

# 產品多樣性、不確定性與製造績效： 晶圓代工廠商之實地實證研究

尤隨樺\*

國立中正大學

## 摘要

本研究蒐集來自一家晶圓代工廠商的實地資料，實證檢視產品多樣性與不確定性對製造績效之影響，相較於既存之產品多樣性研究，本研究延伸探討：製造環境中的不確定性對時間、品質與生產力績效之影響，以及產品多樣性對製造績效之直接與間接影響。關於製造環境的不確定性，本研究依據作業研究之文獻設計三項變數衡量之：即需求變異性、製程時間變異性與到達時間變異性。實證分析結果顯示：產品多樣性與不確定性均對設備生產力與生產品質具有顯著的負向影響，對等候時間與生產週期時間具有顯著的正向影響，其中，產品多樣性不僅直接造成製造績效的降低，同時也會導致較高的需求變異性、製程時間變異性與到達時間變異性，進而造成製造績效的下降。綜言之，本研究之實證結果指出：除了產品多樣性之外，不確定性亦為重要的成本動因，若欲達成有效的成本管理，應著重於降低製造環境中不確定性的影響；其次，產品多樣性會導致製造環境之不確定性的增加，因而對製造績效存在直接與間接影響，倘若忽略該間接影響可能低估產品多樣性之成本，進而導致次佳之產品多樣性決策；另一方面，本研究亦發現不同的產品多樣性衡量對製造績效的影響不同，顯示：針對不同的產品組合特性應採行不同的管理政策。

**關鍵詞：**產品多樣性、不確定性、製造績效、晶圓代工產業

---

\*作者感謝兩位匿名評審、吳安妮教授、2004 會計理論與實務研討會之評論人劉順仁教授及與會諸位先進所給予之寶貴意見，同時感謝個案公司在資料提供上之協助及國科會提供專題研究計畫經費之補助(計畫編號：NSC93-2416-H-194-037; 原計畫名稱為「產品多樣性及不確定性對產能管理決策與製造績效之影響：流程觀點」)。

收稿日：2004 年 9 月

接受日：2005 年 8 月

二審後接受

# Product Variety, Uncertainty and Manufacturing Performance: A Field Empirical Study of A Semiconductor Wafer Fabrication Company

Sui-Hua Yu

National Chung Cheng University

## Abstract

This study examines the impact of product variety and uncertainty on manufacturing performance using data from one semiconductor wafer fabrication company. We extend product variety studies by providing evidence on the performance impact of uncertainty, and the mechanisms through which product variety impacts uncertainty and performance. Three variability measures are used to capture the level of uncertainty in the manufacturing environment, which are demand variability, process time variability and arrival variability. The empirical analyses indicate that greater product variety not only has an adverse impact on equipment productivity, production yield, and time performance, but also leads to higher demand variability, process time variability and arrival variability, which cause further degradation of manufacturing performance. Besides, the empirical results also show that a greater level of uncertainty has an adverse impact on manufacturing performance. These findings have several management implications. First, uncertainty in the manufacturing environment is an important cost driver which firms should focus on to attain effective cost management. Second, the relevant cost of product variety may be underestimated if the indirect impact of product variety on performance is not considered. Third, different dimensions of product variety affect measures of manufacturing performance differently and thus should be managed in different ways.

**Keywords:** *Product variety, Uncertainty, Manufacturing performance, Semiconductor wafer fabrication industry.*

Submitted September 2004

Accepted August 2005

After 2 rounds of review

## 壹、緒論

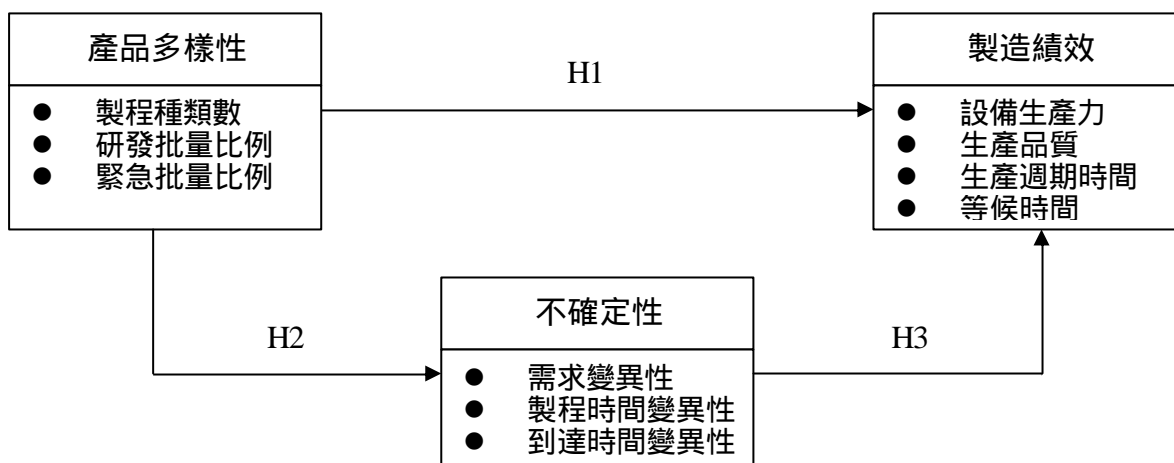
隨著市場競爭程度的增加，產品多樣化日益普及，如何管理產品多樣性(product variety)成為許多產業面臨的重要課題。依據經濟理論，當顧客傾向多樣化的消費或顧客間的偏好相異時，採行產品多樣化策略可增加產品的相對價格及顧客的購買總量，進而提昇公司的市場佔有率與銷貨收入(Lancaster 1990; Kekre and Srinivasan 1990)。然而，較高的產品多樣性水準也可能導致營運與生產上的不效率(McDuffie et al. 1996; Fisher and Ittner 1999)。

具體而言，依據作業基礎成本(activity-based costing)理論，當產品多樣性增加時，會導致機器啟動等批次作業(batch-related activities)的增加，以及物料處理與生產流程安排等產品支援作業(product-sustaining activities)的增加，進而導致製造成本的提高(Cooper and Kaplan 1991)，生產管理理論則認為因生產多樣化所導致之產品組合複雜性，會增加物料平衡、後勤支援、品質控制與生產改變的頻率，因而降低品質績效與提高製造成本(Miller and Vollmann 1985; Dopuch and Gupta 1994)。

以前述理論為基礎，有多篇研究實證檢視產品多樣性對財務績效之影響(例如：Kekre and Srinivasan 1990; Anderson 1995; Banker et al. 1995 等)，這些研究大致支持產品多樣性對生產成本具顯著的正向影響，然而究竟產品多樣性是如何影響時間、品質、生產力等非財務績效則極少研究探討之。事實上，非財務績效為財務績效的領先指標，如欲有效降低產品多樣性對財務績效之影響，應能先了解產品多樣性與各項製造績效衡量之間的關係(Ittner and Larcker 2003)。

另一方面，作業研究之文獻指出：在一動態的製造環境(stochastic manufacturing environment)中，產品多樣性可能導致產品需求與製造流程不確定性(uncertainty)的提高，當需求與流程不確定性增加時，容易造成工作站的擁擠現象，增加生產排程的複雜性，進一步導致製造績效的惡化(Banker et al. 1988; Tang 1990; Mapes et al. 2000)，但既存研究在探討產品多樣性與製造績效之間的關係時，均假設製造環境的不確定性為一外生變數，而忽略產品多樣性透過不確定性對製造績效的間接影響，如此可能低估產品多樣性對製造績效之影響力，繼而導致錯誤的管理決策，Shields et al. (2000)也指出：間接影響的探討對實務具有重要意涵，因為忽略間接影響可能造成完全相反的管理決策。

因此，本研究乃延伸既有之產品多樣性研究，將不確定性的影響納入考慮，詳細檢視產品多樣性與製造環境中之不確定性對製造績效的影響，具體而言，本研究討論之研究問題主要有四：(1)產品多樣性如何影響時間、品質與生產力等製造績效？(2)產品多樣性如何影響製造環境中之不確定性？(3)製造環境中之不確定性如何影響時間、品質與生產力等製造績效？(4)產品多樣性對製造績效之直接與間接影響為何？茲將本研究之觀念性架構列示如圖一。



圖一 產品多樣性與不確定性影響製造績效之觀念性架構

採用來自一家半導體製造廠商 9 個月的機台別資料，本研究發現：產品多樣性除了對設備生產力、生產週期時間與生產品質具有直接的負面影響外，也會透過需求與製程變異性間接造成製造績效的進一步降低，但不同的產品多樣性衡量對製造績效具有不同的影響，至於來自於需求與製程之不確定性，則對時間、品質與設備生產力具有顯著的負面影響。

