

工業 4.0 非硬性規範 而是價值的創造&選擇

■文：任芸萍

工業 4.0 與智慧製造在全球蔓延至今，人們對於其必要性與適用性仍時有爭論；今年中甫將工研院產業經濟與趨勢研究中心 (IEK) 與國際中心 (IIC) 整合改組的「產業科技國際策略發展所」(簡稱：產科國際所)，日前在例行的年度產業趨勢研討會對此發表他們的看法：在技術／方案與業界應用同時一推、一拉的雙重助力下，智慧製造有三大脈絡——現有製造設備與體系智慧化、基於機器人應用的智慧自動化，以及智慧製造方案異業結合與新創發展（例如，資通訊與工具機大廠跨界合資成立新公司，為智慧工廠提供解決方案）。

智慧製造首重「應用價值」，智慧工廠還看「V-I-P-S」

機械與系統研究組經理熊治民表示，智慧製造應用價值可概分為四個進程：1. 運算與連結 vs. 工業物聯網 (IIoT) 平台；2. 可視性 vs. 機器視覺；3. 透明度 vs. 大數據分析／深度學習 (Deep Learning)／人工智慧 (AI)；4. 預測及自適應 vs. 虛實整合／數位雙

胞胎 (Digital Twin)。台灣憑藉多年來在機械、自動化與系統整合、資通訊硬體與軟體產業基礎，已建立頗具規模的智慧製造生態系，並在金屬製品、機械設備、紡織、資通訊與電子零組件等關鍵產業加速應用擴散，將是協助產業轉型與加速經濟發展的契機。

他進一步指出，台灣廠商的強項在於智慧設備／智慧工廠以及產品生命週期系統工程，有「V-I-P-S」四大構面：

1. 設備生產資訊可視化 (Visualization)：從控制器或感測器擷取「人、機、料、法、環」

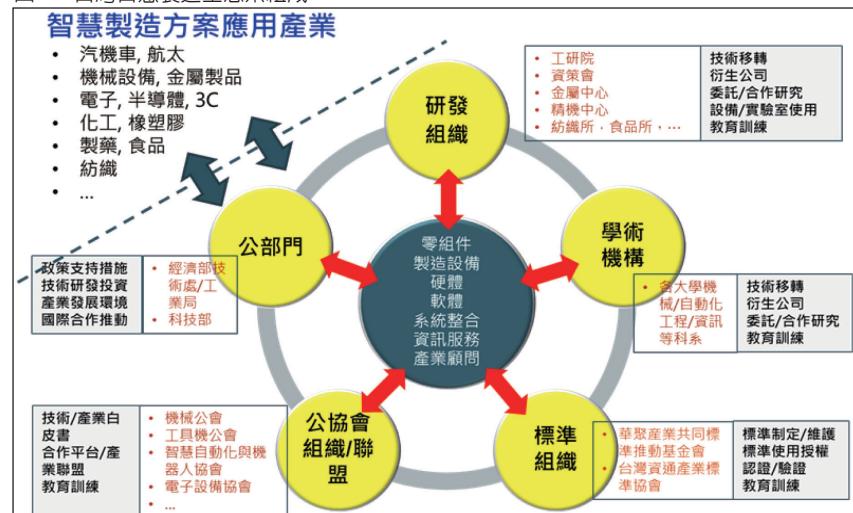


照片人物：工研院產業科技國際策略發展所—機械與系統研究組經理熊治民

等參數，經聯網傳輸做資料初級分析與可視化處理；

2. 品質檢測 (Inspection)：結合機器視覺與機器學習 (ML) 的智慧

圖 1：台灣智慧製造生態系組成



資料來源：IEK Consulting (2018/07)

化自動光學檢測 (AOI) 已成主流，3D 光學檢測及品質瑕疵肇因輔助分析是日後新焦點；

3. 預測維護 (Predictive Maintenance)

：透過對關鍵零組件、機台運作狀態即時監控分析並結合機器學習，能快速有效建構設備健康診斷及預測維護方案所需的演算法；

4. 智慧設備 (Smart Equipment)

