

出國報告（出國類別：學術交流）

105 年技專校院教師赴英國曼徹斯特大學實務  
研習心得報告

服務機關：國立高雄應用科技大學

姓名職稱：薛明憲 助理教授

派赴國家：英國

出國期間：105 年 9 月 5 日至 105 年 9 月 24 日

報告日期：105 年 10 月 25 日

## 摘 要

本次參訪英國曼徹斯特大學主要目的為了解目前英國在工業 4.0 的發展上所進行的情況，透過曼測斯特大學提供之課程中可了解工業 4.0 的始末、進展、內容與應用，透過上課與參訪等方式了解英國在工業 4.0 上的實施方式，以及目前在英國推動工業 4.0 所遭遇的問題與未來解決方向。藉由此次參訪，不僅可提高教師對工業 4.0 的認識以外，更能藉由實際參訪與交流直接激盪教師在未來提升我國邁向工業 4.0 所需導引的目標，同時成為學校的種子教師將國際上對工業 4.0 的發展情況介紹給學生，以做為學生在日後選擇研究或就業發展方向時的重要依據。

## 目 次

一、目的	P01
二、過程	P04
三、心得與建議事項	P11

# 本 文

## 一、目的：

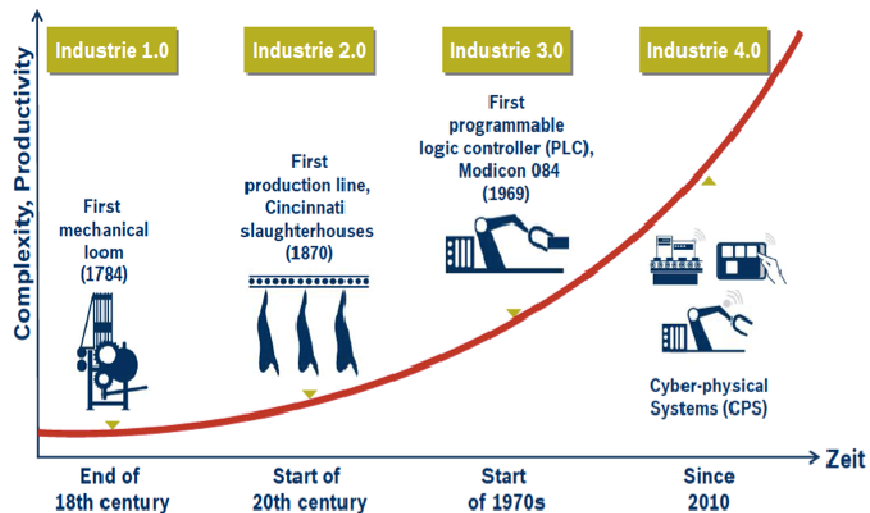
### 1. 計畫目標：

本計畫主要目的為因應本國產業升級之所需，並與世界製造工廠接軌所需銜接之學習課程，透過英國曼徹斯特大學提供之綜合課程，提供本次計畫所需學習之各項工業 4.0 在英國所進行的發展現況，

### 2. 計畫主題：工業 4.0 在英國發展情況與應用。

### 3. 緣由：

工業 4.0 是由德國所推動之生產自動化另一項革命性程序，各國都有相對應的類似手段，例如台灣的「生產力 4.0」、中國的「中國製造 2025」、美國的「先進製造業發展策略 AMP(Advance manufacturing partnership)」、英國的「英國製造業 2050」、日本的「製造白皮書」等。首先，必須針對工業 4.0 的緣由作進一步解釋，以說明何謂工業 4.0。



- (1) 工業 1.0：即所謂人造動力期，自西元 1784 年在英國出現第一台蒸氣式機械織布機開始，創造了機器工廠的蒸氣時代，透過煤炭、水蒸氣等方式為動力，以機器方式取代人力以進行生產。
- (2) 工業 2.0：即所謂之電氣自動化期，本階段在於內燃機與發電機的發明以後透過電能轉換為動力，產生大規模的流水線生產，也就是工業生產模式開始啟動，造就日後生產多量或是多樣的產品時期。此時也受惠於電話機的發明，使得人與人之間的通訊更加快速且方便，奠定工業 3.0 的革命基礎。
- (3) 工業 3.0：即所謂電子控制期，利用資訊技術(IT)自動化生產方式，配合高度技術之製造方法(如奈米科技、CNC 加工、基因重組技術)進行大量製造生產，同時也透過網際網路方式配合工業機器人的使用，使製造技術更加提升且更有效率，成為更高級的自動化與行動化時代。
- (4) 工業 4.0：即所謂智能化生產期，透過以人為本的概念，將人事物透過網路方



