

智慧製造 AVM 體系引領數位轉型

吳安妮*

摘要：在智慧製造的環境下，臺灣企業長久以來非常注重硬體及軟體的提升，然而管理制度若是不與時俱進，就甚難發揮智慧製造最大的綜效。有鑑於此，筆者創新地將硬體、軟體及 AVM 整合一體，研發出「智慧製造 AVM 體系」，以管理「機器設備」為主的「智慧製造即時設備管理系統」(iES) 及以管理「產品」及「工單」製造成本為主的「智慧製造即時製造成本管理系統」(iCS)，包括即時的「戰情室」及「管理日報表」，提供工廠管理者攸關之管理資訊。又為了能更有效地協助工廠管理者從事各種不同的管理決策，又研發出 BI 系統：「智慧製造即時設備管理決策系統」(iEDS) 及「智慧製造即時製造成本管理決策系統」(iCDS)，其中 iEDS 協助工廠管理者降低機器設備的「無生產力時間及成本」，進而提升設備的整體效率；又 iCDS 可提供 10 種管理決策的成本資訊，以短期「管理報表」與「管理圖」(圓餅圖及長條圖) 及中長期之「趨勢比較圖」呈現資訊，有助於企業之工廠端管理者從事各項不同的管理決策，提升公司的長期經營績效。

關鍵詞：智慧製造、機台管理、製造成本管理、工單管理及產品管理

* 國立政治大學會計系講座教授，2022 穩懋當代會計學者。

Smart Manufacturing AVM System Leads Digital Transformation

Anne Wu*

Abstract: In the environment of smart manufacturing, companies in Taiwan have been focusing on the improvement of their hardware and software, but it is difficult to maximize the synergy of smart manufacturing if the management system does not keep pace with the times. Therefore, this study innovatively integrated hardware, software, and Activity Value Management (AVM) into one entity, called the “Smart Manufacturing AVM System”.

The “Smart Manufacturing Real-Time Equipment Management System” (iES) is mainly utilized for managing machine equipment. The “Intelligent Manufacturing Real-Time Manufacturing Cost Management System” (iCS) is based on the manufacturing costs of products and work orders, including a real-time war situation room and management daily report, in order to provide factory managers with relevant management information. “Intelligent Manufacturing Real-time Equipment Management Decision System” (iEDS) and “Intelligent Manufacturing Real-time Manufacturing Cost Management Decision System” (iCDS) of Business Intelligence (BI) systems have been developed to assist factory managers more effectively with various management decisions. Among the two, iEDS helps factory managers reduce the unproductive time and cost of machinery and equipment, thus improving the overall efficiency of the equipment, while iCDS provides the cost of 10 information management decisions. It presents information via short-term management reports (circle pie charts), management charts (bar charts), and medium- term and long-term trend comparison charts, essentially assisting factory managers in making various management decisions and improving their company's long-term business performance.

Keywords: smart manufacturing, machine management, manufacturing cost management, work order management and product management

* Professor, Department of Accounting, National Chengchi University
2022 Win Semiconductor Journal of Contemporary Accounting Scholar

壹、前言

近年來全球興起「智慧製造」的浪潮，臺灣大多數企業在智慧製造方面大多偏重於硬體與軟體的整合，缺乏與管理制度結合為一體，因而較難發揮智慧製造管理之最大綜效。置身智慧製造的時代，企業想要從新的商業模式中獲利，「數位轉型」實不可或缺，換言之，必須加強智慧製造與管理制度之結合，那麼該如何有效地將智慧製造之硬體、軟體及管理制度緊密結合呢？筆者創新地將「硬體」、「軟體」及「AVM」結合一體，開發出「即時智慧製造 AVM」相關系統，包括：以管理「機器設備」為主的「智慧製造即時設備管理系統」(intelligence manufacturing equipment system, iES)及「智慧製造設備管理決策系統」(intelligence manufacturing equipment decision system, iEDS)；以及以管理「產品」及「工單」成本為主的「智慧製造即時製造成本管理系統」(intelligent manufacturing cost system, iCS)及「智慧製造之製造成本管理決策系統」(intelligent manufacturing cost decision system, iCDS)。希望此四大系統可以全方位地解決智慧製造在經營管理方面遭遇的困境，協助企業達到真正的數位轉型及升級之目的。

貳、作業價值管理 (AVM) 之理論基礎

作業價值管理 (AVM) 係以企業的管理細胞—「作業」為基礎，協助企業洞察經營的「問題」及「瓶頸」，提升企業的長期經營績效及價值，如圖 1 所示。

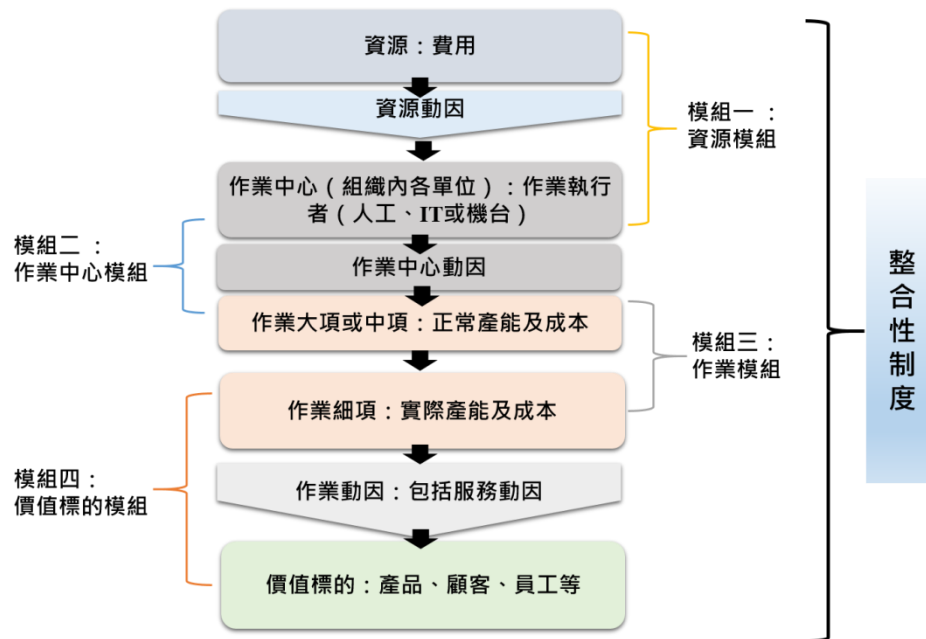


圖 1 作業價值管理 (AVM) 之四大模組架構圖

出處：修改自吳安妮 (2019)，第 89 頁。

由圖 1 可知，AVM 為一項整合性制度，包括四大模組，分別為模組一的資源模組，模組二的作業中心模組，模組三的作業模組，以及模組四的價值標的模組，各模組皆有其精髓之處，可運用於解決實務界各種不同的管理問題。簡單來說，AVM 可以正確地計算出各種價值標的（包括產品、顧客及員工等）的成本及利潤，提供企業從事各種有價值之管理決策，並有效地分配公司有限的資源。

