

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

航機修護工廠最佳化機位排程

**The optimization model of apron assignment for aircraft
maintenance company**

研究生：詹易軒 撰

中華民國 111 年 6 月

謝辭

終於走到學生生涯最後一天，從進到一個不熟悉的領域到寫完論文有很多人的幫忙，我要感謝所有老師，不管是航太系還是運管系的老師們一直給我很多幫助跟建議，還有我的同學、家人跟幫助我的長官，我才能順利如期畢業。

首先最重要的絕對是我的指導教授陳俊穎老師，由於我是非本科系學生，所以老師從一開始的基礎到後面論文的撰寫給了我很多建議，在遇到瓶頸時也常給我許多鼓勵，而且也給我很多空間讓我去參加夏令營的面試以及陪伴家人的時間。

另外我還要感謝華航的甘大哥，每次都要在工作的空檔抽空回答我的問題，感謝您不厭其煩的解釋我許多的疑問，我碰到不會的地方也都很詳細的跟我說明，如果沒有您的幫忙，我一定沒辦法完成論文！

接著是研究所的同學，文豪、欣怡、玉穎、美蕙、韋丞、昱忻、盈欣、昱霖、瑋翔、雅文、宜人、宸豪、共哥與瑞霖，感謝你們兩年來的陪伴，在碩一剛進來的時候我真的什麼都不會，老師不認識上課方式也不知道，真的很感謝你們都有教我，報告也有凱瑞我，讓我能夠順利修完所有學分。平常也都有找我出去玩，讓我融入這個大家庭，這兩年來我真的過得很快樂，沒有你們的陪伴跟幫忙我一定沒辦法畢業，最後希望大家都能夠早日完成論文趕快拿到文憑！陳家的昱忻，我們兩個真的是當初走投無入到一起寫程式、一起找題目還有一起去聽演講，真的只能跟你聊喜歡的航空，還有同家的宜人，謝謝你們兩年來的陪伴拉！再來是我的大學同學還有學長學弟們，老師、泰國人、阿天、章丞、張郁、靖元、育勝跟其他大同學還有已經在工作還沒變網紅的楷維，感謝你們一直都有繼續跟我聯絡，聽我訴苦跟我聊天，真的很開心有你們這些朋友的陪伴，我才能繼續走下去沒有休學，尤其是泰國人，希望你可以準時畢業，加油！

最後，我要感謝我家人，爸爸、媽媽還有妹妹，一直鼓勵我當我最大的後盾，在我好幾次動過休學的念頭時一直支持我、鼓勵我，我才能在無憂慮的情況下順利畢業，雖然因為疫情我們一家四口分隔四地，但你們的支持真的給我很大的勇氣繼續走下去，謝謝你們，我愛你們！

詹易軒 謹致

中華民國 111 年 6 月

論文名稱：

頁數：102

航機修護工廠最佳化機位排程

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：110 學年度第 2 學期碩士學位論文提要

研究生：詹易軒

指導教授：陳俊穎 博士

論文提要內容：

航機維修是航空公司營運中維持飛航安全非常重要的一環。航機修護工廠主要負責定期維修作業，由於定期維修作業時間較長，修護工廠為有效運用棚廠空間以提升維修能量及效率，因此機位間距通常較近。航機於維修過程中常因工作需求更換機位，若航機移動路線會與其他航機發生碰撞危險將導致其他航機被迫中斷維修工作同時進行移動就稱為航機之阻擋問題。航機發生阻擋問題時會造成其他航機不必要的移動，使修護工廠維修效率降低、成本增加且容易發生維修錯誤。因此，本研究以航機修護工廠為出發點，建構一最佳化機位排程模式。

本研究基於航機修護工廠之立場，以最小移動次數為目標，考量實際營運情況，利用零壹整數數學規劃及時空網路流動技巧建立此模式。模式中依照修護工廠維修種類分為長期需噴漆維修航機之時空網路、長期不需噴漆維修航機之時空網路、短期維修航機之時空網路及起落架更換航機之時空網路。本研究利用 C++ 進程式撰寫配合 CPLEX 數學規劃軟體進行模式求解。最後本研究以修護工廠提供之各檢查工作平均維修時間及修護工廠最高維修能量，建立一合理且符合實務情形之資料進行範例測試，並針對不同參數及情境分別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：航機修護工廠機位排程;航機修護工廠;時空網路;零壹整數數學規劃;航機阻擋

* 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:102

The optimization model of apron assignment for aircraft maintenance company

Key word:

Apron assignment for aircraft maintenance company; Aircraft maintenance company; Time-space network; Zero-one integer program; Aircraft blocking problem

Name of Institute:

Graduate Institute of Transportation Science, TamKang University

Graduate date:

June, 2022

Degree conferred:

Master Degree

Name of student: I-Hsuan Chan

詹 易 軒

Advisor: Dr. Chun-Ying Chen

陳 俊 穎 博士

Abstract:

Aircraft maintenance is a very important part in aviation safety. Base maintenance in an aircraft maintenance company is mainly responsible for regular maintenance. Due to the long period of base maintenance, the aircraft maintenance company use short space apron in hangar to increase the maintenance energy and efficiency. Aircraft usually change apron due to maintenance requirements during the maintenance process. If the moving route of the aircraft may collide with other aircraft which must interrupt the maintenance and moving at the same time to ensure the aircraft moving safety, which is called the blocking problem of the aircraft. When aircraft is blocked, it will cause unnecessary movement of other aircrafts, which may decrease the maintenance efficiency, increases the cost and maintenance errors. Therefore, we develop the optimization model of apron assignment base on the aircraft maintenance company's opinion.

We use zero-one integer program and network flow techniques developing the model to reach the minimum numbers of moving times. 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 data given by aircraft maintenance company in practice, conduct the sensitive analysis and situational analysis by different parameters and situations. The results show that the model could be useful for aircraft maintenance 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-FM031-02

目 錄

目 錄.....	I
圖目錄.....	V
表目錄.....	VII
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與研究動機.....	1
1.1.1 研究背景.....	1
1.1.2 研究動機.....	2
1.2 研究目的.....	3
1.3 研究範圍.....	3
1.4 研究流程.....	4
第二章 文獻回顧.....	6
2.1 航機維修排程相關文獻.....	6
2.2 航機修護工廠之機位調度相關文獻.....	8
2.3 網路流動技巧相關文獻.....	9
2.4 現況分析.....	11
2.4.1 航機修護工廠之定期維修工作內容.....	11
2.4.2 航機維修工作與機位之限制.....	12
2.4.3 航機修護工廠機位排程方式與流程.....	14
2.5 小結.....	16
第三章 模式建構.....	17
3.1 問題描述.....	17
3.1.1 修護工廠機位介紹.....	17
3.1.2 航機維修流程.....	19
3.1.3 航機維修過程之阻擋情形.....	24
3.1.5 小結.....	25
3.2 模式架構.....	26

3.2.1 模式假設.....	26
3.2.2 航機時空網路.....	27
3.2.2.1 長期需噴漆維修航機之時空網路.....	27
3.2.2.2 長期不需噴漆維修航機之時空網路.....	33
3.2.2.3 短期維修航機之時空網路.....	35
3.2.2.4 起落架更換航機之時空網路.....	37
3.2.3 數學定式.....	39
第四章 實證分析.....	46
4.1 輸入資料.....	46
4.1.1 航機資料.....	46
4.1.2 維修資料.....	47
4.1.3 每日工作排程資料.....	48
4.2 模式發展.....	49
4.2.1 模式規模.....	49
4.2.1 模式輸入資料.....	51
4.3 電腦測試環境及設定.....	52
4.3.1 電腦測試環境.....	52
4.3.2 模式輸出資料.....	52
4.4 範例測試結果分析.....	52
4.4.1 長期需噴漆維修測試結果.....	55
4.4.2 長期不需噴漆維修測試結果.....	55
4.4.3 短期維修測試結果.....	56
4.4.3.1 短期維修航機 7 測試結果.....	56
4.4.3.2 短期維修航機 11 測試結果.....	57
4.4.4 起落架更換測試結果.....	58
4.5 敏感度分析.....	59
4.5.1 於戶外機位區執行短期維修懲罰值之敏感度分析.....	59
4.5.2 長期維修航機數量增減之敏感度分析.....	64

4.5.3 每日短期維修航機數量增加之敏感度分析.....	67
4.6 情境分析.....	71
4.6.1 除漆完成停留限制之情境分析.....	71
4.6.1.1 除漆完成後選擇停留之情境分析.....	72
4.6.1.2 除漆完成後選擇離開之情境分析.....	73
4.6.2 阻擋情境分析.....	75
4.7 小結.....	77
第五章 結論與建議.....	78
5.1 結論.....	78
5.2 建議.....	79
5.3 貢獻.....	80
參考文獻.....	81
附錄.....	84
附錄一 範例測試航機資料.....	84
附錄二 長期維修增加 1 架敏感度分析航機資料.....	85
附錄三 長期維修減少 1 架敏感度分析航機資料.....	86
附錄四 長期維修減少 2 架敏感度分析航機資料.....	87
附錄五 長期維修減少 3 架敏感度分析航機資料.....	88
附錄六 每日 2 架短期維修航機敏感度分析航機資料.....	89
附錄七 每日 3 架短期維修航機敏感度分析航機資料.....	90
附錄八 每日 4 架短期維修航機敏感度分析航機資料.....	91
附錄九 每日 5 架短期維修航機敏感度分析航機資料.....	93
附錄十 每日 6 架短期維修航機敏感度分析航機資料.....	95
附錄十一 每日 7 架短期維修航機敏感度分析航機資料.....	97
附錄十二 除漆完成選擇停留情境分析航機資料.....	99
附錄十三 除漆完成選擇離開情境分析航機資料.....	99
附錄十四 阻擋情境分析航機資料.....	100
附錄十五 每日 2 架短期維修之機位排程結果.....	100

附錄十六	每日 3 架短期維修之機位排程結果.....	101
附錄十七	每日 4 架短期維修之機位排程結果.....	101
附錄十八	每日 5 架短期維修之機位排程結果.....	101
附錄十九	每日 6 架短期維修之機位排程結果.....	102



圖目錄

圖 1.1 研究流程圖.....	5
圖 2.1 航機修護工廠機位排程流程圖.....	15
圖 3.1 F 航修護工廠機位平面圖	18
圖 3.2 F 航修護工廠戶外機位區衛星圖	18
圖 3.3 航機維修流程圖.....	20
圖 3.4 長期維修流程與機位對照圖.....	22
圖 3.5 短期維修及起落架更換流程與機位對照圖.....	23
圖 3.6 航機阻擋示意圖.....	25
圖 3.7 長期需噴漆維修航機(於規劃期內開始維修)之時空網路示意圖.....	29
圖 3.8 長期需噴漆維修航機(於規劃期內結束維修)之時空網路示意圖.....	32
圖 3.9 長期不需噴漆維修航機之時空網路示意圖.....	34
圖 3.10 短期維修航機之時空網路示意圖.....	36
圖 3.11 起落架更換航機之時空網路示意圖.....	38
圖 3.12 除漆完成停留節線示意圖.....	43
圖 3.13 進入阻擋限制式示意圖.....	44
圖 3.14 離開阻擋限制式示意圖.....	45
圖 4.1 F 航修護工廠最佳化機位排程模式機位排程結果(機位時點)	54
圖 4.2 F 航修護工廠最佳化機位排程模式機位排程結果(航機時點)	54
圖 4.3 長期需噴漆維修航機 19 規劃結果.....	55
圖 4.4 長期不需噴漆維修航機 23 規劃結果.....	56
圖 4.5 短期維修航機 7 規劃結果.....	57
圖 4.6 短期維修航機 11 規劃結果.....	58
圖 4.7 起落架更換航機 22 規劃結果.....	59
圖 4.8 懲罰值為 0 機位排程結果.....	60
圖 4.9 懲罰值與於戶外機位區執行短期維修航機數量關係圖.....	61
圖 4.10 懲罰值與目標值及移動次數關係圖.....	61
圖 4.11 懲罰值與總懲罰值及求解秒數關係圖.....	62

圖 4.12 懲罰值為 0.5 機位排程結果.....	62
圖 4.13 懲罰值為 1 機位排程結果.....	63
圖 4.14 懲罰值為 1.5 機位排程結果.....	63
圖 4.15 懲罰值為 2 機位排程結果.....	63
圖 4.16 長期維修航機數量減少 0 架之機位排程結果.....	64
圖 4.17 長期維修航機數量增減與於戶外機位區及長地停機位執行短期維修航機數量關係圖.....	65
圖 4.18 長期維修航機數量減少 1 架之機位排程結果.....	66
圖 4.19 長期維修航機數量減少 2 架之機位排程結果.....	67
圖 4.20 長期維修航機數量減少 3 架之機位排程結果.....	67
圖 4.21 每日短期維修航機數量與可停放畸零空間之廣體航機於戶外機位區執行短期維修對照圖.....	68
圖 4.22 每日短期維修航機數量 7 架之機位排程結果.....	69
圖 4.23 每日短期維修航機數量與於畸零空間機位執行短期維修航機數量對照圖.....	69
圖 4.24 每日短期維修航機數量與模式求解秒數對照圖.....	70
圖 4.25 除漆完成後選擇停留之機位排程結果（機位時點）.....	73
圖 4.26 除漆完成後選擇停留之機位排程結果（航機時點）.....	73
圖 4.27 除漆完成後選擇離開之機位排程結果（機位時點）.....	74
圖 4.28 除漆完成後選擇離開之機位排程結果（航機時點）.....	74
圖 4.29 阻擋情境分析之機位排程結果（機位時點）.....	76
圖 4.30 阻擋情境分析之機位排程結果（航機時點）.....	76

表目錄

表 3-1F 航修護工廠機位阻擋對照表	25
表 3-2F 航修護工廠機位阻擋對照表	40
表 4-1 F 航修護工廠維修能量之航機機型分類對照表	47
表 4-2 F 航修護工廠各維修類別之維修天數對照表	48
表 4-3 F 航修護工廠機位編號與停放限制	50
表 4-4 範例測試之網路規模與數學模式規模	50
表 4-5 範例測試之航機資訊與求解結果	53
表 4-6 長期需噴漆維修航機 19 維修資料	55
表 4-7 長期不需噴漆維修航機 23 維修資料	56
表 4-8 短期維修航機 7 維修資料	57
表 4-9 短期維修航機 11 維修資料	58
表 4-10 起落架更換航機 22 維修資料	58
表 4-11 短期維修航機於戶外機位區執行維修懲罰值之敏感度分析	59
表 4-12 長期維修航機數量增減之敏感度分析	64
表 4-13 每日短期維修航機數量增加之敏感度分析	70
表 4-14 除漆完成後選擇停留情境分析之模式規模與求解結果	72
表 4-15 除漆完成後選擇離開情境分析之模式規模與求解結果	74
表 4-16 阻擋情境分析之模式規模與求解結果	75

第一章 緒論

1.1 研究背景與研究動機

1.1.1 研究背景

航機維修為航空公司在營運中為了要保證航機安全飛行到目的地而進行的各種檢查、維護作業。航機在累積一定的飛行時數、起降次數、日曆天數，上述項目何者先達到規定之上限值就要執行航機的定期檢查（劉世德 2002）。國際民用航空組織（International Civil Aviation Organization, ICAO）於國際民用航空公約第 31 條適航證規定，「凡從事國際航行的每一航空器，應備有該航空器登記國發給或核准的適航證」。航機是否適航取決於航空器與其發動機、螺旋槳、各項裝備及零組件符合原機型設計且可安全操作之狀態，而所有航空器都必須要有適航證才能飛行，因此航機的維修作業對於航空公司非常重要。

2020 年受到新型冠狀病毒（COVID-19）的影響，各國祭出旅遊禁令並且封鎖邊境，重創航空業。根據國際航空運輸協會（International Air Transport Association, IATA）統計，2020 年全球航空公司損失高達 1264 億美元（IATA 2021）。航空公司的虧損連帶影響到航機維修業，奧緯諮詢公司（Oliver Wyman 2021）統計，2020 年及 2021 年的維修需求只有 COVID-19 發生前的 33%，少了將近 600 億美元。雖然受到 COVID-19 影響，但在 2021 年隨著疫苗普及化，許多國家開始恢復少量航班，奧緯諮詢公司（2021）預估維修市場會逐漸恢復到 COVID-19 前的水平後在 2022 年下半年需求量會大幅增加，並且到 2031 年，每年以年增長率 3% 的市場需求穩定增加。面對日益增長的航機維修需求，需要進行縝密的規劃使航機能夠得到足夠時間維修，確保在時限內完成維修工作並交付給航空公司繼續營運（Qin et al. 2017），因此航機維修排程規劃顯得相當重要。

航機維修工作可以分為二大類，分別為定期維修作業以及非定期維修作業，非定期維修作業通常指的是航機發生故障需要即時修復的作業，若發生非重大事故之故障，通常會交給航線維修（Line Maintenance）執行修復工作，像是飛行前、

飛行後檢查、過境檢查、臨時突發狀況的維修；定期維修作業因其維修工作工時較長，通常會交給基地維修（Base Maintenance）在航機修護工廠執行修護工作，像是各級的定期檢查（A、B、C、D check）、結構檢查、起落架檢查、噴漆等工作（劉世德 2002）。

航線維修作業執行地點在各機停機坪，通常都是航機出發前或到達後之檢查以及臨時突發狀況的維修。定期維修作業執行地點在航空公司之修護工廠，由於定期維修作業通常要將航機部件拆檢，檢查其是否在適航規定內，因此其維修時間較長，會停放在棚廠進行維修，航機修護工廠會考慮航機機型以及工作類型，決定要停放哪個棚廠機位。交通部民用航空局（以下簡稱民航局，CAA）之航空產品與其各項裝備及零組件維修廠設立檢定管理規則第二十六條規定「維修廠應建立及維持為民航局所接受之品質管制系統，以確保維修廠或其依合約委託之支援廠商執行航空產品與其各項裝備及零組件維修或預防性維修工作後之適航性」。因此在航機完成維修工作後，需要依照法規以及航機維修手冊（Aircraft maintenance manual, AMM）規定進行一系列測試，確保航機在適航狀態。在測試檢查中有些測試因為安全性問題，不能在維修棚廠內進行測試，像是發動機試車、衛星訊號相關之系統測試等，需要將航機拖行至戶外機位或其他指定的區域進行測試，故在維修過程中會發生航機進出棚廠的情形。

1.1.2 研究動機

在維修棚廠中，為了要有效運用維修棚廠空間，因此在實務上維修棚廠內機位之間的距離會較短，導致棚廠內之航機如果要執行測試、交機離廠、因工作項目更換棚廠等工作必須移動航機時要考慮移動過程以及路徑是否會受到附近機位航機阻擋的影響。若在安排機位沒有考慮其他航機停放情形，做出不正確之航機進廠、離廠、移動安排時，將導致航機推入和推出維修棚廠移動過程中與停放於維修棚廠內之其他航機之間發生阻擋問題（Qin et al. 2017）。

阻擋問題造成航機頻繁移動，會間接影響維修工作人員執行維修工作，由於在移動時大部分維修工作必須暫停，除了造成人員上的閒置，另外也可能因為工作暫停導致維修人員在回到工作崗位後發生錯誤的機率更高。Dupont 於加拿大

運輸部門工作時提出 12 個常見的人為錯誤，分心為其中一項常見錯誤，造成分心的原因有很多種，像是工作交接不完全、臨時事件出現、突然接到別人打來的電話等，導致人們的注意力離開原本在執行的任務上（Skybrary 2020）。雖然在實務上修護工廠有針對工作中斷進行一系列的規定來避免分心，像是未完成的工作要做記號、由自己或請別人再檢查一次、重新開始工作時由離開時之前三個步驟開始、使用詳細的檢查卡等（行政院飛航安全委員會 2010）。但上述規定中，如回到工作崗位需要退回三步重複進行檢查，會降低維修效率，不斷的中斷工作也會增加發生分心的機率，因此阻擋問題造成航機移動更加頻繁，除了最主要的維修工作中斷之外，可能還會間接造成維修人員發生錯誤的機率增加，維修效率、維修品質降低等問題，更加突顯棚廠機位阻擋問題的重要性。

以往文獻多為針對各航機維修進行排程規劃，並沒有考慮到維修棚廠機位阻擋問題，故本研究針對航機修護工廠航機停放機位問題，考量實務上之各種限制條件嘗試以系統最佳化建構一最佳化機位模式，解決實務上航機在移動過程中之阻擋問題。

1.2 研究目的

本研究以航機修護工廠為出發點，針對航機於維修過程中之機位排程進行研究，考量實際的營運情況，如維修班表、棚廠機位使用限制等，透過最佳化系統分析以電腦快速求解，由於目前航機修護工廠在機位調度是以人工方式進行機位排程以及管控作業，考量到機位排程之原則，以及航機修護工廠實際面臨的狀況，建立一修護工廠機位最佳化排程模式。期能幫助航機修護工廠有效解決航機在維修過程中移動而受到阻擋之問題，使航機在維修過程中更有效率。

1.3 研究範圍

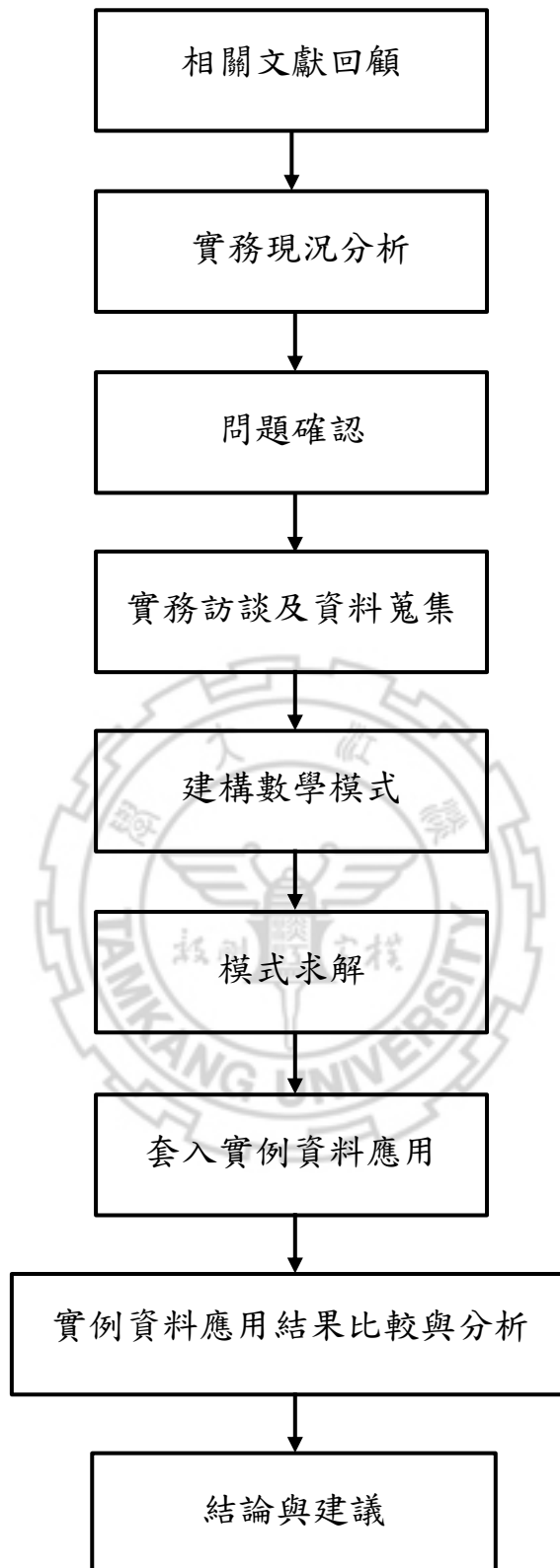
航機維修工作可以分為二大類，分別為航線維修以及定期維修，航線維修為維修人員於各停機坪執行檢查，主要有起飛前檢查、過境檢查、航後地停檢查、航機的適航簽放以及臨時故障排除，由於停機坪有安全間距，因此無阻擋之問題。定期維修作業為維修人員於航空公司之修護工廠執行各級維修檢查作業，其需要之維修時間較久，修護工廠為了有效運用棚廠空間以增加維修能量，機位間距通

常較近，且不同維修工作需在其限制之地點進行維修作業，因此航機有進出棚廠的需求，較容易發生進出阻擋之問題，故本研究以國內某航機修護工廠之機位排程為實例，針對於修護工廠進行定期維修檢查之航機進行機位排程最佳化之研究，並且考量修護工廠進行維修作業時之各種限制，在滿足限制因素下，針對修護工廠之機位排程提出最佳建議，使修護管理單位可以做出更有效率之機位安排。

1.4 研究流程

本研究使用零壹整數數學規劃以及時空網路之觀念，以航機最小移動次數為目標，並考慮實務上航機維修之營運方式，如航機維修班表、棚廠機位使用限制、棚廠容量等，建立一航機修護工廠最佳化機位排程模式。

本研究流程圖如圖 1.1 所示，經過文獻回顧以及目前維修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，本研究與維修工廠之相關人員進行訪談，更詳細了解相關營運限制以及現況，確認研究議題是否與實務相呼應。接著將訪談結果以及研究議題整合，建構零壹整數數學模式發展出維修工廠最佳化機位排程模式。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，並以修護工廠提供之維修資料，進行模式之測試與分析。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。



資料來源：本研究整理

圖 1.1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

本研究為針對航機維修工廠機位阻擋之調度問題進行研究，國際航空運輸協會（2021）公布 2019 年航空公司在航機維修上之成本佔航空公司年度運營總成本的 10.3%，航機維修對航空公司營運的影響以及飛航安全相當重要，為了讓航機在維修工廠能夠順利進行維修作業，避免航機在維修過程中受到鄰機移動影響或航機自身在移動過程中影響鄰機，故考慮維修工廠機位阻擋之調度的問題。因此本節將針對航機維修排程最佳化、航機修護工廠之機位調度、網路流動技巧、現況分析以及其他與航機維修相關之國內外文獻做整理與回顧，作為本研究發展之基礎及參考。

2.1 航機維修排程相關文獻

航機維修是影響飛航調度的因素之一，民航局規定航空公司必須按照飛機製造商的維修手冊（AMM）以及法規規定日期進行維修，航機維修關係到航機使用率的問題，因此維修工廠需要仔細規劃有效的維修排程，以保證所有航機在符合規範下完成各級別之維修工作，降低航機等待維修時間，使航空公司營運成本降低。

航空公司必須要在有限的人力、資源及既定的時間內，正確無誤地完成維修工作，才能使航空公司順利營運並且確保航機在飛行時的安全，因此如何將有限的人力、資源分配到每架需要維修的航機上就非常關鍵。航機維修的排程就是解決航空公司在維修航機時分配人力以及資源等問題最佳的解決辦法（顏上堯等人 2012），下面就維修排程分為政策面、時程安排面以及人力方面分別介紹。

首先在航機維修政策優化方面，A. Regattieri et al.（2015）使用一種基於失效過程以及修復過程建模方式定義基於預防和修正方法的最佳維護策略，該方法結合了數學模型和模擬的使用，模擬方法允許對分析模型設置的策略進行微調並且考慮了維修零件庫存管理的影響，此研究針對 A320 的 6 個關鍵零件，套入預防策略模型中，研究結果使每年的總成本與之前相比降低 20%，對總成本的影響非常顯著。

航機維修排程方面，吳國賓（2004）探討維修工作與限量修護人力的關係，因為維修工作執行排程的本質上，各工作之間無直接關係，無法使用線性函數描述工作排程，因此本研究使用二進位變數當成決策變數，決定維修工作何時排入執行，以建立符合工作排程之數學模式，數學模式以最小人力閒置工作時間為目標，模式結果顯示工作排程都能依據給定人力限制與執行優先順序排出較佳的維修排程計畫。

顏上堯等人（2007）使用零壹數學規劃方法建構中期排程模式，此研究以 A check 為例，只考慮航空公司自有航機之維修，因為客戶航機維修合約於長期計畫中簽訂，因此在中期維修排程中不考慮客戶航機，以最大化航機維修效益為目標，主要為最大化自有航機使用率，並依照不同航機的重要性給予權重值，另外考慮加派人力懲罰值與虛擬機庫懲罰值（儘量不在維修棚廠外進行維修），結果顯示此研究可有效提升航機使用率，排程也優於人工排程方法。

航空公司在營運上容易受到影響，像是天氣、臨時故障等，往往會影響到航機原先規劃的維修排程，因此陳毓卿（2007）使用數學整數規劃方法及系統最佳化的觀念，以最小擾動成本為目標，限制式考量實際營運情況，以及針對航機修護工廠實際面臨狀況之問題特性，如允許班次提早、延後維修時間與否，考量臨時事件發生時間、受擾動班次數、廠棚機型、維修人力供給、廠棚容量限制以及維修作業成本工時等，建構一個因應臨時事件航機維修停機排程調整排程模式。

長期排程模式時間長達五年，但為了確保停機定期維護計畫之正確性，需配合實務營運變化每年調整一次，因此顏上堯等人（2012）使用零壹數學規劃方法建構長期排程之年度停機調整模式，並將契約客戶納入考慮，以航機使用率最大化為目標，並依照不同航機的重要性給予權重值，除了提高資源利用效率，也可使自有機隊維護時距展延之航機數量增加並可以改善以往人工調整效率不佳之問題，亦可滿足契約客戶需求並能增加臨時客戶機業務。

