

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 裝配業多廠線生產整合規劃模式之研究

計畫類別： X 個別型計畫          整合型計畫

計畫編號：NSC 89 - 2416 - H - 002 - 105 -

執行期間：八十九年 八月 一日至九十年 七月三十一日

計畫主持人：蔣明晃

共同主持人：

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：台大管理學院工商管理系

中 華 民 國      九 十 年      九 月      二 十 八 日

# 裝配業多廠線生產整合規劃模式之研究

## The Production Integration Planning Models for the Assembly Industry

計畫編號： NSC 89 - 2416 - H - 002 - 105 -

執行期限：八十九年八月一日至九十年七月三十一日

主持人：蔣明晃

執行機構及單位名稱：台大管理學院工商管理系

### 一、中文摘要

本研究將針對供應鏈中，多廠企業之內部協調的問題提出討論。本研究考慮在生產製造上所需要的成本以及產能與物料供給的限制，再運用「先進規劃與排程系統」的概念，建立兩個以成本為基礎的多廠生產規劃決策支援模式。其次，利用不同的需求狀況，以及各種企業可能會面臨的情境，來進行模擬，並比較本研究建立的決策支援模式及實務經驗法則的規劃結果之優劣及限制。最後，根據模擬的結果，提出一個具有良好績效（成本低，規劃結果良好），並且運算快速的決策支援模式。

關鍵詞：供應鏈規劃，生產排程，先進規劃排程

### Abstract

This article discusses the issues of multi-plant production planning in a supply chain of assembly industry. By considering the capacity and materials supply constraints, the decision support models are built based on the concept of APS. Next, the simulation is performed to compare the performance of our propose models with experiences' rules in different scenarios. Finally, a more promising model is recommended based on our simulation results.

Keywords: Supply Chain Planning, Production Planning, Advanced Production & Scheduling

### 二、緣由與目的

近年來由於經濟的迅速發展，許多企業開始面臨到全球性的競爭與多變的市場需求。為了因應大環境的改變，許多企業在考慮到利潤、未來發展的狀況下，逐漸的採取專業分工與全球運籌的策略，將專職生產製造的工廠移至生產成本較低的國家（例如：大陸、東南亞各國、墨西哥等地）；物流中心的則設立在接近顧客的地點；而研發管理的部

門就設立在科技、資訊、商業活動發達的地方。這樣的佈局使得企業內部的資訊整合、訂單管理、生產管理、物料管理、存貨管理、物流管理以及與其他企業間合作的供應鏈管理日益重要。

雖然供應鏈管理的重要性已為眾人所瞭解，但是現在大部分的企業仍並未針對供應鏈的管理需求設計其所需的生產規劃系統，多數企業採行的方法有兩種：

- (1) 以「經驗法則」分配訂單至各工廠，工廠各自安排其生產規劃。
- (2) 工廠各自接單，考慮其需求情況，利用生產規劃系統，安排生產規劃。

然而這兩種方法考慮的因素並不周全。針對以上的問題，目前最受重視、最適合應用在供應鏈中的概念為「先進規劃與排程系統」（Advanced Planning and Scheduling System, APS）。現在已有幾家軟體廠商提出其「先進規劃與排程系統」解決方案，如：i2 的 RHYTHM 與 Adexa 的 MCP 等等[2][3]。但這些廠商所提之解決方案多只針對單一工廠，為工廠安排生產計畫及細部排程，但其採用的機制只是在求出工廠可行的啟發解（Heuristic），並無考量企業所重視的成本或利潤；另外有些軟體廠商已經提出適用於多工廠的生產規劃與排程解決方案（如：Adexa），但是其所採用機制仍是利用規則找出可行的解（生產規劃與排程），亦非考量企業的利益來進行生產規劃。

本研究將針對供應鏈中，多廠企業之內部協調的問題提出討論。運用「先進規劃與排程系統」的概念，建立以成本為基礎的決策支援模式，主要的研究目的如下：

#### 一、建立多廠生產規劃決策支援模式

在企業追求最經濟的生產方式的前提下，本研究將考慮在生產製造上所需要的成本以及產能與物料供給的限制，再運用「先進規劃與排程系統」的概念，建立兩個以成本為基礎的多廠生產規劃決策支援模式。

