

國立勤益科技大學
工業工程與管理學系碩士班

碩士論文

延遲客製化生產模式之研究



指導教授：李鴻濤 博士

研究生：陳聖易

中華民國九十九年六月

延遲客製化生產模式之研究

學生：陳聖易

指導教授：李鴻濤

國立勤益科技大學

工業工程與管理系

碩士班

摘 要

多樣性的產品和提供顧客較好的服務為製造業在全球市場競爭的主要挑戰。在此透過前置時間的縮短，流程或產品的重新設計來延遲產品客製化的生產步驟，正成為一個新興的手法來應付這些挑戰。此種策略要求重新設計產品和流程，藉此來延長生產流程上共用零組件的生產步驟。因此產品/流程的重新設計將可推導出延遲產品的客製化生產步驟。在此篇文章中，我們使用 Lee 和 Tang(1996)所提出的總成本模式，利用某廠牌手機導入三種不同型態(零組件的標準化、模組化設計和製程重排的生產作業)的製造流程中，藉由前置時間、流程成本和存貨成本等參數，分析合併流程所造成流程成本和存貨成本在模式之間的變化，求出每階段合併後總成本的變化，藉此找出三種生產方式個別的最低總成本及最佳的延遲客製化生產步驟。希望由此可增加產品的種類，也減少製造商因生產多樣性產品而造成過多存貨堆積的成本。

關鍵詞：產品客製化、產品/流程的重新設計

The Analysis of Postponing Customization Production Models

Student : Sheng-Yi Chen

Advisor : Dr. Hong-Tau Lee

Institute of Industrial Engineering & Management

National Chin-Yi University of Technology

ABSTRACT

How to provide customized products and better service are both major challenges for the manufacturing sector to compete in the global marketplace. To shorten lead time, redesign process or product for delaying product customizations is an effective way to cope with these challenges. This product/process redesign will defer the point of Customizations. In this research, we use the total cost model proposed in the paper of Lee and Tang (1996) and a case of cell phone production to formalize three different product/process redesign approaches (*standardization, modular design, and process restructuring*) policies for illustrating the delay product customizations problem. We analyze the total cost variation that caused by the change of processing costs and inventory costs in different situations. After that the lowest total cost and the optimal delaying product differentiation points will be identified. We expect that this not only can increase the diversity of products, but also reduce the excess inventory cost.

Keywords: Product/Process Redesign, Product Differentiation

誌 謝

時光飛逝，兩年研究生的生活即將在此劃下句點，在研究所的這兩年，身旁的老師、同學讓我從中學到了不管是待人處事或是課業上應有的態度。在論文撰寫上，常常遇到各式各樣的瓶頸，在家人、師長、同學及朋友的支援下，本篇論文才能順利的完成，真的非常謝謝你們。

首先，最感謝的就是指導教授李鴻濤老師，在眾多事務繁忙之下，在碩士班的這兩年對我的論文細心的指導，還有生活中許多大大小小的叮嚀與啟迪。感謝老師除了在課業上的指導，也要謝謝老師在處理事情態度上的指引，讓我受益良多。

其次，特別感謝曾懷恩老師與翁振益老師在擔任口試委員時的指導與建議，使得論文更加嚴謹與完善，在此致上最誠摯的謝意。

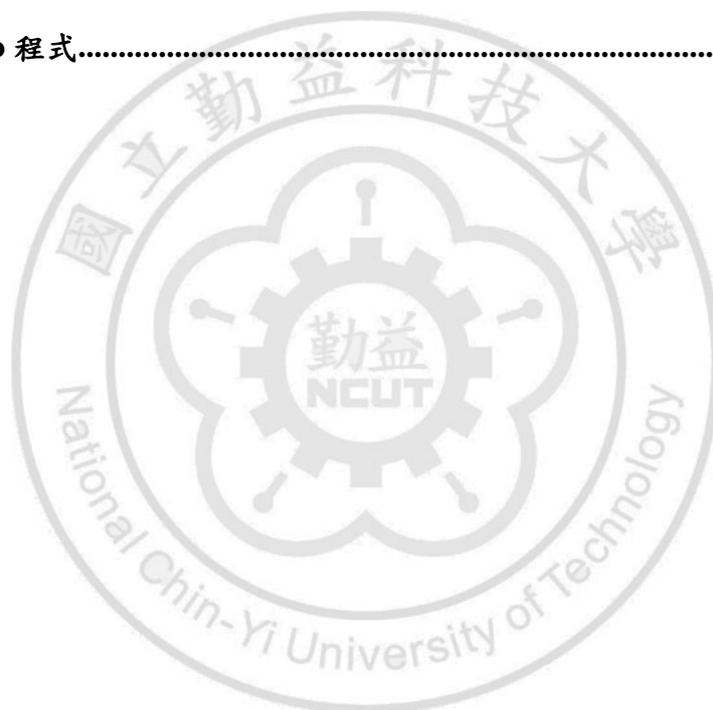
再來要謝謝研究室的所有同學，每當論文遇到瓶頸時，你們總是可以適時的給予我幫助與建議，成為我最佳的智囊團，如果沒有你們的支援，我的論文可能就沒有那麼順利的完成，在此亦表由衷的感謝，在研究所與你們相處的點點滴滴將成為我最美好的回憶。

最後，感謝我的家人，每當我回家時，爸、媽，總會一再的注意我論文的完程進度替我擔心能不能畢業等等的問題，雖然有時會覺得煩，但爸、媽還是包容我，不讓我擔心他們的心情；姐姐也會時時刻刻的提醒我，不要貪玩，要趕緊把論文完成；哥哥會提供他的專業知識及論文的書寫技巧來指導我；因為有你們的鼓勵與支持，讓我能順利的完成學業，謝謝你們的付出，我會牢牢的記在心裏。

目 錄

摘 要	I
ABSTRACT	II
誌 謝	III
目 錄	IV
圖目錄	VI
表目錄	VII
第一章、緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究範圍	3
1.4 研究架構及流程	4
第二章、文獻探討	6
2.1 延遲策略的意義	6
2.2 延遲策略的種類	7
第三章、模式探討	11
3.1 以訂單生產的模式	11
3.2 以存貨生產的模式	13
3.3 以總流程相關成本的模式	16
3.3.1 零組件的標準化	21
3.3.2 模組化設計	22
3.3.3 製程重排的生產作業	24

第四章、數值分析	26
4.1 零組件的標準化分析	26
4.2 模組化設計分析	34
4.3 製程重排的生產作業	40
4.4 小結	44
第五章、結論與建議	46
參考文獻	48
附錄 Lingo 程式	50



圖目錄

圖 1.1	研究流程圖	4
圖 3.1	Build-to-Order 模型	9
圖 3.2	Build-to-Stock 模型	11
圖 3.4	洗碗機的生產流程	19
圖 3.5	毛線衣的生產流程	20
圖 4.1	手機生產流程圖	23
圖 4.2	執行零組件標準化生產作業時，總成本比較圖	25
圖 4.3	當 $k=2$ 時，最終的延遲客製化圖.....	28
圖 4.4	執行模組化設計時，總成本比較圖	31
圖 4.5	製程尚未模組化圖	32
圖 4.6	製程實行模組化圖	33
圖 4.7	實行逆向製程作業	36

表目錄

表 3.1	總製程相關成本的模式參數	15
表 4.1	零組件標準化的參數成本參數成本(1)	24
表 4.2	零組件標準化的參數成本參數成本(2)	24
表 4.3	零組件標準化的參數成本參數成本(3)	24
表 4.4	零組件標準化的總成本分析結果(1)	25
表 4.5	模組化設計參數成本(1)	29
表 4.6	模組化設計參數成本(2)	30
表 4.7	模組化設計參數成本(3)	30
表 4.8	模組化設計的總成本分析結果(2)	30
表 4.9	製程重排生產作業的參數成本(1)	34
表 4.10	製程重排生產作業的參數成本(2)	35
表 4.11	製程重排生產作業的參數成本(3).....	35
表 4.12	製程重排生產作業的總成本分析結果(3)	35
表 4.12	總成本比較表	44

第一章、緒論

1.1 研究背景與動機

在全球市場競爭激烈及經濟不景氣時代，消費者需求的多樣化；企業如何推陳出新來滿足消費者的需求、如何在第一時間取得先機、提供消費者多樣性的產品的選擇，這都考驗著企業本身的應變能力。隨之而來的問題，更讓企業憂心的是，為了滿足顧客多樣的需求，頻繁的產品變異將增加額外的成本和大量資料、零件、次組裝及成品的庫存。但企業為了在全球市場中增加本身的競爭優勢，勢必提供更多樣化的產品來滿足消費者的需求。而企業在提供更多樣的產品滿足消費者的同時，企業本身的在製造產品時間上的風險程度和預測消費者需求的不確定性也都明顯的增加。因此，企業在增加產品種類時，如何在不同產品間做出正確的需求預測，控制存貨及提供消費者一樣的服務品質，這都是個企業首要考量的議題。

在全球競爭的市場中，由於顧客對產品的需求隨著時間改變而改變，不同時間點，可能擁有不同的需求。顧客的需求永遠無法被一一滿足，唯有縮短產品開發的時間，將產品即時上市而減少多於物料的儲存，才有可能獲得最大的利益。但不同的市場需求的產品也不同，可能基於愛好、語言、地理環境或政府規章而有所不同；以電腦商品為例，不同的地區可能需要不同的電源供應器來供應當地的電壓；鍵盤及目錄也都須符合當地的語言來製造(Lee,1994)。由上述例子得知，開發商品需符合當地的需求是重要的，但若能精確的減少存貨堆積，在複雜且快速變遷的全球化市場中保持企業本身的彈性，企業才能在市場中具有競爭力。

此外，生產多樣性的產品，企業必須投入更多的資訊技術、決策系統及運輸轉換點。這些投資的目的是要改善訂購執行系統的效率。本研究也可以藉由將產品及流程重新設計的方式來達成延遲產品差異，通常可藉由產品的製造及配送改變，以有效控制產品的存貨數量及顧客服務水準。

在過去研究中指出，延遲產品及流程的再設計將會遇到許多的瓶頸。重新設計須考慮到產品的功能、績效及製造(Whitney ,1988；Dean and Susman,1989)。首先，必須評估重新設計所帶來的成本及問題，例如:材料成本及裝配線順序等等；其次，重新設計所帶來的產品存貨及顧客服務需求的改善的多寡，例如:銷售、財務及顧客服務；最後，重新設計所需要投資的額外成本，例如:零組件成本及管理成本等等。

綜合上述，企業提高本身在全球市場競爭力的條件為有效管理存貨管理決策，此決策影響著企業本身的營運。而本研究將針對存貨管理的問題做探討，期望針對企業在面臨消費者多樣需求時，能夠精確的製造出符合消費者需求的产品，又不造成過多的庫存成本增加企業者的負擔，以增加企業在市場上的競爭力。

1.2 研究目的

在分析延遲產品差異的決策問題時，除了讓現有的模式能更容易的套用在各種產品上，還要能有效的降低產品流程設計的複雜度。但在分析產品延遲差異上存在著許多成本評估的因素，本研究希望藉由以模擬的案例與過去學者導出之模式結合，將問題系統化，使得各項產品能有效的降低其製造流程的相關成本。最後，整理出能套用在所有延遲產品差異的決策工具。本研究研究的目的整理如下:

1. 定義並分析產品各流程之所需之成本。
2. 應用 Lee(1996)所提出的每單位總製造流程相關成本的模式(以下簡稱為 $Z(k)$ 模式)導入模擬的產品流程中，找出最低的總相關成本及最佳的共同件製程點，並分析其在每階段延遲差異點可能造成成本變化的原因。
3. 本研究將把 $Z(k)$ 模式套用在一模擬案例中，並說明延遲產品差異化的方法在成本 and 技術上所需考量的因素，及延遲產品差異的方法在現實工業中的可行性。

1.3 研究範圍

本研究將使用一手機產品的製程並模擬其每階段生產製程的相關成本參數帶入現有的 $Z(k)$ 模式中，期望有效的降低延遲產品差異的複雜度並使此模式能夠有效的執行在任何產品中，本研究可以藉由過去許多相關研究的文獻中，知道許多延遲產品差異的模式，但並非每個模式都完全符合實際環境的產品，都須視環境的變遷與製造商的考量來選擇，所以本研究所整理出的模式可針對所要分析對象稍做調整，這可以使本研究所探討的延遲產品差異問題更加的精確，能夠使該項產品降低其存貨數量，並獲得更有效的存貨管理。

