

我國上市櫃營造與建設業共同邊界生產力變動 分析：投入導向距離函數之應用

張寶光* 黃台心** 郭君儀***

摘要

本研究以對經濟發展具引導重要性的營建業為研究對象，採用能比較不同生產技術群體的共同邊界投入導向距離函數，探討經營模式有所差異的營造與建設兩次產業公司的共同邊界生產力變動。搜集台灣2000年至2007年24家營造業及59家建設業公司不平衡的縱橫資料，共計561個樣本點，進行迴歸分析後，主要發現如下：首先，營造業公司的生產力指數平均數顯著低於建設業公司；其次，營造業公司規模變動與技術變動均顯著低於建設業公司；第三，營造業公司技術缺口比率變動率顯著大於建設業公司，其中，營造業公司之技術追趕未顯著大於建設業公司，然其生產技術相對於潛在技術水準可以提升的空間顯著比建設業公司大。最後，進一步將技術追趕分解成技術效率追趕及規模追趕兩個要素並加以檢定時，則發現營造與建設業公司間之技術追趕值雖不具顯著差異，然而營造業公司之規模追趕值卻顯著小於建設業公司。綜言之，相

* 通訊作者，淡江大學會計學系教授。聯絡地址：251 新北市淡水區英專路 151 號；Email: baog@mail.tku.edu.tw。

** 國立政治大學金融學系教授。

***淡江大學管理科學研究所會計組博士生。

對於過去以營造或建設業個別次產業公司為分析對象之文獻，本研究改以營造或建設業合併之資料進行分析，並將焦點延伸至生產力變動及追趕等議題，除可補強營建相關研究文獻之缺口外，或較能提供更具體資訊予企業管理階層，做為擬訂長短期績效評估及經營決策之依據。

關鍵詞：營建業、共同邊界投入面距離函數、共同邊界生產力變動、規模報酬

壹、緒論

長期以來，工程投資被公認具有帶動國家總體經濟發展、提高生產要素的使用效率及提昇人民生活水準，進而增進整體產值及國家競爭力等多重效益。而工程投資由經濟發展具先導性的營建業及其上下游相關產業所主導，對國家整體經濟貢獻甚大，以 2003 年至 2007 年間，單就營造業言，其產值佔國內生產毛額即介於 2.5%~3%，就業人口約佔總人口的 6.4%~7.95%，而不動產業併同金融業之產值佔國內生產毛額則約介於 14%~16%（行政院主計處，2011）。此外，營建業屬關聯性既廣且深之產業型態，隨景氣循環，對水泥、鋼鐵、機械設備、運輸及電機等產業的需求產生重大影響，進而影響國內勞工失業率及經濟成長，營建業之重要性可見一斑（經濟建設委員會，2007, 2008）。

對國計民生有如此重大影響的營建業，卻因其本身特性，如存貨比率高、工期長、回收慢和供需調整緩慢等，導致營業風險偏高、營收入帳時點不穩定及業務來源不穩定，能持續經營已屬不易。加諸台灣幅員狹小，營建業之發展在先天條件上受到不少限制，尤其在 2002 年 1 月 1 日，台灣加入 WTO 成為會員國後，世界各國的營建業均能來台灣加入國土建設之競爭行列，使原就競爭激烈且存活不易的營建業，其經營情況更是雪上加霜。台灣各營建業廠商莫不採取各種可能的策略，以利提昇本身的優勢競爭力，如進行多角化及國際化等，追求永續的經營目標。面對產業特性如此特殊且競爭如此激烈的營建業，投資人及債權人如何有效獲悉那個營建次產業公司才是經營優質的好公司，其實並不容易，也增加政府制定相關輔導政策時的困難。

營建業係一總合名稱，主要由營造業、建設業、工程顧問業及建築師事務所等次產業所組成^(註1)。由於工程顧問業及建築師事務所等次產業，其詳確的經營資料不易取得，故在績效評估的研究文獻中甚為罕見。然而營造業與建設業兩次產業，有許多公司在資本市場上市、櫃交易，有完整的公開資料可得，故營建業的效率評估文獻，多以營造業與建設業為對象進行分析，其中尤以營造業的文獻數量相對較多。營造與建設兩個次產業，雖同屬營建業之範疇，有其共同的產業特性，然亦有其相異的營業模式(business model)。前者以對外承包工程為主要業務，後者則以自地自建或與地主合建的方式為主要業務，這種不同營運模式，造成兩種次產業眾多的不同特性，如現金轉換週期、資金需求程度及資產結構之差異等，使得此兩個次產業間之關聯性雖高，然行業特性與經營模式又有相當差異。其中，建設業屬於不動產投資與開發的產業(章定煊與張金鶚，2001；章定煊，2005)，而營造業則屬於工程興建業，此差異隱含它們的生產技術具有異質性。近年來已有文獻將營造及建設兩個次產業併同，並比較其經營效率(Wong *et al.*, 2012)或財務績效(Al-Malkawi & Pillai, 2013)。

在企業績效評估的領域中，由於邊界效率分析法(frontier efficiency analysis)通常優於非邊界效率分析法(Bauer *et al.*, 1998; Cummins & Zi, 1998)，故過去探討營造業與建設業公司經營績效之文獻，大多採用邊界效率分析法為之。有些單獨以營造業為研究對象(如吳濟華等，2008；Sumardi & Anaman, 2004；You & Zi, 2007)，有些則以建設業為對象(如章定煊與張金鶚，2001；章定煊，2005；洪維廷與尚瑞國，2005)，亦有將營造及建設兩業合併分析者(如吳金松，2006)。

然而綜觀過去採用邊界分析法且以營造業與建設業為研究對象之文獻，大多以生產效率為訴求焦點，罕見以生產力變動為研究課題，然因生產力變動分析將時間因素納入考量，能夠透析特定產業跨期之營運績效及績效之來源，如生產力變動可再細分為技術變動、技術效率變動及規模變動等組成要素，故更易產生政策意涵，此不但可填補營建業效率動態性文獻之缺口外，應能提供更完整及更具決策攸關之資訊予公司管理者、投資人、債權人及政府當局，俾進行經營管理、投資、授信及政策制定等決策之參考，增強理論及實用之價值。

考慮營造業與建設業之生產技術存在異質性，本文針對組成營建業最主要的營造與建設業兩次產業為分析對象，配合廠商雇用多種投入與生產多種產出之特性，利用能將廠商面臨不確定經營環境因素，直接納入模型考量的共同邊界投入面隨機距離函數進行分析，除可瞭解營造業與建設業個別次產業傳統之麥氏生產力指數(Malmquist productivity index)外，另涵蓋個別次產業與共同邊界相對生產力變動之分析，且比較與分析兩個次產業之共同邊界生產力變動的組成因素。

有關麥氏生產力指數之估計方法，過去常採用固定規模報酬假設下的資料包絡分析法來分析，其重要特點為固定規模報酬與變動規模報酬的包絡線必有交集。然而，若擬將受評估單位的環境不確定性因素納入考量而採隨機邊界分析法時，則前述關係不必然存在(Orea, 2002)。若使用變動規模報酬生產函數進行估計，進而計算麥氏生產力指數時，不符合生產力指數應具備的等比例性原則(註²)必須有所調整。有關此點，Orea (2002)有詳細推導，該文透過變動規模報酬產出面距離函數的推導，將規模效率調整項納入共同邊界生產力指數變動的構成項目中，使該距離函數符合等比例性質，如此，甚至使共同邊界生產力變動之分解內涵更為完整與正確。

過去從事營建業效率評估的方法，多數文獻以確定邊界的資料包絡分析法為之，然而廠商在實際的營運過程中，經常面臨不確定因素的干擾，故在分析方法上若採用能納入隨機因素的模型，應可獲得比較接近實況的營運資訊，對於管理階層的決策參考價值或可更高。故本文改採能納入營運不確定因素的隨機邊界模型，估計個別群組與共同邊界投入面translog距離函數，進而可以計算個別群組與共同邊界生產力指數的跨期變動，translog函數具有相當的伸縮性，希冀儘量降低可能出現的函數設定不恰當缺點，並將隨機因素隔離，期能獲得較正確的估計結果。

綜合而言，本文採取隨機邊界投入面距離函數針對我國營造與建設業公司生產力變動分析，除估計我國營造與建設業公司個別次產業及產業全部之個別與共同邊界函數外，並進一步比較營造與建設業公司共同邊界生產力變動組成要素的差異，做為擬定經營策略的參據。

貳、文獻回顧

一、營建業之營運績效

用以衡量企業績效的方式，大體上可區分為邊界效率分析法及非邊界效率分析法，而對絕大多數的管制者及其他目的言，邊界分析法優於來自財務報表的標準化財務比率方法，如ROA或成本效益比率等，後者常為管制者、金融機構經理人及產業顧問用來評估績效之用(Bauer *et al.*, 1998)。其原因為邊界效率分析法之指標係使用線性規劃或統計技術，將影響標準績效比率的價格差異及其他外生變數效果移除，以獲取經理人根本績效之較佳估計值所致，Cummins and Zi (1998)亦有類似之見解。

過去文獻邊界分析法應用於營建業時，主要分成資料包絡分析法及隨機邊界法兩個系列，其中，在方法的使用上則以資料包絡分析法為主，隨機邊界分析法相對較少。至於研究的對象方面，營造業及建設業等兩個次產業各有三篇研究，將營造及建設兩業混合研究者有兩篇，其詳細資訊彙總於表1中，以下分別加以說明。

表1 營建業應用邊界評估方法進行效率分析文獻一覽表

效率評估方法	應用產業對象		
	營造業	建設業	營造與建設業
資料包絡分析法(DEA)	You and Zi(2007) 吳濟華等(2008)	章定煊與張金鵬(2001)、 章定煊(2005)、洪維延與 尚瑞國(2005)	Wong <i>et al.</i> (2012)
隨機邊界分析法(SFA)	Sumardi and Anaman (2004)	無	吳金松(2006)

首先，以營造業為效率評估對象者，You and Zi (2007)針對韓國營造業為對象探討韓國於1997年經濟危機前後，其營造業的經濟效率、技術效率及配置效率的變動情況。而吳濟華等(2008)則探討我國2001年至2005年29家列入500大服務業排行榜的營造業，分析其總效率及跨期生產力的變動情形。前面兩篇文獻均以公司層級的資料並以資料包絡法進行分析，Sumardi and Anaman (2004)則以產業層次的資料，且以隨機邊界法針對汶萊國家營建

業由 1971 年至 2001 年的總和效率(aggregate efficiency)分析，並發現該國整體之技術無效率約為 26.6%。

其次，以建設業為效率評估對象者，其分析方法全部均為資料包絡分析法。最早者，係章定煊與張金鶚(2001)針對國內 1999 年底以前之 34 家上市櫃建設公司為效率分析對象，除探討其技術效率外，並發現設立年限、董監事持股比例、董監事設質比例及市場貝他均與技術效率有顯著關聯性。之後，章定煊(2005)則以屬房地產不景氣的 1999 年至 2003 年期間，來探討建設業之技術效率、純粹技術效率及規模效率等。同年度，洪維延與尚瑞國(2005)另以 2003 年台灣地區 28 家上市櫃建設公司為對象，以四階段資料包絡分析法排除經營環境的影響後，發現在不同推案區域及不同市場交易的建設公司，其純粹管理效率不再具顯著差異，即 28 家上市櫃建設公司資源利用的效率並無不同。

