

製罐公司製程優化探討與實證-以大陸台商 A 公司為例

盧昆宏

國立高雄大學亞太工商管理學系

log@nuk.edu.tw

劉哲維

高雄大學亞太工商管理學系碩士班

wasivacaman@hotmail.com

摘要

工業工程管理目前在業界是一個相當被重視的領域且發展快速，對於一間企業的重要性可以說是不可或缺，改善或優化方法可說是不勝枚舉，最終目的為追求整體系統達到最佳的狀態，若聚焦於傳統的製造業上會發現工業工程的技術為傳統製造業為了降低成本、提高效率等目標在執行上最常運用且最重要的手法。

有鑑於此，本研究選定的個案公司是屬於製罐產業，為台灣典型的傳統產業之一，它屬於食品產業的上游供應商，為一間相當需要工業工程改善技術的一間公司；本研究將會依照現場所蒐集的資料與觀察到的現況，找出不合理或有加以改進空間的部分用工業工程的背景加以分析後提出改善方案與建議，其中將有四大改善方向分別為排程方法建構、員工工作內容改善、物料管理、製程參數最適化。最後，本研究將會針對以上四點改善與執行的成效加以舉例與說明。

關鍵字:粒子群演算法、田口實驗設計法、再訂購點、工作豐富化

第壹章 緒論

1.1 研究背景與動機

工業工程 (Industrial Engineering, IE) 目前在業界是一個相當被重視的領域且發展快速，所探討的問題為企業如何將投入以最有效的方法或組合達到交期準、成本低、品質高、高效率、浪費少等目標，在美國與日本等國家發展相當迅速且完善，已逐漸取代了傳統的管理工作，其所包含的範圍相當廣闊，如生產系統規畫設計、存貨控制、生產計畫、作業計畫、人因工程、物流管理、品質管制等都包含在工業工程的範圍裡，不論何種工業工程所包含的領域最終所追求的就是降低成本、使生產系統整體達到效益最佳，是一種綜合性的知識運用體系，主要運用知識體系結合技術與管理兩大指標，致力於研發製造技術與工具以外也注重管理手法的水平提升，使兩者產生相輔相成的作用，工業工程相當重視微觀管理層面，做為研究、作業分析等手段訂定出一個需遵守的標準作業流程，從現場管理的優化至公司內部門協調合作、管理改善等都需要工業工程的幫助，最後工業工程所強調的是優化整體系統，而不是追求局部優化的概念，為了追求整體系統優化必須對所有系統內部各個環節做研究分析、統籌分析、合理配置等，尋找一個符合此系統的需求可行組合方案且能達成整體系統優化的最終目標。

工業工程管理對於一間企業的重要性可以說是不可或缺，改善或優化方法可說是不勝枚舉，各種問題也有其解決的方法，但不論是何種優化方法不一定會有良好的投資報酬，執行上也不一定可行，目前有幾個方法可行度與投資報酬相對較高，如建構完善的生產排程可以提高交期準確性，增進顧客服務的品質、接單與產能極大化、訂單延遲極小化，良好的庫存管理可以有效的降

低存貨、缺貨成本，員工工作內容優化可減少員工怠惰感，增加員工成就感與生產效率，品質管理以增加預防性的支出達到減少不良品的浪費、降低成本，不論是著重在生產環節的那個部分以上方法都具備一定的優點值得探討，所以本研究將以所提及之方法再配合適當的個案公司來做深入性的探討與分析，再以所得之結論給予改善與建議。

台灣在過去多半都是仰賴加工出口為主，以便宜勞力做為優勢換取差價，然而當便宜的勞力優勢逐漸消失時，就會面臨到企業倒閉或者紛紛出走、產業外移的問題，自從 80 年代，中國開始實行改革開放，在大陸的龐大與廉價的勞動力人口吸引下，各國企業都紛紛的投入大陸市場，而當時的台灣也不例外。當時台灣的製造業紛紛西進大陸，造成台灣產業外移與轉型，因應台灣當時的土地與工資的高漲，首先以傳統產業紛紛往中國大陸發展，遷往中國，其中有幾項特色：投資以勞力密集產業、規模以中小型企業、型態為加工出口等等為主。當時的中國也提供台商許多優惠的政策吸引台商西進，再者考慮到企業的上、下遊的完整性也是另一個不可或缺的西進因素，而企業最終的目的不外乎為提高收入和降低成本，而中國大陸就是提供了一個降低成本最好的吸引力造就了台商往中國大陸投資的熱潮。

然而不是所有往中國大陸投資的台商都會成功，儘管有許多台商在中國大陸發光發熱，但還是有許多台商從中國大陸繳羽而歸，而台商如何在中國大陸成功是目前一個相當重要且極具有價值的課題。

然而由以上的觀點聚焦於傳統的製造業上會發現工業工程的技術為傳統製造業為了降低成本、提高效率等目標在執行上最常運用且最重要的手法，其中包含了工作研究、品質管理、製程改善、物料管理、生產排程等等，以上有關的方法不勝枚舉、種類繁多，而每個企業會依照本身所面臨的問題來選定適用的方法來執行，最終達成在這個競爭日趨激烈的國際市場增加競爭力與商譽的提升。

本研究選定的個案公司是屬於製罐產業，為台灣典型的傳統產業之一，它屬於食品產業的上游供應商。隨著台灣的環境改變，已經逐漸的步入衰退期，競爭優勢慢慢的下降、市場逐漸的消失，但對中國大陸而言，廣大的十三億人口提供製罐產業具有極大的消費市場，相當具有未來發展性，是一個剛步入成長期的產業，導致許多台灣的食品行業紛紛轉往中國大陸設廠，將目標轉向瞄準大陸市場。

總結上述，工業工程技術可以幫助一間企業在市場上獲得較佳的競爭優勢、強化競爭力，例如：正確的訂購量與在訂購點可以讓公司減少庫存成本達到零庫存的概念、製程最佳參數設計可以提高品質，減少不良率、正確的排程可以讓生產效率與彈性達到最高，機台閒置時間降到最低，減少延遲出貨的可能性等等、工作內容改善使員工工作效率增加...等等。因此，遂產生本研究以一個案公司針對上述各項進行實證分析與研究，並針對問題，提出改善方案。

1.2 研究問題與目的

本研究的研究問題可以依照現場所蒐集的資料與觀察到的現況，找出不合理或有加以改進空間的部分用工業工程的背景加以分析後提出改善方案與建議，而問題可分為以下五點：

(1)生管排程無一定的規則或方法作為排程的依據，生管工程師在作排程作業時都是以個人主觀的判斷或個人經驗來執行這項工作，導致排程效率低、機器閒置時間高、整備時間高、無法掌握預計排程狀況等等，都是排程工程師在進行排程作業時會面臨到的問題，然而排程總是依照經驗來執行會導致新進排程人員無一定規則可依循所以學習緩慢或員工離職時對於這方面的知識流

失無法傳承都是很重要的問題。

(2)現場存貨管理都是以倉儲人員依照個人經驗來決定訂貨量與再訂購點，安全庫存的概念也無實際的實行，常常會有缺貨或者是囤積原料的情形發生，導致缺貨成本與存貨成本提高。

(3)印鐵製程部分之成品良率會受機器的設定所影響，現場人員對於機器的設定相當頭痛，需花費相當大的工夫才能找出最佳設定組合，常出現的問題有套印誤差、內外塗膜厚度不合格等等。

(4)現場員工工作內容單調，容易使員工不易專注於工作，效率下降，又現場又屬於高危險的工作環境，員工分心易發生工安意外。

任何企業對於生產管理這個領域所包含的技術皆相當倚賴，該等技術包含了生產管理、工作豐富化、最適訂購、最適生產量...等，落實且精準執行這些生產管理技術會令企業競爭力提升。因此，良好的生產管理制度對於提升企業的優勢扮演著一個極為重要的角色。

本研究的主旨為改善產品品質、建立一排程方法提升生產效率並降低延遲交貨、改善員工工作內容、找尋最佳訂購量等等。本研究具體目標可大致分為以下這幾點：

1.依據個案公司需求建立一排程方法解決排程問題，目的為在有限的資源下建立出一個可以解決當前的排程問題，讓企業生產製造可以達到彈性高、交期準、效率高、成本低這幾點，最後再以粒子群演算法來做為與此方法比較之對象，探討兩種排程方法之優缺點。

2.對於不同的原料存貨其再訂購點進行研究與探討，並挑選三種不同的服務水準來提供個案公司三種選擇方案做選擇，依照公司當下的存貨情況來選擇適合的服務水準，並決定最佳的訂購量為何。

3.使用田口實驗設計方法來找尋最需改善的製程最佳的參數組合，目的為提升產品品質，減少不良率，並使其降到最低。

4.以員工工作內容單調為問題為出發點，提出改善內容的方案，減少員工工作單調所產生之問題，增加員工工作效率。

1.3 研究範圍

本研究研究範圍以生產管理的範疇細分為四大部分，分別為物料管理、工作內容改善、製程參數最適化、排程方法建構，而本個案公司的排程問題為零工式排程問題，問題敘述如下：有一工作集合與一機器集合，而所有的工作都是有固定的處理先後順序與已決定該步驟該在何台機器上生產，所有作業一但開始即不可中斷直到完成為止，每台機器一次只能處理一件作業，而此問題所追求的目標為不違背以上條件進而找尋到一組排程滿足上述條件並使所有工作所需時間最小，及最大完工時間最小化(makespan minimization)，並以最佳排程組合進而執行生產。

在存貨管理方面挑選使用量較大的原料物種，因為原料數量過於龐大以致於不全部考慮，對使用次數或使用量較少之原料不加以著墨；品質改善方面挑選印鐵機台的送料台與上料機台，其餘的裁剪、六色機、製罐等其他線別未加以討論；員工工作內容改善方面則挑選基層員工的工作內容加以改善，因其工作內容相較於內勤或高層人員內容較為煩悶。

