

# 航機前艙組員指派問題之研究<sup>1</sup>

## The Study on Flight Pilot Assignment

黃泰林 Tay-Lin Hwang<sup>2</sup>

陳柏安 Bo-An Chen<sup>3</sup>

翁繹勛 Yi-Syun Wong<sup>4</sup>

謝孟宇 Meng-Yu Hsieh<sup>5</sup>

### 摘要

航空業的蓬勃發展，各航空公司航線亦逐步拓展，然而航空公司在人員費用支出方面僅次於燃油費用，因此具有良好的營運及前艙組員指派上有充分之規劃，亦可帶動公司之獲利成長。飛航作業中，前艙組員之運作於整體飛航安全中扮演極為重要之角色，前艙組員於執勤時需長時間全神貫注，容易導致加速前艙組員之疲勞程度，因此前艙組員之執勤班表如何有效規劃，使航空公司能在前艙組員指派上有良好的安排，亦能降低營運成本且兼顧前艙組員疲勞狀態等飛安方面之考量，此對航空公司而言為一重要的營運與飛安課題。

本研究以我國籍 A 航空公司之立場，考慮前艙組員人數、法規限制飛航時數與職務差別等相關因素，並納入前艙組員疲勞值之考量，以建構人力成本最佳化為目標之前艙組員指派數學模式，期能提供航空公司規劃前艙組員月班表之參考。

最後，本研究根據實證結果得知，當 A 航空公司前艙組員人數規模在 52 人時，於考量不同疲勞函數、疲勞值上限以及人力小時成本時，所得到前艙組員之月排班表的目標值較佳，而本研究結果亦可提供其他航空公司未來規劃前艙組員指派作業之參考依據。

**關鍵詞：**航機前艙組員、指派、疲勞

### Abstract

---

<sup>1</sup>航空運輸\_0101\_黃泰林\_航機前艙組員指派問題之研究。

<sup>2</sup>長榮大學航運管理學系副教授（聯絡地址：71101 台南市歸仁區長大路 1 號，電話：06-2785123#2253，E-mail: htl@mail.cjcu.edu.tw）。

<sup>3</sup>長榮大學航運管理學系碩士（聯絡地址：71101 台南市歸仁區長大路 1 號，電話：06-2785123#2291，E-mail: eric81pig@gmail.com）。

<sup>4</sup>長榮大學航運管理學系碩士班（聯絡地址：71101 台南市歸仁區長大路 1 號，電話：06-2785123#2291，E-mail: jeffk566@yahoo.com.tw）。

<sup>5</sup>長榮大學航運管理學系碩士班（聯絡地址：71101 台南市歸仁區長大路 1 號，電話：06-2785123#2291，E-mail: b55062057@yahoo.com.tw）。

*Due to the booming aviation industry, the airline's route network were also gradually expanded, however, airline's fuel costs is second only to labor cost, a good operating to assigned adequate planning pilot can also be driven company's profit growth, in flight operations, the operation of the pilot plays a extremely important role in the overall safety of flight, it was easily lead to accelerated fatigue of the pilot when they need to concentrate on their job for long time. How to effectively plan pilot shift table will be the key factor for airline to have good arrangements in pilot assignment. And it also can reduce operating costs, lessen the pilot fatigue. For these two concerns, it is important issue for airlines.*

*In this study, for the consideration on the number of pilot, the regulations of flight hours and the differences of job function, and also take care on pilot fatigue to build up the best model on the pilot assignment for the goal of the best cost on human resource. Look forward it could be the reference for the airline on the shift arrangement.*

*Finally, based on the empirical results of this study that when the size of the total number of pilot personnel in the 52, taking into consideration the different functions of fatigue, fatigue limit values as well as the cost of labor hours obtained better target research results. We hope the study can benefits to the airlines of future planning pilot staff operations and personnel assigned for each task class reference to the job of the table.*

**Keywords:** Flight Pilot、Assignment、Fatigue

## 一、緒論

航空業為一全球化、資本密集、技術密集以及勞力密集的產業，因此必須投入相當龐大的沉沒成本（Sunk Cost），以維繫公司之永續經營。而航空公司在營運成本支出方面，其中油料成本支出所占比率約為 30~40%，其次即為人事成本支出的 10~15%；而燃料成本在航線與班次固定之情況下，所需支出金額之變異不大，加上近年油價已不再維持於高價水準；是故，航空公司經營上若能於人力配置上致力於建立一有效率且兼顧前艙組員疲勞之人員班表，將能使公司經營更符合經濟效率與飛航安全之目標。

在前艙組員指派中，必須遵守民航法規、勞基法、航空公司內部法規與工會限制等規定。於過去相關文獻中，鮮少將前艙組員之疲勞因素納入指派模式中加以考慮。因此，本研究以航空公司前艙人力成本最小化與考慮前艙組員疲勞值為研究之主要目標，建立一套適合航空公司營運操作之人員指派模式，期能提供航空公司做為前艙組員每月班表規劃之參考。

人為因素為影響飛行安全的最主要因素，而人為因素中飛行疲勞更是影響飛航駕駛正確操控與判斷的關鍵要素，惟我國較缺乏與飛行疲勞相關的文獻與研究，民國 105 年 6 月份華航空服員因過勞問題而產生的罷工事件，亦凸顯出飛航工作疲勞與指派的潛在問題。據此，本研究擬於前艙組員指派模式中納入疲勞因素之考量，俾能透過對飛行疲勞的有效管理與人力成本之最佳配置，來提升航空公司之飛航安全與經營效率。

本研究主要針對 A 航空公司前艙組員指派方式進行探討與分析，並納入實務上有正駕駛與副駕駛等工作職務上之差異，同時考量前艙組員之值勤疲勞因素，據以構建一前艙組員指派之模式，期能提供航空公司組員指派作業上之參考。

此外，航空公司於其經營規模越大時，前艙組員之指派問題將更趨複雜，因此本研究將研究範圍與假設定如后：

- 1.航空公司：本研究所探討之研究對象為我國籍 A 航空公司。
- 2.航線：本研究所選定之航空公司，以桃園國際機場為主要營運據點(可歸類

為單核心之飛航網路)，並以其 A320-232 機隊之前艙組員為研究對象來加以探討。

- 3.班表：本研究僅探討上述航線之冬季月班表來考量前艙組員指派問題。
- 4.飛航組員：本研究主要針對該機型相關航線之標準飛航組員，亦即正駕駛與副駕駛之指派問題進行探討，對於班表臨時性異動所造成飛航組員調度及候補等相關狀況，則不屬於本研究之研究範圍。

是故，本研究主要利用 C++ 程式語言軟體為模式輸入介面與求解工具。並針對 A 航空公司已知冬季飛航班表下之前艙組員指派作業，進行實驗設計、實證研究與相關敏感度分析。最後，依據實證研究分析之結果，提出結論與建議以及後續研究之可行方向。

## 二、文獻回顧

本章將針對人員指派相關研究、前艙人員相關文獻以及疲勞因素相關文獻進行回顧，以期做為本研究模式建立之參考。

### 2.1 人員指派相關文獻

有關人員指派的問題，部分研究是在班次固定下或在求解出班次組合後，以給定的班表或可行之工作組，並針對各人員特性考慮其指派限制與規則，再進行人員指派問題之求解。部分文獻整理如后：

陳奕霖（2014）以北部飛航服務園區航管單位之立場，考慮已知管制員人數、法規限制執勤時數、工作席位派任限制等相關因素，同時納入管制員疲勞函數值之考量，據以建構月累積工作小時差異平方最小化之指派模式，並以 AIMMS 數學規劃求解軟體進行模式求解工作。

林定翰（2012）以航管單位之立場，考慮已知之近場台飛航管制員數量、民航法規、工會規定之限制等相關因素，且納入管制員疲勞值之考量，據以建構人員總成本最小化為目標式之數學模式，並使用 C++ 程式語言軟體進行模式求解工作。

陳建銘（2011）對於機關消防設備勘查人員指派之個別需求、條件及業務，利用數學整數規劃最佳化模式及電腦輔助撰寫程式，求得勘查人員最小工作次數與支援人力指派之排程，提供作為指派人員工作調度之參考。

