

李麗華、賴昶予 (2019), 『以精實物聯網平台架構實現中小企業達成工業 4.0—以製造生產流程為例』, *中華民國資訊管理學報*, 第二十六卷, 第二期, 頁 209-240。

## 以精實物聯網平台架構實現中小企業達成 工業 4.0—以製造生產流程為例

李麗華

朝陽科技大學資訊管理系

賴昶予\*

朝陽科技大學資訊管理系

### 摘要

工業 4.0 提倡以建置具有調適性及資源效率, 且能運用虛實整合系統 (cyber-physical systems; CPS) 進行智慧生產, 協助企業持續朝智能方向前進。目前的工業 4.0 仍以大企業投入實踐的較多, 然而中小企業在許多國家都是製造供應鏈的重心, 面臨著舊有設備仍須使用卻缺乏資通訊功能的現況, 如要邁向智慧生產且要虛實整合的話, 對許多中小企業而言, 存在著許多困難與阻礙。

有鑑於此, 本研究提出一個以精實生產做為工業 4.0 之發展基礎與方向, 透過物聯網 (Internet of Things; IoT) 設施來建立可視化生產環境之「精實物聯網平台架構」, 其目的是要提高作業點 (如機台) 所蒐集數據的解析度, 如此將有利於可視化後之問題分析與改善。本研究提出以資訊技術來協助中小企業在製造生產流程中, 推動精實生產活動及運用工具來使管理更易落實。本研究提出的精實物聯網平台整合了(1)作業科技 (OT)、(2)通訊技術 (CT)、(3)資料技術 (DT)、(4)營業技術 (BT) 等的 4T 技術, 協助中小企業實現工業 4.0 數位工廠之透通化管理。本研究應用之架構, 係透過精實物聯網平台, 建立邁向工業 4.0 的步驟, 協助中小企業可以進行傳統設備之改善, 而此一改善的最終的目地是要改善中小企業營運的三大核心議題—交期承諾、生產效率與庫存水準。本研究所提出之架構及應用, 可以讓中小企業建立以精實生產為目標, 透過 IoT 強化智慧製造之管理模式, 減少浪費、降低成本, 進而提昇供應鏈效率, 達成中小企業持續變革轉型升級與創新目地。

**關鍵詞:** 工業 4.0、精實生產、數位工廠、儀表板、物聯網

\* 本文通訊作者。電子郵件信箱: frank.cy.lai@gmail.com  
2018/06/23 投稿; 2018/10/29 修訂; 2019/02/13 接受

Li, L.H. and Lai, C.Y. (2019), 'An approach for SME manufacturing process to achieve industrial 4.0 using lean-based IoT platform', *Journal of Information Management*, Vol. 26, No. 2, pp. 209-240.

# An Approach for SME Manufacturing Process to Achieve Industrial 4.0 Using Lean-Based IoT Platform

Li-Hua Li

Department of Information Management, Chaoyang University of Technology

Chang-Yu Lai\*

Department of Information Management, Chaoyang University of Technology

## Abstract

**Purpose** — The goal of this research is to propose a lean-based IoT (Internet of Thing) platform and the process of deploying the platform for SMEs (Small and Medium-sized Enterprises) such that the SMEs can progress with continuous transformation, upgrading, and innovation, and finally achieving the Industrial 4.0.

**Design/methodology/approach** — This study uses the method of deductive classification according to the past scholars' research combined with the production factors to improve the field, production improvement, quality improvement and human resources, and with 5S movement (finishing, rectifying, cleaning, cleaning, literacy), visualization, standardization, Kanban, U-shape production line, Heijunka, Single-minute exchange of die (SMED), single-piece production, comprehensive production management, comprehensive quality management, quality control circle, multiple labor, automation and teamwork, etc. 14 precision production tools and activities With Industry 4.0 IT applications, we have proposed an IoT production management platform based on lean production for SMEs in Taiwan. Through a low-cost improvement program, the study shows that equipment investment enables SMEs to continue to move from Industry 2.0 and Industry 3.0 to Industry 4.0, achieving sustainable improvement and cost reduction goals. In order to validate our proposed approach, we implemented a lean-based Internet of Things (IoT) platform for small and medium-sized enterprises in Taichung,

---

\* Corresponding author. Email: frank.cy.lai@gmail.com  
2018/06/23 received; 2018/10/29 revised; 2019/02/13 accepted

Taiwan, for a one-year project and verified the effectiveness of the company's production improvements.

**Findings** — After verification, we found that SMEs have many problems in improving production management: (1) data collection and data recording during production, (2) tracking and tracking, visualization and accuracy of machine management issues, and (3) error/fault reporting. Waiting for maintenance and alarm issues. Based on lean production factors, we use 4T, namely operation technology (OT), communication technology (CT), data technology (DT), and Business technology (BT) to realize lean-based SME Internet of Things platform. After the implementation in a SME company, we found that the production rate has increased and the power consumption, the maintenance time, the cross-country travelling, the time of shot-down (due to machine malfunction), the cost of maintenance has all reduced.

**Research limitations/implications** — The platform proposed is specifically designed only for SME (Small and Medium-sized Enterprise) where old machines, lack of IoT design, are still working in the production line.

**Practical implications** — This research proposed a lean-based IoT production platform specifically for SMEs who wish to move from current status into Industrial 4.0. The proposed platform can be practically implemented with low-cost investment, which supports smart manufacturing. For SME, budget limitation and the investment for new machine are always the dilemma for transforming into a digital smart factory. To resolve the SME's problem, our proposed method, the facilities suggested and the process of 4T technologies can be the solution for SME to break free from that dilemma. Indeed, any SME can apply our method to realize the lean production and still with continuous improvement.

**Originality/value** — The idea of “lean-based IoT platform for SMEs” is originated by this research. Due to the large proportion of SMEs in Taiwan, SMEs are facing the dilemma of whether to put the investment in new equipment for Industrial 4.0 or to modify the old machine into communicated one. This research proposed a low-cost, easy to implement, and management through visualization for SMEs. To prove the platform is applicable this research has implemented the proposed platform in a SME which is located in Taichung city, Taiwan. After a one-year project, the results showed that our

proposed method is easy to deploy and it can assist SMEs moving from current status into Industry 4.0. Our contribution is to release the investment doubt for transforming the factory into smart digital factory for SMEs.

**Keywords:** Industry 4.0, lean manufacturing, digital factory, dashboard, IoT

## 壹、導論

依據經濟部中小企業處 (<https://www.moeasmea.gov.tw>) (2015) 之認定標準，中小企業在台灣的定義為：資本額在新臺幣八千萬元以下，或經常僱用員工數未滿二百人之公司。依據經濟部 2017 年中小企業白表書中統計顯示，2016 年臺灣中小企業家數計有 140 萬 8,313 家，占全體企業 97.73%。

過去有關工業 4.0 研究學者 Zhou 等 (2015)；Gölzer 等 (2015) 的發表都偏向於技術面如感測器、物聯網、應用系統、雲端與大數據等，然而在許多國家如 Friedrich-Ebert-Stiftung 研究報告指出 (Schröder 2016) 目前中小企業面臨許多挑戰，相關研究整理包括：(1) 他們保有非常多舊設備，生產製造的流水線上，機台設備都是各自獨立，設備的各種即時狀況，不僅難以記錄，更無法追溯，所以只能等到事情發生之後再來解決；(2) 中小企業資訊程度落差大，無法進行資訊橫向與縱向的整合；(3) 工業 4.0 中需要用到許多自動化、機器手臂等設備的投資並非這些企業能夠支應。因此在台灣目前喊的震天作響的工業 4.0，對中小企業而言仍停留在空泛的代名詞。

Jayaram 等 (2016) 與 Monostoria 等 (2014) 指出工業 4.0 不單只是新設備、機器手臂與自動設備等資本的投資，工業 4.0 更不是導入自動化或機器手臂而已。企業邁向工業 4.0 應該只是手段而非目的，整體之改善重點應該是藉由實現改善自動化、個性化、彈性化、自我優化的高效率生產模式，做出最能滿足個別客戶期望的產品，並隨著產品提供高值化服務，藉由虛實整合 (CPS) (Jiang 2017) 系統來即時彙集並分析終端用戶的需求，藉以驅動生產、服務甚或整個商業模式的創新。

有關於精實生產 (Lean Production) 方法，Dhiravidamania 等 (2017) 指出它可為公司帶來改善行動，如消除浪費和沒有附加價值的活動。這樣的改變在工業 4.0 則透過資訊科技使精實生產的內涵更加強化，更易使企業獲利的基本面回歸到精實生產的本質，即持續改善、減少浪費、降低成本與客戶滿意。

基於上述之說明，本研究旨在提出一個易於部署且易於使用的「精實物聯網平台架構」做為協助中小企業邁向工業 4.0 之解決方案。因此本研究提出以精實生產為概念建立工業 4.0 物聯網平台，此平台將應用於中小企業製造流程中，並結合精實生產的重要因素來改善現場，改善生產，改善品質與改善人力資源等四因素，並搭配 5S 運動 (整理、整頓、清掃、清潔、素養)，來強化可視化、標準化、看板管理、U 行生產線、平準化生產、快速換模、單件生產、全面生產管理、全面品質管理、品管圈、多人工作、自動化與團隊合作等 14 項精實生產工具與活動。本研究欲以工業 4.0 採用的資訊技術，改變過去中小企業偏重以人工方