最後，由表 1 可發現，早期的文獻甚少將營造與建設兩個次產業合併起來比較其經營績效，然近年來已有論文加以探討，例如，Wong *et al.* (2012) 以 DEA 方法分析及比較伊朗的營造與建設業的經營效率，Al-Malkawi and Pillai (2013) 則比較阿拉伯聯合大公國的營造與建設業在全球金融危機前後的各種財務績效，至於台灣的相關文獻則甚少，僅有吳金松(2006)利用隨機邊界法以成本函數，衡量台灣 1998 年至 2004 年間 54 家上市櫃營造與建設兩產業公司之成本效率與規模經濟。值得注意的是，前述文獻雖將營造業與建設業併同分析，然均未以共同邊界的概念加以分析，仍係個別生產邊界的分析邏輯。

歸納前述所有使用邊界分析方法對營建業進行績效分析的文獻可發現三個事實，其一，絕大多數的文獻均以資料包絡分析法來進行績效分析，此方法以數理規劃理論為基礎，大多情況均在確定條件下進行。其二，相關文獻之績效分析絕大多數均以效率分析為主要訴求，僅吳濟華等(2008)有以資料包絡分析法探討我國營造業的跨期生產力的變動情形。最後，文獻上幾乎未將營造與建設兩個次產業合併起來加以探討，僅有吳金松(2006)利用單一邊界衡量台灣上市櫃營造與建設兩產業公司之成本效率與規模經濟，然而並未考量營造與建設兩個次產業之技術差異性。

二、實證方法相關研究

過去對異質生產技術的群體，大多使用相同的效率邊界進行分析，產生異質生產技術群體間效率比較基礎不一致的缺點，對此，Battese *et al.* (2004) 及 O'Donnell *et al.* (2008) 提出共同邊界函數(meta-frontier function)之方法，俾供在共同邊界上進行效率比較。另外，陳谷荔與楊浩彥(2008)參考 Orea (2002) (註³) 及 O'Donnell *et al.* (2008) 之做法，透過變動規模報酬產出面距離函數的推導，將規模效率調整項納入共同邊界生產力指數變動的構成項目中，使該距離函數符合等比例性質，如此，甚至使共同邊界生產力變動之分解內涵更為完整與正確。相關介紹參見本文之第 4 節。

近數年來，採用共同邊界架構以分析生產力變動的應用文獻，篇數雖少，然已逐漸崛起，如 Oh (2010) 以世界上 1993-2003 年間的 46 個國家為對象，以共同邊界法分析各國具環境敏感性的生產力成長指數，發現歐洲國家採取具世界領先的邊界技術，而亞洲國家則嘗試努力移向邊界技術。另如 Oh and Lee (2010)，則採共同邊界觀念針對全球 58 個國家 1970-2000 年間的總體經濟進行麥氏生產力指數分析，實證結果發現亞洲國家已嘗試移向邊界技術，而歐洲國家則已採取世界上最先進的技術。此外，Sipiläinen *et al.* (2010) 亦以共同邊界架構分析歐洲丹麥、芬蘭及瑞士三國，2003 年 954 個生產乳酪農場的生產力差異，研究發現不同方法下分析結果略有差異，然丹麥農場的生產力最高。以上三篇文獻均為以資料包絡分析法進行之研究。

共同隨機邊界法進行生產力變動分析甚少，陳谷荔與楊浩彥(2008)以 1980 - 2003 年間，世界上 26 個高所得國家以及 40 個中所得與低所得國家的總體資料，進行共同邊界參數法的生產力推估與拆解，發現了未考量規模變動的生產力指數，潛藏著衡量不完全之風險。Chen and Yang (2011) 則比較了台灣公營與私營銀行，及台灣與中國銀行業生產力成長的差異。除了前述之文獻外，截至目前，就作者們所知，甚少有將隨機因素納入模型考量的共同邊界生產力變動分析之文獻。

三、假說發展

本文係比較我國營造及建設兩個具關聯性次產業的生產力變動情況，依據相關文獻之論述，產業內各廠商之生產力變動與產業競爭程度具有極

高之攸關性，亦即隨著產業內競爭程度之高低，將對廠商的生產力成長產生不同程度之影響。相關文獻之發現大多以世界各國的不同產業為實證對象，例如，Funakoshi and Motohashi (2009)以日本企業為對象實證後發現，較高的市場競爭度（較低的 HHI）將伴隨著較高的總要素生產力(TFP)成長。Kato (2009)以印度製造業為對象實證後指出，較小市占率的廠商有較高的生產力成長，且此一效果在較低集中度的市場更為明顯。

Reenen (2011)針對大型及特定產業資料庫實證分析後亦發現，較強的市場競爭性將提昇生產力。Vancauteran and Frahan (2011)以歐盟市場為對象，實證發現撤除貿易障礙後的歐盟市場，各廠商的競爭性提高（較低之商品價格加成），經由投入之較佳配置，導致總要素生產力提昇。Chen (2013)則利用全球 82 個國家在 2004-2012 年間的商業銀行進行實證後發現，銀行的競爭度與資本管制顯著地強化銀行生產力。

綜合前述可知，一般而言，產業之競爭度愈強，則生產力成長愈高。據此，本文即由選樣期間我國營造業與建設業的競爭度高低來推論其異質生產力成長情況。為瞭解我國營造業與建設業在 2000 至 2007 的樣本期間中，其市場競爭度的情況，本文計算兩個次產業之 HHI 指數變動情況如下表 2 中。

表 2 我國營造業與建設業 2000-2007 年 HHI 指數變動表

年度	營造業		建設業	
	樣本數	HHI	樣本數	HHI
2000	19	905	52	376
2001	19	825	53	440
2002	18	956	50	534
2003	18	976	49	588
2004	17	1093	49	547
2005	22	751	52	455
2006	21	836	51	554
2007	21	799	50	498

由表 2 中可觀察到建設業的 HHI 指數在樣本期間的各年中均小於營造業，顯示營造業市場集中度相對較高，隱含建設業之市場競爭性高於營造業，故本文預期建設業在樣本期間之共同邊界生產力成長將高於營造業。由於不同次產業需在共同邊界的條件下方能比較，包括共同邊界生產力成長、技術追趕與潛在技術變動率等技術缺口比率變動率之兩個主要成份，概念上，若共同邊界生產力成長時，除了導因於群組生產力成長外，亦源自於共同邊界下較高之技術追趕與較低之潛在技術變動。綜合而言，在其他情況不變下，本文以研究假說表達如下：

假說 1：我國建設業之共同邊界生產力成長率高於營造業。

假說 2：我國建設業之技術追趕高於營造業。

假說 3：我國建設業之潛在技術變動率低於營造業。

參、技術缺口比率與共同邊界 Malmquist 生產力指數之模型

由於投入面距離函數的衡量，係在產出水準固定之下，求投入量之極小化，本文研究對象為營造與建設業公司，廠商較能掌握者，為有效率地配置各種要素投入，基本上，投入面距離函數較能反映此產業之營運特色。加之距離函數具有能適用多產出及多投入特色，以及生產函數無法估算收入份額與成本份額等資訊，故本文採用投入面距離函數進行係數估計，並運用其係數估計值計算諸如技術效率、技術變動及規模經濟等的生產特性。

與陳谷芾與楊浩彥(2008)由產出面角度建立共同邊界生產力指數變動模型不同，本文改由投入面距離函數，建立實證分析所需之模型，將焦點放在共同生產邊界架構下，從分解麥氏生產力指數出發，獲得各種成份隨時間變動情況，故本研究下文推導之模型，與陳谷芾與楊浩彥(2008)者分子與分母恰好顛倒。不但可以了解研究廠商的生產特性，更能了解它們的生產效率與生產力的改變狀況，公司經理人員可據以調整生產方式與要素投入量，管制者亦能從中得知政策效果，故具有重要政策意涵。

在共同生產邊界基礎上，某廠商第 t 期的投入面距離函數定義為

$$D_t^*(x_t, y_t) = \sup_{\lambda} \{ \lambda : x_t / \lambda \in L(y_t) \} \quad (1)$$

其中 x_t 是 $J \times 1$ 向量，代表該廠商第 t 期的要素投入組合， $L(y_t)$ 代表可將 $M \times 1$ 產出向量 y_t 生產出來的所有要素投入組合形成的集合， $\lambda \geq 1$ 。投入面距離函數與技術效率 $TE_t^*(x_t, y_t)$ 的關係互為倒數，即

$$0 \leq \frac{1}{D_t^*(x_t, y_t)} = TE_t^*(x_t, y_t) \leq 1 \quad (2)$$

各群組投入面距離函數的定義類似(1)式，唯改用 $D_t^k(x_t, y_t)$ 代表第 k 群組第 t 期的投入面距離函數，基於群組邊界與共同邊界的關係，群組投入面距離函數值必須小於或等於共同生產邊界的投入面距離函數值，即

$$D_t^k(x_t, y_t) \leq D_t^*(x_t, y_t) \quad (3)$$

故

$$\frac{1}{D_t^*(x_t, y_t)} = TE_t^*(x_t, y_t) \leq TE_t^k(x_t, y_t) = \frac{1}{D_t^k(x_t, y_t)} \quad (4)$$

利用(3)或(4)式，定義技術缺口比率 (technology gap ratio, 簡稱 TGR) 為

$$0 \leq TGR_t^k(x_t, y_t) = \frac{D_t^k(x_t, y_t)}{D_t^*(x_t, y_t)} = \frac{TE_t^*(x_t, y_t)}{TE_t^k(x_t, y_t)} \leq 1 \quad (5)$$

引申得到共同生產邊界技術效率與群組邊界技術效率之關係

$$TE_t^*(x_t, y_t) = TE_t^k(x_t, y_t) \times TGR_t^k(x_t, y_t) \quad (6)$$

綜合(5)及(6)式可知， TGR 應介於零與一之間，其值愈大，代表群組生產邊界愈接近共同生產邊界；反之，其值愈小，群組生產邊界愈遠離共同生產邊界。

以第 k 群組邊界為基準，衡量 t 期至 $t+1$ 期麥氏生產力指數 (Malmquist productivity index)，簡稱 $GMPI$ ，表為

$$\begin{aligned}
 GMPI_{t,t+1}^k(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) &= \left[\frac{D_t^k(x_t, y_t)}{D_t^k(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{D_{t+1}^k(x_t, y_t)}{D_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \\
 &= \frac{D_t^k(x_t, y_t)}{D_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})} \left[\frac{D_{t+1}^k(x_t, y_t)}{D_t^k(x_t, y_t)} \times \frac{D_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^k(x_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \\
 &= TEC_{t,t+1}^k \times TC_{t,t+1}^k
 \end{aligned} \tag{7}$$

等號右邊第一與第二兩項，都是在固定規模報酬假設下，得到的技術效率變動 ($TEC_{t,t+1}^k$) 與技術變動 ($TC_{t,t+1}^k$)；其中 $TEC_{t,t+1}^k$ 還可進一步拆解成變動規模報酬下的（純）技術效率變動以及規模變動。