## 二、比較決策支援模式與經驗法則的優缺點

利用不同的需求狀況,以及各種企業可能會面臨的情境,來進行模擬,並比較本研究建立的決策支援模式及實務經驗法則的規劃結果之優劣及限制。

## 三、提出適合企業使用的決策支援模式

根據模擬的結果,提出一個具有良好績效(成本低,規劃結果良好),並且運算快速的決策支援模式。

## 三、決策支援模式的建立

### 註標

- $i$ : 訂單編號,  $i = 1 \dots M$
- $j$ : 工廠編號,  $j = 1 \dots N$
- $t$ : 時間編號 (time buckets, 期數),  $t = 1 \dots T$
- $s$ : 供應商編號,  $s = 1 \dots S$
- $r$ : 物料編號,  $r = 1 \dots R$

### 輸入變數

- $D_i$ : 第  $i$  張訂單的需求量
- $U_i$ : 第  $i$  張訂單的交期
- $PC_{i,t}$ : 第  $i$  張訂單延遲  $t$  期交貨的每單位產品處罰成本
- $MaxC_j$ : 工廠  $j$  的最大產能
- $MinC_j$ : 工廠  $j$  所要求的最小開工使用率
- $R_{i,j}$ : 第  $i$  張訂單在工廠  $j$  生產所需要的資源 (以產能百分比表示)
- $C_{i,j}$ : 第  $i$  張訂單在工廠  $j$  單位變動生產成本
- $F_{i,j}$ : 第  $i$  張訂單在工廠  $j$  所需之固定開工成本, 每次開工皆須計算
- $Initial\_inv_{j,r}$ : 工廠  $j$  在期初規劃時所持有的物料  $r$  的存貨
- $L_{j,r,s}$ : 工廠  $j$  向供應商  $s$  購買物料  $r$  所需的前置時間 (lead time)
- $BOM_{i,r}$ : 第  $i$  張訂單的產品的物料表 (需要多少個物料  $r$ )
- $P_{j,r,t,s}$ : 在第  $t$  期時工廠  $j$  向供應商  $s$  購買物料  $r$  的價格
- $MaxQ_{j,r,s}$ : 每一期供應商  $s$  所能提供給工廠  $j$  的物料  $r$  最大供應量
- $MinQ_{j,r,s}$ : 每一期供應商  $s$  所能提供給工廠  $j$  的物料  $r$  最小出貨量

- $H_{j,r,t,s}$ : 工廠  $j$  在第  $t$  期向供應商  $s$  購買的物料  $r$  的單位持有成本 (單位時間、單位數量), 其中  $H_{j,r,t,s} = \alpha \times P_{j,r,t,s}$ ,  $\alpha$  為一常數
- $TC_{i,j}$ : 第  $i$  張訂單在工廠  $j$  生產所需的單位運輸成本。與工廠  $j$  至訂單  $i$  客戶間的距離相關。

### 決策變數與輸出變數

- $X_{i,j,t}$ : 第  $t$  期中, 第  $i$  張訂單在工廠  $j$  的生產量
- $B_{j,r,t,s}$ : 工廠  $j$  在第  $t$  期向供應商  $s$  所訂購物料  $r$  的數量
- $I_{j,r,k,t,s}$ : 工廠  $j$  在第  $k$  期向供應商  $s$  購買持有至第  $t$  期的物料  $r$  的數量 ( $k < t$ )
- $i_{i,j}$ : 為 0,1 變數 (zero-one variable),  $i_{i,j} = 1$  表示訂單  $i$  在工廠  $j$  生產;  $i_{i,j} = 0$  表示訂單  $i$  不在工廠  $j$  生產
- $Y_{i,j,t}$ : 為 0,1 變數 (zero-one variable),  $Y_{i,j,t} = 1$  表示第  $t$  期時, 訂單  $i$  在工廠  $j$  生產;  $Y_{i,j,t} = 0$  表示第  $t$  期時, 訂單  $i$  沒有在工廠  $j$  生產
- $Buy\_or\_not_{j,r,t,s}$ : 為 0,1 變數 (zero-one variable),  $Buy\_or\_not_{j,r,t,s} = 1$  表示第  $t$  期時工廠  $j$  有向供應商  $s$  購買物料  $r$ ;  $Buy\_or\_not_{j,r,t,s} = 0$  表示第  $t$  期時工廠  $j$  沒有向供應商  $s$  購買物料  $r$

