



105年度跨領域科技管理與智財運用國際人才培訓計畫（第3期/共4期）

海外培訓成果發表會

工業 4.0 時代-以價值為導向的變革新思維

Industry 4.0 –Value-oriented Manufacturing Innovation

指導教授：吳豐祥 (Feng-Shang Wu)
組長：吳俊逸 (Marketch International Corp.)
副組長：藍韡婷 (Gemini Open Cloud Computing Inc.)
組員：林冠吟 (BRIM Biotechnology, Inc.)
譚桂仔 (Round Table Printing Co.,Ltd)
蔡若津 (Formosa Television Co., Ltd)

論文撰寫分工說明

章節	作者
壹、緒論	林冠吟
貳、文獻探討與回顧	藍韡婷、譚桂仔、蔡若津
參、訪談與案例分析	全體組員
肆、發現與討論	吳俊逸
伍、結論與建議	吳俊逸

中文摘要

隨著過去 10 年的 IoT 發展，系統的主要成本幾乎都大幅度的下降，工業技術興起下一波翻天覆地的改革，被稱作工業 4.0。

工業 4.0 的技術之一，以軟體模擬產品製造的過程。針對生產線上的機台如何擺放、製造流程各別需要多少時間和原料、需要多少人力等，都可以在廠房建好之前，用軟體模擬得知和改善，等計算出最佳配置之後，再投入生產，大幅減少測試營運的時間。

工業 4.0 需要水平和垂直整合，水平來說，公司應該整合各部門的系統，像是工程 SFC、生產 MES、銷售 ERP 和服務 CRM，記錄產品製造過程和即時動態。垂直而言，企業應該和供應鏈上的供應商及客戶開發出合作平台，方便即時交換生產過程的訊息。當所有訊息都仰賴網路傳輸，資訊安全的威脅性將大幅增加。安全可靠的通訊平台、使用者的身分管理等議題，管理者都不可輕忽。

透過工業 4.0 的導入，「企業偵測到之前賣給客戶的設備已經需要更換零件了，為了避免影響生產線運作，企業主動派人前往現場維修檢測」，這不是企業擁有預知的「超能力」，而是工業 4.0 已經能在生產現場發揮的力量之一。透過感測器回傳的數據，得知設備的特定部位即將毀損，立即派人處理，比過去生產線出事了才去現場檢測，更有效率。工業 4.0 並非一蹴可幾，包括從自動化省力化，走向機台連線跟資料採集、生產資訊可視化階段，再到進一步優化產線，最後再延伸到巨量資料分析，以及延伸服務與業務模式創新。因此，工業 4.0 從早先的效能掛帥的商業最佳化，逐漸改變成優先獲取商業價值的用途，其真正重視的就是商業轉型。工業 4.0：是銷售價值，不是銷售產品。

關鍵字：工業 4.0、智慧工廠、設備預診斷、商業模式

Abstract

Since the industrial revolution in the 19th century, human society has utilized the automation production to increase operating efficiency and to reduce the manufacturing costs. For the last 10 years, the technology development of information-communication technology (ICT) and Internet of Things (IoT) have further revolutionized the industry as the cost of constructing an automation platform is significant lower, the computing capability of machines improved, and the affordable internet bandwidth increased. These development of IT technologies allow a new wave of industry revolution – Industrie 4.0.

Implementation of Industrie 4.0 is an intricate process such that it requires high level orchestration in company business strategies as well as inter-functional collaborations among task holders. It requires Industrie 4.0-compatible automation pipelines, automated manufacturing process, automated monitoring modules, and capable computation technology that allow big data analysis and subsequent manufacturing optimization. In this article, we will provide successful cases in implementing Industrie 4.0. Additionally, we will provide our observations of the German Industrie 4.0 at both government and industry levels. With such observations, we wish to aspire the readers to arrive to the conclusion: Industrie 4.0 has to be a value-driven implementation that aim to provide services with efficient and innovative manufacturing.

Keywords : Industrie 4.0 、 Smart Factory 、 Prognostic Health Management (PHM) 、 Business Model

目錄

目錄	5
圖目錄	7
表目錄	9
壹、緒論	10
1.1 研究背景	12
1.2 研究動機	14
1.3 研究目的	16
1.4 研究方法	19
貳、文獻探討與回顧	21
2.1 國外因應工業 4.0 之政策	22
2.1.1 美國 AMP CPS	24
2.1.2 德國 Industrie 4.0	27
2.1.3 中國製造 2025	30
2.1.4 日本 Industry4.1J	33
2.2 台灣因應工業 4.0 之政策方向—生產力 4.0 與智能製造	38
2.3 工業 4.0 的核心技術	45
2.3.1 物聯網技術 IoT	48
2.3.2 巨量資料 Big Data	55
2.3.3 設備預診斷 PHM	59
2.4 文獻小結	65
參、訪談與案例分析	66
3.1 案例分析 (次級資料)	66
3.1.1 Policy of Germany	66
3.1.2 SAP	70
3.1.3 IBM	72
3.1.4 GE	74
3.1.5 Applied Materials	75
3.2 訪談資料 (一手資料)	77
3.2.1 Policy of Bavarian	77
3.2.2 Fraunhofer	85
3.2.3 Intel	90
3.2.4 Microsoft	94

3.2.5 研華 Advantech	97
3.2.6 鼎新電腦	99
3.2.7 ITRI 巨資中心	102
3.2.8 NEC.....	103
3.3 小結	106
肆、發現與討論	107
發現 1: 工業 4.0 在巨量資料的深度運用，從資料蒐集開始	108
發現 2: 強化預測 Prediction 與優化 Optimization 的能力	109
發現 3: 通訊技術不可或缺，但大一統標準規範路遙迢	110
發現 4: 開發軟體服務平台	111
發現 5: 誰能成為資料整合公司	112
發現 6: 相關人才不足與人才須具備的技能與資質	113
發現 7: 工業 4.0 是取代製造而非工作	116
伍、結論與建議	119
5.1 對廠商的建議	119
5.2 對政府的建議	121

圖目錄

圖 1-1：工業 1.0~4.0	10
圖 1-2：國際趨勢與挑戰、政府規劃	12
圖 1-3：生產力 4.0 與人均產值	13
圖 1-4：世界各國製造業政策	14
圖 1-5：PHM 設備預診斷技術	15
圖 2-1：美國 AMP 政策	25
圖 2-2：工廠 4.0 示意圖	27
圖 2-3：中國製造 2025	31
圖 2-4：生產力 4.0	38
圖 2-5：製造業生產力 4.0 推動架構	41
圖 2-6：聯網服務製造系統（system of system，SoS）	42
圖 2-7：我國生產力 4.0 技術缺口	43
圖 2-8：生產力 4.0 之各技術架構	47
圖 2-9：IoT 三層架構	50
圖 2-10：物聯網技術標準	52
圖 2-11：巨量資料 Big data 架構	57
圖 2-12：技術與服務的生命週期	61
圖 2-13：PHM 等於 DDP	65

圖 3-1 : High-tech Stratrgy 2020 Action Plan and Fuding Projects	67
圖 3-2 : Bitkom Industrie 4.0	69
圖 3-3 : It' s OWL 的科技研究內涵	70
圖 3-4 :SAP Predictive Maintenance and Service Solution	70
圖 3-5 : SAPHANA 雲端平台	71
圖 3-6 : 大洛杉磯地區的地圖信息與管路信息	72
圖 3-7 :Predictive Asset Optimization for Heavy Equipment	73
圖 3-8 : GE 引擎優化服務	75
圖 3-9 :AMAT' s Predictive Maintenance	76
圖 3-10 : 1995~2013 年巴伐利亞邦之科技政策規劃	78
圖 3-11 : 巴伐利亞數位中心相關的活動	82
圖 3-12 : AMELI 4.0	89
圖 3-13 : 微軟 Azure IoT Suite	94
圖 3-14 : 研華 IoT 雲端	99
圖 3-15 : 鼎新互聯中台	100
圖 3-16 : 鼎新電腦交期、庫存、效率三大領域改善面向	101
圖 4-1 : 資料可視化手法	115
圖 4-2 : 美國職場潛在被取代工作	118

表目錄

表 1-1：2013~2018 年全球半導體製造設備支出預估值	12
表 1-2：G8 成員製造業 GDP 與就業人數比	14
表 1-3：PHM 與傳統式計畫維修之比較	18
表 1-4：本研究參訪之德國機構	19
表 2-1：德國工業 4.0 與美國 CPS 的發展路徑對比	22
表 2-2：生產力 4.0 各階段定義	39
表 2-3：2020 年國際物聯網技術研發重點	53
表 2-4：巨量資料市場應用	56
表 2-5：製程自動化維護成本調查	60
表 3-1：Applied E3 模組	76
表 3-2：「數位巴伐利亞策略」工業 4.0 的相關研發中心	83
表 3-3：「巴伐利亞數位中心-新教授校際合作主題」之大學相關研究	84
表 3-4：NEC 與競爭廠商圖像辨識技術比較	105

壹、緒論

「工業4.0」(Industrie 4.0) 被德國政府和工業界定義為製造業的未來遠景，為新一代的工業革命；在世界文明的發展進程裡，18世紀引入機械製造設備是工業1.0時代，20世紀初的電氣化與自動化是2.0時代，20世紀70年代開始的資訊化是3.0時代，而現在我們正進入所謂「工業4.0」時代，即實體物理世界和虛擬網路世界融合的時代。

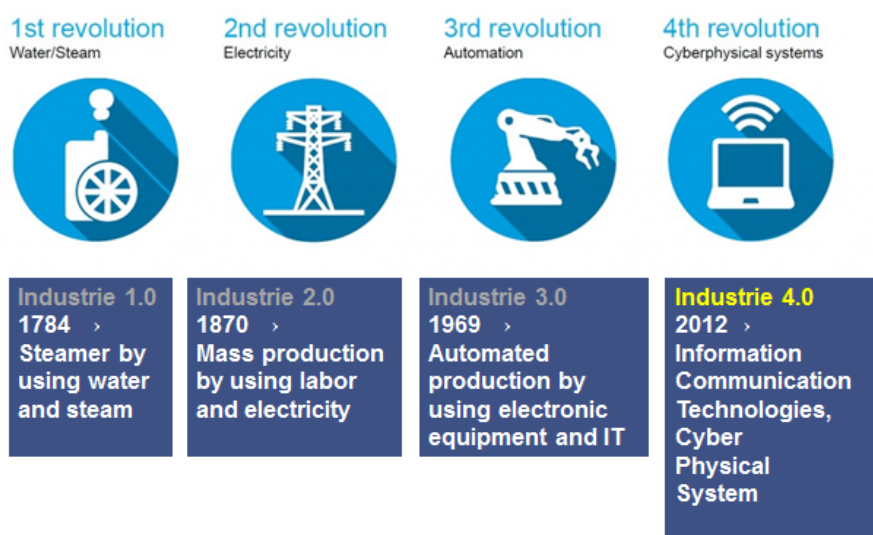


圖 1-1：工業革命的進程：工業 1.0～工業 4.0

資料來源：

http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf

然而，當我們談到工業轉型帶來的變革時，往往容易看到其代表性的技術特徵，而忽視促使其轉型的驅動力。如果說前三次工業革命分別從機械化、規模化、標準化和自動化等方向提高生產力，工業4.0與前面三次最大的區別在於：不再

以製造端的生產力需求為起點，而是將用戶端價值作為整個產業鏈的出發點，提供客製化的產品和服務，並以此作為整個產業鏈的共同目標。

在現代的製造流程中，仍無可避免地存在著許多無法被定量、無法被決策者掌握的不確定因素，這些不確定因素既存在於製造過程中，也存在於製造過程之外的使用過程中。前三次工業革命主要解決了許多在現代科技和文明中已相對易見的問題，例如避免產品缺陷、避免加工失效、提升設備效率和可靠性、避免設備故障和提升設備安全等。

上述問題在工業生產中由於已為可見、可測量的，因此往往比較容易避免和解決；然而，過去未見的問題例如在設備的性能下降、健康衰退、零組件磨損、運行風險升高等各方面，因為難以透過測量被定量化，往往成為工業生產中不可控的風險；因此，工業4.0的關注點和競爭點，是對這些過去未見之因素的避免和透明化。¹

以半導體產業為例，設備投資一向佔整體投資相當高的比重，根據國際研究暨顧問機構Gartner的評估，如下表1-1，2017年全球半導體資本支出總金額預計達696億美元，較2016年的672億美元增加3.6%，其中設備支出預計成長7%-20%不等。由此可見，在未來的製造流程中，若能事先評估生產設備之健康狀態，預知故障可能的徵兆與訊息，預防設備突然異常造成產品報廢、原料消耗、成本增加等問題，即可加快故障診斷與維修速度，降低零件存或與替換成本，減少現場24小時值班之設備工務等人員的負荷，並降低設備維運成本，有效提升設備運轉時間與產出稼動率，大幅度提高產業的競爭力。

工業4.0的其中一個特點，為將「製造過程」和「製造價值」向「使用過程」的延續，產業價值鏈不僅僅關注一個產品的製造過程，亦關心如何去使用好這個產品與製造該產品之設備，實現產品與設備的價值最大化。

¹ <http://www.cheers.com.tw/article/article.action?id=5077148&page=1>

表 1-1：2013~2018 年全球半導體製造設備支出預估值(單位：百萬美元)

資料來源：Gartner，2014 年 10 月²

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
半導體資本支出	57,840.27	64,459.27	70,142.89	67,245.25	69,636.55	74,258.82
成長率	-1.5%	11.4%	8.8%	-4.1%	3.6%	6.6%
資本設備	33,452.00	39,157.26	43,601.17	40,420.48	44,218.22	47,400.08
成長率	-11.6%	17.1%	11.3%	-7.3%	9.4%	7.2%
晶圓設備	27,278.07	32,074.60	35,500.57	33,507.82	36,126.71	38,393.06
成長率	-8.0%	17.6%	10.7%	-5.6%	7.8%	6.3%
晶圓級製造設備	28,758.10	33,793.29	37,558.82	35,606.12	38,663.41	41,418.46
成長率	-8.5%	17.5%	11.1%	-5.2%	8.6%	7.1%
晶圓級封裝設備	1,480.02	1,718.69	2,058.26	2,098.30	2,536.70	3,025.40
成長率	-17.8%	16.1%	19.8%	1.9%	20.9%	19.3%
晶粒級封裝設備	2,868.68	3,232.37	3,631.03	2,846.72	3,231.03	3,476.59
成長率	-25.8%	12.7%	12.3%	-21.6%	13.5%	7.6%
自動化測試設備	1,825.22	2,131.60	2,411.32	1,967.64	2,323.78	2,505.04
成長率	-27.6%	16.8%	13.1%	-18.4%	18.1%	7.8%

(註：晶圓級製造設備=晶圓設備+晶圓級封裝設備；資本設備=晶圓設備+晶圓/粒級封裝設備+自動化測試設備)

1.1 研究背景

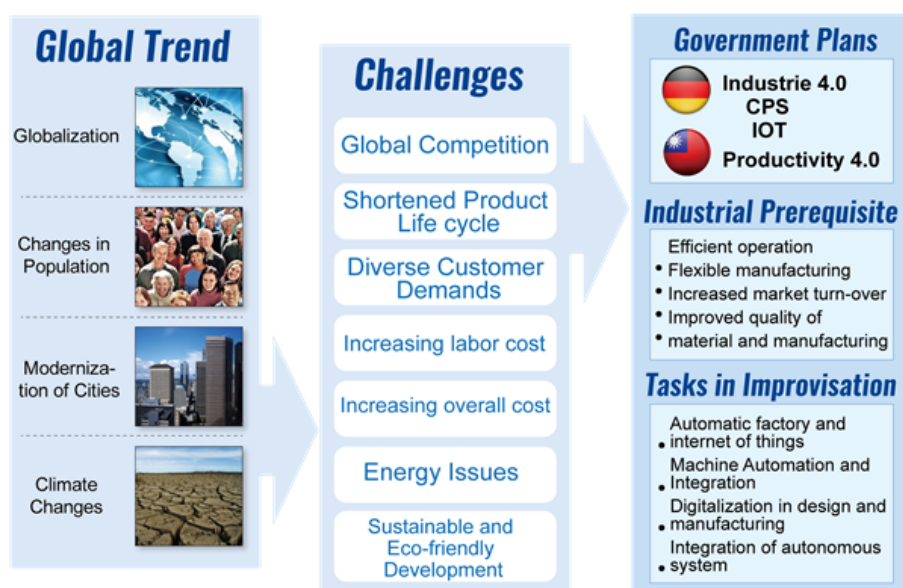


圖 1-2：國際趨勢與挑戰、政府規劃

² http://archive.eettaiwan.com/www.eettaiwan.com/ART_8800705660_480202_NT_284126f2.HTM

早在民國70年代，台灣即開始推動產業自動化，一路從資本密集產業階段的「生產力1.0」、技術密集產業階段的「生產力2.0」、創新密集產業階段的「生產力3.0」演進，使台灣製造業從早期人工生產，逐步邁向生產自動化(程式化)、產業自動化(整線化)、產業電子化(電子化)，同時期的人均產值，也從118萬元、188萬元、284萬元推進至2011年的497萬元，但此後人均產值反倒趨於滑落，顯見下一個亟需升級的時間點已至，於是政府提出了訴諸智慧密集產業階段的「生產力4.0」，期盼在2024年，將人均產值衝高至1,000萬新高水位，如下圖1-3所示。

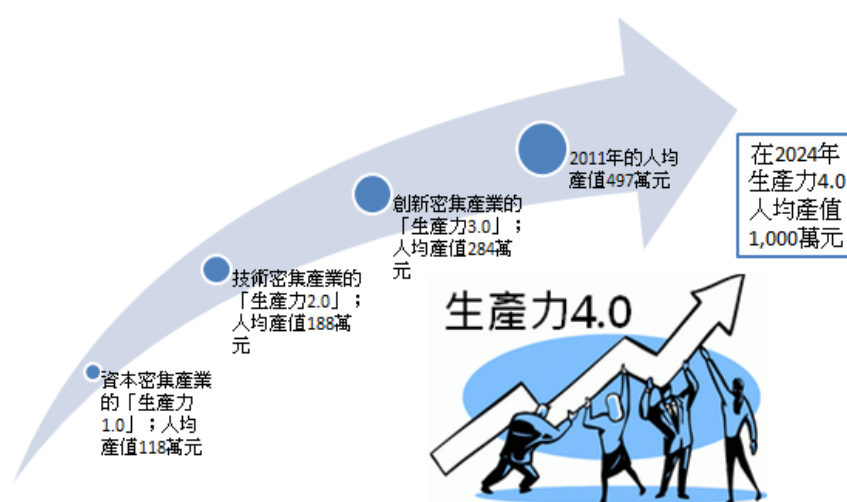


圖1-3：生產力4.0與人均產值

翻開台灣人口統計資料，2014年15~60歲工作人口數量達到最高峰，但自今年起，就業人口每年會減少18至20萬人，若持續下去，2020年時台灣就業市場的人力缺口將高達186萬人，突顯了台灣人力供需市場「又老又缺工」，也敲響了台灣製造業和服務業的警鐘。近期全球已開發國家，皆受到人口老化與少子化影響，就業勞動人力下滑造成生產力危機。預估日本製造業2020年之就業人口，相較於90年代將減半；德國2025年的就業人口，相較2011年也將下滑650萬人。

為因應勞動人口下滑，與全球製造業版圖重新洗牌，**各國積極推動數位製造、智慧製造等相關政策**，以鞏固國家生產競爭力。下列表1-2及圖1-4敘述G8成員國的製造業佔GDP與就業人口比重，以及2011年後各大工業國所提出的工業

改革計畫。

五國佈局爭霸 台灣方向不明						
國家	美國	德國	中國	日本	英國	台灣
政策	先進製造	工業4.0	無	無	無	生產力4.0
大聯盟	工業物聯網聯盟 (IIC)	工業4.0平台	無	企業各自努力	2050工廠/ 先進製造研究中心	A-I-M航太業工具 機產業技術大聯盟
目標	加快工業生產物聯 網軟體開發和標準 制度權、製造業回 歸	以德國機器設備製 造業為主體，前後 延伸至整個價值鏈 的虛實整合	製造大國變強國	生產自動化、機器 人、控制器、感測 器	合作研發數位工 廠、自動化、人機協 同等先進製造技 術，讓英國重回製造	鎖定電子資訊、運 輸、機械、食品、 紡織、物流與零 售、農業等7行業

研究整理：賈社芬、李樹仁

圖1-4：世界各國製造業政策

資料來源：天下雜誌，601期（2016.7.6），頁82。

表1-2：G8成員製造業GDP與就業人數比

八大工業國 (G8)成員	製造業佔 GDP比重	製造業人數佔 就業人數比	製造業政策
美國	11.5%	9%	• 先進製造業一系列政策
德國	25%	19.80%	• 2020 高科技策略
日本	19%	16.70%	• 產業結構願景-新增長策略 • 日本再生策略、新成長策略
中國	38.3%	10.5	• 工業轉型升級規劃 • 十二五國家策略性新興產業發展規劃
韓國	30.3%	12.70%	• 新IT策略/Smart Korea • 全球專門企業育成方案

1.2 研究動機

目前第四次工業革命打破製造界與服務業之間的界線，將服務納入了製造之

中，而「服務經濟」的開頭為設備端，在生產現場因『計畫趕不上變化』的設備故障造成排程混亂及交期延宕之情況屢見不鮮，所以強化生產設備的穩定性及效能可視為提昇製造服務業之競爭力基礎的第一步。

在以價值為導向的變革新思維，本研究首先針對2011年國際標準組織ISMI (International SEMATECH Manufacturing Initiative)於日本SEMATECH研討會中所提出的PHM (Prognostics & Health Management)設備預診斷與健康管理系統作為工業4.0的變革標的之一；此類系統透過即時數據取得與分析，藉由數據研究設備失能之趨勢與其先期指標，來反映系統健康及預估零組件壽命週期。製造業中，從工程設計、改進、工程變更、外包生產、零件庫存到生產設備零件管理，皆需仰賴 PHM系統進行巨量資料分析、診斷與預測、增加零件與設備使用壽命，最重要是對停機、當機、生產上的意外的預測與管理。

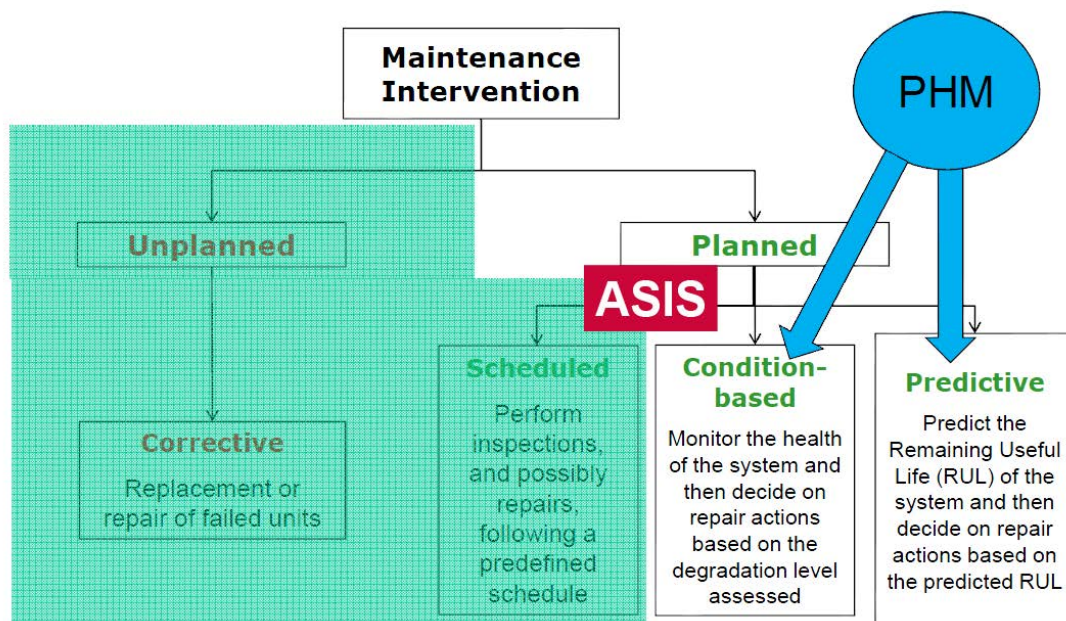


圖1-5：PHM設備預診斷技術之演進

資料來源：http://www.lgi.ecp.fr/~li/materials/lecture_USTB.pdf

從設備維護的演進來看，如上圖1-5所示，最早是從非計畫性的維修開始—遇到機器設備故障才維修，至今日大多的企業或產品仍採用定期維護的方式，依照

以往的經驗與數據提供定期維修的建議；然而目前有部分的工廠已開始導入條件式維修—根據即時的數據採集，透過歷史數據的統計，提供上下限的維護條件，當即時的數據達到上下限，就進行維護，改善了定期維護的不確定問題。自從PHM的觀念提出之後，人們對預測性的維護開始有了評估的方式，透過更大量的數據採集與特徵分析，搭配資料建模與即時數據判斷，以預測下次維護的時間，並在已知及可控制的的狀況下規劃機台未來需要維修的項目與時間點，讓製造的過程更為穩定，讓售出的產品更為安全。

透過ABI Research指出，設備維護的價值將在2019年達到\$24.7 Billion的市場規模，而其驅動的因素就在於預診斷技術(PHM)與物聯網(IoT)。³在2014年，ABI Research分析針對維護資料所帶來的市場規模已達到\$9.1 billion，且複合成長率(CAGR)達到22%，這些可歸因為資料探勘、機器學習的發展與M2M的技術成熟度更高，而倡導預測性維護(Predictive Maintenance)的企業包括GE、Bosch、SAP、SIEMENS與IBM等企業，將傳統的製造業提升到製造服務業的境界。

現階段全球製造業已逐漸將設備預診斷與健康管理(PHM)視為投資發展的重點，台灣製造業者若要維持競爭力、在未來的市場中佔有一席之地，於生產模式上勢必得要跟進改革。這樣的產業進化發展方向帶來了即時監控機制、巨量資料平台、資料分析技術、雲端儲存計算、設備預診斷與建康管理系統及企業軟硬體整合服務等需求，提供了本研究之形成動機與發掘潛在市場的機會。

1.3 研究目的

在工業4.0階段，隨著各種大型複雜系統性能的不斷提高以及複雜性的不斷增加，設備的可靠性、故障診斷和預測以及維修保障等問題越來越受到重視。從工業3.0發展到工業4.0，設備的維修方式經歷了三個階段的轉變，包含即時性維修診斷(Detection)、預防性維修(Diagnosis)和預診斷維修(Prognostic)。由於預診

³ <https://www.abiresearch.com/press/maintenance-analytics-to-generate-247-billion-in-2/>







斷維修具有後勤保障、規模相對小、經濟可承受性好，高效率以及可避免重大災難性事故等顯著優勢而具有很好的前景。

預診斷維修要求系統自身具有對其故障進行預測並對其健康狀態進行管理的能力，利用盡可能少的感測器採集系統的各種資料資訊，借助各種智慧推理演算法（如類神經網路、模糊邏輯、專家系統等）來評估系統自身的健康狀態，在系統故障發生前對其故障進行預測，並結合各種可利用的資源資訊提供一系列的維修保障措施以實現系統的視情維修，因此預診斷維修系統允許“經濟可承受性”變為可能，障預測與健康管理（Prognostic Health Management, PHM）成為以價值為導向的工業4.0的重要一環。。

以PHM技術為核心的維修可以根據對設備當前狀態的偵測與將來狀態的預測來安排維修活動。因此，對設備當前狀態的描述，以及對下一時段狀態和故障的預測是實現預診斷維修的根本，由此減少維修費用、把災難性故障的風險降到最小，使設備發揮最大的執行效能，並且減少備件的庫存量，設備工程師僅在需要的時候才進行維修工作，從本質上消除昂貴的週期性維修工作，儘可能地減少設備故障的發生。從這個角度來看，以PHM技術為核心的預診斷維修對於Next N-Run Failure和Remaining Useful Life，提高產品良率有十分重要的意義。PHM系統可依靠其強大的狀態監控和故障預測能力，事先做出維修決策，減少維修次數，縮短維修時間，提高裝備的維修保障效率和裝備完好率。同時，通過減少備件、保障設備以及維修人力等保障資源需求，可降低維修保障費用，提高經濟效益，PHM與傳統式計畫維修之比較敘述如下表1-3。

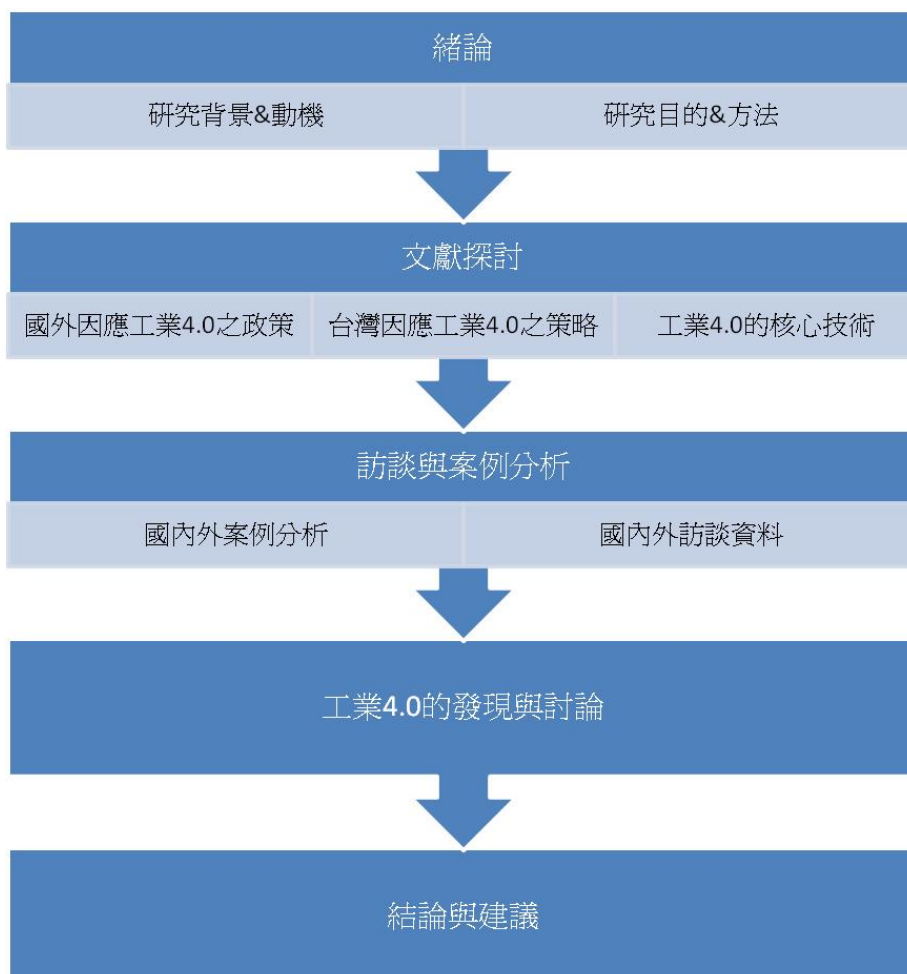
表1-3：PHM與傳統式計畫維修之比較

資料來源：本研究自行彙整

	ASIS: Conventional Maintenance Plan	TOBE : Maintenance plan on the theme of PHM
Time to maintain	Post events or Regular Plan	According to status of system 
Downtime	Uncertain and Longer	Foreseeable and Shorter 
Scope of maintenance/ repair	Might be large scale Unexpected wait for parts	Smaller scale Better plan for part replacement 
Automation/intellectualization	Limit detection Not autonomous	Analysis of Runtime system raw data Realtime maintenance decisions Autonomous possible 
Economic benefit	Low upfront cost Partial implement possible 	High upfront cost Possibility in decreasing operation cost
Other	Higher risk in systemic failure	Minimized risks in systemic failure 

工業物聯網(IOT)為工業4.0另外一個重要的變革，在工業物聯網的帶動下，廠商必須自行建立或依循一套共通平台，並確切了解自身智慧化的需求為何；而智慧化的內容則是著重於機器與機器(machine to machine, M2M)、人與機器之間智慧互通，以及機器設備的自我調整與自主反應，讓廠商能夠有效降低成本、節能、提升生產力及產值，台灣廠商才能在競爭環伺的市場中脫穎而出。智慧工廠期望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操作，而是做為分析、管理及決策的角色；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。

<p>Microsoft</p>	
<p>Bavarian</p>	



貳、文獻探討與回顧

近來工業4.0（德國Industrie 4.0）和生產力4.0（台灣 Productivity 4.0，但2016.07之後，工業局已將生產力4.0政策變更為智慧機械政策）在國內企業界形成不能或缺的話題。無論是工業4.0或是生產力4.0，都屬於提昇企業競爭力的產業政策，將經營思維導向從使用端價值需求作為出發，提供大量客製化、快速反應的產品與服務，進而打造人物境合一的永續經營企業體質，這是兩者共同的理念。

然而，當我們深入探究德國發展工業4.0的背後動機，發現德國意圖透過理念領先的前瞻性佈局，藉由其工業軟體在全球的領導地位，整合製造業技術優勢，以智慧製造訂下製造產業發展的國際標準，重新拿回全球的領導權。相較於德國，台灣製造業一直以來是引導經濟成長的引擎，其經濟帶動效益不容忽視，是一個國家經濟發展的根，製造業在我國不可能消失，正因如此，如何讓我國製造業發展走向更多的可能性和具更大的競爭力，是行政院提出我國生產力4.0發展方案的核心任務所在。