若以共同生產邊界為基準，衡量 t 期至 t+1 期麥氏生產力指數，簡稱 $MMPI$ ，表為

$$\begin{aligned}
 MMPI_{t,t+1}(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) &= \left[\frac{D_t^*(x_t, y_t)}{D_t^*(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{D_{t+1}^*(x_t, y_t)}{D_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \\
 &= \frac{D_t^*(x_t, y_t)}{D_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})} \left[\frac{D_{t+1}^*(x_t, y_t)}{D_t^*(x_t, y_t)} \times \frac{D_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^*(x_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \\
 &= TEC_{t,t+1}^* \times TC_{t,t+1}^*
 \end{aligned} \tag{8}$$

等號右邊第一項與第二項，仍都是在固定規模報酬假設下，得到的技術效率變動與技術變動； $TEC_{t,t+1}^*$ 同樣可以拆解成變動規模報酬下的（純）技術效率變動以及規模變動。

(8)式的 $MMPI$ 可另表為

$$MMPI_{t,t+1} = TEC_{t,t+1}^k \times TC_{t,t+1}^k \times \left[\frac{\frac{D_t^*(x_t, y_t)}{D_t^k(x_t, y_t)}}{\frac{D_t^*(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^k(x_{t+1}, y_{t+1})}} \times \frac{\frac{D_{t+1}^*(x_t, y_t)}{D_{t+1}^k(x_t, y_t)}}{\frac{D_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= TEC_{t,t+1}^k \times TC_{t,t+1}^k \times TGRC_{t,t+1}^k \quad (9)$$

表示MMPI已被拆開成第 k 群組邊界在固定規模報酬之下，麥氏生產力指數 ($TEC_{t,t+1}^k \times TC_{t,t+1}^k$) 與第 k 群組技術缺口比率從 t 期至 $t+1$ 期變動率的幾何平均 ($TGRC_{t,t+1}^k$) 之乘積， $TGRC_{t,t+1}^k$ 可稱為「技術缺口比率變動率」(technology gap ratio change)，其值若大於一，技術缺口隨時間經過縮小，代表第 k 群組邊界逐漸追上共同邊界。

(9)式等號右邊第一項 $TEC_{t,t+1}^k$ ，可分解成變動規模報酬下的(純)技術效率變動以及規模效率變動，即

$$\begin{aligned} TEC_{t,t+1}^k &= \frac{D_t^k(x_t, y_t)}{D_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})} = \frac{TE_{t+1}^{kv}(x_{t+1}, y_{t+1})}{TE_t^{kv}(x_t, y_t)} \times \frac{SE_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{SE_t^k(x_t, y_t)} \\ &= TEC_{t,t+1}^{kv} \times SEC_{t,t+1}^k \end{aligned} \quad (10)$$

式中有上標 v 者，代表變動規模報酬，其中 $TEC_{t,t+1}^{kv}$ ，係指變動規模報酬下的(純)技術效率變動，而 $SEC_{t,t+1}^k$ 則為規模效率變動。(9)式等號右邊第三項，第 k 群組技術缺口比率變動率，可再拆解成

$$\begin{aligned} TGRC_{t,t+1}^k &= \left[\frac{TGR_t^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{TGR_t^k(x_t, y_t)} \times \frac{TGR_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{TGR_{t+1}^k(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{TGR_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{TGR_t^k(x_t, y_t)} \left[\frac{TGR_t^k(x_t, y_t)}{TGR_{t+1}^k(x_t, y_t)} \times \frac{TGR_t^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{TGR_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{TGR_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{TGR_t^k(x_t, y_t)} \times \frac{TC_{t,t+1}^*}{TC_{t,t+1}^k} \end{aligned} \quad (11)$$

上式等號右邊第一項，代表在固定規模報酬之下，第 k 群組第 $t+1$ 期與 t 期技術缺口變動率，本研究稱此為「技術追趕」(catch-up in technology, 簡稱 *CUT*)。其值若大於一，表示由第 t 期至 $t+1$ 期，群組邊界與共同邊界之間的差距縮小，也就是第 k 群組在 $t+1$ 期時的生產邊界，相對於第 t 期，更靠近

共同生產邊界；反之，若小於一，第 k 群組在 $t+1$ 期時的生產邊界，相對於第 t 期，更遠離共同生產邊界。

(11)式等號右邊第一項技術追趕，再做進一步拆解

$$\begin{aligned}
 CUT_{t,t+1}^k &= \frac{TGR_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{TGR_t^k(x_t, y_t)} = \frac{\frac{D_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})}}{\frac{D_t^k(x_t, y_t)}{D_t^*(x_t, y_t)}} = \frac{D_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^k(x_t, y_t)} \frac{D_t^*(x_t, y_t)}{D_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})} \\
 &= \frac{\frac{D_{t+1}^{kv}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^{kv}(x_t, y_t)} \frac{SE_t^k(x_t, y_t)}{SE_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}}{\frac{D_{t+1}^{*v}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^{*v}(x_t, y_t)} \frac{SE_t^*(x_t, y_t)}{SE_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})}} \\
 &= \frac{\frac{TE_t^{kv}(x_t, y_t)}{TE_t^{*v}(x_t, y_t)} \frac{SE_t^k(x_t, y_t)}{SE_t^*(x_t, y_t)}}{\frac{TE_{t+1}^{kv}(x_{t+1}, y_{t+1})}{TE_{t+1}^{*v}(x_{t+1}, y_{t+1})} \frac{SE_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{SE_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})}} \\
 &= CUE_{t,t+1}^{kv} \times CUS_{t,t+1}^k \tag{12}
 \end{aligned}$$

(12)式的推導過程中， $SE_t^k(x_t, y_t)$ 與 $SE_t^*(x_t, y_t)$ 分別為群組邊界之規模效率及共同邊界之規模效率。由(12)式可知，第 k 群組技術追趕 (CUT) 係由兩種成份組成，其一為在變動規模報酬之下的效率追趕 (catch-up in efficiency, CUE)，另一為規模追趕 (catch-up in scale, CUS)。若都大於一，代表第 k 群組邊界隨時間經過，逐漸靠近（趕上）共同生產邊界；反之，若都小於一，代表第 k 群組邊界逐漸遠離共同生產邊界。

(11)式等號右邊第二項，本研究稱為「潛在技術變動」(potential technological change, PTC)，等於共同生產邊界的技術變動除以第 k 群組邊界的技術變動，其值若大於（小於）一，代表共同生產邊界比群組邊界上升（下降）速度快（慢），因而對 $MMPI$ 產生正向貢獻；這也顯示廠商生產技術可以提升的空間擴大。

綜合以上分解結果，在變動規模報酬假設之下，將 $MMPI$ 表為

$$MMPI_{t,t+1} = TEC_{t,t+1}^{kv} \times SEC_{t,t+1}^k \times TC_{t,t+1}^k \times [CUE_{t,t+1}^{kv} \times CUS_{t,t+1}^k] \times PTC_{t,t+1}^k \quad (13)$$

肆、實證模式

根據 Färe and Primont (1995)，投入面距離函數(D)針對要素投入向量 x ，具有非遞減、凹性以及線性齊次等性質。以下為精簡符號，將代表廠商的下標省略，第 k 群組某廠商於 $t (= 1, \dots, T)$ 期的變動規模報酬投入面距離函數表為頗具伸縮性的 translog 型式如下：

$$\begin{aligned} \ln D_t^{kv} = & a_0 + \sum_{j=1}^J a_j \ln x_{jt} + \sum_{m=1}^M b_m \ln y_{mt} + 0.5 \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K a_{jk} \ln x_{jt} \ln x_{kt} \\ & + 0.5 \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K b_{mk} \ln y_{mt} \ln y_{kt} + \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M c_{jm} \ln x_{jt} \ln y_{mt} \end{aligned} \quad (14)$$

若要加入時間趨勢項，只需視同產出項放入即可。

因為投入面距離函數具有線性齊次和對稱等性質，必須直接在(14)式中考慮，即

$$\sum_{j=1}^J a_j = 1$$

$$\sum_{j=1}^J a_{jk} = 0, \quad \forall k$$

$$\sum_{j=1}^J c_{jm} = 0, \quad \forall m$$

$$a_{jk} = a_{kj}, \quad \forall j \neq k$$

$$b_{mk} = b_{km}, \quad \forall m \neq k$$

一階齊次性質可採標準化方式放入(14)式，任選一個要素投入當作中立財(numeraire)，例如 x_1 ，(14)式成為

$$\begin{aligned} \ln(D_t^{kv} / x_1) = & a_0 + \sum_{j=2}^J a_j \ln(x_{jt} / x_{1t}) + \sum_{m=1}^M b_m \ln y_{mt} + 0.5 \sum_{j=2}^J \sum_{k=2}^K a_{jk} \ln(x_{jt} / x_{1t}) \ln(x_{kt} / x_{1t}) \\ & + 0.5 \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K b_{mk} \ln y_{mt} \ln y_{kt} + \sum_{j=2}^J \sum_{m=1}^M c_{jm} \ln(x_{jt} / x_{1t}) \ln y_{mt} \end{aligned} \quad (15)$$

依據投入面距離函數的定義， D_t^{kv} 必須大於或等於一，令 $\ln D_t^{kv} = U_t$ 必定是一非負值，代表技術無效率，移項至等號右邊並加入隨機干擾項 v_t ，且假設 v_t 與 U_t 統計獨立，得到迴歸方程式：

$$\begin{aligned} -\ln x_1 = & a_0 + \sum_{j=2}^J a_j \ln(x_{jt} / x_{1t}) + \sum_{m=1}^M b_m \ln y_{mt} + 0.5 \sum_{j=2}^J \sum_{k=2}^K a_{jk} \ln(x_{jt} / x_{1t}) \ln(x_{kt} / x_{1t}) \\ & + 0.5 \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K b_{mk} \ln y_{mt} \ln y_{kt} + \sum_{j=2}^J \sum_{m=1}^M c_{jm} \ln(x_{jt} / x_{1t}) \ln y_{mt} + v_t - U_t \end{aligned} \quad (16)$$

其中 $(v_t - U_t)$ 就是出現於標準生產函數中的組合誤差。職是之故，可將(16)式當作生產函數進行估計，且產出變數有兩個，故(14)-(16)式之 $M=1, 2$ 。由於本文探討生產力變動，故需額外考慮時間趨勢項，只需將其視為額外之產出變數，置於(16)式即可。利用(16)式，Färe and Primont (1995) 定義在投入距離函數下之規模彈性值 (elasticity of scale, SE_t^k) 為

$$(SE_t^k)^{-1} = -\sum_{m=1}^M \frac{\partial \ln D_t^{kv}}{\partial \ln y_m} = -\sum_{m=1}^M \varepsilon_m^t = -\left[b_1 + b_{11} \ln y_{1t} + \sum_{j=2}^J c_{j1} \ln(x_{jt} / x_{1t}) \right] \quad (17)$$

式中 ε_m^t 代表第 m 產出的偏產量彈性的絕對值。各產出偏產量彈性之和再乘以負一後，取倒數即得規模彈性值，該值大於一代表規模報酬遞增 (increasing returns to scale, IRS)，等於一代表固定規模報酬，小於一代表規模報酬遞減 (decreasing returns to scale, DRS)。

最後，依據 Jondrow *et al.* (1982) 和 Battese and Coelli (1992)，可以替每個樣本廠商計算出以群組邊界為基礎的技術效率值 $TE_{t(i)}^k$ 。因為本研究使用 Frontier 4.1 軟體進行估計，它會自動計算每個樣本的技術效率值。

