

教育部教學實踐研究計畫成果報告

計畫編號：PEE1090654

學門專案分類：工程

執行期間：2020.8.1~2022.1.31

應用問題與專案導向教學法於大學機械系學生自主學習之研究 (III) - 系課程架構規劃與團隊學習成效探討

Study on the Active Learning for Undergraduate Students in Mechanical Engineering
Using Problem and Project Based Teaching Strategies (III) - Curriculum Planning for
Department and Teamwork Learning Effectiveness

配合課程名稱：

自主學習專題(一)

自主學習專題(二)

機械工程概論

計畫主持人：蔡錫錚

共同主持人：鍾志昂、張佩芬

執行機構及系所：國立中央大學機械工程學系

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2024 年 3 月 31 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2022 年 3 月 20 日

摘要

本年度計畫係總結三年度以問題與專案導向學習方式所建立學生自主學習模式之研究，探討兩大問題：(1) 如何以此模式建立系課程架構，以及 (2) 學生團隊合作行為特質。

在計畫中納入兩個不同性質之自主學習專題系列課程，從中各挑選兩門課程共四門課程，再加入導航課程。以此為研究對象，從系未來新型態課程之發展角度，對自主學習專題系列課程成效建立一套有效課程評量機制，並且從中找出不足之處，以進一步協助改善課程規劃。在計畫中亦以此模式建立機械系之專業學習領域選修制度。由參與學生之成績分析，成績排名皆有大幅度往前移動。

另一方面，在計畫中亦探討團隊合作方式問題解決行為特質，以密室逃脫遊戲做為行為觀察實驗以瞭解測試學生團隊互動解題過程，並以影音記錄進一步深入研究與分析。從中所得的研究成果，可進一步有利於對本計畫倡議之教學模式的實作專題課程發展。

本計畫成果可提供工程領域教師將創造力、問題解決能力以及實務能力融入實作課程發展與評量。並引導學生在課程設計下，在團隊合作中培養自主學習能力，並發展出未來職場所需之集體創思與問題解決能力。

目 錄

摘要	II
目 錄	III
一、研究動機與目的(RESEARCH MOTIVE AND PURPOSE)	1
1.1 研究背景	1
1.2 本年度計畫目標	1
1.2.1 系課程架構規劃	1
1.2.2 團隊合作學習探討	1
二、文獻探討	2
三、研究問題	3
四、研究設計與方法	3
4.1 以問題與專案導向建構自主學習實作專題之課程規劃方法	3
4.2 團隊解題行為研究	4
4.2.1 研究流程規劃	4
4.3.3 研究工具	4
4.3.2 行為觀察實驗設計	5
4.3.4 資料處理與分析	5
五、自主學習專題成果	7
5.1 自主學習專題課程教學成果	7
5.1.1 「創意設計」自主學習專題教學成果	7
5.1.2 「智慧化生產系統」自主學習專題教學成果	8
5.1.3 兩種類型課程規畫模式比較與討論	10
5.2 自主學習專題納入系課程架構	11
5.2.1 系課程架構	11
5.4.2 成效追蹤分析	12
六、團隊合作解題行為特質研究成果	13
6.1 受測者背景資料	13
6.1.1 團隊一	13
6.1.1 團隊二	14
6.1.3 團隊三	14
6.2 思考風格分析結果	14
6.2 觀察與分析結果	15
6.2.1 團隊過程中之表現	15
6.2.2 成員在過程中的樣貌	16
6.2.3 團隊整體表現	17
七、建議與省思	20
7.1 自主學習專題課程制度之心得與反思	20
7.1.1 自主學習專題課程規劃與進行	20

7.1.2 自主學習專題課程成效	20
7.2 團隊合作解題行為特質與課程教學活動之應用	20
參考文獻	21
附件	23
A.1 「創意設計」自主學習專題	23
A.1.1 機構概念創作課程	23
A.1.2 麥克納機構概念創作課程	24
A.2 「智慧化生產系統」自主學習專題	25
A.1.1 FESTO 智慧工廠設備配置、製程與組裝產品	25
A.1.2 問卷評量結果	25

一、研究動機與目的

1.1 研究背景

在 106 年底本系一群教師為改變系內學生學習意願不足之狀況，在多次討論後認為若能從大一開始，以問題與專案導向教學策略，平行於現有課程架構，透過一連串系列實作課程設計，引導學生以自主學習方式，在各年級縱向與橫向整合不同專業課程，相信可以提生學生學習成效，因此提出如圖 1 所示自主學習模式架構。在這個模式下，共開設導航課程與自主學習專題兩類型課程，並以採特定主題所建立的四個學期的自主學習實作專題來使專業學習可以形成縱向的聯結。

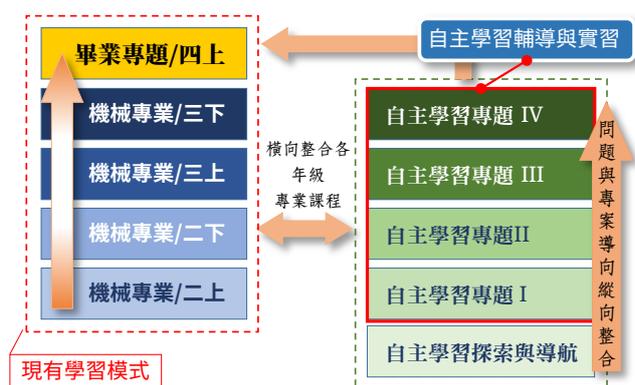


圖 1 精進後的自主學習專題架構

相關課程規劃構想、主要內容與扮演角色說明如下：

- **導航課程**：在本計畫中以課名「機械工程概論」開課，課程主要做為大一學生進入此模式的先導課程，提供他們基本問題解決能力與溝通、表達素養。在課程設計上，引進設計思考(Design Thinking)方法，並搭配專案以及實作活動，讓學生可以實際在團隊合作過程中，體驗自主學習方式以及如何有系統解決問題。
- **自主學習專題**：此四學期的實作專題將圍繞特定主題，配合各年級主要必修課程進行規劃。專題主軸係以實作專案方式進行，其中將會利用問題導向學習的概念引導學生建立問題意識，並利用曾經學習過或學習中的專業課程所獲得的知識與技能來解決問題。由於此類型課程為問題導向學習型式，而非研究專題，因此在專案設計上會以工業界已有之解決方案的問題為基礎；另一方面，課程會以學生團隊方式進行，教師扮演課程規劃、諮詢角色，而研究生(碩、博士生)則直接面對學生，以第一線講師身份帶領學生團隊，並處理相關產生的問題。如此的規劃並不會增加教師過多的教學負擔，或是排擠到其他課程之開課。

此模式可以再進一步聯結到畢業專題。所以在主題選定規劃上，可以從畢業專題的題目出發，將學生必須具備之相關問題解決能力，分散到四個學期的自主學習專題之中。

1.2 本年度計畫目標

本年度計畫系統整 107 與 108 年度分別在導航課程與個別自主學習專題課程之教學實踐上的研究，而擬訂兩個目標：將此自主學習模式落實在系課程架構之中，以及探討學生在團隊合作解題過程中的行為特質，以做為未來教學活動規劃的參考。

1.2.1 系課程架構規劃

在 107 年度計畫執行過程中，除了完成創意空間建置，順利完成導航課程之開課，同時也在本系推動自主學習專題之模式。自 108 學年度開始，除了本計畫之「創意設計」系列外，尚有「智慧化生產系統」、「智慧機器人實踐」也加入此自主學習專題之中。此新增專題主題偏向在智慧機械專業領域，與 108 年度以「創意設計」之研究有所不同，因此課程規劃的方法與成效勢必會影響到其他各個不同專業領域的主題規劃。因此本計畫也就從系未來新型態課程之發展角度，以「創意設計」與「智慧化生產系統」兩個的主題系列的自主學習專題課程施教成效進行評估，以提供相關課程規劃之參考。

1.2.2 團隊合作學習探討

另一方面，在 107 年度計畫雖觸及到團隊合作的議題，但並未深入探討團隊成員互動行為對問題解決以及對自主學習的影響。但從學生在課程成果分析來看，成員互動佳的小組表現會比較好。但是學生間的互動是過程，較不容易從結果進行分析、探討。目前團隊合作型

問題解決能力的研究，仍然存在評量方法的問題。多數研究者主要透過問卷調查或是實作作品的分數來評量學生的成效，而以觀察或分析學習者對話記錄來了解學生之合作問題解決之歷程，也是近年來較常使用的評量方法(洪明瑄、張佩芬等，2019)。然而對於團隊合作解決問題的行為並未明確探討，有往往並無法由評量方法更明確解讀團隊合作中互動行為。因此在本計畫中將結合教育背景之教師，共同觀察學生團隊合作互動過程，以了解團隊合作解題行為特質，能對自主學習之團隊合作活動有所助益。由此所獲得的研究成果，可進一步對規劃自主學習專題課程中的團隊合作活動提供相關必要參考資訊，如成員組成方式，解題之輔導與介入時機等。

二、文獻探討

在工程中的問題通常是定義不清楚、目標不明確、解決方法未知，也因此相關研究也證實一般具有標準答案之工程問題解法，在要解決工程設計問題時即無法適用(Samuel & Lewis, 1991)。所以「問題解決能力」是達成工程教育目標重要的關鍵技能，更是讓學生能將所學理論應用於實務現場，並內化成「帶著走能力」的重要樞紐。然而如何在課程中培養學生問題解決能力？從國內外的相關研究結果可以發現，在各領域中的專家與生手，其在問題解決能力上的確具有差異(蔡錫錚等，2006, 2009；Atman et al. 1999, 2007, 2008)。但是即便生手學生的問題解決能力並不成熟，但若是能將專家使用的有效問題解決策略教導給生手，對於學生在解題上的表現，將有相當大的幫助。在另一方面，研究也發現到設計與工程科學之間的差距很難透過課程銜接來克服(Carberry and McKenna, 2014; Silva et al., 2015)，特別是設計過程中所必經的不同概念辯論，也很少出現在高年級的設計專案中(Kittleston & Southerland, 2004)。

因此為解決學科發展與現實問題解決之間的落差，不同的教學方法與概念也被提出。Bonwell 與 Eison(1991) 提出主動學習(Active Learning)的概念，以有別於傳統課堂講授的教學方法(被動學習 Passive Learning)。他們認為在主動學習下，學生在教室中參與的不只是聆聽，不會將重點放在訊息獲得，反而會更聚焦在發展技能上，以能進入更高層次的思維能力(分析，綜合，評估)。學生因此會從各種活動(例如，閱讀，討論，寫作)的參與，將更加重視自己的態度和價值觀。另一方面，自主學習在近年來國內也受到關注。自主學習最為經典的定義，首推 Holec(1981)：「一種對自我學習掌控的能力」，亦即學生面對各種與學習相關的決定時，都能負起全部的責任。

在跳脫知識講授的教學方法，問題導向學習(Problem Based Learning, PBL)之概念也被提出。PBL 最初是在醫學教育領域發展，隨後則紛紛應用在大學各領域課程。一般認為 PBL 教學模式上有六個主要特色(Barrows, 1996)：(1)以學生為中心的學習，(2)以小組方式學習，(3)教師為引導者，(4)學習的主軸來自真實生活問題，(5)問題本身是提升解決問題技巧的工具 (6)學生藉由自主學習獲得新知。但對於工科學生而言，相同縮寫、但不同意涵的專案導向(Project Based Learning, PBL)的教學模式，更具體也更實際來讓工程領域學生學習如何解決問題(Esche, 2002; Hadim & Eshe, 2002)。

然而學生在專案導向學習模式下，以設計概念解決問題時，不同學生會有不同解決方式，因此在課程發展上，就必須妥善規劃。一般在教學規劃中，各種課程活動的教育目標擬訂與學習行為的認知有關，其中以 Bloom 的分類法最為廣泛應用(Bloom, 1965; Anderson, 2001)，相關應用於教學與課程發展資料相當完備¹。

另一方面，團隊合作(Teamwork)在工程教育中扮演相當重要角色，而且若要推動學生自主學習，團隊合作更是不可忽略的要素。因此必須瞭解學生在團隊中的互動行為如何影響到學習的成效，以做為規劃相關課程活動的參考。Richter 及 Paretto (2009)在研究中即指出，學生經由跨學科的課程，能將自己本身的想法和觀點帶到工程實作中，並透過跨領域合作認識

¹ 如 Iowa State University (2018), Revised Bloom's Taxonomy. <http://www.celt.iastate.edu/teaching/effective-teaching-practices/revised-blooms-taxonomy>

不同專業領域和價值觀，對團隊合作與問題解決的學習是有所助益的。合作型問題解決(Collaborative Problem Solving, 簡稱 CPS)是今日重要的軟實力。Hesse 等人(2015)認為合作型問題解決是在共同努力與交換意見的過程中與問題產生互動。Griffin 與 Care(2015)提到，合作型問題解決是由批判思考、問題解決、做選擇及合作等所組成的一個整合型能力。Graesser 等人(2017)認為，合作型問題解決包含批判思考、問題解決、自我管理、溝通與人際交往等能力，它是一個必要的能力，因為在現代社會中從計畫、問題解決到做選擇大多以團隊為單位進行。Oliveri, Lawless 與 Molloy(2017)則回顧了 1994 年到 2015 年的 14 篇論文，統整出合作型問題解決的四項要素：團隊合作、溝通、領導及問題解決。

而對學生團隊合作行為特質的研究除可以做為教師引導學生的參考，也可以做為團隊合作成效評量方法的依據。傳統設計行為的研究主要針對個人而來(Pahl & Beitz 1997, Frankenberger 1998, Lindemann 2003)。Hilton (2002) 則從思考風格探討設計科系學生的學習動機，葉則亮等人(2009)則從 Sternberg (1997)「思考風格」的理論架構為基礎，選定三位風格明顯且亦為設計新手的碩士生為受測對象，藉由設計實驗來紀錄受測者在設計過程中所表現的行為，加上訪談的資料輔助，確認思考風格是如何影響設計行為。這些行為研究有助於設計類課程之規劃(Tsai, 2007, 2008, 2009; Chang, 2009; 張佩芬, 2009)。而對團隊合作解題行為的探討仍是目前重要課題。