AVM 透過四大模組所產生的「原因」及「結果」資訊，俾供管理決策的攸關資訊，有關 AVM 之邏輯觀念，如圖 2 所示。

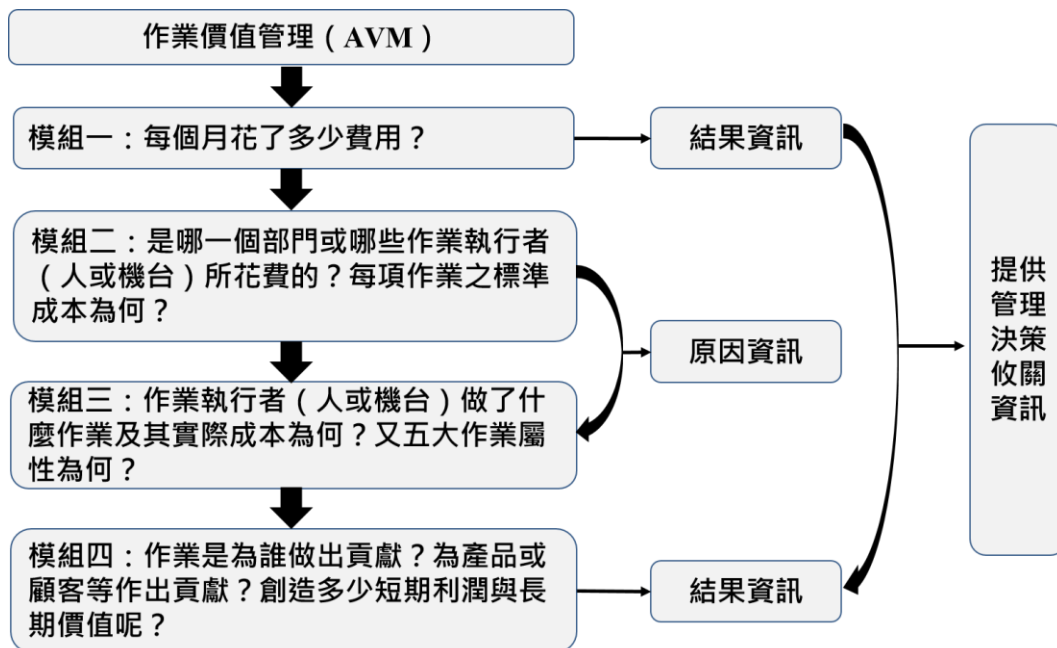


圖 2 AVM 之邏輯觀念圖

由圖 2 可知，AVM 的模組一能清楚地了解各部門每個月的費用支出，可以解決各部門可控制與不可控制之資源的問題；模組二能清楚地了解作業中心之作業執行者：「人」或「機器」，其執行的相關作業之正常產能情況，俾解決「標準成本」的計算問題；模組三「作業模組」主要了解作業執行者之作業的實際產能，以解決「實際成本」之計算問題，同時與模組二之正常產能相比較後，即可了解產能有超用或剩餘之情況，可以解決公司之產能問題，又此模組最大的創新在於發展出作業之「五大屬性」包括：1. 品質屬性、2. 產能屬性、3. 附加價值屬性、4. 顧客服務屬性及 5. ESG 屬性，俾與各項管理制度相互整合成一體；模組四為「價值標的模組」，包括：產品或顧客等，將作業成本歸屬至「價值標的」之中，例如：作業是為誰做出貢獻？為產品或顧客作出貢獻？創造多少短期利潤與長期價值呢？

AVM 四大模組與投入、營運、產出及結果面皆有關係，如圖 3 所示。

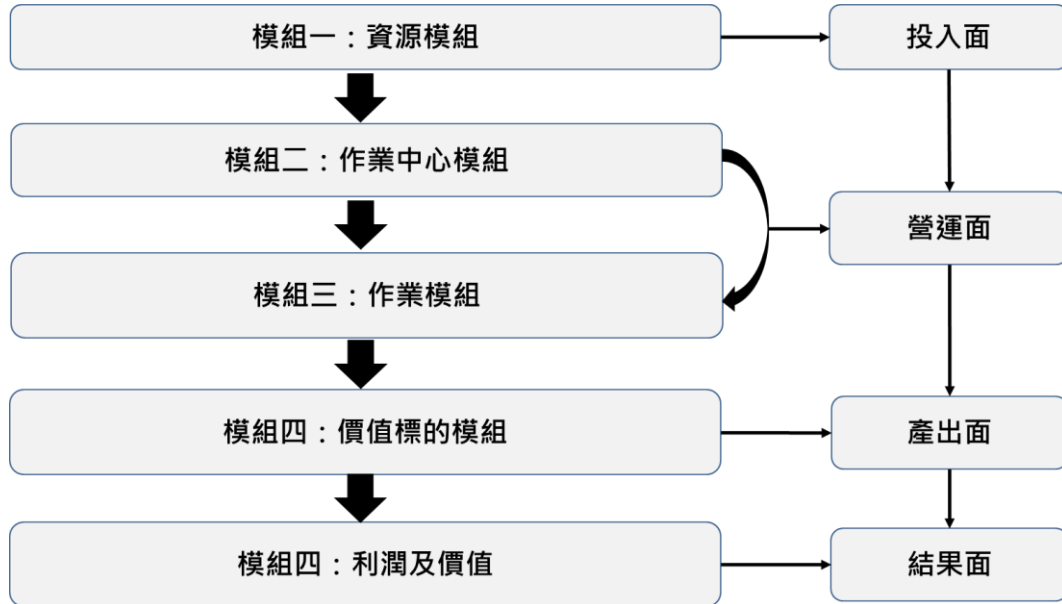


圖 3 AVM 四大模組與投入、營運、產出及結果面之關係圖

由圖 3 可知，AVM 是一項整合投入面、營運、產出及結果面的管理制度，其中，模組一：資源模組為「投入面」，模組二及三：作業中心模組及作業模組為「營運面」，模組四：價值標的模組則為「產出面」，而產生之利潤及長期價值則為「結果面」。

參、智慧製造的重點管理議題

智慧製造包括四點重要之管理議題，茲說明如下：

一、機台相關議題

隨著工業 4.0、智慧製造及人工智慧的興起，預測性維護已經廣泛應用於檢查工業設備的健康狀況，包括：機台有無順利運轉？是否有閒置的機台？由於數位化轉型和通訊網絡的進步，可以從機台設備蒐集大量的操作和過程條件數據，以進行自動故障檢測和診斷，盡可能減少停機時間、提高機台利用率及延長機台之剩餘壽命 (Çınar, Nuhu, Zeeshan, Korhan, Asmael, and Safaei, 2020)。又意料之外的風險及故障，將使得智慧製造的健康診斷和維護決策更加地困難。因此，針對機台的脆弱性進行健康診斷，實有助於維修人員準確診斷機台健康狀況，並即時實施維修計劃，同時讓維護人員了解設備內部和設備之間的相互作用，並確認影響機台故障之重要因素，包括：健康退化、潛在干擾 (Gao, Zhou, Tang, and Hu, 2021) 及生產現場的資料不夠即時等因素。

二、品質相關議題

智慧工廠的目標是提高生產力和降低生產成本，但更重要的是提高產品品質和產量，俾強化製造競爭力。隨著產品功能越來越先進，分工越來越細緻化，客製化需求越來越大，微型製造工廠的「良率」已經成為重要的管理議題。產品的生產成本為何？生產數量是否符合預期？如何提高產品良率，及分析導致良率不佳的原因等，都是重要的管理議題（Sim, 2019）。

三、人員相關議題

智慧製造提供諸多好處，例如：生產力增加及提高品質。但如果沒有經過充分培訓和熟練的人員，加上缺乏技術人才和嬰兒潮一代的大量退休，製造業勢必得面對勞動力匱乏及其所衍生之問題，包括：員工的工作內容為何？工時紀錄是否詳實？生產日報表還是由人工填寫嗎？Kravchenko (2019)提出製造業的策略僱用，留住合適的人才，確認員工所需的關鍵技術專長，並開發新的智慧工廠下有效的「員工管理」方法等，皆非常地重要。

四、工單相關議題

從事智慧製造，工單流程一直是很棘手的問題，包括：能不能準時送達客戶端？生產排程是否有效率？De Felice, Petrillo, and Zomparelli (2018)在一家義大利製造業進行優化倉庫管理，分析後指出影響工單數位化的因素，包括：技術、組織和人為因素，他建議運用「工單數位化」來改善工單之問題，是迫不及待之課題。

綜觀上述，探討有關製造工廠智慧轉型之管理議題，包括：機台、品質、人員及工單面等議題。吾人觀察臺灣中小型製造工廠面臨的智慧製造管理困境，包括：

- (一) 不同製造廠之機台設備標準不一，因為廠牌或機齡新舊不同，無法有效率地蒐集到機台之資訊，更不用談「智慧管理」。
- (二) 無法將機台之「類比資訊」轉換為有用的「管理資訊」，從事各項不同的「管理決策」。
- (三) 一般中小企業的工廠無法即時產生每一張工單的生產成本、產能及品質資訊，主要以「月」為單位，且計算成本的邏輯係採用「分攤」方式為之，較不精確。
- (四) 一般中小製造業，長期以來都靠員工來填寫「工廠流程」、「品質」等相關資訊，對「智慧製造」之「數位轉型」實存在著很大之困境。