傳統上計算 Malmquist 指數時，大多假設固定規模報酬，常與現實不符

且過於強烈，Orea (2002) 提出在變動規模報酬假設下，計算 Malmquist 指數的方法，較符合實際情況，本文將依循此方法計算個別與共同邊界之 Malmquist 指數，以下簡述計算過程。

一般而言，生產力變動指數必須滿足四項特性，包括恆等性(identity)、單調性(monotonicity)、可分性(separability)以及比例性(proportionality)。雖然前面定義(7)與(8)兩式的 GMPI 和 MMPI 服從前三項特性，但不符合比例性。比例性指產出和投入變動的權數總和，必須等於 1；以投入面距離函數為例，此性質要求投入面距離函數必須同時是產量 y 的負一階齊次函數以及要素投入 x 的一階齊次函數。由於投入面距離函數本來就必須滿足一階齊次於要素投入，故投入變動的權數總和等於 1，即 $\sum_{j=1}^J \varepsilon_j^t = 1$ ，其中 ε_j^t 為投入面距離函數(16)式對 $\ln x_{jt}$ 的偏微分；然而，產出變動的權數總和卻不具備這樣的特性，依據(17)式，規模彈性的定義為 $SE_t^k = -1 / \sum_{m=1}^M \varepsilon_m^t$ ，因此只有在 CRS 時， SE_t^k 等於 1，而此時投入面距離函數才具有負一階齊次於 y 的特性；易言之，在規模報酬遞增($SE_t^k > 1$)或是規模報酬遞減($SE_t^k < 1$)的情況下，投入面距離函數都不具有負一階齊次於 y 的特性。綜上所述，除非 GMPI 和 MMPI 是在 CRS 假設之下計算得到，否則 GMPI 和 MMPI 不是一個正確衡量總要素生產力變動的公式，因為其忽略了規模效果的潛在貢獻，且不符合比例性原則。

根據 Diewert (1976) 提出的二次恆等定理 (quadratic identity lemma)，在變動規模報酬之下，投入面距離函數於兩期間的變動率可表為

$$\ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t) - \ln D_{t+1}^{kv}(x^{t+1}, y^{t+1}, t+1) = \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M [-\varepsilon_m^{t+1} - \varepsilon_m^t] \ln \left(\frac{y_{m,t+1}}{y_{m,t}} \right) - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^J \left[-\frac{\partial \ln D_{t+1}^{kv}}{\partial \ln x_j} - \frac{\partial \ln D_t^{kv}}{\partial \ln x_j} \right] \ln \left(\frac{x_{j,t+1}}{x_{j,t}} \right) + \frac{1}{2} \left(-\frac{\partial \ln D_{t+1}^{kv}(x^{t+1}, y^{t+1}, t+1)}{\partial t} - \frac{\partial \ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t)}{\partial t} \right) \quad (18)$$

生產力指數一般定義為產出成長率的加權平均值與要素投入成長率加權平均值的差，取自然對數後表為

$$\begin{aligned}
\ln GMPI_{t,t+1}^k &= \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M [-\varepsilon_m^{t+1} - \varepsilon_m^t] \ln \left(\frac{y_{mt+1}}{y_{mt}} \right) \\
&\quad - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^J \left[-\frac{\partial \ln D_{t+1}^{kv}(x^{t+1}, y^{t+1}, t+1)}{\partial \ln x_j} - \frac{\partial \ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t)}{\partial \ln x_j} \right] \ln \left(\frac{x_{jt+1}}{x_{jt}} \right) \\
&= \left[\ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t) - \ln D_{t+1}^{kv}(x^{t+1}, y^{t+1}, t+1) \right] \\
&\quad - \frac{1}{2} \left(-\frac{\partial \ln D_{t+1}^{kv}(x^{t+1}, y^{t+1}, t+1)}{\partial t} - \frac{\partial \ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t)}{\partial t} \right)
\end{aligned} \tag{19}$$

上式中第一個等式右邊兩項的權數，分別為產出的偏產量彈性和投入距離彈性，第二個等式中的第一項，相當於麥氏生產力指數中的技術效率變動率，第二項相當於技術變動率。現在，針對第 k 群組，仿照 Orea (2002) 可導出一個考慮規模效果（滿足比例性）的投入導向一般化 Malmquist 生產力指數，以 $\ln G_{t,t+1}^k$ 表示，此時 $\ln G_{t,t+1}^k$ 就是在變動規模報酬之下的一般化麥氏生產力指數，令

$$\ln G_{t,t+1}^k = \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M (e_m^{t+1} + e_m^t) \ln \left(\frac{y_{mt+1}}{y_{mt}} \right) - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^J (-\varepsilon_j^{t+1} - \varepsilon_j^t) \ln \left(\frac{x_{jt+1}}{x_{jt}} \right) \tag{20}$$

其中

$$e_m^t = \frac{\partial \ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t) / \partial \ln y_m}{\sum_{m=1}^M \partial \ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t) / \partial \ln y_m} \tag{21}$$

此時， $\ln G_{t,t+1}^k$ 已經服從比例性，因為不論是產出變動或是投入變動的權數總和都是 1，它也同時服從恒等性、單調性及可分性，故 $\ln G_{t,t+1}^k$ 才是正確的衡量生產力變動公式。請注意， $\ln G_{t,t+1}^k$ 可以根據群組邊界 (D^{kv}) 或共同邊界 (D^{*v}) 函數計算得到。若以群組邊界為對象 $\ln G_{t,t+1}^k$ ，亦可再拆解成 (19) 式的 $\ln GMPI_{t,t+1}^k$ 以及規模效果對總要素生產力的貢獻，即

$$\ln G_{t,t+1}^k = \ln GMPI_{t,t+1}^k - \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \left[\left(-\sum_{m=1}^M \frac{\partial \ln D_{t+1}^{kv}(x^{t+1}, y^{t+1}, t+1)}{\partial \ln y_m} - 1 \right) e_m^{t+1} + \left(-\sum_{m=1}^M \frac{\partial \ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t)}{\partial \ln y_m} - 1 \right) e_m^t \right]$$

$$\ln \left(\frac{y_{mt+1}}{y_{mt}} \right) = \ln GMPI_{t,t+1}^k - \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \left[\left(\frac{1}{SE_{t+1}^k} - 1 \right) e_m^{t+1} + \left(\frac{1}{SE_t^k} - 1 \right) e_m^t \right] \ln \left(\frac{y_{mt+1}}{y_{mt}} \right) \quad (22)$$

上式等號右邊第二項代表規模效果，若在 CRS 技術下，因為 $SE_t^k = 1$ ，所以 $\ln G_{t,t+1}^k = \ln GMPI_{t,t+1}^k$ ；若在 IRS 技術下，因為 $SE_t^k > 1$ ，若產出變動為正，則規模效果對於 $\ln G_{t,t+1}^k$ 的影響為正，反之則為負；若在 DRS 技術下，因為 $SE_t^k < 1$ ，若產出變動為正，則規模效果對於 $\ln G_{t,t+1}^k$ 的影響為負，反之則為正。

接著將(19)式代入(22)式，得到：

$$\ln G_{t,t+1}^k = -[\ln D_{t+1}^{kv}(x^{t+1}, y^{t+1}, t+1) - \ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t)]$$

$$+ \frac{1}{2} \left[\frac{\partial \ln D_{t+1}^{kv}(x^{t+1}, y^{t+1}, t+1)}{\partial t} + \frac{\partial \ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t)}{\partial t} \right]$$

$$- \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \left[\left(-\sum_{m=1}^M \frac{\partial \ln D_{t+1}^{kv}(x^{t+1}, y^{t+1}, t+1)}{\partial \ln y_m} - 1 \right) e_m^{t+1} \right.$$

$$\left. + \left(-\sum_{m=1}^M \frac{\partial \ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t)}{\partial \ln y_m} - 1 \right) e_m^t \right] \ln \left(\frac{y_{mt+1}}{y_{mt}} \right) \quad (23)$$

上式等號右邊第一項，相當於(10)式的技術效率變動率 ($TEC_{t,t+1}^{kv}$)，第二項相當於變動規模報酬下的技術變動率 ($TC_{t,t+1}^k$)，第三項代表規模效果，相當於(10)式右邊第二項 $SEC_{t,t+1}^k$ 。

若以共同邊界為對象，透過類似以上的推導過程，亦可得到變動規模報酬共同邊界投入導向一般化 Malmquist 生產力指數，以 $\ln gMMPI_{t,t+1}^*$ 表示。參考(13)式，表為

$$\begin{aligned}\ln gMMPI_{t,t+1}^* &= (TEC_{t,t+1}^{kv} \times SEC_{t,t+1}^k \times TC_{t,t+1}^k) \times [CUE_{t,t+1}^{kv} \times CUS_{t,t+1}^k] \times PTC_{t,t+1}^k \\ &= \ln G_{t,t+1}^k \times CUT_{t,t+1}^k \times PTC_{t,t+1}^k\end{aligned}\quad (24)$$

值得注意者，(24)式完全是在變動規模報酬之下進行。其中， $\ln G_{t,t+1}^k$ 可根據(22)式利用群組邊界計算得到；根據(12)式，需分別估計群組與共同邊界投入面距離函數後，分別得到第 t 與 $t+1$ 期的技術效率值；同樣根據(12)式，改寫 $CUS_{t,t+1}^k$ 成為

$$CUS_{t,t+1}^k = \frac{\frac{SE_t^k(x_t, y_t)}{SE_t^*(x_t, y_t)}}{\frac{SE_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{SE_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})}} = \frac{\frac{SE_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})}{SE_t^*(x_t, y_t)}}{\frac{SE_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{SE_t^k(x_t, y_t)}} = \frac{SEC_{t,t+1}^*}{SEC_{t,t+1}^k}\quad (25)$$

其中 $SEC_{t,t+1}^*$ 利用共同邊界投入面距離函數，依據(23)式右方最後一項計算得到。最後，依據(11)式定義的 $PTC_{t,t+1}^k$ ，運用(23)式右方第二項，分別針對群組與共同邊界投入面距離函數取時間偏微分即得。

伍、資料與變數定義

一、資料來源

本文實證資料取自台灣經濟新報資料庫，列在營造業及建設業類別的公司，於2000年至2007年間，具有本研究所需的投入與產出項目資料者。其中，營造業有24家公司，建設業有59家公司，共計83家公司，總共有561個樣本觀測值，屬於不平衡的縱橫資料。樣本期間約當為台灣經濟由谷底翻身至高峰的過程，故由樣本公司經營效率的時間變動趨勢大致亦可對應到台灣整體經濟由谷底到高峰之成長軌跡。

O'Donnell *et al.* (2008) 將不同生產技術群組邊界定義為：「受限制技術集合形成之邊界」，其所稱的限制，係源自於下述因素，包括實體、人力與金融性等資本存量之差異、經濟基礎建設(economic infrastructure)、先天資源稟賦及其他之差異等。由於營造業係以大量的機器設備及人力來從事建造私有及公共工程的建造工作，其與建設業以少量人力與高財務槓桿方式，

專業從事於土地及不動產之開發，以及成屋之銷售活動，在生產及營運模式上有所差異。其間的主要差異展現在人力數量、資本結構及市場類型上，準此，本研究之對象雖同為營建業，然其生產與營運模式呈現異質性，對廠商之經營形成限制，導致營造與建設業之群組邊界亦有不同。

