

國立交通大學

運輸與物流管理學系

碩士論文

多項公共危險物品最佳補貨與倉儲調撥模型~以 E 化學公司為例

Optimal Replenishment and Warehouse Transshipment Model for
Multiple Public Hazardous Materials~ A Case Study of E Chemical
Company

研究生：羅國隆

指導教授：姚銘忠教授

中華民國一〇八年七月

多項公共危險物品最佳補貨與倉儲調撥模型~以 E 化學公
司為例

Optimal Replenishment and Warehouse Transshipment Model for
Multiple Public Hazardous Materials~ A Case Study of E Chemical
Company

研究生：羅國隆

Student : Guo-Lung Luo

指導教授：姚銘忠教授

Advisor : Ming-Jong Yao

The logo of National Chiao Tung University is a large, light blue circular emblem. It features a stylized ship or vessel in the center, with the letters 'NCTU' and '1896' integrated into the design. The text '國立交通大學' and '運輸與物流管理學系' is overlaid on the logo.

國立交通大學
運輸與物流管理學系
碩士論文

A Thesis

Submitted to Department of Transportation and Logistics Management

College of Management

National Chiao Tung University

In Partial Fulfillment of Requirements

For the Degree of

Master

In

Logistics Management

July 2019

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇八年七月

多項公共危險物品最佳補貨與倉儲調撥模型~以 E 化學公司為例

研究生：羅國隆

指導老師：姚銘忠教授

國立交通大學運輸與物流管理學系

摘要

優質的補貨與存貨管理可降低公司成本和提升服務品質，增加公司的效率和競爭力。對於營運必須使用危險品項的公司，為避免發生危險或違反法令管制的考量，因此補貨與存貨管理更加複雜，需要投注更多心力兼顧維持安全與控制成本。在西元 2016 年 5 月 2 日，內政部修訂「公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法」，擴大公共危險物品的管制範圍。在修法後為符合公共危險物品之儲存容量上限的規定，個案 E 化學公司除了使用原有儲放公共危險品品項的自有倉庫，開始使用外租倉庫來滿足倉儲需求。因此，本研究之決策情境是單一工廠在擁有單一自有倉庫並租賃單一外租倉庫，在不違反同一大類公共危險物品之儲存容量上限考量下，進行多項公共危險物品由國內/國外補貨與在雙倉之間調撥之最佳決策。本研究針對上述情境，建立相應的數學模式，並且提出一個以模擬退火法為基礎的搜尋演算法，求取符合法令管制下各項公共危險物品的補貨時間與補貨數量，自有倉庫和外租倉庫之間調撥時間與調撥數量，以滿足需求且達到成本最小化。透過個案公司的實際數據，比較本研究所提出的數學模式所得之最佳解與模擬退火法所得之近似可行解與該公司現行做法，皆可得顯著的成本節省。

關鍵詞：公共危險物品、雙倉、補貨、調撥、模擬退火法

Optimal Replenishment and Warehouse Transshipment Model for Multiple Public Hazardous Materials~ A Case Study of E Chemical Company

Student: Guo-Lung Luo

Advisor: Ming-Jong Yao

Department of Transportation and Logistics Management
National Chiao Tung University

Abstract

Excellent replenishment and inventory management can significantly reduce the cost, increase the service quality, and improve efficiency and competitiveness of a company. The replenishment and inventory control of hazardous materials is usually more complicated since the decision maker has to take accounts of avoiding danger or violations of laws. Therefore, a company may take more efforts to secure safety and control cost when needing hazardous materials for its operations. The Ministry of the Interior of Taiwan revised “the public hazardous substances and flammable pressurized gases establishment standards and safety control regulations” and included public hazardous materials into the regulations starting from May 2, 2016. The E chemical company not only maintains the owned warehouse, but also starts using a rented warehouse to meet the demand and avoid exceeding the storage cap for hazardous materials from the revision of regulations. Therefore, the decision-making scenario is to determine the optimal domestic/abroad replenishment and transshipment decisions between two warehouses for a variety of hazardous materials in the same category for a single factory using an owned warehouse and a rented one without violating the storage cap. We formulate the corresponding mathematical model for the above scenario and propose a search algorithm based on Simulated Annealing (SA) to determine the optimal replenishment time/quantities and optimal transshipment time/quantities from the rented warehouse to the owned one to meet the demand and to minimize the total costs. We demonstrate that the optimal solutions from the proposed mathematical model and the close-to-optimal solutions from the SA algorithm outperform the company’s current decisions with significant cost savings using the real-world data from the E chemical company.

Keywords: Public Hazardous Material, Two Warehouses, Replenishment, Transshipment, Simulated Annealing

誌謝

這兩年過得很快，卻很充實，完成這個學位，不是只靠我自己本身的力量，還有來自身邊好多好多人幫助，所以想好好感謝他們。首先就是要感謝引領我們向前的指導老師姚銘忠教授，在這兩年內總是給予我們許多的方向與指導，才能在研究的道路上一路順遂。再來，就是感謝交通大學運輸與物流管理學系的全體老師，您們精彩且深刻的教誨，讓我在學習的道路上得到了很多收穫與經驗。最後，則感謝口試委員陳銘芷教授以及李捷教授，您們精闢且另類的思考模式，給予這份研究有了新的方向以及內容，使我受益良多，也讓這份論文更為充實。最後，還要特別特別感謝林志信學長的資料提供以及關於研究設定上的協助，讓這篇論文可以跟現實結合，提供不只是學術上的幫助，也可以幫助到個案E化學公司的實務使用。

此外，也感謝姚研究室一路走來的大家。畢業的學長姊，美好、仲柏、宗桓以及慶慧，謝謝你們在我們碩一無助且徬徨時，給予我們修課上以及生活上的寶貴經驗，讓我們的碩一過得很順遂也很安心。其中，也特別特別感謝，做這篇研究前身的慶慧學姐，沒有學姐您整理與探討的前一篇論文，也不會有我這篇論文的誕生，所以真的很感謝學姐您的幫助。接著，也感謝實驗室的同學柏諺以及妘如，在這兩年內我們經歷過了很多事情，謝謝你們一直都在我身邊。也謝謝碩一的珮誼、一方，你們的加入讓這個實驗室增添了很多的歡笑和溫暖，也多了很多不一樣的味道以及感覺。最後，也感謝在交大遇到的同學們，有你們在身邊一起修課、吃飯、生活，才是我撐下去、走下去的最大動力，在此真的很感謝你們。

最後也由衷地感謝我的家人們，求學階段你們給予我無限的支持以及幫助，才讓我可以不考慮經濟以及許多因素下，專注地去完成這個學位。謝謝有你們在背後支持，才有今天這個完成論文的自己。

羅國隆 謹誌於

國立交通大學管理學院
運輸與物流管理學系碩士班

中華民國一〇八年七月

目錄

摘要	i
Abstract	ii
誌謝	iii
目錄	iv
圖目錄	vi
表目錄	vii
一、緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的與方法	2
1.3 研究情境與限制	2
1.4 研究章節架構	4
二、文獻回顧	6
2.1 公共危險物品與其存貨管理	6
2.2 倉庫容量有限下使用雙倉的存貨管理	9
2.3 針對受限制批量問題之啟發式解法	12
2.4 文獻回顧總結	14
三、問題描述與數學模式	16
3.1 情境限制與假設	16
3.2 個案E化學公司單一工廠之多項公共危險物品介紹	16
3.3 符號介紹與問題描述	17
3.4 目標式組成之成本相關分析	20
3.5 數學模式	23
四、求解演算法	26
4.1 模擬退火法演算架構	26
4.2 給定採購方法以及採購數量資訊下的求解方法	28
4.2.1 選用並產生有關採購方法及採購數量的決策變數值與因變數值	29
4.2.2 使用已知決策變數值與因變數值，獲得資訊並輸入數學模式中求解	31
4.3 模擬退火法	34
4.3.1 起始可行解的產生	34
4.3.2 總成本的計算	38
4.3.3 鄰域解定義與產生	39
4.3.4 判定新的鄰域解是否可行之機制	45
4.3.5 判定是否跳動去新的鄰域解之機制	50

4.3.6 降溫以及終止條件.....	51
4.3.7 整體模擬退火法之虛擬碼.....	52
五、個案公司數據實驗.....	53
5.1 個案E化學公司介紹與其現行做法.....	54
5.2 單項產品最佳化求解.....	56
5.3 本研究最佳化求解與前述做法之比較.....	58
5.4 各演算法的滾動.....	61
5.5 極端解的應用以及比較.....	63
5.6 困難度高的問題與運用模擬退火法求解之效益驗證.....	67
5.6.1 範例中的重要參數設定.....	68
5.6.2 模擬退火法實際操作成果.....	71
六、結論與建議.....	77
參考文獻.....	79
附錄一.....	83
附錄二.....	86
附錄三.....	87
附錄四.....	88
附錄五.....	89

圖目錄

圖 1.1：單一工廠多項產品之決策情境流程圖	3
圖 1.2：本論文之章節架構圖	5
圖 2.1：文獻回顧重點以及後續對應章節圖	6
圖 4.1：模擬退火法流程架構圖	27
圖 4.2：給定採購方法以及採購數量資訊下的求解方法示意圖	28
圖 4.3：產生起始可行解的求解方法示意圖	34
圖 4.4：產生鄰域解的求解方法示意圖	40
圖 4.5：變化原先解決策變數與因變數會造成的後續影響圖	43
圖 4.6：鄰域解產生的結果類型以及分類過程圖	45
圖 4.7：簡單篩選不可行解的機制之虛擬碼圖	46
圖 4.8：判定是否跳動去新的鄰域解之機制的虛擬碼圖	50
圖 4.9：模擬退火法完成一輪疊代過程並進行降溫動作的虛擬碼圖	51
圖 4.10：模擬退火法終止條件的虛擬碼圖	51
圖 4.11：本研究整體模擬退火法之虛擬碼圖	52
圖 5.1：預排總成本與問題規模係數 <i>sizefactor</i> 的敏感度分析圖	69
圖 5.2：求解時間與問題規模係數 <i>sizefactor</i> 的敏感度分析圖	69
圖 5.3：預排總成本與降溫係數 <i>R</i> 的敏感度分析圖	70
圖 5.4：求解時間與降溫係數 <i>R</i> 的敏感度分析圖	70
圖 5.5：預排總成本與終止條件的停止門檻百分比 <i>minpercent</i> 的敏感度分析圖	71
圖 5.6：求解時間與終止條件的停止門檻百分比 <i>minpercent</i> 的敏感度分析圖	71
圖 5.7：篩選出來的不可行解的比例與全部搜尋過的鄰域解數關係圖	73
圖 5.8：節省時間的比例與原先求解時間關係圖	73

表目錄

表 2.1：我國法令針對公共危險物品之分類表	7
表 2.2：我國各物質對象與主管機關管制對應整理表	8
表 2.3：雙倉存貨管理模式之相關文獻比較表	11
表 2.4：相似問題的存貨模式之文獻整理表	15
表 3.1：個案 E 化學公司之公共危險物品採購列表	17
表 3.2：A 倉儲公司相關費用表	21
表 3.3：乙醇胺之相關成本表	22
表 4.1：運用模擬退火法求解其他問題與本研究問題的問題特性差異整理表	28
表 4.2：兩種方法會選用的決策變數列表	30
表 4.3：已知決策變數值後，搭配限制式決定其餘因變數值操作整理表	30
表 4.4：已知採購方法採購數量資訊，決定其餘決策變數值因變數值之操作列表	31
表 4.5：其餘不是第一部分被給定的決策變數與因變數資訊整理表	32
表 4.6：亂數產生 0~5 數字與對應產生的決策變數值以及其採購方式說明表	35
表 4.7：根據採購方法而對應不同種決策變數值域之亂數產生範圍整理表	35
表 4.8：亂數生成決策變數值因變數值，與其對應的採購方法與採購數量整理表	36
表 4.9：使用最佳化軟體求解表 4.7 資訊所對應的重新建構之數學模式結果表	37
表 4.10：本研究初始可行解範例各項採購、倉儲、調撥資訊已知形式表	38
表 4.11：經計算過後的起始可行解範例總成本表	39
表 4.12：變化類型編號，以及對應的新各項資訊(含不變化)整理表	40
表 4.13：變化原先解產生鄰域解的實際操作過程說明表	41
表 4.14：變化原先解變數，以求得鄰域解採購方法、採購數量之操作列表	41
表 4.15：新的鄰域解之採購型態表	44
表 4.16：使用最佳化軟體求解新的鄰域解所對應的重新建構之數學模式結果表	48
表 4.17：新的鄰域解範例各項採購、倉儲、調撥資訊已知形式表	49
表 4.18：經計算過後的新的鄰域解之範例總成本表	50
表 5.1：單一工廠多項公共危險物品之同一大類的相關採購資料表	53
表 5.2：單一工廠多項公共危險物品之同一大類的相關存貨資料表	53
表 5.3：單一工廠多項公共危險物品之同一大類的相關調撥資料表	53
表 5.4：個案公司現行做法推及到六項公共危險物品之總成本整理表	55

表 5.5：單項產品最佳化求解之修正與其對應之總成本整理表	57
表 5.6：本研究與前述兩種方法之情境差異整理表	58
表 5.7：三項產品(數學模式 gurobi 求解)第 1 週至第 16 週簡化版規劃決策表	59
表 5.8：個案公司現行做法、單項產品最佳化求解與本研究最佳化軟體求解後之成果比較表	60
表 5.9：個案公司現行做法與兩種方法每期滾動 4 週之年度累計數量與總成本比較表	62
表 5.10：兩種極端解與本研究每期滾動 4 週之年度累計數量與總成本比較表	65
表 5.11：困難度高的問題之最佳化求解成果與時間整理表	67
表 5.12：本研究實驗三項產品模擬退火法中的重要參數設定整理列表	68
表 5.13：本研究簡單篩選不可行解機制之效益分析表	72
表 5.14：三項產品(模擬退火法求解)第 1 週至第 16 週簡化版規劃決策表	74
表 5.15：模擬退火法求解與本研究最佳化軟體求解後之成果比較表	75



一、緒論

1.1 研究背景與動機

對於任何一間公司而言，如何管理好存貨以及如何處理好採購，都是一門很大的學問，因為管理的不恰當以及採購的不精確，都會造成存貨成本上升、產品過期、缺貨以及採購過多造成囤貨浪費等現象的產生，使公司的虧損增加和服務品質下降，更造成後續顧客不信任或是顧客離開，一環接著一環的失敗現象，得不償失。因此，如何優化上述兩點事項就是一個值得各個公司去探討跟思考的議題，尤其是在化學物品生產公司、化工類型的公司更是如此，畢竟化學物品有其危險性跟特殊性(Vilchez *et al.*, 1995; Pohanish, 2003; NIOSH, 2007; 蔡易書, 2014; 蔡慶慧, 2018)，和一般生產公司不盡相同，因此對於這些化工產業跟化學物品生產公司而言，其存貨管理、運輸、採購等各方面就必須受到了一些法令限制與管制，才可以維持一定的安全水準。

有鑑於此，國內針對公共危險物品、化學物品有許多法令管制，在此挑出幾個法令管制為例如：行政院環境保護署毒物及化學物質局的列管毒性化學物質及其運作管理事項、行政院環境保護署毒性化學物質管理法、內政部消防署的公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法(Public Hazardous Materials and Flammable Pressurized Gases Establishment Standards and Safety Control Regulations) (內政部消防署網站, 2019) 等...。其中針對公共危險物品品項的法令，可以參考「公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法」之第3條規定所示，此法令將公共危險物品進行分類和管制，詳細分類項目與說明請見附錄所示。因此，藉由上述法令之認識，本研究可以了解到我國對於公共危險物品有極其嚴謹的管制與約束，也正因這些法令，促使各家化學物品生產公司跟化工業者對其化學物品有一定的安全控管與數量管制。

而近年來化學物品生產公司及化工業者之安全管理，常常出現問題，甚至導致災害、人禍四起，也正因如此這些公司業者進而遭受媒體與相關單位的注意。因此，在西元2016年時，我國內政部參考了美國消防協會(National Fire Protection Association, NFPA)對於NFPA 30 易燃液體及可燃液體之管理方式，進而調整了上述提到的「公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法」之部分條文，希望可以透過擴大對公共危險物品的定義與管制，增加臺灣化學物品生產公司及化工業者之管制安全，也希望透過修正此條文，增加臺灣化工產業對其倉儲、採購、消防上與安全設備處理上的意識(而本研究將修正之內容和差異與此修訂條文說明放在附錄之中以供後續研究者參考)。

因此上述法令的修正條文產生以後，本研究所欲探討的個案E化學公司之多項公共危險產品，其部份公共危險物品品項從原先的不需被管制，到後來的開始必須被管制。也正因為如此，個案E化學公司需重新調整和改變其原先的存貨管理策略跟辦法，來達到滿足需求、不違法跟總成本最小的目標。而經本研究與該個案E化學公司詳談以後，發現該個案E化學公司原先自有倉庫因受法令管制與上述修訂關係，已不足以滿足其倉儲之需求，因此，該公司也額外使用了A倉儲公司的外租倉庫來做倉儲使用。

後續蔡慶慧(2018)提出一篇相同背景下之單項公共危險物品最佳補貨與倉儲調撥模型，替該公司的單一公共危險物品品項，找到了最佳的補貨策略與方法，節省了大量成本。原先本研究以為將此方法應用多次於單項公共危險物品品項，就可以得知多項公共危險物品品項的最佳補貨與倉儲調撥策略，但事實並非如此。本研究發現，同一大類下之各小項公共危險物品在倉庫的庫存量管理是有互相關聯性存在的，需同時多品項考量而不能多次單獨考量單品項再予以加總。其原因在於，本研究回歸探討最初公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法之法令管制方式，發現該法令是先計算各大類公共危險物品下的各小項公共危險物品品項之「管制倍數」，之後將其加總來判定

是否超越法規所定義的各大類之總管制倍數上限，是則違法；否則符合法令要求。意即同一大類下之各小項公共危險物品的管制倍數是同時被同一大類的法令總管制倍數上限所管制的，而並非單獨被法令管制。也可以視為，若某一大類下之各品項的管制倍數加總剛好等於法令管制上限，則此時若將此大類下之某一品項倉庫庫存量增高(管制倍數上升)，同一大類型下之另一品項的倉庫庫存量就必須得減少(管制倍數下降)，這樣加總後才會等於原先之上限，兩者庫存量之間互相影響，互相調節。

而原先蔡慶慧(2018)所使用的自有倉庫庫存量上限，是該個案E化學公司與消防單位所討論出來，是針對各大類下之各小項「個別品項所允許的庫存量數量上限」。其作用是方便使用也容易操作，可以個別品項探討又不違反法令，因為此設定方式可以達到，每一品項庫存量若不超出所規定的個別上限，其計算管制倍數加總後的結果，就一定不會超出法令管制的大類上限。但此方法因為要達到上述之效果，其規定的上限較原先保守且無彈性空間，無法達到多品項同時考量的最佳情況。也正是因為如此，多次使用蔡慶慧(2018)所提出的單項公共危險物品最佳採購與倉儲調撥策略，是不可能無法達到同時考量多項公共危險物品最佳補貨與倉儲調撥策略。

所以，總結來說，透過上述法令管制的重新解釋與定義，可以讓本研究在面對此問題時，能以更貼近現實狀況的方式來解讀。以及後續如何在這樣的研究背景與動機下，發展出新的同時考量多項公共危險物品之最佳補貨與倉儲調撥策略，來幫助個案E化學公司的重新做決策，便是本研究所欲達成的重要事項。

1.2 研究目的與方法

延續本研究1.1節的背景與動機，本研究的研究目的是希望可以決策出計畫時程內，多項公共危險物品之最佳的補貨數量、補貨時間、自外倉之間的調撥數量、調撥時間，來達到滿足生產工廠之需求、符合公共危險物品管制倍數加總之上限和總成本最小化的目標。

而為了達到以上研究目的，本研究的研究方法是將根據上述問題之問題特性以及後續情境說明和限制，去提出一個近似問題型態的數學模式，以便後續用最佳化軟體或啟發式解法來求解。其中，建構數學模式的原因是因為透過數學模式的建立，本研究就可以使用最佳化軟體求解，也可以將此實務問題表達得更加明確易懂，在一些問題限制、假設、參數、變數的設計上，讓其他研究人員可以更好的了解本研究所探討的問題型態。但本研究也考量到，研究的過程中，隨著問題的參數設計或規畫的公共危險物品品項增加的話，問題難度就會提高，最佳化軟體之求解時間就會沒有原先求解小問題時來得有效率，此時若有啟發式解法來求解難度高的問題，其求解速度就會比最佳化軟體來得優秀，因此本研究也打算發展啟發式解法在此問題上。

1.3 研究情境與限制

延續第1.2節所提到的研究目的以及方法，可以了解到本研究是希望透過研究方法，來達到找出多項公共危險物品最佳補貨與倉儲調撥策略之目的，而在此章節中，本研究將介紹此最佳化策略所欲探討的研究情境與範圍以及其所對應的限制有哪些。本研究之研究情境與範圍，可由以下決策情境流程圖，圖1.1可知道。

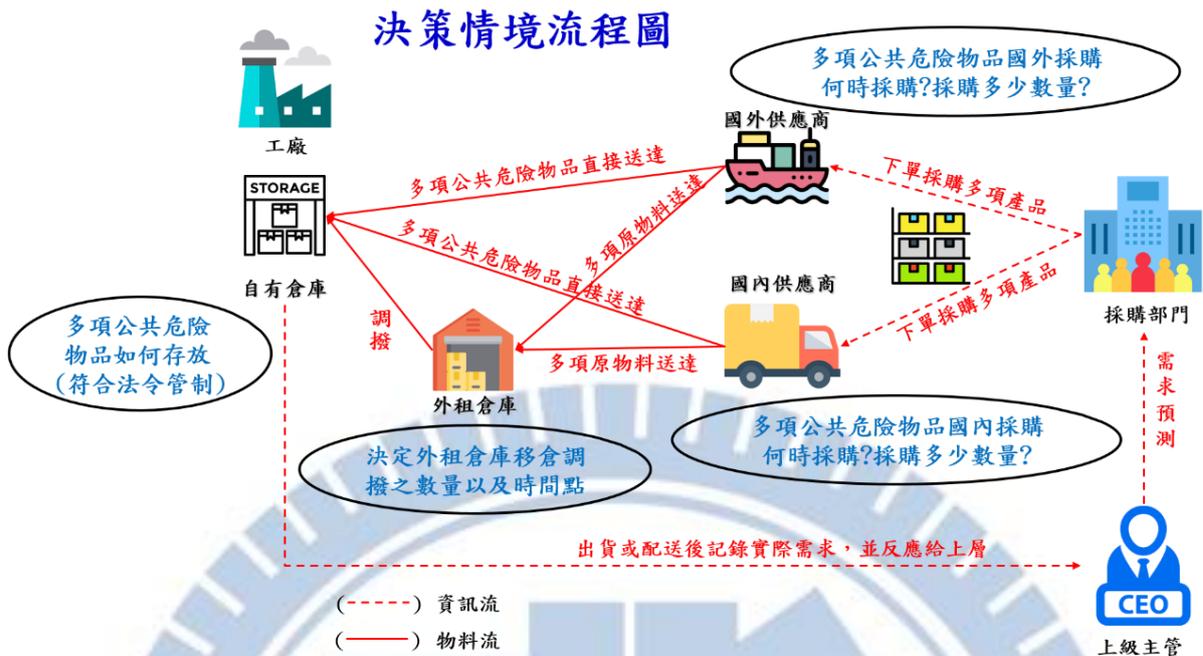


圖 1.1 單一工廠多項產品之決策情境流程圖

首先，個案E化學公司的上級主管，在得知往年某一生產工廠的需求與採購資訊後，針對其所欲採購的多項公共危險物品做需求預測，並將需求預測之資訊提供給採購部門。之後，採購部門在多項公共危險物品的需求預測已知的情況下，將決定出該工廠在計畫時程內，多項公共危險物品之合適的國內外採購補貨時間與補貨數量(同時須告知供應商將公共危險物品送往自有倉庫或外租倉庫)、後續調撥外租倉庫的貨物至自有倉庫做使用的貨物量以及時間點、採購調撥後續的自有倉庫和外租倉庫之倉儲管理，以滿足其工廠內部的生產需求、符合法令管制倍數加總的上限和操作過程中的各項成本最小化。其中決策情境中有考量有兩個供應商來源，並使用單一自有倉庫以及一租賃的外租倉庫，且本研究所面臨的研究情境與範圍，就如同圖 1.1 採購部門所要進行的決策與面對的對象。

接著，本研究將介紹在此研究情境下，同時考量雙倉(單一自有倉庫以及一租賃的外租倉庫)使用，多項公共危險物品之間的採購、倉儲以及調撥會有哪些限制以及已知資訊。首先，本研究已知該個案E化學公司，因法令修訂導致容量不足的問題產生之後，已決定採用一個外租倉庫(Rented warehouse)來幫助多項公共危險物品的存貨管理。本研究即假設其沒有儲存容量上限限制。而且已知該個案E化學公司的採購部門，都會以四個月(16週)的規劃長度為其計畫時程，計畫時程內每一期(週)的需求已知(已考量生產產能下所排定之需求)，同時也知道其採購的產品皆為原物料，具有產品生命週期長、儲放空間固定且獨立的特性。

接著，其採購方面，得知該個案E化學公司會採取兩種方式來採購：第一，是向國內供應商購買；第二，則是向國外供應商採購。國內外採購的前置時間各有所不同，而其不同的原物料來源國內(國外)不一定皆有供貨。而在採購過程中，該公司為了能獲取數量折扣及運輸安全的考量，通常會採取國內整車(國外整櫃)的方式來決定採購數量(即採購數量為國內整車或國外整櫃的倍數)。兩種採購方法都較原先的採購單價來得優惠，可視為數量折扣(Quantity Discount)的優惠價格概念，此外根據個案E化學公司的資料顯示，國外整櫃採購之採購單價又通常較國內整車採購之採購單價更加優惠，可視為相較國內採購之另一型態的數量折扣優惠價格，但其前置時間相較國內採購長。此外，若該

公司在面臨一些需求量較小的公共危險物品品項時，便不會採用整車或整櫃購買等有數量折扣的方式購買，因為這樣的購買量太大，會造成倉儲設備的容量不足及費用過大，所以他們通常會使用無折扣優惠的零星購買方式來滿足需求量較小的品項。爾後，如同前述情境圖 1.1 所述之該公司現況，這兩種供應商皆可以直接將貨物送到該公司的自有倉庫或外租倉庫，但本研究假設這同時時間柵欄(週)內只能由其中一個採購來源補貨，不會由兩個補貨來源同時進行補貨，因為同時時間柵欄(週)內僅使用一種採購來源補貨就可以滿足需求了，同時訂購會顯得不效率與沒有意義，個案 E 化學公司實務上也不會同時訂購。此外，本研究也已知個案 E 化學公司採購過程中，同一大類之公共危險物品都會以固定形式的包裝方式來運送且運輸成本已包含在採購成本中。

接著倉儲方面，已知前面的研究背景中有提到，自有倉庫針對同一大型下之各小項公共危險物品管制倍數加總，有其管制上限的要求。在此，本研究透過附錄一資訊，開始介紹管制倍數的計算方式。管制倍數的計算方式，是將自有倉庫內個別大類中各小型公共危險物品之倉庫儲存量跟其對應的法定管制量二者相除 (廠內自有倉庫儲存量/政府法規管制量) 可得到不同小類的管制倍數，再將同一大類下全部的小類公共危險物品的管制倍數加總，就可得到該大類公共危險物品在自有倉庫所對應的管制倍數，此總和管制倍數若不超過法定針對自有倉庫的大類總管制倍數上限，即沒有違法。另外根據現況可知，欲使此法定針對自有倉庫的大類總管制倍數的上限提高，則倉庫的安全標準就得提高，必須倉庫改建或額外擴建。換句話說，如果符合公共危險物品規定的倉庫愈大，其管制倍數就越高。但是就本研究所欲探的問題來說，本研究假定公共危險物品倉庫大小短期內無法改變，所以其自有倉庫內的管制倍數是有限的。

調撥方面，本研究也已知個案 E 化學公司調撥過程中，同一大類之公共危險物品都會以固定形式的包裝方式來調撥，而且同一大類之多項公共危險物品，基本上都可以裝載在同一車輛內來運送，其調撥費用已知。

而透過上述研究限制與已知資訊的探討以後，本研究發現一個值得一提的事情是：現階段採購部門有兩種選擇情境，一個是採購大量貨物獲得數量折扣，並請供應商將訂購的存貨送往外租倉庫，因其庫存量且不會違法，可以接受較高數量的庫存量，但卻要付出額外的調撥成本跟外租倉庫倉儲成本；或者另一個是，採購精準貨物或少量貨物，並請供應商直接送往自有倉庫，不用付出額外的成本調撥與倉儲成本，但卻因為採購需精準，不然容易造成庫存量太高而違法。因此如何去權衡，以及達到這樣最佳的選擇情境，就是本篇研究所帶來的貢獻與所欲達到的研究目的。

1.4 研究章節架構

而本研究接下來的章節分別是：第二章，文獻回顧的探討；第三章，描述問題的型態、設定問題的參數變數與最後發展出來數學模式；第四章，本研究發展出來的求解演算法；第五章，採用該個案 E 化學公司的數據，做一些求解方法的實驗，並針對總成本、求解時間、效益的比較進行分析；第六章，結論與對該公司的建議。因此，本研究的章節架構，如圖 1.2 所示。

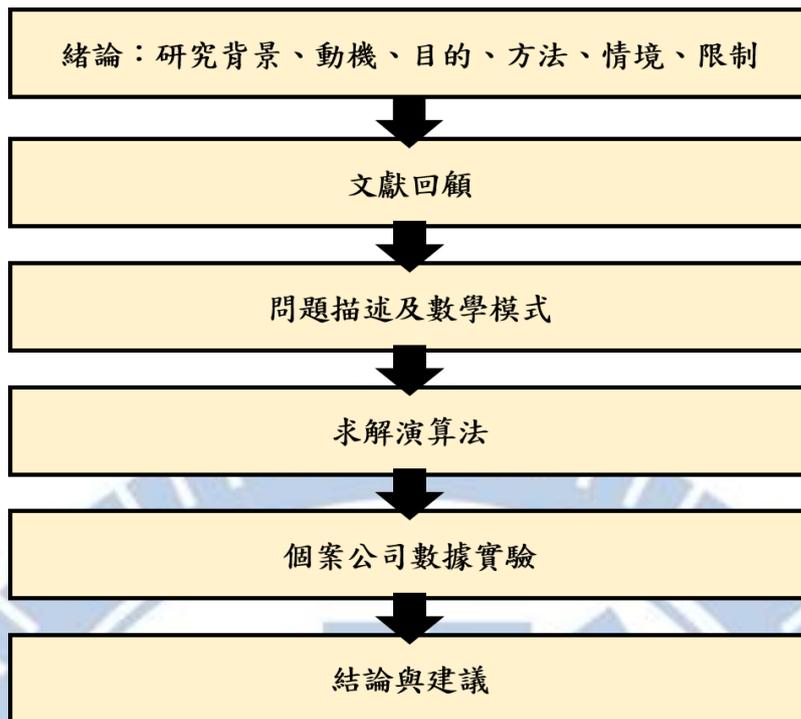


圖 1.2、本論文之章節架構圖

二、文獻回顧

延續本研究第一章緒論所介紹的研究背景、動機、目的、方法、情境以及限制。本研究了解到現階段所面臨的問題型態，是希望求解出在雙倉情況下，多項公共危險物品最佳的國內外採購補貨時間、補貨數量、調撥時間以及調撥數量，以期達到滿足需求、符合法令和總成本最小化的目的。而本研究認為此問題可分做以下五個重點概念來做文獻回顧的搜尋：第一，公共危險物品之定義以及分類；第二，公共危險物品的存貨管理模式；第三，自有倉庫容量有限而採用雙倉後的存貨管理模式；第四，自有倉庫容量有限而採用雙倉後的雙倉調撥模式；第五，本研究類似問題的啟發式解法。而本研究也將這五個重點分別放在後續 2.1 節、2.2 節及 2.3 節去做整理，並以下圖 2.1，來介紹本研究的文獻回顧重點以及後續對應章節。



圖 2.1，文獻回顧重點以及後續對應章節圖

首先，本章節會先探討公共危險物品的定義、名稱、分類並做相關的介紹，接著將針對後續公共危險物品的存貨管理做回顧，希望可以了解到如第一章所述之多項公共危險物品管制倍數實際操作方法(此部分為文獻回顧中的 2.1 小節)。而當回顧完上述主題之後，將開始針對本研究所欲探討的額外採用外租倉庫並進行雙倉使用的情境去做回顧，並會針對雙倉之間存貨管理以及運輸調撥方向去做整理，希望可以找到公共危險物品在雙倉之間是如何管制與調撥的(此部分為文獻回顧中的 2.2 小節)。最後，則是根據本研究的問題型態以及文獻中有關此問題型態所發展出的啟發式解法去做相關文獻回顧，希望可以幫助本研究在後續發展啟發式解法，獲得靈感與方向(此部分為文獻回顧中的 2.3 小節)。以上就是本研究文獻回顧重點以及所對應的章節，接著將會根據這些方向去整理文獻回顧的內容。最後，則會做一個文獻回顧後的整理以及問題型態的總結，以方便後續進入第三章問題詳細描述與建立數學模式(此部分為文獻回顧中的 2.4 小節)。

2.1 公共危險物品與其存貨管理

依據 2016 年 5 月 2 日所修正之公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法第 3 條，其規範了六類公共危險物品之名稱，種類、定義、標示、製造、儲存、處理、場所、儲存最大數量及換算為管制量之倍數等加以管制及管理。以下表 2.1 僅針對六大類公共危險物品之分類、名稱和定義做介紹，更詳細的相關分類規則與性質請見附錄一以及其附表。

表 2.1：我國法令針對公共危險物品之分類表

分類	名稱	定義
第一類	氧化性固體 (Oxidizing solid)	氧化性固體是指自身未必會自燃，但通常因出氧氣而引起或促使其它物質燃燒。
第二類	易燃固體 (Flammable solid)	容易燃燒或通過摩擦可能引燃或助燃的固體。易於燃燒的固體為粉狀、顆粒狀或糊狀物質，它們若與燃燒的火柴等火源短暫接觸時，可點燃及火焰迅速蔓延的情況下，具有危害性。
第三類	發火性液體、發火性固體 (Pyrophoric liquids and solids) 及禁水性物質 (Substances which, in contact with water)	發火性液體是即使量小也能在與空氣接觸後五分鐘內引燃的液體。發火性固體是即使量小也能在與空氣接觸後五分鐘內引燃的固體。禁水性物質是與水作用後，可具有自燃性或產生達到危險量的易燃氣體的固態或液態物質或混合物。
第四類	易燃液體及可燃液體	閃火點不高於九十三度的液體為易燃液體。閃火點超過攝氏九十三度未滿二百五十度之液體定義為「可燃液體」(Flammable liquid)。
第五類	自反應物質及有機過氧化物	自反應物質是指即使沒有氧或空氣的參與，也能發生激烈放熱解的不穩定液態或固態物質。有機過氧化物指的是含有二個氧原子以單鍵鍵結的液態或固態有機物質，可以看作一個或二個氫原子被取代的過氧氫衍生物。有機過氧化物是熱不穩定物質或混合物，可經由放熱產生自加速分解。
第六類	氧化性液體 (Oxidizing liquid)	指本身未必會自燃，但通常因放出氧氣而引起或促使其它物質燃燒的液體。

藉由上述表2.1與附錄，可以詳細了解到公共危險物品的分類、定義、名稱與其管制量上的差異。而本研究將聚焦在研究背景中所提出，因修法擴大定義而受到影響的第四類公共危險物品(修改內容詳情請見附錄三以及附錄四)，針對原先不受管制但現今卻要受到管制的多數公共危險物品，進行採購、調撥、存貨管理的新安排。在介紹完公共危險物品的分類與定義之後，本研究接著將文獻回顧如何將這些公共危險物品進行存貨管理與控制。

林文興和陳政洞(2010)提出說，公共危險物品及可燃性高壓氣體之範圍及分類，製造、儲存或處理場所之位置、構造及設備之設置標準，儲存、處理及搬運之安全管理辦法，由中央主管機關會同中央目的事業主管機關定之。而所定義之公共危險物品及可燃性高壓氣體應依其容器、裝載及搬運方法進行安全搬運；達管制量時，應在製造、儲存或處理場所以安全方法進行儲存或處理。畢竟，在公共危險物品運作或儲存過程中任何疏忽或意外，造成毒化物的外漏、火災或爆炸等災害，會讓勞工或大眾的壽命縮短，乃至造成殘廢或死亡，以及造成生態環境浩劫。郭金鷹等(2012)主要搜集國際及國內危害化學物質定義及分類、國內化學物質種類及數量、國際化學品管制情況、各國化學物品管理比較等資料，探討國內化學品管理問題並提出改善建議，期望可以迅速建立並整合化學品登錄及使用管理平台，並且逐步採行風險評估與許可連動制度，調和生產、製造及使用之管理法規，管制再利用或廢棄方式及持續危險化學品之環境流布調查。蔡易書(2014)提出南部科學工業園區的公共危險物品室內儲存場所之安全性與改善探討，針對南科具一定規模之公共危險物品儲存事業單位管理幹部及員工做隨機問卷調查，再運用統計分析辦法做敘述性統計、信度、效度、交叉分析並做親自訪談，希望可以找出在公共危險物品安全管理上有效的策略與管制方法。劉立文等(2018)提出近年來化學物品管理逐漸引起特別的重視，除了像 RCA 有機溶劑汙染飲水罹患職業性癌症、石棉作業罹

癌等事件突顯遭受有害化學品暴露的不良健康效應，以及民國99年台塑六輕接連發生意外事故引起社會大眾對於製造化學品不良管理的注意外，再加上三聚氰胺毒奶粉、塑化劑食品、黑心油品事件、單氯丙二醇毒醬油、順丁烯二酸毒澱粉等等一連串的食安事件，更加彰顯了化學品濫用對人造成的不良影響，亦顯示加強化學品管理的重要性。原先在化學品管理、產品安全議題方面，職業安全衛生法因為較冷門，因此立法院修法的優先順位較低，但當時剛好發生食品安全問題，涉及很多不法化學添加物，因此在行政院跨部會討論時，發現權責機關不甚明確，因此回溯到民國 98 至民國 100 年期間的因為新興化學品管理的前置性方案－「國家化學物質登錄管理與資訊運用機制推動方案」，已逐步建立蒐集建立的七萬九千種在本地流通的化學物質清單（目前已累積到九萬三千種）。而九萬多種既有化學物質當中，將近兩萬種依據化學品全球調和制度(Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals, GHS)分類具有危害。其中約有3,900種規劃需要進行優先管理，並且針對流布情形，規劃每年必須通報一次。

透過洪肇嘉等(2012)提出我國依照聯合國危險物品運輸的建議書及 GHS 已完成中華民國國家標準「CNS6864_Z5071」(危險物運輸標示)及「CNS15030_Z1051」(化學品的分類及標示)，我國採用雙軌式分類，前者適用於危險物運輸之標示圖示，後者適用於所有具危害性之化學品。下表 2.2 為國內各物質對象與主管機關管制對應整理表。

表 2.2 我國各物質對象與主管機關管制對應整理表

物質對象	管制階段	運作廠所	用途	法規名稱	主管機關	
一般化學物質	製造 輸入 輸出 販賣 使用 貯存	一般場所	工商用途	毒性化學物質管理法	環保署	
			特殊用途	環境用	環境用藥管理法	衛生署
				醫藥用	藥事法	
				食品	食品衛生管理法	
				化妝品	化妝品管理條例	
				動物用	動物用藥管理法	農委會
				動物用	飼料管理法	
		農業用	農藥管理法			
		勞工作業場所	勞工作業環境	勞工安全衛生法：勞工作業環境空氣中有害物質容許標準、安全衛生設施規則、高壓氣體安全規則、特定化學物質危害預防標準、有機溶劑中毒預防規則、鉛中毒預防規則 勞動檢查法	勞委會	
		運送	陸運	運輸安全	道路交通管理處罰條例：道路交通安全、高速公路及快速公路交通管制、道路運輸危險性物品管理等規則	交通部
	海運		運輸安全	商港法		
				船舶危險品裝載規則		
	空運	運輸安全	民用航空法			
	標示		民生安全	商品標示法	經濟部	
			勞工安全	危險物及有害物通識規則	勞委會	
廢棄		最終管制	廢棄物清理工法	環保署		
公共危險物品及高壓氣體		公共安全	消防法	內政部		
煙毒物質		治安	毒品危害防制條例			
放射性物質		民生安全	原子能法		原能會	

總結的來說，有關公共危險物品之管理以及存貨控制，歷史文獻多半以探討法令管

制、安全設備與裝置該如何設置、管理程序是否符合安全管理、災害發生的嚴重性以及後續防治與應變該如何實作等為主。較少提到管制倍數之概念，也較少以數學模式與最佳化之方法來探討到該如何運用多項公共危險物品之管制倍數概念來做存貨控制的效益最大化。因此，本研究所提出之多項公共危險物品最佳補貨與倉儲調撥模型，在這層意義上，是為公共危險物品操作的業者提供一個很好的管制倍數概念利用、參考與實作之方法。

2.2 倉庫容量有限下使用雙倉的存貨管理

若將問題角度擴展到公共危險物品及化學物品之外，會發現不只是公共危險物品、化學品等...化工產業有倉儲管理上的需求與難度，許多產業都面臨倉儲管理的挑戰，該如何訂貨、管理、儲存等行為很多企業都沒有系統化處理的方法。而最基本且常見系統化的訂貨與存貨管理模型，就是所謂的經濟訂購量模型(Economic Ordering Quantity, EOQ)，但是此模型是有許多前置條件、假設，其中對於使用的倉庫之儲存容量在學術上都假設其為無限大，但是這樣的假設與現實不符合，尤其是當企業的經濟訂購量超過其原先所使用之倉庫的儲存容量時，企業就必須考量另一個倉庫的使用，也因此才產生考量有兩個倉庫 (Two warehouses) 下之經濟訂購量模式。所以，本研究想藉由文獻回顧雙倉庫下之經濟訂購量模式或其他有關倉庫容量有限下的存貨管理，來建構出本研究所欲探討的公共危險物品自有倉庫受管制而需額外使用另一倉庫之雙倉使用系統化處理之方法。

