

## 塑膠射出成型模具與塑膠射出成型機之人工智慧物聯網(AIoT)設計

作者：蔡逸帆

### 壹、緒論

#### 1-1 研究背景

塑膠射出成型是近代最偉大的工業技術，塑膠射出成型也是塑膠工業中最重要之聚合物加工方法之一 (Tang, S. H., et al., 2007)，模具製造技術和射出成型機控制技術決定了成品的品質和良率。塑膠射出成型機可以由本機電腦監控壓力、速度和溫度這 3 種最重要之參數，模具也可藉由外接裝置監控模溫、水溫和油溫，但是模具內部的各種數值無法被監控和紀錄，包括壓力、速度、排氣狀況和材料含水量，只有成品脫模之後經過目視檢測或是儀器檢測才能判斷成品的品質，如果有不良品出現，人工操作方式通常由操作者的經驗判斷應該調整何種參數，這是通過調整各個部分的參數來完成，並且可能是一個繁瑣的試錯過程 (Seow, L. W., and Lam, Y. C., 1997)，當不良品出現原因同時涉及模具和機台的參數時，試錯過程變的複雜和費時，如果模具有輔助加工裝置和多重技術，例如急冷急熱 (RHCM)、中空成型、氣輔成型、雙色成型和發泡成型，那麼試錯過程變的更加複雜。儘管有許多模流分析軟體可做事前的模擬測試，但是其結果為理論解，未必能完全發現加工過程的問題，雖然鎂鋁合金射出成型解決了部份問題，但是昂貴的機台設備和材料性質仍然不可能完全取代塑膠射出成型。實務上一種常見的問題：生產操作者和成品檢測者無法溝通不良品的發生原因，主要原因在於沒有足夠的數據供雙方判斷，只能憑藉經驗進行試錯和多種儀器的檢測，如果生產操作者和成品檢測者都不具有足夠的經驗，那麼整個生產過程和試錯過程將充滿不確定性，塑膠射出成型效率取決於多個工藝技術和機器參數，這些工藝技術和機器參數共同決定了多個輸出反饋方面的最終產品品質 (Kashyap, S., and Datta, D. 2015)。

## 1-2 研究動機

在過往的塑膠射出成型工藝大量仰賴操作者的經驗，而且大量的人工操作程序容易造成人為的失誤，儘管有許多輔助裝置被用來阻止這些疏失，但是大量和長時間的生產過程當中仍然無法早期發現各種可能的失誤，而處理方式更可能出現許多不確定性。許多台灣的傳統產業嘗試導入智慧製造的製程，但是這個過程引起許多問題，其中最大的問題是，部分台灣籍勞工和外國籍勞工無法閱讀設備的說明和指示，先進的智慧製造設備通常以英文為使用者介面主文字，對於勞力密集的傳統產業勞工來說，無法正確閱讀說明和指示成為智慧製造的最大障礙，這讓實務中出現某些折衷方式，例如使用看板式管理或是色彩管理來取代，而這些方式返回了原始的生產管理程序，也就是筆記和紙本紀錄，如何正確和有效率的紀錄數據成為新的問題。另一個問題是，生產參數無法被正確的紀錄，特別是在生產過程中的不良品原因，解決的方式則依靠經驗傳承，無法有效而正確的被紀錄下來，導致後續其他操作者無法參考正確的解決方式，尤其是在少量多樣的工廠，各種數據的紀錄和保存成為一個重大的挑戰。因此，如何將整個生產工藝和過程以數據化和圖表化的方式紀錄並可供其他人檢視和參考，成為塑膠射出成型產業的重要變革。塑膠射出成型和模具工藝、材料科技和精密機械技術三個領域息息相關，如何將這三個領域以物聯網方式連接是智慧製造的絕佳應用，因此本研究關注於智慧製造在塑膠射出成型產業的物聯網應用。

## 1-3 研究範圍

## 1-3-1 研究對象

本研究的對象包含使用新型技術於模具和機台與輔助裝置之串聯，即時紀錄和提取各種數據和文件，最後使用人工智慧技術分析數據。現行的新式機台雖然已經配備本機電腦作為操控介面和儲存數據的功能，但是本機電腦依照儲存空間而有數據限制，例如儲存空間可紀錄最多 10,000 組生產程序數據，當第 10,001 組數據產生時將覆蓋第 1 組數據，以此類推。因此如何儲存並監控每一個生產環節是智慧製造的首要任務，初步的完整智慧製造布局如圖 1。控制中心是核心單位，保存所有的數據和文件，並監控全部的裝置，數據和文件同時進行異地備份，並可在封閉的企業網路進行傳輸。