O'Donnell *et al.* (2008) 另將共同邊界定義為：「不受限制技術集合形成之疆界(boundary)」，且要求共同邊界必須包絡所有群組邊界，同時估計群組與共同生產邊界後，分別計算技術效率並進行群組間之比較，可兼顧群組邊界之差異以及技術效率之可比較性。

二、變數定義與敘述統計

在投入與產出項目的選擇上，本文將蒐集到進行效率評估的三篇研究營造業公司及三篇研究建設業公司論文，選用之投入與產出表列於附錄 A 中，供做對照之用。由附錄 A 中可發現無論營造或建設業，共同性最高的產出變數為營業收入淨額，投入變數則為員工人數，至於其餘變數則較為紛歧不一，且有大幅改善之空間。

本文基於經濟學所揭櫫的生產四大要素（勞動、資本設備、土地及企業家精神），搭配營造或建設兩產業共通且具可比較性的項目為選擇依歸，針對產出選取兩個互斥變數：營業收入淨額及營業外收入；投入部份則選出三個變數，分別為：營業成本、員工人數及固定資產淨額等。由此看來，本研究選用之要素投入，較過去文獻更符合經濟學之定義，各變數詳細定義彙總於表 3。

另外，由於樣本期間長達八年，為使得各年度金額變數具有相同實質購買力，本研究利用行政院主計處公佈的營造工程物價指數，基期為 2006 年，平減各公司各年度之投入與產出項中屬於金額變數者。

三、變數之敘述統計

營造業與建設業之個別產業在 2000 年至 2007 年的敘述統計，分別如表 4 及表 5 所示。如前所述，營造業與建設業係分別以對外承包工程，及以自地自建或與地主合建的方式為主要業務，此一不同之營運模式展現在投入與產出的變數時亦有其個別之特性。

表 3 本研究使用的投入與產出項目一覽表

類別	投入產出項目	定義
產出類	營業收入淨額(千元)(Y_1)	年度營業收入總額減退回與讓價後之淨額。
	營業外收入(千元)(Y_2)	損益表上所列示營業外收入之合計數。
投入類	營業成本(X_1)	損益表上之營業成本加上營業費用，且扣除用人費用後之淨額。
	員工人數(X_2)	年底之員工總人數。
	固定資產淨額(X_3)	年底資產負債表上固定資產之成本減除累計折舊後之淨額。

表 4 營造業投入產出變數敘述統計量

年	產出變數		投入變數		
	營業收入淨額	營業外收入	營業成本	員工人數	固定資產淨額
2000	4,131,663 (3,547,843)	165,457 (249,296)	3,950,166 (3,773,5138)	424 (3929)	835,991 (1,412,047)
2001	4,444,459 (3,396,871)	146,733 (203,072)	4,230,196 (3,413,871)	458833,716 (462)	(3,396,871) (1,397,944)
2002	4,923,950 (4,279,183)	114,338 (158,808)	4,431,128 (3,960,343)	429 (426)	889,995 (1,536,996)
2003	4,595,396 (4,151,191)	224,276 (380,731)	4,081,073 (3,762,023)	384 (331)	900,186 (1,531,243)
2004	4,836,369 (4,608,500)	214,403 (291,383)	4,338,145 (4,130,374)	3025 (195)	1,067,078 (1,930,939)
2005	4,301,002 (3,432,926)	209,728 (402,099)	4,104,505 (3,188,723)	281 (210)	769,586 (1,707,301)
2006	4,336,757 (3,669,982)	311,881 (590,887)	4,081,237 (3,349,099)	330 (261)	757,543 (1,732,286)
2007	4,738,236 (3,982,141)	206,681 (353,395)	4,334,413 (3,666,365)	370 (326)	690,4741 (1,488,722)
平均	4,527,160	201,132	4,189,825	371	835,015

1. 樣本個數：155。2. 除員工人數以人為單位外，其餘變數單位皆為仟元。

綜合表 4 及表 5 之資訊可知，營造業的營運規模均較大，無論是營業收入淨額、營業成本及員工人數等，均遠大於建設業，營業外收入及固定資產淨額則約略相當。至於這些變數間是否具有顯著之差異性，依據表 6，

營造業與建設業投入與產出變數均數差異性的 t 檢定結果可知，除了營業外收入與固定資產淨額未具顯著差異外，其餘營業收入淨額、營業成本及員工人數等，均達到 1% 顯著水準，表示具有顯著之差異性。表 6 中值得注意者為，固定資產淨額在營造與建設業間雖未具顯著不同，兩產業固定資產之組成卻有重大差異，營造業之固定資產主要由不同之營造機械所組成，而建設業之固定資產包括土地、自用辦公大樓與生財設備等不動產存貨（章定焯，2005）。

表 5 建設業投入產出變數敘述統計量

年	產出變數		投入變數		
	營業收入淨額	營業外收入	營業成本	員工人數	固定資產淨額
2000	2,094,125 (2,133,095)	110,135 (149,148)	2,063,396 (1,931,530)	103 (152)	959,936 (1,606,087)
2001	1,660,401 (1,905,675)	164,384 (357,261)	1,758,716 (1,921,777)	71 (88)	1,043,238 (1,635,543)
2002	1,477,705 (1,869,416)	158,750 (380,505)	1,614,111 (2,161,280)	59 (73)	788,859 (939,169)
2003	1,452,615 (1,809,600)	265,990 (894,244)	1,457,248 (1,756,407)	56 (75)	809,014 (995,628)
2004	1,696,742 (2,352,064)	112,721 (152,863)	1,478,930 (1,984,414)	62 (103)	865,371 (1,204,508)
2005	1,709,866 (2,125,884)	122,429 (188,252)	1,431,510 (1,785,244)	58 (106)	834,618 (1,190,639)
2006	2,485,615 (3,510,4575)	168,203 (272,897)	2,007,385 (2,815,102)	58 (109)	762,521 (1,129,253)
2007	2,641,695 (3,340,871)	164,260 (259,1967)	2,066,380 (2,574,036)	62 (110)	811,182 (1,180,459)
平均數	1,916,543	159,440	1,753,106	65	873,448

1. 樣本個數：406。2. 除員工人數以人為單位外，其餘變數單位皆為仟元。

表 6 營造業與建設業投入產出變數均數檢定結果

變數	營造業均數	建設業均數	t 統計量(p value) (營造業-建設業)
營業收入淨額(Y_1)	4,527,159.95	1,904,750.52	7.9860 ($p < 0.001$)
營業外收入(Y_2)	201,131.83	157,187.26	1.2130 ($p = 0.2260$)
營業成本(X_1)	4,189,824.56	1,741,483.91	8.0270 ($p < 0.001$)
員工人數(X_2)	371	67	11.1120 ($p < 0.001$)
固定資產淨額(X_3)	835,015.16	862,646.86	-0.2170 ($p = 0.8280$)

陸、實證結果分析

首先使用 SFA 法個別估計營造業與建設業公司的投入面距離函數，個別估計之結果列於附錄 B，至少達到 10% 顯著水準的係數個數超過半數，估計結果尚佳。由於兩種產業的 η 係數估計值均為正值且達統計顯著，表示隨時間經過，廠商的技術效率有逐年改善的趨勢。

再根據這些係數估計值以線性和二次規劃法(QP)，估計共同邊界投入面距離函數的係數，估計結果整理於附錄 C 中，由於線性規劃法估計結果與二次規劃法極為近似，故不另列示以節省篇幅。承襲數理規劃法的缺點，無法直接估計各係數的估計標準誤。對此，本研究採用拔靴法 (bootstrapping) 估計各係數的標準誤，針對樣本資料以抽後放回方式重複抽樣 5000 次，依據這 5000 次的係數估計值計算各係數之標準差。

本文亦將營造業與建設業公司資料合併，採用 SFA 法估計(2)式隨機邊界距離函數，估計結果亦整理於附錄 C 中，不難發現隨機邊界模型與 QP 模型之係數估計結果差異頗大。這種將兩群組資料合併後進行估計的做法，忽略營造業與建設業公司生產技術的潛在差異，且無法包絡個別群組的生產邊界。然營造業與建設業公司的生產技術是否存在差異？為釐清此點，本文採用對數概似比檢定法進行檢測，檢定統計量為 $\lambda = -2\{\ln[L(H_0)] - \ln$

$[L(H_1)]$ ，其中 $\ln[L(H_0)]$ 為合併兩群組資料估計得到的對數概似函數值，是個別估計兩群組資料得到的最大概似函數值之加總。如此，得到 λ 值等於 188，自由度為 24，達到 1% 顯著水準，顯示營造業與建設業公司間的確存在技術差異，應在分析模型中予以考慮。換言之，採用共同邊界模型有其必要性。

接下來進行生產力變動及技術缺口比率變動率之分析。利用營造與建設業公司隨機邊界距離函數的參數值，分別計算營造與建設兩個群體所有公司的技術效率，連同QP規劃法估計的共同邊界距離函數參數估計值，可以計算共同邊界技術效率以及技術缺口比率；如此，再根據(13)式計算共同邊界麥氏生產力指數之六個成份。以下整理營造與建設業公司的群組邊界及共同邊界麥氏生產力指數，列於次節表 7 及表 8 中。

一、營造與建設業公司共同邊界麥氏生產力指數分析

(一)營造與建設業公司 MMPI 及其組成要素之分析

表 7 及表 8 列示營造與建設業公司兩群組之 MMPI 動態，與其分解結果之概況，至於 MMPI 及 GMPI 趨勢圖則如圖 1 及圖 2 所示，其中值得注意的是，每跨年之變動值，即當年與前一年間之相對變動量，均有較大幅度之波動，隱含營造與建設業公司有潛在的跨年度效應現象，其中尤以建設業較為明顯。在指數的波動幅度方面，MMPI 約在 0.99 至 1.15 間，而 GMPI 則約介於 0.95 至 1.18 之間，故營造與建設業公司個別群組的麥氏生產力指數波動幅度，較共同邊界麥氏生產力指數為大。

