

晶圓代工廠試製批量之產能規劃與現場管理機制

The Capacity Planning and Shop Floor Operation of Pilot Lots in an IC Foundry

計畫編號：NSC89-2212-E-009-029

執行期限：88/08/01—89/07/31

主持人：巫木誠 mcwu@cc.nctu.edu.tw

執行單位：國立交通大學工業工程與管理系

一、中文摘要

晶圓代工廠為了爭取新訂單，經常需生產試製批量 (pilot lots)，以驗證新製程的量產可行性。為了控制試製批量的生產週期時間，並且兼顧工廠的整體產出，一般晶圓代工廠皆設有試製批量的「最大容許批數」，並採用「預先凍結機台」的現場管理方法，亦即將後續製程使用到的數部機台刻意閒置，以等待及時加工試製批量後。試製批量的「最大容許批數」和「預先凍結機台數」是非常重要的兩個決策，但是這兩個決策目前業界皆根據經驗主觀決定，缺乏有系統的分析方法。本研究針對此一問題進行深入的探討，期能發展出有系統的分析方法，以提供管理決策之參考。本研究擬分成兩階段進行。第一階段是發展一生產績效轉換機制，以估算在各種產品組合下工廠的生產績效表。第二階段是根據此生產績效表，就一給定之產品組合需求，快速搜尋最佳之試製批量數與凍結機台數組合。

關鍵詞：試製批量、晶圓代工、凍結機台

Abstract

The production of pilot lots in an IC foundry is to justify the feasibility about the mass production of a new product. In order to control the cycle time of pilot lots, IC foundries generally adopt two control strategies. One is by setting “maximum number of pilot lots” in the shop, the other is by actively freezing some machines, whose operations are just after the current operations on pilot lots. Here, “freezing” means that these machines are booked and

should be idle for waiting the processing of a particular pilot lot. Determining “maximum number of pilot lots” and “maximum number of frozen machines” are two important decision making problems for an IC foundry. However, these two decisions are generally heuristically made in practice and there is lack of available systematic methods in literature. This research aims to develop a systematic approach to solve the two decision making problems. The proposed approach is composed of two stages. The first stage is to develop a production performance evaluation mechanism. This mechanism can be used to construct a production performance table for each product mix. Based on the performance tables, the second stage is to develop a retrieving mechanism for quickly making the above two decisions for a particular product mix requirement.

Keywords: Pilot lots, IC foundry, machine frozen policy

二、計畫緣由與目的

晶圓代工是台灣首創的經營模式，近年來已成為全球晶圓製造的主流之一。一般而言，客戶在下大量代工訂單前，都會要求晶圓代工廠以極短的生產週期時間，試製少量的產品，以瞭解產品的設計品質或代工廠的製程能力。如果客戶滿意試製批量的產出結果，隨之，才會直接下大量訂單。

若試製批量的產出結果能令客戶滿意，則可為晶圓代工廠，帶來未來大量的訂單。然而，在電子產品生命週期逐漸縮短的市場環境下，客戶所要求的試製批量的生產週期時間都很短。晶圓代工廠為了快速生產試製批量，其生產作業方式將干擾正常批量(regular lots)的生產狀況，造成正常批量的產出減少及生產週期時間的增加。為了減少試製批量對正常批量的影響，晶圓代工廠通常會限制在製品中試製批量的個數。

為達成試製批量極短生產週期時間的限制，管理者除了用優先加工試製批量的派工策略外，尚須與凍結機台策略相配合。所謂凍結機台策略，是為避免試製批量等待某些機台加工正常批量，在試製批量到達前，將該機台凍結，暫時停止加工其他工件，以等待試製批量的到達。機台等待試製批量到達的時間，稱為“凍結時間”。

機台凍結雖可縮短試製批量的生產週期時間，相對的，也將減少該機台的利用率。因此，將增加正常批量的生產週期時間，進而影響正常批量的產出。凍結機台策略該如何有效的擬定，以減少其對正常批量的不良影響，是一個值得探討的課題。