而文獻回顧中，首次探討倉庫儲存容量有限下之存貨管理方法以及提出使用雙倉的情境下之經濟訂購量模式是 Hartley(1976)所提出的研究裡頭。此研究中，取消倉庫容量無限大的假設，但還是保持著需求穩定，不考慮缺貨、數量折扣、存貨損耗等假設。其做法是當經濟訂購量(Q)小於自有倉庫儲存容量(W)時，原始的經濟訂購量模式已足以解決此問題，但是當經濟訂購量(Q)大於自有倉庫儲存容量(W)時，此時就必須採用外租倉庫，將 W 的存貨數量放置於自有倉庫之中，而將超出之存貨數量 ($Q - W$) 放置於外租倉庫。而 Hartley (1976)也發現在這樣的雙倉模型底下，另外新租用或使用的倉庫之存貨持有成本通常會大於原先自有使用的倉庫之存貨持有成本(考量到額外的租用、調撥費用等.....)，所以企業在需求發生的時候，就通常會優先出售或使用外租倉庫中之存貨，以降低存貨之持有成本。

所以自 Hartley(1976)以來其他的文獻模式中的情境假設，也大多假設企業外租倉庫之單位持有成本，通常是高於自有倉庫之單位持有成本，也更因為如此管理階層必須詳細掌握外租倉庫之持有成本，以方便其控管存貨管理。另外，有些企業為了方便統籌管理銷貨、加工、運籌等供應鏈流程，並不直接由外租倉庫運往目的地，而是統一由外租倉庫運往自有倉庫，再由自有倉庫運往目的地。所以，額外調撥進自有倉庫的成本及外租倉庫和自有倉庫存貨量之間的交互關係，也會影響到經濟訂購量的決定。總結來說，雙倉庫下之經濟訂購量模式，正適合用於企業中，訂貨與採購數量超出自有倉庫儲存容量且欲使用額外倉庫之情況下，考量雙倉之間存貨成本與如何管理的模型。

但是，上述學者等人所提出的雙倉庫下之經濟訂購量模式所使用的假設還是太多且操作方法不符合效益，導致後續許多學者做出部分內容上的修正以及針對不同的環境發展出不同的存貨管理方法。像是 Dave (1988) 提到企業在進貨時，先將存貨運送至企業自有倉庫，再將超過自有倉庫數量之存貨運送至外租倉庫的行為是不符合經濟效益的，因此，企業可能會要求供應商分批運送，符合自有倉庫容量限制下的貨量送往自有倉庫，剩餘的送往外租倉庫。但是，如此一來將會使企業必須負擔額外的處理成本以及運輸成本，因此其訂購成本將會包括一般正常的訂購成本金額，以及額外的處理成本金額。

而針對雙倉之間調撥的運輸費用，後續許多學者也做出了假設與修正。Sarma(1983)

假設每次的運送調撥成本是固定的，與運送存貨的數量無關，而且於研究中假設運送是不允許缺貨的。而 Goswami and Chaudhuri (1992)參考 Sarma (1983)所提出的文獻之後，反而認為現實中，運送成本的高低是由運送的存貨數量決定，又或者可能因為運送的距離而受影響，所以其假設為該運送成本會根據運送存貨的數量而增加，且允許缺貨情況發生，用以探討在這兩種情形下，其結果有何不同。

也有學者針對需求是固定且穩定的這項假設，提出更多見解與修正其假設。如梁信翔 (2006) 認為考量當存貨水準在某一水準之上時，其需求率與存貨水準有關。當存貨水準在某一水準之下時，其需求率則為一固定常數，直到再訂購點發生。因此，提出需求率與存貨水準有關且自有倉庫儲存容量有限下的存貨模式，期望可以幫助零售商決定是否應該租用倉庫以及最佳訂購策略。Sana *et al.* (2011) 探討需求隨產品於市場銷售價格高低變化下，針對使用壽命有限的產品，業者會降價販售以吸引顧客購買，致使需求暴增，建立雙倉之管理模式，並達到利潤最大化之目標。Sana (2015) 則是評估經濟訂購量模式在不確定需求下，考量需求服從不同機率分配，在單期模式下，當自有倉庫儲存容量有限時，評估是否需要使用外租倉庫。藉著平衡存貨持有成本和缺貨成本，尋求成本最小之最佳經濟訂購量模式。

此外，也有學者認為傳統經濟訂購量對於倉庫容量無限大與存貨不會發生損耗之假設顯有不符實際狀況之情形。事實上的確如此，存貨是可能因為存放過久而導致產品過時或損耗，進而於運送過程中受到外力衝撞而損壞，損失的存貨將會影響企業可供出貨之數量。而此類型同時考量雙倉存貨管理、耗損率、缺貨的問題，有學者認為最早是由 Sarma (1987)所提出的針對退化性物品的雙倉存貨管理之文章所發展起來的。

鄭舜維 (2009)認為企業有外租倉庫之需求，因此有倉儲服務公司之產生，而倉儲服務公司為了區隔顧客市場，可能會將其倉庫區分等級，保管或儲存條件越佳的儲存環境，將收取較高的倉租，而儲存環境越好的倉庫，其儲存損耗當會降低，如此意味著倉租越高，其儲存損壞率就會較低。故在研究中提出儲存損壞率與倉租高低有關，而可以為決策者所選擇。Liang and Zhou (2011) 提出在考量需求固定且允許延遲付款條件下，退化性物品雙倉存貨管理模式，尋求最佳補貨政策及最佳訂購週期，以降低存貨相關成本。林鈺祥(2012)發展一個於產品價格持續遞減下之損耗性存貨模型，該模型針對二階段應鏈中，買方以多次訂貨來減少存貨而製造商又面臨一次性生產下，發展出一個最適補貨政策。此外，鑑於許多經銷商使用租賃倉來儲存超出自有倉庫容量的存貨，此兩種倉儲共用的方式可增加供應鏈內的營運彈性。因此，該學者進一步探討，在租賃商提供租賃價格遞減的激勵政策下，二階供應鏈中損耗性產品在不同倉儲結構中，利潤最大化的存貨管理模型。最後分析在需求不確定的情況下，倉儲選址、結構與損耗性產品之整合存貨政策。Jaggi and Verma (2010)；Jaggi *et al.* (2016)探討高產品毀損率(例如生鮮產品)與高通貨膨脹的因素在自有倉庫儲存容量有限下的庫存政策。產品毀損率高時應該降低庫存以減少儲存時毀損；但是另一方面，當有高通貨膨脹時，又應該要提高庫存數量。並在研究中，面對二項彼此衝突的因素，提出一個模式來評估購買最佳數量並進行敏感性分析。Mohanty *et al.* (2016) 針對退化性物品，考量實務上產品有一個時效性可保持新鮮度或原始品質，並不會這麼快退化下，允許缺貨，建構退化性物品雙倉存貨管理模式，以降低存貨相關成本。Mandal and Giri (2017) 探討供應商的生產過程是不完善的，因此在每批產品生產中會產出部分有缺陷的產品，所以買方會執行篩選過程檢測不完善的項目，並考量需求取決於現有儲放於自有和外租倉庫之庫存，以及供應商提供數量折扣且接受退貨下，建構雙倉存貨管理模式，達到成本最小化之目標。Kaliraman *et al.* (2017) 針對退化性物品，考量許多企業透過給予買方延遲付款方式，以提高銷售和減少庫存之情境下，提出需求隨時間呈指數增長並允許延遲付款條件下，建構退化性物品雙倉存貨

管理模式，尋求最佳補貨政策，以降低存貨相關成本。

基本經濟生產批量(Economic Production Quantity, EPQ)模式是建立在企業倉庫容量充足的假設下，計算製造存貨之整備成本與存貨持有成本等相關成本最低的生產量，但是當企業面臨倉庫容量不足時，除自有倉庫持有成本需考慮外，外租倉庫的倉租成本亦成為影響決策的重要因素之一，二個成本間的差異將會影響到生產批量大小與使用外租倉庫的程度。李春成(1999)；Lee (2006)；Lee and Ma (2000)；Lee and Hsu (2009) 探討製造業成品存貨的批量與租倉決策問題。曾郁芳 (2002) 提到企業的自有倉庫儲存容量於建造之時，就已經是一個不可改變之既定空間，但是該自有倉庫的容量或許無法足以容納企業所訂購之存貨，正因為考量到經濟與服務效益，所以才有外租倉庫之必要性存在，因而有兩個倉庫經濟訂購量模式之研究。現今由於倉儲服務業的激烈競爭，倉儲服務公司對顧客提供倉租上的折扣以提高營業額已是非常普遍的現象。然而在兩個倉庫經濟訂購量模式之領域中，將外租倉庫的倉租假設為單一價格，在此種允許數量折扣存貨環境下，忽略數量折扣所決定出來的經濟訂購量並非最佳之經濟訂購量，亦無法達到企業追求最低成本的目標。因此，進一步建構自有倉庫儲存容量固定下倉租具數量折扣之經濟訂購量模式，並分別針對全部單位型倉租折扣及邊際遞減型倉租折扣兩種不同存貨模式的假設，進行兩倉庫存貨決策模式的推導。

總而言之，上述整理是雙倉情況下，不同面向延伸後的文獻回顧整理，其中包含使用雙倉的發展原因、退化性產品與不同退化率的探討、雙倉調撥運費的定義、可以缺貨的特性、延遲付款的特性等...以下表 2.3 所整理的表格為主。

表 2.3：雙倉存貨管理模式之相關文獻比較表

作者與年份	是否考慮退化	是否可延遲付款	是否允許缺貨
Sama(1987)	✓		✓
Benkherouf (1997)	✓		✓
Yang (2004)	✓		✓
Zhou et al. (2005)			
Yang (2006)	✓		✓
Lee (2006)	✓		✓
Huang (2006)		✓	
Dye et al. (2007)	✓		✓
Chung (2007)	✓	✓	
Hsieh et al. (2008)	✓		✓
Maiti (2008)			
Rong et al. (2008)	✓		✓
Dey (2008)	✓		✓
Liang and Zhou (2011)	✓	✓	
Agrawal et al.(2013)	✓		✓
Cárdenas-Barrón et al. (2013)	✓		
Sarkar and Sarkar (2013)	✓		✓
Taleizadeh and Nematollahi (2013)	✓	✓	✓
Yu et al. (2015)	✓		
Bhunia et al. (2015)		✓	
Shabani et al. (2016)	✓	✓	
Mohanty et al. (2016)	✓		✓
Kaliraman et al. (2017)	✓	✓	

部份資料來源：Liang and Zhou (2011)；Mohanty et al. (2016)

透過整理完之後，本研究發現其中探討公共危險物品及化學物品面向的雙倉文獻甚為稀少，因此，本研究在發展問題結構以及雙倉特性時，也跟以往的歷史文獻有所差異。

其差異點在於：

1. 公共危險物品的雙倉管制方法是與一般商品來的不同，因此在雙倉之間有關管制的問題假設與操作限制上會與以往文獻中一般商品的管制方法有落差。
2. 公共危險物品有安全性上的考量，所以在雙倉之間運輸、倉儲與採購間有其特殊性與操作限制，這也與一般商品的雙倉運輸、倉儲與採購有所不同。
3. 公共危險物品大多為液體的型態，因此在問題設定上需要多考量包裝單位(桶)的限制，這也與一般商品的包裝單位(個)的計算上有一定程度的落差。
4. 傳統的雙倉存貨操作，大多會先使用完外租倉庫的貨物再使用自有倉庫的貨物，較少探討移倉調撥之事項。這與本研究所欲探討的問題的操作面向有所不同，因本研究是以操作整體採購、倉儲過程中的總成本最小化，所以雙倉存貨使用的方法會與傳統方式不同，會考量雙倉之間調撥與倉儲。
5. 本研究採購供應商來源有 2 種，2 種供應商該如何將貨物送往雙倉與以往傳統雙倉存貨的操作方法不同，其不同的點在於傳統的雙倉存貨，多半是請供應商將自有倉庫的儲存容量存滿後，再將多餘的貨物送往外租倉庫；而本研究為了整體系統的總成本最小化，有些時候會請供應商將貨物送往自有倉庫，有些時候則會送往外租倉庫，再做調撥。

這些差異點也就是本研究所提出此篇文章的原因以及與以往一般商品雙倉操作文獻所不一樣的地方。

2.3 針對受限制批量問題之啟發式解法

本研究所欲探討的問題，是同時決定單一工廠內多項公共危險物品最佳的補貨時間、補貨數量、雙倉之間調撥數量、調撥時間以及雙倉庫存管理，希望可以達到滿足需求、符合法令以及達到總成本最小化等目的之問題。根據蔡慶慧(2018)於文章中有提出這類型的問題特性，其實近似於動態批量(dynamic lot-sizing)或是批量(lot-sizing)的問題，是一個需決定相關單位的補貨批量政策問題，目的在於滿足需求，並促使採購、生產的設置成本、相關倉庫中的持有成本等不同多項成本的總合達到最低之問題。

因這類型的問題本身就具有複雜性(Goren *et al.*, 2010)，若再加上本研究 2.2 節所探討的額外租賃另一倉庫做使用、後續多項公共危險物品的同時考量、前置時間的探討和需求變動等條件下，就可能因為條件與假設的複雜度變高，變成難度很高的問題，所以文獻中也有發展出很多的求解演算法或是很多類型的巨集啟發式解法(Metaheuristics)在處理這類型的問題。而延續上述概念，本研究實際操作數據實驗的時候亦發現，本研究的問題有可能到達上述複雜度極高、求解難度高的問題(見本研究第五章第五小節)，即採用數學規劃的求解方式時，所需的求解時間過長，並不符合現實情況以及效益，因此本研究想藉由文獻回顧公共危險物品倉庫受法定管制之批量問題的求解演算法，來構思本研究所面臨問題之所需解法。

但是，本研究在文獻回顧的過程中發現，事實上探討化學物品的文獻數量比重其實不高，文獻中更幾乎沒有細項的去討論化學物品中的公共危險物品此分類，所以在文獻回顧的過程中，要找到與本研究所欲探討的問題相似者甚少，因此，本研究將所欲求解問題之演算法面向，擴展到其他有受限制的批量問題之演算求解法。Jans *et al.* (2007)整理了眾多批量問題的問題型態，其中包括單項產品沒有限制的批量問題、有受限制的批量問題、多目標的批量問題等。以及後續介紹眾多對應的求解巨集啟發式解法，包括傳統著名的 SA、TS、GA、動態規劃法、拉格朗日啟發式解法、Dantzig-Wolfe 拆解法以及根據特別目的批量問題特化的啟發式解法。此篇文章介紹求解啟發式解法的方式，是專注在求解特性構建上的介紹，像是 SA 的鄰域型態該如何定義以及建立、GA 起始編碼該如何決定重要的決策變數等，有助於在發展批量問題啟發式解法上。Buschkühl *et al.*

(2010)針對多階層受限制的批量問題(the multi-level capacitated lot-sizing problem (MLCLSP))進行分類與求解方法的整理，提出此問題的定義與介紹、簡化後的模型介紹以及後續求解方法文獻的整理，其中包含以數學規劃為基礎的求解方法、拉格朗日啟發式解法、分解聚合解法、各項巨集演算法、根據問題特化的貪婪演算法等多項求解方法文獻之整理。

而本研究在探討問題特性以及結構時，發現本研究問題有所謂的組合性最佳(combinatorial optimization)特性在，適用於巨集啟發式解法，所以本研究就根據 Xie *et al.* (2002); Yongjian *et al.* (2007)所提出的文章中，有提到針對批量問題(lot-sizing problem)而言，基因演算法(Genetic Algorithm, GA)在數據實驗中的表現是相對其他巨集啟發式解法來得較為優秀的，因而採用基因演算法來作為本研究求解的主要研究方法。但在使用的過程中，發現本研究所欲探討的問題與傳統採購生產存貨管理的批量問題已不近相似，容易在基因演算法操作的過程中產生大量的不可行解，以致基因演算法的求解效力與求解時間，並無原先所預期的成果。進而本研究則開始轉往採用在批量問題中也有學者使用的模擬退火法(Simulated Annealing, SA)來作為本研究所欲探討的另一種啟發式解法，此方法以原先起始可行解來跳動尋優，儘管在過程中也會遇到不可行解，但卻會因搜尋機制的判定而不會選擇不可行解，在規避不可行解以及求解本研究問題的效力上來講，其模擬退火法會比基因演算法來的優秀，之後便回顧文獻中有關求解受限制的批量問題之模擬退火法，來作為本研究中求解的重要參考。

Barbarosoglyu *et al.* (2000) 評估分析使用不同種的鄰域變換方法，來建構求解多階層受限制的批量問題 dynamic multi-level capacitated lot sizing problem 時的 SA 會有怎麼樣不同的效益。Tang Ou (2004) 使用二元矩陣的方法來求解批量問題的決策行為，這種方法可以將這種類型問題的生產及庫存系統，建模成組合優化問題，並使用模擬退火法求解。其文章中的數據實驗是為了理解演算法的不同面向，特別是針對在退火降溫環節會如何影響解的品質。Roshani *et al.* (2016) 提出一篇有關產品回收再製造的動態批量受限制問題，文章中會藉由回收退貨之產品來再加工製造來滿足需求，並有提到此問題的難度是 NP-hard，所以透過模擬退火法來求解，最後與 CPLEX 求解結果來做比較。

透過文獻回顧相關批量問題的模擬退火法之後，可以發現本研究所欲探討的問題，是類似批量問題的規劃結構，但本質上又不這麼近似批量問題之問題。其兩者問題不相似的原因，本研究認為在於：

1. 透過文獻回顧相關求解受限制的批量問題的過程中，發現以往的批量問題中所受限制的，大多以資源有限與生產能力有限為主，後續多探討是否可以缺貨、需求不確定性以及是否可以超時工作等面向，較少以探討倉庫容量有限、採購特性有限制、雙倉使用有限制以及雙倉調撥有限制等特性，與本研究所欲探討的問題特性較為無關，也有所差異。
2. 文獻回顧中的批量問題，其細節上的假設與本研究差異較為巨大，像是批量問題前置時間多半不考量、很少探討雙倉的應用、採購供應商大多為一個、有些僅考量單一產品、多半不會提到運輸成本的面向等，而且大多數相似問題的文獻也較少同時考量這麼多面向的狀況。
3. 本研究多專注在採購以及庫存的決策管理，與文獻中批量問題多考量的生產操作來的較為不同，以數學模式概念探討的話，則本研究問題操作特性難易度較高較多元，限制也與一般批量問題不同。

總結來說，有鑑於上述文獻回顧後所整理出來的結論以及考量，本研究已明確知曉本研究面對的問題情境以及操作狀況，已經不太近似於傳統的批量問題。此外，本研究亦透過實際測試複雜問題時基因演算法求解之效力，發現基因演算法在面對本研究問題

時，其求解效力沒有想像中的來的優秀，因此轉往使用模擬退火法來當作主要求解的方法。但也因本研究所欲探討的問題與批量問題不那麼近似，所以在後續模擬退火法的發展上，也較沒有與上述文獻回顧中的模擬退火法來的這麼的直接相關。

2.4 文獻回顧總結

透過上述文獻回顧的整理，本研究首先可以清楚釐清公共危險物品的基本定義以及分類。但是卻也在整理文獻的過程中，發現考量到多項公共危險物品倉儲所需使用之管制倍數概念以及以最佳化方法來管理管制倍數的文章甚少。

而進一步的呼應第一章的內容，有提到本問題自有倉庫容量已不足使用，需採用額外外租倉庫做使用的情況，這其實就是變相的在探討自有倉庫容量有限下而採用雙倉做存貨管理的問題，因此本研究接著就針對這一塊來做文獻回顧，也在過程中發現近幾年來探討雙倉之間存貨管理的模型，大多以退化性商品的退化、是否可以延遲交貨與需求變動等特性在做變化。較少探討雙庫之間存貨移倉調撥之議題、面對有 2 個以上之供應來源時，該如何選擇合作供應商以及該如何權衡貨物要先送往自有倉庫還是送往外租倉庫等面向，其原因在於以往雙倉存貨管理方法，主要都是將請供應商先行在自有倉庫內做補貨，爾後再將超出自有倉庫容量上限之庫存儲放於外租倉庫，並以外租倉庫持有成本大於自有倉庫持有成本為理由，儲放於外租倉庫之庫存會先被使用，外租倉庫之庫存使用完畢後才會使用儲放於自有倉庫之庫存，並無調撥與供應商補貨的抉擇之問題。也正因為如此，凸顯本研究的問題與上述雙倉存貨管理文獻操作方法不同，自有倉庫和外租倉庫之間必須因為總成本最小化、法令管制、滿足需求的關係，而權衡何者必須先被使用、該如何管理以及調撥雙倉存貨，也多了必須考量雙倉倉庫下移倉調撥之運輸成本(供應商到買家、外倉到自倉)。

最後，本研究考量到本研究問題的型態與架構，會因為參數變數設定的複雜程度提高或納入的品項增加，而變成難度極高的問題，也因此開始文獻回顧相關問題的啟發式解法與演算法。而在探討問題本質過程中，有延續蔡慶慧(2018)所提出此問題背景是近似動態批量或批量問題而朝這塊去做文獻回顧。卻在文獻回顧的過程中，發現本研究所欲探討的問題特性與面向，已經與以往的動態批量或批量問題不盡相同，但也參考了批量問題中表現不錯的基因演算法和模擬退火法，以及一些操作的細節來發展出適合本研究所欲探討問題之有效率的巨集演算求解法。而在此過程中，本研究回顧了相關的基因演算法與模擬退火法，再搭配第五章數據實驗之測試，本研究採納結果較好的模擬退火法，來作為本研究之求解啟發式解法。

最終，縱觀來看本研究文獻回顧到現在的成果，可以發現一些其他問題特性。像是本研究是以化學物品中的公共危險物品為主軸，希望能針對此主軸去找出自有倉庫容量有限下採用外租倉庫並同時考量多產品之間採購、補貨、調撥、存貨管理之模型，但本研究發現在以往的文獻中，探討此區塊，也就是公共危險物品的研究較為稀少。另外，也發現大多數相似問題的文獻不考量前置時間，仍然保留下訂單後即時收貨之假設條件，但前置時間是補貨決策上不得不考量之重要因素，在決策過程中需要納入考量。還有，若綜合考量上述特點(包含運輸調撥、前置時間、雙倉使用等)的話，文獻中也大多以單一產品為範本來探討，較少以多產品為主軸，來增加其問題的難易度。最終，本研究總結上述觀點以及所找到之文獻回顧文章，找出近似本研究問題之相關存貨模式的相關文獻整理如表 2.4 所示。

表 2.4 相似問題的存貨模式之文獻整理表

作者	研究構面	需求率	自有倉庫 儲存容量 有限	多個 倉庫	多 產 品	運輸成本	2 個以 上之供 應來源	前置 時間
Minner (2009)		固定	✓		✓			
Choudhary and Shankar (2014)		變動	✓			供應商到買家	✓	
Sana (2015)		變動	✓	✓				
Cárdenas-Barrón <i>et al.</i> (2015)		固定			✓			
Mohanty <i>et al.</i> (2016)		固定	✓	✓				
Jaggi <i>et al.</i> (2016)		固定	✓	✓				
Kaliraman <i>et al.</i> (2017)		變動	✓	✓				
Mandal and Giri (2017)		變動	✓	✓		供應商到買家		
Alfares <i>et al.</i> (2018)		固定	✓		✓	供應商到買家	✓	
蔡慶慧 (2018)		變動	✓	✓		供應商到買家、 外倉到自倉	✓	✓
本研究 (2019)		變動	✓	✓	✓	供應商到買家、 外倉到自倉	✓	✓

部分資料來源：蔡慶慧(2018)，公共危險物品補貨策略之研究探討(以 E 化學公司為例)

透過上述整理後的表格可以知道，本研究的問題特性以及問題環境設定，相較每個不同類型的問題多了許多特性，像是有考量雙倉使用、運輸成本、前置時間以多供應商來源等，也較原先蔡慶慧(2018)所考量的問題，延伸了多產品特性以及修正問題型態，多了管制倍數與零星採購等面向。因此，在回顧各方角度之文獻後，本研究再次總結所面臨問題型態是什麼樣態，以便在下一章問題描述與數學模式中設定。

本研究將以個案 E 化學公司之單一工廠內部的多項公共危險物品為背景，工廠外有一自有倉庫和有額外租用一外租倉庫做使用，規劃期間的計畫時程總長度為四個月，以每周為一期來做規劃，依據計畫時程每週的需求與雙倉庫存量來決定是否需要補貨，如若需要採購，則需在考量前置時間條件下決定該向國內供應商或向國外供應商進行採購、採購多少數量、採購後要送往自有倉庫還是外租倉庫。另外，此問題同時希望能管理儲放於自有倉庫和外租倉庫之庫存量，以期自倉庫各小項公共危險物品計算過後之管制倍數加總能符合法令管制上限。以及外租倉庫該如何進行調撥、調撥多少數量，以期達到滿足工廠生產需求，符合法令管制，達到計畫時程內總成本最小化。

因此，本研究將探討如何在有限的管制倍數(即符合法令管制)、使用二個供應來源以及雙倉庫情境下，透過建立適當的數學模式及求解演算法，求解同時考量多項公共危險物品之雙倉存貨管理、國內外採購、外倉調撥至自倉之決策模式，來替個案 E 化學公司的採購部門，決策出計畫時程內，單一工廠內部之多項公共危險物品合適之國內外採購補貨時間、國內外採購補貨數量、採購後送往自有倉庫或外租倉庫之決策、外倉調撥至自倉的調撥數量與時間點和後續雙倉之間的庫存管理，以達到成本最小並滿足工廠需求。

三、問題描述與數學模式

在這章節之中，本研究會延續第一章以及第二章所提到的各項內容，針對個案 E 化學公司所遇到的問題情境(單一工廠單一自有倉庫與外租倉庫，採購多項公共危險物品的情境)和其情境中的各項成本與參數的設定、數學模式之符號、限制式、目標式分別進行說明，希望透過數學模式之建立與說明，可以表達研究情境中所面臨的情況與限制。以下便開始本研究問題描述與數學模式的介紹：

3.1 情境限制與假設

而在本研究中，個案 E 化學公司中採購單位有其實務操作性限制，如下：

1. 本研究以公共危險物品第四大類「易燃液體及可燃液體」為主要探討的公共危險物品大類。其大類下的各小類使用，如表 3.1 所述。
2. 自有倉庫內針對大類中各項小類的公共危險物品有其個別的法令管制量。
3. 自有倉庫內針對各大類公共危險物品有其法定的儲存總管制倍數上限，若同一大類型的各項小類公共危險物品之管制倍數加總超過其上限則違法。
4. 個案 E 化學公司會採用國內整車(國外整櫃)之數量倍數購買，其可享有數量折扣的優惠單價，也具有運輸安全上的考量；或者是採用零星購買的方式，雖沒有折扣優惠之單價且通常限定為自有倉庫國內採購，但較具彈性不需一次採購固定、大量數量。
5. 運輸調撥車輛有容量上限 (外租倉庫到 E 化學公司)。
6. 同大類中各項小類不同種的公共危險物品之間，可透過相同貨車進行運輸調撥。
7. 採購後可以選擇進自有倉庫或外租倉庫儲存。
8. 供應商分為國內供應商和國外供應商，但並非所有品項兩種供應商都有供貨。
9. 第一週規劃時，是無法收到任何預排訂單預定收到量。
10. 國外採購具有前置時間較長的特性，所以前幾週無法排定國外採購預排訂單預定收到量。
11. 自有倉庫容量基本上是遠大於法定管制的公共危險物品管制容量。

另外在本研究中，對於此問題決策情境有以下假設：

1. 計畫時程內每一期(週)多項公共危險物品品項之需求已知 (已考量生產產能下所排定之需求)、產品生命週期長。
2. 當同時間柵欄 (週) 內有採購需求時，國內採購或國外採購只能擇一進行。
3. 當同時間柵欄 (週) 內有採購需求時，國內採購或國外採購只能將貨送往自有倉庫或外租倉庫某一處。
4. 本情境主要研究範圍為個案 E 化學公司單一工廠內的一個自有倉庫，有儲存容量上限的法定限制，並使用 A 倉儲公司的一個外租倉庫，則是假設沒有儲存容量上限限制。
5. 不考量缺貨、資金成本短缺或是產品不良等其它因素。
6. 多項參數來源都是參考個案 E 化學公司所提供的資料為主。

因此要如何在這些操作特性條件下，達到計劃時程內滿足需求、符合法令與總成本最小化之目標，是該公司採購部門在進行決策分析時所面臨的重要議題。

3.2 個案 E 化學公司單一工廠之多項公共危險物品介紹

個案 E 化學公司單一工廠的多項公共危險物品採購列表則如下表 3.1 所示，此表格只列舉出該單一工廠內最具經濟價值與重要性較高的品項來做說明，而本研究後面所採取的數據實驗，也會以此採購列表的品項為主。

表 3.1：個案 E 化學公司單一工廠之多項公共危險物品採購列表

原料代號	中文名稱	分類名稱、種類名稱	管制量(公升)
T219/T253	聚乙二醇	第四類易燃液體及可燃液體 第三石油類/水溶性液體	4000 公升
I210/IQ57	乙醇胺	第四類易燃液體及可燃液體 第三石油類/水溶性液體	4000 公升
IA3	二甲基乙醯胺	第四類易燃液體及可燃液體 第二石油類/水溶性液體	2000 公升
I215	醋酸酐	第四類易燃液體及可燃液體 第二石油類/水溶性液體	2000 公升
T265	正己醇	第四類易燃液體及可燃液體 第二石油類/非水溶性液體	1000 公升
I415	苯甲醯氯	第四類易燃液體及可燃液體 第三石油類/水溶性液體	4000 公升

資料來源：個案 E 化學公司之某一工廠

而經過與該公司高階主管詳談以後，本研究將所欲探討的研究對象，多項公共危險物品的選定，放在同一大類的公共危險物品來選，因為法令管制是針對同一大類來管制，這樣的多項公共危險物品選定方式才符合本研究背景所述與研究所需（這邊採用的是第四大類易燃液體及可燃液體，較貼近本研究之研究背景，但若把本研究的模式放在其他大類中，亦可以達到本研究的研究目的與研究成果）。

3.3 符號介紹與問題描述

接著來說明，本研究建構數學模型的符號以及部分的問題描述。以下為本問題情境中的集合、參數、變數與數學模式的符號說明與介紹：

● 集合：

I ：代表個案 E 化學公司單一工廠中某一大類內，所需考量的第 i 品項的公共危險物品， $i = 1, 2, \dots, I$ 。

T ：代表個案 E 化學公司單一工廠中的採購部門，在計畫時程中，有 t 週需要做決策， $t = 1, 2, \dots, T$ 。

● 參數：

B_i^Q ：代表第 i 品項的公共危險物品之包裝單位的數量(L/桶)， $i = 1, 2, \dots, I$ 。

C_i^L ：代表第 i 品項的公共危險物品之法令管制量(L)， $i = 1, 2, \dots, I$ 。

C^A ：代表公共危險物品某一大類在自有倉庫內的總儲存管制倍數上限。

D_i^D ：代表第 i 品項的公共危險物品國內採購有折扣優惠之採購單價(元/L)， $i = 1, 2, \dots, I$ 。

D_i^F ：代表第 i 品項的公共危險物品國外採購有折扣優惠之採購單價(元/L)， $i = 1, 2, \dots, I$ 。

ND_i^D ：代表第 i 品項的公共危險物品國內採購無折扣優惠之採購單價(元/L)， $i = 1, 2, \dots, I$ 。

E_i^D ：代表第 i 品項的公共危險物品國內採購有折扣優惠之訂購數量(整車之數量，單位 L)， $i = 1, 2, \dots, I$ 。

E_i^F ：代表第 i 品項的公共危險物品國外採購有折扣優惠之訂購數量(整櫃之數量，單位 L)， $i = 1, 2, \dots, I$ 。

F_i^C ：代表第 i 品項的公共危險物品之外租倉庫單位倉租費用(元/L/週)， $i = 1, 2, \dots, I$ 。

$G_{i,t}^R$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之毛需求量(L) (Gross Requirements)， $i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, T$ 。

H_i ：代表第 i 品項的公共危險物品之自有倉庫倉儲單位持有成本(元/L/週), $i = 1, 2, \dots, I$ 。
 M_i ：代表第 i 品項的公共危險物品之採購原料貨款單位成本(元/L/週), $i = 1, 2, \dots, I$ ，同時亦為外租倉庫倉儲單位持有成本(元/L/週)。

I_i^D ：代表第 i 品項的公共危險物品之國內採購進外租倉庫費用(元/桶), $i = 1, 2, \dots, I$ 。

I_i^F ：代表第 i 品項的公共危險物品之國外採購進外租倉庫費用(元/桶), $i = 1, 2, \dots, I$ 。

O_i ：代表第 i 品項的公共危險物品之採購出外租倉庫費用(元/桶), $i = 1, 2, \dots, I$ 。

K ：代表公共危險物品每次訂購成本(元/次)。

M ：代表一大數。

$S_{i,t}^{OD}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週自有倉庫國內採購有折扣優惠之排定收到量(L) (Scheduled Order Receipts), $i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, T$ 。

$S_{i,t}^{OF}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週自有倉庫國外採購有折扣優惠之排定收到量(L), $i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, T$ 。

$S_{i,t}^{RD}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週外租倉庫國內採購有折扣優惠之排定收到量(L), $i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, T$ 。

$S_{i,t}^{RF}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週外租倉庫國外採購有折扣優惠之排定收到量(L), $i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, T$ 。

$S_{i,t}^{ODN}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週自有倉庫國內採購無折扣優惠之排定收到量(L), $i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, T$ 。

S_i^S ：代表第 i 品項的公共危險物品之安全存量(L)(Safety Stock), $i = 1, 2, \dots, I$ 。

T^Q ：代表公共危險物品由外租倉庫調撥至自有倉庫之每車運輸數量上限(L/趟)。

T^U ：代表公共危險物品由外租倉庫調撥至自有倉庫之運輸費用(元/趟)。

● 決策變數：

$P_{i,t}^{OD}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之自有倉庫國內採購有折扣優惠之訂購數量的採購倍數, $i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, T$ 。

$P_{i,t}^{OF}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之自有倉庫國外採購有折扣優惠之訂購數量的採購倍數, $i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, T$ 。

$P_{i,t}^{RD}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之外租倉庫國內採購有折扣優惠之訂購數量的採購倍數, $i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, T$ 。

$P_{i,t}^{RF}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之外租倉庫國外採購有折扣優惠之訂購數量的採購倍數, $i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, T$ 。

$P_{i,t}^{ODN}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之自有倉庫國內採購無折扣優惠之訂購數量的採購倍數, $i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, T$ 。

$C_{i,t}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週由外租倉庫搬移至自有倉庫之包裝單位數量之調撥倍數, $i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, T$ 。

$X_{i,t}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之二元變數 (Binary variable), $X_{i,t}$ 為 0，表示無國內有折扣優惠採購補進自有倉庫， $X_{i,t}$ 為 1，表示有國內有折扣優惠採購補進自有倉庫, $i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, T$ 。

$Y_{i,t}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之二元變數， $Y_{i,t}$ 為 0，表示無國外有折扣優惠採購補進自有倉庫， $Y_{i,t}$ 為 1，表示有國外有折扣優惠採購補進自有倉庫， $i=1, 2, \dots, I$ ； $t=1, 2, \dots, T$ 。

$G_{i,t}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之二元變數， $G_{i,t}$ 為 0，表示無國內有折扣優惠採購補進外租倉庫， $G_{i,t}$ 為 1，表示有國內有折扣優惠採購補進外租倉庫， $i=1, 2, \dots, I$ ； $t=1, 2, \dots, T$ 。

$L_{i,t}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之二元變數， $L_{i,t}$ 為 0，表示無國外有折扣優惠採購補進外租倉庫， $L_{i,t}$ 為 1，表示有國外有折扣優惠採購補進外租倉庫， $i=1, 2, \dots, I$ ； $t=1, 2, \dots, T$ 。

$V_{i,t}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之二元變數， $V_{i,t}$ 為 0，表示無國內無折扣優惠採購補進自有倉庫， $V_{i,t}$ 為 1，表示有國內無折扣優惠採購補進自有倉庫， $i=1, 2, \dots, I$ ； $t=1, 2, \dots, T$ 。

D_t ：代表公共危險物品在第 t 週時，從外租倉庫搬移至自有倉庫之調撥車輛趟數， $t=1, 2, \dots, T$ 。

● 因變數：

$O_{i,t}^I$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之自有倉庫期初庫存量(L)， $i=1, 2, \dots, I$ ； $t=1, 2, \dots, T$ 。

$O_{i,t}^E$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之自有倉庫期末庫存量(L)， $i=1, 2, \dots, I$ ； $t=1, 2, \dots, T$ 。

$R_{i,t}^I$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之外租倉庫期初庫存量(L)， $i=1, 2, \dots, I$ ； $t=1, 2, \dots, T$ 。

$R_{i,t}^E$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之外租倉庫期末庫存量(L)， $i=1, 2, \dots, I$ ； $t=1, 2, \dots, T$ 。

$R_{i,t}^{OD}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週時自有倉庫國內採購有折扣優惠之預排訂單預定收到量(L) (Planned Order Receipts)， $i=1, 2, \dots, I$ ； $t=1, 2, \dots, T$ 。

$R_{i,t}^{OF}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週時自有倉庫國外採購有折扣優惠之預排訂單預定收到量(L)， $i=1, 2, \dots, I$ ； $t=1, 2, \dots, T$ 。

$R_{i,t}^{RD}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週時外租倉庫國內採購有折扣優惠之預排訂單預定收到量(L)， $i=1, 2, \dots, I$ ； $t=1, 2, \dots, T$ 。

$R_{i,t}^{RF}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週時外租倉庫國外採購有折扣優惠之預排訂單預定收到量(L)， $i=1, 2, \dots, I$ ； $t=1, 2, \dots, T$ 。

$R_{i,t}^{ODN}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週時自有倉庫國內採購無折扣優惠之預排訂單預定收到量(L)， $i=1, 2, \dots, I$ ； $t=1, 2, \dots, T$ 。

$W_{i,t}$ ：代表第 i 品項的公共危險物品在第 t 週時，從外租倉庫搬移至自有倉庫之調撥數量(L)， $i=1, 2, \dots, I$ ； $t=1, 2, \dots, T$ 。

以上就是針對本研究問題情境中，所會運用到的參數以及變數符號。

而此問題情境是以個案 E 化學公司之某一工廠內的多項公共危險物品為背景，其品項如表 3.1 中所提出的 6 項公共危險物品為主，這些品項為工廠每年重要的生產原料，故其需求是穩定、重要且不允許缺貨、停產等狀況產生。而個案 E 化學公司上層主管於每年年末提出次年整年的每月預估需求數量，之後再於每月底小幅調整次月生產計劃及

需求，因此其需求預測狀況明確。緊接著個案 E 化學公司之採購部門根據上層主管所提供的需求預測，跟供應商協商與議價後下訂單，並要求兩種供應商應事先備妥所需使用數量以縮短前置時間(Lead time)和避免有缺貨情形。其採購的前置時間隨著品項與國內國外的差異各有所不同，有些品項甚至只能採用其中一種供應商。最終，本研究將以第二章所介紹的文獻回顧為基礎，構建計畫時間軸為四個月(16 週)並符合上述情境限制下的數學模式，以完成本研究所欲達到的成本最小化與採購規劃的目標。

3.4 目標式組成之成本相關分析

而以下將針對本研究目標式會面臨到的公共危險物品相關成本，做其成本相關參數分析與介紹：

● 採購成本

採購會造成採購成本的產生，個案 E 化學公司對於多項公共危險物品的採購更是一個很值得思考的採購議題，畢竟精準且有效率的採購才可以使成本大幅下降。而這邊討論到個案 E 化學公司之供應商會提供數量折扣的價格優惠在採購成本上，只要個案 E 化學公司針對某些需求大的公共危險物品，去做一次性購買整車(整櫃)的貨量就可以獲得價格上面的優惠。為何一次性購買整車(整櫃)的貨量能獲得價格優惠呢？其原因在於該價格優惠除了由於規模生產經濟外，另一個優惠原因為公共危險物品的物流費用分攤(供應商出貨之運費內加在採購單位成本裡)。最終，數量折扣的價格優惠很具競爭力，因此個案 E 化學公司在採購上，基本上都希望以整車或整櫃方式進貨，但面臨有些情況(需求太小以及為滿足決策效益)時，無法避免採用零星採購，則會採用零星採購來滿足需求。

舉個案 E 化學公司採購的實際品項乙醇胺為例。根據現況顯示，乙醇胺國內(台灣)供應商提供整車出貨以及零星採購。整車出貨的數量為 20,000L，共計 100 桶，1 桶為 200L，若湊不滿整車採購的零星採購，則無法享有數量折扣的優惠，即採用未折扣前之單位價格為出貨時的價格每公升 105 元；反之，若湊得滿整車(一整車 100 桶)，即可享有數量折扣，即採用折扣後之單位價格為出貨時的價格每公升 101 元，相較未折扣前享有 4 元的數量折扣；國外供應商則都提供整櫃出貨，湊不滿整櫃則無法出貨，所以無法使用零星購買。即採購時，是採購一整櫃(20 呎貨櫃)的數量，共計為 40 桶，總共 8,000L，採用的價格為折扣後之單位價格每公升 88 元。總結來說其採購成本計算如下：

$$\text{採購成本} = (R_{i,t}^{OD} + S_{i,t}^{OD} + R_{i,t}^{RD} + S_{i,t}^{RD}) \cdot D_i^D + (R_{i,t}^{OF} + S_{i,t}^{OF} + R_{i,t}^{RF} + S_{i,t}^{RF}) \cdot D_i^F + (R_{i,t}^{ODN} + S_{i,t}^{ODN}) \cdot ND_i^D \quad (3.1)$$

