

第八章 結論、研究限制與建議

第一節 研究結論

對個別廠商而言，欲改進製造系統的績效，可以採取做法有二：第一，可以直接增加個別資源的績效水準，例如：訓練員工第一次就做對，以增進品質績效，或者購買生產速度較快的設備，以增進時間績效。第二，則係透過彈性水準的提昇增進製造系統之成本、速度與品質等績效(Correa 1994)。然而，在一具有高度不確定性的環境下，後者的效益大於前者。

因此，本研究之主要目的在於詳細分析在晶圓代工的製造環境下，產品多樣性與製造彈性對品質、時間、生產力以及生產成本的影響，基於路徑彈性與機器彈性為製造系統所具備的重要特性，故而，以這兩種彈性型態為主要的研究重心。綜合理論模性與實證分析結果，本研究具有幾項主要發現，以下依研究問題分別列示。

一、 關於產品多樣性對生產績效的影響力：

生產管理理論預期：隨著產品多樣性水準的提高，會有較複雜的物料訂購流程、較複雜的生產規劃與控制程序、較頻繁的品質檢驗活動、較多的生產改變次數，故而導致生產成本的提高(Miller and Vollman 1985)。然而，與預期不同的是，在本研究中，除了品質績效以外，吾人並未發現設備生產力或時間績效因產品多樣性水準的提昇而降低，換言之，產品多樣性並未造成設備生產力與時間績效的顯著下降。

經實地了解，吾人發現：是廠商採用的電腦整合製造系統縮短了啟動時間，也同時減少了產品多樣性的負面影響。儘管如此，這並不意謂：產品多樣性是沒有成本的，事實上，產品多樣性的成本可能是固定，也可能是變動的，例如：廠商可能在決定產品多樣性水準的同時即投資於自動化生產設備，或購買多餘的人力與設備產能因應，因而增加固定成本的投入；或者廠商不作額外的因應措施，甘願忍受較高的當機與重製發生，因而增加變動成本的支出(Fisher and Ittner 1999)。就本研究的情境來看，產品多樣性的成本主要來自於前者。

然而，另一方面，本研究也發現：在晶圓代工的生產環境中，環境變異性對生產績效的影響遠大於產品多樣性，具體而言，儘管廠商可透過製程的自動化，減低產品多樣化對生產績效的負面影響，但因研發與實驗所帶來的環境不確定性，卻是造成了設備生產力的顯著降低，容或研發與實驗的進行有助於未來製程能力與良率的提昇，但其對正常生產活動的影響仍須加以評估，俾以取得短期與長期績效最佳化的平衡。

二、 關於路徑彈性與機器彈性對生產績效的影響力：

在路徑彈性方面，本研究之實證結果顯示：生產週期時間、生產批量之重製率與報廢率均會隨著路徑彈性的增加而降低，此外，路徑彈性對設備生產力並有顯著的正向影響，換言之，路徑彈性對生產力、生產品質與時間績效皆具有正向影響。

在機器彈性方面，本研究則發現：與理論模型的預期一致，機器彈性有助於因應產品需求的不確定性，因而對設備生產力具有正向影響。但同時高彈性機台也因處理的產品型態較多，生產改變頻率較高，故而導致重製率與報廢率的增加，對生產品質具有負面影響。

另一方面，研究結果也顯示：隨著彈性水準的增加，路徑彈性與機器彈性對生產週期時間及設備生產力的影響幅度會隨之降低，亦即這二種彈性型態與生產績效之間存在非線性關係，與理論模型的預期一致。此實證結果隱含：對廠商而言，極大化製造彈性並非最佳，有限的彈性水準(limiting flexibility)即可能達到最大的彈性利益。

