

製造業生產排程策略對於半成品平均庫存之影響－以 A 公司為例

陳皎麟* 朱經武**

*國立台灣海洋大學航運管理研究所研究生

**國立台灣海洋大學航運管理學系副教授

摘要

本研究是以個案探討方式，以製造業中生產電視機零件高壓帽廠商為例，探討公司生產部排程策略，對於半成品高壓帽平均庫存之影響。

生產部包括成型課與組立課，分別負責高壓帽的生產與組裝工作，因高壓帽產品特性的原因，高壓帽庫存發生於生產與組裝流程間，因此本研究將以系統模擬方式，探討生產部在 22 種排程組合策略下，其高壓帽平均庫存之績效表現，找出生產部各部門較適合之排程法則。

研究結果發現 1)次排程法則對於高壓帽平均庫存影響較小，2)高壓帽平均庫存量多寡主要決定於組立課排程法則，3)成型課較適合之排程法則為 FIFO、SPT 或 LPT，而組立課則為 EDD，4)策略 9、13 與 21 在平均庫存成本方面，皆比現行排程策略 1 表現為佳，其相對成本改善率皆為 5.6%，5)每一型號高壓帽之平均庫存量大多維持在所設定之安全庫存量上下。

關鍵字：系統模擬、生產排程、派工法則、安全存量

一. 緒論

由圖 1-1 高壓帽產品相關組織關係圖可知，公司生產部包括成型課與組立課，分別負責高壓帽的生產與組裝工作，因高壓帽產品特性的原因，公司保有適量的各型號高壓帽庫存於生產與組裝流程間，而高壓帽庫存變動是受到成型課供給(產出)與組立課需求(領取)的影響，因此本研究所探討之半成品為倉管部所堆存之高壓帽庫存品，即成型

課生產之高壓帽交付倉管部保管，且其它相關部門如組立課或業務部並未對其產生需求，尚存放於倉管部保管之高壓帽而言。

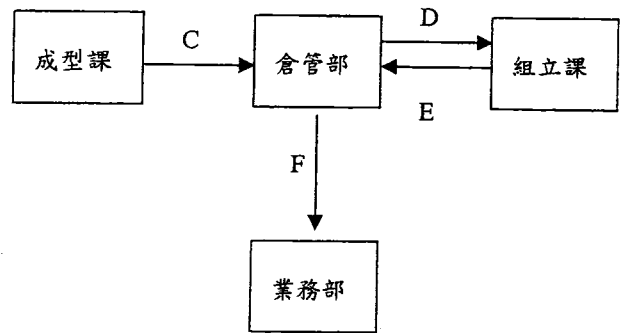


圖 1-1 高壓帽產品相關組織關係圖

符號說明：

C：成型課將生產之高壓帽（A 類產品）交由倉管部保管。

D：組立課領取所需之高壓帽型號、數量等，以進行 B 類產品之組裝工作。

E：組立課將組裝完成之 B 類產品交由倉管部保管。

F：業務部依據客戶訂單需求進行 A、B 類成品之交貨事宜。

因此本研究將以系統模擬方式，探討生產部在 22 種排程組合策略下，其高壓帽平均庫存之績效表現，找出生產部各部門較適合之排程法則與其生產特性。

二. 文獻探討

2.1 排程之相關研究

依據 Graves[10]對於排程(Scheduling)的定義，排程為「在一段時間內，配置可用的資源來處理一群工作，以達成所設立的目標。」

2.2 派工法則(Dispatching Rules)之相關研究

派工(Dispatching)就是將所需執行的工作適當的安排於可執行的人員或機器上生

產之過程，但因每一所需執行的工作有其輕重緩急，而派工法則(Dispatching Rules)即為決定所需執行工作優先順序之規則，在表 2-1 中整理常用之派工法則。[4、5、11]

表 2-1 派工法則分類表

派工法則	符號	類別
先到先服務法	FCFS	靜態
最短處理時間法	SPT	靜態
最長處理時間法	LPT	靜態
最早到期日法	EDD	靜態
關鍵比例法	CR	動態
最小剩餘工作時間法	SRPT	動態
最大剩餘工作時間法	LRPT	動態
寬容時間法	SLACK	動態
最少剩餘作業數法	FOR	靜態
客戶關係法	PCO	動態

