

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：PEE1136035

學門專案分類/Division：工程

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

專題導向學習教學策略運用於「機械設計」課程之學習成效探討 Exploring the Learning Outcomes of Project-based Learning Teaching Strategies in the Course of Mechanical Design

計畫主持人(Principal Investigator)：丁健芳

協同主持人(Co-Principal Investigator)：無

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立臺灣大學生物機電工程學系

成果報告公開日期：☒立即公開 ☐延後公開

繳交報告日期(Report Submission Date)：2025 年 09 月 17 日

專題導向學習教學策略運用於「機械設計」課程之學習成效探討 Exploring the Learning Outcomes of Project-based Learning Teaching Strategies in the Course of Mechanical Design

一、本文 (Content)

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

本教學實踐研究計畫旨在探討專題導向學習 (Project-Based Learning, PjBL) 策略對於提升大學生學習成效之影響。計畫選定以國立臺灣大學生物機電工程學系三年級必修課程「機械設計」為實踐場域，其考量在於，該課程具有穩定的修課群體 (本學期有 50 位學生修習，共有回收 32 份有效問卷)，足以建構具信效度的研究樣本，從而深化後續的教學評估與數據分析。更深層的動機源於教學現場的長期觀察：本課程面臨學生學習動機普遍低落的挑戰。經深入探究，發現多數大三學生已進入實驗室進行專題研究，並對個人學術或職業軌跡有了初步定向。對於志向非在機械工程領域的學生而言，「機械設計」被視為一門僅需符合畢業學分的課程，導致其學習投入程度顯著不足，僅求低標通過。有鑒於此，本計畫奠基於主持人過往的教學研究積累，引入專題導向學習 (PjBL) 作為核心教學策略，其目的不僅是傳授知識，更是重構學生的學習經驗。PjBL 強調真實性、脈絡化的學習情境，期望藉此轉化學生被動的學習心態。透過引導學生解決與生物機電專業相關的跨領域設計問題，本計畫旨在激發其內在學習動機，使其認知到「機械設計」作為一門專業學科，如何與其未來的專業發展 (無論是機械或非機械領域) 產生實質連結與應用價值。最終，本研究期望驗證此教學策略不僅能有效提升學生的學科知識與技能，更能培養其團隊協作、問題解決及系統整合的高層次能力，從而弭平學用落差，為未來產業所需之跨領域整合型人才奠定堅實的基礎。

2. 研究問題 (Research Question)

本教學實踐研究計畫旨在探討以專題導向學習教學策略實施於「機械設計」課程學生的學習成效。主要研究問題為，瞭解在「機械設計」課程中之：

1. 學生對於運用專題導向學習教學策略是否有助於提升學習動機?
2. 學生對於運用專題導向學習教學策略是否有助於提升學習成效?
3. 學生對於運用專題導向學習教學策略是否有助於提升合作能力?

4. 文獻探討 (Literature Review)

本教學實踐計畫的主旨在於運用專題導向學習教學策略，提升機械設計課程中學生的學習動機和學習成效。同時，合作學習的模式也被納入其中，成為專題導向學習教學策略的一部分。因此，本文獻探討將重點討論這兩種教學策略的應用及效果。

3.1 專題導向學習涵義與相關研究

專題導向學習(Project-Based Learning, PjBL)教學策略早在 1864 年首次由美國麻省理工學院(Massachusetts Institute of Technology, MIT)的工程學院應用。自 1897 年以後，PjBL 教學策略逐漸擴展至美國中學的木工、鐵工、烹飪、縫紉等課程，並廣泛運用於高等技術校院。在 1900 年代初期，美國哲學家、心理學家、教育家 John Dewey 提出「做中學」(Learning by doing)的理念，強烈主張教師應該運用專題方式(Project method)，引導學生進行學習。在這一時期，美國伊利諾大學機械工程學系的教授 S.Robinson，更進一步要求他的學生不僅要繪製機械設計圖，還要實際製作出相應的作品(Wurdinger, 2016:14)。

吳清山(2014)提出，PjBL 指的是在教學過程中，教師以專題為主的學習模式，以培養學生的主動學習和解決問題的能力。這種教學策略的核心理念在於以學生感興趣的實際問題為主軸，激發學生進行深度思考，並將新知識應用到實際問題解決的情境中。因此，PjBL 需要建立在學科內容的重要概念之上，並教導學生重要的知識和技能。根據莊盛宇(2018)總結學者們的觀點，他認為 PjBL 是一種建構取向的學習方法，提供學習者具有複雜且真實性的專題計畫，以解決在製作專題過程中所遇到的問題作為學習的核心。這使學生透過主動參與、合作、資訊尋找和組織等步驟，完成專題，同時能對知識內容產生較長遠的記憶保留。根據 Wurdinger(2016)的說法，他將 PjBL 的定義為一種教學方法，透過教師引導學生參與問題解決的過程，包括協助學生確認問題、制定計畫、實際檢驗計畫的實施，以及在專題的設計和完成過程中進行反思。

PjBL 可視為一種教學模式，強調「實際參與中學習」和「學習中實際操作」，能夠激發學生的主動學習意願、引發深度思考，並促進學生整合相關知識概念，培養他們的自主學習與問題解決能力(吳清山，2014；莊盛宇，2018)。此外，PjBL 也有助於培養 21 世紀所需的四種核心能力(4C) (Boss, 2015/2018)：

- (1) 批判性思考(Critical thinking)：主要涵蓋複雜系統的分析和評估、評估不同觀點，以及應用策略解決問題等方面。
 - (2) 協同合作(Collaboration)：主要涵蓋團隊成員相互尊重、共同通力合作，發揮合作效果大於各自獨立的效果，以及與團隊成員共同解決問題等要素。
 - (3) 溝通(Communication)：主要涵蓋優異的口頭和書面溝通技巧、運用適當的溝通媒體，以及有效組織各種想法和訊息等方面。
 - (4) 創造與創新(Creativity and innovation)：主要涵蓋改進現有想法的能力、產生新的想法，以及在面對複雜問題時結合所學知識，運用新思維進行處理等要素。
- 綜合以上所述，PjBL 以「做中學」和「學中做」的理念為基礎，透過教師在教

學過程中引入專題學習模式，以解決專題製作過程中的問題作為學習的核心。PjBL教學策略的功能不僅在於激發學生深度思考、促進學生整合相關知識概念、培養解決問題的能力，同時也能培育學生的批判性思考、協同合作、溝通、創造力和創新等四方面的能力。

PjBL教學策略的主要特點，根據吳清山(2014)的觀點，主要包括三個方面：(1) 學生為中心：由學生選擇專題，制定並實行計畫；(2) 真實性：探索真實世界中的問題，解決實際挑戰；(3) 合作性：小組成員之間合作共事，相互學習，成員之間並非競爭的關係。Thomas(2000)提出 PjBL 應具備五項標準：(1) 以專題為核心，整合學科的重要內容；(2) 專題由問題構成，且問題指向重要的知識目標；(3) 學生在探究過程中主動建構知識；(4) 儘可能由學生主導；(5) 具備真實性和真正的實用價值。此外，在專題的選定方面，專題應基於真實情境與實際任務，以培養學生搜尋、分析、整合和評估等能力，同時教導他們如何運用所學知識解決在專題進行中所遇到的問題(莊盛宇，2018)。專題的來源可能源自需要深入探究的問題，也可能是對某現象的理解，或者是建立某種模型或進行某項決策。