為能探究合作解題行為特質，必須將團隊合作行為限制在特定空間、特定問題與特定時間之中，進行觀察與研究。因此團隊合作解題活動是最佳選擇，如 Fiore 等人(2018)、Graesser 等人(2018)皆提出發展以合作型問題解決能力為主的課程活動之必要性。其中密室脫逃活動即是近年來受到重視。密室脫逃是以團隊為主的實際活動，參與者要在一定的時間內解決謎題並完成預定之任務。它不只有趣，還可以增加學習互動，因此常將密室脫逃活動納入課程中，用來建立與增進團隊的凝聚力，進而培育學生的團隊合作能力 (Adams et al., 2018)。

三、研究問題

本年計畫係在統整前兩年度計畫以自主學習專題模式建立新的學習模式，期待成果：

- 提供工程領域教師規劃與發展實作專題課程設計與教學策略，以能統整各專業課程；
 - 協助學生融入團隊合作發展自主學習能力，以獲得所需之集體創思與問題解決能力。
- 在這目標下，也有以下兩大問題在本計畫中需加以探討。

(1) 自主學習專題模式成為系課程架構之可行性與成效評估

本計畫所提出之自主學習專題模式若要成為系架構，則必須考慮到多個不同主題的專題課程能否拓展到系課程架構，即探討將針對以下的問題進行：

- 不同主題型態的自主學習專題課程適當規劃方式為何？
- 如何評量自主學習專題課程實施成效？

(2) 團隊合作研究²

在團隊合作研究部份將探討以下問題：

- 團隊的合作模式如何影響問題解決的行為？
- 思考風格在團隊合作過程中的展現與改變為何？

四、研究設計與方法

4.1 以問題與專案導向建構自主學習實作專題之課程規劃方法

在課程規劃方法中，Bloom 教育目標分類法是一套相當有效的工具。從早期的分類方式(Bloom et al., 1956)到 2001 年 Anderson 等人(Anderson & Krathwohl, 2001; Anderson, 1999)修訂，多為課程設計者在規劃教育目標之重要參考依據。架構如圖 3 所示，其中「知識向度」

² 本報告有關團隊合作解題行為觀察實驗成果，部份引自 張嫻慈 論文初稿「團隊合作與個人轉化之歷程探究」。

分為四大類：事實知識、概念知識、程序知識和後設認知知識。事實知識包括獨立的片段資訊，如名辭定義、有關特定的細節知識等。概念知識則多為具系統架構知識，包括能分類和類別的資訊。程序知識包括運算法則、相關實作技能與方法等知識。後設認知知識則是有關思考的知識，以及如何有效掌握思考過程所需的資訊。「認知歷程向度」，共分六種技能，以動詞屬性表示，最高層次為創造。因此可利用此二向度作為框架(參見表 4)，在課程設計時，可以使學習目標、教學活動與學習評量達成一致。因此在本計畫中，則依此方法進行課程規劃與設計問題與專案導向教學法於大學機械系學生自主學習

4.2 團隊解題行為研究

4.2.1 研究流程規劃

本計畫採用「密室脫逃活動」進行實驗，以能在特定人員、空間、問題與一定時間等條件下，進行觀察記錄行為，以能有效進一步分析與瞭解學生在團隊合作過程中，解決問題的互動模式與行為特質。

研究整體流程共以下三階段：

- **實驗設計**：設計密室脫逃活動，以能深入探究團隊成員在過程中可能的想法以及合作解決問題之互動的行為。同時並整理思考風格問卷與準備活動道具與相關文件。
- **行為觀察實驗與記錄**：活動前，參與者先完成基本資料與思考風格問卷填寫，以了解參與者的背景與思考習慣。活動中，則觀察並同時以攝影機記錄團隊成員間在解決問題過程中各種的合作互動情形。
- **資料分析**：根據觀察記錄，將合作解決問題行為進行分類與編碼，再填入時間軸，以呈現解題過程的各種行為的變化。隨後將據此進行各組交互分析與詮釋，並與成員背景資料的比對，以能深入了解團隊合作解決問題之歷程、成員思考風格對整體的影響，以及相關行為的特質。

4.3.3 研究工具

本研究以個案研究為主，以能對研究問題進行深入的探討。將分別使用行為觀察與問卷收集的方式，來分析團隊合作問題解決的歷程以及行為特質。

- **行為觀察法**：進行觀察時，運用錄影及錄音蒐集參與者解謎時的談話內容及行為，了解團隊的互動模式與合作問題解決之歷程。
- **問卷收集思考風格量表**：本研究將使用 Sternberg 和 Wagner 於 1992 年開發的思考風格量表(Thinking Styles Inventory, TSI)，以能建立受測者個人的思考風格特質背景資料，以利分析、瞭解個人特質在群體合作互動行為中的影響。Sternberg 思考風格與行為特質之關聯如表 1 所示，以功能、形式、層次、範圍、傾向等五個面向進行分類，其下再各自區分不同的類型，共計 13 種思考風格。

表 1 思考風格的區分、類型與特徵以及行為特質之關聯

區分	類型	特徵
功能	立法型	喜歡以自己的方式從事工作。也因此他們多喜歡規劃、創造事物。
	行政型	做事喜歡能有一明確的指示何事要做、如何做，即為執行者。希望問題能明確有條理，以能使他們逐步完成。
	司法型	喜歡分析、評估規則與程序，並會加以評斷。
形式	君主型	喜歡針對單一目標做事情，並會全力以赴，但不喜歡被打斷。而且對與喜歡的議題無關的事物，通常是缺乏興趣。
	階層型	會在工作前，會注意到相關工作目標的階層關係，同時會循序漸進，注意到不同目標的優先順序。在問題的解決與決定判斷上，他們都會展現出有系統與組之的特點。

區分	類型	特徵
	寡頭型	會將各個目標等同認真對待，因此在面對多件事情時會想辦法同時處理，但是卻無法決定優先序。結果常是遭遇到資源合理分配的難題。
	無政府型	通常遇到眾多目標或問題，在整理與歸納上會有困難，而展現出無組織的作為，但往往又會有異於他人的創造力。
層次	整體型	喜歡處理宏大且抽象的問題，不喜歡需注意細瑣的事，簡而言之，即「見林不見樹」。
	局部型	喜歡處理細節問題，簡而言之，即「見樹不見林」。
範圍	內在型	處理問題時喜歡單獨來處理，欠缺與他人互動的認知。
	外在型	喜歡和他人共同工作，易與他人互動。
傾向	自由派型	不喜歡以現有的規則來做事，喜歡接受最大的挑戰以不同方式來做事。
	保守型	喜歡依以前正確的經驗、方式或程序來做事情、解決問題。

4.3.2 行為觀察實驗設計

本研究受測者涵蓋學士班及碩、博士班學生，以 4 人為一組參與實驗活動，共招募 3 組團隊，其組成各有不同背景。

而密室脫逃活動採用線性路徑的解謎設計 (Wiemker, et al., 2015)，讓參與者僅專注於單一謎題，以使解謎行為單純化，便於分析群體互動行為。活動之情境設定為環保相關議題，並擷取環保相關數據資料作為關卡所需道具，以貼近實際情境。活動設計共分三關，實驗活動進行流程如表 2 所示。實驗活動在一獨立空間進行，以長桌隔出觀察者與受測者，並架上四台攝影機，配置如圖 2 所示。其中兩台為一般傳統攝影機；一台採用網路攝影機，可直接連接到電腦螢幕進行觀看；一台使用網路監視攝影機，可以由平板控制要觀察的重點。在活動中亦以真實的道具與文件提供參與受測者使用，圖 3。為控制時間，參與團隊如果過程中無法解開謎題，可以主動要求提示，或是若超出預期時間，由觀察者亦會給予提示(被動提示行為)，此狀況亦會予以記錄。

4.3.4 資料處理與分析

為能將團隊在合作解題過程中的各種有意義的行為加以區別，受測者在解謎活動過程中的談話內容與行為，將依據表 3 的分類進行註記。在行為上分成「問題解決」與「合作互動」兩種類型。「問題解決」可以分為「探索與理解」、「處理與分析」、「產生計畫」、「檢視與回饋」等五項；「合作互動」則分為「溝通」與「行動」等兩大項。在「溝通」上又分成「分享」、「求援」與「討論」等三種行為；「行動」則分為「獨自工作」與「協作」。如此可將參與者在解謎中的具體行為及對話內容，進行編碼納入時間軸中，以便從合作解題行為組合與各參與者間的互動行為，再個人思考風格來加以比對。再佐以受測者的個人思考風格進行交叉分析，藉此可從整體與個案的角度來了解團隊在合作解題時的可能的行為特質，以及可能的問題。

表 2 密室脫逃活動觀察實驗流程

流程	階段進行內容
活動說明	<ul style="list-style-type: none"> ● 參與者獲得一個裝有活動道具的箱子。 ● 箱中有三個密碼箱、一組方塊拼圖、一瓶檢驗藥水與一封信。 ● 信內寫有關卡順序的隱晦提示。
第一關	<ul style="list-style-type: none"> ● 參與者需運用一組方塊拼圖。 ● 參與者需拼方塊拼圖兩次，一個會是謎題，另一個則是提示。 ● 從拼圖中解出三位數字方能打開第一個密碼箱的鎖。

流程	階段進行內容
第二關	<ul style="list-style-type: none"> ● 參與者從第一個密碼箱獲得一封信、設計圖、地圖、產品一覽表與檢驗工具。 ● 參與者需使用這些物品以及檢驗藥水進行解謎。 ● 需解出三位數字方能打開第二個密碼箱的鎖。
第三關	<ul style="list-style-type: none"> ● 參與者會從第二個密碼箱獲得一封信與一份謎題。 ● 參與者需使用這些物品以及第一個密碼箱的設計圖來進行解謎。 ● 需解出一組三位數字方能打開鎖，這次開箱會拿到應有的獎勵。

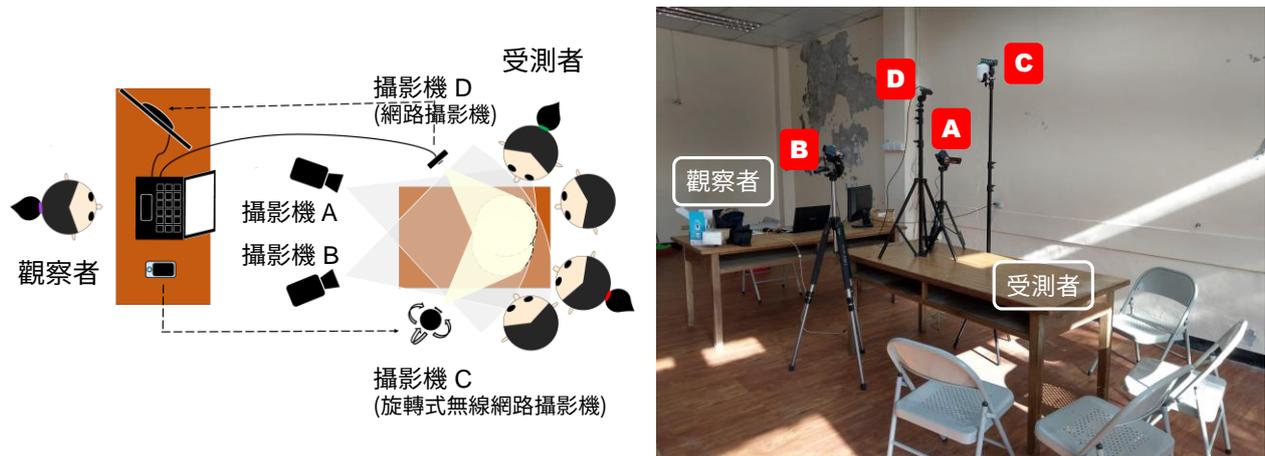


圖 2 實驗活動場地配置



圖 3 實驗活動使用道具與說明文件(部份)

表 3 團隊解題行為特質分類

類型	分類	行為特質
問題解決	探索與理解	觀察、收集與分享資訊，對任務情況進行了解。
	處理與分析	將線索進行處理，並分析其使用方式。
	產生計畫	整合資訊與線索，產生可能的解決方案。
	選擇與執行	決定方案並執行。
	檢視與回饋	評估方案可行性。針對錯誤方案或對任務無利的事務給予回饋。
合作互動	溝通	進行與任務有關的對話。
	(1) 分享	分享及提出與任務有關之資訊、知識或想法。
	(2) 求援	提出問題或需求。
	(3) 討論	針對疑問進行釐清。回應其他人的想法（贊同、否定、延伸、轉換）。

類型	分類	行為特質
	行動	進行與任務有關的操作。
	(1) 獨自	獨自進行推進任務的工作。
	(2) 協作	共同完成推進任務的工作。先分工作業，再將成果統合。

五、自主學習專題成果

在自主學習專題成果共分兩部份：課程教學成果與納入系課程架構，分別說明如下。

5.1 自主學習專題課程教學成果

為探討多主題規劃可行性，本計畫以兩個主題：「創意設計」與「智慧化生產系統」同步進行課程教學研究。其中以 108 年度計畫之進行「創意設計」之成果，來精進「智慧化生產系統」之規劃。

