

明新科技大學 校內專題研究計畫成果報告

考慮產品世代交替之鋁基板硬碟片供應鏈之績效評估 Performance Evaluation of a ASHD Supply Chain with Substitution of Successive Generations of Products

計畫類別： 整合型計畫 個人計畫

計畫編號：MUST 97-工管-01

執行期間：97年3月1日至97年9月30日

計畫主持人：呂博裕

共同主持人：

計畫參與人員：梁宏志

處理方式：除涉及專利或其他智慧財產權外得立即公開，
唯必要時本校得展延發表時限。

可立即對外提供參考
(請打√) 一年後可對外提供參考
兩年後可對外提供參考

執行單位：工業工程與管理系

中華民國 97年9月30日

摘要

硬碟產業的競爭需要密切的留意科技與產品的發展，巨大金額與數年的努力結果可能只有平均六季（18 個月）的生命週期。產品的數量通常在第三季達到高峰，硬碟製造商典型的會在第五季宣布當代產品之壽命即將結束，並在第六季的最後停止生產，同時下一代產品通常在當代產品的第二季就開始準備所需之設備與流程，並在第三季前後正式推出下一代產品。本研究探討一典型的鋁基板硬碟片供應鏈，供應鏈成員包括：多家物料/耗材供應商、一家製造商、與多家客戶。客戶累積需求呈現 S-形曲線，客戶訂單抵達之後，製造商根據訂單之需求進行生產作業，並在承諾的時間內將完成品運送到客戶處，而生產所需之物料/耗材係由供應商所供應。因此，製造商的生產模式是屬於“訂貨生產或接單生產”，亦即製造商擁有物料/耗材庫存，但無完成品庫存。同時，製造商採用需求預測方法來預測產品的需求，以作為生產規劃與存貨決策的基礎。在產品方面，本研究考慮 3.5 吋連續三世代鋁基板硬碟片（例如：80GB、100GB、120GB）之產銷問題，其中前二代產品已經推出，這二代產品都還在銷售中，且第二代正在替代第一代，而第三代還在開發中。本研究提出一個以模擬為基礎之研究架構，以探討各實驗變數（包括：需求型態、訂單寬放水準等）對鋁基板硬碟片供應鏈之影響程度，並探索世代產品間不斷互相交替擴散的過程。本研究所採用的績效指標包括：總利潤、總完成品數量、達交率、與流程時間。最後，以一個實際的鋁基板硬碟片供應鏈為例子，以示範所提出的研究架構。範例之分析結果顯示，若以總利潤為主要的績效指標，外部影響係數之表現不一，內部影響係數各水準間並沒有顯著差異；若以總完成品數量為主要的績效指標，以高程度之外部影響係數與內部影響係數表現較佳；若以達交率或流程時間為主要的績效指標，以低程度之外部影響係數與內部影響係數表現較佳。

關鍵詞：鋁基板硬碟片、供應鏈、多世代、擴散與替代、模擬分析

Abstract

Competition in the hard disk drive industry requires close attention to technology and product development. The result of hundreds of millions of dollars and years of effort is a product life cycle that in only six quarters long. The product volume is usually at a peak during quarter three. The disk drive manufacturer typically announces the product life will end during quarter five and the product manufacturing is then stopped by quarter six. Moreover, during quarter two, the disk drive manufacturer will prepare the manufacturing equipment and processes for the next generation of products and introduce the new product during quarter three. This study chooses a typical supply chain that includes the following members: several materials/parts suppliers, a manufacturer, and several customers. The cumulative demand pattern of customers follows an S-shaped curve. The manufacturer is operated in the make to order (MTO) environment and uses forecasting methods to forecast the demand for making planning and inventory decisions. This study considers the production and sales problems of three-generation aluminum substrate hard disk (ASHD), e.g., 80GB, 100GB, and 120GB of 3.5-inch hard disk. The first two generations of products have been introduced and the third generation of products is under development. This study proposes a simulation-based research structure to evaluate the impact of experimental variables (including demand patterns, order allowance level, etc.) on the performance of the ASHD supply chain, and investigates the diffusion and substitution processes between generations of products. The performance indexes used in the study include total profit, quantity of finished products, fill rate, and flow time. Finally, a real ASHD supply chain is used to demonstrate the research structure. Based on the results of the example, the performance of coefficient of external influence (CEI) depends on the condition and the three levels of coefficient of internal influence (CII) are not significantly different with respect to the measure of total profit. The high level of CEI and CII performs better with respect to the measure of quantity of finished products. The low level of CEI and CII performs better with respect to the measure of fill rate or flow time.

Keywords: Aluminum Substrate Hard Disk, Supply Chain, Multi-Generation,
Diffusion and Substitution, Simulation Analysis

目錄

摘要	i
Abstract	ii
目錄	iii
表目錄	v
圖目錄	vi
第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的	3
1.3 研究範圍與限制	4
1.4 研究步驟	4
第二章 文獻探討	6
2.1 短生命週期產品之介紹	6
2.2 短生命週期產品之相關文獻	8
2.3 多世代產品擴散與替代模式之相關文獻	10
2.4 本章結論	14
第三章 研究方法與架構	15
3.1 研究問題	15
3.2 研究架構	15
3.3 鋁基板硬碟片供應鏈	17
3.4 系統參數	23
3.5 實驗變數	24
3.6 績效指標	24
3.7 研究工具	26
第四章 範例分析	27
4.1 範例說明	27
4.2 系統參數之設定	27
4.3 實驗變數之設定	27
4.4 實驗設計與模擬相關議題	30
4.5 模擬結果及分析	31
4.5.1 總利潤 (TP)	32
4.5.2 總完成品數量 (QF)	33
4.5.3 達交率 (FR)	34
4.5.4 流程時間 (FT)	35
4.5.5 外部影響係數或內部影響係數與其他實驗變數之交互作用	36
第五章 結論與建議	56
參考文獻	59
附錄	63
附錄A EXTEND模擬模式	63
附錄B EXTEND模擬模式之說明	73
附錄C 個案簡介	76

附錄D 模擬次數之計算程序	77
附錄E 模擬模式之驗證程序	79

表目錄

表 3.1 鋁基板硬碟片作業名稱與作業內容說明	22
表 3.2 系統參數一覽表	23
表 4.1 系統參數之數值設定	28
表 4.2 鋁基板硬碟片各作業之機台數量與處理時間	29
表 4.3 實驗變數之水準設定	30
表 4.4 模擬結果—CEI=L1 (低程度之外部影響係數).....	38
表 4.4 (續)	39
表 4.5 模擬結果—CEI=L2 (中等程度之外部影響係數).....	40
表 4.5 (續)	41
表 4.6 模擬結果—CEI=L3 (高程度之外部影響係數).....	42
表 4.6 (續)	43
表 4.7 總利潤 (TP) 之變異數分析結果.....	44
表 4.8 總完成品數量 (QF) 之變異數分析結果	45
表 4.9 達交率 (FR) 之變異數分析結果.....	46
表 4.10 流程時間 (FT) 之變異數分析結果.....	47
表 5.1 實驗變數對各績效指標之影響程度	57
表 5.2 根據主要的績效指標以比較外部影響係數與內部影響係數之水準	57
表E.1 測試一之系統參數設定	79
表E.2 測試二之系統參數設定	80

圖目錄

圖 1.1 硬碟的主要元件	2
圖 1.2 研究步驟	5
圖 2.1 一典型短生命週期產品之累積需求型態	7
圖 3.1 研究架構圖	16
圖 3.2 鋁基板硬碟片供應鏈示意圖	18
圖 3.3 鋁基板硬碟片供應鏈作業流程圖	20
圖 3.3 (續)	21
圖 3.4 鋁基板硬碟片連續三代在市場上之潛在需求	21
圖 4.1.1 總利潤 (TP) (當CII=L1 時)	48
圖 4.1.2 總利潤 (TP) (當CII=L2 時)	48
圖 4.1.3 總利潤 (TP) (當CII=L3 時)	49
圖 4.2.1 總完成品數量 (QF) (當CII=L1 時)	49
圖 4.2.2 總完成品數量 (QF) (當CII=L2 時)	50
圖 4.2.3 總完成品數量 (QF) (當CII=L3 時)	50
圖 4.3.1 達交率 (FR) (當CII=L1 時)	51
圖 4.3.2 達交率 (FR) (當CII=L2 時)	51
圖 4.3.3 達交率 (FR) (當CII=L3 時)	52
圖 4.4.1 流程時間 (FT) (當CII=L1 時)	52
圖 4.4.2 流程時間 (FT) (當CII=L2 時)	53
圖 4.4.3 流程時間 (FT) (當CII=L3 時)	53
圖 4.5.1 鋁基板硬碟片連續三代在市場上之潛在需求—改變 p_1 值	54
圖 4.5.2 鋁基板硬碟片連續三代在市場上之潛在需求—改變 q_1 值	54
圖 4.5.3 鋁基板硬碟片連續三代在市場上之潛在需求—改變 m_2 與 m_3 值	55
圖 4.5.4 鋁基板硬碟片連續三代在市場上之潛在需求—改變 τ_2 值	55

第一章 緒論

本章首先說明研究背景與研究目的，然後敘述研究範圍與限制，最後描述詳細的研究步驟。

1.1 研究背景

硬碟 (或稱硬碟機) (hard disk drive) 被廣泛且多元化的運用於伺服器、桌上型電腦、手提電腦、汽車導航系統及 MP3 player 等，市場專家預測硬碟在數位電子設備上面的需求，將會持續的成長。硬碟的儲存原理是將資料用其控制電路透過硬碟讀寫頭 (read write head)，去改變硬碟片 (hard disk) 表面上極細微的磁蕊的正負極性來加以儲存。硬碟片為儲存更多的資料，則須將磁蕊製作的愈細愈小 (類似相機底片的感光顆粒)，再濺鍍 (coating) 到硬碟片表面上，密度相當高。而硬碟讀寫頭為了能在硬碟片表面高速來回移動讀取資料，則需漂浮在硬碟片表面不可接觸，但太高讀取訊號會太弱，無法達到高容量要求，所以需儘可能壓低，其飛行高度 (flying height) 約為 0.5μ 吋。所以硬碟片表面上須相當光滑平整，任何異物、塵埃均會造成硬碟讀寫頭打傷磁面，而造成硬碟資料永久性傷害。所以硬碟的裝配全程需在 Class 100 高潔淨度的無塵室 (clean room) 內進行，此項安裝作業需用雷射儀器完成無法使用人工。

硬碟大致分為：硬碟片 (或稱碟片、磁片)、讀寫頭、馬達 (spindle motor and voice coil motor)、基座 (base)、電路板 (PCBA) 等幾大項組合而成，如圖 1.1 所示 (凌威科技，2006)。

硬碟片的基板是金屬 (如鋁基板) 或玻璃材質製成，為達到高密度高穩定的品質，基板要求表面光滑平整，不可有任何瑕疵，然後再將磁粉濺鍍到基板表面上，最後再塗上保護潤滑層。此處有二項高科技，一為如何製造出不含雜質極細微的磁粉，二為如何將磁粉均勻的濺鍍上去。以 3.5 吋硬碟片來說，其內徑為 25 公厘，需扣掉最外及最內圈不儲存資料的部分，實際只剩 20 公厘，故其儲存密度相當高，所以硬碟片不可有任何污染，全程製造均需在 Class 100 高潔淨度的無塵室內。

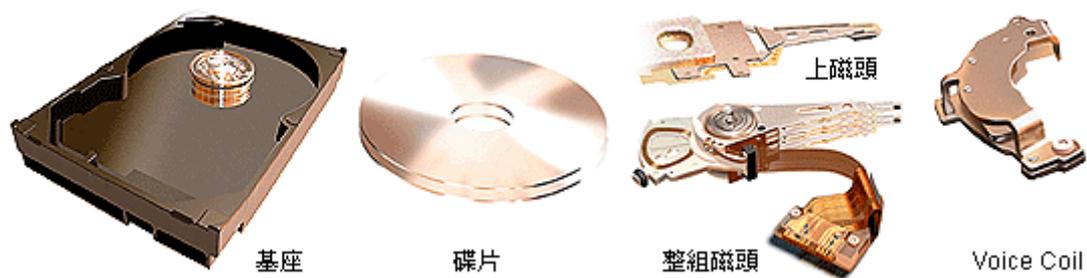


圖 1.1 硬碟的主要元件

由於硬碟片是高科技、高精密產業，集電子半導體、雷射光學、精密機械、高等物理化學等科技。目前 PC 上很多週邊產品在很多國家均可製造，唯獨 CPU 和硬碟片只有美日等國有擁有製造能力，可見其製造難度。硬碟片因其產業結構龐大涉及尖端科技，所以美日原廠對硬碟片製造技術管制嚴格，一般是無法輕易取得關鍵技術。最近幾年，台灣廠商開始與美日合作，以移轉硬碟片的製造技術，產量也不斷提升。但面對國外製造廠之競爭，現今硬碟片已經進入薄利時代，價格平均每年下降 40% (Gourevitch et al., 2000; 和喬科技, 2006)。

在許多產業，新產品推出的快速步伐已導致縮短的產品生命週期。產品生命週期縮短為幾個月到最多二年，這在流行產業 (例如：玩具、服飾) 與高科技產業 (例如：電腦、液晶顯示器、硬碟、消耗性電子產品) 已非常普遍。短生命週期產品之典型需求型態可以下列階段來表示：快速成長 (rapid growth)、成熟 (maturity)、衰退 (decline)，且其累積需求大都呈現 S-形曲線 (S-shaped curve) (Kurawarwala and Matsuo, 1998)。傳統的需求預測方法無法應用於短生命週期產品，舉例來說，平滑 (smoothing) 方法 (例如：移動平均、指數平滑) 只適用於需求之趨勢 (trends) 與季節性 (seasonalities) 隨著時間而趨於穩定的情況；比較複雜的預測方法 (例如：Box-Jenkins 法) 則最好應用在有大量需求歷史資料的情況 (Zhu, 2002)。因此，針對短生命週期產品之需求特徵，我們必須採用其他的方法 (例如：Bass 模式、logistics 函數) 來預測這些產品的需求 (Bass, 1969; Shang et al., 2004)。

硬碟正是屬於短生命週期的高科技產品，其單一型式產品 (例如：3.5 吋 80GB 硬碟片) 之累積需求亦呈現 S-形曲線。最近幾年，由於消費性電子產業採用新的

硬碟科技，因而激勵了硬碟市場的成長，例如：正在興起的數位錄放影機，係使用硬碟來紀錄與播放電視節目。在短短不到兩年的時間裡，3.5 吋單碟容量從 60GB 提升到了 100GB，以滿足大量的文字、圖形、聲音、與影像等之儲存需求。硬碟產業的競爭需要密切的留意科技與產品的發展，巨大金額與數年的努力結果可能只有平均六季（18 個月）的生命週期。產品的數量通常在第三季達到高峰，硬碟製造商典型的會在第五季宣布當代產品之壽命即將結束，並在第六季的最後停止生產，同時下一代產品通常在當代產品的第二季就開始準備所需之設備與流程，並在第三季前後正式推出下一代產品 (Gourevitch et al., 2000; Kumar and McCaffrey, 2003)。

1.2 研究目的

多世代產品於市場上之擴散情況，一直是廠商所欲瞭解的。瞭解目前或前幾代之擴散情況即可對於未來代之市場需求趨勢掌握一定的脈動，這對廠商而言可從生產計畫到銷售決策達到相當程度之優勢，對於收益及成本相關決策之考量也有所助益。此外，在目前專業分工及產業鏈之架構下，產品已不再是由某一家廠商所獨力完成，而是整合許多不同類別之廠商（即供應鏈）所合力完成。因此，探究不同世代產品於市場上銷售之相互影響有其重要之意義（樊晉源，2003）。

本研究探討一典型的鋁基板硬碟片 (aluminum substrate hard disk) 供應鏈，供應鏈成員包括：多家物料/耗材供應商、一家製造商、與多家客戶。客戶累積需求呈現S-形曲線，客戶訂單抵達之後，製造商根據訂單之需求進行生產作業，並在承諾的時間內將完成品運送到客戶處，而生產所需之物料/耗材係由供應商所供應。因此，製造商的生產模式是屬於“訂貨生產或接單生產”(make to order; MTO)，亦即製造商擁有物料/耗材庫存，但無完成品庫存。同時，製造商採用需求預測方法來預測產品的需求，以作為生產規劃與存貨決策的基礎。在產品方面，本研究考慮 3.5 吋連續三世代鋁基板硬碟片（例如：80GB、100GB、120GB）之產銷問題，其中前二代產品已經推出，這二代產品都還在銷售中，且第二代正在替代第一代，而第三代還在開發中，每一代產品之壽命大概是 18 個月。

本研究之主要目的是提出一個以模擬為基礎之研究架構，以探討各實驗變數（包括：需求型態、訂單寬放水準等）對鋁基板硬碟片供應鏈之影響程度，並探索

世代產品間不斷互相交替擴散的過程。本研究所採用的績效指標包括：總利潤、總完成品數量、達交率、與流程時間等，本文以一個實際的鋁基板硬碟片供應鏈為個案，在瞭解整個鋁基板硬碟片供應鏈的作業流程之後，我們將建立其模擬模式，並據此進行深入分析。

1.3 研究範圍與限制

由於大部分公司將單一型式產品（尤其是前一代）之完整銷售資料視為商業機密，因此本研究假設可根據前一代產品的完整生命週期之銷售資料，以建立適合的 Norton and Bass 擴散模式 (Norton and Bass, 1987)，然後利用此模式來預測未來產品之需求。本研究是以一條鋁基板硬碟片供應鏈為個案，因事涉多家公司之商業機密，若干機密性資料已經過改編。

1.4 研究步驟

首先確認研究背景、研究目的、以及研究範圍與限制，接著針對“短生命週期產品及多世代產品擴散與替代模式”的相關文獻加以研讀與整理。而後提出研究架構，並選擇鋁基板硬碟片供應鏈作為本研究的基礎，然後決定實驗變數和績效指標。再根據鋁基板硬碟片供應鏈之作業流程，利用模擬軟體以建立其模擬模式，然後進行測試與驗證。接著挑選範例，且進行範例資料之蒐集與分析，之後執行模擬模式，且將模擬結果儲存起來。經統計分析模擬結果，並繪製成圖表，最後撰寫報告。詳細的研究步驟如圖 1.2 所示。

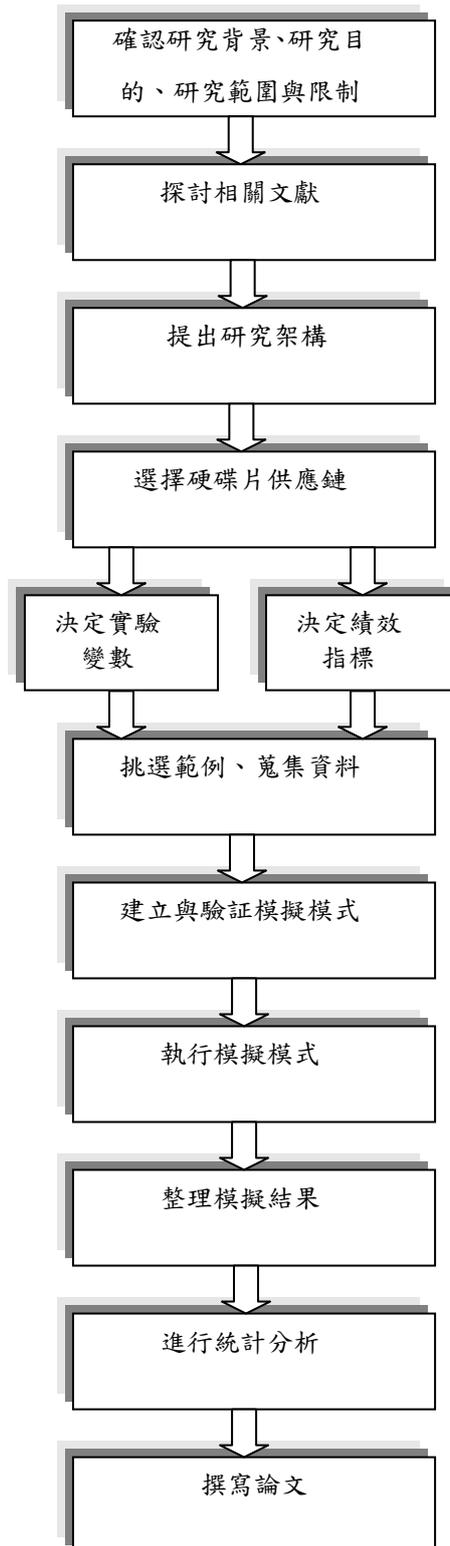


圖 1.2 研究步驟

第二章 文獻探討

本章首先介紹短生命週期產品之特性，接著針對短生命週期產品及多世代產品擴散與替代模式的相關文獻加以討論，最後作出結論。

2.1 短生命週期產品之介紹

短生命週期產品 (short lifecycle products) 指的是該產品只在某一有限期間內銷售，這表示此產品在這段期間之前從未被銷售過，因此並沒有直接的歷史銷售資料以進行需求預測。以下這些產品可以被歸納為此一類型的產品 (Lapide, 2001)：

- 在一年的某一有限期間內銷售的循環性、季節性產品 (recurring seasonal products) — 這類產品包括：萬聖節糖果、製雪機、防曬乳液等，這些產品主要是在度假旺季或是當顧客需要它們時才出售。雖然這些產品之中有些擁有前幾年的銷售歷史，但是年與年之間的需求型態通常很難以確認。就以製雪機與防曬乳液為例，要確認天氣情況是很難的；而在萬聖節用品上，決定哪些面具與服飾將會流行確實是一項賭注。
- 在某一有限期間內銷售的季節性流行產品 (seasonal fashion products) — 這類產品包括：春裝、由設計師專門設計的手套、浴袍等，同樣地，雖然這些產品以前曾被出售過，但是它們的樣式每年都會改變，因此很難以預測每年的需求型態。
- 在某一有限期間內銷售的非季節性流行產品 (non-seasonal fashion products) — 這類產品包括：音樂、錄影帶、書等，雖然這些產品以前曾被出售過，但是每次都是嶄新的產品。
- 樣式替換與升級產品即替換現有產品 (model replacement and upgrade products) — 這類產品包括：每年皆會改變的汽車與家用電器產品線、升級與新版軟體，雖然這些產品以前曾被出售過，但是每種模式與升級產品都不一樣。

在產品需求 (product's demand) 上，上述的每一類產品皆無相同的歷史資料，

因此在產品投入市場之前，必須先發展預測未來需求的方法。時間序列法在此沒有助益。預測者必須運用產品生命週期預測方法 (product lifecycle forecasting method)，此方法倚賴一之前相似的產品之需求型態，並利用它來預測新產品的需求。

概念上是必須隨著時間以估計需求曲線 (demand curve) 之形狀 (shape) 與高度 (height)，此曲線如以累積 (cumulative) 需求曲線來表示，則其形狀通常呈現 S 形曲線 (S-shaped curve)。如圖 2.1 所示，藉著考慮以下的二項特性及其相關的估計程序，這條曲線可以被標示出來 (Lapide, 2001)：

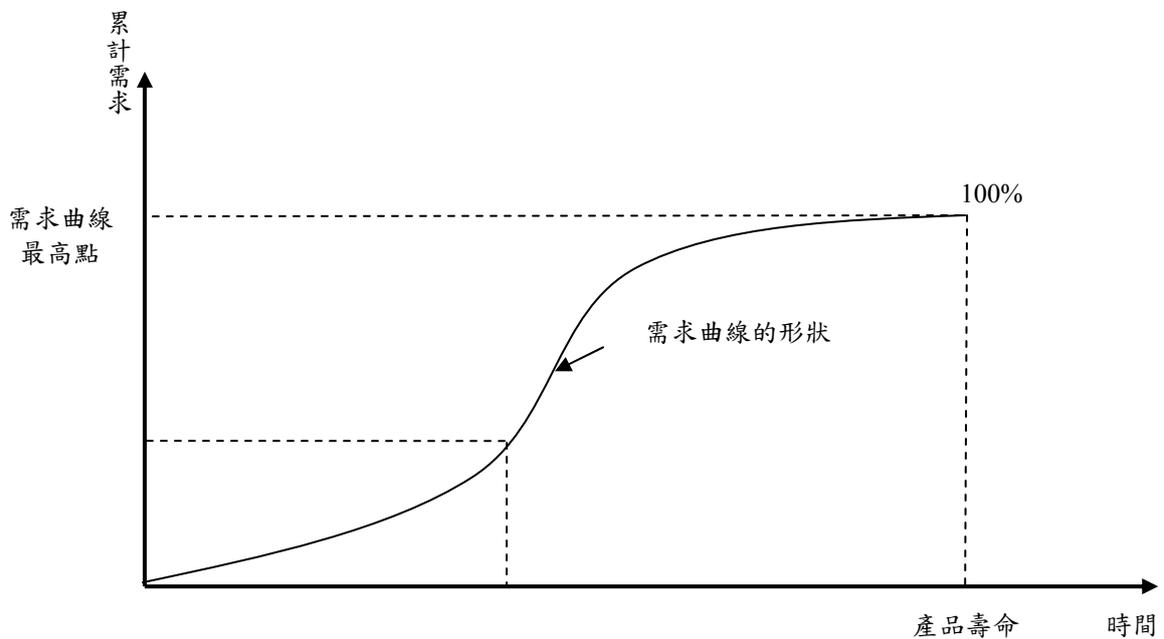


圖 2.1 一典型短生命週期產品之累積需求型態

- 需求曲線之形狀 — 它代表產品多快到達其壽命總累積需求的 100%，此形狀之估計可以藉由過去所保存的產品累積需求曲線，並擇一或結合數條曲線，以發展新產品的需求曲線之形狀。
- 需求曲線之高度 — 它代表產品在其整個壽命期間的累積需求，亦即就需求曲線而言，最後累積需求之 100% 代表多少？此特性很難以估計，但通常是把新產品與過去的產品作比較，然後估計此產品將會多賣或少賣。市場調查研究通常有助於此，它可以協助評估一產品打入某一市場之潛力或顧客購買此一產品之興趣。

