

彈性裝配線配置分析

彭 泉 蔡禎騰 伍祚平*

摘 要

產品之製造包括零件加工，以及對完成之零件進行裝配組合。Black(3)所提出的製造系統新的型態—聯結單元製造系統(Linked-Cell Manufacturing System、L-CMS)，主要有三大單元：製造單元、次裝配單元以及最後裝配線。其中有二大單元屬於裝配作業性質。因此，重視裝配作業的設計與分析，能使製造系統的生產力提昇，產品之競爭力增強。所謂裝配線之配置分析，包括考慮什麼樣的環境能使裝配線的運作流暢？怎樣的裝配線配置可使產品的生產程序穩定而有效率地進行？就裝配線而言，在不同的生產型態下，如何找出一種較適當且具彈性的配置，可能需要經過多次的錯誤嘗試。本研究的目的是在於提供一個設計、評估裝配線配置結構之決策支援系統(Decision Support System)，輔助使用者依據實際生產之型態，能迅速有效的產生較適當的裝配線配置結構。此外，並提供裝配線配置結構下的效率分析，供使用者設計裝配線配置結構之參考依據。

關鍵詞：彈性裝配線、製造系統、決策支援系統

緒 論

爲了隨市場的變動而達到製程靈活調適，豐田式生產採用多能工或一人多機之作業模式，就是要使生產能做到隨市場需求量變動，而增減員工，以達靈活調適的能力(20)。就裝配線而言，在不同的生產型態下，如何找出一種較適當且具彈性的配置，可能需要經過多次的錯誤嘗試。一旦面臨新的生產型態或更換新的產品時，又需要另一段時間的摸索才能進入比較有效率之生產模式。自從1955年Salveson(15)提出裝配線平衡問題後，就不斷的有研究者從不同的角度來探討此一問題，而且由簡而繁的提出不同的演算法。裝配線平衡問題爲非多項式型(NP hard)的問題(12)，問題複雜度會隨作業數增加，呈幾何級數增加。對於裝配線平衡問題，較一般化的定義是Silverman與Carter(16)所提出的，他們認爲所謂裝配線平衡問題是指：把最小可行的工作單元分配給工作站，使得所有先行關係與時間限制都能滿足，而且目標函數能達到最佳化。此一定義幾乎含蓋了所有裝配線平衡問題，而這些不同類型的問題經過三十多年的研究，已有相當廣泛及深入的報導。

*東海大學工業工程研究所

以彙整這些報導為主題的文章也相當多。如Kilbridge & Wester[9], Ignall[6], Buxey et al. [4], Johnson[7], Baybars[2], Talbot et al.[18]及Ghosh & Gagnon[5]。由過去裝配線問題之研究上來看，探討人員彈性配置問題之研究，除了在一些談論豐田式生產之文章中提到過外，至今尚無一份完整討論裝配線上人員配置最佳化的研究。基於此，本研究的主要目的就是要發展一電腦化之輔助工具，協助使用者在面臨不同的生產型態或不同的產品時，能很快的設計出較適當且具彈性的裝配線人員配置之裝配線。

Sule[17]指出裝配線每一工作站的排序是根據產品的加工程序而順序排列。而在裝配線流程型態(flow pattern)上，可分為水平流程與垂直流程，在水平流程中大致可分為若干種型態；在垂直流程中亦可分為若干種型態。但是，我們不難發現這些流程型態多為基本型態衍變而來，而其基本型態即為直線型流程與U型流程。因此，本研究以裝配線配置結構分析為中心，以直線型流程與U型流程為範圍。而本研究以簡單裝配線平衡問題為討論範圍，是因為它在裝配線平衡問題中具有代表性，依據Johnson[7]的研究，他放寬原來簡單裝配線平衡問題的不同變數，形成九種不同類型的問題，而解這些問題，只要把原來解簡單裝配線平衡問題的演算法稍做修改即可，因此解簡單裝配線平衡問題，就是解其它不同類型問題的基礎。

本研究主要為提出基本型裝配線之人員配置的演算邏輯，發展了一個裝配線配置結構應用之電腦化決策支援系統。本文以下就現有裝配線配置相關文獻加以討論。然後提出推導配置法則之方法，進而介紹所完成之軟體系統。最後以一實例說明本研究之成果之實用性。

裝配線配置的特性與方法

一、裝配線流程型態

依照產品的生產性質，一般工廠的佈置可分為製程別佈置(process layout)與產品別佈置(product layout)兩種。Sule[17]提到裝配線的設計是儘量朝著連續而且平順的物流特性而設計的，所以裝配線的每一工作站的排序是根據產品的加工程序而順序排列。因此裝配線的設計係依據產品別佈置而設計。一般而言產品別

佈置的流程型態，即物料流程的路徑與型態，不僅是依據作業程序而一直線排列，並且因其相關之影響因素而有所變化的。

Apple[1]將一般基本的製造流程型態及其相關之應用限制加以整理。其內容如下：

直線型(straight line)：將工作站與機器排成一直線的排列方式。適用於產品流程短、簡單，裝配線的擺設空間狹長，且產品流程的開始與結束分別位於擺設空間的兩端。

蛇型或Z型(serpentine or zig-zag)：將工作站與機器排成蛇型或Z型的排列方式。適用於產品流程過長，超過裝配線擺設空間的橫線距離，且包含大量的加工機器數或工作站。