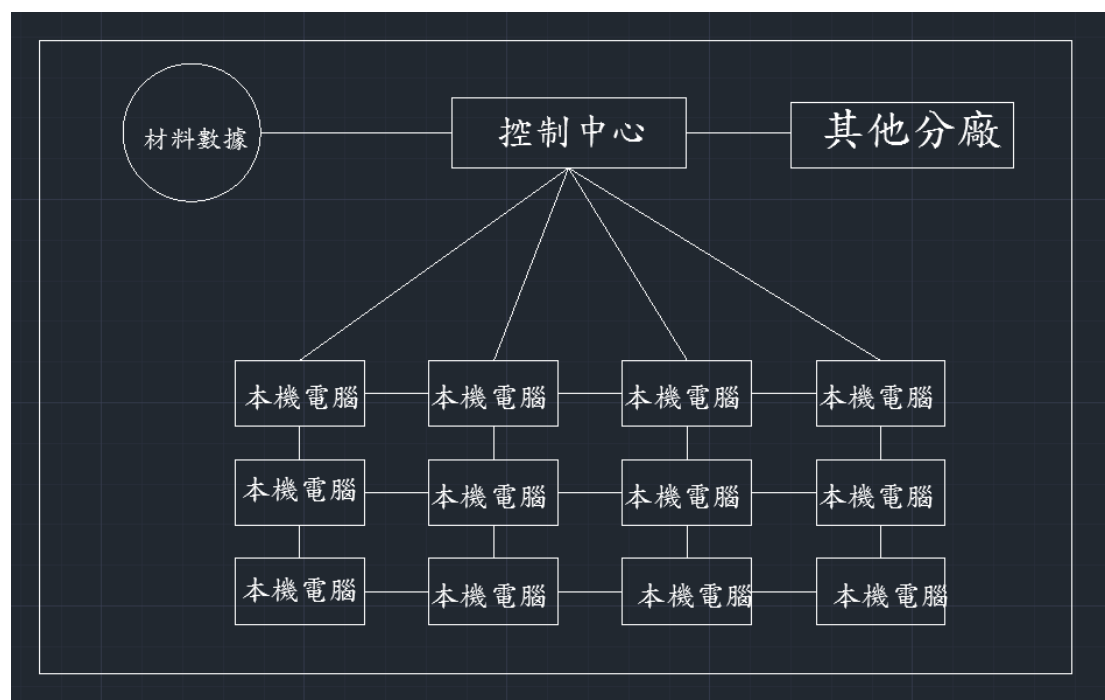


圖 1 塑膠射出成形工廠智慧製造布局(資料來源：本研究繪製)

### 1-3-2 模具數據監控技術設計

在塑膠射出成型的過程中，最難以被紀錄的數據是模具內部，這些數據包含壓力、流速、溫度等變化，如果無法紀錄這些數據，對於智慧製造來說形成一個斷點，不良品的原因大多來自模具內部的變化，如何紀錄和監控這些數據變的至關重要，本研究使用一項稱為「感應傳導線」的配件佈置於模具內部和外部，感應傳導線連接至本機電腦，和機台的數據共同傳輸至控制中心，如圖 2 所示，紅線部份為感應傳導線之佈置。

