



# 工業4.0-台灣經驗

楊錦洲

中原大學工業與系統工程學系教授

中華民國品質學會會士、理事



# Contents

1

工業4.0之發展

2

邁向工業4.0

3

工業4.0之智能製造及其特徵

4

信息物理系統、物聯網、機器人

5

工業4.0之運用實例

6

台灣製造業面臨的挑戰與對策

7

台灣工業4.0之運用實例

8

工業4.0帶來之衝擊與結語

# 工業4.0之發展

2011

德國的工業4.0一詞最早是在2011年的漢諾威工業博覽會被提出

2012

2012年10月羅伯特、博世工業信託公司Siegfried Dais及德國國家科學與工程院的Henning Kaqermann組成工業4.0工作小組，向德國政府提出工業4.0實施建議

2013

2013年4月8日的漢諾威工業博覽會中，工業4.0工作小組提出了最終報告

# 工業4.0之發展

工業4.0

工業**4.0**，可說是德國政府提出的一個高科技計劃，它是一個長期的發展計劃，目前還在初步的理論及實踐階段，欲全面推廣，估計要在**2025/30**才能實現

德國工業**4.0**引領德國工業走向智慧製造的新世代的工業型態--智慧工廠：智慧整合控制系統，連結物聯網與服務聯網，形成整合服務與智慧製造的新商業模式

## 工業4.0

德國信息、電信和新媒體協會**(BITKOM)**、機械設備聯合會**(VDMA)**、電子電氣協會**(ZVEI)**等相互合作，組建「工業**4.0**工作組」，積極參與工業**4.0**的發展，從而強化德國的經濟地位

德國政府制定工業**4.0**高科技戰略計畫，且投入**2**億歐元資金，透過虛實整合，協助製造業進行全面電腦化、數位化及智慧化，涵蓋了智慧工廠、工業網路系統、**IT**系統、生產鏈的自主控制

# 美國的工業互聯網

美國早在**2010年**，歐巴馬在簽署「美國製造業促進法案」時，就提出了「再工業化」(即製造業回歸)戰略。主要是運用快速發展的人工智能、機器人和數位製造為美國重新構築製造業的競爭優勢，讓製造業更具創造力、更加本地化、客製化，還能降低成本

美國在**2012年3月**，歐巴馬提出建設「國家製造業創新網路(National Network of Manufacturing)」，**2013年1月**發布了初步設計，並投資**10億美元**組建製造業創新網路，推動數位化製造、新能源、新材料應用等先進的創新發展

美國在**2013年**啟動「**Advanced Manufacturing Partnership (AMP)**」計劃，進行先進製造研發，而美國的產學研各個單位也組成**SMLC(Smart Manufacturing Leadership Coalition, 智慧製造領導聯盟)**，提出智慧製造的推動計劃

# 多國之工業4.0

中國工業與信息部制定了「中國製造**2025**」，是中國版的工業**4.0**，期望中國能由製造大國轉變到製造強國

行政院於**2015**年的行政院生產力**4.0**科技發展策略會議中凝聚產官學研的共識，進而研擬「行政院「生產力**4.0**發展方案」

智慧機械-7,21,2016

## 多國之 工業**4.0**

日本在**2014**年推動「機器人國家發展計畫」，發展人機共存的未來工廠，就是工業**4.0**的智慧工廠、智能製造

韓國早在**2003**年將機器人列為「**10**項次世代新興成長動力產業」計畫，**2014**年推動「機器人發展計畫」，發展下世代的智慧工廠

# 四次的工業革命

## 第一次工業革命

利用蒸汽機作為動力的機械生產設備(1780~)



## 第二次工業革命

利用電氣作為大量生產的設備自動化(1870~)



## 第三次工業革命

利用電子與資訊科技結合的生產自動化(1970~)