2.3 存貨的相關研究

Davis、Markland、and Vickery [9]整理出企業持有存貨的優缺點，而 David Simchi-Levi, Philp Kaminsky, Edith Simchi-Levi [13]則依存貨特性整理各種分類方式。

2.4 排程之績效指標

在 Ramasesh[12]的研究中將排程的績效指標分為四項：1)交期(due date)、2)平均流程時間(Average flow time)、3)工作站使用率(work center utilization)、4)成本(cost)

將常用之績效指標表列如表 2-2[4]：

表 2-2 績效衡量指標分類表

績效指標類別	績效衡量指標
交期相關	平均延遲時間
	平均差異時間
	平均早交時間
	符合交期之百分比
流程時間	平均流程時間
	平均等待時間
	總流程時間
	流程時間變異
設備使用率	平均機器閒置時間
	平均整備時間
	設備利用率

表 2-2.績效衡量指標分類表(續)

績效指標類別	績效衡量指標
成本	在製品存貨成本
	半成品、成品存貨成本
	整備成本
	機器閒置成本
	延遲完成成本

所以本研究在進行生產部排程策略之探討時，以半成品高壓帽庫存成本為排程策略之績效指標。

三. 問題描述

3.1 產品簡介

公司所生產之高壓帽產品項目主要可分成 A、B 兩類，A 類為單純高壓帽成品，即顧客單純只購買某一種型號之高壓帽，如圖 3-1 所示，B 類為高壓帽之加工組裝品，即顧客所需之成品為高壓帽、彈簧或電線之組成品，其中 B 類產品型式包括 B1 類(高壓帽+彈簧+電線)及 B2 類(彈簧+電線)之組成品，如圖 3-2 所示。



圖 3-1 型號 654 高壓帽單體

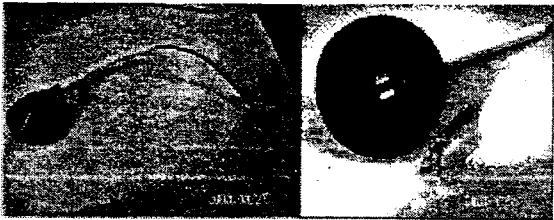


圖 3-2 B1 類訂單編號 ZTBTWJ375S 成品展示

3.2 生產部製程介紹

3.2.1 成型課

成型課負責所有型號高壓帽(A 類產品)之生產，其流程包括原料加工、油壓成型、

二次加硫、高壓帽修飾及檢查入庫等，但影響高壓帽產出時間有兩因素，一為油壓成型時間，如表 3-1 說明，二為高壓帽修飾及檢查時間，而每型號、每日、每人之修剪加工及檢查作業數量約相同為 5100 個，共計 8 位作業人數。

表 3-1 成型課高壓帽模組產出個數及其時間產能分布說明

型號	模 組 數	說明	個數 /模	日產能/模(8.5 小 時≐90 模)	安全存量 個數設定
17	1	1 模x1 塊	28	2520	2000
20	1	1 模x1 塊	24	2160	20000
22	1	1 模x1 塊	24	2160	5000
28S	1	1 模x1 塊	24	2160	5000
34	1	1 模x1 塊	20	1800	0
35	3	1 模x3 塊	60	5400	20000
35S	2	共用模組	60	5400	20000
36S	1	1 模x3 塊	60	5400	0
40H	1	1 模x1 塊	36	3240	2000
40M	1	1 模x1 塊	36	3240	2000
42	1	PVC	6	4250	0
42S	1	共用模組	6	4250	0
50	3	1 模x2 塊	28	2520	50000
50M	1	1 模x2 塊	28	2520	50000
50S	1	共用模組	28	2520	50000
5050	2	1 模x2 塊	24	2160	50000
52	1	1 模x2 塊	24	2160	2000
53	1	1 模x2 塊	28	2520	2000
53D	1	共用模組	28	2520	2000
55	3	1 模x2 塊	24	2160	2000
56	2	2 模x2 塊	24	2160	50000
56H	1	1 模x2 塊	24	2160	50000
59	7	1 模x2 塊	24	2160	100000
59S	2	1 模x2 塊	24	2160	50000
60	3	1 模x2 塊	20	1800	2000
65	1	1 模x2 塊	20	1800	20000
65T	1	1 模x2 塊	20	1800	20000
654	2	1 模x2 塊	20	1800	50000
654S	2	共用模組	20	1800	50000
655	1	1 模x2 塊	20	1800	5000
70	1	1 模x2 塊	20	1800	10000

