

淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士班碩士論文

指導教授：陳俊穎 博士

航空燃料車輛於加油作業之調度最佳化模式

The Optimal Model for Aviation Fuel Vehicle Routing  
Problem in Refueling Operations

研究生：黃宜人 撰

中華民國 112 年 1 月

## 謝辭

終於到了碩士生活的最後階段了，從一個完全沒有方向與目標到現在寫完了一篇完整的論文，這一路上要感謝許多人的幫忙，我要先謝謝淡江運管系的所有老師以及系上助教，在我面臨低潮以及困難時都會適時地給予我鼓勵以及有效的建議，當然還有我的大學同學、碩士班同學、家人以及幫助過我的長官，我才能順利地從淡江運管系畢業。

首先我最要感謝的是我的指導教授陳俊穎老師，由於我論文起步的時間較其他同學晚，所以老師從一開始想題目到後面論文內容的撰寫都給予我很多的建議讓我可以加快我的腳步，時不時也會給予我鼓勵讓我知道我的進度是不會輸給其他同學的；再加上大學時期比較少接觸程式寫作的部分，老師也很有耐心的給予我撰寫上的建議，在面臨程式寫作的瓶頸時也常給予我鼓勵甚至是手把手帶我修改錯誤的地方，能遇到俊穎老師真的是很幸運!!!

另外我還要感謝佳的星公司的于仲明大哥，即便是在工作期間也會抽空回答我關於機場加油作業的相關事務，當我有不明白的地方也都會很詳細很有耐心地替我解答，甚至還會多補充許多有用的資訊給予我做論文時的需要，感謝您的耐心以及您的幫助，如果沒有您給予我珍貴的加油作業資料，我一定沒辦法完成論文的案例測試以及後續的敏感度分析。

接著是要感謝研究所的同學們，易軒、欣怡、瑞霖、昱忻、美蕙、昱霖、韋丞、宸豪、玉穎、盈欣、文豪、瑋翔、雅文與玄共，感謝你們兩年半的陪伴，剛進碩班時因為常常還需要遷故大學部的的事情，很多報告以及上課內容都靠你們的幫忙，感謝你們大家的幫助我才能順利地修完所有學分。平時也都會一起吃飯、一起耍廢、一起逃避碩班的種種困難哈哈，這兩年半能認識你們真的很開心，也希望大家都能趕快畢業!!!同家的昱忻以及易軒，真的非常感謝有你們兩位大哥的幫助我才能在做論文的路上少走很多冤忘路，不管是寫程式還是說論文結構上，當我遇到困難需要求救時你們都會第一時間的回覆我訊息且告訴我該如何解決問題，真的是非常感謝你們!!!

最後我要感謝我的家人還有我的朋友，當我面臨低潮時都會一直鼓勵我當我最強大的後盾，沒有你們的支持我想我應該無法順利地完成這份論文，你們的支持與鼓勵真的給予我很大的動力以及勇氣繼續走下去謝謝你們大家~~我愛你們!

黃宜人 謹致

中華民國 112 年 1 月

論文名稱：航空燃料車輛於加油作業之調度最佳化

頁數：123

校系(所)組別：淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士班

畢業時間及提要別：111 學年度第 1 學期碩士學位論文提要

研究生：黃宜人

指導教授：陳俊穎 博士

論文提要內容：

加油作業是機場營運中的重要環節，目前大部分機場對於航空燃料車輛的調度方法大都基於人工經驗，較缺乏系統最佳化的調度策略，在航班起降具有短暫時間及高密度的特性下產生龐大的加油作業需求，若航空燃料車輛沒有進行合理且有效適當的調度會造成航班延誤，甚至造成更多不必要的損失。加油作業具有標準的流程性，由於存在安全問題的考量，只有在加油作業完成後才能開始引導旅客上機，而大型機場會同時存在不同類型的飛機以及不同類型的航班，每個航班使用之飛機類型其所需的加油服務時間也會有所不同，因此航空燃料車輛合理調度才是能夠實現後續地勤作業正常運作中非常重要的一環。為了能夠解決現今地球暖化日益嚴重的現象，減少溫室氣體排放以及節省能源消耗已經成為各國目前以及未來在政策規劃上的重點，桃園機場也致力於綠色機場的發展，期盼未來能夠降低陸側機場設施、航空燃料車輛及其他地勤車輛的碳排放量，來達成 2050 年淨零碳排放量之目標。

本研究基於加油公司與桃園國際機場之立場，以最少碳排放量以及最少車輛使用數作為目標，考量實際營運情況，利用整數數學規劃及時空網路流動技巧建立此模式。模式中依照航空燃料車輛種類分為油栓車與油罐車之時空網路。本研究利用 C++ 進行程式撰寫配合 CPLEX 數學規劃軟體進行模式求解。最後本研究以加油公司提供之各航班加油作業開始時間及結束時間，建立一合理且符合實務情形之資料進行範例測試，並針對不同航班類型組成、不同車輛數、不同加油作業數量進行敏感度分析及情境分析，結果顯示本研究模式可有效在實務上進行運用。

關鍵字：加油作業;航空燃料車輛;時空網路;最佳化;碳排放量;整數數學規劃

\*依本校個人資料管理規範，本表單各項個人資料僅作為業務處理使用，並於保存期限屆滿後，逕行銷毀。

表單編號：ATRX-Q03-001-FM030-03

Title of Thesis :

Total pages:123

The Optimal Model for Aviation Fuel Vehicle Routing Problem in Refueling Operations

Key word:

Refueling operation;Aviation Fuels Vehicle;Time-space network;Optimization;Carbon emission;Integer program

Name of Institute:

Graduate Institute of Transportation Science, TamKang University

Graduate date:

January, 2023

Degree conferred:

Master Degree

Name of student: I-Jen Huang  
黃宜人

Advisor: Dr. Chun-Ying Chen  
陳俊穎 博士

Abstract:

Refueling operation is an important part of airport operation. At present, most airports dispatch methods for aviation fuel vehicles based on manual experience, and lack of systematic optimal dispatching strategy, which occurs when flights take off and land with short time and high density. Due to the huge demand for refueling operations, if aviation fuel vehicles are not dispatched reasonably, effectively and appropriately, flight delays will be caused, and even more unnecessary losses will be caused. Due to the consideration of safety issues, passengers can only be guided to board the plane after the refueling operation is completed. In large airports, there will be different types of aircraft and different types of flights at the same time. The aircraft used for each flight The required refueling service time will also vary depending on the type, so the reasonable scheduling of aviation fuel vehicles is a very important part of the normal operation of subsequent ground operations. In order to solve the serious phenomenon of global warming, reducing gas emissions and saving energy consumption has become the focus of current and future policy planning in various countries. Taoyuan Airport is also committed to the development of green airports, looking forward to reducing landside emissions, carbon emissions from airport facilities, aviation fuel vehicles and other ground handling vehicles to achieve net zero carbon emissions by 2050.

We use integer program and network flow techniques developing the model to reach the minimum of carbon emissions. We solve it by using the C++ to code the program and mathematical programming solver, CPLEX. Finally, we evaluate the performance of the model with reasonable and practical data given by aviation gas company in practice, conduct the sensitive analysis and situational analysis by different flight types, different vehicle numbers, different refueling operation numbers and situations. The results show that the model could be useful for aviation gas company in practice.

According to "TKU Personal Information Management Policy Declaration", the personal information collected on this form is limited to this application only. This form will be destroyed directly over the deadline of reservations.

表單編號：ATRX-Q03-001-FM031-03

# 目錄

目錄.....	I
圖目錄.....	V
表目錄.....	VI
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	3
1.3 現況分析與研究範圍.....	4
1.4 研究流程.....	5
第二章 文獻回顧.....	7
2.1 車輛路線排程問題相關文獻回顧.....	7
2.2 具時間窗車輛路線排程問題之相關探討.....	9
2.3 國內外地勤車輛調度相關文獻回顧.....	11
2.4 機場航空燃料業務之相關文獻.....	13
2.5 數學規劃模式之相關文獻.....	13
2.6 二氧化碳排放量之相關文獻.....	14
2.7 小結.....	14
第三章 研究模式.....	16
3.1 問題描述.....	16
3.2 模式限制.....	18
3.3 航空燃料車輛時空網路.....	19
3.3.1 油栓車時空網路.....	19
3.3.2 油罐車時空網路.....	23
3.4 建構數學模式.....	26
3.4.1 數學定式.....	26

3.4.2 二氧化碳排放量公式.....	28
第四章 實證分析.....	30
4.1 輸入資料與輸出資料.....	30
4.1.1 航空燃料車輛資料.....	30
4.1.2 加油作業資料.....	31
4.2 電腦測試環境及設定.....	32
4.3 範例測試類型與測試資料.....	32
4.3.1 油栓車執行加油作業皆為中短程航班.....	32
4.3.2 油罐車執行加油作業皆為中短程航班.....	33
4.3.3 航空燃料車輛執行加油作業皆為長程航班.....	34
4.3.4 航空燃料車輛執行加油作業皆為中短程航班.....	35
4.3.5 航空燃料車輛執行加油作業為混合航班.....	36
4.4 範例測試與情境分析.....	37
4.4.1 油栓車執行加油作業皆為中短程航班測試結果.....	38
4.4.2 油罐車執行加油作業皆為中短程航班測試結果.....	39
4.4.3 航空燃料車輛執行加油作業皆為長程航班測試結果.....	41
4.4.4 航空燃料車輛執行加油作業皆為中短程航班測試結果.....	45
4.4.5 航空燃料車輛執行加油作業為混合航班測試結果.....	55
4.4.6 小結.....	61
4.5 桃園國際機場正式資料測試.....	64
4.5.1 模式規模.....	62
4.5.2 模式輸入資料.....	63
4.5.3 模式輸出資料.....	64
4.5.4 正式資料測試結果分析.....	64

4.6 敏感度分析.....	67
4.6.1 車輛數改變之敏感度分析.....	67
4.6.1.1 油罐車數量改變之敏感度分析結果.....	68
4.6.1.2 油栓車數量改變之敏感度分析結果.....	69
4.6.2 加油作業數量改變之敏感度分析.....	70
4.6.3 固定碳排放量改變之敏感度分析.....	73
第五章 結論與建議.....	76
5.1 結論.....	76
5.2 建議.....	78
5.3 貢獻.....	79
參考文獻.....	82
附錄.....	86
附錄一 2022/06/24 測試之網路規模與數學模式規模.....	86
附錄二 2022/06/25 測試之網路規模與數學模式規模.....	86
附錄三 2022/06/26 測試之網路規模與數學模式規模.....	87
附錄四 2022/06/27 測試之網路規模與數學模式規模.....	87
附錄五 2022/06/28 測試之網路規模與數學模式規模.....	88
附錄六 2022/06/29 測試之網路規模與數學模式規模.....	88
附錄七 2022/06/30 測試之網路規模與數學模式規模.....	89
附錄八 2022/06/24 加油作業資料.....	89
附錄九 2022/06/25 加油作業資料.....	91
附錄十 2022/06/26 加油作業資料.....	93
附錄十一 2022/06/27 加油作業資料.....	95
附錄十二 2022/06/28 加油作業資料.....	96
附錄十三 2022/06/29 加油作業資料.....	98

附錄十四 2022/06/30 加油作業資料.....	100
附錄十五 正常航班加油作業資料.....	102
附錄十六 正常航班數減少 30%加油作業資料.....	105
附錄十七 正常航班數減少 15%加油作業資料.....	107
附錄十八 正常航班數增加 15%加油作業資料.....	109
附錄十九 正常航班數增加 30%加油作業資料.....	112
附錄二十 正常航班數增加 45%加油作業資料.....	115
附錄二十一 長程增加 45%、中短程增加 60%加油作業資料.....	119



# 圖目錄

圖 1 研究流程圖.....	6
圖 2 VRP 路線型態.....	7
圖 3 加油作業規劃結果—人工規劃方式.....	16
圖 4 加油作業規劃結果—模式規劃方式.....	16
圖 5 油栓車時空網路示意圖.....	21
圖 6 油罐車時空網路示意圖.....	24
圖 7 模式輸入資料與輸出資料.....	30
圖 8 類型 1 之車輛運輸規劃結果.....	38
圖 9 類型 2 之車輛運輸規劃結果.....	39
圖 10 類型 3 情境 1 之車輛運輸規劃結果.....	41
圖 11 類型 3 情境 2 之車輛運輸規劃結果.....	43
圖 12 類型 4 情境 1 之車輛運輸規劃結果.....	45
圖 13 類型 4 情境 2 之車輛運輸規劃結果.....	47
圖 14 類型 4 情境 3 之車輛運輸規劃結果.....	49
圖 15 類型 4 情境 4 之車輛運輸規劃結果.....	51
圖 16 類型 4 情境 5 之車輛運輸規劃結果.....	53
圖 17 類型 5 情境 1 之車輛運輸規劃結果.....	55
圖 18 類型 5 情境 2 之車輛運輸規劃結果.....	57
圖 19 類型 5 情境 3 之車輛運輸規劃結果.....	59
圖 20 各停機坪之位置圖.....	62
圖 21 模式規劃與人工規劃之碳排放量比較圖.....	66
圖 22 油罐車數量改變與出車數及總碳排放量關係圖.....	68
圖 23 油栓車數量改變與出車數及總碳排放量關係圖.....	69
圖 24 加油作業數量改變與總碳排放量關係圖.....	72
圖 25 固定碳排放量改變與出車數及總碳排放量關係圖.....	74

# 表目錄

表 1 研究範圍.....	4
表 2 車輛行駛時二氧化碳排放量之標準.....	27
表 3 油栓車執行加油作業皆為中短程航班之測試車輛資料.....	31
表 4 油栓車執行加油作業皆為中短程航班之測試資料.....	32
表 5 油罐車執行加油作業皆為中短程航班之測試車輛資料.....	32
表 6 油罐車執行加油作業皆為中短程航班之測試資料.....	32
表 7 航空燃料車輛執行加油作業皆為長程航班之測試車輛資料.....	33
表 8 航空燃料車輛執行加油作業皆為長程航班之測試資料.....	33
表 9 航空燃料車輛執行加油作業皆為中短程航班之測試車輛資料.....	34
表 10 航空燃料車輛執行加油作業皆為中短程航班之測試資料.....	34
表 11 航空燃料車輛執行加油作業為混合航班之測試車輛資料.....	35
表 12 航空燃料車輛執行加油作業為混合航班之測試資料.....	35
表 13 各類型資料測試與相關情境測試.....	36
表 14 類型 1 之模式測試結果.....	37
表 15 類型 2 之模式測試結果.....	39
表 16 類型 3 情境 1 之模式測試結果.....	40
表 17 類型 3 情境 2 之模式測試結果.....	42
表 18 類型 4 情境 1 之模式測試結果.....	44
表 19 類型 4 情境 2 之模式測試結果.....	46
表 20 類型 4 情境 3 之模式測試結果.....	48
表 21 類型 4 情境 4 之模式測試結果.....	50
表 22 類型 4 情境 5 之模式測試結果.....	52
表 23 類型 5 情境 1 之模式測試結果.....	54
表 24 類型 5 情境 2 之模式測試結果.....	56

表 25 類型 5 情境 3 之模式測試結果.....	58
表 26 正式資料測試之網路規模與數學模式規模.....	61
表 27 正式資料測試結果分析.....	62
表 27 正式資料測試結果分析(續).....	65
表 28 油罐車數量改變之敏感度分析結果.....	67
表 29 油栓車數量改變之敏感度分析結果.....	68
表 30 加油作業數量改變之敏感度分析結果.....	71
表 30 加油作業數量改變之敏感度分析結果(續).....	71
表 31 固定碳排放量改變之敏感度分析結果.....	73



# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與研究動機

近來亞洲空運市場蓬勃發展，台灣由於地理位置好，距離亞太地區各個重要都市，飛行時間平均約 2.55 小時就能抵達目的地，對於航空業而言是相當適合發展的國家。因此，在國際貿易與經濟的快速發展以及民眾嚮往國外旅遊下，消費者習慣與價值觀皆隨之產生變化，為了節省時間或者避免旅途過程的勞累，越來越多民眾願意付出合理的票價，搭乘快捷、舒適的航空運輸，航空產業也順應此一發展趨勢，促使台灣整體的航空需求量逐年提升。

隨著民航業的快速發展，機場規模以及機場的業務量逐漸龐大，對於桃園國際機場這樣的大型樞紐機場造成了龐大的壓力，同時面臨到的問題也漸漸浮上檯面，例如：地勤營運效率降低，地面設備調配不足等問題，如此一來便會造成航班延誤頻繁出現或者是單一設備工作量過大等問題，不僅影響了民航運輸服務品質，也為航空公司和機場造成了巨大的經濟損失。快速應對機場基本業務，不僅可以保障航班正常的運行來提高乘客的滿意度，也可以有效率地降低航空公司以及機場地勤的成本耗費，讓整個航班作業以及地勤作業可以高效率地運作來提升營運效能，如何在資源設備有限的情形下，充分利用現有的地勤資源去完成各項作業內容，是航空公司以及機場共同面臨的問題之一。

航空地勤服務是機場營運中的一個重要環節，地勤服務是指航機在機場停留期間為保障後續航班勤務正常進行而接受的飛機加水、加油等一系列保障服務，加油等一系列保障服務，主要透過不同類型的地勤車輛來進行，因此如何針對各種航空地勤車輛進行合理有效的調度對於提高航班準點率、保障航行安全、提高航班服務品質以及經濟效益就相當的重要，目前大部分機場對於航空地勤車輛的調度方法大都基於人工經驗，較缺乏系統最佳化的調度策略，由於在大型機場中航班的起落具有短暫時間以及高密度的特性，對於地勤服務的需求集中，調度不適當可能造成航班延誤，造成不必要的損失。

每項地勤服務皆具有標準的流程性，以航空燃料車輛為例，因為存在安全問題的考量，只有在加油任務完成後才能開始引導旅客上機，故其地勤作業順序也為第一優先執行，而大型機場會同時存在不同類型的飛機以及不同類型的航線，每個航班所使用的飛機類型其所需的加油服務時間也會有所不同，因此航空燃料車輛的合理調度為實現後續地勤作業正常運作中非常重要的一環。目前航空燃料加油作業是由兩種類型的車輛進行操作，分別是需要考量容量限制的油罐車以及利用機場地下油管進行幫浦加壓的油栓車，在地勤車輛執行各項勤務的排序上航空燃料車輛由於存在最大的危險性，因此都是第一個執行作業，而車輛數的指派是根據航程的遠近來判斷，中短程航線的航班通常是使用小型飛機，因此車輛指派會選擇一輛油罐車或者是一輛油栓車進行作業，而長程航線則是需要使用兩輛油栓車來加速作業。在時間窗的限制下中短程航線通常會在航班起飛前 1 個小時開始進行加油作業，而長程航線則是起飛前 1.5 個小時，加油公司都會希望在航班起飛前的 30 至 40 分鐘完成加油作業來保障後續地勤作業的順暢，不過就現況來說，航班的變動率大，能夠真的準時的在時間內完成所有的作業內容基本上是相當困難，因此本文研究會將這類型的狀況加入限制式再進行討論。

為了解決現今地球暖化日益嚴重的現象，減少溫室氣體排放以及節省能源消耗已經成為各國目前以及未來在政策規劃上的重點，目前國內外討論運輸系統節能減碳的相關政策都是以提升運輸工具能源使用率同時減少其二氧化碳排放量為主要重點，桃園國際機場也致力於打造綠色機場，更是自 2019 年起連續四年獲得國際機場評比的肯定並且將持續實踐永續經營來達成 2050 淨零碳排放量之目標，桃園國際機場目前的政策著重於營運策略調整、重大耗能設備更新及再生能源發展三大方向，邀集航空公司、地勤公司、商業服務業者及各駐場政府單位等共 74 個機場夥伴，定期召開會議並檢視能源耗用及碳排放特性，執行能源管理系統及溫室氣體盤查作業，有效降低能源耗用及碳排放量，但目前的減碳具體內容著重在陸側的設備替換，對此，桃園機場設定階段性目標，希望於 2035

年達到絕對減量，且在 2050 年達到淨零排放目標，具體計畫包括透過積極汰換高耗能設備、增設車輛充電樁加速基礎建設電動化、建置太陽能發電機組及評估購置再生能源等，同時也向各家航空公司及各個駐場單位推廣將現今使用的所有地勤車輛能夠逐年替換成電動化車輛來達到逐年減少碳排放量的目標，但面對現在加油公司還大量使用非電動化之航空燃料車輛的情況下，如何做出最佳使用效率的車輛路線安排以及加油作業的調度來降低二氧化碳排放量，值得更加深入的探討，本研究也會將這類型的問題加入目標式再進行討論。

## 1.2 研究目的

本研究擬針對航空燃料車輛的加油作業內容，進行以航空燃料車輛調度行駛時產生最少碳排放量以及車輛使用數最小化為目標，航空燃料車輛除了考量有容量限制的油罐車之外也加入了利用地下管線加油的油栓車進行問題探討，因此在同一個時間窗之內會同時具有兩種類型的航空燃料車輛進行加油作業的執行。

本研究之研究目的：

1. 透過建構數學規劃模式並且考量相關限制條件以及規劃目標來滿足實務上的需求，同時也能夠提升航空燃料車輛在執行加油作業時的服務品質以及效率。
2. 在固定一段時間內最小化所有燃料車輛在行駛時產生的碳排放量以及車輛數的使用，將總行駛成本降到最低。
3. 建構出的模式在後續可以提供給實務上作為規劃輔助工具。

### 1.3 現況分析與研究範圍

本研究以桃園國際機場為研究場域並以佳的星股份有限公司之加油作業作為研究對象，加油作業都是由加油公司取得航空公司的加油服務合約後並經由機場的核准，才能夠開始執行加油作業，目前的加油作業都是以確定性規畫進行運作，也就是說加油公司會在一至兩天前取的當天所有的航班資料，並且依照各航班之航線的需求來判斷所需指派的車輛數，而目前航空燃料車輛在指派上都是以航機抵達即指派車輛的營運模式進行操作，因此在車輛的使用上較無效率，而航空燃料車輛的加油程序包括：車輛由停車場進入航機翼下加油位置，瞭解加油數量後並進行加油設備的安裝以及安全措施的檢查、獲得航空公司同意後開始進行加油，加油完畢後必須與航空公司代表核對加油數量並簽署單據，結束後車輛駛離航機並前往停車場，完成一次加油作業。

航空燃料車輛停放地點與航空站各登機門的位置皆為已知的資訊且不會變動，因此航空燃料車輛在前往執行加油作業時是以固定的路線行駛至目標停機坪，可調度的航空燃料車輛為多部且固定，每個航班加油開始時間與結束時間皆為已知，而航空燃料車輛所服務之對象，主要為國際線航班以及少數的國內線航班。

表1 研究範圍 資料來源：本研究整理

分類項目	範圍內容
調度規劃類型	確定性規劃
航空燃料車輛停車場與航空站	1. 單一航空燃料車輛停車場 2. 單一航空站 3. 航空燃料車輛停車場和航空站的位置均為已知資訊，行駛路線和航班資料也為已知。
可執行加油作業車輛數目	多部且固定
可執行加油作業車輛類型	航空燃料油罐車與航空燃料油栓車
航空站各航班之加油作業	各航班的燃料補充量皆為已知
時間窗限制	任一航空燃料車輛的服務總時程
目標函數	最小化所有航空燃料車輛之總碳排放量與車輛數

## 1.4 研究流程

本研究使用整數數學規劃以及時空網路之觀念，以航空燃料車輛調度行駛時產生最少碳排放量以及車輛使用數最小化為目標，並考慮實務上加油作業之營運方式，如航機加油作業表、各航班加油開始時間與結束時間、加油作業所在停機坪等，建立一航空燃料車輛於加油作業調度時之最佳化模式。

本研究流程圖如下圖 1 所示，經過文獻回顧以及目前加油作業實務現況的初步分析後，確認研究問題。為了要了解詳細之實務作法，本研究與加油公司之相關人員進行訪談，更詳細了解航空燃料車輛相關營運限制以及現況，確認研究議題是否與實務相呼應。接著將訪談結果之資訊與研究議題整合，建構整數數學模式發展出航空燃料車輛於加油作業調度時之最佳化模式。之後，利用 Visual C++ 程式語言撰寫電腦程式，並配合數學規劃軟體 CPLEX 20.1 求解，並以加油公司提供之一日加油作業資料，進行模式之情境測試與分析。最後將實務資料應用結果進行綜合比較與分析，提出本研究之結論與建議。

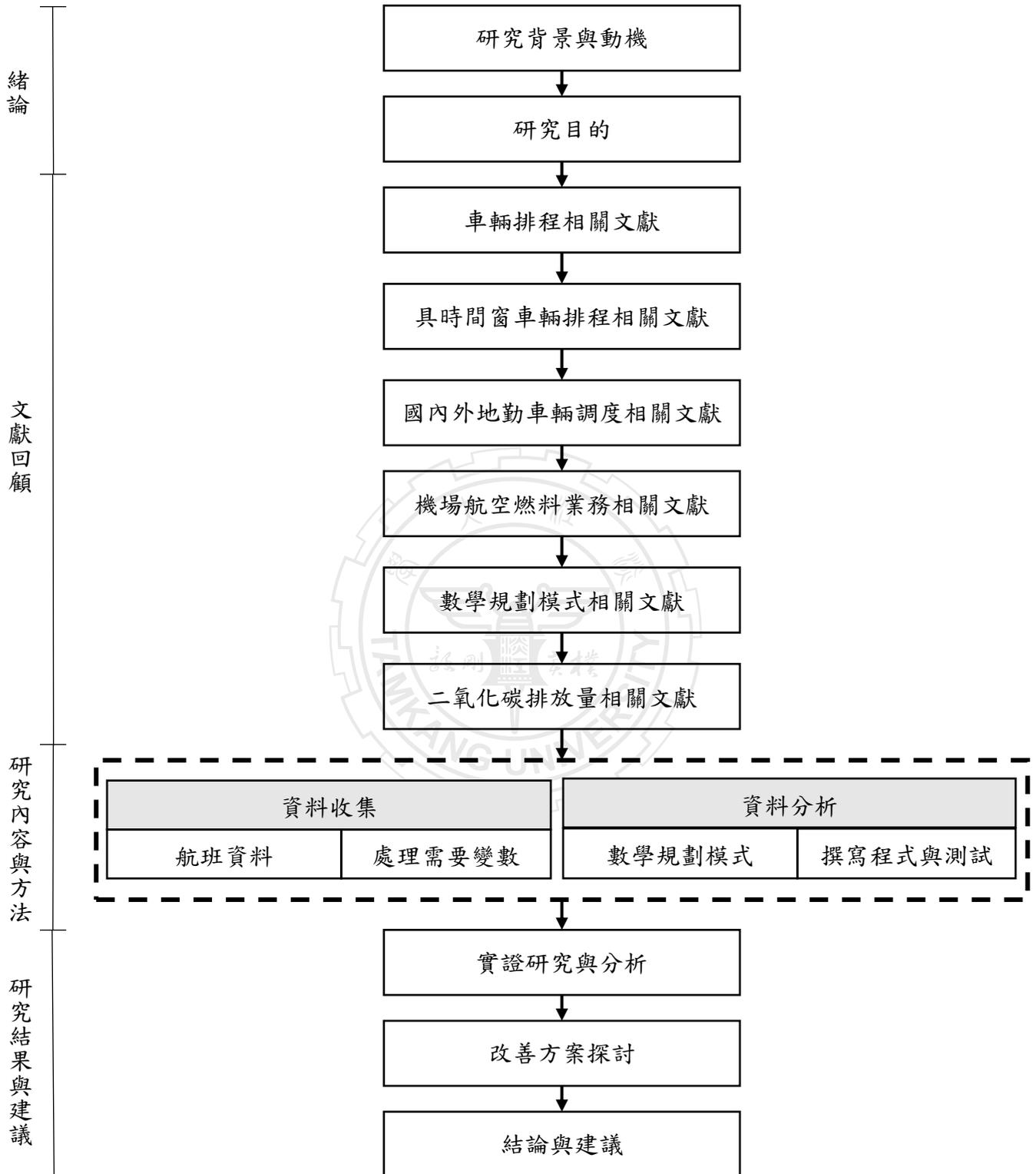


圖 1 研究流程圖 資料來源：本研究整理

## 第二章 文獻回顧

本研究提出一個規劃輔助工具協助航空燃料車輛進行加油作業行程路線規劃，期望能夠滿足加油公司在車輛規劃上更有效率且同時降低碳排放量。主要研究方法是運用時空網路流動技巧構建航空燃料車輛路線與加油作業規劃最佳化模式。因此，本節首先將針對車輛排程問題定義之相關文獻進行回顧，之後再分別針對國內外地勤車輛調度、二氧化碳排放量、數學規劃模式與機場航空燃油業務等相關文獻進行回顧。

### 2.1 車輛路線排程問題相關文獻回顧

車輛途程問題 (Vehicle Routing Problem, VRP) 定義上為有一個已知的場站，並且從這一個場站延伸出有需要被此場站所服務的需求點，這些需求點的位置以及需求量都在送貨之前就得知，而每個需求點的需求均須被完全地滿足且每個需求點僅能被任一輛車服務一次、任一條節線僅能有一輛車在行駛，並要符合各車輛之最大車容量限制，且其總和不能超過該所服務車輛的最大車容量限制，經由這些限制之後，決定出一最佳配送路線，而這條最佳配送路線的解可能是滿足最小成本、最短路徑或是最短時間。

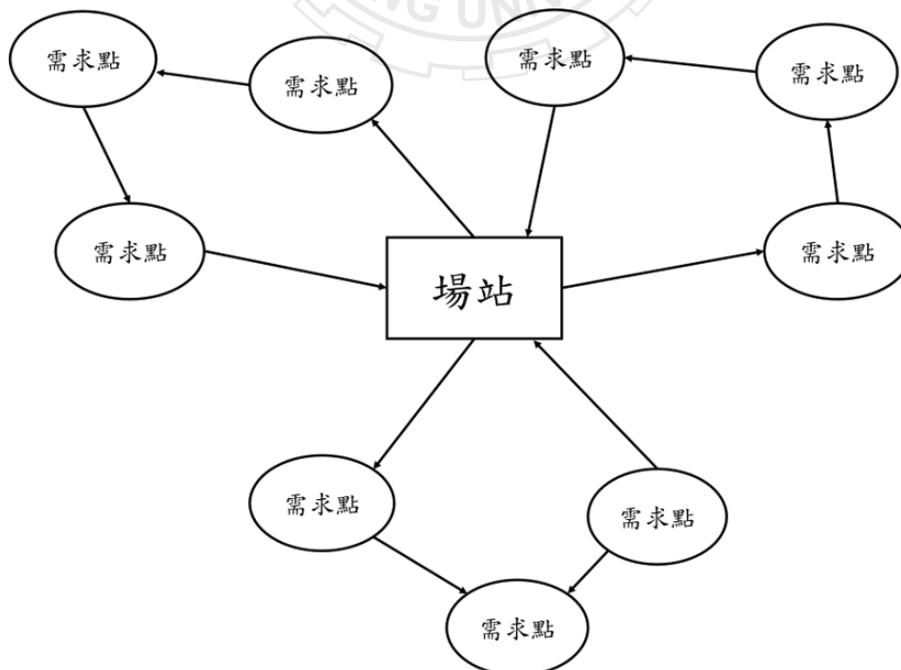


圖2 VRP路線型態 資料來源：本研究整理

車輛途程問題 ( Vehicle Routing Problem, VRP ) 最早可追溯自 1959 年 Dantzig 與 Ramser 提出第一個車輛運送問題，內容是關於散裝碼頭與眾多服務站之間的最佳路徑問題，提出了基本數學模式後利用手動或計算機來獲得最佳的解決方案並建立起車輛途程問題之基本數學模式，日後便開啟許多學者以不同之模式來探討相關車輛途程問題之解決方法。

求解車輛路線問題之方法除了利用數學規劃模式之外，還可以利用啟發式演算法進行求解，如禁忌搜尋法 Taillard 等人(1997)、基因遺傳演算法 Blanton 與 Wainwright(1992)，另外根據不同的問題特性也設計出相關的求解方法，如 Bowerman 與 Hall(1994) 利用空間填補曲線概念設計出求解方法，雖然其求解方法快速，但求解出來的結果與品質都相對較差，如果要求解結果品質好，就必須耗費相當長的時間，但卻能夠找到其問題的最佳解。至於在車輛途程問題(Vehicle Routing Problem, VRP)上，國內外也有相當多學者進行相關研究，例如： Pasukat 和 Herman(2018)、Soraya(2020)、廖亮富(1998)、曾維豪(2000)、朱經武等人(2018)等。

Valouxis 與 Housos(2000) 於人車合一之情形，探討多車種多場站之地勤作業營運方式，探討已知車型、駕駛、停車場站、駕駛員最早發車時間、地勤人員工作天數等之問題，在滿足每日工作時間及地勤作業間連接之最小休息時間限制，將模式建構在集合涵蓋問題架構下，並以 CGQS(Column Generation and Quick Shiftcombination) 啟發式演算法求解，此演算法是結合變數產生法與現行啟發式演算法 QS(Quick Shifts approach) 之啟發式演算法。

蔡文昉(2001) 利用時空網路圖描繪客運業者車輛與人員排程勤務，並作為二階段模式構建基礎。第一階段之模式構建以最小班次閒置時間及最少車輛數使用為目標，利用拉式鬆弛法將模式轉換成網路問題，再以網路簡捷法求解，並透過路網圖之調整與自行設計之演算法，改善放鬆限制式後其整數解無法滿足之問題，並初步求解出基本勤務之排程。

Akhand A. H. (2017) 認為容量車輛路徑問題 (CVRP) 是現實生活中運送貨物之約束滿足問題，其中將客戶對於貨物所需最佳分配給各個車輛(考慮其容量)，在為客戶提供服務的同時使車輛的總行駛距離盡可能短。以前解決CVRP之問題，是將任務分為兩個不同的階段：(1.)分配不同車輛下的客戶；(2.)尋找每輛車的最佳路線。本研究調查了一種用於聚類節點的Sweep算法變體和基於不同群體智能的路由生成方法，以獲得最佳CVRP解決方案。在本研究的變體掃描中，從不同的起始角度考慮路線之形成。最後，與現有的最佳方法相比，發現所提出之結果可以為多個CVRP實現更好的解決方案。

洪星宇(2022)發現疫情的爆發使得人們的消費習慣跟過去相比有非常大的不同，雖然新冠疫情影響了電子商務市場的成長幅度，但 B2C 電子商務整體市場仍維持穩定的成長，如何在時間、容量的限制下降低整體物流成本藉此增加自身的競爭優勢，便是企業未來需要考量的重大課題。作者建構一考量運送時間及車輛容量限制下，最小化車輛配送成本和車輛數量之模型，幫助企業規劃運送路線及決定所需車輛數，讓企業能藉由模型建立一套具競爭力的決策系統。最後以國內知名 B2C 電商業者之訂單資料為研究對象，導入改良之非支配排序基因演算法，對車輛數及配送路線進行求解並對其結果進行分析，幫助 B2C 電商制定最佳的競爭策略。

## 2.2 具時間窗車輛路線排程問題之相關探討

Koskosidis (1992) 以一般指派法為基礎求解軟時間窗車輛路線問題，首先提出硬時窗限制之模型，再將每個需求點之配送時間窗放鬆至目標式為一軟時間窗問題，由於放鬆後之目標式較為複雜難解，故以近似替代之模型取代，並將問題拆解為容量限制分群問題與含時窗限制問題進行演算法求解，針對隨機數據與標準問題進行模式測試。

Brando (1997) 針對具時窗之多趟次車輛途程問題，運用禁忌搜索的啟發式演算法求解，解法主要分為三個階段，第一階段是在不考慮時窗限制條件下去產

生所有可能是最短行駛時間的途程組合的初始解，這一階段是希望能夠快速產生有利於達到最終可行解的暫時解但不保證是最佳可行解；第二階段為處理第一階段產生的初始解，搜尋產生出維持最短車輛行駛時間之途程可行解；第三階段則利用第二階段產生的途程可行解加入成本條件去組合產生符合最小成本以及具有多趟次特性的最終可行解。

Liu和Shen(1999)改良了成本節省法之概念並結合最小成本插入法發展出以插入為主的成本節省演算法，主要運用在多車種之具時窗車輛途程問題(The Fleet and Mix Vehicle Routing Problem with Time Windows)。