：控制器／螺桿／分度盤／主軸頭等智慧模組、工具機／產業機械、機器手臂／自動導引車 (AGV)，最終是製造／品檢／倉儲等全面智慧化產線。

熊治民強調，工業應用多是漸近式發展，建議方案提供者向國際大廠「借力使力」打開市場；而決心投身智慧製造的業者則須做好以下準備：1. 發掘真實的營運生產關鍵問題，探索智慧化解決之道；2. 依本身需求、資源(人力、財力、風險承受能力)與導入時程做技術及可行性評估，再選擇適當方案；3. 充分手掌握技術、應用特性及外部合作夥伴資訊，以利評估與決策。少量多樣的生產模式，讓工廠開始思考如何減少對固定裝配線和固定資產的依賴；因此，傳統工具機在追求加工效率和穩定度之餘，也嘗試與新技術接軌、為客戶創造新的價值和服務。

智慧製造帶動產業升級，工具機不同以往

研調機構 Gardner Research 統計，2017 年全球工具機消費金

額為 832 億美元，較 2016 年成長 4.3%。由於中國大陸機械業急需發展具高附加價值與技術的裝備，以因應產業結構優化之所需，對於中端與中高端機種產品及自動化製造單元的需求有增加趨勢；加上歐元區在經濟復甦與製造業產能利用率逐漸提升，義大利與西班牙等國對工具機需求有較明顯成長，致使全球工具機消費需求呈現成長的現象。工研院產科國際所分析師莊瀅芯根據近期德國、美國和日本等國際展會和廠商發表的工具機新產品嗅到不凡氣息：工具機已不再是單打獨鬥的產業。

莊瀅芯指出，越來越多的工具機以整體製造系統為考量，除了追求原本的加工精度、加工穩定度、加工效率，一些新技術也開始融合傳統工具機，塑造新的智慧製造型態，也促成單機及零組件功能進化、工具機趨向自動化與「工程集約」精神的興起——功能複合、提高面積產能、減少後加工，以縮短生產時間；例如，將拋光功能嵌入至銑削工具機裡，而智慧製造

的水平整合技術聚焦在：積層製造 (3D 列印)、人工智慧、擴增實境 (AR)、數位雙胞胎、邊緣運算 (Edge Computing)、物聯網 (IoT)、機器人等技術。

這些整合性的智慧製造平台和單點的智慧製造技術，對於工具機的影響日益明顯。例如，以非接觸式的影像量測取代探針量測，可大幅加快速度並將數據回饋至機台，為後續模具進行補正、提升加工品質；另一個例子是檢測刀具狀態、必要時自動更換，避免意外停機或人工操作錯誤。在工業 4.0、數位化轉型的驅動下，工業自動化將走向模組客制化，並以數位連結模式做整合，快速彈性地做調整來提高生產效率。各國政府積極推動智慧製造政策，帶動相關自動化產業的升級；網路通訊的發達，也讓 IIoT 能夠整合大數據、機器人及設備。

提質、增效、降本、減存，IIoT 應由下往上部署

工研院預言，低延遲、即時

圖 2：全球工具機主要應用市場區塊

- 2015 ~ 2020 全球整車年複合成長率預估 4.3%，2020 車輛總量可達 1.1 億輛。
- 下世代汽車技術發展朝向(1)綠能化：輕量車體與潔淨動力，滿足日趨嚴格環保耗能法規；(2)智慧化：主動安全與車聯網，提供便利安全行車服務。
- 在 2015~2034 年，全球新民航班機交付量將超過 38,000 架。其中以亞太市場最多，達到 14,330 架，其次是北美與歐洲地區，為 7,890 及 7,310 架。
- 全球航空客運收益公里數 (RPK) 年成長率預估為 4.9%，同期航空貨物運輸年成長率預估為 4.7%。
- 2020 年智慧型手機出貨達 18 億支，伴隨 5G 應用服務，相關硬體升級、機殼新材料加工成為挑戰。
- 智慧手機硬體升級焦點，在於提供無線充電、不屏蔽信號、散熱等邁向 5G 時代的設計需求。



資料來源：IEK Consulting (2017/05)

