

生 產 管 理

生 產 線 平 衡

講員：周 富 得 博士

清雲科技大學工業管理系

生產線改善生產效率方法

? 堆料或加班：

- 1 在瓶頸機具設備前實施堆料，避免讓瓶頸機具設備閒置
- 1 瓶頸機具設備實施加班，擴充其產能

? 調整機具設備生產速度：

- 1 找出瓶頸機具設備或產能限制資源來調整生產速度

? 改善作業方法：

- 1 運用工作研究或工業工程的手法來改善作業方式，藉以提昇工作效率

生產線改善生產效率方法

? 混線生產：

- 1 將相關或相類似的生產線加以合併，採取混線生產方式，藉以提昇人員機具設備之利用率

? 增加人員工作效率：

- 1 透過績效獎金制度的誘因，藉以提昇整體之生產效率

? 生產線平衡：

- 1 透過適當的分析與技術來調整安排工作站的內容，使其每一個生產工作站的工作負荷、作業時間與作業內容得以較平均的運作

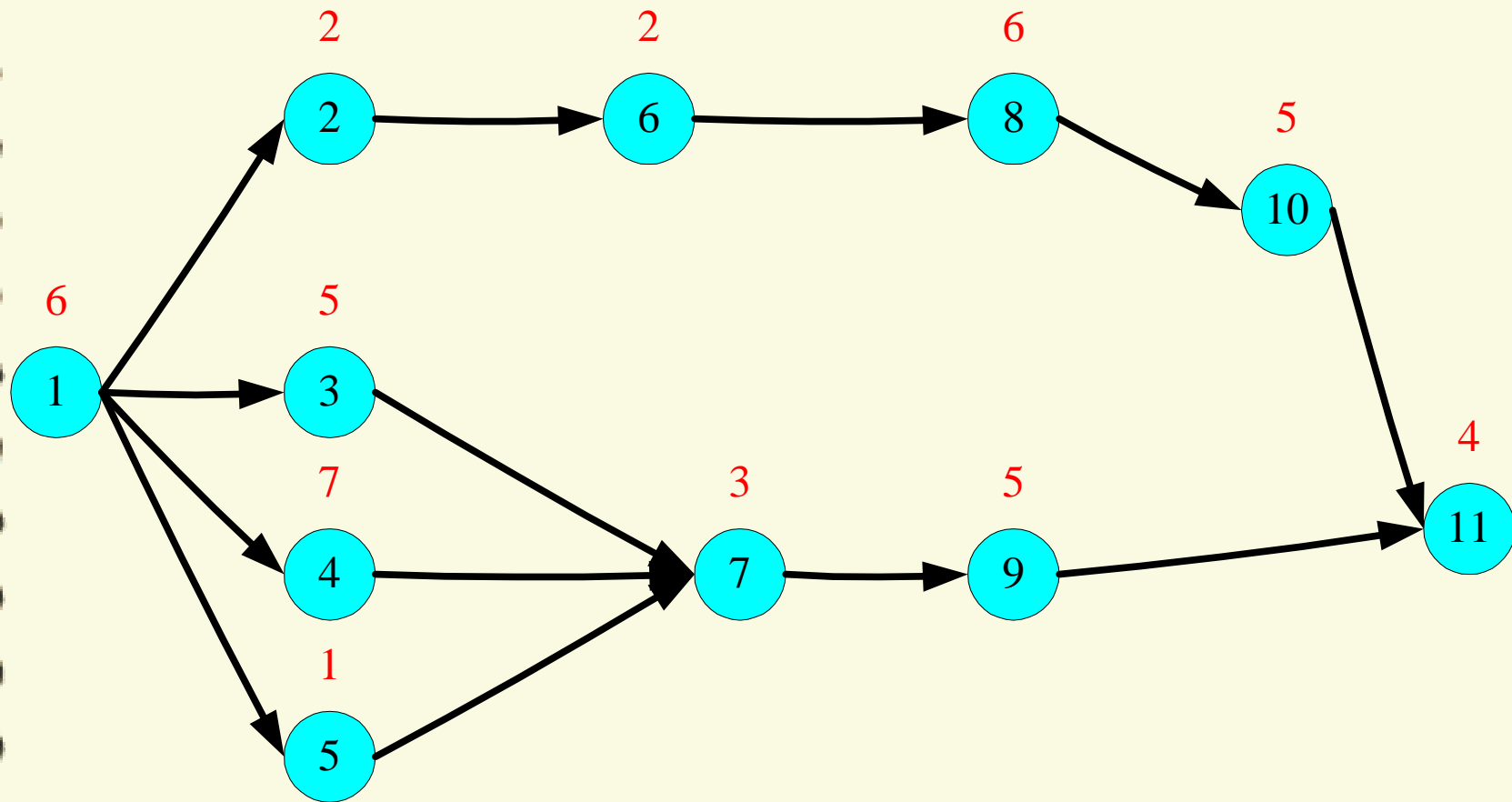
何謂生產線平衡問題

? 一般工廠在設計一條生產線時，常常會面臨一個如何將一系列作業單元(Task)歸併劃分到工作站(Workstation)的決策問題，這個決策過程便是所謂的生產線平衡問題(Line Balancing Problem)