肆、智慧製造 AVM 體系之起源

針對臺灣中小型製造工廠面臨的管理困境，筆者將硬體、軟體及 AVM 加以整合一體，形成智慧製造 AVM 體系來解決製造工廠之管理困境，如圖 4 所示。

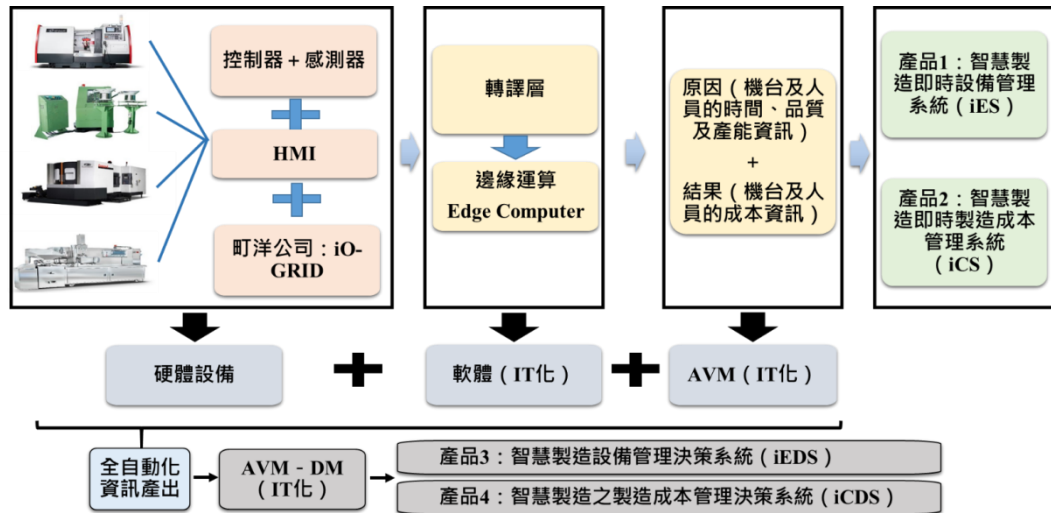


圖 4 智慧製造 AVM 體系：硬體+軟體+AVM 圖

由圖 4 可知，筆者整合「硬體」、「軟體」及「AVM」來解決臺灣中小型製造工廠面臨的管理困境，茲說明如下：

一、硬體

透過各機台之感測器，或數位通訊與高階機台設備控制器，輸入「類比資料」，並藉由人機介面 (human machine interface, HMI) 當作媒介，輸出各機台的相關資訊到町洋企業所開發的 iO-GRID 之中。

二、軟體

由於 iO-GRID 會儲存很多機台之「類比資訊」，因而運用邊緣運算 (edge computing) 技術將儲存於 iO-GRID 之類比資訊，轉換成「量化資訊」。

「邊緣運算」使用進階加密標準 (Advanced Encryption Standard, AES)，是一種很安全的演算法，美國各大洲政府已核准將 AES 技術應用於機密和極機密的資料 (Muttaqin and Rahmadoni, 2020)。建立安全的通訊應用，可選擇符合 AES 系統的加密演算法，而在安全性、容量、加密或解密資料所需時間，以及對各種編譯器的固有支援方面皆有所效益。

此外，使用 REST API (representational state transfer application programming interface)，能讓兩個電腦系統安全地透過網際網路來交換資訊，REST API 具有可擴

展性、靈活性及獨立性，最佳化的用戶端—伺服器互動，俾降低通訊交換之瓶頸(Ong, Cholia, Jain, Brafman, Gunter, Ceder, and Persson, 2015)。

三、AVM

Dalenogare, Beniteza, Ayala, and Franka (2018)認為「整合性系統」可以強化智慧製造的管理課題；Frank, Mendes, Ayala, and Ghezzi (2019)也提到在智慧製造的時代下，企業想要從新的商業模式中獲利，必須採用「數位化管理」，亦即要加強智慧製造與管理制度之結合。

筆者透過上述硬體 (iO-GRID)、軟體 (edge computing) 之相關資訊匯入智慧製造即時 AVM 之中，因而研發出二套智慧製造即時性 IT 系統，分別為「智慧製造即時設備管理系統 (iES)」及「智慧製造即時製造成本管理系統 (iCS)」；以及二套智慧製造 BI 系統，分別為「智慧製造設備管理決策系統 (iEDS)」及「智慧製造之製造成本管理決策系統 (iCDS)」。

總之，透過「硬體」、「軟體」及「AVM 制度」之整合一體，打造出全自動化的「智慧製造管理決策體系」。

伍、智慧製造 AVM 體系之理論及架構

工廠智慧化、系統虛實化的工業 4.0 趨勢已成為產業升級及轉型的解決之道，筆者透過「智慧製造 AVM 體系」來引領「智慧製造」之「數位轉型」，茲分別說明「智慧製造即時設備管理及決策系統 (iES) 及 (iEDS)」及「智慧製造即時製造成本管理及決策系統 (iCS) 及 (iCDS)」，之相關內容包括：核心與特色、架構、戰情室及管理日報表等。

一、智慧製造即時設備管理系統 (iES)

(一)iES 之核心與特色

「機台」是智慧製造不可或缺的生產工具，如何有效地管理機台，實為工廠端非常重要的管理議題。透過町洋企業的放伴智能 iO-GRID 蒐集到工廠機台設備之運轉、待機、停機及未開機之時間資訊，然後匯資料到即時化之機台設備管理系統：iES 之中，進而計算出與機台成本有關之資訊。

iES 可以即時了解每一台機器設備的運轉、待機、停機及未開機等之時間及成本資訊，管理者能更有效且全面的即時管理工廠區內各機台狀況，協助工廠端管理者從事機器設備的管理決策，降低機器設備的無生產力時間及成本，進而提升設備的整體效率。

(二)iES 之架構

智慧製造具有主動檢測且具有回應事件的能力，能夠有效減少停機時間，並提高整體設備效率；經由自動化處理、協調和預測有關機台故障的可能性，以進行預防維護來防止停機；透過即時處理和分析數據，以快速回應過程中出現的異常，再

搭配 iO-GRID 產品，結合「智慧製造即時設備管理系統」，即可找出工廠端每一台機器設備之成本資訊來解決設備管理問題。有關 iES 的架構，如圖 5 所示。

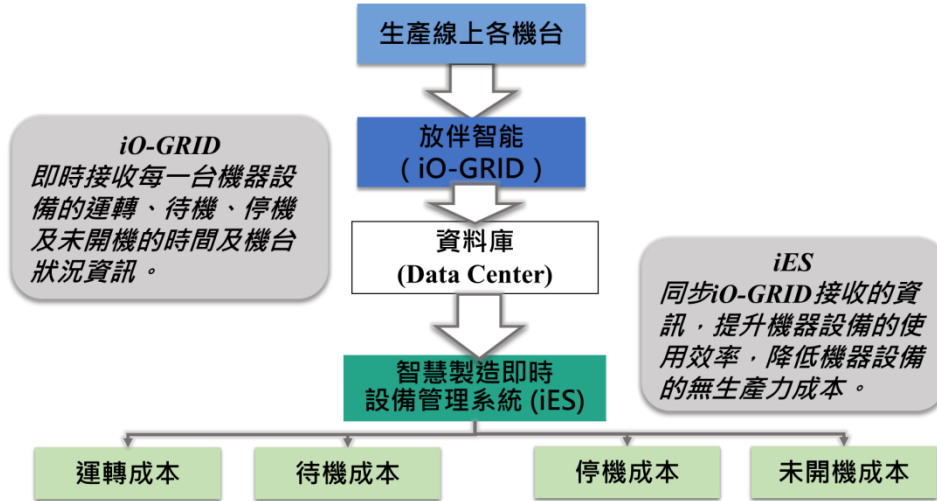


圖 5 iES 之架構圖

從圖 5 得知，運用町洋企業 iO-GRID 搜集工廠端各項機器設備的時間資訊，再透過 iES，可以計算出生產線上各機台之運轉、待機、停機及未開機之成本，且呈現於戰情室，可以即時了解工廠端每一台機器設備的生產情況，以提升機器設備的使用效率，降低機器設備的無生產力之成本。