本研究之實證結果對管理會計研究具有以下幾項貢獻：首先，本研究結果顯示：產品多樣性確實會造成時間、品質與生產力績效的降低，因此，廠商在採行產品多樣化策略時，應同時採行相對應的營運管理決策，以避免製造績效的惡化；其次，除了產品多樣性之外，不確定性亦為重要的成本動因，若欲達成有效的成本管理應著重於降低不確定性的影響；此外，產品多樣性對製造績效存在直接與間接影響，倘若忽略不確定性之差異可能造成產品多樣性之成本的錯誤評估，進而導致次佳之產品多樣性決策；另一方面，廠商若欲提升製造績效或維持製造績效於不墜，應能設法降低不確定性的水準，最後，本研究亦發現不同的產品多樣性衡量對製造績效的影響不同，故而針對不同的產品組合特性應選擇不同的管理政策。

本研究以下之內容依序為：第二部分回顧產品多樣性之相關文獻與發展本研究之實證假說；第三部分描述個案公司現況；第四部分說明本研究之研究方法，包含：樣本選取、變數衡量、實證模型與資料分析方法；第五部分則說明本研究之實證分析結果；最後一部份說明本研究之研究結論與建議。

## 貳、文獻探討與研究假說

產品多樣性係指廠商想要提供給顧客的產品選擇，亦即產品市場策略 (product market strategy)，這些產品選擇可能來自於數量、品牌、顏色、尺寸、生產技術或其他產品特性上的差異，也可能來自於交期、運送要求、保證及售後服務等服務構面的差異 (Ramdas 2003)，產品多樣性的兩個極端為：標準化的商品 (standardized commodity) 與完全客製化的產品 (customized product)，一者完

全沒有給顧客選擇的空間，一者則完全依據顧客的需求生產，使產品選擇的範圍達到極大化(Anupindi et al. 1999)。依據經濟理論，當顧客傾向多樣化的消費或顧客間的偏好相異時，採行產品多樣化策略可增加產品的相對價格及顧客的購買量，進而提昇公司的銷貨，但是當產品多樣性愈高時，也會增加產品組合的複雜性，使廠商失去規模經濟所帶來的成本優勢，因此，管理者必須在二者之間取捨，俾以決定最佳的產品多樣性水準(Lancaster 1990; Ramdas 2003)。

關於實施產品多樣性之成本，在管理會計研究中有較廣泛的討論，主要採用的理論包括 Cooper and Kaplan (1991)提出的作業基礎成本架構，以及 Miller and Vollmann (1985)所提出之交易觀點。依據作業基礎成本架構，廠商所執行的作業活動主要可分成四個層級：單位水準作業、批次水準作業、產品支援作業與廠務支援作業，當生產數量固定，而產品組合的複雜性提高時，批次水準作業與產品支援作業的數量會增加，因此導致製造費用的提高。至於交易觀點則指出，製造成本主要受到四類交易的驅動，亦即運籌交易、物料平衡交易、品質交易與變動交易，當產品多樣性提高時，可能造成營運與製造流程複雜性的增加，因而增加該四類交易的數量，繼而提高製造費用。

除了理論觀念的探討之外，並有多篇管理會計研究實證產品多樣性與製造成本之間的關係，實證結果大致支持產品多樣性與生產成本間的正向關係，例如：Datar et al. (1993)檢視產品與製程複雜性對品質成本的影響，結果發現顯著的正向關係；而 Anderson (1995)則採用因素分析，找出七項產品特性，繼而檢視個別紡織廠之產品組合在這七項產品特性上的異質性(heterogeneity)對製造費用的影響，結果發現：當產品組合的異質性愈高時，製造費用愈高；Banker et al. (1995)則是檢測因產品多樣性的提高導致後勤、物料平衡、品質與變動等四類交易的增加對製造成本的影響，結果發現彼此間存在顯著的正向關係。

儘管既存的管理會計研究已對產品多樣性與製造成本間之關係提供了初步的證據，但由於這類研究主要在檢測非數量相關變數是否為重要的成本動因，據以驗證作業基礎成本制度之理論架構，因此，並未仔細探討產品多樣性是如何影響時間、品質與生產力等製造績效。事實上，生產管理文獻指出產品多樣性水準的提高也可能導致成本以外之製造績效的降低，例如：Benjaafar and Gupta (1998)採用等候理論模式，分析產品多樣性對生產週期時間的影響，結果發現兩者之間存在正向關連性，且會隨著機台設定時間的增加而增加，McDuffie et al. (1996)則以汽車組裝業的情境說明：當產品多樣性增加時，零組件的複雜程度會隨之提高，因此，導致線上員工生產力的降低，Fisher and Ittner (1999)則指出產品多樣性會增加生產排程的複雜性、增加存貨不足與生產線停頓的機率，因此會產生較多的品質問題與發生報廢或重製的機會，Anderson (2001)則以紡織業為研究情境，指出產品多樣性的提高會造成品質績效的下降。是故，吾人可預期產品多樣性對時間、品質與設備生產力等製造績效具有負向影響，因此，形成假說一如下：

**假說 1：假設其他條件不變，製造績效會隨著產品多樣性的增加而降低。**

所謂不確定性，係指廠商所面臨環境中發生之不可預測與不確定的事件 (Newman et al. 1993)，這些來自於環境中的未預期改變，會增加生產排程、產能規劃、存貨管理與品質檢驗等工作的複雜性，因而導致製造績效的降低 (Correa 1994)。依據生產管理文獻，不確定性可能來自於外部環境 (Swamidass and Newell 1987; Pagell and Krause 1999)，也可能來自於組織內部 (Hopp and Spearman 2001)，依據來源的差異，可將其區分為二類：即外部不確定性 (external uncertainty) 與內部不確定性 (internal uncertainty)。所謂外部不確定性，係指來自於顧客、供應商、競爭者或科技發展等外部環境的未預期改變，例如：產品多樣性的增加、產品生命週期的縮短、買方集中度 (buyer concentration) 的增加、顧客對數量或處理要求的變異等；而內部不確定性則是指與製造流程、規劃與控制程序、物料管理等內部製造環境有關之未預期改變，例如：機台當機、機台啟動、人員缺席、處理時間變異與品質問題等 (Chen et al. 1992; Correa 1994)。

一般而言，外部不確定性的發生主要與競爭程度、顧客、供應商及產品與技術的創新有關，大部分為外生、不可控制的因素，至於內部不確定性，則除了製造過程中隨機發生的未預期改變之外，也受到外部不確定性的驅動，例如：當供應商運送原物料之時間或品質的變異性愈大時，製造流程中發生原物料短缺的不確定性愈高，愈易增加生產規劃與控制的困難度 (Newman et al. 1993; Pagell et al. 2000)。此外，諸如產品多樣性的增加、顧客對交期或產品品質要求的改變等都會導致資源使用與生產排程的衝突，因而增加內部不確定性，換言之，外部不確定性是內部不確定性的動因。其中，由於產品多樣性是造成外部不確定性增加的主要來源，Fisher and Ittner (1999) 指出：當產品多樣性增加時，個別產品的需求數量小、波動性大，因此會導致產品需求變異性的增加，另一方面，機台設定的頻率也會隨著產品多樣性的提高而增加，而作業研究之文獻則顯示：機台設定的頻率是環境變異性的函數 (Hopp and Spearman, 2001; Benjaafar et al. 2004)，因此，吾人可推論產品多樣性與製造環境的不確定性之間存在正向關連性，是故形成假說二如下：

**假說 2：假設其他條件不變，製造環境中的不確定性會隨著產品多樣性的增加而增加。**

關於不確定性對製造績效之影響，有研究提出：來自於製造過程中的不確定性，例如：當機、緊急訂單插入與重製等，會反映在製程時間的變異及到達率的變異上，繼而造成生產週期時間的延長 (e.g., Benjaafar 1996)，Mapes et al. (2000) 則指出：製造環境的不確定性可能來自於生產排程的未預期改變、個別生產階段的製程時間變異性以及產出變異性，當生產排程發生未預期改變時，除了造成生產批量的延遲，增加平均的產出時間與在製品存貨外，也會增加啟動與換機發生的頻率，造成設備生產力的降低與產出時間的增加，繼而導致較高的營運成本、較長的生產週期時間及運送的延遲；而當個別生產階段的製程

時間變異性愈大時，會使各階段之間的整合變得更加複雜，因而造成顧客前置時間的延長以及運送可靠性的降低；至於製造過程中每一階段的產出變異性愈高時，則發生報廢與重製的可能性愈高，對平均產出率及運送的可靠性同樣具有負向影響。另有研究證明：在一製造系統中，因不確定性所產生之製程時間與到達時間的變異性會造成較高的存貨水準、較長的生產週期時間以及較低的交期績效，同時造成產出時間的延長與設備生產力的降低(Bennett and Forrester 1994; Harrison 1996)。