在 PjBL 中，教師角色方面，在設計專題時求先讓學生瞭解並熟悉相關的先備知識和概念，使學生能夠逐步自行建構知識。教師在這過程中擔任引導者、激勵者和評估者的角色，引導學生進行合作性的探究，構建有意義的任務，並引導他們在知識和人際技能方面的發展，同時負責評估學生的學習成效(吳清山，2014；李志勇、孫克，2019；莊盛宇，2018；Leat, 2017)。

3.2 實施專題導向學習教學歷程與評量方法

莊盛宇(2018)總結多位研究者的觀點，提出 PjBL 歷程的五個階段：

- (1) 定義主題：察覺問題，確定主題範圍、目標、評鑑方法，以及必要的先備知識與技能，並根據主題確定專題的範疇。
- (2) 討論及擬定計畫：確定範圍後，開始蒐集相關主題資料，取得必要的資訊，進行閱讀、整理與分析。
- (3) 發展計畫：安排小組分工，透過討論過程中分析和驗證資料，整合相關結果到專題中。
- (4) 產生專題成果並發表：總結成果，製作專題作品，如口頭或書面報告。
- (5) 評鑑與修正：由專家和教師評鑑個別或各組的作品和成果，同時進行同儕互評和自我評估。最後進行作品和成果的修正，並進行反思檢討。

在 PjBL 的過程中，教學者需追蹤與評估學生的專題進展，這有助於一方面評估學生的績效，另一方面則協助學生順利進行。以下三點有助於促進學生專題的進展(Wurdinger, 2016:65)：

- (1) 提供專案計畫格式(Project proposal form)：內容包括小組成員、研究主題與問題、主題的重要性、諮詢對象、時間規劃、可用資源、預期成果等。
- (2) 適度提供學習資源(Artifacts)清單：包括學習日誌(Learning log)、圖書資源(Library references)、網站等，以及建立專題所需的清單。
- (3) 提供成果發表(Presentation)評量尺規：針對學生的表現和專題進行評量，設計兩種評量尺規(Rubric)，包括針對專題的評量和針對口頭發表的評量。評量尺規的

項目要明確。

在學生評量方面，建議設計兩種自我評量表格(Self-assessment form)：(1) 自我省思表(Personal reflection form)、(2) 學生評量問卷(Student assessment questionnaire)。這兩種表格有助於了解學生學到的知識和技能、研究的專題對他們的影響、他們的收穫以及所遭遇的問題(Wurdinger, 2016)。

3.3 專題導向學習成效之研究

所謂「學習成效」指的是在教學結束後，學習者在知識、技能、以及態度三方面所發生的改變；這也可以稱之為「應性能力」(Hard skill)和「軟性能力」(Soft skill)(郭章淵、戴文雄，2007；Guo, Post, & Admiraal, 2020)。具體來說，學習成效主要包括學科知識與能力以及 4C 能力兩部分。以下是其中兩項研究的摘要，概述了他們的研究發現：

(1) 莊盛宇(2018)的研究得出了以下三個結論：

- (a) 在大學課程中，應用 PjBL 是一個可行的教學行動方案；然而，在實施的過程中，師生仍面臨一些問題需要改進，包括專題份量過多、科技評論和應用設計較少，以及學生在各專題相關知識方面的不足等問題。
- (b) 在 PjBL 的過程中，大學生不僅能夠將課堂所學應用於專題，還能主動尋找相關的工具或軟體來解決專題製作中的困難。
- (c) 經過一個學期的 PjBL 學習後，大學生的問題解決能力得到了顯著的提升和成長。

(2) Hall、Palmer 和 Bennet (2012)以及其他多位學者的研究指出：

在 PjBL 中，學生參與程度較高，同時可以提升一些重要的生活能力，例如問題解決、時間管理、責任感、合作、自我節制、以及後設認知等(參見 Wurdinger, 2016)。

3.4 合作學習之涵義

分組合作學習(Cooperative Learning, CL)是進行 PjBL 不可或缺的要素。C.F. Parker(1985)指出，合作學習提供了一個教室學習環境，讓學生在異質小組中與同儕協作學習，彼此互相支援、批判或分享觀點，最終共享成果。透過這種合作學習環境，學生在不知不覺中培養更多的合作行為(參見林穎，2006)。黃政傑(2006)歸納各學者的定義，將合作學習視為一種教學策略或方法，即將個別學生組成小組或團隊，鼓勵小組成員相互協助、合作，共同討論、澄清想法、探究並解決問題，以達成特定的教學目標，促進彼此的學習動機，達成學習目標。

在小組成員的組成方面，較佳的做法是選擇異質組合，讓成員的文化、知識背景、以及性別盡量呈現多樣性。不宜讓學生自行分組，也不宜持續幾個學期都在同一組中(Boss, 2018)。梁繼權(2008)提出了 10 種促進合作學習的方法：

- (1) 訂定清晰的學習目標：老師應明確設定小組學習的目標，並確保學生充分了解老師的期望，讓學生能夠完成他們的學習任務。
- (2) 學習目標內化：在 PBL 的過程中，讓學生找尋知識的差距，自行制定學習目標，這是一種內化學習目標的方式，使學習不再只是教師的要求，而是學生自己的責任。

- (3) 確保學生充分了解小組學習的過程和方法。
- (4) 保持小組成員的多樣性，包括學習能力、性別、文化背景等。
- (5) 確保小組內的學習機會均等，包括發言和表現的機會，確保每位學生都有相同的成功機會。
- (6) 建立互相依賴的學習過程，設計教材使學生必須共同合作完成，減少分開獨立學習的機會。
- (7) 促進緊密且良好的人際溝通，學生有面對面溝通互動的機會，並鼓勵良性的互動行為，如互相協助、鼓勵、讚美和包容不同意見等。
- (8) 強調個人對小組的責任，小組學習的目的是透過合作學習方式使每位學生能夠達到比單獨學習更大的效果，因此個人的學習成果和對小組的貢獻都是重要的指標。
- (9) 對成績優秀者進行公開表揚，激發學生的榮譽感。
- (10) 小組討論後的回饋與反思，檢討內容包括目標達成程度、小組討論過程的評估，以及學習策略的檢討和改進建議。

總結上述之文獻探討，本次教學實踐計畫將實施專題導向學習教學策略在「機械設計」這門課上，並融入合作學習的學習模式，期望透過教學策略的應用，能夠有效地提升學生學習動機、學習成效與合作能力。在專題選定上，是以讓學生動手實作為主，期中專題選定在力學結構上非常經典的空橋，讓學生回顧工程力學；期末專題，則是基於台灣生物機電學會每年主辦的「田間機器人競賽」，競賽中包含多項模擬田間任務作為藍本。期望學生能運用本課程所學知識，針對田間機器人在執行任務（例如爬坡、直線平衡、克服風阻、涉水等多元任務），學生需整合課程所學，提出創新解決方案並付諸實現。計畫中，學生將以小組合作設計與製作田間機器人，並於最終的成果發表暨競賽中，透過動態性能競賽與設計理念闡述，具體實現以專題導向、合作為基礎的教學目標，有效點燃學生的學習熱情。

5. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)

