

# 第一章 緒論

## 第一節 研究背景與動機

由於競爭環境本質的改變，製造彈性近年來日益受到重視，甚至影響組織策略的形成<sup>1</sup>。例如：時間基礎競爭(time-based competition)、大量顧客化(mass customization)與產品生命週期縮短等因素，增加了現代製造環境的變異性與波動性，而彈性被認為是因應的有效機制，可讓組織在多變的環境下獲致競爭優勢，因此成為廠商努力的目標。然而，相較於實務上對彈性議題的關注，學術上對此觀念的了解仍十分有限。

具體而言，製造彈性被認為是一多面向的觀念，可以依據所欲改變或因應之環境不確定性的不同，區分成多種不同的彈性型態，例如：產品組合彈性、數量彈性、機器彈性、人員彈性等，而這些彈性型態大抵可歸納為兩類：即外部彈性與內部彈性。所謂外部彈性係指與顧客需求及市場改變直接攸關的彈性能力，例如：新產品彈性、數量彈性；所謂內部彈性，則是指因應來自於製造資源與管理之不確定性，而與市場間接相關的彈性能力，例如：機器彈性、人員彈性等。回顧製造彈性文獻，多數研究著眼於外部彈性的探討，包括：外部彈性的決定因素(e.g., Suarez et al. 1996; Upton 1995 1997)、外部彈性與環境不確定性的關係(e.g., Swamidass and Newell 1987; Chang et al. 2002)，但卻忽略了內部彈性的重要性(Koste and Malhotra 1999)。

事實上，許多研究提出：內部彈性是達成外部彈性的途徑，也是必要條件(Chen et al. 1992; Suarez et al. 1996)，例如：當廠商想要提昇生產多樣化產品的能力(即產品組合彈性)時，需要路徑彈性以降低因產品多樣化所帶來的環境不確定性，縮短生產週期時間；需要機器彈性以因應產品需求的改變，提高生產效率；需要人員彈性以因應產品組合的改變，增加處理的速度，然而，當我們對內部彈性的了解不足時，即限制了彈性利益的實現與製造彈性的有效管理。

另一方面，既存研究亦極少涉及製造彈性與其他績效衡量間之關係的探討(Gerwin 1993)，僅存的幾篇研究也僅以單一績效構面(如：生產週期時間)為分析重點(e.g., Tsubone and Horikawa 1999; Boyer and Leong 1996)。然而，當我們不了解在實際生產環境中彈性與其他績效衡量間的關係時，實在難以決定製造系統所需的彈性水準，甚且，在未能適當評估彈性價值的情況下，我們無法判斷彈性投資的合理性或者決定是否需要購買彈性技術。

---

<sup>1</sup> Ittner and Larcker (2001)針對 148 家金融業公司進行調查，了解管理者如何形成組織策略，結果發現：對這些公司而言，製造彈性為影響組織策略的三項主要因素之一。

因此，為彌補既有文獻的不足，本研究以內部彈性為研究範疇，著眼於三項研究重心：一是採用實地資料提供內部彈性之績效效果的實證證據；二是分別從財務面與非財務面的角度探討內部彈性的成本效益，最後則是討論製造系統下，製造彈性如何調和環境不確定性對生產績效的負面影響。

半導體製造業被認為是生產流程最複雜的產業之一，主要原因在於：一項典型的積體電路產品需要數以百計的生產步驟，且生產過程中生產批量需要重複地經過相同的機台數次，但經過機台的順序與時間則因產品類別而異，因此造成晶圓廠中複雜的產品流向(part flow)；此外，在積體電路的製造環境中，由於技術複雜度高，設備容易發生當機且不易事前預測；加以產品良率對於物料與生產設備十分敏感，同樣具有隨機性，綜合這些生產特質使得半導體產業面臨比其他產業更高的環境變異性(variability)，也因此製造彈性對半導體業的重要性遠高於其他產業。

