

工業大數據(李傑教授)

內容摘要

前言

一、德國對於工業 4.0 的定義

1.工業是 1.0: 十八世紀引入機械製造設備的時代

2.工業是 2.0: 二十世紀初的電氣化與自動化時代

3.工業 3.0: 二十世紀 70 年代開始的資訊化時代

4.工業 4.0: 實體物理世界和虛擬網路世界融合的時代(現代),

*「虛擬網路－實體物理系統」(cyber-physical Systems , CPS)為新一代工業革命的核心技術.

*德國工業 4.0 與美國 CPS, 究其核心要義, 是傳統製造業利用物聯網(Internet of Things, IoT)和大數據分析(Big Data Analytics)的智慧化轉型.

二、工業 4.0 概念的三個支撐點

1.製造本身的價值化

2.讓系統在製造過程中根據產品加工狀況的改變自動進行調整(Self-Aware), 在原有自動化的基礎上實現「自動察覺(Self-Aware,對自身狀態變化的意識)的能力.

3.實現零故障、零隱患、零意外、零污染.

*前三次工業革命主要解決的都是可見的問題; 工業 4.0 的關注點和競爭點是對這些未見因素的避免和透明化.

三、聚焦需求缺口, 創造產品價值

1.工業 4.0 的另一個特點是製造過程和製造價值向使用過程的延續.

2.工業 4.0 時代的市場競爭從以往滿足客戶可見的需求向尋找用戶需求的缺口轉變.

3.未來工業界賣給使用者的不再是產品, 而是價值能力.

4.工業 4.0 時代中的製造將透過資料把終端客戶與製造系統相連接, 實現生產上下游環環相扣的整合, 工廠的組織架構將趨於扁平, 生產資源的利用效率更加優化.

四、掌握工業 4.0 的競爭藍海

1.工業 4.0 並不僅僅是製造業的革命, 而是一場更加深刻的變革, 創新模式、商業模式、服務模式、產業鏈和價值鏈都將產生革命的變化, 而製造革命只是工 4.0 的基礎條件.

2.未來工業競爭的藍海: 商業模式與智慧服務體系的創新技術變革.

五、工業 4.0 的機會空間

1.未來工業界的機會空間四個部分:

a.滿足使用者可見的需求和解決可見的問題.

b.避免可見的問題, 需要從使用資料中挖掘新知識, 才能對原有生產系統和產品做加值改善.

c.利用創新的方法與技術去解決未知的問題.

d.尋找和滿足未見的價值缺口，避免未見因素的影響，利用資料分析產生的智慧資訊去創造新的知識和價值，這也是工業 4.0 的最終目標

2.工業 4.0 思維: 透過分析資料、預測需求、預測製造、利用資料去整合產業鏈和價值鏈.

六、認識工業 4.0 所需要的重要元素與概念

1. Industry 4.0 :

由德國提出和宣導，以虛擬網路－實體物理生產系統(Cyber Physical Production System CPPS)為核心技術的製造系統變革.

2.工業互聯網

由美國奇異公司(GE)提出.代表全球工業系統與智慧感測技術、高級計算、大數據分析與互聯網技術的連接與融合，其核心三要素包括智慧設備、先進的資料分析工具以及人與設備的交互介面. 工業互聯網是智慧製造體系與智慧服務體系的深度融合，是工業系統產業鏈與價值鏈的整合與延伸.

3.虛擬網路－實體物理系統(Cyber- Physical System.CPS)

又譯為資訊物理系統，由美國國家科學基金會(NSF)於 2006 年提出.是透過網路虛擬端的資料分析、建構模型和控制對實體活動內容的深度對稱性管理.CPS 是第四次工業革命的核心技術.

4.物聯網(Internet of Things , IoT)

實體之間透過感測器資料與控制信號實現相互索引、相互連接、相互通信和相互協同的集群網路.其主要技術元素包括智慧感測網、機器與機器(M2M)訊息傳遞、雲端計算與儲存技術等.

5.資料的分析與預測/(Data Predictive Analytics)

從人和設備的各類活動資料中透過統計分析、特徵提取、關聯挖掘、模式識別和深度學習等智慧分析方法，實現對實體活動內容的認知和預測.

6.互聯網+

互聯網與傳統行業相融合的模式，其本質是利用互聯技術顛覆傳統行業商業模式和服務模式的經濟新型態，是生產系統革命引起生產關係和商業模式變革的必然趨勢.

7.預診斷與健康管理技術(Prognostics and Health Management, PHM)

利用工業系統中產生的各類資料，經過信號處理和資料分析等運算手段，實現對複雜工業系統的健康狀態進行檢測、預測和管理的系統性工程.PHM 技術將設備的健康管理由傳統的故障管理轉變為衰退管理，透過預測型維護達成設備零停機，持續可靠運行.

第一章 以價值創造為核心的工業轉型新思維

*工業 4.0 是在國家戰略層面上達到工業價值創造的手段.

一、為什麼有工業 4.0－緩解矛盾

1.第一次工業革命：18 世紀機械製造設備的引入解決了人力效率低下和動能不足的矛盾.

2.第二次工業革命：20 世紀初電氣化和自動化 解決規模化和生產成本之間的矛盾.

3.第三次工業革命：20 世紀 70 年代興起的資訊化、自動化取代人類的重複性勞動，加工精度和產品品質提高，人和人之間的交流更高效.

4.第四次工業革命:是以智慧化為核心的工業創值革命,要解決的問題包括:滿足用戶客製化需求的生產技術、複雜流程管理、龐大資料分析、決策過程的優化和行動的快速執行等.

*當前人類對生產力的新需求與現有生產手段之間主要矛盾體現在：

- a.規模化與定制化之間的矛盾.
- b.個性與共性之間的矛盾
- c.宏觀與微觀之間的矛盾.