將所估計的需求曲線之形狀與高度結合成為累積需求預測 (cumulative demand forecast)，藉此可產生隨著時間之需求預測 (demand forecast)。

2.2 短生命週期產品之相關文獻

在學術研究上，國內針對“短生命週期產品”的研究已有一些，例如：林君諺，2000；蔡春祥，2002；鄭誌華，2003；洪文鎰，2004。以下我們將針對這些文獻稍作說明。

林君諺 (2000) 探討具有“短生命週期”的“流行性產品”，作者使用 logistic growth 來表示需求曲線，logistic model 來描述整個產品需求的成長、成熟、衰退等變動過程。同時，作者將整個分析流程依據再訂購的時間點分成連續性及間斷性。在連續性分析方面，使用 EOQ、Silver-Meal、和 Least Unit Cost 等三種方法；在間斷性分析方面，則使用 Silver-Meal 及 Wagner-Whitin Method 等二種方法。最後由研究結果得到一些結論及建議，以作為預測流行性產品的再訂購時間點及最小總成本的參考。

蔡春祥 (2002) 探討“短生命週期產品”之存貨補貨問題，他是以邏吉斯需求模型為基礎，並建立與幫助短生命週期產品之管理。首先，存貨模型是以邏吉斯需求模型為基礎，其考慮的因素包括：允許缺貨的存貨模式、SFI 補貨策略、及錢的時間價值與通貨膨脹，並使用擴充的 Wangner—Whitin 方法決定補貨循環、排程、及批量大小。第二，上面的問題再考慮到指數分配退化，然後決定補貨循環、排程、及批量大小，並使用擴允的 Wangner—Whitin 方法和模擬退火演算法尋找最

佳補貨點。

鄭誌華 (2003) 探討一個三階層供應鏈，該供應鏈包括多個供應商、一個製造商、與一個配銷商，目的是要瞭解製造商如何選擇供應商、製造商與配銷商如何訂購與定價，此供應鏈是針對價格敏感且隨機需求之“短生命週期產品”。作者利用基因演算法來尋找最佳解，並在合作機制下，試圖尋求製造商與配銷商之最大聯合利益，且比較有無合作機制之績效。

洪文鑑 (2004) 探討一個三階層供應鏈之供應商選擇與配銷決策，該供應鏈包括多個供應商、一個製造商、與多個零售商，此供應鏈是針對價格敏感且隨機需求之“短生命週期產品”，製造商必須決定向哪一個供應商訂購零件及訂購多少，以最小化訂購成本。在合作機制下，作者試圖尋找製造商與零售商之最大聯合利益，並比較有無合作機制之績效。

在國外期刊方面，針對“短生命週期產品”的研究也有一些，例如：Kurawarwala and Matsuo, 1998; Weng, 1999; Weng and McClurg, 2003; Higuchi and Troutt, 2004; Shang et al., 2004; Liu et al., 2006。以下我們將針對這些文獻稍作說明。

Kurawarwala and Matsuo (1998) 採用三種方法來預測“短生命週期產品”的需求，這些方法包括：線性成長模式、指數成長模式 (即 Bass 模式)、季節性趨勢成長模式 (即修正型 Bass 模式)。他們以“個人電腦”為範例，其生命週期為 38 個月，而需求是根據過去產品的歷史資料，研究結果顯示季節性趨勢成長模式表現最佳，而線性成長模式表現最差，作者並討論了導入這些需求預測模式的相關議題。

Weng (1999) 探討策略聯盟與協調機制對“短生命週期產品”供應鏈的影響，該供應鏈包括一個製造商與一個配銷商，產品之需求與價格有關且具不確定性，作者發展了最佳的生產、訂購、與價格政策，並以“電子設備”為範例來作說明。Weng and McClurg (2003) 也探討策略聯盟與協調機制對“短生命週期產品”供應鏈的影響，該供應鏈包括一個供應商與一個買主，作者發展了一供應商—買主模式，以聯合挑選最佳的買主訂購量與供應商生產量，模式中並考慮了需求與採購運輸時間的不確定性。

Higuchi and Troutt (2004) 探討一“短生命週期產品”供應鏈，該供應鏈包括製造商、零售商、與市場，他們使用以情境為基礎的動態模擬方法，零售商採用 logistics 曲線 (S 形曲線) 來預測短生命週期產品的需求。作者以 Tamagotchi (一種

虛擬寵物玩具) 為範例，其生命週期為 36 個月，研究結果將有助於管理者做出短生命週期產品之相關決策。

Shang et al. (2004) 探討一“短生命週期產品”供應鏈，該供應鏈包括三個供應商、一個製造商、與四個零售商，零售商採用 Bass 模式來預測短生命週期產品的需求，其面對之需求 (呈現 S 形曲線) 是根據 Bass 模式再納入需求變異而產生，同時零售商採用 (s, S) 存貨政策，即當其庫存量低於再訂購點 (s) 時，零售商會向製造商訂購一特定批量的產品，使庫存量回復到 S。作者採用模擬方法，試圖找出最佳的供應鏈作業情境，並以“筆記型電腦”為範例，其生命週期為 20 個月。

Liu et al. (2006) 探討一“短生命週期產品”供應鏈之整合議題，該供應鏈包括一個供應商與一個零售商，作者設計了一混合了退貨政策與減價的新合約 (contract)，此合約係根據實務上有些公司會在不同的銷售期間、不同的市場政策，以不同的價格來銷售產品。同時，作者也導出了使用此合約以達到供應鏈整合之必要條件。最後作者並證明了在二時期 (periods) 銷售環境下，此新合約在“IT 產業”運作的比其他相關合約還要好。

2.3 多世代產品擴散與替代模式之相關文獻

在學術研究上，國內針對“多世代產品擴散與替代模式”的研究已有一些，例如：張嘉訓，2002；樊晉源，2003；陳玉倫，2006；陳香君，2006；鄭國印，2006。以下我們將針對這些文獻稍作說明。

張嘉訓 (2002) 利用「多代擴散模型」探討七代 DRAM 產品之擴散情形。在 DRAM 方面，以全球銷售量為對象，產品世代則包括 4K、16K、64K、256K、1M、4M、16M 共計七代，作者搜集到的歷史銷售量以及價格資料從 1974 年至 1998 年，共計 25 年。作者使用非線性最小平方方法 SYSNLIN 程序依據過去的出貨量來進行模型參數估計；然後再使用模擬程序 SIMNLIN 依據估計出的參數作模擬及預測，進而了解模型之配適效果與預測效果。將多代擴散模型擴大運用於七個世代以上之產品後，研究發現此模型之配適與預測能力皆有不錯的表現。尤其作者以市場變化迅速之 DRAM 產品為實證對象，多代擴散模型描繪高科技產品間的擴散及替代情形，具有非常良好的解釋及預測能力。

樊晉源 (2003) 之研究目的在於經由探索世代產品間不斷互相交替擴散的過程，幫

助廠商做出適當之決策。作者利用擅長處理高階、多環、非線性問題的「系統動力學」作為研究方法及工具，藉由「系統動力學」的幫助，將多代產品擴散的過程動態化，並搭配廠商進行的價格、行銷決策一起進行思考，再由此一過程，發展出一套系統動力學模式。透過此一模式，幫助廠商明瞭多代產品擴散之動態性複雜之問題，使廠商不再因誤判情勢，做出錯誤之決策。作者並以SONY與SEGA電視遊樂器爭霸史作為歷史案例，證明模式之效用。

陳玉倫 (2006) 認為探究產品於市場上銷售之相互影響有其重要之意義存在，除了產品間之相互之影響關係之外，互補品間，其相互採用之數量亦為一重要議題。當產品間存在採用比例關係時，此種關係將與其出貨量有所關連，亦可從此角度探究其出貨量之關係。作者以多代擴散模型為主，引入共擴散概念於其中。結果也顯示出引入共擴散係數之多代擴散模型比基礎多代擴散模型有著較佳之解釋能力。另外，對於產品間之出貨量情形，亦以採用比例為基礎，建構出互補品間之出貨量模型，以對市場上之情況作一相關之預測。

陳香君 (2006) 依據Norton and Bass (1987) 的多世代產品擴散定價模式，以及產品市場結構之簡單線性模式化與Stackedlberg雙佔模式為基礎，推導各世代產品市場潛量來解釋不同市場型態下，高科技產品世代交替的過程。並運用統計參數敏感度實驗探討經過模式化後的擴散係數在不同變動下，對於多世代產品總收益、最佳演化代數與產品上市時間的影響情形。藉由產品上市時間點的掌握，與上市後獲利性的考量，求取整體產品線收益最大化。研究結果發現，無論在DRAM或CPU實證產品上，經參數敏感度分析後皆顯示模仿效果皆較創新採用效果大。顯示消費大眾在對於DRAM與CPU產品的購買上仍較偏重於使用口碑與評價。

鄭國印 (2006) 認為在目前的銷售市場環境中，創新成熟模式已成為普遍存在的產品生命週期型態，特別是產業特性屬於高度競爭的資訊科技業，更是符合創新成熟模式的週期循環過程，但國內對於此模式的相關研究卻仍然屈指可數。因此作者使用多代擴散模式來發展受到外部市場行銷變數影響下的銷售量預測模型，探討新產品考量行銷策略之價格與廣告兩項因素時，對於模式預測能力的影響，並嘗試運用人工智慧之類神經網路來進行參數估計。研究結果顯示加入外部行銷因子之預測模型具有提升預測準確度的效果。此外，以倒傳遞類神經網路來進行參數估計亦可得到良好的預測績效，而其參數求解過程則更為迅速。

在國外期刊方面，針對“多世代產品擴散與替代模式”的研究也有一些，例如：Norton and Bass, 1987; Wilson and Norton, 1989; Norton and Bass, 1992; Speece and MacLachlan, 1995; Mahajan and Muller, 1996; Islam and Meade, 1997; Sohn and Ahn, 2003; Meade and Islam, 2006。以下我們將針對這些文獻稍作說明。

Norton and Bass (1987) 探討多世代高科技產品之動態銷售行為。新科技透過潛在購買人口隨著時間而擴散，因此擴散理論模式與需求成長是息息相關的。再者，一技術之下一代會與這一代相競爭，此種行為是技術交替模式之主題。根據 Bass (1969) 擴散模式之基礎，作者發展了一包括擴散與替代之模式，此模式之主要貢獻在於以相當準確與簡單的方式來整合擴散與替代這二種觀念，同時，此模式之另一項價值是它具有預測整個產業需求與市場佔有率之能力。為了展示所發展之模式，作者並以 DRAM、SRAM、邏輯裝置等產品為範例來做說明。

Wilson and Norton (1989) 探討一公司該在何時推出延伸產品，以最大化總利潤。為了回答這個問題，作者找出三項關鍵性的議題：由於擴散與替代所導致之二種產品的銷售關係、二種產品的相對利潤、公司的規劃期間與原產品的擴散時間之關係。作者發展了一模式，其原產品的單位利潤較高，但銷售成長較慢；而延伸產品的單位利潤較低，但市場較大，故銷售成長較快。延伸產品的推出時機，會影響這二種產品之後續銷售型態及規劃期間的總利潤。研究結果顯示延伸產品的最佳推出時機是在原產品生命週期的早期 (early)，否則就不要推出，這就是所謂的“now or never”法則。

Norton and Bass (1992) 認為在混亂的市場環境，經理人必須經常在缺乏資料的情況下作規劃，一個預測模式可以將可能的未來控制在可管理的範圍內。作者利用許多產品 (例如：電子產品、醫藥用品、消費商品、工業用品等) 作為例證，以證明 Norton and Bass (1987) 所發展的多世代擴散模式可以定義出類似定律的關係，此定律規範了產品之世代與需求。針對此定律，作者認為雖然其所代表的關係並不一定總是適用，但對於每一個已被研究之產品皆證明該定律相當正確。再者，此定律雖是導自理論論述，但卻有許多產品的實務支持。

Speece and MacLachlan (1995) 將 Norton and Bass (1987) 所發展的多世代擴散模式應用到牛奶市場的包裝技術上，作者探討了三世代的包裝容器：玻璃、紙盒、與塑膠，容器大小有一加侖與半加侖二種。研究結果顯示所發展的模式可以成功的應用在一加侖容器的市場，但在半加侖容器的市場就沒那麼成功，原因是它違

反了模式的一些假設，亦即與舊科技（紙盒）比較，最新世代科技（塑膠）並沒有多大的改善，因此替代過程不可能完成。再者，作者將模式加以延伸，亦即加上價格與市場成長因素，結果顯示在預測能力上新模式表現的比基本模式稍微好一點。

Mahajan and Muller (1996) 探討 IBM 大型電腦的新一代產品推出時機，應如何當機立斷的作決策，而此決策會受到一些因素的影響，例如：潛在市場大小、利潤、擴散與替代參數、利率等。作者將 Wilson and Norton (1989) 所提出的“now or never”法則修改為“now or at maturity”，亦即一公司應該在準備妥當時儘快推出新一代的產品，否則就延到這一代達到成熟階段再推出。此外，作者還提出了多世代之間潛在採用者可能出現蛙跳式 (leapfrog) 之採用行為。以 IBM 大型電腦為例，其四代大型電腦分別是：真空管、電晶體、360 家族、370 家族，而第四代大型電腦的潛在採用者可能來自於第一代或第二代採用者等。

Islam and Meade (1997) 探討 Norton and Bass (1987) 所發展的多世代擴散模式之基本假設，亦即外部影響係數 (p) 與內部影響係數 (q) 不會隨著世代而改變。作者藉由分析十一個國家之行動電話技術（有些國家採用二代，有些國家採用三代），來檢定擴散模式。研究結果否決了擴散模式之基本假設，亦即隨著不同世代產品之推出，其外部影響係數 (p) 與內部影響係數 (q) 皆會改變。根據此結果，作者修正了多世代擴散模式，在模式中可改變參數，進一步研究證實新模式可得到較佳之預測績效。

Sohn and Ahn (2003) 認為資訊科技的發展日新月異，這一類新科技通常需要大量投資在 R&D 與商業化，當投資在一新技術之成本日益增加時，投資者可能會更留意成本-效益分析 (cost to benefit analysis)。作者採用蒙地卡羅模擬，來闡述如何應用多世代擴散模式於新的資訊科技，以作出更精準的成本-效益分析。作者採用模擬為研究工具，主要是因為新技術或產品均在發展中，根本沒有前代之歷史資料可以使用，這在資訊科技產業是相當普遍的現象。

Meade and Islam (2006) 回顧了 1980~2005 之間，共 25 年之有關創新擴散模式的研究。作者指出他們的研究目的，是要分析在此領域之不同研究方向，並強調這些研究對改進預測之正確度及增進預測問題之瞭解的貢獻。在整個文章中，作者所回顧與討論的主題包括：在單一市場單一創新之擴散、在多個（國家的）市場

單一創新之擴散、“相同創新科技之多世代擴散”、與多科技模式。作者發現在實證研究當中，採用最多的產品包括：消耗性耐久財與電信產品。最後，針對創新擴散模式，作者歸納出未來可能的研究方向包括：(1) 缺乏資料情況下新產品擴散之預測、(2) 多國模式之預測、(3) 多世代模式之預測。

2.4 本章結論

綜合以上的文獻探討，雖然針對“多世代產品擴散與替代模式”的研究已有一些，但很少有研究探討多世代互相交替擴散之“鋁基板硬碟片供應鏈”之績效，尤其是把焦點擺在需求型態與訂單寬放水準等變數上，那更是不多見。

第三章 研究方法與架構

本章首先敘述本研究之研究問題 (research questions)，接著提出本研究之整個研究架構，然後針對研究架構中之鋁基板硬碟片供應鏈、系統參數、實驗變數、績效指標等分別加以說明，最後陳述本研究所採用的研究工具。

3.1 研究問題

根據第一章研究背景之討論以及第二章文獻探討之結論，本研究要探討下列之研究問題 (research questions)：

- (1) 各實驗變數 (包括：需求型態、訂單寬放水準等) 對鋁基板硬碟片供應鏈之影響程度為何？
- (2) 根據不同的績效指標，各需求型態在不同環境的表現為何？

3.2 研究架構

為了解答上述的問題，本研究提出一個以模擬為基礎之研究架構，如圖 3.1 所示，最中央的部份是模擬程序 (simulation process)，其輸入端包括：鋁基板硬碟片供應鏈、系統參數、實驗變數，而輸出端則是績效指標。根據此研究架構，我們可以每一績效指標為基礎，來探討各實驗變數 (包括：需求型態、訂單寬放水準等) 對鋁基板硬碟片供應鏈之影響程度，並根據不同的績效指標，以評估各需求型態的表現。

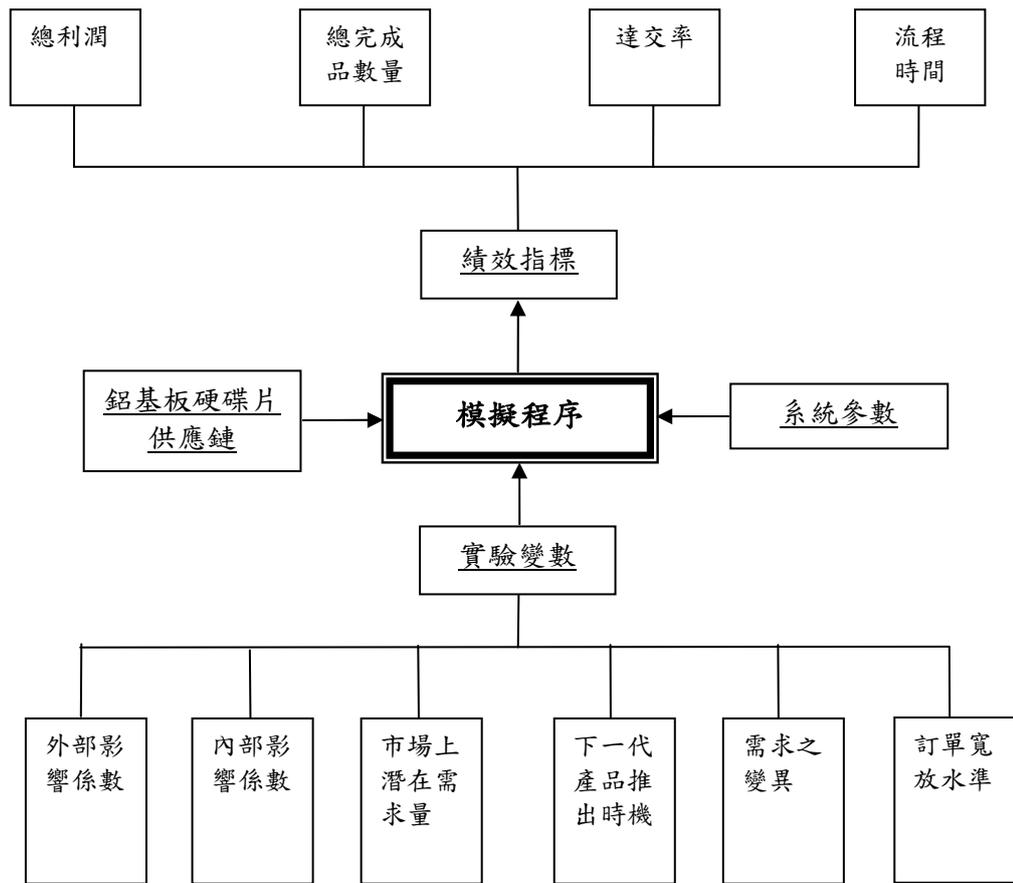


圖 3.1 研究架構圖

3.3 鋁基板硬碟片供應鏈

本研究探討一典型的鋁基板硬碟片供應鏈，供應鏈成員包括：多家物料/耗材供應商、一家製造商、與多家客戶，其供應鏈架構如圖 3.2 所示。由於硬碟片之基板係採用鋁材質，因此稱為鋁基板硬碟片。此供應鏈是屬於“訂貨生產 (MTO)”的生產模式，亦即製造商根據已接客戶訂單之內容準備物料/耗材，經過基板製程與碟片製程，生產出完成品 (即硬碟片)，然後在承諾的時間內將完成品運送到客戶手中。茲將物料/耗材供應商、製造商、與客戶等三方面之作業說明如下：

- (1) 在物料/耗材供應商方面——一般而言，鋁基板硬碟片之主要物料/耗材包括：鋁基板、靶材 (合金)、電鍍液、研磨液 (二氧化鋁與二氧化矽)、清潔劑、潤滑劑、與硝酸等，這些物料/耗材係由各供應商所供應。製造商採用 (s, Q) 存貨政策，即當某一庫存量低於再訂購點 (s) 時，製造商會向其供應商訂購一特定批量 (Q) 的物料/耗材。製造商根據現有庫存量、需求預測、與良率等，向供應商訂購物料/耗材，其作業流程詳見圖 3.3(a)。
- (2) 在製造商方面——鋁基板必須經過基板製程與碟片製程，才能生產出完成品 (即硬碟片)。前段的基板製程包括作業 1~23，後段的碟片製程包括作業 24~32。前段與後段製程皆是以批量處理，作業之處理時間與批量有關。鋁基板硬碟片生產作業流程詳見圖 3.3(b)，而其詳細的作業內容說明如表 3.1 所示。
- (3) 在客戶方面——客戶需求以“週”為單位整合為一訂單，該訂單會進入待處理訂單區等待 (依 FCFS 原則)，然後開始進行生產作業，並在承諾的時間內將完成品分別運送到客戶手中，其作業流程詳見圖 3.3(c)。由於鋁基板硬碟片是屬於短生命週期之產品，其單一型式產品 (例如：3.5 吋 80GB 硬碟片) 之生命週期大約是 18 個月，且其累積需求呈現 S 形曲線。每一訂單需先設定其交期 (又稱到期日)，本文採用 TWK (total work content) 方法來設定訂單的交期，採用此方法是因為在各種簡單且容易導入的交期指派方法中，TWK 方法能獲致最佳的遲延相關 (tardiness related) 績效，且廣為實務界與學界所使用 (Sha and Liu, 2005)。TWK 方法之計算公式如下 (Christy and Kanet, 1990; Sha and Liu, 2005)：

$$D = A + (K * W) \quad (1)$$

此處：

- D 代表訂單交期
- A 代表訂單抵達時間
- K 代表寬放水準 (allowance level) 為一常數, K 愈大代表訂單交期會愈往後延
- W 代表作業內容 (work content), 指的是該訂單在各作業之平均處理時間之總和

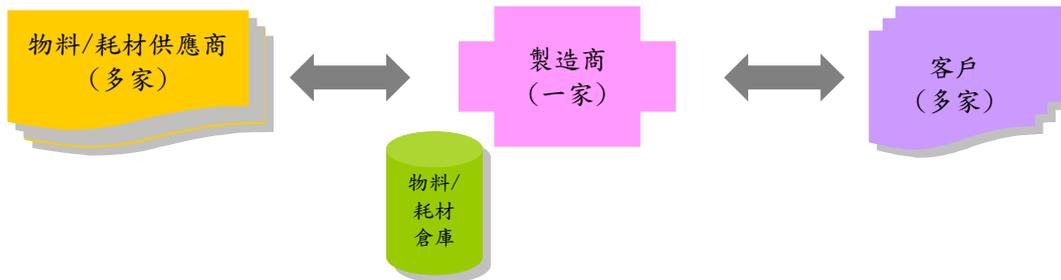


圖 3.2 鋁基板硬碟片供應鏈示意圖

在本研究中，物料/耗材再訂購前置時間、製造商之各作業處理時間、完成品運輸時間等皆具不確定性。此外，在許多短生命週期的環境，對任一新產品而言，皆缺乏直接的歷史性資料，不過其前一代或類似產品的完整生命週期之銷售資料通常都存在，這些資料在預測未來產品的需求上具有很高的價值，例如：針對 3.5 吋 100GB 或 120GB 硬碟片，可以採用 80GB 硬碟片之歷史資料 (如圖 3.4 所示)。由於大部分公司將單一型式產品 (尤其是前一代) 之完整銷售資料視為機密，因此本研究假設可根據前一代產品的完整生命週期之銷售資料，以建立適合的 Norton and Bass 擴散模式 (Norton and Bass, 1987)，然後利用此模式來預測未來產品之需求。Norton and Bass 擴散模式除了可應用於消費性耐久財產品之外，亦逐漸被應用於高科技之短生命週期產品，例如：電信產品、半導體產品、電腦及週邊設備、數位電子產品等 (Meade and Islam, 2006)。

三世代產品之 Norton and Bass 擴散模式 (Norton and Bass, 1987) 可以下列公式表示：

$$S_1(t) = F(t) m_1 [1 - F(t - \tau_2)] \quad \text{for } t > 0 \quad (2)$$

$$S_2(t) = F(t - \tau_2) [m_2 + F(t) m_1] [1 - F(t - \tau_3)] \quad \text{for } t > \tau_2 \quad (3)$$

$$S_3(t) = F(t - \tau_3) [m_3 + F(t - \tau_2) [m_2 + F(t) m_1]] \quad \text{for } t > \tau_3 \quad (4)$$