式形成物聯網，藉由具有學習能力之機器人與人工智慧來協助人類進行生產或服務，以達到智能化工廠的境界。

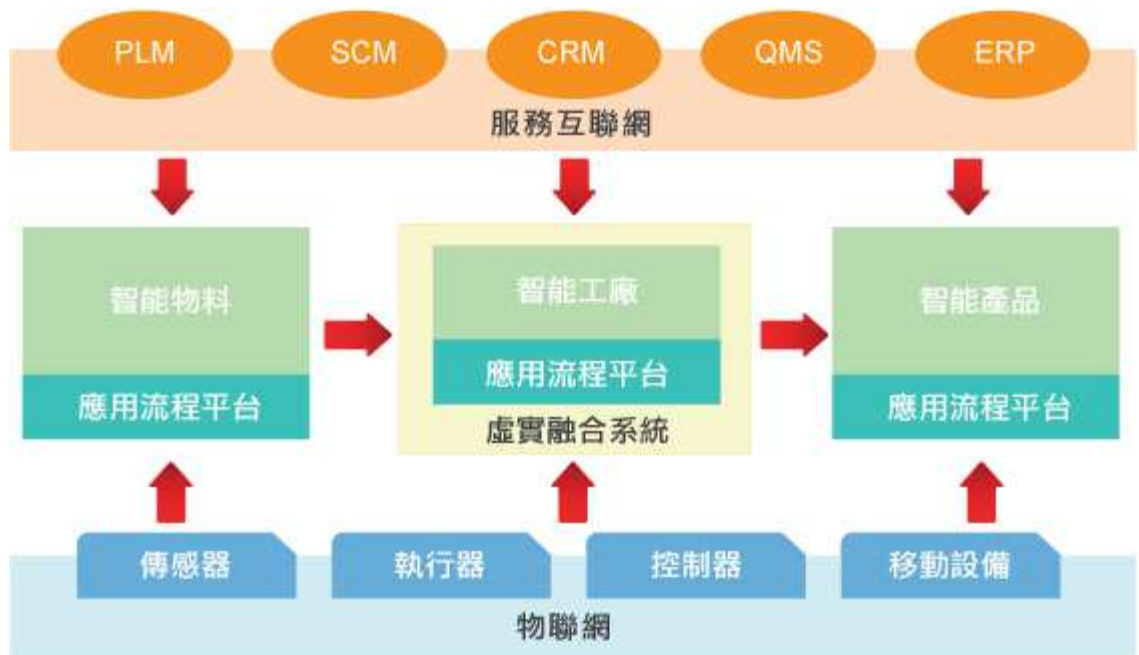
工業 4.0 大致可以區分兩大主題，第一項為智能工廠，第二項為智能生產，透過智能製造、嵌入式處理器感應器、通訊模組等，將設備、產品、原料利用軟體聯繫在一起，而工業 4.0 因應而生的原因有以下幾項因素：

- (1) 因應消費文化改變：目前消費者需要客製化之多樣化產品，且該產品須能價廉物美，且產品必須即刻到達消費者手上，因此必須透過物聯網之網絡方式達到快速且高效率之出貨速度。
- (2) 互聯網的興起：由於網絡的盛行，改變消費者採購產品前所需考量之採購資訊，藉由電腦、手機等方法快速搜尋所需採購產品資訊，以購得符合消費者所需之產品，不再是以往透過大眾媒體或業務推廣方式進行行銷。
- (3) 全球產能過剩：由於目前大量生產方式與人口成長幅度趨緩，導致工廠所生產之產量過高而造成供過於求，加劇各家工廠之高度競爭衝突。