袁瑞霞（2006）以航機維修廠業者為立場，考量實務的營運目標與相關限制條件，包含維修時距修護、修護人力、機庫單一指派與使用限制、航機機型等限制條件，以建構長期與中期兩個排程模式。該研究在長期航機修護排程方面，構建一考量最小化自有機隊維修成本與最大化客戶航機維修利潤，且進行為期一年之航機修護規劃排程模式；而在中期航機修護排程模式方面，由於需待航空公司季班表規劃完成後方能進行，因此以季班表及長期航機修護排程之結果來進行為期一個月之人力規劃作業。

Yan 等人（2004）針對國內一國際航空公司航機修護部門的實際營運情況，構建數個修護人力供給模式，並發展一分解式啟發式演算法以求解模式，

並經實例測試後，發現其求解效率及結果良好。

## 2.2 疲勞相關文獻

疲勞為損害人體性能的主要因素之一，且已被列為航空業事故發生的主要原因之一。疲勞是人體藉由勞動過程所產生的現象，疲勞感於實務上深深影響每位工作者的心理，並使得人員的動作和判斷能力變得遲緩，更阻礙了工作中行動的順利與結合。

### 2.2.1 疲勞產生的影響

Wiener and Nagel (1988) 表示疲勞與睡眠減少了工作者對工作表現的績效與提供的產值，有關疲勞與睡眠以及工作的影響，本研究整理如表 1 所示。

表 1 疲勞對工作方面之影響

疲勞之工作表現	影 響
反應時間：增加	時差計算易有誤差。 需要更強的外來刺激。
注意力：降低	動作的連續性會錯置。 過於專注於某一工作。 聽力與視力警覺性降低。 無法自覺能力變差。
記憶力：衰退	記錯工作上的事。 忘記周遭發生的事。 應用舊習慣。
情緒：僻靜	不喜歡講話。 易怒且容易分心。 「不在乎」的態度。

資料來源：Wiener and Nagel (1988)。

柯國川 (2010) 曾提及工作量大時所產生的疲勞值就越多，另一方面若是在疲勞的狀態下繼續工作，會比在同工作量但良好的狀態下產生更多的疲勞值。其以工作量和疲勞狀態為兩變數用以建立疲勞函數，並與疲勞管理軟體 Fatigue Audit Inter Dyne (FAID) 進行比較。而 Fatigue Audit Inter Dyne (FAID) 為由 South Australia 大學之睡眠研究中心所開發，用以估算工時和休息狀態的疲勞值。

Philippe Cabon (2011)，認為疲勞為航空安全的主要風險，其對疲勞的定義為：疲勞驅使生物為療養、休息。疲勞就像飢餓和乾渴，為正常之生理狀態，不能被抑制，因此必須考慮事先預防或減輕其影響來避免飛安事件的發生。再者，生理時鐘的變化為慣性的，所以在任何工作休息的轉換週期（例如：輪班）不會使我們能馬上適應生理時鐘，也就是在休假過後睡眠-覺醒 (sleep-wake) 循環會導致疲勞且降低工作效率。不規則工作時間的主要影響為對睡眠的剝奪，睡眠剝奪則會對人員之認知功能和人際溝通造成不利影響。

Dawson (2004) 提出可藉由 FAID 輸出的疲勞分數範圍（如表 2 所示），估算工時和休息狀態的疲勞值，Fatigue Audit Inter Dyne (FAID) 為由 South

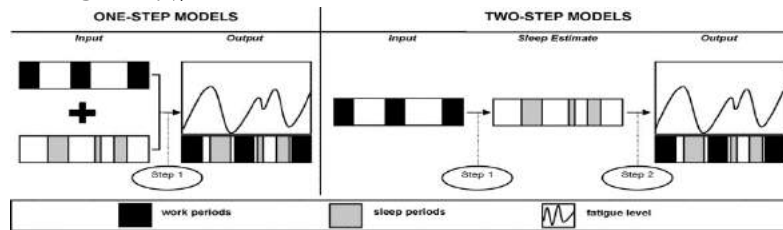
Australia 大學之睡眠研究中心所開發。

表 2 FAID 輸出的疲勞分數範圍與疲勞值

疲勞分數範圍	疲勞值描述
標準 (0-40)	產生的疲勞值約等於標準 09:00-17:00，星期一至星期五的班別。
中度 (40-80)	產生的疲勞值約等於順時針輪班 (早、中、晚)，五天連續八小時的班和兩天休息。
高度 (80-100)	產生的疲勞值約等於順時針輪班 (早、中、晚)，六天連續八小時的班和一天休息。
非常高度 (100-120)	產生的疲勞值約等於兩天十二小時的班，兩天休息，再接兩天十二小時的夜班，兩天休息。
極端 (120)	產生的疲勞值約等於連續六天十二小時夜班和一天休息。

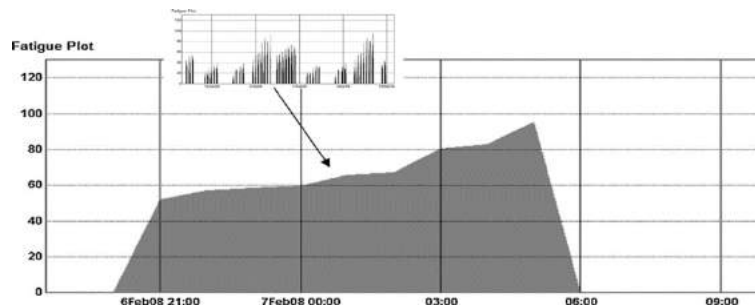
資料來源：柯國川 (2010)

Drew Dawson (2011)，曾發展出睡眠循環系統來預測疲勞和績效，通常以睡眠時間和工作時間為輸入項，以時間過程的預測變量為輸出量，主要提供雇主、公會等單位，工作者於該工作期間之平均疲勞水平、風險。目前所使用疲勞模式之分類，其可區分為 (one-step models) 及 (two-step models)，如圖 1 所示；其中，Fatigue Audit Inter Dyne (FAID)，則列示如圖 2 所示，其以 two-step models 為基礎建立，用以直接預測員工班表的疲勞值，使組織能履行 Occupational Health and Safety (OHS) 法律規定，亦即組織必須提供員工得到充分休息的機會。



資料來源：Drew Dawson (2011)

圖 1 one-step models & two-step models



資料來源：Drew Dawson (2011)

圖 2 FAID plot

Hartzler (2014) 認為，疲勞在航空領域中對整體飛安具有不利的影響，疲勞相關事故和研究發現隨著人員疲勞的多寡呈現高度相關。而一個飛行的過程中，工作疲勞將使得前艙組員產生認知表現的劣化以及壓力的增加，再加上前艙組員之工作性質為上班時程之變動頻繁，工作疲勞之累積將是無法避免的。

Avers 及 Johnson (2011) 曾提出疲勞是由於睡眠不足和睡眠質量差所形成，對於航空相關的安全與操作影響是相當大的，可能將產生金錢或生命財

產的損失。現代飛機有較早期飛行器嚴格的維護設計和高度自動化，因而事故歸因於設備故障與歸因於人為表現與疏失相比則較為相對罕見。

我國飛航安全委員會（2016）依疲勞分析結果顯示，前艙組員可能受單日須飛航多航段及每月高飛行時間、高值勤時間所累積之疲勞影響，導致工作表現下降。且機隊擴張、前艙組員人力短缺、飛行時數及起降次數增加，皆會造成前艙組員因疲勞而產生潛在之飛安風險。

## 2.3 小結

綜合以上文獻回顧，本研究認為已有若干學者對於人員指派問題進行相關研究，惟前艙組員指派問題之研究則十分鮮少，而對於疲勞值因素也較少與前艙組員之指派作業進行合併與相關分析探討。

據此，本研究以前艙組員為研究對象，由於前述文獻中與本研究所研究對象之工作性質皆有所差異性，並於人員生心理所產生之壓力來源也有所不同，然而皆會因工作疲勞而對飛行安全產生潛在風險，加上本研究問題可歸類為單核心網路問題，此因航班及組員去回程，原則上可視為以桃園機場做為往返基地。是故，本研究亦將參考上述文獻，並進一步建立疲勞函數與人員指派模式，同時並探討前艙組員之指派作業與建立組員之月工作班表。