3.2.2 組立課

組立課負責 B 類產品之組裝，生產流程包括裁線、沖彈簧、鉚錫、穿高壓帽、穿套管、穿套帽、沖銅帽、鉚錫、耐壓測試、檢查及包裝等過程，因高壓帽組裝作業時間受所組裝之高壓電線長度因素影響較大，因此

乃以高壓電線長度來估計 B 類訂單所需之裝配作業時間，如表 3-2 說明。

表 3-2 生產部組立課訂單作業時間表

B 類訂單產品			
B1 類訂單產品		B2 類訂單產品	
線 長	日產量(條)	線 長	日產量(條)
750mm 以上	2575	750mm 以上	10000
700~750mm	2700	700~750mm	10000
650~699mm	2825	650~699mm	10000
600~649mm	2950	600~649mm	10000
550~599mm	3075	550~599mm	10000
500~549mm	3200	500~549mm	10000
450~499mm	3325	450~499mm	10000
400~449mm	3450	400~449mm	10000
350~399mm	3575	350~399mm	10000
300~349mm	3700	300~349mm	10000
250~299mm	3825	250~299mm	10000
200~249mm	3950	200~249mm	10000
150~199mm	4075	150~199mm	10000
100~149mm	4200	100~149mm	10000
50~99mm	4325	50~99mm	10000
50mm 以下	4450	50mm 以下	10000

四. 模式建構

4.1 模擬要素分析

本研究將應用個案公司 91 年度公司業務營運資料進行模擬分析，而系統中主要考慮之因素包括下列各項：

1. 訂單因素：

生產部生產排程的制定，主要是依據業務部出貨計畫，而出貨計畫彙整客戶所有訂單內容包括四大部分，高壓帽訂單下單日、出貨日、訂單型號及訂購數量，因此在進行訂單需求模式建構時，即以產生此四項訂單資料為目標。

(1) 高壓帽訂單型號及下單日分配

在創造客戶訂單型號及其下單日時，先統計出每月所有客戶下單次數及每一型號訂單之年下單次數，將所有客戶每月總下單次數平均分攤至每一工作日中，便產生公司之每日接單數目，再將各類型訂單之全年下單次數除以公司全年接受訂單之總數，依據此相對次數則可產生下單次數之累積機率

密度函數，再搭配隨機亂數之產生，即可創造出業務部於每一工作日中所接獲客戶之訂單型號。

(2)高壓帽訂單交貨日與下單量之分配

至於客戶訂單之交貨日及下單量部分，擬假設其符合常態分配，因此統計出每一訂單之平均交貨期天數與平均下單量及其標準差，搭配常態分配及隨機亂數之產生，即可推算出每一訂單型號、每次下單之交貨期與下單量，以提供生產部工作排程先後順序之依據。

2. 生產因素

(1)成型課

a. 高壓成型機數量(產能)之配置

成型課生產型態屬於相同平行機台搭配相同或不同模組生產，而成型課擁有 12 部相同之高壓成型機。

b. 模組型號及個數配置(訂單作業時間)

由表 3-1 可知成型課高壓帽每一型號模組日產出個數，以此估計每一 A 類訂單之加工時間。

c. 訂單工作轉換時間

每一次訂單工作轉換約需 2.5 個小時，因此當訂單所需之模組仍在機器上加工並未閒置且有其他相同模組可用的情形下，若目前機台正在處理訂單所需模組之完工時間與最早閒置機器之完工時間差大於 2.5 個小時，則進行換模生產，因換模時間較等待加工時間為短，相反的若小於 2.5 個小時，換模生產時間較等待加工時間為長，因此指派訂單工作至目前機台正在處理訂單所需模組的工作之後等待加工。

d. 成型課現行排程因素

成型課現行排程法則為 EDD 與 LPT 之綜合，每一排程日週期為 7 天(一星期)，且為使高壓帽安全庫存量能發揮其功用，當某一型號模組完成訂單排程量之生產後，繼續生產至補足此型號高壓帽安全庫存為止。

