

## RFID 技術導入機台製造流程之研究<sup>1</sup>

黃敬仁<sup>\*</sup> 廖麗滿 廖麗芬 江振恭

國立勤益科技大學工業工程與管理系

### 摘要

企業應用 RFID 技術以提升生產效率，期望能監督與掌控更精確的品質、交期與成本，為企業建立更多的競爭利基。本研究目的是藉由導入 RFID 技術至機台，掌控整體之製造流程，進而改善作業之效能，提升生產力。本研究運用企業流程模型化與分析 (BPMA) 方法，並以 IDEF0 為工具，分析生產作業流程，進一步予以合理化，藉由進行作業流程之工時分析，了解個案公司導入 RFID 系統後，對整體效能具有顯著地提升。研究結果顯示，RFID 技術的導入，可縮短工作時數、提高產品品質及服務效能，增加企業的營運綜效與競爭能力。

關鍵詞：RFID、IDEF0、企業流程模型化與分析、機台製造流程

---

## A Study on the Application of the RFID Technology to the Manufacturing Flow of Machines

Ching-Jen Huang Li-Man Liao Li-Fen Liao Chen-Kung Chiang

Department of Industrial Engineering and Management, National Chin-Yi University of Technology

### Abstract

Enterprises apply the RFID technology to move up production efficiency and desire to monitor and control the quality, due date and cost of manufacturing process more accurately. This will make more niches for enterprises. The purpose of this research is to improve production performance and promote productivity by introducing RFID technology to the manufacturing flow of machine for the case company. In this research, BPMA methodology and IDEF0 tools are applied to analyze the production processes and the processes are further rationalized. By the working hour analysis of production process, we realized that the performance of case company is moved up significantly after the RFID technology was in-

<sup>1</sup> 本研究感謝個案公司實務運作資料之提供，以及賴明宏、巫智傑、何坤昇在系統建置上的幫助。

<sup>\*</sup> 通訊作者

電子郵件：cjhuang@cjhuang.idv.tw



troduced. The results show that the working hours are reduced, the production quality and service performance are promoted, and the operating synergy and competence are increased by applying the RFID technology to the case company.

*Key Words: RFID, IDEF0, BPMA, Manufacturing flow of machine*

## 1. 緒論

無線射頻辨識 (Radio Frequency Identification, RFID) 技術在製造業與物流業的領域中，已經成為一個重要的技術，許多組織應用 RFID 系統的目的，在於提高供應鏈流程的效率 (Ngai et al., 2008; Poon et al., 2009)。RFID 技術幫助企業解決供應鏈管理、安全、身份識別，以及資產追蹤等問題 (Liu and Miao, 2006)。隨著科技的發展，企業間的流程不再是各自獨立的，而是相互關連結合的供應鏈關係。許多企業正積極地推動產業整合，藉著整合的過程，品質系統的實施、制度的標準化與企業資訊的共享，大幅降低成本、縮短產品的生命週期與快速回應客戶的需求。生產或製造領域中，RFID 的應用已取代了傳統的條碼系統 (Tan et al., 2008)，面對著日新月異的環境、消費型態的改變，能有效地調整企業組織及整合企業資源，使其能充分且有效的應用，為企業強化競爭力與擴大生存空間。

RFID 技術應用的層面日益廣泛，國內外愈來愈多的公民營企業開始投入此科技的應用，本研究將藉由 RFID 技術的應用，提升生產線的效益，讓企業對於 RFID 的應用有更深入一層的了解，並且及早投入相關系統的應用與開發。許多企業選擇 RFID 系統蒐集資料，使產品在生產過程中的缺陷立即妥善處理，如錯誤材料或假冒商品之處理。在 RFID 產業的帶動下，生產線必能呈現出不同的嶄新面貌 (Liu et al., 2008)。

企業都想以最低的成本完成最高效率或高品質的作業，達成顧客多變的需求，故企業必須透過不同的技術或方法，來管理生產與供應鏈之運作，其中包括物料採購、生產調度、倉儲管理和產品銷售 (de Kok et al., 2008)。Rekik et al. (2008) 了解到傳統產業整體運作流程，並且發現運作過程中存在許多改善的空間，如原物料採購、入庫檢驗、領料至生產線製程、產品完成出貨等，可能有零件入出庫之檢核、品目及數量之登錄作業的疏失，造成後續處理不必要的成本支出。作業流程管理上，可節省工作聯絡上的時間損耗，及時確認庫存的數量，防止生產作業的不必要的停滯，RFID 技術提供裝配線生產過程中，組裝物件可以貼附標籤，以確定其身份，提升整體的作業流程效率 (Wang et al., 2007)。

探討 RFID 技術結合資訊管理系統為本研究之主要目的，應用於生產線組裝之管





理，改善個案公司機台製造流程之效率，降低工時與減少錯誤發生率，使得該個案公司降低生產成本，增加企業競爭力。本研究首先應用企業流程模型化與分析（Business Process Modeling and Analysis, BPMA）方法（Khan and Little, 2003），分析現有（As-Is）的企業流程狀態，然後提出 RFID 導入後之改進流程（To-Be process），並利用 IDEF0（NIS&T, 1993）呈現流程分析結果，最後進行模擬導入後之作業工時與成本分析，比較 RFID 技術導入前與導入後的作業流程效率與效益。

本研究其餘章節安排如下，第 2 節為文獻探討，說明 RFID 系統之技術原理與運用範圍；第 3 節為導入 RFID 技術之流程分析，描述研究個案營運項目，並說明研究個案之廠內製造現場管理流程，以及組裝現場動線分析；第 4 節為 RFID 系統建置與成效分析，主要在說明使用之 RFID 系統廠房空間之規劃、讀取器設置位置與編碼；第 5 節為系統導入機台製造流程改善成效與效益分析，說明利用 BPMA 圖形表示各作業流程，再利用 IDEF0 繪製細部流程圖，進行後續分析及改善，以及導入後成效分析；第 6 節則為結論。

## 2. 文獻探討

### 2.1 RFID 原理與技術應用範圍

大多數的 RFID 是由三個主要元件所組成，第一個元件是固定於物品上的標籤（Tag），在供應鏈中能被 RFID 系統追蹤和辨識；第二個元件是讀取器（RFID Reader），其功能是啟動及辨識標籤，從中讀取和寫入資料，並且與應用程式溝通；第三個元件則是天線，在標籤與讀取器之間發送和接收無線電波和信號（Piramuthu, 2007）。一般 RFID 標籤都是設置在移動物體或是在精密的記憶體上，在讀取/寫入儀器的附近，藉由非接觸的方式從記憶體讀出資料，或是把資料寫入記憶體內，以非接觸的方式進行資料的讀寫，也有使用光的系統，但從系統處理速度的考量下，以電磁波作為傳送媒體的 RFID 系統，成為使用最廣泛的方式。現今 RFID 系統明顯優於條碼系統，故許多企業的生產線選擇使用 RFID 系統收集資料（Liu et al., 2008）。在產業和製造業供應鏈的流程中，RFID 系統越來越多被用來識別和追蹤物體與產品（Birari and Iyer, 2005）。

RFID 技術具有幾項的特點：不需接觸、可靠度、便利性、大容量、穿透性、追蹤性，故使用 RFID 系統的優點，包括減少勞動力的成本、簡化企業流程和減少庫存不準確等（Rekik et al., 2008）。資料收集應用系統從讀取器中接收訊號，然後將訊號輸入至資料庫中，讓企業可以利用不同型式存取資料。舉例來說，建置在倉儲存貨的 RFID 系統，用來追蹤目前庫存量，若領料至現場組裝過程中，只要在廠內的搬運動