## 四、成本函數與限制式

在本研究中考量的成本項目如下:

1. 變動生產成本: 生產數量  $\times$  每單位變動生產成本的總和

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^T C_{i,j} \times X_{i,j,t}$$

2. 固定開工成本: 開工次數  $\times$  每次開工成本的總和

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^T F_{i,j} \times Y_{i,j,t}$$

3. 物料購買成本: 購買數量  $\times$  原物料每單位購買成本的總和

$$\sum_{j=1}^N \sum_{r=1}^Q \sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^S P_{j,r,t,s} \times B_{j,r,t,s}$$

4. 物料的存貨持有成本：存貨數量 × 原物料每單位存貨成本的總和

$$\sum_{j=1}^N \sum_{r=1}^Q \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^{t-1} \sum_{s=1}^S H_{j,r,k,s} \times I_{j,r,k,t,s}$$

5. 運輸成本：生產數量 × 每單位運輸成本的總和

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^T TC_{i,j} \times D_{i,t} \times i_{i,j}$$

6. 延遲交貨的處罰成本：延遲交貨數量 × 每單位處罰成本的總和

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{t=U_i+1}^T PC_{i,t-U_i} \times X_{i,j,t}$$

限制項目可分成五部分：

- I. 需求 - 生產限制式：所接訂單的數量（需求量）與為滿足需求的生產量必相等。

$$D_i = \sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^T X_{i,j,t}$$

for  $i = 1, 2, \dots, M$

- II. 訂單在單一工廠生產限制：一張訂單只可在一家工廠中生產，不可分散至不同生產工廠。

$$\sum_{j=1}^N i_{i,j} = 1$$

for all  $i$

$$\sum_{t=1}^T X_{i,j,t} \leq \text{BigNumber} \times i_{i,j}$$

for all  $i, j$

- III. 產能限制：每期的生產量需小於工廠最大產能，且每次開工的生產量需超過最小產能使用限制。

$$\text{Max}C_j \leq \sum_{i=1}^M X_{i,j,t} \times R_{i,j}$$

for all  $j$  and  $t$

$$X_{i,j,t} \geq \text{BigNumber} \times Y_{i,j,t}$$

for all  $i, j$ , and  $t$

$$X_{i,j,t} \times R_{i,j} \geq \text{Min}C_j \times Y_{i,j,t}$$

for all  $i, j$ , and  $t$

- IV. 物料存貨平衡限制式：下期物料存貨必等於本期存貨加上本期購買減去本期使用。

$$\sum_{k=1}^t \sum_{s=1}^S I_{j,r,k,t+1,s} = \sum_{k=1}^{t-1} \sum_{s=1}^S I_{j,r,k,t,s} + \sum_{s=1}^S B_{j,r,t-L,s} - \sum_{i=1}^M \text{BOM}_{i,r} \times X_{i,j,t}$$