(三)iES 之戰情室

iES 將工廠提供之資訊即時同步、透明且完整地呈現於戰情室，如圖 6 所示。

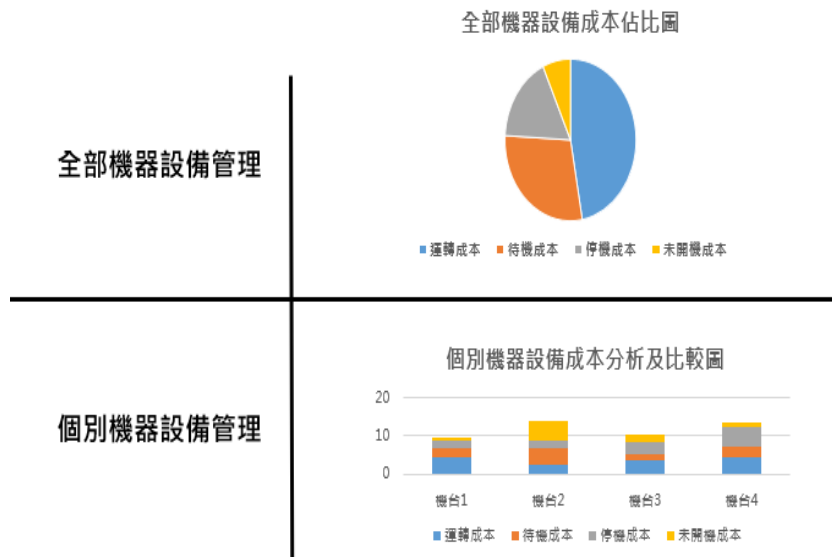


圖 6 iES 之戰情室圖

從圖 6 可知，iES 之戰情室可以呈現工廠端全部及個別機器設備的運轉、待機、停機及未開機成本，提供管理者即時的機器管理資訊，作為管理者從事各種機台管理決策之參考依據。

(四)iES 之管理日報表

iES 可以產生管理日報表，提供工廠管理者簡單明瞭的資訊，進而提高管理者之決策精準度，如表 1 所示。

表 1 全部機器設備分析報表本

日期	機台名稱	生產數量	運轉		待機		停機		未開機	
			時間	成本	時間	成本	時間	成本	時間	成本

表 1 之管理日報表可以提供個別機台之名稱、當日生產數量及機台各項之時間與成本資訊，包括：運轉、待機、停機及未開機，讓管理者可以得知機台生產數量是否達到預期目標？並且更深入觀察機台所消耗之時間及成本是否異常等資訊，作為未來從事各種機台調整及改善之參考依據。

二、智慧製造即時設備管理決策系統 (iEDS)

為了協助管理者能更快速且有效地從事機台的各種管理決策，筆者根據 iES 所產生的資訊，研發出 BI 系統：iEDS，如圖 7 所示。

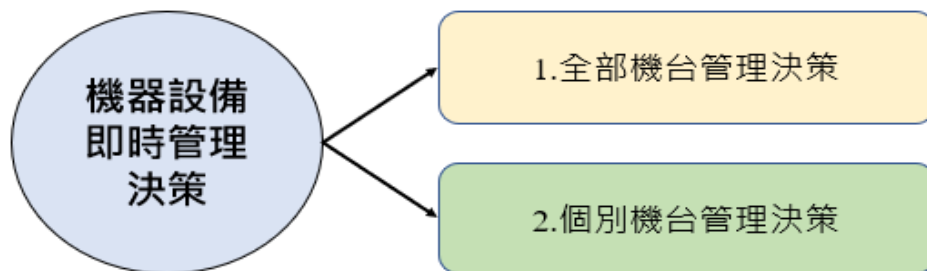


圖 7 iEDS 應用之相關管理決策圖

從圖 7 得知，iEDS 包含 2 個管理決策，分別為全部機台管理決策及個別機台管理決策，各項管理決策中又有不同的短期管理報表與管理圖（圓餅圖與長條圖），以及中長期之趨勢比較圖，俾協助工廠端管理者從事機台的管理決策，提升機台的使用效率，降低機台的生產成本，進而提升工廠的整體效率。

三、智慧製造即時製造成本管理系統 (iCS)

(一) iCS 之核心與特色

iCS 係以 AVM 之精神為核心，了解每一張工單的作業情況，即時提供每一張工單的實際成本：包括材料、機台、直接及間接人工費用等，且可計算出每一張工單之內部失敗作業成本及無生產力作業成本，以及其發生之原因別，協助工廠端管理者從事工廠成本的管理決策，提升機台及直接人工的使用效率，降低生產成本，進而提升工廠的整體生產力。

iCS 的特色共有三項，茲分別說明如下：

1. 硬體、軟體及 AVM 整合：運用町洋企業所研發之 iO-GRID，採集各工單的機台及人員工時等資訊，包含作業時間、產能及機台故障之時間及原因等。
2. 即時管理：即時計算出每一張工單的材料、機台、直接人工及間接人工等投入的成本，協助工廠管理者能夠即時的從事各種不同的管理決策。
3. 提升工廠的整體生產力：提供十種管理決策之資訊，協助工廠管理者即時的從事各種不同的管理決策，進而提升工廠的整體生產力。

(二) iCS 之架構

「工單」是工廠安排生產製造非常重要的單位元素，通常由多項作業所組成，每一項作業都環環相扣，其失敗成本或無生產力成本往往無法釐清與計算，iCS 系統主要以「工單」角度去剖析每一項作業之資訊，從各項作業之「原因資訊」到「結果資訊」來歸屬各項成本及其貢獻，讓管理者清楚了解每一張工單的「整合資訊」，從中找出失敗成本或無生產力成本發生的原因，以確保每一張工單之作業皆可在一定的規範下如期完成。iCS 系統之架構如圖 8 所示。

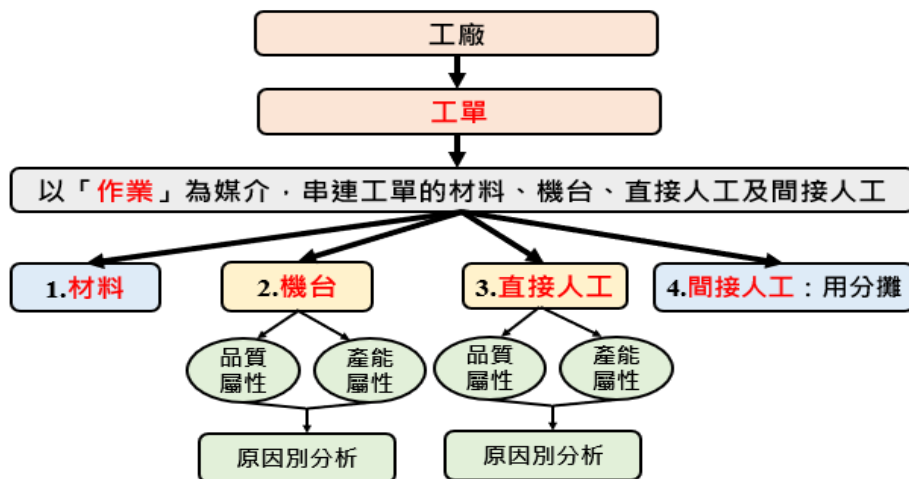


圖 8 iCS 之架構圖

吾人從圖 8 得知，iCS 以「作業」為媒介，串連工單的材料、機台、直接人工及間接人工。透過 iO-GRID 收集各工單的機台及直接人員之工時等資訊，再搭配「品質」及「產能」屬性，可以計算出品質（包括：預防、鑑定、內部失敗及外部失敗）及產能（有生產力、間接生產力、無生產力及閒置）的各項成本，且追蹤其發生的原因別，又由「工單」即可了解「產品」之相關內容，協助工廠端管理者從事「工單」及「產品」的管理決策，進而達到「數位轉型」之目的。