三、 關於路徑彈性與機器彈性對生產成本的影響力：

採用生產批量資料，本研究驗證製造彈性也是生產成本的主要決定因素。以內部彈性為研究範疇，本研究發現：路徑彈性對生產成本具有顯著的負向影響，換言之，路徑彈性有助於生產成本的節省。至於機器彈性，吾人最初並未發現對生產成本具有顯著影響力，之後，依據理論，考量機器彈性對成本的主要影響來自於設備產能利用的改進，因此，將生產成本區分為設備折舊費用、人工成本與原物料成本作進一步分析，結果確實發現：機器彈性的提昇有助於降低個別產品所耗用的設備折舊成本。

為進一步分析製造彈性如何影響設備產能成本，本研究續將設備產能成本區分為具生產力(productive)與不具生產力(non-productive)兩類，檢視機器彈性與路徑彈性對設備產能成本的影響，本研究預期：由於路徑彈性的存在賦予線上工程師較高的派工彈性，減少了設備產能耗用於機器啟動、換機與重製等不具生產力用途的比例，同時達成機台負荷量的平衡，因而有助於具生產力之設備產能成本與不具生產力之設備產能成本的降低；至於機器彈性，則因賦予機台處理多種產品型態的能力，避免利用率受到產品不確定性的影響而波動，因而有助於具生產力之設備產能成本的降低。實證結果與預期一致。

最後，經由路徑分析(path analysis)，本研究實證檢視機器與路徑彈性對生產成本的直接與間接影響，結果發現：這二類彈性除了對生產成本存在直接影響外，並會透過時間績效間接影響生產成本。

四、 關於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：

依據製造彈性文獻，所謂製造彈性係指製造系統因應環境不確定性的能力，換言之，唯有存在環境不確定性，製造彈性才具有其價值，而製造彈性價值的高低也與環境不確定性的水準密切相關。因此，本研究採用路徑分析，檢視路徑彈性與機器彈性如何因應環境不確定性對生產績效的影響。

在環境不確定性的衡量方面，基於本研究以內部彈性為研究範圍，因此，吾人以製造環境為研究客體，由製程時間變異性、到達時間變異性及產品需求變異性等三項指標定義內部不確定性。實證結果顯示：產品多樣性、製造彈性、環境不確定性與生產績效之間的關係與本研究所提出之觀念性架構一致，亦即，產品多樣性對內部環境的不確定性具有正向影響，而機器彈性與路徑彈性則可透過減低環境不確定性的負面影響達成生產績效的提昇。

最後，為更完整說明本研究之發現以及本研究結果對製造彈性文獻與管理實務之貢獻，茲將本研究之實證結果以及本研究與其他研究之比較彙總列示於表 8-1 與表 8-2，供讀者參考。

