

第三章 研究方法

第一節 研究問題與基本假設

本研究針對具迴流性質彈性流程式生產程式生產的排程問題進行探討，模擬的進行基於下列的假設：

- 1、有 n 個獨立工作、 m 個工作階段、 o 個處理步驟，每個工作階段會有一組操作人員負責處理。
- 2、所有工作要從事之處理步驟為已知，且必定會行經這些定義的處理步驟。
- 3、每個工作階段中包含一個或數個處理步驟，同一工作階段之處理步驟會共用同一組操作人員，不同階段不能使用其他階段之操作人員。
- 4、所有工作的交期為已知。
- 5、所有工作階段所包含的處理步驟為已知。
- 4、所有工作在各個處理步驟的處理時間為以知。
- 5、所有工作必須連續在同一操作人員處理完畢，不可以同時分割給多個操作人員操作。
- 6、工作不能組合成另外一個工作，即沒有組合操作。
- 7、工作處理過程中不允許中斷，也就是說工作中的某個處理步驟一開始被處理，就必須做到結束為止。
- 8、工作允許在處理步驟間有等候時間，而且每一個處理步驟的等候區沒有工作數的限制，即可以容納無限的工作數。
- 10、不考慮機器的設定時間。
- 11、不考慮工作在工作站間或是工作站內的搬運時間。
- 12、本研究模式為拉式、動態彈性流程式生產。

第二節 模式建構

本節將對模擬參數進行設定，由於參數設定對模擬結果具有影響，因此以下將會就過去的研究以及本研究所參考的實際案例來對設定進行介紹：

一、處理步驟與工作階段

本研究將問題定義為 13 個處理步驟和 7 個工作階段，處理步驟是工作進到系統中所要進行的處理，由於本研究是一個彈性流程式生產問題，因此工作的處理流程，必須前面步驟處理完畢後才可進行之後之處理，各個處理步驟可以依工作類型的定義決定該處理步驟是否進行，舉例來說工作類型一所定義之處理流程為{1,2,3,4,6,7,8,9,10,11,12,13}，工作的進行方式是彈性流程式，但其中處理步驟(5)不做。

表 3-1 本研究定義之工作階段與處理步驟對應

工作階段 1	工作階段 2	工作階段 3	工作階段 4	工作階段 5
(1)拆卸鈹金 (2)拆卸引擎 (4)鈹金後引擎裝配 (10)引擎裝配 (11)鈹金裝配	(3)中重度鈹金 (5)輕度鈹金	(6)下塗	(7)中塗 (8)防塗	(9)上塗
工作階段 6	工作階段 7			
(12)拋光	(13)完檢			

資料來源：本研究整理

二、工作迴流

工作是採彈性流程式進行，但由於各個工作階段是依照操作人員專長來劃分，因此工作會有迴流的狀況，舉例來說，重度損害類型工作的處理流程是

{1,2,3,4,6,7,8,9,10,11,12,13}，處理程序 (2)拆卸引擎 (屬於工作階段 1 之處理程序)，做完之後會進入處理程序 (3)中重度鈹金 (屬於工作階段 2 之處理程序)，完成之後會進入到處理程序 (4)鈹金後引擎裝配 (屬於工作階段 1 之工作)，於是又從工作階段 2 迴流至工作階段 1，此特性稱為工作迴流。

三、操作時間

Ramasesh(1990)指出在零工式生產中常見操作時間設定所使用的分配有指數分配(exponential distribution)、常態分配(normal distribution)、普瓦松分配(Poisson distribution)、均勻分配(uniform distribution)和爾朗分配(Erlang distribution)等，而在過去的研究也顯示，使用指數分配產生操作時間，會使 SPT 派工法則的表現比其他的派工法則好，所以在這邊不使用指數分配。

同時Weng et al. (2001)將操作時間設定為U(1,50)、U(1,100)及U(50,100)三種，Kurz et al. (2003)則設定操作時間為U(50,70)及U(20,100)兩種，因此可知均勻分配常被使用於彈性流程式生產中來產生操作時間，本實驗則用Weng et al. (2001)所使用的 U(1,50)、U(1,100)及U(50,100)三種操作時間設定來產生工作的操作時間。

