



智慧製造興起品質工程師的挑戰

楊錦洲

中華民國品質學會理事長

中原大學工業與系統工程學系教授



Contents

1

第四次工業革命

2

人工智慧的來臨

3

人與AI之協作

4

智能製造與自動品質監控

5

品管工程師的角色轉變

6

品管工程師的AI專業能力

7

AI品管工程師之挑戰

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？

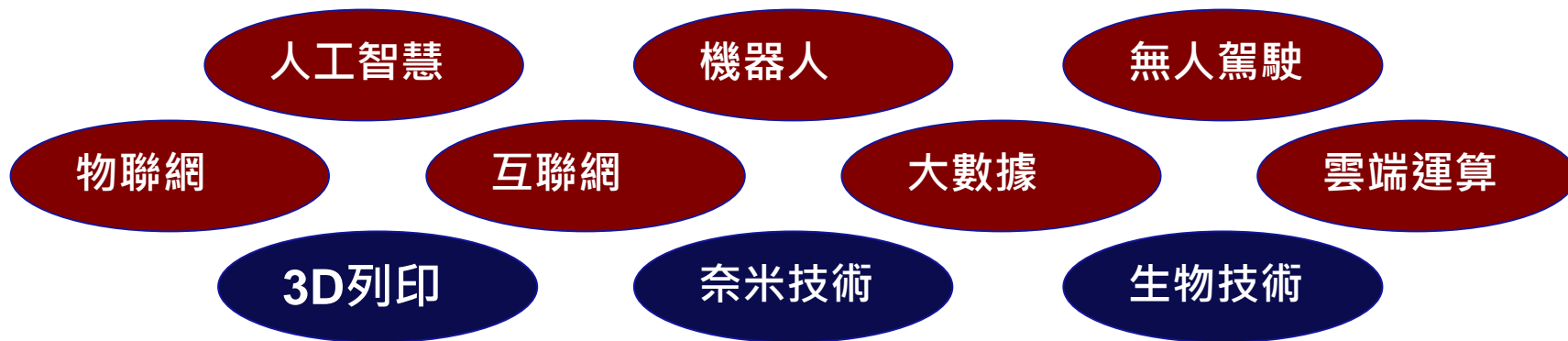
利用物聯網與信息物理系統的智能設備(2010 ~)



四次的工業革命

進入到第四次工業革命的時代

❖ 許多新興及突破性的技術不斷的湧現

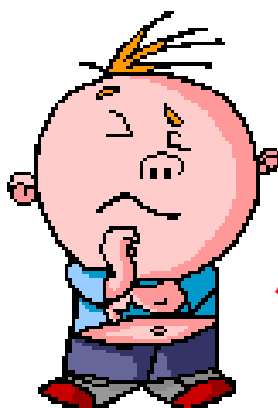


❖ 第四次工業革命是建立在數位革命的基礎之上，結合了各種各樣的技術，這些技術對於我們的經濟、產業、商業、經營、管理及生活帶來前所未有的改變。尤其是人工智慧、基因工程更可能超出我們掌控範圍的科技領域。

Klaus Schwab: The Fourth Industrial Revolution, 2016 by
World Economic Forum

人工智慧的誕生

過去二、三十年，製造講究規模化、標準化；未來三十年，製造講究智慧化、個性化和訂製化；零售革命以後的第二個巨大革命就是物聯網(IoT)的革命；未來的機器用的不是電，用的是數據，就是所謂的人工智慧，智慧機器的誕生。



馬雲



何謂人工智慧

人工智慧

深度學習+大數據
李開復：人工智慧來了

物聯網

電腦程式

大數據運算

機器學習

互聯網

人工智慧之興起

- ❖ 人工智慧士達特茅斯(**Dartmouth**)數學教授約翰·麥卡錫(**John McCarthy**)在**1955**年所創造的，並在隔年針對此主題籌辦開創性的研討會
- ❖ **1957**年經濟學家赫伯特·賽蒙(**Herbert Simon**)預測十年內電腦會在西洋棋比賽打敗人類(事實上花了四十年)
- ❖ 人工智慧最大的進展在兩大領域：感知(**perception**)與認知(**cognition**)
- ❖ 人工智慧的核心是機器學習，也就是機器有能力持續不斷改善本身的表現，人類交付任務給機器時，不必確切解釋，機器能懂得如何自行執行任務



人工智慧的學習能力

IBM執行長Ginni Rometty指出過去六十年的科技巨變，激發了兩輪業務的指數級成長

摩爾定律
(Moore's law)

積體電路(IC)上可容納的電晶體(晶體管)數目，約每隔18個月便會增加一倍，性能也將提升一倍。

梅特卡夫定律
(Metcalfe's law)

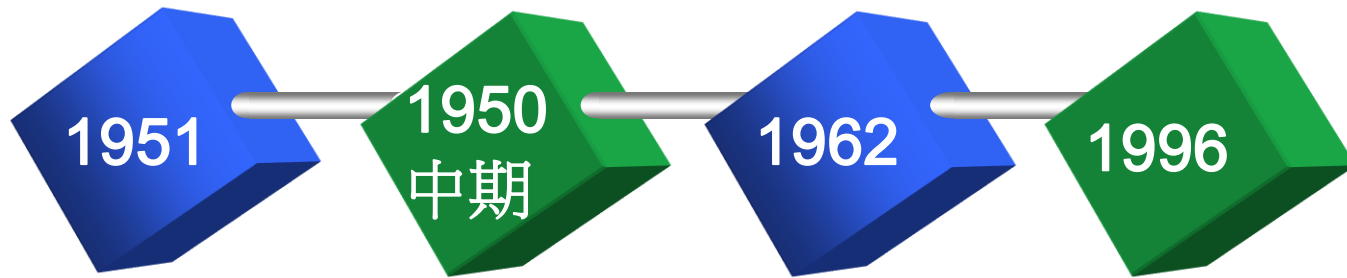
一個網路的價值等於該網路內的節點數的平方，且網路價值是以用戶數量的平方的速度增長。

華生定律
(Watson's law)