1.4 研究架構及流程

第一章、緒論

具體說明本研究之研究背景與動機、研究目的、研究範圍及研究架構與流程。

第二章、文獻探討

彙整國內外相關的延遲產品差異文獻資料，

第三章、模式探討

先將所有有關延遲產品差異的公式整理出來，再依序分析其每個模式的特點，最後選擇出適合本產品的模式。

第四章、數值分析

將第三章所確定的模式導入模擬的產品中，並詳細探討每步驟成本變化的原因，並找出最佳 k 值及最低的總投入成本。

第五章、結論與建議

針對研究結果提出結論，並建議未來的研究方向。

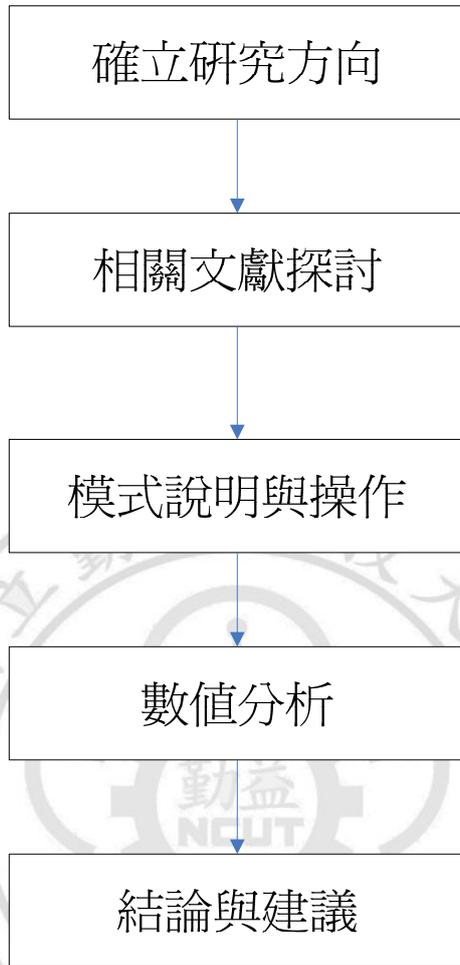


圖 1.1 研究流程圖

第二章、文獻探討

延遲理論最早是由 Alderson 於 1950 年提出，Alderson 認為延遲理論就是為了降低時間所造成的風險及需求的不確定性，而將產品在市場上的形式，盡可能將產品延遲到最末點的策略。

2.1 延遲策略的意義

Bowersox and Morash(1989)、Pagh and Cooper(1998)and Chiou(2001)提出延遲策略就是為了要降低營運的風險，而 Perry(1991)and Bowersox and Cooper(1992)再說明延遲策略的基本概念就是延後客製化產品在生產線的組裝時間，直到有訂單接受為止。而換句話說，延遲策略就是產品在還沒售出之前，不用馬上將產品完成或將產品放在銷售的平台上。Zinn and Bowersox(1998)延遲策略不僅可以降低存貨的囤積成本，更可以符合現今市場上多變的產品，來滿足顧客多樣化的需求。在市場上，「預測」和「延遲」最大的差異點就是運送產品或原物料的時間點不同，「預測」的概念是依廠商所預測的結果先將產品或原物料運送至各地的倉庫存放；但「延遲」的概念是先行將產品或原物料集中在某個倉庫集中管理，等到接到顧客的訂單並確認完成後才將產品送交至顧客手中。例如：大型的電子產品配銷商就是利用「延遲」的概念將所有零件先行集中管理，降低分布在各地的倉庫數目，利用及時的電子資料交換系統和運送服務，將顧客需求的產品即時送達到顧客的手中。

Bowersox and Cooper(1992)提出的「延遲策略」其是就是本研究所說的「BTO(Build to Order)模式」，但此種方法只適用於某些特定規格的產品生產上，

若顧客願意花時間等待此生產的時間，則此延遲策略就可行，因此，如個人電腦、重機械器具都適用此策略。但是現今市場產品的樣式變化的如此快速，很少有顧客願意花時間在生產上等待，但透過現代化的資訊科技，加速各製造商製造產品的反應速度，使得產品的延遲策略亦可執行，又不會犧牲顧客的權益及達到他們所需產品的滿意度。

2.2 延遲策略的種類

Zinn and Bowersox(1998)認為延遲策略基本上可分為兩種型態：第一種為時間延遲(Time Postponement)，時間延遲最主要在於出貨時間點的安排，就是延後成品的存放地點，其主要是強調時間及地理位置的功能。時間延遲的目標，是將產品集中到中央倉庫或少數幾個倉庫，在接到顧客訂單後，直接快速運送原物料到製造廠商的手中以滿足顧客的需求。此策略的基本概念是以最經濟的方式完成生產，再以集中式的管理降低風險，因此此種方法可以提供最完整的商品選擇，存貨集中管理也增加廠商的供貨能力，這種方式可以大大地降低錯誤原物料存貨調度風險及安全存貨數量預測；第二種為形式延遲(Form Postponement)，是關於標籤(Labeling)、包裝(Packaging)、組裝(Assembly)及製造(Manufacturing)的延遲，利用形式延遲將產品盡可能的保持在半成品的狀態，直到收到顧客的訂單後才進一步的執行最終的組裝。形式的延遲降低了製造出不符合市場需求產品的風險，並可降低為了製造多樣性產品所帶來的存貨儲存量及成本。以下為上述四種型態延遲的簡單說明：

1. 標籤(Labeling)延遲：此類型延遲是假設相同的產品，但以不同品牌的公司名稱銷售，若本研究能將上標籤的動作延後，先將大量以製造完成的產品儲存

在

中央倉庫中，等到實際接到顧客的訂單後，在進行上標籤的動作，這一來不但可以快速的滿足顧客的需求，降低各廠商需求產品數量的不確定性，又可節省產品的存貨量及成本。

2. 包裝(Packaging)延遲：此類型延遲是說明某些產品會以不同的重量來包裝，若本研究將包裝的動作延後，先將製造完成的大量散裝產品運送至中央倉庫，等到接到顧客的訂單後，再依不同顧客的需求將產品包裝成符合各市場的需求(Feitzinger and Lee(1997))。此種做法可能會提高包裝的成本，但它可以確實的降低完成品的存貨。
3. 組裝(Assembly)延遲：施振榮和林文玲(1996)此類型延遲是說明每種產品有不同的樣式或大小可供顧客選擇，若本研究將產品組裝的動作延後，先將半成品或未組裝的零組件集中運送到中央倉庫，再依顧客的訂單需求將產品組裝起來。此種方式雖然可以滿足個別顧客的需求，但組裝成本會因為服務個別的顧客而增加，也有可能因此喪失某些潛在的客源。
4. 製造(Manufacturing)延遲：此類型延遲是說明零組件運送到倉庫後，接到顧客所下的訂單後才進行生產。此類型的延遲策略和組裝延遲有些許的不同，組裝延遲的材料供應點只有從單一點進行供應；而製造延遲的原物料供應可從不同的下游廠商來供應，此類型延遲原物料供應較有彈性，不怕有缺貨的問題。

Lee(1994)提出了 BTO(Build to Order)模型和 BTS(Build to Stock)模型，說明了 BTO 模型的延遲作法是將生產製程中原本要添加進去的零件，延後其插入組裝的時間點，而將產品的共用件生產步驟延長，本研究稱延遲零件組裝點為 BTO 模型的延遲差異點；而 BTS 模型的延遲方法是延後產品零組件的儲存位置，以減少各

個地區半成品的存貨量。而延遲半成品的存放點就為 BTS 模型的延遲差異點，這一來不僅可以節省產品的存貨量也可以減少半成品運送的時間，所以本研究只要接到訂單後就從延遲點開始在加工為各種顧客不同需求的產品就行了。

Lee 和 Tang(1996)在考量產品及流程的重新設計，提出執行延遲產品差異的三個方法：標準化(*Standardization*)、模組化設計(*Modular design*)和製程重排(*Process restructuring*)，其中製程重排包括製程的延遲(*Postponement of process*)和製程的顛倒(*Postponement of reversal*)兩種形式，並建構出延長產品共同的製程作業 k 之經過 N 個階段製程製造的兩末端產品系統，其發展的總成本模式包括重新設計產品或製程的總投資成本、總製程成本、總存貨成本，其模式是藉著延遲產品前後所造成的總投資成本差值，再進一步來評估此產品進行延遲的可行性。以下簡單說明上述的三種方法：

1. 標準化：指的就是使用共同的零組件或製程。將產品標準化有非常多的優點：它可以減少製造系統的複雜度，增加半成品存貨的利用彈性及改善顧客的服務水準。
2. 模組化設計：將產品內所有組成單元做分解，篩選部分使用頻率高且外型構造簡單化的基本組合單元，而此點本研究將視其為產品延遲差異點。要構成基本的模組單元，必須要符合幾項條件：
 - (1)通用性-共同的模組必須涵蓋所有不同需求產生的設計範圍；
 - (2)分割性-經模組化分類後的模組元件各單元間的性能必須符合規格；
 - (3)適當性-在決定分解模組元件時，並非將其分解的越精細，達到模組化的程度越高，需採用適當原則。

而現在目前的趨勢標準化及模組化設計在製程的重新設計是比較可行的方法

(Ulirch(1991)and Ulirch and Tung(1991))。

3. 製程重排：指的是重新排序產品的製程步驟。他能延遲組裝作業將產品的共同件的生產時間延長，所以共同件分享給多個產品來完成不同顧客的需求。

上述都只在談論延遲的方法及其步驟，但要將產品重新設計或延遲其中一個步驟都需考慮到成本的問題。延遲產品差異的流程/產品重新設計會牽扯到一些固定的或變動的成本，根據延遲型態的不同，每單位的流程成本和每單位的存貨持有成本都會隨著產品的重新設計而有所增加。Lee and Billington(1994)詳細地討論延遲產品差異所帶來相關的成本。Lee(1996)所提出的模式中明確的說出，延遲產品差異需考慮到成本包括：設計成本、製程成本、存貨成本及前置時間都必須考慮進去，這樣才能夠更符合現在工業生產產品的流程成本變化。



第三章、模式探討

本研究主要是探討延遲產品客製化的生產方式會對製造商帶來多大的利益及生產風險。因此，此章節本研究主要來探討以訂單生產的模式(BTO 模式)、以存貨生產的模式(BTS 模式)、以總流程相關成本的模式($Z(k)$ 模式)透過上述三種模式使用在延遲產品差異上個別的特性，並從三種模式中選擇一種較適當模式來繼續深入探討當代入產品相關的成本、前置時間等等的產品資訊，來說明若產品實行延遲差異將會造成成本變動的因素有哪些並求出製造流程的總相關成本和決定延遲產品差異的最末點。

3.1 以訂單生產的模式(BTO 模式)

首先，介紹 Lee(1994)所提出的以訂單生產的模式(BTO 模式)是利用製造商手中持有存貨來生產顧客訂單所需的產品，考慮延遲差異化會對存貨造成多大的改變並探討在哪個時間點開始執行延遲產品差異化會使廠商的存貨囤積量最少並製造多種產品時可以獲得的利潤最大。而此模式考慮任何批量大小產品的生產流程，在此 T 為所有產品從開始到完成品生產總時間， t 為共用件的生產時間(此步驟為生產所有產品相似的零組件)，所以 $T-t$ 為製造客製化產品的時間。在此所生產出的半成品或再製品存貨儲存在共用件(最初的 t 單位時間)生產流程後，此存貨可供應用來生產出任何客製化的產品(如圖一)。

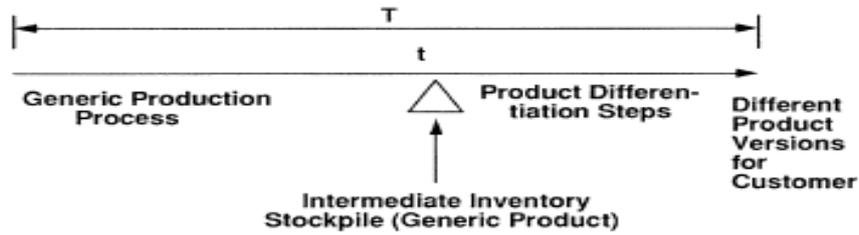


圖 3.1 Build-to-Order 模型

因此 t 可視為產品的差異點。存貨的管理須依造等級下單的存貨系統來進行週期性的檢查。在此顧客訂單的總和為一常態隨機變數。 $D(r)$ 為在 r 時間內所有產品的總需求， $F\langle x|r \rangle$ 為 $D(r)$ 小於或等於 x 機率，表示為 $F\langle x|r \rangle = 1$ ，對 $r \leq 0$ 。在此假設需求不為負數。

假設每件商品顧客的訂購單到達。存貨倉庫利用客製化的產品來滿足顧客訂購，如果倉庫沒有充足的存貨就必須等待下游生產來滿足缺貨的部份。在此顧客的訂單根據先到先服務的原則來滿足他們的需求。在此，剩餘的存貨需重新再檢討，從生產到存貨倉庫的補充帶來了存貨存放位置的問題。此利用 t 單位時間完成生產半成品或再製品的生產。 Y 為回應時間，在此利用 Y 作為主要服務水準的績效測量，可分為：

$$E(Y) = T - t + \sum_{r=0}^{t-1} [1 - F\langle S|t-r \rangle] = T - \sum_{r=1}^t F\langle S|r \rangle \quad (3.1)$$

和

$$\text{prob}\{Y \leq R\} = \text{Prob}\{W \leq R - (T - t)\} = F\langle S|T - R \rangle \quad (3.2)$$

透過上面的描述，延遲產品差異可以控制存貨及服務水準。此利用 t 的延遲來改變存貨倉庫的存貨量。 $g(t)$ 為中間存貨持有成本； $H(t)$ 為期望中間產品每單位的持有成本。

$$H(t) = g(t) \sum_{r=1}^S F\langle x|t \rangle \quad (3.3)$$

S 為一個值滿足(3.1)的服務目標。在此說明品質特性，總結(3.1)-(3.3)將 r 視為一連續變數。此方法在存貨理論上為共同的方法。微分(3.1)相關的函數 t 並設定他等於零：

$$F\langle S|t \rangle + \int_0^t f\langle S|r \rangle (ds/dt) dr = 0 \quad (3.4)$$