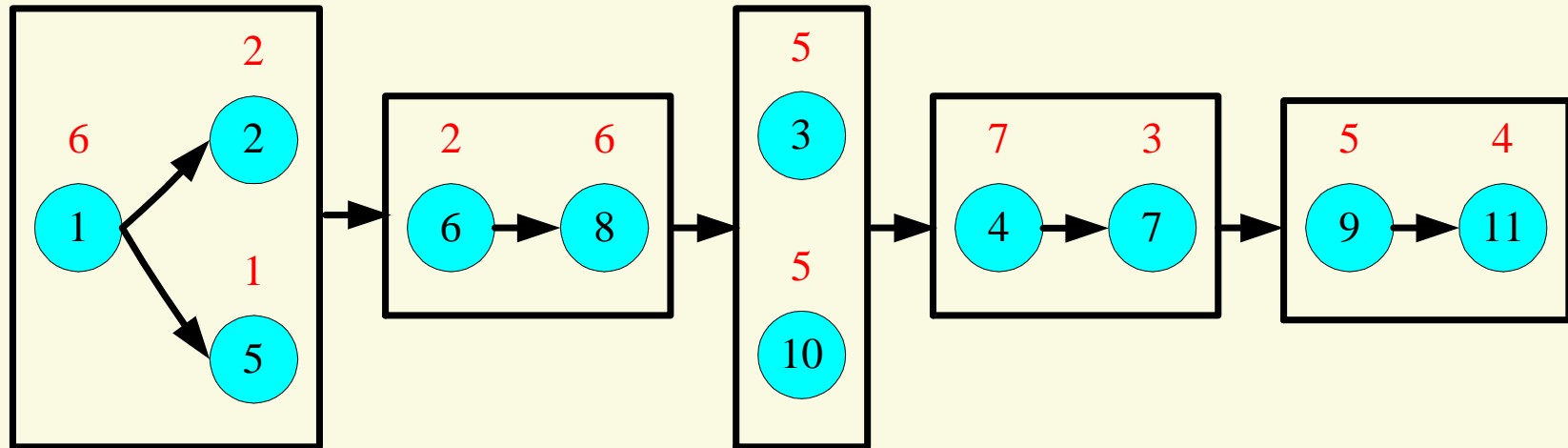
? 作業單元

- 1 具有先後次序關係的技術限制
- 1 作業時間長短不一

何謂生產線平衡問題



何謂生產線平衡問題



生產線平衡問題考量的限制

? 生產線要達到平衡，則必須面臨挑戰的問題即是如何將一組作業單元歸併劃分到工作站之中，而在規劃此項工作時所要考量的限制條件有二：

- 1 作業單元執行的先後次序關係
- 1 工作站所能承受的總作業時間

生產線平衡中常見之術語名詞

工作 (Work) :

- 1 產品生產流程中所有的作業

作業 (Tasks) :

- 1 產品生產流程中，一項轉換的過程

先行作業 (Preceding Tasks) :

- 1 作業要執行前，必須先行執行的作業

後續作業 (Following Tasks) :

- 1 作業執行完畢後，緊跟著要執行的作業

生產線平衡中常見之術語名詞

先行關係圖 (Precedence Diagram) :

- 1 用以表達作業之先行與後續作業之順序關係圖

工作站 (Work Station) :

- 1 執行一系列作業的處所
- 1 某種機具設備

週期時間 (Cycle Time) :

