

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## IC 製造業前置時間管理之研究 ( III )

The Study of Lead Time Management for IC Industry

計畫編號：NSC89-2213-E009-034

執行期間：88 年 08 月 01 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：彭文理 國立交通大學工業工程與管理學系教授

共同主持人：鍾淑馨 國立交通大學工業工程與管理學系教授

計劃參與人員：楊明賢、楊懿淑、柯文清、陳志強

### 一、中文摘要

IC 最終測試廠以滿足交期為主要的排程目標。排程的特性有：測試批量動態到達、產品再回流、燒機批次處理、允許緊急批插單、順序相依的設置時間、機台產能限制等。本研究的目的是在發展最終測試廠的生產規劃與排程系統（共有粗略產能需求規劃、排程規劃、現場派工等三個模組），使其適用於具再回流與批次處理特性之製程。其中排程規劃模組涵蓋測試與燒機處理兩個次模組。本研究所是以粗略產能需求規劃模組預估未來產能的需求，並判斷產能限制資源之所在，以決定如何協調燒機處理與測試排程模組。

對於測試機台之排程規劃，本研究針對如何減少設置次數但又能滿足前置時間的要求，將最終測試機台排程問題轉換為具時窗限制的車輛路線規劃問題，再根據車輛遞送問題中的節約演算法與插入演算法，發展九種演算法，並透過績效分析以找出成效較佳者。在燒機機台之排程研究方面，本研究先以燒機機台最大容納量分割測試訂單，然後提出此問題的整數規劃模式，以求得排程問題的最佳解；再以節約演算法求得各個批量的燒機排程順序。

至於現場派工模組處理緊急插單的問題方面，此模組利用緊急訂單插單方法所得到的插單位置，會產生較低的插入成本並減少對既有排程的交期延誤。最後在績

效驗證方面，本研究於 IC 最終測試廠生產規劃與排程系統所發展的三個模組，具有優異的整合效果，可因應最終測試廠的環境特性並提昇產能利用率與交期績效。

關鍵詞：最終測試、燒機、交期績效、順序相依設置時間、批次處理

### Abstract

On time delivery is the major objective of final testing factories. The characteristics of final testing scheduling problem include dynamic arrival of testing lots, the reentry at the testing process, batch processing at the burn-in process, the allowance of the inserting rush orders in current dispatching list, the sequence-dependent setup time, and capacity constraints, etc. This research aims to develop the production planning and scheduling model, which consist of three modules: the rough-cut capacity planning module, the schedule planning module, and the shop-floor-order dispatching module, for the final testing factories operating under the reentry of material flow and batch processing environment. The schedule planning module includes two sub-modules: final testing and burn-in, which are focused on the schedule arrangement for the corresponding machine type respectively. The rough-cut capacity planning module is used to determine the critical resource and to decide the way of interaction of these two scheduling sub-

modules. The scheduling sub-module designed for the critical resource is preferentially being executed and then its schedule is used as the job arrival times for the execution of the other scheduling sub-module.

To meet both requirements of pre-determined length of lead time and reducing setup times, the final testing scheduling problem is regarded as vehicle routing problem with time window (VRPTW). We develop nine heuristic algorithms for solving the transformed VRPTW problem. As regard to the solving for burn-in scheduling problem, we firstly divide testing jobs into individual burn-in lots according to the maximum batch size constraint of burn-in oven, then develop an integer programming model to solve this problem optimally and also provide a savings oriented heuristic algorithm to solve the burn-in scheduling problem efficiently.

As regard to the arrangement of rush orders, the rush order insertion method can find the insertion position which causes least additional cost and reduces the total tardiness of orders on the schedule after insertion of the rush order. Experimental studies show that the three modules developed in the production planning and scheduling model for final testing factories are well integrated and capable of efficiently improving the capacity utilization and on time delivery performances.

