

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

半導體供應網路決策品質促成技術研究

子計畫二：半導體製造廠網路之生產決策整合與投射（II）

計畫編號：NSC 90-2128-E-002-042

執行期限：90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日

主持人：周雍強 ychou@ntu.edu.tw

國立台灣大學工業工程所

一、中英文摘要

企業內的生產決策通常是集權式的形式，而供應鏈網路內的決策有分散式的特色。我國產業正在推動供應鏈與全球運籌管理，決策組織設計、業務程序設計、以及決策協調與整合將是決策品質的重要因素。本計畫以兩年時間，以半導體製造廠供應網路為研究載具，研究決策品質的促成技術。研究工作有三個重點：(1)限制模式與推理、(2)產能與物料配置、及(3)決策服務的遠端投射方法。本計畫第一年經建置遠端投射平台，並且建構供應鏈節點間生產排程的整合模式、供應鏈控制與工廠排程的整合模式、以及產能配置的分散式模式。第二年以這些模式為基礎發展完成解答方法。

關鍵詞：決策品質、生產規劃整合、產能配置、服務投射

Abstract

In the past few years, many initiatives have been started to develop e-business information infrastructure in domestic industries, most manufacturing enterprises are expected to have an upgraded supply chain and manufacturing management infrastructure in a few years. Owning particular planning or management software will not bestow a company competitive advantage. The driver of competitiveness will shift to decision quality in the upgraded infrastructure environment. This project proposes to develop decision quality enablers in the areas of factory master scheduling, supply chain planning, capacity planning and demand allocation in semiconductor supply

network. There are three thrust areas of research: constraint modeling and reasoning, material and capacity allocation, and decision service provision.

Enablers for conflict resolution of constraints will be developed to enhance the optimization capability of planning and scheduling systems. Methods for material and capacity allocation will be developed. Finally, to facilitate distributed decision-making in the supply network, a mechanism will be developed for projecting the enablers as a service. Semiconductor manufacturing supply network will be used as a research carrier for its richness in problem variety and interaction and its importance to national economy. The expected results of this project will be enablers or software agents for conflict resolution, constraint propagation, capacity and material allocation, and decision service provision.

Keywords: Decision Quality, Integrated Production Planning, Capacity Allocation, and Service Delivery

二、計畫緣由與目的

我國製造產業正在推動企業電子化，兩、三年後供應鏈與製造管理的資訊系統素質將普遍提昇，屆時擁有特定製造管理軟體或資訊系統將不能帶給企業競爭優勢，企業資訊系統的競爭力要素將移轉至決策品質。供應鏈網路內的生產決策方式將與企業內常見的集權式決策方式不同，而有分散式的特色，因此，決策組織設計、業務程序設計、以及決策協調與整合將是

決策品質的重要因素。

本計畫以兩年時間,以半導體製造廠供應網路為研究載具,在總排程、供應鏈生產規劃、產能規劃、需求配置等領域,研究決策品質的促成技術。研究工作有三個重點方向:(1)限制模式與推理、(2)產能與物料配置、及(3)決策服務的遠端投射方法。先進生產規劃與排程方法是工廠與供應鏈排程的核心運算技術;產能配置與物料調度是供應鏈中的主要問題;而製造廠網路的生產決策乃分散在自主性節點,對網路遠端節點提供決策服務能整合上下游決策,提昇整體決策品質。本計畫的成果涵蓋核心運算技術、供應鏈主要生產決策的方法與決策整合平台等三個領域。

三、研究方法

本計畫三項工作的研究方法如下表所示。限制模式與推理的研究是通用性問題的一種理論研究,本計畫將發展理論架構與演算法。產能與物料配置是供應鏈管理的實際問題,本計畫將採用系統分析方法去研究實務問題,包括定義問題並發展解答方法,這個解答方法是第一項工作限制模式與推理的應用。第三項工作的本質是網路資訊系統的發展與建置工作。

表一：研究方法與重點

研究工作	方法與重點
限制模式與推理	理論架構與演算法
產能與物料配置	問題分析與解答方法
決策服務投射	系統發展

四、結論與成果

針對半導體供應鏈與製造管理領域,本計畫的主要成果有:

- ◆ 分析並歸納機台分派問題的限制模式
- ◆ 分析並定義產能與物料配置的問題
- ◆ 分析供應鏈需求規劃與產能規劃的整合問題
- ◆ 發展並建置決策服務的遠端投射系統

4.1 限制模式

本計畫第一年以非等效平行機台系統

為目標,分析機台分派問題的限制條件的特性與類別。機台分派是一個常見的問題,而分派的決策通常是依據機器的產能與機能、訂單交期與優先順序、設定轉換所需時間、製程要求、排程與管理效率的考量(如 machine pooling)以及由經驗積蓄所產生的主觀偏好等等因素。