線裝置讀取器，讀取器就會在其讀取範圍，讀取物品上的 RFID 標籤，然後將這些資料回傳到資料蒐集應用系統中，系統就會記錄物品名稱、規格及數量等。由於在廠內的動線都裝置特定 RFID 讀取器，所以倉儲存貨系統可以快速且準確辨識領走物品的詳細資訊。

RFID 標籤主要可分成以下三種。第一種是被動式標籤，本體內部沒有電池的裝置，所需要的訊號能量，完全是依靠 RFID 讀取器，所發射出的無線電波電磁感應所轉換產生的電流能源，當標籤接收訊息時，會把相關數據資訊回傳給讀取器，由於被動式的標籤構造簡單且體積小，因此具有價格低廉且無需電池設備的優點，是目前全球 RFID 市場上最廣泛使用的標籤。第二種是半被動式標籤，其與被動式標籤較為相似，但是它的本體內增加了一個電池裝置，作為提供驅動標籤 IC 訊號的電力來源，使標籤 IC 可以進行運作，此優點在於天線可以充分回傳訊號時，可以不用執行接收電磁波的任務，比起被動式，半被動式有更快的反應速度，具備更好的使用效率。第三種為主動式標籤，與被動式標籤不同點在於標籤本體內部具備電池能源裝置，提供內部 IC 為了產生對外訊號時所需的能源。主動式標籤的最大優勢就是訊號的傳送範圍較被動式的距離更遠，而且有較大的記憶體容量來儲存讀取器所傳輸的附加訊息 (Carbunar et al., 2009)。

RFID 技術使用的傳送方式可分為以下三種：電磁結合方式、電磁誘導方式、電波方式，所有的傳送方式共通點是：從讀取/寫入儀器即可傳送電力至 RFID 和受到障礙物的影響較小，特別是電磁結合方式與電磁誘導方式，在 RFID 和讀取/寫入儀器之間，除了金屬以外的物品，就算有其他物體阻礙，也不足以影響資料傳輸的精確度，這項技術比條碼式管理方式更為優異 (Song et al., 2006)。RFID 所使用的記憶媒體有三種類型：SRAM、EEPROM、FeRAM，這些記憶媒體都是可讀出/寫入，但也有僅可讀出型態的讀出專用 RFID，以及僅可寫入一次的 RFID，與讀出/寫入型態比較，是為較便宜價格的 RFID 模組。

RFID 的主要功能設定為通信距離、耐環境性等有關於資料傳送的特性，主要是由傳送方式、記憶媒體所決定。依據使用者需求來決定通信距離、耐環境性，所以使用方向和傳送方式存在著一定的相對應關係。RFID 的反應時間不超過 100 毫秒，讀取器幾乎瞬間就可以讀取許多標籤 (Roberts, 2006)。RFID 技術提供了產品能夠迅速檢索其需要訊息的方法，所以相當適合運用在生產線的產品組裝上 (Qiu, 2007)，以及某些特定的即時應用上，例如大眾運輸系統售票、個人身份證、囚犯辨識控管、監督危險物品消耗、車輛辨識管理、賽鴿比賽、汽車生產、護照安全、衣服標籤、圖書館管理等，雖然 RFID 系統可以大幅提高生產力，但也是揭發個人隱私安全的新威脅 (Roberts, 2006)。





## 2.2 流程分析方法與模式化工具

Ultimus 公司與 Thomas A. Little 顧問公司於 2003 年共同提出企業流程模型化與分析 (Business Process Modeling and Analysis, BPMA) 的概念 (Khan and Little, 2003)，強調利用電腦軟體強大的運算能力，可以有效改善企業流程管理 (Business Process Management, BPM)，藉由一系列地流程分析活動，可以提升 50-80% 企業作業效率。BPMA 是一種設計用以針對企業流程進行設計、模型化、改善與文件化的軟體工具與分析活動，它包含了五個階段：

- (1) 設計現況流程：BPMA 的第一步驟是流程圖形化。將必須執行的工作及其順序排列出來，描繪出流程的「現況 (As-Is)」，在此階段，流程設計者必須運用本身對流程的了解予以設計。
- (2) 流程模型化：由最了解流程改善的企業專家來執行。流程模型化必須定義每件工作的執行時間、運用的資源與使用成本、事件發生的可能機率與頻率。此作業涉及到花費時間與成本的假設條件，以及各種事件在流程運作過程中的發生機率，是企業對自己的組織行為的充分了解，作為持續改善的依據。
- (3) 流程分析：利用流程模型化所得到的數據，產生報表與圖表，來評估流程的績效，找出流程瓶頸與改善方法，讓流程更有效率，達到降低成本的目標。
- (4) 流程改善：進行流程之改善，同時要比較改善前 (As-Is) 與改善後 (To-Be) 的流程設計，評估流程改變對組織的影響、資源的利用與效能。
- (5) 流程文件化及新流程導入：在新流程導入時，要完成流程文件的撰寫，描述導入新流程所需要的主要資訊。

Ultimus 依 BPMA 的核心概念，發展出 Business Process Management Suite 整合解決方案 (Ultimus, Inc., 2010)，協助企業完成 BPMA 過程，迄今已有數十家企業應用成功的個案。

BPMA 的流程模型化 (Process Modeling) 對實際或規劃中的程序作抽象的敘述，並以選擇的流程元素來表達模式，有助於了解企業現況流程與進一步分析改善。在本研究中，應用 BPPA 的概念，而採用 IDEF0 為流程模型化的表達工具。

IDEF0 (NIS&T, 1993) 代表「程序模型的整合定義」(Integration Definition for Process Modeling)，用來架構企業與程序模型，了解並改進企業與程序的網路方法，它建構於系統分析與設計的技術上，是由上而下局部細分活動內容，逐步將實體系統分解。IDEF0 可用於各種型號的自動和非自動系統，對於現有的系統，IDEF0 可以用來分析系統的功能，並記錄執行的機制 (手段)。IDEF0 建模中有兩個主要的組成，其一是活動 (方塊)，其二是數據和對象間關係的職務 (箭頭)。

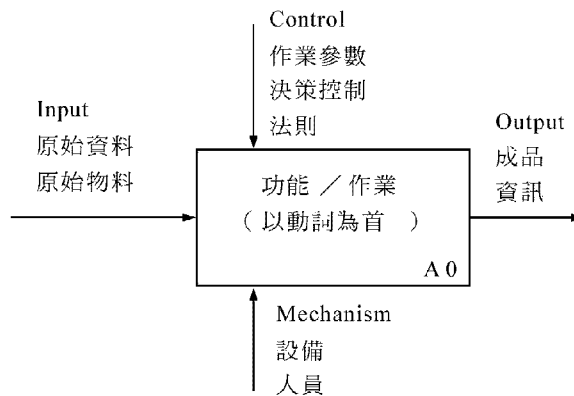
IDEF0 中的方塊代表一個活動，可說是要完成的任務，它是以動詞加上名詞來表示。在 IDEF0 的結構圖中，包括四項主要成分，即 Input (輸入)、Control (控制)、





Output（輸出）、Mechanism（機能），簡稱為 ICOM。圖 1 為 IDEF0 結構表示圖的示意圖，功能說明如下：

- (1) Input：表示功能活動中所改變或消耗的資源，如原物料。
- (2) Control：表示功能活動中被規範限制的部分，如檢驗標準、客戶特殊需求等。
- (3) Output：表示功能活動中最後的產出，如機台半成品，機台成品等。
- (4) Mechanism：在功能活動過程中協助產出，但不會被消耗掉的部份。