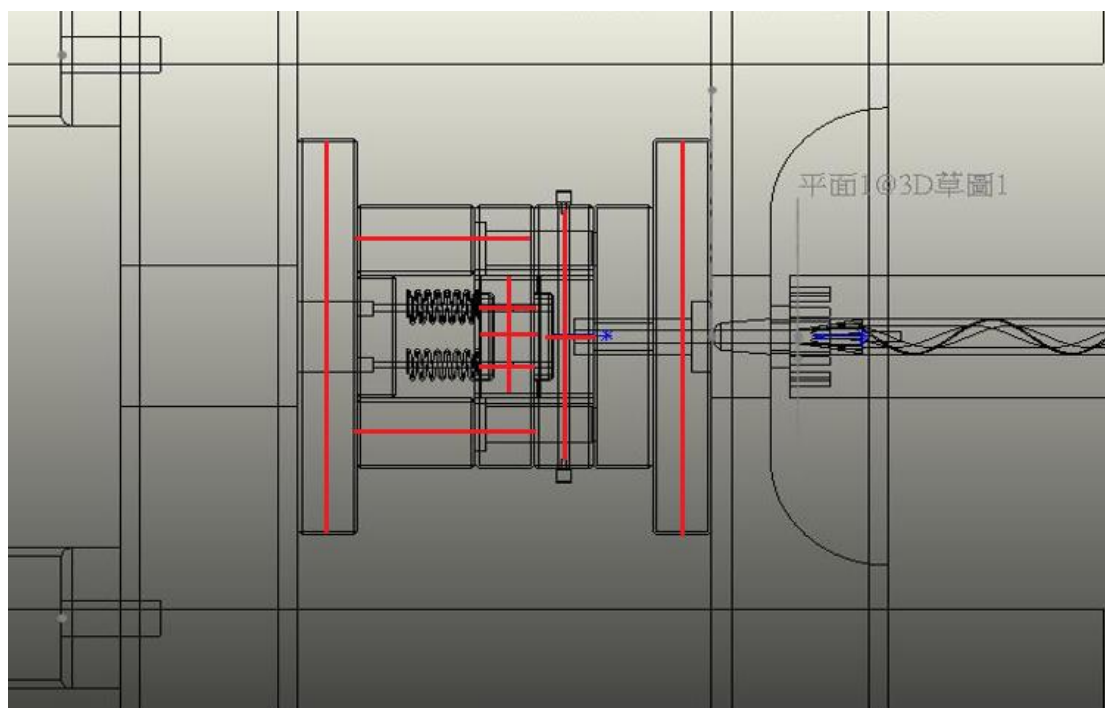


圖 2 感應傳導線佈置示意圖 (圖片來源：本研究繪製)

完整的紀錄和監控程序是在成品脫模完成為止，此時才可被紀錄為 1 組完整的數據。在佈置以不影響模具和機台的原有功能和設計為原則，在 1 個生產循環完成並進入下 1 個生產循環之間仍然保持正常作動，如圖 3 所示。

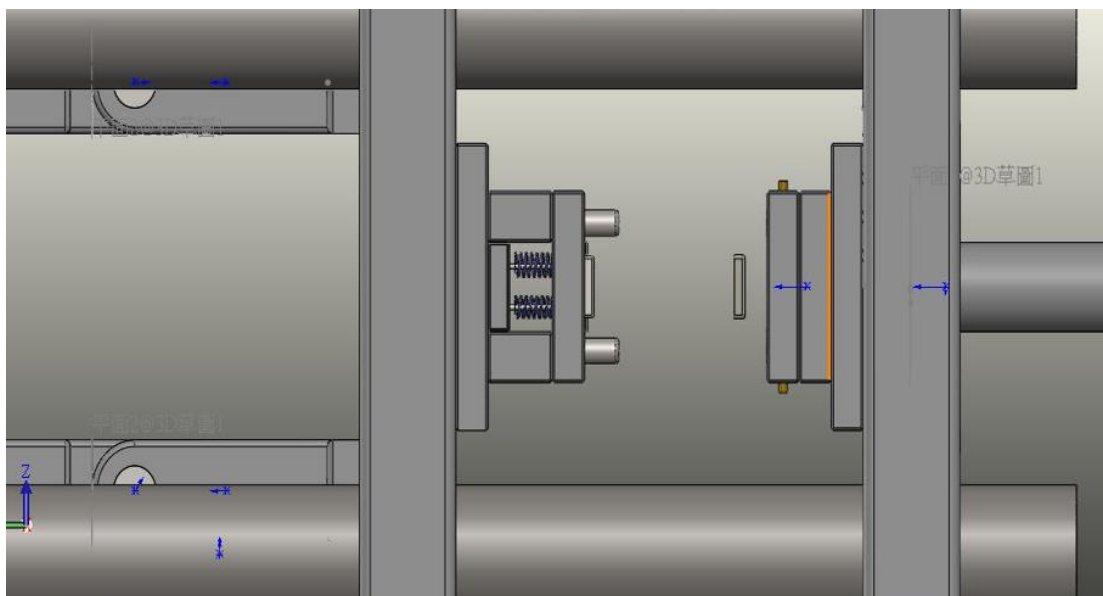


圖 3 生產循環完成示意圖 (圖片來源：本研究繪製)