本研究為個案研究，依照該個案的需求來幫助該公司提供符合該公司條件的建議，不論是同產業、同面積、同機器設備等等的公司都不一定能使用這些建議和模式，總括來說，不一定可以推廣至相似或者其他不相似之公司為本研究之最大的限制。

第貳章 文獻探討

2.1 粒子群最佳化演算法

粒子群最佳化演算法 (Particle Swarm Optimization, PSO)是由 Kennedy and Eberhart 在 1995 年所提出，為人工智慧領域中一種新興的技術，廣泛運用至解決最佳問題中，具備快速收斂與僅需較少參數設定的優點，適合運用於動態環境之問題，因此已逐漸成為一相當熱門之研究主題。

此演算法之概念源自於生物的群體行為理論，模擬鳥群在覓食的時候，除了會依照本身過去覓食之經驗來判斷最佳覓食地點以外，也會藉由群體之間的溝通與資訊交流，利用其它同類之覓食經驗配合本身過去覓食經驗加以分析，使整個鳥群朝著食物源目標前進，找尋最佳的利益，最後達成往較佳地點移動的目標。

在演算法整個運算與操作過程中，採用粒子(Particle)作為一組解的表達，每顆粒子都是我們想求解問題的候選解，若對應至鳥類覓食的情況的話就相當於上述每隻飛行覓食的鳥，每一顆各自獨立的粒子在搜尋空間中都被表示為一個 D 維向量並具備獨力搜尋的特性與屬於自己自身個人最佳記憶值 pbest，這些粒子在搜尋空間也就是可行解中，它們各自的速度來決定他們的飛行方向與距離長度，所有粒子之速度能表示為 $V_i=(V_{i1},V_{i2},\dots,V_{iD})$ ，每顆粒子也都有一個屬於本身的適應函數 (Fitness Function)，也就是待解決的問題所建構出來的函數，利用這個函數所計算出來的適應值 (Fitness Value) 也就是每顆粒子的解，每顆粒子碰到最佳之適應函數時，會把其最佳搜尋變數儲存於記憶體中，即所有粒子皆具有屬於本身最佳搜尋的變數，接著利用迭代來不斷的修正下一次搜尋的方向，稱為粒子認知模式(Cognition-only Model)，最終目的為找出最佳解。探討完個別粒子之後，整體粒子群還具備一種整體最佳經驗儲存於記憶體內稱為 gbest，此最佳經驗 gbest 目的為記錄從迭代開始至目前為止找尋出的最佳解，PSO 每次迭代中搜尋都以各粒子最佳搜尋變數與群體最佳搜尋變數做相對最佳化比較，同時修正群體最佳搜尋變數記憶內容與各粒子依照整體最佳搜尋變數來修正原先的個體最佳搜尋變數，每個粒子皆非獨立演化，都受以上條件所約束演變過程，這也是粒子群演算法能快速達到全區最佳化的主要原因所在。

PSO 在一開始是運用於求解於連續型非線性函數最佳化問題研究上，此演算法運用於連續型問題可以說是具有成功的結果，例如：排程問題、類神經網路。PSO 參數設置較為直覺簡單、收斂與運算速度較其他演算法快，是一種相對有效的搜索演算法，因此本研究將使用此演算法來求解。

所有粒子都具有一個位置可代表目前本身之解，並依照修正後的速度從原本位置移動至新的位置，產生一組新的解。每次演化過程都是利用兩種搜尋記憶的方法來求得，藉由追蹤兩種記憶最佳值來更新粒子本身所屬位置與速度，速度更新公式由公式 2.1 所示，第一個為本身粒子的個體最佳值 Pbest，第二個為整體最佳適應值記憶與最佳位置，稱為 Gbest。

$$V_{in}^t = w \times V_{in}^{t-1} + C_1 \times rand_1 \times (Pb_{in} - P_{in}) + C_2 \times rand_2 \times (Gb_{tn} - P_{in})$$

(1)

P_{in} , $N = 1 \dots D$: 表示粒子 i 在 D 維空間中的位置。

V_{in} , $N = 1 \dots D$: 表示粒子 i 在 D 維空間中的速度。

Pb_{in} , $N = 1 \dots D$: 表示粒子在第 t 次中的最佳適應值 Pbest。

Gb_{tn} , $N = 1 \dots D$: 表示群體在第 t 次中的最佳適應值 Gbest。

$n=1\dots D$ 。

$i=1\dots\text{iterate}$ 。

Pb_{in} ：每個各別粒子 i 的 pbest。

Gb_{tm} ：表示為群體的 gbest。

C_1 和 C_2 ：初始設定參數，學習因子，常使用 2 或 1.49445 做為設定值。

$rand_1$ 和 $rand_2$ ：表示為兩個屬於均勻分配 $U(0,1)$ 的隨機亂數。

V_{in}^t ：為第 t 次反覆中粒子 i 新的速度值。

V_{in}^{t-1} ：為第 $t-1$ 次中粒子 i 舊的速度值。

W ：為慣性權重值。

當最佳疊代速度更新時，新的粒子位置也會進行更新，其公式如下：

$$P_{in}^t = P_{in}^{t-1} + V_{in}^t$$

P_{in}^t ：表示為反覆第 t 次中粒子 i 新的位置。

P_{in}^{t-1} ：表示為反覆第 $t-1$ 次中粒子 i 新的位置。

2.2 田口實驗設計法

在面對一個工程問題需求時，如何規劃實驗、如何來決定實驗設計參數水準以及如何控制其中的因子和水準獲取有用的資訊，是每位品管工程師一定會遇到的實際問題，有許多實驗方法可以用來決定參數配置的設計，例如：一次一因子實驗法（one factor at a time）、試誤法（trial and error）、全因子實驗法（full factorial experiments）、田口直交實驗設計法（Taguchi's orthogonal arrays）。以上這幾種方法不外乎在追求低實驗成本與高準確度，而一次一因子實驗法與全因子實驗法無法同時兼顧實驗成本與精確度，反觀田口實驗設計法則是一個優良的實驗設計方法，因為在執行全因子實驗法五因子四水準的實驗時，須執行 $4^5=1024$ 次實驗組，但利用田口直交表配置，則僅須執行 16 次實驗組便可獲得最適參數水準組合，如此一來可大幅降低實驗次數與成本；而相對於一次因子實驗法，直交表的水準分佈平均，可信度與再現性佳，能使實驗找到最適化條件，實際應用於製程改善上（蘇朝墩，2005；李輝煌，2008）。

田口方法目的為在以降低實驗準確性的前提下，利用直交表實驗設計與變異數分析達成以少量的實驗數據進行實驗分析，提升實驗效率，確保在產品研發設計過程和製造過程中都以最佳的條件進行，有效的改善並且提升產品品質。設法強調從產品製造端追溯到研發設計端全程的把品質這個重要的問題考慮進去，並重視這個問題。田口博士認為一個產品的品質可以定義為：「此一產品在它的整個生命週期內，整個社會(包括製造商、消費者、及所有其他人)對它所付出的總代價，並稱之為品質損失(quality loss)」(李輝煌，2008)，由此可知追求的最終目的為將產品品質的損失降到最低，然而產品的損失為當產品的功能變異越大則與目標值偏離的程度越高，透過減少產品的功能變異來追求產品功能趨近目標值，減少帶給社會的損失，而偏離目標值越大的產品變異越大，由以上可知為了這個問題可以透過穩健設計（robust design）解決，也就是田口式實驗設計法中最基本的概念，運用此方法將製程參數最適化，找到產品變異最小的參數組合或製成模式，在大量生產的產品上市後，對於成本的損失降到最低，利用「直交表(orthogonal arrays)」和「S/N 比」二種工具來達成穩健設計（Tsai et al., 2004）。

田口方法是以實驗的手法決定設計參數，其目標是追求最佳的產品機能且維持穩健性，亦即受干擾的因子影響減至最少（李輝煌，2008）。而其步驟如下圖 1 所示：

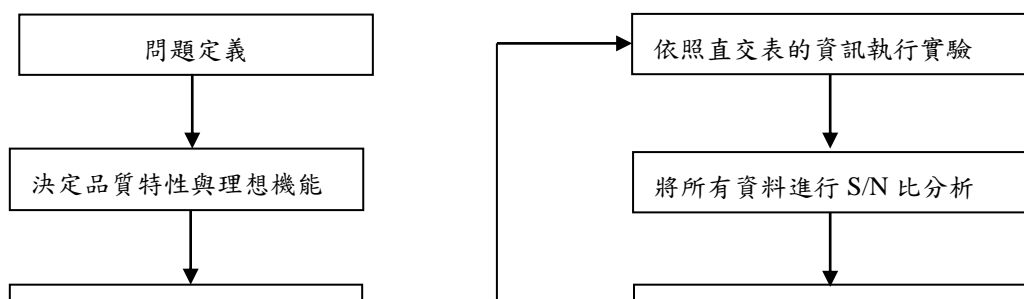


圖 1 田口實驗設計法流程圖

2.3 相關文獻整理

本小節將以上方法相關的研究整理於此小節中，其中包含了粒子群演算法與田口實驗計畫法兩種方法，而粒子群演算法又聚焦於粒子群演算法運用於零工式排程問題中的研究為主要文獻。

Xia 等學者(2004)提出一個新的混合演算法，此演算法是以粒子群演算法為基礎，結合以自我經驗的鄰域搜尋與以鄰近經驗的全域搜索達到較高的搜索效率，模擬退火法則採用固定機率來避免局部最優的情況發生，在一般且合理的情況下開發出一新的混合演算法名叫 HPSO，使用一些基礎零工式排程問題與其他演算法比較，結果為此演算法為一可行且有效率的方法。