採購成本等於：(國內採購有折扣優惠之預排訂單預定收到量+排定收到量)*國內採購有折扣優惠之採購單價+(國外採購有折扣優惠之預排訂單預定收到量+排定收到量)*國外採購有折扣優惠之採購單價+(國內採購無折扣優惠之預排訂單預定收到量+排定收到量)*國內採購無折扣優惠之採購單價。

● 外倉倉儲成本

前述的第一章中，本研究已知個案 E 化學公司將聘用合法倉儲物流公司為其外租倉庫，簡稱 A 倉儲公司。A 倉儲公司位於桃園市內，距離個案 E 化學公司各個工廠很近(即距離自有倉庫很近)，往返時間僅需 10 多分鐘，運輸成本較低，如果個案 E 化學公司工廠有緊急需求，A 倉儲公司可使用貨車將多項公共危險物品混裝之後(因有些公共危險物品不能放在同一車輛，所以在此有一前置條件是需要可以混裝在同一臺車輛內)由外租倉庫調撥至 E 公司工廠，其貨車最多可運 40 桶 (8,000L)，而對應之運輸費用為每趟 2,000 元。

A 倉儲公司相關費用如表 3.2 所示。另外，根據觀察與歷史資料顯示，正常運送和儲存的情況下，很少機會產生流通加工費用，且國外採購之後進外租倉庫的進倉卸貨費

用通常採附棧板費用計算。

表 3.2：A 倉儲公司相關費用表

進倉處理費用	50 元/(m ³ 或 4 桶)	
出倉處理費用	50 元/(m ³ 或 4 桶)	
附棧板費用 (裝/卸貨費用)	1,300 元/20 呎櫃或貨車(40 桶)	2,500 元/40 呎櫃或貨車(80 桶)
不附棧板費用 (裝/卸貨費用)	2,500 元/20 呎櫃或貨車(50 桶)	4,500 元/40 呎櫃或貨車(100 桶)
倉租費用	4 元/ (m ³ 或 4 桶)/每天	
流通加工費用		
封膜費用	50 元/棧板	
檢貨費用	10 元/件	
二次棧板費用	200 元/件	

資料來源：個案 A 倉儲公司

以實際採購國內一整車乙醇胺數量 20,000L，共計 100 桶進外租倉庫為例，計算使用 A 倉儲公司為外租倉庫之相關費用說明如下：

國內採購進倉費用=(進外倉處理費用 + 卸貨費用) = (100 桶/4) × 50 + 4,500 (不附棧板的大車，100 桶之卸貨費用) = 5,750 元/車，每桶進倉費用為 57.5 元。

出倉費用(外租倉庫至 E 公司) = (出外倉處理費用 + 裝貨費用) = (50 桶/4) × 50 + 2,500 (不附棧板的小車，50 桶之裝貨費用) = 3,125 元/車，每桶出倉費用為 62.5 元。

外租倉庫每桶倉租費用一年為 (4/4) × 365 天 = 365 元/桶/年，再除以 52 週轉換成週單位和除以 200L 轉換成公升，所以乙醇胺外租倉庫單位倉租費用等於 0.035 元/L/週，原料貨款單位成本率 4%，所以原料貨款單位成本(外租倉庫倉儲單位持有成本)為 0.081 元/L/週 (=105 元×0.04/52，本研究採無折扣之採購價格來計算，另外也需除以 52 週轉換成週單位)。

此外，在此再次說明，因為零星採購沒有使用外租倉庫的可能性，所以在這邊不會考量零星採購進外租倉庫的成本。其外倉倉儲成本計算如下：

$$\begin{aligned} \text{外倉倉儲成本} = & (R_{i,t}^I + R_{i,t}^E) / 2 \cdot F_i^C + (R_{i,t}^I + R_{i,t}^E) / 2 \cdot M_i + ((R_{i,t}^{RD} + S_{i,t}^{RD}) / B_i^Q) \cdot I_i^D \\ & + ((R_{i,t}^{RF} + S_{i,t}^{RF}) / B_i^Q) \cdot I_i^F + (W_{i,t} / B_i^Q) \cdot O \end{aligned} \quad (3.2)$$

外倉倉儲成本等於：(外租倉庫單位倉租費用)+(外租倉庫單位持有成本)+(國內採購進倉費用)+(國外採購進倉費用)+(出倉費用)。

● 運輸調撥成本

運輸調撥成本則為前面有提到的是從外租倉庫調撥至工廠內的費用，每趟為 2000 元，而採購所使用的運輸費用將會攤銷在採購成本與訂購成本內，這邊不予以重複計算，計算如下：

$$\text{運輸調撥成本} = D_i \cdot T^U \quad (3.3)$$

運輸費用等於：(由外租倉庫搬移至自有倉庫之調撥次數) × (由外租倉庫調撥至自有倉庫之運輸費用)。

● 自倉持有成本

自有倉庫存貨持有成本率，個案 E 化學公司訂為 0.18 (18%，含原料貨款單位成本率 4%)。自有倉庫倉儲單位持有成本則為該品項無折扣優惠之採購單價乘上自有倉庫存貨持有成本率。其自倉持有成本計算如下：

$$\text{自倉持有成本} = (O_{i,t}^I + O_{i,t}^E) / 2 \cdot H_i \quad (3.4)$$

自倉持有成本等於：(自有倉庫期初+期末庫存量)/2 × 自有倉庫倉儲單位持有成本，

再除以 52 週轉換成週單位。

● 訂購成本

當時間柵欄(週)內有預排訂單預定收到量或排定收到量時，即產生訂購成本，其包含一些海關處理費用、運輸費用、人事處理、提貨取貨手續費等費用。其訂購成本計算如下：

$$\text{訂購成本} = (X_{i,t} + Y_{i,t} + G_{i,t} + L_{i,t} + V_{i,t}) \cdot K \quad (3.5)$$

訂購成本等於：該期是否有預排訂單預定收到量或排定收到量，有則會產生；沒有則不會產生。

因此，總結的來說，舉個案 E 公司單一工廠內的公共危險物品乙醇胺之相關成本資料為例，其彙整如表 3.3 所示。

表 3.3：乙醇胺之相關成本表

項目	採購來源	乙醇胺國內採購	乙醇胺國外採購
訂購成本 (次)		10,000(元)	10,000(元)
優惠折扣數量 (整車或整櫃)		20,000(L)	8,000(L)
進倉 (整車或整櫃)		100(桶)	40(桶)
包裝單位		200(L/桶)	200(L/桶)
數量折扣前單價		105.0(元)	
數量折扣後單價		101.0(元)	88.0(元)
自有倉庫存貨持有成本率		0.18	0.18
原料貨款單位成本率		0.04	0.04
外倉至 E 公司之運輸費用		2,000(元/趟)	2,000(元/趟)
運輸調撥的車輛的總桶數		40(桶/車)	40(桶/車)
運輸調撥費用(元/桶)		50 以上(元/桶)	50 以上(元/桶)
會根據運輸調撥車上的桶數來決定運輸調撥每桶的價格，最少就是每桶 50 元，最多就是一車只載 1 桶，1 桶 2000 元			
進倉費用		57.50(元/桶)	45 (元/桶)
出倉費用		62.50(元/桶)	62.50(元/桶)
這邊提到的出倉費用是指，將公共危險物品從外租倉庫拿出來，到送上運輸 調撥車輛，所要付出的成本(包含操作費用以及裝卸費用)。			
外租倉庫單位倉租費用		0.035(元/L/週)	0.035(元/L/週)
自有倉庫倉儲單位持有成本		0.364(元/L/週)	
外租倉庫倉儲單位持有成本		0.081(元/L/週)	

而本研究在此也針對放在自有倉庫內每期每公升的單位倉儲成本以及放在外租倉庫內每期每公升的單位倉儲成本去做比較。希望透過此單位成本的比較，來找出成本效益較高的倉庫，來做後續操作與規劃上的考量。

● 自有倉庫內每期每公升的單位倉儲成本

自有倉庫內每期所會使用到的成本，僅包含自倉持有成本項中的「自倉單位持有成本」。所以，若以上述提到的乙醇胺為例，經計算過後，自倉單位持有成本每期每公升為 0.364(元/L)，也代表自有倉庫內每期每公升的單位倉儲成本為 0.364(元/L)。

● 外租倉庫內每期每公升的單位倉儲成本

外租倉庫內每期所會使用到的成本，包含外倉倉儲成本項中的「外倉單位倉租費用、外倉單位持有成本、國內採購進倉費用、國外採購進倉費用以及出倉費用」。所以，若以上述提到的乙醇胺為例，經計算過後，外倉單位倉租費用每期每公升為 0.035(元/L)、外

倉單位持有成本每期每公升為 0.081(元/L)、國內採購進倉費用每期每公升為 57.5(元/桶)/200(L/桶)=0.2875(元/L)、國外採購進倉費用每期每公升為 45(元/桶)/200(L/桶)=0.225(元/L)、出倉費用每期每公升為 62.5(元/桶)/200(L/桶)=0.3125(元/L)。總結來說，若以國內採購為主的外租倉庫內每期每公升的單位成本為 0.716(元/L)、若以國外採購為主的外租倉庫內每期每公升的單位倉儲成本為 0.6535(元/L)。

由此上述自有倉庫內每期每公升的單位倉儲成本以及外租倉庫內每期每公升的單位倉儲成本之計算與比較，本研究可以清楚了解到兩件事情：

1. 自有倉庫每期每公升的單位倉儲成本較為低廉，能盡量使用就該盡量使用，但礙於自有倉庫內有法定管制倍數的上限限制，所以為了避免違法，並不能將所有公共危險物品都送往自有倉庫做儲存。這也是本研究研究背景中有提到的事項，所以才需要新的決策方法來做雙倉之間庫存管理的安排。
2. 延續上一點，因自有倉庫每期每公升的單位倉儲成本較為低廉，換句話說也代表外租倉庫內每期每公升的單位倉儲成本較高，所以基本上來說，並不會將公共危險物品全部都送往外租倉庫內儲存，儘管這樣的做法可以完全避免違法的發生，但總成本就會提高許多。

3.5 數學模式

接下來說明本研究之數學模式，如下所示：

$$\begin{aligned} \text{Min } \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T & \{ (R_{i,t}^I + R_{i,t}^E) / 2 \cdot F_i^C + (R_{i,t}^I + R_{i,t}^E) / 2 \cdot M_i + ((R_{i,t}^{RD} + S_{i,t}^{RD}) / B_i^Q) \cdot I_i^D + ((R_{i,t}^{RF} + S_{i,t}^{RF}) / B_i^Q) \cdot I_i^F + \\ & (W_{i,t} / B_i^Q) \cdot O + (O_{i,t}^I + O_{i,t}^E) / 2 \cdot H_i + (R_{i,t}^{OD} + S_{i,t}^{OD} + R_{i,t}^{RD} + S_{i,t}^{RD}) \cdot D_i^D + (R_{i,t}^{ODN} + S_{i,t}^{ODN}) \cdot ND_i^D \\ & + (R_{i,t}^{OF} + S_{i,t}^{OF} + R_{i,t}^{RF} + S_{i,t}^{RF}) \cdot D_i^F + (X_{i,t} + Y_{i,t} + G_{i,t} + L_{i,t} + V_{i,t}) \cdot K \} + \sum_{t=1}^T D_t \cdot T^U \end{aligned} \quad (3.6)$$

Subject to

$$R_{i,t}^{OD} = P_{i,t}^{OD} \cdot E_i^D \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (3.7)$$

$$R_{i,t}^{OF} = P_{i,t}^{OF} \cdot E_i^F \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (3.8)$$

$$R_{i,t}^{RD} = P_{i,t}^{RD} \cdot E_i^D \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (3.9)$$

$$R_{i,t}^{RF} = P_{i,t}^{RF} \cdot E_i^F \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (3.10)$$

$$R_{i,t}^{ODN} = P_{i,t}^{ODN} \cdot B_i^Q \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (3.11)$$

$$(R_{i,t}^{OD} + S_{i,t}^{OD}) \leq X_{i,t} \cdot M \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (3.12)$$

$$(R_{i,t}^{OF} + S_{i,t}^{OF}) \leq Y_{i,t} \cdot M \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (3.13)$$

$$(R_{i,t}^{RD} + S_{i,t}^{RD}) \leq G_{i,t} \cdot M \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (3.14)$$

$$(R_{i,t}^{RF} + S_{i,t}^{RF}) \leq L_{i,t} \cdot M \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (3.15)$$

$$(R_{i,t}^{ODN} + S_{i,t}^{ODN}) \leq V_{i,t} \cdot M \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (3.16)$$

$$(X_{i,t} + Y_{i,t} + G_{i,t} + L_{i,t} + V_{i,t}) \leq 1 \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (3.17)$$

$$W_{i,t} = C_{i,t} \cdot B_i^Q \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (3.18)$$

$$\sum_{i=1}^I W_{i,t} \leq D_t \cdot T^Q \quad t=1, 2, \dots, T \quad (3.19)$$

$$R_{i,t}^E = (R_{i,t}^I + R_{i,t}^{RD} + S_{i,t}^{RD} + R_{i,t}^{RF} + S_{i,t}^{RF} - W_{i,t}) \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (3.20)$$

$$R_{i,t+1}^I = R_{i,t}^E \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T-1 \quad (3.21)$$

$$\sum_{i=1}^I \frac{O_{i,t}^E}{C_i^L} \leq C^A \quad t=1, 2, \dots, T \quad (3.22)$$

$$O_{i,t}^E = (O_{i,t}^I + R_{i,t}^{OD} + S_{i,t}^{OD} + R_{i,t}^{OF} + S_{i,t}^{OF} + R_{i,t}^{ODN} + S_{i,t}^{ODN} + S_i^S + W_{i,t} - G_{i,t}^R) \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (3.23)$$

$$O_{i,t+1}^I = O_{i,t}^E \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T-1 \quad (3.24)$$

$$X_{i,t} \in \{0, 1\}, Y_{i,t} \in \{0, 1\}, G_{i,t} \in \{0, 1\}, L_{i,t} \in \{0, 1\}, V_{i,t} \in \{0, 1\} \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (3.25)$$

$$P_{i,t}^{OD}, P_{i,t}^{OF}, P_{i,t}^{RD}, P_{i,t}^{RF}, P_{i,t}^{ODN}, C_{i,t}, D_t \in Z^+ \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (3.26)$$

$$O_{i,t}^E, O_{i,t}^I, R_{i,t}^{OD}, R_{i,t}^{OF}, R_{i,t}^{RD}, R_{i,t}^{RF}, R_{i,t}^{ODN}, R_{i,t}^E, R_{i,t}^I, W_{i,t} \geq 0 \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (3.27)$$

上述數學模式中，式(3.6)為目標函數，求取總預排成本最小化；式(3.7)表示為第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之自有倉庫國內採購有折扣優惠之預排訂單預定收到量為公共危險物品之國內採購有折扣優惠之訂購數量的倍數；式(3.8)表示為化學品第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之自有倉庫國外採購有折扣優惠之預排訂單預定收到量為公共危險物品之國外採購有折扣優惠之訂購數量的倍數；式(3.9)表示為第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之外租倉庫國內採購有折扣優惠之預排訂單預定收到量為公共危險物品之國內採購有折扣優惠之訂購數量的倍數；式(3.10)表示為第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之外租倉庫國外採購有折扣優惠之預排訂單預定收到量為公共危險物品之國外採購有折扣優惠之訂購數量的倍數；式(3.11)表示為第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之自有倉庫國內採購無折扣優惠之預排訂單預定收到量為第 i 品項的公共危險物品包裝單位之數量倍數；式(3.12)表示當第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之自有倉庫國內採購有折扣優惠之預排訂單預定收到量加排定收到量之和大於 0 時， $X_{i,t}$ 為 1，表示有自有倉庫國內有折扣優惠採購，否則 $X_{i,t}$ 為 0，表示無自有倉庫國內有折扣優惠採購；式(3.13)表示當第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之自有倉庫國外採購有折扣優惠之採購預排訂單預定收到量加排定收到量之和大於 0 時， $Y_{i,t}$ 為 1，表示有自有倉庫國外有折扣優惠採購，否則 $Y_{i,t}$ 為 0，表示無自有倉庫國外有折扣優惠採購；式(3.14)表示當第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之外租倉庫國內採購有折扣優惠之預排訂單預定收到量加排定收到量之和大於 0 時， $G_{i,t}$ 為 1，表示有外租倉庫國內有折扣優惠採購，否則 $G_{i,t}$ 為 0，表示無外租倉庫國內有折扣優惠採購；式(3.15)表示當第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之外租倉庫國外採購有折扣優惠之預排訂單預定收到量加排定收到量之和大於 0 時， $L_{i,t}$ 為 1，表示有外租倉庫國外有折扣優惠採購，否則 $L_{i,t}$ 為 0，表示無外租倉庫有折扣優惠國外採

購；式(3.16)表示當第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之自有倉庫國內採購無折扣優惠之預排訂單預定收到量加排定收到量之和大於 0 時， $V_{i,t}$ 為 1，表示有自有倉庫國內無折扣優惠採購，否則 $V_{i,t}$ 為 0，表示無自有倉庫國內無折扣優惠採購；式(3.17)表示第 i 品項的公共危險物品在第 t 週自有倉庫國內有折扣優惠採購、自有倉庫國外有折扣優惠採購、外租倉庫國內有折扣優惠採購、外租倉庫國外有折扣優惠採購或自有倉庫國內無折扣優惠採購只能擇一方法進行採購。式(3.18)為第 i 品項的公共危險物品在第 t 週時，從外租倉庫搬移至自有倉庫之調撥數量為公共危險物品包裝單位數量之倍數；式(3.19)為計算多項公共危險物品在第 t 週時，從外租倉庫搬移至自有倉庫之調撥次數；式(3.20)為計算第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之外租倉庫期末庫存量；式(3.21)表示第 i 品項的公共危險物品在第 $(t+1)$ 週之外租倉庫期初庫存量等於第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之外租倉庫期末庫存量；式(3.22)表示所有第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之自有倉庫期末庫存量除以第 i 品項的公共危險物品的法定管制量後，其加總需小於等於某一大類的公共危險物品之總儲存管制倍數；式(3.23)為定義第 i 品項的公共危險物品在第 t 週之自有倉庫期末庫存量；式(3.24)表示第 i 品項的公共危險物品在第 $(t+1)$ 週之自有倉庫期初庫存量等於公共危險物品在第 t 週之自有倉庫期末庫存量。



四、求解演算法

此章節將針對本研究第三章所發展之問題描述與數學模式，做後續對應問題與數學模式之求解演算法的說明。而因第二章節文獻回顧的過程中，本研究回顧到多種批量問題的問題型態與其求解方法(Jans *et al.*, 2007; Buschkühl *et al.*, 2010)，發現此問題結構中有組合最佳的情況在內，適用於基因演算法與模擬退火法等巨集啟發式解法。而本研究先採用文獻中表現較好的基因演算法來求解(Xie *et al.*, 2002; Yongjian *et al.*, 2007)，卻發現因本研究問題特性的操作細節多且多項變數之間有連續性以及相關性在(即變數之間會互相影響，如前面所做之採購類型決策變數，會影響後續倉儲、調撥等變數)，基因演算法的操作過程容易產生大量不可行解，本研究在此嘗試過多種編碼解碼方式以及基因演算法運算子，其改變而產生的效果以及子代表現都不優秀，沒有達到預期中的效果，因此，本研究便開始嘗試別種巨集啟發式解法。而如本研究第二章所述，本研究使用模擬退火法的緣由，主要是在研究的過程中，發現此解法相較本研究原先所採用之基因演算法而言，更能將解的搜尋範圍盡量限縮在可行解的空間內(因搜尋鄰域的過程中，不像基因演算法的大量搜尋，較不容易產生不可行解，也有辦法可以避開部分不可行解，專注在可行解的搜尋空間中搜尋最佳的可行解)，其求解成果較佳，搜尋效力也更好。因此，總結來說，本研究就根據上述原因、文獻回顧後的結論以及一些研究上的考量，就決定發展模擬退火法來求解本研究所面臨到的問題。

4.1 模擬退火法演算架構

延續上述有關模擬退火法之使用原因，本研究先介紹本研究模擬退火法之流程架構圖，爾後再介紹如何在給定採購方法以及採購數量資訊下的求解方法，最後再根據流程中的重要步驟，去做本研究模擬退火法的重要細項步驟操作過程解釋。(其中，為什麼要先介紹「如何在給定採購方法以及採購數量資訊下的求解方法」此章節的原因，是因為這個求解方法是有應用於本研究 4.3.1 節產生起始可行解以及 4.3.3 節產生鄰域解的重要求解方法，所以先於 4.2 節中做說明，以便後續兩個小節的使用以及說明。)

本研究的模擬退火法流程架構圖，如圖 4.1 所示，首先產生起始可行解以及起始溫度(T_0)，接著根據參數資訊以及本研究第 3.5 節中提出之目標式(3.6)計算起始可行解之總成本，而後判斷此模擬退火法是否符合終止條件，若是，則代表模擬退火法已經達到 *Frozen* 情況，可推演出過程中找到的最佳解以及最佳解總成本；若否，則進行一搜尋的疊代迴圈 *Length* 次。(其中本研究設定起始溫度 T_0 的方式，是根據本研究第 4.3.5 節所提到的「判定是否跳動去新的鄰域解之機制」中，有關可以跳動去更差解的接受機率($e^{-\frac{\Delta}{T}}$)，透過計算其機率在起始狀況下是否足夠高來反推起始溫度 T_0 。這麼做的原因在於起始溫度的設定，是要讓一開始的狀態是有足夠高的機率去跳動到結果較差的鄰域解，所以必須根據機率 $e^{-\frac{\Delta}{T}}$ 的計算才能夠知道要如何設計起始溫度 T_0 。而通常模擬退火法中設計所謂「足夠高」的機率，大多都設置為 0.4 左右，接著便可觀察數據實驗中 Δ 值的變化，來反推該如何設計起始溫度 T_0 (而 Δ 的定義於下方有介紹)；此外，*Length* 此參數定義為每一個溫度下搜尋的疊代迴圈所要進行的次數，此參數通常由 *neighborhood * sizefactor* 兩個參數相乘所構成，其中 *neighborhood* 通常表示為原先解會有的鄰域解數量總個數；而 *sizefactor* 通常則代表為表示問題規模所對應之係數，也就是說兩者相乘剛好就對應到每個溫度下所要進行搜尋的疊代迴圈次數 *Length* 次。)

而進入一次疊代迴圈以後，首先根據定義與產生鄰域解的方式，產生一個新的鄰域解，之後進行判定此新的鄰域解是否可行之機制，若判定是不可行解的話就無需計算，直接跳過接下來所有步驟，完成一次疊代迴圈；可行解的話則計算新的可行鄰域解之總

成本，並進行後續步驟。所以當新的鄰域解為可行解的時候，後續會將新的可行解之總成本與原先可行解之總成本做相減並紀錄此數值(於研究中稱之為 *Delta*，以此符號 Δ 表示)，並透過 Δ 的變化來做判定是否接受跳動去新的鄰域解的動作。若是，則跳動過去此新的鄰域解，並將新的解取代原先解，意即將此新的解做為下次疊代迴圈搜尋的原先解；若否，則維持原先解做下次使用。無論是否跳動，兩種結果後也都完成一次疊代迴圈。當疊代迴圈的完成次數等於 *Length* 次以後，將溫度做降溫的動作並回去判斷此模擬退火法是否符合終止條件。

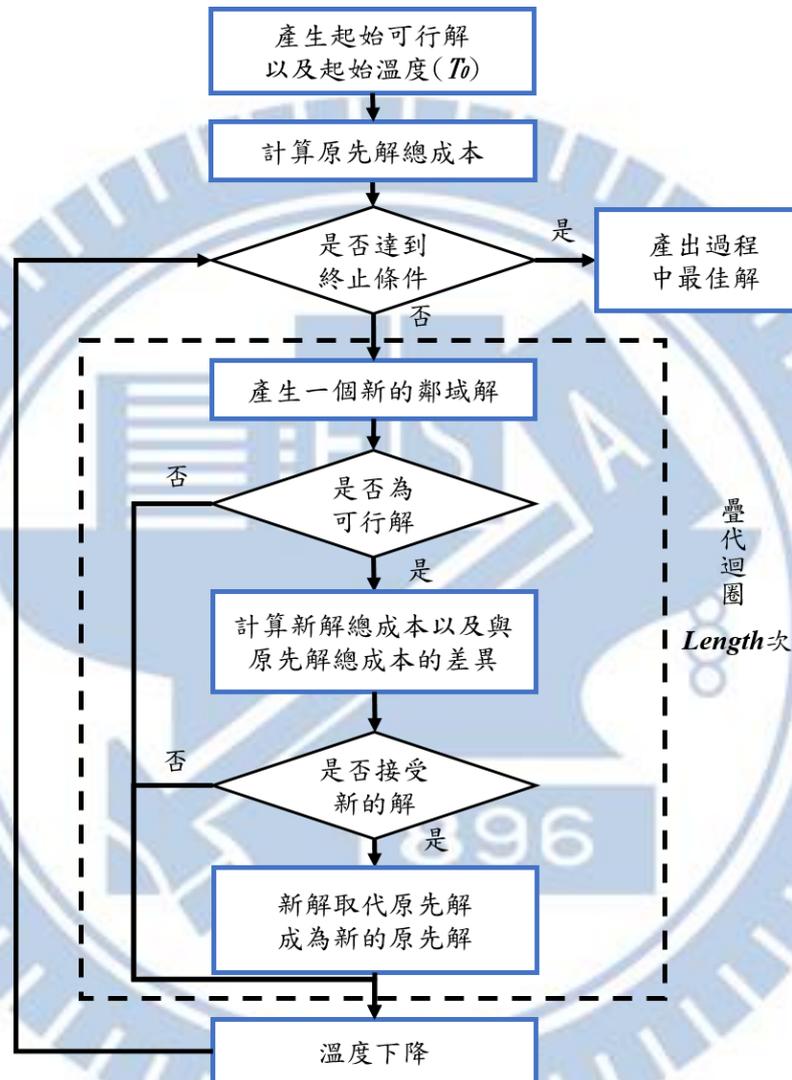


圖 4.1 模擬退火法流程架構圖

接著，4.2 節會介紹在給定採購方法以及採購數量資訊下的求解方法，以及後續 4.3 節根據此模擬退火法的每一步驟與環節做詳細之介紹，分別為 4.3.1 節模擬退火法的起始可行解產生、4.3.2 節總成本的計算、4.3.3 節模擬退火法的鄰域解定義與產生、4.3.4 節判定新的鄰域解是否可行之機制、4.3.5 節判定是否接受跳動去新的鄰域之機制、4.3.6 節模擬退火法的降溫以及終止條件以及最後 4.3.7 節本研究所整理的整體模擬退火法之虛擬碼。

後續為了詳細介紹此模擬退火法，本章將舉一範例，以 2 個公共危險物品($i=2$)與 3 週之計畫時程($t=3$)進行說明，(不過在此先註明第一期是無法做採購，理由請見 3.1 節情境限制與假設)。

4.2 給定採購方法以及採購數量資訊下的求解方法

而在開始介紹本研究所發展出之模擬退火法的各步驟細節之前，本研究需先介紹本研究發展的給定採購方法以及採購數量資訊下的求解方法，此求解方法是應用於本研究 4.3.1 節產生起始可行解以及 4.3.3 節產生鄰域解的重要產生解之方法。而在開始介紹此求解方法的詳細步驟與流程之前，本研究先介紹為何本研究要發展此求解方法的原因以及這樣的求解方法有何效益。

本研究發展此特殊求解方法的原因起源於以下表 4.1 所整理的「運用模擬退火法求解其他問題與本研究問題的問題特性差異整理」。

表 4.1 運用模擬退火法求解其他問題與本研究問題的問題特性差異整理表

	運用模擬退火法求解其他問題的特性	運用模擬退火法求解本研究問題的特性
限制式層面	不太考慮限制式	考慮限制式多
亂數產生，起始可行解的結果	大部分都為可行解 容易產生起始可行解	大部分都為不可行解 不容易產生起始可行解
變化原先解，產生鄰域解的結果	鄰域解組成大部分都為可行解 容易產生鄰域解	鄰域解組成大部分都為不可行解 不容易產生鄰域解

其中如表 4.1 說明所示，運用模擬退火法求解其他問題時，其大多都不用考慮限制式或考量的限制式較少，亂數產生出來的起始可行解以及變化原先解產生的鄰域解，大多都是可行解，很容易產生；但是運用模擬退火法求解本研究問題，會因考慮限制式太多導致後續亂數產生出來的起始可行解以及變化原先解產生的鄰域解，大多都是不可行解，很不容易產生出來。所以，延續上述說明與結論，本研究發展此求解方法的主要原因就在於，若以模擬退火法求解本問題時，本研究問題因問題特性複雜與限制式多，導致求解過程中產生出來的大多為不可行解，若要規避這些不可行解的話，需要用額外的方法跟技巧來求解，才能夠有機率的產生出可行解。所以，這樣的特殊求解方法的發展，才能夠系統性地產生出本研究模擬退火法架構中所需要的起始可行解，以及產生出後續變化的鄰域解。這也是該求解方法的效益。

有鑑於此原因與發展背景，本研究才提出這個在給定採購方法以及採購數量資訊下的求解方法，來產生本研究所需之起始可行解以及鄰域解，其示意圖，便如以下圖 4.2 所述。

給定採購方法以及採購數量資訊下的求解方法示意圖



圖 4.2 給定採購方法以及採購數量資訊下的求解方法示意圖

首先，本研究特殊的求解方法，須先根據要產生的解的不同，來使用不同種選定以及產生決策變數值的方法(如圖 4.2 所示，即代表本研究產生起始可行解以及產生鄰域

解這兩種求解方法，所選定與產生決策變數值的方法各自有所不同，這部分會於各小節中分別介紹)。兩種方法會選用並產生不同種的採購類型決策變數值，並有不同種留下其餘不設定數值的調撥類型決策變數值的方法，這些剩餘未知的決策變數值待後續求解過程中產生。爾後，根據這些產生出來的採購類型決策變數值，便可透過限制式求解出其他對應相關的因變數值(有關採購數量)。(這些上述內容雖會因產生起始可行解以及產生鄰域解這兩種求解方法的不同而有不同的內容，但是還是有一些共同可以討論與說明的內容可以事先說明，本研究將其放在 4.2.1 節)

接著便可根據這些決策變數值與因變數值的定義，推導得知兩種方法每一種公共危險物品在每一期要使用哪種的採購方法之資訊以及推導得知部分或全部採購數量之資訊(在此運用部分或全部這個字詞的原因是，產生起始可行解的方法，的確可以得知所有的採購數量，所以用全部這個字眼；但是產生鄰域解的方法，並不會得知所有的採購數量，所以用部分這個字眼，詳細便如各自小節的敘述便可知道)，所以到目前為止，此求解方法已知採購方法以及部分採購數量的資訊，這也是為何本節會稱此求解方法為給定採購方法以及採購數量資訊下的求解方法。然後，再將上述採購方法、採購數量、決策變數值與因變數值，透過限制式關係求得剩餘可求得的決策變數值與因變數值。接著，便將所有上述已知資訊作為參數再加上剩餘未知待定的調撥類型與倉儲類型決策變數值以及因變數值，將其全部輸入本研究第三章數學模式之中，去得出在已知資訊下的數學模式架構。最後再以最佳化軟體 gurobi 重新求解此新的數學模式，之後便可求得此解是否為可行解，可行的話，求得剩餘待決定的決策變數與因變數值，並透過目標式求得目標值；不可行的話，則反應為不可行解。這就是本章節所提出求解方法(這部分內容本研究放在 4.2.2 節)。

本研究雖無法像以模擬退火法求解其他問題的問題特性一般，可以容易透過亂數或變化，產生大量可行的起始可行解以及鄰域解；但卻可以透過此方法，在面對本研究問題難度較高、限制式較多的情況下，先求得採購類型的資訊，再將後續未知資訊交由最佳化軟體求解，這樣一來，求解出來的很多解就會是可行的，屬於另一類可以達到同樣求解效果的方法。而接下來，會以 4.2.1 節介紹此求解方法下，有哪些採購類型決策變數可以選擇，選擇之後又該如何搭配限制式來推導其他因變數值；4.2.2 節在已知決策變數值以及因變數值後，該如何求得對應採購方法、採購數量以及其他資訊，並運用上述的所有已知資訊與未知資訊，重新輸入數學模式並求解。

4.2.1 選用並產生有關採購方法及採購數量的決策變數值與因變數值

延續 4.2 節的內容可以得知，不論是產生起始可行解還是產生鄰域解，兩種方法都有各自選用決策變數並產生部分決策變數值的方法，這個方法因兩種方法的操作方法不同而有所不同，本研究會於各自小節中做各自介紹。所以在此本研究是針對兩種方法會選用到的採購類型決策變數做介紹，選用到以後該如何產生這些決策變數值，便假設已知。

接下來便以下表 4.2、表 4.3 以及後續說明來講解以上兩種方法會選用並產生哪些決策變數值，以及當這些決策變數值已知後，該如何搭配限制式來求解對應的因變數。

表 4.2 兩種方法會選用的決策變數列表

兩種方法會選用的決策變數，其定義以及其後續作用			
	決策變數符號	定義	作用
採購 類型 決策 變數	X	是否採用國內有折扣優惠採購進自有倉庫之二元變數	用以決定 採購方法
	Y	是否採用國外有折扣優惠採購進自有倉庫之二元變數	
	G	是否採用國內有折扣優惠採購進外租倉庫之二元變數	
	L	是否採用國外有折扣優惠採購進外租倉庫之二元變數	
	V	是否採用國內無折扣優惠採購進自有倉庫之二元變數	
	POD	自有倉庫國內採購有折扣優惠之訂購數量的採購倍數	用以搭配限 制式與採購 方法決策出 採購數量
	POF	自有倉庫國外採購有折扣優惠之訂購數量的採購倍數	
	PRD	外租倉庫國內採購有折扣優惠之訂購數量的採購倍數	
	PRF	外租倉庫國外採購有折扣優惠之訂購數量的採購倍數	
	$PODN$	自有倉庫國內採購有折扣優惠之訂購數量的採購倍數	

其中可以看到，上述就是兩種方法會選用的採購類型決策變數，其作用就是影響有關採購方法以及採購數量的決策，所以延續 4.2 節中有提到的，透過選用上述的決策變數後，兩個方法各自使用方法來產生這些決策變數的值，接著便可根據限制式來求得對應的因變數值，後續便使用決策變數值以及因變數值，來推得後續採購方法以及採購數量的資訊。而接下來的表 4.3 就是延續上方提到的，根據限制式關係，來求得對應的因變數值的操作。

表 4.3 已知決策變數值後，搭配限制式決定其餘因變數值操作整理表

採購方法相關的決策變數		
決策變數符號	值	搭配限制式決定剩餘因變數值
X	$X=1$	搭配限制式式 3.12，因變數 ROD 可以有值。
Y	$Y=1$	搭配限制式式 3.13，因變數 ROF 可以有值。
G	$G=1$	搭配限制式式 3.14，因變數 RRD 可以有值。
L	$L=1$	搭配限制式式 3.15，因變數 RRF 可以有值。
V	$V=1$	搭配限制式式 3.16，因變數 $RODN$ 可以有值。
若 $X、Y、G、L、V=0$ ，則因變數 $ROD、ROF、RRD、RRF、RODN$ 都無法有值=0。		
採購數量相關的決策變數		
決策變數符號	值	搭配限制式決定剩餘因變數值
POD	$POD=$ 求解產生之數量	限制式式 3.7，決定 ROD 的值。
POF	$POF=$ 求解產生之數量	限制式式 3.8，決定 ROF 的值。
PRD	$PRD=$ 求解產生之數量	限制式式 3.9，決定 RRD 的值。
PRF	$PRF=$ 求解產生之數量	限制式式 3.10，決定 RRF 的值。
$PODN$	$PODN=$ 求解產生之數量	限制式式 3.11，決定 $RODN$ 的值。
若 $POD、POF、PRD、PRF、PODN=0$ ，則因變數 $ROD、ROF、RRD、RRF、RODN$ 都=0。		

其中可以看到，決策變數($X、Y、G、L、V$)若值為 1 的話，搭配限制式式 3.12 到式 3.16，便可以讓因變數($ROD、ROF、RRD、RRF、RODN$)有值產生，否則其對應的因變數應等於零；決策變數($POD、POF、PRD、PRF、PODN$)若有值的話，搭配限制式式 3.7 到式 3.11，便可以決定因變數($ROD、ROF、RRD、RRF、RODN$)的值。所以總結來說，以上決策變數($X、Y、G、L、V、POD、POF、PRD、PRF、PODN$)以及因變數($ROD、ROF、RRD、RRF、RODN$)的定義與值，就是接下來，此求解方法求解採購方法、採購

數量以及其他資訊的重點變數。

4.2.2 使用已知決策變數值與因變數值，獲得資訊並輸入數學模式中求解

所以總結上述表 4.2、表 4.3 以及後續說明來看，可以總結歸納出以下結論：

1. 有關採購方法的資訊：

透過上述表 4.2 可以看到有關決策變數(X 、 Y 、 G 、 L 、 V)的定義以及作用，其中就可以看到這些決策變數無須使用其他對應的因變數來輔助說明，便可以單獨決定採購方法的決策行為。因此，若此時搭配表 4.3，得知這些決策變數的值的話，就可以直接知道每一種公共危險物品在每一期的採購方法。舉例來說，若當某一種公共危險物品在某一期的變數 X 的值为 1 的話，即直接代表該期所使用的採購方法是國內有折扣優惠採購進自有倉庫，其他的則以此類推。

2. 有關採購數量的資訊：

透過上述表 4.2 和表 4.3 所整理的資訊可以看到，透過讓決策變數(X 、 Y 、 G 、 L 、 V)與決策變數(POD 、 POF 、 PRD 、 PRF 、 $PODN$)有值的話，就可以讓因變數(ROD 、 ROF 、 RRD 、 RRF 、 $RODN$)有值且得知該數值為多少(搭配限制式式 3.7 到 3.16)。而因變數(ROD 、 ROF 、 RRD 、 RRF 、 $RODN$)便是用以決定每一種公共危險物品在每一期的採購數量。因此，透過上述對應以及操作方法，本研究便也可以知道每一種公共危險物品在每一期的採購數量。舉例來說，若當某期表 4.2 的變數 Y 有值，即代表限制式式 3.13 可以讓其採購數量 ROF 有值，若再搭配上此時決策變數 POF 的值不為 0 的話，即可運用限制式式 3.8 計算出採購數量 ROF 的值。此時，則代表該期所使用的採購方法為國外有折扣優惠採購進自有倉庫，其採購數量 ROF 便是自有倉庫國外採購有折扣優惠之訂購數量的採購倍數 * 國外採購有折扣優惠之訂購數量，其他的則以此類推。

3. 有關其他的資訊：

所以，延續上述表 4.2、表 4.3 的整理、後方文字說明以及上述採購方法和採購數量的資訊，本研究可以整理出下列表 4.4 的資訊。表 4.4 指的便是當已知上述採購方法以及採購數量的資訊後，搭配限制式，該如何影響並決定其餘決策變數值與因變數的值。

表 4.4 已知採購方法採購數量資訊，決定其餘決策變數值因變數值之操作列表

採購方法的決策變數		
決策變數符號	有值	搭配限制式對其餘決策變數與因變數值的影響
X	$X=1$ ，國內有折扣優惠採購進自有倉庫	其餘 Y 、 G 、 L 、 $V=0$ ；(限制式式 3.17) 搭配限制式式 3.12， ROD 可以有值。
Y	$Y=1$ ，國外有折扣優惠採購進自有倉庫	其餘 X 、 G 、 L 、 $V=0$ ；(限制式式 3.17) 搭配限制式式 3.13， ROF 可以有值。
G	$G=1$ ，國內有折扣優惠採購進外租倉庫	其餘 X 、 Y 、 L 、 $V=0$ ；(限制式式 3.17) 搭配限制式式 3.14， RRD 可以有值。
L	$L=1$ ，國外有折扣優惠採購進外租倉庫	其餘 X 、 Y 、 G 、 $V=0$ ；(限制式式 3.17) 搭配限制式式 3.15， RRF 可以有值。
V	$V=1$ ，國內有折扣優惠採購進自有倉庫	其餘 X 、 Y 、 G 、 $L=0$ ；(限制式式 3.17) 搭配限制式式 3.16， $RODN$ 可以有值。
若 X 、 Y 、 G 、 L 、 $V=0$ ，搭配限制式式 3.17，則該期無法做採購動作。		

表 4.4 已知採購方法採購數量資訊，決定其餘決策變數值因變數值之操作列表(續)