U型(U-shaped)：將工作站與機器排成U型的排列方式。適用於產品流程的開始與結束位於裝配線擺設空間的同一邊。

圓型(circular)：將工作站與機器排成圓型的排列方式。適用於產品流程的開始與結束由同一操作人員或加工機器執行。

奇角型(odd-angle)：將工作站與機器排成奇角型的排列方式。適用於產品流程短、裝配作業量少，且裝配線擺設空間有其限制。

二、裝配線平衡

要讓在整個生產流程中順利進行，沒有停頓、等待或閒置現象，便是所謂的生產線平衡(line balancing) [19]。裝配線由工作站(work station)所組成，每一工作站含有至少一個或以上無法再分割之加工作業。工作站中所有作業及其完成之總時間，分別稱為站工作含量(station work content)及站工作含量時間(station work content time)。生產線上所有各站工作含量合併總計，稱為總工作含量(total work content)，所需之總時間稱為總工作含量時間(total work content time)。生產一單位產品需時若干，全由生產線工作站中工作含量時間最多者決定。此最多之工作時間，稱為周期時間(Cycle Time; CT)。故生產率是周期時間之倒數。各站閒置時間可由周期時間與該站工作時間之差表示。各站閒置時間總和，稱為平衡滯延時間(balanced delay time)。

Roger 與 Ghosh(14)所提出影響裝配線的52個因素中，亦有多項因素，如機器個數、工作站加工時間、操作人員閒置時間…等，都是與裝配線平衡有所關連。裝配線平衡所需考慮之因素，可分為六項，茲簡述如下(10)。

裝配線佈置：裝配線之佈置將影響平衡之改進，在現有裝配線中，工具夾具與小型設備等之調整，通常不列入裝配線平衡作業中，惟如輸送帶(conveyor)大型設備等裝置，為不易改變位置者，屬於區域限制(zoning constrains)情形，對以後裝配線平衡改進作業，甚具影響。故生產新產品或建新廠時，亦應注意工廠佈置對裝配線平衡影響之程度，通常最後與主要裝配線，儘可能使其接近完全平衡，並對區域或部門限制情形，應儘量減少較宜。

產品之性質：不同產品由於其工作要素之時間分配與先後次序相異，對裝配線平衡具有不同之影響。Kilbridge與Wester(8)曾調查研究，獲得下列兩點結論。
(1) 相同周期時間及其它情形類同時，產品中工作要素時間短者數量多及時間長者數量少，愈易獲得平衡。(2) 工作要素先後次序限制愈少，亦愈易獲得平衡。

周期時間：周期時間亦為影響平衡難易之主要因素。依據Kilbridge與Wester(3)的研究，最佳周期時間應考慮有關產品成本之內外在因素，如學習成本、時間成本、滯延成本、需求量與生產率…等。事實上，周期時間是由生產率符合需求量決定，即所需之總生產時間除以需求量。

學習因素(learning factor)：工作人員由於學習效應，時間愈久，其工作經驗增長後，所需處理作業時間漸減。故某工作站原為瓶頸作業站，卻漸漸變成非瓶頸者，因而整個裝配線之周期時間亦可能變短。

個人行為因素：裝配線上工作人員，其技能高低，缺勤率大小…等個人行為因素，與工作環境及工作場所設計之優劣…等外在因素，具有同等影響工作要素時間長短之程度。

其它因素：在多產品批次裝配線或多產品裝配線時，對於某產品其平衡程度較優，對其它產品平衡或屬較差。如何取捨，以達兩全其美，必須考慮甚多因素。諸如不同產品作業之難易，不同生產率與需求量等，但通常以總成本為最後標準。此外裝配線在時際情形中，常發生停工待料，或某工作站機器故障等情形，亦需迅速予以改正。

三、彈性裝配單元

「讓一個人作一個人的工作」，是表達日本企業生產方式內部結構的關鍵詞。因為要讓每一作業員充份發揮一個人的能力，就不能有等待的時間，也就要從生產佈置的結構中克服所謂生產線不平衡之問題。於是一人多工程、交接帶互助等觀念，便被納入生產方式中。而靈活的勞動力結合在製品削減的流線型生產，形成了每一位作業員都能做相當於一個人工作的生產方式的最高境界。Monden[11]所提出之彈性工廠的觀念，基本上就是指能達成省人化要求的工廠。為了實現省人化的觀念，下列三個要素，為其先決條件：

1. 適當的機器配置設計。
2. 具有多種工作能力且接受過良好訓練的作業員，也就是所謂的多功能作業員。
3. 標準操作流程的不斷評估和定期修正。

Black[3]倡導的製造系統新的型態，聯結單元製造系統，其系統的流程建構係依據產品之加工程序與裝配作業的次序，在每一個單元內亦是以產品佈置為主。諸多學者提出許多關於裝配單元形成之研究。然單元如何形成？Black[3]則指出單元的形成，首先在設計上須著重在一固定時間內僅有一件工件或半成品進入單元，而這個時間即為周期時間，在周期時間內必需完成工件或半成品的裝配，所以單元中必須含有完成裝配的所有作業。然而裝配單元與製造單元畢竟有所差異，誠如Black[3]所述，其最大的不同在於裝配單元中的作業大多是人工操作的，也就是說作業員必須滯留於單一工作站中，直到該站之作業完成。

Black更指出移動的作業人員(walking worker)是使單元具有彈性的重要因素，這項觀點與Monden所提彈性工廠的三個先決條件前二點不謀而合，所以聯結單元製造系統在設計上通常採用U型的流程型態，使作業員可在工作站與工作站間移動，操作機器。若裝配單元內每一工作站上均有一作業人員，在此時單元的能量(capacity)為最大，但可因應生產型態的迥異而調整單元裝配的能量，亦即調整單元內的作業員人數，以期符合改變後的生產型態。使裝配單元在面臨生產型態改變時更具有彈性。