由於人工智慧的學習能力，加上大數據，帶動新一輪的指數級成長，即未來會隨應用的增長而增長智慧。

AI越來越強

會下棋的「智慧型機器」



英國曼徹斯特大學克里斯朵夫·斯特拉齊(Christopher Strachey)編寫了第一個會下西洋跳棋的電腦程式

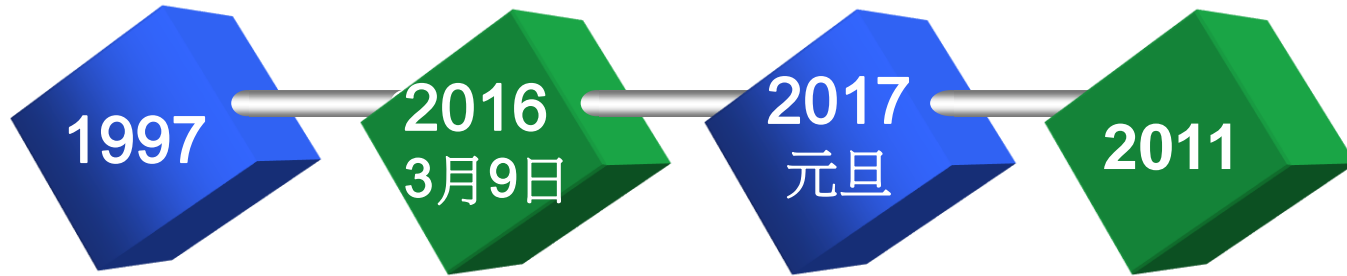
IBM的亞瑟·薩謬爾(Arthur Samuel)開發的西洋跳棋程式，可以和業餘選手對抗

薩謬爾的西洋跳棋程式戰勝了一位盲人跳棋高手，當時媒體及社會大眾都認為類似的西洋跳棋程式，就是人工智慧

IBM研發了超級電腦深藍，挑戰了世界西洋棋棋王卡斯帕洛夫(Garry Kimovich Kasparov)，雖然敗北，但已看到電腦戰勝人類的希望

AI越來越強

會下棋及益智的「智慧型機器」



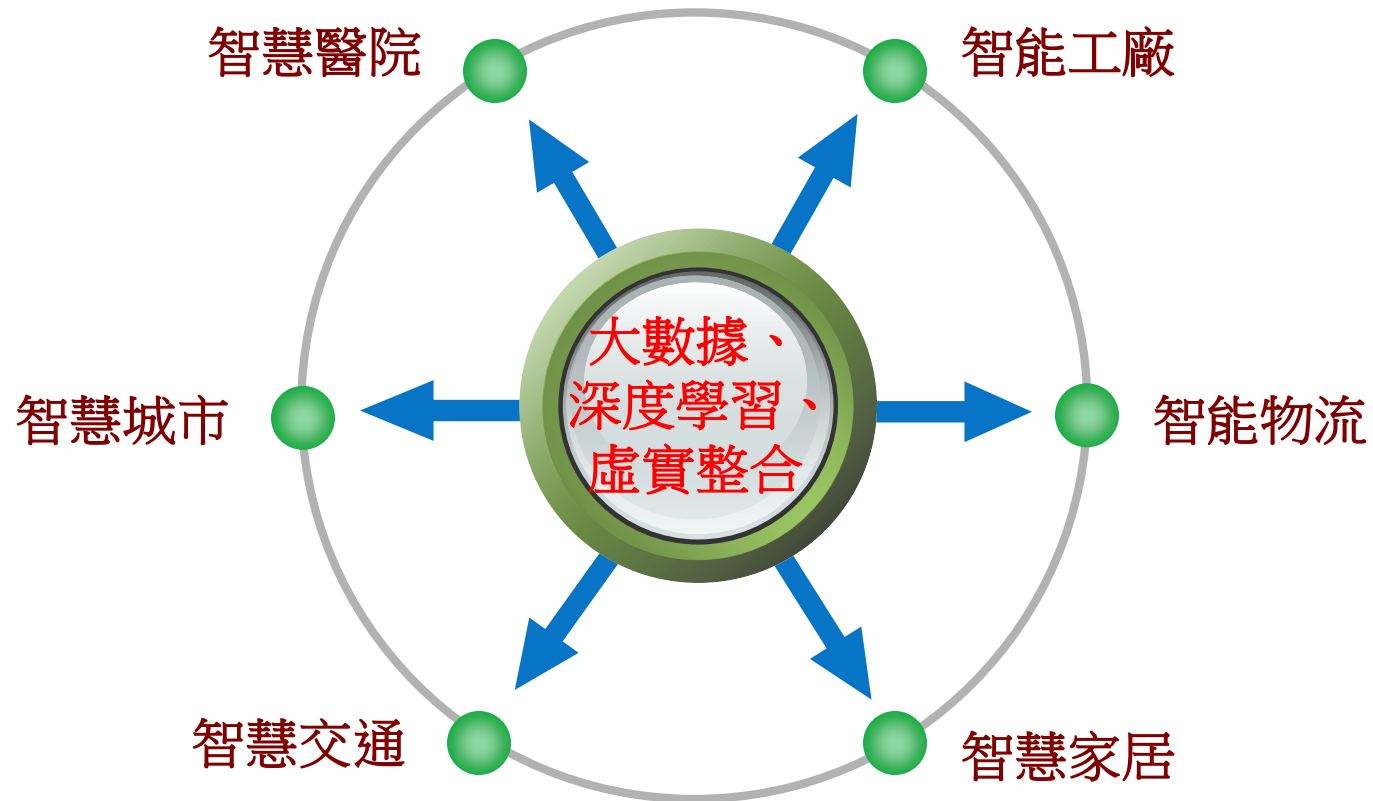
深藍捲土重來，在六局棋的對抗賽中，戰勝了卡斯帕洛夫，聲譽大振。當時全世界見識到深藍的強大，都認為深藍就是人工智慧。