最後在人力方面，顏上堯等人（2002）指出航空公司維修部門在維修人員安排上多以人工為主，除了較費時外，也無法依照實際需求相配合，導致人力分配不均、人力資源浪費的情形發生，因此其使用數學規劃模式，以人力浪費最小化

為目標，建立一個可以有效的規劃維修人員排班與人力供給的模式（一天需要幾個班別以及各班別的起始時間），研究結果可幫助業者在實務上有效率的規劃航機維修之人力供給。

楊大輝等人（2005）針對航空公司短期維修計劃的人員勤務指派問題，將勤務指派問題分為兩步驟來求解，第一步驟為組員選派，透過網路配對子模式，將維修人員分配到每天不同時段的執勤班次，由於此網路配對子模式並未將維修人員工作時數限制的法規列入模式考量中，因此使用工時調整子模式將網路配對子模式求得的結果進行改善，將不同員工班表對調以符合法規規定，第二步驟為組員分組，將同一時段值勤的人員按勤務的需求來進行功能性的分組，以每一小班的平均維修能力指標盡量能接近總體平均維修能力指標，讓各班間組員的能力差異最小化，即尋求小組人員總能力的公平性。研究結果藉由國內航空公司實際資料測試模式，結果顯示各步驟運算具有效率，可迅速求得合理之結果。

2.2 航機修護工廠之機位調度相關文獻

Qin et al.（2017）指出隨著航空公司機隊規模增加，面對日益增長的航機維修需求，為了降低運營成本，越來越多航空公司會將航機維修工作外包給第三方的航機修護工廠。航機修護工廠會收到來自各航空公司不同到達時間和維修需求的航機，為了有效在期限內完成航機維修工作，因此必須仔細安排維護計劃和一系列航機停放計劃，包括每架航機的維修計劃（進廠和離廠時間）以及每架航機在維修棚廠中的停放位置，達到最大限度減少多期規劃的總延遲，但是維修棚廠的容量會根據不同時間收到的維修需求而有所不同，以及許多維修需求之航機在相似的時間進廠或規劃人員做出不正確之航機進廠和離廠安排時，導致航機推入和推出維修棚廠操作過程中，進廠、離廠之航機和停放於維修棚廠內之航機之間發生阻擋。因此此研究針對人工規劃效率低下的問題，提出了一種將維修調度和停機佈局規劃相結合的混合整數線性規劃（MILP）模型，使用非重疊多邊形（No-Fit Polygon）結構防止航機之間碰撞，所提出的方法有助於航機修護工廠充分利用其有限的棚廠空間並提高其服務品質，以應付大量維修需求。

Qin et al.（2018）隨後利用 Qin et al.（2017）提出的模型進行優化，將混合

整數線性規劃（MILP）模型分為兩階段，第一階段為從航空公司提出的維修需求中找到最大整體利潤的維修訂單子集合，由於航機進入棚廠後便不會再移動，因此通常會將進廠、交機時間相近之航機安排在一起，同時進行航機的移動來避免移動時的阻擋，第二階段為使用修改後的 NFP（No-Fit Polygon）結構最大化維修棚廠中航機間的安全間距，達到最大化維修棚廠使用空間目的並保持安全間距，得以增加維修效率，避免航機因阻擋而造成資源浪費。

Qin et al.（2019）則是專注於維修排程和維修棚廠航機停放位置佈局規劃之間的協調，提出了一種優化方法，從維修工廠的角度製定維修計劃，擴展 Qin et al.（2017）提出的數學模型，使用基於事件的離散時間模型（Event-based discrete time model）來減少維修棚廠空間浪費，該模型在解決中小型實例時優於基本離散時間模型。此外，針對此研究問題開發了滾動平面法（Rolling horizon approach），為大規模實例提供好的可行解決方案，增加模式運算效率。

Qin et al.（2020）考慮維修技術人員指派問題，由於有些維修需要特定技術執照的人員才能執行特定項目的維修工作，因此每個技術人員只能執行特定核准之維修工作，相對的擁有高階執照的高階維修人員通常工資更高，另外還要考慮其他因素，例如團隊規模和休息時間，在維修尖峰期間可能會發生航機移動的阻擋，航機停放位置分配不當也會導致維修棚廠空間利用率降低，維修人員的分配也可能影響維修工作的服務時間，導致服務時間和完成維修的時間發生變化，故此研究使用兩階段數學規劃，對維修服務時間安排、維修棚廠機位佈局規劃和人員配備之間的相關性進行建模，第一階段為確定每架航機的維修和停機時間，第二階段為決定維修工作之維修人員指派。研究結果顯示，此模型能夠提供中到大型實例的時間限制內提供高品質的解決方案。

2.3 網路流動技巧相關文獻

顏上堯（1996）針對單機種之飛航排程，在營運時因預期性航機維修調整之事件，造成飛航擾動的情形，利用時空網路建立模式，以幫助業者能在預期之航機維修調整時，有效調整飛航班次表，此模式在數學上可分為純網路問題或含額外限制網路流動問題，使用網路單體法求解前者，拉氏鬆弛法求解後者，研究結

果套用實際資料，顯示效果良好。

顏上堯等人(2001)指出飛航班表在一年中可能會分為兩季甚至更多，目前在不同季節之銜接上多為參考歷史航班資料設計下一季班表，此作法可能無法因應下一季市場的需求變動，無法設計出適合的班表，導致營運績效下降。若使用最佳化方法，目前學術研究上因兩季營運差異，導致短期銜接有困難，難以滿足相關限制，如營運、航務、維修、地勤、空服等，因此此研究發展一套有系統、有效率之轉換方法，在兩季班表之間提出一緩衝期排程，並且符合營運、航務、維修、地勤、空服等相關限制條件，使用時空網路技巧，配合現況班表與下一季班表，建立季節間轉換之飛航排程模式，以提高航空公司營運效率。

林志宏(2006)指出軍機與民航機不同，民航機是以載客或載貨之營利為主，軍機是以空中戰鬥之軍事用途為主，雖然軍機非營利事業，但作者引入營運成本及效率觀念，利用時空網路模型的架構發展出一自動化排程規劃模式。以營運成本最小化為目標，使用混合零壹整數線性規劃方式建構數學模型，求解軍用機隊任務指派最佳化之問題，希望能夠提高軍機的妥善率，提高國家空防的安全。研究結果顯示可以為排程人員解決軍機指派時需耗費大量時間及可能衍生人工指派會衍生的錯誤。

Yan et al. (2008) 以航空業者營運利潤最大化為目標，考量實際營運時市場需求之隨機變動狀況及實務的營運限制，利用網路流動技巧構建一隨機性需求之機隊排程模式，並以問題分解技巧及數學規劃軟體，發展一求解演算法，以輔助航空業者在考量市場的隨機需求下，規劃合適的排程與班次表。

羅郁婷(2014)指出航機調度屬於短期規劃課題，將欲維修保養工作的限制與飛航服務排程合併考量，並將班次指定給航機執行，航空公司需考量機種指派問題及班表之時空網路限制，若安排的班表得宜，可提升整體營運績效。此研究以區域型航空公司之特性為例，以週班表為基礎，探討混合機種指派計劃中，航機調度與維修作業問題，並使用零壹整數規劃問題建構航機調度暨維保規劃模式，此模式結果顯示航機維修工作的安排對航機調度之影響，也驗證航機調度的可行性與正確性。

2.4 現況分析

本研究以修護工廠進行定期維修檢查之航機進行機位排程最佳化之研究，並且考量修護工廠進行維修作業時之各種限制，在滿足限制因素下，針對修護工廠之機位排程提出最佳建議，故本節將介紹航機修護工廠維修作業現況分析，分別說明航機修護工廠之定期維修工作內容、航機維修工作及航機修護工廠機位排程方式與流程。

2.4.1 航機修護工廠之定期維修工作內容

修護工廠之維修工作為進行航空公司航機修護計劃（Aircraft maintenance program, AMP）規定之各級檢查，各級檢查會依照維修手冊規定之維護時距（Check interval）進行，維護時距又分為飛行小時、日曆天以及起降次數，視何者先到（Which come first）所必須執行週期性的預防維護工作（劉世德 2002）。劉世德（2002）介紹航機維修工作中，航機於修護工廠進行的定期維修分為 A、B、C、D check、結構檢查（Structure inspection）、起落架更換（Landing gear replacement）、噴漆（Painting）等。各定期維修進行的工作內容以及所需時間也有所不同，以下就各定期維修工作進行說明：

1. A check：工作內容包括潤滑（Lubrication）、保養（Service）、操作性檢查（Operation）、功能性檢查（Function）、檢驗（Inspection）、回復可用（Restoration）、報廢（Discard）等七種基本工作，由固定之工單（Job cards）所組成，大部分會利用各航次間之空檔執行維修工作。
2. B check：檢查範圍包括 A check 應執行的檢查項目，另外加上發動機相關的維修作業，與 A check 一樣利用各航次間的空檔執行維修作業，維護時間約 1~2 天。目前航空公司為了減少停機維護，將 B Check 維修項目併入 A check 同時進行，因此目前已無單獨執行 B check。
3. C check：執行 A check 與 B check 維修工作外，另需檢查各航機系統管線、發動機、起落架等維修項目，包含機體結構檢查，各油箱的燃油補充，裝備定期更換等作業。所需維修時間較 A check 長，約 5~10 天。
4. D check：D check 為所有定期維修中最複雜的檢查工作，除了 C check 工作項目外，還需要檢查航機機體結構之內部檢查以及防鏽，包含各系

統檢查、測試、航機塗裝以及改裝作業。所需維修時間較 C check 長，約 3~4 週。

5. 結構檢查：主要針對航機結構方面，包含前述各級維修項目中無法直接進入（Access）檢測，需要將蓋板、管線等部件拆移才能執行之結構維修工作。
6. 起落架更換：航機結構中最大且需要定期更換的元件，更換起落架需進行頂機作業才能進行更換，其維護時距以累計飛行時數或起降次數為主，視何者先到所必須執行之工作（Which come first）。
7. 噴漆：噴漆作業可使航機外觀除美觀外更具防鏽功能，飛機製造廠對噴漆作業並沒有硬性規定，大多依照航空公司政策提出維修需求，在執行噴漆作業前要執行除漆打磨或爛漆，亦可藉此時機執行航機蒙皮檢查，確認有無受損。

2.4.2 航機維修工作與機位之限制

航機各級別檢查工作內之部分維修工作有時因特殊需求或危險性會限制航機需在戶外或特定棚廠進行維修工作。因此在維修過程中，航機可能因執行特定維修工作需要拖機進出棚廠。以下就常見有限制維修地點之維修工作進行說明，其中要特別說明的是實務上航機不一定會進行下列全部維修工作，還是需要以該次維修之工單為主，：

1. 頂機作業（Jacking）：頂機作業是透過千斤頂將航機頂升，主要執行航機起落架的更換、收放測試以及航機結構修理等，此作業必須在長地停機位執行。
2. 秤重（Weighting）：秤重為使用秤重機將航機之起落架，以拖車將航機推至秤重機進行秤重，此作業需移動航機且必須在長地停機位執行。
3. 襟翼（Flap）更換：襟翼為航機於起飛降落階段，為增加升力而使用。襟翼更換以及收放檢查，必須要在長地停機位執行。
4. 衛星訊號相關之系統測試：主要有 ATC 測試（Air traffic control transponder test）以及羅盤校驗測試（compass swing test），確認航機之導航、通信、天氣偵測等設備是否正常，棚廠內會使發出與接受信號受到影響，故需在

戶外機位才能執行測試作業。

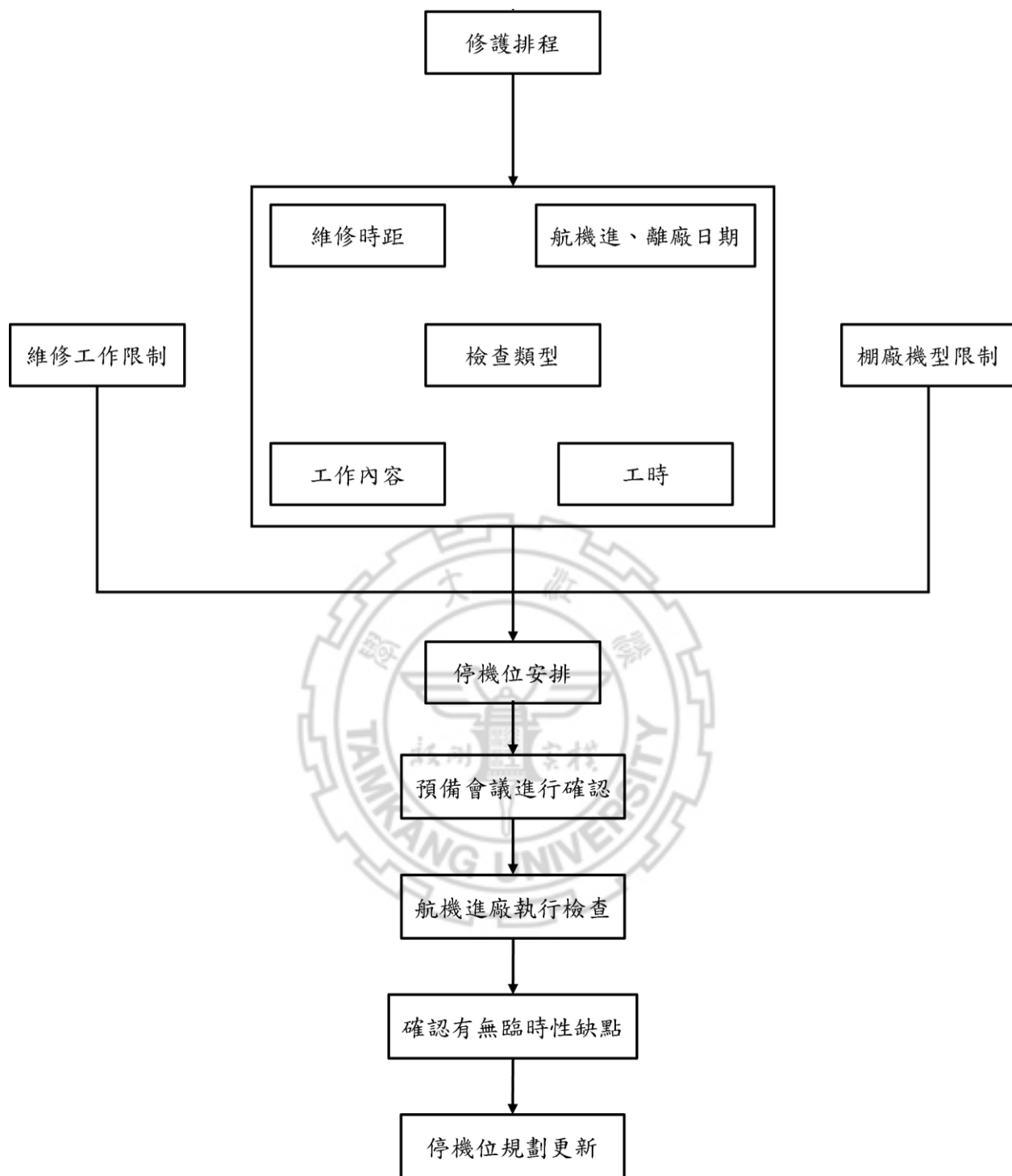
5. 發動機試車 (Idle engine run test) :將發動機開車，並將油門 (Throttle) 維持在慢車 (Idle) 檢測發動機運轉參數是否正常，以確保發動機性能正常，通常於交機前會測試一次，其餘測試需由維修排程決定。由於發動機試車時，發動機前後必須淨空二十五公尺避免人員或周邊雜物吸入造成危害，因此發動機試車 (Idle run) 必須在戶外之機位執行。
6. 發動機試大車 (High power engine run test) : 將發動機開車，並將油門 (Throttle) 推到大車位 (High power) 檢測發動機運轉參數是否正常，以確保發動機性能正常，發動機試大車時，需使航機保持頂風 (Head wind) 並將發動機油門推至最大，因此需將航機拖行至專門試車台執行並且需跟機場塔台提前申請。發動機只要從航機卸下再裝回就需要執行試大車檢查作業。
7. 試飛 (Flying test) : 試飛為將航機實際開車起飛至空中檢查發動機等部件之性能是否正常。通常為航機執行大改裝、大修理或航機所屬之航空公司提出申請才會執行試飛，且試飛需要提前與機場塔台申請。
8. 加油 (fuel)、抽油 (defuel)、漏光燃油 (drain) : 航機要執行油箱檢查作業時需將油箱之燃油抽乾，以利檢查作業進行，若要執行試車檢查而油箱無燃油時則需添加燃油，由於燃油具有高危險性，因此需在戶外機位執行。
9. 輔助動力系統測試 (Auxiliary power unit test, APU) : 航機發動機停止不依靠外部電源時，可提供航機電力，APU 可用來啟動航機之發動機，包含進氣管與排氣管，其排氣管由於會排出氣體，航機停放於棚廠主要有兩種停放方式，一種為機頭朝內 (Head in) 及機尾朝內 (Tail in)，只有機頭朝內 (Head in) 停放之航機才能在棚廠內執行 APU 測試，且測試 APU 時後方須淨空，而機尾朝內 (Tail in) 停放之航機需要在戶外之機位方可進行測試。

10. 其他結構性修理，如垂直尾翼或是機身主結構修理時，需要機身架及裝備，就需要於長地停機位執行。

2.4.3 航機修護工廠機位排程方式與流程

航機修護工廠為了確保航機在維修期間能夠順利進行維修作業，在航機尚未進廠前就會進行規劃作業。本研究與 F 航修護工廠訪談後，將航機修護工廠規劃流程整理如圖 2.1 所示。目前在實務上，維修工程部門會檢視航空公司之航機，進行修護排程後，將今年欲進廠之航機進行初步機位規劃，待接近航機之進廠日期後，生產工程師會依據修護排程以及工包安排航機所有維修工作之執行時間，交給修護管理單位，並於預備會議進行機位確認，待航機進廠進行檢查確認有無臨時性缺點後，將機位排程進行更新。修護管理單位以最小移動次數為規劃目標，並且依據修護排程、檢查類型以及工作類型安排航機從進廠到交機間之停放位置。修護管理單位在安排機位時會盡量避免航機移動時受到其他航機阻擋移動路線，降低航機不必要之移動次數。





資料來源：本研究整理

圖 2.1 航機修護工廠機位排程流程圖

2.5 小結

由上述文獻可知，目前已經有許多學者針對航機維修排程相關問題進行研究，大部分研究都是探討人力、定期維修規劃為主，雖然有許多針對航機維修排程的研究，但只有 Qin et al.(2017)考慮維修棚廠內航機停放問題進行航機維修的排程、人力的安排、維修效率之研究，且研究結果也顯示，航機於維修棚廠停放規劃的好壞會影響修護工廠整體的維修效率，且充分利用棚廠空間可以提高其服務品質，以應付大量的維修需求。

本研究與國內航機修護工廠訪談後發現，目前實務上在維修棚廠機位排程方面並沒有讓航機停放在非畫線之機位區域，且 Qin et al.(2018)沒有考慮特定維修工作需在指定區域執行，國內目前也未有研究機位排程之文獻。研究方法方面，數學規劃方法與網路流動技巧已在許多領域上應用，並且成效良好。現況分析方面，目前修護工廠部分維修工作因有特殊需求及安全性因素，在維修過程會更換機位。故本研究將以國內修護工廠實務運作之情形，探討於修護工廠執行定期維修之航機的機位排程問題，使用零壹整數數學規劃及時空網路，建構一考量實務運作以及維修限制下航機修護工廠機位排程最佳化模式，將維修之航機安排在適當機位，避免航機於維修過程中發生阻擋問題，影響航機修護工廠效率。

第三章 模式建構

本研究以航機修護工廠為出發點，針對定期維修之航機於維修過程中之機位排程進行研究，發展航機修護工廠機位排程之最佳化模式。本研究與 F 航空公司之修護工廠進行訪談，了解實務上機位排程之實務流程以及實務上之維修限制，並以時空網路以及零壹整數數學規劃建立最佳化機位排程模式。模式中之變數、目標式、限制式，皆以 F 航修護工廠機位規劃以及維修之需求使用數學規劃方式建立。以下就問題描述、模式假設、時空網路以及數學模式建立進行探討並分節加以說明。

3.1 問題描述

本研究針對航機於修護工廠執行維修檢查過程中之機位排程進行研究。本研究與 F 航修護工廠訪談後針對修護工廠機位、航機維修流程、航機維修過程之阻擋情形，分節說明如下。

3.1.1 修護工廠機位介紹

修護工廠為因應航機維修工作需要，依照不同維修需求規劃機位，本研究與 F 航修護工廠進行訪談後得知 F 航修護工廠各機位的用途以及種類，圖 3.1 為 F 航修護工廠機位平面圖，圖 3.2 為 F 航修護工廠衛星圖，下面就機位種類以及用途進行說明。

1. 長地停機位：長地停機位主要為航機進行長期維修時優先使用，為 1~5 號機位（如圖 3.1 所示），其停放時間較長，且所有機型皆可停放。
2. 可噴除漆之長地停機位：為 5 號機位，需要噴漆以及除漆之航機優先使用，若無航機需噴漆或除漆也可以提供長期或短期維修航機使用，所有機型皆可使用。
3. 畸零空間機位：畸零空間機位為修護工廠為了增加修護能量，除了長地停機位以外規劃之位置，為 1A、2A、3.5、5A 以及 6~9 號機位，主要為短期維修或長期維修航機進行臨時缺點改正使用，停放時間較短。所有畸零空間機位都能停放窄體航機，廣體航機部分，部分畸零空間機位無法停放廣體航機，如 5A 以及 6~9 號機位；1A、2A、3.5 號機位雖可停放廣體航機，但由

於每架廣體航機之機身長以及翼展都不同，故此畸零空間機位只能停放 A300-600、A330 與 A340 廣體客機。此外 7 號機位在 F 廠不會使用，故本研究不會針對此機位進行規劃。

- 戶外機位區：戶外機位區如圖 3.2F 航修護工廠衛星圖方框所示，戶外機位區包含一試車台供航機發動機試大車所使用，其他戶外機位為航機進行測試、抽、漏油等需要於戶外進行之相關作業或短期維修航機使用，所有機型皆可使用。

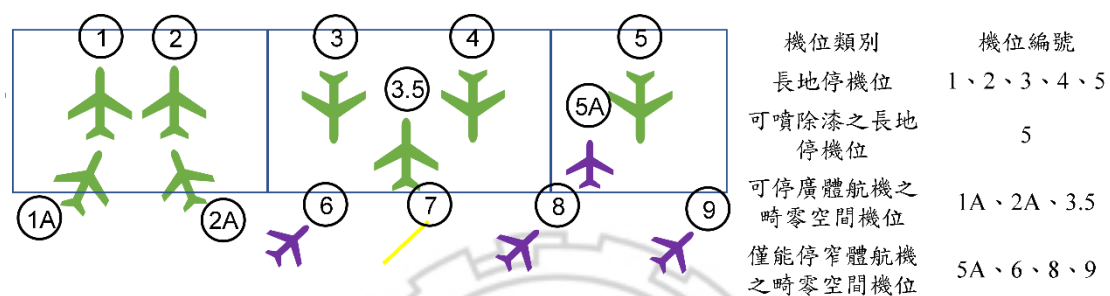


圖 3.1 F 航修護工廠機位平面圖

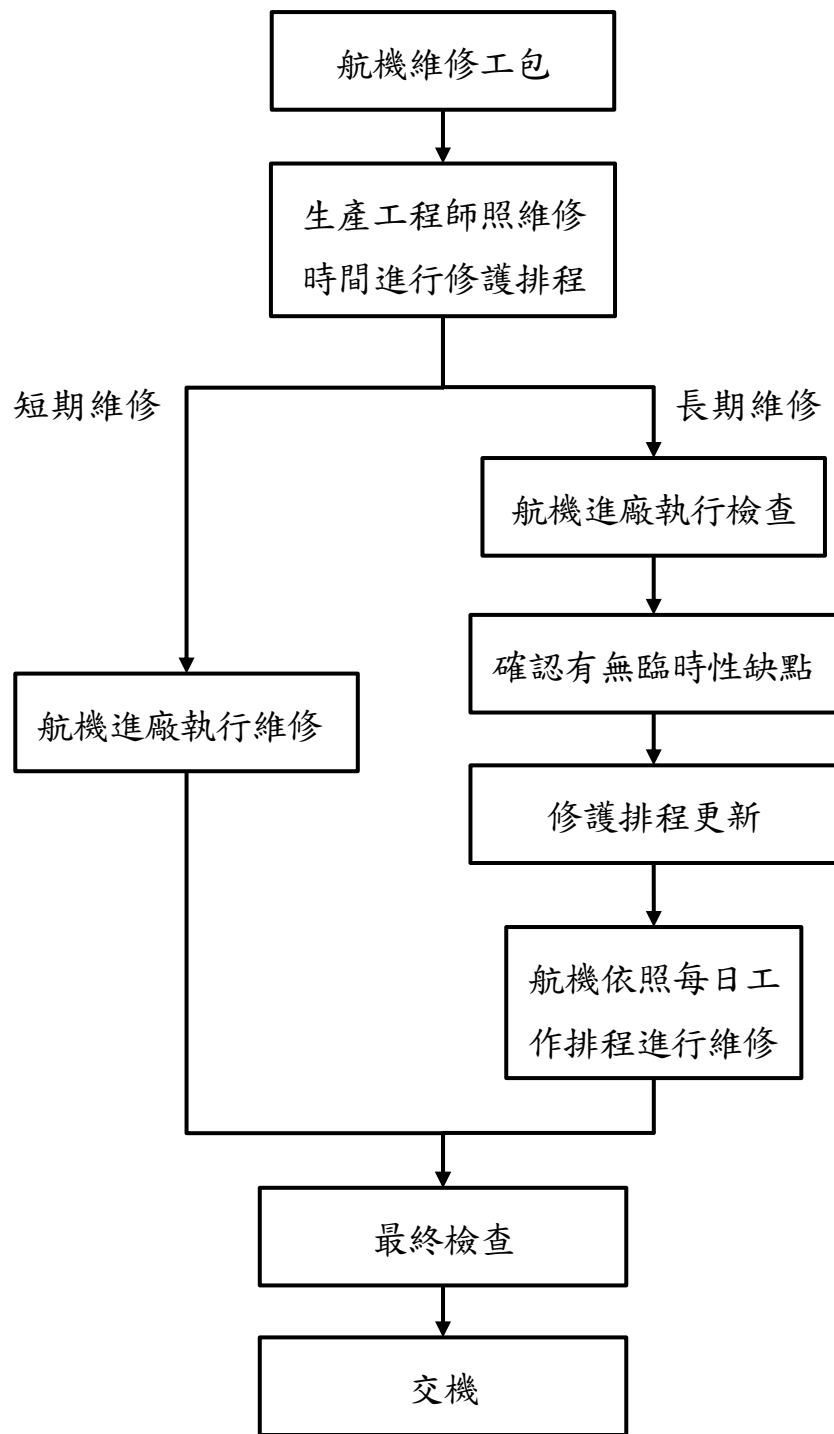


圖 3.2 F 航修護工廠戶外機位區衛星圖

3.1.2 航機維修流程

本研究與 F 航修護工廠進行實務訪談後，得知航機從進廠到交機之維修流程，航機維修流程如圖 3.3 所示。修護工廠主要負責 A、C、D check、起落架更換、結構檢查與噴漆。其中結構檢查與噴漆會與 C check 與 D check 同時進行，起落架檢查則依照使用次數限制規定，若達到使用上限時航機也尚未有 C check 與 D check，則會單獨進行起落架更換，各維修流程不同，下面就長期維修、短期維修與起落架更換流程進行介紹。