企業在發展過程中，生產力本來時時刻刻都要提昇，每一次生產力的提昇，就是企業經營體質的升級。生產力4.0在追求時時刻刻生產效能的最佳化，和工業4.0講求用資訊科技來使生產效益最大化，具有相同的目標，惟在達標的手法上，德國工業4.0更強調智慧工廠的建造。有鑒於國內製造業形態，我們認為我國製造業廠商不應陷入對4.0技術的過度追求，應該重新盤點企業的生產力現狀，檢視自身的每一分資源投入，是否產出相對應的價值。故此，我國提出的生產力4.0，是以提供能源效率佳的生產力為基礎理念，精實管理為方法，並善用新時代智慧技術來完善4.0之發展進程。生產力4.0與工業4.0並非對立理念，而是應該利用德國工業4.0為借鏡，從台灣產業長期競爭力的視角，理解生產力4.0推動的必要性。生產力是可以衡量的，現階段企業應了解自身的位置，同時瞭解要走到生產力4.0，每階段該做哪些事，轉型應以商業模式為核心，「在適合的時候」

配合市場需求與環境變化來提供與過去不同的價值，對每個企業而言，想要長期保持競爭力，升級能力和轉型能力都必須與時俱進⁴。

2.1 國外因應工業 4.0 之政策

比較德國工業4.0與美國虛實整合（CPS: Cyber-Physical System）策略計畫⁵，兩者都涉及了兩個方面的變革，一個是製造模式的變革，另一個是設備和產品的智慧化。這兩者的體現形式分別是智慧製造與智慧服務這兩大主導方向但又各有側重，涉及工業資產完整壽命週期供應鏈、服務鍊、產業鏈的各個環節，每個工業企業都能找到自己適合的位置。

表 2-1：德國工業 4.0 與美國 CPS 的發展路徑對比

資料來源：李傑（2016），**工業大數據**，頁 61。台北：天下文化。

	德國	美國
目的	發揮其傳統的設備設計與製造國家優勢，進一步提升產品市場適應力與配套服務能力	發揮其傳統資訊產業的國家優勢，進一步提升面向終端使用者體系性服務能力
方向	注重智慧製造	注重智慧服務
對象	製造業設備	系統工程、工業物聯網
關注點	涉及供應鏈的裝設產品製造、銷售、售後服務能力提升，即是智慧化生產製造能力	涉及全產業鏈與生態鏈的技術、產品、服務完整體系應用能力提升，即智慧化體系服務能力及顧客價值創造

⁴ <http://www.chinatimes.com/newspapers/20160617000103-260202>

⁵ 資料來源：李傑（2016），**工業大數據**，台北：天下文化。

手段	以 CPPS 和物聯網技術為核心，重點在設備的自動化和生產流程管理等方面	以 CPS 和物聯網技術為核心，重點在以智慧設備、巨量資料分析和物聯網為基礎的智慧化服務等
目標	實現面向產品製造流程和供應鏈的一站式服務	實現面向使用者服務鏈與價值化的一站式創新服務
典型企業	西門子、世博、SAP 等專注工業自動化、製造設備研發、公司資產管理的工業公司	奇異、IBM、思科、SMLC 等專注整合設備服務供應、系統性服務解決方案的工業公司或組織
借鏡意義	整合縱向智慧化與橫向的服務，透過全產業鏈的資訊同盟實現價值鏈的協同優化，創造一個高彈性、高透明度、和高整合度的智慧生產系統	工業應用的工業巨量資料分析與社群網路的傳統巨量資料分析相結合，實現從設備、系統、集群到社區智慧化的有效整合，為用戶提供全產業完整壽命週期的服務

不難看出，雖然從定義與路徑上德國與美國各有所側重，但二者都根據自身優勢去定義智慧化的思想和體系，根據自己的技術特點去制定技術發展路徑，並根據自身的策略需求去規劃實施方案。

美國總統歐巴馬在第二個任期內提出美國製造業回歸的口號，這與10年前美國政府提出的「去工業化」形成了鮮明的對比，這背後的主要原因是以下兩點。

第一、10年前美國判斷其製造業已經不會有太大的發展，與當時的新興經濟體中國大陸相比，其製造業缺少支撐和競爭優勢，而虛擬經濟和科技領域的優勢更加明顯，且相比於製造業而言更加有利可圖。然而世界金融危機之後美國面臨

巨大的挑戰，德國依靠其實體經濟和製造業的優勢反而在金融危機中表現強勁，於是美國意識到其經濟「空心化」所帶來的嚴重問題，於是希望透過製造業的回歸去調整其經濟結構，同時解決國內就業問題等困境。

第二、10年前美國去工業化時主要考慮的是其勞動力成本，可是現在的人力成本更加高昂，怎麼實現製造業回歸？然而美國在過去的20年裡並非僅僅熱衷於虛擬經濟，其國防和航太工業累積了大量的科技能量，這些科技能量開始向民用領域轉移，於是美國就利用其在科技方面的優勢提出了《先進製造夥伴計畫》(AMP)，透過物聯網技術和機器人技術，大量代替人力，透過新的製造手段重新建立製造業的優勢。經分析研究，新的製造手段會比中國大陸目前的勞動密集型成本還要低30%。

在相似的時空背景下，歐盟提出了「新工業革命」的口號，為德國工業4.0的前身，但是遠遠沒有工業4.0那麼體系化和前瞻性，倒像是歐洲工業的大融合。後來德國利用它比較成熟的工業體系，透過以西門子等在工業配套整合方面有優勢的公司為支柱，比較完整地定義了工業4.0的內容和目標。

2.1.1 美國 AMP CPS

美國總統歐巴馬在2011年提出先進製造夥伴聯盟計畫 Advanced Manufacturing Partnership (AMP)，其內容如下圖2-1所示，旨在提升創造能力，使製造業回流美國本土、進而帶來就業機會並進一步確保美國先進製造領導地位。美國商務部透過其智庫—國家標準與技術研究院 (NIST) 設立「先進製造國家計畫辦公室 (Advanced Manufacturing National Program Office)」，以促成由產業主導、致力於製造創新與產學合作，並整合政府先進製造計畫，促進聯邦各機構合作與資訊分享。美國AMP委員會共提出了11項跨領域優先的R&D清單，包含了奈米製造、3D列印技術、軟性電子製造、永續製造、工業機器人、生物製造與生物資訊尋等，皆為美國將來先進製造計畫的發展重點。尤其是以3D列印

技術為基礎的「自造者運動」Maker Movement，每個人都能應用數位運算設備進行客製化的小量生產製造，高彈性、高效率、節能、環保的新工業體系，穩固了現在美國製造業對資本的吸引力。

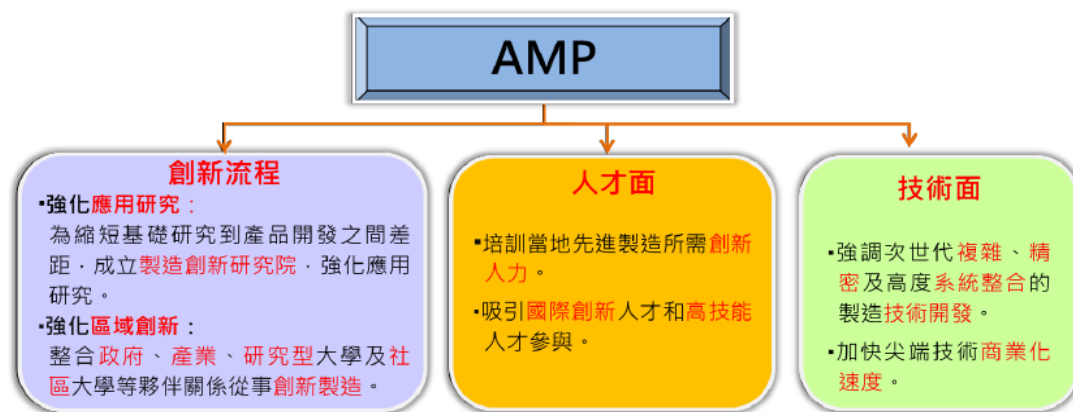


圖 2-1：美國 AMP 政策

資料來源：<http://www.libnet.sh.cn:82/gate/big5/www.istis.sh.cn/list/list.aspx?id=10068>

金融危機後，美國開始意識到「虛擬經濟」脫離實體經濟所帶來的巨大隱患，同時意識到來自以中國大陸為首的新興經濟體工業競爭力的挑戰，開始將發展先進製造業提升為國家策略。美國總統歐巴馬在2010年簽署了《美國製造業促進法案》，提出了運用數位製造和人工智慧等未來科技重構美國的製造業競爭優勢。2013年2月，美國總統執行辦公室國家科技委員會發布了《先進製造業國家策略計畫》的研究報告。該報告從投資、勞動力和創新等方面提出了促進美國先進製造業發展的五大目標及相應的對策措施。這是美國政府在先後發布《重振美國製造業政策框架》、《先進製造夥伴計畫》(AMP)後，從國家策略層面提出的加快創新、促進美國先進製造業發展的具體建議和措施。為了給先進製造計畫提供強有力的技術支援和創新引擎，美國白宮於2012年12月並成立了「CPS技術發展顧問委員會」，推動CPS技術在製造、國防、醫療和公共服務等多個領域的發展與應用，使得CPS技術成為美國國家策略中的核心技術。

2013年11月，美國奇異公司發布了《工業互聯網—突破智慧與機器的邊界》

報告，打響了向全世界推廣工業互聯網模式的第一槍。報告中確定了未來設備製造業智慧服務轉型的路線圖，將「智慧設備」、「智慧系統」和「智慧決策」作為工業互聯網的關鍵要素，並集合最頂尖的軟體工程師在矽谷成立全新的《工業互聯網》研發中心，進行工業互聯網平台的建立、資料分析演算法的研究和應用軟體的開發。為了將工業互聯網這個全新生態圈的價值最大化，奇異與AT&T、思科（Cisco）、IBM、（英特爾）Intel已在波士頓宣布成立工業互聯網聯盟（IIC），以期打破技術壁壘、促進實體世界和數位世界的深度融合。

2014年5月，美國白宮又宣布在芝加哥成立數位化製造與設計創新（DMDI）聯盟，這是歐巴馬政府繼積層製造（3D列印）及創新研究所（NAMII）後提出設立的第三個創新研究聯盟，圍繞核心CPS應用，聚焦先進製造企業、智慧型機器、先進分析、網路實體安全四項核心技術領域，旨在提升數位化設計、製造能力。

除此之外，美國還根據其在系統工程和物聯網方面的競爭優勢，從使用端的智慧服務提出了智慧化轉型的方案，使其應用領域不僅包括製造業，還涵蓋了醫療、國防、運輸、航空、能源、環保、社會服務、緊急危機處理等，目的是為了增強其產品的核心競爭力，為各個產業尋找新的成長動力。因此，CPS不僅僅是在製造系統中的應用，還可以為產品在使用中提供更為廣泛的增值資料服務。

2.1.2 德國 Industrie 4.0

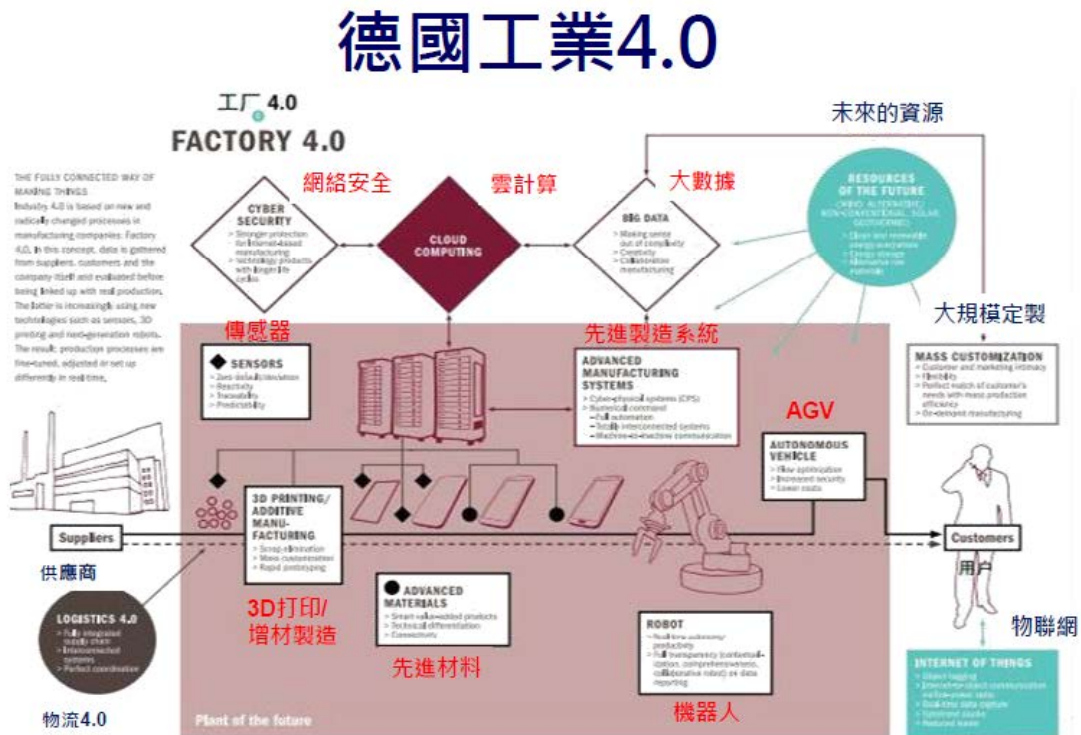


圖2-2：工廠4.0示意圖 資料來源：Roland Berger

德國在2006年8月啟動了”The High-Tech Strategy”政策，這個國家發展政策的目的是為了整合德國當時的政府與工業的資源，開啟德國的新工業發展，這個政策規劃投入每年40億歐元的資金發展德國科技。2012年，德國藉由”The High-Tech Strategy 2020 Action Plan”政策，更進一步落實2006年的政策、投入84億歐元的國家資金，規劃了十個”未來計劃”(Future Projects)，其中，”工業4.0”(Industrie 4.0)為其中一個未來計劃⁶。

2014年9月，德國啟動了下一個科技政策”The New High - Tech Strategy - Innovations for Germany”，條列了六個主要發展的目標：數位化經濟與社會(Digital Economy and Society)、永續經濟與永續能源(Sustainable Economy and

⁶資料來源：德國聯邦外貿與投資署網- Smart Policy

<http://www.gtai.de/GTAI/Navigation/EN/Invest/Industries/Smarter-business/smart-solutions-changing-world,t=the-hightech-strategy,did=575912.html>

Energy)、創新工作環境(Innovative Workplace)、健康生活(Healthy Living)、智慧行動(Intelligent Mobility)、社會安全(Civil Security)，工業4.0似乎隱身不見，然而由德國其他相關的政策與計畫可以觀察到，德國工業4.0政策雖不是政策規劃的核心，卻可以視為德國工業科技發展的實現。德國提出的 ”The High-Tech Strategy”系列政策，實為德國建構與實現未來生活的藍圖，德國意圖利用國家有優勢的產業，發展工業與經濟優勢 (The High-Tech Strategy 2020 Action)，接著利用科技與工業經濟優勢拓展德國的民生經濟 (The New High-Tech Strategy-Innovations for Germany)。

在分析德國工業4.0的發展策略的同時，我們亦整理德國為了實現工業4.0的目標所發展的各项科技政策與政府研究計畫，相關科技政策與計畫如下⁷：

- 德國數位化(Digital Agenda for Germany)

Digital Agenda for Germany為德國在2010年啟動的政策，由德國聯邦經濟暨能源部(BMWi)主導，宗旨為提供實行德國數位化的政策框架，主要有三個目標：(1)探索國家的創新能力、(2)擴充國家的高速網絡，務求提高各個世代對數位媒體的熟悉度、以及(3)提高資訊系統及資訊服務的安全。Digital Agenda可謂德國政府教育人民與新科技工業革命接軌的政策。

- 網路通訊技術發展2020 計畫(ICT 2020-Research for Innovation)

此為德國政府規劃獎勵網路通訊技術之相關發展的研究資金計畫，由德國聯邦教育與研究部主導規劃。此計畫獎勵相關科技的發展：(1)嵌入式系統(Embedded System)、(2)(simulation, information logistics and software development for high performance computing)、(3)人-機互動 (human/machine interaction)。此外，這個研究計畫也希望這些透過補助的技術除了各自發展

⁷ 資料來源：德國聯邦外貿與投資署網站- Industrie 4.0 (缺網址)

也會有橫向的連結與輔助，最有趣的是，此計畫的補助要件另外還包含了必須是以商業發展為導向，鼓勵產學合作。

- 工業4.0的系統自主化 (Autonomik fur Industrie 4.0)

AUTONOMIK 為”為中小企業設計的可自主的模擬系統”的縮寫 (AUTONOMIK: autonomous, simulation-based systems for small and medium-sized enterprise)，這是一個由德國聯邦經濟暨能源部(BMWi)主導的研究發展計畫，目的在於實踐德國高科技政策”High-Tech Strategy 2020”內所訂立的目標。優先發展的領域包含提高機械或機器人系統在執行任務時的自主性，從依賴網路通訊為基礎的控制系統升級至有自主性的動作元件與系統。在這個計畫下，有12個發展的先驅計畫：(1) AGILITA 敏捷的產品物流及運輸設備、(2)AutASS生產設備監控細孔的模擬系統、(3) AutoBauLog 建築工地後勤的自主化控制、(4) DyCoNet航空運輸業的搬運輸送系統的能源效率化及自主化、(5)LUPO自主製造系統元件的自我診斷、(6) 汽車工業製程的透明化及管理的優化、(7)RoboGasInspector利用電腦系統模擬、設計與評估工廠內人與機械的配置，並使用自主性機器人利用遠紅外線偵測工廠的氣體外洩、(8)RoRaRob 利用機器人構置的系統協助管線及建築架構的焊接任務、(9) SaLsA 室外自主性的後勤運輸工具、(10) simKMU 為中小企業發展非專有的、可整合的、並且可利用網路模擬的服務系統、(11) smartOR 利用網路通訊設備建構與整合手術室相關的機器與醫療器材、(12) viEMA 建置以網路連結、巨量資料為基礎的自主組裝生產線。

- 智慧數據科技(Smart Data Technology Program)

由德國聯邦經濟暨能源部(BMWi)主導，承接德國數位化(Digital Agenda for Germany)政策，並連結其他的智慧商業相關的技術發展，以開啟由網路服務

為基礎的經濟，務求可進一步落實高科技政策內的經濟目標。

● RES-COM國家研究計畫

由德國聯邦教育研究部主導並由德國人工智慧研究中心 (DFKI: German Research Center for Artificial Intelligence)執行的研究計畫，旨在發展機器對機器的通訊，以發展工業4.0中與虛實整合系統(CPS, Cyber-physical system)及資源整合與節約(Resource Conservation)目標相關的科技⁸。

由以上的政策及與政策連結的各個發展計畫可看出德國想要利用其國家已擁有的科技優勢，發展出可以影響及主導世界工業發展的經濟規模之決心。德國在工業4.0上的政策已在近年帶動歐盟在高科技產業科技的政策規劃，歐盟在科技創新發展計畫”Horizon2020”裡⁹，於2014年啟動了屬於歐盟的資訊網路通訊相關科技的發展計畫”Information and Communication Technologies in Horizon2020”，並且於2016年4月19日啟動了促進歐洲工業數位化的發展政策—數位化單一市場 (Digital Single Market)¹⁰，希望可以打造一個藉由網路通訊科技發展的工業經濟體，可藉由網路普及化與推廣歐盟的商品及服務。

2.1.3 中國製造 2025

中國大陸製造業歷經了幾十年的發展，累積了勞動力、產業群聚、基礎配套設施等優勢，且具有具大的國內市場需求，雖產業規模佔全球製造業20%，但卻

⁸ 資料來源：德國人工智慧研究中心網頁

http://www.res-com-projekt.de/index.php/overview_EN.html

⁹ 資料來源：歐盟 Horizon2020 網頁 <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/>

¹⁰ 資料來源：歐盟”Digital Single Market 網頁 http://ec.europa.eu/priorities/digital-single-market_en

「大而不強」，中國已將『促進傳統產業升級與發展高新技術產業』列為國家進步的重要策略。2015年3月中國國務院總理李克強提出三步走「中國製造2025」概念，如圖2-3。第一步在2025年邁入「製造強國」行列；第二步於2035年達世界製造強國陣營中等水準；第三步到中共建政百年，要進入世界製造強國前列。整體大方向為利用新一代信息技術，發展互聯網重點10大領域，促成大陸製造業的數位化、智慧化轉型。



圖 2-3：中國製造 2025

資料來源：<http://www.storm.mg/article/51258>

<http://finance.takungpao.com.hk/dujia/2015-03/2955801.html>

而香港政府2016年度致力推動「再工業化」，努力呼籲各界協力為香港帶來高增值的工業發展，迎接第四次工業革命全球浪潮，又稱工業4.0。2016年《施政報告》更重點提出明確的新措施推動工業發展，包括協助工業升級轉型為高增值生產等大方向，並提出有意撥款逾46億元和成立基金推動創科產業發展及進行相關科研，故此，香港企業將進入工業4.0已是勢在必行。

簡單而言，工業4.0是指透過整合各項數碼化技術，包括物聯網、雲端、海量數據分析和智能應用，來提高效率 and 生產力、優化產品開發和供應鏈，並改善員工健康和安全的工業革命。

根據McKinsey Global Institute預測，在2025年前，透過物聯網技術優化業務和設備而所產生的年度經濟影響，將會高達1.2兆至3.7兆美元。如何了解和應對第四次工業革命可就是科技界、商界以至整個社會當前最艱鉅的任務。當中，製造業可謂首當其衝。製造業務必要有效率地結合從生產到產品推出市場整個過程中的所有數據，並加以分析，從中窺探客戶喜好、需求，並籌算產品成本等有用資訊。

在工業4.0世代，物聯網技術將讓工廠獲得嶄新的數據源，那就是來自產品本身的數據。一件產品從第一天進入工廠，便開始連接網路，拋送自身數據，成為物聯網之一，變成智能、會提供資訊的工具，可以實時地為工廠提供從未有過的透明度和豐富的資訊。這類產品數據在其生產週期顯得非常有價值，尤其當這些數據與其它數據結合，如服務記錄、庫存位置、商品價格和流量模式等等。

要真正體現工業4.0的優勢，IT必須要跟著轉型，建立一個能夠應對第四次工業革命的數據池(Data Pool)以及管理此數據池的相關技術。數據池為企業提供一個儲存非結構化的海量數據的地方，令數據能簡易地被存取、分析及研究，全

面實現上述工業4.0的優勢。而下一步，企業需把所有數據池整合為一個統一數據湖，能令海量數據和分析工具結合在一起，達到更有效及節省資源的數據處理方法。統一的數據池能提供企業資產追蹤、生產營運和資源，產品和客戶開發等所需要的可視性。而實現工業4.0另一關鍵因素，是要確保IT基礎設施具有足夠的靈活性以應對由工業4.0日新月異的需求。在針對數據池發展其 IT 基礎設施時，企業將面對一個重大的問題，就是對數據增長準確地預測(Prediction)並作好準備¹¹。

2.1.4 日本 Industry4.1J

2015年6月18日，約30家日本企業組織名為『工業價值鍊主導權』(Industrial Value Chain Initiative, IVI) 的聯盟，探討互聯工廠的技術標準。該聯盟目前成員包括：株式會社IHI、NEC、OMRON、川崎重工業、神戶製造所、今野製造所，Canon、豐田汽車、東芝、日本電器、松下、日立製造所、三菱電機、富士通、馬自達、松下、安川電機等日本電子、資訊、機械和汽車行業的主要企業。現任理事長為日本法政大學教授西岡靖之，其致力於製造相關的資訊管理系統標準模型方面的研究。IVI聯盟主要關注工廠與工廠、設備與設備互聯的通信技術和安全技術的標準化。理事長西岡靖之表示，雖然日本企業持續推動自身和業界內企業相連接的網絡化，但未來將朝「跨越業界藩籬，建構含中小企業在內的工廠互聯機制。

針對工業4.0，德國的目標設定在不管大企業或中，小企業，資訊系統都要朝連接物聯網，從接收訂單開始，採購零組件、生產、配送、售後服務等，所有工作流程都要同時進行，消彌機械作業和庫存浪費，追求終極的製造業形態，希冀藉由巨量資料分析，由人工智能發出指示，工廠不僅能針對多品項產品進行少量生產，也能降低損耗，達到與大量生產相同的效率，最大化生產效能。

¹¹ <https://hk.news.yahoo.com/emc-4-0-035959460.html>

儘管日本廠商擅長大量生產，但德國在推動工業4.0的過程中，亦將一部份重心放在大規模客製化(Mass Customization)的新層次。日本IVI聯盟已意識到德國將工業4.0的發展藍圖制定至2020年。2015年春天，德國亦發布自主通信標準、傳感器和控制設備等的德國製的專用設備。

所以，由日本首相安倍晉三擔任議長的「綜合科學技術與創新會議」在新的科學技術基本計畫中，加入了產官學聯合開發相關技術的內容。日本經濟產業省在「2015年版日本製造業白皮書」中，以近四分之一的版面，分析了工業4.0。

主要通過物聯網實現的工業4.0，關鍵在於人工智能和巨量資料技術。這些技術與自動駕駛和機器人技術一樣進步飛快。不僅生產現場發生變化，日本企業過去聚焦在全日本製造，以日本傳統手機為例，未及時調整商業模式，選擇在隔絕，孤立的環境進行最佳化，該技術與產品卻落入對外喪失競爭力的「加拉巴哥化(Galapagosization)」。

日本經濟產業省於2016年4月28日和德國經濟能源省宣布已簽署「物聯網(IoT)/工業4.0合作相關的聯合聲明」。其背景為2015年3月日本和德國首腦會議中，同意促進兩國間製造業的IoT/工業4.0合作，聯合聲明重點包括：日本經濟產業省與德國經濟省間，每年進行IoT/工業4.0合作相關的局長級對話，關心IoT/工業4.0議題的民間團體參與，以及在產業資訊安全，國際標準化，規範改革，中小型企業，人才培育，研究開發等領域進行合作。可能的合作領域細項包括：

I. 產業資訊安全

- ◆兩國企業(包括中小型企業)分享最佳做法
- ◆實施控制系統與安全性相關的聯合演習
- ◆國際規範相關的合作

II. 國際標準化

- ◆共享兩國間的用例(use case)
- ◆標準或架構模式相關的合作

- ◆利用德國推動的架構模型「RAMI4.0」促進國際標準制定

III. 規範改革

- ◆於OECD，G7，G20等多國對話場域的合作
- ◆包括數據的所有權，資料活用或隱私等資訊交換
- ◆IoT相關規範的合作（包括自動駕駛和智能家居）

IV. 中小企業

V. 人材培育

- ◆針對中小企業的IoT相關行動策略或政策的資訊交流
- ◆基於上述資訊的共同專案（互訪或商業媒合，日本與德國在中小型企業支援據點的互訪）

VI. IoT/工業4.0相關研究和開發

- ◆與IoT相關技術研究開發藍圖有關的意見交換
- ◆研究機構間的共同計畫(產業技術總合研究所與德國人工智能研究所已締結的意向書(LoI)，針對未來具體合作的合作進行強化與調整)

VII. 平台

- ◆使機器人革命倡議理事會(ロボット革命イニシアティブ協議会)和德國平台工業4.0間可相互訪問。

汽車及機械等日本的製造業企業目前處於領先地位。一旦進入工業4.0時代，或有些富有創意的中小企業和新興經濟體的新創事業將利用大型企業的工廠在全球開展業務，跨越地區、規模和行業的限制，全球產業勢力，排序與格局可能就此改變。

在日本另一項名為工業4.1J (Industry4.1J)的構想開端始於2014年NTT Communications公司成為VEC (Virtual Engineering Community)的會員，在聽取事業計畫時，構思出工業4.1J。2015年12月2日至4日間，VEC參加在東京所舉行的SCF2015/計測展2015，在VEC展示攤位展示Industry4.1J的實證實驗。

自德國推動工業4.0起，使用網際網路即存在資安網路攻擊的威脅，從重要的基礎建構開始，以一般產業的製造業的生產為目的，持有控制系統的資產持有企業，相當重視資訊安全，也因此對導入工業4.0方案卻步。且作為控制系統安全對策，IEC62443或NIST的Guide to Industry Control System Security，對擁有資產的企業要求，在控制系統網路與網際網路相連的業務用網路間，需設置DMZ (demilitarized zone)。但該DMZ的設置與使用成本，對企業是一個大負擔，形成在市場的價格競爭障礙，擁有資產企業對設置DMZ猶豫。

重要基礎架構或一般產業的控制系統，使用網際網路與雲端接軌，存在三項課題包括：網路攻擊的威脅，大檔案無法即時(real time)傳送，傳統慣用系統無法在短時間內導入安全的通信OPC UA。

日本首相官邸之「日本經濟再生本部」於2016年5月19日召開第27次「產業競爭力會議」，並於該會議上提出「日本再興策略2016(草案)」進行討論。再興策略以實現「第四次工業革命」為主軸，透過活用IoT、巨量資料、人工智慧(AI)、機器人等技術，目標在2020年創造出30兆日圓的市場附加價值。為了推動相關政策，今年夏天將會成立具備統整指揮機能之「第四次工業革命官民會議」，該會議下並設置「人工智慧技術策略會議」、「第四次工業革命 人才育成推動會議(暫定名稱)」，以及「機器人革命實現會議」¹²。

「日本再興策略2016(草案)」，特別對於製造業相關之議題提出討論。再興策略指出，日本相較他國，雖然在網路空間的「虛擬資料(バーチャルデータ)」平台方面發展較晚，然而在健康資料、交通資料、工廠設備運轉等「即時資料(リアルデータ)」領域有潛在的優勢，因此為了讓日本的企業超越目前的框架，將以建構取得「即時資料」之平台為目標。綜整「日本再興策略2016(草案)」具體重要政策方面如述，包括：

(1)日本政府認為，第四次工業革命普及的關鍵，在於根據中小企業的現場需求，

¹² 資料來源：<https://stli.iii.org.tw/ContentPage.aspx?i=7262>

導入IT及機器人等技術，因此將請機器人專家支援，在兩年內將技術導入1萬家以上的企業。

(2)人工智慧的研發係屬第四次工業革命的基礎技術，因此要建構提供AI軟體模組工具，以及推動標準化的完善環境，並於今年內提出研發及產業化的具體施政內容，並留意開發人工智慧的透明性、控制可能性等原則及國際動向。

(3)關於產業活用區塊鏈技術 (Block chain)、整備制度促進資料流通等議題，預計於今年秋天提出對應方針。

(4)於「機器人革命倡議協議會」檢討製造業之商業模式改革、與德國共同提案國際標準化及先進案例。

(5)於2020年以前，運用傳感器蒐集資料，創造50件以上，工廠和總公司間，企業和企業間等超越組織框架的先進案例，並提出國際標準。

(6)進行智慧工廠實證，建構具備AI技術的自動化模組以及智慧的產業保全。此外，為超越既有企業間的框架，將於機器設備進行資料共有及活用的實證，並根據實證結果修正相關制度。

(7)整備促進資料利用的環境，特別著重能夠蒐集、分析的資料平台，形成健全的資料流通市場。因此，為釐清彼此的權利義務關係，今年內個人資料保護委員會將提出相關交易指針。

(8)強化智財紛爭處理系統，將徵詢產業界的意見，於今年提出法制改革的結論。

(9)強化中小企業的智財策略以及必要審查體制，協助其申請及活用專利權，預計明年度開始擴大支援業務，負責機關為獨立行政法人工業所有權資料・研修館 (INPIT)。

2.2 台灣因應工業 4.0 之政策方向—生產力 4.0 與智能製造



圖 2-4：生產力 4.0

資料來源：<https://www.moeaiauto.org.tw/pro40/index.aspx>

2.2.1 生產力 4.0 背景

有鑑於全球各國競相推動製造業產業升級計畫，包含美國「AMP」、德國「工業 4.0」、日本「2013 日本產業重振計畫」、「2015 機器人新策略」、韓國「製造業創新 3.0」、大陸「製造業 2025」等，各國發展趨勢，均以虛實整合（CPS）、資通訊科技（ICT）架構出智慧製造之生產線，以期快速反應市場需求；且因應全球就業人口數呈下降趨勢，推動智慧製造也成為逆轉人口危機為轉機的手段。

台灣同樣面臨就業人口年齡老化、人均產值成長趨緩、競爭力衰退課題；加上國際市場上遭遇開發中國家搶佔量產市場、工業國搶佔中階客製化市場之雙重挑戰。為促進產業升級、維持競爭力，行政院以 2010 年之「智慧型自動化產業發展方案」為基礎，並將商業服務業智慧化、農業科技化發展等一併納入規劃。於 2015 年行政院生產力 4.0 科技發展策略會議，凝聚產官學研的意見與結論共