二、德國的智慧化轉型策略

1.德國工業互聯網的核心是利用物聯網和 CPS 技術，將生產程中每個環節進行資訊化的連接,達成設備、製程、訂單、生產計畫、設計、排程、人力管理、供應鏈、庫存、配銷、公司資產管理等.

2.在方案的規劃上，德國提出了「二維戰略」的發展思路：

a.縱向的應用: 企業內部「端到端的資訊整合」(End-to- End Digital Integration),其核心是物聯網技術和 CPS 在實施技術.

b.橫向的應用: 企業之間和產業鏈上下遊資訊和服務的整合，實現整個產業鏈的價值鏈整合和協同優化，面向全產業的全價值鏈提供智慧化服務.

三、應用工業大數據的三個階段

1.第一階段：1990 年到 2000 年，運用感測器和傳輸設備對設備進行遠端的狀態監控，核心技術主要是遠端監控和資料的採集、管理.

2. 第二階段：2001 年到 2010 年，透過建立大數據中心為客戶提供產品使用管理的解決方案，分析的核心是以客戶產品使用為核心的資訊服務.

3. 第三階段：2010 年至今，也就是我們所稱的「工業大數據」時代. 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臺式服務.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.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.

*服務和價值的載體開始從產品慢慢轉向平臺，目前資料分析平臺主要有兩種形式：

- a.第一種：以工具為主的平臺；
- b.第二種：以解決方案為主的平臺(Solution- Based Ecosystem Platform)

四、美國的 CPS 實踐

1.美國白宮於 2012 年 12 月成立了「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， CPS 技術成為美國國家戰略中的核心技術.

2. 2014 年 5 月,美國白宮宣佈在芝加哥成立數位化製造與設計創新(DMDI)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.

五、德國工業 4.0 與美國 CPS 發展路徑對比

1.方向：

德國：注重智慧製造

美國：注重智慧服務

2.手段：

德國：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

美國：以 CPS 和物聯網技術為核心，重點在智慧設備、大數據分析和互聯網為基礎的智慧化服務等

3.目標:

德國：實現面向產品製造流程和供應鏈的一站式服務

美國：實現面向使用者服務鏈與價值化的一站式創新服務

*德國工業 4.0 與美國 CPS 戰略計畫都涉及製造模式的變革與設備和產品的智慧化

六、以價值為導向的變革新思維

在以往的工業變革中，以硬實力為代表的技術概念成為驅動價值的重要來源；如今，工業的價值概念正在向軟實力發展

七、新一代智慧工業革命: 6M+6C

1. 6M –【蛋黃】：

a.Material(材料): 包括特性和功能

b.Machine (機器): 包括精度、自動化和生產能力

c.Methods (方法): 包括工藝、效率和產能等

d.Measurement(測量): 包括感測器監測等

e.Maintenance(維護): 包括使用率、故障率和運維成本

f. Modeling(資料和知識建模): 包括監測、預測、優化和防範

*在傳統的製造業向智慧化轉型的過程中，第六個 M 起到了至關重要的作用。

2. 6C-【蛋百】：

a.Connection(連接): 涉及感測器和網路、物聯網

b.Cloud (雲): 即在任何時間按需獲取的存儲和計算能力

c.Cyber(虛擬網路): 包括模型與記憶等

d.Content(資料內容與來源背景): 包括相關性、含義、決策等

e.Community (社群): 包括交互、分享、協同

f.Customization(定制化): 即個性化的服務與價值

*在工業 4.0 的環境下，如何通過服務做大蛋白，正是獲得持久性盈利的關鍵。

*現有的製造系統需要對製造設備本身以及製造過程中產生的資料進行更深入分析,將資料轉化為能夠指導生產活動和資訊，再利用資訊產生優化的決策和個性化的服務來創造價值。

八、臺灣工業 4.0 的競爭力缺口

1.國家的競爭力發展可以分為三個階段：需求驅動→ 效率驅動→ 創新驅動。

2.工業 4.0 帶給臺灣的機會空間：從使用端看製造模式向「預測型製造」轉型。

從第二次科技革命以來，製造模式的變革主要經歷四個階段：

a.第一個階段：利用流水線的產線製程技術實現了大規模生產。

b.第二個階段：精實生產。

c.第三個階段：柔性生產階段，其核心技術是 PLC 技術和 CNC 工具機的發明。

d.第四個階段：稱之為可重構生產系統，生產模式由原來的「Push」（生產之後想辦法賣出去）轉變成了「Pull」（市場下訂單後再生產）的模式。

***工業 4.0 的到來將會把製造模式轉變成為「預測型製造」**

第二章：工業 4.0 環境下的大數據創值體系

一、. 工業 4.0 的大數據環境

1.大數據是工業 4.0 時代的一個重要特徵,大數據在工業領域中的興起由以下因素所決定：

a.設備自動化過程中，控制器產生了大量的資料，然而這些資料所蘊藏的資訊和價值並沒有被充分挖掘。

b.隨著感測器技術和通訊技術的發展，獲取即時資料的成本已經不再高昂。

c.嵌入式系統、低耗能半導體、處理器、雲端計算等技術的興起使得設備的運算能力大幅提升，具備了即時處理大數據的能力。

d.製造流程和商業活動變得越來越複雜，依靠人的經驗和分析已經無法滿足如此複雜的管理和協同優化需求。

***工業 4.0 的基礎特徵在於互聯與高度整合，互聯包括了設備與設備、設備與人、人與人、服務與服務的萬物互聯(Internet of Everything)趨勢**

2. 工業 4.0 中，大數據【6V】特徵：

a.量(Volume:非結構化資料的超大規模和成長速度

b.速度(Velocity):即時分析而非批量式分析，資料的產生與擷取頻繁

c.多樣性(Variety):大數據的異構與多樣

d.真實性(Veracity):資料蒐集和提煉過程中發生的資料品質污染所導致的「虛假」資訊。

e.可見性(Visibility) :即透過大數據分析使以往未見的重要因素和資訊變得可見。

f.價值(Value) :即透過大數據分析所得到的資訊應該被轉換成價值。

***前 4 個 V 代表了大數據的現象;後兩個 V 代表了工業界對於大數據所追求的目的與意義。**

3.大數據在當前工業環境中的價值，體現在如下幾個方面：

a.使原本隱形的問題，透過對資料的挖掘變得顯性，進而使以往未見的風險能夠被避免。

b.將大數據與先進的分析工具相結合，實現產品的智慧化升級，利用資料擷取產生的資訊為客戶提供全產品生命週期的加值服務。

c.利用資料尋找顧客價值的 **GAP**，開拓新的商業模式

4.大數據分析主要有三種形式：

a.**Descriptive**:基於對料的統計分析，描述資料表現出的客觀現象與規律

b.**Prescriptive**:利用歷史資料建立分析模型和標準化的分析流程，建立資料到資訊的輸入輸出關係，實現對速資料流程的即時分析。

c.**Predictive**:透過對資料的深層挖掘建立預測模型,實現對未見因素的現況和未來狀態的預測。

二、工業大數據 vs.互聯網大數據

1. 工業數據具有更強的專業性、關聯性、流程性、時序性和解析性等特點。

2. 工業大數據的分析技術核心要解決重要的「**3B**」問題：

a. 隱匿性(**Below Surface**):即需要洞悉背後的意義

*工業大數據注重特徵背後的物理意義以及特徵之間關聯性的學理邏輯，而互聯網大數據則傾向於僅僅依賴統計學工具挖掘屬性之間的相關性。

b. 碎片化(Broken):即需要避免斷續、注重時效性

c. 低質性(Bad Quality):即需要提高資料品質、滿足低容錯性

3. 工業大數據分析並不僅僅依靠演算法工具，更加注重邏輯清晰的分析流程和與分析流程相匹配的技術體系。

三、工業大數據的價值目標：

- 客製化與規模化結合。
- 個性化與大眾化結合。
- 微觀與宏觀結合。
- 現在與未來結合。

四、物聯網潛在的危機

- 物聯網的核心是智慧感測和通訊網路，智慧分析的
- 核心是資料模型和智慧演算法工具，服務聯網的核心是
- 業務營運網路與客戶體驗。

五、CPS:挖掘工業大數據價值的核心技術

1.CPS 的特徵：智慧的感知、資料到資訊的轉化、網路的融合、自我的認知、自由的配置

2. 5C:以 CPS 為核心的數據創值體系架構：5 個層次的建構模式

- 智慧感知層(Smart Connection Level)：以高效率和可靠的方式擷取
- 資訊挖掘層(Data- to-information Conversion Level) 資料必須被轉換成用於一個應用程式的有意義且實際的資訊
- 網路層(Cyber Level)：即是網路化的內容管理
- 認知層(Cognition Level)：即是識別與決策層
- 配置層(Configuration Level)：也是執行層。

六、從資料到資訊到價值的轉化過程

- 1.一個重要的概念：資料≠資訊≠價值！
- 2.確保資料的利用程度和可用程度
- 3.有效的資訊擷取過程：資料到資訊的智慧篩選、儲存、融合、關聯、使用
- 4.從資訊當中產生價值：關注在即時的動態過程，多源資料的多維關聯、評估及預測，實現多問題、多環節乃至全產業鏈的協同優化。

七、資料創值為導向的 CPS 技術應用特徵

以 CPS 為核心的資料創值體系應用於工業 4.0,同樣需要「二維」應用戰略：

1.三個橫向的應用基礎：

- 一是平臺基礎，即智慧資料蒐集與平臺運用
- 二是分析手段，即智慧化的資料分析、管理、優化工具與軟體應用
- 三是商業模式核心，即智慧管理及服務體系的設計與應用。

2 三個縱向的應用擴展，

- 一是基礎的零件應用，
- 二是系統的設備級應用，
- 三是完整體系的應用鏈設計

八、智慧設備:實現自動察覺性、自比較性

實現一個智慧設備的應用設計的三個步驟：

- 資料切片管理
- 相似識別
- 執行決策的優化

九、傳統工廠與未來工業 4.0 工廠的對比圖

		現今工廠		智慧工廠	
		關鍵特性	關鍵技術	關鍵特性	關鍵技術
零組件	感測器	精度	智慧感測器 何故障檢測	自我查覺 自我預測	退化檢測與 剩餘有效壽 命預測
機台	控制器	生產性能、效能 (質量、產量)	基於條件狀 態的檢測與 診斷	自我查覺 自我預測 自我比對	健康預測 時間預測
生產系統	網絡生產 製造系統	生產效率與 整體設備效率	精實生產： 運行和減少 浪費	自我配置 自我維護 自我組織	無擾生產率

十、智慧服務：實現全產業鏈協同優化

1.智慧資訊服務：更注重利用全產業鏈形成的大數據進行綜合的資料分析與挖掘，對全產業鏈各個環節的各級用戶，其具體的活動需求提供客製化的、可以幫助其具體活動決策的資訊。