「機械設計」這門課為大三的必修課程，而該門課的先修課程為應用力學(一)、應用力學(二)、材料力學等三門課。由於學生素質、學習速度與先修課程學習狀況不一致的落差，因此過往在該門課的教學設計上，前 4 週都是以複習先修課程、強化先備知識為主。但由於教學週次有限，為了能夠更落實專題導向學習教學策略在學生修習「機械設計」之學習成效，會利用「翻轉教學」模式，將基礎材料力學知識、材料破壞模型與理論等課程預錄成影片放上校內 NTU COOL 線上教學平台，學生在課堂前將能夠按自己的學習步調、速度來學習；而在課堂中，計畫主持人就能帶入較深的問題與練習以及縮短先修課程複習的時間，因此本次教學設計如表一所示。

在第 4 週將會舉行第一次考試，來檢視學生對於先備知識的熟悉狀況。接著，第 5-6 週為建立機械設計流程、齒輪、連桿等之理論知識。第 7、8 週將進行期中專題的準備與成果發表。接著第 9-13 週課程將著重在機械元件的介紹，而第 14 週為第二次考試，階段性檢視學生對於理論知識的學習狀況。而第 15 週為各組的期末專題製作，第 16 週為期末專題成果發表，將有四個關卡讓各組進行競賽，最後請各組繳交書面報告以檢視修正結果，並且鼓勵有興趣的組別、學生可研提國科會大專學生研究計畫，將教學課程延續至學術研究。

表一：教學設計

週次	教學內容
第 1 週	教學實踐計畫說明、課程大綱說明
第 2 週	應力狀態、二維莫爾圓、應力與應變轉換
第 3 週	應力狀態求解流程
第 4 週	第一次小考
第 5 週	齒輪、齒輪箱設計
第 6 週	連桿、連桿組、馬達特性與選擇、馬達與齒輪箱的結合
第 7 週	期中專題製作與準備
第 8 週	期中專題(空橋結構、齒輪箱設計與實作)
第 9 週	失效準則與應力集中
第 10 週	疲勞破壞與壽命模型
第 11 週	軸(Shaft)
第 12 週	彈簧(Spring)
第 13 週	創意價值、創意思考和創意圖
第 14 週	第二次小考
第 15 週	期末專題製作與準備
第 16 週	期末專題競賽(四個關卡)
學期結束	期末書面報告繳交

6. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)

(1) 研究場域與研究對象

本教學實踐計畫之研究場域為本系生機館 101 教室。研究對象為本系大三以上學生，修課人數 50 人，分為 10 個小組，每小組有 4-6 位學生。每小組編組後，自行討論小組成員之分工。

(2) 研究方法與工具

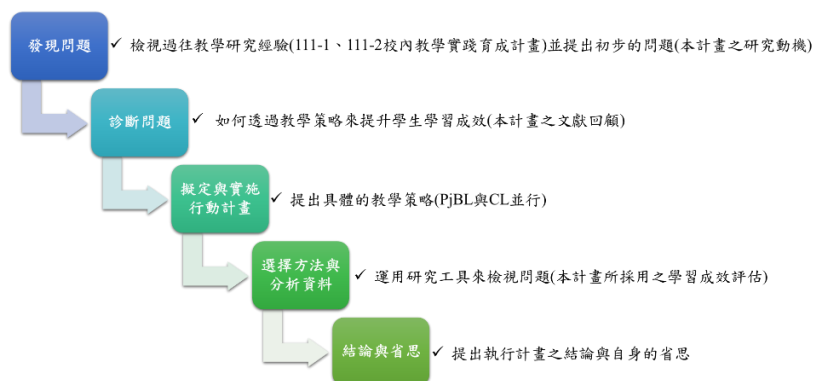
本教學實踐計畫透過「機械設計」課程之教學，運用專題導向學習(PjBL)與分組合作學習(CL)兩項教學策略，著重在學生學習動機、學習成效、合作能力提升之評估。整體課程的成績評量方式，如表二所示。安排階段性理論評量(小考兩次)，目的在於階段性地檢視學生對基礎理論知識、設計原理及工程計算的理解與熟練度，確保其具備執行專題所需的學理基礎。課後延伸與練習(兩次作業)的指派，引導學生深入思考課堂議題，並自主練習機械設計流程與數學運算，藉此鞏固課堂所學。最後，核心綜合能力評鑑(專題實作)，兩次專題成績佔總分 50%，是本課程的評量核心。此設計反映了本課程設計對學生整合知識、動手實作、問題解決及團隊合作等綜合能力的重視。

表二：成績評量

項目	百分比	說明
小考	35%	共兩次
作業	15%	共兩次
期中專題	25%	專題競賽成績(20%)與書面報告(5%)
期末專題	25%	專題競賽成績(20%)與書面報告(5%)
出席	5%	額外加分

(3) 研究步驟

本教學實踐計畫之研究步驟主要參考張德銳等人(2014)提出之行動研究的五個步驟，如圖一所示。



圖一、本教學實踐計畫之研究流程

(4) 教學成效評估

本研究設計 5 種研究工具評量學生之學習成效(參見附件)：(1) 內在動機量表；(2) 學習成效量表；(3) 合作學習傾向量表；(4) 學科知識與能力評量考卷；(5) 專題導向學習增進 4C 能力評量問卷。

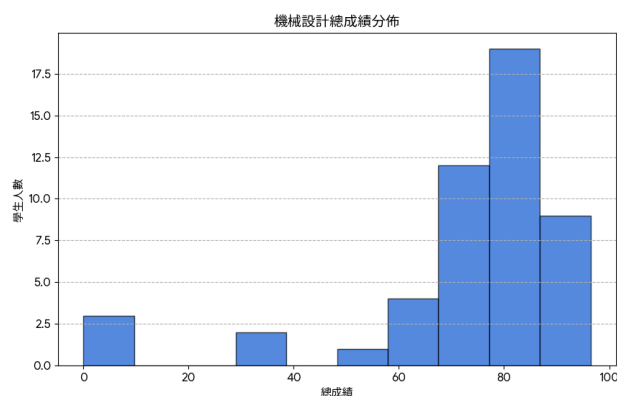
7. 教學暨研究成果 (Teaching and Research Outcomes)

(1) 教學過程與成果 (包含學生學習回饋)

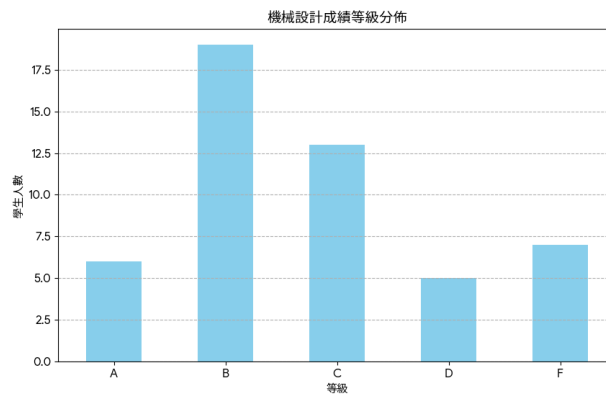
本計畫利用專題導向學習教學策略應用於機械設計，探討(I) 瞭解學生在「機械設計」之整體學習成效、(II) 瞭解學生在「機械設計」課程中，運用專題導向學習教學策略之是否有助於提升學習動機與學習成效、(III) 瞭解學生在「機械設計」課程中，運用專題導向學習教學策略之是否有助於提升學習成效、(IV) 瞭解學生在「機械設計」課程中，運用專題導向學習教學策略是否有助於提升合作能力等四項研究問題。