識，進而研擬「行政院生產力 4.0 發展方案」作為推動生產力 4.0 科技發展計畫之依據。計畫之核心理念是藉由產業科技優勢，打造台灣成為全球生產製造供應鏈的關鍵地位；同時，營造人機協同優質工作環境，以因應未來勞動人口減少的缺口。

2.2.2 定義與目標

「行政院生產力 4.0 發展方案」所述，我國生產力 4.0 乃以結合德國工業 4.0 的虛實整合（CPS）與美國 AMP 的資通訊增值服務之優點。經濟部工業局之定義，2001~2011 年台灣製造業已進入生產力 3.0 階段，產業已進入自動化、電子化。企業管理及製造 e 化，生產資訊由紙本作業進化為電子化及時掌握，達到企業資源電子化及時掌握有效應用。2011~2015 年則為生產力 4.0 前期，2015~2024 年則逐步邁向生產力 4.0，運用物聯網、智慧機器人、巨量資料及精實管理技術，推動智慧製造及智慧服務之聯網服務製造系統(system of systems, SoS)。

生產力中心（CPC）總經理張寶誠認為：工業 4.0 或生產力 4.0 共通處，都屬於提昇企業競爭力的產業政策，都必須將經營思維導向從使用端價值需求作為出發，提供大量客製化、快速反應的產品與服務，這是兩者共同的理念。不同處為，在達標的手法上，工業 4.0 更強調智慧工廠的建造¹³。另表 2-2，按資策會產業情報研究所之定義：

表 2-2：生產力 4.0 各階段定義

資料來源：資策會產業情報研究所(2015.09):啟動生產力 4.0 建構智慧台灣

3.8~4.0	工廠設備及流程需有智慧化表現	工廠智慧化
3.6~3.8	運用不同分析技術及軟體，提前預測設備、製程等問題	數據預測化
3.4~3.6	藉由軟硬體整合來進行製造客製化	模組客制化

¹³ 張寶誠(2016.06.17)：解開 4.0 迷思-生產力 4.0 與工業 4.0 之區辨。工商時報。

3.2~3.4	設備可 Plug & Play(隨插即用)，並導入感測器/ 設備連網	製程彈性化
3.0~3.2	導入自動化設備	設備自動化

「行政院生產力 4.0 發展方案」設定之目標為 20 年計畫，以 2014 年人均產值新台幣 611 萬元為比較基準、具智慧製造之製造業比例為 36.2%；希望 2020 年時人均產值到達新台幣 800 萬元（較 2014 提高 30%）、具智慧製造之製造業比例為 50%；2024 年人均產值達新台幣 1000 萬（較 2014 提高 60%）、具智慧製造之製造業比例達 70%¹⁴。

2.2.3 生產力 4.0 推動架構

「行政院生產力 4.0 發展方案」所述，生產力 4.0 計畫，共分為三級產業，分別為農業 4.0、製造業 4.0、商業服務 4.0 等三個主計畫，而本文之研究則鎖定製造業為探討主題。生產力 4.0 發展方案中，對製造業中又選定電子資訊、金屬模具、機械設備、紡織、食品為五大重點產業。

圖 2-5 顯示出製造業生產力 4.0 以智慧機械、物聯網、巨量資料為核心，透過人、機、網聯結與實體世界互動形成 CPS，輔以精實管理，達到智慧製造及智慧服務之聯網服務製造系統（system of system, SoS），以體現所謂以顧客價值為核心，亦即因應個性化的消費者行為趨勢，推出限量、個性化及客製化的商品，創造出較大量標準化生產更高的產品價值。

¹⁴ 2015 行政院生產力 4.0 科技發展策略會議：生產力 4.0 產業與技術發展策略結論報告。

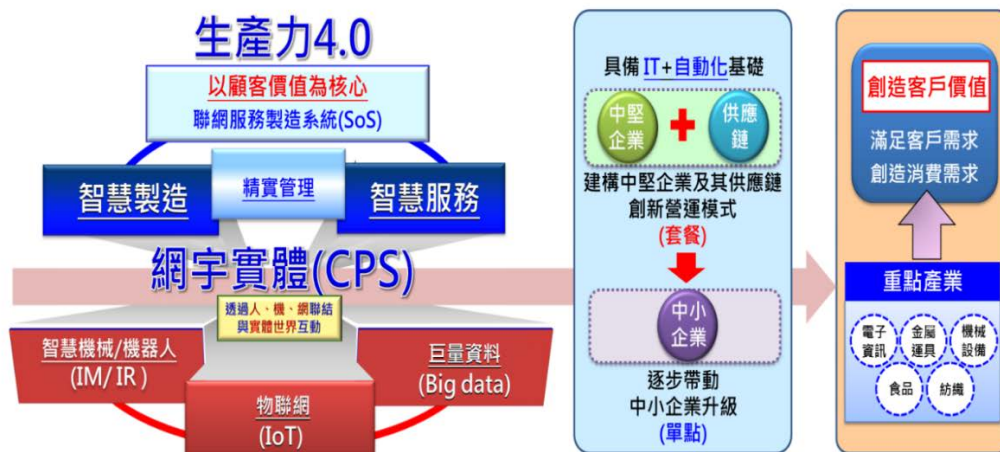


圖 2-5：製造業生產力 4.0 推動架構

資料來源：2015 行政院生產力 4.0 發展方案核定本（2015.09）：頁 57。

聯網服務系統之應用面，如圖 2-6 所示，分為系統管理、智慧機器人、巨量資料三層面：

- 系統管理：生產資訊應用於產品生命週期管理(Product Life Management；PLM)等研發管理系統，可提高企業資訊化程度、加快產品研發效率，並確保設計品質；用於製造執行系統(Manufacturing Execution System；MES)，可收集現場資料及控制現場製造流程，提供改善製程；用於全方位整合自動化(Totally Integrated Automation；TIA)等自動化管理系統，可透過軟硬體相互整合，無縫鏈結自動化系統內的所有設備環節。
- 智慧機械：運用智慧製造之虛實整合系統(CPS)，將相關設備或系統藉由虛擬設計、虛擬製造及虛擬量測之模統，加快產品設計與生產的效率與品質，另結合訊號感測、資料處理、智慧決策與作動控制之達到智動化生產。再透過物聯網將生產資訊數位化，並延伸至機器端形成機聯網。
- 巨量資料：將蒐集自系統管理、智慧機械之感測資訊進行儲存、萃取、分析與決策後，再進行回饋修正，使生產流程達到最佳化效益

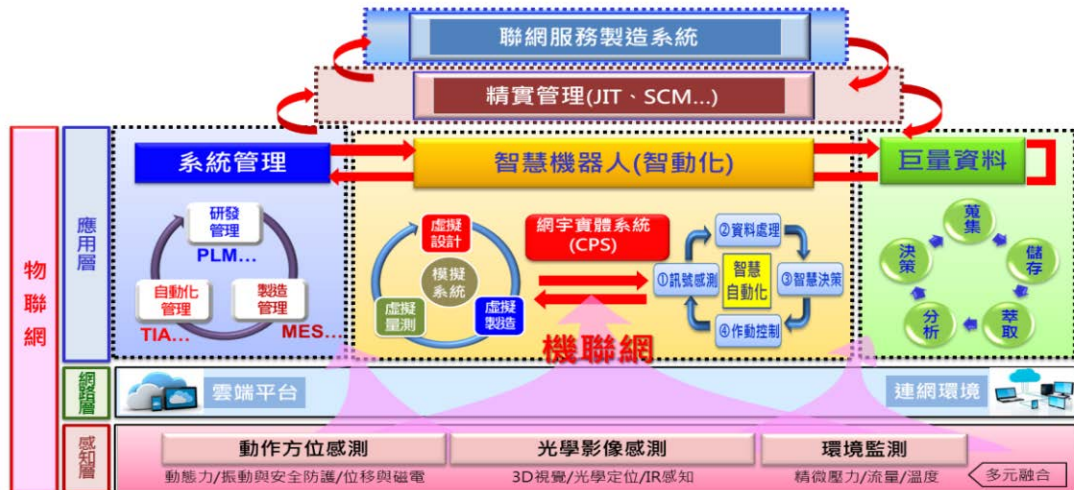


圖 2-6：聯網服務製造系統（system of system，SoS）

資料來源：2015 行政院生產力 4.0 發展方案核定本（2015.09）：頁 59。

最終此聯網系統，可運用智慧工廠串聯設備商、供應商、通路商及終端消費者之聯網服務製造系統，以達成客戶價值為核心之以下目的：

- 供應商：以鏈管理，掌握廠內庫存與生產進度降低成本。
- 通路商：以銷售分析進行市場訂單預測。
- 消費者：以行為分析掌握未來需求。

2.2.4 製造業生產力 4.0 推動方法

依照「生產力 4.0 推動計畫-製造業 4.0 輔導案申請作業要點」，整個推動方法共分為以下五點¹⁵：

- 整合工業局技術服務登錄單位及相關公協會能量，成立「生產力 4.0 專家團」。專家顧問團後續將納入國外產學研單位，以強化聯盟與系統化之策略。
- 成立「跨域服務團」，結合法人/公協會，強化技術研發與產業聯盟化，建立整體解決方案。

¹⁵ 「生產力 4.0 推動計畫-製造業 4.0 輔導案申請作業要點」（2015.12）：經濟部生產力 4.0 推動辦公室。

- 深化生產力 4.0 供需媒合平台:經濟部所轄工業區共 62 處,廠商 1.2 萬家,85% 以上屬中小企業。以區域別來配合工業區屬性於北中南區;以產業別來針對電子資訊、機械設備、金屬運具、紡織及食品等重點產業。與相關公協會合作辦理生產力 4.0 供需媒合活動。
- 建置產業亮點示範案與 Demo Site:選定重點產業之中堅企業及其供應鏈,結合產業領域知識,建置生產力 4.0 創新產業亮點示範案與 Demo Site,透過觀摩推廣,促進複製擴散,逐步帶動企業升級。
- 運用資源加速產業導入生產力 4.0。

2.2.5 邁向生產力 4.0

圖 2-7 顯示台灣業者在邁向生產力 4.0 階段中,可能遇到的技術缺口,並以感知層(Device)、網路層、應用層三大項目,列出技術待突破之瓶頸。例如在感知層上工業用等級的各項感測模組、網路層上連接要實現機聯網所需要的通訊標準、技術,機與機(M2M)的訊息介面標準、物聯網資料分析。

> 生產力4.0技術核心以智慧機器人、物聯網及巨量資料為主,技術縱深涵蓋感知、網路及應用服務					
感知層		網路層		應用服務層	
技術項目	智能感知	基礎網路架構	資料萃取運算 資料互通傳輸	橫向連網 專業分析	縱向整合 決策洞察
	<ul style="list-style-type: none"> 位置、角度、影像、力量、環境、溫度 	<ul style="list-style-type: none"> 固網、行動網路、無線區域網路、近接網路、感測網路 	<ul style="list-style-type: none"> 巨量萃取、運算與分析平台 人機介面與標準 垂直整合及資料互通性 	<ul style="list-style-type: none"> 數位設計模擬製造 人機協同/CPS智能生產線 系統管理共通 	<ul style="list-style-type: none"> ERP、MES及CPS智能生產線縱向整合智慧化工廠 供需產能模型預測 解決方案整合服務
技術待突破瓶頸	<ul style="list-style-type: none"> 工業用等級之視覺/觸覺/力感知等感測模組與驅動控制技術 自主化 微型感測元件智慧化 	<ul style="list-style-type: none"> 開放性標準網通技術 機器型通訊及安全技術 耐延遲及低耗能機器聯網 M2M智慧型農機操作系統(農) 	<ul style="list-style-type: none"> 健全人機智能介面技術,提升人機協同安全與效率 機與機、機與雲的訊息介面標準 智慧聯網共通服務平台/效能管理 物聯網資料分析 	<ul style="list-style-type: none"> CPS智能系統需結合專業分析模型提升準確性及可靠度 機器人智慧整合能力及反應速度 農漁畜智慧化生產整合技術(農) 	<ul style="list-style-type: none"> 智慧化工廠典範移轉 生產系統縱向整合解決方案 供需產能整合與決策系統 結合空間資訊與IoT之整合系統(農) 農業資訊巨量資料解析及應用技術(農)

圖 2-7：我國生產力 4.0 技術缺口

資料來源：2015 行政院生產力 4.0 發展方案核定本 (2015.09) :頁 41。

台灣製造業仍須自我評估自身處於生產力的何種位階，尤其是目前整體生態系統尚未形成。以資料加值分析為例，製造業者欲發展產品異因檢測或機台效能分析等工作時，必須得到機台業者的配合，將機台資訊開放出來才能搜集到資料。資料蒐集機制建立後需與現有系統整合，利用現有系統軟體運用整體資料，方能發揮綜效。資訊蒐集不只來自機台，亦需新增週邊環境感應器，所以可預見整體生態系統的建立需要價值鏈上的廠商共同投資¹⁶。

有鑒於國內製造業形態中小企業居多，目前生產力 4.0 技術缺口，主要根據行政院版的推動計劃，由專家團隊與標竿企業來帶領中小企業。中國生產力中心總經理張寶誠於 2016 則呼籲企業不要陷入對 4.0 技術的過度追求，而應重新盤點企業的生產力現狀，檢視自身的每一分資源投入，是否產出相對應的價值。以精實管理為方法，來完善 4.0 之發展進程¹⁷。

工研院資通所之研究人員亦提出類似觀點，業者需了解自身位於生產力 x.0 的位階，找出技術缺口所在，如業者買進一套先進的全廠解決方案，雖然其設備擁有很高的工業化程度，但若業者本身並無創新與知識，其他競爭者可輕易以資本密集方式取得相同設備，以取代此業者預期由高度工業化程度取得的優勢，這樣的情況即代表此業者生產力尚處於很低的階段¹⁸。

而資策會產業情報研究所(MIC)2015 年 9 月曾針對國內產業做過一項「智慧製造」相關議題調查，其中針對最希望先導入何種系統及設備，前三名依序是巨量資料分析技術、感測器、設備資訊網路傳輸等三項¹⁹，為目前實現智慧製造的核心技術。

¹⁶劉郁琨、陳蘊彥、程瑞曦(2015.11)：邁向工業 4.0 及生產力 4.0-台灣製造業的挑戰與機會。電機月刊，第 25 卷 11 期，頁 74~75。

¹⁷張寶誠(2016.06.17)：解開 4.0 迷思-生產力 4.0 與工業 4.0 之區辯。工商時報。

¹⁸ 劉郁琨、陳蘊彥、程瑞曦(2015.11)：邁向工業 4.0 及生產力 4.0-台灣製造業的挑戰與機會。電機月刊，第 25 卷 11 期，頁 74~75。

¹⁹ 資策會產業情報研究所(2015.09):啟動生產力 4.0 建構智慧台灣。

本研究前文提及工業 4.0 其中一項關鍵為智慧工廠之設備預診斷分析，此類系統涉及感知層、網路層相關技術。綜觀整個設備預診斷分析的架構，於感知層中的硬體層面我們將需要多種實體感測器與可精密控制的工具機甚至是機器人，但在感知層裡亦需要預先進行訊號的處理或定義，以及在系統管理裡設定判斷系統以進行研發模擬、自動化管理。實體感測器的大量數據需仰賴巨量分析的軟體運算技術以進行如人腦般的決策分析，並結合預測分析技術輔助完成。是以，設備預診斷分析除了硬體層面，軟體預測分析技術亦為實現「生產力 4.0」的重要元素。

國家實驗研究院，分析自 2000 年至今從政府研究資訊系統(GRB) 搜尋篩選出與預測分析相關的學研計畫，以了解我國在預測分析上的學研能量²⁰。研究結果顯示近十年國內投入預測分析相關研究之概況，目前以類神經網路、模糊理論為最大宗，而資料探勘、資料庫等研究項目亦逐漸增加，人工智慧方面亦有小幅增加，因此國內在將大量資料進行篩選等的關鍵技術上建立良好的根基，相信這些基礎對於「生產力 4.0」的規劃中，欲達成感測器的智慧化、自動化管理的判斷系統、巨量分析的決策分析的目標，已鋪出一條紮實的道路，而對於未來產業要能進行現場模擬、改良研發甚至是自動決策判斷，更需要於專家系統或決策分析系統等大量投入學研能量，方能達成智慧、自動化的產業升級。

2.3 工業 4.0 的核心技術

工業 4.0 第一階段為 1990 年到 2000 年間，很多公司開始在產品和設備上安裝感測器和傳輸設備，用於對設備進行遠端的狀態監控，可以在問題發生後進行及時回應，協助使用者減少因故障造成的損失。

1987 年，美國通用汽車(General Motors)收購了休斯電器(Hughes Electronics

²⁰ 林品安、王宣智(2016.03.18):我國學研能量分析方法於科技政策規劃之應用-以預測分析為例。國家實驗研究院。<http://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10209>

Corporation)，應用各自領域的專業技術優勢和經驗 1992 年開發出了 OnStar™ 系統（大陸稱為「安吉星」系統）。安吉星最初的功能，主要是遠端監控和危機處理。比如當客戶遺失鑰匙時可以幫助用戶自遠端打開車門，汽車發生問題時進行遠端診斷篩選，汽車在發生碰撞後的緊急救援服務。這是汽車領域第一次利用獲取遠端資料為使用者提供服務。

由此可見，工業 4.0 第一階段的核心技術主要是遠端監控和資料的採集、管理。為客戶提供以產品為核心的附加服務，協助使用者避免產品故障所帶來的損失。

第二個階段是 2001 年到 2010 年，一些企業開始建立巨量資料中心為客戶提供產品使用管理的解決方案。這時候所分析的核心就不再是設備的狀態監控。而是以客戶產品使用為核心的資訊服務。

例如小松機械（Komatsu）在 2005 年推出了康查士（Komtrax™）系統，利用資訊技術對小松的機械進行遠端使用管理，將設備的使用資料和各種設備健康資訊即時回饋給客戶，幫助客戶做好日常保養工作，使設備保持良好的狀態。該系統還可以對使用者的使用情況進行判斷，例如當挖掘機設備在土質鬆軟的海邊工作時，由於設備自身無法固定牢固，常常需要在超負荷的情況下運行，康查士系統可以提醒使用者在該情況下的使用風險，並給出相應的維護建議。小松曾派工程師於 2005 年到 2006 年到美國的 IMS 中心合作開發智慧維護分析工具，對遠距的設備管理提供資訊服務。

各個公司都在思考如何以產品為載體為使用者提供服務。商業模式也因此發生了轉變，因為企業發現賣設備能夠賺到的錢已經很少了，倒不如把設備租給使用者從而賺取服務費用，於是產生了產品的租賃體系和長期服務合約，這類服務的代表是奇異所提出的「Power by the Hour」（時間 x 能力）的獲利模式，企業賣的不再是設備，而是為客戶提供設備的能力。

第三階段就是從 2010 年至今，也就是我們所稱的「工業巨量資料」時代。

各個企業的核心開始從「單點對多點」的資料中心模式，轉變成了以用戶為核心的平台式服務。將用戶與資料中心之間的連接變成了用戶與用戶之間的連接，形成了基於社群的、以使用者為核心的服務生態體系。而用戶需求的核心也不再是以使用為導向，而是以使用過程中的價值為導向。

比如 Uber，公司本身並不直接提供車輛為使用者提供駕乘服務，而是把客戶聯繫一起。這時候就不是租賃的體系了，而是一個商業的社群網路或是服務網路，這樣服務的潛力極大。用戶端隨需服務的觀念 (On-Demand Service)，以及個人化的自我服務模式開始興起，服務和價值的載體開始從產品慢慢轉向平台。然而由於目前巨量資料中心無法滿足使用者高度動態和客製化的服務要求時，於是資料分析平台因應而生，此類平台可以同時滿足資料分析的規模化和使用者功能服務的客製化。

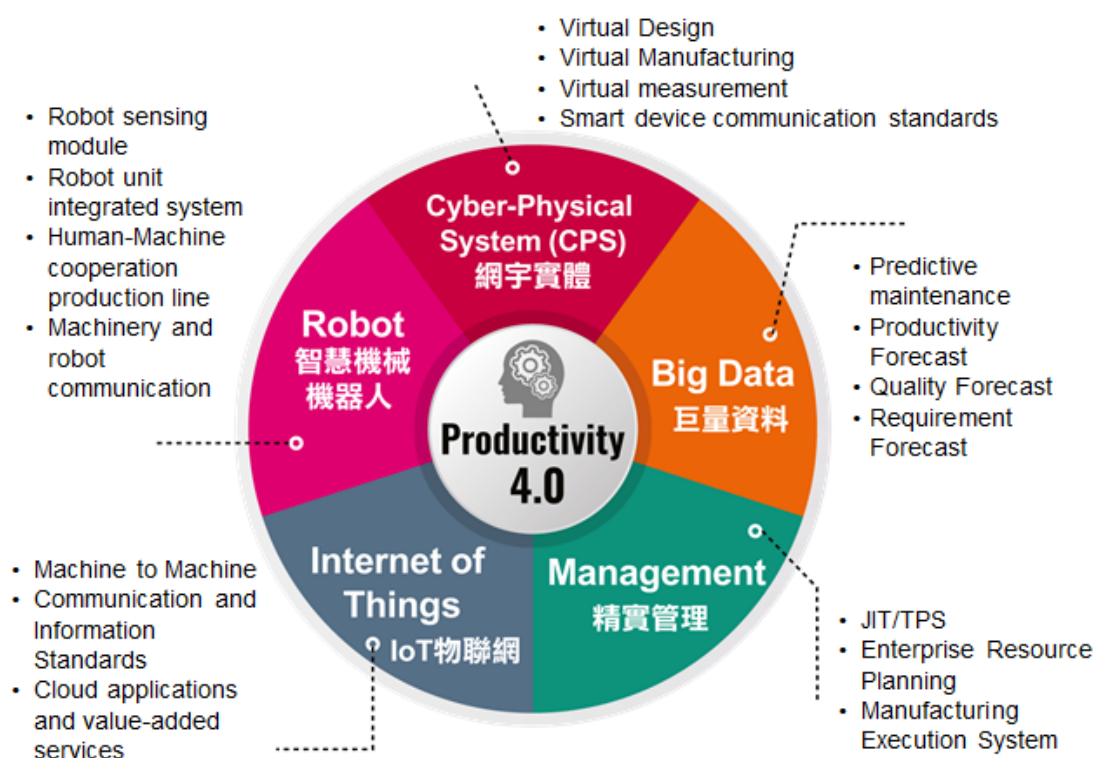


圖 2-8：生產力 4.0 之各技術架構

資料來源：經濟部工業局生產力 4.0 推動小組

2.3.1 物聯網技術 IoT

「物聯網」最早起源於美國微軟公司創辦人比爾蓋茲(Bill Gates)在1995年所著的《未來之路》(The Road Ahead)書中，一段描述智慧化居家生活的想像，像是有關環境溫度可自動調節，冰箱進行預訂服務，咖啡自動沖泡，生活空間充滿便利性等。²¹當時受限於無線網路、硬體及感測裝置的發展，並未引起重視。1998年，美國麻省理工學院提出電子產品代碼(Electronic Product Code, EPC)系統的「物聯網」構想，1999年該校Auto-ID中心主任愛斯頓 (Kevin Ashton, 後來被稱為「物聯網」之父)²²，以無線射頻識別技術 (Radio Frequency Identification, RFID) 為研究基礎，提出感測設備透過無線射頻識別技術，來連結網際網路進行信息傳輸與交換，達成具有智慧化識別管理的物聯網資訊網路構想。國際電信聯盟 (International Telecommunication Union – ITU, 簡稱國際電聯)於2005年正式提出IoT概念²³，指在網路化的時代下，除了人跟人之間可以透過網路相互聯繫、人也可透過網路取得物件的資訊外，物件與物件之間可以互通的網路環境。而在2008年由IBM首席执行官彭明盛首次提出的「智慧地球」²⁴將智能技術應用到生活的各個方面，如智慧的交通、智慧的醫療、智慧的零售業、智慧的食品、智慧的電力、智慧的貨幣、智慧的基礎設施甚至智慧的城市，使地球越來越智能化。自此IoT再次引起各界廣泛的關注。2014年台積電董事長張忠謀在台灣半導體協會 (TSIA) 中就「下一個發展」(big thing)議題發表專題演說，「物聯網 (internet of things)」是個很大的構想，還沒有公司可以真正的管理整個生態系統，但半導體技術在物聯網中屬基本的需求，對半導體業界來說，物聯網將會是下一個重要

²¹ Bill Gates (1995) The Road Ahead

²² Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' Thing, RFID Journal, <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>

²³ ITU Strategy and Policy Unit (2005). ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things, International Telecommunication Union.

²⁴ IBM Smart Planet <http://www.ibm.com/smarterplanet/tw/zh/>

的市場²⁵。

2.3.1.1 物聯網的架構

針對物聯網架構，不同領域的學者們各有不同的見解與觀察。ITU在報告中曾將物聯網的發展分為時間、地點、物件三維度來探討，以達到在任何時間、任何地點、任何物件的相互連接。並提及三者之間的影响關係分為：人與人交流，人與物交流，以及物與物交流。Zhang等學者將物連網架構分成三層（如圖2-9）：感測層、網路層與應用層²⁶，並解釋感測層為資訊被截取與辨識的地方；網路層為提供網路平台讓物件與物件之間的資訊可以有效快速地交換；應用層為提供資訊服務的地方。而對應用而言，目前物聯網常見的三層架構，由底層至上層分別為感知層(Device)、網路層(Connect)與應用層(Manage)。感知層(Device)主要功能為識別、感測與控制末端物體的各種狀態，透過不同的感測裝置將資訊蒐集並傳遞至網路層（例如RFID標籤、GPS、影像處理器、溫度、濕度、紅外線、光度、壓力、音量等各式感測器）。網路層(Connect)則是為了將感測到的資訊內容傳遞至應用層的應用系統，應用層(Manage)則是結合各種資料分析技術，將物聯網與行業間的專業進行技術融合，並根據不同的需求開發出相應的應用軟體。應用層物聯網實例如智慧遠端醫療健康照護、智慧交通、智慧家庭、物流管理應用系統、智慧污染監控，及智慧電網/智慧電表等。可將各種子系統重新整合，來滿足企業不同的業務需求。

²⁵ 中時電子報新聞(2014年03月0032日)

<http://www.chinatimes.com/newspapers/20140328001743-260110>

²⁶ Zhang, H. and Zhu, L. (2011). Internet of Things: Key technology, Architecture and Challenging Problems, Computer Science and Automation Engineering (CSAE), 2011 IEEE International Conference, Volume:4(507-512).

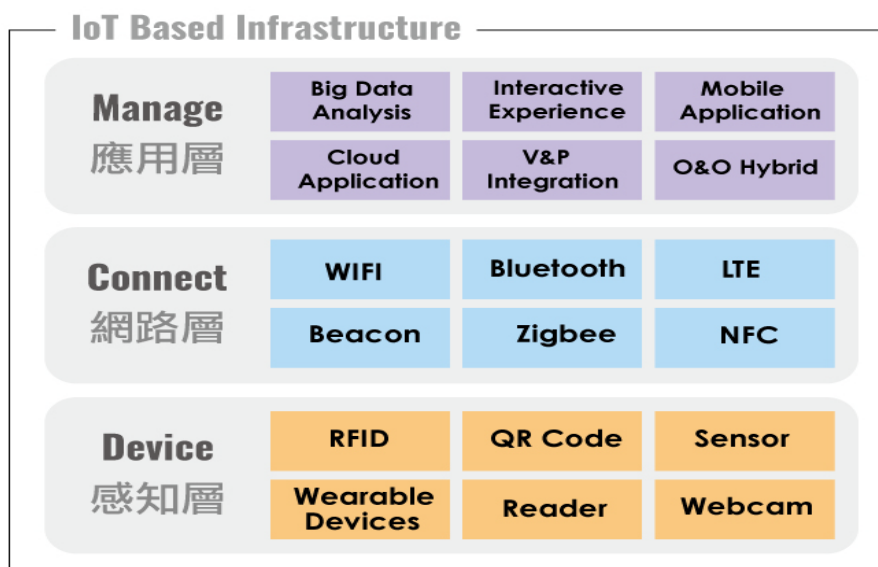


圖 2-9：IoT 三層架構

2.3.1.2 物聯網的技術

物聯網發展技術，大致可分為以下關鍵技術，各技術在物聯網架構的位置如圖2-10所示，其發展的成熟與否扮演著相當重要的角色，可決定物聯網在各產業發展的成敗：

● 無線射頻辨識系統，又稱電子標籤 (Radio-frequency Identification, RFID)

RFID 通常是由感應器(Reader)和標籤(Tag)所組成的系統架構²⁷，運作的原理則是利用感應器裝置發出無線電波，觸動其範圍內的 RFID 標籤，藉由電流促動標籤上的晶片的運作來回應感應器，達成資料傳輸、進行資訊判讀或是辨識的功能目的。無線射頻技術的優點在於低成本、低耗能、壽命長，故目前日常生活的相關應用很廣，例如捷運悠遊卡、國道 ETC、金融卡 VISA WAVE、寵物晶片、病人識別、電子病歷、通行證……等。在物聯網的時代 RFID 技術也能在不同的領域下應用，像是運用於農、林、魚、牧等產品履歷紀錄，或是運

²⁷朱耀明&林財世 (2005) 科技教育月刊，三十八卷 第二期。

http://www.smartcard.tw/fhome/RFID_2.pdf

用在物流、供應鏈管理上將有助於降低物流成本、提升倉儲管理效率等。

●無線感測網路(Wireless Sensor Network, WSN)

WSN 的發展，最早是美國加州柏克萊大學(UC Berkeley)的一項研究計劃，研究人員利用 MEMS 技術，開發出一種體積與普通阿斯匹靈藥片大小相似的感測器，稱為智慧灰塵(smart dust)，並由美國國防部贊助。²⁸是由一到數個無線資料收集器(Wireless Data Collector)以及為數眾多的感測(Sensor)所構成的網路系統，可以提供週遭環境各種不同變化的數據，讓遠端的人員透過這些數據判斷環境發生的狀況。而元件之間的通訊方式則是採用無線通訊的方式，簡單來說是一種可以測得週遭環境變化狀況的無線技術²⁹。在應用範圍上像是水資源管理，透過偵測、蒐集水質資料，台灣各產業的應用逐漸增多，包括台電將其應用在電壓的監測；例如故宮博物院將其應用在展櫃內溫濕度、光線的控制等。未來在物聯網的時代透過不同類型感知器的搭配，可拓展出各種不同類型的應用，其後端資料傳輸的無線技術是未來發展的關鍵。

●嵌入式技術(Embedded Intelligence)

嵌入式是一種將軟體結合硬體裝置的應用³⁰，舉凡智慧型手機、PDA、遊樂器、數位家電...等各種類型的設備皆可透過嵌入式技術使其具備多樣化的功能，像是接收網路訊息，傳輸與處理資訊的能力，或是附加強大的軟體運算技術使其成為智慧化的裝置。由於物聯網應用領域十分多元，所有的物件都必須要具備接受、傳遞與處理資訊的能力，各領域均有出自於特殊應用需求的專業技術介面規範，因此嵌入式技術的發展能藉此切入物聯網各領域創新的應用。

工研院產業經濟與趨勢研究中心 (IEK: Industrial Economics and Knowledge

²⁸李俊賢."無線感測網路與 ZigBee 協定簡介." 工研院電通所, Mon (2006).

http://ecaaser3.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/WSN/WSN_ZigBee%20intro.pdf

²⁹潘貞君/林致廷/吳文中/郭茂坤，無線感測器網路平台及應用

http://ejournal.stpi.narl.org.tw/NSC_INDEX/Journal/EJ0001/9903/9903-02.pdf

³⁰廖建興，嵌入式系統之新興發展應用趨勢，IECQ 報導年刊。

Center) 認為台灣要發展物聯網，應積極進行物聯網應用服務頻譜規劃、掌握物聯網垂直應用標準規範、建構物聯網雲端服務營運平台、鼓勵產業投入資料分析預測關鍵技術，以及建構具彈性系統架構之雲端資料中心³¹。從下圖 2-10 技術標準範疇可知，物聯網技術高度發展的同時，台灣應鼓勵產業投入巨量資料分析預測關鍵技術，導入資料分析技術，以協助企業挖掘物聯網更多潛在商業價值。