在過去文獻中[1, 2]，僅見探討派工優先權最高的緊急批量，對生產績效之影響，其生產績效是指正常批量生產週期時間之平均值與變異數、產出量等。若管理者將試製批量視為緊急批量，僅以派工優先權最高的生產方式處理，常常無法滿足其交期限制。因此，須配合凍結機台策略才能滿足試製批量極短的生產週期限制。

有關凍結機台策略，目前未見文獻探討。在現實環境中，往往以管理者主觀之意見，來決定機台是否凍結，以等待試製批量的到達。未能以系統化的角度來分析，做出有效的決策。因此，本研究提供一套系統化的分析模式，使決策者能有效的擬定機台凍結策略。並以台灣某一晶圓代工廠的實際資料，以模擬軟體 Simple ++ 模擬分析各種凍結法則對生產績效的影響。在模擬中，發現適當的凍結機台策略，將使試製批量對正常批量的影響降至最低。

三、研究方法

本研究探討，如何有效擬定凍結機台策略，以滿足試製批量的生產週期時間限制，且正常批量能有最大的產出。問題之假設條件如下：(1) 機台設備及產品組合固定，(2) 在製品中試製批量的個數固定，(3) 生產線上除試製批量外，僅有同一優先等級的正常批量。

凍結機台策略的擬定需由以下二個層面來考慮：(1) 試製批量的等待時間；(2) 機台凍結的影響。

本研究定義試製批量容許等待時間為試製批量生產週期時間減去實際加工時間。如何有效的將試製批量容許等待時間分配在製程中，以控制試製批量的生產進度。

為了快速生產試製批量不讓其等待，則需凍結機台。凍結機台則需考慮機台凍結的影響，利用率低的機台，當其被凍結時，對機台利用率可能沒有什麼影響。正常批量因該機台凍結，而被迫等待的機率亦會小於利用率高的機台。然而，利用率高的機台，一旦因凍結而降低少許的利用率，則可能快速增加正常批量的生產週期時間及減少正常批量的產出。此外，不同時點對機台凍結的影響亦不同，某些時候，機台若不凍結，當試製批量到達該機台時，可能需花費較長的等待時間，等待正在加工的作業完成後，試製批量才可加工。試製批量在此種情況等待，將花費許多容許等待時間，使得在隨後製程中，需凍結許多機台才能滿足其生產週期時間之

限制。

有些時候，當試製批量到達該機台時，正在加工的作業可能馬上加工完成，試製批量只需花費稍許的容許等待時間。若將該機台凍結等待試製批量的到達，機台的凍結時間會很長，降低該機台的利用率。因此，在機台等待試製批量到達時間，與試製批量等待機台的時間，需衡量兩者的長短，才能決定是否需凍結該機台。

另外，實際執行時，須先知道做機台是否凍結的時間點。換言之，當試製批量在哪一道次加工時，其後續作業的哪些機台即需開始考慮是否凍結，以免影響試製批量的生產進度。

由以上之分析，可知擬定凍結機台策略之工作有三項(1)分配試製批量容許等待時間到各加工道次，(2)由機台凍結的影響來擬定凍結法則，(3)決定各機台考慮是否凍結的決策時點。

以下將對此三項工作作較詳細的分析

1. 分配試製批量容許等待時間

為了有效的控制試製批量的生產進度，首先需考慮試製批量容許等待時間的分配。容許等待時間可考慮平均分配在整個製程的加工道次中，或加重分配在後面的加工道次。此兩種時間的分配方法，各有其優缺點。平均分配在整個製程的加工道次，可減少試製批量在後加工道次的在製品。但是，後面的加工道次一旦發生不可預期的延誤，如當機事件，可能造成試製批量無法如期完工；另一方面，若將容許等待時間加重分配在後面的加工道次，將提高試製批量的達交率，但是，也將增加後面加工道次的在製品，加重成本的負擔。

2. 決定各機台是否凍結的決策時點

為確定試製批量在任何一個道次加工時，其後續製程中的那一加工道次，即需開始考慮是否凍結機台，以免延誤試製批量的生產進度，此種決策在試製批量下線前，即可事先確定。其決

