

生產現場應用IoT創造價值

以日本中部智慧製造典範企業為例

DENSO的高階主管說：「IoT大家都在談，用的好很難」。三菱的簡報資料結尾：「IoT是一種手段而非目的」。東海大學劉仁傑教授帶領的精實團隊師生，以「IoT、顧客價值與精實管理」為產學交流主題，於2020年元宵節前夕2月7日下午起，參訪推動智慧製造有成的日本中部五家企業。

兩天半的時間，依序參訪QRcode發明企業，DENSO WAVE Incorporated的製造業ORiN(Open Resource Interface for the Network)和智慧產線；控制器大廠三菱電機名古屋製作所和eF@ctory案例；融合兩家工具機廠與四家控制器企業優勢的工具機大廠DMG MORI，並親臨落實Takt production system的裝配廠；精實管理始祖的豐田汽車；鈹金設備龍頭AMADA土岐廠與T876自動化加工線。

從工廠參觀與專業解說、交流討論，以及企業提供的智慧製造資料，本文用精實的後拉觀念，分別以裝配線、物流與備料、機械加工三個主題的IoT應用，整理歸納與讀者分享。

產品裝配線活用IoT： 紀錄數位化、狀態可視化、節奏拉動發料

DMG MORI主要接待人在交流討論時表示：IoT與TPS可以並進，向TOYOTA學習有節奏(Takt)的裝配線，自己發展IoT的手段，在現場應用並改善，可以縮短LT、提高產效和品質，並落實裝配多能工、先期確認人機料法。

根據裝配SOP，規劃並設定IoT收集資料的時間與內容，透過QR code讀取，即時收集掌握何時、何人、何事、為何等資訊，進而呈現、管控進度，落實裝配工廠數位化。「裝配進度狀態(Shop Floor Monitor)」的電子看板，現況顯示外，可以知道每個裝配工位「作業中、中斷中、出貨中」等主要與詳細訊息。

裝配線可視化系統，可以達成兩個目的：(1)從裝配工時達成率



巫茂熾
(Mao-Chih Wu)

東海大學精實系統團隊核心成員。歷任連豐機械設計工程師，友嘉實業研發部課員、課長、經理、協理，事業部副總經理等職務。大型研發專案的FMS主導性新產品、五軸加工技術暨加工機業界科專計劃主持人。近年積極致力於工具機業，精實製造管理、產品開發管理與電腦系統導入之實踐與輔導。

的資訊，發現新手問題並輔導與培育為準熟手。(2) 檢討浪費，修訂標準。實際紀錄與檢討修正工時，改善作業問題、消除裝配過程的浪費。

IoT在裝配線的應用，可視化提升，讓員工本身自我改進。進一步應用在業務交期、供應鏈的搭配與浪費、報工紀錄的生產履歷、確保節奏並拉動裝配需要的物料。

物流與備料活用IoT： 省人化的配套檢料與供料

裝配節奏往前拉動零組件剛好及時的供料，是讓裝配作業順暢的關鍵。檢料、供料活用IoT，可以創造更大的價值。

豐田汽車裝配線邊的小型物料倉儲區，檢料人員有節奏的腳步，在這個區域穿梭快速移動。檢料人員一手推物料車、一手從有亮綠燈的料盒檢料，按照裝配手順將物料放到料車正確位置。仔細觀察發現，檢料的這隻手有掛一個手環，人員往前移動，手環觸發料盒上的綠燈亮，該料檢完應有數量後燈滅。檢料資訊透過手環指示檢料人員到物料

儲位取料，可以正確無誤的完成為裝配備料的工作。參觀當時，剛好有兩位人員一前一後在檢料，手環的檢料指示，各自獨立不會混亂。

裝配節奏與產能拉動檢料、檢料往前拉動零組件適時適量的供貨。豐田裝配線的零組件供應商，用物料專用的載具，根據交貨指示，依序的到物料中心卸下物料載具，並將空載具上車帶回。這些有物料的載具被直接放在AGV拉動的無動力板車上，每台AGV約有七到十個板車，每個板車放置不同的物料，無人駕駛的AGV會將這些物料搬運到配套倉儲區，卸貨後沒有板車的AGV會自動回到物料中心待命。省人化的物料中心，多台自動駕駛的AGV，在物料中心與裝配線邊倉儲區忙碌，透過交貨指示、物料與載具ID，完成任務。