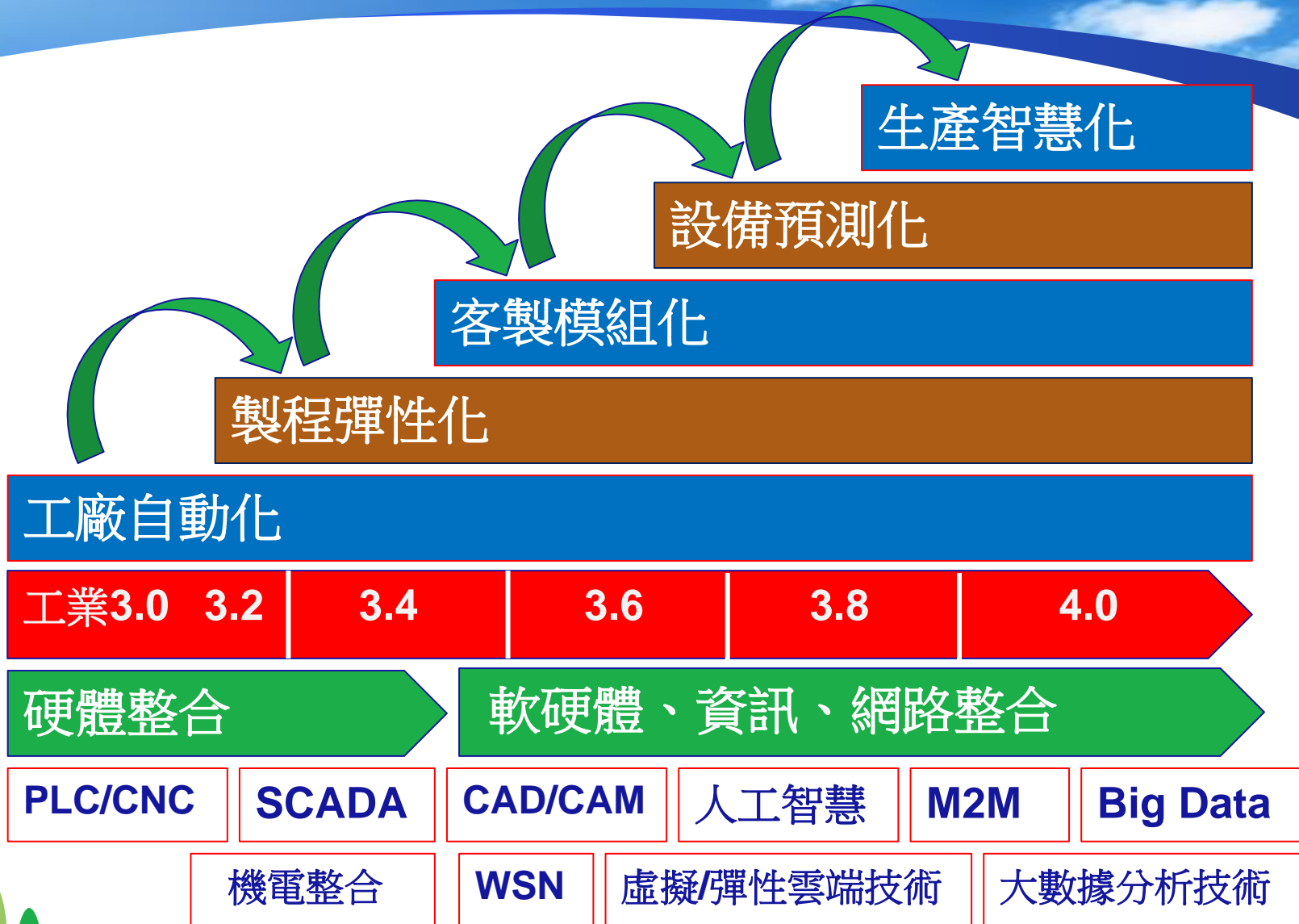


## 第四次工業革命？

利用物聯網與信息物理系統的智能設備(2010~)



# 邁向工業4.0



Based on 資策會MIC，2016年1月，經濟日報105，5，15



# 邁向工業4.0

## \* 工廠自動化(3.0-3.2)

運用結合電子與機械的自動化設備來替代人工作業，尤其是危險、辛苦的工作。之後為了解決缺工及品質問題而擴展到生產線自動化

PLC (Programmable Logic Controller)



## \* 製程彈性化(3.2-3.4)

生產設備藉由電腦控制達到機電整合，且因介面標準化，感測器及製程資訊擷取與運用，使得硬體設備可彈性生產，軟體系統為**SCADA**

SCADA (Supervisory control and data acquisition)



# 邁向工業4.0

## # 客製模組化(3.4-3.6)

在製程彈性化的基礎上，加上使用**CAD/CAM**，甚至使用**PLM**產品管理系統可對產品提供多規格設計與生產，即提供客製模組化之能力  
**WSN (Wireless sensor networks)**



## # 設備預測化(3.6-3.8)

製造設備裝有感測器，讓硬體溝通無礙，不同設計、製程資訊可獲得充分整合及流通，且能即時分析，以預測生產狀況、品質水準與成本



# 邁向工業4.0

## ❖ 生產智慧化(3.8-4.0)

機器會自我蒐集、分析及預測資訊，然後立即做決策。機器還可以自我學習，且機器與機器之間可以溝通。此外，還能連結到物流、生管、訂單管理



# 工業4.0的三階段發展

## 第一階段 工廠自動化 (縱向整合)

工廠內部的設備、系統、產品的互聯，以提升生產力、效率及彈性。企業內部集結物流、資訊流及資金流

**M2M、M2B**



## 第二階段 工廠智慧化 (縱向整合)

產業價值鏈的企業互聯，通過價值鏈及信息網路，推動企業間的產品協同設計、物料供應、生產製造、銷售服務等的資源整合

**B2B**

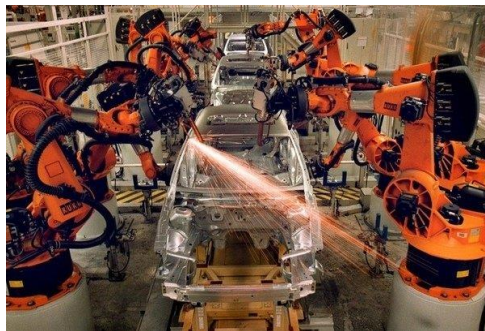
## 第三階段 雲端驅動的 新商業模式

透過全球互聯的雲端系統以創造新商業模式。運用信息物理系統，重構產品全生命週期之整個價值鏈的端對端集成，達到定製產品與服務之新模式

**P2P peer-to-peer**

# 工業4.0的三階段發展

工廠/企業內優化  
(**M2B Intra-Factory/  
Enterprise  
Optimization**)



