

行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告

電子資訊產業供給鍊管理

子計劃二：晶圓製造設備備用零件及光罩需求管理之研究

A Study of Demand Management for Spare Parts and Masks in Wafer Manufacturing

計劃編號：NSC 88-2213-E-009-022

執行期限：87/08/01-88/07/31

主持人：李慶恩 國立交通大學工業工程所 教授

一、中文摘要(關鍵詞：安全存量、存貨系統。)

由於半導體備用零件的供應具有低需求、高成本、高服務水準及不可或缺的特性，因此對半導體設備業而言，如何以較低的安全存量，去滿足一定的顧客服務水準，就成了最重要的課題。而本文就針對半導體設備業，構建了一個在兩階段存貨系統中，滿足預先設定的顧客服務水準之下，安全存量配置最適化的模式。

在此模式中，引進決策時間變數(decision time variable)的觀念以解決安全存量配置的問題。決策時間變數是一個配置中心安全存量的函數，由兩個部份所組成：一個是由地方倉庫(LW)到配銷中心(DC)的前置時間(Leadtime)，這個部份是固定不變的；另一個部份則是由配銷中心(DC)到製造中心(MC)的前置時間(Leadtime)，這個部份則是會隨著配銷中心安全存量而變化；而本文所提出的模式就是基於決策時間變數的概念所構建出來的。

經由實例的分析，可以得知此模式可以提供一個較有效的方法解決兩階段存貨系統安全存量配置的問題。另外，由此模式中可以看出，降低從配銷中心到製造中心的前置時間是提升存貨系統整體效率最有效的方法。

英文摘要 (Keywords : Safety Stock , Inventory System)

This research focuses on a two-echelon spare part inventory system in semiconductor equipment industry. The environment in this research is a world-wide semiconductor equipment manufacturer that supplies the demands from its distribution centers, and each distribution center supplies the demand from its local warehouses. Spare part in semiconductor industry usually means those parts with high cost, high service requirement, and critical low demand. Almost every corporation in this environment adopts the continuous review (S-1 , S) policy because of the above characteristics. Therefore, the most important thing in this inventory control system is to determine the allocation of safety stock among the distribution center and its local warehouse.

In this study, a decision time variable of local warehouse is introduced to find out the optimal allocation of safety stock in this two-echelon inventory system. The decision time variable is composed of two parts. One is the leadtime from LW to DC. Another one is the leadtime from DC to MC, which is varied with the safety stock level at the distribution center. Based on the decision time variable, a new methodology

to solve this kind of problem and procure the optimal allocation of safety stock is proposed. Although this proposed procedure focuses on the spare part inventory system, the same idea can be applied to solve the allocation problem in other inventory system.

二、計劃緣由與目的

存貨管理系統是企業維持競爭優勢的主要策略之一，對於產業特性與傳統產業差異極大的半導體產業來說，更為重要。其中備用零件的供應商特別重視存貨的管理，主要因為備用零件成本較高，需求量低，且運送時間會對晶圓的生產週期有所影響，因此良好的存貨管理系統是必備的條件。

從供應商的角度而言，良好的存貨管理系統不但能降低存貨成本，同時能維持或提升顧客服務水準。然而怎樣才算良好的存貨管理系統，又該如何運作呢？一般來說，存貨管理系統能解決下列三個問題：一、何時向供應商下訂單？二、每張訂單應補多少量的備用零件？三、應存放多少量的備用零件來保護顧客的不確定性需求？當以上問題發生時，存貨系統便會提出解決的方式，而在這過程中可利用一些指標來評估存貨系統，如總存貨成本、顧客服務水準。若所有的指標都呈現良好的結果，則此存貨系統便可視為一個較佳的系統。

隨著存貨系統不斷的變化、成長，加上每個特性都不相同的情況下，很難發展出一個能適用於各種不同環境的通用性存貨系統。而本計劃研究的環境是由半導體設備製造廠、配銷中心及地方倉庫三者組合而成，設備製造廠供應配銷中心的需求，而配銷中心則供應地方倉庫的需求；研究重點著重於供應備用零件的存貨管理系統。