採購數量的決策變數		
決策變數符號	有值	搭配限制式對其餘決策變數值與因變數值的影響
<i>POD</i>	<i>POD</i> =求解產生之數量	其餘 <i>POF</i> 、 <i>PRD</i> 、 <i>PRF</i> 、 <i>PODN</i> 、 <i>ROF</i> 、 <i>RRD</i> 、 <i>RRF</i> 、 <i>RODN</i> =0 限制式式 3.7，決定 <i>ROD</i> 的值。
<i>POF</i>	<i>POF</i> =求解產生之數量	其餘 <i>POD</i> 、 <i>PRD</i> 、 <i>PRF</i> 、 <i>PODN</i> 、 <i>ROD</i> 、 <i>RRD</i> 、 <i>RRF</i> 、 <i>RODN</i> =0 限制式式 3.8，決定 <i>ROF</i> 的值。
<i>PRD</i>	<i>PRD</i> =求解產生之數量	其餘 <i>POD</i> 、 <i>POF</i> 、 <i>PRF</i> 、 <i>PODN</i> 、 <i>ROD</i> 、 <i>ROF</i> 、 <i>RRF</i> 、 <i>RODN</i> =0 限制式式 3.9，決定 <i>RRD</i> 的值。
<i>PRF</i>	<i>PRF</i> =求解產生之數量	其餘 <i>POD</i> 、 <i>POF</i> 、 <i>PRD</i> 、 <i>PODN</i> 、 <i>ROD</i> 、 <i>ROF</i> 、 <i>RRD</i> 、 <i>RODN</i> =0 限制式式 3.10，決定 <i>RRF</i> 的值。
<i>PODN</i>	<i>PODN</i> =求解產生之數量	其餘 <i>POD</i> 、 <i>POF</i> 、 <i>PRD</i> 、 <i>POF</i> 、 <i>ROD</i> 、 <i>ROF</i> 、 <i>RRD</i> 、 <i>RRF</i> =0 限制式式 3.11，決定 <i>RODN</i> 的值。
若 <i>POD</i> 、 <i>POF</i> 、 <i>PRD</i> 、 <i>PRF</i> 、 <i>PODN</i> =0，則該期無採購。		

因此，透過上述表 4.4 的描述以及操作方法，便可以在採購方法以及採購數量已知的前置條件下，得知其餘決策變數值與因變數值，這樣一來便可將這些資訊連同上述表 4.2、表 4.3 以及其餘所提供的資訊，當作輸入資訊來使用。

接著延續 4.2.1 節以及上述內容所帶來的資訊可以知道，本研究 4.2 節所提出之求解方法，不論是應用在產生起始可行解還是產生鄰域解，都可以透過選定和產生決定出決策變數的值，爾後搭配限制式來獲得相關因變數值，並決策出每一種公共危險物品在每一期的採購方法以及部分的採購數量資訊。後續亦可透過這些資訊，將其餘對應相關的決策變數值與因變數值一併求出，這便是兩種解法都可以獲得的已知資訊(可輸入數學模式的資料)。

而在此首先介紹其其餘不是第一部分被給定的決策變數與因變數資訊為何(亦可稱為未知待決定的決策變數值與因變數值)，以下表 4.5 來介紹。

表 4.5 其餘不是第一部分被給定的決策變數與因變數資訊整理表

不是第一部份被給定的決策變數 (是構建在新的數學模式內，爾後交由最佳化程式求解)			
	符號	定義	作用
調撥 類型 決策 變數	<i>C</i>	外租倉庫搬移至自有倉庫之包裝單位數量之調撥倍數	用以決定 調撥數量
	<i>D</i>	從外租倉庫搬移至自有倉庫之調撥車輛趟數	用以決定 調撥趟數
因變數			
	符號	定義	
倉儲 類型 因變 數	<i>OI</i>	自有倉庫期初庫存量	
	<i>OE</i>	自有倉庫期末庫存量	
	<i>RI</i>	外租倉庫期初庫存量	
	<i>RE</i>	外租倉庫期末庫存量	
	<i>W</i>	從外租倉庫搬移至自有倉庫之調撥數量	

可以看到這些剩餘決策變數(C 、 D)與因變數(OI 、 OE 、 RI 、 RE 、 W)，在此求解方法的架構下是不會被選定和產生的，是屬於未知待求解的，需要透過額外方式來求解。本研究延續上方圖 4.2 之流程，將這些未知待求解的剩餘決策變數與因變數連同上述已知的資訊一併輸入第三章數學模式之中，而以下式子便是本研究整理過後，輸入已知資訊後的數學模式型態。

$$\begin{aligned} & \{(R_{i,t}^I + R_{i,t}^E) / 2 \cdot F_i^C + (R_{i,t}^I + R_{i,t}^E) / 2 \cdot M_i + (W_{i,t} / B_i^Q) \cdot O + (O_{i,t}^I + O_{i,t}^E) / 2 \cdot H_i \\ \text{Min } & \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T (R_{i,t}^{ODN} + S_{i,t}^{ODN}) \cdot ND_i^D + (X_{i,t} + Y_{i,t} + G_{i,t} + L_{i,t} + V_{i,t}) \cdot K + (R_{i,t}^{OD} + S_{i,t}^{OD} + R_{i,t}^{RD} + S_{i,t}^{RD}) \cdot D_i^D \\ & + (R_{i,t}^{OF} + S_{i,t}^{OF} + R_{i,t}^{RF} + S_{i,t}^{RF}) \cdot D_i^F + ((R_{i,t}^{RD} + S_{i,t}^{RD}) / B_i^Q) \cdot I_i^D + ((R_{i,t}^{RF} + S_{i,t}^{RF}) / B_i^Q) \cdot I_i^F \} + \sum_{i=1}^I \underline{D}_i \cdot T^U \end{aligned} \quad (4.1)$$

Subject to

$$\underline{W}_{i,t} = \underline{C}_{i,t} \cdot B_i^Q \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (4.2)$$

$$\sum_{i=1}^I \underline{W}_{i,t} \leq \underline{D}_t \cdot T^Q \quad t=1, 2, \dots, T \quad (4.3)$$

$$\underline{R}_{i,t}^E = (R_{i,t}^I + R_{i,t}^{RD} + S_{i,t}^{RD} + R_{i,t}^{RF} + S_{i,t}^{RF} - \underline{W}_{i,t}) \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (4.4)$$

$$\underline{R}_{i,t+1}^I = \underline{R}_{i,t}^E \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T-1 \quad (4.5)$$

$$\sum_{i=1}^I \frac{O_{i,t}^E}{C_i^L} \leq C^A \quad t=1, 2, \dots, T \quad (4.6)$$

$$\underline{O}_{i,t}^E = (O_{i,t}^I + R_{i,t}^{OD} + S_{i,t}^{OD} + R_{i,t}^{OF} + S_{i,t}^{OF} + \underline{R}_{i,t}^{ODN} + S_{i,t}^{ODN} + S_i^S + W_{i,t} - G_{i,t}^R) \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (4.7)$$

$$\underline{O}_{i,t+1}^I = \underline{O}_{i,t}^E \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T-1 \quad (4.8)$$

$$C_{i,t}, D_i \in Z_0^+ \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (4.9)$$

$$O_{i,t}^E, O_{i,t}^I, R_{i,t}^{ODN}, R_{i,t}^E, R_{i,t}^I, W_{i,t} \geq 0 \quad i=1, 2, \dots, I; t=1, 2, \dots, T \quad (4.10)$$

(其中藍色底線所標註的為尚未求得值的因變數；紅色底線所標註的則為尚未決定值的決策變數)

所以透過將上述式(4.1 到 4.10)之輸入資訊後的數學模式重新求解，本研究就可以得到剩餘未知待求解的調撥類型與倉儲類型決策變數與因變數資訊，再將所有資訊套入目標式式 4.1 之中，便可以求得目標值。以上，便是本研究給定採購方法以及採購數量下的求解方法，其可確保求解出來的解，盡可能的會是可行解。接著，本研究便將此解法應用於接下來的 4.3.1 節產生起始可行解以及 4.3.3 節產生鄰域解。

4.3 模擬退火法

所以在上述的 4.1 節與 4.2 節的介紹完成以後，本研究就可以正式介紹本研究所使用的求解演算法，模擬退火法的細節步驟。模擬退火法(Simulated Annealing,SA)是一種通用概率演算法，常用來在一定時間內尋找在一個很大搜尋空間中的近似最優解。模擬退火法是 Kirkpatrick, S., Gelatt, C.D. and Vecchi, M.P. (1983)所發明。模擬退火來自冶金學的專有名詞退火。退火是將材料加熱後再經特定速率冷卻，目的是增大晶粒的體積，並且減少晶格中的缺陷。材料中的原子原來會停留在使內能有局部最小值的位置，加熱使能量變大，原子會離開原來位置，而隨機在其他位置中移動。退火冷卻時速度較慢，使得原子有較多可能可以找到內能比原先更低的位置。模擬退火的原理也和金屬退火的原理近似：我們將熱力學的理论套用到統計學上，將搜尋空間內每一點想像成空氣內的分子；分子的能量，就是它本身的動能；而搜尋空間內的每一點，也像空氣分子一樣帶有「能量」，以表示該點對命題的合適程度。演算法先以搜尋空間內一個任意點作起始：每一步先選擇一個「鄰居」，然後再計算從現有位置到達「鄰居」的概率。可以證明，模擬退火算法所得到解，依概率可收斂到全局最優解(維基百科，2019)，因此透過此跳動鄰域之方式，從原先起始解開始，跳動在不同的可行解之中，找到更好的鄰域(或者有機率的跳動到更差的解)，便可以在搜尋的過程中，有效率地找出問題最佳或近似最佳的答案，其求解時間相較求解困難問題的最佳化求解方式來的減少許多。

4.3.1 起始可行解的產生

模擬退火法的起始操作，是需要一個起始可行解來做應用。因此，本研究發展出來一個模擬退火法之起始可行解產生方式，而產生方式就是沿用第 4.2 節所提出的給定採購方法以及採購數量資訊下的求解方式，如圖 4.3 的操作過程所述。

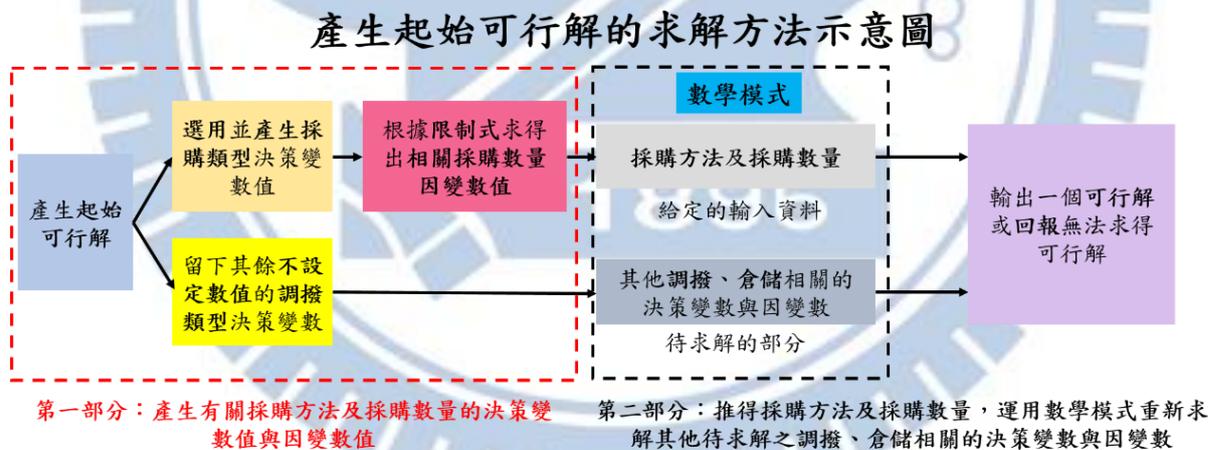


圖 4.3 產生起始可行解的求解方法示意圖

其中需要特別說明的便是第一部份：本研究產生起始可行解的過程，是如何選定採購類型的決策變數以及該如何產生選定的採購類型決策變數值和對應的因變數值，來求得採購方法以及採購數量的資訊。其餘剩下的求解流程就跟本研究第 4.2 節後續所描述的方法一致。接下來，便一步步說明本研究模擬退火法之起始可行解產生過程。

本研究產生起始可行解的方法，一開始所選定的採購類型決策變數，是將第 4.2 節表 4.2 所提出的決策變數(X 、 Y 、 G 、 L 、 V 、 POD 、 POF 、 PRD 、 PRF 、 $PODN$)全部納入考量，爾後便採用亂數決定的方法，來產生這些選定的決策變數值，其產生的方法與步驟如下：首先，需先亂數產生決策變數(X 、 Y 、 G 、 L 、 V)的值，來決定採購方法(原因如

4.2.2 節歸納的內容所述)，其產生方式本研究是透過亂數決定 0 到 5 的數字來對應，0 就是當 $X、Y、G、L、V$ 都=0 的狀況、1 就是當 $V=1$ 其餘 $X、Y、G、L=0$ 的狀況，其餘對應方法如下表 4.6 的整理所示(此過程有搭配使用限制式式 3.17)。

表 4.6 亂數產生 0~5 數字與對應產生的決策變數值以及其採購方式說明表

亂數產生的數字	對應產生決策變數的值	採購方法
0	$X、Y、G、L、V=0$	無採購
1	$V=1, X、Y、G、L=0$	無折扣優惠之國內採購進自有倉庫
2	$G=1, X、Y、L、V=0$	有折扣優惠之國內採購進外租倉庫
3	$X=1, Y、G、L、V=0$	有折扣優惠之國外採購進自有倉庫
4	$Y=1, X、G、L、V=0$	有折扣優惠之國內採購進自有倉庫
5	$L=1, X、Y、G、V=0$	有折扣優惠之國外採購進外租倉庫

其中，因為亂數產生數字所對應產生的決策變數值已知，便可以判斷該亂數產生數字所對應的採購方法為哪種(如表 4.6 右方的採購方法對應)。因此，透過此亂數產生方法，本研究模擬退火法之起始可行解產生方式，便已經求得有關採購方法的資訊(本研究以後也以此亂數數字，來代表該採購方法)。

接著，根據上述採購方法之已知資訊，便可求得剩下有關採購數量的資訊，其做法便是根據採購方法的不同，亂數產生相關決策變數($POD、POF、PRD、PRF、PODN$)的值，而有不同種採購方法會對應求得不同的決策變數值域之亂數產生範圍，其範圍如下表 4.7 所示。

表 4.7 根據採購方法而對應不同種決策變數值域之亂數產生範圍整理表

採購方法	決策變數	決策變數值域亂數產生範圍	因變數
無採購	全部	0	全部
零星採購	$PODN$	範圍下限：0、範圍上限： $\left\lceil \frac{\bar{D}}{B_i^Q} \right\rceil$ (單位：單位包裝單位之數量)	$RODN$
國內採購進外租倉庫	PRD	範圍下限：0、範圍上限： $\left\lceil \frac{\bar{D} * 3}{E_i^D} \right\rceil$ (單位：整車)	RRD
國內採購進自有倉庫	POD	範圍下限：0、範圍上限： $\left\lceil \frac{\bar{D} * 3}{E_i^D} \right\rceil$ (單位：整車)	ROD
國外採購進自有倉庫	POF	範圍下限：0、範圍上限： $\left\lceil \frac{\bar{D} * 3}{E_i^F} \right\rceil$ (單位：整櫃)	ROF
國外採購進外租倉庫	PRF	範圍下限：0、範圍上限： $\left\lceil \frac{\bar{D} * 3}{E_i^F} \right\rceil$ (單位：整櫃)	PRF

(\bar{D} ：是代表規劃中所需考量之所有公共危險物品品項中的最大需求量、 B_i^Q ：代表第 i 品項的公共危險物品之包裝單位之數量(L/桶)、 E_i^D ：代表第 i 品項的公共危險物品國內採購有折扣優惠之訂購數量(整車之數量，單位 L)以及 E_i^F ：代表第 i 品項的公共危險物品國外採購有折扣優惠之訂購數量(整櫃之數量，單位 L))

其中，根據不同種採購方法會有不同種的決策變數值域亂數產生範圍之原因，是因為每一種採購的方法與特性皆不相同，若以同樣的亂數範圍去決定的話，則會造成失真的情況產生。而且此亂數產生的過程中，有考量限制式式 3.7 到 3.11 的關係，所以產生出來的亂數數字，其實就也可以代表因變數($ROD、ROF、RRD、RRF、RODN$)的值(因為決策變數($POD、POF、PRD、PRF、PODN$)跟因變數($ROD、ROF、RRD、RRF、RODN$)兩者值相同，僅單位有所不同，上述亂數產生的過程中便有考量到單位的產生)。所以透過此亂數產生方法，本研究模擬退火法之起始可行解產生方式，便已經求得有關採購數

量的資訊。

(其中零星採購中所設定的亂數上限是無條件進位(規劃中所需考量之所有公共危險物品品項中的最大需求量除上包裝單位之數量)的原因，是因為將上限設在上述計算的結果上，基本上就可以確保在零星採購發生時，僅靠零星採購不會發生採購數量無法達到該規劃中最大需求的現象產生，這樣操作雖然保守，但可以確保亂數產生出的決策變數，在後續最佳化求解找到起始可行解的機會較高。舉例來說，若某一公共危險物品在某一期擁有所有所需考量之公共危險物品品項中的最大需求量，需求量为 13,348 公升，再對應此公共危險物品之包裝數量為 200 公升/桶，接著就可以計算出此公共危險物品在此次規劃的採購數量上限就是 66.74 桶，無條件進位成 67 桶，這樣就可以確保僅靠採購數量就有辦法達到滿足該期規劃中的最大需求；國內採購方法中所設定的亂數上限是無條件進位規劃中所需考量之所有公共危險物品品項中的最大需求量乘以 3，再除上國內訂購整車之裝載數量的原因，是考量到上述計算的結果數字不會太高亦不會太低，可以產生適當的整車採購數量，若將此亂數上限設太高的話，就會產生一次採購太多量，形成沒有效率的採購方法，即造成太多的庫存持有與倉儲成本過高；將此亂數上限設太低的話，亂數決定的決策變數資訊，在後續最佳化求解找到起始可行解的機會就會下降很多。而國外採購方法中所設定的原因與國內採購方法雷同。)

因此，透過根據上述兩種亂數產生決策變數的方法，可以直接對應求得有關採購方法以及採購數量的資訊，本研究會有如表 4.8 的亂數產生結果。

表 4.8 亂數生成決策變數值因變數值，與其對應的採購方法與採購數量整理表

計畫時程 公共 危險物品	t=1		t=2		t=3	
	i=1	決策變數值與因變數值				
全部都為 0		G=1、RRD=2		Y=1、ROF=1		
採購方法		採購數量	採購方法	採購數量	採購方法	採購數量
0		0	2	2	4	1
i=2	決策變數值與因變數值					
	全部都為 0		L=1、RRF=4		V=1、PODN=50	
	採購方法	採購數量	採購方法	採購數量	採購方法	採購數量
	0	0	5	4	1	50

(其中，第一期 t=1，是採購是無法到貨的，所以無採購方法以及採購數量之決策；根據表 4.6 數字 0 代表：無採購、數字 1 代表：無折扣優惠之國內採購進自有倉庫、數字 2 代表：有折扣優惠之國內採購進外租倉庫、數字 3 代表：有折扣優惠之國內採購進自有倉庫、數字 4 代表：有折扣優惠之國外採購進自有倉庫、數字 5 代表：有折扣優惠之國外採購進外租倉庫)

接著，將上述表 4.8 亂數生成的採購方法與採購數量的資訊，依照第 4.2 節表 4.4 的方法，去對應求解相關的決策變數與因變數值，接著便可依照第 4.2 節後續方法，重新輸入此資訊下的數學模式(此新數學模式的架構與本研究 4.2.2 節所提出的式 4.1 到 4.10 一樣，因此在此不重複放入)，爾後便就交由最佳化軟體 gurobi 求解(當然，其過程中因亂數產生出來的採購方法與採購數量資訊所輸入的數學模式，有可能是無法產生可行解的，這時本研究便會重新產生亂數，重新輸入數學模式，重新使用最佳化軟體求解)。

最終，經多次產生亂數以及多次求解對應之新的數學模式，便可求得一個可用之起始可行解。而本研究以原先 4.8 所述之範例為範本，本研究使用最佳化軟體求解完成後的結果會如下表 4.9 所示。

表 4.9 使用最佳化軟體求解表 4.8 資訊所對應的重新建構之數學模式結果表

		計畫時程			
		$t=1$	$t=2$	$t=3$	
公共危險物品	$i=1$	表 4.8 所對應之已知資訊			
		X	0	0	0
		Y	0	0	1
		G	0	1	0
		L	0	0	0
		V	0	0	0
		POD	0	0	0
		POF	0	0	8,000
		PRD	0	40,000	0
		PRF	0	0	0
	$PODN$	0	0	0	
	求解表 4.8 資訊所對應的數學模式後所知資訊				
	調撥相關決策變數	C	12,200	15,200	0
	$i=2$	表 4.8 所對應之已知資訊			
X		0	0	0	
Y		0	0	0	
G		0	0	0	
L		0	1	0	
V		0	0	1	
POD		0	0	0	
POF		0	0	0	
PRD		0	0	0	
PRF		0	32,000	0	
$PODN$	0	0	10,000		
求解表 4.8 資訊所對應的數學模式後所知資訊					
調撥相關決策變數	C	8,800	8,800	0	

後續，因下一節要介紹本研究如何將求出來的解(無論起始可行解或鄰域解)，做總成本的計算，因此，需要將表 4.9 的結果整理成表 4.10 的各項採購、倉儲、調撥資訊已知形式，以便後續成本計算方便說明。

表 4.10 本研究初始可行解範例各項採購、倉儲、調撥資訊已知形式表

		計畫時程			
		$t=1$	$t=2$	$t=3$	
公共 危險 物品	$i=1$	毛需求量	11,736	11,736	11,736
		外租倉庫期初庫存量	20,000	7,800	32,600
		外租倉庫期末庫存量	7,800	32,600	32,600
		自有倉庫期初庫存量	0	464	3,928
		自有倉庫期末庫存量	464	3,928	192
		運輸調撥量	12,200	15,200	0
		採購量	0	40,000	8,000
		採購方法	0	2	4
	$i=2$	毛需求量	8,736	8,736	8,736
		外租倉庫期初庫存量	8,800	0	23,200
		外租倉庫期末庫存量	0	23,200	23,200
		自有倉庫期初庫存量	0	64	128
		自有倉庫期末庫存量	64	128	1,392
		運輸調撥量	8,800	8,800	0
採購量		0	32,000	10,000	
	採購方法	0	5	1	

4.3.2 總成本的計算

此小節中，本研究將使用 3.5 節中所定義之目標式式(3.6)來作為 4.3.1 節的起始可行解與接下來 4.3.3 節產生鄰域解的總成本之計算公式。在最小化總成本的架構下，若解的總成本越低則代表此解較其他解來得相對優秀，其中總成本(Total Cost, TC)包含外倉倉儲成本、自倉持有成本、運輸調撥成本、訂購成本以及採購成本五個部分成本所構成，其詳細定義如本研究 3.4 節所示。(本研究在此也特別註明，本研究計算總成本的過程中，需先確保所需計算總成本之解為可行解，而且也需確保此解中各項參數與變數已知，才可進行求解。)

接著，根據上述的表 4.10 範例各項採購、倉儲、調撥資訊已知形式，本研究便可將每一個公共危險物品(i)以及其所對應的每一計畫時程(t)中的五項成本依照本研究 3.4 節公式計算，計算出來以後，將其加總即可得到本研究所定義之解的總成本，詳細結果資訊與計算公式如下表 4.11 的所示 (其中部分參數來源是根據第五章數據實驗中的個案公司所提供之資訊)。

表 4.11 經計算過後的起始可行解範例總成本表

		計畫時程			
		t=1	t=2	t=3	
公共危險物品	i=1	外倉倉儲成本	4,716	17,563	2,119
		自倉持有成本	31	296	278
		採購成本	0	1,400,000	264,000
		訂購成本	0	10,000	10,000
		單項產品總成本	1,709,004		
	i=2	外倉倉儲成本	3,260	11,096	3,271
		自倉持有成本	12	35	277
		採購成本	0	2,816,000	1,050,000
		訂購成本	0	10,000	10,000
		單項產品總成本	3,883,950		
	運輸調撥成本	6,000	6,000	0	
	兩種產品之總成本	5,624,954			

(其中各項成本計算公式如下(根據本研究第 3.4 節所述)：外倉倉儲成本計算：(外租倉庫單位倉租費用)+(外租倉庫單位持有成本)+(國內採購進倉費用)+(國外採購進倉費用)+(出倉費用)、自倉持有成本計算：(自有倉庫期初+期末庫存量)/2*自有倉庫倉儲單位持有成本/52、採購成本計算：(國內採購有折扣優惠之預排訂單預定收到量+排定收到量)*國內採購有折扣優惠之採購單價)+(國外採購有折扣優惠之預排訂單預定收到量+排定收到量)*國外採購有折扣優惠之採購單價)+(國內採購無折扣優惠之預排訂單預定收到量+排定收到量)*國內採購無折扣優惠之採購單價、訂購成本計算：該期是否有預排訂單預定收到量或排定收到量，有則會產生；沒有則不會產生、運輸調撥成本計算：(由外租倉庫搬移至自有倉庫之調撥次數)*(由外租倉庫調撥至自有倉庫之運輸費用))

4.3.3 鄰域解定義與產生

接下來，本節會先介紹本研究如何定義鄰域解，接著便會使用第 4.2 節所介紹之給定採購方法以及採購資訊下的求解方法以及前述 4.3.1 節所產生的起始可行解，做後續如何改變起始可行解，來產生新的鄰域解。而在介紹完成以後，便可以利用產生出來的新的鄰域解，來進入下一小節 4.3.4 節做判定此新的鄰域解是否可行。

而鄰域解的意義，即是代表相鄰於本研究現階段所採用的原先解(最剛開始的原先解，便是起始可行解)之解，其與原先採用的原先解結構以及特性大致上相同，僅有部分結構與特性不同，也正因為此部分結構與特性不同，造成所對應出來的總成本值也不同。也正因為此鄰域解存在的關係，模擬退火法便可以從原先解一步一步跳到附近鄰域的解，去搜尋擁有最好結構與特性的最佳解，這也模擬退火法的尋優過程。所以如何定義鄰域解以及如何產生新的鄰域解便是模擬退火法之中很重要的一環。

因此，本研究如何定義鄰域解以及如何產生新的鄰域解，就會由以下內容來介紹，首先介紹如何產生新的鄰域解，如何定義鄰域解則會在產生的過程中再做介紹。本研究模擬退火法產生新的鄰域解之方法，與本研究第 4.2 節所介紹之給定採購方法以及採購資訊下的求解方法大致相同，如下圖 4.4 所示。

產生鄰域解的求解方法示意圖

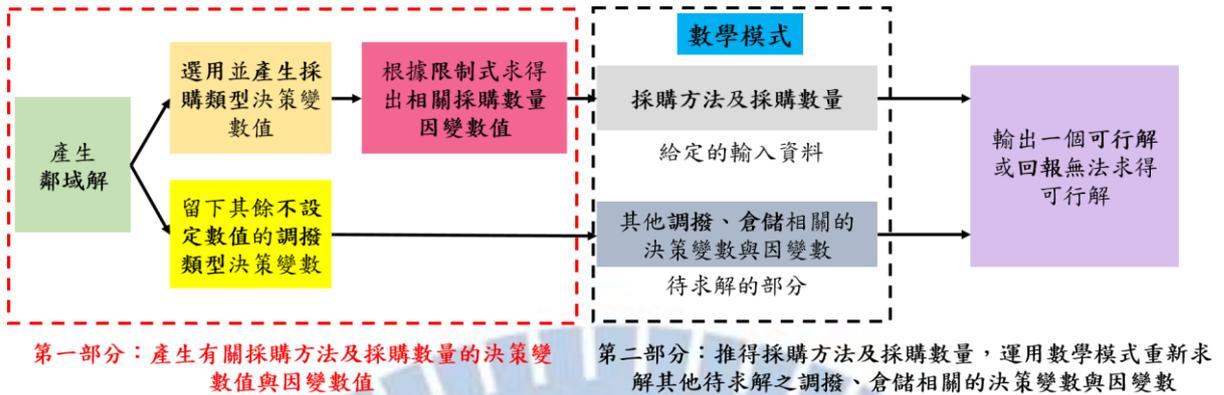


圖 4.4 產生鄰域解的求解方法示意圖

其中需要特別說明的便是第一部份：本研究產生鄰域解的過程，如何選定採購類型決策變數以及該如何產生選定的採購類型決策變數值和對應的決策變數值與因變數值，來求得有關採購方法以及採購數量的資訊，剩餘剩下的求解流程就跟本研究第 4.2 節後續所描述的方法一致。接下來，便一步步說明本研究模擬退火法之鄰域解產生過程。

本研究產生鄰域解的方法，一開始所選定的採購類型決策變數，是將第 4.2 節表 4.1 所提出的決策變數(X 、 Y 、 G 、 L 、 V 、 POD 、 POF 、 PRD 、 PRF)納入考量，這與本研究模擬退火法產生起始可行解的選定方法有所不同，少了決策零星採購採購數量的決策變數 $PODN$ (其原因在於零星採購的採購數量範圍很廣，若以本研究產生鄰域解的方法來產生，會容易造成不精確以及找不到最佳解，甚至過程中會造成大量不可行，這樣產生鄰域解的效益便不高，因此當採購遇上要決策零星採購數量時，便將其當作未知待求解的決策變數，連同已知資訊輸入數學模式之中，並以最佳化軟體求解，產生鄰域解的效益才最大)(其中產生起始可行解的方法，為何不也這麼做的原因，是因為產生起始可行解的過程，僅是產生一個起始可行解即可，且無需求得精準與最佳的情況，因此以亂數產生零星採購採購數量即可)。

接著，便是介紹本研究模擬退火法之鄰域解產生過程中，如何產生上述所選定的決策變數值之方法，這也是延續上面有提到的「本研究如何定義鄰域解」的方法。而本研究產生上述所選定的決策變數值的方法，詳細操作過程如下：便是透過選定原先解(起始可行解)的某一公共危險物品之計畫時程內某一期，將其原先決策變數值與因變數值記錄起來後，亂數選擇下列變化類型編號來變化該期原先決策變數值與因變數值，爾後以變化後的決策變數值與因變數值，搭配限制式，重新獲得有關新的採購方法及採購數量的資訊。

其變化種類編號、新的決策變數值、因變數值以及對應新的採購方法、採購數量的變化之方式，本研究整理如以下表 4.12 所示，總共有 10 種變化的方法，這也是本研究如何定義某一種公共危險物品之計畫時程內某一期的鄰域解之方法。透過此操作所產生的鄰域解，其有關採購類型決策變數值與因變數值大部分都與保持原先解相同(意即沒有被選取到公共危險物品以及其他期的採購類型決策變數值與因變數值都維持原先的數值)，僅將某一種公共危險物品之計畫時程內某一期的決策變數值與因變數值做上述選定方法的變化(不過本研究在數值測試的時候也發現，有些時候若保持原先解的採購方法以及採購數量不做變化，反而會達到更好的效益，所以在此也介紹不做變化的變化類型之編號)。

表 4.12 變化類型編號，以及對應的新各項資訊(含不變化)整理表

變化類型編號	造成新決策變數值與因變數值	新採購方法	新採購數量
-1	不改變	維持原先採購方法	維持原先採購量
0	原先所有決策變數、因變數=0	無採購	0
1	$V=1, PODN$ 未知	零星採購	$RODN$ 未知，由最佳化軟體求解
2	$G=1, PRD$ =最小比原先採購量大的非負整數倍數	國內採購進外租倉庫	根據決策變數 G 、 PRD 便可知 RRD
3	$G=1, PRD$ =最大比原先採購量小的非負整數倍數	國內採購進外租倉庫	根據決策變數 G 、 PRD 便可知 RRD
4	$X=1, POD$ =最小比原先採購量大的非負整數倍數	國內採購進自有倉庫	根據決策變數 X 、 POD 便可知 ROD
5	$X=1, POD$ =最大比原先採購量小的非負整數倍數	國內採購進自有倉庫	根據決策變數 X 、 POD 便可知 ROD
6	$Y=1, POF$ =最小比原先採購量大的非負整數倍數	國外採購進自有倉庫	根據決策變數 Y 、 POF 便可知 ROF
7	$Y=1, POF$ =最大比原先採購量小的非負整數倍數	國外採購進自有倉庫	根據決策變數 Y 、 POF 便可知 ROF
8	$L=1, PRF$ =最小比原先採購量大的非負整數倍數	國外採購進外租倉庫	根據決策變數 L 、 PRF 便可知 RRF
9	$L=1, PRF$ =最大比原先採購量小的非負整數倍數	國外採購進外租倉庫	根據決策變數 L 、 PRF 便可知 RRF

也可以解讀成，當選定某一種公共危險物品之計畫時程內某一期做鄰域解的搜尋時，會發現該期變化後，總共有以上 10 種的鄰域解可以做選擇(還有不變化保持原先解的可能)。

在此本研究也以一範例來做說明，如下表 4.13 所示。

表 4.13 變化原先解產生鄰域解的實際操作過程說明表

現有一範例，採購方法 $Y=1$ 、採購數量 $ROF=1$ 。 採購方法=4(代表有折扣優惠之國外採購進自有倉庫) 採購數量=1 搭配國外採購訂購單位(整櫃)= $1 \times 8000(L)=8000(L)$			
今透過改變部分原先解的決策變數值與因變數值，來產生新值與新的鄰域解			
變化類型編號	造成新決策變數值與因變數值	新採購方法	新採購數量
-1	不改變	維持原先採購方法	維持原先採購量
0	原先所有決策變數、因變數=0	無採購(編號=0)	0
1	$V=1, PODN$ 未知	零星採購(編號=1)	$PODN$ (桶)未知，由最佳化軟體求解
2	$G=1, PRD$ =最小比原先採購量大的非負整數倍數	國內採購進外租倉庫(編號=2)	$PRD=8000(L)$ /整車單位 $20000(L)=0.4$ (最小比原先大)，新的採購數量=1(整車)
3	$G=1, PRD$ =最大比原先採購量小的非負整數倍數	國內採購進外租倉庫(編號=2)	$PRD=8000(L)$ /整車單位 $20000(L)=0.4$ (最大比原先小)，新的採購數量=0(整車)

表 4.13 變化原先解產生鄰域解的實際操作過程說明表(續)

4	$X=1, POD=$ 最小比原先採購量大的非負整數倍數	國內採購進自有倉庫(編號=3)	$POD=8000(L)/$ 整車單位 $20000(L)=0.4$ (最小比原先大), 新的採購數量=1(整車)
5	$X=1, POD=$ 最大比原先採購量小的非負整數倍數	國內採購進自有倉庫(編號=3)	$POD=8000(L)/$ 整車單位 $20000(L)=0.4$ (最大比原先小), 新的採購數量=0(整車)
6	$Y=1, POF=$ 最小比原先採購量大的非負整數倍數	國外採購進自有倉庫(編號=4)	$POF=8000(L)/$ 整櫃單位 $8000(L)=1$ (最小比原先大), 新的採購數量=2(整櫃)
7	$Y=1, POF=$ 最大比原先採購量小的非負整數倍數	國外採購進自有倉庫(編號=4)	$POF=8000(L)/$ 整櫃單位 $8000(L)=1$ (最大比原先小), 新的採購數量=0(整櫃)
8	$L=1, PRF=$ 最小比原先採購量大的非負整數倍數	國外採購進外租倉庫(編號=5)	$PRF=8000(L)/$ 整櫃單位 $8000(L)=1$ (最小比原先大), 新的採購數量=2(整櫃)
9	$L=1, PRF=$ 最大比原先採購量小的非負整數倍數	國外採購進外租倉庫(編號=5)	$PRF=8000(L)/$ 整櫃單位 $8000(L)=1$ (最大比原先小), 新的採購數量=0(整櫃)

首先，可以看到本研究以亂數產生決策變數 $Y=1$ 、 $ROF=1$ 兩者各自代表，採購方法 = 4 以及採購數量 = 1 的資訊(其中採購方法 = 4 代表使用有折扣優惠之國外採購進自有倉庫；採購數量 = 1 搭配上上述國外採購方法，所以是 1 乘上國外採購訂購單位(整櫃) = $1*8000(L) = 8000(L)$)。接著便可以透過改變原先解的決策變數值與因變數值，來產生新值以及新的鄰域解。

首先若當變化類型編號 = -1 時，代表不改變原先解的採購類型決策變數值與因變數值，所以新的採購方法以及採購數量與原先相同；當變化類型編號 = 0 時，代表將原先解的採購類型決策變數值與因變數值都改成 0，其餘也都限定都只能為 0，這樣一來新的採購方法就是無採購，新的採購數量就是 0；當變化類型編號 = 1 時，代表將原先解的採購類型決策變數值改成 $V=1$ 與 $PODN$ 則未知，這樣一來新的採購方法就是零星採購(無折扣優惠之國內採購進自有倉庫)，新的採購數量 $RODN$ 則未知(因 $PODN$ 未知)；當變化類型編號 = 2 時，表將原先解的採購類型決策變數值改成 $G=1$ 與 $PRD =$ 最小比原先採購量大的非負整數倍數，即代表新的採購方法是國內採購進外租倉庫(編號=2)，新的採購數量則是先計算 $PRD = 8000(L)$ (原先採購量)/ $20000(L)$ (整車單位) = 0.4，再將此 PRD 最小比大的非負整數倍數 = 1，再將整車單位乘上去就可以得到採購數量因變數 $RRD = 1$ (整車)(這麼做的原因在於決策變數 PRD 是沒有單位的，因變數 RRD 才有單位，所以在計算的時候，需先將採購數量 RRD 的單位除上去，爾後在相乘復原即可)。至於其餘的變化類型編號操作方法，則與此變化類型編號 = 2 的操作過程大同小異，以此類推，接著便可以得到表 4.13 的成果，即代表某一原先解可能產生出來的 10 種鄰域解架構。

不過本研究在此強調此變化原先解，求得鄰域解的操作方法中，其方法內有兩大重要的事項要說明。

1. 透過變化上述選定的原先解決策變數值與因變數值，雖然過程中會產生出了一個新的鄰域解以及其所對應之新的採購方法與採購數量資訊，但此舉亦會造成許多原先解內已知的決策變數值與因變數值，變成需要重新求解決策的型態。其原因是因為改變原先採購方法以及採購數量，就有可能造成原先已知資訊的

決策變數值與因變數值不再適用，舉例來說，原先採購是進外租倉庫，現階段將採購改成進自有倉庫，原先調撥類型的決策變數、因變數有可能不再適用。

- 另外，延續上方提到的，此鄰域解之中，已知資訊的決策變數值與因變數值不再適用。這些不再適用的決策變數與因變數，不包含變化時所選用的該期之前的決策變數值與因變數值、其他沒有選到的公共危險物品以及某些決策變數與因變數。因為變化該期採購方法以及採購數量，僅會造成該種產品在該期和該期後續的決策變數值與因變數值發生不適用的情況(這邊剩該期期初的自有倉庫與外租倉庫庫存量、該期後續的期數之採購類型的決策變數與因變數仍適用，其原因在下方)，前面的決策變數值與因變數值以及其他公共危險物品品項則會保持跟原先解所給予的資訊一致。

以圖 4.5 來表達以及說明以上兩大重點的狀況：



圖 4.5 變化原先解決策變數與因變數會造成的後續影響圖

如圖 4.5 與其圖上文字說明，可以明顯看到，原先解的所有決策變數值與因變數值都是已知的狀態，現改變第 i 種公共危險物品在第 t 期的原先的採購類型決策變數與因變數來求解鄰域解，會對該種產品該期以及第 $t+1$ 期到第 16 期的決策變數與因變數造成影響，使其原先解的部分已知決策變數值與因變數值不再適用，僅第 t 期自有倉庫期初庫存量 OI 、第 t 期外租倉庫期初庫存量 RI 、第 $t+1-16$ 期的採購類型決策變數與因變數仍適用(仍適用的原因是，變化該種產品該期原先解的決策變數值與因變數值，造成該期採購方法與採購數量的改變，本就不會影響該期雙倉期初庫存量、之前期數的決策變數與因變數以及後續期數的採購類型決策變數與因變數，但其餘後續期末庫存量以及該期調撥等後面期數的決策變數就都會受到影響)。

所以在了解上述兩大重要的事項之後，此時便如同的第 4.2.2 節的後續流程一般，將此新的鄰域解之已知資訊與未知資訊同樣輸入第三章數學模式之中，得出已知採購資訊下的數學模式，最終一樣交由最佳化軟體 gurobi 來求解，求解後便有可能得到一個新的鄰域解以及其所對應的總成本。

但是，本研究將上述後續的流程步驟放在，接下來 4.3.4 節判定判定新的鄰域解是否可行之機制之中。其原因在於變化產生新的鄰域解的過程中，亦有可能產生出不可行解，不可行解是不能進行接下來的判定是否跳動過去的機制。所以該如何有效率的快速判定此新變化後的鄰域解是否為可行解，便是一個很重要的節省模擬退火法求解時間的

機制。畢竟，並不是每個變化後的鄰域解都需要做到代入數學模式並用最佳化軟體求解後才知道是否可行，有些可以在已知產生出來的新鄰域解之新採購方法與採購數量資訊時，就可以判定其是不可行解，也就不需要進行後續最佳化軟體求解的動作，可以節省許多時間。而此部分內容，本研究將會於 4.3.4 節判定判定新的鄰域解是否可行之機制中做介紹，該節中便會說明遇到的鄰域解結果會有什麼樣的種類，以及該如何篩選其鄰域解是否為可行。

當然，在此本研究也延續上述表 4.7 範例，以表 4.14、表 4.15 來做說明本研究模擬退火法之產生鄰域解的方法。

表 4.14 變化原先解變數，以求得鄰域解採購方法、採購數量之操作列表

原先解之決策變數值與因變數值，以及對應的採購方法以及採購數量						
計畫時程 公共 危險物品	t=1		t=2		t=3	
	i=1	決策變數值與因變數值				
全部都為 0		G=1、RRD=2		Y=1、ROF=1		
採購方法		採購數量	採購方法	採購數量	採購方法	採購數量
0		0	2	2	4	1
i=2	決策變數值與因變數值					
	全部都為 0		L=1、RRF=4		V=1、PODN=50	
	採購方法	採購數量	採購方法	採購數量	採購方法	採購數量
	0	0	5	4	1	50

(其中，第一期 t=1，是採購是無法到貨的，所以無採購方法以及採購數量之決策；根據表 4.6 數字 0 代表：無採購、數字 1 代表：無折扣優惠之國內採購進自有倉庫、數字 2 代表：有折扣優惠之國內採購進外租倉庫、數字 3 代表：有折扣優惠之國內採購進自有倉庫、數字 4 代表：有折扣優惠之國外採購進自有倉庫、數字 5 代表：有折扣優惠之國外採購進外租倉庫)

現亂數選擇某一公共危險物品之某一期以及變化類型之編號。在此選擇公共危險物品品項 1 的第 3 期做變化，以變化類型之編號 = 8 作為該期變化原先解決策變數值與因變數值的方法。其中，按照表 4.12 所整理的資訊，變化類型之編號 = 8，改變決策變數與因變數值後，所對應的新採購方法就是國外採購進外租倉庫(採購方法編號 = 5)；新的採購數量則是採取最小比原先採購量大的非負整數倍數，即是將原先採購數量=1 櫃 * 8000(L) = 8000(L)，再將 8000(L)/每櫃 8000(L)=1 櫃，爾後因要比原先大，所以加上 1 櫃，等於最終採購 2 櫃。所以整理出來的結果會如下表 4.15。

表 4.15 新的鄰域解之採購型態表

新的鄰域解之決策變數值與因變數值，以及對應的採購方法以及採購數量						
計畫時程 公共 危險物品	t=1		t=2		t=3	
	i=1	決策變數值與因變數值				
全部都為 0		G=1、RRD=2		L=1、RRF=2		
採購方法		採購數量	採購方法	採購數量	採購方法	採購數量
0		0	2	2	5	2
i=2	決策變數值與因變數值					
	全部都為 0		L=1、RRF=4		V=1、PODN=50	
	採購方法	採購數量	採購方法	採購數量	採購方法	採購數量
	0	0	5	4	1	50

(其中，第一期 t=1，是採購是無法到貨的，所以無採購方法以及採購數量之決策；根據表 4.6 數字 0 代表：無

採購、數字 1 代表：無折扣優惠之國內採購進自有倉庫、數字 2 代表：有折扣優惠之國內採購進外租倉庫、數字 3 代表：有折扣優惠之國內採購進自有倉庫、數字 4 代表：有折扣優惠之國外採購進自有倉庫、數字 5 代表：有折扣優惠之國外採購進外租倉庫)

其中可以看到，公共危險物品品項 1 的第 3 期的採購方法以及採購數量已經從原先的採購方法 4、採購數量 1，變化成了採購方法 5 以及採購數量 2。

接著，便可以將此變化後的新鄰域解，套入下一節中的判定新的鄰域解是否可行之機制，去決定此解是否可行。

4.3.4 判定新的鄰域解是否可行之機制

延續上一節介紹有關鄰域解的定義以及產生，在此先說明並非所有的鄰域解都是可行的，可能會因為一些採購上的不精確和不恰當而導致違反數學模式之限制，成為不可行解，而不可行解是不能當作解來使用，必須剔除掉。因此，判定鄰域解是否可行，便是一個模擬退火法尋優過程的重要一步。而有關產生的鄰域解是否為可行解之判定機制，將由本節做介紹。

本節首先需先說明有關 4.3.3 節所介紹之鄰域解產生，會產生有什麼樣不同類型的結果，畢竟並非所有產生之鄰域解都可以做接下來 4.3.5 節判定是否跳動去新的鄰域解之機制的。所以其鄰域解的結果按什麼樣的特性而有所不同，而且到底哪些結果才能做上述有關判定是否跳動去新的鄰域解之機制呢？其詳細分類過程，如圖 4.6 以及圖片底下的說明所示。



圖 4.6 鄰域解產生的結果類型以及分類過程圖

首先，圖中用紅色框框標記起來的，即是鄰域解之結果類型分類，簡單來說，可以分成被篩選出來之不可行解、最佳化軟體判定之不可行解、可行解三種分類。其中被篩選出來之不可行解和最佳化軟體判定之不可行解這兩種類型的差異，是根據被哪種判定機制判定為不可行解來分類。但因為本質上兩者都屬於不可行解，都是無法跳動過去的鄰域解（因為不可行解就邏輯上來講是不可行的，所以也沒有辦法計算出總成本來，其不能做為解來使用）。

而延續上述圖 4.6 的流程，一開始可以看到是如 4.3.3 節所介紹的鄰域解之變化過程，此過程會先將原先解的決策變數值與因變數值做變化，來獲得新的鄰域解之新採購方法以及採購數量，爾後會本研究發展的簡單篩選不可行解的機制，是使用以下三個簡單的準則，來篩選變化後擁有新採購方法以及採購數量的鄰域解是否可行，其篩選的方法細節步驟，如下圖 4.7 的虛擬碼(Pseudo code)來做說明。

Procedure. Feasibility

Input : Original solution S , random neighbor of S (S'), the new select t' , new procurement method m' , the lead time of m' LT , procurement quantity q' , the original initial inventory of own warehouse OI and rented warehouse RI in new t' , demand D in new t' , total regulation limit ratio of own warehouse CA , regulation limit on the quantity of public hazardous material CL .

