

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 多種生產週期時間派工方法之探討

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2213-E-009-075-

執行期間：92年08月01日至93年12月31日

執行單位：國立交通大學工業工程與管理學系(所)

計畫主持人：許錫美

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 3 月 22 日

## 多種生產週期時間派工方法之探討

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 92-2213-E-009-075-

執行期間：92年08月01日至93年12月31日

計畫主持人：許錫美

共同主持人：

計畫參與人員：方禮隆

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告  完整報告

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

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、  
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查  
詢

執行單位：國立交通大學工業工程與管理學系

中 華 民 國 9 3 年 1 2 月 3 1 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 多種生產週期時間派工方法之探討

計畫編號：NSC 92-2213-E-009-075-

執行期限：92年8月1日至93年12月31日

主持人：許錫美

執行機構及單位名稱：國立交通大學工業工程與管理學系

計畫參與人員：方禮隆

### 一、中文摘要

晶圓代工廠若能因應代工產品的特性，提供多種生產週期時間產品，以供客戶在交期與價格間，選擇最適的服務，代工廠不僅可以爭取更多的顧客，也可減少緊急訂單插單，造成生產線失序的不良影響。

本研究探討當晶圓代工廠提供多種生產週期時間產品時之派工方法。給定各工單的投料和預定完工時間，本研究修正最小餘裕時間派工法則，發展出一個適合多種生產週期時間產品的派工方法。

本研究所提出之派工法則利用等候理論估算各工件在各種機台群的等待時間，依等待時間的多寡對機台群分類給與權重。隨之，考慮各工件尚有多少餘裕時間及其剩餘的加工步驟中，需經過那些類的機台群及經過的次數，由餘裕時間及機台群權重總和，決定各工件派工優先順序。模擬結果顯示本研究提出的派工法則較先進先出、最早交期、最小餘裕時間及最小餘裕比值派工法有較佳的績效。

**關鍵詞：**多種生產週期時間，派工法則，生產績效，晶圓代工

### Abstract

A foundry fab should provide multiple cycle time products for reducing the disturbance of rush orders and meeting customers needs. We propose a modified *Least Slack* dispatching rule to control Production cycle time. First, we analyze the utilization of machine groups Then, we use queueing

theory to estimate the average waiting time for a lot before some high utilization rate machine groups. Finally, according to the utilization rate and average waiting time, we divide machine groups into three parts and given them different weights. With these weights, we propose a dispatching rule called *Slack\_weight* dispatching rule.

The simulation results show that the performances of *Slack\_weight* dispatching rule are better than FIFO, earliest due date, least slack and critical ratio rule.

**Keywords :** multiple cycle time; dispatching rule; production performance; foundry fab.

### 二、緣由與目的

為因應電子產品市場快速汰舊換新的環境，顧客選擇製造商代工下單的考量因素除品質及價格外，允諾交期已成為顧客下單的另一主要考量因素。快速交貨已成為服務業爭取客戶的重要因素之一。

晶圓代工廠為製造業中的服務業，為了提昇自己的競爭力，勢必提供快速交貨的服務。然而晶圓代工廠的生產線十分複雜，製程多達600道次，製程中有再迴流的特性，有序列及批次機台，以及重工等不確定因素。生產規劃十分困難。為縮短產品的生產週期時間以達快速交貨的目的，可能造成產出降低、生產週期時間變異增大的不良影響。

目前晶圓代工廠在客戶交期急迫時，經

協商後以緊急插單的方式處理，為避免緊急插單造成管理上的失序，僅容許極少量的緊急訂單（約為產能的 10% 以下）。晶圓代工廠在正常狀況僅提供客戶正常單正常生產週期時間的服務。

然而，在市場競爭激烈的情況下未來勢必提供多種生產週期時間產品之服務。多種生產週期時間產品例如正常生產週期時間的服務為該產品純加工的 4 倍，稱之為正常產品。快速交貨的短生產週期時間的服務為該產品純加工的 2 倍，稱之為短生產週期時間產品。例如：短生產週期產品佔產能的 30%，並將其視為正常訂單的一部份。如同飛機座艙有經濟艙、商務艙與頭等艙之別，以迎合客戶不同的需求。對於快速汰舊換新的代工產品，客戶可選擇快速交貨的服務；對於市場較穩定之產品，客戶可以較低的代工價格換取較長的允諾交期。