(三) iCS 之戰情室

iCS 之戰情室分為六個面向，即時呈現各種不同的資訊，從細微的「作業管理」細項到整體「工廠管理」，包括：第一面向的「作業管理」、第二面向的「品質管理」、第三面向的「產能管理」、第四面向的「工單管理」、第五面向的「產品管理」及第六面向的「工廠管理」，如圖 9 所示。

從圖 9 可知，每一張工單都可以從最底層的「作業管理」到最高層的「工廠管理」即時顯現相關資訊出來，讓管理者清楚地了解每一張工單背後所包含之詳細資訊。「作業管理」主要呈現彙總目前所有的生產工單中，各項作業的成本且進行排名；「品質管理」主要呈現目前全部工單的品質屬性之成本佔比，以及內部失敗作業成本最高的前 5 張工單及其發生的原因別；「產能管理」主要呈現目前全部工單的產能屬性之成本佔比，以及無生產力作業成本最高的前 5 張工單及其發生的原因別；「工單管理」主要呈現目前工單成本最高的前 10 名；「產品管理」主要呈現工單組成之產品成本最高的前 5 名，以及目前完成的數量與每單位成本；「工廠管理」主要呈現目前工廠的生產成本、內部失敗成本及無生產力成本。

(四) iCS 之管理日報表

iCS 可以產生六大管理日報表，如表 2 至表 7 所示。

1. 作業管理日報表

作業管理日報表可以提供之資訊，包括：作業執行者、作業名稱及作業成本等資訊，如表 2 所示。

表 2 作業管理日報表

日期	作業執行者 (機台或人工)	作業名稱	作業成本	
			金額	佔比

6. 工廠管理



5. 產品管理



4. 工單管理



3. 產能管理



2. 品質管理



1. 作業管理



圖 9 iCS 之戰情室圖

從表 4 得知，產能管理日報表是以「產能屬性」為基礎，先區分該作業執行者為機台或直接人工，並了解產能屬性之各項成本，以及無生產力作業成本及閒置產能作業成本發生的原因別，讓管理者釐清每一張工單之作業執行者的產能狀況，以利安排機台檢查或人員調度所需成本，並找出無生產力或閒置產能之原因別，是否為正常調度輪休造成？或者是其他潛在原因？以增進產能利用率及預防產能成本損失。

4. 工單管理日報表

工單管理日報表依照各項工單成本，包括；材料、機台、直接人工及間接人工等成本資訊，再根據各項工單成本顯示其金額、佔比，最後列出工單總成本及每單位工單成本，如表 5 所示。

表 5 工單管理日報表

日期	工單號碼	數量	材料成本		機台成本		直接人工成本		間接人工成本		總成本	單位成本
			金額	佔比	金額	佔比	金額	佔比	金額	佔比		

從表 5 得知，工單管理日報表是依照各項工單成本列出其金額與佔比，最後列出全部工單總成本及單位成本，讓管理者縱觀該工廠每一張工單各項成本及其比例，作為管理者從事工單管理決策之參考依據。

5. 產品管理日報表

產品管理日報表顯示當日產品相關資訊，包括：產品名稱、產品數量、總成本及每單位成本，如表 6 所示。

表 6 產品管理日報表

日期	產品名稱	產品數量	產品總成本	產品單位成本

從表 6 得知，產品管理日報表顯示當日產品之相關資訊，讓管理者檢視每一項產品當日是否有達到標準？該產品所生產量是否能在交貨期限內完成？以及產品之總成本及單位成本之情況，作為管理者從事產品管理決策之參考依據，使公司達到利潤最大化。

6. 工廠管理日報表

工廠管理日報表顯示當天工廠之生產總成本、內部失敗作業成本及無生產力作業成本之情況，如表 7 所示。

表 7 工廠管理日報表

日期	工廠總成本		內部失敗作業成本		無生產力作業成本	
	金額	佔比	金額	佔比	金額	佔比

從表 7 得知，工廠管理日報表可以得知每天工廠生產的總成本，以及內部失敗作業成本及無生產力作業成本等資訊，管理者可以一目了然地知道每天工廠的營運情況，做出工廠精準的管理決策。

四、智慧製造即時製造成本管理決策系統 (iCDS)

智慧製造之製造成本管理決策系統(iCDS)主要有 10 項管理決策，如圖 10 所示。

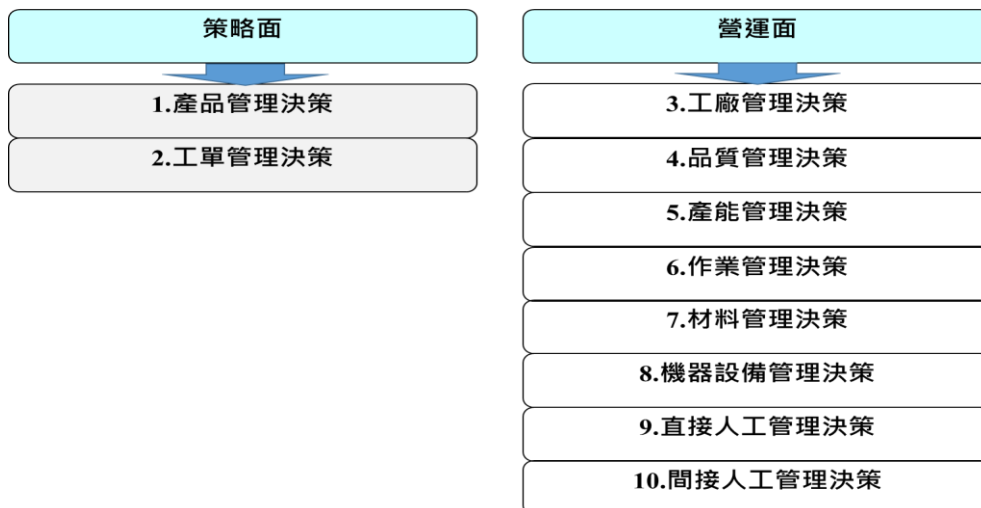


圖 10 iCDS 相關之管理決策圖

由圖 10 可知，iCDS 的管理決策包括策略面之(1)產品管理決策及(2)工單管理決策；以及營運面之(3)工廠管理決策、(4)品質管理決策、(5)產能管理決策、(6)作業管理決策、(7)機器設備管理決策、(8)直接人工管理決策、(9)材料管理決策及(10)間接人工管理決策，每一項管理決策中又有不同的短期管理報表與管理圖（圓餅圖與長條圖），以及中長期之趨勢比較圖，協助工廠端管理者從事各項不同的管理決策，提升公司的長期經營績效。

有關 iCDS 可以提升整體工廠管理決策之即時性及精準度，茲說明如下：

1. 工廠管理決策：協助工廠管理者掌握每天工廠發生的成本，以及每天工廠的「內部失敗作業成本及無生產力產能作業成本」，提高工廠之經營效率及績效。
2. 產品管理決策：協助工廠管理者知道產品的成本，以及每一項產品的「內部失敗作業成本及無生產力作業成本」，降低產品成本，增加市場競爭力。
3. 工單管理決策：協助工廠管理者知道每一張工單的「內部失敗成本及無生產力成本」，以及其發生的原因，進而降低工單成本。
4. 品質管理決策：協助工廠管理者從事各種不同的「品質管理決策」，降低不良之品質成本。
5. 產能管理決策：協助工廠管理者從事各種不同的「產能管理決策」，增進產能利用率。
6. 作業管理決策：協助工廠管理者從事各種不同的「作業管理決策」，減少作業成本之浪費。
7. 材料管理決策：協助工廠管理者從事各種不同的「材料管理決策」，降低材料成本之浪費。
8. 機器設備管理決策：協助工廠管理降低機器設備的「無生產力時間及成本」，進而提升機器設備的整體效率。
9. 直接人員管理決策：協助工廠管理者降低直接人員的「無生產力時間及成本」，進而提升直接人員的產能利用率。
10. 間接人員管理決策：協助工廠管理者降低間接人員的「無生產力時間及成本」，進而提升間接人員的產能利用率。

