



106年度跨領域科技管理與智財運用國際人才培訓計畫（第4期/共4期）
海外培訓成果發表會

德國工業 4.0 -
智慧工廠之發展歷程與轉變

INDUSTRIE 4.0:

The Development and Transformation of Smart Factory

指導教授：吳豐祥 教授（政治大學科管智財研究所教授）
組長：呂秀珍（台達電公司嵌入式電源系統事業群）
組員：王以利（華淵鑑價公司評價部）
李威龍（鴻海公司網路通訊產品事業群）
侯文星（榮剛材料研發中心）
張碧勳（貿聯國際法務室）

論文撰寫分工說明

章節	作者
壹、緒論	張碧勳
貳、文獻探討／文獻回顧	侯文星
參、關鍵主題論述與分析	李威龍
肆、德國案例分析	呂秀珍、王以利
伍、臺灣案例分析	呂秀珍、王以利
陸、結論	張碧勳
參考資料、附件	張碧勳
全文統整與潤飾	

摘要

全世界近幾年的很多傳統製造業面臨到各種新科技所帶來的挑戰，例如：智慧機器人、物聯網、自主無人機、感應器、3D 列印等。臺灣也同樣面臨挑戰。2011 年德國提出了工業 4.0 的概念，燃起了第四次的工業革命，此概念從德國逐漸推廣開來。世界主要國家與區域，包括歐盟各國、美國、日本及中國大陸等，不僅關注工業 4.0 的發展，也簽署了各項國與國之間的相關協定。本研究先透過文獻剖析德國工業 4.0 與智慧工廠的緣起、定義、範疇與現有政策，接著，藉由對德國與台灣相關機構及企業所做的個案研究，進一步探討六年來工業 4.0 在德國的發展、轉變與遭遇挑戰之處。本研究希望透過德國發展工業 4.0 的經驗之探討，提供給業者及政府更貼切的建議。

關鍵字（約 3-7 個）

工業 4.0、智慧工廠、智慧製造、轉型、變革管理、政策

INDUSTRY 4.0 – The Development and Transformation of Smart Factory

Abstract

Around the world, traditional manufacturing industry faces challenges in recent years, e.g. intelligent robots, internet of things, sensors, 3D printing. Taiwan faces this problem as well. Since the concept of industry 4.0 is initiated by Germany in 2011 and is quickly distributed to other European countries, USA, Japan and China. These countries not only pay much attention to Industry 4.0, but also actively sign mutual agreements to promote the development of Industry 4.0. The study firstly, via literature review, summarize the origin, definition, scope and existing policies of Industry 4.0 and smart factory in Germany, and then explore how Germany develops, transform itself and encounter challenges while executing the concept of Industry 4.0. Based on the research results, some suggestions to both industrial firms and government are proposed.

Keywords

Industry 4.0, Smart Factory, Smart Manufacturing, Transformation, Change Management, Policy

目錄

壹、緒論	10
一、研究背景.....	10
二、研究動機.....	11
三、研究目的.....	11
四、研究方法.....	12
貳、文獻探討／文獻回顧	15
一、德國工業 4.0 定義	15
二、德國工業 4.0 背景	19
三、德國工業 4.0 政策	21
四、臺灣工業發展的概況	22
五、智慧工廠的定義	25
六、智慧工廠的範圍	27
七、各國相關的發展與政策（中美日）.....	29
八、小結.....	31
參、關鍵主題論述與分析	33
前言、歷史回顧	33
一、工業 4.0 的發展與轉變	28
二、工業 4.0 對產業科技的整合	30
三、工業 4.0 與資訊安全	32
四、工業 4.0 的技術標準化	43
五、工業 4.0 衍生到服務創新	47
六、工業 4.0 的營運管理與人才培育	49
七、本章小結.....	55
肆、案例分析-德國	56
一、博世 Robert Bosch.....	56
(一)公司簡介.....	56
(二)公司沿革.....	56
(三)組織結構.....	58
(四)博世其他客製化的品牌.....	63
(五)博世工業 4.0 的發展與實踐.....	65
(六)博世工業 4.0 的七大特色.....	68
(七)博世工業 4.0 的困難與挑戰.....	69
二、西門子公司（Siemens）	73
(一)公司簡介.....	73
(二)公司沿革.....	73
(三)組織結構.....	75

(四)西門子工業 4.0 的發展與實踐.....	78
(五)西門子對工業 4.0 的概念.....	82
三、Fraunhofer	89
(一)組織簡介.....	89
(二) Industrie 4.0 Fraunhofer Community	89
(三) Key Trends in Information and Communication Technology (ICT) ..	89
(四) Industrie 4.0 Modells	91
(五)訪談內容.....	92
(六)小結.....	93
四、KUKA	94
(一)歷史沿革.....	94
(二)工業 4.0 之發展與轉變.....	94
(三)小結.....	98
伍、案例分析-臺灣	99
一、致茂電子個案	99
(一)集團介紹.....	99
(二)產品及業務.....	102
(三)工業 4.0 之發展及影響.....	104
(四)小結.....	105
二、研華公司.....	106
(一)產品與業務介紹.....	106
(二)技術及研發概況.....	108
(三)工業 4.0 之發展及轉變.....	108
(四)小結.....	111
陸、結論與建議.....	112
一、結論.....	112
二、建議.....	113
柒、資料來源.....	115
一、中文期刊與書籍	115
二、網路訊息.....	115
捌、附件.....	120

圖目錄

圖 2-1 工業 4.0 應用相關專利權	16
圖 2-2 在工業 4.0 將智慧製造植入生產比例是以德國最為優先	17
圖 2-3 工業革命的演進	18
圖 2-4 工業 4.0 涵蓋各項之先進科技	18
圖 2-5 智慧機械推動辦公室組織架構	23
圖 2-6 智慧機械產業推動之願景、策略與方法	24
圖 2-7 人工智慧的硬體核心、演算法技術及智慧應用產業領域等三大範圍內容 ..	25
圖 2-8 國內人工智慧的推動策略	25
圖 2-9 德國工業 4.0 智慧工廠之功能	26
圖 2-10 各國類似德國工業 4.0 的推動方案	30
圖 3-1 德國工業 4.0 三階段活動圖(資料來源:ZVEI)	36
圖 3-2 德國工業 4.0 平台案例地圖(來源:工業 4.0 平台)	37
圖 3-3 德國工業 4.0 發展日程圖(來源:本研究整理)	38
圖 3-4 漢諾威工業展標誌	40
圖 3-5 工業 4.0 科技整合示意圖(來源:本研究整理)	41
圖 3-6 XaaS(Every Thing as a service)示意圖 (資料來源:Fraunhofer)	41
圖 3-7 Industrial Data Space Association	43
圖 3-8 Components to pilot the Industrial Data Space	44
圖 3-9 德國工業 4.0 標準化理事會架構圖	45
圖 3-10 PLUGandWORK 概念圖	46
圖 3-11 產品製造生命週期	48
圖 3-12 Fraunhofer Virtual Frot Knox	48
圖 3-13 德國 Human Resource 示意圖(資料來源:本研究整理)	49
圖 3-14 Max-Planck-Gesellschaft 標誌	49
圖 3-15 Fraunhofer-Gesellschaft 標誌	50
圖 3-16 Helmholtz-Gemeinschaft 標誌	51
圖 3-17 Leibniz Gemeinschaft 標誌	51
圖 3-18 DFKI 的 PPP 合作模式之參與者(資料來源:DFKI)	53
圖 3-19 DFKI Kaiserslautern, 鄰近於凱撒斯勞滕工業大學	53
圖 3-20 Saarbrücken, 鄰近於德國沙爾大學	54
圖 3-21 DFKI Bremen, 鄰近於德國不萊梅大學	54
圖 4-1 博世費爾巴哈工廠途中一景	66
圖 4-2 博世工業 4.0 的七大特色	69
圖 4-3 BOSCH 公司智慧財產原先的組織結構	70
圖 4-4 世界第一大汽車零配件供應商 BOSCH 宣布與友嘉策略聯盟	71
圖 4-5 西門子 Electronic Works Amberg 工廠	79
圖 4-6 西門子生產線	80
圖 4-7 西門子 Simatic 控制系統	80
圖 4-8 西門子生產流程一圖	81
圖 4-9 西門子工業 4.0 的實現虛實整合互動	83
圖 4-10 經濟部與德國西門子臺灣分公司簽訂合作備忘錄	86

圖 4- 11 西門子認為工業 4.0 必備的三大數位企業軟體套件	87
圖 4- 12 Industrie 4.0 Fraunhofer Community	89
圖 4- 13 Key Trends in ICT	90
圖 4- 14 Fraunhofer Layer Model of Industrie 4.0 Value Creation	92
圖 5- 1 主要產品及業務	103
圖 5- 2 半導體/IC 測試解決方案	103
圖 5- 3 智慧工廠主要關鍵	104

表目錄

表 1-1 本研究拜訪之機構單位	13
表 3-1 美國 2009~2014 經濟計畫法案	34
表 3-2 德國 2006~2014 高科技戰略計畫	35
表 3-3 德國 2011~2017 年工業 4.0 計畫	39
表 3-4 漢諾威工業展 2010~2017 展覽主題	40
表 3-5 工業 4.0 關鍵技術及內容	42
表 4-1 博世集團的沿革	57
表 4-2 博世交通解決方案事業群組織	58
表 4-3 博世工業科技事業群組織	61
表 4-4 博世消費品產品事業群組織	62
表 4-5 博世交通解決方案事業群組織	62
表 4-6 博世集團其他的客製化品牌	63
表 4-7 西門子公司沿革	74
表 4-8 西門子產品事業群	75
表 4-9 西門子在職管理教程培訓	85
表 4-10、KUKA 在工業 4.0 成功案例	96
表 4-11 KUKA 應用之產業領域	97
表 5-1 致茂工商登記資料	99
表 5-2 致茂集團公司簡介	100
表 5-3 致茂公司組織架構	101
表 5-4 致茂公司歷史沿革	102
表 5-5 研華工商登記資料	106
表 5-6 研華產品及業務比	107

壹、緒論

2017年4月24日到28日，德國漢諾威工業展盛大展開，中華民國對外貿易發展協會組織的臺灣機械記者會(Taiwan Machinery Press Conference)¹邀請上銀科技股份有限公司、大銀微系統股份有限公司、台達電子工業股份有限公司與大同股份有限公司四家臺灣企業，向德國的國際媒體與業者推廣臺灣製造的能力，分享它們在工業應用先進技術，德國總理梅克爾也親臨會場。

自2011年德國總理梅克爾在漢諾威工業展正式宣布德國邁向工業4.0時代，一場新的生產與服務革命，就在全世界轟轟烈烈展開²，工業4.0不僅是德國境內的政策，也連動到世界，像是中國國務院總理李克強在今年5月31日下午於柏林和德國總理梅克爾舉行會晤，雙方就有談論到工業4.0，並且希望深化在貿易投資、金融、新能源汽車、醫療、人文等領域的交流並加強與德國「工業4.0」的對接合作。

當世界強國都往工業4.0靠攏並積極與德國布建的同時，前行政院長林全在參加3月25日「上銀機械碩士論文獎」第13屆頒獎典禮的致詞時特別指出，智慧機械為國家產業轉型非常重要的一環，政府與企業要共同努力。他也表示，盼未來創造投資環境、留住人才，吸引國外優秀人才與國內人才共同切磋，使我國各產業能組成「國際隊」走向國際，成為全球一流，呼籲企業參與「工業4.0」³。

臺灣當局在2017年3月23日通過的「前瞻基礎建設計畫」中也沒有在工業4.0缺席，林全表示，內容包括軌道、水環境、綠能、數位和城鄉五大建設，其中數位建設就是針對第四次工業革命正要開始，將數位經濟帶入產業，並改變所有產業生產型態，希望臺灣有機會參與，不落後其他國家⁴。

綜合以上國際訊息、經貿走向以及臺灣布建與世界接軌，研究團隊於今年6月參訪德國機會得以進一步獲悉德國從2011年至2017年之間6年來對於工業4.0的發展和轉變，使臺灣獲得第一手的資訊並且得以有更多契機提升國家經濟及競爭力。

一、研究背景

工業的產生在解決人力生產的問題，第一次工業革命解決的是人與動力之間的問題；第二次是用生產線解決人跟生產的問題；第三次則用網路解決人跟距離的問題；而正在發生的第四次革命，待解決的問題則是，一直存在，但過去因技術能力限制，而無法察覺並解決的問題。

¹ 上銀漢諾威展秀工業4.0 梅克爾也來了，瀏覽日期2017年9月22日，取自：
<https://udn.com/news/story/7240/2424140>

² 李克強會梅克爾：中國製造2025對接德國工業4.0，瀏覽日期2017年9月22日，取自：
<http://www.chinatimes.com/newspapers/20170602000102-260203>

³ 拚智慧機械 林全呼籲企業參與「工業4.0」，瀏覽日期2017年9月22日，取自：
<https://udn.com/news/story/1/2364882>

⁴ 林揆：「前瞻基礎建設計畫」刺激景氣、加速轉型 提升國家競爭力，瀏覽日期2017年9月22日，取
http://www.ey.gov.tw/News_Content2.aspx?n=F8BAEBE9491FC830&sms=99606AC2FCD53A3A&s=10AA7AFF979B3F1D

德國最早提出工業 4.0 的概念，也就第四次工業革命。預期透過資訊物理系統開發新的創造方式，實現智慧工廠 Smart Factory 的目標。在工業 4.0 下生產製造過程當中，與設計、開發、生產有關的所有資料將透過感應器的蒐集並進行分析，形成可自律操作的智慧生產系統。工業 4.0 所描繪的未來製造業，將建立在以互聯網和資訊技術為基礎的互動平台上，將更多的生產要素更為科學精密整合，變得更加自動化、網路化、智慧化而生產製造個性化、定製化將成為常態。

由於德國以其工藝技術聞名世界，其中 Mercedes Benz, BMW, Audi 等汽車產業以及 Bosch, Miele 等家電產業更是當代巨擘，不僅有可觀的銷售額，更引領先進技術提供予消費者。然而這些產業早已是百年以上的事業了，工廠製程已行之有年，卻還能積極呼應工業 4.0 的趨勢，除了硬體設備的升級之外，人員觀念的改變也是不可或缺的。因為工業 4.0 在資訊的整合分析以及產線自動化的情形下，對人工智慧需求的增加以及人力數量的衝擊，勢必挑戰並影響已在產線上的人員，此等心理素質的建設及多元化跨領域的學習排程也當然不可少。

反觀臺灣，臺灣的中小企業沒有像德國的產業歷史悠久而且規模都較小，也由於臺灣中小企業善於依顧客的需要進行彈性調整，調整的優勢所以在代工領域上為其優勢，故工業 4.0 在臺灣似乎讓人聯想到的就是自動化或機器人，而且和工廠密不可分。

就以臺灣製鞋代工業為例，知名品牌運動鞋代工的廠商，為委託主的需求開發或尋找替代方案，但如果只是單純的生產鞋子，單純的依據委託者需求提供商品，那代工廠也許只需要最快的機器和最熟練的師傅為其生產製造，所以工業 4.0 對代工廠而言就只是硬體設備的升級，但代工廠永遠不會知道消費者使用的感受，甚至不會主導新一代產品，也不可能獲得新產品的智慧財產權，因為代工廠都是被動的獲知情報再予以量化生產。如果代工廠改為解決問題的那一方，而且問題的面向不僅僅是產品本身，還延伸至了解顧客需求解決顧客問題，那代工廠就化被動為主動了，代工廠還必須蒐集消費者資訊進行數據分析，並提供解決方案，甚至取得相關智慧財產權，那代工廠就不僅僅是工廠設備的升級了，就包含予設計、開發、生產等資料的整合，使得整個製造過程更聰明 Smart 了。

所以工業 4.0 不只是改造工廠或買機器人，而是改變過往的觀念，實現新的價值。

二、 研究動機

但是2000年以來德國也曾經歷經濟衰退以及成長不如預期的情形，但德國一直是歐洲最重要的經濟發展國家，時至今日德國已成為歐盟經濟成長最主要的國家了。由於德國自2011年提出第四次工業革命的概念，迄今已發展超過六年，這段期間德國勢必經歷政府政策及產業內部的各種迴響及挑戰，他山之石可以攻錯，藉由了解德國工業4.0發展六年後的成果與轉變，進一步提出對於產業及政策上的建議。

三、 研究目的

為了提升臺灣製造業競爭力並呼應政府 5+2 產業創新計劃，臺灣當局所布建的多

屬於基礎建設，希冀本文提供的內容，使國內中小企業獲悉當今國際情勢及將來國際發展，作為與國際接軌的程式與手段。由於本研究以德國工業 4.0 發展的歷程及轉變作為臺灣產業的借鏡，所以本研究搜尋的主題包含德國政府提出的政策、近幾年智慧工廠的轉變、智慧財產權的布局及廠商在管理上的因應及變化。

四、 研究方法

本研究透過跨領域科技管理與智財運用國際人才培訓計畫MMOT的結合，於2017年5月至6月間，拜訪了臺灣的官學研機構(包含經濟部生產力4.0推動小組、工業技術研究院、IOT智慧工廠聯盟)及致茂電子股份有限公司等，在德國慕尼黑期間則拜訪包括Robert Bosch Gm、Intel等，以了解工業4.0在德國對於工廠與營運模式的創新思維。

表 1-1 本研究拜訪之機構單位 (資料來源：本研究整理)

<p>IOT智慧工廠聯盟</p>	 <p>陳志謙 Mike Chen 經理 Manager +886-913-780-538 +886-3-623-0114 mikechen@g2.nctu.edu.tw 新竹市科學園區新安路5號4樓 4F, No.5, Hsin-ann Rd., Science Park, Hsinchu, Taiwan</p> <p>國立交通大學 產業加速器暨專利開發策略中心 Center of Industry Accelerator and Patent Strategy, National Chiao Tung University 4680-4706 iaps.nctu.edu.tw</p>
<p>經濟部智慧商業暨物流 推動辦公室</p>	 <p>經濟部 智慧商業暨物流推動辦公室</p> <p>副主任 錢睿宏 博士</p> <p>地址：10084 台北市中正區南昌路2段81號8樓 電話：02-23577969 轉 377 傳真：02-23570854 統一編號：02750963 電子郵件：jhchien@itri.org.tw</p>
<p>工業技術研究院</p>	 <p>工業技術研究院 Industrial Technology Research Institute</p> <p>謝良翰 博士 歐洲辦事處 特聘專家</p> <p>Hohenzollerndamm 187, 7. OG, D-10713 Berlin, Germany 電話 +49 30 8609 3611 傳真 +49 30 8642 0677 電子郵件 L.Hsieh@itri.de / Lhsieh@itri.org.tw 統一編號 02750963 客服專線 0800 458899</p> <p>www.itri.org.tw</p>
<p>致茂電子股份有限公司</p>	 <p>Chroma Turnkey Test & Automation Solution Provider</p> <p>經理 業務部 智慧製造系統事業部</p> <p>張書睿 ray.chang@chroma.com.tw 手機 +886 935 587 336 +86 180 1559 5150</p> <p>致茂電子股份有限公司 桃園市33383龜山區華亞一路66號 電話 03-327-9999 分機 8840 傳真 03-318-7369 統編 09461025</p> <p>www.chromaate.com</p>



貳、文獻探討／文獻回顧

一、德國工業4.0定義

工業 4.0 (Industry 4.0)的概念是在 2011 年的德國漢諾威工業展(Hannover Messe-該工業展起始於 1947 年，是國際上知名並極具代表性的專業性工業博覽會，引領全球工業領域的創新發展趨勢)上由德國首先提出來。2012 年 10 月由德國 BOSCH 公司的 Siegfried Dais 及德國科學院的 Henning Kagermann 組成的工作小組，向德國聯邦政府提出了工業 4.0 的實施建議。2013 年 4 月工業 4.0 工作小組提出了報告，隨後列入德國政府施政主軸之一，2015 總理梅克爾推動工業 4.0 標準，同時獲得歐洲各國、南韓及中國等國的支持⁵。

然而值得我們探究的是：為何德國會將此國內產業發展升級的利器公告全球，並協助其他國家進行推動，這樣會不會增加德國在相關市場的競爭者？阻礙德國經濟的成長？但是，基於下述的原由，可能就不難瞭解其道理！

- (一)工業 4.0 的推動，需要有較先進的機器設備，德國可以由其堅強的傳統工業基礎獲取利益
- (二)工業 4.0 的機器設備必須嵌入先進系統及工業資訊網路，尤其是在機器設備和自動產業，成為相關機器設備的市場領導者
- (三)在 2020 德國想成為 CPS 世界領先的供應者⁶
- (四)像這樣將生產製造數據完全數位化、使用物聯網將設備進行連結及進行大數據分析進行預測分析及改善這樣類似的概念，其實美國已在歐巴馬上任後便提出一系列「再工業化」政策，吸引長期外移之製造業回流，其中最重要的是「工業網際網路」(美國工業 4.0)。歐巴馬早於 2011 年已宣布「先進製造夥伴 (AMP) 計畫」，2011 年德國在政府主導之下，工業 4.0 開始起步，抗衡美國工業網際網路(或稱工業互聯網)。⁷
- (五)羅馬不是一天造成，先進國家早已在相關科技進行研發，而且進行相關智財的保護，2004 年~2012 年相關專利 91%集中於 7 個國家，不難理解德國已充分掌握這領域的專利，這是將專利市場化，提升專利價值的有效運用。
- (六)在產業升級工業改革的過程，誰先掌握標準化規格，就可以先埋入與需該公司相關的專利授權規格或技術，就能先掌控市場，德國「隱形冠軍的產品和服務，如果不是都用同樣的規格，至少要講同一種語言，讓你可以被更大的網絡連起來，產生更大的價值」。

⁵ Koch, V., Kuge, S., Geissbauer, R., & Schrauf, S. (2015). Industry 4.0 - Opportunities and challenges of the industrial internet. Whitepaper by PWC Retrieved from <https://www.pwc.nl/en/assets/documents/pwc-industrie-4-0.pdf>

⁶ Pauly, T. (2014, September), Industry 4.0 – Market Developments in Germany and Opportunities for Finnish Companies, Tampere, Retrieved from Germany Trade & Invest. http://www.dfhk.fi/uploads/media/Industrie_4.0_Tampere_GTAI_170914pdf.pdf

⁷ 劉錦秀譯 (民 105 年)，下一個統治世界的企業(原作者：小林雅一)，台北市：大是文化。

圖 2-1 是 2013 年歐洲專利局的統計資料，由圖 2-1 可以知道在工業 4.0 應用相關專利權，德國是歐洲第一大，圖 2-2 是將工業 4.0 植入智慧製造各國的比例，由圖 2-2 的統計數據可以看出，德國最為優先，而美國在工業 4.0 使用的科技技術專利，則位居國際領頭羊的地位，已通過的專利已超過 2,500 件⁸。

德國擁有全球名列前茅的研發能力、製造技術及機械設備生產能力，德國製造的設備除價格較高外，其品質向來被業界所推崇備受肯定；德國再藉由 IT 能力、嵌入式系統與自動化的既有基礎，使得德國具有獨特的優勢來推動新型的工業化-工業 4.0。

因此非常贊成這樣的說法：德國繼隱形冠軍之後，正動員全國上下產官學界，舉全國之力投入新的國家之路——以「世界工廠的工廠」地位，重新定義製造業，搶奪未來製造業的話語權和主導權。

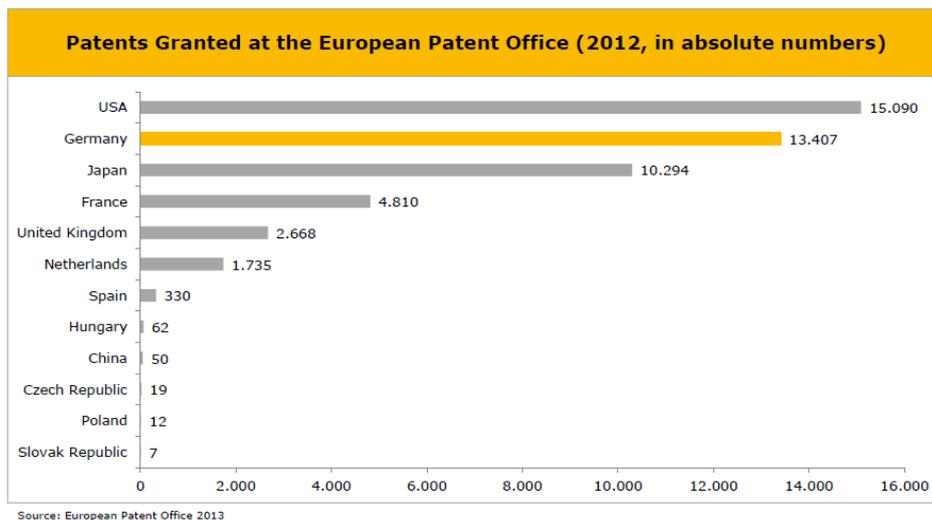


圖 2- 1 由 2013 年歐洲專利局的統計資料，工業 4.0 應用相關專利權，德國是歐洲第一大，居全球重要領導地位²

⁸ Staufen A.G. (2015). China – Industry 4.0 Index 2015. Stuttgart, Germany: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO.

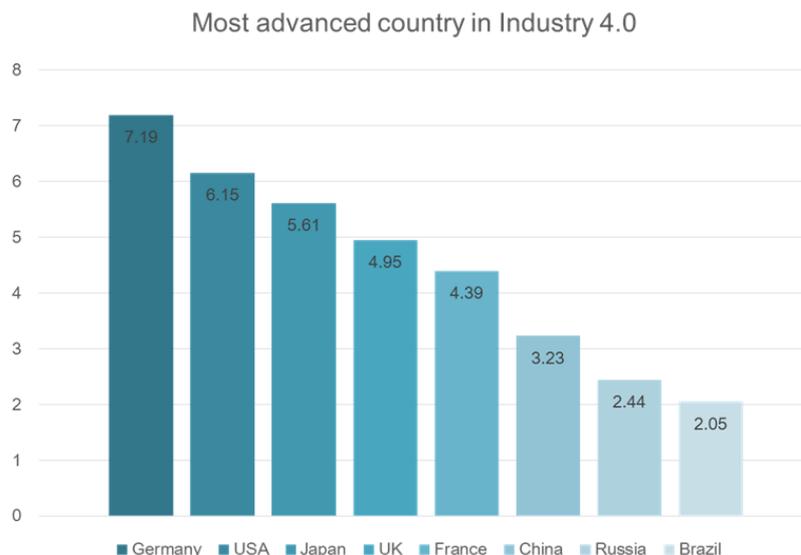


圖 2-2 在工業 4.0 將智慧製造植入生產比例是以德國最為優先³

工業 4.0 又被稱為第四次的工業革命，工業技術的突破及應用，將工業革命分為四個階段，如圖 2-3 所示：第一次工業革命起始於 18 世紀的英國，由第一部機械紡織機拉開序幕，開創以機器代替人力勞動的時代，以水力及蒸汽作為機器動力，開始運用機器於生產模式當中。第二次工業革命始於 20 世紀初，1870 年時，美國辛辛那提屠宰場發明了第一條生產線，之後電力大規模應用於生產線當中，電力的應用與大量生產是這一階段的特色。20 世紀 1970 年代開始第三次工業革命，第一步可程式邏輯控制器(Programmable Logic Controller, PLC)誕生，這階段的重點在於運用電子及資訊技術(IT)以達到自動化及資訊化的自動生產。工業 4.0 更將物聯網的技術及服務(Internet of Thing and Services)導入運用於製造環境，並進行各項高端科技的整合，衍生出具有智慧化特色的先進產業技術，開啟第四次工業革命。

工業 4.0 有別於以往，創造一個可以相互連結溝通、具有智慧製造意識的製造環境，建構出一個全面智慧化的工業系統，是以 CPS 資訊物理系統⁹為核心技術。CPS 是透過網路虛擬端的資料分析、建構模型和控制對實體活動內容的深度對稱性管理¹⁰。然而，非常有趣的是 CPS 這個概念最早是在 2008 年由美國的研究者所提來的¹¹，這個概念反而被德國工業 4.0 所納入¹²！

⁹ 行政院生產力 4.0 發展方案 (民 104 年)，台北市：行政院。

¹⁰ 林瑋琦(民 105 年)，德國工業 4.0 產業趨勢與衍生商機大揭密，台北市：外貿協會。

¹¹ Lee, E.A. (2008, May). Cyber Physical Systems: Design Challenges. Proc. 11th IEEE Int'l Symp., pp. 363–369.

¹² Posada, J., Toro, C., Barandiaran, I., & Oyarzun, D. (2015). Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet, 35(2), 26-40.

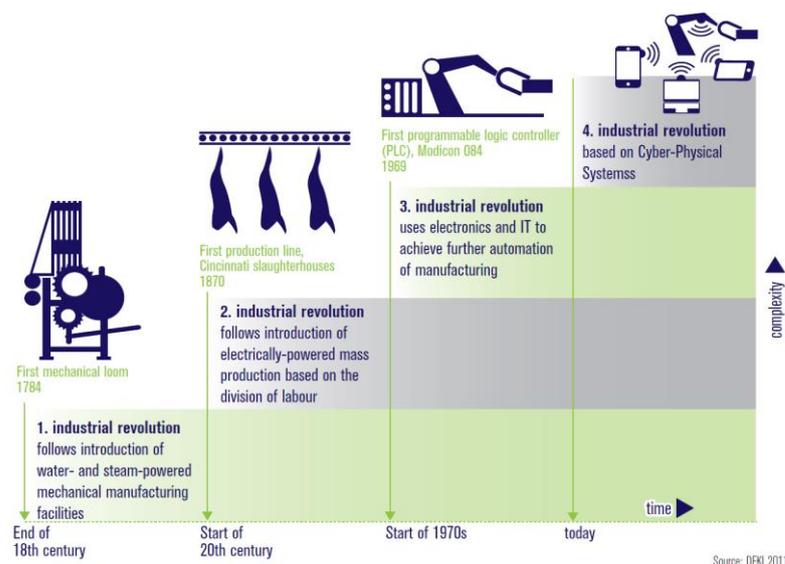


圖 2-3 工業革命的演進

工業 4.0 在製造環境中 CPS 包括智慧機械、儲存系統、生產設施等能夠自主交換訊息、觸發動作及彼此控制。這將有利於根本地改善工業流程，包含製造、工程、材料使用、供應鏈及生命週期管理¹³。其隱含著價值創造、商業模式、終端服務及工作組織等議題，智慧化及彈性生產為工業 4.0 的兩大重點¹⁴。工業 4.0 將生產模式與最先進的 ICT 技術結合，人、機器、設備、物流系統及產品，能直接互相溝通與合作，使生產更有效率、更靈活。目前產業界及學術界一般認為，其涵蓋技術包含虛資訊物理系統(Cyber Physical System)、物聯網(Internet of Things, IoT)、雲端應用(Cloud computing)、巨量資料(Big Data)分析、機器人/機器手臂、智能化設備與系統等¹⁵，詳如圖 2-4 所示工業 4.0 有別於以往，是整合各項的先進科技，經過不同的整合，可能產出一項新的科技。



圖 2-4 工業 4.0 涵蓋各項之先進科技¹⁶

¹³ Kagermann, H., Wahlster, W. & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Munich, Germany: Acatech.
¹⁴ Hermann, M., Pentek, T., Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). pp. 3928-3937. doi: 10.1109/HICSS.2016.488
¹⁵ Grangel-González, L. Halilaj, G. Coskun, S. Auer, D. Collarana & M. Hoffmeister (2016). Towards a Semantic Administrative Shell for Industry 4.0 Components. 2016 IEEE Tenth International Conference on Semantic Computing (ICSC). Laguna Hills, CA. pp. 230-237. doi: 10.1109/ICSC.2016.58
¹⁶ Colotla, I., Faste, A., Heidemann, A., & Winther, A. (2016). Winning the Industry 4.0 Race. Retrieved from the Boston Consulting Group

以客戶的想法及需求為主要訴求，使得公司能夠依據個別客戶的要求，較過去更輕鬆有效率地生產客製化的產品與服務。同時，由於生產過程智慧化及全面訊息的提供，使公司可提前預測因應及控制可能的維修及備料需求，進一步達到節省資源及能源的目標。工業 4.0 最終將不僅改變製造流程，也將創造出新的商業模式，並改變員工的工作模式及開創新的前景。

工業 4.0 的提出與人力薪資成本有關，當歐洲薪資遠高於大陸和東南亞時，製造工廠往大陸和東南亞移動，但當這些區域的工資逐年提升時，就如工研院產經中心區域研究部研究員王寶苑指出「人力資源變得珍貴，不能再浪費在重複跟知識技術含量低等的工作上，必須把人從機械的操作者，變成生產流程的決策者和管理者」，德國電器電子製造商協會研究總監戴格納博士指出「未來工廠中的工程師，需要掌握更複雜跨領域的知識，尤其是跨資訊和機械的整合型人才」。

「流水線上的人工確實會被機器人取代」德國工業聯合會資深經理奧特(Clemens Otte)話鋒一轉，「但若製造回流，德國會需要更多高技術人才，擁有量多質精人力的德國，反而能帶進就業機會。」像西門子的智慧工廠，過去 10 年不增加人，也不曾裁員，但產能和人均產值卻是倍增。德國人工智慧研究中心馬迪亞斯·羅斯基爾(Matthias Roskill)就說：人是有彈性的生物，將來高度數位化的思考型工廠裡，將專職負責重要決定及排除故障，因此提供次世代製造技術的工業 4.0，並不會將人類趕出工廠。所以在像人工智慧、次世代機器人這類的技術革命，反而給我們很好的機會：來思考人們應該做的工作究竟為何？¹⁷

因此，工業 4.0 的發展所強調的並不是無人化，而是規劃發展成人機協同的境界，目標是希望能以人最為價值創造的指揮者，人部份會被取代，因此更要學習新的技能及轉換模式，才能適應新的產業環境，方不被淘汰。因此，德國提出藉由工業 4.0 的發展其貢獻超過 25% 的 GDP 及增加 7 百萬的工作機會¹⁸。

而未來的人才必須具整合各項的科技技能的能力，如管理大師彼得杜拉克所言：今日賴以維生的工具，可能就是明日成長的障礙。以前所謂專精的競爭優勢，今日可能成為狹隘的同義詞，Burning Glass 科技公司的調查分析，美國就業市場如今最龐大的需求，不是專才，而是擁有完全不同領域技能組合的人才，Burning Glass CEO 席格曼(Matt Sigelman)稱之為油電混合人才，國內天下雜誌稱之為章魚人才，這是人才在技能需求上的一大轉變，多工人才需藉由短時間內密集受訓學習，因此微學位(Nano degree)的風潮，因應職場海嘯而產生，對體制內的學校教育和企業在職訓練，可能產生徹底的轉變¹⁹。

二、 德國工業 4.0 背景²⁰

德國工業 4.0 發展的背景，可以由市場環境面進行說明：近年來德國製造業必須承擔為了鞏固及增加在全球的競爭力，所引發在產品品質提升及產品生產所增加的

<https://innovationsfonden.dk/sites/default/files/bcg-winning-the-industry-40-race-dec-2016.pdf>

¹⁷ 劉錦秀譯(民 105)，下一個統治世界的企業(原作者：小林雅一)，台北市：大是文化。

¹⁸ Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An industry 4.0 perspective. *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*, 8(1), 37-44.

¹⁹ 賀桂芬(民 106 年)，工業 4.0 掀起職場大海嘯- 工業 4.0 進化章魚人才時代來臨，天下，624，96-100。

²⁰ 林瑋琦(民 105 年)，德國工業 4.0 產業趨勢與衍生商機大揭密，台北市：外貿協會。

成本，且由於開發中國家的勞工成本越來越高，一些產業已面臨再將生產工廠遷往，想大幅縮小生產力和品質差異的國家，因此製造公司必須理解：顧客並不想因品質改善，而支付所增加的任何成本；所以許多來自德國的製造業，為了能將他們的產品調整聚焦在客製化且可以快速上市，從精實管理著手，並將製造生產使用的機台及產製參數，進入網路整合(物聯網)，成為公司的核心競爭力²¹。

由整體經濟來看，德國是歐洲第一大經濟體，2015 年其名目 GDP 達到 3.36 兆美元，全球排名僅次於美國、中國大陸及日本，由於其厚實的經濟實力，近年在多次歐洲議題上，握有區域內的重要的話語權，尤其在英國脫歐公投過關後，其在歐洲的領導地位將日形顯著。

德國於 2011 年漢諾威工業展，首次提出「工業 4.0」的概念，由德國聯邦教育及研究部和聯邦經濟及科技部聯合資助，投資預計達 2 億歐元，用來提升製造業的電腦化、數位化與智慧化，期望藉此保有其製造業在全球的領先地位。工業 4.0 的目標不是創造新的工業技術，而是統合所有工業相關的技術、銷售與產品體驗，是建立具有適應性、資源效率及人因工程學的智慧工廠(Smart Factory)，並在商業流程及價值流程中整合客戶以及商業夥伴²²。預估將可以為通訊、機械工程、汽車與汽車零件、電子設備、化工及農林業再升級與成長，自 2013~2015 年間，增加 790 億歐元的附加價值毛額(Gross value added)。經此振臂一呼也帶動全球主要經濟體包含美國、中國大陸、韓國及日本等，也以類似工業 4.0 的智慧製造概念，全力提升各國家製造業發展，做為再創經濟動能的重要策略。

而德國在 2009 年歐洲爆發歐債危機後，遭受多個債務國所託累，其經濟表現呈現低迷不振，近年在梅克爾總理堅持樽節政策帶領下經濟逐漸穩定好轉，但德國在 2009 年歐債危機引爆時，實質 GDP 成長大幅滑落至-5.6%，歷經近年來唯一的負成長。隔年 2010 年雖逐步好轉，2015 年經濟成長率達 1.5%，然而和先進經濟體相較，則相對較差，面對如此競爭的國際情勢，並背負歐盟及歐元區的債務問題，德國產業及官方積極思索，如何為其經濟及產業開創新的成長動能。

由其產業結構，以三級產業(農林、工業及服務)各 GDP 的比率來看，係以服務業為主導比重約為七成，農業占 GDP 比重不到 1%，而與工業 4.0 相關的製造業，為工業的大宗，約佔工業的 74%，近十年來，2006 年製造業占 23.1% GDP，在 2009 年僅達 19.9%，之後雖然回升至 22.6%的水準，但仍不及歐債危機以前的水準。

由企業結構進行背景分析，德國雖然以西門子、福斯集團等大型國際企業聞名全球，但實際上德國企業是以中小企業(員工人數小於 250 人，且年營業額不超過(含)5,000 萬歐元)為主體，其比率高達 99%。其提供德國 60%的就業市場，所創造的營業額占德國所有企業營業額比重達 31.8%，對有形物品(tangible goods)的投資(如機器和工廠資本財投資)，占所有企業的 41.4%。

依據德國官方定義，中小企業又可以再細分為微型(Micro-員工小於 7 人，年營業額不超過(含)200 萬歐元)、小型(Small)及中型(Medium)企業，其中的微型企業占德國所有企業的比重高達八成。另由德國 2013 年企業註冊數量及比重，從經濟活動分類分析，2013 年已達 360 萬家²³(資料擷取時間: 2016 年 8 月)，註冊第一大宗是汽機車維修，既有 65.5 萬家占所有註冊企業的 18%，其次為專業、科學及技術活動，既

²¹ 同 18.

