

## 第3章 模式建構及求解方法

### 3.1 現況描述

#### 3.1.1 問題描述

本研究欲探討專案工程內外籍勞工之指派決策問題。需求面為專案工程中需要外籍勞工執行的各項作業項目，然各項作業之時程與需求作業量之關係依其工作性質不同而異；供給面則為專案團隊外勞工班中專長、經驗及工作效率不盡相同之外籍從業人員。本研究亦針對營建工程各項作業之不確定性造成之趕工或加班情況，按勞動基準法之規定給予符合規定之加班工資，並考慮作業人員之工時限制。

營建業者在引進外籍勞工前，必須對其工程業務量進行妥善之評估，了解需求人力與工程業務量之明確關係。此外，現今營建業在運用外籍勞工方面，通常視外籍勞工為「補充工」，利用本地勞工與外籍勞工混合編組，由本地勞工領導並提供工作技術，外勞負責執行重複性較高且技術性較低的勞力作業。營建業者於引進外勞之前若無進行良善之人力需求評估，可能造成冗員過多或人力不足之窘境。一旦引進外籍勞工後，外勞人力成本隨即發生，倘若工程量不足將造成人力成本之流失；反之人力不足的情況下，營建業者則必須另覓工資較高之本地技術工。但由於外勞人力引進不足的情形下，業者尚可尋求成本較高但生產力亦較高之本地技術工，相較於外勞人力過盛的情況，業者仍較偏向避免冗員過多之風險。因此，管理者在引進外勞人數採保守之態度，且在外勞人力不足時決策者保有隨時調派本地技術工之能力，故營建業者在評估外籍勞工引進人數之考量，其評估態度通常趨於保守。

至於外勞本身技術而言，整個外勞工班成員專長及技術程度並不一致，甚至有部份於來台前未有從事營建相關產業的經驗，面對外勞技術能力的不一致性，管理者通常以直覺或印象來評估每位外籍勞工的能力特質，隨著工作面與同步作業的增加，具有某些專長的外勞將可能成為限制性資源；某部份的外勞卻因不太擅長該作業或缺乏該作業專長而產生閒置。另外，多能工所擁有的技術不只一項，管理者在多能工的指派方面具有相當的彈性，但在彈性指派的過程中，工作任務的轉換可能造成人員在執行任務的不連續性，而在任務轉換後從業人員必須投入一項不同性質的任務，並重新適應新的工作內容，此般的工作調度也因此造成生產力的折損，而管理者在彈性調度外籍勞工的同時，

也應針對此項因素加以考慮，以維持足夠的整體生產力。

在上述情況下，管理者很難再以直覺或印象來有效地分派外籍勞工，且當執行工作量超過外勞工班所能負荷時，管理者需額外增聘本地技術工的方式來彌補現有工班產能之不足，面對外籍勞工與本地技術工工資的差異與趕工加班所招致之額外成本，甚至還須考量工作彈性調度的結果所造成之生產力折減，當各項限制條件複雜時，管理者將對於外籍勞工指派及外聘本地技術工之模式難以果斷且明確地決策，導致工程人力成本無法有效控制。

如何能在最小人力成本的期望下，透過一最佳人力指派模式，使管理者在專案執行之初，即針對作業人員進行最適當的工作指派，以及當工作量超過外勞工班所能負荷時，尋求本地技術工數量與類型支援模式之參考。

### 3.1.2 現況作法

以往國內營造廠多將工程分包出去，甚少面臨派工困擾，派工問題經由分包的程序變成各分包商所應負責，各分包商因所承攬之分項工程較小、所需人力不多，較無人力派遣決策困擾。由於外籍勞工由專案之總包商引進，總包商之自辦工程部分必須面對外勞之指派問題，且人員規模龐大，引此造成人力指派之決策難題。

外籍勞工引進之前外國當地仲介業者會根據引進單位所設定欲引進之工種提供許多人選，例如電焊工、水電工、模板工、鋼筋工或體力工，通常應經過一個選工的程序，其目的為確保引進之外勞於體力、技術等條件符合引進單位之要求。目前外勞之甄選方式為營造廠商經由當地仲介業者安排親往當地選工，或委由當地仲介業者自行安排適合人選，選工時通常會安排一簡易測驗，以便挑選符合需求之外籍勞工，但因人數眾多且時間有限，受測者通常以身體健康狀況、活動正常，等基本良好條件即可入選，也因測驗不夠嚴謹，造成外籍勞工一但引進後無法馬上進入工作崗位進行施工作業，僅有極少數曾經從事相關工作者較容易進入狀況。

受限於政府法令之要求<sup>1</sup>，具有引進外籍勞工之營建專案通常規模較為大型，也因大型專案工程所需人力較多，一個專案工地擁有 100 至 200 位外籍勞工頗為常見。依工

---

<sup>1</sup>「民間機構投資重大經建工程及政府機關發包興建之重要建設工程，專案核定聘僱外籍營造工作業規範」第三條，民國 92 年 12 月 24 日勞職外字第 0920208449 號公告。

種引進進入專案現場後，盡可能以其登記專長進行分組，通常約為 10 人一組至多 10 幾個，由本地領班來訓練及帶領外勞進行作業。

根據行政院勞委會之規定，引進外勞員額與員額上限、工程總金額、工程經費比例、人力費率、每人每日平均工資、工期與准許引進外勞之人力比例有關，正因外勞引進人數有其相關規定，且因目前台灣營建業面臨年輕人不願從事勞力工作，因此基層勞工相當缺乏，而大型工程之分包商人力相對較為不足，故極需外勞人力之支援。由圖 2-1 可得知外勞人力必須支援營造廠商之自辦工程及已分包之分項工程，可見外籍勞工著實為基層勞動力主要來源。專案進行至中期或工程量達高峰階段時，可能面臨趕工亦或加班的狀況，甚至當外勞整體生產力無法滿足需求工作量時，將增僱本地技術工或小工支援，而增聘的情況可能發生的主因來自於專案工期較長，且部份外籍勞工約滿回國，營造廠商不考慮增加引進外勞人數，此時外勞人力急速下降，工程需求即可能超過人力負荷，因而需尋求外部臨時工支援。