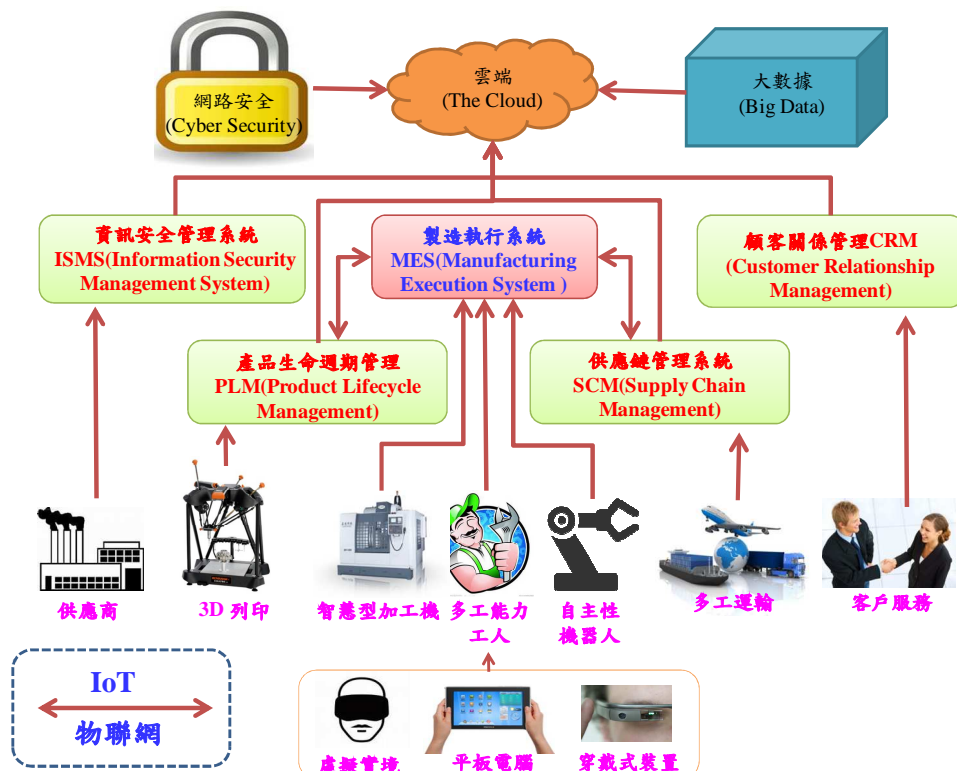
由於目前工廠生產模式是採用大批量之生產規模進行製作，因此必須投入極大資金在於購買機台設備，而操作者必須在標準作業程序(SOP)的指令下控制機台設備，以生產出少樣多量的產品。但由於上述幾項因素的演變，導致生產產品之複雜度提升而造成生產效率大幅下降，同時由於全球製造業的競爭環境日趨複雜，因此必須透過新思維方式，將標準作業程序與大量生產的傳統工廠，轉換成一個以消費者為主體的客製化工廠，透過智慧互聯網之工廠與客戶之間的雙向交流、透過智慧生產方式進行垂直製造整合與水平製造整合、利用智慧工廠快速設計量產與出貨，以滿足多變且低耐心的消費者。

為配合智慧化工廠的出現，生產者必須採用模擬分析方式來預估生產流程、生產方式以及標準作業化程序的排定等，以加速生產速率以及製造高品質之產品，並且透過模擬方式將分析結果儲存於製造系統中，以因應日後多樣化生產時所需提供生產線調整流程之參考，於是大數據(Big data)的概念因應而生，透過統計方法或是數學模型的建立，以預測相關製造流程、生產管理或製程方式等，藉此降低人與機器之間的溝通隔閡。

由上可知，為達到高效率生產與多樣化製造的目的，建立大數據資料庫是建立智慧工廠生產線中不可或缺的一環，因此，透過物聯網(IOT)的技術蒐集機器與操作者之間的各项製造資訊(例如切屑溫度、切屑震動量...等)，而如此龐大資料可透過物聯網技術存放至雲端(Cloud)資料庫彙整成為歷史資料，而此歷史資料可分為預測模型(prediction model)與優化模型(optimization model)兩類，每次從機器上所獲取之資料可傳遞至優化模型以及預測模型中，透過預測模型可預估未來生產時所需之數據，再將此數據送至優化模型中，使得優化模型系統可根據歷史數據、當下數據與預估數據三項資訊，來計算出優化方案以提供機器產生最佳化的生產模式，以及提供操作者更有效率地操作機器。