黃正賢(2001)探討各家物流業者在尖峰以及離峰時段的交通特性，在符合消費者需求的時間區間內之限制下，探討車輛的途程問題，目的是希望將車輛在行駛過程中產生的問題狀況達到最佳化。

莊英群(2002)假設需求點可能同時需要送貨及收貨的情況，並且在不超出車容量限制以及服務的時刻必須在規定的時間區間以內，使車輛能以最小的行駛距離來服務完所有的需求點，目的是為了針對同時送、收貨的車輛途程含時窗限制問題之萬用式啟發式解法，使用國際例題作為求解品質之測試，以評估啟發式解法之品質和效率。

Alvarenga(2007)使用二階分區的基因演算法求解VRPTW之問題。第一階段求解出區域最佳解的路徑集合，再將每一個路徑獨立執行基因演算法，直到世代數達到特定個數時停止。第二階段中將第一階段產生的路徑集合從中隨機挑選N條路徑，將這些路徑中所執行的需求點再進行一次基因演算法，使子集合減少30%之問題規模，此時能脫離區域最佳解，所有需求點再重新組合調整，使能得到更好品質的解，最後求得改善品質的全域最佳解路徑集合，有效達到最小的車輛旅行成本。

蕭賀元(2011)文獻中探討含硬式時間窗限制之旅行銷售員住宿問題以及含軟式時間窗限制之依時性路徑旅行銷售員問題，分別使用貪婪式演算法加上模擬

退火法以及遺傳演算法來進行求解，並且使用了一組案例測試所建構之求解方法，並且將節點數量、距離以及時間區段進行隨機組合來進行模式的測試，探討所提出求解方法之效率以及求解出結果其品質以及時間是否優於原本的模式，以作為日後針對含時間窗限制之旅行銷售員問題之相關研究以及實務上應用之決策參考。

## 2.3 國內外地勤車輛調度相關文獻回顧

Obrad Babic (1986) 考慮了機場使用加油車輛為航機加油的過程，確定了航班時刻表以及加油車輛的燃料容量，加入了航班燃料需求量以及時間窗的相關限制，透過構建數學規劃模式和分支界定法去求解加油車的最短行駛路徑，問題的定義上有一個雙標準目標函數，其中兩個標準的重要性不同，第一個目標是盡量減少加油車輛的數量；第二個目標則是最小化加油車輛作業的總行駛距離。

張小雨 (2007) 根據空廚業收送餐的三個特性：(1) 收、送餐的需求量前一天會得知 (2) 餐車發車時間以航班起降時刻為主 (3) 同一航班具有同時收、送餐的情形，若時間及車容量允許，將等待下個航班的收餐量，則在收餐時加入餐車容量及等待時間限制，加入以上限制主要為增加餐車空間使用率並減少餐車趟次，並利用 ILOG OPL Studio 3.6.1 最佳化之求解工具透過構建數學規劃模式與廣泛之實驗設計與案例設計來進行分析與探討求出最佳餐車排班模式。

吳建波 (2015) 機場地勤車輛的調度錯誤是造成機場航班延誤的一大原因，透過對機場地勤車輛的調度問題進行分析，建立了多目標且帶有時間窗的地勤車輛調度模式，將智能系統加入 TSP 的最近插入法進行結合與改善，設計出新的機場地勤車輛啟發式調度方法，並且使用此方法進行案例測試以及實證分析，結果發現調度方法在滿足所有限制以及需求條件下，地勤車輛的使用總數減少了 65% 而地勤車輛的總運輸距離則是減少了 48.3%。

苟晶晶 (2015) 為了解決機場地勤車輛過度耗費成本，以及希望各車輛在執行勤務時都能夠被均勻使用，同時達到最小車輛使用數，綜合以上考慮多種車的

相互關係以及求解目標，文獻中建立了帶有時間窗的整體車輛規劃調度模式，設計了優化模式的禁忌搜索法，求解目標除了能夠使用最少車輛的調度次數，同時也能服務到所有需要服務之勤務。文獻中測試出來的結果發現該模式具有較優秀的穩定度也相較以往的調度速度快速許多。

Tang Fei (2016) 針對機場地勤服務調度問題，考慮高峰時段服務需求的準點航班地勤車輛之最佳化調度問題，透過 IBM CPLEX12.5 軟體、Microsoft Visual Studio C++ 2008 建立數學模式並且結合地勤車輛服務的特點，提出最佳化總運營成本，提高機場運營效率的描述，再通過基於實際航班數據之實驗分析和解決方案，驗證了模式的有效性。實驗結果給出了甘特圖以及時窗內之路徑圖，其中包括服務的開始和結束時間以及相應的車輛數量，以及各個時間點車輛的所在位置，針對這些結果可以用於指導地勤人員在作業上的操作，將營運成本降至最低，同時也能提升營運效率。

王璐 (2017) 針對機場加油車輛提出了航班過站期間車輛服務之調度最佳化問題，至少需要使用的車輛數以及加油作業總時間為雙目標建立規劃模式，並針對此最佳化問題以合理且符合實務之方式開發出epsilon約束算法，最終通過案例說明此模式的可行性及算法的參考。

Zhurong Wang (2018) 針對機場加油車輛調度問題建立了具有時間窗約束的數學模式，並針對航班加油服務時間窗對航班服務選擇之影響，考慮了車輛與航班之間的距離，以及加油車輛到達時間與最晚可到達時間之兩項因素差距，設計了評價函數，實現車輛總距離最小和所需車輛數最少之目標。基於評價函數提出一種貪婪演算法規劃加油車輛的航班服務順序，尋找最優服務順序的過程中來解決機場加油車輛之調度問題。

Zhao (2019) 通過創新構建雙目標混合整數規劃模式分析機場擺渡車和牽引車的共同調度，一個目標是最小化擺渡車和牽引車的使用數量，另一個是平衡車輛使用。針對這個問題，採用了兩種基於標準粒子群優化的方法：字典法和帕累

托分析法 (Pareto Analysis)，為了方便粒子編碼，引進了虛擬航班進行模式測試，並且以北京首都國際機場的實際航班數據為例，說明了兩種方法的有效性和比較。

## 2.4 機場航空燃料業務之相關文獻

禹俊吉 (2013) 航機使用航空燃油的品質涉及飛航安全，因此航機在地面進行加油作業時均有專業之程序來保障航機在飛行時的安全與品質，文獻中透過航空燃油業務發展歷史之角度探討我國桃園國際機場航空燃油業務之營運管理實務，針對航空燃料加油流程作業、機場油庫以及加油等相關基礎設施之使用管理、供油商加油公司的營運條件、供油商、加油公司與航空公司之交易關係、機場航空燃油業務開放等事項所涉及之問題及困難，加以釐清探討分析。

## 2.5 數學規劃模式之相關文獻

邱仕銘 (2006) 利用 OPL 數學規劃軟體來解決同時收送貨車輛配送問題，考量具時窗和同時收送貨之多趟次車輛途程的條件，在各個需求點可能同時具有收送貨的情況發生，並且在不超過車容量限制以及開始服務的時刻必須在規定時間區間下的限制條件，能夠讓配送車輛以最小的行駛距離來服務完所有的需求點。

劉怡欣 (2006) 利用 OPL 數學規劃軟體來解決貨機航班排程之問題，以時空網路之概念來建模，主要加入時間窗的概念將貨物分配於一星期的運送時間點，求出這些貨運量需要多少次的航班數才能夠裝載完畢並且運送至各個需求點，爾後再依照計算出的航班數平均分配在一星期內的運送時間點，結果會產生完整的航班表排序，依照所安排的時間點執行將會產生出最佳化的效果。

陳俊穎 (2020) 面對國內外許多航空公司之航機指派問題，以系統最佳化之觀點，在所有可被服務的飛航勤務均被指派的限制下，考量各航機間飛航時數負擔的均衡性以及相關營運限制，利用網路流動技巧配合數學規劃方法，構建一航機指派網路模式，提供航空公司在進行例行性航機指派時一個有效的規劃決策輔助工具。

## 2.6 二氧化碳排放量之相關文獻

李柏年(2012)利用普通轎車車型測量發動瞬間耗能與怠速1分鐘耗能之比較，藉此評估怠速達多久以上會比發動瞬間更耗能，結果發現怠速每分鐘排放二氧化碳185g，減少10分鐘即為 $185 \times 10 = 1850g$ 。

張忠合(2015)針對桃園航勤公司於桃園機場空側所使用的各種地勤車輛運用溫室氣體統計準則計算這些地勤車輛一年所產生的二氧化碳排放量，並同時將這些車輛改為純電動車再運用溫室氣體統計準則計算當這些地勤車輛改為電力驅動車輛時所減少的二氧化碳排放量並且藉由結果進行可行性評估。

葉欣誠(2021)評估臺灣現階段背景條件下使用到電力驅動運具之環保減碳效益，以及消費者購買和使用運具的決策考量，比較分析三類車種：傳統汽油車、純電動車、油電混合車三類。

行政院環境保護署於交通工具空氣污染物排放標準中也針對新型轎車及休旅車制定了新車二氧化碳排放量之標準，將歐盟測試程序下產生之標準重量與平均車輛兩者之差值乘上車重量所代表之係數，再加上固定參數163，其公式計算結果為車輛在行駛時每公里產生之二氧化碳排放量，期盼車廠能夠在車輛研發上注入綠能減碳的概念一同為節能減碳盡一份心力。

## 2.7 小結

綜合上述關於車輛路線排程、機場地勤車輛之調度、以及數學規劃模式等文獻，所有問題目標都是希望能夠使用最少的車輛數以及最低成本之方式達成運送或者執行地勤任務之最大效益與提高整體的作業效率，並且透過建構數學規劃模式尋找最佳車輛作業順序來解決機場地勤車輛抑或是其他類型之運輸車輛的調度問題，不過卻只有少數的文獻有提到車輛路線的編排以及時空網路的運作步驟，大部分的文獻只有在求解結果中提出模式與實務狀況相比較是否為有效之模式反而沒有提出後續車輛路線編排的問題，而針對二氧化碳排放量相關文獻中目前只有替換成電能源車的初步想法並利用相關公式了解現有燃油車輛在進行通勤

或是執行相關作業時所產生之二氧化碳排放量再進行相關的可行性評估，尚未有實質的路線規畫結果來判斷是否為有效性；二氧化碳排放量計算公式的文獻大多是以轎車以及休旅車為主，針對航空燃料車輛這類大型車輛的碳排放量本研究會沿用此公式來作為二氧化碳排放量的初步檢測。

本研究提出一個規劃輔助工具協助航空燃料車輛進行加油作業行程路線規劃，期望能夠滿足車輛在規劃上更有效率且同時降低碳排放量。主要研究方法是運用時空網路流動技巧構建航空燃料車輛路線與加油作業規劃最佳化模式。





## 第三章 研究模式

本研究為考量航班起降時間與航線類型限制以及航班皆準時起降下之航空燃料車輛指派並且同時考量時間層面以及空間層面，利用時空網路流動技巧配合航空燃料車輛的出發位置、各停機坪位置、各加油作業的時刻表、各加油作業欲停留加油的時間以及其他相關限制建構一數學模式。本研究利用數學規劃軟體 CPLEX 配合 C++ 程式語言撰寫程式進行求解與分析。

### 3.1 問題描述

機場在特定一段時間內有許多不同航班停靠於不同的停機坪，當航機穩定停靠後便會開始執行地勤作業，不過航空燃料車輛由於加入了安全性考量，防止加油過程中燃料溢出造成傷亡，因此航空燃料車輛需要等待航班乘客全數下飛機之後才能開始進行加油作業，當航空燃料車輛由停車場前往停機坪完成了一個航班的加油作業後便會往返停車場等待下一個加油作業的通知，直到在特定時段內將所有的航班的加油作業執行完畢。

目前航空燃料車輛分為兩種性質，一種是需要同時考量時間窗以及車輛容量問題的油罐車，此類型車輛當執行完一個加油作業後需要開往機場儲油槽進行燃料補充，燃料補充完成後將會返回停車場等待下一個加油作業；另一種則只需要考量時間窗問題的油栓車，此類型透過地下燃油管線以幫浦加壓的方式藉由車輛上的油管進行加油作業，只需要在特定時間內完成地勤作業即可，執行完加油作業後同樣也是返回停車場等待下一個加油作業，而在實務上需要執行加油作業的航班類型分為長程航班與中短程航班，車輛數指派上根據與加油公司訪談結果，長程航班由於燃料需求量大又必須在限制時間區間內完成加油作業，因此車輛數上是由兩輛油栓車執行加油作業，而中短程航班則需要一輛油栓車或者是一輛油罐車即可完成加油作業，但就目前航空燃料車輛規劃上都是以人工經驗進行車輛的指派，以圖 1 所示，當油栓車執行完停機坪一之加油作業後原本可以接續著附近停機坪二的加油作業進行加油，但卻因為沒有效率的調度模式導致停車場必須

再指派新的一輛油栓車進行加油作業，如此一來就多出了一趟來回停車場的二氧化碳排放量。

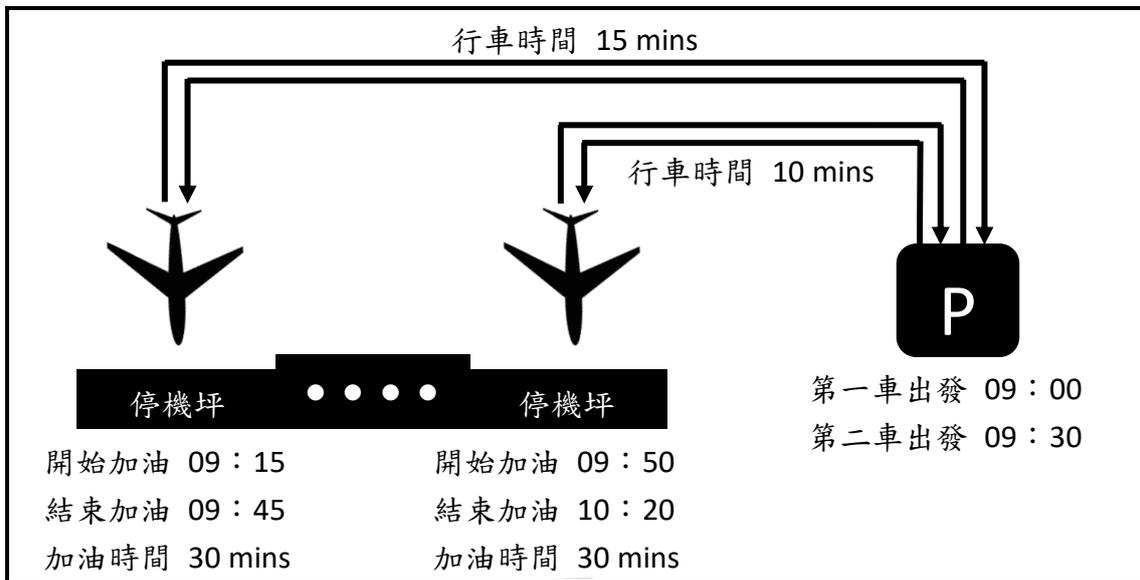


圖 3 加油作業規劃結果—人工規劃方式

因此本研究提出一個有效的最佳化決策輔助工具，以輔助航空燃料車輛進行路線規劃，以圖 2 所示，當油栓車執行完停機坪一之加油作業後會考量航班的資訊來判斷是否繼續前往停機坪二去進行加油作業或者返回停車場進行待命，而規劃結果顯示由於航班時間允許因此油栓車可以前往停機坪二執行第二個加油作業後返回停車場，如此一來幫助航空燃料車輛有效地執行加油作業並且同時降低二氧化碳排放量以及車輛數的使用。

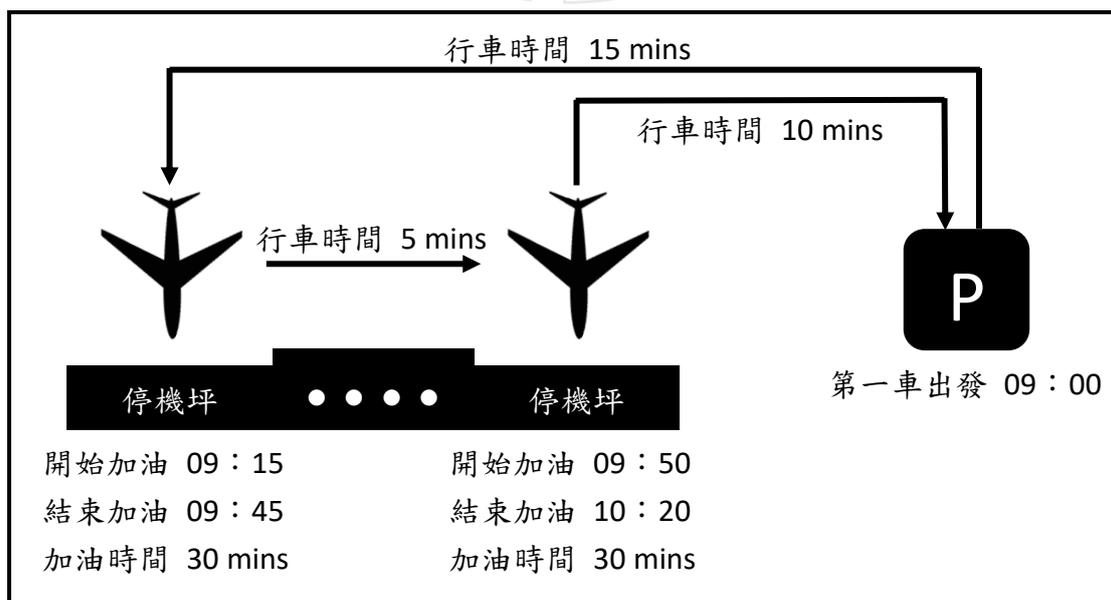


圖 4 加油作業規劃結果—模式規劃方式

## 3.2 模式限制

為確保本研究之模式能運用在實務中且降低複雜程度，本研究設有以下幾點之已知資訊、基本假設與模式相關限制：

1. 航空燃料車輛數、各航班之加油作業類型為已知。

加油公司在得知隔日的航班後，會事先針對航空燃料車輛的加油特性、航程類型以及車輛數安排每一個加油作業的加油起訖時間，並且針對一整日的加油作業人員以及航空燃料車輛進行路線安排，每當加油作業時間準備開始時將會指派人員以及車輛前往進行作業，因此可知在執行加油作業之前，加油公司在該日之航班起降時間、航程類型與航空燃料車輛數皆為已知之資訊。

2. 航空燃料車輛停車場站、各停機坪間之距離為已知且車輛行駛路線皆符合機場規範。

航空燃料車輛在機場空側有固定停放的位置以便加油公司進行加油作業的指派與車輛調度，而所有地勤車輛在機場空側行駛時都會以固定的路線行駛來防止地勤車輛與航機碰撞造成意外，因此在機場空側車輛通行管制規定中會針對地勤車輛的行駛路線以及行駛速度有特別規範。

3. 加油開始時間與結束時間為已知且準時、加油作業只能在給定的時間間隔[A, B]內執行。

為了有效的安排航空燃料車輛執行所有加油作業，本研究設定該日的所有航班皆為準時起降之航班特性，固定每個加油作業之時間窗避免航班延誤造成車輛指派上的失誤，也防止加油時間的延後造成後續機務上以及航班起飛的延宕。

4. 航空燃料車輛執行加油作業期間車輛不得中途離開。

航空燃料車輛在執行加油作業時皆規定完成一個航班後才能接續執行下一個航班，因此兩種類型的航空燃料車輛在執行加油作業時不會有中途

駛離的狀況發生。

5. 油罐車執行完一個加油作業後需前往機場儲油槽重新補充燃料後再執行下一個加油作業。

兩種航空燃料車輛的差異在於油栓車在執行完加油作業後可選擇前往下一個停機坪進行加油作業或者返回停車場待命；油罐車則是需多一個步驟，前往機場東側的儲油槽進行燃料補充，防止油量過少無法進行加油作業。

6. 不考慮組員班表之問題

確定性規劃除了航空燃料車輛指派，還包含了組員指派，由於本研究將針對航班資訊進行航空燃料車輛路線安排，而組員班表必須在車輛規劃路線確定後才可進行且必須服人員工時與人員成本等問題。換言之，組員時刻表為本研究之下游問題。因此組員指派並不在本研究探討範圍內。

7. 不考慮與其他地勤車輛行駛路線產生衝突之問題

航班起飛前機場空側會同時有許多不同類型的地勤車輛執行勤務，而地勤車輛在空側皆以特定路線行駛來預防重大事故發生，當面臨勤務量龐大時可能使車輛互相阻擋造成作業時間延誤，因此本研究不將此臨時性狀況納入研究考量，只以航空燃料車輛規定之行駛路線來進行本研究規劃。

### 3.3 航空燃料車輛時空網路

為了有效地定式油栓車以及油罐車在時空中移動的情形，我們將利用網路流動技巧輔助模式之構建。以下分別針對油栓車之時空網路以及油罐車之時空網路進行說明。

#### 3.3.1 油栓車時空網路

本研究利用油栓車時空網路來表示油栓車在時空中流動的情形，如圖 5 所示。圖中每一個節點代表油栓車在一特定時空點。橫軸代表「空間分佈」，可區分為停車場及停機坪兩個部分。而縱軸則表示指派作業之「時間延續」。而網路長度則為規劃期長度，本研究設定為一日，時點間隔設定為 5 分鐘。若長度越長

或密度越小則問題規模越大。要特別說明的是，圖 5 中顯示的時間軸為跨日，從第一天的 23:00 至隔日的 22:55。

#### 1. 起始節點

此為油栓車輛執行一整天加油作業的起始時空點，由於油栓車均會從停車場開始整個加油作業，因此起始節點設置在停車場所代表的第一個時空點，用來表示規劃開始，而該節點也為網路的供給點，其供給量為可使用之油栓車數。

#### 2. 結束節點

此節點為油栓車執行加油作業的結束時空點，由於油栓車結束加油作業時需要將所有車輛停放至停車場，因此結束節點與起始節點同樣設置在停車場，但時間點則是設在最後一的時空點。而該節點為網路的需求點，需求量與供給量相同。

#### 3. 加油開始節點

此節點為油栓車在網路中開始執行加油作業的節點。由於各航機停靠時間以及停靠機坪可由航空公司提供，因此加油開始節點之時空點位置為已知。要特別說明的是，在實務上長程航班需要兩輛油栓車前往加油，短程航班則僅需要一輛。因此，此節點具有所需油栓車數量的資訊。

#### 4. 加油結束節點

此節點為油栓車在網路中結束執行加油作業的節點。由於各航機加油所需的時間長度可預先得知，且航機在加油的過程中不會變換機坪，因此空間點與加油開始節點相同，時間點則是加油開始節點時間加上加油所需的時間因此加油結束節點之時空點位置為已知。

每一條節線均為一個變數，代表油栓車於兩時空點之間的活動事件，節線流量代表該事件是否產生。如圖 5 所示，節線又可以概分為油栓車流動節線、油栓車加油停留節線及油栓車停留節線三種，詳細說明如下。

### 1. 油栓車流動節線

此節線為油栓車於不同時空點間之連接線，用來表示油栓車於不同空間點間的移動，節線的起點時間為移動的出發時間，迄點時間為起點時間加上油栓車行駛的時間，亦可加入緩衝時間以吸收實際狀況的隨機延誤，節線成本為油栓車在移動時所產生的二氧化碳排放量。要特別說明的是，由於油栓車並不會在航機開始加油與結束加油兩個時點間進出，因此，在加油開始節點與加油結束節點間並不會設置任何油栓車流動節線。

### 2. 油栓車加油停留節線

此節線為加油開始節點向下遞延至加油結束節點間之連接線，用以表示油栓車在該時段於停機坪執行加油作業之停留，也可藉此表示每個停機坪(航機)所需要的加油時間。由於油栓車進行加油期間車輛引擎是處於停止運轉的情況，不會產生任何碳排放量，因此油栓車在停機坪加油時不會設置任何節線成本。

### 3. 油栓車停留節線

此節線為相同空間點向下遞延之連接線，用以表示油栓車在該時段於相同空間點之停留。為避免油栓車在機坪做不必要的停留，且期望油栓車若需要停留時盡量選擇停車場停留。因此在機坪的油栓車停留節線將設置停留成本，停車場之停留節線之成本則設為 0。

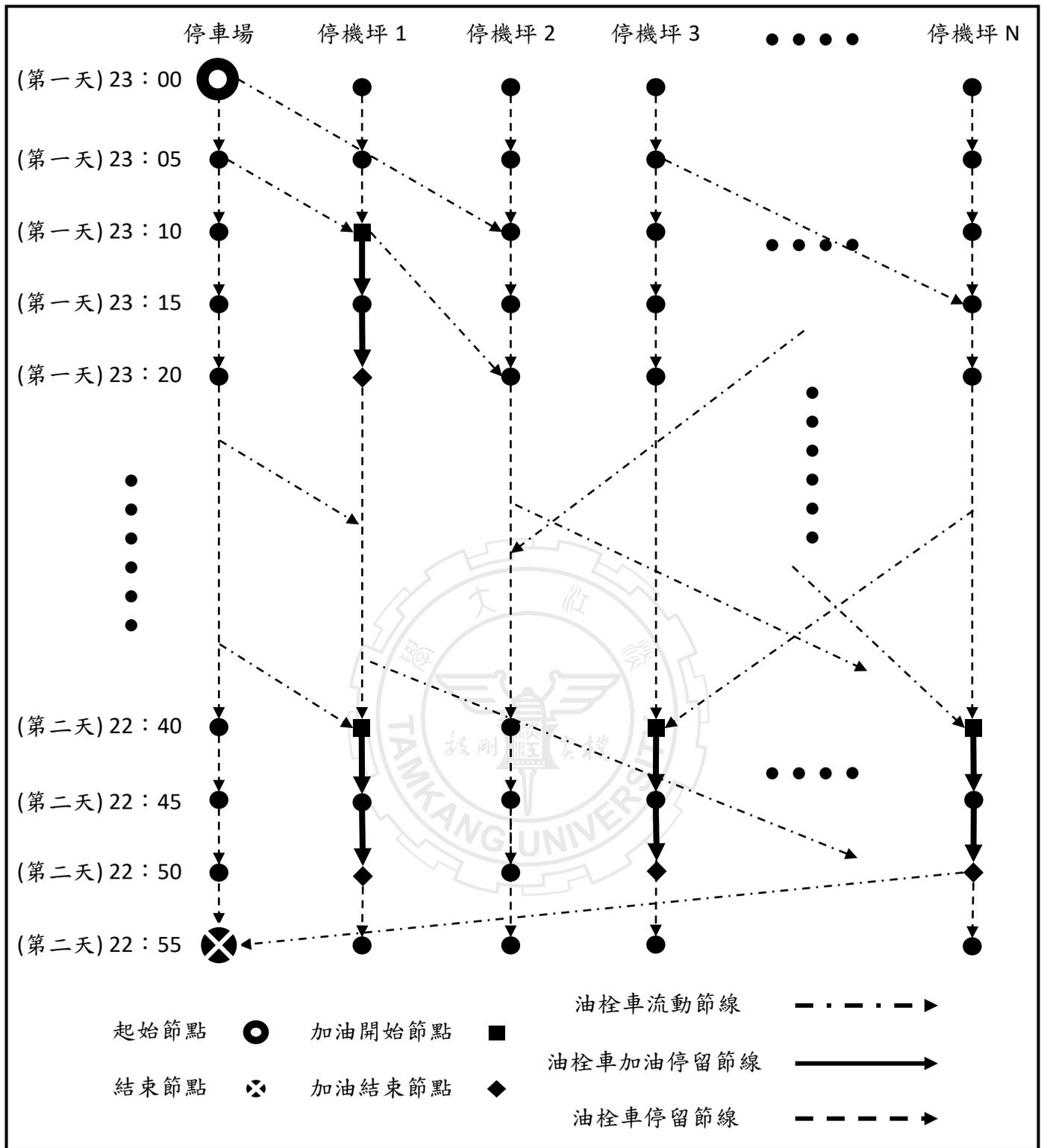


圖 5 油栓車時空網路示意圖

### 3.3.2 油罐車時空網路

#### 1. 起始節點

此為油罐車輛執行一整天加油作業的起始時空點，油罐車也會從停車場開始整個加油作業，因此起始節點之設置與油栓車相同，用來表示規劃開始，而該節點也為網路的供給點，其供給量為可使用之油栓車數。

#### 2. 結束節點

此節點為油罐車執行加油作業的結束時空點，由於油罐車結束加油作業時需要將所有車輛停放至停車場，因此結束節點與起始節點之設置同樣與油栓車相同，時間點同樣也是設在最後一的時空點。而該節點為網路的需求點，需求量與供給量相同。

#### 3. 加油開始節點

此節點為油罐車在網路中開始執行加油作業的節點。由於各航機停靠時間以及停靠機坪可由航空公司提供，因此加油開始節點之時空點位置為已知。要特別說明的是，在實務上中短程航班需要一輛油罐車前往加油。因此，此節點具有所需油栓車數量的資訊。

#### 4. 加油結束節點

此節點為油罐車在網路中結束執行加油作業的節點。由於各航機加油所需的時間長度可預先得知，且航機在加油的過程中不會變換停機坪，因此空間點與加油開始節點相同，時間點則是加油開始節點時間加上加油所需的時間，因此加油結束節點之時空點位置為已知。

每一條節線均為一個變數，代表油罐車於兩時空點之間的活動事件，節線流量代表該事件是否產生。如圖 6 所示，節線又可以概分為油罐車流動節線、油罐車加油停留節線及油罐車停留節線三種，詳細說明如下。

#### 1. 油罐車流動節

此節線為油罐車於不同時空點間之連接線，用來表示油罐車於不同空間

點間的移動，節線的起點時間為移動的出發時間，迄點時間為起點時間加上油罐車行駛的時間，亦可加入緩衝時間以吸收實際狀況的隨機延誤，節線成本為油罐車在移動時所產生的二氧化碳排放量。要特別說明的是，由於油罐

20

## 2. 加油旅行節線

此節線為加油結束節點與儲油槽間的連線。用來表示油罐車在停機坪結束加油後，必須前往儲油槽補充油料。要特別說明的是，為防止大量的油罐車進入儲油槽時在時空網路中無法辨別車輛的來源以及去向，因此將油罐車於儲油槽補充燃料的時間計算在此節線內。故節線的起點時間為移動的出發時間，迄點時間為起點時間加上油罐車從停機坪行駛到儲油槽的旅行時間以及油罐車於儲油槽補充燃料的時間，亦可加入緩衝時間以吸收實際狀況的隨機延誤。節線成本為油罐車在移動時所產生的二氧化碳排放量。

## 3. 油罐車加油停留節線

此節線為加油開始節點向下遞延至加油結束節點間之連接線，用以表示油罐車在該時段於停機坪執行加油作業之停留，也可藉此表示每個停機坪(航機)所需要的加油時間。由於油罐車進行加油期間車輛引擎是處於停止運轉的情況，不會產生任何碳排放量，因此油罐車在停機坪加油時不會設置任何節線成本。

## 4. 油罐車停留節線

此節線為相同空間點向下遞延之連接線，用以表示油罐車在該時段於相同空間點之停留。為避免油罐車在機坪做不必要的停留，且期望油罐車若需要停留時盡量選擇停車場停留。因此在機坪的油罐車停留節線將設置停留成本，停車場之停留節線之成本則設為 0。

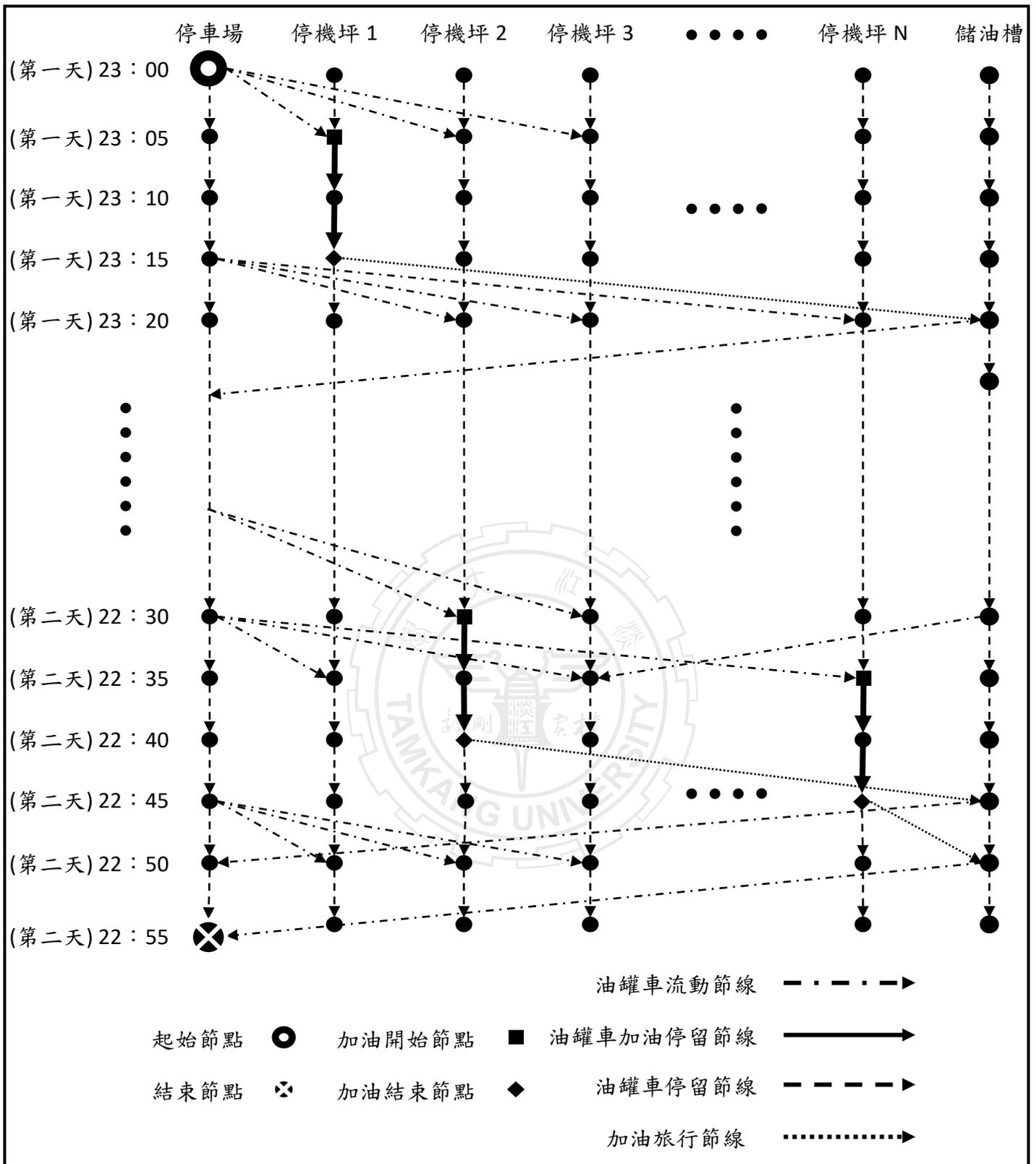


圖 6 油罐車時空網路示意圖

## 3.4 建構數學模式

### 3.4.1 數學定式

在模式定式前，定義本模式所使用之集合、參數以及決策變數如下。 $S$

集合定義：

- $k$  : 所有航空燃料車輛之集合。
- $AK$  : 所有航空燃料油栓車之集合。
- $BK$  : 所有航空燃料油罐車之集合。
- $LR^k$  : 網路中所有使用車輛  $k$  進入長程航線之流動節線之集合。
- $SR^k$  : 網路中所有使用車輛  $k$  入中短程航線之流動節線之集合。
- $OR^k$  : 網路中所有使用車輛  $k$  入儲油槽之流動節線集合。
- $TR^k$  : 網路中所有使用車輛  $k$  油作業開始與結束間所有停留節線之集合。
- $N$  : 所有節點之集合。
- $S$  : 所有航班供給點之集合。
- $D$  : 所有航班需求點之集合。
- $W$  : 所有起始節線之集合。