當專案面臨外勞人力不足、欲尋求外部臨時工支援時，營建業者通常有兩種點工的選擇，一為本地小工，另為本地技術工。但由於本地技術工之工資較本地小工為高，而外籍勞工與營造廠商具有長期契約關係(2~3 年)，且外勞來台需負擔龐大的仲介費用，故其工作心態較為積極。因長期配合關係，外籍勞工具有高度之訓練價值，小部份外勞甚至在當地為大學畢業之高知識份子，可經由訓練從事測量、機械操作、繪圖、機具維護保養或電焊等技術性較高之作業，幾乎可勝任一般工程師的工作。本地小工(俗稱粗工)流動性高、專業性低、工作心態不佳(短期聘僱造成怠惰心態)，現場會運用粗工的情況大概僅有掃地、清潔等低技術、低勞力之工作，甚至連搬運等勞力程度較高之工作其從事意願都相當低，所以在一般建築工地，這種粗工通常運用在清潔、或者一些簡單的工作；且粗工為日薪制，易有想來就來的不良心態產生。因此，一般專案管理者鮮少考慮以粗工作為臨時點工的選擇，多以本地技術工為主要外部人力來源。

有關外勞工班作業能力之瞭解，可分下列幾個階段：

#### 【1】甄選期

一般多委託仲介公司或業者派員親自到國外甄選各種所需人才。

#### 【2】分派期

外勞引進國內後，於分派工作前最好能實際作一簡單測試，以了解外籍勞工技術程

度及技能種類。

### 【3】訓練期

外勞引進後，如發現其專長與引進工種不符，應予減薪或改任其他適當工作。對不合格或不適任外籍勞工應在引進3個月內儘速遣返，並隨即辦理替補。新進外勞工作初期由本地領班帶領，分別針對不同作業施以短期訓練，並藉此深入了解外籍勞工之個人工作能力。

### 【4】工作期

外勞工作一段時間後，可由其工作表現及態度展現其專業能力，此時外勞已適應本地生活，其能力與技術程度也應相對提升。

外勞工作之分派可依工作性質而採不同編組方式：

#### 【1】混合編組

工作面不多的情況下可採混合編組，即將模板工、鋼筋工、泥水工及體力工等編為一組，從組模、紮筋至混凝土澆置皆由同組人員施工，其優點在工作面少的情況下可減少工人待工時間，缺點則為個人之工作可能不是自己的專長，因而影響工作效率。

#### 【2】專業分組

在工作面足夠及充足的情況下，採專業分組方式施工較為有利，即鋼筋工專門施作鋼筋彎紮工作；模板工則專司組立、拆除模板工作；混凝土澆置工作則有專門編組負責。在如此專業分工作業下，整體工作將更有效率。

#### 【3】統一調派

由外勞工班之總領班視工程進度妥為協調與調派，既可考慮資源與工作面狀況，亦可針對外勞特性與專長彈性調度，更可發揮工人之專長及效率。

由上述說明可知，外勞工作分配依專長分配效率較高，但在資源有限的情況下，則採混合編組較為有利。另外統一調度的情況下，由總領班妥為協調與調派，更可發揮勞工之專長及效率。



## 3.2 模式建立

管理者在面臨外籍勞工與本地小工工資的差異與趕工加班所招致之額外成本，甚至須考量工作彈性調度的結果所造成之生產力折減，當各項限制條件複雜時，管理者將對於外籍勞工指派及外聘本地小工之模式難以果斷且明確地決策，導致工程人力成本無法有效控制。很明顯地，在分派人力的過程中，缺乏一種具有合理且優化的分派機制，本節針對此問題建立一系統且合理的外勞指派數學模式，在有限的人力與已知的工作量需求下，決定整體施工團隊生產力最高且相對成本最低的分派模式。

### 3.2.1 假設條件

為確保本研究模式架構之合理性，且能符合實際外勞分派問題之應用，今於模式建構上提出下列假設條件：

- 【1】本研究所指派之各工作項目不可再分解。
- 【2】作業間關係之影響本研究不加以考慮，僅以每日需求作業量進行人力的指派。
- 【3】每日各作業需求為已知條件下進行，各工作項目之作業量已扣除技術工執行部分，故各作業量需由外籍勞工或增聘本地技術工來完成。
- 【4】每位外籍勞工之各工作項目生產效率為已知條件下進行，且生產效率為獨立，彼此不互相影響。
- 【5】外籍勞工及本地技術工於排班規劃天數內對於各工作項目之生產力為定值，忽略其學習效果。
- 【6】可勝任某工作之外勞施工品質雖有差異，但假設皆足以符合品質要求。若品質不符合要求或生產效率在門檻值以下，則該外勞對該工作之生產效率假設為 0。
- 【7】外籍勞工除正常工作時間 8 小時外，另可配合工程趕工進行加班，每個工作日共分三階段工作時間：「正常工作時間」、「第一階段加班時間薪資」及「第二階段加班時間薪資」。第一階段加班時間至多為 2 小時，本研究為簡化工時限制問題，將第二階段加班時間限制最高為 2 小時。