2.智慧時代的製造業和現代工業的新模式：

通過協力廠商機構進行智慧資訊服務體系的建設，基於產業鏈資料的基礎上，

按需要為各級各類用戶提供各自需要的客製化資訊服務，可分享；

各個企業即可以此為基礎開展滿足各自企業發展目標的資訊價值化利用，不共用

既發揮了工業大數據最大的作用，又在最大程度上保護甚至提高了各個企業的核心競爭能力。

十一、從 CPS 到工業 4.0：重新定位製造

1. 工業 4.0 需要預測式製造系統

- Watchdog Agent 中的演算法可分為四個部分：信號處理和特徵擷取、健康評估、性能預測和故障診斷預測製造系統的核心技術是一個包含智慧軟體來進行預測建構模型功能的智慧計算工具.對設備性能的預測分析和對故障時間的估算，將減少這些不確定性的影響，並為用戶提供了預先緩衝措施和解決對策，以防止生產營運中產能與效率的損失。
- 預測製造系統具有以下好處：降低成本、提升管運效率、提高產品品質

第三章、資料創值的設計與實踐技術

一、工業 4.0 時代要求設備具備的能力

- 具備自動化
- 感知外部環境和自身變化的自動察覺能力
- 與其他設備進行交流、比較和配合的自動協調能力、
- 根據自身運行狀態和活動目標進行診斷和優化的自動認知能力
- 按照分析結果透過控制器自動調節運行狀態的自重構能力

二、智慧生態系統

- CPS 技術能夠使設備實現與自身狀態的相互比較、資料和經驗模型的共用、故障的協同診斷
- 可對設備的衰退和故障進行預測
- 能夠透過資料分析挖掘造成衰退和故障的根本原因
- 資訊在轉化為控制模型後回饋到控制器，從而在運行過程中主動避免故障和延緩衰退
- 大數據採擷的資訊還可以回饋到設計端，幫助設計者瞭解設備的性能缺陷和主要風險.

三、智慧感知層：建立統一的資料環境

智慧感知層不是簡單的資料獲取，而是建構多資料融合的資料環境，使產品全生命週期的各類要素資訊能被同步採集管理和調用.

四、建立資料互通的平臺

1. 智慧感知層核心功能

- 盡可能周全地採集設備全生命週期各類要素相關的資料和資訊，打破以往設備獨立感知和資訊孤島的壁壘，建立統一的資料環境
- 按照活動目標和資訊分析的需求進行選擇性和有所側重的資料採集，實現以分析目標為導向的柔性採集策略

2. 設備的全生命週期資訊主要分為:

- 設備運行的狀態參數:主要指從感測器(感知振動溫度等指標)和控制器中取得的，能夠反應設備運行情況和健康狀態的資料，也就是傳統意義上的監控資料.
- 設備運行的情況資料:主要指設備的負載、轉速、運行模式等工作條件的設定資訊，此類資料往往能夠從控制器內獲得.

*設備的情況資料對於分析設備的運行狀態參數有十分重要的意義，因為只有在相同的情況下對設備狀態參數的比較和分析才能反映出設備健康狀況和性能的變化

- 設備使用過程中的環境參數:指所有可能影響設備性能和運行狀態的環境資訊，如溫度、風速、天氣狀態等採集環境參數資訊能夠幫助我們更好地理解設備運行受環境影響的規律，幫助我們將由於設備狀態和環境變化引起的性能變化區分開來.
- 設備的維護保養紀錄:設備全生命週期內的所有點檢、維護、維修和保養更換紀錄.

*此類資料的長期累積還可以統計出設備關鍵零組件的平均故障間隔時間，以此作為設計改進和安全備品數量判斷的依據

- 績效類數據:與設備運行相關的績效以及對設備運行狀態判斷的指標類資料.

*績效指標的核心作用是幫助我們瞭解目前設備所處的性能狀態，幫助我們給不同時間段的資料貼上健康、亞健康、或是故障的標籤

3.CPS 感測體系

改變現有被動式感測與通信技術，實現按需進行資料的蒐集與傳送，即在相同的感測與傳輸條件下針對日常監控、狀態變化、決策需求變化以及相關活動目標和分析需求，自主調整資料採集與傳輸的數量、頻次等屬性，從而實現主動式、應激式感測與傳輸模式，提高資料感知的效率、品質、敏捷度，達成對於實體空間物件、環境、活動的全面智慧感知，形成「自感知」能力，其核心是數據採集的自適應管理與控制;

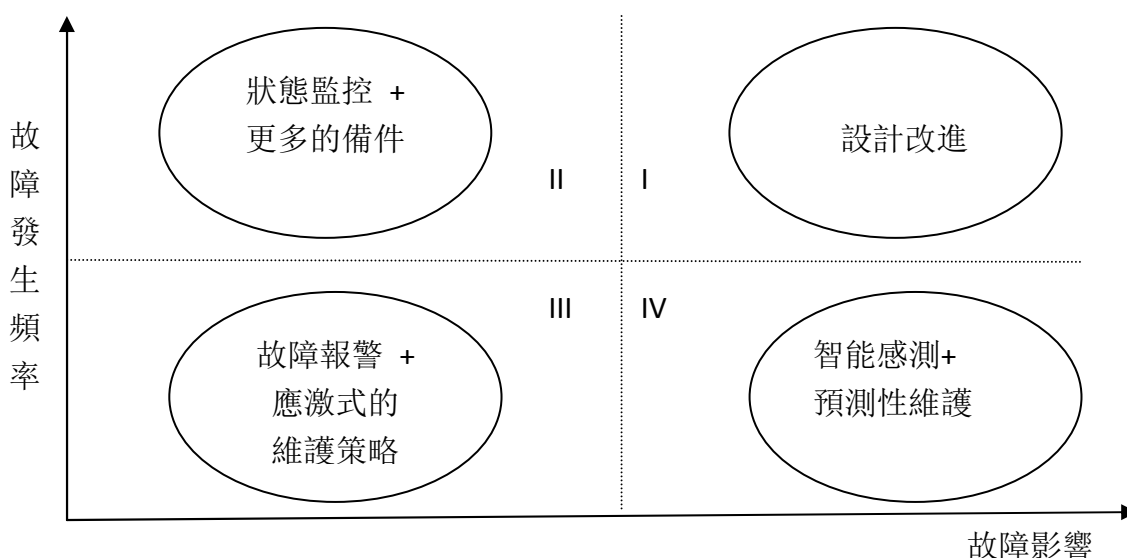
自主式和應激式的感測主要體現在三個方面:以事件為導向的採集策略、以活動目的為導向的採集策略和以設備健康為導向的採集策略.