法推動精實生產的模式，協助中小企業在製造流程中可以容易推動精實生產活動與工具的便利使用與落實。

本研究所提之方法，先以協助中小企業建立機台可視化為第一步驟，由於精實生產與工業 4.0 的目標是相輔相成的，因此本研究結合精實生產做為中小企業之持續改善與管理的方法，整合（4T）技術，即作業技術（OT）、通訊技術（CT）、資料技術（DT）和營業技術（BT），而在營業技術上則是以建立數位化工廠中可以彈性、迅速與快速預警的戰情室。

本論文之章節安排如下：第壹節為本研究之背景、動機及導論；第貳節回顧有關工業 4.0、精實生產與精實生產的技術與普及計算（Ubiquitous Computing）的應用與當前在中小企業發展與變革的問題。第參節說明並闡述本研究所提之精實物聯網平台架構應用於解決方案與其設計思路。第肆節介紹本研究所提之「精實物聯網平台架構」，並說明框架中的關鍵功能模組。第伍節則以中部一家中小企業運用本研究所提之「精實物聯網平台架構」做為解決該企業導入工業 4.0 之現實應用案例做說明，同時也進行「精實物聯網平台架構」導入之可行與驗證說明。

## 貳、文獻探討

### 一、工業 4.0 與中小企業變革

「工業 4.0」一詞是由 2013 年由德國梅克爾總理提出，工業 4.0 效應為企業營運中，一個不斷持續精進和優化的歷程，實事上，工業 4.0 也代表著企業能力和轉換的過程。Rosendahl 等（2015）認為企業要從舊有架構和技術遷移到完全工業 4.0 的路徑，其中建置一個可以兼容新與舊的系統是必需的，所以他們提出一個具有創新驗證，在實施內部戰略生產系統能夠具有靈活性和適應性之價值網路的建構模型。工業 4.0 運用先進的、靈活的生產系統是歐洲工業化經濟成功的關鍵，但是，他們會成功是在現有體系結構的基礎上實現生產系統控制技術，因此由國際自動化學會（ISA）（[www.isa.org/isa95](http://www.isa.org/isa95)）（2000）提出 ISA-95 之 5C 架構即 Connection、Conversion、Cyber、Cognition、Configuration，此 5C 架構強調更多的垂直整合、較少的橫向整合。學者 Jiang（2017）則提出通過增加 3C 即 Coalition、Customer、Content 架構，由 5C 增進到 8C 架構。企業整合的重點是在生產過程方面將原本不同面向的價值鏈與生產鏈整合。在客戶方面的重點是客戶所扮演的角色是生產過程最終點。內容方面側重於提取、存儲和查詢產品內容之可追溯性（Traceability）。

學者 Zhou 等（2015）曾提出由工業 3.0 轉變為工業 4.0 的分析研究，他們的

研究提出兩大主題：智能工廠和智能化生產，實現三項整合，即橫向、縱向和端到端整合，及實現八項規劃目標：系統標準化、高效管理、可靠通信、安全防護、工作的組織和設計、員工培訓、監督機制與提高資源利用效率等。學者 Wang 等（2017）則提出從整體和全面的角度廣泛的分析運用「普及管理系統」（Ubiquitous Management System）其最先進的實施製造技術，包括用於製造工藝的普及計算應用，應用於製造控制系統、物流、製品、雲端儲存、生產調度、生產質量控制和評估等，該論文亦還討論普及管理發展的限制因素和未來趨勢，這些開發應用程序背後，主要在強調普及計算的廣泛應用範圍。學者 Luo 等（2017）則建立了 Ubiquitous-SPL 框架，並充分考慮了智能採購配送（SPL）在製造處理，移動和存儲方面的特點。而學者 Bassi（2017）則探討工業 4.0 究竟是炒作還是革命？在結論中說明機器製造商和系統整合公司，現在必須投資在物聯網的建置，並進行風險分析和找尋嚴肅對策，維護穩定的系統，避免在不久的將來，在數百個不同的現場連線，出現了數百個獨立的系統個別獨立的連到網路。

### （一）中小企業在工業 4.0 面臨挑戰

德國 Friedrich-Ebert-Stiftung（2016）研究曾指出，工業 4.0 應用程序的導入程度取決於企業規模。大公司大量生產，相對資本密集，其不斷優化和高度自動化生產是流程管理的永久元素。相對的，中小企業工廠往往手工和半自動化工作的比例要高得多，這些企業的生產利基主要是因為有較高的專業化程度。若與中小企業相比，大公司在運用工業 4.0 技術時通常較能從中獲益。然而現今的資訊科技應用已大幅邁進，隨著技術的可應用性與可選擇的範圍擴大，中小型企業（工業）也不得不朝向網路化生產發展。此外，在貨物全球化競爭的環境下，中小企業其國際競爭力也不斷受到威脅，因此中小企業面臨最大的挑戰則是在公司內部發展適當的技術與策略，如：成本效益分析技術、資訊安全技術、標準化等，然而這些都可能是中小企業在邁向工業 4.0 時的進入障礙。

## 二、精實生產與工業 4.0

有關精實生產（Lean Production），學者 Öno（1988）說明豐田實現精益生產的基本目標為：(1)由滿足顧客價值來提高生產價值；(2)徹底排除浪費來降低成本、提高效率；(3)藉由製造流程及方法改良，來降低生產成本；(4)不斷改善，追求價值增加。由此可知，精實生產的基本原則最主要就是避免浪費，其中應避免七種浪費，包括：(1)製造過多的浪費、(2)等待的浪費、(3)搬運的浪費、(4)加工本身的浪費、(5)庫存的浪費、(6)動作的浪費以及(7)製造不良品的浪費。精實生產對中小企業而言，主要是透過精實生產持續改善減少浪費，降低成本，提高效率。

### (一) 精實生產的技術

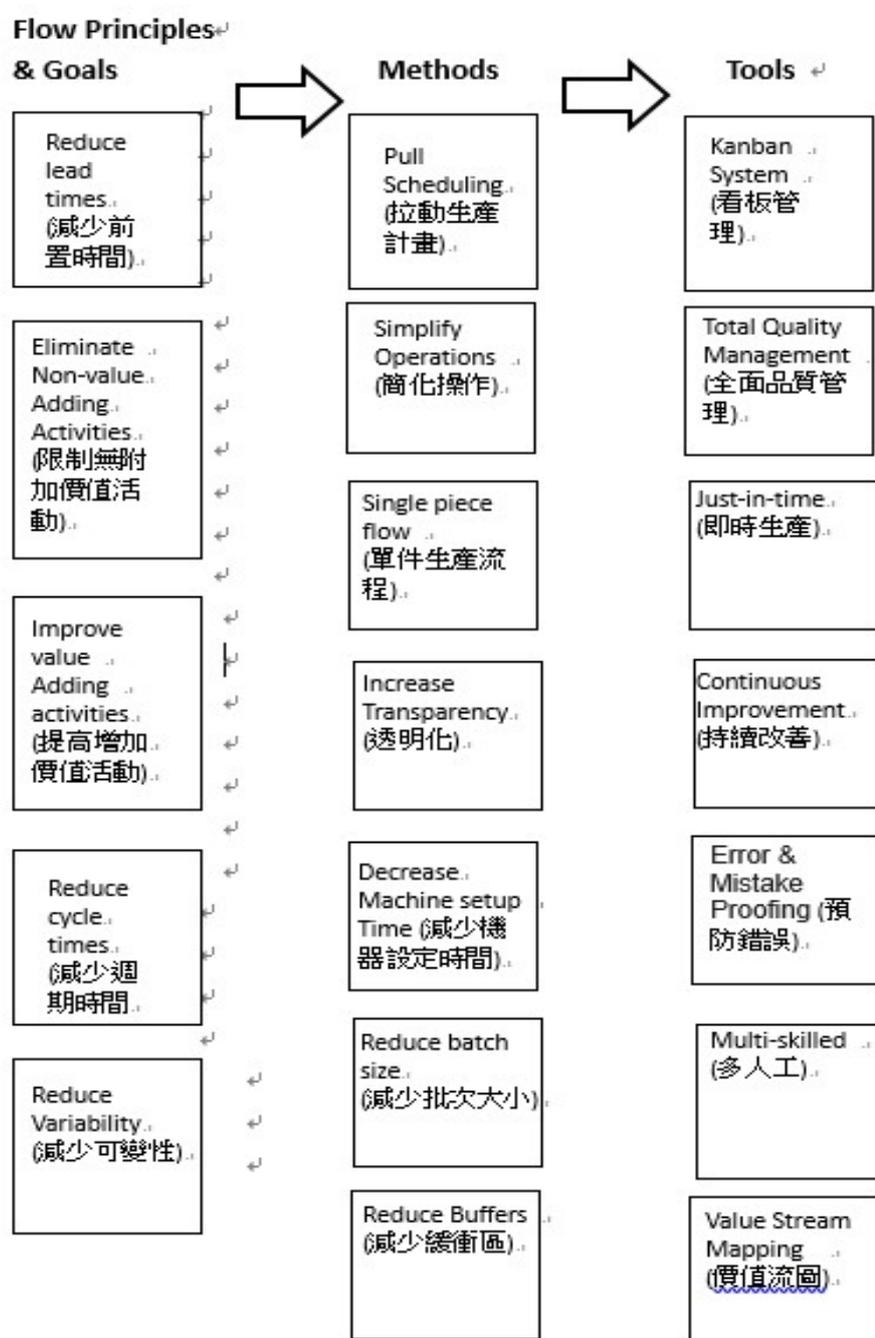
精實生產的實施是一個複雜的過程系統。在這個過程中，它涉及許多精益工具或技術。為了陳述每一個精實生產的影響構面和比對相對精實工具的重要性，Shaobo 等 (2009) 研究整理包括現場改善、生產改善，品質改善與人力資源等四大精實生產因素 (參見表 1)。精實生產的技術，在現場改善面包括：5S 運動 (整理、整頓、清掃、清潔、素養)，可視化與標準化。在生產改善面為：看板管理，U 行生產線，平準化生產，快速換模與單件生產。在品質改善面：全面生產管理，全面品質管理與品管圈。在人力資源面：多人工，自動化與團隊合作。在精實生產的成功實施之間和相對精益的工具，從而提供精實的順利和科學性實施的重要基礎。

