

# 教育部 108 年度大專校院教學實踐研究計畫

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：PEE1080287

學門專案分類/Division：工程學門

執行期間/Funding Period：2019.08.01 ~ 2020.07.31

## 專題導向學習方法 PBL 應用於 3D 列印課程 教學成效之研究

Research on Project-Based Learning in 3D Printing course

課程名稱 /Course Name：

快速成型加工與實習 Rapid Prototyping and Practise

計畫主持人(Principal Investigator)：藍翔耀 Lan Hsiang-Yao

共同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：

中華科技大學機械工程系 China University of Science and Technology

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2022 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2020.08.29

## 108教學實踐研究計畫成果報告

### 摘要

近年來「3D 列印技術」被全球各大傳播媒體炒得火紅，相關應用技術也愈來愈多、愈來愈廣。學生上課理應更有興趣、更加投入才對，然而在基礎原理課程講授時有聽的同學已經不多，於機台實作時，同學更缺乏興趣。

如何經由翻轉教學，教材、教具的研發，以提高學生的學習效率，經由「3D 列印技術」的學習落實創客教育、創客自造，發展智慧自造，促使產業加值是當務之急。本計畫將以坊間最多的「塑料擠出製程 3D 列印機台」為例，透過「專題導向學習方法」，將整台機器的結構分成「機電控制板組成、步進馬達測試、送料機構模組、噴頭模組、皮帶拉緊裝置、控制程式修改」六大部分，分別研製一套教具，分組合作學習，透過問題或情境誘發學生思考，建立學習目標。讓同學從一個簡單的小零件學起，而且零件「都是生活中隨手可得的」，經由「創意組合」，讓小零件發揮大功能，讓同學感受到「一點都不困難，我也可以」，來引發學習動機並建立自信心。

由「做中學」，同學能實際摸到「3D 列印的基本原理與機台模組組裝」。掌握了 3D 列印的關鍵技術，就不必再擔心機台故障、噴頭賭塞，因為那都可迎刃而解。有了自信心並體會到「一點都不困難，我也可以」後，當可從「塑料擠出製程 3D 列印機」進化到其他應用領域或商業機種，落實創客教育、創客自造，促使產業增值，增加經濟效益。

關鍵詞：3D 列印、創客教育、翻轉教學、專題導向學習、做中學

### Abstract

In recent years, 3D printing technology is very popular, related application technology is becoming more and more extensive. However, students' interest in learning is just as low. How to improve students' learning efficiency through flip teaching, through "3D printing technology" to implement maker education, the development of maker movement, to promote industrial value is an urgent task.

This research will take the largest number of "plastic extrusion process 3D Printer" as an example. By the "Project-Base Learning", the whole machine structure is divided into "electronic Control system, stepper motor testing, feeding mechanism system, nozzle module, belt tightening device, control program modification" six parts, Development of a set of teaching aids, Group Cooperative learning, Through the "creative combination", so that small parts play a large role, to arouse learning motivation and build self-confidence.

By learning by doing, students can actually touch the basic principle of 3D printing and Machine module assembly. Master the key technology of 3D printing, you do not have to worry about machine failure, nozzle gambling Plug and other issues. Because those problems can be solved. When confidence is established and it is realized that "it is not difficult at all, I can" evolve from "plastic extrusion process 3D printer" to other applications, the implementation of maker education, the development of maker movement, to promote industry value, increase economic efficiency.

Keywords: 3D printing, Maker Education, Flipped Learning, Project-Based Learning, Learning by doing.

## 目 錄

摘要.....	ii
Abstract .....	ii
一、研究動機與目的(Research Motive and Purpose) .....	1
二、文獻探討 (Literature Review).....	2
三、研究問題 (Research Question).....	3
四、研究設計與方法 (Research Methodology).....	3
(一) 研究架構.....	3
(二) 研究設計.....	4
(三) 研究範圍.....	5
(四) 研究對象.....	5
(五) 研究方法.....	5
五、教學暨研究成果 (Teaching and Research Outcomes) .....	6
(一) 教具製作.....	6
(二) PBL 教學分組實作照片.....	10
(三) PBL 教學後課餘實務應用.....	13
(四) 教具於高職分享.....	15
(五) 研究成果.....	16
六、建議與省思 (Recommendations and Reflections).....	19
(一)教學省思.....	19
(二)教學建議.....	19
參考文獻 (References).....	20
附件 (Appendix).....	21
1. 課程學習成效與滿意度評量表.....	21
2. 小組學習成效評量表.....	22

## 一、研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

### 1. 研究動機

3D 列印 (3D printing)，又稱為積層製造 (Additive Manufacturing, AM)，或加法製造，是一種使用材料增加的層加工方式來進行，從 2D 的薄片一層一層的堆疊而成為 3D 的物體。經濟學人雜誌認為「3D 列印是將製造由工廠下放到個人化，將掀起第三次工業革命」。

現今各國從政府與學校單位，均積極推動創客自造、創客教育等翻轉教學，讓創意可視化，並發展文化創意、創意設計等激發年經學子的創意，活絡智慧自造，促使產業加值，增加經濟效益。

近年來「3D 列印技術」被全球各大傳播媒體炒得火紅，相關應用技術也愈來愈多、愈來愈廣。在上述各項優越條件下，學生上課理應更有興趣、更加投入才對，然而在基礎原理課程講授時有聽的同學已經不多，於機台實作時，同學都停留在課桌上，機器也都孤獨的荒廢在那，學生學習意願低落。本研究計畫在如何運用專題導向學習方法 (project-based learning, 簡稱 PBL)，輔以自製研發教具，誘發學生的學習動機，由實作中建立基本知識與自信心，主動學習甚或知識回饋、分享學習生果，提高學習的效率與問題解決的能力。

技職學生最大的特色就是「具有實作的能力」，而 3D 列印的機台構造簡單應用又廣泛，只要能了解 3D 列印的基本原理，對技職的學生而言，應當有足夠的能力組裝一台標準 3D 列印機，甚或進階改裝應用到其他領域的 3D 列印，舉凡食物列印、生醫工程、醫療輔具等等。而且 3D 列印機台輕巧，可以做到「客廳即工廠」，深入到每一個家庭，實現每一個孩子無限的創意，發現創客自造，人人即工廠，活絡智慧自造，促使產業加值，增加經濟效益。

### 2. 研究目的

本研究基於上述研究動機，對大學部「3D 列印技術」課程，實施專題導向學習 (project-based learning, 簡稱 PBL) 之教學實驗策略，但因 3D 列印的商業機種很多，選擇以坊間最多的「塑料擠出製程 3D 列印機台」為例，探討 PBL 教學模式，對大學部 3D 列印課程學習成效之影響。總合其研究目的如下：

- (1) 探討專題導向學習與傳統教學策略，對於「3D 列印塑料擠出製程技術」課程學習態度的影響。
- (2) 探討專題導向學習與傳統教學策略，對於「3D 列印塑料擠出製程技術」課程學習成就的影響。
- (3) 探討專題導向學習與傳統教學策略，對於「3D 列印塑料擠出製程技術」課程，學生實務技能的影響。

## 二、文獻探討 (Literature Review)

教育部 106 年度施政方針第九條指出「推動前瞻教育，培養學生問題解決、生活美學、知識累積、跨科整合、多元創新及團隊合作」等六大前瞻能力，因此各級學校為了實踐教育部的施政方針，近年來問題導向學習 (problem-based learning, PBL) 或專題導向學習 (project-based learning, PBL)，成為許多學者積極投入的研究，PBL 也成為當下火紅的教學策略。

學者 (計惠卿、張杏妃, 2001) 指出 PBL 教學策略是一種以學生為中心的教學策略和學習過程，教師居於從旁輔導的角色，文中亦提到 PBL 的理論基礎有建構主義、情境學習以及合作學習。(張民杰, 2003; 陳銘偉, 2004; 陳毓凱, 2005) 在研究中指出 PBL 教學可以培養學生小組合作與自我導向學習的能力。學者(陳毓凱、洪振方, 2007)指出，在合作學習的過程中學生不再是被動的聆聽者，在學習的過程中學生須主動的參與並與他人溝通交流、討論、分享概念，反思進而修正調整施行方法。