參數定義：

- $d_{ij}^k$  : 航空燃料車輛  $k$  由節點  $i$  到節點  $j$  的運送距離。
- $v^k$  : 航空燃料車輛  $k$  於停車場存放之車輛數。
- $bx$  : 油栓車每公里產生之碳排放量。
- $by$  : 油罐車每公里產生之碳排放量。
- $bz$  : 航空燃料車輛於停機坪停留之成本
- $bwa$  : 油栓車固定產生之碳排放量。
- $bwb$  : 油罐車固定產生之碳排放量。
- $va$  : 航空燃料車輛於長程航班之加油停留車輛數。
- $vb$  : 航空燃料車輛於中短程航班之加油停留車輛數。

決策變數：

$x_{ij}^k$  : 代表需求點  $(i, j)$  之間，航空燃料車輛  $k$  流動節線之流量。

$y_{ij}^k$  : 代表需求點  $(i, j)$  之間，航空燃料車輛  $k$  加油停留節線之流量。

本研究以產生最少碳排放量(航空燃料車輛固定碳排放量+油栓車執行加油作業之總碳排放量+油罐車執行加油作業之總碳排放量+航空燃料車輛於停機坪停留之成本)為目標。

數學定式如下：

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{(i,j) \in W} bwa \times x_{ij}^k + \sum_{(i,j) \in W} bwb \times x_{ij}^k + \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in AK} bx \times d_{ij}^k \times x_{ij}^k \\ & + \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in BK} by \times d_{ij}^k \times x_{ij}^k + \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in \{AK, BK\}} bz \times y_{ij}^k \end{aligned} \quad (1)$$

S.T.

$$\sum_{k \in \{AK, BK\}} \sum_{i \in N} (x_{ih}^k + y_{ih}^k) - \sum_{k \in \{AK, BK\}} \sum_{j \in N} (x_{hj}^k + y_{hj}^k) = 0, \forall h \in N \quad (2)$$

$$- \sum_{j \in N} \sum_{\forall h \in N} (x_{ij}^k + x_{hj}^k) = -v^k, \forall i \in D, \forall k \in \{AK, BK\} \quad (3)$$

$$\sum_{j \in N} \sum_{\forall h \in N} (x_{ij}^k + x_{ih}^k) = v^k, \forall i \in S, \forall k \in \{AK, BK\} \quad (4)$$

$$\sum_{k \in AK} \sum_{(i,j) \in LR^k} x_{ij}^k = 2 \quad (5)$$

$$\sum_{k \in \{AK, BK\}} \sum_{(i,j) \in SR^k} x_{ij}^k = 1 \quad (6)$$

$$\sum_{\forall k \in \{AK\}} \sum_{(i,j) \in TR^k} y_{ij}^k = va \quad (7)$$

$$\sum_{k \in \{AK, BK\}} \sum_{(i,j) \in TR^k} y_{ij}^k = vb \quad (8)$$

$$x_{ij}^k \geq 0, \forall k \in \{AK, BK\} \quad (9)$$

$$y_{ij}^k \geq 0, \forall k \in \{AK, BK\} \quad (10)$$

目標式(1)表示以系統最少二氧化碳排放量作為目標，其計算方式是以航空燃料車輛(油栓車+油罐車)固定產生之碳排放量+油栓車執行一日加油作業之碳排放量+油罐車執行一日加油作業之碳排放量+航空燃料車輛於停機坪停留之成本；限制式(2)為加油節點流量守恆限制式；限制式(3)為網路供給點流量守恆限制式；限制式(4)為網路需求點流量守恆限制式；限制式(5)為限制長程航線均由2輛油栓車輛前往執行加油作業；限制式(6)為限制中短程航線均由1輛油栓車或1輛油罐車輛前往執行加油作業；限制式(7)為航空燃料車輛於長程航班加油作業停留節線之限制；限制式(8)為航空燃料車輛於中短程航班加油作業停留節線之限制；限制式(9)為航空燃料車輛流動節線流量之整數限制；限制式(10)為航空燃料車輛停留節線流量之整數限制。

### 3.4.2 二氧化碳排放量公式

行政院環境保護署在交通工具空氣污染排放標準中也針對新型轎車及休旅車制定了新車行駛時二氧化碳排放量之標準，計算公式如下表2所示。

要特別說明的是由於目前較少針對大型車輛制定其二氧化碳排放量之標準，因此本研究會採用此公式來計算航空燃料車輛在執行加油作業時所產生之二氧化碳排放量，此計算結果將可以提供給加油公司在規劃結果上有初步檢測。

表2 車輛行駛時二氧化碳排放量之標準

$CO_2(g/km) = 163 + a(M - M_0)$
$M$ = 歐盟測試程序下之標準重量(空車重量+100 公斤)，並應採用車廠宣告車重量值(公斤)。
$M_0$ = 基準年之平均車重，採 1423 公斤。
$a = 0.1026(M > 1423 \text{ 公斤})$
$a = 0.0872(M \leq 1423 \text{ 公斤})$

資料來源：行政院環境保護署-交通工具空氣污染物排放標準



## 第四章 實證分析

本研究為考量航班起降時間、航班類型限制及航班皆準時起降情況下之航空燃料車輛指派，為測試本研究模式之正確性以及不同數據下之分析結果，以下針對本研究進行各種不同類型與各種情境之範例測試。正式資料測試部分，本研究以佳的星股份有限公司相關人員提供每日加油作業資料並以桃園國際機場作為場域進行相關實證分析。由於疫情的影響導致近期的航班數量相較以往少了近2/3，因此本研究之實證分析除了以近期的航班資料亦將其中一天之航班數量擴增至符合疫情前之每日加油作業資料且經過實務訪談確認所有航班每日之加油開始時間、加油時間以及各航班停等之停機坪位置，形成一合理且符合實務之加油作業資料。最後，本研究針對相關參數進行車輛數與加油作業數之敏感度分析，比較不同情境下對模式之影響。

### 4.1 輸入資料與輸出資料

#### 4.1.1 航空燃料車輛資料

航空燃料車輛資料包括航空燃料車輛類型、起點位置、終點位置、各停機坪間移動所產生之碳排放量。下面就各資料進行詳細說明。

1. 航空燃料車輛類型：使用油栓車以及油罐車兩種類型之車輛，油栓車利用地下燃料運輸以接管線的方式進行加油作業；油罐車則具有容量限制，每執行完一加油作業皆需前往儲油槽進行燃料補充。
2. 起點位置：起點位置為所有航空燃料車輛之停放位置
3. 各停機坪間移動所產生之碳排放量
4. 終點位置：位置亦可與起點相同，而終點時間則依照加油公司需求設定，如最後一個加油作業結束之時。

#### 4.1.2 加油作業資料

加油作業資料包括加油時窗、加油作業停機坪位置，如以下圖 7 所示。下面就各資料進行詳細說明。

1. 加油時窗：加油作業之開始時間與結束時間。
2. 加油作業停機坪位置：每個航班進行加油作業時所停放之停機坪位置。

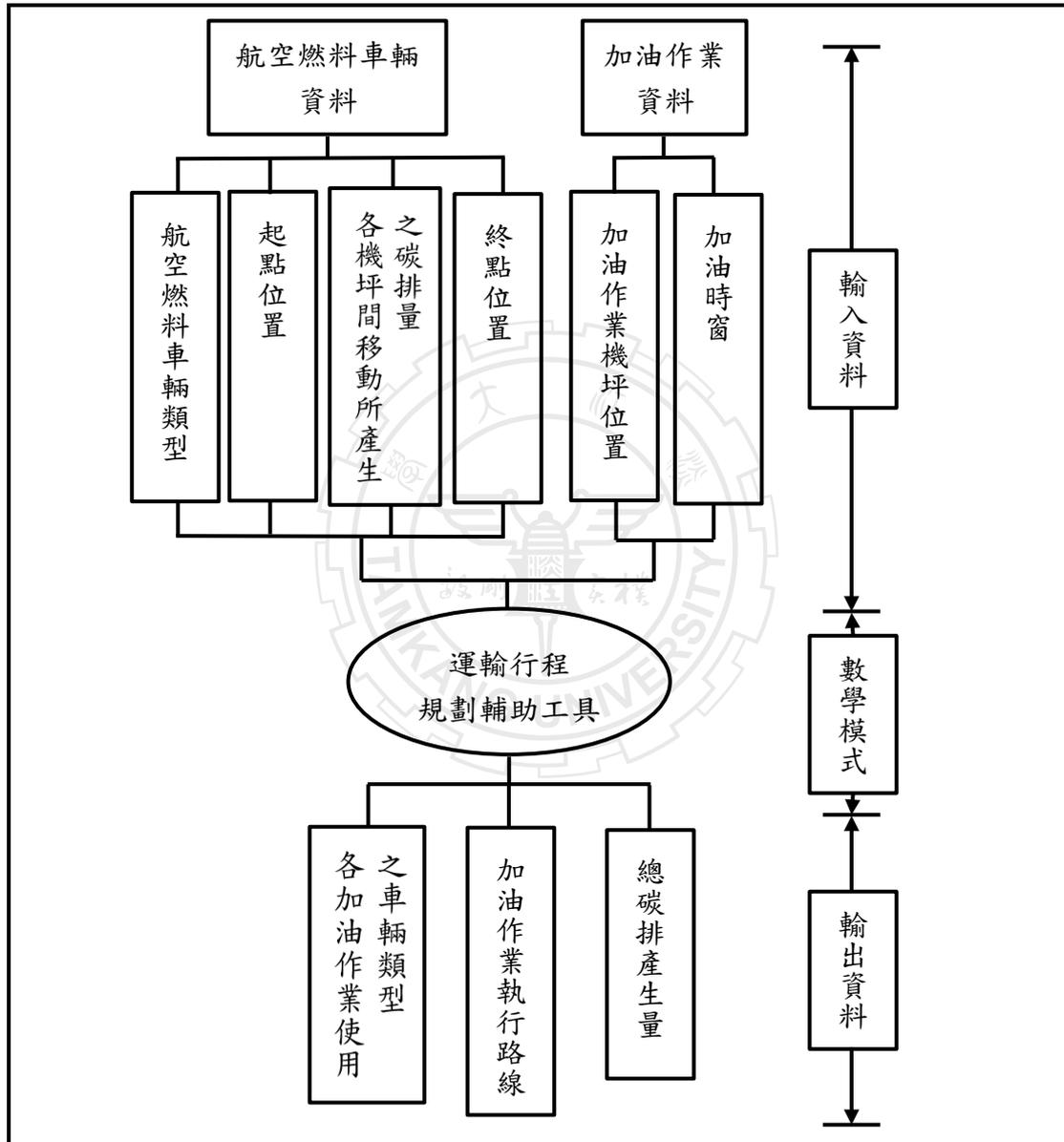


圖 7 模式輸入資料與輸出資料

透過模式計算後，以航空燃料車輛執行加油作業時所產生二氧化碳排放量最少為第一目標，以最小化航空燃料車輛使用數作為第二個目標，同時為燃料車輛運作中可能會發生的突發狀況預留出處理時間來確保航班在營運過程不會有延

誤的狀況發生，主要輸出資料將提供給加油公司了解於何時何地航空燃料車輛將抵達之地點，因此包含執行加油作業的路線，透過主要輸出資料來了解總二氧化碳排放量提供給加油公司以及機場作為日後規劃參考。

## 4.2 電腦測試環境及設定

本研究於以 Microsoft Windows 11 為基礎平台以及 Microsoft Visual Studio 2017 為開發環境，以 C++程式語言編寫，再結合 IBM ILOG CPLEX 20.1.0.0 最佳化軟體求解出本研究問題結果，於 Intel(R) Core(TM) i5-8265U CPU @ 1.60GHz，16.0 GB 記憶體之筆記型電腦上執行運算，從資料輸入、模式建構、模式求解到結果輸出，執行成效良好。

## 4.3 範例測試類型與測試資料

為了解航空燃料車輛在不同類型航班資訊情況下其模式規劃結果之正確性及有效性，我們考量了實務上之情況將航班資訊分為以下五種類型，包括油栓車與油罐車在車輛不足時執行中短程航班、中短程航班、長程航班與混合航班，並且將這些類型分別進行相關的小樣本範例測試，而相關測試類型資料說明如下。

### 4.3.1 油栓車執行加油作業皆為中短程航班

1. 本類型將產生兩個地點分別為停車場以及停機坪 A4，時間從早上七點至早上八點十分，兩個地點分別產生了九個節點，時間間隔為五分鐘。
2. 為了避免車輛類型混淆，本研究將油栓車設為編號 01 油罐車設為編號 02，如表 3 所示。
3. 在停機坪 A4 中加入了兩個中短程航班加油作業且停車場提供兩輛油栓車進行加油作業，其加油開始時間、加油停留時間以及加油結束如表 4 所示。

表 3 油栓車執行加油作業皆為中短程航班之測試車輛資料

航空燃料車輛編號	01
航空燃料車輛類型	油栓車
每公里產生之碳排放量(g/km)	875
車輛固定產生之碳排放量(g/輛)	875
航空燃料車輛於停機坪停留之成本	10000

表 4 油栓車執行加油作業皆為中短程航班之測試資料

加油作業	加油開始時間	加油結束時間	停機坪位置
01	07：40	07：50	A4
02	07：55	08：05	A4

### 4.3.2 油罐車執行加油作業皆為中短程航班

1. 本類型將產生兩個地點分別為停車場以及停機坪 A4，時間從早上七點至早上八點十分，兩個地點分別產生了九個節點，時間間隔為五分鐘。
2. 為了避免車輛類型混淆，本研究將油栓車設為編號 01 油罐車設為編號 02，如表 5 所示。
3. 碳排放量計算上我們將油罐車以「滿油」表示車輛從停車場前往停機坪與從儲油槽返回至停機坪或停車場之狀態；「未滿油」表示車輛執行完加油作業後前往儲油槽之狀態。要特別說明的是，由於油罐車在執行完加油作業後所剩餘的燃料量皆有所不同且無法判斷，因此本研究將以油罐車空車重量來計算未滿油時所產生之碳排放量。
4. 在停機坪 A4 中加入了兩個中短程航班加油作業且停車場提供兩輛油罐車進行加油作業，其加油開始時間、加油停留時間以及加油結束如表 6 所示。

表 5 油罐車執行加油作業皆為中短程航班之測試車輛資料

航空燃料車輛編號	02
航空燃料車輛類型	油罐車
每公里產生之碳排放量(g/km)	滿油：1566 未滿油：1517
車輛固定產生之碳排放量(g/輛)	1566
航空燃料車輛於停機坪停留之成本	10000

表 6 油罐車執行加油作業皆為中短程航班之測試資料

加油作業	加油開始時間	加油結束時間	停機坪位置
01	07：40	07：50	A4
02	07：55	08：05	A4

### 4.3.3 航空燃料車輛執行加油作業皆為長程航班

1. 本類型將產生 7 個地點分別為停車場以及其他各停機坪，時間從早上 7：30 至早上 9：40，7 個地點各產生了 26 個節點，時間間隔為 5 分鐘。
2. 為了避免運具混淆，本研究將油栓車設為編號 01 油罐車設為編號 02，如表 7 所示。
3. 在 6 個停機坪中加入了 17 個長程航班加油作業且停車場提供 15 輛油栓車與 12 輛油罐車進行加油作業，其加油開始時間、加油停留時間以及加油結束如表 8 所示，範例測試是為了了解模式的正確性因此長程航班加油時間縮減為 15 分鐘以便測試。

表 7 航空燃料車輛執行加油作業皆為長程航班之測試車輛資料

航空燃料車輛編號	01	02
航空燃料車輛類型	油栓車	油罐車
每公里產生之碳排放量(g/km)	875	滿油：1566 未滿油：1517
車輛固定產生之碳排放量(g/輛)	875	1566
航空燃料車輛於停機坪停留之成本	10000	10000

表 8 航空燃料車輛執行加油作業皆為長程航班之測試資料

加油作業	加油開始時間	加油結束時間	停機坪位置
01	07：35	07：50	D4
02	07：35	07：50	511
03	07：40	07：55	A4
04	07：50	08：05	512
05	07：55	08：10	510
06	08：00	08：15	D4
07	08：05	08：20	C10
08	08：15	08：30	A4
09	08：15	08：30	512
10	08：30	08：45	510
11	08：40	08：55	C10
12	08：40	08：55	512
13	08：45	09：00	D4
14	08：55	09：10	511
15	09：05	09：20	A4
16	09：10	09：25	512
17	09：15	09：30	510

#### 4.3.4 航空燃料車輛執行加油作業皆為中短程航班

1. 本類型將產生 7 個地點分別為停車場以及其他各停機坪，時間從早上 7：30 至早上 9：40，7 個地點各產生了 26 個節點，時間間隔為 5 分鐘。
2. 為了避免車輛類型混淆，本研究將油栓車設為編號 01 油罐車設為編號 02，如表 9 所示。
3. 在 6 個停機坪中加入了 19 個中短程航班加油作業且停車場提供 15 輛油栓車與 12 輛油罐車進行加油作業，其加油開始時間、加油停留時間以及加油結束如表 10 所示，範例測試是為了了解模式的正確性因此中短程航班加油時間縮減為 10 分鐘以便測試。

表9 航空燃料車輛執行加油作業皆為中短程航班之測試車輛資料

航空燃料車輛編號	01	02
航空燃料車輛類型	油栓車	油罐車
每公里產生之碳排放量(g/km)	875	滿油：1566 未滿油：1517
車輛固定產生之碳排放量(g/輛)	875	1566
航空燃料車輛於停機坪停留之成本	10000	10000

表 10 航空燃料車輛執行加油作業皆為中短程航班之測試資料

加油作業	加油開始時間	加油結束時間	停機坪位置
01	07：35	07：45	A4
02	07：35	07：45	511
03	07：40	07：50	D4
04	07：45	07：55	510
05	07：50	08：00	C10
06	07：55	08：05	512
07	08：10	08：20	A4
08	08：10	08：20	510
09	08：20	08：30	D4
10	08：20	08：30	511
11	08：25	08：35	C10
12	08：25	08：35	512
13	08：35	08：45	A4
14	08：35	08：45	510
15	08：50	09：00	C10
16	08：55	09：05	511

17	08：55	09：05	512
18	09：00	09：10	D4
19	09：05	09：15	A4

#### 4.3.5 航空燃料車輛執行加油作業為混合航班

1. 本類型將產生 7 個地點分別為停車場以及其他各停機坪，時間從早上 7：30 至早上 9：40，7 個地點各產生了 26 個節點，時間間隔為 5 分鐘。
2. 為了避免車輛類型混淆，本研究將油栓車設為編號 01 油罐車設為編號 02，如表 11 所示。
3. 在 6 個停機坪中加入了 17 個中短程航班加油作業以及 2 個長程航班加油作業且停車場提供 15 輛油栓車與 12 輛油罐車進行加油作業，其加油開始時間、加油停留時間以及加油結束如表 12 所示，範例測試是為了了解模式的正確性因此中短程航班加油時間縮減為 10 分鐘、長程航班加油時間縮減為 15 分鐘以便測試。

表 11 航空燃料車輛執行加油作業為混合航班之測試車輛資料

航空燃料車輛編號	01	02
航空燃料車輛類型	油栓車	油罐車
每公里產生之碳排放量(g/km)	875	滿油：1566 未滿油：1517
車輛固定產生之碳排放量(g/輛)	875	1566
航空燃料車輛於停機坪停留之成本	10000	10000

表 12 航空燃料車輛執行加油作業為混合航班之測試資料

加油作業	加油開始時間	加油結束時間	停機坪位置
01	07：35	07：45	A4
02	07：35	07：45	511
03	07：40	07：50	D4
04	07：45	07：55	510
05	07：50	08：00	C10
06	07：55	08：05	512
07	08：10	08：20	A4
08	08：10	08：20	510
09(長)	08：15	08：30	D4
10	08：20	08：30	511
11	08：25	08：35	C10
12	08：25	08：35	512
13	08：35	08：45	A4

14	08：35	08：45	510
15	08：50	09：00	C10
16(長)	08：50	09：05	511
17	08：55	09：05	512
18	09：00	09：10	D4
19	09：05	09：15	A4

#### 4.4 範例測試與情境分析

本研究為了解不同車輛數組合之測試結果與正確性，將以航空燃料車輛為立場將每種類型資料測試了以下不同車輛數之情境並且與實務上人工測試的結果進行比較來驗證模式的正確性與可行性，如表 13 所示。

表 13 各類型資料測試與相關情境測試

情境	車輛數設定
類型 1：油栓車執行加油作業皆為中短程航班	
情境 1	油栓車提供數量為 2 輛
情境 2	油栓車提供數量為 1 輛
類型 2：油罐車執行加油作業皆為中短程航班	
情境 1	油罐車提供數量為 2 輛
情境 2	油罐車提供數量為 1 輛
類型 3：航空燃料車輛執行加油作業皆為長程航班	
情境 1	油栓車提供數量為 15 輛、油罐車提供數量為 12 輛
情境 2	油栓車提供數量為 15 輛、油罐車提供數量為 1 輛
類型 4：航空燃料車輛執行加油作業皆為中短程航班	
情境 1	油栓車提供數量為 15 輛
情境 2	油罐車提供數量為 12 輛
情境 3	油栓車提供數量為 15 輛、油罐車提供數量為 12 輛
情境 4	油栓車提供數量為 15 輛、油罐車提供數量為 1 輛
情境 5	油栓車提供數量為 1 輛、油罐車提供數量為 12 輛
類型 5：航空燃料車輛執行加油作業為混合航班	
情境 1	油栓車提供數量為 15 輛、油罐車提供數量為 12 輛
情境 2	油栓車提供數量為 15 輛、油罐車提供數量為 1 輛
情境 3	油栓車提供數量為 2 輛、油罐車提供數量為 12 輛

## 4.4.1 油栓車執行加油作業皆為中短程航班測試結果

### (類型 1)

情境 1 為一般化測試，停機坪 A4 有欲加油的 2 個加油作業，每個加油作業皆停留 10 分鐘，由停車場出發結束所有加油作業後返回同一個停車場，車輛提供數量為兩輛油栓車。情境 2 為車輛不足時之測試，唯一與情境 1 不同的是車輛提供數量為一輛油栓車。

測試結果數據如表 14 表示，路線圖如圖 8 表示。情境 1 中第一輛油栓車於 07:35 離開停車場前往停機坪 A4 執行第一個加油作業，由於車輛充足且怠速所產生的碳排放量較車輛移動時多，因此第一輛油栓車於 7:50 結束第一個加油作業後選擇返回至停車場並且於 7:50 增派第二輛油栓車前往停機坪 A4 執行第二個加油作業，於 8:05 結束加油作業並於結束後返回停車場，求解結果顯示油栓車共出車了 2 輛，總碳排放量為 2910 公克，平均一輛油栓車產生了 1455 公克之碳排放量。情境 2 由於車輛不足的情況，因此當油栓車執行完第一個加油作業會選擇繼續在停機坪 A4 停留直到第二個加油作業開始時間，此情境油栓車共出車了 1 輛，均一輛油栓車產生了 1455 公克之碳排放量，總碳排放量為 11455 公克。

表 14 類型 1 之模式測試結果

分析項目	情境 1	情境 2
加油作業數量	2	
航空燃料車輛數	油栓車：2	油栓車：1
變數數量	38	
限制式數量	24	
總固定碳排放量(g)	1750	875
車輛於停機坪停留之成本	0	10000
油栓車移動碳排放量(g)	1160	580
油栓車出車數(輛)	2	1
油栓車平均碳排(g/輛)	1455	1455
目標值(g)	2910	11455
求解時間(秒)	0.01	0.01

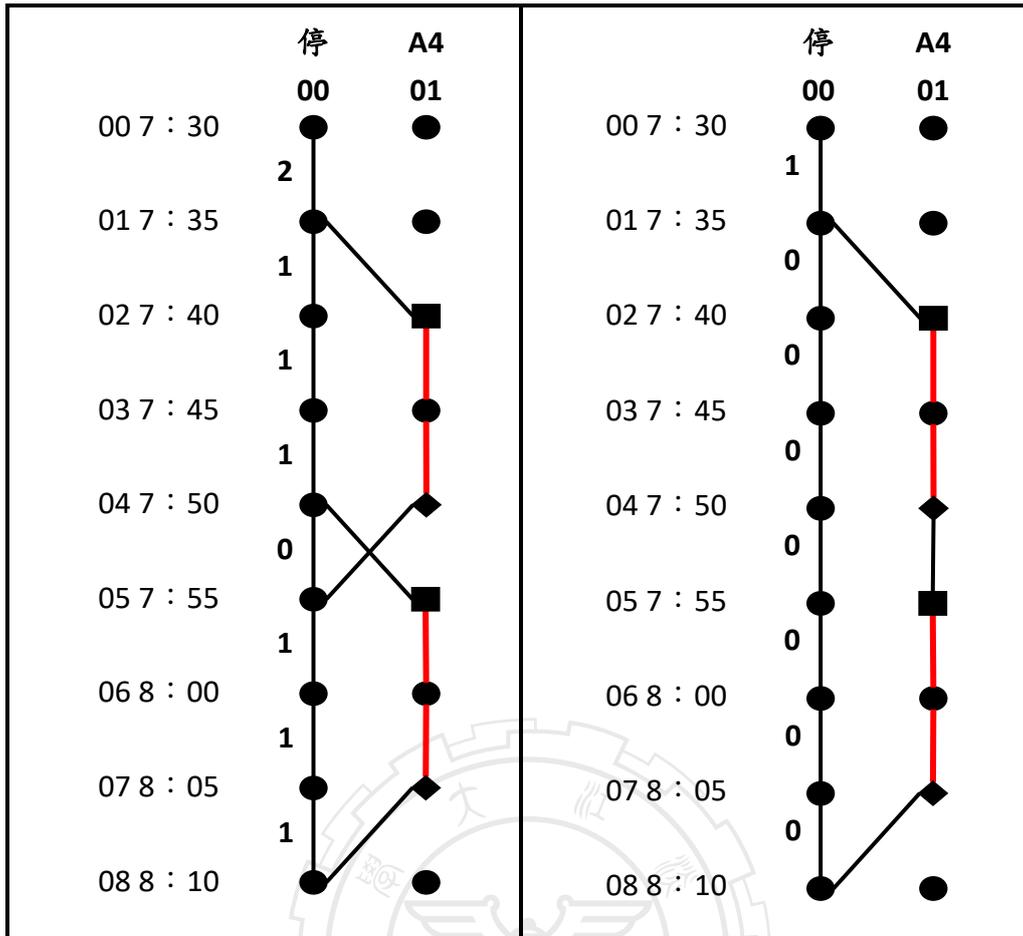


圖 8 類型 1 之車輛運輸規劃結果

#### 4.4.2 油罐車執行加油作業皆為中短程航班測試結果

##### (類型 2)

情境 1 為一般化測試，停機坪 A4 有欲加油的 2 個加油作業，每個加油作業皆停留 10 分鐘，由停車場出發且每一個加油作業執行結束後皆需前往儲油槽進行燃料補充並判斷將返回停車場抑或是繼續前往執行加油作業，車輛提供數量為兩輛油罐車。情境 2 為車輛不足時之測試，唯一與情境 1 不同的是車輛提供數量為一輛油罐車。

測試結果數據如表 15 表示，路線圖如圖 9 表示。情境 1 中第一輛油罐車於 07:35 離開停車場前往停機坪 A4 執行第一個加油作業，並且於結束後前往儲油槽進行燃料補充，由於在車輛充足的情況，因此停車場於 7:50 增派第二輛油罐車前往停機坪 A4 執行第二個加油作業並於 8:05 結束後前往儲油槽進行燃料補

充，接著返回停車場，油罐車共出車了 2 輛，平均一輛油罐車產生了 6893 公克之碳排放量，總碳排放量為 16918 公克。情境 2 由於車輛不足的情形導致一輛油罐車無法執行完停機坪 A4 中的所有加油作業，因此情境 2 之測試結果為無解。

表 15 類型 2 之模式測試結果

分析項目	情境 1	情境 2
加油作業數量	2	
航空燃料車輛數	油罐車：2	油罐車：1
變數數量	77	
限制式數量	45	
總固定碳排放量(g)	3132	-
車輛於停機坪停留之成本	0	-
油罐車移動碳排放量(g)	13786	-
油罐車出車數(輛)	2	-
油罐車平均碳排(g/輛)	8459	-
目標值(g)	16918	無解
求解時間(秒)	0.01	0.02

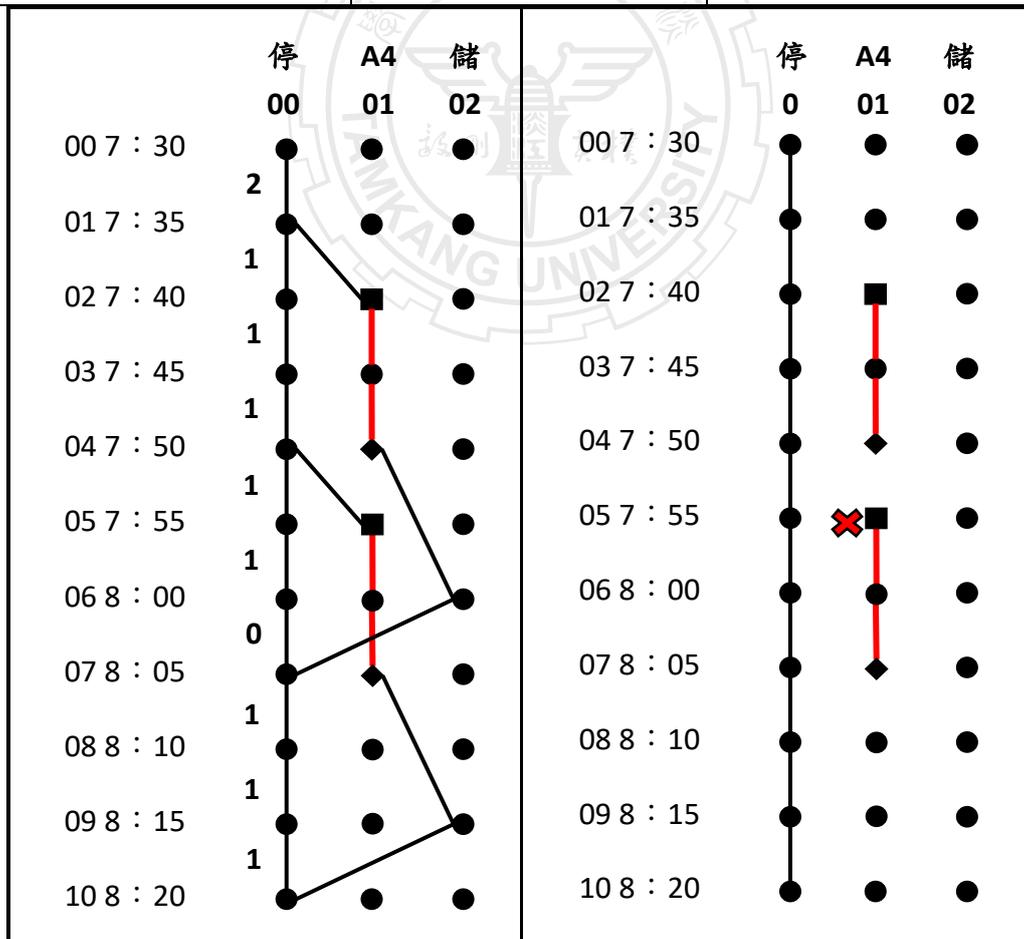


圖 9 類型 2 之車輛運輸規劃結果

### 4.4.3 航空燃料車輛執行加油作業皆為長程航班測試結果

#### (類型 3)

情境 1 為一般化測試，總共有欲加油的 17 個長程航班加油作業且每個加油作業皆停留 15 分鐘，由停車場出發執行完所有加油作業後返回同一個停車場，車輛提供數為 15 輛油栓車與 12 輛油罐車。

測試結果數據如表 16 表示，路線圖如圖 10 表示。情境 1 中油栓車於 7:55 執行完停機坪 A4 第 1 個加油作業後前往繼續執行停機坪 D4 第 2 個加油作業並於結束後返回停車場；油栓車於 9:00 執行完停機坪 D4 第 3 個加油作業後前往執行停機坪 A4 第 3 個加油作業並於結束後返回停車場；油栓車於 7:50 執行完停機坪 511 第 1 個加油作業後前往執行停機坪 510 第 1 個加油作業且結束後再前往執行停機坪 512 第 2 個加油作業並於結束後返回停車場；油栓車於 9:10 執行完停機坪 511 第 2 個加油作業後前往執行停機坪 510 第 3 個加油作業並於結束後返回停車場，其餘的加油作業皆是由停車場指派車輛前往執行，結束後直接返回停車場，由於長程航班的加油作業皆是由 2 輛油栓車前往執行因此所有油罐車在路線圖中都會顯示停留在停車場，測試結果油栓車共出車了 24 輛，油罐車共出車了 0 輛，平均一輛油栓車產生了 2573 公克之碳排放量，總碳排放量為 61762 公克相較人工規劃產生的總碳排放量少 29234 公克，此結果顯示規劃者可在同一輛油栓車安排執行多個加油作業，減少了車輛使用數也同時減少了總碳排放量。

要特別說明的是，人工規劃結果由於沒有完整的最佳化模式規劃因此碳排放量與求解時間採逐項累積之計算方式，才能符合目前實務上的指派模式。

表 16 類型 3 情境 1 之模式測試結果

分析項目	本模式規劃結果	人工規劃結果
加油作業數量	17	
航空燃料車輛數	油栓車：15；油罐車：12	
變數數量	2006	-
限制式數量	389	-
油栓車總固定碳排放量(g)	21000	29750
油罐車總固定碳排放量(g)	0	0
車輛於停機坪停留之成本	0	0

油栓車移動碳排(g)	40762	61246
油罐車移動碳排(g)	0	0
油栓車出車數(輛)	24	34
油罐車出車數(輛)	0	0
油栓車平均碳排(g/輛)	2573	2676
油罐車平均碳排(g/輛)	0	0
目標值(g)	61762	90996
與人工相比碳排減少量(g)	29234	
求解時間(秒)	0.03	約 1 分鐘

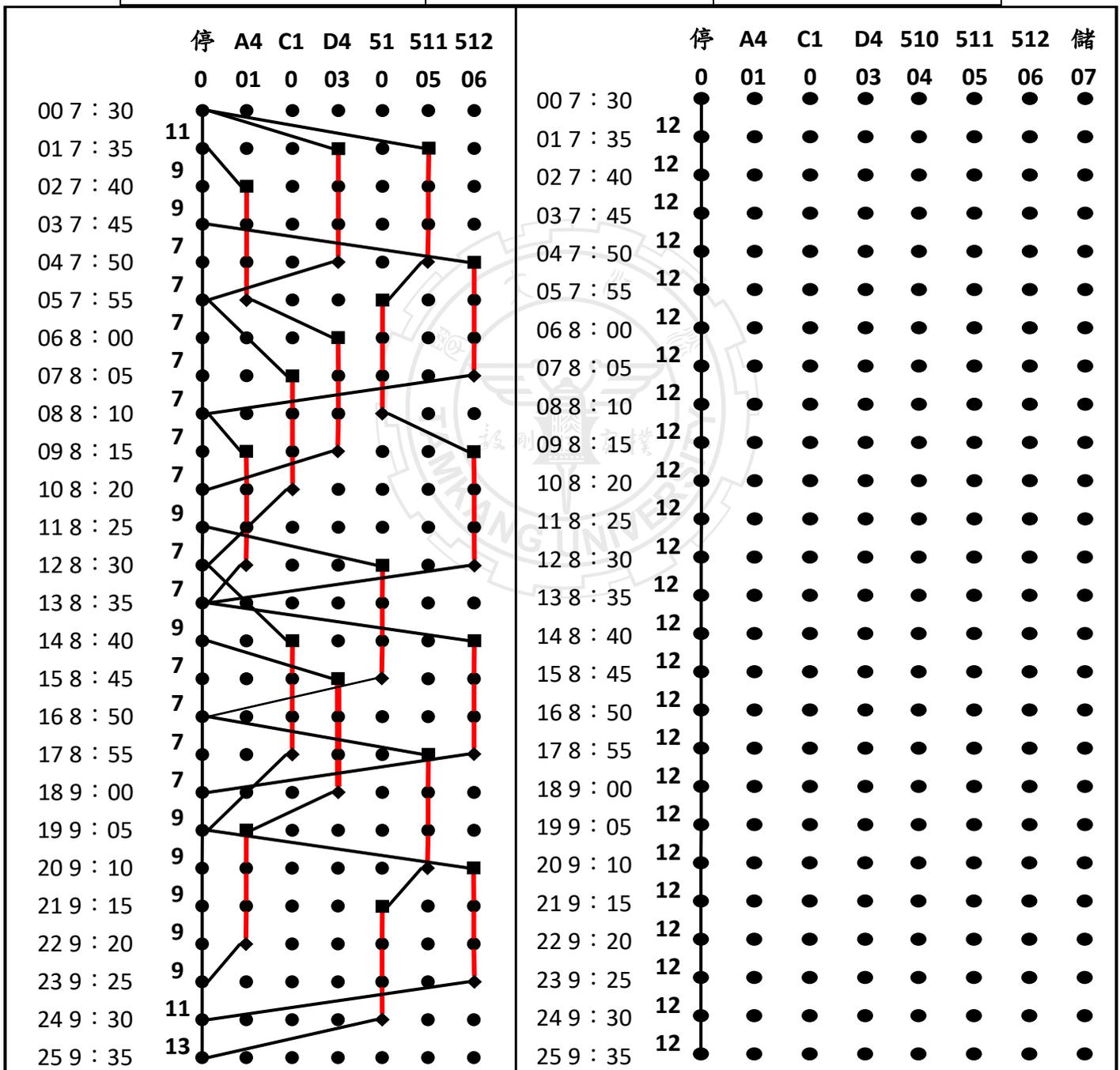


圖 10 類型 3 情境 1 之車輛運輸規劃結果

情境 2 為車輛數差異之測試，總共有欲加油的 17 個長程航班加油作業且每個加油作業皆停留 15 分鐘，由停車場出發執行完所有加油作業後返回同一個停車場，車輛提供數為 15 輛油栓車與 1 輛油罐車。