5.1.1 「創意設計」自主學習專題教學成果

(1) 課程規劃

「創意設計」係以 Maker 角度出發，藉由學習數位加工設備，逐步在所建立實作主題，漸進地學習到創新作品創作能力。在 108 年度計畫中，面對學生在實作基礎能力不足狀況下，重新擬訂課程內容與順序，將大二之課程設定為基本技能養成，從使用 fischertechnik 積木快速實現機構概念，到使用雷射切割機、真空成型機與應用 Arduino 完成麥克納姆輪車製作。在大三上則加入 3D 列印，至創作機構人偶。這三學期課程皆讓學生在期中實作完成基本操作，使他們能對學習目標有明確想像。後半學期則由同學發揮創意，創作出約定方向作品。

表 4 「創意設計」自主學習專題課程規劃

相關課程		自主學習專題(一)	自主學習專題(二)	自主學習專題(三)	自主學習專題(四)
開課年級學期		大二上	大二下	大三上	大三下
計畫 規劃	主題	機構概念創作	麥克納姆輪車製作	機構人偶創作	自動 X 智動
	學習目標	學習從機構原理實現機構概念	學習機電整合基本原理	實作機構構想，並學習數位加工設備。	整合必備之實作技能完成簡單裝置
	課程主軸	學習將所學之機構原理透過組合慧魚積木實現成具體之機構。	製作全向運動麥克納姆輪車，學習雷切機、Arduino 程式、APP。	透過製作機構人偶以學習多輸出同動之機構創作以及 3D 列印。	結合機構、電子控制以及程式語言，完成互動設計。
橫向連結 專業課程		機構學、動力學、精密機械製造	電路與電子學、程式語言、機電整合	精密機械設計、流體力學、自動控制	相關專業課程整合

(2) 機構概念創作教學成果

在 109 學年度上學期首次在自主學習專題使用 fischertechnik 積木。此教具在多年前亦應用在機構學、機器與儀器導論之課後實習，也發展實習手冊。為配合自主學習專題的上課方式，因此調整內容，課程大綱請參考附錄 A.1.1。109-1 與 110-1 兩學期課程進行方式類似，但在期末創作部份，109-1 學期則以手控方式進行對抗競賽，學生小組組裝車輛，除以類似相撲進行對抗，同時以線香刺破對方的氣球，圖 4 左。而 110-1 學期則製作循跡車，在給定軌跡路徑途中車輛需中停，放入一乒乓球後自動再前進，車輛抵達終點後自動停車，並擲出乒乓球，圖 4 右。以難度來說，相較 109-1 學期之單純手控機構方式，110-1 學期是較困難，學生除延續最後實作單元之循跡車製作與程式撰寫，必須在控制程式中加入新的控制對策以因應不同軌跡型態。此兩種方式的進行結果，也各有不同觀察：

- 109-1 學期的創作較為單純，學生可以發揮機構創意製作各種不同特色機構。雖然無須使用控制程式，但是部份學生仍嘗試撰寫程式。

- 110-1 學期則因加入控制程式，使得難度增加。在課程安排上，為有效進行製作與測試，應學生要求增加額外時段，且學生亦自願延後課程時間。雖然三組學生，僅有一組可以順利完成要求，一組僅能區間分別完成，而一組則無法完成，但是卻可以見到本屆學生的學習動機也更加強烈。

在期末亦進行問卷，其結果請參見附錄 A.1.1。從問卷中可以見到學生可以從自主學習過程中有效建立問題解決方法，同時團隊合作解題模式也扮演重要角色。

(2) 麥克納姆輪車製作教學成果

麥克納姆輪車是全向車的一種，此課程係在 108-2 學期開始規劃，成效不錯。109-2 學期亦延續進行。學生在課堂中先完成一基本款的手機遙控麥克納姆輪車，圖 5，學生可以從中除瞭解全向車原理與應用外，也可學習到雷射切割車體，Arduino 程式，藍牙通訊，APP 撰寫等技能。由於 109-2 學期自 5/17 因疫情取消實體課程至學期結束，使得同學無法完成期末之成品製作，僅能要求他們完成 CAD 設計圖，圖 5 右。

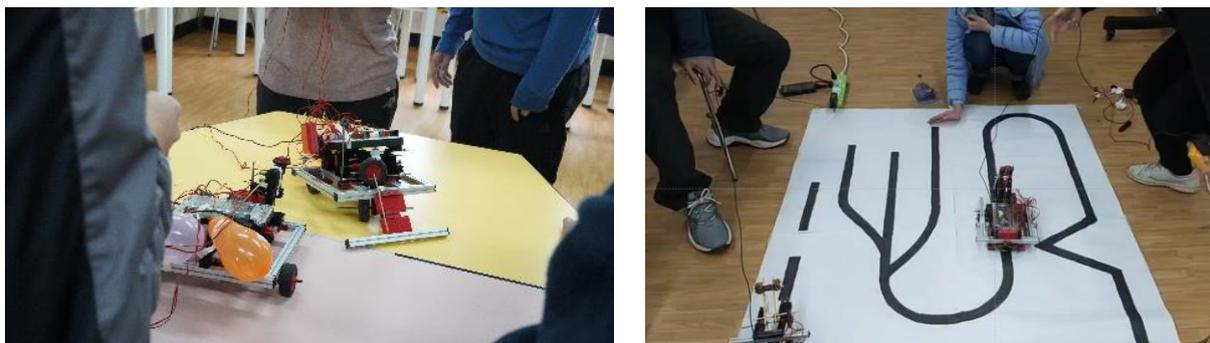


圖 4 機構概念創作期末作品驗收。左：對抗競賽，右：循跡車挑戰

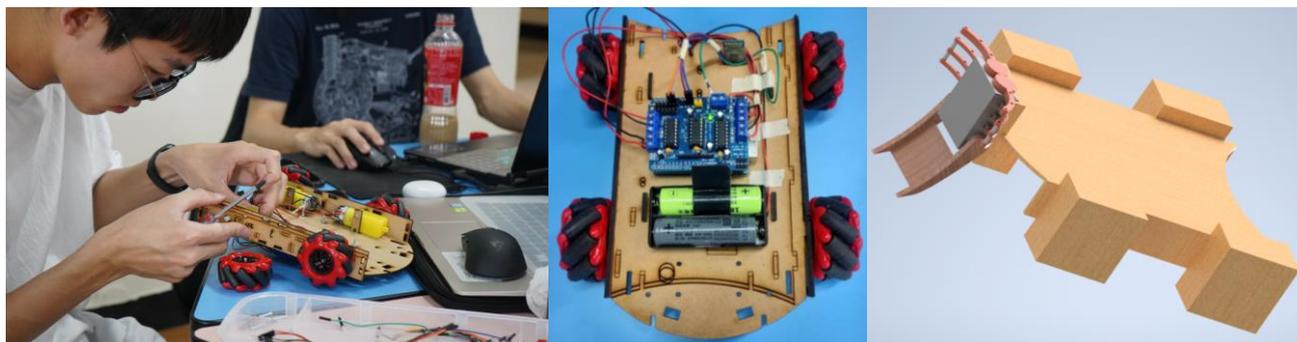


圖 5 麥克納姆輪車製作作品。左：課堂實作，中：期中成品，右：期末設計圖

5.1.2 「智慧化生產系統」自主學習專題教學成果

(1) 課程規劃

「智慧化生產系統」與「創意設計」規劃方式不同，係以 FESTO 智慧工廠為實作場域（圖 6），利用設備之模組化與彈性生產特點，與對應智慧製造的實際情境，鼓勵學生從場域中發掘問題。此規畫在 109 年度係給予學生一個較明確目標：建構新的機台與工作站，以及新增的產品(保險絲)檢測項目，並依之各課程目標逐一在各學期進行，表 5。但受到 109-2 學期之疫情影響，所有實作課程皆停止，使得相關安排皆延後。但同時也受到同學展現較高的學習動機，因此在 110-1 重新嘗試更彈性的課程目標規劃，鼓勵同學在場域可以更主動發掘問題。因此以自動化產線實務工作型態—設備設計與製程規劃做為區分，將學生團隊依其興趣進行分群，並採取圖 7 之更彈性規劃模式：學生團隊在第一學期會在教師引導下自主擬訂該屆學生團隊的實作目標，再分為「新設備設計」以及「新產品與製程規劃/分析」兩大群，師生在後續各學期據此共同討論與訂出各自的目標，以在 FESTO 智慧工廠內可逐步完成新設生產模組與新設產品生產製程的任務目標。而各學期上課模式則多採前 1/3 學期講授相關軟硬體原理，其餘則在助教協助以實作完成目標。



圖 6 FESTO 智慧工廠



圖 7 新規劃之課程目標

表 5 「智慧化生產系統」自主學習專題課程規劃

相關課程	自主學習專題(一)	自主學習專題(二)	自主學習專題(三)	自主學習專題(四)	
開課年級學期	大二上	大二下	大三上	大三下	
計畫規劃	主題	產品製程規劃與設備設計	自動化製程設計與整合	生產系統控制與品質管制	生產系統整合與可靠度分析
	學習目標	規劃可供展示之新產品與製程，設計對應之生產機具	PLC 機電控制實作，調整單站設備製造流程。	全產線自動化生產系統整合與程序控制測試	完成新產品與製造執行系統整合且分析製程可靠度
	課程主軸	瞭解產線特性，學習規劃設計新產品與製程，以及新機構模組。	設備與製程變更，調整 PLC 或機器人、整合周邊軟/硬體、機構	根據情境規劃 Robot、AGV 以及其他工作站之生產程序與參數	通訊方法與協定、資料擷取分析、製造執行系統 MES、ERP
橫向連結專業課程	機械製圖、機構學、機械製造工程實習	精密機械製造 I、機械製造工程實習	精密機械設計、自動控制、工程程式設計	製造聯網技術、智慧製造專題與實作(I)	

(2) 教學成果

在 109 學年度，給予學生兩個任務：(a) 生產線中機械手臂組裝保險絲工作增加檢測功能，以能確保組裝功能正常之保險絲；(b) 增加一獨立工作模組與工作輸送島(產線製程請參考附錄)，再區分機構組立與電控元件兩小組。此任務從提出解決方案、設計與製作機構與裝置、規劃機械手臂檢測程式與 PLC 程式、整合至製造執行系統(MES)，共在四個學期逐步完成，以增強此智慧產線的完整性。相關成果如圖 8 所示。

在 110 學年度改變規劃方式下，學生提出產線新增加產品變體的構想，使整個生產流程可以展現智慧化製造能力。學生因此分成「產品與製程組」以及「設備設計組」。此新增產品係在原來組裝之元件基礎上(參考附錄 A.2.1)，完成具有完整電路的產品，其中在產線中除需組裝電路板外，亦需完成鈕扣電池組裝(對應原來產品組裝保險絲)。因應新的電路板，上蓋內部有不同尺寸需變更，同時也必須在產線中能加以辨試，正確組裝。因此「產品與製程組」在本學期完成電路板與上蓋設計，並製作出雛型。「設備設計組」則透過討論新變體產品上之鈕扣電池可能組裝方式，提出新夾爪與鈕扣電池給料機構設計，圖 9。

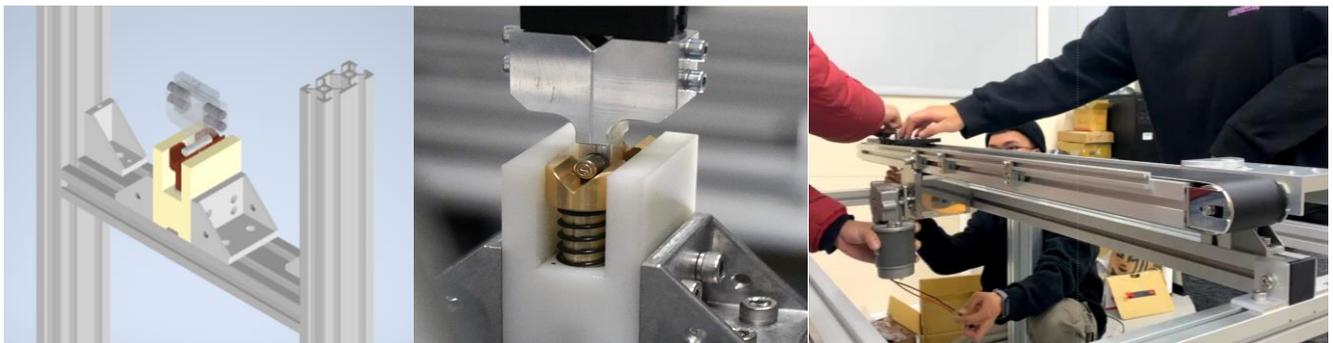


圖 8 檢測模組設計與成品，工作模組組裝



圖 9 110-1 學生新變體產品的雛型，以及相應夾爪、送料機構設計與雛型

(3) 教學成效與學生反饋

透過此一作法，預期不僅可以增進學生團隊對實際產品設計與製造的熟悉度，也能夠充分運用與改造實創平台的資源。

5.1.3 兩種類型課程規畫模式比較與討論

(1) 課程規畫模式差異

前述兩種類型之自主學習專題，在規劃模式上有以下差異：

- 創意設計：此類型偏向成果導向教學法，係先建立基本技能學習成果目標，以漸近方式規劃。每學期根據技能與專業知識修習狀況，設定學生創作成品的短期目標，在第四學期再進行整合型式專題題目，來統整目標。
- 智慧化生產系統：此類型偏向問題導向學習，以實作場域設備為問題來源，給予需長期完成之廣泛目標，由學生團隊自主發掘問題、定義問題，並在諮詢教師與業師下，自主擬訂學習目標。以如此方式規劃各學期之階段目標，而在學期中，學生也會發掘到新問題，重新修正目標。

(2) 學習動機

在問卷中亦詢問學生學習動機，圖 10。從中可以見到不同型式類型的規劃，會產生不同的動機。在「智慧化生產系統」專題中，可以見到在各小組的行動目標明確下，能力稍弱的學生的學習動機會從自我努力的內在動機轉換到群體同儕壓力的外部動機，這部份就佔近 1/3 (3 位學生)。而有 3 位喜歡從無到有、2 位喜歡挑戰。而「創意設計」因強調創作，且專題問題較為明確，因此自我努力的內在動機，如喜歡從無到有與挑戰的比例相對高；109-2 由於疫情影響，期末相關工作改為線上討論，或許有 3 位同學認為動機在於同儕壓力。