另一方面，具備國際競爭力的台灣半導體業則提供了研究製造彈性的最佳環境。相較於其他產業的不景氣，國內半導體業的快速發展在近年來特別受人矚目。1998年台灣的半導體製造業以16%的年成長率居世界五大半導體生產國(美、日、韓、法、台)之冠，在1999年產值達到4,235億美元，排名全球第四。甚且，國內最大的兩家IC製造廠，台積電與聯電更掌握了晶圓代工市場80%的市場佔有率，在全球半導體供應鏈中佔有舉足輕重的地位。無疑地，採行產品多樣性策略，具有複雜的生產流程，且面臨多變的國際市場，而仍能維持競爭優勢於不墜的台灣半導體產業，其製造彈性能力值得深入探究之。

彈性是一多構面的觀念，而不同彈性型態的相對重要性與生產特性密切相關。本研究考慮積體電路的製造是在一多階段的生產環境(即 reentrant flow)下進行，路徑彈性與機器彈性是該製造系統具備的重要特性之一(Jeng, Xie and Chou 1998)。所謂路徑彈性，指的是採用多種生產路徑處理特定生產批量的能力；而機器彈性指的是一部機器具有可有效處理多種生產批量所需之不同處置的能力。

對於產品流向複雜且產品異質性高的半導體製造業而言，路徑彈性可允許較有效率的生產排程，有助於處理類似機器當機或緊急訂單等或有事件；而機器彈性則可允許較小的生產批量，達成較高的機台利用率與較低的存貨水準。因此，基於路徑彈性與機器彈性對積體電路製造系統的重要性，本研究選擇以此二項彈性型態作為研究重心。

## 第二節 研究目的與問題

### 一、研究目的：

製造彈性是企業製造策略的要素之一，也是組織競爭力的決定因素，積極地可藉以改變廠商的競爭地位，消極地可用以因應市場需求或製造流程的不確定性。體認到製造彈性的重要性，經理人最根本也最迫切想要了解的問題是：彈性如何衡量？在目前的製造環境下，公司所需要的製造彈性水準如何決定？彈性如何影響生產績效？彈性的成本與價值如何評估？對這些問題的清楚了解是適當彈性決策的基礎。

因此，本研究之主要目的在於以個別廠商為例，詳細分析在晶圓代工的製造環境中，內部彈性對品質、時間、生產力以及生產成本的影響，期望透過台灣晶圓代工產業之成功經驗與製造彈性的分析，一方面彌補文獻在內部彈性之衡量與實證證據上的不足之處，一方面提供其他產業或公司作為提升製造彈性的參考依據。

此外，在晶圓代工產業，產品多樣性是決定環境變異性的重要因素，隨著製程種類的增加，產品流向(product flow)的複雜度與重製或報廢發生的機率也隨之增加，欲適當評估製造彈性的價值，了解這些因素對生產績效的影響具有其必要性。因此，本研究並額外檢視產品多樣性對生產績效的直接與間接影響，同時討論製造彈性在調和因產品多樣性所增加之環境不確定性的影響上所扮演的角色。

### 二、研究問題：

#### 1. 產品多樣性如何影響生產績效？

在晶圓代工的製造環境中，多種製程的存在是主要的生產特性，也是造成晶圓廠的環境不確定性高於其他產業的主因之一，要能有效管理晶圓廠的製造彈性，首須了解這些特性對生產績效的影響，因此，關於產品多樣性對生產績效的影響是本研究的第一項研究問題。

在產品多樣性的衡量方面，本研究考慮個案公司的特性，以製程種類數為主要的衡量指標。關於製程種類數，由於個案公司屬於專業晶圓代工業，亦即，為顧客提供的是製造積體電路的服務，因此，產品是以製程表示，當製程的種類數愈多時，一方面，產品流向愈複雜，生產排程的困難度愈高，對產品的生產週期時間有不利影響；另一方面，在相同機台上處理的製程處方種類愈多，前後批