測試結果數據如表 17 表示，路線圖如圖 11 表示。情境 2 中油栓車執行加油作業的路線結果與情境 1 相同，原因在於減少車輛的類型為油罐車，由於長程航班的加油作業皆是由 2 輛油栓車前往執行因此所有油罐車在路線圖中都會顯示停留在停車場，測試結果油栓車共出車了 24 輛，油罐車共出車了 0 輛，平均一輛油栓車產生了 2573 公克之碳排放量，總碳排放量為 61762 公克，相較人工規劃產生的總碳排放量少 29234 公克，此結果顯示規劃者可在同一輛油栓車安排執行多個加油作業，減少了車輛使用數也同時減少了總碳排放量，而減少油罐車的數量並不會造成長程航班加油作業規劃上之影響。

表 17 類型 3 情境 2 之模式測試結果

分析項目	本模式規劃結果	人工規劃結果
加油作業數量	17	
航空燃料車輛數	油栓車：15；油罐車：1	
變數數量	2006	-
限制式數量	389	-
油栓車總固定碳排放量(g)	21000	29750
油罐車總固定碳排放量(g)	0	
車輛於停機坪停留之成本	0	
油栓車移動碳排(g)	40762	61246
油罐車移動碳排(g)	0	0
油栓車出車數(輛)	24	34
油罐車出車數(輛)	0	0
油栓車平均碳排(g/輛)	2573	2676
油罐車平均碳排(g/輛)	0	0
目標值(g)	61762	90996
與人工相比碳排減少量(g)	29234	
求解時間(秒)	0.03	約 1 分鐘

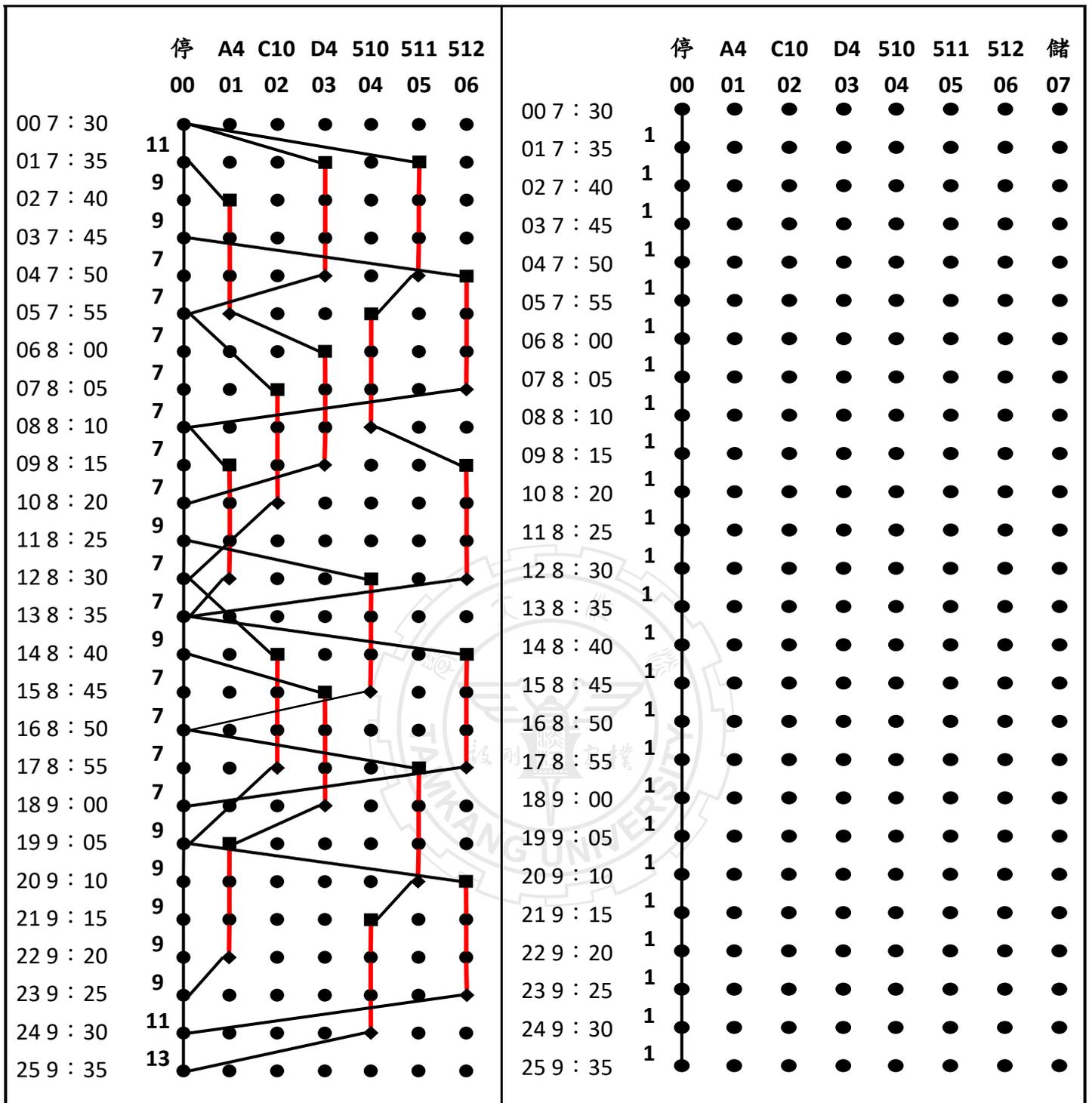


圖 11 類型 3 情境 2 之車輛運輸規劃結果

#### 4.4.4 航空燃料車輛執行加油作業皆為中短程航班測試結果

##### (類型 4)

情境 1 為油栓車車輛測試，總共有欲加油的 19 個中短程航班加油作業且每個加油作業皆停留 10 分鐘，由停車場出發執行完所有加油作業後返回同一個停車場，車輛提供數為 15 輛油栓車與 0 輛油罐車。

測試結果數據如表 18 表示，路線圖如圖 12 表示。情境 1 中油栓車於 8:30 執行完停機坪 D4 第 2 個加油作業後前往執行停機坪 A4 第 3 個加油作業並於結束後返回停車場；油栓車於 8:20 執行完停機坪 510 第 2 個加油作業後前往執行停機坪 512 第 2 個加油作業並於結束後返回停車場；油栓車於 8:30 執行完停機坪 511 第 2 個加油作業後前往執行停機坪 510 第 3 個加油作業且結束後再前往執行停機坪 512 第 3 個加油作業並於結束後返回停車場，其餘的加油作業皆是由停車場指派車輛前往執行，結束後直接返回停車場，測試結果油栓車共出車了 15 輛，油罐車共出車了 0 輛，平均一輛油栓車產生了 2595 公克之碳排放量，總碳排放量為 38927 公克相較人工規劃產生的總碳排放量少了 12474 公克，此結果顯示規劃者可在同一輛油栓車安排執行多個加油作業，減少了車輛使用數也同時減少了總碳排放量。

表 18 類型 4 情境 1 之模式測試結果

分析項目	本模式規劃結果	人工規劃結果
加油作業數量	19	
航空燃料車輛數	油栓車：15；油罐車：0	
變數數量	1856	-
限制式數量	447	-
油栓車總固定碳排放量(g)	13125	16625
油罐車總固定碳排放量(g)	0	0
車輛於停機坪停留之成本	0	0
油栓車移動碳排(g)	25802	34776
油罐車移動碳排(g)	0	0
油栓車出車數(輛)	15	19
油罐車出車數(輛)	0	0
油栓車平均碳排(g/輛)	2595	2705

油罐車平均碳排(g/輛)	0	0
目標值(g)	38927	51401
與人工相比碳排減少量(g)	12474	
求解時間(秒)	0.02	約 1 分鐘

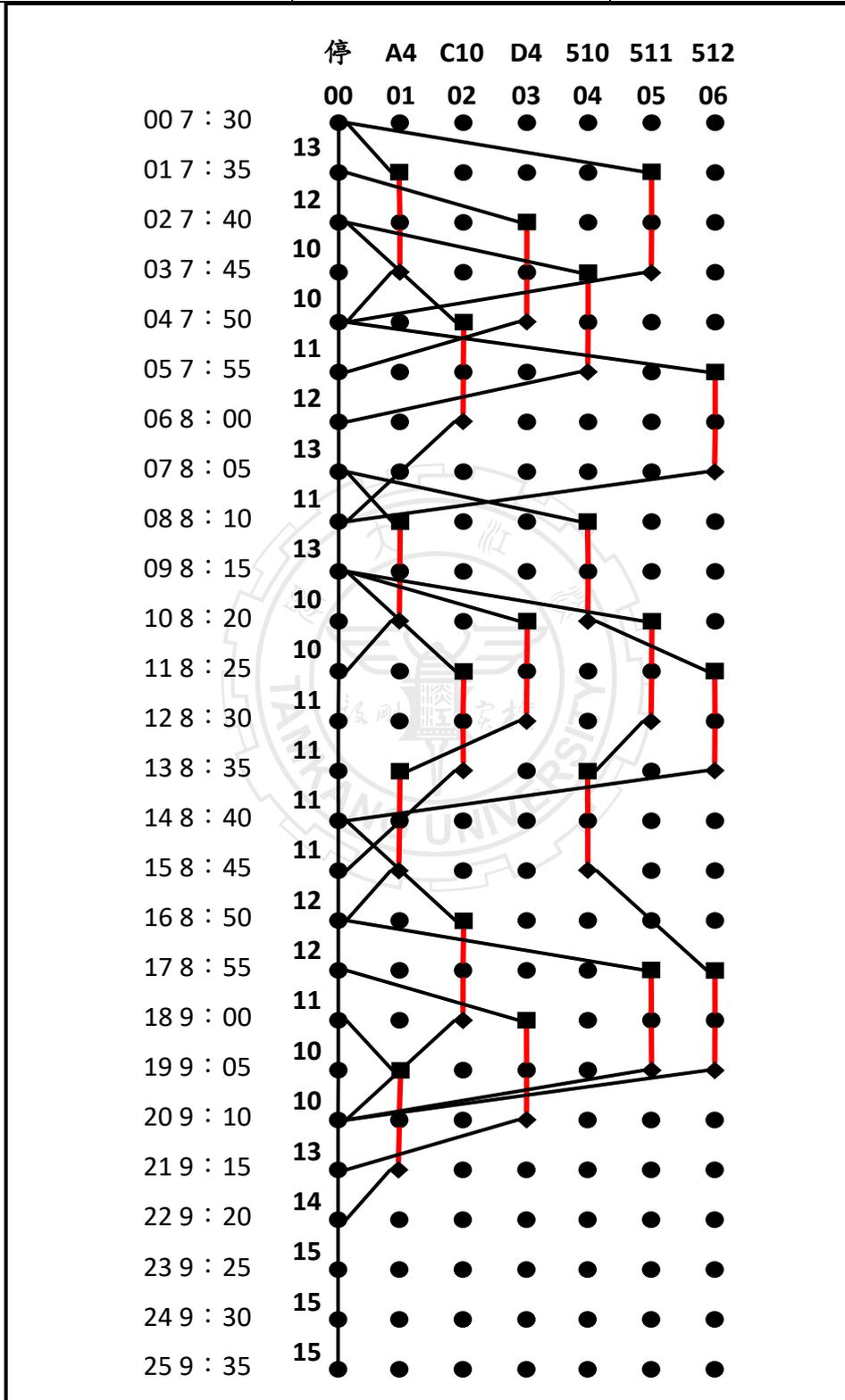


圖 12 類型 4 情境 1 之車輛運輸規劃結果

情境 2 為油罐車車輛測試，總共有欲加油的 19 個中短程航班加油作業且每個作業皆停留 10 分鐘，由停車場出發執行完所有加油作業後返回同一個停車場，車輛提供數為 0 輛油栓車與 12 輛油罐車。

測試結果數據如表 19 表示，路線圖如圖 13 表示。情境 2 中油罐車於 7:50 與 7:55 分別執行完停機坪 D4 第 1 個加油作業以及停機坪 510 第一個加油作業後同時於 8:05 前往至儲油槽且完成燃料補充，接著前往停機坪 510 執行第 2 個加油作業，但由於中短程航班只需一輛油罐車前往執行，因此其中一輛油罐車則選擇返回停車場；油罐車於 8:05 執行完停機坪 512 第 1 個加油作業後前往至儲油槽且完成燃料補充，接著前往停機坪 511 執行第 2 個加油作業，並於結束前往儲油槽補充燃料後返回停車場；油罐車於 8:00 執行完機坪 C10 第 1 個加油作業後前往儲油槽完成燃料補充，接著前往停機坪 512 執行第 2 個加油作業並於結束後前往儲油槽補充燃料後返回停車場，其餘的加油作業皆是由停車場指派車輛前往執行，結束後前往儲油槽進行燃料補充，直接返回停車場，值得一提的是路線圖中 8:45、8:55 與 9:15 由於同時有兩輛油罐車前往儲油槽進行燃料補充，因此在這三個時間點返回停車場的變數為流量 2 與其他變數不同。測試結果油栓車共出車了 0 輛，油罐車共出車了 14 輛，平均一輛油罐車產生了 11764 公克之碳排放量，總碳排放量為 164692 公克相較人工規劃產生的總碳排放量少 63769 公克，此結果顯示規劃者可在同一輛油罐車安排執行多個加油作業，減少了車輛使用數也同時減少了總碳排放量。

表 19 類型 4 情境 2 之模式測試結果

分析項目	本模式規劃結果	人工規劃結果
加油作業數量	19	
航空燃料車輛數	油栓車：0；油罐車：12	
變數數量	1856	-
限制式數量	447	-
油栓車總固定碳排放量(g)	0	0
油罐車總固定碳排放量(g)	21924	29754
車輛於停機坪停留之成本	0	0
油栓車移動碳排(g)	0	0
油罐車移動碳排(g)	142768	198707
油栓車出車數(輛)	0	0

油罐車出車數(輛)	14	19
油栓車平均碳排(g/輛)	0	0
油罐車平均碳排(g/輛)	11764	12024
目標值(g)	164692	228461
與人工相比碳排減少量(g)	63769	
求解時間(秒)	0.02	約 1 分鐘

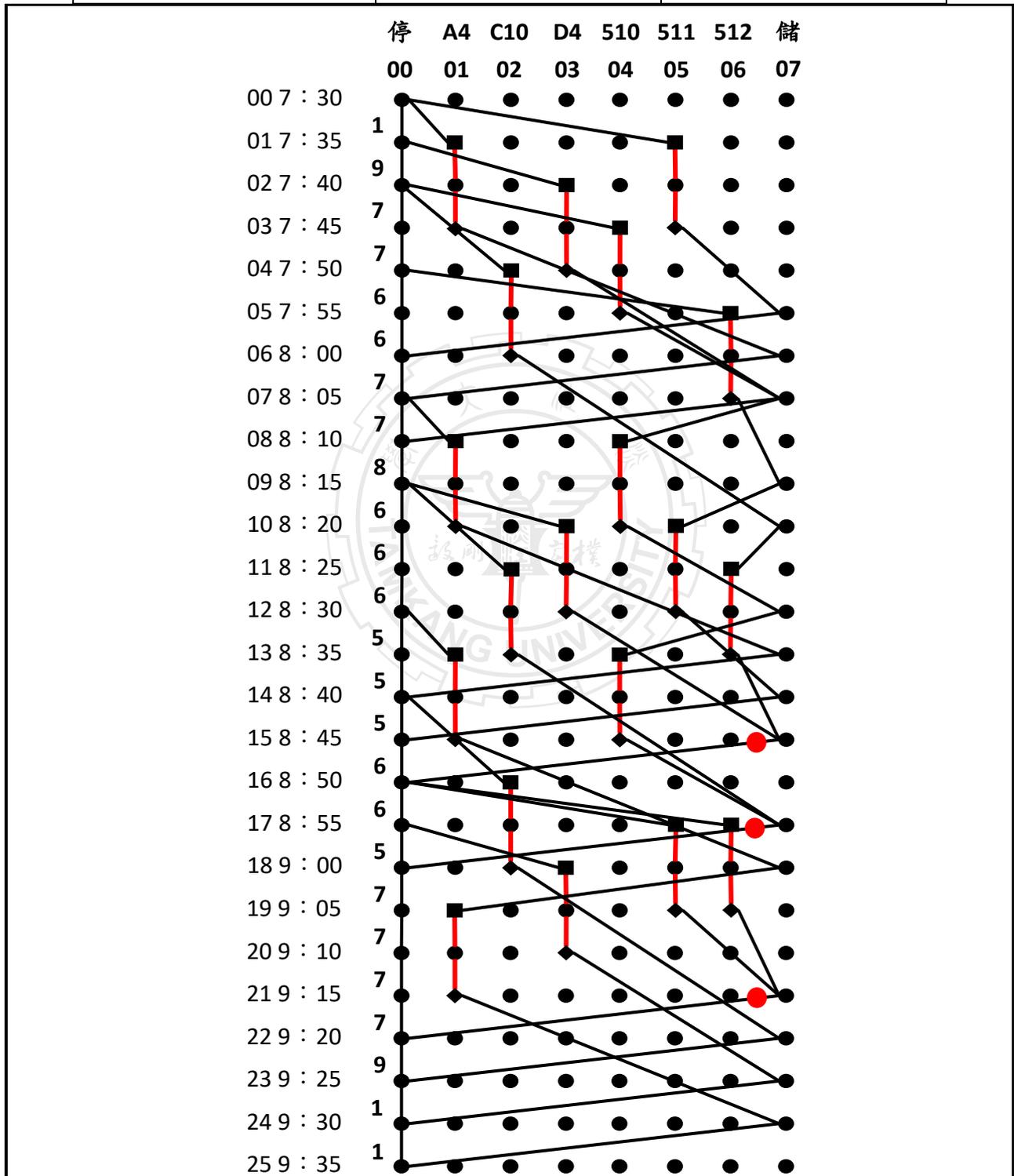


圖 13 類型 4 情境 2 之車輛運輸規劃結果 \*紅點路徑為流量 2

情境 3 為一般化測試，總共有欲加油的 19 個中短程航班加油作業且每個加油作業皆停留 10 分鐘，由停車場出發執行完所有加油作業後返回同一個停車場，車輛提供數為 15 輛油栓車與 12 輛油罐車。

測試結果數據如表 20 表示，路線圖如圖 14 表示。情境 3 中油栓車於 8:30 執行完停機坪 D4 第 2 個加油作業後前往執行停機坪 A4 第 3 個加油作業並於結束後返回停車場；油栓車於 8:20 執行完停機坪 510 第 2 個加油作業後前往執行停機坪 512 第 2 個加油作業並於結束後返回停車場；油栓車於 8:30 執行完停機坪 511 第 2 個加油作業後前往執行停機坪 510 第 3 個加油作業，結束後再前往執行停機坪 512 第 3 個加油作業並於結束後返回停車場，其餘的加油作業皆是由停車場指派車輛前往執行，結束後直接返回停車場，由於中短程航班油罐車所產生的碳排放量大於油栓車因此在車輛使用上會以油栓車作為第一優先指派，在路線圖結果中油罐車皆顯示停留在停車場。測試結果油栓車共出車了 15 輛，油罐車共出車了 0 輛，平均一輛油栓車產生了 2595 公克之碳排放量，總碳排放量為 38927 公克相較人工規劃產生的總碳排放量少 12474 公克，此結果顯示規劃者可在同一輛油栓車安排執行多個加油作業，減少車輛使用數的同時也減少了碳排放量。

表 20 類型 4 情境 3 之模式測試結果

分析項目	本模式規劃結果	人工規劃結果
加油作業數量	19	
航空燃料車輛數	油栓車：15；油罐車：12	
變數數量	1856	-
限制式數量	447	-
油栓車總固定碳排放量(g)	13125	16625
油罐車總固定碳排放量(g)	0	0
車輛於停機坪停留之成本	0	0
油栓車移動碳排(g)	25802	34776
油罐車移動碳排(g)	0	0
油栓車出車數(輛)	15	19
油罐車出車數(輛)	0	0
油栓車平均碳排(g/輛)	2595	2705

油罐車平均碳排(g/輛)	0	0
目標值(g)	38927	51401
與人工相比碳排減少量(g)	12474	
求解時間(秒)	0.02	約 1 分鐘

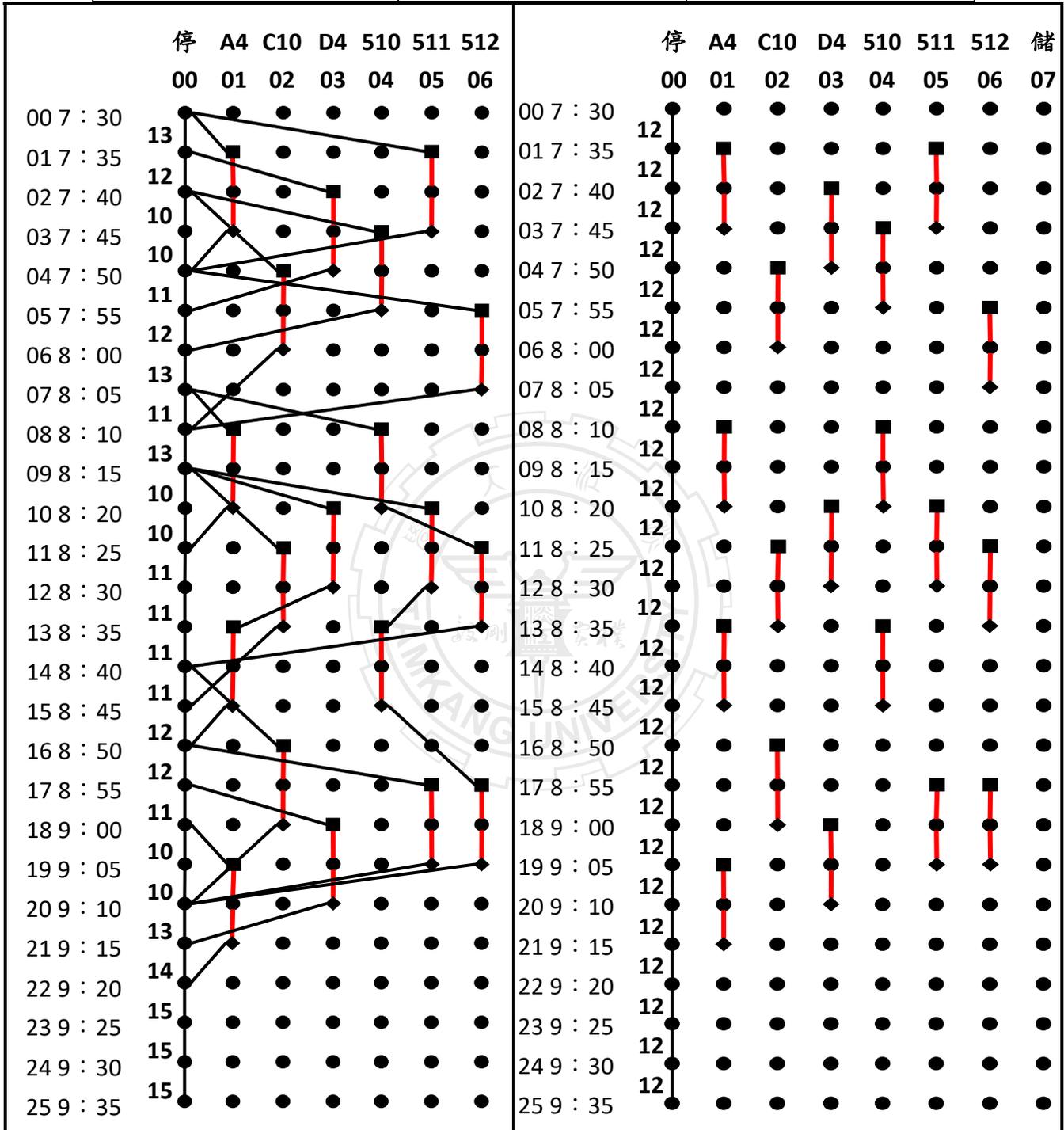


圖 14 類型 4 情境 3 之車輛運輸規劃結果

情境 4 為車輛數具較大差異之測試，總共有需加油的 19 個中短程航班加油作業且每個加油作業皆停留 10 分鐘，由停車場出發執行完所有加油作業後返回同一個停車場，車輛提供數為 15 輛油栓車與 1 輛油罐車。

測試結果數據如表 21 表示，路線圖如圖 15 表示。情境 4 中油栓車執行加油作業的路線結果與情境 3 相同，原因在於減少車輛的類型為油罐車，而由於中短程航班油罐車所產生的碳排放量大於油栓車因此在車輛使用上都以油栓車作為第一優先指派，在路線圖結果中油罐車皆顯示停留在停車場。測試結果油栓車共出車了 15 輛，油罐車共出車了 0 輛，平均一輛油栓車產生了 2595 公克之碳排放量，總碳排放量為 38927 公克相較人工規劃產生的總碳排放量少 12474 公克，此結果顯示規劃者可在同一輛油栓車安排執行更多的加油作業，減少了車輛使用數也同時減少了總碳排放量，而減少油罐車的數量並不會造成中短程航班加油作業規劃上之影響。

**表 21 類型 4 情境 4 之模式測試結果**

分析項目	本模式規劃結果	人工規劃結果
加油作業數量	19	
航空燃料車輛數	油栓車：15；油罐車：1	
變數數量	1856	-
限制式數量	447	-
油栓車總固定碳排放量(g)	13125	16625
油罐車總固定碳排放量(g)	0	0
車輛於停機坪停留之成本	0	0
油栓車移動碳排(g)	25802	34776
油罐車移動碳排(g)	0	0
油栓車出車數(輛)	15	19
油罐車出車數(輛)	0	0
油栓車平均碳排(g/輛)	2595	2705
油罐車平均碳排(g/輛)	0	0
目標值(g)	38927	51401
與人工相比碳排減少量(g)	12474	
求解時間(秒)	0.02	約 1 分鐘

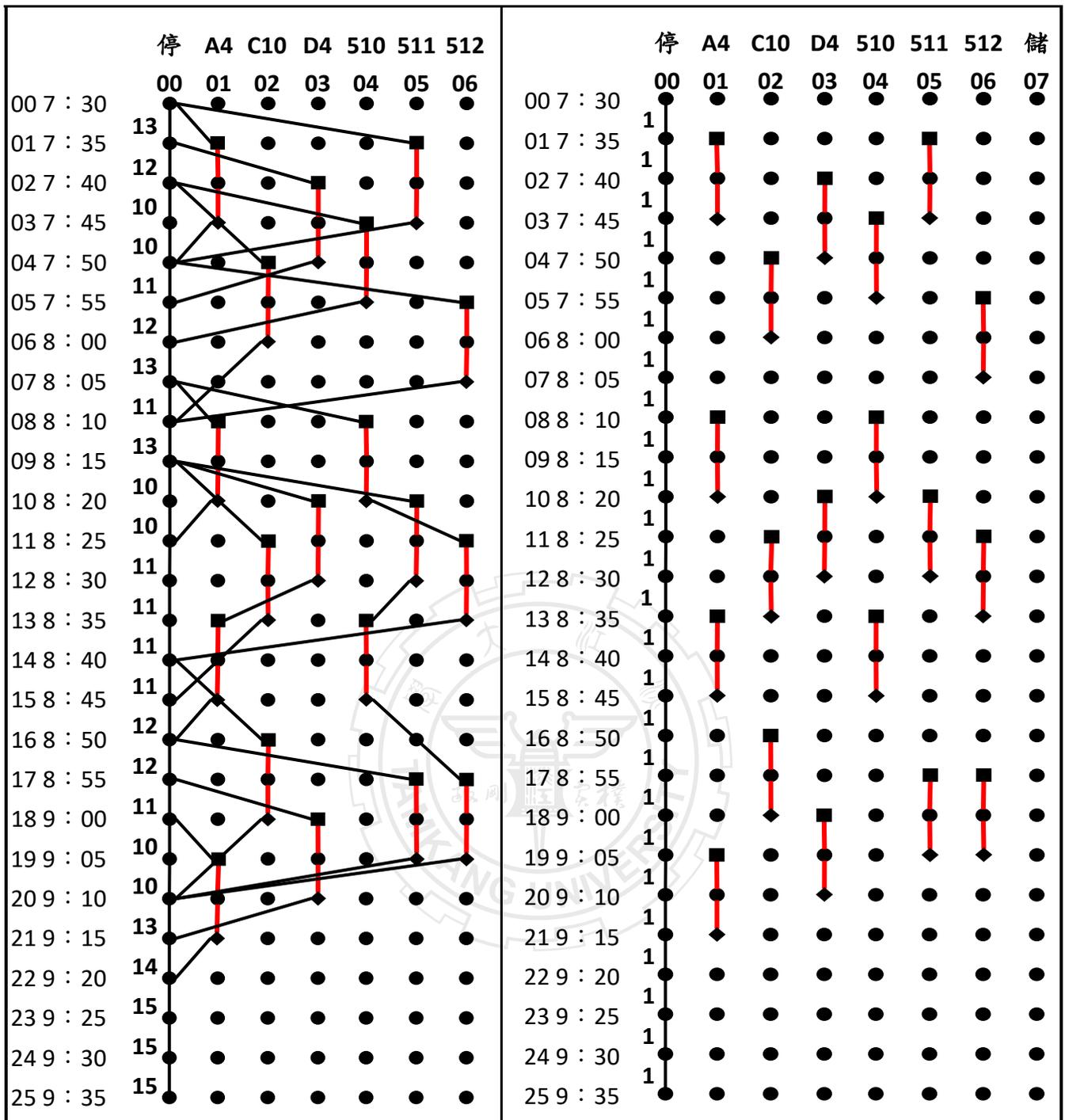


圖 15 類型 4 情境 4 之車輛運輸規劃結果

情境 5 為車輛數具較大差異之測試，總共有欲加油的 19 個中短程航班加油作業且每個作業皆停留 10 分鐘，由停車場出發執行完所有加油作業後返回同一個停車場，車輛提供數為 1 輛油栓車與 12 輛油罐車。

測試結果數據如表 20 表示，路線圖如圖 16 表示。情境 1 中由於油栓車只有 1 輛因此油栓車會發揮其最大的能力執行加油作業，在測試結果中於 7:50 執行完停機坪 D4 第 1 個加油作業後前往執行停機坪 512 第 1 個加油作業並於結束後返回停車場，接著再於 8:15 前往執行停機坪 D4 第 2 個加油作業，結束後前往執行停機坪 A4 第 3 個加油作業，最後前往執行停機坪 D4 第 3 個加油作業；油栓車於 9:00 執行完停機坪 D4 第 3 個加油作業後前往執行停機坪 A4 第 3 個加油作業並於結束後返回停車場；油罐車執行完每一個加油作業後皆前往儲油槽進行燃料補充，在測試結果中油罐車於 8:05 完成燃料補充後前往執行停機坪 510 第 2 個加油作業；油罐車於 8:30 完成燃料補充後前往執行停機坪 510 第 3 個加油作業；在 8:55 以及 9:15 時由於同時皆有 2 輛完成燃料補充，因此在流量上市同時有 2 輛油罐車返回至停車場。測試結果油栓車共出車了 3 輛，油罐車共出車了 11 輛，平均一輛油栓車產生了 3388 公克之碳排放量而平均一輛油罐車產生了 10864 公克之碳排放量，總碳排放量為 129665 公克相較人工規劃產生的總碳排放量少 19062 公克，此結果顯示規劃者可在同一輛油栓車與油罐車安排執行多個加油作業，減少了車輛使用數也同時減少了總碳排放量。由於油罐車所產生的碳排放量大於油栓車因此在車輛指派上會以油栓車作為第一優先指派，當面臨油栓車無車輛使用時才會以油罐車作為替代進行指派。

**表 22 類型 4 情境 5 之模式測試結果**

分析項目	本模式規劃結果	人工規劃結果
加油作業數量	19	
航空燃料車輛數	油栓車：1；油罐車：12	
變數數量	1856	-
限制式數量	447	-
油栓車總固定碳排放量(g)	2625	4375
油罐車總固定碳排放量(g)	17226	21924
車輛於停機坪停留之成本	0	0
油栓車移動碳排(g)	7539	12915
油罐車移動碳排(g)	102275	136640

油栓車出車數(輛)	3	5
油罐車出車數(輛)	11	14
油栓車平均碳排(g/輛)	3388	3458
油罐車平均碳排(g/輛)	10864	11326
目標值(g)	129665	148727
與人工相比碳排減少量(g)	19062	
求解時間(秒)	0.02	約 1 分鐘

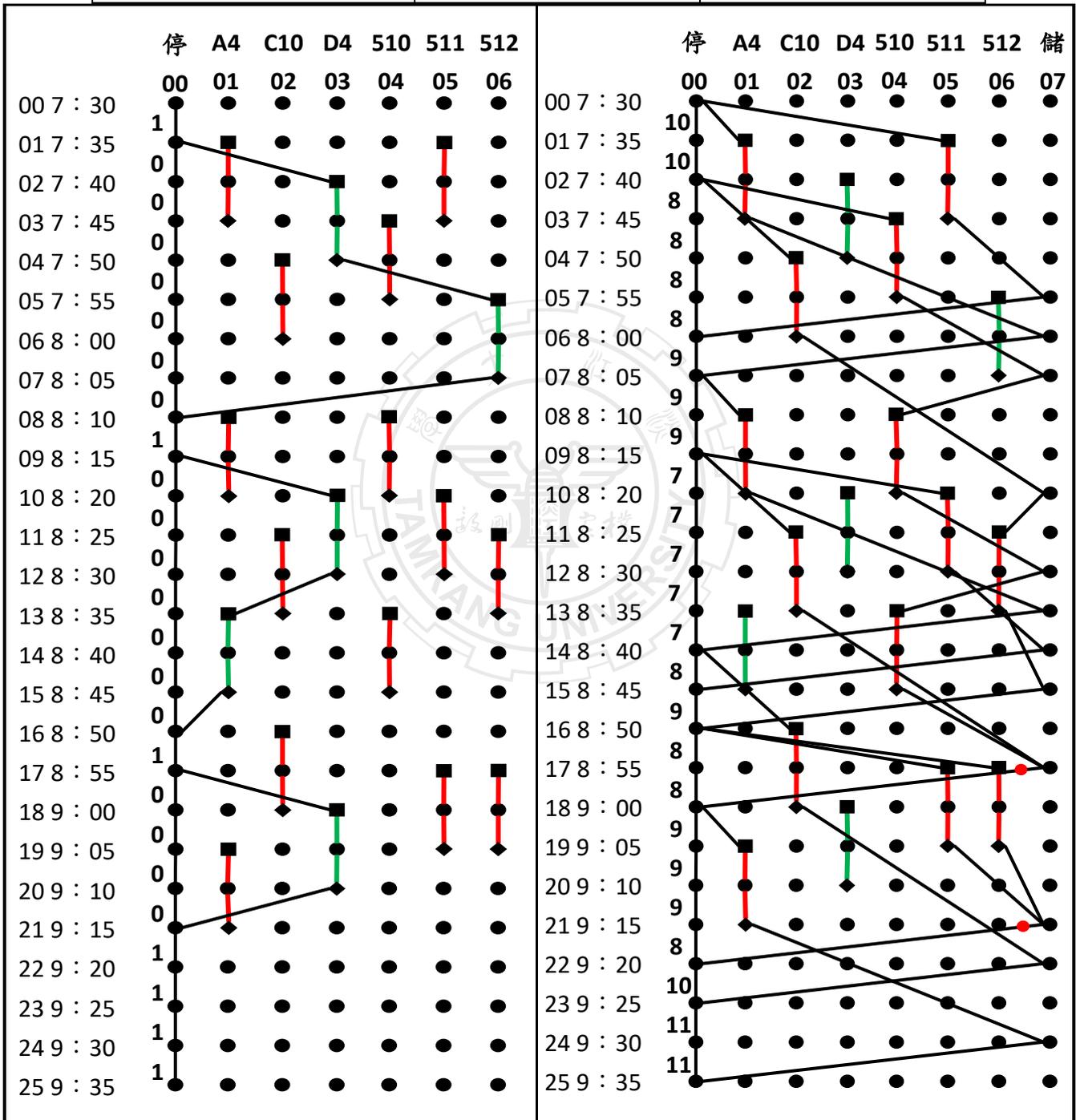


圖 16 類型 4 情境 5 之車輛運輸規劃結果 \*紅點路徑為流量 2

## 4.4.5 航空燃料車輛執行加油作業為混合航班測試結果

### (類型 5)

情境 1 為一般化測試，總共有欲加油的 17 個中短程航班加油作業與 2 個長程航班加油作業，中短程航班加油作業與長程航班加油作業分別停留 10 分鐘與 15 分鐘，由停車場出發執行完所有加油作業後返回同一個停車場，車輛提供數為 15 輛油栓車與 12 輛油罐車。