企業間價值鏈整合  
(**B2B Value  
Chain  
Integration**)



點對點價值網路創造  
(**P2P Value  
Network  
Creation**)



# 工業4.0之智能製造

## 工業 4.0 智能製造

工業4.0的核心元素是多種信息物理系統（**Cyber-Physical System, CPS**）及物聯網（**Internet of Things, IoT**）整合作用的「智慧工廠」之最終願景。透過虛實整合，讓製造業資訊化、數位化及智慧化，其涵蓋了智慧工廠、工業網路系統、IT系統、生產鏈的自主控制

「信息物理系統」（**Cyber Physical Systems**）將會把客戶需求、生產、物流、工程、設備、管理及互聯網服務等多種流程整合起來。透過感測器，各系統會各自蒐集所需資料，再透過數位服務進行資料交換。而且有能力根據處理過的資料來進行作業優化，且能相互自主控制

# 工業4.0之智能製造

## 工業 4.0 智能製造

工業4.0代表了能夠通過自主配置及自動化系統實現不斷自我學習的工業生產自動化。它會是機器對機器，機器與其生產的產品“對話”的過程。產品本身會清楚它需要那些零部件，並會告訴“機器”。設備和零部件也會變聰明，當數量不足時，可以透過內置的處理器來顯示

工業4.0重要指標的客製化智能生產，其優勢在於可依據訂單的交期、設備的使用狀況、生產過程的品質、材料的變化等資訊，自動做出優化判斷，使每條產線得以相互支援，快速對應市場以進行客製化生產，且過程中不斷蒐集資訊及改善生產線效能

# 智能製造是系統整合

## 德國之 智能製造

利用傳感器、軟體、網路、通信等系統，及人機交互結合，實現人、設備、產品等製造要素與資源的相互識別，適時連通，有效溝通，以促使研發、生產、管理、服務與互聯網緊密結合

數位化  
網路化  
智能化  
定制化

有效的整合及運用顧客關係管理(CRM)、生產數據管理(PDM)、供應鍊管理(SCM)、產品生命週期管理(PLM)、電腦輔助設計(CAD)等系統，對分散的信息進行匯整、分析，做智慧決策