for all  $j, r, t$

$$I_{j,r,k,t,s} \leq I_{j,r,k,t+1,s}$$

for all  $j, r, t=2 \dots T, k < t, s$

$$B_{j,r,k,s} \leq I_{j,r,k,t+1,s}$$

for all  $j, r, t=2 \dots T, k < t, s$

- V. 物料採購限制式：工廠向供應商訂購物料時，訂購量需大於最小送貨量，且訂購量需小於最大供應量。

$$B_{j,r,t,s} \leq \text{BigNumber} \times \text{Buy\_or\_not}_{j,r,t,s}$$

for all  $j, r, t, s$

$$\text{Buy\_or\_not}_{j,r,t,s} \times \text{Min}Q_{j,r,s} \leq B_{j,r,t,s}$$

for all  $j, r, t, s$

$$\sum_{j=1}^N B_{j,r,t,s} \leq \text{Max}Q_{j,r,s}$$

for all  $r, t, s$

- VI. 變數限制式：變數型態整數或是 0,1 變數。

$$X_{i,j,t}, B_{j,r,t,s}, I_{j,r,k,t,s} \in \{0, 1\}$$

for all  $i, j, r, t, k, s$

$$i_{i,j}, Y_{i,j,t}, \text{Buy\_or\_not}_{j,r,t,s} = 0 \text{ or } 1$$

for all  $i, j, t, s$

## 五、單階決策模式

考量企業生產活動中的物料限制與產能限制，建立一個完整的模型，目標函數包括：變動生產成本、固定開工成本、物料採購成本、物料持有成本、運輸成本及延遲交貨處罰成本。限制式包括：模式

基本限制、產能限制及物料限制。決策變數為： $X_{i,j,t}$ 、 $B_{j,r,t,s}$ ，也就是生產及物料採購計畫。

目標式

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^T C_{i,j} \times X_{i,j,t} \\ & + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^T F_{i,j} \times Y_{i,j,t} \\ & + \sum_{j=1}^N \sum_{r=1}^Q \sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^S P_{j,r,t,s} \times B_{j,r,t,s} + \\ & \sum_{j=1}^N \sum_{r=1}^Q \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^{t-1} \sum_{s=1}^S H_{j,r,k,s} \times I_{j,r,k,t,s} \\ & + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^T TC_{i,j} \times D_{i,t} \times i_{j,t} + \\ & \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{t=U_i+1}^T PC_{i,t-U_i} \times X_{i,j,t} \end{aligned}$$

限制式

- I. 需求 - 生產限制式
- II. 訂單在單一工廠生產限制
- III. 產能限制
- IV. 物料存貨平衡限制式
- V. 物料採購限制式
- VI. 變數限制式

## 六、二階決策模式

將企業生產活動中的物料限制與產能限制分開討論，建立兩階段模型的模式。第一個模型稱之為「訂單分配階段模式」，考慮產能限制及部分成本，目的是在求出訂單的分配，作為下階段的輸入變數。第二個模型「工廠生產規劃模式」，依據訂單分配模式所求出之訂單分配，將物料限制加入考慮，建立成本模型，求出各工廠的生產計畫與物料規劃。

### 訂單分配階段模式

考慮變動生產成本、固定開工成本、運輸成本及延遲交貨處罰成本與模式基本限制式與產能限制式。決策變數為： $i_{j,t}$ ，為訂單分配給工廠的狀況，也就是工廠規劃階段模式的輸入變數。

目標式

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^T C_{i,j,t} \times X_{i,j,t} \\ & + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^T F_{i,j} \times Y_{i,j,t} \\ & + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^T TC_{i,j} \times D_{i,t} \times i_{j,t} + \\ & \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{t=U_i+1}^T PC_{i,t-U_i} \times X_{i,j,t} \end{aligned}$$

限制式

- I. 需求 - 生產限制式
- II. 訂單在單一工廠生產限制
- III. 產能限制
- IV. 變數限制式

### 工廠規劃階段模式

將訂單分配模式所求出的「訂單分配」作為一個輸入變數，並將物料限制加入考量，目標函數更為變動生產成本、固定開工成本、物料採購成本、物料持有成本及延遲交貨處罰成本，其中運輸成本因為訂單生產工廠已確定，為一固定常數，故未列入目標式中。限制式包含：模式基本限制、產能限制、物料限制。決策變數為： $X_{i,j,t}$ 、 $B_{j,r,t,s}$ ，也就是生產及物料採購計畫。