依據作業研究之文獻，製造環境的不確定性主要反映在製程時間、到達率及產品需求的變異性上，而這些來自於內部環境的變異性(variability)不僅會影響原物料在製造系統中的流向以及設備產能的利用，同時會造成時間績效的降低，具體而言，在一穩定的系統中，投入率應與產出率相等，然而，當製造系統中存在變異性時，這樣穩定的情況就不再能維持，由於生產批量到達工作站的時間不容易預測，生產規劃的複雜性增加，生產批量的平均等候時間會因此而延長，各工作站持有的存貨水準會提高，因而導致時間與交期績效的惡化(Hopp and Spearman 2001)，此外，Tang (1990)也採用數學模式證明：製造環境中存在的變異性會造成產出率的下降與安全存貨水準的提高。因此，吾人可預期：

**假說 3：假設其他條件不變，製造績效會隨著製造環境中之不確定性的增加而降低。**

### 參、個案公司

個案公司為一家晶圓代工廠商，主要致力於積體電路製造服務，提供的製程包括：互補金氧半導體邏輯製程(CMOS logic)、類比數位/混合製程(mixed-signal)、射頻互補金氧半導體邏輯製程(RF CMOS logic)、單晶片或嵌入式記憶體製程(embedded memory)、雙載子互補金氧半導體製程(BiCMOS)以及銅製程等。在個案公司所擁有的晶圓廠中，本研究選取產品多樣性最高的廠別作為研究對象，由於該公司採行客製化生產，加以製程創新速度極快，因此個案公司所生產的產品型態高達數百種之多，儘管如此，但各項產品所需的基本製程是相似的，亦即，不同產品在製造過程中同樣需要經過氧化、擴散、黃光微影、蝕刻、化學氣相沉積以及金屬濺鍍等製程，所使用的機台亦相似，主要的差異在於經過各項製程的順序、次數以及在機台上的處置(operation)不同，因而製造出各項獨特的積體電路產品。

依據製程的差異，整個晶圓廠可區分成數個功能性區域，包括黃光區、蝕刻區、擴散區、化學氣相沉積區、離子植入區、金屬濺鍍區與研磨區。在整個IC製造過程中，晶圓成批量在廠區內移動，且會先後經過同一生產區域數次，一般而言，在積體電路的製造過程中，晶圓會先被送至擴散區及化學氣相沉積區依序在表層形成一層附著良好的二氧化矽，之後，再移至黃光區與蝕刻區進

行圖像轉移程序，所謂圖像轉移，係指將電子零件與線路一層層的由電路佈局圖轉換至晶片上，在轉移的過程中，光罩上的圖像會先被轉移至一層光阻(photoresist layer)上，再從光阻層移轉至晶圓表層，最後，晶圓最上層未被光阻涵蓋的部份會在蝕刻區被移除，圖像即可在晶圓表層形成，在圖像轉移過程結束後，晶圓會被送至化學氣相沉積區或擴散區在晶圓表層進行離子植入，最後再進入金屬濺鍍區、化學氣相沉積區與離子植入區執行金屬化(metallization)的程序(Van Zant 2000)。

平均而言，一項產品的製造需要數以百計的生產步驟，且須經過相同的機台數次，每一項產品具有其獨特的生產路徑，不同產品所經過的機台型態不同、順序不同、在機台上的處理時間亦異(Connors et al. 1996)。然而，儘管半導體產業之產品異質性高，但差異化的來源主要有三：一是元件大小(feature size)，一般積體電路元件，係以微米(micron)為衡量單位（一微米=1/10,000 公分），當元件愈小時，處理速度愈快、處理能力較高，具有較高的市場價值，顧客的需求也較高，然而，要生產尺寸較小的電子元件，需要較先進的製程與較複雜的製造過程。以黃光微影製程為例，要針對較小尺寸的元件進行圖像轉印程序，需要較先進的微影機台與較昂貴的設備，同時當尺寸愈小時，無論是隔離層、介電層或保護層的厚度均較薄，可容許的微塵尺寸愈小，因此會有較高的報廢率與重製率，此外，較先進的製程通常也較新、較不成熟，需要較多的監督與檢驗作業。

在樣本期間內，個案公司同時生產多種製程，由於在相同機台上先後處理各項不同製程時，需要額外的量測與校正作業，因此，當製程的多樣性增加時，會有較頻繁的機台設定、報廢與重製問題發生，而且需要投入較多的資源處理製造過程中所產生的變異性，並確保工廠的運作順暢。

除了元件大小之外，產品多樣性尚來自於生產批量處理的優先性以及生產批量的型態，關於生產批量的優先性，由於在晶圓代工產業，產品生命週期短，上市時間是主要的價值動因，因此為符合顧客的需要，廠商有時會因應顧客要求以較高的優先性處理特定批量的產品，這類生產批量在半導體產業謂之緊急批量(hot lot)，由於緊急批量在各工作站具有較高的處理優先順序，故而，等候時間與生產週期時間都比正常生產批量為短，但另一方面，緊急批量的插入卻往往造成既定生產流程的中斷、機台當機時間的延長，繼而導致生產流程變異性的增加與生產排程複雜性的提高，因而影響正常批量的產出率(Narahari and Khan 1997)。

至於生產批量的型態，在半導體製造業，一項製程由剛開始開發到進入成熟階段需要數個月到一年的時間，在到達量產階段之前，製造配方與流程需要經過不斷地修改與測試，此外，廠商也需要經過不斷地實驗以修正生產路徑，因此，在晶圓廠中同時存在研發批量與生產批量，較新的製程通常會有較多的研發批量，而處理這類批量需要較多的檢驗與品質控制活動，會有較多的設備



產能耗用於等候工程師與進行監測作業，故而會有較長的等候時間，此外，這些生產批量通常也是以小批量生產，因此，容易導致批次不效率(batch inefficiency)發生。

## 肆、研究方法

### 一、樣本與資料蒐集

本研究蒐集來自一家半導體製造廠商 9 個月的機台別資料，樣本期間包括：2002 年 2~6 月以及 2003 年 3~6 月，而在樣本的選擇上，依據本研究之研究問題，為確保樣本的代表性，考慮以下因素：(1)在個廠的選擇上，選擇存在產品多樣性的廠別作為研究對象；(2)在樣本期間的選擇上，選擇採用 9 個月的月資料以避免因特定月份之產能利用率的異常波動影響分析結果的可靠性。

### 二、變數衡量

#### 1. 應變數

本文的製造績效以等候時間、生產週期時間、生產品質及設備生產力衡量之，分述如下：

(1)等候時間：以特定期間內個別機台所處理之生產批量等候時間的平均值衡量之，亦即，平均每一生產批量在到達個別機台後至正式處置之前的等候時間。

(2)生產週期時間：以特定期間內個別機台所處理之生產批量之實際生產週期時間的平均值衡量之，亦即，平均每一生產批量從到達機台至完成處置離開所需時間。

(3)生產品質：以特定期間內在個別機台完成處置之良好晶圓數目佔該機台處理之晶圓總數的比例衡量之。

(4)設備生產力：以特定期間內個別機台之設備綜合效率值(overall equipment effectiveness, 簡稱 OEE)衡量之。所謂設備綜合效率，為半導體產業衡量設備之使用效率的主要指標，該指標可反映出導致設備效能下降的原因，包括：因當機、機器停頓或等待所導致之產能可用度的減少，因作業速度減慢所導致的效率損失，以及因品質瑕疵及重製所導致之品質損失，據以整體衡量設備之使用效率(Murphy et al. 1996)，其具體之計算公式如下：

$$\begin{aligned} \text{設備綜合效率值(OEE)} &= \text{可用度(availability)} * \text{績效比率(performance rate)} \\ &\quad * \text{品質比率(quality rate)} \\ &= [(\text{總時間} - \text{當機時間} - \text{計劃性的機台閒置時間}) / \text{總時間}] * [(\text{實際每小時的產出數}) / (\text{理論每小時的產出數})] * [\text{良好品數目} / \text{總生產數量}] \end{aligned}$$

其中, 可用度是以實際可用於生產之時間(actual production time)除以理論可用時間(scheduled production time)而得; 而績效比率則是以實際每小時可生產之產品數除以依據理論速度(theoretical speed)每小時可生產之產品數而得; 至於品質比率則是指所生產出之良好產品的數量佔實際總生產數量之比率。

## 2. 自變數

(1) 產品多樣性: 依據對半導體製造業與個案公司之生產特性的了解, 本研究採用三項衡量評估產品多樣性, 亦即, 製程種類數、緊急批量比例與研發批量比例衡量之。所謂製程種類數, 係指個別機台在特定期間內所處理之製程種類的數目; 而緊急批量比例, 則是指個別機台在特定期間內所處理的生產批量中緊急批量所佔的比例; 研發批量比例則是以個別機台在特定期間內所處理之生產批量中研發批量所佔的比例衡量之。

(2) 不確定性: 依據生產管理文獻, 本研究採用三項衡量評估製造環境中的不確定性, 亦即需求變異性、製程時間變異性與到達時間變異性。所謂需求變異性(demand variability), 係指特定期間內個別機台每日所處理之晶圓數目的變異係數(coefficient of variation), 亦即:

$$\text{需求變異性} = (\text{特定期間內個別機台每日所處理之晶圓數目的標準差}) / (\text{特定期間內個別機台每日所處理之晶圓數目的平均數})$$