表 1：精實生產因素

The Factor system of lean production 精實生產因素	Field improvement 現場改善	5S	5S 運動(整理、整頓、清掃、清潔、素養)
		Visual management	可視化
		Standardization	標準化
	Production improvement 生產改善	Kanban	看板管理
		U-shape line	U 型生產線
		Heijunka	平準化
		Single-minute exchange of die (SMED)	快速換模
		one-Piece flow	單件生產
	Quality improvement 品質改善	Total Productive Maintenance (TPM)	全面生產管理
		Total Quality Management (TQM)	全面品質管理
		Quality control circle	品管圈
	Human resource 人力資源	Multi-skill labor	多人工
		Jidoka	自動化
		Team work	團隊合作

資料來源：Shaobo et al. (2009)

學者 Deshmukh 等 (2017) 研究整體解釋精實生產模型中，有三點考慮。在第一點，精實生產思考被歸為一類整套系統的原則和目標 (Flow & Principles & Goals)，減少主要時間並減少過程偏差。在第二點，精實生產被認為是設定的方法 (Methods) 引導推動調度操作。第三點，精益生產被認為是幫助推動的一套調度操作工具 (Tools)。從圖 1 中我們可以看到整個精實生產過程。在工具構面包括：看板管理、全面品質管理、即時生產、持續改善、預防錯誤、多人工與價值流圖等。



資料來源：Deshmukh et al. (2017)

圖 1：精實生產模式

由過往研究學者發現 (Lin, et al. 2016; Wang et al. 2016; Zhou et al. 2017)，精實生產不管在原則與目標，改善活動與工具方法上都相同，其目的是希望透過持

續改善手法減少浪費降低企業營運成本。依據過往學者研究結合精實生產因素以現場改善、生產改善、品質改善與人力資源等四因素，並搭配5S運動（整理、整頓、清掃、清潔、素養）、可視化、標準化、看板管理、U行生產線、平準化生產、快速換模、單件生產、全面生產管理、全面品質管理、品管圈、多人工、自動化與團隊合作等14項精實生產工具與活動。在中小企業製造流程中，在工業4.0以應用新資訊技術如感測器、物聯網、應用系統、雲端與大數據等等，協助中小企業在製造流程中在推動精實生產活動與工具，將可透過資訊科技應用更能便利與落實。因此本研究提出以精實生產為概念建立工業4.0物聯網平台，應用於中小企業製造流程中，透過資訊科技讓精實生產加速實踐。

## （二）精實生產與工業4.0相關導入

學者Leyh等（2017）則認為使用適當的資通訊技術（ICT）在工業4.0環境中是至關重要的，雖然精實生產通常不是工業4.0的發展中之核心議題，但因為精實生產的核心是持續改善，因此也被視為工業4.0實施的目標與基礎。學者Bevilacqua等（2015）之研究提到將精實生產原則應用於資訊管理，也被稱為精實資訊管理。他們提出的精實思想的方法為公司帶來改善的行動，如：消除多餘和不具附加價值的活動。這樣的改變也顯示了公司必須改善內部資訊流通做為精實生產的結構之一，其目的在提昇效率、減少浪費，不過其根本源頭更重要的是可視化，因為有可視化的資訊系統才能掌握生產現場的問題，並據此做為展開持續改善依據。學者Dhiravidamania等（2017）提出在汽車零件製造業的鑄造部門，運用二個精實工具即持續改善（Kaizen）和價值流圖（Value Stream Map）協助精實作業。他們以因果圖來分析問題和必須考慮的參數，用價值流圖找出目前的狀態圖，藉此識別和消除每個過程中的非增值活動，運用可視化來檢視環境浪費，獲得持續的目標改進。此外，因果圖可以有效的幫助在可視化生產過程中，觀察發生的問題從而分析相關數據，進而採取步驟執行改善的方法。

學者Jayaram等（2016）研究指出，一個有效的全球供應鏈管理（GSCM）可以運用Six Sigma方法執行精實生產。要走向工業4.0則生產線必須連接到互聯網進行訊息共享，其中生產的監測和行業管理之可視化非常重要，透過可視化、感測訊號及資訊系統相互溝通來進行精實管理，提高效率和利潤。

工業4.0從資訊科技（IT）的角度來看，涉及到一個新的網路層次，特別在數據的蒐集和生產中的數據處理與分析。學者Zhou等（2017）研究移動應用作業的工業4.0的聚羧酸工業監督減水劑（Industrial Surveillance of Polycarboxylate Superplasticizer），這個應用程序透過通信來傳輸數據，在數據採集後資料被分析並在用戶的手機螢幕上顯示。在這種方法中，工業經營者可以隨時隨地的檢查生產資訊。Saldivar等（2015）的研究則指出連接資訊和實體機械，這種新的模式

必須仰賴有效和快速的連接，而新一代 5G 的無線連接環境，將有助於加速設計、創新智能方法與製造的趨勢。由過往學者研究對工業 4.0 與精實生產相關研究發現，工業 4.0 雖然是現代製造流程新應用，但沒有標準化與精實概念，也會讓智慧製造投資成另一種浪費，精實生產提示了兩個關鍵原因，第一、目的清晰，能結合品質、交期與產能等生產核心要因，第二、讓智慧化工具精進製造流程，如應用數據改善既有流程或防止問題再發，形成改善企業體質與提升價值的競爭力。

### 三、文獻探討總論

工業 4.0 是企業變革趨勢，它促使企業轉型為數位工廠，其中包含了物聯網感應器、網路、雲端、大數據分析等技術的運用與導入。學者 Martín-Montes 等 (2017) 指出，企業縱向一體化是確定的主要方向，它也出現在橫向整合方面。這個結果也支持了適當的資訊和通信技術對工業 4.0 的重要性。學者 Yina 等 (2017) 對生產系統演變的研究可以提供未來生產系統的示範。從文獻回顧中可以發現：(1)中小企業因存在著資訊落差，應用工業 4.0 只限於或局部設備，效率上不易顯著；(2)生產工場有多種設備甚至太多老舊設備不易增設感測器，即便可以增設，其相對成本也過高，因此中小企業推動工業 4.0 不易；(3)精實生產一向是企業改善的目標，與工業 4.0 的目標應該是相輔相成，如在製造源頭處的機台建立可視化，則較能掌握問題點；(4)感測器及物聯網為工業 4.0 的基礎，若再結合普及計算 (Ubiquitous Computing) 將能讓 IoT 之橫向應用運用更為廣泛；(5)工業 4.0 及時現場操作須要為智慧化之控制、視覺化與普及運算應用，建立透明警示看板。

綜上，工業 4.0 及精實生產，以看得見的管理做為改善基礎，透過現場改善、生產改善、品質改善與人力資源等四個因素，以及物聯網技術讓作業點（如機台）可視化，讓企業能掌握問題點，並搭配 5S 運動（整理、整頓、清掃、清潔、素養），可視化、標準化、看板管理、U 行生產線、平準化生產、快速換模、單件生產、全面生產管理、全面品質管理、品管圈、多人工、自動化與團隊合作等 14 項精實生產工具與活動。繼而推動內部持續改善，這樣的作法即能漸進式的推動工業 4.0。有關精實生產的 14 項工具與活動參見圖 2。



圖 2：工業 4.0 精實生產的結構

## 參、精實物聯網平台設計

### 一、設計與構思

本研究欲提出一個可以協助中小企業在保有舊有的機台設備製造流程的現況下，持續精進朝向工業 4.0 的做法，而這個解決方案，就上面所列出精實生產的現場改善、生產改善、品質改善與人力資源問題解決等四方面因素，透過精實方案並以物聯網建置一個平台，搭配新興的資訊科技應用，其中有四個構面可以回應於精實生產四個因素，這四個構面即作業科技 (OT)、通訊技術 (CT)、資料技術 (DT) 和營業技術 (BT) 等構面。藉此來逐步改善邁向工業 4.0。詳細的設計考慮及可以應對精實生產精實生產工具與活動的描述如後。