晶圓代工廠提供多種生產週期時間產品，以供客戶在交期與價格間，選擇最適的服務代工廠不僅可以爭取更多的顧客，也可減少緊急訂單插單，造成生產線失序的不良影響。因此本研究提出多種生產週期時間產品服務之新課題。

晶圓代工廠為接單式生產，接到顧客訂單時先以接單排程軟體（例如：Pacemaker 軟體）做接單規劃，然後對顧客承諾交期。因此晶圓代工廠在規劃了不同生產週期時間產品的投料和完工時間後，必須有一套好的派工法則，以確保工單能在預定的完工時間完成。

本研究的目的是在已經完成規劃每個工單的投料時間和預定完工時間之下，發展一個控制多種生產週期時間的派工法則，期望能使不同生產週期產品都能在規劃的完工時間產出。

以前的文獻中僅有不同等級工單（如緊急工單）的規劃方式與多種生產週期時間

的規劃方式類似。然而其派工方式是以優先權的觀念，給予緊急工單較高的優先權【1】，如此容易造成緊急工單提前產出，而一般工單延遲產出的不良結果。如果不用優先權的方式派工而改用其它派工法則來控制多種生產週期時間產品，是否可以改進上述的情形，是一值得探討的問題。

Jackson【2】依工件優先加工順序是否為時間的函數將派工法則區分為：

1、靜態 (Static)：以靜態資料為依據，訂定派工的優先順序。

2、動態 (Dynamic)：以動態資料為依據（隨時間而變的資料），訂定派工的優先順序。

派工法則若以選擇工件時的衡量指標來分，可分為以下兩大類：（1）以工單為主的派工法則：先進先出法 (FIFO, First In First Out)、最短加工時間法 (SPT, Shortest Processing Time)、最早交期法 (EDD, Earliest Job Due Date)、工單的優先權法、最小餘裕時間 (Least Slack) 法及最小餘裕比值法 (Least Critical Ratio) 等決定派工優序。（2）以機台為主的派工法則：下一個作業工件最少者 (WINQ, Least Work In Next Queue) 優先派工、以瓶頸機台是否會閒置的避免飢餓派工法 (SA) 等決定派工優序。

Lu 等人【4】利用 Least Slack 概念發展 Fluctuation policies for the Mean of the cycle time (FSMCT) 及 Fluctuation policies for the Variance of the cycle time (FSCVT)，是以希望減少平均生產週期時間或變異的派工法則。Li 等人【3】提出最小存貨變異排程法則 MIVS (minimum inventory variability schedule)，是以維持機台前穩定存貨的概念，來決定派工優序。

Mittler 和 Schoemig【5】比較上述三種派

工法則在半導體廠製造的績效。該研究認為單一種派工法則無法同時有最小平均生產週期時間及生產週期時間變異最小的績效。

### 3、問題定義與派工方法之構建

#### 3.1 問題定義

本研究探討在已經完成規劃每個工單的投料和預定完工時間之下，發展出控制多種生產週期時間的派工法則。本研究問題如圖 3.1 所示

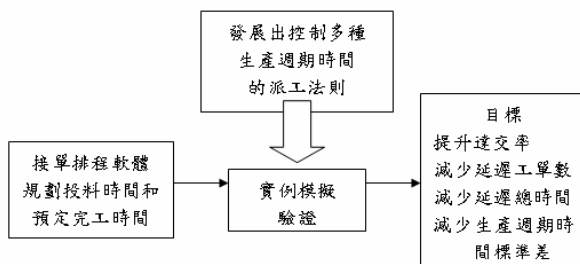


圖3.1 研究問題

#### 3.2 控制多種生產週期時間的派工法則之構建

傳統控制不同等級的工單是以優先權的觀念，給予短生產週期產品較高的優先權，使得短生產週期產品可以在規劃時間內產出。

然而給予短生產週期產品較高的優先權會使得在任何情況下，短生產週期產品皆比長生產週期產品優先加工，容易使短生產週期產品提前產出而長生產週期產品延遲產出。

最小餘裕時間派工方法是計算工單的餘裕時間（工單交期—目前時間—剩餘步驟的加工時間），餘裕時間小的工單優先加工。最小餘裕時間派工方法可以讓餘裕時間較短的工單優先加工。即使不給予短生產週期產品優先權，在一般的情況下因為短生產週期產品的交期較早，因此餘裕時間相對較短可以優先加工。如果短生產週期產品的餘裕時間比長生產週期產品還長時，也可以讓長生產週期產品優先加工，