▲ 圖 1 IDEF0 結構示意圖

IDEF0 結構表示包括三個部份：

- (1)上下連接圖：如 IDEF0 結構示意圖所示，用以定義功能及模型概觀。
- (2)分解圖（Decomposition Diagrams）：顯示上層圖表的明細及相鄰活動之關係，是流程細部的展開。
- (3)節點樹狀（Node Tree Diagram）：表達出每一功能中每一層次的節點，每一條線表示分解的關係。

用 IDEF0 作為一個功能建模語言表示軟體，有以下的特點：

- (1)透過圖表顯示出各種商業、製造業和其他類型企業活動的詳細內容。
- (2)具有連貫性，表達方式簡單而嚴謹的語言，能建立一致性的使用和解釋。
- (3)以層次性的表達方式，具有層次的解說細節，可作為系統分析人員、程式開發人員和使用者之間的溝通工具。
- (4)以多樣化的繪圖工具，發展商業產品開發和分析 IDEF0 的模型。





### 3. 個案公司簡介與流程分析

#### 3.1 個案公司簡介

個案公司於 1982 年 4 月創立，目前員工人數約 550 人，主要服務項目包括工程服務、製鞋機械設備、航太工業零組件、光電半導體零組件、太陽能光電真空腔體、進出口材料、水資源處理等，對於高複雜度之廠務作業系統和生產製造環境，個案公司擁有高度專業之工程施工技術與工程統籌管理能力，因應高科技產業建廠與擴廠之需要。從特殊管路工程、設備安裝工程、系統整合工程、管路配件與材料之選用，皆以最嚴謹的施工品質和高效率的作業模式來執行每一項任務，不僅可達到安全控管之目的，同時藉由完善的規劃，提升整廠生產效能，有效降低客戶之生產成本。

為因應世界潮流，個案公司以其工程、機械設備和精密科技製造的深厚基礎，目前正積極投入能源事業，同時進行研發自製和引進國外民生能源相關設備，並已在市場上開始推廣銷售，而且受到相當矚目。個案公司未來將與時並進，堅持核心專業與創新，跟隨世界潮流脈動，創造企業永續經營之根基。

#### 3.2 現行製造現場管理流程分析

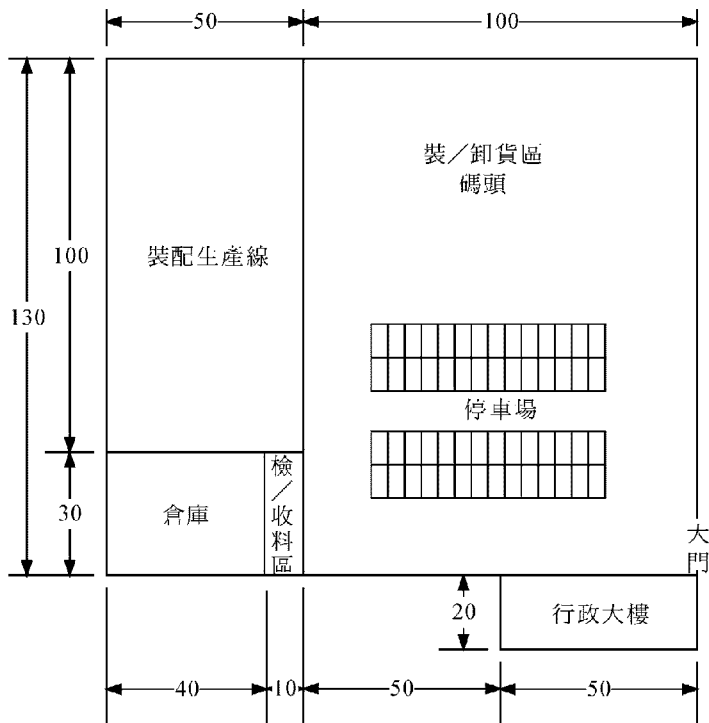
對機械產業而言，現場動線及現場製造流程是影響現場組裝效率的兩大主要因素。機械組裝完成後，即開始試車或檢驗，各機台在組裝過程中，依機台種類與精密程度而有所差異，但基本流程特性大致相近。

##### 3.2.1 組裝現場動線流程分析

圖 2 為廠區平面圖，個案公司精密機械廠以製程別方式佈置。因受限於工廠內部形狀，造成物料零件搬運成本和製成品存貨成本過高的現象，也造成導入 RFID 設備佈置成本提高，所以必須針對目前的設施佈置動線加以改善，考量機械物料搬運的流程，以減少不必要的搬運及縮短搬運距離。

本研究之物料搬運成本是以物料的總搬運距離為衡量指標，雖然物料搬運成本與採用的搬運設備有關，但若能減少搬運距離，採用最佳的動線安排，則可以使物料搬運成本相對地減少，在製品堆積現象也會獲得改善，工廠也會有更多的空間做其他用途使用。因此，進行機械組裝途程分析時，可將同一款機種機型定義成產品，並且依照訂單需求加以區分成主要產品和非主要產品。依照產品訂單的多寡作組裝現場動線規畫，並針對各主要產品的途程，配合零件物料之流程，對廠內動線進行改善。由於精密機械廠中相同機種的機器數目很多，所提供的組裝方式也是相類似，所以先依照工廠內的機種與加工組裝特性，相似者排在同一區域，如此，可提供相似的組裝需求，





▲ 圖 2 廠區平面圖 (單位：公尺)

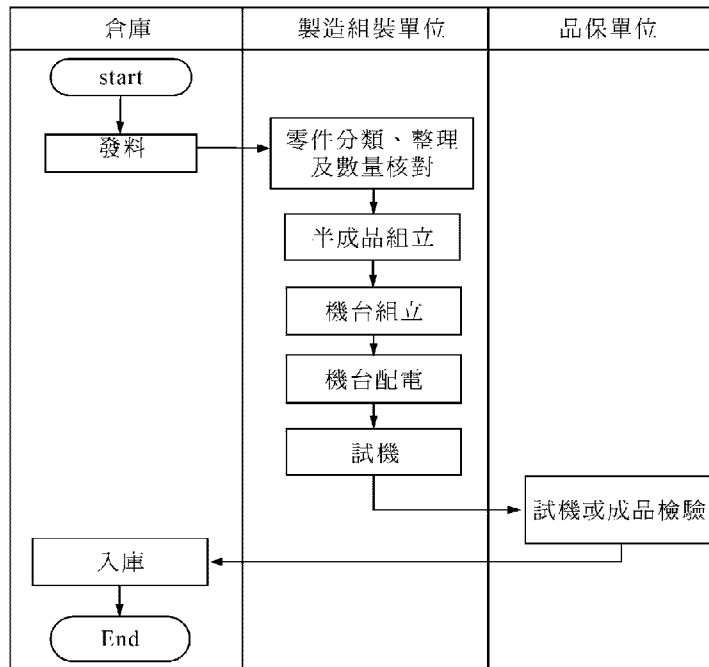
而且機器組裝動線目標，在於滿足單一機台組裝零件在相同或相近的位置上，使零件搬運距離加以縮減。

### 3.2.2 現場製造流程分析

圖 3 為現行製造流程。機台在組立前，會陸續的發料，以人工方式清點及核對數量，依人員的經驗值判斷，並開始展開半成品組立，若遇上缺料情況，就會造成停工待料，若無法事先安排人員作業，也就會使得交期延後。半成品經過組立後，開始將各組件與機台身進行組立，除了主結構的組裝外，還包括油路板線配、油管安裝、預熱箱、冷卻及導系統等作業，較無經驗之工作人員，尚須依圖面來尋找零組件，以進行組裝，除了費時外，也有誤取零件或遺漏組裝零件的可能。完成了機台組立後，由配電人員進行機台配電，接著再由組裝人員作初步試機動作，最後通知品管單位進行成品檢驗。