4.對設備資料採集優先順序和維護策略設定方法

利用四象限圖工具進行輔助分析：如圖

- 第一象限:落在第一象限的設備或零組件同時具有很高的故障發生率和故障影響，一個設計完善的系統不應該有任何的零組件落在第一象限，否則應該對該系統進行設計改進
- 第二象限:第二象限的零組件雖然有較高的故障發生頻率，但是故障發生所造成的影響較小. 針對此類設備的維護策略可以選擇「狀態監控維護」(CBM)的維護策略，所採集的資料包括預警信號或幾個能夠反映零組件故障狀態的參數即可.
- 第三象限:落在第三象限的零組件為穩定性較高或工作負載較小的零組件,此類零組件故障發生的頻率較低,故障發生時的影響也較小,因此可以採用巡檢或是即時更換的維護模式.這類零組件通常不需要進行監控和資料採集,只要按照其設計平均壽命進行預防性更換即可.
- 第四象限:落在第四象限的零組件雖然故障頻率較低，但是故障發生時造成的影響巨大，這類零組件符合二八法則的規律，即雖然只有一小部分，但是卻造成了絕大部分的停機時間和維護費用.對於這一類設備我們通常要進行非常詳細的 FMEA 分析(失效模式和影響分析)，根據 FMEA 的分析結果決定資料擷

資料獲取與維護策略的四象限圖



五、資訊挖掘層:從資料到資訊的分析過程

工業大數據的 3B 特性與工業應用中低容錯性之間的矛盾是工業大數據分析所要解決的最主要矛盾.因此在對工業大數據進行挖掘之前，首先應該經過工程資料分析的流程將資料轉化成高品質和高價值密度的資訊.

1.從資料中獲取的資訊主要包括兩個部分:

- 內容(Content):包括設備的信號處理結果、監控參數特徵、性能曲線、健康狀態、警報資訊、特徵參數相關性、衰退評估、故障風險、剩餘壽命等.
- 情景(Context):設備的運行情況、維護保養紀錄、操作指令、任務目標、學理描述等.

在對工業大數據分析中，內容與情景都十分重要，情景決定了對資料的分析方式和解析標準

2.預測預測和診斷框架包括:資料採集、信號處理、特徵提取、健康評估、健康預測及可視化

- 可用資料包括：感測器信號、狀態監控資料、維護歷史紀錄等
- 這些資料可以用特徵提取的方法進行處理來得到衰退性的特徵.
- 基於性能特徵，機器的健康狀況可以透過健康自信值(Confidence value)來評估和量化
- 可以在時域內預測特徵將來的值，從而可預測性能的衰退趨勢和機器的有效剩餘壽命
- 診斷方法可以用來進行故障診斷和原因分析

六、網路層:網路化內容管理

1.網路層是面向設備集群和整個公司運維與營運活動的橫向資料挖掘；增加了資訊邏輯的要求 (Logic)，主要體現在大數據分析流程、資料相關性解析、利用資料建立設備鏡像模型(Twin Model) 及利用所建立的模型進行資料分析的觸發機制等

2.網路層的主要功能包括：

- 通信(Communication)定義統一的資料儲存格式和標準，建立互聯互通的資料平臺，實現在任何地點和任何時間對資訊的調用，並按照不同用戶的活動需求按需進行資訊分發與推送.
- 計算(Computation):對設備集群和營運活動資訊進行橫向的資料挖掘，在 Cyber 層集成模組化的大數據分析工具，實現對資料分析能力的隨時隨地使用.
- 比較(Comparison):在 Cyber 端建立能夠反映設備運行能力和健康狀態的鏡像模型，並透過集群建模和比較的方法判斷設備群體中的差異性，利用集群經驗預測單個設備的運行與健康狀態通信、計算、比較.

3. CPS 的核心

對實體系統進行對稱性的管理，即在虛擬網路空間建構實體系統的映射，使實體系統的資訊被量化和透明化，在建構完成這種映射後，大量的運算、模擬和資訊交換都可以在網路空間快速進行，產生的計算結果可以指導實體系統的運行.

4. 從實體系統到虛擬網路系統的對稱性映射主要可以從以下四個方面著手:

- 對實體狀態資訊的切片化管理
- 建立與實體系統相互映射的鏡像模型
- 利用資訊內容對實體進行對稱的關係管理
- 集群分析與大數據採擷

5. Cyber 用戶帶來的價值主要體現在以下幾個方面

- 第一個是功能的柔性(Flexible Function)和客製化

- 第二個是透過 Cyber 端的功能服務給使用者提供真切的資訊感受(Feeling)，使實體系統透過 Cyber 層與人互動
- 第三個是資訊和服務的快速送達(Fast)，大大減少了資訊在整個決策鏈上的傳遞時間，使決策鏈上的各個環節能夠無時差地獲取決策相關的資訊

七、認知層:對資訊的識別與決策

CPS 的認知層在對資料內容化、情景化和邏輯化的基礎上加入了人的職責與活動目標的因素(Role / Goal)，因此認知層的核心在於將資料分析的結果按照不同人員的職能和活動目標的需求進行最直觀的表達，其核心是幫助用戶制定最優的決策。

認知層應該具備的能力：

- 支援多平臺的遠端資料視覺化工具
- 基於鏡像模型的多智慧體模擬與推理
- 決策的協同優化分析

八、配置層:系統的彈性和重構

CPS 的配置層在前四層的基礎上又加入了管理與控制功能 (Management& Control)，從而實現了一個閉迴路的資訊流和智慧系統的搭建，其目標是能夠達成整體系的自重構能力。