另外，學者(陳毓凱、洪振方, 2007)在研究中指出，在 Dewey 的教育哲學觀裡，學生學習的最好方式乃藉由「做中學」(learning by doing)，學生對於學科的學習不僅侷限於知識的學習，同時也應學習過程和方法，文中亦指出專題導向學習與「做中學」的思維有異曲同工之趣，但其意也並非意指專題導向學習僅著重於動手做，而是希望學習者可經由動手做的過程中，來體會並主動建構所需的知識，且專題導向式的學習，除了可讓學習者學習知識外，並能將所學習的知識應用在課堂外之生活情境。

綜合學者(陳毓凱、洪振方, 2007)在作「問題導向與專題導向學習」兩種教學模式研究的比較：

	問題導向學習	專題導向學習
相異處	學習的內涵是以問題為中心，由問題當作學習的出發點進而追求解決問題所需的相關知識與技能。	學生在完成一個專題作品的前題下進行相關現象或變項的探索，藉以獲得知識與能力。
	讓學習者發現解決特定問題的解答或方法	較著重於讓學習者對一主題進行全盤探究性的研究
	結構模糊的問題，可能具有多種的解題策略與路徑	具有結構化的問題，讓學習者對相關的主題進行研究探索，當學習者獲得新的概念或技能後，可立即地被運用來幫助進行相關問題的應用
	較著重於尋求問題及解決的過程，在探索問題的選取上具有較高的自由度，因此較容易產生許多不同面向的學習產物。	聚焦在形成一個產品或結果
相同處	1. 都是以學習者為中心的學習歷程 2. 都強調小組式的學習型態，且強調融入學習社群的重要性 3. 學習者都能夠藉由反思的操作來重新擬定策略，並藉以精緻化整個學習歷程以及最終之產物 4. 都強調持續性評量，不僅只針對最終學習結果的評量，更著重於整個學習歷程的評量。	

### 三、研究問題 (Research Question)

本研究基於上述研究動機，對大學部「3D列印技術」課程，實施專題導向學習 (project-based learning, 簡稱PBL) 之教學實驗策略，想探究的問題有：

1. 專題導向學習對學生學習態度有何影響?
2. 專題導向學習與合作學習，對學生學習態度有何交互作用的影響?
3. 專題導向學習對學生學習成效有何影響?
4. 專題導向學習與合作學習，對學生學習成效有何交互作用的影響?
5. 專題導向學習對學生實務技能有何影響?
6. 專題導向學習與合作學習，對學生實務技能有何交互作用的影響?

### 四、研究設計與方法 (Research Methodology)

#### (一) 研究架構

本研究計畫以「3D 列印技術教學」為研究主題，但因 3D 列印的商業機種很多，選擇以坊間最多的「塑料擠出製程 3D 列印機台」為例，以「專題導向學習 project-based learning，簡稱 PBL」為教學方法。課程開始，先以傳統教學方式講授「塑料擠出製程 3D 列印」的相關知識與應用，隨後進行測驗，當作教學研究計畫之學前測驗，中間穿插 5 週其他 3D 列印的商業機種介紹，接著跟同學介紹何謂 PBL 教學，再以 PBL 教學策略，再進行一次 7 週的「塑料擠出製程 3D 列印」的教學，PBL 教學完畢再做一次學習成效評量，當作教學研究計畫之學後測驗，最後將量表所獲得的資料處理與分析，藉以瞭解 PBL 融入教學實習課程上的成效。其整體架構圖如圖 1 所示。

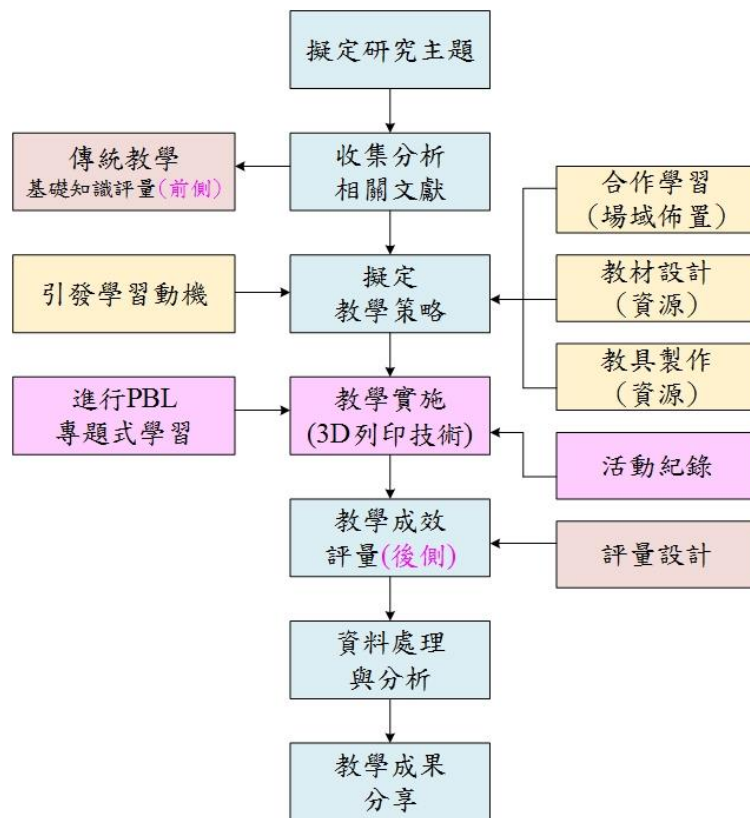


圖 1. 專題導向學習方法應用於 3D 列印技術教學之架構圖

## (二) 研究設計

- (1)本研究計畫以「3D 列印技術教學」為研究主題，但因 3D 列印的商業機種很多，選擇以坊間最多的「塑料擠出製程 3D 列印機台」為例，以較偏向實務型的專題導向 PBL 為教學策略。因為本系同年級招收 2 班，「一般機械組與動力機械組」各一班，且動力機械組招收的對象是以高職汽車科學生為主，因此兩班學生基礎知識相差太大，不適宜做為研究計畫之對照組。
- (2)研究設計上為了能分析比較教學成效，因此採用同一班學生，進行傳統教學與 PBL 教學模式的分析比較。
- (3)為了減少學習經驗累積的誤差，提升本計畫的效度，於兩項教學模式中間穿插其他 3D 列印商業機種的介紹(約 6 週)。
- (4)這段時間除了可以用時間差來中斷學生的學習記憶，減少學習誤差外，亦可利用這段時間做為 PBL 教學實驗時，研發自製的教材及教具的準備時間。

期盼經由 PBL 的教學模式，可以提升學生的學習動機、主動學習，由實作中建立知識與技能，經由合作學習，培養學生溝通表達、解決問題的能力，如圖 2 所示，其課程進度概要如表 1 所示。