Output : *FeasibleNumber*

1. Set *FeasibleNumber* = 1.

2. Do the following Rule :

Rule 1(Feasibility of lead time) :

If $t' \leq \text{lead time of } m'$, it is infeasible and set *FeasibleNumber* = 0.

Rule 2(Satisfaction of demand) :

If $RI + OI + q' \leq D$, it is infeasible and set *FeasibleNumber* = 0.

Rule 3(limitation of law) :

If m' replenishes own warehouse:

if $(OI + q' - D) / CL > CA$, it is infeasible and set *FeasibleNumber* = 0.

圖 4.7 簡單篩選不可行解的機制之虛擬碼圖

首先根據上圖 4.7 流程，先將原先可行解 S 、新產生的鄰域解 S' 、變化的期數 t' 、變化後的新採購方法 m' 、變化後的新採購方法前置時間 LT 、變化後的新採購數量 q' 、 t' 期原先的自有倉庫期初庫存量 OI 以及外租倉庫期初庫存量 RI 、 t' 期的需求 D 、針對該類型的自有倉庫法令總管制倍數上限 CA 、該品項的法定管制量 CL 這些資訊放入此機制中。

接著如圖 4.7 步驟 1，將初步篩選是否可行的二元變數(當此變數值為 1 時表示為初步篩選是可行；反之則不可行)*FeasibleNumber* 的值設為 1，代表原先假設是可行的，依照是否通過下列三個準則去決定是否改變其可行性，都透過表示可行，不通過則會改變變數值為 0。下列便是三個準則的判定規則與範例說明：

準則一，是將變化的期數 t' 與變化後的新採購方法之前置時間 LT 來做比較，若 $t' \leq LT$ ，則代表不可行，因此該期數小於前置時間所要求的時間，該期不可能產生出此種採購方法，舉例來說，若某一產品國外採購前置時間是 9 週，現選到該產品第 5 期做變化，變化到採用國外採購的採購方法，此時此採購便不可能發生，不可行。

準則二，是將現有自有倉庫期初庫存量 OI 加上外租倉庫期初庫存量 RI 加上變化後的新採購數量 q' 來跟需求 D 做比較，若小於需求，則代表不可行，因為需求無法被滿足，舉例來說，現有自有倉庫期初庫存量=1000L、外租倉庫期初庫存量=2000L、需求=11,200L、變化後的新採購數量是 8000L，則此時需求怎麼樣都無法被滿足，不可行。

準則三，在變化後的採購方法是替自有倉庫補貨的前題下，若將自有倉庫期初庫存量 OI 加上變化後的採購數量 q' 減掉需求 D 並除以該品項的法定管制量 CL ，來計算該品項的自有倉庫管制倍數，看是否大於針對該類型的自有倉庫法令總管制倍數上限 CA ，若大於該上限，則不可行，因為違反法令管制，舉例來說，現有自有倉庫期初庫存量=1000L、變化後的新採購數量是補進自有倉庫 8000L、需求=0L、該品項的法定管制量=2000L、該類型的自有倉庫法令總管制倍數上限=3，則此時計算過後的該品項的自有倉庫管制倍數=4.5>3，違反法令管制，不可行。

所以透過上述圖 4.7 篩選機制，可以簡單來判定此變化後新的鄰域解初步是否可行。不可行則直接被篩選出來，不必再後續重新輸入數學模式，並使用最佳化軟體求解，節省搜尋鄰域解的時間。若通過第一階段篩選不被篩選出來，爾後再輸入數學模式，使用最佳化軟體求解。當然剛剛所提到篩選不可行解的機制有時候是沒有辦法把所有的不可行解都篩選出來，所以有些不可行解還是需要透過最佳化軟體求解的過程中，交由軟體來判定其是否可行，若不可行，則歸類在最佳化軟體判定之不可行解；若可行，則歸類

在可行解。因此,如果找到的新的鄰域解結果為可行解的話,接下來就可以做下一節 4.3.5 節所要介紹的「判定是否跳動去新的鄰域解之機制」。

若延續表 4.15 之變化後的新的鄰域解採購型態範例以及本章節之機制應用以後,可以發現

1. 判定簡單篩選不可行解機制中準則一時,因範例中的採購前置時間都是 1 週,所以只要規劃期第一期沒有採購,基本上後續任何採購方法以及採購數量都是符合前置時間的要求的,所以這項準則是符合的。
2. 判定簡單篩選不可行解機制中準則二時,自有倉庫期初庫存量 OI 是 3,928(L)、外租倉庫期初庫存量 RI 是 39,200(L)、該期的新採購數量 q' 是 $2 * 8000 = 16000(L)$ 以及該期需求是 11,736(L),基本上 $OI + RI + q'$ 是遠大於該期需求輛的,所以這項準則也是符合的。
3. 判定簡單篩選不可行解機制中準則二時,因新的採購方法是補進外租倉庫,所以後續也不用判斷,這項準則也是符合的。

所以,三項準則都是符合的,此變化後的新鄰域解,沒有被此簡單篩選機制給篩選出來,接著便可以用將已知採購方法以及採購數量資訊輸入數學模式中,以及使用最佳化軟體求解剩餘決策變數和因變數值。所以輸入資訊後的數學模式如下式 4.11~4.24,使用最佳化軟體求解剩餘決策變數和因變數值之結果如下表 4.16 所示。

$$\begin{aligned} & \{(R_{i,t}^I + R_{i,t}^E) / 2 \cdot F_i^C + (R_{i,t}^I + R_{i,t}^E) / 2 \cdot M_i + (W_{i,t} / B_i^Q) \cdot O + (O_{i,t}^I + O_{i,t}^E) / 2 \cdot H_i \\ \text{Min } & \sum_{i=1}^2 \sum_{t=1}^3 + (R_{i,t}^{ODN} + S_{i,t}^{ODN}) \cdot ND_i^D + (X_{i,t} + Y_{i,t} + G_{i,t} + L_{i,t} + V_{i,t}) \cdot K + (R_{i,t}^{OD} + S_{i,t}^{OD} + R_{i,t}^{RD} + S_{i,t}^{RD}) \cdot D_i^D \\ & + (R_{i,t}^{OF} + S_{i,t}^{OF} + R_{i,t}^{RF} + S_{i,t}^{RF}) \cdot D_i^F + ((R_{i,t}^{RD} + S_{i,t}^{RD}) / B_i^Q) \cdot I_i^D + ((R_{i,t}^{RF} + S_{i,t}^{RF}) / B_i^Q) \cdot I_i^F \} + \sum_{t=1}^T D_t \cdot T^U \end{aligned} \quad (4.11)$$

Subject to

$$R_{i,t}^{ODN} = \underline{P_{i,t}^{ODN}} \cdot B_i^Q \quad i=1, 2; t=1, 2, 3 \quad (4.12)$$

$$(R_{i,t}^{ODN} + S_{i,t}^{ODN}) \leq \underline{V_{i,t}} \cdot M \quad i=1, 2; t=1, 2, 3 \quad (4.13)$$

$$(X_{i,t} + Y_{i,t} + G_{i,t} + L_{i,t} + \underline{V_{i,t}}) \leq 1 \quad i=1, 2; t=1, 2, 3 \quad (4.14)$$

$$\underline{W_{i,t}} = \underline{C_{i,t}} \cdot B_i^Q \quad i=1, 2; t=1, 2, 3 \quad (4.15)$$

$$\sum_{i=1}^I \underline{W_{i,t}} \leq \underline{D_t} \cdot T^Q \quad t=1, 2, 3 \quad (4.16)$$

$$\underline{R_{i,t}^E} = (\underline{R_{i,t}^I} + R_{i,t}^{RD} + S_{i,t}^{RD} + R_{i,t}^{RF} + S_{i,t}^{RF} - \underline{W_{i,t}}) \quad i=1, 2; t=1, 2, 3 \quad (4.17)$$

$$\underline{R_{i,t+1}^I} = \underline{R_{i,t}^E} \quad i=1, 2; t=1, 2 \quad (4.18)$$

$$\sum_{i=1}^I \frac{O_{i,t}^E}{C_i^L} \leq C^A \quad t = 1, 2, 3 \quad (4.19)$$

$$O_{i,t}^E = (O_{i,t}^I + R_{i,t}^{OD} + S_{i,t}^{OD} + R_{i,t}^{OF} + S_{i,t}^{OF} + R_{i,t}^{ODN} + S_{i,t}^{ODN} + S_i^S + W_{i,t} - G_{i,t}^R) \quad i=1, 2; t = 1, 2, 3 \quad (4.20)$$

$$O_{i,t+1}^I = O_{i,t}^E \quad i=1, 2; t = 1, 2 \quad (4.21)$$

$$V_{i,t} \in \{0, 1\} \quad i=1, 2; t = 1, 2, 3 \quad (4.22)$$

$$P_{i,t}^{ODN}, C_{i,t}, D_t \in Z_0^+ \quad i=1, 2; t = 1, 2, 3 \quad (4.23)$$

$$O_{i,t}^E, O_{i,t}^I, R_{i,t}^{ODN}, R_{i,t}^E, R_{i,t}^I, W_{i,t} \geq 0 \quad i=1, 2; t = 1, 2, 3 \quad (4.24)$$

(其中藍色底線所標註的為尚未求得值的因變數；紅色底線所標註的則為尚未決定值的決策變數)

表 4.16 使用最佳化軟體求解新的鄰域解所對應的重新建構之數學模式結果表

		計畫時程				
		t=1	t=2	t=3		
公共危險物品	i=1	表 4.15 所對應之已知資訊				
		X	0	0	0	
		Y	0	0	0	
		G	0	1	0	
		L	0	0	1	
		V	0	0	0	
		POD	0	0	0	
		POF	0	0	0	
		PRD	0	40,000	0	
		PRF	0	0	16,000	
	PODN	0	0	0		
	求解表 4.15 資訊所對應的數學模式後所知資訊					
	調撥相關決策變數	C	12,200	15,200	8,000	
	i=2	表 4.15 所對應之已知資訊				
		X	0	0	0	
Y		0	0	0		
G		0	0	0		
L		0	1	0		
V		0	0	1		
POD		0	0	0		
POF		0	0	0		
PRD		0	0	0		
PRF		0	32,000	0		
PODN	0	0	10,000			
求解表 4.15 資訊所對應的數學模式後所知資訊						
調撥相關決策變數	C	8,800	8,800	0		

(其中紅色框框內所標註的是新的鄰域解與原先解有數值上差異的變數)

而在看此表格結果之前，本研究認為兩者採購類型相關決策變數結果以及調撥類型相關決策變數結果有可能不同。前者是在建構數學模式前就有所不同，而後者是透過最佳化軟體求解過後有可能因為操作方法的不同有所不同。爾後，可以看出表 4.16 新的鄰域解之求解數學模式最佳化結果與表 4.9 原先起始解之求解數學模式最佳化結果的差異，其中兩者部分採購類型相關決策變數值以及調撥倍數相關決策變數值不同(如紅色框框標註所示)，這是決策後兩者方法之不同。而接下來如同表 4.10 改善表 4.9 的操作表達方式一樣，本研究以表 4.17 來表達本研究新的鄰域解範例各項採購、倉儲、調撥資訊已知形式。後續也以表 4.17 所提出的資訊為主，計算新的鄰域解之總成本以表 4.18 所示。

表 4.17 新的鄰域解範例各項採購、倉儲、調撥資訊已知形式表

		計畫時程			
		t=1	t=2	t=3	
公共危險物品	i=1	毛需求量	11,736	11,736	11,736
		外租倉庫期初庫存量	20,000	7,800	32,600
		外租倉庫期末庫存量	7,800	32,600	40,600
		自有倉庫期初庫存量	0	464	3,928
		自有倉庫期末庫存量	464	3,928	192
		運輸調撥量	12,200	15,200	8,000
		採購量	0	40,000	16,000
	採購方法	0	2	5	
	i=2	毛需求量	8,736	8,736	8,736
		外租倉庫期初庫存量	8,800	0	23,200
		外租倉庫期末庫存量	0	23,200	23,200
		自有倉庫期初庫存量	0	64	128
		自有倉庫期末庫存量	64	128	1,392
		運輸調撥量	8,800	8,800	0
採購量		0	32,000	10,000	
採購方法	0	5	1		

(其中紅色框框內所標註的是新的鄰域解與原先解有數值上差異的變數)

因此透過觀察上述表 4.17 的可以知道，新的鄰域解有其新的採購方法、採購數量以及調撥數量的關係，導致後續管理存貨、調撥的方式與前述原先解不同，也正因為如此兩者之間在數字上才有差異(上表紅色框框標記處)。而後因此操作方法與數值上的差異，也才導致下方表 4.18 所造成的總成本與原先解有差異(下表紅色框框標記處)，而此差異正式模擬退火法所要尋優改善的過程。

表 4.18 經計算過後的新的鄰域解之範例總成本表

		計畫時程			
		t=1	t=2	t=3	
公共危險物品	i=1	外倉倉儲成本	4,716	17,563	8,379
		自倉持有成本	31	296	278
		採購成本	0	1,400,000	528,000
		訂購成本	0	10,000	10,000
		單項產品總成本			1,979,264
	i=2	外倉倉儲成本	3,260	11,096	3,271
		自倉持有成本	12	35	277
		採購成本	0	2,816,000	1,050,000
		訂購成本	0	10,000	10,000
		單項產品總成本			3,883,950
			運輸調撥成本	6,000	6,000
		兩種產品之總成本			5,897,214

(其中紅色框框內所標註的是新的鄰域解與原先解有數值上差異的變數)

4.3.5 判定是否跳動去新的鄰域解之機制

有關產生的鄰域解是否選擇跳動過去，其判定機制將由本節做介紹。本研究先將此機制整理成虛擬碼的形式，以方便後續說明解釋，以下圖 4.8 所示。

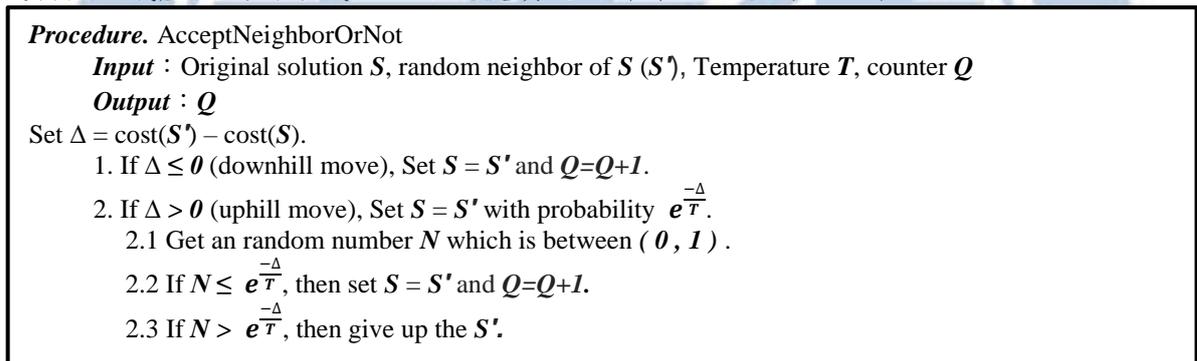


圖 4.8 判定是否跳動去新的鄰域解之機制的虛擬碼圖

首先，將原先可行解 S 、新產生的鄰域解 S' 、現有溫度 T 以及用以計算 $Length$ 次疊代迴圈中，有跳動到鄰域解次數的計算器參數 Q 這些資訊放入此機制中。接著，計算 Δ ， Δ 定義為新的鄰域解之總成本減掉原先解之總成本。計算完成之後，接著便可以開始其判定機制。此判定機制與以往模擬退火法所常用的判定機制相同，即是在尋優過程中，若遇到新的鄰域解之總成本比原先解之總成本更好或持平(即 $\Delta \leq 0$ 的情況)的話，則會直接採用此新的鄰域解來替代原先解，作為下次搜尋開始時的原先解，並將參數 Q 加一，代表有跳動到其他鄰域解，如圖 4.8 步驟 1 所示；但若遇到新的鄰域解之總成本比原先解之總成本更差(即 $\Delta > 0$ 的情況)的話，則會以一設定的機率來決定是否接受此鄰域解，而並非直接採用或直接放棄此鄰域解，這步驟用以避免陷入區域最佳解的情境，也保留可以探索更多解空間的機會，此部分如圖 4.8 步驟 2 所示。

而設定機率的計算方式，是依照物質冷卻過程所依循的波茲曼函數(Boltzman's Function)加以計算： $PR(A) = \min\{1, e^{-\frac{\Delta}{T}}\}$ 。其中 $PR(A)$ 是指接受鄰域解之機率、 Δ 則沿用上述計算方式、現在這個狀態下的溫度 T 。接著，透過亂數產生 0~1 之間的數字 N (如圖

4.8 步驟 2.1 所示)，若此數字小於等於 $PR(A)$ 則跳動到此鄰域解，並把此鄰域解當作是下次跳動前的原先解，且將參數 Q 加一，代表有跳動到其他鄰域解(如圖 4.8 步驟 2.2 所示)；若此數字大於 $PR(A)$ 則不跳動到此鄰域解，參數 Q 不改變(如圖 4.8 步驟 2.3 所示)。

總結來看，如果以上面表 4.11 與表 4.18 為範例，來操作此是否跳動去新的鄰域解與否之判定，可以發現變化前的原先解之總成本為 5,624,954 元，變化後的鄰域解之總成本為 5,897,214 元，所以 $\Delta=272,260$ 。假設若當時溫度為 100,000 度、某一亂數為 0.5123，計算 $PR(A) = \min\{1, 0.066\} = 0.066$ ，因 0.066 並未大於 0.5123，所以原先解不會跳動到此新的鄰域解上，保持原先解來做為下次搜尋的解。

4.3.6 降溫以及終止條件

延續上述內容，本小節要說明如何才算完成一輪疊代迴圈(完成 $Length$ 次)，和後續本研究完成一輪迴圈後的降溫動作該如何進行以及後續終止條件該如何設計。首先，以下圖 4.9 介紹如何才算完成一輪迴圈且完成迴圈後該如何降溫。

Procedure. ReduceTemperature
Input : Temperature T , counter C , $Length$, Reduce Temperature Factor R
 If $C = Length$, do the following:
 1. Set $C = 0$
 2. Reduce the temperature by set $T = R * T$.

圖 4.9 模擬退火法完成一輪疊代過程並進行降溫動作的虛擬碼圖

本研究首先將計算搜尋次數的計算器參數 C 、現有溫度 T 、降溫係數 R 、 $Length$ 這些資訊放入這個機制中。如上述圖 4.9 步驟 1，檢查此搜尋次數的計算器參數 C 是否達到一開始所定義的每一個溫度下的疊代迴圈總次數 $Length$ ，若否，則不做任何事情；若是的話，代表模擬退火法過程中已完成一輪疊代迴圈(完成 $Length$ 次)，此時便會將搜尋次數 C 歸零。接著進行降溫的動作，如上述圖 4.9 之步驟 2。而本研究所採用的降溫動作，是將原先溫度 $T * 降溫係數 R$ (其中降溫係數 R 通常設定為 0.7 到 0.95 之間的數值，根據問題的特性而有所不同，也是數據實驗中可以改變反覆測試的參數)，這樣相乘以後溫度便會下降。

然而，在反覆進行多次搜索過程後，模擬退火法需要設定一終止條件來停止演算法的搜尋程序。本研究模擬退火法所使用的終止條件如下圖 4.10 虛擬碼的說明所示。

Procedure. Frozen
Input : counter Q , counter F , $Length$, $minpercent$
Output : FrozenNumber
 1. Set FrozenNumber = 0.
 2. Calculate $Q / Length$.
 2.1 If $Q / Length \leq minpercent$, the $F = F + 1$ and set $Q = 0$.
 2.2 If $Q / Length > minpercent$, the $F = 0$ and set $Q = 0$.
 3. If $F = 5$, then set FrozenNumber = 1.

圖 4.10 模擬退火法終止條件的虛擬碼圖

上圖 4.10 為本研究模擬退火法所使用的終止條件機制，首先需放入用以計算 $Length$ 次疊代迴圈中，有跳動到鄰域解次數的計算器參數 Q 、用以計算是否滿足終止條件內部條件的計算器參數 F 、 $Length$ 、可以接受的最小百分比參數 $minpercent$ 。接著如圖 4.10 步驟 1，先將判定終止條件是否滿足的二元變數 $FrozenNumber$ (當此變數值為 1 時表示達成終止條件；反之則沒有)設為 0，代表一開始還未達到終止條件。爾後如圖 4.11 步驟 2，計算 Q 除以 $Length$ 的值。當如圖 4.10 步驟 2.1 此值小於等於 $minpercent$ 時，將 F 參數加一並將參數 Q 歸零，以做下次使用；當如圖 4.10 步驟 2.2 此值大於 $minpercent$

時，將 F 參數歸零，並同樣地將參數 Q 歸零，以做下次使用。當 $F=5$ 的時候， $FrozenNumber$ 設為 1，終止本研究的模擬退火法，而上述此機制便是本研究模擬退火法的停止條件。(其中 $minpercent$ 表示為終止條件的停止門檻百分比，也是數據實驗中可以改變反覆測試的參數，若上述尋優的過程中找到有跳動、有變化的鄰域解之累積次數 Q 除以疊代迴圈總次數 $Length$ 的結果，小於等於此停止門檻百分比時，就代表模擬退火法過了可以停止的門檻，也代表模擬退火法的尋優過程已趨於平穩或者溫度已降至很低，求解已經趨向和收斂的情況，可以準備停止)(但在此也註明，本研究是要連續五個溫度下達到此條件才可以停止，這也是為何要 $F=5$ 的原因)。

4.3.7 整體模擬退火法之虛擬碼

本研究整體模擬退火法之虛擬碼(Pseudo code)如下圖 4.11 所示。

1. Get an initial solution S and counter $Q, F, C=0$.
2. Get an initial temperature T_0 , set $T = T_0$ and $T_0 > 0$.
3. Define function $cost(S)$.
4. Do **Procedure**. Frozen ($Q, F, Length, minpercent$), if Frozen $\neq 1$ do the following :
 - 4.1 Perform the following loop $Length$ times.
 - 4.1.1 Pick a random neighbor S' of S .
 - 4.1.2 Do **Procedure**. Feasibility ($S', S, t', m', q', D, OI, RI, LT, CA, CT$)
If Feasibility = 1, do **Procedure**. AcceptNeighborOrNot (Q, S', S)
 - 4.1.3 Set $C = C+1$.
 - 4.2 Do **Procedure**. ReduceTemperature ($Length, T, C, R$).
5. Return best S found in SA.

圖 4.11 本研究整體模擬退火法之虛擬碼圖



五、個案公司數據實驗

接下來，將以個案E化學公司之單一工廠多項公共危險物品為基準，透過個案E化學公司給予這些對應品項的數值資訊，來分析說明本研究所提出的數學模式與之對應的求解演算法效益，希望可以將結果作為個案E化學公司規劃決策單一工廠多項公共危險物品同時補貨、倉儲、調撥的情境時之重要參考。另外，本研究針對多項參數的數據資訊可以透過本研究第三章第四節目標式組成之成本相關分析中可得知，其餘部分資訊因考量到個案E化學公司內部隱私問題，所以在本章節不全部放入研究中，僅以部分資訊或例題作為範例與研究說明。而下表 5.1、表 5.2、表 5.3 是針對本章節中所欲使用同一大類的多項公共危險物品之相關採購、存貨、調撥資訊做一個簡單的整理。

表 5.1 單一工廠多項公共危險物品之同一大類的相關採購資料表

採購資料 公共危險物品	大類	國內採購 整車數量	國外採購 整櫃數量	包裝單位	訂購成本
聚乙二醇(PEG300)	第四類易燃液體及 可燃液體	20000(L)	8000(L)	200(L/桶)	10000(元/次)
乙醇胺	第四類易燃液體及 可燃液體	20000(L)	8000(L)	200(L/桶)	10000(元/次)
二甲基乙醯胺	第四類易燃液體及 可燃液體	20000(L)	8000(L)	200(L/桶)	10000(元/次)
醋酸酐	第四類易燃液體及 可燃液體	20000(L)	8000(L)	200(L/桶)	10000(元/次)
苯甲醯氯	第四類易燃液體及 可燃液體	20000(L)	8000(L)	200(L/桶)	10000(元/次)
正己醇	第四類易燃液體及 可燃液體	20000(L)	8000(L)	200(L/桶)	10000(元/次)

表 5.2 單一工廠多項公共危險物品之同一大類的相關存貨資料表

存貨資料 公共危險物品	國內採購 進倉費用	國外採購進 倉費用	出倉費用	外倉單位倉租費用
聚乙二醇	57.5(元/桶)	45(元/桶)	62.5(元/桶)	0.035(元/L/週)
乙醇胺	57.5(元/桶)	45(元/桶)	62.5(元/桶)	0.035(元/L/週)
二甲基乙醯胺	57.5(元/桶)	45(元/桶)	62.5(元/桶)	0.035(元/L/週)
醋酸酐	57.5(元/桶)	45(元/桶)	62.5(元/桶)	0.035(元/L/週)
苯甲醯氯	57.5(元/桶)	45(元/桶)	62.5(元/桶)	0.035(元/L/週)
正己醇	57.5(元/桶)	45(元/桶)	62.5(元/桶)	0.035(元/L/週)

表 5.3 單一工廠多項公共危險物品之同一大類的相關調撥資料表

存貨資料 公共危險物品	運輸調撥成本	運輸調撥上限
聚乙二醇	2000(元/趟)	8000(L)
乙醇胺	2000(元/趟)	8000(L)
二甲基乙醯胺	2000(元/趟)	8000(L)
醋酸酐	2000(元/趟)	8000(L)
苯甲醯氯	2000(元/趟)	8000(L)
正己醇	2000(元/趟)	8000(L)

因此，透過上述眾多表格以及眾多參數資訊，本研究可以知道同一大類的多項公共

危險物品之間許多特性相同，其參數也可以統一。另外，同樣因為得知上述眾多表格與其他參數資訊，本研究便可以建構出數學模式與其對應之演算法，進而可以進行合理的數據實驗與分析。接下來本研究就根據個案 E 化學公司所給予之數據，進行數據實驗，並進行統整與分析。而本章節的主要內容分作：5.1 節個案 E 化學公司介紹與其現行做法、5.2 節單項產品最佳化求解、5.3 節本研究最佳化求解與前述做法之比較、5.4 節各演算法的滾動方法、5.5 節極端解的應用以及比較、5.6 節困難度高的問題與運用模擬退火法求解之效益驗證。

5.1 個案 E 化學公司介紹與其現行做法

這間個案 E 化學公司起源於西元 1972 年 9 月，主要從事開發、製造及銷售醫藥化學品、電子化學品、特用化學品、色料化學品及奈米材料產品，產品廣泛應用在紡織業、皮革業、塗料業、塑膠業、IC 業、平面顯示器、觸控面板與手機面板、LED 業、太陽能業、健康醫療產業等...。其不同系列產品細項分別為：

- (1) 色料化學品：紡織染料、皮革染料、噴墨墨水染料、數位紡織噴印墨水、鋁陽極染料、紙用染料、紡織用功能性化學品、太陽能敏化染料及化妝品色素。
- (2) 特用化學品：耐候型塗料光安定劑、塑膠用光安定劑、PU/TPU 材料用耐黃變劑、光電綠能用光安定劑、防曬化妝品原物料、PU 材料用染料。
- (3) 碳粉：雷射印表機及影印機碳粉、彩色碳粉。
- (4) 電子化學品：IC、LCD、LED、TP 產業用之光阻劑、顯影劑及研磨液。
- (5) 醫藥化學品：前列腺素原物料藥及其它原物料藥。

個案 E 化學公司近四十年來不斷進步，已分別在上海、蘇州、廣州、廈門、香港、青島以及美國、荷蘭、土耳其等地成立子公司，行銷網遍布全球五大洲、八十餘國，是亞洲第一、世界前五大染料廠。個案 E 化學公司於 2016 年資本額已達新台幣約 55 億，合併資產約為新台幣 103 億，全球共有 5 個營運據點及 6 個生產基地，全球員工人數約 1,900 人，2016 年營收約新台幣 100 億。其中營收方面，染料佔 46%、特用化學品 22%、電子化學品 9%、原物料藥 2%、碳粉產品 21%。其中，色料化學品營收中有 8 成是來自於紡織染料與皮革染料。

個案 E 化學公司目前採用之補貨方法是採用人工作業的方式，即憑著高階主管的經驗法則在處理採購、存貨這方面問題，容易造成採購上之不精確以及沒效率，而且容易產生人為疏失，偶爾會發生庫存數量過多，造成庫存成本升高以及瀕臨法令管制邊緣；或是忘了通知供應商補貨(因為存貨管理單位不會每天安排時間去檢視今天有多少庫存數量)等現象。因此，個案 E 化學公司現行做法可以看待成，以避免缺貨跟違法為主要目的，成本減少為次要目的的做法，所以操作過程也相對最佳化之方法來得保守及簡易。詳細做法便是當某期的需求大於現有自有倉庫期初庫存量加上外租倉庫期初庫存量時，則代表某期需要有貨到，某期的前一期需要叫貨(國內採購前置時間約為一週，使用國內採購的原因如下段說明)，而貨到以後，也以送往外租倉庫為主，很少直接送達自有倉庫(為避免超過自倉管制上限)。且當自有倉庫內有需求發生，需要用到外租倉庫調撥時(即自有倉庫內庫存量不足以應付需求)，調撥會以滿足需求再加上可以儲存的自倉管制容量最大上限為其調撥量，即調撥會滿足需求並將自倉庫存量存滿。

而且因國內整車有折扣優惠採購的前置時間較短，採購上較有彈性，很符合個案 E 化學公司人為作業的經驗法則，因此個案 E 化學公司大多都會優先傾向國內供應商採購，所以在後續個案 E 化學公司補貨方法之探討上，本研究以國內整車有折扣優惠採購為主。再者，因為原先個案 E 化學公司做法較為保守，所以採購、調撥、倉儲作業大多以單項產品在做管制與探討，即某一公共危險物品不要超過該公司與消防單位所訂定較為保守的自倉管制上限，即可不違反整體的管制倍數和法令，較少以同時看待整體管

制多項公共危險物品的管制倍數來處理多項公共危險物品。目前也無系統化採購公共危險物品之方法。

現以個案 E 化學公司某一工廠內的單項公共危險物品「乙醇胺」作為此個案 E 化學公司現行做法之數據實驗的範例以及操作分析的說明，詳細數據如附錄五附表 1 所述。此操作方法以 excel 演算即可。其中計畫時程為 16 週，可以看到個案 E 化學公司現行做法之採購方法，以國內整車有折扣優惠採購為主，一次的採購量為一整車 20000(L)，以有折扣優惠的價格去做採購。當該期的可用庫存量(可用庫存量=外租倉庫期初庫存量加上自有倉庫期初庫存量)小於該期毛需求時，則在該期需要有貨到，因此需要在前一週預先叫貨(國內採購前置時間為一週)，若以以下範例來說，每次僅只需訂一車就足夠滿足該期需求了。此外，可以看到外租倉庫沒有容量上限，自有倉庫內針對乙醇胺的管制上限為 3,360(L)(此數字來自於 5.2 節的表 5.5 整理所示)。累積 16 週規劃後的累計預排成本為 4,112,163 元。而透過此個案 E 化學公司現行做法推及到本研究第 3.2 節所提到的六項公共危險物品，本研究可以整理出以下表 5.4 之資訊，以供後續階段做比較與分析。(操作過程中，有部分的參數因與後續的情境不同而有所修正，在此也會統一標準以便後續計算過程的操作，以及後續 5.3 節本研究最佳化求解與前述做法之比較)

表 5.4 個案公司現行做法推及到六項公共危險物品之總成本整理表

公共危險物品	相關資訊 採購方法	自有倉庫容量上限之管制量 (推導過程與原由，見 5.2 節)	總成本
聚乙二醇(PEG300)	國內採購	4760(L)	1,458,385
乙醇胺	國內採購	3360(L)	4,112,163
二甲基乙醯胺	國內採購	560(L)	929,446
醋酸酐	國內採購	1540(L)	1,226,829
正己醇	國內採購	580(L)	2,861,578
苯甲醯氯	國內採購	760(L)	2,035,853

5.2 單項產品最佳化求解

蔡慶慧(2018)的文章中有提出，單項公共危險物品的最佳採購與倉儲調撥策略，成功幫助該個案 E 化學公司處理此同時考量管理存貨、調撥、採購的問題。其文章中建構出問題型態的數學模式，並提出多項求解演算法，更在文章最後使用最佳化求解軟體，找出單一工廠自有倉庫內單一產品之最佳化補貨、調撥、管理存貨方法，成功幫助該個案 E 化學公司處理了聚乙二醇 (PEG300) 此品項的補貨、調撥、管理存貨等問題，節省了該個案 E 化學公司每年約九十萬的成本在該品項上。也提供了該公司可以參考的多項做法。

本研究便引用蔡慶慧(2018)所使用的數學模式與問題結構來作為本節之數據實驗以及操作方法。不過經本研究使用同種方法與數學模式，但卻執行別種的最佳化軟體 (gurobi) 求解時有發現到某一現象，即本研究所得到的累計預排成本結果、求解執行時間與蔡慶慧(2018)所提出的文章有所差異，本研究採用最佳化軟體 (gurobi) 的求解執行時間為 0.17 秒，其累計預排成本為 5,610,035 元；而蔡慶慧(2018)所提出的成果則是最佳化軟體 (MATLAB) 求解執行時間為 3,596 秒，其累計預排成本為 5,645,774 元。本研究所測試的結論較為優秀，因此，本研究將使用蔡慶慧(2018)所提出之方法，但搭配的是最佳化軟體(gurobi)來做為接下來 5.2 節單項產品最佳化求解之操作的方法與過程，這樣一方面可以確保其求解過程更為有效率，另一方面也可以在後續比較中，都採用同一最佳化軟體(gurobi)來比較。

而在測試與實驗之前，本研究先將本研究的概念與蔡慶慧(2018)所做之研究概念先做結合，即將本研究提出的管制倍數概念轉換至蔡慶慧(2018)所做研究之自有倉庫容量上限之管制量。這麼做的原因在於本研究與蔡慶慧(2018)對於自有倉庫法定管制的界定方式有落差，需先統整以後，才可以在後續比較中做使用。蔡慶慧(2018)的文章中因考量到的情境較為簡易，所以個案 E 化學公司當時所提供的資訊為自有倉庫容量上限之管制量(此管制量的來由是個案 E 化學公司與消防單位所訂定的數值，其較原先管制倍數的概念來的較為簡易與保守，即此管制量的數字是比原先管制倍數所約束的數值來的較為小，這樣可以保證個案 E 化學公司在採購與倉儲的過程中不會造成違法)，但是到本研究所欲探討之多項產品的問題情境時，該自有倉庫容量上限之管制量的概念已不適用，也正因為如此本研究在發展的過程中，才使用了法定的管制倍數概念，較貼近現實也可以避免因為原先概念保守而無法操作的最佳化空間(操作的過程，也有部分的參數因後續的情境不同而有所修正，在此也會統一標準以便後續計算過程的操作，以及後續 5.3 節本研究最佳化求解與前述做法之比較)。

所以其轉換過後的資訊與計算過後的總成本結果，如下表 5.5 所示。其中 PEG300 的資料，本研究因考量另一工廠的採購資料，因此與原先蔡慶慧(2018)所做出來的成本有較大的數值差異。而管制倍數的分配方式則如先前的說明所示，詳細操作過程則是，根據個案 E 化學公司所給予的某一工廠對於第四大類易燃液體及可燃液體的公共危險物品之總管制倍數上限，本研究依照該工廠在該年不同的公共危險物品之需求，將總管制倍數上限分配給不同對應的公共危險物品品項來做使用，若該年需求高者則分配到的管制倍數較多，可以儲存的上限就相對來的高；反之亦然，以此方法來計算各大類底下小品項所分配到的管制倍數。而 0.95 這項係數則用以表示原先個案 E 化學公司跟消防單位所做作法之對應的保守係數(因原先做法並未將所有可用的上限管制做全部使用的動作)。管制量則是如附錄一附表內容針對不同類公共危險物品的管制量所示。

表 5.5 單項產品最佳化求解之修正與其對應之總成本整理表

存貨資料 公共危險物品	管制量	管制倍數	自有倉庫容量 上限之管制量	總成本
聚乙二醇(PEG300)	4000 公升	$1.25*0.95=1.19$	4760	1,022,027
乙醇胺	4000 公升	$0.88*0.95=0.84$	3360	3,489,875
二甲基乙醯胺	2000 公升	$0.29*0.95=0.28$	560	931,495
醋酸酐	2000 公升	$0.81*0.95=0.77$	1540	1,221,347
正己醇	1000 公升	$0.61*0.95=0.58$	580	2,856,855
苯甲醯氣	4000 公升	$0.20*0.95=0.19$	760	2,029,149