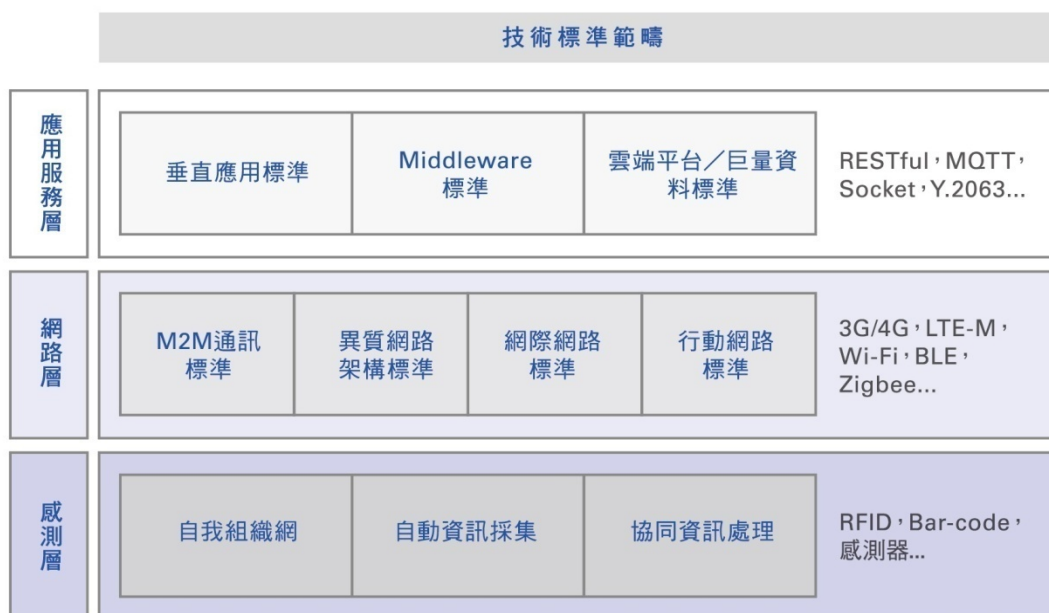


圖 2-10：物聯網技術標準

資料來源：工研院 IEK，2015/05

許多國家早已將發展物聯網技術列為國家級計畫：

- ◆ 日本 2003 年便開始進行無所不在網路 (Ubiquitous Network, UN) 的研究計畫。2010 年則是發佈有關智慧雲的政策，一步一步建構物聯相關所需的環境³²。
- ◆ 美國 2008 年，美國總統歐巴馬提倡物聯網振興經濟戰略。

³¹工研院 IEK (Industrial Economics and Knowledge Center, IEK)

<http://ieknet.iek.org.tw/IEKTopics/2015/3-2.html>

³²杜漸(2009)，國外物聯網發展綜述，上海情報服務平台。

<http://www.libnet.sh.cn:82/gate/big5/www.istis.sh.cn/list/list.aspx?id=6398>。

- ◆ 中國將「感知中國」設定為目標，重點新興產業扶植，到近期對物聯網技術中心的投資，並完整制定物聯網相關科技統一規格。
- ◆ 歐洲智慧系統集成技術平臺（European Technology Platform on Smart Systems Integration -EPoSS）在2008年的《Internet of Things in 2020》報告中分析預測，未來物聯網的發展可依時間區區分四個階段，2010年之前RFID被廣泛應用，2010-2015年物體互聯，2015-2020年物體進入半智慧化，2020年之後物體進入全智慧化。就目前而言，許多物聯網相關技術仍在開發測試階段，離不同系統之間融合、物與物之間的普遍鏈結的遠期目標還存在一定差距，。EPoSS提出的各階段物聯網技術研發、產業化、標準化等工作的重點如下³³。

表 2-3：2020 年國際物聯網技術研發重點

資料來源：EPoSS Internet-of-Things_in_2020

	2010 年之前	2010-2015 年	2015-2020 年	2020 年後
技術願景	連結物件 低功耗、低成本	物與物之間聯網 無所不在的標籤 和感測器網路	半智慧化 物件可執行指令	全智慧化
標準化	RFID 安全及隱私標準 確定無線頻帶 分佈式控制處理協議	針對特定產業的標準 互動式協議和交互頻率 電源和容錯協議	網路交互標準 智慧器件間系統	智慧響應行為標準、健康安全
產業化應	RFID 在物流、	增強互操作性。	分佈式代碼執	人、物、服務網

³³ EPoSS 《Internet of Things in 2020》(2008)

http://www.smart-systems-integration.org/public/documents/publications/Internet-of-Things_in_2020_EC-EPoSS_Workshop_Report_2008_v3.pdf

用	零售、醫藥產業	分佈式控制及分	行	路的融合
	應用	佈式數據庫	全球化應用	產業整合
	建立不同系統	特定融合網路	自適應系統	異質系統間應
	間交互的框架	惡劣環境下應用	分佈式存儲、分	用
	(協議和頻率)。		佈式處理	
	更小、更廉價的	提高資訊容量、	超高速傳輸	更廉價材料
	標籤、感測器、	感知能力	具有執行能力	新物理效應。
	主動系統	拓展標籤、讀取	標籤	可生物降解器
物件	智慧多波段射	設備、高頻	智慧標籤	件
	頻天線	傳輸速度	自主標籤	奈米功率處理
	高頻標籤	片上集成射頻	協同標籤	組件
	小型化、嵌入式	與其他材料整合	新材料	
	讀取終端			

2.3.1.3 物聯網在製造業的應用

物聯網透過各種感測技術，可實現對生產設備的收集資訊功能近而達到遠端監控等目的，確實可幫助製造業提生各種產值和效能。從製造業的供應鏈管理開始，物聯網應用於原料的採購、庫存、銷售等領域，透過完善的供應鏈管理體系，提升供應鏈結效率，可降低成本。物聯網技術也可應用於生產線過程檢測、即時參數採集、生產設備監控、材料消耗監控，進而優化生產流程。而生產過程的智慧監控、智慧控制、智慧診斷、智慧判斷等。而在安全生產管理方面，將物聯網感應裝置嵌入到各種危險設備、油氣管道中，可以感知在危險環境中的工作人員、設備機器、周邊環境等方面的安全狀態資訊，實現即時感知、準確辨識、可有效控制以確保人員安全。

物聯網也可即時採集工廠內的環境監測資訊，如溫度、濕度、風速、水質、

用電量、有害氣體等。將這些資訊匯總到智慧工廠監管平台，將有利於管理人員對工廠環境進行即時的監控，而根據回傳之各項資訊，可自動控制各項機械設備，可成功遠端監控及維護產品及設備。製造業在進行生產作業當中，若有任何生產設備發生故障，都會影響工廠的生產程序和交期，嚴重的會影響企業的獲利。物聯網技術可確實讓生產設備具有連接網路的功能，只要配備相應的軟體模組支援，就可以實現對生產設備的遠端監控及時維護功能。當生產的設備出現問題時，可進行第一時間進行處理。

此外，產品的售後維護，對製造業而言也是相當重要的環節。透過在產品中內建的物聯網連接功能，維修人員可從遠端連接已經銷售出去的產品，並實施定期遠端檢測，並提供必要的維修服務。另外，通過對設備的遠端軟體升級，也可以很容易的修復設備出廠時舊有的問題，使大規模維護和回收的成本降到最低。物聯網的發展，對各種產業的資訊化，都有極大的幫助和收穫，而對製造業而言，是邁向生產力4.0建構智慧工廠不可缺少的關鍵技術，如何藉由物聯網的發展，帶給製造業產業升級、創新轉型的契機，將是提升製造業競爭力的重要關鍵之一。

2.3.2 巨量資料 Big Data

巨量資料分析技術是近年來快速竄升的領域，對企業來說，可以發現諸多非經驗、直覺、或理論所能發現的事實，使得企業的決策品質大幅提升；對政府來說，則可以增加行政效率及精簡成本。目前導入巨量資料分析的臺灣企業仍屬少數，且普遍缺乏資料應用專業，不僅蒐集、應用資料能力薄弱，且無法整合、分析內部與外部資料，未來亟需建立自主的巨量資料應用能力。

根據工研院產業經濟與趨勢研究中心IEK 資料，全球巨量資料分析需求呈現快速成長，預測2020年將達到151億美元，未來巨量資料資料運用將成為發展產業與提升競爭力的重要工具之一。根據Wikibon的預測如表2-3，到了2017年，

全球巨量資料市場規模的前三大分別是專業服務、分析應用、以及運算平臺；而從2013 年到2017年，年均複合增長率（Compound Annual Growth Rate; CAGR）最高的前三名，依次為分析應用、NoSQL，以及專業服務，其成長率分別為46.34%、42.63%，以及29.32%。面對巨量資料浪潮來襲，臺灣的機會應在於發展「應用與服務」，建構臺灣自主巨量資料處理平臺，支援領域應用驗證，並催化巨量資料創新應用。

表2-4：巨量資料市場應用

資料來源：Wikibon

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2013-2017 CAGR
決策	Professional Service	2.80	4.42	6.15	10.10	13.50	16.00	17.20	29.32%
	Apps & Analytics	0.52	0.99	1.69	3.45	5.29	6.65	7.75	46.34%
分析	Cloud	0.36	0.62	1.19	1.82	2.52	3.05	3.65	32.34%
	NoSQL	0.07	0.13	0.29	0.50	0.80	1.00	1.20	42.63%
萃取	SQL	0.62	0.88	1.31	1.75	2.25	2.45	2.70	19.82%
	Infrastructure Software	0.14	0.44	0.83	1.08	1.25	1.60	1.90	23.00%
儲存	Storage	1.10	1.75	3.09	4.20	5.50	6.40	6.95	22.46%
	Networking	0.15	0.23	0.42	0.65	0.85	1.01	1.15	28.64%
蒐集	Compute	1.53	2.29	3.65	4.92	6.40	7.10	7.60	20.12%

資料來源：Wikibon

經由導入巨量資料分析技術，有些時候可以發現諸多非經驗、直覺、或理論所能發現的事實，使得企業的決策品質大幅提升；也有些時候巨量資料技術自動分析出來的技術雖然與人工分析的結果差不多，但是用自動分析可以取代大量人力，完成諸多以人力所無法企及的工作。

由於巨量資料分析是個實用的技術，在先進國家已有愈來愈多企業導入巨量資料分析技術來提升競爭力。然而，巨量資料分析並非機器或設備，無法依使用手冊組裝、啟動、調校就可以開始運作發揮效能。在導入巨量資料分析技術前，企業應先進行數項評估。首先，應先找到合適的應用標的；其次，要看看是否有無足夠的資料可供分析，倘若足夠，仍得檢視待分析的資料，是否以數位型式儲

存，方能決定可否進行巨量資料分析。

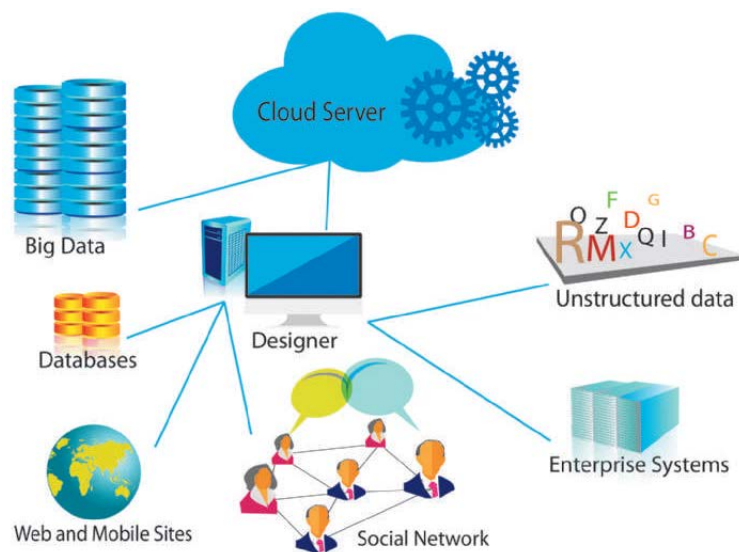


圖2-11：巨量資料Big data架構

資料來源：

<https://www.itri.org.tw/chi/Content/Publications/contents.aspx?&SiteID=1&MmmID=2000&MSid=707267552246742173>

除此之外，企業更得慎重評估，進行巨量資料分析，是否真有價值，是否真有助於進行企業決策，不必為追趕潮流，貿然耗費人力、財力；若決定進行巨量資料分析，還得評估企業內建置巨量資料系統的人才是否齊備。最後，企業更得考量，進行巨量資料分析，是否在法規的容許範圍之內，例如個資法。若有其他困難、障礙，就得先研擬相應的對策。

由於巨量資料是2015年最熱門的技術，突然爆發了大量的人才需求，但是具有相關專長訓練的人才有限，所以人才不足已是推動巨量資料的最大關卡。巨量資料應用開發團隊需有三種人才，缺一不可；包括為數學與統計人才、資訊科技人才、與產業應用人才。例如，某一巨量資料團隊專攻電子商務資料分析，就得延攬了解電子商務產業實務的人才。

數學、統計，與資訊科技人才，除非自己下苦工自修，否則大多得出身相關科系，才能夠勝任；但產業應用人才類似電子產業的產品經理，負責內外溝通、聯繫、協調與整合，任何科系畢業生都有希望獲得錄用，包括非理工科系的畢業生。也就是說，卡位巨量資料經濟商機，人人都有機會。

若論人才數，在巨量資料技術團隊中，資訊科技人才數居首，數學、統計人才數次之；產業應用人才數雖最少，卻扮演關鍵角色。再以電子商務為例，若有廠商延請巨量資料技術團隊進行資料分析，卻無產業應用實務人才參與，則資訊科技人才與數學、統計人才往往無法判別資料重要性高低，難以達成任務。雖說產業應用人才不必一定要具備數學、統計與資訊科技知識，但若能補強相關知識，更能與巨量資料團隊其他成員溝通無礙，也更適合擔任領導者。同樣的，數學、統計人才若自我進修資訊科技與產業應用入門知識；資訊科技人才若自我進修數學、統計與產業應用入門知識，亦較有可能晉升為團隊主管。

相較於美國，目前導入巨量資料分析的臺灣企業仍屬少數。巨量資料分析雖是未來產業核心競爭力，但臺灣企業普遍缺乏資料應用專業，不僅蒐集、應用資料能力薄弱，且不具備整合、分析內部與外部資料的能力。若要尋求國際大廠所提供的巨量資料分析服務，則因索價高昂，占臺灣98%的中小型企业根本無力負擔，導致國際競爭力日漸喪失。所以在需求面上，臺灣亟需建立自主的巨量資料應用能力。

在供給面上，臺灣資訊軟體、資訊顧問業的巨量資料分析與運算平臺，尚處於萌芽階段，專業服務與分析應用產業體質仍頗為薄弱，並以專案建置、系統整合為主要業務，罕有產品、系統可進軍國際市場；由於缺乏巨量資料分析自主品牌軟體與本土人才，目前仍高度倚賴從國外引進軟體，進行加值利用，這點是我們想要改變的地方。工研院推動巨量資料分析，設定了二大目標，即產業智慧化與巨資產業化。產業智慧化就是運用成熟實用的巨量資料技術來提升各行各業的

智慧化程度；而巨資產業化，則是隨著產業智慧化需求的增加，逐步扶植起臺灣自主的巨資技術供應鏈。

2.3.3 設備預診斷 PHM

隨著全球競爭力的提升、市場狀況的多變、公司股東的期望升高，以及來自客戶和法規的嚴格需求，製造業者不得不設法從每一個層面提升生產製程，以求達到最佳的效能：非計畫停工時間必須減少、設備必須依照規格操作，以及效能提升的變化速度必須受到嚴密的控管並快速履行，不能有絲毫延誤。為此，機器及工廠層面的維護實務，以及整體企業所受到的衝擊，就必須進一步檢視：

- 執行管理（Executive Management）方面：客戶滿意度、投資成本報酬率、員工滿意度等
- 工程（Engineering）方面：總持有成本（TCO）、創新技術之整合等
- 採購（Purchasing）方面：取得成本（acquisition costs）、零件交付（parts delivery）及支付條款（payment terms）等
- 生產（Production）方面：交付時程（delivery schedules）、產品品質等
- 維護（Maintenance）方面：人員、製程、設備等

當許多重要的效能指標都在可衡量的情況下，下列兩項目標的提升不僅能使維護方法發揮功效，更能穩定維護預算及整體財務成效：

- 淨資產報酬率（Return on Net Assets）（ $RONA = \frac{\text{工廠收益} - \text{成本}}{\text{淨資產}}$ ）
透過自動化設備的維護提升RONA值，需要從細心維護企業的備品庫存著手。藉由正確管理庫存，才能同時減少自動化設備資產的總數及相關的持有成本（associated carrying costs）。
- 設備整體效率（Overall Equipment Effectiveness）（ $OEE = \text{可用性}(\text{Availability}) \times \text{效率}(\text{Rate}) \times \text{品質}(\text{Quality})$ ）。

所有自動化設備的效能，皆可透過「設備整體效率」（OEE）加以衡量。藉

由維護資產達到最佳效能，即能大幅提升OEE值。而OEE值的提升不僅會轉換為更高的生產力，最終還能促成更多的銷售量。



表2-5：製程自動化維護成本調查

資料來源：ARC Advisory Group（2004），製程自動化維護成本調查報告。

2.3.3.1 正確的維護方法

在針對自動化設備資產決定適用的正確維護方法時，應審慎考量各種因素：

- 資產類型／功能
- 使用率／容量
- 生命週期階段
- 人員需求
- 品質及收益所受衝擊
- 非計畫停工時間的平均成本

若主要採取預測性（predictive）或預防性（preventive）的維護方法，將仍需要用到因應性方法（reactive approach）的部分要件。預測性方法亦將會包含預防性方法的部分要件。

2.3.3.2 控制系統整個生命週期的維護

策略性維護的核心是將正確的設備、人員及製程作最佳的應用，使自動化投資達到最大報酬率。一般在設備的早期階段，大多會將重點放在設備、技術及控

制架構等要件上，而在後期階段則通常更專注於人員、製程及服務等讓設備達到最大的投資報酬率（ROI）：

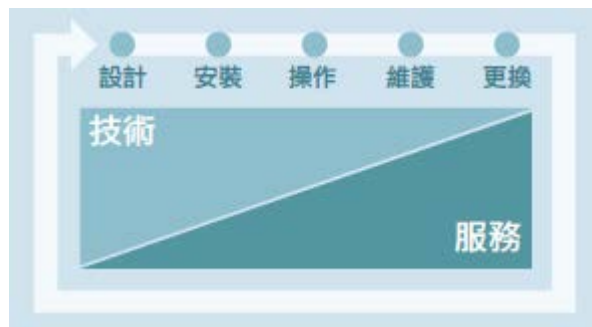


圖2-12：技術與服務的生命週期

資料來源：

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/gmsg10-br001_-zc-p.pdf

2.3.3.3 預防性維護

以時間為導向的方法學，其作法是在預定、週期性的基礎上實行。

- 協助預測及預防潛在問題及延長元件／系統壽命。
- 應根據預定的行程實行，而不論當時設備的狀況為何，例如每3,000哩即更換汽車的機油乙次。
- 平均，此會佔去32%的維護計畫活動。

2.3.3.4 因應性維護

- 僅在發生明顯的問題（運轉出現故障）時，才需維修或更換設備。
- 不論是否已經採用預測性及預防性作業，皆需達到一定程度的維護。
- 確保提供有必要的資源，而可快速地執行變更、故障排除及管制緊急成本。
- 平均，此會佔去40% 的維護計畫活動。

2.3.3.5 預測性維護

- 採用最佳實務資料比較及評估設備在未來某些期間是否發生故障。
- 一般會包含設備狀況及操作的監測在內。
- 允許在重大設備故障發生之前，進行必要的變更。
- 能有助於大幅超時成本並藉由允許事前訂購正確備品支援維護需求，提供最佳的備援備品庫存。
- 平均，此會佔去15% 的維護計畫活動。

機械設備維護(Maintenance)是製造體系運作中的重要工作項目；其目的在排除設備故障與避免設備發生故障，以提高機台設備的可用性與效能。在日常生產過程中，如果沒有對設備進行適當維護而發生不預期的故障，可能因為設備與生產線停止運作而導致在製中的半成品報廢及產品交貨延誤。因此設備維護本身就是一項極大的商機。

一般機械設備的維護策略有三種：

- 反應性維護(Reactive maintenance)：機器設備發生故障後，依據實際狀況找出故障原因，再進行修護。
- 預防性維護(Preventative maintenance)：依據設備製造商的建議時程(頻率)及維護內容來進行設備維護；或是依據既定時程的設備檢視結果來制定設備維護方案。其目的是避免設備在下一次檢視維護前突然發生故障。
- 預測性維護(Predictive maintenance)：透過重要設備性能參數與可能導致故障關鍵因素監控，預測機台未來可能發生故障的時間，並依此擬定對正常生產影響最小的設備保養時程。相較於反應性維護與預防性維護，預測維護能透過更合理的維護成本來確保機台設備可用性，避免出現不預期的故障。

然而實施機械設備預測性維護需要運用大量的資料來建立關鍵參數與設備

性能、壽命間的關聯性模型。過去製造業會透過有經驗的技師與工程師，藉由檢查設備與重要零組件狀態來推斷機械設備磨損程度，以作為後續保養及是否更換零組件的依據。隨著感測器、物聯網、巨量資料分析、機器學習等資訊技術與應用系統發展，業界可以透過這些新技術對更大量的設備運作資料進行自動化分析處理，並產生設備健康狀態評估報告與預測性修維護建議。

2016年的漢諾威工業展特別在一個與自動化相關的展館中，設置預測性維護技術與產品專門展示區。主要展示內容包括預測性維護在工具機、大型馬達帶動的裝置軸系、風力發電系統、液壓系統等高價值機械設備與關鍵元件應用。而其他非專門展示區的參展廠商也展出相當多的預測性維護系統與應用。例如SAP與Kaeser Kompressoren應用於空氣壓縮機運作，微軟與Rolls Royce應用於客機噴射引擎。台灣上銀公司也展出具有預測性維護功能的滾珠螺桿；工業電腦大廠新漢公司則展出可應用於冷凍空調設備與其他機械設備的預測性維護物聯網與雲端平台解決方案。

上述Rolls Royce的引擎服務，在2016年上半年，南美洲某航空公司飛往美國西岸洛杉磯的某班機，在預定抵達目的地4小時前，飛行中突然收到來自勞斯萊斯服務人員的訊息，告知引擎運作數據有異常，降落後應立即檢修。班機落地後，派駐美國西岸的勞斯萊斯維修人員已在機場待命，手中拿著英國總部提供的所有引擎飛行數據，直接找到問題所在，只花了2到3小時就解決問題，沒有延誤飛機下一個航程。這是勞斯萊斯民用航太事業部在16年前創業界之先，所發明的創新服務商業模式：不賣飛機引擎，改賣「飛行時數與維護服務」，讓勞斯萊斯成為工業4.0的最早實踐者之一³⁴。勞斯萊斯的大型客機引擎，全球市佔率第一，達45%。它和第2名、市佔率43%的美國奇異，幾乎獨佔整個市場。勞斯萊斯如何預知飛機引擎有問題？走一趟位在英國中部工業小城德比，就知道答案。德比是勞斯萊斯民用航太事業部雙走道大型客機噴射引擎的最大生產基地，設計製造空

³⁴ 資料來源：<http://ck101.com/thread-3557286-1-1.html>

中巴士A380、A350，以及波音787等大型客機使用的噴射引擎。

在這個有1萬2000名員工，有如一個小鎮的德比廠區，有個不到網球場大小的「監控中心」。勞斯萊斯的引擎健康管理部門，隨時有20幾名工程師，一天24小時、一年365天，在這個小房間裡盯著大大小小螢幕上的數字，監控安裝在全球近100家航空公司客機上的4600具勞斯萊斯引擎。這些引擎，每具都安裝20到30個感測器，隨時收集轉速、溫度、震動、油壓等各種運轉數據，並透過衛星回傳在德比的監控中心，進行即時分析，和幾千筆資料做比對，檢視引擎是否正常運轉。若發現任何數據異常，客服人員就會馬上通知飛行員及航空公司，派遣勞斯萊斯維修人員提早檢修，避免引擎發生無預警故障。

勞斯萊斯服務部門行銷主管杜勒維茲解釋，引擎維護的直接成本，雖然只佔航空公司營運成本的4%，但其實整體營運支出中，有高達65%是直接或間接和引擎有關。引擎沒有照顧好，會產生負面連鎖效應。所以，「航空公司的執行長常告訴我們，他們最不希望發生的事，就是飛機在沒有自己維修廠與維修人員的外地，發生無預警引擎故障，」杜勒維茲說。延誤航班與旅客行程不說，還必須花大錢找當地維修人員，或派工程師大老遠飛過去，費九牛二虎之力將飛機救回總部，造成財務與商譽的雙重損失。「所以，他們希望飛機隨時保持在最佳飛行狀態，」杜勒維茲點出航空公司最重視的關鍵。

90年代晚期，勞斯萊斯率業界之先，將銷售引擎的商業模式，轉變成銷售「附帶引擎的飛行時數和維護服務」。也就是將引擎「出租」給航空公司，並由勞斯萊斯提供引擎整個生命週期的管理維護服務。使用壽命結束，勞斯萊斯就將引擎回收。換句話說，航空公司只是支付「使用」引擎和服務的費用，勞斯萊斯保留引擎所有權，並提供全套服務。

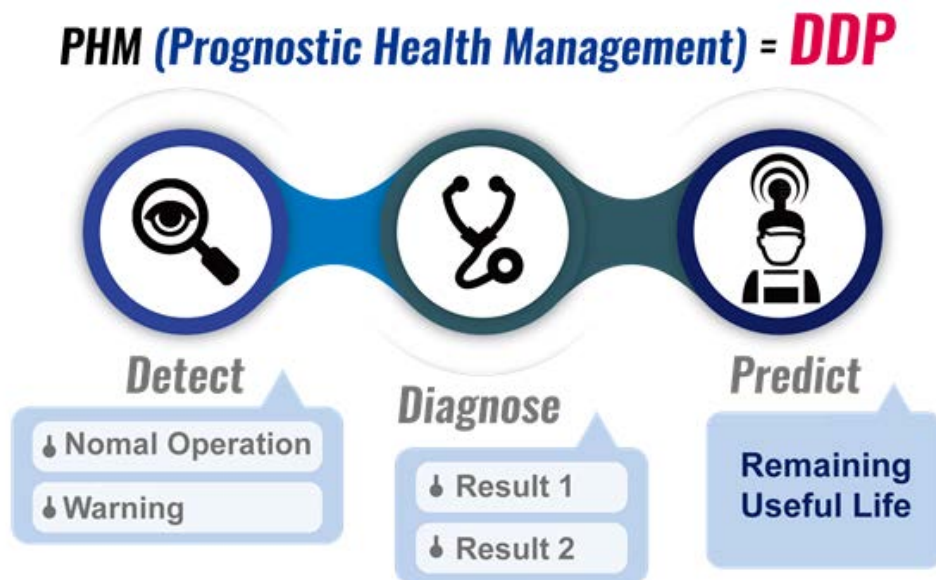


圖2-13：PHM等於DDP

資料來源：http://www.lgi.ecp.fr/~li/materials/lecture_USTB.pdf

2.4 文獻小結

透過上述工業 4.0 的文獻探討，本研究條列以下重點：

- 在感測器和資料採集設備方面彌補技術的缺失和不足。
- 資料的蒐集和管理方面，注重資料品質的管理和資料內容的管理（Content & Context），提升在資料智慧化分析與應用方面的能力，培養一批具備工業資料分析能力的人才。
- 建設可重組的資料平台，對應不同的控制器、感測器和分析需求的多樣性，形成互聯互通的工業資訊網路。
- 透過資料分析去了解生產過程中的未見因素，如品質發生異常的原因等，然後再往回看製程、設備和關鍵零組件的存在問題。
- 透過智慧軟體的開發實現設備的智慧化升級，使設備具備自動察覺和自比較的能力。

- 透過對生產系統的透明化管理，實現近乎於零故障停機和無憂的生產環境。

參、訪談與案例分析

工業4.0的驅動力之一為產品的價值創新，然而產品的價值創新不僅僅可滿足使用者可見的需求為導向作為出發點，當前資料分析技術已可利用使用者的使用資料來創建使用情景，並從情景模擬中發現用戶需求的缺口。故工業4.0時代的市場競爭也會從以往以滿足客戶可見的需求為主轉向主動尋找用戶需求的缺口的方向轉變。以往我們將產品賣給客戶之後就幾乎到達了生產價值鏈的終點，工業4.0時代將價值鏈進一步延升到銷售後的服務，以產品做為服務的載體，並以使用資料作為服務的媒介，在用戶使用過程中仍不斷挖掘用戶需求的缺口，並利用資料採擷所產生的資訊服務為使用者創造價值。

我們將本章區分為3.1案例分析，屬於資料蒐集之次級資料；3.2訪談資料，屬於本團隊拜訪之一手資料，也涵蓋部分資料蒐集；透過上述兩節來了解工業4.0時代-以價值為導向的變革新思維。

3.1 案例分析 (次級資料)

3.1.1 Policy of Germany

2013年，德國機械、電子電機及資通訊三大產業協會成立「工業4.0平臺」，針對工業4.0的技術、標準、商業模式等進行跨產業的交流。工業4.0平台(Plattform Industrie 4.0)是由德國產、官、學、研與勞工團體共同組成，目的在整合全國資源、協調所有利害關係人，共同推動工業4.0的組織。從2013年成立至今，已有超過一百家企業、產業協會、工會、研究機構與政府單位成為會員，是德國最大的全國性工業4.0組織，堪稱推動工業4.0的大腦與司令台。這個平台不僅對德國重要，也已成了企圖發展工業4.0的國家，爭相仿效的對象。德國工業4.0平台秘書長邦廷(Henning Bantien)介紹了平台成立經過、組織架構，以及如何協助

企業實踐工業4.0。他強調，工業4.0不只是科技議題，也不是只和企業有關，也是社會、法律、勞工、教育議題，會影響到每個人和整個國家的方方面面。³⁵

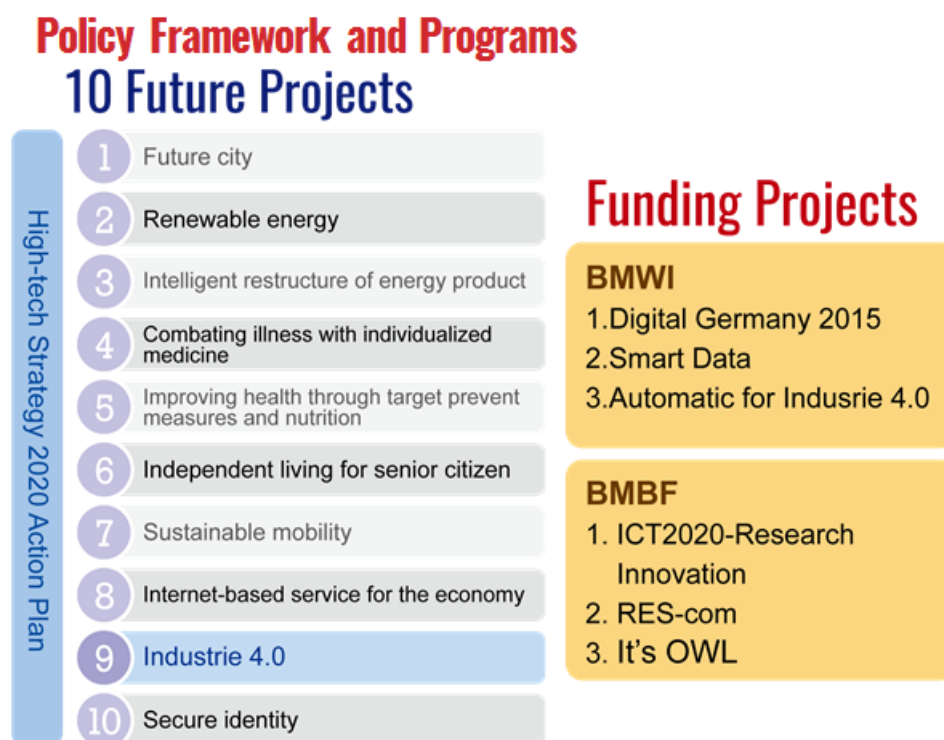


圖3-1：德國High-tech Strategy 2020 Action Plan and Funding Projects

資料來源：本研究自行彙整

工業4.0平台，最早是由德國資通暨新媒體公會（BITKOM）與德國電子電氣工業協會(ZVEI)及德國機械設備製造業聯合會(VDMA)並列德國三大工業協會，決定共同建立「第四次工業革命平台（Plattform Industrie 4.0）」辦事處，主要目標在於，推動工業的發展、提高工業生產標準、開發新的商業模式和運營模式並付諸實踐。平台確定了規範與標準、安全、研究與創新三大主題。

BITKOM是於1999年在柏林由不同的產業聯盟所組成，是德國信息技術、通訊和新媒體業的代言者。BITKOM代表著1700多家企業，其中1100家為直接成員。他們包括幾乎德國所有的全球性企業，還有800多家中小型企業以及許多

³⁵ 資料來源：<http://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5077196>

由建立者經營的創造型企業。BITKOM成員的年營業額共計1350億歐元，每年出口的高科技產品和服務價值達到500億歐元。

BITKOM提供一範圍廣闊的強大網絡，將數碼世界中最好的想法和頂尖企業匯集於此。BITKOM組織持久的專家和企業高管之間的交流，向其成員提供合作以及同關鍵客戶互動的平台。BITKOM的最高優先事務是為創新提供一個富饒的環境。BITKOM政策議程的核心主題有未來IT通信專家的教育和培訓、綠色IT、電子商務、電子健康、經濟政策、版權和專利法、安全與隱私問題、軟件技術、消費電子品、氣候保護，以及可持續發展和通訊與媒體的新法律框架。在數位融合的背景下，BITKOM尋求推動所有ICT相關企業的合作。其網站上有數位銀行、航空、農業、健康服務、多媒體與智能電網等數位化大項目^{36 37}。

其中，做為產學界之間橋樑的是德國國家工程與科學學院（acatech），專責資訊傳遞與技術移轉。在這個平臺下，德國政府亦規劃了協助新時代勞動力適才適所的「發展4.0計畫（Development 4.0）」，以及打造能處理複雜工作的「自主機器人計畫（Autonomic for Industry 4.0）」。