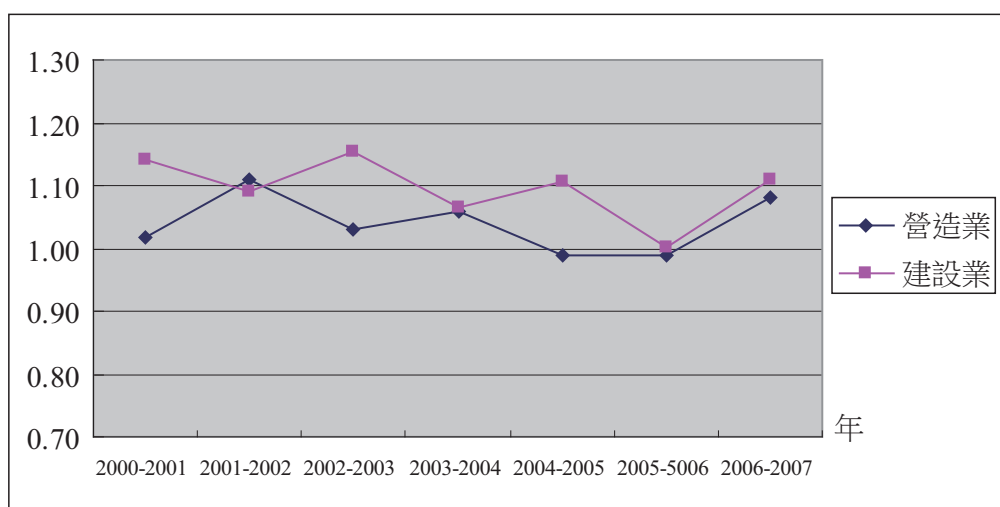


圖 1 共同邊界麥氏生產力指數(MMPI)趨勢圖

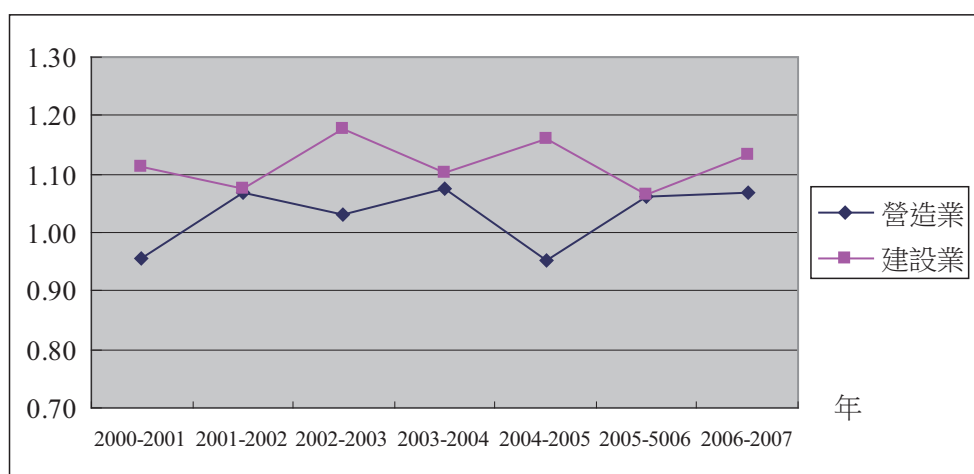


圖 2 營造與建設業公司麥氏生產力指數(GMPI)趨勢圖

表 7 及表 8 隱含幾個重要的意涵：首先，觀察表中的 MMPI，營造業公司的年平均升幅約在 3.86% 左右，而建設業公司年平均升幅則約為 9.45%，前者升幅遠小於後者，而且其組成要素的變動亦有所差異。欲瞭解營造與建設業公司 MMPI 組成要素的差異，可以由 GMPI 及 TGRC 來究其原因。首先，以群組邊界為基準，營造業公司 GMPI 之變動情況方面，其在樣本期

間的年平均升幅約為 3.14%，其中，技術效率變動平均每年進步 6.30%，生產規模亦出現平均每年 1.02% 的改善，然而，技術變動則呈現衰退的現象，平均每年的降幅約為 3.84%。故營造業 GMPI 之進步主要源自於技術效率與生產規模的改善。

表 7 營造業共同邊界 Malmquist 生產力指數之分解彙總表

年別	TEC	SEC	TC	GMPI	TGRC	CUT	CUE	CUS	PTC	MMPI
2000-2001	1.0395 (.0828)	0.9812 (.0739)	0.9380 (.0250)	0.9568 (.1058)	1.0696 (.0997)	1.0581 (.1018)	1.0515 (.1020)	1.0068 (.0293)	1.0114 (.0214)	1.0172 (.0939)
2001-2002	1.1204 (.0709)	1.0173 (.0834)	0.9405 (.0237)	1.0691 (.0772)	1.0414 (.1197)	1.0308 (.1263)	1.0330 (.1054)	0.9961 (.0368)	1.0114 (.0221)	1.1090 (.1137)
2002-2003	1.0610 (.1014)	1.0233 (.0592)	0.9489 (.0244)	1.0294 (.1135)	1.0019 (.0901)	0.9966 (.1037)	1.0119 (.1145)	0.9862 (.0344)	1.0067 (.0201)	1.0286 (.1215)
2003-2004	1.0905 (.1087)	1.0319 (.0731)	0.9568 (.0242)	1.0747 (.1127)	0.9903 (.0848)	0.9870 (.0791)	0.9981 (.0664)	0.9885 (.0338)	1.0030 (.0180)	1.0593 (.0985)
2004-2005	1.0066 (.1183)	0.9815 (.0600)	0.9652 (.0239)	0.9508 (.1108)	1.0478 (.1628)	1.0454 (.1556)	1.0320 (.1132)	1.0093 (.0497)	1.0016 (.0170)	0.9897 (.1360)
2005-2006	1.0474 (.1241)	1.0343 (.0635)	0.9807 (.0257)	1.0604 (.1380)	0.9379 (.0968)	0.9445 (.1028)	0.9585 (.0682)	0.9831 (.0469)	0.9937 (.0163)	0.9879 (.1103)
2006-2007	1.0761 (.1610)	1.0006 (.0634)	0.9939 (.0281)	1.0694 (.1710)	1.0174 (.1187)	1.0361 (.1247)	1.0340 (.0804)	0.9990 (.0518)	0.9826 (.0169)	1.0794 (.1648)
平均	1.0630 (.1167)	1.0102 (.0700)	0.9616 (.0316)	1.0314 (.1304)	1.0138 (.1175)	1.0133 (.1189)	1.0163 (.0966)	0.9954 (.0417)	1.0010 (.0210)	1.0386 (.1272)

1. 符號意義：TEC：效率變動，SEC：規模變動，TC：技術變動，GMPI：個別產業麥氏生產力指數，TGRC：技術缺口比率變動率，CUT：技術追趕，CUE：技術效率追趕，CUS：規模追趕，PTC：潛在技術相對變動，MMPI：共同邊界麥氏生產力指數。2. 樣本數：131。3. 表中各指標值係取群組之平均值。4. 括號內數值係標準差。

另一方面建設業公司 GMPI 之變動情況方面，其在樣本期間的年平均升幅高達 11.70% 之多，其中，技術效率變動平均每年進步 3.19%，生產規模亦出現平均每年 4.36% 的改善，甚且，技術變動亦呈現出平均每年 4.02% 的升幅。故建設業 GMPI 之進步最主要源自於技術進步與生產規模的改善，其次則來自於技術效率之進步。

表 8 建設業共同邊界 Malmquist 生產力指數之分解彙總表

年別	TEC	SEC	TC	GMPI	TGRC	CUT	CUE	CUS	PTC	MMPI
2000-2001	1.0052 (.2440)	1.0786 (.1399)	1.0309 (.0280)	1.1131 (.2716)	1.0293 (.0615)	1.0673 (.0663)	1.0646 (.0648)	1.0026 (.0131)	0.9646 (.0079)	1.1398 (.2436)
2001-2002	0.9926 (.1647)	1.0495 (.2340)	1.0390 (.0289)	1.0744 (.2646)	1.0125 (.1496)	1.0471 (.1581)	1.0442 (.1333)	1.0011 (.0176)	0.9672 (.0074)	1.0890 (.3270)
2002-2003	1.0946 (.2374)	1.0373 (.1787)	1.0421 (.0305)	1.1783 (.3058)	0.9813 (.0340)	1.0124 (.0375)	1.0135 (.0394)	0.9990 (.0124)	0.9694 (.0080)	1.1531 (.2828)
2003-2004	1.0391 (.2264)	1.0148 (.1448)	1.0438 (.0297)	1.1014 (.2997)	0.9700 (.0480)	0.9999 (.0520)	0.9967 (.0434)	1.0030 (.0172)	0.9702 (.0085)	1.0644 (.2733)
2004-2005	1.0688 (.2355)	1.0473 (.2923)	1.0421 (.0304)	1.1589 (.3806)	0.9646 (.0592)	0.9944 (.0598)	0.9948 (.0574)	0.9996 (.0274)	0.9700 (.0116)	1.1074 (.3225)
2005-2006	0.9859 (.1957)	1.0480 (.3834)	1.0433 (.0416)	1.0655 (.3639)	0.9385 (.1105)	0.9689 (.1105)	0.9709 (.1381)	1.0144 (.1406)	0.9682 (.0184)	1.0020 (.3733)
2006-2007	1.0442 (.2997)	1.0275 (.1507)	1.0411 (.0410)	1.1334 (.5006)	0.9779 (.0780)	1.0097 (.0748)	1.0070 (.0739)	1.0030 (.0201)	0.9683 (.0224)	1.1111 (.5193)
平均	1.0319 (.2330)	1.0436 (.2328)	1.0402 (.0333)	1.1170 (.3483)	0.9820 (.0900)	1.0143 (.0935)	1.0131 (.0920)	1.0033 (.0563)	0.9682 (.0133)	1.0945 (.3456)

1. 符號意義同於表 7。2. 樣本數：346。3. 表中各指標值係取群組之平均值。4. 括號內數值係標準差。

其次，在營造與建設業公司的技術缺口比率變動率方面，在 2000 年至 2007 年間，營造業公司各年間之 TGRC 值多數大於 1，且平均 TGRC 值大於 1，表示營造業公司出現持續的追趕，其群組邊界隨時間經過有向共同邊界貼近的現象，其 TGRC 年平均值為 1.0138，顯示營造業公司邊界平均每年以 1.38% 的幅度貼近共同邊界。建設業公司之 TGRC 值在樣本期間大部份均小於 1，顯示其群組邊界有向共同邊界遠離的現象；但仍有 2 個變動年度 (2000-2001, 2001-2002) 其 TGRC 大於 1，顯示其群組邊界有與共同邊界貼近的情況，綜計結果，建設業公司年平均 TGRC 值為 0.9820，表示建設業公司係出現年間持續的遠離，其整體群組邊界有向共同邊界遠離的現象，顯示群組邊界平均每年以 1.80% 的幅度遠離共同邊界。

為獲取更明確的「追趕」意涵，本文將 TGRC 分解成技術追趕 (CUT) 及潛在技術變動 (PTC) 兩個成份，前者之比值若大於 1，代表營造與建設業公司實際所面對的技術缺口，隨時間經過而呈現縮小，即 TGR 值提高，意味著存在生產技術對潛在技術的追趕現象。後者之比值若大於 1，表示潛在技術水準提昇的速度相對高於當前的技術水準，意味著營造與建設業公司

技術發展潛在空間的擴增。觀察表 7 及表 8 中，營造業公司在樣本期間的 CUT，除有三個年間其追趕值小於 1 外，其餘各年間的 CUT 值均大於 1，其平均值為 1.0133，平均每年約增加 1.33%，表示營造業公司實際所面對的技術缺口，隨時間經過而呈現縮小，營造業公司的生產技術對潛在技術具有追趕的現象。建設業公司在樣本期間中之 CUT 值，亦有三個年間其追趕值小於 1，而其餘四個年度間的 CUT 值均大於 1，其平均值為 1.0143，平均每年約增加 1.43%，表示建設業公司實際所面對的技術缺口，隨時間經過而呈現縮小，建設業公司的生產技術對潛在技術亦具有追趕的現象。

另就 PTC 而言，營造業公司的比值多數皆大於 1，樣本期間之平均值為 1.0010，表示營造業公司的技術發展潛力呈現上升的現象。建設業公司的 PTC 比值全部小於 1，平均值為 0.9682，顯示建設業公司的技術發展潛力相對於營造業公司較為下降，較接近共同邊界。