鄧永丞(2004)採用實驗規畫法規化實驗，探討使用球型端銼刀高速加工自由曲面時影響表面之切削參數，以誘導式類神經網路來建利表面粗度模式，最後以 PSO 演算法進行切削條件配置，提供加工者有良好的切削條件做為參考。

Zhang 等(2005)針對多目標的彈性零工式生產問題提出以粒子群演算法結合禁忌搜尋法解決幾個互相衝突的目標，彈性零工式生產問題是傳統零工式生產問題的延伸，雖然傳統的優化演算法能得到較好的解果但是僅侷限於單目標的問題，而此演算法適合運用於多目標的彈性零工式生產問題，且在大規模的彈性零工式生產排程問題更加明顯優於傳統優化方法。

Anil 與 Sivakumar(2007)針對粒子群演算法的參數設置對於靜態零工式排程問題的影響，此研究為標準的搜尋最佳參數設計，此研究找尋出的最佳參數 C_1 與 C_2 分別為 $1e^{-7}$ 以下與 4，完工時間分別為 1020 與 75。

Ge 等學者 (2008)因零工式排程問題的理论與實踐價值相當重要，採用粒子群演算法與類免疫演算法的結合來解決目標值為最短完工時間之零工式排程問題，粒子群演算法發展出新的粒子距離與速度的概念運用於零工式排程問題，而類免疫演算法則設計疫苗與受體以提升免疫力表現，此演算法有效利用分佈式的能力與平行計算群體智能的方法，探討方式是以挑選幾種類型的問題當作基準，各類型問題又細分為許多不同大小的問題，以該研究所發展出的混合演算法找出所有範例的解並與過去的文獻結果做比較，結果顯示該研究中的混合演算法具有相當好的效果。

Sha 與 Lin(2010)因零工式排程問題大多以單一最佳解來做為追尋目標，例如完工時間，但

因現場實際情況為考量，大多實際生產排程需要考量之目標值不只為一項，遂提出以粒子群演算法運用於多目標優化的零工式排程問題中，使用改良型粒子群演算法解決許多基礎排程問題，測試結果得之改良型粒子群演算法比傳統啟發式演算法效果好。

Jamili(2011)針對週期性的零工式生產排程問題提出一混和演算法來解決，此混合演算法是採用粒子群演算法與模擬退火法做為基底，發展出一套新的混合式演算法，並隨機建構出實例做為比較問題，以分支界線法做為最佳解，互相比較差異為何，而結果為此混合式演算法相當適合運用於週期性零工式排程問題中。

田毅翔(2012)以太陽能模擬機模擬出太陽能特性與三種情況，然而粒子群演算法追蹤最大功率的時間花費過長，該研究提出結合擾動觀察法與粒子群演算法的方法來有效率的追尋出最大功率點。

由以上粒子群演算法的文獻可以知道粒子群演算法隨著時間演進效能也隨著時間提升，目前也有許多不同的粒子群演算法結合了各種方法適用於解決零工式排程問題，在最佳解部分也都具有相當好的表現，因此本研究也選定了此方法來做為之後驗證本研究的零工式排程問題最佳的方法。

Jeang 等人(2009) 以壓焊製程作為實證案例，整合品質機能展開 (QFD) 以及田口式實驗設計法來進行改善。首先運用 QFD 方法將客戶之需求轉換為設計要求目標，找出產品品質特性一焊點強度之後，再由腦力激盪得知影響焊點強度之製程參數，最後使用田口實驗設計法找出最佳參數水準組合。

蘇俊豪(2009)使用田口實驗設計法將光源種類、成型參數與材料比例間調整的數據與灰關聯分析所訂定的因子與品質特性的關聯度，成功獲得一組最佳參數組合，另外加入類神經網路並運用此網路建立實驗預測模型，經實驗證實有良好的成效。

尤麟熊(2011)針對自行車鏈輪製造進行研究，利用破壞性創新理論找出市場中自行車鏈輪的不對稱動機，結合 QFD 的產品開發概念建立一套概念評選程序模式，並配合 TRIZ 理論發展出矛盾衝突矩陣表與發明原理來解決 QFD 品質特性矛盾關係，運用有限元素模擬後運用田口實驗計畫法分析最佳化結果再以遺傳演算法神經網路進行最佳值預測。

許庭豪(2012)針對具六根肋條矩形塑膠桶採用氣輔射出成形使用田口實驗方法找出最佳參數組合，而品質特性為模型上總位移翹曲量，且理想機能為望小特性，實驗結果為(1)實驗次數有效降低許多，氣體壓力為影響最高之因子(2)模擬結果與預測數值有誤差，控制因子可能需要重新考量。

黃柏謀(2012)針對多情境與多績效指標之最適混和派工問題使用DEMATEL、理想解順序偏好法以及田口實驗設計三種方法建構出一套能夠滿足上述問題的演算法，最後再使用模擬系統 eM-plant 模擬出各績效指標的數據，結論為決策實驗室分析法有效降低瓶頸機台之花費時間，田口直交表快速且有效率的找出最佳派工組合，利用 TOPSIS 處理田口求得之 S/N 比，找到一個能滿足多種績效的平衡點且建構出同時滿足各績效目標值下的穩健派工法則。

由以上文獻可知田口實驗方法不只為找尋最佳參數組合之有效率方法，也可與許多方法結合或者運用在相當廣泛的問題上，在以上文獻實驗結果部分可以發現不論與何種方法結合或運用在不同問題上成效皆相當良好。

第參章 研究方法

本研究將以個案研究為主，再依照將要探討的個案問題大致分為四類，分別為現場改善、物料管理、排程模型建構、製程參數最適化等，分為四大主軸來對個案公司進行分析。其中現場改善包含了工作內容調整與倉儲領料流程改善，物料管理則是探討如何幫助個案公司降低存貨成本，排程模型建構則以個案公司既有的資源建立滿足排程需求的模型，建構完模型後並以螞蟻演算法驗證其有效性與可行性，最後在製程參數最適化部分則針對印鐵製程送料端以田口實驗計畫法進行研究。希望藉由本研究的改善與建議可以使本個案公司成本、彈性、交期、品質、效率、產能等都可依現有的資源在各項競爭力指標達到改善的目的。研究架構如圖3.1所示。主要的內容在陳述本研究所分析的四項議題所使用的方法，其中包含其方法、公式或流程等等。

3.1 員工工作內容改善

組織設計中對於員工最直接的影響無非就是員工每天接觸的工作內容，而工作內容設計的好壞往往可以左右員工的工作效率，本個案公司屬於傳統製造業，為了追求高效率與產出不外乎都是透過流程標準化，工作專業化與簡單化來達成高績效的表現，但一體兩面的也產生了許多問題，例如工作單調、成就感低等等，所以必須用一些方法改進。因此，本研究將針對員工工作內容單調問題，提出解決辦法與執行內容。該工作內容改善之流程，如圖 2 所示：

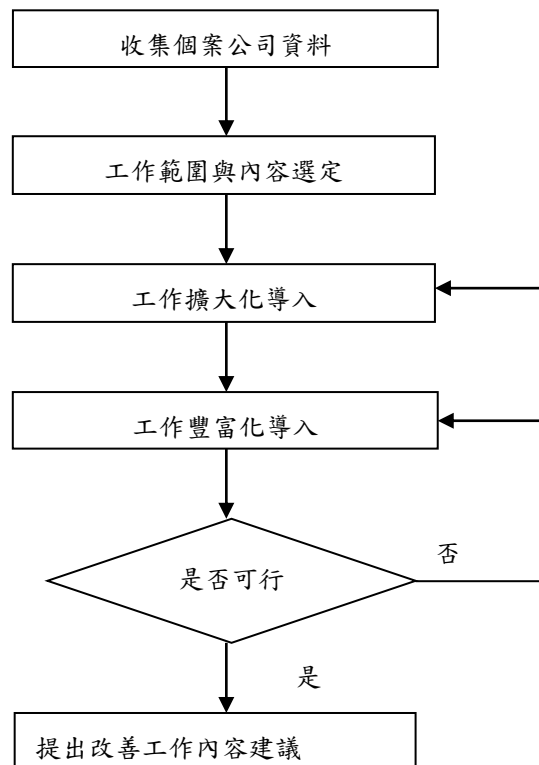


圖 2 工作內容改善流程圖

一、工作擴大化(job enlargement)

增加水平工作內容，將某工作範圍之工作內容的範圍加大，增加所需執行之任務與工作的多樣性，最終之目的為消除員工因工作單調所產生的單調感，增加員工因工作所賦予的成就感。

二、工作豐富化(job enrichment)

對於工作擴大化的缺點改良而成，增加垂直範圍的工作內容，使工作內容的工作深度(job depth)加深，在員工所擁有的員工自主權上改良，具備更大的權力可以不透過某些繁雜的程序來決定事情，同時執行某些原為上層所執行的任務。員工擁有自主權可增加本身具有的自由度、獨立性與責任感來完成所需執行之任務，並對於績效與矯正本身行為有一定的幫助。

三、執行可行性

在執行完改良之後必須要透過以下四點來衡量此建議之可行性是否夠高：

- (一)工作內容的變更是否允許、是否有彈性做出變更。
- (二)員工對於此改變的認知為何，是否認同或有良好反應。
- (三)此改變對於組織的影響為何。
- (四)是否有組織問題會影響到工作豐富化之實施，例如人事政策、員工訓練不足等等。