1. 自重構從兩個層面：

- 一個層面是公司的生產與營運管理：將原來按照規章制度和 KPI 考核的靜態管理模式轉變成為自動根據公司營運與生產目標進行資源配置、設備和人員調度以及產業鏈上下游協同，實現目標、公司資源、生產活動的彈性最優配置
- 另一個層面是對設備的精確管理與控制，將原有的固定控制邏輯轉變成柔性的控制策略。

2. 彈性系統的自重構主要有以下幾種形式

- 根據狀態偏差的自我調節
- 具備自我配置能力的彈性系統
- 對抗擾動的動態優化配置

第四章、價值創造的商業模式設計

一、主控式創新(DominantInnovation)的原則

為顧客的最終價值去創新，而不是單純為一個產品或者產業去創新。

二、企業的創新模式的 3 種模式

- 持續性創新 (Continuous Innovation)
- 跨越性創新(Discontinuous Innovation)
- 主控式創新在發現 GAP 的過程中創新

三、主控式創新思維的核心

在於注重產品技術開發到注重顧客價值創造的思維轉變過程，實現從創新到價值創造(簡稱創值)

Value Creation) ，其過程在於以自己現有的核心產品與技術為中心，向外延伸相關配套服務;從顧客的立場思考，發掘顧客對現有產品未被滿足的需求(GAPS) ，把單純的以產品為導向進行設計及製造的企業轉型為融合產品創新及服務增值的新型企業。

四、做大「蛋白」的持續性服務創新的特點

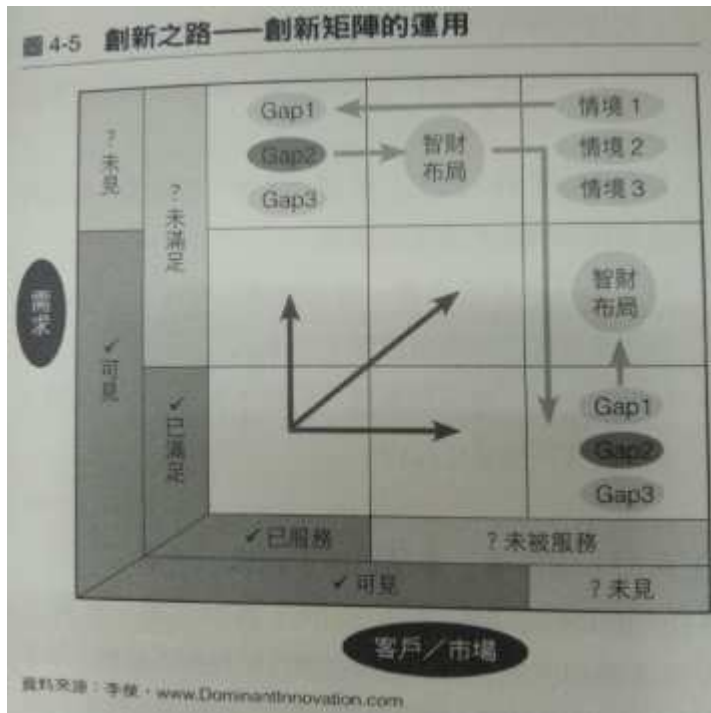
- 服務是一種顧客密集性(Customer- Intensive)系統.
- 服務會搭配智慧的系統工具(System Instrumentation Smart Agent.
- 服務需透過智慧的運行分析(Smart Operation Analytics.
- 服務是一種知識管理.
- 服務可以為客戶免除潛在問題的困擾.
- 新想法蒐集:對新想法所在的專業領域和相關技術領域進行資料蒐集和查詢，利用腦力激盪(Brainstorm) .互聯網知識庫、專利資料庫等工具挖掘和深化技術創新點.
- 專業領域功能分析:對討論所得的新想法和技術創新點歸類，進行現狀分析，利用資訊和專利檢索工具過濾已被開發的想法，利用品質機能展開(QFD)、魚骨圖(Fishbone)等工具對有開發價值的新技術進行量化功能分析.
- 產權分析和創新設計:產權分析對將要開發的新技術想法進一步進行專利戰略分析和市場分析，使得新技術的開發不僅不會與其他專利衝突，而且還能尋找並瞄準未來廣闊的增值市場.創新設計是利用創新矩陣產品和服務分別進行設計
- 智慧財產權(Intellectual Property,IP)主控佈局和技術開發、價值創造:智慧財產權主控佈局將相關領域專利歸納為紅海和藍海市場，並積極地將新技術開發定位於藍海市場，採用著眼未來長遠發展的戰略佈局新專利.

五、 主控式創新工具

1. 工具一: 創新矩陣(Innovation Matrix)

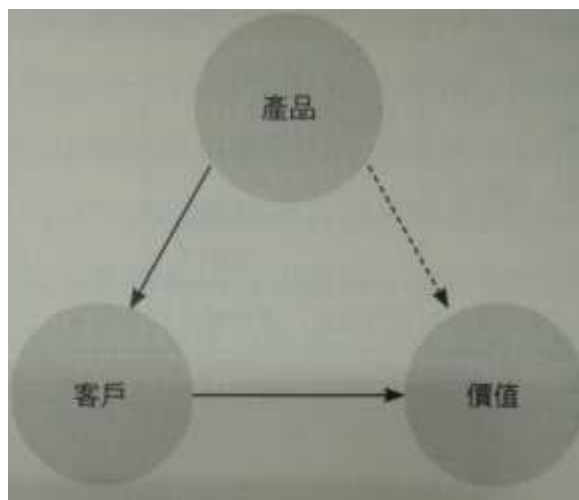
主控式創新的矩陣就是要從可以看得見的市場和顧客的需求出發，透過創新服務的情景假設，需找尚未被發現的顧客的潛在需求，同時挖掘出市場的潛在商機，並透過專利的佈局和保護，成功跳出商家競爭激烈的「紅海」，到達蘊藏無窮商機的「藍海」.