四、工作類型

每個工作進到系統之後會賦予一個工作類型，不同工作類型會定義不同的處理流程，舉例來說，汽車的維修通常會依照車子損害之狀況來區分，大致狀況可以區分為輕度損傷工作、中度損傷工作、重度損傷工作，不同損害程度處理時間會有所不同，本實驗中輕度損傷工作的操作時間設定採用 U(1,50)、中度損傷工作的操作時間設定採用 U(1,100)、重度損傷工作的操作時間設定採 U(50,100)。

五、維修廠廠別

維修廠依照可維修工作類型與比例不同來區分，本研究參考實際狀況將場別

分為輕廠、中廠、重廠，各廠的工作類型比例如下：

1. 輕廠：輕度損傷工作占全廠工作 80%，中度損傷工作占全廠工作 20%。
2. 中廠：輕度損傷工作占全廠工作 20%，中度損傷工作占全廠工作 50%，
重度損傷工作占全廠工作 30%。
3. 重廠：輕度損傷工作占全廠工作 20%，中度損傷工作占全廠工作 30%，
重度損傷工作占全廠工作 50%。

六、操作人員

本研究定義了7個不同階段，這7個不同階段的劃分是由操作人員的種類區分而來，各類操作人員專責該工作階段之工作，不可跨工作階段使用。而在平行機器處理的文獻中Wilbrecht *et al.*(1969)指出 6 部機器足以表示零工式生產的現場的複雜狀態，但並無針對彈性流程式生產系統現場機器複雜狀況作研究。

在彈性流程式生產工作站數及平行機器數的設定上，Kurz *et al.*,(2003) 的實驗設計中將工作站數分別設定為2、4、8，機器數的產生則有固定數目或是變動產生兩種方式。在Barman(1997)和Jayamohan *et al.*(2000)模擬三個工作站，每個工作站有兩部平行機器的情形。在本實驗中由於具有迴流之特性，因此同一個工作階段會有一個或一個以上的處理步驟，而有多個處理步驟的工作階段之工作量也著實比只有一個處理步驟的工作階段之工作量來的大，因此本實驗設定擁有1個處理步驟之工作階段配置之操作人員為4人，2個處理步驟之工作階段配置操作人員8人，按照倍數加成，以此類推。

七、多工

多工如同平行機器處理概念，所謂平行機器是在工作站中設定一部以上之機器，每部機器都可執行此工作站之加工作業，在本研究中，機器的角色為操作人員，因此設定操作人員可進行多工操作，依照不同狀況，分為三種情境：

- 1.單工(每個工作只可由1名操作人員進行處理)。

2.50%多工(每個工作至多可以由該工作站總操作人員的50%進行處理)。

例：工作站1設定之操作人員為8人，則每個在工作站1進行操作之工作至多可由4名操作人員進行處理。

3.100%多工(每個工作至多可以由該工作站總操作人員的100%進行處理)。

例：工作站1設定之操作人員為8人，則每個在工作站1進行操作之工作至多可由8名操作人員進行處理。

八、合作係數

當工作可由多名操作人員進行多工處理時，由於多名人員要合作完成這項工作，因此在處理的過程中會產生合作成本，完成工作的時間不會是單純的線性關係，舉例來說，工作1由1名操作人員進行處理，在某個時間點第2名操作人員加入進行多工處理，假設在該時間點工作1的剩餘處理時間為10，則工作1在2人同時多工下的完成時間理論上應為：該時間點+剩餘處理時間/2，但事上在兩人合作過程中會有需要協調和一些可能未必能同步的部分，因此完成時間應該會比理論完成時間更久，在這個部分本研究假設一個參數為合作係數。

合作係數使用時機為當某操作人員加入某工作的時間點，因為多了1名操作人員，於是乎產生合作成本，工作的完成時間變成：某時間點+(合作係數*剩餘處理時間)/該工作操作人員數。

