

國立交通大學  
運輸科技與管理學系碩士班

碩士論文

航空貨運站作業延滯對進口時效性商品之  
影響研究



**The Study on the Impacts of Custom Clearance  
Process-Delay Propagation  
on Import Cargos in Air Terminals**

研究生：王偉哲

指導教授：許巧鶯 教授

中華民國九十三年六月

航空貨運站作業延滯對進口時效性商品之影響研究

The study on the impacts of custom clearance  
process-delay propagation  
on import cargos in air terminals

研究生：王偉哲  
指導教授：許巧鶯

Student : Wei-Che Wang  
Advisor: Chaung-Ing Hsu

國立交通大學  
運輸科技與管理學系  
碩士論文



Submitted to Department of Transportation Technology & Management

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Transportation Technology and Management

June 2004

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十三年六月

# 航空貨運站作業延滯對進口時效性商品之影響研究

研究生：王偉哲

指導教授：許巧鶯

國立交通大學運輸科技與管理學系

## 摘要

航空貨運站為航空貨運中空側與陸側交接之環節且相關作業單位甚多、作業繁瑣，若其中任一作業環節產生之時程延滯，均可能對航空貨運站其他作業造成影響，特別在海關查驗部分，近年來因 911 事件及各種動植物流行病之影響，造成海關對於貨物之查驗更加嚴格、耗時。其中特別以進口通關作業之時間延滯最為明顯，貨品之存倉時間普遍長達四至五天，因使用航空運輸之貨物的時間價值普遍高於使用一般運輸之貨物，因而若商品於通關過程發生時程延滯，將可能導致貨物原有功能喪失或減低其剩餘價值，增加貨主、物流業者之存貨成本。

本研究首先依據貨物於航空貨運站進口通關之物流、資訊流作業流程，構建航空貨運站進口通關作業網路，並以解析性之方法分析各航機之貨物於航空貨運站進口通關網路流動之時程，構建時程延滯模式，由主要變數間之關係探討各航機貨物間形成延滯之原因及延滯之擴散情形。繼而，探討進口通關網路遭遇偶發性臨時事件所產生之時程延滯，對各航機貨物於通關網路中流動時程之影響，並構建時程延滯擴散模式。進一步深入探討各項貨物於通關網路中之流動時程，構建貨物通關時間評估演算法，並結合時程延滯模式與貨物通關時間評估演算法以分析造成貨物通關時程延滯之因素；繼而藉由分析各項進口通關作業之特性，擬定相關延滯控制策略，藉由改善航空貨運站之進口作業方式，以提升航空貨運站之進口通關作業效率，並減少貨主、物流業者之存貨成本。最後，以中正機場航空貨運站民營化成立之華儲股份有限公司為例，蒐集進口通關作業相關資料進行範例分析，以驗證本研究所構建模式在實際應用上之可行性與模式之發展潛力。

範例分析結果顯示，繳納關稅作業為通關作業流程中貨物平均等待時間最長之作業，此外尖峰時段中愈晚抵達航班之貨物因遭受先行抵達航班貨物之推擠因此通關之平均等待時間愈長。愈接近空側之作業貨物遭受前一航班貨物推擠之情況愈為明顯，愈接近通關網路下游則同航機間貨物之推擠愈為明顯。而透過改變同航機貨物之通關順序，可有效降低同航班貨物於通關過程產生之總存貨成本，且尖峰時段中愈晚抵達航班之總存貨成本降幅愈大。尖峰時段中，若僅增加單一作業之作業容量，可降低貨物於該作業之等待時間，但卻造成貨物於接續作業之等待時間上升，且上升幅度近似於降低之幅度，若同時提升各項作業之作業容量，則原作業容量愈少之作業所降低的等待時間愈長。實務上，研究結果可提供航空貨運站作為改善進口通關流程時之參考。

關鍵字：航空貨運站、時效性商品、作業延滯、延滯擴散

# **The study on the impacts of custom clearance process-delay propagation on import cargos in air terminals**

## **Abstract**

The processing of cargos in air terminals is usually operated by many operators such as airlines, forwarders, custom, security related agencies, etc. The custom clearance process of import cargos in air terminals is very complicated and time consuming. Once there occur any incidents or additional requirements on any of custom clearance procedures frequently incur delay and delay propagation on interrelated process in the terminals. The security check due to 911 events and quarantine measures due to bird flu epidemic are the recent examples.

The study first develops a network representation on import cargo and information flows processed in all procedures of the air terminal. Then the study explores the causes and characteristics of delays on cargo processing and develops the delay propagation model using analytical methods. The study explores the delay caused by processing order and contingencies, and evaluates the influence on cargo processing to develop the delay model. The study further analyzes characteristics of delays on cargo processing in the network including all import procedures and develops an algorithm using corrected labeling method find the leant time path. Combining delay propagation model and the algorithm, the study further explores the factors of delay propagation and consequently illuminates the characteristics of varied cargo processing procedures. Based on above analyses, the study further proposes some strategies that aim at improving cargo terminal processing and enhance the efficiency of the procedure thereby reducing the inventory cost of shippers. Finally, Taiwan Air Cargo Terminal (TACT) at the CKS airport terminal is used as an example to demonstrate the application and feasibility of the developed models.

Results of this study reveal that tariffing procedure is the most time-consuming task among all tasks of import cargo processing. In addition, in rush hours the later the cargos of a flight arrives the longer it takes to undergo cargo processing due to delay caused by earlier flight cargos. Moreover, the closer the cargo processed in a task to airside, the more obvious the knock-on delay will be, due to the previous flight. Especially for the case due to late arrival of flight, by changing the sequence of cargo processing for different types of cargos in a flight according to their inventory cost, inventory cost can be efficiently reduced. In peak hours, if the capacity of any task is increased, the waiting time of the task can be reduced, which unavoidably prolongs the waiting time of the next task. The waiting time is approximately equal to that saved time. Furthermore, if the capacities of every task are expanded simultaneously, the smaller the original capacity of a task, the longer waiting time of the task will reduce. The results of this study can serve as references for cargo terminal operators in improving cargo processing.

**Key Words :** Air Cargo Terminal, Process Delay, Delay Propagation

## 誌謝

首先感謝指導教授許巧鶯老師兩年來以其豐富的學術涵養及對研究的執著，嚴謹地指導我關於研究上的相關知識，並教導我正確的研究態度與方法，因為有許老師耐心的指導，本篇論文才得以順利完成。

此外感謝北交研馮正民老師於期中審查及口試審查均給予我相當寶貴的意見，使本篇論文於觀念、結構上均更趨完善，也感謝系上黃寬丞老師於期中及口試時撥冗審查，給予我許多相當實用的建議。感謝華儲快遞組闕主任相當熱心地提供相關研究所需資料，並在百忙之中撥空詳細解說航空貨運站的各個細部流程，並提供實務上的相關經驗，使我能對航空貨運站的作業流程有更深入的了解；也感謝每次我到機場現場調查，總是先放下自己手邊的事熱心地幫我們打點各種手續、收集資料的趙清成學長，因為有您的幫忙各項資料才得以順利收集完成。

感謝幼屏學姊、志青學長於meeting時根據自己於實務上的經驗所提供給我的各項寶貴意見；感謝研究室的慧潔學姊這兩年來熱心地幫我釐清了研究上的各種大小疑難雜症，以及帶領我們完成了橫渡日月潭的壯舉，還有跳最高的鵬先、很強的大乃、吃很少的大象、為人師表的心玫、棒球迷易呈、要結婚的剛伯、美好、看得出來很有研究潛力的珮青，大家都是我研究所最美好的回憶，希望大家在學校的都能按時順利畢業，當兵的可以很快退伍。

最後，也是最重要的，我要感謝老爸、老媽、老哥、老弟在這兩年來的支持與鼓勵，讓我可以全力專心於課業上，專心致力於論文的研究；還有幸宜陪我在求學的路上一起努力、一起成長。

偉哲 謹識於新竹

# 目錄

第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	3
1.3 研究範圍.....	5
1.4 研究流程與研究架構.....	6
第二章 文獻回顧與探討.....	10
2.1 航空貨運站作業.....	10
2.2 時間延滯相關研究.....	12
2.3 易腐時效性商品相關研究.....	13
2.4 派工法則相關研究.....	15
2.5 小結.....	16
第三章 模式構建.....	18
3.1 航空貨運站進口通關網路之構建.....	18
3.1.1 通關作業基本分析.....	18
3.1.2 通關網路之構建.....	19
3.2 貨物通關時程基本分析.....	26
3.2.1 延滯時間為確定性(deterministic)之時程延滯擴散.....	26
3.2.2 延滯時間為隨機性(stochastic)之時程延滯擴散.....	29
3.3 多航機貨物接續通關時程延滯模式.....	30
3.3.1 時程延滯模式.....	31
3.3.2 時程延滯擴散模式.....	41
3.4 貨物通關時間評估演算法.....	47
3.4.1 通關網路基本假設.....	47
3.4.2 演算法.....	50
3.5 貨物延滯時間分析.....	55
3.6 時效性商品之存貨成本.....	61
3.6.1 一般時效性商品之存貨成本.....	61
3.6.2 易腐時效性商品之存貨成本.....	62
第四章 通關時間延滯控制策略.....	65
4.1 改變貨物通關順序.....	65
4.2 增加作業容量.....	67
4.3 改善作業方式.....	67
4.3.1 改善通關網路作業機制.....	68
4.3.2 採用電子資料交換系統(EDI).....	70
4.3.3 倉儲設備自動化.....	71
4.3.4 提領區作業流程之改善.....	72

4.4 易腐時效性商品之腐敗控制.....	73
4.4.1 使用低溫冷藏櫃.....	73
4.4.2 改善貨運站作業減少商品曝露常溫之機會.....	74
第五章 範例分析.....	75
5.1 範例說明.....	76
5.2 求解結果.....	78
5.3 延滯控制策略分析.....	83
5.3.1 改變通關順序.....	83
5.3.2 改善通關作業方式.....	86
第六章 結論與建議.....	92
6.1 結論.....	92
6.2 建議.....	95
參考文獻.....	97
附錄.....	100



## 圖目錄

圖 1.1 研究範圍.....	6
圖 1.2 研究架構圖.....	8
圖 1.3 研究流程.....	9
圖 3.1 自發性延滯、作業延滯示意圖.....	19
圖 3.2 中正機場航空貨運站 C3 類貨物進口通關之物流、資訊流網路圖.....	24
圖 3.3 C3 類貨物進口通關網路圖.....	25
圖 3.4 相鄰作業節點間發生延誤後之時間時間推擠示意圖.....	27
圖 3.5 航空貨運站 C3 類貨物進口通關網路作業分區圖.....	32
圖 3.6 各航機貨物通過作業分區 1 所需時間示意圖.....	33
圖 3.7 航機 2 貨物通過作業分區 2 之起始時間不受推擠.....	34
圖 3.8 航機 2 貨物通過作業分區 2 之起始時間受推擠.....	35
圖 3.9 航機 3 貨物通過作業分區 2 之起始時間不受推擠.....	35
圖 3.10 航機 3 貨物通過作業分區 2 之起始時間受推擠.....	36
圖 3.11 航機 3 貨物通過作業分區 3 之起始時間不受推擠.....	37
圖 3.12 航機 2 貨物通過作業分區 3 之起始時間受推擠.....	38
圖 3.13 通關順序 3 貨物通過作業分區 3 之起始時間不受推擠.....	39
圖 3.14 通關順序 3 貨物通過作業分區 3 之起始時間受推擠.....	40
圖 3.15 航機 1 貨物於作業分區 1 之延滯時間等於航機 2 貨物起始延滯時間.....	42
圖 3.16 航機 2 貨物在作業分區 2 之起始時間不受推擠.....	43
圖 3.17 航機 2 貨物在作業分區 2 之起始時間受航機 1 貨物推擠.....	44
圖 3.18 航機 2 貨物結束延滯時間等於航機 3 貨物之起始延滯時間.....	44
圖 3.19 航機 3 貨物在作業分區 2 之起始時間不受推擠.....	46
圖 3.20 航機 3 貨物在作業分區 2 之起始時間受航機 2 貨物推擠.....	46
圖 3.21 中正機場航空貨運站通關網路圖.....	48
圖 3.22 中正機場航空貨運站之通關網路—各作業分區僅有單工作組.....	48
圖 3.23 中正機場航空貨運站之通關網路—各作業分區有多個工作組.....	49
圖 3.24 通關網路之關係運算子.....	49
圖 3.25 通關網路之關係運算子.....	50
圖 3.26 演算法流程圖.....	54
圖 3.27 航機 2 貨物遭受航機 1 貨物推擠產生之推擠性延滯.....	56
圖 3.28 航機 2 貨物於作業分區 1 之推擠性延滯時間及起始延滯時間.....	57
圖 3.29 航機 2 貨物通過作業分區 2 之起始時間受推擠.....	58
圖 3.30 航機 2 貨物於作業分區 2 之推擠性延滯時間及起始延滯時間.....	58
圖 3.31 作業時間縮短與推擠性延滯時間、起始延滯時間縮短之關係.....	60
圖 3.32 航空貨運站通關網路考慮環境品溫變化之作業分區.....	64
圖 4.1 新加坡樟宜機場海關預檢系統 PCS 通關作業流程圖.....	69



圖 5.1 各航班貨物於各項作業之平均等待時間.....	78
圖 5.2 各航班貨物於各作業工作組 1 之總推擠性延滯時間及總起始延滯時間...	79
圖 5.3 推擠性延滯時間及起始延滯時間佔等待時間之比例.....	81
圖 5.4 總起始延滯時間與工作組數之關係.....	81
圖 5.5 CPA-564 貨物於卸機作業之平均推擠性延滯時間及平均起始延滯時間....	82
圖 5.6 CPA-564 貨物於繳納作業之平均推擠性延滯時間及平均起始延滯時間....	83
圖 5.7 各航班平均每項貨物降低之存貨成本.....	84
圖 5.8 拆理點收作業之作業容量提升後所有航班貨物之平均等待時間變化.....	87
圖 5.9 作業容量提升後所有航班貨物於各項作業工作組 1 之等待時間和.....	90
圖 5.10 貨物於各項作業降低之總等待時間與工作組數倒數之關係.....	91



## 表目錄

表 3.1 貨物通關方式之分類.....	20
表 5.1 作業分區包含工作組數及每工作組作業容量設定.....	76
表 5.2 航機基本資料.....	76
表 5.3 易腐時效性商品特性相關資料.....	77
表 5.4 各作業分區之環境品溫.....	77
表 5.5 通過各作業分區工作組 1 貨物之總推擠性延滯時間及總起始延滯時間...	80
表 5.6 改變通關順序後各航機貨物存貨成本之變化.....	85
表 5.7 拆理點收作業之作業容量提升後所有航班貨物之平均等待時間變化.....	87
表 5.8 作業分區改善作業容量對其他作業分區平均等待時間之影響.....	88
表 5.9 原作業方式下貨物於各作業中工作組 1 之等待時間和.....	89
表 5.10 改善作業方式後貨物於各作業中工作組 1 之等待時間和.....	89



## 符號說明

符號	意 義
$I_i$	第 i 項作業之作業時間
$r_i$	第 i 項作業之緩衝時間
$T_i^s$	第 i 項作業之起始時間
$t_i^d$	第 i 項作業之起始延滯時間
$T_{iD}^s$	第 i 項作業之實際起始時間
$t_i^M$	第 i 項作業產生之自發性延滯時間
$t_i^P$	第 i+1 項作業受第 i 項作業推擠之推擠性延滯時間
$t_b^{PS}$	環節 b 結束時之延滯時間
$t_{total}^P$	單項貨物之進口通關作業之總延滯時間
$Z_j$	通關網路中並聯組 j 之環節組成之集合
$t_0$	航機抵達到送出艙單之間的傳送延滯時間
$v_{i,j}$	若環節 i 屬於並聯組 j，則 $v_{i,j}=1$ ，否則 $v_{i,j}=0$
$w_i$	若環節 i 為並聯，則 $w_i=1$ ，否則 $w_i=0$
$\tilde{t}_i^M$	自發性延滯之隨機變數
$U_i$	第 i 項作業之延滯機率密度函數
$m_i$	第 i 項作業之機率密度函數參數
$g_i$	第 i 項作業發生自發性延滯的機率
$I_0$	商品所設定之最長通關時間預設值
$\bar{t}_i^{-P}$	第 i 項作業對第 i+1 項作業的推擠性平均延滯時間
$\bar{I}_i^{-d}$	第 i 項作業之平均作業延滯時間
$\bar{t}_{i+1}^{-d}$	第 i+1 項作業平均起始延滯時間
u	作業分區
q	航機
$t_{q,u}$	航機 q 之貨物通過作業分區 u 所需時間

$I_{q,u}$	航機 q 貨物通過作業分區 u 所需時間
$r_{q,u}$	航機 q 貨物通過作業分區 u 之緩衝時間
$S_{q,q+1}$	航機 q 與接續航班航機 q+1 之班距
$t_{total}^q$	航機 q 貨物通過航空貨運站所需時間
$t_{q,u}^M$	航機 q 貨物於作業分區 u 之自發性延滯時間
$t_{q,u}^P$	航機 q 貨物在作業分區 u 結束時所產生之延滯時間
$I_{q,u}^d$	航機 q 貨物於作業分區 u 之作業延滯時間
$t_{q,u}^d$	航機 q 貨物於作業分區 u 之起始延滯時間
N	航空貨運站通關網路中所有作業分區的工作組所組成之集合
A	所有工作組間之節線所組成的集合
s	貨物於通關網路之起始節點
$S_c(j)$	貨物 c 由起點 s 到節點 j 間路徑經過節點之集合
$I_c(j)$	貨物 c 由起點 s 到節點 j 之間之累積通關時間
j	通關網路中之作業節點
C	所有貨物組成之集合
$N_j$	可直接連接節點 j 之節點所組成之子集合
k	$N_j$ 中等待時間最短之工作組
$x_c$	貨物 c 通關順序
$I_c^d(k'_i)$	貨物 c 在所需時間最長之路徑 $k'_i$ 中作業節點 i 的作業延滯時間
$S_c$	貨物 c 之通關路徑
$I_c$	貨物 c 之累積通關時間
$T_{q,u}^E$	航機 q 最後一項離開該工作組之貨物的離開時點

$T_{q,x,u}^A$	航機 q 貨物中第 x 個被指派至作業分區 u 中該工作組貨物的抵達時點
$T_{q,x,u}^S$	航機 q 貨物中第 x 個被指派至作業分區 u 中該工作組貨物開始作業之 時點
$T_{q,x,u}^E$	航機 q 貨物中第 x 個被指派至作業分區 u 中該工作組貨物結束作業之 時點
$C_{q,u,z}$	航機 q 之貨物中，於作業分區 u 被指派至工作組 z 之貨物組成集合
$t'_c$	改善作業方式後貨物 c 可節省之作業時間
$T_{q,u}^{E'}$	作業分區 u 改善作業方式後，航機 q 最後一項離開該工作組貨物的離 開時點
$t_{c,u}^*$	貨物 c 通過通關網路中作業分區 u 所需時間
$e_c$	貨物 c 中單位商品之單位時間延滯成本
$N_c$	貨物 c 包含商品數
$W_c$	貨物 c 於貨運站中每單位時間之倉儲成本
$G_c$	貨物 c 之地勤作業成本
$H_u$	作業分區 u 之環境品溫
$P_{c,H_u}(t)$	貨物 c 於作業分區 u 之環境品溫 $H_u$ 中腐敗函數
$l_{c,u}$	貨物 c 於進入作業分區 u 時仍未發生腐敗之商品數量
$v_c$	貨物 c 單位商品價格
$V_{c,u}$	貨物 c 通過作業分區 u 所發生之存貨成本
$V_c$	貨物 c 通過航空貨運站通關網路所發生之總存貨成本
$Q_{c,u-1}$	貨物 c 至作業分區 u 進行指派時已發生之存貨成本
$V_c^D$	貨物 c 之單位延滯時間成本
$v_c^D$	單位商品之單位時間延滯成本
$I_{c,u-1}$	貨物 c 由作業分區 1 到作業分區 u-1 之累積通關時間
$V_{c,u-1}^F$	貨物 c 於作業分區 u 前等待指派時已發生之腐敗成本

$w_c$	貨物 c 總重(噸)
$p_u$	作業分區 u 中每工作組單位時間之作業容量(噸/小時)
$\alpha$	改善作業方式後單位時間作業容量提升倍數
$u_c$	租用低溫冷藏櫃之單位時間設備成本
$t'$	低溫冷藏櫃提供之儲存溫度
$u_e(t')$	低溫冷藏櫃提供 $t'$ 冷藏溫度時之單位時間能源成本
$u_w$	低溫冷藏櫃之單位時間倉儲成本



# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

航空貨運之快速運送特性，不但能有效降低貨物存貨數量，亦可分散貨物倉儲、降低存貨成本、分散生產地點及縮短運輸時間，然而航空運輸亦具有較高之運送成本。基於以上特性，選擇使用航空貨運之貨物大部分為具有以下特點之時效性商品 1.高價值：如高科技產品之原物料、半成品、成品及高單價之電子儀器等。2.生命週期短：如試劑、疫苗、藥品、生技產品等。3.具易腐特性：如花卉、水果、水產類食品等需低溫保存之商品。4.具時間性：如報紙、郵件、時裝等(張有恆，民 87)。由上述可知使用空運之時效性商品之時間價值普遍高於使用一般運輸之貨物，因而若時效性商品於運送過程發生時間延滯，將可能導致貨品原有功能喪失或減低其剩餘價值，並增加貨主、物流業者之存貨成本。根據國際航空運輸協會(IATA)之研究，航空貨物於運送過程中，平均飛行時間僅佔全部運輸時間的 8%，其餘 92%之時間均花費在地面上等待各進出口相關作業單位完成繁瑣之通關作業程序及文件處理，因此可知航空貨運站之作業效率影響航空貨物運送時間甚鉅。而航空貨運站之進出口通關作業中，因通關作業速度過慢，而造成時效性商品於航空貨運站倉儲中存倉時間增加的現象，尤以進口通關作業最為明顯，根據交通部運輸研究所(民 83)報告指出，中正機場航空貨運站之出口及轉運貨物平均存倉時間為兩天，進口貨物之存倉時間則平均高達五天，此與新加坡樟宜機場進口通關全部作業僅需三至四小時相比，存在相當大之差距。

航空貨運站為國際航空貨運中空側(Air Side)與陸側(Land Side)的交接點，為貨物進口作業中的關鍵環節，因航空貨運站進口通關流程中參與作業之相關單位甚多，包括航空公司、承攬業、報關行、航空貨運站、海關、地勤公司等，且進口貨物之通關手續繁瑣，因此若貨物在貨運站中任一作業發生延滯，不但將影響該貨物之接續作業的進行，增加該貨物通關所需時間，亦可能將該延滯擴及航空貨運站其他貨物，延誤其他貨物之通關時程；此外，貨運站中資訊之流通亦為影響貨物通關速度之重要因素，若貨運站內各相關單位之資訊流通型式無法一致，亦將阻礙貨物流通效率之提升。國內航空貨運站資訊流之作業型態部分，海關已於民國 81 年推動貨物通關全面自動化，結合報關行、承攬業、貨運站、航空公司、海關、銀行等通關作業相關單位之電腦連線，藉電子資料交換(Electronic Data Interchange, EDI)傳送貨物之報關訊息，取代以往由人工遞送文書之費時狀況，亦可避免各單位作業時效無法銜接之弊病，並避免資料重複建立及人工檢核費時之狀況。但國內機場在進口貨物報關機制方面，相較於其他先進國家之航空貨運站，例如新加坡樟宜機場採用之海關預檢系統(Previous Clearance System, PCS)，

國內機場之貨物通關作業效率仍有待提升，因此如何改善時效性商品進口通關之物流、資訊流作業機制，以提高進口時效性商品在航空貨運站中的流通效率，降低高價值、具時間性之時效性商品於航空貨運站通關之延滯時間，並降低貨主及物流業者之存貨成本，仍有待進一步的探討。

空運進口之時效性商品，在航空貨運站中自航機抵達停機坪到貨主、物流業者至貨運站提領前之通關過程中，因貨運站中參與作業之相關單位甚多且通關手續繁瑣，商品在貨運站內流通的過程中可能遭逢偶發之臨時事件，例如航班誤點、海關通關查驗、農委會檢疫、貨運站機件發生故障等相關因素，皆可能造成時效性商品無法照既定的時間進行通關作業而引發時間延滯，其中，尤其在海關通關查驗之部分，自 2001 年美國發生 911 恐怖攻擊事件以來，世界各國機場對於客運、貨運之安全檢查均日趨嚴格，且加上近年來各種動植物之流行病盛行，如亞洲各國之禽流感、美國地區之狂牛病等，亦造成海關對於進口貨物之查驗更加嚴格、耗時，也因此大幅提升通關時間之不確定性；此外，若進口之貨物屬於需低溫保存之易腐時效性商品，如花卉、水果、水產類食品，因商品在裝卸、搬運、點收、拆打盤櫃、海關查驗之過程中，必須暫時離開低溫儲存環境，而台灣地區常年氣候炎熱，若此時發生作業延滯，將大幅升高時效性商品品質變化之風險且降低商品剩餘價值。上述通關作業發生延誤之狀況將使貨主或物流業者無法在既定時間內提領進口貨物，而增加時效性商品之存貨成本並降低貨物剩餘價值。

台灣科技產業在全球電子產品供應鏈中扮演相當重要的角色，如廣達、仁寶等筆記型電腦代工大廠，其生產之高科技產品通常具生命週期短之特性，因此國外客戶所下之訂單通常交期固定且時間緊迫，因此國內高科技廠商自國外空運進口生產所需之原物料、半成品亦屬於高價值且具有時間性之高時效性商品，其對時間之延誤相當敏感，因此若高科技業者進口之原物料、半成品於航空貨運站進口通關作業中發生延滯，業者之生產線將可能發生斷料之情況，導致嚴重的生產損失。此外，近年來生物科技產業在全球蓬勃發展，台灣亦將其列為國家重點發展項目之一並大力推動，民國 84 年行政院頒訂「加強生物技術產業推動方案」，明訂生物科技產業為國家重點發展產業，並建立台灣生技產業發展的完整體系。2002 年行政院更將生物科技產業列入「國家四項核心優勢產業」之一，目標在發展台灣成為亞太地區生物技術業的研發、製造與營運中心，同時推動設立亞洲多發性疾病研究及臨床中心、生技及藥物重點量產基地、醫療工程應用及產製中心，以及生技醫藥創投重鎮等。在進口農產品部分，台灣已於 2002 年加入 WTO(World Trade Organization)，進口農產品之關稅將由目前的平均 25% 逐年調降，六年後將調降至原有之一半，非關稅之管制項目亦將逐年解除，現今仍受進口管制之 1,000 多項農產品，入會以後必須完全開放，此一市場開放的結果，外國農產品挾帶價格優勢，必將帶動進口農產品數量逐年成長。因此國內在上述高



科技產業、生技產業之發展及進口農產品數量逐年成長帶動下，空運進口之時效性商品包括高科技業之原物料，及需低溫保存之農產品、生技產品之原料、半成品、成品之數量勢必逐漸成長，因此航空貨運站進口通關作業延滯問題之重要性勢必逐漸提升。

過去僅有少數文獻對於航空貨運站之作業進行研究，且均未考慮進口貨品本身之特性，僅針對貨運站之通關作業流程進行敘述性之探討，黃建榮(民 78)針對中正機場航空貨運站之進出口作業進行個案分析，探討航空貨運站進出口作業壅塞的癥結與解決途徑，謝弦霖(民 86)以存倉時間作為衡量機場進出口作業效率之指標，探討航空貨運站倉儲中貨物停留之時間型態，反應貨物進出口通關所需之作業時間，以及各種不確定因素所造成的時間延滯；探討時間延滯之相關研究則大多為探討交通工具抵達場站誤點延滯之問題，如 Higgins and Kozan(1998)以解析性方法將發生誤點之通勤電車之期望誤點時間以及對網路中其他列車誤點時間之影響量化表示，許巧鶯等(民 92)進一步分析機場航班之時間延滯擴散情形，依據航班誤點之特性探討班機誤點延滯擴散，並分析班機誤點延滯擴散之範圍。具易腐特性之時效性商品之研究，則大多集中於具易腐性之商品的存貨模式及最適經濟批貨模式之探討，如 Ghare and Schrader(1963)、Covert and Philip(1973)，Hariga(1996)；國內則有少部分文獻對於微生物之生長對於具易腐特性之商品品質的影響進行探討，如鄭大青(民 89)、朱中亮(民 91)；綜上，過去僅有少數文獻對於航空貨運站通關作業進行探討，然皆未對通關作業中因遭遇偶發臨時事件所發生之時間延滯，及時間延滯對通關貨物可能造成之存貨成本等重要特性構建數學模式進行分析。故本研究擬針對航空貨運站之進口作業時程延滯問題做進一步之探討，分析時效性商品於通關作業時程延滯下所造成之貨主、物流業者之相關存貨成本。繼而，就各種延滯狀況擬定延滯控制策略，以提升時效性商品於航空貨運站進口通關作業之流通效率，並降低貨主或物流業者之各項相關存貨成本。研究結果可提供航空貨運站作為改善進口通關流程時之參考。

## 1.2 研究目的

以往文獻對於航空貨運站作業流程之研究均未考慮貨品之特性，僅探討航空貨運站進口作業流程中可能發生時間延滯之癥結所在並擬定解決方法，此外，亦無建立數學模式對通關流程中可能造成延滯之原因、延滯之擴散範圍、可能造成之相關存貨成本進行深入探討。本研究首先以解析性之方法，分析各航機之貨物於航空貨運站進口通關網路流動之時程，並構建時程延滯模式，由主要變數間之關係探討各航機貨物間造成延滯之原因，以及延滯之擴散情形。繼而，探討進口通關網路遭遇偶發性臨時事件所產生之時程延滯，對於各航機之貨物於通關網路中流動時程之影響，並構建時程延滯擴散模式，進一步深入探討單項貨物於通關網路中流動之時程，構建貨物通關時間評估演算法，並結合時程延滯模式與貨物

通關時間評估演算法以分析造成時程延滯之因素；進一步，藉由分析各項進口通關作業之特性，就各種進口通關之時程延滯狀況擬定延滯控制策略，藉由改善航空貨運站之進口作業方式，以提升航空貨運站之進口通關作業效率，並減少貨主、物流業者之存貨成本。本研究之具體目的如下：

1. 構建各航機之貨物於航空貨運站進口通關之時程延滯模式。本研究以解析性方法，分析各航機空運進口之時效性商品，自航機卸機到貨主或物流業者提領貨物出航空貨運站之間，貨品之物流、資訊流於航空貨運站進口通關網路流動過程之時程關係，並構建時程延滯模式，以瞭解通關作業流程中延滯產生之原因與延滯擴散之情形。
2. 分析偶發性臨時事件所造成之時間延滯於航空貨運站作業網路中擴散範圍。航空貨運站進口通關作業相關單位甚多，且通關手續繁瑣，若貨品在貨運站通關過程之任一環節發生臨時事件，不但將影響該貨物之接續作業的進行，增加該貨物完成通關所需時間，該延滯亦可能擴散並影響航空貨運站其他貨物之通關作業時程。因此本研究擬構建各航機貨物遭遇偶發性臨時事件下之時程延滯擴散模式，以分析時程延滯於進口通關作業網路中可能之擴散範圍。
3. 構建貨物通關時間評估演算法。深入分析各項貨物於通關網路之流動時程，構建貨物通關時間評估演算法，並進一步結合時程延滯模式與貨物通關時間評估演算法，以釐清各項貨物於各作業中造成時程延滯之因素。
4. 分析時效性商品於航空貨運站之存貨成本。時效性商品在航空貨運站進口通關作業中，若因遭受其它貨物之推擠而產生延滯，或遭遇偶發性臨時事件而產生延滯，都將使時效性商品通過航空貨運站所需時間變長，而因為時效性商品對時間延滯敏感之特性，若通關時間增加將提高貨主之存貨成本；若為易腐時效性商品則亦將造成貨主、物流業者之腐敗成本。
5. 針對各種時程延滯狀況擬定延滯控制策略。分析航空貨運站進口通關作業網路中可能發生之延滯情形，探討可能造成延滯之作業的特性，針對各作業分區擬定可行之延滯控制策略，藉由改善航空貨運站進口貨物之物流、資訊流作業機制，以縮短時效性商品通過貨運站所需時間，降低貨主或物流業者之存貨成本。
6. 以中正機場航空貨運站之時效性商品進口通關作業為例進行範例分析。探討進口時效性商品於航空貨運站通關作業之時程，以說明本研究構建之模式在

實務上之應用，並分析航空貨運站通關作業中可能存在之瓶頸作業，及貨物於通關過程中產生之各項存貨成本。此外並分析通關過程中環境品溫的改變對易腐時效性商品之品質的影響，及商品失效造成之腐敗成本。

7. 進行敏感度分析。針對航空貨運站中各作業單位之作業方式之變動，及作業人力配置之改變進行探討，分析航空貨運站中各項作業之作業容量變動對貨物通關時間之影響，結果可作為航空貨運站擬定進口通關作業流程之參考。

### 1.3 研究範圍

空運進口之時效性商品在航空貨運站之通關流程中，自航機在停機坪卸機到貨主或代理人提領貨物出航空貨運站之間，需經過一連串之通關作業流程，包括卸機、拆理、點收、進存、驗貨、檢疫、提貨等，而時效性商品在移動過程中必須經過機坪、貨物交接區、貨物拆理區、航空貨運站倉儲、驗貨區、提領區等地點。本研究探討通關作業之物流、資訊流於各作業單位間之流動，構建中正機場航空貨運站貨物之進口通關網路，探討時效性商品於航空貨運站中自航機抵達貨運站停機坪開始，至貨主或代理人提領貨物出航空貨運站為止，如圖 1.1 所示，於貨運站內通關過程中所需時間，構建貨物進口通關之時程延滯模式，並探討因時間延滯所造成之各項存貨成本，包括貨主之銷售損失、生產損失。此外，空運貨物之進口通關方式依貨主於海關之信用紀錄及進口貨物特性不同而有所差異，本研究所探討之進口通關流程為目前所有通關方式中最繁複且最具代表性之 C3 類貨物進口通關流程；快遞貨物部分則因目前相關法規嚴格，例如每件毛重不得超過 32 公斤、每次數量不得逾 60 件、單批合計金額不得超過 2 萬美元等相關限制，造成商品規模太小，因此與本研究設定之研究對象，廠商所進口高價值之大宗時效性商品並不相符，因此快遞貨物並不在本研究之範圍內；而機邊驗放之進口貨物，因海關規定僅適用於活體動物、植物、有時間性之新聞資料等物品，其對象較為侷限，因此亦不在本研究範圍之內。

易腐時效性商品部分，因溫度為影響此類商品中微生物生長之最主要因素，根據食品衛生法規，冷凍食品之中心溫度必須保持在 $-18^{\circ}\text{C}$ 以下，因此商品在此狀態下，可完全抑制微生物之生長，保存期限較長腐敗現象並不明顯；而冷藏食品之中心溫度僅須保持在 $7^{\circ}\text{C}$ 以下，在此狀態下商品之品溫雖然不高於 $7^{\circ}\text{C}$ ，但許多微生物包括病原菌等都尚能繁殖，因此在商品流通的過程當中將發生明顯之腐敗現象。本研究以冷藏之易腐時效性商品為研究對象，以反應商品之易腐特性於航空貨運站通關過程中因時程延滯及環境品溫變化對商品品質之影響，及貨主、物流業者額外產生之腐敗成本。

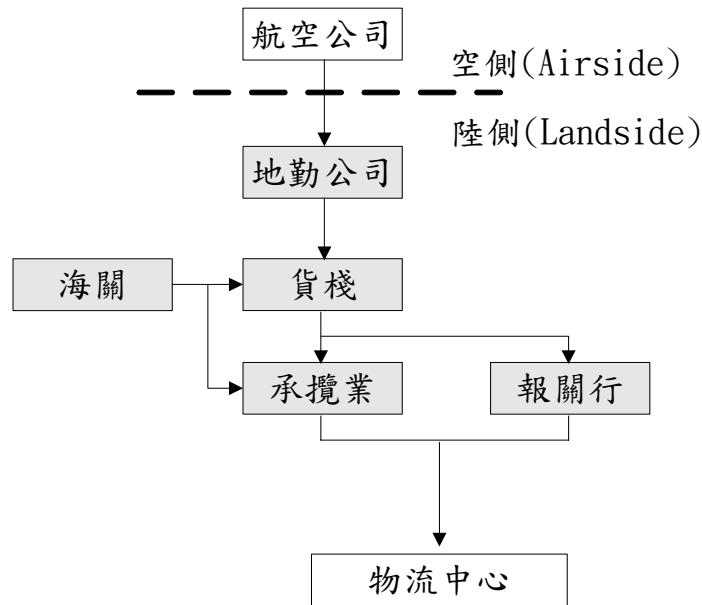


圖 1.1 研究範圍

#### 1.4 研究流程與研究架構

本研究首先針對研究問題做深入瞭解，透過相關學術文獻及實務報告之回顧，確定本研究之研究背景、動機，以及定位本研究學術與實務應用之價值與貢獻，而後擬定本研究之研究方法及研究架構。首先根據實務上之作業情形構建中正機場航空貨運站之進口通關網路，將時效性商品於通關流程中的每項作業均視節點，而貨物則為實物流在通關網路上隨著時間流動，貨物之倉單訊息為資訊流在各作業相關單位間流動，以及航空貨運站的工作人員所組成的人流在不同作業地點間移動。