資料來源：本研究整理

圖 3.3 航機維修流程圖

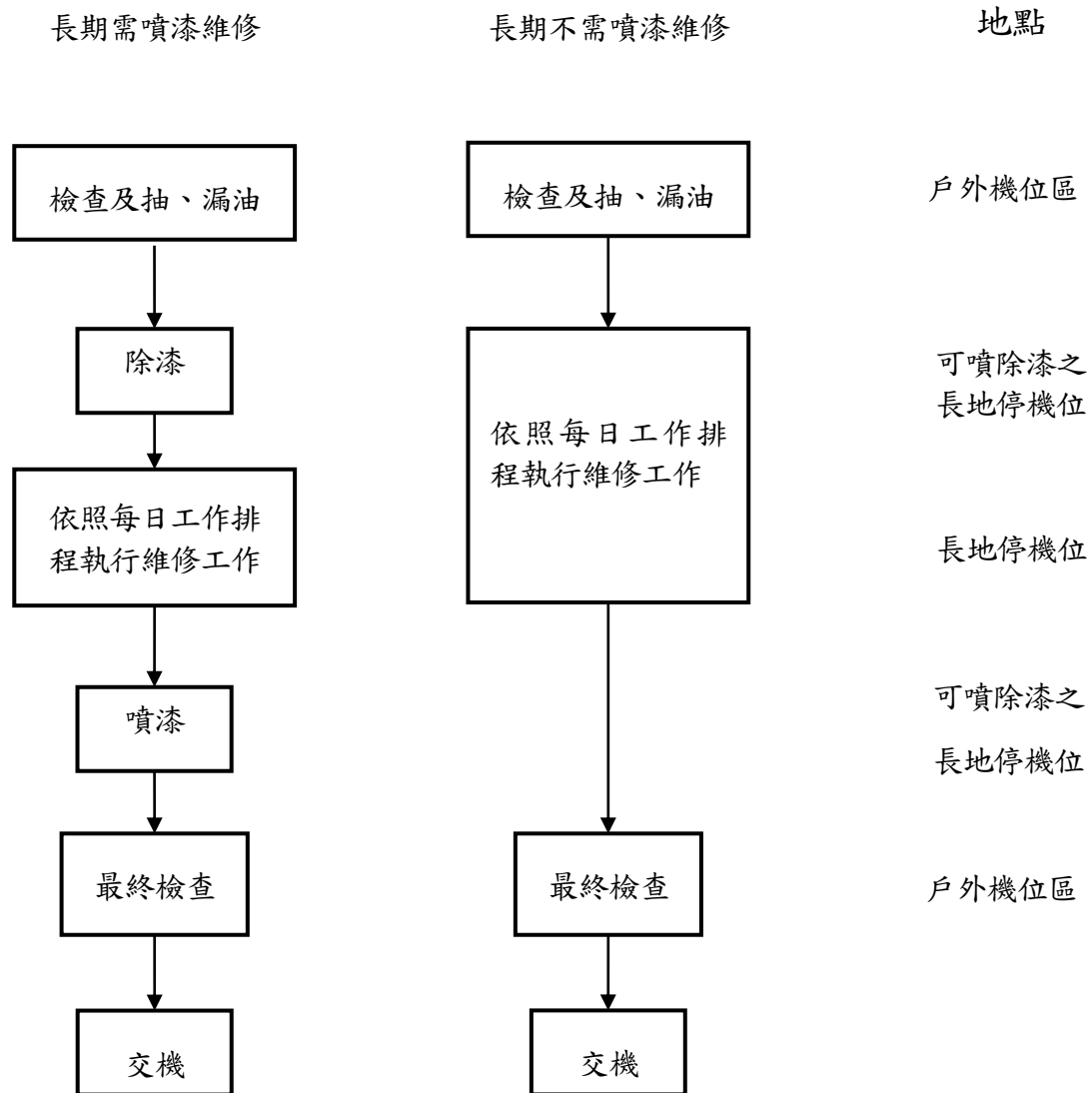
1. 長期維修

長期維修包含 C check 與 D check，航機是否需要噴漆、結構檢查與起落架更換由維修工單而定，而需噴漆之長期維修與不需噴漆之長期維修之維修流程不同，故長期維修分為長期需噴漆之維修與長期不需噴漆之維修，下面就兩種不同的維修分別進行說明。

a. 長期需噴漆之維修：航機進廠後首先會停放於戶外機位進行檢查及抽、漏油，確認有無臨時性缺點需要進行之維修。確認後微調原維修排程，將航機移動至可噴除漆之長地停機位進行除漆工作，完成除漆後即可開始進行各部件之檢查、維修工作，若噴漆前無其他航機要進行除漆或噴漆作業，則可繼續停留於可噴除漆之長地停機位進行維修；若噴漆前有其他航機要進行除漆或噴漆作業，則除漆完需移動至其他長地停機位進行維修工作。維修過程按照工程單位排定之每日工作排程進行維修作業，在航機秤重前會將航機進行噴漆工作，航機需移動至可噴除漆之長地停機位，若已在可噴除漆之長地停機位則不需再移動。完成噴漆後航機會進行秤重。完成維修檢查後需於交機前將航機移動至戶外機位進行最終檢查，最終檢查包含系統測試、發動機測試、羅盤校驗測試與通訊設備測試等，檢查確認無誤即完成維修作業於交機日將航機交還給航空公司，詳細維修流程與機位對照如圖 3.4 所示。

b. 長期不需噴漆之維修：航機進廠後首先會停放於戶外機位進行檢查及抽、漏油，確認有無臨時性缺點需要進行之維修。確認後微調原維修排程，將航機移動至棚廠內之長地停機位開始進行各部件之檢查、維修工作，維修過程按照工程單位排定之每日工作排程進行維修作業，完成維修檢查後需於交機前將航機移動至戶外機位進行最終檢查，最終檢查包含系統測試、發動機測試、羅盤校驗測試與通訊設備測試等，檢查確認無誤即完成維修

作業於交機日將航機交還給航空公司，詳細維修流程與機位對照如圖 3.4 所示。



資料來源：本研究整理

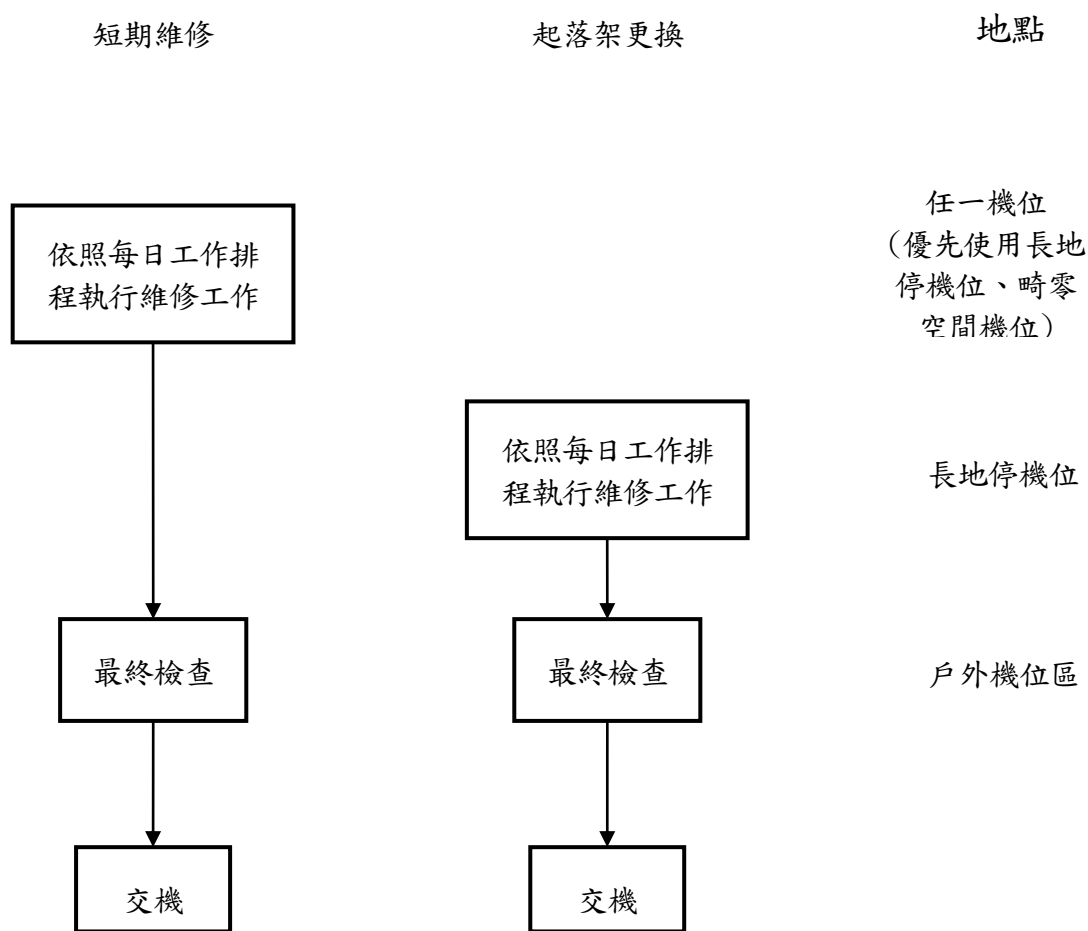
圖 3.4 長期維修流程與機位對照圖

2. 短期維修

短期維修為 A check，航機進廠後會直接停放到維修位置開始進行各部件之檢查、維修作業，於交機前進行發動機試車，檢查確認無誤即完成維修作業於交機日將航機交還給航空公司，詳細維修流程與機位對照如圖 3.5 所示。

3. 起落架更換

起落架更換主要會在進行 C check、D check 檢查作業時，同時進行更換作業，若起落架規範之飛行時數或起降次數達到使用上限且航機暫無 C check、D check 之檢查作業時，航機會單獨進行起落架更換作業。由於更換起落架需進行頂機作業，故需長地停機位才能進行更換作業，更換完成測試無誤後於交機前進行發動機試車，檢查確認無誤即完成維修作業於交機日將航機交還給航空公司，詳細維修流程與機位對照如圖 3.5 所示。



資料來源：本研究整理

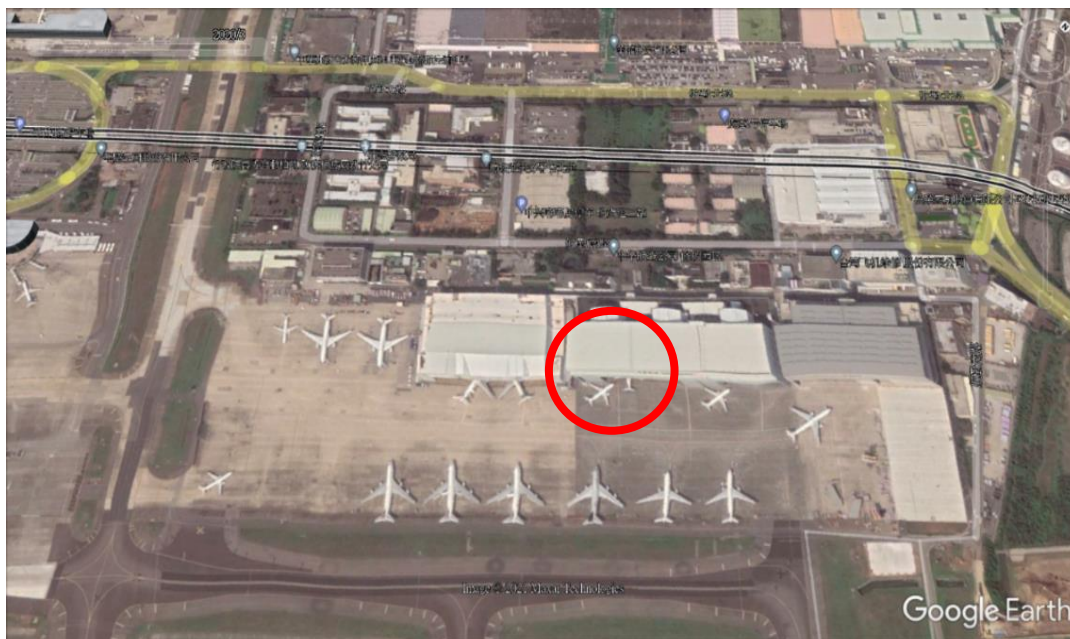
圖 3.5 短期維修及起落架更換流程與機位對照圖

從上述介紹可知修護工廠之維修主要分為四種類別，分別為長期需噴漆之維修、長期不需噴漆之維修、短期維修及起落架更換，後續將以四種維修類別為基準建立四種不同網路模式，詳細說明參考 3.2.2 小節。

3.1.3 航機維修過程之阻擋情形

航機在修護工廠進行維修時，常因維修需求，需要更換機位至其他機位進行維修，從 3.1.2 小節之維修流程可知，航機於維修過程中至少移動兩次，而完成一次拖機需耗時三十分鐘左右，因此修護工廠希望航機移動次數越少越好。若在移動過程中，受到其他鄰近航機影響，以至於無法順利移動到其他機位進行其他維修作業，稱為航機之阻擋。發生阻擋之情形主要為航機進出機位時被停放在畸零空間機位之航機阻擋（如圖 3.6 圓圈處）。當航機阻擋其他航機之移動路線時，必須中斷維修工作同時進行移動，以利進出機位的航機順利移動。中斷維修工作造成之影響包括拖機方面及維修工作方面。拖機方面，航機移動時需要拖車以及人力警戒航機的拖機安全，會增加拖車使用之成本及人力成本，且航機於拖機過程中無法執行維修工作使航機維修時間增加。維修工作方面，中斷維修工作會造成維修工作執行效率降低、人力成本增加及維修錯誤機率增加，若無妥善規劃機位排程，可能使航機移動次數過多，影響到維修效率、成本、安全及品質。

本研究與 F 航修護工廠進行訪談後得知機位阻擋情形如表 3-1 所示，主要為 A 航機進入或離開機位 m 時受到停放於機位 n 之 B 航機阻擋。以圖 3.1 為例，若航機欲進出 3 號機位，此時 3.5 號機位以及 6 號機位必須無航機停放才可進入 3 號機位。對修護管理單位部門而言，航機發生阻擋問題會增加航機移動的次數，造成航機工作中斷，影響維修效率。若要避免阻擋問題最好方法為擴大棚廠數量以提高維修能量，避免使用較短間距之機位，但修護工廠位於機場內，機場內之土地資源有限，無法隨意增加棚廠數量，加上國內航空公司機隊數量一直穩定增加中，修護工廠勢必會面臨機位不足的問題，因此在現有狀況下阻擋問題無法避免，如何有效利用現有資源並且在滿足航機維修手冊（AMM）的規範下做出快速有效的安排，使航機修護工廠能夠達到移動次數最小的目標，以利維修工作順利進行，為修護管理單位最關切之問題。



資料來源：Google Earth

圖 3.6 航機阻擋示意圖

表 3-1F 航修護工廠機位阻擋對照表

A 航機欲進入或離開之機位(m)	B 航機停放之機位(n)
1	1A
2	2A
3	3.5、6
4	3.5、8
5	5A、9
5A	8

3.1.5 小結

本研究主要以航機修護工廠為出發點，幫助機位排程人員規劃最佳之機位排程，因此需要針對修護工廠內部之相關作業流程進行了解，故本節以 F 航修護工廠為例，說明航機於維修過程中之機位限制以及阻擋情形，以利後續研究進行。目前 F 航修護工廠之機位排程以最小移動次數為目標，本研究將參考 F 航修護工廠之實務需求以最小移動次數為目標建立零壹整數數學規劃以及航機時空網路，並考慮實務上之維修限制以及機位排程之流程進行修護廠機位排程最佳化之研究。

3.2 模式架構

本研究是以修護工廠機位排程人員之觀點，考量到航機移動時發生之阻擋問題，建構一最佳化機位排程模式。若航機於移動過程發生阻擋時會造成其他航機必須中斷維修，導致航機維修效率降低。因此，本研究在保持修護工廠機位排程之流程的前提下，考量航機維修過程使用之資源，如棚廠、人力、維修能量、營運考量以及阻擋情形之限制，根據航機每日工作排程結果建構最小移動次數之機位排程模式，下面將分節說明模式假設、各維修種類之航機時空網路及數學定式。

3.2.1 模式假設

本研究主要針對航機維修過程中之機位排程最佳化進行研究，並參考實務上修護工廠之排程限制以及維修工作執行，列出以下之假設：

1. 航機維修所需之工具以及用料皆備妥於庫房，並沒有缺料情形。
2. 本研究針對維修管理中心之機位排程進行研究，因此不考慮臨時性缺點造成之排程更動。
3. 所有航機皆按照維修排程之時程表進行維修，並無臨時突發狀況造成延誤或提早之情形。
4. 維修人員派遣皆符合航機之維修需求，且不考慮外站之指派。
5. 修護工廠之棚廠、機位數量固定、棚廠適用機型、修護排程結果、各維修工作與機位限制已知。
6. 線上執勤航機皆不會有臨時使用修護工廠機位之維修需求。
7. 航機移動時皆有拖車以及人力進行拖機作業，同一時點之拖機作業的先後順序由現場負責人進行調度，且於同一時點移動之航機，其拖機時間相近。
8. 短期維修航機優先使用棚廠內機位進行維修，若使用戶外機位會給於懲罰值。
9. 由於戶外機位無阻擋問題，試車台、試飛已由修護排程單位安排航機維修之先後順序，因此若航機要進行測試、試大車以及試飛，以航機移動到戶外機位區表示。

3.2.2 航機時空網路

本模式利用航機時空網路表示航機在時空網路中移動的情形，網路是由節點與節線所組成。由於維修種類可區分為長期維修、短期維修與起落架更換，其中長期維修又可分為需噴漆與不需噴漆之維修。因此，航機時空網路共計有四種不同網路，分別為長期需噴漆維修航機之時空網路、長期不需噴漆維修航機之時空網路、短期維修航機之時空網路與起落架更換航機之時空網路，以下分別針對各時空網路以及數學定式進行說明。

3.2.2.1 長期需噴漆維修航機之時空網路

本研究使用長期需噴漆維修航機之時空網路表示長期需噴漆維修航機移動情形，如圖 3.7 所示。航機時空網路每一個節點代表長期需噴漆維修航機在一特定時空點，所有長期需噴漆維修航機依照機位可停放之機型限制又分為廣體航機、可停放畸零空間之廣體航機與窄體航機，其中橫軸代表空間分布，主要分為長地停機位、可噴除漆之長地停機位與戶外機位區。節點的設計必須考量該長期需噴漆維修航機機型與機位機型的適用性，若該機位不可停放此層網路所代表的機型，則不會產生此機位所代表的節點。縱軸則表示排程作業之時間延續，由於所有航機規劃開始與規劃結束之時間為已知，因此網路長度為各航機規劃結束時間減去規劃開始時間。時點以半天為間隔，本研究之規劃週期為 14 天，因此最長之網路共有 28 個時點，其中要特別說明的是目前修護工廠在安排航機於維修過程之每日執行維修工作項目會在航機進廠前兩週安排完成，為確保每個規劃週期都能將所有航機進行機位規劃，故以 14 天為一個規劃週期。由於長期需噴漆維修之維修時間大於 14 天，故會發生跨週期規劃之情況，因此本節會介紹跨規劃週期之長期需噴漆維修航機之時空網路，將整個時空網路分為兩個時空網路介紹。要特別說明的是實際跨規劃週期次數及於哪個維修階段跨規劃週期以長期需噴漆維修航機之維修資料及維修天數為主。長期需噴漆維修航機時空網路由節點與節線組成，第一個規劃週期之長期需噴漆維修航機之時空網路，用來表示長期需噴漆維修航機於規劃期內開始進行維修，如圖 3.7 所示，節點可分為：(1)規劃開始節點。用來表示規劃開始，其流量流至之節點對應之時點表示規劃開始的時間，

為網路供給點。(2)規劃結束節點，為網路需求點。用來表示規劃結束，為第一個規劃週期最後一個時點，代表延續至第二個規劃週期。(3)轉運節點。用來表示網路中除了規劃開始節點以及規劃結束節點外之其餘節點，為網路的轉運點，不具有供給與需求流量。(4)除漆開始節點。用來表示開始除漆，其對應之時點表示除漆開始的時間，為網路的轉運點。

每一條節線皆為一個變數，代表航機於兩時空點間之流動事件，以節線流量表示此事件有無發生。第一個規劃週期之長期需噴漆維修航機時空網路節線又分為規劃起始節線、進廠移動節線、除漆停留節線，下面就第一個規劃週期的長期需噴漆維修航機之時空網路的節線分別進行說明。

- (1) 規劃起始節線：此節線為規劃開始節點到戶外機位區的第一個時空點間的連線。用來表示長期需噴漆維修航機於規劃開始時，必須先移動至戶外機位區進行抽、漏油作業。
- (2) 規劃結束節線：此節線為所有機位的最後一個時空點與規劃結束節點間的連線。用來表示長期需噴漆維修航機於此週期尚未完成維修工作，延續到下一規劃週期。
- (3) 航機移動節線：此節線為不同長地停機位之時空點間的連線，用來表示長期需噴漆維修航機於不同機位間的移動。
- (4) 航機停留節線：此節線為相同空間點向下遞延之連接線，用來表示長期需噴漆維修航機在該時段於所對應之機位停留。
- (5) 進廠移動節線：此節線為代表戶外機位區之時空點與除漆開始節點間的連線。用來表示長期需噴漆維修航機從戶外機位區移動至可噴除漆之長地停機位進行除漆作業。
- (6) 除漆停留節線：此節線由於除漆作業開始與除漆作業時間為已知，因此連接方式為可噴除漆之長地停機位由除漆開始節點向下遞延之連接線，直到除漆作業結束所代表之時空點。用來表示長期需噴漆維修航機於可噴除漆之長地停機位上進行除漆作業。要特別說明的是，一般來說，除漆需花費兩天時間，因此會在可噴除漆之長地停機位上停留 4 個時空點。

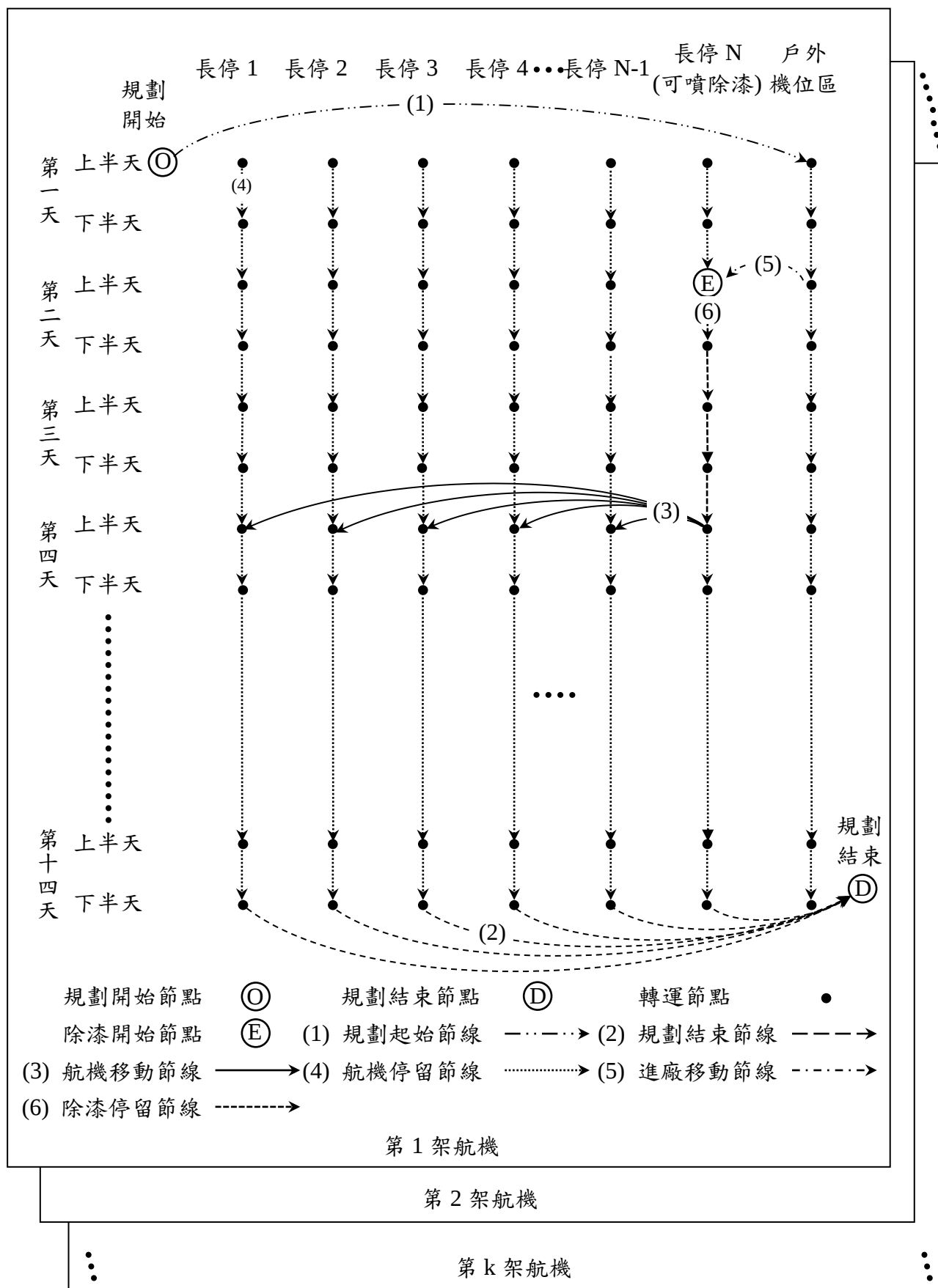


圖 3.7 長期需噴漆維修航機(於規劃期內開始維修)之時空網路示意圖

第二個規劃週期之長期需噴漆維修航機之時空網路，用來表示長期需噴漆維修航機於規劃期內結束維修，如圖 3.8 所示，其節點分為：(1)規劃開始節點。用來表示第二個規劃週期之規劃開始，為網路供給點。(2)規劃結束節點。用來表示規劃結束，從戶外機位區流至規劃結束節點對應之時點表示規劃結束的時間，為網路需求點。(3)轉運節點。用來表示網路中除了規劃開始節點以及規劃結束節點外之其餘節點，為網路的轉運點。(4)噴漆開始節點。用來表示開始噴漆，其對應之時點表示噴漆開始的時間，為網路供給點。(5)測試開始節點。用來表示開始測試，其對應之時點表示開始測試的時間，為網路供給點。

第二個規劃週期之長期需噴漆維修航機時空網路節線又分為規劃起始節線、噴漆移動節線、噴漆停留節線、測試移動節線、規劃結束節線，下面就長期需噴漆維修航機之時空網路的節線分別進行說明。

- (1) 規劃起始節線：此節線為規劃開始節點到上一規劃週期最後停放機位的第一個時空點間的連線。用來表示長期需噴漆維修航機第二個規劃週期之規劃開始。
- (2) 規劃結束節線：此節線為位於戶外機位區的最後一個時空點與規劃結束節點間的連線。用來表示長期需噴漆維修航機完成維修工作結束規劃，從戶外機位區移動至規劃結束節點將航機交還給航空公司繼續執勤航班任務。
- (3) 航機移動節線：此節線為不同長地停機位之時空點間的連線，用來表示長期需噴漆維修航機於不同機位間的移動。
- (4) 航機停留節線：此節線為相同空間點向下遞延之連接線，用來表示長期需噴漆維修航機在該時段於所對應之機位停留。
- (5) 噴漆停留節線：此節線由於噴漆作業開始與噴漆作業時間為已知，因此連接方式為可噴除漆之長地停機位由噴漆開始結點向下遞延之接線，直到噴漆作業結束所代表之時空點。用來表示長期需噴漆維修航機於可噴除漆之長地停機位上進行噴漆作業。要特別說明的是，一般來說，噴漆需花費七天時間，因此會在可噴除漆之長地停機位上停留 14 個時空點。
- (6) 噴漆移動節線：此節線為代表長地停機位之時空點與噴漆開始節點間的連線。用來表示長期需噴漆維修航機從長地停機位移動至可噴除漆之長地停機位進行噴漆作業。

(7) 測試移動節線：此節線為代表長地停機位之時空點與位於戶外機位區的測試開始節點間的連線。用來表示長期需噴漆維修航機從長地停機位移動至戶外機位區開始進行測試檢查作業。