此方法是當 t 改變時， S 須滿足(3.4)。現在，微分(3.3)的連續變數如下：

$$dH/dt = g(t) \{ F\langle S|t \rangle dS/dt + \int_0^S \partial F\langle x|t \rangle / \partial t dx \} + g^1(t) \int_0^S F\langle x|t \rangle dx \quad (3.5)$$

由(3.4)知， $dS/dt \leq 0$ ， $\partial F\langle x|t \rangle / \partial t \leq 0$ 。可是 $g^1(t) \geq 0$ ，因此不能完全確定 dH/dt 大於或小於 0。但是， $g^1(t)$ 小於或接近於 0，則總存貨成本將減少，則流程的改變將使的 $g^1(t)$ 變小。

本研究可由上面的敘述可知道 Build-to-Order 模式，主要是利用延遲共同件的生產時間來延長半成品或再製品的生產，透過此方法不僅可以縮短製造多樣性產品所需的生產所需的時間，還可有效的降低半成品及成品的存貨囤積，更快速的滿足顧客所下的訂單的生產，使製造商的顧客服務水準大大的提升。

3.2 以存貨生產的模式(BTS 模式)

在組裝產品的步驟上，立即可使用的零組件是重要的，而服務效率的測量通常以零件能夠及時提供來滿足產品的組裝為依據。而在 Lee(1994)所提的模式中，存貨的儲存將放在最終產品的組裝工廠。須考慮工廠的生產流程。大批量的再製品最終將客製化成不同的產品，此設 t 單位時間為共同件在單一工廠的製造

時間，即所有產品都須經過最開始的 t 單位時間無任何差異，在這之前所有的零組件都是相同的且可以客製化為各種不同的最終產品。而 $T-t$ 單位時間為客製化不同產品的製造時間，總製造時間為 T 時間單位。存貨只儲存在最終組裝產品的工廠(如下圖)。所有最終產品必須有相同的零組件及訂購成本。

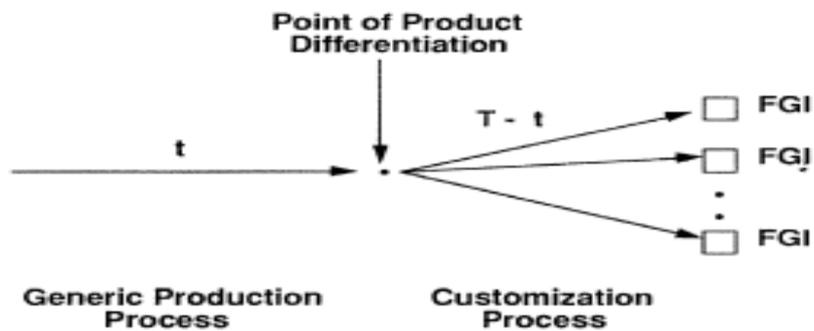


圖 3.2 Build-to-Stock 模型

讓每個最終產品的存貨為一個定期檢驗的存貨系統作業，而定期檢驗為一時間單位。每一時間單位最終產品 i 的需求為常態分配(平均數 μ_i 和標準差 σ_i)。假設需求零組件是獨立的，但需求不同最終產品可能是相關的。則 ρ_{ik} 表示產品 i 和 k 的需求共差異數。在此進一步假設所有產品的需求有著相同的差異係數，對所有的 i ， σ_i / μ_i 視為常數， $R_i = \sigma_i / \sum_j \sigma_j$ 亦是如此。

在每階段開始時，所有產品的存貨情況都需再次的檢查，基於下面兩個步驟。首先，分配產品的共同件製程時間及客製化不同產品的時間。其次，決定新零件生產的總數量。

Eppen and Schrage(1981)利用線性的存貨持有及訂購成本做適當的假設，最佳的存貨策略是每個最終產品的儲存在服務系統 S 中。 S_i 為產品 i 的下單。因此，在

每階段開始，新零件開始生產的數量為總需求。此外，相同的分配法則使用在存貨的分配，其 t 單位時間為生產用來製造不同產品客製化的前製時間。此法則規定，分配之後，每個產品存貨的存放位置必須為平均需求的總和。給定 I_i 為穩態的存貨水準，其平均數及標準差如下：

$$E(I_i) = A_i - R_i T \sum_j \mu_j ; \quad (3.6)$$

$$\text{Var}(I_i) = R_i^2 t \left\{ \sum_j \sigma_j^2 + \sum_{j \neq k} \rho_{jk} \right\} + (T-t) \sigma_i^2 \quad (3.7)$$

A_i 為 S_i 和 μ_j 的函數，但和 t 獨立。利用此公式服務水準便可推測出來。 S_i 的值滿足服務的目標水準。

現在考慮延遲產品差異增加 t 的值但 T 保持不變。首先保持 T 的再製品存貨不變，當 t 改變時。其次， $E(I_i)$ 與 t 獨立。因此，延遲產品差異不會影響到 I_i 的期望值。但是，差異數 I_i 是 t 的函數。差異數 I_i 越小，較低的 S_i 滿足相同的服務水準。微分(3.6) w.r.t. 的結果：

$$\partial \text{Var}(I_i) / \partial t = R_i^2 \left\{ \sum_j \sigma_j^2 + \sum_{j \neq k} \rho_{jk} \right\} - \sigma_i^2 = \sigma_i^2 \left\{ \left(\sum_j \sigma_j^2 + \sum_{j \neq k} \rho_{jk} \right) / \left(\sum_j \sigma_j \right)^2 - 1 \right\} \quad (3.8)$$

對所有的 j 和 k ， $\rho_{jk} \leq \sigma_j \sigma_k$ ，所以 $\sum_j \sigma_j^2 + \sum_{j \neq k} \rho_{jk} \leq \left(\sum_j \sigma_j \right)^2$ ，因此 $\partial \text{Var}(I_i) / \partial t$ 通常為非正數。延遲產品差異在此情況的結果是會減少最終工廠的存貨數量。此結果不論產品的需求是正或負相關。只要 ρ_{jk} 為負，則 $\partial \text{Var}(I_i) / \partial t$ 更為負。因此，當不同產品的需求為負相關，則不同產品所囤積零組件的數量，會因執行延遲產品差異的方法，存貨在工廠或倉庫數量的降低就會更加顯著，而工廠可獲得的利

3.3 以總流程相關成本的模式(Z(K)模式)

由 Lee 和 Tang(1996)所提出的模式，在此先考慮生產兩種產品的製程系統，每個產品需要 N 個階段的流程來完成(此模式亦可應用在多種產品的案例上)。而此製程系統中每個作業後必須有個在製品存貨緩衝(buffer)的儲存點。經過討論後，此模式將利用作業和作業間可互相替換的方式來運作。作業的編碼隨著製程的順序遞增。本研究把問題放在延遲產品差異，專注製程系統中，兩種產品前面 k 個作業為共同生產的作業。因此本研究將利用此模式來探討作業 k 為最終的共同作業。透過文章得知，產品被清楚的區分開來是在最終的共同作業 k 之後(也就是說，產品需要在作業 k 之後進行不同的加工)。這些客製化產品的作業，依據不同市場的需求來進行加工。

根據上述的介紹，此模型的設計概念，被稱為延遲產品客製化(Lee(1993))。雖然現在有很多方法可以延遲產品客製化，但本研究將限制本研究所探討的情況，可以藉由延長最終共同作業 k 來執行延遲產品的客製化(即增加 k 的值)。

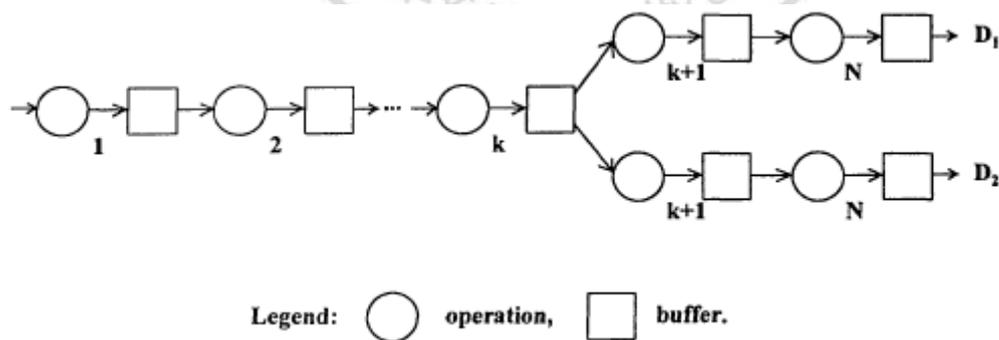


圖 3.3 產品 1 和產品 2 延遲產品客製化模型

考慮根據最末端的情況。首先，假設決策者決定每件產品擁有專門的生產線。

他們彼此間都沒有共同的生產作業($k=0$)。其次，因為此方法是用來生產多樣性產品的，所以延遲產品客製化最多只能有 $N-1$ 個共同的作業。因此，最終共同作業 k 可能的變化介於 0 和 $N-1$ 之間(即 $0 \leq k \leq N-1$)。在最終端的情況下，若產品間沒有更顯著的區別(即 $k=N$)，而這種情況在此模式中是不考慮的。

此為一時間不連續的模型。對於每種產品 i ($i=1,2$)，在此假設產品 i 在每期 t 需求，表示為一獨立且具有相同分配的隨機變數 $D_i(t)$ ，在此 $D_i(t)$ 為一常態分配符合

$$E(D_i(t)) = \mu_i, \quad \text{Var}(D_i(t)) = \sigma_i^2, \quad \text{for } i=1,2 \quad (3.9)$$

$$\text{Cov}(D_1(t), D_2(t)) = \rho\sigma_1\sigma_2 \quad (3.10)$$

常態假設似乎適合應用在大量的產品上。 ρ 表示 $D_1(t)$ 和 $D_2(t)$ 的相關性 ($-1 \leq \rho \leq 1$)。共差異標記如下：

$$\sigma_{12} = \sqrt{\text{Var}[D_1(t) + D_2(t)]} = \sqrt{[\sigma_1^2 + 2\rho\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2]} \quad (3.11)$$

為了評估延遲產品客製化所涉及的成本，在此發展出一套簡單的總相關成本表示法。製造系統相關總成本包括：總投資成本為重新設計產品/流程使得製造系統有 k 個共同作業、總流程成本和總存貨成本。

而對於每個緩衝點 z 是”安全係數”與服務水準的結合。(證實緩衝係數為常態需求符合平均數= μ ，標準差= σ ，而其緩衝存貨的補貨是依下單策略)。平均在製品存貨= $n\mu$ 和平均”緩衝”存貨= $\frac{\mu}{2} + z\sigma\sqrt{(n+1)}$ ， n 在此為前置時間(Silver and Peterson, 1997)。為了簡化此模式，在此假設每階段存貨的輸出為相同值。基於這個原因，在此製造系統中每個緩衝點本研究將運用相同的安全係數 z 。因此模式中，相關的參數解釋如下：

表 3.1 總製程相關成本的模式參數

S_i	當 i 為共同作業時，每期的平均投資成本
$p_i(k)$	當 k 為共同作業時，第 i 階段，每單位的流程成本
$h_i(k)$	當 k 為共同作業時，第 i 階段，每單位的存貨持有成本
$n_i(k)$	當 k 為共同作業時，第 i 階段的前置時間
μ_1	產品 1 的平均需求量
μ_2	產品 2 的平均需求量
σ_1	產品 1 的變異數
σ_2	產品 2 的變異數
σ_{12}	產品 1 和 2 的共變異數
z	安全係數
β_i	額外增加的流程/材料成本
δ_i	再製品存貨額外的增值

當作業 k 為最終共同的作業時，Lee 和 Tang(1996)所提出總相關成本公式表示如下：

$$\begin{aligned}
 Z(k) = & \sum_{i=1}^k S_i + \sum_{i=1}^N p_i(k)(\mu_1 + \mu_2) + \sum_{i=1}^N h_i(k)[n_i(k)(\mu_1 + \mu_2)] \\
 & \sum_{i=1}^k h_i(k) \left[(\mu_1 + \mu_2) / 2 + z\sigma_{12} \sqrt{n_i(k) + 1} \right] + \\
 & \sum_{i=k+1}^N h_i(k) \left[(\mu_1 + \mu_2) / 2 + z(\sigma_1 + \sigma_2) \sqrt{n_i(k) + 1} \right] \quad (3.12)
 \end{aligned}$$

上列方程式等號右邊第一項為每期總平均投資成本；第二項為每期相關的總流程成本；第三項為再製品的總存貨成本；第四項為共用件再製品存貨成本；第五項為每期總緩衝庫存成本(當作業 k 為最終共同的作業)。在此情況中，最佳的共