# 三、研究方法

## 3.1 問題說明

前艙組員之月值勤班表主要依據航空公司及航空器飛航作業管理規則，對於前艙組員之飛行工作時數及休息時數等，皆有詳細之規定，每位前艙組員之月值勤班表也不盡相同。

### 3.1.1 前艙組員相關之法律規定

前艙組員是指於飛航時在航空器內負責航空器相關作業且具有證照之工作人員。其工作內容又有以下之不同區別：

標準飛航組員是指於航空器飛航時，應包括正駕駛員及副駕駛員各一員，或正駕駛員、副駕駛員及飛航機械員各一員，或按各機型之飛航手冊規定之最低飛航組員。

飛航時間是指為計算飛航組員執行飛航任務及登錄飛航時間限度之時間，以飛機來說是指以起飛為目的，開始移動時起至著陸後停止移動時止之時間。此外，依照航空器飛航作業管理規則第三十七條所規定前艙組員飛航時間之限制，本研究整理如表 3 所示：

由以上之相關規定，可得知國內民航法規對於前艙組員之飛航時間、執勤時間以及休息時間皆有嚴格的規範，因此航空公司於不違反相關規定之下，方得以成本最小化為目標進行組員之規劃與派遣作業。

### 3.2 疲勞函數

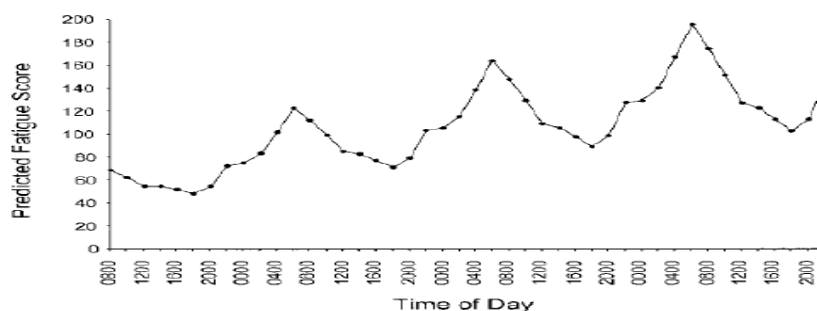
表 3 前艙組員飛航時間之限制

飛航時間限制			
類別	連續 24 小時	連續 7 日	連續 30 日
標準飛航組員	國內: ≤ 8 hrs	≤ 32hrs	≤ 120hrs
	國際: ≤ 10hrs		
加強飛航組員	具睡眠設備: ≤ 16hrs		
	無睡眠設備: ≤ 12hrs		
雙飛飛航組員	具睡眠設備: ≤ 18hrs		
	無睡眠設備: ≤ 12hrs		

資料來源：本研究整理

柯國川（2010）曾以實際飛航管制員班表輸入 FAID 得到航管人員之疲勞數值，本研究擬參考該研究來作為建立 A 航空公司前艙組員疲勞函數之依據。茲將 FAID 疲勞值圖整理如圖 3 所示。

本研究參考航管人員之疲勞型態，再考量加入前艙組員之不同任務及不同工作班所產生之不同疲勞效應，透過本研究後續疲勞函數實驗因子於不同水準下之多方測試，應能涵蓋前艙組員工作所產生之疲勞數值。本研究設定疲勞函數之變數包含：工作時數、休息時數等數據，而疲勞函數將於後續模式中再加以列式說明。



資料來源：柯國川（2010）

圖 3 FAID 疲勞值圖

### 3.3 A 航空公司班表說明

本研究為建立前艙組員指派模式，先蒐集並取得 A 航空公司前艙組員執勤班表之相關資料。有關本研究 A 航空公司之前艙組員需求人數、執勤小時與值勤時間範圍，整理如表 4 所示。

考量本研究前艙組員之指派需涵蓋時間、空間轉換及過夜/跨日問題，故設立班別 8、9、10、11、12 為需過夜/跨日班別之過夜/跨日班，且整合於原班別之對應班別中；本研究另將當天指派為待命或休息者，假設為一虛擬待命休息班並納入模式架構中加以整體考量。表 4 中各班別之說明如下：1. 桃園-成田-高雄-成田-桃園（高雄過夜）；2. 桃園-大阪-高雄-大阪-桃園（高雄過夜）；3. 桃園-澳門-桃園（跨日）；4. 桃園-新加坡-桃園（新加坡加坡過夜）；5. 桃園-曼谷-桃園（跨日）；6. 桃園-沖繩-桃園；7. 桃園-澳門-高雄-澳門-桃

圖；13. 本研究模式架構所規劃之虛擬待命休假班。

表 4 前艙組員人數、執勤小時與值勤時間範圍相關資料

班別	需求人數	值勤時數	值勤時間範圍
1	2	14 小時 50 分	07：00 - 23：45 +1
8	2	<u>整合於班別 1 中</u>	<u>班別 1 之過夜班</u>
2	2	13 小時 10 分	06：45 - 23：10 +1
9	2	<u>整合於班別 2 中</u>	<u>班別 2 之過夜班</u>
3	2	3 小時 05 分	21：55 - 03：30 +1
10	2	<u>整合於班別 3 中</u>	<u>班別 3 之過夜班</u>
4	2	9 小時 35 分	09：50 - 20：15 +1
11	2	<u>整合於班別 4 中</u>	<u>班別 4 之過夜班</u>
5	2	7 小時 15 分	16：00 - 00：30 +1
12	2	<u>整合於班別 5 中</u>	<u>班別 5 之過夜班</u>
6	2	3 小時 00 分	06：50 - 10：40
7	2	6 小時 10 分	07：00 - 20：30
13	該日待命與休息人員	0	<u>本研究設定之虛擬待命休息班</u>

資料來源：本研究整理

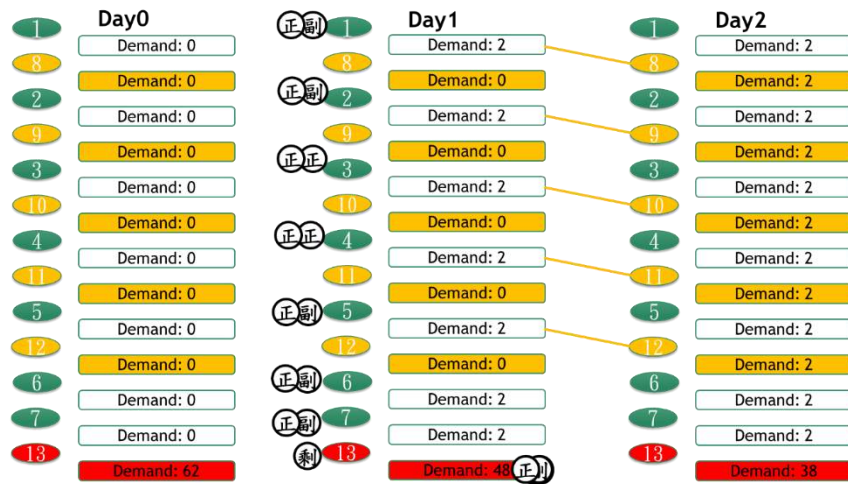
### 3.4 模式建構假設說明

本研究針對 A 航空公司之立場，考慮已知之前艙組員值勤時數法規限制、人員數量、正駕駛與副駕駛任派之限制、前艙組員疲勞狀態等影響要素，並以人事總成本最小化為模式目標，加上考量前艙組員疲勞值大小及月值勤小時數限制來進行前艙組員之指派作業。實務上影響前艙組員指派問題複雜，並且牽涉範圍甚廣，若將所有因素完整納入模式中，於人力指派作業上實有其困難之處，因此為確定模式之使用範圍，並適當簡化模式之複雜度，本研究擬假設或已知以下之參數資料：1.A 航空公司前艙組員每日值勤人次為已知；2.不考慮突發或臨時性之人員指派作業；3.考慮一個月期間（通常為下個月班表規劃）之前艙組員指派作業。