【8】外籍勞工在同一階段時間至多僅能被分派至單一工作，階段時間內任務不可轉換。

【9】針對彈性指派外勞所造成外勞工作任務的轉換，本研究將任務轉換定義為：人員在前一項被指派的任務與現階段時間執行之任務有差異時，即為任務之轉換。

【10】外勞引進後無論工作與否，僱主必須付予其法定薪資，在此既定人事成本已發生的情況下，正常工作時間每位外勞必須被分派到工作。

【11】外勞產能不足時，可透過外勞加班或增聘本地技術工配合作業。

### 3.2.2 決策變數與參數定義

#### 【1】 決策變數說明

$X_{ijd}$  : 第  $i$  個外籍勞工於工作天  $d$ ，於正常工作時間內從事第  $j$  個任務的時數。

$X'_{ijd}$  : 第  $i$  個外籍勞工於工作天  $d$ ，於第一階段加班時間內從事第  $j$  個任務的時數。

$X''_{ijd}$  : 第  $i$  個外籍勞工於工作天  $d$ ，於第二階段加班時間內從事第  $j$  個任務的時數。

$Y_{jd}$  : 於工作天  $d$ ，聘雇擁有第  $j$  個任務專長的本地技術工人數。

#### 【2】 集合說明

$I$  : 整數集合

#### 【3】 參數說明

$O'$  : 第一階段加班費率

$O''$  : 第二階段加班費率

- $C$  : 外籍勞工單位工資(\$/HR)
- $C_j^*$  : 本地技術工單位工資(\$/HR)
- $e_{ij}$  : 第  $i$  個外籍勞工或本地技術工，從事第  $j$  個任務之效率因子(工作量/HR)
- $P_1$  : 當日階段時間任務轉換生產力折減係數
- $P_2$  : 跨工作日任務轉換生產力折減係數
- $S_{id}^{0 \rightarrow 1}$  : 第  $i$  個外籍勞工於工作天  $d$  的正常工作時間至第一階段加班時間之任務轉換次數
- $S_{id}^{1 \rightarrow 2}$  : 第  $i$  個外籍勞工於工作天  $d$  的第一階段加班時間至第一階段加班時間之任務轉換次數
- $S_{i(d+1)}^{0 \rightarrow 0}$  : 第  $i$  個外籍勞工於工作天  $d$  的第一階段且第二階段加班時間閒置的情況下，正常工作時間至隔天正常工作時間之任務轉換次數
- $S_{i(d+1)}^{1 \rightarrow 0}$  : 第  $i$  個外籍勞工於工作天  $d$  的第二階段加班時間閒置的情況下，第一階段加班時間至隔天正常工作時間之任務轉換次數
- $S_{i(d+1)}^{2 \rightarrow 0}$  : 第  $i$  個外籍勞工於工作天  $d$  的第二階段至隔天正常工作時間之任務轉換次數
- $Z_{ijd}^0$  : 將  $X_{ijd}^0$  變數值轉換為二元值 (True/False 邏輯值)
- $Z_{ijd}'$  : 將  $X_{ijd}^1$  變數值轉換為二元值 (True/False 邏輯值)
- $Z_{ijd}''$  : 將  $X_{ijd}^2$  變數值轉換為二元值 (True/False 邏輯值)

### 3.2.3 數學模式

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{d=1}^k (O'CX'_{ijd} + O''CX''_{ijd}) + \sum_{j=1}^m \sum_{d=1}^k 8C_j^*Y_{jd} \\ & + P_1C \times \sum_{i=1}^n \sum_{d=1}^k (S_{id}^{0 \rightarrow 1} + S_{id}^{1 \rightarrow 2}) + P_2C \times \sum_{i=1}^n \sum_{d=1}^k (S_{i(d+1)}^{1 \rightarrow 0} + S_{i(d+1)}^{2 \rightarrow 0} + S_{i(d+1)}^{0 \rightarrow 0}) \end{aligned} \quad (3-1)$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^n \left[ e_{ij} (X_{ijd} + X'_{ijd} + X''_{ijd}) \right] + \sum_{i=n+1}^{n+p} \left[ 8e_{ij} Y_{jd} \right] \geq Q_{jd} \quad (3-2)$$

$$S_{id}^{0 \rightarrow 1} = 0, \quad \text{If } \sum_{j=1}^m Z'_{ijd} < 1 \quad (3-3)$$

$$S_{id}^{0 \rightarrow 1} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m |Z'_{ijd} - Z''_{ijd}|, \quad \text{If } \sum_{j=1}^m Z'_{ijd} \geq 1 \quad (3-4)$$

$$S_{id}^{1 \rightarrow 2} = 0, \quad \text{If } \sum_{j=1}^m Z'_{ijd} + \sum_{j=1}^m Z''_{ijd} \leq 1 \quad (3-5)$$

$$S_{id}^{1 \rightarrow 2} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m |Z''_{ijd} - Z'_{ijd}|, \quad \text{If } \sum_{j=1}^m Z'_{ijd} + \sum_{j=1}^m Z''_{ijd} > 1 \quad (3-6)$$

$$S_{i(d+1)}^{0 \rightarrow 0} = 0, \quad \text{If } \sum_{j=1}^m Z'_{ijd} + \sum_{j=1}^m Z''_{ijd} \geq 1 \quad (3-7)$$

$$S_{i(d+1)}^{0 \rightarrow 0} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m |Z_{ij(d+1)} - Z_{ijd}|, \quad \text{If } \sum_{j=1}^m Z'_{ijd} + \sum_{j=1}^m Z''_{ijd} < 1 \quad (3-8)$$

$$S_{i(d+1)}^{1 \rightarrow 0} = 0, \quad \text{If } \sum_{j=1}^m Z'_{ijd} + \sum_{j=1}^m Z''_{ijd} < 1, \sum_{j=1}^m Z'_{ijd} + \sum_{j=1}^m Z''_{ijd} > 1 \quad (3-9)$$

$$S_{i(d+1)}^{1 \rightarrow 0} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m |Z_{ij(d+1)} - Z'_{ijd}|, \quad \text{If } \sum_{j=1}^m Z'_{ijd} + \sum_{j=1}^m Z''_{ijd} = 1 \quad (3-10)$$

$$S_{i(d+1)}^{2 \rightarrow 0} = 0, \quad \text{If } \sum_{j=1}^m Z''_{ijd} < 1 \quad (3-11)$$

$$S_{i(d+1)}^{2 \rightarrow 0} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m |Z_{ij(d+1)} - Z''_{ijd}|, \quad \text{If } \sum_{j=1}^m Z''_{ijd} \geq 1 \quad (3-12)$$

$$\sum_{j=1}^m Z_{ijd} = 1, \quad (3-13)$$



$$\sum_{j=1}^m Z'_{ijd} \leq 1, \quad (3-14)$$

$$\sum_{j=1}^m Z''_{ijd} \leq 1, \quad (3-15)$$

$$\sum_{j=1}^m X''_{ijd} < 1, \quad \text{If } \sum_{j=1}^m X'_{ijd} \leq 1 \quad (3-16)$$