Google開發的AlphaGo在五番棋中以4:1大勝世界冠軍李世石，因此引發了一波人工智慧的熱潮。

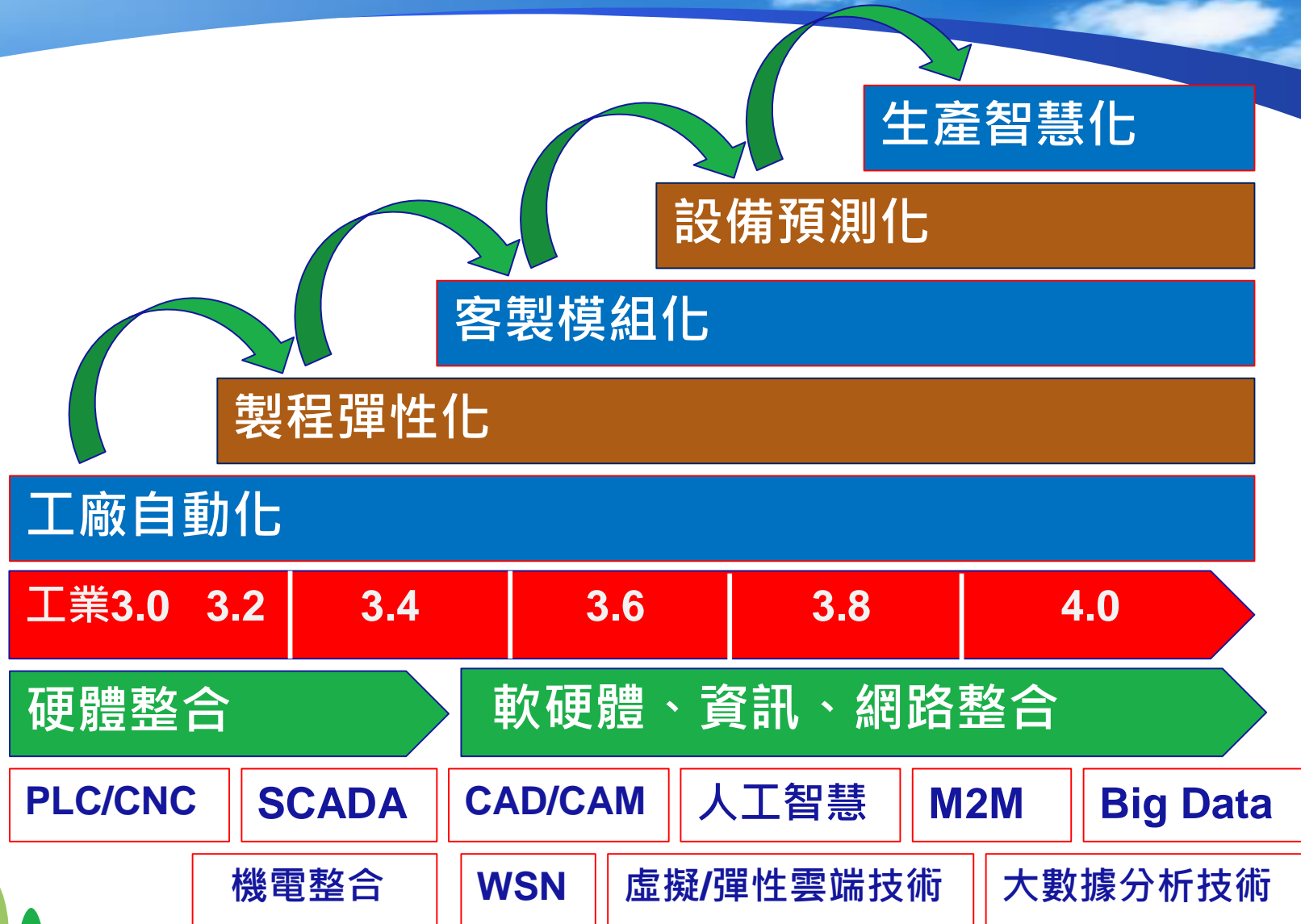
星級版的AlphaGo以Master網名復出，在中韓對弈的平台上與數十位頂尖棋手過招，以60:0的絕對優勢獲勝。