而所謂製程時間變異性(process time variability), 係指特定期間內個別機台所處理之每一生產批量實際製造時間的變異係數衡量之, 亦即:

$$\text{製程時間變異性} = (\text{特定期間內經過個別機台之生產批量其實際製造時間的標準差}) / (\text{特定期間內經過個別機台之生產批量實際製造時間的平均數})$$

所謂到達時間變異性(arrival variability), 係以特定期間內到達個別機台之生產批量其到達時間之變異係數衡量之, 亦即:

$$\text{到達時間變異性} = (\text{特定期間內在個別機台上連續兩生產批量之到達時間間隔的標準差}) / (\text{特定期間內在個別機台上連續兩生產批量之到達時間間隔的平均數})$$

## 3. 控制變數

(1) 產能利用率: 係指個別機台耗用於具生產力(productive)與不具生產力(nonproductive)用途的時間佔該機台之理論可用時間的比例。依據生產管理文獻, 產能利用率可由產出面與時間面來定義, 本研究依據 Gupta et al. (2003), 採用時間面的定義, 亦即:

$$\text{產能利用率} = (\text{具生產力用途之時間} + \text{不具生產力用途之時間}) / \text{最大理論可用產能}$$

其中，所謂具生產力之用途，係指直接花費在產品製造上的時間，所謂不具生產力之用途，係指花費在機台維護、校正、啟動、測試、等候與當機上的時間，所謂最大理論可用產能係指以一天 24 小時，一個月 30 作為計算產能的基礎。

(2)生產總數：以特定期間內個別機台處理之晶圓數目衡量之。

### 三、實證模型

為檢測假說一與假說三，本研究設計模型一至四如下，其中，模式一與二主要在檢視產品多樣性與不確定性對設備生產力與品質績效之影響，而模式三與四主要檢視產品多樣性與不確定性對時間績效之影響：

$$OEE_t = a + \beta_1 TECH_t + \beta_2 HOT_t + \beta_3 RD_t + \beta_4 DEMANDVAR_t + \beta_5 PROVAR_t + \beta_6 ARRVAR_t + \beta_7 QTY_t + e \quad (1)$$

其中， $OEE_t$  = 第 t 期個別機台之設備綜合效率值；  
 $TECH_t$  = 第 t 期個別機台所處理之製程種類數；  
 $HOT_t$  = 第 t 期個別機台所處理之緊急批量佔全部生產批量的比例；  
 $RD_t$  = 第 t 期個別機台所處理之研發批量佔全部生產批量的比例；  
 $DEMANDVAR_t$  = 第 t 期個別機台所處理之晶圓數目的變異係數；  
 $PROVAR_t$  = 第 t 期個別機台所處理之生產批量實際製造時間的變異係數；  
 $ARRVAR_t$  = 第 t 期到達個別機台之生產批量到達時間之變異係數；  
 $QTY_t$  = 第 t 期個別機台所處理之產品總數。

$$YIELD_t = a + \beta_1 TECH_t + \beta_2 HOT_t + \beta_3 RD_t + \beta_4 DEMANDVAR_t + \beta_5 PROVAR_t + \beta_6 ARRVAR_t + \beta_7 UTIL_t + e \quad (2)$$

其中， $YIELD_t$  = 第 t 期個別機台完成處置之良好晶圓數目佔該機台處理之晶圓總數的比例；  
 $UTIL_t$  = 第 t 期個別機台耗用於具生產力與不具生產力用途的時間佔該機台之理論可用時間的比例。

$$WAITT_t = a + \beta_1 TECH_t + \beta_2 HOT_t + \beta_3 RD_t + \beta_4 DEMANDVAR_t + \beta_5 PROVAR_t + \beta_6 ARRVAR_t + \beta_7 UTIL_t + e \quad (3)$$

其中， $WAITT_t$  = 第 t 期個別機台所處理之生產批量等候時間的平均值。

$$CYCLET_t = a + \beta_1 TECH_t + \beta_2 HOT_t + \beta_3 RD_t + \beta_4 DEMANDVAR_t + \beta_5 PROVAR_t + \beta_6 ARRVAR_t + \beta_7 UTIL_t + e \quad (4)$$

其中， $CYCLET_t$  = 第 t 期個別機台所處理之生產批量實際生產週期時間的平均值。

為檢測假說二，本研究設計模式五至七如下，據以檢視產品多樣性對製造環境中之不確定性之影響：

$$DEMANDVAR_t = a + \beta_1 TECH_t + \beta_2 HOT_t + \beta_3 RD_t + \beta_4 UTIL_t + e \quad (5)$$



標準化 t 檢定進行，同時依據模式估計結果分別計算出各產品多樣性與不確定性變數對各項製造績效衡量之直接與間接影響。

## 伍、實證結果

### 一、敘述統計分析

由表一的敘述統計值吾人可看出個案公司的產品組合特性：首先，表中顯示每部機台平均所處理的製程種類達五種之多，顯示個案公司具有較高水準的產品組合異質性，此外，在個案公司每月份所生產的產品中，研發批量比例達 23%，屬於緊急批量的比例也達到 14%，顯示：個案公司確實存在產品多樣性，且不僅在產品種類上具有多樣性，服務時間長短也是差異化的來源。

表一 敘述統計量

變數	樣本數	平均數	標準差	極小值	中位數	極大值
設備生產力(%)	3688	53.18	20.90	0.20	55.10	100
生產週期時間(分)	3688	228.48	437.91	0.51	86.61	6253
生產品質	2438	0.999	0.004	0.89	1	1
等候時間(分)	3688	116.76	169.88	0	48.41	1975
製程種類數	3688	5.46	2.15	1	5	12
研發批量比例	3688	0.23	0.38	0	0.017	1
緊急批量比例	3688	0.14	0.20	0	0.0001	1
需求變異性	3513	0.43	0.43	0	0.38	22
製程時間變異性	3688	3.40	3.84	0.02	1.64	49.86
到達時間變異性	3470	0.50	0.40	0.01	0.39	4.86
生產總數	3688	21434	22618	10	14012	177814
產能利用率(%)	3529	76.45	25.95	0	85.70	100

在不確定性方面，由表一可看出：無論需求變異性、製程時間變異性或到達時間變異性均大於零，顯示：個案公司所處的製造環境確實存在不確定性，其中尤以製程時間變異性最大。另一方面，績效指標的敘述統計值顯示：個案公司的產品良率達 99.9%，顯示個案公司具有極高的品質績效。

各變數的相關矩陣列示如表二。表中右上角為 Pearson 相關係數，左下角為 Spearman 等級相關係數，觀察表二可知，自變數之間的相關性極低，均在 0.5 以下，顯示自變數之間並不存在共線性的問題。

### 二、產品多樣性與不確定性對製造績效之直接影響<sup>1</sup>

關於產品多樣性對設備生產力與生產品質之影響列示如表三。由表三可知：設備生產力模型與品質模型均達 1% 的顯著水準，且設備生產力模型之 Adj R<sup>2</sup> 達 0.3096，顯示該模型具有顯著的解釋能力，至於品質模型之模式解釋能力

<sup>1</sup> 本研究估計模式(1)、(4)與(7)時，發現一階自我相關(autocorrelation)，但已採用一般化最小平方方法(generalized least squares)修正，依據 Gujarati (2003)，採用該方法修正後，可得到不偏的係數估計值。

表二 相關係數矩陣

	設備 生產力	生產週 期時間	生產 品質	等候 時間	製程 種類數	研發批 量比例	緊急批 量比例	需求 變異性	製程時 間變異	到達時 間變異
設備生產力		-0.0846**	0.1278**	-0.0551**	0.3400**	-0.1340**	-0.1227**	-0.0817**	0.0537**	-0.0337*
生產週期時間	-0.0528**		-0.0547**	0.0545**	0.1912*	-0.0568**	0.2774**	0.0005	0.1792**	-0.0121
生產品質	0.1030**	-0.1018**		-0.0155	0.1612**	-0.0680**	-0.0248	-0.0015	-0.0419*	0.0034
等候時間	0.0228	0.8287**	-0.0780**		-0.0456**	0.0363*	0.0676**	0.0023	0.0552**	0.0644**
製程種類數	0.3341**	-0.0669**	0.1744**	0.0213		-0.1133**	-0.1202**	-0.0092	0.1389**	-0.0351*
研發批量比例	-0.0571**	-0.0326*	-0.1083**	0.0249	0.0444**		-0.2997**	0.0687**	0.0441**	0.1466**
緊急批量比例	-0.0190	0.0490**	-0.0008	0.0063	0.0179	-0.3186**		-0.0216	0.0554**	-0.0339*
需求變異性	-0.2047**	0.0522**	-0.0375*	0.0154	-0.0743**	0.1692**	-0.0729**		-0.0213	0.0241
製程時間變異性	0.0564**	0.2472**	-0.0938**	0.2231**	0.0568**	0.0473**	0.0416*	-0.0543**		-0.0517**
到達時間變異性	-0.0623**	0.0245	-0.0262	0.0178	-0.0161	0.1663**	-0.0976**	0.1339**	-0.0829**	