$$Z_{ijd} = 1, \quad \text{If } X_{ijd} \geq 1 \quad (3-17)$$

$$Z_{ijd} = 0, \quad \text{If } X_{ijd} = 0 \quad (3-18)$$

$$Z'_{ijd} = 1, \quad \text{If } X''_{ijd} \geq 1 \quad (3-19)$$

$$Z'_{ijd} = 0, \quad \text{If } X'_{ijd} = 0 \quad (3-20)$$

$$Z''_{ijd} = 1, \quad \text{If } X''_{ijd} \geq 1 \quad (3-21)$$

$$Z''_{ijd} = 0, \quad \text{If } X''_{ijd} = 0 \quad (3-22)$$

$$Z_{ij(d+1)} = 1, \quad \text{If } X_{ij(d+1)} \geq 1 \quad (3-23)$$

$$Z_{ij(d+1)} = 0, \quad \text{If } X_{ij(d+1)} = 0 \quad (3-24)$$

$$X_{ijd} \in \{0,1\} \in I, \quad i = 1 \sim n, \forall j, \forall d \quad (3-25)$$

$$0 \leq X'_{ijd} \leq 2 \in I, \quad i = 1 \sim n, \forall j, \forall d \quad (3-26)$$

$$0 \leq X''_{ijd} \leq 2 \in I, \quad i = 1 \sim n, \forall j, \forall d \quad (3-27)$$

$$Y_{jd} \in I, \quad \forall j, \forall d \quad (3-28)$$

**模式說明：**

**【1】目標函數（式 3-1）**

在班表規劃天數內（ $d=1\sim k$ ），在滿足各項限制條件下，當外勞工班正常時間生產力已無法負荷需求工作量時，必須要求外籍勞工加班趕工或尋求本地技術工支援。在滿足各項限制條件下，求得最小成本及最佳化指派模式，式中外勞第一、第二階段加班時間（ $X'_{ijd}$ 、 $X''_{ijd}$ ）及外聘本地技術工之人數（ $Y_{ijd}$ ），分別乘上個別單位時間工資（ $O'C$ 、 $O''C$ 、 $C_j^*$ ），即為人力成本。再者計算外勞在各階段時間可能發生之任務轉換次數

（ $S_{id}^{0\rightarrow 1}$ 、 $S_{id}^{1\rightarrow 2}$ 、 $S_{i(d+1)}^{1\rightarrow 0}$ 、 $S_{i(d+1)}^{2\rightarrow 0}$ 、 $S_{i(d+1)}^{0\rightarrow 0}$ ）乘以生產力折減值（ $P_1C$ 、 $P_2C$ ），即為外勞在彈性指派中因任務轉換造成之生產力損失成本。本式乃包含外籍勞工加班成本及增聘本地技術工之人力成本，並考慮外勞在任務轉換過程中生產力折減所引發之額外成本，三項成本之加總即為本研究所欲求之最小額外支出總成本。

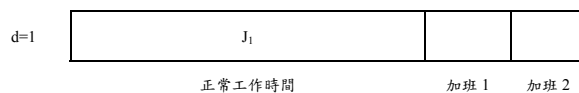
**【2】限制式（式 3-2）**

每位外勞生產力（ $e_{ij}$ ）乘以各階段時間工作時數（ $X_{ijd}$ 、 $X'_{ijd}$ 、 $X''_{ijd}$ ），加上本地技術工生產力（ $e_{ij}$ ）乘以工作時數（ $8Y_{ijd}$ ），必須大於每日各任務之需求工作量。意即當日產能必須滿足各任務之需求工作量。

**【3】限制式（式 3-3）**

當外勞  $i$  第一階段加班時間沒有被分派至任何工作時，則此外勞在正常工作時間至第一階段加班時間任務轉換次數為零。

例如：



	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>
正常	1	0	0
加班 1	0	0	0
加班 2	0	0	0

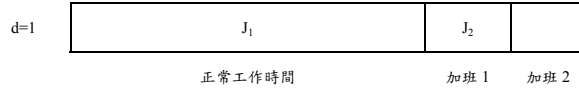
$$\sum_{j=1}^3 Z'_{ijd} = Z'_{i1d} + Z'_{i2d} + Z'_{i3d} = 0 + 0 + 0 = 0 < 1$$

則  $S_{id}^{0\rightarrow 1} = 0$

**【4】限制式 (式 3-4)**

當外勞 i 第一階段加班時間被分派至某一項工作時，則計算此外勞正常工作時間至第一階段加班時間任務轉換次數。

例如：



	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>
正常	1	0	0
加班 1	0	1	0
加班 2	0	0	0

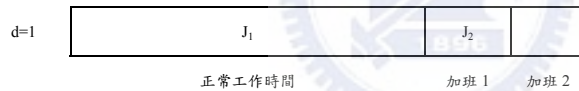
$$\sum_{j=1}^3 Z'_{ijd} = Z'_{i1d} + Z'_{i2d} + Z'_{i3d} = 0 + 1 + 0 = 1 \geq 1$$

$$\text{則 } S_{id}^{0 \rightarrow 1} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^3 |Z''_{ijd} - Z'_{ijd}| = \frac{1}{2} (|0-1| + |1-0| + |0-0|) = 1$$

**【5】限制式 (式 3-5)**

當外勞 i 第一階段加班時間或第二階段加班時間任一時段沒有被分派至任何工作時，則此外勞在第一階段加班時間至第二階段加班時間任務轉換次數為零。

例如：



	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>
正常	1	0	0
加班 1	0	1	0
加班 2	0	0	0