本研究所發展之決策支援系統雛型即植基於彈性裝配單元中，如何配合生產型態的不同而有效的調整單元內的作業員人數，以符合所需要的裝配能量。

四、演算法則

演算法則(algorithm)是本研究解決問題的重心所在。依Merbach[10]的演算法則分類如圖一，將演算法則分為兩大類：反覆性(iterative)與直接性(direct)。所謂反覆性的演算法則就是運用固定的程序不斷反覆求解，如簡算法。而直接性的演算法則即不需經過反覆的演算，如微積分。然而在反覆性的演算法則中又可分為：收斂式(converging)與啓發式(heuristics)二類。啓發式的演算法則不能保證能收斂至最佳的解，但啓發式的演算法則可以提供一快速、有效的合理解；另一類收斂式的演算法則則能收斂至最佳的解。Merbach[10]亦將收斂式的演算法則再次分為：近似(approximation)與有限(finite)兩類。在有限的問題空間中，僅需要相當有限的反覆步驟即可收斂至最佳化稱之為有限類的收斂式演算法則，相反的情況即為近似類的收斂式演算法則。而在有限類的收斂式演算法則中可區分為：路徑結構(path structure)與樹枝結構(tree structure)二者。最大的區別即在於其求取最佳化時，路徑結構在每一次反覆演算時均依循先前反覆演算的確定方式，例如：簡算法；而樹枝結構則在反覆演算時構成許多的平行分枝，例如：動態規劃術。

裝配線人員彈性配置問題屬於一種組合型問題(combinatorial problem), Pearl[12]指出這類問題都需要巨量的計算時間才能解得最佳解。因此本研究為使研究成果具實用性，解題技巧採啓發式的演算法則，因為它可以降低計算的數量，更可以縮短求解的時間。在解決彈性裝配線的配置問題上，本研究首先運用啓發式的推論法則求取一可行解，將配置問題範圍縮小後，再以有限類的收斂式演算法則求取更好的答案。

推論法則

由於本研究僅探討裝配線基本型之配置問題，因此本研究依其限制條件與裝配線配置之目的，分別發展出下列四個推論法則。

法則一 限制 直線型流程、週期時間(CT)已知、操作人員未知。
目的 尋找最接近已知之週期時間而最少之人力。

推論過程：

- Step1：檢查未操作機器列中機器加工時間最大者是否大於給定之週期時間 ($\max\{mt(i)\} \geq C.T.$)？如果是，則該台機器由2位操作員操作，並將該台機器由未操作機器列中刪除，到第三步驟；如果不是，則總操作時間等於該台機器之加工時間，到第二步驟。
- Step2：尋找該台機器之鄰近 (adjacent) 機器，找出機器加工時間較小之機器 ($\min\{mt(i-1), mt(i+1)\}$)，判斷總操作時間加上鄰近較小之機器時間是否大於給定之週期時間 ($mt(i) + \min\{mt(i-1), mt(i+1)\} \geq C.T.$)？如果是，則該台機器由1位操作員操作，並將該台機器由未操作機器列中刪除，到第三步驟；如果不是，則總操作時間等於已累計之總操作時間加上鄰近較小機器加工時間，並將已確定鄰近較小機器加工時間之機器由未操作機器列中刪除，到第二步驟。
- Step3：檢查剩下之未操作機器列中是否尚有機器未被操作？如果是，則到第一步驟；如果不是，則停止推論，並計算本裝配線需要幾位操作員。

法則二 限制 直線型流程、週期時間(CT)未知、操作員人數確定 (n)、每位操作員最大可操作之機器數已知 (k)。

目的 在操作員人數確定下，尋找最小之週期時間。

推論過程：

- Step1：排列操作員操作機器：第1台至第k台機器由第1位操作員操作，第k+1台至第2k台機器由第2位操作員操作，…，第(n-1)k+1台至第nk台機器由第n位操作員操作。
- Step2：檢查是否每一操作員都有操作機器？如果是，則到第三步驟；如果不是，則到第六步驟。
- Step3：檢查每位操作員所操作之機器是否鄰近 (adjacent)？如果是，則到第四步驟；如果不是，則到第六步驟。
- Step4：計算每一操作員之操作時間，找出最大者，令其為該配置之週期時間 ($C.T. = \max\{operator_time(i)\}$)。

Step5：檢查該配置之週期時間是否小於系統週期時間（系統週期時間初值設定為極大值（M））？如果是，則以該配置之週期時間取代成爲系統週期時間；如果不是，則系統週期時間仍爲原來之值。

Step6：檢查是否仍有其它之配置排列？如果是，則變動操作員之操作配置，到第二步驟；如果不是，則停止推論，並以系統週期時間作爲最佳配置之週期時間。

法則三 限制 U型流程、週期時間(CT)已知、操作人員未知。

目的 尋找最接近已知之週期時間而最少之人力。

推論過程：

Step1：檢查未操作機器列中機器加工時間最大者是否大於給定之週期時間（ $\max[mt(i)] \geq C.T.$ ）？如果是，則該台機器由2位操作員操作，並將該台機器由未操作機器列中刪除，到第四步驟；如果不是，則總操作時間等於該台機器之加工時間，到第二步驟。

Step2：尋找該台機器之鄰近機器、其位置的對面機器與對面機器的鄰近機器，列入待選擇機器列中，找出待選擇機器列中機器加工時間較小之機器。判斷總操作時間加上待選擇機器列中較小之機器時間是否大於給定之週期時間？如果是，則該台機器由1位操作員操作，並將該台機器由未操作機器列中刪除，到第四步驟；如果不是，到第三步驟。

Step3：將所有已確定被操作之機器，依個別操作員分別連線。檢查所有操作員操作機器的連線有無交叉情形？如果有，則將由待選擇機器列中選取之機器從待選擇機器列中刪除，到第二步驟；如果沒有，則總操作時間等於已累計之總操作時間加上由待選擇機器列中選取之機器的機器加工時間，並將已確定在待選擇機器列中選取之機器由未操作機器列中刪除，到第二步驟。