(I) 瞭解學生在「機械設計」之整體學習成效

本學期共 50 位學生修習，透過兩次小考(35%)、兩次作業(15%)、兩次專題(50%)，以及最後以鼓勵同學們出席額外加分(5%)，來評量學生之整體學習成效。經統計結果分析，本課程學生的整體表現持平，全班的平均總成績為 76 分，標準差為 14.82 分，顯示學生間的成績存在一定程度的差異。成績中位數為 80 分，高於平均數，表示有一半以上的學生分數集中在較高分區，如圖二所示。為了更直觀地了解學生的學習成效，將總成績轉換為 A、B、C、D、F 五個等級，如圖三所示。大部分學生（B 級與 C 級）的學習成效達到了課程的基本要求。然而，F 級的學生比例亦不容忽視，這部分學生可能是學習上遇到困難。此外，期中專題、期末專題的成果發表，如圖 A1、圖 A2 所示。在教學現場的觀察中，可以明顯感受到學生展現出高度的興趣與投入。



圖二：機械設計總成績分佈



圖三：機械設計成績等級分布

若在將學生們的成績進一步以相關性分析，結果如表三所示。可以觀察到，報告與作業的完成度對總成績具有顯著影響力，其中「期末報告成績」、「作業一」和「期中報告成績」的相關性最高，這顯示書面報告和作業是評量學生是否吸收課程知識的有效指標。同樣地，專題與小考成績也是衡量學生學習成效的核心環節，與總成績有高度相關。此外，雖然出席率與總成績的相關性（0.67）相對較低，但仍屬中高度相關，這說明了穩定的出席是學生能跟上課程進度、取得良好學習成效的基礎。

表三：評分項目與總成績之相關係數

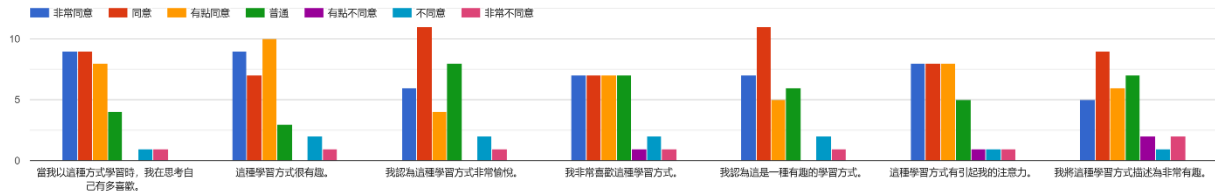
評分項目	與總成績的相關係數
期末報告成績	0.92
作業一	0.89
期中報告成績	0.85
第一次小考	0.83
期中專題	0.81
第二次小考	0.8
期末專題	0.77
作業二	0.71
出席	0.67

綜合上述，學生整體學習成效呈現多樣化的面貌，多數學生表現良好，能掌握課程核心知識，但同時也存在一部分學習有困難或學習態度有待加強的學生。基於數據分析結果，未來可持續強調報告與作業的重要性，因為它們是影響學習成效的關鍵，能有效鞏固學生的學習成果。同時，應特別關注成績落在 D 級與 F 級的學習弱勢學生，進一步了解其學習困難之處以提供適當的輔導與協助。最後，儘管出席僅為加分項目，但其與成績的顯著關聯性顯示，到課學習仍是不可或缺的一環，應持續鼓勵學生課堂參與及出席。

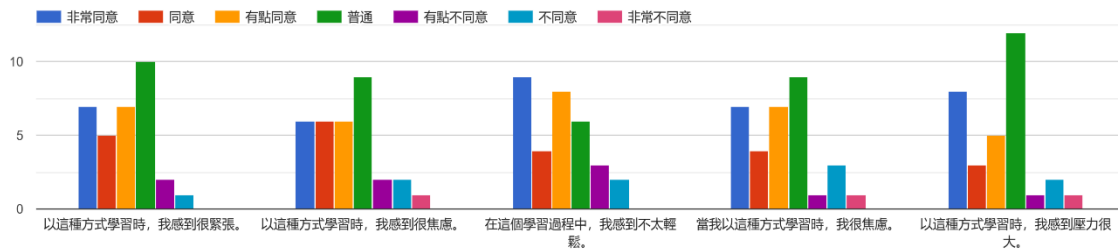
- (II) 瞭解學生在「機械設計」課程中，運用專題導向學習教學策略之是否有助於提升學習動機

以內在動機量表(參見表 A1)來評估學生對於運用專題導向學習教學策略是否有助於提升學習動機，有效問卷為 32 份。針對 32 位學生對本學期課程安排與專題競賽的回饋，從「感知價值」、「興趣樂趣」、「感知能力」、「感知選擇」及「緊張壓力」五個維度進行分析，如圖四所示。

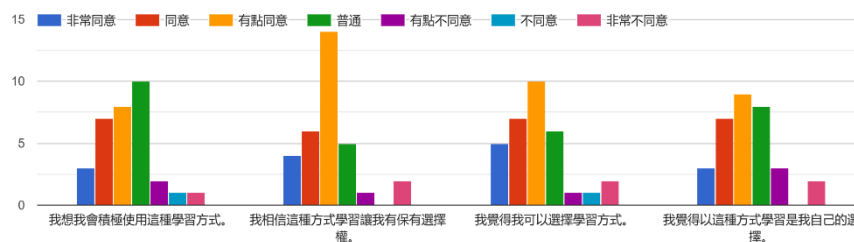
(a) 興趣與樂趣



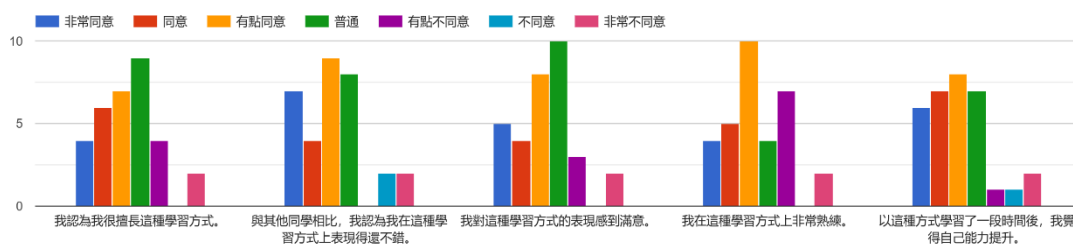
(b) 緊張與壓力



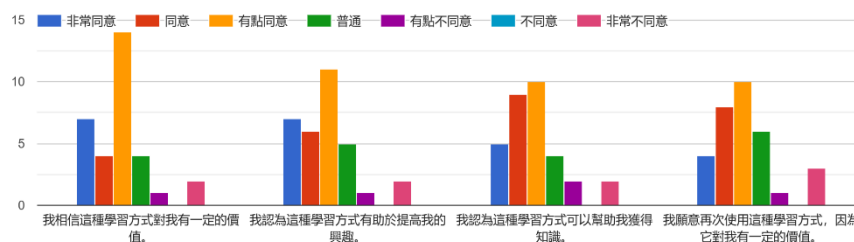
(c) 感知選擇



(d) 感知能力



(e) 感知價值



圖四：內在動機量表之分析結果

總體結論如下：本學期的課程設計與專題競賽，在提升學生的學習動機方面取得了顯著的成功。學生普遍認為此學習方式具有高度價值、能有效提升自身能力，並從中感受到樂趣與自主性。然而，這種高投入的學習模式也給學生帶來了相當程度的緊張與壓力，是未來課程設計可優化之處。