2015年，德國政府正式啟動升級版的工業4.0平臺，由聯邦教育及研究部和聯邦經濟及科技部主導，共同資助1.2億歐元，建立一個產官學界交流資訊、彼此協作的平臺，對中小型企業尤其有幫助。參與此對話平臺的企業不僅包括Bosch、SAP、西門子等德商，甚至還有瑞士-瑞典跨國公司ABB和美商惠普等外國大廠，學界則包括達姆施塔特工業大學（TU Darmstadt）、慕尼黑工業大學（TU München）等一流學府，研究機構包括夫朗和斐應用研究促進協會（Fraunhofer IAO）、德國人工智慧研究中心（DFKI）等，產業協會則有德國電氣和電子製造商協會（ZVEI）、德國資通及新媒體公會（BITKOM）等等。

³⁶ 資料來源：<https://www.bitkom.org/Themen/Branchen/Industrie-40/index.jsp>

³⁷ 資料來源：

http://www.communicasia.german-pavilion.com/content/lang/general_information/contacts.php?contact_id=8454

Top themes



圖3-2：Bitkom Industrie 4.0

資料來源：

<https://www.bitkom.org/Presse/Anhaenge-an-PIs/2016/Bitkom-Präsenkferenz-Industrie-40-21-04-2016-Präsenkferenz-final.pdf>

目前升級版工業4.0平臺參與者已組成新的工作小組，針對工業4.0標準化、技術研發、資訊安全、人才培育、法律框架等五大面向進行討論，並在2015年11月提出首份結果報告。

另外值得一提的，是目前德國工業4.0策略下最大的聯邦政府資助計畫「智慧科技系統群聚計畫(Intelligent Technical Systems OstWestfalenLippe)」，簡稱「It's OWL」。2012年，德國政府將位於北部OstWestfalenLippe地區的高科技產業聚落定位為專門發展智慧科技系統的領先科技聚落，目前已有多達174家企業、大學、研究機構、協會組織加入此聯盟，致力於推行從機械電子到智慧系統的大躍進。it's OWL研究計劃目前有四十七個，2016年底會增加到一百個，主要是研究不同的工業4.0解決方案之間的優劣。It's OWL並提供會員公司測試，由各會員廠商包括西門子、ABB、SAP大公司提供的解決方案，自行測試歸納哪一部份對它們有用、對哪一段流程有什麼用處、好不好用、會員廠商該怎麼改變、怎麼優化它的價值鏈等等。It's OWL根據廠商不同的需求，拆解大公司的解決方案，開發軟體應用程式，將來自不同大公司的模塊串在一起，組成一套套「組合餐」。

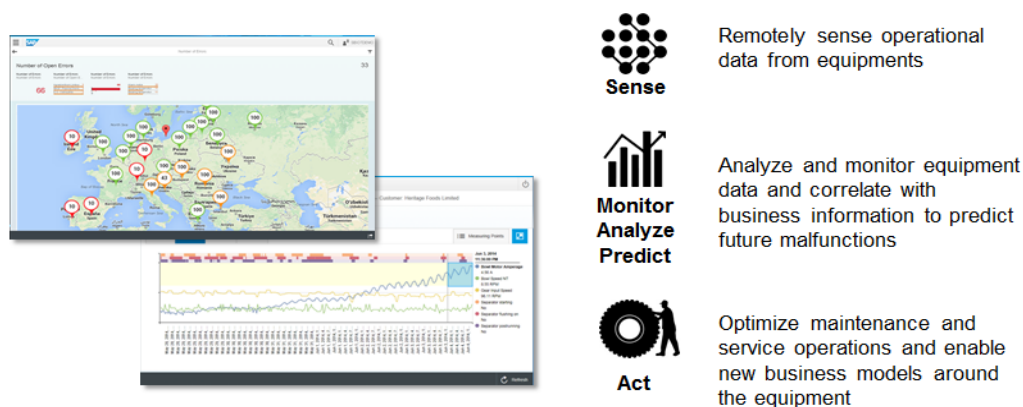
The Technology Concept of It's OWL

The realization of the four properties	Basic Research
Adaptive Autonomy	Self-Optimization
Predictive	Cognition
User-Friendly	Intelligent Human-Machine Interaction
Robust	Intelligent networking

圖 3-3：It's OWL 的科技研究內涵 資料來源：<http://www.its-owl.de/home/>

3.1.2 SAP

在生產製造業部份，SAP於2014年11月11日推出適用於物聯網(IoT)的全新SAP解決方案-「SAP Predictive Maintenance and Service Solution」，這套新的解決方案使用 SAP HANA 平台上的記憶體式運算監控與分析巨量資料，以協助組織完全掌握資產的目前健康狀況，並預測資產的未來健康狀況。該解決方案可遠端感應電腦及設備的行為、預測其故障狀況、最佳化維護和服務流程，並使作業自動化，如下圖3-4所示。



Typical results*

Organizations adopting preventive and predictive maintenance and service approach as compared to organizations practicing reactive maintenance and service

-44% Lower unplanned downtime

-17% Lower annual service and maintenance costs

+28% Higher return on assets

圖 3-4：SAP 預診斷維護及服務模式

資料來源：

<http://scn.sap.com/community/business-trends/blog/2014/11/11/changing-the-game-with-predictive-ma>

intenance-and-service

SAP預測維修服務解決方案在物聯網方面應用範圍十分廣泛，除了目前發展迅速的風力電場設備之外，全球空氣壓縮系統商凱撒空壓機公司(Kaeser Kompresoren)與德國西門子(SIEMENS)皆採用SAP可預測維護服務方案進行資產監控與工廠自動化及資源優化管理，如下圖3-5所示。其中西門子的安貝格(Amberg)智慧工廠之智能製造模式還被複製至成都西門子生產研發基地，被譽為工業4.0模範工廠。相同的故障預診斷技術也被波音公司所採用，用來推動飛機與發動機健康管理解決方案，並優化庫存管理與重要零組件採購。

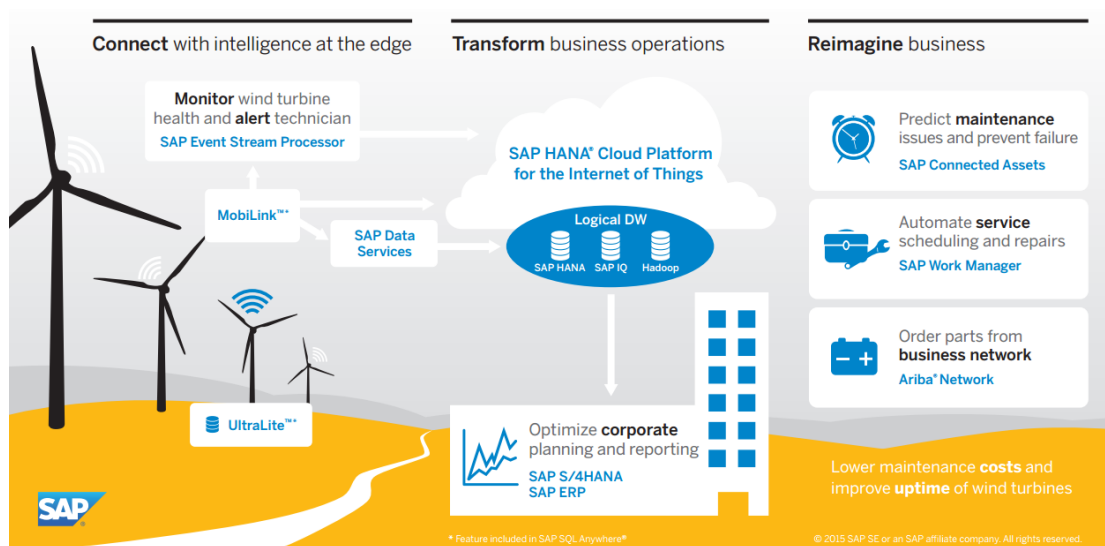


圖 3-5：SAP HANA 雲端平台

資料來源：<http://go.sap.com/docs/download/2015/04/349cf7be-247c-0010-82c7-eda71af511fa.pdf>

SAP同時也推出了SAP Predictive Analytics (SAP PA)解決方案，從SAP Visual Intelligence中繼承了數據獲取和數據操作的功能。該方案集統計分析和數據發掘於一身，可用於生成預測性模型，發現數據中掩藏的洞察力和關係，從而對未來事件進行預測，現行版本功能可用平行坐標、群聚圖和決策樹等不同視覺化技術，對數據進行各種分析。

另外，SAP的解決方案也可以支持地理數據，還可以把企業的經營情況與支持物聯網的傳感器的信息等三者整合在一個界面之上。任何用戶可以便捷地訪

問，同時結合SAP的預防性維護，進行預測和預警。如圖3-6，是大洛杉磯地區的地圖信息與管路信息，紅色亮點表示該液壓幫浦疑似快故障了，附近有兩所學校一個醫院還有密集的居民，如果不馬上維修的話，可能會有危害。再點入就能帶出此幫浦的運行狀態與過往維修紀錄、成本、生命週期、作動壓力等，連同其預期的需要零件及維修成本之一切訊息都含在內。這時系統會給一個建議，用什麼樣的設備什麼樣的工程師能及時完成維修。目前SAP正持續與德國Intel合作中，希望能簡化物聯網終端到雲端之間的部署過程。

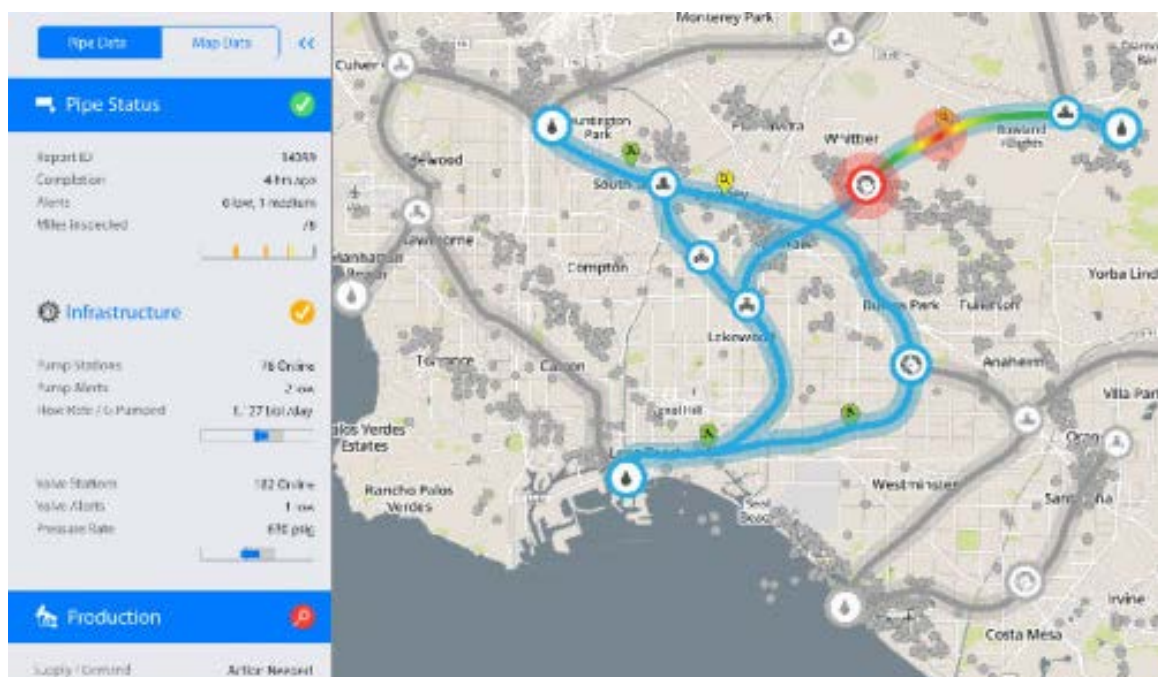


圖 3-6：大洛杉磯地區的地圖信息與管路信息

資料來源：http://m.chinabyte.com/soft/380/13305380_m.shtml

3.1.3 IBM

2012年IBM提出Predictive Asset Optimization (PAO)解決方案，應用於重機械與汽車產業中，如下圖所示。透過監控、維修與最佳化資產，得到更好的可得性、稼動率與績效，預測資產失效來最佳化品質及供應鏈，同時可將分析結果回饋至設計面中對產品進行改善。歐系汽車大廠BMW即遇到了汽車保固維修次數過多與保固成本過高等問題，IBM將PAO應用到BMW輕合金鑄造廠生產製程中，在

12周內順利降低了80%的報廢率。後續更以企業資產管理為出發點，協助BMW透過巨量資料分析，以即時零件組裝品質預測與決策到售後服務異常分析，從生產端即時預測零件品質並做出適當回應，減少了5%的新車保修成本及了一半的重覆維修，不但降低生產製造成本並提升品質，同時針對客戶車輛所發生的異常，也能快速解決，降低了保固成本，更提升客戶滿意度，相同的即時監控及預測可能問題之系統也應用在重機械生產機具之中。

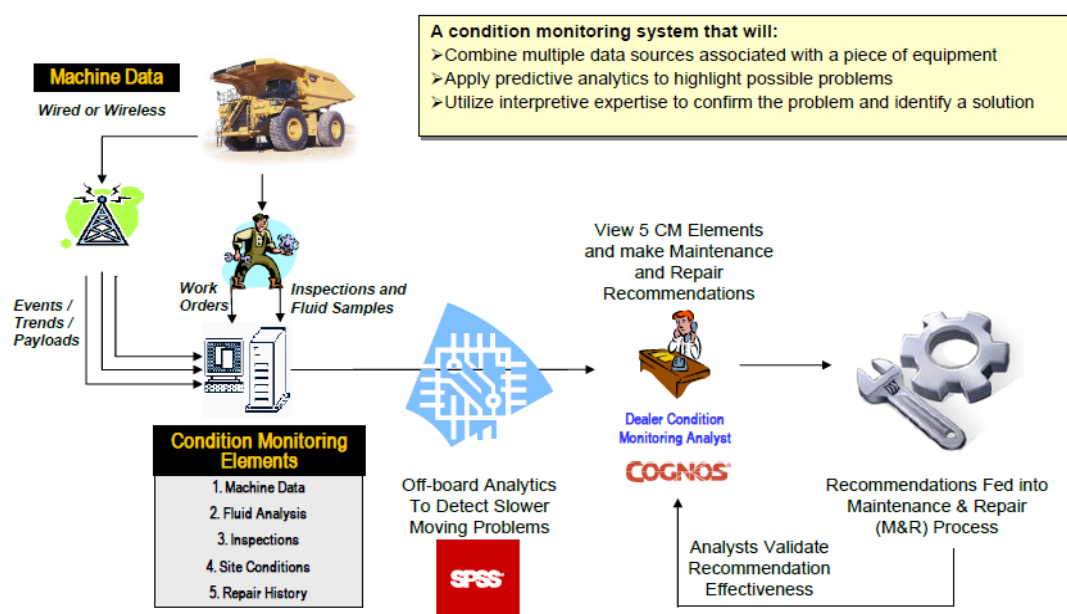


圖3-7：Predictive Asset Optimization for Heavy Equipment

資料來源：IBM-Smarter Analytics Leadership Summit

IBM巨資分析平台技術亦應用於其他產業中，如和許多國際化大都市一樣，香港也面臨著水管線路老化的困境，每年大約有1,000多起的爆管事件發生。香港水務署期望透過預防性維修的方式來降低高爆管率。IBM提供了有效的預防性維修與最佳作業規劃，大大降低爆管的發生，能在有限的資源中對整個管線網的高危險管線進行預防性維修，大量降低爆管事故³⁸。

³⁸ IBM CAMS Study (2015)，*擁抱數位革命-企業競爭力關鍵報告*。網址：
https://www.ibm.com/services/forms/signup.do?source=gbs-AP&S_PKG=ov12783

3.1.4 GE

全球擁有46,000名員工，營業額超過180億美元的通用電子General Electric (GE)，已投入數百萬美元建立「工業網際網路」，用了許多的嵌入式軟體，運轉世界各地的發電廠、噴射引擎、醫院醫療系統、公用事業公司、石油鑽井平台、鐵路等工業基礎設施，2013年增加超過15億美元的收入。而GE以渦輪機設備為主要產品，奇異公司在波音787飛機的GEnX引擎中裝設感測器，記錄每次飛行數據，收集了超過10萬次飛行性能數據與1500多TB的資料，藉此提前一個月預知飛機引擎需要維修，準確率達70%，減少飛機突然故障的問題。根據GE收集到的噴氣發動機性能數據，亞洲航空集團利用GE Predix來變更飛行路徑和優化空中交通流量，有望在今年節省多達1,000萬美元的燃油成本。

通常一台風力發電機擁有超過200個感測器，透過光纖通訊與SCADA將資訊傳送給風場開發商、風機製造商與電網公司。透過與GE合作管理渦輪機，風力發電場運營商意昂集團(E.ON)將發電量提高了4%，而GE的風力機，每40ms收集一次資訊，讓發電量足足提高5%，利潤率達20%。而台灣擁有台灣海峽這個全世界最優異的離岸風場，固定式基座風機的蘊藏量約有50GW，如果能夠提早到2030年開發完畢，對於台灣的產業發展大有幫助，這是新的藍海市場。同時，風力機的關鍵零組件預診斷及健康管理系統也是目前市場發展方向之一³⁹。

2012年Accenture埃森哲與通用電子GE合資成立Taleris公司，目標是利用工業物聯網讓噴射引擎變成是一個“有智慧的噴射引擎”。對GE來說，現在來自噴射引擎的收入，不是取決於一筆簡單的銷售交易，而是和效能改進綁在一起，包含了一年內停飛時間的減少和飛行哩程數增加等，都是由數位技術促成，以成果為基礎的作法。在物聯網架構上，Taleris發展出兩個業務。第一個業務是針對飛機公司所提供的預防性維修（Preventive Maintenance），另一個是提供給航空公司

³⁹ http://www.fortunechina.com/business/c/2014-10/16/content_224172.htm

的機隊管理與優化服務，如下圖3-8所示：

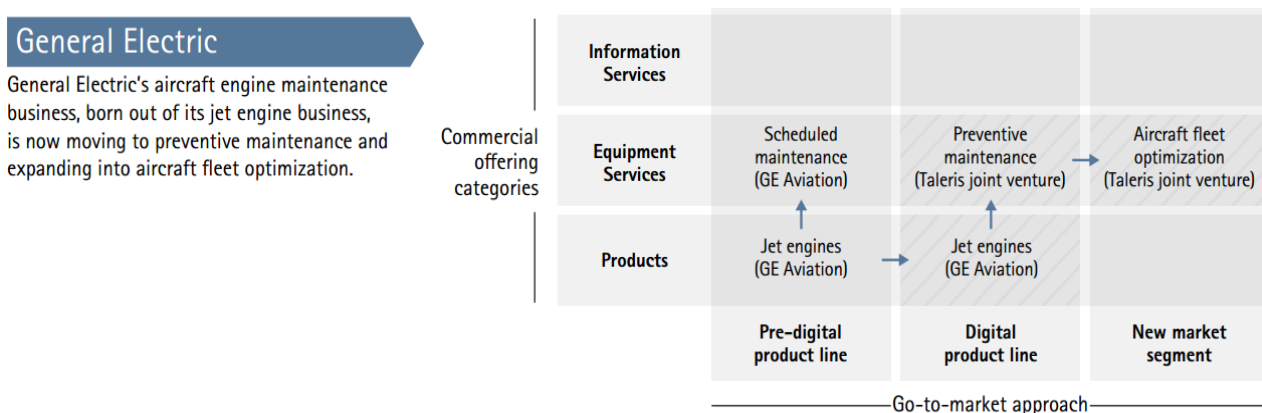


圖3-8：GE引擎優化服務

資料來源：

<http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/PDF/Accenture-Driving-Unconventional-Growth-through-IIoT.pdf>

Taleris使用飛機上的感測器所蒐集的資料，透過GE航空的智能營運部門提供的專有演算法，準確預測飛機零件的故障時間點，幫客戶優化了維修資源的調動並節省維修成本開銷；最重要的，減少了因機件故障而造成的航班取消或延誤問題，提昇了旅客服務滿意度。2013年阿拉伯聯合大公國的阿提哈德航空(Etihad Airways)成為了Taleris第一個客戶，雙方簽署了一筆數十億美元的交易，一開始專注於特定零件之預測維護問題與建議預防性作法，主要是因阿提哈德航空的沙漠操作環境，灰塵與沙子較容易造成特定零件的磨損，但之後所研究監控之設備範圍將持續的擴大。

3.1.5 Applied Materials

美國應用材料公司Applied Materials (AMAT)是全球最大半導體設備和服務供應商，其於2012年提出了Predictive Maintenance之預測維修技術來改善工廠生產

力，AMAT公司提供的PdM解決方案具有線下預測模式建構與線上即時預測兩個模組，主要功能為機台零組件健康評估與故障偵測，主要目標為降低非計畫性與計畫性的停機時間，如下圖3-10所示。

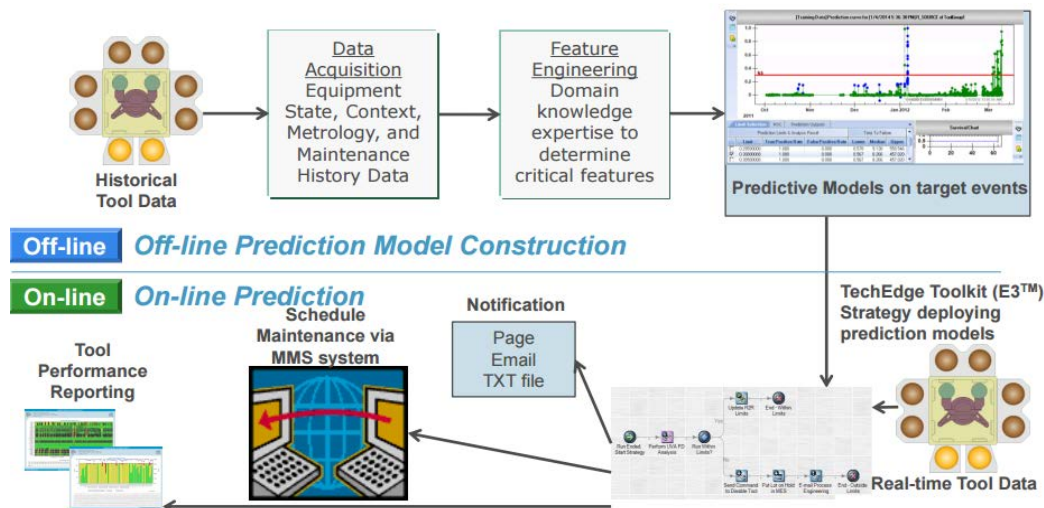


圖3-9：AMAT預測維修維護

資料來源：<http://www.appliedmaterials.com/zh-hant/node/3342903>

Applied E3為一個Fab-wide的自動化與設備工程系統(EES)整合平台，在相同的基礎架構上，建立了多個不同功能的模組，整理如表3-1所示：

表3-1：Applied E3模組 資料來源：<http://www.appliedmaterials.com/>

模組名稱	模組功用
Fault Detection & Classification (FDC)	持續偵測設備異常、診斷與監控製程
Statistical Process Control (SPC)	統計製程管制與執行異常處置行動計畫 OCAP
Equipment Performance Tracking (EPT)	指出設備效率瓶頸與改善生產效能
Advanced Data Mining (ADM)	探索不同 Runs 或 Wafers 之間的統計顯著關係，發現可能問題並防止再發

3.2 訪談資料 (一手資料)

3.2.1 Policy of Bavarian

巴伐利亞邦政府經濟事務與媒體、能源、科技部其主管事務包含有：經濟政策、各產業及中小企業管理、外貿與投資、數位化與媒體、能源政策、科技政策、創新研發獎勵等。

根據歐盟委員會的研究，巴伐利亞邦首府慕尼黑，可謂是歐洲IT的燈塔-甚至領先於倫敦和巴黎，在資訊和通信技術領域有領先地位。

邦政府為了因應如工業4.0、物聯網等未來數位化的挑戰，特別提出了「數位巴伐利亞策略」(Strategy Bayern Digital)。邦總理澤霍佛並於2013年就職演說中表示：「我們希望巴伐利亞仍然是進步的贏家。我們投資於明天的工作，數位巴伐利亞代表著邦的經濟能持續增長，並讓人民有高品質的生活」。「數位巴伐利亞策略」預計讓巴伐利亞邦的人民未來在學習、工作、移動、醫療、住家、資安及數據管理等領域，全都可以網路與通訊連結數位網路空間，進入人與真實生活領域中⁴⁰。

邦政府在科技政策上之規劃，可見圖3-11。

⁴⁰ <https://www.bayern.de/politik/initiativen/bayern-digital/>

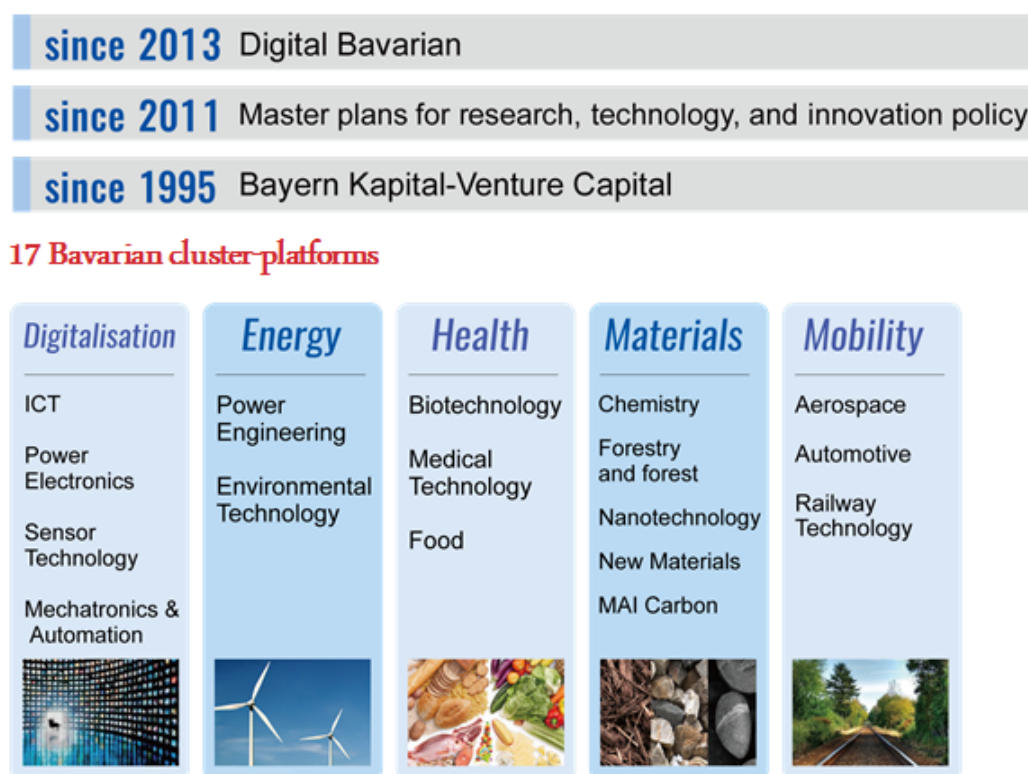


圖 3-10：1995~2013 年巴伐利亞邦之科技政策規劃

資料來源：邦政府提供之簡報（2016）

巴伐利亞邦政府投資新科技，推動自主創新使其成為數位化領先地區，並與研究機構的合作加強新應用科技的技術轉移到產業界。其中並特別專注於數位化發展的巨大機遇：包括工業4.0、數位世界的安全、移動網路、數位健康醫療等項目⁴¹。

「數位巴伐利亞策略」的目標有四：

1. 到2030年之前，每年的經濟成長平均0.5個百分點，要比整個德國聯邦的成長還高。
2. 能有3000家新的IT公司成立，並在面對未來數位化的每個面相如巨量資料、雲端運算、物聯網等新的需求，皆有領先的技術來提供解決方案。
3. 對中小企業的協助，巴伐利亞邦雖有許多德國大型企業進駐，如Audi、

⁴¹ <https://www.bayern.de/politik/politikthemen/wirtschaft-medien-energie-technologie-2/>

BMW、Siemens、Allianz、Osram、Adidas、Puma等。但為數眾多的中小企業才是巴伐利亞邦的經濟支柱。邦政府藉由此計畫協助中小企業，面對數位化所帶來的挑戰。

4. 建構一個符合現代的法律框架，例如著作權、IT安全、數據保護等規則。以跟上未來數位化的挑戰。⁴²

（一）「數位巴伐利亞策略」包含下列議題⁴³：

■ 主要議題：

1. 數位製造/工業4.0：未來工廠，藉由「巴伐利亞數位中心」累積相關know how。
2. 移動聯網：包含未來無人車的研發，公路車輛數據採集。
3. 數位醫療：遠程醫療。
4. 網路安全：IT安全。
5. 智能能源：智能電網、太陽能、電力需求管理（Demand Side Management）。

■ 其他議題

6. 數位媒體：將媒體訊號傳輸接收等全面數位化。
7. 手工藝4.0：對於德國強大工藝技術，如何運用數位化的機會，來發展新的價值鏈和優化。
8. 零售/電子商務：針對中型零售業者，試辦Digital Shopping City Bavari計畫，推動中型業者轉型電商，並擴大到邦內的每個城市。
9. 農業：結合無人機、衛星提供資訊，準確施肥，以資訊科技技術協助商業農場。

⁴² 「數位巴伐利亞策略摘要」（Zukunftsstrategie BAYERN DIGITAL Zusammenfassung），頁1：
https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user_upload/stmwivt/Themen/Medien/Dokumente/2015-08-12-Zukunftsstrategie-BAYERN_DIGITAL_Zusammenfassung.pdf

⁴³ 「數位巴伐利亞策略摘要」（Zukunftsstrategie BAYERN DIGITAL Zusammenfassung），頁4：
https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user_upload/stmwivt/Themen/Medien/Dokumente/2015-08-12-Zukunftsstrategie-BAYERN_DIGITAL_Zusammenfassung.pdf

有關工業4.0的發展部分，在「數位巴伐利亞策略白皮書」(Strategy Bayern Digital)中，工業4.0歸屬在中小企業推動發展(Mittelstand Voranbringen)的章節。白皮書提到巴伐利亞已佔據工業4.0發展最頂尖的地位，西門子在安貝格鎮(Ambeger)所建立工業4.0示範工廠，以及該鎮有許多中小企業是西門子的供應鏈廠商，且均是頂尖的隱形冠軍。文中舉例如KUKA(機械手臂)、Maschinenfabrik Reinhausen GmbH(電力系統設備商)。邦政府特別希望中小企業能運用工業4.0領域的相關先進技術，同時預估會因為工業4.0帶來的產業升級，使巴伐利亞州2013年至2025年的毛附加價值(Gross Value Added, GVA)預估成長到68億歐元。尤其是機械、電子、汽車、化工等產業均能獲益。⁴⁴

(二) Policy of Bavarian: 產學合作

巴伐利亞邦政府採取雙軌策略推動「數位巴伐利亞策略」，一為應用研究；一為敏化(sensitization)。應用研究方面由邦政府與邦內的大學、研究機構合作，由邦政府資助與工業4.0有關的研究，使其與工業應用層面更加接近。數位敏化方面，則由政府對中小企業界推動推廣教育，並選擇有潛力的中小企業提供合作機會及政府資金。

邦政府於慕尼黑設立「巴伐利亞數位中心」(Zentrum Digitalisierung.Bayern, ZD.B)，作為整合各產業各項主題在數位生產上的know how與聯繫的數位生產平台，以便開發新的商業模式與應用服務，來保持巴伐利亞的競爭力。藉由邦內的大學與研究機構，將這些成果整合並回饋到平台中。

⁴⁴ 「數位巴伐利亞策略皮白皮書」(Zukunftsstrategie BAYERN DIGITAL)，頁 28：

<https://www.bayern.de/wp-content/uploads/2014/09/2015-07-27-Zukunftsstrategie-BAYERN-DIGITAL.pdf>

「巴伐利亞數位中心」設立的目標有四點：

- 1.增加巴伐利亞邦在國際上的經濟競爭力。
- 2.學研的研發成果能以最快速度技轉到業界的產品與服務中。
- 3.讓各產業與數位相關的新創公司在質與量上都能增加並進入國際市場。
- 4.巴伐利亞邦內各產業之公司，均能利用產業升級的機會，培養數位化後所需專業人才。

(三)「巴伐利亞數位中心」主要的措施⁴⁵：

如圖 3-11，邦政府有下列多項規劃：

- 1.研究主題平台 (Themenplattformen)：在大學與研究機構之間，各自負責不同的工業應用研究主題，並由巴伐利亞數位中心建立起彼此的聯繫網絡，累積相關知識與資訊分享。目前共有六個主題的研究平台：移動網路、IT安全、數位生產、數位醫療、智能能源、科技文化。
- 2.學生創新實驗室 (Innovationslabore für Studierende)：在大學中設立創新實驗室，讓學生在此有機會發展創新研究，目前在羅森海姆學院(Hochschule Rosenheim)設有創新實驗室。
- 3.初級研究組 (Nachwuchsforschungsgruppen)：資助年輕的科學家或博士，成立與數位化有關的研究小組，鼓勵創新研究，並可藉此應用到教學與個人晉升上。
- 4.新教授校際合作 (Neue Professuren)：由與數位中心合作的邦內十所大學，在數位化應用研究領域，選出20位教授，建立彼此合作研究的關係。
- 5.博士計畫 (Doktorandenprogramm)：由數位中心遴選在數位化領域傑出的畢業生，由數位中心協調、並建立人際網路關係，進入與數位中心有研究合作的大學，