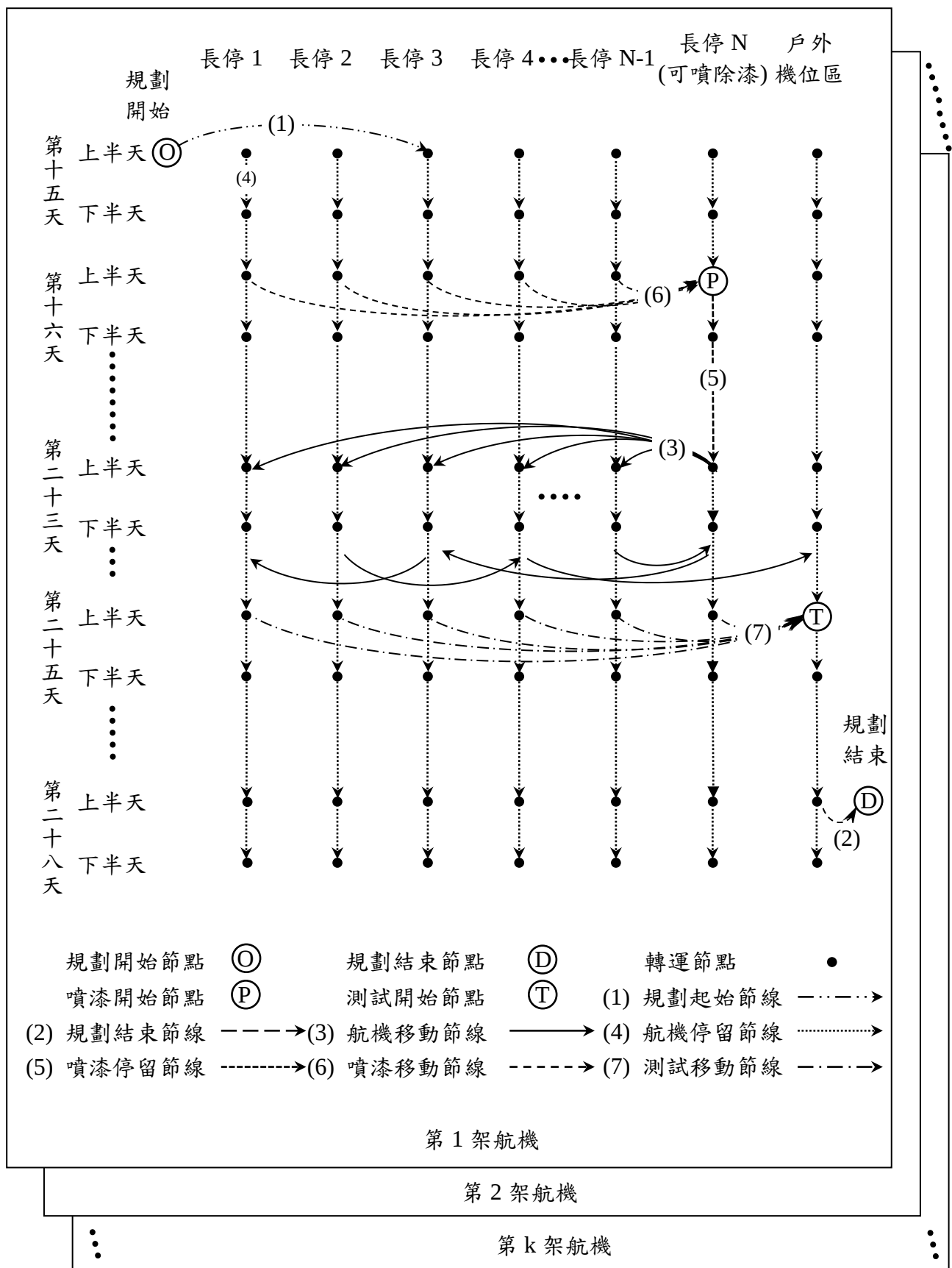


圖 3.8 長期需噴漆維修航機(於規劃期內結束維修)之時空網路示意圖

3.2.2.2 長期不需噴漆維修航機之時空網路

本研究使用長期不需噴漆維修航機之時空網路表示長期不需噴漆維修航機移動情形，如圖 3.9 所示。長期不需噴漆維修航機之時空網路之設計考量因素與長期需噴漆維修航機之時空網路大致相同，節點與網路時點長度與長期需噴漆維修航機之時空網路大致相同，唯獨不同地方為長期不需噴漆維修航機不需進到可噴除漆之長地停機位進行除漆以及噴漆的維修工作，因此橫軸空間僅有長地停機位與戶外機位區，節點僅有(1)規劃開始節點，為網路供給點。(2)規劃結束節點，為網路需求點。(3)轉運節點，為網路轉運點。(4)進廠開始節點，為網路轉運點。用來表示進入棚廠之開始，其對應之時點表示長期不須噴漆維修航機於戶外完成抽、漏油作業及初步檢查工作進入棚廠之長地停機位開始依照每日工作排程進行維修檢查工作的時間。(5)測試開始節點，為網路轉運點。節線包含規劃起始節線、進廠移動節線、測試移動節線、規劃結束節線、航機移動節線、航機停留節線，分別說明如下：

- (1) 規劃起始節線：此節線之設計方式與長期需噴漆維修航機之時空網路之規劃起始節線相同。
- (2) 進廠移動節線：此節線為進廠開始節點與長停機位對應時空點間的連線。用來表示長期不需噴漆維修航機從戶外機位區移動至長地停機位開始依照每日工作排程進行維修檢查工作。
- (3) 測試移動節線：此節線之設計方式與長期需噴漆維修航機之時空網路之測試移動節線相同。
- (4) 規劃結束節線：此節線之設計方式與長期需噴漆維修航機之時空網路之規劃結束節線相同。
- (5) 航機移動節線：此節線之設計方式與長期需噴漆維修航機之時空網路之航機移動節線相同。
- (6) 航機停留節線：此節線之設計方式與長期需噴漆維修航機之時空網路之航機停留節線相同。

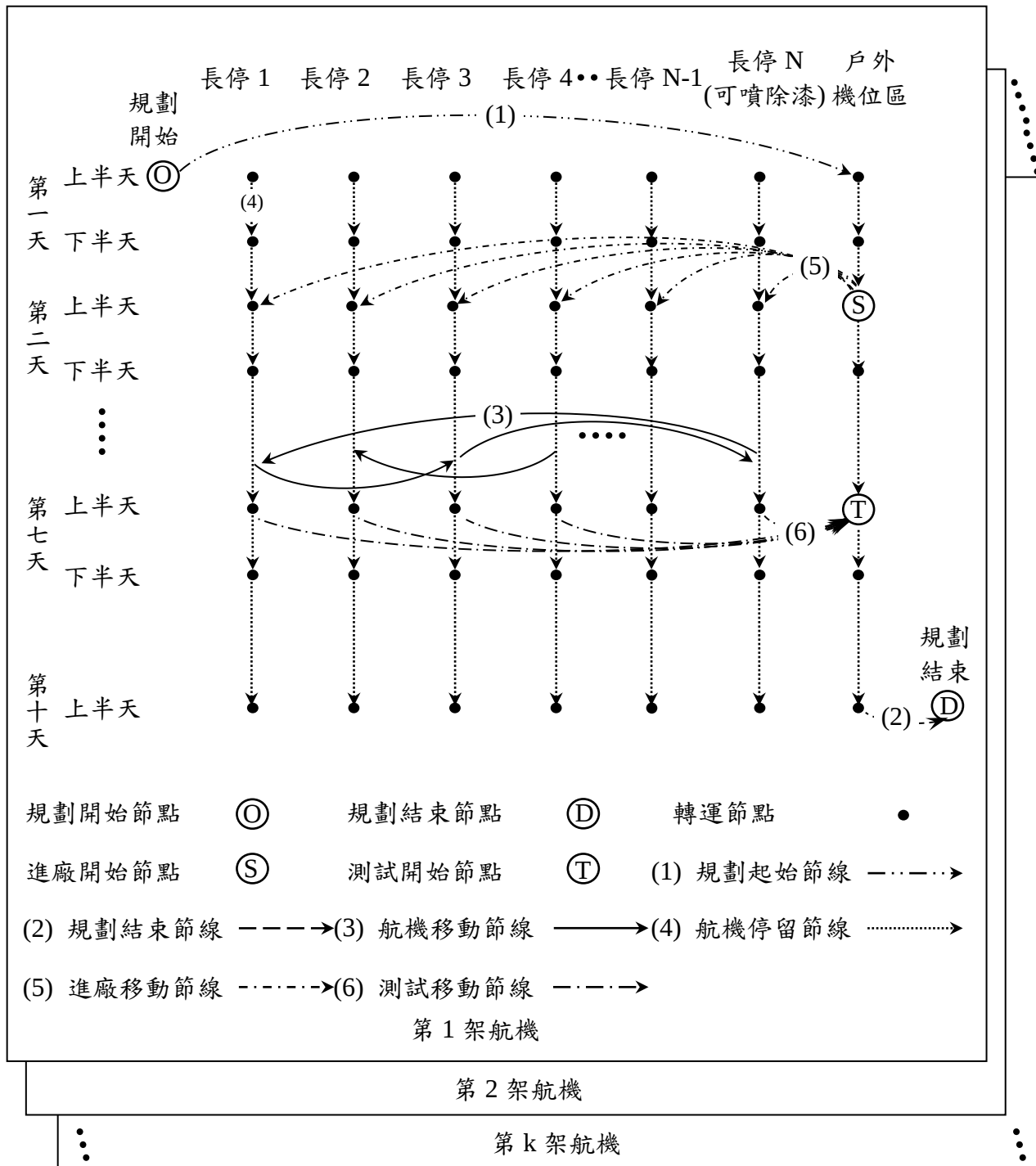
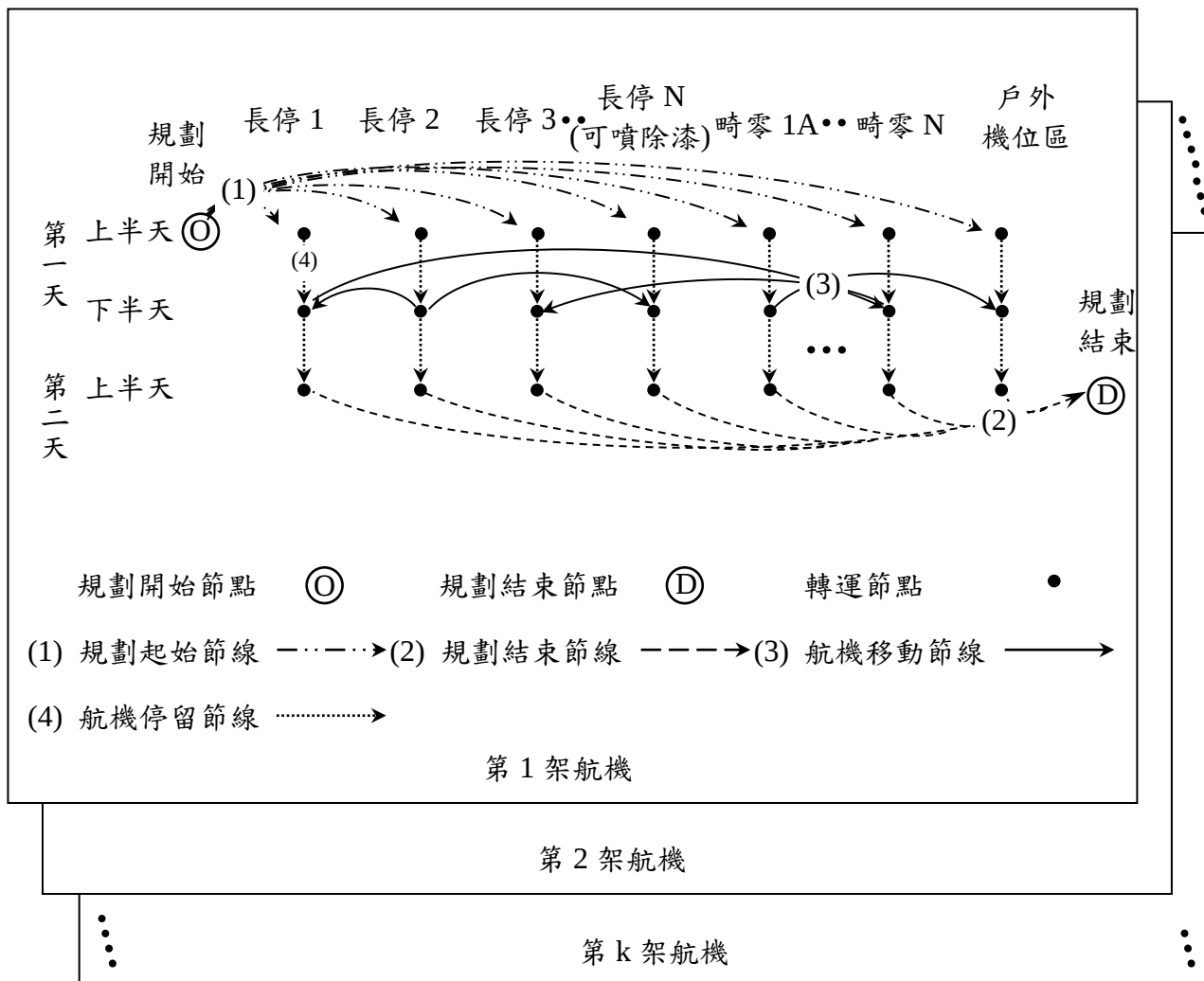


圖 3.9 長期不需噴漆維修航機之時空網路示意圖

3.2.2.3 短期維修航機之時空網路

本研究使用短期維修航機之時空網路表示短期維修航機之移動情形，如圖 3.10 所示。短期維修航機之時空網路之設計考量因素與長期需噴漆維修航機之時空網路大致相同，但應短期航修維修可停放之機位較多。因此橫軸可分為長地停機位、可噴除漆之長地停機位、畸零空間機位與戶外機位區，畸零空間機位又分為可停放部分廣體航機之畸零空間機位以及僅能停放窄體航機之畸零空間機位。縱軸之網路時點長度與長期需噴漆維修航機之時空網路相同。節點包括(1)規劃開始節點，為網路供給點。(2)規劃結束節點，為網路需求點。(3)轉運節點，為網路轉運點。節線部分由於短期維修檢查較長期維修簡約，航機不需停留在戶外進行抽、漏油，維修完成之測試作業僅需進行發動機試車作業，其測試時間短暫，因此本研究將短期維修之測試視為航機交機，故無進廠移動節線、測試移動節線與其他除、噴漆相關節線。此網路節線僅有規劃起始節線、規劃結束節線、航機移動節線、航機停留節線，分別說明如下：

- (1) 規劃起始節線：此節線為規劃開始節點到任一機位的第一個時空點間的連線。用來表示短期維修航機於規劃開始時從規劃開始節點移動至任一機位進行維修作業。要特別說明的是，雖然所有機位皆可使用，但實務上優先使用長地停機位及畸零空間機位，因此若使用戶外機位區會給予懲罰值。
- (2) 規劃結束節線：此節線為任一機位的最後一個時空點與規劃結束節點間的連線。由於短期維修之測試時間短暫，故將維修測試時間視同航機交機時間。此節線用來表示短期維修航機完成維修工作結束規劃，從任一機位移動至規劃結束節點將航機交還給航空公司繼續執勤航班任務。
- (3) 航機移動節線：此節線之設計方式與長期需噴漆維修航機之時空網路之航機移動節線相同。
- (4) 航機停留節線：此節線之設計方式與長期需噴漆維修航機之時空網路之航機停留節線相同。



3.2.2.4 起落架更換航機之時空網路

本研究使用起落架更換航機時空網路表示起落架更換航機移動情形，如圖 3.11 所示。起落架更換航機時空網路之設計考量因素與長期需噴漆維修航機之時空網路大致相同。其中橫軸主要分為長地停機位、可噴除漆之長地停機位。縱軸之網路時點長度與長期需噴漆維修航機之時空網路相同。節點包括(1)規劃開始節點，為供給轉運點。(2)規劃結束節點，為網路需求點。(3)轉運節點，為網路轉運點。節線部分由於起落架更換較長期維修簡約且更換期間航機無法移動，航機不需停留在戶外進行抽、漏油，維修完成之測試作業僅需進行發動機試車作業，其測試時間短暫，因此本研究將起落架更換之測試視為航機交機，故無進廠移動節線、測試移動節線、航機移動節線與其他除、噴漆相關節線。節線包含規劃起始節線、規劃結束節線、航機停留節線，分別說明如下：

- (1) 規劃起始節線：此節線之設計方式與長期需噴漆維修航機之時空網路之規劃起始節線大致相同。此節線用來表示起落架更換航機從規劃開始節點移動至長地停機位進行起落架更換工作。要特別說明的是起落架更換由於需要進行頂機作業，故一定要在長地停機位才能執行起落架更換作業。
- (2) 規劃結束節線：此節線之設計方式與長期需噴漆維修航機之時空網路之規劃結束節線大致相同。由於起落架更換之最終測試時間短暫，故將維修測試時間視同航機交機時間。因此此節線用來表示起落架更換航機從長地停機位移動至規劃結束節點將航機交還給航空公司繼續執勤航班任務。
- (3) 航機停留節線：此節線之設計方式與長期需噴漆維修航機之時空網路之航機停留節線相同。

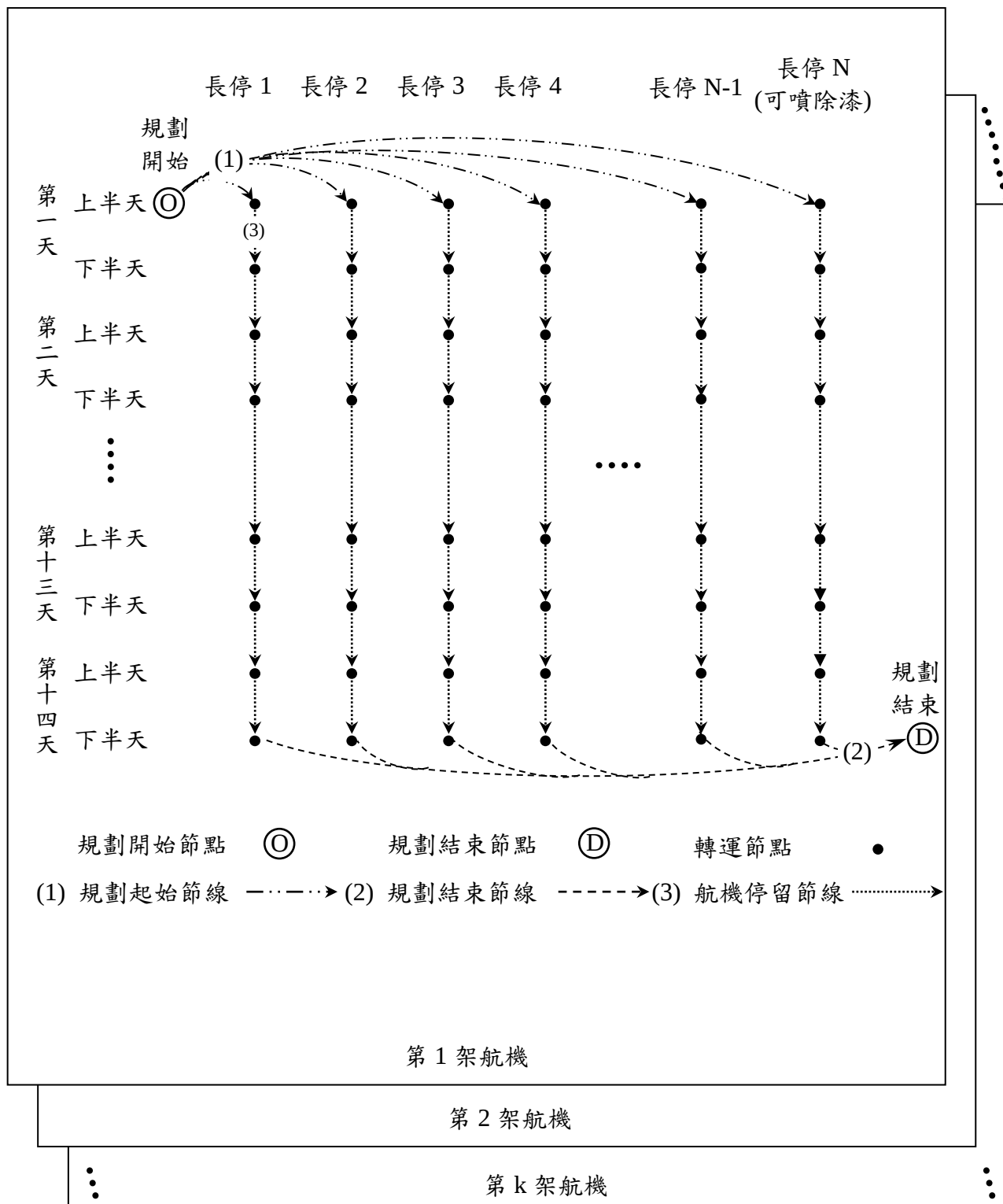


圖 3.11 起落架更換航機之時空網路示意圖

3.2.3 數學定式

集合定義：

K : 所有航機之集合，包含長期需噴漆維修航機 $k1Y$ 、長期不需噴漆維修航機 $k1N$ 、短期維修航機 $k2$ 、起落架更換航機 $k3$ ， $\{k1Y, k1N, k2, k3\} \subseteq K$ 。

A : 網路中所有節線之集合。

H : 網路中所有機位之集合，包含戶外無阻擋機位 ho 、可噴除漆之長地停機位 hp 、長地停機位 hl 、可停放部分廣體航機之畸零空間機位 hsy 與僅可停放窄體航機之畸零空間機位 hsn ，包含 $\{ho, hp, hl, hsy, hsn\} \subseteq H$ 。

T : 網路中所有時間點之集合，包含起始時點 ts 、進廠維修時點 th 、除漆開始時點 td 、除漆完成時點 tm 、噴漆開始時點 tp 、噴漆完成時點 tr 、測試開始時點 tt 、交機時點 te ， $\{ts, th, td, tm, tp, tr, tt, te\} \subseteq T$ 。

FA^k : 第 k 層網路中的航機之航機移動節線集合。

FA_{ho}^k : 第 k 層網路中所有用來表示短期維修航機移動至戶外無阻擋機位(h_o)的節線集合(包含短期維修航機網路中之規劃起始節線與航機移動節線)。

FA_h^{kt} : 第 k 層網路中航機於 t 時移動至機位 h 的集合。

SA^k : 第 k 層網路中的所有規劃起始節線的集合。

OA^k : 第 k 層網路中的所有進廠移動節線的集合。

DA^k : 第 k 層網路中的所有除漆停留節線的集合。

GA^{kt} : 第 k 層網路中的航機在可噴除漆之長地停機位於 t 時完成除漆與 $t+1$ 時點間之停留節線集合。

HA_h^{kt} : 第 k 層網路中的航機於 t 時在機位 h 停留之停留節線集合。

PA^k : 第 k 層網路中的所有噴漆移動節線的集合。

RA^k : 第 k 層網路中的所有噴漆停留節線的集合。

TA^k : 第 k 層網路中的所有測試移動節線的集合。

EA^k : 第 k 層網路中的所有規劃結束節線的集合。

MA_h^k : 第 k 層網路中的航機在機位 h 停留之停留節線集合。

LA_h^{kt} : 第 k 層網路中的航機於 t 時離開機位 h 之流動節線集合。

N : 網路中所有節點的集合。

M : 網路中所有轉運節點之集合。

B : 網路中機位阻擋關係之集合 (m,n) ，其中 m 為被阻擋之機位集合， n 為阻擋之機位集合，詳細關係如表 3-2 所示。當 n 集合之機位有航機停放時，將會阻擋其他航機進出 m 集合之機位，此表可與圖 3.1 對照參考將更為清楚。

參數定義

c_{ij}^k : 為短期維修航機選擇戶外機位區之懲罰值。(設置於短期維修航機之時空網路中之規劃起始節線與航機移動節線)

t^k : 代表第 k 層網路中之航機於廠棚進行維修之時間。長期需噴漆維修航機($k1Y$)， $t^k = tt - tm$ ；長期不需噴漆維修航機($k1N$)， $t^k = tt - th$ ；短期維修航機($k2$) $t^k = te - ts$ ；起落架更換航機($k3$) $t^k = te - ts$ 。

表 3-2F 航修護工廠機位阻擋對照表

A 航機欲進入或離開之機位(m)	B 航機停放之機位(n)
1	1A
2	2A
3	3.5、6
4	3.5、8
5	5A、9
5A	8

決策變數：

x_{ij}^k : 代表第 k 層網路中節線 (i, j) 之流量，為 0-1 變數。用來表示航機於時空中的移動。

y_{ij}^k : 代表第 k 層網路中節線 (i, j) 之流量，為 0-1 變數。用來表示航機於時空中的停留。

數學模式：

$$\text{Min} \quad \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in FA^k} x_{ij}^k + \sum_{k \in k_2} \sum_{(i,j) \in FA_{ho}^k} c_{ij}^k \times x_{ij}^k \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{(i,j) \in SA^k} x_{ij}^k = 1 \quad \forall k \in K \quad (2)$$

$$\sum_{(i,j) \in OA^k} x_{ij}^k = 1 \quad \forall k \in k1Y \cup k1N \quad (3)$$

$$\sum_{(i,j) \in DA^k} y_{ij}^k = tm - td \quad \forall k \in k1Y \quad (4)$$

$$\sum_{(i,j) \in GA^{kt}} y_{ij}^k = 0 \quad \forall k \in k1Y, \forall t \in tm \quad (5)$$

$$\sum_{(i,j) \in PA^k} x_{ij}^k + \sum_{(i,j) \in HA_{hp}^{k(t-1)}} y_{ij}^k = 1 \quad \forall k \in k1Y, \forall t \in tp \quad (6)$$

$$\sum_{(i,j) \in RA^k} y_{ij}^k = tr - tp \quad \forall k \in k1Y \quad (7)$$

$$\sum_{(i,j) \in TA^k} x_{ij}^k = 1 \quad \forall k \in k1Y \cup k1N \quad (8)$$

$$\sum_{(i,j) \in EA^k} x_{ij}^k = 1 \quad \forall k \in K \quad (9)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in HA_h^{kt}} y_{ij}^k \leq 1 \quad \forall t \in T, \forall h \in hl \cup hsy \cup hsn \cup hp \quad (10)$$

$$\sum_{(i,j) \in MA_h^k} y_{ij}^k = t^k \quad \forall h \in H, \forall k \in K \quad (11)$$

$$\sum_{j \in N} (x_{mj}^k + y_{mj}^k) - \sum_{i \in N} (x_{im}^k + y_{im}^k) = 0 \quad \forall m \in M, \forall k \in K \quad (12)$$

$$\sum_{(i,j) \in FA_h^{kt}} (x_{ij}^k) + \sum_{(i,j) \in HA_{h'}^{k(t-1)}} (y_{ij}^{k'}) + \sum_{(i,j) \in HA_{h'}^{kt}} (y_{ij}^{k'}) \leq 2 \quad (13)$$

$$\forall k \in K, \forall k' \in K, \forall t \in T, \forall h \in m, \forall h' \in n, (m, n) \in B$$

$$\sum_{(i,j) \in LA_h^{kt}} (x_{ij}^k) + \sum_{(i,j) \in HA_{h'}^{k(t-1)}} (y_{ij}^{k'}) + \sum_{(i,j) \in HA_{h'}^{kt}} (y_{ij}^{k'}) \leq 2 \quad (14)$$

$$\forall k \in K, \forall k' \in K, \forall t \in T, \forall h \in m, \forall h' \in n, (m, n) \in B$$

$$x_{ij}^k \in 0 \text{ or } 1 \quad (i, j) \in A, \forall k \in K \quad (15)$$

$$y_{ij}^k \in 0 \text{ or } 1 \quad (i, j) \in A, \forall k \in K \quad (16)$$

目標式 (1) 以最小航機移動次數為目標。主要分為兩部分，第一部分為所有航機之移動次數，第二部分為短期維修航機選擇戶外機位區之懲罰值。其中短期維修航機選擇機位以棚場機位為優先，因此若航機選擇戶外機位區進行短期維修將給予懲罰值；限制式 (2) 表示維修起始限制式，同樣為網路流量供給點之流量守恆限制式；限制式 (3) 表示維修進廠限制式，為長期需噴漆維修航機及長期不需噴漆維修航機專用，表示航機從戶外機位區移動至棚廠長地停機位之移動限制；限制式 (4) 表示除漆停留時間限制式，一般長期需噴漆維修航機進行除漆需花費 2 天時間，需歷經 4 個時點 ($tm - td = 4$)；

限制式 (5) 用來避免長期需噴漆維修之航機於除漆完成後，仍停留在長地停機位而造成其他航機無法噴除漆。由於長期維修之航機於長地停機位進行維修時航機無法移動，倘若除漆完成後仍停留在長地停機位時，將造成其他長期需噴漆維修之航機無法停靠可噴除漆之長地停機位進行噴除漆作業。要特別說明的是，此限制僅限制於除漆作業完成後，噴漆完成則不須此限制，主因為噴漆完成之航機已在可隨時移動狀態，若需移動即可馬上離開噴漆機位。由於此限制式較為複雜，因此，我們透過圖 3.12 進行更深入的說明：此限制式有兩種情況，第一種為航機除漆完後，若到噴漆前都沒有其他航機需要噴除漆，在此情況下，不會產生此限制式；另一種情況為航機除漆完後，若到噴漆前有其他航機要進行噴除漆作業，就會產生此限制式。限制式定式概念是將航機除漆完成時點(t)與下一個時點

($t+1$)間之停留節線設置為 0，即 y_1 為 1。

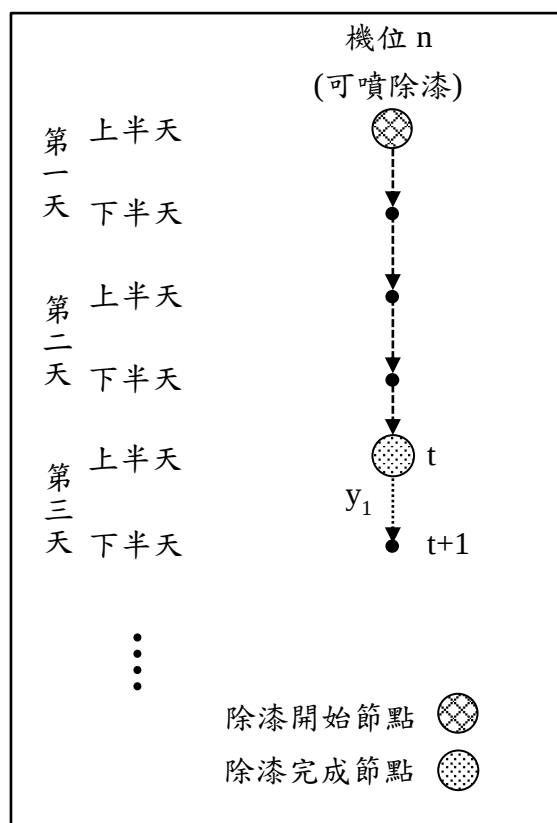


圖 3.12 除漆完成停留節線示意圖

限制式 (6) 表示噴漆開始限制式。長期需噴漆維修航機於可噴除漆之長地停機位開始進行噴漆作業之限制。此限制由其他機位移動至可噴除漆之長地停機位 (x_{ij}^k) 以及在可噴除漆之長地停機位停留 (y_{ij}^k) 等兩項所組成；限制式 (7) 表示噴漆停留時間限制式，一般長期需噴漆維修航機進行噴漆需花費 7 天時間，需歷經 14 個時點 ($tm - td = 14$)；限制式 (8) 表示測試開始限制式，為長期需噴漆維修航機及長期不需噴漆維修航機進行最終測試從長地停機位移動至戶外機位區之限制；限制式 (9) 表示維修結束限制式，同樣為網路流量需求點之流量守恒限制式；限制式 (10) 表示同一個時段內，同一個機位僅能停放一架航機之限制式，戶外機位區不受此限；限制式 (11) 表示維修停留時間限制式。用來確保航機有足夠停留時間於棚廠進行維修。；限制式 (12) 表示網路流量守恒限制式；