²² 曹永誠(民 104 年 9 月 30 日)，工業 4.0-生產力，痞客邦，取自 <https://benevo.pixnet.net/blog/post/48351000->

²³ 經濟部，全球台商服務網，取自 <http://twbusiness.nat.gov.tw/countryPage.do?id=361922560&country=DE>

有 51.3 萬家，比重 14.1%。製造業則將近 25 萬家，比重 6.8% 位居第五大，由「專業、科學及技術活動」和「製造業」的眾多企業能為德國發展工業 4.0 提供強而有力的基礎及後盾。

三、 德國工業4.0 政策²⁴

工業 4.0 的發展政策，不只是一要強化德國在製造業的競爭力和保持領先的地位，也是為解決全球現今所面臨的挑戰，包含市場已趨飽和、買方市場、客製化、產品生命週期短、能源短缺、勞動力不足等相關問題。

德國政府在政策的擬定，於 2012 年 3 月通過<High-Tech Strategy 2020 Action Plan>，其中涵蓋未來十項計畫(Future Projects)，工業 4.0 是其中的一項。德國官方以工業 4.0 平台(Platform Industrie 4.0)為主要推手，以產官學研的力量共同推動，並與國際間進行交流合作。在<High-Tech Strategy 2020 Action Plan>十項計畫中，規劃以 10 至 15 年的時間框架來進行，並於 2012 至 2015 年間投入 84 億歐元預算來推動。針對工業 4.0 計畫，特別著重在物聯網(IoT)的研發，期望能創造新的服務應用模式，並透過資訊物理系統(CPS)植入工業生產系統，建構智慧工廠(Smart Factory)。德國政府已在其西南部城市凱撒斯勞藤(Kaiserslautern)，已建立全球第一座實現未來智慧願景的智慧工廠 Smart Factory KL，其創立於 2005 年為一非營利的協會機構，為工業 4.0 的核心示範場及研究平台，結合在產業和研究具有聲望的人員，從新觀念、新標準及新的解決方法，建立高彈性自動生產技術的基礎²⁵。

德國工業 4.0 平台(Platform Industrie 4.0)，可以說是全球最大，亦是涵蓋最多元產業的工業 4.0 平台，也是德國官方推動工業 4.0 的重要指標及平台，相關措施也是藉由此平台向企業界推廣與宣傳，此平台創立於 2013 年，最早是由三大產業聯合協會 BITKOM (資通訊暨數位)、VDMA (機械工程)和 ZVEI (電器電子)所共同成立，2015 年擴大來自政府、各產業界及學術界的資源，成為德國工業 4.0 的重要推手，亦是其他國家仿效的對象。

此平台重點工作及所關注的議題，主要有五大範圍，因此亦分為五個工作小組(working groups)來運作，五大議題範圍：1.參考架構、標準化及規格；2.研究與創新；3.網路資訊安全；4.法律框架；5.工作、教育及培訓。此五大工作除由技術專家來執行外，德國聯邦經濟能源部、教育研究部、內政部、法務部及勞工部等五大部會亦共同參與，因此顯示工業 4.0 在德國認定不僅是產業經濟議題，更涉及教育、法務、勞工權益及社會等議題，由此可知德國政府看待工業 4.0 議題的重視。

由於德國企業結構裡高達 99% 為中小企業，如何協助中小企業願意進行工業 4.0 的改造及執行，就成為德國政府的重要議題，也是影響德國工業 4.0 推動發展的一大關鍵因素，因此，德國政府透過建構測試平台資源來協助企業，特別是中小企業的使用。

目前德國聯邦教育研究部規畫將在現有的測試平台中，設立一個專門的資金給中小企業，並在德國斯圖加特大學(University of Stuttgart)設立一個聯繫及協調辦公室，用以建議及協助中小企業在資金的框架內，針對工業 4.0 項目在全國境內挑選最適合

²⁴ 林瑋琦(民 106 年)，德國工業 4.0 產業趨勢與衍生商機大揭密，台北市：外貿協會。

²⁵ Smart Factory KL[®](2017), Retrieved from <http://www.smartfactory-kl.de/>

的測試平台，同時透過科學方式整理所有測試結果，提供給專家們參考。

在和其他經濟體合作發展的策略上，德國非常注重和國際間的交流合作，希望以擴展國際市場，謀求最大展效益。在 2014 年德國開始和其他經濟體謀求合作，共同發展工業 4.0，因此在 2014 年和大陸雙方發表〈中德合作行動綱要：共塑創新〉，2015 年 7 月雙方簽署〈中華人民共和國工業和訊息化部與德意志聯邦共和國經濟和能源部就推動中德企業開展智能製造及生產過程網路合作的諒解備忘錄〉，2016 年大陸工業和信息部辦公廳，確定了中德智能製造合作 2016 年試點示範項目名單。在 2016 年法國未來工業聯盟(Alliance for the industry of the Future)公佈其科技路線圖，內容涵蓋與德國高等學術機構的合作關係。

四、臺灣工業發展的概況

本章節主要是針對臺灣智慧製造及產業發展現況進行探討，在德國提出工業 4.0 的概念成為全球發展趨勢，全球主要的經濟體美國、日本、中國大陸及韓國政府，也都提出各自的智慧製造相關政策外，我國政府也於 2015 年提出「生產力 4.0 製造方案」，並於 2016 年敲定 2017 年度科技預算將編列 1,078.5 億元，較今年成長 5.6%，2017 年起，政院也將首度從科技預算「提取」100 億元，推出旗艦計畫競爭機制，鼓勵各部會攜手產學研，大力發展新政府重視的「五加二」產業、資安與網路新經濟。「五加二」產業是指，亞洲矽谷、生技醫療、綠能科技、智慧機械及國防航太等五大創新產業，再加上新農業、循環經濟²⁶。在智慧製造領域的發展，是以智慧機械產業為主軸優先推動。

臺灣工業占 GDP 比重 35.4%(參考行政院主計處統計)，其中的製造業占整體 30.3%，比德國製造業占其 GDP 比重 22.6% 為高，根據世界經濟論壇(WEF)所公佈的全球競爭力報告(The Global Competitiveness Report 2013-2014)，國內產業群聚在全球一百多個經濟體當中，評比高居全球第一，但最近一次的評比(2015-2016)則退居至第五名²⁷，一葉知秋，我們應該正視這評比排名的變化，是不是其他的國家轉型變強了？

面對全球製造產業的快速變遷、生產資源有限、勞動人力短缺、自動化產線快速增加、產品生命週期變短了、網路資訊應用快速發達，國內產業必須由以往代工量產優勢，轉型尋求產業升級及新商業模式，以維持並提升製造業的競爭力。所以行政院在 2015 年 9 月核定生產力 4.0 發展方案，聚焦在製造業、服務業及農業，本文主要是探討製造業的相關政策。

製造業目標設定「擴大市場內需，創造外銷契機」，經濟部並設置生產力 4.0 推動辦公室，全力推動製造業的生產力 4.0 方案。推動架構是以顧客價值為核心，並結合德國及美國的兩大政策，德國：工業 4.0 以資訊物理系統(CPS)為主，美國：著重資通訊加值服務，結合後以精實管理來推動智慧製造及智慧服務的網聯服務製造系統。

新政府推動五大創新研發計畫，去年 2016 年 7 月行政院核定「智慧機械產業推

²⁶ 林安妮、邱金蘭(民 105 年 7 月 27 日)，政院推「五加二」產業懸賞百億，聯合新聞網，取自 http://www.lovehug.idv.tw/2016/07/blog-post_283.html。

²⁷ 林瑋琦(民 105 年)，德國工業 4.0 產業趨勢與衍生商機大揭密，台北市：外貿協會。

動方案」，在台中揭幕的「智慧機械推動辦公室」就是計畫核心推動單位，由經濟部次長沈榮津擔任執行長，智慧機械推動辦公室的組織架構與推動領域如圖 2-5。未來平台將由系統發展商上博科技整合各家機械廠商、研華負責垂直整合並建立上下游關係，透過平台為機械業者引入智慧化製造，另將結合雲端及大數據，「從大數據分析需求接單，並以機聯網結合的虛擬工廠擴大生產能量」²⁸。

智慧機械產業推動方案計畫：利用藉由平台將可深度整合各廠商機具，並從雲端執行試造；例如上博科技目前的雲端模具製造平台，可在掌握各廠生產機具並整合後，分析客戶需求、雲端設計，再根據不同機具功能，由雲端排程並下達指令進行製造，不但可將各家機具整合出最大效果，打造出全能的「虛擬工廠」，更可大幅提升產品精度與試造速度。官員強調：「精度就是工具機的賣點」，透過此平台如同打通任督二脈，可大幅提升業者競爭力並降低成本。

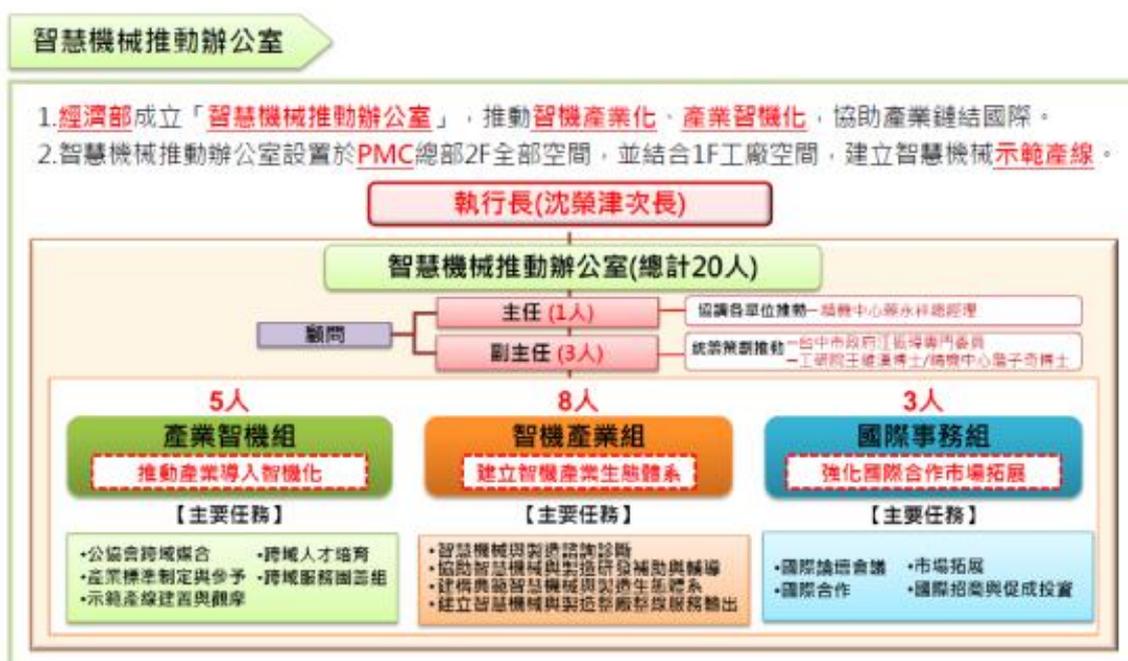


圖 2-5 智慧機械推動辦公室組織架構

實際的運作方式，將以國內產業（例如航太、金屬運具、紡織等）為練兵對象，把整廠整線輸出國外，建構智慧機械的生態體系，爭取全球商機。此外，為建構發展智慧機械產業的有利環境，政府目前已陸續成立專責推動辦公室、發展中心與聯盟、展示中心，以及分布於臺灣北中南共計四處人才訓練中心，期望結合產學研能量與政府資源，建置重點產業智慧製造典範產線。藉由場域試煉，逐步帶動中小企業升級，翻轉產業代工形象，有效提升生產力、競爭力及薪資水準，爭取全球商機²⁹，圖 2-6 即是對整體產業推動之願景、策略與方法歸納。

²⁸ 黃佩君(民 106 年 2 月 7 日)，智慧機械辦公室今成立，自由時報。取自 <http://news.ltn.com.tw/news/business/paper/1076008/print>

²⁹ 邱金蘭(民 106 年 4 月 6 日)，智機方案鎖定航太等產業練兵 爭取全球商機，經濟日報，取自 <https://udndata.com/ndapp/udntag/finance/Article?origid=2386784&ptname=%E7%B6%93%E6%BF%9F%E9%83%A8>



圖 2-6 智慧機械產業推動之願景、策略與方法

2017 年 8 月 24 日行政院科技部提出³⁰：推動人工智慧(AI)，以我國領先全球的 ICT 產業優勢為基礎，編列 5 年 160 億，建構我國 AI 創新生態環境，定義人工智慧的硬體核心、演算法技術及智慧應用產業領域等三大範圍內容，圖 2-7 描述此三大範圍所涵蓋的內容，透過 5 大策略，提出五策略如下：1. 研發服務—建構 AI 主機(4 年共 50 億元經費)；2. 創新加值—設立 AI 創新研究中心(以 5 年為期，每年預計投入 50 億元經費)；3. 創意實踐—打造智慧機器人創新基地(以 4 年為期，預計投入 20 億元經費)；4. 產業領航—半導體射月計畫(以 4 年為期，將投入 40 億元經費)；5. 社會參與—科技大擂台 (Grand Challenges)：懸賞總獎金新台幣 3,000 萬元，首獎 2,000 萬元，以未來 AI 必須的電腦中文聽力理解為競賽主題，邀請各界好手角逐優勝，1. 項~4. 項人工智慧推動策略做法在圖 2-8 有較完整的描述。

透過此 5 大策略，冀望能加速提升臺灣人工智慧研發能量與基礎環境，布局與扎根關鍵核心技術，提供優質自造空間，優化人才質量，激發創新解決方案，開發在地化應用及服務，以帶動下一波經濟轉型動能並掌握 AI 成長的價值源頭。

³⁰ 新聞傳播處(民 106 年 4 月 6 日)，5 年投入 160 億建構我國 AI 創新生態環境，行政院，取自 http://www.ey.gov.tw/News_Content2.aspx?n=F8BAEBE9491FC830&s=A3F7679A925B6C39

科技觀 人工智慧涵蓋面向



圖 2-7 人工智慧的硬體核心、演算法技術及智慧應用產業領域等三大範圍內容



圖 2-8 國內人工智慧的推動策略

五、智慧工廠的定義

在生產製造過程中，整合計算、通訊與控制的資訊物理系統(CPS)，連結物聯網，建構「智慧工廠」，形成智慧製造與服務的全新商機與商業模式³¹。智慧工廠為工業 4.0 策略之核心³²，隨著物聯網（Internet of Things, IoT）的蓬勃發展暨製造業服務

³¹ 張俊隆(民 104 年), Industrie4.0 from a Taiwanese Perspective, 工研院機械所智慧系統技術組研究報告, 未出版。

³² 汪建南、馬雲龍(民 105 年), 工業 4.0 的國際發展趨勢與臺灣因應之道, 國際金融參考資料第六十九輯, 台北市: 中央銀行。

化的浪潮推波助瀾，德國工業界明顯意識到未來之生產方式，將以智慧製造（Smart Manufacturing）為核心主軸，工業 4.0 意謂著以智慧製造為導向之第四次工業革命，工業 4.0 時代的來臨，人類將以網實系統（Cyber Physical System）為根基，進而構建包含智慧製造、數位化工廠（Digitalization Factory）、物聯網、服務網路的整合式產業物聯網，藉由資訊通訊技術（Information Communication Technology, ICT）達成虛擬模擬技術及機器生產得以相互輝映，實踐智慧工廠（Smart Factory），最後達成整個生產價值鏈（Value Chain）都緊密扣合在一起，智慧工廠整體的整合可以參考圖 2-9 的描述內容。

工業 4.0 的到來意謂著物聯網與服務網路將徹底地觸及到工業體系的各個部份，將傳統之生產方式改變為具備高度客製化、智慧化、服務化之全新生產製造模式。智慧製造是一個複雜的系統工程，原則上，包含下面幾大元素：製造執行系統（Manufacturing Execution System, MES）、融合虛擬生產與現實生產的物聯網系統、使用智慧型機器人取代傳統工人的自動化生產線、高度智慧化的生產線控制系統等，為智慧製造涵蓋之範疇。如果沒有以軟體系統貫穿上列元素，就無法達到整體智慧製造之管理暨決策之最佳化，也就無法打造一個真正的智慧製造系統³³。智慧製造不僅是更新原有之生產線，同時還要在資訊通信技術、物聯網、服務網路，加強力道，以期對製造業進行高階整合和全面性的智慧化改造，目標為涵蓋整個產業價值鏈的系統工程。

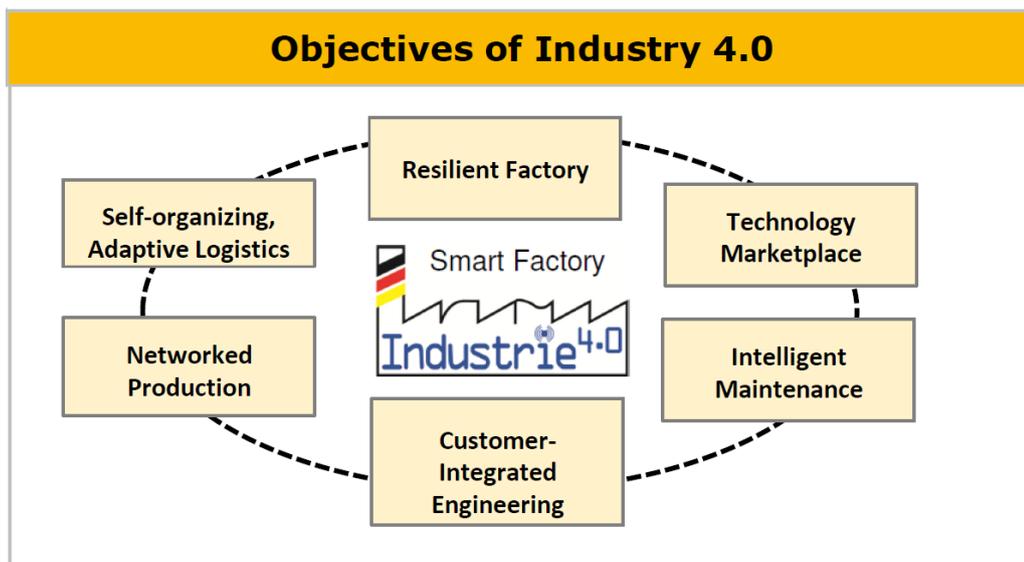


圖 2-9 德國工業 4.0 智慧工廠之功能

針對智慧工廠的定義參考「工業 4.0 智慧工廠未來發展趨勢與商機運用」ICT 硬體、軟體與系統整合技術，使工廠生產行為具有感測連網(IoT)、資料蒐集分析（Big Data）、人工智慧(Artificial Intelligence, AI)、虛實系統整合且具人機協同作業等特色，稱之為「智慧工廠」。所謂「智慧化」，是指該工廠具有「可自主調整廠區與產線之產能配置、可自主調整上下游供應配送、可自主優化生產環境之資源與能源配置、可輔助人員正確完成各種操作與組裝、可即時逆向追蹤生產進度與履歷等特色³⁴。

³³ 朱海成(民 105 年)，工業 4.0 (Industry 4.0), 2017 管理資訊系統，p11-1，台北市：基峰。

³⁴ 魏傳虔(民 104 年)，工業 4.0 智慧工廠未來發展趨勢與商機運用。財團法人資訊工業策進會研究報告，

1950 年代人工智慧便已發軔，機器學習是其中的一環。所謂人工智慧，是讓各種機器(主要是電腦)，擁有像人類般智慧的技術，但在機器學習的領域(讓電腦分析巨量資料後，再從中擷取某種模式應用在企業上的技術)，則在邁入 21 世紀之後才有快速的發展。1950 年代人工智慧便已發軔，機器學習是其中的一環。所謂人工智慧，是讓各種機器(主要是電腦)，擁有像人類般智慧的技術，但在機器學習的領域(讓電腦分析巨量資料後，再從中擷取某種模式應用在企業上的技術)，則在邁入 21 世紀之後才有快速的發展³⁵。

智慧工廠能夠管理複雜的事物，不容易受到干擾，能夠更有效地製造產品。在智慧工廠裡，人、機器和資源如同在一個社交網路裡一般自然地相互溝通協作。智慧產品理解它們被製造的細節以及將被如何使用³⁶。

現在每天都會聽到許多 AI (人工智慧)讓人失業的消息，但其影響是一體兩面，活用 AI 能讓人擺脫長時間的工作，老闆不能只想如何耗損、剝削勞工，而是要用讓員工利用 AI 做高度發揮，否則將會落後並遭淘汰。臺灣企業目前對於縮短工時仍多所抗拒，假如年輕人沒時間及能力充實發展，無法配合時代變遷，習得必要技能，更難提升企業價值³⁷。因此，國內企業應該理解以往靠勞力成本精算，來提升產品競爭力來獲利成長的事件，實難復見！

六、 智慧工廠的範圍

第四次工業革命講求的則是智慧化生產，也就是利用各種整合感控系統，結合以人為本的方式進行更為靈活彈性的製造，並利用資通訊科技、雲端運算與商業分析達到快速調整及策略訂定的目標。臺灣機械工業公會新任理事長柯拔希表示，工業 4.0 定位為是第 4 次工業革命，範圍涵蓋機械、物聯網及大數據等。

智慧工廠可達到快速調整及優化升級的目標，主要做法也已經從純粹的自動化取代人工，轉換成更為智慧化的人機協同，人不再提供單純勞力，而是做為決策及管理者；機器設備則擁有快速應變及多方溝通能力，人與機器所扮演的角色與功能都有大幅度演變，如此能更加貼近現今需求快速變動的市場³⁸。

在工業 4.0 中，不同的生產線是連在一起的，龐大的數據可以隨時進行交換。這樣便可以按照客戶的要求，隨意改變供應商和生產程序。「靈活運用包括感測器 (Sensor)、軟體 (Software)、解決方案服務 (Solution service) 在內的 3S 體系，可以實現以前從成本方面來說不可能成立的訂製生產 (Tailor Made)」。德國將其稱為「大規模訂製 (Mass Customization)」。

工業 4.0 並不僅僅只瞄準生產。要實現大規模訂製，包括與客戶的聯繫方法在內，很多方面都要發生改變。也就是說，與豐田生產方式相比，這是一個範圍更廣的大概念。工業 4.0 主張透過技術的使用，來實現整個製造業而不僅僅只是工廠的革新³⁹。

未出版。

³⁵ 劉錦秀譯(民 105 年)，下一個統治世界的企業(原作者：小林雅一)，台北市：大是文化。

³⁶ 康金城(民 102 年)，工業 4.0 攻略的建議，北京：中國工程院

³⁷ 劉黎兒(民 106 年)，臺灣堅持廉價勞力的危機，今周刊，1059，20。

³⁸ 任珮云(民 104 年 05 月 29 日)，《產業分析》工業 4.0 席捲全球，台廠搶先政府起跑，中時電子報，取自 <http://www.chinatimes.com/realtimenews/20150529003536-260410>

³⁹ 佐藤浩實(民 104 年 1 月 19 日)，工業 4.0 不同於豐田生產方式，StockFeel 股感知識庫轉載日經技術，

工業 4.0 架構出智慧工廠的完整面貌，但是要談智慧工廠，必須先定義智慧化，何謂智慧化？以人類來作為比較，製造設備的智慧化，就等於是人類的各種感官加大腦的智慧判斷，就像機器視覺，當攝影機裡的影像感測器擷取到影像後，將資料送回後端設備處理，後端設備處理後，進一步彙整判斷，再決定下一步的動作，這就是新世代的工廠智慧化關鍵。過去的工廠以自動化技術作為競爭要件，不過如今自動化已不足以成為製造業的競爭力，未來智慧工廠的必須包括 4 大部分—感測、運算處理、邏輯推理判斷、反應等，這 4 大部分整合起來，就是工業物聯網架構(Industrial Internet on Thing；IIOT)⁴⁰。

如果說改善 1.0 開始於直線輸送帶的大量生產，2.0 是豐田式製造的即時生產，3.0 是單元是生產由一人全責組裝，改善 4.0 就是數位化生產，活用大數據讓工廠效率大幅提升。

我們參考美國奇異(GE)公司在工廠數位化競賽的作法，2001 年奇異執行長伊梅特(Jeffery Immelt)上任以來，就企圖以大數據，將奇異進化為一間數位化工業企業，首先集中經營專注在電力、油田、飛機、交通基礎建設。二來收購法國電力公司阿爾斯通(Alstom)加強基礎設備。三來設立奇異數位(GE Digital)，旗下建構產業用平台 PREDIX 專門收集並分析大數據。而工廠要真正走向數位化，還差最後一片拼圖就是人工作業數據，其關鍵就在於機械的防呆設計，例如當工人用電動螺絲起子，將螺絲拴到夠緊實機台會亮起紅燈，避免螺絲太鬆淪為不良品。另外，利用無線射頻辨識(RFID)技術，自動記錄成品量測結果，不僅減少人力輸入錯誤，還可記錄工時，在日後進行大數據分析，大數據分析不只能改善工廠效率，還能回饋產品研發設計，最終目的是能延長引擎壽命設計。

2016 年提出卓越工廠(Brilliant Factory)構想，為集團樹立模範。工廠的運作必須將所有活動，包含機器以及人工的所有紀錄全，都以數據保存，這就如物聯網在機器上搭載感測器或通訊功能，自動收集加工過程的所有數據，靠著數位化數據串起的改善工廠，把製造業帶入下一個時代⁴¹。

引領工業 4.0 浪潮的兩大德國工業集團-博世力士樂(Bosch Rexroth)與西門子(Siemens)，近期不斷對外展示其最新工業 4.0 解決方案。博世所展示的工業 4.0 概念型生產線：藉由 RFID 來引導待組裝的產品，在整條生產線進行各種加工處理，藉由 RFID 的引導，可以穿插生產不同產品，不用改線或換線，具極佳的彈性調度，且每個工作站的設備都具備資料收集的能力，如螺絲旋轉圈數、插入件的角度等，並將其納入產品的生產履歷，可以對產品的品質進行完整的追蹤，若生產線上有些工序需要人為介入，相關設備也具有非常智慧化的防呆功能，例如鎖螺絲時，作業人員拿錯螺絲，工作站上的電動螺絲起子就會停止動作，並告訴作業人員錯誤的訊息。西門子最傲視同業之處，是軟體系統領域的全方位佈局，在展區是將工業軟體、自動化設備、工業通訊、驅動技術及資訊安全與服務等核心分成個個專區進行展示，而數位工廠則是貫串其各大展區的共同主軸⁴²。

取自

<https://www.stockfeel.com.tw/%E5%B7%A5%E6%A5%AD4-0%E4%B8%8D%E5%90%8C%E6%96%BC%E8%B1%90%E7%94%B0%E7%94%9F%E7%94%A2%E6%96%B9%E5%BC%8F/>

⁴⁰ 王明德(民 105 年 7 月 21 日)，工業 4.0 逐漸成型，CTimes 零組件，取自

<https://udn.com/news/story/6903/1855841>

⁴¹ 張鳳譯(民 106 年)，賓州直擊奇異未來工廠，商業週刊，1536，114-116。

⁴² 黃繼寬和陳妤瑄(民 106 年)，工業 4.0 技術逐漸成熟智慧工廠落實全憑業者決心，工業 4.0 實戰寶典，10-15。台北市：新電子雜誌社

引用德國上千家隱形冠軍的柏林大學教授凡諾（Bernd Venohr）的說法：「大家都在喊大數據，但產生一大堆數據就是大數據嗎？」、「除非資料被處理判讀之後，能為需要者提供意義，否則資料本身是沒有價值的，因此對於專業技術人員對於大數據充分的解讀與分析應用，更顯重要應為智慧工廠的核心⁴³。

大數據推動智慧利用資料來解決問題的三個方向：1.了解和解決可見的問題；2.分析和預測不可見的問題，從僅僅明白解決問題的 know-how，進一步理解問題產生的原因，從而避免可見的問題；3.挖掘新的知識，再利用知識去重新定義問題，使得可見或不可見的問題都可以在製造系統中避免⁴⁴。以往製造系統是用來解決問題，智慧製造則是將其提升至避免問題發生，因此，智慧製造具有兩大特徵：

（一）能否學習人的經驗，從而替代人來分析問題和形成決策

（二）能否從問題中累積經驗，從而避免問題的再次產生

智慧製造所要解決的問題是知識的產生與傳承過程，通過設備及生產系統的不斷提升，將知識植入在設備上。

麥肯錫的報告顯示，就大數據的數量而言，製造業遠遠超過其他行業的資料產生數量，且可被接入的設備數量也遠超過移動網際網路。然而工業大數據的應用卻遠沒有在社交網路、醫療和商務等方面普遍和深入，在分析上有一種重要的缺口，就是在中間的分析過程還比較薄弱，尤其是在模型的預測性分析；此外，工業大數據的分析除了先進的演算法工具以外，更重要的是要結合工業場景和應用原理的領域知識非常了解外，還要對生產系統十分清楚！這些大數據藏有具備某些關聯、規格、定律等模式，這些數據人類無法辨識，只有像電腦這類可做高度運算才有能力進行分析，把這些模式從大數據中擷取出來⁴⁵。

智慧製造應該結合先進設備、網路軟體廠商及演算法工具之結合應用外，其核心的領域知識(Domain knowledge)人才培養，達到相關跨領域人才的養成，會是在智慧製造成敗的關鍵，但應該不是藉由外包或學術專家一手包辦所能達成，如同簡禎富講座教授的觀察⁴⁶：一些大廠的工具其實沒辦法符合臺灣隱形冠軍的需求，在導入過程中，若把自己家的生產智慧都開放給別人，也無疑是自廢武功。

七、 各國相關的發展與政策（日、美、中、台）

先進國家已因應變化積極佈署，包括美國的先進製造夥伴計畫（AMP）、德國「工業 4.0」、日本「產業重振計畫」、韓國「製造業創新 3.0 政策」以及中國大陸「中國製造 2025」，而臺灣的「智慧機械產業推動方案」也鳴槍起跑⁴⁷，各國類似德國工業 4.0 的推動方案內容，在圖 2-10 依提出的年時間進行簡易的說明與比較。

⁴³ 賀桂芬和黃亦筠(民 104 年)，德國的章魚戰略：工業 4.0。天下雜誌，取自 <http://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5063560>

⁴⁴ 李傑、倪軍和王安正原著(民 106 年)，從大數據到智慧生產與服務創新，新北市：前程。

⁴⁵ 劉錦秀譯(民 105 年)，下一個統治世界的企業(原作者：小林雅一)，台北市：大是文化。

⁴⁶ 邱莉燕(民 106 年)，臺灣隱形冠軍智造出擊- 先打通人才、彈性生產卡關，智造之路才能順利，遠見，372，160-161。

⁴⁷ 賴宛靖(民 106 年)，智慧機械帶領臺灣產業邁向工業 4.0，工業技術與資訊，取自 <https://udn.com/news/story/6905/2393630>

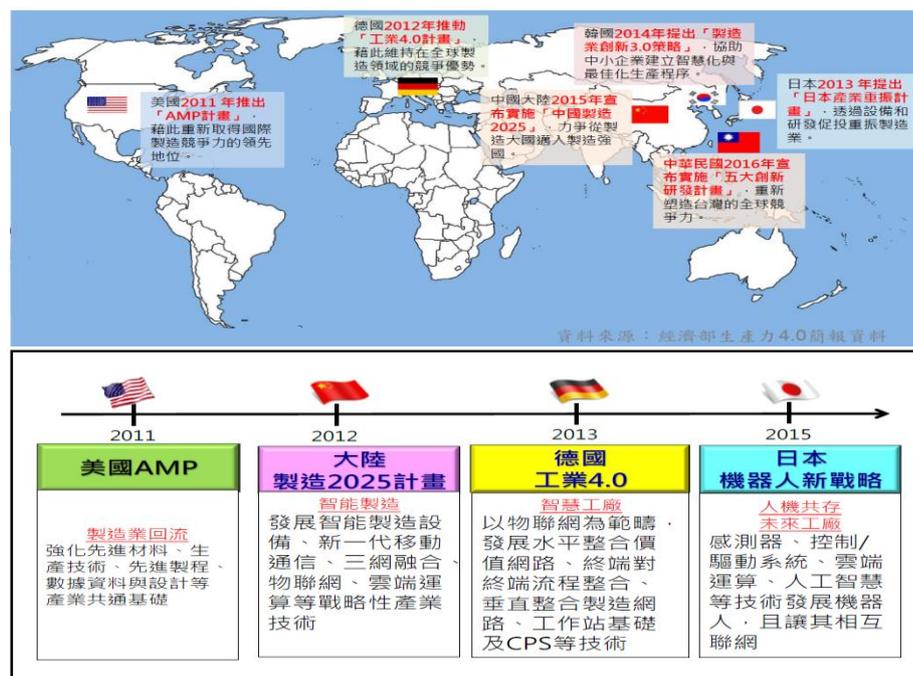


圖 2- 10 各國類似德國工業 4.0 的推動方案

日本因應經濟長期不景氣與高齡化社會，領先發展智慧化無人工廠，發展人工智慧產業及網路資訊技術為日本工業智慧化（日本工業 4.0）主要策略，企業界更組成「產業價值鏈主導權」及「工業 4.1J」聯盟。

在第三次工業革命中，日本資訊產業跳過繁瑣的基礎研究，直接吸收美國資訊技術再加以創新，成功發揮「後發優勢」，使資訊產業僅次於美國。因此，發展無人工廠等人工智慧產業及網路資訊技術成為日本工業智慧化的主要策略。日本政府並未提出發展工業 4.0 之整體性方案，但透過經濟產業省、厚生勞動省、文部科學省共同編撰的「日本製造業白皮書」中，不斷強調工業 4.0 之重要性。於 2014 年即開始建議企業善用機器人、資通訊技術與環保節能等工業 4.0 概念，加速發展創新製造模式。2015 年的白皮書更針對工業 4.0 提出大篇幅的分析，並建議「產業價值鏈主導權」聯盟應作為日本進入工業 4.0 之後援。

美國：歐巴馬上任後便提出一系列「再工業化」政策，吸引長期外移之製造業回流，其中最重要的是「工業網際網路」（美國工業 4.0），最早是由 GE (General Electric) 所提出⁴⁸。欲藉網路經濟服務推動「先進製造業」。高端技術領導廠商亦成立工業互聯網聯盟，研發新技術。美國再工業化的一個重要環節是工業網際網路策略，係以網路經濟之軟性服務來啟動傳統製造業，進而推動「先進製造業」的發展。在政府的政策，歐巴馬於 2011 年宣布「先進製造夥伴 (AMP) 計畫」，為美國「再工業化」的一個重點政策，包括：（1）強化國安產品的本土製造力；（2）縮短先進材料從開發至應用推廣的時程；（3）NASA 等部會聯合開發下世代智慧機器人；（4）研發新製造技術與材料以削減製造成本與能源消耗。其中（3）為工業 4.0 的設備，（1）、（2）、（4）皆需要或得力於工業 4.0 的發展，美國的「再工業化」起步較早，並

⁴⁸ Posada, J., Toro, C., Barandiaran, I., & Oyarzun, D. (2015). Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet, 35(2), 26-40.

