

教育部工具機教學設備更新計畫

成果報告書

工學院工具機教學設備更新計畫

計畫期程：自109年12月至111年3月止

執行學校：國立中山大學

執行單位：工學院/機械與機電工程學系

計畫主持人：范俊逸院長/彭昭暉系主任

計畫連絡人：李明展技佐

連絡電話：07-5252000#4000/4200/4206

中華民國 111年 03月 30日

目 錄

壹、計畫概述	1
貳、具體執行成果	3
參、未來執行重點與檢討展望	10

壹、計畫概述

(一) 計畫目標

在培育大學部學生方面，本計畫期望透過課程與硬體設備結合，培養學生基礎機械製造、物聯網、大數據分析等相關能力，藉由不同的課程使學生循序漸進的學到智慧製造的相關技能，並鼓勵學生在修習課程後考取相關證照與參加比賽，將自身所學應用於實作上。在碩博士生培育方面，與培育學士的方針不同，本計畫不只可培育碩博士生智慧製造相關機台的操作能力，亦可培育碩博士生具有研發智慧製造的能力。本計畫期望培育研究生發展新型 CNC 的研究項目，包含加工路徑優化、加工路徑功率最佳化、機台虛實整合、機台遠端遙控等應用領域。期望畢業的研究生具有分析、改造、創新 CNC 機台的能力，協助台灣 CNC 業界的發展，增強 CNC 產業的研發能力。

(二) 學生培育及實作課程規劃

機械與機電工程學系之「機電工程概論」與「精密機械製造」課程中，將初步介紹領域常用之加工原理及方法，使尚未對製造有深入認識的學生能瞭解各種加工製造之方法與程序，本課程包含金屬鑄造、塑性成形、粉末冶金、切削原理、研磨加工、與焊接原理等。「機械製造實驗」透過實作課程讓學生瞭解製造一部機器所需的各種加工技術，讓學生熟悉鉗、鑽、焊、放電等基本加工技術以及學習如何使用各種量測尺寸和精度之儀器，增強實作能力與經驗。除了動手實作課程外，也安排學生學習如何設計工具機之程式設計與加工程序，使學生對傳統自動化製造有更進一步認識。為了培養學生從做中學的能力，本計畫將透過「機電實作專題」課程使學生能從無到有完成一個完整的專案，期望學生能從中學學習如何規劃專案架構、硬體設備建置、實驗流程等，透過實際的專案製作從中培養學生獨立思考與解決問題的能力。現今智慧製造的實際應用中，需要透過感測器將所收集到的資訊即時上傳至雲端進行監測，當監測到異常時即時預警。收集到的大量數據可進行數據分析，將其用於調整機台參數，改善產品品質與提升生產量，也可用於建立故障預警模型。為了培養學生從基礎的機械製造中進一步延伸到智慧製造的領域，本計畫規劃學生三大學習課程，包含聯網整合技術、監測技術與大數據分析技術。「智慧製造聯網整合技術」課程將針對工業4.0與智慧製造所需之聯網整合技術做系統化說明，包含物聯網基本概念、網路協定種類介紹、工具機應用與機聯網技術等主題，使學生了解目前智慧製造相關技術應用，並教導學生網路資訊安全的重要性，以期建立學生相關聯網技術之基礎能力。「智慧製造與監測技術」傳授智慧製造系統與設備概念，使修課學生習系統的監測技術與感測器使用能力，並搭配 APP 軟體與無線通訊模組，實現智慧監測功能。為了讓學生具有相關實務經驗，也安排設備油品品質監測實做、預測性維修、設備應用實例與操作課程，建立智慧製造學理技術與實務經驗。當大量資料可被收集並即時上傳至網路，就可透過大

量的數據來進行分析，「物聯網與大數據於智慧製造應用」課程中將介紹大數據於積層智慧製造技術應用，了解大數據於積層智慧製造應用與工業 4.0 相關性，讓學生熟知如何分析大量數據以改善品質、生產量等，並學習 Deep learning 與人工智慧的相關基礎理論，使學生對現今人工智慧的熱潮有更進一步的認識。