Step4：檢查剩下之未操作機器列中是否尚有機器未被操作？如果是，則到第一步驟；如果不是，則停止推論，並計算本裝配線需要幾位操作員。

法則四 限制 U型流程、週期時間(CT)未知、操作員人數確定 (n)、每位操作員最大可操作之機器數已知 (k)。

目的 在操作員人數確定下，尋找最小之週期時間。

推論過程：

- Step1：排列操作員操作機器：第1台至第k台機器由第1位操作員操作，第k+1台至第2k台機器由第2位操作員操作，…，第(n-1)k+1台至第nk台機器由第n位操作員操作。
- Step2：檢查是否每一操作員都有操作機器？如果是，則到第三步驟；如果不是，則到第六步驟。
- Step3：檢查每位操作員所操作機器的連線是否有交叉情形？如果沒有，則到第四步驟；如果有，則到第六步驟。
- Step4：計算每一操作員之操作時間，找出最大者，令其為該配置之週期時間 (C.T. = $\max[\text{operator_time}(i)]$)。
- Step5：檢查該配置之週期時間是否小於系統週期時間（系統週期時間初值設定為極大值 (M)）？如果是，則以該配置之週期時間取代成為系統週期時間；如果不是，則系統週期時間仍為原來之值。
- Step6：檢查是否仍有其它之配置排列？如果是，則變動操作員之操作配置，到第二步驟；如果不是，則停止推論，並以系統週期時間作為最佳配置之週期時間。

彈性裝配線配置分析之決策支援系統的建構

一、系統的功能與限制

本研究所發展之系統是依據使用者在設計具彈性配置之裝配線的需求。因此本系統可提供使用者應用不同的流程型態來設計裝配線，並列出較適當的裝配線人員彈性配置，與該配置的效益分析，提供使用者在設計一具彈性之裝配線時的參考模式。具體而言，本決策支援系統具有下列幾項功能：與使用者溝通（輸入與輸出的功能）；推論出適合需求的裝配線人員配置；提供裝配線各相關配置之績效評估數據資料，（如：操作人員之效率、閒置時間…等）；具有儲存與載入的功能。

本研究所建立之系統針對單一裝配線，其適用範圍與使用限制，分述如下：

1. 本系統提供設計之裝配線為單一裝配線，而非整個裝配部門的配置分析，如需設計一完整裝配部門之配置（含裝配支線、裝配主線…等）時，可將裝配線依據其流程作若干切割，並逐一設計之後，再予以整合。
2. 本系統依據裝配線流程型態而設計，且以其基本流程型態（直線型流程與U型流程）作為本系統設計的基礎，故目前僅提供兩種裝配線流程配置（直線型流程與U型流程）之電腦程式。

二、系統製作方法

本研究採用了快速建構法，來建構本決策支援系統。首先，決定那個部份要製作，以及決策的範圍；接著是如何推論出決策，把決策結果展示出來。第三步驟是使用歷史資料或假設的個案來測試系統的可信度。第四步驟是經專家評估，決定決策的推論以及軟硬體的有效性。第五步驟是使用者測試系統。最後，由知識工程師分析結果，並決定系統是否需要改善或擴大設計。

三、系統整體架構

本系統整體架構可分為使用者介面、輸出入模組、推理機置、績效分析，以及資料庫五大模組。系統整體架構圖如圖二所示。接著，就本系統之各模組作一說明。

（一）使用者介面

使用者界面是使用者與系統溝通的橋樑，本系統採用C語言的繪圖功能，設計使用者介面螢幕，並應用C語言控制滑鼠功能，設計滑鼠曳引選取方式，達到與使用者有效溝通的效用；而且採用具有交談式與功能表式的方式的混合設計，使得溝通更為便利。使用者可透過此介面直接與系統進行溝通，即使不熟悉電腦程式設計者，亦可操作本系統，而達致使用者友善（user friendly）的溝通方式。

（二）輸出入模組

本模組提供輸入裝配線背景資料的功能。系統的輸入模組係伴隨著使用者介面一併設計，同樣具有功能表式與交談式的方式作為輸入的方式。另就系統的輸出模組而言，系統藉由輸入模組獲得相關之裝配線背景資料後，再進入推理機置推論可能的配置結構情形，於推論出較適當的結果後，將推論結果傳輸至績效評估模組評

估分析，再將所評估出較適當的結果經由輸出模組輸出，以提供使用者於設計時之參考依據。

(三)推理機置

推理機置的主要功能是推論出可能的配置結構情形。本系統以逐項詢問裝配線背景資料，來獲得背景資訊，並瞭解使用者的需求，進而推論（找出）適當的配置結構。因此本系統採用的推論方式為前推式(forward reasoning) [13]的推論方式。為了因應現實狀況，本系統設計由使用者選擇是否輸入週期時間。因為實際的生產型態不是永遠的大量生產，而是有變化的，有時是大量生產，有時是定期生產，也有訂單生產的情況發生，所以其裝配線的週期時間不會都是最小化。為因應不同的需求，本系統之搜尋及推論過程依據裝配線背景資料的不同，設計了四類推論法則，這些推論法則將在第四節中做深入的探討。

(四)績效分析模組

在系統搜尋且推論出可能的配置型態後，將所推論出的結果傳輸至本模組，以衡量裝配線效率。一般而言，一裝配線配置之好壞，取決於該線之整體效率，而其效率通常可以用兩個指標來評估：一為工作站配置效率；一為人員配置效率。其中工作站配置效率可以由下列相關資訊逐一計算得到：

1. 週期時間=系統所推論出之配置結構的週期時間。
2. 配置結構=系統所推論出之配置結構。
3. 裝配線效率=操作員操作時間總合/操作人員數*週期時間。
4. 裝配線平均閒置=操作員閒置時間總合/操作員人數。
5. 產能（個/小時）=1*60*60/週期時間。
6. 人機比率=機器總數/操作人員數。

