
參照前一篇
這方面倒是還好
透過翻轉教學，讓我有主動學習
有，會去主動思考學習
會需要在課堂前先預習，這部分有助於我們上課在聽的時候更能了解背景知識。
參照前一分
新接觸的東西，在既有的資料上都沒辦法了解的情況下無法做更進一步的詢問。

圖 A-6、問卷回饋意見 5

6. 一學期過去了，在這堂「專題導向之相互教學翻轉教室」機制下的課程中，學到最多的東西是什麼?(煩請敘述)

14 則回應

相關程式應用
我認為我自己學到的是耐心以及邏輯推論，因為以前並沒有用過labview這套軟體，跟寫C語言有很大的不同，因此對於我在邏輯思考的部份很有幫助。
電力品質相關知識及labview的使用
無論是知識、表達能力，都有很大的收穫
報告
參照前一篇
學到跟人的互動以及合作
理解理論後，要怎麼真正實作的能力
學到各種電力系統發生異常的各種狀況，並且以不同的方法來去做檢測。
學習到電力品質事件的種類以及測量方式，也對訊號分析更有概念。
參照前一分
Labview的熟悉度與邏輯運算，更熟悉0跟1的世界。

圖 A-7、問卷回饋意見 6

7.在這堂「專題導向之相互教學翻轉教室」機制下的課程中，是否激發了你的高層次思考?(例如:創意、評估、應用，對於所學內容知識有其他見解與創新想法，並運用到專題實作中，煩請敘述)

14 則回應

相較於考試的課堂更能了解自己所學及其應用
有時候在做一些作業時，就會想起以前在課堂上可能所學的某個部分，才知道原來當初老師說的是這個，因此會讓我延伸出不同的想法。
普通
是，經過同儕間互相討論，能了解到自己從未想到的方法
是，對於檢測方法之應用細節
參照前一篇
有將一些自己IC設計領域的想法帶入LABVIEW的實驗中
理解理論後，針對理論不足的地方進行改良，增加自己的想法
有，比較知道如何去應用並套用各種方法
在訊號分析這部分，未來也會結合本身所學，對不同資料也可以應用類似的功能模組(Data Mining)。
參照前一分
是，每次都在突破自我。

圖 A-8、問卷回饋意見 7

8.透過人格特質與創意力的分析協助小組分組，你覺得比以往自己找小組成員，在學習過程中有什麼不一樣的地方?優缺點又是什麼?(煩請敘述)

14 則回應

無
可能可以找到一個彼此互補的組員
沒什麼特別的感覺
組員不一定是自己認識的同學，不過可以認識別間實驗室新同學
自己找比較好，優點為可以自己選擇
參照前一篇
有找到個性比較互補的組員，合作起來也比較不會不適應或是有磨擦
沒什麼感覺，學習仍然跟平常一樣，頂多優點是可以認識新的同學
自己找的通常會找認識的，但不是自己找可以認識更多不一樣的人甚至不同領域的人，譬如我的組員。
優點是省去找人的尷尬感，但缺點是有可能遇到不同調的隊員。
參照前一分
沒有甚麼不一樣，我組員人格特質亂填，無效樣本。

圖 A-9、問卷回饋意見 8

9.你覺得小組裡的貢獻誰較多?為什麼?(煩請敘述)

14 則回應

一樣多 (3)
參照前一份 (2)
一半一半
小組成員，雖然在這個問卷填完後為組長，但對於軟體及專業知識的不足，許多時候都是由小組成員的幫忙才能完成
大家各自都有貢獻
參照前一篇
我的組員李玉璽貢獻較多，因我本身對LABVIEW的使用並不是這麼熟悉，而只針對系統架構的想法比較熟悉，因此大多數時候都是我將系統的脈絡以及想法，還有該如何作的方式跟他說，再請他用LABVIEW實踐出來，所以基本上code的部份他比我的貢獻要大很多，而我也很感謝有這麼厲害的組員 謝謝
我阿 程式都是我做的 他負責ppt製作而已
都差不多，因為我們都一起討論內容並且加以實做
我的隊友本身相當強大，貢獻很多，因為我第一次接觸abview，平常也沒有使用，很多地方都是由他完成，我主要指負責文書部分。

圖 A-10、問卷回饋意見 9

10.以前有接觸過類似的課程活動嗎?並寫下你的想法(煩請敘述)

10 則回應

沒有，覺得課程還不錯
無
以專題導向代替考試可以較能了解自己所學
在大學時通識課有，能分組討論是滿有效的學習方法
無 本課程的上課方式感覺很特殊，讓我學習到除了課本上以外的東西，例如研究生所需要的報告能力，還有跟別人的合作及領導、分工的能力
無 翻轉教學確實有用
沒有，這樣的方式對於內容上的理解會更加充實
第一次接觸這種課程。
有
沒有

圖 A-11、問卷回饋意見 10

11.請問您對相互教學活動的看法或感想?(煩請敘述)

10 則回應

教學相長
感覺不錯
可以嘗試
能分組討論是滿有效的學習方法，也能學習其他人的想法
除了互評表設計得不夠好以外其他的我都覺得很好
翻轉教學能促使學生主動學習、而非考前才念書
我喜歡這樣的上課方式，上課前先預報內容，可以知道在上課前老師會上的內容也幫助自己了解內容，上起課來比較不會那麼吃力，並且會在課堂上時間給予實做可以讓我們組員之間有時間相互討論，讓我了解理論之外也了解實做部分，最後以各組報告的方式互相知道各組之間創作時的想法及方法，很有幫助。
可以藉由互相教學的方式，刺激成長。
對於還未上過課對於專業知識的不足反而需要花更多時間做課前預習課後練習
非常好，修課數太多就不是很適合。

圖 A-12、問卷回饋意見 11

13.對於此堂課的評價、想給這堂課的其他建議和想對老師說的話?(煩請敘述)

10 則回應

超過100分，老師除教學還與學生一起討論，讓學生可以更容易吸收上課內容
這門課不錯，但我覺得每組大家可以面對面的互相討論效果應該會更好
課程充實
觀念講解時間可能要縮短或加快，思考與實作時間才能更多。
我認為這堂課很好值得推薦大家來學習，除了互評表上的設計以外這門課很適合對電力系統或是大電還有labview有興趣的同學來做修課的動作但對我是IC設計的同學來說，幫助性就比較不大了，算是增加自己專業外的background部分，對我的研究或是專業上來說幫助就較小了，但不可否認的我在這門課中還是學習到了很多東西，對我也很有幫助 謝謝老師這學期的教學以及努力，感謝
老師上課清楚，且能回答我不懂的地方
我喜歡這樣的上課方式，上課前先預報內容，可以知道在上課前老師會上的內容也幫助自己了解內容，上起課來比較不會那麼吃力聽不懂的感覺，並且會在課堂上時間給予實做可以讓我們組員之間有時間相互討論，讓我了解理論之外也了解實做部分，最後以各組報告的方式互相知道各組之間創作時的想法及方法，很有幫助。
這堂課相較於一般理論課程來說更多了實做，所幸老師有做課程的微調，不然可能會是一門loading相當重的課程，因為我本身是想來學理論基礎，也沒有預期到會做實做，但老師以及同學的能力都讓我更想加強自己的能力，雖然平常學習的東西與本課程較無相關，但未來我也會視著將本課程所學融入自己的研究。
課前討論預習課後討論複習學習到不少東西
如果滿分一百，我給兩百分!!

圖 A-13、問卷回饋意見 12