#### (一) 作業科技 (OT) 構面

1. 普及計算運用：[條碼掃描器 (Barcode Scan)、光學字元識別 (OCR)、切換器 (KVM)] 智能裝置應用，取代容易出錯手工收集數據。  
對應於精實生產推動活動與工具：[5S、可視化、單件生產、全面生產管理與全面品質管理]，智能設備應配備產線操作員進出站條碼掃描器，掃描流程單並搭配防呆機制與機台設備，將機台數據自動轉換出，方便的數據採集和數據處理。
2. 感測器：依據機台增設感測器或可程式邏輯控制器 (PLC) 使之相互連接，即時收集機台資訊，此為工廠智能化的基礎要求。  
對應於精實生產推動活動與工具：[標準化、全面生產管理、全面品質管理與自動化]，透過機台感測器讓機台透明化，將機數據自動轉換出，避免獨立工作站點。

3. 物聯網閘道器 (IoT gateway)：支持感測器能連接不同通訊協定 (RS232、RS265、Ethernet、USB、Zigbee、RFID、LoRa、WiFi.....)，並支持 Modbus、MQTT、FTP、HTTP、CoAP 等物聯網通訊協定。

對應於精實生產推動活動與工具：[全面生產管理、全面品質管理與自動化]，機台上建置感測器，支持不同連接協定，分散設置集中管控，讓感測器管理容易。

## (二) 通訊技術 (CT) 因素

1. 即時通訊：以對話啟動 (session initiation protocol; SIP) 協定，建立即時通話與影像平台。

對應於精實生產推動活動與工具：[5S、可視化、單件生產、全面生產管理、全面品質管理、品管圈與團隊合作]，當機台出現問題，機台作業人員可按下通訊鍵與機台設備維護工程師進行線上即時通話，尋求問題排除。

2. 即時影像：以網路監控攝影機 (IPCAM) 建立關鍵製程影像監控，讓遠端可以掌握機台現況。

對應於精實生產推動活動與工具：[5S、可視化、單件生產、全面生產管理、全面品質管理、品管圈與團隊合作]，維護工程師透過機台感測器可以瞭解機台生產裝況，並可透過網路監控攝影機 (IPCAM) 更瞭解機台加工狀況，並可同時透過即時通訊與機台作業員對話，遠端協助問題排除。

3. UC&C 閘道器 (gateway)：整合式溝通及協同合作 (unified communication & collaboration; UC&C)，將通訊、語音與影像整合在同一平台。

對應於精實生產推動活動與工具：[5S、可視化、單件生產、全面生產管理、全面品質管理、品管圈與團隊合作]，透過 UC&C 閘道器即時通話、即時影像與即時資料，遠端工程師協助機台問題處理。

## (三) 資料技術 (DT) 因素

1. 資料採集與監控系統 (supervisory control and data acquisition; SCADA) 為監控程式及資料收集能力的電腦控制系統。

對應於精實生產推動活動與工具：[可視化、標準化、看板管理、全面生產管理、全面品質管理與自動化]，將感測器資料顯示在圖控軟體，讓管理者與維護人員掌握機台資訊，並建立警示訊息通報，建立機台可視化功能。

2. 雲端 (Cloud)：感測器資料儲存。

對應於精實生產推動活動與工具：[看板管理、全面生產管理、全面品質管理]，以雲端儲存感測器資料，以提供後續分析與設備保養預測使用。

3. 大數據 (Big data)：以大數據與應用資料採礦技術，並建立預警與設備保養預測。

對應於精實生產推動活動與工具：[看板管理、全面生產管理、全面品質管理與自動化]，運用大數據於機台警示，並由系統自動訊息通報。

#### (四) 營業技術 (BT) 因素

1. 企業資源整合系統 (ERP)：企業資源系統，由客戶訂單、工單、採購、庫存管理與到財務成本作業。

對應於精實生產推動活動與工具：[可視化、標準化、看板管理、全面生產管理、全面品質管理與自動化]，客戶訂單完成進度與生產採購備料，讓企業產品供應鏈有效率運行。

2. 先進排程系統 (APS) 整合：先進排程系統，以產線關鍵設備限制進行排程，並考量關鍵料、原物料最小訂購量 (minimum order quantity; MOQ)、採購前置期，讓工單派工能以實際負荷為考量。

對應於精實生產推動活動與工具：[可視化、標準化、看板管理、U 型生產線、平準化、快速換模、單件生產、全面生產管理、全面品質管理、多人工與自動化]，以有限產能執行物料規劃與工單派工，讓製造生產更有效率。

3. 倉庫管理 (WMS) 整合：倉儲管理系統，生產工單原物料的齊料掌握。

對應於精實生產推動活動與工具：[可視化、標準化、看板管理、U 型生產線、平準化、快速換模、單件生產、全面生產管理、全面品質管理、多人工]，以二維條碼 QR code (Quick Response Code) 記錄原物料收發料，並連接生產工單。

4. 製造執行系統 (MES) 整合：製造執行系統，由原物料、半成品到成品，在生產線製程過程中記錄操作者、機器、生產標準作業程序 (standard operating procedures; SOP) 與原物料批號，建立產品追溯系統。

對應於精實生產推動活動與工具：[可視化、標準化、看板管理、U 型生產線、平準化、快速換模、單件生產、全面生產管理、全面品質管理、多人工與自動化]，以製造執行系統 (MES) 為基礎，建立工廠數位化，包括工單管理、製程統計、製具管理與設備維修管理，與看板系統。

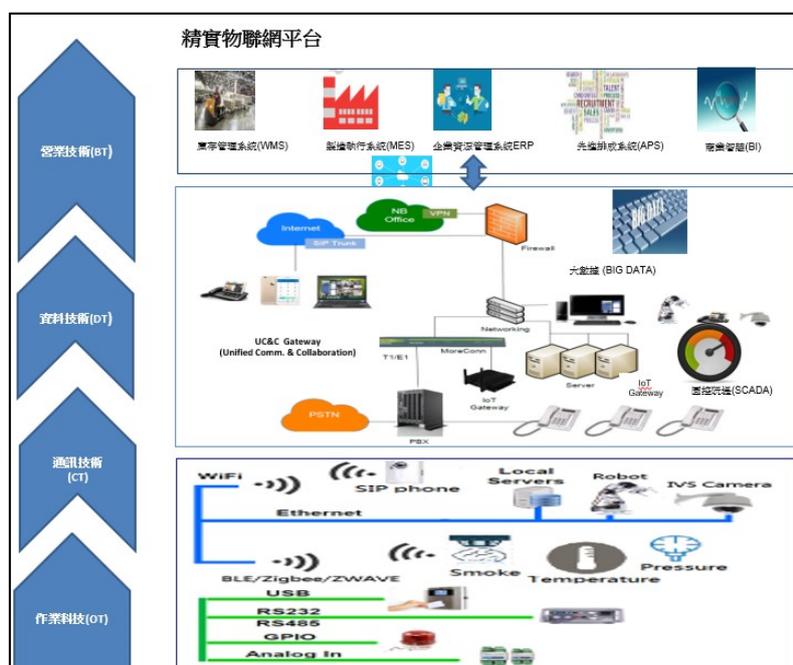
本研究建議下面表 2 來呈現基於精實物聯網平台與精實生產四因素對照表。

表 2：精實物聯網平台與精實生產四因素對照表

設計考量	現廠改善			生產改善				品質改善			人力資源		
	SS	可視化	標準化	看板管理	U 型生產線	平準化	快速換模	單件生產	全面生產管理	全面品質管理	品管圈	多人工自動化	國際合作
作業科技(OT) 普及計算設備	V	V						V	V				
感測器			V						V	V		V	
物聯網閘道器									V	V		V	
通訊技術(CT) 及時通訊	V	V							V	V	V		V
及時影像	V	V							V	V	V		V
UC&C 閘道器	V	V											
資料技術(DT) 資料採集與監控系統		V	V	V					V	V		V	
雲端 (Cloud)				V					V	V			
大數據 (Big data)				V					V	V		V	
營業技術(BT) ERP 整合		V	V	V					V	V		V	V
APS 整合		V	V	V	V	V	V	V	V	V		V	V
WMS 整合		V	V	V	V	V	V	V	V	V		V	V
MES 整合		V	V	V	V	V	V	V	V	V		V	V

### 肆、精實物聯網平台架構與工具

依據工業 4.0 精實生產的結構，精實物聯網平台架構（如圖 4）其目標是開發一個易於部署和易於使用且能普及計算的基礎設施，透過物聯網技術在機台設備建立可視化並提供持續改善的環境，這樣的架構用以支持與推動中小企業實現製造生產流程中現場改善、生產改善、品質改善、人力資源等精實生產四要素。在精實物聯網平台架構中建立起縱向的協作層級。垂直結構可以分成四個主層，每層可以進一步分解。從下到上這四層分別負責：(1)作業科技 (OT)、(2)通訊科技 (CT)、(3)資料技術 (DT)、(4)營業技術 (BT)。如圖 4 所示。



資料來源：Li et al. (2018)

圖 4：精實物聯網平台架構

### (一) 作業科技 (OT) 層

這個層面是製造生產最前端，過往多半考量單點自動化，但容易形成製造生產的訊息孤島。資訊科技的部份主要是應用普及計算技術、感知器與物聯網閘道器，依據機台特性增設必要的感知器。所謂的普及計算，有三種普及運算的相關裝置，即(1)機器—人機界面：如可攜式設備、嵌入式人機介面 (human machine interface; HMI)、掌上型電腦或平板電腦；(2)環境監控和(3)協同設備，請參見表3的設備說明。