- 主控式創新的矩陣步驟：
 - 步驟一:定義看得見的、已被服務的需求與商機
 - 步驟二:討論服務创新的情境(Scenario)
 - 步驟三:明確需求缺口並進行智慧財產權佈局及保護
 - 步驟四:明確市場和服務缺口並進行智財權佈局及保護



2. 工具二：使用者、產品與服務關係三角圖(Relationship Map)

在應用主控式創新的理念進行服務創新發想、尋求需求缺口和市場缺口時，可以應用「使用者、產品與服務價值的三角關係圖」這個工具。其功能主要是在服務發想的階段，運用產品、使用者、服務(或資訊)價值三方的角色互換，勾勒出使用者、產品與服務三者之間的新關係，以圖像化的方式構思創新服務轉變的機會。



3. 應用地圖(Application Space Mapping)

在大致完成了一項創新產品或服務的目標市場定位、預期要解決使用者的哪些問題、須具備的主要功能後，為使該產品及服務更加完善，可以使用「應用地圖」工具進一步釐客戶潛在需求與規劃服務，進行更細緻的實施規劃。應用地圖可以讓我們將上述創新矩陣的發想結果，更清楚的列舉出來，進行更細部的沙盤推演，避免該產品及服務可能出現的重大缺失。

產品及服務 1	Gap 1				
產品及服務 2		Gap 3			
產品及服務 3	Gap 2				
產品及服務 4			Gap 4		
	使用場合 A	使用場合 B	使用場合 C	使用場合 D	使用場合 E

資料來源：李傑，www.DominantInnovation.com

4. 奇異醫療的轉型有賴主控式創新

在目標顧客群與提供產品服務項目的改變，包括下列幾項變革做法:將資料(Data)轉為資訊 (Information)、將物品資產轉化為功能資產、將商品服務轉化為客戶服務、將智慧硬體轉化為智慧軟體;