同作業 $k^* = \arg \min \{Z(k) : 0 \leq k \leq N-1\}$ 。

可由上述的模式來看，可以清楚的看出第一項每期總平均投資成本會因為不同方法作業方式的改變，而需要增加額外的成本投入，此項成本在公式中會隨著不同作業方式的改變，額外的投入成本也會跟著作業的變動而增加，所以總投入成本只會呈正向一直增加不會減少；第二項產品流程成本會因為不同階段生產作業的延遲或調動，而增加流程改變或機器設備變動的額外流程成本，例如：生產機器裝置的改變可能就會造成額外的改裝費用等等，所以此項成本在公式中一樣也會隨著每步驟流程作業方法的改變，而使得總流程成本往上增加不會減少；第三項再製品的總存貨成本會因為生產兩種不同產品，導致在生產共用零組件階段再製品存貨的價值提高而使得存貨的成本也跟著上升，所以總存貨成本越往後面的階段持續增加不會減少；第四項再製品存貨也會因共用零組件製造作業的延長而增加再製品存貨的存放，所以持有存貨的成本會因此增加，而第五項緩衝庫存則會因共用件延長而減少客製化共用件流程原本應儲存的存貨。所以此模式最關鍵的變化就在第四項及第五項存貨成本的變化，因此在本文中，本研究可藉由這兩項成本的變化來找出最低的總製造成本及最合適的延遲客製化生產步驟。

由上面所探討的三個模式結果來看，前兩個模式主要是針對存貨所能及時供應給下游廠商的回應時間並到完成的時間來測量延遲產品差異化的績效測量，和本研究所要分析的最佳的延遲點和最低的總相關成本並無實際的關聯，再依據本研究所找到的產品流程特性及其產品所給定的資料，經過評估後，比較適合利用模式三來作為本研究探討的模式，當給定製程每階段的流程成本、存貨持有成本及共同件投入的額外製造成本等等資料數據時。利用 $Z(k)$ 模式來進行延遲產品客製化的延遲點做兩兩比較，並討論當結合不同生產線為共用件時，會造成哪些生產

成本的增加及生產時所會遇到的困難，例如：生產共用件的技術等等，這都是本研究再下一章節所要深入探討的問題。最後，利用產品的成本資訊求出最佳的總相關成本並找尋最佳的共同作業 k^* ，讓工廠半成本及成品的存貨減量及降低工廠生產多樣性產品的風險及總投資成本，期許工廠可以獲得最大的利潤及提升顧客的服務水準，為本研究最終的目的。

在此本研究決定使用 Lee and Tang(1996)所提出的總流程相關成本模式($Z(k)$ 模式)來探討產品延遲客製化的問題。所以本研究將接著探討總流程相關成本模式中，零組件的標準化(Standardization of Components)、模組化設計(Modular Design)及製程重排的生產業務(Reversal of Operations)等三種形式的製造程序作業，若將此三種生產作業方法一一套用於總流程相關成本模式的生產方式上，針對模式對生產流程中每階段成本的變化情形及合併後所需考量的生產技術等等問題來做詳細的討論。最後，針對同一種產品依據不同製造作業所需變化的流程觀念進行產品的探討，在代入相關的成本參數，並加以分析製造流程中每階段成本的變化及最佳的客製化生產階段。

本研究將繼續探討零組件的標準化(Standardization of Components)、模組化設計(Modular Design)及製程重排的作業(Reversal of Operations)這三種製造程序應用於延遲客製化產品生產時所以該注意到的細節，下面將做詳細的介紹：

3.3.1 零組件的標準化 (Standardization of Components)

所謂的零組件的標準化 (Standardization of Components)是指在進行延遲客製化的產品生產時，藉由尋找每項產品共同的零組件，並將共同零組件的生產合併為同一條生產線生產。所以零組件的標準化重點在於共同件生產階段的決定，並不是將共用件的生產階段越往後延就越有利，還必須考量到生產所需的額外成本及存貨持有的持有成本等等，因此在進行零組件標準化的延遲客製化步驟時，本研究必須先探討不同階段共用件製造流程所帶來成本的變化，當共同作業 $K=0$ 時，每階段製造流程成本 $p_i(k) = p_i$ ，這表示此流程尚未有共同件的生產所以整體流程的製造成本不會有額外的增加；當共同作業 $i \leq k$ 且 $k \geq 1$ 時，每階段製造流程成本 $p_i(k) = p_i + \beta_i$ ，此時就為流程的共同件的生產步驟而 β_i 就為共同件製造時，額外材料或流程所增加的成本；當共同作業 $i > k$ 且 $k \geq 1$ 時，每階段製造流程成本 $p_i(k) = p_i$ ，此時的 i 為客製化生產的步驟所以不會增加額外的流程成本。再來，本研究要探討的是每階段流程存貨的持有成本，當共同作業 $K=0$ 時，每階段存貨的持有成本 $h_i = b_i$ ，這表示此流程尚未有共同件的生產所以整體流程的每階段的存貨成本還是和原本流程的成本一樣不會有額外的增加；當共同作業 $i \leq k$ 且 $k \geq 1$ 時，每階段存貨的持有成本 $h_i(k) = b_i + (\delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_i)$ ，這表示當生產共同件的流程時，本研究就必須整合共同件的步驟，並考量共同件步驟每階段持有存貨成本的變化，在此 δ_i 就表示當生產共同件時，每階段持有存貨增加的成本；當共同作業 $i > k$ 且 $k \geq 1$ 時，每階段存貨的持有成本 $h_i(k) = b_i + (\delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_k)$ ，此表示當 k 為共同件生產步驟，而 k 後的步驟就為產品的客製化生產，則此時客製化生產步驟的存貨成本就只會增加到共同件生產的步驟為止，所以客製化階段的存貨持

有成本就只是每階段固有的存貨持有成本加上共同件存貨持有成本的一階段一階段的遞增。而在此 b_i 為每階段作業存貨持有成本的累加值，因此，本研究假設 b_i 在每階段的成本是固定的，不會因作業階段改變為共同件的生產而產生成本上變化；當生產共同件的步驟時，本研究假設 $\delta_i \geq 0$ ，此表示每階段共同件製造作業會增加額外的存貨持有成本。

當要利用標準化模組進行延遲客製化產品生產時，本研究必須事先考量到兩種產品的製造流程步驟及彼此間需求的關係，依據本文的探討若兩者需求呈現負相關的係數越大，本研究就越能從模式的找尋最佳的延遲客製化生產點，因此，本研究只需將上述的成本變化觀念依造每種產品不同的成本參數將其代入模式中，即可求得最佳的總生產成本及最佳延遲客製化生產步驟。

3.3.2 模組化設計(Modular Design)

再來提到的是模組化設計(Modular Design)的作業，在延遲產品客製化的生產中，所謂的模組化設計指的就是將產品其中一項的組裝作業的動作延遲到下一個組裝步驟再來進行裝配，這就是延遲客製化生產中模組化設計的核心概念。但並非每個步驟都能隨意的將組裝動作拿出來進行延遲的動作，在執行這些動作的同時，本研究仍需考慮到每個階段製造的成本、存貨的持有成本及零組件的前置時間等等因素。因此進行模組化設計的延遲產品客製化生產時，本研究需要考慮到不同階段進行模組化所會產生成本的變化及組裝作業的改變。

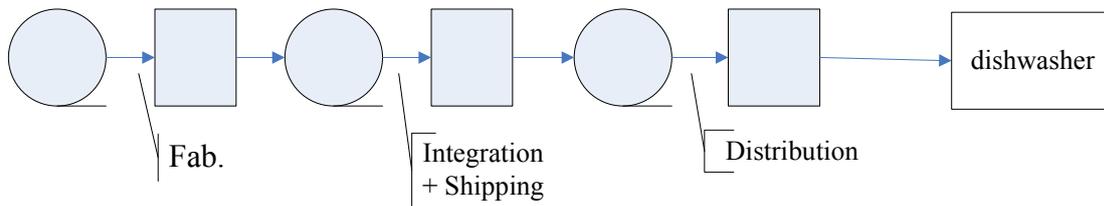


圖 3.4 洗碗機的生產流程

在此本研究列舉 Lee and Tang(1996)文章中，所提到的洗碗機產品的生產來說明，而洗碗機的製造分別為零組件的製造、零組件的組合和運送、分銷(如圖 4.1 所示)來說明執行模組化生產時，每階段成本的會跟著製程改變做如何的變動。當 $K=1$ 時，每階段製造的流程成本 $p_i(1) = p_i$ ；每階段存貨的持有成本 $h_i(1) = b_i$ ；前置時間 $n_i(1) = n_i$ ，這表示當 $K=1$ 時只是洗碗機基本零組件的生產，因此在第一階段的生產步驟中，只有零組件的製造暫時還沒有任何組裝作業程序的產生，所以將步驟一合併時，都還跟未合併時製造的程序相同因此還不會影響到製造成本及存貨持有成本的改變，所以在此步驟中每項成本參數都維持原本的數值，不需有額外成本增加的變動；而當 $K=2$ 時，本研究將第二步驟零組件組裝中控制盤的組裝作業將此步驟延遲到第三步驟來組裝，所以在第三步驟的製造的流程成本 $p_3(2) = p_3 + \beta$ ；存貨的持有成本 $h_3(2) = b_3 + \delta$ ；前置時間 $n_3(2) = n_3 + \alpha$ ，這表示因為第三步驟多增加了控制盤的組裝作業，因此在此步驟中，不論製造流程成本、存貨持有成本及前置時間都會有所改變。

假如本研究需要利用模組化的設計來進行延遲產品客製化生產時，本研究需要考慮到額外投資的成本若太大則不符合本模式的主旨，以上述的例子來說，將控制盤的組裝作業延遲不需投入太多額外的成本，而且控制盤的持有存貨成本也不會太過高，因此在第二階段額外投入的成本就不需太多，代表延遲控制盤的組

裝作業不會讓總製造流程成本提高，所以延遲控制盤的組裝是可行的。

3.3.3 製程重排的生產作業(Reversal of Operations)

最後，本研究要討論的是製程重排的生產作業(Reversal of Operations)，何謂製程重排的生產作業(Reversal of Operations)指的就是在生產流程中，將任意兩個生產步驟進行互換的動作，而使整條產品的生產程序做了變動，此為延遲客製化生產中逆向作業的定義。因此，生產步驟的互換必定會改變其每階段的各項成本參數，在此本研究舉例 Lee 和 Tang(1996)文章中，所提到的毛線衣的生產流程來作為例子說明，其生產包括染色、編織和分銷三階段製程(如下圖 4.2 所示)來說明流程互換後各階段製程成本如何變動。

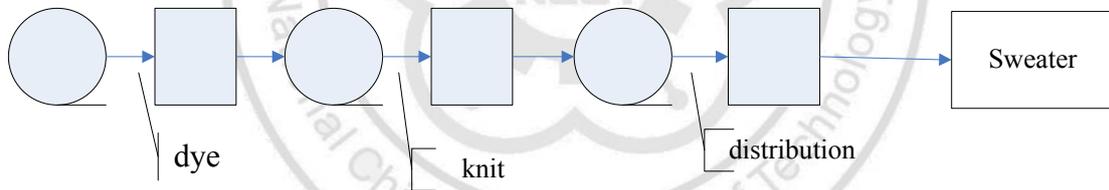


圖 3.5 毛線衣的生產流程

此範例說明，當 $K=0$ 時，為原本的生產流程，因此，在此階段製造的流程成本 $p_i(0) = p_i$ ；前置時間 $n_i(0) = n_i$ ；存貨的持有成本 $h_1(0) = b + \delta_1$ ， $h_2(0) = b + \delta_1 + \delta_2$ ， $h_3(0) = b + \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$ ，在此 b 表示未加工原物料的價值， δ_i 表示每階段加工後，再製品存貨的價值，因在此階段中唯一有改變的就是存貨的持有成本，原因為每件成品的價值一定越往後面的步驟其存貨的價值就會越高，

所以在此例子中，存貨的價值會呈累加的方式上升；而在前置時間的部份本研究必須考量步驟一和步驟二兩者的前置時間會有所不同，這都會影響到整體製造的成本，所以也是本研究必須加以注意的地方；而當 $K=1$ 時，在此表示染色和編織兩個作業程序互換，因為在此互換的步驟中，並沒有顯著的作業改變及額外技術的問題，所以製造成本的變化只會發生在第一和第二個生產步驟上，如下：前置時間 $n_1(1) = n_2$ ， $n_2(1) = n_1$ ，因為前兩個步驟互換所以前置時間一樣跟著互換；每階段製造的流程成本 $p_1(1) = p_2$ ， $p_2(1) = p_1$ ，跟上述前置時間一樣也是互換；每階段存貨的持有成本 $h_1(1) = b + \delta_2$ ， $h_2(1) = b + \delta_2 + \delta_1$ ， $h_3(0) = b + \delta_2 + \delta_1 + \delta_3$ ，只是把第二步驟原本持有存貨的價值跟著和第一步驟的互換而有所改變，因此由上述的範例說明，本研究可以清楚的知道在運用逆向作業來進行延遲客製化生產時，所需注意哪些參數的變化，這可使本研究運用此種方法上更加的順利。

若要使用此方法來進行生產，必須切記互換的兩個步驟不可以有太過困難或技術的產生，這樣一來不僅造成過大的額外成本的產生，也會使總製造成本提升，這一來不但無法減少製程的作業還使生產成本加重。