- 1 生產線產出產品的間隔時間
- 1 製令下達生產線，直到產品生產出來的間隔時間

生產線平衡中常見之術語名詞

生產線平衡效率 (Line Balancing Efficiency) :

1 用來評估生產線安排是否恰當的績效指標

$$\text{生產線平衡效率} = \frac{\text{工作之總作業時間}}{\text{工作站站數} \times \text{週期時間}} \times 100\%$$

生產線平衡的步驟

- ? 決定產品製程中每一個要進行加工的作業內容
- ? 決定作業之間的執行順序關係
- ? 繪製先行關係圖
- ? 預估或實際量測每一個作業的作業時間
- ? 決定最小的工作站數目或週期時間
- ? 運用適當的生產線平衡方法來指派作業使其形成工作站
- ? 計算生產線平衡效率

生產線平衡的方法

? 觀察法

? 階位法

? Kilbridge 與 Weters 方法

? 逐步列舉法

? Moodie 與 Young 方法

? Bryton 方法

? MALB 方法

? 動態規劃法

? 整數規劃法

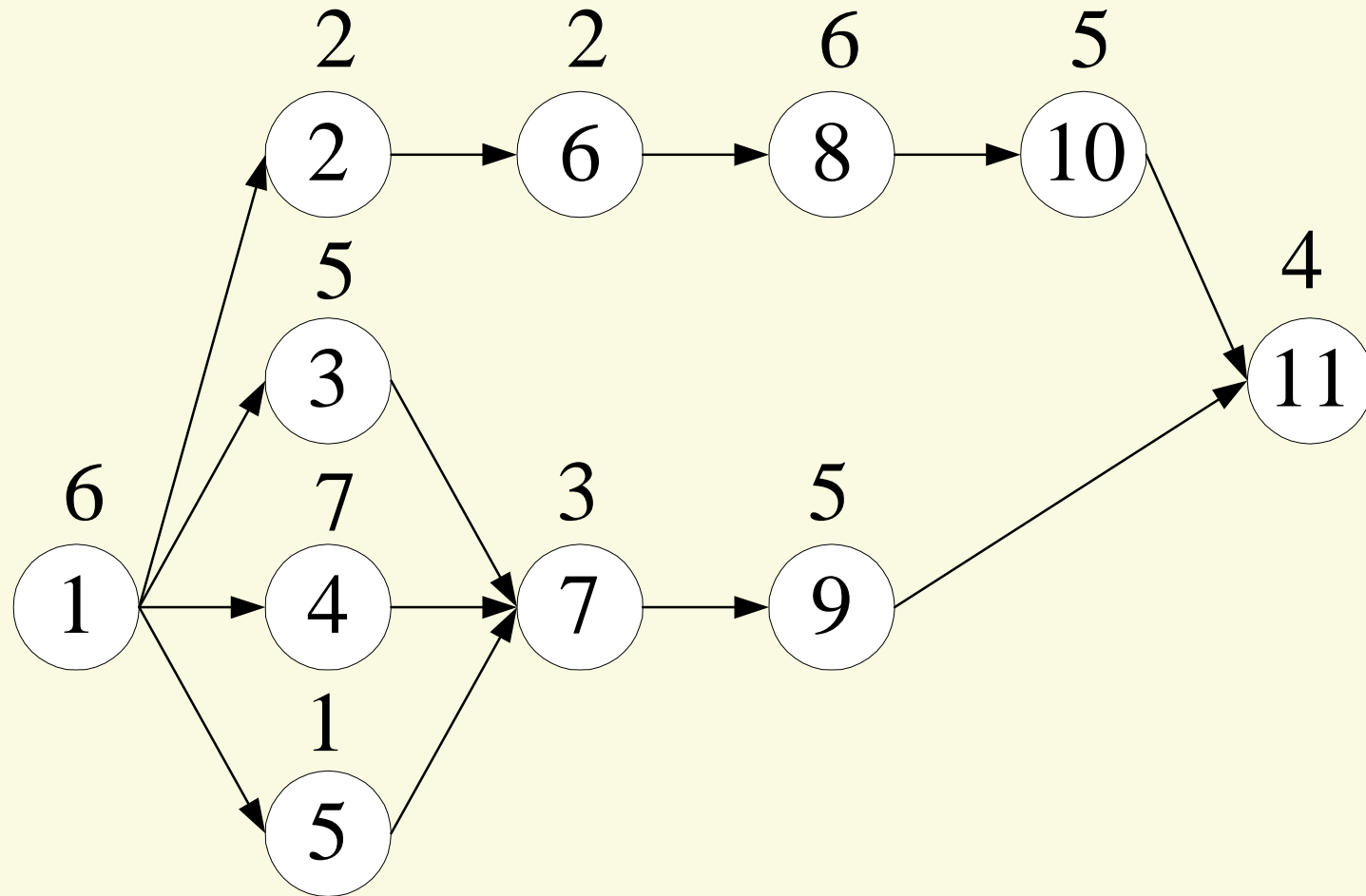
? :