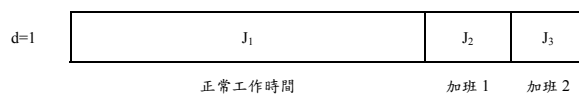
$$\sum_{j=1}^3 Z'_{ijd} + \sum_{j=1}^3 Z''_{ijd} = (Z'_{i1d} + Z'_{i2d} + Z'_{i3d}) + (Z''_{i1d} + Z''_{i2d} + Z''_{i3d}) = (0 + 1 + 0) + (0 + 0 + 0) = 1 \leq 1$$

$$\text{則 } S_{id}^{1 \rightarrow 2} = 0$$

**【6】限制式 (式 3-6)**

當外勞 i 第一階段加班時間及第二階段加班時間都被分派工作時，則計算此外勞第一階段加班時間至第二階段加班時間任務轉換次數。

例如：



	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>
正常	1	0	0
加班 1	0	1	0
加班 2	0	0	1

$$\sum_{j=1}^3 Z'_{ijd} + \sum_{j=1}^3 Z''_{ijd} = (Z'_{i1d} + Z'_{i2d} + Z'_{i3d}) + (Z''_{i1d} + Z''_{i2d} + Z''_{i3d}) = (0+1+0) + (0+1+0) = 2 > 1$$

$$\text{則 } S_{id}^{1 \rightarrow 2} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^3 |Z''_{ijd} - Z'_{ijd}| = \frac{1}{2} (|0-0| + |0-1| + |1-0|) = 1$$

**【7】限制式 (式 3-7)**

當外勞 i 第一階段加班時間或第二階段加班時間任一時段被分派工作時，則此外勞在正常工作時間至隔日正常工作時間任務轉換次數為零。

例如：

d=1	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	
d=2	J <sub>3</sub>		
	正常工作時間	加班 1	加班 2

	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>
正常	1	0	0
加班 1	0	1	0
加班 2	0	0	0
正常	0	0	1
加班 1	0	0	0
加班 2	0	0	0

$$\sum_{j=1}^3 Z'_{ijd} + \sum_{j=1}^3 Z''_{ijd} = (Z'_{i1d} + Z'_{i2d} + Z'_{i3d}) + (Z''_{i1d} + Z''_{i2d} + Z''_{i3d}) = (0+1+0) + (0+0+0) = 1 \geq 1$$

$$\text{則 } S_{i(d+1)}^{0 \rightarrow 0} = 0$$

**【8】限制式 (式 3-8)**

當外勞 i 第一階段加班時間及第二階段加班時間皆無被分派工作時，則計算此外勞在正常工作時間至隔日正常工作時間任務轉換次數。

例如：

d=1	J <sub>1</sub>		
d=2	J <sub>3</sub>		
	正常工作時間	加班 1	加班 2

	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>
正常	1	0	0
加班 1	0	0	0
加班 2	0	0	0
正常	0	0	1
加班 1	0	0	0
加班 2	0	0	0

$$\sum_{j=1}^3 Z'_{ijd} + \sum_{j=1}^3 Z''_{ijd} = (Z'_{i1d} + Z'_{i2d} + Z'_{i3d}) + (Z''_{i1d} + Z''_{i2d} + Z''_{i3d}) = (0+0+0) + (0+0+0) = 0 < 1$$

$$\text{則 } S_{i(d+1)}^{0 \rightarrow 0} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^3 |Z_{ij(d+1)} - Z_{ijd}| = \frac{1}{2} (|0-1| + |0-0| + |1-0|) = 1$$

**【9】限制式 (式 3-9)**

當外勞 i 第一階段加班時間及第二階段加班時間皆被分派工作或皆無被分派工作時，則此外勞在第一階段加班時間至隔日正常工作時間任務轉換次數為零。

例如：

d=1	J <sub>1</sub>		
d=2	J <sub>3</sub>		
	正常工作時間	加班 1	加班 2

	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>
正常	1	0	0
加班 1	0	0	0
加班 2	0	0	0
正常	0	0	1
加班 1	0	0	0
加班 2	0	0	0

$$\sum_{j=1}^3 Z'_{ijd} + \sum_{j=1}^3 Z''_{ijd} = (Z'_{i1d} + Z'_{i2d} + Z'_{i3d}) + (Z''_{i1d} + Z''_{i2d} + Z''_{i3d}) = (0+0+0) + (0+0+0) = 0 < 1$$

$$\text{則 } S_{i(d+1)}^{1 \rightarrow 0} = 0$$

**【10】限制式 (式 3-10)**

當外勞 i 第一階段加班時間及第二階段加班時間任一時段被分派工作時，則計算此外勞在第一階段加班時間至隔日正常工作時間任務轉換次數。

例如：

d=1	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	
d=2	J <sub>3</sub>		
	正常工作時間	加班 1	加班 2

	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>
正常	1	0	0
加班 1	0	1	0
加班 2	0	0	0
正常	0	0	1
加班 1	0	0	0
加班 2	0	0	0

$$\sum_{j=1}^3 Z'_{ijd} + \sum_{j=1}^3 Z''_{ijd} = (Z'_{i1d} + Z'_{i2d} + Z'_{i3d}) + (Z''_{i1d} + Z''_{i2d} + Z''_{i3d}) = (0+1+0) + (0+0+0) = 1$$

$$\text{則 } S_{i(d+1)}^{1 \rightarrow 0} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^3 |Z_{ij(d+1)} - Z'_{ijd}| = \frac{1}{2} (|0-0| + |0-1| + |1-0|) = 1$$

【11】限制式 (式 3-11)

當外勞 i 第二階段加班時間沒有被分派工作時，則此外勞在第二階段加班時間至隔日正常工作時間任務轉換次數為零。

例如：

d=1	J <sub>1</sub>	J <sub>1</sub>	
d=2	J <sub>3</sub>		
	正常工作時間	加班 1	加班 2

$$\sum_{j=1}^3 Z''_{ijd} = Z''_{i1d} + Z''_{i2d} + Z''_{i3d} = 0 + 0 + 0 = 0 < 1$$

$$\text{則 } S_{i(d+1)}^{2 \rightarrow 0} = 0$$

	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>
正常	1	0	0
加班 1	1	0	0
加班 2	0	0	0
正常	0	0	1
加班 1	0	0	0
加班 2	0	0	0

【12】限制式 (式 3-12)