3.2 物料管理

物料管理依照前置期與需求量變動與否可大致分為四種模式，分別為「需求固定，前置時間固定」、「需求變動，前置時間固定」、「需求固定，前置時間變動」以及「需求變動，前置時間變動」，本研究將待分析之原物料依照其特性歸類至其所屬的模式，而所使用的模式為「需求變動，前置時間固定」、「需求固定，前置時間變動」以及「需求變動，前置時間變動」以上三種，並針對以上三種模式各提出一種代表性原物料做說明並以三種不同的服務水準（95%、98%、99%）做檢測，並將結果提供給個案公司做為訂貨與存貨參考。

3.3 製程參數最適化

本小節將探討如何將田口實驗計畫法運用於印鐵製程送料端，目的為改善印鐵製程產出之品質，印鐵製程大致區分為兩部分，一為前段送料與上料端、二為後段烘乾爐，經觀察發現，通常產品品質變異都是由於前段部分機器設定與調整不恰當，現場工程人員總是需要花費許多時間或重複實驗多次才能找出最佳的參數組合，為了減少不必要的時間、原料、人力成本達到減少浪費的目標。本研究希望可以透過田口實驗設計方法找出一個滿足現場印鐵製程需求的參數組合可以提供給現場工程人員在訂定參數水準上有一個準確的參考及依據，達到提升產品品質的最終目標。

首先必須選取現場產品變異最大之製程作為探討對象，之後針對此部分與現場工程人員討論與觀察找出適合的品質特性與參數水準的訂定，而品質特性是針對此製程所有產品皆有的特性做探討，參數與水準的訂定則針對現場工程人員的需求挑選出一系列最恰當的參數與水準。

選定完參數水準與品質特性後，必須探討品質特性的理想機能與直交表為何，其中理想機能可分為望大、望目、望小三種，每個品質特性也有相對應的S/N比公式可以使用，決定完品質特性理想機能、適合的直交表與S/N比公式後執行實驗依據所得到的結果進行實驗的比對，實驗確認成立，即可確定該實驗模式可以用來描述整個製程，若實驗確認不成立，必須重新檢討步驟的可行性，其中包括品質特性與理想機能的選擇、參數水準的訂定等等都必須重新的檢討。

3.4 粒子群演算法於零工式排程運用

粒子群最佳化演算法 (Particle Swarm Optimization, PSO) 是由 Kennedy and Eberhart 在 1995 年所提出，為人工智慧領域中一種新興的技術，廣泛運用至解決最佳問題中，具備快速收斂與僅需較少參數設定的優點，因此已逐漸成為一相當熱門之研究主題，此演算法之概念源自於生物的群體行為理論，模擬鳥群在覓食的時候，除了會依照本身過去覓食之經驗來判斷最佳覓食地點以外，也會藉由群體之間的溝通與資訊交流，利用其它同類之覓食經驗配合本身過去覓食經

驗加以分析，使整個鳥群朝著食物源目標前進，找尋最佳的利益，最後達成往較佳地點移動的目標。

隨時間的演進粒子群演算法也廣泛的被運用到許多問題上例如：二次分派問題、車輛途程問題、分割問題、動力系統最佳化問題等等，而粒子群演算法也會因為問題本身的性質、條件、需求等等因素做些微的調整來滿足以上提及之問題，而本研究的排程性質屬於零工式排程，本個案的問題假設如下所示，在敘述完問題假設後會對於粒子群演算法如何運用於本研究個案問題中的細節做詳細的介紹。

本研究零工式排程問題的相關假設如下：

- (1) 工作數(m)事先固定且已知。
- (2) 機器數(n)事先固定且已知。
- (3) 每個作業在各機器上的處理工作(process)稱作一個作業(operation)。
- (4) 所有工作的需要經過的機器的處理順序固定且事先決定。
- (5) 所有作業的處理時間為固定且已知。
- (6) 所有機台一次只能處理一個作業不能同時處理兩個或兩個以上的作業。
- (7) 所有工作必須依照處理順序進行作業，遵守順序的限制。
- (8) 機器的整備時間(step-up time)不考慮在內。
- (9) 工作開始即無法停止，需待此工作完成才能換下一個作業，即作業不可分割性(no preemption)。
- (10) 所有工作的待命時間均為 0。

本研究將會採用 matlab 來做為執行粒子群演算法的程式，在程式碼的部分會依照上述條件來做些為的調整與修正，本研究所撰寫出的程式碼具有三大核心概念，第一為上述條件 1 至 6 點所做的初始設定，本研究將會設計工作數(m)、機器數(n)、所有工作的需要經過的機器的處理順序、所有作業的處理時間等為已知且確定的情況來求解，第二為程式碼因個案所具備的條件必須加上一個修復機制，此修復機制是針對上述限制第七點：所有工作必須依照處理順序進行作業，遵守順序的限制，所做的修正，若沒有此修正會造成系統隨機選取的結果不符合個案條件，會有順序錯誤的情形發生，必須依賴此修復機制來確保選取的排程順序為正確的，無順序錯誤的情況發生，第三大核心概念為 fitness 的求解方式，而本研究的 fitness 為此問題的排程時間長度，而 fitness 的求解方式運用類似甘特圖的概念來求出每個解，而邏輯為時間的累加是比較前置作業完工時間與該機台可生產時間何者較大，選取較大者為疊加對象，並加上本身製造時間即為完工時間。

第四章 實例分析與問題解決

4.1 個案公司簡介

本研究所選定之個案公司主要以專業化生產的角度生產各類型之飲料罐以及食品蔬果罐和馬口鐵相關剪裁與塗印之相關容器的廠家，相關產品如易拉及全開式三片飲料罐、茶類罐等。本個案公司在 1996 年通過 ISO 9000 品質體系之認可，為中國製罐行業在品質管理領域的領導者，並於 2010 年獲頒海龍市經濟建設功臣、漳州市納稅大戶，擁有經驗豐富的管理團隊以及強大的技術背景與推行人才本土化政策是本個案公司優勢，也幫助本公司贏得中國專業生產空罐據領導

地位之美譽，經營理念採用「誠信務實、永續經營」的管理方式，並與「品質第一，客戶至上、國際標準」的標準達到提升整體競爭力之期許，使業績蒸蒸日上。

本個案公司外銷出口至許多國家，主要產品銷售至美國、菲律賓、日本、印度、加拿大、越南等地區，而本個案公司在其國內具有許多當地知名且規模龐大的客戶如臺灣統一食品、廈門銀鷺集團、福建紫山集團、南京旺旺集團、中糧集團(王老吉)、承德露露集團、椰樹集團等。

4.2 關鍵物料再訂購點分析

此章節將會針對個案公司原料存貨政策深入探討並提出可行的建議與實行方案，達到降低缺貨成本與庫存成本的目標，而個案公司的物料種類繁多，其中包括產品主要原料馬口鐵皮、塗布與彩印所需要的塗料與光油等、生產中所需要的耗材如棧板、封口膠、銅線、束帶等。研究限制中有提到本研究並不會探討所有的物料，而是考慮物料的需求與前置期是否為變數，分為三種類型的原物料，在此三種類型的原物料中挑選使用率較高的物料做探討與分析，以下分別簡述本研究如何將原料分為三類型的原物料，及此三類原物料中，分別最具代表性的物料為何，茲以說明。

首先以「需求變動，前置時間固定」做為說明的例子，此類型範圍是針對塗料類型的原料做探討，而塗料包含了在印鐵製程中塗布與彩印所使用的外塗顏料油墨與內塗所使用的光油、可丁等等，每種塗料也細分成許多顏色與功能，本研究將把塗料範圍內的原料歸類於此訂貨類型。而「需求固定，前置時間變動」的類型本研究將針對製罐製程中所需要使用的蓋子做為例子並加以探討，其中蓋子會依照顧客需求使用底蓋或上蓋、易拉蓋；罐身規格區分為許多不同的蓋型規格，本研究將以此範圍之原料歸於此訂貨類型；最後為「需求變動，前置時間變動」的類型，本研究將以產品主要原料「馬口鐵」歸類於此訂貨類型。

介紹完各種訂貨類型所針對要探討的原物料後會依照上述三種訂貨類型再挑選各類別源物料中最重要之某一原物料項深入探討，並提供個案公司在三種不同服務水準下，原料存貨政策該如何執行較佳，計算過程與結果說明如下所示：

一、需求變動，前置時間固定

首先是「需求變動，前置時間固定」的類型，本研究將以之前所提到塗料類型中挑選使用量最大且頻率最高的原料「白可丁(C-2201-549)」，此原料用於印鐵外塗製程中，產品上色前都需要可丁做為基底，所以白可丁在使用量與使用頻率為所有塗料類型原料中最高之原料，其需求均隨時間變動且前置時間均固定為兩週，以下為以需求變動、前置期固定的情況下所求的公式與相關數據。

$$ROP = \bar{d} \times L + Z \times \sqrt{L} \times \sigma_d$$

$$\text{其中 } \bar{d} = 26.16667$$

$$L = 14$$

$$\sqrt{L} = 3.742$$

$$\sigma_d = 5.626804$$

藉由以上公式與運算資料，我們分別以 Z=95%、Z=98%、Z=99%的顯著水準加以檢測，得到以下結果如表 1 所示：

表 1 需求變動、前置時間固定之 ROP

Z-95%	1.645	Z-98%	2.055	Z-99%	2.33
ROP - 1	400.969	ROP - 2	409.602	ROP - 3	415.393

由表 1 我們可以得知，假如個案公司傾向使用緊縮的存貨政策，則可以挑選 99% 的顯著水準做使用基準，再訂購點為 415 桶；假如傾向使用較寬鬆的存貨政策，則可以挑選 95% 的顯著水準做使用基準，再訂購點為 401 桶；假如個案公司偏向介於兩者之間的 98% 的存貨策略，則再訂購點為 410 桶。