### 3.5 雛型模式建構說明

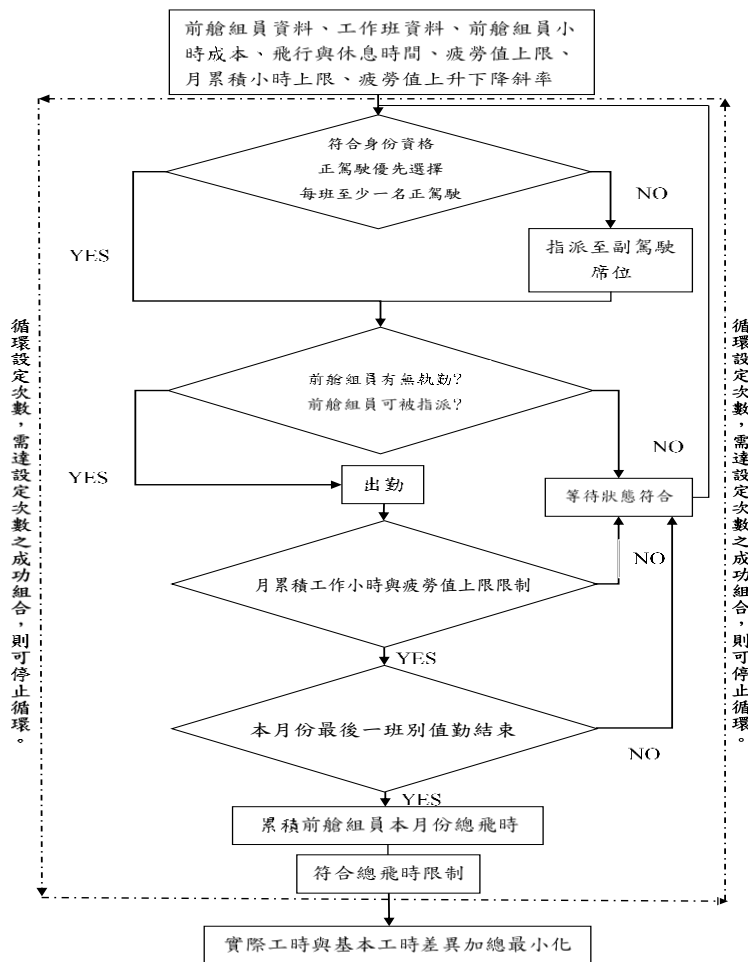
有關本研究雛型模式規劃構想之概念圖，班別 1 至 7 為人員指派進入之工作班，班別 8 至 12 為班別 1 至 5 之各別連結對應班，班別 13 則為虛擬待命休息班，整理如圖 4 所示。本研究為利用程序性解法並撰寫 C++ 程式語言軟體來進行模式求解工作，茲將本研究求解程序整理如下圖 5 所示。





資料來源：本研究整理

圖 4 離型模式規劃構想之概念圖



資料來源：本研究整理

圖 5 本研究求解程式架構圖

本研究以運輸網路之概念進行模式之建構，於建構本研究模式前，先定義運輸網路模式相關參數與決策變數如下：

參數：

$R$ ：所有  $n$  位前艙組員（含正副駕駛）之集合，其中編號 1 至  $n_1$  皆為正駕駛，而副駕駛之編號則自  $n_1+1$  開始至第  $n$  位。

$A_1$ ：表示正駕駛之人力小時成本。

$A_2$ ：表示副駕駛之人力小時成本。

$D$ ：代表一個月所指派之天數之集合。（ $d=0$  代表每月初始日之前一天）

$D_2$ ：指派前艙組員第 2 天至第 30 天之工作班。

$I$ ：代表當天指派工作班之起點（節點），也為前一天工作班之迄點。

$J$ ：代表當天指派工作班之迄點（節點）。

$N$ ：代表全部工作班別之集合。

$T$ ：班別 1 至 7 之集合。

$U$ ：班別 8 至 12 之集合。

$V$ ：班別 1 至 7 與 13 之集合。

$CP$ ：每天所有前艙組員指派至工作班別之總和。

$TN$ ：工作班別為虛擬待命休息班之集合。

$S_e^d$ ：第  $d$  天工作班別  $e$  之需求人數， $e=13$  為虛擬待命休息班之需求人數（每日視飛航班表之指派作業而有不同之人數配置）。

$w_e$ ： $e$  工作班別之累積工作小時。

決策變數：

$x_{ij}^{rd}$ ：第  $r$  位前艙組員於第  $d$  天，從前一日執勤工作班作為當日工作班指派起點  $i$ ，至當日工作班迄點  $j$  之工作班指派狀態，指派狀態為 0,1 變數。

$y_{ij}^{rd}$ ：第  $r$  位前艙組員於第  $d$  天，從前一日執勤工作班作為當日工作班指派之起點  $i$ ，至當日工作班迄點  $j$  之疲勞值。

$h_{ij}^{rd}$ ：第  $r$  位前艙組員於第  $d$  天，從前一日執勤工作班作為當日工作班指派之起點  $i$ ，至當日工作班迄點  $j$  之月累積工作小時。

有關本研究之飛航前艙組員指派離型模式之說明，整理如后：

$$\text{Min. } Z = A_1 \sum_{r \leq n_1} (120 - h_{ij}^{rd}) + A_2 \sum_{r > n_1} (120 - h_{ij}^{rd}) \quad d = 30, i = 29, j = 30 \quad (3-1)$$

Subject to

$$\sum_i x_{ij}^{rd-1} - \sum_i x_{ij}^{rd} = 0 \quad \forall r \in R, \forall i \in T, \forall j \in U, j = i + 7, \forall d \in D_2 \quad (3-2)$$

$$x_{ij}^{rd} = 1 \quad y_{ij}^{rd-1} \geq 80, \forall r \in R, \forall i \in N, \forall j \in TN, \forall d \in D \quad (3-3)$$

$$x_{ij}^{rd} = 1 \quad h_{ij}^{rd-1} \geq 120, \forall r \in R, \forall i \in N, \forall j \in TN, \forall d \in D \quad (3-4)$$

$$\sum_{r \in R} x_{ij}^{rd} = S_e^d \quad e \leq 13, \forall i \in V, \forall j \in N, \forall d \in D \quad (3-5)$$

$$\sum_{r=1}^{n_1} \sum_i x_{ij}^{rd} \geq 1 \quad \forall r \in R, \forall i \in I, \forall j \in T, \forall d \in D \quad (3-6)$$

$$\sum_i x_{ij}^{rd-1} = CP \quad \forall r \in R, \forall i \in I, \forall j \in N, \forall d \in D \quad (3-7)$$

$$\sum_r \sum_j x_{ij}^{rd} = CP \quad \forall r \in R, \forall i \in I, \forall j \in N, \forall d \in D \quad (3-8)$$

$$\sum_i x_{ij}^{r,d-1} - \sum_i x_{ij}^{r,d} = 0 \quad \forall r \in R, \forall i \in N, \forall j \in N, \forall d \in D \quad (3-9)$$

$$y_{ij}^{r,d} = y_{ij}^{r,d-1} + \sum_j \left( \left( \frac{83}{15} \times x_{ij}^{r,d} \right) \times w_e - \left( \frac{35}{9} \times x_{ij}^{r,d} \right) (24 - w_e) \right) \quad \forall r \in R, \forall i \in N, \forall j \in N, \forall d \in D \quad (3-10)$$

$$0 \leq y_{ij}^{r,d} \leq 80 \quad \forall r \in R, \forall i \in N, \forall j \in N, \forall d \in D \quad (3-11)$$

$$h_{ij}^{r,d} = h_{ij}^{r,d-1} + \sum_j (x_{ij}^{r,d} * w_e) \quad \forall r \in R, \forall i \in N, \forall j \in N, \forall d \in D \quad (3-12)$$

$$x_{ij}^{r,d} = 1 \text{ or } 0 \quad \forall r \in R, \forall i \in N, \forall j \in N, \forall d \in D \quad (3-13)$$

$$h_{ij}^{r,d} \geq 0 \quad \forall r \in R, \forall i \in N, \forall j \in N, \forall d \in D \quad (3-14)$$