陸、智慧製造 AVM 體系之運用：以 A 個案公司為釋例

上述已清楚地說明四項智慧製造 AVM 產品的理論及架構內容，茲以 A 個案公司為釋例，說明 A 個案公司如何運用智慧製造 AVM 體系來從事各種不同的管理決策，進而提升公司的長期經營績效。

一、「智慧製造即時設備管理系統 (iES)」及「智慧製造設備管理決策系統 (iEDS)」

iES 及 iEDS 旨在解決智慧製造設備的管理問題，iES 的戰情室可以即時地讓工廠管理者清楚知道工廠內每一台機器設備的運用情況，而 iEDS 可以讓工廠管理者明確掌握工廠內每一台機器設備的長期及短期的運用情況。茲以 A 個案公司的「全部機台之成本分析表」為釋例，說明 A 個案公司如何運用「全部機台之成本分析表」來從事機台的管理決策，如表 8 所示。

表 8 機台管理：全部機台之成本分析表

日期	機台名稱	生產數量	運轉		待機		停機		未開機		總成本	機台每單位生產成本
			時間 (分鐘)	成本	時間 (分鐘)	成本	時間 (分鐘)	成本	時間 (分鐘)	成本		
2022/05/27	沖壓	2,000	1,220	4050.4	70	232.4	100	332	50	166	4780.8	2.39
2022/05/27	車床	3,000	1,260	4989.6	50	198	100	396	30	118.8	5702.4	1.90
2022/05/27	組裝1	2,260	955	2024.6	55	116.6	395	837.4	35	74.2	3052.8	1.35
2022/05/27	組裝2	3,200	1,280	2713.6	50	106	80	169.6	30	63.6	3052.8	0.95
2022/05/27	組裝3	3,080	1,210	2565.2	60	127.2	130	275.6	40	84.8	3052.8	0.99

從表 8 得知，組裝機台 1 因異常停機時間大約為 395 分鐘，因而產生 837.4 元的停機成本，造成每單位生產成本提升至 1.35 元，透過長條圖顯示組裝機台 1 與其他機台的差異情況，如圖 11 所示。

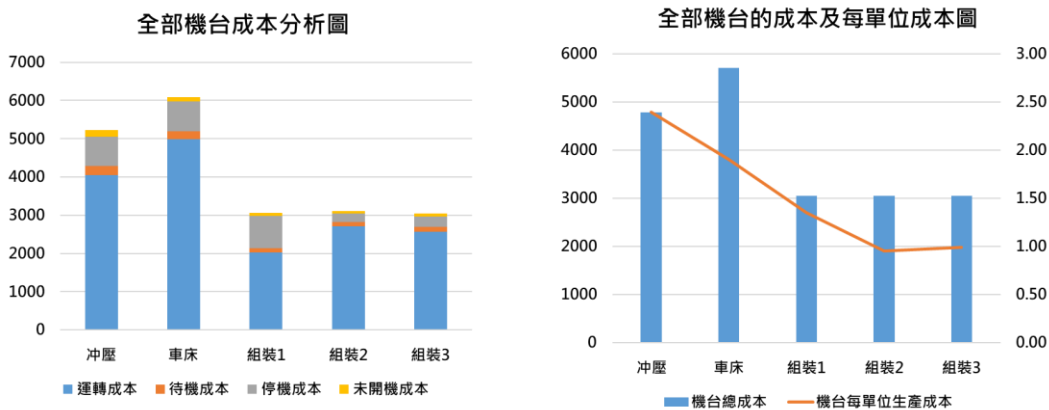


圖 11 全部機台成本分析圖

從圖 11 得知，組裝機台 1 之停機時間及每單位生產成本明顯高於組裝機台 2 及 3，進一步透過長期趨勢比較，如圖 12 所示。

組裝機台1的趨勢比較圖

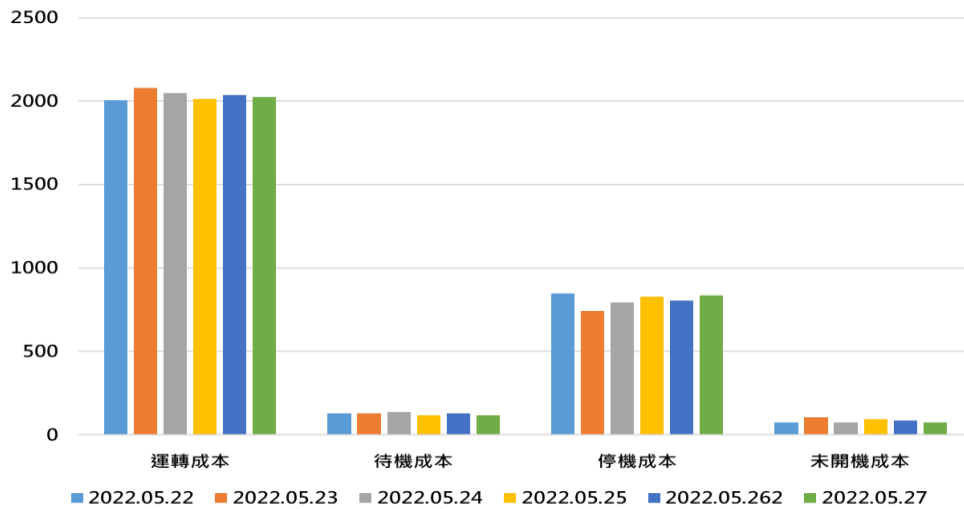


圖 12 組裝機台 1 的趨勢比較圖

從圖 12 得知，組裝機台 1 於 2022 年 5 月 22 日至 27 日的成本資訊，顯示停機的成本都非常高，由此可知並非某單日的管理問題，進一步追蹤組裝機台 1 之停機成本高的原因，發現組裝機台 1 因為機台較老舊，故易造成異常停機時間太長，因此工廠管理者必須快速決定採取購買或租用新機器等措施來進行改善，以降低機台異常停機成本，進而降低機台之無生產力成本。

二、「智慧製造即時製造成本管理系統 (iCS)」及「智慧製造之製造成本管理決策系統 (iCDS)」

iCS 及 iCDS 主要以「工單」為核心，可以計算出每一張工單的材料、機台、直接人工及間接人工的成本，以及品質成本及產能成本，俾解決智慧製造之製造成本、品質成本及產能成本等管理問題。iCS 的戰情室可以讓工廠管理者即時知道工廠內每一張工單之生產情況，而 iCDS 共有 10 項管理決策，可以讓工廠管理者清楚地知道工廠內每一台機器、每一張工單及每一項產品的長期及短期的成本情況，以 A 個案公司的「全部產品成本分析表」為釋例，說明 A 個案公司如何運用該表格之資訊來從事產品的管理決策，如表 9 所示。

表 9 產品管理：全部產品成本分析表

日期	產品名稱	產品數量	產品總成本	產品每單位成本
2022/5/27	A 產品	2,800	6720.4	2.40
2022/5/27	B 產品	2,000	5302.8	2.65
2022/5/27	C 產品	2,150	5852.2	2.72
2022/5/27	D 產品	2,300	6325.9	2.75
2022/5/27	E 產品	1,680	5262.5	3.13
2022/5/27	F 產品	1,850	4642.6	2.51

表 9 產品管理：全部產品成本分析表（續）

日期	產品名稱	完成數量	材料成本		機台成本		直接人工成本		間接人工成本		產品總成本	產品每單位成本
			金額	佔比	金額	佔比	金額	佔比	金額	佔比		
2022/5/27	E產品	1,680	840	15.96%	1512	28.73%	2688	51.08%	222.5	4.23%	5262.5	3.13

從表 9 得知，E 產品每單位成本高達 3.13 元，進一步追蹤 E 產品的成本結構，發現直接人工成本高達 51.08%，佔比非常高，再透過 E 產品之成本圓餅圖及長條圖顯示，即可一目了然地看出「直接人工」的佔比非常高，如圖 13 所示。