非呼應德國提出的工業 4.0，然而在後續研究計畫中，也有許多智慧製造的概念。

中國大陸：「中國製造 2025」為工業 4.0 方案，係實現製造業由大到強的第一步：企圖掌握重點領域關鍵技術，推動製造業數位化、網路化及智慧化，使兩化（工業化與資訊化）融合邁入新境界。許多企業利用互聯網由售後服務向工業 4.0 邁進。中國智慧製造雖處發展初期，但存在幾項工業 4.0 的潛在競爭優勢：中高階科技型人力資源充沛、是全球惟一囊括所有工業類別的國家、為全球最大的需求市場、具有大量生產的組織能力。且隨經濟結構的持續調整，各產業智慧化轉型升級需求將不斷顯現。中國企業熟悉當地市場需求，並具備成本與市場規模優勢，均有利工業 4.0 之發展。在政策面國務院於 2015 年 5 月公告「中國製造 2025」的十年行動綱領，包括推動製造業創新中心建設工程、強化製造業基礎的工業強基工程、智慧製造工程、綠色製造工程及高端裝備創新工程等五大工程及十大重點領域。2015 年 9 月發布重點領域技術路線圖，明定十大領域的發展方向與目標，並會動態的每兩年作滾動式修訂（行政院大陸委員會（2015））。

我國製造業面臨市場型態改變與前後夾擊之外在挑戰，及資源有限與高齡化/少子化等內在問題，工業 4.0 的產業結構優化、智慧製造與聯網系統等是問題解決方案。由行政院推動之「生產力 4.0 發展方案」，除製造業外，並涵蓋農業與服務業。主要策略即是結合國內智慧機械及資通訊優勢，運用物聯網、智慧機器人及大數據等技術，再加上精實管理，使產業邁入 4.0 階段⁴⁹。

新政府整合「生產力 4.0 發展方案」與新推動之「五加二創新產業」及數位經濟發展，於 2016 年 8 月底完成調整，去蕪存菁納入智慧機械、亞洲·矽谷、與新農業等創新產業之政策目標與相關推動措施。新 4.0 調整方案在智慧機械領域係應用智慧科技翻轉精密機械業生產服務方式，以減緩勞動人口結構變遷壓力、大幅提高生產力、創造產業新成長動能（行政院科技會報（2016））。

配合「亞洲·矽谷」及「商業服務」產業創新政策，新 4.0 調整方案係以消費者需求為核心，應用物聯網、大數據、智動化等科技，整合臺灣既有軟硬體實力與創新團隊，自主研發並推動創新通路物流及消費服務模式，加速國內商業服務業升級轉型，並擴大服務輸出的規模。

八、 小結

一般來說，政府的政策有其一貫性，工業 4.0 的政策既定，即是政策推動的重要方針，但其推展的重點似乎較聚焦在 AI 人工智慧及物聯網方面，不過，每項產業會有其不同的特性，例如物聯網是在公司內部的機具設備或是可以連結至客戶端的應用，每項產業適用的範圍，是不是都須使用相同的模式建構工業 4.0？可能不同產業會有不同區隔。目前研究法人機構是政府推動工業 4.0 的重大支柱，其貢獻也不容抹滅，若能加更加深力道使產業和大學的研究能量可以更快速連結，應該會有更大的火花！

對於產業實務上的調整來說，物聯網與智慧製造已是導引生產與技術整合的趨勢。但每一個企業的特性與規模可能不盡相同，因此，廠商各自需要經過一番深思

⁴⁹ 汪建南、馬雲龍(民 105 年)，工業 4.0 的國際發展趨勢與臺灣因應之道。國際金融參考資料第六十九輯，台北市：中央銀行。

熟慮，將未來的商業模式、投資報酬率(ROI)等問題想清楚後才進行投資⁵⁰。

在工業 4.0 下，「人力資源變得珍貴，不能再浪費在重複跟知識技術含量低等的工作上」，以往大陸和東南亞具備低廉的人力工資優勢，對於量大產品穩定的代工業極具優勢，但是隨著產品生命週期縮短與客製化的需求日增，低價的人力已無法符合現狀需求，反而是工業 4.0 的推動，可以快速調整產線的產品組合，例如：汽車生產線可以同時進行數種不同型號汽車的生產，且物聯網連結至客戶端的使用狀況(如：工具機、飛機引擎、離岸風力發電等)，隨時回饋機具運作的訊息，設備製造廠可以遠端進行監控，隨時進行分析與調整，創造新服務的模式。

此外，標準化似乎也是個非常重要的議題，假如政府能在國際間相關標準化委員會成形階段及時參與，並適時表達意見，主動爭取有利於國內產業發展的條款，也許也是政府在工業 4.0 的發展上可以著力之處。

另外，「今日賴以維生的工具，可能就是明日成長的障礙」，以往的人員訓練是在單項知識技能的專精，工業 4.0 與智慧製造則亦強調各項技能的整合，其核心仍在於人，但要整合不同領域的科技，則極需跨不同領域的人才。目前企業所遇到的問題，已非單純的單一事項，而是需要不同領域的技術專家協同解決，因此，Bosch 在人員組織上似已突破以往的專長分類編組，而藉由任務導向跨域整合的人員來進行快速的協同運作！（後面個案中有更多的探討）。

⁵⁰ 黃繼寬和陳妤瑄(民 106 年)，工業 4.0 技術逐漸成熟智慧工廠落實全憑業者決心，工業 4.0 實戰寶典，10-15，台北市：新電子雜誌社

參、關鍵主題論述與分析

前言

2008年的美國次級房貸引發全球金融海嘯、2010年希臘破產引發歐洲主權債務危機，在這兩次世界級的金融危機當中世界強國裡只有德國受影響程度最小。⁵¹專家分析，這最主要原因是因為德國始終有製造業作為支撐國家經濟力的中流砥柱，幫助德國在全球金融危機時，與美國、歐洲其他國家形成鮮明的對比⁵²。但是，隨著新興國家工業能力的崛起、美國總統歐巴馬上任以後積極推動美國再工業化⁵³、另外還有因為德國製的設備產品質太好而只能賣出一次⁵⁴等種種問題2008~2011年德國的工業出口幾乎沒有明顯增長。因此德國在2011年正式推出了工業4.0計畫，盼望將德國本身的製造業優勢結合網路-實體系統(CPS)實現虛實整合的智慧製造之最終願景，以保持德國在全球製造業上的競爭優勢

歷史回顧

回顧過去，1950年代起全球製造業開始引進自動化設備使得生產效率以及產品品質大幅提升，產業逐漸從工業2.0轉向工業3.0的時代⁵⁵。1990年代起，由於歐、美、日等先進國家經濟發展放緩，再加上美國的互聯經濟改變人類的生活方式將工業時代推向訊息時代。全球先進國家的跨國企業開始將其生產線或是生產過程中勞力密集的某部分製程轉移到中國大陸、東南亞等人力成本較為低廉的國家，先進國家吹著一股「去工業化」(Deindustrialization)⁵⁶的浪潮。然而，美國從2008年金融危機，暴露出美國經濟發展過度依賴以資本市場為主的虛擬經濟，使得「實體經濟空心化」(Real Economy Hollowing)，造成經濟跌落谷底。⁵⁷

反觀，德國擁有享譽全球的製造業，諸多先進的工業工程以及科技部門居於世界前列，是全球製造業機密設備的出口大國，為出口排名全球第三大的已開發國家。⁵⁸即使在近20年以來許多先進國家逐漸將重心由傳統製造轉向美國所引領的互聯經濟，德國仍然維持其一貫的風格以製造業的實體經濟抵制全球「去工業化」的浪潮⁵⁹。在2008年全球金融風暴之際，德國在製造業上的表現依然平穩。但在另一方面，由於德國製造業作工精細且品質過於優良，使得購買德國產品的客戶長可以年使用產品而無法換需求，進而影響了德國在2006~2011年的出口總值並沒有顯著的進展，因此德國政府迫切的需要一個新的成長的動能。⁶⁰

⁵¹ 天下雜誌，為何川普喊出讓「製造業」回流？, 2017/04/22, 【<http://www.cw.com.tw>】

⁵² 人民論壇，經濟增長與充分就業的德國模式研究, 2014/12/11, 【<http://paper.people.com.cn>】

⁵³ 壹讀，美國再工業化對我國高端裝備製造業的啟示, 2016/05/11
【<https://read01.com/kyaP5a.html#WdIoymiCwdU>】

⁵⁴ 愛經驗，只有8000萬人口的國家，為何能誕生2300個世界名牌？
【http://www.how01.com/post_889.html】

⁵⁵ Digitimes，智慧工廠成顯學 全球產業積極追求轉型, 2017/08/28, 【<http://www.digitimes.com.tw>】

⁵⁶ Wikipedia, Deindustrialization, 【<https://en.wikipedia.org/wiki/Deindustrialization>】

⁵⁷ 智庫百科 MBA Lib，實體經濟空心化(Real Economy Hollowing), 【<http://wiki.mbalib.com/wiki/>】

⁵⁸ Wikipedia, Germany 【<https://en.wikipedia.org/wiki/Germany>】

⁵⁹ 大和有話要說，工業4.0是什麼？來自買賣方「主從關係」的逆轉, 2017/01/20

⁶⁰ 科技橋報，臺灣轉不動工業4.0，如果企業經營者不丟棄成本思維, 2017/01/23
【<https://buzzorange.com/techorange/2017/01/23/industry-4-0-2/>】

由於上述緣由，美國、歐盟、日本等國家在金融危機以後紛紛重新開始正視製造業存在的重要性，提倡「再工業化」（Reindustrialization）以調節實體經濟與虛擬經濟脫節之問題。以美國為例，歐巴馬政府開始呼籲重新振興製造業，提倡再工業化積極實施一連串的鼓勵政策誘使製造產業回歸美國改善其經濟及高失業率的問題，喊出「再工業化，製造業回流，五年出口倍增，降低失業率」等目標。如表 3-1 為 2009~2014 美國所提出的法案或計劃的整理。

表 3-1 美國 2009~2014 經濟計畫法案

年度	法案或計畫	要旨
2014	先進製造業夥伴關係計畫 2.0 (Advanced Manufacturing Partnership, AMP2.0)	透過構建國家級的創新網絡、保證創新人才流動管道暢通及打造良好的商業環境等三項關鍵措施，繼續保持美國在全球創新的領先地位。
2013	國家製造業創新網絡 (National Network of Manufacturing Innovation)	由聯邦政府出資 10 億美元，計畫在 10 年內於全美成立 15 個製造創新研究院 (Institute for Manufacturing Innovation, IMI) 作為區域創新與人才培育中心，以縮短基礎研究與業界技術開發間之差距。
2012	委外工作轉回美國計畫 (Insourcing American Jobs)	透過對把工作遷回美國的企業以及取消工作外包國外的企業提供減稅優惠，鼓勵製造業回流美國。
	國家先進製造業戰略計畫 (A National Strategic Plan for Advanced Manufacturing)	正式將先進製造業提升為國家級戰略，以增強美國製造業的競爭力。
2011	先進製造業夥伴關係計畫 (Advanced Manufacturing Partnership, AMP)	以發展攸關國家安全之關鍵產品的本土製造能力，計畫藉由在先進材料、生產技術、製程方面的投資，吸引高階製造業者回歸。
2010	國家出口倍增計畫 (National Export Initiative, NEI)	以推動出口以及製造業成長為主要目標，計畫五年以後美國出口增加一倍以及創造 200 萬的工作機會。
	美國製造業促進法案 (Manufacturing Enhancement Act of 2010)	推動美國出口與製造業成長，重新發展美國國內產業讓美國經濟回歸實體經濟。
2009	美國復甦與再投資法 (American Recovery and Reinvestment Act, ARRA)	總額為 7,870 億美元的 ARRA 經濟刺激方案，將新興產業訂為美國新型態工業化的發展目標。

德國約有 1500 萬個就業機會直接和間接的依賴製造業⁶¹。這些工作在德國工業的國際競爭力方面發揮決定性作用⁶²。為了保持和擴大這種競爭力，德國聯邦政府在 2011 年 1 月的漢諾威工業博覽會上提出工業 4.0 的初步概念，訴求運用資訊物理系統 CPS 技術貫通生產流程，建構虛實整合的生產環境達成資料的交換與統整，並透過雲端與大數據的分析，進而控制與改善實體工廠生產過程的產業價值鏈，實現智慧製造、智慧工廠、智能物流之目標，協助中小型企業數位轉型，運用資訊科技升級，進而協助德國持續穩坐全球製造業龍頭的地位。

表 3-2 德國 2006~2014 高科技政策相關計畫

年度	法案與計畫	要旨
2014	新高科技策略 - 德國創新 (New High-Tech Strategy - Innovations for Germany)	目的在於保證德國的新創政策的連續性、加強開發中產品的商品化、以及促使製造轉型製造服務業，總投資金額 140 億歐元
2012	高科技策略 2020 行動計畫 (High-Tech Strategy 2020 Action Plan)	行動計劃確定了 10 個“燈塔項目”將在 10 至 15 年的時間內實施具體的創新目標。2012-2015 年期間撥出了 84 億歐元的預算以執行各項措施，工業 4.0 為 10 項中的其中一項。
2010	高科技策略 2020 (The New High-Tech Strategy)	2010 年 7 月，德國政府公佈《高科技策略 2020》，提出了一系列促進製造業發展的創新政策。
2006	高科技策略 2006-2009 (The High-Tech Strategy)	德國聯邦政府歷史上第一個《德國高科技策略》主要之目標是要藉由創新，克服成本劣勢，使德國保持全球市場領導者的地位。

無論是德國政府推動的工業 4.0 或者是美國的再工業化，其實概念都是期望能夠運用資通訊科技，將原本獨立運作的生產設備、資訊架構等整合，並將設備運作狀況、產品生產過程等訊息，快速且精準的傳送到智慧 MES 系統中，形成虛實整合的智慧化工廠，藉此以滿足新世代消費市場對於客製化商品的強烈需求。⁶³

本章節主要針對工業 4.0 的轉變與發展分成六個子題領域分別進行探討說明，最後在第七小節並以小結來綜合說明。

- 一、工業 4.0 的發展與轉變。
- 二、工業 4.0 對產業科技的整合。
- 三、工業 4.0 與資訊安全
- 四、工業 4.0 的技術標準化。
- 五、工業 4.0 衍生到服務創新。
- 六、工業 4.0 的營運管理與人才培育。
- 七、本章小結。

⁶¹ 德國工業 4.0：經濟的數字化，2016,03,18

【 http://intl.ce.cn/specials/zxgjzh/201603/18/t20160318_9617740.shtml】

⁶² Industrie Platform 4.0, Opportunities and challenges, 【<http://www.plattform-i40.de/I40/>】

⁶³ Wikipidia, Reindustrialization, 【<https://en.wikipedia.org/wiki/Reindustrialization>】

一、工業4.0的發展與轉變

根據德國電器電子協會(ZVEI)的定義，德國工業 4.0 近年來的演進可以區分為 3 大階段。第一階段為 2010~2013 年的規劃期；第二階段為 2013~2015 年的推廣期；第三階段為 2015~2017 年的主導期。



圖 3-1 德國工業 4.0 三階段活動圖
(資料來源:ZVEI)

第一階段-規劃期:

2011 年的漢諾威工業展中工業 4.0 一詞在首次被正式提出。2012 年 10 月由組成工業 4.0 研究小組。研究工業領域新一代的技術的研發與創新規劃德國製造業在網路時代的發展策略。⁶⁴但事實上，工業 4.0 顯現出德國對於美國的競爭意識與危機感。

2008 年美國金融危機以後美國網路 IT 巨頭們開始對製造業的重新重視，大量投資於製造業的技術開發，將業務範圍從「訊息」領域擴展到「實體」。同時，由於網路所帶來開放且大量的訊息，使得人們對新事物的需求大增，即使以傳統的製造方式上提高生產效率、縮短產品開發週期、增強生產製造的靈活性等方法都已經無法滿足網路時代下多樣化的需求。

德國政府為了提高企業的危機意識來穩固競爭力，Borsh 的 SiegfriedDais 及德國科學院的 HenningKagermann 指派德國科學與工程學院 (Acatech) 組成工作小組專門研究美國物聯網概念如 CPS、3D 列印、工業機器人、雲端大數據、資訊安全、人工智慧、虛擬/擴充實境等技術。經過多年的努力終於在 2013 年完成了實施工業 4.0 的政策目標與建議指導書，指出聯網時代八大領域的推動計畫。並且在同年 4 月的德國漢諾威工業博覽會上首度提出工業 4.0 的概念。

⁶⁴ 光電新聞網,德國工業 4.0 的本質、目標及策略意圖,2016/04/16

第二階段-推廣期:

在此階段主要是將研究小組的理念傳達給工業界。2013年由德國電器電子協會(ZVEI)、德國機械設備製造商協會(VDMA)、以及資通訊暨數位產業協會(BITCOM)、以及德國大學組成工業 4.0 平台(Plattform Industrie 4.0)，將智庫對工業 4.0 的實施想法推廣到業界，讓業界理解工業 4.0 的概念及目標。

其後，由於德國企業界與理論界的對於工業 4.0 前景的過多宣傳與渲染，再加上德國冬季世界經濟論壇上專門以第四次工業革命作為論壇主題，從此工業 4.0 與第四次工業革命畫上等號。

第三階段-主導期:

德國政府開始認識到企業對工業 4.0 前景講的多，但做的人少的問題。於是為了將理論與實踐相結合，對 2013 年原來的工業 4.0 平台進行重組，由政府、企業、與研究組織、社會團體組成國家級工業 4.0 平台，來主導推進與落實與標準化的制定。

升級版工業 4.0 平台由德國聯邦經濟及科技部(BMWi)、德國聯邦教育及研究部(BMBF)、Siemens、Festo 與 SAP 等企業界及工會與科技業代表參加，目的是透過“工業 4.0 平台”建立，進行更廣泛的政治與社會運用推展與落實⁶⁵⁶⁶。

國家級工業 4.0 平台推動多項成果包含:

(一) 工業 4.0 實施案例地圖:將近 200 項的 4.0 落實案例清楚呈現在德國地圖上，讓其他中小型企業對於 4.0 的新創與實施有所參考與啟發。



圖 3-2 德國工業 4.0 平台案例地圖
(來源:工業 4.0 平台)

<http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/InPractice/Map/map.html>

⁶⁵ 造奇智能產業新媒體, 2011-2016 年工業 4.0 概念及體系演進歷程, 2017/01/04

⁶⁶ 科技產業資訊室, 德國啟動工業 4.0 升級版之觀察, 2015/04/20

(二) 工業 4.0 在線圖書館：所有工業 4.0 相關的研究成果以及工業 4.0 平台的最新夥伴策略都被網羅於此線上圖書館，民眾只要上網就可以與工業 4.0 平台同步。

<http://www.plattform40.de/I40/Navigation/EN/InPractice/Online-Library/online-library.html>

(三) 工業 4.0 測試平台(Test Bed)

目前在德國，很多測試台分佈在德國的大學和科研機構里。複雜的生產和物流系統在現實條件下被測試和進一步開發。把這些測試平台相互聯網，橫跨多個測試環境進行分佈式生產和應用進程的模擬。這將最大程度地完成工業 4.0 的局部實踐，具有強烈的示範和推廣意義⁶⁷。

<http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/InPractice/Testbeds/testbeds.html>

此外，德國在此階段也除了積極推動國內工業 4.0 的落實以外在國際方面也積極與其他國家戰略合作，例如與日本的與日本經濟產業省（METI）以及日本內政部（MIC）之間的物聯網/工業 4.0 協議；與澳洲的數位合作備忘錄；以及與法國、義大利的共同行動計畫等。



圖 3-3 德國工業 4.0 發展日程圖
(來源:本研究整理)

⁶⁷ 每日頭條,德國工業 4.0 政府進展跟蹤,2016/06/08

表 3-3 德國 2011~2017 年工業 4.0 計畫

2017	法國、德國、義大利共同行動計畫	法國、德國、義大利三方同意共同合作來加強製造業數位化以強化歐洲的製造優勢。
	德-澳工業 4.0 之合作	在 2017 年的漢諾威工業展上同意在數位化的議題上更進一步的合作
	漢諾威宣言	德國聯邦經濟與能源部 (BMW i) 與日本經濟產業省 (METI) 以及日本內政部 (MIC) 之間的物聯/工業 4.0 協議。
2016	工業 4.0 標準化理事會	(1)工業 4.0 平台以及(Bitkom)、(VDMA)、(ZVEI)與(DIN)以及(DKE)在漢諾威工業展上宣布共同成立"標準化委員會 I4.0" (2)德國聯邦經濟與能源部 (BMW i) 發布《數字化戰略 2025》。
2015	國家級工業 4.0 平台成立	工業 4.0 平台提出《工業 4.0 實施策略報告》德國聯邦政府正式接手，成為國家級工業 4.0 平台。
2014	德國政府發布數位化議程	德國聯邦經濟與能源部 (BMW i) 發布《數位化議程 (2014-2017) 》。
2013	工業 4.0 平台成立	(1)工業 4.0 工作組發表《工業 4.0 未來項目實施建議》
		(2)德國機械及製造商協會 (VDMA) 成立工業 4.0 平台
		(3)德國電氣電子(ZVEI)信息技術協會(Bitkom)提出工業 4.0 標準化路線圖
		(4)德國聯邦教育及研究部(BMBF)及德國聯邦經濟及科技部(BMW i)將工業 4.0 納入「高科技戰略 2020 行動計畫」的十大未來計畫。
2012	工業 4.0 工業小組成立	德國國家工程與科學學院 (acatech) 與博世公司(Robert Bosch)組成工業 4.0 工作小組 針對新世代的製造業發展進行研究與規劃。
2011	工業 4.0 元年	工業 4.0 的概念首次在德國漢諾威工業博覽會中發表。

二、工業4.0對產業科技的整合

談到德國工業 4.0 的發展，最具指標性的就是漢諾威工業展(HANNOVER MESSE)。漢諾威工業展在二次世界大戰後(1974年)德國漢諾威一座被戰爭摧毀的工廠展出德國製造的產品以求經濟復甦⁶⁸。由於首次舉辦獲得彷彿有希臘神話市集交易之神 Hermes 協助一般意想不到的成功，德國便開始每年固定在此舉辦展覽，而象徵 Hermes 頭像的圖形也成為展覽代表性的標誌⁶⁹。漢諾威工業展發展至今不但已經成為全球規模最大、歷史最悠久、最有指標性的工業展覽，也是德國政府向全世界展示其前瞻的研究方向與理念的地方。



圖 3-4 漢諾威工業展標誌

從表 3-4 可以看出，在 2013 年以前的漢諾威工業展每年都有每年專屬的展覽主題。但從 2013 年「德國工業 4.0 策略」被正式提出以後，之後的每年的展覽主題都持續在 Integrated Industry 的概念基礎上提出更新的應用，可以在每年展覽上逐漸看到工業 4.0 從概念階段逐漸發展到落實的轉變。

表 3-4 漢諾威工業展 2010~2017 展覽主題

Year	Lead Theme of Hannover Messe
2017	Integrated Industry - Creating Value
2016	Integrated Industry - Join the Network
2015	Integrated Industry - Discover Solutions
2014	Integrated Industry - Next Steps
2013	Integrated Industry
2012	Green + Intelligence
2011	Smart Efficiency
2010	Efficiency – Innovation – Sustainability

2013 年的漢諾威博覽會提倡物聯網與服務的串聯(Internet of Things and Service) 2014 年的展覽主軸專注於工廠自動化以及能源系統的改造。2015 年則是聚焦於智慧生產以及人機協作還有智能能源系統。2016 年則是展出整合產線的解決方案以及大數據的分析運用。2017 多數廠商開始提出產業工業 4.0 的整套解決方案，趨近於商業化階段。

⁶⁸ Wikipedia, Hannover Messe 【https://en.wikipedia.org/wiki/Hannover_Messe】

⁶⁹ Hannover Messe, About us 【<http://www.hannovermesse.de/en/exhibition/facts-figures/about-us/>】

整體而言，工業 4.0 廣泛的結合當今最新的 IT 技術如：工業物聯網 (IIoT)、雲端運算 (cloud computing)、工業大數據 (Industrial Big Data)、工業機器人 (Industrial robot)、3D 列印 (3D Printing)、知識工作自動化 (Knowledge-worker Automation)、工業網絡安全 (Cybersecurity)、虛擬現實 (Virtual、Augmented Reality)、人工智慧 (Artificial Intelligence)。來實現智慧工廠、智慧製造、智慧物流之工業 4.0 三大最終目標。

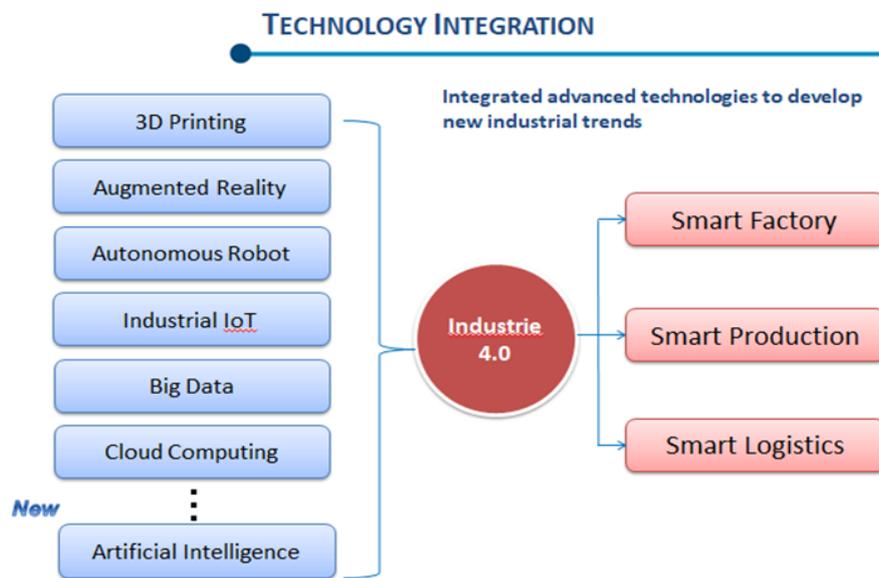
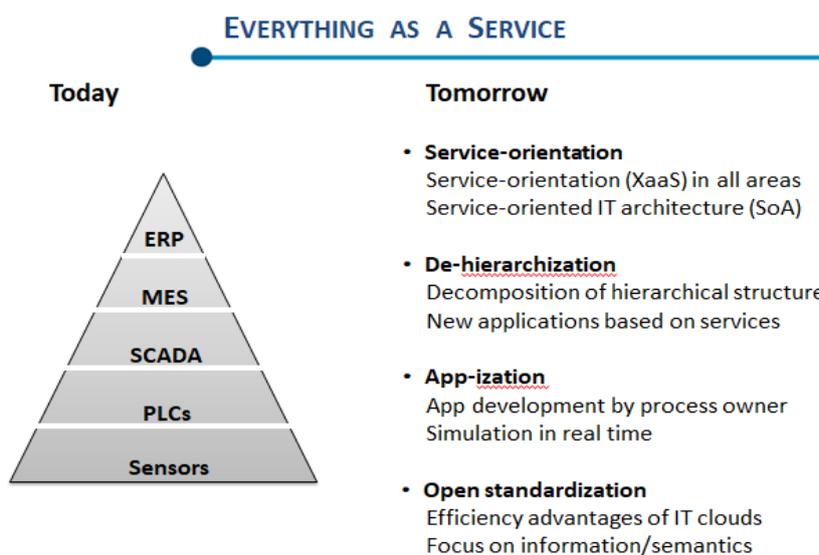


圖 3-5 工業 4.0 科技整合示意圖
(來源:本研究整理)

工業 4.0 的九大技術都已經逐步成熟。但是要將九大技術很好的與製造結合在一起，實現工業 4.0，還是具有難度。但是隨着時間的演進，不僅僅強調數據是生產資料，計算是生產力，製造也會變成一種服務，未來將會實現 XaaS：Every thing as a service。⁷⁰



Reference: Fraunhofer

25

圖 3-6 XaaS(Every Thing as a service)示意圖
(資料來源:Fraunhofer)

⁷⁰ 每日頭條，解析大數據與工業之德國工業 4.0，2016/12/09

表3-5 工業4.0關鍵技術及內容

關鍵技術	內容
工業物聯網 (IIoT)	工業物聯網是工業 4.0 的核心基礎，在製造過程中連結各式各樣的傳感器，這些傳感器進行互聯以後就形成了大量的數據，這些大量的數據要經過分析整理過後才是有價值的數據。過去的大數據在服務業企業運用比較多，工業企業很多數據是沒有被完全挖掘出來，現在一個新的市場正在形成，就是通過工業物聯網來形成的大量數據，來進行重新產生價值，所以第一個技術領域是工業物聯網。
雲端運算 (Cloud computing)	在雲計算裡面分為公有雲和私有雲。目前很多企業在數據分析應用中開始使用雲計算的軟體。尤其在工業 4.0 的時代需要許多跨公司、跨地域的數據分享，機器數據的功能將會逐漸移到雲端，新型態的雲端數據服務需求也就應運而生。
工業大數據 (Industrial Big Data)	工業大數據在整個工業 4.0 裡面也是一個至關重要的技術領域。透過分析保存在雲端的工業數據，企業可以得知機器運行中的各項數據指標，同時也有獲得優化生產品質亦即提高設備效率的方向。
工業機器人 (Industrial robot)	在今日，很多行業已經廣泛以工業機器人來執行危險度或是重複性較高的工作以節省人力支出。但是在工業 4.0 時代裡，機器人之間不但可以互通互聯，還可以與人類一起工作(人機協同)，甚至加入 A.I. 的技術運用機器人還能從人的身上學習新的技能，大大提高工業機器人的效力。
3D 列印 (3D Printing)	3D 列印是製造史上最大的技術突破。不少公司都用 3D 列印來驗證樣品的規格及材料。目前在美國、德國可以看到很多很多新的技術突破，如:3D 列印的衣服、汽車、甚至心臟支架。在未來，3D 列印將被更廣泛的運用到製造工業上，可縮短模具設備的開發時間，提高工業品質。
知識工作自動化 (Knowledge-worker Automation)	在過去，我們講究生產流程的標準化、生產設備的自動化。其實，未來社會是一個知識工作者聯合作戰的時代，知識工作者的工作會變得更加自動化，這是一個數萬億的新的市場。
工業網絡安全 (Cybersecurity)	在過去可以看到服務業以及企業級的網絡安全。但是工業 4.0 則是在過去 PC 和 PC 的互聯基礎上加入機器與機器的互聯，因此，在雲端上的數據間的安全防範性變成至關重要的選擇。歐洲幾家大型工業設備製造商已經透過合作或是合併的方式，來加強工業網路安全的能力。
虛擬實境/擴充實境 (Virtual、Augmented Reality)	擴充實境、虛擬實境系統可以被在很多方面協助工人生產。例如:怎樣把虛擬的場景放在研發當中、放在新生產之前的測試中。在過去，我們是用圖紙把產品生產出來，然後再不斷的進行疊代和改善。未來通過虛擬現實，整個產品在生產前在電腦前就經過幾千萬次的改善，整個生產的效率將會急劇提高。
人工智慧 (Artificial Intelligence)	美國矽谷有一個未來學家預測，2045 年機器的智慧將超過人工的智慧。所以把 2045 年定位為奇點，矽谷產生了奇點大學。2045 是獨特的年份，如果機器智能超過人工智慧，就意味著機器的智能化反過來推倒人的機器化。當機器智能超過人的智能，整個社會的形態、生產方式、生活方式、生產關係都會發生巨大的變化。

三、工業4.0與資訊安全

在早期的工業時代，由於少有真正連接到互聯網的製造設備相對，因此可以避免遭受外部網絡攻擊。但是此情況在隨著工業4.0的進化、機器間開始相互通信、公司對內部或外部合作夥伴開放網路而發生了變化。因此，製造業設施現在更加脆弱：根據比特幣行業協會在2016年發布的數字表示：由於數據盜竊，間諜活動和破壞事故造成製造業每年損失超過220億歐元，。

在本次德國班訪問德國也是歐洲最大的非盈利應用科學研究機構-弗勞恩霍夫應用研究促進協會(Fraunhofer)，以下簡稱弗勞恩霍夫。該機構主要使命就是將學術及研發單位創新的技術商業化，將成熟的研究成果轉給企業或是政府機構。目前，該機構的科學家正在致力建構一種工業數據空間(Industrial Data Space)架構，企圖以標準化通訊介面來確保企業之間的工業資料分享的安全性，將不同產業、企業之間的工業數據集中於一個相互授權可信任的網路數據空間。

弗勞恩霍夫在2014年啟動這專案由其底下的12個研究機構共同規劃，並且在2016年1月成立工業數據協會。協會中總共有來自13個國家，74間知名企業參與如製藥產業的拜耳(Bayer),歐洲保險公司的安聯(Allianz)、德國汽車製造商奧迪(Audi)、以及四大國際會計事務所之一的德勤(Deloitte)等公司，而且規模仍持續擴大當中。計畫的長期目標為「將工業數據空間(Industrial Data Space)建構成為國際標準」。計畫至今已經完成第一階段的建構並且獲得德國聯邦教育與研究部(BMBF)500萬歐元的資助，目前正邁向第二階段，正與美國、中國、日本、阿根廷、印度、墨西哥等國家討論國際合作。

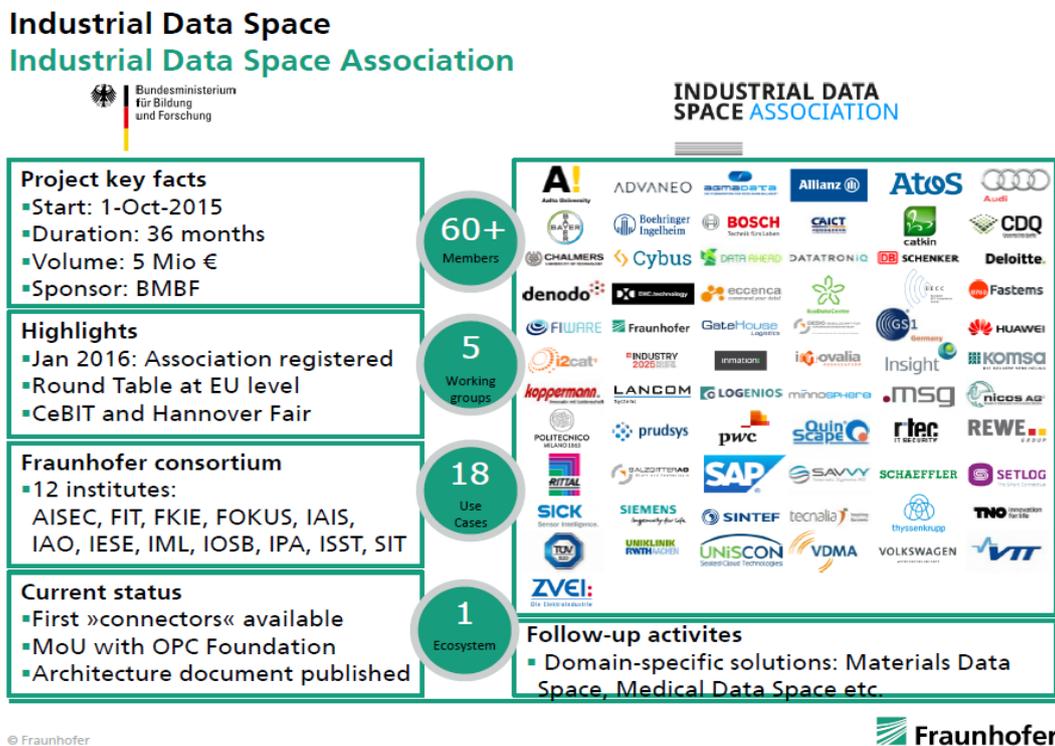


圖 3-7 Industrial Data Space Association
(資料來源: Fraunhofer 參訪簡報)

現今的大數據交易領域，許多人認為只要有政府出面搭建起中心化管理的平台，再拉上幾家大公司大家就可以互相買面子地把數據拿出來進行共享，但是Fraunhofer認為[數據所有權問題不解決就沒有數據合作的基礎]。因此工業數據空間的主打特色為[數據主權]，數據合法的掌握者決定數據的使用條款與條件。也就是說在IDS這個數據分享空間，產出數據的一方決定它的數據應該怎樣使用。

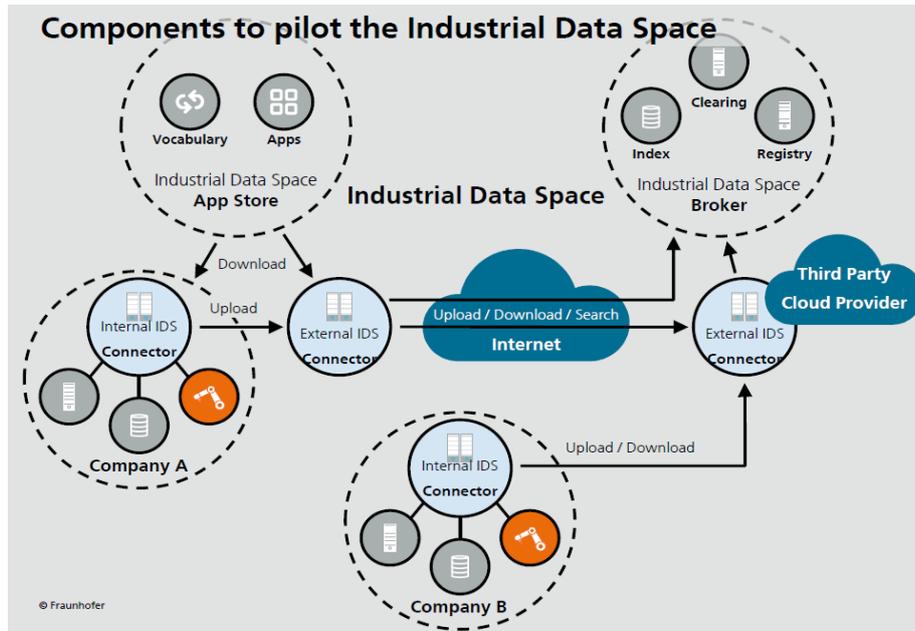


圖 3- 8 Components to pilot the Industrial Data Space
(資料來源: Fraunhofer 參訪簡報)

強調空間內的企業成員可以利用該空間分享該公司的工業數據的同時，數據的擁有者也擁有數據的監控以及控制權限，能夠指定數據能被誰存取以如何被運用，不僅增加工業數據的分享性也確保數據傳遞的安全性。另外，IDS是由參加該計畫的30幾家企業的數據中心(Data Center)所構成，使用者之間沒有一個中央集權的權威機構負責管理數據，而只是通過IDS提供的標準接口(IDS Connector)進行連接，IDS只負責監督數據治理的規則是否被遵守。

四、工業4.0的標準化

標準化（Standardization）是指制定技術標準並就其達成一致意見的過程。標準往往是一份文件，用於確定統一的工程、設計或技術規範、準則、方法、過程或慣例。⁷¹由於工業4.0的實現需要跨領域、跨企業、甚至於跨國際的高度系統整合。因此各項應用之間統一安全的標準化術語以及通訊協定是保障用戶設備及安全的必要條件，因此標準化的製定對工業4.0的實現極為重要。

2013年12月德國標準化學會（DIN）、德國電氣電工信息技術委員會(DKE)、德國電氣工程師協會(VDE)聯合頒發《工業4.0標準化路徑圖1.0版本》：為所有參與方就「工業4.0」涉及的現有相關標準和規格提供一個概覽和規劃基礎，透過主導標準化進程持續引領工業4.0的發展。

2015年3月12日，德國電氣電子行業協會（ZWEI）確定工業4.0的參考架構（RAMI4.0）並定義工業4.0組件（Industrie 4.0-Komponente），為企業發展未來產品和業務模式的基礎。RAMI4.0模型將分階段融入目前的工業4.0，在價值流層面執行國際電工委員會的工業流程測量、控制和自動化系統及產品生命周期管理標準IEC62890，在水平層面實行企業控制系統集成標準IEC62264和批量控制標準IEC61512。2015年10月德國標準化學會(DIN)、德國電氣電工信息技術委員會(DKE)、德國電氣工程師協會(VDE)聯合頒發《工業4.0標準化路徑圖2.0版本》。

2016年4月，德國聯邦信息經濟、通訊和媒體協會(Bitkom)、德國標準化學會(DIN)、德國電氣電子和信息技術委員會(DKE)、德國機械設備製造業聯合會(VDMA)以及德國電氣工程和電子工業協會(ZVEI)聯合設立「工業4.0標準化理事會」，旨在推動制定工業4.0全球化標準，並協調其在德國和全球範圍內落地。