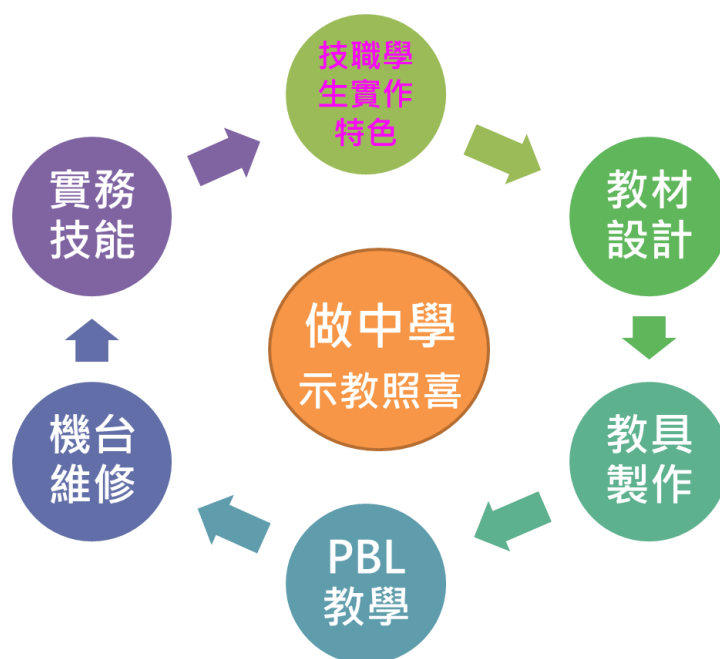


圖 2. 研究設計循環圖

表 1. 課程進度概要

週次	章節主題	備註	週次	章節主題	備註
1	計畫說明、 分組、 3D 列印概論		11	料擠出製程 (PBL 教學法 1)	模組 11
2-4	塑料擠出製程 (傳統教學法)	學前測驗	12	料擠出製程 (PBL 教學法 2)	模組 2
5	液態製程製程 1	傳統教學法 、 教具製作	13	料擠出製程 (PBL 教學法 3)	模組 3
6	液態製程製程 2		14	料擠出製程 (PBL 教學法 4)	模組 4
7	粉末燒結製程		15	料擠出製程 (PBL 教學法 5)	模組 5
8	3D 印刷製程		16	料擠出製程 (PBL 教學法 6)	模組 6
9	LOM 紙製程		17	PBL 分享、報告	
10	期中評量		18	期末評量	PBL 後測

### (三) 研究範圍

- (1)本研究設計的「PBL 專題導向學習」活動，所探討的範圍為大學部 3D 列印課程中，但因 3D 列印的商業機種很多，選擇以坊間最多的「塑料擠出製程 3D 列印機台」為例，以「專題導向學習」教學方法來誘發學生的學習動機。
- (2)當同學了解「塑料擠出製程 3D 列印機」的知識與技能後，當可順利將相關知識移轉至 3D 列印的其他商業機種

### (四) 研究對象

現今各國從政府與學校單位，均積極推動創客自造、創客教育等翻轉教學，讓創意可視化，並發展文化創意、創意設計等激發年經學子的創意，活絡智慧自造，促使產業加值，而「3D 列印技術」，是創客教育內容不可或缺的重要一環。因此本研究的研究對象為「機械工系」的大學部學生，期望由自行研發製作的教具，藉由「做中學」的理論，能誘發學生的學習興趣。由於教具製作數量無法讓同學一人一套，因此將同學 3-5 人分成一組，經由合作學習、互相探討，建立 3D 列印的基本知識與技能，最後各組各派 1 人作成果分享報告。

### (五) 研究方法

- (1)以準實驗研究法(quasi-experimental research method)。
- (2)對同一授課班級，於「塑料擠出製程 3D 列印」課程，採用教學前、後測驗比較。
- (3)輔以教學過程之動態評量紀錄來分析檢視教學成效，如表 2 所示。



表 2. 動態評量紀錄表

學習成效評量表				
	學習熱誠	相關概念的理解	知識的活用性	各模組組裝的熟悉度
機電控制板組成				
步徑馬達控制				
送料機構模組				
噴頭模組				
皮帶拉緊裝置				
控制程式修改				
學習成效分享				

## 五、教學暨研究成果 (Teaching and Research Outcomes)

本研究計畫以「3D 列印技術教學」為研究主題，但因 3D 列印的商業機種很多，選擇以坊間最多的「塑料擠出製程 3D 列印機台」為例，採用「專題導向學習」的教學策略，來誘發學生的學習動機。

為了達到更好的學習成效，因此本計畫將整台機器的結構分成「機電控制板組成、步進馬達測試、送料機構模組、噴頭模組、皮帶拉緊裝置、控制程式修改」六大部分，分別研製一套教具，分組合作學習。學習中讓同學從每一個已知且簡單的小零件學起，能讓同學感受「零件都是生活中隨處可得的小零件」，經由「創意組合」，讓小零件發揮大功能，讓同學體會到「一點都不困難，我也可以」，除了能提升學生的學習動機外更能建立自信心，學習到 3D 列印整體的關鍵技術與基本原理，落實「做中學，學中做」的教學理論。

### (一) 教具製作

在班上挑選上課認真、學習狀況較好的同學，利用課餘時間協助製作教具，這些同學在進行 PBL 教學時，也可做為分組合作學習的組長，誘導同學、合作學習。教具製作之照片如圖 3 所示。現在在教學中學生遇到問題，往往都不敢主動問老師，一來怕問的東西太淺被同學笑，也或許怕老師已講了幾次還不懂而被罵，因此往往由會的同儕來教導不會的同學，會得到較好的學習效果。

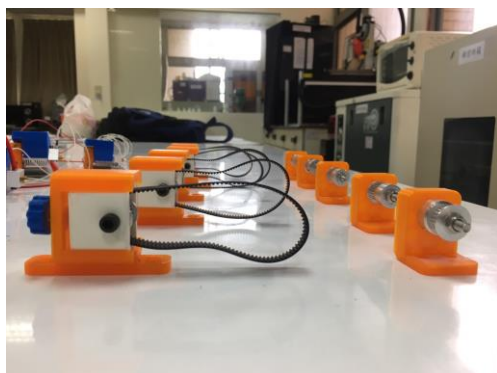
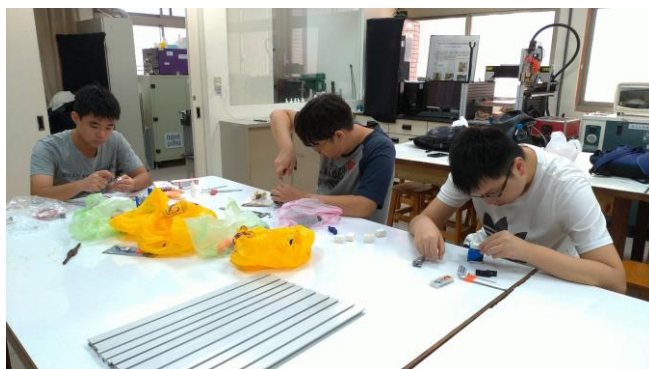


圖 3. 學生製作教具

### (1)機電控制板組成

機電控制零件包含有：電源控制器、步進馬達驅動器、RAMPS1.4 主機板、Arduino Mega 2560 控制板、LCD 面板驅動器、LCD 面板，如圖 4-5 所示。逐步講解如何透過各片板子來達到「人、電腦、機台」之間的溝通與控制。在課程中發現同學在插拔 IC 腳時，都有點怕怕的，經詢問後才知道同學是第一次實作 IC 腳位的插拔練習。



圖 4. 電控零件圖

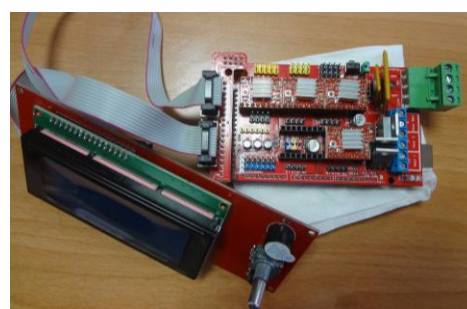


圖 5. 電控零件組裝完成完成圖

### (2)步進馬達測試

1. 將「RAMPS\_MotorTestCode.pde」測試程式燒入 Arduino Mega2560 板子內
2. 連接電源供應器，觀察馬達運轉是否正常
3. 若否，調整「A4988 步徑馬達控制器電壓調整扭」

在調整「A4988 步徑馬達控制器」時，一不小心很容易燒壞步徑馬達控制器，甚至於燒壞主機板，就有一位同學連續燒壞了好幾顆，一顆 80 元瞬間幾百元就燒了，不過還是鼓勵同學「用心體會」，找到「眉角」就會了，這也是一個難得的經驗。