表 8-1 本研究之分析結果彙總表

研究問題	研究假說	實證結果	研究結果之意含
產品多樣性對生產績效之影響	H1：給定其他條件不變，設備生產力會隨著產品多樣性的增加而下降。	假說未獲支持。	<p>0. 在晶圓代工的製造環境中，因為製程自動化之故，設備生產力與時間績效並未隨著產品多樣性的增加而降低，反而研發與工程實驗的進行才是負面影響設備生產力的重要因素。然而，儘管研發與實驗的進行有助於未來製程能力與良率的提昇，但其對正常生產活動的影響仍須加以評估，俾於取得短期與長期績效最佳化的平衡。</p> <p>1. 儘管製程自動化降低了產品多樣性對設備生產力與時間績效的影響，但在品質績效方面，產品多樣性仍具有顯著的負面影響力。</p>
	H2：給定其他條件不變，生產週期時間會隨著產品多樣性的增加而延長。	假說未獲支持。	
	H3：給定其他條件不變，生產品質會隨著產品多樣性的增加而下降。	假說獲得支持。	
路徑彈性與機器彈性對生產績效之影響	H4：給定其他條件不變，生產週期時間隨著路徑彈性的提昇而縮短。	假說獲得支持。	<p>0. 研究結果發現：路徑彈性有助於降低重製率與報廢率，縮短生產週期時間；而機器彈性雖有利於設備生產力的增進，但對品質卻有負面影響。</p> <p>1. 二種彈性型態對績效衡量的不同影響，顯示：與製造彈性文獻一致，不同彈性型態因應不同的環境不確定性。具體而言，積體電路的生產流程冗長且產品流向(product flow)複雜，而路徑彈性可允許較有效率的生產排程，降低類似機器當機或緊急訂單等或有事件的影響，因此，有助於提昇時間與品質績效；而機器彈性由於具有處理多種產品型態的能力，因此，設備產能較不易隨產品需求的不確定性而波動，故有利於設備生產力的提昇，但同時因生產流程的改變次數較高，而對品質有負面影響。</p>
	H5：給定其他條件不變，生產品質會隨著路徑彈性的增加而提高。	假說獲得支持。	
	H7：給定其他條件不變，設備生產力會隨著機器彈性的增加而增加。	假說獲得支持。	
	H8：給定其他條件不變，生產品質會隨著機器彈性的增加而下降。	假說獲得支持。	
路徑彈性與機器彈性對生產成本之影響	H6：給定其他條件不變，生產成本會隨著路徑彈性的增加而降低。	假說獲得支持。	<p>關於此研究議題的探討，以生產批量資料的分析為基礎，研究結果顯示：在積體電路的製造環境下，除了產品複雜性之外，彈性也是重要的成本動因。具體而言，路徑彈性對生產成本具有顯著的負向影響；至於機器彈性，考量機器彈性對成本的主要影響來自於設備產能利用的改進，本研究將生產成本區分為設備折舊費用、人工成本與原物料成本作進一步分析，結果發現：機器彈性的提昇有助於降低個別產品所耗用的設備折舊成本。此外，本研究並發現：這二類彈性除了對生產成本存在直接影響外，也會透過時間績效間接影響生產成本。</p>
	H9：給定其他條件不變，生產成本會隨著機器彈性的增加而下降。	假說獲得支持。	
產品多樣性與製造彈性如何影響環境不確定性與生產績效	(略)	(略)	<p>本研究採用路徑分析(path analysis)，以機台水準資料為基礎，探討產品多樣性及製造彈性對環境不確定性與生產績效的直接與間接影響，結果顯示：產品多樣性、製造彈性、環境不確定性與生產績效之間的關係與本研究提出之觀念性架構一致，亦即，機器彈性與路徑彈性會透過環境不確定性達成生產績效的提昇；另一方面，產品多樣性則會增加內部環境的不確定性。</p>

表 8-2 本研究與其他相關實證研究之分析結果比較表

作者	年度	研究主題	研究方法	分析結果	與本研究之比較
本研究	2003	在晶圓代工的製造環境下，分析產品多樣性與製造彈性對生產績效與生產成本之影響。其中，主要探討的製造彈性型態包括：機器彈性與路徑彈性。	實地實證研究	<p>在晶圓代工的製造環境下，吾人發現：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 設備生產力與時間績效並未隨著產品多樣性的增加而下降；但生產品質則受到顯著的負面影響。 2. 環境變異性對生產績效之負面影響大於產品多樣性。 3. 路徑彈性不僅有助於生產週期時間的縮短，也對品質與成本績效具有顯著的正向影響。 4. 機器彈性有助於設備生產力的增加與生產成本的降低，但對生產品質則具有顯著的負面影響。 5. 產品多樣性增加了組織的內部不確定性，但機器彈性與路徑彈性則有助於調和內部不確定性對生產績效的負面影響，達成生產績效的提昇。 	<p>比較本研究與其他相關實證研究，吾人可以發現其相同點與相異點如下：</p> <p><相同點></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 均以內部製造彈性為研究重點，且採用實證分析探討之。 2. 與 Jenson (2000)及 Tsubone and Horikawa (1999)的分析結果一致，顯示：存在環境變異性下，路徑彈性確實有助於生產週期時間的縮短與交期績效的提昇。 2. 與 Boyer and Leong (1996)及 Nankeolyar and Christy (1992)一致，發現：機器彈性對生產力具有顯著的正向影響力。 <p><相異點></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 不同於其他研究均採用模擬分析，本研究採行實地實證研究，以一家晶圓代工廠商為研究對象，採用實地資料進行測試，無論在變數衡量與模型設定上均考慮製造環境的特性。 2. 本研究不僅考慮生產週期時間與生產力等兩項績效構面，也檢視製造彈性對生產品質與生產成本之影響，完整地瞭解製造彈性的成本效益，以及製造彈性與其他績效衡量之間的取捨(trade-off)，而實證結果
Jenson	2000	比較三種不同的生產環境，探討人員彈性、機器彈性與人員分派水準對生產週期時間與平均延遲比例的影響。	模擬分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 機器彈性與人員彈性有助於生產週期時間的縮短以及減少工件平均延遲程度。 2. 機器彈性與人員彈性對生產績效的影響幅度會因為製造環境而改變，其中最重要的因素包括：需求變異性與人員分配水準。 3. 機器彈性與人員彈性對生產績效之影響對派工法則的敏感性較低。 	