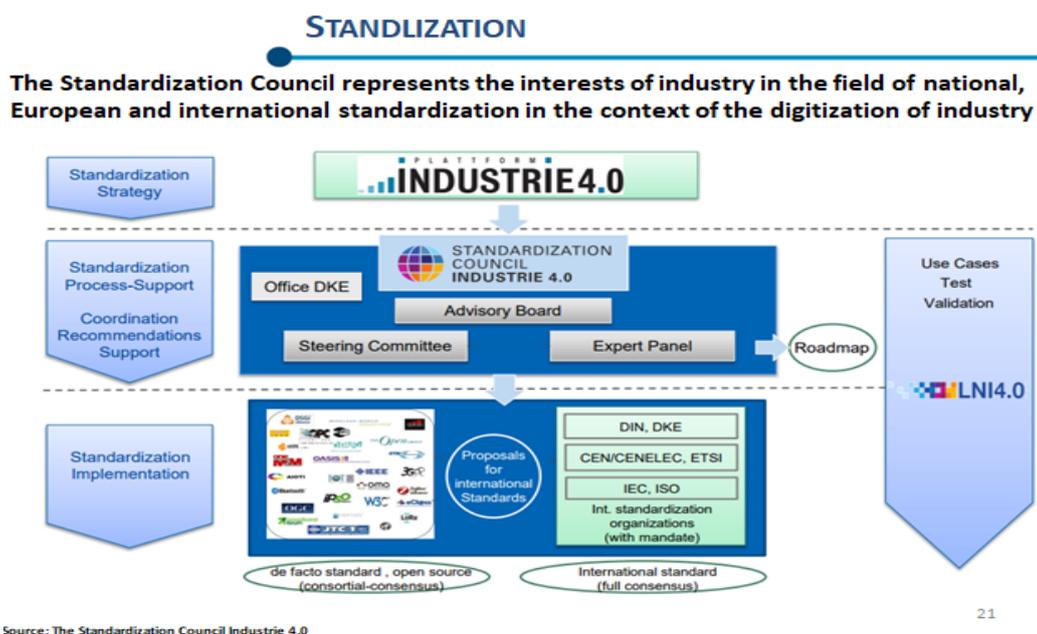


圖 3-9 德國工業 4.0 標準化理事會架構圖
(資料來源:德國工業 4.0 標準化理事會)

⁷¹ Wikipedia 【<https://en.wikipedia.org/wiki/Standardization>】

以Fraunhofer的PLUGandWORK來舉例說明, LUGandWORK是採用OPC UA(Open Platform Communication-Unified Architecture)標準的解決方案OPC UA 是工業 4.0 新世代工業自動化的互用性標準, 規範資料交換的安全性、可信賴的多廠品牌機器設備、跨多種平台等相關通訊標準。⁷²不論用在工廠內部的內部網路的機器連線或是工廠對其他工廠的外部網路連線, 都提供穩定且安全的傳輸通訊。廠商在導入發展工業物聯網時, 不必擔心採用各別廠商元件, 不能再用其他廠商的元件, 而是依據 OPC UA 標準可以串接起來, 可以廣泛運用在工業4.0的建置上。⁷³

PLUGandWORK
The solution

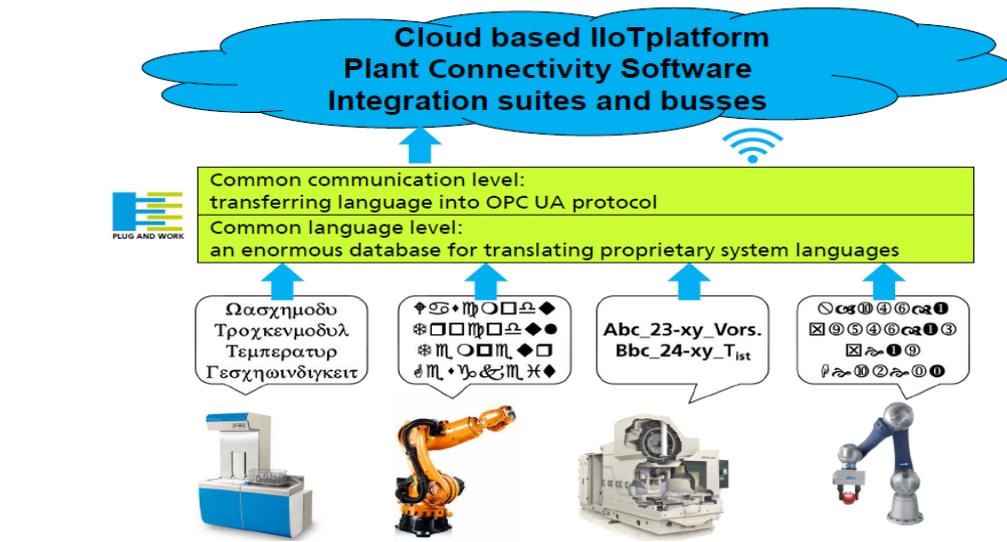


圖 3- 10 PLUGandWORK 概念圖
(資料來源: Fraunhofer 參訪簡報)

⁷² 甚麼是 OPC UA

【http://www.icpdas.com/root/product/solutions/industrial_communication/m2m_iiot_server/opc_ua_tc.html】

⁷³ 科技新報, 微軟力挺工業物聯網標準 OPC UA, 實現跨廠商的裝置溝通無礙

五、工業4.0衍生到服務創新

自從十九世紀末期的第二次工業革命人類開始利用電力以來，工廠開始了流水線的大量化、標準化的生產模式。但在這種生產模式下工廠為了控制成本與庫存，工廠試圖將消費大眾的需求固化為固定的產品上線大量生產，而因此有了量產(Mass Production)⁷⁴一詞。

然而，雖然在此時空背景下工廠裡的大量重複性高的工作已經可以被機器設備完成，但這些製造程序及生產機具都需要預先設定好，一旦過程中出現需求變動時也產線也必須執行麻煩的換線程序。不僅如此，對於消費者而言雖然所獲得的產品雖然是最符合大眾需求的產品，但並不會是最符合每位消費者個人需求的產品。另一方面，由於近年來網路通訊技術的進步所帶來更快速的資訊流通，固定化的標準商品已經逐漸無法滿足全民大眾的個人需求，消費者開始渴望量身訂製的客製化商品。業者來開始迫切需要一套新的方法，來因應市場的波動性與不確定性以及高度彈性與客製化需求。

工業 4.0 間接帶動了第四次工業革命，而這次革命與前三次革命最大的區別是不再以製造的生產力需求為起點，而是將用戶端的價值作為產業鏈的出發點，也就使說工業價值鏈不再是以往從生產端推向消費端、上游推下游的模式，改由從用戶的價值需求出發，提供客製化的產品和服務⁷⁵因此，所謂工業 4.0，就是將傳統製造業的思維由「企業決定產品」轉向為以「消費者決定產品」的商業模式。⁷⁶

李傑博士在「從大數據到智慧生產與服務創新」一書中提到，製造業的服務化是全世界的趨勢並且主要表現在三個層面：(1)當消費者行為轉變時 (2)企業之間的合作與服務改變時 (3)企業商業模式轉變時。而這時候所提供的這種基於製造的服務或是基於服務的製造被定義為「服務型製造(Service-Embedded Manufacturing)」。⁷⁷

服務型製造的精神的正與鴻海精密工業-郭台銘郭董事長的理念不謀而合。郭董事長製造業起家，營運全球最大的電子產品代工廠。他曾對員工以及媒體提過的「前店後廠」模式以及「製造轉型科技服務業」的理念都類似於服務型製造。鴻海集團近年的科技服務化轉型，集團未來方向將從「製造與技術」往「科技服務」延伸，並以貫通第一哩路 (first mile) 到最後一哩路 (last mile) 為發展目標。「製造業服務化」就是在現有有形產品製造之基礎上，往價值鏈兩端延伸。第一，往左延伸（即微笑曲線的左邊），亦即往研發延伸，透過研發能耐之提升，提升客戶新產品規劃與設計之服務。其次，為往右延伸（即微笑曲線的右邊），亦即往末端客戶的方向走，對於鴻海集團來說即是往維修 (maintenance & repair) 與通路 (channel) 前進，亦即協助品牌客戶進行賣給終端消費者產品之銷售（即通路建置）與維修。⁷⁸

⁷⁴ MBA lib 智庫百科，大量生產 (Mass production)

⁷⁵ 工業大數據，洞察未見的需求，P23, 2016/06, 李傑

⁷⁶ 科技報橘，臺灣轉不動工業 4.0 如果企業經營者不丟棄成本思維，
【<https://buzzorange.com/techorange/2017/01/23/industry-4-0-2/>】

⁷⁷ 從大數據到智慧生產與服務創新，從產品製造到生命週期價值創造，P59, 2017/05, 李傑

⁷⁸ STPI 科技政策研究與資訊中心，科技服務化，鴻海結構轉型再上路，2013,06,06

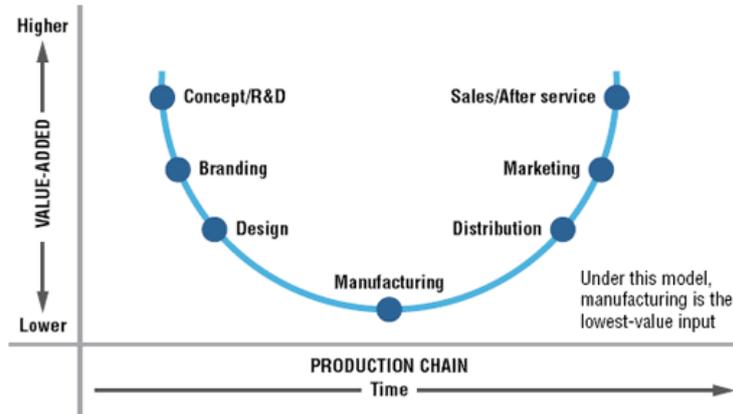
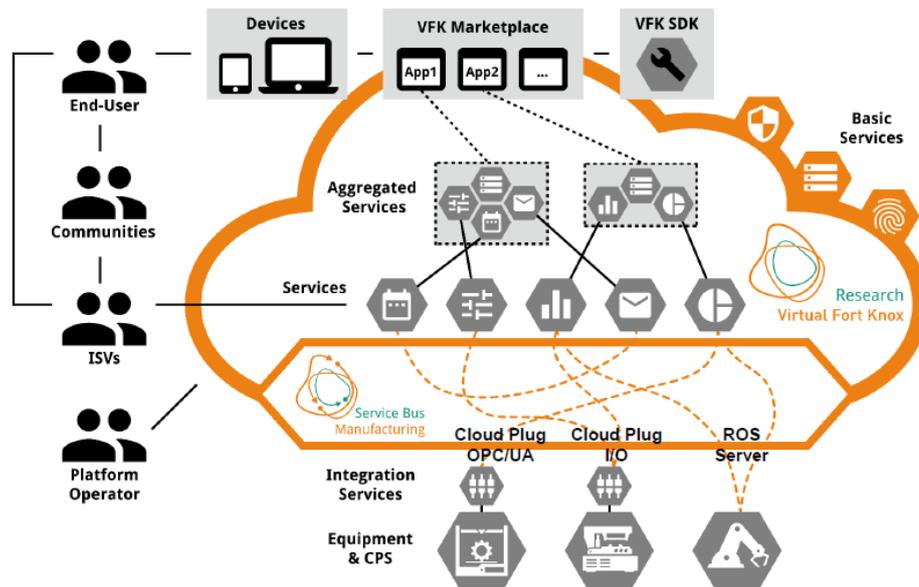


圖 3- 11 產品製造生命週期

Fraunhofer 為了幫助製造工廠在數位化以上獲得優勢，提供製造工廠 Virtual Fort Knox (VFK)一個省錢、快速、可擴充的 IT 雲端平台，製造工廠可以依照各自數位化的需求選擇所需的應用軟體。而且，VFK 的應用軟體不僅針對全新的系統設備才能發生效用。即使客戶現有的舊型設備經過改造後也可以與 VFK 連結，可以節省約 10 倍的實施及營運成本以及 20 倍的軟體開發時間。簡單來說，VFK 就像是一個應用於工業領域的 APP 商店。有需求的製造工廠可以快速的在這個市場裡找到自己所需要的工業軟體並且安裝，節省了製造工廠數位化所需的時間以及費用。

Fraunhofer Virtual Fort Knox Defined roles and components enable an open platform ecosystem



© Fraunhofer

Fraunhofer

圖 3- 12 Fraunhofer Virtual Fort Knox
(資料來源: Fraunhofer 參訪簡報)

六、 企業對工業4.0的營運管理與人才培育

經過本次國外課程與研究發現，充足的相關領域人才是德國能在工業 4.0 的推廣上穩定成長的重要因素之一。然而，德國能維持充足人才最重要的是德國政府、研發機構、與企業學校之間有完整的制度與分工來推動先端技術的研發以及人才培育，並且在分工的同時各領域之間仍然保有緊密的合作，消除了研發機構、學校與產業之間的斷層，為一個平衡且穩定的生態系。

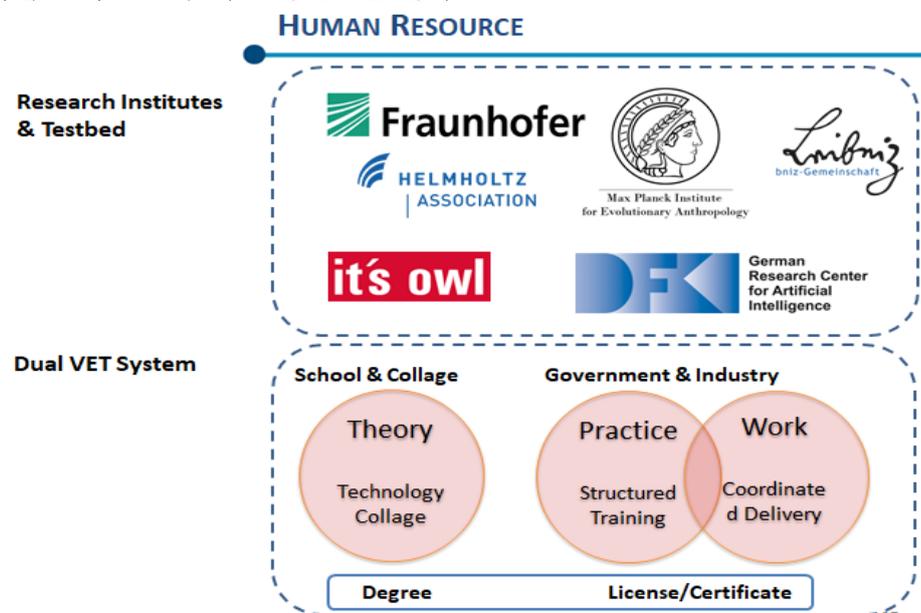


圖 3- 13 德國 Human Resource 示意圖
(資料來源:本研究整理)

國家級科學研究機構:

德國國立的科學研究機構體系主要由馬克斯·普朗克科學促進協會、夫朗和斐應用研究促進協會、亥姆霍茲聯合會、萊布尼茲協會四大機構所組成。各自有明確的分工和定位。⁷⁹

1. 馬克斯·普朗克科學促進協會 (Max-Planck-Gesellschaft (MPG)) :



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT
圖 3- 14 Max-Planck-Gesellschaft 標誌

馬克斯·普朗克科學促進協會成立於 1948 年，為一非營利性法人機構。聯邦政府和州政府所平分資助該協會約 95% 的研究經費，其餘 5% 來自會員費、捐款和機構自己的收入，從事創新的先端基礎科學之研究。該機構自成立以來已經獲得 33 個諾貝爾獎，取得了許多重大成果。⁸⁰

⁷⁹ 每日頭條,德國國立科研機構體系與國家實驗室,2016.08.02,【<https://kknews.cc/news/zg5k5l.html>】

⁸⁰ BMBF, Max-Planck-Gesellschaft,【<https://www.bmbf.de/de/max-planck-gesellschaft-834.html>】

馬克斯·普朗克學會擁有八十個分支研究機構，主要研究領域可分為自然科學和人文學科以及工程和生命科學三大領域。各個研究所與所在地大學有緊密之合作，但機構人員不負責大學內部教學工作，各研究所仍是大學外之獨立機構。並擁用較大學更良好的設備和更充裕的資金，維持其世界級的學術地位。⁸¹

馬克斯·普朗克學會的主要使命為研究創新的先端科學技術。該機構僱用來自世界各地的科學家並且提供所需要研究的精密研究設備，並以專案的形式給予不同的時間與資金，盼望科學能藉此開創出新世代的科學技術。⁸²

2. 弗勞恩霍夫應用研究促進協會（Fraunhofer-Gesellschaft (FhG)）



圖 3-15 Fraunhofer-Gesellschaft 標誌

弗勞恩霍夫應用研究促進協會成立於 1949 年，是德國也是歐洲最大的非盈利應用科學研究機構。該機構主要使命就是為企業、特別是中、小企業開發新技術，新產品，新工藝，協助他們解決自身創新發展中面臨的各種問題，並將學術及研發單位創新的技術商業化，將成熟的研究成果轉給企業或是政府機構。在德國有着「科技搬運工」之美名該機構最有名的發明就是 MP3 專利，為其帶來穩定的收益。⁸³

該協會擁有近 24000 的研究人員，一年能夠服務約三千多名企業的委託，完成近萬項的專案研究。2016 年，該機構的研發總預算金額為 19 億歐元，其中只有約 30% 經費是德國聯邦政府所補助，使用於具前瞻性的科技研發工作，剩下的 70% 來自於該機構與企業之間的合作專案的收入。⁸⁴

在國際合作方面，弗勞恩霍夫協會在美國設有研究中心，在亞洲幾個國家也設有代表處，2017 年 6 月在新加坡正式成立面向亞洲的研究機構。通過這些國際分支機構推進弗勞恩霍夫協會在世界各地區的業務與合作。⁸⁵

⁸¹ Wikipedia, Max Planck Society, 【https://en.wikipedia.org/wiki/Max_Planck_Society】

⁸² Max-Planck-Gesellschaft, 【<https://www.mpg.de/short-portrait>】

⁸³ Fraunhofer-Gesellschaft, 【<https://www.fraunhofer.de/>】

⁸⁴ 每日頭條,創新大本營！弗勞恩霍夫協會,2017.07.20, 【<https://kknews.cc/news/l6nm88z.html>】

⁸⁵ Wikipedia, Fraunhofer Society, 【https://en.wikipedia.org/wiki/Fraunhofer_Society】

3. 亥姆霍茲聯合會 (Helmholtz-Gemeinschaft)



圖 3- 16 Helmholtz-Gemeinschaft 標誌

亥姆霍茲協會 (HGF) 是德國最大的研究機構，由 17 個各自獨立的研究中心所組成，擁有 38,000 多名員工。三分之二的資金 (90% 聯邦政府，10% 聯邦國家) 事由公共資金所提供，總預算約為 45 億歐元。⁸⁶

該機構著眼於德國中長期國家科技任務，力圖解決科學、社會和產業的迫切難題。主要在能源、地球與環境、生命科學、關鍵技術、物質結構以及航空航天與交通 6 大領域從事以未來應用為目的的前瞻性研究，以保障德國經濟的競爭力提供技術支持。⁸⁷

亥姆霍茲聯合會最大的特點是以項目為導向的撥款方式 (POF— program oriented funding)。過去由政府對各個科研中心直接撥款的方式，改為政府向亥姆霍茲聯合會一家機構撥款。而各研究中心要提出來 5 年科研計劃，由亥姆霍茲聯合會組織國內外專家進行評審來決定撥款。所以，亥姆霍茲聯合會相當於科技部原下屬的國家科技計劃管理機構。⁸⁸

4. 萊布尼茨學會 (Leibniz Gemeinschaft)



圖 3- 17 Leibniz Gemeinschaft 標誌

萊布尼茲協會 (WGL) 是的一家德國各專業方向研究機構的聯合會，由 16 個聯邦州的 91 個非大學研究機構組成。研究領域涵蓋自然科學、工程科學、環境科學、經濟科學、社會科學、地球科學和人文科學，基礎科學研究與應用。⁸⁹

萊布尼茲協會的目的是解決教育、科研和技術領域現已提出的未來任務，所以許多萊布尼茲研究所都是為了解決某個具體的社會問題而成立的，屬於問題導向並提供諮詢與服務的研究機構。與大學、工業界、以及其他國內外的研究機構有著緊密的合作。

⁸⁶ Die Helmholtz-Gemeinschaft 【<https://www.bmbf.de/de/die-helmholtz-gemeinschaft-828.html>】

⁸⁷ Wikipedia, Helmholtz-Gemeinschaft,

【https://de.wikipedia.org/wiki/Helmholtz-Gemeinschaft_Deutscher_Forschungszentren】

⁸⁸ 每日頭條, 德國國立科研機構體系與國家實驗室, 2016.08.02, 【<https://kknews.cc/news/zg5k51.html>】

⁸⁹ BMBF, Leibniz-Gemeinschaft, 【<https://www.bmbf.de/de/leibniz-gemeinschaft-830.html>】

[雙元制]職業教育:

另外，德國除了有很好的生態圈累積先進的科學技術的之外，德國的高等教育和職業教育，也為德國培育了許多高素質的研發人才和專業的工匠人才。德國的職業教育堪稱世界的典範：「雙元制」是德國職業教育最重要的特色，也是推行職業教育最成功的關鍵。

所謂的「雙元制」顧名思義就是包含了企業實習與在校實習兩部分。也就是說一個人既是員工也是學生，同時擁有兩種身分。在此制度下，學校和企業必須聯合制定教學目標和計劃，學校首先負責理論的教學，而企業則負責實作培訓。而學生完成學業的同時不僅獲得畢業證書，還可使獲得企業的職業資格證明，讓學生在畢業的同時可以成為企業的「即戰力」。相較於其他教學體系，雙元制的特徵是讓企業參與國家教育的計畫及執行，讓教學的理論與實踐結合，提供勞工市場充沛的勞動力。根據權威組織的統計，德國大學畢業生佔同年齡人口的比例僅為20%，將近80%的年輕人接受的則是職業教育，並以此走上工作崗位。正是通過成功的職業教育，為「德國製造」提供了大量優秀的人才，也成為德國國家競爭力的重要源泉。

工業 4.0 示範點:

臺灣與德國最大的差異就是臺灣企業的技術、產品的重複性過高。舉例說明:工研院當年跟四十二家廠商簽約移轉製作筆記型電腦的關鍵技術。然而，四十二家廠商都使用同樣的技術販售筆記型電腦。其最後結果就是廠商與廠商之間就開始用成本領先戰略(Overall Cost Leadership)⁹⁰的方式削價競爭，最終使得整個筆記型電腦產業陷入低毛利的窘境。

反觀德國政府與企業的營運方式，首先德國政府會先輔助各研究機構建立相關概念的示範點(Test Bay) 提供整個產業一個完整的通用模型讓各家廠商有所啟發。在此通用模型之下各家廠商會運用自家技術、產品的優勢來進一步研發屬於自己的產品。在這樣的情況下廠商與廠商之間的产品差異性(Differentiation)大，可以保留各自獨占或寡占的市場優勢，也因此德國造也就了許多的隱形冠軍(Hidden Champions)⁹¹的中小型企業。

德國有名的大型示範點在北方有 It's OWL (Intelligent Technische Systeme OstWestfalenLippe) ;在德國南方有 DFKI (Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz)德國人工智慧研究中心。

DFKI 為 1988 年成立公私共營的非營利性的研究機構，為德國先驅的研究中心。致力於研發人工智慧(Artificial Intelligence)領域中的產品功能、技術雛型以及可專利性的解決方案。DFKI 主要資金來源除了歐盟的聯邦教育研究部(BMBF)、聯邦經濟能源部(BMWi)、德國聯邦國家研究基金會(DFG)等政府機構以外也有可能是合作夥伴如業界科技公司所提供。除了每年兩次由全球知名的委員會-Scientific Advisory Board 稽核 DFKI 與各州合作的研究成果，聯邦教育研究部也會定期對 DFKI 的研究進展做考評。⁹²

⁹⁰ MBA lib, 基本競爭戰略

【<http://wiki.mbalib.com/wiki/%E5%9F%BA%E6%9C%AC%E7%AB%9E%E4%BA%89%E6%88%98%E7%95%A5>】

⁹¹ Wikipedia, Hidden Champions 【https://en.wikipedia.org/wiki/Hidden_champions】

⁹² DFKI, about, 【<https://www.dfki.de/web/about>】

在營運管理方面，DFKI 的股東除了有各州的政府參與以外許多知名的高科技公司也是 DFKI 監事成員。像 DFKI 如此的 PPP 合作模型(non-profit public-private partnership) 在國際上被認可先端研究機構的標準藍圖。



圖 3- 18 DFKI 的 PPP 合作模式之參與者(資料來源:DFKI)

德國政府對於這些 Test Bay 會有約 50%的研究基金補助,若這些 Test Bay 能夠自行找到其他國家的資金還有可能補助另外的 50%。此外,這些 Test Bay 所設置的地區都剛好鄰近學校如 DFKI Kaiserslautern 的附近就有凱撒斯勞騰工業大學;DFKI Saarbrückenz 附近有沙爾大學;DFKI Bremen 附近有不萊梅大學;因此學校學生們有機會透過雙方合作在 DFKI 進行深入的研究開發各領域的新技術,也有機會藉此與業界知名的科技公司合作研究專案。最重要的是像這樣產官學共同的研究方式讓這些學生成為各公司所需要培養的人才。

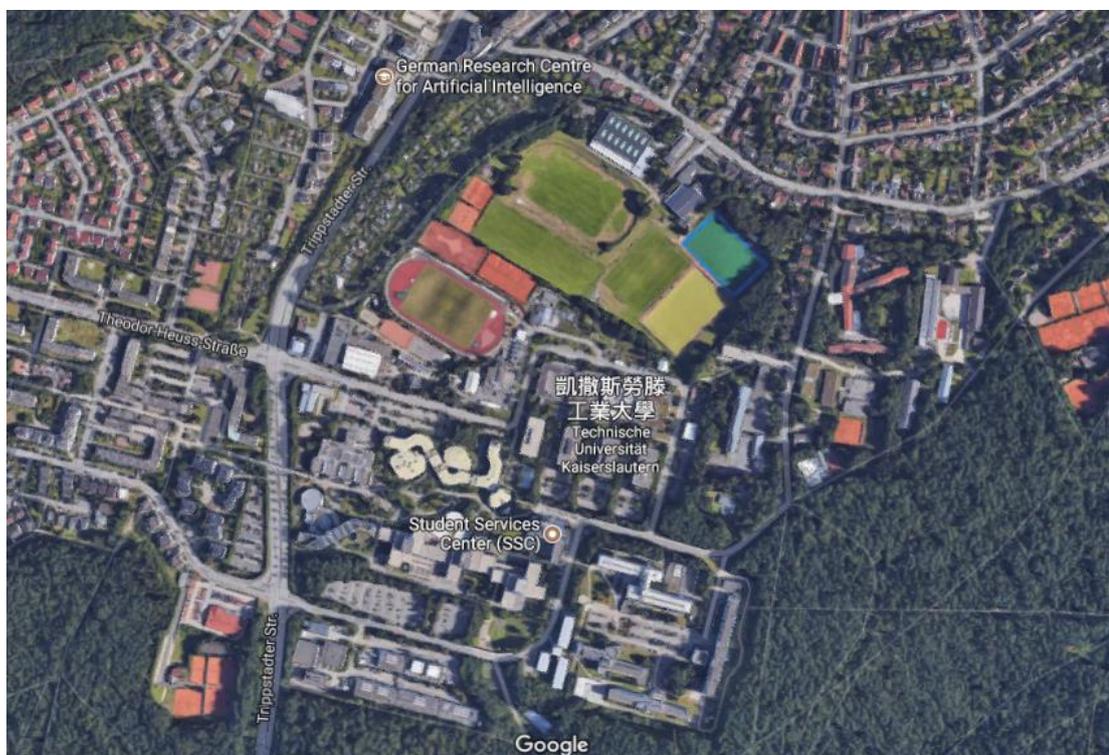


圖 3- 19 DFKI Kaiserslautern, 鄰近於凱撒斯勞騰工業大學
(資料來源:Google Map)

七、 本章小結

製造業代表了一個國家的實體經濟能量。從 2011 年到 2017 年間，我們看到世界各國因為工業 4.0 的激發，紛紛又開始重新重視製造業，並且冀望以先端製造結合網路技術，達成智慧工廠之目標，讓工廠可以更進一步的提供服務到消費者。在本章中，我們初步探討了工業 4.0 的發展、相關科技的整合、標準化的狀況、以及工業 4.0 與服務的關係等議題。以下並進一步彙整初步的結果：

德國於 2011 年提出了工業 4.0 的概念，主要目標應該是想延伸，其過往在製造與機器設備的優勢，再透過工業 4.0 的概念主導全球機器設備與資通訊網路的連結之發展，而成為未來 CPS(網路與實體系統)領域領導者。此外，從德國在漢諾威工業展 2011-2017 的展覽主題中(如表 3-4 所示)亦可看出，工業 4.0 所涉及到的科技十分多元，從物聯網、雲端運算、大數據、機器人、一直到人工智慧等，都是可能整合到的技術。也因為不同科技所連結與彙整到的數據相當多，因此，也就有了「資訊安全」的考量。另外，本章也觸及到了標準化的議題與過程，我們初步發現，此次工業 4.0 標準化的過程，除了因為科技多元性而涉及到非常多關係人(Stakeholders)外，即使是協會與標準組織本身，亦有好幾個參與(如 DIN、DKE、VDMA、VDE 等)。

最後，則談到了比較特別的一點：工業 4.0 與服務的關係。工業 4.0 期望將「企業決定產品」思維調整為「消費者決定產品」的理念。因此，工業 4.0 的發展，勢必要連結到消費者與服務，亦即廠商在工業 4.0 與智慧工廠的運作需要研究到包含服務的價值鏈，也就是說，有了「製造服務化」(Servitization)需求。

肆、 案例分析-德國

自從德國 2011 年提出「工業 4.0 (Industrie 4.0)」後，也帶動歐、美、日、中國大陸及臺灣等世界各地，紛紛透過資訊物理系統 CPS 整合智慧製造技術，帶動許多產線垂直與水平價值鏈的數位化、智慧化。本章節分析對象主要鎖定以物聯網、大數據分析服務、網實整合系統等工業 4.0 核心技術之創新標竿企業及研究機構，如 Fraunhofer、機電設備商-博世 Rober Bosch、數位化工具機製造商-西門子 Siemens、工業機器人製造商-庫卡 KUKA 等廠商，實際訪問、研究並蒐集企業生產流程、各樣工具應用及相關資訊，以利了解現階段標竿廠商的智慧製造應用情形。以下就各廠商的智慧製造發展與動向逐一介紹。

一、 博世 Robert Bosch 公司案例

(一) 公司簡介

博世集團為全球科技及服務的領導廠商，截至 2016 年，博世集團共有 39 萬名員工並在同年度創造了 731 億歐元的營業額。集團內包括羅伯特博世公司(Robert Bosch GmbH)及其遍佈 60 多個國家的 440 多家分公司和區域性公司，若將其銷售和服務夥伴涵蓋在內，博世的業務幾乎遍及全球所有國家。博世未來發展的基礎在於其創新能力，全球共有約 59,000 位研發人員，在 120 個據點進行研發相關的工作，在過去的六年，BOSCH 投資超過 270 億歐元在研發上⁹³。博世集團的產品及服務宗旨，是在於透過提供既創新又有益的解決方案來提高人們的生活品質，並達到科技成就生活之美的企業目標。

博世集團獨特的所有權形式確保了財務的獨立性和企業發展的自主性，不僅能進行大規模的前期投資以確保長期發展，而且可以堅持博世創始人-羅伯特博世先生的意願和精神，履行企業社會責任。慈善性質的羅伯特博世基金會持有羅伯特博世集團 92 % 的股權，羅伯特博世工業信託公司擁有大部分的投票權並負責集團的營運，其餘的股份和投票權則由博世家族和羅伯特博世有限公司所擁有。

博世集團提供「科技成就生活之美」的先進科技，除了有智慧家庭、智慧城市、聯網交通與工業聯網等創新解決方案，同時也擁有在感測器科技、軟體與服務的專業和自己的物聯網雲端系統，以單一來源提供客戶互聯、跨域的解決方案。身為物聯網領域的領導公司，博世集團的策略目標是透過創新與激發熱情的產品與服務，在全球創造互聯生活並提升生活品質。

(二) 公司沿革

博世公司是由羅伯特博世先生(1861-1942)於 1886 年 11 月 15 日在德國斯圖加特所創立，當時命名為「精密機械與電機工作坊」，並在 1898 年在德國境外創立英國辦公室。在 20 世紀前半葉，博世開始推出燃油噴射泵、噴嘴、電冰箱和液壓設備，也收購了加熱系統製造商 Junkers & Co. GmbH

⁹³ Koch J. (2017), interview in Munich, Germany.

和 Erich Wetzel Verpackungsmaschinen GmbH。在 20 世紀後半葉，博世陸續生產 Jetronic 電子式汽油噴射系統、含氧感知器、車載導航系統、ESP®電子穩定程式、共軌高壓柴油噴射系統和預警式緊急煞車系統等，也取得 Mannesmann Rexroth AG 的控制權，將其與自動化技術部門合併成為 Bosch Rexroth AG 並積極收購其他領域，如醫療解決方案供應商 Health Hero Network in Palo Alto 等。博世集團從 1886 年至今已屹立不搖 131 個年頭，目前仍然繼續茁壯中，詳細的公司發展與進程可以參考表 4-1⁹⁴。

表 4-1 博世集團的沿革

年份	里程碑
1886	Robert Bosch 在 11 月 15 日於 Stuttgart 開辦了「精密機械和電機工作坊」。
1897	首次在汽車上成功安裝了博世低電壓磁力發電機點火裝置
1898	第一家博世德國境外的辦公室於英國成立
1902	第一台附博世火星塞插頭的高電壓磁力發電機點火系統交貨
1905	第一家德國境外的博世製造工廠在 Paris 開始營運。
1906	在美國的第一家博世分公司 Robert Bosch New York Inc 成立
1921	第一家博世專業服務（Bosch Service）在 Hamburg 開始營運
1927	量產用於柴油引擎的博世燃油噴射泵和噴嘴
1932	收購位於 Dessau 的加熱系統製造商 Junkers & Co. GmbH/ 展示博世鋸鑽
1933	推出博世電冰箱
1942	Robert Bosch 於 Stuttgart 去世
1951	適用於配備二衝程引擎之小客車的汽油噴射系統
1953	推出博世液壓設備
1963	收購 Erich Wetzel Verpackungsmaschinen GmbH
1964	非營利組織 Vermögensverwaltung Bosch GmbH 收購了大部分的 Robert Bosch GmbH 股權。
1967	開始生產 Jetronic 電子式汽油噴射系統
1976	開始生產含氧感知器
1978	開始量產電子控制式防鎖死煞車系統 ABS
1989	在歐洲市場推出第一個獨立的車載導航系統：TravelPilot IDS
1995	開始生產全球首個 ESP®電子穩定程式
1997	開始生產共軌高壓柴油噴射系統（環保型汽車技術的重要里程碑）
2000	量產 DI Motronic 汽油直接噴射系統
2001	博世取得 Mannesmann Rexroth AG 的控制權，將其與自動化技術部門合併成為 Bosch Rexroth AG。
2003	收購位於 Wetzlar 的 Buderus AG
2007	收購位於 California 的遠程醫療解決方案供應商 Health Hero

⁹⁴ Bosch official website, retrieved September 19, 2017, from http://www.bosch.com.tw/zh_tw/tw/our_company_10/history_10/history.html

Network in Palo Alto	
2008	收購位於 Immenstaad 的 Innovations Software Technology GmbH
2010	開始生產預警式緊急煞車系統/ 首批量產配備並列式全混合動力技術的汽車
2011	博世開始量產電動自行車（eBike）動力裝置
2013	開始生產摩托車穩定控制系統

資料來源：官網與自行整理

(三)組織結構

博世集團擁有四大產品事業群：交通解決方案、工業科技、消費品產品、以及能源與建築智能科技領域。博世除了現有品牌之外，也提供各別客製要求的其他品牌，如表 8，會再另外概述該品牌服務。以下為博世集團四大產品事業群的介紹⁹⁵：

1. 交通解決方案：博世集團是世界第一大汽車裝備供應商及全球最大的獨立汽車零件供應商，博世致力於提高行車的安全性、環保效能以及減低油耗。2001年汽車技術部的銷售收入占集團總銷售額的 68%。該部門在全球五大洲的 140 個地點擁有生產基地。如今汽車工業中廣泛應用的 ESP，ABS，自動泊車等智能系統都出自於博世集團汽車技術部。

表 4-2 博世交通解決方案事業群組織

產品事業部	內容	業務範圍
汽油系統	現代車輛必須符合降低油耗、減少排放量及駕駛樂趣等日益嚴苛的要求。為了同時符合這些需求，僅僅開發個別的元件並不足以應付這些要求。因此博世汽油系統部門將整個傳動裝置的性能結合在一起，利用零件系統之間複雜的相互關係來開發超越個別系統的新開創性解決方案：傳動系統。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 引擎管理 ➢ 模組及引擎元件 ➢ 燃油供應 ➢ 感測器 ➢ 點火裝置 ➢ 電子油門控制 (ETC) ➢ 插入式連接 ➢ 變速箱 ➢ 壓縮天然氣 (CNG) ➢ 靈活燃料技術 ➢ 油電混合技術
柴油系統	博世柴油系統部門開發、製造與應用讓汽車更為節能與經濟的柴油系統。博世柴油系統提供全方位的產品組合，從單	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 柴油噴射設備 ➢ 廢氣管理系統 ➢ 引擎控制單元與感測器 ➢ 替代性動力概念

⁹⁵ Bosch official website, retrieved September 19, 2017, from http://www.bosch.com.tw/zh_tw/tw/our_company_10/business_sectors_and_divisions_10/business_sectors_divisions_landingpage.html

	一元件到完整系統，可應用於各種尺寸的引擎。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 工程服務
底盤控制系統	<p>博世的底盤系統控制部門針對汽車安全、汽車動力及駕駛輔助等領域開發創新元件、系統及功能。主動安全系統可辨識危險的駕駛情況，並以鎖定目標的方式引導汽車動力，以恢復汽車的穩定性。</p> <p>如果無法避免意外發生，被動安全系統可保護乘客及行人的安全，並減低受傷的風險。駕駛輔助系統不只提供駕駛人舒適性，更在攸關安全的情況下提供支援。</p> <p>博世的競爭力在於連結主動與被動安全系統，以及駕駛輔助系統，因而實現安全性、舒適性及靈活性的新層次。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 電子煞車控制系統 ABS、TCS 和 ESP® ➢ 再生煞車系統 ➢ 感測器（如輪胎速度、轉向角度和偏航率感測器） ➢ 乘客及行人安全的電子系統（如安全氣囊控制裝置和碰撞感測器） ➢ 以雷達和影像感測器技術為主的駕駛輔助系統（如 ACC、車道偏離警示和車道保持距離輔助系統） ➢ 安全性（CAPS-結合主動與被動安全）以及靈活性（VDM-車輛動態管理）的連結系統解決方案。
電子動力	<p>電子動力器部門開發及製造車身應用的機電部件和系統。因為擁有創新的促動器、引擎熱能管理、空調和擋風玻璃清洗的部件及系統，我們針對便利功能性以及車輛基本設備，提供新的解決方案。</p> <p>博世重視客戶的利益、品質及具競爭力的價格，而且在許多產業都是市場上的領導者。此部門包括業務單位驅動系統、熱力系統、雨刷系統和新業務範圍的產品組。該部門的總部位於德國的 Buehlertal。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 車窗升降、座椅調整和天窗的促動器 ➢ 引擎冷卻扇的鼓風機模組和驅動器 ➢ 引擎冷卻系統的泵和閥門 ➢ 空調零件 ➢ 前後雨刷驅動器、雨刷臂和雨刷片 ➢ 電動轉向馬達、ABS、ESP®和電動自行車馬達
起動馬達與發電機	<p>博世的發電機確保能源可供應至汽車的電力系統，發電機的高效率有助於大幅減少油耗。</p> <p>其種類廣泛的起動機包含火星塞點火裝置和柴油引擎適用的長壽命起動機，以及省油進而減少二氧化碳的怠速熄火系統的產品概念。此外，博世也開發及製造油電混合車專用的電動馬達。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 轎車及商用車專用的起動馬達和發電機 ➢ 怠速自動熄火系統的怠速熄火起動馬達 ➢ 油電混合車使用的發電機