▲ 圖 3 現行製造流程

## 4. RFID 系統建置與分析

### 4.1 RFID 系統硬體規格

本研究選用了 OMRON UHF RFID SYSTEM V750 系列的產品，適用於製造現場之製程管理、物流單位之出貨、進料/檢查作業、店面或辦公室之資產管理等多種用途之 UHF 頻段 RFID 系統，搭配自動化控制穩定性高的作業系統「ITRON」，以高穩定性、無間斷的通訊讀取，使讀取率達到 100%的境界。

V750 系列的產品採用省空間、低耗電、長時間運轉之設計，具有 4 組天線，可多向搜尋，迴避金屬遮蔽影響，導入電源約 5 秒後即可啟動裝置，並可透過 16 個指示燈來掌握讀寫器運轉的詳細狀態。藉由頻道監控器的使用及錯誤記錄功能等，可支援使用時之維修、故障回復等作業需求。在避免電波干擾方面，可分別設定不同的頻道、變更每條天線的輸出或改變電子標籤之回應速度，藉此降低讀寫器之間的電波干擾。可進行多重存取方式，存取通訊區域內所有的電子標籤，並且同時將讀取結果全數送回。另外，讀取器還能自動設定讀取多組電子標籤時之最佳條件，每讀取一個電子標籤，就會立即將讀取結果送回。



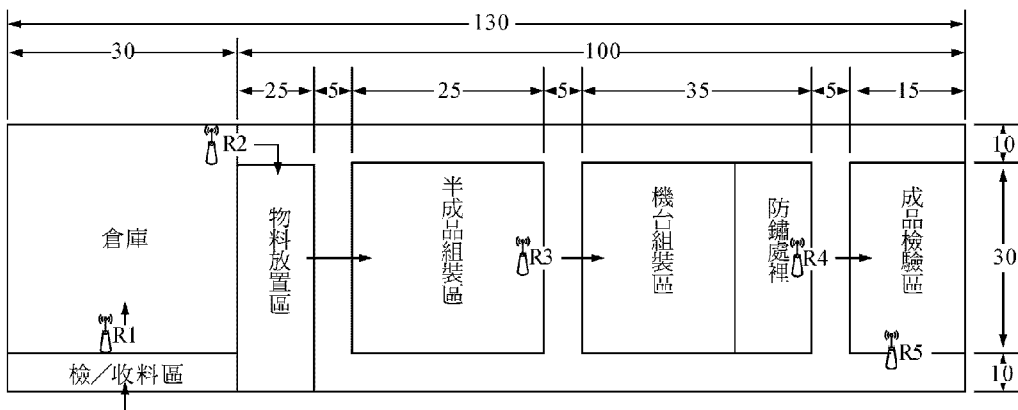


## 4.2 RFID 讀取器位置設計

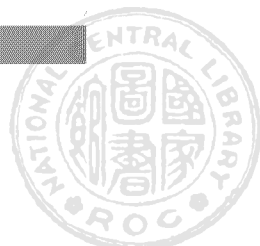
首先，安排生產環境所需的作業與步驟，依照作業所需的工作範圍、順序來做規劃，本研究將倉庫與裝配生產線區分成六個工作區域，分別為檢/收料區、倉庫、物料放置區、半成品組立區、機台組立區及防鏽處理區、成品檢驗區。各工作區域原先都是開放空間，也沒有動線規劃，故本研究依作業流程設計動線，以縮短作業時間，使得兩側走道更加暢通，並且有更多空間可以加以利用。

圖 4 為工作區域動線規劃與 RFID 配置。從收料開始至成品檢驗，每個區域都有各自的作業區域，完成後依照箭頭指示往下一個工作區域進行處理，整個流程說明如下：

- (1)檢/收料區：上游廠商將所需的物料、零件送至收料區，經品管人員檢查簽收，通過品檢的購入品進行電子標籤的黏貼作業，並且編碼以及建立資料庫，完成上述作業，購入品才可存入倉庫。
- (2)倉庫：儲存物料、零件等，依照分類放置，由倉儲人員進行進料、領料作業。
- (3)物料放置室：組裝人員將組裝所需的物料、零件由倉庫領出後，暫時放置在物料放置室。
- (4)半成品組裝區：為組裝單元類型的組件，例如傳動裝置單元、電子控制單元等一些具有主要功能的組裝品。
- (5)機台組裝區及防鏽處理區：完成所有組裝作業成為完整的機台，由於機台本身是藉由許多鋼鐵製品組裝而成，所以必須做表面的防鏽處理。
- (6)成品檢驗區：機台組裝完成後，在此操作及檢測，按照規定測試功能是否正常，以及外觀與安全性的檢查。



▲ 圖 4 裝配生產線工作區域動線規劃與 RFID 配置 (單位：公尺)

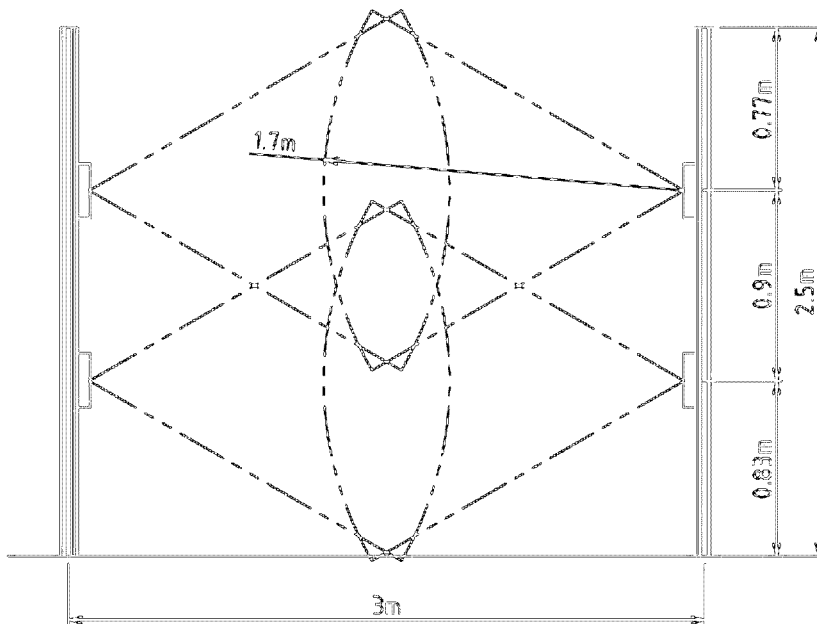




規劃各區的流程後，接著決定 RFID 讀取器的設置地點，除了倉庫出入口皆有設置外，其他區域也設置一組讀取器。倉庫在物料入庫與出庫時，皆有帳務上的作業，所以設置了兩組系統。其他區域在於領料後，開始進行組裝，在作業完成後與下一個步驟前，則必須通過讀取器檢測，完成後可直接進入下一個區域。動線的設計可以避免漏讀的疏失。RFID 檢查口的配置與用途說明如下：

- (1) R1：為購入品入庫之檢查口，可讀取各個購入品的資訊，同時也輸入到資料庫中，包括廠商名稱、售價、購入日期、型式相關資訊。
- (2) R2：依照零件表所需領料，出庫時通過此檢查口，進行讀取資訊，同時從管理系統也會進行數量的扣除，從清單上也可以確認領取物料或是數量是否正確，之後將領出之物料放入放置室。
- (3) R3：組裝好的半成品至此檢查口進行掃描，可得知半成品的零件是否有遺漏，若是在組裝的同時發現零件有問題，亦可利用 RFID 系統查詢相關資訊。
- (4) R4：與 R3 檢查口功能相同。
- (5) R5：成品完成測試後，通過此檢查口，可以結算出機台的組裝工時，相關人員也可以對組裝的結果，進行檢討與結案。