定方法如圖 1 所示：

為擬定試製批量在那個道次加工時，第 k 道次機台即須開始做是否凍結機台的決策，以免延誤試製批量的生產進度。首先，找出在第 k 道次機台加工的工件中，最長的加工時間， T_k 。找出滿足下式之加工道次 i

$$\sum_{j=i+1}^{k-1} PT_j < T_k < \sum_{j=i}^{k-1} PT_j \dots (2.1)$$

其中以 PT_j 代表試製批量在各加工道次的加工時間。

上式表示，當試製批量在第 i 加工道次機台加工時，第 k 道次的機台即需開始做是否凍結機台的決策。第 k 道次機台每加工完一工件，則需決定是否要凍結機台等待試製批量。其執行步驟將於第 3 節詳述。

3 凍結法則

當第 k 道次要考慮是否凍結機台決定時，因第 k 道次的機台有多部，首先要決定可能被凍結的候選機台，隨之訂定凍結法則。

3.1 可能凍結的候選機台

試製批量正在第 j 道次加工，首先需預估其到達第 k 道次的時間 EST_{jk} ，隨之找出第 k 道次加工機台中，機台完工時間點最接近 EST_{jk} 的機台。如圖 2 所示， t_1 即為機台凍結時間， t_2 即為試製批量的等待時間， T_1 時間點完工的機台即為凍結的候選機台。

3.2 凍結法則

機台是否凍結須考慮其影響的層面，如機台的利用率，試製批量目前的生產進度、機台凍結時間，和試製批量的等待時間。

(1) 機台利用率：對機台利用率很低的機台，其凍結對正常批量的影響很小，不需做其他探討，可直接考慮凍結；反之，利用率高的機台，因凍結對正常批量造成不

良的影響，傾向不凍結的考量。

(2) 試製批量目前的進度：依據試製批量剩餘的容許時間的多寡，來決定試製批量是否要等待。

(3) 凍結機台時間與試製批量待機時間：當凍結機台的凍結時間很長，或試製批量的等待很短時，則傾向不凍結機台，反之則考慮凍結機台

4. 實例模擬

以台灣某家晶圓代工廠的實際資料，進行上述機台凍結策略的建構及凍結法則之探討。利用SIMPLE++模擬軟體，模擬各凍結法則之績效。

4.1 模擬環境

本實例工廠中，共有 A、B、C、D 四種產品：A、B、C、D。其中 A 為記憶體，B、C、D 為邏輯電路。本實例工廠中，共有 101 種不同的機台，其中有部分機台為較先進之銅製程機台。依加工方式分成順序 (serial) 加工機台、批量 (batch) 加工機台兩大類。已知機台之平均當機間隔時間 (MTBF) 及修復時間 (MTTR)。

以下將說明模擬環境的設定。規劃幅度：假設規劃幅度為十二個月，規劃週期為八個月 (Warm up 四個月之後，才開始蒐集資料)。批量資料：分成試製批量和正常批量兩部分。