例：工作1於時間5的時候加入第2名操作人員進行多工，假設在時間5工作1的剩餘處理時間為10，則工作1的完成時間則為： $5+(合作係數*10/2)$

而在本研究中，將合作係數這項參數設定為三個層次來進行模擬，分別為1.01、1.03、1.05。

九、操作人員使用率

在過去的研究中，為了使生產系統達到一個穩定的狀態，會使用機器使用率 ρ 來表是機器忙碌程度的時間百分比，而當 $\rho > 1$ 時表示機器處理速度小於工作到

達速度，系統會累積越來越多的工作，於是乎無法達到一個穩定的狀態，而當 $\rho < 1$ 時，經過一段長時間，系統會達到穩定的狀態。

而在本研究中操作人員扮演著生產系統中機器的角色，因此借用機器使用率 ρ 來代表操作人員使用率，計算的公式如下：

$$\rho = \mu / (c * \lambda) \quad (\text{公式3.1})$$

(註： μ 代表平均操作時間、 c 代表該工作階段操作人員數量、 λ 代表每一個工作進來時間)

Barman(1997)調整工作到達速度，讓機器使用率維持82%及在92%左右；Jayamohan *et al.*(2000)則是將使用率調整在85%及95%、本研究採用此調整工作到達速度，讓平均使用率能在85%及95%。

十、工作到達時間

在彈性流程式生產中，Barman(1997)利用普瓦松分配平均每小時產生一百筆工作。Jayamohan *et al.*(2000)利用指數分配來產生到達的工作使系統的機器達到85%及95%的使用率。

本研究的工作到達時間依據Jayamohan *et al.*(2000)的方式設定，即利用指數分配來使系統機器使用率達到85%及95%的使用率。

$$\text{指數分配 } f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \quad (\text{公式 3.2})$$

十一、交期設定

交期的設定會影響到工作是否延遲以及延遲多少等等問題，在Ramasesh(1990)的研究中說到，將交期設定分為兩種 (1)受外部因素影響(exogenously) (2)受內部因素影響(endogenously)，受外部因素影響這項，交期不受工作操作時間影響，交期的設定會依照某一分配產生，受內部影響這項，交期

受工作操作時間影響，如操作數和操作時間，其中以TWK(Total Work Content)最常被使用，其設定方式為 $交期 = A_i + a * \text{各工作時間加總}$ ， A_i 為各工作之到達時間， a 為鬆緊因子(allowance factor)，各工作交期的寬鬆就由鬆緊因子來決定，文獻中所使用的鬆緊因子範圍由1.0到8.0皆有使用過，而本研究使用的鬆緊因子，寬鬆因子 a 用1.5，緊縮因子 a 用1.2。

十二、模擬工作數量和次數

在動態系統模擬中，會先等候一段準備時間讓系統達到穩定狀態後再開始收集之後工作的相關資料，這段準備時間可以是一段固定的時間也可以是一定的工作數量到達後。

Jayamohan *et al.*(2000)的研究中指出系統會在第500 個工作到達系統時達到穩定狀態，因此在Jayamohan *et al.*(2000)收集第501 筆工作到第2000 筆工作的結果來作分析。本研究將依循Jayamohan *et al.*(2000)的作法，將模擬次數定為10 次，模擬到編號第2000 個工作完成，系統達到穩定狀態，然後收集編號第501 到第2000 個工作結果的相關資料來作分析。

十三、派工法則

本實驗的派工法則為操作人員在選擇做哪個工作時的依據，舉例來說，假如使用EDD派工法則，則操作人員面臨選擇做哪個工作時，會先選擇交期較早的工作先做。而本實驗選擇了十種常見的派工法在模擬時使用，十個派工法則如表3-2:

表 3-2 選用之派工法則

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
AVPRO	Average processing time
FDD	Flow due date
(OPFSLK/PT;FDD)	(Operation slack time-FDD)/Processing time
(OPFSLK/PT;ODD)	(Operation slack time-ODD)/Processing time