(a) 正向回饋：高價值、高樂趣與高成長感

學生的回饋在三個關鍵維度上呈現出非常積極的趨勢，這三者是構成學習動機的核心要素：

- ✓ 感知價值 (Perceived Value): 絕大多數學生對此學習方式的價值給予了高度肯定。數據顯示，學生普遍「相信這種學習方式對我有價值」、「有助於提高我的興趣」並且「願意再次使用」。這表明課程內容與專題競賽的設計成功地與學生的學習目標產生連結，讓他們感受到明確的收穫。
- ✓ 興趣與樂趣 (Interest and Enjoyment): 學生認為此學習方式是「有趣」且「能有效引起注意力」的。特別是在「這種學習方式很有趣」的項目上，獲得了壓倒性的同意票。雖然在「愉快」和「非常喜歡」的程度上反應稍有分散，但整體而言，課程成功地透過其形式激發了學生的好奇心與參與感。
- ✓ 感知能力 (Perceived Competence): 這是本次回饋中非常正面的一環。學生明確表示「覺得自己能力提升了」，並且對自己在這種學習方式下的「表現感到滿意」。看到自己的進步是維持學習動力的關鍵，本次的課程設計顯然成功地為學生創造了可見的成長軌跡。

(b) 賦予自主：感知選擇權的重要性

在「感知選擇」維度中，學生普遍認為「這種學習方式讓我有選擇權」，並覺得「我可以選擇學習方式」。這種自主性的賦予，讓學生感覺自己是學習的主導者，而非被動的資訊接收者，這對於培養內在學習動機至關重要。

(c) 潛在挑戰：學習過程中的緊張與壓力

儘管整體評價非常正面，但「緊張與壓力」維度的數據揭示了此學習模式的另一面。相當數量的學生表示，在學習過程中感到「很緊張」、「很焦慮」、「不太輕鬆」以及「壓力很大」。

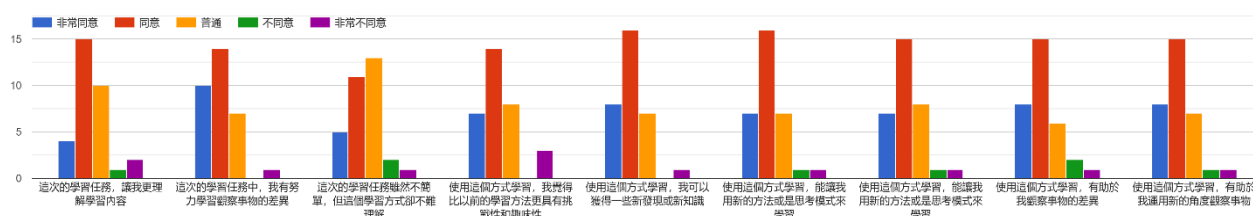
- ✓ 這表明專題競賽的高挑戰性和高投入要求，雖然能激發潛力，但也成為學生主要的壓力來源。
- ✓ 這種壓力本身是一把雙面刃，適度的壓力能促使學生超越舒適圈，但過度的壓力可能導致倦怠或挫折感。

綜合上述，本學期的課程安排與專題競賽是一次算是蠻成功的教學實踐，核心在於透過有趣的競賽形式，有效地激發了學生的學習動機與投入。學生在過程中不僅能看到學習的實用性與回報，從而獲得明確的價值感，更能感受到自身專業能力的顯著成長。此外，整個專題給予了學生高度的學習自主性，讓他們在感受到掌控感的同時，也從中獲得了深刻的成就感。

與樂趣，最終全面提升了專業能力與學習熱情。未來可朝向在保留核心挑戰與趣味性的前提下，思考如何為學生減壓，例如可以透過增加問題諮詢時間、提供階段性回饋與指導來給予更多的支持。同時，也應重新檢視專題的時程與工作量，優化時程安排以避免壓力過度集中。此外，在評分與回饋機制上，可以更強調學習過程中的努力與成長，而非僅僅聚焦於競賽的最終名次，藉此有效降低學生的焦慮感。

(III) 瞭解學生在「機械設計」課程中，運用專題導向學習教學策略之是否有助於提升學習成效

以學習成效量表(參見表 A2)來評估學生對於運用專題導向學習教學策略是否有助於提升學習成效，有效問卷為 32 份。分析結果如圖五所示，學生的反應普遍非常正面，絕大多數的回饋集中在「非常同意」與「同意」兩項，顯示此教學策略在本次教學活動中獲得了學生的普遍認可。



圖五：學習成效量表之分析結果

可以將學生的回饋歸納為以下三個核心面向：

(a) 學習動機與參與度 (極為顯著)

- ✓ 提升學習努力程度與主動性：在「我有努力學習新知來解決問題」與「覺得一些新知可查詢和閱讀」這兩項，獲得了最高的支持度。約有 75% 的學生 (約 24 位) 表示同意或非常同意，這說明 PBL 成功地激發了學生的主動學習與探究精神。
- ✓ 增加學習樂趣：絕大多數學生認為 PBL 讓學習變得更有興趣。在「讓我覺得學習內容有趣」、「能讓我覺得學習是愉快的」以及「比以前的學習方式更有系統性和趣味性」等問題上，都有超過六成五的學生表示認同。

(b) 認知與技能發展 (高度認同)

- ✓ 啟發多元思考與自主學習：學生普遍認為 PBL 教學法能讓他們運用自己的方法與思維模式來學習。
- ✓ 提升觀察與應用能力：在「有助於我對事物的觀察」和「有助於我運用所學角度觀察事物」兩項，也獲得了超過七成學生的肯定，顯示學生認為此方法有助於他們將所學知識應用於實際觀察中，達到學以致用的效果。

(c) 學習過程的挑戰與感受 (值得注意的觀察點)

- ✓ 在「學習任務雖然不簡單，但經由學習方式令人樂意理解」這個

項目中，雖然同意與非常同意的比例仍佔 50%（16 位），但選擇「普通」的學生人數達到了本次調查的最高點（約 13 位）。

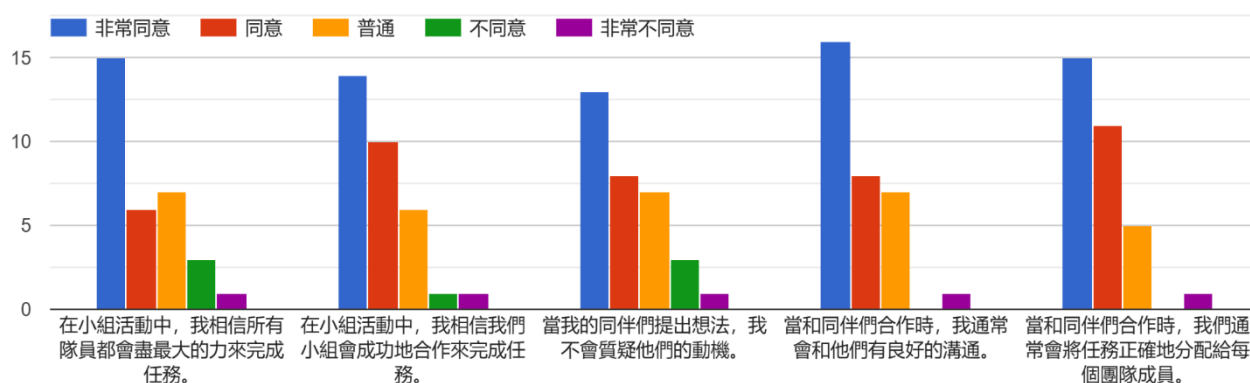
- ✓ 分析：這項數據透露了一個重要訊息：學生們普遍認為專題導向的學習任務具有挑戰性。儘管多數人最終仍享受這個理解的過程，但也有相當一部分學生對於「克服困難」與「樂意理解」之間的連結感受不深，或覺得過程的辛苦與收穫的樂趣相當。這是在未來優化課程設計時可以關注的細節。