而在工業 4.0 的架構下，智慧工廠不僅提供快速、多樣化、高效率之生產，同時必須能提供「製造服務化」的特性，使製造者與消費者處於雙向協同溝通狀態，而且工廠與工廠之間也處於雙向協同溝通，另外在工廠內工人與機器之間也必須具備雙向協同溝通，使得消費者不僅買到產品以外，更可透過製造商所提供之客製化服務，讓消費者隨時可獲得製造商即時的維修服務或是新產品資訊，以符合消費者求新求變的需求。因此，在台灣目前仍是以電子代工製造業為主要發展前提下，智能化生產已經是促進產業轉型或技術提升必須要走的路，希望透過本次到英國曼徹斯特大學參訪，實地了解英國在工業 4.0 所投入的過程，以及英國在工業 4.0 上所呈現的應用結果，以作為日後教學、產學合作時的討論主題。



## 二、過程：

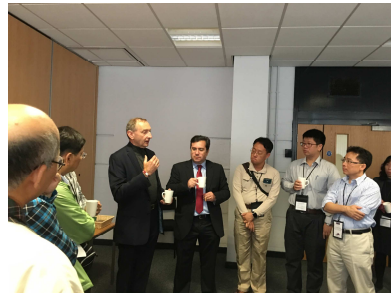
- 1.上課日期：105 年 9 月 5 日~105 年 9 月 23 日。
- 2.上課地點：英國曼徹斯特大學(The university of Manchester)。
- 3.上課內容概述：

### (1)105 年 9 月 5 日：

本日由曼徹斯特大學校長 Andrew Gibson 帶領本次課程老師一同參加課程開幕並致詞，介紹本次課程的大致流程與課程規劃，並期許每位老師可以在本次課程中學習到英國在工業 4.0 所投入的研發成果與應用。下午則參觀曼徹斯特大學各學院有關進行工業 4.0 之實驗室，如生物科技 (Biotechnology)、機械航空與土木 (Mechanical, Aerospace and Civil Engineering)、核子工程(Nuclear)、化學工程與分析科學(Chemical Engineering and Analytical Science)、石墨烯工程(Graphene)等，大概了解未來三周上課與參訪地點。



校長親自主持介紹



全體學員與上課老師座談



參訪生物科技實驗室



老師介紹生物科技實驗室



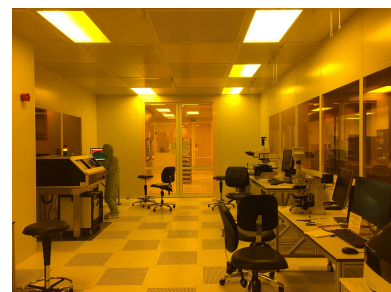
參訪機械航空與土木實驗室



參訪核能實驗室



老師介紹化工實驗室



參觀石墨烯分析實驗室



課後討論與分享

### (2)105 年 9 月 6 日：



本日由 Carl 博士來針對工業 4.0 進行簡介，說明工業 4.0 的起源、目的、方法與發展等，說明工業 4.0 最基本的改變即是從各個機台能透過網際網路方式傳遞彼此訊息，以使得機器彼此間可相互溝通，才能使各個設備但腦化、數位化與智慧化。建立一個綠能、智慧與協同之智慧工廠。在工業 4.0 下的智慧工廠具有以下三種定義，第一為智慧整合感測系統 (Cyber-physical system)，透過監視實際製造過程以建立虛擬的資訊，並且進行製造管理決策；第二為物聯網，透過物聯網的方式，使系統取得大數據，並與真實世界進行溝通；第三為網路服務 (Internet of Services)，即操作者與使用者可透過網際網路，取得系統提供的服務。