IBM旗下知名的華生人工智慧系統（Watson）參與知名的美國益智節目，最後打敗人類對手贏得百萬美元獎金。

人工智慧之應用與推廣



邁向AI的工業4.0



Based on 資策會MIC，2016年1月，經濟日報105，5，15

邁向AI的工業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



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



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、品質之判斷與調整

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

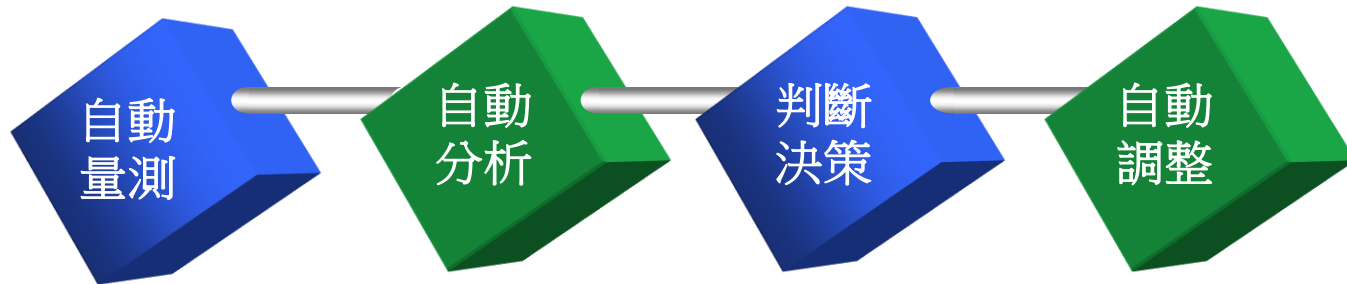
資訊安全：互連設備的資訊安全，以確保互聯網製造系統的效能



台灣製造業所要走的路

AI智能製造的自動品質監控

在AI的智能製造或智慧機器需做到：



在生產時所有的品質規格、設備參數或生產條件都能夠自動量測出來的數值data，或是機器上自動呈現出的生產參數值

這些量測出的data及生產參數值能自動介接到控制的電腦，控制電腦能夠針對量測的data及生產參數值進行整理與分析

針對分析的結果進行判斷，以了解投入規格、參數或生產條件是否良好控制，對於未良好控制的項目，則須做出調整的決策

調整的決策傳達到機器的控制系統，控制系統隨即下達調整的指令，並立即自動調整，以達到最佳生產狀態

自動品質監控的等級

❖ **Level 1:自動蒐集生產上的data**

生產機器能夠自動蒐集該機台的**key factors**之參數值，及所屬之品質項目之**data**。

❖ **Level 2:分析所蒐集之data**

機器控制系統對於所蒐集到的**data**能夠加以整理、分析，而得到可與參數規格或品質項目標準相比較的數值。

❖ **Level 3:根據分析結果做判定**

機器控制系統所分析的結果能夠跟參數規格或品質標準做比較，然後做出精準的判定。

❖ **Level 4:根據判定結果做決策**

機器控制系統做了精準的判定之後，能夠進一步做出正確的決策，如果是生產條件不合格，則會做出調整的決策。

❖ **Level 5:機器本身會調整**

機器本身會依據所做出的決策立即進行自我調整，以讓生產參數會在規格內。

自動品質監控的基礎

B1:
最基礎的
工程



B2:
找出生產
控制條件



B3:
機器的精
確控制

就是要決定影響到CTQ及各製程品質的key factors及生產條件，而且不可遺漏。這是AI品管工程師最重要的工作，也是極為困難的工作。

對於key factors要找出最佳控制參數規格，以及合適的生產控制條件，以獲得優質的CTQ及各製程品質，這也是AI品管工程師的重要工作。

生產機器能夠精確控制該機台的key factors之參數規格，製造工程師能夠控制Inputs之標準與規格，廠務工程師能夠控制好生產條件。

自動品質監控之現況

大多數的自動化甚至連**Level 1**都稱不上，需要作業人員定期的量測生產參數及品質數值

自動化雖然可到**Level 3**，但大多屬於尺寸量測的加工機器，對於生產參數難於**well-controlled**

有些設備比加工機器更為複雜，但也可做到自動化，大多利用感測器，如加工位置調整、卡版停機

許多設備商想要做到**Level 3**，且有異常時會有警示訊號，然後工程師再來進行設備調整

精密機器因有控制電腦，可記錄所有的設定參數，也可撰寫程式加以控制，它是介於**Level 3**與**Level 4**之間

自動品質監控之現況

台積電利用**big data**及**data mining**來改善品質，基本上是該機台的**key factors**設定的很周延，但在**key factors**之參數規格設定上還不是很理想，而參數值的控制是很精準的

原則上已接近**Level 4 (including data mining)**之水準。由於**data**很完整，故可利用**data mining**來挖掘未最佳設定的**key factors**，調整其參數規格

基本上要真正做到**Level 5**，則非靠人工智慧不可，因為上面所提到的台積電所做的事情，需要機器不斷的自我學習才有可能做到。那還需要很長的路要走，需要多年的努力

人與AI之協作

透過人類與AI的協作，可顯著提升AI系統與機器設備應用的績效。人類與人工智慧可積極提升彼此互補的強項

企業要能了解人類要如何才能最有效的擴大機器的能力。以及如何讓機器強化人類最擅長的事項

人類的強項：領導力、團隊合作、創意思考、非正統思維、衝突的排解、長遠觀點、道德規範

人工智慧的強項：處理速度、量化能力、大數據分析、規模的擴充性、處理精準度、驚人的學習力

人與AI之協作

人類需要扮演三個重要的角色

訓練師：人類(**AI專家**)
必須教導機器學習演算法，如何執行他被設定該做的工作

解釋者：人工智慧處理的結果，需要這個領域的專家，向外行使用者解釋處理結果之意涵

維持者：要有專家持續確保人工智慧系統之功能運作正常、安全、精確，以及預防保養

參考“用白話文說資料科學”，哈佛商業評論，2019年1月號

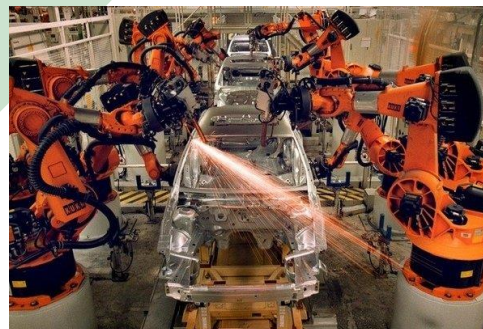
人與AI之協作

智慧型機器以三種方式協助人類擴大能力

增強人類認知力：人工智慧適時提供適當資訊，以提升人類的分析與決策能力，甚至提高使用者的創意

與員工與顧客互動：人機協作讓公司能以更有效的創新方式，增加與員工與顧客的互動

體現人類技能：聰明、可感知的「協作機器人」可與人類一起工作，可增強工作者的超出自身的能力



AI時代員工新角色

公司如果裝設人工智慧機器，就必須積極培養員工具備「融合技能」，才能讓員工有效地在人機介面工作

員工也應該知道如何把自己獨特的人類技能，與聰明的機器結合在一起，取得雙方各自作業所無法得到的更佳成果

員工要學習如何把任務交付給新科技，需要教導智慧型代理人新的技能，及接受訓練，才能在**AI** 強化的流程做好工作

智慧製造需要品管工程師？

生產線完全自動化的生產，而且生產出的都是良品，則必須

- ❖ 生產線的機器設備能完整的考量到關鍵要素及生產條件
- ❖ 能在關鍵要素上設定精準的生產參數及控制條件
- ❖ 機器能精確的自我控制生產參數及條件
- ❖ 機器能自動量測生產參數值，即立即做調整
- ❖ 機器能自動量測所生產的產品之品質規格，及分析與判定
- ❖ 品質規格如有變異，可立即分析出關鍵因素及自我調整

這是誰的工作？

主要的是品質工程師的工作，尤其是紅色部分，紫色部分需要跟AI工程師合作

品管工程師的傳統角色

❖ 品管工程師在產品量產前的主要任務

- 產品開發過程中，審訂相關的品質標準、投入標準
- 產品開發過程中，各個關鍵**phases**的審查
- 製程規劃與設計中，審訂所設定的製程參數與生產條件
- 製程中的作業標準化(**SOP**)之品質確認
- 製程建置後之試產，進行必要的調整，以確保量產品質

❖ 品管工程師在產品量產時的主要任務

- 設訂產品量產的品質控制與保證計畫
- 批量或早晚班的首末件檢查，以及參數的調整
- 製程中的品質管制，抽樣檢查與管制圖的使用
- 品質異常時的停機，消除問題及製程參數的調整
- 利用改善手法來改善品質問題，以及必要的製程修正