限制式 (13) 與 (14) 為航機阻擋限制。其中限制式 (13) 為進入阻擋限制。由於此限制較為複雜，因此我們以圖 3.13 說明之。假設圖中機位 m 與機位 n 具有阻擋的關係，機位 m 為被阻擋機位，機位 n 為阻擋機位(可參考表 3-2)。當機

位 n 有其他航機停靠時，航機就無法進入機位 m 。其中 y_1 、 y_2 為 A 航機停留節線， x_3 為 B 航機移動節線。當 A 航機於第一天停靠機位 n 時($y_1 = 1, y_2 = 1$)，將導致 B 航機無法進入機位 m ($x_3 \neq 1$)，換言之， x_3 、 y_1 、 y_2 不能同時為 1。因此，進入阻擋限制為 $x_3 + y_1 + y_2 \leq 2$ 。為了再更清楚說明，我們針對當限制式總和為 2 時的三種細部情況進行說明，當 $(x_3, y_1, y_2) = (0, 1, 1)$ 時，表示 A 航機於機位 n 停留，B 航機無法離開機位 m ；當 $(x_3, y_1, y_2) = (1, 0, 1)$ 時，表示 A 航機於第一天下半天停靠機位 n 使 B 航機可進入機位 m ；當 $(x_3, y_1, y_2) = (1, 1, 0)$ 時，表示 A 航機於第一天上半天停留在機位 n ，但下半年沒有繼續停留，因此，B 航機可進入機位 m 。

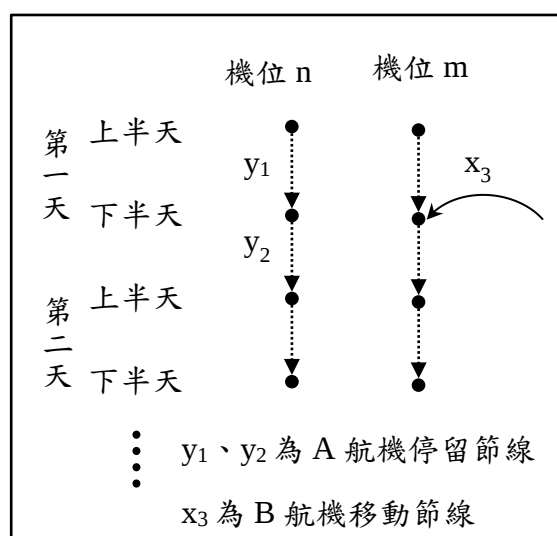


圖 3.13 進入阻擋限制式示意圖

限制式 (14) 為離開阻擋限制。其阻擋關係同限制式 (13) 所述。我們利用圖 3.14 更清楚的說明，其中 y_1 、 y_2 為 A 航機停留節線， x_3 為 B 航機移動節線。當 A 航機於第一天停靠機位 n 時($y_1 = 1, y_2 = 1$)，將導致 B 航機無法離開機位 m ($x_3 \neq 1$)，換言之， x_3 、 y_1 、 y_2 不能同時為 1。因此，離開阻擋限制為 $x_3 + y_1 + y_2 \leq 2$ 。為了再更清楚說明，我們針對當限制式總和為 2 時的三種細部情況進行說明，當 $(x_3, y_1, y_2) = (0, 1, 1)$ 時，表示 A 航機於機位 n 停留，B 航機無法離開機位 m ；當 $(x_3, y_1, y_2) = (1, 0, 1)$ 時，表示 A 航機於第一天下半天停靠機位 n 使 B 航機可離開機位 m ；當 $(x_3, y_1, y_2) = (1, 1, 0)$ 時，表示 A 航機於第一天上半天停留在機位 n ，但下半年沒有繼續停留，因此，B 航機可離開機位 m 。

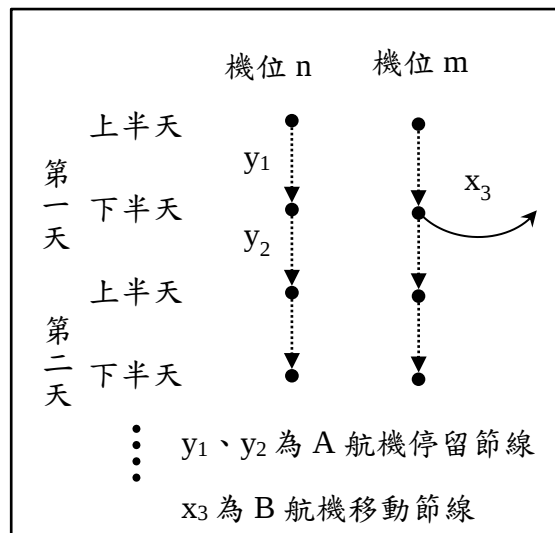


圖 3.14 離開阻擋限制式示意圖



第四章 實證分析

為測試本研究之模式於實際應用時之成效，故本研究以 F 航修護工廠為例進行相關測試。本研究之模式需要航機每日工作排程之資料進行實證分析，由於航機維修資料涉及航空公司機密，因此本研究之測試範例以 F 航修護工廠各檢查工作之平均維修時間為基準，範例測試之相關資料皆由修護工廠相關人員提供。經過實務訪談得知各檢查類型之維修時間以及修護工廠最高維修能量，形成一合理且符合實務之每日工作排程資料。最後，本研究針對相關參數進行敏感度分析以及情境分析，比較不同情境下對模式之影響。

4.1 輸入資料

本研究之模式需要航機每日工作排程之資料，將航機每日工作排程資料依照本研究之長期需噴漆維修航機之時空網路、長期不需噴漆維修航機之時空網路、短期維修航機之時空網路及起落架更換航機之時空網路進行分類，從每日工作排程資料取出各模式所需之時間。本研究所需之資料包括航機資料、維修資料、每日工作排程資料。下面就各資料進行詳細說明。

4.1.1 航機資料

本研究之實證分析將以 F 航修護工廠為例，故將以 F 航修護工廠之航機機型維修能量作為此研究之航機資料，航機資料主要為航機機型，F 航修護工廠現有維修能量之航機機型分類結果如表 4-1 所示。修護工廠之機位有限制停放之機型，故需將修護工廠維修之機型與修護工廠之機位整合。本研究考慮 F 航修護工廠機位之機型限制後將航機機型分為廣體航機、可停放畸零空間之廣體航機、窄體航機，各機型可停放之機位可參考 3.1.1 小節之修護工廠機位介紹。

表 4-1 F 航修護工廠維修能量之航機機型分類對照表

機型類別	適用機型
廣體航機	A350、B747、B777、B787
可停放畸零空間之廣體航機	A300-600、A330、A340
窄體航機	A310、A318、A319、A320、A321、B737、 ERJ-190

4.1.2 維修資料

本研究之維修資料以 F 航修護工廠表定修護天數為例，本研究之研究範圍為定期維修之航機，定期維修包括 A check、C check、D check、結構檢查、起落架更換以及噴漆作業。結構檢查以及噴漆作業會於航機執行 C check 或 D check 時同時進行檢查，不會單獨進行。起落架更換原則上也會與 C check 或 D check 同時進行檢查，若起落架起降次數或飛時達到法規上限同時航機沒有 C check 或 D check 檢查時才會單獨進行起落架更換作業。

F 航修護工廠表定修護天數如表 4-2 所示，若航機在進行 C check 或 D check 需要進行起落架更換或除漆噴漆，需將各維修作業所需之維修天數加進 C check 或 D check 之維修天數。以下表為例，若 A 航機此次需進行小 C check 以及除漆、噴漆，則 A 航機此次維修天數為 7 天加上除漆 2 天及噴漆 7 天共 16 天。維修天數以工程規劃單位依照工單數量進行每日工作排程之結果為主，備註則為各維修類別常見維修天數之範圍，本研究進行模式之實證分析會以各維修之表定天數為主。

本研究依照各維修的流程不同分為下列四種維修，分別為長期需噴漆維修、長期不需噴漆維修、短期維修、起落架更換。A check 為短期維修；C check 與 D check 則以航機有無噴漆進行分類，若有噴漆為長期需噴漆維修類別，若無噴漆則為長期不需噴漆維修。詳細維修流程介紹可參考 3.1.3 小節之航機維修流程介紹。

表 4-2 F 航修護工廠各維修類別之維修天數對照表

維修類別	天數	備註
A check	1	
C check	14	
小 C check	10	大約 7~14 天
大 C check	30	加結構檢查超過 30 天
D check	35	加結構檢查、起落架更換與噴漆超過 60 天
起落架更換	14	
除漆	2	與 C、D check 同時進行
噴漆	7	與 C、D check 同時進行

4.1.3 每日工作排程資料

每日工作排程資料是由工程規劃單位依照航機維修所有工單規劃此次航機維修每日需進行之維修項目。每日工作排程包括航機從抵達修護廠第一天到交機日之間每日進行之維修。本研究依照航機維修流程，整理出對航機於維修過程中有重要影響之時間，包括起始時間、進廠時間、除漆時間、噴漆時間、測試時間、交機時間等。下面就各時間進行詳細說明。

1. 航機機型：依照修護工廠停放之限制分為廣體航機、可停放畸零空間之廣體航機、窄體航機，各機型可停放之機位可參考 3.1.1 小節之修護工廠機位介紹。
2. 航機維修類別：航機維修類別配合本研究之模式分為四個類別，包括長期需噴漆之維修、長期不需噴漆之維修、短期維修及起落架更換。
3. 起始時間：起始時間為航機結束航班勤務進到修護工廠之首日。
4. 進廠時間：長期維修之航機專用，為航機結束航班勤務進到修護工廠之第二天。
5. 除漆時間：為長期需噴漆維修航機專用，該時間同進廠時間。
6. 噴漆時間：為長期需噴漆維修航機專用，從每日工作排程資料得知航機

噴漆時間。

7. 測試時間：為長期維修之航機專用，通常為交機時間前三日。

8. 交機時間：為航機結束所有維修工作交還給航空公司繼續執行航班勤務之時間。

9. 棚廠停留時間：為航機需要在棚廠內機位停留之天數。其中長期維修之停留時間為進廠時間到測試時間經過的時間；短期維修以及起落架更換為起始時間到交機時間經過的時間。

10. 上一週期停留最後位置：航機若於上一週期未完成維修工作延續到下一週期而顯示之上一週期各機位規劃之最終結果，此週期會以上一週期之規劃結果延續進行此週期之規劃。

4.2 模式發展

本研究以 F 航修護工廠之實務運作為基礎建立一零壹整數數學模式與航機時空網路，並以範例資料進行測試，下面就模式規模及模式輸入資料分節詳細進行說明。

4.2.1 模式規模

本研究以 F 航修護工廠為例，共有長地停機位 5 個、畸零空間機位 7 個及戶外機位區。詳細之機位編號與機位停放限制如表 4-3 所示，機位 1~5 為長地停機位，其中機位 5 同時為可噴除漆之長地停機位，機位 1~5 無停放限制，所有機型之航機都可停放。機位 1A、2A 及 3.5 為畸零空間機位，此 3 個機位可停放「可停放畸零空間之廣體航機」及「窄體航機」。機位 5A、6、8 及 9 也是畸零空間機位，與機位 1A、2A 及 3.5 不同的是機位 5A、6、8 及 9 只能停放窄體航機。戶外機位區於 3.2.1 小節模式假設中提及，由於各戶外機位無阻擋問題，故不會設流量上限與規劃各戶外機位之詳細停放情形，故無進行編號，僅以航機移動至戶外機位區表示。各戶外機位也無停放限制，所有航機皆可停放。

規劃期內共計有 26 架航機進場檢修並安排其停機位置，其中 3 架為長期需

噴漆維修航機、7 架長期不需噴漆維修航機、15 架短期維修航機(包含規劃期內每日執行一架以及前一周期已規劃之航機)及 1 架起落架更換航機。節點時間間隔為 12 小時。問題規模之網路規模與數學模式規模如表 4-4 所示，其中航機數量為 26 架，故有 26 層的航機時空網路，所有節點數為 8,008，節線數為 80,695，所有變數皆為零壹整數，故整數變數與零壹整數皆為 80,695。限制式部份，流量守恒限制式數量為 6,552，規劃開始限制式與結束限制式數量與航機數量相同皆為 26，其中括號中之限制式數量為確保不會產生多餘網路流量而設定其流量為 0 之限制式數量。一個機位僅能停放一架航機之限制式為 12 個機位與 28 個時點相乘，數量為 336。進入阻擋限制式與離開阻擋限制式數量分別為 68,040。其他詳細限制式數量如表 4-4 所示。

表 4-3 F 航修護工廠機位編號與停放限制

機位種類	編號	限制
長地停機位	1	無
	2	無
	3	無
	4	無
可噴除漆之長地停機位	5	無
畸零空間機位	1A	可停放畸零空間之廣體航機及窄體航機
	2A	可停放畸零空間之廣體航機及窄體航機
	3.5	可停放畸零空間之廣體航機及窄體航機
	5A	窄體航機
	6	窄體航機
	8	窄體航機
	9	窄體航機

表 4-4 範例測試之網路規模與數學模式規模

網路規模	航機網路個數	26
	節點數	8,008
	節線數	80,695
數學模式規模	整數變數	80,695
	零壹變數	80,695
	流量守恒限制式	6,552
	額外限制式	
	規劃開始限制式	26(9,260*)

	進場移動限制式	5
	除漆停留限制式	1
	除漆完成停留限制式	2
	噴漆移動限制式	1
	噴漆停留限制式	2
	測試移動限制式	5
	規劃結束限制式	26(7,047*)
	一個機位僅能停放一架航機限制式	336
	停留時間限制式	24
	進入機位阻擋限制式	68,040
	離開機位阻擋限制式	68,040

4.2.1 模式輸入資料

本研究以 F 航修護工廠之實務運作為基礎，建構一零壹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機資料、維修資料與每日工作排程資料，其整理如下：

1. 航機資料

- (1) 航機數量
- (2) 航機機型

2. 維修資料

- (1) 航機維修類別

3. 每日工作排程資料

- (1) 起始時間
- (2) 進廠時間
- (3) 除漆時間
- (4) 噴漆時間
- (5) 測試時間
- (6) 交機時間

(7) 棚廠停留時間

(8) 上一週期最後停留位置

4.3 電腦測試環境及設定

4.3.1 電腦測試環境

本研究以 Microsoft Windows 10 為作業平台及 Microsoft visual C++ 程式軟體為開發環境，結合 IBM ILOG CPLEX 20.1.0.0 最佳化軟體進行模式建構及求解，並於 11th Gen Intel(R) Core(TM) i7-11700K @ 3.60GHz CPU，32.0 GB Ram 之個人電腦進程式運算，從資料輸入、模式建構、模式求解到結果輸出，執行成效良好。

4.3.2 模式輸出資料

模式求解之結果，會輸出下列項目

1. 目標值
2. 求解時間
3. 有流量之節線
4. 各航機於規劃週期內之移動及停留情形

4.4 範例測試結果分析

本研究以長地停機位 5 個、畸零空間機位 7 個、戶外機位區。航機規模假設 26 架，其中 15 架短期維修航機、3 架長期需噴漆維修航機、7 架長期不需噴漆維修航機及 1 架起落架更換航機。規劃期為兩週，節點密度為 12 小時為測試範例。以最小移動次數為目標，求解結果如表 4-5 所示。

本研究從實務訪談中得知修護工廠同一時段最大維修航機數量為 10~12 架，離峰時段為 2~3 架，從測試結果中可知本研究測試最大同時維修航機數量為 9 架，離 10~12 架有 1~3 架差距。因本研究未考慮線上執勤臨時故障需使用棚廠之維修與長期維修臨時缺點改正等情況，故此測試結果之最大同時維修航機數量在合理範圍內。

範例測試結果求得最小移動次數為 67 次，代表此週期所有航機移動次數為 67 次，扣除必要移動後之移動次數為 0 次，扣除必要移動後之移動次數為航機扣除必須之移動後於網路中自由流動之移動次數。模式求解秒數為 4.86 秒，使用人工方式以相同方式進行排程需花費 948.82 秒，可知模式求解較人工快且成效良好。從圖 4.1 之機位排程結果可知此排程結果無異常且符合實務運作需求。其中總懲罰值為 3 代表有 3 架短期維修航機於戶外機位區進行維修，分別為航機 4、航機 7 與航機 10，透過航機資料得知三架航機皆為廣體航機，僅能停放於長地停機位，因長地停機位於該航機維修時段已無空位，故只能選擇於戶外機位區進行短期維修工作。另外以每日 7 架短期維修之航機數量進行測試發現人工求解之目標值為 275 較電腦求解多 5 次移動次數，且有 28 架航機於戶外機位區執行短期維修較電腦求解多 2 架，而求解時間大約需要將近 1 小時較電腦求解多 50 分鐘，綜合比較可知雖然範例測試之人工及電腦規劃結果無明顯差別，但當航機數量增加時就明顯比較出電腦求解效率較人工排程佳，且從規劃結果也可知電腦求解可做出比人工排程較佳之規劃結果。下面透過機位安排結果從四種不同維修種類之航機各選擇一架進行詳細說明。

表 4-5 範例測試之航機資訊與求解結果

規劃方式（範例測試）	電腦	人工
總航機架數	26	26
長期需噴漆維修(架數)	3	
長期不需噴漆維修(架數)	7	
短期維修(架數)	15	
起落架更換(架數)	1	
求解結果		
目標值(最小航機移動次數)	67	67
所有航機移動次數	64	64
總懲罰值	3	3
扣除必要移動後之移動次數(架數)	0	0
求解時間(秒)	4.86	948.82
於戶外進行短期維修航機(架數)	3	3
規劃方式（每日 7 架短期維修）	電腦	人工
總航機架數	116	116
長期需噴漆維修(架數)	3	
長期不需噴漆維修(架數)	7	
短期維修(架數)	105	

起落架更換(架數)	1	
求解結果		
目標值(最小航機移動次數)	270	275
所有航機移動次數	244	247
總懲罰值	26	28
扣除必要移動後之移動次數(架數)	2	2
求解時間(秒)	465.66	3363.43
於戶外進行短期維修航機(架數)	26	28

時點 機位	延續上 一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下 一週期
1		AC17			AC22																								
2	AC1	AC23										AC24					AC25												
3		AC19							AC20																				
4		AC18								AC21																			
5		AC16				AC20			AC19																				
1A										AC6																AC14			
2A		AC2		AC3																								AC15	
3.5														AC8					AC11										
5A								AC5																					
6																							AC12						
8																AC9								AC13					
9																													
戶外	AC23	AC20		AC16											AC23				AC25		AC24								
戶外		AC17					AC18					AC10															AC26		
戶外			AC4		AC21				AC7		AC24																		

圖 4.1 F 航修護工廠最佳化機位排程模式機位排程結果（機位時點）

航機	時點	延續上一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下一週期																																			
1		HGR2																																																															
2			HGR2A																																																														
3				HGR2A																																																													
4					戶外																																																												
5						HGR5A																																																											
6							HGR1A																																																										
7								戶外																																																									
8									HGR3.5																																																								
9										HGR8																																																							
10											戶外																																																						
11												HGR3.5																																																					
12													HGR6																																																				
13														HGR8																																																			
14															HGR1A																																																		
15																	HGR2A																																																
16		HGR5								戶外																																																							
17		HGR1								戶外																																																							
18		HGR4																				戶外																																											
19		HGR3																				HGR5																																											
20						戶外				HGR5														HGR3																																									
21														戶外														HGR4																																					
22						HGR1																																																											
23		戶外											HGR2																				戶外																																
24														戶外										HGR2																				戶外																					
25																																		戶外										HGR2																					
26																																																						戶外											

圖 4.2 F 航修護工廠最佳化機位排程模式機位排程結果（航機時點）

4.4.1 長期需噴漆維修測試結果

本研究之測試包括 3 架長期需噴漆維修航機，分別為航機 16、航機 19 與航機 20，本節將以航機 19 之規劃結果為例進行說明。

航機 19 此週期之資料如表 4-6 所示，該航機機型分類為廣體航機，僅能停放於長地停機位與戶外機位區，無起始時點表示航機於上一週期延續至此週期，航機上一週期最後停放於機位 3，故此週期於機位 3 開始規劃，起始時點、進廠時點與除漆時點於上一週期執行，故此週期無資料，航機預計於時點 9 進行噴漆作業，測試時點與交機時點於下一週期執行，故此週期無資料。

規劃結果如圖 4.3 所示，航機 19 延續上一週期於機位 3 停放至時點 9，於時點 9 移動至機位 5，進行為期一週之噴漆作業，並於此週期最後一時點停放於機位 5 延續至下一週期，故下一週期將於機位 5 開始規劃。

航機 19 於此週期之移動次數為 3 次，包括規劃開始節點移動至機位 3 表示上一週期延續至此週期之移動節線、噴漆移動節線及機位 5 移動至規劃結束節點表示延續至下一週期之移動節線，扣除必要移動次數後之移動次數為 0 次，從規劃結果中可知此規劃結果合理且符合實務運作。

表 4-6 長期需噴漆維修航機 19 維修資料

機型	停留時間	起始時點	進廠時點	除漆時點
廣體航機	27	N/A	N/A	N/A
噴漆時點	測試時點	交機時點	上一週期最後停放機位	
9	N/A	N/A	機位 3	

時點	延續上一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下一週期
航機 19		HGR3								HGR5																			

圖 4.3 長期需噴漆維修航機 19 規劃結果

4.4.2 長期不需噴漆維修測試結果

本研究之測試包括 7 架長期不需噴漆維修航機，分別為航機 17、航機 18 航機 21、航機 23、航機 24、航機 25 與航機 26，本節將以航機 23 之規劃結果為例

進行說明。

航機 23 此週期之資料如表 4-7 所示，該航機機型分類為可停放畸零空間之廣體航機，僅能停放於長地停機位、部分畸零空間機位與戶外機位區。航機於上一週期延續至此週期，上一週期最後停放於戶外機位區，故此週期於戶外機位區開始規劃。航機預計於時點 1 進入長地停機位執行維修工作，於時點 15 執行測試，並於時點 21 交機。由於航機無需噴漆，故除漆時點與噴漆時點無資料。

規劃結果如圖 4.4 所示，航機 23 延續上一週期於戶外停放至時點 1，即移動至機位 2 執行維修工作至時點 15。航機於時點 15 從機位 2 移動至戶外機位區執行測試檢查工作至時點 21，最終於時點 21 交機結束維修工作。

航機 23 於此週期之移動次數為 4 次，包括規劃開始節點移動至戶外機位區表示上一週期延續至此週期之移動節線、進廠移動節線、測試移動節線與規劃結束節線，扣除必要移動次數後之移動次數為 0 次，從規劃結果中可知此規劃結果合理且符合實務運作。

表 4-7 長期不需噴漆維修航機 23 維修資料

機型	停留時間	起始時點	進廠時點
可停放畸零空間之廣體航機	14	N/A	1
測試時點	交機時點	上一週期最後停放機位	
15	21	戶外機位區	

航機	時點	延續上一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下一週期
	23	戶外	HGR2														戶外													

圖 4.4 長期不需噴漆維修航機 23 規劃結果

4.4.3 短期維修測試結果

本研究之測試包括 15 架短期維修航機，分別為航機 1 至航機 15，本節將以航機 7 與航機 11 之規劃結果為例進行說明。

4.4.3.1 短期維修航機 7 測試結果

航機 7 此週期之資料如表 4-8 所示，航機之機型分類為廣體航機，僅能停放

於長地停機位與戶外機位區。航機預計於時點 11 開始維修，並於時點 13 交機。由於航機進行短期維修，故只有起始時點與交機時點之資料。

規劃結果如圖 4.5 所示，航機於時點 11 進入戶外機位區並於時點 13 交機。此次規劃結果之移動次數為 3 次，分別為規劃起始節線與規劃結束節線，扣除必要移動次數後之移動次數為 0 次。航機 7 因機型限制只能停放長地停機位，從圖 4.1 中可知時點 11 長地停機位已無空閒機位，故航機 7 只能於戶外機位區進行短期維修，故此規劃結果合理且符合實務運作。但航機 7 選擇戶外機位區執行短期維修，與規劃方式之以停放棚廠內機位為優先不同，故給予懲罰值，規劃起始節線之移動次數由 1 次增加為 2 次。

表 4-8 短期維修航機 7 維修資料

機型	停留時間	起始時點
廣體航機	2	11
交機時點	上一週期最後停放機位	
13	N/A	

時點	延續上一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下一週期
航機																													
7													戶外																

圖 4.5 短期維修航機 7 規劃結果

4.4.3.2 短期維修航機 11 測試結果

航機 11 此週期之資料如表 4-9 所示，航機之機型分類為可停放畸零空間之廣體航機，僅能停放長地停機位、部分畸零空間機位與戶外機位區。航機預計於時點 19 開始維修，並於時點 21 交機。由於航機進行短期維修，故只有起始時點與交機時點之資料。

規劃結果如圖 4.6 所示，航機於時點 19 進入機位 3.5 並於時點 21 交機。此規劃結果之移動次數為 2 次，分別為規劃起始節線與規劃結束節線。扣除必要移動次數後之移動次數為 0 次。航機停放於機位 3.5 為畸零空間，該機位為可停放部分廣體航機之畸零空間機位，故此規劃結果合理且符合實務運作。

表 4-9 短期維修航機 11 維修資料

機型	停留時間	起始時點
可停放畸零空間之廣體航機	2	19
交機時點	上一週期最後停放機位	
21	N/A	

時點 航機	延續上 一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下 一週期
11																				HGR3.5									

圖 4.6 短期維修航機 11 規劃結果

4.4.4 起落架更換測試結果

本研究之測試包括 1 架起落架更換航機，為航機 22，本節將以航機 22 之規劃結果為例進行說明。

航機 22 此週期之資料如表 4-10 所示，航機之機型分類為廣體航機，僅能停放於長地停機位與戶外機位區。起落架更換只有起始時點與交機時點，其他時點無資料。航機預計於時點 4 進入長地停機位執行兩週之起落架更換，由於此週期尚未結束維修作業，航機會延續至下一週期繼續執行維修工作故無交機時點。

規劃結果如圖 4.7 所示，航機於時點 4 進入機位 1 執行起落架更換至時點 28。由於此週期尚未完成維修工作故延續至下一週期，下一週期將會於機位 1 開始規劃。

航機 22 於此週期之移動次數為 2 次，包括規劃起始節線及機位 1 移動至規劃結束節點表示延續至下一週期之移動節線，扣除必要移動次數後之移動次數為 0 次，從規劃結果中可知此規劃結果合理且符合實務運作。

表 4-10 起落架更換航機 22 維修資料

機型	停留時間	起始時點
廣體航機	24	4
交機時點	上一週期最後停放機位	
N/A	N/A	

時點 航機	延續上 一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下 一週期
22																													

圖 4.7 起落架更換航機 22 規劃結果

4.5 敏感度分析

本研究所發展之模式，在不同參數設定下可能會造成不同的規劃結果及求解成效。本章針對對於模式影響較大之參數：於戶外機位區執行短期維修懲罰值、長期維修航機數量減少與每日短期維修航機數量增加進行敏感度分析，以評估參數的影響程度，及不同參數設定下規劃績效之優劣。

4.5.1 於戶外機位區執行短期維修懲罰值之敏感度分析

本研究將選擇戶外機位區執行短期維修航機給予增加 1 次移動次數之懲罰值，不同懲罰值可能對規劃結果產生影響，本研究將針對不同懲罰值進行測試，懲罰值參數設定為 0、0.5、1、1.5 及 2，觀察規劃結果與變化情形。

規劃結果如表 4-11、圖 4.8 至圖 4.15 所示，其中從表 4-11、圖 4.8 及圖 4.9 中可知當無懲罰值時，有 3 架廣體航機、1 架可停放畸零空間之廣體航機及 3 架窄體航機於戶外機位區執行短期維修，共 7 架分別為航機 3、航機 4、航機 5、航機 7、航機 10、航機 11 及航機 15。其中航機 4、航機 7 及航機 10 為廣體航機，因該維修時段無長地停機位可停放故選擇戶外機位區執行短期維修，其他航機之維修時段尚有畸零空間機位可停放與實務上短期維修優先停放於棚場內機位之規劃原則衝突，故此規劃結果不合理。