而本研究將經最佳化軟體(Gurobi)求解單項公共危險物品，計算後的決策結果，以附錄五附表 2 來輔以說明。本研究以乙醇胺為例，其他公共危險物品產品則是有同樣的操作過程，在此就不予以詳列，本研究僅列出其總成本為多少，這部分如上表 5.5 所示。而有關附錄五附表 2 的數據實驗，其中計畫時程同樣為 16 週，可以看到相較 5.1 節的個案 E 化學公司現行做法，蔡慶慧(2018)有提出除了國內供應商可以做採購之外，還有國外供應商可以做採購之方法，其前置時間雖然較久且較不具彈性，卻在價格上更有優惠，若以附錄五附表 2 為例，也可以觀察到此採購方法於操作的過程中也有被納入考量。並且蔡慶慧(2018)有明確定義出國外採購與國內採購進外租倉庫的進倉費用差異，詳細表達了因為進口數量差異、特性差異與包裝差異所帶來的單位成本差異。因此，這樣最佳化的採購安排與庫存管理，其較經驗法則來得較為有效率以及嚴謹，較不易產生庫存管理上的缺失以及人為經驗的失誤。

5.3 本研究最佳化求解與前述做法之比較

延續本研究第三章問題描述以及數學模式，接下來說明本研究同時考量多項公共危險物品補貨時間、補貨數量、調撥數量、調撥時間以及存貨管理等之最佳化軟體求解數學模式運算。其環境設定如下，計劃時程為 16 週，任選多項公共危險物品並以個案 E 化學公司給予的參數數據為基準，計算其無折扣優惠採購、國內有折扣優惠採購、國外有折扣優惠採購之預排訂單預定收到量、外租倉庫期初庫存量、外租倉庫期末庫存量、自有倉庫期初庫存量、自有倉庫期末庫存量、外租倉庫搬移至自有倉庫之庫存數量及各項成本等。

而在運用最佳化軟體求解之前，本研究先以下表 5.6 來先說明本研究與前述 5.1 節和 5.2 節的方法所考量的情境有何不同。

表 5.6 本研究與前述兩種方法之情境差異整理表

	採購方法			供應商是否可直接送往自有倉庫	是否使用管制倍數概念	是否能同時考量多種產品
	國內	國外	零星			
個案公司現行做法	✓					
蔡慶慧(2018)	✓	✓				
本研究	✓	✓	✓	✓	✓	✓

透過上表 5.6 整理以及本研究前述章節所描述的狀況可以得出以下結論，本研究比起前述兩種求解方法的情境而言，有額外允許供應商可以直接將貨物送往自有倉庫做使用，同時也新增了零星採購的採購方式來增加採購決策的選擇。此外，也透過採用第一章有提到的管制倍數概念來修正此問題，使其更貼近現實，並可以在修正之後，做同時考量多項公共危險物品的最佳化決策。以上便是本研究所提出之更貼近問題本質的情境修正與更改，也是與前述兩種情境的重要差異與比較。爾後，本研究便開始做同時考量多項公共危險物品的最佳補貨與倉儲調撥決策之最佳化軟體求解方法。本研究於實驗測試中，選取聚乙二醇(PEG300)、乙醇胺以及二甲基乙醯胺三種公共危險物品作為範例基準，相關運算內容及其運算結果 (16 週資訊) 如附錄五附表 3 所示。其最佳化軟體 (Gurobi) 求解執行時間為 10.33 秒，其累計預排成本為 4,198,950 元。依附錄五附表 3 所得相關資料內容帶入 Excel 表格計算，其精算結果 (16 週) 如附錄五附表 4 所示(簡化版本如下表 5.7 所示)，其累計預排成本為 4,199,712 元。

而計算完成以後，本研究開始來做個案公司現行做法、單項產品最佳化求解與本研究所提出的最佳化軟體求解之比較，但是因為個案 E 化學公司現行做法以及蔡慶慧(2018)所提出的方法僅適用於單一產品，而本研究所欲探討的情境為多項產品的情境，於原則上無法做比較。於是本研究透過另外一種方式來做比較，正是本研究將 5.1 節和 5.2 節之方法，多次應用於不同種公共危險物品，單獨計算所有單一產品之成本後，將其加總來作為多項公共危險物品的總成本；並與本研究一次性同時考量多項產品的模式來比較。其結果與比較以及後續分析就如下表 5.8，以及後續文字內容所示。

表 5.7 三項產品(數學模式 gurobi 求解)第 1 週至第 16 週簡化版規劃決策表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
聚乙二醇(PEG300)																
採購方法	無	無	國內外倉	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	零星採購	無
採購量	0	0	20,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,600	0
調撥量	0	0	7,800	0	8,000	0	0	0	0	0	0	0	2,800	400	0	1,000
總成本	0	0	718,906	1,231	3,601	971	766	766	766	527	287	287	1,260	399	228,622	507
乙醇胺																
採購方法	無	無	無	無	無	零星採購	無	無	無	零星採購	無	無	國內外倉	無	無	無
採購量	0	0	0	0	0	9,000	0	0	0	7,000	0	0	16,000	0	0	0
調撥量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,400	7,600	0	6,400
總成本	0	0	0	0	0	955,059	69	20	20	745,320	315	9	1,422,919	3,757	916	2,456
二甲基乙醯胺																
採購方法	無	無	無	無	無	無	無	無	無	零星採購	無	無	無	無	無	無
採購量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,800	0	0	0	0	0	0
調撥量	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
總成本	153	33	7	7	7	7	7	7	7	96,638	316	164	164	164	164	109
運輸調撥成本	2,000	0	2,000	0	2,000	0	0	0	0	0	0	0	2,000	2,000	0	2,000
總累計預排成本：4,199,712																

表 5.8 個案公司現行做法、單項產品最佳化求解與本研究最佳化軟體求解後之成果比較表

演算法 存量與成本項目	個案公司現行做法			單項產品最佳化求解			本研究最佳化軟體求解		
	聚乙二醇	乙醇胺	二甲基乙醯胺	聚乙二醇	乙醇胺	二甲基乙醯胺	聚乙二醇	乙醇胺	二甲基乙醯胺
總外倉期初庫存量	68,800	66,000	110,000	96,000	80,600	110,400	61,400	28,600	400
總外倉期末庫存量	81,800	71,400	128,200	98,400	85,200	128,600	61,400	29,200	0
總自倉期初庫存量	40,343	25,586	3,471	1,143	2,986	2,656	33,343	2,986	3,856
總自倉期末庫存量	41,809	28,837	3,219	1,209	3,037	2,803	33,409	3,037	4,003
總調撥數量	27,000	34,600	1,800	25,600	31,400	2,200	20,000	15,400	400
總外倉倉儲成本	24,839	30,272	14,890	20,068	28,779	15,042	15,991	11,765	139
總自倉持有成本	5,545	9,890	556	159	1,096	453	4,506	1,096	1,414
總運輸調撥成本	8,000	12,000	4,000	16,000	12,000	6,000			16,000
總採購成本	1,400,000	4,040,000	900,000	964,000	3,428,000	900,000	918,400	3,088,000	86,400
總訂購成本	20,000	20,000	10,000	20,000	20,000	10,000	20,000	30,000	10,000
累積預排成本	1,458,385	4,112,163	929,446	1,020,227	3,489,875	931,495	958,897	3,130,861	97,954
預排成本總計			6,499,994			5,441,597			4,199,712
成本減少			0			-1,058,397			-2,300,282
成本減少百分比			0.00%			-16.28%			-35.39%

總結上述成果來看，本研究所提供之最佳化求解方法，在同時考量多項公共危險物品的操作以及結果上，比前述個案 E 化學公司現行做法以及蔡慶慧(2018)所提供之單項產品最佳化來的更為優秀。

經本研究觀察數值，研討分析後，認為其原因就在於這是本研究所修正情境之差異所帶來的貢獻，因前述有提到本研究有納入零星但無折扣優惠的採購，使其可以以較彈性的採購方法來採購，讓採購以及庫存管理做更有效率的運用(這部分可由二甲基乙醯胺的採購過程，以及總成本差異便可以觀察得知)；此外，本研究現允許國內外供應商直接將貨物送達自有倉庫內做使用，無須額外再經過外租倉庫的儲存，使得無須額外調撥以及負擔外租倉庫使用費(這部分透過文字描述直觀就可以知道能改善總成本的使用，若以範例分析為主，本研究可以觀察到乙醇胺的採購過程有使用到此方法，就可得知此方法是節省成本的重要過程)；本研究納入管制倍數的概念，使得此問題可行解的區間加大(自有倉庫受法定管制限制相較前述兩種方法來的不那麼保守，解有更多的搜尋空間)，其結果本就可能找到更佳且更有效率的方式。

5.4 各演算法的滾動

接下來說明本研究將上述兩種方法(除了個案 E 化學公司現行做法外)做每次滾動 4 週，演算至一整年(52 週)的方法。此滾動方法的優勢就在於可以隨時應對變化的需求以及外在條件，修正參數與規劃方向，比一次性規劃一整年的決策來的較具彈性。其中，原先個案 E 化學公司現行做法已經採用前置時間最短的國內採購，規劃時間若需求與規劃方向發生變化，按照其方法即可隨時反應，因此可直接推估到一整年，再來與滾動後的兩種方法比較即可。

此演算方法詳細操作過程如下，以推導附錄五附表 4 的原參數資訊為基準，每次滾動 4 週，共滾動 10 次，累計計劃時程為 52 週 ($4 \times 9 + 16 = 52$)，期別 1 期至 9 期只累計其前 4 週之成本，期別 10 則累計 16 週之成本 (因為已經完成一整年度的滾動)。其中滾動時，原國內、國外採購的預排訂單預定收到量將有其對應的預排訂單開立量(此預排訂單開立量與預排訂單預定收到量數值相同，但時間點不同，預排訂單開立時的時間點加上此種採購方法所需之前置時間，即代表預排訂單預定收到的時間點)，當預排訂單預定收到量不在每一期別規劃期間的前四週但此開立量卻介於前四週的話，就會規劃成排定收到量，因為已經在該次規劃中下訂單且尚需要到未來的時間點才會到貨，因此無法在決策環節中再次改變。舉例來說，如假設現階段規劃 1 到 16 週的規劃決策(即實際操作時間為 1 到 4 週)，國內採購與國外採購的前置時間分別是 1 週跟 9 週，現規劃中第 5 週有國內採購預排訂單預定收到量、第 10 週有國外採購預排訂單預定收到量，分別對應到的第 4 週與第 1 週會有預排訂單開立量，因預定收到量超過實際操作時間(1 到 4 週)且開立量在前四週內，所以就變成下個期別的排定收到量。

所以以此滾動方法操作在單項產品最佳化求解以及本研究最佳化求解，本研究可得知單項產品最佳化求解滾動後的年度累計數量與總成本，以附錄五附表 5 所示，以及可以得知本研究最佳化軟體求解滾動後的年度累計數量與總成本，以附錄五附表 6 所示。最終將個案公司現行做法與兩種方法滾動後總成本做比較，其比較表，則如表 5.9 所示。

表 5.9 個案公司現行做法與兩種方法每期滾動 4 週之年度累計數量與總成本比較表

演算法 存量與成本項目	個案公司現行做法			單項產品最佳化求解			本研究最佳化軟體求解		
	聚乙二醇	乙醇胺	二甲基乙醯胺	聚乙二醇	乙醇胺	二甲基乙醯胺	聚乙二醇	乙醇胺	二甲基乙醯胺
總外倉期初庫存量	347,400	354,200	694,800	294,000	234,200	702,200	81,600	191,000	400
總外倉期末庫存量	347,400	354,200	694,800	298,400	239,600	717,200	81,600	191,000	0
總自倉期初庫存量	180,209	122,918	15,511	57,809	15,724	8,060	171,809	36,924	22,260
總自倉期末庫存量	180,209	122,918	15,111	57,905	15,796	8,119	171,905	36,996	22,319
總調撥數量	140,000	100,000	20,000	127,600	81,000	5,000	36,000	44,000	400
總外倉倉儲成本	106,614	101,040	62,039	92,578	76,493	58,411	25,904	47,056	139
總自倉持有成本	24,328	44,676	2,544	7,811	5,737	1,343	23,201	13,453	8,097
總運輸調撥成本	50,000	34,000	18,000	50,000	30,000	16,000			28,000
總訂購成本	70,000	50,000	10,000	100,000	90,000	10,000	150,000	90,000	30,000
總採購成本	4,900,000	10,100,000	900,000	4,476,000	8,296,000	900,000	4,320,400	8,197,000	220,800
累積預排成本	5,150,943	10,329,715	992,583	4,726,389	8,558,230	985,754	4,519,505	8,347,509	259,037
預排成本總計			16,473,241			14,270,373			13,154,051
成本減少			0			-2,202,868			-3,319,190
成本減少百分比			0.00%			-13.37%			-20.15%

總結上述成果來看，多項公共危險物品每 4 週滾動，滾動到年度的總成本以本研究所提供之最佳化求解方法為最佳。其原因，本研究認為同樣與 5.3 節前後探討到的三種方法之情境差異所帶來的成本節省效益雷同。由此可知，在新增採購方法、管制倍數納入、供應商可以直接送往自有倉庫等條件下，本研究所提供之最佳化軟體方法較其他方法，在求解同時考量多項公共危險物品最佳補貨與倉儲調撥決策上更具彈性及求解效力，不論是在計畫時程 16 週內，還是滾動到年度總成本的計算上。

5.5 極端解的應用以及比較

在此章節探討極端解的應用以及比較之前，本研究先針對 5.1 節到 5.4 節的成果做一個簡單的總結。首先，個案 E 化學公司所採用的方法是經驗法則、人為作業，不考量國外採購，以國內整車有折扣優惠採購為主，其方法造成的總成本最高且不具系統化解決問題的能力，也是本篇論文與蔡慶慧(2018)所要改善之問題背景以及原因。再者，根據蔡慶慧(2018)所提出的文章，有關單項產品最佳化求解的方法，其新增國外供應商，也提供新的參數設定方式，成功為個案 E 化學公司改善單項產品的求解過程，但是因第一章所討論到的管制倍數概念應用，導致此方法不能同時使用多次來計算多項公共危險物品的最佳補貨與倉儲調撥決策，也正因為如此本研究才發展來起來。最後，則是本研究提出之方法，可以應用在同時考量多項產品之規劃問題(單項產品亦可)，相較前述兩種多了使用管制倍數概念，提供新的採購方式以及供應商運送方法等情境差異，其成果也是三種方法中最好的，不論是在計畫時程 16 週還是一整年。

而本研究也在操作滾動三種演算法到一整年的過程中，有發現某一個現象，即是將上述同時求解三項公共危險物品最佳補貨與倉儲調撥決策模型滾動到一整年時，會發現後面所採用的採購方法以及操作過程大多以國外採購進外租倉庫、國外採購進自有倉庫以及零星採購為主，很少提到國內採購進外租倉庫或國內採購進自有倉庫。所以本研究在此便發想說，若以極端解的形式(都採用某種採購方法)來操作簡化此操作過程，會得到什麼樣子的結果，再將此結果跟本研究同時求解三項公共危險物品最佳補貨與倉儲調撥決策模型滾動到一整年的成果去做比較，求解出極端解與最佳解的差異，以做後續比較以及分析。

而此極端解的應用與發展原因，來自為了簡化操作過程(相比最佳解的數學模型使用)，以便個案 E 化學公司實務操作。在此本研究採用的極端解有兩種，這兩種都是將以上述觀察到的現象來轉化應用。第一，是將一整年都使用零星採購的方法來採購的極端解。第二，是將前期採用零星採購，後期都採用國外採購進外租倉庫為主的極端解(進外租倉庫的原因是避免操作過程中進自有倉庫會產生違法法令的現象)(在此也強調此極端解的應用，僅適用於一整年的操作，若操作時考量的時間跟本研究操作的規劃時程(四個月)一樣長時，那此時極端解的效益便不高(因上述觀察是來自一整年的過程所觀察到的結果，短期看不出來)，甚至因前置時間的要求而無法發展。)

所以後續操作極端解的產生過程如同個案 E 化學公司現行做法雷同，一樣是將數據資料放入 excel 之中，透過演算的過程來產生。其中零星採購極端解的操作過程，本研究是將零星採購的採購數量設在該期需求減掉可用庫存量(外租倉庫期初庫存量加上自有倉庫期初庫存量)後，若是大於 0 的話，再取無條件進位之後的桶數(可以保證滿足需求又不會採購太多)；小於 0 的話，則不需要採購。而因零星採購是直接進入自有倉庫，導致操作過程中外租倉庫基本上都沒有使用，調撥數量也都為零。另外，前期採用零星採購，後期都採用國外採購進外租倉庫的極端解，本研究假定前期(國外採購前置時間內)只能使用零星採購的方法來滿足需求，操作過程如第一種極端解一致。後期(國外採購前置時間外)則都採用國外採購進外租倉庫的方法，調撥數量定義為該期需求減掉可用庫存量(外租倉庫期初庫存量加上自有倉庫期初庫存量)，若是大於 0 的話，再取無條件進

位之後的桶數(可以保證滿足需求又不會調撥太多)；小於0的話，則不需要採購。本研究將此兩種極端解跟本研究附錄五附表 6 的最佳解去做比較，如下表 5.10 的成果所述。

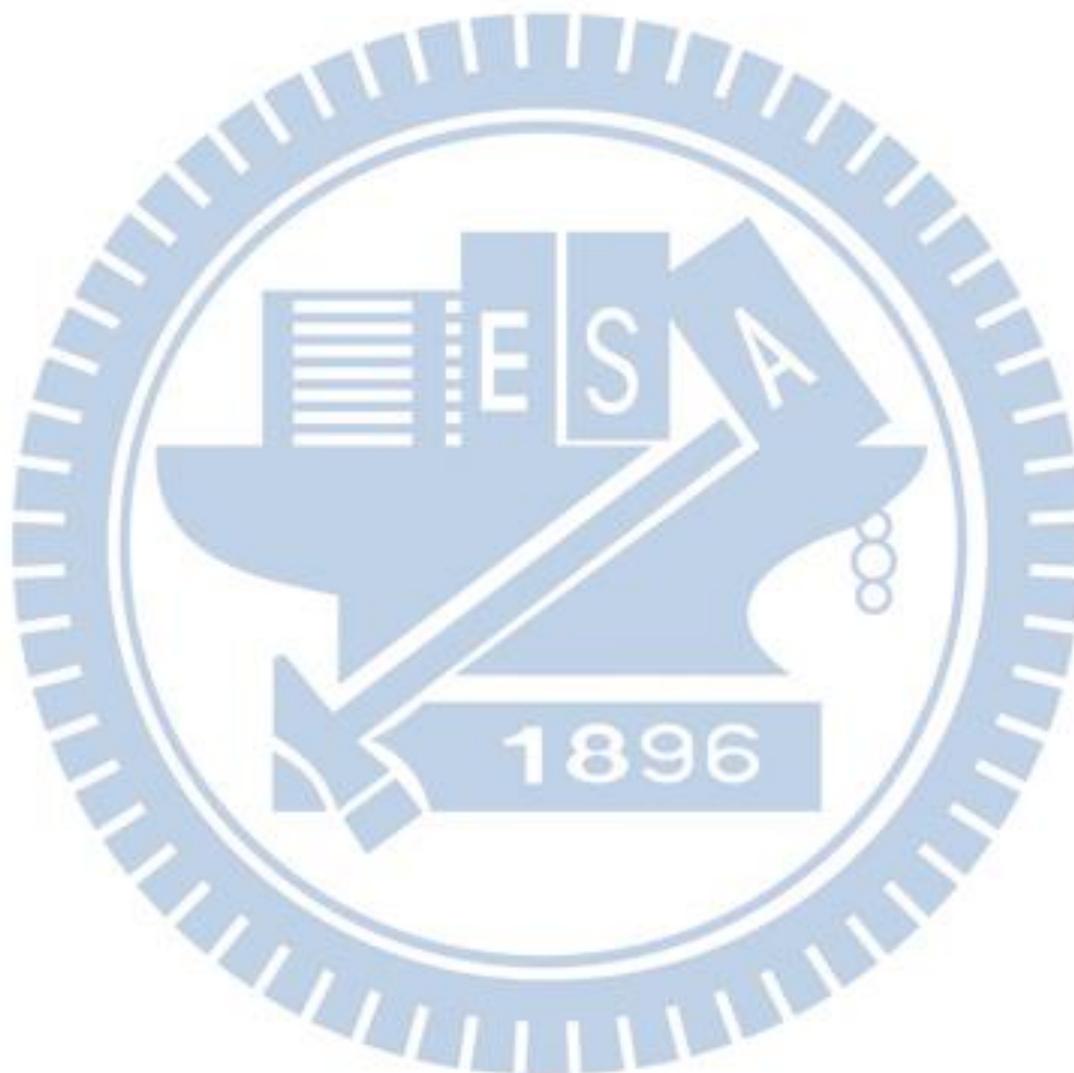


表 5.10 兩種極端解與本研究每期滾動 4 週之年度累計數量與總成本比較表

演算法 存量與成本項目	零星採購極端解			前期零星後期國外外倉極端解			本研究最佳化軟體求解		
	聚乙二醇	乙醇胺	二甲基乙醯胺	聚乙二醇	乙醇胺	二甲基乙醯胺	聚乙二醇	乙醇胺	二甲基乙醯胺
總外倉期初庫存量	0	0	400	160,800	192,800	400	81,600	191,000	400
總外倉期末庫存量	0	0	0	165,400	194,200	0	81,600	191,000	0
總自倉期初庫存量	6,609	3,324	3,511	6,609	3,324	3,511	171,809	36,924	22,260
總自倉期末庫存量	6,705	3,396	3,571	6,705	3,396	3,571	171,905	36,996	22,319
總調撥數量	0	0	400	115,400	70,600	400	36,000	44,000	400
總外倉倉儲成本	0	0	139	73,664	60,709	139	25,904	47,056	139
總自倉持有成本	899	1,223	1,273	899	1,223	1,273	23,201	13,453	8,097
總運輸調撥成本			2,000			78,000			28,000
總訂購成本	290,000	210,000	110,000	190,000	130,000	110,000	150,000	90,000	30,000
總採購成本	4,976,400	9,093,000	220,800	4,435,800	8,016,000	220,800	4,320,400	8,197,000	220,800
累積預排成本	5,267,299	9,304,223	332,212	4,700,363	8,207,932	332,212	4,519,505	8,347,509	259,037
預排成本總計			14,905,734			13,318,506			13,154,051
成本增加			1,751,683			+164,455			0
成本增加百分比			+13.32%			+1.25%			0.00%

透過表 5.10 可以看到，三項產品採購範例以這兩種極端解操作過後的總成本與本研究最佳化操作過後，滾動到一整年的總成本之比較。可以看到若以個案 E 化學公司現行數據來看的話，零星採購極端解比最佳解多了 1,751,683 元的成本，增加百分比約 13.32%，增加幅度高，代表此極端解操作方法相比本研究作法而言，雖簡化問題操作過程，卻也增加了大量成本，不太適合個案 E 化學公司實務操作；但是前期零星後期國外外倉極端解，卻僅比最佳解多了 164,455 元的成本，增加百分比約 1.25%，增加幅度小，代表此極端解操作方法相比本研究作法而言，簡化了問題操作過程，卻僅小幅度增加了成本，適合個案 E 化學公司實務操作。

所以總結來說，若以個案 E 化學公司所給予的現行數據來看，全部零星採購的極端解實際效用並不大；前期零星後期國外外倉的極端解，相比最佳化求解簡化了問題操作過程，卻僅小幅度增加了成本，適合個案 E 化學公司實務操作；最佳化求解的過程雖較為繁複，但卻可以確保求得最佳的答案。兩種方法各有優缺點，全交由個案 E 化學公司決策者該如何抉擇。(當然，隨著問題規模增加、考量公共危險物品品項數增加，此極端解與最佳解的差距亦會擴大，此時一樣交由個案 E 化學公司決策者自行抉擇)。

此外，在操作與數據實驗的過程中，本研究亦發現，根據個案 E 化學公司所給予的參數資訊，不論同時考量多少公共危險物品在內，最佳化軟體的求解時間基本上都不長，僅需 10 秒內就可以完成問題，這與本研究一開始所設想的成果不太一致，畢竟正常情況下，考量的公共危險物品越多，其數學模式的變數及限制式也相對增加，其問題的難度也應該增加，導致求解時間變長才對。因此原因，本研究開始仔細觀察與分析實驗中數據與結果，分析其有以下原因：第一、需求太小導致問題難度不高。根據個案 E 化學公司所給予的數據可以知道，某些品項一整年的需求加總起來甚至不滿一車(20000L)，所以在決策的過程中，基本上沒有什麼可以做操作的空間，一開始叫一整車即可以滿足一整年的需求，導致規劃的計畫時程中採購次數少，後續的許多採購類型變數都為 0，其他連帶影響的因變數變化次數也跟著低落，問題難度大幅下降。第二、管制倍數總上限太高，導致僅使用自有倉庫即可，無須採納外租倉庫，無法產生調撥行為，後續調撥相關變數基本上都是 0。因本研究是透過加總每一個需要被規劃的公共危險物品之所對應分配到的管制倍數，來做為同時考量多項公共危險物品的自有倉庫法令管制倍數總上限。所以，每當新增一個需要規劃的公共危險物品品項後，整體規劃可使用的法令管制倍數總上限就提高，其自有倉庫內可以操作的空間就變大，若此時再加上第一點需求太小的原因，基本上操作的情況變成以下情況：新增越多公共危險物品項做考量，但並非所有品項需求都大，即部分品項需求小，所以需求小之品項所提供的管制倍數都被原先需求大的公共危險物品拿去使用，使用的過程中甚至還有剩餘，所以就不需採用外租倉庫，直接送往自有倉庫即可。

本研究覺得會產生上述兩種情況的主要原因就在於需求量太小，這與個案 E 化學公司現行保守概念息息相關。而本研究認為此保守概念正是因為個案 E 化學公司沒有系統化決策此問題的方法，不懂得利用管制倍數所對應可以儲存的空間，以至於後續個案 E 化學公司為了不違反法令，所以只好保守地將每次採購量設定的都比實際可以採購的量還來的小。更甚者的原因，也可能是個案 E 化學公司需求量其實很大，但個案 E 化學公司為了攤銷此大量需求，就新增多個自有倉庫與使用外租倉庫來做倉儲工作，看似解決了需求很大之問題，實則是低估了每個自有倉庫可以儲存的空間，導致每個自有倉庫所配到的需求都很小，在決策的過程中其問題難度就變得極為簡易。

5.6 困難度高的問題與運用模擬退火法求解之效益驗證

延續 5.5 節後面所提到的總結，個案 E 化學公司所給予的數據資訊較為簡易，導致求解的過程中基本上都不需要太長的求解時間，其原因有兩個：第一個是需求量太小，導致決策過程中採購的發生次數低，以致許多採購變數都為 0，連帶影響其他因變數的變動次數也很低；另一個則是管制倍數總上限設太高，導致給予公共危險物品在自有倉庫的儲存空間太大，根本無需採用外租倉庫，沒有調撥行為。兩種原因都會使考量的變數與限制式減少，問題複雜度下降。所以本研究後續就透過測試需求量較大以及管制倍數總上限較小的範例來做數據實驗，也發現到此測試的結果，就如同研究一開始所預期的一般，每新增一種公共危險物品品項，其多項公共危險物品的規劃問題就變得越難，在此本研究稱之為困難度較高之問題。

而本研究在此也分析為何透過提高需求量以及將管制倍數總上限下降就會造成問題變得困難度高呢？其原因如同以下分析：首先，若當公共危險物品品項之需求量提高，基本上很多期的採購類型決策變數就必須要有值，才可以滿足需求，但若採購類型決策變數有值的話，本研究數學模式中的多項採購方面之限制式就會發生作用(如限制式 3.7~3.11 有關採購數量的定義、限制式 3.12~3.16 有關採購方法的決定、限制式 3.17 有關當期只能選用一種採購方法的限制) 以及後續限制式 3.18~3.24 也會因為採購方法、採購數量的新增而跟著活絡起來做決策。而進一步的，當眾多公共危險物品品項需求都很高的情況發生時時，就都會各自產生如此狀況，若再搭配管制倍數總上限限制時，就會產生多種公共危險物品品項採購方法及採購數量抉擇之交錯問題產生，其問題難度就會變得非常高，所需考量的決策選擇就會非常多；另一方面就是當管制倍數總上限下降，自有倉庫內多項公共危險物品的儲存空間就會下降，外租倉庫的使用就成為必然發生之事項，而該在什麼時間點調撥以及調撥多少數量，就會讓問題產生複雜性(限制式 3.18、3.19 有關調撥的限制式就會產生作用)，而此過程也會連帶影響其他決策變數與因變數的決策過程，也會使問題難度提高。而總結來說，因改變上述兩種情況，本研究之問題中的多項決策變數可以做出的選擇就變得很多，問題複雜度就提高，變成難度極高的問題。

而本研究透過增加需求量來構建的困難度較高之問題的數據實驗如下，本研究先以本研究所提出的最佳化求解軟體來做求解，其求解成果以及求解時間，就如同下表 5.11 的整理所示。

表 5.11 困難度高的問題之最佳化求解成果與時間整理表

問題產品數	公共危險物品	是否使用到外租倉庫	總成本	求解時間
1	聚乙二醇	是	5,427,337.82(元)	1.58(秒)
2	聚乙二醇+乙醇胺	是	16,648,523.47(元)	81.25(秒)
3	聚乙二醇+乙醇胺+二甲基乙醯胺	是	19,471,003.91(元)	7468.92(秒)
4	聚乙二醇+乙醇胺+二甲基乙醯胺+醋酸酐	是	27,550,492.84(元)	超過 600,000(秒)

其中可以發現，最佳化軟體在求解此困難度較高之問題時，基本上都會有使用到外租倉庫，不會像上述結論所討論到的僅使用自有倉庫之情況。再者，若考量的公共危險物品品項數少的時候，最佳化軟體的求解速度是還可以接受的，但隨著品項數的增多，

其求解的難度也隨之增高，到三項產品時就已經需要超過兩個小時左右之時間，四項產品之時候甚至需要五、六天以上，這就有點不符合實務個案 E 化學公司所要求的求解時間。

因此，此時本研究第四章所研究出之模擬退火法便可派上用場，模擬退火法是一種巨集啟發式解法，在求解這種難度極高的問題時，它可以在相較最佳化軟體求解所需要的時間下，以一個很短的時間便可以找出一個不錯的近似解。本研究也透過與個案 E 化學公司詳談中得知，在實務問題中，求得最佳解固然重要，但如果求得此最佳解需要花上大量時間，無法在短時間內給決策者一個答案的話，其實務效益就很低；但是，若能在有限的時間內，給予決策者一個可供參考之近似解時，這個方法在實務問題中，效益就相對來的高。

5.6.1 範例中的重要參數設定

所以接下來，本研究就使用第四章之模擬退火法，來求解數據實驗中所設計的困難度高問題。在此本研究延續第五章前面都使用的三項產品範例，也以三項產品為範例進行數據實驗，來說明模擬退火法的效益分析結果，而其演算的過程與方法就如第四章所述。

但在開始說明本研究所進行的上述三項產品模擬退火法的成果效益分析之前，需先介紹本研究針對上述情況的模擬退火法中重要參數該如何設定，分別是有關起始溫度 T_0 、疊代迴圈總次數 $Length$ 、構成 $Length$ 所使用的參數 $neighborhood$ 以及 $sizefactor$ 、降溫係數 R 、終止條件的停止門檻百分比 $minpercent$ 。這些針對上述情況的模擬退火法中重要參數，其中除了 $minpercent$ 外其他各項參數的定義，於 4.1 節中內容中有提到； $minpercent$ 的定義則是在 4.3.6 節中有提到，以表 5.12 來描述上述的模擬退火法中重要參數之設定情況。

表 5.12 本研究實驗三項產品模擬退火法中的重要參數設定整理列表

參數名稱	定義	本研究設定數值
T_0	起始溫度	2,204,540
$Length$	每一個溫度下的疊代迴圈總次數	$neighborhood * sizefactor$
$neighborhood$	鄰域解總個數	產品數*規劃期數*單期鄰域解個數 = 528
$sizefactor$	問題規模係數	1
R	降溫係數	0.75
$minpercent$	終止條件的停止門檻百分比	0.02

其中前三項重要參數 T_0 、 $Length$ 、 $neighborhood$ 本研究都是按照其定義中常用的設定方式來設定；而後三項重要參數，本研究則是根據多次數據實驗與測試之後，才整理歸納出來總成本表現較好的參數選擇。接著，本研究便細項說明，若以採購三項公共危險物品，這些參數是如何設計的。

● 起始溫度 T_0

本研究計算方式：本研究允許一開始搜尋過程中，跑到更差解的接受機率($e^{\frac{-\Delta}{T_0}}$)=0.4，透過觀察最大可能的 Δ 值，來反推 T_0 的值。其中最大可能的 Δ 值，透過參數資訊以及變化鄰域解方式可以推估出來。而後步驟便如下操作所述，步驟 1，觀察三樣公共危險物品中，擁有最高單價的品項，透過改變這個品項的採購量，就可能產生最大的 Δ 值。以上述範例，乙醇胺擁有三種之中最高的單價。步驟 2，觀察變化鄰域解方式，找出增加

採購量最大的方法。以上述範例，多一趟國內採購有折扣優惠，可多整車 20,000(L)。步驟 3，將上述兩點相乘便可以得到最大可能的 Δ 值 2,020,000 (101*20,000)。步驟 4，之後套入($e^{-\frac{2,020,000}{T_0}}$) = 0.4。反推求得 T_0 為 2,204,540。

- 每一個溫度下的疊代迴圈總次數 *Length*
本研究計算方式：*neighborhood* * *sizefactor*，所以求得兩個重要參數便可以求得。
- 鄰域解總個數 *neighborhood*
本研究計算方式：產品數 * 規劃期數 * 單期鄰域解個數。現產品數 = 3、規劃期數 = 16 期(週)、單期鄰域解個數 = 11(包含不改變)，所以相乘結果 *neighborhood* = 528 個。
- 問題規模係數 *sizefactor*
本研究計算方式：數據實驗中反覆測試最優結果。所以本研究反覆測試之後有以下圖 5.1 以及圖 5.2 的結果。

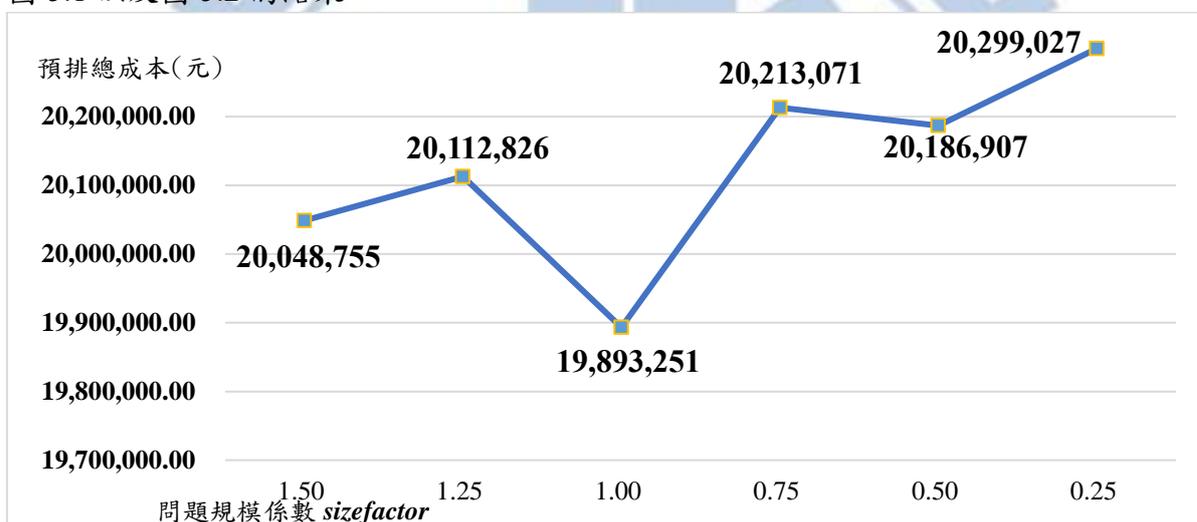


圖 5.1 預排總成本與問題規模係數 *sizefactor* 的敏感度分析圖

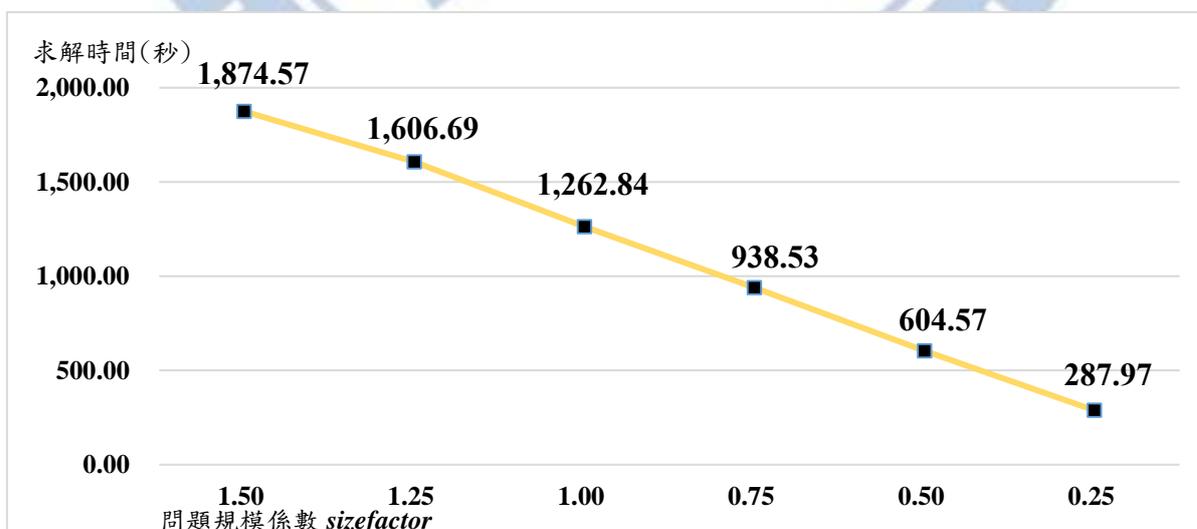


圖 5.2. 求解時間與問題規模係數 *sizefactor* 的敏感度分析圖

透過觀察上述圖 5.1 以及圖 5.2 有關預排總成本與求解時間跟問題規模係數 *sizefactor* 的敏感度分析，可以得知，若以時間與成本綜合考量，可以看到當 *sizefactor* = 1 時預排總成本最低，求解時間雖並非最低，但大約也在 25 分鐘內。是本研究認為最好的結果，所以後續實驗也以 *sizefactor* = 1 為主。(其中本研究亦有測試 *sizefactor* = 2 以及 1.75 的結果，其成本表現並無更好，求解時間超越 2,500 秒，因此在簡單測試後便予以刪除。)

● 降溫係數 *R*

本研究計算方式：數據實驗中反覆測試最優結果。所以本研究反覆測試之後有以下圖 5.3 以及圖 5.4 的結果。

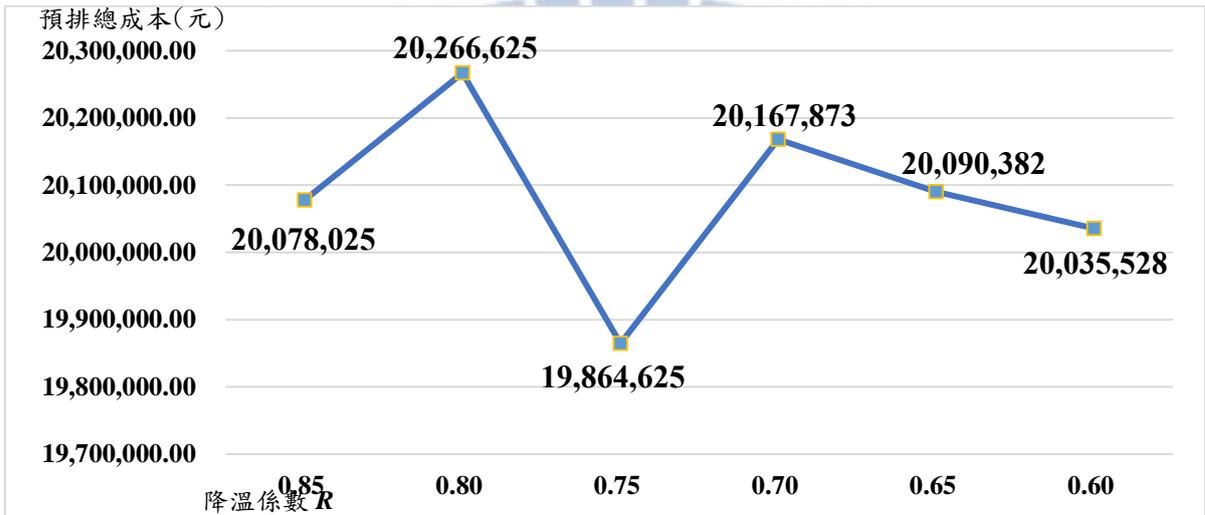


圖 5.3 預排總成本與降溫係數 *R* 的敏感度分析圖

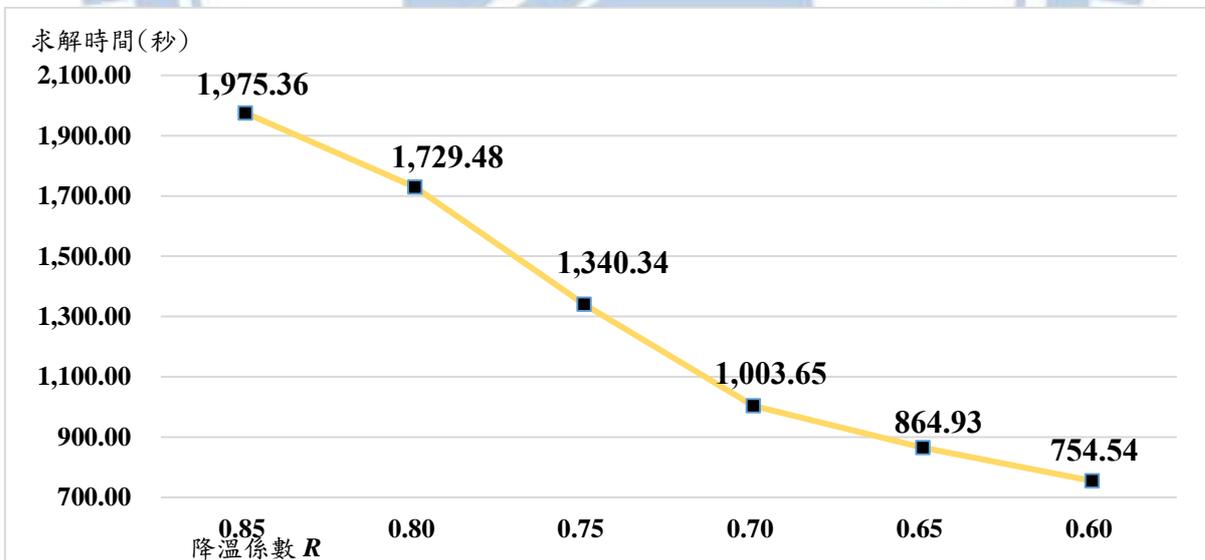


圖 5.4 求解時間與降溫係數 *R* 的敏感度分析圖

透過觀察上述圖 5.3 以及圖 5.4 有關預排總成本與求解時間跟降溫係數 *R* 的敏感度分析，可以得知，若以時間與成本綜合考量，可以看到當 *R* = 1 時預排總成本最低，求解時間雖並非最低，但大約也在 25 分鐘內。是本研究認為最好的結果，所以後續實驗也以 *R* = 1 為主。(其中本研究亦有測試 *R* = 0.95 以及 0.9 的結果，其成本表現並無更好，求解時間超越 2,500 秒，因此在簡單測試後便予以刪除。)