- 步驟一:定義目標與看見的商機
- 步驟二:找出未被滿足的需求
- 步驟三:定義消費者需求缺口與市場缺口
- 步驟四:規劃滿足缺口的服務與產品

八、智慧服務:案例介紹

1. 奇異工業互聯網

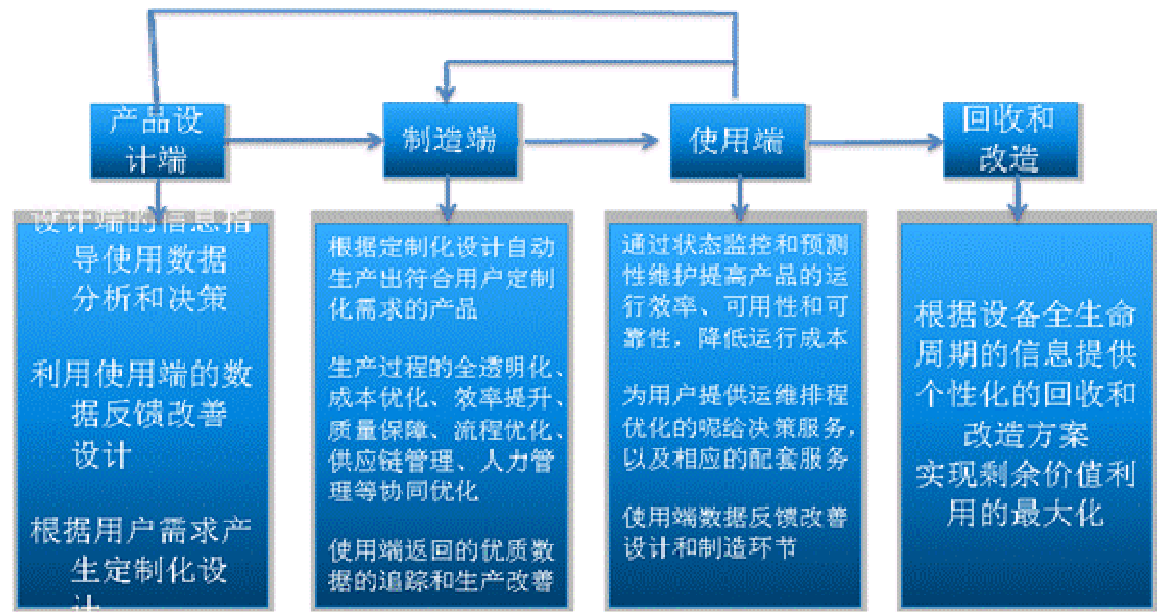
1、GE工业互联网基本要素



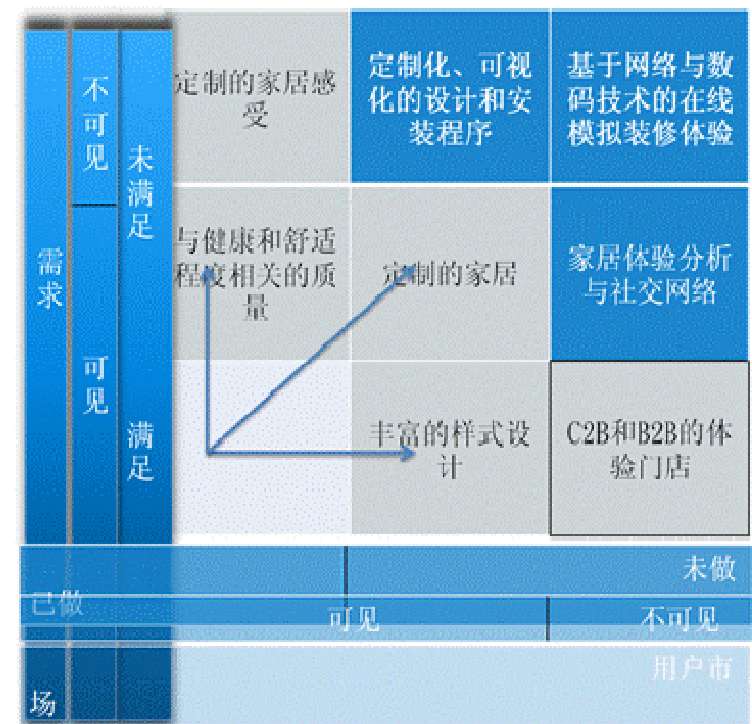
2、GE工业互联网框架设计



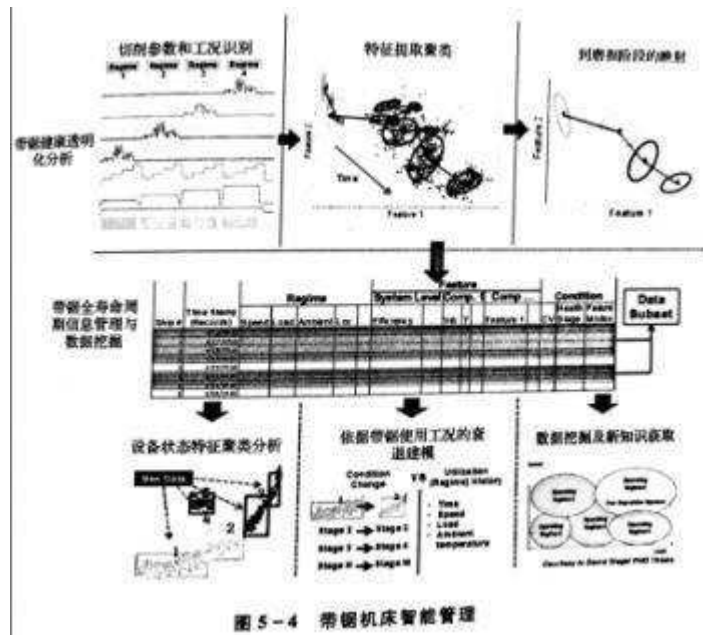
2. 智能服务 GE 工业互联网



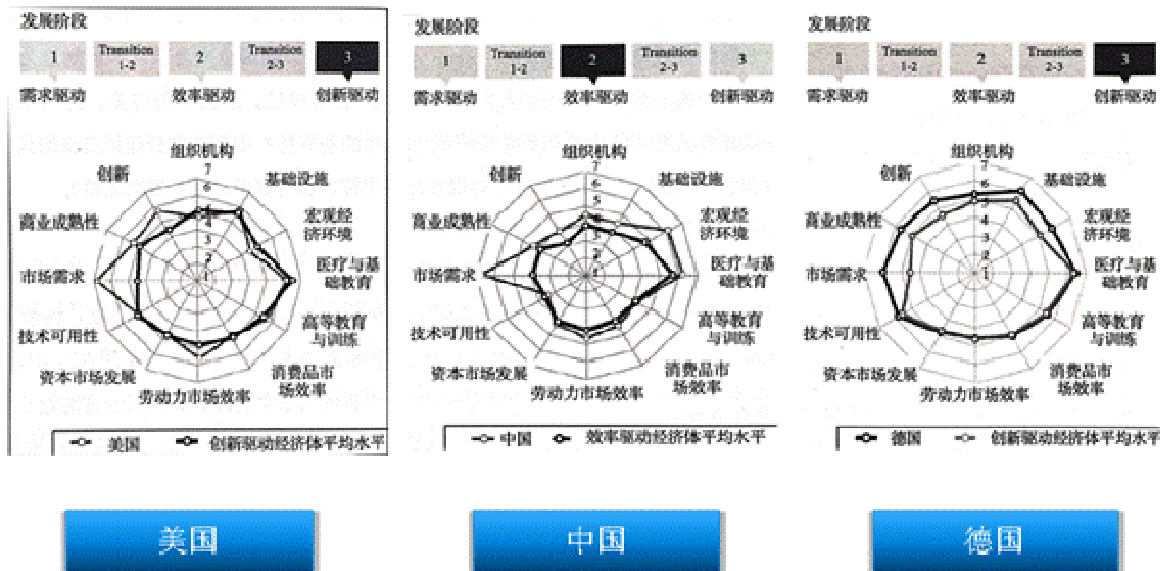
3. 以“尚品宅配”为案例分析主控式创新工具创新矩阵（Innovation Matrix）



4. 高圣 (Cosen) 带锯机床



九、中、美、德竞争优势劣势分析



十、中國製造的挑戰與轉型方向

提升製造業競爭力的關鍵技術

中國大陸 2015 年推出了《中國製造 2025》的戰略規劃，作為中國大陸製造業轉型的指導性綱領。規劃書中即提到了對基礎能力和技術的發展，也瞄準了 10 個重點領域的實踐：是新一代資訊技術、高檔數控工具機和機器人、航太航空設備、航洋工程設備和高技術船舶、先進軌道交通設備、節能與新能源汽車、電力設備、新材料、生物醫藥及高性能醫療器械和農業機械設備。

十一、對臺灣推動生產力 4.0 之建議

製造業不要只做蛋黃，更要做出蛋白。賣設備，就是蛋黃，很容易被取代；而蛋白，就是創造價值的地方。能協助生產製造公司提高設備稼動率、減少當機，這部分的服務就叫蛋白。現在臺灣大部分的企業都還在做蛋黃。這沒有錯，但你還得加上蛋白，這塊市場遠比蛋黃大。