表 8-2 本研究與其他相關實證研究之分析結果比較表(續)

作者	年度	研究主題	研究方法	分析結果	與本研究之比較
Tsubone and Horikawa	1999	主要在驗證機器彈性與路徑彈性對生產週期時間的影響。	模擬分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 當存在機器當機、處理時間變異、啟動時間等環境不確定性下，平均生產週期時間會隨著機器彈性與路徑彈性水準的提高而降低。 2. 當處理時間的變異性愈大，或機台當機時間愈長，路徑彈性優於機器彈性。 3. 當機器彈性與路徑彈性同時增加時，會使生產週期時間降低的幅度愈大。 	<p>也確實發現：彈性與品質及成本績效顯著相關。</p> <p>3. 本研究除了驗證彈性與其他績效衡量之間的關聯性之外，並實地驗證製造彈性與生產週期時間及設備生產力之間的非線性關係，結果支持：彈性對生產績效的影響呈現報酬遞減(diminishing return)的型態。換言之，極大化製造彈性並非最佳，有限的彈性水準即可達到最大的彈性利益。</p>
Boyer and Leong	1996	<p>模擬汽車組裝業的生產環境，檢視：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 機器彈性與流程彈性的關係，以及； 2. 流程彈性對整廠(plant level)之預期產出量(expected output)的影響。 	模擬分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 機器彈性與流程彈性存在直接關係，亦即，高機器彈性有助於流程彈性的提昇。 2. 流程彈性則對整廠的預計產出量具有顯著的正向影響，但影響幅度會隨著彈性水準的增加而降低，因此，有限的彈性(limiting flexibility)具有最高的彈性價值。 	<p>4. 除了製造彈性對生產績效的直接影響外，基於製造彈性的價值係取決於因應環境不確定性的能力，本研究進一步採用路徑分析檢視製造彈性如何調和環境不確定性的影響。</p> <p>5. 不同於過去研究，本研究並未發現產品多樣性對生產力與時間績效的負面影響，但確實發現：產品多樣性會增加內部環境的不確定性，間接造成時間績效的降低。</p>
Nankeolyar and Christy	1992	<p>主要重點有二：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 固定機器彈性水準，檢視生產批量種類數(the number of part families)對於生產力與產能利用率的影響，以及； 2. 檢視機器彈性如何改變生產批量種類數對生產力與產能利用率的影響。 	模擬分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 產能固定下，製造系統的生產力與生產性產能利用率會隨著所處理的生產批量種類數的增加而下降。 2. 在機器彈性較高的製造系統中，生產批量種類數對生產力與生產性產能利用率的影響幅度會減少。 	<p>6. 不同於過去研究，本研究發現：在晶圓代工的生产環境中，產品多樣性並非造成生產績效下降的主因，來自於製造環境的不確定性才是。</p>