# 智能製造與服務提供

## 工業4.0

大數據、雲端運算  
實體與虛擬之結合  
信息物理系統

感測系統

人工智慧

物聯網

機器人

互聯網

# 智能製造之特徵

靈活性的調整

智能維護管理

網路化之生產

數位化的改造

自主調適物流

客戶整合工程

# 信息物理系統

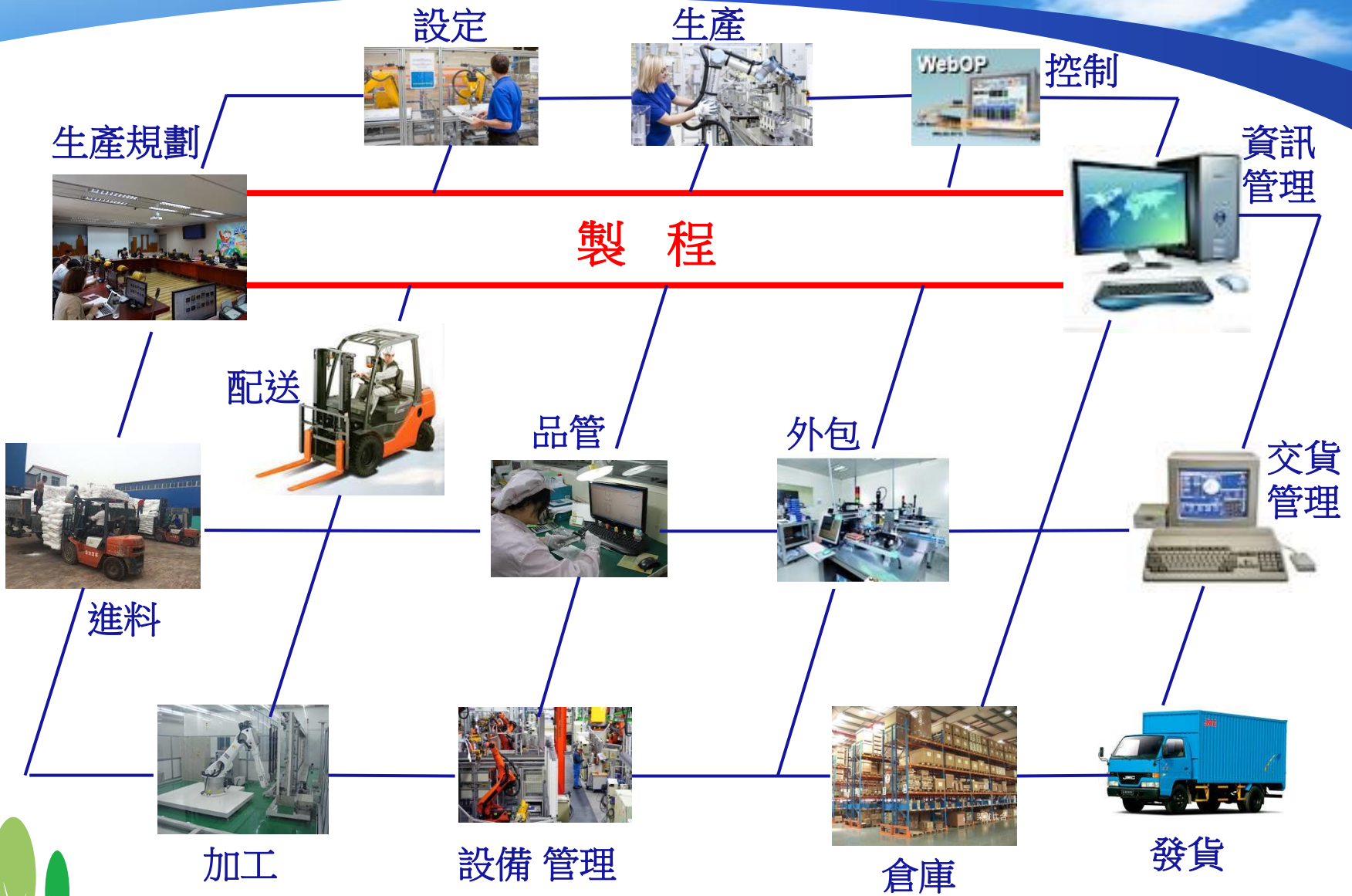
信息物理系統 = 嵌入式系統 + 物聯網  
+ 互聯網 + 控制系統

信息物理系統綜合了網路通信、計算分析與物理環境的多維複雜系統。整合了**3C**技術，即 **computation**、**communication**、**control**的有機融合與運作。實現了大型工程系統的實時感知、信息傳送與服務、動態控制與調整的主要功能

在環境感知的基礎上，通過計算、分析、通信與物理系統的一體化設計可感測、可計算、可控制、可通信、可決策、可擴展的網路化物理設備系統，以計算進程與物理進程相互影響的反饋循環來實現安全、可靠、高效、實時的方式來偵測與控制一個物理系統

其本質是以人、機、物的融合為目標的計算分析技術，從而實現人的控制在時間與空間上的無限延伸。也就是“人一機一物”的融合系統。其意義在於將物理設備連接到互聯網上，使得物理設備具有計算、通信、精確控制、遠程協調與自治的五大功能

# 信息物理系統 (Cyber Physical Systems)



# 物聯網 (Internet of Things, IoT)

物聯網之概念是從**1999**年就被提出了，指的是所有事物都可以透過科技產品及網路之連結，以達到「人與人」、「人與機器」、「機器與機器」、「物與物」、「機器與物」、「系統與系統」等的相連結

物聯網中的聯網設備小至家用的溫度感應器、智慧手機，大至工廠中的感測系統、**ETC**電子收費系統、能源管理系統等等都是物聯網中的一環

物聯網的核心是全面感知、可靠傳輸、智慧運算，因而需要結合自動化、資訊、通訊之相關技術，以及雲端運算、巨量資料（數據）分析。

物聯網的快速成長來自於五股驅動力：智慧製造；車聯網；手持及穿戴式裝置；智慧家庭；智慧城市

Based on 經濟日報105, 7, 3, A3版

# 物聯網 (Internet of Things, IoT)



思科董事長錢伯斯(John Chambers)預測物聯網從**2015**年到**2020**年將成長為**19**兆美元的全球市場，而目前的全球**GDP**略高於**100**兆美元



麥肯錫針對物聯網的最新研究指出，物聯網對全球潛在經濟影響將於**2025**年前達到**11.1**兆美元，其中智慧工廠最大為**3.7**兆美元，其次是智慧城市**1.7**兆美元



麥肯錫另一報告也指出：到**2025**年，物聯網的各項應用每年會為製造業創造**9000**億美元到**2.3**兆美元的經濟效益

Alec Ross, The Industries of the Future, 2016

# 機器人在工業4.0扮演重要的角色

## 工業3.0的 機器人之運用

目前使用機器人主要是要取代人力的工作，如危險的工作(如焊接)、污染的工作(如烤漆、噴砂)、重複單調的工作、笨重的工作等等

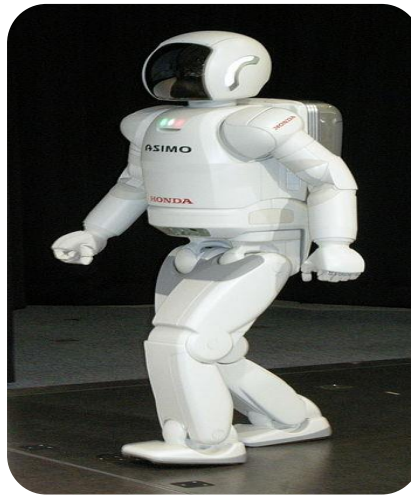


目前使用機器人的方式是人力與機器人的工作及範圍有很大程度是明確分界與隔離的(基於安全考量)，且是目前工業自動化的標準模式

# 機器人在工業4.0扮演重要的角色

未來會是自主機器人參與到工作中，是智慧的、協作的，因而能自主偵測、判斷與決策。例如氣體檢查機器人，有遠端油氣體測量技術，且與物聯網連結，可做到資訊自主蒐集與分析，還有**GPS**及雷射掃描器，可自主定位與導航。而作業人員只是設計程式，操控機器人工作，及評估機器人之作業、資訊與決策