此處：

$S_i(t)$ 代表第 i 代產品在時間 t 之潛在需求量 (或銷售量) (如圖 3.4)

m_i 代表第 i 代產品在市場上新增 (incremental) 之潛在需求量

τ_i 代表第 i 代產品推出之時機

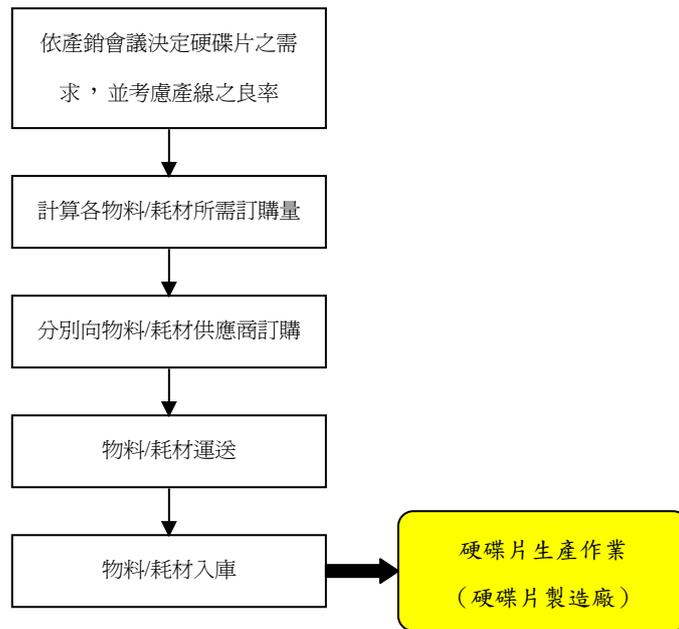
p_i 代表第 i 代外部影響 (或創新) 係數

q_i 代表第 i 代內部影響 (或模仿) 係數

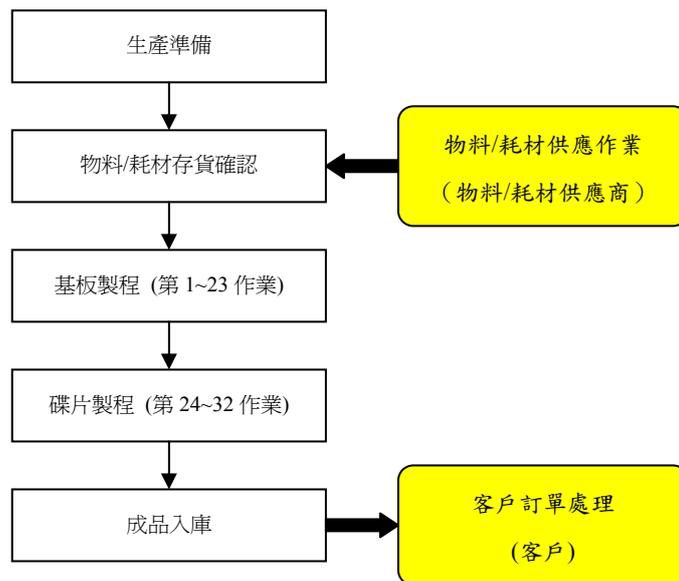
$$F(t) = [1 - \exp(-(p_i + q_i) t)] / [1 + (q_i / p_i) \exp(-(p_i + q_i) t)]$$

$$F(t - \tau_2) = [1 - \exp(-(p_i + q_i) (t - \tau_2))] / [1 + (q_i / p_i) \exp(-(p_i + q_i) (t - \tau_2))]$$

$$F(t - \tau_3) = [1 - \exp(-(p_i + q_i) (t - \tau_3))] / [1 + (q_i / p_i) \exp(-(p_i + q_i) (t - \tau_3))]$$

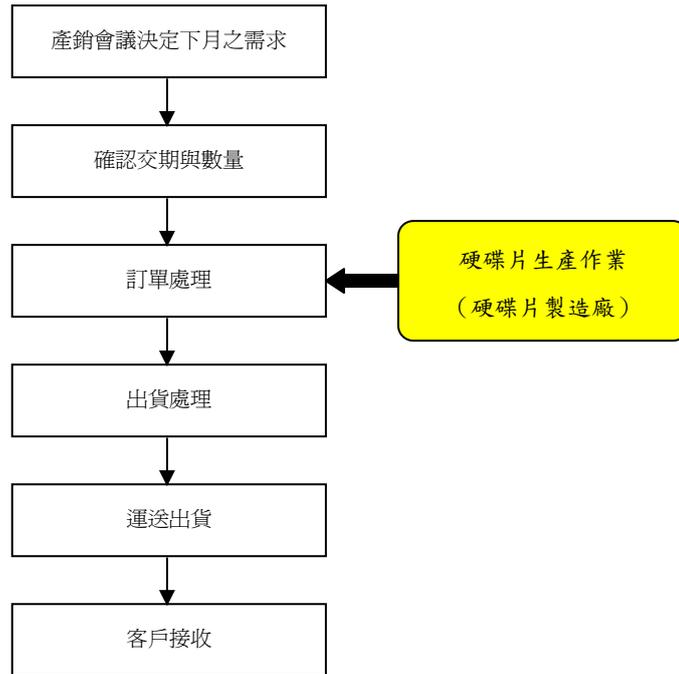


(a) 物料/耗材供應作業



(b) 硬碟片生產作業

圖 3.3 鋁基板硬碟片供應鏈作業流程圖



(c) 客戶訂單處理

圖 3.3 (續)

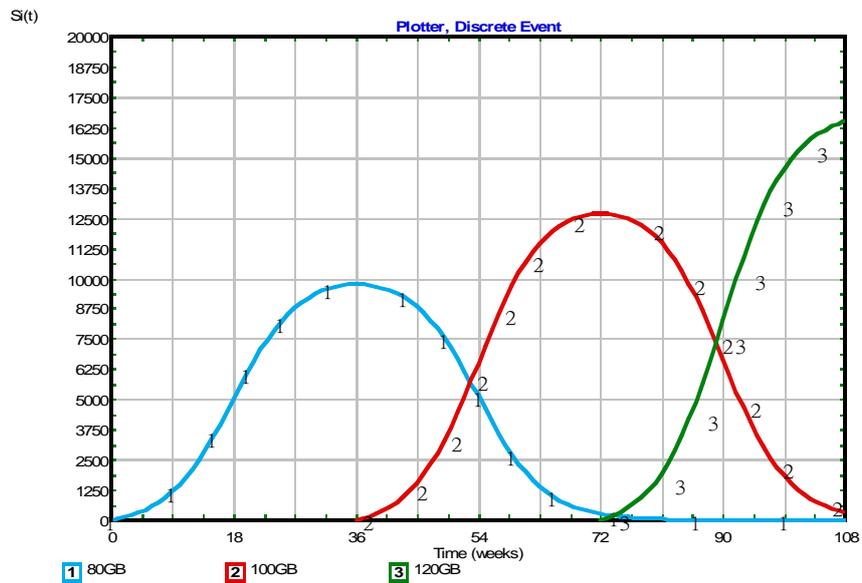


圖 3.4 鋁基板硬碟片連續三代在市場上之潛在需求 (以 $p_i = 0.005$ 、 $q_i = 0.2$ 、 $m_1 = 10000$ 、 $m_2 = 3000$ 、 $m_3 = 3900$ 、 $\tau_2 = 36$ 週為例)

表 3.1 鋁基板硬碟片作業名稱與作業內容說明

作業編號	作業名稱	作業內容說明
1	酸鹼洗	用“清潔劑”將“鋁基板”表面髒污洗淨
2	浸泡	將基板浸泡在水中
3	沖洗	用水將基板表面的藥液沖洗乾淨
4	第一次鋅置換	用“電鍍液 A”在基板表面鍍上一鋅層
5	浸泡	將基板浸泡在水中
6	沖洗	用水將基板表面的藥液沖洗乾淨
7	剝離	用“硝酸”將鋅層剝離
8	浸泡	將基板浸泡在水中
9	沖洗	用水將基板表面的藥液沖洗乾淨
10	第二次鋅置換	用“電鍍液 A”在基板表面鍍上一鋅層
11	浸泡	將基板浸泡在水中
12	沖洗	用水將基板表面的藥液沖洗乾淨
13	電鍍	用“電鍍液 B”在基板表面鍍上一鎳磷層
14	浸泡	將基板浸泡在水中
15	沖洗	用水將基板表面的藥液沖洗乾淨
16	烘乾	將基板表面的水甩乾
17	熱處理	以加熱方式消除基板表面之應力
18	厚度分類	將基板厚度做區分
19	粗拋光	用“二氧化鋁”將基板表面做初步研磨
20	細拋光	用“二氧化矽”將基板做超平面拋光
21	平坦度測試	檢測基板表面的平坦度是否超規
22	刮傷檢測	檢測基板表面的刮傷數是否超規
23	基板表面測試	檢測基板是否還有其他缺陷
24	清洗	將檢測完的基板再清洗一次
25	刻紋	利用刻紋機將基板製造出均圓周向的刻紋線
26	清洗	將刻紋完的基板清潔乾淨
27	雷射	於基板 ID 的位置用雷射打出一圈讓磁頭停留的區域
28	濺鍍	用濺鍍技術把“co-alloy (合金)”於基板表面鍍上一磁性層
29	潤滑	用“潤滑劑”在基板表面鍍上一潤滑層
30	微磨	將鍍上潤滑層的基板利用“二氧化鋁”將表面清潔乾淨
31	測試	將清潔完成的基板送檢驗機台測試，良品即可以成為硬碟機內之硬碟片
32	包裝	將檢測完成的硬碟片裝入“真空包裝袋”

3.4 系統參數

根據圖 3.2 鋁基板硬碟片供應鏈架構圖及圖 3.3 鋁基板硬碟片供應鏈作業流程圖，我們必須設定完整的系統參數 (如表 3.2 所示)，以定義出整個鋁基板硬碟片供應鏈之運作環境。

表 3.2 系統參數一覽表

No.	系統參數
1	客戶需求匯整之時間單位 (一訂單)
2	Norton and Bass 擴散模式之參數: p_1, p_2, p_3
3	Norton and Bass 擴散模式之參數: q_1, q_2, q_3
4	Norton and Bass 擴散模式之參數: m_1, m_2, m_3
5	Norton and Bass 擴散模式之參數: τ_2, τ_3
6	需求量
7	訂單寬放水準
8	完成品運送到客戶所需時間
9	物料/耗材再訂購點
10	物料/耗材再訂購批量
11	物料/耗材前置時間
12	基板與碟片製程各項作業之處理時間
13	基板與碟片製程各項作業之製造批量大小
14	基板與碟片製程各項作業之處理成本
15	物料/耗材採購成本
16	物料/耗材持貨成本
17	完成品運輸成本
18	完成品單位價格
19	訂單遲交懲罰成本

3.5 實驗變數

為了瞭解不同的實驗變數對鋁基板硬碟片供應鏈是否具有顯著影響，對系統可能有影響的變數均要加以考慮，不過我們的焦點是擺在需求型態（即 Norton and Bass 擴散模式各參數之組合）與訂單寬放水準等上。此外，每個實驗變數都必須設定若干個水準，以瞭解在不同的水準該實驗變數對鋁基板硬碟片供應鏈是否有顯著的影響。以下是一些比較重要的實驗變數：

- (1) 外部影響係數 (coefficient of external influence; CEI) —Norton and Bass 擴散模式之一項參數 (p_1, p_2, p_3) ，它代表第 i 代創新或受外部影響之程度。
- (2) 內部影響係數 (coefficient of internal influence; CII) —Norton and Bass 擴散模式之一項參數 (q_1, q_2, q_3) ，它代表第 i 代模仿或受內部影響之程度。
- (3) 市場上潛在需求量 (potential demand in market; PDM) —Norton and Bass 擴散模式之一項參數 (m_1, m_2, m_3) ，其中 m_1 代表第一代產品在市場上最大週需求量， m_2 與 m_3 分別代表第二代與第三代產品在市場上新增 (incremental) 之潛在需求量。
- (4) 下一代產品推出時機 (introduction timing for next generation product; ITN) —Norton and Bass 擴散模式之一項參數 (τ_2, τ_3) ，它代表第二與三代產品推出之時機。
- (5) 需求之變異 (demand variability; DDV) —本研究是以變異係數 (coefficient of variation; CV) 來代表需求之變異程度，而變異係數為標準差與平均數之比值。
- (6) 訂單寬放水準 (order allowance level; OAL) —採用 TWK 方法來估計訂單的交期時，需先設定寬放水準。

3.6 績效指標

本研究採用了一般供應鏈研究中，比較受重視的四項績效指標，其定義如下（呂博裕與林嘉政，2005；呂博裕與李凱鈴，2007；Norton and Bass, 1987, 1992; Sohn and Ahn, 2003）：

- (1) 總利潤 (total profit; TP) —代表在有效資料收集期間系統的總利潤，總利潤等於總收入減去總成本 (total revenue – total cost)，而總收入等於送達客戶端之總完成品數量乘以完成品單位價格。總成本所包括的單項成本為：物料/耗材

之採購成本 (含物料/耗材運輸成本)、物料/耗材之持貨成本 (製造商端)、鋁基板硬碟片在各作業之處理成本、完成品之運輸成本、訂單遲交之懲罰成本等。
茲以公式來表示總利潤：

$$TC = c_{mp} + c_{mh} + c_p + c_t + c_l \quad (5)$$

$$TP = (p * QF) - TC \quad (6)$$

此處：

TP 代表總利潤

TC 代表總成本

QF 代表總完成品數量

p 代表完成品單位價格

c_{mp} 代表物料/耗材之採購成本 (含運輸成本)

c_{mh} 代表物料/耗材之持貨成本 (製造商端)

c_p 代表鋁基板硬碟片在各作業之處理成本

c_t 代表完成品之運輸成本

c_l 代表訂單遲交之懲罰成本

- (2) 總完成品數量 (quantity of finished products; QF) —代表在有效資料收集期間，產品加工完成並運送到客戶端的總完成品數量。
- (3) 達交率 (fill rate; FR) —代表在有效資料收集期間，客戶訂單在製造商所保證之時間內運送到客戶處佔總訂單數的比率。茲以公式來表示達交率：

$$FR = Q_o / Q_t \quad (7)$$

此處：

FR 代表達交率

Q_o 代表沒有遲交之訂單數

Q_t 代表總訂單數

- (4) 流程時間 (flow time; FT) —代表在有效資料收集期間，客戶訂單從抵達到完成品運送到客戶處所花費的時間量，它包括訂單下線前之等候時間、下線後所花之時間、以及將完成品運送到客戶處所花之時間。茲以公式來表示流程時間：

$$FT = T_w + T_p + T_t \quad (8)$$

此處：

FT 代表一訂單之流程時間

T_w 代表訂單下線前之等候時間

T_p 代表訂單下線後所花之時間

T_t 代表將完成品運送到客戶處所花之時間

3.7 研究工具

在供應鏈環境中，從決策支援系統的角度來看，無疑地“模擬”是數量方法中最具威力的方法之一 (Terzi and Cavalieri, 2004)。由於供應鏈作業流程之複雜性、隨機性、與動態性，必須採用“模擬”來創造一個測試環境 (Closs et al., 1998)。因此，本研究採用模擬作為研究工具，更明確的說，我們採用模擬軟體 Extend Suite v6 (Imagine That, Inc., 2002) 來建立模擬模式。Extend 具有為任何系統或流程，迅速建立模擬模式所需之易用性 (ease-of-use) 與能力 (capability)：

- 客製化的介面，彈性的製模系統可建構或修改模型。
- 完整系列的建構方塊 (blocks)，可迅速建立模式。
- 功能增強的動畫模擬 (animation)，圖形介面、拖拉放的建模方式讓使用者輕易上手。
- 無限制的階層 (hierarchical) 分解，離散事件及連續性的模擬能力。
- 利用對話框 (dialogs) 與記事本 (Notebooks)，可改變模式的數值，以快速測試假設 (assumptions)，並檢驗所建立的模式。
- 具有當模擬在執行時也可以調整設定 (settings) 的能力。
- 物件導向封裝功能，包含各應用領域的模組。
- 開放式的函式庫，可建立自己的函式庫。
- 客製化的報告，可用來展示與進一步分析。
- 具作業基礎成本法 (activity-based costing) 的功能，可分析成本的來源。
- 透過 Copy/Paste、import/export、text (ASCII) files、DLLs and DDE (dynamic data exchange) and OLE，可與其它程式和平台完全的連貫與交互作用。

根據上述之研究架構，本研究建立了一個 Extend 模擬模式，如附錄 A 所示，附錄 B 則為此 Extend 模擬模式之說明。

第四章 範例分析

本章以一個範例來示範第三章所提出的研究架構，首先是說明本範例的目的，接著是系統參數之設定與實驗變數之設定，然後探討實驗設計與模擬相關議題，最後顯示模擬結果，並進行詳細的分析。

4.1 範例說明

本研究是以一條實際的“鋁基板硬碟片供應鏈”為範例，該供應鏈是屬於三階層供應鏈，它的成員包括：多家物料/耗材供應商、一家製造商、與多家客戶，其中製造商指的是某知名鋁基板硬碟片製造公司設在龍潭渴望園區之一個鋁基板硬碟片製造廠（參見附錄 C）。本範例的目的是在示範，如何根據上述所提出的研究架構，來設定各系統參數之數值與各實驗變數之水準，並以每一績效指標為基礎，來探討各實驗變數（包括：需求型態、訂單寬放水準等）對供應鏈之績效的影響程度。

4.2 系統參數之設定

首先，根據表 3.2 來設定各系統參數之數值，如表 4.1 與表 4.2 所示。由於客戶訂單相關資訊牽涉到個案公司之商業機密，個案公司不方便提供詳細的歷史資料，只能提供平均值，因此本研究假設訂單需求量呈 Normal 分配（只取正值）。此外，各作業之處理時間、完成品之運送時間、與物料/耗材之前置時間等，經過實際收集資料並加以分析的結果皆呈 Lognormal 分配。另外，要注意的是，有些系統參數之值依實驗變數之水準而定。

4.3 實驗變數之設定

在本範例中，實驗變數各取二~三個水準，如表 4.3 所示。至於選擇水準之原則，是要讓不同的水準所導致的績效指標（至少一個）呈現顯著的差異，這需要經過一連串的測試（pilot runs）。其中，「外部影響係數」與「內部影響係數」之水準

一代表的是“低程度之影響係數”，水準二代表的是“中等程度之影響係數”，水準三代表的是“高程度之影響係數”；在「市場上潛在需求量」方面，水準一代表的是“低幅度之下一代新增量”，水準二代表的是“高幅度之下一代新增量”。

表 4.1 系統參數之數值設定

No.	系統參數	數值
1	客戶需求匯整之時間單位 (一訂單)	週
2	Norton and Bass 擴散模式之參數: p_1, p_2, p_3	$p_1 = p_2 = p_3 = p = 0.005$ 或 0.01 或 0.015 依實驗變數 CEI 之水準而定
3	Norton and Bass 擴散模式之參數: q_1, q_2, q_3	$q_1 = q_2 = q_3 = q = 0.2$ 或 0.25 或 0.3 依實驗變數 CII 之水準而定
4	Norton and Bass 擴散模式之參數: m_1, m_2, m_3	$m_1 = 10000$ 、 $m_2 = 2000$ 或 3000 、 $m_3 = 2400$ 或 3900 依實驗變數 PDM 之水準而定
5	Norton and Bass 擴散模式之參數: τ_2, τ_3	$\tau_2 = 32$ 或 36 週、 $\tau_3 = 64$ 或 72 週 依實驗變數 ITN 之水準而定
6	需求量	Normal(μ, σ) 其值 >0 ，其中 μ 由公式 2~4 求得、 σ (CV=0.3 或 1.0) 依實驗變數 DDV 之水準而定
7	訂單寬放水準	2 或 4 依實驗變數 OAL 之水準而定
8	完成品運送到客戶所需時間	Lognormal(0.5, 0.15) 天
9	物料/耗材再訂購點	3000000 單位
10	物料/耗材再訂購批量	6000000 單位
11	物料/耗材前置時間	Lognormal(0.5, 0.05) 天
12	基板與碟片製程各項作業之處理時間	Lognormal(μ, σ) 其中 μ 如表 4.2 所示、 $\sigma = 0.3 * \mu$
13	基板與碟片製程各項作業之製造批量大小	同訂單大小 (訂單小於等於 10000 片時) 或 10000 片 (訂單大於 10000 片時)
14	基板與碟片製程各項作業之處理成本	\$20/分鐘 (每一機台)(假設設置成本為 0)
15	物料/耗材採購成本	\$50/各一單位 (假設固定成本為 0)
16	物料/耗材持貨成本	\$0.05/(天 x 單位)
17	完成品運輸成本	\$50000/訂單
18	完成品單位價格	\$750/片
19	訂單遲交懲罰成本	\$1/(天 x 片)

表 4.2 鋁基板硬碟片各作業之機台數量與處理時間

作業編號	作業名稱 (機台數量)	平均作業時間 (分鐘/片)
1	酸鹼洗 (1)	0.00556
2	浸泡 (1)	0.00111
3	沖洗 (1)	0.00167
4	第一次鋅置換 (1)	0.00056
5	浸泡 (1)	0.00222
6	沖洗 (1)	0.00222
7	剝離 (1)	0.00056
8	浸泡 (1)	0.00333
9	沖洗 (1)	0.00222
10	第二次鋅置換 (1)	0.00056
11	浸泡 (1)	0.00278
12	沖洗 (1)	0.00222
13	電鍍 (20)	0.2
14	浸泡 (1)	0.00367
15	沖洗 (1)	0.00522
16	烘乾 (2)	0.01333
17	熱處理 (10)	0.1
18	厚度分類 (4)	0.03867
19	粗拋光 (13)	0.116
20	細拋光 (12)	0.116
21	平坦度測試 (8)	0.08
22	刮傷檢測 (10)	0.1
23	基板表面測試 (6)	0.06
24	清洗 (4)	0.04
25	刻紋 (79)	0.08
26	清洗 (28)	0.08
27	雷射 (22)	0.1
28	濺鍍 (11)	0.1
29	潤滑 (16)	0.1
30	微磨 (38)	0.1
31	測試 (31)	0.06
32	包裝 (5)	0.01

表 4.3 實驗變數之水準設定

No.	實驗變數 (符號)	水準
1	外部影響係數 (CEI)	Level 1: 0.005 Level 2: 0.01 Level 3: 0.015
2	內部影響係數 (CII)	Level 1: 0.2 Level 2: 0.25 Level 3: 0.3
3	市場上潛在需求量 (PDM)	Level 1: 10000, 2000, 2400 (下一代新增量為前代之 20%) Level 2: 10000, 3000, 3900 (下一代新增量為前代之 30%)
4	下一代產品推出時機 (ITN)	Level 1: 每 32 週 Level 2: 每 36 週
5	需求之變異 (DDV)	Level 1: CV=0.3 Level 2: CV=1.0
6	訂單寬放水準 (OAL)	Level 1: 2 Level 2: 4

4.4 實驗設計與模擬相關議題

為了深入探討各實驗變數對鋁基板硬碟片供應鏈之影響，本研究採用全因子實驗設計 (full factorial design) 的方法。由於有六個實驗變數 (即 CEI、CII、PDM、ITN、DDV、OAL)，除 CEI 與 CII 具三水準外，其餘皆各有二個水準，因此本研究總共有 144 ($3^2 * 2^4$) 個實驗或情境 (experiments or scenarios)。

本研究採用模擬為研究工具，因此必須考慮下列與模擬相關的議題：

- (1) 穩態系統或終止系統 (steady state system or terminating system) — 首先要決定的是，到底所研究的系統是屬於穩態系統或終止系統？如果是穩態系統，必須考慮的是模擬長度 (simulation length) 與暖機期間 (warm-up period)；如果是終止系統，必須考慮的是終止事件 (stopping event) 與起始條件 (initial condition)。本研究考慮三世代之鋁基板硬碟片，因此可歸納為終止系統。本研究是以時間來代表終止事件，亦即訂單的抵達只限 96 週 (ITN=Level 1 時) 或 108 週 (ITN=Level 2 時) 內；起始條件則是在 $t=0$ 時，各物料/耗材之倉庫皆備有若干存量。

- (2) 模擬次數之計算 — 由於模擬模式的不確定特性 (stochastic nature), 模擬每執行 (run) 一次只代表一個樣本, 為了得到精確的結果, 每一實驗均需執行若干次, 且每一次代表不同的亂數。本研究採用 Law and Kelton (2000) 所敘述的程序, 來計算每一實驗所需執行的次數。計算結果所需執行的次數為“10次”, 這是基於 0.05 的顯著水準 (significance level)、且相對誤差設定為 0.1, 詳細的計算程序請參閱附錄 D。此外, 為了使所有實驗能相似的運作 (behave similarly), 以營造公平的比較環境, 所有實驗均採用共同亂數 (common random numbers; CRN), CRN 有三項原則: (i) 針對所有實驗, 可產生亂數且目的相同的 blocks 應使用相同的亂數流 (random stream); (ii) 所有實驗的 run i 均應使用相同的起始值 (seed); (iii) 與訂單有關的參數, 如具不確定性 (如訂單交期), 應在訂單抵達後立即產生, 並以 attributes 的方式儲存起來 (Law and Kelton, 2000)。
- (3) 模擬模式之驗證 — 模擬模式之驗證應該起始於模式建構流程的規劃階段, 事實上, 模式之建構與驗證通常會形成一動態的迴路。本研究採用下列方法來驗證模擬模式: 文件紀錄 (documentation)、模組化模式之建立與測試 (modular model building and testing)、動畫模擬 (animation)、追蹤 (traces)、敏感性分析 (sensitivity analysis)、確定性或簡化模式之測試 (deterministic or simplified model testing) 等 (Law and Kelton, 2000)。其中採用“確定性或簡化模式之測試”的結果請參閱附錄 E。