a. 表中右上角為 Pearson 相關係數；左下角為 Spearman 等級相關係數。

b. +、\*、\*\*分別代表 10%、5% 及 1% 的顯著水準。

則稍低(Adj  $R^2 = 0.0256$ ), 主要原因在於個案公司之生產品質極高, 平均值已達 99.9%, 大部分品質變異係為隨機性因素所造成, 例如: 供電中斷、人員疏失等, 因此產品多樣性與製造環境之不確定性能解釋之變異較低, 儘管如此, 由於品質模型整體而言仍具統計顯著性, 應不致影響吾人對於產品多樣性與不確定性對生產品質之影響的檢定。至於產品多樣性之影響, 在三項產品多樣性之衡量中, 吾人發現研發批量比例對設備生產力具有顯著的負向影響(係數 = -5.1740, t 值 = -13.62), 對生產品質之影響亦顯著為負(係數 = -0.00041, t 值 = -1.83), 至於緊急批量比例則對設備生產力具有顯著的負向影響(係數 = -7.3969, t 值 = -5.08), 顯示當緊急批量比例愈高時, 設備生產力愈低, 與假說一之預期一致。然而, 製程種類數則對設備生產力與生產品質均具有顯著的正向影響(係數分別為 0.6533、0.0003, t 值則為 4.00、6.95)。

至於產品多樣性對時間績效之影響則列示如表四。整體而言, 生產週期時間模型與等候時間模型均達 1% 的顯著水準, 至於產品多樣性衡量對時間績效的影響, 則由迴歸係數的顯著性檢測之。表四顯示: 在生產週期時間模型中, 緊急批量比例的係數顯著為正(係數為 636.4512, t 值為 12.94), 由此結果可知: 當個別機台所處理之緊急批量的比例愈高, 生產週期時間愈長; 而在等候時間模型中, 研發批量比例的係數則為 14.6422 (t 值 = 3.18), 同樣顯著為正, 顯示: 當處理的研發批量愈多時, 等候時間愈長, 與假說一的預期一致。至於製程種類數, 則與預期相反, 本研究發現該變數對生產週期時間具有顯著的負向影響(係數 = -8.9564, t 值 = -1.93)。整體而言, 除了製程種類數以外, 本研究結果支持產品多樣性對設備生產力、品質與時間績效具有顯著的負向影響, 假說一獲得部份支持。

針對製程種類數對設備生產力、生產週期時間與生產品質具有顯著正向影響之結果, 本研究透過實地訪談與書面資料了解可能的原因為: 由於個案公司致力於專業晶圓代工, 產品種類眾多, 為減低人為失誤, 避免造成生產排程紊

亂，因此採行電腦整合製造，換機時間極微，加以在積體電路的製造環境下，多種產品共用相同機台之情形極為普遍，當產品種類愈多時，可減低產品需求之波動性，增加產能之有效利用，因此有助於設備生產力之提升與生產品質及時間績效的增加。

至於不確定性對製造績效之影響，實證結果同樣列示於表三與表四。由表三可發現：需求變異性對設備生產力具有顯著的負向影響（係數=-0.6036，t 值=-1.90），而製程時間變異性對生產品質的影響亦顯著為負（係數=-0.00006，t 值=-3.04），顯示：較高的不確定性會導致設備生產力與品質績效的降低；至於時間績效方面，表四顯示：製程時間變異性對生產週期時間與等候時間具有顯著的正向影響（係數分別為 25.6505、6.1979，t 值為 9.91、9.79）。綜而言之，吾人可發現：三項不確定性之衡量分別對設備生產力、品質與時間績效具有顯著的負向影響，顯示製造績效確實會隨著製造環境中之不確定性的增加而降低，與假說三的預期一致。

表三 產品多樣性及不確定性對設備生產力與生產品質之影響

自變數	變數代號	預期符號	設備生產力	生產品質
截距項	Intercept	?	10.9410** (37.13)	0.9988** (2702.07)
製程種類數	TECH	-	0.6533** (4.00)	0.0003** (6.95)
研發批量比例	RD	-	-5.1740** (-13.62)	-0.0004+ (-1.83)
緊急批量比例	HOT	-	-7.3969** (-5.08)	-0.0004 (-1.05)
需求變異性	DEMANDVAR	-	-0.6036+ (-1.90)	0.0001 (0.35)
製程時間變異性	PROVAR	-	0.0154 (0.30)	-0.00006** (-3.04)
到達時間變異性	ARRVAR	-	0.7783* (2.32)	0.00009 (0.48)
生產總數	QTY	+	0.0005** (23.84)	--
產能利用率	UTIL	+	--	-0.000006+ (-1.88)
	樣本數		2681	2286
	Adj R <sup>2</sup>		0.3096	0.0256
	F 值		172.73	9.56
	(p 值)		<.0001	<.0001
	Durbin-Watson		1.564	1.736

a. 括號內數字為 t 值。

b. +、\*、\*\*分別代表 10%、5% 及 1% 的顯著水準。

表四 產品多樣性及不確定性對生產週期時間與等候時間之影響

自變數	變數代號	預期符號	生產週期時間	等候時間
截距項	Intercept	?	91.9211 <sup>*</sup> (2.01)	26.6722 <sup>**</sup> (6.54)
製程種類數	TECH	+	-8.9564 <sup>+</sup> (-1.93)	-0.4995 (-0.27)
研發批量比例	RD	+	33.4030 (1.21)	14.6422 <sup>**</sup> (3.18)
緊急批量比例	HOT	+	636.4512 <sup>**</sup> (12.94)	18.0046 (1.00)
需求變異性	DEMANDVAR	+	61.1442 (1.48)	2.8775 (0.74)
製程時間變異性	PROVAR	+	25.6505 <sup>**</sup> (9.91)	6.1979 <sup>**</sup> (9.79)
到達時間變異性	ARRVAR	+	-29.5679 (-1.23)	2.9638 (0.71)
產能利用率	UTIL	+	-0.1539 (-0.43)	-0.0114 (-0.18)
	樣本數		2286	2681
	Adj R <sup>2</sup>		0.1166	0.0382
	F 值		44.08	16.19
	(p 值)		<.0001	<.0001
	Durbin-Watson		1.740	1.901

a. 括號內數字為 t 值。

b. +、\*、\*\*分別代表 10%、5% 及 1% 的顯著水準。

### 三、產品多樣性對不確定性之直接影響

關於產品多樣性對不確定性之影響列示如表五。依據假說二的預期，產品多樣性的增加會使製造環境產生較高的不確定性，表五顯示：當個別機台所處理之製程種類數愈多，製程時間變異性愈高（係數=0.2088，t 值=4.35）；而當研發批量比例愈高，則不僅對需求變異性具有顯著的正向影響（係數=0.0836，t 值=6.14），也會同時導致到達時間變異性的增加（係數=0.1884，t 值=8.06），對製程時間變異性亦有顯著的正向影響（係數=0.3634，t 值=2.47）；至於緊急批量比例，則對製程時間變異性之影響具有顯著的正向影響（係數=1.3933，t 值=3.96）。整體而言，本研究結果顯示：產品多樣性對製造環境中的不確定性具有顯著的正向影響力，支持假說二之預期。

### 四、產品多樣性對製造績效之直接與間接影響

經由前述分析，吾人可以了解：在晶圓代工的製造環境中，產品多樣性與不確定性對設備生產力、時間與品質等績效具有顯著的直接影響，甚且產品多樣性會導致製造環境之不確定性的提高。因此，衍生出來的另一項研究問題是：產品多樣性對製造績效的直接與間接影響為何？針對此問題，本研究採用路徑分析探討之，模式估計結果與路徑分析圖(path diagram)分別示如表六與圖二至圖五。