第四章、數值分析

依據第三章所提到三種延遲客製化生產中的方法，在本章中，本研究將利用某廠牌有無照像功能的手機生產流程來做為延遲產品差異化方法的探討利用零組件的標準化(Standardization of Components)、模組化設計(Modular Design)和製程重排的生產業務(Reversal of Operations)將這些方法套用在總流程相關成本模式($Z(k)$ 模式)上，在文中，所需利用到的公式運算本研究將利用 LINGO 軟體來協助計算，因此本研究需先將原有的 $Z(k)$ 模式中的數學算式轉換成 LINGO 軟體的程式後，接著本研究就可以著手進行延遲客製化產品的數值分析。

本節使用某廠牌有無照像功能的手機生產流程來做為延遲產品差異化方法的探討，首先本研究必須先了解手機的生產步驟包括：鋼板的製造、PCB 的製造流程、電子料流程、外殼流程、鍵盤流程、SMT 的錫爐焊接、初步的電路測試及檢修、人工焊接及插件、人工測試、安裝鍵盤及外殼、包裝，以上流程為製造一支手機所需要的生產流程。

4.1 零組件的標準化 (Standardization of Components)分析

在標準化零組件(Standardization of Components)分析研究中，本研究將生產步驟一些較細微的零組件生產步驟省略，而主要以較大零組件的生產流程來做討論，因此在本研究中手機的製造包含四個主要的生產步驟如下：手機零組件的製造和組裝、初步電路的測試與檢修、零件的最後組裝與最終的客製化產品(如下圖)。上述的四個主要的生產步驟介紹如下：手機零組件的製造和組裝包括：鋼板

的製造、PCB 的製造流程、電子料流程、主機板的組裝；初步電路的測試與檢修：就是檢查主機板上零件的正常與否；零件的最後組裝：外殼、安裝鍵盤、SMT 的錫爐焊接、照相機鏡頭的組裝；最終的客製化產品：製程不同功能的手機產品來符合顧客的需求。在上述每個步驟中，不同的零組件可以使用在不同的產品上。因此，本研究可以知道製造有無照像功能的手機為兩個不同的生產流程。因此本研究可以將其寫成 $N=4$ 和 $k=0$ ，代表此流程尚無標準化的流程。

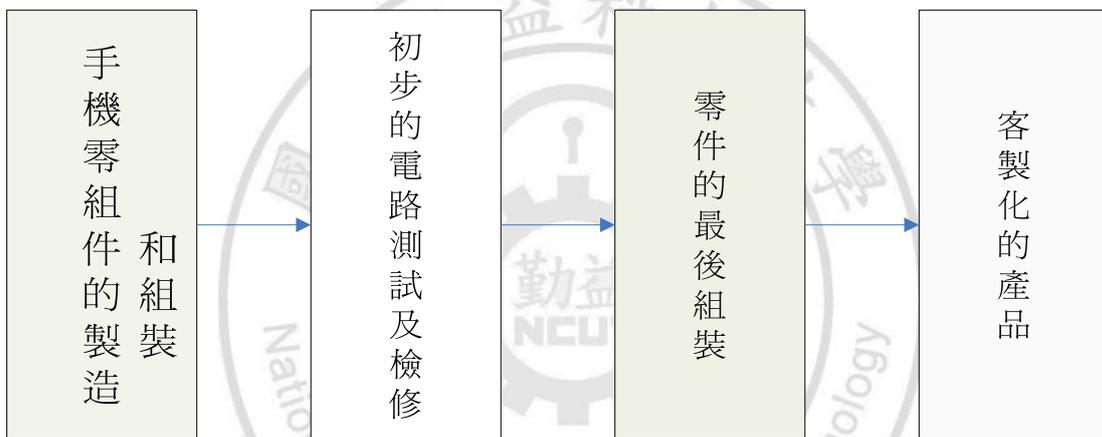


圖 4.1 手機生產流程圖

因此本研究必須蒐集上述製造過程中每階段所會花費的製造成本、再製品的存貨成本及共用件生產時所需的額外成本等等。因為在本研究中是採取比較關鍵的零組件製造流程或產品測試來做分析，所以每階段的零件製造價格可能會因為一些較細小的零件都已組裝上去而造成整個零組件的成本也會相對的提高許多。而本研究所得每階段製造成本分別為 6.5、2.5、4.5、4.5 元，每階段再製品存貨成本分別為 450、500、750、2000 元，每階段備料的前置時間分別為 15、5、5、5 分鐘以上為一般製造流程($N=4$)時每階段所需的參數成本資料；接下來當兩條生產

線共用零組件生產時，所會產生的一些額外成本：每階段共用件生產時所需額外投入的成本分別為 7000、4000、10000 元，每階段共用件生產時所需額外投入的製程成本分別為 0.9、0.6、0.5 元，而共用步驟所生產出來的再製品價值也會比原本的再製品價值提升許多，因此每階段再製品的價值分別提升 5.5、5、25 元；而在製造過程中，本研究也必須了解兩項產品的平均需求量分別：350、1000；變異數為 45、85；共變異數 20；而上述資料彙整在下表中：

表 4.1 零組件標準化的參數成本(1)

i	1	2	3	4
$P_i(k)$	0.00000065	0.00000025	0.00000045	0.00000045
$h_i(k)$	0.00045	0.0005	0.00075	0.002
$n_i(k)$	15	5	5	5

單位：百萬元

表 4.2 零組件標準化的參數成本(2)

i	1	2	3	
S_i	0.007	0.004	0.01	
β_i	0.00000009	0.00000006	0.00000005	
δ_i	0.0000055	0.0000005	0.000025	

單位：百萬元

表 4.3 零組件標準化的參數成本(3)

μ_1	350	σ_{12}	20
μ_2	1000	z	2
σ_1	45		
σ_2	85		

單位：個

根據上述手機生產步驟流程，蒐集每階段生產流程的參數成本及額外增加的流程成本和存貨合併後額外的增值成本，本研究一開始在設定參數時就須考量到

現實製造環境中成本的比例變化，不能隨意的亂給定參數值，否則會因製造成本及存貨持有成本的過大，而將再製品緩衝存貨的成本變化給覆蓋掉，這一來只會造成總成本的持續上升，而完全感覺不出再製品存貨成本在總成本之間的變化。例如：製造流程參數必須遠小於半成品存貨的參數成本值，因為在生產線上半成品的價值一定會比製造流程的成本高出很多；而額外增加的製程或材料成本也不能增加的太多，否則，合併共同件的生產步驟就會因成本一下子增加的太快，而使總成本上升的很多；另外共用件存貨額外增值的參數也都必須小於原本存貨的成本，因為不可能把製成合併後零組件的價值就一下子飆升很多，所以當本研究在假設參數時都必須先考量到現實製造環境，再來探討參數如何去給定，這一來假設的參數才更能符合現實產品生產成本。

在蒐集完上述的數據後，將其輸入到本研究事先所撰寫好的 LINGO 程式中，再依次改變其共用件的 K 值($K=0\sim3$)，並求解出其每個不同共用件的總製程相關成本($Z(k)$ 值)後，再接著討論當兩個不同產品的生產步驟合併後，會造成哪些生產技術上及成本變化上的問題都下面做詳細的討論。以下為 LINGO 根據每個不同 k 值所分析出來的 $Z(k)$ 值，如下表 4.4：

表 4.4 零組件標準化的總成本分析結果(1)

k 值	$Z(k)$
0	36.01201042
1	35.89080956
2	35.7535826
3	35.76207064

單位：百萬元

求出 $Z(k)$ 值後，本研究將其繪製成圖表，如下圖：

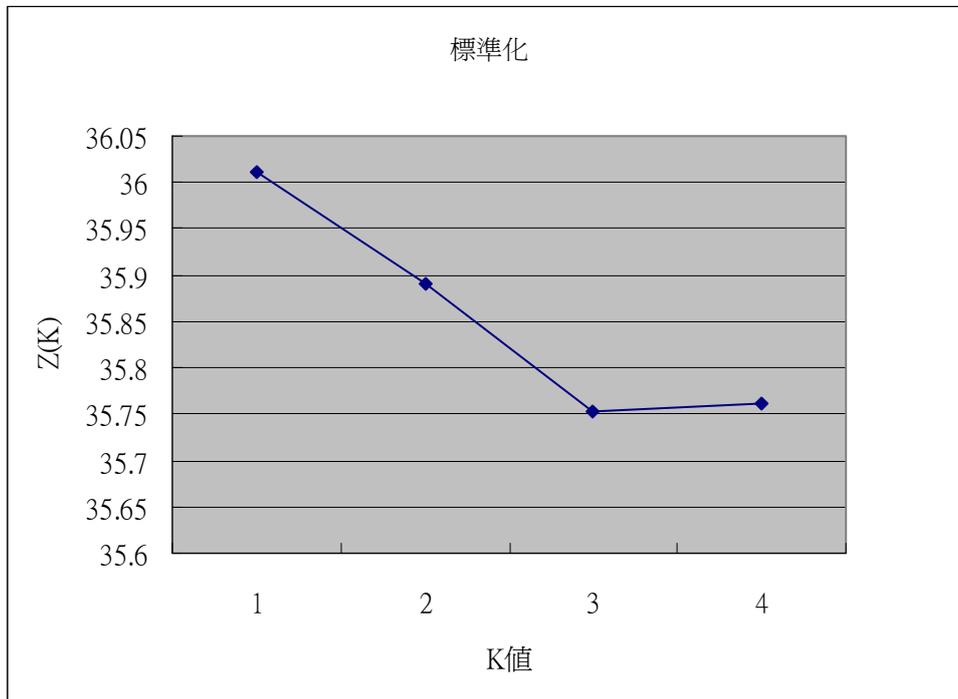


圖 4.2 執行零組件標準化生產作業時，總成本比較圖

因此，本研究可以得到不同階段執行共用件生產製造流程的總相關成本，並解釋每個階段在執行延遲產品客製化的過程，若延遲生產會對總成本造成如何的變化及分析當零件的生產步驟變為共用件時，會增加哪些額外的成本及技術上的問題都會在下面繼續做說明：

當 $k=1$ 時，

代表標準化手機零組件製造和組裝的生產流程，因為主機板為兩手機產品主要的零件，所以將其生產流程標準化，會因兩種不同功能手機主機板上各項電子料零件的焊接及插孔位置的不同而使得製造技術方面的困難度增加，因此標準化主機板的生產流程將會造成投入在整條生產線上的成本及生產共用主機板的單位成本也都相對的提高了。雖然共用主機板使得生產流程需負擔額外的流程的更改

費用，但也減少了再製品的儲存成本，所以本研究可由(上表 4.4)得知，當無共用件 ($k=0$) 時，總成本為 36012010.42 元；而當主機板共用生產($k=1$)時，總成本變為 35890809.56 元，因此本研究可以知道在共用主機板時手機的總製造成本減少了 121200.86 元，而造成成本減少的因素可能是當所有零組件以批量生產時，可以大大地降低生產零組件所需的成本。

當 $k=2$ 時，

代表標準化電路的測試及檢修，因為兩種不同功能手機生產時，在生產過程中，都需要進行電路的測試及檢修，但因為兩種手機原先的主機板構造有些許的不同，所以執行電路測試及檢修會一定有些許的不同，但主機板內部大部分零件的檢查步驟仍然相同，只差別在有照相機鏡頭的手機須在增加主機板相機鏡頭插座部分的檢查而以，所以在標準化此步驟時，因為技術的困難度沒有增加太多，而相對的額外投入成本及製程成本也不會增加的太多。所以本研究可從(上表 4.4)得知，當標準化前兩個步驟($k=2$)時，總成本為 35753582.6 元，會比原先無共用件生產總成本 36012010.42 元，減少 258427.82 元。

當 $k=3$ 時，

代表標準化零件的最終組裝，此步驟就是有無組裝手機的相機鏡頭，此為兩種手機生產步驟最大的相異點，若本研究要將兩種手機生產流程合併勢必需要增加相機鏡頭的零組件存貨，因此，會在此生產階段可能因為機器設備的改裝會帶來大量的額外投入的成本及大量相機鏡頭的庫存成本。所以本研究一樣由(上表 4.4)得知，若要標準化零件的最終組裝就需負擔額外的存貨儲存成本，因此標準化前三個步驟的總成本為 35762070.64 元，會比原先 36012010.42 元，減少 249939.78 元。

本研究可以由上述分析中，清楚的看出在($k=2$)時，可使得手機整體的製造總成本降至最低。所以，若要執行延遲產品差異點的生產製程時，標準化手機零組件製造和組裝生產流程和標準化電路的測試及檢修將可減少手機的總製程成本。

會造成總成本降低的主要原因，本研究可以由公式(3.11)來做判斷第四項、第五項的存貨成本可看出，因為每當生產步驟變為共用件時，第四項的再製品存貨會因為共用件 k 值的增加而庫存成本也隨之增加，而相對的第五項用來使用在客製化商品的零組件庫存數量就會因此下降而庫存成本也會跟著降低。所以在本公式中，存貨成本為影響延遲產品差異化總製造流程成本最關鍵因素之一。因此由(上圖 4.2)，本研究可以清楚的看出，當 $k=2$ 時，標準化手機零組件製造和組裝和標準化電路測試及檢修兩步驟，可以為製造商減少製造的成本是因為零組件庫存成本減少比再製品存貨成本來的快，所以存貨成本因此比原先未合併的存貨成本來的低，又因為存貨節省的成本遠比合併製造所產生額外的製程成本多，因此總成本在 $k=2$ 時，達到製程最低的總成本。因此本研究可以知道，在標準化電路板的組裝和標準化電路測試及檢修兩步驟合併為共用件生產時，為最佳的延遲產品差異點(如下圖)。