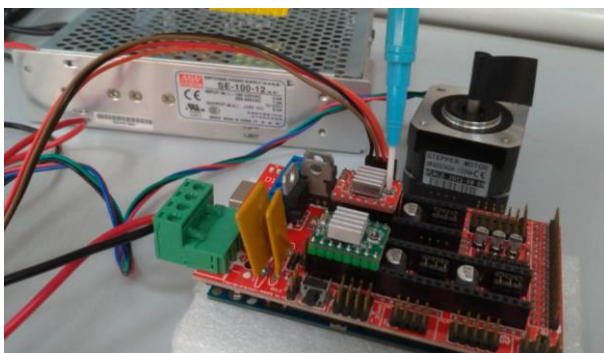


圖 6. 步進馬達測試

### (3)送料機構模組

3D 列印機的送料機構分成遠端送料與近端送料，於 3D 列印機台加工中，送料是否順利，是決定加工良率的關鍵因素之一。然而送料機構的**每一個零組件，都是生活中隨意可得的螺絲、螺帽等小零件，經由「創意組合」，能讓小零件發揮大功能，讓同學體會到「一點都不困難，我也可以」**，以提升學生的學習動機並建立自信心。

**為了學習的方便，把需要組裝的列印件都以不同的顏色來列印，讓同學在組裝時不會拿錯零件，因重複拆卸延誤時間而跟不上進度，因此降低學習興趣。**



送料機構零組件

活動件組立

送料機構組立

圖 7. 送料機構模組

### (4)噴頭模組

因為塑料擠出製程 3D 列印機所使用的材料，都為熱塑性塑膠材料，因此如何避免因塑膠線材於加工過程或加工完了冷卻後因塑膠材料的沾粘使噴頭堵塞，是決定加工良率的最重要的關鍵因素，因此包含噴頭的加熱、散熱片、風扇安裝都會具有影響，圖 8 為本研究設計的噴頭模組、風扇支架設計，能有效達到冷卻效果，並能快速裝卸。另外經由送「料機構模組」與「噴頭模組」的組合，將可輕易的完成 3D 列印機的「自動送料機構」，如圖 9 所示。



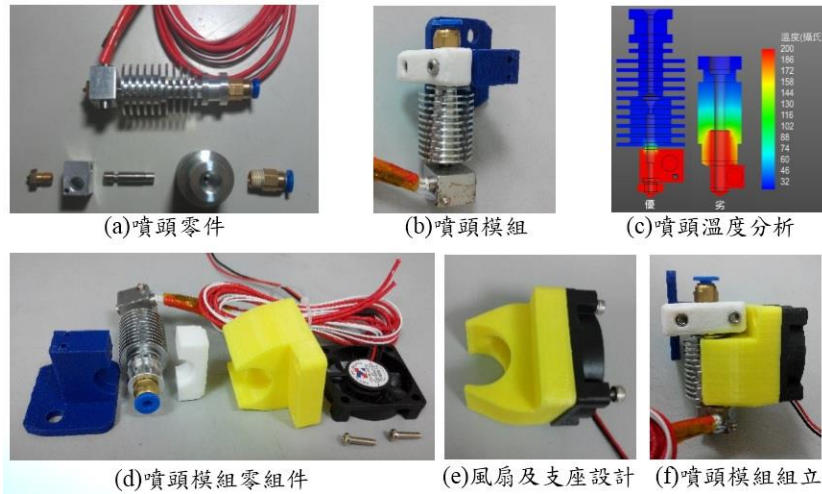


圖 8.噴頭模組



圖 9.自動送料機構

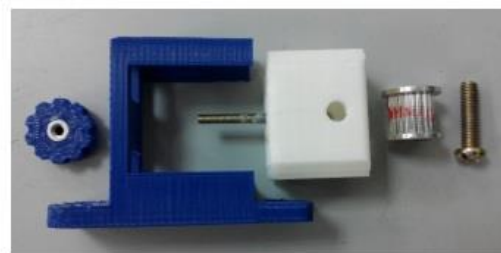
3D 列印機操作中，最容易產生故障的 2 個原因是「線材斷料、噴頭堵塞」，如果能學會「送料機構模組」與「噴頭模組」的拆裝，遇到「線材斷料」與「噴頭堵塞」時，自然能作故障排除，也能提振學生的自信心與學習興趣。

### (5)皮帶拉緊裝置

時歸皮帶是作為動力傳送最簡單、便宜且有效率的機構，但皮帶太鬆會產生滑步現象，而皮帶太緊會降低皮帶壽命外，因太大的拉力也會使 XY 軸機構運動不平順與產生噪音。如何簡單有效率的使傳動皮帶鬆緊適度，也是 3D 列印機台組裝的一門學問。本研究藉由簡單的螺絲與螺帽的神奇組合，製作出類似機械加工「鳩尾槽」與「加工平台移動」的功能，讓學生體驗 3D 列印機神奇的皮帶拉緊裝置，如圖 10 所示。



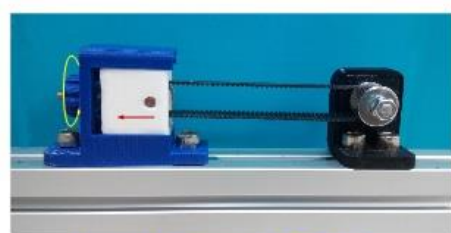
(a)傳統以彈簧夾式的拉緊裝置



(b)本研究設計之皮帶拉緊裝置零件



(c)皮帶鬆弛狀態



(d)旋轉螺帽 拉緊皮帶

圖 10. 皮帶拉緊裝置

## (6)控制程式修改

控制程式是 3D 列印機的心臟，有了它我們才能隨心所欲的控制機器，讓機器依設計圖完成我們所需要的工件。但是講到「控制程式」，同學可能都會嚇到，覺得很難，然而並不然，因為「塑料擠出製程 3D 列印機」，因其控制程式是屬於「開源式」，可以開放於網頁上自由下載，且機台專利技術都已到期，因此有興趣的人員均可自行下載使用，並不需要自己撰寫程式。程式下載後只需要將程式內用到的「控制板、加熱板、加熱床、噴頭組成、感測器」等電控零件的規格，修改成自己採購的型式即可，因此可說是「知難行易」，如果沒有藉課程教導同學修改使用，同學可能聽到控制程式就敬鬼神而遠之，錯過了很好的學習機會，如圖 11 所示。

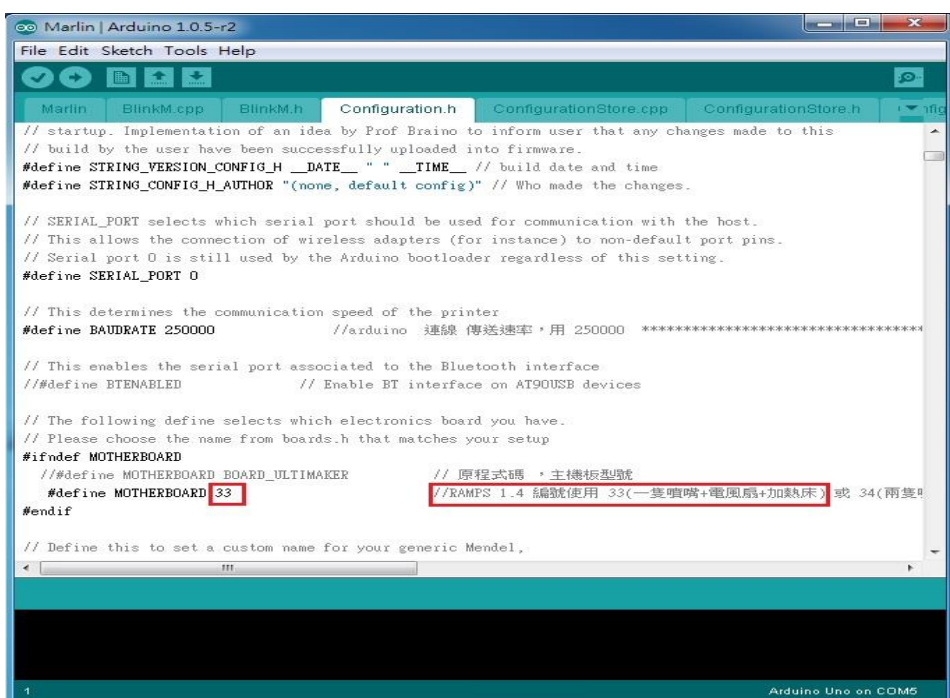


圖 11.marlin 程式修改

## (二) PBL 教學分組實作照片

PBL 分組合作學習之照片如圖 12-18 所示。因為課程是屬於小組實作課程，因此每位同學都有事做，課堂中同學就比較不會「趴在桌上睡覺」，組裝、資料查詢大家必須分工合作。