品管工程師的角色轉換

- ❖ 品管工程師必須要把量產前的關鍵工作做得很徹底，才能把**生產的品質控制機能內建到機器設備中**，讓機器自動的來執行。
- ❖ 因為智慧製造的機器已無法讓品管工程師做製程抽樣、管制圖控制，以及異常停機、問題排除與品質改善。



- 自我控制生產參數及條件
- 自動量測生產參數值及調整
- 自動量測產出規格及品質判定
- 品質有變異會分析影響因素
- 針對影響因素會進行必要調整
- 確保各製程產出之品質

品管工程師的新角色

❖ 在**AI**時代的智能製造的品管活動中

- 批量或早晚班的首末件檢查，
 - 製程中的抽樣檢查，
 - 製程中的品質管制，管制圖的使用，
 - 不時的停機，以調整製程參數，
- 等等傳統所做的製程品管幾乎都派不上用場

❖ 在**AI**時代的智能製造，品管工程師的主要職責就是如何讓完全自動化生產的智慧機器在生產過程中，生產出的產品全都符合規格、全都是良品。



品管工程師的AI專業能力

- ❖ 善用**IPO (Inputs-Process-Outputs)**分析，首先要確認
 - 產品的功能，品質衡量項目及其標準**(A)**
 - 生產線的最終品質衡量項目及其標準**(B)**
 - 各製程(站)之品質衡量項目及其標準**(C)**
- ❖ 原則上當**(C)**滿足時，則**(B)**也必定要滿足，當**(B)**滿足時，則**(A)**也需要滿足，產品在設計開發階段，就要確認及檢驗這些品質項目及其標準的關聯性。



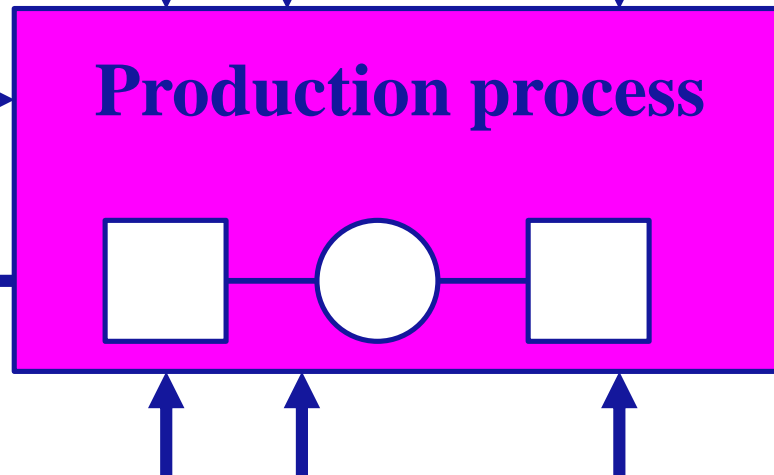
I-P-O分析圖

Process

Key factors X_i : Design parameters

Inputs

Materials
Machines
Operation
Skills
Facilities



Outputs

Y_i : Customer requirements
Functions
Quality items,
Reliabilities,
Performances,
etc.

Z : Environment & noise factors

Key factors and control

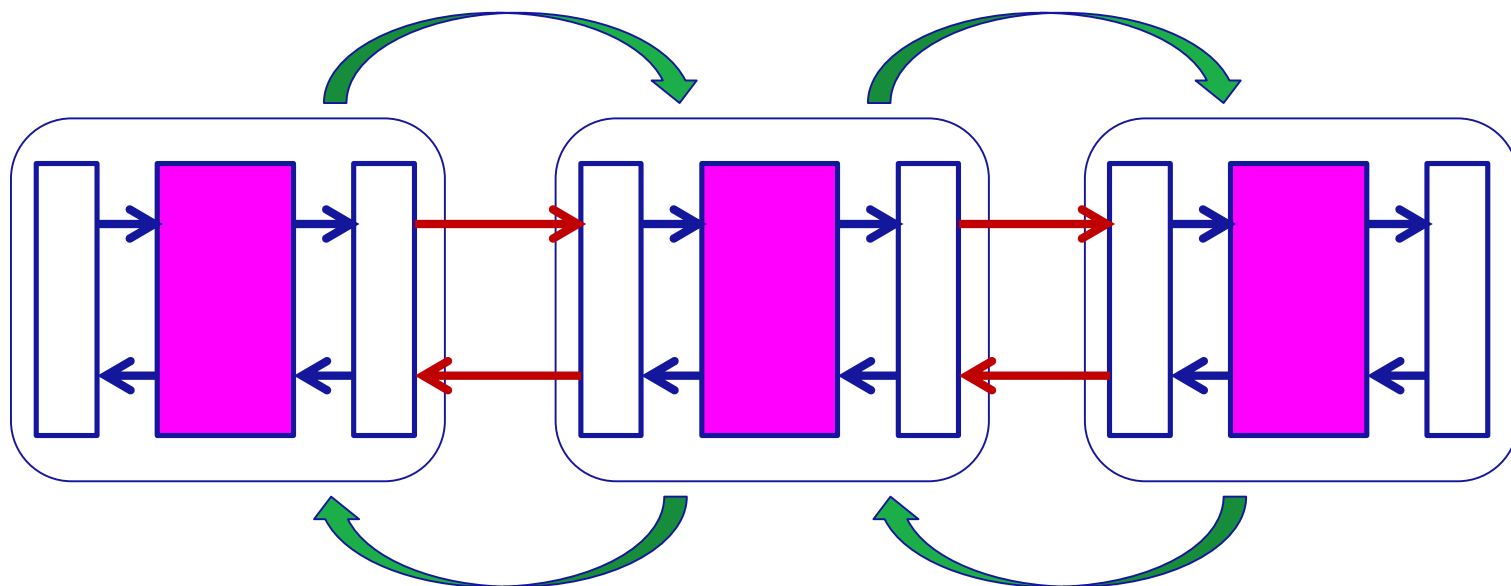
$$Y = f(X)$$

Y: process performance indexes (CTQ)

X: Causes, factors,...