圖 10 學習動機之學生問卷回應

(3) 問題解決方式

在期末問卷中，設計一問題請學生回應問題解決方法：「製作實作成品過程中，我遇到問題會採取以下那些方式」。在學生會採取的方式(複選，圖 11)中，選擇與同學一起討論與解決問題的學生在比例上較自己解決方式為高，僅創意設計 109-1 課程的學生選擇自己解決方式為較高。另外，老師與助教的協助也有相當的比例，特別是創意設計 110-1 課程，因學生要解決循跡控制問題，有不少困難需解決。另一方面，如果讓學生第一優先選擇問題解決方式(單選)，則可以見到學生仍以團隊解題與自我解題方式為主，且在比例上亦大約相近。此狀況從課程觀察中可以見到，各學生小組中，亦會有學生主動找出解決方式，並以小組共同討論。

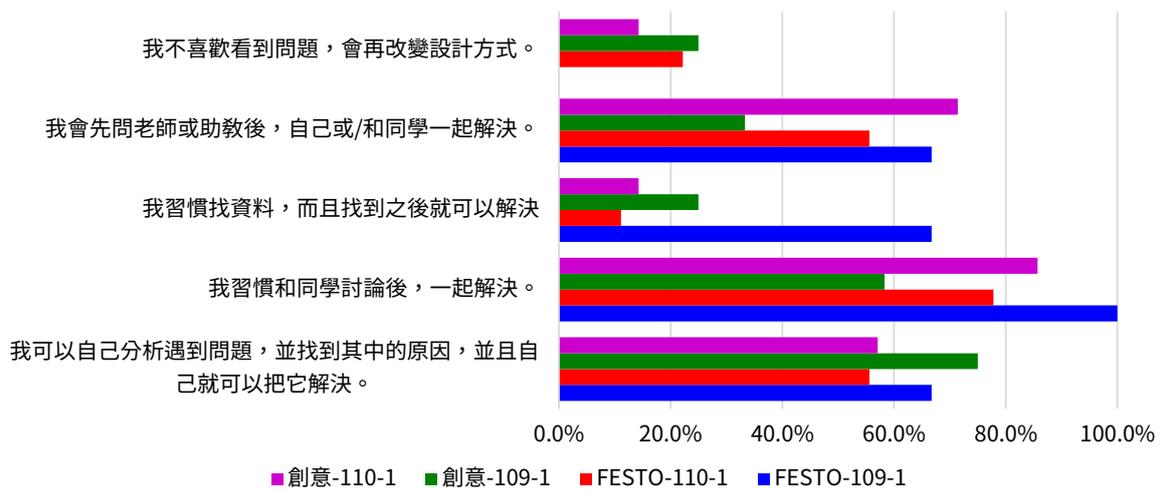


圖 11 問題解決方式之學生問卷回應(複選)

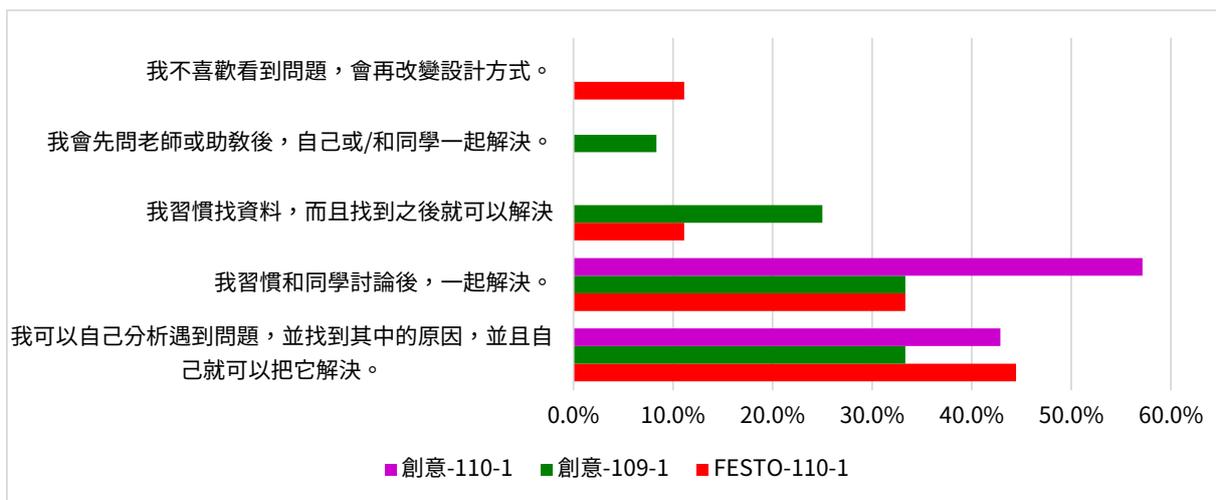


圖 12 問題解決方式之學生問卷回應(單選)

5.2 自主學習專題納入系課程架構

5.2.1 系課程架構

自 110 學年度開始，中央大學機械系以計畫之自主學習專題架構建立新的專業選修模式。共計創立六個主題系列專題課程，涵蓋機械系相關發展領域。在原有的架構，亦進行少許調整，圖 1。其中計畫之導航課程「機械工程概論」則轉化成「自主學習探索與導航」課程，除維持自主學習之基本素養之課程活動外，並加入專題主題所探討之議題講座。同時為建立學長姐傳承制度，同時開設「自主學習輔導與實習 I & II」，由修習過自主學習專題之高年級學生，選修此課程並擔任相關專題之輔導助教。

而為此架構可以整合在現有的系選修課程之中，則在 109 學年度完成系、院、校級審查通過之新的課程架構。在原有的校、院、系與組³訂必修以及六大專業領域專業選修外，新增跨專長領域以及自主學習領域等兩個新的選修領域，圖 13 左。學生必須從八個領域中選擇一個領域做為選修。而在此架構下，自主學習領域目前共有六個主題提供學生自由選修，學生則必須修畢該主題之四個專題課程，以及從指定的專業領域的課程，圖 13 右。

³ 中央機械系學士班分為光機電工程、先進材料與精密製造、設計與分析等三組。

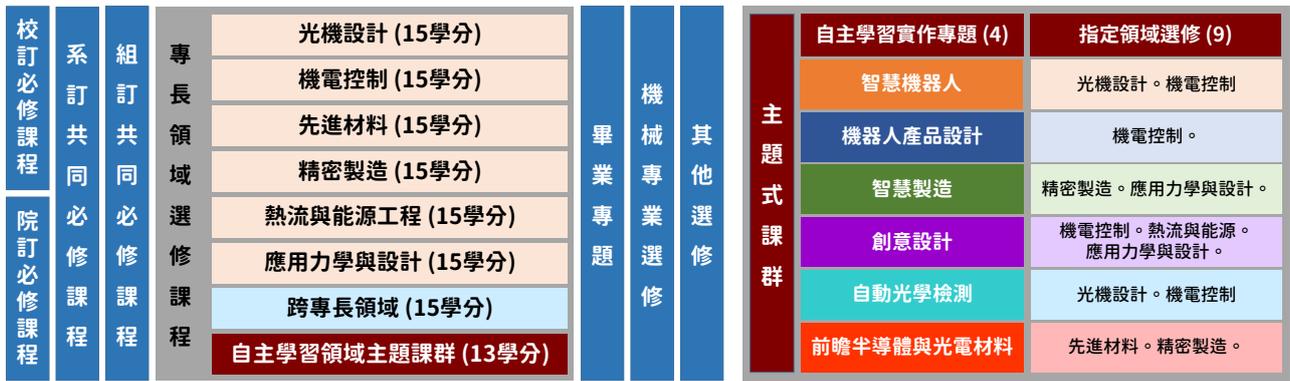


圖 13 中央大學機械系修課架構：左，課程地圖；右，自主學習領域

5.4.2 成效追蹤分析

在本計畫 107 學年度開始，陸續自 108 學年度進行自主學習專題相關實驗課程，其中主題包括「智慧機器人」、「機器人產品設計」、「創意設計」、「智慧製造--智慧化生產系統」，後兩個主題為本年度之課程探討。而自 108 學年度開始，共有 26 位學生完成四個學期的課程。在 110 學年度中，同屆在校學生(包括延畢生)計有 142 人。為能可以客觀評量這 26 位學生的學習成效，在此以 107-1 至 110-1 共五個學期的修課成績在各組與全系排名做為分析依據。分別就他們五個學期累積成績，以及 107-2 學期與 110-1 學期排名變動進行比較分析。

(1) 畢業前學習成效

圖 14 為此 26 位學生在 110-1 學期成績排名分佈，圖中各顏色虛線為修習學生在該排名區間的平均線。圖左為各組分佈狀況，圖右為全系之排名。此 26 位學業成績分佈偏向前 2/3，且前 1/3 之人數也皆遠高於當屆人數佔比。而且他們的平均成績 81.45 遠高於系平均之 76.35。

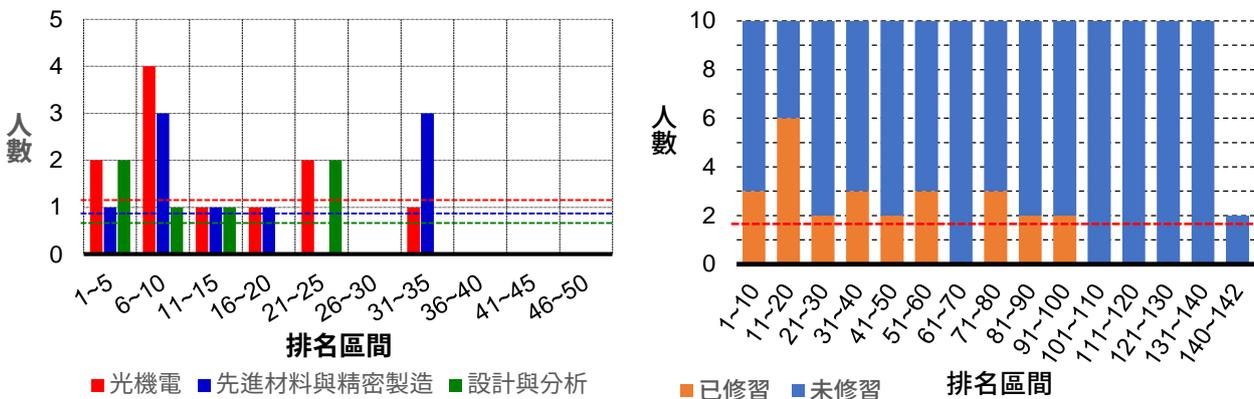


圖 14 修畢自主學習專題之學生學業成績排名。左：各組分佈；右：全系分佈

(2) 專題學習前後差異比較

為進一步分析參與學生在修習自主學習專題前、後的學習成就差異，以他們在 107-2 學期的累積成績與 110-1 學期累積成績在系、組的名次排序為依據進行分析，圖 15。在左圖中，為 107-2 與 110-1 學期系排名分佈，從中可以見到學生約略可以分成兩群 – 領先群與中間群，而這兩群在修習後可以見到排名分佈往前移動。

為更準確瞭解此學習成效，再進一步分析學生個別的變動。由於中央大學機械系分為三個專業組，分別在組內訂有不同修課要求，因此在右圖中，分別以班排名與系排名的名次變動來探討。名次變動為正，表示成績排名往前。從右圖中可以看到絕大部分學生與同班或全系同學比較，學業成績都有明顯提高。但另一方面，也可以見到班排名與系排名變動上有一致性。此原因係因為三班分組修課，各組不同的課程要求並不一定具有一致標準。如光機電工程組，班平均成績較低，有 5 位學生在系排名後退，但其中有 3 位在班排名卻是進步 3 至 6 個名次。而先進材料與精密製造組的班平均較高，使得其中 4 位班排名後退的學生在系排名卻是往前移動。而設計與分析組則較有一定致性。如果扣除此不一致狀況所造成排名後

退的學生僅有兩位。

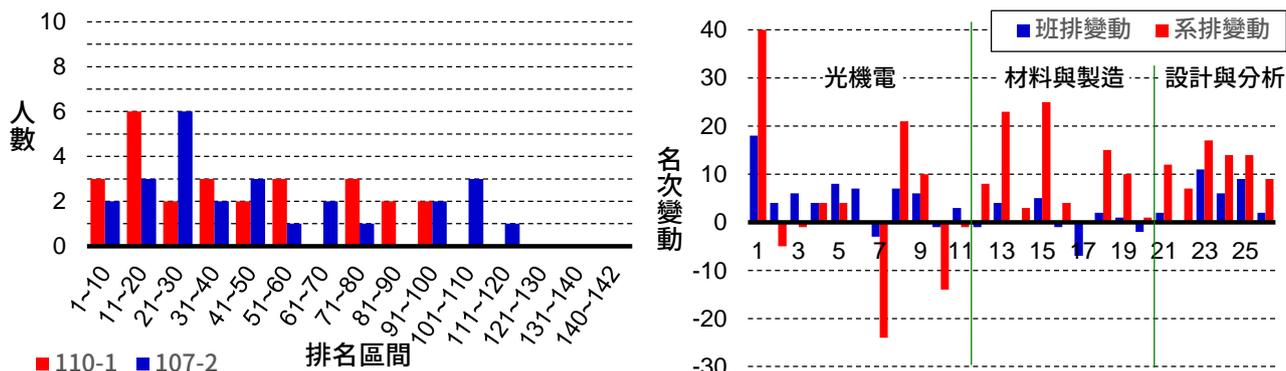


圖 15 修畢自主學習專題之學生學業成績排名變動。左：全系分佈；右：個人名次變動

(3) 討論

從前述之分析的結果來看，完成此學習模式的學生，在學業成績上除平均表現較同儕為佳外，個人在修習前的大一與修習後的成績排序幾乎都呈現進步的成果。換言之，本計畫所規劃之自主學習專題模式對學生的學習有一定的成效。由於此學習模式是採取選修，因此從嚴謹角度來看，參與的學生本身就已經具有一定程度的學習動機，當然無法果斷地給出此模式對學習有絕對成效的結論。但是以多元教學的觀點來看，這樣的教學模式對這些有較強烈學習動機的同儕而言，他們從大二開始的專業學習，就可以有一個不同傳統的學習管道，透過實作專題的來統整專業課程知識與技能。另一方面，這樣的成效也反應出所提出的學習模式對參與的學生是合宜的，也對於他們的學習絕對有所助益，所以當然也呈現在他們的學業成績表現上。