目標式 (3-1)：前艙組員（正副駕駛）特定期間內實際工時與基本工時 120 小時差異加總最小化。

限制式 (3-2)：所有需過夜/跨日之班別，指派至其對應班。

限制式 (3-3)：當前艙組員疲勞值超過 80，直接進入虛擬待命休息班。

限制式 (3-4)：當前艙組員累積工作小時超過 120，直接進入虛擬待命休息班。

限制式 (3-5)：所有前艙組員集合 R 指派至各工作班之限制。

限制式 (3-6)：於每一工作班，至少有一位正駕駛之限制。

限制式 (3-7)：所有前艙組員從起點 I 至第 1 天迄點 j 工作班指派情形總和須為 CP。

限制式 (3-8)：所有前艙組員指派時，至所有工作班之總和須為 CP。

限制式 (3-9)：所有前艙組員於當天進行工作班指派之起點，必須為前一天所執勤之工作班 j。

限制式 (3-10)：每位前艙組員前一天之疲勞值加上當天指派後之新疲勞值。

限制式 (3-11)：疲勞值上限為 80（為實驗設計因子某一水準值），下限則為 0。

限制式 (3-12)：前艙組員前一天月累積工作小時加上當天執勤之工作時數。

限制式 (3-13)：每天每位前艙組員於每一工作班之工作指派狀態為 0 或 1。

限制式 (3-14)：每位前艙組員之月累積工作小時需大於等於 0。

### 3.6 疲勞值之計算

本研究針對前艙組員人員疲勞值限制式之計算方式整理如后。

$$y_{ij}^{r,d} = y_{ij}^{r,d-1} + \left( \frac{83}{15} \times x_{ij}^{r,d} \right) \times w_e - \left( \frac{35}{9} \times x_{ij}^{r,d} \right) (24 - w_e) \quad \forall r \in R, \forall i \in N, \forall j \in N, \forall d \in D \quad (3-15)$$

$$x_{ij}^{r,d} = 0 \text{ or } 1 \quad \forall r \in R, \forall i \in N, \forall j \in N, \forall d \in D \quad (3-16)$$

$$y_{ij}^{r,d} \geq 0 \quad \forall r \in R, \forall i \in N, \forall j \in N, \forall d \in D \quad (3-17)$$

限制式 (3-15)：於一個月當中，每日指派完畢後更新其疲勞函數值。

限制式 (3-16)：每天每位前艙組員工作指派狀態。

限制式 (3-17)：疲勞值決策變數須大於等於 0，且為實數。

### 3.7 小結

本研究所建構之模式為考量前艙組員於一個月中之工作班指派，依前艙組員疲勞值、月累積工作小時與工作屬性相關限制條件，利用數學解析方法據以建立一考量前艙組員人力成本與飛航安全（疲勞狀態）之指派模式。並於下章節中，將針對疲勞值與月累積工作小時之上限，疲勞函數上升與下降斜率等實驗因子，於各因子不同水準組合下進行實驗模擬與測試分析工作。

## 四、實驗設計

### 4.1 實驗設計方式

本章節實驗設計之主要目的，係為針對本研究所建構之數學模式，進行有系統之模擬實驗測試與分析工作，藉以評估前艙組員於疲勞值與月累積工作小時之上限，以及疲勞函數上升與下降斜率等四項實驗因子，於各因子不同水準組合下，分析各實驗組合之最佳化指派結果以及目標函數之變化情形。

本研究之實驗設計以 C++ 程式語言軟體為模式輸入介面，於個人電腦進行不同實驗因子與不同因子水準組合下之模式測試與運算。

本研究模式之模擬實驗內容於前艙組員身份以及指派工作方面，均依照我國籍 A 航空公司現況營運之相關資料為模式建構基礎。本研究考量月累積工作小時上限、疲勞值上限與疲勞函數上升及下降斜率等四個實驗因子各水準組合進行交叉實驗分析。

#### 4.3.1 月累積工作小時上限實驗因子

根據我國民航法規限制，前艙組員月累積工作小時不得超過 120 小時，若超時恐有影響飛航安全之疑慮，因此本研究將月累積工作小時納入實驗因子中加以考量，同時為使累積工作小時能符合法規之限制，故設定月累積工作小時上限為 110 小時以及 120 小時等兩個因子水準來加以分析測試。

#### 4.3.2 疲勞值上限

前艙組員於執勤時須高度專注於飛航作業上，易產生或加速心理與生理疲勞之程度，然而疲勞因素與飛航安全間之連結為息息相關，前艙組員容易因疲勞程度的不同，連帶影響執勤時之判斷與表現，因此本研究將疲勞值上限納入實驗因子加以考量。

根據 Dawson (2004) 將疲勞程度依照所指出 FAID 所輸出的疲勞分數，區分為五個範圍，參考表 2 所示。本研究依疲勞程度分數範圍，考量前艙組員輪班作業，故先設定疲勞值上限為 120、100、80 等三個實驗因子水準來加以分析測試。

#### 4.3.3 疲勞函數斜率

本研究針對疲勞函數部分，除參考第二章第 2.3 節相關文獻外，並經過統整將疲勞函數上升與下降斜率分別設定為高、中、低等三種因子水準，亦

即以文獻中之參考數據分別將函數斜率設定為高 (H) 水準、中 (M) 水準與低 (L) 水準等三種；此乃考量前艙組員執勤時之高專注性，以及文獻中提及因上班時程之變動頻繁，工作疲勞之累積將是無法避免的，或因工作量的多寡、儀器操作環境、業務上相關限制...等情況，皆會產生影響前艙組員疲勞值增加或減少的狀態，故將疲勞函數上升斜率，設定為 H: 101/15、M: 83/15、L: 67/15 等高中低三種因子水準；另外，疲勞值下降的因素，可能依執勤時間不同、休息時間長短、個人生理、心理因素...等影響而產生不同的變化，因此本研究設定疲勞函數下降斜率為 H: 44/9、M: 35/9、L: 28/9 等三種高中低因子水準來進行測試分析。根據上述各水準範圍之組合，應能涵蓋相關影響因素所造成疲勞值之差異性。

綜合以上說明，本研究所規劃之模擬實驗設計，設定月累積工作小時上限: 110、120 小時，疲勞值上限: 120、100、80，疲勞函數上升斜率 H: 101/15、M: 83/15、L: 67/15，下降斜率 H: 44/9、M: 35/9、L: 28/9，故總計需進行  $2*3*3*3=54$  組之實驗，如表 5 所示。

表 5 實驗設計各因子及水準組合表

月累積工作小時上限	疲勞值上限	疲勞函數上升斜率	疲勞函數下降斜率
110 120	120	H: 101/15	H: 44/9
	100	M: 83/15	M: 35/9
	80	L: 67/15	L: 28/9