⁴⁵ 「巴伐利亞數位中心」網頁：<http://zentrum-digitalisierung.bayern>

繼續進修與數位化有關的主題的博士課程。

6.創業教育（Entrepreneurship）：與大學合作，強化數位化領域的創業教育。並有年度創業補助相關計畫，邀請大學教授與天使投資人共同評鑑創業計畫。



圖 3-11：巴伐利亞數位中心相關的活動

資料來源：「巴伐利亞數位中心」網頁：<http://zentrum-digitalisierung.bayern/>

（四）Policy of Bavarian: 產學研成果

「巴伐利亞數位中心」作為一整合平台，目前一些重要研究，例如位於紐倫堡（Nürnberg）的弗朗霍夫（Fraunhofer）集成電路研究所（IIS），加上弗朗霍夫研究所嵌入式系統和通信系統研究所（ESK）以及班堡大學（Universitat Bamberg）的車載資通訊中心（Telematics）在符茲堡（Würzburg）與當地公司在自動化、

汽車、電子和航空業、物流業合作，開發工業4.0相關的智慧生產增值流程。

感測器（Sensor）在工業4.0的實踐中扮演關鍵作用，能連結人與機器和產品的網絡。在東巴伐利亞的雷根斯堡技術學院（Technischen Hochschule Regensburg），因此專注於開發能在惡劣環境下使用的感測器，特別是開發製造生產流程上所需的軟體。表3-2列出其邦內一些重要的研發中心。

表 3-2：「數位巴伐利亞策略」工業 4.0 的相關研發中心

資料來源：整理自「數位巴伐利亞策略白皮書」(Zukunftsstrategie BAYERN DIGITAL) 頁 29~30：

[https://www.bayern.de/wp-content/uploads/2014/09/2015-07-27-Zukunftsstrategie-BAYERN-DIGITA](https://www.bayern.de/wp-content/uploads/2014/09/2015-07-27-Zukunftsstrategie-BAYERN-DIGITAL.pdf)

[L.pdf](https://www.bayern.de/wp-content/uploads/2014/09/2015-07-27-Zukunftsstrategie-BAYERN-DIGITAL.pdf)

符茲堡（Würzburg）	車載資通訊中心（Telematics）
科堡（Coburg）	無線感測器應用中心
奧格斯堡（Augsburg）	1.工業 4.0 示範訓練中心 2.機械人谷（Robot Valley）
安貝格（Ambeger）	工業軟體應用中心
紐倫堡（Nürnberg）	自動化谷（Automation Valley）

上述相關研究在ICT領域的工業規範也已全部完成，於上述各地之中心，尋找有潛力與可能性的中小企業，並提供技術合作的機會。此外，巴伐利亞所有的大學、科學研究機構研發相關成果，也會貢獻到巴伐利亞數位中心此一平台。

設立於符茲堡的南德塑料工業中心（Süddeutschen Kunststoffzentrum，SKZ）已經開始了工業4.0的應用，並創立了「未來工廠2020」（Zukunftsfabrik 2020）。SKZ研發工作的重點是不斷的改善生產過程。並針對產品特性、混料、擠出、連接、材料新技術、測量技術、耐久性和注塑等相關行業提出解決方案。

「未來工廠2020」完全導入數位生產流程，並開發許多複合材料做為塑料產

業的原型，在此工廠中實現產品創新與製造，開發應用面的解決方案。例如在兒童整形外科上，採用3D掃描、列印、複合材料等用於骨科矯正。此一於醫療上的新應用，讓患者少去傳統石膏固定與多次調整所帶來的麻煩，並增加手術成功率與節省治療成本。巴伐利亞邦政府認為此一案例，有機會讓巴伐利亞在全德國工業生產領域中，去發展高階複合材料，並保持領先地位。

此外，巴伐利亞邦政府也特別重視與各大學間的合作，如表 3-3:

表 3-3：「巴伐利亞數位中心-新教授校際合作主題」之大學相關研究

資料來源：整理自「巴伐利亞數位中心」網頁：<http://zentrum-digitalisierung.bayern/>

學校	研究領域
奧格斯堡大學 (Universität Augsburg)	智慧醫療
班堡大學 (Universität Bamberg)	IT 隱私與安全
拜律特大學 (Universität Bayreuth)	遊戲
埃爾蘭根-紐倫堡大學 (Universität Erlangen-Nürnberg)	1.e-Health 2.數位工業服務系統
慕尼黑大學(LMU München)	人本與媒體
帕紹大學(Universität Passau)	歐洲與國際，資訊與媒體相關法律
慕尼黑工業大學(TU München)	虛實整合系統 (Cyber-Physical Systems)
符茲堡大學(Universität Würzburg)	數位媒體
安貝格-魏登應用科技大學(OTH Amberg-Weiden)	保健與醫藥的數位流程鏈
阿沙芬堡大學(Hochschule Aschaffenburg)	自動化運輸系統

奧格斯堡應用科技大學(HAW Augsburg)	人機介面
科堡大學(HAW Coburg)	物聯網人機互動
代根夫多技術學院(Technische Hochschule Deggendorf)	巨量資料應用
因哥爾斯塔特技術學院(Technische Hochschule Ingolstadt)	車輛安全、Car2X 車與車間通訊
蘭休特應用科技大學(HAW Landshut)	智慧能源
紐倫堡科技大學(TH Nürnberg)	無人車安全駕駛系統軟體開發
雷根斯堡技術學院(TH Nürnberg)	安全可靠的電腦分散式系統 (distributed systems)

3.2.2 Fraunhofer

Fraunhofer應用與整合安全研究所（AISEC）所長Claudia Eckert博士表示：「德國工業不會自行向數位化廣泛開放，除非獲得可靠和強大的安全解決方案，以保護具有創新和競爭力的關鍵資料，如生產資料、產品資料、維護資料及客戶資料等。防止此類資料被篡改和非法共享是非常有必要的。所以，為了實現上述目標，我們需要擁有可信的感測器、防篡改嵌入式元件、安全資料傳輸和可安全交換資料的安全平臺。AISEC希望能向聯盟提供IT安全專業知識，以開發工業安全解決方案」^{46 47 48}。

Efficient-Emission-Natural-Ergonomic是Fraunhofer的E3燈塔計畫，E3工廠地點在開姆尼茨，目前E3工廠已利用Fraunhofer機床與成型技術研究所(IWU)開發的新型壓床在開發Volkswagen集團各式車款的未來生產模式，新E3研究工廠內車

⁴⁶ 資料來源：<https://www.aisec.fraunhofer.de/de/das-institut.html>

⁴⁷ 資料來源：<http://infosec.sjtu.edu.cn/NewsDetail.asp?id=430&n=3>

⁴⁸ 資料來源：<https://read01.com/3RAkm6.html>

身製造的職責是讓研究結果實現批量生產，目標想法為拋棄從最少的投入→最大的利潤，轉向從最少的資源→最大的附加值。在E3生產燈塔項目之目的以全面的觀點來看，其目的是研究如何更好地規劃、執行和監督工廠網絡內的材料流與能源的排放訊息，以帶出符合人體工程學、能源和資源效率的生產流程。這依賴於實施集成解決方案和利用協同效應未來所有生產流程-在繁重的工作負擔下，為了大幅降低能源和資源消耗，同時具有相同或更高的輸出。此外，這些生產線製程必須被設計為可評估的及可排程的狀態。

工廠將優化能源消耗，有時是自給自足，通過利用太陽能發電、熱電聯產和發電廠、熱能交換器、智能化控制工程，並與優化的總排放量進行操作。整個工廠與建築的耗能量，如空氣壓力，水的消耗，和電能以及例如機器和處理數據等，將從廠內160個位置共1500點蒐集起來，然後顯示其彼此相關性在同一個控制系統上。所有的信息都可以在顯示監視器或用於移動裝置進一步線上觀看。E3生產研究的目標在於設計、應用與評估特別短的生產線，包含了垂直整合製程與客製化產品、自給自足與替代能源的能量供應、物質循環的能量管理、與融入人類經驗所產生的創新潛力^{49 50}。

Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation (IPA)目前與Stuttgart大學、Daimler及Bosch合作開發新的生產線，專案名稱為「ARENA2036」，展開的任務有四項：

- Intelligent lightweight structures with integrated functions
- Digital prototype: new materials and processes
- Research factory: production of tomorrow

⁴⁹ 資料來源：

<http://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2014/may/minister-of-education-and-research-opens-the-first-factory-of-the-future-in-chemnitz.html>

⁵⁰ 資料來源：

<http://www.fraunhofer.de/en/research/lighthouse-projects-fraunhofer-initiatives/fraunhofer-lighthouse-projects/e3-produktion.html>

□ Creativity, cooperation, competence transfer

此專案目標是組裝輕量化載具並評估產品在實用上的穩定性，同時IPA亦是參與建置E3智慧生產工廠中的小組成員之一。另外IPA研究所針對機械手臂開發出圖形化的程式編寫介面，以幫助設計者快速地撰寫及修改手臂程式與動作⁵¹。

除此之外，Fraunhofer與德國氣象服務合作開發再生能源發電預測模型，「預測告訴我們多少常規發電能力-無論是核能，燃氣，或煤-需要進行聯機。同時，預測是必要的計算，以保持電網穩定和電的交易傳遞」⁵²。

可再生能源技術，例如風能和太陽能，具有高度的不可預測性，這樣的性質讓再生能源技術普及化及網絡化成為一個挑戰，簡單地說，風並不總是吹著，也不是永遠都有豔陽天，要解決這個問題，Fraunhofer風能及能源系統技術（IWES），與德國的國家氣象局在奧芬巴赫的合作，已經開發出一種新的模式來預測可再生能源發電，目前，他們已經推出給予傳輸系統運營商一個新的平台，以測試新機型。新機型提供精進化的預測：此機型每一刻鐘可預測接下來的幾個小時或幾天德國安裝的太陽能和風能設施將產生多少度電。

傳輸系統運營商還必須知道的各種天氣條件-例如，低層雲或低壓區的資訊補充，使他們能夠更好地分析和估算預測結果。弗勞恩霍夫研究所和德國氣象局推出了新的展示平台，被稱為Energy Forecaster，有助於系統運營商計算風能和太陽能於電網的能源溢注，並統計正在充電的節點。藉此新系統可提供可靠的電量預測信息。

在博世(Bosch)與Fraunhofer生產系統與設計技術研究所(Production Systems

⁵¹ 資料來源：http://www.ipa.fraunhofer.de/en/smerobotics_en.html

⁵² 資料來源：

<http://cleantechnica.com/2016/06/02/fraunhofer-institute-developes-better-model-forecasting-renewable-energy-generation/>

and Design Technology IPK)的主導下，七個合作夥伴目前正聯手推動AMELI 4.0專案，開發未來的「互連製造」——也就是工業4.0所需的感測系統；博世表示，開發該系統的目的在於監測生產機器設備，以即時偵測設備是否異常⁵³。

藉由配備感測系統，工廠可預防非計畫性停機，而且公司可依設備實際需求執行精準的保養，不必墨守定期保養計畫。在設備保養、檢查與維修方面，預計可降低30%的成本。AMELI 4.0研究專案的目的在於提升德國各公司在工業4.0方面的市場定位，因此德國聯邦教育暨研究部(BMBF)提供高達384萬歐元的經費贊助此專案，同時該專案也是德國「IKT2020創新研究」計畫的一環。

感測器可蒐集生產設備的狀態與性能等資訊，可說是機器與工件的人工「眼睛與耳朵」，在推動工業4.0上扮演關鍵的角色。就製程而言，如果要推動智能管理，並提升互聯製造，感測器必須要能夠即時蒐集並處理大量的數據，同時盡可能提升能源效率，且可輕易地與複雜的生產系統整合。由於智能、彈性、價格與能耗等諸多限制因素，目前工業用的感測器無法符合工業4.0應用的需求。

為了達成AMELI 4.0專案目標，研究人員正在探索互聯世界的關鍵技術之一：微機電(MEMS)感測器。今日，幾乎所有汽車與消費性電子用品都配備了微機電感測器。舉例而言，微機電感測器是ESPR 電子車身穩定系統的核心組件，也因為配備微機電感測器，當我們轉動智慧型手機時，螢幕才會跟著轉動。

相較於傳統工業感測器，微機電感測器無論在體積、智能、能源效率與價格都略勝一籌，然而，微機電感測器在許多方面仍不夠堅固或強大到得以滿足當今工業環境的需求，也就是說生產系統狀態監測還有尚待開發的潛在領域。AMELI 4.0研究團隊計劃進一步開發微機電感測器，以符合工業用需求。值得一提的是，電力供應在開發微機電感測器中有非常關鍵的地位——預期中的新型系統必須不使用電纜線或電池，希望透過設備振動產生所需的電力，完全達到能源自給自足。

⁵³ 資料來源：<http://www.eettaiwan.com/news/article/20160803NT21-AMELI-Germany>

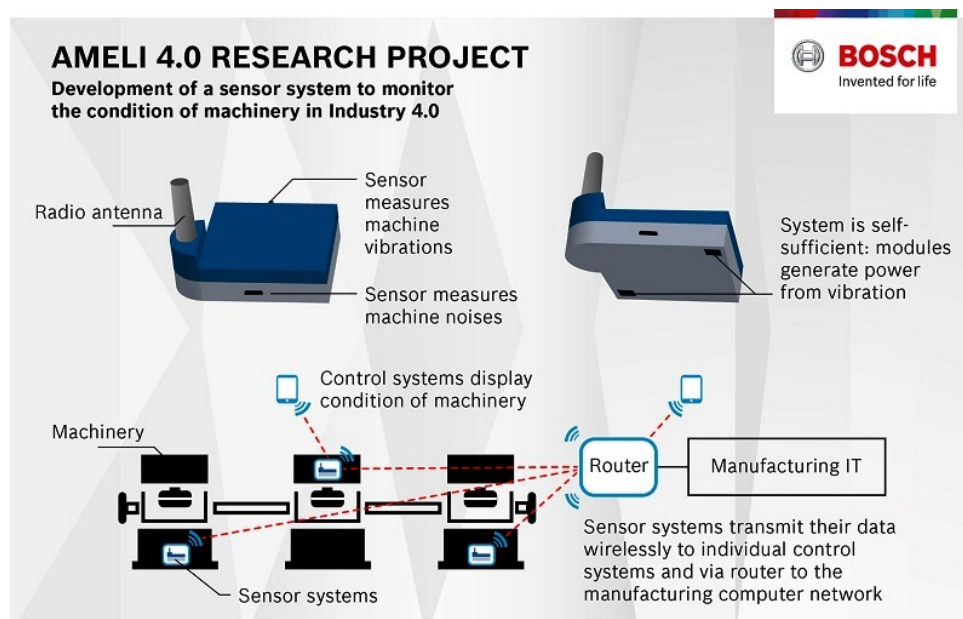


圖 3-12：AMELI 4.0

資料來源：<http://www.eettaiwan.com/news/article/20160803NT21-AMELI-Germany>

為了監測生產設備，新型感測系統將可測量兩種型態的噪音：一種是結構噪音，也就是設備內部振動噪音；另一種是音響噪音，也就是設備所發出的噪音。設備異常時，振動頻率會有不同，同時也會發出不同於正常運作時的聲音，系統會把所測得的訊號與事先儲存的檔案進行比對。系統並持續監測與學習，唯有偵測到瑕疵、磨損或磨耗的訊號時才會有所反應。隨著科技發展，未來的感測系統將可偵測出設備是否必須實施保養或維修。就較為複雜的系統而言，這項評估作業可由閘道器(有時稱為路由器)執行，感測器會把數據傳輸至閘道器，或是傳輸至工廠的電腦網路系統。

AMELI 4.0專案匯聚全球產業與學術界各領域菁英，合作夥伴共同推動創新科技，這些領域包括感測器科技、系統與機械工程、設備狀態監測、能源轉換及微型技術等。身為MEMS感測器技術供應商的博世目前正引領推動此研究專案，其他合作夥伴包括西門子(Siemens)、德國Hahn Schickard Gesellschaft (HSG)、弗勞恩霍夫協會生產系統與設計技術研究所(Fraunhofer Institute for Production

Systems and Design Technology IPK)、賓德電子(Binder-Elektronik GmbH)、肖特米克羅莎(Schautd Mikrosa GmbH)及Stackforce等數家業者。德國於2015年12月開始推動AMELI 4.0專案，全案預計於2018 年底完成。

3.2.3 Intel

工業設備市場競爭異常激烈，因此，確認最新的技術的效益與是否正常運作等，就顯得極其重要。無論所面臨的挑戰是有關數位安全性、可管理性、可連接性、或是預估成本基礎等面向，英特爾(Intel)提供的軟體與硬體組件都廣受原始設備製造商(OEM)，原始設備設計製造商(ODM)，以及系統整合廠商(SI)等採用，應用開發於各種工廠自動化應用的解決方案，一直是業界專業的合作夥伴。

使用英特爾的設計或生態系統元件於虛擬化(virtualization)、遠端管理(remote management)、物聯網(IoT)技術，對關鍵基礎設施的安全性，數據分析等，藉此更可了解英特爾如何透過物聯網這個強大有力的工具來實現智能工廠與工業4.0。基礎設施的可連接性一向是物聯網技術的重要議題，英特爾透過提供終端到終端(end-to-end)的解決方案，使解決方案供應商和工廠實現新的運營效率和改變生產製造並加速使物聯網相關發展更成熟。

2016年5月在德國漢諾威工業展覽期間，Intel物聯網生態系統(Intel IoT ecosystem)展示範疇廣泛，從名為DAQRI智慧安全帽(DAQRI smart helmet)的擴充實境工業用穿戴裝置，工業4.0工廠自動化，工業資產管理方案等。DAQRI智慧安全帽是全球首創工業穿戴人機介面(industrial wearable human machine interface)，其潛力在具備工業用規格360度感測矩陣結合高解析影像裝置，預測維護用熱影像感應器等方式確保勞工安全，結合4D的擴充實境顯示器，提供領先業界的視覺範圍及即時設備資料虛擬化等。

作為全球最大的科技公司之一，英特爾(Intel)在全世界範圍內都有生產半導體的設施儲備。這些工廠必須嚴格控制生產環境：每一個設備表面都必須一塵不

染，每一道工藝都必須完美無缺，即使是最小的改進都會帶來巨大的影響。Intel 一直致力於確保這些設備能持續推進科技的發展，所以當Intel計畫尋求一家雲服務供應商進行合作以開發行業領先的解決方案時，Intel選擇了GE以及它在Predix平臺上運行的分析軟體和基於雲端的工業互聯網操縱系統。Predix雲是一個專為收集與分析工業數據而開發設計的雲解決方案。Predix雲也是「平台即服務」(PaaS)，將在高度安全的工業級雲環境中捕捉和分析海量高速運行、類型多樣的各種機器產生的數據。

埃森哲(Accenture PLC)是一家全球性的顧問公司，此公司藉由在化學，能源，自然資源與設備等不同產業經驗累積的轉化操作技術(transformative operations technology)與資訊技術能量提供關於數位化、資訊技術及公司應運管理的顧問服務，埃森哲併購了以流程自動化(process automation)，維運資訊技術(operations information technology)與工業控制系統資訊安全著稱的產業物聯網(industrial IoT, IIOT) Cimation，提出一個服務平台“Accenture Connected Platform as A Service (CPaaS)，這個結合英特爾物聯網技術(Intel IoT technology)的埃森哲資產與維運服務方案，不僅可協助業者主動積極管理其資產設備，改善其生產力，安全性與工業資產與維運的資安，並可根據所收集的資料分析進行決策。

除此之外，英特爾的物聯網技術對於日常維運依賴運輸工具的組織而言，也提供了工具，以確保公司組織的營運車輛能正常運轉並上路服務。在資料驅動經濟的現在，預測分析有助於降低業務競爭與政府組織減少維運成本，英特爾(intel)與軟體公司Predixion合作，結合彼此能量⁵⁴，將預測維護技術服務運用在驅動智慧車隊管理，結合資料分析技術，提升車隊維運的效能，使營運更有效率。其具體方式包括：將Predixion Insight與英特爾巨量資料路由器(intel-based IoT gateway)等一起部署後，即可提供預測管理方案，透過佈建在車體上的攝影機，與感應器

⁵⁴<http://www.intel.fr/content/dam/www/public/us/en/documents/solution-briefs/predictive-maintenance-fleet-management-brief.pdf>

收集胎壓監控，引擎，電子標籤無限識別等車體組件狀況資料，提供即將發生的障礙資訊與相關因應，解決方案等給使用者，藉此降低服務暫停時間與維修成本，同時可以優化排程，有效配置技術人員資源，自動訂購所需正確零組件與精準管理庫存。Predixion Insight是進階分析軟體，可於裝置(device)或路由器(gateway)甚至於雲端上運行，使用即時資料來告訴管理者運輸工具上的哪個零件可能快要故障，甚至可能在故障發生的幾週前提供預測。Predixion Insight使用預測模型即時分析資料，尋找失敗與錯誤的模式，且因預測模型可部署於英特爾巨量資料路由器，藉由運輸工具上的路由器與駕駛的平板溝通，警告駕駛可能發生的問題並提供解決方案，Predixion Insight也可與第三方系統，儀表板(dashboard)，工作流程整合。

隨著商業事務日益全球化，製造商面臨著較以往更高的競爭壓力和更多威脅，為了維持競爭力，不僅必須削減額外的每一分成本，也必須盡可能提升每個廠房的效率。

為了達成此目標，新漢(Nexcom)公司，一家提供智動化及物聯網服務的台灣公司，其一客戶，檢視了旗下三百多個工廠和廠房間已智慧調教的網絡，並自問還可以從那邊再進行節約？藉由詢問這樣的問題後，他們所找出的回答使大家感到驚訝，那就是採用Intel Inside®的分散式控制系統(DCS)。該DCS系統在世界各地廣泛用於流程自動化應用，但是，對於順暢維運，長期維護，和報廢和汰舊換新的最小破壞等，在考量削減總體擁有成本(total cost of ownership)與提高運營效率的目標時，就選擇以英特爾處理器為基礎的DCS解決方案。

新漢是Intel的物聯網解決方案聯盟成員之一，其客戶台塑公司(Formosa Plastics Corp.)，召集其實質製造專家共同檢視其專有的DCS系統所存在的低效率因子，並找出其不確定的產品週期和高庫存的風險。一旦確定各項資訊，台塑公司即開始它的分散式控制系統策略。其中，包括建構以英特爾處理器為基礎的零組件的發展方案。台塑期望藉部署全新的系統，實現大幅度降低總體擁有成本的

結果，並能顯著提升推動業務，維運和維修效率。世界級石化生產商台塑旗下有三百多個工廠分佈在全球各地，這些包括煉油廠，鋼鐵廠，石化工廠和電廠。為了確保這些大型設施的平穩運轉，維運，該公司採用了各種分散式控制系統，不同的品牌多達26個，以滿足不同的控制環境的不同要求。

雖然這樣的方式讓台塑的各種廠房能具備不同的功能性與多樣性，但若從維護和運營的角度來看，卻是非常低效率的，而且還推升了總體擁有成本。零組件的庫存多樣，要確切掌握如何維護這些系統等，都增加了運營成本和複雜性以及大規模的投資。公司的管理階層推想，一個標準化的解決方案，若基於英特爾®架構的系統，或許可以消除很多這種開銷，並利用其內部的訂製能力，提高台塑的整體競爭力。

對於一個標準化的分散式控制系統方案的第一個要求是一個統一、一致的硬體平台，可運用在所有台塑的設施，廠區，並且配置，設定成提供不同的功能，並根據需要進行改變執行不同任務。台塑決定一個開放的架構，長期支援和兼容性等將是減少庫存和維護成本，並降低總體擁有成本的目標而言至關重要。加以可擴充，可延展的架構將使台塑有機會打造與建構靈活，並可因應不同環境需求的單一解決方案，一個比使用不同的系統來因應各個控制方案更容易的方法，如人機界面，控制器，路由器等。由於分散式控制系統已成為確保工廠能有條不紊地運作，並有助於避免中斷生產，為了高可靠性和容錯性，台塑需要內建機制的重要工具。此外，分散式控制系統需要能直接或間接的支援這些即時控制單元，準確性和精確度即是關鍵。由於這些原因，該公司所需要的運算平台須具備能以高速同時處理多個任務且不中斷的能力。

台塑的分散式控制系統標準化的解決方案，稱為FORMOSA-FX *，是由幾個子系統組成。每個含多個單體，並且都可以使用在與新漢合作開發的統一硬體平台。在這個統一的硬體平台本身包含多個以英特爾®處理器為基礎的組件，包括工業電腦和新漢NISE 3660 *，這同時扮演兩個角色：冗餘控制器和人機界面

(MMI)。考慮所有不同的工廠環境，台塑開發的最佳分散式控制系統解決方案，橫跨多個控制流程，包括人機界面，控制和輸入與輸出工作。該解決方案已運用在發電，汽電共生(cogeneration)過程和中游和下游流程中使用。

3.2.4 Microsoft

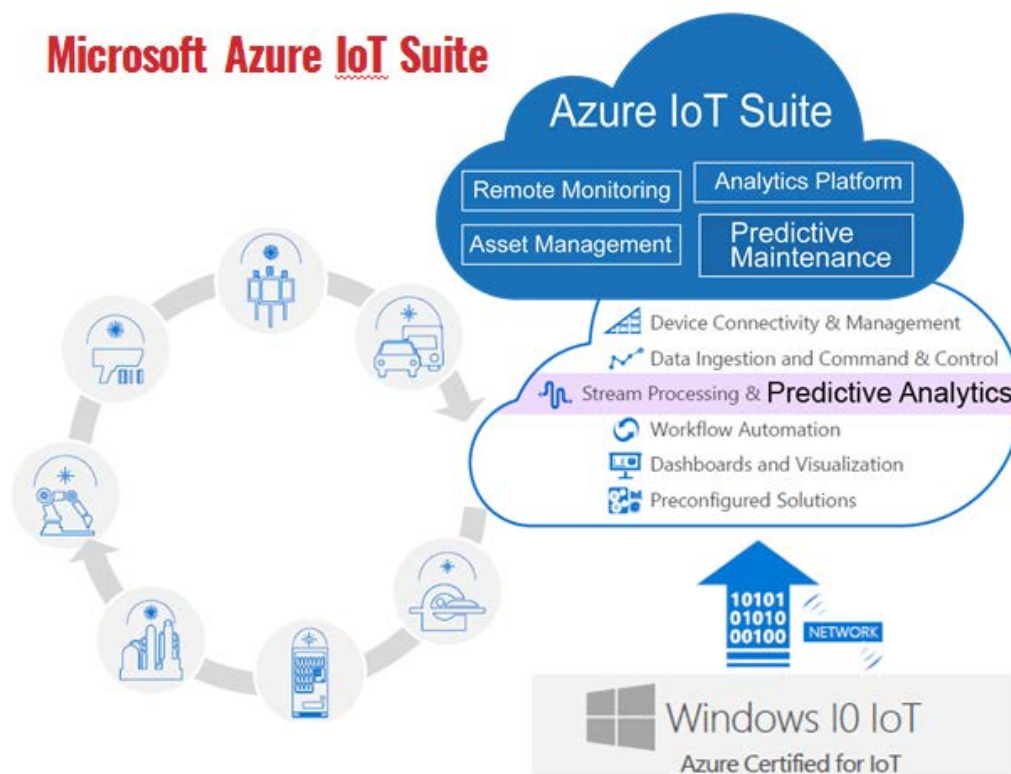


圖 3-13：微軟 Azure IoT Suite

資料來源：

http://www.digitimes.com.tw/tw/iac/shwnws.asp?cnlid=19&cat=10&cat1=20&id=0000474811_L6Q7K3HO2GNA190V4AEYO

隨著工業4.0日趨成熟，數位技術如此迅速蓬勃地推進，微軟指出新穎點在工業製造商生產的產品與其周圍的一切活動的網絡連接。藉由這樣的串連，有能力理解各項活動—對持續不斷產生的資料，能進一步深入了解，且能獲得見解與預測能力，接著反饋到製造商的操作維運和數位化服務。這些新的數位反饋循環，微軟稱之為智能系統(systems of intelligence)，是一個轉折點。

資訊技術(IT)和運營技術(OT)的融合是普遍又具變革。它可改變企業與客戶互動的互動模式、企業賦予企業員工的權限並優化企業的維運，同時也可能改變改變企業的產品和商業模式。微軟相信，資料驅動的智能將加速製造業的轉型。微軟為了降低採用工業物聯網 (IIoT) 的障礙，並使其更容易地創建智能的系統，微軟宣布與OPC基金會合作，推動結合數以百萬計OPC UA相容設備的工業物聯網方案。

微軟物聯網裝置與應用事業群推出Windows 10 IoT系統平台結合Microsoft Azure，其目的就是要幫業者簡化物聯網技術。觀察IoT的生態系，目前市場的商業模式，可大致鎖定在4個環節：端與端(M2M)、端到雲、雲數據儲存與運算、以及數據根據狀況再回饋並進一步控制設備端。

微軟發現，企業最常遇到的三大問題在於：1.如何縮短IoT架構開發時間、2.IoT應用如何延伸到其他場域，例如數據不放公有雲，要儲存在私有空間該怎麼應用？3.客製化難度，不同客戶的產品需求各異，如何提供公板模組，快速開發客製版本。

對此，微軟推出Microsoft Azure雲端運算平台，旨在解決上述業者進入IoT面臨的門檻及挑戰，建立一套IoT Stack物聯網系統開發架構，分為聯網、智能、決策三個層次。聯網部分，微軟提供Azure IoT Hub、Nano server雲端原生應用及相容技術，加快業者進入物聯網的開發時程；智能方面，則有Cortana Analytics Suite/SQL服務，功能包含管理企業內部及雲端資料、Hadoop架構進階分析、資料轉換成視覺圖檔等；而決策面則像是Dynamic CRM、Power BI、Mobile Apps 工具，數據回饋給企業的CRM、ERP系統後做出即時且精準的決策。

目前Microsoft Azure的合作夥伴許多都是從POS (Point of Sale) 零售機台、工業電腦設備提供商，切入到智慧零售/物流領域，轉型為系統整合服務商。過去零售業的消費策略習慣走大眾行銷，但自從行動裝置、數位看板、藍牙、RFID、Beacon技術成熟及設備成本降低，被動銷售策略轉為主動推播，並針對消費者個

體，採取分眾行銷策略，這些都藉由IoT創造新的銷售商機。

整個零售/物流物聯網從銷售端至雲端回到銷售端的串接模式主要依賴：1. 終端裝置的創新設計，如認知工程服務(cognitive service)應用到Hub、鏡頭模組及語音控制器。2.開放API串接客戶的客製應用，並把感測器蒐集的資料，進行數據整合、分析。3.針對連鎖店，其包裝軟體、分析軟體以SaaS(Software as a Service)方式，並結合Microsoft Power BI工具，把資料可釋性提供給客戶。4.雲端巨量數據在控制台呈現，立即分析回饋給遠端機台，提升機器學習(Machine Learning)及維運效能。除了零售物流，微軟Microsoft Azure 也與許多業者合作推出工業自動化解決方案。根據台灣微軟雲端與企業平台事業部副總經理葉怡君的觀察，過去製造業做工廠自動化，現在則是討論工業4.0，因為技術成熟、硬體便宜加上雲端推波助瀾，讓工廠IoT的開發期限大幅縮短。目前工作自動化的應用圍繞在三大核心：(1) 預測性維修，(2) 生產優化，以及(3) 市場導向的產品設計。⁵⁵

設備和資產之間的互通操作性是當今的工廠維運重要的議題之一，也是越來越多新、舊系統的連上線和現代化的工廠和設備的關鍵，換言之，設備或控制器通訊的標準化決定工廠工業設備升級至工業4.0的難易與成本。OPC (OLE for Process Control) 是一種應用介面的平台，它能夠連接不同業界的設備或控制器。使用 OPC 介面，可將不同機器設備所使用各種不同廠牌之 PLC 相互連接，讀取資料進行控制，當前 OPC 介面已經由新一代的介面 OPC UA (Unified Architecture) 取代。OPC UA 提供廣大的工業設備標準化的通信，安全性，抽象層等。它也可作為一個路由網關，支持雲端化的工業設備，包括原始設計並未內建這些功能的設備上的數據和設備管理，機器學習能力等⁵⁶。

⁵⁵資料來源：

http://www.digitimes.com.tw/tw/iac/shwnws.asp?cnlid=19&cat=10&cat1=15&id=0000474811_L6Q7K3HO2GNA190V4AEYO

⁵⁶ 資料來源：<http://www.atmarkit.co.jp/ait/articles/1609/08/news103.html>

微軟延伸支援 OPC UA 的開源軟體堆棧(stack)的同時，也擴展其物聯網產品，從本地連接與 Windows 設備藉微軟 Azure 平台的雲連接，與 Azure 的物聯網集成，使客戶能夠輕鬆地將 OPC UA 遙測數據傳送到 Azure 雲，以及從該 Azure 雲來指揮和遠端控制他們的 OPC UA 設備。此外，運行通用的 Windows 平台的 Windows 10 的設備，可以連接並通過 OPC UA 等物聯網設備進行溝通。