表 4-11 短期維修航機於戶外機位區執行維修懲罰值之敏感度分析

懲罰值	0	0.5	1*	1.5	2
數學模式規模					
變數	80,695				
限制式	159,367				
求解結果					
目標值(最小移動次數)	64	65.5	67	68.5	70
所有航機移動次數	64	64	64	64	64
總懲罰值	0	1.5	3	4.5	6

扣除必要移動後之移動次數	0	0	0	0	0
求解時間(秒)	4.48	4.27	4.86	5.45	5.59
於戶外機位區進行短期維修航機(架數)	7	3	3	3	3
廣體航機	3	3	3	3	3
可停放畸零空間之廣體航機	1	0	0	0	0
窄體航機	3	0	0	0	0
畸零空間機位進行短期維修航機(架數)	7	11	11	11	11
廣體航機	0	0	0	0	0
可停放畸零空間之廣體航機	4	5	5	5	5
窄體航機	3	6	6	6	6
長地停機位執行短期維修航機(架數)	1	1	1	1	1
廣體航機	1	1	1	1	1
可停放畸零空間之廣體航機	0	0	0	0	0
窄體航機	0	0	0	0	0
規劃結果	不合理	合理	合理	合理	合理

*為基本範例

時點 機位	延續上 一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下 一週期																				
1	AC17				AC22																																												
2	AC1	AC23										AC24					AC25																																
3	AC19								AC20																																								
4	AC18									AC21																																							
5	AC16					AC20			AC19																																								
1A														AC8																																			
2A														AC2														AC6			AC14																		
3.5																												AC13																					
5A																																																	
6														AC9																																			
8																																																	
9																																																	
戶外	AC23	AC20			AC16										AC23					AC25		AC24																											
戶外	AC3			AC17					AC18						AC10		AC11		AC26																														
戶外				AC4		AC21		AC7							AC24		AC15																																
戶外				AC5																																													

圖 4.8 懲罰值為 0 機位排程結果

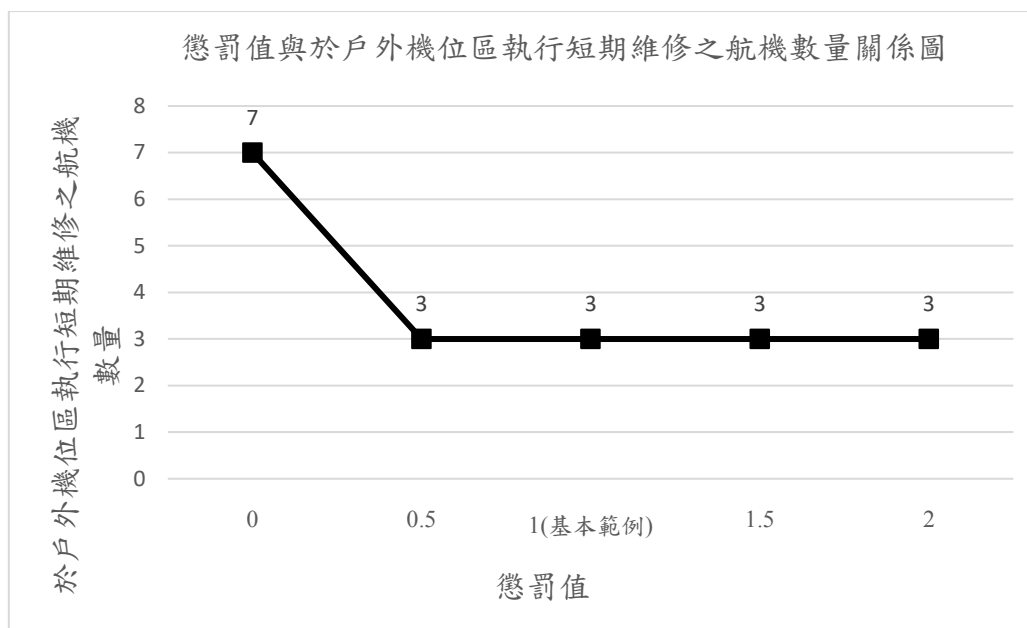


圖 4.9 懲罰值與於戶外機位區執行短期維修航機數量關係圖

從圖 4.9 可知懲罰值為 0.5、1、1.5 及 2 時，僅有 3 架廣體航機於戶外執行短期維修，原因為 3 架廣體航機維修時段無長地停機位可停放，故此規劃結果合理。從圖 4.10 中可知當懲罰值參數增加時，目標值會隨著懲罰值增加而變多，但第一部分之航機移動次數一樣都為 64 次。另從圖 4.11 中發現懲罰值增加時，總懲罰值也會跟著增加，綜合上述可知目標值受到懲罰值參數影響，當把懲罰值參數改變時，目標值會因為總懲罰值的改變而受到影響。

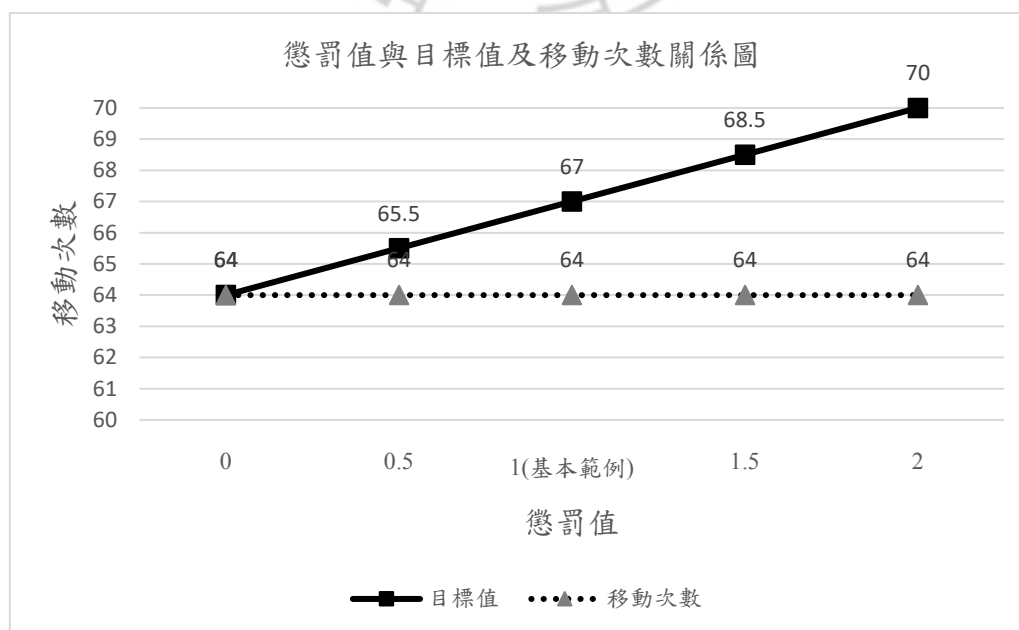


圖 4.10 懲罰值與目標值及移動次數關係圖

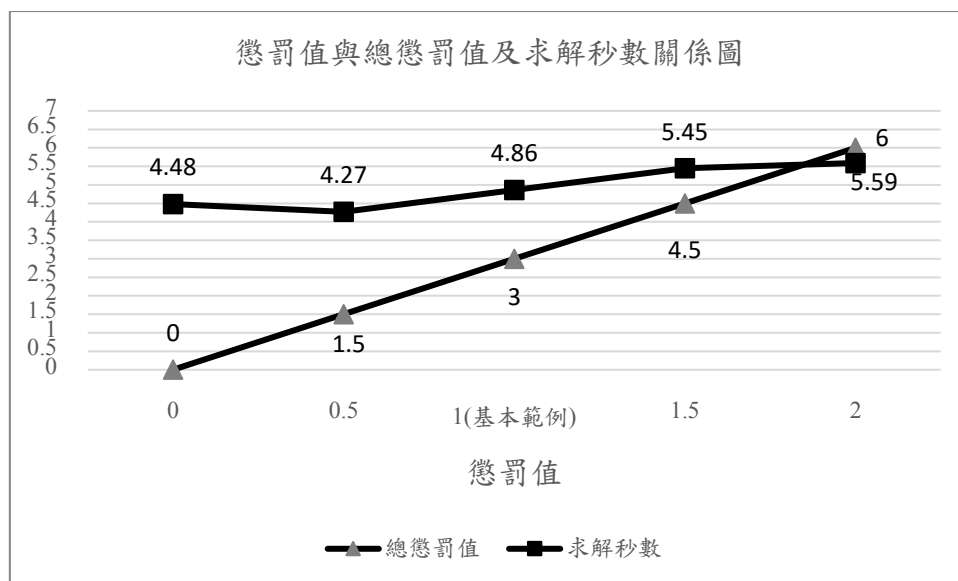


圖 4.11 懲罰值與總懲罰值及求解秒數關係圖

求解秒數部分，從圖 4.11 發現除了無懲罰值外，當懲罰值參數增加時，求解秒數也會增加。最後從表 4-11 及圖 4.12 至 4.15 可知，整體求解結果並無太大差異，因此懲罰值為 0.5、1.5 及 2 時與基本資料相比，模式無明顯改變。懲罰值參數為 0.5 時求解秒數雖較基準資料快，但因為懲罰值參數為整數時，較容易了解整體模式規劃情形，故本研究還是以懲罰值為 1 為基準進行模式建構。

機位	時點	延續上一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下一週期								
1			AC17			AC22																																
2		AC1	AC23												AC24						AC25																	
3		AC19									AC20																											
4		AC18										AC21																										
5		AC16					AC20				AC19																											
1A											AC6																											
2A																																						
3.5		AC2		AC3												AC8								AC11		AC12								AC14				
5A												AC5												AC9														
6																																						
8																																						
9																								AC13								AC15						
戶外		AC23	AC20			AC16											AC23						AC25		AC24													
戶外						AC17						AC18						AC10														AC26						
戶外						AC4		AC21				AC7		AC24																								

圖 4.12 懲罰值為 0.5 機位排程結果

時點 機位	延續上 一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下 一週期			
	AC17			AC22																												
1	AC1	AC23												AC24						AC25												
2	AC19									AC20																						
3	AC18										AC21																					
4	AC16					AC20				AC19																						
5											AC6																	AC14				
6	AC2		AC3																							AC15						
7														AC8								AC11										
8								AC5																								
9															AC9								AC12									
10																							AC13									
11																																
12	AC23	AC20			AC16												AC23				AC25		AC24									
13					AC17					AC18					AC10															AC26		
14					AC4				AC21				AC7		AC24																	

圖 4.13 懲罰值為 1 機位排程結果

時點 機位	延續上 一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下 一週期					
1	AC17				AC22																													
2	AC1	AC23												AC24						AC25														
3	AC19									AC20																								
4	AC18										AC21																							
5	AC16					AC20				AC19																								
1A										AC6																	AC14							
2A																																		
3.5	AC2		AC3														AC8												AC11		AC12			
5A								AC5															AC9											
6																																		
8																																		
9																								AC13				AC15						
戶外	AC23				AC20		AC16											AC23				AC25		AC24										
戶外					AC17					AC18					AC10															AC26				
戶外					AC4				AC21				AC7		AC24																			

圖 4.14 懲罰值為 1.5 機位排程結果

時點 機位	延續上 一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下 一週期			
1	AC17			AC22																												
2	AC1	AC23												AC24						AC25												
3	AC19									AC20																						
4	AC18										AC21																					
5	AC16					AC20				AC19																						
1A										AC6															AC14							
2A	AC2		AC3																							AC15						
3.5														AC8								AC11										
5A								AC5																								
6															AC9								AC12									
8																					AC13											
9																																
戶外	AC23	AC20			AC16											AC23					AC25		AC24									
戶外					AC17						AC18					AC10															AC26	
戶外						AC4		AC21				AC7		AC24																		

4.5.2 長期維修航機數量增減之敏感度分析

本研究規劃 26 架航機之機位排程，包括 15 架短期維修航機、3 架長期需噴漆維修航機、7 架長期不需噴漆維修航機及 1 架起落架更換航機。此規劃結果顯示每個時點之長地停機位皆有航機使用，為了解長地停機位之使用狀況是否受到長期維修之航機影響，故將長期維修之航機數量分別增加 1 架、減少 0 架、減少 1 架（航機 18）、減少 2 架（航機 18 與航機 24）及減少 3 架（航機 18、航機 23 與航機 24），觀察規劃結果與變化情形。

規劃結果如表 4-12、圖 4.16 至圖 4.20 所示，從圖 4.16 基本範例規劃結果可知長地停機位於各時點皆全部使用，造成 3 架廣體航機於戶外機位區執行短期維修。因此當長期維修航機數量再增加 1 架時已超出棚廠使用空間容量就會發生無解的情況如表 4-12 所示。

時點 機位	延續上 一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下 一週期					
1	AC17				AC22																													
2	AC1	AC23												AC24					AC25															
3	AC19									AC20																								
4	AC18										AC21																							
5	AC16					AC20				AC19																								
1A										AC6																AC14								
2A	AC2		AC3																						AC15									
3.5													AC8				AC11																	
5A								AC5																										
6																					AC12													
8																					AC9					AC13								
9																																		
戶外	AC23	AC20			AC16																	AC23					AC25		AC24					
戶外				AC17							AC18					AC10																	AC26	
戶外						AC4		AC21					AC7		AC24																			

圖 4.16 長期維修航機數量減少 0 架之機位排程結果

表 4-12 長期維修航機數量增減之敏感度分析

長期維修航機數量增減	+1 架	-0 架*	-1 架	-2 架	-3 架
總航機架數	27	26	25	24	23
長期需噴漆維修(架數)	3	3	3	3	3
長期不需噴漆維修(架數)	8	7	6	5	4
短期維修(架數)	15	15	15	15	15
起落架更換(架數)	1	1	1	1	1
數學模式規模					
變數	83,570	80,695	77,820	74,945	72,070
限制式	171,348	159,367	147,833	136,748	126,110

求解結果					
目標值(最小移動次數)	無解	67	62	58	53
所有航機移動次數	-	64	60	57	53
懲罰值	-	3	2	1	0
扣除必要移動後之移動次數	-	0	0	0	0
求解時間(秒)	13.88	4.86	4.53	3.69	4.09
於戶外機位區進行短期維修航機(架數)	-	3	2	1	0
廣體航機	-	3	2	1	0
可停放畸零空間之廣體航機	-	0	0	0	0
窄體航機	-	0	0	0	0
畸零空間機位進行短期維修航機(架數)	-	11	10	10	9
廣體航機	-	0	0	0	0
可停放畸零空間之廣體航機	-	5	4	4	5
窄體航機	-	6	6	6	4
長地停機位執行短期維修航機(架數)	-	1	3	4	6
廣體航機	-	1	2	3	4
可停放畸零空間之廣體航機	-	0	1	1	0
窄體航機	-	0	0	0	2
規劃結果	-	合理	合理	合理	合理

-為無資料 *為基本範例

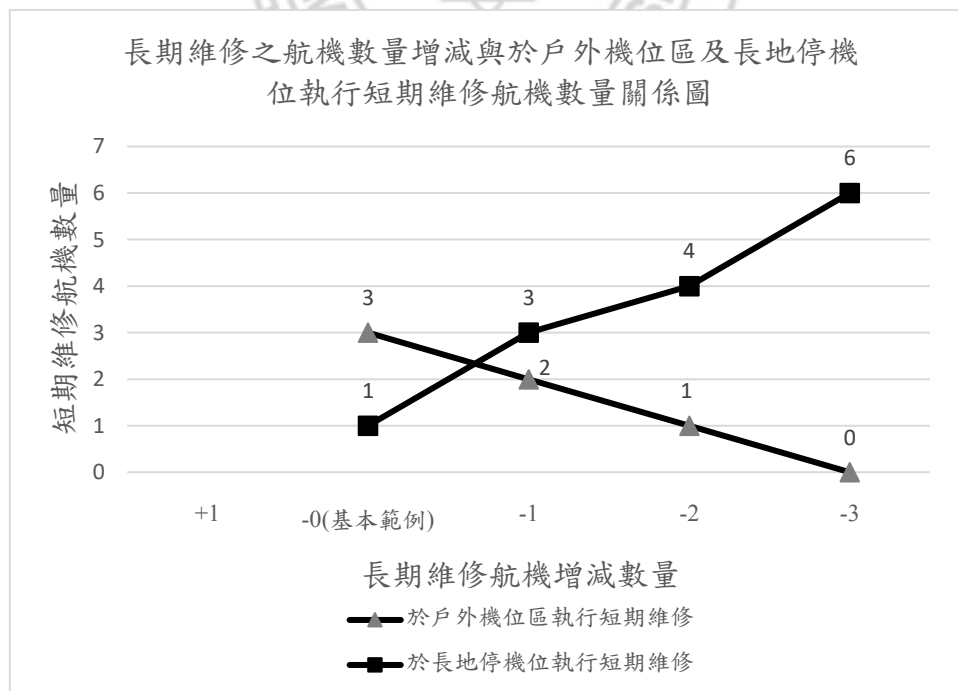


圖 4.17 長期維修航機數量增減與於戶外機位區及長地停機位執行短期維修航機數量關係圖

從圖 4.17 中可知當長期維修航機數量減少 1 架時，戶外機位區執行短期維修航機數量減少為 2 架，且長地停機位執行短期維修數量增加 2 架，包括 1 架廣體航機與 1 架可停放畸零空間之廣體航機。當減少數量為 2 架時，戶外機位區執行短期維修航機數量減少為 1 架，長地停機位執行短期維修航機數量增加 3 架，包括 2 架廣體航機與 1 架可停放畸零空間之廣體航機。當長期維修航機數量減少 3 架時，沒有航機在戶外機位區執行短期維修，於長地停機位執行短期維修航機數量增加到 6 架。從規劃結果可知當長期維修航機數量減少時，於長地停機位執行短期維修航機數量會因為空間長地停機位增加而變多。原本停放於戶外機位區執行短期維修的航機也可能因為有空閒之長地停機位而進入棚廠內執行短期維修使於戶外機位區執行短期維修航機數量減少，避免懲罰值的出現，符合實務運作原則。

另外從圖 4.18 至圖 4.20 之規劃結果圖發現當長期維修航機數量減少 1 架時航機 20 在時點 9 時移動至機位 3；長期維修航機數量減少 2 架時航機 20 在時點 9 時移動至機位 4；長期維修航機數量減少 3 架時航機 20 在時點 9 時移動至機位 1，由此可知當長期維修航機數量減少越多時，因為空間的長地停機位增加，長期維修可能會出現不同的規劃結果，使長地停機位在規劃航機停放時比較彈性。

時點 機位	延續上 一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下 一週期		
1		AC17			AC22																										
2	AC1	AC23															AC10	AC11			AC25										
3		AC19								AC20																					
4		AC18									AC21																				
5		AC16				AC20				AC19																					
1A		AC2						AC5																	AC13						
2A			AC3							AC6																			AC15		
3.5														AC8	AC9											AC14					
5A																						AC12									
6																															
8																															
9																															
戶外	AC23		AC20	AC16													AC23				AC25							AC26			
戶外			AC17							AC18																					
戶外					AC4			AC21			AC7																				

圖 4.18 長期維修航機數量減少 1 架之機位排程結果

時點 機位	延續上 一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下 一週期
	AC17				AC22																								
1	AC1	AC23															AC10	AC11		AC25									
2	AC19											AC21																	
3						AC4		AC20																					
4	AC16					AC20					AC19																		
5A								AC5															AC12						
6									AC6																				
7.5		AC2													AC8												AC14		
8A																													
9																													
10																													
11																													
12																													
13																													
14																													
15																													
16																													
17																													
18																													
19																													
20																													
21																													
22																													
23																													
24																													
25																													
26																													
27																													
戶外	AC23	AC20			AC16						AC7		AC23						AC25		AC13		AC15		AC26				
戶外		AC17																											
戶外									AC21																				

圖 4.19 長期維修航機數量減少 2 架之機位排程結果

時點 機位	延續上 一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下 一週期									
1		AC17				AC4		AC5		AC20																												
2	AC1												AC7			AC9		AC10					AC25															
3	AC19									AC21																												
4					AC22																																	
5	AC16					AC20				AC19																												
1A		AC2																		AC11																		
2A			AC3								AC6													AC14														
3.5															AC8										AC12													
5A																																AC15						
6																																						
8																																						
9																																AC13						
戶外		AC20			AC16																									AC25		AC26						
戶外		AC17																																				
戶外									AC21																													

圖 4.20 長期維修航機數量減少 3 架之機位排程結果

4.5.3 每日短期維修航機數量增加之敏感度分析

本研究規劃 26 架航機之機位排程，包括 15 架短期維修航機、3 架長期需噴漆維修航機、7 架長期不需噴漆維修航機及 1 架起落架更換航機。在長地停機位全部使用的情況下，短期維修多會使用畸零空間機位進行維修，修護工廠實務上每日只會維修 1 架短期維修航機，在此情況下，畸零空間機位每日尚有 6~7 個空間機位可使用。雖然目前修護工廠每日只維修 1 架短期維修航機，未來若維修需求增加或維修能量增加，每日短期維修航機可能會增加為 2 架或以上。為得知

修護工廠增加維修能量後其維修航機數量亦可使用本研究模式進行規劃，故將短期維修航機數量以每日 1 架、2 架、3 架、4 架、5 架、6 架及 7 架進行規劃，觀察規劃結果與模式變化情形。

規劃結果如表 4-13、圖 4.21 至圖 4.23 所示。從圖 4.21 中發現當每日短期維修航機數量達到 5 架時扣除必要移動後之移動次數為 1；每日短期維修航機數量達到 7 架時扣除必要移動後之移動次數為 2。從圖 4.22 可知主要因為航機 50 及航機 48 於時點 10 阻擋停放於機位 4 之航機 18，航機 18 於時點 10 要移動至戶外機位區，造成航機 48 及航機 50 被迫中斷維修工作更換機位。從上述情況可知當每日執行短期維修之航機數量達到 5 架時修護工廠之畸零空間機位使用已逼近容量上限。另從圖 4.23 也可發現當每日短期維修航機數量增加到 5 架時於畸零空間機位執行短期維修之航機數量增加趨勢有降低，也能說明畸零空間機位已逐漸逼近容量上限。若不論機型限制，修護工廠有 7 個畸零空間機位，每日短期維修之航機數量為 5 架時可能會因為停放於長地停機位執行長期維修之航機進出而發生被迫中斷維修工作同時進行移動的情形，而這個情況在每日短期維修之航機數量為 7 架時更加明顯。

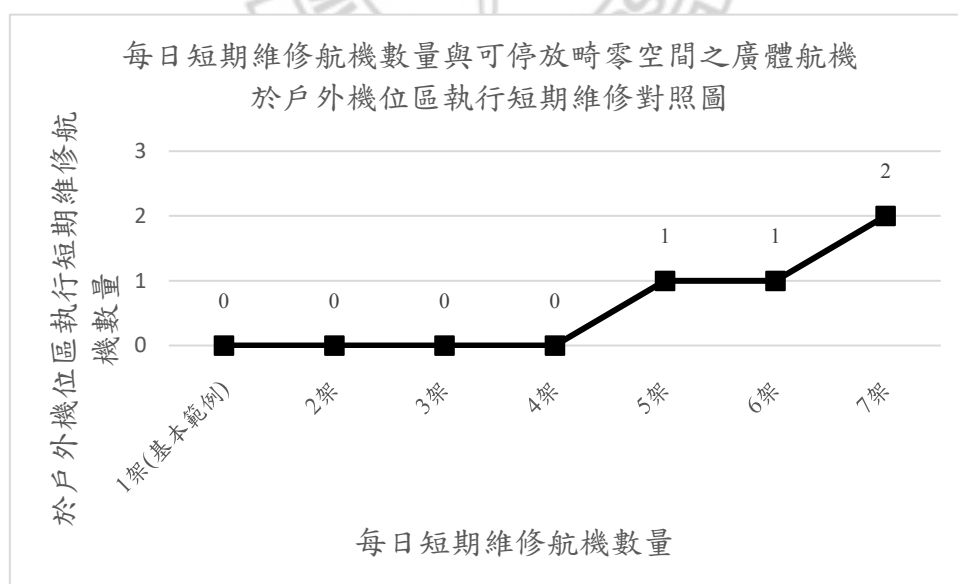


圖 4.21 每日短期維修航機數量與可停放畸零空間之廣體航機於戶外機位區執行短期維修對照圖

時點 機位	延續上 一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下 一週期
1	AC17			AC22																									
2	AC1	AC23										AC24					AC25												
3	AC19								AC20																				
4	AC18										AC21																		
5	AC16				AC20				AC19																				
1A	AC27	AC103			AC90	AC45	AC6	AC52	AC94	AC59	AC63	AC112	AC98	AC77	AC82	AC86													
2A	AC30	AC34	AC36	AC105	AC91	AC47	AC51	AC109	AC62	AC64	AC67	AC72	AC78	AC14	AC116														
3.5	AC28	AC32	AC3	AC40	AC46	AC50	AC48	AC93	AC58	AC61	AC111	AC97	AC74	AC76	AC81	AC83													
5A		AC31		AC41		AC107	AC53						AC73	AC13	AC80	AC15													
6	AC102		AC89	AC42	AC106	AC92				AC9	AC96		AC113	AC99		AC85													
8	AC29	AC33				AC48			AC56	AC95		AC69	AC12																
9	AC87		AC37	AC39	AC5	AC49	AC108			AC65	AC68	AC71		AC115															
戶外	AC23		AC20	AC16					AC7	AC24	AC23			AC25	AC24														
戶外		AC2		AC17				AC18					AC10	AC11		AC75	AC79	AC26											
戶外		AC88	AC35	AC4		AC21	AC50	AC54	AC8	AC60	AC66	AC70		AC114	AC100	AC84													
戶外			AC38			AC43			AC55	AC110								AC101											
戶外		AC104			AC44				AC57																				

圖 4.22 每日短期維修航機數量 7 架之機位排程結果

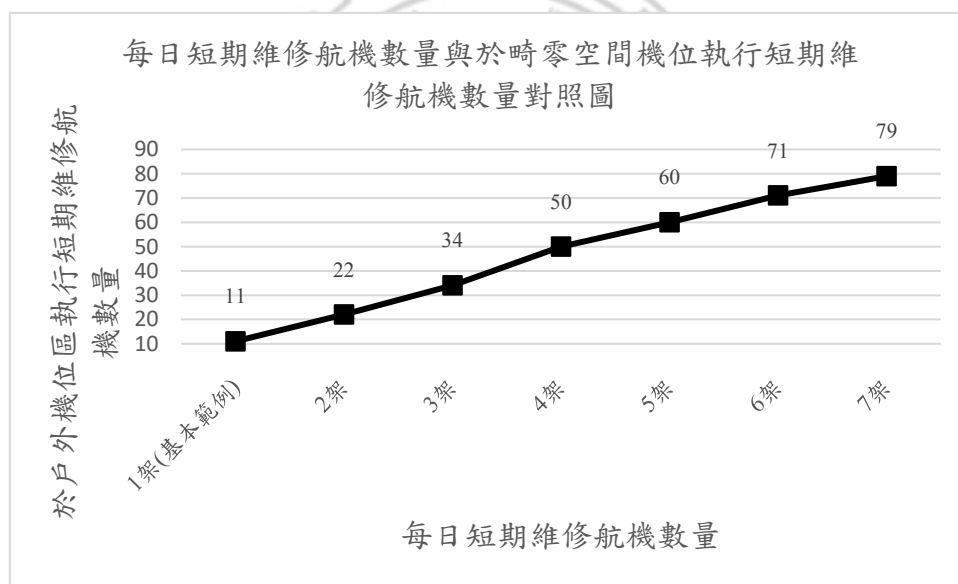


圖 4.23 每日短期維修航機數量與於畸零空間機位執行短期維修航機數量對照圖

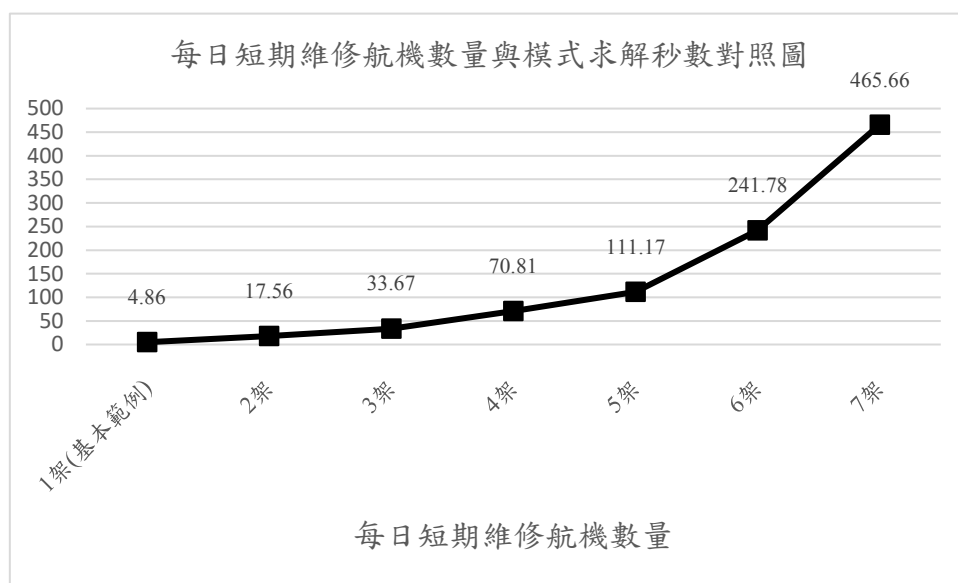


圖 4.24 每日短期維修航機數量與模式求解秒數對照圖

表 4-13 每日短期維修航機數量增加之敏感度分析

每日短期維修航機數量	1 架*	2 架	3 架	4 架	5 架	6 架	7 架
總航機架數	26	41	56	71	86	101	116
長期需噴漆維修	3	3	3	3	3	3	3
長期不需噴漆維修	7	7	7	7	7	7	7
短期維修	15	30	45	60	75	90	105
起落架更換	1	1	1	1	1	1	1
數學模式規模							
變數	80,695	130,200	180,968	257,737	299,838	359,331	417,503
限制式	159,367	392,247	740,123	1,408,907	1,933,435	2,758,571	3,681,679
求解結果							
目標值(最小移動次數)	67	101	134	164	199	233	270
所有航機移動次數	64	94	124	154	184	218	244
懲罰值	3	7	10	10	15	19	26
扣除必要移動後之移動次數	0	0	0	0	1	1	2
求解時間(秒)	4.86	17.56	33.67	70.81	111.17	241.78	465.66
於戶外機位區進行短期維修航機(架數)	3	7	10	10	15	19	26
廣體航機	3	7	10	10	14	14	17
可停放畸零空間之廣體航機	0	0	0	0	1	5	9
窄體航機	0	0	0	0	0	0	0
畸零空間機位進行短期維修航機(架數)	11	22	34	50	60	71	79
廣體航機	0	0	0	0	0	0	0