4.5 模擬結果及分析

表 4.4 到表 4.6 分別代表 CEI = 水準一 (低程度之外部影響係數)、水準二 (中等程度之外部影響係數)、與水準三 (高程度之外部影響係數) 在任一實驗與績效指標下鋁基板硬碟片供應鏈的表現, 表中的每一格數據均是執行“10 次”所得結果的平均數與標準差。同時, 圖 4.1.1 到圖 4.4.3 分別顯示在各績效指標下鋁基板硬碟片供應鏈之表現, 而圖 4.5.1 到圖 4.5.4 顯示改變擴散模式之係數對潛在需求量之影響。此外, 根據表 4.4 到表 4.6 的模擬結果, 進行變異數分析 (analysis of variance; ANOVA), 以找出哪些因子會顯著影響鋁基板硬碟片供應鏈的績效, 結果

如表 4.7 到表 4.10 所示 (針對每一績效指標)。由於二因子以上之交互作用對系統績效的影響較小，因此本研究偏重在單因子與二因子交互作用之探討。

茲以每一績效指標為基礎，來探討各實驗變數對鋁基板硬碟片供應鏈之影響：

4.5.1 總利潤 (TP)

由表 4.7 總利潤 (TP) 之變異數分析結果，可得知外部影響係數 (CEI) 的 p 值遠小於 0.05，表示它對總利潤有顯著的影響；內部影響係數 (CII) 對總利潤則沒有顯著的影響；而市場上潛在需求量 (PDM) 與下一代產品推出時機 (ITN) 對總利潤也有顯著的影響；至於訂單相關變數 (即需求之變異 (DDV) 與訂單寬放水準 (OAL)) 對總利潤皆有顯著的影響。

在「外部影響係數」(CEI) 方面，由圖 4.1.1~4.1.3 及表 4.4~4.6 可得知，在較長的下一代產品推出時機 (ITN=L2) 與高需求之變異 (DDV=L2) 的情況下，低程度之外部影響係數 (CEI=L1) 比中等程度之外部影響係數 (CEI=L2) 有較佳 (高) 的總利潤，而中等程度之外部影響係數 (CEI=L2) 比高程度之外部影響係數 (CEI=L3) 有較佳 (高) 的總利潤。這是因為在此情況下，高程度之外部影響係數 (CEI=L3) 會提高物料/耗材之採購成本與持貨成本、訂單遲交之懲罰成本等，然而收入之增加不如成本之提高幅度，因此其總利潤會較低。另一方面，在其他下一代產品推出時機 (ITN) 與需求之變異 (DDV) 組合情況下，高程度之外部影響係數 (CEI=L3) 比中等程度之外部影響係數 (CEI=L2) 有較佳 (高) 的總利潤，而中等程度之外部影響係數 (CEI=L2) 比低程度之外部影響係數 (CEI=L1) 有較佳 (高) 的總利潤。這是因為在此情況下，在高程度之外部影響係數 (CEI=L3) 的情況下，會提高物料/耗材之採購成本與持貨成本、訂單遲交之懲罰成本等，然而收入之增加高過成本之提高幅度，因此其總利潤會較高。

在「市場上潛在需求量」(PDM) 方面，一般而言，高市場上潛在需求量 (PDM=L2) 比低市場上潛在需求量 (PDM=L1) 有較佳 (高) 的總利潤。這是因為在高市場上潛在需求量 (PDM=L2) 的情況下，總需求量較高 (參見圖 3.4 及圖 4.5.3)，因此其總利潤也較高。

在「下一代產品推出時機」(ITN) 方面，模擬實驗結果均顯示，較長的下一代產品推出時機 (ITN=L2) 比較短的下一代產品推出時機 (ITN=L1) 有較佳 (高)

的總利潤。這是因為在較長的下一代產品推出時機 (ITN=L2) 的情況下，總需求量較高 (參見圖 4.5.3 及圖 4.5.4)，因此其總利潤也較高。

在「需求之變異」(DDV) 方面，模擬實驗結果均顯示，低需求之變異 (DDV=L1) 比高需求之變異 (DDV=L2) 有較佳 (高) 的總利潤。這是因為在高需求之變異 (DDV=L2) 的情況下，會提高物料/耗材之採購成本與持貨成本、訂單遲交之懲罰成本等，然而收入之增加不如成本之提高幅度，因此其總利潤會較低。

在「訂單寬放水準」(OAL) 方面，模擬實驗結果均顯示，高訂單寬放水準 (OAL=L2) 比低訂單寬放水準 (OAL=L1) 有較佳 (高) 的總利潤。這是因為在低訂單寬放水準 (OAL=L1) 的情況下，訂單交期較短，容易造成訂單遲交，而使懲罰成本提高，因此其總利潤會較低。

4.5.2 總完成品數量 (QF)

由表 4.8 總完成品數量 (QF) 之變異數分析結果，可得知外部影響係數 (CEI) 與內部影響係數 (CII) 的 p 值遠小於 0.05，表示它們對總完成品數量有顯著的影響；而市場上潛在需求量 (PDM) 與下一代產品推出時機 (ITN) 對總完成品數量也有顯著的影響；至於訂單相關變數中只有需求之變異 (DDV) 對總完成品數量有顯著的影響。

在「外部影響係數」(CEI) 方面，由圖 4.2.1~4.2.3 及表 4.4~4.6 可得知，模擬實驗結果均顯示，高程度之外部影響係數 (CEI=L3) 比中等程度之外部影響係數 (CEI=L2) 有較佳 (高) 的總完成品數量，而中等程度之外部影響係數 (CEI=L2) 比低程度之外部影響係數 (CEI=L1) 有較佳 (高) 的總完成品數量。這是因為在高程度之外部影響係數 (CEI=L3) 的情況下，總需求量較高 (參見圖 3.4 及圖 4.5.1)，因此其總完成品數量較高。

在「內部影響係數」(CII) 方面，模擬實驗結果均顯示，高程度之內部影響係數 (CII=L3) 比中等程度之內部影響係數 (CII=L2) 有較佳 (高) 的總完成品數量，而中等程度之內部影響係數 (CII=L2) 比低程度之內部影響係數 (CII=L1) 有較佳 (高) 的總完成品數量。這是因為在高程度之內部影響係數 (CII=L3) 的情況下，總需求量較高 (參見圖 3.4 及圖 4.5.2)，因此其總完成品數量較高。

在「市場上潛在需求量」(PDM) 方面，模擬實驗結果均顯示，高市場上潛在需求量 (PDM=L2) 比低市場上潛在需求量 (PDM=L1) 有較佳 (高) 的總完成品數量。這是因為在高市場上潛在需求量 (PDM=L2) 的情況下，總需求量較高 (參見圖 3.4 及圖 4.5.3)，因此其總完成品數量較高。

在「下一代產品推出時機」(ITN) 方面，模擬實驗結果均顯示，較長的下一代產品推出時機 (ITN=L2) 比較短的下一代產品推出時機 (ITN=L1) 有較佳 (高) 的總完成品數量。這是因為在較長的下一代產品推出時機 (ITN=L2) 的情況下，總需求量較高 (參見圖 4.5.3 及圖 4.5.4)，因此其總完成品數量較高。

在「需求之變異」(DDV) 方面，模擬實驗結果均顯示，高需求之變異 (DDV=L2) 比低需求之變異 (DDV=L1) 有較佳 (高) 的總完成品數量。這是因為在高需求之變異 (DDV=L2) 的情況下，需求量變化較大，平均而言需求量較高，相對總完成品數量會較高。

4.5.3 達交率 (FR)

由表 4.9 達交率 (FR) 之變異數分析結果，可得知外部影響係數 (CEI) 與內部影響係數 (CII) 的 p 值遠小於 0.05，表示它們對達交率有顯著的影響；而市場上潛在需求量 (PDM) 與下一代產品推出時機 (ITN) 對達交率也有顯著的影響；至於訂單相關變數 (即需求之變異 (DDV) 與訂單寬放水準 (OAL)) 對達交率皆有顯著的影響。

在「外部影響係數」(CEI) 方面，由圖 4.3.1~4.3.3 及表 4.4~4.6 可得知，一般而言，低程度之外部影響係數 (CEI=L1) 比中等程度之外部影響係數 (CEI=L2) 有較佳 (高) 的達交率，而中等程度之外部影響係數 (CEI=L2) 比高程度之外部影響係數 (CEI=L3) 有較佳 (高) 的達交率。這是因為在低程度之外部影響係數 (CEI=L1) 的情況下，需求曲線較平坦、且曲線最高點相對較低 (參見圖 3.4 及圖 4.5.1)，因此其達交率較高。

在「內部影響係數」(CII) 方面，一般而言，低程度之內部影響係數 (CII=L1) 比中等程度之內部影響係數 (CII=L2) 有較佳 (高) 的達交率，而中等程度之內部影響係數 (CII=L2) 比高程度之內部影響係數 (CII=L3) 有較佳 (高) 的達交率。

這是因為在低程度之內部影響係數 (CII=L1) 的情況下，需求曲線較平坦、且曲線最高點相對較低 (參見圖 3.4 及圖 4.5.2)，因此其達交率較高。

在「市場上潛在需求量」(PDM) 方面，模擬實驗結果均顯示，低市場上潛在需求量 (PDM=L1) 比高市場上潛在需求量 (PDM=L2) 有較佳 (高) 的達交率。這是因為在低市場上潛在需求量 (PDM=L1) 的情況下，需求曲線較平坦、且曲線最高點相對較低 (參見圖 3.4 及圖 4.5.3)，因此其達交率較高。

在「下一代產品推出時機」(ITN) 方面，模擬實驗結果均顯示，較短的下一代產品推出時機 (ITN=L1) 比較長的下一代產品推出時機 (ITN=L2) 有較佳 (高) 的達交率。這是因為在較短的下一代產品推出時機 (ITN=L1) 的情況下，需求曲線較平坦、且曲線最高點相對較低 (參見圖 4.5.3 及圖 4.5.4)，因此其達交率較高。

在「需求之變異」(DDV) 方面，模擬實驗結果均顯示，低需求之變異 (DDV=L1) 比高需求之變異 (DDV=L2) 有較佳 (高) 的達交率。這是因為在高需求之變異 (DDV=L2) 的情況下，需求量變化較大，平均而言需求量較高，相對發生訂單遲交的機率較高，因此其達交率也就較低。

在「訂單寬放水準」(OAL) 方面，模擬實驗結果均顯示，高訂單寬放水準 (OAL=L2) 比低訂單寬放水準 (OAL=L1) 有較佳 (高) 的達交率。這是因為在低訂單寬放水準 (OAL=L1) 的情況下，訂單交期較短，使得發生訂單遲交的機率提高，因此其達交率自然就降低。

4.5.4 流程時間 (FT)

由表 4.10 流程時間 (FT) 之變異數分析結果，可得知外部影響係數 (CEI) 與內部影響係數 (CII) 的 p 值遠小於 0.05，表示它們對流程時間有顯著的影響；而市場上潛在需求量 (PDM) 與下一代產品推出時機 (ITN) 對流程時間也有顯著的影響；至於訂單相關變數中只有需求之變異 (DDV) 對流程時間有顯著的影響。

在「外部影響係數」(CEI) 方面，由圖 4.4.1~4.4.3 及表 4.4~4.6 可得知，模擬實驗結果均顯示，低程度之外部影響係數 (CEI=L1) 比中等程度之外部影響係數 (CEI=L2) 有較佳 (短) 的流程時間，而中等程度之外部影響係數 (CEI=L2) 比高程度之外部影響係數 (CEI=L3) 有較佳 (短) 的流程時間。這是因為在低程度之外

部影響係數 (CEI=L1) 的情況下，需求曲線較平坦、且曲線最高點相對較低 (參見圖 3.4 及圖 4.5.1)，因此其流程時間較短。

在「內部影響係數」(CII) 方面，模擬實驗結果均顯示，低程度之內部影響係數 (CII=L1) 比中等程度之內部影響係數 (CII=L2) 有較佳 (短) 的流程時間，而中等程度之內部影響係數 (CII=L2) 比高程度之內部影響係數 (CII=L3) 有較佳 (短) 的流程時間。這是因為在低程度之內部影響係數的情況下 (CII=L1)，需求曲線較平坦、且曲線最高點相對較低 (參見圖 3.4 及圖 4.5.2)，因此其流程時間較短。

在「市場上潛在需求量」(PDM) 方面，模擬實驗結果均顯示，低市場上潛在需求量 (PDM=L1) 比高市場上潛在需求量 (PDM=L2) 有較佳 (短) 的流程時間。這是因為在低市場上潛在需求量 (PDM=L1) 的情況下，需求曲線較平坦、且曲線最高點相對較低 (參見圖 3.4 及圖 4.5.3)，因此其流程時間較短。

在「下一代產品推出時機」(ITN) 方面，模擬實驗結果均顯示，較短的下一代產品推出時機 (ITN=L1) 比較長的下一代產品推出時機 (ITN=L2) 有較佳 (短) 的流程時間。這是因為在較短的下一代產品推出時機 (ITN=L1) 的情況下，需求曲線較平坦、且曲線最高點相對較低 (參見圖 4.5.3 及圖 4.5.4)，因此其流程時間較短。

在「需求之變異」(DDV) 方面，一般而言，低需求之變異 (DDV=L1) 比高需求之變異 (DDV=L2) 有較佳 (短) 的流程時間。這是因為在高需求之變異 (DDV=L2) 的情況下，需求量變化較大，平均而言需求較大，因此其流程時間會增加。

4.5.5 外部影響係數或內部影響係數與其他實驗變數之交互作用

由於 Norton and Bass 擴散模式 (Norton and Bass, 1987) 之外部影響係數 (CEI) 與內部影響係數 (CII) 是本研究的重點，因此在二因子之交互作用方面，我們只探討 CEI 或 CII 與其他實驗變數之交互作用，並說明如下：

- (1) 外部影響係數與內部影響係數之交互作用 (CEI*CII) — 此交互作用對下列績效指標有顯著的影響：總利潤 (TP)、總完成品數量 (QF)、流程時間 (FT)。

- (2) 外部影響係數與市場上潛在需求量之變異之交互作用 (CEI*PDM) — 此交互作用對下列績效指標有顯著的影響：總利潤 (TP)、總完成品數量 (QF)、流程時間 (FT)。
- (3) 外部影響係數與下一代產品推出時機之交互作用 (CEI*ITN) — 此交互作用對下列績效指標有顯著的影響：總利潤 (TP)、總完成品數量 (QF)、流程時間 (FT)。
- (4) 外部影響係數與需求之變異之交互作用 (CEI*DDV) — 此交互作用對下列績效指標有顯著的影響：總利潤 (TP)、總完成品數量 (QF)、流程時間 (FT)。
- (5) 外部影響係數與訂單寬放水準之交互作用 (CEI*OAL) — 此交互作用對下列績效指標有顯著的影響：總利潤 (TP)。
- (6) 內部影響係數與下一代產品推出時機之交互作用 (CII*ITN) — 此交互作用對下列績效指標有顯著的影響：總利潤 (TP)、總完成品數量 (QF)、流程時間 (FT)。
- (7) 內部影響係數與市場上潛在需求量之變異之交互作用 (CII*PDM) — 此交互作用對下列績效指標有顯著的影響：總利潤 (TP)、總完成品數量 (QF)、流程時間 (FT)。
- (8) 內部影響係數與需求之變異之交互作用 (CII*DDV) — 此交互作用對下列績效指標有顯著的影響：總利潤 (TP)、總完成品數量 (QF)、流程時間 (FT)。
- (9) 內部影響係數與訂單寬放水準之交互作用 (CII*OAL) — 此交互作用對下列績效指標有顯著的影響：總利潤 (TP)。

表 4.4 模擬結果—CEI=L1 (低程度之外部影響係數)

實驗	實驗變數					績效指標							
	C I I	P D M	I T N	D D V	O A L	總利潤 (TP)		總完成品數量 (QF)		達交率 (FR)		流程時間 (FT)	
						平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
1	L1	L1	L1	L1	L1	12915520	374659	32497076	1009259	0.496	0.020	0.604	0.010
2	L1	L1	L1	L1	L2	13068703	381391	32497076	1009259	0.920	0.021	0.604	0.010
3	L1	L1	L1	L2	L1	12837554	1485030	34861964	3059485	0.407	0.050	0.703	0.048
4	L1	L1	L1	L2	L2	13475452	1402799	34861964	3059485	0.671	0.039	0.703	0.048
5	L1	L1	L2	L1	L1	15928858	599886	43045082	1438642	0.448	0.016	0.690	0.020
6	L1	L1	L2	L1	L2	16307975	580042	43045082	1438642	0.871	0.029	0.690	0.020
7	L1	L1	L2	L2	L1	13777689	1771559	45449974	3949415	0.369	0.048	0.834	0.070
8	L1	L1	L2	L2	L2	15315212	1653553	45449974	3949415	0.614	0.029	0.834	0.070
9	L1	L2	L1	L1	L1	13380165	354700	33740076	1051518	0.495	0.024	0.622	0.010
10	L1	L2	L1	L1	L2	13569849	353325	33740076	1051518	0.898	0.025	0.622	0.010
11	L1	L2	L1	L2	L1	12794791	1587548	36181007	3173483	0.405	0.050	0.745	0.060
12	L1	L2	L1	L2	L2	13669563	1577048	36181007	3173483	0.647	0.044	0.745	0.060
13	L1	L2	L2	L1	L1	16332873	603001	44733082	1491176	0.443	0.019	0.723	0.027
14	L1	L2	L2	L1	L2	16903292	573781	44733082	1491176	0.596	0.044	0.723	0.027
15	L1	L2	L2	L2	L1	13076158	1825065	47209011	4088240	0.364	0.053	0.892	0.079
16	L1	L2	L2	L2	L2	15065593	1902825	47209011	4088240	0.596	0.044	0.892	0.079
17	L2	L1	L1	L1	L1	13666040	458673	34987029	1101693	0.476	0.034	0.638	0.011
18	L2	L1	L1	L1	L2	13849130	464730	34987029	1101693	0.903	0.023	0.638	0.011
19	L2	L1	L1	L2	L1	13258560	1678926	37532682	3286744	0.383	0.055	0.762	0.058
20	L2	L1	L1	L2	L2	14137129	1681041	37532682	3286744	0.646	0.042	0.762	0.058
21	L2	L1	L2	L1	L1	16631741	603484	45895030	1524556	0.426	0.028	0.732	0.026
22	L2	L1	L2	L1	L2	17145815	554605	45895030	1524556	0.850	0.029	0.732	0.026
23	L2	L1	L2	L2	L1	13674136	1804040	48473695	4207472	0.343	0.054	0.904	0.076
24	L2	L1	L2	L2	L2	15654197	1882626	48473695	4207472	0.595	0.035	0.904	0.076
25	L2	L2	L1	L1	L1	14206360	553819	36387029	1133076	0.472	0.030	0.661	0.012
26	L2	L2	L1	L1	L2	14450582	516870	36387029	1133076	0.878	0.013	0.661	0.012
27	L2	L2	L1	L2	L1	13087066	1813432	39006730	3408724	0.378	0.053	0.817	0.074
28	L2	L2	L1	L2	L2	14272194	1895793	39006730	3408724	0.626	0.044	0.817	0.074
29	L2	L2	L2	L1	L1	16833526	624887	47801030	1579087	0.426	0.030	0.775	0.034
30	L2	L2	L2	L1	L2	17663975	545729	47801030	1579087	0.819	0.027	0.775	0.034
31	L2	L2	L2	L2	L1	12247644	1684582	50470733	4364985	0.342	0.053	0.982	0.089
32	L2	L2	L2	L2	L2	14876327	1853155	50470733	4364985	0.571	0.037	0.982	0.089
33	L3	L1	L1	L1	L1	14327429	533388	36825420	1159277	0.457	0.033	0.663	0.012
34	L3	L1	L1	L1	L2	14549255	515114	36825420	1159277	0.892	0.020	0.663	0.012
35	L3	L1	L1	L2	L1	13272489	1653994	39503619	3453993	0.392	0.059	0.809	0.068

表 4.4 (續)

實驗	實驗變數					績效指標							
	C I I	P D M	I T N	D D V	O A L	總利潤 (TP)		總完成品數量 (QF)		達交率 (FR)		流程時間 (FT)	
						平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
36	L3	L1	L1	L2	L2	14597542	1817204	39503619	3453993	0.625	0.044	0.809	0.068
37	L3	L1	L2	L1	L1	17112546	662480	48000420	1587234	0.410	0.031	0.762	0.028
38	L3	L1	L2	L1	L2	17743714	620699	48000420	1587234	0.837	0.030	0.762	0.028
39	L3	L1	L2	L2	L1	13228054	1712116	50718628	4398506	0.338	0.056	0.962	0.085
40	L3	L1	L2	L2	L2	15668057	2008653	50718628	4398506	0.578	0.040	0.962	0.085
41	L3	L2	L1	L1	L1	14907028	623558	38366420	1193522	0.448	0.029	0.692	0.015
42	L3	L2	L1	L1	L2	15276004	441795	38366420	1193522	0.863	0.018	0.692	0.015
43	L3	L2	L1	L2	L1	13039978	1908298	41138672	3586614	0.364	0.055	0.879	0.092
44	L3	L2	L1	L2	L2	14483687	1863498	41138672	3586614	0.607	0.035	0.879	0.092
45	L3	L2	L2	L1	L1	17160300	704633	50073420	1657695	0.404	0.031	0.816	0.037
46	L3	L2	L2	L1	L2	18179794	494570	50073420	1657695	0.804	0.022	0.816	0.037
47	L3	L2	L2	L2	L1	11250253	1939496	52872670	4574031	0.330	0.051	1.057	0.099
48	L3	L2	L2	L2	L2	14432670	1970644	52872670	4574031	0.556	0.031	1.057	0.099

註：

- (1) CEI 代表“外部影響係數”、CII 代表“內部影響係數”、PDM 代表“市場上潛在需求量”、ITN 代表“下一代產品推出時機”、DDV 代表“需求之變異”、OAL 代表“訂單寬放水準”。
- (2) L1 代表 Level 1、L2 代表 Level 2、L3 代表 Level 3。
- (3) 各績效指標之單位：總利潤-千元、總完成品數量-個、達交率-無、流程時間-週。

表 4.5 模擬結果—CEI=L2 (中等程度之外部影響係數)

實驗	實驗變數					績效指標							
	C I I	P D M	I T N	D D V	O A L	總利潤 (TP)		總完成品數量 (QF)		達交率 (FR)		流程時間 (FT)	
						平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
1	L1	L1	L1	L1	L1	14026847	503862	36022351	1127134	0.476	0.035	0.654	0.010
2	L1	L1	L1	L1	L2	14229434	498687	36022351	1127134	0.904	0.027	0.654	0.010
3	L1	L1	L1	L2	L1	13415406	1713661	38670426	3391410	0.391	0.055	0.791	0.064
4	L1	L1	L1	L2	L2	14414575	1753284	38670426	3391410	0.642	0.047	0.791	0.064
5	L1	L1	L2	L1	L1	16933033	590515	47215355	1557089	0.430	0.026	0.753	0.028
6	L1	L1	L2	L1	L2	17518681	566498	47215355	1557089	0.849	0.033	0.753	0.028
7	L1	L1	L2	L2	L1	13412021	1698753	49912450	4350975	0.350	0.055	0.943	0.081
8	L1	L1	L2	L2	L2	15693960	1915336	49912450	4350975	0.587	0.041	0.943	0.081
9	L1	L2	L1	L1	L1	14604395	618054	37496351	1161269	0.471	0.032	0.679	0.014
10	L1	L2	L1	L1	L2	14882834	549885	37496351	1161269	0.885	0.023	0.679	0.014
11	L1	L2	L1	L2	L1	13090502	1826205	40235478	3524608	0.382	0.049	0.853	0.083
12	L1	L2	L1	L2	L2	14416081	1866793	40235478	3524608	0.619	0.042	0.853	0.083
13	L1	L2	L2	L1	L1	17229090	698696	49223355	1626348	0.426	0.026	0.800	0.033
14	L1	L2	L2	L1	L2	17344330	2044412	49223355	1626348	0.817	0.026	0.800	0.033
15	L1	L2	L2	L2	L1	11888962	2180112	51975490	4517027	0.346	0.052	1.030	0.096
16	L1	L2	L2	L2	L2	14612346	1994306	51975490	4517027	0.567	0.034	1.030	0.096
17	L2	L1	L1	L1	L1	14770133	505932	37976937	1200389	0.455	0.024	0.681	0.012
18	L2	L1	L1	L1	L2	14942516	473447	37976937	1200389	0.851	0.132	0.681	0.012
19	L2	L1	L1	L2	L1	13543203	1762882	40774497	3535880	0.375	0.051	0.848	0.077
20	L2	L1	L1	L2	L2	14795956	1827645	40774497	3535880	0.620	0.042	0.848	0.077
21	L2	L1	L2	L1	L1	17419499	635226	49429937	1645796	0.407	0.025	0.787	0.029
22	L2	L1	L2	L1	L2	18141669	598017	49429937	1645796	0.832	0.029	0.787	0.029
23	L2	L1	L2	L2	L1	12768340	1750686	52271512	4524501	0.339	0.051	1.010	0.091
24	L2	L1	L2	L2	L2	15536066	2044359	52271512	4524501	0.566	0.033	1.010	0.091
25	L2	L2	L1	L1	L1	15262050	674882	39591937	1239548	0.449	0.027	0.714	0.018
26	L2	L2	L1	L1	L2	15621795	510894	39591937	1239548	0.858	0.015	0.714	0.018
27	L2	L2	L1	L2	L1	12759378	2031107	42488553	3690471	0.368	0.050	0.925	0.105
28	L2	L2	L1	L2	L2	14433437	1927570	42488553	3690471	0.601	0.044	0.925	0.105
29	L2	L2	L2	L1	L1	17232669	784887	51602937	1713665	0.404	0.024	0.849	0.039
30	L2	L2	L2	L1	L2	18490831	502434	51602937	1713665	0.794	0.030	0.849	0.039
31	L2	L2	L2	L2	L1	10291175	2235953	54521557	4716017	0.332	0.048	1.120	0.109
32	L2	L2	L2	L2	L2	13964328	1984711	54521557	4716017	0.547	0.037	1.120	0.109
33	L3	L1	L1	L1	L1	15205513	542987	39417207	1229984	0.442	0.028	0.703	0.014
34	L3	L1	L1	L1	L2	15492977	464839	39417207	1229984	0.881	0.016	0.703	0.014
35	L3	L1	L1	L2	L1	13441227	1856135	42368120	3672759	0.359	0.053	0.895	0.090