傳輸技術將是智慧化、數位化的重要方向之一。同部門另一位分析師劉孟竺預估至 2023 年，受惠於機器學習、大數據、感測器及機器通訊 (M2M) 應用結合預測及主動式維護的崛起，工業物聯網將穩居工控主流技術，工業機器人將囊括大宗市場份額，而 3D 視覺、移動式機器人與協作式機器人將扮演要角。今年「SEMICON Taiwan 2018」期間，在台灣物聯網產業技術協會 (TwIoTA) 主辦、國際半導體產業協會 (SEMI) 協辦的《AIOT 時代的驅動力——半導體應用發展論壇》會中，多位科技菁英亦對相關議題分享切身觀感。

由鴻海和亞太電信轉投資的富鴻網，對智慧製造和工業物聯網的實兵演練頗有心得；副總經理邱登崧借鏡富士康經驗表示，從獨善其身到物聯網示範工廠、創新中心、工業雲基地、大數據 AI 研究院陸續成形，他們發現：設備機台的數位化 AOI 需要更精密 8K 高清影像攝影，不同設備需要不同感測器將資料回傳，以數位雙胞胎先在虛擬產線環境建置、模擬，再做虛實整合；前端需要強大的邊緣運算能力，以

便機動調整參數，而 5G 傳輸可加速工業閘道器 (Gateway) 協助溝通不同設備的語言，機器學習可實現預知維護，降低停機成本。

「IIoT 生態系的核心是邊緣層，最重要、最紮實、最基本的數據皆來自於底層，應由下往上部署才實際」，邱登崧說。最上層的應用端體現在人流、物流、製程、資訊、資金和技術等六個面向，人臉辨識、區域控制、自動倉儲和 AOI 檢測是常見項目，意在「提質、增效、降本、減存」。經實證，供應鏈自動決策系統可將接單、生產、供貨的整體效率提升 30%，庫存週轉提升 15%；「柔性裝配」的人均產值可提升 30%、庫存減少 33%。從這個角度衡量，大陸內地的人力成本甚至比越南低，富士康龍華廠員工也從 318 人減至 23 人。

AI 資料驅動，異常偵測 & 根因分析更 Easy

台達電子 (Delta) 處長劉慧瑾談到 AI 在智慧製造的應用表示，少量多樣、缺工、人員流動大、訓練不及、分散式製造供應鏈、產品生命週期和交期縮短，以及環保意識高漲，都是催生智慧工廠的動力，須克服兩大難點：一是生產彈性，易於重新配置、疊代；二是成本，著重軟、硬體整合及安全機制。自動化晉升到智慧化的好處是可借助虛實整合、深度學習、機器視覺和數據分析做根因分析，優化生產機台、偵測異常並降低損耗。以面板 AOI 為例，單一製程就有 80 個



照片人物：台達電子處長劉慧瑾

站點、40 萬個影像須檢核品管。

如果以人工經驗辨識、找出缺陷工序恐有可靠度疑慮、過猶不及，且新人訓練廢時；若為降低誤判率而調低精準度參數，又恐有所遺漏。AI 的加入可回饋學習結果、取得平衡，且易於擴充系統、提高生產效率；在電子產品週期輪替快速的今天，得訓練好的 AI 模型之助，可及時搶市。不過劉慧瑾提到，就影像自動 AI 分類的方法，一旦訓練影像不夠多、週期又短，在辨認缺陷上會有限制；故力倡以數據代替影像，藉由監控、收集數萬個機台參數做異常偵測與根因分析。有鑑於機器可能也是異常導因，而參數優化需要時間收集完整、品質好的大量資料。

如此一來，可自動產生數據並找出對的參數，即時找出有問題的站點，再到現場實作、修正、及時修復，以提升良率、降低退貨率，不至於到最後統計製程管制 (SPC) 階段才驚覺異常而積重難返，且 AI 資料驅動 (data driven) 可產生新智慧。鈺創科技 (Etron) 董事長盧超群則拋出一個饒富省思的提問：為



照片人物：富鴻網副總經理邱登崧



照片人物：鈺創科技董事長盧超群

何看似走不下去的摩爾定律還能存活到今天？他揭密，其實半導體演進歷程正邁向第四個世代：

1. 砂世代 1.0——線性微縮，每一節點線寬微縮 0.7 倍， $30\mu\text{m}$ 至 28nm 共 20 節點，促使 IC 產業放量經濟成長，因而誕生「指數摩爾定律」；