材料與光電科學學系之積層製造技術核心課程「晶體結構與缺陷」、「X 光與電子繞射」、「材料物理性質」、「材料機械性質」與「材料顯微分析」等大學部課程，以及「冶金熱力學」、「X 光繞射學」、「粉末冶金」、「材料變形與破壞」、「固態相變化」、「物理冶金」、「電子顯微鏡」、「X 光與電子能譜」、「材料集合組織與非等向性」等課程。對跨領域的科技整合而言，金屬積層製造具備了幾項特點，如：結合產品設計與材料製程，可以在一個製程中將設計轉化為實體成品，驗證設計概念與材料創新理念；實現傳統製程無法達成的功能設計與材料性質，如特殊形狀、漸層式組織，和複合摻雜材料等。上述特點非常適合學校作為教學與研究的平台，透過這個製程平台，學生可以直接應用所學。

(三) 設備資源及空間現況

工學院機械與機電工程學系之「機械實習工廠」擁有車床、銑床、磨床、鉗工等傳統機械設備，與建置之智慧製造相關機台，如五軸加工機、車銑複合機、機械手臂、3D 列印機等設備。材料與光電科學學系之實驗室、中鋼資助下成立的「金屬物性與微結構研究中心」和由科技部支持成立的「功能性超分子與高分子研究中心」，彼此之間有緊密的合作研究與教學支援。現有可使用之實作場地空間為本校機電系機械實習工廠之機械製造實作場域與材料與光電工程學系之實驗室等場地。

(四) 設備需更新/新購理由

目前本校的 CNC 相關機台均使用多年，精度已有明顯下降，在製作工件時會造成誤差過大，使實驗數據不準確，因此需要更新機台。為落實大學部學生之智慧製造教育、培養碩博士生的研發能力，添購新型的智慧製造機台是必要的。使用新型的 CNC 工具機進行研究可以幫助學生增加對於新型 CNC 工具機的敏感度，解瞭最新的研究需求。舊型的 CNC 工具機不論是感測器的精度、控制精度、聯網功能等皆不符合科學研發需求。若使用新型的工具機，可更進一步了解如何提升控制精度、感測精度、增設聯網功能等。讓碩博士接觸新型的機台亦可避免學生進入業界後需要二次訓練，馬上將自己的專業應用於職場上。

(五) 達成目標

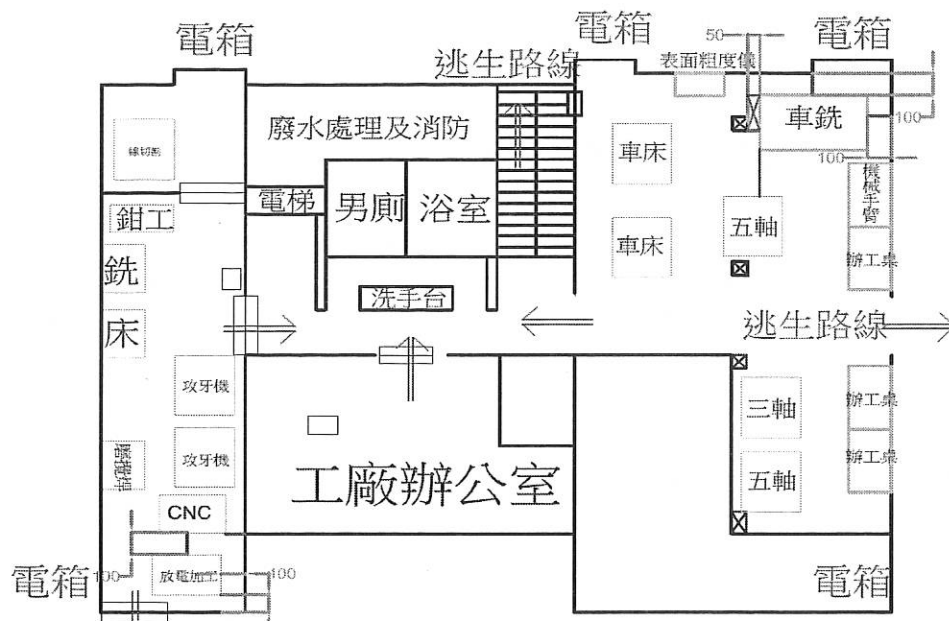
本計畫期望透過更新已經過舊的機台，引進新型機台，使學生在畢業後能快速適應職場上所使用到的相關設備，並透過新進設備與物聯網結合，將機台上架設感測器收集到資料上傳至雲端，以利進行大數據分析，使學生能實際進行操作，強化實作能力