因此不會造成短生產週期產品提前產出而長生產週期產品延遲產出的情形。

餘裕時間派工法只考慮餘裕時間並不合理。在下例情況（圖 3.2），最小餘裕時間派工方法會讓工件一優先加工，然而此種派工則不太合理。

工件一和工件二在機台 A 前等候，工件一經過機台 A 後要經過一個加工時間為 20 分的非瓶頸機台，工件二經過機台 A 後要經過兩個加工時間為 10 分的瓶頸機台。雖然工件一的餘裕時間 20 分較工件二 25 分短，但因為工件二之後要經過兩個瓶頸機台，可能需要較長的等待時間，因此若用最小餘裕時間派工方法，會讓工件一優先在機台 A 加工。



圖3.2 最小餘裕時間派工方法之缺點

由上例可知，最小餘裕時間派工方法無法考慮剩餘加工步驟機台利用率的影響。因此本研究提出一個修正餘裕時間的派工法則，考慮工單剩餘加工步驟的機台利用率來修正餘裕時間，讓剩餘加工步驟會經過較高利用率機台群的工單可以優先通過。

此外，機台數和機台加工時間也會影響工件的等待時間，以下將舉一例說明：

利用等候線模式 M/D/S 可以計算出模擬模式中各機台群的估計等待時間（不含加工時間）。表 3.1 列出在給定的利用率及機台數時，工件在各機台的估計等待時間。

表 3.1 估計 lot 等待時間

機台群	利用率	平均等候個數	機台數	機台加工時間	估計等待時間
M1	0.98	23.04	8	40 分	117.55 分
M2	0.94	8.03	1	16 分	136.68 分
M3	0.89	3.28	4	38 分	35.01 分
M4	0.88	3.39	1	36 分	138.68 分
M5	0.79	1.36	2	11.5 分	9.90 分
M6	0.71	0.36	9	42 分	2.37 分

由上表可知，機台利用率、機台數和機台加工時間皆會影響工單的等待時間。由於機台利用率對於工單等待時間的影響很大，因此本研究首先以機台利用率將機台群分類，給予不同的權重。然後考慮機台數和機台加工時間的影響，利用估計等待時間來修正分類的結果

本研究將機台群分為三類：

1. 瓶頸機台群：權重為 1，表示工單需要等待較久的時間。
2. 一般機台群：權重為  $\alpha_i$  ( $0 < \alpha_i < 1$ )，表示工單需要短暫的等待時間。
3. 低利用率機台群：權重為 0，表示工單幾乎不需要等待時間。

如果剩餘加工步驟經過瓶頸機台群則給予權重為 1，如果剩餘加工步驟經過低利用率機台群則給予權重為 0，而如果經過一般機台群則給予權重為  $\alpha_i$ ，計算剩餘各加工步驟的加權值。

本研究以等候理論模式來修正只用利用率分別瓶頸機台的方法。在本例中，由表 3.1 可以看出 M1、M2 和 M4 機台群需要等待較久的時間，因此考慮將這三個機台群設為瓶頸機台群。

由以下公式 T 值的大小決定派工優序

$$T = \frac{\text{工單交期} - \text{目前時間} - \text{剩餘步驟的加工時間}}{\text{加權值} + 1}$$

其中加權值 = (等候理論修正過後剩餘的瓶頸機台加工步驟 +

$$\sum \alpha_i \times \text{剩餘的一般機台加工步驟})$$

為了不讓分母為 0，因此加權值加 1。

以 T 修正餘裕時間的派工法則可以將剩餘步驟中需要等待較久的工單優先加工。

以下列衡量指標評估本研究所構建之派工法則之績效。1、延遲的工單比例及總延遲時間；2、達交率（在規劃生產週期時間內所能達交的百分比）；3、各產品的平均生產週期時間、生產週期時間標準差

#### 4、案例說明及績效評估

本研究以某一半導體廠提供的資料使用模擬軟體 eM-Plant 來探討本研究提出之派工法則之績效。本研究將兩種生產週期時間產品的 CFI 值（規劃的生產週期時間）輸入 Pacemaker MCP 軟體，得到接單排程規劃的結果。然後將接單排程規劃的投料時間當作模擬模式（eM-Plant）的投料時間，利用不同派工法則執行模擬得到每個工單的產出時間，比較模擬的產出時間與接單排程規劃的預定完工時間來分析各種派工法則的績效。流程如圖 4.1 所示。