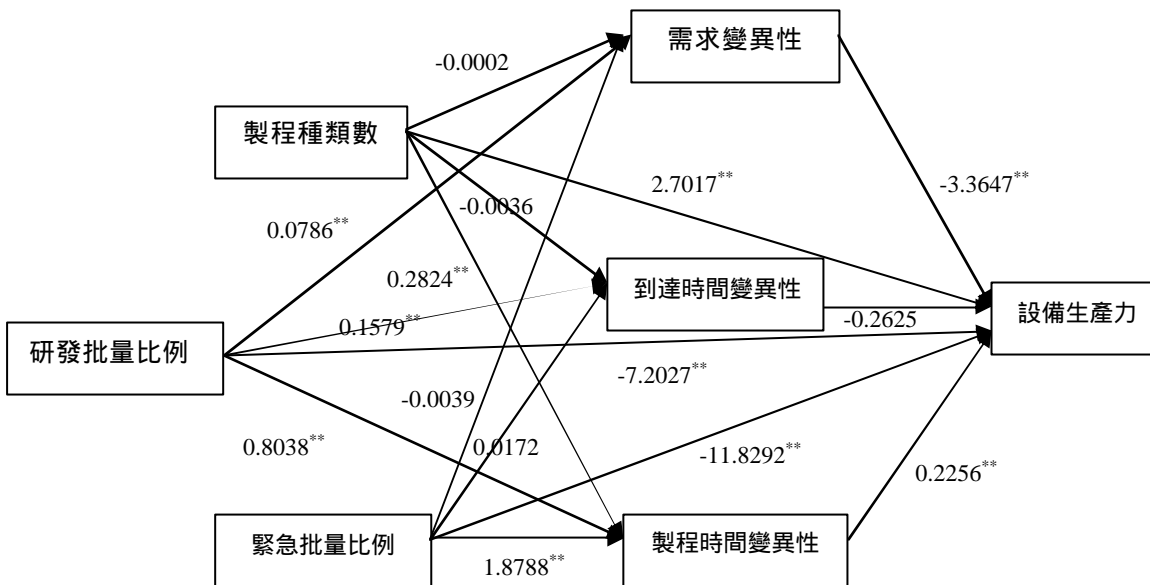
表五 產品多樣性對不確定性之影響

自變數	變數代號	預期符號	需求變異性	到達時間變異性	製程時間變異性
截距項	Intercept	?	0.4221** (20.48)	0.4479** (12.65)	0.7454** (3.35)
製程種類數	TECH	+	-0.0033 (-1.41)	-0.0011 (-0.26)	0.2088** (4.35)
研發批量比例	RD	+	0.0836** (6.14)	0.1884** (8.06)	0.3634* (2.47)
緊急批量比例	HOT	+	0.0170 (0.69)	0.0573 (1.34)	1.3933** (3.96)
產能利用率	UTIL	+	0.000005 (0.03)	0.000008 (0.03)	0.0008 (0.36)
	樣本數		2286	2286	2828
	Adj R <sup>2</sup>		0.0174	0.0275	0.0103
	F 值		11.11	17.18	8.37
	(p 值)		<.0001	<.0001	<.0001
	Durbin-Watson		1.963	1.717	2.217

- a. 括號內數字為 t 值。
- b. +、\*、\*\*分別代表 10%、5% 及 1% 的顯著水準。

從圖二至圖五，吾人可看出：當產品組合中，研發批量所佔的比例愈高時，不僅會直接導致設備生產力的下降（路徑係數=-7.2027）、生產品質的降低（路徑係數=-0.0004）與等候時間的延長（路徑係數=19.5345），也會導致製造環境之不確定性的增加，具體而言，即造成需求變異性（路徑係數=0.0786）、製程時間變異性（路徑係數=0.8038）以及到達時間變異性的提高（路徑係數=0.1579），而當需求變異性愈高時，會增加生產排程的複雜性，對設備生產力具有顯著的負向影響（路徑係數=-3.3647）；當製程時間變異性增加時，會造成等候時間、生產週期時間的延長（路徑係數分別為 3.0846、20.2309），以及生產品質的降低（路徑係數=-0.00006）；當到達時間變異性增加時，則會導致個別生產批量之等候時間的增加（路徑係數=25.6954），因此，研發批量比例不僅對製造績效具有顯著的負向影響，也會透過製造環境的不確定性，間接導致製造績效的進一步降低。

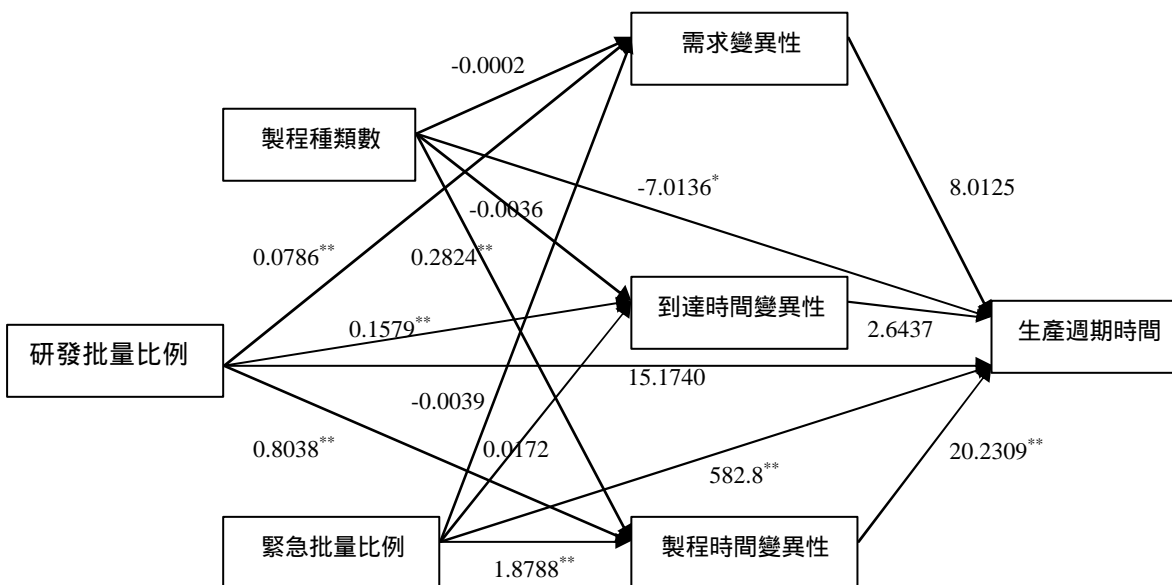
此外，路徑分析之結果亦顯示：在特定期間內當所處理的產品中緊急批量所佔的比例愈高時，會導致設備生產力的降低（路徑係數=-11.8292），以及等候時間與生產週期時間的延長（路徑係數= 57.3293、582.8），另一方面，當緊急批量的比例愈高時，也會增加製造環境的不確定性，導致製程時間變異性的提高（路徑係數=1.8788），而當製程時間變異性提高時，則會造成等候時間與生產週期時間的延長（路徑係數分別為 3.0846、20.2309），以及生產品質的降低（路徑係數=-0.00006），換言之，緊急批量比例不僅會直接造成製造績效的降低，也會間接經由製造環境的不確定性，造成製造績效的惡化。