### (1) 模組 1：機電控制板實作教學

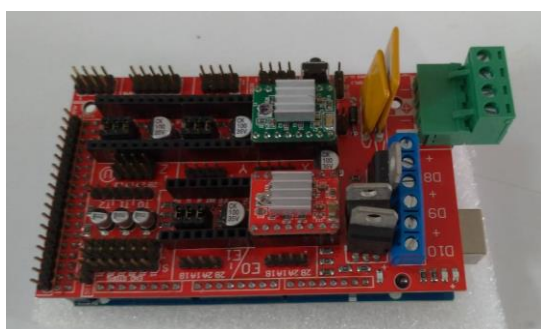


圖 12. 模組 1 機電控制板實作教學



**(2) 模組 2：步進馬達實作教學**



圖 13. 模組 2 步進馬達實作教學

**(3) 模組 3：送料機構模組實作教學**



圖 14. 模組 3 送料機構模組實作教學

**(4) 模組 4：噴頭模組實作教學**

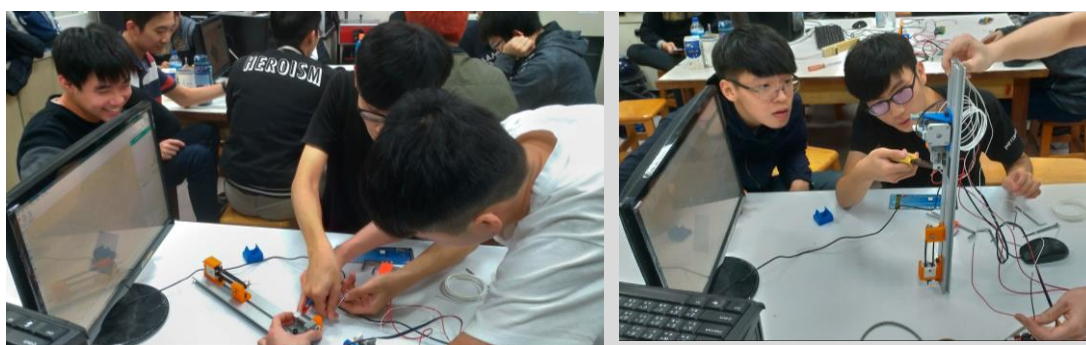


圖 15. 模組 4 噴頭模組實作教學

**(5) 模組 5：皮帶拉緊裝置實作教學**

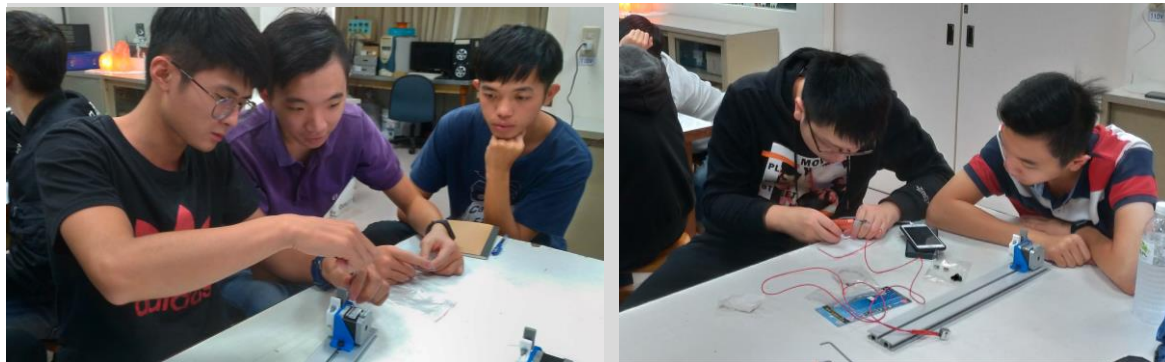


圖 14. 模組 6 皮帶拉緊裝置實作教學

**(6) 模組 6：控制程式修改實作教學**



圖 17. 模組 6 控制程式修改實作教學

**(7) PBL 討論與分享**



圖 18. PBL 討論與分享



(三) PBL 教學後課餘實務應用

(1)機台維修

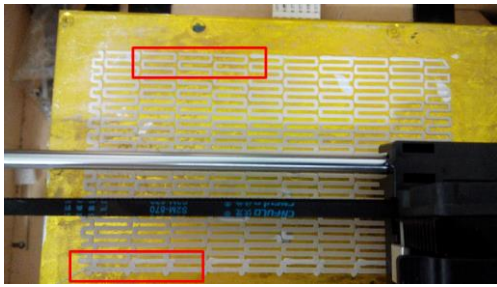


圖 19.第一層列印調整

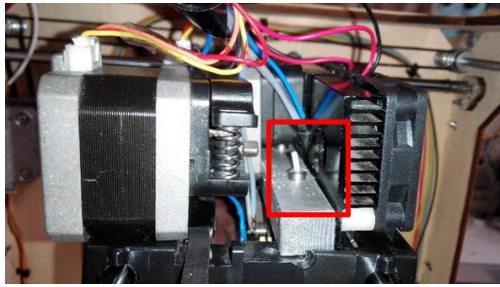


圖 20.線材斷裂維修

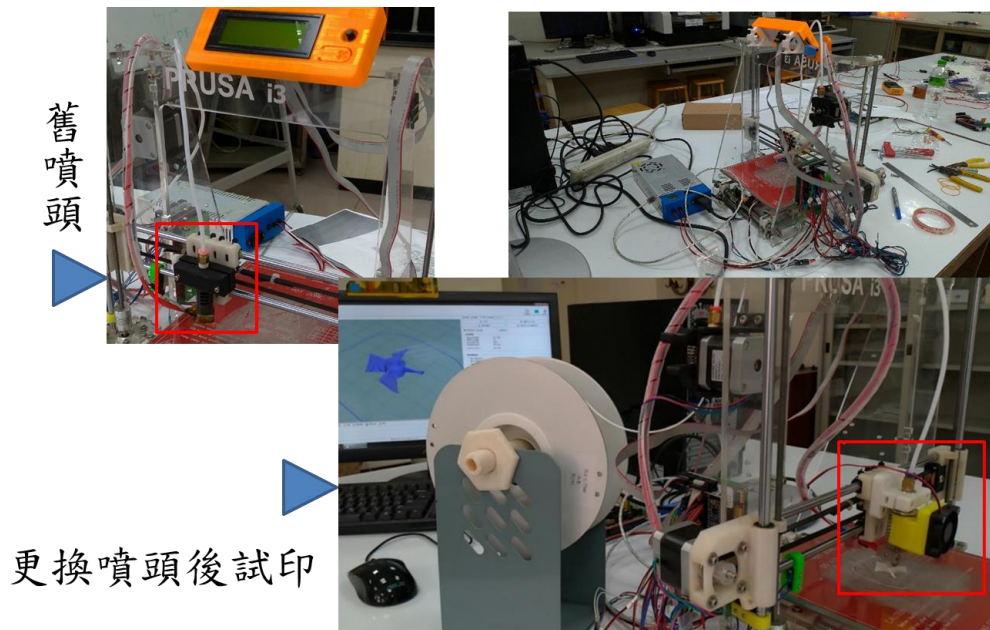


圖 21.機台維修--更換噴頭

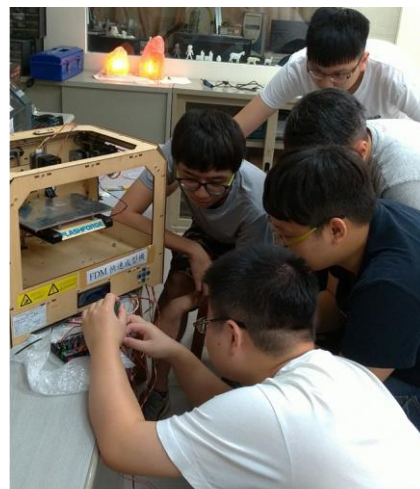
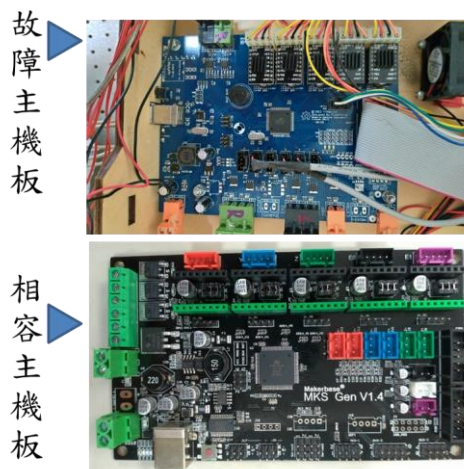
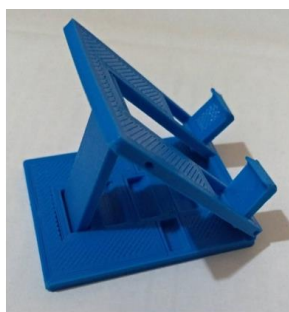


圖 22.機台維修--更換主機板



(2) 生活家用物維修