● 終止條件的停止門檻百分比 *minpercent*

本研究計算方式：數據實驗中反覆測試最優結果。所以本研究反覆測試之後有以下圖 5.5 以及圖 5.6 的結果。

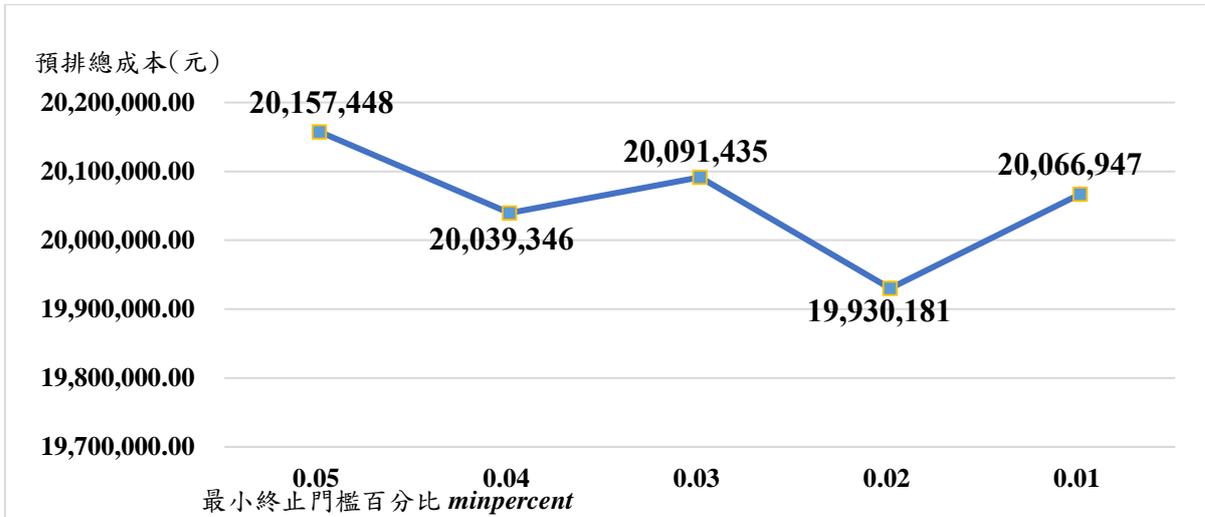


圖 5.5 預排總成本與終止條件的停止門檻百分比 *minpercent* 的敏感度分析圖

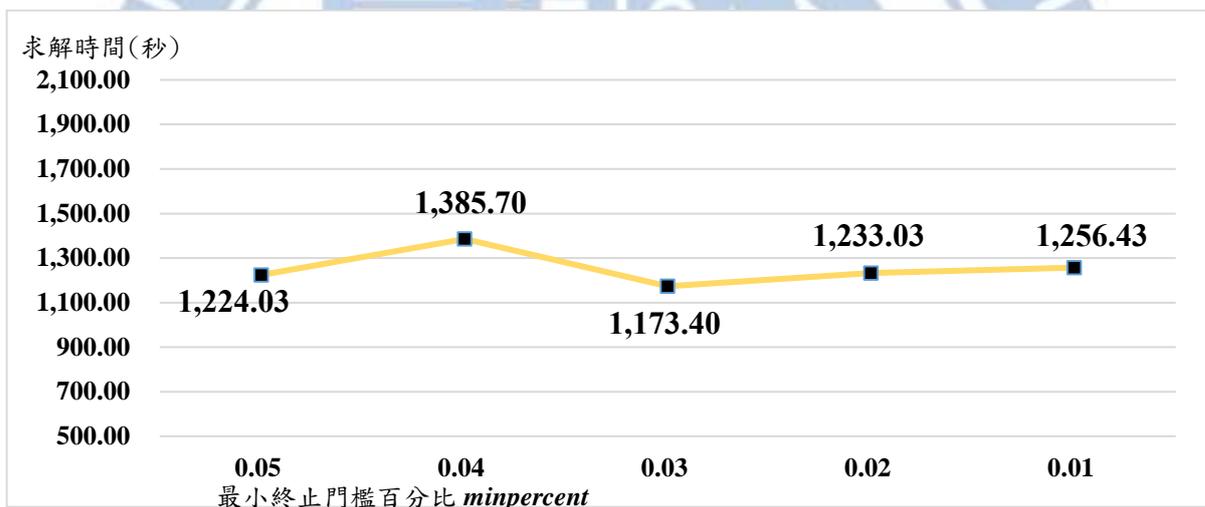


圖 5.6 求解時間與終止條件的停止門檻百分比 *minpercent* 的敏感度分析圖

透過觀察上述圖 5.5 以及圖 5.6 有關預排總成本與求解時間跟停止門檻百分比 *minpercent* 的敏感度分析，可以得知，在此範例中，改變最小終止門檻百分比 *minpercent* 的參數值，其實不顯著影響求解時間跟總成本，其中差距都很小。本研究便任意選用，選用 *minpercent* =0.02 來做為此範例的重要參數設定。

以上便是本研究以採購三項公共危險物品為例的重要參數設定步驟與細節。當介紹完此重要參數後，便可以操作模擬退火法來求解。

5.6.2 模擬退火法實際操作成果

所以，在介紹完這些模擬退火法重要參數以後，經過本研究多次求解該範例以後，本研究模擬退火法有以下實際操作後的成果，包含關於本研究第 4.3.4 節所設定的簡單篩選不可行機制的成果以及求解得出的最佳近似解成果，如前者以下表 5.13、圖 5.7、圖 5.8 說明所示，後者以下附錄五附表 7 所示(簡化版本如表 5.14 所示)。此外，本研究也將最佳化軟體求解三項產品之結果以及模擬退火法所求解之近似解結果，以表 5.15 來做比較及分析。

表 5.13 本研究簡單篩選不可行解機制之效益分析表

	求解時間 (秒)	全部搜尋過的 鄰域解總數(個)	最佳化軟體 判定的不可行解(個)	本研究簡單篩選機制篩選的不 可行解(個)	簡單篩選機制篩選的不可行解占全 部的比例	對應節省的求解時間 (秒)	原先時間 (秒)	節省比例
1	1,533.60	26,400	7,100	7,343	50.84	440.58	1,974.18	22.32
2	1,217.10	20,592	4,902	4,786	49.40	287.16	1,504.26	19.09
3	1,067.05	19,008	5,025	5,056	50.15	303.36	1,370.41	22.14
4	2,274.78	41,184	12,882	11,789	47.78	707.34	2,982.12	23.72
5	1,907.86	30,096	7,679	7,922	50.78	475.32	2,383.18	19.94
6	1,533.60	26,400	7,100	7,343	50.84	440.58	1,974.18	22.32
7	1,217.10	20,592	4,902	4,786	49.40	287.16	1,504.26	19.09
8	634.76	11,616	3,790	3,460	47.72	207.60	842.36	24.65
9	2,857.20	46,200	12,368	12,657	50.58	759.42	3,616.62	21.00
10	1,880.16	34,056	9,942	9,704	49.39	582.24	2,462.40	23.65
11	1,767.00	31,680	9,234	8,120	46.79	487.20	2,254.20	21.61
12	1,601.27	29,040	8,271	7,658	48.08	459.48	2,060.75	22.30
13	1,855.70	31,680	7,686	7,907	50.71	474.42	2,330.12	20.36
14	1,219.70	21,120	5,499	5,279	48.98	316.74	1,536.44	20.62
總平均	1,611.92	27,833	7,599	7,415	49.39	444.90	2,056.82	21.63

(上述範例測試成果，都同樣是以三種公共危險物品範例為主，僅改變模擬退火法的重要參數設定，其中相同顏色框框起來的，代表是以相同模擬退火法重要參數設定下的範例測試成果；其餘的，則代表以不同參數設定的範例測試成果。)

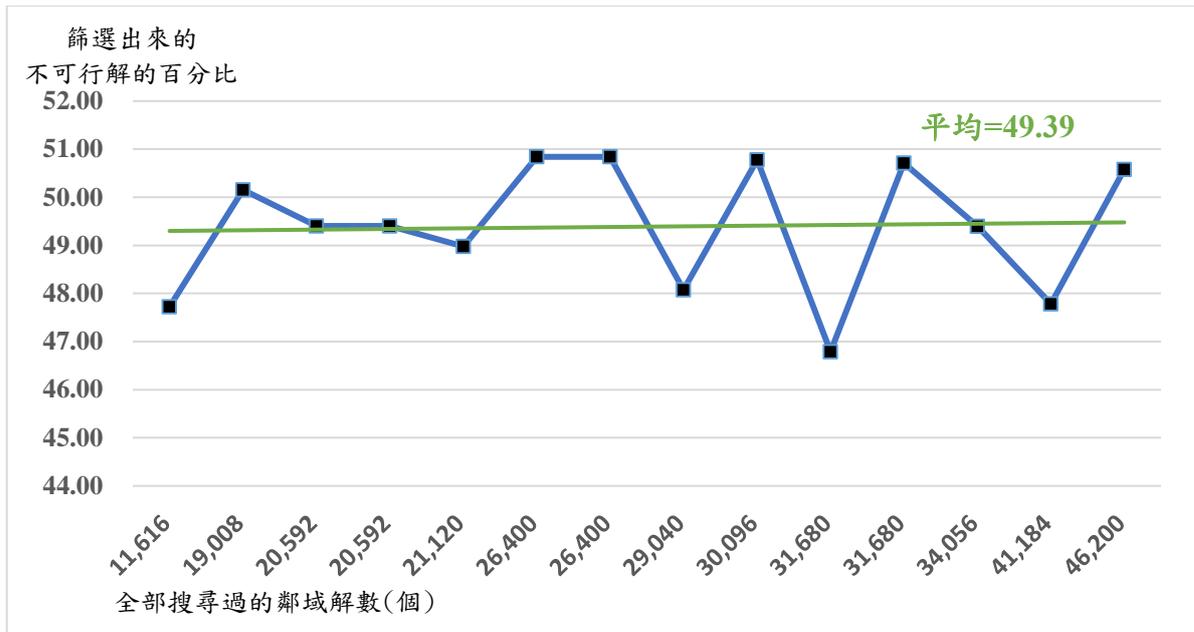


圖 5.7 篩選出來的不可行解的比例與全部搜尋過的鄰域解數關係圖

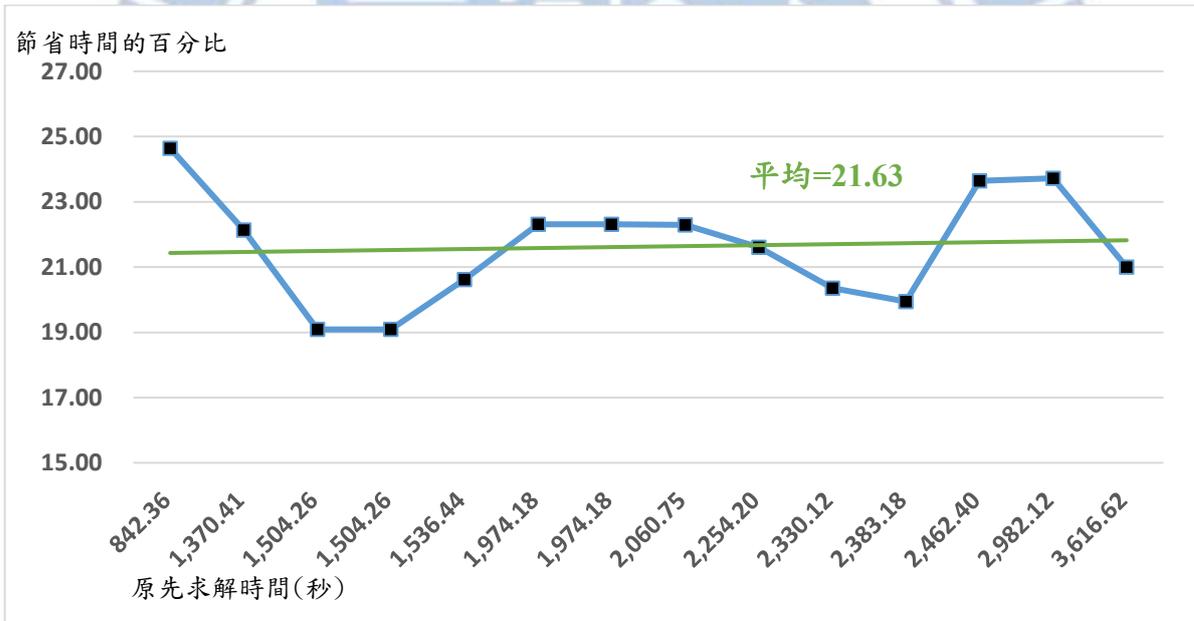


圖 5.8 節省時間的比例與原先求解時間關係圖

透過上述表 5.13 以及圖 5.7、圖 5.8 的效益分析後，可以發現本研究簡單篩選不可行解的機制，可以有效地將 49.39%的變化出來之新鄰域解中的不可行解，再做最佳化軟體求解之前先行篩選出來，不必做最佳化軟體求解，節省相對原先求解時間約 21.63% 的時間。亦可透過此成果看出，此簡單篩選不可行解的機制是一個有效搭配本研究模擬退火法求解的重要節省時間機制

表 5.14 三項產品(模擬退火法求解)第 1 週至第 16 週簡化版規劃決策表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
聚乙二醇(PEG300)																
採購方法	無	國內外倉	無	無	國內外倉	國內外倉	無	無	無	國內外倉	國外外倉	國外自倉	零星採購	國外自倉	國外外倉	零星採購
採購量	0	40,000	0	0	20,000	20,000	0	0	0	20,000	16,000	8,000	200	8,000	16,000	5,200
調撥量	15,000	13,200	7,200	11,600	12,800	6,200	9,400	9,400	11,600	11,400	11,600	3,600	10,400	2,600	10,600	5,400
總成本	5,720	1,427,360	4,415	4,864	721,064	719,692	4,864	4,249	4,255	719,839	546,168	276,101	21,575	274,914	545,104	214,679
乙醇胺																
採購方法	無	國內外倉	國內外倉	無	國內外倉	無	無	無	無	無	無	無	無	國外外倉	零星採購	無
採購量	0	20,000	20,000	0	60,000	0	0	0	0	0	0	0	0	8,000	4,600	0
調撥量	8,800	8,800	8,800	8,600	4,400	4,600	7,800	1,400	14,200	6,400	13,400	7,800	7,200	6,000	2,200	6,400
總成本	3,272	2,039,185	2,040,507	4,832	6,093,464	9,258	10,181	7,707	10,915	7,194	7,998	5,038	3,590	718,712	494,638	2,451
二甲基乙醯胺																
採購方法	無	無	無	國內外倉	無	無	國內外倉	無	無	無	國外外倉	零星採購	國外外倉	國外外倉	無	無
採購量	0	0	0	20,000	0	0	20,000	0	0	0	8,000	1,000	8,000	8,000	0	0
調撥量	0	0	0	0	5,200	5,200	5,000	5,200	6,200	6,200	6,800	4,600	4,800	7,400	3,200	4,200
總成本	0	0	0	916,470	2,886	2,528	918,568	3,233	3,142	2,694	334,549	59,938	333,688	334,832	1,688	1,531
運輸調撥成本	6,000	6,000	4,000	6,000	6,000	4,000	6,000	4,000	8,000	6,000	8,000	4,000	6,000	4,000	4,000	4,000
總累計預排成本：19,955,552																

表 5.15 模擬退火法求解與本研究最佳化軟體求解後之成果比較表

演算法 存量與成本項目	模擬退火法求解			本研究最佳化軟體求解		
	聚乙二醇	乙醇胺	二甲基乙醯胺	聚乙二醇	乙醇胺	二甲基乙醯胺
總外倉期初庫存量	241,800	436,400	138,800	127,400	211,400	105,800
總外倉期末庫存量	221,800	427,600	138,800	107,400	202,600	105,800
總自倉期初庫存量	12,874	13,074	5,120	58,674	3,874	10,120
總自倉期末庫存量	12,990	13,190	5,160	58,790	3,990	10,160
總調撥數量	152,000	116,800	64,000	60,000	112,800	52,000
總外倉倉儲成本	98,517	117,162	46,894	37,881	87,662	36,818
總自倉持有成本	1,746	4,780	853	7,929	1,431	1,683
總運輸調撥成本	86,000			62,000		
總採購成本	5,294,600	11,287,000	2,808,000	5,230,600	11,905,000	2,740,000
總訂購成本	100,000	50,000	60,000	90,000	40,000	40,000
累積預排成本	5,494,863	11,458,942	2,915,747	5,366,410	11,224,093	2,818,501
預排成本總計	19,955,552			19,471,004		
成本差異	+484,548			0		
成本差異百分比	+2.43%			0.00%		
求解時間差異	-6742.09			0		
求解時間差異百分比	-90.27%			0.00%		

可以看到結果，本研究所推出之模擬退火法，求解三項產品(聚乙二醇(PEG300)、乙醇胺、二甲基乙醯胺)後的最終預排成本總計為 19,955,552 元，而本研究最佳化求解三項產品的最終預排成本總計為 19,471,004 元，前述解法比後者約多了有 484,548 元的差距，差距的百分比約為多了 2.43%；而模擬退火法的求解時間為 726.83 秒左右，與最佳化求解的 7468.92 秒，減少了有 6742.09 秒左右的差距，節省了的百分比為 90.27%。

此外，本研究也測試了四項產品(聚乙二醇(PEG300)、乙醇胺、二甲基乙醯胺、醋酸酐)的模擬退火法以及最佳化求解。發現找到的模擬退火法最終預排成本總計為 28,527,803 元、最佳化求解最終預排成本總計為 27,550,493 元，差距約為 997,310 元左右，百分比為 3.55%；求解時間前者則是 1255.19 秒，後者則是需要五六天以上，差距的百分比已經超過太多。

所以總結來說，在面對困難度高的問題時，本研究提出的模擬退火法可以找到還不錯的近似最佳解，而且所需要的時間也相較最佳化求解來的少了很多(有些困難度高的問題，最佳化軟體求解甚至無法求解出來)。若決策者是實務公司而言，此方法就相對最佳化軟體求解來的更具效益以及實務意義，在困難的問題上。



六、結論與建議

本研究延續自蔡慶慧(2018)所提出的「公共危險物品補貨策略之研究探討(以E化學公司為例)」，同樣以個案E化學公司之公共危險物品為主軸，發現其現況因法令修改而導致自有倉庫使用容量不足，需重新考量使用外租倉庫以後，雙倉之間該如何進行採購、調撥以及庫存管理，才能夠滿足工廠生產需求、不違反自有倉庫法令管制並達到總成本最小化的狀況。而本研究與前述研究不同的點則在於，前述研究之方法是僅能求解單項公共危險物品的最佳補貨與倉儲調撥之策略，無法透過重複使用而求得多項公共危險物品最佳補貨與倉儲調撥之策略；而本研究則回歸最初法令的管制方法，修正其情境中有關自有倉庫法令管制上限的設定方式，將問題情境修正成可同時考量多項公共危險物品最佳補貨與倉儲調撥之策略，詳細方法便是將原先個案E化學公司與消防單位所討論各大類下之各小類公共危險物品於自有倉庫內之個別管制容量上限轉換成管制倍數的概念。

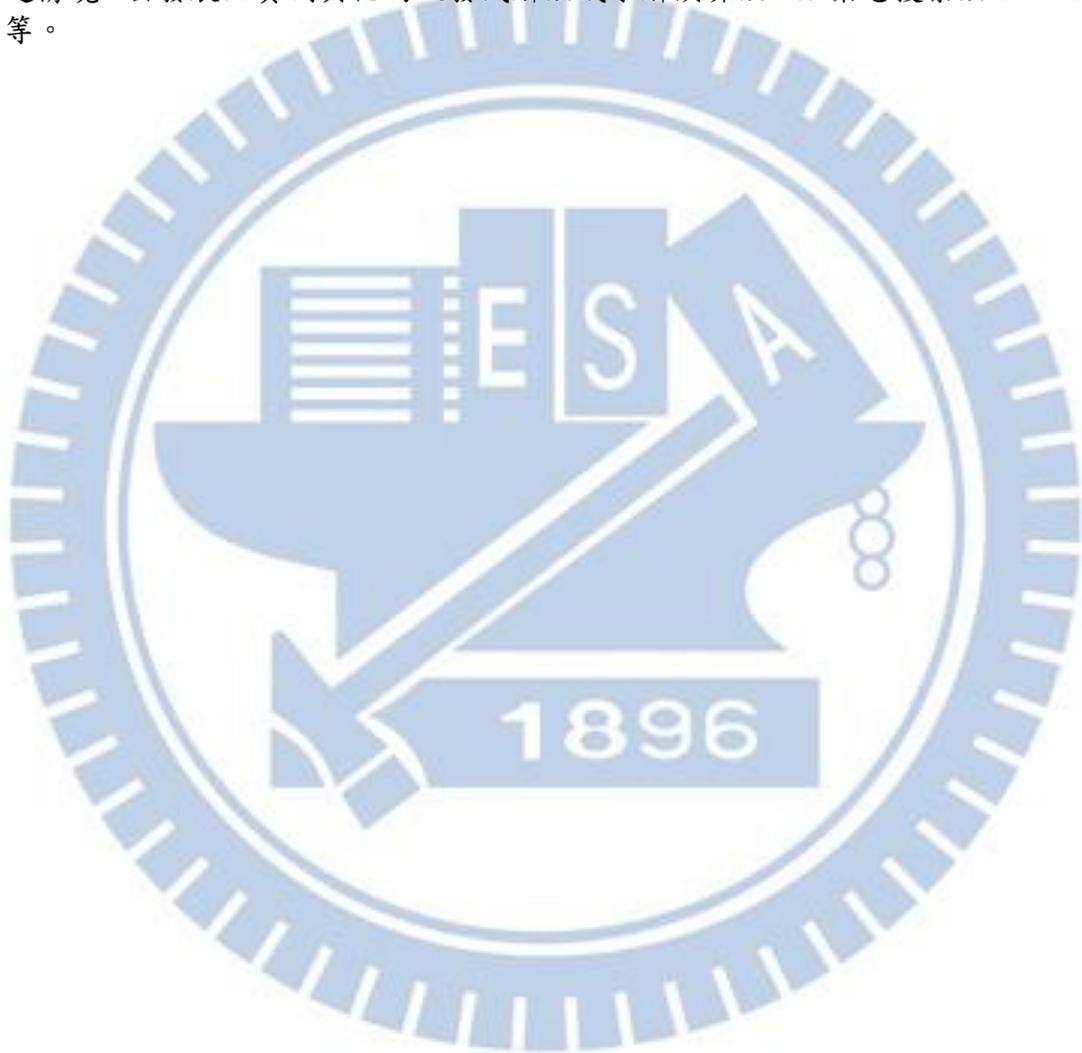
此外，本研究更做了以下問題型態的修正，分別為加入可以使用零星採購以及供應商可以直接送貨進自有倉庫內，使此問題型態更貼近現實狀況，其原因則在於將零星採購納入問題結構之中，使之可以考量零星採購的方式來應對少量的需求，較具彈性也可以讓規劃更有最佳化的空間；以及個案E化學公司評估該期若進貨來滿足需求，是不會違反管制上限的狀況下，可以請國內外供應商直接送貨到自有倉庫來做使用，不需額外先送往外租倉庫，再透過調撥的方式進自有倉庫，較具效益也能節省成本。這樣的修正做法不僅讓此問題更貼近了現實，也讓個案E化學公司有了更可以將問題做最佳化的空間。

而在研究後半，本研究也透過將個案E化學公司所給予的參數資訊做數據實驗，其結果顯示四點事項，第一，應證本研究修正問題情境後，所提出之數學模式與最佳化軟體求解方式，確實可協助改善個案E化學公司現行採用之人為決策方法。使個案E化學公司在同時考量多產品採購、調撥以及存貨管理上的規劃策略有一系統化決策方法，並且此方法同時能減少其所付出的總成本。第二，本研究將上述方法實際滾動到一整年後，發現操作過程中多以國外採購以及零星採購為主，故將這兩種採購方法做極端解的操作簡化並實測，發現若以前期用零星採購，後期多用國外採購。其成本結果比本研究最佳化軟體求解滾動到一整年微幅增加，操作過程卻相對簡易，是一個個案E化學公司可以參考的另類操作方法。第三，本研究發現個案E化學公司現行多項公共危險物品的需求其實比實際可操作的空間來的小了許多，意即個案E化學公司其實未完整使用自有倉庫可以儲存之上限(因原先做法較為保守，且無法考量多產品的採購)，因此個案E化學公司現階段之規劃問題並沒有想像中的來的那麼困難，其本身的情況，本研究透過最佳化軟體求解就可以達到很好的效果。第四，延續上述第一、三點，未來若個案E化學公司使用上述最佳化軟體求解方法後，便可以以系統化的方式來管理管制倍數的應用，此時若將需求擴大，善用自有倉庫可以儲存之管制倍數總上限時，便可以造成儲存空間不那麼浪費並且使用上更有效率。但是這樣的做法會導致其規劃問題就會因為需求變大而變得更為複雜，此時就會因為問題困難度變高，而導致上述之最佳化軟體求解，求解時間過長，變得不再那麼適用。因此，本研究也考量到了這一點，提供了模擬退火法的求解方式，來讓個案E化學公司可以求解困難度較高之問題，其總成本結果雖無最佳化軟體來得那麼優秀，但卻勝在求解時間較短，可以在實務問題中，更快的給予決策者一個可

以參考的規劃決策方向。

後續的研究建議如下：

1. 本研究主要研究範圍為單一工廠內的一個針對各大類公共危險物品有總管制倍數上限限制的自有倉庫，並採用一個外租倉庫來輔助決策。後續的研究可探討多個自有倉庫、單一或多個外租倉庫下，如何協調多工廠多自有倉庫之聯合採購、外租倉庫對多個自有倉庫最適調撥以及多倉存貨管理問題。
2. 本研究在研究困難度高的問題時，採用過的啟發式演算法為模擬退火法以及基因演算法。其中基因演算法的發展過程中，因不可行解的大量存在，導致求解效率不佳；模擬退火法則達到還不錯的求解效果。後續的研究，可以針對本研究所面對到的問題情境，去發展且實測其他的啟發式解法或求解演算法，如禁忌搜索法 Tabu Search 等。



參考文獻

1. 李春成 (1999)。自有與外租兩倉庫存貨決策之研究。國立交通大學經營管理研究所博士學位論文。
2. 曾郁芳 (2002)。固定自有倉庫容量下倉租具數量折扣之經濟訂購批量模式。東吳大學會計學系碩士學位論文。
3. 梁信翔 (2006)。考慮需求與存貨水準有關且自有倉庫容量有限下存貨模型之研究。長庚大學企業管理學研究所碩士學位論文。
4. 鄭舜維 (2009)。庫存空間受限下最佳損毀率與儲存量決策問題之研究。東吳大學會計學系碩士論文。
5. 郭金鷹、李文亮、洪肇嘉、李旻謙、周芸 (2011)。化學品運輸安全脆弱性分析。《勞工安全衛生研究季刊》，19(4)，頁579-587。
6. 郭金鷹、洪肇嘉、廖光裕 (2012)。台灣化學品管理現況及未來展望。《環保簡訊》，16，頁1-13。
7. 林文興、陳政洞 (2010)。公共危險物品場所設置及消防設施之研究，2010年物業管理暨防災國際學術研討會與第四屆物業管理研究成果發表會，589-610。
8. 林鈺祥 (2012)。供應鏈中損耗性產品之雙倉定址與存貨政策。國立臺灣科技大學工業管理系博士學位論文。
9. 林志信 (2017)。公共危險物品存貨管理對策-以E化學公司產品為例。國立交通大學管理學院運輸物流學程碩士班碩士學位論文。
10. 劉立文、張振平、巖正傑(2018)。科學園區高危害性化學品使用現況研究。勞動部勞動及職業安全衛生研究所。
11. 蔡易書 (2014)。公共危險物品室內儲存場所危害探討與改善對策-以南部科學工業園區為例。嘉南藥理大學職業安全衛生系產業安全衛生與防災碩士班。
12. 蔡慶慧 (2018)。公共危險物品補貨策略之研究探討(以 E 化學公司為例)。國立交通大學管理學院運輸與物流管理學系碩士學位論文。
13. 內政部消防署(2019)，公共危險物品及可燃性高壓氣體製造儲存處理場所設置標準暨安全管理辦法，取自 <https://law.nfa.gov.tw/GNFA/flaw/FLAWDAT02.aspx?lsid=FL005037&lawNumber=1&TypeSort=2>
14. 維基百科(2019)。模擬退火法。取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%A8%A1%E6%8B%9F%E9%80%80%E7%81%AB>。
15. Agrawal, S., Banerjee, S. & Papachristos, S. (2013). Inventory model with deteriorating items, ramp-type demand and partially backlogged shortages for a two warehouse system. *Applied Mathematical Modelling*, 37(20-21), 8912-8929.
16. Alfares, H.K. & Turnadi, R. (2018). Lot sizing and supplier selection with multiple items, multiple periods, quantity discounts, and backordering. *Computers & Industrial Engineering*, 116, 59-71.
17. Axsäter, S. (1997). Simple evaluation of echelon stock (R, Q) policies for two-level inventory. *IIE Transactions*, Vol. 29(8), 661-669.
18. Barbarosoğlu, G. & Özdamar, L. (2000). Analysis of solution space-dependent performance of simulated annealing: the case of the multi-level capacitated lot sizing problem. *Computers & Operations Research*, 27(9), 895-903

19. Benkherouf, L. (1997). A deterministic order level inventory model for deteriorating items with two storage facilities. *International Journal of Production Economics*, 29(1), 167-175.
20. Bhunia, A. K., Shaikh, A. A., Sharma, G. & Pareek, S. (2015). A two storage inventory model for deteriorating items with variable demand and partial backlogging. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 32(4), 263-272
21. Buschkühl, L., Sahling, F., Helber, S. & Tempelmeier, H. (2010). Dynamic capacitated lot-sizing problems: a classification and review of solution approaches. *OR Spectrum*, 32(2), 231-261.
22. Cárdenas-Barrón, L. E., Sarkar, B. & Gerardo Treviño-Garza (2013). Easy and improved algorithms to joint determination of the replenishment lot size and number of shipments for an EPQ model with rework. *Mathematical and Computational Applications*, 18(2), 132-138.
23. Choudhary, D. & Shankar, R. (2014). A goal programming model for joint decision making of inventory lot-size, supplier selection and carrier selection. *Computers & Industrial Engineering*, 71, 1-9.
24. Chung, K.J. & Huang, T.S. (2007). The optimal retailer's ordering policies for deteriorating items with limited storage capacity under trade credit financing. *International Journal of Production Economics*, 106(1), 127-145
25. Claudio Fabiano Motta Toledo, Renato Resende Ribeiro de Oliveira & Paulo Morelato França (2013). A hybrid multi-population genetic algorithm applied to solve the multi-level capacitated lot sizing problem with backlogging. *Computer and Operation Research*, 40(4), 910-919.
26. Dave, U. (1988). On the EOQ models with two levels of storage. *Opsearch*, 25(3), 190-196.
27. Dey, J.K., Mondal, S.K. & Maiti, M. (2008). Two storage inventory problem with dynamic demand and interval valued lead-time over finite time horizon under inflation and time-value of money. *European Journal of Operational Research*, 185(1), 170-194.
28. Dye, C.Y., Ouyang, L.Y. & Hsieh, T.P. (2007). Deterministic inventory model for deteriorating items with capacity constraint and time-proportional backlogging rate. *European Journal of Operational Research*, 178(3), 789-807.
29. Goswami, A., & Chaudhuri, K.S. (1992). An economic order quantity model for items with two levels of storage for a linear trend in demand. *Journal of the Operational Research Society*, 43(2), 157-167.
30. Goren, H.G., Tunali, S. & Jans, R. (2010). A review of applications of genetic algorithms in lot sizing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 21(4), 575-590.
31. Hartley, R.V. (1976). Operations research- a managerial emphasis. *Journal of the Operational Research Society*, 28(4), 889-890.
32. Hsieh, T.P., Dye, C.Y. & Ouyang, L.Y. (2008). Determining optimal lot size for a two-warehouse system with deterioration and shortages using net present value. *European Journal of Operational Research*, 191(1), 182-192
33. Huang, Y.F. (2006). An inventory model under two levels of trade credit and limited storage space derived without derivatives. *Applied Mathematical Modelling*, 30(5), 418-436.
34. Jaggi, C.K. & Verma, P. (2010). An optimal replenishment policy for non-instantaneous deteriorating items with two storage facilities. *International Journal of Services Operations and Informatics*, 5(3), 209-230.
35. Jaggi, C.K., Tiwari, S. & Goel, S. (2016). Replenishment policy for non-instantaneous deteriorating items in a two storage facilities under inflationary conditions. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 7(33), 489-506.
36. Jans, R. & Degraeve, Z. (2007). Meta-heuristics for dynamic lot sizing: A review and comparison of solution approaches. *European Journal of Operational Research*, 177(3), 1855-1875.
37. Kaliraman, N.K., Raj, R., Chandra, S. & Chaudhary, H. (2017). Two warehouse inventory

- model for deteriorating item with exponential demand rate and permissible delay in payment. *Yugoslav Journal of Operations Research*, 27(1), 109-124.
38. Kirkpatrick, S., Gelatt, C.D. & Vecchi, M.P. (1983). Optimization by Simulated Annealing. *Science*, 220(4598), 671-680.
 39. Lee, C.C. (2006). Two-warehouse inventory model with deterioration under FIFO dispatching policy. *European Journal of Operational Research*, 174(2), 861-873.
 40. Lee, C.C. & Hsu, S.L. (2009). A two-warehouse production model for deteriorating inventory items with time-dependent demands. *European Journal of Operational Research*, 194(3), 700-710.
 41. Lee, C.C. & Ma, C.Y. (2000). Optimal inventory policy for deteriorating items with two-warehouse and time-dependent demands. *Production Planning & Control*, 11(7), 689-696.
 42. Leopoldo Eduardo Cárdenas-Barrón, José Luis González-Velarde & Gerardo Treviño-Garza (2015). A new approach to solve the multi-product multi-period inventory lot sizing with supplier selection problem. *Computers & Operations Research*, 64, 225-232.
 43. Li, Y., Chen J. & Cai, X. (2007). Heuristic genetic algorithm for capacitated production planning problems with batch processing and remanufacturing. *International Journal of Production Economics*, 105(2), 301-317
 44. Liang, Y. & Zhou, F. (2011). A two-warehouse inventory model for deteriorating items under conditionally permissible delay in payment. *Applied Mathematical Modelling*, 35(5), 2221-2231.
 45. Maiti, M.K. (2008). Fuzzy inventory model with two warehouses under possibility measure on fuzzy goal. *European Journal of Operational Research*, 188(3), 746-774.
 46. Mandal, P. & Giri, B.C. (2017). A two-warehouse integrated inventory model with imperfect production process under stock-dependent demand and quantity discount offer. *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics*, 6(1), 15-26.
 47. Minner, S. (2009). A comparison of simple heuristics for multi-product dynamic demand lot-sizing with limited warehouse capacity. *International Journal of Production Economics*, 118(1), 305-310.
 48. Mohanty, D.J., Kumar, R.S. & Goswami, A. (2016). A two-warehouse inventory model for non-instantaneous deteriorating items over stochastic planning horizon. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(8), 516-532.
 49. Moqri, M., Javadi, M. & Yazdian, A. (2011). Supplier selection and order lot sizing using dynamic programming. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 2(2), 319-328.
 50. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (2007). Niosh Pocket Guide to Chemical Hazards. Retrieved from <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-149/pdfs/2005-149.pdf>
 51. Pohanish R.P. & Greene S.A. (2009). *Wiley Guide to Chemical Incompatibilities*. 2nd Ed. Retrieved from https://books.google.com.tw/books?hl=zh-TW&lr=&id=4ewS-AqdCM0C&oi=fnd&pg=PR9&dq=Wiley+Guide+to+Chemical+Incompatibilities.+2nd+Ed&ots=VXdvBNKDII&sig=rmi2ffQHQ_vnNuMZtID2cVNkP5c&redir_esc=y#v=onepage&q=Wiley%20Guide%20to%20Chemical%20Incompatibilities.%202nd%20Ed&f=false
 52. Rong, M., Mahapatra, N.K. & Maiti, M. (2008). A two warehouse inventory model for a deteriorating item with partially/fully backlogged shortage and fuzzy lead time. *European Journal of Operational Research*, 189(1), 59-75.
 53. Roshani, A., Giglio, D. & Paolucci, M. (2016). A simulated annealing approach for the capacitated dynamic lot sizing problem in a closed remanufacturing system. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 1496-1501.
 54. Sana, S.S. (2015). An EOQ model for stochastic demand for limited capacity of own

- warehouse. *Annals of Operations Research*, 233(1), 383-399.
55. Sana, S.S., Mondal, S.K., Sarkar, B.K. & Chaudhary, K.S. (2011). Two-warehouse inventory model on pricing decision. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 6(6), 467-480.
 56. Sarkar, B. & Sarkar, S. (2013). An improved inventory model with partial backlogging, time varying deterioration and stock-dependent demand. *Economic Modelling*, 30, 924-932.
 57. Sarma, K.V.S. (1983). A deterministic inventory model with two levels of storage and an optimum release rule. *Opsearch*, 20(3), 175-180.
 58. Sarma, K.V.S. (1987). A deterministic order level inventory model for deteriorating items with two storage facilities. *European Journal of Operational Research*, 29(2), 70-73.
 59. Shabani, S., Mirzazadeh, A. & Sharifi, E. (2016). A two-warehouse inventory model with fuzzy deterioration rate and fuzzy demand rate under conditionally permissible delay in payment. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33, 134-142.
 60. Taleizadeh, A.A. & Nematollahi, M. (2013). An inventory control problem for deteriorating items with back-ordering and financial considerations. *Applied Mathematical Modelling*, 38(1), 93-109.
 61. Tang Ou (2004). Simulated annealing in lot sizing problems. *International Journal of Production Economics*, 88(2), 173-181.
 62. Vilchez, J.A., Sevilla, S., Montiel, H. & Casal, J. (1995). Historical analysis of accidents in chemical plants and in the transportation of hazardous materials. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 8(2), 87-96.
 63. Yang, H.L. (2004). Two-warehouse inventory models for deteriorating items with shortages under inflation. *European Journal of Operational Research*, 157(2), 344-356.
 64. Yang, H.L. (2006). Two-warehouse partial backlogging inventory models for deteriorating items under inflation. *International Journal of Production Economics*, 103(1), 362-370.
 65. Yu, J.C.P., Wang K.J. & Lin, Y.S. (2016). Managing dual warehouses with an incentive policy for deteriorating items. *International Journal of Systems Science*, 47, 586-602
 66. Zhou, Y.W. & Yang, S.L. (2005). A two-warehouse inventory model for items with stock-level-dependent demand rate. *International Journal of Production Economics*, 95(2), 215-228.