<p>汽車多媒體</p>	<p>汽車多媒體部門非常專注於可彈性有效整合汽車娛樂、導航、車載資通訊 (telematics) 以及駕駛輔助的智慧型解決方案的開發。在此情況下，資訊的呈現和處理將在未來扮演著日益重要的角色。客戶越來越重視降低油耗及減少毒性物質排放等議題，如今這是駕駛資訊及輔助系統的設計重點。</p> <p>車用資訊娛樂系統架構逐漸進化成完全相互連結的系統。目前的關鍵問題是如何決定汽車及駕駛人或乘客之間的互動，以及由何者決定。博世的工作是優化行動世界的未來，目標在於提升駕駛便利性。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 汽車多媒體系統的整合 ➢ 收音機、娛樂、導航和車載資通訊系統 ➢ 先進的儀表板指示系統 ➢ 商用車終端裝置及系統 ➢ 創新機上盒技術 ➢ 功能性元件
<p>汽車電子</p>	<p>汽車電子部門及其總部設於斯圖加特附近的羅伊特林根，此部門負責開發、生產及銷售汽車應用的微電子產品。核心競爭力在於汽車系統整合及應用工程。</p> <p>產品計畫涵蓋：</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 元件（半導體、感測器） ■ 電子控制裝置(如車身電子系統、煞車控制系統和引擎管理)以及電子製造服務(EMS) ■ 非汽車應用，如消費性電子產品的感測器以及電動自行車系統 ■ 在製造時，我們開發並利用基材及半導體技術以及矽微機械領域的製程。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 電子控制裝置 (ECUs) ➢ 電子控制裝置的委託製造 ➢ 車身電子系統和電子控制裝置元件 ➢ 電動輔助轉向系統的機電模組 ➢ 半導體 ➢ 感測器 ➢ 電力電子及模組 ➢ 電動自行車系統
<p>汽車售後市場</p>	<p>汽車售後市場部門管理汽車備用零件和博世改裝產品的供應、物流和銷售。此外，其服務包括汽車產品和系統的客戶服務。博世汽車售後市場總部及主要物流中心皆位於卡爾斯魯厄。</p> <p>物流中心的任務之一是供應博世客戶各種備用零件，這些客戶包括汽車製造商、批發商和維修站，備用零件是從卡爾斯魯厄運送至 140 多個國家。此部門也管理全球其他 24 個倉儲據點。遍及 140 個國家超過 1 萬名員工以及全球物流網絡，可確保 45 萬個備用零件能快速即時送達客戶手中。</p>	

	<p>在診斷技術的業務方面，汽車售後市場部門供應測試和維修站技術、診斷軟體、服務訓練和資訊服務。此部門也負責推行「博世汽車服務」維修站概念，這是全球最大的獨立連鎖維修站，約有 15,000 間分店。此外，汽車售後市場部門還負責與 500 多家 AutoCrew 合作夥伴之間的業務</p>
轉向系統 (ZF Steering Systems GmbH)	<p>ZF Steering Systems GmbH 公司 (ZFLS) 是博世集團與 ZF Friedrichshafen AG 公司各出資一半的合資公司。該公司設立於 1999 年 1 月 1 日。ZF Steering Systems 公司開發、生產及銷售轎車及商用車專用轉向技術。產品範圍涵蓋兩個完整的轉向系統，包括轉向柱及轉向泵，以及閘門、外部球形接頭以及轉向軸等元件。ZF Steering Systems 公司在轉向齒輪領域的技術及創新能力無人能出其右，因而成為全球汽車製造商的重要合作夥伴。</p> <p>公司總部設在德國施瓦本格明德。除了在柏林和比蒂希海姆的其他國內工廠，以及不來梅的 ZF Lenksysteme Nacam GmbH 子公司外，ZFLS 還在 8 個國家設立 12 個據點。地理位置集中於歐洲、南美與北美以及亞洲。</p>

資料來源：官網與自行整理

- 工業科技：工業技術業務部門包括傳動與控制技術及包裝技術。其中，博世自動化技術部門與曼內斯曼—力士樂股份公司的合併給工業技術領域業務的發展帶來了巨大的飛躍。

表 4-3 博世工業科技事業群組織

產品事業部	內容與業務範圍
傳動與控制 (博世力士樂 Rexroth Bosch Group)	<p>博世力士樂是全球傳動及控制科技的領導者。無論客戶在世界的哪個角落，博世力士樂的團隊隨時待命，提供在地化的服務，及各種產業所需的傳動與控制科技。博世力士樂在行走機械應用、機械應用與工程、工廠自動化等領域是許多客戶強而有力又可靠的夥伴。身為傳動與控制專家，博世力士樂在全球 80 多個國家開發、生產及銷售零組件與系統解決方案。透過提供完整的科技產品組合與全方位的服務與支援，博世力士樂是機器在整個生命週期中的專業夥伴。</p>
包裝科技	<p>位於德國魏布林根的博世包裝科技，是包裝與加工技術全部系統的主要供應商之一。此公司在全球 16 個國家開發、生產及銷售用於配藥、糖果和化妝品業以及其他食品與非食品業的模組與系統。</p> <p>產品組合範圍包括從配藥產品和糖果的充填、加工及包裝技術，到食品產業的按件貨物及散裝品，以及醫療與健康產品的包裝解決方案不等。可參見糖果棒、餅乾和口香糖製造商的參考計畫。藥品系列的無菌充填及包裝過程，以及隔離裝置技術在全球首屈一指。依照全部的諮詢過程和計畫工程技術，服務的範圍不只包括單一模組，還有完整的服務組合、客製化系統及一體成型的解決方案。</p>

資料來源：官網與自行整理

3. 消費品產品：此事業群在電動工具及家電產品領域提供廣泛的產品和解決方案，主要包含電動工具和家用電器，如表 4-4。

表 4-4 博世消費品產品事業群組織

產品事業部	內容與業務範圍
電動工具	<p>博世集團的電動工具部門是全球電動工具、電動工具配件及測量工具的市場領導者。約 20,000 名員工在 2015 年締造了 45 億歐元的銷售業績，其中 85% 是國外的銷售業績。此部門擁有博世、Skil 和 Dremel 等品牌，代表以客戶為本及極高的創新動力。核心的成功因素是創新的動力及步伐：2015 年，有約三分之一的業績是來自上市兩年以下的產品。2016 年，博世電動工具將會針對德國市場推出超過 100 多種新款電動工具，涵蓋其四大產品類別包括電動工具、配件、測量工具及園藝工具。</p>
家電產品 (Robert Bosch Hausgeräte GmbH)	<p>Robert Bosch Hausgeräte GmbH 公司生產各種可靠、使用壽命長的產品，讓家事變得不再困難。這個強大的利益焦點和更貼近客戶的優勢，使得博世成為歐洲家電的主要製造商。為了確保未來能夠回應客戶的需求，Robert Bosch Hausgeräte GmbH 公司推動創新技術的發展。為了促進發展，博世奉行注重品質、技術專業、生活品質，以及對人類與環境的責任：對於永續性的主動承諾代表接受對未來的責任、保護環境與天然資源。博世的核心理念是開發使用壽命長的產品，而且解決人們的需求。</p>

資料來源：官網與自行整理

4. 能源與建築智能科技：能源暨建築科技事業群在暖氣通風與空調及安防系統領域提供廣泛的產品與解決方案。博世在這個領域的產品主要有熱動技術和安防系統，如表 4-5。

表 4-5 博世交通解決方案事業群組織

產品事業部	內容與業務範圍
安防系統	<p>博世安全系統是全球保全、安全和通訊產品、解決方案和服務的供應商。其產品與服務組合包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 影像監控系統，影像通訊，智慧影像分析，極端條件下使用的影像 ■ 入侵警報系統 ■ 門禁控制系統 ■ 消防警報系統 ■ 語音撤離系統 ■ 專業音響系統 ■ 會議系統 ■ 照護解決方案 ■ 監測服務

	<ul style="list-style-type: none"> ■ 電梯緊急呼叫 ■ 行動安全
<p>熱能科技</p>   	<p>博世的全資子公司 - 博世熱能科技有限公司是全球加熱產品和熱水器的主要製造商。透過節能與環保的加熱與熱水解決方案提供室內舒適性，博世熱能科技有限公司基於客戶的利益，重視永續的資源管理，以及系統靈活性和使用者的便利性。博世熱能科技有限公司整合如博世、Buderus 和 Junkers 等國際性及區域性的熱力技術品牌。從落地式和壁掛式熱水爐到熱泵，從太陽能熱能系統到固體燃料鍋爐，從熱電複合廠到工業鍋爐，博世熱力技術有限公司銷的產品組合所提供的系統，走在節能及環境相容性的尖端。</p>
<p>資料來源：官網與自行整理</p>	

(四) 博世其他客製化的品牌⁹⁶

除了博世現有品牌之外，博世也提供各別客製要求的其他品牌。以下服務概述將清楚說明哪些博世集團特製品牌有哪些特性並可以讓人們的日常生活更舒適便利。

表 4-6 博世集團其他的客製化品牌

	<p>1899 年 Beissbarth 品牌在德國慕尼黑成立，專門為汽車製造商及其世界各地的工場製造精密的測量設備。除了四輪定位、剎車測試與測試車道的核心競爭力之外，Beissbarth 品牌也提供汽車拆胎機、車輪平衡、冷氣系統全程保養服務設備及升降機。</p>
	<p>博世汽車維修站遍及 150 個國家，約有 13,000 處汽車維修站。身為博世汽車品牌的專屬維修站，博世汽車維修站的技師專門處理現代汽車科技的疑難雜症，並確保您的愛車運轉順利、安全無虞。我們承諾「博世汽車隨時為您的愛車待命」。</p>

⁹⁶ Bosch official website, retrieved September 19, 2017, from http://www.bosch.com.tw/zh_tw/tw/our_company_10/our_brands_24/our_brands.html

	<p>博世柴油維修中心是專業的服務供應商，為修理廠、車隊和個人客戶提供診斷、修理和維護所有博世柴油噴射系統和元件的專業解決方案。現在博世柴油維修中心全球網路由大約 3,400 家特許經銷商所組成，以其在柴油引擎修理和維護的全方位卓越能力聞名於世。</p>
	<p>全球的力士樂品牌代表具經濟效益、精準、安全、及節能的傳動與控制科技。創新的零組件與客制化的系統解決方案讓各種尺寸的機器與系統可有效地運轉。透過全球行走機械應用、機械應用與工程及工廠自動化的整合，提供客戶便利的一站式解決方案。</p>
	<p>CST/berger 身為國際知名品牌，本身就代表穩定可靠的測量品質。本產品之粗曠耐用就代表頂級工藝，專為克服極端環境而設計及測試完成的巔峰極品。</p>
	<p>Dynacord 是歐洲專業音訊系統領導製造商之一。產品組合包含了揚聲器、放大器、數位信號處理及混音設備。Dynacord 產品不但適合行動音訊應用程式，也是音樂會音響和固定音效設備的最佳選擇。</p>
	<p>Electro-Voice 製造的同級頂尖專業音訊產品，包括揚聲器、麥克風和電子設備。我們的解決方案廣被全球人士採用於大型運動場及宗教場等各種場館，設備涵蓋了手提式和固定式音響應用設備。</p>
	<p>1925 年 OTC 品牌在美國成立，至今已經成為全球性的品牌，提供高優質的產品，從車輛診斷設備，到車廠用的高性能工具，一應俱全。</p>
	<p>RTS 位居廣播和產業對講機領導品牌超過 40 年，以其結合前瞻性的功能和通過驗證的可靠性，讓產品維持業界標準的地位。</p>

	<p>全球性的品牌 Robinair 在空調服務的市場成長方面佔有主導性的地位。Robinair 以空調服務的創新特色聞名業界，同時提供相當廣泛的產品組合。</p>
	<p>Telex 設計及製造世界級的無線電發送和航空頭戴式耳機產品，是最受全球人士認可信賴的重要應用設備。</p>
	<p>Unipoint 是全球最大的啟動馬達、發電機、雨刷及車用冷氣系統的製造商之一。除了提供卓越的支援外，Unipoint 同時提供 OEM / OES 廠商及汽車售後服務市場具競爭力的價格及行銷協助。Unipoint 是「品質、價值獨步全球」的代名詞。</p>
	<p>Zexel 品牌亞洲高品質傳統柴油系統的領先 OE 供應商之一。</p>
<p>Bosch Sensortec</p>	<p>Bosch Sensortec 成立於 2005 年，致力於提供消費電子市場微機電感測器、相關應用和代工服務。</p>

資料來源：官網與自行整理

(五) 博世工業 4.0 的發展與實踐

德國的工業 4.0 這一詞最早是在 2011 年的漢諾瓦工業博覽會提出。在 2012 年 10 月由羅伯特·博世有限公司的 Siegfried Dais 及利奧波蒂娜科學院 (Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina) 的 Henning Kagermann 組成的工業 4.0 工作小組，向德國聯邦政府提出了工業 4.0 的實施建議並在 2013 年的漢諾瓦工業博覽會中，工業 4.0 工作小組提出了最終報告。博世在工業 4.0 領域有著獨特的定位，既是運用工業 4.0 解決方案的開路者，也是提供工業 4.0 解決方案的領頭羊。

作為領先的實踐者及供應商，博世集團在全球超過 250 家工廠推廣試驗工業 4.0 並為工業 4.0 研發並提供自動化產品、感測器、軟體以及相關服務。以下將介紹博世集團的兩個成功引進了工業 4.0 的概念的智慧工廠- 博世洪堡 Homburg 工廠與博世費爾巴哈 Feuerbach 工廠。

1. 博世洪堡工廠 Homburg

博世的汽車剎車系統在市場上是非常知名並有實力的，為全球第一大汽車技術供應商。博世洪堡工廠為博世公司旗下智慧工廠的代表，其生產線的特殊處在於所有的零件都有一個獨特的射頻識別碼，每經過一個生產環節，讀卡器會自動讀出相關資訊，回饋到控制中心進行相應處理，從而提高整個生產效率。

在洪堡工廠引入的射頻碼系統需幾十萬歐元，但由於庫存減少 30%，生產效率提高 10%，由此可節省上千萬歐元的成本。此獨立的射頻碼給博世公司旗下工廠的 20 多條生產線帶來了低成本高效率的回報。此技術提高了生產效率並節省成本，即為智慧工廠的重要的體現⁹⁷。

2. 博世斯圖加特 (Stuttgart)-費爾巴哈 (Feuerbach)



資料來源：工控網⁹⁸

圖 4-1 博世費爾巴哈工廠途中一景；

博世有超過 250 家工廠，博世以創新尖端的產品及系統解決方案聞名於世，是全球第一大汽車技術供應商，業務範圍涵蓋了汽油系統、柴油

⁹⁷德國工業 4.0 技術創新五大樣本，瀏覽日期 2017 年 9 月 19 日，取自：中國自動化網
http://www.ca800.com/news/d_1ntmuo97v2871.html

⁹⁸走進費爾巴哈德國博世工業 4.0 實驗室，瀏覽日期 2017 年 9 月 23 日，取自：工控網
<http://gongkong.ofweek.com/2016-10/ART-310017-8110-30059867.html>

系統、汽車底盤控制系統、汽車電子驅動、起動機與發電機、電動工具、家用電器、傳動與控制技術、熱力技術和安防系統等。費爾巴哈工廠是全球最大的單體生產工廠，此工廠約有一萬多名員工進行柴油機共軌系統零部件生產及總裝、汽油機系統零部件生產、非標自動化設備生產等工作。為了提高產品品質，博世內部從產品研發初期開始就需要與加工設備製造專家進行精密配合，逐漸形成 ATMO 非標自動化學業部。此作為內部供應商，提供自動化生產裝配系統和特種設備，設計和組裝完整的機器及生產線。

博世費爾巴哈工廠用於廠房自動化管理的 IT shopfloor solution 和 APAS 自動化生產輔助系統，是支撐博世工業 4.0 實踐的關鍵系統。

IT shopfloor solution 是博世在長期的生產製造過程中，自主開發並不斷完善的一套系統，包括已經在博世廠房設備中得到廣泛應用的 shopfloor automation（廠房自動化軟體）、博世 MES 系統 shopfloor management（廠房管理軟體）以及 image processing（影像處理軟體）。其中，博世 MES (Manufacturing Execution System) 系統主要包括“追溯品質管制”、“計畫流程管理”、“設備及績效管理”三個功能模組，“追溯品質管制”除了可以追蹤產品從入料到成品的全部過程中的品質之外，還能蒐集大量的數據並進行統計分析來支撐重要決策。實現這些功能模組的基礎是設備間的互聯和網路安全。而在 image processing 方面，除了現場的儀錶盤之外，還可以以移動 APP、網頁門戶等方式來展現各種報表。此 IT shopfloor solution 已經成為博世對外開放的產品解決方案，並提高更多製造領域設備的智慧化水準

APAS（自動化生產輔助系統）是一個體現設備高柔性水準的產品，其理念是柔性製造使生產更加靈活，來提高生產力。以博世角度而言，人們與機器一起工作時，應該以人為主、以機器為輔，APAS 就是要幫助人們從單調、重複的工作中脫離出來，做更多有價值的現場決策性工作。目前 APAS 的產品系列包括以機器手臂為代表的 APAS 助手和以視覺分析的 APAS 檢測機，它們都可以作為獨立機器或者整合到其它設備平臺中⁹⁹。

由上述的智慧工廠的說明，我們可以歸納出有下列幾點：

1. 在博世工廠，成功採用工業 4.0 的基本原理，並將其運用於一條產品生產線上。

2. 在博世工廠裡，每個工件夾具都配備有一個射頻識別 (RFID) 標籤，用來識別所生產的產品。具體工位元可以從 IT 系統中自動檢索以及讀取與這個產品相關的一切生產資料。因此，當工件到達某個位置時，顯示幕上就會相應地提示員工所需處理的具體工作內容。

3. 員工的相關資訊也可透過藍牙標籤上傳至系統，每一個程序都可以根據員工的個性化設置進行自動調節。並且系統能自動辨別員工的語言以及工作經歷，並據此“人性化”地顯示相應的生產資訊。

4. 此上述的操作，讓整體產出提高並同時降低了庫存了。

⁹⁹ 同 96

(六) 博世工業 4.0 的七大特色

在全球超過 250 個博世工廠裡，無論是軟體、設備或解決方案博世根據經驗及

眾多的案子定義出工業 4.0 的七大關鍵特色。這七大特色會做為將來發展工業 4.0 的

準則，並成為每個新產品、服務、產品改善和解決方案的工程研發規格，如圖 4-2，以下將介紹這七大特色¹⁰⁰。

1. 分散式智慧 (DISTRIBUTED INTELLIGENCE)

此特色讓具有分散式智慧和軟體的零件及系統可以根據規格獨立執行任務，並且可以實現生產系統的自我組織，增加靈活性及促進自動化生產的變革。同時，讓人們更容易操作並適應系統上的新要求，降低了複雜性。

2. 快速整合並靈活配置 (FAST INTEGRATION AND FLEXIBLE CONFIGURATION)

此特色促進工業 4.0 的適應性。人們、機器、生產過程及物流全連接一起。透過軟體的命令，可以輕鬆實現配置的更改。製造設備商可以快速適應不段變化及況展的模塊。同時，營運商也不需要 PLC 廣泛的知識，只需要在控制版上選擇一個新動作，生產線即可自動適應新產品的工作流程。

3. 開放標準 (OPEN STANDARDS)

博世一直很支持在廠房層面和軟體層面開放標準。這可以使系統、零件及機器輕鬆整合至另個不同系統的環境中，並跨公司開發價值創造網絡。

4. 虛擬實時呈現 (VIRTUAL REAL-TIME REPRESENTATION)

此特色對製造與物流開闢了新的可能性。當工廠貨物確保證品質離開生產線後，可以進行監控這些貨物。並用適當的軟體分析所有相關的製造和物流數據，以防止資源浪費、提供過程穩定性及降低成本。

5. 數位生活週期管理 (DIGITAL LIFE-CYCLE MANAGEMENT)

從開發、製造、營運、服務一直到維修，有關產品的所有數據都會被蒐集並存在虛擬網路中。數位生活週期管理可以在虛擬世界中加速規劃與工程流程，使產品品質變更高、壽命變更長。

6. 創造安全價值網絡 (SECURE VALUE-CREATION NETWORK)

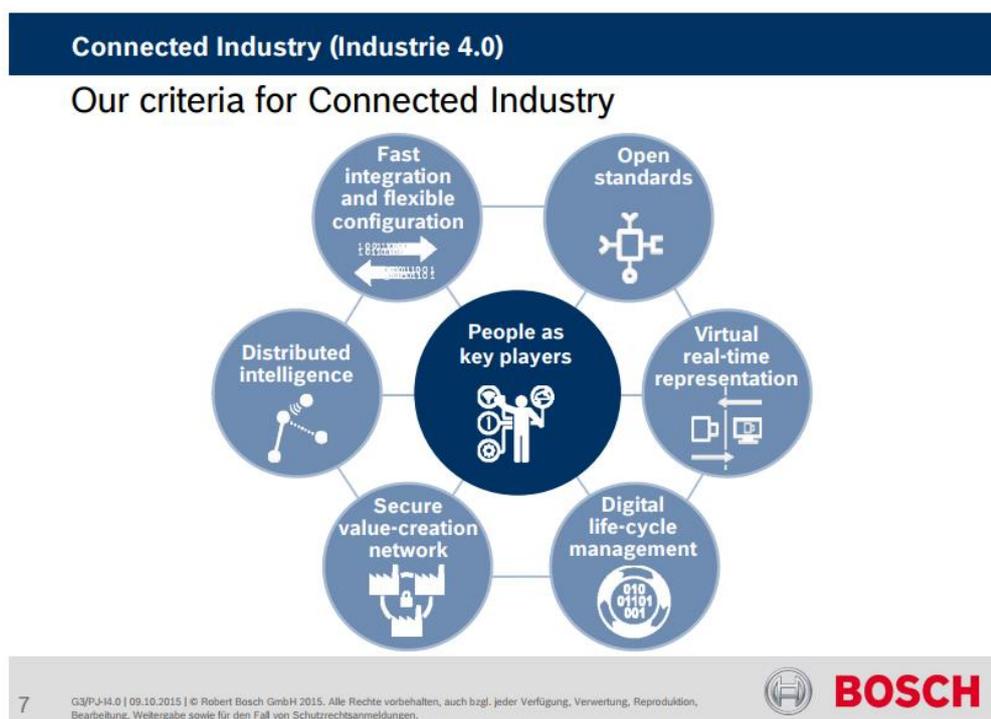
工業 4.0 的安全與保障，除了須保護人員免受機械危害也須保護生產設備和企業 IT 避免遭受攻擊及故障。後者牽涉到品感的數據及預防有意或無意的故障。所以，價值創造網絡的所有夥伴必須應用相同的標準和流程，使工更網絡安全可靠。

¹⁰⁰ Product Catalog Industry 4.0 at Bosch, Bosch Press, Retrieved September 23, 2017, from http://www.bosch-presse.de/pressportal/de/media/migrated_download/Bosch_Industrie_4.0_EN.pdf

7. 人們是關鍵 (PEOPLE AS KEY PLAYERS)

在工業 4.0，人才是關鍵，大數據不會拿走人們做決定及責任的權利，但是它可以提供相關的資訊支持人們，進而持續改善流程。

另外，博世是全球最先進的零部件製造商，並未追求產線的全自動化及無紙化，每條產線上工作人員仍然發揮重要作用。雖然無紙化是未來一項指標，但廠房中的一些紙質報表若是在沒有做好充足準備就直接撤掉所有紙質文檔，會造成生產線上的混亂。博世會等員工工作習慣、資訊系統等各方面工作完善後，才會推廣全廠房的無紙化。



資料來源: Bosch Press

圖 4-2 博世工業 4.0 的七大特色；

(七) 博世工業 4.0 的困難與挑戰

工業 4.0 的實踐在博世似乎有成功的一面，但其實在發展的過程中，也有困難及挑戰的另一面。下列分別從資訊安全、營運及組織結構調整、人才挑戰與學習及科技整合等議題，來看博世所碰到的挑戰。

1. 資訊安全問題

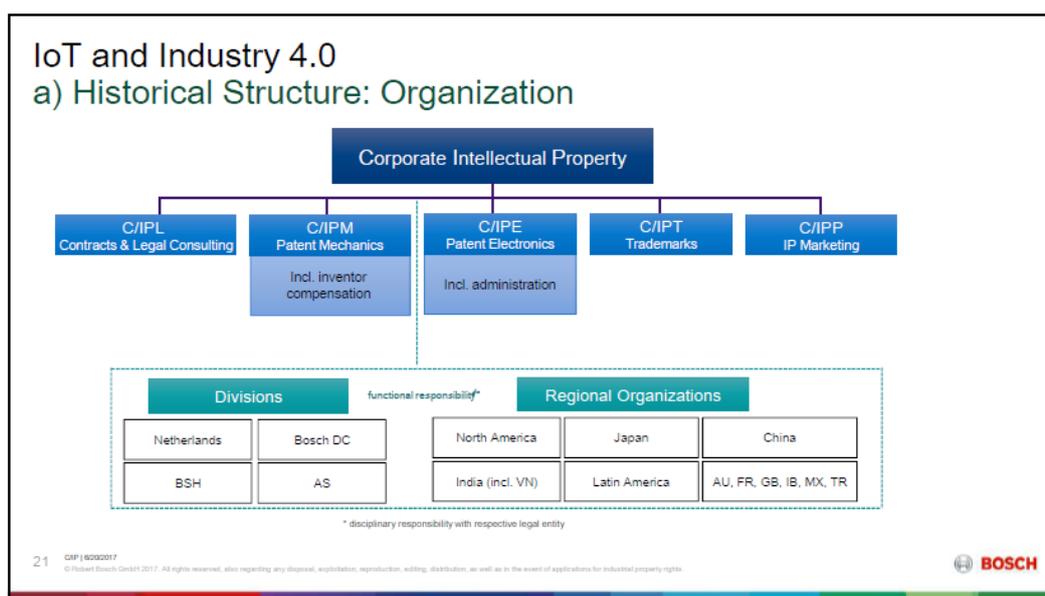
隨著工業 4.0 及物聯網的時代來臨，企業逐漸依賴數位科技，遭到網路攻擊的機會隨之提高，博世發展工業 4.0 也不例外。面對多元化的惡意攻擊，不能只是預防病毒而已，如何避免外界的惡意攻擊，也成為系統智慧化的重要課題。McAfee 公司估算，每日有 110 萬的惡意郵件散佈於全球，全球經濟

網路犯罪每年逾 4 千億美元，且網路犯罪正日益惡化，數位化風險一直存在著。

目前，博世集團有與專門的軟體公司合作，來處理資訊安全的問題，以確保資訊發出和接受的安全性。

2. 營運管理與結構調整

在工業 4.0 後，產出上呈現不錯的結果，效率提升了 10%，庫存降低了 30%。在 2016 年財報，博士集團共有 731 億歐元營收。在工業 4.0 下，企業內部講求團隊協作精神，根據實際需求組合團隊，專家來自不同地方、不同部門，其企業組織結構也產生顯著的變化。以 BOSCH 公司智慧財產組織圖為例，原先組織圖如圖 4-3，是專業分工的組織方式，但在工業 4.0 下，原有的組織方式在運作上變得很慢，無法快速連結到其他事業單位，因此，BOSCH 公司決定將智慧財產的組織方式進行調整，由原先的專業分工組織調整成跨功能組織，使其組織變得更彈性¹⁰¹。



資料來源: Koch, interview in 2017

圖 4-3 BOSCH 公司智慧財產原先的組織結構

3. 人才挑戰與學習

工業 4.0 的實踐對博世的設備、作業系統等都產生了影響，同時，也對人力資源結構的調整上有了需求。原則上，需要在人力資源的組織上進行調整，以適應新職位需求。¹⁰²。

¹⁰¹ 同註解 96

¹⁰² 工業 4.0 是手段 不是目的，瀏覽日期 2017 年 9 月 19 日，取自：kknews
<https://kknews.cc/finance/6k2g5mp.html>

4. 如何科技整合與策略聯盟

德國博世集團與 SAP 在物聯網和工業 4.0 領域建立了策略性合作夥伴的關係，期能增加收益。SAP 將 SAPHANA 資料庫加到 Bosch IoT Cloud (博世物聯網雲端)，博世支援客戶借助 SAPHANA Cloud Platform (SAPHANA 雲端平臺) 獲取物聯網微服務。博世擁有設備連接方面的專業知識，而 SAP 擁有物聯網應用方面的專業知識，雙方作為工業互聯網聯盟 (IIC) 和德國工業 4.0 平臺的成員，均致力於推動標準的確立。這兩家公司欲擴大在雲端技術和軟體解決方案方面的合作，以加快工業領域的製造和物流流程，並提升產品和客戶服務的安全性與品質。

此外，博世集團也將與台灣的友嘉集團合作。雙方計畫在自動化、汽車與零配件製造、工業 4.0 先進製造等範疇上展開策略聯盟，2016 年十月雙方已達成初步共識，如圖 4-4 (中間為友嘉集團總裁朱志洋，左三則為博世集團名譽董事長 Dr. Hermann Scholl)。博世集團名譽董事長 Dr. Hermann Scholl 表示，未來計畫交互採購，兩大集團共同啟動全球布局，博世集團亦會依需求增加採購友嘉的機台設備、加強深度合作¹⁰³。除此之外，博世亦積極參與標準的制訂。



資料來源:聯合影音

圖 4-4 世界第一大汽車零配件供應商 BOSCH 宣布與友嘉策略聯盟

5. 服務

博世在工業 4.0 下積極發展不同的新服務與新商業模式，例如：博世將傳統的維護系統改變成具有監控及預測維護功能的新系統。藉由傳感器的監控與分析服務，相關人員可以事先在機器故障前就先得知，避免損壞。其他的服務還包括：Remote Service, Bosch Smart monitoring and Rexroth ODin。另外，博世的工業 4.0 的專家也協助設備製造商、系統整合商及設備使用商一起發展

¹⁰³ 德 Bosch 攜手友嘉 推工業 4.0 先進製造，瀏覽日期 2017 年 9 月 19 日，取自：聯合影音
<https://video.udn.com/news/382591>

工業 4.0，例如:PI-Kit、VAS、Shopfloor Connectivity Services and Rexroth mMS4.0¹⁰⁴。

(八) 小結

博世是一家全面性的科技服務商，最大事業體是交通相關解決方案，其次才是家電、工業科技及能源暨建築智能科技。博世有些工廠已經採用工業 4.0 的概念，並嘗試以不同的指標來對工業 4.0 的成效進行評估。

從個案中我們可以瞭解博世之工業 4.0 下的生產線，藉由 RFID 來引導待組裝的產品，在整條生產線上進行各種加工處理。也藉由 RFID 的引導，使該生產線可以穿插生產不同的產品，而不用改線或換線，具備了極佳的彈性化。且該生產線上每個工作站上的設備都有資料搜集的能力，能自動將其資料納入產品的生產履歷中，以確保製造商可以對產品的品質進行完整追蹤。若生產線上有些工序需要人為介入，則相關設備也會有非常智慧化的防呆功能。在工業 4.0 的背景下，該公司可以隨時知道零件在整個供應鏈上的需求狀態及每一個零件在供給鏈所處的狀態，不僅智慧化、節省時間又可以帶來高效率的成果。

儘管看到了上述的成效，做為工業 4.0 領頭羊的廠商，博士在投入工業 4.0 的發展時，也是會遇到一些困難。例如:資訊安全的管理、組織結構的調整等。在資訊安全方面，博世需要與客人及生產廠商商討如何讓資訊安全的保護能像保護財產和保護專利一樣成為常態，同時，也要思考如何制定一個全球性的資安合作協定。至於組織結構方面，我們從個案中也的確看到了 Bosch 公司的變革。

但也因為工業 4.0 的發展，使博世的服務、技術整合與策略聯盟更多元化、更豐富。前文博世工業 4.0 的七大特色(如圖 4-2)會做為將來發展工業 4.0 的準則，並成為每個新產品、服務、產品改善和解決方案的準則。

¹⁰⁴ 同註解 103

二、西門子公司（Siemens）案例

（一）公司簡介

西門子股份有限公司在電機和電子領域是全球業界的先驅，活躍於電氣化、自動化與數位化領域，並以創新科技與專業知識為遍佈於全球 200 多個國家的客戶創造利基。西門子是一家大型國際公司，在全世界擁有大約 600 家工廠、研發中心和銷售辦事處，其總部位於柏林和慕尼黑。目前在全球約有 343,000 名員工，並致力於產品的研發和製造、設計與安裝精密的系統與計畫，並針對客戶需求提供量身訂作整合解決方案的服務¹⁰⁵。

對一家電氣工程及電子領域的世界級公司而言，創新是其首要工作。2004 年，西門子的研發人員共實現了約 8,800 項發明，比上一年度增長了 7%，其中三分之二申請了專利。在專利領域，西門子在德國高居榜首，在歐洲名列第二，在美國則躋身十強行列。2005 年，為了保持技術的領先，西門子在研發領域投資 52 億歐元，這使得西門子成為世界上最大的軟體研發機構之一。

從西門子官網可以得知，在全球擁有 56,100 個的專利數，足以證明西門子為全球最創新的企業之一¹⁰⁶。從早期第一台電子控制器到現代的全自動化工廠，從發現發電機的電動原理(Dynamo)到全球效能最高的燃氣渦輪，以及從第一台醫療影像設備到先進的全身 3D 掃描科技，西門子的創新科技改變了世界。西門子公司透過跨事業部門專業能力的整合，針對客戶需求提供整體性的解決方案。

另外，西門子擁有 900,000 多名股東，是世界上最大的上市公司之一。公司超過 55% 的股本募集於德國境外。從 2001 年 3 月開始，西門子股票在紐約證券交易所（NYSE）掛牌交易。2014 年財會年度的合併營收為 719 億歐元，持續經營收益則為 55 億歐元。167 年來，西門子一直以卓越技術、創新、品質、信賴度與國際性著稱，並在電氣工程和電子領域擁有完善的業務組合，其組織結構將在下章節詳述介紹。

（二）公司沿革

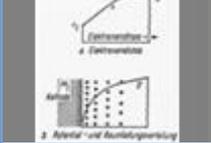
西門子股份有限公司的前身是 1847 年創建於柏林的西門子—哈爾斯克電報機製造公司。同年，西門子創辦人 Werner von Siemens 發明製造了第一台電報機，此發明為西門子的創立奠下根基。並在 1866 年，發現發電機的電動原理，使電流走入實際應用，發電機可將機械力學能源轉換為電力能源，為今日電力工程學的基石。

1897 年時，該公司改為股份公司，在 20 世紀中葉研發出第一個電子控制系統“Simatic“，為推動產業製程自動化的重要科技。並於於 1966 年正式取名為西門子公司。其詳細進程與發展可以參照表 4-7。

¹⁰⁵ Siemens Official Website, Retrieved September 23, 2017, from <http://www.siemens.com.tw/release/tw/post.asp?post=7>

¹⁰⁶ 同註解 108

表 4-7 西門子公司沿革

年份	圖示	里程碑
2011		到 2011 年，已經有超過 70 億人口居住在地球上，其中有一半的人口聚集在城市，透過新成立的基礎建設與城市領域的成立，西門子正努力針對全球日漸都市化與全球化的挑戰，尋找正確的解答。
2005		西門子研發出全球首創也是唯一的雙源電腦斷層掃描儀，掃描速度快過任何心跳速度，輻射劑量減半的精緻影像。
2004		西門子研發的智慧型 Sinteso 火警偵測系統，精確分析與評估訊號與情況，避免錯誤警報發生。
1994		西門子推出高溫燃料電池，輸出功率高達 1.8kW，締造新的世界紀錄。
1992		西門子建造出全球速度最快的神經電腦”Synapsel”。
1975		西門子於莫三比克電廠，設置了全球第一個配置開流體的高壓直流電纜。
1959		西門子研發出第一個電子控制系統”Simatic”，為推動產業製程自動化的重要科技。
1958		西門子研發推出全球第一個心律調整器。
1953		西門子提供全球第一個心臟超音波檢查設備給醫學界先驅進行研究。
1938		西門子發表推動半導體突破性發展的空間電荷理論。
1924		西門子於柏林設置德國第一個自動化交通號誌
1896		歐洲第一條地下鐵於匈牙利布達佩斯揭幕運行，由西門子負責興建。

1879		西門子於柏林發表第一條電力鐵路。
1878		西門子研發出差動(微分)弧光燈，開啟了都市街燈通行的時代。
1870		西門子完成橫跨大西洋，連結歐亞兩大洲從英國到印度的電纜線。
1866		西門子發現發電機的電動原理，使電流走入實際應用，發電機可將機械力學能源轉換為電力能源，為今日電力工程學的基石。
1847		西門子創辦人 Werner von Siemens 發明製造了第一台電報機，此發明為西門子的創立奠下根基。

資料來源：官網與自行整理

(三)組織結構

西門子是一家大型國際公司，其業務遍及全球 200 多個國家，在全世界擁有大約 600 家工廠、研發中心和銷售辦事處。電氣化、自動化及數位化是西門子長期成長的領域，為求完全發揮這些領域的市場潛能，西門子將所有業務劃分為九大事業處¹⁰⁷，並將醫療作為獨立事業來管理，如表 4-8。

表 4-8 西門子產品事業群

產品事業群	內容	業務範圍
發電暨天然氣	此事業處採用化石或再生燃料進行高效率的發電及可靠的石油天然氣運輸，為公用事業、獨立電廠、統包工程 (EPC) 公司及產業客戶 (例如石油天然氣業) 提供豐富、環保節能的發電產品及解決方案。在石油天然氣、電力及工業市場中，電力與石化 事業處是提供世界級產品及解決方案的可信賴合作夥伴。並致力為客戶提供可靠、高效、潔淨而安全的產品及解決方案。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 容量從 5 到 400MW 的燃氣渦輪機，此燃氣渦輪機具有高效率、可靠且環保永續等特質，能降低生命週期成本並創造電廠獲利。 ➢ 效能從 45 kW 到 1,900 MW 的蒸汽渦輪機，此蒸汽渦輪機具有悠久的製造傳統，且不斷在發展進化之中。 ➢ 功率從 25 到 2,235 MVA 的發電機，此專業來自百餘年來開發及生產發電機，以及在超過 3,500 個機組上安裝的經驗。