資料來源：本研究整理

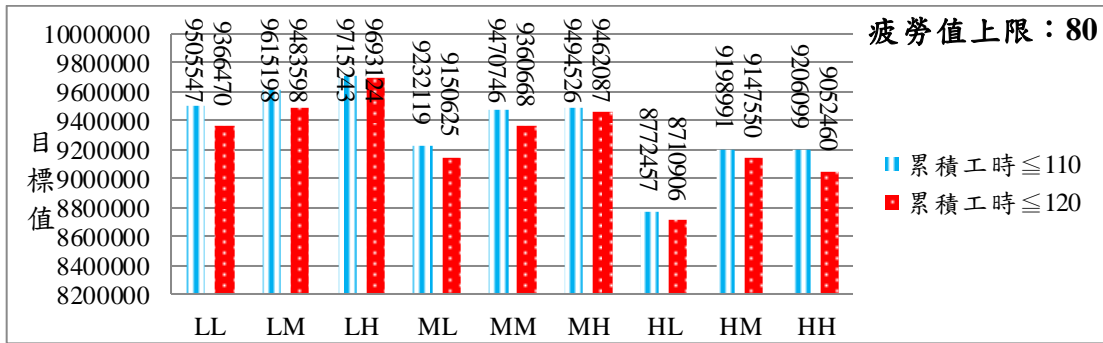
#### 4.4 實驗結果

本實驗結果將針對第 4.3 節所篩選之不同實驗因子組合，分別於不同因子水準下進行交叉測試，結果分別整理為表 6 及圖 6 至圖 8 所示。

表 6 實驗設計結果統計表

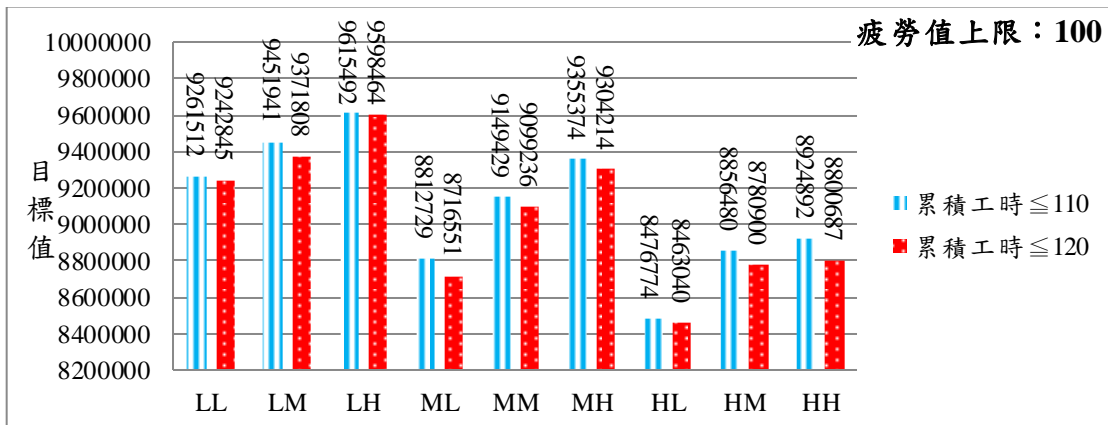
組合	疲勞值上限 80		疲勞值上限 100		疲勞值上限 120	
	月累積工作小時 ≤ 110	月累積工作小時 ≤ 120	月累積工作小時 ≤ 110	月累積工作小時 ≤ 120	月累積工作小時 ≤ 110	月累積工作小時 ≤ 120
LL	9505547	9366470	9261512	9242845	9282534	9240420
LM	9615198	9483598	9451941	9371808	9400587	9390237
LH	9715243	9693124	9615492	9598464	9621058	9583378
ML	9232119	9150625	8812729	8716551	8890645	8720460
MM	9470746	9360668	9149429	9099236	9156791	9156141
MH	9494526	9462087	9355374	9304214	9310587	9213225
HL	8772457	8710906	8476774	8463040	8383342	8248365
HM	9198991	9147550	8856480	8780900	8742329	8739970
HH	9206099	9052460	8924892	8800687	9039933	8925597

資料來源：本研究整理



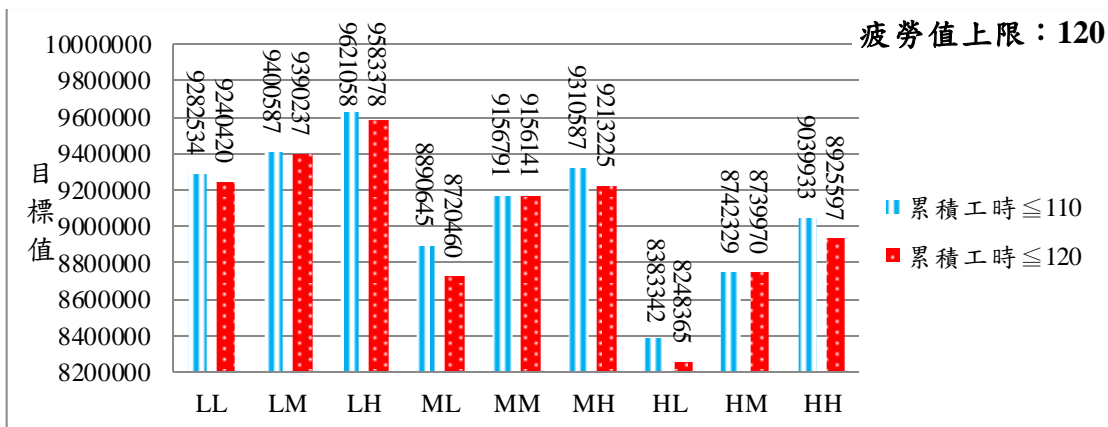
資料來源：本研究整理

圖 6 疲勞值上限：80，月累積工作小時 ≤ 110 與 ≤ 120 之目標值長條圖



資料來源：本研究整理

圖 7 疲勞值上限：100，月累積工作小時 ≤ 110 與 ≤ 120 之目標值長條圖



資料來源：本研究整理

圖 8 疲勞值上限：120，月累積工作小時 ≤ 110 與 ≤ 120 之目標值長條圖

由以上各長條圖所呈現之結果，本研究分析整理如下：

1. 本研究實驗設計之月累積工作小時上限分別為 110 與 120 等兩種因子水準，當其上限 120 小時，且疲勞值於 80、100、120 三種上限水準情況下，其目標值較上限 110 小時之組合為小。
2. 於圖 6 至圖 8 之圖中皆以 HL 上升與下降斜率之因子水準組合可產生較低之目標值。
3. 於斜率各因子水準組合中，以疲勞函數下降斜率為 L 者有較低之目標值，

此因上升斜率為H者產生較高疲勞值情況時，搭配下降斜率為L者，將無法快速使疲勞值下降減少至疲勞值上限值之範圍內，使得指派機會相對限制較大，故較無月累積工作小時產生極端值之現象，並能使前艙組員月累積工作小時更趨近於月基本工作小時。

#### 4.5 小結

本研究根據實驗設計結果顯示尚符合預期且模式求解結果並無不合理處，可驗證本研究之求解方式大致上可接受，並可進一步作為下一章實證研究分析之求解工具。

根據前述實驗設計結果之數據分析，將月累積工作小時上限設定為 120 小時，較能符合本研究考量之限制條件，亦合乎法規限制，並使目標值較其他月累積工作小時上限水準為低，顯示於本研究設定人力規模下，前艙組員於值勤飛安風險（考慮疲勞與法規限制）考量下之指派結果與月基本工時之總差異為最小，此一指派作業兼顧了營運成本與飛安風險。

本研究經過實驗設計測試了 9 種疲勞函數斜率因子水準組合對於目標值之影響，測試結果顯示上升斜率為 H 者與下降斜率為 L 者之水準組合，較其他 8 種因子水準組合所產生之目標值為最小。另一方面，由於下降斜率為 H 者可使疲勞值迅速下降而與無考慮疲勞因素之效果雷同，此與實際上前艙組員於執勤中不會產生疲勞現象之狀況不符，且下降斜率皆為 H 之組合 LH、MH 與 HH，其目標值較其他下降斜率組合為高，亦即為全體前艙組員與月基本工作小時之差異較大，導致疲勞值於飛航作業中無法發揮管控疲勞風險之作用與效果。

綜合以上論述，本研究為使前艙組員皆能於精神狀態良好且無疲勞風險因素下操作航機，與有效率運用現有前艙組員之人力，加上前艙組員為飛航安全第一線人員，為使疲勞現象之控管更加嚴謹，因此將設定疲勞值上限 80、月累積工作小時上限 120 與疲勞函數下降斜率因子水準為 L，來進一步作為下一章實證研究中所採用相關因子水準組合之參考依據。

### 五、實證研究

為了進一步驗證模式之適用性，本研究於本章節中將進行實證研究及敏感度分析工作。根據我國籍 A 航空公司相關資料顯示，目前前艙組員指派方式是以人工作業方式進行工作班之指派，而為驗證本研究模式未來對於前艙組員派任工作班時所產生之效果，因此依據我國籍 A 航空公司現況資料，建構一符合現況作業方式及未來可能運轉狀況之分析範例，以利本研究進行模式之實證研究與敏感度分析工作。

#### 5.1 模式資料輸入

本研究以我國籍 A 航空公司之前艙組員為分析對象，藉由文獻回顧、航空公司相關營運統計資料等方式，來蒐集實證研究所需之相關資料。

本研究模式進行實證研究所需之資料，茲分述如后：1 我國籍 A 航空公司前艙組員指派工作班之資料；2.前艙組員當月累積工作小時上限值；3.設定疲勞函數上升及下降斜率之因子水準組合。