量屬不同製程配方的機率愈大，機台耗用在啟動、監督、測試作業等非生產性用途上的時間愈多，對設備生產力具有負面效應。

## 2. 路徑彈性與機器彈性如何影響生產績效？

製造彈性指的是一個製造系統快速因應諸如產品、流程、工作量與機器當機(machine failure)等攸關因素之變動的能力。過去二十年來，許多研究者與製造商著眼於尋求增進製造系統彈性的途徑，他們提出多項製造系統彈性型態以及提昇彈性的方式。機器彈性與路徑彈性是彈性型態中最典型與基本的彈性類型。

機器彈性指的是一部機器有能力處理多種生產批量所需的不同處置，並僅發生快速啟動。實務上機器彈性可藉由複雜的工具變更與易於轉換的上貨機制而增進。其主要利益在於可以允許較小的生產批量、較短的生產週期時間、較高的機台利用率與較低的存貨水準。

路徑彈性指的則是採用多種生產路徑處理特定生產批量的能力。路徑彈性可藉由擁有多部相同的機台、多功能的機台與多變的物料處理系統來達成，其主要利益在於可允許較有效率的生產排程，有助於處理像機器當機或緊急訂單等或有事件。

在半導體製造業，由於生產過程極端冗長，生產規劃與排程的複雜度較高，加以具有較高的機器當機與緊急訂單，因此，路徑彈性為積體電路製造系統的主要特性之一，此外，大量客製化產品的生產也使得機器彈性在半導體業的生產環境中成為必要，故而，本研究擬由路徑彈性與機器彈性的角度，檢視製造系統中彈性對生產績效的影響。

## 3. 路徑彈性與機器彈性如何影響生產成本？

依據作業研究，當路徑彈性愈高時，可以降低各生產批量到達工作站時等候的機率，因此，縮短生產週期時間；而機器彈性由於具備處理多種產品型態的能力，可以減少設備產能受到產品需求波動性的影響，維持較高的產能利用率與設備生產力。

然而，製造彈性的增加並非沒有成本，舉例而言，增加機器彈性可能需要購買多功能的機台群組，而非單工的機台，減少啟動時間以利於處理多種生產批量可能需要投資於數位控制機台、自動化的工具管理與運送系統及彈性裝置。增加生產批量的路徑彈性需要自動化與彈性的物料管理系統以及即時的生產監督與控制機制，所有這些要求均會造成固定與營運成本的增加，因此，來自彈性的利益須與相關成本取捨，這須藉由比較增加彈性的增額成本與利益來達成。

基於上述因素，本研究除了檢視內部彈性對時間、品質與生產力的影響外，並從財務面的角度，討論彈性與生產成本的關係。為具體分析彈性如何影響生產成本，本研究除了考慮產品成本外，並進一步探討彈性對具生產力與不具生產力之設備產能成本的影響，以對製造彈性之成本與價值提供完整的評估，彌補既有研究的不足。

#### 4. 產品多樣性與製造彈性對環境不確定性與生產績效之影響？

依據生產管理理論，製造系統的運作主要在決定目前的產能需求與目前既有產能間的配適。倘若需求維持固定，則在設計製造系統時，可確保產能的組合與數量，足以與產品需求相等，甚至超過需求。然而，當產能的供給與需求受制於變異性(variability)時，很難達到這樣的理想狀態，在存在環境不確定性的情況下，經常會發生在某些時點製造系統的產能供給小於當時對產能的需求，而使這些過剩需求的滿足受到延遲，於是，這些延遲就會造成生產週期時間的增加與較高的在製品水準。

在多變的環境下運作的製造系統，如半導體產業，其產能需求的數量與組成均會受到環境不確定性的限制，因此需要尋求彈性作為因應的機制，不論是與生產批量有關的彈性(如：路徑彈性)或與生產流程有關者(如機器彈性)，彈性的存在均可增加既有產能符合目前處理需求的機率，故而，可以減少生產延遲、降低在製品存貨水準、以及瓶頸的發生。換言之，彈性可以被視為與製造環境的不確定性有相反的作用，因此，在吸收營運環境的未預期改變以維持系統的強韌性上具有其利益。