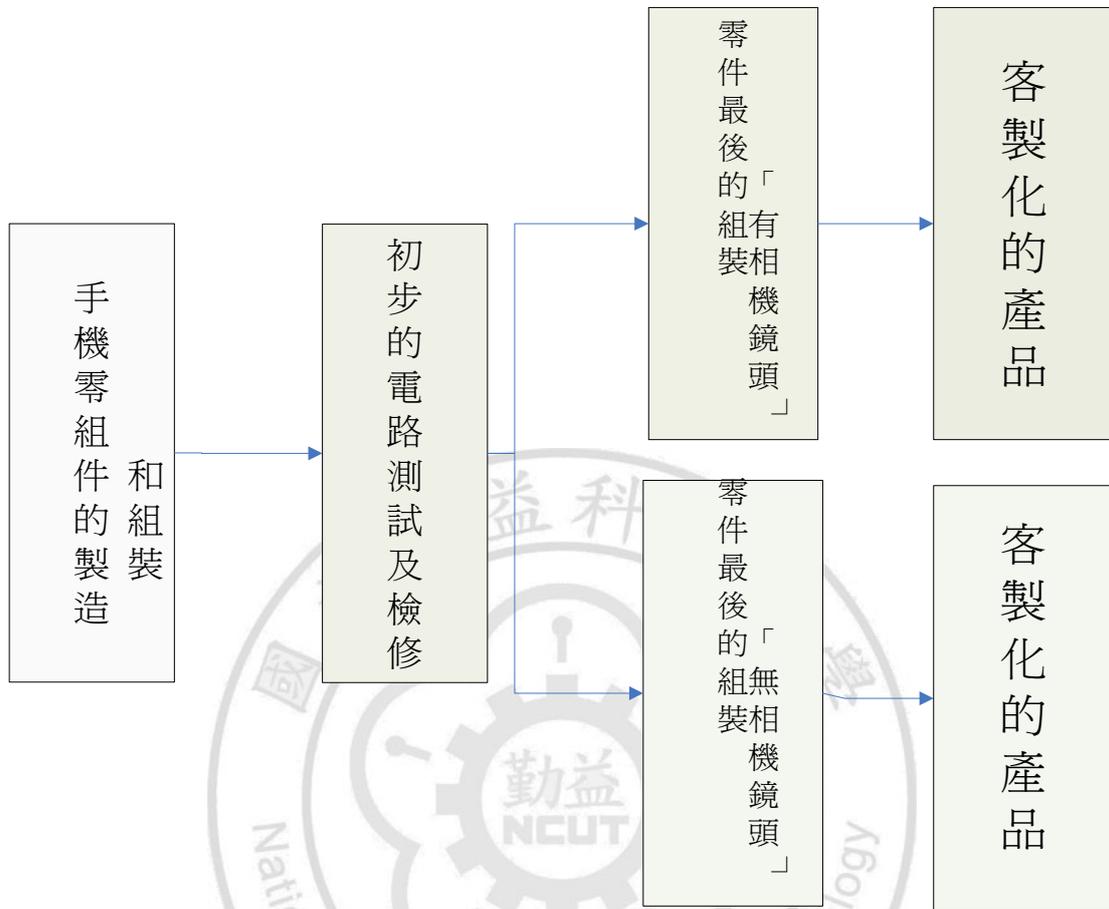


圖 4.3 當 $k=2$ 時，最終的延遲差異化圖

4.2 模組化設計(Modular Design)分析

在延遲客製化生產的模組化設計方式中，本研究一樣利用某廠牌有無照像功能的手機生產流程來進行分析。在此節中，本研究一樣將手機的製造流程分為四個階段：手機零組件的製造和組裝、初步電路的測試與檢修、零件的最後組裝與最終的客製化產品。在此，本研究一樣必須蒐集上述製造過程中每階段所會花費的製造成本、再製品的存貨成本及進行模組化時所需的增加的額外成本等等。而本研究所用到手機的製程的相關成本延續上節所提到的成本大部份都是相同的，但也有少數參數隨著方法的不同而做變動，如下所示：每階段製造成本分別為 6.5、2.5、4.5、4.5 元，每階段再製品存貨成本分別為 450、500、750、2000 元，每階段備料的前置時間分別為 15、5、5、15 分鐘以上為一般製造流程(N=4)時每階段所需的參數成本資料；接下來當進行模組化設計生產時，某些操作步驟的變動，勢必會帶來一些程序上或成本上的變動，一定會產生一些額外的投入成本：當每階段有作業程序的變動時，所需額外投入的成本分別為 1000、4000、9000 元，而當本研究將第二階段將主機板上零件的測試作業延遲至第三階段時所需額外投入的製程成本為 0.3 元，將第三階段將手機相機鏡頭的裝配作業延遲至第四階段時所需額外投入的製程成本為 0.9 元；而每階段所生產出來的再製品價值也會比原本的再製品價值提升許多，因此每階段再製品的價值分別提升 5.5、5 元；而在製造過程中，本研究也必須了解兩項產品的平均需求量分別：350、1000；變異數為 45、85；共變異數 20；而上述資料彙整在下表中：

表 4.5 模組化設計參數成本(1)

i	1	2	3	4
$P_i(k)$	0.00000065	0.00000025	0.00000045	0.00000045
$h_i(k)$	0.00045	0.0005	0.00075	0.002
$n_i(k)$	15	5	5	5

單位：百萬元

表 4.6 模組化設計參數成本(2)

i	1	2	3	
S_i	0	0.003	0.009	
β_i	0	0.00000005	0.00000005	
δ_i	0	0.00000055	0.0000005	

單位：百萬元

表 4.7 模組化設計參數成本(3)

μ_1	350	σ_{12}	20
μ_2	1000	z	2
σ_1	45		
σ_2	85		

單位：個

根據上述的資料，將其輸入到 LINGO 程式中，再依次改變其 K 值($K=1\sim 3$)，並求解出其每階段延遲不同操作作業的總製程相關成本($Z(k)$ 值)後，再接著討論當延遲每階段不同的操作作業後，會造成哪些生產技術上及成本變化上的問題都下面做詳細的討論。以下為 LINGO 根據每個不同 k 值所分析出來的 $Z(k)$ 值，如下表 4.8：

表 4.8 模組化設計的總成本分析結果(2)

k 值	$Z(k)$
1	63.40926554
2	63.4221242
3	62.97219579

單位：百萬元

求出 $Z(k)$ 值後，本研究將其繪製成圖表，如下圖：

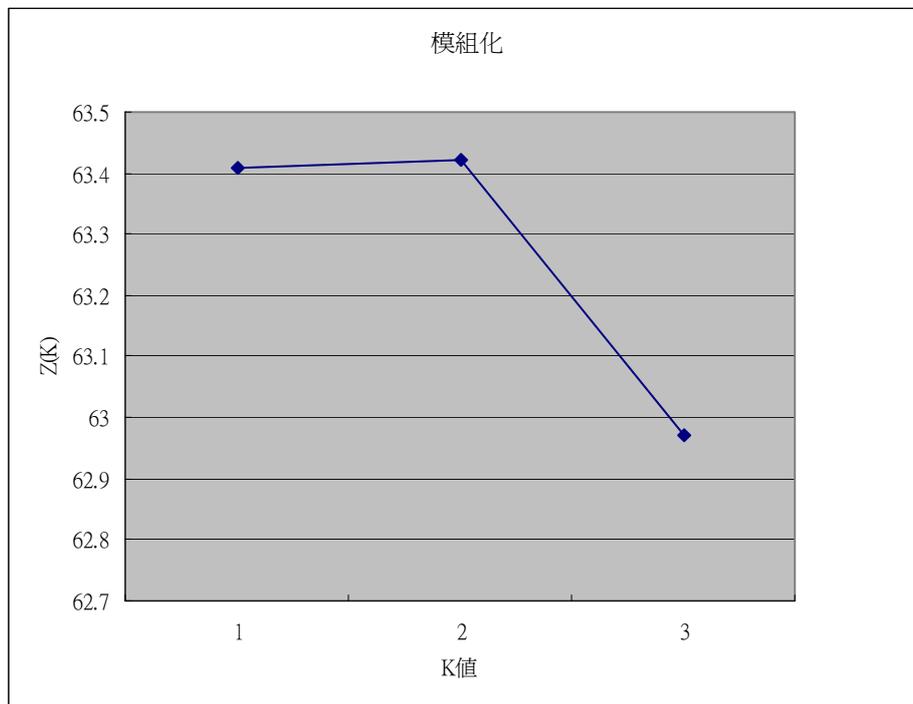


圖 4.4 執行模組化設計時，總成本比較圖

本研究可以由(上圖 4.4)得到不同階段執行延遲操作動作的製造流程總相關成本，並解釋每個階段在執行延遲產品客製化的過程，若延遲生產會對總成本造成如何的變化及分析當生產步驟中某一動作若延遲時，會增加哪些額外的成本及技術上的問題都會在下面繼續做說明：

當 $K=1$ 時，

在此步驟，由於是一些手機基本零組件的製造過程和裝配作業，所以本研究就把它們全部集中在同一個地方生產，因此，在本節中，模組化設計的延遲客製化生產是從第一步驟後開始執行。在此步驟中，沒有任何的操作步驟延遲因此製造流程成本、存貨持有成本和前置時間等等有關的因素都不需做任何的變動。所以，本研究可以從(上表 4.8)得知，當第一步驟為基本零組件的製程($K=1$)時，總製造流程成本為 63409265.54 元。

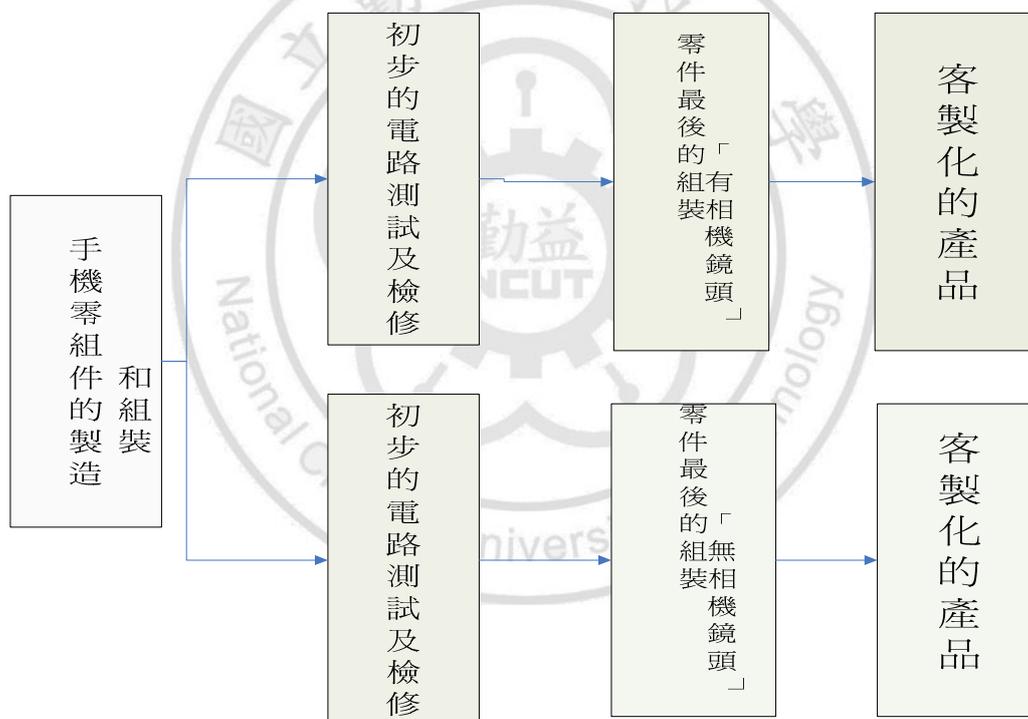


圖 4.5 製程尚未模組化圖

當 $K=2$ 時，

在第二步驟中，本研究可以將檢查的動作往後延遲在第三步驟裝完相機鏡頭

後一併的做完整的檢查，所以若將此動作延遲需要再投入額外的成本 3000 元、製造流程成本 0.5 元、存貨增值 5.5 元及需增加 0.3 分的前置時間。因此，本研究可由(上表 4.8)，當延遲檢查這個操作步驟時的總製造成本為 6342212.42 元，由總製造成本本研究可以知道，當將檢查動作延遲時會造成整體的成本上升 12858.66 元，而會造成成本上升的因素可能是將檢查動作延遲至下一步驟時，一些測試的設備可能就要做移動，如此可能就必須多增加額外機器設備的移動費用，因此，本研究建議此步驟不適合將檢查的動作延遲。