表 4.5 (續)

實驗	實驗變數					績效指標							
	C I I	P D M	I T N	D D V	O A L	總利潤 (TP)		總完成品數量 (QF)		達交率 (FR)		流程時間 (FT)	
						平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
36	L3	L1	L1	L2	L2	14887251	1854319	42368120	3672759	0.576	0.109	0.895	0.090
37	L3	L1	L2	L1	L1	17737824	675944	51062208	1678233	0.395	0.028	0.812	0.032
38	L3	L1	L2	L1	L2	18599044	570393	51062208	1678233	0.818	0.029	0.812	0.032
39	L3	L1	L2	L2	L1	12659976	2892971	54028130	4668328	0.324	0.051	1.064	0.096
40	L3	L1	L2	L2	L2	15307182	2089266	54028130	4668328	0.553	0.034	1.064	0.096
41	L3	L2	L1	L1	L1	15576076	793071	41152207	1287011	0.438	0.026	0.739	0.018
42	L3	L2	L1	L1	L2	15985236	613624	41152207	1287011	0.800	0.147	0.739	0.018
43	L3	L2	L1	L2	L1	12322929	2258725	44201180	3832696	0.354	0.050	0.981	0.118
44	L3	L2	L1	L2	L2	14371751	2140627	44201180	3832696	0.587	0.049	0.981	0.118
45	L3	L2	L2	L1	L1	17017858	935969	53347208	1754468	0.392	0.025	0.887	0.043
46	L3	L2	L2	L1	L2	18647156	630522	53347208	1754468	0.777	0.024	0.887	0.043
47	L3	L2	L2	L2	L1	8674329	2945939	56413178	4880369	0.321	0.050	1.191	0.128
48	L3	L2	L2	L2	L2	12892231	2113911	56413178	4880369	0.536	0.039	1.191	0.128

註：

- (1) CEI 代表“外部影響係數”、CII 代表“內部影響係數”、PDM 代表“市場上潛在需求量”、ITN 代表“下一代產品推出時機”、DDV 代表“需求之變異”、OAL 代表“訂單寬放水準”。
- (2) L1 代表 Level 1、L2 代表 Level 2、L3 代表 Level 3。
- (3) 各績效指標之單位：總利潤-千元、總完成品數量-個、達交率-無、流程時間-週。

表 4.6 模擬結果—CEI=L3 (高程度之外部影響係數)

實驗	實驗變數					績效指標							
	C I I	P D M	I T N	D D V	O A L	總利潤 (TP)		總完成品數量 (QF)		達交率 (FR)		流程時間 (FT)	
						平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
1	L1	L1	L1	L1	L1	14878396	513584	38393748	1181219	0.463	0.032	0.689	0.013
2	L1	L1	L1	L1	L2	15131570	473137	38393748	1181219	0.895	0.014	0.689	0.013
3	L1	L1	L1	L2	L1	13565745	1771880	41237480	3587081	0.371	0.056	0.864	0.080
4	L1	L1	L1	L2	L2	14870567	1823680	41237480	3587081	0.616	0.040	0.864	0.080
5	L1	L1	L2	L1	L1	17560036	628114	50081752	1644253	0.408	0.026	0.801	0.031
6	L1	L1	L2	L1	L2	18342187	575745	50081752	1644253	0.825	0.029	0.801	0.031
7	L1	L1	L2	L2	L1	12501893	1749697	52958508	4563176	0.331	0.056	1.034	0.093
8	L1	L1	L2	L2	L2	15439358	1991462	52958508	4563176	0.561	0.034	1.034	0.093
9	L1	L2	L1	L1	L1	15360130	679953	40036748	1237541	0.456	0.028	0.722	0.018
10	L1	L2	L1	L1	L2	15731816	510498	40036748	1237541	0.859	0.016	0.722	0.018
11	L1	L2	L1	L2	L1	12654872	2134558	42971538	3727562	0.368	0.053	0.942	0.108
12	L1	L2	L1	L2	L2	14431017	2025825	42971538	3727562	0.597	0.043	0.942	0.108
13	L1	L2	L2	L1	L1	17131367	853201	52260752	1715764	0.405	0.024	0.865	0.039
14	L1	L2	L2	L1	L2	18542966	563874	52260752	1715764	0.789	0.021	0.865	0.039
15	L1	L2	L2	L2	L1	9689422	2450017	55230554	4758529	0.331	0.055	1.147	0.114
16	L1	L2	L2	L2	L2	13582157	1967952	55230554	4758529	0.544	0.039	1.147	0.114
17	L2	L1	L1	L1	L1	15349952	564109	40005243	1260242	0.443	0.025	0.713	0.015
18	L2	L1	L1	L1	L2	15660330	466899	40005243	1260242	0.881	0.013	0.713	0.015
19	L2	L1	L1	L2	L1	13380797	1878247	42985180	3735470	0.358	0.056	0.915	0.096
20	L2	L1	L1	L2	L2	14944322	1873716	42985180	3735470	0.600	0.041	0.915	0.096
21	L2	L1	L2	L1	L1	17752408	694622	51862244	1733020	0.400	0.023	0.833	0.033
22	L2	L1	L2	L1	L2	18709080	531723	51862244	1733020	0.812	0.019	0.833	0.033
23	L2	L1	L2	L2	L1	11614002	2016432	54860198	4737479	0.325	0.057	1.095	0.100
24	L2	L1	L2	L2	L2	15050768	1980861	54860198	4737479	0.545	0.035	1.095	0.100
25	L2	L2	L1	L1	L1	15757475	870885	41775243	1300707	0.439	0.029	0.750	0.019
26	L2	L2	L1	L1	L2	16222470	684549	41775243	1300707	0.850	0.023	0.750	0.019
27	L2	L2	L1	L2	L1	12079372	2370463	44846242	3873082	0.355	0.054	1.006	0.127
28	L2	L2	L1	L2	L2	14359932	2238160	44846242	3873082	0.630	0.119	1.006	0.127
29	L2	L2	L2	L1	L1	17098396	1325945	54177244	1790100	0.394	0.023	0.909	0.047
30	L2	L2	L2	L1	L2	18496148	790489	54177244	1790100	0.774	0.022	0.909	0.047
31	L2	L2	L2	L2	L1	7654375	3394774	57287247	4941037	0.320	0.054	1.231	0.142
32	L2	L2	L2	L2	L2	12269256	2374172	57287247	4941037	0.532	0.043	1.231	0.142
33	L3	L1	L1	L1	L1	15621295	671128	41178412	1281831	0.434	0.033	0.730	0.014
34	L3	L1	L1	L1	L2	15959925	573935	41178412	1281831	0.868	0.011	0.730	0.014
35	L3	L1	L1	L2	L1	13192179	1954714	44276521	3836895	0.351	0.057	0.953	0.103

表 4.6 (續)

實驗	實驗變數					績效指標							
	C I I	P D M	I T N	D D V	O A L	總利潤 (TP)		總完成品數量 (QF)		達交率 (FR)		流程時間 (FT)	
						平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
36	L3	L1	L1	L2	L2	15005324	3191554	44276521	3836895	0.593	0.047	0.953	0.103
37	L3	L1	L2	L1	L1	17858869	709213	53166413	1754999	0.387	0.032	0.856	0.038
38	L3	L1	L2	L1	L2	18970930	487715	53166413	1754999	0.805	0.023	0.856	0.038
39	L3	L1	L2	L2	L1	10843065	2293926	56278532	4856502	0.314	0.056	1.140	0.106
40	L3	L1	L2	L2	L2	14680328	1935994	56278532	4856502	0.536	0.034	1.140	0.106
41	L3	L2	L1	L1	L1	16126637	977125	43063412	1324242	0.425	0.034	0.774	0.020
42	L3	L2	L1	L1	L2	16630191	733497	43063412	1324242	0.835	0.026	0.774	0.020
43	L3	L2	L1	L2	L1	11686381	3136680	46230587	3989636	0.351	0.054	1.058	0.141
44	L3	L2	L1	L2	L2	14136866	2574977	46230587	3989636	0.574	0.045	1.058	0.141
45	L3	L2	L2	L1	L1	16502898	1267102	55602413	1829232	0.386	0.029	0.948	0.051
46	L3	L2	L2	L1	L2	18628644	865071	55602413	1829232	0.764	0.019	0.948	0.051
47	L3	L2	L2	L2	L1	5812418	4155673	58798584	5048765	0.310	0.052	1.296	0.158
48	L3	L2	L2	L2	L2	11105826	3060277	58798584	5048765	0.522	0.042	1.296	0.158

註：

- (1) CEI 代表“外部影響係數”、CII 代表“內部影響係數”、PDM 代表“市場上潛在需求量”、ITN 代表“下一代產品推出時機”、DDV 代表“需求之變異”、OAL 代表“訂單寬放水準”。
- (2) L1 代表 Level 1、L2 代表 Level 2、L3 代表 Level 3。
- (3) 各績效指標之單位：總利潤-千元、總完成品數量-個、達交率-無、流程時間-週。

表 4.7 總利潤 (TP) 之變異數分析結果

SOURCE	SS	DF	MS	F value	p-value
CEI	1839977551392.822	2	919988775696.411	4.451	0.014*
CII	494430602715.951	2	247215301357.975	1.196	0.306
PDM	10810934684002.120	1	10810934684002.120	52.300	0.000*
ITN	31864767118246.600	1	31864767118246.600	154.151	0.000*
DDV	305408336163441.600	1	305408336163441.600	1477.465	0.000*
OAL	75948004841631.500	1	75948004841631.500	367.411	0.000*
CEI * CII	4843044075718.430	4	1210761018929.609	5.857	0.000*
CEI * PDM	6105556814042.920	2	3052778407021.463	14.768	0.000*
CEI * ITN	15084489020535.090	2	7542244510267.540	36.487	0.000*
CEI * DDV	35726671741147.470	2	17863335870573.730	86.417	0.000*
CEI * OAL	4118722169776.536	2	2059361084888.268	9.963	0.000*
CII * ITN	2519813266920.922	2	1259906633460.461	6.095	0.003*
CII * PDM	6048472474171.830	2	3024236237085.916	14.630	0.000*
CII * DDV	15591028062993.290	2	7795514031496.640	37.712	0.000*
CII * OAL	2072661785074.544	2	1036330892537.272	5.013	0.008*
PDM * ITN	11889437860657.840	1	11889437860657.840	57.517	0.000*
PDM * DDV	22810691014907.010	1	22810691014907.010	110.351	0.000*
PDM * OAL	2023499374589.173	1	2023499374589.173	9.789	0.002*
ITN * DDV	102632543004445.900	1	102632543004445.900	496.502	0.000*
ITN * OAL	11897323837875.050	1	11897323837875.050	57.555	0.000*
DDV * OAL	25122274980525.000	1	25122274980525.000	121.533	0.000*

*代表在 0.05 的顯著水準下，其影響在統計上為顯著。

表 4.8 總完成品數量 (QF) 之變異數分析結果

SOURCE	SS	DF	MS	F value	p-value
CEI	872007620188985.000	2	436003810094492.500	279554.642	0.000*
CII	390399370792770.600	2	195199685396385.300	125157.113	0.000*
PDM	129526761527208.500	1	129526761527208.500	83049.291	0.000*
ITN	4897368584377980.000	1	4897368584377980.000	3140069.166	0.000*
DDV	287576015461543.300	1	287576015461543.300	184386.485	0.000*
OAL	0	1	0	0	1.000
CEI * CII	13130730346583.510	4	3282682586645.878	2104.773	0.000*
CEI * PDM	977140064181.762	2	488570032090.881	313.259	0.000*
CEI * ITN	5902095662279.600	2	2951047831139.804	1892.137	0.000*
CEI * DDV	1186335083320.147	2	593167541660.073	380.324	0.000*
CEI * OAL	0	2	0	0	1.000
CII * ITN	509688425466.004	2	254844212733.002	163.400	0.000*
CII * PDM	1362402305841.016	2	681201152920.508	436.769	0.000*
CII * DDV	490343856490.967	2	245171928245.483	157.198	0.000*
CII * OAL	0	2	0	0	1.000
PDM * ITN	2504252814535.073	1	2504252814535.073	1605.664	0.000*
PDM * DDV	66554944507.986	1	66554944507.986	42.673	0.000*
PDM * OAL	0	1	0	0	1.000
ITN * DDV	8499042195.070	1	8499042195.070	5.449	0.021*
ITN * OAL	0	1	0	0	1.000
DDV * OAL	0	1	0	0	1.000

*代表在 0.05 的顯著水準下，其影響在統計上為顯著。

表 4.9 達交率 (FR) 之變異數分析結果

SOURCE	SS	DF	MS	F value	p-value
CEI	0.019	2	0.010	19.680	0.000*
CII	0.017	2	0.009	17.844	0.000*
PDM	0.011	1	0.011	23.403	0.000*
ITN	0.100	1	0.100	205.388	0.000*
DDV	0.976	1	0.976	2014.142	0.000*
OAL	3.664	1	3.664	7560.243	0.000*
CEI * CII	0.001	4	0	0.759	0.554
CEI * PDM	0.001	2	0.001	1.168	0.315
CEI * ITN	0.001	2	0.001	1.301	0.277
CEI * DDV	0.001	2	0	0.929	0.398
CEI * OAL	2.043E-05	2	1.022E-05	0.021	0.979
CII * ITN	0.001	2	0.001	1.083	0.342
CII * PDM	0.001	2	0.001	1.425	0.245
CII * DDV	0	2	0	0.344	0.709
CII * OAL	0.001	2	0	0.594	0.554
PDM * ITN	0.001	1	0.001	1.431	0.234
PDM * DDV	0.002	1	0.002	4.335	0.040*
PDM * OAL	0.006	1	0.006	12.128	0.001*
ITN * DDV	0.002	1	0.002	3.274	0.073
ITN * OAL	0.004	1	0.004	7.678	0.000*
DDV * OAL	0.257	1	0.257	530.735	0.000*

*代表在 0.05 的顯著水準下，其影響在統計上為顯著。

表 4.10 流程時間 (FT) 之變異數分析結果

SOURCE	SS	DF	MS	F value	p-value
CEI	0.527	2	0.263	11534.396	0.000*
CII	0.219	2	0.109	4794.237	0.000*
PDM	0.167	1	0.167	7302.800	0.000*
ITN	0.797	1	0.797	34901.043	0.000*
DDV	1.626	1	1.626	71237.257	0.000*
OAL	0	1	0	0	1.000
CEI * CII	0.001	4	0	12.764	0.000*
CEI * PDM	0.008	2	0.004	166.662	0.000*
CEI * ITN	0.011	2	0.005	232.718	0.000*
CEI * DDV	0.053	2	0.026	1155.648	0.000*
CEI * OAL	0	2	0	0	1.000
CII * ITN	0.004	2	0.002	87.175	0.000*
CII * PDM	0.003	2	0.002	67.385	0.000*
CII * DDV	0.022	2	0.011	483.632	0.000*
CII * OAL	0	2	0	0	1.000
PDM * ITN	0.009	1	0.009	384.264	0.000*
PDM * DDV	0.018	1	0.018	782.539	0.000*
PDM * OAL	0	1	0	0	1.000
ITN * DDV	0.029	1	0.029	1255.870	0.000*
ITN * OAL	0	1	0	0	1.000
DDV * OAL	0	1	0	0	1.000

*代表在 0.05 的顯著水準下，其影響在統計上為顯著。

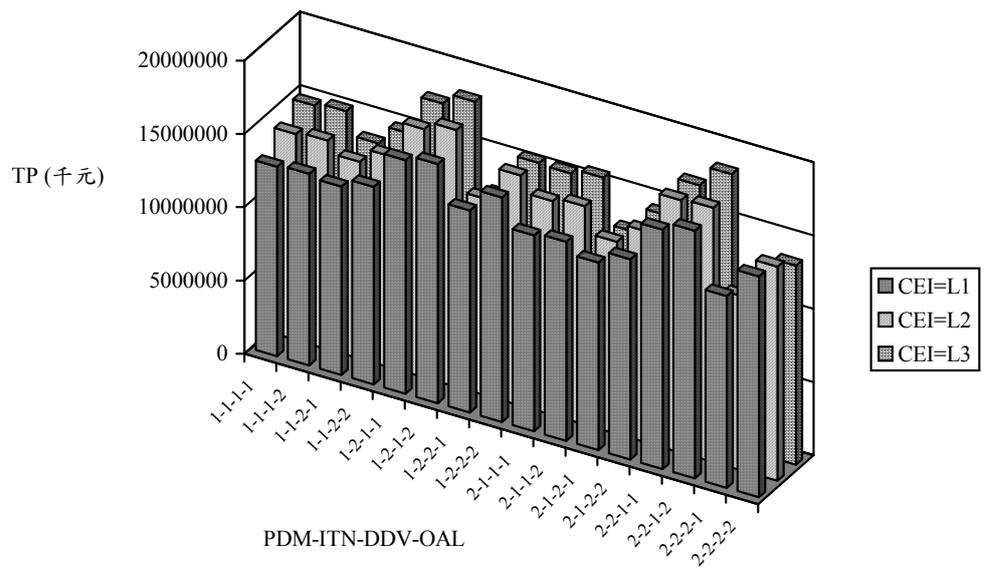


圖 4.1.1 總利潤 (TP)(當 CII=L1 時)

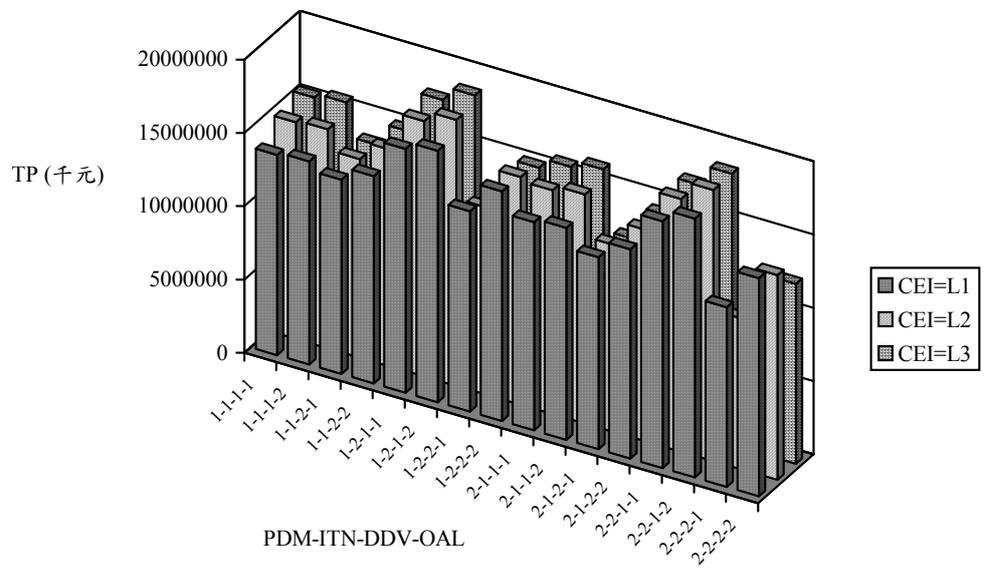


圖 4.1.2 總利潤 (TP)(當 CII=L2 時)

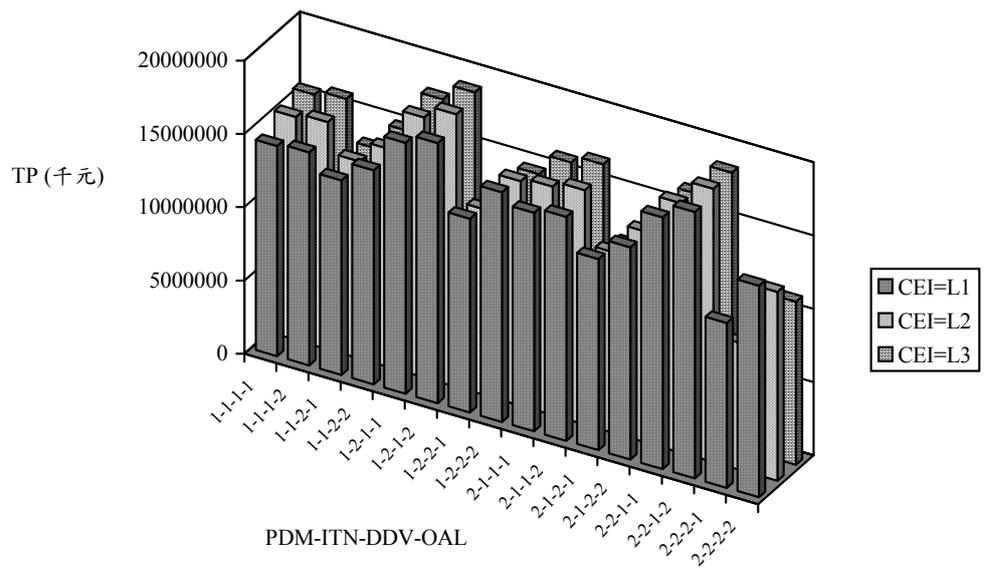


圖 4.1.3 總利潤 (TP)(當 CII=L3 時)

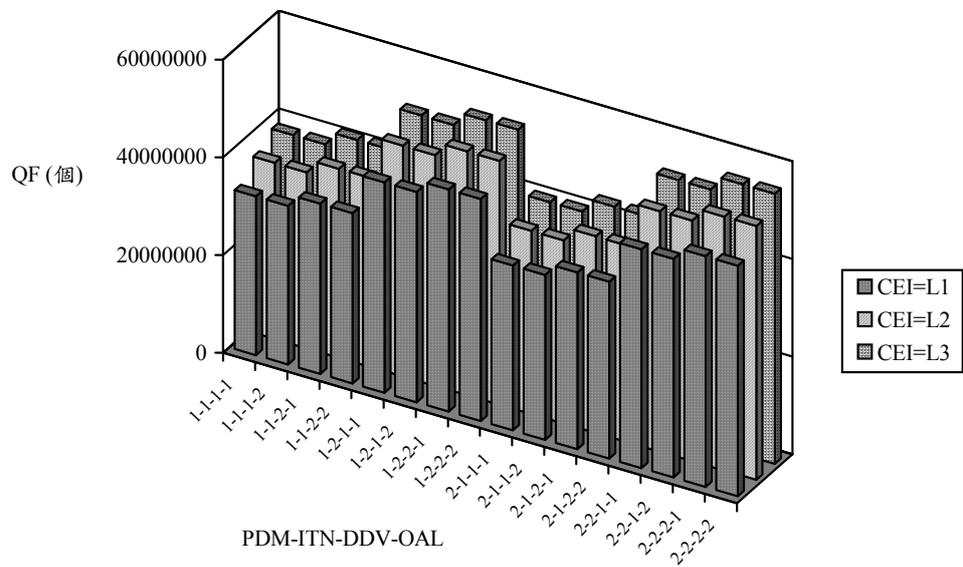


圖 4.2.1 總完成品數量 (QF)(當 CII=L1 時)

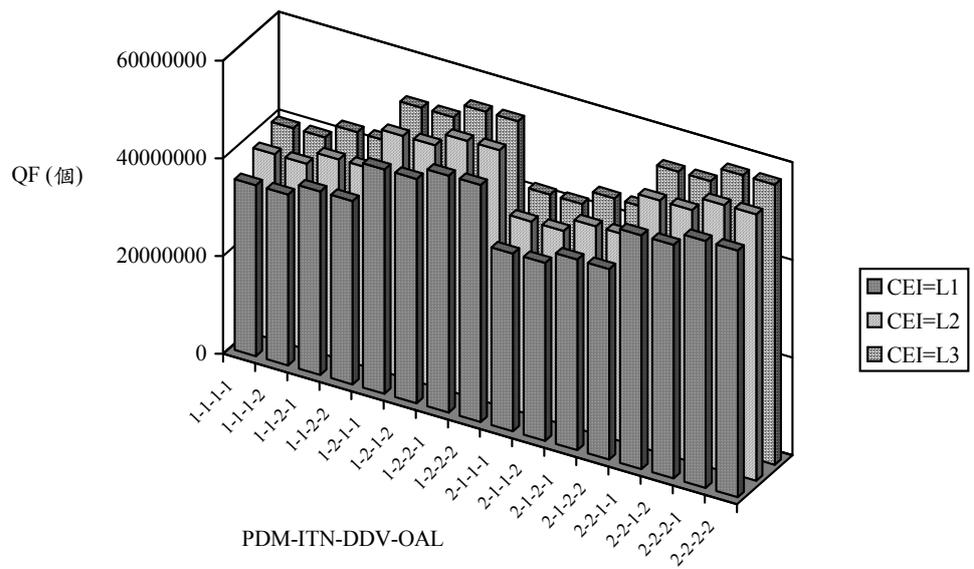


圖 4.2.2 總完成品數量 (QF) (當 CII=L2 時)