當外勞 i 第二階段加班時間被分派工作時，則計算此外勞在第二階段加班時間至隔日正常工作時間任務轉換次數。

例如：

d=1	J <sub>1</sub>	J <sub>1</sub>	J <sub>1</sub>
d=2	J <sub>3</sub>		
	正常工作時間	加班 1	加班 2

$$\sum_{j=1}^3 Z''_{ijd} = Z''_{i1d} + Z''_{i2d} + Z''_{i3d} = 1 + 0 + 0 = 1 \geq 1$$

	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>
正常	1	0	0
加班 1	1	0	0
加班 2	1	0	0
正常	0	0	1
加班 1	0	0	0
加班 2	0	0	0

$$\text{則 } S_{i(d+1)}^{2 \rightarrow 0} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^3 |Z_{ij(d+1)} - Z'_{ijd}| = \frac{1}{2} (|0-1| + |0-0| + |1-0|) = 1$$

【13】限制式 (式 3-13)

限制正常工作時間同一個外勞僅能執行一項工作，且每一個外勞於正常工作時間必須被分派工作。



**【14】限制式 (式 3-14)**

限制第一階段加班時間同一個外勞至多僅能執行一項工作。

**【15】限制式 (式 3-15)**

限制第二階段加班時間同一個外勞至多僅能執行一項工作。

**【16】限制式 (式 3-16)**

限制外勞在第一階段加班滿 2 小時後才能進入第二階段加班時間繼續加班。

**【17】限制式 (式 3-17) (式 3-18)**

定義  $X_{ijd}$  之二元值。當  $X_{ijd} \geq 1$  時， $Z_{ijd} = 1$ ；當  $X_{ijd} = 0$  時， $Z_{ijd} = 0$ 。

**【18】限制式 (式 3-19) (式 3-20)**

定義  $X'_{ijd}$  之二元值。當  $X'_{ijd} \geq 1$  時， $Z'_{ijd} = 1$ ；當  $X'_{ijd} = 0$  時， $Z'_{ijd} = 0$ 。

**【19】限制式 (式 3-21) (式 3-22)**

定義  $X''_{ijd}$  之二元值。當  $X''_{ijd} \geq 1$  時， $Z''_{ijd} = 1$ ；當  $X''_{ijd} = 0$  時， $Z''_{ijd} = 0$ 。

**【20】限制式 (式 3-23) (式 3-24)**

定義  $X_{ij(d+1)}$  之二元值。當  $X_{ij(d+1)} \geq 1$  時， $Z_{ij(d+1)} = 1$ ；當  $X_{ij(d+1)} = 0$  時， $Z_{ij(d+1)} = 0$ 。

**【21】限制式 (式 3-25) (式 3-26) (式 3-27) (式 3-28)**

$X_{ijd}$ 、 $X'_{ijd}$ 、 $X''_{ijd}$ 、 $Y_{jd}$  決策變數值範圍

### 3.3 求解方法與步驟

#### 3.3.1 模式求解流程

本研究所欲探討之外籍勞工指派問題，已於前節利用數學整數規劃方式描述問題之主要目的及限制，其目的在於考慮彈性指派外籍勞工的同時，仍能考慮工作內容的不連續所造成之生產力損失影響。本研究以 Microsoft Excel 作為模式建構工具，利用內建函數功能與巨集以及易於使用的操作介面撰寫變數關係與限制條件。求解方面則選用 Evolver 4.0 for Excel 最佳化套裝軟體進行模式的求解，Evolver 為外掛於 Microsoft Excel 的最佳化求解軟體，針對 Excel 所建立之模式進行解算。在模式建立之後，利用 Evolver 定義適存度函數、決策變數、與各項限制條件，並輸入演算參數，如交配率、突變率、族群數等，求解原理乃利用遺傳演算法（Genetic Algorithm）為尋解方式，利用族群的演化及突變產生各種可能的解與限制函式界定可行解範圍，並以目標函式值評估解的優劣性，輸出結果將包括目標函數與決策變數之初始解及最佳解，求解時間、搜尋可行解數量，根據所得結果求得本研究之最佳派工模式。

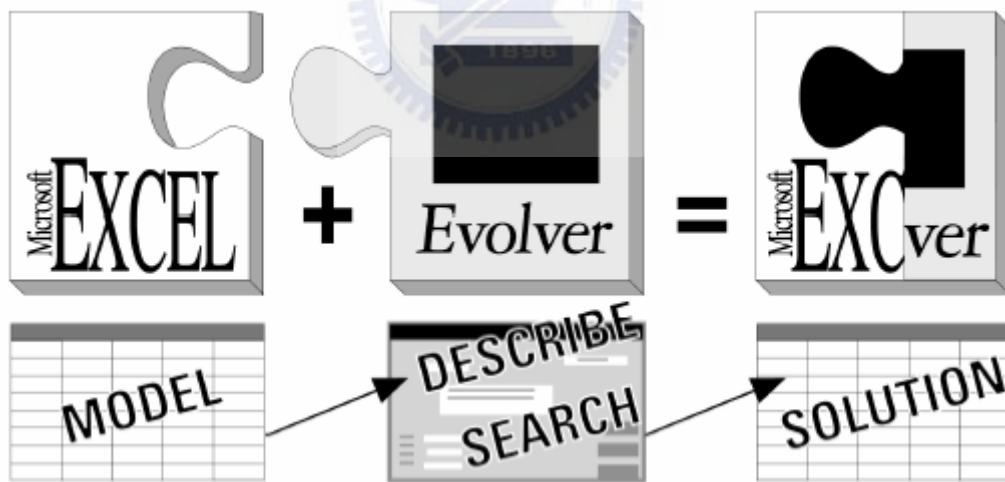


圖 3-1 模式建構工具與求解工具關係 (Evolver 4.0 User's Manual, 2001)

本研究將以圖 3-2 示之模式求解流程進行，在 Excel 輸入外勞生產力及每日需求工作量等已知條件，以內建函數功能計算勞工作業量、決策變數二元值、任務轉換次數及目標函式之計算，並利用 Excel 邏輯函數建立限制式。建立模式之後，利用 Evolver 定義決策變數、輸入限制式等演算條件及參數，並結合二者以遺傳演算法之搜尋原理進行模式的求解。