¹⁰⁷ Siemens Official Website, Retrieved September 23, 2017, from <https://www.siemens.com/businesses/tw/zh/>

		<ul style="list-style-type: none"> ➢ 壓縮機系列提供歷久不衰的高效率、可用性及可靠性，並滿足不同產業的客戶需求，包括石油天然氣事業、陸上天然氣生產、天然氣管線運輸以及其他工業應用，如空氣分離等。 ➢ 整合式電廠解決方案包括從延伸式發電機組到統包式發電廠，為燃氣發電廠提供最高品質的解決方案。 ➢ 「電力與製程自動化」(Power & Process Automation)系列以全方位的電廠儀器配置與控制 (I&C)、電力系統及 IT 解決方案，為本事業處構成了一套完備的產品組合。
風力發電	「西門子風力發電」為一獨立管理事業體，是領導全球的供應商，專門提供可靠、環保及符合成本效益的再生能源解決方案。其首要目標是降低風力發電成本，致力於讓再生能源得以與傳統能源競相抗衡。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 風力發電 ➢ 水力與潮汐發電
發電維護暨服務	在這個主要由老舊電廠群所主宰的市場中，人們對提升現有電廠效率的需求日益增加，西門子也繼續尋找方式來提升客戶運轉中電廠的效能，以期能對抗氣候變遷，保護天然資源，並滿足全球成長中人口與日俱增的需要。為達此一目標，西門子將透過壽命延展及其他先進技術來提升現有發電廠的效率及容量，使它們能以相同的燃料量大幅提升其生產的電力。	提供全方位的專業零組件服務支援、維護、修理、更換、現代化及更新—例如燃氣、蒸汽及風力渦輪機和發電機、大型工業發電廠，以及石油天然氣產業使用的壓縮機等。
能源管理	此事業處是供應經濟、可靠、智慧之輸配電產品、系統、解決方案及服務的全球領導者。其開發的創新解決方案有潛力解決全世界能源系統現正面臨的全新挑戰，其中包括距離的延伸 (如高效率遠距傳輸大量綠能)、啟用電網間專用的能源交換，以及將微型電網連接至主要電網等。	能源管理事業部為公用事業及各產業提供所需之產品，包括低電壓及配電網等級設施與系統、智慧電網與能源自動化解決方案、工業廠房供電及高電壓輸電系統等。

樓宇科技	<p>在市場上打造安全、節能、環保之樓宇及基礎設施的全球領導者。作為一名技術夥伴、顧問、服務提供者、系統整合者及產品供應商，樓宇科技提供消防安全、保全、樓宇自動化、空調(HVAC)及能源管理等產品及服務。此事業部結合高效能及低營運成本，讓客戶能優化其樓宇的能源成本及可靠性，並依客戶要求量身打造能源管理服務及整合式自動化樓宇解決方案，以助其達成這些目標。並用於控制空調、照明及遮蔭的樓宇自動化產品及系統不僅供解決方案之用，更間接透過通路銷售。</p>	<p>資料中心、醫院、生命科學公司、機場、飯店及能源供應商提供之產業量身制定的解決方案；跨國企業商業大樓，以及城市基礎建設</p>
交通運輸	<p>交通運輸事業部以全方位的產品組合為上述所有問題提供解答，因為現代化、互連以及建立於 IT 之上的行動力，是該部門五個事業單位-「行動力管理」、「統包工程與電氣化」、「主要幹線運輸」、「都會運輸」及「顧客服務」-的核心競爭力。它們擁有如何讓道路交通更順暢快速，讓鐵路更環保有效率，以及讓鐵路時刻表和貨運寄送更可靠的知識竅門。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 全系列鐵路車輛：區間車及城市間列車與高速列車、捷運車廂、電聯車與輕軌鐵路、乘客車廂、無人駕駛車輛及車頭； ➢ 軌道式客車及貨車的信號及控制技術； ➢ 鐵路與公路交通的電氣化解決方案； ➢ 車輛及基礎設施維修； ➢ 道路交通控制及資訊系統、停車空間管理以及都會及都市間的電子付費及收費系統； ➢ 統包行動系統之諮商、規劃、貸款、營造及營運； ➢ 將多個交通系統組合成綜合運輸網的整合式行動解決方案。
數位工廠	<p>數位工廠事業部提供一套無縫整合軟硬體與技術性服務的全方位產品，以協助全球製造業提升製程之彈性與效率，縮短產品上市時間。例如：「強大產品週期管理」(PLM) 軟體能在完全虛擬的基礎上開發及優化新產品。在製造實務方面，「全整合式自動化」(TIA) 概念已歷經二十年實作驗證，可確保所有自動化元件高效通連。以 TIA 入為例，口網站已在工程上省下可觀</p>	<p>數位工廠事業部的目標正是為客戶提供一套全方位軟硬體產品組合，以統整從開發、生產到供應等環節的資料，而最終目標是將整個實體價值鏈數位化。為此，我們建立了一個解決方案平台，並將它稱之為「數位企業」(Digital Enterprise)。在此概念下，DF 產品組合已順利銜接當今產品及生產週期的主要部分。</p>

	時間及成本。數位工廠事業部與西門子內部夥伴密切合作 - 尤以製程工業暨驅動科技事業部為最 - 針對各產業不同的客戶需求量身打造一套豐富而獨特的產品組合，其中包含 PLM 軟體工具組以及工業自動化和驅動技術。	西門子商業策略的主要支柱之一一是保護客戶目前及未來的投資，而這點是軟體業特別重要的考量。就塑造產業未來而言，DF 正在驅動一股引領趨勢的力量，企圖結合全球合作夥伴業經驗證的尖端技術以提升生產力並保有競爭優勢。
製程工業暨驅動科技	在整個加工週期中，運用創新的整合式技術大幅提升生產力，縮短上市時間。主要幫助客戶不斷提升產品、製程及工廠的可靠性、安全及效率。加工業是西門子的核心事業之一，設置在各種產業中的無數應用並為客戶帶來增值效益，在價值鏈的每一個環節中都能提高生產力，即時且具體地回應新的市場要求與發展，強化客戶的競爭力。	透過同級最佳技術平台 - 如全整合式自動化 (TIA) 或整合式驅動系統 (IDS) - 提供具前瞻性的自動化服務、驅動技術、工業軟體及服務。從設計到工程到現代化，西門子與客戶密切合作，為整個加工週期發展永續解決方案。儘可能使用標準化零組件搭配業界特定的解決方案，以滿足所有產業之客戶的具體需求。
醫療	西門子醫療是全球最大的醫療基礎設施供應商，也是醫學影像、實驗室診斷及臨床資訊技術的領導者	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Medical Imaging ➤ Laboratory Diagnostics ➤ Point-of-Care Testing ➤ Healthcare IT ➤ Consulting and Services ➤ Clinical Specialties & Diseases

資料來源：官網與自行整理

(四) 西門子工業 4.0 的發展與實踐

德國最先提出工業 4.0，並且和其他國家的都不同。在德國巴伐利亞邦東部的小城-紐倫堡，有一座外形很不起眼的工廠，這裡被稱為歐洲乃至全球最先進的工廠之一：安貝格電子製造工廠 (Electronic Works Amberg，縮寫：EWA)，如圖 4-5。這是西門子的未來工廠，也是最具工業 4.0 代表性的地方，全球第一家純數位化工廠。

西門子安貝格電子工廠 EWA 建於 1989 年，面積 10.8 萬平方英尺 (10,033 平方米)，能夠協調從生產線到產品配送等一切要件，從倉儲到生產都實現了智慧自動化。主要生產 Simatic (西門子自動化系列產品品牌統稱) 程式設計邏輯控制器 (PLC，類似電腦裡的 CPU)，用於實現機器設備的自動化，涉及領域覆蓋從汽車製造到製藥等多行業。自建成以來，在工廠未擴建，人員未增加的情況下，產能提升了 8 倍，產品品質提升 40 倍，且還在逐漸提升¹⁰⁸。

¹⁰⁸ 重溫西門子安貝格工廠，必當「吾日三省吾身」，瀏覽日期 2017 年 9 月 19 日，取自：kknews



資料來源：kknews

圖 4-5 西門子 Electronic Works Amberg 工廠

西門子安貝格電子製造工廠 EWA 的內部乾淨整潔，工廠做了無菌及無塵處理，地面使用淺色仿大理石塑膠 PVC 地板，連走路的聲音都可以忽略。如圖 4-6 所示，EWA 生產線上的主機殼整齊排列，在主機殼中間是監控顯示器，不間斷地滾動顯示大量資料。西門子為世界領先的 PLC 供應商，作為西門子的示範工廠，每年 EWA 要生產超過 1200 萬 Simatic 產品，處理將近 30 億個元器件，1 年 230 個工作日，由此計算，EWA 的生產線上每秒要產出 1 個控制單元，產品合格率高達 99.99885%¹⁰⁹。

EWA 工廠產品種類繁多，例如：一般汽車製造廠只需要 50 至 100 套 Simatic 控制系統，一個石油平臺只需使用 5 到 20 套，而在 EWA 工廠，產品種類將近 1000 種，如圖 4-7。以下會說明西門子如應用工業 4.0 的概念在其生產模式及物料配送上。

<https://kknews.cc/tech/594r3o3.html>

¹⁰⁹ 每秒 1 個產品，合格率 99.99885%，同行無敵！看懂工業 4.0，看西門子未來工廠就夠了，瀏覽日期 2017 年 9 月 19 日，取自：華語新聞 <http://www.gooread.com/article/20120856717/>



資料來源：華語新聞

圖 4-6 西門子生產線



資料來源：華語新聞

圖 4-7 西門子 Simatic 控制系統

5. 西門子工廠的生產模式

EWA 工廠的生產方式，75%是由設備和電腦自主完成的，只有在生產過程開始之初，需要由人將原始部件放在生產線上，之後，一切步驟都自動化進行。生產線上，每個元件都有自己的條碼，裡面記錄了元件的「身份資訊」並在虛擬環境下進行了生產流程規劃。每個元件都有各自的「目的地」，通過條碼元件可與生產設備直接通信並告訴生產設備自己應該在

什麼時間、哪條生產線或哪個過程中出現以及其操作要求和步驟。例如：在磁懸浮傳送線路的分岔路口，元件會暫停 1 至 2 秒，然後選擇正確的方向到達加工站後，元件經掃描被識別出來，生產設備會即時調用全部加工資訊並自動調整生產參數，如圖 4-8 所示。

EWA 產品線，最快可以每小時鑲嵌 25 萬個元件（如：電阻、電容和微晶片），一旦焊接過程完成，電路板將被傳送到一個光學檢驗系統中進行品質檢測，包括檢測元器件的焊接位置是否正確，以及焊接點品質，現場發現並剔除不合格的產品。然後再將電路板安裝到主機殼中。接下來再對成品進行檢測，完成成品。最後，成品將傳送到位於德國紐倫堡的配送中心，再運送到全球 6 萬多客戶手中¹¹⁰。



資料來源：華語新聞

圖 4-8 西門子生產流程一圖

1. 西門子工廠的物料配送

EWA 內部的物料配送也實現了自動化和資訊化。EWA 的物料放置在地下倉庫裡，當生產線上需要某種物料時，監控顯示器上會提示，這時產線人員只要拿著掃描槍在樣品上掃條碼，條碼資訊就會被傳送到自動化倉庫去，然後由 ERP 系統發出指令，讓廠內的自動化物流系統到倉庫的指定位置取物料，經過總長達到指定位 5 公里的地下運輸帶送到指定位置，接著由自動升降機送到生產線附近¹¹¹。

由此可知，EWA 工廠從倉儲到生產及從生產線到產品配送都實現了智慧自動化，提升了產能同時也降低成本及生產時間。以下歸納出 EWA 工

¹¹⁰ 同註解 112

¹¹¹ 同註解 112

廠的幾個特點：

1. EWA 扮演著「工業 4.0 工廠的工廠」：主要是透過產品與生產設備的溝通和物聯網系統控制實現三大技術的整合：產品生命週期管理(PLM)，生產執行系統(MES)和完全集成自動化(TIA)，將客戶從工程、營運到服務，集成串聯起來。

2. 人仍然是至關重要的決定性力量：智慧化並不意味著真的無人，EWA 的負責人 Karl Heinz Büttner 說，「我們並不打算打造一個無人工廠，人仍然是至關重要的決定性力量，生產率的提升，有 40% 源自於員工的新創意，另外 60% 來自於基礎設施投資」。西門子董事會成員 Siegfried Russwurm 也說，「設計一個全自動，依靠互聯網的智慧生產線，仍然需要十年時間。萬丈高樓，我們現在只是有了磚頭」。

3. 產品的生產週期完全可追溯：此為大資料與物聯網的應用。西門子 EWA 工廠每天會處理超過上千萬條的生產資訊，並存儲在 Simatic 物聯網製造執行系統中。換句話說，EWA 工廠是從頭到尾完整觀察並記錄每件產品的生產週期的，也就是每一件產品的生產週期完全可追溯。

4. 智慧化生產線設備：由上述可知，EWA 從倉儲、生產至成品配送，完全智慧化及自動化，提升了產能同時也降低成本及生產時間。

(五) 西門子對工業 4.0 的概念

「工業 4.0」的目標是透過設備智慧化、生產自動化，以達到縮短產品上市時間、增加生產彈性、效能及品質的目標。但實際該如何執行呢？西門子陳經理指出，當目標確定後，應先盤點與分析廠內現況，然後，藉由有系統的步驟去落實。現行的產品價值鍊分為幾個部分：產品設計、生產規劃、生產工程試驗、生產製造和服務，但彼此間的聯繫可能因部門、系統不同而互相孤立，因此，企業應該平行工作與同步優化這些流程。

西門子是透過「數位化」貫穿各個環節，並透過全方位自動化整合平台做到水平與垂直的整合。而這價值鍊的五大系統，西門子有各自的對應軟體與解決方案，因此在虛擬的世界可以將所有的設計圖紙、產品流、數據庫、物流，都以模擬方式實現，縮短實體導入的時間，實現虛實整合的互動¹¹²。

¹¹²西門子工業 4.0 的概念與實踐，瀏覽日期 2017 年 9 月 19 日，取自：TPCA
file:///C:/Users/brenda.Lu/Downloads/%E5%AD%A3%E5%88%8A%E5%B0%88%E8%A8%AA_%E6%99%BA%E6%85%A7%E8%A3%BD%E9%80%A0_%E8%A5%BF%E9%96%80%E5%AD%90%20(1).pdf

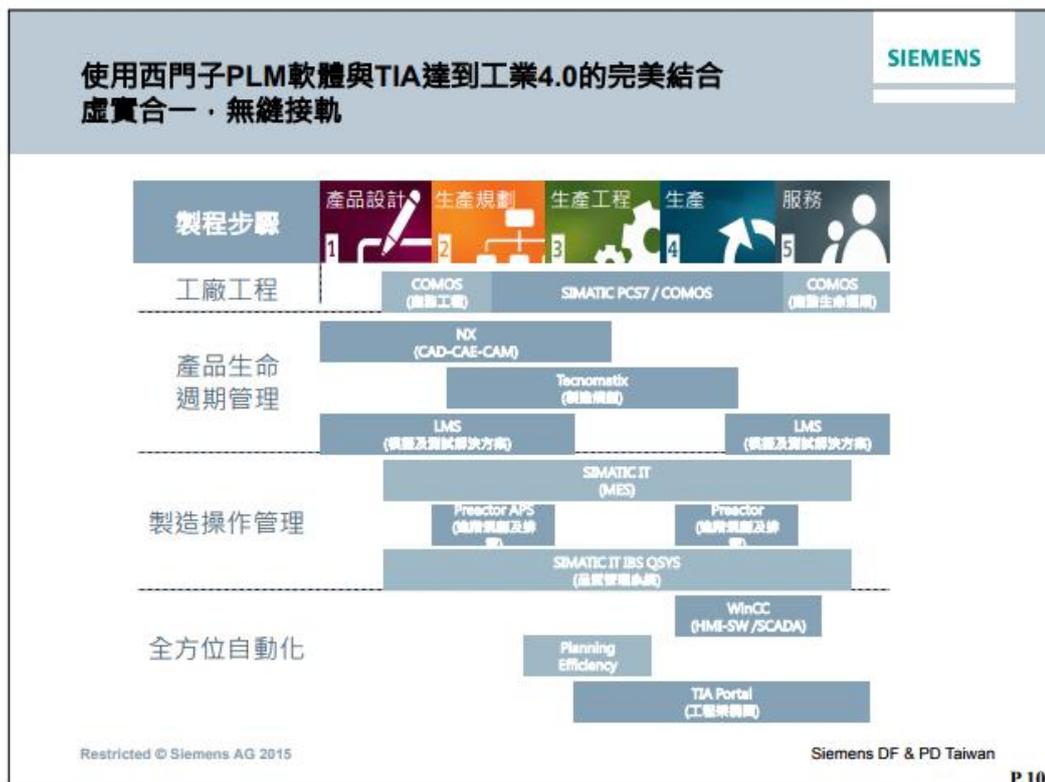


圖 4-9 西門子工業 4.0 的實現虛實整合互動；資料來源: 鄭智峰博士¹¹³

(六) 西門子工業 4.0 的困難與挑戰

1. 資訊安全問題

智慧工廠、工業 4.0 概念的崛起，讓自動化設備有了與以往截然不同的改變，過去的自動化設備多為獨立運作，彼此之間的聯絡較少，「智慧化」因講究整合，無論是軟硬體的虛實整合，或機台與機台之間的相互串連，都已成為新世代自動化系統的必要設計，且不論是機台或軟硬體的整合，都必須高度倚賴通訊技術。德國聯邦辦公室針對資訊科技安全於 2016 年 4 月進行調查，結果發現有 30% 的公司具有資訊安全問題，60% 的公司將網路攻擊視為嚴峻威脅。

西門子在 2016 年採用 Intel Security 解決方案，確保「廠房資料服務」安全，協助工業用自動化系統免於受到日益猖獗的網路威脅攻擊並提供應對措施建議。西門子專家在其廠房安全服務架構中採用 Intel Security 解決方案，如：防毒軟體、安全名單和資安事件管理（SIEM），這些工具是專為即時偵測資安事件所設計，使西門子的專家在發現威脅時能及時通知廠房作業員，以便作業員實施應對措施。兩家公司結合各自在工業用自動化系統和網路安全性的專業知識，為工業廠房提供可大幅降低網路風險的產品與服務，同時提高系統可用性。2017 年 4 月，西門子與法國跨國 IT 服務管理公司源訊（ATOS）簽署合作備忘錄（MOU），結盟進軍美國工業網路安全技術市場，透過結合運

¹¹³鄭智峰 (2015), 德國工業: 臺灣邁向未來製造, 行政院科技會報

營技術和資訊科技以強化客戶防禦能力，防止被破壞攻擊¹¹⁴。

2. 人才挑戰與學習

西門子強調在進行智慧工廠的變革時，除了生產設備外，也需將「人」納入智慧工廠的系統中。透過訓練提升組織成員的知識、技能水準後，不斷重新盤點及調整原有生產流程，才能扎實的將各種智慧經驗累積至工廠。

西門子在人才方面創造了獨具特色的培訓計劃，此計劃分三種，從新員工培訓、大學精英培訓到員工在職培訓，涵蓋了業務技能、交流能力和管理能力的培育，培養西門子新員工具有較高的業務能力並使他們能夠從容應付來自各方面及工業 4.0 的挑戰。

- 1) 新員工培訓：新員工培訓實際是德國職業教育體制裡的第一職業培訓（即學徒制），新員工在上崗前必須經過專門的學習及實習，通過一系列考試拿到相應的證書，才能擁有正式進入西門子公司的敲門磚。

西門子在 1922 年撥專款設立了專門用於培訓新員工的「學徒基金」。現在西門子在全球已擁有 60 多個培訓場所，如：公司總部慕尼黑設有韋爾納·馮·西門子學院，在愛爾蘭設有技術助理學院，此培訓場所都配備了最先進的設備，每年西門子都會出一筆高昂的培訓經費。目前西門子接受第一職業培訓的學徒，大約占員工總數的 5%，畢業後可以直接到生產一線工作。此第一職業培訓保證了員工一正式進入公司就具有很高的技術水平和職業素養，為企業的長期發展奠定了堅實的基礎。

- 2) 大學精英培訓：西門子在全球招收大學生，對這些寶貴的人才，制定了專門的計劃。西門子與各國大學建立了密切聯繫，為學生和老師安排活動，並無償提供實習場所和教學場所，舉辦報告會等。

進入西門子的大學畢業生首先要接受綜合考核，考核內容既包括專業知識，實際工作能力和團隊精神，公司根據考核的結果安排適當的工作崗位。此外，西門子從大學生中選出 30 名精英種子進行專門培訓，培養他們的領導能力，培訓時間為 10 個月，並分 3 階段進行。

第一階段：讓他們全面熟悉企業的情況，學會從網絡上獲取資訊。

第二階段：讓他們進入一些商務領域工作，全面熟悉本企業的產品，並加強他們的團隊精神。

第三階段：將他們安排到下屬企業或境外企業承擔具體工作，在實際工作中獲取實踐經驗和知識技能。

目前，這個大學精英培訓計劃為西門子儲備了大量管理人員，大部分人都有海外就業的經驗。

- 3) 員工在職培訓：西門子認為，在這競爭日益激烈的市場上，知識和技術必須不斷更新視員工的在職培訓，在公司每年投入的培訓費中，有

¹¹⁴ 工業網路安防不可不慎！西門子與源訊聯手打造網路安全技術，瀏覽日期 2017 年 9 月 19 日，取自：Digitimes
http://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&id=0000497826_9kz76ygz3wqtv350icbs0

60%用於員工在職培訓上，努力才能跟上商業環境及新興技術的發展步伐。而人是最主要的力量，所以西門子特別重邁向「學習型企業」。西門子的員工在職培訓和主要有兩種形式：西門子管理教程和西門子員工再培訓計劃，其中尤以管理教程培訓獨特和有效聞名。

西門子員工管理教程分五個級別，各級培訓分別以前一級培訓為基礎，從第五級到第一級別所獲技能依次提高，培訓內容根據管理學知識和西門子公司業務的需要而制定的，隨著二者的發展培訓內容變化會不斷更新，其具體培訓內容概述¹¹⁵如下：

表 4-9 西門子在職管理教程培訓

級別	培訓對象	培訓目的	培訓內容	培訓時間
第五級別： 管理理論	具有管理潛能的員工	提高參與者的自我管理能力和團隊建設能力	西門子企業文化、自我管理能力、個人發展計劃、項目管理、了解及滿足客戶需求的團隊協調技能	與工作同步的一年培訓；分別為期3天的兩次研討會和一次開課討論會
第四級別： 基礎管理教程	具有較高潛力的初級管理人員	讓參與者準備好進行初級管理工作	綜合項目的完成、質量及生產效率管理、財務管理、流程管理、組織建設及團隊行為、有效的交流和網絡化	與工作同步的一年培訓、為期五天的研討會兩次和為期兩天的開課討論會一次
第三級別： 高級管理教程	負責核心流程或多項職能的管理人員	開發參與者的企業家潛能	公司管理方法、業務拓展及市場發展策略、技術革新管理、西門子全球機構、多元文化間的交流、改革管理、企業家行為及責任感	一年半與工作同步的培訓；為期5天的研討會兩次
第二級別： 總體管理教程	必須具備下列條件之一：（1）管理業務或項目並對其業績全權負責者；（2）負責全球性、地區性的服務者；（3）至少負責兩個職能部門者；（4）在某些產品、服務方面是全球性、地區性業務的管理人員	塑造領導能力	企業價值、前景與公司業績間的相互關係、高級戰略管理技術、知識管理、識別全球趨勢、調整公司業務、管理全球性合作	與工作同步的培訓兩年；每次為期6天的研討會兩次

¹¹⁵ 什麼造就西門子 150 年輝煌？高效人才培訓，瀏覽日期 2017 年 9 月 19 日，取自：愛讀網
<https://www.iread.one/1008255.html>

第一級別： 西門子 執行教程	已經或者有可能擔任重要職位的管理人員	提高領導能力	根據參與者的情況特別安排	根據需要靈活掌握
----------------------	--------------------	--------	--------------	----------

資料來源：愛讀網與自行整理

另一方面，2016 年臺灣經濟部生產力 4.0 辦公室與西門子簽訂合作備忘錄 MOU，未來臺灣與德國將陸續完成的合作項目包含人才方面，引進西門子虛實整合系統設計與應用訓練課程，以培養臺灣人才，並規劃未來國外派訓培育種子師資，將生產力 4.0 技術擴散至產業界，引領臺灣產業邁入智慧工廠。

3. 科技整合與策略聯盟

西門子與東台精機集團合作開拓航太機械市場，東台精機集團為漢翔航空工業股份有限公司引薦西門子的科技與工業 4.0 生產線，以提升並開拓高端國家防禦裝備技術與航太市場。

在技術方面，2016 年，臺灣經濟部生產力 4.0 推動辦公室主任張所鎔（右二）與德國西門子臺灣總裁艾偉（左二）簽訂合作備忘錄 MOU，如圖 4-10。藉由雙方合作，協助建置多點示範線，將提供融合臺灣本土科技元素，具備教育功能並可實際營運的全方位示範產線，並創造雙方的生產力及工業 4.0 溝通平台¹¹⁶。

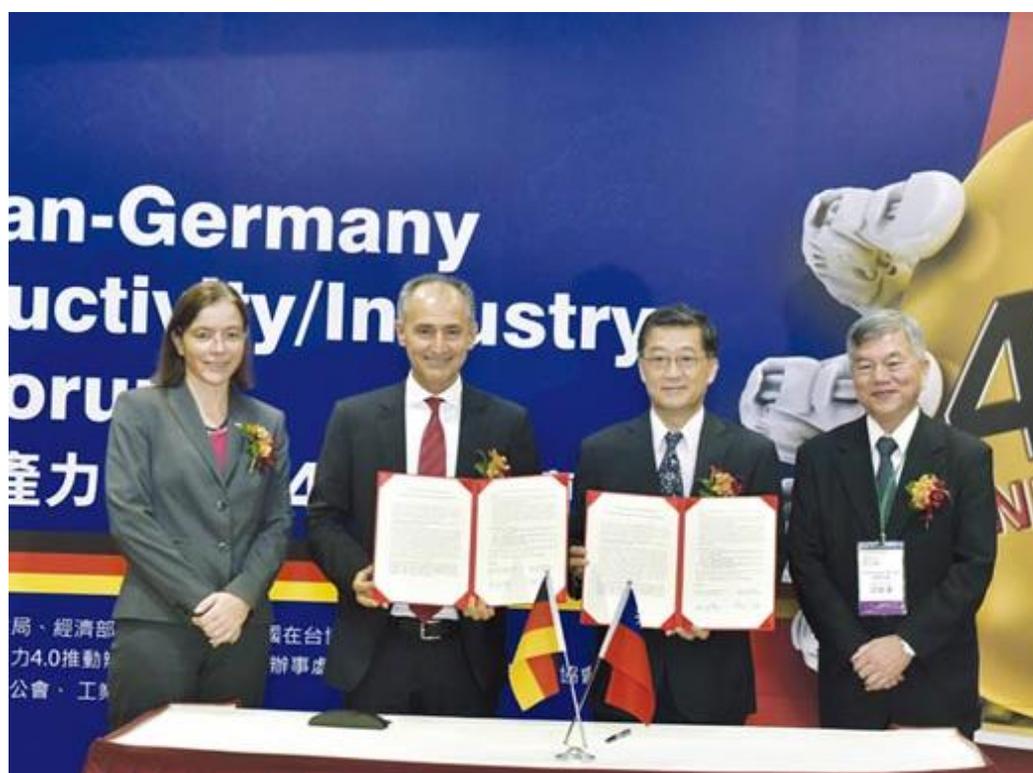


圖 4-10 經濟部與德國西門子臺灣分公司簽訂合作備忘錄；資料來源：中時電子報

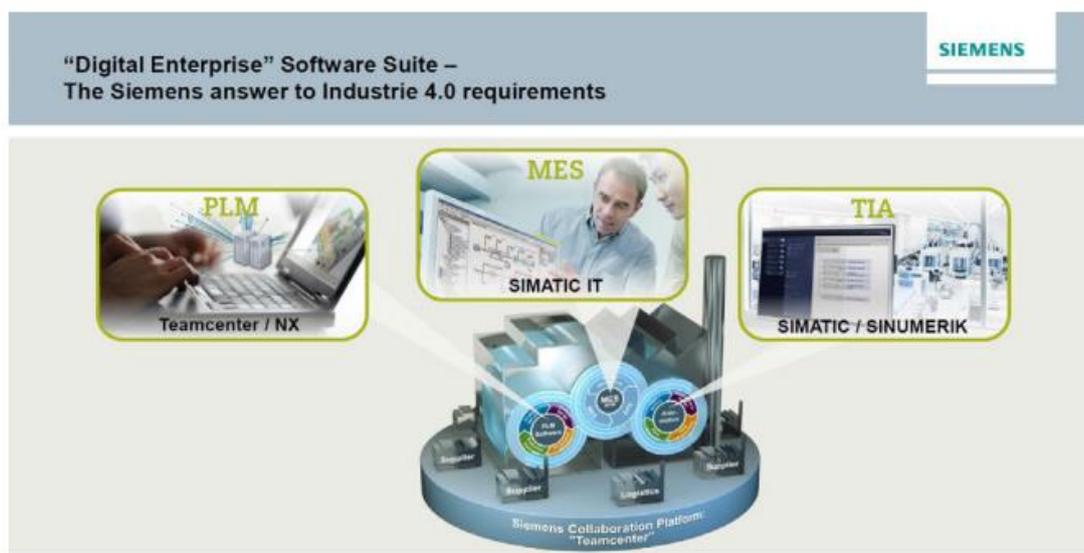
¹¹⁶ 台德生產力 4.0 論壇 促商機交流，瀏覽日期 2017 年 9 月 19 日，取自：中時電子報
<http://www.chinatimes.com/newspapers/20160531000147-260204>

4. 服務

西門子提供工業 4.0 的數位企業具體解決方案，實為「工業 4.0 工廠的工廠」。數位工廠的核心在於軟體，因此，西門子的展場上雖然隨處可見各種工業化設備硬體，但實際上，西門子攤位上最有看頭的，其實是西門子在軟體系統領域的全方位實力。

西門子的各種工業自動化解決方案，都可以與其數位企業軟體套件(Digital Enterprise Software Suite)結合應用。該套件以協同合作平台 Teamcenter 為主，可為用戶建構出虛擬的智慧工廠模型，未來還將逐步實現產品生命周期管理 (PLM)、製造執行系統/製造操作管理(MES/MOM)及全方位整合自動化(TIA)的無縫整合，提供一致性的資料管理、符合全球的標準，與統一的硬體與軟體介面，如圖 4-11¹¹⁷。

西門子的數位企業方案可完整滿足整體價值鏈中各種不同的需求，且適用於各種公司規模。同時，數位企業中的所有步驟（自虛擬至實際製造），透過產品設計至服務間資料的雙向連續流動達到無縫連結。藉此協助客戶在生產製程上完成顯著改善，使產品設計更具特色並縮短上市時間。在 2016 年的 SPS IPC Drives 中，西門子展出一系列涵蓋各種方案的創新產品，這些方案涵蓋的全新軟體，包括 PLM 軟體 Teamcenter 第 11 版及 Simatic 製程設備管理器 9.0 版本。此外，西門子也有展示身為工業通訊方案一環的全新遙控系統，工業安全深度防禦概念中新增新的 Scalance 產品，而 MindSphere（西門子工業雲端）中的全新連接器則確保機器與工廠資料擷取及傳送至雲端的安全性。



資料來源: Sendler¹¹⁸

圖 4-11 西門子認為工業 4.0 必備的三大數位企業軟體套件

¹¹⁷ The Position of Siemens Industry Regarding the Internet of Things and Industrie 4.0, Retrieved September 23, 2017, from

https://www.industry.siemens.com/topics/global/en/digital-enterprise-suite/Documents/PDF/PLMportal_Industrie-40-Internet-revolutionizes-the-economy.pdf

¹¹⁸ 同註解 120

(七)小結

工業 4.0 的概念，在德國西門子下設的工廠中，得到了初步的成效與驗證。在西門子的案例中，可以看到工業 4.0，大幅改變了現代工業生產的樣貌，除了提升研發創新工程效能與技術之外，也減低了成本(如薪資、效益成本與原料成本)，從而使得產業數位化、科技整合、創新的生產方式、研發，最終使產品的質量與生產力皆得到升級，讓臺灣廠商紛紛前往取經。西門子安貝格工廠，已成為臺灣產業的重要學習典範。

然而，就如同德國博世集團一樣，西門子亦面臨到資訊安全的問題與挑戰。

三、 Fraunhofer¹¹⁹

(一) 組織簡介

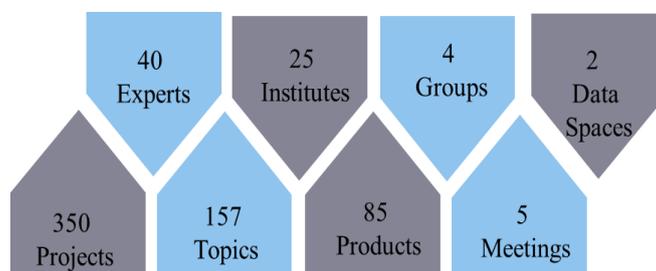
Fraunhofer 是德國及歐洲最大的應用科學研究機構，成立於 1949 年 3 月 26 日，以德國科學家、發明家和企業家約瑟夫·夫朗和斐的名字命名。Fraunhofer 協會下設 80 多個研究所，研究經費 10 億歐元，總部位於慕尼黑。夫朗和斐協會是非盈利的科研機構，為中、小企業開發新技術，新產品，新工藝，協助企業解決自身創新發展中的組織、管理問題。

Fraunhofer 擁有近 15,000 個科研人員（包含德國合作院校的教授與參與實習的學生與研究生）一年為 3,000 多企業客戶完成約 10,000 項科研開發項目，年經費逾 10 億歐元。其中 2/3 來自企業和協助科研委託專案，另外 1/3 來自聯邦和各州政府的補助，用於前瞻性的研發工作，以確保其科研水平處於領先地位。經費中會有至少 40% 會用於尚未商業化的科研工作。

Fraunhofer 協會致力於開展國際合作，在美國設有研究中心，在亞洲若干國家設有代表處，透過這些機構協會在世界的業務與合作。

(二) Industrie 4.0 Fraunhofer Community

Fraunhofer 為一非盈利的科學研究機構，在產業上屬於協助企業之技術發展，並提供建議給政府政策考量的角色，因此當工業 4.0 發展時，Fraunhofer 也因應工業 4.0 積極推動。



資料來源: Fraunhofer 演講簡報

圖 4- 12 Industrie 4.0 Fraunhofer Community

(三) Key Trends in Information and Communication Technology (ICT)

工業 4.0 時代來臨，智慧工廠之流程需要串連物聯網、大數據、雲端系統、智慧機械等新型自動化科技，因此 Fraunhofer 認為 Information and Communication Technology (ICT) 是工業 4.0 發展很重要的一環，其中可能至少會談到認知系統（Cognitive systems）、區塊鏈（Blockchain）、新一代的網路系統（5G）及網路安全（Cybersecurity）。

¹¹⁹ 資料來源: 維基百科 (<https://zh.wikipedia.org/>) 及 Fraunhofer 演講簡報，Fraunhofer 演講簡報內容為避免翻譯上之語誤，以原文呈獻。

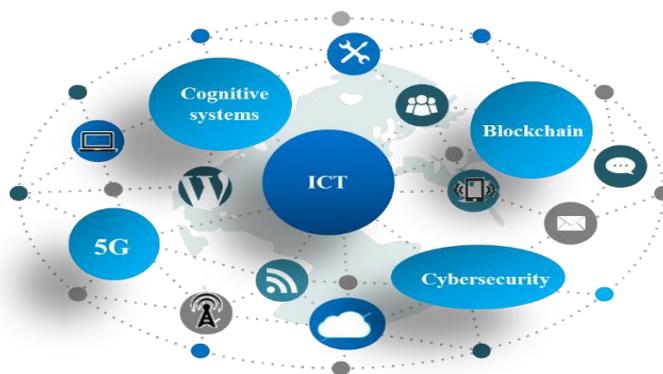


圖 4- 13 Key Trends in ICT，資料來源: Fraunhofer Institute 的演講簡報。

ICT 在運作時，認知系統牽涉到資料的搜尋、分析、組織、存取及建議，不只能分析大量資料，系統也不用經由工程師一再地編改程式，即可由觀察中進行學習，並提供結果及可行方案；區塊鏈則是去中心化，分割數據；ICT 需要的傳輸的數據量大，若以目前的 4G 技術難以負荷其傳輸量級速度，由此，需擁有更高效能的新一代的網路系統；最後在 ICT 運作上須透過網絡連結傳輸，其中包含了大量的商業機密數據，且也同時成為網絡駭客的目標之一，因此網絡安全可說是 ICT 不可忽視的一環。以下為 Fraunhofer 針對 ICT 趨勢所做的簡述：

1. Cognitive systems

- (1) System learns instead of being programmed
- (2) Learning and improvements based on experience
- (3) Usage of numerous data sources (structured, semi-structured and unstructured data)
- (4) Results are delivered individually

2. Blockchain

- (1) Distributed ledgers, based on existing technologies (hash, proof of work, distributed network)
- (2) Allows to cut-out middle-man
- (3) Base for Smart Contracts (Coding)

3. 5G

- (1) Next generation mobile network technology
- (2) Up to 1000 time more capacity, 100 time more devices, 10 time more battery life time, 1ms latency, 10 GB/s bandwidth
- (3) Basis for tactile internet (e.g.. autonomesdriving, remote health services) etc