貳、具體執行成果

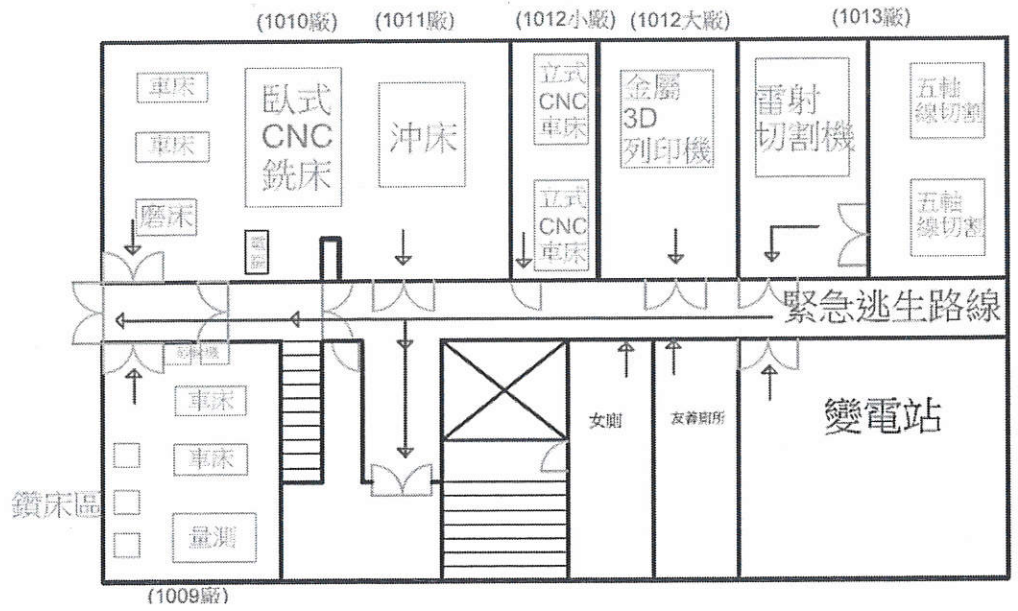
1. 採購設備與實作場地之空間配置：

機械實習工廠並依據「國立中山大學機械與機電工程學系教學實驗室及機械實習工廠使用管理規則」管理，確保學生安全及實習設備之正常使用，並設有負責教師、課程助教及技術人員負責規劃管理，並進行例行性盤點、檢查，落實機器與儀器之維護保養。

