

## 第二章 文獻探討

本研究主要探討在彈性流程式生產中使用的派工法則在具有迴流性質的彈性流程式生產中是否一樣表現良好，更進一步發產出適合具迴流性質的彈性流程式生產的派工法則。另外再將平行機器多工非等效的因素放入此具迴流性質的彈性流程式生產，在各項指標表現上是否比不考慮前良好。

因此下面將會依序介紹排程的定義與分類、排程方法、派工法則、排程常用之績效指標、彈性流程式生產、工作迴流、小結，並說明本研究欲探討的排程問題。

### 第一節 排程定義與分類

排程(scheduling)為一種最佳化一個或多個目標的決策程序，必須在一定時間內分配有限資源來處理工作。Pinedo(2002)將排程的機器環境分為下列數種：

#### 1. 單一機器(Single machine)：

單一機器是所有的機器環境中最簡單的，所有的工作皆在同一部機器上進行加工，且所有的工作都會經過這部機器。

#### 2. 完全相同平行機器(Identical machines in parallel)：

多部有完全相同功能的機器，彼此之間是可相互獨立的運行。任一工作可在任一機器上做加工處理。

假設  $P_i$  代表工作  $i$  在單位速度處理所需時間。

$$\text{公式： } P_{i,j} = P_{i,1}, \forall i, j$$

#### 3. 等效平行機器(Machines in parallel with different Speeds)：

不同的機器間處理的速度並非一致，每個機器處理工作存在著一定比例。假如機器處理時間相同，則和完全相同平行機器的情況一樣。

假設  $V_j$  代表機器  $j$  的加工速度。

公式： $P_{i,j} = P_i / V_j, \forall i, j$

#### 4.非等效平行機器(Unrelated machines in parallel, Rm)

工作處理時間與機器為獨立關係，每個機器處理不同工作的時間並沒有一定比例。

公式： $P_{i,j}$ 為一個不確定數,  $\forall i, j$

#### 5.流程式生產(Flow Shop)：

所有的工作都有固定且順序相同的處理程序，且每一工作須經過一部以上的機器加工處理。

#### 6.彈性流程式生產(Flexible Flow Shop)：

為平行機器與流程式生產的組合，

#### 7.零工式生產(Job Shop)：

每一個工作需事先決定所需操作的流程，經過一部以上不相同的機器處理，且工作可能會經過某些機器一次以上。

#### 8.彈性零工式生產(Flexible Job Shop)：

為平行機器與零工式生產的組合。

#### 9.開放式生產(Open Shop)：

每一個工作可在任意時間經過每一部機器，工作沒有事先的製程路線。經過機器的順序不固定，每個工作的處理順序可能也不同。

## 第二節 排程方法

排程問題通常屬於 NP-hard 問題，綜合歸類可以將排程方法歸類為下列四種：

### 1.最佳化技術(optimization techniques)

最佳化技術主要是指利用數學方法(mathematical formulations)、動態規劃法(dynamic programming)或是分枝界限演算法(branch and bound)來求出最佳解，但

是需要耗費大量時間去求解，因此在實務上應用並不廣泛。

## 2.區域搜尋法(local search)

常見的區域搜尋法有模擬退火法(simulated annealing)、禁忌搜尋法(tabu search)及基因演算法(genetic algorithm)等，此方法求出的解為鄰近解，不一定為最佳解。因為彈性流程式生產製程複雜，所以區域搜尋法通常只用來解決彈性流程式生產單一製程的問題(Lim, 1997; Mak *et al.*, 1998; Hsieh *et al.*, 2003)。

## 3.人工智慧法(artificial intelligence)

應用於排程中常見的人工智慧方法為滿足限制條件方法(constraint satisfaction)及類神經網路(neural network)等方法，用此方法求出的解不一定為最佳解。

## 4.派工法則(dispatching rule)

派工法則是解決排程問題中最常見的啟發式方法(heuristic method)，其考慮到工作的處理時間、交期或是機器壅塞程度等狀況來為空閒機器(available machine)挑選等待中的工作，是實務上最常使用的排程方法之一(Brah, 1996; Subramaniam *et al.*, 2000)。

## 第三節 派工法則

派工法則使用的時機在於當有機器設備閒置時，利用派工法則從等候區中待處理的工作中挑出一個適合的工作給機器操作。Rajendran *et al.*(1999)將派工法則歸類成下列五種類型：