上述的因素大多可以利用整數規劃的數學模式處理 [3],但是排程效率與主觀偏好這兩個因素具有渾沌的特質,整數規劃或是模糊理論並不是忠實的運算機制,本計畫在第二年中發展一個處理限制的方法。根據機台分派問題的特性,引入 CSP (Constraint Satisfactory Problem) 的概念,藉由對限制的分析與規劃提出三種不同變數設定的 CSP 模型: machine-centric model、job-centric model 和 assignment-centric model。並探討三種模型如何去處理機台分派問題的種種限制,而提出對應的解題程序。對這三種 CSP 模型做比較後,發現 assignment-centric model 在模型的表達和呈現上較具解釋能力,同時在求解上具備有效的值域刪減功能。

此外,在處理機台分派問題的 6 個典型的 constraint types 的過程中,提出了一致的解決方法:藉由劃分進不同的 constraint categories 而使得限制獲得解決,這方面的分析將有助於當日後遇到不同的 constraint type 時,由其限制劃分的範疇可以知道解決問題的方向。

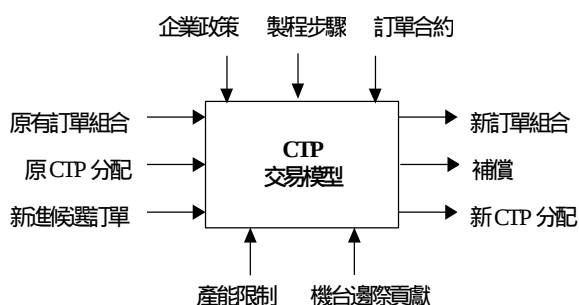
在驗證的實作上結合一套運算組合最佳化的發展工具 ILOG OPL 而確立模型的真確性與可行性。

相較於傳統解決機台分派問題的方法(主要是整數規劃),本研究第二年採行的 CSP 方法在模型的建構上較貼近問題本身的型態,特別是對於偏好的處理(machine preference 和 part preference),不僅在變數的設定上直接反映問題,限制式也不需要一定要轉換為線性的不等式,任何邏輯的判斷式都可適用,這使得模型的建立不僅較為容易而且也比較具可讀性[4]。

4.2 產能與物料配置

可允諾資料(available to promise, 簡稱

ATP)是供應鏈中最重要的資訊之一。傳統的 ATP 是從生產總排程中所計算出來，意指在一段時期內，工廠經由衡量存貨、在製品與訂單的情況，而計算出可以允諾給顧客的未來訂單的產品數量。但是在現代產業環境中，產品組合、生產形態（如 Configure-to-Order、Engineering-to-Order 等）生產流程、以及產能類別不但複雜並且變動快，傳統的 ATP 資訊已經不足以讓銷售人員衡量是否可以承接訂單，取而代之的是 CTP (Capable-to-Promise) 的概念。本計畫在第一年發展產能觀點的 CTP 的配置與調節機制（圖一）。（相對於材料，產能是半導體產業的主要規劃問題。）



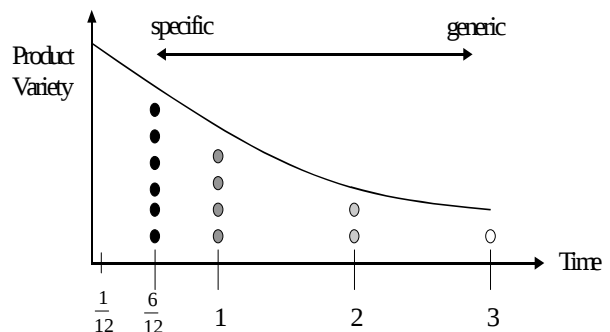
圖一：產能的 CTP 配置與調節機制

以往關於產能分配的研究，都是設定由生管部門來主導與執行，缺乏快速反映市場或顧客需求的彈性，本研究構想一個協同式的產能分配方法，並比較中央集權式與協同式產能分配方法的相對優劣，經由 stochastic program 的分析，我們證明協同式分配有較優的表現。

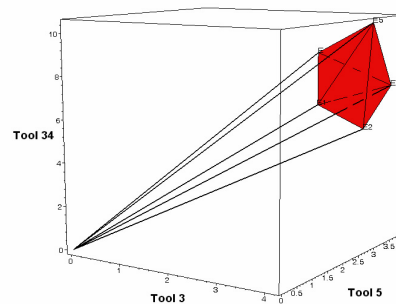
4.3 需求規劃與產能規劃的整合

現代供應鏈有一個普遍現象，即需求的不確定性。產能規劃經常必須以不確定的需求預測為輸入資料 [3]。本計畫在第一年已經發展出一個需求情境的產能規劃模式。圖（二）表示在未來的時點，產品的形態與製造途程都有很高的不確定性，產能規劃經常必須依據對 aggregate 產品的需求預測，如果要等到個別產品的需求資料的出現，很可能會錯過產能規劃的時機。因此，這個產能規劃模式是以 aggregate 產品的需求預測為輸入資料。其次，再依據產品的階層關係資料，決定產能需求以及其風險。在不確定的環境，機台需求將不