六、團隊合作解題行為特質研究成果

本研究招募三組團隊進行觀察實驗，團隊背景與解謎成果總覽見表 6。相關背景說明與記錄成果分析如後所述。

表 6 參與團隊基本背景與成果總覽

	團隊一	團隊二	團隊三
團隊組成	文學院、工學院研究生	工學院大四學生	文學院、理學院、商學院等大一至大三的學生
團隊合作經驗	第一次合作，成員皆有豐富合作經驗。	成員彼此有兩年以上的合作經驗。	第一次合作，部分成員有運動類的合作經驗。
闖關時間	總時長：45:49 第一關(9:57) 第二關(14:08) 第三關(19:44)	總時長：1:07:46 第一關(7:31) 第二關(51:02) 第三關(9:13)	總時長：57:01 第一關(10:15) 第二關(34:54) 第三關(11:52)

6.1 受測者背景資料

相關團隊組成背景與成員個人質性描述說明如下。

6.1.1 團隊一

團隊一是由兩位文學院及兩位工學院之碩博士生所組成。皆有豐富合作經驗，其中幾位亦曾擔任需分組作業的課程助教，因此對合作解題有較深的理解與掌握。但成員彼此並沒有組成團隊合作經驗。個別團員的背景訪談資料如下。

- **Ricky** 是文學院的研究生，曾玩過實境密室逃脫、桌上型與電子型等解謎遊戲。偏好針對單一目標進行處理事物，分析抽象的事物、評判或檢視做事的大方向與規則。較不偏好處理細節問題，且不喜歡依照過去的經驗、方法來做事情。

- **John** 是文學院的研究生，曾玩過實境密室逃脫遊戲。偏好有明確的目標、指示及流程來逐步且專一的完成事情，但在過程中較不喜歡處理細節問題。偏好合作完成工作，通常會主動與他人展開互動與交流，並共同處理事情。
- **Ben** 是工學院的研究生，曾玩過桌上型的解謎遊戲以及電子遊戲的密室逃脫。做事上偏好分析抽象的問題並評估做事的順序與流程，較不喜歡依過去的經驗或方法來處理問題，也不喜歡在細節上琢磨。
- **Susan** 是工學院的研究生，曾玩過實境與電子類的密室逃脫，以及桌上型的解謎遊戲。偏好獨自處理問題，並依循經驗及方法做事情，喜歡有明確的目標、流程與順序，但有時目標或問題眾多，會有無從下手的狀況發生。較不喜歡處理細節問題。

6.1.1 團隊二

團隊是由四位工學院四年級同系的學生組成，彼此有兩年以上於課堂進行專案合作經驗，有相當的默契。個別團員的背景訪談資料如下。

- **Roger** 是工學院大學四年級的學生，過去沒有任何密室逃脫或解謎遊戲的經驗。做事上偏好獨自處理抽象的問題，不喜歡注意細節。喜歡認真並同時處理所有事情，較不注意目標的優先順序。
- **Debby** 是工學院大學四年級的學生，過去玩過實境遊戲與電子遊戲密的密室逃脫。做事時偏好獨自處理問題，喜歡有一套明確的指示與流程來逐步完成任務。
- **Vicky** 是工學院大學四年級的學生，過去有玩過實境的密室逃脫遊戲。做事時喜歡有明確的指示與流程來處理細節問題。有時偏好針對單一的目標進行處理，並有明確的處理順序；有時又喜歡同時處理多件事情，卻因為無法有系統的統整目標而不知該先做哪件事。較不喜歡進行分析與評斷的工作。
- **Fred** 是工學院大學四年級的學生，有實境密室逃脫與桌上型解謎遊戲的遊玩經驗。做事時喜歡全力以赴地針對單一目標進行處理，較不喜歡創造新的做事方式。

6.1.3 團隊三

團隊三由兩位理學院、一位商學院及一位文學院，橫跨一年級至三年級的學士生所組成。由於成員係不同學系，共同經驗僅過去在球類運動中有少數的合作經驗。個別團員的背景資料如下。

- **Meggy** 是文學院大三的學生，過去沒有任何密室逃脫或解謎遊戲的相關經驗。偏好獨自運用不同的方式來處理事情，但要有明確的指示與方向。不喜歡抽象的問題。
- **Joy** 是商學院大一的學生，之前曾玩過實境遊戲與電子遊戲的密室逃脫，以及桌上型的解謎遊戲。處理事情上偏好有清楚的指示與方向，喜歡分析、評估做事的流程與規則，但較不會關注與安排目標的處理順序。
- **Betty** 是理學院大一的學生，過去曾有實境密室逃脫與電子解謎遊戲的相關經驗。喜歡依據過去的經驗、方法來解決問題。較不喜歡獨自處理抽象或大方向的問題，也不太會注意到目標的優先順序。
- **Amy** 是理學院大學二年級的學生，曾經玩過實境密室逃脫與電子解謎遊戲。喜歡針對單一目標進行處理，不喜歡評估與分析做事的方式及規則。

6.2 思考風格分析結果

所有受測者之思考風格量表結果以團隊為主彙整於圖 16，其中比較後之特性列於表 7。整體來看，雖然三個團隊組成方式不同，但在功能風格傾向上，團隊一較集中在司法，其他則皆在行政。在形式上，皆偏向君主。在層次上，團隊一偏整體、團隊三偏局部，而團隊二則各半。在範圍上，團隊二與三大部份偏內在，團隊一則不集中。在傾向上，團隊二與三大部份偏向保守，團隊一則較分歧，保守傾向者較強烈，自由傾向者強度居中，但較集中。

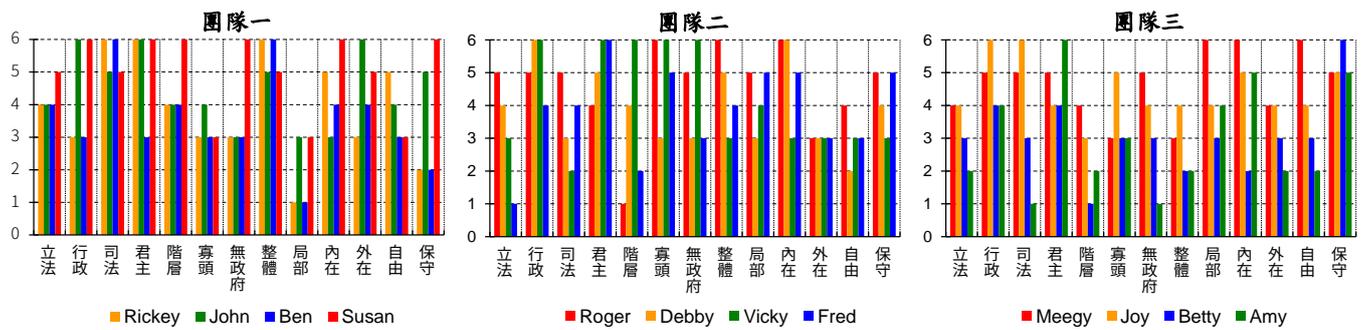


圖 16 參與團隊成員思考風格

表 7 團隊思考風格特性

	團隊一	團隊二	團隊三
功能	司法風格較明顯，較弱兩人，則顯現在行政。立法不強。 J 和 S 行政皆較強，S 立法與司法次之。R 和 B 則司法較強	整體在行政風格較明顯。 R 在三種風格有相同強度。F 則顯現在行政與司法。D 與 V 偏向行政。	整體偏向行政。 J 和 M 在行政與司法分別有相同強度，A 和 B 則偏向在行政，中等強度。
形式	整體明顯在君主風格。 S 風格呈現多重性，R 和 J 階層最強，B 此部份不明顯，略偏階層。	整體明顯在君主風格。 V 在四項皆有相同強度風格。D 與 F 則偏向君主。R 則傾向寡頭。	集中性不明顯，整體較偏向君主，無政府與寡頭次之。 A 有強烈君主風格，M 則在君主與無政府有相同強度，B 則偏向君主，中等強度。J 則偏向寡頭。
層次	明顯在整體風格，而局部風格呈現較弱狀況。 R 和 B 的整體風格強過 J 和 S。	集中性不明顯。偏整體與局部各半。 R 和 D 較偏向整體，R 的強度最大。V 和 F 則偏向局部，但較不強烈。	集中性不明顯，略偏向局部。 M 有強烈局部風格，A 與 B 則中等的局部傾向。J 則有相同中等的整體與局部傾向。
範圍	不集中。部份偏向內在，部份為外在。 S 較偏內在，J 則偏外在。R 亦偏內在，但較不強。B 風格屬性不明顯。	大部份偏向內在。 R 和 D 有強烈內在風格，F 亦有內在傾向，但較弱。V 兩種風格皆不明顯。	大部份偏向內在。 M、J 和 A 的內在風格較為明顯，但 B 則偏向外在，但強度中等。
傾向	不集中。部份保守風格較強烈。較傾向自由強度較小。 S 的保守傾向最強，J 次之。相較下 R 和 B 自由傾向較強。	較偏向保守，但差異較不明顯。 V 兩種風格皆不明顯。其他三人皆傾向保守	大部份偏在保守。 相對其他三人偏向保守，M 有強烈自由風格，但保守不弱。

6.2 觀察與分析結果

行為觀察實驗在一獨立空間進行，場景如圖 17 所示。觀察與分析結果分別從個別成員在活動解題過程中的行為樣貌以及團隊整體表現予以說明。

6.2.1 團隊過程中之表現

以下為各團隊在合作解題中，透過影像記錄所呈現的質性描述：

- 團隊一在合作中展現頻繁的交流與互動，在資訊量較龐大的關卡會先進行分組討論與處理，接著才會全員一同整合與形成結論。他們在問題解決上形成清楚明確的模式，會先觀察與確定目標，接著分工處理手邊的線索，最後再將線索統整在一起找出可能的解決方案。

- **團隊二**在遊戲中，合作過程的對話頻繁，成員會積極貢獻自己的能力與想法。行動時不只有明確分工與工作流程，還會互相檢視工作。以思考風格而言，團隊成員大多偏向依循既有經驗或方法做事，所以思考容易被框架住，不容易打破已形成的共同想法或概念，進而導致在同樣的思考脈絡中不停打轉。另外，團隊中成員原本大多偏好獨自作業，但由於已有良好的合作經驗與默契，反而改變了喜歡獨自做事的成員，變成在這個團隊中展現更多的交流與合作。
- **團隊三**在遊戲的過程中，對話溝通相對較少，大多數時間是以實際行動的方式互相支援夥伴在做的事。分工較不明確，沒有形成固定模式。以思考風格而言，團隊成員大多偏向依循過去的經驗或方法來解決問題。但可能是成員的專業背景較多元，所以思考沒有被框架住，較能轉變團隊中已經形成的思考方向，從不同的角度運用線索思考與解決問題。另外，由於成員年齡的不同，導致了團隊中的階層關係，進而使原本思考風格偏向與人合作互動者，展現出較多不作為或獨自作業的狀況。



圖 17 行為觀察實驗活動場景與成員

6.2.2 成員在過程中的樣貌

從行為觀察實驗錄影，對各團隊在活動的特定事件中，各成員的表現進行側寫，以下為歸納出其重要的摘要記錄。

(1) 團隊一

- **Ricky** 在過程中經常分享自己觀察到的資訊與想法，對線索與解題方向提出建議或評析。如在第一關時，提出某些顏色是極可能是重要線索，並建議進行第二次拼圖，以取得其他關鍵資訊；第二關時，針對找尋編號缺失數字的順序與方法提出建議，讓夥伴能快速且有效率的縮小目標範圍，找出可能的編號。處理線索時，傾向把目標明確化，因此會不時地整理物品，讓需要的東西清楚整齊地呈現在團隊的工作範圍內，並將不需要的東西統一放置一旁。
- **John** 會分享可能的解題方向，例如：在剛開始時，觀察檯面上的道具後，就提出可以分別從哪些道具上獲得與三個密碼箱相應的密碼。在過程中，John 經常主動與身旁的夥伴進行交流或討論。例如：發現 Ben 在觀察道具時，會向他分享自己對道具上線索的運用想法；尋找產品編號時，找 Ricky 一起討論查詢的方法與流程。他也會接受分工的安排，並在遇到問題時主動提出；如在第二關時，發現自己找不到負責的產品編號後，適時向在查找編號上有成功經驗的 Susan 尋求協助。
- **Ben** 會針對方法與結論進行評判，有時即使有所懷疑，仍保持開放的心去嘗試夥伴提出的方法。如在第一關中雖然對於 Susan 提出的密碼選項略有懷疑，但還是給予鼓勵進行嘗試，即使最後失敗也沒有展現出對夥伴的不滿。
- **Susan** 在過程中提出工作的分工。如在第二關中，提出讓大家每人負責一張設計圖的編號搜尋工作，並主動開始分發搜尋所需的工具與資料。她也會在問題解決過程中驗證解題的方式是否可行。如在第二關即先驗證自己想到的第一種解題方式，確定後再將方法分享給大家。當他人提出使用上的問題後，又會與其他夥伴想出第二種方法並共同進行驗證，再對團隊所有人分享新的方法。