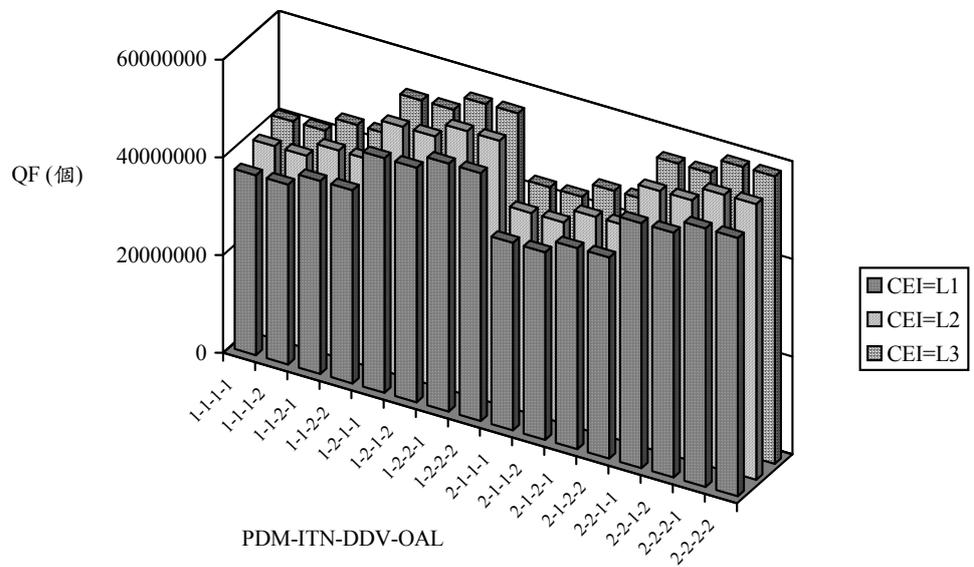


圖 4.2.3 總完成品數量 (QF) (當 CII=L3 時)

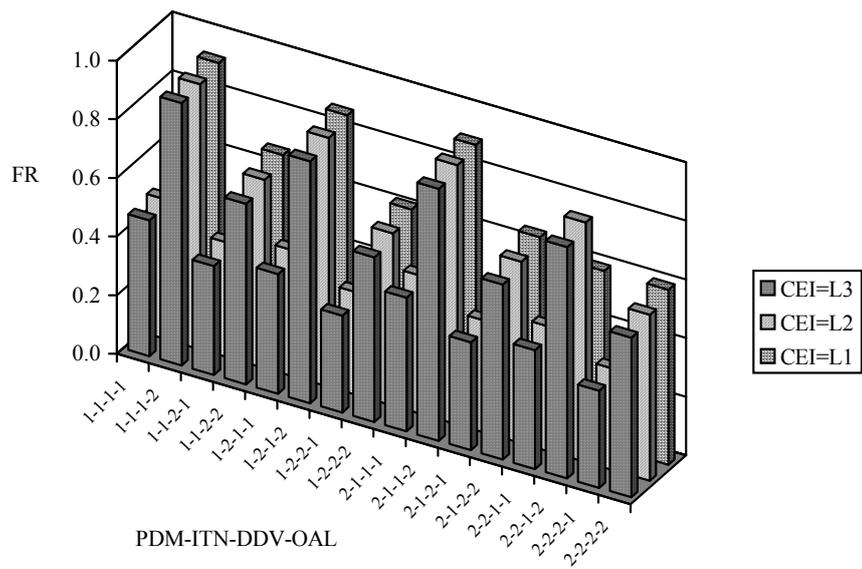


圖 4.3.1 達交率 (FR)(當 CII=L1 時)

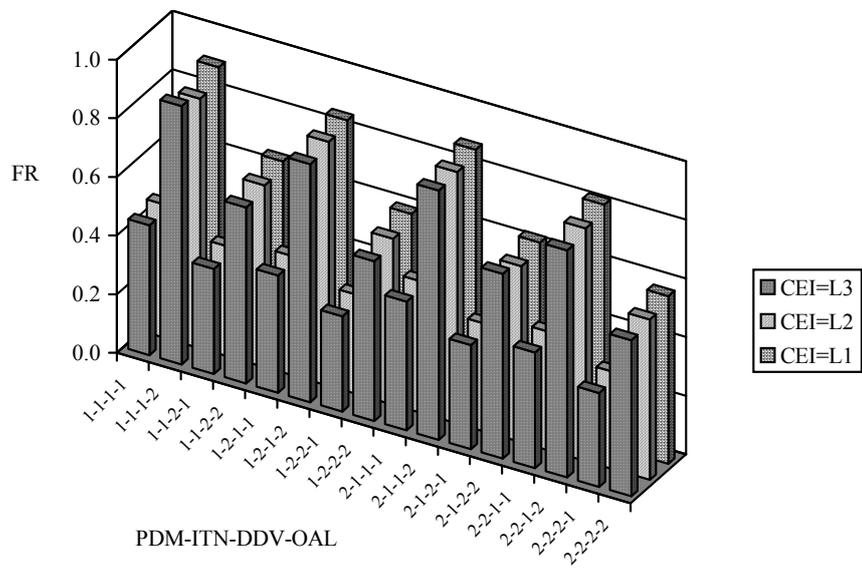


圖 4.3.2 達交率 (FR)(當 CII=L2 時)

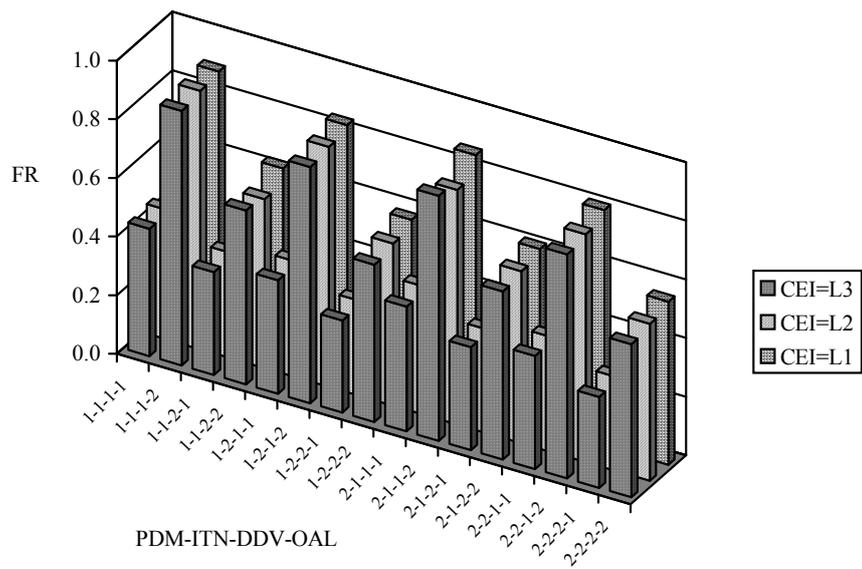


圖 4.3.3 達交率 (FR)(當 CII=L3 時)

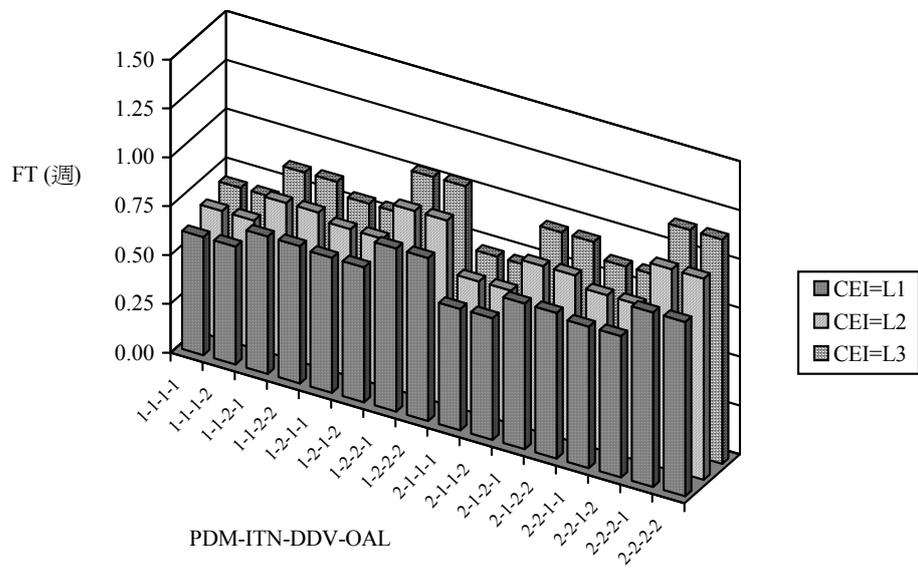


圖 4.4.1 流程時間 (FT)(當 CII=L1 時)

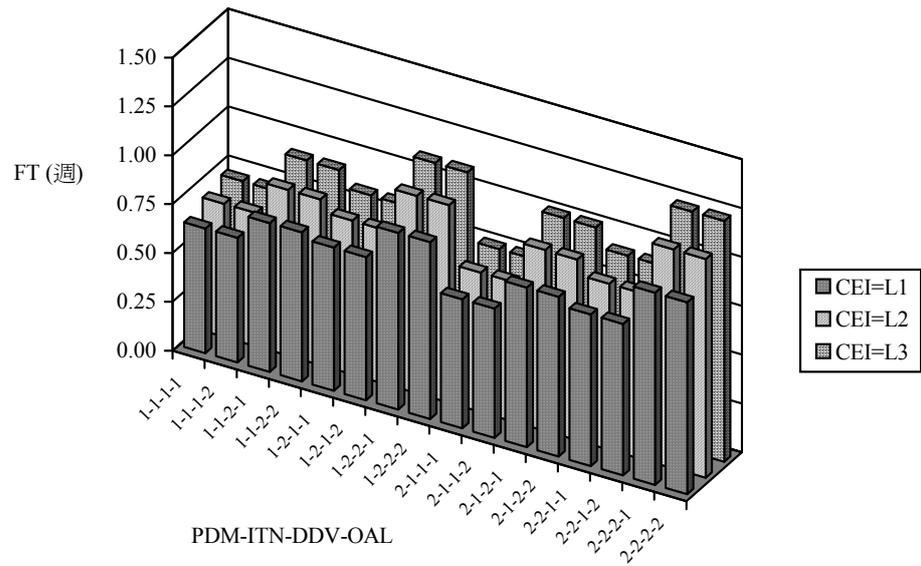


圖 4.4.2 流程時間 (FT) (當 CII=L2 時)

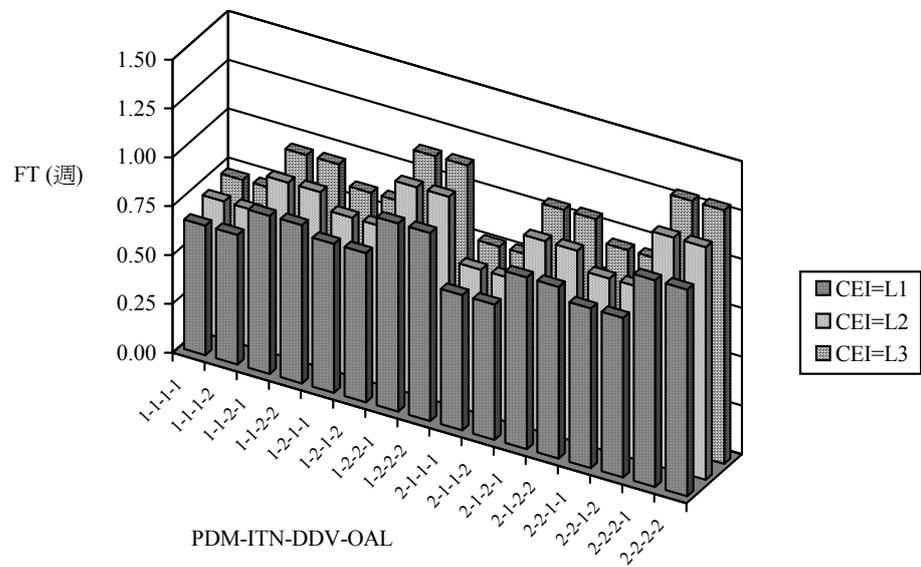


圖 4.4.3 流程時間 (FT) (當 CII=L3 時)

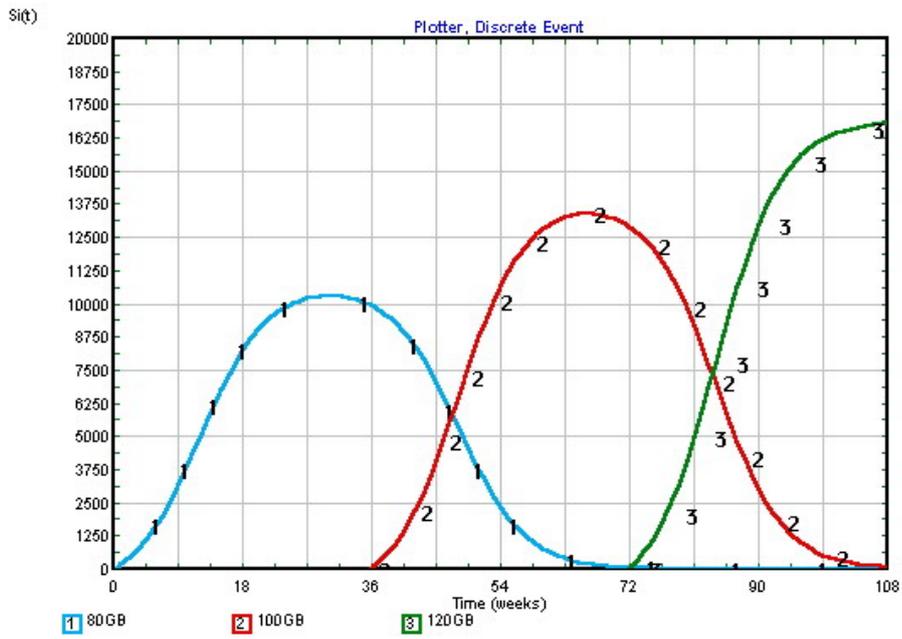


圖 4.5.1 鋁基板硬碟片連續三代在市場上之潛在需求—改變 p_i 值 (即 $p_i = 0.015$ 、 $q_i = 0.2$ 、 $m_1 = 10000$ 、 $m_2 = 3000$ 、 $m_3 = 3900$ 、 $\tau_2 = 36$ 週)

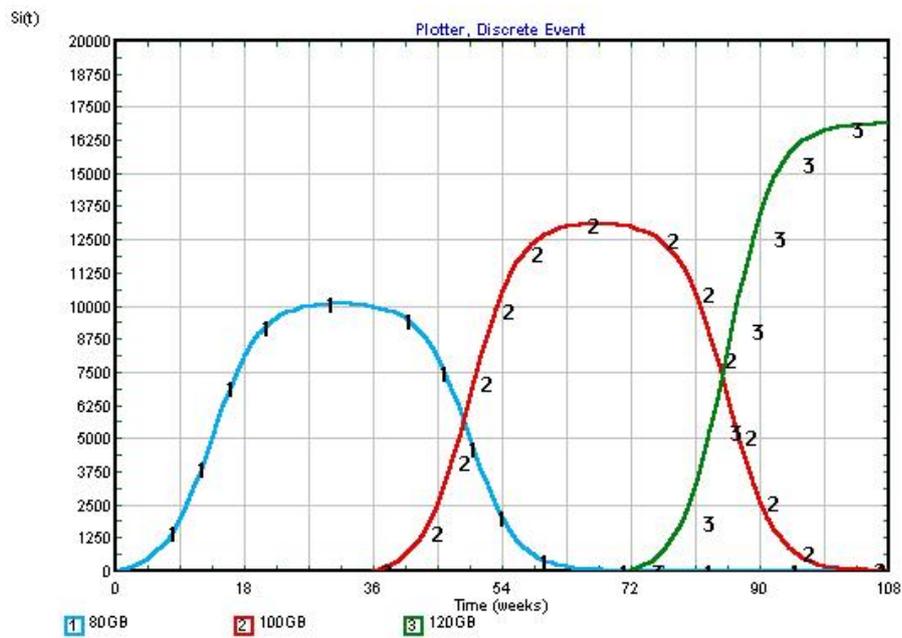


圖 4.5.2 鋁基板硬碟片連續三代在市場上之潛在需求—改變 q_i 值 (即 $p_i = 0.005$ 、 $q_i = 0.3$ 、 $m_1 = 10000$ 、 $m_2 = 3000$ 、 $m_3 = 3900$ 、 $\tau_2 = 36$ 週)

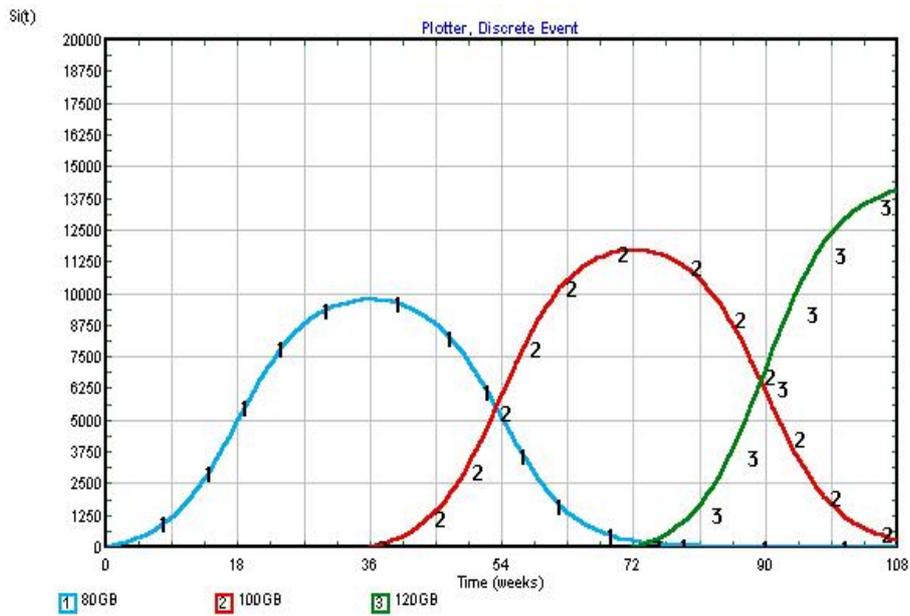


圖 4.5.3 鋁基板硬碟片連續三代在市場上之潛在需求—改變 m_2 與 m_3 值 (即 $p_i = 0.005$ 、 $q_i = 0.2$ 、 $m_1 = 10000$ 、 $m_2 = 2000$ 、 $m_3 = 2400$ 、 $\tau_2 = 36$ 週)

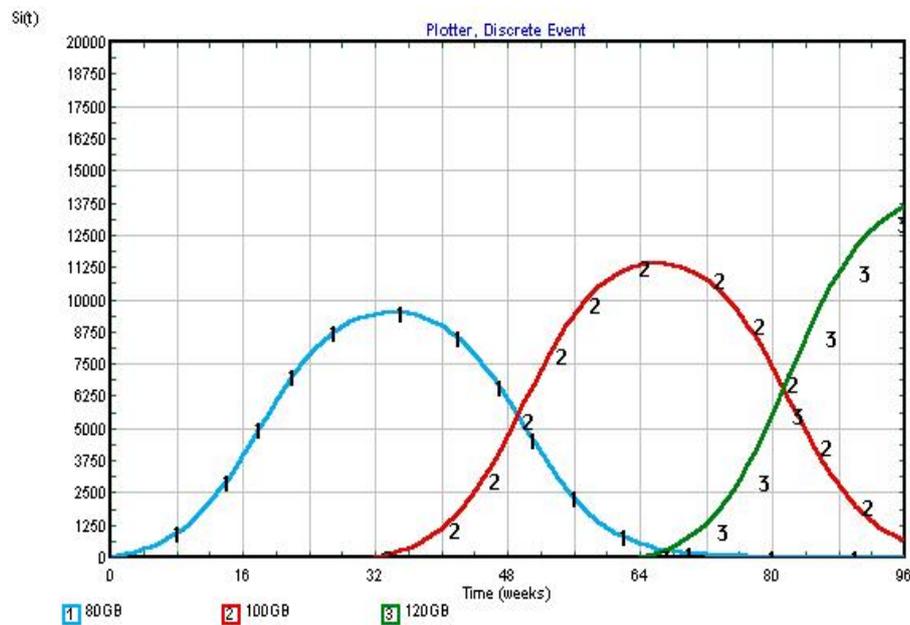


圖 4.5.4 鋁基板硬碟片連續三代在市場上之潛在需求—改變 τ_2 值 (即 $p_i = 0.005$ 、 $q_i = 0.2$ 、 $m_1 = 10000$ 、 $m_2 = 2000$ 、 $m_3 = 2400$ 、 $\tau_2 = 32$ 週)

第五章 結論與建議

本研究提出一個以模擬為基礎之研究架構，它包含最核心的模擬程序，且輸入端包括：鋁基板硬碟片供應鏈、系統參數、實驗變數，而輸出端則是績效指標。根據此研究架構，我們可以每一績效指標為基礎，來探討各實驗變數（包括：需求型態、訂單寬放水準等）對鋁基板硬碟片供應鏈之影響程度。

本研究探討一典型的鋁基板硬碟片供應鏈，供應鏈成員包括：多家物料/耗材供應商、一家製造商、與多家客戶。此供應鏈是屬於“訂貨生產 (MTO)”的生產模式，亦即製造商根據已接客戶訂單之內容準備物料/耗材，經過基板製程與碟片製程，生產出完成品（即硬碟片），然後在承諾的時間內將完成品運送到客戶處。

為了示範本研究所提出的研究架構，在第四章以一個實際個案（即鋁基板硬碟片供應鏈）為範例來做說明，根據該範例之結果及分析，針對各實驗變數對各績效指標之影響程度，可以獲致以下之結論（如表 5.1 所示）：

- “外部影響係數 (CEI)” 對所有績效指標皆有顯著影響。
- “內部影響係數 (CII)” 對達交率 (FR)、流程時間 (FT)、總完成品數量 (QF) 等績效指標均有顯著影響，但對總利潤 (TP) 的影響並不顯著。
- “市場上潛在需求量 (PDM)” 對所有績效指標皆有顯著影響。
- “下一代產品推出時機 (ITN)” 對所有績效指標皆有顯著影響。
- “需求之變異 (DDV)” 對所有績效指標皆有顯著影響。
- “訂單寬放水準 (OAL)” 對總利潤 (TP)、達交率 (FR) 等績效指標均有顯著影響，但對總完成品數量 (QF)、流程時間 (FT) 的影響並不顯著。

此外，如果以某一績效指標為主（即主要的績效指標），以比較外部影響係數與內部影響係數之水準，結果如表 5.2 所示。由表 5.2 可以看出，若以總利潤為主要的績效指標，在較長的下一代產品推出時機與高需求之變異的情況下，以低程度之外部影響係數表現較佳；在其他情況下，以高程度之外部影響係數表現較佳；不過內部影響係數各水準間並沒有顯著差異。若以總完成品數量為主要的績效指標，以高程度之外部影響係數與內部影響係數表現較佳。若以達交率或流程時間

為主要的績效指標，以低程度之外部影響係數與內部影響係數表現較佳。

表 5.1 實驗變數對各績效指標之影響程度

績效指標	實驗變數 Ψ					
	CEI	CII	PDM	ITN	DDV	OAL
總利潤 (TP)	*		*	*	*	*
總完成品數量 (QF)	*	*	*	*	*	
達交率 (FR)	*	*	*	*	*	*
流程時間 (FT)	*	*	*	*	*	

* 代表在 0.05 的顯著水準下，其影響在統計上為顯著。

Ψ CEI 代表“外部影響係數”、CII 代表“內部影響係數”、PDM 代表“市場上潛在需求量”、ITN 代表“下一代產品推出時機”、DDV 代表“需求之變異”、OAL 代表“訂單寬放水準”。

表 5.2 根據主要的績效指標以比較外部影響係數與內部影響係數之水準

主要的績效指標	外部影響係數 (CEI) 與內部影響係數 (CII) 各水準之比較
總利潤 (TP)	在 $ITN=L2$ 及 $DDV=L2$ 情況下： CEI=L1 優於 CEI=L2、CEI=L2 優於 CEI=L3 在其他 ITN 及 DDV 組合情況下： CEI=L3 優於 CEI=L2、CEI=L2 優於 CEI=L1 CII 各水準間沒顯著差異
總完成品數量 (QF)	CEI=L3 優於 CEI=L2、CEI=L2 優於 CEI=L1 CII=L3 優於 CII=L2、CII=L2 優於 CII=L1
達交率 (FR)	CEI=L1 優於 CEI=L2、CEI=L2 優於 CEI=L3 CII=L1 優於 CII=L2、CII=L2 優於 CII=L3
流程時間 (FT)	CEI=L1 優於 CEI=L2、CEI=L2 優於 CEI=L3 CII=L1 優於 CII=L2、CII=L2 優於 CII=L3