**Keywords:** final testing, burn-in, on-time delivery, sequence-dependent setup time, batch processing.

## 二、緣由與目的

在競爭激烈的產業環境中，良好的交期績效是必需的要件。最終測試是 IC 製造四個階段中的最後階段製程，其任務為測試由封裝廠送達之已封裝 IC。最終測試廠的作業流程中，可能影響週期時間長短的製程，主要有兩種：最終測試與燒機製程。

其中，產品至少須在最終測試機台進行兩次不同功能的測試，且在前後兩次測試之間，產品會通過燒機製程一次，燒機製程為批次處理，每個批次允許相當大批量的 IC 同時進行燒機作業，但必須是同一種產品才能集成一批次。所以最終測試廠的排程特性有：測試批量動態到達、產品再回流、燒機批次處理、允許緊急批插單、順序相依的設置時間、機台產能限制等。

最終測試廠的測試機台價格昂貴，其產能利用率的高低是重要的績效指標。一部測試機可測多種產品或進行不同功能的測試作業，但進行不同的產品測試或功能測試，可能需要進行相關軟硬體的設置作業。所以必須妥善規劃測試批的排程順序以減少設置次數，提高機台利用率。另外，最終測試廠的燒機機台進行批次處理時所需的時間相當長，所以，如何安排測試批在燒機製程的排程順序，避免因不當的燒機排程，延長測試批的週期時間以致延誤交期，亦是一個重要的課題。

所以，本年度研究的目的是在發展最終測試廠的生產規劃與排程系統，使其適用於具再回流與批次處理特性之製程。所設計的排程模組包括測試與燒機處理兩個排程模組，由於這兩個模組的結果將互相影響，所以必須考慮實際運作時的互相協調。負責協調此二模組運作的是粗略產能規劃模組，其任務為判斷產能限制資源之所在，先安排測試批在產能限制資源的排程，再以此排程推導出測試批在其他機種的排程。完成之工作項目有：

(1) 粗略產能需求規劃模組，工作內容包括：測試機台與燒機機台之群組產能需求規畫、各製程所需前置時間的分配對各製程產能負荷的影響評估等。

(2) 燒機機台排程規劃模組，工作內容包括：分析影響測試批批量分割的因素、構建燒機機台排程的數學模式、發展燒機機台排程演算法。

(3) 測試機台排程規劃模組，工作內容

包括：發展演算法以決定測試批在測試機台的處理順序。

(4) 緊急訂單插單模組，工作內容包括：插單規劃、插單法則、派工表重新調整等。

### 三、結論

最終測試廠的排程特性有：測試批量動態到達、產品再回流、燒機批次處理、允許緊急批插單、順序相依的設置時間、機台產能限制等。針對這些特性，本研究發展最終測試廠的生產規劃與排程系統，其中包含粗略產能規劃模組、排程規劃模組、緊急訂單插單模組等三個模組。

經驗證，三個模組有優異的整合效果，可因應最終測試廠的環境特性並提昇產能利用率與交期績效。排程系統首先以粗略產能需求規劃模組預估未來產能的需求，並判斷產能限制資源之所在，以決定燒機處理與測試排程模組的主從關係。而燒機機台排程規劃模組運用吾人所發展之排程演算法，以縮短測試批的燒機等待時間。至於測試機台排程規劃模組則係以所發展的演算法，處理測試批再回流之測試機台排程問題。而運用緊急訂單插單方法所得到的插單位置會產生較低的插入成本並減少對既有排程的交期延誤。

本研究的研究成果與結論分述於下：

(1) 粗略產能需求規劃模組根據每張訂單的緊急程度，訂定各訂單在不同製程階段(最終測試或燒機)所需的前置時間，繼而評估這些訂單是否會造成最終測試或燒機製程的產能負荷過高，再決定是否調整訂單的前置時間，最後判定產能限制資源所在。

(2) 在最終測試機台排程演算法的設計方面，本研究根據文獻中有關具時窗限制之車輛路線規劃問題的兩類近似解演算法：節約(savings)演算法與插入(insertion)演算法，分別設計九種演算法並作績效比

較。經過績效的分析發現：問題組的交期鬆緊度、工作的群聚性(產品群組)產生初始排程的方法等，會影響排程演算法求解的績效。

(3) 定義最終測試廠燒機製程排程問題為具順序相關設置時間特性之平行機台排程問題，並構建此問題的整數規劃模式，以求燒機機台工作負荷的最小化。在模式驗證部分，本研究考慮一個擁有兩部燒機機台燒機排程範例，以最大併批原則將所有的測試批量分成 7 個工作。以 C++ 程式產生該範例的目標式與所有限制式，並且以求解整數規劃問題的軟體 Cplex 進行求解，結果顯示：在將近 5 分鐘的 CPU 時間內，求得該問題的最佳解。

(4) 為求燒機機台產能利用率的提高，並且使各個訂單的前置時間縮短，在燒機製程前要以各燒機機台的最大容納量來分割測試訂單。在燒機機台排程演算法的設計方面，我們運用 savings list 的數值，決定該將那個批量優先插入到燒機排程中，如此的設計可使機台的設置次數與設置時間縮短。