(2) 團隊二

- Roger 在遊戲中會提出線索的運用的思考方向。例如：在關卡二大家陷入困境時，數次重新檢視線索，並嘗試釐清或提出另一個運用方向。
- Debby 面對明顯需要處理的線索會主動出擊，並在處理完成後把資訊分享給大家。例如：在關卡一主動攬下拼圖工作，並在完成後將上面的英文語句翻譯給大家聽。另外，她也是團隊中第一個發起隨時做記錄的人，在整場遊戲中和 Vicky 輪流擔任記錄者，將需要的線索統一記錄在紙張上，方便觀看及運用。
- Vicky 在遊戲中會積極地分享自己的觀察，試圖發起討論，並且主動支援各種工作。例如：在遊戲一開始，會將各式線索所引發的疑問拋出來問大家，但討論延續的效果不佳，通常在兩三句內結束。在整場遊戲中，Vicky 多次擔任支援角色，例如做記錄、查表流程的一環...等。
- Fred 在遊戲中喜歡先整合資訊，確定做事的方法後再開始執行。例如：關卡一中，他先觀看拼圖上顯示的資訊與密碼箱上的提示，思考一番且有所發現後，才跟大家說拼圖上的線索如何使用。關卡二中，在查找產品編號時，會先確定與安排工作流程，然後與其他夥伴形成生產線進行工作。

(3) 團隊三

- *Meggy* 在遊戲中稍微扮演主導的角色，有時會號召大家一起做事，並會針對一些進度或討論進行追蹤或釐清。如在第一與第二關，會出聲請大家先看關卡中提供的信件；在第二關時，則詢問設計圖的查找狀況，並決定哪些資訊不需要採納或使用。
- *Joy* 在過程中會針對解決問題的方式提供想法。如在第二關時，提出地圖上的圖示可能的運用方法；在第三關則提出數學換算的思考方式。另外，也樂於承接被分配的工作，如在第一關負責抄錄線索。
- *Betty* 在遊戲中大多數時候都很安靜，在有明確目標時，會加入同伴作業；如在第一關時加入 Amy 的拼圖工作。偶爾也會提出線索相關的想法，但要等夥伴發現線索的重要性後才會被重視；如在第一關，Betty 注意到密碼箱上的線索與拼圖的關係，於是出聲向夥伴分享，但夥伴只是簡單回應，並無深究線索的實用性，直到其他夥伴也發現拼圖與箱子上線索的關聯，才開始積極處理與採用。在遊戲後期涉及到自己專業領域時，Betty 才積極的採取行動展現自己。如第三關需要以數學計算解題，Betty 則積極主動地接下工作，還向夥伴解釋換算的思考邏輯。
- *Amy* 在活動中有時會進行工作分配，且有一套自己的做事方式；如在第一關，認為要把資訊記錄到紙上，她便直接拿紙筆給 Joy，請她進行記錄，自己則另外拿紙思考記錄所需的符號，等 Joy 記錄完畢後，自己再將符號標註上去。另如在第二關因認為需要將設計圖的銷售量進行排序，便請其他夥伴一起行動。

6.2.3 團隊整體表現

圖 18 至圖 20 為將各團隊成員在活動過程的影音記錄中，分析個人解題行為與組員間互動行為，再加以編碼註記，以時間軸型式呈現；其中表示方式說明如下：

- **解題行為**係個人行為屬性(見表 3)，以對應成員所屬顏色的方塊表示，其長度顯示該屬性行為的持續時間。
- **互動行為**，則以符號或不同直線型式來連接相關人員的動作，以箭頭指示的成員行為則表示受該成員影響，以圓點指示的成員行為則表示有所行動。在表 3 的五類互動行為中，排除無互動的獨自作業，將
 - **分享**(對非特定成員分享資訊)以  表示，
 - **討論**(互相討論與交流)以雙箭頭直線 \leftrightarrow 表示，
 - **求援**(承接或轉述成員的話)則以單箭頭 \rightarrow 指示受該成員影響，
 - **協作**(以行動回應成員的語句)也以單箭頭加圓點 $\bullet\rightarrow$ 分別連結影響與行動關係。

從時間編碼表中可以見到三個背景不同團隊也呈現不同的合作解題特性，分別就各團隊間與

團隊個人解題行為特質描述如下。

(1) 各團隊間行為表現比較

從整體角度來比較各團隊之特質，可以有以下發現：

- **解題速度**：以完成活動的總時間來看，團隊一的時間最短，團隊二最久。但團隊二在第一關與第三關所花的時間卻是最短。團隊三耗時狀況和團隊二類似，皆在第二關遇到問題。而團隊一解題速度快，但在第三關卻花費三組中最多的時間，是團隊二的兩倍多。
- **解題互動關係**：從比較圖 18 至圖 20 之編碼互動狀況，可以見團隊二互動頻率最密切，團隊一在第一關亦密切互動，但之後互動頻率漸減。團隊三互動頻率相對地低，雖然成員間相識，但合作解題經驗不足；相較團隊一類似背景，團隊合作經驗是互動密切主因。
- **解題流程**：三個團隊解題流程較少依循創意解題流程，而是多會從「探索與理解」、「處理與分析」跳過「選擇與執行」。

(2) 特定關卡分析

第二關是三個團隊最有差異的關卡。分別從編碼表中得到以下分析成果：

- 團隊一的表現：在解題中、後期，幾乎四人皆同步在相同解題階段進行與互動。
- 團隊二的表現：成員雖展現密集互動，但並未集中相同階段的合作，而是展現分工，如在第 20 分鐘左右，其中一位成員(Roger)密集分析問題與執行階段嘗試解題的其他成員互動，但是卻無法解出答案；之後雖部份成員(Vicky、Debby)嘗試瞭解問題，但彼此間沒有互動；在時間壓力下，主動要求提示後，仍未釐清問題，最後在實驗主持人提示後，才逐步完成。
- 團隊三的表現：可以見到互動狀況不多，往往在各自探索或嘗試解題才有所互動分享討論。同時也可以見到對非特定人員分享行動較少。此類型往往會依賴團隊中成員的表現，屬於英雄型式的團隊。

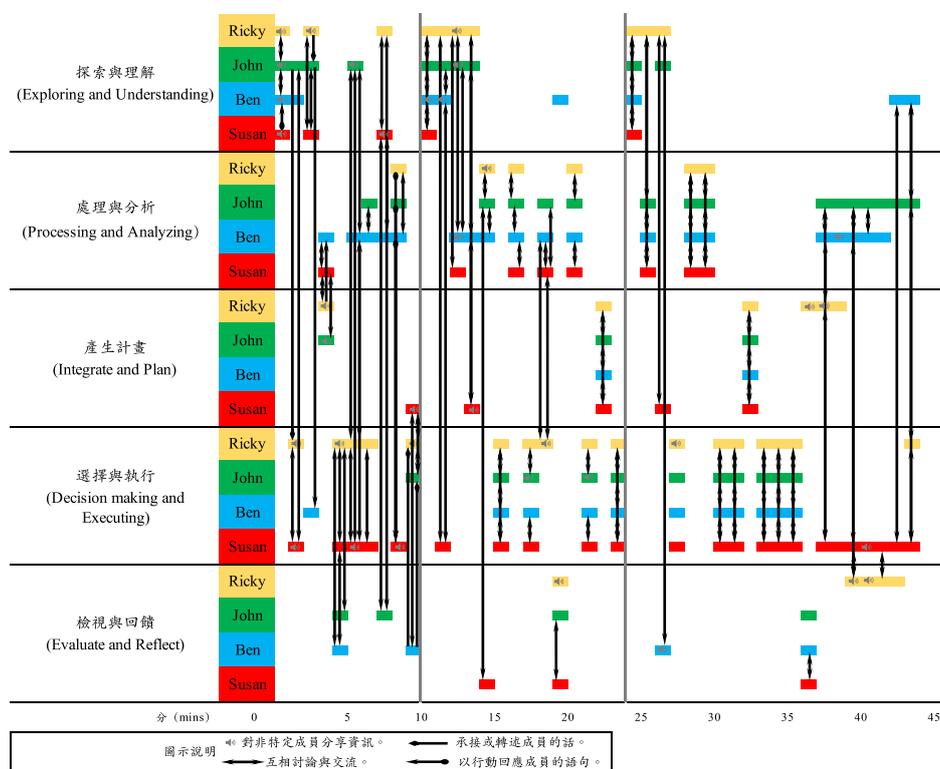


圖 18 團隊一活動過程之行為編碼

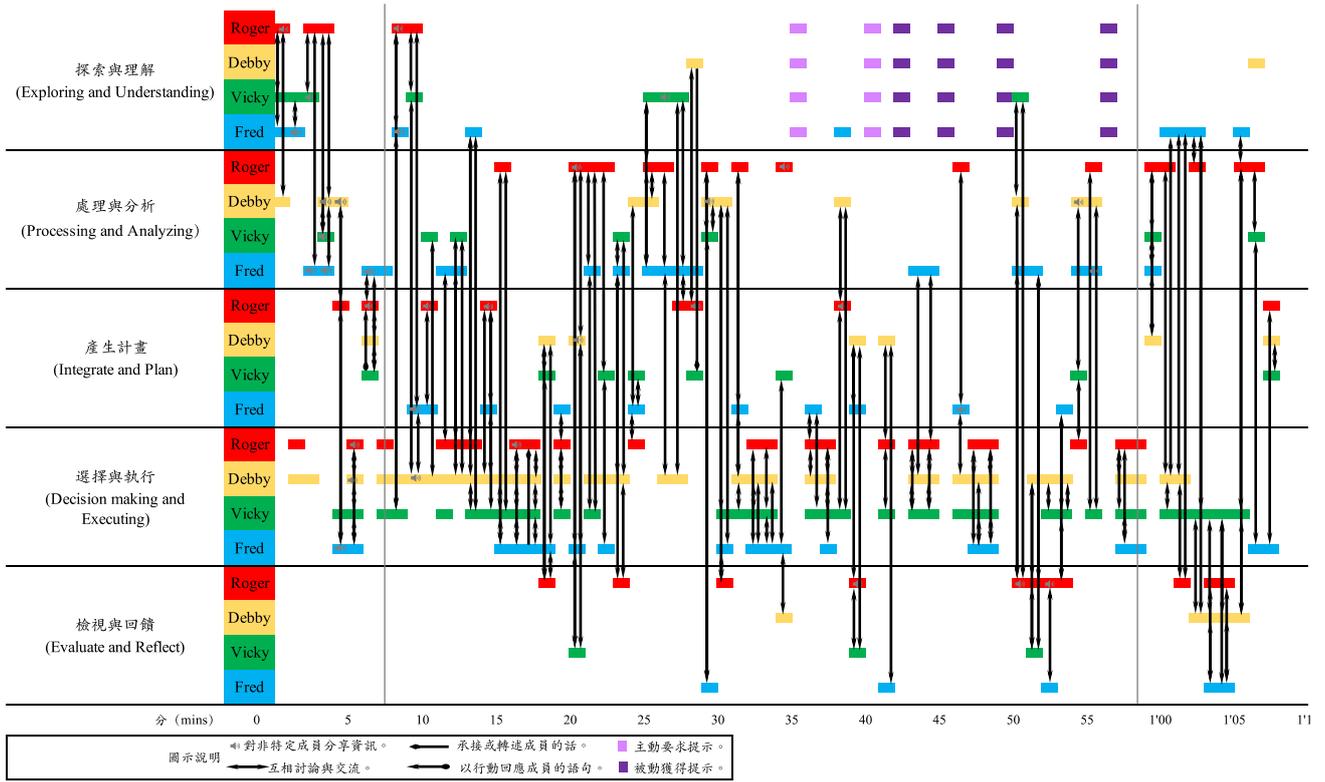


圖 19 團隊二活動過程之行為編碼

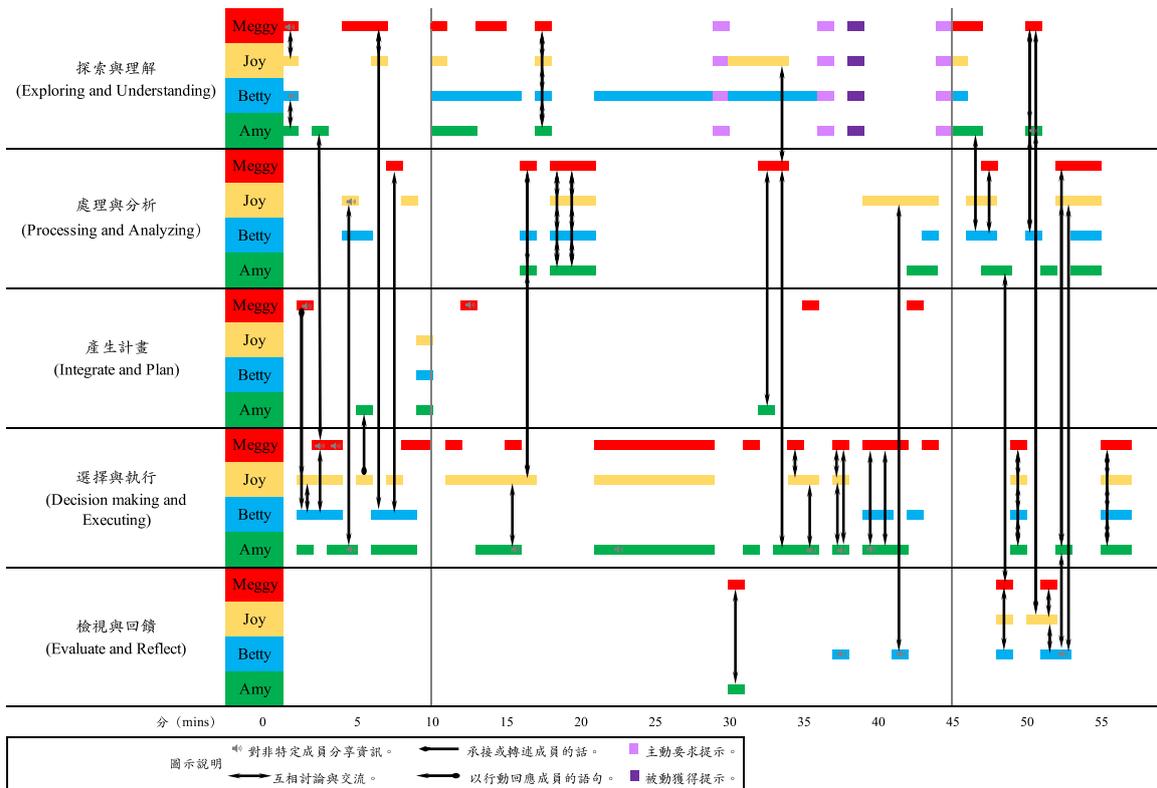


圖 20 團隊三活動過程之行為編碼

七、建議與省思

7.1 自主學習專題課程制度之心得與反思

針對自 108 學年度開始導入的自主學習專題架構，在本年度除進行兩種類型自主專題實作課程的課程規畫與教學，同時完成納入系課程應修科目架構之畢業條件之中。從中獲得以下之心得與反思。