##### 5.1.1 前艙組員工作班資料

本研究經我國籍 A 航空公司所提供之資料，整理出前艙組員工作班之大致班表進行規劃設計，再整合本研究前述之模式架構後整理如表 7 所示。

表 7 中之班別說明如后：1. 桃園-成田-高雄-成田-桃園（高雄過夜）；2. 桃園-大阪-高雄-大阪-桃園（高雄過夜）；3. 桃園-澳門-桃園（跨日）；4. 桃園-新加坡-桃園（新加坡加坡過夜）5. 桃園-曼谷-桃園（跨日）；6. 桃園-沖繩-桃園；7. 桃園-澳門-高雄-澳門-桃園；13. 本研究模式架構所規劃之虛擬待命休假班。

再者，本研究就我國籍 A 航空公司現況人數規模，於實證研究中設定前艙組員總人數為 56 人。

表 7 前艙組員人數、執勤小時與值勤時間範圍相關資料

班別	需求人數	值勤時數	值勤時間範圍
1	2	14 小時 50 分	07:00 - 23:45 +1
8	2	<u>整合於班別 1 中</u>	<u>班別 1 之過夜班</u>
2	2	13 小時 10 分	06:45 - 23:10 +1
9	2	<u>整合於班別 2 中</u>	<u>班別 2 之過夜班</u>
3	2	3 小時 05 分	21:55 - 03:30 +1
10	2	<u>整合於班別 3 中</u>	<u>班別 3 之過夜班</u>
4	2	9 小時 35 分	09:50 - 20:15 +1
11	2	<u>整合於班別 4 中</u>	<u>班別 4 之過夜班</u>
5	2	7 小時 15 分	16:00 - 00:30 +1
12	2	<u>整合於班別 5 中</u>	<u>班別 5 之過夜班</u>
6	2	3 小時 00 分	06:50 - 10:40
7	2	6 小時 10 分	07:00 - 20:30
13	該日待命與休息人員	0	<u>本研究設定之虛擬待命休息班</u>

資料來源：本研究整理

### 5.1.2 前艙組員月累積工作小時

本研究依照民航法規之規定，前艙組員每月之基本工作小時為 120 小時，然而為使前艙組員月累積工作小時能趨近於基本工作小時與有效人力資源運用，因此根據第四章之實驗結果，將月累積工作小時上限設定同為法規 120 小時之上限數值來進行實證研究分析。

### 5.1.3 疲勞函數斜率組合

本研究透過文獻回顧資料得知，前艙組員於執勤結束後無法於短時間內恢復高專注的精神狀態，因此根據第四章之實驗結果，將採用最緩下降斜率  $L(28/9)$  之因子水準，來作為實證研究疲勞函數下降斜率之設定基礎，並搭配三種不同疲勞函數上升斜率之因子水準來進行實證研究。

綜上所述，本研究將前艙組員人數設定為 56 人，並參考第四章實驗設計之分析結果，篩選出對目標值影響較顯著或與現況環境較接近之因子及其水準值，包括：月累積工作小時上限 120 小時，疲勞值上限水準 80，疲勞函數



上升及下降斜率之 3 種組合為 LL、ML、HL 等三種因子水準，總計共  $1*1*1*3*1=3$  組之實證研究組合，如表 8 所示。

表 8 實證研究各因子及水準組合表

人數	月累積工作小時上限	疲勞值上限	疲勞函數上升斜率	疲勞函數下降斜率
56	120	80	H：101/15	L：28/9
			M：83/15	
			L：67/15	

資料來源：本研究整理

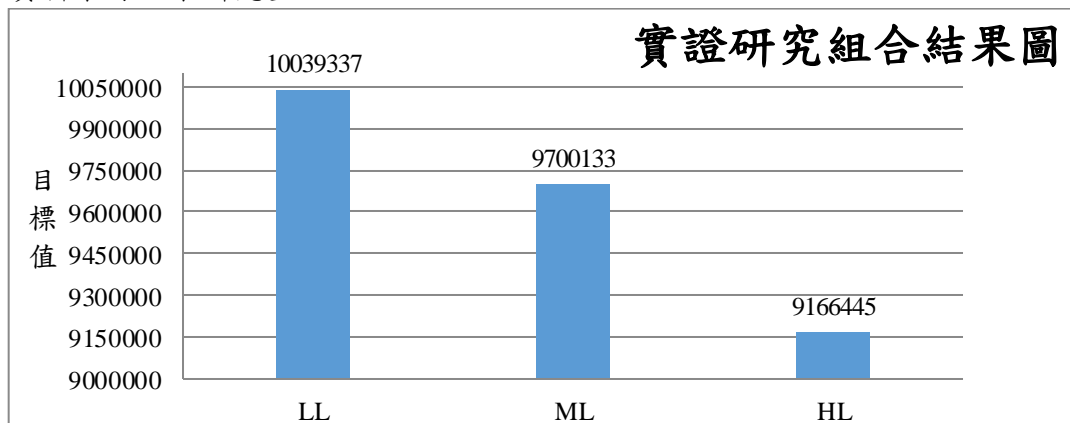
## 5.2 實證研究結果輸出

根據 5.1 節資料為基礎本研究進行三組實證研究，茲將結果整理分析如表 9 與圖 9 所示。

表 9 實證研究組合結果統計表

人數	月累積工作小時上限	疲勞值上限	疲勞斜率組合		目標值
56	120	80	L	L	10039337
56	120	80	M	L	9700133
56	120	80	H	L	9166445

資料來源：本研究整理



資料來源：本研究整理

圖 9 實證研究組合結果圖

由圖 9 顯示，前艙組員人數規模 56 人，目標值介於 9166445 至 10039337 間，疲勞斜率組合 HL 相較於 LL 與 ML 之組合，其目標值為最低，其表示就 56 人之組員規模下，採用較高標準之疲勞函數上升斜率，較無現有人力規模下之人員閒置問題，且仍能維持較高之飛安標準（因值勤疲勞值上升幅度較大）。後續敏感度分析中將再進一步擴大人數規模之範圍進行深入探討，並搭配相關社會經濟變數因子水準，來進行廣泛之敏感度分析。

## 5.3 敏感度分析

本研究已針對所取得之航空公司現況相關前艙組員值勤資料參數進行實證研究工作，然而在實際營運影響因素中，如模式參數改變，限制條件之增

減，模式求解之結果亦將產生變化。因此，本研究敏感度分析，將針對航空公司運作上影響較為重要之社會經濟變數，例如：前艙組員人數規模與工作小時成本不同之設定等因子水準之變化進行敏感度分析。

### 5.3.1 資料輸入

#### 一、前艙組員人數規模

本章節將人數規模範圍進一步擴大為 50 至 58 人間來進行敏感度分析。

#### 二、前艙組員人力小時成本

本章節將正、副駕駛前艙組員人力小時成本分別設定為兩種成本水準，以測試對於正、副駕駛前艙組員人力小時成本組合之敏感度。

#### 三、疲勞值上限

針對疲勞值上限之設定，本研究參考文獻調查資料與第四章實驗設計所得之結果，將上限水準設定為 80，充分考量並降低前艙組員因疲勞所可能導致飛航安全事故之風險。

#### 四、疲勞函數斜率

本研究根據前述各章節分析之結果，考量較符合現況前艙組員於飛航環境下之疲勞函數斜率組合，設定疲勞函數上升斜率為 101/15，下降斜率為 28/9 之因子水準來進行敏感度分析。

綜合以上，本研究敏感度分析測試將設定包含：前艙組員人數規模、人力小時成本、疲勞值上限與疲勞函數上升與下降斜率組合，共計  $5 \times 2 \times 1 \times 1 \times 1 = 10$  組敏感度分析組合，如表 10 所示。

表 10 敏感度分析各因子及水準組合表

人數 規模	人力小時成本		疲勞值 上限	疲勞函數 上升斜率	疲勞函數 下降斜率
	正駕駛	副駕駛			
50 52 54 56 58	1750	1500	80	H : 101/15	L : 28/9
	1800	1550			