歸納而言，營造業公司之 TGRC 值 1.0138 大於建設業公司的 0.9820，顯示營造業公司群組邊界平均每年以 1.38% 的幅度貼近共同邊界，與建設業公司平均每年以 0.18% 遠離共同邊界的情況相反，其原因主要是營造業公司的 CUT 值 1.0133 較建設業公司的 CUT 值 1.0097 為高，且營造業公司的 PTC 亦遠高於建設業公司所致。

最後，若進一步將 CUT 再分解成技術效率追趕與規模追趕兩個成份時，可以瞭解營造業公司的 CUT 值 1.0133 較建設業公司的 1.0143 稍為低之原因為，營造業公司平均的技術效率追趕值與規模追趕值分別為 1.0163 及 0.9954，與建設業公司的 1.0131 與 1.0033 間，互有消長所致。

(二) 營建業 MMPI 及其組成要素差異性檢定結果

為瞭解營造與建設業公司共同邊界麥氏生產力指數 ($\ln gMMPI_{t,t+1}^*$) 及其組成要素之平均數是否具顯著差異，本文將營造與建設業公司 $\ln gMMPI_{t,t+1}^*$ 及其組成要素平均數之差異性檢定結果彙總於表 9 中。如表 9 所示，營造與建設業公司 $\ln gMMPI_{t,t+1}^*$ 平均值差異的 t 檢定值 (營造業公司均數減建設業公司均數) 為 -2.5857 ($p=0.0100$)，故建設業公司的 $\ln gMMPI_{t,t+1}^*$ 平均值顯著大於營造業公司，支持本文之研究假說 1。

由於共同邊界麥氏生產力指數係由個別群組的生產力變動指數及技術

缺口比率變動率所組成，故以下即分別檢視兩個組成要素在營造與建設業公司間是否有顯著差異，以進一步瞭解其成因。

首先，先探討營造與建設業公司個別群體生產力指數的差異，前二產業公司生產力指數平均數差異的 t 檢定值為 -3.9086 ($p < 0.0001$)，顯示營造業公司的生產力指數平均數顯著低於建設業公司。進一步檢視營造與建設業公司生產力指數組成要素的差異情況可知，在技術效率變動差異性方面，其 t 檢定值為 1.9291 ($p = 0.0544$)，故營造業公司技術效率變動顯著高於建設業公司；另在規模變動與技術變動的差異性方面，其 t 檢定值分別為 -2.4013 ($p = 0.0167$) 與 -23.3270 ($p < 0.0001$)，營造業公司規模變動與技術變動均顯著低於建設業公司。歸納而言，營造業公司的生產力指數平均數顯著低於建設業公司之主要原因為，營造業公司規模變動與技術變動均顯著低於建設業公司所致，即使營造業公司之技術效率變動有微幅高於建設業公司，然亦無法抵沖其效果。

表 9 營造與建設業公司 MMPI 及其組成要素平均數差異性檢定彙總表

指標名稱	營造業 平均數	建設業 平均數	t 值 (營造-建設)	p 值
共同邊界麥氏生產力指數(MMPI)	1.0386	1.0945	-2.5857	0.0100
個別產業生產力指數(GMPI)	1.0314	1.1170	-3.9086	<0.0001
個別產業技術效率變動(TEC)	1.0630	1.0319	1.9291	0.0544
個別產業規模變動(SEC)	1.0102	1.0436	-2.4013	0.0167
個別產業技術變動(TC)	0.9616	1.0402	-23.3270	<0.0001
技術缺口比率變動率(TGRC)	1.0138	0.9820	2.8045	0.0056
技術追趕(CUT)	1.0133	1.0143	-0.0891	0.9291
效率追趕(CUE)	1.0163	1.0131	0.3284	0.7429
規模追趕(CUS)	0.9954	1.0033	-1.6751	0.0949
潛在技術變動(PTC)	1.0010	0.9682	16.6593	<0.0001

其次，再檢視營造與建設業公司技術缺口比率變動率的差異，前二產業公司技術缺口比率變動率平均數差異的 t 檢定值為 2.8045 ($p = 0.0056$)，故建設業公司技術缺口比率變動率顯著小於營造業公司。進一步檢視其技術缺口比率變動率兩個組成要素的差異情況時發現，在技術追趕的差異性方面，

其 t 檢定值為 -0.0891 ($p=0.9291$)，故營造與建設業公司間技術追趕未具顯著差異，此結果並不支持研究假說 2。

另在潛在技術變動差異性方面，其 t 檢定值為 16.6593 ($p<0.0001$)，故顯示營造業公司生產技術相對於潛在技術水準可以提升的空間顯著比建設業公司高出甚多，顯示建設業之生產技術已顯著較營造業更接近共同邊界生產技術，支持研究假說 3。

由於技術追趕可再分解成技術效率追趕及規模追趕兩個要素，故本文再將此兩個組成要素之差異性加以檢定，在營造與建設業公司效率追趕差異性方面，其 t 檢定值為 0.3284 ($p=0.7429$)，顯示營造業公司效率追趕未顯著大於建設業公司，至於在規模追趕差異性方面，其 t 檢定值為 -1.6751 ($p=0.0949$)，營造業公司之規模追趕在 10% 水準下，顯著小於建設業公司。

歸納前述營造與建設業公司技術缺口比率變動率及其組成要素變動的檢定結果可知，營造業公司之技術追趕未顯著大於建設業公司，然營造業公司生產技術相對於潛在技術水準可以提升的空間顯著比建設業公司大。進一步將技術追趕分解成技術效率追趕及規模追趕兩個要素並加以檢定時，則發現營造與建設業公司間之技術追趕值雖不具顯著差異，然而營造業公司之規模追趕值卻顯著小於建設業公司。

柒、結論

本研究以有經濟火車頭美譽的營建業為研究對象，採用能比較不同生產技術群體的共同邊界投入導向距離函數，探討營造與建設兩次產業公司的共同邊界生產力變動。由於營造與建設兩次產業公司的經營模式有所差異的，使得兩個次產業間在產出及要素投入組合上有顯著差異，隱含營造與建設業公司間存在潛在異質的生產技術水準。故本研究採取能比較不同生產技術群體的共同邊界投入導向距離函數來分析營造與建設業公司的投入與產出資料。另外，為了捕捉環境及營運上隨機因素對不同公司之衝擊，本研究以隨機邊界法來衡量營造與建設業公司生產力變動情況。

本文主要之發現彙述如下，首先，營造業公司的生產力指數平均數顯著低於建設業公司；其次，營造業公司規模變動與技術變動均顯著低於建

設業公司；最後，營造業公司技術缺口比率變動率顯著大於建設業公司，其中，營造業公司之技術追趕未顯著大於建設業公司，然其生產技術相對於潛在技術水準可以提升的空間顯著比建設業公司大。綜言之，相對於過去以營造或建設業個別次產業公司為分析對象之文獻，本研究改以營造或建設業合併之資料進行分析，並將焦點延伸至生產力變動及追趕等議題，除可補強營建相關研究文獻之缺口外，或較能提供更具體資訊予企業的管理階層，做為擬訂長期績效評估及經營決策之依據。

最後，由於金融海嘯對研究產業具結構性的影響，未來可以 2008 年前後各年的資料做進一步分析，俾獲取具決策攸關的資訊供管理階層參酌。未來若能結合特定的經濟或管理理論以形成假說，並加以實證檢視，則能使實證發現更具理論內涵與價值。

附 註

1. 建設業或建設公司為一般之俗稱，法律上稱為建築投資業，該產業主要依賴房地產之開發獲取利潤，並承擔風險（章定煊，2005）。
2. 學者們普遍對TFP指數有一個共識，認為TFP指數必須滿足四項應該具備的特性：恒等性 (identity) 單調性 (monotonicity)、可分性 (separability) 以及比例性 (proportionality)。
3. Orea (2002) 係延伸並修正 Ray (1998) 及 Balk (2001) 所提出卻無法衡量規模報酬對生產力成長貢獻之模型，並發展出一般化的麥氏生產力指數 (generalized Malmquist productivity index) 以衡量規模報酬對生產力成長之貢獻。

參考文獻

- 行政院主計處(2011)，薪資統計員工特性及差異之研究。
- 行政院經濟建設委員會(2007)，我國營建業進軍海外市場拓展業務之利基可行方向研究，台北：財團法人台灣營建研究院。
- 行政院經濟建設委員會(2008)，建立全球化時代我國營建業進軍海外市場之業務開發資訊平台計畫，台北：財團法人台灣營建研究院。
- 吳金松(2006)，台灣地區上市上櫃營建公司成本效率之實證研究，朝陽科技大學財務金融系碩士論文。
- 吳濟華、何柏正與黃元璋(2008)，「台灣地區營造業營運績效與經營策略」，*建築學報*，第六四期，頁 25-48。
- 洪維延與尚瑞國(2005)，「台灣地區上市櫃建設公司純粹管理效率評估：四階段資料包絡分析法之應用」，*建築學報*，第五三期，頁 1-20。
- 陳谷荔與楊浩彥(2008)，「共同邊界 Malmquist 生產力指數的延伸：跨國總體資料的實證分析」，*經濟論文叢刊*，第三六卷第四期，頁 551-588。
- 章定煊(2005)，「上市櫃建設公司土地投資與開發策略對經營績效影響之探討」，*住宅學報*，第十四卷第一期，頁 41-66。
- 章定煊與張金鵬(2001)，「上市櫃建設公司績效評估與影響因素探討」，*2001 年中華民國住宅學會第十屆年會論文集*。
- Al-Malkawi, H. A. N. and R. Pillai (2013), "The Impact of Financial Crisis on UAE Real Estate and Construction Sector: Analysis and Implications." *Humanomics*, 29, No. 2, pp.115-135.
- Balk, B. M. (2001), "Scale Efficiency and Productivity Change." *Journal of Productivity Analysis*, 15, pp.159 - 183.
- Battese, G. E. and T. J. Coelli (1992), "Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India." *Journal of Productivity Analysis*, 3, pp.153 - 169.
- Battese, G. E., D. S. P. Rao and C. J. O'Donnell (2004), "A Metafrontier Production Function for Estimation of Technical Efficiencies and Technology Gaps for Firms Operating Under Different Technologies." *Journal of Productivity Analysis*, 21, pp.91 - 103.
- Bauer, P. W., A. N. Berger, G. D. Ferrier, and D. B. Humphrey (1998), "Consistency Conditions for Regulatory Analysis of Financial Institutions: A Comparison of Frontier Efficiency Methods." *Journal of Economics and Business*, 50, No. 2, pp. 85-114.
- Chen, K. H. and H. Y. Yang (2011), "A cross-country comparison of productivity growth using the gen-