7.1.1 自主學習專題課程規劃與進行

此種以問題/專案導向規劃方式，透過自主學習模式來達成課程整合的構想，雖然無法達到課程全面的改變，但可以由此模式，強化學生問題解決能力，以期能漸進方式達成工程教育革新的目標。在本計畫中，以兩種類型的專題進行規劃與成效分析，由成效分析中可以見到不論那些類型的學習，分別說明如下。

(1) 階段式學習模式

此模式以「創意設計」為代表，目標在獲得問題解決基礎能力，透過實作學習技能後，再學習發揮創造力。在規劃上是以結構方式進行內容規劃，以學期為單元，針對必備技能規劃各學期的目標，從第一到第四學期逐步給予自主創造空間。在每學期中，若先讓學生完成基本要求作品，再讓他們自由發揮創作，則成效會較佳。僅需有合適的 Maker 空間配合，能讓學生完成實作與討論作品即可。

(2) 目標式學習模式

此模式以「智慧化生產系統」為代表，目標在透過實作，在場域中學習從問題發生情境，分辨問題以及提出解決方案。因此課程初始給予學生一個挑戰的目標，做為引發自主學習動機的來源。在各學期則根據半結構式規劃，擬訂各學期的階段子目標，讓學生逐步完成總目標。而此模式則必須有一特定實作場域，可以讓學生對挑戰目標有較明確的想像。

7.1.2 自主學習專題課程成效

在個別課程的實施上之成效與 108 年度計畫之分析差異不大。而因應 108 年度開始參與此學習模式的學生，在 109 年度已完成四個學期專題，因此本年度計畫亦以參與學生在同屆之學業成績排名序，進行參與前與參與後的學習成效評估。由分析結果可以見到：

- 參與學生在參與前後的排名皆有大幅度增加，最多可以前進近 40 名(系排)或 25 名(班排)，但會因各組修課成績標準不一，少數學生會有系排落後、但班排超前，或班排落後、系排超前。
- 在 110-1 學期參與學生成績分佈呈現 2/3 學生位於全系前 1/3 區間，1/3 學生落於中間。
- 因自主學習專題為選修，學生的表現有一定程度可以解讀為吸引學習動機強之學生加入此學習模式，無法武斷給予對學習有絕對幫助。但從多元教學的角度來看，此教學模式建立正是對自主學習動機強的學生，提供一個有效協助他們學習與成長的管道。

7.2 團隊合作解題行為特質與課程教學活動之應用

從團隊合作解題行為實驗之研究，初步成果可以做為課程中對團隊合作之觀察參考，同時也提供教學活動相關建議。相關結論與建議如下：

- 在團隊合作中，團員間的默契是基於他們對團隊解題合作的習慣，與彼此間的熟悉程度關係不大。因此在課程中要進行的專題、作業難度若不高，可以考慮採期初與期中皆進行分組，讓學生可以習慣團隊合作方式。
- 團隊成員之思考風格差異越大越佳，如此可以避免相同型態成員過於集中單角度問題之思考。因此可以適當利用思考風格量表對學生施測，並藉此做為分組之依據。
- 在團隊解題過程中，成員間彼此互動關係扮演角色。此部份與思考風格關係較弱，而是必須有相對的溝通技巧與能力。
- 在團隊解題過程中，合理的創意解題流程對個別學生學習亦相當重要。若學生掌握合理的流程，較容易掌握解題節奏，而不會造成少數成員決定團隊成果之狀況。因此在團隊

合作解題工作開始前可以適當說明問題解決合理的程序與應注意事項。

- 團隊型式的教學活動，有利於學生建立合作解題的溝通互動的學習，宜應多從低年級開始，在課程中多加應用。

參考文獻

- Adams, V., Burger, S., Crawford, K., & Setter, R. (2018). Can you escape? Creating an escape room to facilitate active learning. *Journal for Nurses in Professional development*, 34(2), E1-E5.
- Anderson, L. W. and Krathwohl, D. R. (Eds). (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A revision of Bloom's taxonomy of education objectives*. N.Y.: Addison Wesley Longman, Inc.
- Atman, C. J., Chimka, J. R., Bursic, K. M., and Nachtmann, H. L. (1999). "A Comparison of Freshman and Senior Engineering Design Processes." *Design Studies*, 20(2), pp.131-152.
- Atman, C. J., Adams, R. S., Cardella, M. E., Turns, J., Mosborg, S., & Saleem, J. (2007). "Engineering Design Processes: A Comparison of Students and Expert Practitioners." *Journal of Engineering Education*, 96(4), pp. 359-379.
- Atman, C. J., Yasuhara, K., Adams, R. S., Barker, T. J., Turns, J., & Rhone, E. (2008). "Breadth in Problem Scoping: A Comparison of Freshman and Senior Engineering Students." *International Journal of Engineering Education*, 24(2), pp. 234-245.
- Barrows, H. S. (1996). "Problem-based Learning in Medicine and Beyond: A Brief Overview." *New Directions for Teaching and Learning*, 68, 3-11.
- Bloom, B.S., Englehart, M.D., Furst, E.J. et al. (1965) *Taxonomy of Educational Objectives: Handbook 1: Cognitive Domain*, New York: Longman.
- Bonwell, C. C. and Eison, J. A. (1991). *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom*. ASHE-ERIC Higher Education Report No. 1. Washington, D.C.: The George Washington University, School of Education and Human Development.
- Carberry, A. R., & McKenna, A. F. (2014). "Exploring Student Conceptions of Modeling and Modeling Uses in Engineering Design." *Journal of Engineering Education*, 103(1), pp. 77-91.
- Chang, P.-F., Tsai, S.-J., Chang, W.-L. (2009). "Exploring the Thinking Styles and Problem-Solving Preferences of Engineering Students in a Project-Based Design Course," International Conference on Technology Education in the Asia-Pacific Region (ICTE) 2009, Taipei.
- Esche, S. K. (2002) "Project-Based Learning (PBL) in a Course on Mechanisms and Machine Dynamics." *World Transactions on Engineering and Technology Education*, Vol.1, No.2, pp. 201-204.
- Fiore, S. M., Graesser, A., & Greiff, S. (2018). Collaborative problem-solving education for the twenty-first-century workforce. *Nature human behaviour*, 2(6), 367-369.
- Frankenberger, E., Badke-Schaub, P. and Birkhofer, H. (1998), *Designers, the Key to Successful Product Development*, Springer.
- Graesser, A., Kuo, B., & Liao, C. (2017). Complex Problem Solving in Assessments of Collaborative Problem Solving. *Journal of Intelligence*, 5(2), 10. doi:10.3390/jintelligence5020010
- Graesser, A. C., Fiore, S. M., Greiff, S., Andrews-Todd, J., Foltz, P. W., & Hesse, F. W. (2018). Advancing the science of collaborative problem solving. *psychological science in the public interest*, 19(2), 59-92.
- Griffin, P., & Care, E. (2015). The ATC21S method. In *Assessment and teaching of 21st Century Skills*. 3-33. Springer, Dordrecht.
- Hadim, H. A, Eshe, S. K. (2002). "Enhancing the Engineering Curriculum through Project-based Learning." 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Boston.
- Hesse, F., Care, E., Buder, J., Sassenberg, K., & Griffin, P. (2015). A framework for teachable collaborative problem solving skills. In *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 37-56). Springer, Dordrecht.
- Hilton, K.H. (2002), "A Relationship Between Thinking Styles and Design Degree Student Motivation", Centre of Learning and Teaching of Art and Design Conference: Enhancing curricula, London.
- Holec, H. (1981) *Autonomy and Foreign Language Learning*. Oxford: Pergamon
- Kittleson, J. M., & Southerland, S. A. (2004). "The role of discourse in group knowledge construction: A case study of engineering students." *Journal of Research in Science Teaching*, 41(3), pp. 267-293.
- Lindemann, U. (Ed.) (2003). *Human behaviour in Design—individuals, teams, tools*. Springer-Verlag, Berlin.
- Oliveri, M., Lawless, R., & Molloy, H. (2017). A Literature Review on Collaborative Problem Solving for College and Workforce Readiness. *ETS Research Report Series*, 2017(1), 1-27. doi: 10.1002/ets2.12133
- Pahl, G. and Beitz, W. (1997). *Konstruktionslehre*. 4th Ed., Springer Verlag, Berlin, pp. 58-67.
- Samuel, A. E., and Lewis, W. P. (1991). "Evaluation of Students' Strategies for Concept Application in Engineering Design". *Instructional Science*, 20(4), 311-329.

- Silva, A., Fontul, M. and Henriques, E. (2015) "Teaching design in the first years of a traditional mechanical engineering degree: methods, issues and future perspectives". *European Journal of Engineering Education*, Vol. 40, No. 1, pp.1–13.
- Sternberg, R.J. (1997). *Thinking Styles*. Cambridge University Press, Cambridge, 1997. 中譯本：斯特恩柏克，活用你的思考風格 薛絢譯，天下遠見，臺北，1999。
- Tsai, S.-J., Chang, P-F. and Yeh, T.L. (2007). "A study on the roles of the thinking styles in the design behaviors". International Conference on Design ICED 2007, Paris France, 29.08~31.08 2007.
- Tsai, S.-J., Yeh, T.L., Li, C.K., Wang, N.C. (2008). "Teaching Strategies for Design Realization in Engineering Design Education". International Conference on Engineering Education 2008. Pécs-Budapest, Hungary.
- Tsai, S.-J., Chang, P.-F., Chang, W.-L., Li, C.-K. and Huang, G.-L. (2009). "Exploring the Problem-Solving Styles of Freshmen from a Hands-on oriented Course". International Conference on Engineering Education 2009, 24-28 August 2009, Seoul, Korea.
- 張佩芬、蔡錫錚、張琬琳、林妙真 (2009) 探究國內大一學生思考風格與問題解決歷程之關係。台灣心理學會第 48 屆年會，台北。
- 洪明瑄、張佩芬、楊接期 (2019)，以合作型問題解決模式之實作課程探究一般生與在職生之差異。TANET 2019-臺灣網際網路研討會，高雄市國立中山大學。
- 葉則亮、蔡錫錚、張佩芬(2009) 基於多樣化思考心理型態之工程設計教學策略之研究。國科會成果報告。
- 蔡錫錚、林秀芬、葉則亮 (2006)。設計者思考風格與設計行為關連性之研究初探。研討會主題。第九屆全國機構與機器設計學術研討會暨 2006 年海峽兩岸機構學學術研討會，台灣高雄正修科技大學。
- 蔡錫錚、李建寬、張佩芬、葉則亮(2009)。設計新手之設計行為特質。第十二屆全國機構與機器設計學術研討會。中正大學，嘉義。

附件

A.1 「創意設計」自主學習專題

A.1.1 機構概念創作課程

(1) 課程大綱

- 單元一 FischerTechnik 簡介：發展、實習組件內容、實作說明規定與進行方式
- 單元二 FischerTechnik 基本操作：目的、基本零件、基本組裝技巧、零件表
- 單元三 連桿機構：目的、原理、操作練習
- 單元四 基本傳動機構組合練習：目的、凸輪機構原理、鏈條傳動原理、齒輪基本構件與原理、基本齒輪機構、操作範例、操作練習、綜合練習(起重機)
- 單元五 電控模組操作練習：目的、感應器、Flip-Flop 控制模組、組合練習
- 單元六 ROBO PRO 圖控軟體：目的、ROBO PRO 介紹、操作練習
- 單元七 遙控車：目的、設計任務、可利用元件說明
- 單元八 自走機器人：目的、設計任務、原理與策略、操作練習、注意事項