生產線平衡的範例

? 週期時間
限定為 10

作業代碼	作業時間	先行作業
1	6	—
2	2	1
3	5	1
4	7	1
5	1	1
6	2	2
7	3	3,4,5
8	6	6
9	5	7
10	5	8
11	4	9,10

生產線平衡的範例



階

位

法

? 基本想法：

- 1 某作業以及其後續作業之總時間為標準，時間愈長者應當擺置於較前面的工作站為原則

? 作法：

- 1 將每一項作業分別計算此作業與其後續作業之總時間，總時間愈長者之作業，則其階位愈高，亦即需要優先安排指派的次序愈高

階

位

法

作業代碼	作業時間	總時間	階位
1	6	46	1
2	2	19	2
3	5	17	4
4	7	19	3
5	1	13	7
6	2	17	5
7	3	12	8
8	6	15	6
9	5	9	9
10	5	9	10
11	4	4	11

階 位 法

根據週
期時間
與先行的
作業限制
劃分
工作站

作業代碼	作業時間	先行作業	階位
1	6	—	1
2	2	1	2
4	7	1	3
3	5	1	4
6	2	2	5
8	6	6	6
5	1	1	7
7	3	3,4,5	8
9	5	7	9
10	5	8	10
11	4	9,10	11

階 位 法

工作站名稱	涵蓋之作業	作業時間
第一工作站	1,2	8
第二工作站	4	7
第三工作站	3,6	7
第四工作站	8,5,7	10
第五工作站	9,10	10
第六工作站	11	4