是故，為了了解在積體電路的製造環境中，機器彈性與路徑彈性如何吸收因產品多樣性所產生的環境變異性，而避免生產績效的下降，以及在存在製造彈性的生產系統下，環境不確定性對生產績效的影響為何，本研究採用路徑分析(path analysis)進一步釐清產品多樣性與製造彈性對環境不確定性與生產績效之影響。

### 第三節 研究貢獻

#### (一) 學術方面：

1. 目前許多文獻指出隨著環境競爭程度的增加，製造彈性的的重要性與日俱增，但是，彈性觀念卻仍未能被清楚了解(Koste and Malhotra 1999；Beach et al. 2000)，包括：不同彈性構面間的取捨關係、製造彈性與流程配置間的關係、彈性投資之成本效益評估等都是有待進一步研究的重要議題，而本研究可提供直接的實證證據。
2. 在內部彈性的探討上，雖有分析性研究與模擬分析討論內部彈性對系統績效的影響，但缺乏實地實證的研究證據，因此，內部彈性對生產績效的影響仍未能被清楚了解，本研究以半導體產業為研究對象，提供機器彈性與路徑彈性的實證證據，可以彌補既存文獻的不足。
3. 既存的製造彈性文獻，在實證製造彈性對生產績效的影響時，僅檢視二者間的線性關係，然而，分析性研究卻指出：製造彈性與生產績效之間可能存在非線性關係。針對此點，本研究提供實證證據驗證之，有助於釐清製造彈性與生產績效之間的函數型態。
4. 彈性衡量是管理製造彈性的第一步，但既存研究對於各類內部彈性型態僅止於觀念的探討，對於在實際環境中如何對內部彈性下操作性定義未能提供具體概念，本研究依據個案公司的生產特性設計機器與路徑彈性衡量，可提供管理者彈性衡量的指引。
5. 既存的製造彈性研究，在分析內部彈性對生產績效的影響時，受限於模式設計的考量，僅能針對單一或少數生產績效衡量進行探討，但在實際的製造環境中，管理者考量的是品質、時間、生產力等績效指標間的聯合最適化，若僅考慮單一績效構面，未能對彈性的利益提供完整的評估(Anderson 2001)。本研究同時檢視內部彈性對多項績效的影響，彌補了既有研究的不足。
6. 儘管製造彈性可增加製造系統因應環境不確定性的能力，但提昇彈性同時需要成本，忽略彈性對財務面績效的考量無法決定適當的彈性水準，但迄今尚未有研究探討彈性對製造成本的影響。就吾人所知，本研究為首篇針對製造彈性之成本效果作深入探討者。
7. 管理會計文獻對產品複雜性如何影響製造成本作了廣泛地探討，但所得到的結論並不一致，可能原因在於過去的研究都忽略了情境因素的探討，例如：彈性技術、生產流程的設計等。Ittner and Larcker (2001)認為：

這些因素對策略成本管理的重要性比產品複雜性來得更高，因此，本研究擬填補此研究上的空缺。

8. 在製造彈性文獻中，關於如何對製造彈性下操作性定義，以及各製造彈性構面對生產績效的影響被認為是最迫切的研究議題(e.g., Gerwin 1993; Suarez et al. 1996)，而本研究可提供機器彈性與路徑彈性的衡量及其與生產績效的關聯性，彌補此類文獻的不足。

## (二) 實務方面：

1. 隨著競爭的日趨激烈，與顧客需求的日趨多元化，製造彈性被認為是達成競爭優勢的主要來源，本研究提供彈性技術投資之成本效益的評估，可供實務界作為提昇製造彈性的參考。
2. 給定多樣化的產品策略，如何有效地透過營運與戰略性決策減少產品組合異質性對生產績效的負面影響是策略成本管理的重心，本研究可提供相關決策的意涵。
3. 產能投資決策包括量與質的決定，廠商需考量所需的資源彈性，以及所需的產能數量，方能作出最佳的產能投資決策，本研究檢視資源彈性(機器彈性)對生產績效的影響，正可提供廠商關於產能決策的改變對成本的影響，從而協助廠商的產能投資決策。
4. 儘管一般認為產品多樣性策略可帶來較高的市場佔有率與銷貨收益，但為達到範疇經濟，廠商也需額外投入較高的成本於產能或彈性系統上，本研究檢視產品多樣性之成本來源，有助於產品多樣性策略的成本效益評估。
5. 本研究之實證結果證實：製造彈性與生產週期時間及生產力之間確實存在非線性關係，且係屬於報酬遞減的型態。此項發現將有助於經理人了解：極大化製造彈性水準並非最佳，有限的彈性水準即可提供最大的彈性利益。