日本消費電子產品製造商「水族 (AQUA)」是利用微軟 Azure 支援及實現其服務概念的一個例子，根據 atmarkIT 報導，日本微軟和水族 (AQUA) 於 2016 年 9 月 7 日宣布在白色家電和消費類電子產品的發展物聯網雲計算 (物聯網) 服務組合的合作。合作的第一步，是促進舊時代 (三洋電機時代) 即展開的商業業務用投幣式洗衣機的設備雲端物聯網化。

AQUA 針對投幣式洗衣設備添加通信功能，來推展的物聯網化的服務 “AQUA IT 洗衣 (AQUA IT Laundry)”。目前該服務已引入到全國 1,252 家店舖，約有 16,000 台機器運轉提供服務。2016 年目前規劃將在公司內部部署系統管理的同一服務的資料，轉移至以微軟 Azure 為基礎的雲端服務。

在下一代 IT AQUA 洗衣，數據將被集中收集到 Azure 雲中，運行狀態相關的投幣式洗衣機的數據，將以巨量資料的方式來儲存收集，以針對使用狀況和模式預測，故障預測等，各種不同的角度來分析，希冀能與未來服務需求和提升服務品質等面向連結。更重要的，水族根據 AQUA IT 洗衣的雲端化，加以現有空機 (未使用機台) 服務檢索，洗滌完成的郵件通知等服務，將結合地圖服務和社群網路系統服務 (SNS)，同時也考慮結合電子貨幣、點數累積服務等開發，另基於不同行業的協同合作，開發前所未有的新服務。

3.2.5 研華 Advantech

研華是位於台灣具指標性的全球工業電腦供應商，其產品涵蓋嵌入式電腦與工業自動化系統。在過去，研華的客戶是設備製造商、系統整合商、軍用產業與

教育產業等，因應工業4.0，現在更新增了許多來自不同產業的製造商，例如製鞋代工、家電產業或是食品業。我們訪問研華科技台灣區業務處業務經理施文森經理，希望可窺見研華在面對德國工業4.0或台灣生產力4.0時，所觀察到的趨勢與其產品服務的策略。

研華施經理舉智能製鞋代工廠寶成為例，寶成透過採用研華的感測器跟閘道器 (Gateway) 將針車智能化，紀錄馬達狀態、溫度等，讓供應商如NIKE或Adidas能夠即時掌握代工廠的生產狀態。

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。

研華透過智慧設備與資訊整合，助力智慧製造進一步發展，並提出工業4.0六大範疇：設備自動化、設備監診與效益優化、機台監診與預防保養、製造執行系統 (MES, Manufacturing Execution System) 整合及生產履歷、廠務能源管理、廠務環境監控。

在設備自動化方面，通過整合運動控制與機器視覺、機械手臂、自動導引車 (AGV)，以減少人力需求、加強生產，實現現代化無人生產。在設備監診與效益優化方面，生產線配置自動化偵測系統，像是自動光學檢查(AOI)、自動測試設備(ATE)及機器視覺設備，可增進測試效率和產品品質。在機台監診與預防保養方面，透過感測器蒐集機器運作和生產狀況等資料，持續監測生產線上的重要設備，並將資料即時傳送至雲端進行預防維護分析。實施預防性的維護措施，將可提高生產效力並降低維護成本。在MES整合及生產履歷方面，MES系統可蒐集製程動態資訊，使生產配置最佳化，進一步達到製程目標，此外，還可回溯查詢製程資料，並進行遠端監控管理。在廠務能源管理方面，通過物聯網技術實現工廠粉塵、天然氣、二氧化碳、水及其他有害物質的安全監控，優化工廠運作狀況

並確保工廠環境品質。在廠務環境監控方面，透過物聯網科技，工廠能源管理系統可針對能源的供應和消耗進行最佳化管理，並降低工廠二氧化碳排放和整體運作成本。

Advantech IoT Cloud Structure

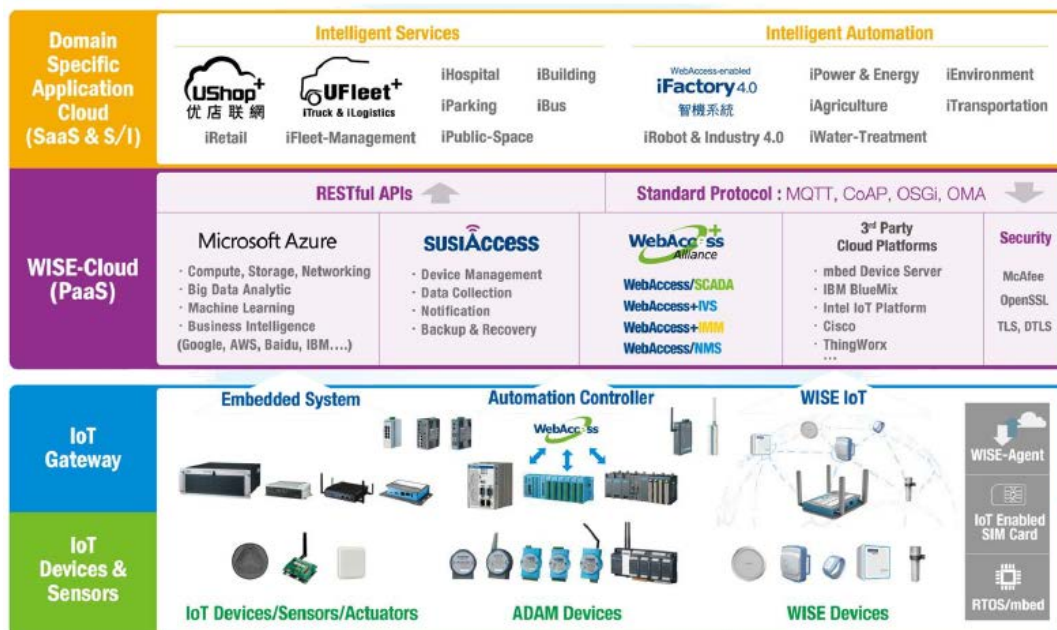


圖 3-14：研華 IoT 雲端

資料來源：<http://www.advantech.tw/embedded-boards-design-in-services/embedded-iot/why>

3.2.6 鼎新電腦

鼎新電腦是台灣提供企業資源計畫(ERP, Enterprise Resource Planning) 服務的廠商，於2016年鼎新推出「互聯中台」專案，作為系統與設備溝通的介面平台。如下圖3-15所示，互聯中台作為串接企業資源規劃 (ERP)、生管、製造執行系統 (MES) 等系統的平台，這一連串過程從電子商務 (EC) 系統到財管的ERP、負責排程的生管系統、到即時執行的MES、還有負責連線和資料採集的自動化系統，是很複雜的信息流，充滿了許多異質跟同質的系統平台，所以如何讓數據流通跟貫穿就需要做系統介接，是鼎新以ISA-95標準為基礎開發出互聯中台方案的

目的，以協助有意導入工業4.0的企業解決系統串連的問題。為了進一步瞭解互聯中台的服務概念，我們訪問了鼎新智能製造中心的顧問總監范肇鈞。

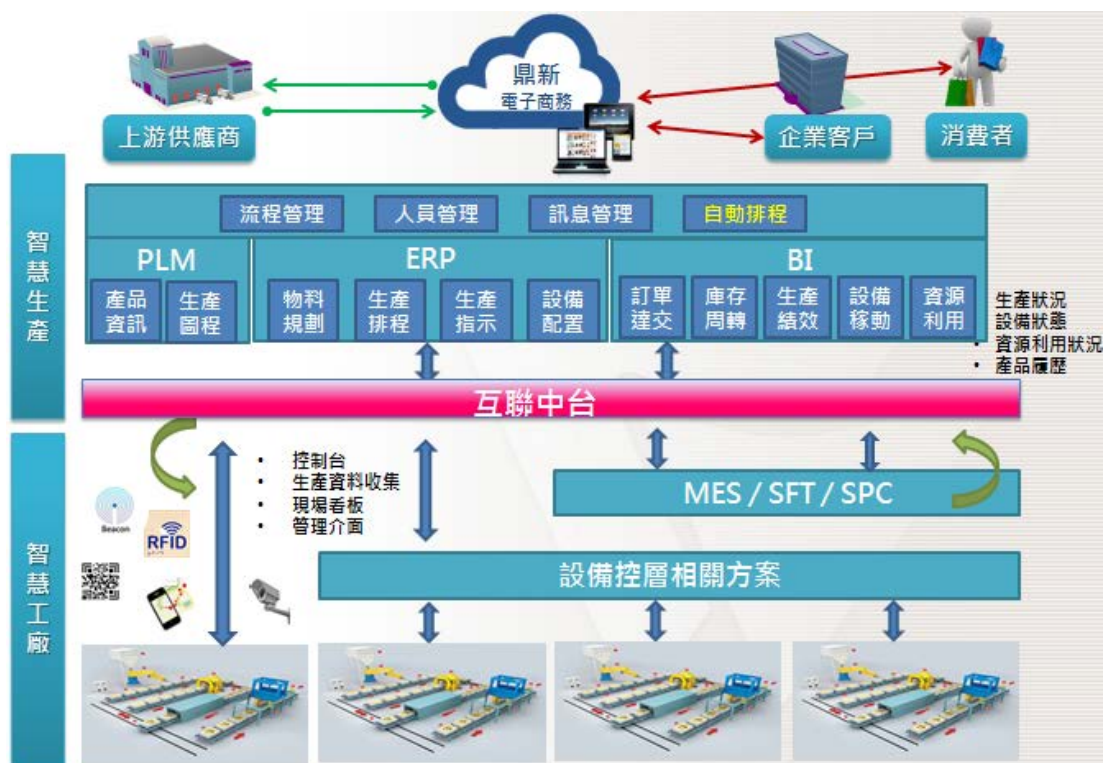


圖3-15：鼎新互聯中台

資料來源：

<http://mag.digiwin.biz/%E5%B7%A5%E6%A5%AD4-0%E7%9A%84%E7%86%B1%E6%BD%AE%E8%88%87%E5%86%B7%E6%80%9D/>

製造業會依產品特性而對工廠做不同的設計，例如石化、食品業的製程屬於連續性，不過多數工廠多為離散式工廠，也就是一站一站的設計，而目前鼎新互聯中台的方案設計主要是因應離散式工廠，像是電子業、金屬加工等。

由於工業4.0涉及的範圍包含了製造（Operation Technology）和資訊（Information Technology），所需的專業範疇相當較大，因此目前各方業者組成聯盟的趨勢越來越明顯，盼以各方的優勢和專業來爭取市場，或是資訊業者透過與行業別的企業合作打造示範工廠的模式，以了解各行業的特殊需求，並且增加實戰經驗，作為未來爭取其他企業客戶採用的優勢。

鼎新范總監表示，工業4.0不是以機器取代人，並且也不是所有企業都需要

做到工業4.0的程度，而是先找出想要改善的面向：不外乎交期、庫存、效率三大領域，如下圖3-16所示，再逐步將現有的工廠提升到智能的階段。



圖 3-16：鼎新電腦為離散式工廠打造與工業 4.0 接軌的互聯中台，將分為交期、庫存、效率三大領域改善面向

資料來源：<http://www.slideshare.net/DigiwinSoft/ss-63318819>

值得一提的是，鼎新電腦以智慧製造整體方案規劃者，搶先於2016年4月起推行「工業4.0成熟度評量」，從廣大服務客戶名單中成功寄送8,173筆問卷，於受測期間有效回收問卷為1,502筆，在信心水準 $\alpha=95\%$ 之下，取得台灣製造業智慧製造成熟度的量化常模數據，成為企業相對比較的基础。

為期三個月的第一階段調查，以電子、製造及金屬為主要行業，透過21個題項填答，了解受測企業分別在「產業智慧化、管理自動化、設備自動化、工廠智慧化」各標準的程度比例，並分為不同的成熟度等級；目前整體評測的等級數據以「打底」佔55%為最，其次為「精進」佔43%，最後才是「智慧」等級僅佔2%。

3.2.7 ITRI 巨資中心

工業技術研究院 ITRI 巨資中心成立於2013年5月，正式研究人員約170人，FY105目標為200人。其組織人員分布38%是博士、54%是碩士，學士占8%。而組織架構則分為智慧分析技術組與智慧應用技術組。在智慧分析技術方面包含：資料分析技術、視訊分析技術、文字探勘技術，在智慧應用技術方面包括：商業應用分析技術與運算平台技術。工研院巨資中心是國內第一個以巨量資料處理分析為主軸的研發中心，且具跨領域整合異質資料源(social, open data)融合分析技術與擴散ICT導入商務/製造/保健等優勢應用。

工研院巨資中心，聚焦於分析、平台、以及應用三大研發重點，在智慧分析技術(Analytics)方面，協助資訊軟體業建立知識經濟核心能力，發展Machine learning、Semantic、Social Analysis、Recommendation、Natural Language Processing等；在軟體系統平台(Platforms)方面，平台能量累積/建構/扶植與人才培育，發展Data Acquisition Data Organization、Data Visualization、Parallel、Distributed Processing例如包括Open source platform、Hadoop、R、Cascading 等等，另外並有與商業應用程式，例如BigObject, InfoSphere Streams 等等；在應用與服務(Applications & Services)方面，協助相關產業提升協助相關產業提升，發展智慧商業(Smart Commerce)、智能製造(Intelligent Manufacturing)、健康監控(Surveillance Healthcare)等。

工研院巨資中心的研發投入有非常亮眼的成績，其中包括：2013 ISWC年會(International Semantic Web Conference)舉辦的OAEI本體論匹配競賽，與來自全球20個團隊競逐，巨資中心在Library項目技冠群雄獲得第一名(發展出最佳化配對系統)。2014年參加PAKDD(亞太資料探勘及知識發掘會議)，巨資中心團隊所提出方法的準確率是台灣與整個亞太地區唯一進入前1%的隊伍(共614個團隊參與)，並於2014年榮獲「Prognostics and Health Management (PHM) Data Challenge 2014」國際競賽第四名與國際級機構同台競技(IMS、NASA、NICTA, etc.)。此外，

中心並協助台灣在開放知識基金會(OKFN)之政府開放資料排名，在全球120個國家中，由2014年第11名進步至2015年全球第一。在此同時並與新創資料服務公司(智庫驅動)合作，進行國際開放採購聯盟(Open Contracting Partnership)國際資料平台串接，成功取得亞洲第一個開放採購國際編碼(OCID Prefix)。總的來說，巨資中心目前已成功導入國內前三大虛擬通路電商、電信業者、航空業、多間製造、科技電子業廠、零售業、醫院與政府多項巨資應用之案子，乃為24小時在客戶端運行的成熟系統與方案，並達成客戶預期效益。我們訪問了巨量資料科技中心智慧分析技術組組長馮文生博士，欲更進一步理解巨資中心未來如何促進商業合作與系統整合。

馮博士表示在應用方面，E-Commerce將針對即時、精準與個人化，提供商品推薦系統、消費偏好分析EDM推薦系統、個人化首頁看板推薦系統、智慧型客服系統。在空間關聯預測Outside-in業外資訊匯流，可以提供Analytical CRM輔助決策&行銷預測、商品開發與組合/開店/展店輔、來客數與媒合/價格與需求預測、零件組維修備品預測等，達到輔助決策、成本節省、效益提升。

在智慧製造方面，提供根源分析、工程排單、虛擬量測、機台/設備/零件健康預診斷(PHM)。在視訊分析技術方面，可以提供Deep Learning視訊相關應用、車牌偵測辨識及車色分析、物體/行為追蹤/偵測/監控及分類、智慧型影像視訊檢索分析等。在文字探勘與分析技術方面，提供搜尋引擎/口語問答、資訊擷取/商情摘要、文件檢索及社群議題分析、口碑情感分析等。

3.2.8 NEC

技術累積與事業業績跨越半個世紀以來，NCE持有著世界頂級的人工智慧(AI)技術團隊並已進行靈活的運用，包括：臉部驗證、物體指紋、人群行為分析、空間數據交叉分析、RAPID機器學習、異種混合學習、預測型決策最優化、GLVQ、光學振動分析、學習型分辨、聲音驗證、情緒識別、文字含意識別、不

變性分析等等豐富的資源。

NEC在不同的商業領域已部屬許多方案，涵蓋公共安全、基礎設施設置與管理、市場銷售、與現場作業的監測與改進。在公共安全方面，包括：街道視頻監控、人群行為分析、重要設備管理、國民ID.入出境管理、網際網路安全；在基礎設施/廠房.管理方面，提供水資源需求預測、土石流災害監測.預測、發電廠故障症狀監測、廠房故障症狀監測、電力需求預測等；在市場銷售方面，支援客戶分析管理、VIP檢測服務支援、客戶聲音分析、日交付品須求預測、人力匹配等；最後，在現場作業革新的方面，NEC欲發展畫面.重量檢測、個人驗證溯源、品質.性能預測分析、修補用部品需求預測、強化資訊整理等。

針對分析技術的研發，NEC著力於不變量分析技術(由數據相關關係可自動發現人類無法感知的微弱跡象系統為世界首次技術)、異種混合學習技術(可自動發現 BigData內混合多數的規律性為世界首次技術)、文字含意識別技術(可判斷兩文字是否為相同含意的獨特技術，獲得美國NIST評價第一名)、RAPID機器學習技術(通過深度學習可使BigData擁有自動化學習技術的發展趨勢)與時空數據交叉分析技術(與臉部驗證技術等進行組合、由大量的視評以高速檢測出符合特定出現的模式技術)。

NEC在「生產工場內包裝線最優化」案例中，對於事先難以預測的負荷波動，於作業機器的平衡作業上進行即時性的自主適應操作調整，可防止停留時間並提升生產量及減少設備成本。以往，單純機器化可能發生的問題：1.常規來說各生產線.機器會均等分配作量進行包裝，但會有異常的負荷作業融入於內，造成各生產線與機器出現負荷分配不均，生產量無法對應或堆積停留的問題發生。2.發生運行效率低的生產線與機器，造成設備的過度導入，不必要的成本發生。NEC透過最優化的自主性適應操作解決方案，包括：1.時刻性的檢視不規律的現場狀況(負荷波動)，並即時的判斷作業平衡的最優化與自動均量分配，防止作業的屯積停留,提升生產效率。 2.各生產線及機器的運行效率最大化、可減少設備

數量並控制設備多餘的成本。

NEC另一案例，GAZIRU提供高精確度圖像辨識服務，可以在智慧手機以及雲端使用。由於金屬或是合成樹脂等產品或是零件表面上，製造時會發生細微的物體指紋凹凸。物體指紋辨識技術是比較登錄的物體指紋資料是否相同，以圖像瞬間判定的一項技術。可應用於各式真偽判定的運用，同一模子製作的產品或是零件，表面的"物體指紋"會顯現共通特徵。預先將此一"指紋"登錄，可以快速判定是否是使用同一模子製造的純正零件。應用NEC獨家的圖像辨識技術，可在手機上輕鬆動作。

表3-4：NEC與競爭廠商圖像辨識技術比較

資料來源：<http://jpn.nec.com/rd/research/DataAcquition/imagerecognition.html>

項目	競爭廠商圖像辨識技術	NEC 圖像辨識技術
辨識率	檢討通用的圖像辨識，但是辨識精確度有問題居多	獨家研究，通用圖像辨識 上世界水準辨識率
行動通信實用化(辨識速度)	因為硬體進化，可處理大容量資料或是計算時間可縮短	獨家邏輯，資料量壓縮、計算輻減輕的成功，實現行動通信圖像辨識與傳統方式相比，1/10 的處理時間，可圖像辨識(GLVQ)
服務開始為止時間縮短(系統建置期)	須從圖像辨識引擎開發，服務開始需費用、耗時間	服務的提供方式，圖像辨識部分是活用服務，可以快速較低價建置系統

3.3 小結

根據上述3.1案例分析與3.2訪談資料，本研究彙整出工業4.0時代-以價值為導向的變革新思維之四大議題，包括研發/技術、計畫/交流平台、營運模式、標準，各議題對應上述個案如下說明：

- R&D/ Technologies
 - Fraunhofer: AMELI 4.0
 - SAP HANA, SAP Predictive Analytics
 - IBM: Predictive Asset Optimization
- Projects/ Platforms
 - Policy of Germany:工業4.0平臺, BITKOM
 - Policy of Bavarian : Strategy Bayern Digital
 - Fraunhofer: E3燈塔計畫, AMELI 4.0
 - 鼎新:工業4.0成熟度評量
- Business Models
 - SAP Predictive Maintenance and Service Solution
 - GE 波音787飛機的GENX引擎數據服務
- Development of standards
 - Microsoft Azure
 - 研華 WebAccess
 - 鼎新 互聯中台

針對Policy of Germany、Policy of Bavarian與Fraunhofer，主要以計畫&交流平台為主在進行工業4.0；針對SAP、GE與工研院ITRI，則是以研究&技術為主，並提出新的營運模式。而主攻技術發展的則是IBM、Applied Materials與Intel。在標準的整合上，Microsoft、研華與鼎新都有推出其平台架構。

肆、發現與討論

透過第二章的文獻回顧與第三章的訪談與案例分析，本研究歸納出工業4.0 時代-以價值為導向的變革新思維之七大發現，包括：1) 工業4.0在巨量資料的深度運用，從資料蒐集開始；2) 強化預測Prediction與優化Optimization的能力；3) 通訊技術不可或缺，但大一統標準規範路遙迢；4) 開發軟體服務平台；5) 誰能成為資料整合公司；6) 相關人才不足與人才須具備的技能與資質；7) 工業4.0是取代製造而非工作。

現在製造策略正在翻轉，從外包轉到自製，歐美製造回流下，過去十年稱為世界的製造工廠中國的GDP從13%降至6%。目前全球已開發國家的製造策略已從大量生產變成大量客製，未來從集中生產變成分散生產，往消費地移動，同時製造策略也將改變。製造力就是國力，製造工業可創造大量就業機會。就業機會的流失一度為歐美失去影響力的原因，歐洲過去15年流失10%製造業到亞洲，如今德國希望以工業4.0將製造工業留在國內，同樣的趨勢也發生在台灣，過去台灣將製造業西移，亦為導致經濟成長停滯原因之一。

德國工業4.0提供了製造業五大變革：(1)自動化、省力化、(2) 機台連線資料採集及生產資料可視化、(3) MES優化生產流程，提高品質效率、(4) 巨量資料分析，預防維護、以及(5) 業務變革，其中工業4.0中的物聯網科技顛覆了許多百年企業營運模式，譬如勞斯萊斯不賣飛機引擎改賣飛行維護時數，每月收費為全球4600台引擎監控，物聯網的終極目標是提升品質提高生產效率，提高客戶黏度延伸服務，演化業務模式創新⁵⁷。另外，製造業的預防維護為工業4.0各核心技術的實現，研華總經理何春盛表示，智慧工廠中「預測」是一大趨勢，也是客戶都想做的投資。

⁵⁷ <http://www.appledaily.com.tw/realtime/news/article/new/20160727/916224/>

發現 1: 工業 4.0 在巨量資料的深度運用，從資料蒐集開始

從工業 4.0 的實施進程，應先掌握過去與現狀，然後預測未來，最後才是優化，巨量資料是資料蒐集的重點科技。**首先，掌握過去與現狀：**要運用巨量資料，就得由蒐集資料開始。盡全力累積資料、確認事實，是最初必須做的第一步。所謂的資料，可能是顧客購買的商品、金額、Twitter 推文、語音（通話）內容、血壓、體重等健康資料、醫療病歷等等，裡面有些資料是刻意去量測的，也有些根本就是在無意識中累積下來的各種生活軌跡紀錄(Life Log；生活日誌)。

接著，不只是人類的資料，還包括伺服器的登入紀錄或智慧電表的資料（電力的使用狀況）、車用感測器所偵測到的車輛位置與速度資料、來自行動電話或智慧型手機的地點資料（GPS）、飛機的起降資料、氣象資料、農作物的聲譽資料等等諸如此類以 M2M（Machine to Machine）或 IoT（Internet of Things）等關鍵字為代表、由各種事物或大自然所產生的資料。

此外，也有不針對資料進行分析處理，只純粹對即時發生的大量資料進行監控，將「發現異常值」視為運用巨量資料目的之一的情況。然而，除了明顯可知為異常的單純情況外，通常必須事先界定「何種情況應視為異常值」，尤其在巨量資料的運用上，我們所期待的是由大量資料中「發現行為模式」。

發現行為模式：累積大量資料後，便必須運用資料探勘或機器學習等技術，由龐大的資料之海中，撈出對業務會造成某種影響的、有意義的行為模式（成功或失敗的行為模式等）。譬如，如果能透過巨量資料間的關聯分析，由龐大的顧客消費資料中找出什麼商品和什麼商品有強烈被一併購買的傾向（併買模式），便能透過精準推薦，有效率地進行交叉銷售。

把安裝在各家庭、企業裡的智慧電表所蒐集和累積來的用電資料，與季節或氣象資訊等外部資料結合在一起，想必便能掌握「用電需求即將供電地 95% 之模式」。如果能以自然語言處理技術，針對顧客打進客服中心的電話內容或 Twitter 的推文內容進行情感分析（Sentiment Analysis），然後進一步進行資料

探勘、找出優良顧客流失到其他公司的「流失模式」的話，也許就能儘早找出對策、預防顧客解約。

再例如，如果能累積來自汽車或影印機等設備的大量傳感器資料，也許就能由使用頻率或消耗品耗損程度等資料中，鎖定出「發生問題的模式」。在農業的領域，日本和歌山縣有田市的果園利用農業用感測器，蒐集並分析氣溫、濕度、土壤溫度、土壤水分、水分含量、降雨量、日照量、日射量、氣壓、照度、等二十種資料，調查其與蜜柑（日本甜橘）的糖度及栽培等的相關性，希望藉此修正長久以來，純粹仰賴農家的直覺與經驗進行的種植方式，由資料中找出「高甜度蜜柑的栽培模式」。

這些案例的共通點，是希望透過對巨量資料的分析，儘可能找出提高成功率的「勝利方程式」。

發現 2: 強化預測 Prediction 與優化 Optimization 的能力

過去，台灣製造業講求愛拚、靠技術的優勢來創造經濟，例如工具機產業思考的是如何幫助客戶生產，並解決客戶眼前的生產問題、提高生產效能，但這樣的思維在未來世界將難以生存。未來工具機業要創造更大價值，就要能預測製造中會產生的問題，協助客戶減低硬體出錯率，包括裝機、測試及加工中的故障預診斷等。把即時量測機器的生產數據換成人看得懂的訊息，依據訊息做出最多的優化與設備預測，達成機器近零故障之目標，最後再把這些結構式資訊，轉到設計端。經由軟體服務平台成立工業物聯網系統，運用巨量資料分析方式，預測機器的性能與未來，甚麼時候該維修，什麼時候可以繼續生產。

想達成近零故障，感測器是首要要件，好的感測要能隨著環境、時間、機器振動或生產原料之變化，而隨之調整、優化，感測系統的任務是對人負責，讓製造執行者能無憂的工作。好的感測器更要搭配好的監測軟體，一個真正好的軟體要能夠從可見的世界，延伸到未見的世界，也就是所謂的預測。每部機器會因有

不同的特徵或核心功能，而有不同的參數集合，透過巨量資料分析，軟體可把蒐集到的數據變成預測，提高風險控管的透明度與效能。簡單來說，要讓人與機器能產生最簡單、最有價值的智慧結合。讓系統做「事前諸葛」，解決、甚至是避免可見和未見的問題，讓生產及使用零故障、零污染、零憂慮。

由過去到現在的大量資料中發現某種模式，並對將來進行預測。巨量資料的運用，並非只到此為止。沒有伴隨任何行動的「預測」，其價值只發揮了一半，重要的是，我們應該依據預測的結果來進行「優化」。

「優化」的方式可以有很多種。比方說，電力公司如果能夠預測白天的用電需求即將逼近供電量，便能夠導入大幅度低夜間電費等的「動態定價」(Dynamic Pricing)，將白天的需求轉移至夜間，這就是一種優化。更進一步的運用案例，就是已經在部分商業大樓等設施裡實用化的「自動反應用電量」(Automated Demand Response) 技術，這是一種一旦電力需求達到高峰，便自動(強制)執行降低照明亮度、調整空調設定溫度、關閉非必要性設備電源等措施的技術。

以另一個角度而言，被認為未來將日益普及的電動車或充電式油電混合車，為了抑制電力或汽油的消耗，可建議車主採用避免瞬間加速和突然煞車、略微調高空調設定溫度等的「節能模式(Eco Drive)。

也就是，所謂「依預測結果進行優化」，其具體做法其實是依各公司的創意而異。能否能找出足以形成與其他公司間差異化的「優化」方案，正是考驗功力的所在。

發現 3: 通訊技術不可或缺，但大一統標準規範路遙迢

在連網技術方面，除了傳輸到雲端的有線與無線通訊技術外，工廠內部機器間的通訊也不可或缺。因此在工業 4.0 架構中，各種無線通訊技術將與工業乙太網路相輔相成。在工業 4.0 網路中，各種無線通訊技術都有各自的定位。更重要的是，工業 4.0 中需要佈建許多感測器，這些感測器和無線網路節點元件相同，

需要工作相當長的時間，也無法時時進行換電池或充電，因此元件本身需要相當省電，所以工業 4.0 架構中互聯網的實現，與節電、低功耗相關的電源管理 IC 習習相關。

除了技術問題外，統一標準遙遙無期亦成為業者發展工業 4.0 的絆腳石。目前工業 4.0 網路協定相當混亂，Google、Apple 與一些 IC 供應商都各自有其解決方案，目前也尚未有任何跡象顯示會出現大一統的標準規範。在有線傳輸技術部份，工業乙太網路可望成為工業 4.0 通訊標準技術之一。

值得注意的是，發展工業 4.0 時，業者勢必會面臨介面(也就是互通性)的問題。工業 4.0 或許不需要統包方案(Total Solution)，但是標準化相當重要，然而目前標準尚未定義，且標準化發展暫時不會出現，以至於目前工業 4.0 呈現廠商各自努力的現象。再者，許多廠商可能無力建構完整垂直與/水平整合的產品，而選擇跨業合作，但勢必會遭遇各家產品介面互通性問題，造成其客戶遭遇問題時，無法有效解決。

國際大廠(西門子)的確有主導工業 4.0 標準建立的優勢，不過國內廠商間的異業合作(研華、鼎新)是否也能夠建立大一統的標準，仍需時間觀察。但大一統標準何時出現，實無法進一步由現階段市場發展現況來預測，而介面問題也可能成為工業 4.0 發展的一大隱憂。

發現 4: 開發軟體服務平台

台灣雖然面積不大本身內需市場有限，但在網路無國界的時代，有很好發揮的機會，台灣機械設備等硬體發展已有很好的基礎，資訊技術與資源也相當先進與豐沛，故不論硬體是台灣製作的或使由外國進口到台灣使用，都可以利用工業巨量資料的分析，由設備使用者角度切入，從資料中尋找提升使用者附加價值的關鍵，進而研發適當的使用軟體，所研發之軟體亦可配合設備行銷全世界，甚至設備原廠都會來買台灣所建立之使用 KNOW-HOW。

另外以台灣表現出色工具機產業為例，目前大部分工具機廠都透過國外代理商來行銷，代理商往往無法掌握購買機器之終端使用者的一切需求與問題反應，故進步速度緩慢，如果能提供適當好用之 APP 軟體，國內外客戶購買機台後要使用該軟體則須回台灣原廠註冊，則原廠因此能掌握最終客戶之資料，也有機會獲得第一手使用資訊的回饋及繼續提供更好用的加值服務給終端客戶，因此每一家工具機公司若可建立這樣的軟體加值服務平台，建立新的營運模式，讓台灣工具機產業可以因工業巨量資料的運用，而持續改善精進，客戶也因為有後續源源不斷的技術與軟體支援，而加工產品越來越有品質與效率，彼此獲利相得益彰。

發現 5: 誰能成為資料整合公司

由上述可窺知，掌握資料、有能力分析整合資料背後的意義的企業，有極大的發展優勢，下一個問題是，怎樣的公司可以成為掌握這樣的優勢？雖然無論誰都有可能成為資料整合商，但最可能成功的，便是經手資料，負責開發、運用資料蒐集工具的企業。舉例：「Carrier IQ」這個監控軟體，這是一個會議紀錄下智慧型手機使用者詳細操作紀錄（除用了哪些 App 之外，連地點資訊、文字輸入內容、攝影機或音樂播放器的運作狀況等一切資訊，全都包含在內），將該等紀錄傳送到行動電話通訊業者或終端至製造商的軟體。但由於被揭露根本沒取得使用者同意，就由通訊業者預先安裝在智慧型手機裡，在美國引起了軒然大波。雖然這是個極端的例子，但顯示出來「離資料入口愈近的業者愈有利」的事實，是無庸置疑的。既然無論要蒐集或是運用資料，獲得資料所有者的同意都是最基本的大前提，那麼理所當然的，愈是對個人而言敏感的資料，愈是對企業而言有價值的資料，就愈難取得。因此，獲得社會信賴的企業，能夠提供資料所有者一定的附加價值或誘因，讓他覺得「把資料交給它也沒關係」的企業，想必將會是能否成為資料整合公司的條件。