甚至會體現到機器人與人之間的合作，同時一起作業，例如有機器人為電銲工把重型部件移至人體工學之最佳位置，再由電銲工來進行電銲作業



未來，人類會與機器人共事，由機器人自主作業，人員扮演的是機器人系統的監控、程式設計、訓練機器人，和機器人的修復



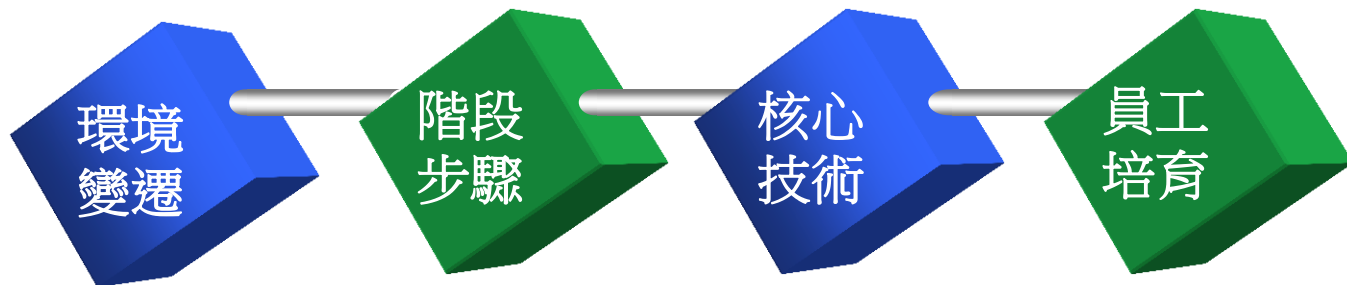
# 製造執行系統(MES)

製造執行系統(MES)：能透過信息傳輸，對於從訂單下達到成品交貨的整個生產過程進行優化及訊息化，實時掌控生產狀況。當有異常出現時，能夠即時做出反應與通報，且利用完整蒐集的即時數據進行分析與處理，有效的指導工廠的生產運作，減少無附加價值的作業，以提升生產效率、且確保產品品質與準時交貨