- 要找到關鍵的 **Xs**，會顯著的影響到 **Ys**
- 透過各種有效的驗證工具進行改善（試驗、檢定、模擬、分析、、、）以找到最佳的 **Xs** 控制範圍，以得到目標中的 **Y's** 值
- 找到 **X's** 的最佳操作條件，及控制與監控之機制與工具，以確保 **Xs** 的良好控制，而產生目標中的 **Y's** 值

製程跟製程之間的緊密關係

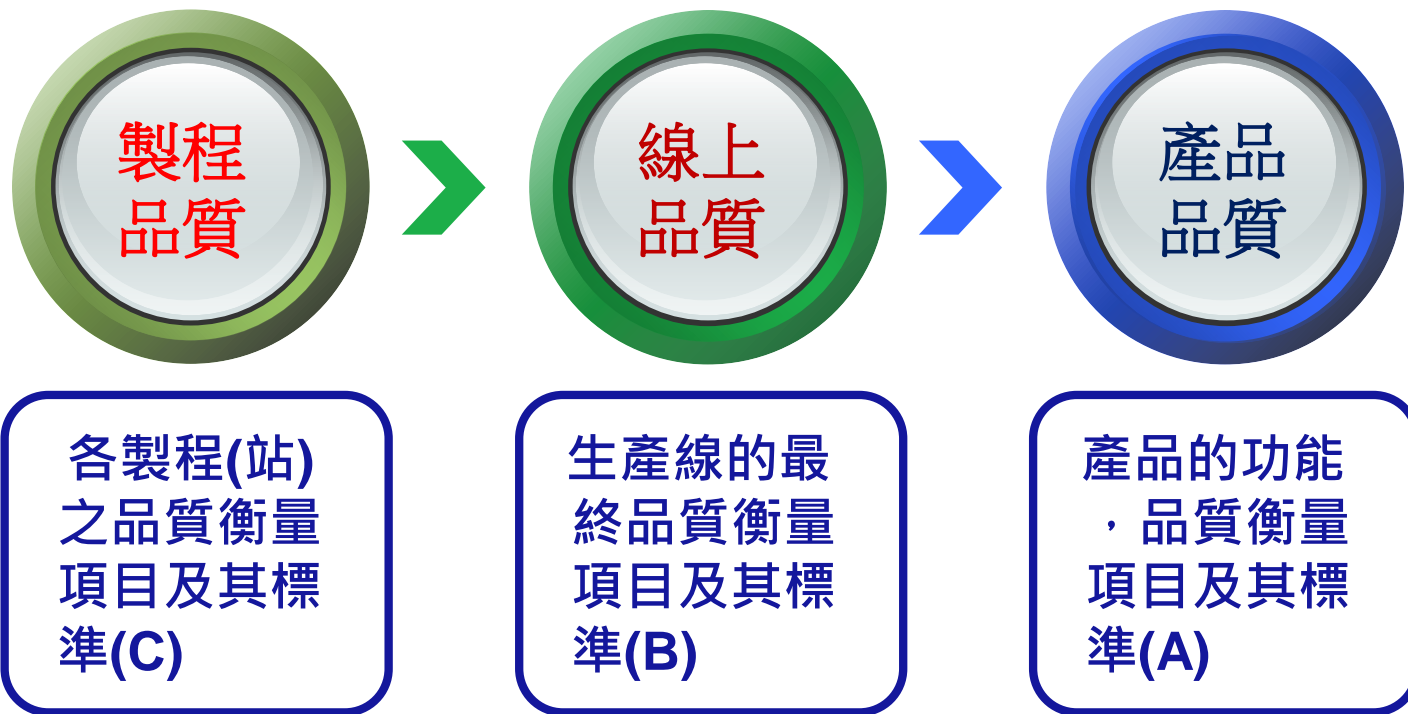


品質的影響是前製程影響到後製程

Key factors 及其參數的決定是由後製程往回推到前製程

善用IPO

善用IPO (Inputs-Process-Outputs) , 首先要確認

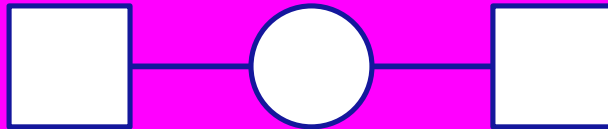


原則上當(C)滿足時，則(B)也必定要滿足，當(B)滿足時，則(A)也需要滿足，產品在設計開發階段，就要確認及檢驗這些品質項目及其標準的關聯性

I-P-O分析圖

Customer requirements:
Functions; Quality items;
Reliabilities; Performances, etc.

Procuction process



產品的功能，品質衡
量項目及其標準(A)

滿足

生產線的最終品質衡
量項目及其標準(B)

滿足

製程(站)之品質衡量
項目及其標準(C)