### 1.與處理時間(process time)相關的法則

此種派工法則只考慮到工作在機器上的處理時間。例如：SPT(shortest process time)即是考量最小處理時間優先。

### 2.與交期相關的法則

此種派工法則考量與交期相關的參數且在與交期相關的指標上表現較好。例

如：EDD(earliest due date)為交期最早的工作優先的法則。

### 3.與處理時間或是交期皆無關的法則

FIFO(First in first out)是此類派工法則中的代表，此法則只考慮工作到達機器的時間，越早到達者優先權越高。

### 4.與現場條件(shop floor condition)有關的法則

此類派工法則考慮到現場機器的條件而非只是單純的考量工作的特性。最著名的派工法則為WINQ(work in next queue)，此項法則考慮到下一個操作機器的壅塞程度，被廣泛使用在零工式生產中(Conway, 1965; Day *et al.*, 1970; Haupt, 1989)。

### 5.包含上述四種類型兩種以上的法則

有很多派工法則同時考慮處理時間及交期，例如：CR(critical ratio)(Haupt, 1989)同時考慮到工作寬鬆時間(slack time)與剩餘操作步驟數的關係。而同時考慮處理時間、交期和現場條件的則有PT+WINQ+SL ( process time plus work in next queue plus negative slack )(Holthaus *et al.*, 1997a)。

表 2-1 常見的派工法則

派工法則	意義
SPT	Shortest processing time
FDD	Flow due date
EDD	Earliest due date
MDD	Modified due date
ODD	Operational due date
MOD	Modified operational due date
RR	Raghu and Rajendran
AVPRO	Average processing time
ATC	Apparent tardiness cost
COVERT	Cost over time
PT+PW	Processing time +Waiting time of the present operation.
PT+WINQ+SL+AT	Processing time+WINQ+Slack time+Arrival time
PT+WINQ+NPT+WSL	Processing time + WINQ + Next processing time + Worst slack time

資料來源：Baker *et al.*, 1960; Baker *et al.*, 1983; Chang *et al.*, 1996; Conway., 1965; Haupt, 1989; Holthaus *et al.*, 1997a; Holthaus *et al.*, 2000; Jain *et al.*, 1998; Jayamohan *et al.*, 2000a; Raghu *et al.*, 1993; Rajendran *et al.*, 1999; Russell *et al.*, 1987; Rochette *et al.*, 1976; Vepsalainen *et al.*, 1987

#### 第四節 常用的排程績效指標

在排程的研究中最常用的績效指標有下列幾個：

1. 最大流程時間
2. 平均流程時間
3. 最大延遲時間
4. 平均延遲時間
5. 延遲工作百分比

表 2-2 為績效指標之分類。

表 2-2 排程績效衡量指標分類

分類	衡量指標
1.完成時間方面	總完成時間 (Completion Time) 平均完成時間 (Mean Completion Time) 權重完成時間 (Weight Completion Time) 最大完成時間 (Makespan) 單位時間產量 (Throughput) 生產週期 (Cycle Time)
2.流程時間方面	最大流程時間 (Makespan) 平均流程時間 (Mean Flow Time) 權重流程時間 (Weight Flow Time) 平均等待時間 (Mean Wait Time) 流程時間的變異 (Variance of Flow Time)
3.交期方面	總延遲時間 (Total Tardiness) 平均延遲時間 (Mean Tardiness) 權重延遲時間 (Weight Tardiness) 最大延遲時間 (Maximum Tardiness) 平均早交時間 (Earliness Time) 符合交期百分比 (%) 延遲工單數 (Number of Lateness) 延遲工單百分比 (Proportion of Tardy Jobs)
4. 機器及暫存區方面	機器利用率 (Utilization) 平均機器閒置時間 (Idle Time) 平均設置時間 (Setup Time) 平均在製品 (WIP) 數量
5. 成本方面	在製品存貨成本(WIP Inventory Cost) 設置成本 (Setup Cost) 延遲完成成本 (Tardiness Cost) 提早完成成本 (Earliness Cost) 平均作業成本(Mean Operation Cost)
6. 物料搬運方面	平均物料搬運系統使用率 物料搬運系統空車時間

資料來源：(湯璟聖，2003)

## 第五節 彈性流程式生產

在流程式生產的情況下，所有的工作經由相同的一系列機器處理，從第一站到最終站中，皆是由一部機器來完成處理，而流程式生產的工作站機器擴展成為多部機器(通常為獨立)，則流程式將成為混合流程式生產(Hybrid Flow Line)，而移除工作需經由所有工作站的限制，允許工作可以略過(skip)某些工作站，就稱之為彈性流程式生產(Flexible Flow Shop)的生產方式(Ramamoorthy, 1997; Mary E. Kurz & Ronald G. Askin, 2003)。