本範例之分析結果與結論 (例如：表 5.1、表 5.2)，當然只適用於本範例所設定之環境，不過亦可以作為其他範例進行分析之參考。

本研究探討 3.5 吋連續三世代鋁基板硬碟片 (例如：80GB、100GB、120GB) 之產銷問題，並採用三世代產品之 Norton and Bass 擴散模式，不過在擴散模式中，本研究假設“外部影響係數 (CEI)”、“內部影響係數 (CII)”、“下一代產品推出時機 (ITN)” 其三代之值皆是固定的。後續之研究可以探討 CEI、CII、ITN 其三代之值皆是不同的情境，例如：三世代 CEI (即 p_i) 值可能是 $p_1=0.005$, $p_2=0.006$, $p_3=0.007$ 。此外，針對短生命週期產品，除了 Norton and Bass 擴散模式外，還有

其他方式 (例如：logistics 函數) 可以用來預測這些產品的需求，後續之研究可以探討不同之擴散模式對鋁基板硬碟片供應鏈的影響程度。

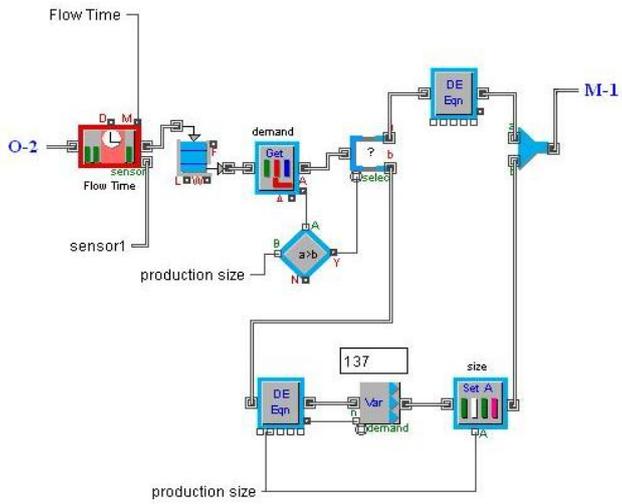
參考文獻

1. 呂博裕與李凱鈴，「短生命週期特徵下 TFT-LCD 供應鏈之績效衡量」，*中小企業發展季刊*, Vol. 6，pp. 47-77，2007。
2. 呂博裕與林嘉政，「送達時間保證下三階層供應鏈之模擬研究」，*計量管理期刊*，Vol. 2，No. 2，pp. 131-152，2005。
3. 和喬科技，和喬科技網頁，<http://www.tracetec.com.tw>，2006。
4. 林君諺，「流行性產品的存貨管理」，*國立台灣科技大學工業管理研究所碩士論文*，2000。
5. 洪文鎰，「在價格敏感的隨機需求下針對短生命週期產品的供應商選擇及分配」，*國立成功大學工業與資訊管理研究所碩士論文*，2004。
6. 凌威科技，凌威科技網頁，<http://www.linwei.com.tw/knowhdd.html>，2006。
7. 張嘉訓，「高科技產品多代擴散模型之研究—以DRAM為例」，*真理大學管理科學研究所碩士論文*，2002。
8. 陳玉倫，「科技產業中互補（附屬）產品之創新擴散研究-以DRAM及電腦為例」，*元智大學國際企業學系碩士論文*，2006。
9. 陳香君，「多世代產品擴散定價模式分析之研究」，*東海大學工業工程與經營資訊學系碩士論文*，2006。
10. 鄭國印，「應用多代擴散模式於創新成熟型產品生命週期之銷售量研究」，*雲林科技大學工業工程與管理研究所碩士班碩士論文*，2006。
11. 鄭誌華，「三階層供應鏈中針對短生命週期產品的供應商選擇、定價及訂貨策略之研究」，*國立成功大學工業管理研究所碩士論文*，2003。
12. 蔡春祥，「短生命週期產品的存貨管理」，*國立台灣科技大學工業管理研究所碩士論文*，2002。
13. 樊晉源，「創新產品多代擴散模式系統動力學研究-以電視遊戲機產業為例」，*大葉大學事業經營研究所碩士論文*，2003。
14. Bass, F. M., "A New Product Growth for Model Consumer Durables", *Management Science*, Vol. 15, No. 5, pp. 215-227, 1969.

15. Christy, D. F. and J. J. Kanet, "Manufacturing Systems with Forbidden Early Shipment: Implications for Choice of Scheduling Rules", *International Journal of Production Research*, Vol. 28, No. 1, pp. 91-100, 1990.
16. Closs, D. J., A. S. Roath, T. J. Goldsby, J. A. Eckert, and S. M. Swartz, "An Empirical Comparison of Anticipatory and Response-Based Supply Chain Strategies", *International Journal of Logistics Management*, Vol. 9, No. 2, pp. 21-33, 1998.
17. Gavirneni, S., R. Kapuscinski, and S. Tayur, "Value of Information in Capacitated Supply Chains", *Management Science*, Vol. 45, No. 1, pp. 16-24, 1999.
18. Gourevitch, P., R. Bohn, and D. McKendrick, "Globalization of Production: Insights from the Hard Disk Drive Industry", *World Development*, Vol. 28, No. 2, pp. 301-317, 2000.
19. Higuchi, T. and M. D. Troutt, "Dynamic Simulation of the Supply Chain for a Short Life Cycle Product—Lessons from the Tamagotchii Case", *Computers & Operations Research*, Vol. 31, pp. 1097-1114, 2004.
20. Imagine That, Inc., *Extend Version 6 User's Guide*, 2002.
21. Islam, T. and N. Meade, "The Diffusion of Successive Generations of a Technology: A More General Model", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 56, pp. 49-60, 1997.
22. Kumar, S. and T. R. McCaffrey, "Engineering Economics at a Hard Disk Drive Manufacturer", *Technovation*, Vol. 23, pp. 749-755, 2003.
23. Kurawarwala, A. A. and H. Matsuo, "Product Growth Models for Medium-Term Forecasting of Short Life Cycle Products", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 57, pp. 169-196, 1998.
24. Lapide, L., "A Simple Approach for Short Product Lifecycle Forecasting", *The Journal of Business Forecasting Methods & Systems*, Vol. 20, No. 1, pp. 18-20, 2001.
25. Law, A. M. and W. D. Kelton, *Simulation Modeling and Analysis*, McGraw-Hill, New York, 2nd edition, 2000.
26. Liu, B., J. Chen, S. Liu, and R. Zhang, "Supply-Chain Coordination with Combined Contract for a Short-Life-Cycle Product", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part A: Systems and Human*, Vol. 36, No. 1, pp.

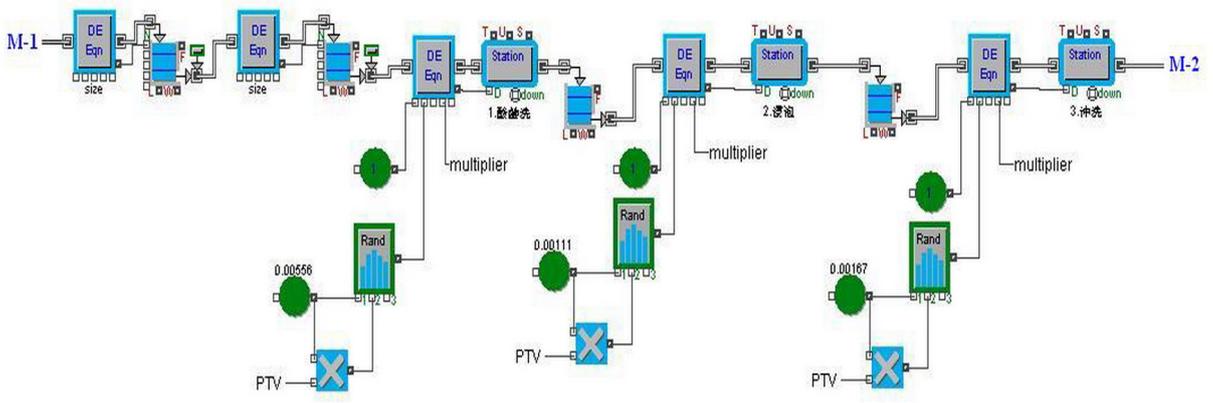
- 53-61, 2006.
27. Mahajan, V. and E. Muller, "Timing, Diffusion, and Successive Generations of Technological Innovations: The IBM Mainframe Case", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 51, pp. 109-132, 1996.
 28. Meade, N. and T. Islam, "Modelling and Forecasting the Diffusion of Innovation – A 25-Year Review", *International Journal of Forecasting*, Vol. 22, pp. 519-545, 2006.
 29. Norton, J. A. and F. M. Bass, "A Diffusion Theory Model of Adoption and Substitution for Successive Generations of High-Technology Products", *Management Science*, Vol. 33, No. 9, pp. 1069-1086, 1987.
 30. Norton, J. A. and F. M. Bass, "Evolution of Technological Generations: The Law of Capture", *Sloan Management Review*, Vol. 33, No. 2, pp. 66-77, 1992.
 31. Persson, F. and J. Olhager, "Performance Simulation of Supply Chain Designs", *International Journal of Production Economics*, Vol. 77, pp. 231-245, 2002.
 32. Sha, D. Y. and C.-H. Liu, "Using Data Mining for Due Date Assignment in a Dynamic Job Shop Environment", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 25, No. 11-12, pp. 1164-1174, 2005.
 33. Shang, J. S., S. Li, and P. Tadikamalla, "Operational Design of a Supply Chain System Using the Taguchi Method, Response Surface Methodology, Simulation, and Optimization", *International Journal of Production Research*, Vol. 42, No. 18, pp. 3823-3849, 2004.
 34. Sohn, S. Y. and B. J. Ahn, "Multigeneration Diffusion Model for Economic Assessment of New Technology", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 70, pp. 251-264, 2003.
 35. Speece, M. W. and D. L. MacLachlan, "Application of a Multi-Generation Diffusion Model to Milk Container Technology", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 49, pp. 281-295, 1995.
 36. Terzi, S. and S. Cavalieri, "Simulation in the Supply Chain Context: A Survey", *Computers in Industry*, Vol. 53, pp. 3-16, 2004.
 37. Weng, Z. K., "The Power of Coordinated Decisions for Short-Life-Cycle Products in a Manufacturing and Distribution Supply Chain", *IIE Transactions*, Vol. 31, pp. 1037-1049, 1999.
 38. Weng, Z. K. and T. McClurg, "Coordinated Ordering Decisions for Short Life

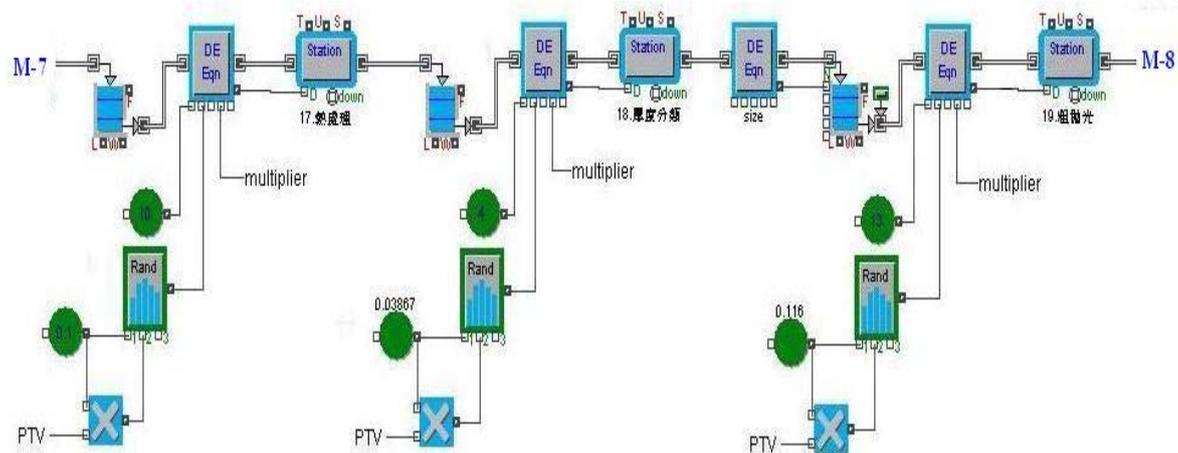
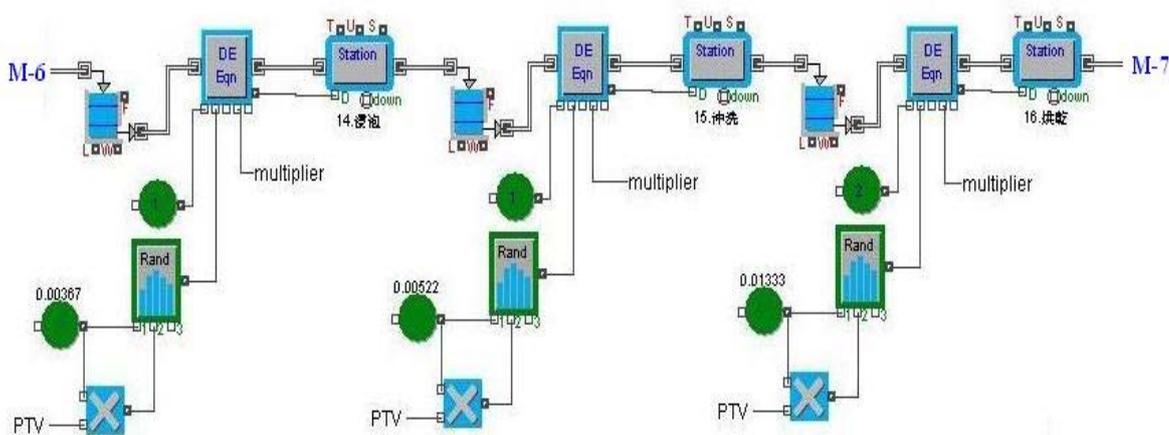
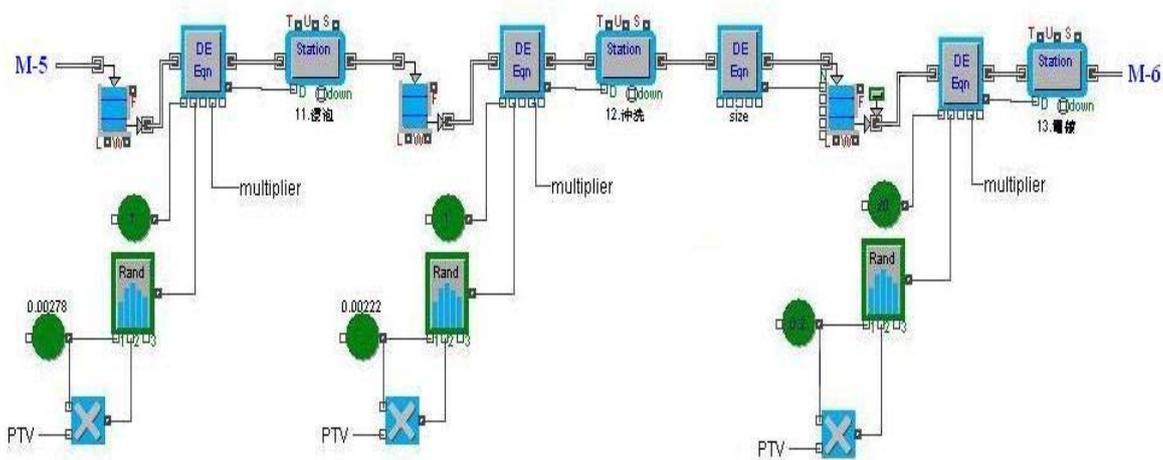
- Cycle Products with Uncertainty in Delivery Time and Demand”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 151, pp. 12-24, 2003.
39. Wilson, L. O. and J. A. Norton, “Optimal Entry Timing for a product Line Extension”, *Marketing Science*, Vol. 8, No. 1, pp. 1-17, 1989.
 40. Zhao, X., J. Xie, and J. Leung, “The Impact of Forecasting Model Selection on the Value of Information Sharing in a Supply Chain”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 142, pp. 321-344, 2002.
 41. Zhu, K., *New Approaches to Inventory Management*, Ph.D. Dissertation, the Department of Management Science and Engineering of Stanford University, 2002.

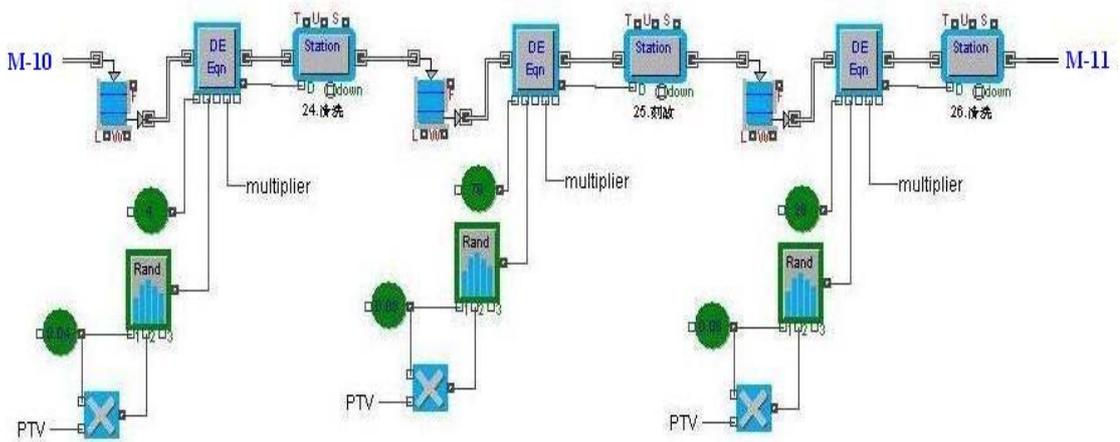
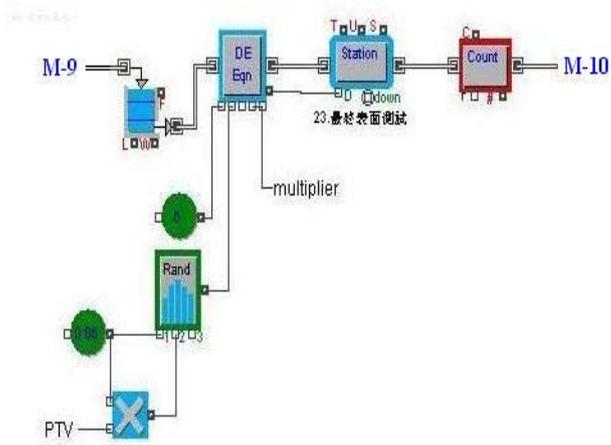
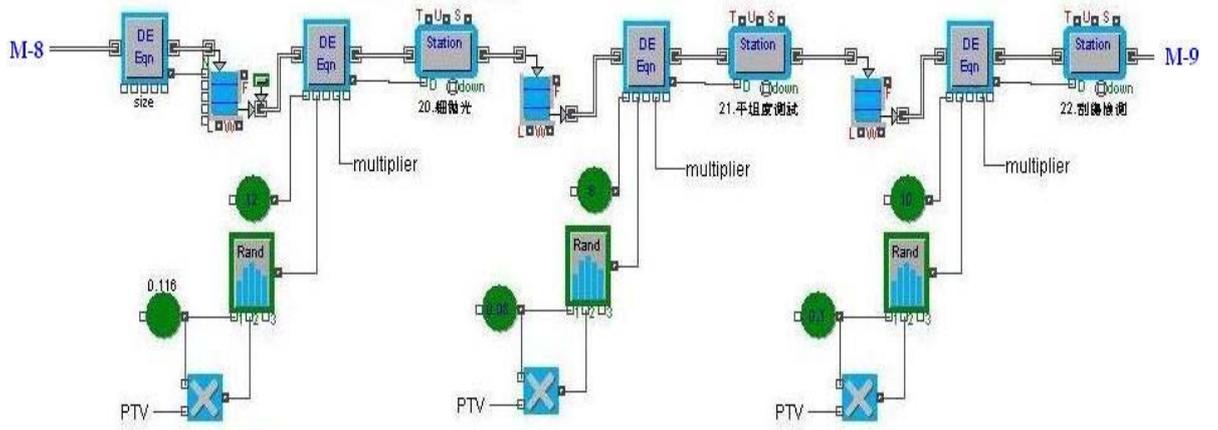


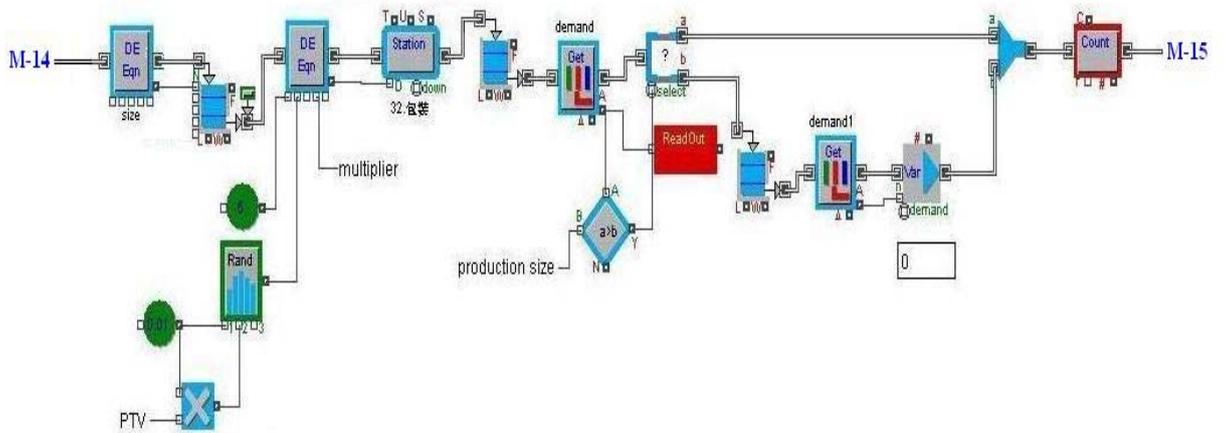
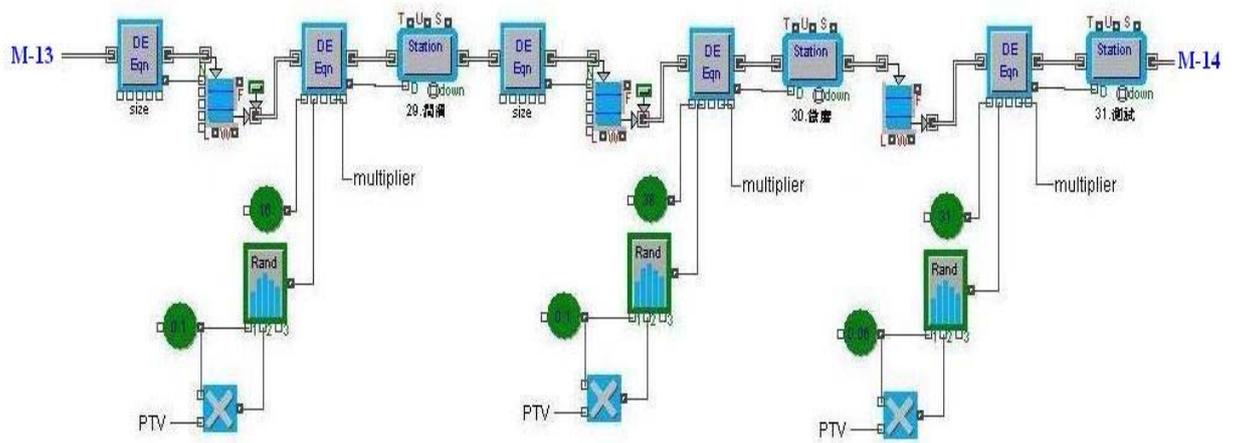
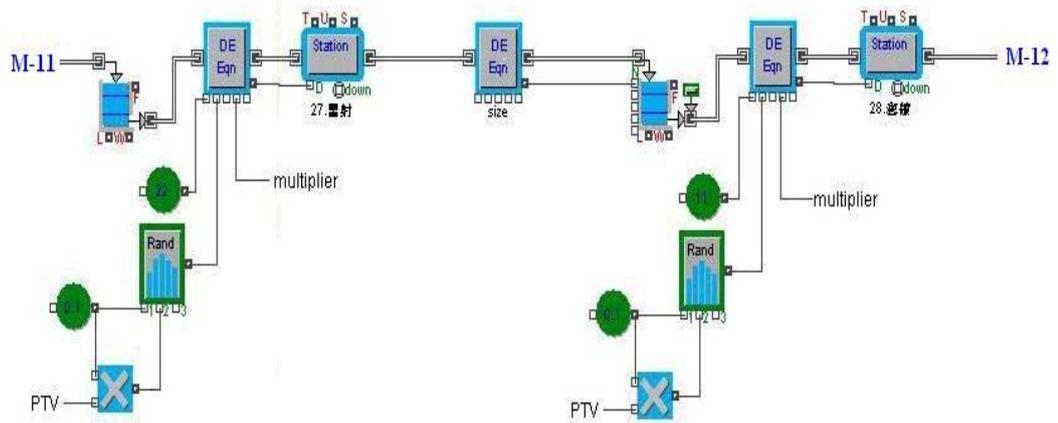
A.2 製造流程 (Manufacturing Process) 模組