二、需求固定，前置時間變動

這部分為「需求固定，前置時間變動」類型存貨政策探討，本研究挑選的原料類型為「底蓋」，其中以此類型內使用量最高之原料「王老吉-廣東版 底蓋」為研究對象，本個案公司對於底蓋的需求變動幅度不大，固本研究以需求固定視之；而前置期因個案公司本身就有自行生產底蓋，但產量時常不足以應付生產需求需透過外包來解決產量不足的問題，且供應商之品質時常較差造成前置期時間不確定。以下為以需求固定，前置時間變動的情況下所求的公式與相關數據。

$$ROP = d \times \bar{L} + Z \times d \times \sigma_L$$

$$\text{其中 } d = 21700$$

$$\bar{L} = 13.36667$$

$$\sigma_L = 3.357784$$

藉由以上公式與運算資料，我們分別以 Z=95%、Z=98%、Z=99% 的顯著水準加以檢測，得到以下結果如表 2 所示：

表 2 需求變動、前置時間固定之 ROP

Z-95%	1.645	Z-98%	2.055	Z-99%	2.33
ROP - 1	409917.8	ROP - 2	439792	ROP - 3	459829.6

由表 2 我們可以得知，假如個案公司傾向使用緊縮的存貨政策，則可以挑選 99% 的顯著水準做使用基準，再訂購點為 459830 條；假如傾向使用較寬鬆的存貨政策，則可以挑選 95% 的顯著水準做使用基準，再訂購點為 409918 條；假如個案公司偏向介於兩者之間的 98% 的存貨策略，則再訂購點為 439792 條。

三、需求變動，前置時間變動

最後是「需求變動，前置時間變動」的類型，先前提到本研究將以馬口鐵類型之原料做為此部分探討之範圍，在此範圍內則選擇統一捲鐵(0.20*824*1036)做為探討對象，本個案公司馬口鐵主要運用於三大部分 1.供給本身製蓋需求 2.完成客製化印刷後直接送達客戶端 3.製成馬口鐵罐配合底蓋或上蓋配送至客戶端，前兩項需求固定但礙於季節因素第三項需求受季節因子干擾不固定；而前置期因統一在大陸供應量穩定性會隨著淡旺季不同也有所不同，旺季時供應不穩定造成前置期無法掌握，固本研究將以前置期不固定視之，以下為以需求變動，前置時間變動的情況下所求的公式與相關數據。

$$ROP = \bar{d} \times \bar{L} + Z \times \sqrt{\bar{L} * \sigma_d^2 + \bar{d}^2 * \sigma_L^2}$$

其中 $\bar{d} = 275.9$

$\bar{L} = 9.76667$

$\sigma_d = 62.35236$

$\sigma_L = 3.103761$

藉由以上公式與運算資料，我們分別以 Z=95%、Z=98%、Z=99% 的顯著水準加以檢測，得到以下結果如表 3 所示：

表 3 需求變動、前置時間固定之 ROP

Z-95%	1.645	Z-98%	2.055	Z-99%	2.33
ROP - 1	4049.836	ROP - 2	4387.61	ROP - 3	4614.16

由表 3 我們可以得知，假如個案公司傾向使用緊縮的存貨政策，則可以挑選 99% 的顯著水準做使用基準，再訂購點為 4614 板；假如傾向使用較寬鬆的存貨政策，則可以挑選 95% 的顯著水準做使用基準，再訂購點為 4050 板；假如個案公司偏向介於兩者之間的 98% 的存貨策略，則再訂購點為 4388 板。

4.3 印鐵製程參數最佳化

本章節之製程參數最佳化將針對印鐵製程做探討，而印鐵製程分為前後兩大部分，本研究將前段稱之為送料端，其中包含將以裁剪好之鐵皮送入輸送端與將塗料均勻塗余鐵皮上兩部分；後段部分為烘乾爐，此部分可控制之製程參數較少且較不會影響產品品質變異，所以暫不討論。本段製程可由下圖 3 所示：

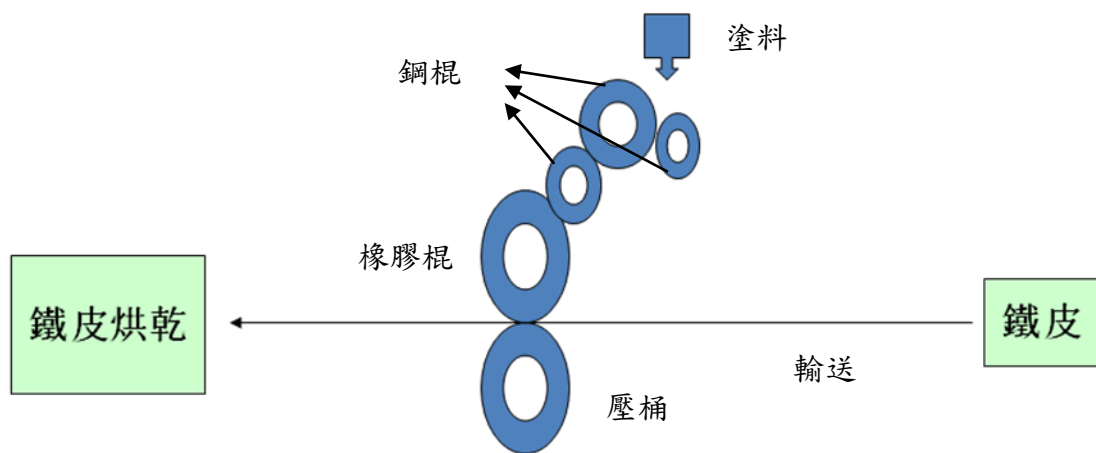


圖 3 印鐵製程示意圖

圖 3 中送料原理是由磁鐵之磁力將鐵皮往上吸，鐵皮經由磁鐵吸住之後往前移動連帶把整張鐵皮送至輸送帶上，進入輸送帶之後下一步驟為塗料由上方流入，沿著三個鋼棍互相滾動流至橡膠棍再經由橡膠棍帶塗料滾動均勻的將塗料塗在鐵皮上，最後多餘的塗料流至底部凹槽集合回收再利用，此部分是整段製程最重要的地方，會影響品質特性之參數設定仰賴現場工程師調整與設定，並以經驗判斷應如何設定對品質變異影響最少且可使品質最穩定。

品質特性與理想機能為顧客重視的產品品質參數，更是生產者不可忽視且必需符合顧客的要

求之參數。個案公司之印鐵製程中有不少顧客重視的產品品質特性，基於前述塗布印刷品質的重要性，所以，本研究將以其中的「塗膜厚度」，做為本研究之品質特性，而塗膜厚度會依照客戶需求來訂定範圍，不允許產品之塗膜厚度超過或少於此標準，本研究所設定之理想機能為望目，希望塗膜厚度能符合客戶的要求範圍標準之內。

現場工程師討論後，將依照以上之控制因子所設定之原設計值為基準，往其合理範圍進行一些變動，每一因子都給予三種不同的水準，例如送料速度以合理範圍內提出三種不同的可行送料速度，分別為 93RPM、103RPM、113RPM，不同因子依照工程師經驗給予不同的變動範圍，以增加實驗效率。各因子之水準由下表 4 所示，灰色部分為原製程設計值。

表 4 焊接製程控制因子水準表

因子		水準一	水準二	水準三
1	送料速度	93RPM	103RPM	113RPM
2	磁鐵吸盤高度	1CM	1.5CM	2CM
3	磁鐵邊架與鐵皮距離	2CM	2.5CM	3CM
4	滾筒距離	0.1CM	0.2CM	0.3CM

執行實驗與改善此製程前，必須根據因子數與水準數選擇合適本製程之直交表，而本研究選定之製程有 4 個因子，每個因子各別都具有 3 個水準，因此採用田口博士所發明設計的 L9(3⁴) 的直交表，依照 L9 直交表直行實驗，計算其平均值與標準差以及 S/N 比之後，利用田口方法中之望目的公式與平均數合標準差整理出因子 S/N 比的反應圖，如下圖 4 所示：

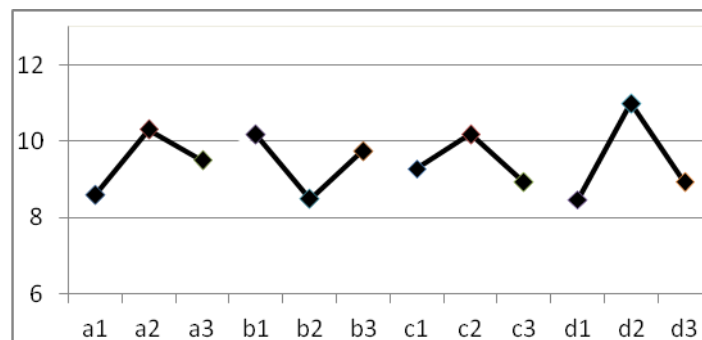


圖 4 S/N 比的因子反應圖

根據第八步驟中之回應表與回應圖與品質特性可以得到最佳因子組合為 A2、B1、C2、D2，其各因子所對應之設定參數可由下表 5 中灰色部分所示：

表 5 最佳控制因子組合

因子		水準一	水準二	水準三
1	送料速度	93RPM	103RPM	113RPM
2	磁鐵吸盤高度	1CM	1.5CM	2CM
3	磁鐵邊架與鐵皮距離	2CM	2.5CM	3CM
4	滾筒距離	0.1CM	0.2CM	0.3CM

經由上述田口實驗所找尋出之最佳控制因子組合可以了解所需改變之參數為磁鐵吸盤高度由水準二改變成水準一，滾筒距離由水準一改變至水準二，其餘兩個因子皆維持不變，顯見「磁鐵吸盤高度」與「滾筒距離」為影響本製程相當重要之參數。