滿足

品管工程師的AI專業能力

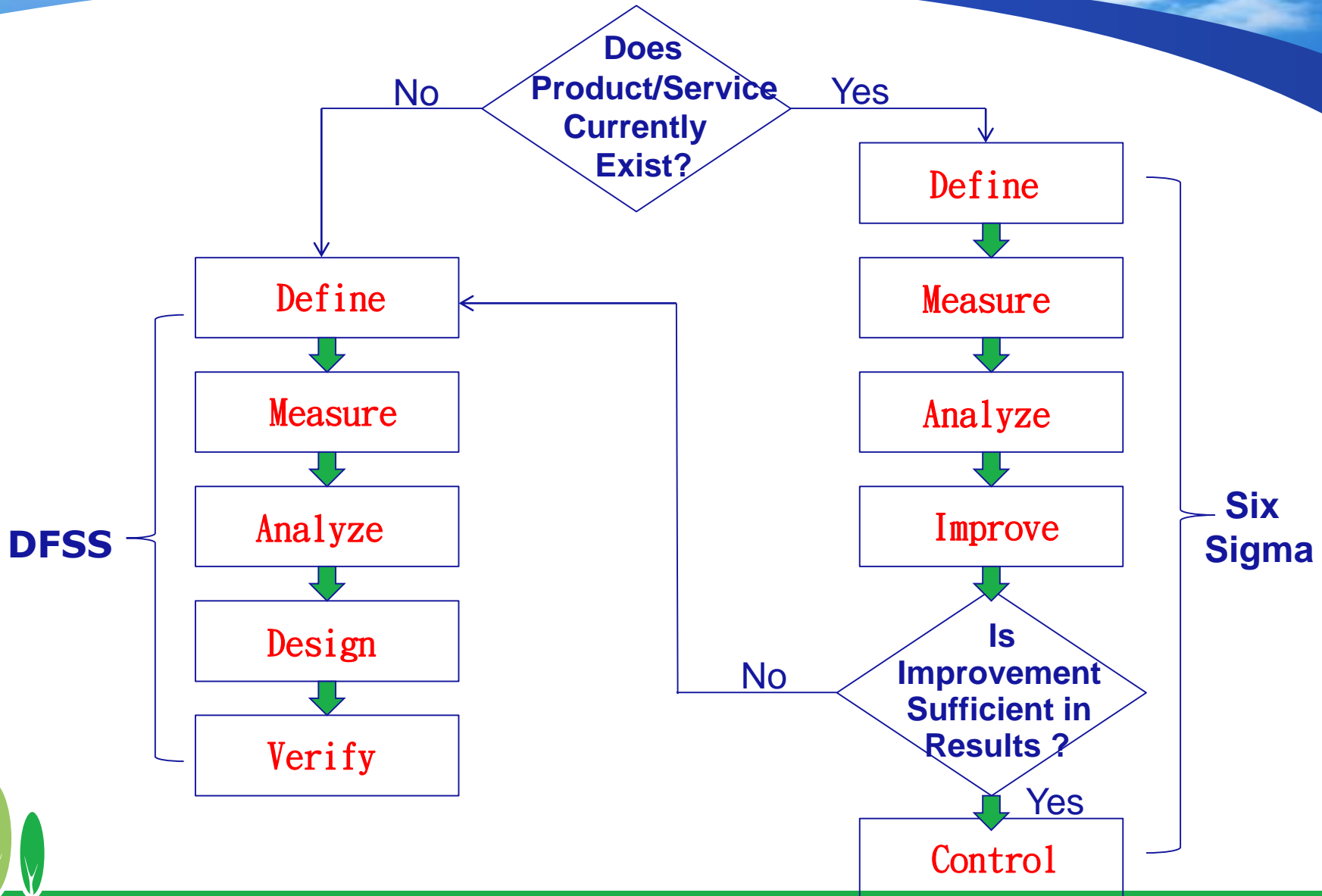
- ❖ 如果關聯性能確立，則重心可放在生產線的各製程(站)上。從**IPO**的分析來找出各項品質項目在製程上及投入上的關鍵要素(**key factors**)。
- ❖ 要找**key factors**是一件很困難的工作，可利用下列方式：
 - 現有製程已確定的**key factors**
 - 利用生產線上的完整生產**data**來進行比對分析
 - 列出可能的影響因素，利用**DOE**來找出關鍵影響因素
 - 參考專業期刊，從理論上來找出可能的**key factors**
- ❖ 接下來，就要在**key factors**上設定(最佳)規格、參數或生產條件，而且要經過驗證。原則上，在生產時這些規格、參數或生產條件都滿足時，則所對應的品質項目的衡量值必須是合格的。
- ❖ 如果上面的論點是正確的，則只要控制好生產時的這些規格、參數或生產條件，則必定會得到良好的製程品質。

品管工程師的AI專業能力

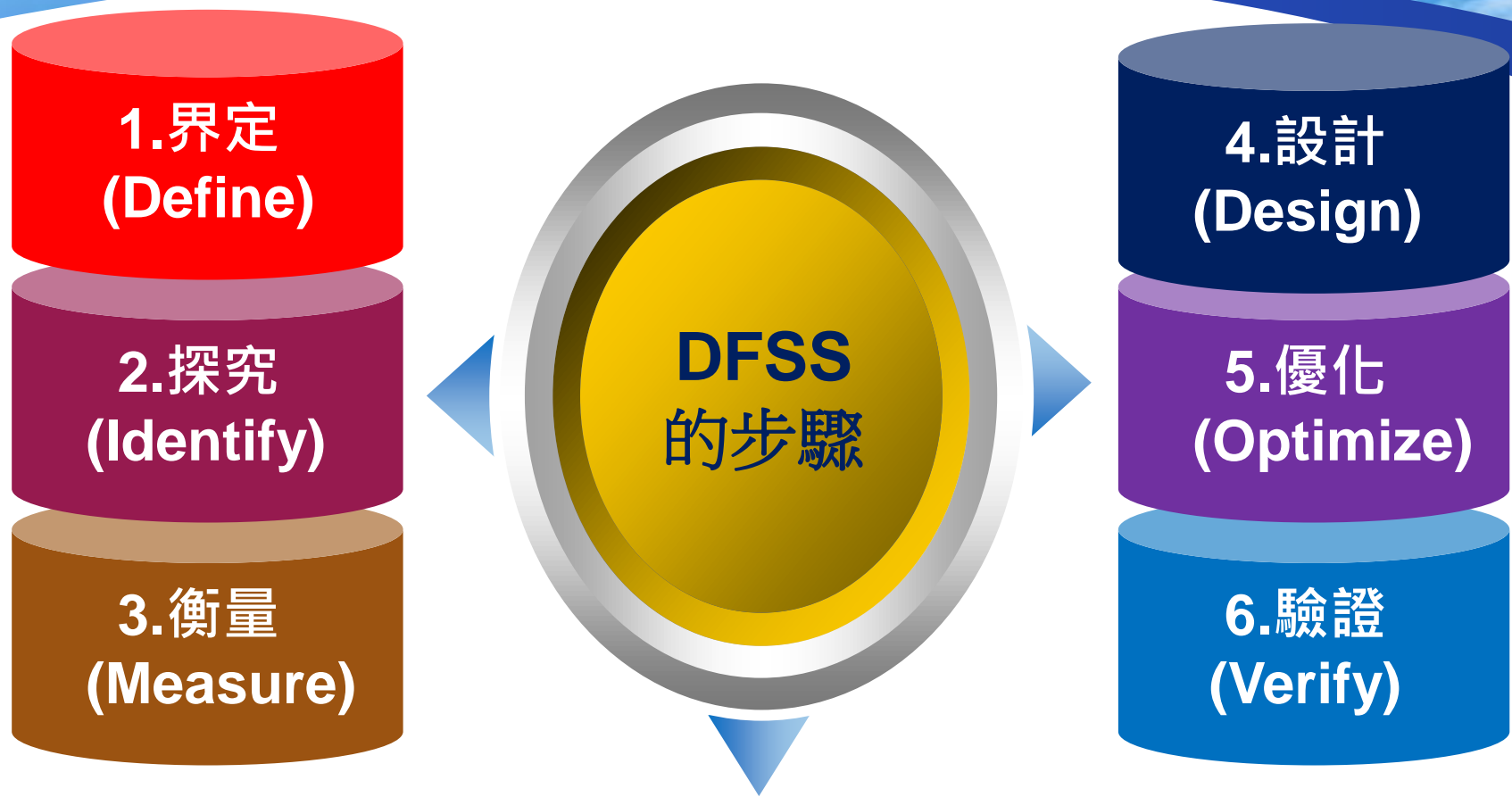
- ❖ 以往我們會針對製程的重要品質項目作管制圖，當衡量值**out of control**，則會找問題點的原因，然後採取改善對策。如此週而復始，但始終無法徹底解決品質問題
- ❖ 最根本的做法就是生產時要控制好所有的這些規格、參數或生產條件，所以要設定控制指標，稱之為先期指標，管制圖應該用在這些先期指標上才是正確的