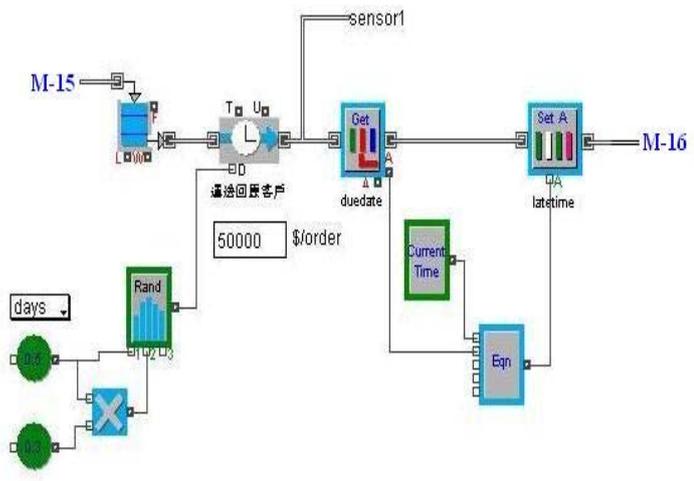
Manufacturing Process











multiplier =

OAL =

weeks

weeks

> End sim time: 250 (weeks)
> Clear time: 0

\$ 8370838906.88

TC (total cost)

[TP = Income - TC]

(total profit, TP)

sum-demand

\$ 17932914900

QF (quantity of finished goods)

no1

no2

Fill Rate

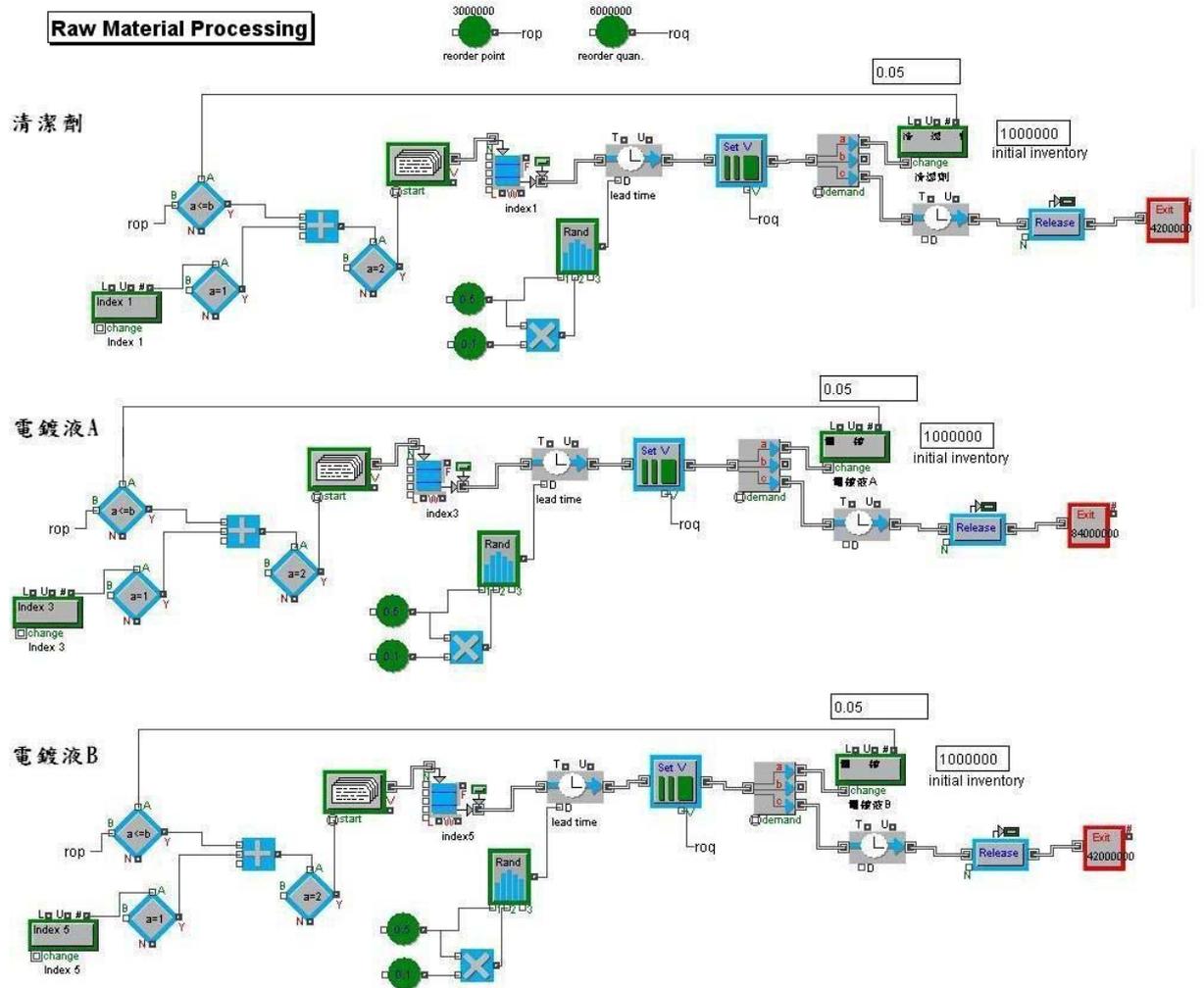
Fill Rate (FR)

Flow Time

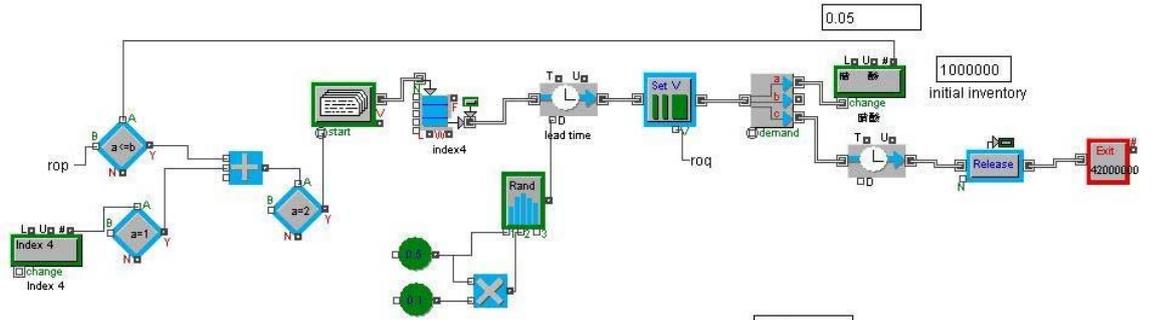
weeks

Avg. Flow Time (FT)

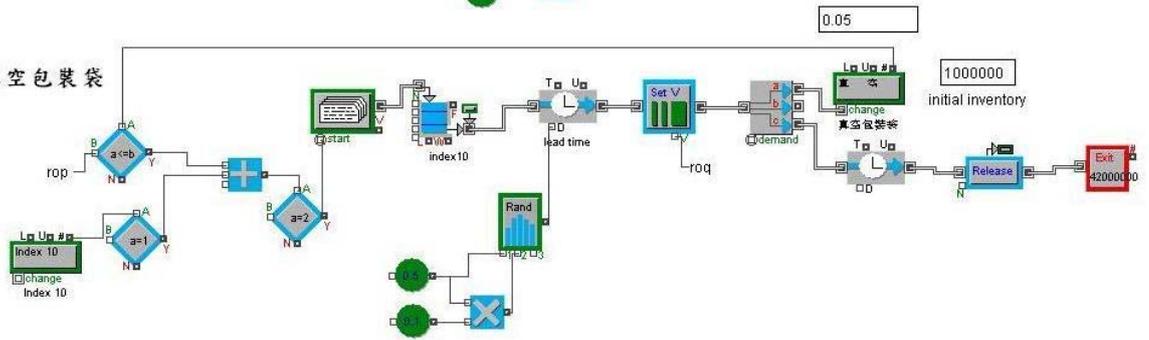
A.3 物料/耗材供應 (Raw Materials/Consumables Supply) 模組



硝酸



真空包装袋



附錄 B Extend 模擬模式之說明

為了便利模式之建立與測試，故將模擬模式分成三個模組，茲針對 Extend 模擬模式之每個模組說明如下：

B.1 訂單處理 (Order Processing) 模組

本研究假設可根據前一代產品的完整生命週期之銷售資料，建立起適合的 Norton and Bass 擴散模式，然後利用此模式來預測新產品之需求。客戶需求以“週”為單位整合為一訂單，每一訂單需先設定其交期（又稱到期日），設定完後該訂單會進入待處理訂單區等待（依 FCFS 原則），然後開始進行生產作業，並在承諾的時間內將完成品分別運送到客戶手中。

首先以 Program block 產生一訂單，並使用 Constant block 設定 p (0.005/0.01/0.015)、 q (0.2/0.25/0.03)、 m_1, m_2, m_3 (10000,2000,2400/10000,3000,3900)、 τ_2 (32/36) 等（即 Norton and Bass 擴散模式之參數）。配合 Queue, FIFO block、DE Equation block、System Variable block、Subtract block、Equation block 計算該筆訂單之平均需求及各世代產品之累積需求，再以 Constant block 計算 τ_3 之值。接著使用 System Variable block 取得 Current Time，搭配 Decision block、Select DE Output block 判斷 Current Time 是否大於 τ_2 或 τ_3 ，若條件式成立，即訂單需求由第一代產品轉變為第二代產品或由第二代產品轉變為第三代產品；反之，訂單需求依舊為第一代或第二代產品。接著再以 Constant block、Input Random Number block 設定該筆訂單之需求，最後使用 Equation block 判斷訂單需求，if result < 10，則需求設為 10；if result 介於 10~10000，則取整數；if result > 10000，則將訂單需求除以 10000 並取整數之後，再將其值乘以 10000，最後透過 Set Attribute block 取得訂單需求。

因 Program block 只產生出一個訂單，透過 Unbatch block 產生出 2 個 items，一個 item 進入到工作站（即接受訂單），另一個 item 則作為產生新的訂單。由於本研究只考慮 96 週 (ITN=Level 1 時) 或 108 週 (ITN=Level 2 時) 之訂單，假設一週一個訂單，總共 96 或 108 個訂單，為使系統內不超過總共 96 或 108 個訂單，使

用 Constant block 設定系統內訂單上限，搭配 Count Item block 觀測訂單數量，輔以 Decision block、Select DE Output block 判斷系統內訂單數目是否小於上限。若條件式不成立，即停止產生出新訂單；反之，配合 Activity, Delay block 以延後 item，並使用 Combine block 使 item 回到 Queue, FIFO block，以設定下一個訂單之需求。

設定訂單需求後，使用 Set Attribute block 配合 Constant block、Divide block、Equation block、Multiply block、Add block、System Variable block 設定訂單交期，以 Timer block 及 sensor1 記錄該筆訂單流程時間。

B.2 製造流程 (Manufacturing Process) 模組

物料/耗材必須經過基版製程與碟片製程等二段主要的製程，才能得到完成品(即鋁基板硬碟片)。製程皆是以批量處理，而各作業之處理時間與批量有關。

根據每個工作站機台數，透過 Constant block、Input Random Number block、Multiply block 設定其工作站處理時間。當訂單進入等候區時，若該工作站需投料，則需以 DE Equation block 取得該訂單所須耗用之物料/耗材數量，並以 Queue Resource Pool block 搭配 Resource Pool block 取得所需之物料/耗材，然後進行生產，在未取得所需之物料/耗材前不會進入到 Station block。

完成各項作業後，以 Constant block、Multiply block、Input Random Number block 來設定完成品運輸處理時間之要求。在完成品運輸之後，利用 Timer block 之 sensor1 取得該訂單的流程時間，並透過 Get Attribute block、System Variable block、Equation block 計算訂單遲交時間，再以 Set Attribute block 記錄該筆訂單遲交時間。最後以 Get Attribute block、Decision block、Select DE Output 判斷訂單是否延遲，並以 Resource Pool block 搭配 Release Resource Pool block 來釋放一訂單。一次判斷一個訂單是否延遲，若是延遲，則以 Constant block、DE Equation block、Activity, Delay (Attributes) block 計算訂單延遲懲罰成本，並使用 Count block 計算遲交的訂單數。

B.3 物料/耗材處理 (Raw Materials/Consumables Processing) 模組

鋁基板硬碟片之關鍵物料/耗材包括：清潔劑、電鍍液、二氧化矽、潤滑劑、鋁基板、硝酸、二氧化鋁與真空包裝袋等，這些關鍵物料/耗材係由各供應商所供應。製造商採用 (s, Q) 存貨政策，即當某一物料/耗材之庫存量低於再訂購點 (s)

時，製造商會向其供應商訂購一特定批量 (Q) 的物料/耗材。條件為當某一物料/耗材之庫存量低於再訂購點 (s) 時且供應商目前並無生產時才發生物料/耗材生產事件。

針對某一物料/耗材，以 Queue, Resource Pool block、Resource Pool block、Release Resource Pool block 來確保製造流程中，只能有一批該物料/耗材正進行補貨作業，當此批物料/耗材製造完畢後，才會釋放資源。在 Release Resource Pool block 前放置 Activity, Delay block 以延後資源的釋放，這是因為要先入完庫，以免入庫尚未完成又重覆向供應商訂購。

附錄 C 個案簡介

創立：1990 年

資本額：約 49 億元

產業別：資訊相關製造產業

行業別：電腦系統相關業

財務指標：

年度	營業收入 (百萬元)	營業收益 (百萬元)	每股純益 (元)
2005	2139	183	0.48
2004	2725	-792	-6.59
2003	1192	-1557	-15.31

產業型態：

1. 生產濺鍍式磁阻硬式磁碟片，為國內獨家生產電腦關鍵性零組件。
2. 兼營與公司業務相關之進口貿易業務。

營業項目：

1. 研究、開發、生產與製造、銷售下列各項產品：
 - (a) 濺鍍式薄膜硬式磁碟片
 - (b) 鍍鎳鋁基片
2. 兼營與公司業務相關之進口貿易業務。

附錄 D 模擬次數之計算程序

D.1 計算平均數和變異數

首先，我們要選擇一個實驗 (情境)，執行模擬若干次 (n)，然後根據某一績效指標 (例如：達交率) 之模擬結果，計算其平均數和變異數。

當採用 CEI=Level 3、CII=Level 3，且其它實驗變數皆設定在 Level 2 的情況下 (代表高變異)，根據 Law and Kelton (2000) 的建議，我們先執行模擬 10 次 (即 $n = 10$)，訂單的抵達只限 108 週內。每次模擬皆須收集“達交率”之績效 (觀測值)，並計算其平均數和變異數：

觀測值 (X) : 0.509 0.574 0.556 0.528 0.565

0.500 0.556 0.472 0.519 0.444

樣本平均數 (\bar{X}) = 0.522

樣本變異數 $S(X)^2 = 0.001776$

D.2 代入公式

令 $\frac{|\bar{X} - \mu|}{|\mu|} = \gamma$ (其中 $\mu = E(X)$)，則我們說 \bar{X} 之相對誤差 (relative error) 為 γ ，那麼所需模擬次數之近似值 $n_r^*(\gamma)$ 可以用下列式子表示：

$$n_r^*(\gamma) = \min \left\{ i \geq n : \frac{t_{i-1, 1-\alpha/2} \sqrt{S^2(n)/i}}{|\bar{X}(n)|} \leq \gamma' \right\}$$

這裡， $\gamma' = \gamma/(1+\gamma)$ 代表調整過的相對誤差， α 代表顯著水準 (significance level)。 i 從 n 開始測試，然後每次增加 1，以求出符合式子 $\frac{t_{i-1, 1-\alpha/2} \sqrt{S^2(n)/i}}{|\bar{X}(n)|} \leq \gamma'$ 的

最小 i 值，那個值就是 $n_r^*(\gamma)$ 。

本研究假設 95% 信賴水準 ($\alpha = 0.05$)，相對誤差 (γ) 為 0.1，則

$$\gamma' = \frac{\gamma}{1+\gamma} = \frac{0.1}{1+0.1} = 0.09, \text{ 那麼}$$

$$n_r^*(0.1) = \min \left\{ i \geq 10 : \frac{t_{i-1, 0.975} \sqrt{0.001776/i}}{0.522} \leq 0.09 \right\} = 10$$

，因此所需模擬次數之近似值 $n_r^*(0.1)$ 為 10 次。

D.3 結論

當採用 CEI=Level 3、CII=Level 3，且其它實驗變數皆設定在 Level 2 的情況下 (代表高變異)，根據以上的計算結果，所需模擬次數之近似值 $n_r^*(0.1)$ 為 10 次。

因此，本研究決定每一實驗所需模擬次數為 10 次。

附錄 E 模擬模式之驗證程序

E.1 測試一

本測試是屬於“確定性或簡化模式之測試”，其系統參數之設定如表 E.1 所示（其中，訂單大小為 1、並去掉所有的不確定性），模擬長度設定為 101 天。測試結果在有效資料收集期間皆完成 100 個訂單、100 個完成品，結果相當合理。

在成本方面，基版製程與碟片製程各項作業之處理成本皆設定為\$1（即每站每分鐘成本為\$1）。因此，基版製程（共 23 站）製造成本為\$2,300，碟片製程（共 9 站）製造成本為\$900，系統成本為\$3,200（\$2,300+\$900 = \$3,200），結果皆很合理。

表 E.1 測試一之系統參數設定

No.	系統參數	數值
1	客戶需求匯整之時間單位（一訂單）	天
2	Norton and Bass 擴散模式之參數: p_1, p_2, p_3	不採用
3	Norton and Bass 擴散模式之參數: q_1, q_2, q_3	不採用
4	Norton and Bass 擴散模式之參數: m_1, m_2, m_3	不採用
5	Norton and Bass 擴散模式之參數: τ_2, τ_3	不採用
6	需求量	1
7	訂單寬放水準	不採用
8	完成品運送到客戶所需時間	0 天
9	物料/耗材再訂購點	不採用
10	物料/耗材再訂購批量	不採用
11	物料/耗材前置時間	不採用
12	基版製程與碟片製程各項作業之處理時間	1 分鐘
13	基版製程與碟片製程各項作業之製造批量大小	同需求量
14	基版製程與碟片製程各項作業之處理成本	\$1/分鐘（每一機台）
15	物料/耗材採購成本	\$0/單位
16	物料/耗材持貨成本	\$0/(天 x 單位)
17	完成品運輸成本	\$0/訂單
18	完成品單位價格	\$0/個
19	訂單遲交懲罰成本	\$0/(分鐘 x 訂單)

E.2 測試二

本測試是屬於“確定性或簡化模式之測試”，其系統參數之設定如表 E.2 所示（其中，訂單大小為 10、並去掉所有的不確定性），模擬長度設定為 101 天。測試結果在有效資料收集期間皆完成 100 個訂單、1000 個完成品，結果相當合理。

在成本方面，基版製程與碟片製程各項作業之處理成本皆設定為\$1（即每站每分鐘成本為\$1）。因此，基版製程（共 23 站）製造成本為\$230,000，碟片製程（共 9 站）製造成本為\$90,000，系統成本為\$320,000（\$230,000+\$90,000 = \$320,000），結果皆很合理。

表 E.2 測試二之系統參數設定

No.	系統參數	數值
1	客戶需求匯整之時間單位（一訂單）	天
2	Norton and Bass 擴散模式之參數: p_1, p_2, p_3	不採用
3	Norton and Bass 擴散模式之參數: q_1, q_2, q_3	不採用
4	Norton and Bass 擴散模式之參數: m_1, m_2, m_3	不採用
5	Norton and Bass 擴散模式之參數: τ_2, τ_3	不採用
6	需求量	10
7	訂單寬放水準	不採用
8	完成品運送到客戶所需時間	0 天
9	物料/耗材再訂購點	不採用
10	物料/耗材再訂購批量	不採用
11	物料/耗材前置時間	不採用
12	基版製程與碟片製程各項作業之處理時間	10 分鐘
13	基版製程與碟片製程各項作業之製造批量大小	同需求量
14	基版製程與碟片製程各項作業之處理成本	\$1/分鐘（每一機台）
15	物料/耗材採購成本	\$0/單位
16	物料/耗材持貨成本	\$0/(天 x 單位)
17	完成品運輸成本	\$0/訂單
18	完成品單位價格	\$0/個
19	訂單遲交懲罰成本	\$0/(分鐘 x 訂單)

明新科技大學 97 年度 研究計畫執行成果自評表

計畫類別： <input type="checkbox"/> 任務導向計畫 <input type="checkbox"/> 整合型計畫 <input checked="" type="checkbox"/> 個人計畫 所屬院(部)： <input type="checkbox"/> 工學院 <input checked="" type="checkbox"/> 管理學院 <input type="checkbox"/> 服務學院 <input type="checkbox"/> 通識教育部 執行系別：工業工程與管理系 計畫主持人：呂博裕 職稱：教授 計畫名稱：考慮產品世代交替之鋁基板硬碟片供應鏈之績效評估 計畫編號：MUST 97-工管-01 計畫執行時間：97年3月1日至97年9月30日							
計畫執行成效	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center; vertical-align: middle;">教學方面</td> <td style="padding: 5px;"> 1.對於改進教學成果方面之具體成效： <u>進一步瞭解鋁基板硬碟片供應鏈之運作</u> 2.對於提昇學生論文/專題研究能力之具體成效： <u>以此為方向來規劃學生之論文題目</u> 3.其他方面之具體成效： _____ _____ </td> </tr> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center; vertical-align: middle;">學術研究方面</td> <td style="padding: 5px;"> 1.該計畫是否有衍生出其他計畫案 <input checked="" type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>否 計畫名稱：<u>考慮產品世代交替之鋁基板硬碟片供應鏈之模擬分析</u> 2.該計畫是否有產生論文並發表 <input type="checkbox"/>已發表 <input checked="" type="checkbox"/>預定投稿/審查中 <input type="checkbox"/>否 發表期刊(研討會)名稱：<u>中國工業工程學會 97 年度研討會</u> 發表期刊(研討會)日期：<u>97年12月</u> 日 3.該計畫是否有衍生產學合作案、專利、技術移轉等，請說明： _____ _____ </td> </tr> </table>	教學方面	1.對於改進教學成果方面之具體成效： <u>進一步瞭解鋁基板硬碟片供應鏈之運作</u> 2.對於提昇學生論文/專題研究能力之具體成效： <u>以此為方向來規劃學生之論文題目</u> 3.其他方面之具體成效： _____ _____	學術研究方面	1.該計畫是否有衍生出其他計畫案 <input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 計畫名稱： <u>考慮產品世代交替之鋁基板硬碟片供應鏈之模擬分析</u> 2.該計畫是否有產生論文並發表 <input type="checkbox"/> 已發表 <input checked="" type="checkbox"/> 預定投稿/審查中 <input type="checkbox"/> 否 發表期刊(研討會)名稱： <u>中國工業工程學會 97 年度研討會</u> 發表期刊(研討會)日期： <u>97年12月</u> 日 3.該計畫是否有衍生產學合作案、專利、技術移轉等，請說明： _____ _____		
教學方面	1.對於改進教學成果方面之具體成效： <u>進一步瞭解鋁基板硬碟片供應鏈之運作</u> 2.對於提昇學生論文/專題研究能力之具體成效： <u>以此為方向來規劃學生之論文題目</u> 3.其他方面之具體成效： _____ _____						
學術研究方面	1.該計畫是否有衍生出其他計畫案 <input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 計畫名稱： <u>考慮產品世代交替之鋁基板硬碟片供應鏈之模擬分析</u> 2.該計畫是否有產生論文並發表 <input type="checkbox"/> 已發表 <input checked="" type="checkbox"/> 預定投稿/審查中 <input type="checkbox"/> 否 發表期刊(研討會)名稱： <u>中國工業工程學會 97 年度研討會</u> 發表期刊(研討會)日期： <u>97年12月</u> 日 3.該計畫是否有衍生產學合作案、專利、技術移轉等，請說明： _____ _____						
成果自評	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center; vertical-align: middle;">計畫預期目標：</td> <td style="padding: 5px;">了解產品世代交替對鋁基板硬碟片供應鏈之影響。</td> </tr> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center; vertical-align: middle;">計畫執行結果：</td> <td style="padding: 5px;">本研究採用作業基礎成本法，來建立鋁基板硬碟片供應鏈之成本模式，以計算其系統成本，以了解產品世代交替對鋁基板硬碟片供應鏈之影響。</td> </tr> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center; vertical-align: middle;">其它具體成效：</td> <td style="padding: 5px;">本研究以一個鋁基板硬碟片供應鏈為研究個案，並以物件導向模擬軟體來建構其模擬模式，藉著改變系統變數，以探討產品世代交替對鋁基板硬碟片供應鏈之影響(尤其是系統成本)。</td> </tr> </table>	計畫預期目標：	了解產品世代交替對鋁基板硬碟片供應鏈之影響。	計畫執行結果：	本研究採用作業基礎成本法，來建立鋁基板硬碟片供應鏈之成本模式，以計算其系統成本，以了解產品世代交替對鋁基板硬碟片供應鏈之影響。	其它具體成效：	本研究以一個鋁基板硬碟片供應鏈為研究個案，並以物件導向模擬軟體來建構其模擬模式，藉著改變系統變數，以探討產品世代交替對鋁基板硬碟片供應鏈之影響(尤其是系統成本)。
計畫預期目標：	了解產品世代交替對鋁基板硬碟片供應鏈之影響。						
計畫執行結果：	本研究採用作業基礎成本法，來建立鋁基板硬碟片供應鏈之成本模式，以計算其系統成本，以了解產品世代交替對鋁基板硬碟片供應鏈之影響。						
其它具體成效：	本研究以一個鋁基板硬碟片供應鏈為研究個案，並以物件導向模擬軟體來建構其模擬模式，藉著改變系統變數，以探討產品世代交替對鋁基板硬碟片供應鏈之影響(尤其是系統成本)。						