##### 4.1 模擬模式構建

###### a. 機台資料

模式中共有機台群 90 種，共 504 台機台

###### b. 當機設定

機台群中機台數超過一台者，當機設定為加工時間的 15%；機台數為一台者，當機設定為加工時間的 8%，當機時間的分配為 Exponential 分配。當機分配考慮六組不同的亂數值。

### c. 產品資料

共有五種產品 P1、P2、P3、P4、P5 五種。各種產品投料比例皆為 1:1:1:1:1，其中 P1 產品有兩種的生產週期時間（短生產週期時間產品的 CFI 值設定為長生產週期時間產品的 0.6 倍），分別為 P1 短及 P1 長，其比例為 1:3

### d. 需求資料

依據 Pacemaker MCP 規劃出的投料時間投料，交期和 MCP 相同。

每個 lot 皆為 25 片 wafer

時間區段：時間區段設定為天

規劃時間：依據上述設定，Pacemaker MCP 各產品預定的生產週期時間如下：P1 短：12 天、P1 長：20 天、P2：15 天、P3：20 天、P4：11 天、P5：12 天

### e. 時間設定

模擬時間設定為 16 個月，待機台利用率和 WIP 量穩定後開始蒐集資料，Warm up 時間為 6 個月，蒐集資料的時間為 8 個月。

蒐集資料期間共有長生產週期產品 7068 個 lots，短生產週期產品 372 個 lots。

為了考量機台當機的影響，本案例以 6 組不同的亂數表示工廠現場有不同的當機情況，分別評估各派工法則績效。考慮的派工法則如下：

1. 先進先出派工法則，短生產週期產品有優先權(FIFO 有優先權)
2. 最小餘裕時間派工法則，短生產週期產品有優先權(least slack 有優先權)
3. 最早的交期派工法則，短生產週期產品有優先權(EDD 有優先權)
4. 最小餘裕比值派工法則，短生產週期產品有優先權(CR 有優先權)
5. 先進先出派工法則，沒有優先權(FIFO)
6. 最小餘裕時間派工法則，沒有優先權(least slack)

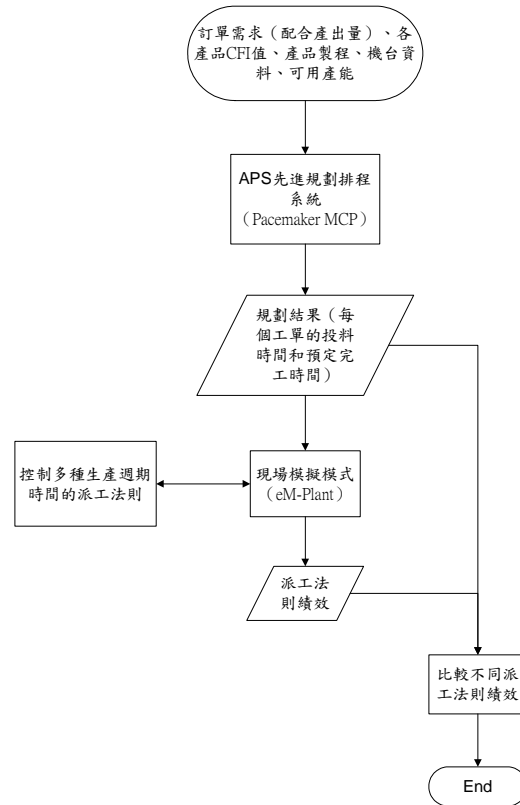


圖4.1 案例研究流程圖

7. 最早的交期派工法則，沒有優先權(EDD)
8. 最小餘裕比值派工法則，沒有優先權(CR)
9. 修正餘裕時間派工法則，瓶頸機台利用率設為 0.7，低利用率機台上限設為 0.7 (Slack\_Weight0.7\_0.7)
10. 修正餘裕時間派工法則，瓶頸機台利用率設為 0.8，低利用率機台上限設為 0.7 (Slack\_Weight0.8\_0.7)
11. 修正餘裕時間派工法則，瓶頸機台利用率設為 0.8，低利用率機台上限設為 0.8 (Slack\_Weight0.8\_0.8)
12. 修正餘裕時間派工法則，瓶頸機台利用率設為 0.8，低利用率機台上限設為 0.8，瓶頸機台群去掉 M3 機台，只有 M1、M2 和 M4 三種機台群。(Slack\_Weight0.8\_0.8 去掉 COATER)