為確定實驗是否成功，必須估計出此最佳條件A2、B1、C2、D2之推定值；確定推定值之後並進行最佳條件之實驗，觀察其實驗結果是否達到推定值所預測之效果，經由預測公式計算之後所之預測結果為13.25835，其預測所使用之推定值公式由下所示：

μ ：在最佳條件下，製程平均之推定值。

$\bar{T1}$ ：數據的總平均值

$$\mu = \bar{T1} + (\bar{A2} - \bar{T1}) + (\bar{B1} - \bar{T1}) + (\bar{C2} - \bar{T1}) + (\bar{D2} - \bar{T1})$$

(2)

而依照實驗結果之最佳因子組合執行實驗，最佳因子組合分別為送料速度103RPM、磁鐵吸盤高度1CM、磁鐵邊架與鐵皮距離2.5CM與滾筒距離0.2CM，所得結果為15.3456，比預測之結果高，達到預測之改善期許目標。並對於改善後本製程做持續品質良率追蹤，整體製程良率因此最佳化改善從75~80%提升至90~95%，獲得相當大的改善結果。

4.4 工作內容改善

此章節將會針對現場基層人員的工作內容加以改善優化，減少工作專業分工所造成的單調因乏，增加員工工作效率。首先將會闡述本研究所挑選之工作內容為何與挑選此工作內容之原因，再針對所選定之範圍導入工作擴大化與工作豐富化，再依照前述所提及之四點衡量方式衡量提案是否可行，最後提出改善建議給予本個案公司。

一、議題選定與說明

首先在工作內容與範圍將挑選製罐製程做為挑選範圍而工作內容為位於製程中段的「放蓋」與位於製程後段的「烘乾爐 QC 檢驗」兩項工作內容做為研究對象，選定此製程與工作內容原因為 1.製罐製程具有最多產線且人力所需求最多，且為所有製程中最注重專業分工之製程，所以本研究將針對此製程加以改善工作內容 2.工作內容則挑選此製程中最枯燥乏味的工作內容做為改善對象。放蓋位於此製程中段，目的為提供捲封口所需之底蓋，捲封口即為接合底蓋之工序，每條製罐線皆會配給一位工作人員於此，底蓋會由紙袋包裝成條堆疊於棧板上並放置於此工作站旁，此工作站之工作人員工作內容為將裝成條之底蓋放至於一鐵製軌道上，底蓋將由此進入並由捲封口機器進行封口，待上一輪放置之底蓋將用盡時補充新的底蓋於軌道上，而每次放置底蓋之量皆為一條底蓋；烘乾爐 QC 檢位於製程尾端，當鐵罐進行全噴後必須經由烘乾爐高溫烘乾，此時產品即為完成品，而烘乾爐後會設置一 QC 點檢驗成品中是否有包含任何的不良品，做為本製程最後品質檢驗點，此工作站通常會配製 1 至 2 為工作人員於此，依照當天人力許可配置，工作內容為隨時觀察是否有不良品產生，若發現不良品則挑出防止不良品打包出貨。

二、工作擴大化與豐富化導入

由上述內容可知放蓋站之工作內容相當簡易、重複性高且內容單調無趣，此工作屬於閒置時間短但閒置頻率高的工作性質，不允許發生缺蓋情形發生，每次次放置底蓋的量因軌道長度限制最多為一條，而每條底蓋消耗速率大約為 30 秒，導致員工必須約每 30 秒左右必須補充一條底蓋，補充動作時間大約是 15 秒，閒置時間每次約為 15 秒、閒置頻率約每 30 秒一次，由以上可知工作擴大化與豐富化導入若以員工能不違反不缺蓋原則來改善工作內容則限制為員工無法遠離工作站，最遠距離為來回 15 秒內之距離為限，若考量增加工作內容則以每次動作週期不超過 15

秒為限，要打破限制則必須增加工作站之人員來使每次動作週期延長來增加每位工作人員可利用時間，但相對會導致人力成本提高，因以上原因本研究將以不改變工作站人數與不違反缺蓋原則作為導入之限制，探討如何優化工作內容。

根據以上規則本研究將針對如何利用閒置時間作為導入工作擴大化之對象，若使閒置時間增加可以增加工作擴大化擴大程度，增加閒置時間的方法為使放蓋軌道曾長一倍使最大容量增加至兩條底蓋則可以使員工的閒置時間增加至 30 秒、每次動作時間約為 30 秒，如此調整以後能使可利用時間增加，對於員工閒置時間從 15 秒提升至 30 秒會有顯著的壓力降低不會有隨時必須隨時注意底蓋消耗情形發生；本工作站位置為於縮領翻邊機旁，進出縮領翻邊機的鐵罐皆可從站台上觀察是否有嚴重的品質不良出現，若細微的品質問題則無法直接由台上之作業員目視得知，嚴重的品質問題通常會於此工作站前的 QC 檢驗點予以去除，但細微的品質問題在前一 QC 檢驗點不一定會發現，所以在此工作站擴大之工作內容將利用閒置時間 30 秒作為品質檢驗時間，減輕後段 QC 點品質管理之壓力，細微檢驗每一空罐需要約 5 秒的時間，以 30 秒閒置時間為標準約可以提供每分鐘 4 個空罐的檢驗次數，作業人員每分鐘還有 10 秒可自由使用，做為彈性時間。

烘乾爐 QC 檢驗位於本製程後段部分，此工作站主要目的為做為本製程最後的品質檢驗點，人力分配是以當時人力資源考量分配 1 至 2 位員工負責，工作內容以提升品質為前提下在此工作站觀察是否有不良品出現於完成工乾工序之成品中，防止其通過此檢驗點，而工作內容特點為檢驗人員因連續生產必須待命於此檢驗點以防有遺漏的不良品通過並對所有通過烘乾爐之成品品質進行檢驗，屬於長時間待線人員，缺點為工作內容單調，工作人員長時間處於此工作環境與內容易使不良品判別準確率與專注力降低，而工作擴大化與工作豐富化之導入則以提升產品品質良率為最終目的為基準進行改善，產線是已連續生產方式生產導致檢驗人員無法離開檢驗點，必須隨時專注於管控生產線上的產品品質，以至於導入擴大化時無法選擇離開工作範圍之工作，以上述這點考量基準可以發現改善範圍空間不大，所以本研究將以工作豐富化做為此檢驗點之工作內容改善而暫不考慮工作擴大化層面改善。

考量以上因素，工作擴大化改善將針對如何增加工作專注率與效率兩點進行加強，以工作深度層面為出發點進行改善工作內容的基準，增加員工在工作上的豐富程度與員工自主權，不侷限於單調簡易的檢驗工作，透過這類型的方式來增加工作所帶來的成就感，如分析產生不良品的原因為何或產生此品質缺點的工作站別，原始工作內容為防止不良品通過，但僅止於挑出不良品，並未針對是否可改進良率加以琢磨，此方面皆由內勤品管人員定時抽測來加以監控是否有問題產生，而並未能快速反應出是否有品質問題產生，此方式可以彌補問題反應時間過久之問題，透過現場檢驗人員分析問題並快速反應給可能發生問題之工作站，不透過後勤品管人員分析通報，且相對可以增加工作豐富性、降低工作內容所造成的煩悶、提升工作所帶來的成就感。

三、改善之效益評估

透過工作豐富化與工作擴大化改善工作內容以後，還必須透過透過以下四點來衡量此建議之可行性是否夠高，而評估內容如下表所示：

表 6 工作內容改善評估效益

評估項目	放蓋站	烘乾爐 QC 檢驗點
工作內容的變更是否允許、是否有彈性做出變更	允許，閒置時間調整後有足夠時間做工作內容更改	允許，增加其判別不良品問題權力並不會影響產品品質管控

員工對於此改變的認知為何，是否認同或有良好反應。	是，減少工作單簡易所帶來的單調感	是，減少工作簡易所帶來的單調感並增加成就感
此改變對於組織的影響為何。	減少不良品產生，提升品質良率	品質問題可以快速反應至問題出現處，改善反映品質問題所需時間
是否有組織問題會影響到工作豐富或之實施	否	否

由以上表格可知在實施上並無問題產生，並會對整體的品質控管、改善績效與專注力、減少工作內容單調煩悶感、增加工作成就感等造成顯著的改善，而此製程整體產品良率因工作內容調整已從 90% 提升至 96%，可見此方法之效益極高。

4.5 建構最適排程方法

當一個產品訂單確定時，如何找出一個最佳的排程方式，建立一個最佳化的概念，本個案公司並無一可遵行之排程方法或模式，提供工程師一排程方法做參考或使用為本小節之目的。然而生產排程必須考慮的因素有許多例如：產品實際交期、預計完成時間、延遲時間、流程時間的長短、到期時間、客戶銷售額大小、關係好壞等都要點做為考慮的因素，使各產品都有其主要標準製程、替代方案等，但這不侷限於一個或多個方案，最終目的為發展出一套模式提供工程師使用並滿足以上需求。本個案公司製程大致上可分為裁剪(自製、外購)、印鐵(塗布、彩印)、制罐三大部分，本小節將以各產品之標準工序來訂定出一套標準的生產流程，在依照便利性、時間性等給予優先選擇順序做為排程原則。

以下將會介紹本排程方法所需要的投入與提供的產出為何，並介紹在此轉換過成中所運用的運算原理為何，而本排程方法之投入與產出可由表 7 所示：

表 7 排程投入與產出

投入	產出
<p>一、所有產品項的標準製程(為該產品生產時優先選擇的工作站，在表單中以 0、1 呈現，經過該工作站輸入 1，不經過則輸入 0)</p> <p>二、訂單(因排程為後推排程所以採用交期決定生產日期)</p>	<p>一、當日生產計畫</p> <p>其中包含</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 該工作站當日該生產何種產品個數 2. 該工作站當日該生產總件數 3. 該工作站當日生產所需工時 4. 該工作站當所剩餘工時 5. 產能負荷率(該工作站當日安排生產所需時間占當日工時的比率) <p>二、月報表</p> <p>以當日生產計畫所集合而成的月報表，可以依照排程人員的喜好調整時間長度，例如 60 天、年報表等。</p>