而人員配置效率之衡量則可以由下列相關資訊逐一計算：

1. 操作員效率= 操作時間/ 週期時間。
2. 操作員閒置時間= 週期時間- 操作時間。
3. 最大閒置時間=max（所有操作員閒置時間）。

(五)資料庫

本系統的資料庫可分為動態（暫存）資料庫與靜態（永久）資料庫兩類，分述如下：

1. 動態資料庫：

當使用者進入系統時，依據其所欲設計之裝配線的背景資訊，逐一輸入系統，此時其所輸入之裝配線的背景資訊便植入本資料庫中，作為推理機置與績效分析模組啟動的來源。在使用者離開系統時，本資料庫的資料也隨著消失。

2. 靜態資料庫：

本資料庫中所儲存之資料與動態資料庫的資料是一樣的，亦是裝配線的背景資訊，惟一不同的是使用者可選擇系統的儲存 (save) 功能，一經選定，系統便將目前正在動態資料庫的資料存入本資料庫，即使使用者離開系統時，本資料庫的資料依舊存在。

本系統之所以將資料庫分為兩類，最主要的是讓使用者在進入本系統時，能有更多的方案選擇與比較，以供決策的制定。

四、系統運作程序

本節說明各模組之間的互動關係，以及本系統執行的邏輯。本決策支援系統在使用者介面螢幕上設計有功能表單，供使用者以滑鼠曳引選取方式選擇。

本系統運作流程如圖三。茲簡述如下。

- 步驟一 當使用者進入本系統時，使用者可選擇系統功能項目中之載入功能，將業已儲存相關裝配線背景資料的檔案載入系統；或選擇背景資訊功能項目，以輸入新的裝配線背景資料。
- 步驟二 若使用者選擇載入功能時，系統則載入存於靜態資料庫中的裝配線背景資訊。若使用者選擇建構一新的背景時，系統會要求輸入背景資料，包括：流程型態、機器數與機器加工時間。
- 步驟三 在使用者確定裝配線背景資料完整後，使用者可選擇週期時間功能項目中的兩項功能(輸入與輸出)，一經選擇確定後，系統便依據相關之推論法則，推論出較適合於使用者需求的配置結構。
- 步驟四 在獲得較適合於使用者需求的配置結構後，使用者可選擇績效評估功能項目，系統則依據推論出的配置結構，計算該配置下裝配線的績效數據，供使用者設計時之參考依據。
- 步驟五 在獲得較適合於使用者需求的配置結構後，使用者亦可選擇系統功能項目中之儲存功能，以便儲存該裝配線的背景資料。

系統應用範例

本節以一個實際問題，來說明本彈性裝配線配置分析之決策支援系統協助使用者規劃裝配線配置的過程。

問題敘述：

有一工廠的裝配線設有9個工作站，每一工作站的工作時間如表1所示。工廠方面期望能以彈性裝配單元設置該裝配線，使具有彈性的生產方式來應付客戶們多樣少量的訂單，更期望能以最精簡的人力發揮最高的生產效率。本系統協助使用者設計此一彈性裝配單元的過程，簡述如下：

使用者執行本決策支援系統時，螢幕上會出現主功能表，然後使用者選擇背景資料 (Background) 功能，螢幕上會出現次功能表 (如圖四)，讓使用者將裝配線的相關背景資訊輸入。假設使用者所設計之流程型態為直線型，則在使用者輸入其他的背景資訊後，螢幕上將展現其所輸入的裝配線背景資訊 (如圖五)。然後使用者可選擇主功能表中之周期時間 (Cycle-time) 功能，螢幕上即產生次功能表，供使用者依據生產型態的需求而選擇輸入 (Input) 或輸出 (Output) 兩項功能，假設使用者依據生產型態選擇周期時間為輸入的模式，且期望所獲得的周期時間接近15，則系統便依據推理機置中的推論法則進行推論 (如圖六)，推論出較適合於使用者需求的配置結構 (如圖七、表2)。

在獲致較適合於使用者需求的配置結構之後，使用者則可選擇主功能表中之績效分析 (Performance) 功能，螢幕上即產生次功能表，使用者可選擇裝配線整體績效 (Assembly-line)，則系統依據該配置結構列出裝配線之整體績效 (如圖八)；亦可選擇操作人員績效 (Operator)，則系統列出該配置下操作人員之效率 (如圖九)。在獲致裝配線配置後，使用者可選擇主功能表中之系統 (System) 功能，則螢幕上即產生次功能表，供使用者選擇儲存 (Save) 或載入 (Load) 功能，使使用者將來可作決策方案選擇之需。

假設該裝配線之流程型態為直線型，所預期的周期時間為15。經由本決策支援系統運作，所給與之配置方案為：第1、2、3部機器由1位操作員操作、第4、5部機器由1位操作員操作、第6、7、8部機器由1位操作員操作及第9部機器由1位操作員操作。此時，周期時間為15，該配置所需人力為4，整個裝配線的效率為73%、平均閒置為4.1、產能為240個/小時。

結論與建議

在面臨產品環境的競爭與生產型態由大量生產轉變為多樣少量的型態下，具彈性的生產作業方式是勢之所驅。要促使生產方式彈性化，彈性的裝配線配置即為一種方法。本研究的目的是建構一個能協助使用者設計適當的裝配線配置結構及分析其績效的決策支援系統。整體而言，本研究具有下列意義：