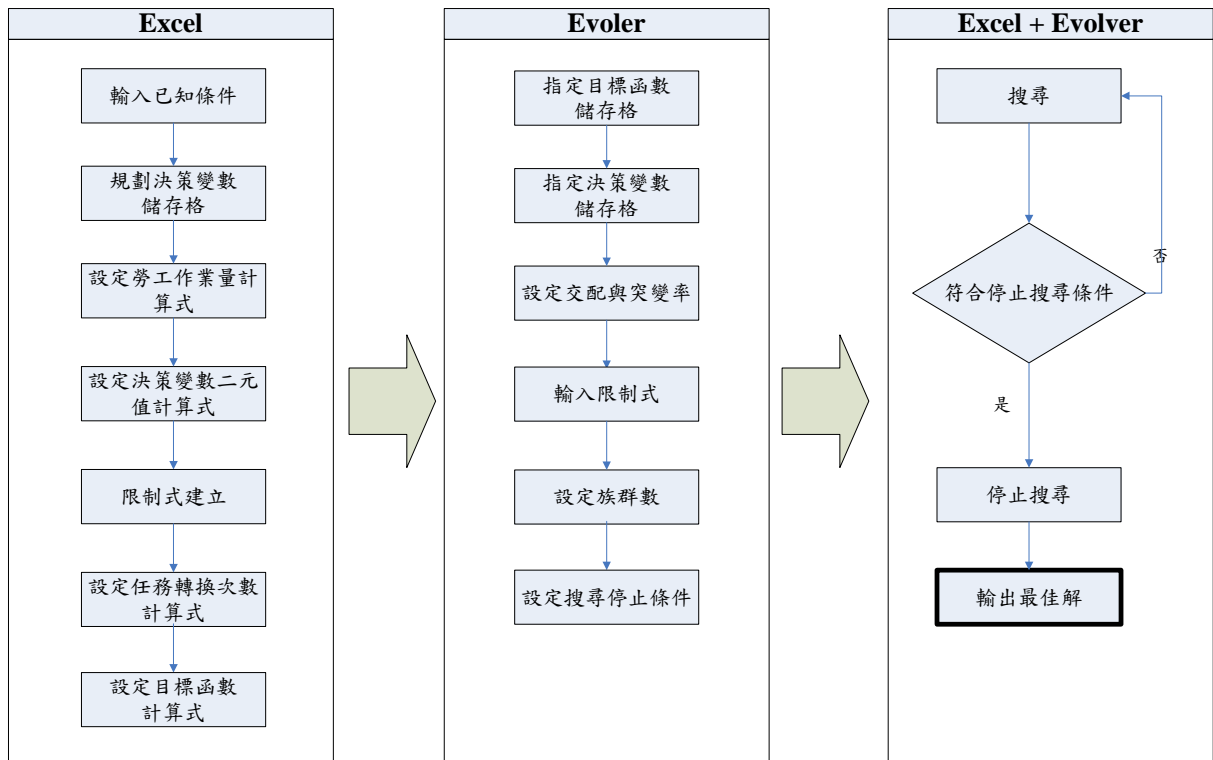


圖 3-2 模式建立與求解流程

### 3.3.2 求解範例說明

為了進一步說明本研究之求解過程與方法，本節將藉由一簡單問題，說明模式建立與求解過程。

現有一小專案，6 位外籍勞工必須被分派至 3 項工作任務，班表規劃天數為 5 個工作天，每日需求工作量與 6 名外籍勞工之生產力為已知條件下進行。決策者必須考慮各項條件在每個工作日將 6 名外籍勞工分派至對成本最為有利之任務，並決定外部人力支援之類型與數量。

#### 【1】模式建立

利用 M.S. Excel 軟體建立本案例之數學模式。

#### Step 1 輸入已知條件

輸入已知參數、外籍勞工生產力及每日需求作業量，如（圖 3-2）。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2		已知參數			生產力			需求作業量						
3						1	2	3			1	2	3	
4		O1	1.33		M1	0.4	0.0	0.6		D1	20	20	0	
5		O2	1.66		M2	0.7	0.0	0.5		D2	30	0	0	
6		C	100		M3	0.5	0.7	0.0		D3	20	20	20	
7		C1	210		M4	0.5	0.5	0.5		D4	10	10	0	
8		C2	200		M5	0.4	0.0	0.7		D5	0	40	0	
9		C3	210		M6	0.0	0.5	0.4						
10		P1	1											
11		P2	0.5											
12														

圖 3-3 輸入已知條件

## Step 2 規劃決策變數

選定  $X_{ijd}$ 、 $X'_{ijd}$ 、 $X''_{ijd}$  及  $Y_{jcd}$  決策變數區。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	
1																														
2		已知參數			生產力			需求作業量			執行作業量			目標函數																
3							1	2	3			1	2	3			1	2	3											
4		O1	1.33		M1	0.4	0.0	0.6		D1	20	20	0		D1	20	24	8												
5		O2	1.66		M2	0.7	0.0	0.5		D2	30	0	0		D2	36	8	8												
6		C	100		M3	0.5	0.7	0.0		D3	20	20	20		D3	8	27	24												
7		C1	210		M4	0.5	0.5	0.5		D4	10	10	0		D4	17	16	13												
8		C2	200		M5	0.4	0.0	0.7		D5	0	40	0		D5	0.4	43	8												
9		C3	210		M6	0.0	0.5	0.4																						
10		P1	1																											
11		P2	0.5																											
12																														
13																														
14																														
15																														
16																														
17																														
18																														
19																														
20																														
21																														
22																														
23																														
24																														
25																														
26																														
27																														
28																														
29																														
30																														

圖 3-4 規劃決策變數

### Step 3 勞工作業量計算

$$\sum_{i=1}^n [e_{ij}(X_{ijd} + X'_{ijd} + X''_{ijd})] + \sum_{i=n+1}^{n+p} [8e_{ij}Y_{jd}]$$

以第一個工作天的第一項任務作業量(儲存格 P4)為例：

$$P4 = F\$4*(8*F15+F20+F25)+F\$5*(8*I15+I20+I25)+F\$6*(8*L15+L20+L25)+F\$7*$$

$$(8*O15+O20+O25)+F\$8*(8*R15+R20+R25)+F\$9*(8*U15+U20+U25)+1*8*X15$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