繼而進行貨物通關時程之基本分析，探討單項貨物通關之時程延滯情形，假設航空貨運站通關網路中每一作業節點均有固定之起始時間，並將自發性延滯時間以確定性(deterministic)考慮，分析單項時效性商品於通關網路流動過程中，遭遇偶發性臨時事件之時程延滯情形，及時程延滯在作業網路中之可能擴散範圍。進一步，考慮自發性延滯發生之機率，將模式中的自發性延滯以隨機變數考慮，分析自發性延滯所造成之時程延滯於網路上之擴散範圍，並構建延滯時間為隨機性之通關時程延滯模式。繼而，根據航空貨運站進口通關網路中各項作業之作業特性、作業時間與作業地點，將航空貨運站進口通關網路劃分為6個作業分區，如圖 3.5 所示，並根據已傳送至航空貨運站之航機倉單訊息，各航機貨物之商品數量、特性已知情況下，各航機之貨物於每個作業分區中之所需作業時間與緩衝時間均為已知，但因航空貨運站作業容量有限，可能將因推擠而產生時程延滯，本研究擬分析上述因推擠產生之時程延滯情形，並構建多航機貨物接續通關之時

程延滯模式；繼而，考慮自發性延誤發生之情況，探討時間延滯於通關網路中之擴散情形與擴散範圍，以構建時程延滯擴散模式。進一步構建貨物通關時間評估演算法，深入分析各項貨物於通關網路之流動時程，並進一步結合時程延滯模式與貨物通關時間評估演算法，以釐清各項貨物於各作業中造成時程延滯之因素。

在易腐時效性商品部分，延續上述之時程延滯模式，並考慮通關網路中各作業地點環境品溫之不同，重新劃分航空貨運站之作業分區，進一步透過商品在不同環境品溫下之腐敗函數，分析環境品溫變化對易腐時效性商品品質之影響，並求出航空貨運站進口通關流程中因時程延滯及品溫變化造成易腐時效性商品失效的機率，及貨主、物流業者之腐敗成本。

延滯控制策略部分，本研究擬分析航空貨運站通關作業中物流、資訊流於通關網路中之特性，就各種延滯狀況探討可行之延滯控制策略，例如參考工業工程領域的派工法則擬定通關順序法則，藉以決定貨物於航空貨運站通關之優先順序；此外並對現有通關網路之作業機制進行改善等，以提升時效性商品於航空貨運站進口通關作業中之流通效率，以降低貨主之存貨成本。本研究所構建時效性商品通關之時程模式，可分析時程延滯所造成貨主、物流業者之各項存貨成本，並釐清貨物在通關過程中的各項不確定因素對時效性商品通關時程之影響。最後透過範例分析，求解貨物通關過程中產生之存貨成本並證實本研究提出模式之可行性；此外，透過敏感度分析，以探討航空貨運站中各項作業的作業容量變動對貨物通關時間之影響，研究結果可提供航空貨運站作為改善進口通關作業流程時之參考。

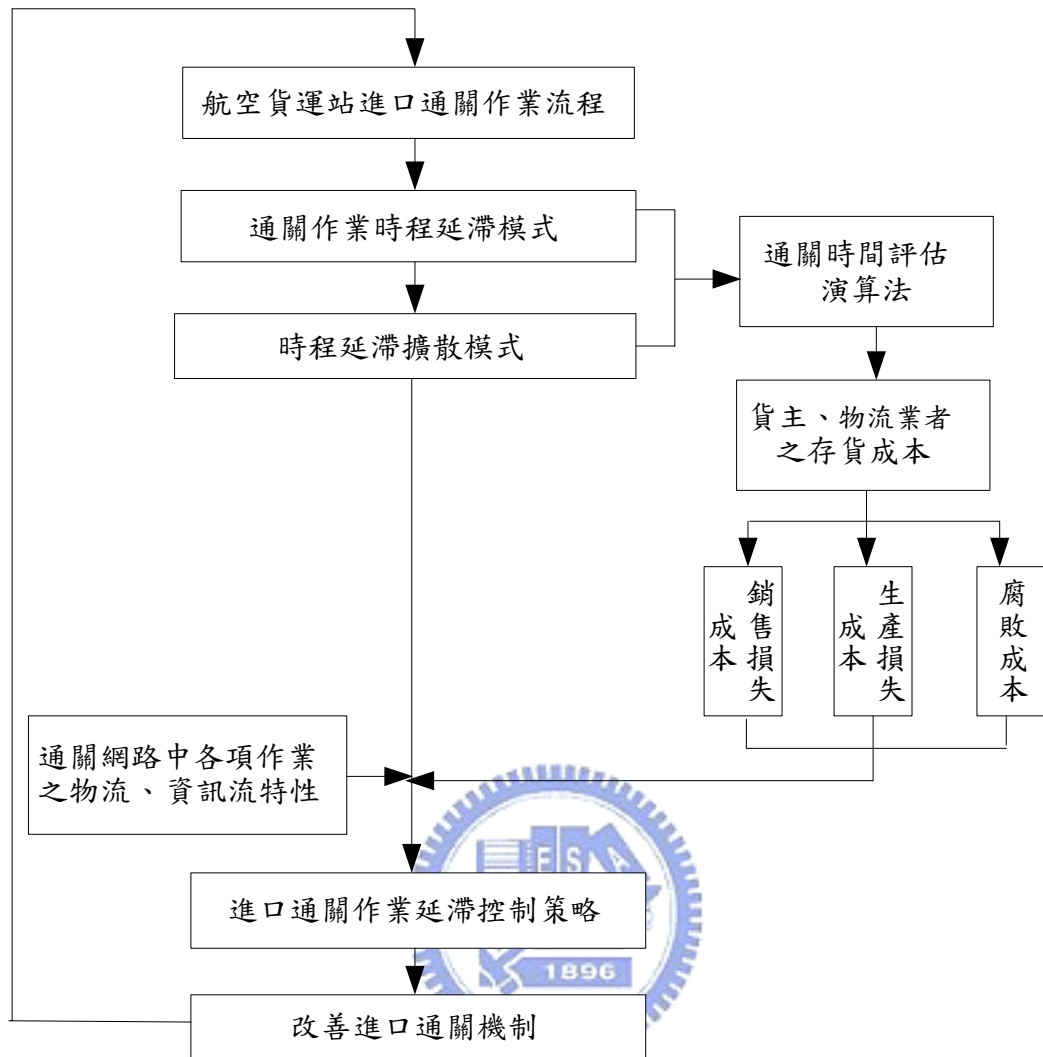


圖 1.2 研究架構圖

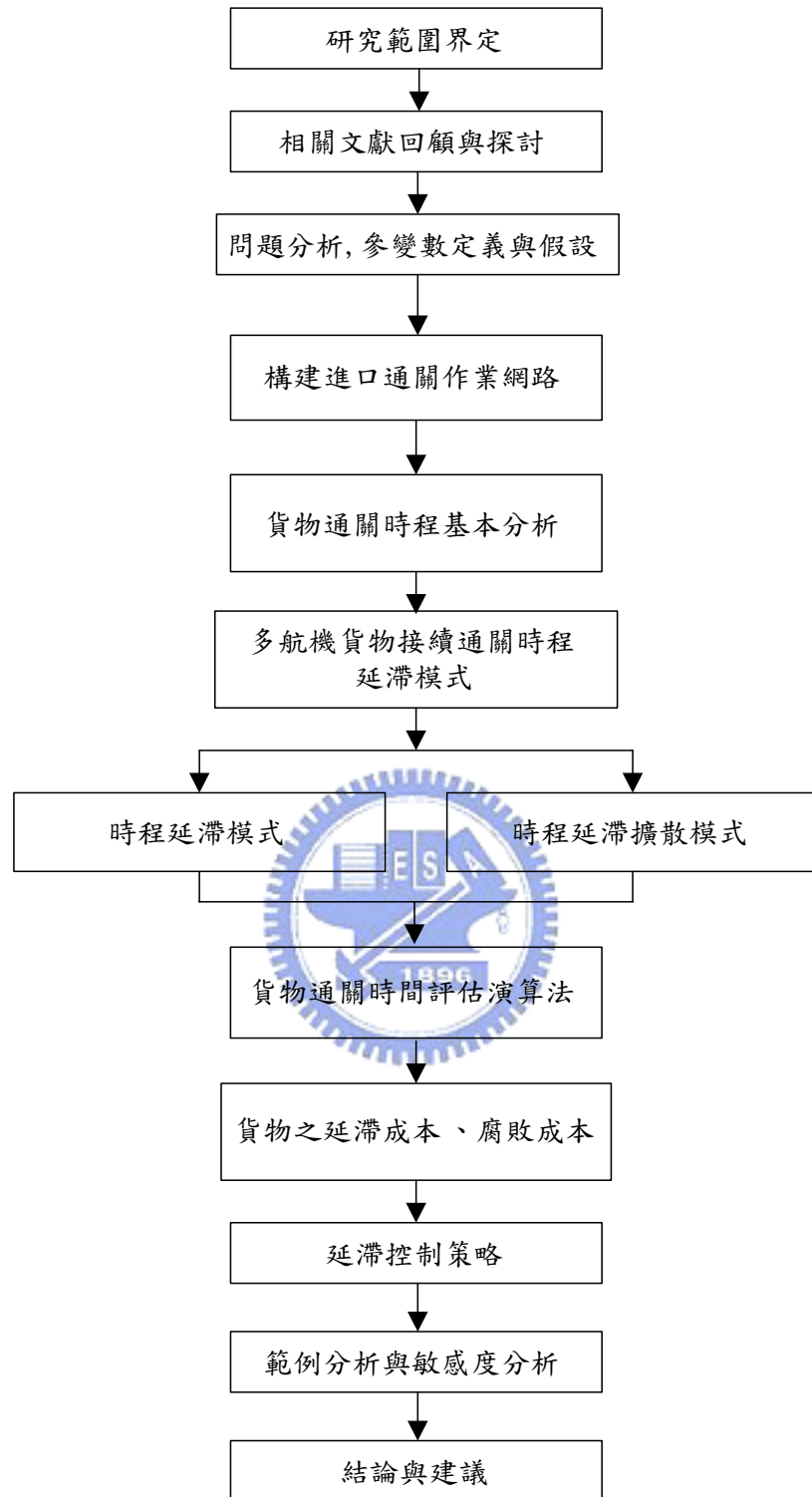


圖 1.3 研究流程

## 第二章 文獻回顧與探討

本研究分析空運進口之时效性商品於航空貨運站通關過程中，貨物因彼此間推擠及遭遇偶發性臨時事件情況下，所造成之時程延滯於航空貨運站進口通關網路之擴散情形，並分析时效性商品於通關過程所需花費的時間，及所造成之各項存貨成本，包括貨主之銷售損失成本、生產損失成本、腐敗成本。與本研究相關之文獻，可分為航空貨運站作業相關研究、時間誤點延滯問題、易腐时效性商品、派工法則四類，故本章針對此四類文獻進行回顧。

### 2.1 航空貨運站作業

過去僅有少數文獻對於航空貨運站之進口通關作業進行探討，如黃建榮(民 78)、交通部運研所(民 83)，但皆未構建數學模式，針對通關作業中貨物可能因為彼此間推擠或因遭遇偶發臨時事件所造成之時程延滯，及時程延滯對其餘貨物之通關時程可能造成之擴散等重要特性進行分析。空運進口之貨物經由航機運輸運送至機場時，均須經由地勤公司、航空貨運站進行貨物之裝卸、拆理、通關等多項作業，因航空貨運站為國際航空貨運流程中空側與陸側的交接點，且參與作業之相關單位甚多，包括航空公司、承攬業、報關行、航空貨運站、海關、地勤公司等，此外政府當局為防杜走私、課徵稅捐、維護國家安全，通關作業過程也相當繁瑣，根據國際航空運輸協會(IATA)之研究，航空貨物平均飛行時間僅佔全部運輸時間的 8%，其餘 92%之時間均花費在地面上等待各進出口相關作業單位完成繁瑣之通關作業程序及通關文件處理。因此若貨物在通關之流通過程中發生延滯，不但將影響本身之通關所需時間，也將連帶影響貨運站中其餘貨物之通關速度，造成貨主或物流業者提領時間之延誤，並降低时效性商品之剩餘價值，增加貨主之存貨成本、腐敗成本，因此可知航空貨運站於航空運輸中所扮演之關鍵地位。

張有恆(民 87)指出航空貨運站具有轉換、分類、儲存及資訊處理四種功能(1)轉換(Conversion)：由於航空貨運站為航空陸側(Landside)與空側(Airside)作業之交接處，經此將貨物由地面運輸轉換為航空運輸；或將航空運輸轉換為地面運輸。(2)分類(Sorting)：貨運站將到站貨物依其種類及目的地加以分類，以便進存或轉換。(3)儲放(Storage)：由於航空貨運站陸側與空側之作業速度不同，加上貨運站作業需配合班機時刻及其他相關作業如海關查驗貨物、農委會檢疫之作業時間，因此航空貨運站必須具有儲存貨物之空間及功能。(4)資訊處理(Facilitation and Documentation)：資訊化為企業經營之趨勢，為加速貨運站進出口行政作業效率及配合國際資訊之傳輸，貨運站必須具備處理貨物相關資訊之能力。

航空貨運站為國際航空貨運中空側與陸側之交接點，並為進口貨物通關之關



鍵之環節，且航空貨運站進口通關流程中參與作業之相關單位甚多，跟據林信得(民 86)之整理，國際航空貨運之相關作業單位包括：(1)航空貨運承攬業(Air Cargo Forwarder)：業務範圍包括進口貨運、出口貨運、轉口貨運，以及航空貨櫃的陸路運輸，亦有同時兼營報關業務。承攬業的業務內容為辦理航空貨運的集運(Consolidation)，即將不同託運人交運之貨物，一次交付航空公司承運出口，或將航空公司運達之貨物分別送交付不同的貨主進口。承攬業者在整個航空貨物運輸過程中的角色可說是航空貨物在陸側(Land Side)的接駁運輸者。(2)地勤公司(Ground Service)：地勤作業為機場整體作業中重要的一環，與貨物運輸相關的工作項目包括引導航機到離機場及對行李、貨物及郵件的託運、上下機裝卸及機邊打盤、裝櫃等。(3)貨棧(Warehouse)：為航空貨物運送過程中陸空運輸之中繼站，係指經海關核准登記，專供儲存未完成海關放行手續之進出口、或轉口貨物之場所，其提供的功能有：理貨、通關、儲存及驗放等綜合性作業。(4)海關(Customs)：政府對貨物出入機場或港口之管制單位，其主要業務為緝私、緝毒，並對貨物課徵關稅，以充實國庫、保護國內產業。海關之主要職責為對進口貨物稽徵關稅、查緝走私及協助執行貿易及外匯管理法令。(5)報關行(Customs Broker)：報關行係指受進出口商之委託，代理進口商或出口商，到海關辦理進出口通關手續，待完成通關手續後，將進口貨物提領交給進口商的一種服務業。報關行之業務內容為代理貨主辦理進、出口貨物之報關手續包括繕打報單、遞送報單、申請驗貨、領取貨樣、會同查驗貨物、簽證查驗結果、繳納應完稅捐及規費、提領放行之貨物、接受海關通知文件等。(6)航空公司(Airline)：航空公司的主要職則為負擔航空貨物在空側(Air Side)的運輸作業，並將艙單之貨物訊息傳送至航空貨運站。

航空貨運站通關作業因牽涉單位廣泛，且作業繁瑣，因此影響通關效率之因素甚多，張有恆(民 87)指出影響航空貨運站貨物處理作業能量之因素範圍涵蓋硬體設施及作業流程等方面，主要包括以下三點：(1)貨運站通關作業流程：貨物通關之流程與規定應盡量簡單化、合理化，例如先進國家已實施之貨物預先報關制度，採用電子艙單代替進口報單，在貨物入關前即展開報關作業，此措施對於增進貨物通關之速度將有相當大之助益。此外，航空貨運站倉儲作業自動化之程度亦為影響貨物通關速度之主因，應提高貨運站倉儲自動化作業之比例，減少勞力搬運，以提升作業效率。(2)海關作業：對空運貨物之作業流程而言，海關之作業方式對於貨物之流通速度影響甚鉅。海關作業對空運貨運通關速度之影響，可依海關對貨物查驗之態度、海關之相關法令、海關作業時間及資訊處理方式等分別說明。海關對進出口之業者，應依其以往通關紀錄，建立等級制度，對紀錄優良之業者，給予免驗通關或抽驗待遇，如此可大量精簡作業時間。(3)貨物資訊之傳輸與簡化：由於貨物在運送過程中，必須有相關資訊配合，才能有效率地流通。因此，為使貨物快速流通，目前各航空公司及各相關單位，如貨主、承攬業、報關行及海關，應採用電子資料交換(Electronic Data Interchange, EDI)傳輸貨物相關資料，以掌握貨物的流向，避免貨物運送之延誤與遺失。

過去僅有少數文獻對於航空貨運站之作業流程進行探討，李繼林(民 71)以企業儲運的觀點探討航空貨運在企業經營上帶來的成本與效益，該研究認為未來產品將具有高價值、低生命週期之特點，因此航空運輸創造的時間價值可降低整體實體分配之成本。此研究由貨主的角度對航空公司、航空貨運站與報關行提出若干建議，包括航空公司應以 EDI 追蹤貨物、提高服務水準；貨運站則必須採用自動化搬運設備，提高搬運效率，減少貨物損害之機率；航空貨運承攬業宜合併以擴大規模，以提升服務效率。黃建榮(民 78)進一步針對中正機場航空貨運站之進出口作業進行個案分析，探討航空貨運站進出口作業壅塞的癥結與解決途徑，以系統的觀點定位貨運站的角色與經營目標，並由系統目標與實際情況的差距探討貨運站主要的三個問題分別為倉儲容量不足、作業效率不佳、作業繁雜，並提出解決貨運站問題的三個主要方向為技術提昇、開放民營、成立航空貨運集散站以轉移部分貨量。

交通部運研所(民 83)之研究報告指出，海關通關之規定應再做合理化與簡單化之修改，例如採用先進國家已實施的貨物預先報關制度，並採用電子倉單代替進口報單，在貨物入關前即展開清關作業，以加快貨物通關之流通速度。並指出有效率的航空貨運站，其作業流程未必為複雜先進的特殊設計，簡化之流程與有效率的作業才是經營之關鍵因素。以新加坡樟宜機場為例，普通進口貨物，透過海關預檢系統 PCS(Previous Clearance System)，至多僅需 3~4 小時即可完成所有通關作業，因此貨運站內多數空間均作為分檢區域與拆打盤櫃之用，倉儲空間之需求極少，與中正機場進口貨物存倉天數約 5~6 日相比，其中可見兩機場貨運站通關作業效率之差異。

過去文獻亦從貨運站存倉作業探討進口通關作業之效率，如 Oudheusden and Boey(1994)指出目前關於貨運站倉儲自動化之文獻有限，並針對貨運站之作業特性，以模擬方式求取最佳之系統設計，最後並對航空貨運站之倉儲自動化提出具體之建議。謝弦霖(民 86)認為存倉時間為衡量機場進出口作業效率之重要指標，航空貨運站倉儲中貨物停留之時間型態，能反應航空貨運站貨物進出口通關所需之作業時間，以及各種不確定因素所造成的時間延滯；並將航空貨運站倉儲之存倉時間分為總作業時間與非作業時間兩部分，探討可能影響作業時間之因素，以及將貨運站作業流程以網路方式表達，探討目前之作業流程可能存在之瓶頸。

## 2.2 時間延滯相關研究

列車在場站誤點時間延滯之文獻起源於貨運列車於專用軌道上因作業衝突所引發之時間延滯，並假設衝突為隨機發生，如 Chen and Harker(1990)；後續文獻進一步分析都會區通勤電車網路的時間延滯情形，如 Carey and Kwiecinski(1994)以解析性方法探討發生時間延誤之客運列車(Source Delay)對同

一路線且同方向列車之推擠，所造成之推擠性延誤時間，並探討發生延誤後列車所需之總旅行時間。

過去針對運具時間延滯問題探討之研究有 Hall(1985)發展一簡單模式，描述具既定班表之運具抵達場站之延誤情形，且假設運具誤點為隨機發生之狀況。模式並假設運具之延誤時間分佈為指數分配時，求解班表中運具抵達場站之最佳緩衝時間。此模式僅與運具之平均延誤時間及班距有關。最後指出當班距與平均延誤時間之間存在相關性時，整合運具抵達與離開場站之時間也愈加重要。進一步，Talley and Backer(1987)指出固定路線之運具抵達場站之早到或晚到的時間分配皆可以指數分配表示，此模式可計算場站中班車抵達時間提早超過 x 分鐘或延誤超過 y 分鐘之班車比例，即計算班車無法準點之機率，此模式對於班車是否準點的判別標準上並可做彈性調整。

運具時間延滯對服務水準造成之影響方面有胡思繼(1996)指出為達到高品質之鐵路運輸服務，營運者應強調鐵路運輸列車之準點性，並對區段間運行之列車之單層次及高層次列車晚點傳播之過程及傳播之規律進行探討，定義列車後效晚點時間、列車運轉所需之緩衝時間、及列車運轉準點服務指標等，並推導相關公式，研究結果可提供作為衡量鐵路運輸服務品質之指標。另外，Higgins and Kozan(1998)指出都會區通勤電車之準點可靠度是影響使用者滿意度及市場佔有率之關鍵指標，單一系列車在尖峰時間所造成之時間延滯將對班表上其他列車之準點率造成極大的影響，此研究以解析性方法將個別通勤電車之期望誤點時間以及對網路中其他列車誤點時間之影響量化表示，並將列車之誤點延滯分為三類 1. 自發性延滯(direct delay to train)2.推擠性延滯(knock-on delays to other trains)3.關連性延滯(delays at scheduled connections)。研究結果可應用在列車抵達場站最佳緩衝時間之推估，以及評估減少列車延誤之策略。

許巧鶯等(民 92)將時間延滯之概念延伸至航空客運場站，依據航班誤點之特性探討班機誤點延滯擴散情形，並分析班機誤點延滯擴散之範圍。繼而，在不影響既定飛航排程下，並由誤點延滯擴散所增加成本及時間兩方面加以衡量，提出縮小班機誤點延滯擴散影響範圍之誤點控制策略，並重新規劃航班最適緩衝時間。

### 2.3 易腐時效性商品相關研究

根據 Raafat(1991)之定義，衰退(Decay)或腐敗(Deterioration)之定義為「使某物品失去原有功能之過程」，例如(1)腐壞(Spoilage)：如食品、水果、蔬菜之腐化。(2)物理消耗(Physical Depletion)：例如揮發性液體汽油、酒精之蒸散。(3)衰退(Decay)：放射性物質、底片、藥物原有功能之喪失。本研究所探討之易腐時

效性商品即屬於上述分類之第一種具有腐壞特性之空運進口商品。腐敗存貨分析之相關文獻將具腐敗特性之貨品分為兩類(1)所有庫存之商品於同一時間失效，即一過某時間點該商品將不具任何價值，例如具流行性之商品、送報童問題(Newsboy Problem)。(2)庫存商品之功能隨時間之增加而遞減，例如具固定生命週期的血液，或衰退為連續性之放射性物質。

易腐性商品在運輸、貯存過程中，環境品溫之高低與變化將影響商品之品質與安定性(Saguy and Karel, 1980)，因此易腐性商品之生命週期常因運輸、貯存過程中之溫度失控(temperature abuse)而縮短，造成商品提早失效；反之，若易腐性商品在運銷過程中能保持在適當之低溫，則可減緩品質之變化、延長保存期限並提高產品之周轉率；此外，因易腐性商品本身之複雜性，目前相關研究仍無法將影響品質安定性之因子與品質劣化速率以量化之關係表示，相關研究多利用動力學理論以探討溫度與易腐性商品生命週期之關係(黃錦成，張炳陽，民 77)。

過去文獻探討溫度與易腐性商品品質安定性關係之量化方式主要有兩種，一為使用儀器檢測，二是以主觀的感官品評鑑定法(Just Noticeable Difference, JND)判斷；感官評鑑法為美國農業部(USDA)於 1950 年代所研發之測定方法，用來研究冷藏食品對貯存時間、溫度之耐性 T-TT (Time-Temperature Tolerance)(Olson and Dietrich, 1969)，即易腐性商品在不同環境品溫下發生的品質下降具有累積性，暴露在高溫下之時間愈長，品質下降之程度就愈大，利用 T-TT 數據，只須知道易腐性商品在運輸、貯存過程中經歷之時間與環境品溫，即可預測此產品所剩餘之貯存壽命。

微生物之生長為易腐性商品品質劣化之主要原因，而影響微生物生長之因素包括運輸、貯存過程之環境品溫變化、產品本身特性、微生物菌相。若產品儲存溫度不當或運銷過程環境品溫變化過大，都將造成易腐性商品品溫上升，並加速微生物之生長而影響商品品質。鄭大青(民 89)建立一非恆溫條件下微生物生長速率之預測模型，檢測真空食品在冷藏運銷過程中微生物之生長情形，以探討溫度變動對微生物生長之影響。結果顯示在非恆溫狀態下，預測模型中必須加入溫度歷史效應之影響，才能正確地預測非恆溫下微生物之生長曲線。此結果可作為評估冷藏儲運設備溫度控制之優劣及冷藏運銷溫度管理之用。朱中亮(民 91)指出以微生物菌數為指標之易腐性商品，因微生物在低溫不適生長之環境下會出現相當長之生長誘導期(lag phase)，因此數據分析變得相當困難，又不同產品中之微生物菌相差異又大，更加深問題之複雜性，食品研究所測量真空條調理食品在運銷過程中微生物之生長速率報告發現，微生物之生長曲線在 5°C 至 35°C 之間可用 Modified Gompertz 方程式描述，溫度對於生長動力參數之影響則以半對數模型描述，最具良好之相關性。

存貨腐敗問題(Perishable inventory problem)之文獻，起源於血庫之管理問題，Millard(1960)首先將存貨管理模式應用在具腐敗特性之血液庫存管理問題，Elston and Pickrel(1963)進一步應用模擬之方式比較不同血液庫存量與儲存時間之組合，與先進先出(FIFO)與後進先出(LIFO)等策略對血液庫存管理之影響。Ghare and Schrader(1963)對更具經濟價值之易腐性商品存貨模式及最適經濟批貨量(EOQ)做探討，分析易腐性商品之存貨腐敗對於存貨成本及訂購策略之影響，並將腐敗率假設為定值構建最適經濟批貨量模式。Covert and Philp(1973)延伸 Ghare and Schrader 之模式，假設腐敗率為兩參數之韋伯分配(Weibull distribution)，並構建最適經濟批貨模式。Tadikamalla(1978)將易腐性商品之腐敗率分別假設為伽瑪分配及韋伯分配並進行比較，發現雖然伽瑪分配與韋伯分配具有相似之分佈曲線，但兩者之瞬間腐敗率卻存在相當大之差異，因此在估算腐敗存貨成本時需選擇具代表性之分配來描述腐敗率。Hsu and Hung(2003)指出過去對於易腐性商品之研究多集中於易腐性商品存貨模式之探討，假設產品之腐敗率為韋伯分配，探討韋伯分配之參數，並分析存貨為單一產品或多產品、需求為動態或靜態等不同條件下之最適經濟批貨模式。

## 2.4 派工法則相關研究

目前中正機場航空貨運站之進口通關作業中，貨物通關優先順序的決定均為隨機選取之方式，即同一班航機所運送之進口貨物，其貨物通關之優先順序均由作業人員從聯管中心所提供之倉單以隨機之方式選取貨物進行作業，此種作業方式並未考慮貨物所具有之特性，例如貨主之預定提貨時間、商品之價值高低、商品數量、是否為易腐之商品等，因此在此作業方式下，容易造成高時效性商品之貨物進口通關時間產生延滯，而降低產品剩餘價值，增加貨主之銷售損失成本、生產損失成本；若為易腐時效性商品，則容易造成商品之腐敗而增加腐敗成本。因此，本研究擬於延滯控制策略部分，參考工業工程領域關於工廠生產作業決策所使用之派工法則，考慮各項貨物之商品價值、商品數量、易腐程度等特性及貨物之累積通關時間，以發展可適用於空運進口貨物通關優先順序之決策方式，降低高時效性商品於航空貨運站進口通關作業流程中因時間延滯所造成之存貨成本。

Blackstone et al. (1982)定義派工法則(Dispatching Rule, Priority Rule 或 Priority Control)為：「於機台前工單等候列中，選擇下一個加工工單之依據法則。」派工法則依據企業之管理目的，例如最大化產出、最小化工單延遲時間或最小化延遲工單數目等而產生。因此，使用派工法則會造成加工機台之特定績效最佳化，但相對也會使得某些績效不佳；Pierreval et al.(1997)即認為派工法則是經由權衡分析後所得之結果，因此並沒有任何一個派工法則可使全部績效均達到最佳化的目標。傳統派工法則多針對同一時間僅能進行單批加工之機台進行探討，即

每一機台每次只能提供單批工件進行加工，而隨著產業趨勢之發展，可同時容納多批量同時進入加工的加工機台也因應此趨勢產生，因此未來派工法則亦將朝向此方向發展。在良好投料策略的生產系統下，派工法則對系統績效仍有顯著的影響，現場生產過程中常有各種不可預期的偶發臨時事件發生，為降低偶發之臨時事件對系統的影響，管理者需謹慎選擇派工方法(Wein,1988)。

Jackson (1957)依加工順序是否為時間之函數來分類，將派工法則分為兩類：(1)動態式：加工順序會隨時間改變；(2)靜態式：加工順序不隨時間改變。繼而，Baker(1974)考慮決定工件之優先順序時所需的資訊之範圍，將派工法則之分類擴大為四類：(1)靜態(Static)：工件加工順序不隨時間改變；(2)動態(Dynamic)：工件加工順序會隨時間變化而改變；(3)區域性(Local)：優先順序的決定僅以該機台前之等候狀況為依據；(4)全域性(Global)：優先順序的決定需參考其他機台的等候線狀況。Blackstone et al. (1982)進一步將工件之加工時間、交貨時間亦納入考慮，並將派工法則歸納為四類：(1)包含加工時間之法則(Processing Time Driven)：如選擇等候線中加工時間最短的作業(Shortest Processing Time, SPT)；(2)包含交期之法則(Due-Date Driven)：以交期為挑選工作之基準(Earliest Due Date, EDD)，目標為降低延遲時間、延遲工單數等；(3)兼具加工時間及交期相關之法則(Composite Rule)：如依據系統即時狀況來挑選工件(MST)；(4)簡單法則(Simple Rule)：如先進先出法(First In First Out, FIFO)。

## 2.5 小結

時效性商品屬於效用遞減商品，商品本身之效用會隨著時間之累積而產生效用遞減之現象，若為易腐時效性商品則加上環境品溫之因素，在缺乏適當保存溫度下，時效性商品之失效速率將明顯上升，造成更大之存貨成本。綜觀以上各類文獻，皆未對空運進口之時效性商品進行探討，而時效性商品因具有效用隨時間遞減之特性，若航空貨運站進口通關作業流程發生時程延滯，將直接影響商品之剩餘價值，並增加貨主之存貨成本。故本研究擬針對空運進口之時效性商品於航空貨運站進口通關之作業流程中，作業發生時程延滯情況下，延滯時間於通關作業網路中擴散對商品通關時程之影響，進一步，對於易腐時效性商品，並考慮商品在通關過程中環境品溫之改變對商品品質之影響，以解析性方法構建上述情況下時效性商品之通關時程延滯模式，探討時效性商品於通關過程中因貨物彼此間之推擠及遭遇偶發性臨時事件所造成之延滯情形，及貨主因此產生之各項存貨成本。

時效性商品通關時程延滯問題過去研究未曾構建模式深入探討，故本研究在學術貢獻上可補過去文獻之不足，亦期能提供其他相關之學術領域參考。實務上，構建時效性商品通關之時程模式，及分析時程延滯所造成貨主或物流業者之

各項存貨成本，可釐清貨物在通關過程中的各項因素對時效性商品通關時程之影響。最後，透過時程延滯模式及通關時間評估演算法之求解結果與敏感度分析，可協助航空貨運站作為改善通關流程之參考。



## 第三章 模式構建

本研究首先針對進口貨物於航空貨運站之進口通關流程進行分析，以構建航空貨運站進口通關網路，並針對單項貨物於通關網路之作業時程進行基本分析，進一步探討各航機全數貨物於通關過程中可能發生之時程延滯，以構建通關時程延滯模式，及各航機貨物遭遇偶發性臨時事件時之時程延滯擴散模式，繼而發展一通關時間評估演算法以求解貨物通關所需時間，最後結合時程延滯模式與通關時間評估演算法之求解結果，分析進口通關網路中影響作業時程之各項重要因素。

### 3.1 航空貨運站進口通關網路之構建

#### 3.1.1 通關作業基本分析

本研究參考林信得、凌鳳儀(民 86)之航空貨運進口作業流程、陳鴻瀛(民 89)之進口通關步驟，及實地參訪中正機場航空貨運站民營化後成立之華儲股份有限公司之現場作業流程，構建中正機場航空貨運站之進口通關網路。其中將時效性商品在航空貨運站中的每個作業流程均視為一個節點，而進口貨物則視為一實物流在網路上隨著時間流動，艙單訊息則為資訊在各作業單位間流動，以及航空貨運站的工作人員所組成的人流在不同作業地點間移動。進一步，為分析時效性商品於航空貨運站通關網路流動之過程中可能發生之時程延滯以及時程延滯擴散之情形，本研究將上述之航空貨運站通關網路做一轉換，依照各作業節點間的關連性，將各作業節點以節線分為串聯、並聯之關係。

時效性商品在航空貨運站通關網路中，可能遭逢偶發之臨時事件，使商品無法按照既定之時間流程進行作業，而產生時程延滯，導致時效性商品通過航空貨運站所需之時間增加，本研究將航空貨運站通關網路中可能發生之延滯情形分為以下三類：(1)自發性延滯：時效性商品在進口通關作業的過程中，於某項作業開始前可能遭逢臨時之突發事件，導致時效性商品無法按照既定之時間流程開始該項作業，如圖 3.1 所示，其可能原因如天候因素、貨運站機件故障、人員相關因素、前項貨物作業之延滯等。(2)作業延滯：該項作業開始後，因作業本身工作內容發生延滯，導致該項作業所需時間拉長，但未發生作業停擺，如圖 3.1 所示，例如：貨運站設備容量不足、作業人力不足而導致作業所需時間拉長。(3)推擠性延滯：時效性商品在通關網路流動過程中，若某一項作業產生自發性延滯或作業延滯，則下一項作業之起始時間將可能因為前一項作業之延滯而被迫亦發生延滯，進而產生時間延滯擴散。



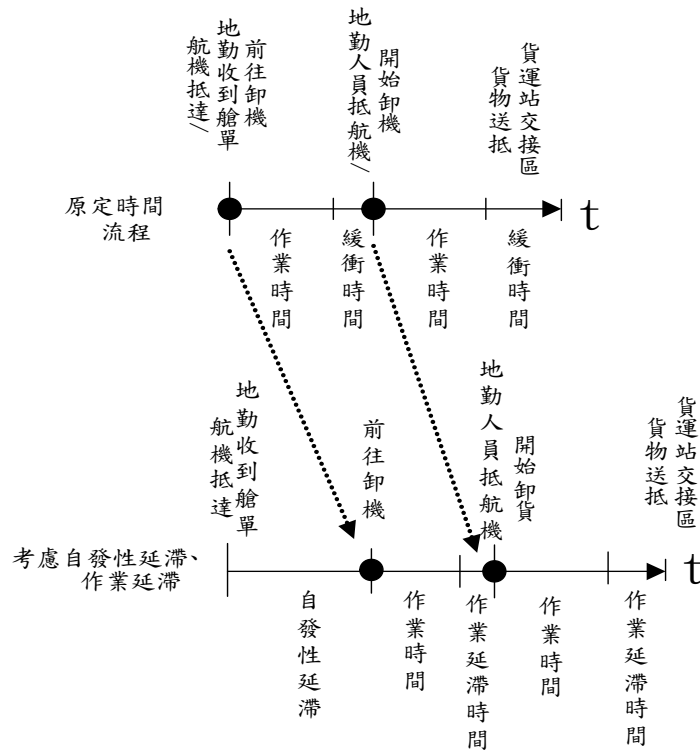


圖 3.1 自發性延滯、作業延滯示意圖

### 3.1.2 通關網路之構建

參考林信得與林鳳儀(民 86)、陳鴻瀛(民 89)之航空貨運進口作業流程，及實地參訪中正機場航空貨運站民營化後成立之華儲股份有限公司之現場作業流程後，構建中正機場航空貨運站進口通關網路，如圖 3.2 所示。此進口通關網路主要由三部分構成，第一部分為時效性商品在貨運站中流動所構成之實物流，第二部份則為時效性商品之倉單訊息於航機、貨運站聯管中心、海關、金資中心及提領區等不同單位之間流動所構成之資訊流。第三部分則是航空貨運站作業人員於不同單位間移動所構成之人流。結合上述實物流、資訊流、人流之作業流程，中正機場航空貨運站 C3 類貨物進口通關網路，如圖 3.2 所示。

為分析時效性商品於航空貨運站中之時程延滯及延滯擴散情形，本研究進一步將航空貨運站之進口通關網路做一轉換，如圖 3.3 所示，將通關網路中每個作業均視為一個節點，並按照各作業間的關連性，以節線將節點分為串聯、並聯之關係，並將同一批時效性商品視為一實物流於通關網路上流動。因此，透過通關網路轉換後之串並聯關係所顯示，可看出若通關網路中某一項作業節點因遭逢臨時事件而引發自發性延滯，或因作業本身發生作業延滯，都將可能連帶造成其他作業產生延滯，即延滯形成擴散，因而使時效性商品通過貨運站之時間增加，延後貨主提領貨物之時間，並增加貨主及物流業者因提貨時間延後而衍生之各項存