在成品脫模完成之前，感應傳導線也同時紀錄成品的狀態，和機台與模具之數據同時傳輸至控制中心。由於成品之形狀和厚薄的不同，單以數據較難以呈現，因此本研究設計為數據可視化，如圖 4 所示。

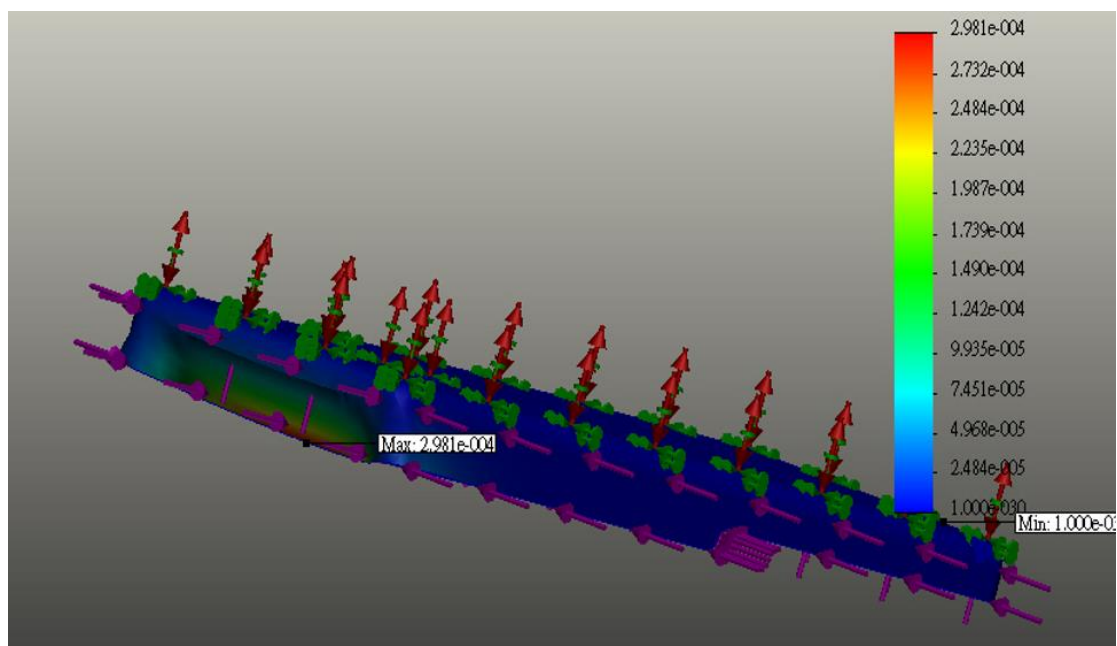


圖 4 成品數據可視化示意圖 (圖片來源：本研究繪製)

## 貳、預期的研究成果

本研究將提供塑膠射出成型產業的智慧製造方式和物聯網佈置，除了解決產業基本的人力運用問題，更進一步協助企業以簡單的方式從勞力密集進入智慧製造的轉換過程。塑膠射出成型產業由於屬於低度技術和高度產業關聯，需要有效的整合所有的環節，在講求智慧製造、大數據和物聯網的現代工業，這是被忽略的產業技術，本研究希望能以完整的技術整合研究，最終提具有持續研究性的智慧製造方式。

參考文獻

- Kashyap, S., & Datta, D. (2015). Process parameter optimization of plastic injection molding: a review. *International Journal of Plastics Technology*, 19(1), 1-18.
- Seow, L. W., & Lam, Y. C. (1997). Optimizing flow in plastic injection molding. *Journal of materials processing technology*, 72(3), 333-341.
- Tang, S. H., Tan, Y. J., Sapuan, S. M., Sulaiman, S., Ismail, N., & Samin, R. (2007). The use of Taguchi method in the design of plastic injection mould for reducing warpage. *Journal of Materials Processing Technology*, 182(1-3), 418-426.