每個檢查口設置的相關尺寸，如圖 5 所示。其他的設備如 RFID 讀寫器、系統電腦以及天線纜線等，都依照現場的情形進行設置。



▲ 圖 5 檢查口示意圖





### 4.3 物品 RFID 標籤編碼設計

在原物料入庫前，會先進行貼電子標籤的作業，替每個物料建立身份，進而形成一個資料庫，為了管理上的需求，本研究採用以下的 RFID 編碼規則。

原物料：A + 入廠日期 6 碼 + 料號 10 碼 + 流水碼 5 碼。

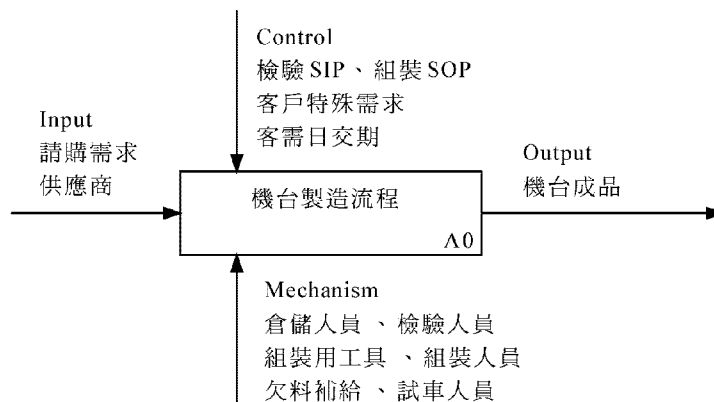
半成品：B + 入廠日期 6 碼 + 料號 10 碼 + 流水碼 5 碼。

成品：C + 入廠日期 6 碼 + 料號 10 碼 + 流水碼 5 碼。

例如，於 98 年 8 月 10 入廠的物料其編碼為 CA13500212，一共有三件，則編碼範圍為 A980810CA1350021200001 到 A980810CA1350021200003。從編碼中可輕易識別成品與半成品。在存貨方面，有利於耐用年限管理；在成品方面，更可為保固期間做有效之控管與識別。

## 5. 機台製造流程改善分析

BPMA 的第一步驟是利用圖形表示各作業流程，目的在於製作一份流程草稿，將執行的動作及工作順序排列出來，並且描述出各階段作業流程的現況，再利用 IDEF0 畫出細部流程圖，以進行後續分析及改善。在本研究中，主要是應用 IDEF0 進行流程模式化，逐步分析各流程要素，並思考 RFID 技術導入的切入點與改善方法。圖 6 為 A0 機台製造流程，是個案公司機台製造流程運用 BPMA 程序模型化分析的結果。



▲ 圖 6 A0 機台製造流程概圖

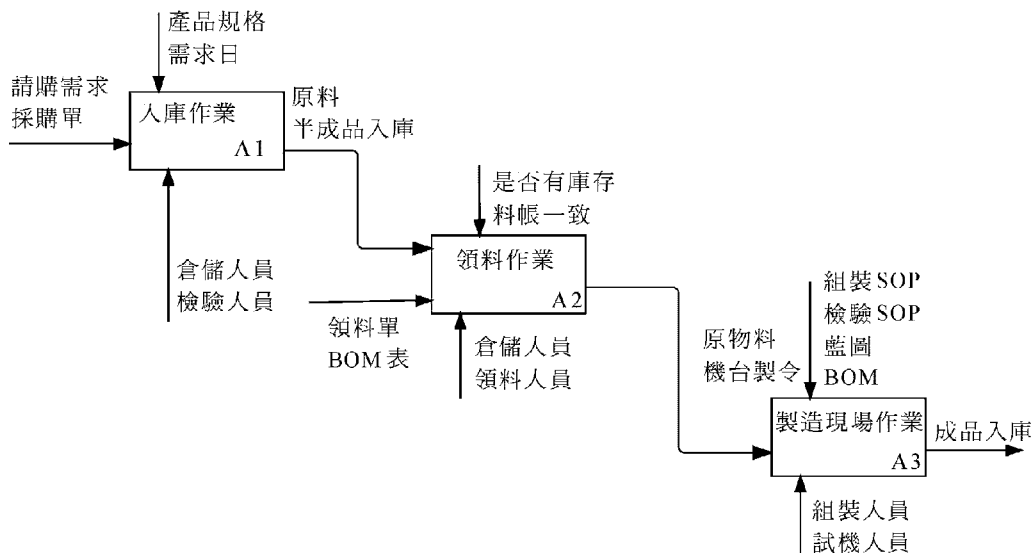
### 5.1 機台製造流程分析

機械產業製造流程從評估接單、購買原料、委外加工、廠內組裝等程序作業，再





以入庫作業、領料作業、製造現場作為管制重點，利用企業資源規劃系統（Enterprise Resource Planning, ERP）中的製造執行系統（Manufacturing Execution System, MES），對各個流程作業進行發工與控管，各單位再依系統資訊進行領、入料及組裝；各流程作業中所產生缺料、加工組裝困難或零件毀損時，都可透過 MES 的申請，由相關部門進行補料與解決問題點，故在個案公司導入前機台製造流程可分為三大區塊，即入庫作業、領料作業及製造現場作業。依 IDEF0 展開，如圖 7 所示。



▲ 圖 7 A0 機台製造流程展開後之作業功能圖

- (1)入庫作業：區分為採購作業、半成品加工、進料檢驗、點收入庫等流程。採購作業：採購人員接收到生管人員發出之請購單，再依請購單內容進行採購作業。半成品加工：生產單位接到生管人員所發出之製令單，生產單位依製令單與半成品加工圖進行組裝。進料檢驗：檢驗人員依照廠商入料性質，分為原物料檢驗及半成品物料檢驗。點收入庫：倉庫人員於廠商進貨時，依入庫 SOP 進行入庫作業。
- (2)領料作業：依照廠內領料 SOP 進行，分為揀貨作業與點收扣帳作業。揀貨作業包含動力的輸送帶、天車、無人搬運設備、倉庫樓層間的貨物用電梯，以及人工揀貨。揀貨人員依據資訊系統列印出的揀貨單，依序一次揀取一張訂單的貨品，揀貨人員到放貨架儲位，揀取訂單所需物品的數量，再以手推車推到點收扣帳區域放置。點收扣帳作業流程就是貨品經由動力式的輸送帶，或是揀貨人員以手推車推到點收扣帳區域後，再由扣帳人員經由掃描器依序將貨品清單輸





入到 ERP 系統內，並再次確認貨品和揀貨單內容是否一致無誤，由 ERP 系統列印出發料單，扣帳人員依照廠別和部門分類後，由發料人員送到製造組裝部門使用。

- (3)製造現場作業：依據組裝 SOP 程序與圖面組裝的順序來執行，組裝地點可以區分為半成品組立作業、機台組立作業與完工後試機作業。一般而言，半成品於加工完成後，進行部份組立，完成後才能移至機台組立區，進行成品的組裝，而且最後檢驗機台或試機的部份，也有特定區域進行檢驗。