目標式

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^T C_{i,j} \times X_{i,j,t} \\ & + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^T F_{i,j} \times Y_{i,j,t} \\ & + \sum_{j=1}^N \sum_{r=1}^Q \sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^S P_{j,r,t,s} \times B_{j,r,t,s} + \\ & \sum_{j=1}^N \sum_{r=1}^Q \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^{t-1} \sum_{s=1}^S H_{j,r,k,s} \times I_{j,r,k,t,s} \\ & + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{t=U_i+1}^T PC_{i,t-U_i} \times X_{i,j,t} \end{aligned}$$

限制式

- I. 需求 - 生產限制式
- II. 產能限制

- III. 物料存貨平衡限制式
- IV. 物料採購限制式
- V. 變數限制式

## 七、情境設計說明

情境設計時以三個構面來考量：企業本身狀況、需求情形及實際運作上可能會面臨的改變來設計情境。本研究將企業狀況分成兩種規模，需求情形分成兩種狀況，並假設實際運作可能面臨的改變有十二種狀況：

1. 企業本身狀況（企業規模）：假設有兩種規模
  - (1) 較小：兩個工廠，可接訂單數少(8)，模擬期數短(10週)
  - (2) 較大：三個工廠，可接訂單數多(15)，模擬期數長(13週)
2. 需求情形：假設有兩種狀況
  - (1) 產能較鬆：在交貨日期前需求量小於可生產量，在妥善排程下應可以如期完成所有訂單。
  - (2) 產能較緊：在交貨日期前需求量大於可生產量，一定無法如期完成所有訂單，勢必會有一些訂單延遲交貨。
3. 實際運作時，企業可能會面臨到的改變：假設有十二種狀況
  - (1) 原物料供給狀況的改變：價格平穩(S1)、價格上升(S2)、價格下降(S3)、價格波動(S4)、供給量突然減少(S5)
  - (2) 訂單狀況的改變：已接訂單取消(S6)、接到新訂單(S7)、已接訂單數量增加(S8)、已接訂單數量減少(S9)、已接訂單交期提早(S10)、已接訂單交期延後(S11)
  - (3) 工廠狀況的改變：生產線停擺(Shut down, S12)

## 八、參數設計

根據 Douglas M. Lambert 書中所提到的製造業的成本結構，來假設各項成本的平均值。製造成本：22%；物料成本：23%；運輸成本：10%。

但由於工廠間的差異、顧客的地點不同以及供

應商與工廠間的距離或關係不同，所以模擬的成本數據具有以下特色：

1. 生產成本：各工廠具有其生產優勢，所以不同產品在不同工廠有不同的變動生產成本與固定開工成本。
2. 運輸成本與顧客和工廠間的距離相關。
3. 主要物料購買成本隨供應商與工廠間的關係(或距離)有所不同。
4. 物料持有成本：每週持有成本為購買成本的0.5%
5. 延遲交貨處罰成本：延遲一週的除罰成本為售價的5%，延遲二週罰成本為售價的 $5 \times (1+2)\%$ ，延遲三週處罰成本為售價的 $5 \times (1+2+3)\%$ ，以此類推。

## 九、經驗法則說明

一般未使用決策支援系統的企業，多採用經驗法則來分配訂單至各個工廠，再由人工來進行各個工廠的排程與物料購買計畫。本節將介紹較常使用的實務經驗法則，並在下一節比較單階決策模式、二階決策模式與這些經驗法則的績效表現。

本研究中，為了避免人為排程上的差異影響「人為經驗法則」所得的結果，造成比較上的誤差。本研究採用利用「人為經驗法則」分配訂單到各工廠，再利用數學模式來解出在訂單生產工廠已知下最佳的規劃結果。也就是說，在這裡用來比較的各個「人為經驗法則」的結果，都是在各個「人為經驗法則」方法下的最佳解。