Carl 博士上課情形



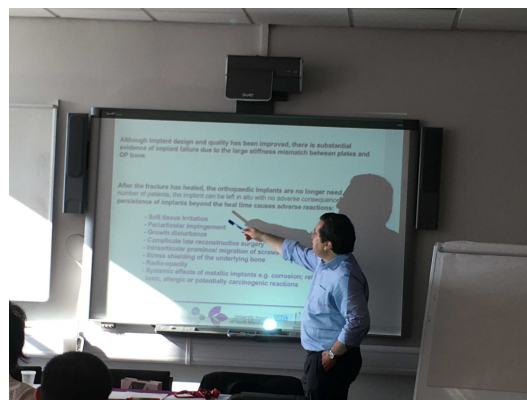
同學發表討論心得

(3) 105 年 9 月 7 日：

本日由 Paulo 教授來講解堆疊製造技術 (additive manufacturing, 簡稱 AM) 在工業 4.0 上的應用，由於電腦技術與網路通訊、3D 轉體工業的發達與進步，以及新材料與加工科技的成熟，各種資訊累積成為大型資料庫 (Big data)，因此這些技術造就製造者可透過堆疊技術快速產生客製化產品。不同於傳統機械加工其透過去除不要的物料來製造產品，AM 技術透過堆疊的方式來製造產品，不但可免去不必要的材料浪費，更可節省許多加工步驟，以完成具有特殊形狀且傳統技術不易加工的產品，因此產生了所謂的 3D 列印機的生產設備。而目前的 3D 列印技術有以下三種：FDM (Fused Deposition Modeling 熔融沉積成型)、LOM (Laminated Object Manufacturing 層狀物體製造)、DLP (Digital Light Processing 數位光處理)、SLA (Stereolithography 立體平面印刷)、SLS (Selective Laser Sintering 選擇性雷射燒結) 等。



Paulo 教授教學



說明 3D 列印機的發展

(4) 105 年 9 月 8 日：工業 4.0 在 Jaguar Land Rover 的執行策略

本日由曼徹斯特大學 Moray Kidd 教授帶領，學員一同到 Jaguar Land

Rover 公司的 Halewood 廠進行實際參觀與討論，Jaguar(在台灣翻譯為捷豹)，在台灣的民眾中是屬於高級車的表章，包括 2000CC 四缸柴油引擎的 XF 系列、豪華表徵的 2000CC 四缸汽油噴射引擎的 XJ 系列，精緻的 Connolly 皮革工藝設計與動力性能展現出 Jaguar 車廠在汽車界的「古典中帶有高科技」的設計理念。而一談到 Land Rover，就會讓人想起 Range Rover、Discovery 等大型豪華休旅車(LSUV)，豪華的內裝加上龐大的體型，坐進車廂不禁讓人感到無比的舒適與尊貴，由於 Land Rover 與 Jugaar 同屬於印度 TATA 集團所經營，因此 Land Rover 車型流著 Jaguar 同種的血統而發展出高級車種卻又富有多功能表現之全方位轎車，顯示 Jaguar & Land Rover(簡稱 JLR)雙品牌在車界的品牌定位。JLR 集團目前有 24,000 名員工，經銷點主要為美國、中國、印度、歐洲等國家，因此以目前車輛市場中屬於中型規模，但是 JLR 獨排眾議，專研高級豪華房車與休旅車系列，而不向其他車廠全方位型的車種佈局，以維持 JLR 在汽車市場中的高級品牌定位。JLR 集團在全球包含英國 Castle Bromwich 與 Halewood 兩大地區在內，總計一共有著五座工廠，本次實務研習營全體學員所參訪的 JLR 工廠是位於利物浦(Liverpool)東南方約十公里處的 Halewood 廠進行參觀，該廠主要是針對 Land Rover 的 Range Rover、Range Rover Evoque 等車型進行製造與組裝，其中 Range Rover Evoque 為該車廠目前製作最多量之車型，截至目前為止已經製造超過 50 萬輛 Range Rover Evoque，包含 Evoque、Evoque Convertible、Convertible SV 等車型，而這 50 萬輛車僅在四年就可以達到，曾經平均 80 秒即可完成一台車生產完成駛出生產線。目前該廠擁有 4500 名員工，而該廠目前採用 24 小時全天候製造，因此在廠區內員工採用三班制方式進行運作，平均 170 秒可組裝完成一臺 Range Rover Evoque，可知 Halewood 廠在生產自動化的高效率表現。

本日 JLR 集團指派三位製造廠務代表向學員介紹目前 Halewood 廠在工業 4.0 架構下的自動化生產模式，由於 Halewood 廠具有高效率的生產速度條件，因此組裝生產線上的車輛採用混合式生產方法，即一條組裝生產線上可具有兩種以上不同車型的車輛進行組裝，可合併多組生產線於單一系統以提升生產效率。具廠方代表說明，線上所有車輛均是由消費者訂購而客製化之已銷售新車，因此經由組裝並檢驗通過之車輛可即刻經由運輸方式送至各國消費者手中，因此 JSR 集團在車輛銷售方式是採用比傳統「少樣多量」更具影響力的「多量多樣」訂單方式進行客製化生產，除了避免存貨壓力外，更可符合不同消費者的需求，提高消費者對 Jaguar 與 Land Rover 車型的信賴度。