- eralised metafrontier Malmquist productivity index: with application to banking industries in Taiwan and China.” *Journal of Productivity Analysis*, 35, pp. 197-212.
- Chen, S. H. (2013), What Determines Bank Productivity? International Evidence on the Impact of Banking Competition, Bank Regulation, and the Global Crisis. In Bang Nam Jeon, Maria Pia Olivero (ed.) *Global Banking, Financial Markets and Crisis (International Finance Review*, 14), Emerald Group Publishing Limited, pp.141-171.
- Cummins, J. D. and H. Zi (1998), “ Comparison of Frontier Efficiency Methods: An Application to the U.S. Life Insurance Industry.” *Journal of Productivity Analysis*, 10, pp. 131-152.
- Diewert, W. E. (1976), “Exact and Superlative Index Numbers.” *Journal of Econometrics*, 4, pp. 115-145.
- Färe, R. and D. Primont (1995), *Multi-output production and duality: Theory and applications*, New York: Kluwer Academic Publishers.
- Funakoshi, M. and K. Motohashi (2009), “A Quantitative Analysis of Market Competition and Productivity.” *Japanese Economy*, 36, No.1, pp.27-47.
- Jondrow, J., C. A. K. Lovell, I. S. Materov, and P. Schmidt (1982), “On Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model.” *Journal of Econometrics*, 19, pp. 233-238.
- Kato, A. (2009), “Product Market Competition and Productivity in the Indian Manufacturing Industry.” *Journal of Development Studies*, 45, No.10, pp.1579-1593.
- O’Donnell, C. J., D. S. P. Rao, and G. E. Battese (2008), “Meta-Frontier Frameworks for the Study of Firm-Level Efficiencies and Technology Ratios.” *Empirical Economics*, 34, pp.231-255.
- Oh, D. H. (2010), “A Metafrontier Approach for Measuring an Environmentally Sensitive Productivity Growth Index.” *Energy Economics*, 32, pp.146-157.
- Oh, D. H. and J. D. Lee (2010), “A Metafrontier Approach for Measuring Malmquist Productivity Index.” *Empirical Economics*, 38, pp.47-64.
- Orea, L. (2002), “Parametric Decomposition of a Generalized Malmquist Productivity Index.” *Journal of Productivity Analysis*, 18, pp. 5-22.
- Ray, S. C. (1998), “ Measuring Scale Efficiency from a Translog Production Function.” *Journal of Productivity Analysis*, 11, pp. 183-194.
- Reenen, J. V. (2011), “Does Competition Raise Productivity through Improving Management Quality?” *International Journal of Industrial Organization*, 29, pp.306-316.
- Sipiläinen, T., T. Kuosmanen, and S. C. Kumbhakar (2010), “Measuring Productivity Differential- An Application to Milk Production in Nordic Countries.” *Working Paper*.
- Sumardi, R. H. and K. A. Anaman (2004), “Aggregate Efficiency Analysis of Resource Use and Demand

for Labour by the Construction Industry in Brunei Darussalam.” *Construction Management and Economics*, 22, pp.755-764.

Vancauteren, M. and B. H. de Frahan (2011), “Trade Policy, Competition and Productivity: The Impact of EU Harmonization in the Dutch Food Processing Industry.” *De Economist*, 159: 483-509.

Wong, W. P., Gholipour, H. F., and E. Bazrafshan (2012), “How Efficient Are Real Estate and Construction Companies in Iran’s Close Economy?” *International Journal of Strategic Property Management*, 16, No.4, pp.392-413.

You, T. and H. Zi, (2007), “The Economic Crisis and Efficiency Change: Evidence from the Korean Construction Industry.” *Applied Economics*, 39, pp.1833-1842.

附錄 A 營造與建設業效率評估文獻上使用的投入與產出項目一覽表

類別	投入產出項目	營造業					建設業				
		A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
產出類	國內生產毛額	●									
	營業收入淨額		●	●	●	●	●	●	●		●
	營業毛利							●			
	稅後純益			●							
	資產報酬率			●							
	股東權益報酬率			●							
	員工產值			●							
	獲利率			●							
	1-負債比率			●							
	存貨周轉率(天)								●		
	投入類	員工人數	●	●	●	●	●	●	●		●
存貨									●		
固定資產淨額							●				
固定資產			●							●	
機器價值		●									
中間資本投入		●									
資本額				●	●	●					
股東權益				●				●			
負債總額								●			
短期財務風險(1減速動比率)							●				
長期財務風險(負債比率)							●				
營業成本		●							●	●	●
1/(負債比率)									●		
速動比率									●		

註：表內各文獻係以英文字母及編號來代表，分別如下：A1: Sumardi and Anaman 2004，A2: You and Zi (2007)，A3: 吳濟華、何柏正與黃元璋 (2008)，A4: Dzung and Wu (2012)，A5: Dzung and Wu (2013)；B1: 章定煊與張金鵬 (2001)，B2: 章定煊 (2005)，B3: 洪維延與尚瑞國 (2005)，B4: Anderson *et al.* (1998)，B5: Zheng *et al.* (2011)。

附錄 B：營建業隨機邊界法投入面距離函數估計結果

	營造業估計結果		建設業估計結果	
	係數估計值	t 值	係數估計值	t 值
Constant	-12.9160	-2.0813	-5.1479	-5.2428
$\ln(X_2)$	-0.3552	-0.5094	0.8535	3.9065
$\ln(X_3)$	0.2442	0.5741	0.0284	0.3898
$\ln(Y_1)$	0.1724	0.2113	0.3470	3.8219
$\ln(Y_2)$	0.0968	0.3133	-0.1770	-2.1277
t	0.4950	3.1036	0.3173	5.4286
$0.5 \times \ln(X_2)^2$	-0.1192	-2.5193	-0.0558	-1.4554
$0.5 \times \ln(X_3)^2$	-0.0041	-0.1362	0.0199	3.3157
$0.5 \times \ln(Y_1)^2$	-0.0835	-1.7992	-0.1654	-11.8435
$0.5 \times \ln(Y_2)^2$	-0.0207	-1.9793	-0.0237	-3.8732
$0.5 \times t^2$	0.0049	2.1323	-0.0014	-0.3204
$\ln(X_2) \times \ln(X_3)$	0.1461	4.3899	0.0190	1.6603
$\ln(X_2) \times \ln(Y_1)$	-0.0494	-0.9846	-0.0905	-4.4103
$\ln(X_2) \times \ln(Y_2)$	0.0293	1.0773	0.0091	0.8764
$\ln(X_2) \times t$	0.0146	1.8960	-0.0115	-1.4736
$\ln(X_3) \times \ln(Y_1)$	0.0921	2.6357	0.0166	2.2728
$\ln(X_3) \times \ln(Y_2)$	0.0020	0.1082	-0.0029	-0.8866
$\ln(X_3) \times t$	-0.0207	-2.5310	0.0048	1.6352
$\ln(Y_1) \times \ln(Y_2)$	0.0247	1.4493	0.0375	5.1629
$\ln(Y_1) \times t$	-0.0325	-2.6944	-0.0235	-4.3665
$\ln(Y_2) \times t$	0.0037	3.8586	-0.0052	-1.4574
σ^2	0.0850	1.9297	0.0989	3.9929
Gamma	0.9161	18.9868	0.7179	9.4280
η	0.1143	2.6613	0.0644	2.0362
Log-likelihood	118.1472		84.5995	

註：1. 樣本數：營造業為 155 個公司年，建築業為 406 個公司年。2. 表中所有的 $X_i, i=2 \cdots 6$, 均已除以 X_1 。

附錄 C：隨機邊界法與共同邊界投入面距離函數估計結果

	SFA	估計標準誤	QP	估計標準誤
Constant	-4.8883	0.9944	-4.6359	0.8803
$\ln(X_2)$	1.1583	0.1909	0.7723	0.1764
$\ln(X_3)$	0.1547	0.0662	0.0175	0.0531
$\ln(Y_1)$	0.5583	0.0697	0.2318	0.2320
$\ln(Y_2)$	-0.1697	0.0764	-0.2044	0.0423
t	0.2394	0.0594	0.3151	0.0271
$0.5 \times \ln(X_2)^2$	0.0444	0.0217	0.0412	0.0225
$0.5 \times \ln(X_3)^2$	0.0261	0.0055	0.0258	0.0024
$0.5 \times \ln(Y_1)^2$	-0.1196	0.0098	-0.0839	0.0223
$0.5 \times \ln(Y_2)^2$	-0.0234	0.0057	-0.0227	0.0030
$0.5 \times t^2$	0.0027	0.0040	0.0028	0.0030
$\ln(X_2) \times \ln(X_3)$	0.0461	0.0092	0.0542	0.0089
$\ln(X_2) \times \ln(Y_1)$	-0.0241	0.0119	-0.0029	0.0103
$\ln(X_2) \times \ln(Y_2)$	-0.0007	0.0076	0.0110	0.0077
$\ln(X_2) \times t$	-0.0240	0.0061	-0.0313	0.0036
$\ln(X_3) \times \ln(Y_1)$	0.0311	0.0057	0.0456	0.0095
$\ln(X_3) \times \ln(Y_2)$	-0.0030	0.0032	-0.0015	0.0017
$\ln(X_3) \times t$	0.0011	0.0027	-0.0001	0.0014
$\ln(Y_1) \times \ln(Y_2)$	0.0288	0.0057	0.0399	0.0052
$\ln(Y_1) \times t$	-0.0297	0.0044	-0.0407	0.0030
$\ln(Y_2) \times t$	-0.0061	0.0030	-0.0045	0.0016
σ^2	0.0880	0.0195	-	-
Gamma	0.6894	0.0747	-	-
η	0.1275	0.0260	-	-
Log-likelihood	107.9388		-	-

註：1. 總樣本數為 561 公司年。2. QP 的標準差採拔靴法獲得。3. 表中所有的 $X_i, i=2 \cdots 6$, 均已除以 X_1 。

A Comparison of the Productivity Changes for the Listed Firms in Taiwan's Construction and Real Estate Industries under a Metafrontier Input Distance Function Framework

Chang, Bao-Guang* Huang, Tai-Hsin Kuo, Chun-Yi*****

Abstract

This study explores metafrontier productivity index of the so-called “pioneer locomotive in economy”, i.e., construction and real estate, two industries with dissimilar operational models. The study uses as its tool the metafrontier input distance function, which has the ability to identify and compare different production technology groups. The study investigates the productivity of listed firms in the industry of 24 construction firms and 59 real estate firms in Taiwan, based on 561 samples of panel data from 2000 to 2007. Applying regression analysis led to these findings: (1) construction firms' average productivity index is significantly lower than that of real estate firms; (2) construction firms' scale and technology changes are significantly lower than those of real estate firms; (3) the rate of construction firms' technology gap change is significantly greater, compared to real estate firms. In addition, construction firms' technology catch-up is not significantly greater, however, production technology vis-à-vis room for elevating potential technology levels is significantly greater. Lastly, breaking further technology catch-up into two component elements: technology efficiency catch-up and sca-

* Professor, Department of Accounting, Tamkang University, Email: baog@mail.tku.edu.tw.

** Professor, Department of Money and Banking, National Chengchi University.

***Ph.D. Student, Graduate Institute of Management Sciences, Accounting, Tamkang University.

le catch-up, this study finds that although there is no marked difference in the technology catch-up index between construction and real estate firms, construction firms' scale catch-up is significantly less than that of real estate firms. To summarize, differentiating from prior studies which for their analyses merely targets individual firms in construction or real estate, this study explores and analyzes pooled and combined data from firms in construction or real estate, and further extends focal issues to include productivity changes and catch-ups. Therefore this study not only serves to strengthen and remedy deficiencies in the existing literature, it also provides firm managers more concrete information on which long and short-term efficiency evaluations and operational decisions may be based.

Keywords: construction and real estate; metafrontier input distance function; metafrontier productivity index; returns to scale
