

排程與生產作業控制

I. 排程與生產作業控制的範圍

排程是一種資源分配以完成特定的作業的決策，其始於產能規劃，再由整體規劃分解發展出生產的整個排程，最後將整個生產排程依據產能決策，轉換成短期的人力、物料、與機器設備的指派與分配。

其主要目的(1)processing time 處理時間最短 (2) 低存貨 (3) 提高人機使用率(4)提昇顧客服務水準，減少顧客等候。好的排程要求簡捷清楚，易於了解、易於實行。

- 1.連續式生產與大量生產:單一產品⇒生產線平衡(assembly line balancing)
多種產品⇒批量及 JIT 的 kanban 解決
- 2.間歇式生產與批量生產:可能生產多種產品
在一條生產線上⇒批量法或耗竭時間法(run out time)解決
3. 零工式生產:產品少，產品差異大，不易自動化，最複雜。

II. 批量生產排程

存貨生產(make-to-stock)而非訂單生產(make-to-order)依據經濟生產批量為原則，關心的是(1)多種產品時，每種產品要生產多少(2)產品要依據何種次序安排生產。

1. 經濟生產批量(Economic Production Quantity)

$$EPQ = \sqrt{\frac{2DS}{H} \frac{p}{p-d}}$$

e.g. C 公司生產某產品，年需求 10800 單位，每件產品每年持有成本 0.5 元，每次整備成本 5 元，一年工作 270 天，每日生產率 100 單位，試求經濟生產批量。

$$EPQ = \sqrt{\frac{2 * 10800 * 5}{0.5} \frac{100}{100 - 40}} = 600 \text{ 件}$$

2. 耗竭時間法(run out time)

$$R_i = I_i / D_i$$

R_i :第 i 項產品的耗竭時間

I_i :第 i 項產品的存貨數量

D_i :第 i 項產品的需求

R_i 越小代表存貨會越早用完，排在前面盡快生產

產品	存貨數量	每週需求	耗竭時間 (週)	生產批量	每週生產 率	生產時間 (週)
A	2100	200	10.5	1500	1500	1
B	550	100	5.5	450	900	0.5
C	1475	150	9.8	1000	500	2
D	2850	300	9.5	500	1000	0.5
E	1500	200	7.5	800	800	1
F	1700	200	8.5	1200	800	1.5

產品	第 0.5 週結束時		第 1.5 週結束時		第 3 週結束時		第 3.5 週結束時	
	存貨數量	耗竭時間	存貨數量	耗竭時間	存貨數量	耗竭時間	存貨數量	耗竭時間
A	2100	1.0	1800	9	1500	7.5	1400	7.0
B	950	9.5	850	8.5	700	7.0	650	6.5
C	1400	9.3	1250	8.3	1025	6.8	950	6.3
D	2700	9.0	2400	8	1950	6.5	2300	7.7
E	1400	7.0	2000	10	1700	8.5	1600	8.0
F	1600	8.0	1400	7.0	2300	11.5	2200	11.0

III. 零工式製造排程

1. 零工式排程的重要問題

工作的到達型態

機器種類與數量

員工人數

流程型態

評估法則

2. 零工式排程的目標

趕上期限

使 WIP 最少

使流程時間最短

提高機器使用率

提供一精確的工作狀態

減少設置時間

減少生產與人工成本

3. 零工式排程的術語

Flow shop 流程式

Job shop 零工式

Parallel processing vs. sequential processing 平行處理對順序處理

Flow time 流程時間

Makespan 總完工流程時間

Tardiness and lateness 延後時間與遲延時間

4. 排程的規則

a. FCFS 先進先出法

e.g. 有五件工作其所需處理時間與到期日如下:

工作編號	處理時間	到期日
1	11	61
2	29	45
3	31	31
4	1	33
5	2	32

Solution:

工作順序	完成時間	到期日	延後時間
1	11	61	0
2	40	45	0
3	71	31	40
4	72	33	39
5	73	32	42
合計	268		121

平均流程時間 $268/5=53.6$ 平均延後時間 $121/5=24.2$ 延後工作數目=3

b. Shortest processing time(SPT)最短處理時間法

e.g. 續前例

Solution:

工作順序	處理時間	完成時間	到期日	延後時間
4	1	1	33	0
5	2	3	32	0
1	11	14	61	0
2	29	43	45	0
3	31	74	31	43
合計		135		43

平均流程時間 $135/5=27$ 平均延後時間 $43/5=8.6$ 延後工作數目=1

c. Earliest due date(EDD)最早到期日法

e.g. 續前例

Solution:

工作順序	處理時間	完成時間	到期日	延後時間
3	31	31	31	0
5	2	33	32	1
4	1	34	33	1
2	29	63	45	18
1	11	74	61	13
合計		235		33

平均流程時間 $235/5=47$ 平均延後時間 $33/5=6.6$ 延後工作數目=4

d. Critical ratio(CR)關鍵比率法

關鍵比率=處理時間/(到期日-目前時間)

CR<1 工作有充分時間 CR=1 如期完工 CR>1 工作會延後

e.g. 續前例

Solution:

目前時間=0

工作順序	處理時間	到期日	關鍵比率
1	11	61	0.1803
2	29	45	0.644
3	31	31	1
4	1	33	0.0303
5	2	32	0.0625

選關鍵比率最大的工作 3 先行處理，處理完畢後目前時間移到 31

目前時間=31

工作順序	處理時間	到期日-目前時間	關鍵比率
1	11	30	0.3367
2	29	14	2.0714
4	1	2	0.5
5	2	1	2

選關鍵比率最大的工作 2 先行處理，處理完畢後目前時間移到 60

目前時間=60

工作順序	處理時間	到期日-目前時間	關鍵比率
1	11	1	11
4	1	-27	-1/27
5	2	-28	-2/28

工作 4、5 的關鍵比率小於 0，代表工作 4、5 會延後，依據 SPT 處理:工作順序為 4、5、1，摘要所有工作順序如下

工作順序	處理時間	完成時間	到期日	延後時間
3	31	31	31	0
2	29	60	45	15
4	1	61	33	28
5	2	63	32	31
1	11	74	61	13
合計		289		87

平均流程時間 $289/5=57.8$ 平均延後時間 $87/5=17.4$ 延後工作數目=4

5. 單機排程

a. 希望平均流程時間最短⇒(SPT)最短處理時間法

b. 希望最大遲延時間(maximum lateness)最小⇒(EDD)最早到期日法

c. 希望延後工作數目(the number of tardy jobs)最少⇒Moore 法

步驟一:先依到期日先後，由小排到大。

步驟二:比較完成時間與到期日，找出第一個延後工作 i, job[i]。如果沒有延後工

作則進行步驟四。

步驟三: 找出第一個延後工作 $i, job[i]$, 前面所有工作並拒絕有最大處理時間之工作, 回到步驟二。

步驟四: 以目前順序形成最佳順序並將步驟三所拒絕的工作附在最佳順序之後。

e.g.

工作	1	2	3	4	5	6
到期日	15	6	9	23	20	30
處理時間	10	3	4	8	10	6

Solution:

Step 1.

工作	2	3	1	5	4	6
到期日	6	9	15	20	23	30
處理時間	3	4	10	10	8	6
完成時間	3	7	17	27	35	41

Step 2.

工作	2	3	5	4	6
到期日	6	9	20	23	30
處理時間	3	4	10	8	6
完成時間	3	7	17	25	31

Step 3.

工作	2	3	4	6
到期日	6	9	23	30
處理時間	3	4	8	6
完成時間	3	7	15	21

Optimal sequence 2-3-4-6-1-5 The number of tardy jobs is 2.

d. .希望有前後順序限制(precedence constraints)的最大延後時間(maximum tardiness)最小 \Rightarrow lawler 法

步驟一: 找出所有排在最後的工作, 並計算處理目前工作順序的時間 τ 。

步驟二: 比較排在最後各工作的遲延, 並從中選出最小者 $\min\{\tau - \text{due date}\}$, 將其排在後面。

e.g.