人機介面 (HMI) 是嵌入在機器上的設備，而可攜式智能設備則包括附著在人身上或安裝在移動設備上的智能手機或智能平板電腦。識別裝置可以是二維條碼 QR 標籤、條形碼或無線射頻識別系統 (RFID) 標籤。另外，可透過光學文字辨識 (OCR) 設備將舊機台控制器訊息轉換為數字資料，透過數位型切換器 (KVM) 遠端控制模組以非入侵方式讓遠端提供維護支援。實體資源可以運用不同的方式與製造處理設備結合。機台感知器則可以透過物聯網閘道器支持不同通訊協定，包括舊機台訊息截取、將機台狀況訊息數位化、在精實生產中建立機台設備的可視化。本研究提出下列設備做為現場改善使其物聯網化及可視化的裝置，這些將有助於進行精實生產 5S、可視化與標準化活動與工具。

表 3：精實物聯網平台使用普及應用設備

處理	用途	名稱	設備	功能
人	資料讀入處理作業	條碼掃瞄器		直接掃瞄二維碼為資料讀入作業
	資料讀入處理作業或查詢資料	掌上型電腦 PDA (personal digital assistant)		直接掃瞄二維碼為資料讀入作業，或人工輸入
	移動式作業	平板電腦		彈性工作或資料收集

	行動式二維條碼列印	無線條碼列印機		原物料拆批發料重新列印二維條碼
	通訊	及時對話與影像 SIP CAM (Session Initiation Protocol)		當機台出現問題可尋求遠端溝通協助問題處理
機	遠端同步協同作業	數位型切換器 (KVM Switch)		遠端同步監控與遠端操作機台
	機台數據取得	可程式邏輯控制器 (PLC) Programmable Logic Controller		直接擷取機台數據
	工業控制設備，利用顯示幕顯示，通過輸入單元	人機介面 HMI (Human Machine Interface)		工業控制設備，串行通訊可連接人機界面產品，實現人機交互
	擷取機台數據	光學文字辨識 OCR (Optical Character Recognition)		將機台控制器信號顯示轉為數字數據
環境	智慧型影像監控	智慧型影像監視器 IVS (Intelligence Video Surveillance)	 DVR NVR	設定非正常影像即時通報

	影像監控	網路攝影機 IP CAM		遠端環境監控
協同	視訊會議	聲音與影像輸入設備		可連接整合式通訊及 協同合作 UC&C 閘道器
	視訊會議	平板電台		可連接整合式通訊及 協同合作 UC&C 閘道器
	視訊會議	桌上型電腦		可連接整合式通訊及 協同合作 UC&C 閘道器
	視訊會議	及時對話與影像 SIP 電話機 (Session Initiation Protocol)		可連接整合式通訊及 協同合作 UC&C 閘道器
	視訊會議 - 直接撥分機	交換機		可連接整合式通訊及 協同合作 UC&C 閘道器

資料來源：Li et al. (2018)

## (二) 通訊技術 (CT) 層

在通訊技術層，主要是整合式溝通及協同合作平台 UC&C (Unified Communication & Collaboration; UC&C)、智能設備運用和製造生產影像與語音兩部分。它屬於製造生產監控與系統控制作業面。UC&C 閘道器首要用於企業內部通訊平台的透明化和傳輸各種網路技術的組合。UC&C 閘道器可以將影像、語音與資料在同一平台上交換。它的應用包括企業內交換機、桌上型電腦、平板電腦、智慧型手機與監視器等異質設備連接，讓機台在訊息與數據透明化的情形下，遠端可以經過 UC&C 平台，對設備與產線操作人員進溝通與察看機台實際操

作現況，提供問題排除與協助，讓企業的製造問題可以更即時的被解決，在精實生產中建立對問題的臨場感，助於進行精實生產中 5S、可視化、全面生產管理、全面品質管理與品管圈活動與工具加速問題解決與改善。

### （三）資料技術（DT）層

在資料技術層為製造處理資料的儲存、警示與預防機制，它是屬於製造生產面的管理。此部份可透過資料採集與監控系統（supervisory control and data acquisition; SCADA）建立機台監控系統，即時機台數據展示與異常訊息通報。其做法是將製造處理資料儲存在雲端，提供智慧化分析及預測，將製造產生即時資料有效收集於資料庫，透過大數據（Big Data）及資料採礦（Data Mining）技術、統計回歸與機器學習（Machine Learning）等作為分析、預測、回饋給製造戰情管制中心之工具，建立企業製造數據之儀表板（Digit Dashboard），以清楚、簡易圖表、展示企業製造的全部訊息，如：時程、品質、製程能力、稼動率、效率、達成率、標準工時與實際工時比較等，提供品質追蹤改善、設備維修保養預測、製造流程改善等。如有異常則以不同顏色警示，即時以訊息通知相關主管。全面製造的可視化，可以即時掌握問題、提昇效率、減少浪費，這也是精實生產中所要建立的全面生產管理與全面品質管理（total quality management; TQM），其精神完全相符。

### （四）營業技術（BT）層

此層是整個基礎設施的大腦，可以提供智能的決策服務。此層將製造訊息與企業資源系統（ERP）、先進排程系統（APS）、倉庫管理系統（WMS）、製造執行系統（MES）與商業智慧（BI）連接，由製造縱向擴張到橫向，即與企業資源系統（ERP）中的客戶訂單交期相互溝通，迅速回饋客戶需求、降低成本與讓客戶滿意。並與倉庫管理系統（WMS）與先進排程系統（APS）與供應連接讓整體供應鏈更有效率，而商業智慧（BI）其目的是整合數據和執行智能決策。助於進行精實生產中可視化、標準化、看板管理、U 型生產線、平準化、快速換模、單價生產、全面生產管理、全面品質管理，品管圈，多人工與自動化活動與工具在精實生產中，為其精神與目的最高展現。

### （五）架構綜合

精實物聯網平台框架其主要目的在如同精實生產在作業面建立企業環境可視化，針對中小企業原本的舊有設備或資訊孤島機台設備，以精實生產四因素在場現改善，生產改善，品質改善與人生資源等，透過精實物聯網平台 4T 做法即 作業科技（OT），通訊技術（CT）、資料技術（DT）、營業技術（BT）等讓精實生產協助中小企業邁向工業 4.0。所有生產機台將訊息拋出，透過看板顯示與警示通報，這種做法可以回歸到滿足客戶需求，建立快速反應供應鏈。在推動工業 4.0

時更應該由作業改善、設備改善、流程改善來思考設備的自動化改進，減少不必要浪費與降低成本，而其中的問題點則必須仰賴可視化生產流程及機台為優先，因為要能掌握生產問題，才能進行持續改善，讓中小企業透過工業 4.0 進行轉型升級。

## 伍、個案研究

本研究為說明精實物聯網平台架構之導入中小企業生產之可行性，針對個案公司進行為期一年的製造流程專案導入之研究說明。

### 一、個案研究 A 公司背景介紹

本研究案例 A 公司是位於台灣中部「大肚山下的黃金縱谷」內，在 1980 年代成立至今已有 30 年，2017 營業額為 26 億，除在台灣為總部，另外在中國大陸、英國、美國都有子公司，資訊管理採集中式管理，全部伺服器全都在台灣的總公司，並以共用軟體跨國作業。

### 二、A 公司之製造與供應鏈問題

本案例 A 公司的製造工廠共有四個地方，台灣有 2 個、中國大陸有 2 個，主要產品為電子零件。訂單為自有品牌 (original brand manufacturer; OBM) 與代工生產 (original design manufacturer; ODM)，客戶分佈全球約 100 多國家，並依據市場狀況以預估訂單提供總公司排程生產，各子公司營業據點有設立存貨以提供迅速供貨，子公司實際儲存總存貨約營業額 6 個月 (庫存 4 個月與運輸中 2 個月) 生產量。以精實生產四個因素就內部在生產改善、現場改善、品質改善與人力資源等面臨的挑戰說明如下。

#### (一) 生產改善的挑戰

1. 製造生產：分為前段與後段，前段為自動化很高的連續性生產，而後段為組裝與測試，在前段生產報工為批次報工，唯有批次生產結束才知道批號實施完成數，當批量大時必須多天生產，因此對實際完成的數量無法在批次報工之前掌握，因此影響實際負荷且無法確實掌握。後段生產為組裝與測試，在測試站單一品項只進行通過或未通過檢查，並無記錄產品測試程式版本與產品測試標準與實際測試結果值，之後萬一有品質問題，則無法進行原產品之製造生產追溯。
2. 製程加工製造單採人工填寫，製程加工執行時，無法進行工單投料、加工站、機台與檢驗標準自動稽核係依據經驗執行，因此新進員工沒有經驗

時，很容易產品品質不良。

## （二）現場改善的挑戰

1. 因 A 公司已成立超過 30 年，製造產線有很多超過 15 年以上的機台，雖然機台為連續生產，但當原物料不良時無法即時警示，必須到下一製程檢驗才能發現，形成不必要的加工浪費。
2. 產品檢驗機台程式由人工派送，當派送檢驗程式錯誤時人工並未察覺，形成品質不良及產品反復加工的浪費。
3. 複合加工與製造環境（如空壓機）、耗能設備（如塑燒爐）、耗電設備（如冷氣），均透過人為控制，不易進行節能管理，可能形成不必要的耗能或損耗。