已知參數		生產力			需求作業量			執行作業量					
		1	2	3		1	2	3		1	2	3	
O1	1.33	M1	0.4	0.0	0.6	D1	20	20	0	D1	20	24	8
O2	1.66	M2	0.7	0.0	0.5	D2	30	0	0	D2	36	8	8
C	100	M3	0.5	0.0	0.0	D3	20	20	0	D3	8	27	24
C1	210	M4	0.5	0.5	0.0	D4	10	10	0	D4	17	16	13
C2	200	M5	0.4	0.0	0.7	D5	0	40	0	D5	0.4	43	8
C3	210	M6	0.0	0.5	0.4								
P1	1												
P2	0.5												

圖 3-5 作業量計算

### Step 4 Z 值計算

以儲存格 F34 為例：F34=IF(F15=0,0,1)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC
12																													
13																													
14																													
15																													
16																													
17																													
18																													
19																													
20																													
21																													
22																													
23																													
24																													
25																													
26																													
27																													
28																													
29																													
30																													
31																													
32																													
33																													
34																													
35																													
36																													
37																													
38																													
39																													
40																													
41																													
42																													
43																													
44																													
45																													
46																													
47																													
48																													
49																													

圖 3-6 Z 值計算



**Step 5 限制式建立**

$$\sum_{i=1}^n [e_{ij}(X_{ijd} + X'_{ijd} + X''_{ijd})] + \sum_{i=n+1}^{n+p} [8e_{ij}Y_{jd}] \geq Q_{jd} \quad (3-2)$$

以 AO34 為例：AO34=IF(K4>=P4,1,0)

$$\sum_{j=1}^m Z_{ijd} = 1, \quad (3-13)$$

以 AA34 為例：AA34=IF(SUM(F34:H34)=1,0,1)

$$\sum_{j=1}^m Z'_{ijd} \leq 1, \quad (3-14)$$

以 AA39 為例：AA39= IF(SUM(F39:H39)<=1,0,1)

$$\sum_{j=1}^m Z''_{ijd} \leq 1, \quad (3-15)$$

以 AA44 為例：AA44=IF(SUM(F44:H44)<=1,0,1)

$$\sum_{j=1}^m X''_{ijd} < 1, \quad \text{If } \sum_{j=1}^m X'_{ijd} \leq 1 \quad (3-16)$$

以 AO44 為例：AA44=IF(AND(SUM(F20:H20)<=1,SUM(F25:H25)>0),1,0)

	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	
31																							
32																							
33																							
34																							
35																							
36																							
37																							
38																							
39																							
40																							
41																							
42																							
43																							
44																							
45																							
46																							
47																							
48																							
49																							

限制一項任務							限制進入加班二						作業量限制						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M1	M2	M3	M4	M5	M6	1	2	3				
正常 工作	D1	0	0	0	0	0	0	D1	0	0	0	0	0	0	0	D1	0	0	0
	D2	0	0	0	0	0	0	D2	0	0	0	0	0	0	0	D2	0	0	0
	D3	0	0	0	0	0	0	D3	0	0	0	0	0	0	0	D3	0	0	0
	D4	0	0	0	0	0	0	D4	0	0	0	0	0	0	0	D4	0	0	0
	D5	0	0	0	0	0	0	D5	0	0	0	0	0	0	0	D5	0	0	0
加班 1	D1	0	0	0	0	0	0												
	D2	0	0	0	0	0	0												
	D3	0	0	0	0	0	0												
	D4	0	0	0	0	0	0												
	D5	0	0	0	0	0	0												
加班 2	D1	0	0	0	0	0	0												
	D2	0	0	0	0	0	0												
	D3	0	0	0	0	0	0												
	D4	0	0	0	0	0	0												
	D5	0	0	0	0	0	0												

圖 3-7 限制式建立



### Step 6 計算轉換次數

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA			
50																											
51			Sid(0→1)								Sid(1→2)																
52			M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6												
53	D1	0	0	0	0	0	0	0	D1	0	0	0	0	0	0												
54	D2	0	0	0	0	0	0	0	D2	0	0	0	0	0	0												
55	D3	0	0	0	0	0	0	0	D3	0	0	0	0	0	0												
56	D4	0	0	0	0	0	0	0	D4	0	0	0	0	0	0												
57	D5	0	0	0	0	0	1	0	D5	0	0	0	0	0	0												
58								1																			
59			Sid+1(0→0)								Sid+1(1→0)								Sid+1(2→0)								
60			M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6												
61	D1	1	1	1	1	1	1	1	D1	0	0	0	0	0	0	D1	0	0	0	0	0	0					
62	D2	0	0	0	0	0	0	0	D2	0	0	0	0	0	0	D2	0	0	0	0	0	0					
63	D3	1	1	1	1	1	1	1	D3	0	0	0	0	0	0	D3	0	0	0	0	0	0					
64	D4	1	1	1	1	1	1	1	D4	0	0	0	0	0	0	D4	0	0	0	0	0	0					
65	D5	1	1	1	1	1	1	1	D5	0	0	0	0	0	0	D5	0	0	0	0	0	0					
66								24																			
67																											

圖 3-8 計算轉換次數



### Step 7 計算目標函數值

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1																										
2		已知參數		生產力			需求作業量			執行作業量			目標函數													
3																										
4		D1	1.33	M1	1	2	3	D1	1	2	3	D1	1	2	3											
5		D2	1.66	M2	0.4	0.0	0.6	D2	20	20	0	D2	20	24	8											
6		C	100	M3	0.7	0.0	0.5	D3	30	0	0	D3	8	8	8											
7		C1	210	M4	0.5	0.7	0.0	D4	10	20	0	D4	8	27	24											
8		C2	200	M5	0.5	0.5	0.7	D5	10	10	0	D5	17	16	13											
9		C3	210	M6	0.4	0.0	0.7																			
10		P1	1		0.0	0.5	0.4																			
11		P2	0.5																							
12																										

圖 3-9 計算目標函數值