# 企業如何因應工業4.0

## 企業的因應之道：



公司首先要了解企業現在及未來的生產環境、經營環境的變遷趨勢



更要清楚的了解工業4.0的內涵，及公司朝工業4.0發展的階段與步驟



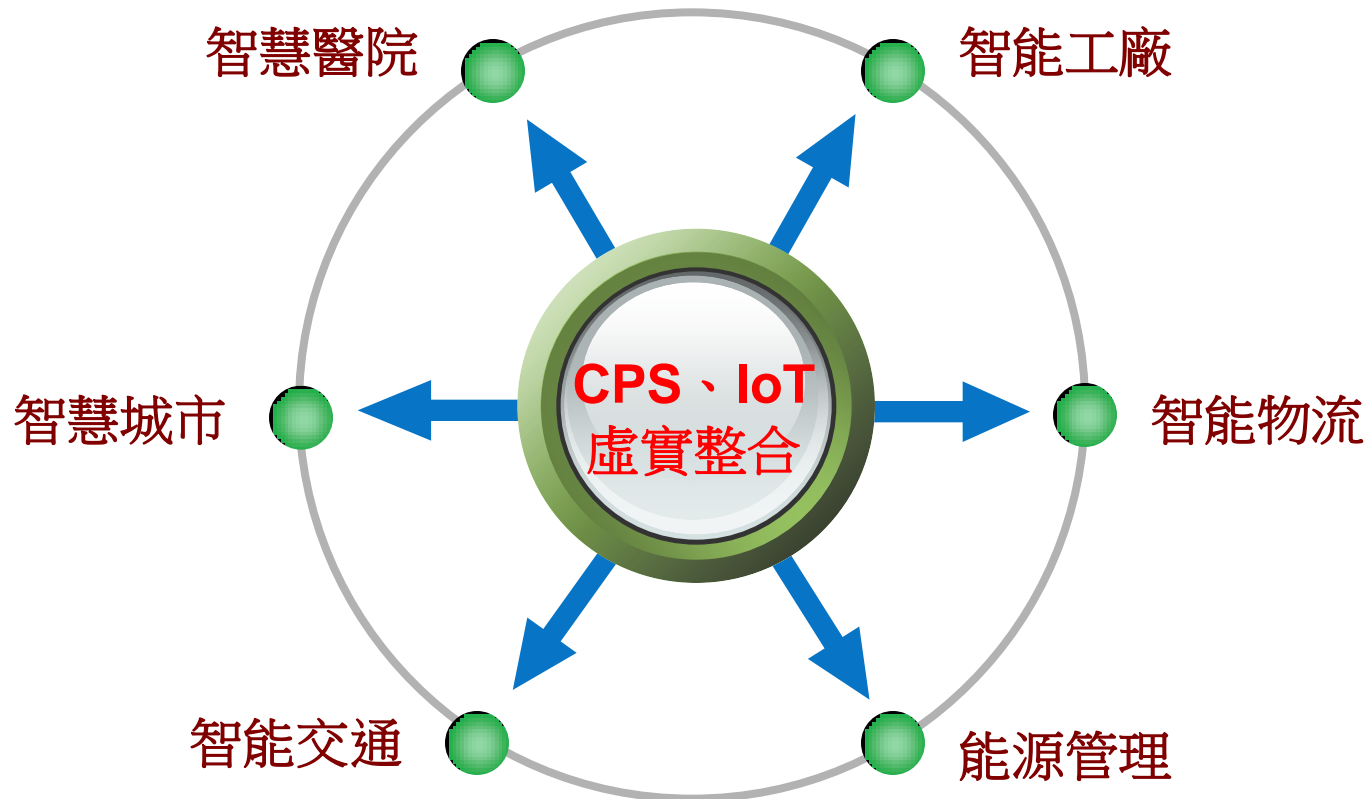
分析公司現在及未來所需引進之設備與技術，及如何建立自己的核心技術



規劃未來員工之新工作與新技能，且能提早培育及進行工作上的調整



# 工業4.0之應用與推廣



# 汽車產業之工業4.0

汽車產業運用工業**4.0**之範圍較為廣泛，有些汽車大廠已勾勒出智慧工廠架構，從設計、原物料、生產到出貨均已資訊化

生產排程、機器設備之使用到機器人操作均能利用**IT**系統的精細計算，全程透過感測系統與物聯網加以監控品質與生產狀況

汽車大廠以互聯網、雲端連到市場銷售與需求，資訊會立即傳輸到研發與製造，再根據這些資訊進行分析及決策，以快速滿足顧客之個別需求



# 西門子的EWA

西門子安貝格電子設備製造廠(**EWA**)主要生產**Simatic**可編程邏輯控制器及其他自動化產品，種類多達**1000**種

**EWA**建立了“數位化企業平台”，從管理、研發、設計生產計劃、工程、物流到生產、交貨顧客服務等全程數位化，且與美國研發中心數據互聯

每個產品有其代碼，通過產品代碼可自行控制其本身的生產過程，生產代碼會告知生產設備和機器之需求，接下來須執行那些工序

會透過數位化之通訊，實現了**M2M**、**P2M**之溝通。在自主生產的價值鏈中有**75%**是由數位化平台可自我“智能計算與控制”

# 三菱電機之e-F@ctory整合系統

三菱電機自**2003**年起開始推動e-F@ctory概念，且以e-F@ctory之整合系統來協助客戶推動工業**4.0**

首先整合工廠自動化設備、IT系統與視覺化管理，達成機器與生產線的控制，且再整合彈性製造系統與PLM、ERP、MES等系統

MES (Manufacturing Execution System)

從設計、量產到銷售等業務、工程與服務的結合，及利用互聯網構成公司與供應商結合的新價值鏈

e-F@ctory整合系統可協助客戶形成數位化、訊息化、網路化及客製化的智能生產

經濟日報A20，2016年9月9日

楊錦洲教授

# 工業4.0之運用案例

1

所羅門(Solomon Technology Corp.)以物聯網、工業視覺、機器手臂及系統整合建構無人化工廠，透過即時截取資訊，機器人能自動判斷那些工作站的作業即將完成，預先前往該站領取加工物件，確實做到機器對機器(M2M)之生產

經濟日報 台北自動化展，  
8,31,2016

2

德國一間無人操作的水處理廠，其驅動幫浦的馬達裝設有震動感應器之監測系統，以持續監測馬達及變速箱的運轉狀態，使得預警功能得以有效運作，做到預防保養。其維修成本是傳統的損壞維修之成本的五分之一，更可確保當地居民享有不間斷的用水

經濟日報A20，9,9,2016



# 智動化運用案例

## 結帳系統

自**2004**年開始，日本設備大廠**NCR**推出無人結帳系統，日本的零售集團**AEON**旗下之超市導入使用。**2015**年日本無印良品亦導入**AEON**新一代的自動收銀系統**SelfServ90**

## 物流配送

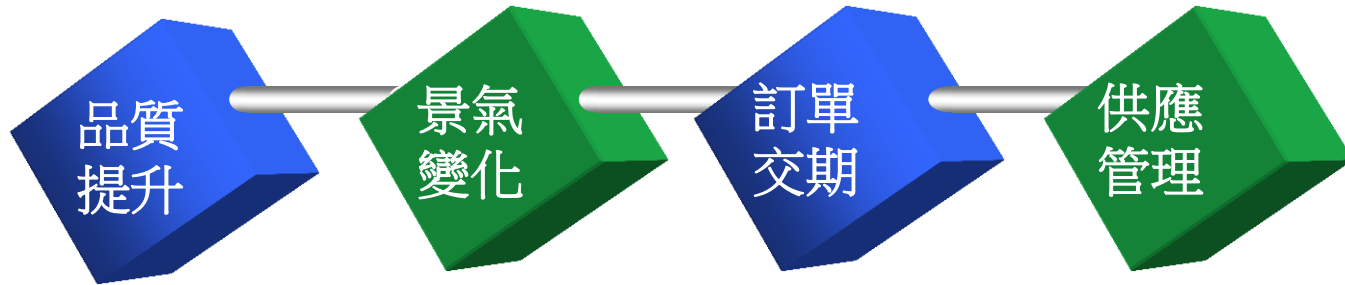
日本智慧應用科技大廠**ZMP**與**SAP**及日本免凸版印刷合作，整合**IOT**、**RFID**及雲端科技，推出可自動排程即可移動傳輸的新型態棧板，應用於物流配送服務