資料來源：本研究整理

十四、績效衡量指標

在績效指標的衡量上，本研究將計算以下五大績效衡量指標來評斷各個派工法則在各個模擬下的優劣：

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

在計算完五大績效衡量指標之後，如公式3.3，本研究將利用計算相對績效指標的方法(Jayamohan *et al.*, 2000)，將平均流程時間、最大流程時間、平均延遲時間及最大延遲時間等四項績效指標的原始資料轉換成相對績效指標，表現最好的值為0，以減少因為模擬參數設定所產生的偏差，而延遲工作比率則按照原始資料計算。

$$\text{Value}_r = (S_r - S_{\min}) / (S_{\min} + 1) * 100 \quad (\text{公式3.3})$$

第三節 實驗設計

一、實驗設計

綜合上面所述，各項模式的參數設定如表3-3:

表3-3 實驗因子參數設定

實驗參數	設定
處理步驟和工作階段數目	13個處理步驟，分屬7個工作階段
維修廠廠別	輕廠、中廠、重廠
工作處理方式	單工、多工50%、多工100%
多工合作係數	1.01、1.03、1.05
交期設定緊鬆因子	寬鬆:1.5、寬鬆:1.2
操作人員數目	含1處理步驟之工作階段4人 含2處理步驟之工作階段8人

資料來源：本研究整理

二、模擬流程

本研究的模擬流程如下圖一，本研究利用表一、二、三、四的實驗參數模擬，給予陸續到的工作編號，總共將模擬 $1(\text{流程設定}) \times 3(\text{維修廠廠別}) \times 1(\text{單工}) \times 2(\text{寬鬆因子}) \times 10(\text{派工法則}) \times 10(\text{模擬次數}) + 1(\text{流程設定}) \times 3(\text{維修廠廠別}) \times 2(\text{多工}) \times 3(\text{多工合作係數}) \times 2(\text{寬鬆因子}) \times 10(\text{派工法則}) \times 10(\text{模擬次數}) = 4200$ 次之後，收集編號第501到第2000工作計算上述的五大績效指標，並且轉換成相對績效指標，圖3-1為模擬流程圖。