在參訪過程中，廠方代表說明 Halewood 廠目前採用工業 4.0 的概念進行零件製造、生產組裝等應用方式，其中在零件製造上，廠方會在每一條生產線上規定某一零件之生產數量、生產時間，若某一生產零件出現延誤或錯誤，即會在看板銀幕上出現紅色閃光以提醒管理人員進行了解，同時在製造過程中將製成好的零件集中於產線末端，以利搬運車將零件搬運至組裝線進行組

裝，因此不僅可控制零件生產數量以外，同時避免多於料件或零件放置於生產線上造成空間浪費以及危險，降低存貨量以及提高工廠空間使用率。在零件生產過程中，零件較笨重、較危險、體積大者則由機器人(robots)進行製作，例如車體鈹金零件製造、底盤運輸、板金焊接等，其他製造過程(例如檢驗、清潔)則由人工進行生產。

另外在生產組裝部分，工人先將每台車所需組裝之零件放置於一台零件運輸車上，零件運輸車上附有該車各項資料例如車主國籍、零件名稱、零件編號、零件數量、零件製造流程等，在組裝線上以一台車之底盤為一個單位進行移動，每一單位旁邊則附有一台該車所需要的零件運輸車，以方便組裝者進行組合，在車身與底盤經由自動搬運連結後即開始進入組裝生產線進行自動與人工混合組裝，例如儀表板總成由工人利用油壓機器人輔助裝入車身內，再由人工利用螺絲進行組裝，或是工人控制油壓機器人協助塗抹黏膠於車窗玻璃四周，再由工人控制油壓機器人將該玻璃裝上車身固定。在此部分，凡是動作較複雜、尺寸較小或是需要檢查與檢驗部分則由人工進行(例如座椅組裝、輪胎組裝、車燈校正，其他部分則透過自動化生產線上的機器人或是油壓機器進行組裝。

在整個生產過程中，應用於工業 4.0 部分為衛星工廠零件訂購、生產流程中的產線車輛生產排程、生產零件的製造等，透過訂單的客製化選擇方式選擇一最佳化之生產排程，以降低生產時間，透過此方式可讓單一生產線同時生產不同款式之車輛卻不需降低生產速度，組裝過程中工人可清楚了解每一台車的客製化組裝內容不至混淆，因此可垂直整合零件製造、車件組裝兩者的流程，以達到生產過程中的「多樣且多量」生產規模。







Jaguar Land Rover 工廠製造情形



工廠大門



工廠解說員介紹工場概況



學員參訪工廠前著裝



參訪後團體討論時間



學員分享參觀心得



參訪團頒發錦旗予 JLR

(5) 105 年 9 月 9 日：

本日由 Paulo 教授介紹與該校進行有關工業 4.0 產學合作案的公司產品或服務，第一項是由 GON 公司 Edgaras Plusys 先生講解智慧型家庭垃圾壓



縮機(smart domestic waste compactor)，透過該機器可降低垃圾體積節省空間外，另外該公司透過物聯網方式提供政府來控制收集垃圾的時機，以達到節省能源的目的。第二家是 Sabisu 公司，第三家是 Cityverve 公司，由 Carmel Dickinson 主講，都是說明利用物聯網方式將各項實驗數據進行收集與整合，以作為日後各項產品製作或工廠營運時進行模擬運作之參考。



GON 公司自我介紹



智慧型家庭垃圾壓縮機



Sabisu 公司自我介紹



Cityverve 公司自我介紹



Cityverve 公司說明 IOT



本日課後討論

(6) 105 年 9 月 12 日：

本日由 Carl 博士帶領學員到英國重型機械工具車製造廠 JCB 進行工廠參觀，JCB 為目前世界三大重型機械製造廠之一，整個集團約有 12,000 名員工且銷售產品遍及 150 個國家，生產的產品超過三百種機械設備。因此在本日透過參訪方式，了解 JCB 公司如何利用工業 4.0 的概念生產目前多樣且多量的產品。在 JCB 工廠生產線上，個機台隨時採用網路方式進行串連與溝通，每台產品在製作過程中都有自己的生產履歷，工作人員可由各站設備的電腦銀幕上了解該產品目前製作所需零件的進料時間、零件產地、產品預計運達地點、製作速度、製作程序等資訊，使工廠可隨時監控各項產品的完成速度與製造問題，同時任何生產相關資訊透過物聯網傳遞至工廠行控中心進行紀錄，以作為接續產品設計製造流程之依據或是改進事項。