圖 2-1 為彈性流程式生產的說明，而在圖中可以顯示出上述不同情境下的排程問題之關係圖中  $V$  為工作站個數， $M$  為機器數， $M(v)$  為工作站內機器數量，由圖中可知彈性流程式問題為多站、多工、有一定的流程但部分可略過生產排程問題。

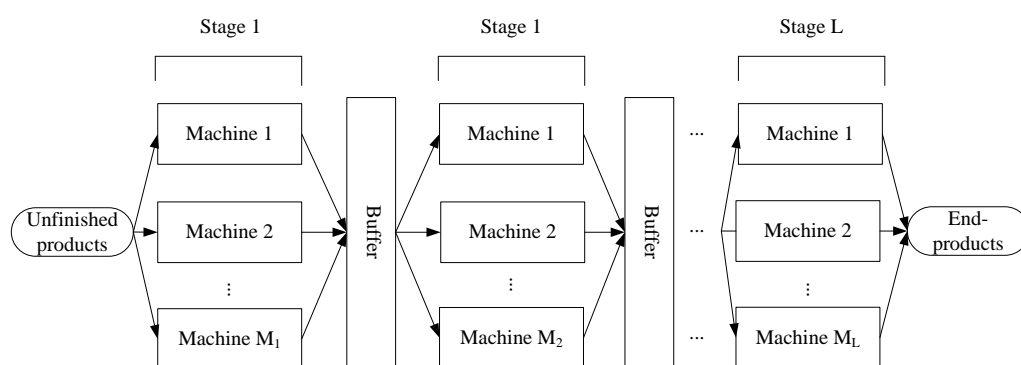


圖 2-1 彈性流程式生產

資料來源：(Quadt, Daniel.& Kuhn, Heinrich, 2007)

## 第六節 工作迴流

S. Bertel(2003)指出彈性流程式生產中具有迴流性質的定義如下：

(1)處理步驟(operation)：

處理步驟為工作需要被操作處理之步驟，一個或多個步驟形成工作所要經過的製程路線(route)，工作要經過所定義之製程路線中的所有處理步驟才算完成。

(2)工作階段(stage)：

工作階段如同彈性流程式生產中的工作站，裡面包含了處理工作所需之資源

(如機器或人員)，屬於同一類型(type)的資源會被放在同一工作階段。

處理步驟依據操作所需的資源類型(type)不同會被歸類於不同之工作階段，因此工作在經過某一工作階段後還有可能會再次進到此工作階段，這就稱為工作迴流(recirculation)。舉例來說表 2-3 定義了各工作階段和處理步驟的關係，工作在 operation 1 時經過 stage 1，到了 operation 3 時又再次進入 stage 1，這就稱為工作迴流(recirculation)。

表 2-3 工作迴流範例

Operation	Description	Stage
1	Preparation of lots	1
2	Scanning of checks	2
3	Capture of the identification number	1
4	Data capture	3
5	Manual data capture for non-scanable checks	1
6	Correction of data capture errors	1
7	Printing and sorting	2
8	Packaging	1

資料來源：本研究整理

## 第七節 平行機器

在本研究的多工定義為平行機器之概念，由於一般製造現場處理工作多為機器，但在本研究的問題中，由於是汽車維修相關服務之問題，因此相對應機器者為操作人員，但概念和平行機器是相同的。

由文獻中可以發現，平行機器可以分為下列三種(Piersma *et al.*, 1996; Pindeo, 2002)：



1.完全相同的機器(identical machine)：

此種類型平行機器表示機器為完全相等，亦即對相同工件而言，其功能及操作時間完全一樣。

2.等效機器(uniform machine)：

機器加工的時間會有比例上的差異，亦即對相同工件而言，其操作時間有倍數上的差異。

3.非等效平行機器(unrelated parallel machine)：

此類型機器對於相同工件操作時間無相對應關係，亦即對相同工件而言，其操作時間會依機器而異。

## 第八節 小結

在彈性流程式生產中具有迴流性質的問題近年越來越常見，而文獻中少有使用在不具迴流性質之彈性流程式生產的派工法則，用來求解具有迴流性質的問題，派工法則在這兩者中的表現未必會相對一致，因此很有研究的價值。