圖中所示為路徑係數。

+、\*、\*\*分別代表 10%、5% 及 1% 的顯著水準。

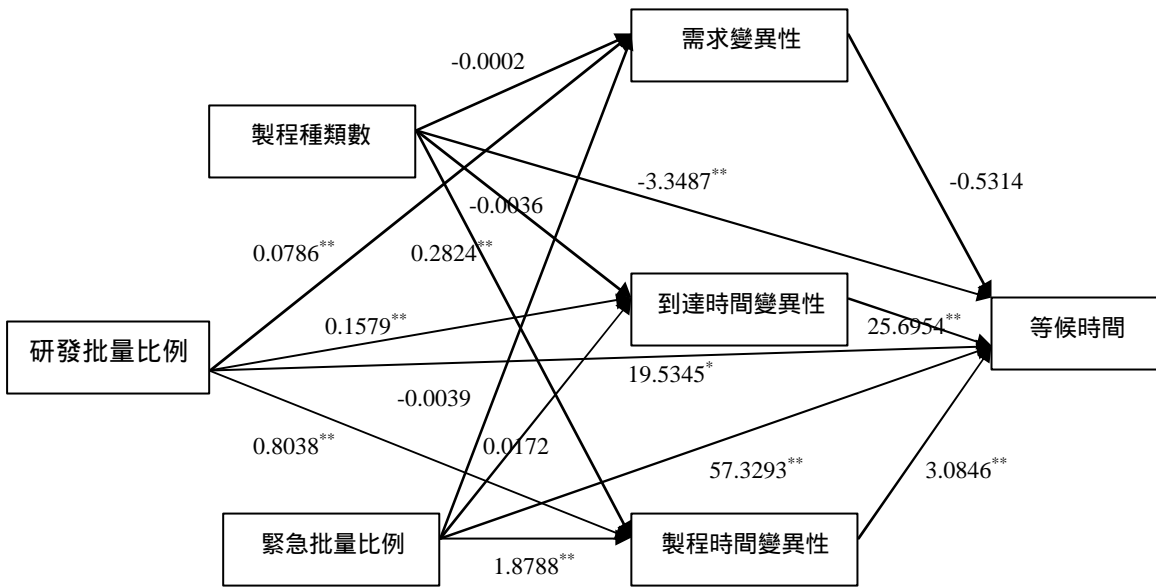
圖二 產品多樣性與不確定性影響設備生產力之關係模式



圖中所示為路徑係數。

+、\*、\*\*分別代表 10%、5% 及 1% 的顯著水準。

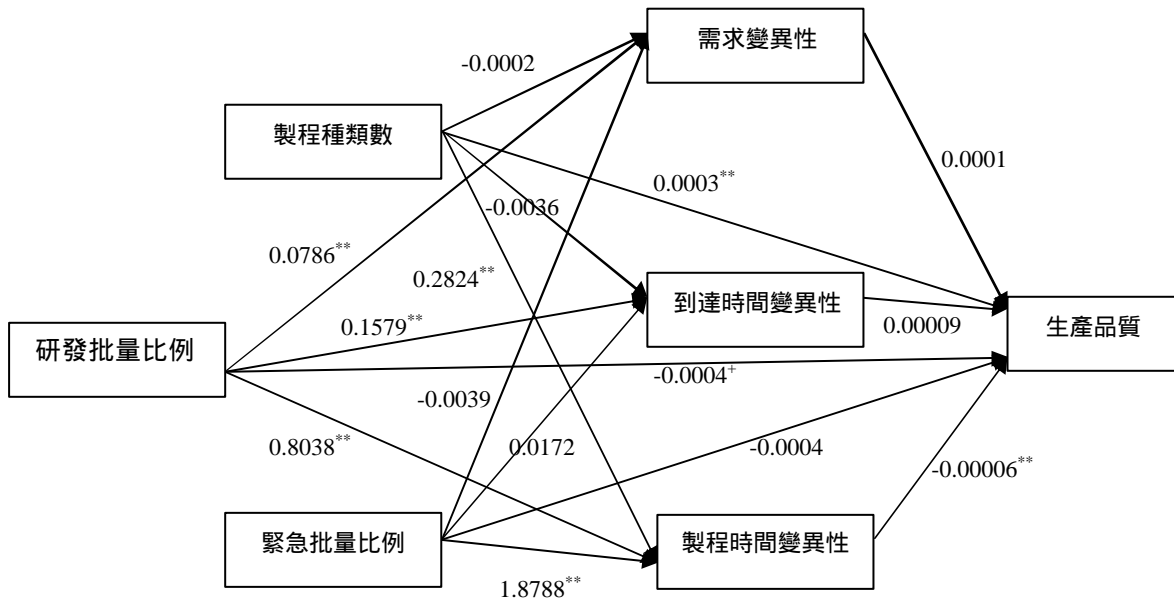
圖三 產品多樣性與不確定性影響生產週期時間之關係模式



圖中所示為路徑係數。

+、\*、\*\*分別代表 10%、5% 及 1% 的顯著水準。

圖四 產品多樣性與不確定性影響等候時間之關係模式



圖中所示為路徑係數。

+、\*、\*\*分別代表 10%、5% 及 1% 的顯著水準。

圖五 產品多樣性與不確定性影響生產品質之關係模式

至於製程種類數, 圖二至圖五的結果顯示: 當製程種類數愈多時, 會導致設備生產力的提升(路徑係數=2.7017), 等候時間與生產週期時間的降低(路徑係數分別為-3.3487、-7.0136), 以及生產品質的提高(路徑係數=0.0003), 亦即製程種類數的增加有助於製造績效的提升, 此與迴歸分析之結果一致, 但與本研究之預期結果相反。關於該項分析結果, 經深入了解之後發現: 此與晶圓代工的製造環境有關, 由於個案公司採行電腦整合製造系統, 因此, 因製程種類數增多所可能導致之機台啟動頻率與啟動時間的增加已減至最低, 加上當製程種類數愈多時, 可減少產品需求數量的波動, 增加產能的有效利用, 故而對製造績效的提升有所助益。儘管如此, 製程種類數的增加也會影響製造環境的不確定性, 造成製程時間變異性的增加(路徑係數=0.2824), 繼而導致等候時間與生產週期時間的延長(路徑係數=3.0846、20.2309), 以及生產品質的降低(路徑係數=-0.00006)。因此, 製程種類數對各項製造績效衡量之影響, 係取? 於製程種類數之直接與間接影響之相對大小而定。

表六 產品多樣性對製造績效之直接與間接影響 (樣本數=3454)

應變數	R <sup>2</sup>	自變數	直接影響	間接影響	總影響
設備生產力	0.1284	製程種類數	2.7017**	0.0637**	2.7654**
		研發批量比例	-7.2027**	-0.0832**	-7.2859**
		緊急批量比例	-11.8292**	0.4239**	-11.4053**
		需求變異性	-3.3647**	-	-3.3647**
		到達時間變異性	-0.2625	-	-0.2625
		製程時間變異性	0.2256**	-	0.2256**
生產週期時間	0.1103	製程種類數	-7.0136*	5.7132**	-1.3004*
		研發批量比例	15.1740	16.2616**	16.2616**
		緊急批量比例	582.8**	38.0098**	620.8098**
		需求變異性	8.0125	-	8.0125
		到達時間變異性	2.6437	-	2.6437
		製程時間變異性	20.2309**	-	20.2309**
等候時間	0.0173	製程種類數	-3.3487*	0.8711**	-2.4777*
		研發批量比例	19.5345*	6.5367**	26.0712**
		緊急批量比例	57.3293**	5.7953**	63.1246**
		需求變異性	-0.5314	-	-0.5314
		到達時間變異性	25.6954**	-	25.6954**
		製程時間變異性	3.0846**	-	3.0846**
生產品質	0.0269	製程種類數	0.0003**	-0.00002**	0.0002**
		研發批量比例	-0.0004 <sup>+</sup>	-0.00005**	-0.0004*
		緊急批量比例	-0.0004	-0.0001**	-0.0001**
		需求變異性	0.0001	-	0.0001
		到達時間變異性	0.00009	-	0.00009
		製程時間變異性	-0.00006**	-	-0.00006**

<sup>+</sup>、\*、\*\*分別代表 10%、5% 及 1% 的顯著水準。

綜而言之, 三項產品多樣性衡量中, 除了製程種類數之外, 其餘二項衡量對於設備生產力與生產品質均具有顯著的負向影響, 而對於生產週期時間與等候時間則具有顯著的正向影響, 顯示: 產品多樣性確實導致製造績效的降低,

與前述迴歸分析之結果一致。此外，產品多樣性衡量亦分別導致三項不確定性衡量的增加，顯示：當產品多樣性的程度增加時會造成製造環境中不確定性的提高，另一方面，製造環境的不確定性則對製造績效具有顯著的負向影響，具體而言，設備生產力隨著產品需求變異性的增加而降低，生產週期時間與等候時間則隨著製程時間變異與到達時間變異的增加而延長，而生產品質也因製程變異性的增加而降低，故而，產品多樣性對製造績效存在間接影響。關於產品多樣性對製造績效之直接影響、間接影響與總影響，則彙總如表六所示。

## 陸、結論與建議

本研究檢視半導體製造環境下，產品多樣性與不確定性對製造績效之影響，結果發現：製造環境中的不確定性對設備生產力、時間與品質績效均具有顯著的負向影響，至於產品多樣性的提高則不僅會直接造成設備生產力與時間績效的降低，同時也會導致製程時間變異性、到達時間變異性及需求變異性等不確定性衡量的增加，進一步造成設備生產力、時間與品質績效的降低，但不同的產品多樣性衡量對製造績效具有不同的影響。

本研究之實證結果具有數項管理意涵：首先，本研究發現同一產品多樣性衡量對時間、品質與生產力等製造績效之影響幅度並不相同，甚且不同產品多樣性衡量對同一製造績效的影響也有差異，顯示：若廠商欲有效管理產品多樣性以提昇製造績效或降低生產成本，應能針對不同產品組合特性選擇不同的管理政策，例如：針對生產較高比例之高階製程產品的廠別，由於研發批量比例較高，廠商應著眼於減低檢查與監測作業所造成之生產中斷的頻率，以提升品質及時間績效；其次，本研究發現製造環境中之不確定性不僅會導致等候時間與生產週期時間的延長，同時也造成生產品質與設備生產力的降低，顯示：除了產品多樣性之外，不確定性也是重要的成本動因，廠商若欲提升績效水準，應能著重於減低製造環境中之不確定性的影響；此外，本研究並發現：產品多樣性不僅會直接造成製造績效的降低，同時也會間接透過環境變異性的增加進一步減低製造績效，故而忽略不確定因素的影響，可能導致產品多樣性之成本的低估，進而造成次佳之產品多樣性管理決策，或者次佳之產品多樣性水準。

在研究方面，本研究澄清多項過去研究的發現，對既存文獻提供了額外的洞察，具有以下幾項貢獻：首先，過去管理會計研究主要依循依據作業基礎成本架構，驗證產品多樣性是否為一成本動因（例如：Foster and Gupta 1990; Banker et al. 1995），但並未能釐清產品多樣性是如何導致生產成本的提高。然而，本研究則具體指出：當產品多樣性提高時，會造成生產品質的降低、設備生產力的下降，以及生產週期時間的延長，因此導致生產成本的上升，是故，若欲減低產品多樣性對生產成本之影響，應從提升製造績效著手。其次，過去研究在評估產品多樣性之成本時，主要著眼於產品多樣性對生產成本的影響，然而，本研究則發現產品在生產線上的等候時間與生產週期時間會因為產品多