## 5.2 機台製造流程改善

機台製造流程改善分析方面，共分為入庫作業、領料作業及製造現場作業三個部份，以下僅針對製造現場作業現況分析與改善，進行詳細的說明。

### 5.2.1 製造現場作業現況細部說明

製造現場作業流程方面，依實際作業可區分為三部份，說明如下：

- (1)半成品組立作業：將廠內原物料發至半成品組立區，由半成品組依圖加工。廠區加工機有落地型加工中心機、切削加工中心機，以及各式 CNC 車床等，提供重要零組件的加工效率與精密度之穩固基礎，使得後續機台組裝工作更具高效率與精確性。半成品加工完成後，將檢驗合格之半成品，載送至基台組裝區進行組立。
- (2)機台組立作業：當半成品陸續送至組立區時，依組裝順序按步執行，藉由組裝現場的電力、照明、工作梯架、掛吊等動力與非動力設備的輔助，利於機台組裝工作順利進行。此外，一些結構性檢查或設備工具定期保養更換，都有週期性安排定檢，並對作業員做教育訓練、政令宣導、異常處置對策等措施，加強現場人員組立技術，加上配合自動化省力型裝置，以提升機械組裝效率及製程檢驗，使組裝工作能迅速確實的完成。
- (3)試機作業：試機通常是最後把關檢驗的動作，經常使用電腦儀器，測試機台各種零組件轉動的數據，了解各機型試機狀況。試機主要包括運轉、油壓閥安裝測試與調整，以及高壓軟管的接續情形等，然後針對整部機器的各項基本與特殊功能進行測試、調整，並將測試結果建檔，作為日後服務的追蹤依據。試機完成的每一部機台，皆需再經嚴格的最終成品檢驗，以確保各項主要功能及外觀都合乎標準。

### 5.2.2 製造現場作業流程問題分析

製造現場的加工、組裝、試機的人力成本、設備與技術，在營運成本中佔有非常





重的比例。本研究以時間、成本、安全性作為製造現場作業節省成本之分析要項，時間是指機台組裝的使用工時，包括組裝的標準工時，以及因為組裝錯誤導致可利用的時間減少；成本是指製造現場管理上所需的成本；安全則包括試機安全、環境及現場人員的安全。

對於滿足訂單或需求預估的產出，現場管理人員都會指派人員進行組裝與試機。在實務操作上，最容易發生的困難與問題列述如下：

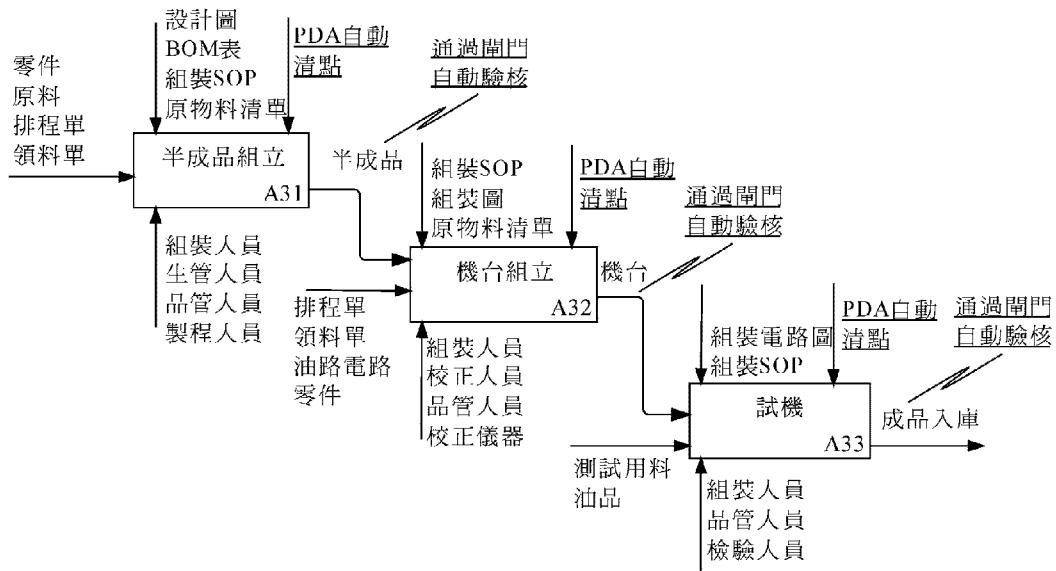
- (1)零組件於組裝入庫時已有錯誤：原料與零件來源無法準確掌握，當加工品質不佳導致成品不良時，無法有效掌握同質原料進貨時間、出貨範圍與供貨廠商，都會使進檢人員及倉庫人員無法立即判斷允收的標準。
- (2)零組件資料不易查詢：雖然在半成品、組裝與試機區都設置電腦，但仍有零組件相似度極高而不易辨認，不能準確地了解製造流程，或是人工在建檔時所造成的疏漏與錯誤，導致無法得知零組件詳細資料。
- (3)等待的浪費：等待是指在製造過程中，人員、物料、機器、處於閒置狀態。原因可能是生產線不平衡，使得整個生產線上物料流動出現走走停停的狀況；也可能是生產流程的動線規劃不當，無法有效讓前後製程緊密連接；也可能是原物料供應時機不對或數量不足，導致停工待料的情況。
- (4)在製品與庫存的累積：由於少量多樣的工單，使得在製品與庫存數量管理困難，訂單生產狀況無法即時掌握，造成製品及庫存累積，不但使得持有成本增加，並且影響出貨速度，影響業務發展與公司形象。
- (5)不良品重複發生：由於沒有及時系統的資料收集，導致不能有效的掌握各種不良現象的真正原因，無法有效的訂定改善因應對策。
- (6)領料數量與庫存的準確性：倉管人員管理進出料時，對於數量的清點作業，可能因人為的疏失，導致盤點與帳面庫存的出入，追究責任的歸屬相當費時。
- (7)零件使用上的判斷：無論在組裝或是測試，可能發生異常的結果，例如，電磁閥的反應速度達不到標準，便要求供應商找出問題點，判斷是否為個案或是整批都有瑕疵，若為整批都有可能瑕疵，則需要進行退貨作業，而已經組裝或是已出貨的產品，則必須做好追蹤或回收的工作，過程相當的費時費力。

### 5.2.3 製造現場作業流程改善

圖 8 為改善後之製造現場作業流程圖。本研究利用 RFID 與作業動線的結合，解決製造現場作業流程的問題，提高整體效率及降低成本。改善內容如下：

- (1)MES 系統與 RFID 的結合：利用 MES 配置在製造現場的各種專用設施，如 PC、條碼採集器、感測器、PLC、DCS、RFID 等，進行即時資料更新、控制與監控，經由控制原物料、設備、人員、工單與廠內所有資源的整合，形成統一





▲ 圖 8 改善後之 A3 製造現場作業流程

的系統來指揮，如品質控制、文件管理、生產調度、設備管理等，以提升製造能力。由於 MES 即時接受 ERP 系統的工單、BOM、最近庫存資訊與來料廠商等資料，同時將生產方法、人員與製造命令，下達給各階段人員與設備，再將即時產生的結果、人員回饋、設備操作狀態與結果、庫存狀況、品質等動態資料，傳回給 ERP 系統，即時有效的連接各項作業流程。

(2) 流程動線與 RFID 的結合：RFID 配合行動裝置與無線網路結合，在各作業流程之間設有讀取器與天線，連接物件與電腦成為一網路，促成雙方相互溝通，隨著零組件的移動，沿途讀取器發射無線電波感應零組件上的標籤，再由感應系統展開資料的查詢與存取。整體生產流程有建置完善的系統機制，所傳輸的零組件資訊，不只是基本資料（外觀、重量、材質、包裝等），還可得知上一個流程是何種原料加工產生，以及各零組件的路徑與生產過程。