(2) 問卷評量結果

	事實知識	概念知識	程序知識	後設認知	109-1 評量	110-1 評量
1. 我在接觸這門課的 Fischertechnik 和內容之前，已經瞭解各種主要機構元件：連桿、齒輪、凸輪的大概原理。		瞭解			4.09	4.14
2. 我和夥伴可以按照講義的說明，使用積木完成要求的機構組合			記憶		4.5	4.29
3. 我在根據講義完成練習案例後，可以當場清楚瞭解該類型機構(如各種連桿、齒輪與凸輪機構)的運動原理。		應用			4.5	4.71
4. 我在根據講義完成練習案例後，會對該類型機構產生一些應用的想法。(註：不需要是否具備可行性)		應用			4.08	4.14
5. 我可以熟練使用 RoboPro 程式來達成控制機構的運動。	應用				4.33	4
6. 我在學習使用 RoboPro 程式控制機構後，可以掌握到機構運動的流程，對生活中各種控制裝置可以瞭解工作原理。	分析				4.33	4.14
1. 我認為競賽可以提高我在學習機構創作的動機，會促使我構思整合在課堂練習學到的各種機構元件，同時利用積木來實現我的想法。	創作				4.5	4.29
2. 在準備競賽車輛的製作過程中，我會自己想出機構的可行設計，來提供同組同學討論的參考。			創作		4.75	4.71
3. 在小組進行競賽車輛的製作過程中，我看到同學提出的機構設計，也會提出不同的設計想法來改進。			評鑑		4.67	4.57
4. 在進行競賽車輛的製作過程中，我會掌握到實際製作的方法，同時把它製作出來。			應用		4.33	4.43
5. 為了準備競賽，我在課後時間花出較多時間在製作車子，以能夠爭取較佳的成績。				應用	3.20	4.14
6. 在製作競賽車輛的過程中，我會很努力和同伴一起製作，因為我喜歡透過這樣過程來學到完整而且可以應用的專業知識。				評鑑	4.17	4.71
7. 在製作競賽車輛的過程中，如果遇到問題，我會鼓勵同組同學不要放棄，找到解答來完成作品。			創作		4	3.57
8. 在製作競賽車輛的過程中，我和同學會根據競賽的規則限制下，想出競賽獲勝的策略，並且實現可行設計。			應用		4.17	4.29
9. 在製作競賽車輛之前，我會感到興奮與期待，因為這是很有趣的工作，但是又沒有辦法確定自己會做出怎樣的產品，同時也不知道其他同學會做出甚麼作品和我們小組來競賽。				評鑑	4.5	4.57

	事實知識	概念知識	程序知識	後設認知	109-1 評量	110-1 評量
10. 就算是競賽結果不如預期，但我對自己做出來的競賽作品還是覺得很棒。				創作	4.33	4.43
1. 在課程結束後，我可以從這門課程可以瞭解到機構學中所介紹主要機構元件，如連桿機構、凸輪與齒輪機構的應用與原理。				瞭解	4.001	
2. 在課程結束後，我從這門課程中，可以瞭解到機構學中所探討機構扮演的運動轉換以及時序關係，也可以解釋作品中的要求的運動如何透過不同的機構來轉換。				分析	4.087	

A.1.2 麥克納機構概念創作課程

(1) 課程大綱

- 單元一全向運動車輛工作原理
- 單元二 Arduino 程式設計
- 單元三藍牙連線
- 單元四麥克納姆輪車組裝
- 單元五麥克納姆輪遙控車程式碼
- 單元六 APP inventor 程式

(2) 問卷評量結果

	事實知識	概念知識	程序知識	後設認知	109-2 評量
1. 我可以在網路上收集到很多有關 Arduino 的程式案例，並分享給同學。	應用				3.6
2. 我從找到 Arduino 案例中，會產生相當多的想法。(註：不需要是否具備可行性)	應用		記憶		3.67
3. 我在老師、助教講解麥克納姆輪遙控車原理與做法之後，可以理解其中原理，並且很快地順利將遙控車完成。		瞭解			4.196
4. 為了準備競賽，我在課後時間花出較多時間在製作車子，以能夠爭取較佳的成績。				瞭解	3.733
5. 就算是競賽結果不如預期，但我對自己做出來的競賽作品還是覺得很棒。				評鑑	4.204
6. 在製作期中的遙控車或是改造競賽用的車子，我會很努力參與小組的製作，因為我喜歡透過這樣過程來學到完整而且可以應用的專業知識。				分析	4.134
8. 在製作麥克納姆輪遙控車競賽車輛的過程中，我和同學會根據競賽的規則限制下，想出競賽獲勝的策略，並且實現可行設計。			創作		4.204
9. 在製作麥克納姆輪遙控車競賽車輛的過程中，我和同學會互相鼓勵，共同面對問題來解決，最後一起做出成品。			創作		4.196
10. 在製作競賽車輛之前，我會感到興奮與期待，因為這工作是很有趣，但是又沒有辦法確定自己會做出怎樣的的作品，同時也不知道其他同學會做出甚麼作品和我們小組來競賽。				分析	4.396
11. 在進行準備麥克納姆輪遙控車競賽車輛設計的過程中，我會自己想出機構的可行設計，來提供小組同學討論的參考。			應用		3.865

12. 在製作競賽車輛的過程中，如果遇到問題，我會鼓勵同組同學不要放棄，找到解答來完成作品。			創作	4.07
13. 在小組進行車輛設計過程中，我看到同學提出的設計，也會提出不同的設計想法來改進。			應用	4.0
14. 在小組進行遙控車的製作過程中，我會掌握到實際製作的方法，同時把它製作出來。			分析	4.0
16. 在課程結束後，我從這門課程中，可以瞭解到麥克納姆輪的運動關係，Arduino 控制板程式控制，App 寫作，以及機構的運動轉換。在以後可以更有自信完成類似的作品。			評鑑	4.067
17. 在課程結束後，我學會如何使用數位加工設備，如雷射切割機，來實現自己的想法。			應用	4.067

A.2 「智慧化生產系統」自主學習專題

A.1.1 FESTO 智慧工廠設備配置、製程與組裝產品

「FESTO 智慧工廠」：係與德國 FESTO 公司合作，引進具備完整虛實融合生產系統之智慧工廠做為發展智慧製造教學與研究之用。此設備係針對電子資訊產品組裝為主的混線生產系統，包括以線狀輸送模組與搭配 AGV 分散式輸送等兩種主要物流處理型式，以及各種不同功能之工作站，相關工作站配置如圖 A1(右)，各站分別會對應智慧化產線中主要之技術，如自動光學檢測(AOI, 站 5)或 PID 控制(站 7)。智慧工廠架構上以模組化建構，亦可以靈活變化產線以滿足不同生產目標。設備除硬體外，亦包括 MES 軟體、AGV 管理軟體、系統模擬軟體 CIROS。此系統可透過 OPC UA 介面與 SAP MES 軟體聯結，執行完整之生產系統管理與控制。而產線產品係將裝有保險絲之電路板安放於一盒中，其生產流程如圖 A1(左)所示。為能在輸送帶上傳送，使用如圖 A2(左)之工作小車與托盤，而組裝產品如右圖所示。原廠依保險絲組裝之數目與位置，可以區分出四種產品變體。

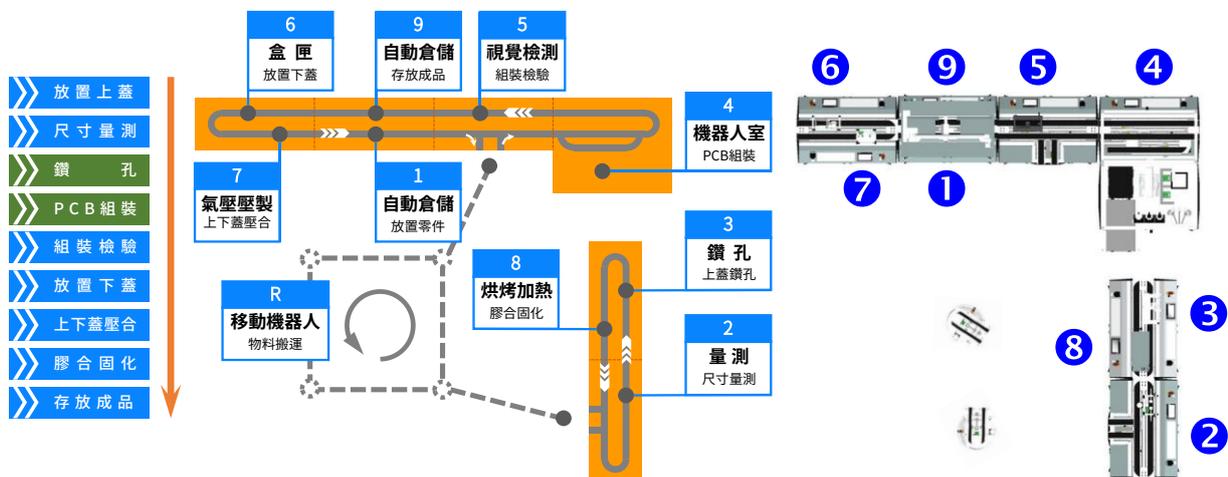


圖 A1 FESTO 智慧工廠生產流程與工作模組

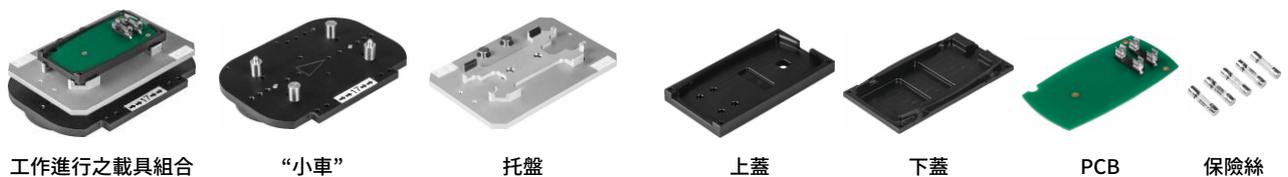


圖 A2 FESTO 產線工作運送組合(左)，與組裝產品元件(右)

A.1.2 問卷評量結果

由於 109-2 課程受到疫情影響，實作無法進行，因此無法進行適當評量。以下為 109-1 與 110-1 之問卷結果整理。

	事實 知識	概念 知識	程序 知識	後設 認知	109-1 評量	110-1 評量
一、課程學習狀況自我評量						
1. 我在接觸這門課之前，已經瞭解智慧製造主要的基本概念，包括知道它的目標、架構、運作原理等。		瞭解			3.78	3.44
2. 在助教實機講解後，我可以按照說明以手動模式設定來操作 FESTO 設備。			應用		4.22	4.56
3. 我在老師講解說明，以及助教實機實作教學後，可以當場清楚瞭解 FESTO CP-Factory 的運動原理。			應用		4.11	4.44
4. 我在上完課後，從 FESTO 的工作站工作方式，可以瞭解氣壓系統與控制方式。		應用			--	4.22
5. 我在上完課後，從 FESTO 的工作站工作方式，可以瞭解系統中各種感測器的運作目的、原理與方式，如 RFID、光纖感測器、氣壓缸近接感測測器等。		應用			--	4.11
二、實作反思						
1. 我認為針對 FESTO 系統現況的改造，雖然是一個蠻大的挑戰。但是可以提高我在學習智慧機械的動機，這會促使我構思與整合未來要學到的各種必須的理論、技術，同時也可以透過改造 FESTO 設備與製程來實現我的想法。	創作				--	4.56
2. 在準備這學期實作成果的過程中，我會自己想出可行設計，來提供同組同學討論的參考。			創作		--	4.44
3. 在小組進行成果的製作過程中，我看到同學提出的設計或構想，也會提出不同的想法來改進。			評鑑		--	4.56
4. 在進行產品/夾爪的設計過程中，我會掌握到實際製造的方法。			應用		--	4.11
5. 為了準備實作成品，我在課後會花出較多時間來準備，以能夠獲得更好的成果。				應用	--	4.44
6. 在完成實作成品的過程中，我會很努力和同伴一起討論與製作，因為我喜歡透過這樣過程來學到完整而且可以應用的專業知識。	2			評鑑	4.78	4.78
7. 在完成實作成品的過程中，如果遇到問題，我會鼓勵同組同學不要放棄，找到解答來完成作品。	3		創作		4.56	4.33
8. 在實作成品的過程中，我和同學會根據系統的限制條件，想出對應的規劃策略，並且實現可行設計。	X		應用		--	4.56
9. 在完成實作成品之前，我會感到興奮與期待，因為這是很具挑戰也有趣的工作，而且也是沒有辦法可以確定會做出怎樣的成品。	X			評鑑	--	4.22
10. 在實作成品過程中，我都抱持著就算是結果不如預期，但我對自己做出來的作品還是覺得很棒。	X			創作	--	4.22
11. 我認為以分組實作可以幫助我學習相關系統元件的知識與原理					4.89	--
機構組立組						
1. 我認為這個專題可以提高我在學習自動化機構與結構元件的動機，會促使我透過實作來瞭解主要元件、結構設計、以及組裝、加工注意事項。					4.67	
2. 我在專題製作過程中，我能夠在助教的指導下，自己可以獨立順利完成輸送帶與機架的的組裝。					4.33	
3. 我在專題製作過程中，我能夠在助教指導下，透過實作掌握到自動化機構基本設計方式與加工、組裝要注意事項。					4.33	
檢驗模組設計組						

	事實 知識	概念 知識	程序 知識	後設 認知	109-1 評量	110-1 評量
1. 我選擇這專題製作，是因為這是很有趣的工作，但是又沒有辦法事先確定自己會做出怎樣的結果。					5	
2. 我認為這個專題可以提高我在學習機構創作的動機，會促使我構思如何利用簡單的想法來完成目標。同時也可以使用機械製圖軟體來具體實現我的想法。					4.67	
3. 我在專題製作過程中，我會自己想出機構的可行設計，來提供同組同學討論的參考。					4.33	
4. 我在專題製作過程中，我能夠理解老師或助教的建議，想出模組機構的修改方案，和同組同學進一步討論出合理的設計。					4.0	
5. 我在專題製作過程中，我能夠掌握到製圖軟體 Inventor 的方法，完成設計。					3.67	
三、電控元件組						
1. 我認為這個專題可以提高我在學習控制元件的動機，會促使我透過實作來瞭解各種氣壓元件、控制裝置、感測器，同時也學習到氣壓迴路的構成。					4.33	
2. 我在專題製作過程中，我能夠在助教的指導下，自己可以獨立順利完成氣壓迴路的的組裝。					3.67	
3. 我在專題製作過程中，我能夠透過實作掌握到氣壓迴路控制方法與控制邏輯。					3.67	