貨成本。

海關接受報關行投單後，由電腦進行篩選以決定貨物之通關方式，貨物之通關方式依照貨主過去之通關紀錄及該項貨物之特性分為 C1、C2、C3 三類，如表 3.1 所示，而本研究所探討之時效性商品包含電子零組件、儀器、疫苗、藥品、試劑、農產品等，實務上績優廠商所進口之原物料、儀器通常經海關篩選後以 C1 類貨物通關，即免審免驗通關，其通關作業在三類貨物之通關方式中最為單純、迅速；而易腐時效性商品因其具有不同於一般乾貨之特性，海關、農委會及衛生署等當局相關單位為了保護我國農作物及天然資源免受蟲害及病菌侵害，因此對於易腐時效性商品的進口有較嚴格之管制，所以海關篩選時一般將易腐時效性商品歸類為 C2、C3 兩類，C2 意即須補送主管機關之許可、核准、同意、證明或合格等書面文件，始可通關放行，而 C3 類貨品不但必須補送主管機關之許可、核准、同意、證明或合格等書面文件，還必須通過海關、農委會、衛生署之抽驗、檢疫程序後始可通關放行，因此可知被分類為 C3 類之貨物其進口通關程序最為繁複且具有代表性，因此本研究將以 C3 類貨物通關網路為對象進行分析，C3 類貨物進口通關網路如圖 3.3 所示。

表 3.1 貨物通關方式之分類

報單分類	通關方式
1. C1 免審免驗通關 (No Document Scrutiny & Physical Examination)	貨物核定為 C1 後，免審主管機關許可、核准、同意、證明或合格文件，並免驗，即可放行。
2. C2 文件審核通關 (Document Scrutiny Only)	貨物核定為 C2 後，應於「核列之翌日辦公時間終了前」補送報單，檢附主管機關許可、核准、同意、證明或合格等書面文件及發票等基本必備文件，經審核書面文件後，免驗貨物即可放行。
3. C3 貨物查驗通關 (Document Scrutiny & Physical Examination)	貨物核定為 C3 後，於「核列之翌日辦公時間終了前」補送報單，檢附主管機關許可、核准、同意、證明或合格等書面文件及發票等基本必備文件，經審核書面文件及查驗貨物後，始予以放行。

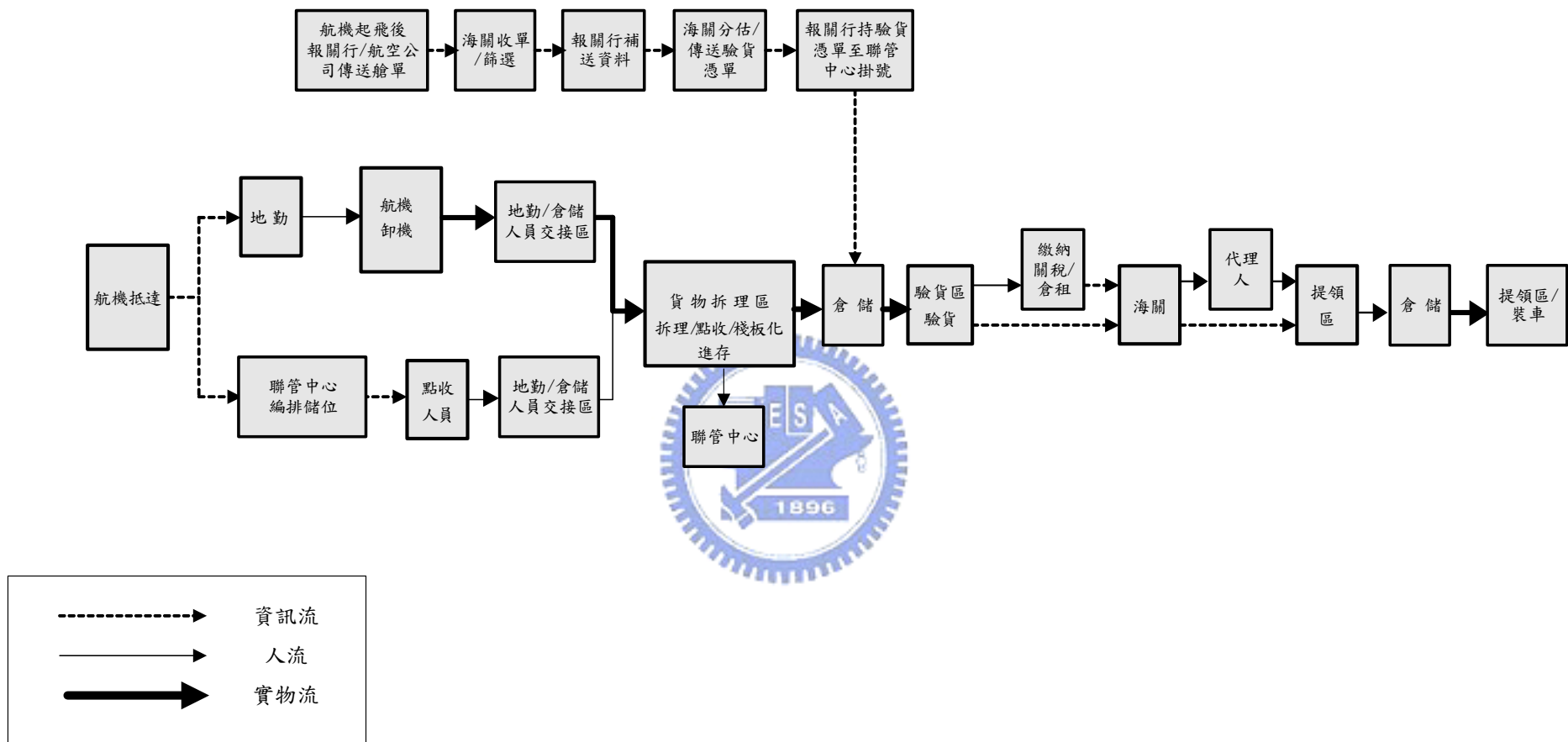


圖 3.2 中正機場航空貨運站 C3 類貨物進口通關之物流、資訊流網路圖(本研究整理)

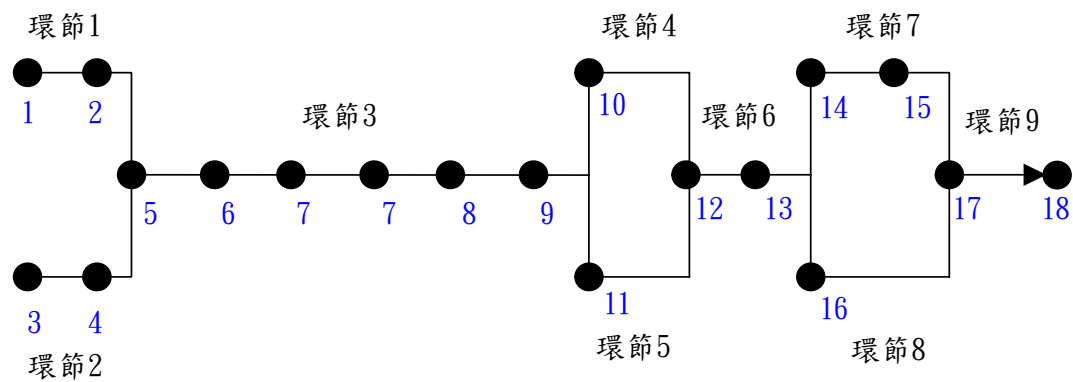


圖 3.3 C3 類貨物進口通關網路圖

- 1.地勤人員收到艙單並前往航機停放之機坪
- 2.地勤人員抵達航機並將貨物卸至交接區
- 3.貨運站資料中心收到艙單並編排儲位，之後將艙單傳送至點收區
- 4.點收區人員收到艙單並前往交接區會同地勤人員
- 5.拆理人員會同點收區人員將貨物由機坪拖入貨物拆理區
- 6.貨物拆理、點收、棧板化並進存倉儲
- 7.倉儲人員取貨至驗貨區待驗
- 8.海關、農委會人員至驗貨區抽驗、檢疫
- 9.海關人員將抽驗、檢疫結果回傳海關
- 10.海關傳送徵稅單據至報關行
- 11.海關傳送徵稅單據至金資中心
- 12.貨主或代理人持單據至金資中心繳交關稅、倉儲使用費
- 13.金資中心將已繳費訊息回傳至海關
- 14.海關傳送放行通知至報關行
- 15.貨主或代理人前往提領區憑放行單據掛號提貨
- 16.海關傳送放行通知至提領區
- 17.提領區人員前往倉儲取貨至提領區
- 18.貨主或代理人提貨，並將貨物裝車

## 3.2 貨物通關時程基本分析

### 3.2.1 延滯時間為確定性(deterministic)之時程延滯擴散

本模式假設航空貨運站通關網路特性如下：1.每一項作業均為一個獨立之節點(node)。2.每一個節點均有一既定之作業起始時間。3.每個節點所需之作業時間、緩衝時間為已知。4.每個節點所需之作業時間除前述已知之作業時間外，亦可能因工作時間拉長，而另外發生一作業延滯時間。5.每個節點均有可能遭逢偶發之臨時事件，導致作業無法於既定的時間開始，而產生自發性延滯，例如：天候因素、機件故障、人員相關因素、前一批貨物之作業延滯等。6.通關網路中，作業節點為並聯之情況下，時間較長的路徑為關鍵路徑，當時間延滯擴散遇到並聯時，則經由關鍵路徑繼續向通關網路下游擴散。

如圖 3.4 所示，在原定之作業時間流程中，貨物之第  $i$  項作業流程包含作業時間  $I_i$  及緩衝時間  $r_i$ 。令原定作業流程中之第  $i$  項作業之起始時間為  $T_i^S$ ，第  $i+1$  項作業之起始時間為  $T_{i+1}^S$ ，而其間距  $T_{i+1}^S - T_i^S$  包含第  $i$  項作業所需時間  $I_i$ ，及為避免作業延滯所保留之緩衝時間  $r_i$ 。



若第  $i$  項作業之起始時間發生一延滯時間  $t_i^d$ ，將有可能使第  $i+1$  項作業之起始時間產生延滯。如圖 3.4 所示， $T_{iD}^S$  為第  $i$  項作業之實際開始時間， $T_{i+1D}^S$  為第  $i+1$  項作業受推擠性延滯及本身作業延滯影響後之實際起始時間，參考 Higgins and Kozan(1998)之分析觀念，第  $i+1$  項作業之起始時間是否產生延滯，可依以下兩種情況判斷：

(1)  $t_i^d + I_i^d < r_i$ ：緩衝時間  $r_i$  可吸收第  $i$  項作業之起始延滯時間  $t_i^d$ ，及第  $i$  項作業之作業延滯時間，使第  $i+1$  項作業之起始時間  $T_{i+1}^S$  不產生延滯。

(2)  $t_i^d + I_i^d > r_i$ ：若第  $i$  項作業之起始延滯時間  $t_i^d$  及第  $i$  項作業之作業延滯時間和大於緩衝時間  $r_i$  時，第  $i+1$  項作業之起始時間將產生推擠性延滯  $(t_i^d + I_i^d - r_i)$ ，如圖 3.4 所示。

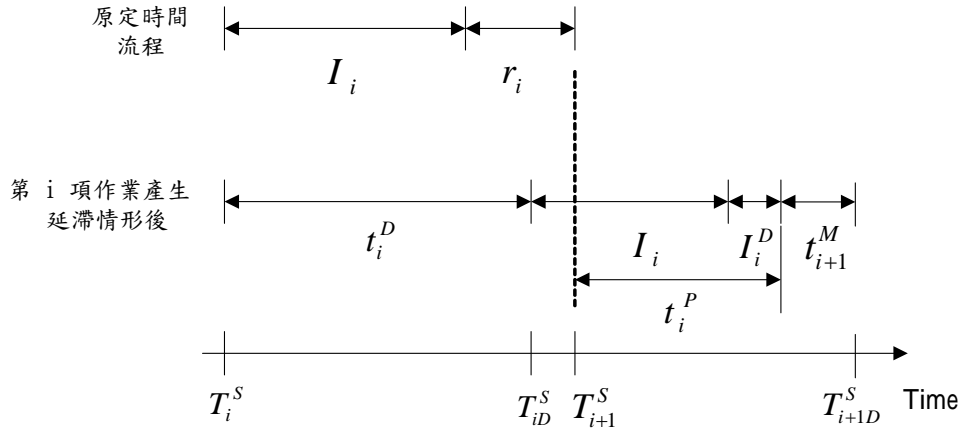


圖 3.4 相鄰作業節點間發生延誤後之時間時間推擠示意圖

第  $i+1$  項作業之起始時間除受第  $i$  項作業之起始延誤時間  $t_i^d$  所影響外，亦有可能因為第  $i$  項作業本身作業之延滯，而造成第  $i+1$  項作業之起始時間產生延滯。因此第  $i+1$  項作業受第  $i$  項作業推擠之推擠性延滯時間應該為第  $i$  項作業之起始延滯時間  $t_i^d$ ，及第  $i$  項作業之作業延滯時間  $I_i^d$  之和，再減去第  $i$  項作業之緩衝時間  $r_i$ ，即

$$t_i^P = t_i^d - r_i + I_i^d \quad (3-1)$$

若第一項作業產生自發性延滯  $t_1^M$ ，即第一項作業之起始延滯時間  $t_1^d = t_1^M$ ，則由式(3-1)可得第二項作業受第一項作業影響之延滯時間  $t_1^P = t_1^M - r_1 + I_1^d$ ，且第二項作業之起始延滯時間  $t_2^d$  即為第二項作業受第一項作業推擠造成之延滯時間  $t_1^P$ 。

$$t_2^d = t_1^P = t_1^M - r_1 + I_1^d \quad (3-2)$$

第二項作業對第三項作業所造成之推擠性延滯  $t_2^P$  為第二項作業之起始延滯時間加上第二項作業之作業延滯時間，減去第二項作業之緩衝時間  $r_2$ ，即

$$t_2^P = t_2^d - r_2 + I_2^d = t_1^P - r_2 + I_2^d = t_1^M - r_1 + I_1^d - r_2 + I_2^d \quad (3-3)$$

由相鄰作業間之推擠性延滯關係可知，作業間之推擠性延滯擴散與每一項作業之受前一項作業之推擠性延滯時間、自發性延滯時間、作業緩衝時間與本身作業延滯時間有關。因此同理

$$t_3^d = t_2^P = t_1^M - r_1 - r_2 + I_1^d + I_2^d \quad (3-4)$$

則第三項作業對第四項作業所造成之推擠性延滯時間為

$$\begin{aligned} t_3^P &= t_3^d - r_3 + I_3^d = t_1^M - r_1 - r_2 + I_1^d + I_2^d - r_3 + I_3^d \\ &= t_1^M - r_1 - r_2 - r_3 + I_1^d + I_2^d + I_3^d \end{aligned} \quad (3-5)$$

依此類推，在自發性延滯與推擠性延滯之情況下，第  $n$  項作業對第  $n+1$  項作業產生之推擠性延滯時間  $t_n^P$  可表示為

$$t_n^P = t_1^M + \sum_{i=1}^n (I_i^d - r_i) \quad (3-6)$$

其中  $t_1^M$  表示發生自發性延誤之作業節點的自發性延滯時間長度； $r_i$  為第  $i$  項作業之緩衝時間； $I_i^d$  為第  $i$  項作業之作業延誤時間。

當  $t_n^P = t_1^M + \sum_{i=1}^n (I_i^d - r_i) > 0$ ，表示第  $n$  項作業仍會使第  $n+1$  項作業產生推擠性延滯。當  $t_1^M + \sum_{i=1}^n (I_i^d - r_i) < 0$  且  $t_1^M + \sum_{i=1}^{n-1} (I_i^d - r_i) > 0$ ，則表示第  $n$  項作業不會使第  $n+1$  項作業產生推擠性延滯，即延滯之擴散情形將只影響到第  $n$  項作業。

進一步，本模式依照網路圖中的串聯、並聯關係，將航空貨運站進口通關作業流程劃分為  $b=1,2,\dots,B$  個環節，且每個環節具有  $l_b$  個節點，則環節  $b$  結束時之延滯時間可表示為

$$t_b^{PS} = t_1^M + \sum_{l_b} (I_{l_b}^d - r_{l_b}), \quad b = 1, \dots, B \quad (3-7)$$

因此由式(3-7)可知，環節結束時之延滯時間可以  $t_b^{PS}$  表示，例如環節 1 結束時之延滯時間以  $t_1^{PS}$  表示。在環節為並聯情況下，則選擇其中環節結束時之延滯時間較長的環節為關鍵環節，而時間延滯擴散傳遞至並聯之環節時，則經由關鍵環節繼續向進口通關作業網路下游擴散。

航空貨運站進口通關作業之總延誤時間可以以下一般式表示

$$t_{total}^P = \sum_j \max\{v_{i,j} w_i t_i^{PS}, 0\} + \sum_{i \in k} (1 - w_i) t_i^{PS} + t_0 \quad (3-8)$$

其中  $t_i^{PS}$  表環節  $i$  結束時之延滯時間， $\forall i \in b$ ； $b$  為所有環節所組成之集合； $z_j$  為並聯組  $j, j=1 \dots J$  之環節所組成之集合； $t_0$  表環節 1 及環節 2 一開始從航機抵達達到送出倉單之間的傳送延誤時間，如圖 3.1 所示； $v_{i,j}, w_i$  為二元變數：

$$w_i = \begin{cases} 0, & \text{若環節}i\text{為串聯} \\ 1, & \text{若環節}i\text{為並聯} \end{cases} \quad (3-9)$$

$$v_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{若環節}i\text{屬於並聯組}j, i \in z_j, j=1, \dots, J \\ 0, & \text{若環節}i\text{非屬於並聯組}j, i \notin z_j, j=1, \dots, J \end{cases} \quad (3-10)$$

本模式將中正機場航空貨運站進口通關流程劃分為 9 個環節，令  $b=1, \dots, 9$ ，而環節間之串並聯關係，如圖 3.3 所示。因此本模式之中正機場航空貨運站進口通關作業總推擠性延誤時間  $t_{total}^P$  可表示為

$$t_{total}^P = \max\{t_1^{PS}, t_2^{PS}\} + t_3^{PS} + \max\{t_4^{PS}, t_5^{PS}\} + t_6^{PS} + \max\{t_7^{PS}, t_8^{PS}\} + t_9^{PS} + t_0 \quad (3-11)$$

### 3.2.2 延滯時間為隨機性(stochastic)之時程延滯擴散

本模式亦考慮延誤發生之機率，以建立延滯時間之時程擴散模式，本模式令自發性延滯之隨機變數為  $\tilde{t}_i^M$ ，依自發性延滯之定義，在通關網路中的每一項作業均有可能產生自發性延滯，即每一項作業之自發性延滯均為隨機產生且獨立發生。以往交通工具抵達場站之誤點延滯機率分配之相關研究中，大多假設運具之自發性誤點為指數分配，如胡思繼(1996)、Talley and Backer(1987)、Hall(1985)等，因此本研究中對於航空貨運站通關網路中作業節點可能產生之自發性延滯之機率分配亦假設為指數分配，即每項作業之自發性延滯時間  $\tilde{t}_i^M$  符合指數分配之到站間隔時間之特性與假設。根據胡思繼(1996)，指數分配具有下列特性：1. 不具記憶性：每項作業的自發性延誤時間與前一項作業的自發性延滯時間無關，各自獨立。2. 幾個獨立指數分配的隨機變數最小者，仍符合指數分配。即不管作業內容是否相同、作業所需時間長度是否相同，其作業之自發性延滯時間皆可以用指數分配表示。3. 指數分配與卜松分配(Poisson distribution)之關係：作業節點之自發性平均延滯時間的倒數將符合指數分配密度函數參數  $\lambda$ ，可依據卜松分配推算出在某一延滯時間內，作業發生自發性延滯的次數。4. 指數分配為時間  $t$  的嚴格遞減函數。

延伸胡思繼(1996)之模式，本研究以指數分配表示第  $i$  項作業自發性延滯發生之情形，令  $U_i$  代表第  $i$  項作業之延滯機率密度函數，其機率密度函數參數為  $m_i$ ， $m_i$  值即產生自發性延滯作業之平均延滯時間的倒數，令第  $i$  項作業發生自發性延滯的機率為  $g_i$ ，則

$$U_i = g_i m_i e^{-m_i t} \quad (3-12)$$



如 3.2.1 節所述，若  $t_i^d + I_i^d > r_i$ ，將使得第 i+1 項作業產生推擠性延滯，然而，若第 i 項作業延滯時間  $t_i^d$  過長，超過貨主或代理人所設定之最長延滯時間，則該批商品失效，因此令該項貨物所能容忍之最長延滯時間，為緩衝時間  $r_i$ 、作業所需時間  $I_i$  及貨主對該項貨物所設定之最長通關時間預設值  $I_0$  之和，因此第 i 項作業之起始延滯時間需小於  $r_i + I_i + I_0$ ，才會使第 i+1 項作業產生推擠性延滯，即  $r_i < t_i^d < r_i + I_i + I_0$  時，才可能產生延滯擴散傳播。若第 i 項作業的起始延滯時間  $t_i^d$ ，可以其自發性延滯時間  $t_i^M$  表示，則第 i 項作業對第 i+1 項作業的推擠性平均延滯時間長度可表示為

$$\begin{aligned} \bar{t}_i^{-P} &= \int_{t_i^M=r_i}^{t_i^M=r_i+I_i+I_0^H} (t_i^M - r_i) m_i g_i e^{-m_i t_i^M} dt_i^M \\ &= \frac{g_i}{m_i} e^{-m_i r_i} [1 - m_i (I_i + I_0^H) e^{-m_i (I_i + I_0^H)} - e^{-m_i (I_i + I_0^H)}] \end{aligned} \quad (3-13)$$

第 i+1 項作業平均起始延滯時間除受推擠性平均延滯時間  $\bar{t}_i^{-P}$  影響外，亦可能受作業本身工作內容延滯之影響，令第 i 項作業之平均作業延滯時間為  $\bar{I}_i^d$ ，則第 i+1 項作業平均起始延滯時間可表示為

$$\bar{t}_{i+1}^{-d} = \bar{t}_i^{-P} + \bar{I}_i^d \quad (3-14)$$

### 3.3 多航機貨物接續通關時程延滯模式

中正機場航空貨運站之作業性質屬於通關貨棧，為接受委託管理他人的貨物，而並非倉儲，但因國內許多貨運承攬業者於貨運站週邊並沒有設置自有的倉儲，因此便將貨運站作為其倉儲使用，而承攬業者為配合本身作業班表、人力調度或貨主之提貨時間，常在貨物進入貨運站倉儲後仍不進行報關、通關之程序，或者報關、通關完畢後仍不提領貨物，而將貨物暫時儲放於貨運站倉儲中，因此導致貨運站之倉儲常呈現飽和之狀態，導致貨物流通率偏低，並降低貨運站倉儲

可利用空間，在此情況下進口貨物通過航空貨運站所需時間，因為受到貨運承攬業者上述不確定因素之影響，將大幅增加分析之難度。因此貨運站為提高貨運站倉儲中貨物的流通率、減少貨運站倉儲空間、降低設施成本，貨運站經營單位必須對貨物於倉儲中停留時間做進一步之規範，例如提高倉儲使用費率等，而政府相關單位亦可透過相關法規之修訂，以鼓勵或規定承攬業者必須於航空貨運站週邊設立自有倉儲。在此情況下，航空貨運站方可充分發揮其通關貨棧之功能，並排除貨運承攬業者作業之不確定因素對航空貨運站貨物流通效率之影響。

本小節假設承攬業者在貨運站週邊均設有自有倉儲之情況下，進口貨物於航空貨運站進倉儲存後，業者立即進行報關、通關之作業，並於完成徵稅作業後立即將貨物提領出航空貨運站並運送至自有倉儲。此種情況下，將可降低貨物承攬業者作業之不確定因素對進口貨物於航空貨運站倉儲中存放時間之影響，進一步本研究假設每日抵達航空貨運站之航機班表，及每班航機之艙單資料均為已知，貨運站聯管中心人員可根據當日之班表及各航機艙單資料排定當日各時段各作業分區所需作業容量，及各航機所運送之所有貨物通過每一作業分區所需作業時間，繼而探討在此一情況下，當日各航機所運送進口之貨物於航空貨運站中流動所造成之推擠性延滯，以及當航空貨運站中任一作業分區發生偶發性臨時事件，導致該作業分區作業停擺時所造成的時間延滯於航空貨運站中擴散之範圍，及該延滯時間對接續航機貨物通關時間之影響。

### 3.3.1 時程延滯模式

本模式首先分析航空貨運站進口通關作業之物流、資訊流網路中，各項作業之作業特性、作業時間、作業地點之限制，將航空貨運站進口通關作業網路劃分為  $U$  個作業分區，若以中正機場航空貨運站進口通關流程為例則  $U=6$ ，共 6 作業分區，如圖 3.5 所示，圖中上方艙單資料之傳送於航機起飛時即透過資訊流傳遞，通常在航機抵達貨運站前即作業完畢，對貨物通關時程並不產生影響；此外，在當日抵達班機之艙單資料均為已知情況下，各航機運送貨物於各作業分區中所需之作業時間與緩衝時間均為已知，因此在不發生時間延滯下每批貨物於各作業分區中均有一固定之起始時間與固定之結束時間。

進一步，令航空貨運站進口通關網路由  $u=1,2,\dots,U$  個作業分區所組成，尖峰時段運送貨物抵達之航機  $q$ ， $q=1,2,\dots,Q$ 。航機運送貨物抵達航空貨運站停機坪後，貨物即由空側進入航空貨運站之作業分區 1，並依序向作業分區 2,3,...,U 流動。進一步，本研究探討航空貨運站在作業之尖峰時段航機密集抵達之情況下，假設單一作業分區中的所有作業人員於同一時間均共同處理同一航機運送之貨物，即航機  $q+1$  的貨物或資訊需等待航機  $q$  的貨物或資訊於該作業分區作業完成並離開該該作業分區後，航機  $q+1$  的貨物或資訊才得以進入該作業分區並開始作業。因航機陸續密集抵達，即使航空貨運站之進口通關流程中無自發性延滯、作業延滯

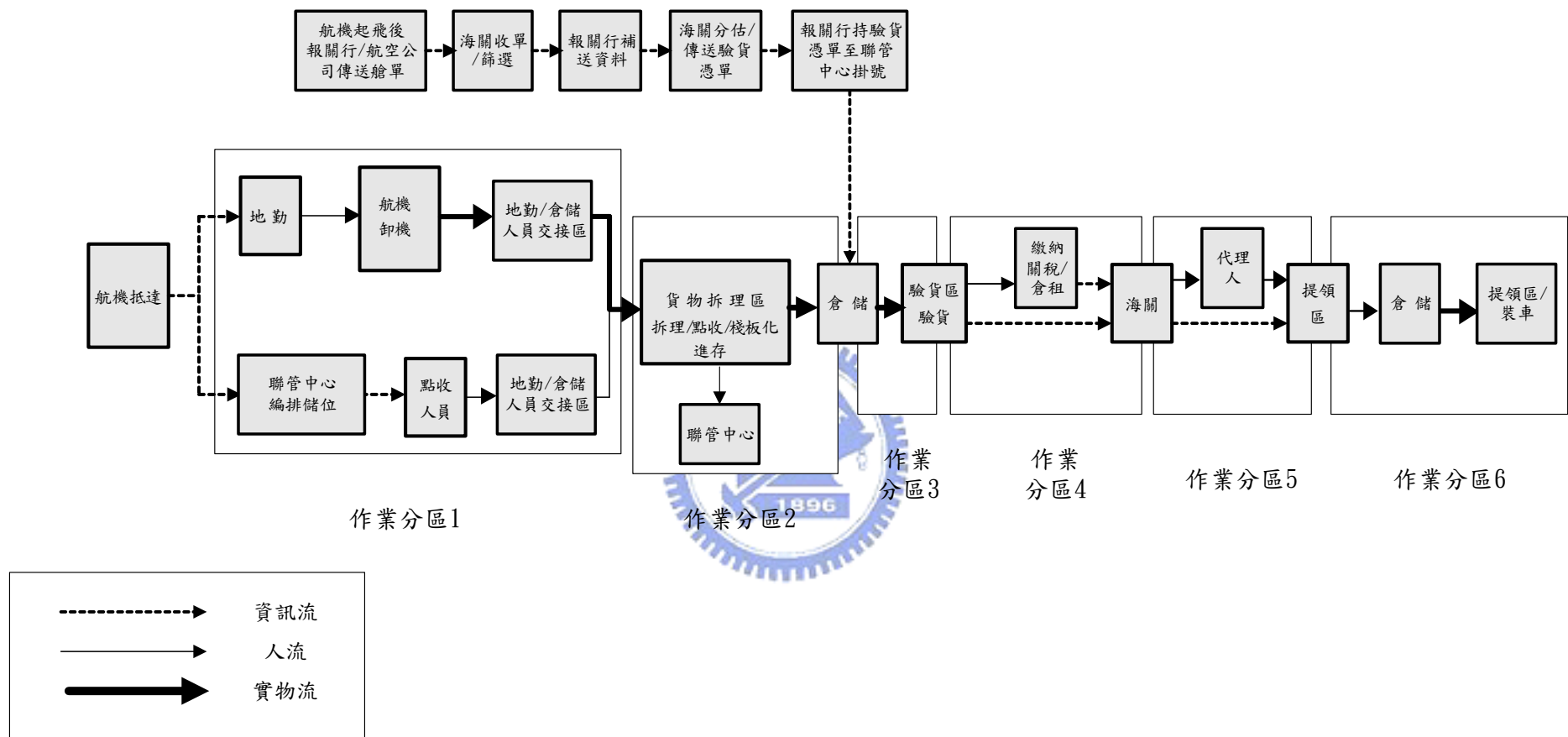


圖 3.5 航空貨運站 C3 類貨物進口通關網路作業分區圖

發生，各班航機貨物的作業時程仍可能受其他航班貨物之推擠而產生時程延滯。本小節分析上述各航機貨物間因推擠產生之時程延滯，並構建描述貨物通關時程關係之數學模式，以瞭解貨物於通關過程中延滯產生之原因與延滯擴散情形。

航機運送貨物抵達航空貨運站停機坪，由地勤人員卸機開始進行作業分區 1 之作業，令航機  $q$  之貨物通過作業分區  $u$  所花費的時間為  $t_{q,u}$ ，航機 1 之貨物通過作業分區 1 所需時間為  $t_{1,1}$ ，其中包含作業時間  $I_{1,1}$  及緩衝時間  $r_{1,1}$ ，即

$$t_{1,1} = I_{1,1} + r_{1,1} \quad (3-15)$$

進一步，由作業分區 1 開始作業時起算，航機 2 的貨物通過作業分區 1 所需時間  $t_{2,1}$  可表為

$$t_{2,1} = t_{1,1} - S_{1,2} + (I_{2,1} + r_{2,1}) = I_{1,1} + r_{1,1} - S_{1,2} + I_{2,1} + r_{2,1} \quad (3-16)$$

其中， $t_{1,1}$  為航機 1 的貨物在作業分區 1 中所花費之時間， $S_{1,2}$  為航機 1 與航機 2 之班距， $I_{2,1} + r_{2,1}$  則為航機 2 貨物通過作業分區 1 之作業時間與緩衝時間，因本研究所探討之時段為航空貨運站作業之尖峰時段，因此二連續班機  $q$ ， $q+1$  之班距  $S_{q,q+1}$  均相當短，假設對所有航機  $q$  其於作業分區 1 之作業時間均大於航機  $q$  與航機  $q+1$  之班距，即  $t_{q,1} - S_{q,q+1} \geq 0$ 。同理，航機 3 貨物通過作業分區 1 所需時間如圖 3 所示，可表為

$$t_{3,1} = t_{2,1} - S_{2,3} + (I_{3,1} + r_{3,1})$$

$$= I_{1,1} + r_{1,1} - S_{1,2} + I_{2,1} + r_{2,1} - S_{2,3} + I_{3,1} + r_{3,1}$$

(3-17)

依此，由航機  $q$  抵達時起算，航機  $q$  之貨物通過作業分區 1 所需時間可表為

$$t_{q,1} = \sum_{x=1}^q (I_{x,1} + r_{x,1}) - \sum_{x=1}^{q-1} S_{x,x+1} \quad q = 2, 3, \dots, Q \quad (3-18)$$

航機  $q$

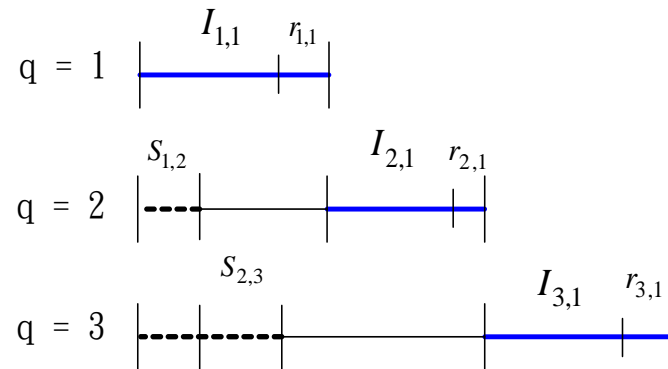


圖 3.6 各航機貨物通過作業分區 1 所需時間示意圖

進一步，探討各航機貨物於作業分區 2 中之時程延滯情形，作業分區 2 中，航機 1 貨物通過作業分區 2 所需時間為其作業所需時間  $I_{1,2}$ 、緩衝時間  $r_{1,2}$  之和，即

$$t_{1,2} = I_{1,2} + r_{1,2} \quad (3-19)$$

航機 2 貨物通過作業分區 2 所必須花費的時間  $t_{2,2}$ ，須視航機 1 貨物通過作業分區 2 所需要的時間長短而定，如圖 4 所示，若航機 1 貨物通過作業分區 1、作業分區 2 的時間之和  $t_{1,1} + t_{1,2}$  小於或等於航機 2 貨物通過作業分區 1 所需時間及航機 1、2 班距之和，即  $t_{1,1} + t_{1,2} \leq t_{2,1} + s_{1,2}$ ，則航機 2 貨物進入作業分區 2 時，航機 1 貨物已結束作業並離開作業分區 2，故航機 2 貨物進入分區 2 後可立即開始作業，其作業起始時間並不受航機 1 貨物推擠，因此其通過作業分區 2 所需時間等於本身作業時間  $I_{2,2}$  及緩衝時間  $r_{2,2}$  之和，如式(3-20)所示。

$$t_{2,2} = I_{2,2} + r_{2,2} \quad (3-20)$$

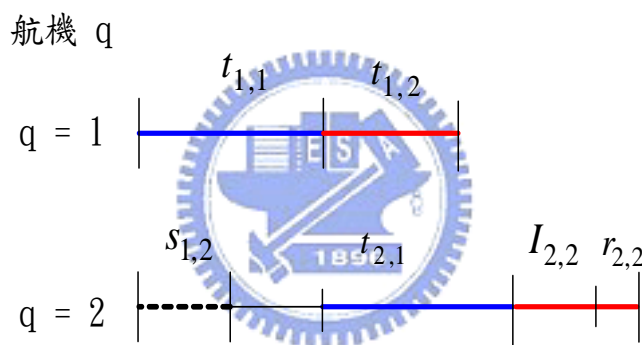


圖 3.7 航機 2 貨物通過作業分區 2 之起始時間不受推擠

但若航機 1 貨物通過作業分區 1、作業分區 2 所需的時間之和  $t_{1,1} + t_{1,2}$  大於航機 2 貨物通過作業分區 1 時所需之時間及航機 1、2 班距之和，即

$t_{1,1} + t_{1,2} > t_{2,1} + s_{1,2}$ ，則航機 2 貨物進入作業分區 2 時，必須等待前一批貨物，即航機 1 之貨物於作業分區 2 中的作業完成，方可開始作業，如圖 3.8 所示。因此航機 2 貨物通過作業分區 2 時，將產生等待時間  $(t_{1,1} + t_{1,2}) - (t_{2,1} + s_{1,2})$ ，航機 2 貨物通過分區 2 所需時間可以下式表示：

$$t_{2,2} = \begin{cases} [(t_{1,1} + t_{1,2}) - (t_{2,1} + s_{1,2})] + I_{2,2} + r_{2,2}, & \text{if } t_{1,1} + t_{1,2} > t_{2,1} + s_{1,2} \\ I_{2,2} + r_{2,2} & , \text{ if } t_{1,1} + t_{1,2} \leq t_{2,1} + s_{1,2} \end{cases} \quad (3-21)$$

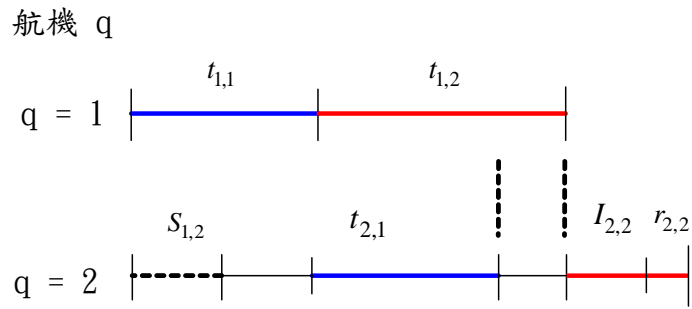


圖 3.8 航機 2 貨物通過作業分區 2 之起始時間受推擠

同理，當航機 3 之貨物通過作業分區 2 時，亦具相同之情形，當航機 1、2 班距及航機 2 貨物通過作業分區 1、作業分區 2 所需的時間之和，小於或等於航機 1、2 班距、航機 2、3 班距與航機 3 貨物通過作業分區 1 所需之作業時間之和，即  $S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2} \leq S_{1,2} + S_{2,3} + t_{3,1}$ ，則航機 3 貨物進入作業分區 2 時，航機 2 貨物已結束作業並離開作業分區 2，航機 3 貨物之起始時間並不受航機 2 之貨物推擠，如圖 3.9 所示；若航機 1、2 班距及航機 2 貨物通過作業分區 1、作業分區 2 所需的時間之和，大於航機 1、2 班距、航機 2、3 班距與航機 3 貨物通過作業分區 1 所需之作業時間之和，即  $S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2} > S_{1,2} + S_{2,3} + t_{3,1}$ ，則航機 3 貨物進入作業分區 2 時，必須等待航機 2 之貨物於作業分區 2 中的作業完成，方可開始作業，如圖 3.10 所示，因此航機 3 貨物通過作業分區 2 時，將產生等待時間  $(S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2}) - (S_{1,2} + S_{2,3} + t_{3,1})$ 。