(2)組立課

a. 高壓帽訂單裝配作業時間

組立課擁有兩條相同之生產線，負責組裝 B 類訂單，其訂單組裝量如表 3-2 所示。

b. 組立課現行排程因素

組立課現行排程法則為 EDD 與 SPT 之綜合，排程日規則與成型部相同。

c. 高壓帽領料規則

若訂單數量需組裝天數大於 1 天，則依據組立部生產線每日最大組裝數量逐日至倉庫領料生產，若小於 1 則直接領取訂單所需之高壓帽數量進行組裝。

4. 2 模擬模式之架構與流程

4. 2. 1 模擬主程式

本研究擬利用最早到期日法、最長處理時間、最短處理時間與先進先出之不同組合，探討生產部之排程策略績效，利用模擬程式假設在其他條件不變下，測試生產部 22 種策略組合下高壓帽半成品平均庫存量及成本的績效，而各種不同派工法則組合之生產策略及其說明，詳如表 4-1 所示。

表 4-1 各種不同生產排程策略組合下之排程法則說明表

策略	成型課派工法則	組立課派工法則
1	EDD+LPT	EDD+SPT
2	EDD+SPT	EDD+SPT
3	EDD+FIFO	EDD+SPT
4	EDD+LPT	EDD+LPT
5	EDD+LPT	EDD+FIFO
6	EDD+SPT	EDD+LPT
7	FIFO	FIFO
8	FIFO	SPT
9	FIFO	EDD
10	FIFO	LPT
11	SPT	FIFO
12	SPT	SPT
13	SPT	EDD
14	SPT	LPT
15	EDD	FIFO
16	EDD	SPT
17	EDD	EDD
18	EDD	LPT
19	LPT	FIFO
20	LPT	SPT
21	LPT	EDD
22	LPT	LPT

而有關本研究模擬程式之流程如附表 1 與附表 2 所示。

4.3 模式驗證

以現行排程策略模式(EDD+LPT, EDD+SPT)為基礎進行 5 次模擬，取其每一型號高壓帽庫存量平均值以計算每一型號高壓帽相對之年平均庫存成本，其模擬結果如表 4-2 所示：

表 4-2 各型號高壓帽年平均庫存成本模擬結果與實際值比較表

高壓帽型號	實際值(元)	模擬值(元)	誤差百分比
CG17	8504	5426	36.19
CE20	53770	23588	56.13
CG22	5764	10598	83.84
CG35S	170043	72869	57.15
CG36S	42976	11	99.97
CH40H	80762	6291	92.21
CG40M	90720	2494	97.25
CG50M	65237	148627	127.82
CS5050	130812	132070	0.96
CG52	20249	10796	46.68
CG53	21776	11273	48.23
CG55	102073	21261	79.17
CG56	6517	201673	2994.58
CG59	1004192	612743	38.98
CG59M	60348	19937	66.96
CG59S	776808	418499	46.13
CG65	168978	174260	3.13
CG65T	162765	151737	6.78
CG654	203989	506304	148.20
CG654S	713948	1696732	137.65
CG655	23312	17906	23.19
CG70	370227	82899	77.61

綜合上述結果分析，僅型號 CS5050、CG65、CG65T 與 CG655 之高壓帽差異較小，其餘各型號差異頗大，探究其原因發現兩項原因：

1. 反觀公司倉庫實際高壓帽庫存記錄，發現各型號高壓帽皆有低於安全庫存量而仍未補足之現象，並未適時補足安全庫存量，因此造成平均庫存量誤差大及高估的現象。其實際庫存高低估誤差如表 4-3 所示，其為型號 CE20 高壓帽在 51 個排程日中高於安全存量 5,000 個的次數有 15 次，平均數為 18,293 個，標準差為 18,474.32，低於安全庫存量次數有 26