由於半導體備用零件的供應具有

低需求、高成本、高服務水準及不可或缺的特性，幾乎大部份半導體產業的公司都是利用(S-1, S)存貨策略，因此在這種情形下，安全存量設定是一個極為重要的課題。但配銷中心安全存量的設定又會影響所對應的地方倉庫的安全存量，使得問題變得更為複雜。因此本計劃目的為在備用零件的供應維持固定服務水準下，找出二階層存貨系統安全存量配置最適化的方法，並使總存貨成本最小化。

吾人提出決策時間變數來決定固定配銷中心安全存量下，地方倉庫的安全存量配置問題。透過吾人所提出的解決程序，不但能瞭解服務水準與前置時間兩者的關係，同時獲得配銷中心與地方倉庫的安全存量最佳設定量。

三、研究方法與成果

由於地方倉庫的安全存量深受到前置時間直接的影響，因此本計劃以前置時間的變化(即決策時間變數)決定二階層存貨系統安全存貨。

對於地方倉庫的需求分配，為了與實際狀況接近並簡化問題，皆視為Poisson Distribution。此外，所有備用零件的使用皆具獨立性；換句話說，某一種備用零件使用時，不影響另一種備用零件的使用狀況和數量。本研究先以一種備用零件為主，獲得最佳安全存量後，依序求得其他種類備用零件的安全存量，最後完成所有備用零件在二階層存貨系統中的最佳安全存量。因此吾人提出的研究步驟如圖 1。

符號說明如下：

i : 第 i 個地方倉庫

m : 配銷中心目前的安全存量

n : 地方倉庫的個數
 SS_{DC} : 配銷中心的安全存量
 SL_{DC} : 配銷中心的服務水準
 SL_{Lwi} : 第 i 個地方倉庫預設的服務水準, $i=1, \dots, n$
 LD_{DC} : 配銷中心到製造廠的前置時間
 SS_{MAX} : 配銷中心的最大安全存量
 SS_{Lwi} : 第 i 個地方倉庫的安全存量, $i=1, \dots, n$
 LT_{Lwi} : 第 i 個地方倉庫到配銷中心的前置時間, $i=1, \dots, n$
 I_{DC} : 配銷中心的需求率
 I_i : 第 i 個地方倉庫的需求率, $i=1, \dots, n$
 T_{mi} : 第 i 個地方倉庫的決策時間變數, 當 $SS_{DC}=m$ 時, 用來計算 SS_{Lwi} , $i=1, \dots, n$
 UC_i : 第 i 個地方倉庫的備用零件成本, $i=1, \dots, n$
 UC_{DC} : 配銷中心的備用零件成本
 TC_m : 當 $SS_{DC}=m$ 時, 整個系統的存貨成本
 TC^* : 系統的最佳存貨成本
 接下來逐步說明之。

1. 資料輸入

藉由資料的取得和輸入, 瞭解二階層存貨系統的現況。資料可分為三類: 環境面、地方倉庫及產品, 環境面資料有地方倉庫的個數及配銷中心到製造廠的前置時間; 地方倉庫資料包括最小可接受服務水準及地方倉庫到配銷中心的前置時間; 產品資料則需每個地方倉庫的需求分配和相關成本。這些資料都可從歷史資料及公司策略中取得。

2. 總和所有地方倉庫對配銷中心的需求量, 並計算出配銷中心的最大、最小安全存量。

此步驟分為二部份: 第一、先將各別地方倉庫需求給與加總。由於每個地方倉庫的需求都符從 Poisson, 所以 $I_{DC} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$ 。再利用指數分配與 Poisson 的轉換, 可得到配銷中心的需求分配。第二、利用 Poisson Distribution 計算出配銷中心安全存量的最大值。如下公式:

式便是設定配銷中心的服務水準為 100% 下, 找出最大的安全存貨量; 然而由於 Poisson Distribution 的特性, 使得 100% 的服務水準難以達到, 因此吾人取 99.9% 以便利求得安全存量。求得配銷中心最大和最小安全存量後, 由最小值開始逐步往上增加, 分別求出每種安全存量下, 地方倉庫的安全存量。