綜合上述，專題導向學習教學策略在提升學習成效上取得了還不錯的成效，此策略不僅有效激發了學生的學習興趣與主動投入的意願，更在培養自主思考、解決問題及觀察應用等關鍵能力上獲得高度認可，使學生普遍認為這是一種比傳統講授更有趣且更具系統性的學習方法。儘管學習過程中的挑戰性可能讓部分學生對此持中立態度，但整體的正向回饋依然強烈地支持 PjBL 作為一種能有效促進學生深度學習與全方位能力發展的成功教學模式。

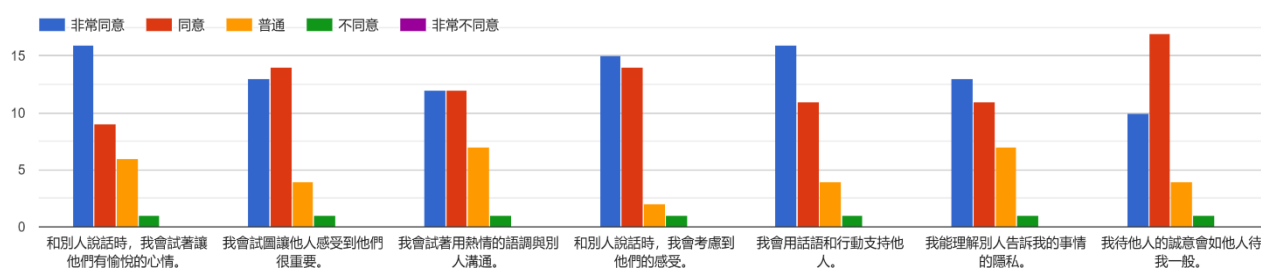
(IV) 瞭解學生在「機械設計」課程中，運用專題導向學習教學策略是否有助於提升合作能力

以合作學習傾向量表(參見表 A3)來評估學生對於運用專題導向學習教學策略是否有助於提升合作能力，有效問卷 32 份。問卷結果，如圖六所示。

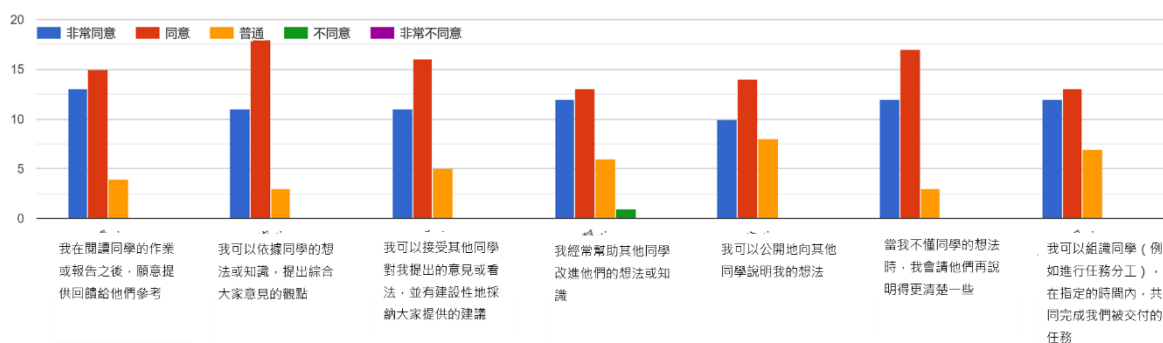
(a) 合作傾向



(b) 溝通傾向



(c) 合作學習傾向



圖六：合作學習傾向量表之分析結果

可從「溝通傾向」、「合作傾向」與「合作學習傾向」三個面向進行探討：

(a) 溝通傾向分析

此面向旨在了解學生在團隊中的溝通意願與同理心。根據數據明確指出，學生在經歷本學期的教學活動後，其溝通傾向展現出高度的積極性、同理心與支持意願，這為有效的團隊合作奠定了堅實的基礎。

- ✓ 同理心與支持度高：在「和別人說話時，我會考慮到他們的感受」和「我會用話語和行動支持他人」等題目中，「非常同意」的學生比例是所有項目中最高的（皆超過 15 位）。這顯示多數學生具備了合作中最關鍵的同理心與互相支持的意願。
- ✓ 溝通意願積極：對於「我會試圖讓他人感受到他們很重要」及「我會試著用熱情的話語與別人溝通」，選擇「非常同意」與「同意」的學生佔了絕大多數。這表明學生在團隊中傾向採取積極、正向的溝通策略，以建立良好的合作氛圍。
- ✓ 普遍共識：幾乎所有題目中，表示「不同意」或「非常不同意」的學生人數均為極少數（1 位或無），顯示本教學策略在提升學生溝通與情感交流能力方面，達成了高度共識。

(b) 合作傾向分析

此面向聚焦於學生在團隊合作中的信任感與行動力。數據結果同樣非常正面，學生在合作傾向上展現出強烈的團隊信任與高效的協作執行力。他們相信隊友、相信團隊，並願意透過良好溝通與分工來達成共同目標。

- ✓ 團隊信任感強烈：在「我相信所有隊員都會盡最大的力來完成任務」、「我相信我們小組會成功地合作來完成任務」以及「當我的同伴們提出想法，我不會質疑他們的動機」等題目中，選擇「非常同意」的學生比例均顯著高於其他選項。這反映出團隊內部已成功建立起高度的信任感。
- ✓ 溝通與分工順暢：對於「當和同伴們合作時，我會和他們有良好的溝通」以及「我通常會將任務正確地分派給每個團隊成員」，絕大多數學生表示「非常同意」。這意味著學生不僅有合作意願，更

具備了將意願轉化為有效溝通與合理分工的實際能力。

- ✓ 負面態度極少：與溝通傾向的結果相似，此面向中幾乎沒有學生對合作抱持否定態度，證明了專題導向學習在促進團隊凝聚力與互信方面成效卓著。

(c) 合作學習傾向分析

此面向旨在評估學生在合作過程中共同學習、互相幫助的意願。數據顯示學生普遍認同合作學習的價值，學生對於合作學習的模式表現出高度的接納與認同，並願意在團隊中扮演互相支持、共同成長的角色。

- ✓ 高度認同合作學習：在此圖表的所有題目中，回答「非常同意」與「同意」的人數總和佔據了絕對主導地位，其中又以「同意」的比例最高。這表明學生普遍接受並認可與同伴一起學習、互相幫助的模式。
- ✓ 樂於互助與求助：從數據分佈來看（即使部分文字未完整顯示），學生對於在團隊中「幫助他人」或「在不懂時尋求協助」等行為，普遍持肯定態度。這對於深化學習成效、達成知識共享有著關鍵性的作用。

綜合分析結果，有力地證明了本學期透過兩次專題競賽、分組安排及專題導向學習的教學策略，在提升學生合作能力上取得了顯著且全面的成功。學生的進步不僅體現在表層的溝通技巧，更深化至團隊信任與合作意願的穩固基礎，具體展現出高度的同理心、強烈的團隊凝聚力，並樂於在合作中共同學習與成長。整體數據明確反映，本次教學策略有效地創造一個正向、互信的協作環境，從而培養了學生的團隊合作素養。