測試結果數據如表 23 表示，路線圖如圖 17 表示。情境 1 中油栓車於 8:05 執行完停機坪 512 第 1 個加油作業後前往執行停機坪 510 第 2 個加油作業且於結束後再前往執行停機坪 512 第 2 個加油作業後返回停車場；油栓車於 8:30 執行完停機坪 511 第 2 個加油作業後前往執行停機坪 510 第 3 個加油作業且於結束後再前往執行停機坪 511 的長程航班加油作業，此時停車場也加指派一輛油栓車前往協助執行，兩輛油栓車於結束後同時返回停車場；油栓車於 8:30 執行完停機坪 D4 的長程航班加油作業後一輛油栓車繼續前往執行停機坪 A4 第 3 個加油作業，而另一輛則是返回至停車場，測試結果油栓車共出車了 17 輛，油罐車共出車了 0 輛，平均一輛油栓車產生了 2564 公克之碳排放量，總碳排放量為 43585 公克相較人工規劃產生的總碳排放量少 12788 公克，此結果顯示規劃者可在同一輛油栓車安排執行更多的加油作業包含中短程航班與長程航班，減少了車輛使用數也同時減少了總碳排放量，而當同時存在中短程航班與長程航班時在車輛上的分配以及安排也能夠更有效率。由於中短程航班油罐車所產生的碳排放量大於油栓車且執行長程航班加油作業也皆由油栓車執行因此在車輛使用上都以油栓車作為第一優先指派，因此在路線圖結果中油罐車皆顯示停留在停車場。

表 23 類型 5 情境 1 之模式測試結果

分析項目	本模式規劃結果	人工規劃結果
加油作業數量	長程：2；中短程：17	
航空燃料車輛數	油栓車：15；油罐車：12	
變數數量	1857	-
限制式數量	449	-
油栓車總固定碳排放量(g)	14875	18375
油罐車總固定碳排放量(g)	0	0
車輛於停機坪停留之成本	0	0

油栓車移動碳排(g)	28710	37998
油罐車移動碳排(g)	0	0
油栓車出車數(輛)	17	21
油罐車出車數(輛)	0	0
油栓車平均碳排(g/輛)	2564	2684
油罐車平均碳排(g/輛)	0	0
目標值(g)	43585	56373
與人工相比碳排減少量(g)	12788	
求解時間(秒)	0.02	約 1 分鐘

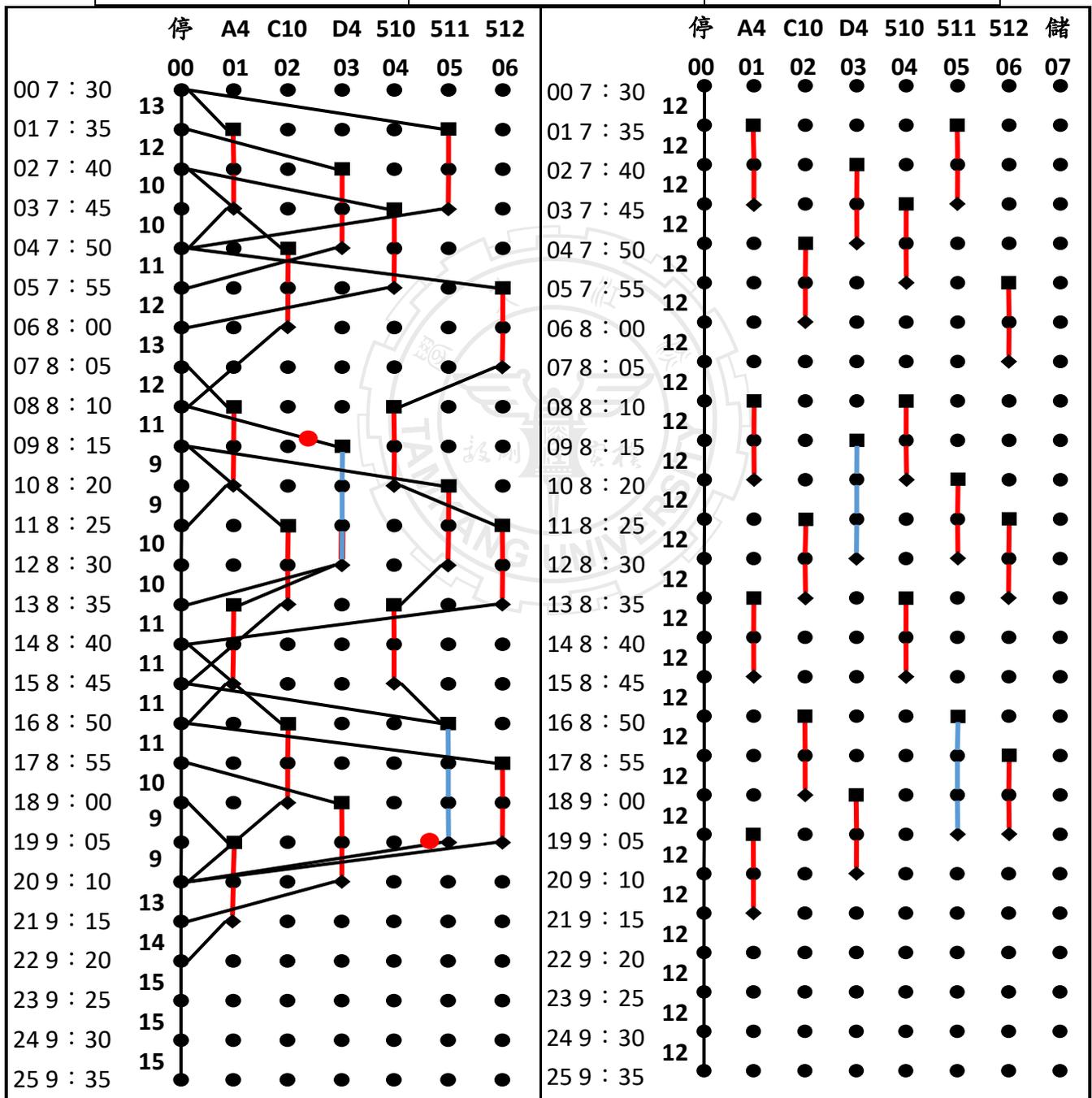


圖 17 類型 5 情境 1 之車輛運輸規劃結果 \*紅點路徑為流量 2

情境 2 為一般化測試，總共有欲加油的 17 個中短程航班加油作業與 2 個長程航班加油作業，中短程航班加油作業與長程航班加油作業分別停留 10 分鐘與 15 分鐘，由停車場出發結束所有加油作業後返回同一個停車場，車輛提供數為 15 輛油栓車與 1 輛油罐車。

測試結果數據如表 24 表示，路線圖如圖 18 表示。情境 2 中油栓車執行加油作業的路線結果與情境 1 相同，原因在於減少車輛的類型為油罐車，而由於中短程航班油罐車所產生的碳排放量大於油栓車因此在車輛使用上都會以油栓車作為第一優先指派，在路線圖結果中油罐車皆顯示停留在停車場。測試結果油栓車共出車了 17 輛，油罐車共出車了 0 輛，平均一輛油栓車產生了 2564 公克之碳排放量，總碳排放量為 43585 公克相較人工規劃產生的總碳排放量少 12788 公克，此結果顯示規劃者可在同一輛油栓車安排執行更多的加油作業，減少了車輛使用數也同時減少了總碳排放量，而減少油罐車的數量並不會造成混合航班加油作業規劃上之影響。

**表 24 類型 5 情境 2 之模式測試結果**

分析項目	本模式規劃結果	人工規劃結果
加油作業數量	長程：2；中短程：17	
航空燃料車輛數	油栓車：15；油罐車：1	
變數數量	1857	-
限制式數量	449	-
油栓車總固定碳排放量(g)	14875	18375
油罐車總固定碳排放量(g)	0	0
車輛於停機坪停留之成本	0	0
油栓車移動碳排(g)	28710	37998
油罐車移動碳排(g)	0	0
油栓車出車數(輛)	17	21
油罐車出車數(輛)	0	0
油栓車平均碳排(g/輛)	2564	2684
油罐車平均碳排(g/輛)	0	0
目標值(g)	43585	56373
與人工相比碳排減少量(g)	12788	
求解時間(秒)	0.02	約 1 分鐘

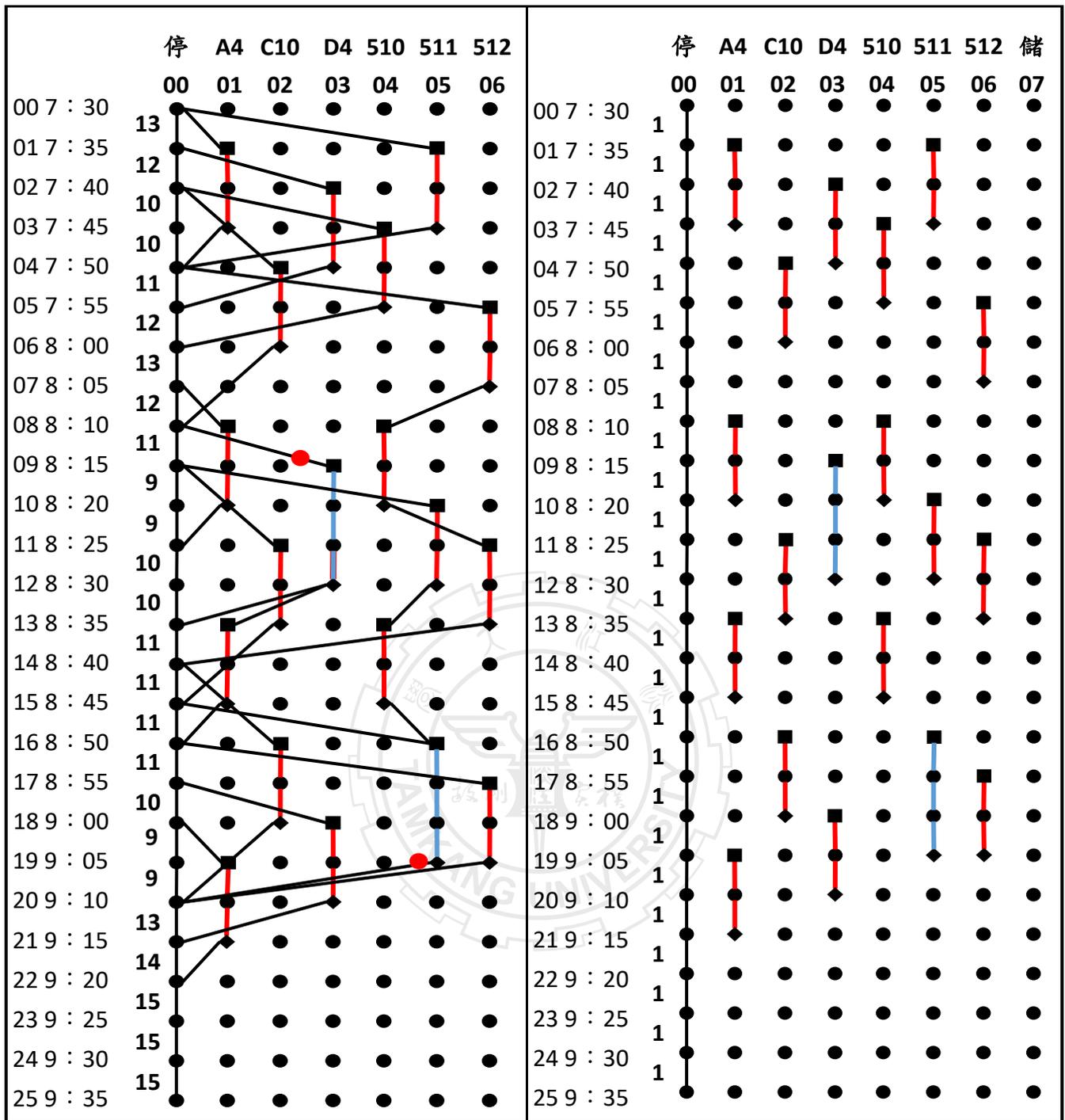


圖 18 類型 5 情境 2 之車輛運輸規劃結果\*紅點路徑為流量 2

情境 3 為車輛數具較大差異之測試，總共有欲加油的 17 個中短程航班加油作業與 2 個長程航班加油作業，中短程航班加油作業與長程航班加油作業分別停留 10 分鐘與 15 分鐘，由停車場出發結束所有加油作業後返回同一個停車場，車輛提供為 2 輛油栓車與 12 輛油罐車。

測試結果數據如表 23 表示，路線圖如圖 19 表示。情境 3 中由於油栓車只有 2 輛因此發揮其最大的能力執行加油作業，在測試結果中於 7:50 執行完停機坪 D4 第 1 個加油作業後前往執行停機坪 512 第 1 個加油作業並於結束後返回停車場，接著於 8:10 由兩輛油栓車前往執行停機坪 D4 長程航班加油作業，結束後兩輛油栓車分別前往執行停機坪 A4 第 3 個加油作業及停機坪 510 第 3 個加油作業，結束後再一起前往執行停機坪 511 長程航班加油作業並於結束後返回至停車場；油罐車執行完每一個加油作業後皆需前往儲油槽進行油量補充，在測試結果中油罐車於 8:05 完成燃料補充後前往執行停機坪 510 第 2 個加油作業；油罐車於 8:30 完成燃料補充後前往執行停機坪 510 第 3 個加油作業。測試結果油栓車共出車了 4 輛，油罐車共出車了 10 輛，平均一輛油栓車產生了 8315 公克之碳排放量而平均一輛油罐車產生了 10633 公克之碳排放量，總碳排放量為 123928 公克相較人工規劃產生的總碳排放量少 69710 公克，此結果顯示規劃者可在同一輛油栓車與油罐車安排執行更多的加油作業，包含中短程航班以及長程航班，減少了車輛使用數也同時減少了總碳排放量，而油栓車在同時具有長程航班加油作業與中短程航班加油作業之狀況下皆能夠有效的分配及安排車輛在執行加油作業時之指派。

表 25 類型 5 情境 3 之模式測試結果

分析項目	本模式規劃結果	人工規劃結果
加油作業數量	長程：2；中短程：17	
航空燃料車輛數	油栓車：2；油罐車：12	
變數數量	1857	-
限制式數量	449	-
油栓車總固定碳排放量(g)	3500	5250
油罐車總固定碳排放量(g)	15660	20358
車輛於停機坪停留之成本	0	0
油栓車移動碳排(g)	14098	24936
油罐車移動碳排(g)	90670	143091
油栓車出車數(輛)	4	6

油罐車出車數(輛)	10	13
油栓車平均碳排(g/輛)	4400	5031
油罐車平均碳排(g/輛)	10633	12573
目標值(g)	123925	193635
與人工相比碳排減少量(g)	69710	
求解時間(秒)	0.02	約 1 分鐘

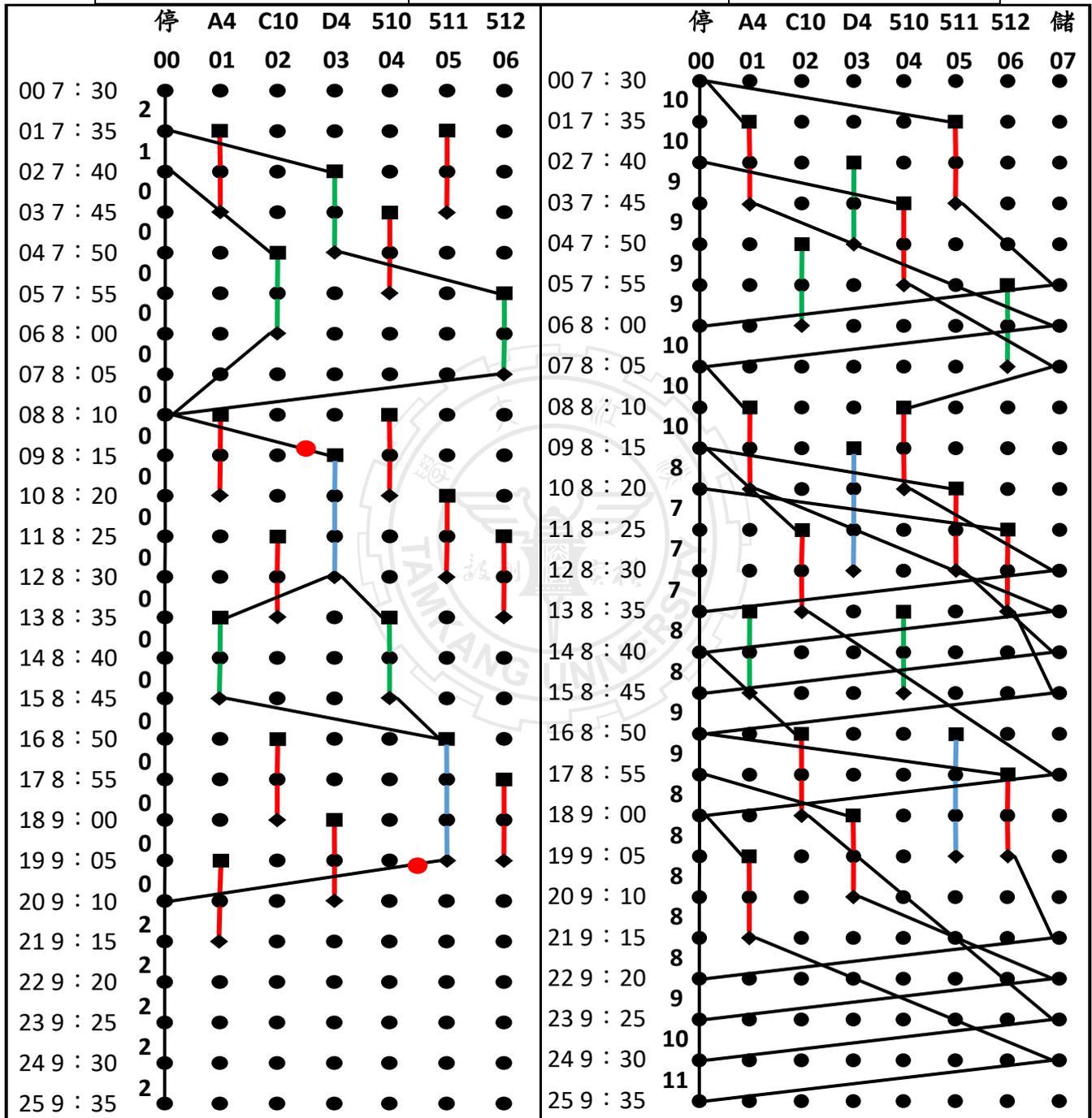


圖 19 類型 5 情境 3 之車輛運輸規劃結果 \*紅點路徑為流量 2

#### 4.4.6 小結

本章節將本研究所發展之模式透過不同類型資料與不同情境之情況下，了解不同立場對模式之影響求解結果及模式之實用性與正確性，本研究以航空燃料車輛為立場以 C++ 程式語言撰寫模式輸入檔產生器，利用 IBM ILOG CPLEX 20.1.0.0 最佳化軟體進行模式求解，分別測試了 5 類型資料其中又包含了 14 種情境並與實務上人工測試的結果進行比較來驗證模式的正確性與實用性。從 4.4.1 小節與 4.4.2 小節之求解結果中可得知當油栓車面臨車輛數有限的情況下由於油栓車不需要考量車容量限制因此可以選擇在停機坪進行停留來執行第 2 個加油作業，但油罐車需考量車容量限制，因此在車輛數有限的情況下會產生無解，這也會是現今航空燃料車輛多以油栓車來執行加油作業的原因之一。從 4.4.4 小節之求解結果中比較情境 1、情境 3、情境 4，三個情境中油栓車的車輛使用數皆為 15 輛，唯一不同的是更改了油罐車的車輛數，由於油栓車每公里產生的碳排放量比油罐車少，因此在路線安排上會以油栓車最為優先指派，三個情境的求解結果與路線圖結果也皆為相同，證明了油罐車數量的改變並不會影響模式之求解結果。另外從 4.4.4 小節之求解結果中比較情境 2 與情境 5，兩個情境中油罐車的車輛使用數皆為 12 輛，唯一不同的是更改了油栓車的車輛數，情境 5 的總碳排放量相較情境 2 來的少，原因在於增加一輛油栓車會使車輛在路線規劃上優先指派，因此部分加油作業是由油栓車執行，所產生的碳排放量相對比使用油罐車來得少，路線規劃上也多了油栓車的移動路線來幫助加油公司更快完成加油作業。其餘的情境測試從 4.4 小節之求解結果中可知此模式求解成效良好，且規劃結果符合加油公司之實務需求。

## 4.5 桃園國際機場正式資料測試

本研究以桃園國際機場停機坪之加油作業運作為基礎建立一整數數學模式與航空燃料車輛時空網路，並以正式資料進行測試，下面先就模式規模、模式輸入資料、模式輸出資料分節詳細進行說明。

### 4.5.1 模式規模

本研究以桃園國際機場為例，共有北跑道 A 區停機坪 A1~A9、北跑道 D 區停機坪 D1~D10、南跑道 B 區停機坪 B1~B9、南跑道 C 區停機坪 C1~C10、南跑道停機坪 601~615、東邊貨運停機坪 515~501 與東北角貨運停機坪 519~525，各停機坪皆無航班類型停放限制，所有類型之航班皆可停放。

正式資料規劃期內共計有 170 個加油作業需安排，其中包括 45 個長程航班以及 125 個中短程航班。加油作業數量為 180 個，本研究將所有加油作業放置於同一層航空燃料車輛時空網路，所有節點數為 22500，節線數為 618137，所有變數皆為整數。限制式部份，流量守恒限制式數量為 12365，長程航班加油作業限制式與中短程航班限制式數量分別為 45 以及 125。其他詳細限制式數量如表 26 所示，其餘規劃期之網路規模以及數學模式規模請參照附錄。

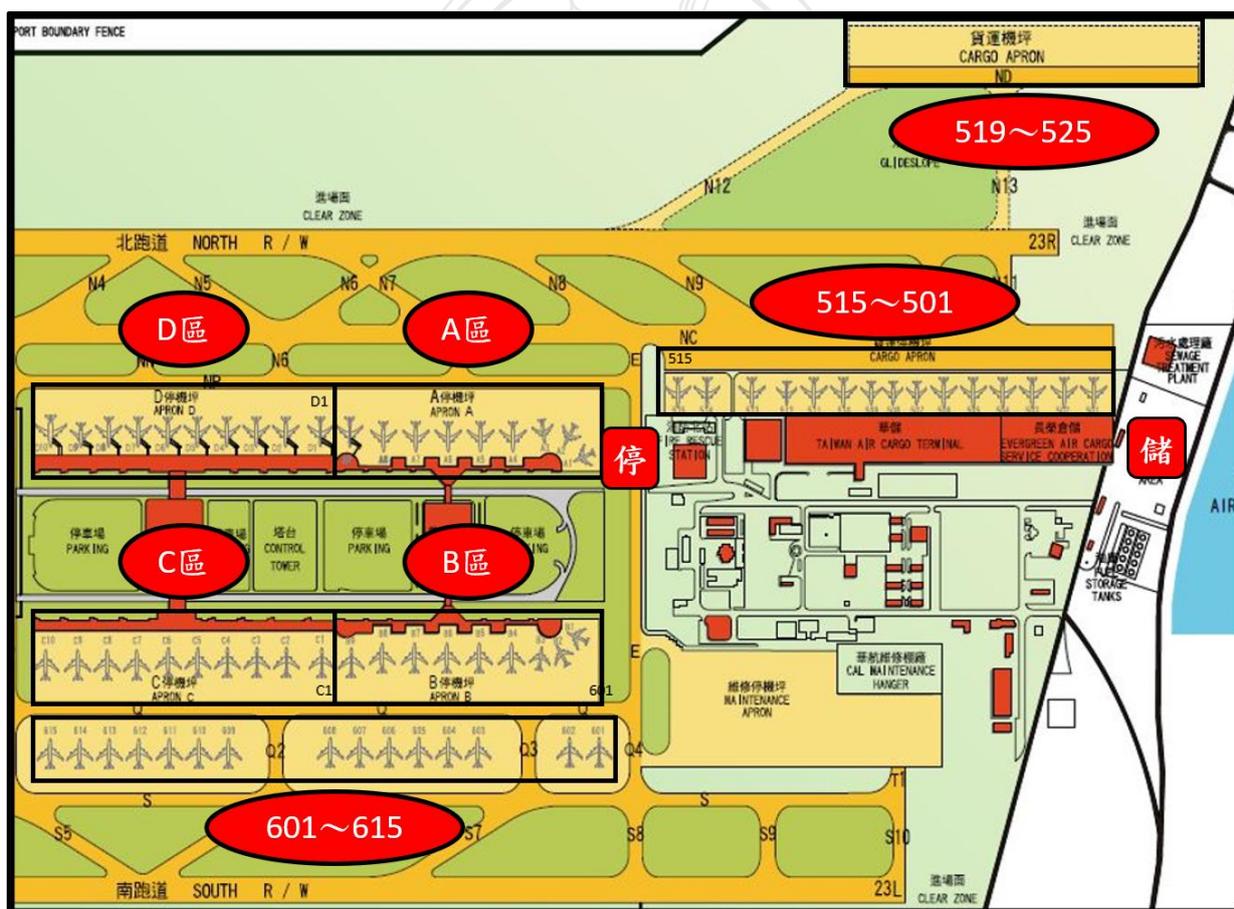
表 26 正式資料測試之網路規模與數學模式規模

網路規模	加油作業數量	長程：45；中短程：125
	節點數	22500
	節線數	618137
數學模式規模	整數變數	618137
	流量守恒限制式	12365
	額外限制式	
	網路供給點流量守恒限制式	2
	網路需求點流量守恒限制式	2
	長程航班加油限制式	45
	中短程航班加油限制式	125
	長程航班停留加油限制式	540
中短程航班停留加油限制式	750	

## 4.5.2 模式輸入資料

本研究以桃園國際機場實務運作為基礎，建構一整數數學模式進行求解，從4.1小節可知本研究之輸入資料分為航空燃料車輛資料與加油作業資料，其整理如下：

1. 航空燃料車輛資料：
  - (1) 航空燃料車輛類型
  - (2) 起點位置
  - (3) 終點位置
  - (4) 各停機坪間移動所產生之碳排放量
2. 加油作業資料：
  - (1) 加油作業停機坪位置
  - (2) 加油時窗



資料來源：桃園國際機場維基百科

圖 20 各停機坪之位置圖

### 4.5.3 模式輸出資料

模式求解之結果，會輸出下列項目：

1. 總碳排產生量
2. 加油作業執行路線
3. 各加油作業使用之車輛類型

### 4.5.4 正式資料測試結果分析

由於航空燃料車輛之加油作業是每天都必須執行，為了解不同日期下本研究所提出模式之求解結果。本研究分別以 2022 年 6 月 24 日至 2022 年 6 月 30 日七天及選擇其中一天將其加油作業數量增加至疫情前的狀態並且經由加油公司人員審核為合理之情況下進行八天之正式資料測試。

由於日期的不同，加油作業數量也會跟著有所改變，2022 年 6 月 24 日的加油作業數為 78 個(長程:14/中短程:64)、2022 年 6 月 25 日的加油作業數為 65 個(長程:14/中短程:51)、2022 年 6 月 26 日的加油作業數為 51 個(長程:11/中短程:40)、2022 年 6 月 27 日的加油作業數為 43 個(長程:11/中短程:32)、2022 年 6 月 28 日的加油作業數為 58 個(長程:12/中短程:46)、2022 年 6 月 29 日的加油作業數為 70 個(長程:13/中短程:57)、2022 年 6 月 30 日的加油作業數為 67 個(長程:15/中短程:52)、疫情前的加油作業數為 170 個(長程:45/中短程:125)，在此設定下，變數、限制式以及碳排放量會隨著加油作業數量的增減也跟著改變，相較 6 月 24 以及 6 月 25 日變數由 605441 個減少到 605332 個，限制式由 10548 條減少到 10457 條，油栓車總出車數由 19 輛減少到 17 輛，平均一輛油栓車碳排放量由 4339 公克減少到 4187 公克，求解時間由 1.96 秒減少到 1.76 秒，總碳排放量由 82438 公克減少到 71173 公克，而相較兩日模式規劃結果與人工規劃結果的總碳排放量以及求解時間皆有大幅的下降，其求解結果如表 25 所示：

表 27 正式資料測試結果分析

日期	2022/06/24		2022/06/25		2022/06/26	
加油作業數量	長程：14 中短程：64		長程：14 中短程：51		長程：11 中短程：40	
航空燃料車輛數	油栓車：15 油罐車：12		油栓車：15 油罐車：12		油栓車：15 油罐車：12	
分析項目	模式	人工	模式	人工	模式	人工
變數數量	605441	-	605332	-	605193	-
限制式數量	10548	-	10457	-	10341	-
油栓車固定碳排放量(g)	16625	80500	14875	69125	14000	54250
油罐車固定碳排放量(g)	0	0	0	0	0	0
車輛於停機坪停留之成本	0	0	0	0	0	0
油栓車移動碳排(g)	65813	248643	56298	217754	47890	183404
油罐車移動碳排(g)	0	0	0	0	0	0
油栓車出車數(輛)	19	92	17	79	16	62
油罐車出車數(輛)	0	0	0	0	0	0
油栓車平均碳排(g)	4339	3578	4187	3631	3868	3833
油罐車平均碳排(g)	0	0	0	0	0	0
目標值(g)	82438	329143	71173	286879	61890	237654
與人工相比碳排減少量(g)	246705		215706		175764	
求解時間(秒)	1.96	266.91	1.76	233.14	1.55	192.26
日期	2022/06/27		2022/06/28		2022/06/29	
加油作業數量	長程：11 中短程：32		長程：12 中短程：46		長程：13 中短程：57	
航空燃料車輛數	油栓車：15 油罐車：12		油栓車：15 油罐車：12		油栓車：15 油罐車：12	
分析項目	模式	人工	模式	人工	模式	人工
變數數量	605089	-	605233	-	605381	-
限制式數量	10292	-	10411	-	10486	-
油栓車固定碳排放量(g)	11375	47250	14000	61250	15750	72625
油罐車固定碳排放量(g)	0	0	0	0	0	0
車輛於停機坪停留之成本	0	0	0	0	0	0

油栓車移動碳排(g)	39425	152018	53752	197642	62307	240435
油罐車移動碳排(g)	0	0	0	0	0	0
油栓車出車數(輛)	13	54	16	70	18	83
油罐車出車數(輛)	0	0	0	0	0	0
油栓車平均碳排(g/輛)	3908	3690	4235	3698	4337	3771
油罐車平均碳排(g/輛)	0	0	0	0	0	0
目標值(g)	50800	199268	67752	258892	78057	313060
與人工相比碳排減少量(g)	148468		191140		235003	
求解時間(秒)	1.37	188.35	1.53	203.97	1.87	235.3

表 27 正式資料測試結果分析(續)

日期	2022/06/30		正常航班模式	
加油作業數量	長程：15 中短程：52		長程：45 中短程：125	
航空燃料車輛數	油栓車：15 油罐車：12		油栓車：15 油罐車：12	
分析項目	模式	人工	模式	人工
變數數量	605357	-	618137	-
限制式數量	10464	-	11365	-
油栓車固定碳排放量(g)	15750	71750	22750	188125
油罐車固定碳排放量(g)	0	0	0	0
車輛於停機坪停留之成本	0	0	0	0
油栓車移動碳排(g)	59619	234962	178628	651199
油罐車移動碳排(g)	0	0	0	0
油栓車出車數(輛)	18	82	26	215
油罐車出車數(輛)	0	0	0	0
油栓車平均碳排(g/輛)	4187	3740	7745	3904
油罐車平均碳排(g/輛)	0	0	0	0
目標值(g)	75369	306712	201378	839324
與人工相比碳排減少量(g)	231343		637946	
求解時間(秒)	1.78	230.35	2.86	325.39

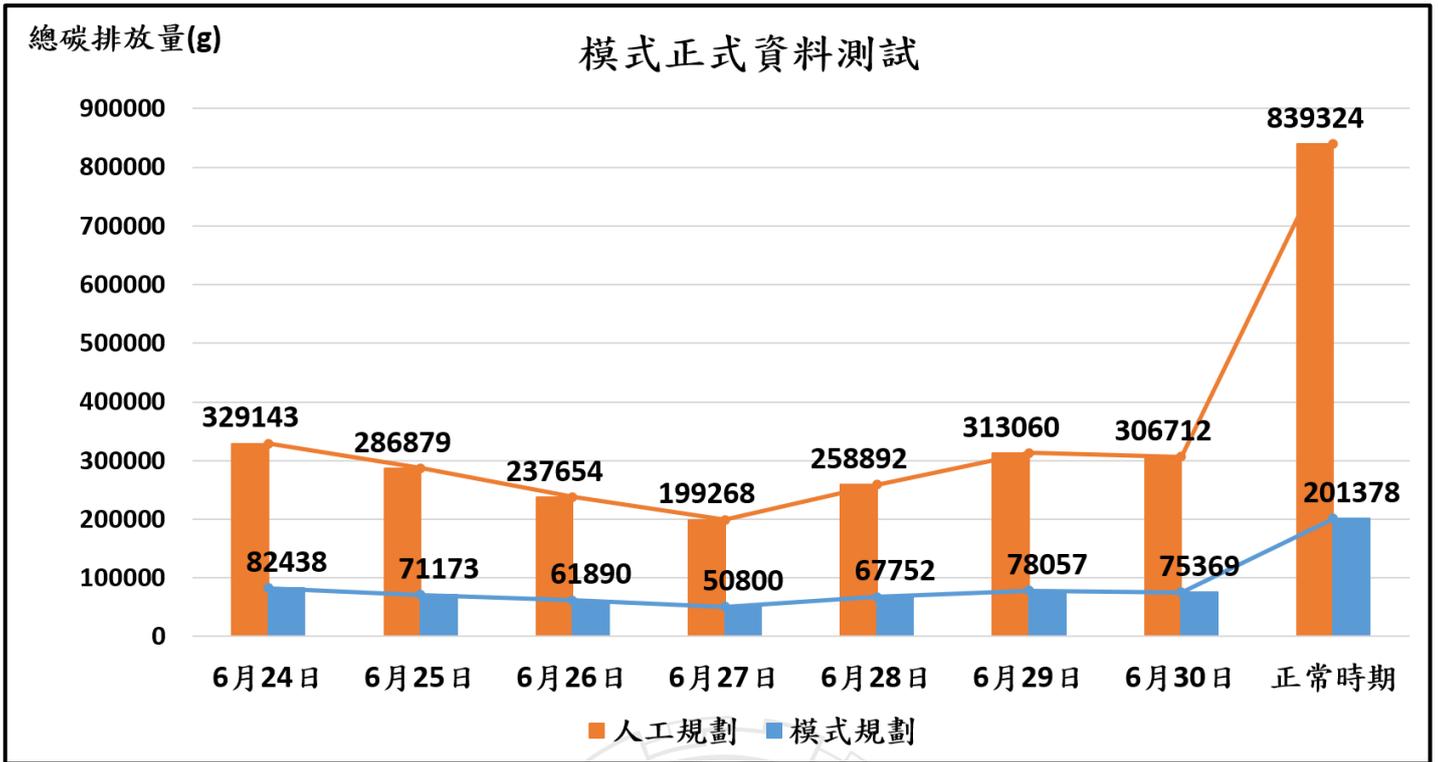


圖 21 模式規劃與人工規劃之碳排放量比較圖

## 4.6 敏感度分析

### 4.6.1 車輛數改變之敏感度分析

航空燃料車輛數為加油作業是否能全數執行完畢以及碳排放量產生之多寡的重要因素，本研究除基本範例外，也針對油栓車及油罐車的數量進行改變來進行測試，測試部分包括：以基本範例減少 3 輛油罐車、減少 6 輛油罐車、減少 9 輛油罐車以及減少 12 輛油罐車；以基本範例減少 5 輛油栓車、減少 6 輛油栓車、減少 7 輛油栓車以及減少 8 輛油栓車。測試結果如下表 27 以及表 28 所示，車輛數改變與出車數及總碳排放量關係圖如下圖 22 及圖 23 所示。