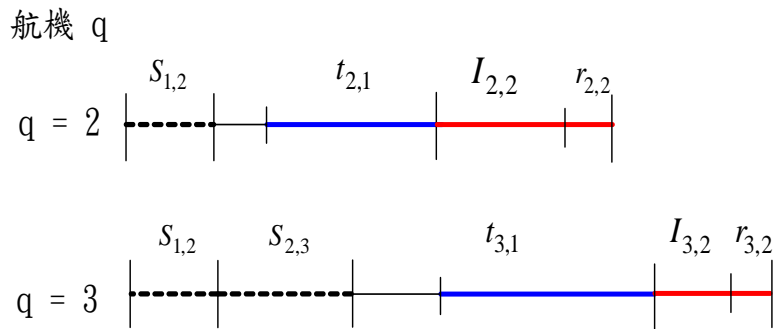


圖 3.9 航機 3 貨物通過作業分區 2 之起始時間不受推擠

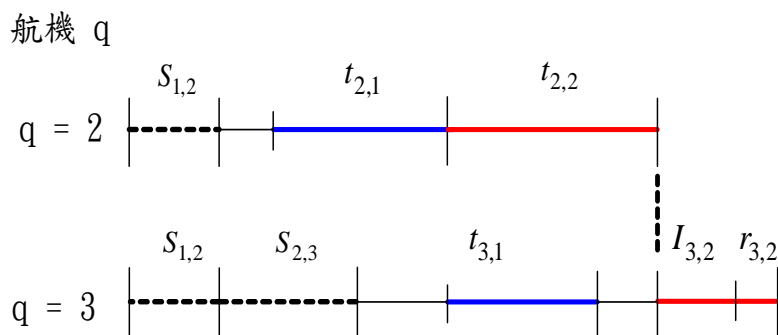


圖 3.10 航機 3 貨物通過作業分區 2 之起始時間受推擠

因此，航機 3 貨物通過分區 2 所需時間可以下式表示：

$$t_{3,2} = \begin{cases} [(s_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2}) - (s_{1,2} + s_{2,3} + t_{3,1})] + I_{3,2} + r_{3,2}, & \text{if } s_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2} > s_{1,2} + s_{2,3} + t_{3,1} \\ I_{3,2} + r_{3,2} & , \text{if } s_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2} \leq s_{1,2} + s_{2,3} + t_{3,1} \end{cases} \quad (3-22)$$

其中， $I_{3,2}$  表示航機 3 之貨物通過作業分區 2 所需時間， $r_{3,2}$  表示航機 3 之貨物於作業分區 2 之緩衝時間， $t_{2,1}$  表示航機 2 之貨物通過作業分區 1 所需時間， $t_{2,2}$  為航機 2 貨物通過作業分區 2 所需時間， $t_{3,1}$  表示航機 3 之貨物通過作業分區 1 所需時間， $S_{1,2}$  表示航機 1 與航機 2 之班距， $S_{2,3}$  表示航機 2 與航機 3 之班距，如式(3-21)所示，若  $t_{1,1} + t_{1,2} \leq t_{2,1} + S_{1,2}$ ，則  $t_{2,2} = I_{2,2} + r_{2,2}$ ；若  $t_{1,1} + t_{1,2} > t_{2,1} + S_{1,2}$ ，則  $t_{2,2} = [(t_{1,1} + t_{1,2}) - (t_{2,1} + S_{1,2})] + I_{2,2} + r_{2,2}$ ，因此可知若航機 2 貨物於作業分區 2 之作業產生時間延滯  $(t_{1,1} + t_{1,2}) - (t_{2,1} + S_{1,2})$ ，則該時間延滯亦可能透過  $t_{2,2}$  繼續向航機 3 之貨物通過作業分區 2 所需時間  $t_{3,2}$  進行擴散，如式(3-22)所示。

因此，除航機 1 貨物通過作業分區 2 所需之時間，因不受任何其他貨物之影

響，可表示為 $t_{1,2} = I_{1,2} + r_{1,2}$ 之外，航機 $q$ 貨物通過作業分區2所需時間可以下式表示：

$$t_{q,2} = \begin{cases} \{[\sum_{x=2}^q S_{x-2,x-1} + \sum_{y=1}^2 t_{q-1,y}] - [\sum_{x=2}^q S_{x-1,x} + t_{q,1}]\} + I_{q,2} + r_{q,2}, \\ \quad \text{if } \sum_{x=2}^q S_{x-2,x-1} + \sum_{y=1}^2 t_{q-1,y} > \sum_{x=2}^q S_{x-1,x} + t_{q,1} \\ I_{q,2} + r_{q,2}, \text{ if } \sum_{x=1}^q S_{x-2,x-1} + \sum_{y=1}^2 t_{q-1,y} \leq \sum_{x=1}^q S_{x-2,x} + t_{q,1} \quad \forall q \in Q \end{cases} \quad (3-23)$$

進一步，通關順序1之貨物通過作業分區3所需時間為其作業所需時間 $I_{1,3}$ 、緩衝時間 $r_{1,3}$ 之和。

$$t_{1,3} = I_{1,3} + r_{1,3} \quad (3-24)$$

航機2貨物通過作業分區3所必須花費的時間 $t_{2,3}$ ，必須視航機1貨物通過作業分區1、2、3所需之時間和長短而定，如圖3.11所示，當航機1貨物通過作業分區1、2、3所需時間之和小於或等於航機2與航機1之班距及航機2貨物通過作業分區1、2所需時間和，即 $t_{1,1} + t_{1,2} + t_{1,3} \leq S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2}$ ，則航機2貨物進入作業分區3時，航機1貨物已結束作業並離開作業分區3，故航機2之貨物在進入分區3後可立即開始作業，其作業起始時間並不受航機1之貨物推擠，因此其通過作業分區3所需時間等於本身所需作業時間 $I_{2,3}$ 及緩衝時間 $r_{2,3}$ 之和

$$t_{2,3} = I_{2,3} + r_{2,3} \quad (3-25)$$

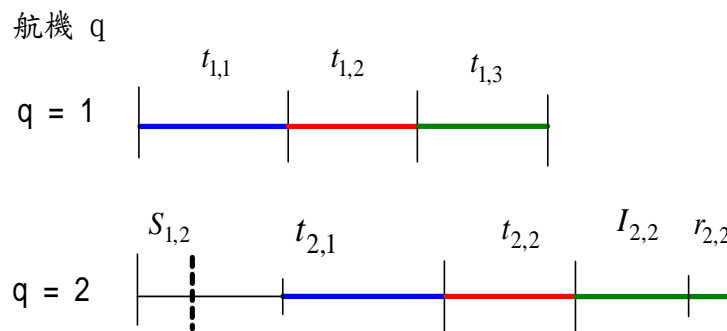


圖 3.11 航機 3 貨物通過作業分區 3 之起始時間不受推擠



但若航機 1 貨物通過作業分區 1、2、3 所需時間之和大於航機 2 與航機 1 之班距及航機 2 貨物通過作業分區 1、2 所需時間之和，即

$t_{1,1} + t_{1,2} + t_{1,3} > S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2}$ ，則航機 2 貨物進入作業分區 3 時，必須等待前一批貨物，即航機 1 之貨物於作業分區 3 中的作業完成，方可開始作業，如圖 3.12 所示。因此航機 2 貨物通過作業分區 3 時，將產生等待時間

$(t_{1,1} + t_{1,2} + t_{1,3}) - (S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2})$ ，航機 2 貨物通過分區 3 所需時間可以下式表示：

$$t_{2,3} = \begin{cases} [(t_{1,1} + t_{1,2} + t_{1,3}) - (S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2})] + I_{2,3} + r_{2,3}, & \text{if } t_{1,1} + t_{1,2} + t_{1,3} > S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2} \\ I_{2,3} + r_{2,3} & , \text{ if } t_{1,1} + t_{1,2} + t_{1,3} \leq S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2} \end{cases} \quad (3-26)$$

航機 q

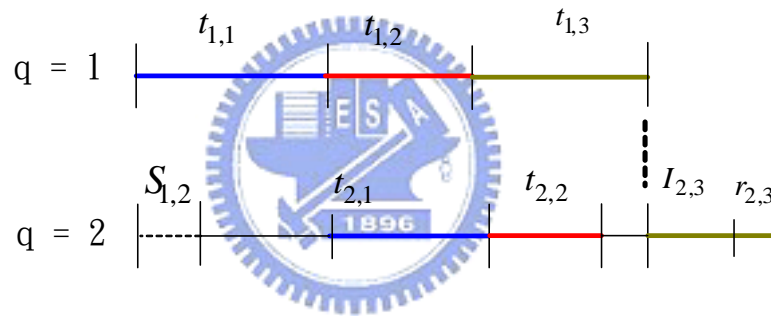


圖 3.12 航機 2 貨物通過作業分區 3 之起始時間受推擠

同理，當航機 3 之貨物通過作業分區 3 時，亦具相同之情形，當航機 2 與航機 1 班距及航機 2 貨物通過作業分區 1、2、3 所需時間之和小於或等於航機 1、2 與航機 2、3 班距與航機 3 貨物通過作業分區 1、2 所需之作業時間之和，即

$S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2} + t_{2,3} \leq S_{1,2} + S_{2,3} + t_{3,1} + t_{3,2}$ ，則航機 3 貨物進入作業分區 3 時，航機 2 貨物已結束作業並離開作業分區 3，故航機 3 貨物之起始時間並不受航機 2 之貨物推擠，如圖 3.13 所示；若航機 1、2 班距與航機 2 貨物通過作業分區 1、2、3 所需的時間之和大於航機 1、2 班距與航機 2、3 班距及航機 3 貨物通過作業分區 1、2 所需之作業時間之和，即  $S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2} + t_{2,3} > S_{1,2} + S_{2,3} + t_{3,1} + t_{3,2}$ ，則航機 3 貨物進入作業分區 3 時，必須等待航機 2 之貨物於作業分區 3 中的作業完成，方可開始作業，如圖 3.14 所示。因此，航機 3 的貨物通過作業分區 3 所需時間可以下式表示：

$$t_{3,3} = \begin{cases} [(S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2} + t_{2,3}) - (S_{1,2} + S_{2,3} + t_{3,1} + t_{3,2})] + I_{3,3} + r_{3,3}, \\ \quad \text{if } S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2} + t_{2,3} > S_{1,2} + S_{2,3} + t_{3,1} + t_{3,2} \\ I_{3,3} + r_{3,3} \quad , \text{ if } S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2} + t_{2,3} \leq S_{1,2} + S_{2,3} + t_{3,1} + t_{3,2} \end{cases} \quad (3-27)$$

其中， $I_{3,3}$ 表示航機3之貨物通過作業分區3所需時間， $r_{3,3}$ 表示航機3之貨物於作業分區3之緩衝時間， $S_{1,2}$ 表示航機1、2之班距， $S_{2,3}$ 表示航機2、3之班距， $t_{2,1}$ 、 $t_{2,2}$ 、 $t_{2,3}$ 分別表示航機2之貨物通過作業分區1、2、3所需時間， $t_{3,1}$ 、 $t_{3,2}$ 分別表示航機3之貨物通過作業分區1、2之時間，其中 $t_{2,3}$ 如式(3-26)所示，若 $t_{1,1} + t_{1,2} + t_{1,3} > S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2}$ ，則 $t_{2,3} = [(t_{1,1} + t_{1,2} + t_{1,3}) - (S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2})] + I_{2,3} + r_{2,3}$ ；若 $t_{1,1} + t_{1,2} + t_{1,3} \leq S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2}$ ，則 $t_{2,3} = I_{2,3} + r_{2,3}$ ，因此可知若航機2貨物於作業分區3之作業產生時間延滯 $[(t_{1,1} + t_{1,2} + t_{1,3}) - (S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2})]$ ，則該時間延滯亦可能透過 $t_{2,3}$ 繼續向航機3之貨物通過作業分區3所需時間 $t_{3,3}$ 進行擴散，如式(3-27)所示。

航機 q

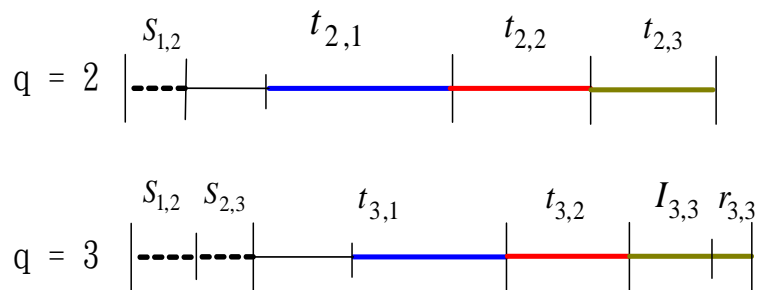


圖 3.13 通關順序3 貨物通過作業分區3 之起始時間不受推擠

航機 q

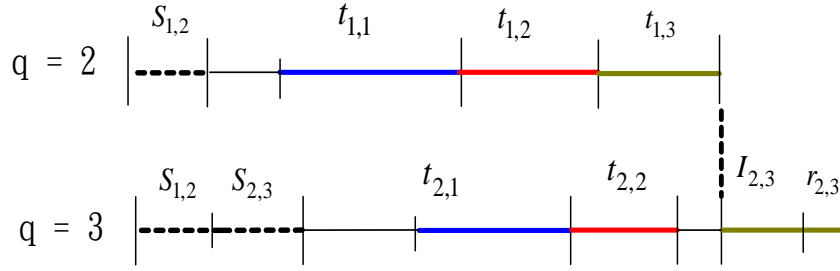


圖 3.14 通關順序 3 貨物通過作業分區 3 之起始時間受推擠

因此，除航機 1 貨物通過分區 3 所需之時間，不受任何其他貨物之影響可表示為  $t_{1,3} = I_{1,3} + r_{1,3}$  之外，航機 q 貨物通過作業分區 3 所需時間可以下式表示

$$t_{q,3} = \begin{cases} [(\sum_{x=2}^q S_{x-2,x-1} + \sum_{y=1}^3 t_{q-1,y}) - (\sum_{x=2}^q S_{x-1,x} + \sum_{y=1}^2 t_{q,y})] + I_{q,3} + r_{q,3}, \\ \quad \text{if } \sum_{x=2}^r S_{x-2,x-1} + \sum_{y=1}^3 t_{r-1,y} > \sum_{x=2}^r S_{x-1,x} + \sum_{y=1}^2 t_{r,y} \\ I_{q,2} + r_{q,2}, \text{ if } \sum_{x=2}^q S_{x-2,x-1} + \sum_{y=1}^3 t_{q-1,y} \leq \sum_{x=2}^q S_{x-2,x} + \sum_{y=1}^2 t_{q,1} \end{cases} \quad \forall q \in Q \quad (3-28)$$

綜合上述推論，航機 1 貨物通過作業分區 y 所需之時間可表示為

$t_{1,y} = I_{1,y} + r_{1,y}$ ，航機 q 之貨物通過任一作業分區 u 所需時間可以一般式表示：

$$t_{q,u} = \begin{cases} [(\sum_{x=2}^q S_{x-2,x-1} + \sum_{y=1}^u t_{q-1,y}) - (\sum_{x=2}^q S_{x-1,x} + \sum_{y=1}^u t_{q,y})] + I_{q,u} + r_{q,u}, \\ \quad \text{if } \sum_{x=2}^q S_{x-2,x-1} + \sum_{y=1}^u t_{q-1,y} > \sum_{x=2}^q S_{x-1,x} + \sum_{y=1}^u t_{q,y} \\ I_{q,2} + r_{q,2}, \text{ if } \sum_{x=2}^q S_{x-2,x-1} + \sum_{y=1}^u t_{q-1,y} \leq \sum_{x=2}^q S_{x-2,x} + \sum_{y=1}^u t_{q,1} \end{cases} \quad \forall q \in Q, \forall u \in U \quad (3-29)$$

其中， $I_{q,u}$  表示航機 q 之貨物通過作業分區 u 所需作業時間， $r_{q,u}$  表示航機

q 之貨物於作業分區 u 之緩衝時間， $(\sum_{x=2}^q S_{x-2,x-1} + \sum_{y=1}^u t_{q-1,y}) - (\sum_{x=2}^q S_{x-1,x} + \sum_{y=1}^u t_{q,y})$  表

示航機 q-1 之貨物對航機 q 之貨物於作業分區 u 之起始時間所造成之推擠。

因此在無自發性延誤及作業延誤情況下，航機 q 之貨物於航空貨運站中因為受到其他航機貨物推擠，進口通關所需時間可表示為

$$t_{total}^q = \sum_{y=1}^U t_{q,u} \quad \forall q \in Q \quad (3-30)$$

以中正機場航空貨運站進口通關作業為例，其進口通關作業由 6 個作業分區所組成，令  $u=1, \dots, 6$ 。在無自發性延誤、作業延誤發生之情況下，航機 q 貨物於中正機場航空貨運站自停機坪卸機到貨物於提領區等待提領之間，通關所必需花費時間可表示為

$$t_{total}^q = \sum_{z=1}^6 t_{q,u} \quad \forall q \in Q \quad (3-31)$$



### 3.3.2 時程延滯擴散模式

航機所運送之貨物在航空貨運站進口通關作業流程中，任一作業分區均可能發生偶發性臨時事件，例如作業分區 1 可能天候因素導致無法開始作業，其餘作業分區則可能發生電腦設備故障等情況，導致該航機之貨物無法按照既定時間流程進行作業，而產生時程延誤並增加該航機之貨物通過航空貨運站所需時間；此外，在多航機貨物同時通關之情況下，因偶發性臨時事件所造成之時間延滯可能在通關網路中發生擴散，連帶影響接續抵達航機之貨物的通關時程。本小節將航空貨運站進口通關網路中，將作業分區可能發生之自發性延滯及作業延滯以確定性考慮，探討各作業分區之自發性延滯及作業延滯所造成之時間延滯於進口通關網路之擴散情形，並探討可能之擴散範圍。

若航機 1 之貨物在作業分區 1 發生自發性延滯  $t_{1,1}^M$ ，則航機 1 貨物在作業分區 1 結束時所產生之時間延滯  $t_{1,1}^P$ ，可以下式表示

$$t_{1,1}^P = t_{1,1}^M + I_{1,1}^d - r_{1,1} \quad (3-32)$$

航機 1 之貨物通過作業分區 1 後，即接續作業分區 2 之作業，因此作業分區 1 結束時所產生之時間延滯  $t_{1,1}^P$ ，等於航機 1 貨物於作業分區 2 之起始延誤時間  $t_{1,2}^d$ ；此外，因同一作業分區於同一時間僅處理同一航機貨物，所以航機 2 貨物於作業分區 1 中之起始延誤時間  $t_{2,1}^d$  亦等於航機 1 貨物於作業分區 1 結束時所產生之延滯時間  $t_{1,1}^P$ ，如圖 3.15 所示，其中  $T_{2,1}^S$  表示航機 2 貨物原定作業起始時間。

$$t_{1,1}^P = t_{1,2}^d = t_{2,1}^d \quad (3-33)$$

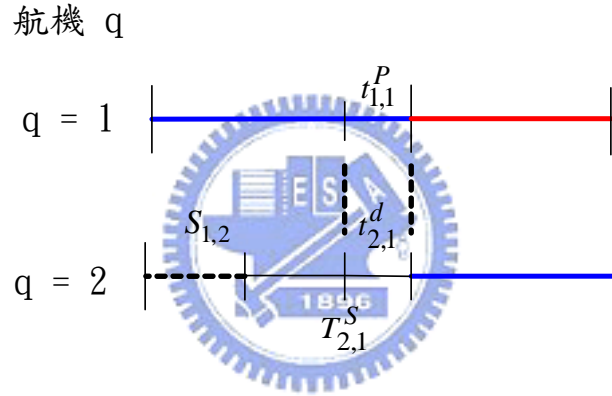


圖 3.15 航機 1 貨物於作業分區 1 之延滯時間等於航機 2 貨物起始延滯時間

進一步，航機 1 貨物通過作業分區 2 後，所產生之時間延滯  $t_{1,2}^P$ ，可表示為

$$t_{1,2}^P = t_{1,2}^d + I_{1,2}^d - r_{1,2} = (t_{1,1}^M + I_{1,1}^d - r_{1,1}) + I_{1,2}^d - r_{1,2} \quad (3-34)$$

航機 2 的貨物通過作業分區 1 後，所產生之時間延滯，可表示如下

$$\begin{aligned} t_{2,1}^P &= t_{2,1}^d + I_{2,1}^d - r_{2,1} = t_{1,1}^P + I_{2,1}^d - r_{2,1} \\ &= (t_{1,1}^M + I_{1,1}^d - r_{1,1}) + I_{2,1}^d - r_{2,1} \end{aligned} \quad (3-35)$$

航機 2 貨物通過作業分區 2 所產生之時間延滯可分為兩種情況探討，若航機 1 貨物通過作業分區 1、2 所需時間之和小於或等於航機 1、2 班距與航機 2 貨物通過作業分區 1 所需時間之和，即  $t_{1,1} + t_{1,2} \leq S_{1,2} + t_{2,1}$ ，如圖 3.16 所示，則航機 2 貨物於作業分區 1 結束作業後可接續作業分區 2 繼續作業，其起始時間僅受航機 2 貨物於作業分區 1 產生之延滯時間  $t_{2,1}^P$  之影響。

$$t_{2,2}^d = t_{2,1}^P \quad (3-36)$$

若航機 1 貨物通過作業分區 1、2 所需時間之和大於航機 1、2 班距與航機 2 貨物通過作業分區 1 所需時間之和，即  $t_{1,1} + t_{1,2} > S_{1,2} + t_{2,1}$  情況下，如圖 3.17 所示，航機 2 貨物在作業分區 2 之起始延滯時間  $t_{2,2}^d$  除受  $t_{2,1}^P$  之影響外，因航機 2 貨物必須等待航機 1 貨物離開作業分區 2 後，才能開始作業，因此  $t_{2,2}^d$  除受航機 2 貨物於前一項作業所產生之時間延滯  $t_{2,1}^P$  之影響外，亦受航機 1 之貨物在作業分區 2 之作業結束時間所影響，航機 2 貨物在作業分區 2 之起始延滯時間可表示如下

$$\begin{aligned} t_{2,2}^d &= t_{2,1}^P + [(t_{1,1} + t_{1,2}) - (t_{2,1} + S_{1,2})] \\ &= (t_{1,1}^M + I_{1,1}^d - r_{1,1}) + I_{2,1}^d - r_{2,1} + [(t_{1,1} + t_{1,2}) - (t_{2,1} + S_{1,2})] \end{aligned} \quad (3-37)$$

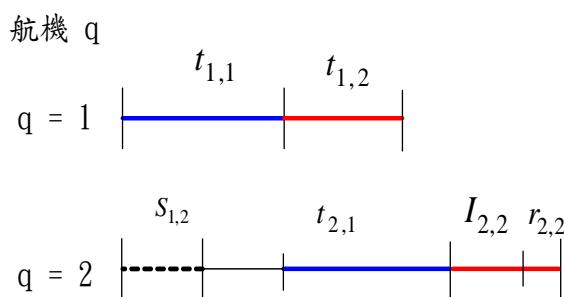


圖 3.16 航機 2 貨物在作業分區 2 之起始時間不受推擠

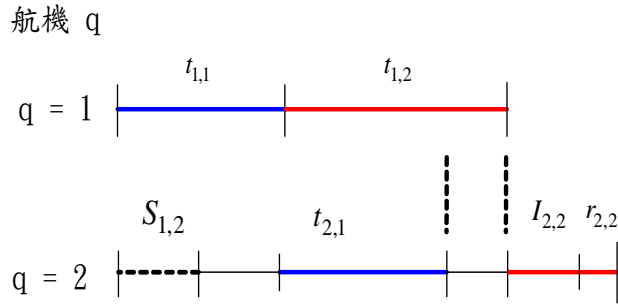


圖 3.17 航機 2 貨物在作業分區 2 之起始時間受航機 1 貨物推擠

航機 3 貨物通過作業分區 1 與航機 2 貨物通過作業分區 1 具有相同之狀況，因同一作業分區於同一時間僅能處理同一航機之貨物，所以航機 3 貨物於作業分區 1 中之起始延誤時間  $t_{3,1}^d$  等於航機 2 貨物於作業分區 1 結束時所產生之延滯時間  $t_{2,1}^P$ ，如圖 3.18 所示，其中， $T_{3,1}^S$  表示航機 3 貨物之原定作業起始時間。

$$t_{3,1}^d = t_{2,2}^d = t_{2,1}^P$$

(3-38)

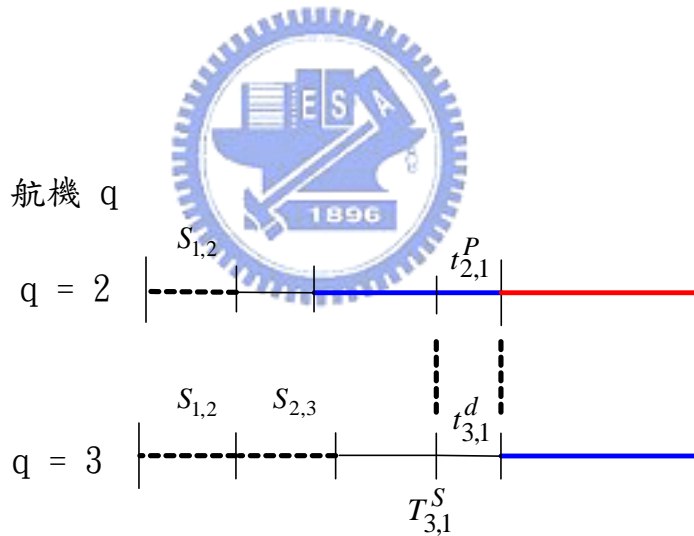


圖 3.18 航機 2 貨物結束延滯時間等於航機 3 貨物之起始延滯時間

航機 2 之貨物通過作業分區 2 後，所產生之時間延滯  $t_{2,2}^P$  可表示如下

$$t_{2,2}^P = t_{2,2}^d + I_{2,2}^d - r_{2,2}$$

(3-39)

其中， $t_{2,2}^d$  如式(3-36)(3-37)之分析，具有兩種可能之情形， $t_{2,2}^d = t_{2,1}^P$  或  $t_{2,2}^d = t_{2,1}^P + [(t_{1,1} + t_{1,2}) - (t_{2,1} + S_{1,2})]$ ，因此可知不論由航機 2 貨物本身於作業分區 1 所產生之時間延滯  $t_{2,1}^P$ ，或其受航機 1 貨物推擠所造成之時間延滯  $(t_{1,1} + t_{1,2}) - (t_{2,1} + S_{1,2})$ ，均可能透過  $t_{2,2}^P$  繼續向該貨物及接續通關貨物之作業網路下游擴散。

航機 3 的貨物通過作業分區 1 後，所產生之時間延滯，可表示如下

$$t_{3,1}^P = t_{3,1}^d + I_{3,1}^d - r_{3,1} = t_{2,1}^P + I_{3,1}^d - r_{3,1} \quad (3-40)$$

航機 3 貨物通過作業分區 2 所產生之時間延滯可分為兩種情況探討，若航機 1、2 班距與航機 2 貨物通過作業分區 1、2 所需時間之和小於或等於航機 1、2 班距與航機 2、3 班距及航機 3 貨物通過作業分區 1 所需時間之和，即  $S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2} \leq S_{1,2} + S_{2,3} + t_{3,1}$ ，如圖 3.19 所示，則航機 3 貨物於作業分區 1 結束作業後可接續作業分區 2 繼續作業，其起始時間儘受航機 3 貨物於作業分區 1 所產生之時間延滯  $t_{3,1}^P$  之影響。

$$t_{3,2}^d = t_{3,1}^P \quad (3-41)$$

但在  $S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2} > S_{1,2} + S_{2,3} + t_{3,1}$  之情況下，航機 3 貨物在作業分區 2 之起始延誤時間  $t_{3,2}^d$  除受  $t_{3,1}^P$  之影響外，因航機 3 貨物必須等待航機 2 貨物離開作業分區 2 後，才能開始作業，因此  $t_{3,2}^d$  除受航機 3 貨物於前一作業分區所產生之延滯時間  $t_{3,1}^P$  影響外，亦受航機 2 之貨物在作業分區 2 之作業結束時間所影響，如圖 3.20 所示，因此航機 3 貨物在作業分區 2 之起始延誤時間可表示如下

$$t_{3,2}^d = t_{3,1}^P + [(S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2}) - (S_{1,2} + S_{2,3} + t_{3,1})] \quad (3-42)$$



航機 3 之貨物通過作業分區 2 後，所產生之時間延滯  $t_{3,2}^P$  可表示如下

$$t_{3,2}^P = t_{3,2}^d + I_{3,2}^d - r_{3,2} \quad (3-43)$$

其中， $t_{3,2}^d$  如式(3-41)(3-42)之分析，具有兩種可能之情形， $t_{3,2}^d = t_{3,1}^P$  或  $t_{3,2}^d = t_{3,1}^P + [(S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2}) - (S_{1,2} + S_{2,3} + t_{3,1})]$ ，因此可知不論由航機 3 貨物本身於作業分區 1 所產生之時間延滯  $t_{3,1}^P$ ，或其受航機 2 貨物推擠所造成之時間延滯  $(S_{1,2} + t_{2,1} + t_{2,2}) - (S_{1,2} + S_{2,3} + t_{3,1})$ ，均可能透過  $t_{3,2}^P$  繼續向該貨物及接續通關貨物之作業網路下游擴散。

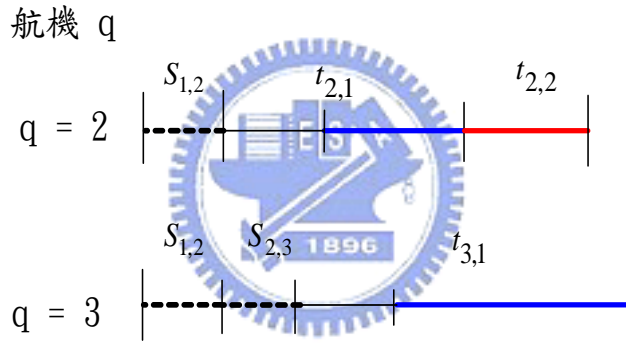


圖 3.19 航機 3 貨物在作業分區 2 之起始時間不受推擠

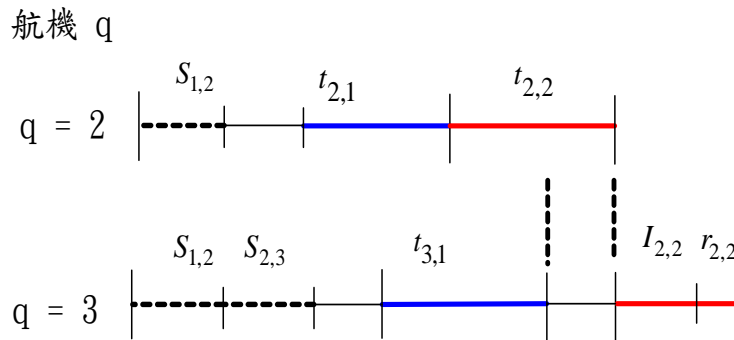


圖 3.20 航機 3 貨物在作業分區 2 之起始時間受航機 2 貨物推擠

根據上述分析，航機  $q$ ， $q \in Q$ ，之貨物於航空貨運站通關網路作業分區  $u$ ， $u \in U$ ，中所產生之延滯時間可表為

$$t_{q,u}^P = t_{q,u}^d + I_{q,u}^d - r_{q,u} \quad \forall q, u \quad (3-44)$$

當  $t_{q,u}^P = t_{q,u}^d + I_{q,u}^d - r_{q,u} > 0$ ，則時間延滯將繼續向該貨物及接續通關貨物之通關網路下游擴散；若  $t_{q,u}^P = t_{q,u}^d + I_{q,u}^d - r_{q,u} \leq 0$ ，則該貨物之時間延滯僅擴散到作業分區  $u$  為止。若  $t_{q,u-1}^P = t_{q,u-1}^d + I_{q,u-1}^d - r_{q,u-1} > 0$ ，且  $t_{q,u}^P = t_{q,u}^d + I_{q,u}^d - r_{q,u} \leq 0$ ， $t_{q+1,u-1}^P = t_{q+1,u-1}^d + I_{q+1,u-1}^d - r_{q+1,u-1} \leq 0$ ，表示航機  $q$  之貨物於作業分區  $u$  之作業不會對貨物本身之接續作業分區  $u+1$  產生推擠性延滯，亦不會對航機  $q+1$  之貨物於作業分區  $u$  產生推擠性延滯，即延滯之擴散情形於航機  $q$  貨物於作業分區  $u$  之作業中即被吸收，不繼續向通關網路下游擴散。

由上述分析可求得航機貨物時間延滯於作業網路上之擴散範圍，若航機  $q$  之貨物於航空貨運站的最後一個作業分區  $U$  所產生之延滯時間  $t_{q,U}^P = t_{q,U}^d + I_{q,U}^d - r_{q,U} > 0$ ，表示通關網路中發生之自發性延滯時間及作業延滯時間於通關網路上之擴散將對航機  $q$  貨物之總通關時間造成影響，造成貨主、物流業者無法於既定時間提貨而產生額外之存貨成本。

### 3.4 貨物通關時間評估演算法

延伸 3.2 節所提出之單批貨物於航空貨運站通關之航空貨運站通關網路，配合航空貨運站實務上之作業情形，假設進口通關網路中每一作業分區皆有一至多個工作組同時進行作業，並透過網路模式分析探討進口之時效性商品於航空貨運站通關網路中各作業分區之流動情形，並透過本研究所發展之演算法，分析時效性商品通關所必須花費的時間。進一步，可探討通關網路中若某作業分區之工作組發生偶發性臨時事件情況下，該工作組之作業停頓，對接續通關貨物通關所需時間之影響，以及對整個通關網路服務效率之影響。最後，透過各項貨物之單位時間延滯成本，可分析各項貨物於通過航空貨運站所必須付出之存貨成本，若為易腐時效性商品則必須另外考慮航空貨運站作業流程中因各作業分區地點之環境品溫不同，所造成時效性商品可靠度之變化，對易腐時效性商品品質造成之影響，及貨主、物流業者可能衍生之腐敗成本。

#### 3.4.1 通關網路基本假設

令航空貨運站進口通關作業網路為  $G(N, A)$ ，其中  $N$  代表航空貨運站通關網路中所有作業分區的工作組所組成之集合， $A$  代表所有工作組間表示串並聯關係之節線所組成的集合，而時效商品可視為一實物流在網路上隨著時間單方向流動，報單訊息亦為資訊流在網路中單方向流動，以及航空貨運站的工作人員所組成的人流在不同作業地點間之移動。以中正機場航空貨運站通關流程為例，其進

口貨物之通關作業網路圖共可分為 6 個作業分區，如圖 3.21 所示，若每個作業分區僅有一組工作組進行作業，則網路可表示為圖 3.22；若每個作業分區有多組作業人員同時進行作業，例如作業分區一有 3 組作業人員同時進行通關作業，作業分區二亦有 3 組作業人員同時進行通關作業，則網路可表示為圖 3.23。通關網路中之節線僅表示工作組間之串並聯關係，貨物於節線上流動並無時間之累積，因此網路中之時間延滯僅發生於節點上，例如該貨物可能於節點上因等待同航機之前一項貨物完成作業而產生起始延滯時間，或該貨物本身於節點上之作業延誤而造成作業延滯時間，貨物本身於節線上之移動過程並不會產生時間延滯。