以這個角度而言，一開始就贏在起跑點的便是通訊業者。很少有使用者把智

慧型手機定位為只用來通話的工具，以巨量資料的觀點而言，手機「使用者總是帶在身上,並擁有通訊功能的感測設備」這個特徵非常重要。換句話說，業者不能利用手機裡的 GPS 或加速感測器來掌握地點資訊或速度資訊，連被視為生活紀錄的幾乎所有資料，都能透過智慧型手機輸入。

舉例而言，NTT Docomo 宣布與提供健康管理服務的歐姆龍健康事業 (OMRON Healthcare)合作。透過這項合作，兩家公司把歐姆龍健康事業的產品 (血壓針、體種體組成器、計步器等)與 Docomo 的智慧型手機等連結在一起；除了建立能輕易累積、管理體重或血壓等健康、醫療資源的環境外，還透過與擁有健康相關業務的企業等合作，以提供健康、醫療支援服務為目標。

目前 NTT Docomo 透過行動電話持續協助使用者維持健康的「iBodymo」服務，提供能自動記錄步數的計步器，或是紀錄慢跑距離、時間、速度等的功能。透過這次和歐姆龍健康事業的合作，就連包含體重或血壓等在內的測量資料，都可進行管理和分析，再加上與其他健康、醫療管理服務的廠商共同合作，以提供多樣化的健康管理服務，以及疾病預防服務。

因此，如果我們假定機器設備、智慧型手機是「資料的入口」，那麼控制著那個入口的設備業者、通訊業者，就等於掌握了各種資料的可能性。

發現 6: 相關人才不足與人才須具備的技能與資質

現在已經可預見必須具備多項技能與資源的資料科學家將供不應求，即將陷入人才不足的窘境。麥肯錫全球研究院認為，美國在擁有高度分析能力的人才供給量 (於大學或研究所主修統計或機器學習的學生)方面，將於 2018 年時，由 2008 年的 15 萬人倍增至 30 萬人。但同時，估計需求量則多達 44 萬至 49 萬人，呈現出 14 萬至 19 萬人的人才短缺。

在四、五年前，公司裡需要資料科學家的幾乎僅限於 Google 或亞馬遜等網路企業。但到了最近，只要是著眼於資料分析的企業，不分業種都積極招募資料

科學家，這情況，也更加速了資料科學家的人才短缺情況。

在（EMC Data Science Study）的報告中，是以美國、英國、法國、德國、印度、中國相當於資料科學家或是商業智慧專家的 IT 部門決策者共 462 位為對象所實施。調查結果的要點如下：

對於新資料科學家的供應來源，最多人期待來自「主修電腦科學的學生」，約有三分之一。反倒是認為來自既有商業智慧專家的只有 12%，令人意外。換句話說，參加學者們幾乎不期待既有的商業智慧專家，有辦法因應目前對資料科學家的需求。

我們瞭解到，資料科學家與商業智慧專家的差異在於，從取得包括外部資料在內的新資料集，一直到依據資料做出業務上的決策，資料科學家傾向深入參與資料完整生命週期，包括對資料的過濾與系統化，以及資料的視覺化等諸如此類都包含在內。資料科學家與商業智慧專家的背景，也呈現出相當大的不同。相對於多數資料科學家在大學時代是主修電腦科學或工程學、自然科學等，商業智慧專家則大多主修一般的商學領域。

在工業 4.0 所需的資料科學家，指的是「運用統計分析或機器學習、分散式處理等技術，由大量資料中萃取出在商業上有意義的洞見，最後以簡單易懂的方式傳達給決策者的人才；或是用資料創造出全新服務的人才」。其須具備的技能，如下所示：

(1) 電腦科學

一般而言，資料科學家必須具備對程式撰寫和電腦科學有充分的背景知識，簡而言之，必須具備 Hadoop 或 MapReduce 等，對處理巨量資料越來越重要的大規模平行處理技術或機器學習 Machine Learning 的能力。

(2) 數學、統計、資料探勘等

除了數學和統計的素養之外，資料科學家還必須有能力操作 SPSS 或 SAS 等主要的統計分析軟體，其中，「python」是最近相當受矚目的開放原始碼統計分

析用程式語言及執行環境，python 的長處在於，擁有豐富的統計分析用套件。

(3) 資料的可視化(Visualization)

傳達方式的好壞會對一個訊息的品質造成很大的影響，對相當於羅列一大串數字的資料進行分析，找出其中的意義之後再開發網路的原型，或是運用外部 API 將分析結果與圖表或地圖、Dashboard 等其他服務結合、讓它可視化，這對於資料科學家而言，是非常重要的複合能力之一。

把資料與設計結合，將難以一眼看清的資訊，用簡單易懂的方式設計為圖表的「資訊圖表」(Infographics，請見圖 4-1)，最近受到廣大的矚目。這也是資料可視化的手法之一。

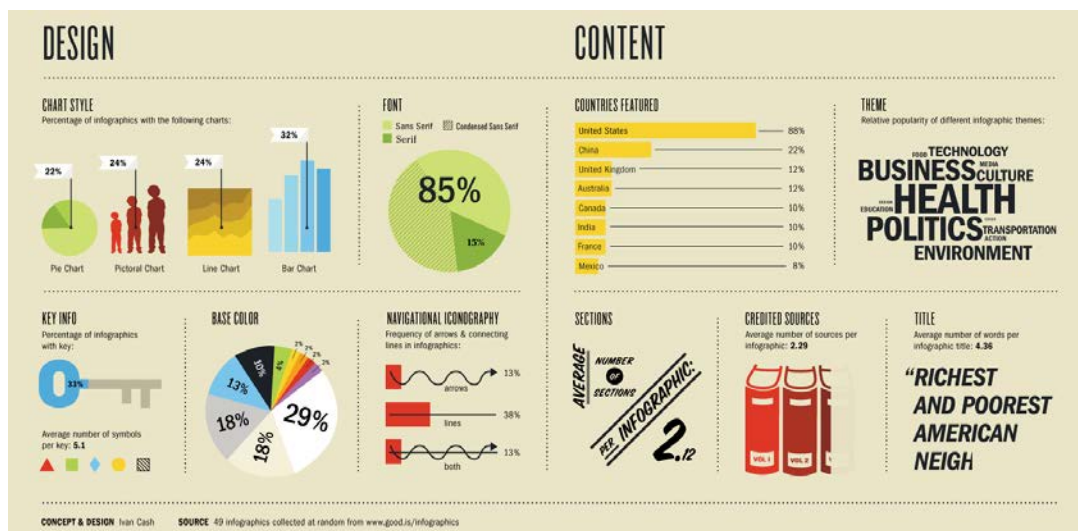


圖 4-1：資料可視化手法

資料來源：<https://londoncharlotte.wordpress.com/2011/04/07/an-infographic-about-infographics/>

此外，且工業 4.0 的資料科學家必須具備以下個人化資質：

(1) 溝通能力

即使能由巨量資料中發現有用的洞見，如果無法將其應用在商務上，該洞見的價值將大大地降低。因此，擁有能將資料分析結果的洞見轉化為「故事」(narrative)，有效地傳達給對資料分析不具備專業知識的業務部同仁或管理階層

的能力，非常重要。

(2) 創業家精神

想創造出現前所未有的、以資料為核心的全新服務，創業家精神也是資料科學家必須擁有的重要資質。Google 或亞馬遜、Facebook 等由資料中創造出新服務的企業，都是從龐大的資料辛苦摸索，最後才獲得成功。

(3) 好奇心

成功的資料科學家們似乎有一個共通點，就是不只對龐大的資料背後隱含的秘密擁有強烈的好奇心，對於藝術、技術、醫療、自然科學等各種領域，乃至於對所有的事物都具有旺盛的好奇心。有時候，透過把完全不同領域的資料結合在一起分析，能夠獲得以往從來未能得到的、深具價值的洞見。

發現 7: 工業 4.0 是取代製造而非工作

由機器人掀起的第四次工業革命被視為是機器人大幅取代人類工作的世代，造成人心惶惶，擔心一旦機器人技術成熟後，工作將會不保，而對機器人產業心生排斥。但日前麥肯錫公司卻提出不同的見解，認為機器人只是幫助人類處理工作中一成不變、制式化業務，而非完全取代人類的工作。麥肯錫曾表示，辦公室裡坐滿白領階級機器人大幅取代人力的可能性要比社會大眾預期低許多。因為一份工作當中所包含的職務多且複雜，要將工作任務區隔出自動化的部分而讓機器人取代的項目並不多，因此只能說某些工作項目有比較高的比例可以被自動化。

未來，具技術可預測性的自動化工作，其中 75% 可以被取代，25% 無法被取代。例如：工廠生產線的焊接部分、食品加工等這些固定作業模式的工作很容易被自動化之外，出乎意料的是財務、金融管理領域，因為有部分工作內容具有固定、可被預測的性質，故可被自動化的比例也相當高。反之，作業模式難以被預測，所以不易被自動化的工作則有：管理他人的管理職務、需要活用進修和訓練

的專門技術的職務、因應顧客等必須和他人應對的職務，以及建設工作等，這四項類別的自動化的技術潛在可能性平均各為：9%、18%、20%和 25%，如圖 4-2 所示。然而雖然有 60%的工作中 30%的職務內容可以被自動化，但要把一份工作完全交由機器人自行完成是不可行的，只能由機器人從旁協助重複性高的工作，讓人類可有較多時間用在創造、發想上。以室內設計師為例，丈量空間尺寸、訂購裝潢材料等都可由機器人代勞，設計師可把時間、心力專注於設計。

因此，工業 4.0 幾乎沒有一份工作是能夠完全被機器人所取代的。然而，某些部門的人力確實有可能會因而縮減，因此政府、學校在培育人才時的確應更加注重創意、思考的人才養成，才不會出現畢業等於失業的現象。

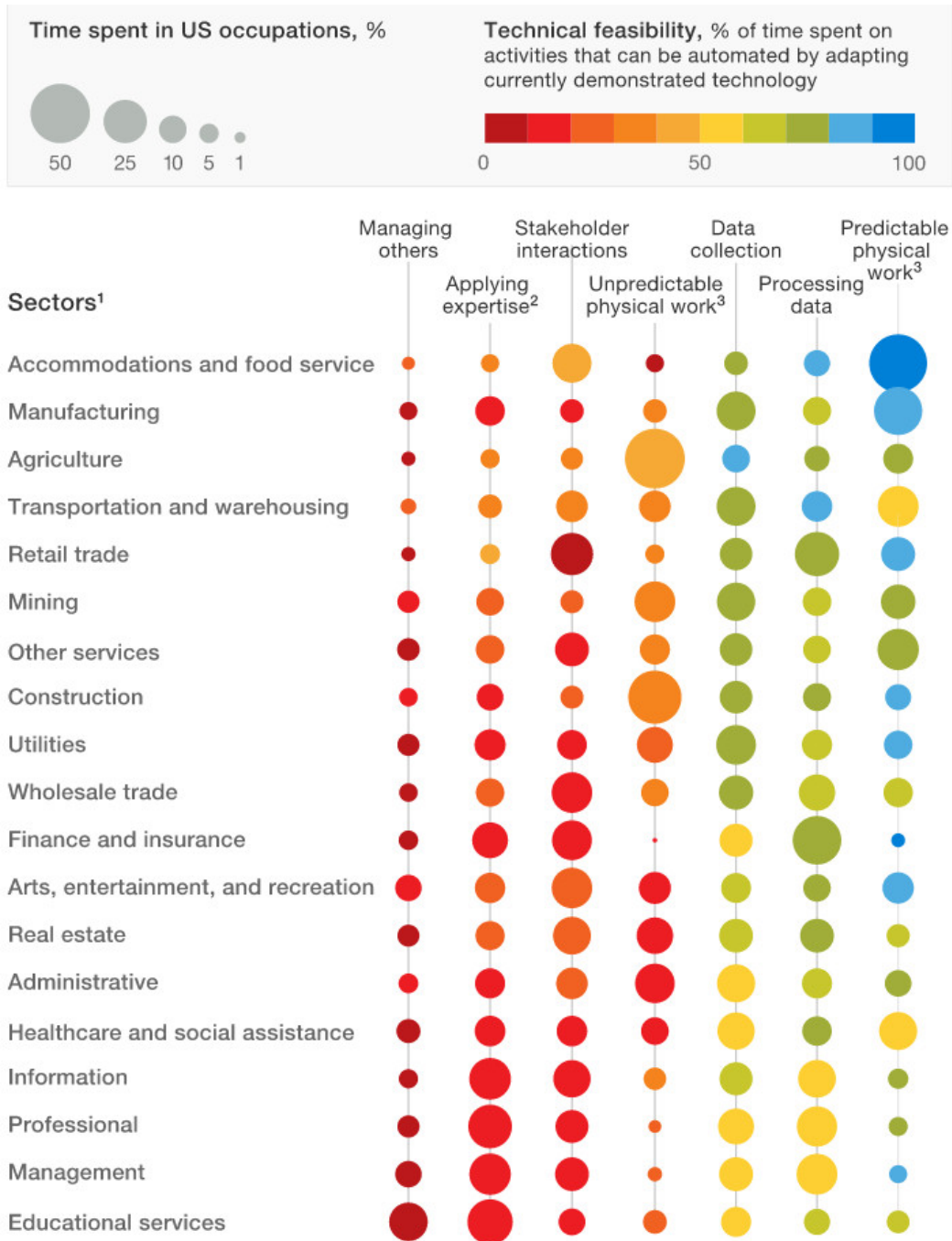


圖 4-2：美國職場潛在被取代工作

資料來源：Where machines could replace humans—and where they can't (yet). McKinsey&Company,

2016/07. at

<http://www.mckinsey.com/business-functions/business-technology/our-insights/where-machines-could-replace-humans-and-where-they-cant-yet>

伍、結論與建議

本研究針對工業 4.0 時代-以價值為導向的變革新思維進行探討，透過相關的文獻回顧、案例分析與實際的廠商訪談，本研究彙整出上述發現，最後，在本章針對 5.1 廠商與 5.2 政府給予相關的建議。

面對工業 4.0 的環境，製造業目前亟需解決的問題包括：重要零組件和關鍵材料依然依靠進口；勞動力將在未來幾年內完全耗盡，並進入人口老齡化和勞動力短缺的時代，因此亟需加速實現自動化；國內過於情緒化的市場與機會導向的發展模式使行業的發展無法健康和持續進行；智慧財產權保護的不足嚴重影響創新的積極性。

5.1 對廠商的建議

將工廠智慧化是製造大國最近努力的方向，再縮小到亞太地區、台灣和中國最大的差別，即是工廠的新舊程度。有別於中國投入大量資金不斷擴建新廠房，可以從最底層的自動化設備開始打造智慧工廠；反觀台灣多數的工廠都已經是『中老年人』了，在既有機台尚未淘汰，又希望建置統擷取數據資訊，就必須先做全面的診斷和評估，找出機台介接連線的方法，而這樣的情境，需要系統整合商提供全面的解決方案。

工業 4.0 之工廠的設備、機台不再是一個口令一個動作，而是會自行思考和互相協調。因此，現階段系統整合商的任務，是幫機台進行診斷、連線，先讓它能夠「說話」，掌握數據後再進一步整合分析，例如利用工程數據分析(EDA)的良率分佈，強化製造現場排程規則，以兼顧產能及良率，讓數據之間的對話有了新的價值。第三章鼎新強調：『對台灣製造業來說，設備若不急著換也沒關係，但得開始收集數據，例如透過第三章研華所生產的硬體，從機台擷取數據資訊，再

透過研華的 WebAccess 整合使用；或是從企業的 ERP、CRM、MES 整合數據以建立模型(Model)，根據歷史資訊不斷累積，從自動化變成『智』動化，差別在於不只把指令做對，而是要把任務做到最佳化。』

對企業主來說，資金不管是投入研發、提升製造能力、把產品做到高質化，做任何事情都是希望投資能獲利。無論是從經營層使用的資訊管理系統往下，還是從作業層操作的現場控制系統往上，資訊的串流、收集、整合都是為了更好的預測。

即使擁有了高品質的資料、能有效率處理資料的 IT 基礎設備，甚至連優秀的資料科學家都齊備了，最後的關卡就剩下組織體制與企業文化。無論分析出來的結果多麼優異，如果組織體制無法將它與正確的決策和迅速的行動連結在一起，一切都是白費。而當導出與經驗或直覺所想的不同的分析結果時，無條件以經驗和直覺為優先的企業文化，也會使一切分析變得沒有意義。

談論資料分析效益的名著 Competing On Analytics：The New Science of Winning，在一開始，就引用一段話：企業無法全面發揮分析管理的原因，事實上與分析方法、可取得的資料量、分析技術都沒有關係。

換句話說，阻撓企業轉變為重視分析的組織的原因，是常在企業中出現的以下四大症狀：

- 症狀一：奉行「一直以來都是這麼做」的「傳統」（通常由高階主管帶頭），卻沒有經過嚴格的分析與經驗。
- 症狀二：主管進行決策(尤其是高階主管)的背後，並沒有深入分析的資料或是事實支持，造成只靠靈感就能受到讚賞的領導者橫行於組織內。
- 症狀三：內部缺少對於分析實證法具有熱情，而且善於從大量資料中找出價值、情報的人才。組織內部往往將分析工作視為無計可施、萬不得已之下才使出的招數，甚至由非專業領域的員工處理分析工作。
- 症狀四：「人」的因素凌駕於「想法」之上；換句話說，「由誰提出」比

「不錯的想法」更重要。

因此，企業能夠募得優秀的資料科學家雖然重要，但是，也不能忽略培養懂得如何依靠資料科學家進行正確決策與行動的經營者與經理人。

此外，能夠將資料分析的結果與獲得的洞見及時地運用在業務上，已取得競爭優勢的企業，在歐美稱之為「資料驅動型企業」(Data Driven Enterprise)。若想成為資料驅動型的企業，重要的是必須塑造出一個無時無刻依據資料進行決策的企業文化，以及當面對業務上任何情況、必須下達某種判斷之際，總能夠意識到「是否取得資料佐證」的氛圍。

當然，想成為資料驅動型企業，並非一蹴可及，要建構的不只是一部分的分析團隊或管理階層，而是每一位員工都能夠取得許多資料的環境，還要建立一個能立刻將分析結果於業務中執行的組織等...需檢討的重點非常多。

如果適當地蒐集那些過去未被活用，或是無法被活用的各種資料，當然得到的結果就是資料量非常龐大。但是，不見得資料量大到數 10 TB 、 數 PB 才有用，重要的是能夠發掘到這些原本一直遭到忽視的資料的價值這件事。

本研究裡面介紹了數個運用資料的案例，他們透過著眼於過去直接丟棄或無法取得的資料，運用之後比以前能夠更詳細地將顧客分群、預測顧客行為，或是提高機械保養維護地效率等。另外，藉由把公司內部保有的資料與外部資料結合在一起、創造出新業務的可能性。

因此本研究相信，能夠比誰都更早發覺被忽略的資料的價值，及時地運用在業務上，已取得競爭優勢的資料驅動型企業，才將是能夠在未來這個充斥著各種資料的時代裡繼續存活下去的企業。

5.2 對政府的建議

面對工業 4.0，政府應扶持中小企業發展，建立一批小而強的中小企業。在歐美小企業是創新的主力軍，為大公司提供了源源不斷的創新技術和人才；而在

德國，一大批中小企業隱形冠軍為德國製造提供了強有力的基礎保障，使德國製造的品質從產業鏈的最前端開始就得到了保障。而台灣的中小企業還遠遠沒有達到美國和德國的品質，依然是機會為導向的發展模式，即哪裡有了最新的機會和政策就大量湧入，同質化的現象過於嚴重，創新的多樣性亟需提高。

德國經濟辦事處發表「2016 德國在台企業商業信心調查報告」，僅 14% 受訪德商認為台灣經濟將有改善，高達 41.2% 認為將惡化。報告對新政府提出五大建議，其中第一項就是提出更具體的政策內容，包括能源政策、智慧機械、化工等，德商認為目前只有框架，無實質內容。針對台灣經濟前景展望，高達 41.2% 德商認為經濟將惡化、較去年的 20.3% 高出許多；僅 14.4% 認為經濟將改善，遠低於去年的 37.5%。另有 44% 認為持平，與去年相當⁵⁸。

報告指出，德商認為在台經商的三大挑戰包括：缺乏人才、工業政策不明確、匯率風險。雖然新政府提出五大創新產業，不過德商認為具體內容付之闕如，讓德商無法遵循。例如在工業 4.0 方面，不應侷限於製造業，而須在各行各業推廣。以物流業為例，自動化、數位化倉儲及運送，都是工業 4.0 的體現。以能源為例，不應僅聚焦供給面的發電，也應從消費面提供誘因。例如全台三分之一耗電來自空調等冷卻系統，若從鼓勵建築物採行隔熱著手，輕鬆就能節省電力。

不論是能源政策、工業 4.0 或智慧機械，都須政府和民間一起努力，「企業努力發展節能技術或自動化概念，但也須要政府提供誘因，才能讓綠能和自動化普及。」

此外，有鑑於對分析巨量資料的需求不斷增加，以及隨之而來的未來資料科學家不足的情況，美國已經有大學開始設立主修分析學的研究所。

西北大學自 2012 年 9 月起，於工學院新設教授巨量資料分析知識的分析學研究所，並開始招收學生。「雖然只要對 Hadoop 或 Cassandra 具備有基本知識，誰都能輕鬆找到工作，但擁有真正高度知識的人才，卻非常缺乏。」對於設立研

⁵⁸ 資料來源：<http://m.ltn.com.tw/news/business/breakingnews/1803836>

究所的理由，該校如此表示。

此外，該研究所並把「教授能將業務導向成功的技能，培育出足以領導專案小組的優修分析師」定為目標，在教學內容上，除了數學、統計學外，更會加入高級電腦工程學與資料分析。計畫中的課程內容相當全面，涵蓋了分析學領域最主要的三種分析手法：預測分析、描述分析（Descriptive Analytics，包括商業智慧與資料探勘）及規則分析（Prescriptive Analytics，包括優化與模擬）。

具體課程內容如下：

STEP (1)

- 資料探勘用的統計方法(多重邏輯迴歸分析、非線性迴歸分析、判別分析等)
- 計量方法(時間序列分析、機率模型、優化)
- 決策分析(多基地決策分析、決策數、影響圖、敏感度分析)
- 競爭優勢分析(透過專案或成功案例，教授基本的分析概念)

STEP (2)

- 資料庫入門(資料模型、資料庫設計)
- 預測分析(時間軸分析、主成分分析、非參數迴歸分析、統計流程控制)
- 資料管理(ETL [資料擷取、資料轉換、資料載入]、資料管控、管理、後設資料)
- 優化與捷思(整數規畫法、非線性規畫法、局部搜尋法、通用捷思演算法、[模擬退火法、基因演算法])

STEP (3)

- 巨量資料分析(非結構化資料概念學習、MapReduce 技術、巨量資料分析方法)
- 資料探勘(分群法、[K-means 分群法、分割法]、關聯性規則、因素分析、存活分析)
- 選修科目由以下任選二科(社群網路、本文分析、網路分析、財務分析、服

務業分析、能源、健康照護、供應鏈管理、整合行銷溝通之機率模型)

STEP (4)

- 風險分析與營運分析用電腦模擬
- 軟體面的分析學(分析之組織面課題、IT 與商務使用者、變革管理、資料課題、結果的展示與傳達方法)
- 決策分析(多目的決策分析、決策數、影響圖、敏感度分析)

因此，政府應建立可持續的人才培養模式和人才體系。此培養模式不僅包括大學，還包括企業內的人才培養。大學人才的培養需要克服的是創新能力不足和同質化較為嚴重的問題，而企業應該注重員工專業技能和研發能力的培養。在歐美，70%以上的新技術研發在企業完成，而台灣絕大多數企業幾乎沒有任何研發能力，而是將大部份精力放在市場與管理方面。在這方面台灣可以借鑑德國的人才培養模式，即大學與企業在人才培養方面的深度合作，在學校學習理論知識的同時透過在企業的技術實習獲得實踐經驗，同時也可以在實踐中認識到自己理論知識的不足，回到學校之後能夠更有效地進行知識的補充。

誠如上述背景，如果要迎接工業4.0的趨勢，業界需要催生跨界合作，形成產業生態系，包括軟硬體公司、大數據分析公司、物聯網公司等跨界合作，真正需要跟以往不同的發展創新營運模式，才能夠開拓國際市場。政府需要協助企業思考:議題(一)發展創新服務、議題(二)催生跨界合作、議題(三)拓展國際市場。

思考企業如何踏出第一步? 再從企業的角度來說，製造業要轉成創新的服務模式，要換軌轉型成為製造服務化，但是換軌的服務能力要具備那些? 上中下游的同業或是異業如何合作形成產業生態系的合作模式，或是缺乏合作的方法，以程序技術面來說，很多的資訊透通都需要更多的標準，但這些標準可能不是企業能夠主導的，包括各領域的人才培育，這些都有一些缺口需要去補足，才有機會

可以一步一步趨近資訊透通與資訊共享的環境。

參考文獻

中文資料

一、報章、期刊、書籍：

- 1.天下雜誌，601期（2016.7.6）。
- 2.李傑（2016），**工業大數據**，台北：天下文化。
- 3.張寶誠（2016.06.17），解開4.0迷思-生產力4.0與工業4.0之區辯。工商時報。
- 4.劉郁琄、陳蘊彥、程瑞曦（2015.11），邁向工業4.0及生產力4.0-台灣製造業的挑戰與機會。電機月刊，第25卷11期。
- 5.邱琮皓（2014.3.28），下一個big thing 張忠謀：物聯網，中國時報。
6. IBM Smart Planet
<http://www.ibm.com/smarterplanet/tw/zh/>
- 7.<https://stli.iii.org.tw/ContentPage.aspx?i=7262>
- 8.<http://www.storm.mg/article/51258>
- 9.<http://finance.takungpao.com.hk/dujia/2015-03/2955801.html>
- 10.<http://hk.news.yahoo.com/emc-4-0-035959460.html>
- 11.廖建興（2010），嵌入式系統之新興發展應用趨勢，IECQ報導年刊。
www.cteccb.org.tw/pdf/BSMI-IECQ-99-05.pdf
- 12.潘貞君/林致廷/吳文中/郭茂坤（2010.03），無線感測器網路平台集應用，科學發展，447期。
http://ejournal.stpi.narl.org.tw/NSC_INDEX/Journal/EJ0001/9903/9903-02.pdf
- 13.杜漸(2009)，國外物聯網發展綜述，上海情報服務平台。
<http://www.libnet.sh.cn:82/gate/big5/www.istis.sh.cn/list/list.aspx?id=6398>。

14. 朱耀明/林財世 (2005)，科技教育月刊，三十八卷 第二期。
http://www.smartcard.tw/fhome/RFID_2.pdf
15. <http://www.cheers.com.tw/article/article.action?id=5077148&page=1>
16. <http://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5077254>
17. <http://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5077196>
18. IBM CAMS Study (2015)，擁抱數位革命-企業競爭力關鍵報告。網址：
https://www.ibm.com/services/forms/signup.do?source=gbs-AP&S_PKG=ov12783
19. www.digitimes.com.tw/tw/iac/shwnws.asp?cnlid=19&cat=10&cat1=20&id=0000474811_L6Q7K3HO2GNA190V4AEYO
20. www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/new/20160727/916224/
21. www.fortunechina.com/business/c/2014-10/16/content_224172.htm
22. <http://www.appliedmaterials.com/zh-hant/node/3342903>
23. 揭秘 SAP S/4 HANA 未被發掘的亮點：智慧預測分析 (2015)
http://m.chinabyte.com/soft/380/13305380_m.shtml
24. <http://ck101.com/thread-3557286-1-1.html>
25. <http://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5077254>
26. <http://www.cheers.com.tw/article/article.action?id=5077148&page=1>

二、政府機關報告：

1. 《2015 行政院生產力 4.0 發展方案核定本》
2. 《2015 行政院生產力 4.0 科技發展策略會議：生產力 4.0 產業與技術發展策略結論報告》
3. 「生產力 4.0 推動計畫-製造業 4.0 輔導案申請作業要點」(2015.12)，經濟部生產力 4.0 推動辦公室。

- 4.資策會產業情報研究所(2015.09)：啟動生產力 4.0 建構智慧台灣。
- 5.林品安、王宣智(2016.03.18)：我國學研能量分析方法於科技政策規劃之應用-以預測分析為例。國家實驗研究院。
<http://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10209>
- 6.工研院 IEK (Industrial Economics and Knowledge Center , IEK)
<http://ieknet.iek.org.tw/IEKTopics/2015/3-2.html>
- 7.李俊賢 (2006) , "無線感測網路與 ZigBee 協定簡介"工研院電通所。.
http://ecaaser3.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/WSN/WSN_ZigBee%20intro.pdf

外文資料

- 1.Bill Gates (1995) The Road Ahead
- 2.Zhang, H. and Zhu, L.(2011). Internet of Things: Key technology, Architecture and Challenging Problems, Computer Science and Automation Engineering (CSAE), 2011 IEEE International Conference, Volume:4(507-512).
3. ITU Strategy and Policy Unit (2005).ITU Internet Reports 2005:The Internet of Things, International Telecommunication Union.
- 4.德國聯邦外貿與投資署網- Smart Policy
<http://www.gtai.de/GTAI/Navigation/EN/Invest/Industries/Smarter-business/smart-solutions-changing-world,t=the-hightech-strategy,did=575912.html>
- 5.德國人工智慧研究中心網頁
http://www.res-com-projekt.de/index.php/overview_EN.html
- 6.歐盟 Horizon2020 網頁 <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/>
- 7.歐盟”Digital Single Market 網頁
http://ec.europa.eu/priorities/digital-single-market_en

8.EPoSS 《Internet of Things in 2020》(2008)

http://www.smart-systems-integration.org/public/documents/publications/Internet-of-Things_in_2020_EC-EPoSS_Workshop_Report_2008_v3.pdf

9.Ashton, K. (2009). That ‘Internet of Things’ Thing, RFID Journal,

<http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>

10.<https://www.bitkom.org/Themen/Branchen/Industrie-40/index.jsp>

11.http://www.communicasia.german-pavilion.com/content/lang/general_information/contacts.php?contact_id=8454

12.<http://scn.sap.com/community/business-trends/blog/2014/11/11/changing-the-game-with-predictive-maintenance-and-service>

13.巴伐利亞邦政府網頁 <https://www.bayern.de/politik/initiativen/bayern-digital/>

14.「巴伐利亞數位中心」網頁 <http://zentrum-digitalisierung.bayern>

15.數位巴伐利亞策略摘要」(Zukunftsstrategie BAYERN DIGITAL Zusammenfassung)

https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user_upload/stmwivt/Themen/Medien/Dokumente/2015-08-12-Zukunftsstrategie-BAYERN_DIGITAL_Zusammenfassung.pdf

16.「數位巴伐利亞策略皮白皮書」(Zukunftsstrategie BAYERN DIGITAL),

<https://www.bayern.de/wp-content/uploads/2014/09/2015-07-27-Zukunftsstrategie-BAYERN-DIGITAL.pdf>

17.<http://www.eettaiwan.com/news/article/20160803NT21-AMELI-Germany>

18.<http://www.atmarket.co.jp/ait/articles/1609/08/news103.html>

19.<https://www.aisec.fraunhofer.de/de/das-institut.html>

20.<http://infosec.sjtu.edu.cn/NewsDetail.asp?id=430&n=3>

21.<https://read01.com/3RAkm6.html>

22. <http://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2014/may/minister-of-education-and-research-opens-the-first-factory-of-the-future-in-chemnitz.html>
23. <http://www.fraunhofer.de/en/research/lighthouse-projects-fraunhofer-initiatives/fraunhofer-lighthouse-projects/e3-produktion.html>
24. http://www.ipa.fraunhofer.de/en/smerobotics_en.html
25. <http://cleantechnica.com/2016/06/02/fraunhofer-institute-developes-better-model-forecasting-renewable-energy-generation/>
26. <http://www.intel.fr/content/dam/www/public/us/en/documents/solution-briefs/predictive-maintenance-fleet-management-brief.pdf>
27. Where Machines Could Replace Humans—and where they can't (yet).
McKinsey&Company,
(2016/07), <http://www.mckinsey.com/business-functions/business-technology/our-insights/where-machines-could-replace-humans-and-where-they-cant-yet>
28. Industrial Value Chain Initiative。IVIとは。民 105 年 6 月 5 日，取自：
<https://www.iv-i.org/>
29. 日独 IoT/インダストリー4.0 協力に係る共同声明への署名を行いました。
民 105 年 6 月 19 日，取自：
<http://www.meti.go.jp/press/2016/04/20160428011/20160428011.pdf>
30. Virtual Engineering Community, VEC. (2015, November 25). 日本の経済成長戦略 IoT と Cyber Physical Systems と国際標準の動向“Industry4.1J”の誕生。民 105 年 6 月 18 日，取自：
<https://www.vec-community.com/ja/salon/2015/16>
31. Virtual Engineering Community, VEC. (2015, December 24). “Industry4.1J”実証実験中間報告。民 105 年 6 月 18 日，取自：
<https://www.vec-community.com/ja/salon/2015/18>

32.野村総合研究所. (2015, November). 産業政策としてのインダストリー

4.0 着想と戦略. Retrieved June 6th, 2016, from

https://jp.opcfoundation.org/wp-content/uploads/sites/2/2016/03/2_OPCTDay201

5_Industry4.0.pdf