3. 計算每個地方倉庫的決策時間變數 (decision time variable), 並利用決策時間變數和最小可接受服務水準, 找出地方倉庫的最佳安全存量。

首先計算出每個地方倉庫的決策時間變數, 決策時間變數會受到配銷中心安全存量的多寡, 而有所增減。若配銷中心安全存量為零, 則決策時間變數等於地方倉庫到製造廠整個的前置時間。反之, 若配銷中心安全存量為最大時, 則決策時間變數等於地

方倉庫到配銷中心的前置時間。因此決策時間變數為配銷中心安全存量的一个函数，兩者關係如圖 2。

決策時間變數可由地方倉庫到配銷中心的前置時間和配銷中心到製造廠的前置時間組合而成，一般來說，地方倉庫到配置中心的前置時間固定，而另一部份則會隨著配銷中心的安全存貨而改變。

接著利用計算出的決策時間變數與預設的地方倉庫服務水準，帶入公式中，求得每個地方倉庫適當的安全

存貨。公式如下：
$$\sum_{x=0}^{SS_{Lwi}} Poiss(x) \geq SL_{Lwi}$$

4. 計算總存貨成本

根據步驟 2 和 3 所求得的安全存貨量，分別乘上成本並給與加總，獲得總存貨成本。

5. 若配銷中心安全存貨小於最大安全存貨，則安全存貨再往上加一，回到步驟 3。

6. 檢查所有可行解是否滿足限制式，並從中找出最佳配置方案。

為了對研究方法有更深入瞭解，吾人利用真實工廠所提供的資料，分析配銷中心與地方倉庫兩者彼此關係，並找出最佳配置方式。

研究結果顯示，在配銷中心安全存貨不足情形下，要維持 95% 的服務水準，勢必導致地方倉庫的高安全存貨量。反之，若地方倉庫安全存貨不足時，配銷中心也會積壓過高的安全存

量。兩者互相影響，因此如何設定兩者合理的安全存貨量，對產業而言極為重要，也是本研究目的所在。此外，經由演算結果顯示，有數種安全存貨的組合都能使總成本達到最低，而這些組合中有一共通的現象，即配銷中心的存貨量佔整個系統存貨量 2/3 以上。主要原因是配銷中心的存貨成本較地方倉庫低，所以配銷中心的存貨量會較地方倉庫來得多，而這正好減輕地方倉庫存貨成本的壓力，同時又能達到固定的服務水準。

為了對存貨系統有進一步的瞭解，吾人從兩個方向分析；第一、提升地方倉庫的服務水準。第二、降低配銷中心的前置時間。在地方倉庫方面，將某個地方倉庫的服務水準由 90% 提升到 100%，此時整體系統的安全存貨量並未有太大的變動，在總成本上則極為緩慢的增加。主要原因是備用零件的低需求特性，使得服務水準對於存貨無太大的影響力。在前置時間方面，當前置時間呈直線下降時，總成本亦呈直線下降。總存貨成本受到前置時間的牽動效應極大，因此前置時間對於整個系統的影響甚深，是一個值得探討和改進之處。

四、結論與討論

本計劃主要藉由決策時間變數的觀念，計算出每個地方倉庫合適的安全存貨量，以獲得整個二階層存貨系統安全存的最適配置。決策時間變數可分為二部份，一個是從地方倉庫到配銷中心的固定前置時間；另一個是從配銷中心到製造廠的前置時間。由於配銷中心到製造廠的前置時間會有所變動，因而產生各種不同組合的安全存貨量。利用本研究所提出架構可找出

最佳的配置方法，解決存貨系統安全存量分配問題。

從半導體產業實例驗證中，可證實本研究方法確實能有效解決此類問題，同時替公司節省存貨成本。也在驗證過程中，發現配銷中心到製造廠的前置時間對總存貨成本有明顯的影響，是公司可以改進之處。另一方面，總存貨成本受地方倉庫的服務水準的影響有限，當服務水準達到某個程度以上後，存貨成本便不會與服務水準同步增加，甚至呈現不增加狀態，而這種現象是由於備用零件的低需求特性造成。

綜合上述，若公司想要增加競爭優勢，則縮短前置時間是一個重要課題，同時應導入全球供應鏈管理和快速顧客反應的觀念，以整體供應鏈的角度，思考前置時間與供應鏈體系關係及如何改善。

本計劃著重於備用零件的存貨管理，然而決策時間變數的觀念和方法，未來可以延伸應用於不同產業、不同存貨系統的環境中，處理存貨配置問題。

五、參考文獻

Ahire,S. L. and Schmidt,C. P. ,“A model for a mixed continuous-periodic review one-warehouse, N – retailer inventory system.” ,European Journal of Operational Research, Vol. 92 , pp. 69-82 ,1996.