當 $K=3$ 時，

在此步驟本研究可以將其分為兩個模組：一個為基本手機的組裝(包括：外殼、安裝鍵盤、SMT 的錫爐焊接)、另一個為鏡頭裝配。在這模組化設計上，製造商可能將整隻手機全部的裝配好，而單單就缺少相機鏡頭的部份。因此，在最後客製化產品的生產階段就握有相機鏡頭，因此，以此步驟嵌入相機裝配的動作來分別滿足不同顧客的需求。而在此步驟中，本研究將第三步驟分為兩個模組，在此模組化的過程中其實整體的的改變並不是非常的大，所以當我將相機的鏡頭移到下一個步驟時並不需要投入太多的額外成本，所以在第三步驟前製造過程並沒有顯著的改變，唯一發生成本變化的就只有第四步驟，因為此步驟多增加了相機鏡頭的裝配作業，因此其製造流程成本、存貨持有成本及前置時間都會產生額外的成本。而本研究可以從(上表 4.8)得知，當延遲相機鏡頭的裝配作業時，總製造成本為 62972195.79 元，相較於 $K=1$ 時的總成本減少 437069.75 元。因此，本研究可以建議製造廠商可以將相機鏡頭的裝配作業移至第四步驟將可為製造商減少手機整體的製造成本。

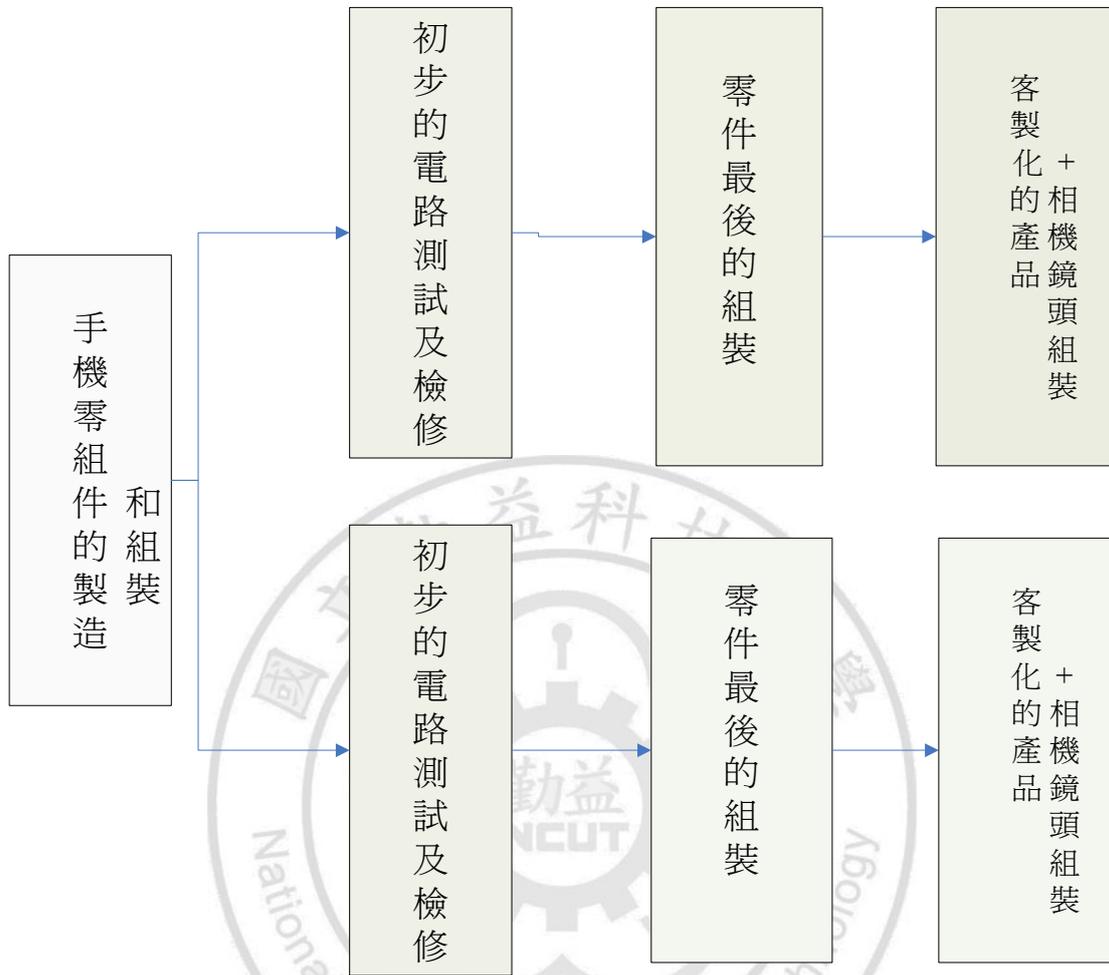


圖 4.6 製程實行模組化圖

4.3 製程重排的生產業務(Reversal of Operations)

在延遲客製化生產的逆向的生產業務中，本研究一樣利用某廠牌有無照像功能的手機生產流程來進行分析。在此節中，本研究一樣將手機的製造流程分為四個階段：手機零組件的製造和組裝、初步電路的測試與檢修、零件的最後組裝與最終的客製化產品。本研究一樣必須蒐集上述製造過程中每階段所會花費的製造成本、再製品的存貨成本及進行模組化時所需的增加的額外成本等等。而本研究所用到手機的製程的相關成本。在此節中，因為第一步驟的製造程序不能和第二步驟的程序作互換，不然整體的製程會無法正常的運作。而在第二和第三步驟本文想說如果將全部的零組件及在製品都裝配完畢後再進行最終的整體電路測試及檢修，如此一來就不用第三步驟裝配完相機鏡頭後還要在進行另一次的電路測試及檢修的動作，因此在此製程重排的生產業務中，本研究決定將第二步驟的初步電路的測試與檢修與第三步驟零件的最終組裝作互換的動作，因為製程順序的改變所以在成本上會做些許的變動，如下所示：每階段製造成本分別為 6.5、2.5、4.5、4.5 元，未加工零組件的成本為 450 元，每階段備料的前置時間分別為 15、5、10、7 分鐘，以上為一般製造流程(N=4)時每階段所需的參數成本資料；接下來當進行逆向的生產業務時，會因某些操作步驟的調動，勢必會帶來一些程序上或成本上的變動，一定會產生的一些額外成本：當在做第二步驟和第三步驟製造程序的變動時，本研究所需在這次變動中額外投入的成本為 4000 元，而每階段所生產出來的再製品價值也會比原本的再製品價值提升許多，因此每階段存貨的價值分別增加的幅度為 550、80、250 和 900 元；而在製造過程中，本研究也必須了解兩項產品的平均需求量分別：350、1000；變異數為 45、85；共變異數 20；而上述資料

彙整在下表中：

表 4.9 製程重排生產作業的參數成本(1)

i	1	2	3	4
$P_i(k)$	0.00000065	0.00000025	0.00000045	0.00000045
$h_i(k)$	0.00045			
$n_i(k)$	15	5	10	7

單位：百萬元

表 4.10 製程重排生產作業的參數成本(2)

i	1	2	3	4
S_i	0	0.004	0	
δ_i	0.00055	0.00008	0.00025	0.0009

單位：百萬元

表 4.11 製程重排生產作業的參數成本(3)

μ_1	350	σ_{12}	20
μ_2	1000	z	2
σ_1	45		
σ_2	85		

單位：個

將上面的參數數值輸入到 LINGO 程式中，再依次改變 K 值($K=0$ 和 2)，並求解出其每階段延遲不同操作作業的總製程相關成本($Z(k)$ 值)後，再接著討論當延遲每階段不同的操作作業後，會造成哪些生產技術上及成本變化上的問題都下面做詳細的討論。以下為 LINGO 根據每個不同 k 值所分析出來的 $Z(k)$ 值，如下表 4.12：

表 4.12 製程重排生產作業的總成本分析結果(3)

k 值	$Z(k)$
0	74.7407881
2	73.8431847

單位：百萬元

本研究可以由(上表 4.12)得到在執行延遲操作動作的製造流程總相關成本，並解釋在執行延遲產品客製化的過程，若延遲生產會對總成本造成如何的變化及分析當生產步驟中某一動作若延遲時，會增加哪些額外的成本及技術上的問題，接下來會進行詳細的說明。

在此方法中，本研究只將第二步驟的初步電路的測試與檢修與第三步驟零件的最終組裝作互換的動作，所以在成本的變動上只有第二步驟和第三步驟的製程成本、存貨成本和前置時間會受到影響而以，其餘的通通不變。而當這兩步驟做互換時本研究需要考慮到會不會有大量成本的投入，但在此例子中，因為兩步驟互換後並不需做太多設備上的變動，所以不會有太大地額外成本需要投入，因此，本研究可由(上表 4.12)中知道，當互換步驟二和步驟三時，總製造成本為 73843184.7 元，比原先沒互換時總成本 74740788.1 元，減少了 897603.4 元。所以當互換第二步驟的初步電路的測試與檢修與第三步驟零件的最終組裝，確實可以降低整體的製造成本。

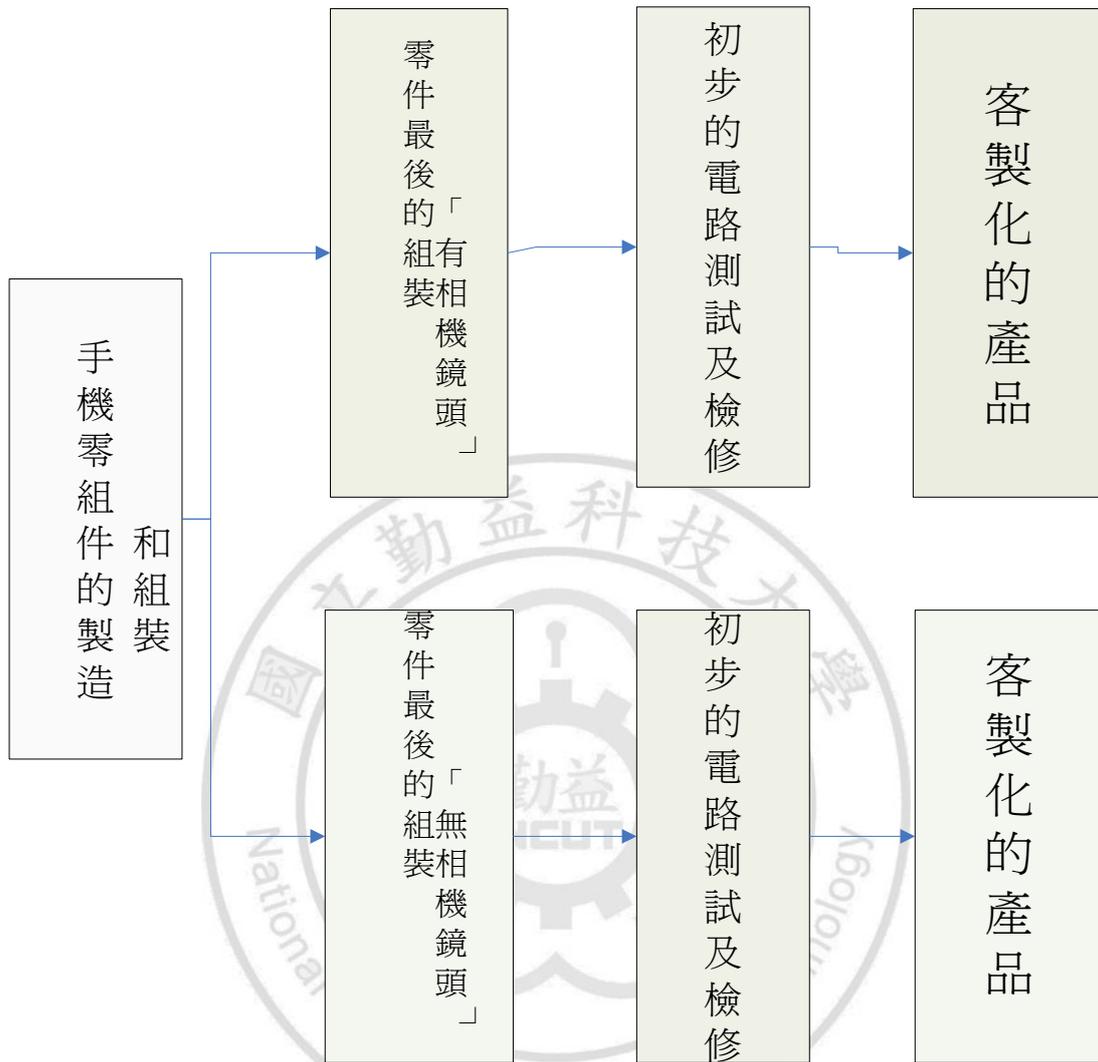


圖 4.7 實行逆向製程作業

4.4 小結

本研究利用上述三種不同型態的製造方法帶入手機的案例中，求解出每種方法不同的最低成本及最佳的延遲客製化生產步驟。下表為本研究整理出三種方法的總成本比較表：

表 4.13 總成本比較表

零組件標準化	
K 值	Z(K)
0	36.01201042
1	35.89080956
2	35.7535826
3	35.76207064
模組化設計	
K 值	Z(K)
1	63.40926554
2	63.4221242
3	62.97219579
製程重排	
K 值	Z(K)
0	74.7407881
2	73.8431847