修正餘裕時間派工法則的瓶頸機台群權重設為 1，一般機台群權重設為 0.5 ( $\alpha_i$ )，低利用率機台群權重設為 0。

## 模擬結果與分析

1、本研究構建的修正餘裕時間派工法則 (Slack\_weight)，相較於 FIFO、Least Slack、EDD 和 CR 派工法則，在延遲工單數和延遲總時間上，有較佳的績效。

FIFO、Least Slack 和 EDD 派工法則，在有短生產週期產品時需要讓短生產週期產品有較高的優先權，否則短生產週期產品延遲數會很多。而修正餘裕時間派工法則 (Slack\_weight) 和 CR 派工法則在有短生產週期產品時，即使沒有給短生產週期產品較高的優先權也不會使得短生產週期產品延遲數顯著增加。然而 CR 派工法則相較於修正餘裕時間派工法則

(Slack\_weight) 會造成較多長生產週期時間產品的延遲。

2、修正餘裕時間派工法則 (Slack\_weight) 和 CR 派工法則，比 FIFO、Least Slack 和 EDD 派工法則，有較小的生產週期時間標準差。

3、修正餘裕時間派工法則 (Slack\_weight) 和 CR 派工法則，比 FIFO、Least Slack 和 EDD 派工法則，在生產週期時間的 90 分位數較接近於交期 (規劃生產週期時間)。

4、修正餘裕時間派工法則 (Slack\_weight) 的參數 (權重和機台利用率界線) 如果設定好的話，可以有更好的績效。

## 六、結論

本研究首先提出探討控制多種生產週期時間產品派工方法的問題。本研究所構建的

修正餘裕時間派工法則，藉由分析剩餘加工步驟機台群的利用率及機台數等資料，利用等候理論計算 lot 在機台群的平均等待時間。需要等待較久時間的機台群，給予較高的權重，由此修正餘裕時間派工法。本研究所提的派工法則較 FIFO、Least Slack、EDD 和 CR 派工法則，有較好的績效。(簡列比較結果如表 4.1)

## 七、參考文獻

1. D. Fronckowiak, A. Peikert, and K. Nishinohara, "Using Discrete Event Simulation to Analyze the Impact of Job Priorities on Cycle Time in Semiconductor Manufacturing," *IEEE/SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference*, pp. 151-155, 1996.
2. J. R. Jackson, "Simulation Research on Job Shop Production," *Naval Research Logistics Quarterly*, Vol. 4, No. 4, pp. 287-295, 1957
3. S. Li, T. Tang, and D. W. Collins, "Minimum Inventory Variability Schedule With Applications in Semiconductor Fabrication," *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 9, No. 1, pp.145-149, Feb. 1996
4. S. C. H. Lu, D. Ramaswamy, and P. R. Kumar, "Efficient Scheduling Policies to Reduce Mean and Variance of Cycle-Time in Semiconductor Manufacturing Plants," *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 7, no. 3, pp. 374-388, Aug. 1994
5. M. Mittler and A. K. Schoemig, "Comparison of Dispatching Rules for Semiconductor Manufacturing Using Large Facility Models", *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*, Vol. 1, pp. 709-713

## 八、計畫成果自評

- (1) 研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標。



- (2) 本研究首先提出探討控制多種生產週期時間產品派工方法的問題
- (3) 本研究構建的派工方法有很好的績

- 效，可供業界實用。
- (4) 研究成果將撰寫成國際期刊論文。

表 4.1 六組亂數各派工法則平均績效

派工法則	長週期延	長週期總延遲	短週期延遲	短週期總延
	遲百分比	時間	百分比	遲時間
FIFO 有優先權	29%	3805 天	0%	0 天
LeastSlack 有優先權	79%	12165 天	0%	0 天
EDD 有優先權	86%	16807 天	0%	0 天
CR 有優先權	16.2%	524 天	0%	0 天
FIFO 無優先權	18.7%	19312 天	99.1%	2778 天
LeastSlack 無優先權	74%	10370 天	74.73%	5938 天
EDD 無優先權	80.32%	12923 天	92.94%	928 天
CR 無優先權	14.51%	488 天	0.51%	0.7 天
Slack_weight_0.7_0.7 無優先權	5.67%	268 天	2.62%	0.95 天
Slack_weight_0.8_0.7 無優先權	5.12%	247 天	1.16%	14.49 天
Slack_weight_0.8_0.8 無優先權	6.35%	296 天	5.81%	7 天
Slack_weight_0.8_0.8 去掉 M3，無優先權	4%	196 天	2.4%	1.05 天