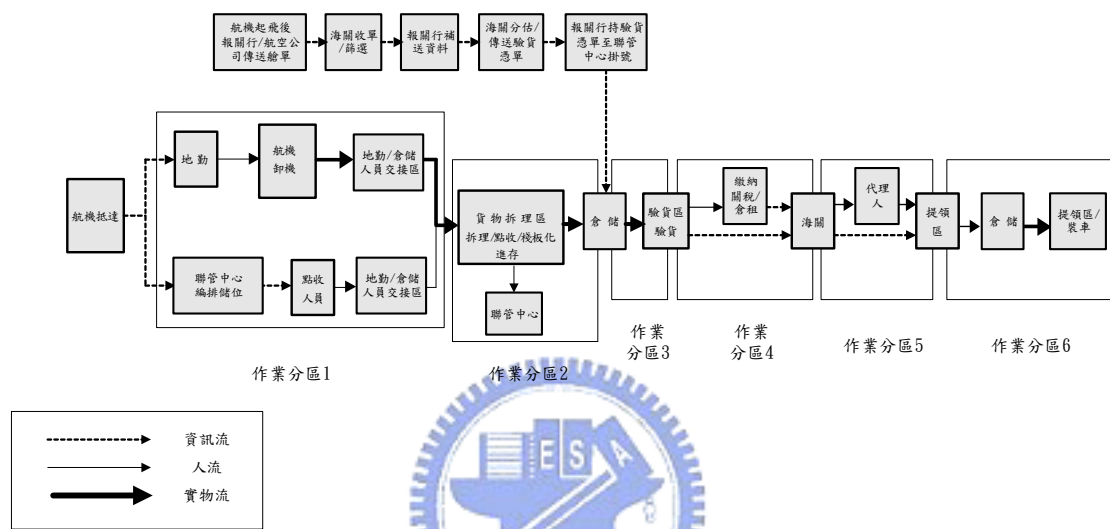


圖 3.21 中正機場航空貨運站通關網路圖

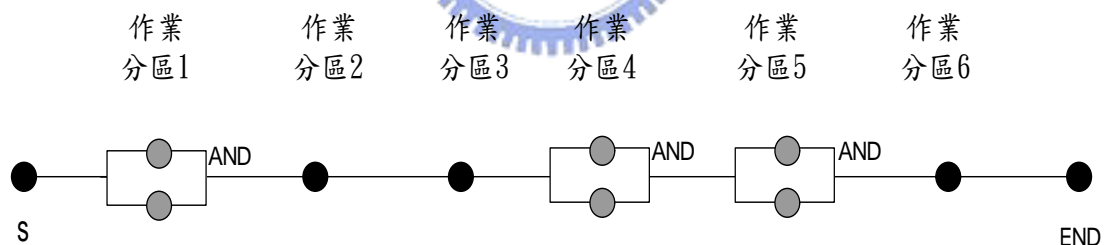


圖 3.22 中正機場航空貨運站之通關網路—各作業分區僅單工作組

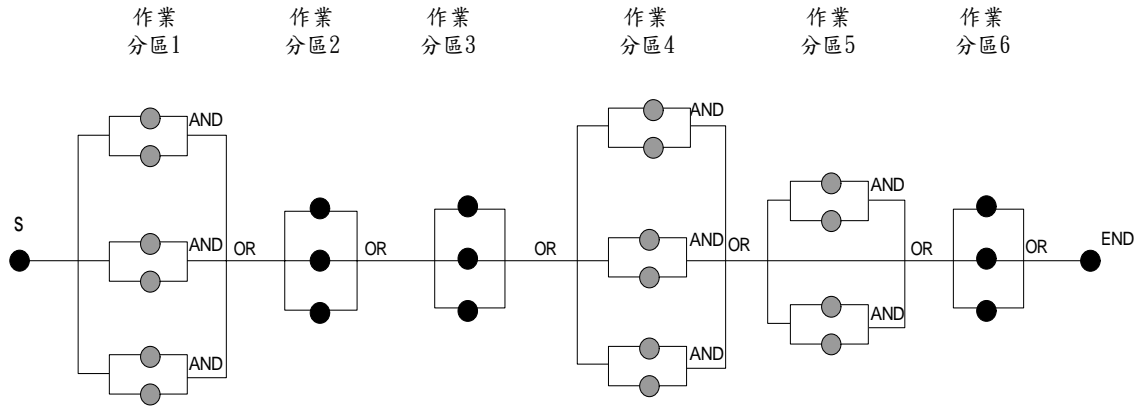


圖 3.23 中正機場航空貨運站之通關網路—各作業分區有多個工作組

空運進口之時效性商品於航空貨運站作業網路通關過程中，因參與作業之相關單位甚多，包括航空公司、承攬業、報關行、航空貨運站、海關、地勤公司等，且進口貨物之通關手續相當繁瑣，因此本研究構建之網路中分別以節線之串、並聯表示各作業活動間之關聯性，此外，在並聯中並以關係運算子 AND、OR 表示並聯之各個作業間之關聯，其中 AND 表示並聯之各項作業均必須完成作業，該批貨物方能繼續向通關網路之下一個作業分區移動，為簡化問題，以 AND 表示並聯之各項作業統稱為一個工作組，如圖四所示作業分區一中，地勤人員將貨物由航機上卸機並運送到航空貨運站外機坪之後，貨物必須於該處等待貨運站拆理人員前來會同地勤人員，貨物方可進入下一個作業分區 繼續進行下一項作業，而此兩個作業統稱為一個工作組；OR 表示貨物僅由並聯之各工作組中選擇一工作組完成該作業分區之作業即可，該批貨物便可繼續向通關網路之下游移動，如圖五所示在作業分區二中共有 3 組工作組，該批貨物僅選擇可使貨物以最短時間通過該作業分區之工作組通過即可。綜上上述可知透過節點、節線、關係運算子等單元，可根據各個機場航空貨運站之通關作業流程，分別組合成不同型態之通關網路，並透過本研究所發展之演算法求解各項貨物之通關所需時間，及貨物於通關過程中產生之存貨成本，以分析貨運站之作業效率。

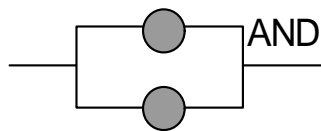


圖 3.24 通關網路之關係運算子

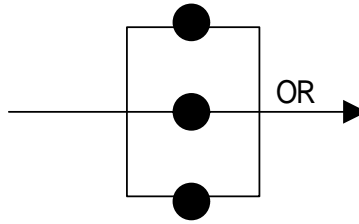


圖 3.25 通關網路之關係運算子

當航機抵達後，所運送之各項貨物逐一進入航空貨運站之通關網路，並於各作業分區間依序流動，最後由貨主、物流業者提領貨物出航空貨運站，在此通關流程中，因各作業分區之作業容量有限，因此各項貨物於各作業分區中之流動過程勢必遭受其他貨物之推擠而產生推擠而造成一等待時間，依照目前通關網路之實際作業情形，每一作業分區均有一至多個工作組同時進行該作業分區之作業，如圖 3.25 所示，因此假設同一作業分區中每個工作組工作效率均相同之情況下，進入作業分區之貨物將被指派至等待時間最短之工作組，以縮短通關所需時間，此一假設亦與實務上之作業情況相符，在現場作業中，在多個工作組提供同一服務之情況下，等待接受服務之貨物將被指派至最早完成作業之工作組接受服務。因此本研究參考標籤校正演算法(Label Correcting Algorithm)之方法，發展一演算法，尋找各項貨物通過航空貨運站通關網路所需時間最短之路徑，以分析貨物於航空貨運站中通關所需時間，及貨物通過各作業分區分別所需時間。

### 3.4.2 演算法

參考標籤校正演算法(Label Correcting Algorithm)，其中  $s$  為網路之起始點， $l_i$  表示目前由起始節點  $s$  至節點  $i$  之最短距離， $P_i$  表示最短路徑上節點  $i$  的前置點，一開始假設  $l_s = 0$ ， $P_s = *$ ， $l_i = \text{infinite}$ ， $\forall i$ ，表示節點  $i$  尚未決定是否被選取為最短路徑， $P_i = *$ ， $\forall i$ ，亦表示節點  $i$  尚未決定是否被選取為最短路徑，進一步，以  $d_{ij}$  表示貨物由  $i$  經過節點  $j$  所必須花費的時間，若判斷式  $l_i + d_{ij} < l_j$ ， $\forall i, j \in N$ ，則  $l_j = l_i + d_{ij}$ ，且  $P_j = i$ 。根據 Ford(1946)，Moore(1957) 與 Bellman(1958)，標籤校正演算法之流程如下：

Begin

$$l_s = 0 \text{ and } P_s = *$$

$$l_i = \text{infinite and } P_i = * \quad i \in N - \{s\}$$

While some edge  $(i, j)$  satisfies  $l_i + d_{ij} < l_j$  do

Begin

$$l_j = l_i + d_{ij}$$

$$P_j = i$$

End

End

本研究延伸上述標籤校正演算法應用於航空貨運站之通關網路中，首先根據每班航機之艙單資料，包括各項貨物之數量、性質均為已知，而根據每項貨物之數量及性質，即可確定該項貨物於各作業分區中之作業時間。此外，在貨物之特性假設為已知之情況下，貨物之單位時間延滯成本亦為已知之外生變數，即通關過程中每增加一單位的時間，貨主或代理人所必須增加的時間成本為已知；另外通關網路中各作業分區之環境品溫亦為已知之外生變數，即貨物於航空貨運站流動過程中所必須經過的環境品溫皆為已知；各項貨物之腐敗函數亦為外生。

同一航機所運抵之所有貨物由航機運抵停機坪後，各項貨物之累積通關時間不論貨物是否已進入通關網路均開始累積，依照現行實務上之作業方式，現場的工作人員根據盤櫃於機艙中距艙門之遠近，由靠近艙門口的盤櫃開始進行卸機作業，而盤櫃於機艙中的艙位安排情況，亦只考慮航機飛行過程之載重平衡，並未根據各項貨物之時效性高低安排艙位，使高時效性之貨物能較靠近艙門以優先卸貨。此外，一般狀況下，航空貨運站將有多班航機陸續抵達，依照實務上之通關方式，後續抵達航機所運送之貨物均必須等待先前抵達航機之貨物進入通關網路後，才能接續其後進行通關，假設後續航班所運送之貨物的累積通關時間，亦從航機抵達航空貨運站時開始起算。

每項貨物通過各作業分區所需的時間可分成三個部分 1.等候前一項貨物通過該工作組所需之等待時間 2.該項貨物本身於該工作組作業所需之作業時間 3.該項貨物於工作組內之作業延滯時間，假設此作業延滯時間具有一定之限度，超過此規定之作業時間即視為該工作組發生偶發事件而停頓。其中在本研究之演算法中，當各項貨物在通關網路中於各作業分區前接受指派至工作組時，必須比較該貨物於各工作組之等待時間，即貨物被指派至某一工作組後必須等待「前一項貨物於該工作組作業完成」的時間，若同為第一班航機之貨物即直接以各項貨物之累積通關時間進行比較，等待時間最短之工作組即為貨物被指派的工作組，而後續航機貨物的累積通關時間則必須加上該航機與第一班航機之班距，使各航機能得到相同的時間基準進行比較，例如第二班航機在第一班航機抵達 20 分鐘後抵達航空貨運站，則在計算第二班航機貨物於每個工作組前所必須等待最短時間時，第二班航機的貨物累積通關時間必須另外加上 20 分鐘，使該航機貨物與先前航機貨物之累積通關時間具有相同的基準以進行運算；又若第三班航機在第一班航機抵達 45 分鐘後抵達航空貨運站，則在演算法中計算第三班航機貨物於每個工作組前所必須等待最短時間時，同理第三班航機的貨物累積通關時間必須另外加上 45 分鐘，使該航機貨物與先前航機貨物具有相同的時間基準。而貨物的累積通關時間僅在演算法中計算各工作組之等待時間時，才加上此一班距時間，

其對貨物實際之累積通關時間並無影響。

在作業時間部分，根據每班航機之艙單資料，含各項貨物之數量、性質，可確定該項貨物於各作業分區中之作業時間，而作業時間可分以下兩種情況，若該工作組為實物流的作業流程，例如貨物之理貨、進存，則作業所需時間一般與該項貨物重量成正比關係；若該工作組為資訊流之作業流程，例如艙單資料透過 EDI 傳送，則不論貨物種類、數量大小，作業所需時間均可以一常數表示。作業延滯時間部分，在不發生偶發性臨時事件之狀況下，假設貨物於各工作組之作業延滯時間均在一合理之範圍內，若某項貨物之作業延滯時間超出本研究設定之範圍，則視為該工作組發生偶發性臨時事件導致作業停擺，而工作組作業停擺對航空貨運站流通效率之影響，將於敏感度分析中進行探討。

綜上，可知因為各作業分區之作業容量有限，因此各項貨物於各作業分區中之流動過程因推擠將造成一等待時間，而等待時間之長短對於貨物通關時間有關鍵性影響，因此等待時間將為貨物於通關網路中選擇最短路徑之關鍵因素。此外於任一作業分區前，若同一時點有多項貨物同時接受指派，則為避免所有貨物均指派至等待時間最短之同一工作組，依照現行通關方式，則由該群貨物中最早抵達航空貨運站者優先被指派，其餘各項貨物則按照抵達順序依序接受指派。

本研究參考標籤校正法(Label Correcting Algorithm)，所發展之演算法的求解步驟如下：

Step1. 讀取通關網路基本資料，包括作業分區數、各作業分區之工作組數、工作組為並聯或串聯、航機數、航機班距，航機艙單資訊包括貨物種類、數量、貨物於各工作組所需作業時間、貨物之單位時間延滯成本、易腐時效性商品之腐敗函數。令節點  $s$  為起始節點， $S_c(j)$  為貨物  $c$  由起點  $s$  到節點  $j$

間路徑經過節點之集合， $\forall j \in N$ ， $I_c(j)$  為貨物  $c$  由起點  $s$  到節點  $j$  間之累積通關時間，節點  $k$  為節點  $j$  之下游接續節點， $C$  為所有貨物組成之集合， $c \in C$ 。

Step2. 設定貨物  $c$  於通關網路起點  $s$  之累積通關時間  $I_c(s) = 0$ ，貨物  $c$  於起點  $s$  之路徑通過節點所組成之集合為  $S_c(s)$ ， $j = s$ 。

Step3. 令  $N_j$  為所有節點集合中可直接連接節點  $j$  之節點所組成之子集合，關係運

算子為 AND 之並聯節點視為同一個工作組，若子集合  $N_j$  中僅有一個工作組則至 Step5，若有 1 個以上之工作組則至 Step4，無任何工作組則至 Step12。

Step4. 選取  $N_j$  中等待時間最短之工作組  $k$  為貨物  $c$  之通關路徑，若等待時間最短之工作組數目大於一組則貨物  $c$  指派至任一組。

Step5. 貨物  $c$  指派至工作組  $k$ ，若同一時點僅有單一貨物被指派至工作組  $k$  則至 Step6，若同一時點有一個以上貨物被指派至工作組  $k$ ，則貨物通關順序  $x_c$

最小之貨物即最早進入通關網路之貨物至 Step6，其餘貨物依  $x_c$  由小至大依序回到 Step4。

Step6. 貨物  $c$  之等待時間為  $\min_{k \in N_j, c' \in C} \{I_{c'}(k) - I_c(j)\}$ ，其中  $I_{c'}(k)$  為已經被指派至工作組  $k$  之貨物  $c'$ ， $c' \in C$ ，完成該項作業後之累積時間，若工作組  $k$  為並聯則以並聯之路徑中作業時間最長之路徑的  $I_{c'}(k)$  代表。

Step7. 將工作組  $k$  加入路徑節點之集合， $S_c(k) = S_c(j) + \{k\}$ 。

Step8. 判斷選取之工作組  $k$  是否為並聯，若為並聯則至 Step9，否則至 Step10。

Step9. 選擇工作組  $k$  之並聯作業中最長之作業時間，並累加於累積通關時間中，

$$I_c(k) = I_c(j) + \min_{k \in N_j, c' \in C} \{I_{c'}(k) - I_c(j)\} + \sum_{i=1}^I I_{c'}^d(k'_i) + \max_{i=1}^I [B_c(k'_i) + I_c^d(k'_i)]$$

，其中  $B_c(k'_i)$  為貨物  $c$  通過工作組  $k$  中任一路徑  $k'_i$  所需時間， $I_c^d(k'_i)$  為貨物  $c$  在所需時間最長之路徑  $k'_i$  中作業節點  $i$  的作業延滯時間，路徑  $k'_i$  可能包括  $i=1, 2, \dots, I$  個節點，至 step11。

Step10. 將貨物於此工作組之等待時間、作業時間及作業延滯時間累加於貨物  $c$  之累積通關時間， $I_c(k) = I_c(j) + \min_{k \in N_j, c' \in C} \{I_{c'}(k) - I_c(j)\} + I_c^d(k) + B_c(k) + I_c^d(k)$ ，至 step11。

Step11.  $j = j + 1$  回到 step3。

Step12. 演算法停止，貨物  $c$  之通關路徑為  $S_c$ ，貨物  $c$  之累積通關時間為  $I_c$ 。



讀取通關網路、航機抵達時刻、倉單內容、延滯成本等各項基本資料

航機  $q$  運送之  
貨物  $c$  由起始節點  $s$  開始通關

累積通關時間  $I_c(s) = 0$   
通關路徑初始集合  $S_c(s) = \{\}$

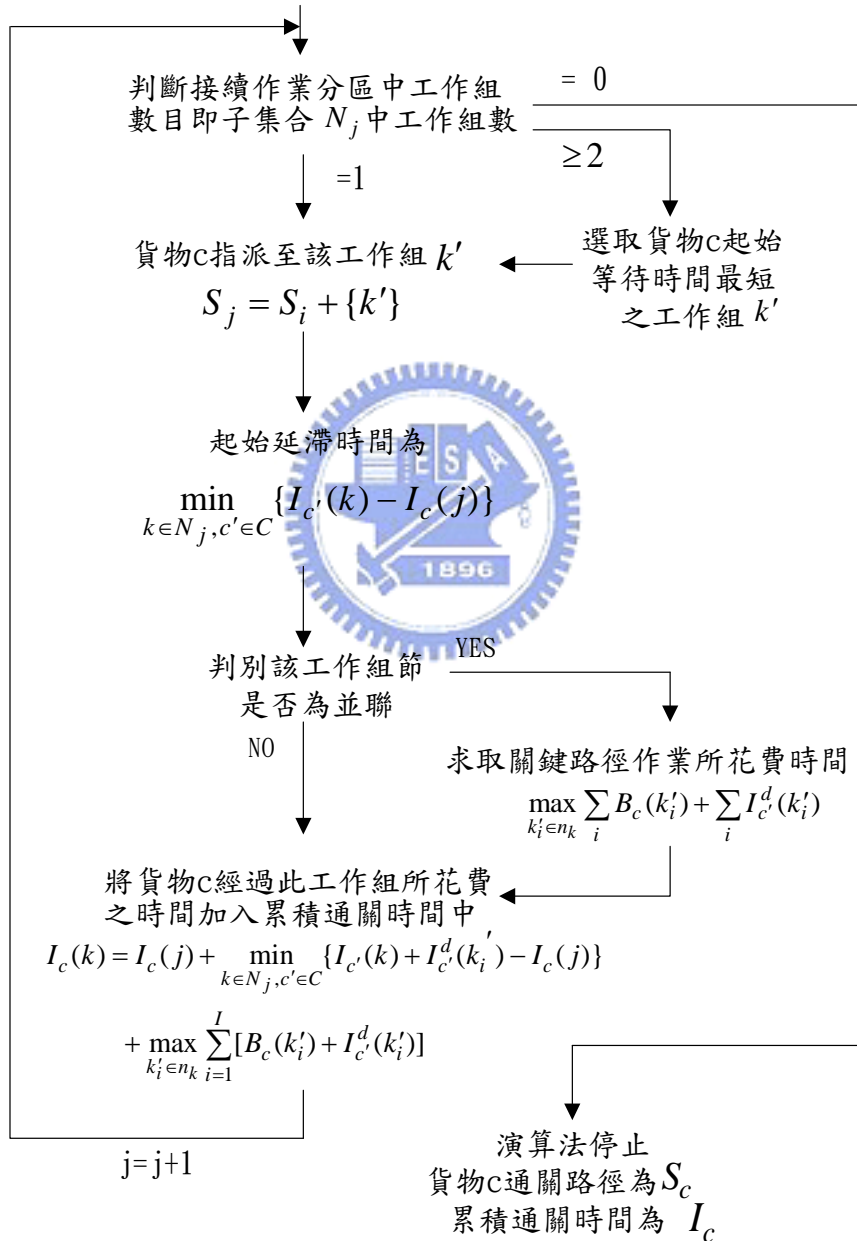


圖 3.26 演算法流程圖

在多班航機陸續抵達航空貨運站之情況下，假設作業分區 1 之工作人員將採用先到先服務(FIFO)之作業方式，即作業分區 1 中所有工作組均共同服務同一班航機，直至該航機所有貨物均卸機完畢為止，作業分區 1 之工作組才開始對下一班抵達之航機進行服務。當接續航機之貨物進入通關網路中後，勢必於各作業分區遭遇先前航班所運送之貨物同時接受指派，此時如前所述第一班航機之貨物即直接以各項貨物之累積通關時間進行比較，起始延滯時間最短之工作組即為該貨物被指派的工作組，而後續航機貨物的累積通關時間則必須加上該航機與第一班航機之班距，才使各航機能得到相同的時間基準進行比較，並進行指派。

上述演算法可應用於不同機場航空貨運站之通關作業流程所組合成的通關網路，在不同的作業流程、不同之工作組數目所組合成的通關網路中，透過上述演算法求解各項貨物通過航空貨運站所需時間，以及貨物在通關網路流動的過程中分別於各作業分區所耗費的時間，並進一步分析貨物於通關過程中產生之各項存貨成本，以比較各航空貨運站之作業效率。進一步在敏感度分析中，可針對若通關網路中某一工作組發生偶發性臨時事件時，在該工作組暫停作業之情況下，分析此一偶發性臨時事件對整個通關網路服務效率之影響，及對接續通關貨物通關所需時間之影響，並探討接續通關貨物因此增加之存貨成本。



### 3.5 貨物延滯時間分析

本小節將 3.4.2 節之演算法與 3.3.1 節通關網路之時程延滯模式作一結合，透過通關網路時程延滯模式分析演算法所求得的貨物 c 通過各作業分區所需時間，本研究定義貨物通過各作業分區所需時間包括 1.推擠性延滯時間：貨物通過各作業分區之工作組時，因前一班航機被指派至該工作組之貨物尚未完成該工作組之作業，因此將對此貨物產生推擠造成之推擠性延滯時間；2.起始延滯時間：同一航機貨物於接受指派之工作組開始作業後，因工作組作業容量的限制，造成貨物須於該工作組等待接受作業之延滯時間，且此起始延滯時間等於同航機先行接受作業貨物之作業時間總和，例如第二個被指派至此工作組之貨物必須等待第一個被指派至此工作組之貨物作業完成才能接續進行作業，因此第二個被指派至此工作組之貨物的起始延滯時間等於第一個被指派至此工作組之貨物於該工作組的作業時間，第三個被指派至此工作組之貨物的起始延滯時間等於第一、二個貨物於該工作組之作業時間和；3.作業時間：貨物於該工作組開始接受作業至完成作業所必須耗費之時間。透過 3.4 節之演算法可求得各項貨物於各作業分區工作組之等待時間，即上述推擠性延滯時間與起始延滯時間之和，繼而透過本小節之分析可瞭解各項貨物於各作業分區工作組前之推擠性延滯時間長度與起始延滯時間長度，並進一步探討航空貨運站採用延滯控制策略下，貨物所需作業時間縮短，對推擠性延滯時間及起始延滯時間之影響。

如 3.3.1 節所推導，航機 1 之貨物於各作業分區通關所需時間因不受其他航機貨物推擠而產生推擠性延滯時間，因此最為單純，其於各作業分區之起始延滯時間及作業時間，可直接透過演算法求得。進一步針對航機 2 貨物進行探討，若航機 2 貨物抵達時航機 1 貨物已全部完成作業分區 1 之作業，則航機 1 貨物將不對航機 2 貨物造成影響，航機 2 貨物通過作業分區 1 之時間僅包括因作業分區 1 作業容量限制所造成之起始延滯時間，及航機 2 貨物於該作業分區所需之作業時間；但若航機 2 抵達時航機 1 貨物尚未全部通過作業分區 1，如圖 3.27 所示，則航機 1 貨物將對航機 2 貨物產生推擠，造成航機 2 貨物產生一推擠性延滯時間。針對此種推擠情形下，航機 2 被指派至作業分區 1 中同一工作組之貨物進行探討，如圖 3.28 所示，航機 2 貨物通過此工作組所必須花費的時間包括航機 2 貨物可能受航機 1 被指派至該工作組之貨物推擠而產生一推擠性延滯時間、航機 2 貨物因該工作組作業容量限制而產生之起始延滯時間、及貨物通過該工作組所需之作業時間。航機 2 被指派至此工作組的各項貨物通過該工作組所需時間，即推擠性延滯時間、起始延滯時間、作業時間之和可透過演算法求得，進一步透過時程延滯模式可分析航機 2 各項貨物通過該工作組所需的時間中，因為遭受航機 1 貨物推擠而造成的推擠性延滯時間長度，及航機 2 貨物通過作業分區 1 因工作組之作業容量限制造成之起始延滯時間長度。

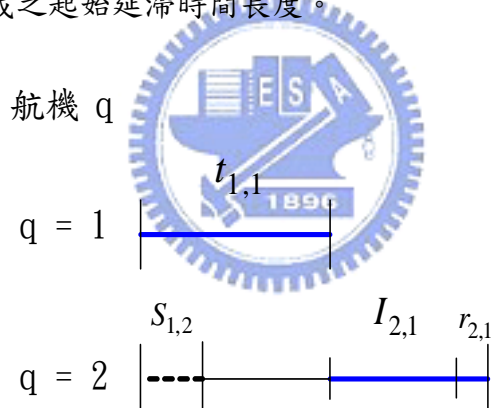


圖 3.27 航機 2 貨物遭受航機 1 貨物推擠產生之推擠性延滯

如圖 3.28 所示，航機 1 最後一項離開該工作組之貨物的離開時點以  $T_{1,1}^E$  表示，若航機 2 有 5 項貨物被指派至該工作組，因為該作業分區為作業分區 1 所以航機 2 貨物由航機運送同時抵達，航機 2 貨物中第一個被指派至該工作組之貨物的抵達時間以  $T_{2,1,1}^A$  表示，第二個被指派至該工作組之貨物的抵達時間以  $T_{2,2,1}^A$  表示，其餘依此類推，由圖中可看出當航機 2 貨物抵達該工作組時，因該工作組尚未完成航機 1 貨物之作業，因此航機 2 貨物將受到航機 1 貨物之推擠而產生一推擠性延滯時間，因航機 2 貨物抵達時間相同，因此所有貨物所遭受之推擠性延滯時間之起點均相同，進一步當航機 1 被指派至該工作組之最後一項貨物離開後，

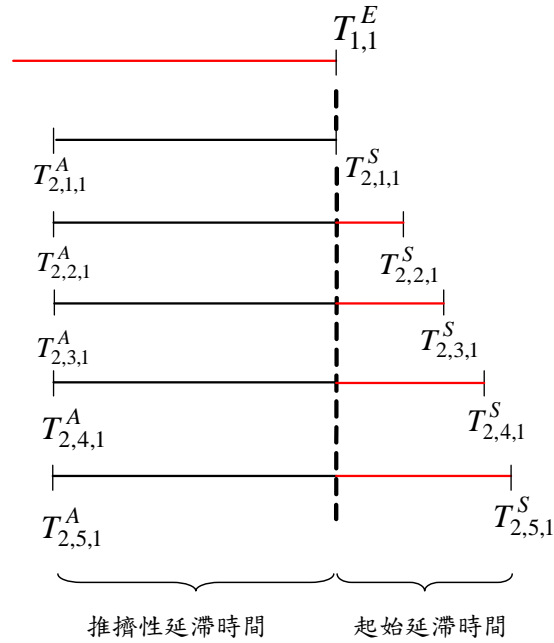


圖 3.28 航機 2 貨物於作業分區 1 之推擠性延滯時間及起始延滯時間

航機 2 貨物遭受之推擠性延滯時間結束，航機 2 第一個被指派至該工作組之貨物接續航機 1 貨物進入該工作組進行作業，圖 3.28 中航機 2 第一個被指派至該工作組之貨物的起始作業時間以  $T_{2,1,1}^S$  表示，因其接續航機 1 之貨物進行作業，因此無起始延滯時間產生，但航機 2 其餘接續被指派至該工作組之貨物，因該工作組作業容量有限，因此將產生一起始延滯時間，且航機 2 第二個被指派至此工作組貨物之起始延滯時間等於第一個被指派至此工作組貨物之作業時間，依此類推。

當航機 2 貨物通過作業分區 2 時亦遭遇相同之情形，航機 2 貨物通過作業分區 2 所需時間如式(3-21)所示，若  $t_{1,1} + t_{1,2} < t_{2,1} + S_{1,2}$  表示航機 1 貨物不對航機 2 貨物通過作業分區 2 之起始時間造成推擠，因此航機 2 貨物通過作業分區 2 所需時間僅包括起始延滯時間及作業時間，可直接由演算法運算結果中得到；若  $t_{1,1} + t_{1,2} > t_{2,1} + S_{1,2}$ ，表示航機 2 貨物抵達作業分區 2 時航機 1 貨物仍未完成作業分區 2 之作業，因此航機 2 貨物通過作業分區 2 之起始時間將遭受航機 1 貨物之推擠而產生一推擠性延滯時間，如圖 3.29 所示。針對航機 2 上被指派至作業分區 2 之同一工作組的貨物進行分析，如圖 3.30 所示，航機 2 貨物通過該工

作組所需時間可能包括推擠性延滯時間、起始延滯時間及作業時間，而航機 2 被指派至該工作組的各項貨物通過該工作組之所需時間總和可透過演算法求得，繼而透過時程延滯模式，可分析航機 2 被指派至該工作組貨物因遭受航機 1 貨物推擠而造成之推擠性延滯時間長度，及因該工作組作業容量限制所產生之起始延滯時間長度。

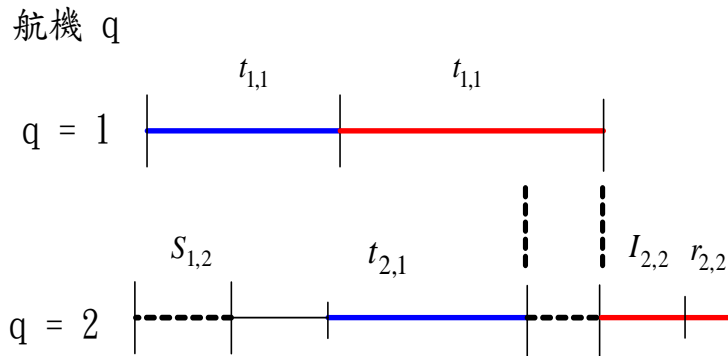


圖 3.29 航機 2 貨物通過作業分區 2 之起始時間受推擠

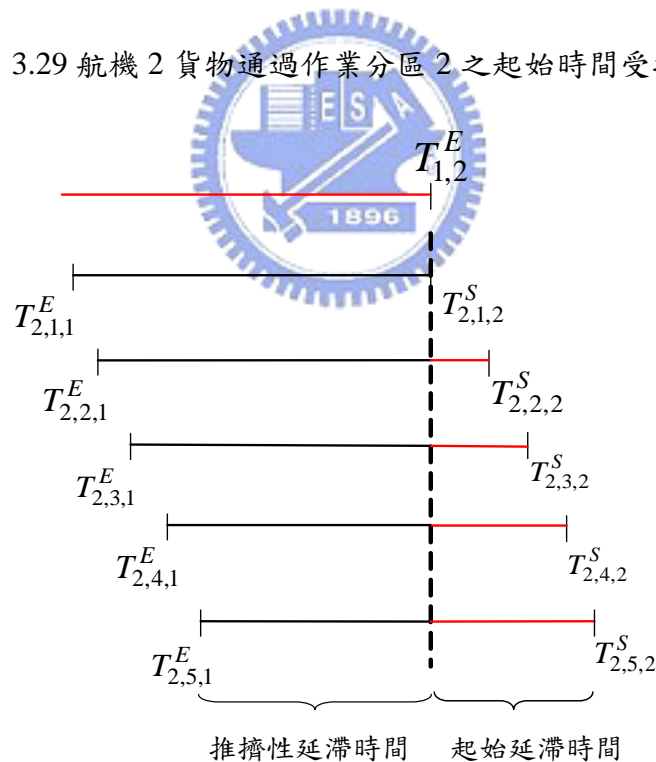


圖 3.30 航機 2 貨物於作業分區 2 之推擠性延滯時間及起始延滯時間

如圖 3.30 之示意圖所示，航機 1 最後一項離開該工作組之貨物的離開時點以  $T_{1,2}^E$  表示，若航機 2 有 5 項貨物被指派至作業分區 2 的同一個工作組，第一個

被指派至此工作組之貨物通過作業分區 1 之時間以  $T_{2,1,1}^E$  表示，第二個被指派至此工作組之貨物通過作業分區 1 之時間以  $T_{2,2,1}^E$  表示，依此類推，由圖中可看出當航機 2 被指派至此工作組之貨物抵達該工作組時，因航機 1 貨物尚未完成該工作組之作業，因此航機 2 貨物將受到航機 1 貨物之推擠而產生一推擠性延滯時間，進一步當航機 1 被指派至該工作組之最後一項貨物離開該工作組後，航機 2 第一個被指派至此工作組之貨物即接續航機 1 貨物進入該工作組進行作業，若航機 2 第一個被指派至此工作組之貨物於該工作組之起始作業時間以  $T_{2,2,1}^S$  表示，如圖 3.30 所示，因其接續航機 1 之貨物進行作業，因此無起始延滯時間產生，但航機 2 其餘接續被指派至此工作組之貨物，因該工作組作業容量有限，均將產生一起始延滯時間。

航機 2 被指派至同一工作組之貨物所遭遇推擠性延滯時間之型態，因航機 2 被指派至此工作組之貨物並非同時抵達，而是依照貨物離開作業分區 1 之順序依序抵達作業分區 2 的該工作組，因此航機 2 各項貨物於該工作組遭受之推擠性延滯時間之起點均不相同，如圖 3.30 所示，若航機 1 最後一項貨物離開該工作組之時點以  $T_{1,1}^E$  表示，此時點航機 2 被指派至該工作組之貨物可接續航機 1 貨物開始作業，因此  $T_{1,1}^E$  為航機 2 貨物於該工作組遭遇之推擠性延滯時間之終點，進一步當航機 2 被指派至該工作組之貨物開始作業後，因該工作組之作業容量限制，航機 2 被指派至此工作組之接續貨物將產生一起始延滯時間。航機 2 貨物於接續作業分區之延滯情形及航機 2 之接續航機貨物之延滯情形亦可依照上述情形進行分析。

令航機  $q$  之貨物中，於作業分區  $u$  被指派至工作組  $z$  之貨物組成集合為  $C_{q,u,z}$ ，若作業分區  $u$  根據本研究擬定之延滯控制策略進行作業方式之改善，令航機  $q$  之貨物  $c$ ， $c \in C_{q,u,z}$ ，於作業分區  $u$  改善作業方式後可節省之作業時間以  $t'_c$  表示，則航機  $q$  被指派至作業分區  $u$  工作組  $z$  的貨物所需之全部作業時間將

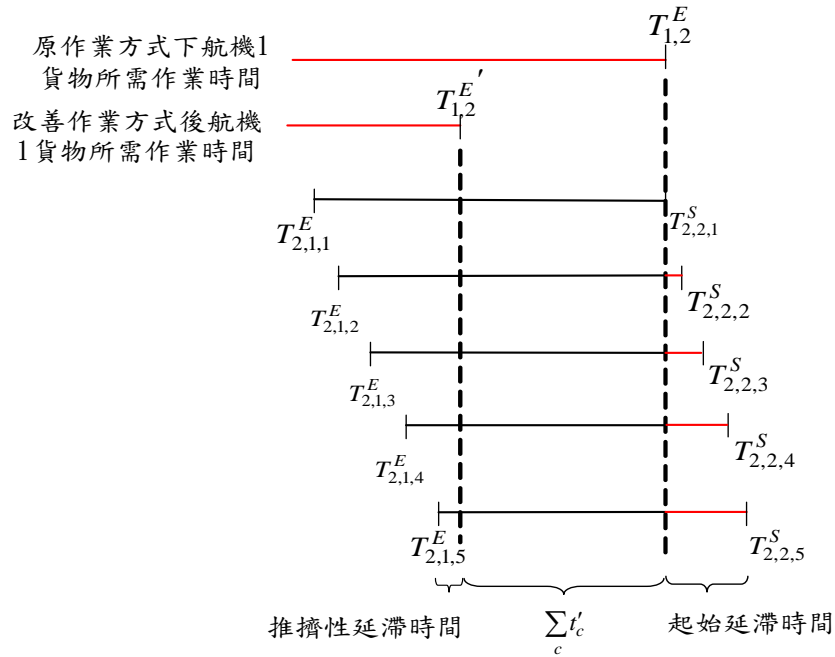


圖 3.31 作業時間縮短與推擠性延滯時間、起始延滯時間縮短之關係

減少  $\sum_{c \in C_{q,u,z}} t'_c$ ，因此根據本小節之分析，若航機  $q$  於作業分區  $u$  被指派至工作組

$z$  之貨物對航機  $q+1$  之貨物造成推擠，則航機  $q+1$  貨物遭受航機  $q$  貨物推擠所產生之推擠性延滯時間，將因為航機  $q$  被指派至該工作組之全部貨物所需作業時間縮短而縮短，如圖 12 所示以作業分區 1、2 為例，航機 1 貨物於作業分區 2 工作

組  $z$  全部所需作業時間縮短  $\sum_{c \in C_{q,u,z}} t'_c$ ，結束作業之時點由  $T_{1,2}^E$  變為  $T_{1,2}^{E'}$ ，因此航

機 2 貨物所遭受之推擠性延滯時間亦將縮短  $\sum_{c \in C_{q,u,z}} t'_c$ 。若航機 2 共有  $c_{2,2,z}$  項貨物

被指派至此工作組，則因作業分區 2 改善作業方式，航機 2 被指派至作業分區 2 工作組  $z$  之所有貨物可縮短之推擠性延滯時間可表為  $\sum_{c \in C_{2,2,z}} t'_c c_{2,2,z}$ ，進一步針對

航機 2 貨物於作業分區 2 所有工作組  $z$  所縮短之推擠性延滯時間加總，即  $\sum_z \sum_c t'_c c_{2,2,z}$ ，可分析在作業分區 2 採用該項延滯控制策略下，航機 2 所有貨物

因此可縮短之推擠性延滯時間。

此外，因作業分區 2 改善作業方式，航機 2 各項貨物於作業分區 2 之工作組的作業時間亦將縮短，又因為起始延滯時間等於同航機先行指派至該工作組貨物的作業時間之和，因此航機 2 貨物於作業分區 2 工作組的起始延滯時間亦隨之縮

短。令航機  $q$  之貨物  $c$ ， $c \in C_{q,u,z}$ ，於作業分區  $u$  改善作業方式後可節省之作業時間以  $t'_c$  表示，則其接續貨物之起始延滯時間亦縮短  $t'_c$ ，依此類推。

由上述分析可知若航空貨運站改善任一作業分區之作業方式，不但能直接降低貨物通過該作業分區所需作業時間，亦可間接縮短該航機對接續航機被指派至同一工作組之貨物推擠所造成的推擠性延滯時間，且貨物於已改善作業方式之作業分區中之起始延滯時間亦可有效縮短，因此藉由貨物所減少之推擠性延滯時間及起始延滯時間，可評估該作業分區採用延滯控制策略改善作業方式所產生之效益。

透過上述結合時程延滯模式及演算法之分析，可計算在航班密集抵達之情況下，各航機貨物於航空貨運站通關網路中通過各作業分區時，於各作業分區之工作組前遭受之推擠性延滯時間長度及起始延滯時間長度，及貨物通過整個通關網路中之累積推擠性延滯時間、累積起始延滯時間，繼而本研究於第四章將根據通關網路中各作業分區之作業特性、作業容量，針對容易造成延滯之作業分區提出相關控制策略，以期降低貨物於通關過程中因延滯時間所造成的存貨成本。