## 檢貨作業

日本辦公文具用品網路銷售商**ASKUL**與設備開發大廠**MUJIN**共同開發自動檢貨機械手臂**KAZU**，應用於網購物流倉儲之檢貨作業，不但替代人力，更讓檢貨作業又快又正確



# 台灣製造業面臨的挑戰



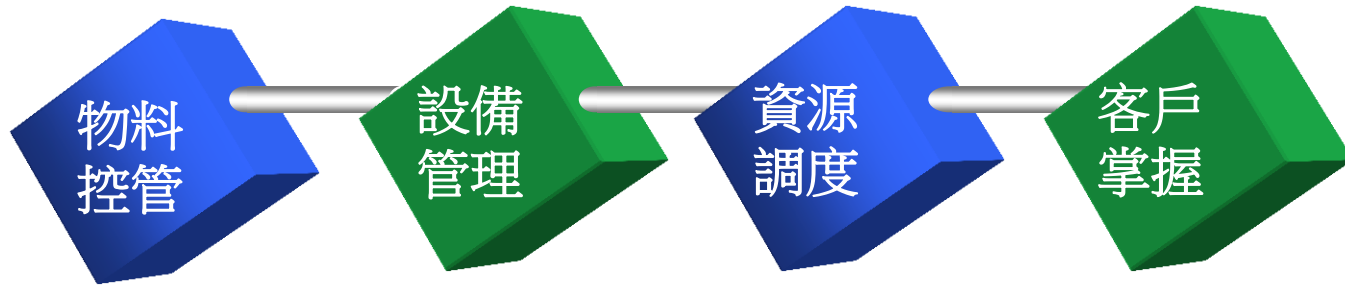
產品複雜性越來越高，製造技術也越來越難，因而品質提升是很大的挑戰

景氣變化快，且很不確定，因而製造業的訂單很不穩定，且交期短，提貨又不確定

多樣少量的訂單越來越普遍，加上品質不穩定，使得產量與交期的管理難度高

由於上面所提到的因素，使得供應鏈管理的效率與透明度之要求越來越高

# 台灣製造業面臨的挑戰



原物料的嚴格控管，以降低成本，存量越低越好，但又不能缺貨，推動**JIT**，消除**WIP**，但又不能影響生產

設備的複雜性與精密度越來越高，且又要提高其妥善率(故障率要很低)，故設備的管理與維修是很關鍵的

製程與自動化設備的結合，生管與設備的調度，設備參數的控制與品質的自動量測都是挑戰的議題

客戶要充分了解所下的訂單目前的生產狀況：良率、生產進度、是否能準時交貨等等

# 工業4.0之台灣產業發展



與工業**4.0**之智能製造密切相關的台灣產業有汽車產業、電子製造業、工具機產業、半導體產業，甚至中小型製造業



台灣有許多傳統製造業還停留在工業2.0至3.0之間，它們是以工作站到工作站的加工批量生產或裝配線生產



高科技產業如**PC**、半導體等製造業介於工業3.2至3.5之間，如運用**CAD/CAM**、機械手臂、機器人、無人搬運系統、視覺系統，及數位資訊化等

# 智慧工廠

智慧工廠：串連設備、科技與流程、提升智動化與運作洞察



**資料獲得**：利用感測系統偵測到機器、加工件、物料、生產等資訊做為生產條件、品質之判斷依據

**數據分析**：品質異常及早警示、即時資訊分析、動態生產排程、設備維修排程

**雲端運算**：雲端服務、設備控制、前瞻數據分析、即時資訊蒐集並提供分析與判斷

**行動決策**：直覺化人機操作介面、行動化生產管理、整合機台設備與資訊管理系統

**資訊安全**：互連設備的資訊安全，以確保互聯網製造系統的效能



台灣製造業所要走的路

# 台灣的工業4.0

## 行政院的 智慧機械

### 願景：

#### 智機產業化

深化自主技術，建立  
智機產業生態體系

#### 產業智機化

善用電子及資通產業  
優勢，加速供應鏈智  
能化

### 規劃：

以大肚山60公里為範圍的精密機械聚落，再發展機器人、大數據、物聯網、雲端、虛擬整合(VR、AR、TPS)等智慧化元素，在八年內做到全球智慧機械之都

# 微軟在台設立「物聯網創新中心」

由於物聯網商機龐大，於是微軟在**10月13日**宣布在台成立美國之外的全球首座「物聯網創新中心」，號召台灣軟、硬體及系統廠商共同組成物聯網國家隊，一起打世界杯。吸引了包括宏碁、華碩、大同、研華等數十家企業支持及參與