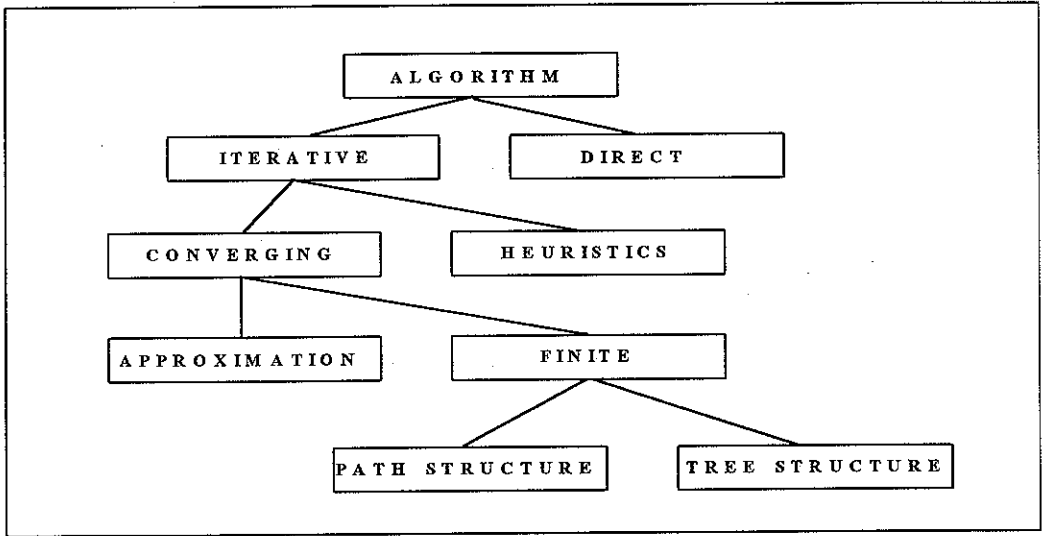
1. 整理裝配線配置分析及衡量裝配線效率的方法，使其能夠於決策支援系統上實際運用。
2. 提供了一個建構裝配線配置結構分析之決策支援系統的過程，展示了在該問題領域中，應用決策支援系統觀念之可行性。
3. 提供了一個可運作的裝配線配置結構分析決策支援系統，協助業者設計製造現場。

由於本研究探討裝配線人員彈性配置問題尚屬初步，因此其未來之研究的發展，可分別由下列四個方向繼續進行：

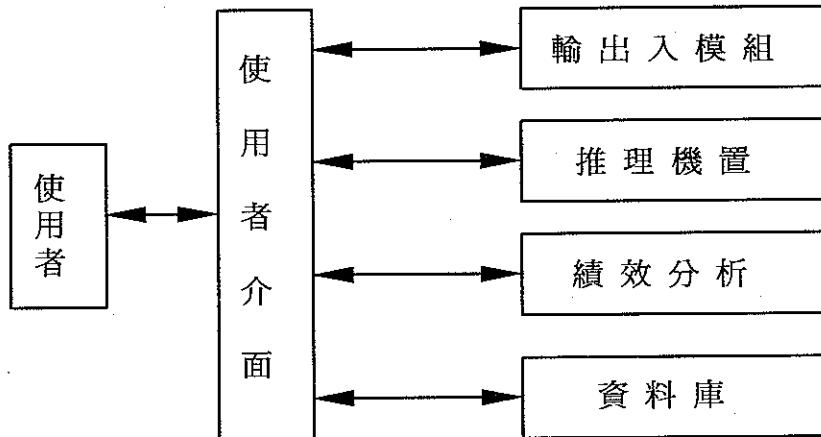
1. 擴充設計的範圍。目前本系統內所提供設計的裝配線為單一裝配線，而非整個裝配部門的配置分析，將來可繼續研發將裝配支線及整個裝配部門納入系統，使系統能設計到整個裝配部門，使系統更具設計彈性工廠之能力。
2. 增加多產品設計的功能。目前本系統內所提供設計的裝配線為單一產品的裝配線，將來可繼續發展將多產品的生產型態納入系統。
3. 可增強系統，使系統具有智慧的能力。未來可繼續發展相關之推論法則，使系統在操作人員配置的推論上能更為迅速、精確。
4. 結合模擬方法。本系統依據推論法則所推論出的配置方案及其績效評估，未來可結合模擬的方法，模擬在不同的配置方案下生產的情形與效率，以輔助使用者制定更正確的配置決策。

致 謝

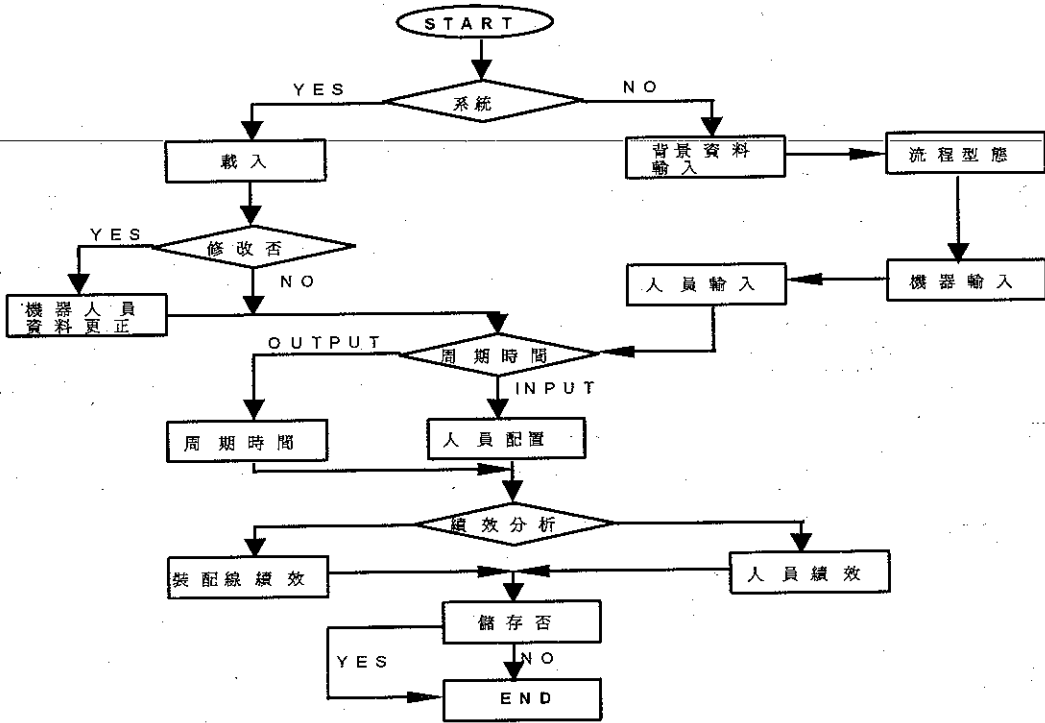
本研究曾得到國科會研究經費補助，編號為 NSC 84-2213-E-029-003。