油罐車減少之測試結果中發現由於加油作業安排上會以碳排放量較少的油栓車進行加油作業的規劃，因此在油栓車數量充足的狀況下，改變油罐車的數量對於測試結果皆不會有所改變；而油栓車減少之測試結果中發現模式之變數隨著油栓車數量減少而減少，由於只改變車輛的數量，因此限制式的數量不會減少，當油栓車數量由 15 輛減少到 9 輛時，油栓車總出車數由 26 量減少到 19 輛，平均一輛油栓車的碳排放量也從 7745 公克增加到 11271 公克，總碳排放量則是大幅地由 201378 公克增加到 334149，主要原因為在於當油栓車數量減少時，網路

中的油栓車流動節線均會減少反而是油栓車停留節線會增加，而每個節線均代表一個變數，因此停留節現之變數數量會隨之增加，而油栓車停留時所產生的碳排放量也較移動時來的多，因此在總碳排放量的計算結果中也是隨著車輛減少而有所增加。當油栓車數量減少由 15 輛減少到 8 輛時，油栓車總出車數由 26 輛減少到 17 輛但油罐車的總出車數則是增加為 3 輛，平均一輛油栓車的碳排放量為 10021 公克而平均一輛油罐車的碳排放量為 27715 公克，總碳排放量呈現上升的現象由 334149 公克增加到 383494，主要原因在於當油栓車數量減少到超過一定的極限時車輛無法再繼續執行加油作業，這時會開始指派油罐車來替補執行油栓無法執行的其餘加油作業，而油罐車相較油栓車而言，單一車輛所產生之碳排放量比較多，且油罐車執行完一個加油作業後皆必須前往儲油槽進行燃料補充，如此一來在模式中會增加油罐車由停機坪前往儲油槽的節線，而油罐車前往儲油槽的每一條節線都代表著一個變數，因此變數的增加也導致碳排放量的結果有大幅上升的現象。

#### 4.6.1.1 油罐車數量改變之敏感度分析結果

表 28 油罐車數量改變之敏感度分析結果

分析項目	基本範例	情境 1 (-3)	情境 2 (-6)	情境 3 (-9)	情境 4 (-12)
加油作業數量		長程：45 中短程：125			
航空燃料車輛數	油栓：15 油罐：12	油栓：15 油罐：9	油栓：15 油罐：6	油栓：15 油罐：3	油栓：15 油罐：0
變數數量		618137			
限制式數量		11365			
油栓車固定碳排放量(g)		22750			
油罐車固定碳排放量(g)		0			
車輛於停機坪停留之成本		0			
油栓車移動碳排(g)		178628			
油罐車移動碳排(g)		0			
油栓車出車數(輛)		26			
油罐車出車數(輛)		0			

油栓車平均碳排(g)	7745				
油罐車平均碳排(g)	0				
目標值(g)	201378				
求解時間(秒)	2.86	2.76	2.77	2.75	2.78

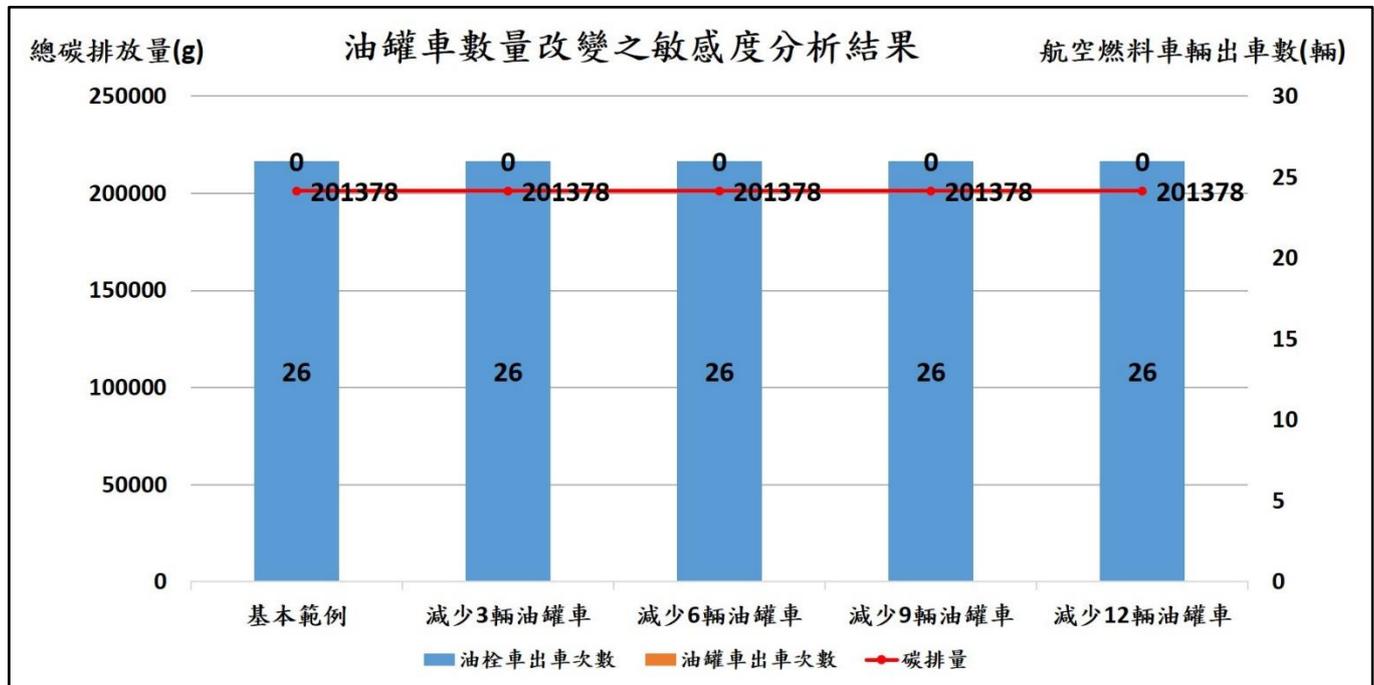


圖 22 油罐車數量改變與出車數及總碳排放量關係圖

#### 4.6.1.2 油栓車數量改變之敏感度分析結果

表 29 油栓車數量改變之敏感度分析結果

分析項目	基本範例	情境 1 (-5)	情境 2 (-6)	情境 3 (-7)	情境 4 (-8)
加油作業數量	長程：45 中短程：125				
航空燃料車輛數	油栓：15 油罐：12	油栓：10 油罐：12	油栓：9 油罐：12	油栓：8 油罐：12	油栓：7 油罐：12
變數數量	618137				
限制式數量	11365				
油栓車固定碳排放量(g)	22750	22750	16625	14875	12250
油罐車固定碳排放量(g)	0	0	0	4698	7830
車輛於停機坪停留之成本	0	0	120000	130000	130000
油栓車移動碳排(g)	178628	178628	197524	155475	132788

油罐車移動碳排(g)	0	0	0	78446	127561
油栓車出車數(輛)	26	26	19	17	14
油罐車出車數(輛)	0	0	0	3	5
油栓車平均碳排(g)	7745	7745	11271	10021	10360
油罐車平均碳排(g)	0	0	0	27715	27078
目標值(g)	201378	201378	334149	383494	410429
求解時間(秒)	2.86	2.76	2.77	2.75	2.78

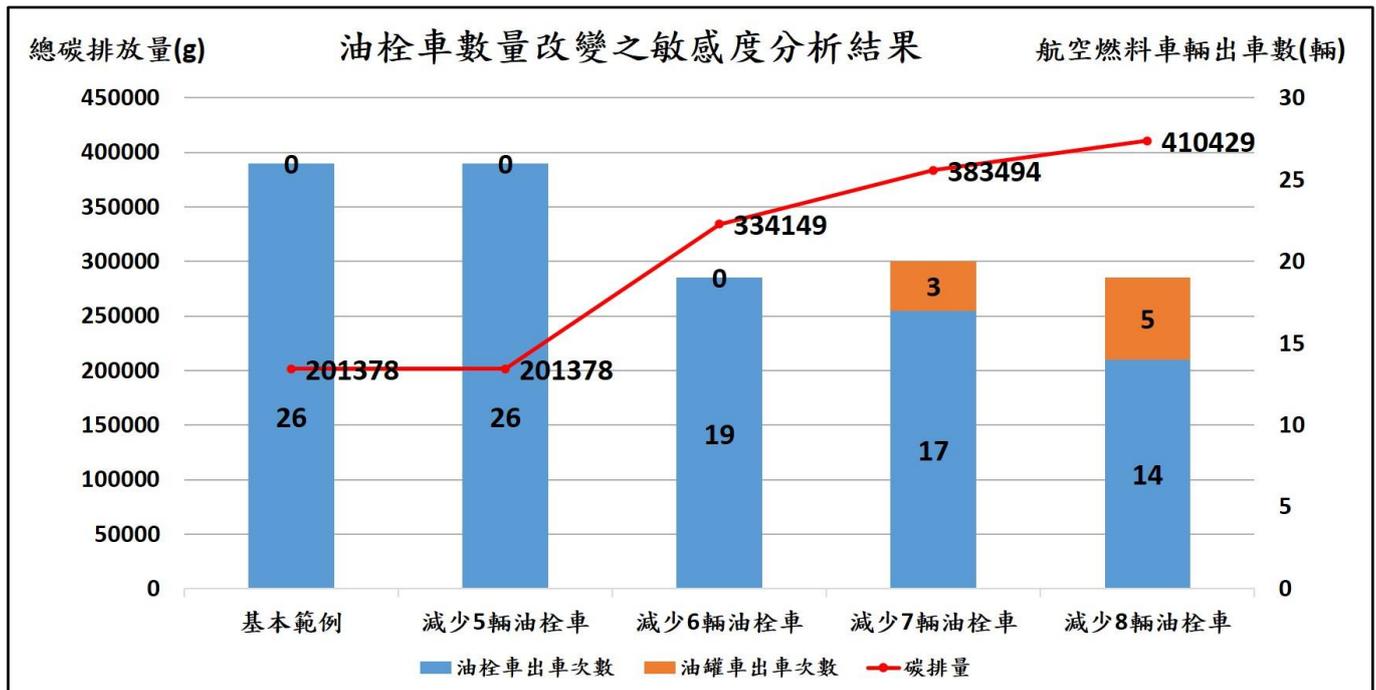


圖 23 油栓車數量改變與出車數及總碳排放量關係圖

#### 4.6.2 加油作業數量改變之敏感度分析

加油作業數量的增減對於航空燃料車輛的路線規劃有著重要的關聯，本研究除基本範例外，另外以基本範例減少 30%、減少 15%、增加 15%、增加 30%、增加 45%、增加 60%、長程增加 45% 中短程增加 60% 以及長程增加 45% 中短程增加 70% 分別進行模式測試，包含基本範例共產生 9 個情境。測試結果如表 29 與表 30 所示，加油作業數量改變與總碳排放量關係圖如下圖 24 所示。

模式之變數與限制式數量均隨著加油作業數量增加而增加，當加油作業數量增加 30% (長程:58/中短程:162) 時，變數由 618137 個增加到 619768 個，限制式

則由 11365 條增加到 11793 條，油栓車的總出車數也從 26 輛增加到 35 輛，油栓車平均車輛碳排放量也從 7745 公克增加到 7836 公克，總碳排放量也因為變數的增加由 201378 公克增加到 354252 公克，當我們將加油作業數增加 45%(長程:65/中短程:64)時變數由 618137 個增加到 620641 個，限制式則由 11365 條增加到 12017 條，由於加油作業增加幅度過大導致油栓車無法全數執行完加油作業，因此加入了油罐車執行加油作業，結果顯示油栓車總出車次數為 38 輛而油罐車為 7 輛，油栓車平均車輛碳排放量為 7961 公克而油罐車平均車輛碳排放量為 11405 公克，總碳排放量為 512364 公克；當加油作業數增加 60%(長程:72/中短程:200)時由於長程航班的加油作業過多導致油栓車無法完全執行，因此測試結果為無解，但是當我們將加油作業數量分別以中短程增加 60%與長程增加 45%(長程:65/中短程:200)進行測試，測試結果為變數 620793 個，限制式 12150 條，油栓車總出車數為 39 輛而油罐車的總出車數為 10 輛，油栓車平均車輛碳排放量為 8058 公克而油罐車平均車次碳排放量為 11612 公克，總碳排放量為 610372 公克，為了測試模式可執行加油作業數的極限值我們又將中短程航班加油作業數量增加 70%(長程:65/中短程:215)，結果顯示為無解，因此我們推論模式最多可執行的加油作業數量為長程航班增加 45%而中短程航班增加 60%至 65%這個區間；同樣模式之變數與限制式數量均隨著加油作業數量減少而減少，加油作業數量由 170 個減少到 120 個時，變數由 618137 個減少到 616654 個，限制式則由 11365 條減少到 11037 條，油栓車的總出車數也從 26 輛減少到 19 輛，油栓車平均車輛碳排放量也從 7745 公克減少到 7110 公克，碳排放量因為變數的減少由 201378 公克減少到 135082 公克。值得一提的是當加油作業數量產生增減時，網路中的流動節線、加油停留節線、停留節線均會有所增減，變數以及限制式數量也均會隨之增加，而碳排放量也隨著變數數量的增減，增減幅度如圖所示，在計算結果中也有所改變。

表 30 加油作業數量改變之敏感度分析結果

分析項目	情境 1 (減少 30%)	情境 2 (減少 15%)	基本範例	情境 3 (增加 15%)	情境 4 (增加 30%)
加油作業數量	長程：32 中短程：88	長程：38 中短程：106	長程：45 中短程：125	長程：52 中短程：144	長程：58 中短程：162
航空燃料車輛數	油栓車：15 油罐車：12				
變數數量	616654	617416	618137	618957	619768
限制式數量	11037	11241	11365	11589	11793
油栓車固定碳排放量(g)	16625	19250	22750	27125	30625
油罐車固定碳排放量(g)	0	0	0	0	0
車輛於停機坪停留之成本	0	0	0	0	80000
油栓車移動碳排(g)	118457	147329	178628	213571	243627
油罐車移動碳排(g)	0	0	0	0	0
油栓車出車數(輛)	19	22	26	31	35
油罐車出車數(輛)	0	0	0	0	0
油栓車平均碳排(g)	7110	7571	7745	7764	7836
油罐車平均碳排(g)	0	0	0	0	0
目標值(g)	135082	166579	201378	240696	354252
求解時間(秒)	2.23	2.45	2.86	2.94	3.15

表 30 加油作業數量改變之敏感度分析結果(續)

分析項目	情境 5 (增加 45%)	情境 6 (增加 60%)	情境 7 (長程增加 45%) (中短程增加 60%)	情境 8 (長程增加 45%) (中短程增加 70%)
加油作業數量	長程：65 中短程：181	長程：72 中短程：200	長程：65 中短程：200	長程：65 中短程：215
航空燃料車輛數	油栓車：15 油罐車：12			
變數數量	620641	621514	620793	620913
限制式數量	12017	12241	12150	12255
油栓車固定碳排放量(g)	33250	-	34125	-
油罐車固定碳排放量(g)	10962	-	15660	-
車輛於停機坪停留之成本	130000	-	180000	-
油栓車移動碳排(g)	269278	-	280127	-

油罐車移動碳排(g)	68874	-	100460	-
油栓車出車數(輛)	38	-	39	-
油罐車出車數(輛)	7	-	10	-
油栓車平均碳排(g)	7961	-	8058	-
油罐車平均碳排(g)	11405	-	11612	-
目標值(g)	512364	無解	610372	無解
求解時間(秒)	3.21	3.22	3.24	3.25

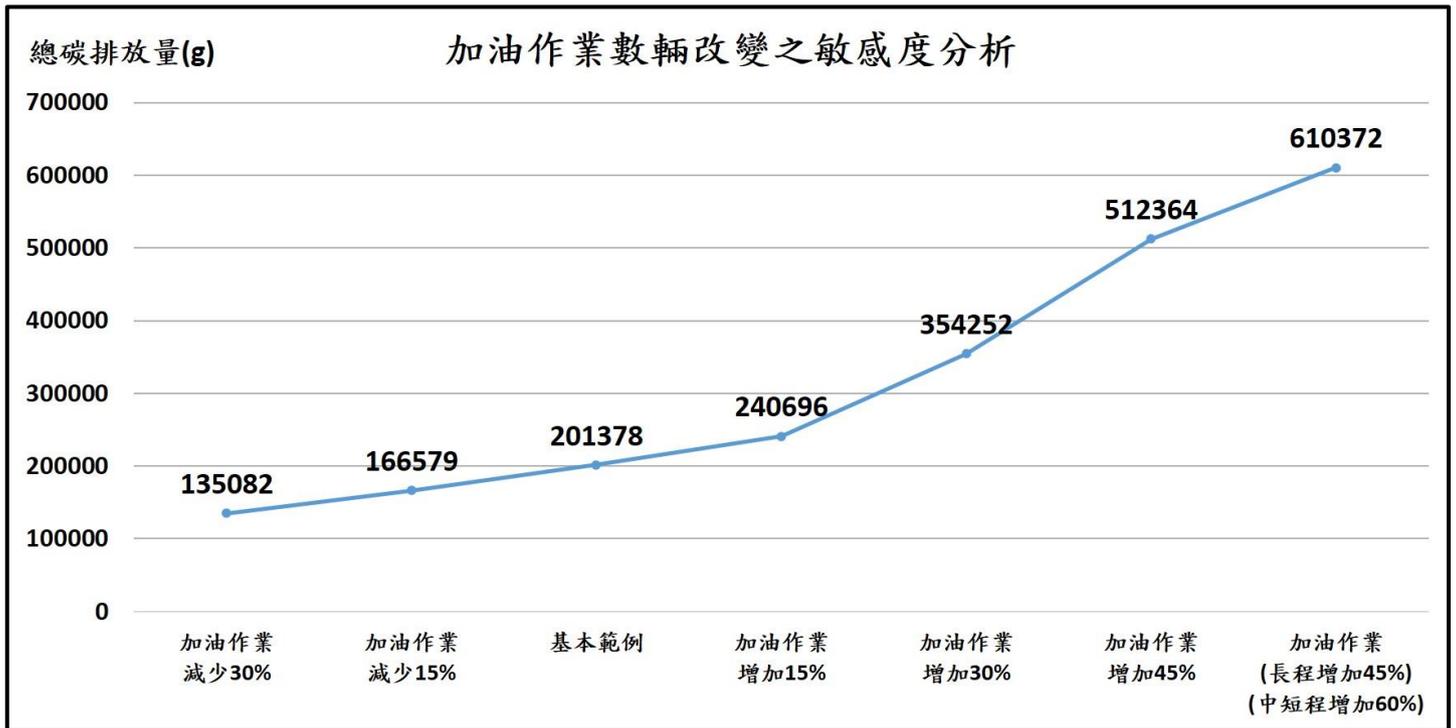


圖 24 加油作業數量改變與總碳排放量關係圖

#### 4.6.3 固定碳排放量改變之敏感度分析

固定碳排放量的增減對於航空燃料車輛的路線規劃以及車輛的出車數有著重要的關聯，本研究除基本範例外，另外以基本範例減少 60%、減少 40%、增加 40%以及增加 60%分別進行模式測試，包含基本範例共產生 5 個情境。測試結果如表 33 所示，固定碳排放量改變與總碳排放量以及出車數之關係圖如下圖 25 所示。

測試結果中可以發現隨著固定碳排放量的增加航空燃料的出車數、油栓車出車數以及總碳排放量也都會有所增加，當測試基本範例增加 40%時整體的規劃結果並無改變，但是當測試基本範例增加 60%時油栓車的出車數由原本的 26 輛減

少至 23 輛，平均碳排放量也從原本 6870 公克增加至 8317 公克，整體規劃的總碳排放量也有明顯上升；減少之測試結果中，當基本範例減少 40%時整體的規劃結果同樣並無改變，但是當測試基本範例減少 60%時油栓車的出車數由原本的 26 輛增加至 28 輛，平均碳排放量也從原本 6870 公克減少至 5731 公克；基本範例減少 100%時油栓車的出車數由原本的 26 輛增加至 29 輛，平均碳排放量也從原本 6870 公克減少至 5466 公克，兩者整體規劃的總碳排放量也有明顯下降。

表 31 固定碳排放量改變之敏感度分析結果

分析項目	情境 1 (減少 100%)	情境 2 (減少 60%)	情境 3 (減少 40%)	基本範例	情境 4 (增加 40%)	情境 5 (增加 60%)
加油作業數量	長程：45 中短程：125					
航空燃料車輛數	油栓：15 油罐：12					
變數數量	618137					
限制式數量	11365					
油栓車固定碳排放量(g)	0	9800	13650	22750	31850	32200
油罐車固定碳排放量(g)	0	0	0	0	0	0
車輛於停機坪停留之成本	0	0	0	0	0	0
油栓車移動碳排(g)	0	160468	178628	178628	178628	191284
油罐車移動碳排(g)	0	0	0	0	0	0
油栓車出車數(輛)	29	28	26	26	26	23
油罐車出車數(輛)	0	0	0	0	0	0
油栓車平均碳排(g)	5466	5731	6870	6870	6870	8317
油罐車平均碳排(g)	0	0	0	0	0	0
目標值(g)	158522	170268	192278	201378	210478	223484
求解時間(秒)	2.51	2.47	2.84	2.86	2.90	3.12

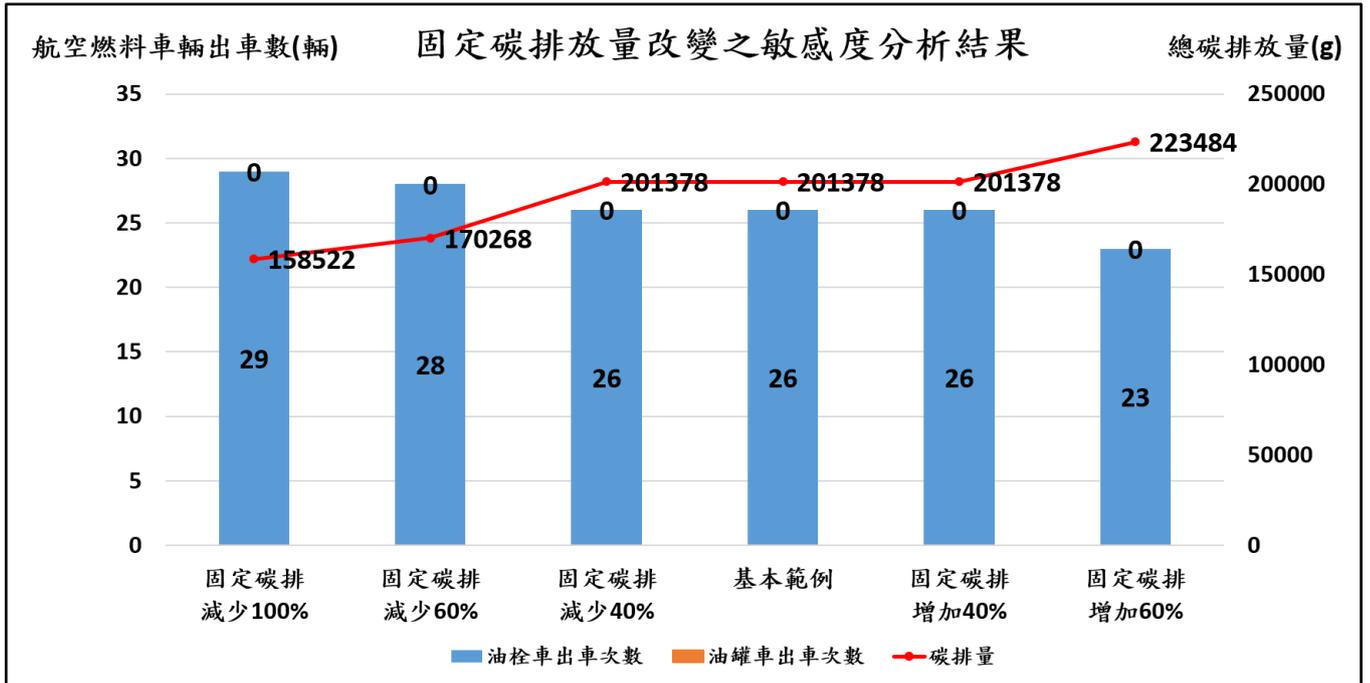


圖 25 固定碳排放量改變與出車數及總碳排放量關係圖



## 第五章結論與建議

目前國內加油作業都以人工方式進行航空燃料車輛規劃，皆無顧慮到油栓車與油罐車碳排放量以及車輛使用數上之問題，排程上都是以一個加油作業對上一輛航空燃料車輛，其規劃結果不一定為最佳之規劃結果，且人工規劃既耗時也耗人力，執行加油作業所產生的二氧化碳排放量導致溫室效應危機逐漸上升。緣此，本研究以加油作業規劃者觀點，發展一最佳加油作業調度模式，可供規劃者一有效之輔助工具。本章根據模式建構、範例測試、敏感度分析與情境分析後，歸納出以下之結論與建議。

### 5.1 結論

1. 本研究參考相關文獻及地勤車輛調度之實務運作方式，考量油栓車與油罐車碳排放量問題、加油作業相關之限制與規定，以數學規劃方法搭配航空燃料車輛時空網路建構一航空燃料車輛加油作業最佳化調度模式，由於航空燃料車輛網路中之節線流量為 1 或 2，因此本研究屬於整數數學規劃問題。
2. 求解方法上，本研究以車輛執行加油作業時產生最少碳排放量以及最少車輛使用數作為規劃目標，並利用 Microsoft visual C++ 程式語言撰寫，結合 IBM ILOG CPLEX 20.1.0.0 最佳化軟體進行求解。以縮短求解時間，減少人工規劃上之判斷錯誤，亦可調整模式中之參數，使本研究模式之應用保有彈性。
3. 本研究以五種類型資料與不同車輛數之情境進行測試與分析：1.油栓車執行中短程航班加油作業、2.油罐車執行中短程航班加油作業、3.加油作業皆為長程航班、4.加油作業皆為中短程航班、5.加油作業為混合航班進行分析，類型 1 中我們發現當油栓車面對車輛數不足時會選擇於停機坪進行停留來完成加油作業，相較類型 2 使用油罐車而言，由於油罐車執行完加油作業皆需前往儲油槽進行燃料補充，因此當車輛不足時所產生的結果為無解，這也是加油公司現今都利用油栓車進行加油作業之重要原因，類型 3~類型 5 主要針對不同類型航班的與車輛數差異進行情境測試，在測試結果上都有顯示

出油栓車在停機坪之間之加油作業銜接，讓單一油栓車可以執行多個加油作業，總碳排放量與求解時間皆明顯少於人工規劃結果，其中也可以發現由於油栓車產生的碳排放量較油罐車少，因此減少油罐車車輛數的各項情境測試在結果上皆不會有所改變，反而是油栓車的增加降低了加油作業整體規劃上總碳排放量的產生。

4. 本研究之正式資料測試中，針對連續七日之正式資料與正常時期 170 個加油作業(長程:45/中短程:125)進行模式規劃，在正常時期加油作業的測試結果中，其求解時間為 2.86 秒，較人工規劃時間快，總碳排放量的產生相較人工規劃也大幅的降低，規劃結果也合理，未發生車輛無法提供加油作業之情形且符合實務需求。由此可知，本研究發展之航空燃料車輛最佳化加油作業調度模式之求解結果可供機場加油公司作為參考。
5. 本研究針對不同車輛數(油罐車數量改變與油栓車數量改變)以及不同加油作業數量進行敏感度分析。基本範例之航空燃料車為油栓車 15 輛與油罐車 12 輛，透過減少油罐車 3 輛、6 輛、9 輛及 12 輛時來觀察模式規劃結果的變化，其求解結果與基本範例無明顯差異，唯一差異為求解秒數會因為測試資料上的差異而有些許的增加或減少；由於油栓車每公里碳排放量小於油罐車，因此會優先使用油栓車，在油栓車充足的情況下，油罐車數量改變並不會影響到整體規劃上之結果；透過減少油栓車 5 輛、6 輛、7 輛及 8 輛時來觀察模式規劃結果的變化，減少 5 輛時和基本範例無明顯差異，但是當減少 6 輛時油栓車的出車數降低，平均油栓車的碳排放量與總碳排放量皆明顯上升，由此可知油栓車在求解結果上增加了許多在停機坪停留的節線，但車輛數上依舊能夠滿足加油作業，但當油栓車減少 7 輛甚至是 8 輛時，除了油栓車出車數的減少也同時增加了油罐車的出車數，由此可知油栓車減少超過一個極限值時會開始以油罐車執行其餘的加油作業，由於油罐車碳排放量大於油栓車因此在總碳排放量的求解結果中也明顯大於基本範例之總碳排放量。

6. 本研究透過基本範例之加油作業數量以減少 30%、減少 15%、增加 15%、增加 30%、增加 45%、增加 60%、長程增加 45%中短程增加 60%以及長程增加 45%中短程增加 70%進行敏感度分析。增減 15%與增減 30%的測試結果在變數數量、限制式數量、油栓車出車數、油栓車平均碳排放量、總碳排放量以及求解時間皆隨著加油作業的增加而有所增加，同樣也隨著減少而減少，但增加到 45%則開始有油罐車加入執行加油作業，總碳排放量之結果有大幅的上升；增加到 60%結果為無解，由此可知由於長程航班需要兩輛油栓車執行加油作業，因此增加 60%可判斷已超過長程航班加油作業數的極限值；長程航班增加 45%與中短程航班增加 60%時，油栓車與油罐車的出車數、平均碳排放量、總碳排放量與求解時間相較於增加 45%都有大幅的上升，但當長程航班增加 45%與中短程航班增加 70%時規劃結果為無解，可以得知中短程航班加油作業數已超過極限值。
7. 本研究透過基本範例之固定碳排放量以減少 100%、減少 60%、減少 40%、增加 40%、增加 60%進行敏感度分析。增加 40%與減少 40%之測試結果在變數數量、限制式數量、油栓車出車數、油栓車平均碳排放量、總碳排放量皆無改變，但增加 60%、減少 60%與減少 100%之測試結果在油栓車出車數、油栓車平均碳排放量、總碳排放量上皆隨著固定碳排放量之增加而有所增加，同樣也隨著固定碳排放量之減少而減少，可以得知固定碳排放量的改變與航空燃料車輛的出車數有關。

## 5.2 建議

1. 本研究發展航空燃料車輛於加油作業之調度最佳化模式，由於加油資料為疫情期間之資料，數量為正常時期之 2/3 倍，故本研究將其中一天的加油資料以隨機增加加油作業的方式並且與加油公司確認過該加油作業資料符合實務上的加油需求，研究結果與人工排程結果所產生的碳排放量有相當大的差異，路線規劃上也沒有不合理的結果產生，可說明此模式在實務使用上有一

定程度參考價值，若未來可取得與正常時期數量相同之加油作業資料，可使本模式之求解結果更具實用性。

2. 本研究目前以佳的星股份有限公司於桃園國際機場之加油作業進行模式建構，為確認本模式適用不同機場的停機坪，未來可針對不同機場進行範例測試，使本研究模式可應用在國內外所有機場以增加本模式之實用性。
3. 本研究僅針對加油公司當日於桃園國際機場之加油作業進行研究，航空燃料車輛之臨時故障與加油作業臨時更動與航班提早或延誤等臨時狀況非本研究之研究範圍。因此未來可利用本模式進行延伸，在航空燃料車輛進行加油作業下，考慮臨時狀況發生之加油作業最佳化調度模式，期望模式能更加符合加油公司之實務需求。
4. 本研究由於未針對車輛的使用成本、車輛購買成本、人員成本等加入目標式進行詳細的規劃，若後續加油公司能夠提供油栓車與油罐車更詳細的基本資料以及工作人員在執行加油作業時的相關工時與執行作業時之規定，亦可以本模式進行延伸，加入油栓車與油罐車的各項成本條件與人員成本條件使航空燃料車輛在車輛使用上產生相關限制讓模式更加符合實務需求。

### 5.3 貢獻

1. 在學術方面，本研究建構一航空燃料車輛於加油作業之調度最佳化模式，目前國內地勤車輛調度文獻多針對空廚業在運送飛機餐點時的路線規劃或者其他地勤車輛之路線規劃，尚未發現針對航空燃料車輛於加油作業之調度最佳化進行相關研究。國外雖有 Obrad Babic(1986)針對加油車輛指派進行研究，但是其研究僅考量加油車輛的燃料容量、航班燃料需求量以及時間窗的相關限制且並未使用最佳化系統工具求解車輛的最短行駛路徑且未針對碳排放量加入目標式進行探討，而現今國內外大多利用不需考量燃料容量限制的油栓車執行加油作業，因此本研究以國內桃園國際機場為基準建構模式，可望能提供國內外學術界參考。

2. 本模式在未來也可以嘗試其他地勤車輛之勤務指派，而當地勤車輛替換成電動車時也能夠將模式中碳排放量參數替換成電能源參數，計算車輛在執行勤務時所耗費的電能源成本，也可以將電能源使用量進行碳排放量之參數換算，並依照目標式所產生之電能源耗費量來推估碳排放量，判斷模式規劃結果是否有達到降低碳排放量的效果。
3. 在實務方面，本研究在範例測試中驗證本研究模式之實用性，本研究成果可提供加油公司針對加油作業路線規劃上進行參考，期望能幫助加油公司減少航空燃料車輛在執行加油作業過程所產生的碳排放量同時達到最小化車輛使用數，做出快速且正確之加油作業規劃，且能幫助機場空側邁向淨零碳排放量之目標。





## 參考文獻

1. 王璐,張小寧,隋楊,吳輝 (2017),機場物流中加油車服務調度雙目標優化研究, *Aeronautical Computing Technique*.
2. 朱經武、吳朝升、許秀 (2018),具時窗多趟次車輛途程問題與委託零擔貨運服務之模式, *航運季刊* 27 卷 1 期, P21-38。
3. 李柏年 (2012),汽車怠速討論之測試, *傑能系統工程-節能電子報*。
4. 邱仕銘 (2006),同時收送貨車輛配送問題之研究,長榮大學經營管理研究所碩士論文。
5. 洪星宇 (2022),考量時間及容量限制下之 B2C 電子商務配送模型研究,臺灣大學商學研究所學位論文。
6. 夏萬春 (2001),禁忌搜索法於車輛排班之探討,高雄科技大學機械與自動化工程組。
7. 楊蘭芄 (2002),以啟發式演算法求解多車次車輛路線問題,國立成功大學管理學院工業管理科學系
8. 陳俊穎 (2020),最佳化航機指派網路模式之研究,109 年中華民國運輸學會。
9. 曾維豪 (2000),軟性時窗與回程檢收之車輛途程問題研究,元智大學工業工程研究所。
10. 黃宜人 (2022),航空燃料車輛於加油作業之調度最佳化模式,111 年中華民國運輸學會。
11. 葉欣誠 (2021),環保低碳運具在臺灣推行之比較分析報告,國立臺灣師範大學。
12. 蔡文昉 (2001),大眾運輸排班系統之研究,國立交通大學運輸工程與管理系碩士論文。
13. 劉怡欣 (2006),貨機飛航排程暨班表建立之問題,長榮大學經營管理研究所碩士論文。
14. Akhand A. H., "Solving Capacitated Vehicle Routing Problem Using Variant Sweep and Swarm Intelligence", *Journal of Applied Science and Engineering*, 2017, p.511-524.
15. Bodin L., Golden B.L., Assad A., Ball M.O., "Routing and scheduling of vehicles and crews: The state of the art", *Computers and Operations Research* 10, 1983, p.62-

212.