### 3.6 時效性商品之存貨成本

#### 3.6.1 一般時效性商品之存貨成本

因航空運輸具有較高的運送成本，所以使用航空運輸之貨物一般具有 1.高價值，如高科技產品之物料、半成品、成品；2.生命週期短，如生技產品、藥品；3.具時間性等特點，如報紙、郵件、時裝等，因此可知使用航空運輸之時效性商品之時間價值普遍高於使用一般運輸之貨物，因而若時效性商品於運送過程中發生時間延滯，將可能導致商品的原有功能喪失或降低商品之剩餘價值，本小節透過 3.4 節通關最短時間評估之結果，分析時效性商品於通關過程中所可能發生之存貨成本。

一般時效性商品於通關過程中發生之存貨成本，包括進口商品之價值隨時間



遞減而造成之銷售損失，及原物料延遲進廠導致工廠斷料，所造成之生產損失等，本研究將上述貨主之損失均視為貨物的延滯時間成本。由演算法求解所得結果，令  $t_{c,u}^*$  為貨物  $c$  通過通關網路中作業分區  $u$  之全部耗費時間，其中包括貨物通過作業分區  $u$  所發生之推擠性延滯時間、起始延滯時間、作業時間、作業延滯時間，因此貨物通過航空貨運站所需時間可表示為  $\sum_u t_{c,u}^*$ 。令  $e_c$  為貨物  $c$  中單位商品之單位時間延滯成本，可能包括貨主因時間延滯造成之銷售損失或生產損失， $N_c$  表示貨物  $c$  包含商品數， $W_c$  表示貨物  $c$  於貨運站中每單位時間之倉儲成本， $G_c$  表示貨物  $c$  之地勤作業成本，且  $W_c$ 、 $G_c$  均為貨物  $c$  總重量之函數，因此貨物  $c$  在通過航空貨運站通關網路過程中所造成的總存貨成本可表為

$$\sum_u (e_c N_c + W_c) t_{c,u}^* + G_c \quad (3-45)$$

### 3.6.2 易腐時效性商品之存貨成本

近年來生物科技產業在全球蓬勃發展，台灣亦將其列為國家重點發展項目之一，目標在發展臺灣成為亞太地區生物技術業的研發、製造與營運中心，同時推動設立亞洲多發性疾病研究及臨床中心、生技及藥物重點量產基地、醫療工程應用及產製中心，以及生技醫藥創投重鎮等。在進口農產品之部分，台灣已於 2002 年加入 WTO(World Trade Organization)，現今仍受進口管制之 1,000 多項農產品，入會以後必須完全開放，此一市場開放的結果，外國農產品挾帶價格優勢，必將帶動進口農產品數量逐年成長。因此進口航空貨運量在上述生技產業發展及進口農產品數量逐年成長帶動下，空運進口之時效性商品包括需低溫保存之農產品、生技產品，如藥品、試劑、疫苗、化學品等時效性商品的原料、半成品、成品之數量勢必逐漸成長，此外，因易腐時效性商品需於低溫環境中保存之特性，若商品在卸機、搬運、點收、拆打盤櫃、驗貨之過程中，須暫時離開低溫儲存環境，而台灣地區常年氣候炎熱，若此時發生作業延滯，將大幅升高時效性商品品質變化之風險且降低商品剩餘價值。

易腐時效性商品於通關過程中所產生之存貨成本，除受通關時間延滯影響所產生之延滯時間成本外，因易腐時效性商品本身在非低溫環境下具有易腐之特性，因此貨物在通關作業過程中環境品溫的改變將造成另外之腐敗成本，本小節延伸 3.3 節之一般時效性商品通關網路，考慮貨物於通關過程中環境品溫的變化重新劃分作業分區，如圖 3.32 所示，其中貨物於通關過程中共於四個作業分區中必須離開低溫儲存環境，包括作業分區 1、2、4、7，其中作業分區 1 中貨物

僅在「航機卸機」至「貨運站交接區」此一實物流作業流程中，商品由地勤人員自航機拖運至貨運站交接區，此一過程商品將暴露在戶外的常溫環境中，作業分區 2、4、7 內貨物則是處於常溫之室內環境中，商品之環境品溫較作業分區 1 低，因此易腐時效性商品於作業分區 2、4、7 中的腐敗速率將較為緩和。

若貨物  $c$  為易腐時效性商品，由演算法求解結果，其於通關網路中作業分區  $u$  之全部花費時間，包括推擠性延滯、起始延滯時間及作業時間以  $t_{c,u}^*$  表示，由圖 13 可知貨物  $c$  於通關過程中共有 4 次作業必須離開低溫儲存環境，本研究假設所有環境品溫皆為外生變數，令作業分區  $u$  之環境品溫以  $H_u$  表示，貨物  $c$  於作業分區  $u$  之環境品溫  $H_u$  中腐敗函數可表為  $P_{c,H_u}(t)$ ，令貨物  $c$  於進入作業分區  $u$  時仍未發生腐敗之商品數量為  $l_{c,u}$ ，且  $l_{c,u} = l_{c,u-1}(1 - \int_0^{t_{c,u-1}^*} P_{c,H_{u-1}}(t)dt)$ ，因此貨物  $c$  於作業分區  $u$  所發生之期望商品腐敗數量可表為

$$l_{c,u} \times \int_0^{t_{c,u}^*} P_{c,H_u}(t)dt \quad (3-46)$$

令貨物  $c$  單位商品價格為  $v_c$ ，因此貨物  $c$  於此作業分區之單位時間腐敗成本為

$$v_c l_{c,u} \int_0^{t_{c,u}^*} P_{c,H_u}(t)dt \quad (3-47)$$

綜上，可知貨物  $c$  通過作業分區  $u$  所發生之存貨成本可表為

$$V_{c,u} = (e_c N_c + W_c) t_{c,u}^* + v_c l_{c,u} \int_0^{t_{c,u}^*} P_{c,H_u}(t)dt \quad (3-48)$$

其中， $e_c$  為貨物  $c$  之單位商品的單位時間延滯成本， $W_c$  為貨物  $c$  的單位時間倉儲成本， $N_c$  為貨物  $c$  之全部商品數量，透過分析貨物  $c$  於各作業分區所發生之腐敗成本  $V_{c,u}$ ，即可瞭解易腐時效性商品於航空貨運站通關過程中於各作業分區之腐敗狀況，並了解易腐時效性商品於各作業分區之失效比例，分析結果可作為航空貨運站改善易腐時效性商品進口通關流程時之參考，以降低其於進口通關過程中發生腐敗之機率及存貨成本。

進一步以  $G_c$  表示貨物  $c$  之地勤作業成本，則其通過航空貨運站通關網路所發生之總存貨成本  $V_c$  可表為

$$V_c = \sum_u V_{c,u} = \sum_u [(e_c + W_c) \times t_{c,u}^* \times l_c + v_c \times \int_0^{t_{c,u}^*} P_{c,H_u}(t)dt \times l_{c,u}] + G_c \quad (3-49)$$

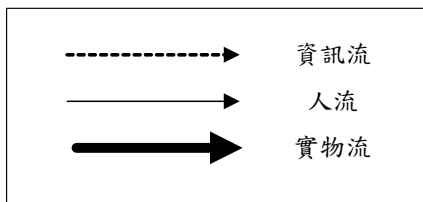
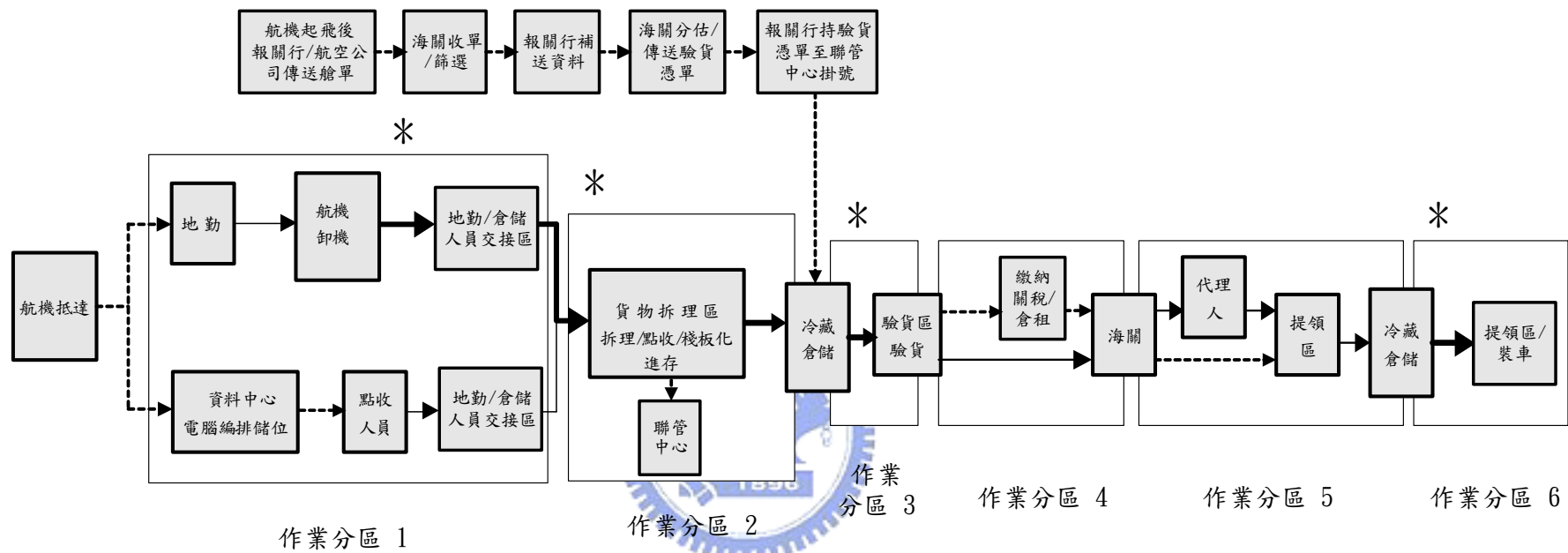


圖 3.32 航空貨運站通關網路考慮環境品溫變化之作業分區

## 第四章 通關時間延滯控制策略

針對目前機場航空貨運站進口通關網路中資訊流、物流之作業機制，本研究首先就一般時效性商品之通關網路提出延滯控制策略，以期減少時效性商品於通關網路中之推擠性延滯時間與起始延滯時間，繼而針對易腐時效性商品亦提出腐敗控制策略，以降低易腐時效性商品於通關過程中曝露於常溫環境之機會，並降低貨主因通關時間延滯、商品腐壞造成之腐敗成本。進一步，本研究將於第五章範例分析中，藉由實際進口貨物倉單資料，分析貨物在目前實務之進口通關網路中可能發生之推擠性延滯時間及起始延滯時間，及航空貨運站採用相關延滯控制策略後，推擠性延滯時間及起始延滯時間之變動情形，及貨主、物流業者可降低之存貨成本。

### 4.1. 改變貨物通關順序

目前機場航空貨運站之進口通關作業中，同一架航機所運抵的貨物之通關優先順序的決定為隨機選取之方式，即同一架航機所運送之進口貨物，由地勤人員至航機卸機開始，貨物通關之優先順序均由作業人員從聯管中心所提供之倉單資料中，以隨機之方式選取貨物進行作業，較靠近航機艙門之貨物可較先卸機，此種作業方式並未考慮貨物之特性，例如商品之價值高低、商品數量、是否為易腐商品、單位延滯時間之存貨成本高低等，因此在現行作業方式下，將增加高時效性之商品在進口通關的過程中發生時間延滯的機率，因而造成商品失效、降低時效商品之剩餘價值，造成貨主之銷售損失，生產損失等存貨成本；若貨物為易腐之時效性商品，則商品於通關過程將增加遭受它班航機貨物推擠或同班機貨物推擠產生之等待時間，易導致腐敗機率提高，並增加貨主之腐敗成本。

基於上述原因，本研究於此小節中，參考工業工程領域關於工廠生產作業決策所使用之派工法則，即「於機台前工單等候列中，選擇下一個加工工單之依據法則。」(Blackstone et al., 1982)，發展可適用於空運進口貨物通關順序法則，以改善上述因通關作業造成貨主存貨成本上升之現象，此決策方式考慮之因素包括各項貨物之單位延滯時間成本、單位時間之腐敗成本、商品數量、商品價格等時效性商品特性，及商品於通關過程中之累積通關時間，以發展可適用於空運進口貨物通關順序之決策方式。透過此通關順序法則將可降低時效性商品於航空貨運站進口通關網路中，因通關作業所造成之存貨成本，包括延滯時間成本、腐敗成本等，及降低航空貨運站可能因延滯時間過長導致商品失效比例過高時必須付出之懲罰成本。

本研究之通關順序法則以貨物  $c$  至作業分區  $u$ ， $u=1,2,\dots,U$ ，進行指派時已

發生之存貨成本  $Q_{c,u-1}$  之大小作為決定貨物通關順序之標準，如式(4-1)所示，其中  $u-1$  表示作業分區  $u$  的前一個作業分區， $Q_{c,u-1}$  愈大表示貨物將具有愈優先之通關順序。

$$Q_{c,u-1} = V_c^D \times I_{c,u-1} + V_{c,u-1}^F \quad u = 2,3,\dots,U \quad (4-1)$$

式(4-1)中  $V_c^D$  表示貨物  $c$  之單位延滯時間成本，為貨物  $c$  之商品數量  $N_c$  與每單位商品之單位時間延滯成本  $v_c^D$  之積，即  $V_c^D = N_c \times v_c^D$ ，其中  $N_c$ 、 $v_c^D$  均為給定之外生變數，又  $v_c^D$  因各項貨物性質不同，可為貨主之單位延滯時間銷售損失或單位延滯時間生產損失等； $I_{c,u-1}$  為貨物  $c$  由作業分區 1 到作業分區  $u-1$  之累積通關時間；式(4-1)中  $V_{c,u-1}^F$  為貨物  $c$  於作業分區  $u$  前等待指派時已發生之腐敗成本，為貨物  $c$  之商品數量  $N_c$ 、貨物  $c$  之商品單位價格  $P_c$  及貨物  $c$  在作業分區 1 至作業分區  $u-1$  中各個不同環境品溫  $H_u$  下之商品累積腐敗機率之積，其中商品單位價格  $P_c$ 、商品  $c$  於環境品溫  $H_u$  下之腐敗函數  $P_{c,H_u}(t)$  均為外生，因此貨物  $c$  於作業分區  $u$ ， $u \in U$  前等待指派時之腐敗成本  $V_{c,u-1}^F$  可表示如下

$$V_{c,u-1}^F = N_c P_c \sum_{y=1}^{u-1} \int_0^{t_{c,y}^*} P_{c,H_y}(t) dt \quad (4-2)$$

綜上，可將式(4-2)改寫為式(4-3)

$$Q_{c,u-1} = N_c v_c^D I_{c,u-1} + N_c P_c \sum_{y=1}^{u-1} \int_0^{t_{c,y}^*} P_{c,H_y}(t) dt \quad (4-3)$$

目前實務上貨物於機艙中艙位之安排，僅考慮飛行過程中載重平衡之問題，若航機由起飛地將貨物裝載至航機機艙前，航空公司先將艙單資料透過上述之通關順序法則擬定貨物抵達目的地後之通關順序，則貨運站人員裝載貨物進機艙時

除考慮載重平衡外，亦可參考此一卸機時之通關順序安排貨物艙位，以利航機抵達目的地後即可按照已排定之通關順序將貨物由機艙卸機，並依所排定之順序進行接續之通關流程，將可降低高時效性商品遭受推擠發生延滯之機率。

通關順序法則可應用於貨物尚未進入航空貨運站通關網路前，作為擬定同一航機所運送之所有貨物的通關順序，此外通關順序法則亦可用於貨物於通關網路流動過程中，貨物於各作業分區前接受指派時，若同一時點有多項貨物同時接受指派，可透過通關順序法則決定貨物接受指派之順序，如 3.4 節演算法求解步驟 5 中，當同一時點有多批貨物同時接受指派時，按照目前現場之實務作業方式，即選擇通關順序  $x_c$  最小之貨物，即最早進行通關之貨物優先進行指派，並不考慮同時等待接受指派的各項貨物之單位延滯時間成本、單位時間之腐敗成本及累積通關時間等相關因素，因此，透過通關順序法則擬定貨物於通關前、通關過程中各作業分區前之指派順序，可使高時效性商品擁有較優先的通關順序，降低通關過程中可能產生的推擠性延滯時間、起始延滯時間，以提升時效商品之剩餘價值，降低貨主之各項存貨成本。



## 4.2 增加作業容量

在航機密集抵達之情況下，因貨物抵達率將大於航空貨運站中作業分區之服務率，因此航空貨運站中作業容量較小之作業分區，將形成航空貨運站通關網路的瓶頸，不但造成該作業分區之作業產生延滯，亦可能將此延滯在通關網路上擴散而影響其它上下游之作業分區，因此為改善此一延滯情形，本研究延伸 3.4.2 節之貨物通關時間評估演算法，針對航空貨運站通關網路中容易產生延滯之作業分區，藉由增加工作組數目，分析在該作業分區工作組數目增加之情況下，貨物通過該作業分區所需時間之變化，並進一步根據 3.5 節之分析，探討工作組數目增加之情況下貨物通過該作業分區之推擠性延滯時間及起始延滯時間之變化，及貨主、物流業者可因此降低之存貨成本，結果可提供航空貨運站作為作業尖峰時段時，各作業分區應配置工作組數量之參考。

## 4.3 改善作業方式

本研究針對航空貨運站通關網路中各作業分區之物流、資訊流不同作業特性，分別擬定相關延滯控制策略，藉由改善各作業分區之作業方式，以提升各作業分區的作業效率並縮短貨物於各作業分區之作業時間、推擠性延滯時間及起始延滯時間，以減少貨主或物流業者於貨物進口通關的過程中，因時間延滯所衍生

之各項存貨成本。首先透過各作業分區之工作組數量、工作組作業容量，針對貨物在航空貨運站通關網路中各作業分區所需之作業時間做一基本分析，以探討航空貨運站根據本小節所擬定的相關控制策略而改善作業方式之情形下，貨物於各作業分區中可縮短之作業時間。

假設貨物 c 總重  $w_c$  噸，作業分區 u 中每個工作組單位時間之作業容量以  $p_u$  表示，單位噸/小時，則貨物 c 通過作業分區 u 所需之作業時間可表示為

$$\frac{w_c}{p_u} \quad (4-4)$$

若航空貨運站根據延滯控制策略改善該作業分區之作業方式，例如以資訊流取代書面文件的傳遞、提升倉儲自動化程度等、採用條碼系統進行點收等，則改善後該作業分區之單位時間作業容量將上升，若改善後之單位時間作業容量提升為原來的  $\alpha$  倍，因此貨物 c 通過該作業分區所需之作業時間可表示為

$$\frac{w_c}{\alpha p_u} \quad (4-5)$$

綜上，作業分區 u 改善作業方式後，貨物 c 通過該作業分區可縮短之作業時間，可表示為

$$\frac{w_c}{p_u} - \frac{w_c}{\alpha p_u} = \frac{w_c}{p_u} \times \frac{\alpha - 1}{\alpha} \quad (4-6)$$

透過上述基本分析，可探討航空貨運站在採用本小節提出之各項延滯控制策略下，貨物在通關網路各作業分區中所需作業時間之變化，並由貨物在各作業分區作業時間的縮短，進一步根據 2.4 節之分析，分析在貨物作業時間縮短情形下，貨物於各作業分區中之推擠性延滯時間及起始延滯時間之變化，以說明本研究提出之延滯控制策略確實能有效縮短貨物本身之通關延滯時間及接續貨物之通關延滯時間，並說明本研究所擬定之各項延滯控制策略之可行性。以下即為本研究針對目前航空貨運站通關網路中各作業分區之作業方式提出之延滯控制策略。

#### 4.3.1 改善通關網路作業機制

目前現場之實務作業中，貨物拆理、點收完畢進倉儲存後，貨主、物流業者才持海關所開立之驗貨憑單至聯管中心掛號，之後倉儲人員方根據貨主或代理人

之掛號至倉儲中尋找欲接受海關驗貨之貨物並運送至海關檢驗區，此部分作業流程仍存在改善之空間，參考新加坡樟宜機場航空貨運站之海關預檢系統 PCS(Previous Clearance System)之海關通關檢驗方式，其作業流程如下所示：

- 1.空運業者在貨物進口通關前兩個小時，透過 EDI 將通關貨品之基本資料傳輸至海關的電腦系統。
- 2.海關在接到業者的通關申請訊號後，以其內部的 PCS 程式自動抽選欲受檢的貨品類別。
- 3.拆理區之工作人員透過 EDI 傳回的資料，讀取本次通關作業中，海關欲抽檢的貨品類別。
- 4.拆理區之工作人員利用掃描器裝置確認那些貨品將接受海關檢查。
- 5.將欲受檢貨品與其他貨品分別包裝，並進倉儲存。
- 6.海關根據檢查清單，檢查業者於拆理區已取出並分開包裝的受檢貨品，迅速完成驗貨作業。

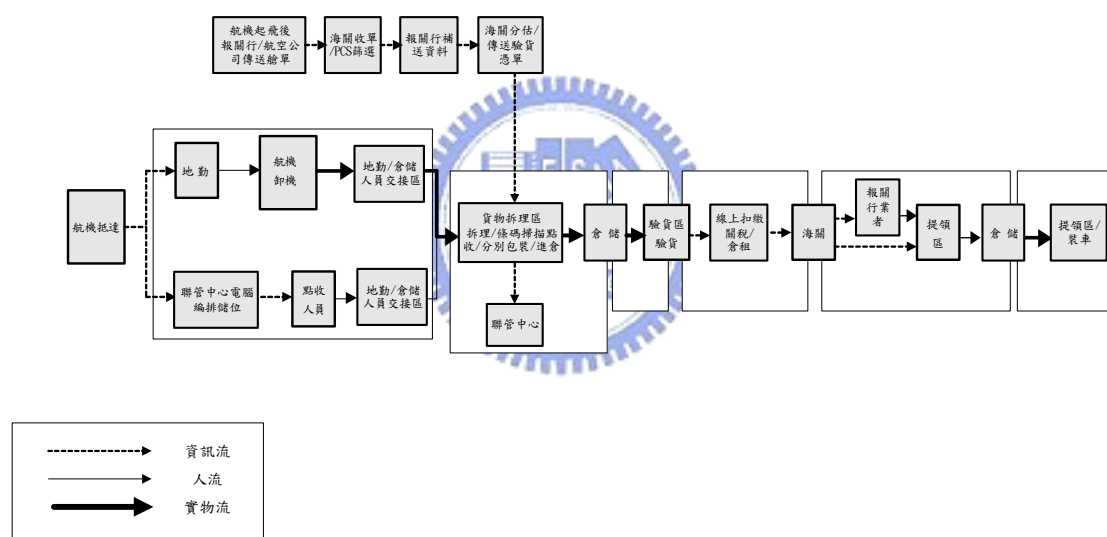


圖 4.1 新加坡樟宜機場海關預檢系統 PCS 通關作業流程圖

在海關預檢系統中，拆理區之工作人員於貨物抵達前已透過海關 EDI 傳回的海關篩選結果資訊，瞭解海關欲抽檢貨物的類別及品項，因此拆理人員可將同一項貨物中欲接受海關驗貨之商品與不必接受通關檢驗之商品分別包裝，如此於檢驗過程中海關人員將可省去等待貨物之拆裝與找尋受檢商品之時間，以節省貨物於通關檢驗過程中所必須耗費之時間，加速貨物之流通。樟宜機場航空貨運站實施海關預檢系統後，所獲得之具體成效如下(交通部運輸研究所，民 83)：

- 1.通關資料在貨品到達之前即可預先得知，節省海關的事前作業，使關員人力得以預作調配。



- 2.資料或報告可透過 EDI 直接傳送至對方的螢幕，免除文件往返傳送之苦，使電腦化的效益充分發揮。
- 3.通關貨品經過事先抽選與分開陳列，因此業者通關時，海關可以免於等待貨物拆裝與找尋受檢貨品的時間與困擾。
- 4.節省貨品通關所需要的時間，在過去人工作業時，每次通關約需 2 小時，實施 PCS 後則僅需 45 分鐘，可節省六成以上的時間。

海關預檢系統(Previous Clearance System, PCS)是 1992 年 4 月美商 UPS 向新加坡關稅局提出的革新構想，結果此一系統的政策溝通、系統測試、人員操作訓練、新舊系統平行作業與交接僅耗時兩個半月即完成，1992 年 7 月 1 日新加坡關稅局正式宣佈實施 PCS，樟宜機場成為世界上第一個實施海關預檢制度的國際機場。由於執行的成效良好，對於 UPS、DHL、FedEx 等注重電腦化與時效的跨國性業者而言，更是如虎添翼，加上 PCS 所需要的硬體設備很少，因此新加坡海關已決定全面推廣此一系統，要求所有在樟宜機場營運的貨運業者都必須採用 PCS，以提高貨運站的整體作業效率。PCS 推行的成功，除了海關單位、空運業者與報關業者同享作業便利的優點外，更彰顯樟宜機場及新加坡政府對於機場營運效率之重視程度，及提升機場作業績效之決心，此點值得我國機場經營單位之參考。

#### 4.3.2 採用電子資料交換系統(EDI)

EDI(Electronic Data Interchange)使用電子傳輸(Electronic Transfer)技術，透過網路連結與各通關作業相關單位的電腦連線，以標準化的檔案格式直接透過電子資料的傳輸，以減少人為的介入及書面文件的使用，節省海關作業之時間與成本，並減少資料之重複輸入，降低人為疏失，目前國內海關、航空貨運站、報關業者、進口貨物相關主管機關如農委會、衛生署之間已建置完成此一系統，包括航空公司、航空貨運承攬業、航空貨運站、資金中心、地勤均可透過此系統交換班次、艙單、提單等相關訊息，而此貨物通關自動化系統之主要效益包括可加速貨物流通、減少人力投入、減少資料輸入錯誤之機會、降低資訊傳遞成本等。唯目前國內通關作業中資訊流之部分仍未全面電子化，通關網路中仍存在電子資料交換系統(EDI)可利用之空間，本研究將於 4.3.1 節及 4.3.2 節中進一步詳述。

##### (1)採用條碼(Bar code)系統進行點收

目前部份作業單位間資訊之處理與流通仍以人工作業之書面往返為主，影響作業效率甚大，例如貨物拆理區現場之點收作業仍以書面作業進行，點收人員根據聯管中心所提供之艙單資料於貨物拆理區點收完畢後，點收所得之資訊包括貨物之品名、數量、是否發生損毀等訊息，必須再以書面回傳至聯管中心，聯管中心人員再將書面訊息輸入電腦轉換成資訊流，因此若此書面點收流程可仿效國際

快遞業者改採條碼(Bar code)掃描系統，並對進口貨物建立標準之條碼系統，則點收人員於點收區現場即可將點收結果之訊息透過資訊流傳送至聯管中心，此項措施不但可以節省點收人力與加速點收時間，亦可節省聯管中心之作業人力，降低貨運站經營單位之營運成本，且點收作業與點收資訊之傳遞同步進行，將可有效降低空運進口貨物通過貨物拆理區所必須花費的時間。

## (2)採用線上扣繳方式繳納關稅

目前實務上關稅之徵收作業，除快遞貨物可透過線上扣繳，C1 類貨物可透過彙總清關方式，快速於線上完成徵稅作業外，空運進口之一般 C2、C3 類貨物仍需在海關驗貨完畢後，由報關行業者親自至貨運站之金資中心繳納關稅，而此項徵稅作業於貨運站通關之尖峰時間容易造成報關行業者至金資中心繳納關稅時產生額外之等待時間，因此影響接下來的貨物提領時間，且增加貨物存放於倉儲中的時間而增加貨主之倉儲成本。本研究建議海關單位可提供報關行業者申請一保證金額度，在貨物進口通關過程中，當海關分估、驗貨完畢後，海關資訊系統將自動由保證金中扣除此項貨物所須繳納之稅額，即可完成徵稅之作業，報關行業者可在完成提貨手續後，於規定時間之內補繳稅款，保證金額度即自動恢復，並待該業者下一次貨物通關時扣繳，藉由此項措施通關網路將可省略報關行至金資中心繳納關稅之該項作業，有效降低貨物通關所需時間及貨物於通關網路中遭遇推擠產生延滯之機會。

### 4.3.3 倉儲設備自動化

目前國內航空貨運站之通關網路中實物流之部分整體而言，自動化程度仍然不足，貨物處理之相關實物流作業如分檢、存倉、出貨等，仍必須倚賴密集的勞力，因此大幅增加貨物處理所需時間，及實物流作業發生臨時事件之機率，在先進國家之機場航空貨運站，如新加坡樟宜機場之貨運站(SATS 及 CIAS)即已經採用半自動化之倉儲系統，其機械化程度較高，因此國內航空貨運站應在貨物處理之技術上亦可加強自動化之程度，以改善目前貨物取驗時之混亂與耗時之現象，降低貨物通關所需時間，減少貨物發生延滯之機率。

目前先進國家航空貨運站常見之自動化倉儲系統為全機械式空運盤櫃裝卸系統(ULD)，其由一個能控制貨物搬運設備的中央控制電腦，連接光學掃描器和自走式升降運輸車所組成，使用 ULD 之主要效益為改善目前貨物取驗、出貨時之混亂與耗時之現象，貨運站人員僅需在電腦上輸入海關預檢驗之貨物資料，電腦即指示自走式升降運輸車將欲受檢貨物搬運至驗貨區接受海關檢驗；再出貨方面，提領區人員僅需將提單號碼輸入電腦，ULD 即可將貨物運送至貨物接收台，上述效益均可減少航空貨運站中驗貨區及提領區於尖峰時段之混亂與耗時之現

象，使用自動化倉儲系統 ULD 之效益如下(交通部運研所，民 83)：

- 1.有效運用倉容：以中正機場航空貨運站進口倉為例，目前倉儲可存放 4000 盤小貨，興建 ULD 之後，在相同倉容下可加大儲存密度至 10000 盤小貨。
- 2.增進貨物安全：採用機器設備，可減少搬運過程中人為疏失對貨物造成之損害。
- 3.提升服務效率：ULD 完成建置後，每 1.5 分鐘可存取一盤貨物，大幅增加了進存及出貨的速度。

#### 4.3.4 提領區作業流程之改善

貨運站提領區之提貨碼頭所能靠泊之貨車數量，因受到貨運站提貨碼頭數限制，因此能停靠之貨車數有一定的上限，在此情況下提領區於作業之尖峰時段常發生碼頭容量不足之情形，造成部分欲進行提貨之貨車無法順利進行提領，而必須先於貨車等待區等待閒置之碼頭出現，才能靠泊碼頭進行提領作業，而造成貨物於通過提領區時另外產生一等待時間，根據交通部運研所(民 83)，航空貨運站提領區之規劃原則如下：

- 1.貨車動線規劃：提領貨物之貨車進出提貨碼頭之動線應規劃清楚，避免尖峰時段貨車任意停放阻礙其餘貨車之車行動線。
- 2.倉儲自動化：自動化之倉儲系統將可降低貨車等待倉儲人員自貨運站倉儲中取出欲提領貨物之時間，增加提貨碼頭之週轉率。
- 3.合理指派提貨碼頭：依各貨運承攬業者欲提領之貨運量資料合理分配提貨碼頭，均衡各碼頭之使用，降低碼頭發生推擠之機率。

本研究根據上述分析，建議目前航空貨運站之提領區作業可改善之項目包括 1.如 4.4 節所述加強倉儲設備自動化程度，以縮短倉儲人員自倉儲中取出欲接受提領貨物之時間，及貨車於提貨碼頭等待提領貨物之時間，增加提貨碼頭使用之週轉率和提領區之作業容量；2.於提領區旁之貨車等待區設立大型電子佈告欄，建立裝卸秩序並合理分配提貨碼頭，使欲提領貨物之貨車可依序前往被指派之碼頭辦理提領、裝車作業，降低尖峰時段提領區之擁塞現象。

#### 4.4 易腐時效性商品之腐敗控制

空運進口之易腐時效性商品於空運之運送過程中，因航機於飛行過程中艙外之溫度普遍在攝氏零度以下，且航機機艙中亦有溫度之調節系統，因此艙內均可保持一適當之低溫，因此基於成本考量，易腐時效性商品中除非是對溫度極為敏感之貨物例如疫苗、試劑、電子零組件等，單價極高或重要性極高之貨物於實務上才使用單獨之低溫冷藏櫃予以裝納，在上述情況下若未使用低溫冷藏櫃之進口商品數量不大，則通關過程環境品溫變化所造成之腐敗成本通常在貨主可接受範圍內，但隨著台灣加入 WTO，及台灣生技產業、高科技產業的快速發展，空運進口需低溫保存之易腐時效性商品及電子零組件之數量逐年攀升，航空貨運站營運單位及空運承攬業者必須事先針對需低溫冷藏之進口時效性商品做一妥善之通關流程規劃，以因應貨主之需求及產業之趨勢發展。

##### 4.4.1 使用低溫冷藏櫃

令貨主租用低溫冷藏櫃之單位時間設備成本為  $u_c$ ，能源成本部份因冷藏櫃內溫度愈低所消耗之能源愈大，因此假設能源成本為低溫冷藏櫃提供之儲存溫度  $t'$  之函數，令貨主使用低溫冷藏櫃之單位時間能源成本為  $u_e(t')$ ，又低溫冷藏櫃之體積較大，因此當低溫冷藏櫃通過航空貨運站時亦必須付出額外之倉儲成本，令貨主因使用低溫冷藏櫃所增加之額外單位時間倉儲成本為  $u_w$ ，進一步假設易腐時效性商品  $c$  於低溫冷藏櫃中溫度  $t'$  下之腐敗函數為  $P_{c,t'}(t)$ ，因此根據 2.5.2 節之分析，使用低溫冷藏櫃後易腐時效性商品  $c$  於航空貨運站通關過程發生之腐敗成本可表示為

$$v_c \times \sum_u [l_{c,y} \times \int_0^{t_{c,y}^*} P_{c,t'}(t) dt] \quad (4-7)$$

其中  $u$  表示航空貨運站之作業分區， $v_c$  為易腐時效性商品  $c$  之單位價格， $t_{c,u}^*$  為易腐時效性商品  $c$  通過作業分區  $u$  所耗費之時間，此外根據 3.5.2 節之分析，未使用低溫冷藏櫃前，易腐時效性商品  $c$  於通關過程中發生之腐敗成本可表示為

$$v_c \times \sum_u [l_{c,u} \times \int_0^{t_{c,u}^*} P_{c,H_u}(t) dt] \quad (4-8)$$

綜合上述分析，貨主使用低溫冷藏櫃所節省之腐敗成本可表示為

$$v_c \times \sum_u l_{c,u} \times \sum_u \int_0^{t_{c,u}^*} [P_{c,H_u}(t) - P_{c,t'}(t)] dt \quad (4-9)$$

考慮貨主使用低溫冷藏櫃時必須另外付出之設備成本、能源成本、運送成本及倉儲成本，貨主因使用低溫冷藏櫃運送易腐時效性商品於航空貨運站通關過程中可節省之成本可表示為

$$v_c \times \sum_u l_{c,u} \times \sum_u \int_0^{t_{c,u}^*} [P_{c,H_u}(t) - P_{c,t'}(t)] dt - \sum_u t_{c,u}^* [u_c + u_e(t') + u_w] \quad (4-10)$$

#### 4.4.2 改善貨運站作業減少商品曝露常溫之機會

如圖 3.27 所示，未使用低溫冷藏櫃之進口易腐時效性商品，將於作業分區 1、2、3、7 之作業中必須離開低溫儲存環境曝露於常溫環境中，其餘作業分區之作業過程進口易腐時效性商品均存放於低溫倉儲內，因進口易腐時效性商品之腐敗速率與環境品溫之間存在正相關之特性，因此可知進口易腐時效性商品通過作業分區 1、2、3、7 之時間長短，將對進口易腐時效性商品之品質產生關鍵性的影響。

根據本章前述各項延滯控制策略，本研究針對易腐時效性商品於通關流程中將曝露於常溫之作業分區提出以下建議：

1. 易腐時效性商品於作業分區 1 之作業中，參考 4.1 節之通關順序法則，根據通關順序法則之判斷，同一航機所運送進口之貨物中，需低溫保存之易腐時效性商品將可獲得較優先之通關順序，以降低易腐時效性商品於通關過程中受到其餘通關貨物推擠而造成時間延滯之機率。
2. 易腐時效性商品於作業分區 2 之作業中，參考 4.2 節 PCS 海關預檢系統之作業流程，進口易腐時效性商品於航空貨運站拆理區拆理、點收時，可藉由條碼(Barcode)之掃描以加快作業速度減少貨物曝露於常溫之時間，並於理貨時按照海關所傳送之驗貨清單將欲受檢之商品分別包裝，使易腐時效性商品於作業分區 3 常溫環境中接受驗貨時可減少其於常溫下拆裝與找尋受檢貨品的時間，降低商品發生腐敗之機率。
3. 易腐時效性商品於作業分區 7 之作業中，參考 4.6 節提領區作業流程之改善策略，經由倉儲設備之自動化以縮短易腐時效性商品由低溫倉儲中取出至裝載上低溫冷藏車此段作業之時間，並透過貨車動線之規劃並合理分配提貨碼頭建立裝卸秩序，以降低易腐時效性商品於碼頭之常溫環境中等待裝載上低溫冷藏車之時間。

## 第五章 範例分析

本研究係以進口時效性商品為對象，分析進口時效性商品於通過航空貨運站過程中，因通關作業延滯對時效性商品品質及存貨成本之影響。為驗證本研究提出之時程延滯模式及通關時間評估演算法之可行性，以及說明擬定之控制策略改善航空貨運站通關效率之效益，本研究收集航空貨運站之航機班表、航機艙單資料，以及航空貨運站各作業分區之工作組數、作業容量、作業相關時程數據等，其中貨物於各作業分區之作業時間，因航空貨運站中貨物於各項作業所需時間仍缺乏相關研究，且現場詳細調查亦存在難度，因此本研究於現場初步調查後根據作業情況進行合理的假設。此外進口貨物之單位價格、單位延滯時間成本、腐敗函數等不易取得之相關資料，則透過與進口承攬業者、貨主之訪談後進行合理之假設。透過本研究提出之時程延滯模式與通關時間評估演算法之求解結果，可說明時程延滯模式及通關時間評估演算法之可行性，進一步透過分析延滯控制策略對模式中各主要變數之影響，說明延滯控制策略於實務上應用之可行性，及延滯控制策略是否能有效縮短貨物通關時間及其原因，最後針對對模式中的重要參變數進行敏感度分析，探討模式中各關鍵參變數對時效性商品通關所需時間及航空貨運站通關網路作業效率之影響。