(3) 試機（品檢）與 RFID 的結合：以往試機時，因大部份零組件已組立完成，無法逐一檢驗，試機時，必須靠經驗且小心翼翼的逐一測試。RFID 導入後，透過資料傳輸，可完全確定組件清單，節省依圖清點之時間，且增加了測試的安全性，試機人員只需針對重點性能測試，無需將時間花在清點工作，如此將有助於機台品質的提升，也大幅提升試機人員之工作效益。

(4) 往後的追蹤：機台出貨後，客戶在使用上可能會遇到一些問題，這些問題經常







要在長時間運作後才會發生。在機台維修的同時，可以利用 RFID 系統的資料來進行相關零件的確認，判斷此機台的零件是否為當時出貨時的資料，若資料與出貨時不符，即可能是客戶自行更換零件，失去保固的必備條件。有償與無償的判斷也可以反應在成本上，若是非人為因素造成的問題，則可透過 RFID 系統來追蹤購入零件的壽命或是故障率，來評估廠商產品的優缺點，作為選購零件的依據，以提高生產機台的優勢。

在入庫作業方面，由倉管人員收料後，將 RFID 標籤安裝於物料個體上，標籤內記載著物料名稱、入庫日期、入料廠商、批號及物料編碼等，並且在收料區及倉庫裝置天線及 RFID 讀取器，如此，大部分的入料程序由 RFID 系統自動偵測，並且隨時提醒倉管人員，入料流程核對、物料儲位核對及相關登入工作，均全部由 RFID 系統取代，使倉管人員與相關人員可立即查詢物料情況。

在領料作業方面，裝設 RFID 後，前站物料入庫後，物料本體安裝有 RFID 標籤，揀貨人員將依 ERP 庫存管理系統產生的揀貨單，到倉庫物料儲位揀取所需要的物料，揀貨人員完成揀貨後，以推（台）車推到裝置有 RFID 的閘口，由讀取器將揀取的物料資訊，傳回 ERP 庫存管理系統，進行判讀的工作。

### 5.3 機台製造流程工時需求分析

表 1 為 RFID 導入前與導入後機台製造流程工時需求分析。由於作者之一任職於個案公司相關部門，因此，導入前的工時資料是直接取自於個案公司的統計工時，是其約略的平均數，該公司進行流程工時估計時，均以此為參考值。

在入庫作業流程中，原物料檢驗作業屬流程導入之前段作業，工時需求並未下降，而且透過 RFID 的導入，在檢驗合格後，零件必須貼上標籤，因此需要增加 2 分鐘的作業時間。而半成品檢驗作業，在導入前需花費 30 分鐘，導入後只要透過手持式讀取器掃描，不須逐一細項核對藍圖作檢驗，可節省約 28 分鐘。倉儲點收作業時間，只需在台車經過閘門時自動清點過帳，不須逐項依收料單據與零件比對清點，可從原來的 30 分鐘降到 1 分鐘，RFID 導入對清點過帳有相當大的助益。依現行流程與導入後時間分析來看，此入庫作業流程可節省時間的比例為 78.57 %。

在領料作業流程中，輸入揀料單及揀料作業不變，RFID 導入後，讓入庫後的作業更易於管理。本研究以每批領料 100 筆作為統計分析作業時間需求，原輸入揀料單及揀料的作業時間不變，而對於出庫的零件，在台車經過閘門時，會自動讀取資料，系統自動扣帳，免除了人工的核對作業時間，對於領料之零件除了及時性外，更增加了正確性，此領料作業流程中可節省時間的比例為 50.00 %。





▼ 表 1 導入前與導入後機台製造流程工時需求分析 (單位：分鐘)

作業項目	作業時間		節省時間	作業說明	
	導入前	導入後			
入庫作業	原物料檢驗作業	10	12	-2	採購入廠之原物料檢驗
	半成品檢驗作業	30	2	28	廠內半成品組裝完成之檢驗
	倉儲點收作業	30	1	29	完成檢驗之原物料及半成品點收
	合計	70	15	55	節省時間 78.57 %
領料作業	輸入揀料單	10	10	0	倉儲人員依需求輸入揀料單據
	揀料作業	30	30	0	倉儲人員依揀料單至架上揀料
	核對品項與數量	30	0	30	倉儲人員核對揀料及揀料單內容
	扣帳輸入	10	0	10	電腦扣帳作業
	合計	80	40	40	節省時間 50.00 %
製造現場作業	確認清點零件	30	0	30	領料人員清點零件
	組裝	240	60	180	組裝人員開始進行組立
	結構外觀檢驗	180	30	150	檢驗人員進行機台觀檢測
	試機	180	180	0	試機人員進行試機動作
	合計	630	270	360	節省時間 57.14 %

RFID 導入機台製造流程之研究中，以製造現場作業流程改善為主要標的，對一台售價約 500 萬的機台來說，其所展開的 BOM 約 700 項零組件，對於零件的正確性除了加強標示、清點，還要靠經驗的累積來偵測除錯，因此，組裝過程勢必需有較多的人力需求，而導入 RFID 後，清點的工作可瞬間完成，只需將台車推至拱門即可。由於 RFID 的及時性與正確性，人員在組立時不必反覆的確認，減少許多組立時間。以往檢驗過程中，檢驗人員需與圖面一再的核對，一旦定應該組裝的零件是否都已組裝，耗費的時間相當多，導入後少了這項確認，人力也適度地縮減。在試機方面，因為必須考量機台持續測試，測試工時無法縮短，故人力需求不變。導入前後工時需求的比較如表 1 所示，確認清點零件作業原先需時 30 分鐘（以 100 項零件為平均批量），導入後此作業時間可完全刪除，組裝時間可從原來的 240 分鐘，降到 60 分鐘；結構外觀檢驗作業也可從原來的 180 分鐘，降到 30 分鐘。綜合以上數據，此流程可節省時間的比例為 57.14 %。

#### 5.4 整體導入綜合分析

RFID 系統的導入，對入庫作業流程而言，節省了 78.57 % 的作業時間；對領料作業流程而言，節省了 50.00 % 的作業時間；對製造現場作業流程而言，節省了 57.14 %





的作業時間；整體機台製造流程工時合計，可節省  $(15+40+270) \div (70+80+630) \times 100\% = 41.67\%$ 。除了可預期的人力節省外，組裝作業往往一個小小的人為疏失，造成漏裝及誤裝的情況，企業必須付出相當大代價，這種失誤成本無法事前預測，但常大大地侵蝕企業的獲利。若在出貨前發現，可經由拆卸後再重新組裝，除了必須多花費組裝工資外，機台的交期可能延後，將造商譽損失，甚至要支付違約賠償，也令企業為之頭痛。此類問題的改善，是導入 RFID 系統最大的誘因，特別是機台外銷的情況，公司必須派專人前往國外處理，一趟處理平均要花費五至十萬元，實為企業另一項無法預期的損失。若能導入 RFID，可有效的杜絕人為因素的漏裝及誤裝，對企業的競爭力將有莫大的助益。

表 2 為 2009 年 1-6 月零件錯誤次數統計表。表中針對導入前每項作業環結，在 2009 年的上半年錯誤次數的統計數值，總作業錯誤次數除以總收/發料筆數，計算出平均錯誤率，該值達 2.75%。而導入 RFID 系統後，錯誤情況就可完全避免。當錯誤發生時，必須執行錯誤修正作為，包括零件重新識別，找到正確的零件，平均要花費 30 分鐘予以除錯修復，若以半年的錯誤次數 527 次計算  $(137+40+86+106+99+59=527)$ ，約有 15,810 分鐘的無效工時，約為 33 個工作天，因此，RFID 系統的導入，半年內錯誤的避免，其效益約達 33 個工作天。