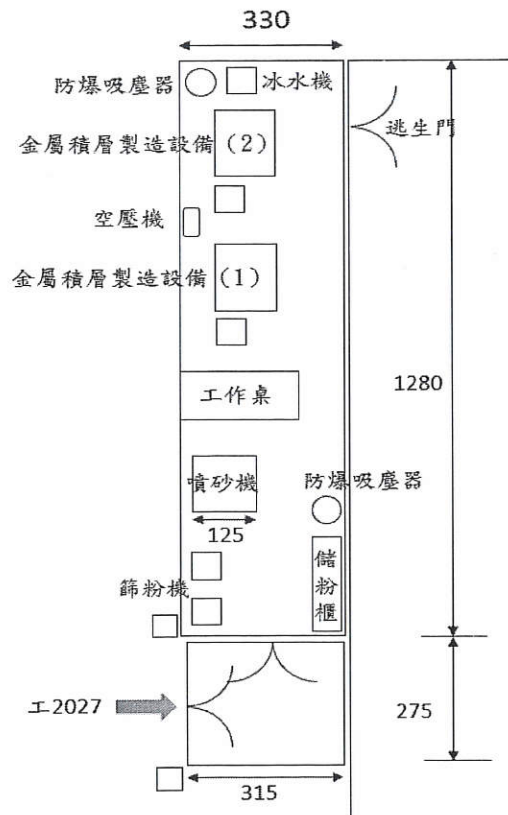
機械與機電工程學系第一機械實習工廠：



機械與機電工程學系第二機械實習工廠：



材料與光電科學學系：



2. 採購設備與開授實作課程之搭配：

機械與機電工程學系：

序號	課程名稱	課程規劃及學生基本能力之要求	設備連結
1	機電工程概論	<p>本課程介紹認識機電工程範圍及專業必修與選修課程的介紹，主要分為熱流科學的重要性及機電工程的應用、機械力學在機電工程中所佔的角色與內涵、機電控制的目的及產業應用、機具的設計原理及各種製造技術，以及微奈米技術在各產業界的應用。</p> <p>本課程藉由介紹機電工程含蓋領域及其在工業上的重要性，培養學生對機電工程的學習興趣及瞭解其內涵。</p>	<p>機電工程概論涵蓋多項設備儀器之介紹，包含車床、銑床等工具機，以及更進階之電腦數值控制 CNC 工具機，將來輔以添購之工具機、CNC 工具機，可讓學生更直接的見習機台實作，結合理論與實作。</p>
2	精密機械製造	<p>介紹材料之特性及其加工原理及方法，期使學生瞭解各種加工製造之方法與程序，建立精密製造之基本知識，作為未來從事機械與機電相關產品設計與製造之基礎。讓同學瞭解各種材料之基本性質及其相關之加工方法，包含金屬鑄造、塑性成形、粉末冶金、切削原理、研磨加工、與焊接原理，作為未來從事機械與機電相關產品設計與製造之基礎。</p>	<p>機密機械製造為本系必修課程，為本系研究所設計製造組之重要基礎必修科目，內容主要為機械加工方法、加工程序等，加上本次添購之機台，可使學生充實機械製造相關的基礎機台操作知識，以利未來從事機械製造相關產業時，能對機台操作與機台知識有充分的了解。</p>
3	智慧製造聯網整合技術	<p>針對工業4.0與智慧製造所需之聯網整合技術做系統化說明。強化學生學習相關聯網技術與資料處理運用能力。並著重於感測器與感測技術於智慧製造的應用技術，物聯網與大數據於智慧製造的應用技術，多機通訊與人機介面於智慧製造的應用技術。</p>	<p>智慧製造聯網、工業4.0等相關技術，需有數值控制設備之智慧化來實現，如本次採購之 CNC 車床、CNC 銑床、放電加工機與線切割機，皆可聯網以進行大數據、物聯網之數據分機，使學生能於教學中便能學習與實現相關技術之研習。</p>
4	智慧製造與監測技術	<p>傳授智慧製造系統與設備概念，使得修課同學學習該系統的監測技術與感測器使用能力，實做智慧監測功能。本課程為智慧製造與工業4.0的入門介紹，除了雲端與數位製造概念說明，亦包含的監控技術、感測器、APP 軟體與實務範例介紹。</p>	<p>欲購置之數值控制工具機，搭配感測器等監測儀器，實現智慧製造聯網等技術，如 CNC 車床、CNC 銑床、放電加工機與線切割機。</p>
5	物聯網與大數據於智慧製造應用	<p>全球製造業在工業4.0浪潮驅使下，產業界紛紛尋求結合智慧自動化轉型，以提升國際競爭力，其本課程主要以大學四年級與碩士一年級學生著力於介紹大數據於積層智慧製造技術應用，瞭解大數據於積層智慧製造應用及工業4.0內容相關性，加速靈活應用工業4.0各種技術並藉由 APP</p>	<p>工業4.0欲結合智慧自動化等尖端技術，修習此課程須讓學生能具備大數據、智慧製造技術應用等能力，因此迫切需要智慧化機台設備來實現教學，如本次採購之 CNC 工具機、CNC 放電加工機與線切割機，皆是智慧製造之應用機台。</p>

序號	課程名稱	課程規劃及學生基本能力之要求	設備連結
		Inventor 及 Arduino 開發板的建立確實了解新興之積層智慧製造技術的關鍵。 課程內容包含大數據架構及應用、數位製造設計模擬、積層智慧製造架構與產業應用等相關與大數據於積層智慧製造。	
6	機電實作專題研討(一)	學生以團隊分組跟隨指導老師執行以機電相關為主題之專題製作。使學生能綜合所學相關知識學以致用，並將理論與實務相互結合。為使學生能多元展現其總結性學習成果，專題實作課題得依學生興趣選擇本系熱流能源、機械固力、自動控制、設計製造、及微奈米系統等領域進行。 研究主題探索相關資料收集及問題了解與分工實作專題進行問題檢討及改進研究成果整理及報告撰寫。	學生將所學相關知識學以致用，將理論應用於實務，機械領域之零件加工常需使用之加工機，如傳統車床、CNC 臥式車床、CNC 立式車床、放電加工機、線切割機、雷射切割機，皆為零件加工所需之加工設備儀器，以利學生於教學中建立實作能力、銜接與儲備進入業界中所需之實力。
7	機電實作專題研討(二)	延續機電實作專題研討(一)，學生以團隊分組跟隨指導老師執行以機電相關為主題之專題製作。使學生能綜合所學相關知識學以致用，並將理論與實務相互結合。為使學生能多元展現其總結性學習成果，專題實作課題得依學生興趣選擇本系熱流能源、機械固力、自動控制、設計製造、及微奈米系統等領域進行。 實作專題進行、問題檢討及改進研究成果整理及報告撰寫。	學生將所學相關知識學以致用，將理論應用於實務，機械領域之零件加工常需使用之加工機，如傳統車床、CNC 臥式車床、CNC 立式車床、放電加工機、線切割機、雷射切割機，皆為零件加工所需之加工設備儀器，以利學生於教學中建立實作能力、銜接與儲備進入業界中所需之實力。
8	機電實務專案	延續機電實作專題研討(二)，學生以團隊分組跟隨指導老師執行以機電相關為主題之專題製作。使學生能綜合所學相關知識學以致用，並將理論與實務相互結合。為使學生能多元展現其總結性學習成果，專題實作課題得依學生興趣選擇本系熱流能源、機械固力、自動控制、設計製造、及微奈米系統等領域進行。 實作專題進行、問題檢討及改進研究成果整理及報告撰寫	學生將所學相關知識學以致用，將理論應用於實務，機械領域之零件加工常需使用之加工機，如傳統車床、CNC 臥式車床、CNC 立式車床、放電加工機、線切割機、雷射切割機，皆為零件加工所需之加工設備儀器，以利學生於教學中建立實作能力、銜接與儲備進入業界中所需之實力。