資料收集方面，需收集之資料可分為三個主要部分，第一部分為進口時效性商品之相關資料，包括進口貨物種類、貨物數量、貨物重量、包含商品數量、貨物單位延滯時間成本、腐敗函數等，此部份資料除進口貨物之單位延滯時間成本及易腐時效性商品之腐敗函數資料不易取得外，其餘資料均可由航空貨運站相關作業單位及航空貨運承攬業者提供之航機艙單資料中取得，而貨物之單位延滯時間成本及腐敗函數則可透過與貨主訪談以進行合理之假設；第二部分為航空貨運站作業相關資料，包括抵達航機之班表、航機機型、酬載，及航空貨運站作業分區數、工作組數、工作組作業容量、各項貨物作業時間等，以上資料均可由航空貨運站提供之作業紀錄而得，僅各項貨物之作業時間因實務上調查不易，因此透過與航空貨運站作業人員之訪談，並根據各項貨物之重量進行合理假設；第三部分則為環境品溫資料，因易腐時效性商品於通關網路流動過程中，將可能因作業需要而離開低溫儲存環境曝露於常溫中，因此透過現場調查可取得通關流程中各作業分區之環境品溫資料。根據 3.3 節之分析，目前使用中正機場航空貨運站之貨運承攬業者於機場週邊並無自有倉儲，因此常將貨運站倉儲作為自有倉儲使用而發生貨物進倉後不立即報關，或報關查驗完畢後仍不立即提貨之現象，因而大幅增加貨物通關時間之不確定性，本研究為降低此不確定因素之干擾，擬針如先進國家承攬業者擁有自有倉儲之情況進行探討。

本範例分析運用 C 語言撰寫程式，進行 3.4 節通關時間評估演算法求解，並進一步分析各航機貨物於各作業分區工作組中流動產生之等待時間及作業時間。

## 5.1 範例說明

本研究設定之範例中，以中正機場航空貨運站民營化成立之華儲公司進行範例分析，本研究將該航空貨運站之通關網路劃分為六個作業分區，如圖 3.2 所示，並根據現場各作業分區之人員配置，設定演算法中各作業分區之工作組數量，如表 5.1 所示，其中各工作組單位時間之作業容量為整理航空貨運站作業容量相關資料而得。

表 5.1 作業分區包含工作組數及每工作組作業容量設定

		作業分區 1	作業分區 2	作業分區 3	作業分區 4	作業分區 5	作業分區 6
工作組數		16	13	10	4	6	8
作業容量	實物流(噸/小時)	3.75	3.9	3.7	/	/	4.1
	資訊流(項/小時)	6	/	/	6, 12	2.4, 12	/

各項貨物於各作業分區中所需作業時間之設定，實物流部分可透過式(4-4)及表 5.1 之各作業分區作業容量設定求得，貨物重量愈大通常表示包含商品數愈多或貨物體積愈大因此所需之作業時間越長；資訊流部分亦可透過表 5.1 之各作業分區作業容量求得，其與各項貨物實體重量無關，各作業分區之作業容量為與現場人員訪談後所設定。

本研究以中正機場航空貨運站班次 CAL-620、CAL-652、CPA-564、CAL-682、CPA-466 五架航機為例，各航機之機型、抵達時間、最大酬載及酬載如表 5.2 所示，此外根據航空貨運站提供各航機艙單資料可知航機運送進口貨物資料包括貨物數量、每項貨物包含商品數、貨物種類、重量，如附錄所示。

表 5.2 航機基本資料

航機班號	機型	抵達時間	最大酬載(噸)	酬載(噸)	貨物(項)
CAL-620	A300	09:00	44.7	41.18	47
CAL-652	A300	09:35	44.7	42.07	39
CPA-564	A330	10:00	50.1	44	37
CAL-682	A300	10:15	44.7	42.99	46
CPA-466	A330	10:45	50.1	43.55	50

實務上同一航班所運送之貨物中通常僅有部分貨物為易腐時效性商品，大部分貨物均為一般之時效性商品，各項貨物之單位延滯時間成本經與貨主、貨運承攬業者訪談後，根據貨物種類於合理範圍內進行假設，若貨物為易腐時效性商品則貨物除延滯時間成本外尚存在一腐敗成本，且貨物於通關過程中於部分作業分

區必須離開低溫儲存環境，因此將加速易腐時效性商品之腐敗速率。因貨物於各環境品溫下之腐敗函數取得不易，故參考 Ratkowsk et al. (1983)以修正之平方根方程式描述溫度對微生物生長速率之影響，其中冷藏品中微生物生長速率之平方根與環境品溫成正比，修正後之平方根方程式如下

$$\sqrt{k} = b(T - T_{\min})\{1 - \exp[c(T - T_{\max})]\} \quad (5-1)$$

其中 b、c 為回歸係數， $T$  為商品之環境品溫， $T_{\min}$  與  $T_{\max}$  分別代表生長速率為零時之最低與最高環境品溫。此外對於冷藏品而言，其環境品溫通常不會高於適合微生物生長的最高環境品溫  $T_{\max}$ ，因此可將式(5-1)簡化為

$$\sqrt{k} = b(T - T_{\min}) \quad (5-2)$$

故本研究假設貨物於航機抵達停機坪時均並未發生腐敗，並假設易腐時效性商品於恆溫下之腐敗速率近似為定值將其設定為生命週期之倒數，繼而根據各作業分區之不同環境品溫以式(5-2)進行分析，並根據 3.4 節通關時間評估演算法求得貨物於各作業分區之等待時間與作業時間，進一步分析易腐時效性商品於各作業分區中因等待時間及作業時間所造成之腐敗成本，本研究設定各航機所運送之易腐時效性商品之相關資料如表 5.3 所示；根據現場調查設定 4 月份易腐性商品於航空貨運站中各作業分區所經歷之環境品溫如表 5.4 所示。

表 5.3 易腐時效性商品特性相關資料

航機班號	貨物 編號	商品數 (個)	單位價格(元)	儲存溫度 $T_{\min}$ (°C)	儲存溫度下 生命週期(分鐘)
CAL-620	11	39	499	10	8171
	44	55	105	10	4323
CAL-652	5	7	232	5	4812
	18	43	908	12	4510
CPA-564	9	8	996	3	9951
	17	14	818	6	4456
CAL-682	13	40	523	10	8773
	39	52	793	5	8567
CPA-466	7	66	470	5	4084

表 5.4 各作業分區之環境品溫

	卸機作業	拆理點收	海關驗貨	繳納關稅	提領區掛號	提領作業
環境品溫(°C)	29	27	24	5	5	27



## 5.2 求解結果

以 5.1 節所設定之各項數值設定帶入通關時間評估演算法後，各航班貨物於各作業分區之平均等待時間如圖 5.1 所示，由圖中可知，尖峰時段中最早抵達航空貨運站之航班 CAL-620 其運送之貨物於航空貨運站通關過程中之平均等待時間最短，依序抵達之航班 CAL-652、CPA-564、CAL-682、CPA-466 中，各航班所運送貨物之平均等待時間則隨抵達之順序逐漸增加，因較晚抵達之航班所運送之貨物於航空貨運站各作業分區中將遭受先行抵達航班貨物之推擠，因此其貨物之平均等待時間愈長。此外由圖 5.1 中可得知該航空貨運站通關網路之瓶頸作業分區為繳納關稅之作業，即當貨物接受海關檢驗完畢，貨主或代理人憑徵稅單據至金資中心繳納關稅、倉租該項作業之等待時間最長，可能原因為航空貨運站金資中心開放作業之櫃檯數不足，導致該項作業之作業容量不足。其餘各項作業依照平均等待時間之大小，依序為提領區掛號、卸機作業、拆理點收作業、海關驗貨作業、提領作業。若航空貨運站欲針對通關網路擬定相關延滯控制策略以降低貨物於通關過程之平均等待時間，則可參考求解結果中貨物於各作業分區之平均等待時間長短，以擬定相關控制策略。此外由圖 5.1 中各航班貨物於同一作業之平均等待時間變化情形可知，各航班貨物於繳納關稅作業、提領區掛號之平均等待時間上升幅度最大，因此可知先行抵達航班貨物之平均等待時間愈長之作業，後續航班貨物於此作業分區之平均等待時間上升幅度愈大。

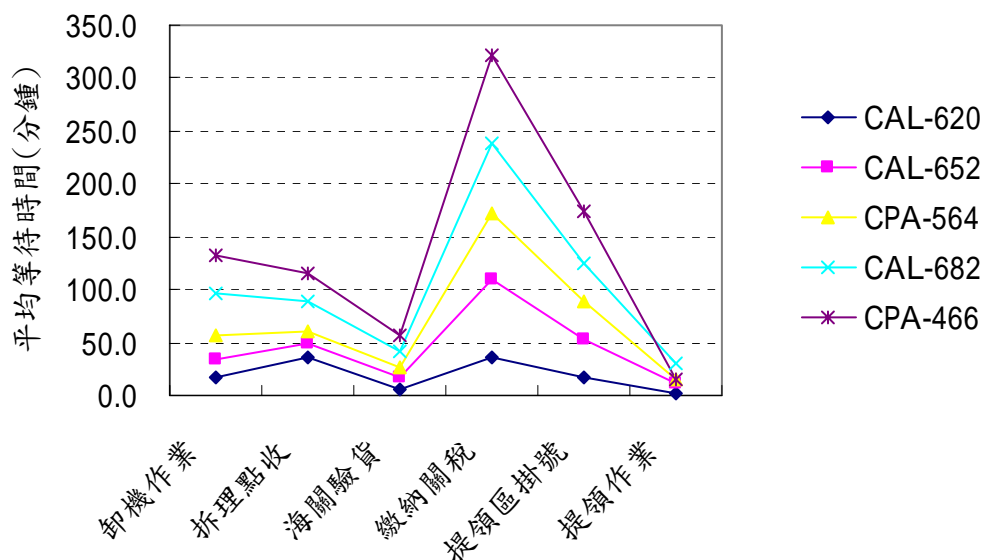


圖 5.1 各航班貨物於各項作業之平均等待時間

進一步分析各航班貨物於各作業之等待時間，包括因遭受前班航機貨物推擠而產生之推擠性延滯時間，及該航班本身之貨物彼此間推擠產生之起始延滯時間。以各作業之工作組 1 為例，航班 CAL-620、CAL-652、CPA-564、CAL-682、CPA-466 之貨物通過各項作業的工作組 1 之總推擠性延滯時間及總起始延滯時間如表 5.5 所示，針對各航班貨物之總推擠性延滯時間及總起始延滯時間進行分析，如圖 5.2 所示，貨物抵達航空貨運站後於卸機作業、拆理點收作業所遭受之總推擠性延滯時間均大於總起始延滯時間，而由海關驗貨作業開始至提領作業貨主、物流業者提領貨物出航空貨運站為止，貨物於各作業分區之總起始延滯時間均大於總推擠性延滯時間，其原因為貨物於通關過程中抵達各作業分區之時間型態，卸機作業為航空貨運站空側與陸側銜接之作業，因同航班之貨物同時抵達航空貨運站，因此貨物抵達時間集中，若該航班抵達時前班航機貨物尚未完成卸機作業，將對該航班所有貨物造成推擠而產生推擠性延滯時間；繼而貨物於航空貨運站通關網路中流動，因各作業分區之容量限制，貨物抵達各作業分區的時間型態將逐漸分散，因此相較於貨物集中抵達，貨物將不易受到前班航班貨物之推擠而產生推擠性延滯時間，因此隨著貨物於通關網路中流動，推擠性延滯時間於各作業分區佔貨物等待時間之比例將逐漸降低，因而起始延滯時間佔等待時間之比例將逐漸提高，如圖 5.3 所示，因此可知貨物於航空貨運站通關作業中愈接近空側，受前班航班貨物之推擠愈為明顯。

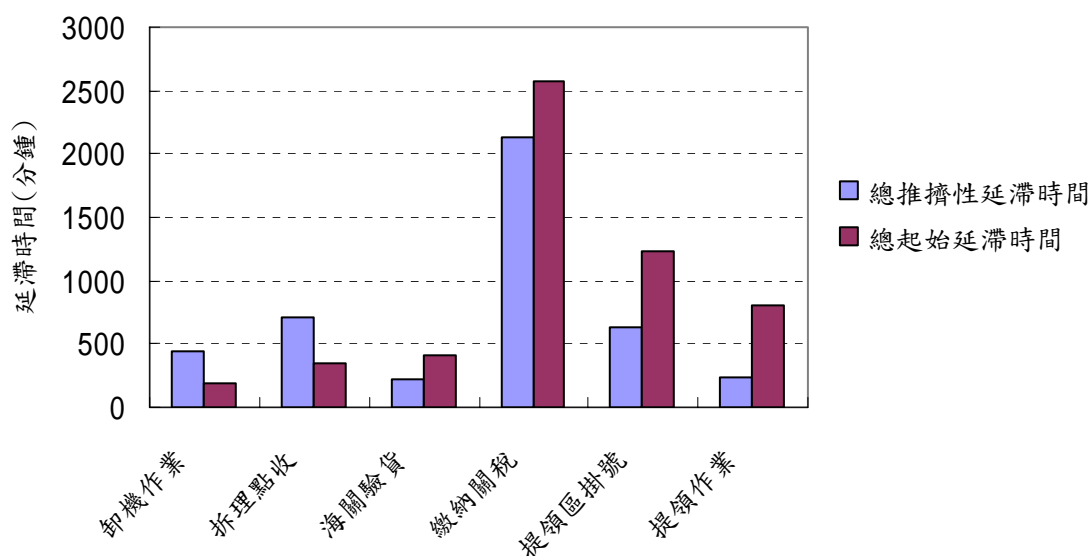
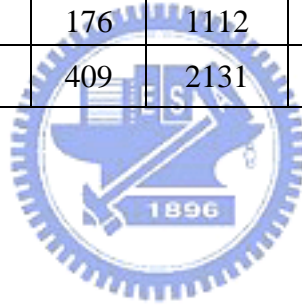


圖 5.2 各航班貨物於各項作業工作組 1 之總推擠性延滯時間及總起始延滯時間

表 5.5 通過各作業分區工作組 1 貨物之總推擠性延滯時間及總起始延滯時間

航機班號	卸機作業		拆理點收		海關驗貨		繳納關稅		提領區掛號		提領作業	
	推擠性延滯時間	起始延滯時間	推擠性延滯時間	起始延滯時間	推擠性延滯時間	起始延滯時間	推擠性延滯時間	起始延滯時間	推擠性延滯時間	起始延滯時間	推擠性延滯時間	起始延滯時間
CAL-620	0	42	0	29	0	12	0	229	0	52	0	37
CAL-652	18	18	45	52	10	71	131	224	22	154	11	126
CPA-564	66	50	84	79	32	99	278	568	99	216	35	76
CAL-682	120	24	247	88	82	51	610	596	170	376	90	136
CPA-466	231	51	328	107	102	176	1112	949	333	427	94	428
總計	435	185	704	355	226	409	2131	2566	624	1225	230	803

(單位：分鐘)



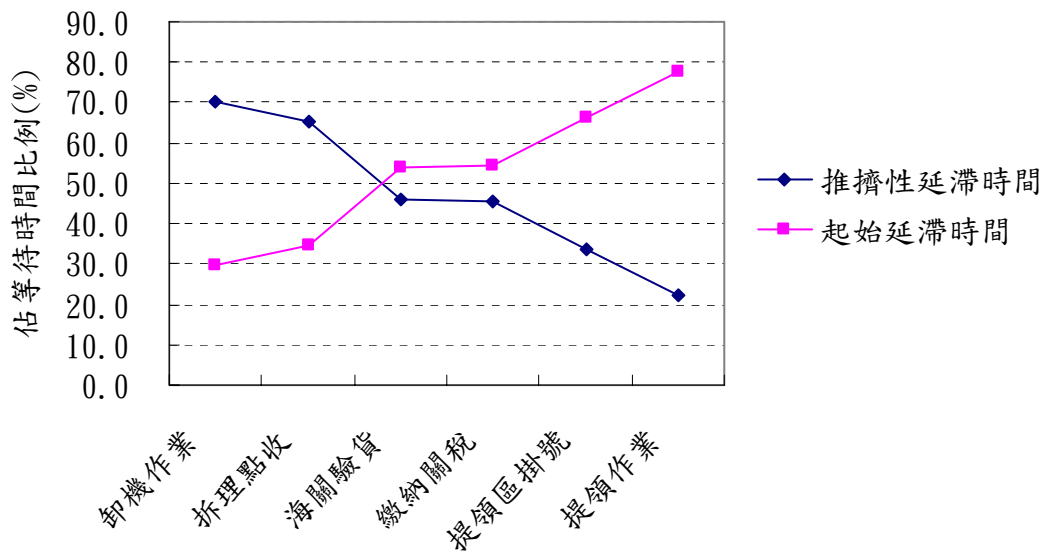


圖 5.3 推擠性延滯時間及起始延滯時間佔等待時間之比例

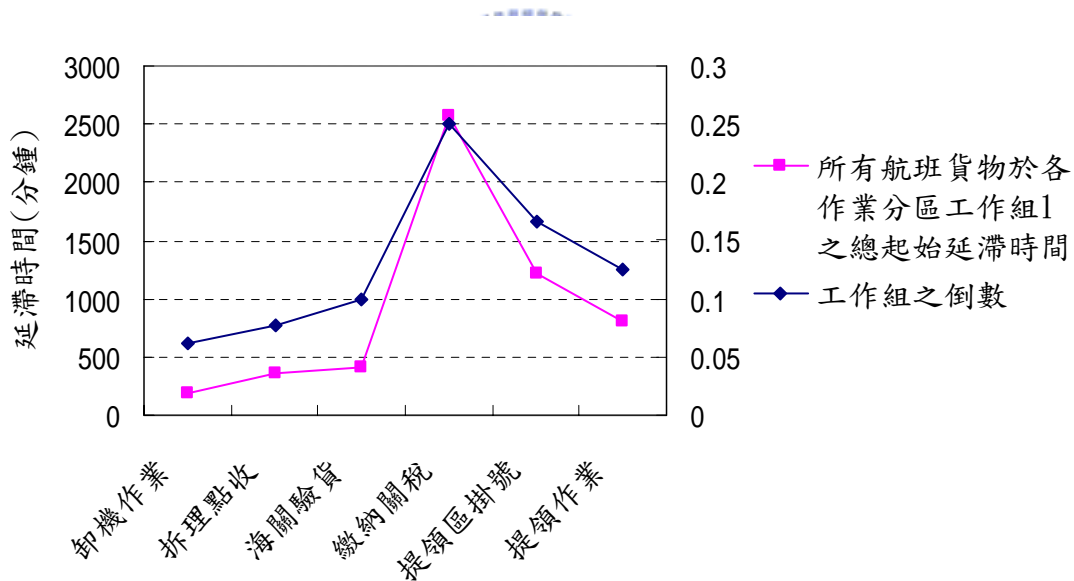


圖 5.4 總起始延滯時間與工作組數之關係

根據 2.4 節貨物延滯時間分析，航班間班距及前班航班貨物所需總作業時間均對接續航班貨物之推擠性延滯時間造成影響，班距愈小、前一航班貨物數量愈多，均使接續航班之推擠性延滯時間愈長；起始延滯時間部分，由圖 5.4 可知貨物於各項作業之起始延滯時間與各項作業包含工作組數倒數呈正相關，工作組愈少之作業如繳納關稅作業僅有 4 個工作組，即金資中心只開放 4 個繳納關稅櫃檯進行作業，因此造成貨主、代理人於此項作業流程中容易因作業容量之限制而產生較長之起始延滯時間；反之於作業分區 1 之貨物卸機作業因地勤公司提供 16

個工作組，即有 16 組地勤人員於停機坪進行貨物之卸機作業並拖行至交接區，因此該作業分區作業容量較大，進口貨物不易因作業容量限制而產生起始延滯時間。

進一步針對航班 CPA-564 之貨物因遭受前一航班貨物推擠產生之平均推擠性延滯時間，及航班本身貨物間推擠造成之起始延滯時間進行分析，航班 CPA-564 貨物於空陸側交接之卸機作業產生之推擠性延滯時間及起始延滯時間如圖 5.5 所示，因航班 CPA-564 抵達航空貨運站時，前一航班 CAL-652 之貨物裝卸作業尚未完成，因此航班 CPA-564 之貨物並無法於抵達後立即進行卸機作業，因而所有貨物均同時遭受前一航班 CAL-652 貨物推擠產生一推擠性延滯時間，且被指派至同一工作組之貨物所遭受的推擠性延滯時間均相同；此外，當前一航班 CAL-652 貨物裝卸作業完成後，航班 CPA-564 之貨物即可接續進行卸機作業，且依照接受卸機作業之順序，航班 CPA-564 貨物將因等待同航班貨物進行卸機作業而產生一起始延滯時間，如圖 5.5 所示，此結果符合 3.5 節之分析。

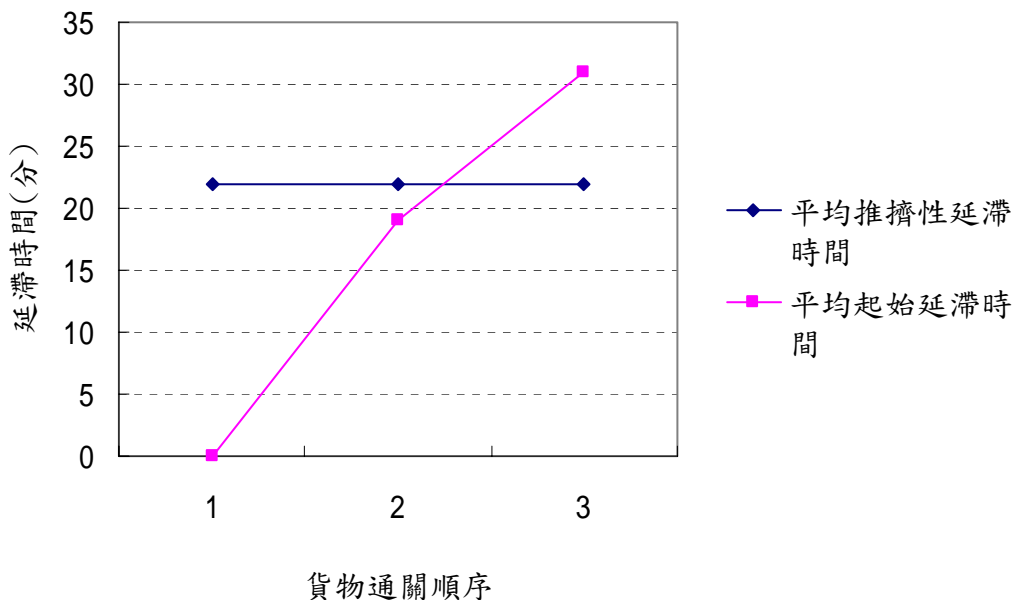


圖 5.5 航班 CPA-564 貨物於卸機作業之平均推擠性延滯時間及平均起始延滯時間

進一步，分析航班 CPA-564 貨物通過航空貨運站中任一項作業時產生之推擠性延滯時間及起始延滯時間變化情形，以繳納關稅作業之平均推擠性延滯時間及平均起始延滯時間為例，如圖 5.6 所示，航班 CPA-564 貨物之貨主於貨物完成前項海關驗貨作業後陸續開始進行繳納作業，因此如 3.5 節之分析，依繳納關稅作業之順序，航班 CPA-564 貨物之貨主於金資中心所遭受之推擠性延滯時間將逐漸降低，而在前一航班 CAL-652 之貨物完成繳納作業後，航班 CPA-564 貨物之貨主即依通關順序進行繳納作業，且因同航班貨物間之推擠而產生起始延滯時間，如圖 5.6 所示，起始延滯時間將隨通關順序逐漸上升，亦符合 3.5 節之分析；此外由圖中等待時間曲線，即貨物之推擠性延滯時間與起始延滯時間之和，可知同航班貨物之等待時間隨通關順序之增加而遞增。

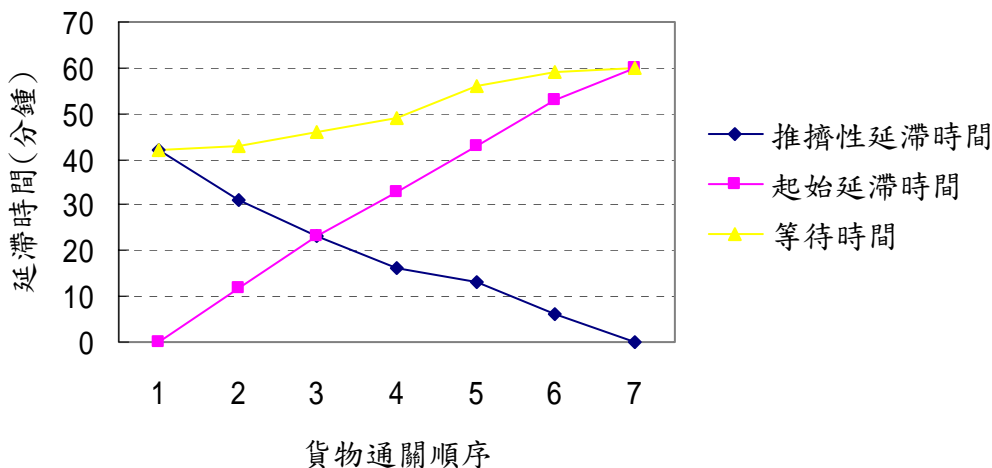


圖 5.6 航班 CPA-564 貨物於繳納作業之平均推擠性延滯時間及平均起始延滯時間

### 5.3 延滯控制策略分析

本研究於第四章針對目前機場航空貨運站進口通關網路作業方式提出相關延滯控制策略，透過改善各項作業之作業方式或加派工作組數，以提升各項作業之單位時間作業容量，減少時效性商品於通關網路中因推擠性延滯時間與起始延滯時間造成之存貨成本。本小節分析貨物在目前實務之進口通關網路中各項作業可能發生之推擠性延滯時間及起始延滯時間，及航空貨運站採用相關延滯控制策略後，推擠性延滯時間及起始延滯時間之變動情形，及貨主、物流業者可降低之存貨成本。

#### 5.3.1 改變通關順序

由 5.2 節求解結果，可得航班 CAL-620、CAL-652、CPA-564、CAL682、CPA-466 依照目前通關方式，所有貨物通過航空貨運站時因不同航機貨物間推擠或同航機貨物間推擠產生之等待時間，目前中正機場航空貨運站之進口通關作業中，同航班所運抵貨物之通關優先順序的決定為隨機選取方式，即同航班所運送之進口貨物，由地勤人員至航機卸機開始，貨物通關之優先順序均由作業人員從聯管中心所提供之倉單資料中，以隨機之方式選取較靠近航機艙門之貨物較優先進行卸機作業，此種作業方式並未考慮貨物之特性，例如商品之價值高低、商品數量、是否為易腐商品、單位延滯時間之存貨成本高低等，因此在現行作業方式下，將增加高時效性之商品在進口通關的過程中發生時間延滯的機率，因而造成商品失效，降低時效商品之剩餘價值，造成貨主之銷售損失、生產損失等存貨成本；若貨物為易腐之時效性商品，則商品於通關過程將增加遭受它班航機貨物推擠或同班機貨物推擠產生之等待時間，易導致腐敗機率提高，並增加貨主之腐敗成本。

為改善目前航空貨運站隨機決定通關順序之作業方式，本研究根據 3.1 節通關時間延滯控制策略，根據進口貨物之特性擬定同航班貨物之通關順序，參考

5.1 節所設定各項貨物之相關資料包含商品數量、單位延滯時間成本及易腐性商品之腐敗率、商品價格，並依據各項貨物之單位時間存貨成本高低，自貨物由空側進行卸機作業開始即擬定所有貨物之通關順序，使單位時間存貨成本較高之貨物如科學園區廠商進口之原物料、半成品，生技廠商進口需低溫保存之疫苗、藥品等貨物擁有優先之通關順序，以降低高時效性商品於航空貨運站通關過程中遭受它班航班貨物推擠，或同航班貨物推擠產生之等待時間，進而降低貨主、物流業者之存貨成本。求解結果如表 5.6 所示，其中由航班 CAL-620、CAL-652、CPA-564、CAL682、CPA-466 貨物於改善通關順序後延滯時間成本、腐敗成本及總存貨成本之改變，可知透過本研究擬定之通關順序策略，同航班貨物中單位時間存貨成本較大之貨物如科學園區廠商進口之原物料、半成品等優先通關，能有效降低單位時間存貨成本較高之高時效性商品於通關過程中，遭受單位時間存貨成本較低貨物推擠而產生之等待時間，進而降低高時效性商品於通關過程中所衍生之延滯時間成本及易腐時效性商品之腐敗成本。

進一步由表 5.6 中降低之總存貨成本可知同航班貨物根據本研究提出之策略改變通關順序後，各航班貨物降低之總存貨成本與航班抵達貨運站之次序之間具關聯性，愈慢抵達之航班其貨物在航空貨運站改變通關順序後，可因此降低之存貨成本愈大，如圖 5.7 所示，航班 CAL-620 為首先抵達之航班因此其平均存貨成本僅降低 133 元，而最晚抵達之航班 CPA-466 所運送貨物之平均存貨成本降低高達 693 元，因此可知本研究擬定之改變貨物通關順序策略確能有效改善航空貨運站中，抵達順序較晚之航班的貨物於通關過程中，因遭受先前航班貨物之推擠產生等待時間使平均存貨成本上升之現象。

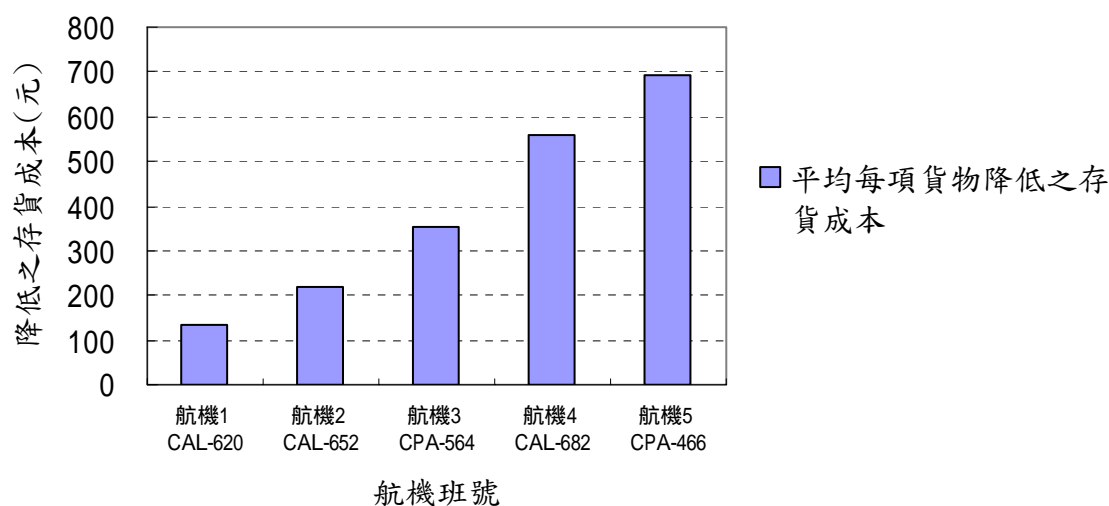


圖 5.7 各航班平均每項貨物降低之存貨成本

表 5.6 改變通關順序後各航機貨物存貨成本之變化

航機班號	目前通關方式			改變貨物通關順序			改善成效			
	貨物延滯 時間成本	易腐性商品 腐敗成本	總存貨成本	貨物延滯 時間成本	易腐性商品 腐敗成本	總存貨成本	降低之延滯 時間成本	降低之腐敗 成本	降低之總 存貨成本	改善比例(%)
CAL-620	41009	1073	42082	35057	766	35823	5952	307	6259	14.87
CAL-652	45051	3708	48759	37307	2834	40141	7744	874	8618	17.67
CPA-564	67107	3731	70838	54331	3501	57832	12776	230	13006	18.36
CAL-682	108666	9924	118590	85337	7636	92973	23329	2288	25617	21.6
CPA-466	187690	16520	204210	154604	14935	169539	33086	1585	34671	16.98
總計	449523	34956	484479	366636	29672	396308	82887	5284	88171	18.2

(單位：新台幣)



### 5.3.2 改善通關作業方式

若航空貨運站通關網路中各項作業根據 4.3 節擬定之改善作業方式，提升任一作業之單位時間作業容量，例如拆理點收作業改採條碼系統進行點收、繳納作業改採線上扣繳方式進行繳納等方式提升各作業之單位時間作業容量，根據 3.5 節貨物延滯時間分析，若航空貨運站改善通關網路中任一作業分區之作業方式，不但能直接降低貨物通過該作業分區所需作業時間，亦可間接縮短該航班貨物對接續航班被指派至該作業分區同一工作組貨物推擠所造成的推擠性延滯時間，且所有航班貨物於已改善作業方式之作業分區的起始延滯時間，因同航班每項貨物通過該作業分區工作組之作業時間均縮短，因此起始延滯亦可有效縮短。綜上可知，藉由分析改善作業方式後貨物所減少之推擠性延滯時間及起始延滯時間，可評估該作業分區採用延滯控制策略改善作業方式後所產生之效益。

本研究於 4.3 節所擬定之各項改善作業方式，例如拆理點收作業改採條碼系統進行點收、繳納作業採線上扣繳方式進行繳納、倉儲設備自動化、提領區作業流程改善等，皆可直接降低貨物於上述各項作業中所需之作業時間，並根據上述分析，該項作業改善作業方式後，任一航班之貨物亦可間接降低對後續航班貨物推擠造成之起始延滯時間，且接續航班貨物之起始延滯時間亦可獲得改善。以下就 4.3 節所提出之改善作業方式，進行貨物通關時間評估之求解。

以採用條碼系統進行點收為例，航空貨運站可針對貨物拆理區之作業方式進行改善，使用條碼系統進行點收以提升貨物拆理點收作業之單位時間作業容量。本研究假設拆理點收作業之作業容量分別提升為原來作業容量之 1.1 倍、1.2 倍、1.3 倍，並透過 3.4 節貨物通關時間評估演算法進行貨物作業時間之求解，求解結果如表 5.7 所示，其中可知隨拆理點收作業的單位時間作業容量提升，所有航班貨物於該項作業之平均等待時間將逐漸降低，因此可知使用條碼系統進行點收作業可有效降低貨物於該作業之等待時間。此外，其他各項作業之作業容量不變情況下，卸機作業、繳納關稅、提領區掛號、提領作業之等待時間均無太大變動，但貨物於拆理點收作業之接續作業海關驗貨作業之等待時間，卻隨拆理點收作業之作業容量提升而逐漸升高，如圖 5.8 所示，且貨物於海關驗貨作業增加之平均等待時間約近似於拆理點收作業所降低之時間。

表 5.7 拆理點收作業之作業容量提升後所有航班貨物之平均等待時間變化

作業容量提升為 $\alpha$ 倍	平均等待時間					
	卸機作業	拆理作業	海關驗貨	繳納作業	提領區掛號	提領作業
$\alpha=1$	70	42	29	181	94	20
$\alpha=1.1$	70	29	43	183	93	16
$\alpha=1.2$	70	1	76	190	94	17
$\alpha=1.3$	70	0	77	189	93	16
$\alpha=1.4$	70	0	77	188	93	18

(單位：分鐘)

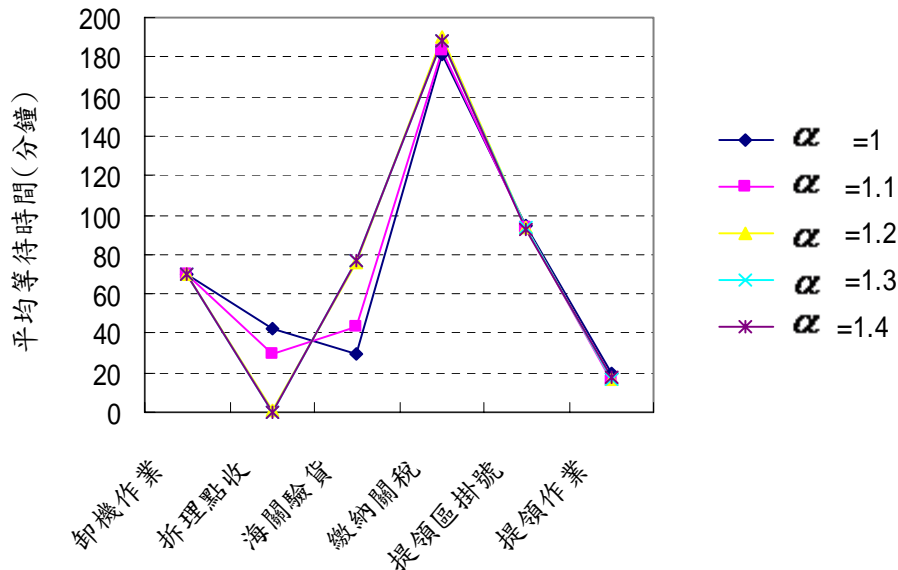


圖 5.8 拆理點收作業之作業容量提升後所有航班貨物之平均等待時間變化

由上述推論可知若航空貨運站於作業尖峰時段僅單獨改變通關網路中任一項作業之作業容量，雖可有效降低貨物於該項作業之平均等待時間，但在接續作業之作業容量不變情況下，將造成貨物於接續作業之平均等待時間上升，且貨物於改善之作業所降低之平均等待時間近似於接續作業增加之平均等待時間，此外其餘作業之等待時間則無明顯影響，因此可知若航空貨運站單獨針對某項作業進行改善，僅能降低貨物於該項作業之平均等待時間，對於改善貨物通過航空貨運站所產生之等待時間並不具任何成效。此外同理可知，若航空貨運站增加某項作業之工作組以提升該項作業之作業容量，則僅能單獨改善貨物於該作業之等待時間，且將造成貨物於接續作業之等待時間上升，其他作業之等待時間亦無明顯變動。因此由上述分析可知若航空貨運站營運單位欲針對各作業之作業方式進行改