▼ 表 2 2009 年 1-6 月作業錯誤統計表

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	作業平均錯誤率
作業錯誤總次數	137	40	86	106	99	59	
收料入庫錯誤次數	20	5	8	13	27	13	0.43
揀料錯誤次數	35	10	27	25	20	10	0.63
發料單處理錯誤次數	30	16	20	45	35	31	0.87
現場點收錯誤次數	25	6	18	13	17	5	0.42
組裝錯誤次數	27	3	13	10	17	10	0.40
收/發料作業次數	4,230	2,513	3,220	3,517	3,628	3,125	
作業平均錯誤率 (%)	0.87	1.59	2.67	3.01	2.73	1.89	2.75

## 6. 結論

本研究探討精密機械產業機台製造流程中的問題現況，並以個案公司為例，就現行的入庫、領料流程、機械組裝與品質管制流程，提出檢討與改良對策，並針對 RFID





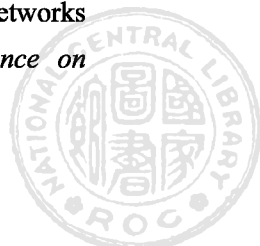
系統的導入運用，以 BPMA 方法論之模擬分析，顯示對整個機台製造流程的改善成果，產生很大的經濟效益。本研究的結論與貢獻分述如下：

- (1) RFID 系統的導入可以減少生產成本：機械業是一個以勞力較為密集的產業，現今各類產品生命週期縮短，減少工廠內製造流程的工時，快速地管控原物料，是提升競爭力的主要方式。由於 RFID 標籤是將數據資料存放在晶片中，並可重覆地修改標籤內儲存的數據，可以讓物料貨品的管控更加確實，進而減少存貨，間接地增加工廠可使用空間的利用率，同時，縮短簡化機械製造組裝流程，提升製造組裝品質。而被動 RFID 標籤在沒有電池能源需求，維護保養的需要較少，維護成本也較低。
- (2) RFID 系統的導入提高了生產效率：RFID 讀取器可同時辨識數個 RFID 標籤，在物料管理上不再需要人力一件一件的清點貨物，甚至管理人員透過 RFID 系統發射訊號給標籤上的晶片，再從晶片上儲存的資料取得即時的資訊，便於了解工廠內所有零件的數量及位置，由於資訊的高精確性與快速性，大大地提高產出與效能。
- (3) RFID 系統的導入提高了保密性與安全性：RFID 承載的是電子式訊號，因為晶片資料儲存容量增大，在晶片上可增加密碼，保護數據內容不被破壞，也不易被偽造，放置在精密機械零件上的晶片資訊，將會永久安全的被存放著。
- (4) RFID 系統的導入加強了偵測與除錯：機械組裝管理，包含偵測矯正性修復及除錯預防性維護兩種程序，在運用 RFID 技術導入組裝管理中，無論技術組裝命令、工具控管、試機裝備的使用，以及附屬零件安裝與檢查確認，皆能有效地提高組裝人員在偵測與除錯行動中的正確性。
- (5) RFID 系統的導入滿足了高服務品質的要求：RFID 標籤存在於機台零件上，當廠商將機台保修時，個案公司可以迅速讀取標籤內的資料，馬上進行判讀零件數據，可以迅速查核生產數據，進行檢核，減少機台維修的時間，提高顧客的滿意度。

本研究運用了 BPMA 方法論，並使用 IDEF0 軟體，進行流程分析與呈現之研究，此一系列的方法與過程，可以做為後續 RFID 系統導入的研究參考，並為學理應用於實務上的導引，對於實務具有顯著的貢獻。

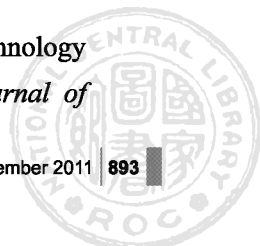
## 參考文獻

- Birari, S. M. and Iyer, S. (2005), "Mitigating the reader collision problem in RFID Networks with mobile readers," in *2005 IEEE 7th Malaysia International Conference on*





- Communication*, 1, 16-18.
- Carbunar, B., Ramanathan, M. K., Koyutürk, M., Jagannathan, S., and Grama, A. (2009), "Efficient tag detection in RFID systems," *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 69(2), 180-196.
- de Kok, A. G., van Donselaar, K. H. and van Woensel, T. (2008), "A break-even analysis of RFID technology for inventory sensitive to shrinkage," *International Journal of Production Economics*, 112(2), 521-531.
- Khan, R. and Little, T. A. (2003), "Understanding business process modeling & analysis: The first step to achieving breakthroughs in productivity improvements," Retrieved Oct. 2010, from <http://internal.ultimus.com/NR/rdonlyres/7CA5047F-715A-40F7-B3F6-976ACD9A7C15/0/BPMAWhitePaper.pdf>
- Liu, F. and Miao, Z. (2006), "The application of RFID technology in production control in the discrete manufacturing industry", in *IEEE International Conference on Video and Signal Based Surveillance 2006 (AVSS'06)*, 68-74.
- Liu, H., Li, J., Zhang, J., and Deng, H. (2008), "RFID data management in manufactory, anti-counterfeiting, security and identification," in *2nd International Conference on Anti-counterfeiting, Security, and Identification (ASID 2008)*, 420-423.
- Ngai, E. W. T., Moon, K. K. L., Riggins, F. J., and Yi, C. Y. (2008), "RFID research: An academic literature review (1995-2005) and future research directions," *International Journal. Production Economics*, 112, 510-520.
- NIS&T (National Institute of Standards and Technology) (1993), "Draft federal information processing standards publication 183: Announcing the standard for integration definition for function modeling (IDEF0)," in *Federal Information Processing Standards Publications (FIPS PUBS)*.
- Piramuthu, S. (2007), "Protocols for RFID tag/reader authentication," *Decision Support Systems*, 43(3), 897-914.
- Poon, T. C., Choy, K. L., Chow, H. K. H., Lau, H. C. W., Chan, F. T. S., and Ho, K. C. (2009), "A RFID case-based logistics resource management system for managing order-picking operations in warehouses," *Expert Systems with Applications*, 36(4), 8277-8301.
- Qiu, R. G. (2007), "RFID-enabled automation in support of factory integration", *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 23(6), 677-683.
- Rekik, Y., Sahin, E., and Dallery, Y. (2008), "Analysis of the impact of the RFID technology on reducing product misplacement errors at retail stores," *International Journal of*





- Production Economics*, 112, 264-278.
- Roberts, C. M. (2006), "Radio frequency identification (RFID)," *Computers & Security*, 25 (1), 18-26.
- Song, J., Haas, C. T., Caldas, C., Ergen, E., and Akinci, B. (2006), "Automating the task of tracking the delivery and receipt of fabricated pipe spools in industrial projects," *Automation in Construction*, 15(2), 166-177.
- Tan, J., Wang, H., Li, D., and Wang, Q. (2008), "A RFID architecture built in production and manufacturing fields," in *3rd International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology (ICCIT 2008)*, 1, 1118-1120.
- Ultimus, Inc. (2010), "Ultimus Business Process Management Suite," Retrieved Oct. 2010, from <http://www.ultimus.com/BPMSolutions/>
- Wang, J., Luo, Z., Wong, E. C., and Tan, C. J. (2007), "RFID assisted object tracking for automating manufacturing assembly lines," in *IEEE International Conference on e-Business Engineering (ICEBE 2007)*, 48-53.