16. Blanton Jr. L., Wainwright R. L., "Multiple Vehicle Routing with Time and Capacity Constraints using Genetic Algorithms", *The University of Tulsa 600 South College Avenue, Oklahoma*, 1992, p.452-459.
17. Bowerman R. L., Calamai P. H., Hall G. B., "The Spacefilling Curve with Optimal Partitioning Heuristic for the Vehicle Routing Problem," *European Journal of Operational Research Vol. 76*, 1994, p.128-142.
18. Brandao J., Mercer A., "A tabu search algorithm for the multi-trip vehicle routing and scheduling problem", *European Journal of Operations Research*, 1997, p.180-191.
19. Christos Valouxis, Efthymios Housos, "Combined bus and driver scheduling", *Department of Electrical and Computer Engineerin*, 2000.
20. Dantzig, G., Ramser J. H., "The truck dispatching problem", *Management science* 6, 1959, p.80-91
21. Alvarenga G., Mateus G.R., "A genetic and set partitioning two-phase approach for the vehicle routing problem with time windows" *Computers&Operations research Vol.34*, 2007, p.1561-1584.
22. Koskosidis A., Powell B., Solomon M., "An Optimization-Based Heuristic for Vehicle Routing and Scheduling with Soft Time Window Constraints", *Transportation Science Vol.26 No.2*, 1992, pp.69-85.
23. Bodin L., Golden B., "Classification in vehicle routing and scheduling", *Computer Science*, 1981.
24. Liu F., Shen S., "A route-neighborhood-based met heuristic for vehicle routing problem with time windows", *European Journal of Operations Research*, 1999, p.485-504.
25. Babic O., "Optimization of Refuelling Truck Fleets at an Airport", *Transportation Research Part B-methodological*, 1986.
26. Potvin JY., Laporte G., "Genetic Algorithm for the Traveling Salesman Problem", *Annals of Operations Research Vol.63*, 1996, p.339-370.
27. Pasukat Sembiring, Herman Mawengkang, "An Optimization Model of Vehicle Routing Problem for Food CateringDelivery with Heterogeneous Fleet", *International Published Articles*, 2016, p.24-26.

28. Taillard E., Badeau P., Gendreau M., Guertin F., Potiven J. Y., "A Tabu Search Heuristic for the Vehicle Routing Problem with Soft Time Windows", *Transportation Science Vol.31 No.2*, 1997.
29. Tang Fei, Liu Shuan, "Research of Aircraft Ground Service Scheduling Problems", *Chinese Control and Decision Conference*, 2016, p.28-30.
30. Zhurong Wang, You Li, Xinhong Hei, Haining Meng, "Research on Airport Refueling Vehicle Scheduling Problem Based on Greedy Algorithm", *Intelligent Computing Theories and Application*, 2018, p.717-728.
31. Zhao P. X., Gao W. Q., Han X., Luo W. H., "BI-OBJECTIVE COLLABORATIVE SCHEDULING OPTIMIZATION OF AIRPORT FERRY VEHICLE AND TRACTOR", *International Journal of Simulation Modelling Vol. 18*, 2019, p.355-365.





## 附錄

### 附錄一 2022/06/24 測試之網路規模與數學模式規模

網路規模	加油作業數	長程：14；中短程：64
	節點數	22500
	節線數	605441
數學模式規模	整數變數	605441
	流量守恆限制式	10548
	額外限制式	
	網路供給點流量守恆限制式	2
	網路需求點流量守恆限制式	2
	長程航班加油限制式	14
	中短程航班加油限制式	64
	長程航班停留加油限制式	168
	中短程航班停留加油限制式	384

### 附錄二 2022/06/25 測試之網路規模與數學模式規模

網路規模	加油作業數	長程：12；中短程：46
	節點數	22500
	節線數	605332
數學模式規模	整數變數	605332
	流量守恆限制式	56298
	額外限制式	
	網路供給點流量守恆限制式	2
	網路需求點流量守恆限制式	2
	長程航班加油限制式	12
	中短程航班加油限制式	46
	長程航班停留加油限制式	144
	中短程航班停留加油限制式	276

### 附錄三 2022/06/26 測試之網路規模與數學模式規模

網路規模	加油作業數	長程：11；中短程：40
	節點數	22500
	節線數	605193
數學模式規模	整數變數	605193
	流量守恆限制式	47890
	額外限制式	
	網路供給點流量守恆限制式	2
	網路需求點流量守恆限制式	2
	長程航班加油限制式	11
	中短程航班加油限制式	40
	長程航班停留加油限制式	132
	中短程航班停留加油限制式	240

### 附錄四 2022/06/27 測試之網路規模與數學模式規模

網路規模	加油作業數	長程：11；中短程：32
	節點數	22500
	節線數	605089
數學模式規模	整數變數	605089
	流量守恆限制式	10292
	額外限制式	
	網路供給點流量守恆限制式	2
	網路需求點流量守恆限制式	2
	長程航班加油限制式	11
	中短程航班加油限制式	32
	長程航班停留加油限制式	132
	中短程航班停留加油限制式	192

## 附錄五 2022/06/28 測試之網路規模與數學模式規模

網路規模	加油作業數	長程：12；中短程：46
	節點數	22500
	節線數	605233
數學模式規模	整數變數	605233
	流量守恆限制式	10411
	額外限制式	
	網路供給點流量守恆限制式	2
	網路需求點流量守恆限制式	2
	長程航班加油限制式	12
	中短程航班加油限制式	46
	長程航班停留加油限制式	144
	中短程航班停留加油限制式	276

## 附錄六 2022/06/29 測試之網路規模與數學模式規模

網路規模	加油作業數	長程：13；中短程：57
	節點數	22500
	節線數	605381
數學模式規模	整數變數	605381
	流量守恆限制式	10486
	額外限制式	
	網路供給點流量守恆限制式	2
	網路需求點流量守恆限制式	2
	長程航班加油限制式	13
	中短程航班加油限制式	57
	長程航班停留加油限制式	156
	中短程航班停留加油限制式	342

## 附錄七 2022/06/30 測試之網路規模與數學模式規模

網路規模	加油作業數	長程：15；中短程：52
	節點數	22500
	節線數	605357
數學模式規模	整數變數	605357
	流量守恒限制式	10464
	額外限制式	
	網路供給點流量守恒限制式	2
	網路需求點流量守恒限制式	2
	長程航班加油限制式	15
	中短程航班加油限制式	52
	長程航班停留加油限制式	180
	中短程航班停留加油限制式	312

## 附錄八 2022/06/24 加油作業資料

航空公司	飛機航次	預計加油	預計離場	行程	停機位置
CI	CI-61	22：55	00：35	TPE-FRA	A7
BR	BR-672	23：20	00：50	TPE-PVG	520
HX	HX-25	23：45	00：45	TPE-HKG	C6
FX	FX-5016	00：10	01：10	TPE-ANC	505
PO	PO-224D	00：35	01：35	TPE-NGO	514
CI	CI-5895	01：55	03：35	TPE-CAN	502
CK	CK-262	02：05	03：05	PVG -PVG	511
BR	BR-620	02：20	03：50	TPE-LAX	503
FX	FX-021	03：10	04：10	TPE-HKG	505
Y8	Y8-7912	04：30	05：30	TPE-CAN	506
CI	CI-601	05：35	07：15	TPE-HKG	A9
TR	TR-898	05：40	06：40	TPE-NRT	B5
CI	CI-154	05：50	07：30	TPE-NGO	A4
BR	BR-225	06：10	07：40	TPE-SIN	C9
BR	BR-851	06：35	08：05	TPE-HKG	519
BR	BR-106	06：40	08：10	TPE-FUK	B9
CI	CI-753	06：40	08：20	TPE-SIN	A2
CI	CI-781	06：45	08：25	TPE-SGN	A8
CI	CI-721	06：50	08：30	TPE-KUL	601
KE	KE-8698	07：00	08：00	TPE-ICN	A3

CI	CI-755	07 : 10	08 : 50	TPE-SIN	A9
BR	BR-198	07 : 20	08 : 50	TPE-NRT	605
CI	CI-761	07 : 35	09 : 15	TPE-CGK	A4
BR	BR-271	07 : 40	09 : 10	TPE-MNL	C10
CI	CI-100	07 : 50	09 : 30	TPE-NRT	D4
OZ	OZ-7149	08 : 05	09 : 05	TPE-ICN	C8
BR	BR-712	08 : 40	10 : 10	TPE-PVG	C6
BR	BR-867	08 : 40	10 : 10	TPE-HKG	C5
CI	CI-2755	08 : 40	10 : 20	TPE-SIN	A9
O3	O3-6316	09 : 45	10 : 45	TPE-NGB	510
BR	BR-006	09 : 50	11 : 20	TPE-LAX	B6
BR	BR-6535	10 : 15	11 : 45	TPE-HKG	502
CF	CF-210	11 : 40	12 : 40	TPE-FOC	508
CI	CI-104	10 : 55	12 : 35	TPE-NRT	602
KE	KE-692	11 : 25	12 : 25	TPE-ICN	A7
BR	BR-077	11 : 45	13 : 15	TPE-AMS	C1
NH	NH-9648	11 : 50	13 : 05	TPE-NRT	504
CI	CI-835	12 : 10	13 : 50	TPE-BKK	A5
OZ	OZ-712	12 : 10	13 : 10	ICN-ICN	C9
CI	CI-5706	12 : 20	14 : 00	TPE-NRT	507
CI	CI-783	12 : 35	14 : 15	TPE-SGN	A7
CI	CI-172	12 : 40	14 : 20	TPE-KIX	B5
BR	BR-855	12 : 45	14 : 15	TPE-HKG	C8
NH	NH-8442	12 : 50	14 : 05	TPE-NRT	503
BR	BR-827	13 : 30	15 : 00	MFM-HKG	C10
O3	O3-6918	13 : 35	14 : 35	TPE-SZX	510
NH	NH-8538	13 : 40	14 : 55	TPE-NRT	502
BR	BR-160	13 : 45	15 : 15	TPE-ICN	C5
CI	CI-517	13 : 55	15 : 35	TPE-PEK	A5
BR	BR-277	14 : 00	15 : 30	TPE-MNL	C1
SQ	SQ-877	14 : 05	15 : 05	SIN-SIN	D4
CI	CI-162	14 : 45	16 : 25	TPE-ICN	A3
BR	BR-1170	14 : 50	16 : 20	TPE-ICN	C6
MU	MU-5008	14 : 50	16 : 50	PVG-PVG	D6
BR	BR-722	15 : 00	15 : 30	TPE-PVG	B9
BR	BR-871	15 : 05	16 : 35	TPE-HKG	C7
TR	TR-899	15 : 10	16 : 10	TPE-SIN	B5

MH	MH-6191	16 : 25	16 : 25	TPE-KUL	505
FX	FX-5604	16 : 30	17 : 30	TPE-KIX	506
MU	MU-5006	16 : 30	17 : 30	PVG-PVG	D1
NZ	NZ-078	17 : 55	17 : 55	TPE-AKL	C5
FX	FX-5017	17 : 00	18 : 00	TPE-HKG	505
CI	CI-5322	17 : 20	19 : 00	TPE-ANC	509
BR	BR-012	17 : 50	19 : 20	TPE-LAX	614
BR	BR-630	18 : 15	19 : 45	TPE-LAX	501
FX	FX-5196	19 : 40	20 : 40	CRK-CRK	506
FX	FX-014	19 : 55	20 : 55	TPE-ANC	504
PO	PO-224	20 : 00	21 : 00	TPE-NGO	510
CI	CI-5240	21 : 55	23 : 35	TPE-ANC	515
BR	BR-640	20 : 40	22 : 10	TPE-JFK	B4
BR	BR-676	21 : 45	23 : 15	TPE-PVG	509
CI	CI-004	22 : 00	23 : 40	TPE-SFO	A8
BR	BR-026	22 : 10	23 : 40	TPE-SEA	C5
BR	BR-010	22 : 25	23 : 55	TPE-YVR	C4
BR	BR-016	22 : 25	23 : 55	TPE-LAX	C1
5Y	5Y-8761	22 : 40	23 : 40	TPE-ICN	504
FX	FX-5280	22 : 50	23 : 50	CRK-KIX	503

### 附錄九 2022/06/25 加油作業資料

航空公司	飛機航次	預計加油	預計離場	行程	停機位置
CI	CI-059	23 : 05	00 : 45	TPE-AKL	A9
FX	FX-5016	23 : 25	00 : 25	TPE-ANC	506
BR	BR-6011	23 : 50	01 : 20	TPE-SIN	501
CV	CV-6115	00 : 00	01 : 00	TPE-BKK	513
CI	CI-5871	02 : 10	03 : 50	BKI-SIN	503
CK	CK-262	02 : 15	03 : 15	PVG-PVG	505
Y8	Y8-7912	04 : 30	05 : 30	TPE-CAN	508
CI	CI-781	05 : 40	07 : 20	TPE-SGN	A5
CI	CI-154	05 : 45	07 : 25	TPE-NGO	D8
CI	CI-601	05 : 45	07 : 25	TPE-HKG	D5
TR	TR-898	05 : 45	06 : 45	TPE-NRT	A4
BR	BR-626	06 : 05	07 : 35	TPE-ANC	501
BR	BR-225	06 : 10	07 : 40	TPE-SIN	502
CI	CI-753	06 : 10	07 : 50	TPE-SIN	B7

CI	CI-2721	06 : 35	08 : 15	TPE-KUL	D9
BR	BR-106	06 : 40	08 : 10	TPE-FUK	C4
CI	CI-755	06 : 40	08 : 20	TPE-SIN	A2
CI	CI-055	06 : 55	08 : 35	TPE-SYD	D6
KE	KE-8698	07 : 00	08 : 00	TPE-ICN	A7
BR	BR-077	07 : 05	08 : 35	TPE-AMS	B6
CI	CI-721	07 : 05	08 : 45	TPE-KUL	604
CI	CI-100	07 : 10	08 : 50	TPE-NRT	D4
KE	KE-9692	07 : 20	08 : 20	TPE-ICN	A6
CI	CI-761	07 : 35	09 : 15	TPE-CGK	A9
BR	BR-696	08 : 10	09 : 40	TPE-ANC	612
KE	KE-9696	08 : 20	09 : 20	TPE-ICN	A7
BR	BR-712	08 : 25	09 : 55	TPE-PVG	C3
BR	BR-668	08 : 30	10 : 00	TPE-ANC	505
CI	CI-2755	08 : 50	10 : 30	TPE-SIN	A4
KE	KE-9694	09 : 20	10 : 20	TPE-ICN	A6
JL	JL-802	10 : 20	12 : 00	TPE-NRT	D7
KE	KE-8696	10 : 20	11 : 20	TPE-ICN	A7
CI	CI-104	11 : 00	12 : 35	TPE-NRT	D2
KE	KE-8694	11 : 20	12 : 40	TPE-BKK	A6
NH	NH-9648	11 : 50	13 : 05	TPE-NRT	502
CI	CI-835	11 : 55	13 : 35	TPE-BKK	A8
JL	JL-6728	12 : 05	13 : 45	TPE-NRT	D8
CI	CI-5706	12 : 20	14 : 00	TPE-NRT	504
KE	KE-692	12 : 20	13 : 20	TPE-ICN	A7
CV	CV-6916	12 : 35	13 : 35	TPE-DWC	515
CI	CI-172	12 : 40	14 : 20	TPE-KIX	A7
NH	NH-8442	12 : 50	14 : 05	TPE-NRT	508
QH	QH-511	13 : 35	14 : 35	TPE-HAN	A3
BR	BR-160	13 : 45	15 : 15	TPE-ICN	C6
CI	CI-517	13 : 55	15 : 35	TPE-PEK	D2
JL	JL-804	13 : 55	15 : 35	TPE-NRT	D7
BR	BR-658	14 : 30	16 : 00	TPE-ANC	503
CI	CI-162	14 : 30	16 : 10	TPE-ICN	A8
BR	BR-1170	14 : 50	16 : 20	TPE-ICN	C5
TR	TR-899	14 : 55	15 : 55	TPE-SIN	B5
BR	BR-722	15 : 00	16 : 30	TPE-PVG	C1

TK	TK-6487	15 : 45	16 : 45	ISL-IST	519
MH	MH-7987	16 : 15	17 : 15	TPE-KUL	511
SQ	SQ-879	16 : 45	17 : 45	SIN-SIN	D6
FX	FX-169	17 : 20	18 : 20	TPE-HKG	505
MU	MU-5006	17 : 40	18 : 40	PVG-PVG	D4
VJ	VJ-941	18 : 00	19 : 00	TPE-HAN	A4
PO	PO-226	19 : 35	20 : 35	TPE-ICN	510
FX	FX-014	19 : 50	20 : 50	TPE-ANC	506
FX	FX-049	20 : 00	21 : 00	TPE-SIN	504
TK	TK-025	20 : 55	21 : 55	TPE-IST	D2
CV	CV-8156	21 : 05	22 : 05	TPE-DWC	515
BR	BR-672	21 : 50	23 : 20	TPE-PVG	505
CI	CI-004	21 : 50	23 : 30	TPE-SFO	D4
BR	BR-026	22 : 10	23 : 40	TPE-SEA	C1
BR	BR-010	22 : 25	23 : 55	TPE-YVR	C6

### 附錄十 2022/06/26 加油作業資料

航空公司	飛機航次	預計加油	預計離場	行程	停機位置
CI	CI-059	23 : 05	00 : 45	TPE-AKL	D9
CI	CI-5895	23 : 50	01 : 30	TPE-CAN	504
5Y	5Y-8765	01 : 50	02 : 50	TPE-ICN	513
5Y	5Y-8052	02 : 00	03 : 00	TPE-HKG	603
CK	CK-262	02 : 15	03 : 15	PVG-PVG	502
PO	PO-974	05 : 20	06 : 20	TPE-ANC	513
CI	CI-781	05 : 40	07 : 20	TPE-SGN	A8
CI	CI-601	05 : 45	07 : 25	TPE-HKG	D7
CI	CI-2162	06 : 00	07 : 40	TPE-ICN	A5
BR	BR-010D	06 : 10	07 : 40	TPE-YVR	502
BR	BR-225	06 : 10	07 : 40	TPE-SIN	C5
CI	CI-753	06 : 10	07 : 50	TPE-SIN	601
CI	CI-2721	06 : 35	08 : 15	TPE-KUL	B6
BR	BR-106	06 : 40	08 : 10	TPE-FUK	C4
CI	CI-755	06 : 40	08 : 20	TPE-SIN	603
CI	CI-055	06 : 55	08 : 35	TPE-SYD	D1
BR	BR-077	07 : 05	08 : 35	TPE-AMS	604
BR	BR-636	07 : 05	08 : 35	TPE-ANC	505
CI	CI-721	07 : 05	08 : 45	TPE-KUL	D2

CI	CI-100	07 : 10	08 : 50	TPE-NRT	D6
BR	BR-698	07 : 30	09 : 00	TPE-ANC	514
CI	CI-761	07 : 35	09 : 15	TPE-CGK	A4
MM	MM-4962	08 : 00	09 : 00	TPE-KIX	601
BR	BR-634	08 : 10	09 : 40	TPE-ORD	501
KE	KE-9696	08 : 20	09 : 20	TPE-ICN	A7
BR	BR-712	08 : 25	09 : 55	TPE-PVG	614
JL	JL-804	10 : 20	12 : 00	TPE-NRT	D8
KE	KE-8696	10 : 20	11 : 20	TPE-ICN	A8
CI	CI-104	11 : 00	12 : 40	TPE-NRT	D2
KE	KE-8694	11 : 20	12 : 20	TPE-ICN	A7
CI	CI-835	11 : 55	13 : 35	TPE-BKK	A5
KE	KE-692	12 : 20	13 : 20	TPE-ICN	A9
CI	CI-172	12 : 40	14 : 20	TPE-KIX	D6
NH	NH-8442	12 : 50	14 : 05	TPE-NRT	503
BR	BR-160	13 : 45	15 : 15	TPE-ICN	C6
JL	JL-802	13 : 55	15 : 35	TPE-NRT	D7
NH	NH-8538	14 : 05	15 : 20	TPE-NRT	502
BR	BR-6029	15 : 00	16 : 30	TPE-SIN	501
BR	BR-722	15 : 00	16 : 30	TPE-PVG	522
NZ	NZ-1078	15 : 15	16 : 15	TPE-AKL	612
TR	TR-997	16 : 10	17 : 10	TPE-SIN	B5
CV	CV-7977	16 : 15	17 : 15	TPE-BKK	515
SQ	SQ-879	16 : 45	17 : 45	SIN-SIN	D6
FX	FX-5196	17 : 05	18 : 05	CRK-CRK	504
BR	BR-056	17 : 25	18 : 55	TPE-ORD	B7
MU	MU-5006	17 : 40	18 : 40	PVG-PVG	D4
TK	TK-6457	20 : 15	21 : 15	ISL-IST	514
TK	TK-025	20 : 55	21 : 55	TPE-IST	D5
CI	CI-004	21 : 50	23 : 30	TPE-SFO	A8
BR	BR-026	22 : 10	23 : 40	TPE-SEA	C5
BR	BR-010	22 : 25	23 : 55	TPE-YVR	C4

## 附錄十一 2022/06/27 加油作業資料

航空公司	飛機航次	預計加油	預計離場	行程	停機位置
TK	TK-6457	23 : 20	00 : 20	ISL-IST	514
BR	BR-660	02 : 00	03 : 30	TPE-ANC	503
CI	CI-781	05 : 40	07 : 20	TPE-SGN	A3
CI	CI-601	05 : 45	07 : 25	TPE-HKG	D9
TR	TR-898	05 : 45	06 : 45	TPE-NRT	B5
CI	CI-511	06 : 00	07 : 40	HKG-PEK	D2
BR	BR-225	06 : 10	07 : 40	TPE-SIN	613
CI	CI-753	06 : 10	07 : 50	TPE-SIN	B8
BR	BR-668	06 : 30	08 : 00	TPE-ANC	514
CI	CI-2721	06 : 35	08 : 15	TPE-KUL	D7
BR	BR-106	06 : 40	08 : 10	TPE-FUK	604
CI	CI-755	06 : 40	08 : 20	TPE-SIN	A2
CI	CI-055	06 : 55	08 : 35	TPE-SYD	D4
CI	CI-721	07 : 05	08 : 45	TPE-KUL	D1
BR	BR-692	07 : 30	09 : 00	TPE-ANC	504
CI	CI-761	07 : 35	09 : 15	TPE-CGK	A4
BR	BR-712	08 : 25	09 : 55	TPE-PVG	B8
CI	CI-2755	08 : 50	10 : 30	TPE-SIN	A3
CF	CF-210	10 : 20	11 : 20	TPE-FOC	510
CI	CI-104	11 : 00	12 : 40	TPE-NRT	D6
CI	CI-835	11 : 55	13 : 35	TPE-BKK	A5
CI	CI-172	12 : 40	14 : 20	TPE-KIX	B4
BR	BR-160	13 : 45	15 : 15	TPE-ICN	C5
JL	JL-802	13 : 55	15 : 35	TPE-NRT	D6
NH	NH-8538	14 : 05	15 : 20	TPE-NRT	501
CI	CI-162	14 : 30	16 : 10	TPE-ICN	A5
TR	TR-899	14 : 55	15 : 55	TPE-SIN	B5
BR	BR-722	15 : 00	16 : 30	TPE-PVG	502
BR	BR-662	15 : 45	17 : 15	TPE-ANC	503
FX	FX-019	17 : 05	18 : 05	TPE-HKG	506
BR	BR-032	17 : 40	19 : 10	TPE-JFK	C4
MU	MU-5006	17 : 40	18 : 40	PVG-PVG	D7
FX	FX-014	19 : 30	20 : 30	TPE-ANC	503
FX	FX-5196	19 : 40	20 : 40	CRK-CRK	505

PO	PO-224	20 : 00	21 : 00	TPE-NGO	510
CI	CI-5234	20 : 20	22 : 00	TPE-ANC	514
CI	CI-5895	20 : 35	22 : 15	TPE-CAN	515
CI	CI-5871	21 : 35	23 : 15	BKI-SIN	507
BR	BR-672	21 : 50	23 : 20	TPE-PVG	503
CI	CI-004	21 : 50	23 : 30	TPE-SFO	D4
BR	BR-026	22 : 10	23 : 40	TPE-SEA	C2
BR	BR-010	22 : 25	23 : 55	TPE-YVR	C5
FX	FX-5280	22 : 25	23 : 25	CRK-KIX	504

## 附錄十二 2022/06/28 加油作業資料

航空公司	飛機航次	預計加油	預計離場	行程	停機位置
CI	CI-059	23 : 05	00 : 45	TPE-AKL	D2
FX	FX-5016	23 : 35	00 : 35	TPE-ANC	506
CI	CI-5895	02 : 00	03 : 40	TPE-CAN	505
Y8	Y8-7912	04 : 30	05 : 30	TPE-CAN	506
BR	BR-650	05 : 30	07 : 00	TPE-ATL	C3
CI	CI-781	05 : 40	07 : 20	TPE-SGN	A9
CI	CI-154	05 : 45	07 : 25	TPE-NGO	D8
CI	CI-601	05 : 45	07 : 25	TPE-HKG	A2
TR	TR-898	05 : 45	06 : 45	TPE-NRT	A1
BR	BR-225	06 : 10	07 : 40	TPE-SIN	B7
CI	CI-753	06 : 10	07 : 50	TPE-SIN	B6
BR	BR-170	06 : 25	07 : 55	TPE-ICN	603
BR	BR-624	06 : 30	08 : 00	TPE-ORD	502
CI	CI-1721	06 : 35	08 : 15	TPE-KUL	505
BR	BR-106	06 : 40	08 : 10	TPE-FUK	507
CI	CI-755	06 : 40	08 : 20	TPE-SIN	514
CI	CI-055	06 : 55	08 : 35	TPE-SYD	605
KE	KE-8698	07 : 00	08 : 00	TPE-ICN	A7
CI	CI-721	07 : 05	08 : 45	TPE-KUL	A2
CI	CI-100	07 : 10	08 : 50	TPE-NRT	D8
BR	BR-077	07 : 35	09 : 05	TPE-AMS	614
CI	CI-761	07 : 35	09 : 15	TPE-CGK	A5
KE	KE-9692	07 : 40	08 : 40	TPE-ICN	A6
BR	BR-6011	08 : 00	09 : 30	TPE-SIN	504
KE	KE-9696	08 : 20	09 : 20	TPE-ICN	A7

BR	BR-712	08 : 25	09 : 55	TPE-PVG	607
KE	KE-9694	09 : 20	10 : 20	TPE-ICN	A6
CF	CF-210	10 : 20	11 : 20	TPE-FOC	510
CI	CI-5234	10 : 20	12 : 00	TPE-ANC	509
CI	CI-5706	10 : 20	12 : 00	TPE-NRT	502
KE	KE-8696	10 : 20	11 : 20	TPE-ICN	A7
CI	CI-104	11 : 00	12 : 40	TPE-NRT	D7
KE	KE-8694	11 : 20	12 : 20	TPE-ICN	A6
BR	BR-642	11 : 30	13 : 00	TPE-ORD	502
NH	NH-9648	11 : 50	13 : 05	TPE-NRT	501
CI	CI-835	11 : 55	13 : 35	TPE-BKK	D2
KE	KE-692	12 : 20	13 : 20	TPE-ICN	A8
CI	CI-172	12 : 40	14 : 20	TPE-KIX	A3
NH	NH-8442	12 : 50	14 : 05	TPE-NRT	506
KE	KE-8692	13 : 20	14 : 20	TPE-ICN	A7
BR	BR-160	13 : 45	15 : 15	TPE-ICN	B9
JL	JL-802	13 : 55	15 : 35	TPE-NRT	D7
KE	KE-9698	14 : 20	15 : 20	TPE-ICN	A6
BR	BR-1170	14 : 50	16 : 20	TPE-ICN	C2
TR	TR-899	14 : 55	15 : 55	TPE-SIN	B6
BR	BR-722	15 : 00	16 : 30	TPE-PVG	C2
BR	BR-1148	15 : 15	16 : 45	TPE-ICN	C4
FX	FX-5017	17 : 05	18 : 05	TPE-HKG	504
VJ	VJ-941	18 : 00	19 : 00	TPE-HAN	A2
BC	BC-8026	18 : 20	19 : 20	TPE-HND	610
FX	FX-9171	18 : 30	19 : 30	TPE-ICN	505
FX	FX-014	19 : 30	20 : 30	TPE-ANC	506
FX	FX-5196	19 : 40	20 : 40	CRK-CRK	504
TK	TK-025	20 : 55	21 : 55	TPE-IST	D1
BR	BR-9HVJ	21 : 30	23 : 00	TPE-HND	610
CI	CI-004	21 : 50	23 : 30	TPE-SFO	A9
CV	CV-7972	22 : 00	23 : 00	TPE-KUL	515
BR	BR-026	22 : 10	23 : 40	TPE-SEA	C5
BR	BR-010	22 : 25	23 : 55	TPE-YVR	C3
FX	FX-5280	22 : 25	23 : 25	TPE-KIX	505

### 附錄十三 2022/06/29 加油作業資料

航空公司	飛機航次	預計加油	預計離場	行程	停機位置
BR	BR-681	22 : 35	00 : 05	TPE-SZX	502
CI	CI-059	23 : 05	00 : 45	TPE-AKL	A8
FX	FX-5016	23 : 35	00 : 35	TPE-ANC	506
CI	CI-5871	00 : 00	01 : 40	BKI-SIN	511
BR	BR-6029	00 : 30	02 : 00	TPE-SIN	505
CV	CV-7972	00 : 45	01 : 45	TPE-KUL	515
PO	PO-224D	02 : 05	03 : 05	TPE-NGO	510
CK	CK-262	02 : 15	03 : 15	PVG-PVG	509
Y8	Y8-7912	04 : 30	05 : 30	TPE-CAN	512
BR	BR-686	05 : 30	07 : 00	TPE-ANC	503
CI	CI-781	05 : 40	07 : 20	TPE-SGN	A5
CI	CI-601	05 : 45	07 : 25	TPE-HKG	B5
CI	CI-511	06 : 00	07 : 40	HKG-PEK	D4
BR	BR-626	06 : 05	07 : 35	TPE-ANC	504
BR	BR-225	06 : 10	07 : 40	TPE-SIN	C1
CI	CI-753	06 : 10	07 : 50	TPE-SIN	A8
BR	BR-170	06 : 25	07 : 55	TPE-ICN	522
CI	CI-2721	06 : 35	08 : 15	TPE-KUL	603
BR	BR-106	06 : 40	08 : 10	TPE-FUK	B9
CI	CI-755	06 : 40	08 : 20	TPE-SIN	601
KE	KE-8698	07 : 00	08 : 00	TPE-ICN	A6
CI	CI-721	07 : 05	08 : 45	TPE-KUL	A4
CI	CI-100	07 : 10	08 : 50	TPE-NRT	D1
BR	BR-650	07 : 30	09 : 00	TPE-ATL	605
CI	CI-761	07 : 35	09 : 15	TPE-CGK	A8
KE	KE-9692	07 : 40	08 : 40	TPE-ICN	A7
BR	BR-696	08 : 10	09 : 40	TPE-ANC	612
KE	KE-9696	08 : 20	09 : 20	TPE-ICN	A6
BR	BR-712	08 : 25	09 : 55	TPE-PVG	B4
KE	KE-9694	09 : 20	10 : 20	TPE-ICN	A7
CI	CI-154	09 : 50	11 : 30	TPE-NGO	D4
CF	CF-210	10 : 20	11 : 20	TPE-FOC	512
JL	JL-804	10 : 20	12 : 00	TPE-NRT	D8
KE	KE-8696	10 : 20	11 : 20	TPE-ICN	A6

CI	CI-104	11 : 00	12 : 40	TPE-NRT	D7
KE	KE-8694	11 : 20	12 : 20	TPE-ICN	A7
CI	CI-835	11 : 55	13 : 35	TPE-BKK	B8
KE	KE-692	12 : 20	13 : 20	TPE-ICN	A8
CI	CI-172	12 : 40	14 : 20	TPE-KIX	D4
CI	CI-5706	12 : 50	14 : 30	TPE-NRT	505
NH	NH-8442	12 : 50	14 : 05	TPE-NRT	502
KE	KE-8692	13 : 20	14 : 20	TPE-ICN	A6
QH	QH-511	13 : 35	14 : 35	TPE-HAN	A2
BR	BR-160	13 : 45	15 : 15	TPE-ICN	C3
JL	JL-802	13 : 55	15 : 35	TPE-NRT	D8
BR	BR-624	14 : 00	15 : 30	TPE-ORD	501
NH	NH-8538	14 : 05	15 : 20	TPE-NRT	503
CI	CI-162	14 : 30	16 : 10	TPE-ICN	A4
BR	BR-1170	14 : 50	16 : 20	TPE-ICN	B9
BR	BR-722	15 : 00	16 : 30	TPE-PVG	D1
BR	BR-1148	15 : 15	16 : 45	TPE-ICN	521
NZ	NZ-072	15 : 15	16 : 15	TPE-AKL	D2
FX	FX-5604	16 : 00	17 : 00	TPE-KIX	504
TR	TR-997	16 : 10	17 : 10	TPE-SIN	B5
SQ	SQ-879	16 : 45	17 : 45	SIN-SIN	D8
FX	FX-5017	17 : 05	18 : 05	TPE-HKG	506
BR	BR-032	17 : 40	19 : 10	TPE-JFK	C1
MU	MU-5006	17 : 40	18 : 40	PVG-PVG	D4
BR	BR-677	18 : 50	20 : 20	TPE-CKG	502
FX	FX-014	19 : 30	20 : 30	TPE-ANC	504
FX	FX-5196	19 : 40	20 : 40	CRK-CRK	506
PO	PO-224	20 : 00	21 : 00	TPE-NGO	512
BR	BR-672	21 : 50	23 : 20	TPE-PVG	521
CI	CI-004	21 : 50	23 : 30	TPE-SFO	D6
BR	BR-752	22 : 00	23 : 30	TPE-PVG	C3
BR	BR-026	22 : 10	23 : 40	TPE-SEA	C6
BR	BR-010	22 : 25	23 : 55	TPE-YVR	C5
FX	FX-5280	22 : 25	23 : 25	CRK-KIX	505
CV	CV-7973	22 : 30	23 : 30	TPE-BKK	515