善以提升作業容量，必須同時擬定完善之相關配套措施，若僅針對單一作業改善其作業方式或增加工作組以提升作業容量，則對於降低貨物通關所需時間之效果相當有限。

對易腐時效性商品而言，航空貨運站中不同之作業分區具有不同之環境品溫，因此若航空貨運站針對易腐時效性商品通關過程中環境品溫較高之作業，改善該項作業之作業方式或增加工作組數以提升該項作業之作業容量，根據上述分析將可有效降低易腐時效性商品於該項作業之平均等待時間，雖然亦將造成接續作業之平均等待時間上升，但考慮環境品溫之因素，可降低易腐時效性商品停留於較高環境品溫之時間，有效降低易腐時效性商品於較高之環境品溫中產生之腐敗成本。因此若航空貨運站基於作業人力限制或經費限制，僅容許針對單一作業分區增加工作組數或改善單一作業之作業方式，可針對低溫環境之前一項作業增加其作業容量，如此可有效降低易腐時效性商品於非低溫環境之等待時間。

根據上述分析，本研究參考航空貨運站通關過程中各作業地點之環境品溫變化，擬定航空貨運站可據以參考提升各項作業之作業容量的組合，如表 5.8 所示，因常溫環境又有溫度高低之分，如表 5.4 之設定，卸機作業因為在停機坪上進行，因此商品所曝露之環境品溫最高，航空貨運站可首先針對此項作業進行改善以提升作業容量、降低易腐性商品之等待時間；此外，易腐時效性商品於海關驗貨後即進存低溫倉儲，因此航空貨運站可協調海關之作業人力配置，以提升驗貨作業之所需時間，降低貨物於查驗過程曝露於常溫之時間，表 5.8 所擬定之各種組合可供航空貨運站營運單位於降低易腐商品於通關過程產生之腐敗成本時參考。

表 5.8 作業分區改善作業容量對其他作業分區平均等待時間之影響

改善之作業	平均等待時間之變化					
	*作業 分區 1	*作業 分區 2	*作業 分區 3	作業 分區 4	作業 分區 5	*作業 分區 6
(1)卸機作業	-	+	•	•	•	•
(2)海關驗貨	•	•	-	+	•	•
(3)卸機作業、拆理點收	-	-	+	•	•	•
(4)卸機作業、拆理點收、海關驗貨	-	-	-	+	•	•
(5)卸機作業、拆理點收、海關驗貨、 提貨作業	-	-	-	+	•	-
(6)卸機作業、拆理點收、海關驗貨、 繳納關稅、提領區掛號、提貨作業	-	-	-	-	-	-

\*:環境品溫為常溫環境

-:平均等待時間降低

+:平均等待時間上升

•:平均等待時間不受影響

進一步假設該航空貨運站根據 4.3 節所擬定各項作業之改善作業方式，同時改善各項作業之作業方式，提升通關網路中各項作業之單位時間作業容量，令  $\alpha=1.2$ ，透過通關時間評估演算法求解各航機貨物於各項作業之等待時間如表 5.10 所示，改善作業方式前各航機貨物之等待時間如表 5.9 所示。

表 5.9 原作業方式下貨物於各作業中工作組 1 之等待時間和

	卸機作業	拆理點收	海關驗貨	繳納關稅	提領區掛號	提領作業
CAL-620	42	29	12	229	52	37
CAL-652	33	97	81	859	231	137
CPA-564	116	163	131	437	260	111
CAL-682	282	335	133	1403	546	418
CPA-466	144	435	278	1673	760	522
總計	617	1059	635	4601	1849	1225

(單位：分鐘)

表 5.10 改善作業方式後貨物於各作業中工作組 1 之等待時間和( $\alpha=1.2$ )

	卸機作業	拆理點收	海關驗貨	繳納關稅	提領區掛號	提領作業
CAL-620	36	13	12	104	0	8
CAL-652	19	48	15	375	17	10
CPA-564	68	78	15	183	23	19
CAL-682	96	172	9	703	56	38
CPA-466	184	222	15	768	102	14
總計	404	533	66	2133	198	89

(單位：分鐘)

各作業分區均同時改善作業方式後，各航班貨物於通關過程中各項作業工作組 1 之等待時間和變化如圖 5.9 所示，由圖中可知各作業分區均改善作業方式以提高作業容量後，繳納關稅作業之等待時間降低幅度最大，空陸側交接之卸機作業之降低幅度最小，且進一步由圖 5.10 可知各項作業降低之等待時間與工作組數之關係，由圖中可知各項作業降低之等待時間與該項作業工作組數之倒數呈正相關，工作組數愈少之作業分區其等待時間降低幅度愈大，以航班 CAL-652、CPA-564 為例分析其原因，當航班 CAL-652 貨物通過作業分區 4 時，因繳納作業僅有 4 個工作組，即只開放 4 個繳納櫃檯，因此每櫃檯被指派之貨物數量較多，故在繳納作業之單位時間作業容量提升為  $\alpha$  倍後，航班 CAL-652 每項貨物之作業時間均降低為原來之  $\frac{1}{\alpha}$ ，即每項貨物之作業時間均降低原來作業時間的

$\frac{\alpha - 1}{\alpha}$ ，因此可知航班 CAL-652 被指派至其中任一繳納櫃檯之貨物所降低之總作業時間，與該航班被指派至該繳納櫃檯之貨物數成正比，若航班 CAL-652 被指派至該繳納櫃檯之貨物數量愈多，則該繳納櫃檯之總作業時間降低幅度愈大，因此根據 3.5 節之分析，接續航班 CPA-564 被指派至同一繳納櫃檯之貨物所遭受的推擠性延滯時間降低幅度愈大；反之若金資中心之繳納櫃檯數愈多則航班 CAL-652 被指派至每個繳納櫃檯之貨物數愈少，因此航班 CAL-652 被指派至同一繳納櫃檯之貨物之總作業時間降低幅度愈小，因此根據 3.5 節之分析，接續航班 CPA-564 被指派至同一繳納櫃檯貨物之推擠性延滯時間降幅愈小。由上述分析可知通關網路中各作業分區工作組之作業容量提升情況下，航班 CAL-620、CAL-652、CPA-564、CAL682、CPA-466 之貨物於各作業分區所降低之總等待時間大小與該作業分區之工作組數呈負相關。

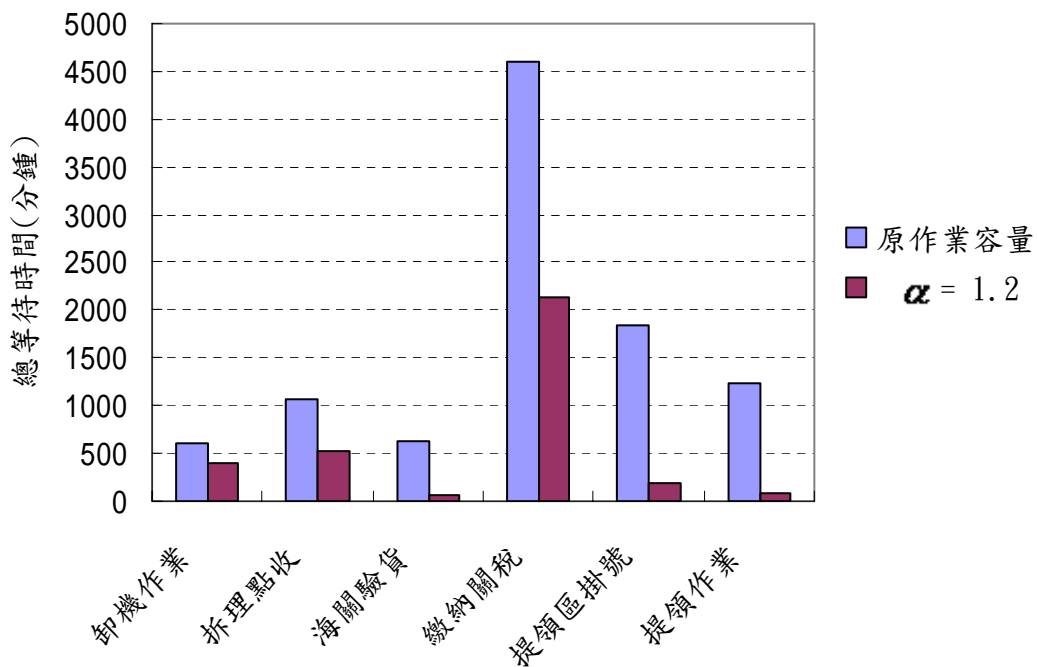


圖 5.9 作業容量提升後所有航班貨物於各項作業工作組 1 之等待時間和

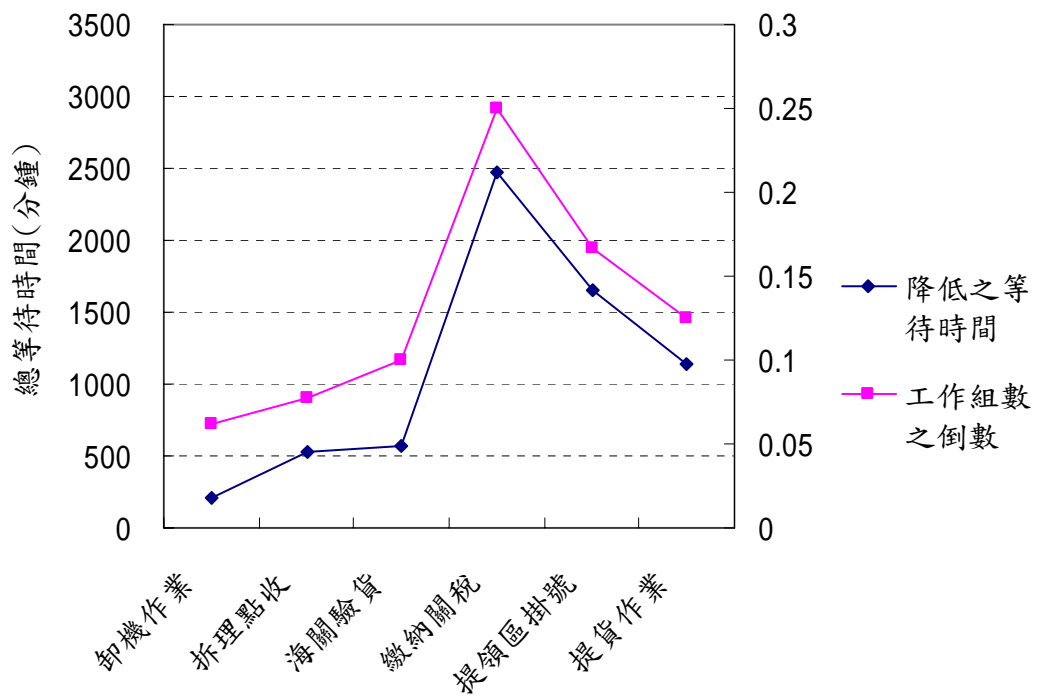


圖 5.10 貨物於各項作業降低之總等待時間與工作組數倒數之關係



## 第六章 結論與建議

本研究針對空運進口時效性商品於航空貨運站通關網路之作業延滯情形進行探討，分析時效性商品於航空貨運站通關過程中因時程延滯所造成之延滯成本，及易腐時效性商品於通關過程中因離開低溫儲存環境所造成之腐敗成本，並根據延滯發生之原因擬定延滯控制策略，及分析航空貨運站採用延滯控制策略後各種延滯時間之變化，繼而分析空運進口貨物於航空貨運站改善通關方式後可降低之通關時間及存貨成本、腐敗成本。綜合前面各章所述，本章擬提出本研究之重要結論與未來研究之建議方向。

### 6.1 結論

空運進口貨物之時間價值普遍高於使用一般運輸之貨物，因此若時效性商品於航空運輸之運送過程發生時程延滯，將可能降低商品之剩餘價值或造成商品之功能喪失，導致貨主、物流業者之存貨成本上升。航空貨物於運送過程中，大多數時間均花費在地面上等待各進出口相關作業單位完成繁瑣之通關作業程序及文件處理，因此可知航空貨運站中各進口通關相關單位之作業效率影響航空貨物運送時間甚鉅，過去針對航空站作業流程之研究多著重在客運部分，僅有少數文獻對航空貨運站之作業進行研究，且均未對進口貨物之延滯時間成本、商品特性納入考慮，只針對貨運站之通關作業流程進行實務操作之建議，並無構建數學模式深入分析控制策略如何對貨物通關時間造成影響，及探討通關作業改善作業方式之成效。本研究首先以解析性之方法，分析同航機之貨物於航空貨運站進口通關網路之流動時程，並構建時程延滯模式，由主要變數間之關係探討貨物於通關過程中形成延滯之原因以及延滯之擴散情形。進一步，探討進口通關網路在遭遇偶發性臨時事件下，所產生之時程延滯於航空貨運站通關網路中擴散情形，並構建時程延滯模式，分析進口作業時程延滯對貨主、物流業者可能造成之存貨成本。繼而，根據航空貨運站進口通關作業中各項通關作業擬定可行之延滯控制策略，以提升進口時效性商品於航空貨運站通關作業之流通效率，並降低貨主、物流業者之各項存貨成本。

時效性商品通關之時程延滯問題過去研究未曾構建模式深入探討，故本研究在學術貢獻上可補過去文獻之不足，亦期能提供其他相關之學術領域參考。實務上，本研究發展之模式可應用不同機場航空貨運站之通關作業流程，分析在該通關作業流程下進口貨物可能發生之延滯情形，及航空貨運站作業延滯所造成貨主、物流業者之各項存貨成本，以釐清航空貨運站通關網路中各作業分區之作業

方式、工作組數對時效性商品通關時程之影響。並探討航空貨運站在面臨不同性質之商品時，可採取之不同通關順序，使單位時間延滯時間成本較高或腐敗速率較大之貨物優先通關，在不增加航空貨運站作業容量之情況下，有效降低貨物於通關過程中所衍生之存貨成本。最後透過範例分析，結果可提供空貨運站在面對不同類型之時效性商品時改善通關作業之參考。

綜合上述分析結果，本研究所得之重要結論如下：

1. 透過本研究之時程延滯模式及通關時間評估演算法，可分析貨物通過航空貨運站通關網路時於各作業分區之等待時間，包括遭受前一班航機貨物推擠造成之推擠性延滯時間，及受作業分區作業容量限制造成之起始延滯時間，並瞭解影響推擠性延滯時間之因素包括航機班距、貨物數量。班距愈小、前班航機之貨物數量愈多均可能使接續航機於各作業分區之推擠性延滯時間上升；影響起始延滯時間之因素包括各作業分區工作組數、作業方式、工作組作業容量，若工作組數愈少、作業容量愈低，均將導致貨物之起始延滯時間上升。
2. 由通關時間評估演算法可瞭解貨物於各項作業產生之等待時間，繼而由貨物等待時間之變化可瞭解航空貨運站通關作業流程之瓶頸作業，在本研究範例分析中可知繳納關稅作業之平均等待時間最長，為該航空貨運站之瓶頸作業，航空貨運站營運單位可參考本研究針對改善作業方式提出之相關建議，以降低瓶頸作業對貨物通關時間之影響。
3. 目前關於航空貨運站通關作業流程之相關文獻，皆僅針對貨運站之通關作業流程提出實務操作之建議，並無證實各項控制策略對降低貨物通關時間之實際成效，及實施控制策略對航空貨運站其餘各項作業等待時間造成之影響，本研究由範例分析結果可知若僅對單一作業分區進行作業方式之改善或增加工作組以擴充作業容量，雖可降低貨物於該項作業之平均等待時間，但在接續作業作業容量不變之情況下，將造成接續作業之平均等待時間上升，且增加與降低之等待時間值近似。
4. 由範例分析結果可知航空貨運站作業尖峰時段中抵達時間愈晚之航班，其貨物於通關過程中遭受先抵達航班貨物之推擠愈明顯，因此尖峰時段中愈晚抵達航班之貨物於各項作業的平均等待時間愈大。
5. 由範例分析結果可知貨物於較接近空側之作業的等待時間中，推擠性延滯時間均大於起始延滯時間，而由海關驗貨作業開始至貨物出航空貨運站，起始延滯時間均大於推擠性延滯時間，且起始延滯時間佔等待時間之比例逐漸上升，由此可推論貨物於通關網路中之流動時間型態，接近通關網路前段之作



業中貨物之抵達時間型態較為密集，因此貨物遭受前一班航機貨物推擠產生推擠性延滯時間也較長；而隨著貨物於各作業分區中流動，因各項貨物之等待時間、作業時間不同，因此其於各項作業流動過程中抵達通關網路下游各作業之時間型態亦逐漸分散，因此不易產生推擠性延滯時間，僅產生同班航機貨物間推擠所造成之起始延滯時間。

6. 同航機運送抵達之貨物，可根據各項貨物之單位延滯時間成本及腐敗率擬定貨物之通關順序，使單位時間存貨成本較高之高時效性商品優先通關，如此可在不增加航空貨運站作業容量之情況下，有效降低同航機貨物於通關過程中因時間延滯所產生之總延滯成本及總腐敗成本，此外由範例分析中可知此一策略對於尖峰時段中愈晚抵達航班之貨物所產生之效益愈明顯，其貨物之存貨成本降幅愈大。
7. 航空貨運站營運單位若欲針對通關網路中之作業分區進行作業方式改善，可參考本研究之分析擬定完整的配套措施，若只針對單一作業分區改善作業方式或增加工作組數以提升作業容量，雖可降低貨物於該作業分區之平均等待時間，但在接續作業分區未提升作業容量情況下，亦將造成該接續作業分區之平均等待時間增加，因此使得航空貨運站之措施對於降低貨物通關時間成效有限。
8. 若航空貨運站欲針對任一作業提升作業容量，則必須同時考量其接續各項作業之作業容量，一併將其列入規劃同時提升後續作業分區之作業容量，方能有效藉由提升該項作業之作業容量縮短貨物於該項作業之等待時間，並降低貨物通過航空貨運站所需時間。
9. 若航空貨運站考量易腐時效性商品之特性欲對通關網路進行改善，可優先針對曝露於常溫環境之作業分區進行改善，若因經費或人力限制僅針對單一作業分區之改善，可優先考慮改善海關驗貨作業，以降低易腐時效性商品於驗貨過程曝露於常溫環境之等待時間，雖此措施亦將造成易腐時效性商品於接續作業之等待時間增加，但因接續作業為資訊流之作業，貨物本身儲存於低溫環境中，因此可有效降低貨物於通關過程所衍生之腐敗成本。
10. 若航空貨運站考量易腐時效性商品之特性，欲針對多項作業同時進行作業方式之改善或加派工作組數以提升作業容量，則可同時針對常溫環境之作業，如卸機作業、拆理點收作業、海關驗貨作業及提領作業進行改善，以有效降低易腐時效性商品曝露於常溫環境之時間，降低貨物因離開低溫環境所衍生之腐敗成本。

11. 若同時提升通關網路中所有作業之單位時間作業容量，則貨物於航空貨運站各項作業之平均等待時間均可同時降低，且各作業平均等待時間降低之幅度與各項作業擁有之工作組數呈負相關，即工作組數愈少之作業分區於提升所有作業之作業容量後，貨物平均等待時間降低幅度愈大。

## 6.2 建議

影響進口時效性商品通過航空貨運站之因素甚多，本研究僅針對貨物於通關網路中流動之時程進行探討，其中仍有部分假設與諸多課題值得更進一步深入探討，於此提出相關建議及後續研究方向以供參考。

1. 於供應鏈之體系中，本研究僅針對時效性商品於航空貨運站中之作業時程問題進行探討，然時效性商品由供應鏈上游端之生產、出口，以及接續航空貨運站之物流中心作業情形之時程延滯均對時效性商品之存貨成本有重要的影響，因此後續研究可以本研究為基礎，考慮時效性商品於供應鏈中各階段作業之重要特性，探討各階段作業流程對時效性商品存貨成本之影響。
2. 本研究以中正機場航空貨運站 C3 類貨物之進口通關網路為對象進行探討，其為目前通關流程最繁瑣之通關方式，相較於先進國家之通關流程均以快速化、簡單化通關為目標，因此通關作業均逐漸朝向精簡化發展，後續研究可以本研究為基礎針對先進國家實行之通關方式進行分析，探討不同通關方式下可能產生瓶頸作業之流程，進而根據瓶頸作業之特性擬定相關延滯控制策略，並針對各種控制策略之成效進行分析。
3. 範例分析中貨物於各項作業所需之作業時間之假設，因進口貨物之重量、材積間均存在相當大之差異，本研究假設貨物之作業時間僅與貨物之重量有關，並進行作業時間之換算，後續研究可針對此一假設放鬆，根據貨物之各項特性擬定其於各作業分區所需之作業時間，以更具體描述實務之作業情形。
4. 易腐時效性商品部分，本研究對於商品在非恆溫狀態下品質之變化情形，僅考慮商品在通關過程中環境品溫之變化對商品品質造成之影響，並未考慮商品之歷史溫度，即商品生產、運送過程中環境品溫變化對商品品質之影響，後續研究可針對此一因素深入進行探討。
5. 本研究對於各項延滯控制策略，僅探討其實施後產生之效益，並未考慮航空貨運站採用該項控制策略所必須付出之各項成本，如設備成本、人力成本等，後續研究可將上述成本列入考慮，並進一步對航空貨運站採用延滯控制策略必須付出之成本與貨主、物流業者因此降低之存貨成本之關係進行探討。

6. 隨著 IT 技術的進步，動態指派為快速反應、節省成本之作業方式，後續研究對航空貨運站中物流、資訊流之特性深入探討，針對即時資訊及動態指派於航空貨運站通關作業流程之應用做進一步的研究。



## 參考文獻

1. 交通部運輸研究所，「發展空運中心客貨運作業系統之規劃」，民國 83 年。
2. 朱中亮，「冷藏食品之溫度管理」，食品工業，第 34 卷，第 4 期，頁 3-7，民國 91 年。
3. 李繼林，「航空貨運整體化作業之研究」，成功大學工業管理研究所碩士論文，民國 71 年。
4. 林信得、凌鳳儀，「航空運輸學」，文笙書局，民國 86 年。
5. 徐進財，「冷凍食品學」，復文書局，民國 78 年。
6. 胡思繼，「區段內列車晚點傳播理論之研究」，北方交通大學，北京，中國，1996。
7. 財政部貨物通關自動化規劃推行小組，「關貿網路」，財政部，民國 81 年。
8. 許巧鶯、鍾惠存、黃惠如，「航空公司班機誤點延滯擴散與控制之研究」，運輸計畫季刊，第 32 卷，第 3 期，447-478 頁，民國 92 年。
9. 黃錦成、張炳陽，「冷凍食品貯存受命之探討-魚餃、水餃、貢丸和漢堡肉」，食品科學，第 15 卷，第 4 期，頁 361-372，民國 87 年。
10. 黃建榮，「對台灣地區機場航空貨運站進出口作業的個案研究」，交通大學經營管理研究所碩士論文，民國 78 年。
11. 張有恆，「航空運輸管理」，鼎漢國際工程顧問股份有限公司，民國 87 年。
12. 曾敏雅，「時窗限制下都會區夜間之低溫物流配送路線規劃研究」，中興大學農產運銷研究所碩士論文，民國 87 年。
13. 鄭大青、李宜穎、李忠儒、朱中亮，「非恆溫下冷藏真空調理產品的微生物生長動力學」，台灣農業化學與食品科學，第 38 卷，第 2 期，頁 151-156，民國 89 年。
14. 謝弦霖，「航空貨運站存倉時間特性分析與應用」，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 86 年。
15. Baker, K.R., Introduction to Sequencing and Scheduling. New York, John Wiley & Son.Inc., 1974.
16. Blackstone, J.H., Phillips, D.T., Hoggy, G.L., "A State-of-the-art Survey of Dispatching Rules for Manufacturing Job Shop Operations," *International Journal of Production Resources*, Vol. 20, No. 1, pp. 27-45, 1982.
17. Carey, M., Kwiecinski, A., "Stochastic Approximation to the Effects of Headways on Knock-on Delays of Trains," *Transportation Research B*, Vol. 28B, No. 4, pp. 251-267, 1994.
18. Chen, B., Harker, P.T., "Two Moments Estimation of the Delay on Single-Track Rail Lines with Scheduled Traffic," *Transportation Science*, Vol. 24, No. 4, pp. 261-275, 1990.
19. Covert, R.P., Philip, G.C., "An EOQ Model for Items with Weibull Distribution

- Deterioration,” *AIIE Transactions*, Vol. 5, No. 4, pp. 323-326, 1973.
20. Deslandres, V., Pierreval, H., “Knowledge Acquisition Issues In The Design of Decision Support Systems in Quality Control,” *European Journal of Operational Research*, Vol. 103, pp. 296-311, 1997.
  21. Elston, R.C., Pickrel, J.C., “A Statistical Approach to Ordering and Usage Policies for a Hospital Blood Bank,” *Transfusion*, Vol. 3, pp. 41-47. 1963.
  22. Ghare, P.M., Schrader, G.F., “A Model for Exponentially Decaying Inventories,” *Journal of Industrial Engineering*, Vol. 14, pp. 238-243, 1963.
  23. Hall, R.W., “Vehicle Scheduling at a Transportation Terminal with Random Delay en Route,” *Transportation Science*, Vol. 19, No. 3, pp. 308-320, 1985.
  24. Hariga, M., “Optimal EOQ Models for Deterioration Items with Time-varying Demand,” *Journal of The Operational Research Society*, Vol.47, No.10, pp. 1228-1246, 1996.
  25. Hsu, C.I., Hung, S.F., “Vehicle Routing Problem for Distributing Refrigerated Food,” *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 5, pp. 2261-2272, 2003.
  26. Higgins, A., Kozan, E., “Modeling Train Delays in Urban Network,” *Transportation Science*, Vol. 32, No. 4, pp. 346-357, 1998.
  27. Jackson, J.R., “Simulation Research on Job Shop Production,” *Naval Research Logistics Quarterly*, Vol. 4., No. 4, pp. 287-295, 1959.
  28. Kumar, P.R., Lu, S.C.H., Ramaswamy, D., “Efficient Scheduling Policies to Reduce Mean and Variance of Cycle-Time in Semiconductor Manufacturing Plants,” *IEEE Transactions On Semiconductor Manufacturing*, Vol. 7, No. 3, pp. 374-388, 1994.
  29. Millard, D.W., ”Industrial Inventory Models as Applied to the Problem of Inventorying Whole Blood,” *Industrial Engineering Analyses of a Hospital Blood Laboratory*, Engineering Experimental Station Bulletin 180, Ohio State University, Columbus.
  30. Olson, R.L., Dietrich, W.C., *Quality and Stability of Frozen Foods*, Wiley Interscience, New York, 1969.
  31. Oudheusden, D.L.V., Boey, P., “Design of An Automated Warehouse for Air Cargo :The Case of The Thai Air Cargo Terminal”, *Journal of Business Logistics*, Vol.15, No.1, pp. 261-285, 1994.
  32. Raafat, F., “Survey of Literature on Continuously Deteriorating Inventory Models,” *Journal of Operational Research Society*, Vol. 42, No. 1, pp. 27-37, 1991.
  33. Ratkowsky, D.A., Lowry, R. K., McMeekin, T.A., Stokes, A.N., Chandler, R.E., “Model for Bacterial culture growth rate throughout the entire biokinetic

- temperature range,” *Journal of Bacteriol*, 154(3):1222-1226, 1983.
34. Saguy, I., Karel, M., “Modeling of Quality Deterioration During Food Processing And Storage,” *Food Technol.*, Feb., pp. 78-85, 1980.
  35. Tadikamalla, P.R., ”An EOQ Model for Items with Gamma Distributed Deterioration,” *AIIE Trans.*, Vol. 10, pp. 100-103., 1978.
  36. Talley, W.K., Becker A. J., “On-Time Performance and the Exponential Probability Distribution,” *Transportation Research Record*, 1108, pp. 22-26, 1987.
  37. Wein, L.M., “Scheduling Semiconductor Wafer Fabrication,” *IEEE Transactions On Semiconductor Manufacturing*, Vol. 1, No. 3, pp.115-130, 1988.



## 附錄

航班 CAL-620 貨物艙單設定

編號	商品數 (個)	貨物種類	重量 (噸)	延滯成本 (元/小時-個)	編號	商品數 (個)	貨物種類	重量 (噸)	延滯成本 (元/小時-個)	編號	商品數 (個)	貨物種類	重量 (噸)	延滯成本(元 /小時-個)
1	79	一般	1.25	6.6	17	30	一般	1.05	9.1	33	62	一般	1.76	9.1
2	52	一般	1.65	9.3	18	32	一般	0.74	2.1	34	65	一般	0.23	2.1
3	44	一般	0.84	9.0	19	21	一般	1.05	4.5	35	53	一般	1.07	4.5
4	23	一般	0.20	4.0	20	49	一般	0.68	8.7	36	81	一般	0.92	8.7
5	68	一般	0.34	0.7	21	85	一般	0.77	9	37	39	一般	1.14	9.0
6	28	一般	0.10	3.7	22	49	一般	0.36	1.5	38	91	一般	0.60	1.5
7	36	一般	0.97	7.2	23	63	一般	1.58	7.3	39	94	一般	0.62	7.3
8	15	一般	1.17	5.0	24	62	一般	0.66	0.8	40	99	一般	0.23	0.8
9	21	一般	1.58	0.1	25	18	一般	1.20	6.0	41	23	一般	1.43	6.0
10	6	一般	0.69	0.3	26	51	一般	0.12	3.7	42	21	一般	1.33	3.7
11	39	冷藏品	0.14	9.6	27	98	一般	1.33	9.8	43	64	一般	0.20	9.8
12	5	一般	0.84	5.8	28	53	一般	0.23	8.3	44	55	冷藏品	1.14	8.3
13	48	一般	1.28	8.2	29	44	一般	1.10	8.5	45	82	一般	0.20	8.5
14	69	一般	0.61	3.7	30	25	一般	1.66	8.4	46	61	一般	0.05	8.4
15	23	一般	0.90	0.3	31	60	一般	0.09	9.8	47	58	一般	0.95	9.8
16	52	一般	1.74	0.9	32	66	一般	1.45	1					

航班 CAL-652 貨物艙單設定

編號	商品數 (個)	貨物種類	重量 (噸)	延滯成本(元/小時-個)	編號	商品數 (個)	貨物種類	重量 (噸)	延滯成本(元/小時-個)
1	4	一般	2.02	3.9	21	9	一般	1.59	7.1
2	77	一般	1.81	8.5	22	41	一般	1.69	3.3
3	29	一般	1.59	5.3	23	14	一般	1.67	1.4
4	41	一般	0.69	1.6	24	53	一般	1.47	9.9
5	7	冷藏品	0.94	8.1	25	97	一般	1.41	9.8
6	23	一般	1.04	5.2	26	77	一般	0.55	8.1
7	30	一般	0.95	7.2	27	20	一般	1.12	7.7
8	11	一般	0.32	5.9	28	68	一般	0.82	2.2
9	17	一般	1.44	7.3	29	22	一般	1.55	5.5
10	69	一般	0.30	9.8	30	12	一般	1.44	6.6
11	35	一般	0.38	9.4	31	86	一般	1.31	3.1
12	72	一般	0.33	1.2	32	87	一般	0.68	3.4
13	11	一般	0.57	9.7	33	59	一般	0.37	4.3
14	60	一般	1.80	2.8	34	13	一般	1.91	8.2
15	8	一般	1.32	5.5	35	76	一般	0.38	3.6
16	49	一般	0.69	6	36	60	一般	1.67	0.8
17	83	一般	0.29	3.2	37	43	一般	1.01	0.1
18	43	冷藏品	0.56	7.9	38	35	一般	0.64	3.3
19	33	一般	1.23	2.7	39	31	一般	0.83	7.9
20	60	一般	1.68	3.9					



航班 CPA-564 貨物艙單設定

編號	商品數 (個)	貨物種類	重量(噸)	延滯成本 (元/小時- 個)	編號	商品數 (個)	貨物種類	重量(噸)	延滯成本(元 /小時-個)
1	70	一般	0.24	6.9	21	63	一般	0.86	8.5
2	62	一般	0.48	5.2	22	43	一般	1.81	7.2
3	81	一般	1.21	4.1	23	28	一般	1.25	3.8
4	31	一般	0.60	0.7	24	81	一般	1.97	4.9
5	76	一般	1.31	1.7	25	73	一般	0.56	8.9
6	19	一般	1.12	0.9	26	59	一般	0.33	1.0
7	54	一般	1.58	7	27	67	一般	0.85	8.2
8	12	一般	0.28	7.6	28	76	一般	0.96	7.6
9	8	冷藏品	0.86	4.7	29	85	一般	1.16	2.3
10	41	一般	2.27	8.9	30	3	一般	2.04	0.5
11	26	一般	1.88	8.1	31	84	一般	0.47	7.5
12	50	一般	2.00	3.7	32	10	一般	0.18	3.1
13	7	一般	1.87	2.3	33	83	一般	1.66	5.8
14	28	一般	2.01	1	34	84	一般	0.48	1.3
15	67	一般	2.07	4.7	35	71	一般	2.13	2.5
16	50	一般	0.11	8.2	36	2	一般	0.12	3.5
17	14	冷藏品	1.56	3.2	37	8	一般	1.42	3.6
18	21	一般	1.77	9.7					
19	11	一般	1.30	0.3					
20	22	一般	1.24	5.8					

航班 CAL-682 貨物艙單設定

編號	商品數 (個)	貨物種類	重量 (噸)	延滯成本 (元/小時-個)	編號	商品數 (個)	貨物種類	重量 (噸)	延滯成本 (元/小時-個)	編號	商品數 (個)	貨物種類	重量 (噸)	延滯成本(元/ 小時-個)
1	89	一般	0.97	5	17	69	一般	0.41	2.9	33	36	一般	0.96	6
2	99	一般	1.30	2.7	18	64	一般	1.36	4.1	34	50	一般	0.68	8.5
3	45	一般	0.12	2.6	19	38	一般	1.24	2.2	35	8	一般	1.10	7.2
4	20	一般	1.21	2.6	20	28	一般	1.66	10	36	28	一般	1.47	1.4
5	94	一般	0.19	8.1	21	12	一般	1.69	2.1	37	18	一般	1.38	9.3
6	65	一般	0.79	8.5	22	53	一般	0.12	5	38	71	一般	1.33	3.8
7	44	一般	0.33	2.1	23	77	一般	1.43	1.9	39	52	冷藏品	0.08	9.5
8	61	一般	1.22	2	24	5	一般	1.28	7	40	3	一般	1.16	2.9
9	32	一般	0.55	0.7	25	1	一般	0.52	0.7	41	87	一般	0.23	4.9
10	47	一般	1.20	5.6	26	39	一般	0.27	1.2	42	100	一般	1.67	1.5
11	28	一般	1.08	2.5	27	97	一般	1.57	2.7	43	28	一般	1.28	0.6
12	11	一般	1.45	0.5	28	16	一般	0.03	4.7	44	4	一般	0.20	3.3
13	40	冷藏品	0.11	8.9	29	87	一般	1.19	8.8	45	74	一般	1.30	9.6
14	52	一般	1.70	6.7	30	24	一般	0.62	9.8	46	9	一般	1.50	7.7
15	75	一般	0.00	6.9	31	61	一般	1.16	5.1					
16	72	一般	0.66	2.1	32	9	一般	1.22	2.5					

航班 CPA-466 貨物艙單設定

編號	商品數(個)	貨物種類	重量(噸)	延滯成本(元/小時-個)	編號	商品數(個)	貨物種類	重量(噸)	延滯成本(元/小時-個)	編號	商品數(個)	貨物種類	重量(噸)	延滯成本(元/小時-個)
1	9	一般	1.16	9.9	18	66	一般	0.27	4.9	35	38	一般	1.25	7.7
2	67	一般	0.99	9.6	19	12	一般	1.21	3.4	36	57	一般	0.50	6.3
3	31	一般	1.13	4.9	20	80	一般	0.54	2.5	37	63	一般	1.43	8.6
4	93	一般	0.56	3.8	21	38	一般	0.84	0.2	38	88	一般	1.06	3.2
5	33	一般	0.60	3	22	87	一般	1.68	6.5	39	8	一般	1.35	3.4
6	71	一般	0.03	9.9	23	43	一般	1.34	7.6	40	46	一般	1.10	0.7
7	66	冷藏品	1.67	9.3	24	60	一般	0.43	5.7	41	57	一般	0.45	4.6
8	45	一般	0.45	3	25	19	一般	0.31	1.4	42	38	一般	1.38	8.6
9	70	一般	1.28	1.8	26	93	一般	1.56	7.1	43	1	一般	0.08	4.2
10	24	一般	0.79	5.9	27	71	一般	0.29	7.8	44	82	一般	1.14	8.3
11	20	一般	0.00	0.8	28	32	一般	0.76	2	45	97	一般	0.09	2.5
12	75	一般	1.36	8.5	29	27	一般	0.75	1.8	46	56	一般	1.52	4.6
13	72	一般	0.03	1.5	30	49	一般	1.55	9.2	47	64	一般	1.39	4.5
14	29	一般	0.53	3.6	31	10	一般	0.54	9.1	48	56	一般	0.92	3.1
15	83	一般	0.10	3.8	32	47	一般	1.28	9.5	49	80	一般	1.38	5.5
16	65	一般	1.18	1.5	33	0	一般	1.18	2.8	50	61	一般	0.80	6.2
17	92	一般	0.61	8.4	34	70	一般	0.69	0.5					

## 簡歷

0

姓名：王偉哲

住址：高雄市三民區立人街十五號

學歷：高雄中學

國立中央大學土木工程學系

國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班

E-mail：milton224.tem91g@nctu.edu.tw