## （三）品質改善的挑戰

1. 機台故障工人通報，必須等待製程人員到場維修，若因重要零件故障必須停工等待廠商到場維護，形成等待浪費。
2. A 公司的大陸廠機台是早期由台灣移轉到大陸，因此，重大故障問題出現時仍須由台灣製程工程師出差支援修護，耗時且維護成本高。
3. 正式量產前須試量產，試量產製具與加工進行討論時，台灣開發工程師必須出差到大陸的生產線去協助試量產的問題排除，形成不必要的人員成本。

## （四）人力資源的挑戰

1. 機台設備聯網程度低，機台操作專屬性，單工操作人力耗用高，當人力出缺，管理者不易調度人力。
2. 重複性操作還是依賴人為作業，因機台較舊訊息不溝通，自動化程度低。
3. 雖然區分生產單位，但因機台協同受限制，因此在團隊合作將受限制。

## 三、A 公司導入精實物聯網平台架構

有關導入程序，A 公司首先成立精實生產與精實物聯網改善推動組織表，如圖 5，可分為六大區塊，每一區塊皆有相同之改善目標，不同支負責內容與職責，彼此間相互合作，以確保改善可以預期之效果。以精實生產為精神持續改善為核心漸進式，由改善推動小組確定改善目標，配合導入程序，循序漸進的方式，強調 P（Plan：規劃）、D（Do：執行）、C（Check：檢查）、A（Action：行動）之持續改善，過往在精實生產活動與工具，較為方法與流程面，在結合精實物聯網平台，更融入工業 4.0 資訊科技應用，透過精實物聯網平台將作面可視化，不斷將流程中不必要之浪費去除，達到流程精實化之目標，改善流程如圖

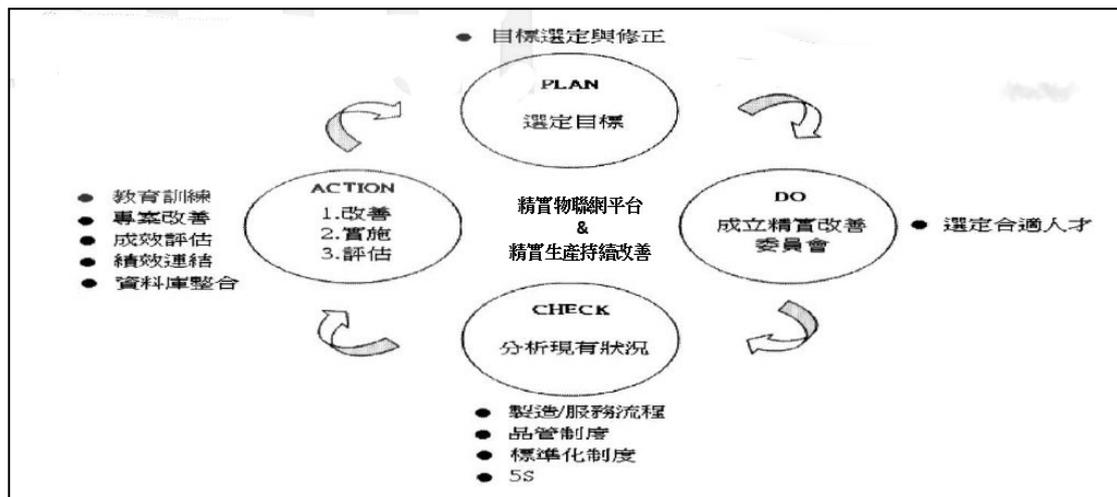
6。

基於第肆章所述有關精實物聯網平台的架構，A 公司並未重新購置機台，採用低成本的模式，即在舊機台中將製程中的關鍵機台導入精實物聯網平台，並建立物聯網與可視化之管理環境。綜合精實生產以下將針對現場改善的問題、生產改善地問題、品質改善的問題與人力資源的問題等持續改善與以及解決方法分別做導入的步驟與說明。



資料來源：本研究中心

圖 5：精實生產－精實物聯網平台改善推動組織表



資料來源：本研究中心

圖 6：精實生產－精實物聯網平台改善流程

(一) 現場改善的問題

本個案係透過精實生產、持續改善的概念，讓 A 公司先針對機台透明化，即機台運用作業科技 (OT) 技術加設感知器、光學文字辨識 (OCR) 與數位型切換器 (KVM)，讓機台可將訊息轉換為數據資料。圖 7 顯示精實物聯網平台導入於表面貼裝技術 (SMT) 機器之做法，透過光感測器計算數量、燈號計算稼動率、本文 (CSV) 檔案記錄位點與拋料，藉以進階計算拋料率來進行改善。在通訊技術 (CT) 與營業技術 (BT) 上，製造機台數據來自三方面：(1)從機台感知器到物聯網閘道器獲取機台即時數據；(2)從企業資源系統 (ERP) 獲取的靜態數據，即訂單信息和工單資訊；(3)製造執行系統 (MES) 與機台製造整合並透過普及運算應用，進行製程處理數據收集。有關 A 公司建立普及應用設備請參見表 3，其中列出了包括設備在人、機、環境與協同等四方面的應用，透過精實物聯網平台的架構與整合，讓舊有機台原本孤立的訊息，轉換為可被整合的數據流。

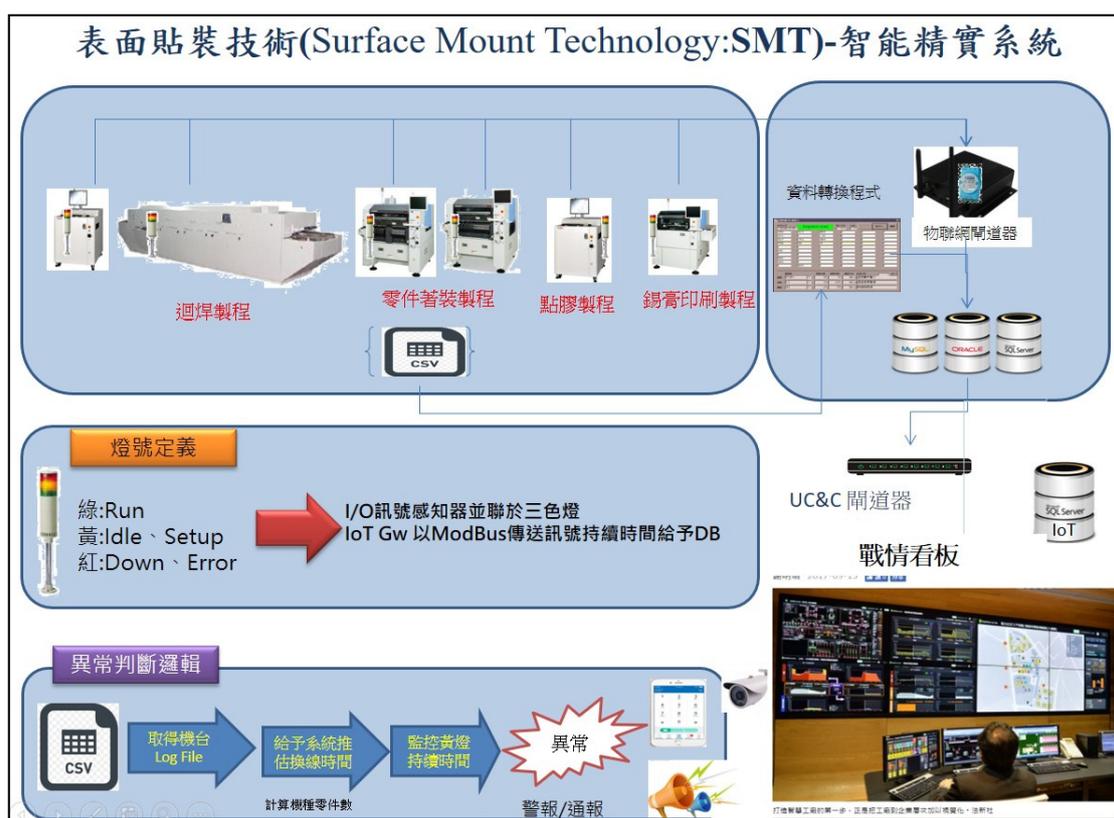


圖 7：精實物聯網平台導入表面貼裝技術 (SMT)

### （二）生產改善的問題

在製造處理時 A 公司應用了感測器、光學文字辨識 (OCR) 與數位型切換器 (KVM) 與普及運算等作業技術 (OT)，將工廠轉型為可被整合應用的數據工廠。其中在製造可視化方面，透過資料採集與監控系統 (SCADA)，依據機台在圖控軟體中設置呈現方式如圖 8。機台異常時透過預設的警示值，可即刻發出訊息通知設備維修。平時則將數據資料儲存在雲端，以大數據 (Big data) 建立故障預測模型來做機台保養預警，透過資料技術 (DT)，A 公司建立了製造可視化。