## 附錄十四 2022/06/30 加油作業資料

航空公司	飛機航次	預計加油	預計離場	行程	停機位置
CI	CI-059	23 : 05	00 : 45	TPE-AKL	D1
FX	FX-5016	23 : 35	00 : 35	TPE-ANC	506
CK	CK-262	02 : 15	03 : 15	PVG-PVG	502
Y8	Y8-7912	04 : 30	05 : 30	TPE-CAN	506
TK	TK-6687	05 : 30	06 : 30	TPE-FRU	520
CI	CI-781	05 : 40	07 : 20	TPE-SGN	A8
CI	CI-154	05 : 45	07 : 25	TPE-NGO	B5
CI	CI-601	05 : 45	07 : 25	TPE-HKG	D6
TR	TR-898	05 : 45	06 : 45	TPE-NRT	B6
BR	BR-636	06 : 05	07 : 35	TPE-ANC	503
BR	BR-225	06 : 10	07 : 40	TPE-SIN	612
CI	CI-753	06 : 10	07 : 50	TPE-SIN	601
BR	BR-170	06 : 25	07 : 55	TPE-ICN	614
CI	CI-2127	06 : 35	08 : 15	TPE-KUL	B6
BR	BR-106	06 : 40	08 : 10	TPE-FUK	C3
CI	CI-755	06 : 40	08 : 20	TPE-SIN	A2
CI	CI-055	06 : 55	08 : 35	TPE-SYD	D4
KE	KE-8698	07 : 00	08 : 00	TPE-ICN	A7
CI	CI-721	07 : 05	08 : 45	TPE-KUL	A8
CI	CI-100	07 : 10	08 : 50	TPE-NRT	D1
KE	KE-9692	07 : 20	08 : 20	TPE-ICN	A6
CI	CI-761	07 : 35	09 : 15	TPE-CGK	A9
BR	BR-692	07 : 40	09 : 10	TPE-ANC	504
CI	CI-2753	08 : 00	09 : 40	TPE-SIN	B6
BR	BR-077	08 : 05	09 : 35	TPE-AMS	C1
KE	KE-9696	08 : 20	09 : 20	TPE-ICN	A7
BR	BR-712	08 : 25	09 : 55	TPE-PVG	605
BR	BR-668	08 : 30	10 : 00	TPE-ANC	505
CI	CI-2755	08 : 50	10 : 30	TPE-SIN	604
KE	KE-9694	09 : 20	10 : 20	TPE-ICN	A6
CF	CF-210	10 : 20	11 : 20	TPE-FOC	502
JL	JL-802	10 : 20	12 : 00	TPE-NRT	D8
KE	KE-8696	10 : 20	11 : 20	TPE-ICN	A7
CI	CI-104	11 : 00	12 : 40	TPE-NRT	D6

KE	KE-8694	11 : 20	12 : 20	TPE-ICN	A6
BR	BR-654	11 : 30	13 : 00	TPE-ORD	501
NH	NH-9648	11 : 50	13 : 05	TPE-NRT	509
CI	CI-835	11 : 55	13 : 35	TPE-BKK	A2
NH	NH-6191	11 : 55	12 : 55	TPE-KUL	505
JL	JL-6728	12 : 05	13 : 45	TPE-NRT	D7
CI	CI-5706	12 : 20	14 : 00	TPE-NRT	507
KE	KE-692	12 : 20	13 : 20	TPE-ICN	A7
CI	CI-172	12 : 40	14 : 20	TPE-KIX	D1
NH	NH-8442	12 : 50	14 : 05	TPE-NRT	510
KE	KE-8692	13 : 20	14 : 20	TPE-ICN	A6
BR	BR-160	13 : 45	15 : 15	TPE-ICN	B9
CI	CI-517	13 : 45	15 : 25	TPE-PEK	A4
JL	JL-804	13 : 55	15 : 35	TPE-NRT	D6
NH	NH-8538	14 : 05	15 : 20	TPE-NRT	509
CI	CI-162	14 : 30	16 : 10	TPE-ICN	D8
BR	BR-1170	14 : 50	16 : 20	TPE-ICN	C5
TK	TK-6689	14 : 55	15 : 55	TPE-ALA	520
TR	TR-899	14 : 55	15 : 55	TPE-SIN	B6
BR	BR-722	15 : 00	16 : 30	TPE-PVG	C3
FX	FX-5604	16 : 00	17 : 00	TPE-KIX	506
FX	FX-5017	17 : 05	18 : 05	TPE-HKG	507
MU	MU-5006	17 : 40	18 : 40	PVG-PVG	D4
5Y	5Y-8761	18 : 30	19 : 30	TPE-ICN	507
FX	FX-014	19 : 30	20 : 30	TPE-ANC	504
FX	FX-5196	19 : 40	20 : 40	CRK-CRK	506
PO	PO-22420	20 : 00	21 : 00	TPE-NGO	510
TK	TK-025	20 : 55	21 : 55	TPE-IST	D2
BR	BR-676	21 : 50	23 : 20	TPE-PVG	501
CI	CI-004	21 : 50	23 : 30	TPE-SFO	D7
BR	BR-026	22 : 10	23 : 40	TPE-SEA	C5
BR	BR-010	22 : 25	23 : 55	TPE-YVR	B9
FX	FX-5280	22 : 25	23 : 25	CRK-KIX	505

## 附錄十五 正常航班加油作業資料

停機位置	加油作業	停機位置	加油作業
A2	09401~10001	B5	08910~09510
	16601~17201		<b>14510~15710(長)</b>
	<b>10601~11801(長)</b>		20810~21410
	25801~26401		25810~26410
A4	07202~07802	B6	09511~10111
	<b>11902~13102(長)</b>		<b>13211~14411(長)</b>
	17702~18302		<b>28011~29211(長)</b>
	19102~19702	B9	08812~09412
A5	08303~08903		11512~12112
	12003~12603		16412~17012
	15703~16303		<b>22312~23512(長)</b>
	<b>23003~24203(長)</b>	28512~29112	
A6	08204~08804	C1	01013~01613
	16004~16604		08613~09213
	18804~19404		19513~20113
	<b>24304~25504(長)</b>		<b>27913~29113(長)</b>
A7	<b>00105~01305(長)</b>	601	01714~02314
	09005~09605		09514~10114
	16505~17105		11514~12114
	25105~25705		<b>23614~24814(長)</b>
A8	09506~10106	604	03815~04415
	<b>13906~15106(長)</b>		09315~09915
	18806~19406		14515~15115
	27806~28406		<b>24515~25715(長)</b>
A9	00307~00906	605	10216~10816
	<b>01407~02607(長)</b>		19516~20116
	12207~12807		25316~25916
	23707~24307		28616~29216
D1	08308~08908	608	02417~03017
	<b>15208~16408(長)</b>		<b>16517~17717(長)</b>
	21208~21808		21217~21817
	24408~25008		<b>27717~28917(長)</b>

D6	12709~13309	611	00618~01218
	16609~17209		02118~02718
	21909~22509		09218~09818
	<b>26209~27409(長)</b>		<b>25818~27018(長)</b>
614	03919~04519	C6	01128~01728
	<b>07819~09019(長)</b>		11828~12428
	20919~21519		17928~18528
	25119~25719		19228~19828
510	04620~05220	C7	<b>25228~26428(長)</b>
	<b>09120~10320(長)</b>		01729~02329
	17720~18320		12529~13129
509	25420~26020	D8	19529~20129
	06821~07421		<b>26529~27729(長)</b>
	14121~14721		11130~11730
	17121~17721		14630~15230
505	<b>22221~23421(長)</b>	613	18130~18730
	27521~28121		<b>25230~26430(長)</b>
	05422~06022		08831~09431
	<b>16322~17522(長)</b>		16031~16631
507	22622~23222	506	18831~19431
	18422~19022		<b>25131~26331(長)</b>
	00923~01523		10632~11232
	<b>06923~08123(長)</b>		17632~18232
	10223~10823		<b>23832~25032(長)</b>
D4	<b>15023~16223(長)</b>	504	29132~29732
	27323~27923		03633~04233
	<b>09724~10924(長)</b>		09633~10233
	18324~18924		19733~20333
D10	20824~21424	503	<b>24133~25333(長)</b>
	<b>27624~28824(長)</b>		04334~04934
	01625~02025		08834~09434
	08325~08925		<b>11034~12234(長)</b>
C3	19225~19825	502	22834~23434
	21525~22125		<b>00735~01935(長)</b>
	09426~10026		06835~07435
C3	<b>22626~23826(長)</b>	502	21235~21835
	28926~29526		25035~25635

501	<b>11827~13027(長)</b>	C4	<b>04238~05438(長)</b>
	17927~18527		16838~17438
	21727~22327		25638~26238
	<b>23927~25127(長)</b>		28838~29438
C5	02337~02937	513	03739~04339
	05937~06537		<b>05539~06739(長)</b>
	10237~10837		17839~18439
	15537~16137		28439~29039
	<b>24637~25837(長)</b>		01636~02236
511	<b>04238~05438(長)</b>	C10	05236~05836
	16838~17438		<b>19436~20636(長)</b>
	25638~26238		22936~23536
	28838~29438		01240~01840
514	03739~04339	C9	<b>08740~09940(長)</b>
	<b>05539~06739(長)</b>		18340~18940
	17839~18439		<b>23340~24540(長)</b>
	28439~29039		09341~09941
D7	02337~02937	519	18541~19141
	05937~06537		<b>20141~21341(長)</b>
	10237~10837	520	00642~01242
	15537~16137		10042~10642
	<b>24637~25837(長)</b>		19242~19842
			<b>21442~22642(長)</b>

附錄十六 正常航班數減少 30%加油作業資料

停機位置	加油作業	停機位置	加油作業
A2	09401~10001	B9	08812~09412
A4	07202~07802		16412~17012
	<b>11902~13102(長)</b>		<b>22312~23512(長)</b>
	19102~19702		28512~29112
A5	08303~08903	C1	08613~09213
	12003~12603		<b>27913~29113(長)</b>
A6	08204~08804	601	01714~02314
	16004~16604	604	09514~10114
	18804~19404		03815~04415
	<b>24304~25504(長)</b>		09315~09915
<b>00105~01305(長)</b>	<b>24515~25715(長)</b>		
A7	09005~09605	605	10216~10816
	16505~17105		19516~20116
	25105~25705		25316~25916
A8	09506~10106		608
	18806~19406	02417~03017	
	27806~28406	<b>16517~17717(長)</b>	
A9	00307~00907	611	<b>27717~28917(長)</b>
	<b>01407~02607(長)</b>		00618~01218
	12207~12807		09218~09818
	23707~24307		<b>25818~27018(長)</b>
D1	<b>15208~16408(長)</b>	614	03919~04519
	21208~21808		20919~21519
	24408~25008		04620~05220
D6	12709~13309	510	17720~18320
	16609~17209	509	06821~07421
08910~09510	14121~14721		
B5	<b>14510~15710(長)</b>		<b>22221~23421(長)</b>
	25810~26410	27521~28121	
B6	09511~10111	505	05422~06022
	<b>13211~14411(長)</b>		<b>16322~17522(長)</b>
	<b>28011~29211(長)</b>		22622~23222
			18422~19022

507	<b>15023 ~16223(長)</b>	C10	01636 ~02236	
	27323 ~27923		<b>19436 ~20636(長)</b>	
D4	18324 ~18924		D7	22936 ~23536
	20824 ~21424	05937 ~06537		
	<b>27624 ~28824(長)</b>	15537 ~16137		
D10	01625 ~02025	C4	<b>04238 ~05438(長)</b>	
	21525 ~22125		16838 ~17438	
C3	<b>22626 ~23826(長)</b>		513	28838 ~29438
	28926 ~29526	03739 ~04339		
501	<b>11827 ~13027(長)</b>	C9		<b>05539 ~06739(長)</b>
	17927 ~18527		17839 ~18439	
	21727 ~22327		01240 ~01840	
	<b>23927 ~25127(長)</b>		<b>08740 ~09940(長)</b>	
C6	17928 ~18528	519	18340 ~18940	
	19228 ~19828		<b>23340 ~24540(長)</b>	
	<b>25228 ~26428(長)</b>		09341 ~09941	
C7	12529 ~13129	520	<b>20141 ~21341(長)</b>	
D8	11130 ~11730	519	00642 ~01242	
	14630 ~15230		19242 ~19842	
	18130 ~18730		<b>21442 ~22642(長)</b>	
	<b>25230 ~26430(長)</b>			
613	08831 ~09431			
	18831 ~19431			
506	10632 ~11232			
	17632 ~18232			
	<b>23832 ~25032(長)</b>			
	29132 ~29732			
504	03633 ~04233			
	19733 ~20333			
	<b>24133 ~25333(長)</b>			
503	04334 ~04934			
	22834 ~23434			
502	<b>00735 ~01935(長)</b>			
	06835 ~07435			
	25035 ~25635			

## 附錄十七 正常航班數減少 15%加油作業資料

停機位置	加油作業	停機位置	加油作業
A2	09401~10001	B6	09511~10111
	16601~17201		<b>13211~14411(長)</b>
A4	07202~07802		B9
	<b>11902~13102(長)</b>	08812~09412	
	17702~18302	16412~17012	
	19102~19702	<b>22312~23512(長)</b>	
A5	08303~08903	C1	28512~29112
	12003~12603		08613~09213
	15703~16303		19513~20113
A6	08204~08804	601	<b>27913~29113(長)</b>
	16004~16604		01714~02314
	18804~19404		09514~10114
	<b>24304~25504(長)</b>	03815~04415	
A7	<b>00105~01305(長)</b>	604	09315~09915
	09005~09605		14515~15115
	16505~17105		<b>24515~25715(長)</b>
	25105~25705		10216~10816
A8	09506~10106	605	19516~20116
	18806~19406		25316~25916
	27806~28406		28616~29216
A9	00307~00906	608	02417~03017
	<b>01407~02607(長)</b>		<b>16517~17717(長)</b>
	12207~12807		<b>27717~28917(長)</b>
	23707~24307	00618~01218	
D1	<b>15208~16408(長)</b>	611	09218~09818
	21208~21808		<b>25818~27018(長)</b>
	24408~25008		03919~04519
D6	12709~13309	614	20919~21519
	16609~17209		25119~25719
	21909~22509	510	04620~05220
	<b>26209~27409(長)</b>		17720~18320
B5	08910~09510	503	25420~26020
	<b>14510~15710(長)</b>		04334~04934
	25810~26410		<b>11034~12234(長)</b>

509	06821~07421	613	08831~09431
	14121~14721		18831~19431
	17121~17721		<b>25131~26331(長)</b>
	<b>22221~23421(長)</b>	506	10632~11232
27521~28121	17632~18232		
05422~06022	<b>23832~25032(長)</b>		
505	<b>16322~17522(長)</b>	504	29132~29732
	22622~23222		03633~04233
	18422~19022		09633~10233
507	00923~01523	502	19733~20333
	<b>06923~08123(長)</b>		<b>24133~25333(長)</b>
	<b>15023~16223(長)</b>		06835~07435
	27323~27923	21235~21835	
D4	<b>09724~10924(長)</b>	C10	25035~25635
	18324~18924		01636~02236
	20824~21424		22936~23536
D10	<b>27624~28824(長)</b>	D7	05937~06537
	01625~02025		15537~16137
	19225~19825		<b>24637~25837(長)</b>
C3	21525~22125	C4	<b>04238~05438(長)</b>
	<b>22626~23826(長)</b>		16838~17438
501	28926~29526	513	28838~29438
	<b>11827~13027(長)</b>		03739~04339
	17927~18527		<b>05539~06739(長)</b>
	21727~22327		17839~18439
C6	<b>23927~25127(長)</b>	C9	28439~29039
	01128~01728		01240~01840
	17928~18528		<b>08740~09940(長)</b>
	19228~19828		18340~18940
C7	<b>25228~26428(長)</b>	519	<b>23340~24540(長)</b>
	12529~13129		09341~09941
D8	19529~20129	520	18541~19141
	11130~11730		<b>20141~21341(長)</b>
	14630~15230		00642~01242
	18130~18730		10042~10642
	<b>25230~26430(長)</b>		19242~19842
			<b>21442~22642(長)</b>

附錄十八 正常航班數增加 15%加油作業資料

停機位置	加油作業	停機位置	加油作業
A2	00201~00801	D1	08308~08908
	09401~10001		<b>15208~16408(長)</b>
	16601~17201		21208~21808
	<b>10601~11801(長)</b>		24408~25008
	25801~26401		01309~01909
A4	01502~02102	D6	<b>05609~06809(長)</b>
	07202~07802		12709~13309
	<b>11902~13102(長)</b>		16609~17209
	17702~18302		21909~22509
	19102~19702		<b>26209~27409(長)</b>
A5	02203~02803	B5	02010~02610
	08303~08903		08910~09510
	12003~12603		<b>14510~15710(長)</b>
	15703~16303		20810~21410
	<b>23003~24203(長)</b>		25810~26410
A6	08204~08804	B6	09511~10111
	16004~16604		<b>13211~14411(長)</b>
	18804~19404		<b>28011~29211(長)</b>
	<b>24304~25504(長)</b>		00312~00912
A7	<b>00105~01305(長)</b>	B9	08812~09412
	09005~09605		11512~12112
	16505~17105		16412~17012
	25105~25705		<b>22312~23512(長)</b>
A8	04506~05106	C1	28512~29112
	09506~10106		01013~01613
	<b>13906~15106(長)</b>		08613~09213
	18806~19406		10213~10813
A9	27806~28406	601	19513~20113
	00307~00907		<b>27913~29113(長)</b>
	<b>01407~02607(長)</b>		01714~02314
	12207~12807		09514~10114
	23707~24307		11514~12114
			<b>23614~24814(長)</b>

604	03815~04415	505	05422~06022
	09315~09915		07522~08122
	14515~15115		<b>16322~17522(長)</b>
	<b>24515~25715(長)</b>		22622~23222
605	<b>01416~02616(長)</b>	507	18422~19022
	10216~10816		00923~01523
	12216~12816		<b>06923~08123(長)</b>
	19516~20116		10223~10823
	25316~25916		<b>15023~16223(長)</b>
	28616~29216		27323~27923
608	02417~03017	D4	<b>09724~10924(長)</b>
	<b>16517~17717(長)</b>		18324~18924
	21217~21817		20824~21424
	<b>27717~28917(長)</b>		<b>27624~28824(長)</b>
611	00618~01218	D10	01625~02025
	02118~02718		08325~08925
	09218~09818		<b>10125~11325(長)</b>
	<b>13118~14318(長)</b>		19225~19825
	<b>25818~27018(長)</b>		21525~22125
614	01319~01919	C3	09426~10026
	03919~04519		19926~20526
	<b>07819~09019(長)</b>		<b>22626~23826(長)</b>
	20919~21519		28926~29526
	25119~25719		<b>11827~13027(長)</b>
510	04620~05220	501	17927~18527
	<b>09120~10320(長)</b>		21727~22327
	17720~18320		<b>23927~25127(長)</b>
	<b>20420~21620(長)</b>		01128~01728
509	25420~26020	C6	11828~12428
	06821~07421		17928~18528
	14121~14721		19228~19828
	17121~17721	<b>25228~26428(長)</b>	
	<b>22221~23421(長)</b>	C7	01729~02329
27521~28121	12529~13129		
	19529~20129		
			<b>26529~27729(長)</b>

D8	02430~03030	D7	02337~02937
	11130~11730		05937~06537
	14630~15230		10237~10837
	18130~18730		15537~16137
	19930~20530		<b>24637~25837(長)</b>
	<b>25230~26430(長)</b>		<b>04238~05438(長)</b>
613	08831~09431	C4	10938~11538
	16031~16631		16838~17438
	18831~19431		25638~26238
	<b>25131~26331(長)</b>		28838~29438
506	<b>02532~03732(長)</b>	513	03739~04339
	10632~11232		<b>05539~06739(長)</b>
	17632~18232		11639~12239
	20632~21232		17839~18439
	<b>23832~25032(長)</b>		28439~29039
	29132~29732		01240~01840
504	03633~04233	C9	<b>08740~09940(長)</b>
	09633~10233		18340~18940
	19733~20333		<b>23340~24540(長)</b>
	<b>24133~25333(長)</b>		<b>05241~06441(長)</b>
503	04334~04934	519	09341~09941
	08834~09434		18541~19141
	<b>11034~12234(長)</b>		<b>20141~21341(長)</b>
	22834~23434		00642~01242
502	<b>00735~01935(長)</b>	520	10042~10642
	06835~07435		19242~19842
	09535~10135		<b>21442~22642(長)</b>
	21235~21835		
	25035~25635		
C10	01636~02236		
	05236~05836		
	10236~10836		
	<b>19436~20636(長)</b>		
	22936~23536		

附錄十九 正常航班數增加 30%加油作業資料

停機位置	加油作業	停機位置	加油作業
A2	00201~00801	A9	00307~00907
	09401~10001		<b>01407~02607(長)</b>
	16601~17201		12207~12807
	<b>10601~11801(長)</b>		23707~24307
	25801~26401		01008~01608
A4	01502~02102	D1	<b>02708~03908(長)</b>
	07202~07802		08308~08908
	<b>11902~13102(長)</b>		<b>15208~16408(長)</b>
	17702~18302		21208~21808
	19102~19702		24408~25008
A5	02203~02803	D6	01309~01909
	08303~08903		<b>05609~06809(長)</b>
	12003~12603		12709~13309
	<b>13203~14403(長)</b>		16609~17209
	15703~16303		21909~22509
	<b>23003~24203(長)</b>		<b>26209~27409(長)</b>
A6	02904~03504	B5	02010~02610
	08204~08804		08910~09510
	16004~16604		<b>14510~15710(長)</b>
	18804~19404		20810~21410
	<b>24304~25504(長)</b>		25810~26410
A7	<b>00105~01305(長)</b>	B6	02711~03311
	03605~04205		09511~10111
	09005~09605		<b>13211~14411(長)</b>
	16505~17105		<b>28011~29211(長)</b>
	25105~25705		00312~00912
A8	04506~05106	B9	08812~09412
	09506~10106		11512~12112
	<b>13906~15106(長)</b>		16412~17012
	17206~17806		<b>22312~23512(長)</b>
	18806~19406		28512~29112
	27806~28406		

C1	01013~01613	510	02020~02620
	08613~09213		04620~05220
	10213~10813		<b>09120~10320(長)</b>
	19513~20113		17720~18320
	<b>27913~29113(長)</b>		<b>20420~21620(長)</b>
601	01714~02314	509	25420~26020
	09514~10114		06821~07421
	11514~12114		08221~08821
	<b>23614~24814(長)</b>		14121~14721
604	02415~03015	505	17121~17721
	03815~04415		<b>22221~23421(長)</b>
	09315~09915		27521~28121
	14515~15115		05422~06022
	<b>24515~25715(長)</b>		07522~08122
605	<b>01416~02616(長)</b>	507	<b>16322~17522(長)</b>
	10216~10816		22622~23222
	12216~12816		18422~19022
	19516~20116	D4	00923~01523
	25316~25916		<b>06923~08123(長)</b>
	28616~29216		10223~10823
608	02417~03017	D10	<b>15023~16223(長)</b>
	<b>16517~17717(長)</b>		27323~27923
	21217~21817		<b>09724~10924(長)</b>
	<b>27717~28917(長)</b>		18324~18924
611	00618~01218	C3	20824~21424
	02118~02718		<b>27624~28824(長)</b>
	09218~09818		01625~02025
	<b>13118~14318(長)</b>		08325~08925
614	<b>25818~27018(長)</b>	C3	<b>10125~11325(長)</b>
	01319~01919		19225~19825
	03919~04519		21525~22125
	<b>07819~09019(長)</b>		09426~10026
	<b>14419~15619(長)</b>		<b>11426~12626(長)</b>
	20919~21519		19926~20526
25119~25719	<b>22626~23826(長)</b>		
			28926~29526

501	10127~10727	504	01833~02433
	<b>11827~13027(長)</b>		03633~04233
	17927~18527		09633~10233
	21727~22327		19733~20333
	<b>23927~25127(長)</b>		<b>24133~25333(長)</b>
C6	01128~01728	503	02534~03134
	11828~12428		04334~04934
	17928~18528		08834~09434
	19228~19828		<b>11034~12234(長)</b>
	22428~23028		22834~23434
	<b>25228~26428(長)</b>		<b>00735~01935(長)</b>
C7	01729~02329	502	03235~03835
	12529~13129		06835~07435
	19529~20129		09535~10135
	<b>26529~27729(長)</b>		21235~21835
D8	02430~03030	C10	25035~25635
	<b>04830~06030(長)</b>		01636~02236
	11130~11730		05236~05836
	14630~15230		10236~10836
	18130~18730		<b>19436~20636(長)</b>
	19930~20530		22936~23536
	<b>25230~26430(長)</b>		02337~02937
613	02931~03531	D7	05937~06537
	<b>06131~07331(長)</b>		10237~10837
	08831~09431		15537~16137
	16031~16631		<b>24637~25837(長)</b>
	18831~19431		00838~01438
	<b>25131~26331(長)</b>		<b>04238~05438(長)</b>
506	<b>02532~03732(長)</b>	C4	10938~11538
	10632~11232		16838~17438
	17632~18232		25638~26238
	20632~21232		28838~29438
	<b>23832~25032(長)</b>		
	29132~29732		

513	01539~02139	519	01341~01941
	03739~04339		<b>05241~06441(長)</b>
	<b>05539~06739(長)</b>		09341~09941
	11639~12239		18541~19141
	17839~18439		<b>20141~21341(長)</b>
	28439~29039		
C9	01240~01840	520	00642~01242
	<b>08740~09940(長)</b>		10042~10642
	12340~12940		19242~19842
	18340~18940		<b>21442~22642(長)</b>
	<b>23340~24540(長)</b>		

### 附錄二十 正常航班數增加 45%加油作業資料

停機位置	加油作業	停機位置	加油作業
A2	00201~00801	A7	<b>00105~01305(長)</b>
	09401~10001		03605~04205
	16601~17201		09005~09605
	<b>10601~11801(長)</b>		16505~17105
	20301~20901		21615~22205
	25801~26401		25105~25705
A4	01502~02102	A8	<b>02206~03406(長)</b>
	07202~07802		04506~05106
	<b>11902~13102(長)</b>		09506~10106
	17702~18302		<b>13906~15106(長)</b>
	19102~19702		17206~17806
	<b>24602~25802(長)</b>		18806~19406
A5	02203~02803	A9	27806~28406
	08303~08903		00307~00907
	12003~12603		<b>01407~02607(長)</b>
	<b>13203~14403(長)</b>		12207~12807
	15703~16303		15507~16107
	<b>23003~24203(長)</b>		23707~24307
A6	02904~03504		<b>24304~25504(長)</b>
	08204~08804		
	16004~16604		
	18804~19404		
	23304~23904		

D1	01008~01608	601	01714~02314
	<b>02708~03908(長)</b>		09514~10114
	08308~08908		11514~12114
	10708~11308		<b>23614~24814(長)</b>
	<b>15208~16408(長)</b>	604	02415~03015
	21208~21808		03815~04415
	24408~25008		09315~09915
D6	01309~01909	604	14515~15115
	<b>05609~06809(長)</b>		17315~17915
	12709~13309		<b>24515~25715(長)</b>
	16609~17209	605	<b>01416~02616(長)</b>
	18809~19409		10216~10816
	21909~22509		12216~12816
B5	<b>26209~27409(長)</b>	608	19516~20116
	02010~02610		25316~25916
	08910~09510		28616~29216
	<b>14510~15710(長)</b>		02417~03017
	20810~21410		09417~10017
B6	23510~24110	611	<b>16517~17717(長)</b>
	02711~03311		21217~21817
	09511~10111		<b>27717~28917(長)</b>
	<b>13211~14411(長)</b>		00618~01218
	24511~25111		02118~02718
B9	<b>28011~29211(長)</b>	614	09218~09818
	00312~00912		<b>13118~14318(長)</b>
	08812~09412		<b>16818~18018(長)</b>
	11512~12112	614	<b>25818~27018(長)</b>
	16412~17012		01319~01919
	18512~19112		03919~04519
	<b>22312~23512(長)</b>		<b>07819~09019(長)</b>
28512~29112	614	<b>14419~15619(長)</b>	
01013~01613		<b>18819~20019(長)</b>	
05513~06113		20919~21519	
08613~09213		25119~25719	
10213~10813		27819~28419	
19513~20113			
<b>27913~29113(長)</b>			

510	02020~02620	C3	01326~ <b>02526(長)</b>
	04620~05220		09426~10026
	<b>09120~10320(長)</b>		<b>11426~12626(長)</b>
	12320~12920		19926~20526
	17720~18320		<b>22626~23826(長)</b>
	<b>20420~21620(長)</b>		28926~29526
	25420~26020		10127~10727
509	06821~07421	501	<b>11827~13027(長)</b>
	08221~08821		17927~18527
	14121~14721		21727~22327
	17121~17721		<b>23927~25127(長)</b>
	<b>22221~23421(長)</b>	C6	01128~01728
	27521~28121		11828~12428
505	05422~06022	C6	17928~18528
	07522~08122		19228~19828
	<b>16322~17522(長)</b>		22428~23028
	22622~23222		<b>25228~26428(長)</b>
	18422~19022		01729~02329
507	00923~01523	D7	12529~13129
	03523~04123		19529~20129
	<b>06923~08123(長)</b>		<b>26529~27729(長)</b>
	10223~10823	D8	02430~03030
	<b>15023~16223(長)</b>		<b>04830~06030(長)</b>
	27323~27923		11130~11730
D4	<b>09724~10924(長)</b>	D8	14630~15230
	18324~18924		18130~18730
	20824~21424		19930~20530
	<b>27624~28824(長)</b>		<b>25230~26430(長)</b>
D10	01625~02025	613	02931~03531
	08325~08925		<b>06131~07331(長)</b>
	<b>10125~11325(長)</b>		08831~09431
	19225~19825		16031~16631
	21525~22125		18831~19431
			<b>25131~26331(長)</b>

506	<b>02532 ~03732(長)</b>	C4	00838 ~01438
	10632 ~11232		<b>04238 ~05438(長)</b>
	17632 ~18232		10938 ~11538
	20632 ~21232		16838 ~17438
	<b>23832 ~25032(長)</b>		<b>20438 ~21638(長)</b>
	29132 ~29732		22238 ~22838
504	01833 ~02433	513	25638 ~26238
	03633 ~04233		28838 ~29438
	09633 ~10233		01539 ~02139
	19733 ~20333		03739 ~04339
	<b>24133 ~25333(長)</b>		<b>05539 ~06739(長)</b>
	<b>27333 ~28533(長)</b>		11639 ~12239
503	02534 ~03134	C9	14539 ~15139
	04334 ~04934		17839 ~18439
	08834 ~09434		28439 ~29039
	<b>11034 ~12234(長)</b>		01240 ~01840
	22834 ~23434		<b>08740 ~09940(長)</b>
502	<b>00735 ~01935(長)</b>	519	12340 ~12940
	03235 ~03835		18340 ~18940
	06835 ~07435		<b>23340 ~24540(長)</b>
	09535 ~10135		01341 ~01941
	21235 ~21835		<b>05241 ~06441(長)</b>
	25035 ~25635		09341 ~09941
C10	01636 ~02236	520	18541 ~19141
	05236 ~05836		<b>20141 ~21341(長)</b>
	10236 ~10836		00642 ~01242
	13736 ~14336		10042 ~10642
	<b>19436 ~20636(長)</b>		12542 ~13142
	22936 ~23536		19242 ~19842
D7	02337 ~02937		<b>21442 ~22642(長)</b>
	05937 ~06537		
	10237 ~10837		
	15537 ~16137		
	<b>24637 ~25837(長)</b>		

附錄二十一長程增加 45%、中短程增加 60%加油作業資料

停機位置	加油作業	停機位置	加油作業
A2	00201~00801	A9	00307~00907
	09401~10001		<b>01407~02607(長)</b>
	16601~17201		12207~12807
	<b>10601~11801(長)</b>		15507~16107
	20301~20901		23707~24307
	25801~26401		01008~01608
A4	01502~02102	D1	<b>02708~03908(長)</b>
	07202~07802		08308~08908
	<b>11902~13102(長)</b>		10708~11308
	17702~18302		<b>15208~16408(長)</b>
	19102~19702		21208~21808
	<b>24602~25802(長)</b>		24408~25008
A5	02203~02803	D6	01309~01909
	08303~08903		<b>05609~06809(長)</b>
	12003~12603		12709~13309
	<b>13203~14403(長)</b>		16609~17209
	15703~16303		18809~19409
	<b>23003~24203(長)</b>		21909~22509
A6	02904~03504	B5	<b>26209~27409(長)</b>
	08204~08804		02010~02610
	16004~16604		08910~09510
	18804~19404		<b>14510~15710(長)</b>
	23304~23904		20810~21410
	<b>24304~25504(長)</b>		23510~24110
A7	<b>00105~01305(長)</b>	B6	02711~03311
	03605~04205		09511~10111
	09005~09605		<b>13211~14411(長)</b>
	16505~17105		24511~25111
	21615~22205		<b>28011~29211(長)</b>
	25105~25705		00312~00912
A8	<b>02206~03406(長)</b>	B9	08812~09412
	04506~05106		11512~12112
	09506~10106		16412~17012
	<b>13906~15106(長)</b>		18512~19112

	17206~17806		<b>22312~23512(長)</b>
C1	01013~01613	614	01319~01919
	05513~06113		03919~04519
	08613~09213		<b>07819~09019(長)</b>
	10213~10813		<b>14419~15619(長)</b>
	19513~20113		<b>18819~20019(長)</b>
	<b>27913~29113(長)</b>		20919~21519
601	01714~02314	510	25119~25719
	09514~10114		27819~28419
	11514~12114		02020~02620
	<b>23614~24814(長)</b>		04620~05220
604	02415~03015	510	<b>09120~10320(長)</b>
	03815~04415		12320~12920
	09315~09915		17720~18320
	14515~15115		<b>20420~21620(長)</b>
	17315~17915		25420~26020
	<b>24515~25715(長)</b>		06821~07421
605	<b>01416~02616(長)</b>	509	08221~08821
	10216~10816		14121~14721
	12216~12816		17121~17721
	19516~20116		<b>22221~23421(長)</b>
	25316~25916		27521~28121
	28616~29216		05422~06022
608	02417~03017	505	07522~08122
	09417~10017		<b>16322~17522(長)</b>
	<b>16517~17717(長)</b>		18422~19022
	21217~21817		22622~23222
	<b>27717~28917(長)</b>		00923~01523
611	00618~01218	507	03523~04123
	02118~02718		<b>06923~08123(長)</b>
	09218~09818		10223~10823
	<b>13118~14318(長)</b>		<b>15023~16223(長)</b>
	<b>16818~18018(長)</b>		27323~27923
	<b>25818~27018(長)</b>		<b>09724~10924(長)</b>
		D4	18324~18924
			20824~21424
			<b>27624~28824(長)</b>

D10	01625～02025	613	02931～03531
	08325～08925		<b>06131～07331(長)</b>
	<b>10125～11325(長)</b>		08831～09431
	19225～19825		16031～16631
	21525～22125		18831～19431
C3	01326～ <b>02526(長)</b>	506	<b>25131～26331(長)</b>
	09426～10026		<b>02532～03732(長)</b>
	<b>11426～12626(長)</b>		10632～11232
	19926～20526		17632～18232
	<b>22626～23826(長)</b>		20632～21232
501	28926～29526	504	<b>23832～25032(長)</b>
	10127～10727		29132～29732
	<b>11827～13027(長)</b>		01833～02433
	17927～18527		03633～04233
	21727～22327		09633～10233
C6	<b>23927～25127(長)</b>	503	19733～20333
	01128～01728		<b>24133～25333(長)</b>
	11828～12428		<b>27333～28533(長)</b>
	17928～18528		02534～03134
	19228～19828		04334～04934
C7	22428～23028	502	08834～09434
	<b>25228～26428(長)</b>		<b>11034～12234(長)</b>
	01729～02329		22834～23434
	12529～13129		<b>00735～01935(長)</b>
	19529～20129		03235～03835
D8	<b>26529～27729(長)</b>	C10	06835～07435
	02430～03030		09535～10135
	<b>04830～06030(長)</b>		21235～21835
	11130～11730		25035～25635
	14630～15230		01636～02236
	18130～18730		05236～05836
	19930～20530		10236～10836
<b>25230～26430(長)</b>	13736～14336		
			<b>19436～20636(長)</b>
			22936～23536

D7	02337~02937	519	01341~01941	
	05937~06537		<b>05241~06441(長)</b>	
	10237~10837		09341~09941	
	15537~16137		18541~19141	
	<b>24637~25837(長)</b>		<b>20141~21341(長)</b>	
C4	00838~01438	520	00642~01242	
	<b>04238~05438(長)</b>		10042~10642	
	10938~11538		12542~13142	
	16838~17438		19242~19842	
	<b>20438~21638(長)</b>		<b>21442~22642(長)</b>	
	22238~22838	B8	02443~03043	
	25638~26238		09343~09943	
513	28838~29438	615	14543~15143	
	01539~02139		17343~17943	
	03739~04339		02444~03044	
	<b>05539~06739(長)</b>		09444~10044	
	11639~12239		21244~21844	
	14539~15139		B10	05445~06045
	17839~18439			07545~08145
28439~29039	22645~23245			
C9	01240~01840	B7	18445~19045	
	<b>08740~09940(長)</b>		01346~01946	
	12340~12940		09446~10046	
	18340~18940		19946~20546	
	<b>23340~24540(長)</b>		22646~23246	
C8	05247~05847			
	10247~10847			
	13747~14347			
	22947~23547			