(2) 教師教學反思

本次教學實踐計畫的初衷，源於對教學現場的長期觀察：作為一門大三必修課，「機械設計」常面臨學生學習動機低落的困境。許多學生已確定個人發展方向，將本課程視為僅需滿足畢業學分的「義務」，導致學習投入程度不足。為扭轉此現象，本計畫引入專題導向學習（PjBL）與合作學習（CL）策略，期望透過「做中學」的真實情境，重新點燃學生的學習熱情，並弭平學用落差。經過一學期的教學實踐，我獲得了深刻的體悟與反思。首先，在激發學習動機方面，PjBL 策略確實取得了不錯的結果。期中「空橋結構、齒輪箱」與期末「田間機器人競賽」兩個專題，成功地將抽象的力學理論與機械元件知識，轉化為具體、可觸摸的挑戰。從問卷回饋中，學生普遍認為此學習方式「有趣」、「有價值」，並能「有效引起注意力」，這與過往課堂上被動接收知識的氛圍形成鮮明對比。特別是期末競賽，小組間的良性競爭與追求榮譽感，驅動學生主動探究課外知識、學習新工具，甚至犧牲課餘時間進行製作與測試。這正印證了研究的初衷：當學習與真實、有意義的目標連結時，內在動機便會被有效激發。再者，在促進合作與高層次能力培養方面，成果同樣令人欣慰。合作學習傾向量表的數據顯示，學生在溝通、團隊信任與互助學習上，均展現出高度正向的

態度。在專題製作過程中，我觀察到學生們從最初的分工不均、意見分歧，到後期能有效溝通、整合觀點，共同解決技術難題。這不僅培養了他們的協作能力，更在無形中鍛鍊了問題解決、批判性思考與創造力等 4C 核心素養。然而，在肯定的同時，我也必須正視實踐過程中浮現的挑戰。最顯著的一點是學生的學習壓力。內在動機量表的「緊張與壓力」維度數據清楚地揭示，高挑戰性的專題任務給學生帶來了相當大的焦慮感與壓力。雖然適度壓力是成長的催化劑，但如何在維持專題挑戰性的同時，避免學生因壓力過大而產生挫敗感，是我未來需要思考的課題。此外，學生的先備知識與能力落差也是一大挑戰。儘管已透過翻轉教學模式，將先備知識製作成線上影片供學生預習，但從學期總成績分布來看，仍有部分學生處於學習弱勢（F 級）。在 PjBL 模式下，基礎較弱的學生可能更難跟上團隊的腳步，或在團隊中變得被動。如何設計更有效的鷹架，為這群學生提供及時的支援與輔導，是確保教學公平性的關鍵。總體而言，這次教學實踐是一次寶貴且成功的嘗試。它驗證了 PjBL 策略在應用型工程課程中的巨大潛力，但也讓我更深刻地體會到，一個好的教學設計，不僅要點燃學生的熱情，更要細膩地承接住他們在學習過程中可能遭遇的困難與壓力。

8. 建議與省思 (Recommendations and Reflections)

基於本教學實踐計畫之教學反思與學生的回饋數據，茲提出以下建議與未來可行的改進方向，期望能使 PjBL 教學策略的實施更臻完善。

(1) 優化專題設計，建立壓力緩衝機制

- ✓ 反思：本次的專題雖然成效顯著，但也引發學生較大的緊張與壓力。特別是期末專題整合性高、時程集中，容易造成壓力過度集中的現象。
- ✓ 建議：未來可考慮將大型專題拆解為數個小型的階段性任務，並在每個階段結束時安排非正式的進度檢核與回饋。如此不僅能引導學生按部就班完成專題，也能讓教師及早發現各組遇到的困難，提供即時支援。此外，誠如學生回饋分析所示，評分機制可更強調學習過程中的努力、創意與成長，而非僅聚焦於競賽的最終名次，以降低學生的成績焦慮感。

(2) 強化弱勢輔導，落實差異化教學

- ✓ 反思：學期成績顯示部分學生學習成效不彰，傳統的翻轉教學影片可能不足以彌補其先備能力的落差。在團隊合作中，這些學生也可能面臨被邊緣化的風險。
- ✓ 建議：未來除了提供線上影片外，可考慮在課後加強「助教諮詢時間」(Office Hours)，或組織由高成就學生帶領的同儕輔導 (Peer Tutoring) 工作坊。同時，在專題開始前，強化引導小組在內部分工時，能更妥善地依據成員的現有能力和學習目標進行任務分配，確保每位成員都有貢獻與成長的機會。

(3) 深化學習評量，兼顧過程與成果

- ✓ 反思：本次評量主要依賴小考、作業與專題成果，雖然相關性分析顯示此方式能有效反映總體學習成效，但對於學生在 PjBL 過程中展現的 4C 能力等軟實力，評量方式仍較為間接。
 - ✓ 建議：未來可在評分項目中，納入更能反映學習過程的元素。例如，可參考文獻建議，引入「同儕互評」與「自我省思表」，讓學生評估自己與組員在合作、溝通、貢獻度等方面的表現。這不僅能使評量更加全面，也能引導學生對自身的學習行為進行後設反思，深化學習成效。
- (4) 延續學習動能，拓展研究深度
- ✓ 反思：期末專題「田間機器人」成功激發了學生的濃厚興趣，但學期結束後，這股動能便戛然而止，甚為可惜。
 - ✓ 建議：應更積極地將課程成果與學術研究連結。如此次計畫所述，可於期末成果發表會時，主動邀請有興趣的學生，將其專題成果進一步深化，研提國科會大專學生研究計畫。這不僅能為學有餘力的學生提供進階的學術探索機會，也讓教學實踐的成果得以延續與昇華，真正達到教學相長的目的。

整體而言，本教學實踐計畫證實了專題導向學習是改造傳統工程教育、提升學生學習動機與綜合能力的有效途徑。過程中發現的挑戰，並非否定此策略的理由，而是未來持續精進教學設計的寶貴契機。我將秉持此次經驗，繼續在教學路上探索與實踐，致力於為學生創造更有價值、更有趣、也更有深度的學習體驗。

二、參考文獻 (References)

中文部分

1. 吳清山(2014)。專題導向學習。教育研究月刊，24，157-158。
2. 李志勇、孫克(2019)。PBL 和 PjBL 教學法的多維度比較分析與未來展望。未來與發展，9，67-73。
3. 林穎(2006)。合作學習之概念探討。<https://www.nhu.edu.tw/~society/e-j/89/A21.htm>
4. 張德銳等人(2014)。教學行動研究：實務手冊與理論介紹。高等教育。
5. 梁繼權(2008)。Problem Based Learning 教師手冊。國立臺灣大學醫學院。
6. 莊盛宇(2018)。應用專題導向學習提升大學生問題解決能力之行動研究—以數位學習概論課程為例。〔碩士論文，國立嘉義大學〕。臺灣碩博士論文知識加值系統。
7. 郭章淵、戴文雄(2007)。問題導向學習對建築系學生學習成效之研究：以建築設備學教學為例。朝陽學報，12，293-309。
8. 黃政傑、吳俊憲(2006)。合作學習：發展與實踐。五南圖書出版股份有限公司。

外文部分

1. Boss, S. (2018). 21 世紀的 PBL 教學:有效培養 4C 關鍵能力：批判性思考、協同合作、溝通和創造(社團法人台灣國際教育資源網學會譯)。(原著出版於 2015)。
2. Guo, P., Saab, N., Post, L. S., Admiraal, W. (2020). A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures. International journal of educational research, 102, 101586.
3. Hall, W., Palmer, S., Bennett, M. (2012). A longitudinal evaluation of a project-based learning initiative in an engineering undergraduate programme. European Journal of Engineering Education, 37(2), 155-165.
4. Leat, D. (2017). Understanding enquiry. In D. Leat, (Ed), Enquiry and project based learning : students, school and society (pp.28-57). Routledge.
5. Parker, R. E. (1985). Small-group cooperative learning—Improving academic, social gains in the classroom. Nassp Bulletin, 69(479), 48-57.
6. Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. http://www.bie.org/research/study/review_of_project_based_learning_2000
7. Wurdinger, S. D. (2016). The power of project-based learning: Helping students develop important life skills . Rowman & Littlefield.