Chew,E. P. and Tang,L. C. , “ Warehouse-retailer system with stochastic demands – Non-identical retailer case. ” ,European Journal of Operational Research, Vol. 82 , pp. 98-110 ,1995.

Dhaker,T. S.,Schmidt,C. P. and Miller,D. M. , “Base stock level determination for high cost low demand critical repairable spares. ” , Computer Operations Research , Vol. 24,

No.4 , pp. 411-420 , 1994.

Hollier,R. H.,Mak,K. L. and Lam,C. L. , “ An inventory model for items with demands satisfied from stock or by special deliveries. ” , International Journal of Production Economics , Vol. 42 , pp. 229-236 , 1995.

Inderfurth,K. , “ Safety stocks in multistage divergent inventory systems: A survey. ” , International Journal of Production Economics , Vol. 35 , pp. 321-329 , 1994.

Kim,J. S.,Shin,K. C. and Yu,H. K. , “ Optimal algorithm to determine the spare inventory level for a repairable-item inventory system. ” , Computers Operations Research , Vol. 23, No. 3 , pp. 289-297 , 1996.

Koulamas,C., “ A note on finite replenishment inventory systems with continuous deterministic demand. ” , International Journal of Systems Science , Vol. 27, No. 3 , pp. 329-332,1996.

Lee,H. L.,Padmanabhan,V. and Whang,S., “ The bullwhip effect in supply chains. ” ,Sloan Management Review , pp.93-102 , 1997.

Schneider,H. and Ringuest,J. L. , “ Power approximation for computing (s, S) policies using service level. ” , Management Science , Vol. 36 , No. 7 , pp. 822-834 , 1990.

Schneider,H.,Rinks,D. B. and Kelle,P., “ Power approximations for a two-echelon inventory system using service level. ” , Production and Operations Management , Vol. 4 , No. 4 , pp.381-400 , 1995.

Tempelmeier,H., “ Safety stock allocation in a two-echelon distribution system. ” , European Journal of Operational Research , Vol. 63,