手機架

剪刀柄維修

圖 23. 課後實務應用--剪刀柄維修



鑰匙柄維修



曬衣桿維修

圖 24. 課後實務應用--曬衣桿維修

### (3) 專題製作：3D 列印霜淇淋

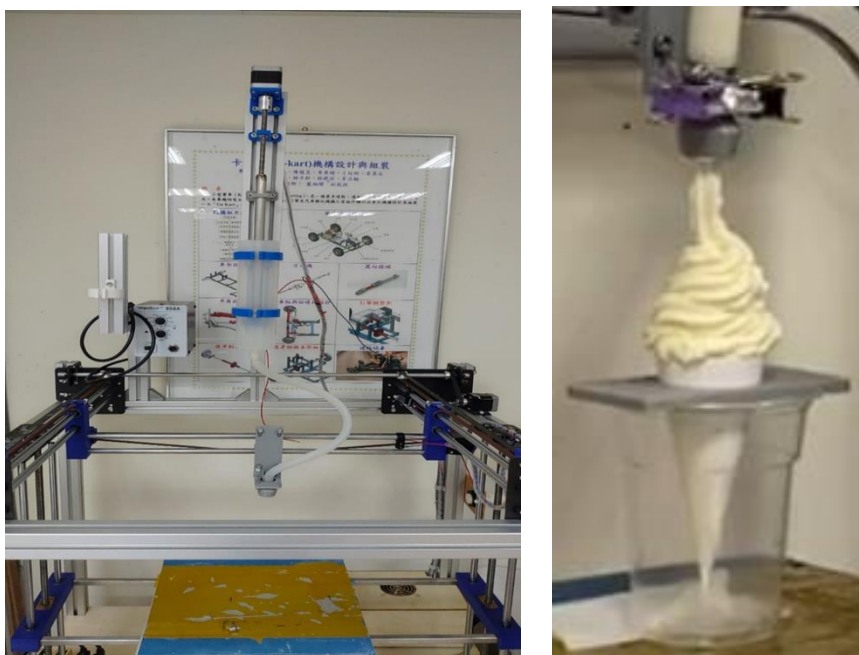


圖 25. 課後實務應用--專題製作：3D 列印霜淇淋  
(影片連結：<https://www.youtube.com/watch?v=4QtbmsHX38o>)

### (四) 教具於高職分享



圖 26. 合作高職分享

### (9) 校外參訪



圖 27. 校外參訪

### (五) 研究成果

為了驗證 PBL 教學成效，設計有「學習成效評量表」與「學習滿意度評量表」如附件 1、2。圖 28 所示為依學生「學習成效評量表」所作的統計分析；圖 29 為依學生「學習滿意度評量表」所作的統計分析，由圖 28、29 可知，每一問卷欄學生的滿意度都在 90-100%之間，可見本研究的教學方法，普遍獲得學生的認可。

學習成效評量

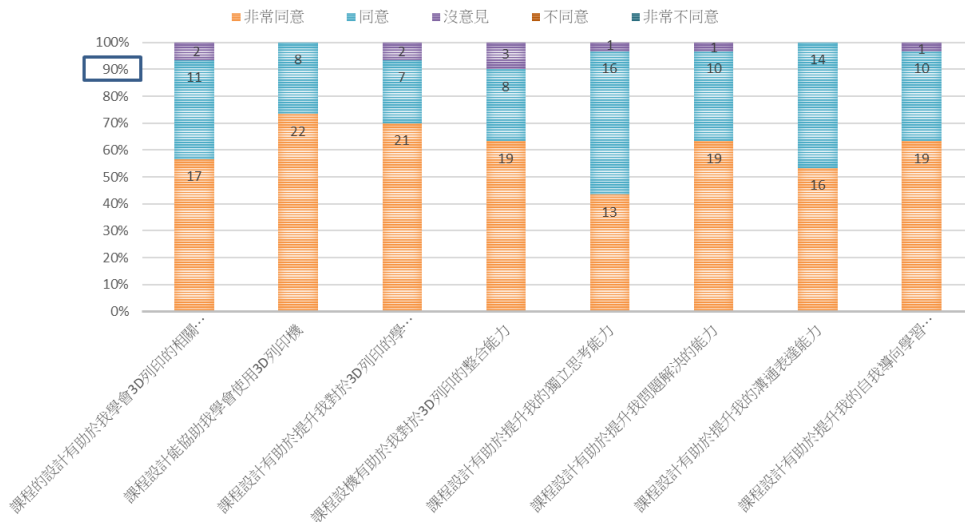


圖 28. 學習成效評量表統計分析

滿意度評量

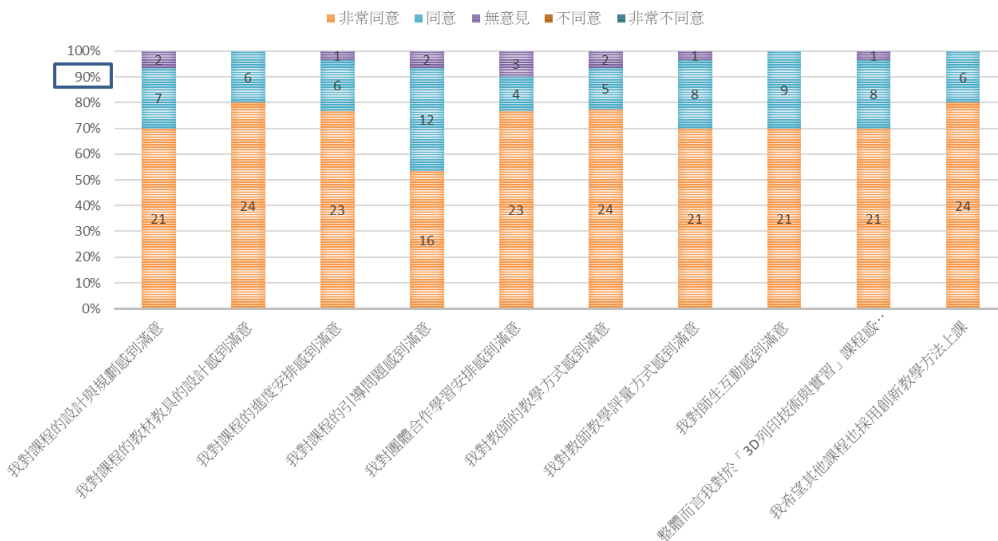


圖 29. 學習滿意度評量表統計分析

圖 30 是 30 位同學的「學習成效評量」平均分數，其中以**第二題**「課程設計能協助我學會使用 3D 列印機」一題，在滿分 5 分中，獲得平均 4.73 分的最高分，依次為**第三題**「課程設計有助於提升我對於 3D 列印的學習興趣與動機」的 4.63 分及**第六題**「課程設計有助於提升我問題解決的能力」的 4.60 分，這三題完全穩合本研究的目的提升「學生學習態度、學生學習成效、學生實務技能」。