機械加工活用IoT： 縮短交期、保證良品

因應少量多樣需求，AMADA土岐製作所設立T876沖孔模具自動化廠。「T」是土岐、工具的意思，「876」是每天24小時、

365天全年無休的自動化工廠。工廠內有39台加工設備、45台機器人、3台AGV和4座合計4400格位的自動倉儲。自動化工廠共有三大工程：包含熱處理的前工程、半成品工程和完成工程，可以滿足各式各樣的上模(punches)、下模(dies)、導套(guides)三個關鍵零件，從材料到完成品的沖孔模具零件加工。

T876工廠的每一把刀具，透過RFID管理刀具組合(刀把、刀桿、刀片等)、使用壽命、儲放位置等。當刀具壽命終了或加工製程需要更換刀具，AGV用刀具專用載具將新刀搬運到加工設備的刀具交換區，車銑複合機旁負責刀具交換的關節機器人，會將舊刀具從刀塔取下放在回收區，並從刀具交換區取新刀具放在機器內的刀塔，自動無人化完成製程需要的刀具交換。

三大工程間的物料供應、製程的暫存與轉換都由自動倉儲提供服務，每個工程內的數個工序，除了熱處理採批量上線，其他的加工都是單件流動。材料到半成品前的物料放在通用料盒用RFID管理，零件在半成品區用雷射刻上QR Code，為每個零件賦予唯一身份的ID，半成品到成品每個零件用ID來管理。RFID和QR Code的ID，紀錄每把刀具使用履歷和每個零件生產履歷。透過RFID和ID的資料收集與交換，產線上每一個零件的實態都被即時掌握與管理。

T876工廠的四座自動倉儲，是為了無人化、客製化並縮短交期而設立。第一座是存放材料和刀具，第二座是前工程完工後的暫存區，同時也是轉換為半成品工程的供料區，第三座是前工程完工暫存區，客製化的急單從這裡供料給完成工程，加工完成後到第四座暫存供配套出貨使用。前工程和半成品工程的WIP，落實合理的庫存量，可以縮短客製交期，是AMADA沖孔模具自動化廠，落實精實智慧製造，解顧客痛點的有效方案。

AMADA的沖孔模具約有300到400種的基本存量。訂單指定的交期約40%有足夠的加工時間，採取標準交期模式，從材料安排加工製造到完成為4天。但是有42%必須安排半成品工程的WIP來滿足急單(在三小時交貨)，剩下的18%交期很短且沒有半成品，必須用急加工方式解決。

三菱電機分享，保證良品，不良品不會流到下製程的案例。三菱電機的即時資料分析器，透過不良預測來減少工程損失。塑膠射出成型機產線，若有出現空隙(氣泡)、凹痕(樹脂的收縮)，就會產生不良品。三菱廠內的機器，透過監控與診斷射出過程的擠壓壓力，可以防止不良品留到下一製程。

典範企業生產現場創造價值的啟發

運用IoT掌握裝配線的節拍，往前拉動檢料

和供料的物料管理，再延伸到加工線的即時且配套的供應鏈管理，以上案例在落實精實智慧製造方面，給我們三大啟發。

1. IoT是自動化設備的標準選項。這五家企業使用的設備，都必須有連結化與數位化的能力，才能落實即時有效的管理。自動化設備應該要有提供數據的能力，這些能力包括，輸出(產出資料)：設備運轉實態、加工過程的記錄與履歷、預警和報警等資訊，輸入(資料溝通)：設備間的協作能力，如物料交換、刀具交換。

2. 半成品庫存解顧客的痛點。AMADA的T876工廠，前工程和半成品工程，預先加工沖模關鍵零件的半成品，透過RFID和QR Code掌握的生產資訊，訂單確認後，半成品到客戶訂製的成品，可以在三小時完工出貨，用最短時間滿足客戶的需要。

3. 標準化與精實化是IoT的基礎。IoT是取得數據的技術能力，IoT遵循作業標準化與流程精實化，可以知道(1)目的為何？(2)何時取得何種資料？(3)何時提供何種資料給何人？

豐田汽車的交貨區，供應商卸下物料，AGV穿梭在廠區走道間，在路口走道上沒有看到會車的等待，快速又安全的送到定點；為裝配配套檢料人員，眼看物料架燈號，一手推物料車一手檢料，迅速完成為裝配備料的工作，標準作業與精實流程是這些機制能夠落實的推手。

DMG MORI在裝配線，有裝配現況顯示看板，每個裝配工位都有工作項目，休息、離開等工作暫停的項目，這些項目都有自己的QR code，裝配人員工作或不工作，拿起掃描器對條碼掃描就完成工作報告。透過標準與精實將裝配節奏與資訊結合，AMADA的vPost也是經典的實際案例。

同樣的，三菱電機的伺服馬達製造工廠和AMADA的T876工廠一樣，將標準、精實與IoT結合應用在自動控制與設備智慧化上。^{M4}