工作	1	2	3	4	5	6
到期日	3	6	9	7	11	7
處理時間	2	3	4	3	2	1
先行工作	-	1	2	-	4	4

Solution:

Step 1. 排在最後各工作 3, 5, 6 其到期日分別為 9, 11, 7。 $\tau=15$ 並從中選出最小者 $\min\{15-9, 15-11, 15-7\}=\min\{6, 4, 8\}$, 所以工作 5 應排在最後。

Step 2. 排在最後各工作 3, 6 其到期日分別為 9, 7。 $\tau=13$ 並從中選出最小者 $\min\{13-9, 13-7\}=\min\{4, 6\}$, 所以工作 3 應排在第五位置。

Step 3. 排在最後各工作 2, 6 其到期日分別為 6, 7。 $\tau=9$ 並從中選出最小者 $\min\{9-6, 9-7\} = \min\{3, 2\}$, 所以工作 6 應排在第四位置。

Step 4. 排在最後各工作 2, 4 其到期日分別為 6, 7。 $\tau=8$ 並從中選出最小者 $\min\{8-6, 8-7\} = \min\{2, 1\}$, 所以工作 4 應排在第三位置。

Step 5. 排在最後的工作只剩下工作 2。 所以工作 2 應排在第二位置。

Step 6. 排在最後的工作只剩下工作 1。 所以工作 1 應排在第一位置。 最後最適順序為 1-2-4-6-3-5

工作	處理時間	完成時間	到期日	延後時間
1	2	2	3	0
2	3	5	6	0
4	3	8	7	1
6	1	9	7	2
3	4	13	9	4
5	2	15	11	4

最大延後時間是 4

6. 雙機排程

a. 甘特圖法

e.g.

工作	機器 1	機器 2
I	4	1
J	1	4

工作 I 與 J 均需先在機器 1 處理, 然後在機器 2 處理試安排工作順序使得兩工作之總完工流程時間最短。

b. Johnson's rule

e.g.

工作	機器 A	機器 B
1	5	2
2	1	6
3	9	7
4	3	8
5	10	4

所有工作均需先在機器 A 處理, 然後在機器 B 處理試安排工作順序使得所有工作之總完工流程時間最短。

c. Revised Johnson's rule

e.g. 有 8 項工作與 2 工作中心, 其資料如下, 試安排工作順序使得所有工作之總完工流程時間最短。

工作	須經工作中心	工作中心	
		1	2
1	1	14	0
2	1 \Rightarrow 2	15	7
3	2 \Rightarrow 1	7	14
4	2	0	10

5	1⇒2	24	11
6	1⇒2	8	28
7	2⇒1	16	3
8	2⇒1	8	26

IV. 生產作業控制

1.甘特圖

2.生產平衡線圖

比較目標與實際進度，此線反映每日目標並检查工作進度

e.g. 某公司與顧客簽約供應某種特殊零件給顧客，其約定之運送排程如下：

月份	交貨量
1	2000
2	2000
3	2000
4	3000
5	3000
6	3000

而該公司各生產製程階段之關係與前置時間如下

零件	1	2	3	4	5	6	7
前置時間(月)	1.5	1.25	1	0.75	0.5	0.25	0

在三月底通過各生產階段累積數量如下

階段	累積數量
1	9000
2	9000
3	9000
4	9000
5	6500
6	5250
7	5000

請建立累積交貨圖，進度控制圖與三月底的平衡線圖。

首先繪製(a)累積交貨圖

再繪製(b)進度控制圖

3.投入產出控制表

	1	2	3	4
預計投入(人工小時)	200	300	300	200
實際投入(人工小時)	200	250	275	175
累積誤差		-50	-75	-100
預計產出(人工小時)	200	300	300	200
實際產出(人工小時)	200	250	275	175
累積誤差		-50	-75	-100

服務業排程

IV. A. 人力排程

e.g. 某餐廳之營業時間為 24 小時，管理員每次工作一時段(每一時段依餐廳規定為 4 小時)，服務生每次必須連續工作兩時段(即 8 小時)，餐廳預測各時段服務生所需最低人數如下，試求各時段所需雇用服務生人數。

班次	時段	所需最低人數
1	12:00 A.M.~4:00A.M.	90
2	4:00 A.M.~8:00A.M.	215
3	8:00 A.M.~12:00P.M.	250
4	12:00 P.M.~4:00P.M.	65
5	4:00 P.M.~8:00P.M.	300
6	8:00 P.M.~12:00A.M.	125