第二節 研究限制

本研究有以下數點研究限制，在解讀上必須謹慎：

- 一、由於本研究係以單一個案公司為研究對象，實證分析的基本發現主要受到該公司之產業與生產經濟特性所驅動，因此，研究結果之一般化會受到限制。本研究除加強理論基礎，以降低此問題外，基於以下理由，筆者也相信本研究的發現可以應用至其他個案公司或產業：產品需求的不確定性與生產環境的變異性是各個產業的公司都會面臨的問題，因此，儘管路徑彈性與機器彈性的相對重要性會因生產環境而異，但二者都是廠商設計製造系統時最基本且重要的考慮因素。
- 二、派工(dispatching)決策是影響生產績效的重要因素，在特定彈性水準下，當工程師所作的派工決策愈好時，可降低啟動與換機頻率，進而縮短生產週期時間、提昇設備生產力。然而，由於既存的實地資料無法將工程師與機台連結，本研究無法進一步檢視工程師的派工能力對生產績效的影響，儘管工程師的派工能力與彈性衡量並未呈系統性相關，不致於影響本研究之實證結果，但讀者對本文之研究結果作一般化推論時仍應注意此點限制。

第三節 建議與未來研究方向

依據上述的分析結果，茲將本研究之建議彙述如下：

一、 對實務界的建議

- (一) 本研究以一家個案公司為例，證實路徑彈性與機器彈性確實有助於生產績效的提昇，企業界可參考本研究之結果，在設計製造系統時，加入彈性的考量。以半導體產業為例，可依本研究的路徑與機器彈性衡量為基礎，評估彈性對生產績效的影響，俾以決定最適彈性水準。
- (二) 本研究指出路徑彈性有助於因應環境變異性(variability)，縮短生產週期時間；而機器彈性則有利於處理產品需求的不確定性，維持較高的生產性產能利用率，但同時對品質有不利的影響。建議個案公司可依據各廠的特性，調整所需之彈性水準，例如：若有些廠別專注於處理高階產品(產品需求不確定性較低)，但製程較不成熟，發生當機的頻率較高(生產流程的變異性較高)，則在生產流程的安排或設備的購置上，應著力於提昇路徑彈性，而降低機器彈性水準；反之，則應提昇機器彈性，降低路徑彈性。
- (三) 在個案公司製程種類是用以衡量產品組合複雜性的主要指標，但依據本研究的實證結果，研發批量比例對生產績效的影響更大，儘管實驗與製程開發有助於公司製程能力的提昇，但建議個案公司亦應評估研發批量對正常產出的影響，尤其是在產能限制下，如此方能完整評估研發批量的攸關成本，據以決定最適的研發水準。
- (四) 依據本研究之分析結果，當個案公司所處理之製程種類數愈多(亦即產品多樣性愈高)時，會增加製程時間的變異性，進而導致平均每一生產批量之生產週期時間的延長，而路徑彈性則可降低製程時間的變異性，換言之，路徑彈性的增加有助於因應因產品多樣性的增加所造成的環境不確定性。故而，建議廠商可因應產品多樣性的改變，調整路徑彈性水準，透過產品多樣性與路徑彈性間的適當配適達成生產績效的提昇。

二、 後續研究的建議

- (一) 製造彈性屬多構面觀念，在本研究中依據個案公司的特性，選擇以路徑彈性與機器彈性為研究範疇，未來研究可檢視其他彈性構面，例如：流程彈性、人員彈性、新產品彈性等對績效的影響，以及進一步檢定不同彈性構面間的相關性及互補性。
- (二) 本研究係依據個案公司的產業特性選擇機器彈性與路徑彈性為主要的研究標的，未來研究可考慮以選擇不同產業作為研究對象，檢視這兩種彈性型態在其他產業的相對重要性是否不同，對生產績效的影響是否有所差異。

- (三) 關於產品多樣性的分析，本研究著重於其對成本的影響，依據行銷與經濟文獻，產品多樣性同時可能透過產品間的互補性、消費者在偏好上的差異等因素增加產品收益(Lancaster 1990)，未來研究可同時探討成本與收益面的影響，以決定最適的產品多樣性水準。