4. Cybersecurity

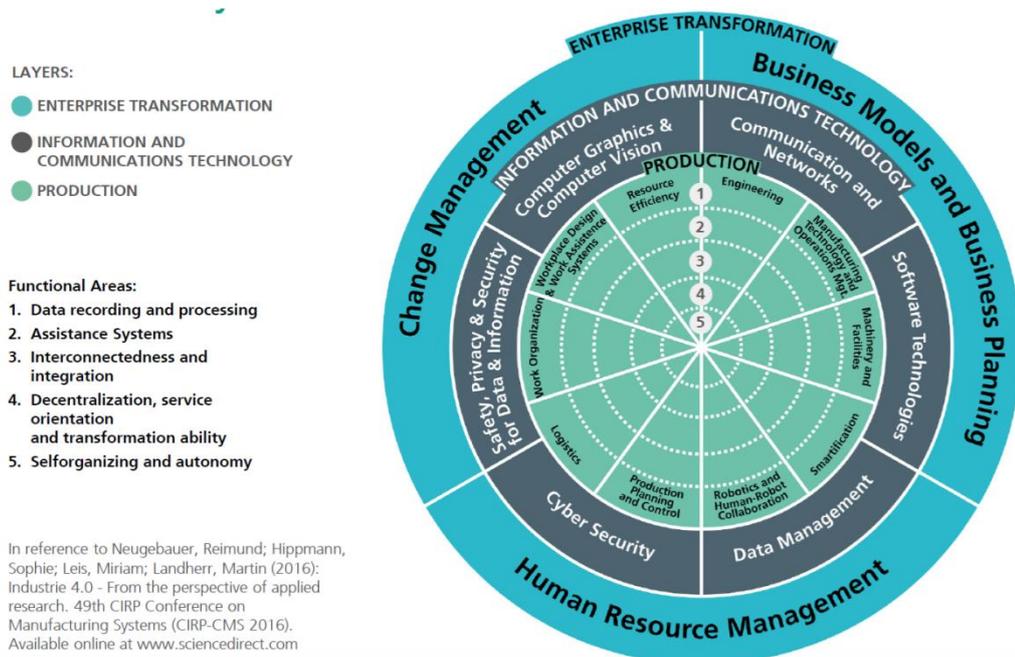
- (1) Digitization continuous to captures more areas (business, public, private)
- (2) Attacks are more and more critical
- (3) Risk of loosing business (ransom ware, espionage) or privacy
- (4) Implement Security by Design principles

(5) Increase training and awareness

(四) Industrie 4.0 Models

Fraunhofer 將工業 4.0 企業模型分為三個構面—協助企業轉型工業 4.0 所需要考量的層面，使企業轉型時有一藍圖作為參考。

1. 企業轉型
 - (1) 營運計畫
 - (2) 人力資源管理
 - (3) 變革管理
2. 資訊和通信技術
 - (1) 溝通與網絡
 - (2) 軟體技術
 - (3) 數據管理
 - (4) 網絡安全
 - (5) 資訊安全管理
 - (6) 電腦圖像
3. 生產
 - (1) 工程
 - (2) 製造技術及營運管理
 - (3) 機械設備
 - (4) 智能設備
 - (5) 機器人與智能機器人之合作
 - (6) 製造計畫及管控
 - (7) 後勤資源
 - (8) 組織工作
 - (9) 工廠設計及協助支援系統
 - (10) 資源產能效率



資料來源: Fraunhofer 演講簡報

圖 4- 14 Fraunhofer Layer Model of Industrie 4.0 Value Creation

工業 4.0 企業模型上之企業轉型、資訊和通信技術及生產層面，而在第三個構面下又可細分為五項重要領域：

1. Data recording and processing
2. Assistance Systems
3. Interconnectedness and integration
4. Decentralization, service Orientation and transformation ability
5. Selforganizing and autonomy

Fraunhofer 表示，雖然工業 4.0 已於德國提出多年，目前德國仍在一個轉型之過程中，但可由目前產業狀況提出對企業轉型之三大重點，分別為轉型、合作及 Open source，並表示企業對工業 4.0 的轉型因應非單一技術可以達成。此外，也需要企業主對營運轉型計畫的重視，以及在各個領域投入技術之研發。

(五) 訪談內容

Fraunhofer 的負責人是為 Michael Fritz，在第一次會面之後，本研究團隊另有機會透過 email 進一步地請教他，有關問題及他的回覆如下：

1. 工業 4.0 政策角色

Fraunhofer 在工業 4.0 政策上為德國政府之在各個技術領域上的技術顧問，而 Plattform Industrie 4.0 之建置是其中一個例子。

2. Fraunhofer 在工業 4.0 轉型中最重要的貢獻是什麼？

Fraunhofer 提出了工業 4.0 轉型層的三個要素：人力資源開發，商業模式和變革管理。

3. 對於工業 4.0 政策有什麼建議？

Michael Fritz 個人建議協助企業，這將提高企業研發之意願，並使更多領域的企業投入研發工業 4.0。

4. 工業 4.0 是否需要各個產業領域投入？企業該如何發展？

沒錯，若企業要投入轉型工業 4.0，每個產業都將有起點。舉例來說，過程工業（化學）已經具有高度的自動化水平，而離散生產（如機械設備）則對於管理不同的客戶訂單要求很有一套，因此如何發展工業 4.0，應就每個領域及企業個別來建議，可參考 Fraunhofer Layer Model of Industrie 4.0。

5. Industrie 4.0 的機會是什麼？如何利用？

如上所述，沒有一定的答案，因為必須視每個企業所希望得到投資回報率的點為何，進而投入研發或轉型，並非每個企業之基礎及產業所處地位相同。

6. Fraunhofer 是否有工業 4.0 的計畫？每年約投入多少資本？計畫時程約為多長？

Fraunhofer 之計畫為持續支持德國經濟去實踐 Industrie 4.0。至於投入成本則無法說回答，由於每個企業需要找到自己切入 Industrie 4.0 的領域，因此沒有一個具體的投入金額或是時間可以被說明，而且 Industrie 4.0 仍在轉型過程中，目前沒有計畫期限。

(六) 小結

Fraunhofer 為一科學研究機構，在工業 4.0 上有兩種不同的角色，一是協助產業轉型，發展工業 4.0，二是擔任政府的技術顧問，或說是政府與產業之間的溝通橋梁。德國聯邦政府在 2013 年將工業 4.0 納入「高科技戰略 2020 行動計畫 (High-Tech Strategy 2020 Action Plan)」的十大未來計畫，並投資 2 億歐元的資金，成為醫療、食品、安全、運輸、通訊以及能源領域的科技。其中，對企業輔導計畫參予單位包含德國經濟能源部、教育部、Fraunhofer 及產官學研等機構，輔導內容由技術研發、企業輔導轉型及人才培育等，從教育單位、研發機構、產業及政府支持，且協助將研發成果商業化，完整呈現了德國聯邦政府輔導計畫之決心。

四、 KUKA¹²⁰

KUKA 由 Johann Joseph Keller 和 Jakob Knappich 於 1898 年在奧格斯堡創立，是工業機器人製造商。KUKA 在工業機器人製造方面已經有 40 多年歷史。在 1970 年代製造了第一台工業機器人 FAMULUS，也奠定了 KUKA 在工業 4.0 基礎。1996 年 KUKA 研發出第一台電腦控制器並在市場上推出，由此開創了以軟體、控制系統和機械設備結合為特徵的「真正的」機電一體化時代。KUKA 的機器人種類齊全，幾乎涵蓋了所有負載範圍和類型，並奠定了人機協同 (MRK) 領域的標準。

(一) 歷史沿革

1970 年，KUKA GmbH 與 Industrie-Werke Karlsruhe AG（卡爾斯魯爾工業廠股份公司）合併。合併後的公司名稱為 Industrie-Werke Karlsruhe Augsburg Aktiengesellschaft（卡爾斯魯爾奧格斯堡工業廠股份公司），簡稱 IWKA AG（IWKA 股份公司），總部位於卡爾斯魯爾。新的 IWKA 股份公司致力於發展環保技術、焊接技術及軍事技術，此外，仍從事生產經營包裝機、紡織技術、控制技術、成型技術和工具。

1979 年，IWKA 股份公司將不同業務部門轉變為在法律上獨立的公司，而成為一家專門從事國際機械和設備製造的控股公司。

1995 年，KUKA Schweißanlagen + Roboter GmbH（KUKA 焊接設備和機器人有限公司）成為 Robotertechnik（機器人技術公司）。

在 1999 到 2000 年期間，IWKA 股份公司接管了 Rheinmetall（萊茵金屬公司）和英美合資的 BWI 集團的多項包裝業務，因此成為包裝機和包裝設備的供應商。

自 2004 年起，IWKA 股份公司專注於核心業務領域機器人技術以及設備和系統技術中的自動化技術，其它業務領域中的業務被逐漸出售，直至 2007 年 KUKA 逐漸離消費品產業的加工技術、生產技術和包裝技術領域。之後公司便於 2007 年改名為 KUKA 股份公司，並將公司總部遷移至奧格斯堡。

(二) 工業 4.0 之發展與轉變

1. 工業 4.0 介紹

物聯網、工業 4.0、智慧工廠——即使名稱有所不同，它們所指的都是現實世界數位化。作為工業 4.0 的領先者，KUKA 在推動技術變革走向物聯網智慧生產的過程中發揮了重要的作用。

在工業 4.0 環境下，生產流程和產能將可以透過點擊滑鼠進行訂購，類似透過串流媒體播放音樂。在服務性的生產中，將根據機器所提供的服務進行計價。而在將來，這同樣也將適用於具體的生產要素，例如機器人。購買的將不是機器本人，而是它的產出。

雲端技術使得企業能夠靈活地應對產能需求和商品流轉。在位於德克薩斯州奧斯汀的技術中心，KUKA 正致力於實現資訊技術和機電一體化及工業生產相

¹²⁰ 資料來源: KUKA 官網 (<https://www.kuka.com/>)。

關領域先進技術的相互融合。KUKA 的技術將因此更加便於操作，同時在實踐應用中創造新的焦點。

工業 4.0 和物聯網同樣也會影響到機器本身。它們將會變得更加靈敏、更具自主性、更靈活同時也更易於操作。不久的將來，機器人將變得足夠智慧，能夠理解語言和手勢。它將逐步發展成為工廠的日常助手，為提供各方面的支援。由於機器人有著特定的專長，例如精度或者速度，因此，它可以賦予人類全新的能力。

在 KUKA，透過不同專業技能和部門之間的跨領域合作，創造附加價值。而在物聯網和工業 4.0 方面，KUKA 的技術優勢則體現在網路、雲端技術和移動平臺這些方面。而這些將會和目前在機電一體化及自動化領域的核心競爭力融為一體。今天，KUKA 已在此基礎上實現了智慧的生產解決方案，突破了迄今為止橫跨在數字世界和現實世界之間的鴻溝。

2. 工業 4.0: 數位領域

操作技術 (OT) 和資訊技術 (IT) 是不一樣的技術，這方面的認知是工業 4.0 的關鍵，來自工業領域的專家們著眼於操作技術 (OT)，而諸如 ERP 和 MES 供應商等則更多地關注資訊技術 (IT)。KUKA 在 1990 年代已從事將操作技術和行動技術合併的工作。

在標準化的主流技術基礎之上，KUKA 開發了可協同操作的模組化開放系統。這些系統 1990 年代當時就已經使 IT 與傳統自動化技術的融合進入核心階段。因此，KUKA 在產品系列中為未來的智慧型工廠推出了模組化的軟體架構。

全新雲端平臺 KUKA Connect 是 KUKA 在工業 4.0 方面樹立的第一塊里程碑。KUKA Connect 採用統一的使用者介面，透過一些易於實現的應用程式軟體擴展基礎或雲端技術的功能基礎，例如資產管理，能夠持續提高機器人系統的智能化。同時，KUKA Connect 透過智慧整合電子系統、行動設備、行動系統和通訊基礎設施的最新技術，將有助於生產流程的數位化。

KUKA Connect 是工業 4.0 背景下在 OT 和 IT 技術之間建立無縫連接的第一步。同時，KUKA 機器人透過一個平臺與各種不同的服務和應用程式相連。借助 KUKA Connect，將能進行大數據資料分析和雲端計算用在生產中預測，並持續提高生產率、品質和靈活性，該平臺不僅可以用於存取機器資料，而且還具備從中建立詳細圖表、歷史記錄和統計資料的智慧。目的是為了生成資訊和知識，在整個生命週期中提高 KUKA 自動化解決方案的效力和效率。KUKA Connect 是人機和相關服務之間交換所有資料和資訊的通用高速鏈路。

全新雲端平臺 KUKA Connect 的核心優勢：

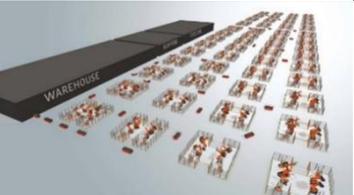
- (1) 持續提高生產率
- (2) 穩定降低總運行成本
- (3) 在各種不同的應用中為機器人的整個生命週期提供支援

KUKA Connect 是以開放式全球標準為基礎，具備大量資料處理能力，可以讓整合商和合作夥伴在平臺中擴展自己的應用程式、服務和外掛程式，從而更多附

加價值；設計 KUKA Connect 的初衷是在工業 4.0 的應用中擁有最大的自由空間，因此它不受平臺限制，可垂直擴展。由此，可將其用於生產技術的不同軟硬體環境。

3. KUKA 在工業 4.0 上展現了效率和趨勢的自動化解決方案，成功案例如表 4-10

表 4- 10、KUKA 在工業 4.0 成功案例

KUKA Toledo Production Operations	ASM Assembly Systems	KUKA 的矩陣式生產
		
KTPO 讓同一產線上的多樣產品大量生產，變得更有效率。	LBR iiwa 在 ASM 公司的應用，說明了物聯網的生產過程是如何實現 SMT 生產線的最佳化。	矩陣式生產實現了工業上極具適應能力的物聯網生產。
KUKA omniMove moves heavy parts in confined spaces during construction of the A380 at Airbus	The KUKA flexFELLOW installs pump wells at BSH Hausgeräte GmbH	HRC in robot assembly
		
Rotating 90 tonnes from a standing start.	The KUKA flexFELLOW carries out the installation of pump wells on the dishwasher production line.	The KUKA LBR iiwa lightweight robot helps to screw the gear units for the QUANTEC industrial robot into place.

資料來源：KUKA 官網

4. 產品-工業機器人

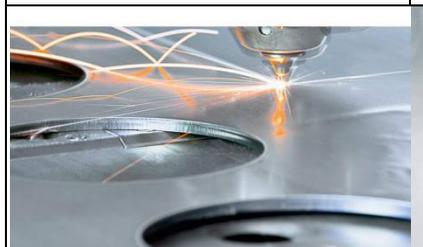
KUKA 齊全的工業機器人系列如下：

- 具有不同負載能力和工作範圍的各種規格以及不同機型的六軸機器人
- 用於實現人機之間直接合作的人機協同型輕型機器人
- 用於極端環境條件下的耐熱、耐髒型機器人
- 具有很高要求的無塵室工業機器人
- 防水型小型機器人，例如可用於機床中
- 衝壓連線作業中用於裝卸大型工件且具有極大工作範圍的衝壓連線機器人
- 用於各類搬運任務的卸碼垛機器人

- 按照高精度和最高靈活度設計的焊接機器人
- 各款架裝式機器人
- 用於有最高精度要求的高精度機器人

5. 應用產業領域

表 4-11 KUKA 應用之產業領域

汽車工業	電子商務	醫療保健
		
<p>KUKA 是全球汽車工業生產設備的供應商，KUKA 的解決方案將使客戶為工業 4.0 (Industrie 4.0) 作好準備。</p>	<p>快速和靈活在電子商務中有著決定性的作用，KUKA 為物流提供智慧解決方案。</p>	<p>KUKA 的智慧自動化解決方案和物流概念，著重強調病患是醫療保健行業的核心。</p>
金屬工業	電子產業	消費品行業
		
<p>金屬工業的生產過程經常在極嚴苛環境之下進行，KUKA 為此挑戰也提供了自動化解決方案。</p>	<p>KUKA 為電子產業開發的機器人自動化解決方案可以快速應用到產線上，靈活與及時地調整生產，並可以提高生產效率。</p>	<p>無論是食品、服裝、衛生用品還是醫藥行業：KUKA 自動化解決方案，可以助您提高生產效率。</p>
能源產業	其他產業	
		
<p>能源產業正處於轉型過程：綠能源需要儲存技術，生產方式全面翻新，靈活和創新的能源使用概念是最重要的課題。KUKA 瞭解這些挑戰，並且為客戶在這個產業上提供專業技術。</p>	<p>從塑膠產業、娛樂產業到航太工業：從 KUKA 自動化解決方案中獲益的市場領域，詳情請參閱連結。</p>	

資料來源：KUKA 官網

(三)小結

KUKA 總部位於德國，德國政府在輔導工業 4.0 轉型政策的支持上不遺餘力，結合產官學研機構；就產業科技的整合上，KUKA 在 1970 年代開始透過併購整合自己所需要的技術。後來經歷了組織營運調整，重新專注於工業機器人之研發與應用。

KUKA 在企業營運上致力於成為工業 4.0 的推手，不僅自己之生產流程上以智慧工廠為主，也將自己的產品衍生到對客戶的服務上，提供各領域企業轉型工業 4.0 之智慧工廠服務。所服務之領域包含汽車工業、電子商務、醫療保健、金屬工業、電子產業、消費品行業、能源產業、能源產業、塑膠產業、娛樂產業及航太工業等。該公司並於全球設立據點，希望可以貼近客戶。

在工業 4.0 智慧工廠的發展下，KUKA 似會面對兩項嚴峻的挑戰。第一、由於可能涉及到不同的技術，因此，KUKA 在全球申請了大量的專利，主因是為了佈局 IPR，但是於此同時也面臨了專利申請與維護上所需的費用。另一項挑戰則是資訊之安全性，智慧工廠需要透過傳輸大量資訊來維持運作，然而，若在資訊傳輸上有些許錯誤，則恐造成生產線之混亂與客戶不滿。

伍、案例分析-臺灣

自從德國 2011 年提出「工業 4.0 (Industrie 4.0)」後，也帶動歐、美、日、中國大陸及臺灣等世界各地，紛紛透過資訊物理系統 CPS 整合智慧製造技術，帶動許多產線垂直與水平價值鏈的數位化、智慧化。本章節分析對象主要鎖定以臺灣物聯網、大數據分析服務、網實整合系統等工業 4.0 核心技術之創新標竿企業。以下就各廠商的智慧製造發展與動向做逐一介紹。

一、 致茂電子個案¹²¹

致茂電子股份有限公司成立於 1984 年，以自有品牌”Chroma”行銷全球，為精密電子量測儀器、自動化測試系統、智慧製造系統與全方位 Turnkey 測試及自動化解決方案領導廠商，主要應用包括電動車、綠能電池、LED、太陽能、半導體/IC、雷射二極體、平面顯示器、視頻與色彩、光學元件、電力電子、被動元件、電氣安規、熱電溫控、自動光學檢測、以及智慧製造系統等測試解決方案。

表 5-1 致茂工商登記資料

統一編號	09461025
公司狀況	核准設立
公司名稱	致茂電子股份有限公司
資本總額(元)	4,500,000,000
實收資本額(元)	4,080,512,990
代表人姓名	黃欽明
公司所在地	桃園市龜山區文化里華亞一路 66 號 1 樓
登記機關	經濟部商業司
核准設立日期	1984 年 11 月 08 日
最後核准變更日期	2017 年 08 月 23 日

資料來源：經濟部商業司，2017/8/31 查詢，本公司整理。

(一) 集團介紹

致茂集團為臺灣精密電子量測暨自動化檢測公司，研發作業持續根留臺灣之際，也積極透過海外收購，壯大東南亞市場布局。子公司包含：凌華科技、威光自動化科技、光遠科技、白茂新材料、晶測電子、易維特科技與匯宏科技。

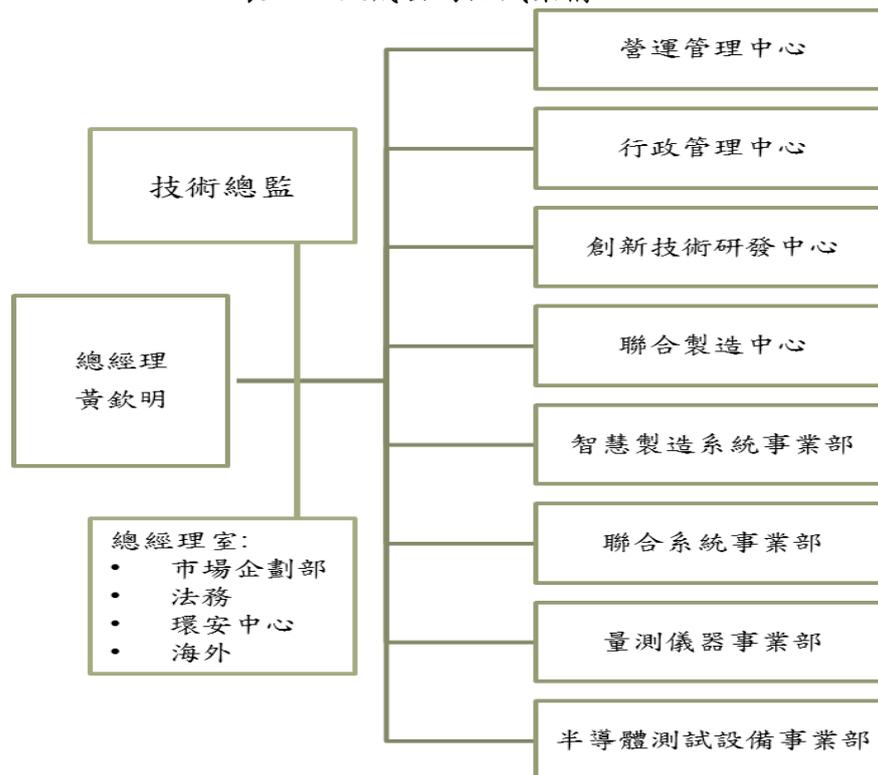
¹²¹資料來源：致茂電子公司官網 (<http://www.chroma.com.tw/>)

表 5-2 致茂集團公司簡介

資料來源：致茂電子官網

子公司	簡介
 <p>凌華科技 ADLINK 凌華科技 自動化工業電腦</p>	<p>凌華科技總部位於臺灣，並於美國、新加坡、中國、日本、韓國、和德國設立辦事處，致力於量測、自動化、電腦通訊科技之改進及創新，期能提供給全球品質卓越、價格合理之自動化解決方案，產品範圍包括：機器視覺與運動控制、量測、工業規格之主機板與系統、伺服器、工業觸控螢幕以及模組化電腦等產品，服務在各垂直市場如：工業自動化、通訊、醫療、國防、交通和娛樂資訊等應用系統中。</p>
 <p>晶測電子 Testar 晶測電子 LED晶粒與半導體測試服務</p>	<p>晶測電子成立於 2007 年，從事 LED 晶粒檢測與半導體測試服務。主要產品為 LED 晶粒點測/分類/目檢服務、半導體晶圓針測、與 IC 成品測試。</p>
 <p>威光自動化 MAS 威光自動化科技 自動化生產設備整合</p>	<p>威光為專業自動化設備製造商，據點分佈於臺灣新竹、中國南京、中國廈門。超過四十年自動化設備經驗，結合兩岸合作據點，提供客戶專業技術及全面服務。更於 2007 年全力投入綠能(太陽能/鋰電池) 設備開發，單多晶出貨安裝已超過 1GW 在薄膜更超過 1.5GW，遍佈在中國/歐洲/日本/印度。</p>
 <p>光遠科技 DynaScan 光遠科技 數位化專業級顯示器</p>	<p>光遠科技自 1998 年開始提供電子數位看板產品方案，透過在影音/視頻的經驗，協助全球客戶在零售、交通運輸、遊戲、娛樂、租賃、舞台以及公共場所，加強廣告宣傳，品牌推廣，娛樂和溝通。光遠製造全系列高亮度和窄邊框液晶顯示器的專業，以及 360 度全彩 LED 環場顯示器。</p>
 <p>日茂新材料 Chroma 日茂新材料 半導體封裝材料</p>	<p>日茂新材料 (Chroma New Material Corp.) 於 2006 年由原致茂電子之特殊材料事業部分割出來而成立。秉持提供“總體價值”(Total Value) 之理念，將持續以新產品、技術服務、準時而具彈性之交期、具競爭力之價格及一致之品質來服務客戶，主要產品為銅線、金線及無鉛錫球。</p>
 <p>易維特科 Evt 易維特科技 電動車動力系統 電力電子元件</p>	<p>易維特科技長久以來致力於電動機車研發及製造，並設計及生產電動車馬達、控制器及充電器。易維特的產品本身除了擁有臺灣交通部門認證合法掛牌上路，並獲得美國及歐盟認證可合法掛牌上路，銷售網遍及國內及國外美國及歐盟國家等十多國；堅持品質及安全，未來將不斷研發電動車等相關產品，創造臺灣為無污染及無噪音之交通環境。</p>
 <p>匯宏科技 ADIVIC 匯宏科技 無線量測技術</p>	<p>匯宏科技為臺灣無線通訊量測儀器開發公司，其射頻錄製儀 (RF Recorder) 擁有良好線性度及解析度，近期推出 Wi-Fi、藍牙、Zigbee 等通訊標準的量測儀器，多端口適用於產線高速測試。</p>

表 5-3 致茂公司組織架構



資料來源：致茂電子官網

表 5-4 致茂公司歷史沿革

年度	事件
1984	致茂電子成立
1993	成立 Chroma ATE Inc. (U.S.A.)
1996	股票在台掛牌上市
1998	成立中茂電子(深圳)有限公司
1998	成立 Chroma ATE Europe B.V
2000	合併詮華科技股份有限公司
2004	20週年慶暨林口營運總部落成啟用
2006	分割特殊材料事業部，成立日茂新材料股份有限公司
2007	合併威光自動化科技股份有限公司
2007	合併神傑科技股份有限公司/成立製造資訊系統事業部
2007	成立晶測電子股份有限公司
2008	成立 Chroma Japan Corp.
2012	Chroma Systems Solutions 收購 QuadTech Inc.
2012	取得由 UL 頒發全球第一套 SAE J1772 通信協定自動化評測系統認可證書
2013	榮獲經濟部頒發第一屆卓越中堅企業殊榮
2016	合併 Quantel Pte Ltd. 成為東南亞分公司
2017	成立德國分公司
2017	榮獲第五屆國家產業創新獎之最高榮譽卓越創新企業

資料來源：致茂電子公司官網

(二) 產品及業務

- 致茂電子營收分布主要來自量測自動化檢測設備，其次為半導體測試解決方案及 Turnkey Solutions，最後為其他產品。

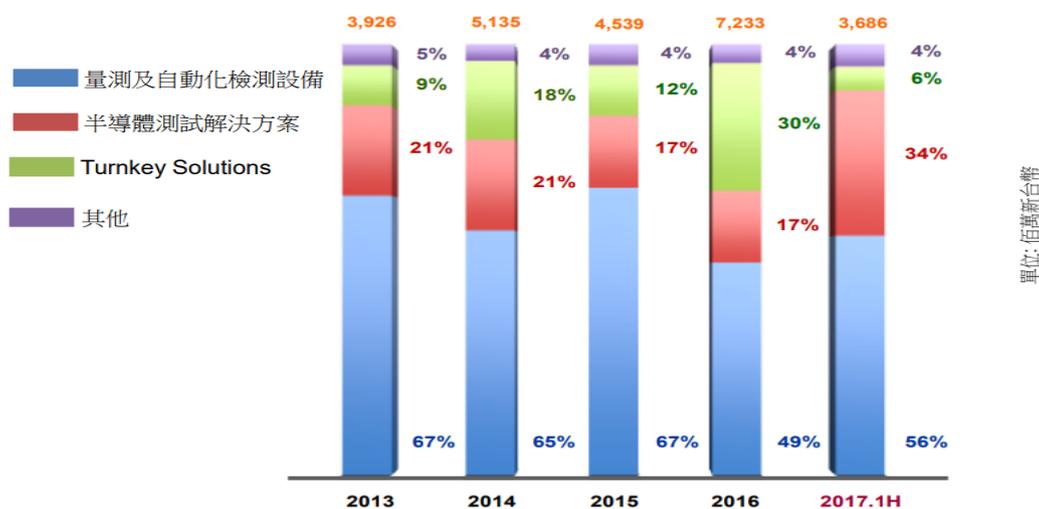


圖 5-1 主要產品及業務（資料來源：致茂電子 2017Q2 法說會報告）

2. 半導體/IC 測試解決方案



圖 5-2 半導體/IC 測試解決方案（資料來源：致茂電子）

3. 電動車測試解決方案

隨著汽車行業推進電力轉換和電池技術，致茂(Chroma)通過開發靈活的自動化電力轉換測試平台和再生電池測試系統，一直在積極致力於提高電動汽車（EV）測試性能。 Chroma ATE Inc. 致茂電子是世界領先的精密測試和測量儀器，自動測試系統，智能製造系統和交鑰匙測試和自動解決方案的製造商。

致茂(Chroma)的電動/混合動力自動化測試系統 由汽車法規標準測試平台組成的一個擴展測試系統，可測試電動汽車電力系統中的大部分功率元件。 與單個 EV 模型或應用開發的專用測試設備相比，致茂(Chroma)的系統提供更大的靈活運用性。

4. 射頻及無線量測解決方案

匯宏科技/致茂集團，致力於射頻量測儀器研發及推廣已逾十個年頭，早在 IBC2006 即在荷蘭的 Amsterdam 展出全球首例單機輕量化的射頻錄製/回放儀，RF Recorder/Player，此一射頻錄製儀及其後續機種 廣泛運用於世界知名汽車大廠例如 Toyota, Mitsubishi, Honda, Hyundai, Daewoo 等 以及 IC 設計公司如 Broadcom, Marvell, MTK 等 甚至 NATO 北大西洋公約組織的多個軍事機構也有採用。

奠基於這個長時間被客戶驗證過的所謂軟件定義儀器 SDR, Software Defined Radio 架構 匯宏也在 2014 年推出了 MP5000 Wi-Fi/藍牙測試儀支持最先進的 802.11ac 及藍牙測試標準 更在近期即將陸續推出 藍牙 5.0, 4G LTE, 802.11ax 等等。

5. 整合式(Turnkey)量測與自動化解決方案

Chroma 以精密電子量測技術為核心基礎，整合自動化產線輸送設備與製造資訊系統，提供整合式的生產線自動化組裝與測試解決方案，其應用範圍廣及顯示器、LED 照明、太陽能電池、鋰電池、被動元件、半導體 IC 等科技產業。

(三)工業 4.0 之發展及影響

致茂電子自許可成為工業 4.0 發展智慧工廠之電子醫生，並表示除了硬體技術，製程管理也是工業 4.0 的核心，致茂電子製造資訊系統事業部處長吳樞俊指出，在工業 3.0 時代，90% 以上的廠商導入 ICT 架構的基本目的只有一個，即是接單賺錢，不過現在的訂單客戶往往會要求大量測試數據的回傳與品質、產能、出貨等資料，MES 可讓製造黑箱透明化，提高生產管理的效率與精確度。¹²²

1. 智慧工廠主要關鍵：

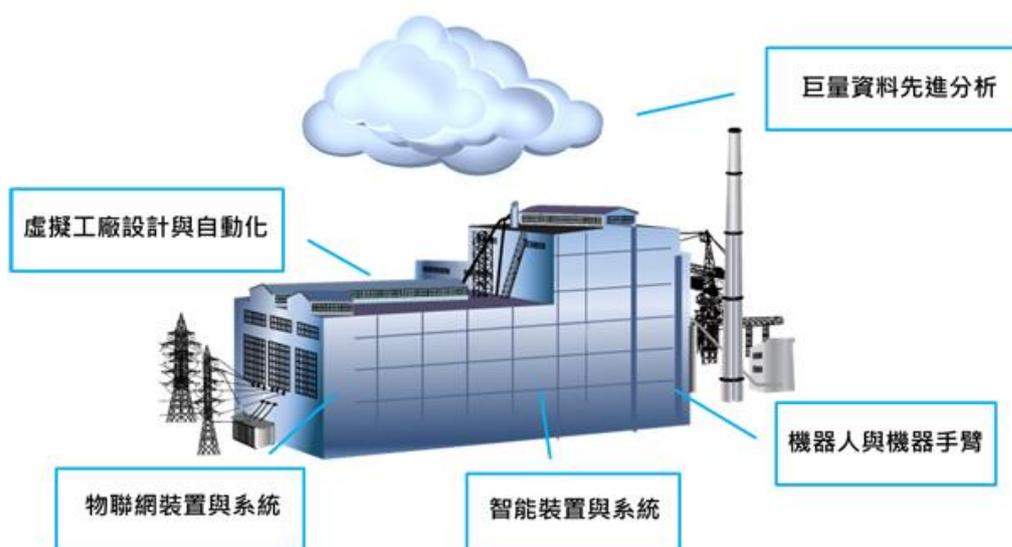


圖 5-3 智慧工廠主要關鍵（資料來源：致茂電子官網）

(1) 巨量資料先進分析

致茂電子提供量測設備整合之服務，在電力電子、電氣安規、自動光學、LED/照明、太陽能光學、電池測試、熱電測試、溫控，提供客戶整合式量測與自動化解決方案。再經由製造資訊系統(MES)將測試數據收集整合後，透過巨量資料智慧運算，建立各產業分析模型，將各測試機台的量測數據做智慧判斷，提供給現場管理者即時分析數據，協助客戶提升生產效率及製造品質。

¹²² 工業 4.0 強勢登場-CTIMES 編輯部 2017 年 01 月 12 日。

<https://www.ctimes.com.tw/DispArt/tw/%E5%B7%A5%E7%A0%94%E9%99%A2/MES/%E8%A3%BD%E9%80%A0%E7%B3%BB%E7%B5%B1/%E6%99%BA%E6%85%A7%E5%B7%A5%E5%BB%A0/%E5%B7%A5%E6%A5%AD%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA/1701121423IJ.shtml>

（2）物聯網裝置與系統

致茂電子具備整廠輸出的能力，提供 Smart MI (Machine Integrator) 及 Smart Controller 整合各式的通訊協定，將設備儀器各種測試數據及設備參數在各設備之間傳輸，提供客戶即時安全的物聯網軟硬體裝置。

（3）機器人與機器手臂

致茂電子在自動化整合、智能系統、機器手臂應用上，已有整合案例，致力於協助世界級製造大廠透過 MES 系統整合模組化設備，包含 Smart Factory, Smart Conveyor, Smart MI, 機器手臂等；透過智慧收集、智慧運算，將待測物以最即時、最佳路徑的方式派送到測試站區。每條線目前設計了五個測試站群組，共 16 個測試站點，僅需前後各一位作業員，即能完成過去需要 20 位作業員的工作。產線智能化，提高了產品品質，也低了人工使用率，有效率的提升生產效能。

2. 投入發展

致茂投入的研發在未來二、三年能帶來高成長，也將持續在臺灣投資更精密與高階製造，主要是針對精密電子量測開發。

目前致茂有 1,450 名員工，研發人員占 38%，其餘為製造、行銷等人才；全球活躍客戶數達到 6,000 家，因此行銷發展採取全球化布局。

致茂在研發上，隨市場脈動聚焦於物聯網與智慧工廠領域的應用，華亞園區的總部與工廠已經無法滿足未來成長需求，為擴大產能在林口新建 A7 大樓，除土地支出外，將投資 50 億元，規劃有 30,852 坪，地上 15 層，地下 5 層，預計 2019 年完工，將更精密的半導體測試技術放在林口廠區，以臺灣為中心向全球市場推動品牌，致力於工業 4.0 智慧生產解決方案，協助各產業轉型工業 4.0。

（四）小結

致茂電子為臺灣精密電子量測暨自動化檢測公司，透過併購來整合其所需之技術，除了壯大海外市場佈局，也因此 2014 年已超過 100 項核心技術，並累積全球超過 600 項專利，雖然專利數量已高卻仍持續投入研發，該公司研發人員一直維持在總員工數的 38%。致茂電子相當看重員工之進修。

致茂電子在工業 4.0 下的角色是做為智慧工廠轉型服務之提供者，致力於協助客戶所需之軟硬體服務。在以往工業 3.0 時代，90% 以上的廠商導入 ICT 架構的目的是為了接單，不過，現在的訂單客戶往往會要求大量測試數據品質、產能、出貨等資料的回饋，該公司的 MES 可提高生產管理的效率與精確度，也是致茂電子的機會。

二、 研華公司¹²³

研華設立於 1981 年 9 月 7 日，致力成為全方位的系統整合及設計服務的領導廠商，並與系統整合商緊密合作，以提供各類廣泛應用與橫跨各種產業的完整解決方案。研華以實踐智能地球的推手作為企業使命，並積極邁向成為自動化產業、嵌入電腦、物聯網具關鍵影響力的全球企業。研華目前全球共有約 8,000 名員工，分布於世界 23 國及 95 個主要城市，研華工商登記如下表：

表 5-5 研華工商登記資料

項目	內容
統一編號	05155853
公司狀況	核准設立
公司名稱	研華股份有限公司
資本總額(元)	8,000,000,000
代表人姓名	劉克振
公司所在地	臺北市內湖區瑞光路 26 巷 20 弄 1 號
登記機關	經濟部商業司
核准設立日期	1981 年 09 月 07 日
最後核准變更日期	2017 年 04 月 12 日
所營事業資料	CC01060 有線通信機械器材製造業 CC01070 無線通信機械器材製造業 CC01080 電子零組件製造業 CC01110 電腦及其週邊設備製造業 CE01010 一般儀器製造業 E605010 電腦設備安裝業 EZ05010 儀器、儀表安裝工程業 I301010 資訊軟體服務業 I301020 資料處理服務業 I301030 電子資訊供應服務業 CC01101 電信管制射頻器材製造業 F401021 電信管制射頻器材輸入業 IG03010 能源技術服務業 CC01030 電器及視聽電子產品製造業 F113020 電器批發業 F213010 電器零售業 ZZ99999 除許可業務外，得經營法令非禁止或限制之業務

資料來源：經濟部商業司，2017/6/8 查詢，本公司整理。

(一) 產品與業務介紹

1. 公司目前所營業務之主要內容：

- (1) 電腦測試儀器及自動化測試系統之設計裝配組合、製造及買賣業務。
- (2) 電腦、電子、電機零件器材之加工製造買賣及進出口貿易業務。
- (3) 電腦、電子控制自動化系統之設計、承包、安裝及維護。

¹²³資料來源：研華公司官網 (<http://www.advantech.tw/>)

- (4) 電腦軟體設計。
- (5) 代理國內外廠商就前各項有關之代理、報價、投標及經銷業務。
- (6) 有線、無線通訊器材之裝配、製造、買賣及進出口貿易業務。

2. 產品及業務比重：

表 5-6 研華產品及業務比

主要產品	2016 銷售額 (新台幣千元)	比重%
工業控制	5,377,597	13
工業用電腦	9,666,898	23
嵌入式板卡與機箱	16,733,624	40
產業應用電腦	5,014,219	12
售後服務及其他	5,209,860	12
合計	42,002,198	100