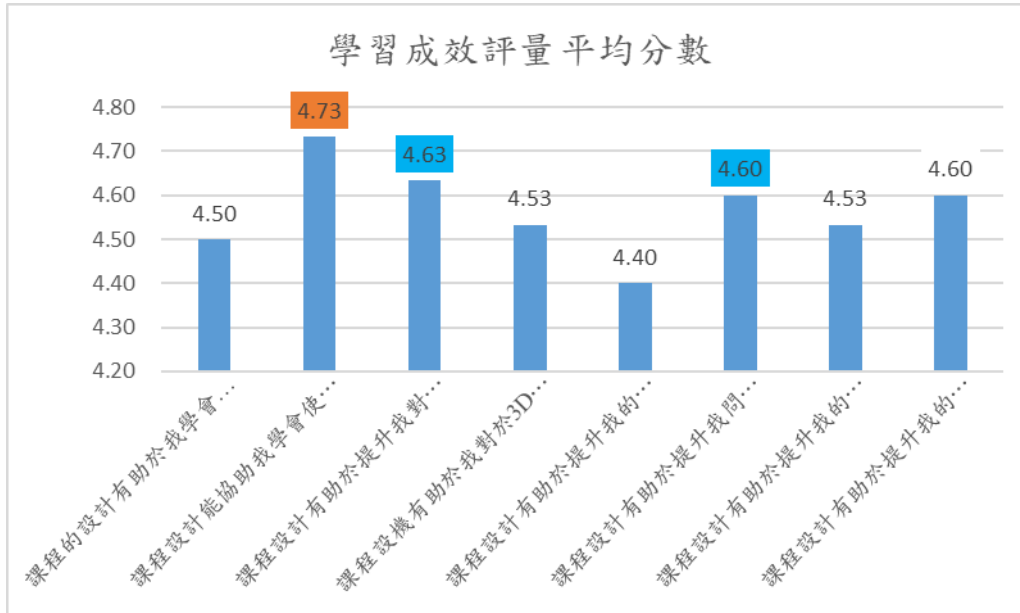


圖 30. 學習成效評量 平均分數 (滿分 5 分)

圖 31 是 30 位同學的「學習滿意度評量」平均分數，扣除**第八題**「我對教師的教學方式感到滿意」不計，在滿分 5 分中，以**第二題**「課程設計有助於提升我對於 3D 列印的學習興趣與動機」及**第十題**「我希望其他課程也採用創新教學方法上課」，均獲得平均 4.80 分的最高分，由此可證明「教材、教具的設計」及「PBL 教學」，有助於提升學生學習興趣與學習成效。

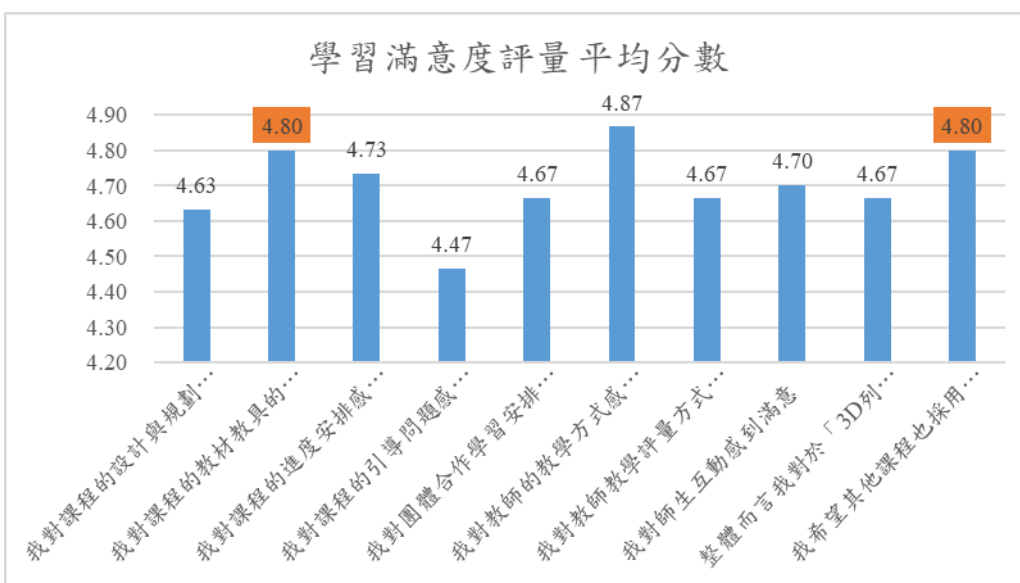


圖 31. 學習滿意度評量 平均分數 (滿分 5 分)



表 3 是本研究依據 PBL 教學前、後測驗結果所作的統計分析表，由表中可明顯看出，**不管「平均數、標準差、範圍、最小值、信賴度」等，都有明顯的改善。**

表 3. PBL 教學前、後測驗結果統計分析表

	平均數	中間值	眾數	標準差	峰度	偏態	範圍	最小值	最大值	總和	個數	信賴度 (95.0 %)
前測	<b>72.33</b>	73	80	<b>13.78</b>	0.71	-0.67	<b>60</b>	<b>35</b>	95	2170	30	5.15
後測	<b>80.87</b>	80	85	<b>7.03</b>	-0.85	0.25	<b>26</b>	<b>69</b>	95	2426	30	2.62

圖 32 是本研究依據 PBL 教學前、後測驗結果的統計分析所繪製的「直線圖」與「折線圖」的綜合比較圖，從分佈曲線圖，很明顯看出，PBL 教學後測結果，**「平均數明顯向右偏移約 9 分、圖形峰值也明顯變高陡、曲線分佈範圍也變窄了」。**