JCB 公司門口留念



JCB 公司進行簡報

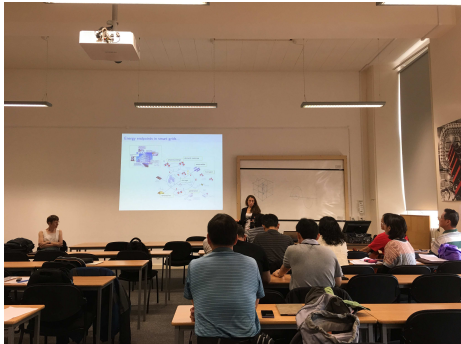


JCB 公司生產之重型機械



(7) 105 年 9 月 13 日：

本日由 Judith Apsley 博士主講連接智慧型設備之方法，主要是針對物聯網的概念來討論如何將各個工具機之相關數據進行整合，由於在智能工廠中的設備相當龐雜，例如壓縮機、熱泵、工具機、熱處理機等設備在運作時均會產生複雜且龐大的物理數據，這些數據可提供未來調整生產線在進行客製化製作時所需調整的經驗數據，因此透過感測器的收集將大量結果儲存於雲端中，以作為整合系統之前置手段，如此方法不僅可縮短施工製造時間，並且節省施工流程與工法，可達到節省能源與增加效能。在上課過程中參觀該校之電能儲存實驗室，了解該實驗室在進行電能管理，



上午授課情況



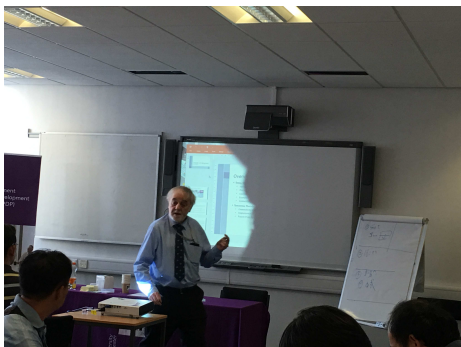
參訪實驗室



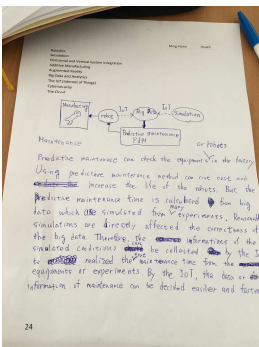
下午授課情形

(8) 105 年 9 月 14 日：

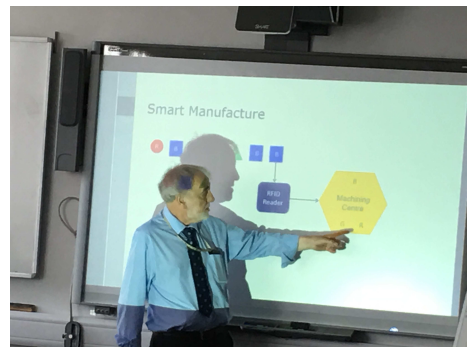
今日上課主講人 Dr. Jim Methven 簡介工業 4.0 在製造上的方式與過程，從西門子(Siemens)的演進來說明工業 4.0 的優點、定義，並由壹些文獻回顧中說明工業 4.0 的架構。同時，也介紹目前產也新興架構(emerging structure)包括業務流程(business processes)、消費者(consumers)、自主虛實整合製造系統(Autonomous Cyber-Physical Production Systems 等。在 Boston 專業諮詢集團(Boston Consulting Group，簡稱 BCG)的定義下，工業 4.0 可具有九項臺柱(9 pillars)，包括機器人(Robotics)、模擬(Simulation)、水平與垂直系統整合(Horizontal and Vertical System Integration)、堆疊製造技術(additive manufacturing)等製造方法。