## 第四節 論文架構

本論文共分為八章，論文架構如圖 1-1 所示。

- 第一章：緒論。主要說明本研究之背景、研究動機、研究目的、研究問題與研究貢獻。
- 第二章：文獻探討。第一節回顧文獻中關於產品多樣性之管理及其績效效果之相關研究；第二節探討製造彈性存在的前提條件、動因、定義與理論架構；第三節說明製造彈性、環境不確定性與生產績效之間的關聯性；第四節提出本研究之研究延伸，說明本研究之創新及不同於過去研究之處。
- 第三章：半導體產業及個案公司探討。第一節首先敘述國內半導體產業發展現況；第二節介紹個案公司之背景、產品特性、製造策略及其對製造彈性之管理。
- 第四章：理論基礎與假說發展。主要以作業研究中之等候理論與整數規劃模型為基礎，配合個案公司實地情境，發展待檢定之研究假說。
- 第五章：實證模型之發展。以第四章所發展之理論模型為基礎，考慮晶圓代工製造環境之特性，發展適當之實證模型與變數衡量。
- 第六章：研究方法。第一節介紹本研究之觀念性架構；第二節說明研究設計；第三節討論研究期間、樣本選取與資料蒐集；第四節則探討資料分析方法。
- 第七章：實證結果分析。第一節採用多種模式分析產品多樣性對生產績效之影響；第二節檢定路徑彈性與機器彈性對生產績效之影響；第三節則進一步探討路徑彈性與機器彈性如何影響生產成本；最後一節採用路徑分析(Path analysis)釐清產品多樣性與製造彈性如何透過環境不確定性影響生產績效。
- 第八章：研究結論、限制與建議。本章係依據研究發現提出結論，並說明本研究之限制、對管理實務之建議與未來研究方向。



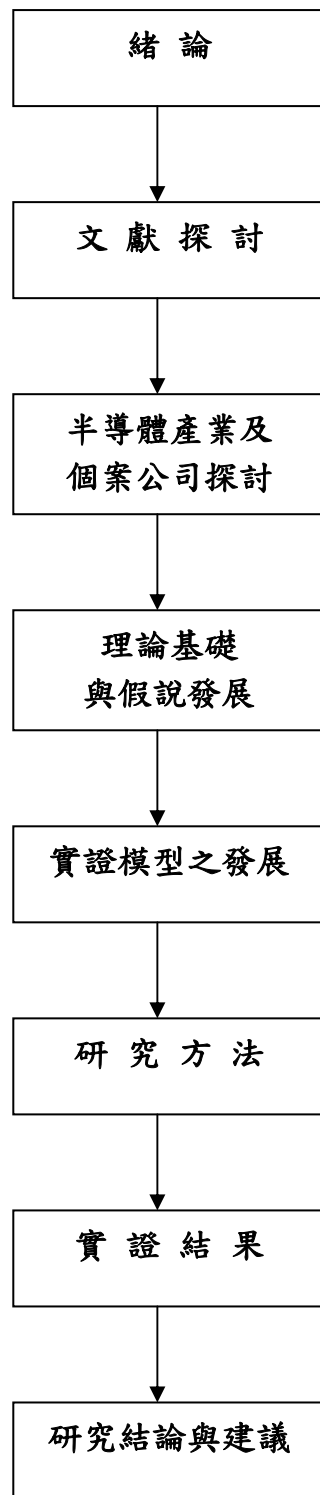


圖 1-1 論文架構圖