A 試製批量：試製批量的製程為目前最新，而且製程穩定的 C 類製程。它的生產週期時間與容許批數受到市場影響，由上層規劃決定，為已知的項目。

A 正常批量：正常批量由四種產品組成 (產品 A、B、C、D)，其製程皆不相同。比例為 A : B : C : D = 3 : 6 : 13 : 8。

正常批量採用固定在製品量的方式 (CONWIP)。

試製批量也是採用固定在製品量的方式，維持系統內試製批量個數等於容許批數。

派工法則：屬於試製批量導向的派工方式，說明如下：

批量加工機台：試製批量到達機台群時，如果有空機，即開始加工，不等待滿批。

機台群不屬於預備凍結機台的情況下：不同類批量時，優先加工試製批量。同一類批量之間採用先進先出 (FIFO) 的派工方式。

機台為預備凍結的機台：優先加工試製批量；其次挑先可以在試製批量到達前加工完畢的正常批量。

在 WIP 中容許試製批量為 12 批的環境下，五種處理試製批量的方式，分述如下：

狀況 1、試製批量以緊急批量 (hot lot) 處理。即不凍結機台，僅採試製批量第一優先派工之派工策略

狀況 2、無條件凍結機台，各道次在做凍結機台決策之時點，即無條件凍結機台。因此，試製批量僅有等待其他試製批量之加工時間。

狀況 3a、利用 3.3 的法則 1，來判斷是否凍結機台。

狀況 3b、利用 3.3 的法則 2，來判斷是否凍結機台。

狀況 3c、利用 3.3 的法則 3，來判斷是否凍結機台。

由本研究模擬的資料，我們可作以下之歸納：

1. 不論用哪一種凍結機台的法則，在產出量方面，皆比不用凍結機台法則好。
2. 適當的使用凍結機台法則，不會影響正常批量的平均生產週期時間。
3. 使用適當的凍結機台法則，能保證試製批量的生產週期時間在限制內。
4. 無條件凍結機台，雖能使試製批量在最短的生產週期時間生產，但是對正常批量的產出及生產週期時間皆有不良的影響。
5. 凍結法則應考慮機台利用率；不考慮機台利用率的凍結法則，生產績

效 會較差。

四、結論與成果

本研究提供了構建凍結機台策略的系統化分析方法及提供具體之執行步驟。由實例驗證中得知，良好的凍結機台法則，能使試製批量對正常批量影響降至最小。此外，在正常及試製批量的產出量及生產週期時間方面，使用凍結機台策略會有更好的生產績效。

- Narahari, Y. and Khan, L. M., "Modeling the effect of Hot Lots in Semiconductor Manufacturing Systems," IEEE Transaction on Semiconductor Manufacturing Management, 10(1), pp. 185-188, 1997.

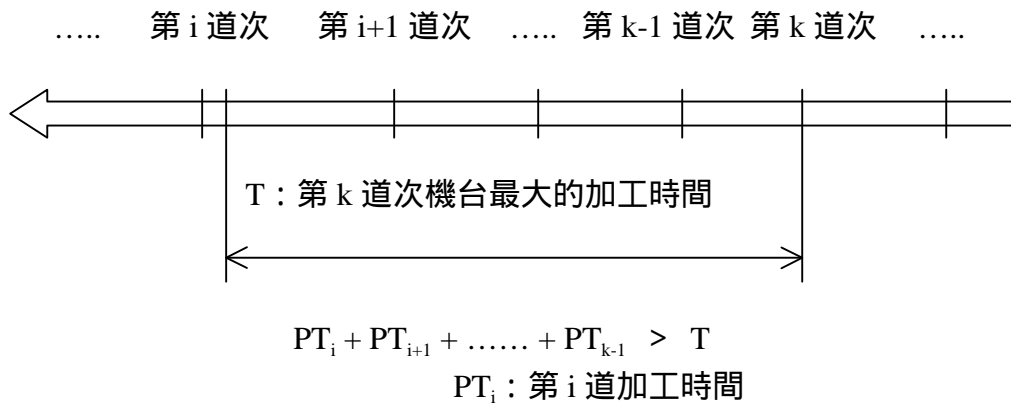


圖 1 找出可能使試製批量等待上機的道次機台

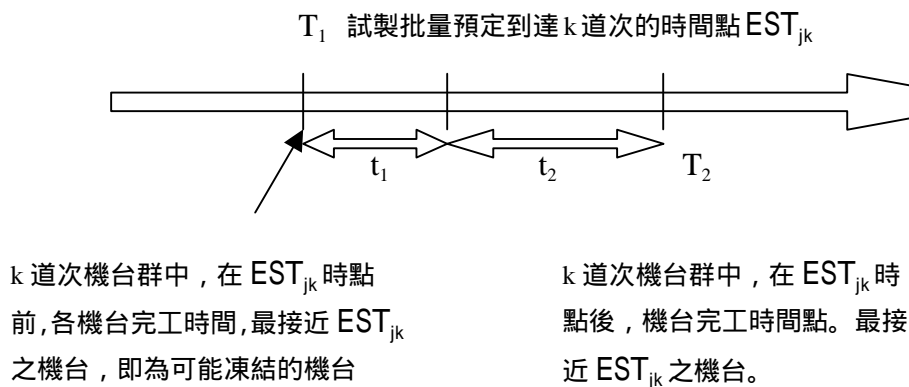


圖 2 可能凍結的候選機台

五、參考文獻

- Ehteshami, B. P'etrakian, R. G., and Shabe, P. M., "Trade-off in Cycle Time Management: Hot Lots," IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing Management, 5(2), pp. 101-106, 1992.