上午授課情況



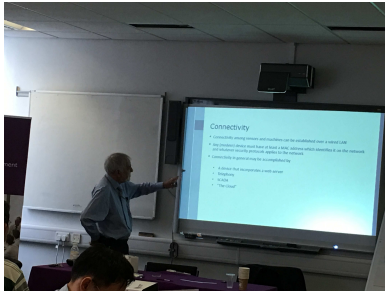
上客填寫報告



下午授課情況

(9) 105 年 9 月 15 日：

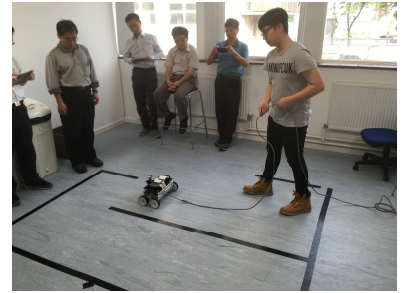
今日課程仍由 James Methven 博士主講，題目是討論在工業 4.0 當中有關資料連結(Connectivity)之相關過程，在 James 博士的研究當中，有關資料連結的應用包括伺服器(serve)、電話(telephony)、資料採集與監控系統(Supervisory control and data acquisition，簡稱 SCADA 系統)、雲端系統(The Cloud)。James 博士從嵌入式系統(Embedded system)角度來討論資料連結的輸入方式，包含有線、無限(Wifi)等方法進行，而 SCADA 系統在透過 PLC 順序控制器的連結方法做為監控設備或是收料蒐集等，而電話系統則為接續 SCADA 系統來做為無限遠端遙控設備。



上午授課情況



實驗室參訪



機器人運作情況

### 三、心得與建議事項：

#### 1. 心得：

- (1) 如需達到工業 4.0，首先必須針對工廠內部、工廠與工廠、工廠與世界等三部分進行規劃，其中工廠內部需透過「自動化」、「數字化」與「智慧化」等三部分進行內部資訊與設備改造，而工廠與工廠中則透過「服務化」使工廠彼此間之供應鏈與需求鏈進行整合，以聚合資源並促進產業連動，另外工廠與世界則透過智能雲端平台方式進行資訊跨界融合，以重組資源。
- (2) 工業 4.0 的基本概念即為「智能工廠」，因此透過雲斷、互聯網、大數據、傳感器、協同與整合之方式來控制電腦、機械手臂、機器人等，利用智慧方式來進行客製化與多量化之高效率製造。
- (3) 以工業 4.0 之發展狀況，未來工廠生產製造會透過多種多工機器人進行輔助製造，但製造中還是有相當多必須套過靈巧動作完成的製造方法仍無法透過機器人來完成，因此大規模工人失業的問題在近十年內應該不會產生，反正必須要多加訓練工廠員工在控制機器人上的技術，以提高生產速度並且減少維修時間。
- (4) 目前台灣製造業面臨缺工困境，導致生產速度無法提升，主要兩大因素，一為勞動力老年化、二為年輕人對工廠勞力的恐懼，因此在工業 4.0 的腳步邁進之時，必須考量機器人取到人力時，這些被取代的人力是否有能可站穩在製造工廠環境中成為一個成功的勞工者。

#### 2. 具體建議事項：

- (1) 目前世界工廠中，亞洲地區屬中國大陸為積極推展工業 4.0 最努力之地區，

因此台灣製造業中，電腦組裝、電腦機殼、電池製造、印刷電路板、電聲元件等五種廠商收到中國製造產業升級影響最深且最嚴重，因此這五項產業必須在此情況下必須做出因應對策，否則無法面對中國製造業的挑戰。

- (2) 由於中國對工業 4.0 積極投入，因此開始對台灣的製造與服務業高階人才進行挖腳，導致台灣製造與服務產業人才嚴重流失。同時中國開始透過先前挖角各國精英所開創之資源，來開創自己所屬的供應鏈，然後透過殺價競爭、專利保護、銀行管控資金等方式打壓國外廠商(包含台商)，導致中國製造廠商開始茁壯強盛。因此台灣必須要將未來產業分散化才可阻止此狀況。
- (3) 本次課程許多學員投入相當多的時間與精力在針對工業 4.0 的開創與未來進行學習，因此期望國家未來能繼續透過本次這麼多學員的管道來進行培育，成為未來工業 4.0 的種子教師持續在學界與業界中發揮所長提升國家競爭力，並且作育未來學子菁英從事工業 4.0 的相關產業。