圖一 推理法則的分類



圖二 彈性裝配線配置分析決策支援系統架構圖



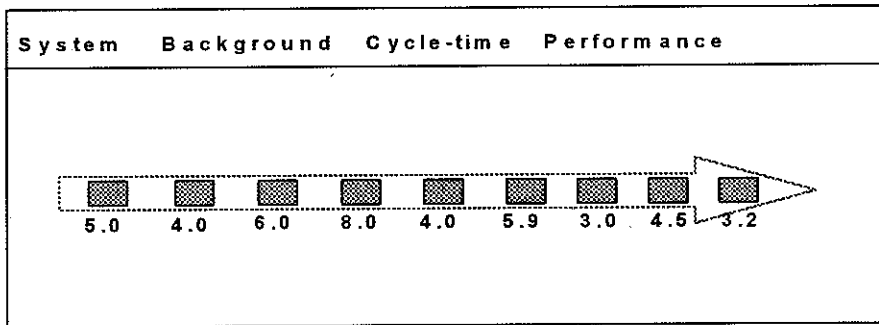
圖三 系統運作流程圖

表1 某裝配線工作站的工作時間

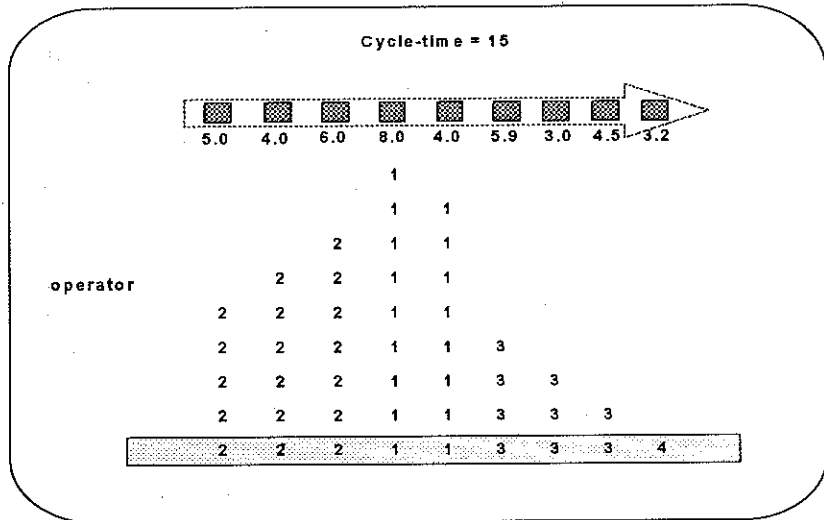
工作站	工作時間
1	5
2	4
3	6
4	8
5	4
6	5.9
7	3
8	4.5
9	3.2