2. 砂世代 2.0——面積微縮 (Area Scaling) 造就有效摩爾定律經濟 (Effective Moore's Law Economy, EME)，電晶體從平放改成直立成 3D 鰭式場效電晶體 (FinFET)，可容納更多電晶體；

3. 砂世代 3.0——體積微縮，著於 DRAM 與邏輯元件因製程不同、做在一起不合理，故採取堆疊方式因應，2014 年起，多晶片封裝 (MCP)、系統級封裝 (SiP)、多晶片模組 (MCM)、3D 裸晶堆疊等異質整合受到重視；2016

年後更進化到不用基板、蛻變為 3D 晶圓級系統集成及體積微縮，如：CoWoS、InFO-PoP……；

4. 砂世代 4.0——半導體將進入「功能 X 價值」微縮漲時代，遵循「砂 X 非砂異質性整合 + 功能 X 價值之微縮漲法則 + 奈米級系統設計」公式，創新「類摩爾定律經濟」(Virtual Moore's Law Economy, VME)，衍生巨大商機。

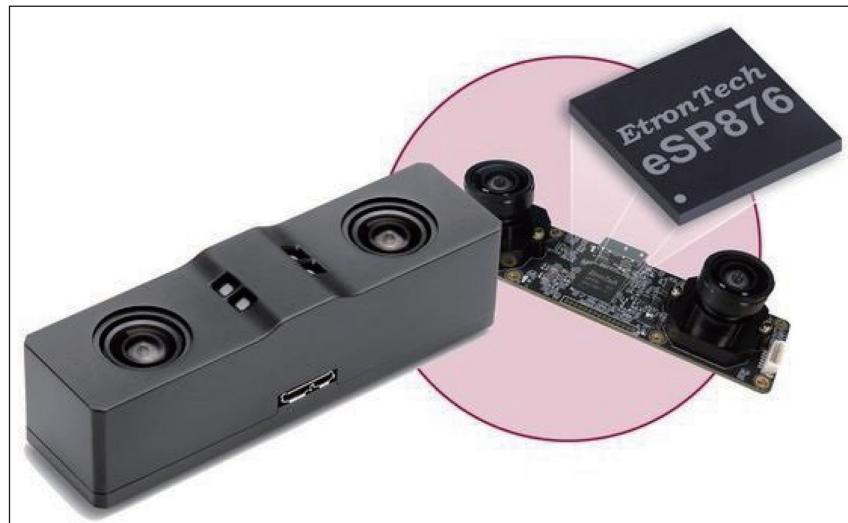
機器視覺當道，3D 感測迎風展翅

盧超群主張，礙於先進製程成本過高，將系統板整合到晶片裡是變通的折衷方案——3D X 3D 視覺微系統被異質整合到奈米系統中即為先例，在 AI 邊緣節點應用極廣。例如，來飛眼 (LyfeEye) 全景攝影機 + 虛擬實境 + 3D 建模 + 量測結合室內導航，記錄旅宿或觀光景點特徵製作影音地

圖 (AV MAP)，其組合還能用於醫療手術。看好視覺商機，鈺創力圖轉型「IDATE」(Intelligence Data Acquisition Transmission Enterprise，智慧數據取得及傳輸企業)；盧超群笑說，這個詞也隱含「與創新來場智慧約會」之意。

鈺創立足於機器人和 AI，往上疊加記憶體 (攜手力晶合作，製程目標從大容量轉為小尺寸) 與擴增／虛擬／混合實境 (AR/VR/MR)；再往上延伸，以物聯網與邊緣運算為雙手，最後是靈魂之窗——眼睛，由兩部分構成：一是 USB 等各式傳輸介面，二是 3D 深度地圖 (Depth-Map)、 360° 球形攝影機，外加 3D 影像／VR／AR 和 3D 「ThingCapture」平台——可將環景拍攝的立體物件快速轉換成「點雲」(point cloud) 之數位座標資料，再以軟體及演算法回推。盧超群透露，2020 年日本東京奧運的 4K／8K 影像就有採用鈺創