物聯網應用範圍廣泛，必須上下游串連整合，所以包括微軟在內沒有一家公司可獨立完成。稱霸軟體的微軟看上台灣在硬體及系統製造等科技領域的堅強實力。雙方的結合可形成極為堅強的物聯網世界級團隊

微軟「物聯網創新中心」成為台灣物聯網合作夥伴連結國際的平台。它的重要工作項目有研發計畫、發展技術、國際推廣與合作等，台灣業者可在此微軟全球物聯網技術研發與整合平台上扮演重要的關鍵角色

# 台達電吳江廠智慧製造

## 工業自動化產線

工業機器人解決方案  
智慧製造「眼睛」的  
視覺監控系統

先進的六  
軸、四軸  
機械手臂

能源管理  
的變頻器

智慧製造的  
「控制大腦」

高階泛用  
型感測控  
制器

高速演算  
法支援彩  
色檢測

操作人員由**50人**縮減至**17人**，還會再縮減至**5人**

經濟日報A11， 7,26,2016

楊錦洲教授

# 鴻海的智慧製造

## 雲移物大智網+機器人

工業機器人與智慧製造  
邁向工業4.0電子製造服務

自動化設備

整機組裝

機器人  
Foxbot

工業電腦

視覺系統  
遠距監控

2020年實現30%的生產自動化  
經濟日報A3， 8,9,2016



# 遠東機械的工業4.0

遠東機械利用深厚的工具機製造工藝能量，結合全自動化虛擬量測AVM技術，且搭配視覺檢測系統，邁入工業4.0智慧型的鋁輪圈智能化生產線

鋁輪圈加工可全程即時監控生產狀況、尺寸及各項規格精度、品質，以確保產品良率及交期

此外，導人物聯網、大數據與雲端等技術，達到混線型的客製化生產

經濟日報A19，9,6,2016

# 台灣智能化運用案例

## 智能交通

- 高速公路電子收費系統 (Electronic Toll Collection, ETC) 透過放在車輛擋風玻璃上的收發器 (德語: On-Board-Unit, OBU) 及收費點的感應器來進行收費
- 我的社區也利用 OBU 及感應器來管制車輛進出

## 智慧家庭

- 許多家電廠商推出智慧節能變頻冰箱、空氣清淨器、物聯網變頻空調機、行動電源、智慧電表等等
- 智慧家庭無線監控系統、智慧居家防盜、防災偵測系統、雲端智慧電源管理系統、智能停車管理系統

## 智慧醫療

- 居家自主健康管理系統、遠距健康照護系統
- 智慧床邊照護系統、雲端多功能生理監視器
- 智慧遠距血糖照護平台、穿戴式心電圖測量器、智慧心率監測手環

# 工業4.0會帶來那些衝擊

1

對產業來講是一次極為重大的轉變，整合了設計與製造、物流與供應鍊管理、客戶服務與訂單管理、銷售與行銷策略，顛覆了傳統的價值鏈管理，企業必須有能力跟著進行改造

2

大量對能力要求低的工作崗位，及簡單的重複性高的勞力將被智慧系統所取代。技能性及豐富性的工作將會提升，故需要具足夠專業，尤其是跨專業人才，以及傑出的研發人才

3

對於部分製造業來說，如電子、機械、精密儀器、關鍵材料等，其產品品質會很顯著提升，品質成本很有效的降低，生產更加彈性化，且效率高。更重要的是可解決人力短缺之問題

# 工業4.0會帶來那些衝擊

4

美歐等國家的精密產品大廠可以在本國建立製造工廠，不必將產品製造外包或外移至工資便宜的國家生產。低工資不再是競爭優勢，會被高昂的品質成本及物流成本所抵銷

5

對於電子專業製造服務（**Electronic Manufacturing Services, EMS**）廠商的衝擊很大，國際品牌大廠會減少製造外包，而自行建廠生產，因而**EMS**廠會流失大量訂單

6

開發中國家的製造業會萎縮，引進先進國家的製造技術的機會也會減少，而且影響了這些國家的就業率及工業化的進程，尤其高階製造技術及高科技的相關技術的引進會受到打擊

# 結語

- ❖ 台灣經濟乃是以製造為核心，是半導體、資通訊產品、關鍵材料的生產重鎮，更是國際品牌大廠的代工廠或供應商。因而前面所提到的“製造業面臨的挑戰”對台灣企業來說，影響非常大，所以，**工業4.0**是台灣企業必走之路。
- ❖ **推動工業4.0**是重大的變革，製造結構的改變，產生新的經營模式，組織需要改造，員工職(技)能很大的轉變。所以企業要投入鉅大的資源，做好推動**工業4.0**的階段規劃，及逐步的執行，而其先決條件就是全面的人才培育。
- ❖ 大企業或許有能力推動**工業4.0**，但我國有**98%**的企業是中小企業，它們是不太有能力獨立推動，需要政府協助。政府要有協助企業推動**工業4.0**的產業政策，給以租稅上的獎勵，**組合產學研團隊研發技術，大量的培育人才**。



**Thank You !**

[chinchow@cycu.edu.tw](mailto:chinchow@cycu.edu.tw)