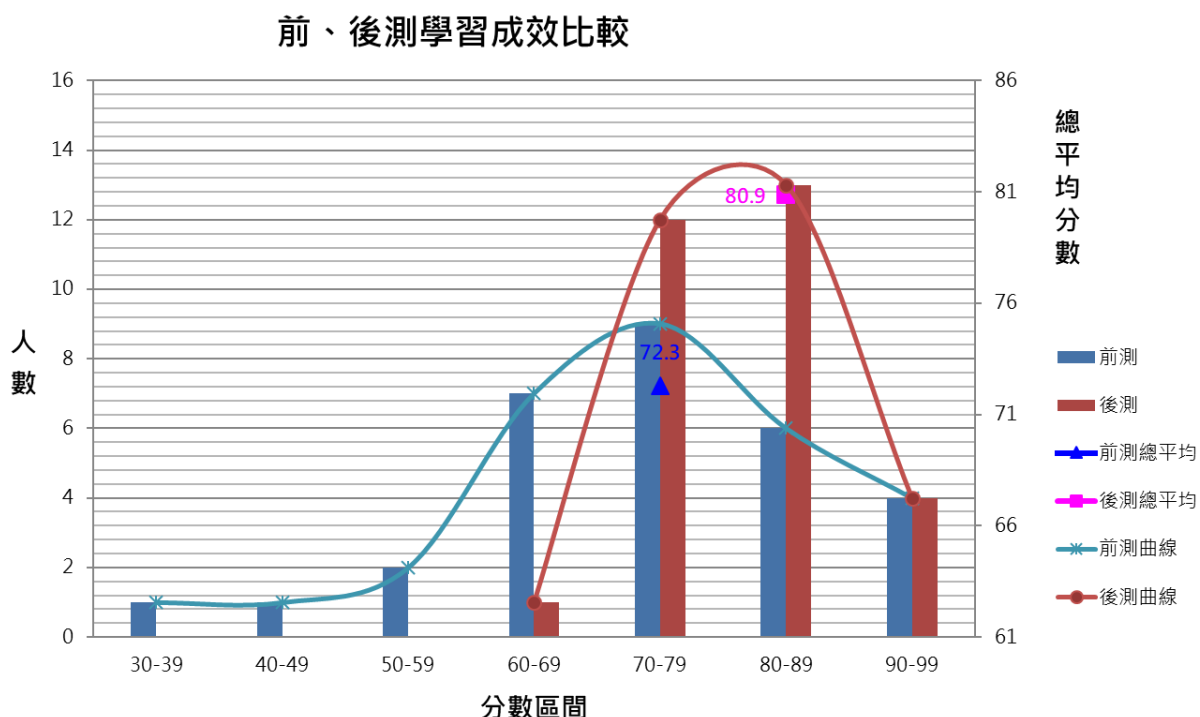


圖 32. PBL 教學前、後測驗結果分析比較 1

圖 33 是本研究依據 PBL 教學前、後測驗結果的統計分析所繪製的「百分比圓餅圖」的綜合比較圖，從圖中可知前測中有 13% 的學生不及格，而於 PBL 教學後測結果，「沒有不及格的學生」。

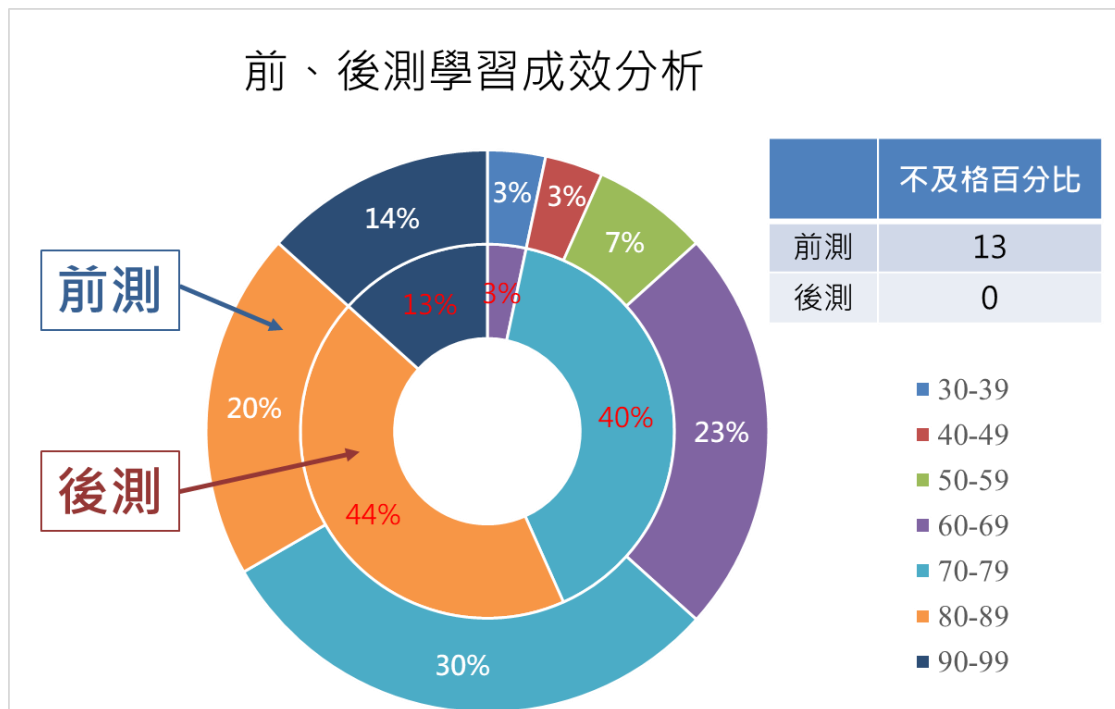


圖 33. PBL 教學前、後測驗結果分析比較 2

## 六、建議與省思 (Recommendations and Reflections)

### (一) 教學省思

- (1) 對於很多大專院校的老師而言，如何引起學生的學習興趣比本身專業知識還重要。課堂上若採用一成不變的教學方式，學生容易因習慣而失去專注力。
- (2) 發揮技職學生實作的強項，以「專題導向學習方法」，分組合作學習，經由教具的輔助，由「做中學」獲得的成就感對自己更有自信。
- (3) 從學生的學習反應、課餘實作及學習評量表綜合分析，PBL 能有效提升學生學習興趣。
- (4) 本計畫因系上生源關係，對同一班級做「傳統教學-前測」與「PBL 教學-後測」之學習成效分析，雖然中間穿插 6 週的其他教學，但 PBL 教學因實作關係佔有較多時數，是否影響分析結果。
- (5) 因課程內容關係，本計畫實施時將「業師」授課時段，安排在下學期，有點美中不足，無法一氣呵成連成一貫。

### (二) 教學建議

本計畫因研究所需，課程進度調整如下：

**傳統 FDM 機種教學** ⇨ **其他商業機種教學** ⇨ **PBL 對 FDM 機種教學**。

然實驗結果知：對於教學確有實質的幫助，因此對於後續相關課程可以調整成：

**PBL 對 FDM 機種教學** ⇨ **其他商業機種教學**，可以獲得舉一反三的效果。

## 參考文獻 (References)

- 1.教育部(2017)。教育部106年度施政方針。台北：教育部
- 2.張如慧(2017)。大學專題導向學習課程實施經驗：以臺東大學數位媒體與文教產業學系為例。臺灣教育評論月刊，6(1)，93-95。
- 3.計惠卿、張杏妃。2001。全方位的學習策略－問題導向學習的教學設計模式。教學科技與媒體，55，58－71。
- 4.張民杰(2003)。超學科統整模式之一--問題導向學習在國中九年一貫課程的設計與實施。新竹師院學報，17， 389-424
- 5.陳銘偉(2004)。問題本位學習教學模式對高職學生之合作學習與批判思考歷程與成效的研究。私立中原大學教育研究所碩士論文，未出版，桃園縣。
- 6.陳毓凱、洪振方(2007)。兩種探究取向教學模式之分析與比較。科學教育月刊，305 期，4-19。

附件 (Appendix)

1. 課程學習成效與滿意度評量表

3D 列印技術與實習 課程學習成效與滿意度 評量 (在方格內打勾✓)

	題號	題目	非常同意	同意	無意見	不同意	非常不同意
學習成效評量	1	課程的設計有助於我學會 3D 列印的關鍵技術					
	2	課程設計能協助我學會使用 3D 列印機					
	3	課程設計有助於提升我對於 3D 列印的學習興趣與動機					
	4	課程設計有助於提升我對於 3D 列印的整合能力					
	5	課程設計有助於提升我的獨立思考能力					
	6	課程設計有助於提升我問題解決的能力					
	7	課程有助於提升我的溝通表達能力					
	8	課程有助於提升我的自我導向學習能力					
滿意度評量	1	我對課程的設計與規劃感到滿意					
	2	我對課程的教材教具的設計感到滿意					
	3	我對課程的進度安排感到滿意					
	4	我對課程的引導問題感到滿意					
	5	我對團體合作學習安排感到滿意					
	6	我對教師的教學方式感到滿意					
	7	我對教師教學評量方式感到滿意					
	8	我對師生互動感到滿意					
	9	整體而言我對於「3D 列印技術與實習」課程感到滿意					
	10	我希望其他課程也採用創新教學方法上課					

其他建議： \_\_\_\_\_



## 2. 小組學習成效評量表

小組學習成效評量表				
	學習熱誠	相關概念的 理解	知識的活用性	各模組組裝 的熟悉度
機電控制板組成				
步徑馬達控制				
送料機構模組				
噴頭模組				
皮帶拉緊裝置				
控制程式修改				
學習成效分享				