是定值而是如圖三所示的凸集合。

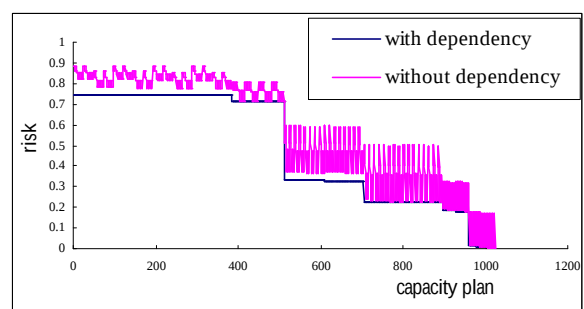


圖二：產品的階層式結構關係



圖三：機台需求的 Convex hull

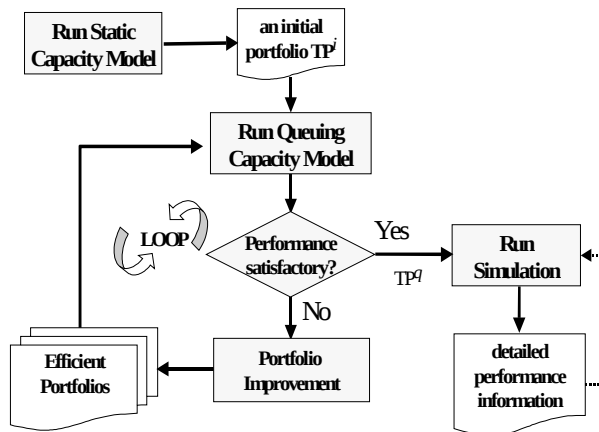
本項研究在第二年發展出產能規劃所需的不確定需求以及風險分析模式[5]。經由分析產業界所提供的 440 IC 產品的製造途程資料，本項研究發現各機台的產能需求之間存在不可忽略的關連性。如果忽略這個關連性，產能計畫的風險預估將會過於樂觀，不同的產能計畫的風險評估誤差如圖四所示。其次，本項研究提出一個兩階段的規劃方法。在第一階段，stochastic program 可以用來 maximize 期望的營收（減去產能短缺的 penalty）。第二階段，則是利用各機台產能需求的 probability density function 以及 marginal probability density function，對機台數量進行微調並優化風險。



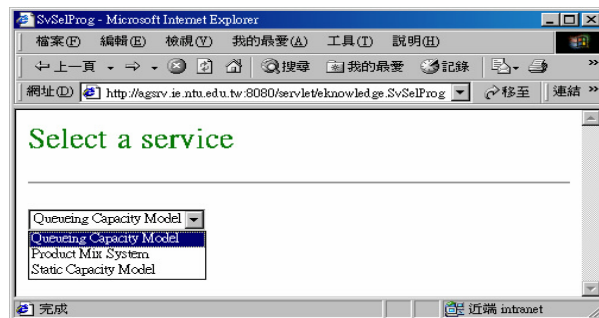
圖四：風險評估的誤差

4.4 決策服務

在決策服務的遠端投射方面，圖（五）是晶圓廠組態規劃的流程 [1, 2]。本計畫已經將這個流程所需用到的分析與決策工具建置在網站上，達到遠端取用的功能。圖（六）是這項遠端投射服務的目錄。圖（七）是其中一項服務的輸出資料。



圖五：晶圓廠機台組態規劃流程



圖六：決策服務目錄

Queueing Capacity Model

params:

Planning_Year, 1995
Planning_Month, 10

files:

name: file
filename: null
type: null

Output_Parts

PartID	CycleTime	WIP	Throughput
2	726.1774834723283	76.65206769985694	0.1055555555555555479
5	626.0216087698902	281.7097239464507	0.449999999999999978

Output_Tools

ExpID	IncUtilization	ProUtilization	ArrivalRate	Service Time
4	0.1	0.4258624866925748	7.461111111111111	0.11415524641051884
6	0.18800000703811658	0.2880013045692121	12.327777777777778	0.24752474855631587

圖七：決策服務的輸出資料

"Integration of Capacity Planning Techniques for Tool Portfolio Planning in Semiconductor Manufacturing," forthcoming in International Journal of Industrial Engineering.

- [2] Y-C Chou, C-S Wu, and J-Z Lin, "Optimization and Economic Analysis for Tool Portfolio Planning in Semiconductor Manufacturing," International Symposium on Semiconductor Manufacturing, Oct. 2001, San Jose, CA, USA.
- [3] L. J. LeBlanc, A. Shtub, and G. Anandalingam, "Formulating and solving production planning problems," European Journal of Operations Research, Vol. 112, pp. 54-80, 1999.
- [4] M-D Chen, "Constraint Modeling for the Assignment Problems of Parallel Machines Systems," Unpublished thesis, Institute of Industrial Engineering, 2002, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
- [5] Yon-Chun Chou and Yi-Yu Liang, "A Literature Review on the Methodologies of Capacity Planning in Semiconductor Manufacturing," 2002 Semiconductor Manufacturing Technology Workshop, Macronix International Co., HsinChu, Taiwan, Oct. 24, 2002, pp. 49-52.

五、參考文獻

- [1] Yon-Chun Chou, C-S Wu, et al., 2001,