AI時代的智能製造，不可能讓你在量產之後再不斷的繼續進行改善，所以在產品設計的早期就要消除後面的品質問題，因此要善用DFSS

Six-Sigma & DFSS



The steps of DFSS



Design it right the first time

品管工程師的AI專業能力

- ❖ 當然最理想的做法是機器在生產過程中能夠在所有的這些規格、參數或生產條件，都能自動控制在所訂定的操作標準上，稍有偏差，能立察覺及自我調整，讓機器一直自動控制在理想狀況中。
- ❖ 也就是說，製造要走到馬雲所說的「新製造」，亦即結合人工智慧、機器人、物聯網、大數據分析，甚至是互聯網、雲端運算的智能製造，此時智慧機器會自動控制生產條件、自動衡量品質、自動自我調整，以確保品質。



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

台達電品管的改變

傳統的品管經常是發生品質問題時，會依據生產序號去抓問題，但是往往找不到資料，只好從品質不良的零件進入分析，再回推可能是那一段製程出問題

當智能製造發生品質問題時，只要輸入序號，就可以在系統上看到所有的生產資料，因而有機會在生產過程中就發現產品有變異，而不會在產品賣出後才發生問題

智能製造是在設備上會裝置感測器(**sensor**)，可即時的在生產過程中蒐集數據(**data**)，再透過網路通訊上傳到管理軟體進行數據分析，這是智能製造的基礎

台達電的做法是否可稱得上AI型自動品質監控



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
邁向人工智慧電子製造服務

AI型自
動品質
監控



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%的生產智動化
經濟日報A3，8,9,2016

宏遠興業之智慧製造

創造學習型組織

由上而下改變觀念

導入外部合作伙伴

研華科技、清大、遠傳、工研院、勤業眾信等

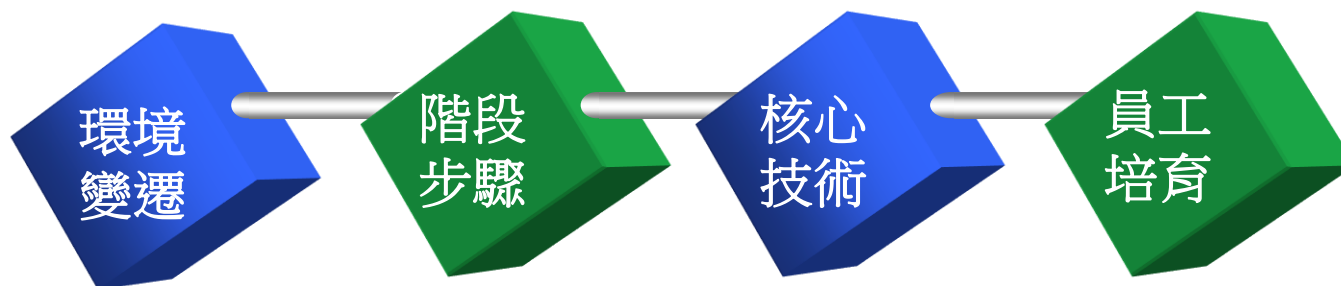
智慧製造五大指標

互聯	優化	透明化	前瞻性	靈活性
連線生產設備、利用互聯網，以即時蒐集數據	透過高度自動化，提高生產效率，以減少人力	利用儀表板與感測工具，以快速蒐集數據及決策	利用 AI 演算法，以預測生產變數，並提升良率	彈性調整排程，以達成機器設備及資源最佳化

哈佛商業評論 152期 2019年4月號

企業如何因應AI潮流

企業的因應之道：



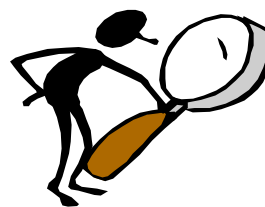
公司首先要了解企業現在及未來的企業環境、經營環境的變遷趨勢



要清楚了解人工智慧的內涵，及公司朝人工智慧發展的階段與步驟



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



企業如何因應AI潮流

- ❖ 如果經理人(含工程師)不在AI領域加強學習與運用，那就沒有善盡職責。未來十年，人工智慧不太會取代經理人，但是**不會使用人工智慧的經理人是會被使用人工智慧的經理人所取代**
- ❖ **Nokia**公司已計畫要強制員工熟悉機器學習
- ❖ 日本電商巨擘樂天執行長三木谷浩史就要求員工學習撰寫程式語言，**三木谷浩史認為資訊科技員工需要懂得撰寫程式語言，才能維持員工的專業及能力與日精進**



經濟日報，2019,4,1, A9版

結語—AI品管工程師的挑戰

- ❖ 品管工程師以往所熟知的品管手法，如**QC**七大手法、管制圖、抽樣等，在**AI**智慧製造的環境下，可能派不上用場。
- ❖ 從**Input**及**Process**找**key factors**及其參數的設定是品管工程師的重要任務，**因而需要了解設備、製程，甚至專業知識與技術。**

經濟日報，2019,4,1, A9版
- ❖ 品管工程師要能善用**IPO**分析、**DFSS**運作方式，**也能撰寫程式，以控制機器，能夠跟機器協作。**



Thank You !

chinchow@cycu.edu.tw