$X_i (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6)$: 第 i 班開始時所需雇用服務生人數

$$\text{Minimize } Z = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6$$

$$X_1 + X_6 \geq 90$$

$$X_1 + X_2 \geq 215$$

$$X_2 + X_3 \geq 250$$

$$X_3 + X_4 \geq 65$$

$$X_4 + X_5 \geq 300$$

$$X_5 + X_6 \geq 125$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6 \geq 0$$

以線性規劃求解可得 $X_1=90$ 、 $X_2=185$ 、 $X_3=65$ 、

$$X_4=0$$
、 $X_5=300$ 、 $X_6=0$ 。

B. 人員連續休假兩天問題

步驟一: 將最少數目的連續兩天休假之一組圈起來。最少數目的一組係此組中的最大數目小於或等於其他各組的最大數目。

步驟二: 步驟一中未被圈選起來的五天，即為員工的上班時間，更改每日人力需求。接著對第二個以後的員工重覆上述兩步驟，直到不需員工排班為止。

e.g. 健康醫院每日員工需求如下表，醫院規定員工每週可休假兩天，試規劃員工休假排班。

	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
需求	3	2	2	4	6	7	4

	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
員工 1	3	2	2	4	6	7	4

	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
員工 2	2	2	2	3	5	6	3

	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
員工 3	2	2	1	2	4	5	2

	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
員工 4	1	1	1	2	3	4	1

	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
員工 5	1	1	0	1	2	3	0

	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
員工 6	0	0	0	1	1	2	0

	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
員工 7	0	0	0	0	0	1	0

	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
員工 1	R	O	O	R	R	R	R
員工 2	O	O	R	R	R	R	R
員工 3	R	R	O	O	R	R	R
員工 4	O	O	R	R	R	R	R
員工 5	R	R	O	O	R	R	O
員工 6	O	O	O	R	R	R	O
員工 7	O	O	O	O	O	R	O
合計	4	2	2	4	6	7	4

C. 交通工具排程(Clark-Wright 方法)

步驟一:計算公司運送至單一顧客的時間總合。

步驟二:計算顧客與顧客間合併運送所能節省時間之節省時間矩陣。

$$S_{ij} = t_{i0} + t_{0j} - t_{ij}$$

合併顧客 i 與顧客 j 所節省時間

t_{0i} : 配送中心至顧客 i 的行車時間

t_{0j} : 配送中心至顧客 j 的行車時間

t_{ij} : 顧客 i 至顧客 j 的行車時間

步驟三選擇可以節省最多時間之兩位顧客加以合併,並檢驗是否符合裝運限制。如果可行則將其路線合併,如果不可行則選擇下一個可以節省次多時間之兩位顧客加以合併。

步驟四:重覆步驟三,直到步驟二節省時間矩陣中所有正值均被考慮過為止。

e.g. Mike 是一位啤酒配銷商,自己擁有一輛箱型車用來用送啤酒,箱型車的載貨量為 80 箱啤酒,顧客之訂單與配送中心至顧客的行車時間如下表: Mike 希望每天只工作 8 小時,試為 Mike 規劃啤酒運送路線使行車時間越短越好。

顧客	訂單數量
1	46
2	55
3	33
4	30
5	24
6	75
7	30

顧客間之行車時間

		顧客						
顧客	0	1	2	3	4	5	6	7
0								
1	20							
2	57	51						
3	51	10	50					
4	50	55	20	50				
5	10	25	30	11	50			
6	15	30	10	60	60	20		
7	90	53	47	38	10	90	12	

合併顧客間節省時間矩陣

顧客	1	2	3	4	5	6	7
1							
2	26						
3	61	58					
4	15	87	51				
5	5	37	50	10			
6	5	62	6	5	5		
7	57	100	103	130	10	93	

Solution:

路線	時間
0-4-7-0	150
0-3-1-0	81
0-2-5-0	97
0-6-0	30
總計	358

日程安排之示例圖

教室日程表:秋季 星期五

教室	8:20~ 9:10	9:20~ 10:10	10:20~ 11:10	11:15~ 12:05	12:10~ 13:00	13:20~ 14:10	14:15~ 15:05	15:10~ 16:00	16:05~ 16:55
100	統計 1	經濟 101	經濟 102	財管 201	行銷 210	會計 212			行銷 410
105	統計 2	數學 2a	數學 2b			會計 210			
110	會計 340	管理 250	數學 3		行銷 220				
115	行銷 440		管理 230			財管 310	會計 360		