$$\text{生產線平衡效率} = \frac{46}{6 \times 10} \times 100\% = 76.67\%$$

逐 步 列 舉 法

一站情形：

(1). $\{1,2,5\} \Rightarrow 9$

(2). $\{1,2,6\} \Rightarrow 10$

逐 步 列 舉 法

兩站情形：

(3). $\{1,2,5\} \Rightarrow 9$

$\{3,6\} \Rightarrow 7$

$$1^2+3^2 = 1+9 = 10$$

(4). $\{1,2,5\} \Rightarrow 9$

$\{4,6\} \Rightarrow 9$

$$1^2+1^2 = 1+1 = 2$$

(5). $\{1,2,5\} \Rightarrow 9$

$\{6,8\} \Rightarrow 8$

$$1^2+2^2 = 1+4 = 5$$

(6). $\{1,2,6\} \Rightarrow 10$

$\{3,5\} \Rightarrow 6$

$$0^2+4^2 = 0+16 = 16$$

與(3)等效，但是效果較差，因此淘汰

逐 步 列 舉 法

(7). $\{1,2,6\} \Rightarrow 10$

$\{4,5\} \Rightarrow 8$ $0^2+2^2 = 0+4 = 4$

與(4)等效，但是效果較差，因此淘汰

(8). $\{1,2,6\} \Rightarrow 10$

$\{5,8\} \Rightarrow 7$ $0^2+3^2 = 0+9 = 9$

與(5)等效，但是效果較差，因此淘汰

逐 步 列 舉 法

三站情形：

(9). $\{1,2,5\} \Rightarrow 9$

$\{3,6\} \Rightarrow 7$

$\{4,7\} \Rightarrow 10$ $1^2+3^2+0^2=10$

與(11)等效，但是效果較差，因此淘汰

(10). $\{1,2,5\} \Rightarrow 9$

$\{3,6\} \Rightarrow 7$

$\{8\} \Rightarrow 6$ $1^2+3^2+4^2=26$

(11). $\{1,2,5\} \Rightarrow 9$

$\{4,6\} \Rightarrow 9$

$\{3,7\} \Rightarrow 8$ $1^2+1^2+2^2=6$

逐 步 列 舉 法

(12). $\{1,2,5\} \Rightarrow 9$

$\{4,6\} \Rightarrow 9$

$\{8\} \Rightarrow 6$ $1^2+1^2+4^2= 18$

與(14)等效，但是效果較差，因此淘汰

(13). $\{1,2,5\} \Rightarrow 9$

$\{6,8\} \Rightarrow 8$

$\{3,10\} \Rightarrow 10$ $1^2+2^2+0^2= 5$

(14). $\{1,2,5\} \Rightarrow 9$

$\{6,8\} \Rightarrow 8$

$\{4\} \Rightarrow 7$ $1^2+2^2+3^2= 14$

逐 步 列 舉 法

四站情形：

(15). $\{1,2,5\} \Rightarrow 9$

$\{3,6\} \Rightarrow 7$

$\{8\} \Rightarrow 6$

$\{4,7\} \Rightarrow 10$ $1^2+3^2+4^2+0^2=26$

與(20)等效，但是效果較差，因此淘汰

(16). $\{1,2,5\} \Rightarrow 9$

$\{3,6\} \Rightarrow 7$

$\{8\} \Rightarrow 6$

$\{10\} \Rightarrow 5$ $1^2+3^2+4^2+5^2=51$

與(21)等效，但是效果較差，因此淘汰

逐 步 列 舉 法

(17). $\{1,2,5\} \Rightarrow 9$

$\{4,6\} \Rightarrow 9$

$\{3,7\} \Rightarrow 8$

$\{8\} \Rightarrow 6 \quad 1^2+1^2+2^2+4^2=22$

與(20)等效，但是效果較差，因此淘汰

(18). $\{1,2,5\} \Rightarrow 9$

$\{4,6\} \Rightarrow 9$

$\{3,7\} \Rightarrow 8$

$\{9\} \Rightarrow 5 \quad 1^2+1^2+2^2+5^2=31$

逐 步 列 舉 法

(19). $\{1,2,5\} \Rightarrow 9$

$\{6,8\} \Rightarrow 8$

$\{3,10\} \Rightarrow 10$

$\{4,7\} \Rightarrow 10$

$$1^2+2^2+0^2+0^2=5$$

(20). $\{1,2,5\} \Rightarrow 9$

$\{6,8\} \Rightarrow 8$

$\{4\} \Rightarrow 7$

$\{3,7\} \Rightarrow 8$

$$1^2+2^2+3^2+2^2=18$$

(21). $\{1,2,5\} \Rightarrow 9$

$\{6,8\} \Rightarrow 8$

$\{4\} \Rightarrow 7$

$\{3,10\} \Rightarrow 10$

$$1^2+2^2+3^2+0^2=14$$

逐 步 列 舉 法

五站情形：

$$(22). \{1,2,5\} \Rightarrow 9$$

$$\{4,6\} \Rightarrow 9$$

$$\{3,7\} \Rightarrow 8$$

$$\{9\} \Rightarrow 5$$

$$\{8\} \Rightarrow 6$$

$$1^2+1^2+2^2+5^2+4^2=47$$

還有作業尚未安排，因此淘汰

逐 步 列 舉 法

(23). $\{1,2,5\} \Rightarrow 9$

$\{6,8\} \Rightarrow 8$

$\{3,10\} \Rightarrow 10$

$\{4,7\} \Rightarrow 10$

$\{9,11\} \Rightarrow 9$

$$1^2+2^2+0^2+0^2+1^2=6$$

(24). $\{1,2,5\} \Rightarrow 9$

$\{6,8\} \Rightarrow 8$

$\{4\} \Rightarrow 7$

$\{3,7\} \Rightarrow 8$

$\{9,10\} \Rightarrow 10$

$$1^2+2^2+3^2+2^2+0^2=18$$

還有作業尚未安排，因此淘汰

逐 步 列 舉 法

$$(25). \{1,2,5\} \Rightarrow 9$$

$$\{6,8\} \Rightarrow 8$$

$$\{4\} \Rightarrow 7$$

$$\{3,10\} \Rightarrow 10$$

$$\{7,9\} \Rightarrow 8$$

$$1^2+2^2+3^2+0^2+2^2=18$$

還有作業尚未安排，因此淘汰

逐 步 列 舉 法

工作站名稱	涵蓋之作業	作業時間
第一工作站	1,2,5	9
第二工作站	6,8	8
第三工作站	3,10	10
第四工作站	4,7	10
第五工作站	9,11	9