- 1.產生原理:標準製程(0、1)*當日訂單(件數)=當日生產計畫。
- 2.件數總和:當日單工作佔總生產數量總和。
- 3.所需時間(單位:HR):件數總和/60分鐘/該工作站生產效率(件/分鐘)。
- 4.預估總產能:以一天24小時,扣除寬放時間預計22小時,可隨工作站情況調整預估總產能。
- 5.剩餘產能(單位:HR): 預估總產能-所需時間。
- 6.產能負荷率:所需時間/預估總產能%。

隨著個案公司產能的擴充,產品的種類與產能的增加是勢在必行的,所以在沒有排程輔助軟體的幫助前提下,建立一個淺顯易懂的粗略排程規劃方法可以幫助排程者更方便且更有規劃性的執行排程任務,而執行步驟與架構分別由表8與圖5所示:

表8 排程表單架構

表單一(標準制程)	在此表單建立各品項之標準製程,每項品項所首要選擇之工作站中輸入1,其他工作站中則輸入0。
表單二(當日訂單)	在此表單輸入當日各品項之訂單需求量。
表單三(當日生產計畫)	在建立完標準製程與輸入當日訂單之後,會在此表單中產生運用標準制程所產生的初始排程計畫,此計畫中包含了各產品在各工作站所安排之生產件數、各工作站之生產件數總和、各工作站所需時間(小時)、各工作站預估總產能、各工作站剩餘產能、與產能負荷率。

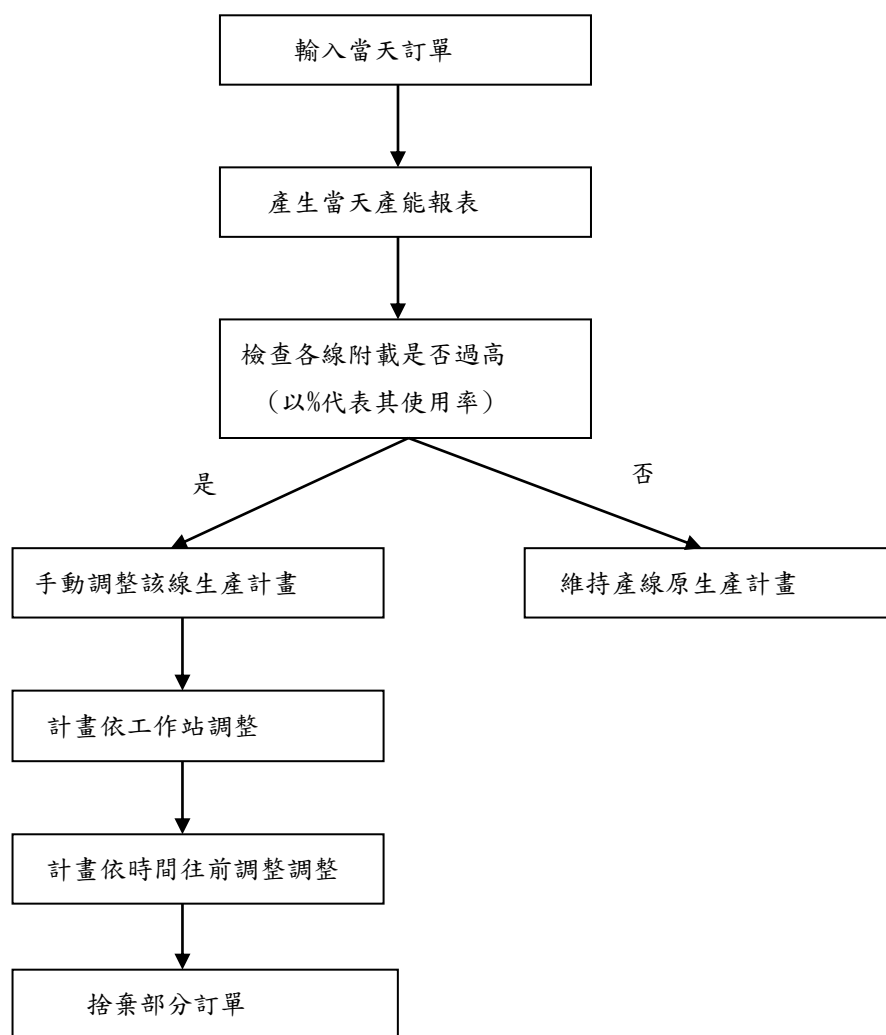


圖 5 排程方法執行步驟

當日初步生產計劃完成時，依照其產能負荷率來檢查該天生產計畫是否可行，若可行依照該計畫執行，若不可行依照三大步驟修改訂單排程，如下表 9 所示：

表 9 調整排程計畫方法與步驟

計畫依工作站調整	若該工作站已滿載，則選擇該天可以滿足該產品工藝之第二優先順序的工作站生產此產品，依此方法一直往下安排至所有滿足此產品工藝之工作站滿載為止。
計畫依時間往前調整	當依工作站調整調整無法滿足當日訂單時，以當天訂單交期時間往前安排以後推排程的概念執行，不過在當日的工作站選擇方法還是以優先順序選擇概念執行。
捨棄部分訂單	當以上兩個方法都無法滿足計畫時，依照公司的決策來選擇捨棄部分訂單來滿足排程需求。

由上表可知當當日訂單輸入完成後會有三個調整步驟必須依循調整，首先將以滿足各工作站當日各別能負荷之最大產能為前提安排各工作站當日工件，依照各工作站負荷程度決定是否調整初始排程，若產能不能負荷則依序採用後續兩項調整方式，將工作安排至合適的工作站。

以下將會挑選個案公司某日實際訂單做為實例，針對選定代表訂單請現場工程師使用 excel 排程方法進行排程，並把所得之結果與 pso 演算法所得之結果做比較與分析，探討本 excel 排程方法可行性與可信度為何。而 Excel 排程模式對選定訂單進行排程的規劃，情況之結果如下表 10 所示：

表 10 Excel 排程結果

	BS6	S1-123	鳳山	福龍	六色機	印 1-5
產品 A	34285		34285			34285
產品 B	34285		34285			34285
產品 C		40000	40000			40000
產品 D		40000	40000			40000
產品 E	42857		42857			42857
產品 F	42857		42857		42857	
產品 G	42857		42857		42857	
件數總和	197159	80000	277141		85714	191427
所需時間(小時)	32.85	38.095	13.427		46.233	9.0631
預估總產能(小時)	22	22	22	22	22	22
剩餘產能(小時)	-10.85	-16.09	8.572	22	5.766	12.936
產能負荷率	149.36	173.16	61.033	0	73.789	41.198

	230	148	207	206	228	198	475	476
產品 A	120000							
產品 B	0						120000	
產品 C				140000			0	
產品 D				0	140000			
產品 E		150000			0			
產品 F		0						150000
產品 G							150000	0
							0	
件數總和	120000	150000		140000	140000	150000	120000	150000
所需時間	0	0		0	0	0	0	0
預估總產能	50	55.55		50.724	50.724	54.347	44.44	58.139
剩餘產能	22	22		22	22	22	22	22
產能負荷率	-28	-33.55		-28.72	-28.72	-32.34	-22.44	-36.13
	227.27	252.52		230.55	230.56	247.03	202.02	264.27

上表可知首先在裁剪線當日產能無法完全消耗當日工作，BS6 與 S-123 兩條線別產能負荷率都超過 100%，安排生產件數個別為 197157 與 80000 件，分別需要 32.85 與 38.095 小時才能完工，若以一天 22 小時可使用時間計算分別會不足 10.85 與 16.09 小時才足夠，因裁剪機台皆為滿載之情況無法將訂單移轉至其他線別生產，所以必須提前安排生產，塗布部分則是會產生閒置的情況發生，尤其在福龍廠為完全閒置的情況，有多餘的能力接單，鳳山廠則安排生產 277141 件，需生產 13.427 小時，以一天 22 小時工時計算還剩 8.572 小時可利用，才能達到產能使用完全，

若以不影響其他線別為前題則能針對塗布代工的業務增加訂單量，彩印則皆有 70%與 40%左右的產能負荷率，六色機剩餘 5.76 小時產能使用，印 1-印 5 還有 12.936 小時產能未按排生產，具有些許排程空間能使用，最後在製罐方面各條線別產能負荷率皆超過 200%，可由剩餘產能項清楚了解還需要多少時間才能把各產品需按排生產之工件完成，必須將部份工作量轉移至其他日期或者線別生產，本個案公司製罐線因改機耗時因素通常都會選擇提前生產。

而 PSO 演算法執行之結果如圖 6 所示，其橫軸代表 PSO 演算法迭代次數、縱軸為 Makespan，也就是目標值：

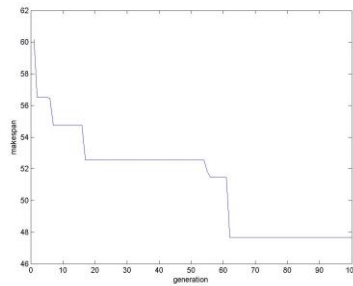


圖 6 PSO 演算法執行結果

由圖 6 可知最佳完工時間在第 62 次迭代收斂至 47.677 小時，其排程順序為多重最佳解，本研究只挑選出其中一組最佳解做為代表，順序為 11、12、13、14、21、22、23、24、31、32、33、34、41、42、43、51、52、61、62、53、44、54、63、64、71、72、73、74，其中拾位數字代表為何種訂單，1 至 7 分別對應訂單 A 至 G，個位數字代表此訂單在何工作站執行，1 至 4 分別對應裁剪、塗布、印鐵、製罐四大製程。