System	Background	Cycle-time	Performance
	Flow-pattern Machine Exit		

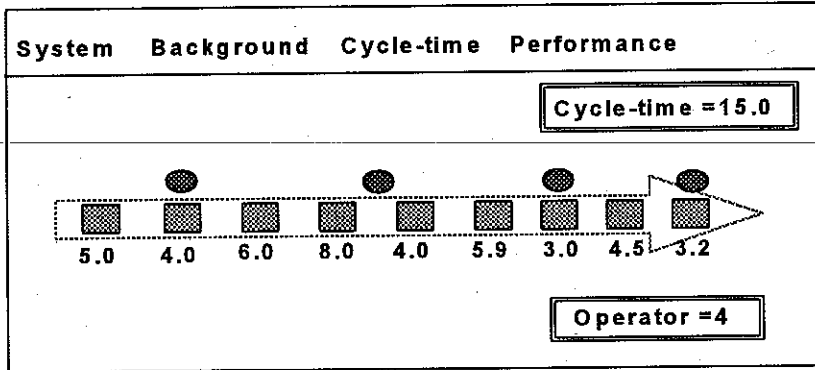
圖四 系統背景資料的次功能表



圖五 裝配線之背景資訊



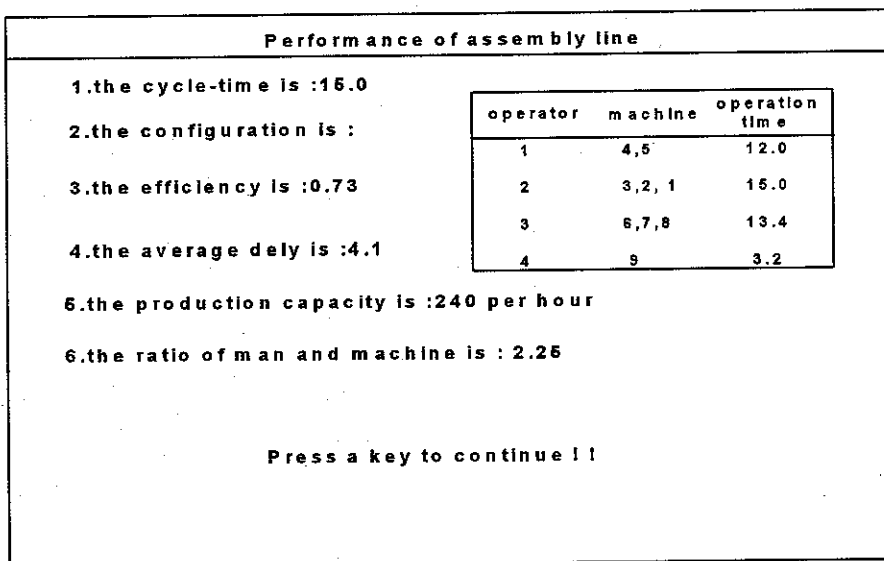
圖六 推論過程



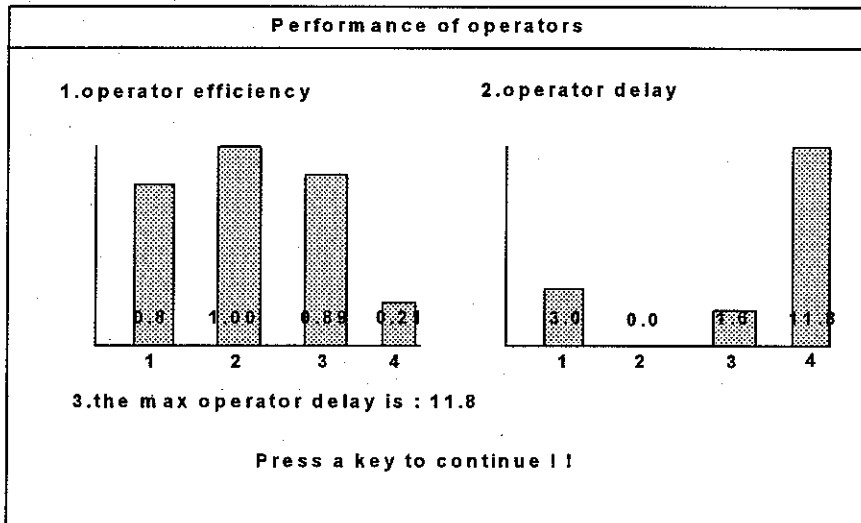
圖七 較適當之裝配線配置結構

表2 推導出之配置方案

操作員	操作機器	操作時間
1	4、5	12
2	3、2、1	15
3	6、7、8	13.4
4	9	3.2



圖八 裝配線整體效率



圖九 操作人員績效

參 考 文 獻

1. Apple, J. M., *Plant Layout and Material Handling*, John Wiley & Sons, Inc. , 1983.
2. Baybars, I., " A Survey of Exact Algorithms for the Simple Assembly Line Balancing Problem," *Mgmt. Sci.*, 32 ,8, pp.909-932, 1986.
3. Black, J. T., *The Design of The Factory With A Future*, McGRAW-Hill, Inc., 1991.
4. Buxey, G. M., N. D. Slask and R. Wild, "Production Flow Line System Design--A Review," *AIIE T.*, 5, pp.37-48, 1973.
5. Ghosh, S. and Roger J. Gagnon, "A Comprehensive Literature Review and Analysis of the Design, Balancing and Scheduling of Assembly Systems," *Int. J. Prod. Res.*, Vol.27, No.4, pp.637-670, 1989.
6. Ignall, J., "A Review of Assembly Line Balancing," *J. Industrial Engineering*, 16, 4, pp.244-254, 1965.
7. Johnson, R. V., "Assembly Line Balancing Algorithms: Computation Comparisons," *Int. J. Prod. Res.*, Vol.19, No.3, pp.277-287, 1981.

8. Kilbridge, M. D. and L. Wester, "A Heuristic Method of Assembly Line Balancing", *Journal of Industrial Engineering*, Vol. 12, No.4, 1961.
9. Kilbridge, M. D. and L. Wester, "A Review of Analytical System of Line Balancing," *O.R.*, 10,5, pp.626-638, 1962.
10. Merbach H. M., "Heuristics and their design : a survey", *European Journal of Operational Research*, Vol.8, pp.1-23, 1981.
11. Monden Y., *Toyota Production System— An Integrated Approach to Just-In-Time*, Second Edition, Kodansha, Ltd., Tokyo, 1993
12. Pearl J., *Heuristics : Intelligent Search Strategies for Computer Problem Solving*, Addison-Wesley Publishing Company, 1985.
13. Rich E. and K. Knight, *Artificial Intelligence*, McGraw-Hill, Inc., 1991.
14. Roger J. G. & S. Ghosh, "A Comprehensive Decision Framework for Assembly Systems", *Industrial Engineering*, May, 1992.
15. Salveson, M. E., "The Assembly Line Balancing Problem," *J. Industrial Engineering*, Vol.6, No.3, pp.18-25, 1955.
16. Silverman, F. N. and J. C. Carter, "A Cost-based Methodology for Stochastic Line Balancing with Intermittent Line Stoppages," *Mgmt. Sci.*, 32, 4, pp.455-463, 1986.
17. Sule, D. R., *Manufacturing Facilities Location, Planning, and Design*, PWS Publishing, 1988.
18. Talbot, F. B., J. H. Patterson and W. V. Gehrlein. "A Comparative Evaluation of Heuristic Line Balancing Techniques," *Mgmt. Sci.*, Vol.32, No.4, pp.430-454, 1986.
19. 葉若春，「生產計劃與管制」，中興管理顧問公司，民國七十八年。
20. 劉仁傑，「日本的產業策略」，聯經出版社，1992年。

Flexible Assembly Line Configuration Analysis

Chyuan Perng Jen-Teng Tsai Tzouh-Pin Wu*

Abstract

Line Balancing is an important aspect for the assembly line which seeks to make it smooth and without idling or blocking steps. The basic concept of assembly line balancing is to arrange the assembly configuration evenly. Due to the dynamic and competitive environment, it is necessary for the assembly line to be more flexible. Therefore, it is the intent of the study to develop methods that perform assembly line balancing under flexible requirements. The circumstances and system objectives of the assembly line are surveyed and categorized into four major groups. A line balancing method is developed for each of the groups. A software is constructed to execute the methods. Test results indicate the applicability of the methods.

* Graduate Institute of Industrial Engineering, Tunghai University