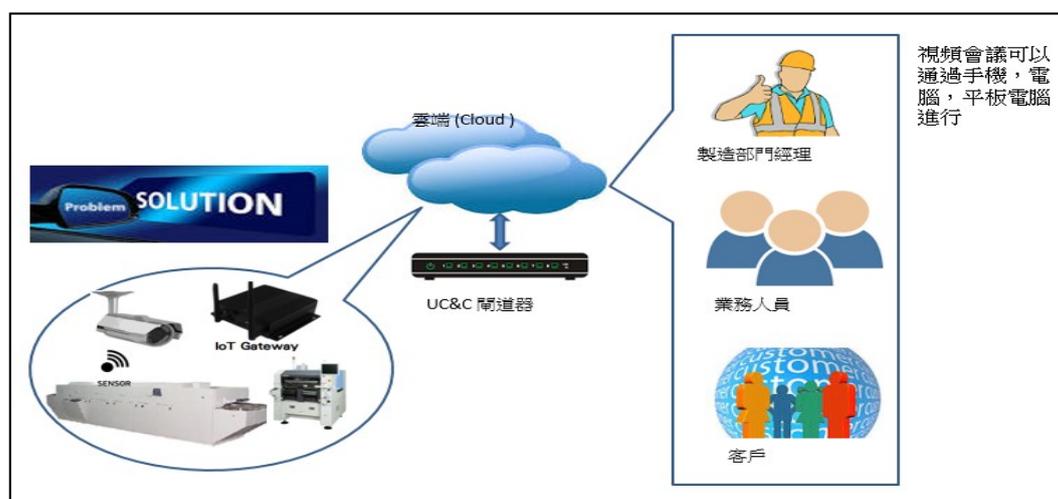


資料來源：本研究中心

圖 8：設備警示透過資料採集與監控系統 (SCADA) 顯示

### （三）品質改善的解決

當 A 公司各機台都已建立可視化的設備及資料蒐集功能後，機台出現異常時，相關人員都將接受到警示訊息通知，維修人員可在 UC&C 閘道器下以通訊技術 (CT) 透過智慧手機、平版與電腦與機台操作者進行溝通，並可透過數位型切換器 (KVM) 直接連接機台協助異常排除。必要時也可透過人員 (工廠經理、業務人員、客戶) 在不同地點、針對問題與解決方案、進行多方討論，如圖 9 所示。讓製造問題可迅速被討論與解決，避免不必要的等待與人員往返海內各廠的維護成本。



資料來源：本研究中心

圖 9：問題討論透過物聯網閘道器與 UC&C 閘道器協同作業

#### (四) 人力資源的解決

透過作業科技 (OT) 與營業技術 (BT) 的整合，將機台操作與營業資串接，以感測器與物聯網閘道器將機台設備聯網，透過模擬軟體重新規畫產線人機動線與機台擺設，並搭配機器手臂取代原重複人力操作，讓原專屬性工作改為一人可多機，或一人可多工，應用機台設備聯網與自動化，並強化部門內團隊合作與人力資源調度上彈性。

#### 四、導入結果

在個案 A 公司同時也配合其內部的製造生產流程改善下，透過精實作業並以漸進式導入精實物聯網平台架構，導引該公司保持著持續不斷的改善，將現場人、機、料與環境數位化並以達建立智能化為止，為了能進行研究並了解管控項目的改善成效，本研究區分以人員、機台、物料與環境等，就導入前與導入後進行比較並對應說明使用精實物聯網平台方案。

1. 人員 (設備巡查): 導入前，重要設備的工程人員必須進行每日巡查以確保設備狀況，過去採設立登記簿方式，工程人員記錄巡查情形並簽名，如此容易出現如簽到造假或不落實等問題，且紙本作業不易追溯與保存。導入精實物聯網平台後，以無線射頻識別系統 (RFID) 標籤巡查，將巡查點與時間記錄於系統中，當超過巡查時間未進行巡查時，系統將警示通知管理主管，並於製造戰情看版顯示全廠應巡檢項目，在巡查之後顯示狀況給負責部門與人員，讓每日的設備巡查確實到位。

2. 人員（機台報工）：導入前，由人員填寫每日工單，機台完工數，生產進度回報無法即時，為避免填寫錯誤須耗用更多人力核對。導入精實物聯網平台後，及時自動收集數據，讓生產進度能及時掌控，透過製造執行系統（MES）即時過站報工，因此品質異常也能即時掌握，讓生產及機台管理透明化。
3. 機台：導入前，為確保自動導線焊接機烙鐵頭正常使用，每日由人工統計烙鐵頭設定溫度與累積使用時數，但人工記載不確實，以至溫度管制無法落實，烙鐵頭壽命不穩定而影響產品製程與品質。導入精實物聯網平台後，增設烙鐵頭溫度感測器，當溫度或累積使用時數超過警戒值將通知工程人員，以確保產品生產穩定性。
4. 機台（電力節能監控）：導入前，A 公司製程中塑燒爐溫度必須達 850 度，屬高耗能的製程，由於製造前必須先預熱，電力耗用不易掌握，且與生產排程關係不易檢討。導入精實物聯網平台後，在每一塑燒爐電力迴路中增設智慧電錶感測器並與生產排程配合，如此簡化電力耗用之檢討，以達節電與節耗。
5. 物料：導入前，IC 燒錄係透過人工選擇搭配燒錄程式，當生產批量小，換批頻繁時，不易管制其燒錄程式的選擇是否正確，以至影響產品生產品質。導入精實物聯網平台後，透過與 MES 系統整合，由 MES 製成工單並自動派送燒錄程式，確保燒錄程式正確性，由此能確保品質。
6. 環境：A 公司的空壓機是一個已超過 8 年的舊設備，它是重要設備的動力來源之一，屬於耗能設備。導入前，列為工廠每日巡查項目，但設備效能不易發現異常，除非出現故障。在導入精實物聯網平台後，增設溫度、露點與電壓電流等感測器，透過物聯網閘道器將訊號轉換為數據並設定警戒值，超過警戒值時主動通知工程人員設備檢修，該數據並顯示於製造戰情看板，以達安全、節能與節費。

個案 A 公司導入精實物聯網平台，主要考量是落實精實生產為核心，以建立智慧製造生產作業流程、數位化為目標，藉由物聯網蒐集到有意義的數據，經計算後提供行動方向創造出價值，重要的關鍵設備設立警戒值進行異常管控和即時通報，工程人員可以遠端溝通、由可視化的影像瞭解問題點後，提供最適切的問題排除協助。A 公司全工廠的關鍵設備顯示於戰情看板，落實透明化管理。實施一年後，A 公司達成其精實生產目標、減少不必浪費與降低成本，具體成效歸納如下：

1. 製造良率提昇約 12%
2. 電力耗能之減少 10%
3. 平均每人產出之效率增加 5%

4. 機台停機時間 降低 3%
5. 設備維護費用 降低 7%
6. 管理人力差旅費減少 10%
7. 達成工業 4.0 之其它目標—客戶滿意度提升 5% (年度問卷調查)

A 公司表示，建置精實物聯網平台其相關設施及設備的投入成本，預計 1 年半應可回收。A 公司導入精實物聯網平台一年期間，改善的前後比較如表 4 所示。

表 4：導入精實物聯網平台前一後比較

A 公司導入精實物聯網平台前後比較				
管控類別	設備	導入(前)	導入(後)效益	精實物聯網平台方案
人員	RFID Reader	1. 人工填寫巡檢登記表 2. 不易檢討設備異常工程人員時間 3. 紙本作業不易追溯	1. 去除填寫巡檢登記表 2. 降低機台異常排除等待時間 3. 專線應用-人員追溯	作業科技(OT) 普及計算設備
人員	機台報工	人工填寫	1. 自動資料收集去除個人操寫數據之紙本作業 2. 與MES 相連過站報工	作業科技(OT), 營業技術(BT) 普及計算設備, MES
機台	自動焊接機	1. 人工記錄烙鐵頭使用時間 2. 溫度異常管控不確實, 使用壽命不穩定	1. 目前階段-烙鐵頭、加熱器壽命時間收集 2. 烙鐵頭備料時間預測, 提升廠內機台備品周轉率 3. 超溫異常通報降低烙鐵加熱器損壞機率與減少機台耗能 4. 待機過久通報便於現場主管管理與提升機台稼動率	作業科技(OT), 通訊技術(CT) 感測器、普及計算設備 、UC&C 閘道器
機台	電力節能監控	1. 設備電力耗用不易收集 2. 不易檢討預熱時間	1. 減少烤箱開機數並降低用電量 2. 數據經計算後可推算出工件單位用電量後續可提供生產排程離峰作業之依據 3. 避免超出契約容量遭罰款	作業科技(OT), 智能電錶
機台	噴印機	1. 人工製程-品質管控與防呆 2. 人工設定機台時間	1. 簡化人員開線時機台操作設定時間 2. 降低噴印錯誤發生機會 3. 配合MES-品質管控與防呆	作業科技(OT), 通訊技術(CT)、營業技術(BT) 感測器、普及計算設備 、UC&C 閘道器、MES
物料	IC 燒錄	1. 透過人工選擇搭配燒錄程式 2. 不易計算燒錄腳座使用次數與更換警告 3. 不易管控程式燒錄之正確性與品質狀況 4. 人工統計燒錄數量計數	1. 省去人員燒錄前找尋檔案操作時間浪費 2. 降低燒錄錯誤造成重工工時浪費 3. 計算燒錄腳座使用次數並預測叫料時間 4. 經由 MES 便於管控程式燒錄之正確性與品質狀況	作業科技(OT), 營業技術(BT) 普及計算設備, MES
環環	空壓機/乾燥機	1. 監控機台異常狀況 2. 節能監控與遠端關閉 3. 保養預測	1. 故障提前預警降低故障損失 2. 避免產線設備進水損壞維修	作業科技(OT), 通訊技術(CT), 資料技術(DT) 感測器、普及計算設備 、UC&C 閘道器、SCADA