材料與光電科學學系：

積層製造特色課程規劃主要聚焦於積層製造所涉及的物理冶金反應與材料分

析的學理基礎。包括晶體結構與缺陷、熱力學、X 光與電子繞射、材料物理性質、相變化、材料機械性質與材料顯微分析等大學部課程，以及冶金熱力學、X 光繞射學、粉末冶金、材料變形與破壞、固態相變化、物理冶金、電子顯微鏡、X 光與電子能譜、材料集合組織與非等向性等課程。除了扎根於基礎專業知識的訓練之外，建立教學實驗平台，使學生可以透過實作驗證學科基礎知識。在大學部課程中，將會於材料與光電實驗中加入金屬積層製造的專項實驗，此外，亦將於專題研究中開放同學選擇金屬基層製造主題，佐以本系提供大學部同學專用的各項材料分析設備，同學可以在高端設備的充分支援下，由核心課程的研習，進入專題研究實習，建立紮實的基層製造能力。對碩博士生而言，在選修上上基礎課程之後，在從事金屬積層製造的論文研究時，即可深入討論各種金屬積層製造課題，成為學有專精的專業人才。

3. 經費執行情形：

教育部補助計畫項目經費明細					
經費項目		計畫經費明細			
		單價(元)	數量	總價(元)	說明
業務費	統包工程-泥作	\$1,772,756	1	\$1,772,756	含地板施作、沖床地基、防水油漆、抽風系統、工廠大門等
	設計及監造費	\$291,000	1	\$291,000	配電及泥作工程設計及監造
	環境整修費(室內)	\$1,078,000	1	\$1,078,000	機械實習工廠相關環境修繕
	環境整修費(室外)	\$446,409	1	\$446,409	工具機場域室裝費、走廊美化、圖檔輸出、環氧樹脂地板等
	空壓機配管	\$94,890	1	\$94,890	空壓機管路配置
	舊機器移機費	\$35,700	1	\$35,700	舊機台移機
	精度校正費	\$55,125	1	\$55,125	機器精度校正費
	差旅費	\$17,310	1	\$17,310	配合設備異地驗收、參與交機教育訓練等
	雜項	\$128,140	1	\$128,140	工具機場域冷氣維修費、教育訓練誤餐費、採購評選會議審查費、耗材等
	小計			\$3,919,330	業務費皆為自籌款
設備及投資	統包工程-配電	\$1,332,640	1	\$1,332,640	新機台配電(自籌款)
	攝影機	\$45,682	1	\$45,682	配合機械實習工廠教學使用(自籌款)
	工具車	\$24,800	10	\$248,000	配合機械實習工廠教學使用(自籌款)