次，平均數 11,110 個，標準差為 5,366.94，出現誤差次數頗多，且誤差值也很大，因此造成模擬上之誤差。

2. 因並未所有型號訂單之交貨日及下單量皆符合常態分配，因此假設其符合常態分配也是造成模擬結果誤差的原因之一。

表 4-3 高壓帽型號 CE20 安全存量誤差表

排程日	誤差平均值	排程日	誤差平均值	排程日	誤差平均值
1	26,953	18	3,407	35	-12,143
2	-11,000	19	-17,953	36	-7,143
3	-337	20	-16,418	37	-15,771
4	-11,152	21	-5,070	38	-19,286
5	-11,586	22	-12,061	39	-18,571
6	-10,200	23	10,082	40	-5,000
7	-16,400	24	26,805	41	-9,286
8	-10,150	25	-5,450	42	657
9	-13,733	26	-11,282	43	4,171
10	-10,785	27	-12,771	44	2,029
11	-1,780	28	-17,171	45	14,800
12	-631	29	-4,760	46	2,800
13	15,183	30	3,257	47	12,771
14	19,869	31	39,560	48	23,314
15	20,456	32	70,989	49	3,400
16	27,922	33	53,720	50	-17,800
17	2,013	34	-14,051	51	-13,571

五. 模擬結果與分析

在進行每一型號訂單成本估算時，依據公司廠長之說法，擬以訂單價格 7 成為其成本比率，計算每一型號高壓帽之庫存成本，此成本為從進料至高壓帽生產、進倉之成本，而依據表 5-1 與圖 5-1 可得以下之結果。

表 5-1 各排程策略相對於現行排程策略(EDD+LPT, EDD+SPT)改善率之比較表

策略	法則	年平均庫存量總量(個)	相對改善比率	年平均庫存總成本(元)	相對改善比率
1	(EDD+LPT,EDD+SPT)	559,163	0.00%	4,328,148	0.00%
2	(EDD+SPT,EDD+SPT)	559,324	-0.03%	4,328,615	-0.01%
3	(EDD+FIFO,EDD+SPT)	559,324	-0.03%	4,328,615	-0.01%
4	(EDD+LPT,EDD+LPT)	559,280	-0.02%	4,329,776	-0.04%
5	(EDD+LPT,EDD+FIFO)	559,280	-0.02%	4,329,776	-0.04%
6	(EDD+SPT,EDD+LPT)	559,441	-0.05%	4,330,206	-0.05%

表 5-1 各排程策略相對於現行排程策略 (EDD+LPT, EDD+SPT) 改善率之比較表 (續)

策略	法則	年平均 庫存總 量(個)	相對 改善 比率	年平均 庫存總 成本 (元)	相對改 善比率
7	(FIFO,FIFO)	555,742	0.62%	4,408,292	-1.82%
8	(FIFO,SPT)	551,432	1.40%	4,360,507	-0.74%
9	(FIFO,EDD)	527,814	5.94%	4,098,439	5.60%
10	(FIFO,LPT)	555,722	0.62%	4,406,551	-1.78%
11	(SPT,FIFO)	555,742	0.62%	4,408,292	-1.82%
12	(SPT,SPT)	551,432	1.40%	4,360,507	-0.74%
13	(SPT,EDD)	527,814	5.94%	4,098,439	5.60%
14	(SPT,LPT)	555,722	0.62%	4,406,551	-1.78%
15	(EDD,FIFO)	584,084	-4.27%	4,596,040	-5.83%
16	(EDD,SPT)	589,100	-5.08%	4,651,644	-6.95%
17	(EDD,EDD)	559,441	-0.05%	4,330,206	-0.05%
18	(EDD,LPT)	584,218	-4.29%	4,595,997	-5.83%
19	(LPT,FIFO)	555,742	0.62%	4,408,292	-1.82%
20	(LPT,SPT)	551,432	1.40%	4,360,507	-0.74%
21	(LPT,EDD)	527,814	5.94%	4,098,439	5.60%
22	(LPT,LPT)	555,722	0.62%	4,406,551	-1.78%