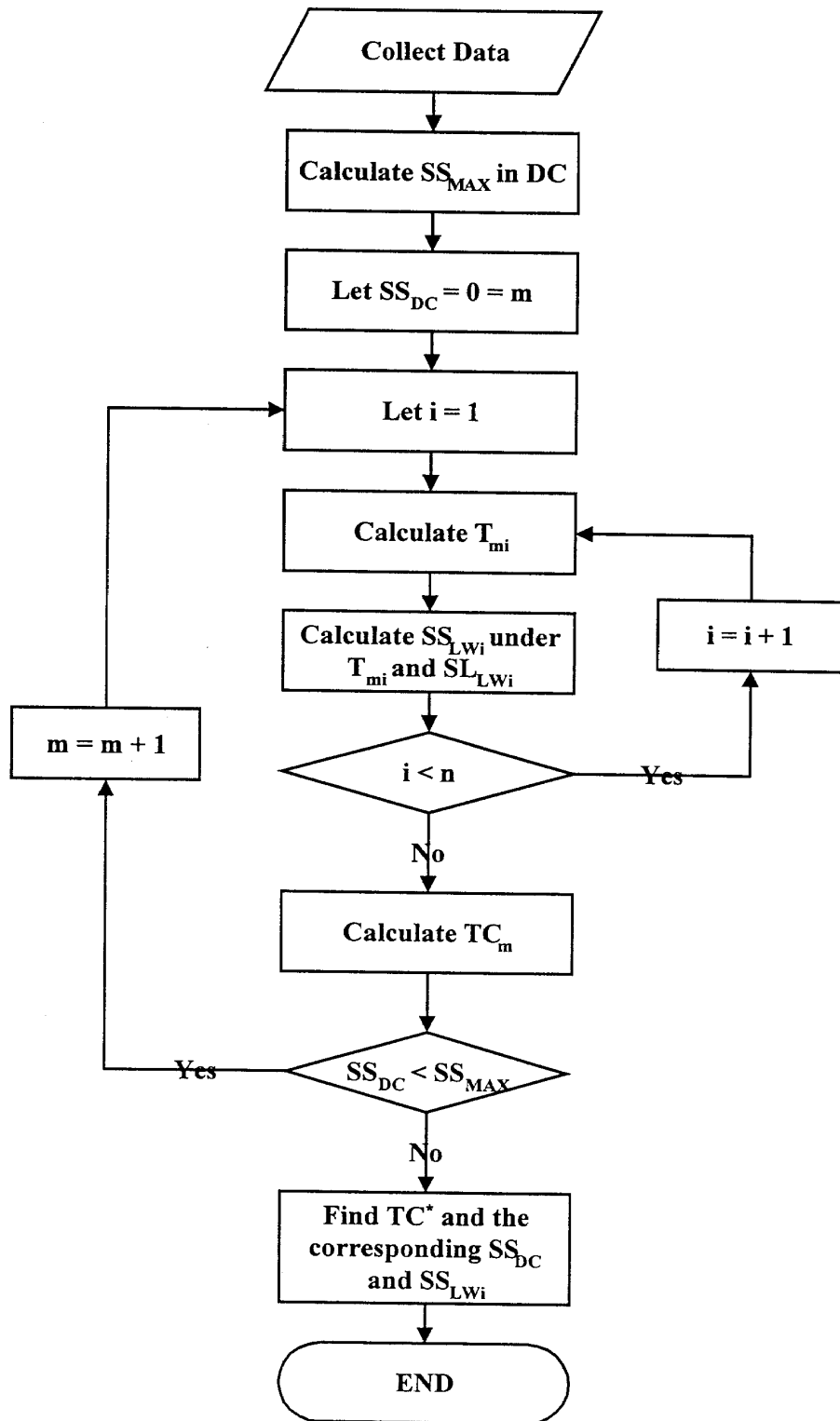


圖1. 研究步驟

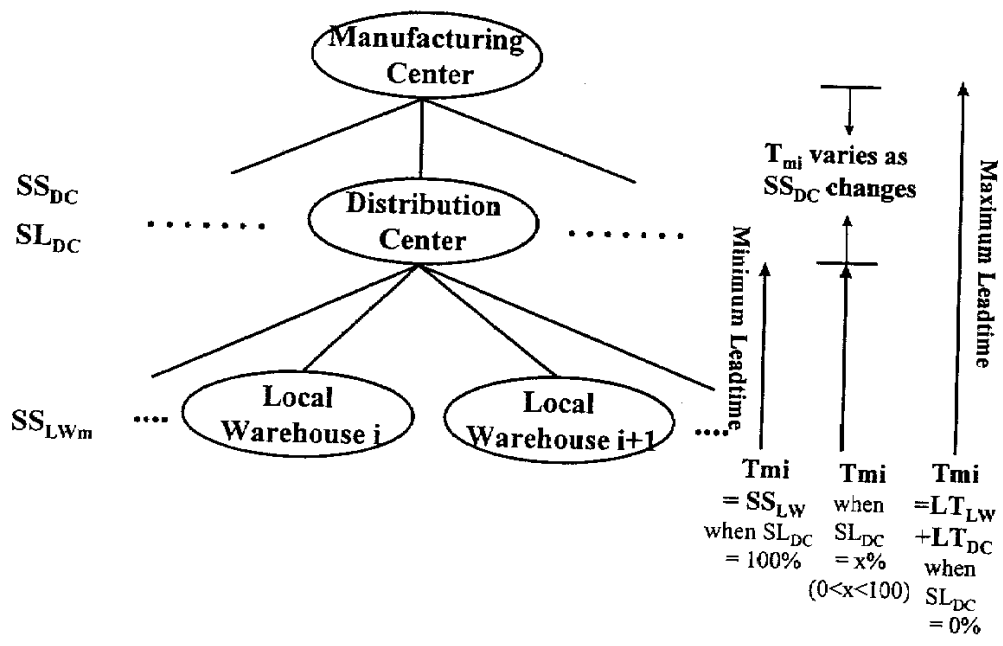


圖2. 決策時間與配銷中心安全存量關係