附錄一

附表：公共危險物品之種類、分級及管制量

分類	名稱	種類	分級	管制量	
第一類	氧化性固體	一、氯酸鹽類	第一級	五十公斤	
		二、過氯酸鹽類	第二級	三百公斤	
		三、無機過氧化物			
		四、次氯酸鹽類	第三級	一千公斤	
		五、溴酸鹽類			
		六、硝酸鹽類			
		七、碘酸鹽類			
		八、過錳酸鹽類			
		九、重鉻酸鹽類			
		十、其他經中央主管機關公告者			
		十一、含有任一種成分之物品者			
第二類	易燃固體	一、硫化磷		一百公斤	
		二、赤磷			
		三、硫磺			
			四、鐵粉：指鐵的粉末。但以孔徑五十三微米(μm)篩網進行篩選，通過比例未達百分之五十者，不屬之。	第一級	五百公斤
			五、金屬粉：指鹼金屬、鹼土金屬、鐵、鎂、銅、鎳以外之金屬粉。但以孔徑一百五十微米(μm)篩網進行篩選，通過比例未達百分之五十者，不屬之。		
	六、鎂：指其塊狀物或棒狀物能通過孔徑二公釐篩網者。	第二級	五百公斤		
	七、其他經中央主管機關公告者。				
	八、含有任一種成分之物品者。		一千公斤		
	九、易燃性固體：指固態酒精或一大氣壓下閃火點未達攝氏四十度之固體。				
第三類	發火性液體、發火性固體	一、鉀		十公斤	
		二、鈉			
		三、烷基鋁			
		四、烷基鋰			
		五、黃磷			
	六、鹼金屬(鉀和鈉除外)及鹼土金屬	第一級	十公斤		
七、有機金屬化合物(烷基鋁、烷基鋰除外)					
	八、金屬氮化物	第二級	五十公斤		
	九、金屬磷化物				

	及禁水性物質	十、鈣或鋁的碳化物 十一、三氯矽甲烷 十二、其他經中央主管機關公告者 十三、含有任一種成分之物品者	第三級	三百公斤
第四類	易燃液體	一、特殊易燃物：指乙醚、二硫化碳、乙醛、環氧丙烷及其他在一大氣壓時，著火溫度在攝氏一百度以下之物品，或閃火點低於攝氏零下二十度，且沸點在攝氏四十度以下之物品。		五十公升
		二、第一石油類：指丙酮、汽油及其他在一大氣壓時，閃火點未達攝氏二十一度者。	非水溶性液體	二百公升
			水溶性液體	四百公升
		三、酒精類：指一個分子的碳原子數在一到三之間，並含有一個飽和的羥基(含變性酒精)。但下列物品不在此限： (一) 酒精含量未達百分之六十之水溶液。 (二) 可燃性液體含量未達百分之六十，其閃火點與燃燒點超過酒精含量百分之六十水溶液之閃火點及燃燒點。		四百公升
		四、第二石油類：指煤油、柴油及其他在一大氣壓時，閃火點在攝氏二十一度以上，未達七十度者。但可燃性液體含量在百分之四十以下，閃火點在攝氏四十度以上，燃燒點在攝氏六十度以上，不在此限。	非水溶性液體	一千公升
			水溶性液體	二千公升
		五、第三石油類：指重油、鍋爐油及其他在一大氣壓時，閃火點在攝氏七十度以上，未達二百度者。但可燃性液體含量在百分之四十以下者，不在此限。	非水溶性液體	二千公升
水溶性液體	四千公升			
六、第四石油類：指齒輪油、活塞油及其他在一大氣壓時，閃火點在攝氏二百度以上，未滿二百五十度者。但可燃性液體含量在百分之四十以下者，不在此限。		六千公升		
七、動植物油類：從動物的脂肪、植物的種子或果肉抽取之油脂，一大氣壓時，閃火點未滿攝氏二百五十度者。但依中央主管機關指定之方式儲存保管者，不在此限。		一萬公升		
第五類	自反應	一、有機過氧化物 二、硝酸酯類 三、硝基化合物	A 型	十公斤
			B 型	
			C 型	一百

	物質及有機過氧化物	四、亞硝基化合物 五、偶氮化合物 六、疊氮化合物 七、聯胺的誘導體 八、其他經中央主管機關公告者 九、含有任一種成分之物品者	D 型	公斤
第六類	氧化性液體	一、過氯酸 二、過氧化氫 三、硝酸 四、其他經中央主管機關公告者 五、含有任一種成分之物品者	第一級 第二級	三百公斤
<p>一、本表所稱之「第一級」、「第二級」、「第三級」、「A 型」、「B 型」、「C 型」及「D 型」指區分同類物品之危險程度，應依中華民國國家標準 CNS 15030 進行分類。未完成分類前，基於安全考量，其危險分級程度，得認定為第一級或 A 型。</p> <p>二、計算管制倍數的方式如下：若儲存公共危險物品種類在二種以上，管制倍數是 1 時，計算其是否超過管制倍數之方法，應以各該公共危險物品數量除以其管制量，所得商數之和如大於一時，則儲存總量超過管制倍數所要求。例如過氧化鈉數量二十公斤，其管制量為五十公斤；二硫化碳數量四十公升，其管制量為五十公升，計算式如下：</p> $\frac{\text{過氧化鈉現有量}20\text{公斤}}{\text{過氧化鈉管制量}50\text{公斤}} + \frac{\text{二硫化碳現有量}40\text{公升}}{\text{二硫化碳管制量}50\text{公升}} = \frac{2}{5} + \frac{4}{5} = \frac{6}{5} > 1$ <p>三、本表第四類易燃液體及可燃液體之酒精類、第二石油類、第三石油類及第四石油類所列但書規定之酒精含量、易燃液體及可燃液體含量，均指重量百分比。</p> <p>四、本表所稱之水溶性液體，指在一大氣壓下攝氏二十度時與同容量之純水一起緩慢攪拌，當該混合液停止轉動後，呈現顏色均一無分層現象者；非水溶性液體，指水溶性液體以外者。</p>				

資料來源：內政部消防署網站

附錄二

公共危險物品的儲存及處理要注意事項：

消防機關主管「公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法」所稱的「公共危險物品」，為固體或液體，並具有易燃或助燃之危險性。其性質概要如下：

一、氧化性固體

性質：固體、本身不燃燒，但與可燃物混合，會因熱、衝擊、摩擦分解，產生激烈的燃燒。

注意事項：

1. 應避免與可燃物接觸或混合，或與具有促成其分解之物品接近。
2. 並應避免過熱、衝擊、摩擦；另無機過氧化物應避免與水接觸。

二、易燃固體

性質：與火源接觸容易著火的固體或於低於（40°C）以下容易引燃的固體。

注意事項：

1. 易燃固體應避免與氧化劑接觸或混合及火焰、火花、高溫物接近及過熱。
2. 金屬粉應避免與水或酸類接觸。

三、發火性液體、發火性固體及禁水性物質

性質：為固體或液體，並具有在空氣中或在水中發火危險性，及與水接觸後，產生可燃性氣體危險性之物質。

注意事項：禁水性物質不可與水接觸。

四、易燃液體及可燃液體

性質：為具有著火危險性之液體。

注意事項：易燃液體及可燃液體不可與火焰、火花或高溫物體接近，並應防止其發生蒸氣。

五、自反應物質及有機過氧化物

性質：本身為固體或液體，具有爆炸的危險性或加熱後分解的激烈反應之物質。

注意事項：自反應物質及有機過氧化物不可與火焰、火花或高溫物體接近，並避免過熱、衝擊、摩擦。

六、氧化性液體

性質：液體，本身不燃燒，但與可燃物混合會促進其燃燒。

注意事項：氧化性液體，應避免與可燃物接觸或混合，或與具有促成其分解之物品接近。

資料來源：內政部消防署網站

附錄三

發文日期：中華民國 105 年 5 月 2 日

發文字號：台內消字第 1050821664 號令

主旨：修正：「公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法」

公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法部分條文修正總說明

公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法（以下簡稱本辦法）由內政部及經濟部於八十八年十月二十日會銜訂定發布，歷經八次修正，最後一次修正日期為一百零二年十一月二十一日。本次修正有關公共危險物品場所設置及安全管理部分，係參酌國內外相關法令規定，調整本辦法第四類公共危險物品定義、增列保留空地設置條件、強化室外儲存場所管理及完善室外儲槽間距之規定，使公共危險物品場所可作彈性之設計規劃；至可燃性高壓氣體場所設置及安全管理部分，為維護消費者使用安全，明確分裝場應行容器檢查事項，刪除容器閥再檢驗程序，並修正液化石油氣製造場所名稱，以符合管理現況。爰修正本辦法部分條文，其要點如下：

- 一、修正第四類公共危險物品之定義。（修正條文第三條及附表一）
- 二、修正高閃火點物品之定義。（修正條文第八條）
- 三、增列僅製造或處理高閃火點物品且其操作溫度未滿攝氏一百度者，得免設置保留空地之相關規定。（修正條文第十四條）
- 四、刪除電氣設備應符合屋內線路裝置規則相關規定。（修正條文第十六條）
- 五、修正室外儲存場所儲存堆積高度及分區規定。（修正條文第三十條）
- 六、增訂儲槽間距應在九十公分以上之條件規定。（修正條文第三十七條）
- 七、修正液化石油氣製造場所名稱。（修正條文第七十一條、第七十二條之一、第七十五條及第七十八條）
- 八、刪除容器閥再檢驗程序。（修正條文第七十五條之一）
- 九、修正液化石油氣分裝場應行容器檢查事項。（修正條文第七十八條）。

附錄四

此次修法擴大第四類公共危險物品之定義。第四類公共危險物品的範圍增加了「可燃液體」，可燃液體定義為閃火點超過攝氏九十三度未滿二百五十度之液體，主要因為閃火點超過攝氏九十三度未滿二百五十度者之液體仍具不易搶救及撲滅之特性，因此列入管理。2016年增修第四類公共危險物品比較資料如下表所示。

附表 2： 第四類公共危險物品增修比較表

修正條文	現行條文	說明
<p>第三條 公共危險物品之範圍及分類如下：</p> <p>一、第一類：氧化性固體。</p> <p>二、第二類：易燃固體。</p> <p>三、第三類：發火性液體、發火性固體及禁水性物質。</p> <p>四、第四類：<u>易燃液體及可燃液體</u>。</p> <p>五、第五類：自反應物質及有機過氧化物。</p> <p>六、第六類：氧化性液體。</p> <p style="text-align: center;">前項各類公共危險物品之種類、分級及管制量如附錄附表一。</p>	<p>第三條 公共危險物品之範圍及分類如下：</p> <p>一、第一類：氧化性固體。</p> <p>二、第二類：易燃固體。</p> <p>三、第三類：發火性液體、發火性固體及禁水性物質。</p> <p>四、第四類：易燃液體。</p> <p>五、第五類：自反應物質及有機過氧化物。</p> <p>六、第六類：氧化性液體。</p> <p style="text-align: center;">前項各類公共危險物品之種類、分級及管制量如附錄附表一。</p>	<p>一、依據國家標準 CNS15030-6「化學品分類及標示-易燃液體」規定，針對「易燃液體」(Flammable liquids) 定義為閃火點不超過攝氏九十三度之液體，另本辦法原規範易燃液體係指閃火點未滿二百五十度者，故閃火點超過攝氏九十三度未滿二百五十度者，非屬 CNS15030-6 定義之易燃液體，惟閃火點超過攝氏九十三度未滿二百五十度者之液體仍具不易搶救及撲滅之特性，有管理之必要，故於本辦法中將閃火點超過攝氏九十三度未滿二百五十度之液體定義為「可燃液體」(Combustible liquids)，以與國家標準定義之「易燃液體」做區隔，爰修正第一項第四款公共危險物品分類名稱為「易燃液體及可燃液體」，並配合修正附表一。</p> <p>二、另為統一名稱，將現行附表一第四類三至六及備註欄三規定之「可燃性液體」修正為「易燃液體及可燃液體」。</p>

資料來源：公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管

附錄五

表 1 單項公共危險物品乙醇胺(個案 E 化學公司現行做法)第 1 週至第 16 週規劃決策表

原料名稱	乙醇胺		採購方法		國內		外倉單位倉租費用(元/L/週)			0.035	自倉單位持有成本(元/L/週)			0.364	訂購成本	10000
國內採購	前置時間(週)		1	到貨數量(整車)(L)		20000	國內採購進倉費用(元/桶)			57.5	外倉單位持有成本(元/L/週)			0.081		
											運輸調撥上限(L)			8000		
包裝單位之數量(L)	200	管制量	3360	安全存量(SS)		0	出倉費用(元/桶)			62.5	運輸調撥成本(元/趟)			2000		
週別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
毛需求量	0	0	0	0	0	8,675	270	0	0	5,350	1,680	0	1,258	7,224	512	6,380
排定收到量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
可用庫存量	0	0	0	0	0	0	11,325	11,055	11,055	11,055	5,705	4,025	4,025	2,767	15,543	15,031
預排訂單預定收到量	0	0	0	0	0	20,000	0	0	0	0	0	0	0	20,000	0	0
預排訂單開立量	0	0	0	0	20,000	0	0	0	0	0	0	0	20,000	0	0	0
外租倉庫期初庫存量	0	0	0	0	0	0	8,000	8,000	8,000	8,000	2,400	2,400	2,400	2,400	12,200	12,200
外租倉庫期末庫存量	0	0	0	0	0	8,000	8,000	8,000	8,000	2,400	2,400	2,400	2,400	12,200	12,200	5,400
自有倉庫期初庫存量	0	0	0	0	0	0	3,325	3,055	3,055	3,055	3,305	1,625	1,625	367	3,343	2,831
自有倉庫期末庫存量	0	0	0	0	0	3,325	3,055	3,055	3,055	3,305	1,625	1,625	367	3,343	2,831	3,251
運輸調撥數量	0	0	0	0	0	12,000	0	0	0	5,600	0	0	0	10,200	0	6,800
外倉倉儲成本	0	0	0	0	0	9,963	927	927	927	2,353	278	278	278	9,783	1,414	3,145
自倉持有成本	0	0	0	0	0	604	1,159	1,110	1,110	1,156	896	591	362	674	1,122	1,105
運費(外倉到公司)	0	0	0	0	0	4,000	0	0	0	2,000	0	0	0	4,000	0	2,000
訂購成本	0	0	0	0	0	10,000	0	0	0	0	0	0	0	10,000	0	0
採購成本	0	0	0	0	0	2,020,000	0	0	0	0	0	0	0	2,020,000	0	0
預排成本總計	0	0	0	0	0	2,044,568	2,086	2,037	2,037	5,508	1,174	869	640	2,044,458	2,536	6,250
累計預排成本	0	0	0	0	0	2,044,568	2,046,654	2,048,691	2,050,729	2,056,237	2,057,411	2,058,280	2,058,920	4,103,377	4,105,913	4,112,163

表 2 單項公共危險物品乙醇胺(單項產品最佳化求解)第 1 週至第 16 週規劃決策表

原料名稱	乙醇胺		採購方法		國內/國外		外倉單位倉租費用(元/L/週)			0.035	自倉單位持有成本(元/L/週)			0.364	訂購成本	10000
國內採購	前置時間(週)		1	到貨數量(整車)(L)		20000	國內採購進倉費用(元/桶)			57.5	外倉單位持有成本(元/L/週)			0.081		
國外採購	前置時間(週)		12	到貨數量(整櫃)(L)		8000	國外採購進倉費用(元/桶)			45	運輸調撥上限(L)			8000		
包裝單位之數量(L)	200	管制量	3360	安全存量(SS)		0	出倉費用(元/桶)			62.5	運輸調撥成本(元/趟)			2000		
週別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
毛需求量	0	0	0	0	0	8,675	270	0	0	5,350	1,680	0	1,258	7,224	512	6,380
排定收到量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
預排訂單預定收到量	0	0	0	0	0	20,000	0	0	0	0	0	0	0	16,000	0	0
預排訂單開立量	0	0	0	0	36,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
外租倉庫期初庫存量	0	0	0	0	0	0	11,000	11,000	11,000	11,000	4,000	4,000	4,000	2,600	11,000	11,000
外租倉庫期末庫存量	0	0	0	0	0	11,000	11,000	11,000	11,000	4,000	4,000	4,000	2,600	11,000	11,000	4,600
自有倉庫期初庫存量	0	0	0	0	0	0	325	55	55	55	1705	25	25	167	543	31
自有倉庫期末庫存量	0	0	0	0	0	325	55	55	55	1,705	25	25	167	543	31	51
運輸調撥數量	0	0	0	0	0	9,000	0	0	0	7,000	0	0	1,400	7,600	0	6,400
外倉倉儲成本	0	0	0	0	0	9,201	1,276	1,276	1,276	3,058	464	464	820	6,764	1,276	2,905
自倉持有成本	0	0	0	0	0	59	69	20	20	320	315	9	35	129	104	15
運費(外倉到公司)	0	0	0	0	0	4,000	0	0	0	2,000	0	0	2,000	2,000	0	2,000
採購成本	0	0	0	0	0	2,020,000	0	0	0	0	0	0	0	1,408,000	0	0
訂購成本	0	0	0	0	0	10,000	0	0	0	0	0	0	0	10,000	0	0
預排成本總計	0	0	0	0	0	2,043,260	1,345	1,296	1,296	5,378	779	473	2,855	1,426,893	1,380	4,920
累計預排成本	0	0	0	0	0	2,043,260	2,044,605	2,045,901	2,047,197	2,052,575	2,053,354	2,053,827	2,056,682	3,483,575	3,484,955	3,489,875

表 3 三項公共危險物品第 1 週至第 16 週 Gurobi 數學模式運算結果相關內容

		週別																		
		變數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
公共危險物品	聚乙二醇	$R_{i,t}^I$	0	0	0	12,200	12,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	1,400	1,000	1,000		
		$R_{i,t}^E$	0	0	12,200	12,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	1,400	1,000	1,000	0		
		$O_{i,t}^I$	0	0	0	4,763	1,726	6,689	3,652	3,652	3,652	3,652	106	106	106	2,906	0	2,333	66	
		$O_{i,t}^E$	0	0	4,763	1,726	6,689	3,652	3,652	3,652	3,652	106	106	106	2,906	0	2,333	66		
		$R_{i,t}^{OD}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		$R_{i,t}^{OF}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		$R_{i,t}^{RD}$	0	0	20,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		$R_{i,t}^{RF}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		$R_{i,t}^{ODN}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,600	0	
		$X_{i,t}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$Y_{i,t}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$G_{i,t}$	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$L_{i,t}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$V_{i,t}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
	$W_{i,t}$	0	0	7,800	0	8,000	0	0	0	0	0	0	0	0	2,800	400	0	1,000		
	乙醇胺	$R_{i,t}^I$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,600	7,000	7,000		
		$R_{i,t}^E$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,600	7,000	7,000	600		
		$O_{i,t}^I$	0	0	0	0	0	0	325	55	55	55	1,705	25	25	167	543	31		
		$O_{i,t}^E$	0	0	0	0	0	325	55	55	55	1,705	25	25	167	543	31	51		
		$R_{i,t}^{OD}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
$R_{i,t}^{OF}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
$R_{i,t}^{RD}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
$R_{i,t}^{RF}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
$R_{i,t}^{ODN}$		0	0	0	0	0	9,000	0	0	0	7,000	0	0	0	0	0	0	0		
$X_{i,t}$		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
$Y_{i,t}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
$G_{i,t}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
$L_{i,t}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0			
$V_{i,t}$	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0			
$W_{i,t}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,400	7,600	0	6,400			

表 3 三項公共危險物品第 1 週至第 16 週 Gurobi 數學模式運算結果相關內容(續)

變數	週別															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$R_{i,t}^I$	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$R_{i,t}^E$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$O_{i,t}^I$	0	162	19	19	19	19	19	19	19	19	1,287	451	451	451	451	451
$O_{i,t}^E$	162	19	19	19	19	19	19	19	19	1,287	451	451	451	451	451	147
$R_{i,t}^{OD}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$R_{i,t}^{OF}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$R_{i,t}^{RD}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$R_{i,t}^{RF}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$R_{i,t}^{ODN}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,800	0	0	0	0	0	0
$X_{i,t}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{i,t}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$G_{i,t}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$L_{i,t}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$V_{i,t}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
$W_{i,t}$	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
累計預排成本		4,198,950														

表 4 三項產品(數學模式 gurobi 求解)第 1 週至第 16 週規劃決策表

原料名稱		聚乙二醇(PEG300)、乙醇胺、二甲基乙醯胺														
所有品項共同參數																
	國內採購	到貨數量(整車)(L)	20000			國外採購	到貨數量(整櫃)(L)	8000								
總管制倍數	2.42	訂購成本(元)	10000	外倉單位倉租費用(元/L/週)	0.035	國外採購進倉費用(元/桶)	45	包裝單位之數量(L)	200							
運輸調撥成本(元/趟)	2000	運輸調撥上限(L)	8000	國內採購進倉費用(元/桶)	57.5	出倉費用(元/桶)	62.5									
聚乙二醇(PEG300)																
採購方法	國內/國外	國內採購	前置時間(週)	1	未折扣單價(元)	39	折扣後單價(元)	35	自倉單位持有成本(元/L/週)	0.135						
安全存量(SS)	0	國外採購	前置時間(週)	9	折扣後單價(元)	33	管制量(L)	4000	外倉單位持有成本(元/L/週)	0.03						
週別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
毛需求量	0	0	3,037	3,037	3,037	3,037	0	0	0	3,546	0	0	0	3,306	3,267	3,267
排定收到量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
預排訂單預定收到量	0	0	20,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,600	0
預排訂單開立量	0	20,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,600	0	0
外租倉庫期初庫存量	0	0	0	12,200	12,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	1,400	1,000	1,000
外租倉庫期末庫存量	0	0	12,200	12,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	1,400	1,000	1,000	0
自有倉庫期初庫存量	0	0	0	4,763	1,726	6,689	3,652	3,652	3,652	3,652	106	106	106	2,906	0	2,333
自有倉庫期末庫存量	0	0	4,763	1,726	6,689	3,652	3,652	3,652	3,652	106	106	106	2,906	0	2,333	66
運輸調撥數量	0	0	7,800	0	8,000	0	0	0	0	0	0	0	2,800	400	0	1,000
外倉倉儲成本	0	0	8,584	793	3,033	273	273	273	273	273	273	273	1,057	203	65	345
自倉持有成本	0	0	322	438	568	698	493	493	493	254	14	14	203	196	157	162
訂購成本	0	0	10,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,000	0
採購成本	0	0	700,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	218,400	0
預排成本總計	0	0	718,906	1,231	3,601	971	766	766	766	527	287	287	1,260	399	228,622	507
累計預排成本	0	0	718,906	720,137	723,738	724,709	725,475	726,241	727,007	727,533	727,821	728,108	729,368	729,767	958,390	958,897

表 4 三項產品(數學模式 gurobi 求解)第 1 週至第 16 週規劃決策表(續)

乙醇胺																
採購方法	國內/國外		國內採購	前置時間(週)		1	未折扣單價(元)		105	折扣後單價(元)		101	自倉單位持有成本(元/L/週)		0.364	
安全存量(SS)	0		國外採購	前置時間(週)		12	折扣後單價(元)		88	管制量(L)		4000	外倉單位持有成本(元/L/週)		0.081	
週別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
毛需求量	0	0	0	0	0	8,675	270	0	0	5,350	1,680	0	1,258	7,224	512	6,380
排定收到量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
預排訂單預定收到量	0	0	0	0	0	9,000	0	0	0	7,000	0	0	16,000	0	0	0
預排訂單開立量	16,000	0	0	0	9,000	0	0	0	7,000	0	0	0	0	0	0	0
外租倉庫期初庫存量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,600	7,000	7,000
外租倉庫期末庫存量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,600	7,000	7,000	600
自有倉庫期初庫存量	0	0	0	0	0	0	325	55	55	55	1,705	25	25	167	543	31
自有倉庫期末庫存量	0	0	0	0	0	325	55	55	55	1,705	25	25	167	543	31	51
運輸調撥數量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,400	7,600	0	6,400
外倉倉儲成本	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,884	3,628	812	2,441
自倉持有成本	0	0	0	0	0	59	69	20	20	320	315	9	35	129	104	15
訂購成本	0	0	0	0	0	10,000	0	0	0	10,000	0	0	10,000	0	0	0
採購成本	0	0	0	0	0	945,000	0	0	0	735,000	0	0	1,408,000	0	0	0
預排成本總計	0	0	0	0	0	955,059	69	20	20	745,320	315	9	1,422,919	3,757	916	2,456
累計預排成本	0	0	0	0	0	955,059	955,128	955,148	955,168	1,700,489	1,700,804	1,700,813	3,123,732	3,127,489	3,128,405	3,130,861

表 4 三項產品(數學模式 gurobi 求解)第 1 週至第 16 週規劃決策表(續)

二甲基乙醯胺																
採購方法	國內		國內採購	前置時間(週)		1	未折扣單價(元)		48	折扣後單價(元)		45	自倉單位持有成本(元/L/週)		0.166	
安全存量(SS)	0									管制量(L)		2000	外倉單位持有成本(元/L/週)		0.037	
週別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
毛需求量	238	143	0	0	0	0	0	0	0	532	836	0	0	0	0	304
排定收到量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
預排訂單預定收到量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,800	0	0	0	0	0	0
預排訂單開立量	0	0	0	0	0	0	0	0	1,800	0	0	0	0	0	0	0
外租倉庫期初庫存量	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
外租倉庫期末庫存量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
自有倉庫期初庫存量	0	162	19	19	19	19	19	19	19	19	1,287	451	451	451	451	451
自有倉庫期末庫存量	162	19	19	19	19	19	19	19	19	1,287	451	451	451	451	451	147
運輸調撥數量	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
外倉倉儲成本	139	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
自倉持有成本	13	33	7	7	7	7	7	7	7	238	316	164	164	164	164	109
訂購成本	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,000	0	0	0	0	0	0
採購成本	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86,400	0	0	0	0	0	0
預排成本總計	153	33	7	7	7	7	7	7	7	96,638	316	164	164	164	164	109
累計預排成本	153	186	193	200	207	213	220	227	234	96,872	97,188	97,352	97,517	97,681	97,845	97,954
運輸調撥成本	2,000	0	2,000	0	2,000	2,000	0	0	0	2,000	0	0	2,000	0	0	0
總累計預排成本：4,199,712																

表 5 單項產品最佳化求解三種產品每期滾動 4 週之年度累計數量與總成本比較表

期別 存量與成本	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	累計
	聚乙二醇										
總外倉期初庫存量	16,800	37,200	17,400	30,000	26,000	42,400	25,800	35,200	20,600	42,600	294,000
總外倉期末庫存量	30,600	31,200	11,200	38,200	35,400	25,200	37,600	33,200	9,400	46,400	298,400
總自倉期初庫存量	163	3,319	6,916	5,545	15,529	7,368	6,442	662	6,408	5,457	57,809
總自倉期末庫存量	289	3,245	9,570	7,505	10,999	7,385	6,456	659	6,376	5,421	57,905
總調撥數量	6,200	6,000	6,200	11,800	6,600	17,200	16,200	1,8000	19,200	20,200	127,600
總外倉倉儲成本	9,228	4,098	2,867	11,654	7,658	7,572	14,673	11,448	8,775	14,605	92,578
總自倉持有成本	31	443	1,113	881	1,791	996	871	89	863	734	7,811
總運輸調撥成本	4,000	2,000	4,000	6,000	2,000	6,000	6,000	6,000	8,000	6,000	50,000
總採購成本	700,000	0	0	700,000	528,000	0	964,000	528,000	264,000	792,000	4,476,000
總訂購成本	10,000	0	0	10,000	10,000	0	20,000	10,000	10,000	30,000	100,000
預排成本每期總計	723,259	6,541	7,980	728,535	549,449	14,568	1,005,544	555,537	291,638	843,339	4,726,389

表 5 單項產品最佳化求解三種產品每期滾動 4 週之年度累計數量與總成本比較表(續)

期別 存量與成本	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	累計
乙醇胺											
總外倉期初庫存量	0	22,000	30,000	28,600	23,200	25,200	24,000	8,000	18,400	54,800	234,200
總外倉期末庫存量	0	33,000	23,000	29,200	25,600	25,600	18,400	8,800	18,400	57,600	239,600
總自倉期初庫存量	0	380	1,840	766	984	554	1,001	505	2,020	7,674	15,724
總自倉期末庫存量	0	435	1,810	792	1,108	420	960	1,010	3,430	5,831	15,796
總調撥數量	0	9,000	7,000	15,400	5,600	7,600	5,600	7,200	8,000	21,200	81,000
總外倉倉儲成本	0	11,753	5,262	11,765	6,380	7,121	4,209	5,024	6,434	18,544	76,493
總自倉持有成本	0	148	664	284	381	177	357	276	992	2,458	5,737
總運輸調撥成本	0	4,000	2,000	6,000	2,000	4,000	2,000	2,000	2,000	6,000	30,000
總採購成本	0	2,020,000	0	1,408,000	704,000	704,000	0	704,000	704,000	2,112,000	8,356,000
總訂購成本	0	10,000	0	10,000	10,000	10,000	0	10,000	10,000	30,000	90,000
預排成本每期總計	0	2,045,901	7,926	1,436,048	722,761	725,299	6,566	721,300	723,426	2,169,002	8,558,230

表 5 單項產品最佳化求解三種產品每期滾動 4 週之年度累計數量與總成本比較表(續)

期別 存量與成本	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	累計
二甲基乙醯胺											
總外倉期初庫存量	400	0	37,600	72,800	71,000	68,000	68,000	66,200	65,600	252,600	702,200
總外倉期末庫存量	0	0	55,800	72,800	69,800	68,000	68,000	65,600	65,600	251,600	717,200
總自倉期初庫存量	200	76	576	1,804	564	524	524	1,032	796	1,964	8,060
總自倉期末庫存量	219	76	1,008	1,500	548	524	524	1,100	796	1,824	8,119
總調撥數量	400	0	1,800	0	1,200	0	0	600	0	1,000	5,000
總外倉倉儲成本	139	0	9,675	5,242	5,444	4,896	4,896	4,932	4,723	18,464	58,411
總自倉持有成本	35	13	131	274	92	87	87	177	132	314	1,343
總運輸調撥成本	2,000	0	4,000	0	4,000	0	0	2,000	0	4,000	16,000
總採購成本	0	0	900,000	0	0	0	0	0	0	0	900,000
總訂購成本	0	0	10,000	0	0	0	0	0	0	0	10,000
預排成本每期總計	2,174	13	923,806	5,516	9,536	4,983	4,983	7,109	4,855	22,778	985,754
三種產品總成本						14,270,373					
成本減少						-2,022,868					
成本減少百分比						-13.37%					

表 6 本研究最佳化軟體求解三種產品每期滾動 4 週之年度累計數量與總成本比較表

期別 存量與成本	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	累計
聚乙二醇											
總外倉期初庫存量	12,200	33,400	17,800	7,200	4,000	4,000	3,000	0	0	0	81,600
總外倉期末庫存量	24,400	26,400	16,800	4,000	4,000	4,000	2,000	0	0	0	81,600
總自倉期初庫存量	4,763	7,119	5,516	8,145	13,529	14,168	10,042	12,662	11,808	84,057	171,809
總自倉期末庫存量	6,489	8,045	2,970	9,505	18,399	9,185	10,856	10,659	16,576	79,221	171,905
總調撥數量	7,800	7,000	1,000	3,200	0	0	9,000	8,000	0	0	36,000
總外倉倉儲成本	9,377	4,131	1,437	1,364	260	260	4,775	4,300	0	0	25,904
總自倉持有成本	760	1,024	573	1,191	2,155	1,576	1,411	1,574	1,916	11,021	23,201
總訂購成本	10,000	0	0	10,000	20,000	20,000	20,000	20,000	30,000	20,000	150,000
總採購成本	700,000	0	0	264,000	528,000	427,800	528,000	528,000	792,000	552,600	4,320,400
預排成本每期總計	720,137	5,155	2,010	276,555	550,415	449,636	554,186	553,874	823,916	583,621	4,519,505

表 6 本研究最佳化軟體求解三種產品每期滾動 4 週之年度累計數量與總成本比較表(續)

期別 存量與成本	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	累計
乙醇胺											
總外倉期初庫存量	0	22,000	30,000	44,200	32,000	20,800	15,600	0	0	26,400	191,000
總外倉期末庫存量	0	33,000	23,000	51,000	26,400	20,800	10,400	0	0	26,400	191,000
總自倉期初庫存量	0	380	1,840	1,166	984	13,754	2,201	1,305	5,220	10,074	36,924
總自倉期末庫存量	0	435	1,810	1,192	1,108	14,020	1,760	2,610	5,830	8,231	36,996
總調撥數量	0	9,000	7,000	9,200	5,600	0	5,200	0	0	8,000	44,000
總外倉倉儲成本	0	11,753	5,262	11,997	5,137	2,413	3,133	0	0	7,362	47,056
總自倉持有成本	0	148	664	429	381	5,055	721	713	2,011	3,332	13,453
總訂購成本	0	10,000	0	20,000	0	10,000	0	10,000	10,000	30,000	90,000
總採購成本	0	2,020,000	0	2,059,000	0	704,000	0	704,000	756,000	1,954,000	8,197,000
預排成本每期總計	0	2,041,901	5,926	2,091,426	5,518	721,468	3,854	714,713	768,011	1,994,694	8,347,509

表 6 本研究最佳化軟體求解三種產品每期滾動 4 週之年度累計數量與總成本比較表(續)

期別 存量與成本	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	累計
二甲基乙醯胺											
總外倉期初庫存量	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400
總外倉期末庫存量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
總自倉期初庫存量	200	76	4,176	6,604	3,564	524	524	1,632	1,596	3,364	22,260
總自倉期末庫存量	219	76	5,808	6,300	2,348	524	524	1,900	1,596	3,024	22,319
總調撥數量	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400
總外倉倉儲成本	139	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139
總自倉持有成本	60	28	1,817	2,349	1,076	191	191	643	581	1,163	8,097
總訂購成本	0	0	10,000	0	0	0	0	10,000	0	10,000	30,000
總採購成本	0	0	144,000	0	0	0	0	38,400	0	38,400	220,800
預排成本每期總計	200	28	155,817	2,349	1,076	191	191	49,043	581	49,563	259,037
總運輸調撥成本	4,000	6,000	2,000	4,000	2,000	0	4,000	2,000	0	4,000	28,000
三種產品總成本	13,154,051										
成本減少	-3,319,190										
成本減少百分比	-20.15%										

表 7 三項產品(模擬退火法求解)第 1 週至第 16 週規劃決策表

原料名稱	聚乙二醇(PEG300)、乙醇胺、二甲基乙醯胺																
所有品項共同參數																	
	國內採購		到貨數量(整車)(L)	20000				國外採購	到貨數量(整櫃)(L)		8000						
總管制倍數	2.42		訂購成本(元)	10000	外倉單位倉租費用(元/L/週)			0.035	國外採購進倉費用(元/桶)		45	包裝單位之數量(L)					200
運輸調撥成本(元/趟)	2000		運輸調撥上限(L)	8000	國內採購進倉費用(元/桶)			57.5	出倉費用(元/桶)		62.5						
聚乙二醇(PEG300)																	
採購方法	國內/國外		國內採購	前置時間(週)		1	未折扣單價(元)		39	折扣後單價(元)		35	自倉單位持有成本(元/L/週)		0.135		
安全存量(SS)	0		國外採購	前置時間(週)		9	折扣後單價(元)		33	管制量(L)		4000	外倉單位持有成本(元/L/週)		0.03		
週別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
毛需求量	11,736	11,736	11,736	11,736	9,436	9,436	9,436	9,436	11,545	11,545	11,545	11,545	10,604	10,604	10,604	10,604	
排定收到量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
預排訂單預定收到量	0	40,000	0	0	20,000	20,000	0	0	0	20,000	16,000	8,000	200	8,000	16,000	5,200	
預排訂單開立量	40,000	16,000	8,000	20,000	28,000	16,000	0	0	20,000	16,000	0	200	0	0	5,200	0	
外租倉庫期初庫存量	20,000	5,000	31,800	24,600	13,000	20,200	34,000	24,600	15,200	3,600	12,200	16,600	13,000	2,600	0	5,400	
外租倉庫期末庫存量	5,000	31,800	24,600	13,000	20,200	34,000	24,600	15,200	3,600	12,200	16,600	13,000	2,600	0	5,400	0	
自有倉庫期初庫存量	0	3,264	4,728	192	56	3,420	184	148	112	167	22	77	132	128	124	120	
自有倉庫期末庫存量	3,264	4,728	192	56	3,420	184	148	112	167	22	77	132	128	124	120	116	
運輸調撥數量	15,000	13,200	7,200	11,600	12,800	6,200	9,400	9,400	11,600	11,400	11,600	3,600	10,400	2,600	10,600	5,400	
外倉倉儲成本	5,500	16,821	4,083	4,847	10,829	9,449	4,842	4,231	4,236	9,826	8,161	2,087	3,757	897	7,088	1,863	
自倉持有成本	220	539	332	17	235	243	22	18	19	13	7	14	18	17	16	16	
採購成本	0	1,400,000	0	0	700,000	700,000	0	0	0	700,000	528,000	264,000	7,800	264,000	528,000	202,800	
訂購成本	0	10,000	0	0	10,000	10,000	0	0	0	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	
預排成本總計	5,720	1,427,360	4,415	4,864	721,064	719,692	4,864	4,249	4,255	719,839	546,168	276,101	21,575	274,914	545,104	214,679	
累計預排成本	5,720	1,433,081	1,437,496	1,442,360	2,163,423	2,883,116	2,887,980	2,892,228	2,896,483	3,616,322	4,162,490	4,438,591	4,460,165	4,735,079	5,280,184	5,494,863	

表 7 三項產品(模擬退火法求解)第 1 週至第 16 週規劃決策表(續)

乙醇胺																
採購方法	國內/國外		國內採購	前置時間(週)		1	未折扣單價(元)		105	折扣後單價(元)		101	自倉單位持有成本(元/L/週)		0.364	
安全存量(SS)	0		國外採購	前置時間(週)		12	折扣後單價(元)		88	管制量(L)		4000	外倉單位持有成本(元/L/週)		0.081	
週別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
毛需求量	8,736	8,736	8,736	8,736	4,436	4,436	4,436	4,436	10,545	10,545	10,545	10,545	6,604	6,604	6,604	6,604
排定收到量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
預排訂單預定收到量	0	20,000	20,000	0	60,000	0	0	0	0	0	0	0	0	8,000	4,600	0
預排訂單開立量	20,000	20,000	8,000	60,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,600	0	0
外租倉庫期初庫存量	8,800	0	11,200	22,400	13,800	69,400	64,800	57,000	55,600	41,400	35,000	21,600	13,800	6,600	8,600	6,400
外租倉庫期末庫存量	0	11,200	22,400	13,800	69,400	64,800	57,000	55,600	41,400	35,000	21,600	13,800	6,600	8,600	6,400	0
自有倉庫期初庫存量	0	64	128	192	56	20	184	3,548	512	4,167	22	2,877	132	728	124	320
自有倉庫期末庫存量	64	128	192	56	20	184	3,548	512	4,167	22	2,877	132	728	124	320	116
運輸調撥數量	8,800	8,800	8,800	8,600	4,400	4,600	7,800	1,400	14,200	6,400	13,400	7,800	7,200	6,000	2,200	6,400
外倉倉儲成本	3,260	9,150	10,449	4,787	23,451	9,221	9,502	6,968	10,064	6,431	7,470	4,491	3,433	4,557	1,558	2,371
自倉持有成本	12	35	58	45	14	37	679	739	852	762	528	548	157	155	81	79
採購成本	0	2,020,000	2,020,000	0	6,060,000	0	0	0	0	0	0	0	0	704,000	483,000	0
訂購成本	0	10,000	10,000	0	10,000	0	0	0	0	0	0	0	0	10,000	10,000	0
預排成本總計	3,272	2,039,185	2,040,507	4,832	6,093,464	9,258	10,181	7,707	10,915	7,194	7,998	5,038	3,590	718,712	494,638	2,451
累計預排成本	3,272	2,042,457	4,082,964	4,087,796	10,181,260	10,190,519	10,200,700	10,208,407	10,219,322	10,226,516	10,234,513	10,239,552	10,243,142	10,961,853	11,456,491	11,458,942

表 7 三項產品(模擬退火法求解)第 1 週至第 16 週規劃決策表(續)

二甲基乙醯胺																
採購方法	國內		國內採購	前置時間(週)		1	未折扣單價(元)		48	折扣後單價(元)		45	自倉單位持有成本(元/L/週)		0.166	
安全存量(SS)	0		國外採購	前置時間(週)		8	未折扣單價(元)		40	管制量(L)		2000	外倉單位持有成本(元/L/週)		0.037	
週別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
毛需求量	0	0	0	0	5,102	5,102	5,102	5,102	6,211	6,211	6,211	6,211	4,927	4,927	4,927	4,927
排定收到量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
預排訂單預定收到量	0	0	0	20,000	0	0	20,000	0	0	0	8,000	1,000	8,000	8,000	0	0
預排訂單開立量	0	0	28,000	0	8,000	28,000	0	0	0	0	1,000	0	0	0	0	0
外租倉庫期初庫存量	0	0	0	0	20,000	14,800	9,600	24,600	19,400	13,200	7,000	8,200	3,600	6,800	7,400	4,200
外租倉庫期末庫存量	0	0	0	20,000	14,800	9,600	24,600	19,400	13,200	7,000	8,200	3,600	6,800	7,400	4,200	0
自有倉庫期初庫存量	0	0	0	0	0	98	196	94	192	181	170	759	148	21	2,494	767
自有倉庫期末庫存量	0	0	0	0	98	196	94	192	181	170	759	148	21	2,494	767	40
運輸調撥數量	0	0	0	0	5,200	5,200	5,000	5,200	6,200	6,200	6,800	4,600	4,800	7,400	3,200	4,200
外倉倉儲成本	0	0	0	6,470	2,878	2,503	8,544	3,209	3,111	2,665	4,472	1,862	3,674	4,624	1,418	1,464
自倉持有成本	0	0	0	0	8	24	24	24	31	29	77	75	14	209	271	67
採購成本	0	0	0	900,000	0	0	900,000	0	0	0	320,000	48,000	320,000	320,000	0	0
訂購成本	0	0	0	10,000	0	0	10,000	0	0	0	10,000	10,000	10,000	10,000	0	0
預排成本總計	0	0	0	916,470	2,886	2,528	918,568	3,233	3,142	2,694	334,549	59,938	333,688	334,832	1,688	1,531
累計預排成本	0	0	0	916,470	919,356	921,884	1,840,452	1,843,684	1,846,826	1,849,520	2,184,069	2,244,007	2,577,695	2,912,528	2,914,216	2,915,747
運輸調撥成本	6,000	6,000	4,000	6,000	6,000	4,000	6,000	4,000	8,000	6,000	8,000	4,000	6,000	4,000	4,000	4,000
總累計預排成本：19,955,552																