3. 目前之產品：

嵌入式版卡與主機殼、產業應用電腦、工業控制、工業用 電腦、售後服務及其他。

(1) 嵌入式電腦

包含嵌入式電腦模組、工業級主機板系列、工業顯示解決方案、無風扇工 業電腦以及精簡指令運算平台...等，主要功能為以 PC 為核心之控制模組，提供高效能、小尺寸、一體成型的裝置，應用於工業自動控制環境，以及 可耐高溫、高濕、震動等較特殊需求之電腦。

(2) 產業應用電腦

開發出結合 LCD 螢幕、主機及鍵盤於一體的單件式整合電腦。經市場需求演進與專業化發展，研華持續跨足各產業應用的利基型垂直市場，開發專用工業電腦平台產品，例如應用於智能物流與智慧零售的工業級行動運算終端、手持式電腦、整合型觸控平板電腦、POS 系統與自助式服務機...等；在數位醫療領域，研華也推出智能醫療護士推車、醫療資訊終端機、醫療設備顯示裝置與移動式診療輔助裝置...等，此外也涉入產業車載、網路家庭相關應用平台等服務領域。

(3) 工業網路通訊與自動化控制

包含網路運算處理平台、WebAccess+ Solutions、自動化控制與開放式人機 介面、設備自動化、遠端資料擷取，以及電力與能源管理。主要應用於遠 端量測與控制現場資料信號之搜集與控制。

(4) 產業應用運算平台與智能系統

除了既有的硬體產品外，研華也致力於提供各項智能解決方案，包括手持 式運算裝置、工業伺服器與儲存、智慧影像監控平台、智能 RFID 平台、智 能交通專用機、精簡型電腦...等，可應用於各產業的資料運算、資料擷取與控制方案。

4. 公司計畫開發之新產品：

- (1) M2.COM 支援 LoRa、LTE-M、SIGFOX、Wi-Fi/ 藍牙雙模等模組與裝置
- (2) 無線物聯網閘道器 (Wireless IoT Gateway)，包含 Wi-Fi, Sub-1G, Cellular 等技術
- (3) Edge Intelligence Server
- (4) WISE-PaaS Marketplace 物聯網雲端軟體服務平台
- (5) 工業 4.0、工廠自動化之相關設備與 SRP
- (6) 智慧機器人、視覺檢測與運動控制平台
- (7) 智慧零售相關之系統設備與 SRP
- (8) 智慧交通、數位物流相關之系統設備與 SRP
- (9) 能源與環監控管理之平台與 SRP
- (10) 智慧醫療之服務系統與醫護監控平台
- (11) 工業通訊設備與管理系統 (iNetworking)

(二) 技術及研發概況

工業 4.0 的時代已來臨，面對智慧工廠及智慧製造強勁的市場需求，研華在工業電腦、工控技術及自動化設備的優勢下，進一步完成軟硬整合並提供解決方案，用物聯網思維推動工業 4.0 實踐。研華將工業 4.0 的實踐分為三個階段，第一階段是針對設備領域，做到全面的設備感知與聯網，以達到資料透明化及生產資訊視覺化，第二階段是做設備資料與生產訊息的整合及資訊分析，以提供第三階段智慧設備與大資料分析所形成的智慧服務。

1. 最近年度之研發費用：

2016 年度投入之研發費用計新臺幣 3,649,292 仟元，約占總營收之 8.70%。

2. 開發成功之技術或產品：

研華對於研發的重視，除在臺灣投入大量的人力專責產品研發外，在美國、歐洲及中國大陸亦有研發團隊加速產品開發的速度及探查市場的狀況。研華平均每年有五項的新產品問市，截至 2016 年底取得國內外專利共 37 項。

(三) 工業 4.0 之發展及轉變

為迎接工業 4.0 之物聯網(IoT) 和雲端運算世代的到來，研華以「智能地球推手 (Enabling an Intelligent Planet)」作為願景。自 1983 年起，研華一直注重在品質及效能運算平台的創新發展和製造上，因此工業 4.0 時，研華提供了以顧客為導向的軟硬體系統設計整合服務。研華除深化既有產品的應用之外，也針對公司的經營策略進行相應地調整，未來將以推動整合型 IoT 解決方案為發展主軸。此外，研華也將投入大量的資源和人力來強化於垂直市場的能見度，並透過跨產業服務平台的支援體系，充分運用進階的網路軟體技術，來發展以 IoT 為中心的智能應用。

1. 工業 4.0 六大範疇:

- (1) 設備自動化
- (2) 機台監診與預防保養

- (3) 設備監診與效益優化
- (4) MES 整合及生產履歷
- (5) 廠務能源管理
- (6) 廠務環境監控

2. 策略規劃

為迎向工業 4.0 之物聯網，研華將策略分為以下三個面向：

- (1) WISE-PaaS 架構進化，形成分享平台 (Sharing Platform)，協助垂直產業客戶快速佈建智能解決方案：

2015 年，研華的軟體平台 WISE PaaS 仍專注在內部軟體資源整合以及架構之發展。在 2016 年，則實際發展出數個 EIS(Edge Intelligence Server) 與 SRP(Solution Ready Platform) 的軟硬體方案整合成功案例。促成與合作夥伴更緊密的連結。在 2017 年則規畫將整個軟體平台雲端化，提供客戶與夥伴更快速與可靠的智能運算平台。

- (2) 跨產業策略聯盟形成垂直市場生態圈：

物聯網與智慧城市的產業複雜度以及客製化的特性，與研華過去 30 幾年所面對的產業需求類似。然不同的是，在軟硬整合的客製化程度更勝以往。產業鏈的分工也愈形精密，如智能製造數字醫療、智能零售、數字物流與車隊管理、智能建築等。因此，研華在幾個聚焦的領域形成策略聯盟，如工業無線智能模組 "M2.COM"、安卓作業系統嵌入式聯盟 Embedded Linux & Android Alliance "ELAA"等。期待能為提供系統集成商夥伴 (system integrator) 更好的客製化技術服務。

- (3) 購併、育成、產學合作加速物聯網產業發展和覆蓋率：

物聯網及智慧城市之產業複雜度遠甚以往，在與外部合作伙伴協同發展的同時，研華也積極尋求購併機會，以加強自身技術能力、軟硬體產品之深度與廣度，以及加速垂直市場生態圈的形成。在 2016 年 1 月，B+B SmartWorx 完成交割，加入研華大家庭。在 2017 年，研華宣布入股韓國專業醫療顯示器廠商 Kostec。均符合研華在技術升級以及垂直市場應用深耕的邏輯。另外，研華更增加與產業夥伴以及學術機構的交流。除了增加人才的招聘外，藉由產官學的結合，並促進臺灣物聯網產業鏈的發展。近年合作案¹²⁴：

- a. 2013 年 11 月，研華與大陸 CPU 廠龍芯共同合作推出板卡產品，此產品可應用於各種工業控制領域。
- b. 2013 年 11 月，研華與 Intel 簽署合作備忘錄，針對物聯網(IOT)計算平台進行合作，開發物聯網 (IOT)與智慧城市。
- c. 2014 年 6 月，研華與上銀攜手合作跨足臺灣機器人市場，公司提供控制器及機器視覺軟硬體技術，上銀則生產機器手臂、伺服馬達、驅動器技術，並規劃培養下游「應用系統整合公司」。
- d. 2014 年 9 月，研華與中國移動物聯網共同簽署「研華 WebAccess+物聯

¹²⁴ 資料來源: MoneyDJ 財經知識庫。(https://www.moneydj.com)

- 產業應用聯盟合作協定」，借助中國移動的遠端通訊服務與技術，以建構大陸的物聯網應用方案。
- e. 2014 年 12 月，研華與微軟合作，共建物聯網智慧雲端平台「WISE-Cloud」，開發智慧雲端平台以及應用各領域技術，以微軟 Azure 雲端平台結合研華的 SUSIAccess 物聯網解決方案。
 - f. 2015 年 5 月，研華與交通大學合作共建臺灣首座物聯網產業發展的產學平台「物聯網智慧系統研究中心」。另此項計畫參與人還包含工研院、聯發科、ARM、臺灣 IBM 等。
 - g. 2015 年 10 月，研華與微軟共同打造物聯網開放平台「WISE-PaaS 物聯網軟體平台服務」。此平台主要用途為針對不同產業提出 SRP(Solution Ready Package)應用服務方案，降低客戶進入物聯網產業的門檻，協助系統整合商快速建構物聯網服務。
 - h. 2015 年 11 月，研華旗下子公司研華智能與泰博合作，推出「即時生理數據平台」解決方案，整合泰博五合一的生理監測儀、公司的醫療平板電腦、行動護理車及電子白板觸控電腦，減少人工抄寫的風險，醫護人員能透過現有裝置掌握病患生理資訊。目前針對臺灣醫學中心等級醫院推廣試用，於 2015 年底前在中國及亞太市場上市。
 - i. 2015 年 11 月，研華與華電網、中華電信簽訂 4G ITS 智慧車隊管理合作計劃案合作備忘錄。由中華電信提供完整 ITS 雲端化車載資通訊車訊快遞管理平台整合服務、公司與華電網共同提供 4G 智慧車端設備，以全新 4G 概念將完整的智慧車隊管理系統解決方案，提供給計程車、快遞、貨運業、冷鏈物流等業者使用。
 - j. 2016 年 2 月，研華與日本 IBM 株式會社合作，透過公司「WISE-PaaS」、IBM「SoftLayer」及「IBM Bluemix」結合，讓使用者能在此平台上，擁有更完整的 IoT 應用開發環境。
 - k. 2016 年 3 月，研華與英特爾、微軟合作推出物聯網閘道器開發整合套件，整組套件包括軟硬體整合的系統(Intel CeleronR J1900 平台與 Windows 7 Embedded)、物聯網軟體平台服務(WISEPaaS)、軟體開發套件和技術支援服務，及 Microsoft Azure 服務的認證和平台整合。此平台應用於智慧建築、智慧工廠，透過物聯網閘道器提供的開放性架構，可針對各種不具上網能力的設備，進行全面性的資料採集與設備控制。
 - l. 2016 年 4 月，研華與交通大學成立「物聯網智慧系統研究中心」。
 - m. 2016 年 10 月，研華與 Intel、Microsoft、ARM、IBM 共同打造從端至雲之完整物聯網解決方案，加速促成各產業走向智能化應用。同時為了此項合作，研華與 Intel 合作開發智慧型連網嵌入式方案，整合 Atom 及 Xeon 系列處理器，發展伺服器等級 Type 7 嵌入式模組電腦、Mini-ITX 主機板及 EIS，促使物聯網裝置快速接收大量數據，並確保雲端順暢溝通。
 - n. 2017 年 1 月，研華宣布加入國際 LoRa 聯盟，此加入有助於公司布局廣域低功耗無線網路在物聯網應用。並預計於 2017 年初推出符合 LoRa 技術規定之閘道器與 M2.COM 之感測器平台。
 - o. 2017 年 3 月，研華宣布與 ARM、Microsoft、Intel Security、Acronis 合作，集結各廠商軟體資源打造 WISE-PaaS Marketplace 線上軟體市集，將提

供彈性可擴充之軟體結構，促成不同雲端服務及軟體解決方案、主題性解決方案無縫整合。

- p. 2017年3月，研華宣布與英研、誠邁、Canonical、Lineo、瑞相、RTSoft、Timesys、中科創達、Witekio共同成立Embedded Linux & Android Alliance(ELAA)，聯盟主要目的為建立更加完善之軟硬體產業生態體系。
- q. 2017年3月，研華與泰國工業總會簽定合作備忘錄，協助泰國當地業者接軌導入工業 4.0 解決方案，並同時與泰國 Computer Union 簽署 3 年 600 萬美金之作備忘錄。Computer Union 為泰國 ICT 產業領導廠商。
- r. 2017年4月，研華與凱勝綠能、用新科際、路得寶交通、能海電能簽署合作備忘錄，共同開發以軟硬體結合之「Asia Future Bus 2025」智慧車隊管理系統，未來將應用於智慧交通服務，且結合物聯網運用，實現智慧運輸主動安全防護及環保節能減碳。搭配此系統之智慧電動巴士已於台中及桃園陸續投入營運，未來將擴大至工業級電動車輛與相關設施應用。

(四)小結

研華在面對工業 4.0 之策略上，積極進行購併以整合所需用之技術，並與大學有密切的合作，該公司以智能地球推手自許，專注於提供客戶工業 4.0 之智慧工廠轉型服務，除在臺灣投入大量的人力專責產品研發外，在美國、歐洲及中國大陸亦有研發團隊，以加速產品開發的速度及深入瞭解當地市場的狀況。研華平均每年有五項的新產品問市，且在 2016 年之研發投入約新台幣 36 億元（8.70%之營收比投入），雖然在研發投入上很多，但截至 2016 年底僅取得國內外 37 項專利，雖然該公司強調其在 IPR 之佈局上重質不重量，然而，這部分的狀況恐成為研華日後的隱憂。

陸、結論與建議

德國從 2011 年起倡議工業 4.0 的概念之後，至今已經六年了。本研究希望透過 MMOT 德國組培訓前後分別對台灣及德國所做的個案研究，探討德國這六年來發展工業 4.0 的狀況及其發展過程中所碰到的挑戰。以下先提出本研所得到的初步結論，接著，再分別提出對廠商與對政府的建議。

一、 結論

(一) 工業 4.0 牽涉的科技相當多元，此種多元性影響了企業的科技研發整合、人力需求組成與智財權佈局。

工業 4.0 的發展上牽涉到了物聯網(IOT)、大數據、移動通訊、智慧感測器、雲端運算、虛擬/擴增實境(VA/AR)、3D 列印、高等人機界面、人工智慧真實性確認與錯誤偵測、多層次顧客分析系統等科技，甚至所謂的 Blockchain (區塊鏈)及 FinTech (金融科技)也被認為是工業 4.0 相關科技的一環，無疑地，這麼多科技的組合，將使得廠商在投入相關科技的研發與整合上遇到了很大的挑戰。亦使得企業在相關科技人才的需求上更多元。同時，也使得公司在相關的智財權分析與佈局上變的更加的複雜。

(二) 工業 4.0 的發展，牽涉到龐大數據的連結，因而帶來了管理資訊安全的高度需求，以及發展新服務的機會。

工業 4.0 下的智慧工廠，藉由智慧感測與物聯網的加持產生了龐大的數據。另外，工業 4.0 將傳統製造業由「企業決定產品」轉向為由「消費者決定產品」的思維。因此，除了智慧工廠的數據之外，也會整合商業分析及雲端運算等數據至資訊系統，進行分析與比對，如此一來，管理資訊安全自然就變成一個非常重要的議題，此外，也因為企業組織擁有龐大的營運數據，因此，從中可以發展出一些新服務(如：維修方面的服務及遠端服務等)。

(三) 廠商為了因應工業 4.0 時代的來臨，會需要進行組織結構與人力資源等方面的變革管理。

在工業 4.0 的情況下，企業需要對於顧客提供更符其需求的、更彈性的、更快速的服務，因此，組織結構上亦需要跟著進行調整。在博世(Borch)的個案中，可以看到該公司為因應工業 4.0 的大趨勢，已把一些單位由專業分工的組織方式調整為跨功能整合、跨專業整合、商業導向的組織方式，有些甚至採專案別的組織形式。該公司的智財部門亦受到類似的影響而有所調整。此外，該公司的人力資源的組成與培育上也有了變化，特別是增加有關跨領域的人才，以及相關的訓練與培育。

(四)工業 4.0 有關的標準之制訂過程是多元、開放的、漸進式的。

如前所述，工業 4.0 牽涉到的科技種類非常多，因此，我們從德國所主導的標準制訂過程來看，可以發現參與者相當多元，除了主要的硬體廠商及研究機構之外，亦包括一些軟體廠商（如：SAP、微軟等）、大學、以及不同的工業 4.0 標準協會（如 Standardization Council Industrie 4.0 及 LNI 4.0）等。此標準制訂的過程強調所謂「社群」（Community）的概念，基本上很歡迎任何有關的關係人(Stakeholders)參加。也因為工業 4.0 的複雜性，吾人可以理解其標準似乎不可能很快速的「一次到位」，而是較可能以逐批進展的方式來呈現。

(五)工業 4.0 所需要的政策工具是多面向的。

由於工業 4.0 具有前瞻性、科技多元性、複雜性、創新性等特性，因此，除了需要產、學、研、協會等多重關係人的通力合作外，亦需要政府的介入與支持。從德國的經驗來看，政府除了透過科技計畫與補助的政策之外，在標準化、資訊安全、智財/法律框架、教育/培訓、以及國際合作等議題上，都需要政府透過相關的政策工具來大力涉入，始能預期我國可以從此一重要領域的發展上取得更多著機會及創造更高的價值。

二、 建議

(一)給廠商的建議

建議一、宜先思考整體的策略架構，以作為因應工業 4.0 所需進行變革管理上的基礎。

從本研究的發現與結論中可知，發展工業 4.0 牽涉到的科技範疇相當廣泛，而企業欲朝向工業 4.0 發展，亦將面臨很多面向的改變，譬如：組織結構、人力資源佈署、科技整合、智財佈局等。建議廠商在進行變革之前，宜先構思一個策略架構做為後續行動的依據。例如：這個架構顯示企業所要自行投入的科技以及需要與外部夥伴合作的科技。另外，亦顯示出公司所需要的人力資源組成、專利類型等。

建議二、宜考量積極參與工業 4.0 標準化的過程

參與標準的制定，一直是企業非常重要的課題。而此次工業 4.0 的標準化過程正好又是以開放式及社群互動的方式進行，因此，我國的廠商可以採更積極的態度來參與相關標準的制訂。

建議三、宜正視工業 4.0 下資訊安全管理的重要性

工業 4.0 的發展上，牽涉到龐大的、多元的數據。因此，廠商有必要好

好進行資訊安全的管理。在做法上可以參考 Bosch (博世)的案例，尋求相關軟體公司的合作，建構一個完善的資訊安全體系。

建議四、宜積極培育工業 4.0 下所需要的跨域人才

工業 4.0 的發展，一方面涉及到很多元的科技。另一方面也涉及到科技與非科技間的各项整合。因此，企業需一部份組織內所沒有的人才。例如：其他科技領域的技術人員、製造服務化的人力資源、同時懂得製程與大數據分析的人才，同時瞭解資訊安全與智財管理的員工等。廠商需要在策略架構下積極培育相關的人才。

(二)給政府的建議

建議一、宜積極協助廠商面對工業 4.0 的各项挑戰

工業 4.0 牽涉到的科技與議題非常多元，除了廠商積極努力之外，亦特別需要政府與政策上的支持。然而，我國之前因應工業 4.0 而設置的生產力 4.0 單位，因為新政府“5+2”政策而受到了影響在此，建議政府宜重新調整對於廠商所做的協助與政策工具（包括；單一窗口、科技研發補助、跨域人才培育、國際合作與交流等）。

建議二、宜積極協助廠商參與工業 4.0 之標準化的過程

標準化過程的參與與否，關係到未來我國廠商在工業 4.0 發展上的主導權、參與權及專利佈局。然而，本研究團隊發現，目前工業 4.0 的標準化過程中，幾乎未見任何台灣的廠商參與其中，這是很值得擔憂的一件事。因此，建議政府應該投入更多的關注與資源，協助我國的廠商參與標準的制定。

捌、 資料來源

一、 中文期刊與書籍

- 1.劉錦秀譯(民105年)，下一個統治世界的企業(原作者：小林雅一)，台北市：大是文化。
- 2.賀桂芬(民106年)，工業4.0掀起職場大海嘯-工業4.0進化章魚人才時代來臨，天下，624，第96-100頁。
- 3.康金城(民102年)，工業4.0攻略的建議，北京：中國工程院
- 4.劉黎兒(民106年)，臺灣堅持廉價勞力的危機，今周刊，1059，第20頁。
- 5.張鳳譯(民106年)，賓州直擊奇異未來工廠，商業週刊，1536，第114-116頁。
- 6.黃繼寬和陳好瑄(民106年)，工業4.0技術逐漸成熟智慧工廠落實全憑業者決心，工業4.0實戰寶典，第10-15頁。台北市：新電子雜誌社
- 7.李傑、倪軍和王安正原著(民106年)，從大數據到智慧生產與服務創新，新北市：前程。
- 8.邱莉燕(民106年)，臺灣隱形冠軍智造出擊-先打通人才、彈性生產卡關，智造之路才能順利，遠見，372，第160-161頁。
- 9.黃繼寬和陳好瑄(民106年)，工業4.0技術逐漸成熟智慧工廠落實全憑業者決心，工業4.0實戰寶典，第10-15頁，台北市：新電子雜誌社。
- 10.李傑(2016/06)工業大數據，洞察未見的需求，第23頁。
- 11.李傑(2017/05)從大數據到智慧生產與服務創新，從產品製造到生命週期價值創造，第59頁。
- 12.阿爾馮斯·波特霍夫，恩斯特·安德雷亞斯·哈特曼(2015.12.7)工業4.0：結合物聯網與大數據的第四次工業革命，四塊玉文創。
- 13.韋康博(2015.12.31)工業4.0：從製造業到「智」造業，下一波產業革命如何顛覆全世界？商周出版

政府與民間團體資料

- 1.行政院生產力4.0發展方案(民104年)，台北市：行政院。
- 2.林安妮、邱金蘭(民105年7月27日)，政院推「五加二」產業懸賞百億，聯合新聞網，取自¹林瑋琦(民105年)，德國工業4.0產業趨勢與衍生商機大揭密，台北市：外貿協會。
- 3.林瑋琦(民105年)，德國工業4.0產業趨勢與衍生商機大揭密，台北市：外貿協會。
- 4.魏傳虔(民104年)，工業4.0智慧工廠未來發展趨勢與商機運用。財團法人資訊工業策進會研究報告，未出版。
- 5.汪建南、馬雲龍(民105年)，工業4.0的國際發展趨勢與臺灣因應之道。國際金融參考資料第六十九輯，台北市：中央銀行。
- 6.STPI科技政策研究與資訊中心，科技服務化，鴻海結構轉型再上路，2013,06,06

網路訊息

二、 網路訊息

1. 上銀漢諾威展秀工業4.0 梅克爾也來了，瀏覽日期2017年9月22日，取

- 自：<https://udn.com/news/story/7240/2424140>
2. 李克強會梅克爾：中國製造 2025 對接德國工業 4.0，瀏覽日期 2017 年 9 月 22 日，取自：
<http://www.chinatimes.com/newspapers/20170602000102-260203>
 3. 拚智慧機械 林全呼籲企業參與「工業 4.0」，瀏覽日期 2017 年 9 月 22 日，取自：<https://udn.com/news/story/1/2364882>
¹林揆：「前瞻基礎建設計畫」刺激景氣、加速轉型 提升國家競爭力，瀏覽日期 2017 年 9 月 22 日，取
http://www.ey.gov.tw/News_Content2.aspx?n=F8BAEBE9491FC830&sms=99606AC2FCD53A3A&s=10AA7AFF979B3F1D
 4. Germany Trade & Invest Cyber-Physical Systems, Retrieved September 22, 2017, from:<http://industrie4.0.gtai.de/INDUSTRIE40/Navigation/EN/Topics/The-internet-of-things/cyber-physical-systems.html>
 5. Koch, V., Kuge, S., Geissbauer, R., & Schrauf, S. (2015). Industry 4.0 - Opportunities and challenges of the industrial internet. Whitepaper by PWC Retrieved from <https://www.pwc.nl/en/assets/documents/pwc-industrie-4-0.pdf>
 6. ¹Pauly, T. (2014, September), Industry 4.0 – Market Developments in Germany and Opportunities for Finnish Companies, Tampere, Retrieved from Germany Trade & Invest.
http://www.dfhk.fi/uploads/media/Industrie_4.0_Tampere_GTAI__170914pdf.pdf
 7. Staufen A.G. (2015). China – Industry 4.0 Index 2015. Stuttgart, Germany: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO.
 8. Lee, E.A. (2008, May). Cyber Physical Systems: Design Challenges. Proc. 11th IEEE Int'l Symp., pp. 363–369.
 9. Posada, J., Toro, C., Barandiaran, I., & Oyarzun, D. (2015). Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet, 35(2), 26-40.
 10. Kagermann, H., Wahlster, W. & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Munich, Germany: Acatech.
 11. Hermann, M., Pentek, T., Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). pp. 3928-3937. doi: 10.1109/HICSS.2016.488
 12. Grangel-González, L. Halilaj, G. Coskun, S. Auer, D. Collarana & M. Hoffmeister (2016). Towards a Semantic Administrative Shell for Industry 4.0 Components. 2016 IEEE Tenth International Conference on Semantic Computing (ICSC). Laguna Hills, CA. pp. 230-237. doi: 10.1109/ICSC.2016.58
 13. Colotla, I., Faste, A., Heidemann, A., & Winther, A. (2016). Winning the Industry 4.0 Race. Retrieved from the Boston Consulting Group
<https://innovationsfonden.dk/sites/default/files/bcg-winning-the-industry-40-race-dec-2016.pdf>
 14. Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An industry 4.0 perspective. International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering, 8(1), 37-44.
 15. Smart Factory ^{KL}®(2017), Retrieved from <http://www.smartfactory-kl.de/>
 16. http://www.lovehug.idv.tw/2016/07/blog-post_283.html。
 17. Posada, J., Toro, C., Barandiaran, I., & Oyarzun, D. (2015). Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet, 35(2), 26-40.
 18. Industrie Platform 4.0, Opportunities and challenges, 【<http://www.plattform-i40.de/I40>】
 19. Wikipedia, Reindustrialization, 【<https://en.wikipedia.org/wiki/Reindustrialization>】

20. Wikipedia, Hannover Messe 【https://en.wikipedia.org/wiki/Hannover_Messe】
21. Hannover Messe, About us
【<http://www.hannovermesse.de/en/exhibition/facts-figures/about-us/>】
22. Wikipedia, Fraunhofer-Gesellschaft,
【<https://de.wikipedia.org/wiki/Fraunhofer-Gesellschaft>】
23. Wikipedia 【<https://en.wikipedia.org/wiki/Standardization>】
24. 甚麼是 OPC UA
【http://www.icpdas.com/root/product/solutions/industrial_communication/m2m_iiot_server/opc_ua_tc.html】
25. MBA lib 智庫百科, 大量生產 (Mass production)
26. MBA lib, 基本競爭戰略
【<http://wiki.mbalib.com/wiki/%E5%9F%BA%E6%9C%AC%E7%AB%9E%E4%BA%89%E6%88%98%E7%95%A5>】
27. Wikipedia, Hidden Championsd 【https://en.wikipedia.org/wiki/Hidden_champions】
28. DFKI, about, 【<https://www.dfki.de/web/about>】
29. 工業 4.0 強勢登場-CTIMES 編輯部 2017 年 01 月 12 日。
<https://www.ctimes.com.tw/DispArt/tw/%E5%B7%A5%E7%A0%94%E9%99%A2/ME S/%E8%A3%BD%E9%80%A0%E7%B3%BB%E7%B5%B1/%E6%99%BA%E6%85%A7%E5%B7%A5%E5%BB%A0/%E5%B7%A5%E6%A5%AD%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA/1701121423IJ.shtml>
30. 德國工業 4.0 技術創新五大樣本, 瀏覽日期 2017 年 9 月 19 日, 取自: 中國自動化網 http://www.ca800.com/news/d_1ntmuo97v2871.html
31. 走進費爾巴哈德國博世工業 4.0 實驗室, 瀏覽日期 2017 年 9 月 19 日, 取自: 工控網 <http://gongkong.ofweek.com/2016-10/ART-310017-8110-30059867.html>
32. 工業 4.0 是手段 不是目的, , 瀏覽日期 2017 年 9 月 19 日, 取自: kknews <https://kknews.cc/finance/6k2g5mp.html>
33. 德 Bosch 攜手友嘉 推工業 4.0 先進製造, 瀏覽日期 2017 年 9 月 19 日, 取自: 聯合影音 <https://video.udn.com/news/382591>
34. 重溫西門子安貝格工廠, 必當「吾日三省吾身」, 瀏覽日期 2017 年 9 月 19 日, 取自: kknews <https://kknews.cc/tech/594r3o3.html>
35. 每秒 1 個產品, 合格率 99.99885%, 同行無敵! 看懂工業 4.0, 看西門子未來工廠就夠了, 瀏覽日期 2017 年 9 月 19 日, 取自: 華語新聞 <http://www.gooread.com/article/20120856717/>
36. 西門子工業 4.0 的概念與實踐, 瀏覽日期 2017 年 9 月 19 日, 取自: TPCA [file:///C:/Users/brenda.Lu/Downloads/%E5%AD%A3%E5%88%8A%E5%B0%88%E8%A8%AA_%E6%99%BA%E6%85%A7%E8%A3%BD%E9%80%A0_%E8%A5%BF%E9%96%80%E5%AD%90%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/brenda.Lu/Downloads/%E5%AD%A3%E5%88%8A%E5%B0%88%E8%A8%AA_%E6%99%BA%E6%85%A7%E8%A3%BD%E9%80%A0_%E8%A5%BF%E9%96%80%E5%AD%90%20(1).pdf)
37. 鄭智峰 (2015), 德國工業: 臺灣邁向未來製造, 行政院科技會報
38. 工業網路安防不可不慎! 西門子與源訊聯手打造網路安全技術, 瀏覽日期 2017 年 9 月 19 日, 取自: Digitimes http://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&id=0000497826_9kz76ygk3wqtv350icbs0
39. 什麼造就西門子 150 年輝煌? 高效人才培訓, 瀏覽日期 2017 年 9 月 19 日, 取自: 愛讀網 <https://www.iread.one/1008255.html>
40. 台德生產力 4.0 論壇 促商機交流, 瀏覽日期 2017 年 9 月 19 日, 取自: 中時電子報 <http://www.chinatimes.com/newspapers/20160531000147-260204>

41. Koch J. (2017), interview in Munich, Germany.
42. Bosch official website, retrieved September 19, 2017, from http://www.bosch.com.tw/zh_tw/tw/our_company_10/history_10/history.html
43. Bosch official website, retrieved September 19, 2017, from http://www.bosch.com.tw/zh_tw/tw/our_company_10/business_sectors_and_divisions_10/business_sectors_divisions_landingpage.html
44. Bosch official website, retrieved September 19, 2017, from http://www.bosch.com.tw/zh_tw/tw/our_company_10/our_brands_24/our_brands.html
45. Product Catalog Industry 4.0 at Bosch, Bosch Press, Retrieved September 23, 2017, from http://www.bosch-presse.de/pressportal/de/media/migrated_download/Bosch_Industrie_4.0_EN.pdf
46. Siemens Official Website, Retrieved September 23, 2017, from <http://www.siemens.com.tw/release/tw/post.asp?post=7>
47. The Position of Siemens Industry Regarding the Internet of Things and Industrie 4.0, Retrieved September 23, 2017, from https://www.industry.siemens.com/topics/global/en/digital-enterprise-suite/Documents/PDF/PLMportal_Industrie-40-Internet-revolutionizes-the-economy.pdf
48. 曹永誠(民 104 年 9 月 30 日), 工業 4.0-生產力, 痞克邦, 取自 <https://benevo.pixnet.net/blog/post/48351000->
49. 經濟部, 全球台商服務網, 取自 <http://twbusiness.nat.gov.tw/countryPage.do?id=361922560&country=DE>
50. 黃佩君(民 106 年 2 月 7 日), 智慧機械辦公室今成立, 自由時報。取自 <http://news.ltn.com.tw/news/business/paper/1076008/print>
51. 邱金蘭(民 106 年 4 月 6 日), 智機方案鎖定航太等產業練兵 爭取全球商機, 經濟日報, 取自 <https://udndata.com/ndapp/udntag/finance/Article?origid=2386784&ptname=%E7%B6%93%E6%BF%9F%E9%83%A8>
52. 新聞傳播處(民 106 年 4 月 6 日), 5 年投入 160 億建構我國 AI 創新生態環境, 行政院, 取自 http://www.ey.gov.tw/News_Content2.aspx?n=F8BAE9491FC830&s=A3F7679A925B6C39
53. 任珮云(民 104 年 05 月 29 日), 《產業分析》工業 4.0 席捲全球, 台廠搶先政府起跑, 中時電子報, 取自 <http://www.chinatimes.com/realtime/news/20150529003536-260410>
54. 佐藤浩實(民 104 年 1 月 19 日), 工業 4.0 不同於豐田生產方式, StockFeel 股感知識庫轉載日經技術, 取自 <https://www.stockfeel.com.tw/%E5%B7%A5%E6%A5%AD4-0%E4%B8%8D%E5%90%8C%E6%96%BC%E8%B1%90%E7%94%B0%E7%94%9F%E7%94%A2%E6%96%B9%E5%BC%8F/>
55. 王明德(民 105 年 7 月 21 日), 工業 4.0 逐漸成型, CTimes 零組件, 取自 <https://udn.com/news/story/6903/1855841>
56. 賀桂芬和黃亦筠(民 104 年), 德國的章魚戰略: 工業 4.0。天下雜誌, 取自 <http://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5063560>
57. 賴宛靖(民 106 年), 智慧機械帶領臺灣產業邁向工業 4.0, 工業技術與資訊, 取自 <https://udn.com/news/story/6905/2393630>
58. 天下雜誌. 為何川普喊出讓「製造業」回流?, 2017/04/22, 【<http://www.cw.com.tw>】
59. Digitimes, 智慧工廠成顯學 全球產業積極追求轉型, 2017/08/28, 【<http://www.digitimes.com.tw>】

60. Wikipidia, Deindustrialization, 【<https://en.wikipedia.org/wiki/Deindustrialization>】
61. 智庫百科 MBA Lib, 實體經濟空心化(Real Economy Hollowing),
【<http://wiki.mbalib.com/wiki/>】
62. Wikipidia, Germany 【<https://en.wikipedia.org/wiki/Germany>】
63. 科技橘報, 臺灣轉不動工業 4.0, 如果企業經營者不丟棄成本思維, 2017/01/23
【<https://buzzorange.com/techorange/2017/01/23/industry-4-0-2/>】
64. 壹讀, 美國「再工業化戰略」始末, 我們該如何應對【<https://read01.com/2gN0xP.html>】
65. 光電新聞網, 德國工業 4.0 的本質、目標及戰略意圖, 2016/04/16
66. 造奇智能產業新媒體, 2011-2016 年工業 4.0 概念及體系演進歷程, 2017/01/04
67. Digitimes, 工業 4.0 開啟工廠運作全進化, 2013,07,01
68. SWS Research, 見證漢諾威 2017, 工業 4.0 加速落地, 2017,05,04
69. 科技新報, 微軟力挺工業物聯網標準 OPC UA, 實現跨廠商的裝置溝通無礙

玖、附件

1.訪談對象：張書睿經理（致茂電子股份有限公司智慧製造系統事業部）

- 時間：2017年5月24日
- 地點：臺灣，新北市
- 訪談者：張碧勳
- 訪談問題及回答：

Q1.甚麼契機使致茂進入智慧工廠領域。

Ans: 我司以量測設備起家，歷經30年的設備經驗，於十年前開始推動製造業的生產設備 TURNKEY SOLUTION(設備+生產製造資訊流)，工業4.0的概念與我方欲推動之無人工廠概念一致，也算是剛好搭上此議題。

Q2.智慧工廠建置的準備工作及挑戰是甚麼。

Ans: 原有的作業模式，生產流程，管理方法慧因為智慧工廠的觀念導入需要作調整。

Q3.智慧工廠除了硬體設施提昇，還可能改變了甚麼(例如：軟體、人力...煩請具體說明)。

Ans: 數據收集的多樣化，軟體的腳色轉變(以前是人與軟體互動,現在是設備與軟體互動)，更少的人力但可擔任的工作更多樣。

Q4.智慧工廠的自動化設施，如機器人的管理，在法規或道德面，未來可能面臨的議題？

Ans: 無人化帶來的問題比如人力精簡與自動化廠商的設備異常所造成的公司損失的法律賠償議題等。

Q5.針對工業4.0國內廠商不足或待改進的地方，以及可借助國外(例如德國)哪方面的經驗。

Ans: 國內廠商由於沒有一個主導單位的指揮，往往是跟著其他國家來推動，無法確定大的方向與目標。

Q6.臺灣政府及政策可跟進或提供協助之處，以及可借助國外(例如德國)哪方面的經驗。

Ans: 臺灣以代工的經濟產業為主，製造業興盛，很適合工業4.0的模式，可參考如荷蘭的花卉養殖產業如何利用工業4.0與自動化達到全球市佔8成的經驗。

2.訪談對象：Michael Fritz（Fraunhofer）

- 時間：2017年7月13日
- 地點：德國，慕尼黑
- 訪談者：呂秀珍、王以利、李威龍、侯文星、張碧勳
- 訪談問題及回答：

Q1. In your previous speech, you mentioned that Fraunhofer Association always follows the Industrie 4.0 policy of German Government. What is the most important policy in your experience and what policy makes the company and industry favored?

Ans: Sorry, if I was not clear on that: Fraunhofer doesn't follow the policy but rather is a technical advisor to the German Government in many technological fields. The Plattform Industrie 4.0 is just one example. My personal take regarding the most important policy is: Support companies by reducing taxes for innovations (either developing or implementing) – this will boost the acceptance and help bringing innovations (like I4.0) into the wide acceptance.

Q2. About IPRs, could you please give us some advice to the after-coming-companies about the strategy of patent application and what can they develop?

Ans: I'm not an IPR expert, can't help here.

Q3. Does it need different domain knowledge for different industries in Industrie 4.0? If it does, how to develop the domain knowledge?

Ans: Correct, each industry sector has different starting points / levels. Process industries like (chemical) have already a much higher level of automation while discrete production (like machine tool) are better in managing different customer order requirements (lot size 1 is here sometimes already reality).

Q4. Should Industrie 4.0 have the different content for different Industry? How to distinguish?

Ans: The "content" of I4.0 is always different not only by industry but even by company – if you mean actual implementation. In the sense of what could be implemented in theory, then I4.0 is the same. That was the idea of our layer model.

Q5. What are the opportunities of Industrie 4.0 and how to leverage them?

Ans: As mentioned above: there is no general answer as each company will have to decide where they will put their focus on in terms of ROI etc.

Q6. What is the most important part in industrie 4.0 transformation for Fraunhofer?

Ans: I had hoped that this was one of the take aways from my presentation: It's about the three elements in our transformation layer: HR Development, Business Models and Change Management.

Q7. Does Fraunhofer have any strategies for Industrie 4.0? How much will it cost per year and how long will it take?

Ans: Not sure I understand this question: We do have a strategy which is to support the German economy to implement I4.0. The second part regarding costs can't be answered: Each company needs to find their own way into I4.0 hence there is no "one number, one time span" answer.