資料來源：本研究

## 陸、結論

中小企業在其生產製造的生產線上，實際的情形是其大部份機台設備都是各自獨立，因此許多中小企業的生產與品管無法掌握即時狀況，如此將難以記錄，更無法追溯，所以只能等到故障或問題發生後再來解決。現今物聯網及其相關設備普及、成本降低，因此機台設備可以透過物聯網及通訊設備使相關數據得以被

紀錄或擷取；而大規模由產線端所產生的數據，仍須透過大數據的建模過程，才能生成對生產具有幫助和效益的資訊，中小企業必須要能解決上述諸多問題，才能朝智能生產發展，進而達到智慧製造的目標。

過去有關工業 4.0 的相關議題不論在業界或學術界都有相當多的研究成果，然而過去的研究偏重在技術面或整合性之探討，對於實際在舊設備及整合舊有系統上的導入研究極為闕如。本研究透過文獻探討、綜合過往研究學者精實生產四因素（現場改善、生產改善、品質改善與人力資源），以及對精實物聯網平台設計構思，本研究提出一個運用精實生產做為工業 4.0 之發展基礎，運用物聯網（IoT）設施來建立可視化生產環境之「精實物聯網平台架構」，其目的是要提高所蒐集數據的解析度，有利於可視化問題之後的問題分析與改善，將精實生產與工業 4.0 的概念落實，加入普及運算協助中小企業在製造生產流程中，在邁向工業 4.0 時所面臨的挑戰。

本研究提出一個精實物聯網平台架構，以 4T（OT、CT、DT、BT）技術來協助中小企業進行工廠生產及機台的通訊與可視化。此一精實物聯網平台的架構助於在精實生產活動與工具推動，因此可以應用普及運算來強化數位化工廠的彈性，提供迅速與預警的企業戰情室，藉此戰情室來落實企業持續改善與降低成本的目標，讓中小企業可以進行轉型與升級。

本研究所提之精實物聯網平台架構設計構思，以精實生產因素，這些因素可由四個方面對應著精實生產主要改善，即現場改善、生產改善、品質改善與人力資源。本研究綜合過往學者研究與工業 4.0 資訊技術，提出以 4T 作業科技（OT）、通訊技術（CT）、資料技術（DT）、營業技術（BT）對應解決問題，並提出一個精實物聯網平台架構（如圖 4）。

為驗證本研究所提之架構能實際協助中小企業其工廠生產智能化的轉型改善，本研究以中部一家中小企業 A 公司為實際導入案例。導入前 A 公司正面臨著製造生產典型挑戰，透過精實物聯網平台架構的實施，將關鍵設備逐一導入物聯網、通訊及可視化設備，並以可視化方式進行改善，A 公司導入後獲得許多成效，其中智能化降低成本項目得致很大的提升。由 A 公司的導入案例可以看出本研究所提之精實物聯網平台架構具有其實務性、可行性和其精實改善的成果。

儘管精實物聯網平台架構有其優點與效益，但是，精實物聯網平台架構仍存在有下列可能的局限性：

1. 為了滿足各種應用環境的要求，精實物聯網平台中的標準化模組如：企業資源系統（ERP）、製造執行系統（MES）、先進排程系統（APS）系統等的標準數據入口和標準的介面仍然須要特別開發。
2. 在機台增設感知器須由專業製程工程師來確認可以真正掌握監控訊息並搭配不同感知裝置，同理在資料採集、監控系統（SCADA）呈現與警示值設

- 置等亦須要專業工程師的協助。
3. 建立整體可視化時，須謹慎考量資訊安全並建議在私有雲內運作，公司必須進行嚴格的權限管理。

### 參考文獻

- Bassi, L. (2017), 'Industry 4.0: hope, hype or revolution?', The 3<sup>rd</sup> International Forum on Research and Technologies for Society and Industry (RTSI), Modena, Italy, pp. 1-6.
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F.E. and Paciarotti, C. (2015), 'Implementing lean information management: The case study of an automotive company', *Production Planning & Control*, Vol. 26, No. 10, pp. 753-768.
- Deshmukh, G., Patil, C.R. and Deshmukh, M. (2017), 'Manufacturing industry performance based on lean production principles', 2017 International Conference on Nascent Technologies in Engineering (ICNTE), Navi Mumbai, India.
- Dhiravidamania, P., Ramkumarb, A.S., Ponnambalamc, S.G. and Subramanian, Nachiappan, (2017), 'Implementation of lean manufacturing and lean audit system in an auto parts manufacturing', *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 31, No.6, pp.579-594 .
- Gölzer, P., Cato, P. and Amberg, M. (2015), 'Data processing requirements of Industry 4.0 – Use cases for big data applications', *Twenty-Third European Conference on Information Systems (ECIS)*, Münster, Germany, ECIS 2015 Research-in-Progress Paper 61.
- Jayaram, A., University, A. and Pradesh, U. (2016), 'Lean Six Sigma approach for global supply chain management using Industry 4.0 and IIoT', *The 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I)*, Noida, India, pp. 89- 94.
- Jiang, J-R. (2017), 'An improved cyber-physical systems architecture for Industry 4.0 smart factories', *Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Applied System Innovation (IEEE-ICASI 2017)*, Sapporo, Japan, pp. 918- 920.
- Leyh, C., Martin, S. and Schäffer, T. (2017), 'Industry 4.0 and lean production – A matching relationship? An analysis of selected Industry 4.0 models', *Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems*, vol. 11, pp. 989-993.
- Li, L-H., Lai, C-Y. and Guo, F-H. (2018), 'Achieve the Industry 4.0 for SMEs using Lean-

- Based IoT Platform (LBIP)', *The 12<sup>th</sup> International Conference on Advanced Information Technologies*, Taichung, Taiwan, Vol.12, No.2, pp. 50-64 (abs.).
- Lin, T-Y., Chen, Y-M., Yang, D-L. and Chen, Y-C. (2016), 'New method for Industry 4.0 machine status prediction-A case study with the machine of a spring factory', *2016 International Computer Symposium (ICS)*, Chiayi, Taiwan, pp. 322-326.
- Luo, H., Wang, K., Kong, X.T.R., Lu, S. and Qu, T. (2017), 'Synchronized production and logistics via ubiquitous computing', *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 45, pp. 99-115.
- Martín-Montes, A., Burbano, M. and León, C. (2017), 'Efficient services in the Industry 4.0 and intelligent', *26th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, Edinburgh, UK, pp. 1495-1500.
- Monostoria, László, (2014), 'Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges', *Variety Management in Manufacturing. Proceedings of the 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems*, Procedia CIRP, Vol.17, pp. 9-13.
- Öno, T. (1988), 'Toyota production system: Beyond large-scale production,' *Taylor & Francis*, translated from C.B. Rosen.
- Rosendahl, R., Schmidt, N., Lüder, A. and Ryashentseva, D. (2015), 'Industry 4.0 value networks in legacy system,' *20th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA)*, Luxembourg, Luxembourg, pp.1- 4.
- Saldivar, Alfredo Alan Flores, Li, Yun, Chen, Wei-neng, Zhan, Zhi-hui, Zhang, Jun, and Chen, Leo Yi, (2015), 'Industry 4.0 with Cyber-Physical Integration: A Design and Manufacture Perspective', *21st International Conference on Automation and Computing (ICAC)*, Glasgow, UK, pp. 1- 6.
- Schröder, C. (2016), *The Challenges of Industry 4.0 for Small and Medium-sized Enterprises*, Friedrich-Ebert-Stiftung. (<http://library.fes.de/pdf-files/wiso/12683.pdf>, ISBN: 978-3-95861-543-4.)
- Shaobo, L., Chunhua, W. and Hongliang, Z. (2009), 'Key technology analysis of implementing lean production', 2009 16th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Beijing, China, pp. 1993-1996.
- Wang, S., Wan, J., Li, D. and Zhang, C. (2016), 'Implementing smart factory of Industrie 4.0: An outlook', *International Journal of Distributed Sensor Networks*, Vol.12, No.1, 10 pages.
- Wang, X., Ong, S.K. and Nee, A.Y.C. (2017), 'A comprehensive survey of ubiquitous manufacturing research', *International Journal of Production Research*, Vol. 56, No. 1-2, pp. 1-25.

- Yina, Y., Stecke, Kathryn, E. and Lic, D. (2017), 'The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0', *International Journal of Production Research*, Vol. 56, No.1-2, pp. 848-861.
- Zhou, K., Liu, T. and Zhou, L. (2015), 'Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges', *12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)*, Zhangjiajie, China, pp. 2147-2152.
- Zhou, X., Yan, H., Wang, J. and Wang, Y. (2017)', An example for Industry 4.0: Design and implementation of a mobile app for industrial surveillance based on cloud', *2017 5th International Conference on Enterprise Systems (ES)*, Beijing, China
- ISA, ISA95, url:<https://www.isa.org/isa95/>.
- <https://www.moeasmea.gov.tw>.