可停放畸零空間之廣體航機	5	12	20	22	32	37	38
窄體航機	6	10	14	27	28	34	41
長地停機位執行短期維修航機(架數)	1	1	1	1	1	1	1
廣體航機	1	1	1	1	1	1	1
可停放畸零空間之廣體航機	0	0	0	0	0	0	0
窄體航機	0	0	0	0	0	0	0
規劃結果	合理	合理	合理	合理	合理	合理	合理

*基本範例

從圖 4.24 及表 4-13 發現模式求解秒數於每日 4 架短期維修至每日 7 架短期維修時大幅增加，主因為航機數量增加時，模式限制式數量也會大幅增加且可能會發生阻擋情形，故增加模式求解時間，但其求解時間依然優於人工排程所花費之時間。從圖表 4-13 中可知，當每日短期維修航機數量為 5 架時，開始發生可停放畸零空間之廣體航機於戶外機位區執行短期維修之情形；當每日短期維修航機數量為 7 架時，可停放畸零空間之廣體航機於戶外機位區執行短期維修之航機數量為 9 架。主因為可停部分廣體航機之畸零空間機位無空閒機位，故於戶外機位區執行短期維修。所有測試之規劃結果皆合理且符合實務需求，且所有測試之求解時間皆比人工規劃快，未來若修護工廠要加維修能量同時進行更多短期維修，可應用本研究模式進行規劃。

4.6 情境分析

為測試本研究所發展之除漆完成停留限制與阻擋情境之實用性，本節針對上述兩種情境進行分析，評估在不同情境下，模式求解變化與績效。

4.6.1 除漆完成停留限制之情境分析

本研究針對除漆完之航機設立除漆完成停留限制，其主要決定航機完成除漆後，是否需要離開可噴除漆之長地停機位，若航機在噴漆前未有其他航機要進行除漆或噴漆作業，則可繼續停留在可噴除漆之長地停機位進行維修以減少移動次數；若航機在噴漆前有其他航機要進行除漆或噴漆工作，則航機在除漆完成時需更換到其他長地停機位，其因為航機在進行長期維修時會拆卸部件進行檢查，此

時航機無法移動，若除漆完沒有離開可噴除漆之長地停機位會導致其他航機無法進行除漆或噴漆任務。本節將進行航機除漆完後停留在可噴除漆之長地停機位與離開可噴除漆之長地停機位兩種情境分析。

4.6.1.1 除漆完成後選擇停留之情境分析

本節將以 12 架航機模擬除漆完成後停留在可噴除漆之長地停機位繼續維修之情境，包括 8 架短期維修航機、1 架長期需噴漆維修航機、3 架長期不需噴漆維修航機及 0 架起落架更換航機。

規劃結果如表 4-14、圖 4.25 及圖 4.26 所示。航機 1 於時點 3 進入可噴除漆之長地停機位執行除漆工作並於時點 7 完成除漆工作，由於後續無其他航機要執行除漆或噴漆工作，故航機 1 繼續停留在可噴除漆之長地停機位執行其他維修工作。總移動次數為 30 次，扣除必要移動次數後之移動次數為 0 次，求解時間為 2.13 秒。無航機於戶外執行短期維修，從規劃結果中可知此規劃結果合理且符合實務運作。

表 4-14 除漆完成後選擇停留情境分析之模式規模與求解結果

總航機架數	12
長期需噴漆維修(架數)	1
長期不需噴漆維修(架數)	3
短期維修(架數)	8
起落架更換(架數)	0
數學模式規模	
變數	42,568
限制式	44,503
求解結果	
目標值(最小移動次數)	30
所有航機移動次數	30
懲罰值	0
扣除必要移動後之移動次數	0
求解時間(秒)	2.13
於戶外機位區進行短期維修航機(架數)	0
規劃結果	合理

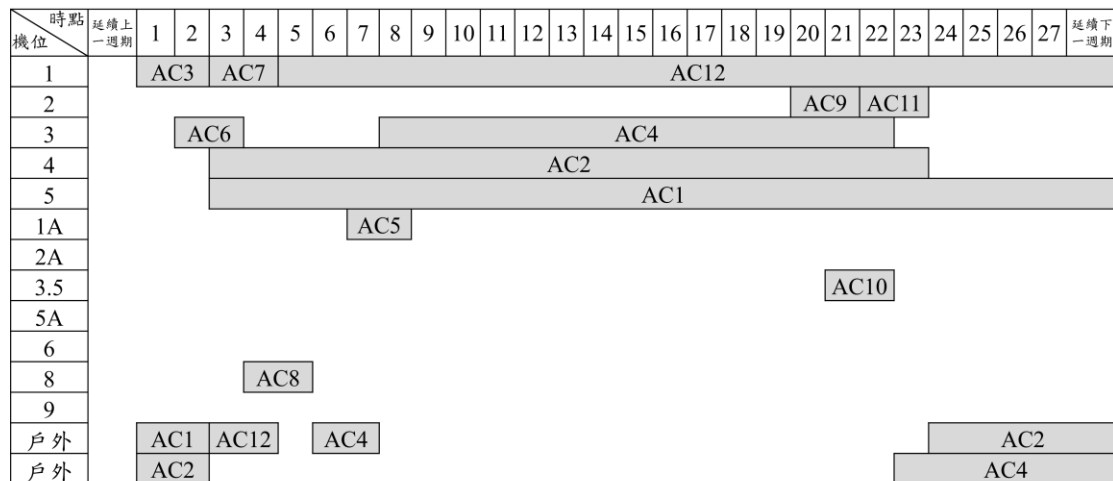


圖 4.25 除漆完成後選擇停留之機位排程結果（機位時點）

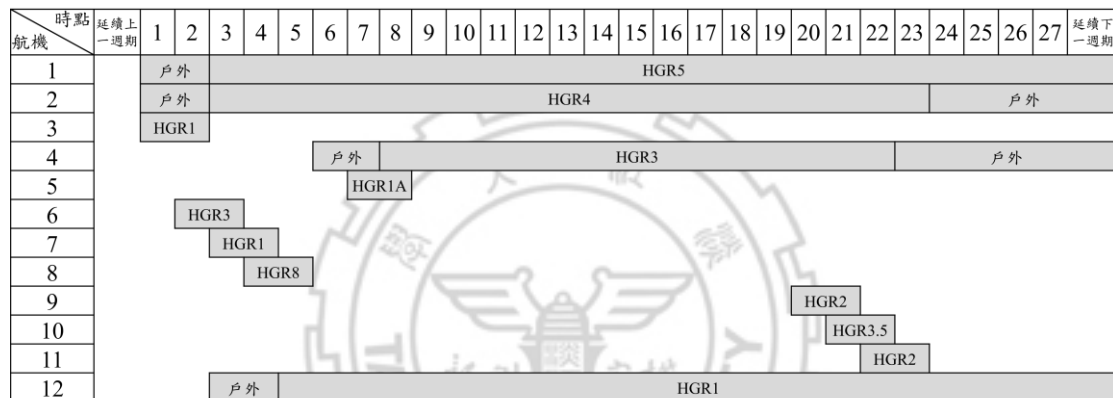


圖 4.26 除漆完成後選擇停留之機位排程結果（航機時點）

4.6.1.2 除漆完成後選擇離開之情境分析

本節將以 12 架航機模擬除漆完成後離開可噴除漆之長地停機位至其他長地停機位進行維修之情境，包括 8 架短期維修航機、2 架長期需噴漆維修航機、2 架長期不需噴漆維修航機及 0 架起落架更換航機。

規劃結果如表 4-15、圖 4.27 及圖 4.28 所示。航機 1 於時點 3 進入可噴除漆之長地停機位執行除漆工作並於時點 7 完成除漆工作，由於航機 12 於時點 22 要執行噴漆工作，故航機 1 於時點 7 完成除漆後移動至機位 4 進行維修工作。總移動次數為 31 次，扣除必要移動次數後之移動次數為 0 次，求解時間為 2.30 秒。無航機於戶外執行短期維修，從規劃結果中可知此規劃結果合理且符合實務運作。

表 4-15 除漆完成後選擇離開情境分析之模式規模與求解結果

總航機架數	12
長期需噴漆維修(架數)	2
長期不需噴漆維修(架數)	2
短期維修(架數)	8
起落架更換(架數)	0
數學模式規模	
變數	43,831
限制式	47,053
求解結果	
目標值(最小移動次數)	31
所有航機移動次數	31
懲罰值	0
扣除必要移動後之移動次數	0
求解時間(秒)	2.30
於戶外機位區進行短期維修航機(架數)	0
規劃結果	合理

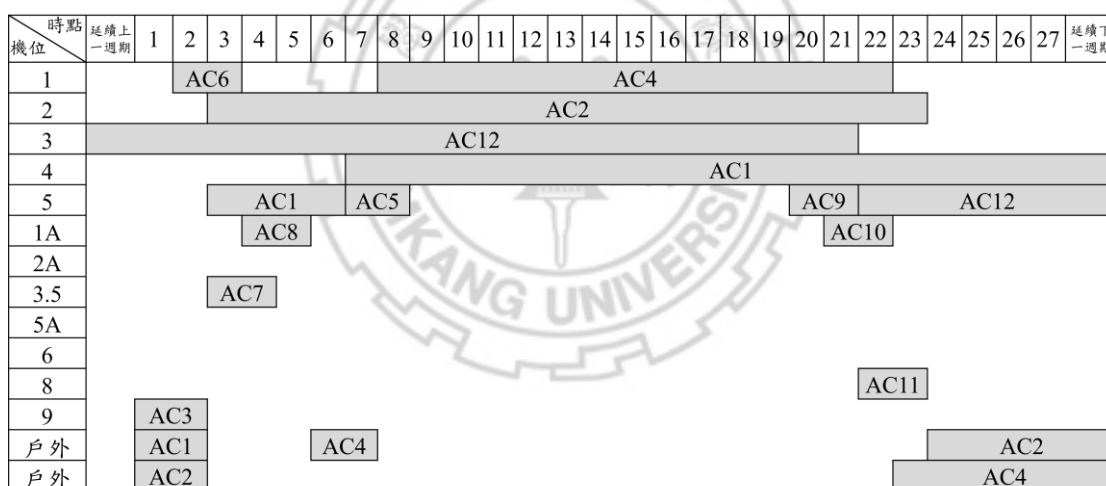


圖 4.27 除漆完成後選擇離開之機位排程結果 (機位時點)

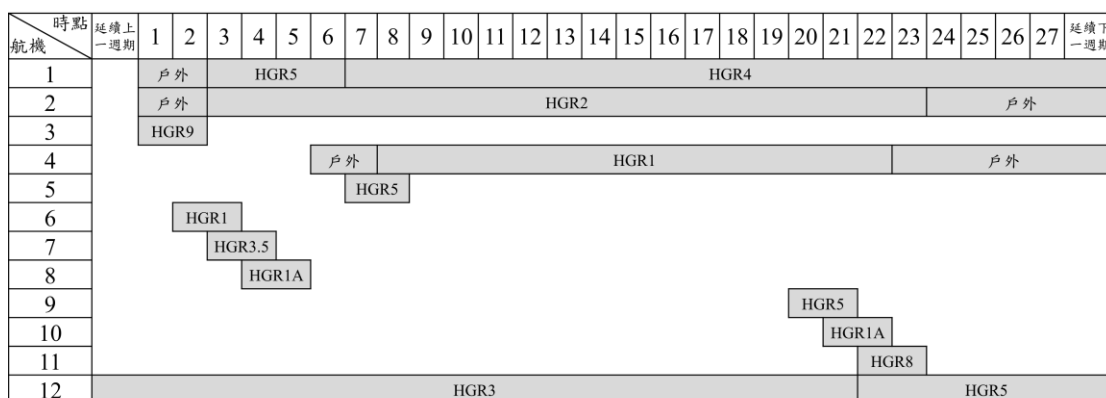


圖 4.28 除漆完成後選擇離開之機位排程結果 (航機時點)

4.6.2 阻擋情境分析

本研究為避免修護工廠發生阻擋情形設立阻擋限制式，解決航機在修護工廠發生阻擋情形造成不必要之移動。實務上發生阻擋情形為畸零空間機位阻擋長地停機位航機之進出路線或畸零空間機位阻擋其他畸零空間機位航機之進出路線。修護工廠會使用畸零空間航機主要有短期維修、長期維修之臨時缺點改正及線上執勤航機發生臨時故障需要使用棚廠之維修。本研究僅針對定期維修航機進行研究，故不討論線上執勤航機臨時故障需使用棚廠之需求，另外長期維修之臨時缺點改正雖然也非本研究之研究範圍，臨時缺點改正通常需要 2 天左右之維修時間，為了解長期維修之臨時缺點改正對阻擋情況之影響，因此本研究使用 2 天之短期維修代表長期維修臨時缺點改正之航機。為確認限制式於模式中是否符合實務需求，本節將以 18 架航機進行測試，其中包括 8 架短期維修航機、6 架長期維修臨時缺點改正航機、2 架長期需噴漆維修航機、2 架長期不需噴漆維修航機及 0 架起落架更換航機。

規劃結果如表 4-16、圖 4.29 及圖 4.30 所示。總移動次數為 45 次，扣除必要移動次數後之移動次數為 1 次，其中航機 15 於時點 2 進入機位 2A 執行長期維修之臨時缺點改正，機位 2A 會阻擋機位 2 之航機進出路線，因此時點 4 停放於機位 2 之航機 6 要交機，航機 15 阻擋航機 6 之離開路線，造成航機 15 必須移動，從圖 4.32 中可知時點 4 僅剩下機位 5A 與戶外機位區可停放，而機位 9 會阻擋機位 5A 之進出路線，航機 18 於時點 4 停留在機位 9，因此航機 15 無法進入機位 5A，只能移動至戶外機位區進行維修。求解時間 19.55 秒，此規劃結果合理且符合實務運作。

表 4-16 阻擋情境分析之模式規模與求解結果

總航機架數	18
長期需噴漆維修(架數)	2
長期不需噴漆維修(架數)	2
短期維修(架數)	8
起落架更換(架數)	0
長期維修臨時缺點改正(短期維修代替)	6
數學模式規模	

變數	71,577
限制式	113,057
求解結果	
目標值(最小移動次數)	45
所有航機移動次數	44
懲罰值	1
扣除必要移動後之移動次數	1
求解時間(秒)	19.55
於戶外機位區進行短期維修航機(架數)	0
於戶外機位區進行長期維修臨時缺點改正之航機(架數)	1
規劃結果	合理

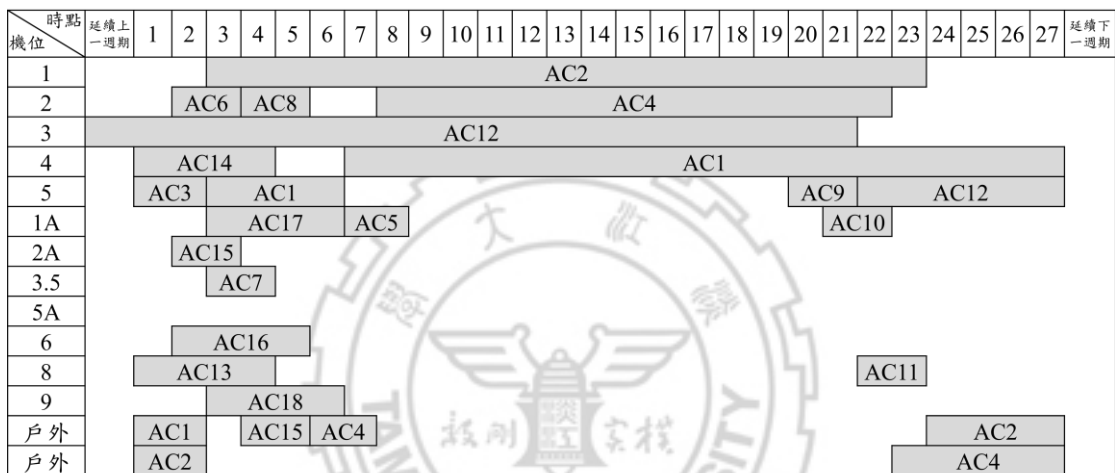


圖 4.29 阻擋情境分析之機位排程結果（機位時點）

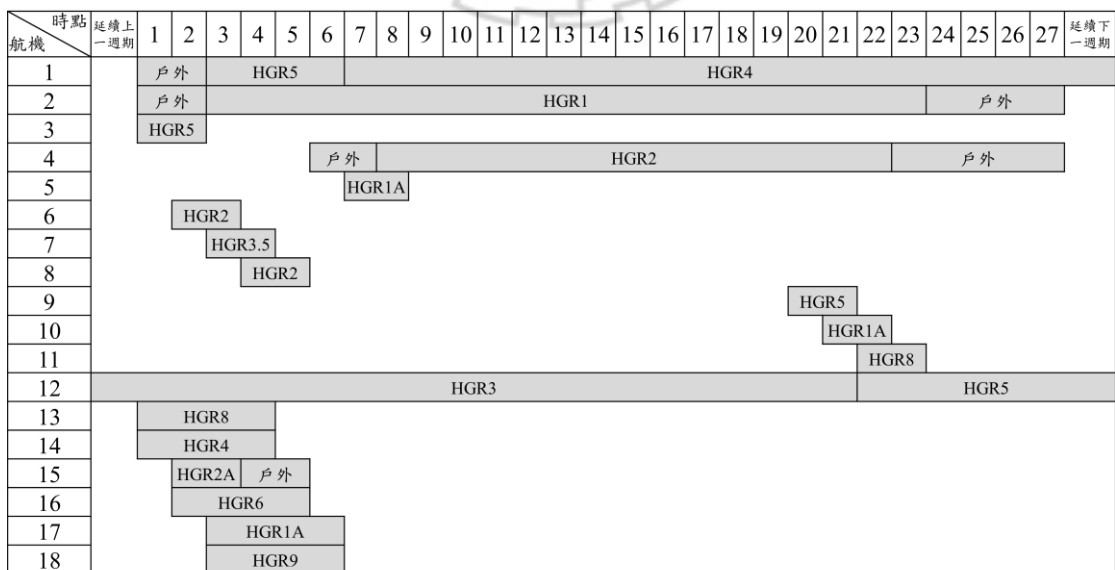


圖 4.30 阻擋情境分析之機位排程結果（航機時點）

4.7 小結

本章主要以 F 航修護工廠之機位與實務運作為例，進行本研究所發展之模式測試。本研究以 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，案例測試以 26 架航機為基準資料，其中包括 15 架短期維修航機、3 架長期需噴漆維修航機、7 架長期不需噴漆維修航機及 1 架起落架更換航機。從 4.4 小節之求解結果中可知此模式求解成效良好，且規劃結果符合修護工廠之實務需求。本研究亦對於戶外機位區執行短期維修懲罰值、長期維修航機數量減少及每日短期維修航機數量增加進行敏感度分析，了解不同參數變化對本研究模式求解之影響。最後透過除漆完成停留限制情境分析與阻擋情境分析，了解不同立場對模式之影響及模式之實用性。



第五章 結論與建議

目前國內修護工廠都以人工方式進行機位排程，雖然在排程時有顧慮到航機阻擋問題，會盡量把移動時間接近的航機安排在一起，但其規劃結果不一定為最佳之規劃結果，且人工規劃耗時，造成航機阻擋情況發生進而導致維修效率降低。緣此，本研究以機位規劃者觀點，發展一最佳之機位排程模式，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航機修護工廠之實務運作方式，考量航機阻擋問題、維修工作限制與規定，以數學規劃方法搭配航機時空網路建構一航機修護工廠最佳化機位排程模式，由於航機於網路中之節線流量皆為零或壹，因此本研究屬於零壹整數數學規劃問題。
2. 求解方法上，本研究以最小移動次數為規劃目標，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，減少人工排程上之判斷錯誤，亦可調整模式中之參數，使本研究模式之應用保有彈性。
3. 本研究之範例測試中，對 26 架航機進行機位排程，其求解時間為 4.86 秒，較人工排程時間快，規劃結果合理，無發生航機阻擋情形且符合實務需求。由此可知，本研究發展之修護工廠最佳化機位排程模式之求解結果可供航機修護工廠參考。
4. 敏感度分析方面，本研究針對於戶外機位區執行短期維修之懲罰值、長期維修航機數量增減及每日短期維修航機數量增加進行敏感度分析。基本範例之懲罰值為 1，當懲罰值改為 0.5、1.5 及 2 時，其求解結果與基本範例無明顯差異，唯一差異為當懲罰值參數逐漸增加時，求解秒數也會跟著增加；當無懲罰值時，許多短期維修航機到戶外機位區執行短期維修，此結果與實務規劃原則之短期維修以使用棚廠內機位為優先衝突。
5. 長期維修航機數量增減之敏感度分析方面，透過增加 1 架航機、減少 0 架航

機、減少 1 架航機、減少 2 架航機及減少 3 架航機來觀察模式規劃結果的變化，增加 1 架航機時由於長地停機位停放已達上限，無法再容納增加的航機，故模式呈現無解。另外當長期維修航機數量減少時，由於有較多空間之長地停機位，故減少數量越多，於戶外機位區執行短期維修航機會越少。且若空間之長地停機位較多時，長期維修航機之規劃可能會出現不同的停放情形。由此可知當修護工廠空間之長地停機位越多，機位規劃的彈性會增加。

6. 每日短期維修數量增減之敏感度分析方面，目前修護工廠每日只會進行 1 架短期維修航機，為確認未來若修護廠增加維修能量時，是否亦可參考本研究之模式進行機位排程，故以每日執行 2 架短期維修航機至每日 7 架短期維修航機進行測試，從測試結果中發現當每日短期維修航機架數達到 5 架時開始發生 1 次不必要之移動；達到 7 架時發生 2 次不必要之移動，主因為畸零空間機位停放許多航機使長地停機位之航機無法順利移動發生阻擋問題，且於畸零空間機位進行短期維修航機數量增加趨勢也開始降低，代表每日執行 5 架短期維修已逼近修護工廠畸零空間機位之容量上限。此敏感度分析之模式求解結果符合實務需求且合理，求解速度也較人工排程快，故未來若增加維修能量，依然可使用本研究模式進行機位排程。

7. 情境分析方面，本研究以長期需噴漆維修航機於除漆完成停留限制情境以及阻擋情境進行分析。由於航機於長地停機位執行長期維修時無法移動，因此航機除漆完時需判斷是否要離開可噴除漆之長地停機位，若噴漆前有其他航機要進行除漆或噴漆作業，航機就必須離開可噴除漆之長地停機位，若無，則可停留在可噴除漆之長地停機位繼續執行其他維修工作以減少移動次數。透過實際驗證可知模式有考慮除漆完成限制部分。阻擋情境方面，本研究透過在同一時段放入大量航機刻意製造阻擋情形觀察模式是否有考慮阻擋情形，其結果顯示模式有考慮阻擋情形。

5.2 建議

1. 本研究發展之航機修護工廠最佳化機位排程模式，由於維修資料為機密資料，故本研究與修護工廠確認過後取得各維修之平均維修時間與航機資料等，研究

成果與實務排程結果相近且合理，可說明此模式在實務使用上有一定程度參考價值，若未來可取得實際之維修資料，可使本模式之求解結果更具實用性。

2. 本研究目前以 F 航修護工廠之實務運作進行模式建構，為確認本模式適用不同修護工廠，未來可針對不同修護工廠進行範例測試，使本研究模式可應用在國內所有修護工廠以增加本模式之實用性。

3. 本研究僅針對修護工廠年度之航機修護計劃（AMP）之維修進行研究，線上執勤航機之臨時故障需使用棚廠與長期維修之臨時缺點改正與維修工作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，在進行修護計劃之維修工作下，考慮臨時狀況發生之最佳化機位排程模式，期望模式更符合修護工廠之實務需求。

4. 本研究由於各戶外機位無阻擋問題，且試車台與試飛已由修護排程單位規劃好先後順序，因此目前本研究未針對個別戶外機位進行詳細規劃，以航機移動到戶外機位區表示，若後續修護工廠有個別規劃戶外機位需求，亦可以本模式進行延伸，針對各戶外機位進行規劃使模式更加符合實務需求。

5.3 貢獻

1. 在學術方面，本研究建構一修護工廠最佳化機位排程，目前國內航機維修文獻多針對修護工廠航機修護計劃進行航機維修排程研究，尚未發現針對航機於維修過程中之機位排程進行研究。國外雖有 Qin（2017）針對機位指派進行研究，但是其研究之機位停放與國內修護工廠機位停放不同，該研究是將棚廠內皆視為可停放空間進行研究，國內目前只會將航機停放在畫線之機位進行維修工作，因此本研究以國內修護工廠為基準建構模式，可望能提供國內外學術界參考。

2. 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，本研究成果可提供修護工廠在進行航機機位排程時參考，期望能幫助修護工廠減少航機在維修過程發生阻擋導致維修效率降低的問題且提高修護工廠整體維修效率，做出快速且正確之機位排程。

參考文獻

1. International civil aviation organization (2006), “Convention on international civil aviation - Doc 7300”, International civil aviation organization. Retrieved from: <https://www.icao.int/publications/Pages/doc7300.aspx>
2. International Air Transport Association (2021), “Airline industry statistics confirm 2020 was worst year on record”, International Air Transport Association. Retrieved from: <https://www.iata.org/en/pressroom/pr/2021-08-03-01/>
3. International Air Transport Association (2021), “Airline maintenance cost executive commentary”, International Air Transport Association. Retrieved from: <http://www.iata.org/Pages/default.aspx>
4. Oliver Wyman(2021), “Global Fleet And MRO Market Forecast 2021-2031”, Oliver Wyman. Retrieved from: <https://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2021/jan/global-fleet-and-mro-market-forecast-2021-2031.html>
5. Qin, Y., Chan, T. S., Chung, S. H., Qu, T. (2017), “Development of MILP model for integrated aircraft maintenance scheduling and multi-period parking layout planning problems”, International Conference on Industrial Engineering and Applications, Vol. 4, P. 197–203. doi: 10.1109/IEA.2017.7939206
6. Qin, Y., Chan, T.S., Chung, S.H., Qu, T., Niu, B. (2018), “Aircraft parking stand allocation problem with safety consideration for independent hangar maintenance service providers”, Computers and Operations Research, Vol. 91, P. 225–236. doi: 10.1016/j.cor.2017.10.001
7. Qin, Y., Wang, Z.X., Chan, T.S., Chung, S.H., Qu, T. (2019), “A mathematical model and algorithms for the aircraft hangar maintenance scheduling problem”, Applied Mathematical Modelling, Vol. 67, P. 491–509. doi: 10.1016/j.apm.2018.11.008
8. Qin, Y., Zhang, J.H., Chan, T.S., Chung, S.H., Niu, B., Qu, T. (2020), “A two-stage optimization approach for aircraft hangar maintenance planning and staff assignment problems under MRO outsourcing mode”, Computers & Industrial Engineering, Vol. 146, 106607. doi: 10.1016/j.cie.2020.106607
9. Regattieri, A., Giazzi, A., Gamberi, M., Gamberini, R. (2015), “An innovative method to optimize the maintenance policies in an aircraft General framework and