上述情況分別使用兩種排程方法進行排程，所花的時間與得到的資訊內容完全不同，可稱這兩種方法間的關係為一互補的效果，以 Ecel 排程方法來說，對於現場操作者使用較為容易，可快速掌握一段時間內整體排程內容與所有工作站工作負載率之情況，提供個案公司生管人員一排程架構可以做為日後排程參考與記錄依據，訂定一生管人員需依循的排程規則，為一整體規劃之概念，可隨使用者喜好或現場情況做些許調整，具有相當大的彈性，具備較為直觀且容易上手的優點，操作容易，也可提供決策層日後對於生產線改善或增加之參考依據，但此方法不為實際排程狀況，為大約之情況，僅供使用者做參考或輔助的概念執行，且也會因使用者不同會有不同的結果，不一定為最佳的排程結果，人為操作變異較大，而在 Pso 演算法則為真對一系列之工作做排程最佳化的分配，所得之結果較為精確，但有許多資訊無法從此得知，例如 pso 演算法能準確知道整體 makespan 為多少，排程順序為何，但是各機台的產能情況無法準確掌握，不清楚已有多少工作已安排生產，無法得知改善方向，較偏向個體最佳化的概念，卻無法掌握整體情況，而兩者之優缺點整理如下表 11 所示：

表 11 排程方法優缺點比較

	Excel 排程方法	Pso 演算法
整體規劃	優	劣
詳細排程內容	劣	優
人為操作變異	高	低
彈性	高	低

使用難度	低	高
接單決策參考	可	不可
購入、淘汰機台決策參考	可	不可
執行所需時間	短	長
最佳化程度	低	高

總體來說，這兩個方法為針對不同的目的所設計出來的方法，如果要達到良好的排程情況兩者皆為不可或缺的，最好的情況為兩者都使用，依照需求與使用條件來選擇何種排程工具，如果是針對長期產能規劃則使用 Excel 排程方法，若是針對個別細項產能安排則使用 Pso 演算法來求出精確的排程順序與內容。

第五章 結論與建議

5.1 結論

工業工程技術一直在業界扮演著不可或缺的角色，提供工程師們一個改善生產效率、降低成本、提升產品品質等的一個依據，最中所追求的目標為增加整體競爭力。本研究是採用一個案改善的方式進行，運用工業工程技術來解決個案公司的問題，透過先前的研究，可以整理出以下四點結論：

1. 在物料管理的部份，本研究分別針對三種較具代表性的物料提出三種不同的存貨水準分別為 95%、98%、99%，提供個案公司能依自身政策的考量或實際的需求來選擇合適的服務水準。
2. 針對現場基層人員的工作內容採用工作擴大化與豐富化兩項改善方法導入，對於工作內容加以改善優化，減少工作專業分工所造成的單調困乏，增加員工工作效率，由改善效益評估可知實施上並無問題產生，並會對整體的品質控管、改善績效與專注力、減少工作內容單調煩悶感、增加工作成就感等造成顯著的改善，而此製程整體產品良率因工作內容調整已從 90% 提升至 96%。
3. 在塗布製程前段改善上，本研究使用田口實驗設計來進行最佳參數的組合，採用三水準與四因子之直交表 L9(3⁴) 進行實驗，整體製程良率因此最佳化改善從 75~80% 提升至 90~95%，獲得相當大的改善結果。
4. 針對個案公司排程資源不足之問題，依照需求與現場實際條件設計兩樣排程方法提供給個案公司做為排程依據，Excel 可做為為長期產能規劃與接單、政策參考，Pso 演算法則可提供現場工程師一精準的排程規畫，最終目的為將兩套排程方法融合並發展出一套排程規則提供給個案公司做為排程工具。

5.2 研究限制與建議

本研究基於人力、保密資料、時間等因素，仍尚有未盡完備之處，對於未來研究限制與建議提出以下三點建議以供參考：

1. 物料管理部分本研究在各情況下之樣本僅只有 30 份，未來可考慮增加樣本數來提供更準確的資訊；本研究在各種類物料僅挑選代表物料做為研究對象，建議日後增加各類物料的研究對象，以增加結果準確性與代表性。
2. 本研究僅對急需改善且改善工間較大之工作內容改善，並未針對所有基層員工進行工作內容探討與改善，未來建議將基層員工工作內容皆囊括探討是否進行改善。

3. 在排程方法建構上將建議針對個案公司未來發展上進行調整與改善，因個案公司目前有擴廠與增加設備之計畫，排程方法必須依照現場情況與條件進行改變與調整，另外本研究在排程方法建構上並無提供多樣化的目標值與限制條件可提供現場工程師做選擇是否做為排程參考依據，例如目標值可提供機台閒置時間最小或再製品最少等，限制條件可增設庫存較高之產品較先生產或交期到期之產品較先生產等，日後將建議增加多目標與限制條件供現場工程師做為排程參考依據。

參考文獻

中文文獻

1. 尤麟熊 (2011)，整合 QFD、TRIZ 及田口法研發破壞性創新之自行車鏈輪製程設計，國立彰化師範大學工業教育與技術學系碩士論文。
2. 田毅翔(2012)，基於混合法之太陽能最大功率追蹤，國立台灣科技大學電機工程系碩士論文。
3. 李輝煌 (2008)，田口方法—品質設計的原理與實務，高立圖書有限公司，台北，第三版。
4. 林則孟 (2006)，生產計劃與管理,台北 ,華泰文化事業股份有限公司出版。
5. 徐世輝 (1998)，品質管理，三民書局。
6. 許庭豪 (2012)，以田口實驗方法探討氣體輔助射出成型參數對塑件之翹曲量研究，逢甲大學機械工程研究所碩士論文。
7. 黃柏謀 (2012)，應用 DEMATEL、TOPSIS 與田口方法 探索工作站排程之混合式派工組合，國立高雄大學亞太工商管理所碩士論文。
8. 歐惠鳳 (2010)，應用 TRIZ 與 DEMATEL 探索實驗設計之參數—壬酚製程為例，國立高雄大學亞太工商管理所碩士論文。
9. 鄧永丞(2004)，利用 PSO 演算法探討高速銼削最佳化，大同大學機械工程研究所碩士論文。
10. 蘇俊豪 (2009)，運用田口法與灰關連分析於面光罩快速原型系統之參數最佳化，國立台灣科技大學自動化及控制研究所碩士論文。
11. 蘇朝墩 (2005)，品質工程，中華民國品質學會，台北，第三版。

英文文獻

1. Anil, B., & Sivakumar, S. (2007). On the Influence of Parameters in Particle Swarm Optimisation Algorithm for Job Shop Scheduling. In *Proceedings Of The 11th Wseas International Conference On Systems-Systems Theory And Applications*. 2. 372-377.
2. Conway, R. W., Maxwell, W. L., & Miller, L. W. (1967), "Theory of Scheduling", Addison-Wesley.
3. Ge, H. W., Sun, L., Liang, Y. C., & Qian, F. (2008). An effective PSO and AIS-based hybrid intelligent algorithm for job-shop scheduling. *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on*, 38(2), 358-368.
4. Hertz, A., & Widmer, M. (1996). An improved tabu search approach for solving the job shop scheduling problem with tooling constraints. *Discrete Applied Mathematics*, 65, 319-345.
5. Jeang, A., Chung, C. P., Chen, C. W. & Li, H. C. (2009). Optimizing process parameters of hot-bar soldering process through quality function deployment and Taguchi method. *Journal of Materials Processing Technology*. 209(6). 2967-2977.
6. Jain, A.S., & Meeran, S. (1999). A State-of-the-Art Review of Job-Shop Scheduling Techniques.

- European Journal of Operational Research*. 113. 390-434.
7. Jamili, A., Shafia, M. A., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2011). A hybrid algorithm based on particle swarm optimization and simulated annealing for a periodic job shop scheduling problem. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 54(1-4), 309-322.
 8. Kennedy, J., & Eberhart, R. (1995, November). Particle swarm optimization. In *Neural Networks, 1995. Proceedings., IEEE International Conference on*, 4, 1942-1948. IEEE.
 9. Montgomery, D. C. (2001). Design and analysis of experiments. New York: Wiley.
 10. Parunak, H. V. D. (1991). Characterizing the Manufacturing Scheduling Problem. *Journal of Manufacturing System*, 10, 241-259.
 11. Sha, D. Y., & Lin, H. H. (2010). A multi-objective PSO for job-shop scheduling problems. *Expert Systems with Applications*, 37(2), 1065-1070.
 12. Tsai, C. F., & Lin, F. C. (2003). A new hybrid heuristic technique for solving job-shop scheduling problem. *Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems, Second IEEE International Workshop*.
 13. Weijun, X., Zhiming, W., Wei, Z., & Genke, Y. (2004, June). A new hybrid optimization algorithm for the job-shop scheduling problem. In *American Control Conference, 2004. Proceedings of the 2004*, 6, 5552-5557. IEEE.
 14. Weijun, X., Zhiming, W., Wei, Z., & Genke, Y. (2004, June). A new hybrid optimization algorithm for the job-shop scheduling problem. In *American Control Conference, 2004. Proceedings Xia, W., & Wu, Z. (2005). An effective hybrid optimization approach for multi-objective flexible job-shop scheduling problems. Computers & Industrial Engineering*, 48(2), 409-425.
 15. Zhang, J., Hu, X. M., Tan, X. Zhong, J. H., Huang, Q. (2006). Implementation of an ant colony optimization technique for job shop scheduling problem. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*. 28(1). 1-16.