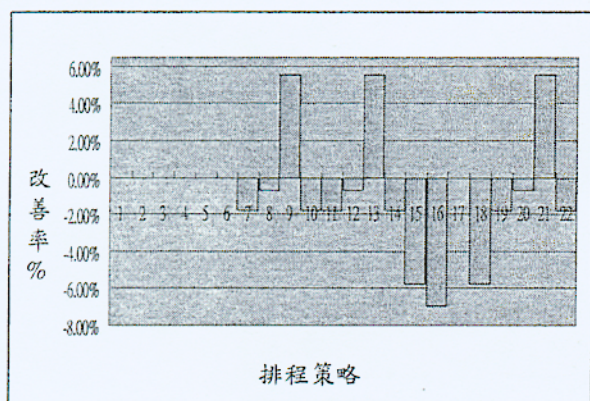


圖 5-1 各排程策略相對於現行排程策略之年
平均庫存總成本改善率直條圖

1. 表 5-1 中策略 1 至 6 為複合式排程法則，皆以 EDD 為主排程法則，此 6 種策略庫存績效表現差異極小，其原因為顧客下單次數不多，因此相同交期日之訂單也不多，造成次排程法則影響程度較小。
2. 當組立課排程法則不變時，其相對成型課之排程法則績效表現優劣順序為 (FIFO=SPT=LPT)>EDD。
3. 當成型課排程法則為 FIFO、SPT 或 LPT 且不變時，組立課較適用之排程法則為 EDD。

4. 依據年平均庫存總成本觀點，策略績效表現主要依據組立課排程法則而定，且其排程法則相對策略優劣順序為 EDD>SPT>LPT>FIFO。

5. 每一型號高壓帽之年平均庫存量，大多維持在每一型號所設定之安全庫存量上下。

6. 排程策略 9(FIFO, EDD)、13(SPT, EDD)、21(LPT, EDD) 在年平均庫存成本方面，較現行排程策略 1(EDD+LPT, EDD+SPT) 為佳，其相對於現行排程策略之改善率均相同為 5.6%。

六. 結論與建議

6.1 結論

本研究針對公司生產環境，並利用系統模擬方法，依據公司標準作業規則與主管訪談的資料，建立公司特有之生產模擬系統，探討生產部在不同排程策略組合下，對於高壓帽平均庫存成本之影響，提供公司主管進行生產規劃時之參考。由模擬結果與分析可整理出以下幾點結論：

1. 複合式排程策略中，因訂單數較少的原因，導致次排程法則影響程度較小。
2. 成型課較適用之排程法則為 FIFO、SPT 或 LPT，現行之排程法則 EDD+LPT 較差。
3. 組立課較適用之排程法則為 EDD，與現行之排程法則相同。
4. 高壓帽年平均庫存成本主要決定於組立課之排程策略，成型課排程策略影響較小。
5. 安全庫存量高低之設定將影響高壓帽庫存成本高低，因此安全存量設定為公司主管在生產規劃時之成本調整因子。
6. 在相對於現行排程策略改善率最佳者為 5.6%，可節省之成本約為 23 萬元。

6.2 研究建議

1. 本研究模擬系統是依據公司標準作業規則與主管訪談而建立，但高壓帽平均庫存量模擬值與實際值誤差頗大，其原因是成型課於實際作業時，有時某一型號高壓帽

庫存量低於安全庫存量甚多，但仍未及時補足，造成模擬系統之高壓帽平均庫存量模擬結果高估，因此，建議成型課必須依據標準作業規則與所研擬之排程特性進行高壓帽生產，才可達成平均庫存總量與總成本之改善率。