$$\text{生產線平衡效率} = \frac{46}{5 \times 10} \times 100\% = 92\%$$

數 學 規 劃 法

已知變數：

N ：作業單元的個數

W ：工作站的個數

T_i ：第 i 個作業單元的作業時間； $i = 1, 2, \dots, N$

P_{ij} ：第 i 個作業單元是否必須在第 j 個作業單元之前執行； $i = 1, 2, \dots, N$ ； $j = 1, 2, \dots, N$

$P_{ij} = 1$ 表第 i 個作業單元必須在第 j 個作業單元之前執行

$P_{ij} = 0$ 表第 i 個作業單元毋須在第 j 個作業單元之前執行

數 學 規 劃 法

決策變數：

X_{ik} ：第*i*個作業單元是否歸併劃分在第*k*個工作站；

$i = 1, 2, \dots, N$ ； $k = 1, 2, \dots, W$

$X_{ik} = 1$ 表第*i*個作業單元歸併劃分在第*k*個工作站

$X_{ik} = 0$ 表第*i*個作業單元不是歸併劃分在第*k*個工
作站

C ：工作站的週期時間

數 學 規 劃 法

? 目標函數：

Minimize C

? 限制式：

$$\sum_{k=1}^W X_{ik} = 1 \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, N$$

每一個作業單元只能被指派到一個工作站
之上

數 學 規 劃 法

$$P_{ij} \cdot \left[\sum_{k=1}^W k \cdot (X_{jk} - X_{ik}) \right] \geq 0 \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, N$$