(5) 在緊急訂單插單模組的績效方面，經實例驗證，緊急批量的比例必須事先規劃，以使排程上各個工作的預計完工時間與交期之間有某種程度的寬裕度，如此可降低緊急訂單插入後對其他訂單的交期延誤。部分訂單有較大的交期延誤是因緊急批量的到達具隨機性且不同的排程方法會產生不同的排程彈性。

### 四、計畫成果自評

1. 研究內容與原計畫相符程度說明

90

2. 本研究達成預期目標概要

實驗原型或系統之建立、模式建立、人才培育、技術之新應用

3. 本研究之學術參考價值

高

#### 4. 本研究成果之應用推薦價值

高

#### 5. 本研究成果可申請專利項目之說明

本研究的成果非工程技術的研究，其成果不適宜申請專利

#### 6. 本研究成果發表之建議：

本研究之成果可發表於國內外之期刊

#### 7. 綜評

本研究以粗略產能需求規劃模組預估未來產能的需求，並判斷產能限制資源之所在，以決定燒機處理與測試排程模組的主從關係。另針對燒機機台排程問題所構建的整數規劃模式可求解工作負荷最小化的排程解。所發展的測試機台與燒機機台排程演算法，可有效求解排程問題，提昇測試機台產能利用率與確保訂單交期之達成。

對本研究成果報告自評等第：優良

#### 五、參考文獻

- [1] BARNES, J. W., and BRENNAN, J. W., 1977, An improved algorithm for scheduling jobs on identical machines. IIE Transaction, 9, 25-31.
- [2] CENTENO, G., and ARMACOST, R. L., 1997, Parallel machine scheduling with release time and machine eligibility restrictions. Computers and Industrial Engineering, 33(1-2), 273-276.
- [3] CHENG, T. C. E., and SIN, C. C. S., 1990, A state-of-the-art review of parallel-machine scheduling research. European Journal of Operational Research, 47, 271-292.
- [4] ELMAGRABY, S. E., and PARK, S., 1974, Scheduling Jobs on A Number of Identical Machines. IIE Transactions, 6, 1-13.
- [5] LEE, C. Y., UZSOY, R., and MARTIN-VEGA, L. A., 1992, Efficient algorithms for scheduling semiconductor burn-in operations. Operations Research, 40(4), 764-775.
- [6] LEE, Y. H., and PINEDO, M., 1997, Scheduling jobs on parallel machines with sequence-dependent setup times. European Journal of Operational Research, 100, 464-474.
- [7] PARKER, R. G., DEANE, R. H., and HOLMES, R. A., 1977, On the use of a vehicle routing algorithm for the parallel processor problem with sequence dependent changeover costs. AIIE Transactions, 9(2), 155-160.
- [8] POTVIN, J. Y., and ROUSSEAU, J. M., 1993, A Parallel route building algorithm for the vehicle routing and scheduling problem with time windows. European Journal of Operational Research, 66, 19-26.
- [9] RANDHAWA, S. U., and KUO, C.H., 1997, Evaluating scheduling heuristics for non-identical parallel processors. International Journal of Production Research, 35(4), 969-981.
- [10] SOLOMON, M. M., 1987, Algorithms for the vehicle routing and scheduling problem with time window constraints. Operations Research, 35(2), 254-265.
- [11] IKURA, Y. and M. GIMPLE, "Scheduling Algorithms for a Single Batch Processing Machine," Operations Research Letters, Vol. 5, pp. 61-65, 1986.
- [12] LEE, C. Y., UZSOY, R., and MartinVega, L. A., "Efficient Algorithms for Scheduling Semiconductor Burn-in Operations," Operations Research, Vol. 40, No. 4, pp. 764-775, 1992.
- [13] LI, C. L., and LEE, C. Y., "Scheduling with Agreeable Release Times and Due Dates on a Batch Processing Machine," European Journal of Operational Research, Vol. 96, pp. 564-569, 1997.
- [14] GHOSH, JAY B. and GUPTA, N. D., "Batch Scheduling to Minimize Maximum Lateness," Operations Research Letters, Vol. 21, pp. 77-80, 1997.
- [15] UZSOY, R., "Scheduling Batch Processing Machines with Incompatible Job Families," International Journal of Production Research, Vol. 33, No. 10, pp. 2685-2708. 1995.