圖 3：鈺創科技 3D 感測廣角測距／手勢辨識模組 EX8036 獲頒 2018 年台北國際電腦展《Best Choice Award》殊榮：其內建自主研發 eSP876 HD Depth-Map 單晶片，可取得被攝景物深度距離及深度圖像、供機器視覺之用



資料來源：https://www.tca.org.tw/tca_news1.php?n=1205&a=y

產品。

此外，Amazon GO 無人商店有 6,000 支監視器亦是採用鈺創產品，可顯示 3D 景深；盧超群介紹，3D 感測技術主要有四種：蘋果 (Apple) 採用雷射掃描、英飛凌 (Infineon) 採用飛時測距 (ToF)、英特爾 (Intel) 和鈺創則是以 AI 演算。類似規劃用於智慧工廠，360° 球形攝影機可做全廠巡視，以記錄工安事件、食安環境、警示漏水／害蟲出沒或監看工人作業情況。與此同時，廣義 AI 不只有外環境、還包括內環境和微生物環境，即使微小如細胞、細菌，就是一台可感測、運算的微型電腦，重點是要能掌握領域知識。

微機電入列，語音互動拉近人機距離

盧超群總結：只做 IC，就只能乖乖受限於摩爾定律；若加入系統和軟體概念，可進階矽世代 3.0；但欲再往上突破，必須加入微機電 (MEMS) 才行，且只有 AI 還不夠，得有「HI」(人類智慧，Human Intelligence) 加持。循此路線，未來半導體整體產值仍有成長空間，預估 12 年後將是現今水準的 2.5 倍。然而，他也感歎：隨著微米技術向先進節點推移，半導體元件的製造費用越來越高，以往的大眾創新平台似乎已變成貴族創新平台，不免會讓創新受限於財力；所幸，40 奈米以上的製程已足夠 AI 應用，視可用資源量力而為即可，不必盲目跟風。



照片人物：聯發科技副總經理暨智慧裝置事業群共同總經理徐敬全

最後，盧超群宣示，廿世紀是科技革命，而廿一世紀的今天正引爆科技多元化應用革命，人工智慧 + 矽電子的智慧時代已來臨！隨著各行各業的智慧化，半導體除了電子業大本營之外，也須廣泛涉獵各個終端產業。聯發科技 (MediaTek) 副總經理暨智慧裝置事業群共同總經理徐敬全則認為，AI 與 IoT 彼此具有依存性——AI 有助於提供服務來源，讓物聯網更合理化；例如，臉部身份辨識 (Face ID) 要精準，須仰賴 AI 訓練；而內建七個麥克風收音的 Alexa，經語音處理後連到後台網路、轉化成聽得懂的語意以啓動各式服務。

經由 AI 語音互動，能讓人機距離更近、互動更自然，體現個人化。成立近 35 年、在全球擁有 18 個工廠、7 萬名員工的封測大廠日月光，本身正是絕佳 IoT 實驗場域；透過即時收集環境參數，分析時間對時間、機器對機器的變異性，後經無線技術整合連接操作面資訊，

優化環安和製程。系統整合研發中心處長鄭民耀表示，日月光近年積極拓展 SiP 開發及系統整合；例如，將天線射頻 (RF) 整合在封裝中，並利用嵌入式基板壓縮 Z 軸垂直高度、增加密度，極小化堆疊元器件尺寸並提供「虛擬參考設計平台」供客戶從雲端做功能驗證。



照片人物：日月光集團系統整合研發中心處長鄭民耀

該平台包括三部分：整合不同微控制器 (MCU) / RF / 感測器等硬體設計指引、應用程式 (APP) 軟體以及無線網路 / 邊緣運算 / 機器學習等協同開發，還能對接環境 / 生物 / 運動感測器 (motion sensor) 等。開發者可在一週內完成原型與手機 APP 驗證、三個月內走完開發到認證的完整工程。鄭民耀指出，日月光基於無線傳輸可靠度起見，特別在邊緣節點加入 AI 演算，可確保傳輸的優先順位並減少 70% 封包傳輸。CTA