三、附件 (Appendix)

表 A1為內在動機量表用以評估學生對於運用專題導向學習教學策略是否有助於提升學習動機，共有25題。

表 A1：內在動機量表(7點量表)

興趣和樂趣	
1	當我以這種方式學習時，我在思考自己有多喜歡。
2	這種學習方式很有趣。
3	我認為這種學習方式非常愉悅。
4	我非常喜歡這種學習方式。
5	我認為這是一種有趣的學習方式。
6	這種學習方式有引起我的注意力。
7	我將這種學習方式描述為非常有趣。
緊張與壓力	
8	以這種方式學習時，我感到很緊張。
9	以這種方式學習時，我感到很焦慮。
10	在這個學習過程中，我感到不太輕鬆。
11	當我以這種方式學習時，我很焦慮。
12	以這種方式學習時，我感到壓力很大。
感知選擇	
13	我想我會積極使用這種學習方式。
14	我相信這種方式學習讓我有保有選擇權。
15	我覺得我可以選擇學習方式。
16	我覺得以這種方式學習是我自己的選擇。
感知能力	
17	我認為我很擅長這種學習方式。
18	與其他同學相比，我認為我在這種學習方式上表現得還不錯。
19	我對這種學習方式的表現感到滿意。
20	我在這種學習方式上非常熟練。
21	以這種方式學習了一段時間後，我覺得自己能力提升。
感知價值	
22	我相信這種學習方式對我有一定的價值。
23	我認為這種學習方式有助於提高我的興趣。
24	我認為這種學習方式可以幫助我獲得知識。
25	我願意再次使用這種學習方式，因為它對我有一定的價值。

表 A2為學習成效量表，用以來檢視學生對於運用專題導向學習教學策略是否有助於提升學習成效，共9題。

表 A2：學習成效量表(5點量表)

項次	說明
1	這次的學習任務，讓我更理解學習內容
2	這次的學習任務中，我有努力學習觀察事物的差異
3	這次的學習任務雖然不簡單，但這個學習方式卻不難理解
4	使用這個方式學習，我覺得比以前的學習方法更具有挑戰性和趣味性
5	使用這個方式學習，我可以獲得一些新發現或新知識
6	使用這個方式學習，能讓我用新的方法或是思考模式來學習
7	使用這個方式學習，能讓我用新的方法或是思考模式來學習
8	使用這個方式學習，有助於我觀察事物的差異
9	使用這個方式學習，有助於我運用新的角度觀察事物

表 A3為合作學習傾向量表，用以評估學生對於運用專題導向學習教學策略是否有助於提升合作能力，共19題。

表 A3：合作學習傾向量表(5點量表)

項次	說明
合作傾向	
1	在小組活動中，我相信所有隊員都會盡最大的力來完成任務。
2	在小组活動中，我相信我們小組會成功地合作來完成任務。
3	當我的同伴們提出想法，我不會質疑他們的動機。
4	當和同伴們合作時，我通常會和他們有良好的溝通。
5	當和同伴們合作時，我們通常會將任務正確地分配給每個團隊成員。
溝通傾向	
6	和別人說話時，我會試著讓他們有愉悅的心情。
7	我會試圖讓他人感受到他們很重要。
8	我會試著用熱情的語調與別人溝通。
9	和別人說話時，我會考慮到他們的感受。
10	我會用話語和行動支持他人。
11	我能理解別人告訴我的事情的隱私。
12	我待他人的誠意會如他人待我一般。
合作學習傾向	
13	我在閱讀同學的作業或報告之後，願意提供回饋給他們參考
14	我可以依據同學的想法或知識，提出綜合大家意見的觀點
15	我可以接受其他同學對我提出的意見或看法，並有建設性地採納大家提供的建議
16	我經常幫助其他同學改進他們的想法或知識
17	我可以公開地向其他同學說明我的想法
18	當我不懂同學的想法時，我會請他們再說明得更清楚一些
19	我可以組織同學（例如進行任務分工），在指定的時間內，共同完成我們被交付的任務

表 A4、表 A5 為學科知識與能力評量問卷與專題導向學習增進 4C 能力評量問卷，用以整體性地來調查學生對於整個學期透過計畫主持人實施專題導向學習教學策略是否有達到原本課程目標、建議與回饋以及是否有增進學生之 4C 能力。

表 A4：學科知識與能力評量問卷(5 點量表)

項次	說明
1	我能夠說明應力、應變基本概念
2	我能夠舉出疲勞壽命的模型
3	我能夠比較不同機械元件的特性與適用的場合
4	我覺得透過製作專題能夠闡述機械設計的流程與解釋機械元件的破壞模型
5	我覺得我們的專題很有趣
6	我覺得專題學習對我收穫很大
7	我覺得專題學習是一項挑戰
8	我很享受這次的專題學習
9	我覺得專題有結合課堂所學的知識
10	我覺得「專題導向學習」能夠提升自己的學習動機
11	我覺得「合作學習」(分組學習)能夠提升自己的學習動機
12	因為有了專題，我對於這門課比較有學習興趣
建議與回饋：	

表 A5：專題導向學習增進 4C 能力評量問卷(5 點量表)

項次	說明
批判性思考	
1	能增進分析與評估複雜系統能力
2	能增進評估不同的 觀點能力
3	能增進應用策略解決問題能力
協同合作	
4	能增進團隊成員互相尊重
5	能增進團隊成員通力合作，發揮一加一大於二的效果
6	能增進團隊成員共同解決問題
溝通	
7	能增進良好的口頭與書面溝通能力
8	能增進能使用適當的溝通媒體
9	能增進有效地組織各種想法與訊息
創造與創新	
10	能改進原有想法
11	能產生新的想法
12	對複雜問題能結合所學並運用新思維處理

學生期中專題成果發表照片

(a)



(b)

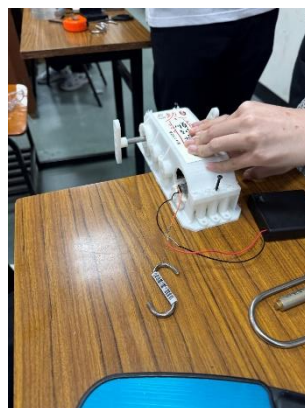


圖 A1: (a)空橋載重競賽；(b) 齒輪箱舉重競賽

學生期末專題成果發表照片

(a)



(b)



(c)



(d)

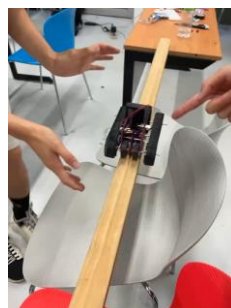


圖 A2: 期末專題關卡 (a) 斜坡；(b)風洞；(c)水道；(d) 獨木橋