第*i*個作業單元必須比第*j*個作業單元先被執行

$$\sum_{i=1}^N T_i \cdot X_{ik} \leq C \quad \text{for } k = 1, 2, \dots, W$$

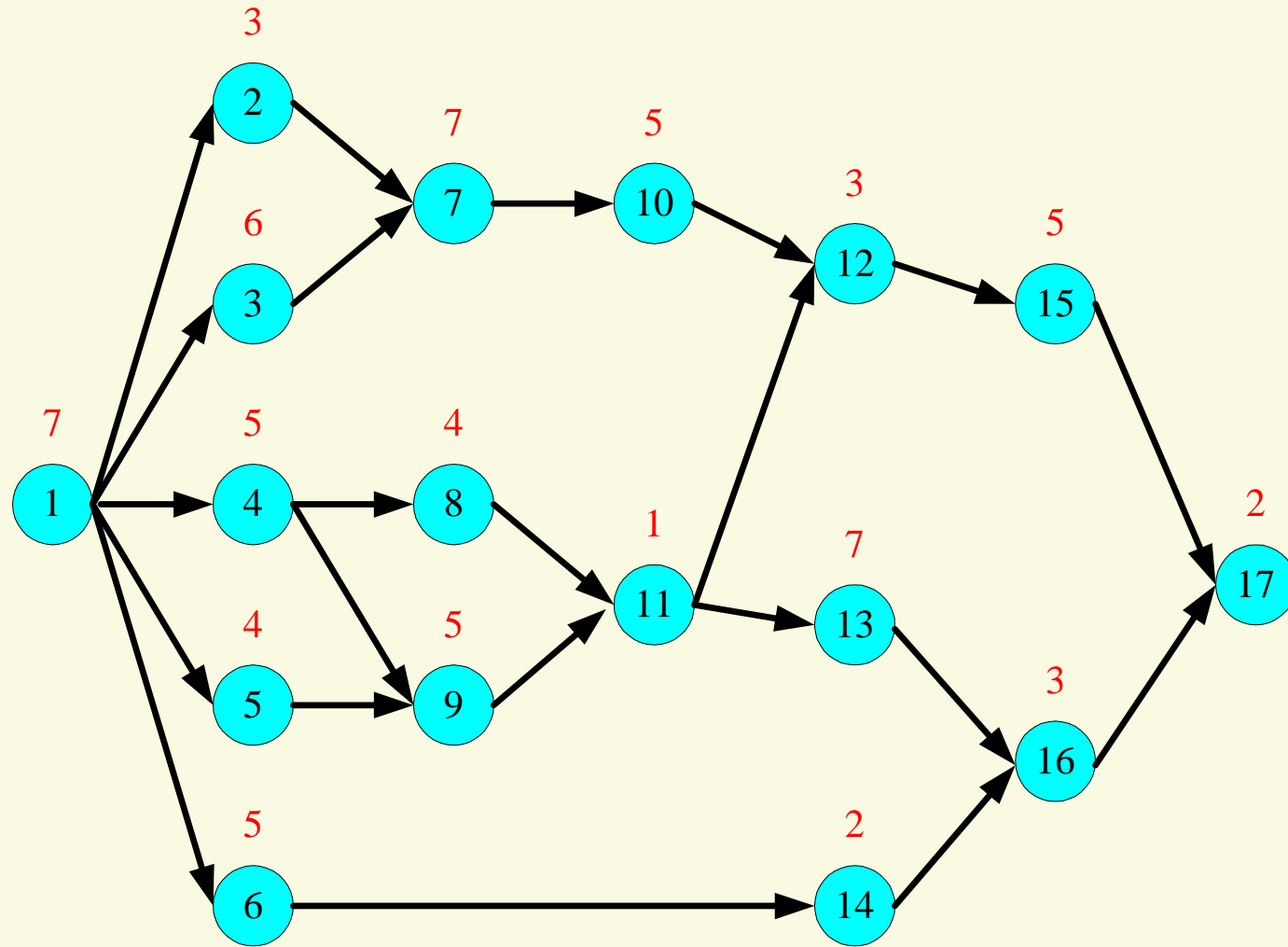
每一個工作站的總作業時間必須小於等於週期時間

所有的變數必須大於等於零

生產線平衡問題練習

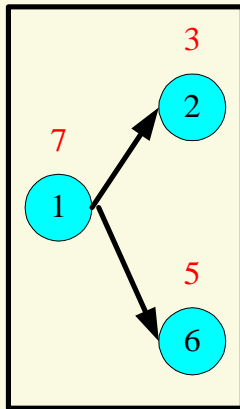
某一家電子工廠的裝配作業一共需要17個作業單元，預計聘僱五個操作人員來組成生產線，各個作業單元的先後相關次序與作業時間資料如下圖所示，試問規劃人員該如何來設計此條生產線，以便獲得較佳的生產線平衡效率

生產線平衡問題練習

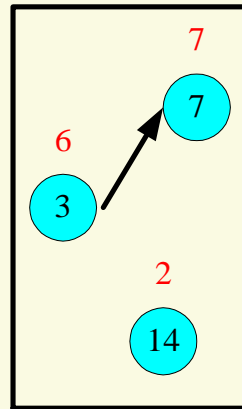


生產線平衡問題練習

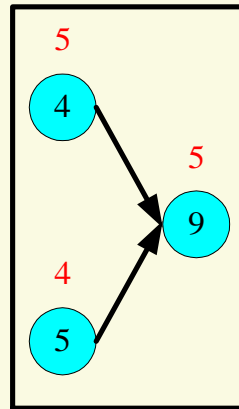
第一站



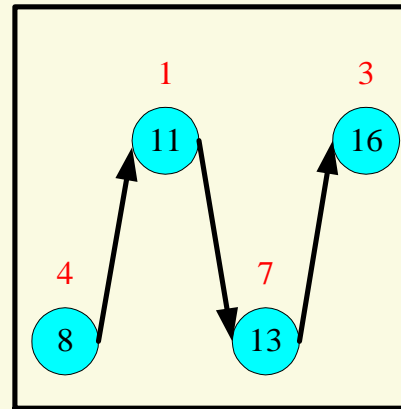
第二站



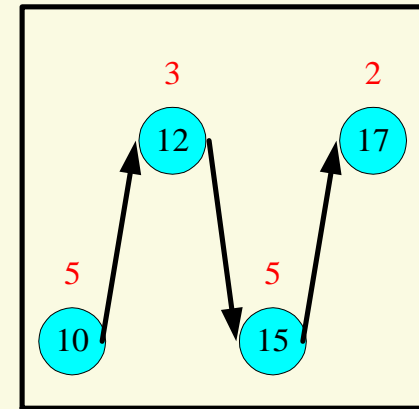
第三站



第四站



第五站



課程講授完畢

謝謝！