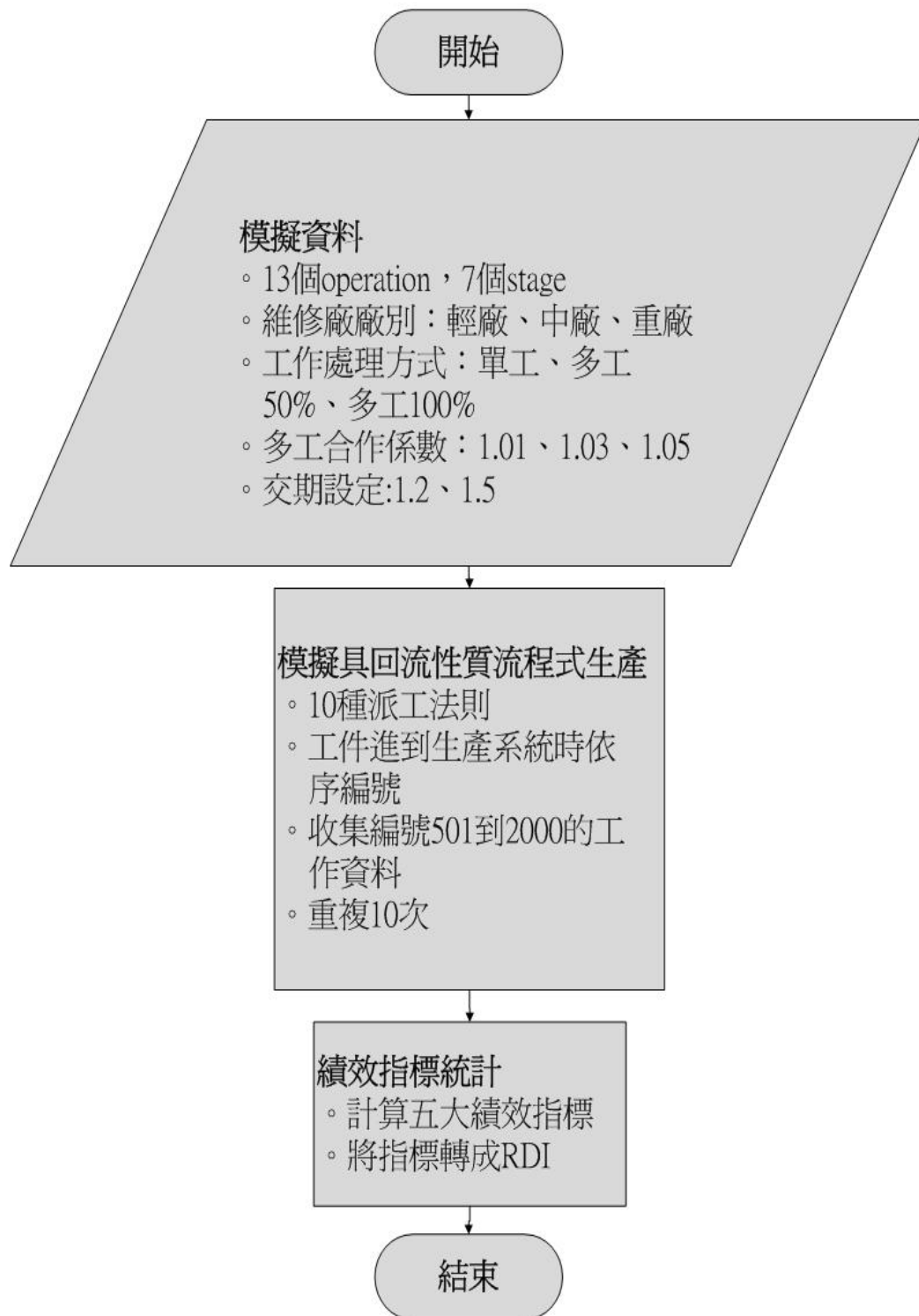


圖3-1 模擬流程圖

資料來源：本研究整理

三、模擬實例說明

在這邊將舉一個模擬情境的實例，說明派工法則(以EDD為例)、單工和多工、合作係數在工作站中如何運作，下面是根據本研究模式所產生之實例。

首先假設某個時間點、現場和工作的狀況和資料如表3-4：

表3-4 工作資料(工作階段1設定操作人員為8人、工作階段2為4人)

工作	到達時間	處理步驟1操作時間 (屬於工作階段1)	處理步驟3操作時間 (屬於工作階段2)	交期
1	5	40	36	400
2	5	38	50	420

資料來源：本研究整理

1.派工法則為EDD、單工：在時間5的時候，工作1和工作2同時到達，工作1的交期較早，因此選擇工作1，由於是單工，選擇工作1之後，操作人員還剩下7人，因此工作2也會在時間5被挑選，時間5結束操作人員剩餘6人。

2.派工法則為EDD、多工50%、合作係數1.03：在時間5的時候，工作1和工作2同時到達，工作1的交期較早，因此選擇工作1，由於是多工50%，在工作階段1的工作最多可由4人進行處理，故在時間5，工作1不斷被挑選，直到最高限制4人，但因為有合作係數之存在，原本無合作係數狀況下工作1在工作階段1的完成時間為 $5+40/4=15$ ，而在合作係數1.03狀況下則變成 $5+(40*1.03*1.03*1.03*1.03)/4=17$ ，此時工作階段1的操作人員剩餘4人，接著工作2會被挑選，同樣達到最高限制4人為止，時間五結束工作1、工作2分別有4名操作人員進行處理。

3.派工法則為EDD、多工100%、合作係數1.03：在時間5的時候，工作1和工作2同時到達，工作1的交期較早，因此選擇工作1，由於是多工100%，在工作階段1的工作最多可由8人進行處理，故在時間5，工作1不斷被挑選，直到最高限制8人，但因為有合作係數之存在，原本無合作係數狀況下工作1在工作階段1的完成時間為 $5+40/8=10$ ，而在合作係數1.03狀況下則變成 $5+(40*1.03*1.03*1.03*1.03*1.03*1.03*1.03*1.03)/4=12$ ，此時工作階段1的操作人員剩餘0人，因為沒有操作人員，即使有工作也沒有操作人員可以進行處理，於是乎時間5結束時，工作1有8名操作人員進行處理。