樣性的提高而延長, 因此可能造成存貨水準的增加, 以及顧客服務與交期績效的降低, 是故, 在評估產品組合決策之攸關成本時, 除了生產成本之外, 應同時將存貨持有成本及因顧客服務降低所導致之潛在銷售損失等營運成本納入考慮。

此外, 既存的管理會計研究多集中於探討產品多樣性對績效的影響, 而忽略其他的情境變數(Ittner and Larcker 2001), 然而, 本研究則發現: 除了產品多樣性之外, 存在於製造環境中的不確定性也是造成績效降低的重要因素, 因此, 若欲提升生產品質、生產週期時間或設備生產力等製造績效, 應致力於減低製造環境中的不確定性水準, 或透過管理政策降低不確定性的影響; 最後, 過去研究主要著重於探討產品多樣性對生產成本的直接影響, 然而, 本研究則發現: 產品多樣性增加時, 會造成製造環境中不確定性的提高, 進一步導致製造績效的下降, 顯示: 過去研究忽略產品多樣性對製造績效的間接影響, 可能造成產品多樣性對生產成本之影響的低估。

基於前述發現, 本研究建議: 未來研究可延伸探討產品多樣性對生產成本之直接與間接影響, 或者檢視產品多樣性對營運成本之影響; 其次, 可討論廠商所採行之營運管理政策, 例如: 持有較高的存貨水準以及提高製造彈性等如何減低產品多樣性之成本。另一方面, 依據行銷與經濟文獻, 產品多樣性也可能因為產品間的互補性, 或消費者在偏好上的差異, 而對銷貨收入具有正向影響, 因此, 未來研究亦可同時由收入與成本面評估產品多樣性之成本效益, 以決定最佳的產品多樣性水準。

最後, 本研究存在以下幾點限制: 首先, 本研究僅以一家個案公司為研究對象, 研究結果的一般性可能因此受到限制, 但基於產品多樣性與不確定性為普遍存在於產業界之現象, 是故, 本研究結果之應用價值應不致因而減損, Ittner and Larcker (2001)也指出以個別或少數公司為研究對象之實地研究雖存在外部效度之限制, 但卻能提供較詳細的資訊, 對研究問題進行深入的分析, 在增加理論洞察上具有其貢獻; 其次, 基於實地資料蒐集之限制, 本研究僅能取得兩個年度上半年月份之資料進行測試, 因此無法檢測實證結果是否可能因前半年與後半年之營運模式的不同而改變, 這是在對本文之研究結果作一般化推論時必須注意的地方。

### 參考文獻

- Anderson, S. W. 1995. Measuring the impact of product mix heterogeneity on manufacturing overhead cost. *The Accounting Review* 70(3): 363-387.
- Anderson, S. 2001. Direct and indirect effects of product mix characteristics on capacity management decisions and operating performance. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems* 13: 241-265.

- Anupindi, R., S. Chopra, S. Deshmukh, J. Miegheem, and E. Zemel. 1999. *Managing Business Process Flows*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Banker, R., S. Datar, and S. Kekre. 1988. Relevant costs, congestion and stochasticity in production environments. *Journal of Accounting and Economics* 10: 171-197.
- Banker, R., G. Potter, and R. Schroeder. 1995. An empirical analysis of manufacturing overhead cost drivers. *Journal of Accounting and Economics* 19: 115-137.
- Benjaafar, S. 1996. Modeling and analysis of machine sharing in manufacturing systems. *European Journal of Operational Research* 91: 56-73.
- Benjaafar, S., and D. Gupta. 1998. Scope versus focus: Issues of flexibility, capacity, and number of production facilities. *IIE Transactions* 30: 413-425.
- Benjaafar, S., J. Kim., and N. Vishwanadham. 2004. On the effect of product variety in production-inventory systems. *Annals of Operations Research* 126: 71-101.
- Bennett, D., and P. Forrester. 1994. Product variety and just-in-time: Conflict and challenge. *International Journal of Logistics Management* 5 (1): 73-80.
- Chen, J., R. Clinton, and C. Chung. 1992. The marketing-manufacturing interface and manufacturing flexibility. *Omega* 20 (4): 431-443.
- Connors, D. P., G. E. Feigin, and D. D. Yao. 1996. A queueing network model for semiconductor manufacturing. *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing* 9 (August): 412-427.
- Cooper, R., and R. Kaplan. 1991. *The Design of Cost Management Systems*. Prentice-Hall.
- Correa, H. 1994. *Linking Flexibility, Uncertainty and Variability in Manufacturing Systems*. Avebury Inc.
- Datar, S., S. Kekre, T. Mukhopadhyay, and K. Srinivasan. 1993. Simultaneous estimation of cost drivers. *The Accounting Review* 68 (July): 602-614.
- Dopuch, N., and M. Gupta 1994. Economic effects of production changes: Accounting implications. *Journal of Management Accounting Research* (Fall):1-23.

- Fisher, M. L., and C. D. Ittner. 1999. The impact of product variety on automobile assembly operations: Empirical evidence and simulation analysis. *Management science* 45 (June):771-786.
- Foster, G., and M. Gupta. 1990. Manufacturing overhead cost driver analysis. *Journal of Accounting and Economics* 12 (Spring):309-337.
- Gujarati, D. N. 2003. *Basic Econometrics*, 4th ed. Boston: McGraw Hill.
- Gupta, M., T. Randall, and A. Wu. 2003. The economic impact of congestion and capacity utilization: An empirical examination. Working paper, 2003 American Accounting Association Annual Meeting.
- Hatcher, L. 1994. *A Step-by-Step Approach to Using the SAS System for Factor Analysis and Structural Equation Modeling*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Harrison, A. S. 1996. An investigation of the impact of schedule stability on supplier responsiveness. *International Journal of Logistics Management* 7(1): 83-92.
- Hopp, J., and M. Spearman. 2001. *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*. Irwin, Inc.
- Ittner, C., and D. Larcker. 2001. Assessing empirical research in managerial accounting: A value-based management perspective. *Journal of Accounting and Economics* 32:349-410
- Ittner, C. D., and D. F. Larcker. 2003. Coming up short in nonfinancial performance measurement. *Harvard Business Review* 45 (winter):104-119
- Kekre, S., and K. Srinivasan. 1990. Broader product line: A necessary to achieve success? *Management Science* 36 (10):1216-1231
- Kline, R. B. 1998. *Principles and practice of structural equation modeling*. New York, Guilford Press.
- Lancaster, K. 1990. The economics of product variety: A survey. *Marketing Science* 9 (Summer): 189-206.
- Mapes, J., M. Szwajczewski., and C. New. 2000. Process variability and it effect on plant performance. *International Journal of Operations and Production Management* 20 (7): 792.



- McDuffie, J. P., K. Sethuraman., and M. L. Fisher. 1996. Product variety and manufacturing performance: Evidence from the international automotive assembly plant study. *Management Science* 42 (March): 350-369.
- Miller, J., and T. Vollmann. 1985. The hidden factory. *Harvard Business Review* 63 (5): 142-150
- Murphy, R., P. Saxena, and W. Levinson. 1996 Use OEE; don't let OEE use you. *Semiconductor International* 19 (10): 125-132
- Narahari, Y., and L. Khan. 1997. Modeling the effect of hot lots in semiconductor manufacturing systems. *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing* 10 (1):185-188.
- Newman, W., M. Hanna, and M. Maffei. 1993. Dealing with the uncertainties of manufacturing: flexibility, buffers and integration. *International Journal of Operations and Production Management* 13 (1): 19-34.
- Pagell, M, and D. R. Krause. 1999. A multiple-method study of environmental uncertainty and manufacturing flexibility. *Journal of Operations Management* 17:307-325
- Pagell, M., W. R. Newman, M. D. Hanna, and D. R. Krause. 2000. Uncertainty, flexibility, and buffers: Three case studies. *Production and Inventory Management Journal* 41(1):35-43.
- Ramdas, K. 2003. Managing product variety: An integrative review and research directions. *Production and Operations Management* 12 (Spring): 79-101.
- Shields, M. D., Deng, F. J., and Y. Kato. 2000. The design and effects of control systems: Tests of direct- and indirect-effects models. *Accounting, Organization and Society* 25:185-202
- Swamidass, P., and W. Newell. 1987. Manufacturing strategy, environmental uncertainty and performance: A path analytic model. *Management Science* 33 (4): 509-524.
- Tang, C. S., 1990. The impact of uncertainty on a production line. *Management Science* 36 (12): 1518-1531.
- Van Zant, P. 2000. *Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing*, 4<sup>th</sup> ed. New York: McGraw-Hill.