上表即為本研究利用 Lingo 軟體所跑出三種不同製程方式的總成本結果，在上表中我們可以看到在三種方法 K 值的部份會有不同，因為每種製程的方法不一定每個

步驟都可互換或拿來作為共用件使用，因此上表中才會呈現出模組化設計沒有 $K=0$ 的總成本；製程重排沒有 $K=1$ 和 2 的總成本。

本研究可以從上表中知道，在執行手機延遲客製化生產製程，若使用零組件的標準化方法時，可以知道當 $K=2$ 時，代表標準化手機零組件製造和組裝和標準化電路測試及檢修兩步驟，總製造流程成本最低；若使用模組化的設計時，當 $K=3$ 時，表示將手機鏡頭的組裝作業往後延遲，將會有最低的總成本；若使用製程重排的生產業時，當 $K=2$ 時，表示將第二和第三步驟的製程互換，會有最低的總製造成本。所以依造不同產品的生產方法會有不同的最佳延遲客製化生產步驟及最低的總製造流程成本。



第五章、結論與建議

由於延遲產品客製化的生產在實際的生產作業上並不易徹底的實施，雖然本文中只是考慮將兩項產品製造程序的關係、流程成本、以及存貨持有成本的變化，但他們彼此之間，有著不同的交互影響，這使得延遲產品差異在設計上就須考量到不同產品的特性，所以在求解延遲產品客製化的製程相關成本就變得不是那麼容易。

而本研究主要是藉由 Lee and Tang(1996)所提出的 $Z(k)$ 模式套用在預設的產品生產作業的零組件的標準化 (Standardization of Components)、模組化設計 (Modular Design) 和製程重排的生產作業 (Reversal of Operations) 上，並分析產品在客製化階段上，每階段流程成本的變化，並探討在實行延遲客製化的生產上會遇到哪些成本上的變化及技術較困難的部份，最後，本研究利用手機的案例帶入三種不同製程的方法中，求出最佳延遲客製化的生產步驟及其最低的總相關成本。

透過延遲產品客製化的方法，不但可以增加多樣化產品的生產，又可使工廠降低其生產多樣性產品的投資風險，並讓工廠決策者更清楚的了解每項產品生產數量的多寡，還可較精確的控制半成品及成品的存貨數量，這一來不但可以以更多樣化的產品來滿足顧客的需求，又可以減少過多存貨的囤積的成本，這不僅可讓製造商在儲存存貨的風險降低，又可使公司的利潤增加，還可增加公司在商場上的競爭力。

本文在數據的研究上，皆為模擬假設的數據，雖然求出最佳的延遲產品客製化生產步驟及最低的總相關成本，但若將不同種類的產品生產流程的成本及存貨成本帶入模式中，更能讓本研究了解到當模式套用於現實問題中會發生哪些問

題及需要考慮哪些未知的因素等等。這一來會使模式更具有實用性的價值，也能提供給想要施行延遲產品客製化的企業，更多的參考資訊。



參考文獻

1. 葉忠、楊弘成，“傳統與延遲染整成本模式之建構與差異分析”，2001 年科技與管理學術研討會論文集，第 320-325 頁 (2001)。
2. 巫立宇，袁鴻麟，2001，“延遲策略在全球運籌管理架構下的理論與應用-以資訊電子業為例”，第十六屆全國技術及職業教育研討會，頁 361-370，4 月。
3. 施振榮、林文玲(1996)，再造宏碁，天下文化出版股份有限公司，台北。
4. Alderson, W., “Marketing Efficiency and the Principle of Postponement,” Cost and Profit outlook, September 1950.
5. Lee, H.L., “Effective Inventory and Service Management Through Product and Process Redesign,” Operations Research, Vol. 44, No.1, 151-159 (1996).
6. Lee, H.L. and C.S. Tang, “Modelling the Costs and Benefits of Delayed Product Differentiation,” Management Science, Vol. 43, No.1, 40-53 (1996).
7. Lee, H.L. and C. Billington, “Designing Products and Processes for Postponement,” in S. Dasu and C. Eastman (Eds.), Management of Design: Engineering and Management Perspectives, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 105-122 (1994).
8. Lee, H.L. and C.S. Tang, “Variability Reduction Through Operation Reversal,” Management Science, Vol. 44, No. 2, 162-172 (1998).
9. Lee, H.L., “Effective Management of Inventory and Service Through Product and Process Redesign,” Operations Research, Vol. 44, 151-159 (1996).
10. Bowersox, D.J. and E.A. Morash, “The Integration of Marketing Flows In Channels of Distribution,” European Journal of Marketing, Vol.32, 58-67 (1989).

11. Perry, J.H., "Emerging Economic and Technological Future: Implication for Design and Management of Logistic Systems in The 1990s," *Journal of Business Logistics*, Vol.12, No.2, 1-16(1991).
12. Bowersox, D.J. and M.B. Cooper, "Strategic Marketing Channel Management," McGraw-Hill.
13. Ghiou, Jyh-shen, Wu, Lie-yu and J.C. Hsu, "The Adoption of Form Postponement Strategy in the Global Logistics System: The Case of Taiwanese Information Technology Industry," *Journal of Business Logistics*. forthcoming(2001).
14. Feitzinger, E. and H.L. Lee, "Mass Customization at Hewlett-Packard: The Power of Postponement," *Harvard Business Review*, Jan-Feb, 116-121(1997).
15. Eppen, G.D. and L. Schrage, "Centralized Ordering Policies in a Multi-Warehouse System with Lead Time and Random Demand," in *Multi-Level Production/Inventory Systems : Theory and Practice*, L. B. Schwarz, Ed., North-Holland, Amsterdam and New York(1981).

附錄-1

零組件標準化程式碼

MODEL:

DATA:

N=4;

k=1;

ENDDATA

SETS:

investment/1..k/:S;

processing/1..N/:P,Pi,A;

inventory/1..N/:H,Hi,B;

first/1..N/:Ni;

mean/u1,u2/:u;

variance/c1,c2/:c;

covariance/r1/:R;

safetyfactor/z1/:z;

ENDSETS

DATA:

S=0.007;

Ni=15 5 5 5 ;

P=0.0000065 0.0000025 0.0000045 0.0000045;

!H=bi;

H=0.00045 0.0005 0.00075 0.002 ;

u=350 1000;

c=40 85;

R=20;

z=2;

!A=額外的材料和流程成本,B=δ值;

A=0.0000009 0.0000006 0.0000005 0.000035 ;

B=0.0000055 0.000005 0.000025 0.00005;

ENDDATA

!目標式;

```

ANS= @SUM(investment:S)
+ @SUM(processing:Pi)*@SUM (mean:u)
+ @SUM(inventory:Hi*Ni)*@SUM (mean:u)
+ @SUM(inventory(I)| I #LE# k :Hi*(@SUM (mean:u)/2+@SUM(safetyfactory:z)*@SUM
(covariance:R)*(Ni+1)^(1/2)))
+ @SUM(inventory(I)| I #GE# k+1 #and# I #LE#
N :Hi*(@SUM(mean:u)/2+@SUM(safetyfactory:z)*@SUM(variance:c)*(Ni+1)^(1/2)));

```

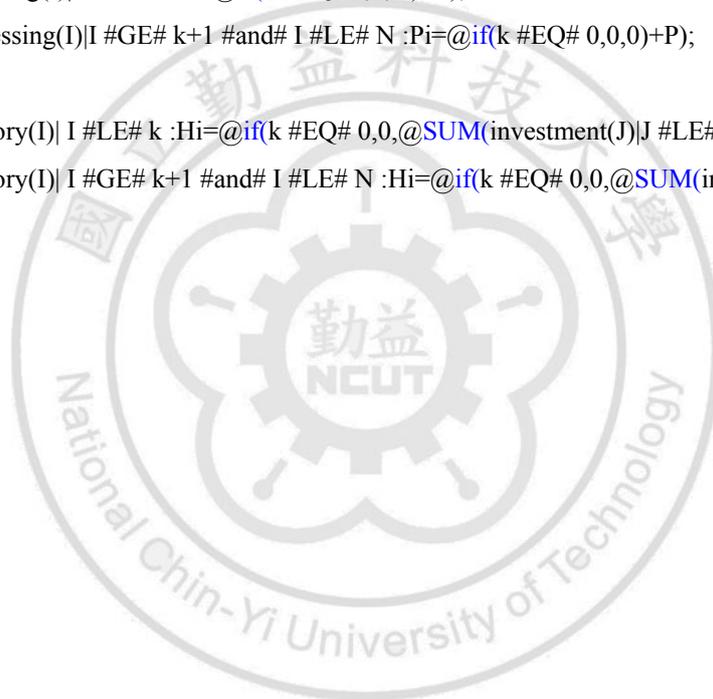
```

@for(processing(I)|I #LE# k:Pi=@if(k #EQ# 0,0,A)+P);
@for(processing(I)|I #GE# k+1 #and# I #LE# N :Pi=@if(k #EQ# 0,0,0)+P);

@for(inventory(I)| I #LE# k :Hi=@if(k #EQ# 0,0,@SUM(investment(J)|J #LE# I :B)+H));
@for(inventory(I)| I #GE# k+1 #and# I #LE# N :Hi=@if(k #EQ# 0,0,@SUM(investment(J)|J #LE#
k:B)+H));

```

END



附錄-2

模組化設計程式碼

MODEL:

DATA:

N=4;

k=3;

ENDDATA

SETS:

investment/1..k/:S;

processing/1..N/:P,Pi,A;

inventory/1..N/:H,Hi,B;

first/1..N/:M,Ni;

mean/u1,u2/:u;

variance/c1,c2/:c;

covariance/r1/:R;

safetyfactor/z1/:z;

ENDSETS

DATA:

S=0.007 0.004 0.01;

M=15 5 5 5;

P=0.0000065 0.0000025 0.0000045 0.0000045;

!H=bi;

H=0.00045 0.0005 0.00075 0.002;

u=350 1000;

c=40 85;

R=20;

z=2;

!A=額外的材料和流程成本,B=δ值;

A=0.0000009 ;

B=0.0000055 ;

T=0.03;

ENDDATA



!目標式;

```
ANS= @SUM(investment:S)
+ @SUM(processing:Pi)*@SUM (mean:u)
+ @SUM(inventory:Hi*Ni)*@SUM (mean:u)
+ @SUM(inventory(I)| I #LE# k :Hi*(@SUM (mean:u)/2+@SUM(safetyfactory:z)*@SUM
(covariance:R)*(Ni+1)^(1/2)))
+ @SUM(inventory(I)| I #GE# k+1 #and# I #LE#
N :Hi*(@SUM(mean:u)/2+@SUM(safetyfactory:z)*@SUM(variance:c)*(Ni+1)^(1/2)));
```

```
@for(processing(I)|I #LE# k:Pi=@if(k #EQ# 1,0,0)+P);
@for(processing(I)|I #GE# k+1 #and# I #LE# N :Pi=@if(k #EQ# 1,0,A)+P);

@for(processing(I)|I #LE# k:Hi=@if(k #EQ# 1,0,0)+H);
@for(processing(I)|I #GE# k+1 #and# I #LE# N :Hi=@if(k #EQ# 1,0,B)+H);

@for(processing(I)|I #LE# k:Ni=@if(k #EQ# 1,0,0)+M);
@for(processing(I)|I #GE# k+1 #and# I #LE# N :Ni=@if(k #EQ# 1,0,T)+M);
```

END

附錄-3

製程重排程式碼

MODEL:

DATA:

N=4;

k=1;

ENDDATA

SETS:

investment/1..k/:S;

processing/1..N/:P,Pi,A;

inventory/1..N/:H,Hi,B;

first/1..N/:M,Ni;

mean/u1,u2/:u;

variance/c1,c2/:c;

covariance/r1/:R;

safetyfactory/z1/:z;

ENDSETS

DATA:

S=0.007 ;

M=15 5 5 5;

P=0.0000065 0.0000025 0.0000045 0.0000045;

!H=bi;

H=0.00045 0.0005 0.00075 0.002;

u=350 1000;

c=45 80;

R=20;

z=2;

!A=額外的材料和流程成本,B=δ值;

A=0.0000009 ;

B=0.0000055 ;

T=0.03;

ENDDATA



!目標式;

```
ANS= @SUM(investment:S)
      + @SUM(processing:Pi)*@SUM (mean:u)
      + @SUM(inventory:Hi*Ni)*@SUM (mean:u)
      + @SUM(inventory(I)| I #LE# k :Hi*(@SUM (mean:u)/2+@SUM(safetyfactory:z)*@SUM
(covariance:R)*(Ni+1)^(1/2)))
      + @SUM(inventory(I)| I #GE# k+1 #and# I #LE#
N :Hi*(@SUM(mean:u)/2+@SUM(safetyfactory:z)*@SUM(variance:c)*(Ni+1)^(1/2)));
```

```
@for(processing(I)|I #LE# k:Pi=@if(k #EQ# 1,0,-A)+P);
!@for(processing(I)|I #EQ# k:Pi=@if(k #EQ# 1,0,-A)+P);
@for(processing(I)|I #GE# k+1 #and# I #LE# N :Pi=@if(k #EQ# 1,0,A)+P);

@for(processing(I)|I #LE# k:Hi=@if(k #EQ# 1,0,-B)+H);
!@for(processing(I)|I #EQ# k:Hi=@if(k #EQ# 1,0,-B)+H);
@for(processing(I)|I #GE# k+1 #and# I #LE# N :Hi=@if(k #EQ# 1,0,B)+H);

@for(processing(I)|I #LE# k:Ni=@if(k #EQ# 1,0,0)+M);
@for(processing(I)|I #GE# k+1 #and# I #LE# N :Ni=@if(k #EQ# 1,0,0)+M);
```

END