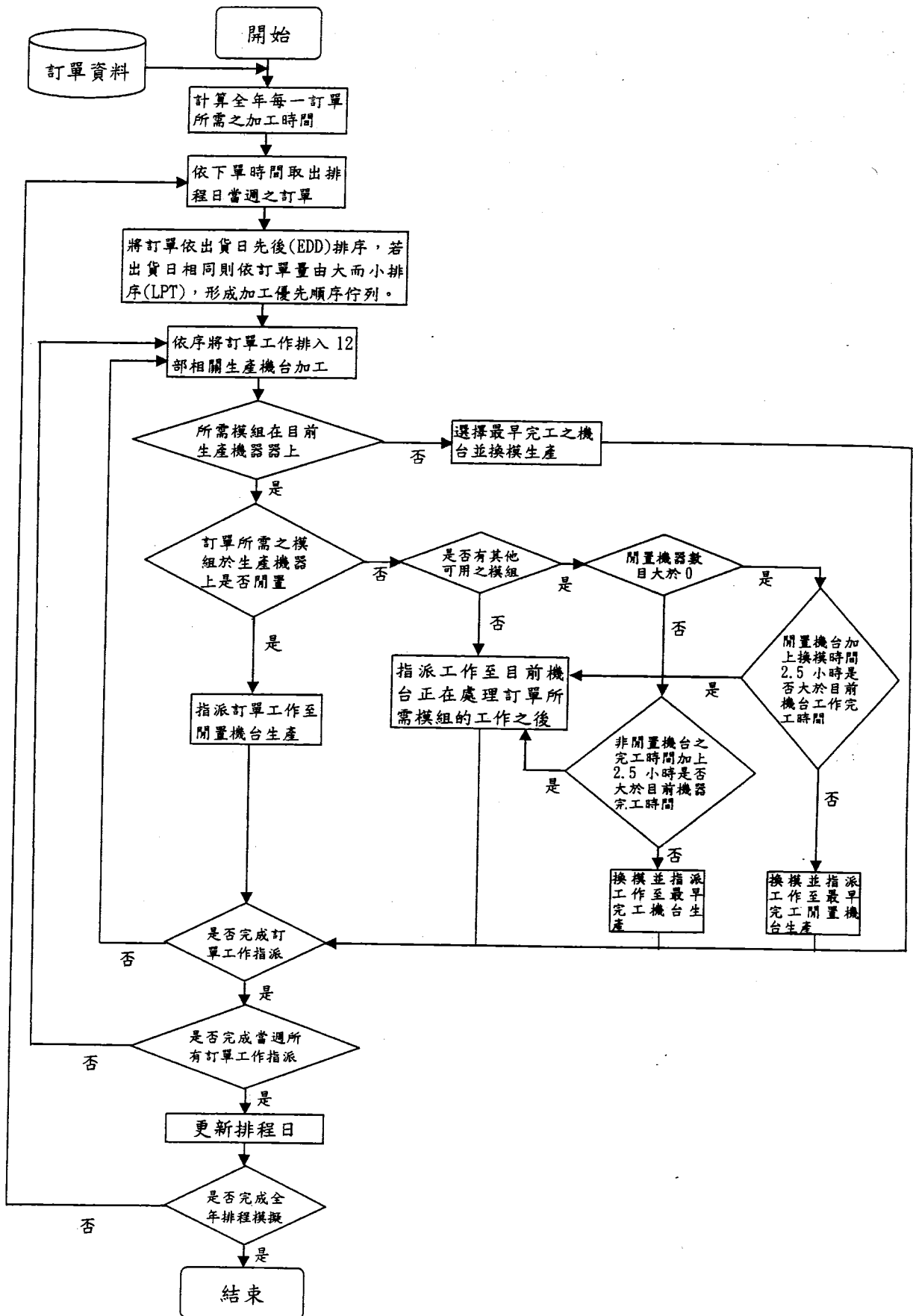
2. 次排程法則因訂單數少影響程度較小，因此建議成型課採行較適合之排程法則 FIFO、SPT 或 LPT，而組立課則採行 EDD 排程法則。
3. 依所設定之高壓帽安全存量之模擬結果並未有發生有倉庫高壓帽短缺的現象，因此高壓帽安全庫存量之設定有高估的傾向，可斟酌降低某些型號之安全庫存量，以減少高壓帽庫存成本。
4. 為使模式能符合此實際之生產狀況，由庫存資料中統計出一年中每一型號庫存高於或低於安全庫存量之不良排程日次數，且分析記錄每一不良排程日庫存量過高或過低之誤差值，於模擬時再經由隨機分配方式，分配至不同排程日中，以決定每一排程日中應生產之實際數量，如此亦將降低模擬之誤差。

參考文獻

請參閱陳皎麟，「製造業生產排程策略對於半成品平均庫存之影響—以 A 公司為例」，國立台灣海洋大學航運管理研究所，碩士論文，民國 92 年。

附錄表

附表 1 成型課現行生產排程法則(EDD+LPT)模擬流程圖



附表 2.組立課現行生產排程法則(EDD+SPT)模擬流程圖