### 經驗法則一：輪流分配

接到訂單後，將這些訂單輪流分配至各工廠。工廠各自規劃自己的生產排程與物料購買計畫。

### 經驗法則二：平均產能

在分配訂單至各工廠時，考慮各工廠的平均產能使用率，使之約略相等。接著，工廠各自規劃自己的生產排程與物料購買計畫。

### 經驗法則三：依產品類型分配

依照各個訂單所訂購的產品類型分配至較適合的工廠。工廠各自規劃自己的生產排程與物料購買計畫。

### 經驗法則四：依運輸成本分配

將訂單分配給距離較近的工廠，可得最小運輸成本。工廠各自規劃自己的生產排程與物料購買計畫。

### 十、本章結論

現在一般企業所採用的方法「經驗法則」會使企業的資源未妥善使用，造成成本過高與資金浪費。採用本研究所建立之單階決策模式及二階決策模式為企業做生產規劃，會得到比使用一般的人為經驗法則進行生產規劃更佳的規劃結果（表一）。

再比較單階決策模式與二階決策模式，雖然單階決策模式可以保證生產規劃的結果必然為最佳，但是利用單階決策模式進行生產規劃時，規劃所需要的時間非常長，難以應用到實際問題（表二）。而在多數的情形下，利用二階決策模式進行規劃能得到與利用單階決策模式規劃相近的結果，而規劃求解所需要的時間合理，所以較適合企業實際使用。

但是在使用二階決策模式規劃時，仍要注意有以下的限制：

1. 原物料供給供應量有限。由於二階決策模式在分配訂單時無考量到原物料的問題，所以可能將訂單分配到物料供應不足的工廠，造成無法如期完成訂單，使得二階決策模式與單階決策模式間的成本差距大。
2. 供應商對不同工廠的售價有很大差距。當此差異夠大足以影響訂單生產工廠的決定時，便會造成二階決策模式與單階決策模式間的成本差距大。

雖然二階決策模式在使用上需注意以上特殊情況的限制，但是一般企業在物料採購上並不會遇到此種情形。又二階決策模式的生產規劃結果與單階決策模式所求得的最佳生產規劃結果差距很小，解題需求時間又較單階決策模式少很多，所以仍可以應用二階決策模式來扶助企業規劃訂單及資源的決策。

表一 各模式規劃所得成本

	規模小產 能鬆	規模小產 能緊	規模大產 能鬆	規模大產 能緊
單階決策	低	低	低	低

模式				
二階決策 模式	低	低	低	低
經驗法則 一	平均高且 變化大	平均高且 變化大	平均高且 變化大	平均高且 變化大
經驗法則 二	平均高且 變化大	平均高且 變化大	平均高且 變化大	平均高且 變化大
經驗法則 三	平均高且 變化大	平均高且 變化大	平均高且 變化大	平均高且 變化大
經驗法則 四	平均高且 變化大	平均高且 變化大	平均高且 變化大	平均高且 變化大

表二 各模式求解所需時間

	規模小產 能鬆	規模小產 能緊	規模大產 能鬆	規模大產 能緊
單階決策 模式	1 分鐘	12 分鐘	38 分鐘	超過 10 小時
二階決策 模式	小於 0.5 分鐘	小於 0.5 分鐘	1 分鐘	6 分鐘
經驗法則 一	小於 0.5 分鐘	小於 0.5 分鐘	小於 0.5 分鐘	1 分鐘
經驗法則 二	小於 0.5 分鐘	小於 0.5 分鐘	2 分鐘	8 分鐘
經驗法則 三	小於 0.5 分鐘	小於 0.5 分鐘	10 分鐘	9 分鐘
經驗法則 四	小於 0.5 分鐘	小於 0.5 分鐘	小於 0.5 分鐘	2 分鐘

### 十一、參考文獻

- [1] Douglas M. Lambert and James R. Stock, "Strategic Logistics Management," Third Edition, 1993
- [2] Adexa "User Menu"
- [3] i2 RHYTHM "User Menu"
- [4] Lawrence S. Gould, "Introducing APS: Getting Production in Lock Step with Customer Demand", Automotive Manufacturing & Production May 1998 54-58
- [5] iLog "User Menu"
- [6] 王立志, "系統化運籌與供應鏈管理", 1999