實驗桌	\$10,800	4	\$43,200	配合機械實習工廠教學使用(自籌款)
飲水機	\$18,219	3	\$54,657	配合機械實習工廠教學使用(自籌款)
監視器	\$50,157	1	\$50,157	配合機械實習工廠教學使用(自籌款)
電腦	\$296,734	1	\$296,734	配合機械實習工廠教學使用(自籌款)
CNC 雕磨放電加工機	\$880,000	1	\$880,000	第一輪
立式銑床	\$295,000	2	\$590,000	第一輪
五軸 CNC 線切割放電加工機	\$1,482,000	1	\$1,482,000	第一輪
五軸 CNC 線切割放電加工機	\$1,635,000	2	\$3,270,000	第一輪
二軸 CNC 車床	\$786,000	2	\$1,572,000	第一輪
立式數控車床	\$1,958,000	2	\$3,916,000	第一輪
三軸鑽孔攻牙中心機	\$790,000	2	\$1,580,000	第一輪
臥式加工中心機	\$6,970,000	1	\$6,970,000	第二輪設備
CNC 雷射積層製造機	\$10,400,000	2	\$20,800,000	第二輪設備
CNC 雷射切割機	\$2,980,000	1	\$2,980,000	第二輪設備
半門型伺服沖床	\$4,600,000	1	\$4,600,000	第一輪
高速車床	\$266,000	4	\$1,064,000	第一輪
五軸立式加工中心機與三軸立式加工中心機	\$7,400,000	1	\$7,400,000	第二輪設備
CAM 軟體	\$530,000	1	\$530,000	第二輪零配件：電腦輔助製造軟體
內徑規	\$81,200	1	\$81,200	第二輪零配件：內徑規
鐵屑輸送機等	\$290,000	2	\$580,000	第二輪零配件：二軸 CNC 車床零配件
自動捲屑機等	\$161,175	2	\$322,350	第二輪零配件：立式數控車床零配件
油霧回收裝置等	\$245,000	2	\$490,000	第二輪零配件：三軸鑽孔工牙中心機零配件
三爪夾頭等	\$14,801	4	\$59,204	第二輪零配件：高速車床零配件

刀具等	\$287,246	1	\$287,246	第二輪零配件：1.立式銑床零配件、2.刀具組、3.刀具組(CNC機台使用)、4.刀具組(銑床使用)
小計			\$61,525,070	
合計			\$65,444,400	補助款：59,454,000元 自籌款：5,990,400元

參、未來執行重點與檢討展望

過去數十年，臺灣製造業發展打下臺灣的經濟發展基礎，更是經濟成長的主要動力。如依據2015年資料，製造業佔 GDP 29.9%、佔就業人口27.0%，但卻佔總出口值達83.9%；在國內生產毛額（GDP）成長率的貢獻度更達50%。此外，國家未來發展政策是打造智慧製造與創新的國家級戰略，讓機械業結合物聯網，如同產業大樹之根，可做為未來航太、船舶、精密機械及醫材等多行業領域之發展基礎。因此，提升我國產業競爭力及解決高齡化勞動力結構轉變，建立機械製造人才培育所需環境為重要課題。

本計畫厚植本校實習工廠設備，應用於機械製造與實習相關教學與研究。先前本校實習工廠近年面臨以下問題：1. 機械製造設備過於老舊，主因過去缺乏經費，平均設備已使用三十餘年，除了精度不良，經常故障也使得教學上有很大的困擾。2. 設備過時無法與業界接軌。老舊的設備使得學生無法學以致用，為了讓學生跟上產業發展，實習工廠設備更新刻不容緩。3. 因應工業4.0的趨勢，製造設備運用物聯網、智慧機器人及大數據等技術已成為未來趨勢，更新實習工廠設備具工業4.0特色，不僅教學與研究上能夠充分結合，更能提升教學品質。

基於以上，本校實習工廠未來發展重點：1.軟硬體建立：a. 建立 CNC 工具機與精度校正補償軟體。b. 工業機器手臂與控制系統。c. 優化工厂實習環境。2. 軟體與客製檢測建立：a. 建立聯網與實境操作功能三次元量床，及其環境。b. 電腦輔助製造軟體與機台設備之連結。c. 積層製造之研發能量建立。3. 多軸系統建立、多軸加工機及周邊設備之連結。預定達成指標：為了提升學生在工廠實習的實務經驗，我們將結合教師的研究成果與實習課程，打造前瞻工廠實習場域，讓學生在示範場域進行實習。特色作法有三點：1. 由業界透過產學計畫讓學生在學校進行製造實習，改善過去業界實習造成高階人力低用與無法落實教育的盲點，同時兼顧業界實務與教育管理考量。2. 學界教師、法人專家、業界師資共同授課。3. 兼具教學與在地互動的雲端製造示範場域，未來永續經營上希冀達到：1. 每學年工廠實習修課人數100人次以上。2. 每學年促成相關產學與研究計畫1件以上。3. 每學年使用工廠實習設備課程2門以上。高東屏地區是我國金屬製造產業、汽機車零組件、船舶製造業、數位軟體產業聚落，這些產業都是智慧製造的要角與在地互動回饋社會。