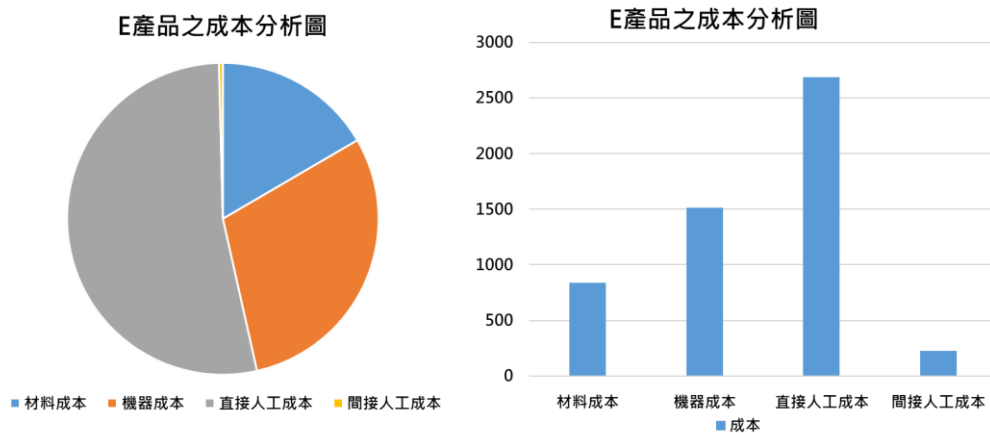


圖 13 E 產品之成本圓餅及長條圖

為了進一步了解產品 E 的長期成本分析，吾人再透過 E 產品的長期趨勢比較，如圖 14 所示。

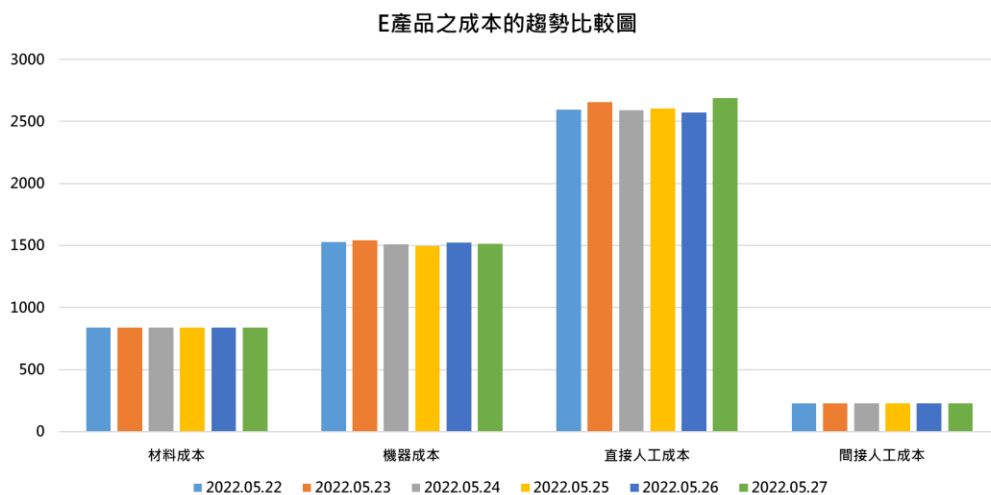


圖 14 E 產品之成本趨勢比較圖

從圖 14 可知，「直接人工」近 6 日的成本佔比都非常高，進一步追蹤其發生原因，發現因為某一位員工因為不熟悉作業流程，因而造成成本過高，於是工廠管理者對該位員工給予「教育訓練」措施進行改善，以降低直接人工成本。

吾人再以 A 個案公司為例，探討 A 個案公如何運用品質屬性成本分析來從事品質相關的管理決策，如表 10 所示。

表 10 品質管理：品質屬性成本分析表

日期		預防作業成本		鑑定作業成本		內部失敗作業成本		外部失敗作業成本		品質總成本	
		金額	佔比	金額	佔比	金額	佔比	金額	佔比	金額	佔比
2022/5/27	機台	1640	14.22%	6812	59.05%	2756	23.89%	328	2.84%	11536	100.00%
2022/5/27	直接人工	486	21.11%	1362	59.17%	376	16.33%	78	3.39%	2302	100.00%
2022/5/27	總成本	2126	15.36%	8174	59.07%	3132	22.63%	406	2.93%	13838	100.00%

從表 10 得知，機台的「內部失敗成本」之金額為 2,756 元，進一步透過內部失敗作業成本分析表進行追蹤，如表 11 所示。

表 11 品質管理：內部失敗作業成本分析表

日期	作業執行者	作業名稱	內部失敗作業成本	
			金額	佔比
2022/5/27	沖壓機台	沖壓作業	285	10.34%
2022/5/27	車床機台	車床作業	324	11.76%
2022/5/27	組裝機台1	組裝作業	1832	66.47%
2022/5/27	組裝機台2	組裝作業	197	7.15%
2022/5/27	組裝機台3	組裝作業	118	4.28%

從表 11 得知，機台的「內部失敗成本」包括 5 台機台之相關內容，其中「組裝機台 1」之內部失敗成本為 1,832 元，佔比約 66.47%，進一步透過內部失敗作業成本佔比及其發生之原因別分析，如圖 15 所示。

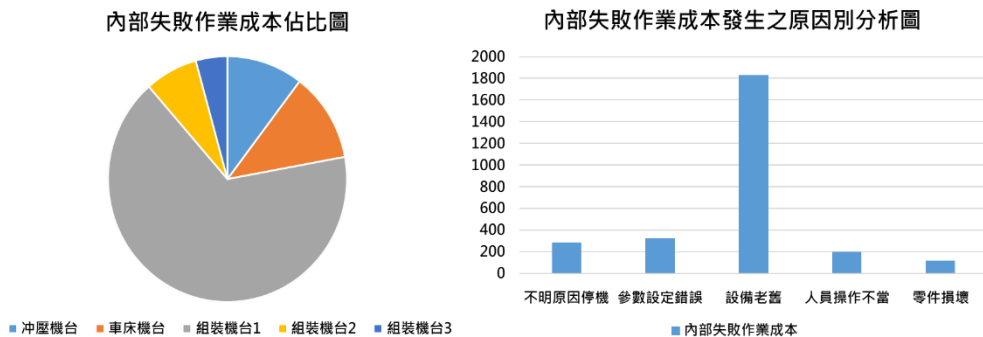


圖 15 內部失敗作業成本佔比及其發生之原因別分析圖

從圖 15 可知，追蹤組裝機台 1 內部失敗成本過高的原因，發現問題出在設備太過老舊，造成「內部失敗成本」過高，因此透過採取購買或租用新機器等措施進行改善，以降低組裝機台 1 的「內部失敗成本」。

吾人再以 A 個案公司為例，探討 A 個案公如何運用產能屬性成本分析來從事產能相關的產能管理決策，如表 12 所示。

表 12 產能管理：產能屬性成本分析表

日期		有生產力作業成本		間接生產力作業成本		無生產力作業成本		閒置產能作業成本		產能總成本	
		金額	佔比	金額	佔比	金額	佔比	金額	佔比	金額	佔比
2022/5/27	機台	6963	79.85%	1386	15.89%	371	4.25%	0	0.00%	8720	100.00%
2022/5/27	直接人工	5780	62.23%	2156	23.21%	1352	14.56%	0	0.00%	9288	100.00%
2022/5/27	總成本	12743	70.76%	3542	19.67%	1723	9.57%	0	0.00%	18008	100.00%

從表 12 可知，直接人工的「無生產力作業成本」的金額，大約為 1,352 元，進一步透過「無生產力作業成本及其原因別分析表」追蹤，如表 13 所示。

表 13 產能管理：無生產力作業成本及其原因別分析表

日期	作業執行者	作業名稱	無生產力作業成本	
			金額	佔比
2022/5/27	員工 1	跟機生產	128	9.47%
2022/5/27	員工 2	組裝成品	930	68.79%
2022/5/27	員工 3	設備評估	98	7.25%
2022/5/27	員工 4	試機	196	20.59%

從表 13 可知，直接人工包括 4 位員工，其中員工 2 的「組裝成品」的無生產力作業成本為 930 元，佔比約 68.79%，再進一步透過無生產力作業成本佔比及追蹤其發生的原因別，如圖 16 所示。