- case study”, Journal of Air Transport Management, Vol. 44-45, p. 8-20. doi: 10.1016/j.jairtraman.2015.02.001
10. Skybaray(2020), “The human factors “Dirty Dozen”, Skybaray. Retrieved from: https://www.skybrary.aero/index.php/The_Human_Factors_%22Dirty_Dozen%22
 11. Yan, S., Tang, C.H., Fu, T.C. (2008), “An airline scheduling model and solution algorithms under stochastic demands,” European Journal of Operational Research, 190, pp. 22-39. doi: 10.1016/j.ejor.2007.05.053
 12. 中華民國交通部民用航空局（2015），06-07A 航空產品與其各項裝備及零組件適航檢定管理規則，中華民國交通部民用航空局。檢自 <https://www.caa.gov.tw/ContentAndMorefiles.aspx?a=1309&lang=1>
 13. 中華民國交通部民用航空局（2015），航空產品與其各項裝備及零組件維修廠設立檢定管理規則，中華民國交通部民用航空局。檢自 <https://www.caa.gov.tw/Article.aspx?a=1042&lang=1>
 14. 行政院飛航安全委員會（2010），美國洛杉磯南加州安全學院航空維修人為因素訓練出國報告，行政院飛航安全委員會。檢自 <https://report.nat.gov.tw/ReportFront/ReportDetail/detail?sysId=C09902891>
 15. 吳國賓（2004），航機高階修護工作計畫最佳化模式之開發，國立成功大學碩士論文。
 16. 林志宏（2006），考慮多重定期檢修限制之機隊運用指派最佳化模式建構探討-以軍用飛機為例，國立東華大學碩士論文。
 17. 陳毓卿（2007），因應臨時事件航機停機修護排程調整最佳化之研究，國立中央大學碩士論文。
 18. 楊大輝、賴奕維（2005），航空公司短期維修計畫之人員勤務指派，運輸計劃季刊，第三十四卷，第四期，頁 525-548。doi: 10.6402/TPJ.200512.0525
 19. 劉世德（2002），航空機隊維護計畫預測與排程規劃，私立元智大學工業工程管理學系碩士論文。
 20. 顏上堯、羅智騰（1996），因應預期性航具維修之系統飛航排程，中國土木工程學刊，第八卷，第三期，頁 447-456。doi: 10.6402/TPJ.200112.0891
 21. 顏上堯、翁綵穗（2001），季節轉換間緩衝期飛航排程之研究，運輸計劃季刊，第三十卷，第四期，頁 891-922。doi: 10.6402/TPJ.200112.0891

22. 顏上堯、陳玉菁 (2002)，純檢修資格航機修護人力供給模式之建立，運輸計劃季刊，第三十一卷，第四期，頁 817-840。doi: 10.6402/TPJ.200212.0817
23. 顏上堯、陳俊穎、袁瑞霞 (2007)，航機維修廠中期修護停機排程最佳化模式之研究，運輸計劃季刊，第十九卷，第二期，頁 121-140。
doi: 10.6383/JCIT.200706.0121
24. 顏上堯、郭俊志、蕭妃晏 (2012)，航機維護工廠年度停機排程調整最佳化模式之研究，運輸計劃季刊，第四十一卷，第三期，頁 311-344。
doi: 10.6402/TPJ.201209.0311
25. 羅郁婷 (2014)，區域型航空公司飛機調度暨維修保養規劃之研究，國立臺灣海洋大學碩士論文。



附錄

附錄一 範例測試航機資料

航機編號	維修類別	機型	起始時點	進廠時點	除漆時點	噴漆時點	測試時點	交機時點	停留時間	前週期 最終機位
1	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	2
2	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
3	3	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
4	3	1	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
5	3	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
6	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
7	3	1	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
8	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
9	3	3	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
10	3	1	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
11	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
12	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
13	3	3	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
14	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
15	3	3	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
16	1	1	N/A	N/A	N/A	N/A	5	11	4	5
17	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	4	10	3	1
18	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	10	16	9	4
19	1	1	N/A	N/A	N/A	9	N/A	N/A	27	3
20	1	2	3	5	5	N/A	N/A	N/A	23	N/A
21	2	2	8	10	N/A	N/A	N/A	N/A	18	N/A
22	4	1	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	24	N/A
23	2	2	N/A	1	N/A	N/A	15	21	14	戶外
24	2	2	13	15	N/A	N/A	23	N/A	8	N/A
25	2	2	21	23	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A
26	2	1	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A

N/A 不適用

附錄二 長期維修增加 1 架敏感度分析航機資料

航機編號	維修類別	機型	起始時點	進廠時點	除漆時點	噴漆時點	測試時點	交機時點	停留時間	前週期 最終機位
1	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	2
2	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
3	3	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
4	3	1	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
5	3	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
6	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
7	3	1	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
8	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
9	3	3	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
10	3	1	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
11	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
12	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
13	3	3	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
14	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
15	3	3	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
16	1	1	N/A	N/A	N/A	N/A	5	11	4	5
17	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	4	10	3	1
18	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	10	16	9	4
19	1	1	N/A	N/A	N/A	9	N/A	N/A	27	3
20	1	2	3	5	5	N/A	N/A	N/A	23	N/A
21	2	2	8	10	N/A	N/A	N/A	N/A	18	N/A
22	4	1	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	24	N/A
23	2	2	N/A	1	N/A	N/A	15	21	14	戶外
24	2	2	13	15	N/A	N/A	23	N/A	8	N/A
25	2	2	21	23	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A
26	2	1	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A
27	2	1	19	21	N/A	N/A	N/A	N/A	7	N/A

N/A 不適用

附錄三 長期維修減少 1 架敏感度分析航機資料

航機編號	維修類別	機型	起始時點	進廠時點	除漆時點	噴漆時點	測試時點	交機時點	停留時間	前週期 最終機位
1	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	2
2	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
3	3	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
4	3	1	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
5	3	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
6	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
7	3	1	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
8	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
9	3	3	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
10	3	1	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
11	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
12	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
13	3	3	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
14	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
15	3	3	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
16	1	1	N/A	N/A	N/A	N/A	5	11	4	5
17	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	4	10	3	1
19	1	1	N/A	N/A	N/A	9	N/A	N/A	27	3
20	1	2	3	5	5	N/A	N/A	N/A	23	N/A
21	2	2	8	10	N/A	N/A	N/A	N/A	18	N/A
22	4	1	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	24	N/A
23	2	2	N/A	1	N/A	N/A	15	21	14	戶外
24	2	2	13	15	N/A	N/A	23	N/A	8	N/A
25	2	2	21	23	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A
26	2	1	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A

N/A 不適用

附錄四 長期維修減少 2 架敏感度分析航機資料

航機編號	維修類別	機型	起始時點	進廠時點	除漆時點	噴漆時點	測試時點	交機時點	停留時間	前週期 最終機位
1	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	2
2	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
3	3	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
4	3	1	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
5	3	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
6	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
7	3	1	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
8	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
9	3	3	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
10	3	1	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
11	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
12	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
13	3	3	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
14	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
15	3	3	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
16	1	1	N/A	N/A	N/A	N/A	5	11	4	5
17	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	4	10	3	1
19	1	1	N/A	N/A	N/A	9	N/A	N/A	27	3
20	1	2	3	5	5	N/A	N/A	N/A	23	N/A
21	2	2	8	10	N/A	N/A	N/A	N/A	18	N/A
22	4	1	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	24	N/A
23	2	2	N/A	1	N/A	N/A	15	21	14	戶外
25	2	2	21	23	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A
26	2	1	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A

N/A 不適用

附錄五 長期維修減少 3 架敏感度分析航機資料

航機編號	維修類別	機型	起始時點	進廠時點	除漆時點	噴漆時點	測試時點	交機時點	停留時間	前週期 最終機位
1	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	2
2	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
3	3	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
4	3	1	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
5	3	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
6	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
7	3	1	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
8	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
9	3	3	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
10	3	1	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
11	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
12	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
13	3	3	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
14	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
15	3	3	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
16	1	1	N/A	N/A	N/A	N/A	5	11	4	5
17	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	4	10	3	1
19	1	1	N/A	N/A	N/A	9	N/A	N/A	27	3
20	1	2	3	5	5	N/A	N/A	N/A	23	N/A
21	2	2	8	10	N/A	N/A	N/A	N/A	18	N/A
22	4	1	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	24	N/A
25	2	2	21	23	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A
26	2	1	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A

N/A 不適用

附錄六 每日 2 架短期維修航機敏感度分析航機資料

航機編號	維修類別	機型	起始時點	進廠時點	除漆時點	噴漆時點	測試時點	交機時點	停留時間	前週期 最終機位
1	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	2
2	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
3	3	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
4	3	1	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
5	3	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
6	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
7	3	1	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
8	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
9	3	3	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
10	3	1	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
11	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
12	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
13	3	3	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
14	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
15	3	3	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
16	1	1	N/A	N/A	N/A	N/A	5	11	4	5
17	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	4	10	3	1
18	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	10	16	9	4
19	1	1	N/A	N/A	N/A	9	N/A	N/A	27	3
20	1	2	3	5	5	N/A	N/A	N/A	23	N/A
21	2	2	8	10	N/A	N/A	N/A	N/A	18	N/A
22	4	1	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	24	N/A
23	2	2	N/A	1	N/A	N/A	15	21	14	戶外
24	2	2	13	15	N/A	N/A	23	N/A	8	N/A
25	2	2	21	23	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A
26	2	1	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A
27	3	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	1.5
28	3	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
29	3	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
30	3	2	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
31	3	1	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	1A
32	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
33	3	3	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
34	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
35	3	1	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
36	3	1	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
37	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
38	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
39	3	2	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
40	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
41	3	1	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A

N/A 不適用

附錄七 每日 3 架短期維修航機敏感度分析航機資料

航機編號	維修類別	機型	起始時點	進廠時點	除漆時點	噴漆時點	測試時點	交機時點	停留時間	前週期 最終機位
1	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	2
2	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
3	3	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
4	3	1	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
5	3	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
6	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
7	3	1	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
8	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
9	3	3	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
10	3	1	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
11	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
12	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
13	3	3	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
14	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
15	3	3	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
16	1	1	N/A	N/A	N/A	N/A	5	11	4	5
17	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	4	10	3	1
18	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	10	16	9	4
19	1	1	N/A	N/A	N/A	9	N/A	N/A	27	3
20	1	2	3	5	5	N/A	N/A	N/A	23	N/A
21	2	2	8	10	N/A	N/A	N/A	N/A	18	N/A
22	4	1	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	24	N/A
23	2	2	N/A	1	N/A	N/A	15	21	14	戶外
24	2	2	13	15	N/A	N/A	23	N/A	8	N/A
25	2	2	21	23	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A
26	2	1	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A
27	3	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	1A
28	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	3.5
29	3	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
30	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
31	3	1	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
32	3	2	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
33	3	3	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
34	3	2	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
35	3	1	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
36	3	1	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
37	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
38	3	3	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
39	3	2	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
40	3	2	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
41	3	1	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
42	3	3	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
43	3	2	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
44	3	1	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
45	3	2	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
46	3	2	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
47	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
48	3	3	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
49	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
50	3	2	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
51	3	1	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
52	3	2	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
53	3	1	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
54	3	3	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
55	3	2	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
56	3	2	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A

N/A 不適用

附錄八 每日 4 架短期維修航機敏感度分析航機資料

航機編號	維修類別	機型	起始時點	進廠時點	除漆時點	噴漆時點	測試時點	交機時點	停留時間	前週期 最終機位
1	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	2
2	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
3	3	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
4	3	1	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
5	3	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
6	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
7	3	1	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
8	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
9	3	3	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
10	3	1	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
11	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
12	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
13	3	3	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
14	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
15	3	3	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
16	1	1	N/A	N/A	N/A	N/A	5	11	4	5
17	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	4	10	3	1
18	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	10	16	9	4
19	1	1	N/A	N/A	N/A	9	N/A	N/A	27	3
20	1	2	3	5	5	N/A	N/A	N/A	23	N/A
21	2	2	8	10	N/A	N/A	N/A	N/A	18	N/A
22	4	1	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	24	N/A
23	2	2	N/A	1	N/A	N/A	15	21	14	戶外
24	2	2	13	15	N/A	N/A	23	N/A	8	N/A
25	2	2	21	23	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A
26	2	1	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A
27	3	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	1A
28	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	3.5
29	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	8
30	3	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
31	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
32	3	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
33	3	1	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
34	3	2	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
35	3	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
36	3	3	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
37	3	2	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
38	3	3	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
39	3	1	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
40	3	1	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
41	3	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
42	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
43	3	3	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
44	3	3	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
45	3	2	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
46	3	2	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
47	3	3	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
48	3	1	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
49	3	3	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
50	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
51	3	2	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
52	3	1	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
53	3	3	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
54	3	2	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
55	3	2	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
56	3	3	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A

N/A 不適用

航機編號	維修類別	機型	起始時點	進廠時點	除漆時點	噴漆時點	測試時點	交機時點	停留時間	前週期 最終機位
57	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
58	3	3	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
59	3	3	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
60	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
61	3	2	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
62	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
63	3	1	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
64	3	2	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
65	3	3	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
66	3	1	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
67	3	3	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
68	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
69	3	2	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
70	3	2	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
71	3	3	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A

N/A 不適用



附錄九 每日 5 架短期維修航機敏感度分析航機資料

航機編號	維修類別	機型	起始時點	進廠時點	除漆時點	噴漆時點	測試時點	交機時點	停留時間	前週期 最終機位
1	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	2
2	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
3	3	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
4	3	1	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
5	3	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
6	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
7	3	1	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
8	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
9	3	3	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
10	3	1	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
11	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
12	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
13	3	3	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
14	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
15	3	3	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
16	1	1	N/A	N/A	N/A	N/A	5	11	4	5
17	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	4	10	3	1
18	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	10	16	9	4
19	1	1	N/A	N/A	N/A	9	N/A	N/A	27	3
20	1	2	3	5	5	N/A	N/A	N/A	23	N/A
21	2	2	8	10	N/A	N/A	N/A	N/A	18	N/A
22	4	1	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	24	N/A
23	2	2	N/A	1	N/A	N/A	15	21	14	戶外
24	2	2	13	15	N/A	N/A	23	N/A	8	N/A
25	2	2	21	23	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A
26	2	1	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A
27	3	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	1A
28	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	3.5
29	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	8
30	3	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	2A
31	3	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
32	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
33	3	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
34	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
35	3	1	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
36	3	2	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
37	3	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
38	3	1	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
39	3	3	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
40	3	2	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
41	3	3	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
42	3	3	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
43	3	1	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
44	3	1	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
45	3	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
46	3	2	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
47	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
48	3	3	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
49	3	3	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
50	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
51	3	2	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
52	3	2	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
53	3	3	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
54	3	1	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
55	3	1	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
56	3	3	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A

N/A 不適用

航機編號	維修類別	機型	起始時點	進廠時點	除漆時點	噴漆時點	測試時點	交機時點	停留時間	前週期 最終機位
57	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
58	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
59	3	2	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
60	3	1	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
61	3	3	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
62	3	2	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
63	3	2	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
64	3	2	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
65	3	3	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
66	3	1	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
67	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
68	3	3	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
69	3	3	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
70	3	1	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
71	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
72	3	2	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
73	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
74	3	2	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
75	3	1	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
76	3	2	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
77	3	3	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
78	3	2	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
79	3	1	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
80	3	3	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
81	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
82	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
83	3	2	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
84	3	2	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
85	3	3	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
86	3	2	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A

N/A 不適用

附錄十 每日 6 架短期維修航機敏感度分析航機資料

航機編號	維修類別	機型	起始時點	進廠時點	除漆時點	噴漆時點	測試時點	交機時點	停留時間	前週期 最終機位
1	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	2
2	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
3	3	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
4	3	1	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
5	3	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
6	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
7	3	1	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
8	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
9	3	3	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
10	3	1	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
11	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
12	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
13	3	3	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
14	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
15	3	3	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
16	1	1	N/A	N/A	N/A	N/A	5	11	4	5
17	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	4	10	3	1
18	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	10	16	9	4
19	1	1	N/A	N/A	N/A	9	N/A	N/A	27	3
20	1	2	3	5	5	N/A	N/A	N/A	23	N/A
21	2	2	8	10	N/A	N/A	N/A	N/A	18	N/A
22	4	1	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	24	N/A
23	2	2	N/A	1	N/A	N/A	15	21	14	戶外
24	2	2	13	15	N/A	N/A	23	N/A	8	N/A
25	2	2	21	23	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A
26	2	1	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A
27	3	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	1A
28	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	3.5
29	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	8
30	3	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	2A
31	3	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
32	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
33	3	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
34	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
35	3	1	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
36	3	2	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
37	3	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
38	3	1	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
39	3	3	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
40	3	2	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
41	3	3	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
42	3	3	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
43	3	1	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
44	3	1	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
45	3	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
46	3	2	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
47	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
48	3	3	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
49	3	3	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
50	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
51	3	2	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
52	3	2	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
53	3	3	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
54	3	1	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
55	3	1	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
56	3	3	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A

N/A 不適用

航機編號	維修類別	機型	起始時點	進廠時點	除漆時點	噴漆時點	測試時點	交機時點	停留時間	前週期 最終機位
57	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
58	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
59	3	2	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
60	3	1	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
61	3	3	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
62	3	2	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
63	3	2	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
64	3	2	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
65	3	3	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
66	3	1	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
67	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
68	3	3	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
69	3	3	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
70	3	1	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
71	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
72	3	2	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
73	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
74	3	2	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
75	3	1	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
76	3	2	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
77	3	3	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
78	3	2	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
79	3	1	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
80	3	3	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
81	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
82	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
83	3	2	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
84	3	2	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
85	3	3	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
86	3	2	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
87	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	9
88	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
89	3	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
90	3	2	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
91	3	2	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
92	3	3	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
93	3	2	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
94	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
95	3	3	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
96	3	3	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
97	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
98	3	2	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
99	3	3	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
100	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
101	3	2	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A

N/A 不適用

附錄十一 每日 7 架短期維修航機敏感度分析航機資料

航機編號	維修類別	機型	起始時點	進廠時點	除漆時點	噴漆時點	測試時點	交機時點	停留時間	前週期 最終機位
1	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	2
2	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
3	3	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
4	3	1	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
5	3	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
6	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
7	3	1	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
8	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
9	3	3	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
10	3	1	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
11	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
12	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
13	3	3	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
14	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
15	3	3	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
16	1	1	N/A	N/A	N/A	N/A	5	11	4	5
17	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	4	10	3	1
18	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	10	16	9	4
19	1	1	N/A	N/A	N/A	9	N/A	N/A	27	3
20	1	2	3	5	5	N/A	N/A	N/A	23	N/A
21	2	2	8	10	N/A	N/A	N/A	N/A	18	N/A
22	4	1	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	24	N/A
23	2	2	N/A	1	N/A	N/A	15	21	14	戶外
24	2	2	13	15	N/A	N/A	23	N/A	8	N/A
25	2	2	21	23	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A
26	2	1	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A
27	3	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	1A
28	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	3.5
29	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	8
30	3	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	2A
31	3	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
32	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
33	3	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
34	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
35	3	1	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
36	3	2	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
37	3	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
38	3	1	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
39	3	3	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
40	3	2	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
41	3	3	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
42	3	3	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
43	3	1	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
44	3	1	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
45	3	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
46	3	2	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
47	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
48	3	3	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
49	3	3	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
50	3	2	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
51	3	2	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
52	3	2	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
53	3	3	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
54	3	1	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
55	3	1	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
56	3	3	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A

航機編號	維修類別	機型	起始時點	進廠時點	除漆時點	噴漆時點	測試時點	交機時點	停留時間	前週期 最終機位
57	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
58	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
59	3	2	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
60	3	1	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
61	3	3	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
62	3	2	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
63	3	2	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
64	3	2	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
65	3	3	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
66	3	1	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
67	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
68	3	3	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
69	3	3	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
70	3	1	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
71	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
72	3	2	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
73	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
74	3	2	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
75	3	1	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
76	3	2	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
77	3	3	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
78	3	2	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
79	3	1	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
80	3	3	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
81	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
82	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
83	3	2	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
84	3	2	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
85	3	3	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
86	3	2	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
87	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	9
88	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
89	3	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
90	3	2	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
91	3	2	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
92	3	3	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
93	3	2	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
94	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
95	3	3	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
96	3	3	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
97	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
98	3	2	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
99	3	3	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
100	3	2	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
101	3	2	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A
102	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	0	6
103	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
104	3	1	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
105	3	2	5	N/A	N/A	N/A	N/A	7	2	N/A
106	3	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
107	3	3	9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	2	N/A
108	3	3	11	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2	N/A
109	3	2	13	N/A	N/A	N/A	N/A	15	2	N/A
110	3	1	15	N/A	N/A	N/A	N/A	17	2	N/A
111	3	3	17	N/A	N/A	N/A	N/A	19	2	N/A
112	3	2	19	N/A	N/A	N/A	N/A	21	2	N/A
113	3	3	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
114	3	1	23	N/A	N/A	N/A	N/A	25	2	N/A
115	3	3	25	N/A	N/A	N/A	N/A	27	2	N/A
116	3	2	27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A

N/A 不適用

附錄十二 除漆完成選擇停留情境分析航機資料

航機編號	維修類別	機型	起始時點	進廠時點	除漆時點	噴漆時點	測試時點	交機時點	停留時間	前週期 最終機位
1	1	1	1	3	3	N/A	N/A	N/A	25	N/A
2	2	2	1	3	N/A	N/A	24	28	21	N/A
3	3	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
4	2	1	6	8	N/A	N/A	23	28	15	N/A
5	3	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
6	3	1	2	N/A	N/A	N/A	N/A	4	2	N/A
7	3	2	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
8	3	3	4	N/A	N/A	N/A	N/A	6	2	N/A
9	3	1	20	N/A	N/A	N/A	N/A	22	2	N/A
10	3	2	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
11	3	3	22	N/A	N/A	N/A	N/A	24	2	N/A
12	2	3	3	5	N/A	N/A	N/A	N/A	23	N/A

N/A 不適用

附錄十三 除漆完成選擇離開情境分析航機資料

航機編號	維修類別	機型	起始時點	進廠時點	除漆時點	噴漆時點	測試時點	交機時點	停留時間	前週期 最終機位
1	1	1	1	3	3	N/A	N/A	N/A	25	N/A
2	2	2	1	3	N/A	N/A	24	28	21	N/A
3	3	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
4	2	1	6	8	N/A	N/A	23	28	15	N/A
5	3	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
6	3	1	2	N/A	N/A	N/A	N/A	4	2	N/A
7	3	2	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
8	3	3	4	N/A	N/A	N/A	N/A	6	2	N/A
9	3	2	20	N/A	N/A	N/A	N/A	22	2	N/A
10	3	2	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
11	3	3	22	N/A	N/A	N/A	N/A	24	2	N/A
12	1	3	N/A	N/A	N/A	22	N/A	N/A	27	3

N/A 不適用

附錄十四 阻擋情境分析航機資料

航機編號	維修類別	機型	起始時點	進廠時點	除漆時點	噴漆時點	測試時點	交機時點	停留時間	前週期 最終機位
1	1	1	1	3	3	N/A	N/A	N/A	25	N/A
2	2	2	1	3	N/A	N/A	24	28	21	N/A
3	3	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	2	N/A
4	2	1	6	8	N/A	N/A	23	28	15	N/A
5	3	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	9	2	N/A
6	3	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	4	2	N/A
7	3	2	3	N/A	N/A	N/A	N/A	5	2	N/A
8	3	3	4	N/A	N/A	N/A	N/A	6	2	N/A
9	3	2	20	N/A	N/A	N/A	N/A	22	2	N/A
10	3	2	21	N/A	N/A	N/A	N/A	23	2	N/A
11	3	3	22	N/A	N/A	N/A	N/A	24	2	N/A
12	1	3	N/A	N/A	N/A	22	N/A	N/A	27	3
13	3	3	1	N/A	N/A	N/A	N/A	5	4	N/A
14	3	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	5	4	N/A
15	3	3	2	N/A	N/A	N/A	N/A	6	4	N/A
16	3	3	2	N/A	N/A	N/A	N/A	6	4	N/A
17	3	2	3	N/A	N/A	N/A	N/A	7	4	N/A
18	3	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	7	4	N/A

N/A 不適用

附錄十五 每日 2 架短期維修之機位排程結果

時點 機位	延續上 一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下 一週期
	AC17		AC22																										
1	AC1	AC23												AC24						AC25									
2	AC19									AC20																			
3	AC18										AC21																		
4	AC16					AC20				AC19																			
1A	AC27									AC6	AC33	AC8							AC37	AC12				AC40					
2A						AC30			AC32			AC34			AC9							AC14							
3.5	AC2																	AC11			AC38	AC39							
5A								AC5																					
6				AC29																									
8				AC3																						AC15			
9	AC28																						AC13						
戶外	AC23	AC20		AC16						AC7		AC24	AC23					AC25		AC24									
戶外					AC17						AC18								AC10							AC26			
戶外						AC4		AC21								AC35		AC36							AC41				

附錄十六 每日 3 架短期維修之機位排程結果

時點 機位	延續上 一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下 一週期
1	AC17				AC22																								
2	AC1	AC23										AC24							AC25										
3	AC19									AC20																			
4	AC18										AC21																		
5	AC16					AC20				AC19																			
1A	AC27	AC30		AC34						AC6	AC39							AC46	AC11	AC50					AC14	AC56			
2A			AC32							AC37						AC43	AC45						AC52						
3.5	AC28	AC2										AC40	AC8	AC9					AC47	AC12						AC54	AC55		
5A								AC5																				AC15	
6				AC3	AC33									AC42									AC49	AC13					
8		AC29																											
9										AC38									AC48										
戶外	AC23			AC20	AC16						AC7	AC24	AC23						AC25	AC24									
戶外				AC17						AC18							AC10						AC51	AC53	AC26				
戶外				AC31	AC4			AC21						AC41	AC44														

附錄十七 每日 4 架短期維修之機位排程結果

機位	時點	延續上 一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下 一週期	
1			AC17			AC22																									
2		AC1	AC23										AC24										AC25								
3		AC19								AC20																					
4		AC18										AC21																			
5		AC16				AC20					AC19																				
1A		AC27	AC2		AC37					AC6			AC50											AC15							
2A		AC34								AC42	AC46	AC8	AC51	AC54	AC57	AC60	AC64	AC68	AC69												
3.5		AC28	AC31						AC5			AC45	AC49			AC55	AC11	AC61				AC14	AC70								
5A					AC3	AC36				AC44																					
6						AC38											AC9			AC58	AC12	AC65			AC71						
8		AC29	AC30	AC35					AC41			AC47				AC53				AC62			AC67								
9			AC32								AC43								AC56	AC59				AC13							
戶外		AC23			AC20	AC16						AC7	AC24	AC23								AC25	AC24								
戶外					AC17					AC18							AC10								AC63	AC66	AC26				
戶外				AC31	AC4			AC21						AC48	AC52																

附錄十八 每日 5 架短期維修之機位排程結果

時點 機位	延續上 一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下 一週期
1	AC17			AC22																									
2	AC1	AC23										AC24							AC25										
3	AC19								AC20																				
4	AC18										AC21																		
5	AC16				AC20					AC19																			
1A	AC27	AC34						AC50		AC53	AC57				AC68				AC76	AC82	AC84								
2A	AC30	AC2	AC36	AC40	AC46	AC6		AC52		AC8	AC59	AC64	AC67	AC72	AC78	AC81	AC86												
3.5	AC28	AC32				AC39		AC47				AC51	AC58	AC62	AC63	AC11	AC74				AC14		AC83						
5A			AC31	AC37						AC49												AC12					AC85		
6						AC41		AC48												AC73									
8	AC29	AC33	AC3				AC45								AC61							AC13							
9					AC42		AC5							AC56		AC9	AC65	AC69	AC71	AC77	AC80	AC15							
戶外	AC23			AC20		AC16					AC7			AC24	AC23				AC25	AC24									
戶外				AC17					AC18							AC10		AC70			AC75	AC79	AC26						
戶外				AC35		AC4			AC21		AC47	AC54	AC55	AC60	AC66														

附錄十九 每日 6 架短期維修之機位排程結果

時點 機位	延續上 一週期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	延續下 一週期		
1		AC17			AC22																										
2	AC1	AC23										AC24					AC25														
3		AC19							AC20																						
4		AC18							AC21																						
5		AC16			AC20			AC19																							
1A	AC27	AC32		AC40	AC46	AC50	AC93	AC58	AC62	AC64	AC97	AC74	AC77	AC100	AC84																
2A	AC30	AC2	AC36	AC39		AC47	AC52	AC57	AC59	AC63	AC67	AC98	AC76	AC14	AC83																
3.5	AC28	AC34	AC3	AC90	AC91	AC6	AC51	AC8			AC11	AC72	AC78	AC82	AC86																
5A				AC42	AC5	AC49	AC53		AC61			AC12			AC15																
6		AC31	AC37				AC92		AC56		AC96				AC80																
8	AC29		AC89	AC41						AC95		AC68	AC73	AC99																	
9	AC87	AC33			AC45	AC48				AC9	AC65	AC69	AC71	AC13	AC85																
戶外	AC23	AC88	AC20	AC16				AC7	AC24	AC23				AC25	AC24																
戶外				AC17				AC18					AC10	AC70			AC75	AC79	AC26												
戶外			AC35	AC4		AC21	AC6	AC54	AC55	AC60	AC66												AC81	AC101							