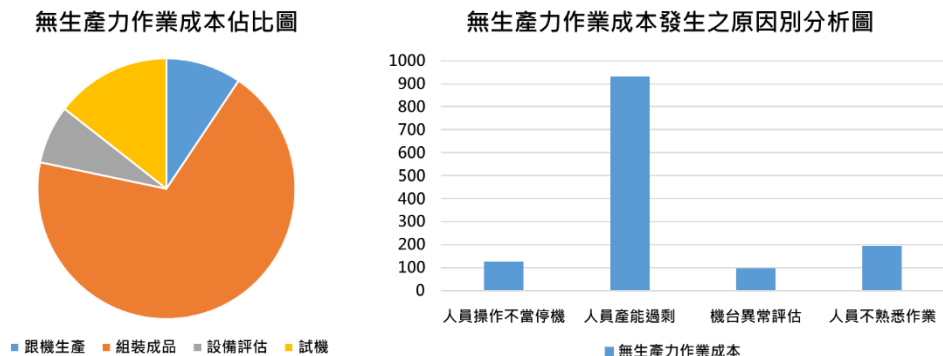


圖 16 無生產力作業成本佔比及其發生之原因別分析圖

從圖 16 可知，受到疫情影響，造成直接人工在「組裝成品」作業的產能過剩，因而導致「無生產力作業成本」過高，工廠管理者為了解決此問題，採取強化銷售人員之銷售動能，俾解決「直接人工產能過剩」之現象。

柒、結論

智慧工廠引進最新的機器設備，安排完整的員工教育訓練，營收會不斷增加，但有時為何利潤卻不增反減呢？追根究底，問題就出在「精準管理」。「精準管理」議題往往是不少產業常忽視的課題，尤其是製造業。一般而言，工業 4.0 通常只聚焦在「硬體」與「軟體」，極少關注在「管理」議題，因而導致投入大量資源進行工廠升級及轉型，利潤反而沒有增加，其癥結點即在於沒有將「硬體」、「軟體」及「管理制度」相互結合一體，無法發揮智慧製造的管理最大綜效。

智慧製造在硬體上日新月異，反觀管理制度只能望塵莫及，為了解決此問題，筆者與町洋企業進行產學合作，研發出「智慧製造 AVM 體系」，引領企業數位轉型，如圖 17 所示。

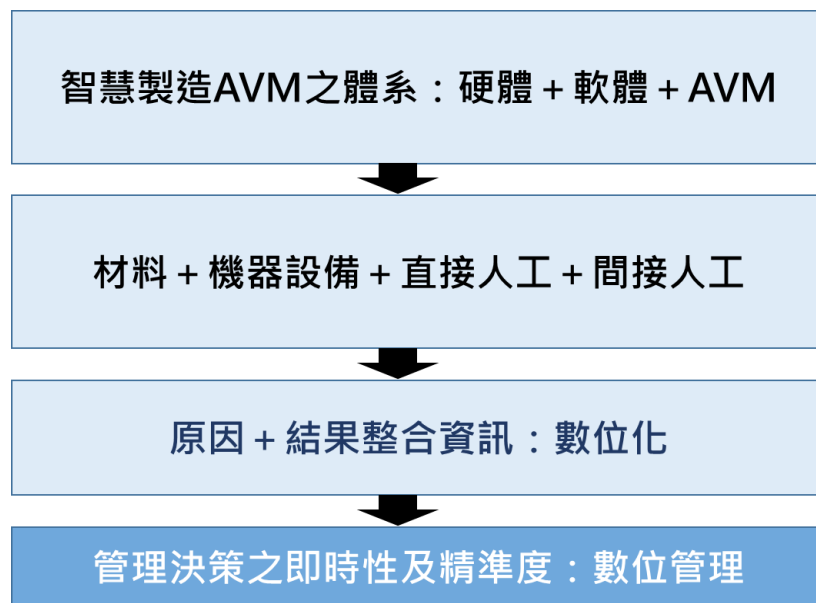


圖 17 智慧製造 AVM 引領數位轉型圖

從圖 17 得知，「智慧製造 AVM 體系」結合了硬體+軟體+AVM，從事材料、機器設備、直接人工及間接人工等時間及成本之管理，且可以即時呈現「原因」與「結果」資訊於戰情室之中，並透過管理決策系統產生的短期及長期之動態資訊，協助企業進行數位轉型，同時作為未來智慧製造之 AI 預測之用，如圖 18 所示。

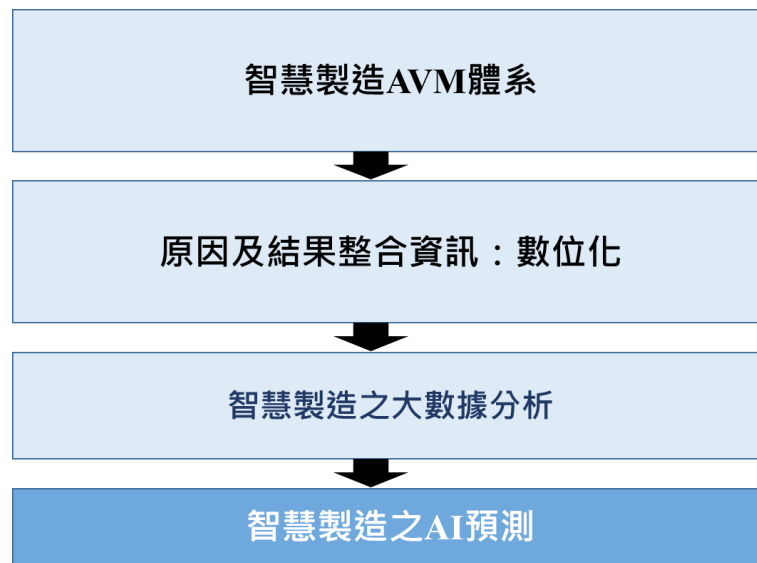


圖 18 智慧製造 AVM 引領數位轉型之 AI 預測圖

由圖 18 所知，「智慧製造 AVM 體系」可以產生「原因」與「結果」的整合資訊，且成為智慧製造從事大數據分析之土壤，進而從事智慧製造之 AI 預測，為中小型製造工廠之數位轉型及數位管理注入新生命及新未來。

參考文獻

- 吳安妮，2019，進入全自動化及 AI 預測之作業價值管理 (AVM)，人文與社會科學簡訊，第 20 卷 3 期：第 89-92 頁。
- Çınar, Z. M., A. A. Nuhu, Q. Zeeshan, O. Korhan, M. Asmael, and B. Safaei. 2020. Machine learning in predictive maintenance towards sustainable smart manufacturing in industry 4.0. *Sustainability* 12 (19): 1-42.
- Dalenogare, L. S., G. B. Benitez, N. F. Ayala, and A. G. Frank. 2018. The expected contribution of industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics* 204: 383-394.
- De Felice, F., A. Petrillo, and F. Zomparelli. 2018. Prospective design of smart manufacturing: An Italian pilot case study. *Manufacturing Letters* 15: 81-85.
- Frank, A. G., G. H. S. Mendes, N. F. Ayala, and A. Ghezzi. 2019. Servitization and industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. *Technological Forecasting & Social Change* 141: 341-351.
- Gao, G., D. Zhou, H. Tang, and X. Hu. 2021. An intelligent health diagnosis and maintenance decision-making approach in smart manufacturing. *Reliability Engineering & System Safety* 216: 1-14.
- Muttaqin, K., and J. Rahmadoni. 2020. Analysis and design of file security system AES (advanced encryption standard) cryptography based. *Journal of Applied Engineering and Technological Science* 1 (2): 113-123.
- Kravchenko, A. 2019. Workforce training and management challenges in the contemporary smart manufacturing. *Intellectual Archive* 8 (2): 59-65.
- Ong, S. P., S. Cholia, A. Jain, M. Brafman, D. Gunter, G. Ceder, and K. A. Persson. 2015. The materials application programming interface (API): A simple, flexible and efficient API for materials data based on representational state transfer (REST) principles. *Computational Materials Science* 97 (1): 209-215.
- Sim, H. S. 2019. Big data analysis methodology for smart manufacturing systems. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing* 20: 973-982.