資料來源：本研究整理

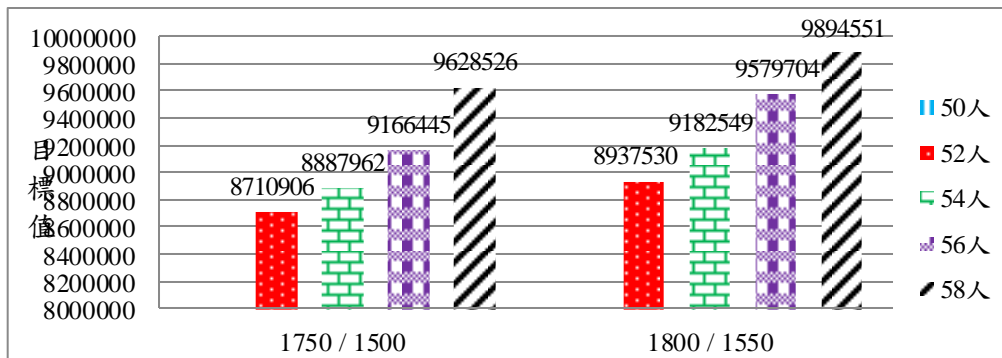
### 5.3.2 敏感度分析結果輸出

茲將前述 10 種敏感度分析結果，整理如表 11 及圖 10 所示。

表 11 敏感度分析組合結果表

人數規模	人力小時成本		月累積工作小時上限	疲勞值上限	疲勞斜率組合		目標值
	正駕駛	副駕駛			H	L	
50	1750	1500	120	80	H	L	無法找到可行解
50	1800	1550	120	80	H	L	無法找到可行解
52	1750	1500	120	80	H	L	8710906
52	1800	1550	120	80	H	L	8937530
54	1750	1500	120	80	H	L	8887962
54	1800	1550	120	80	H	L	9182549
56	1750	1500	120	80	H	L	9166445
56	1800	1550	120	80	H	L	9579704
58	1750	1500	120	80	H	L	9628526
58	1800	1550	120	80	H	L	9894551

資料來源：本研究整理



資料來源：本研究整理

圖 10 敏感度分析結果圖

根據圖 10 敏感度分析結果，前艙組員人數規模為 50 人、52 人、54 人、56 人及 58 人時，本研究分析如后：

1. 根據敏感度分析結果發現，前艙組員之人數規模在 52 人時，於兩種人力小時成本中之目標值最佳，並在具高標準疲勞函數組合 HL 限制下，使得前艙組員之月累積工作小時能較趨近於月基本工作小時。
2. 前艙組員人數配置皆會影響整體人力指派作業，進而關係到目標值之變化。根據結果顯示前艙組員人數 50 人時，於月累積工作小時與疲勞值上限之限制因素下，將產生人力不足現象（程式求解結果為無解）。
3. 圖 10 敏感度分析結果中可觀察出隨著前艙組員人數增加，其目標值亦隨著人數規模之增加而上升，因此當人數超過 52 人時，則形成人力規模越充裕之現象。

## 5.4 小結

本研究根據實證研究與敏感度分析之結果綜合分析，發現疲勞函數上升與下降斜率同為 HL 之因子水準組合時，前艙組員人數規模以 52 人時有較佳之目標值，亦即該人力規模運用上之效率為最佳。

本研究根據敏感度分析結果發現，前艙組員人數規模為 50 人時，於月累

積工作小時與疲勞值上限兩項水準控制下，將會產生指派人力不足之現象(程式求解結果為無解)；而當人數規模超過 52 人時，則產生人力規模越充裕之現象。因此，總人數規模為 52 人時，較能在考慮疲勞函數組合為 HL 之因子水準下較充分地利用現有人力，並滿足前艙組員於月累積工作小時與生心理疲勞兼顧飛安風險之下執行飛航任務，於此變化下可看出考量合理疲勞值變化下，對目標值與總人力需求之影響，亦能顯現前艙組員指派工作時納入疲勞值因素之重要性。

## 六、結論與建議

### 6.1 結論

根據本研究蒐集業者之相關營運資料顯示，我國籍 A 航空公司目前指派作業為人工指派方式。本研究模式考量月累積工作小時與合理疲勞值等兩項指派作業限制，可有效控制前艙組員執勤之工作負荷與降低前艙組員執勤產生之疲勞狀態，並有效強化飛航安全與飛航服務之品質。

本研究以前艙組員月累積工作小時與月基本工時差異加總最小化為模式之目標式，並納入工作疲勞值相關限制等飛安風險因素，以期能提供航空公司規劃出符合人力成本需求之月值勤班表，並考量前艙組員疲勞值合理範圍內較佳之前艙組員班表指派模式。

本研究之最終結論彙整如下：

1. 本研究以我國籍 A 航空公司前艙組員為研究對象，納入前艙組員合理疲勞值限制之指派考量，並以月累積工作小時與月基本工時差異加總最小化為目標式，據此建構前艙組員指派作業之模式，並透過 C++ 程式語言軟體為模式輸入介面與求解工具。
2. 根據實驗設計結果圖 6 至圖 8 分析中，可看出疲勞值變化對於目標值之影響，亦能顯現前艙組員於指派工作時納入疲勞因素之重要性。
3. 經由實驗設計分析結果可觀察出，前艙組員於不同月累積工作小時與疲勞值上限水準下，當疲勞函數上升與下降斜率因子水準組合為 HL 時，其目標值為最低，本研究考量前艙組員為飛航安全第一線人員，為使執勤疲勞之控管更加嚴謹，因此設定疲勞值上限為 80，並遵循法規之限制設定月累積工作小時上限為 120 小時，以上因子水準組合為本研究第五章實證研究中之模式參數設定基礎。
4. 實證研究結果顯示，當前艙組員現有人數規模為 56 人時，疲勞斜率因子組合 HL 相較於 LL 與 ML 之組合，其目標值為最低，並於 5.3 節搭配擴大人數規模範圍，以及加入相關社會經濟變數因子，進行敏感度分析，其結果發現，前艙組員人數規模為 50 人時，於月累積工作小時與疲勞值上限兩項水準控制下，其產生指派人力不足之現象；而當人數規模超過 52 人時，則產生人力規模越充裕之現象。因此，總人數規模為 52 人時，較能在考慮疲勞函數組合為 HL 之因子水準下充分運用現有人力效率，並能滿足前艙組員於月累積工作小時與生心理疲勞並兼顧飛安風險之下執行飛航任務。
5. 本研究提出之月累積工作小時與疲勞值相關限制，來做為前艙組員能否指派工作班之考量依據，可避免超時工作或其他不當指派作業之情形產生，

更可降低飛航安全事故發生之風險，同時可有效運用航空公司現有人力資源與提升人員配置效率，期能將研究成果提供給航空公司，作為未來規劃前艙組員班表指派作業之參考依據。

## 6.2 建議

- 1.本研究以前艙組員為研究對象，後續研究可再進一步探討後艙組員之指派作業，來作為後續研究之探討對象。
- 2.有關本研究模式之限制因素或條件部分，後續研究可再進一步增加以下考量，諸如：更新人員疲勞值的時間點、人員不同職別疲勞函數上升與下降斜率之不同，以及不同班別所產生之不同疲勞函數，並納入與輪班規則之關聯性等議題，以進一步探討運用不同差異化疲勞函數之適用性。
- 3.本研究僅納入我國籍 A 航空公司冬季班表之 7 條航線，未來可考慮加入本研究未納入研究範圍之航線及夏季班表，另外該航空公司於本研究進行過程中已新增若干航線，故本研究並未考慮新增之桃園－東京羽田及桃園－張家界等航線；因此，本研究建議未來後續研究者可陸續增列新增航線於模式範圍中，使模式實務上能更接近該航空公司之營運現狀。
- 4.本研究範圍之飛航組員屬標準飛航組員，正駕駛員及副駕駛員各一員，後續研究可擴展探討加強飛航組員及雙飛航組員之指派作業，使模式能更加符合前艙組員於不同工作類別組合下之指派方式。

## 參考文獻

- 林定翰，「飛航管制員指派問題之研究」，中華民國運輸學會學術論文研討會，民國一百零一年。
- 吳月瑛，國籍航空公司培訓機師甄選要素之研究，淡江大學運輸管理學系碩士論文，民國九十六年。
- 柯國川，利用整數規劃法求解航管人員排班問題，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國一百年。
- 飛航安全調查委員會，航空器飛航事故調查報告，飛航安全調查委員會（ASC-AOR-16-01-002），民國一百零五年。
- 袁瑞霞，航機維修廠中長期修護停機排程最佳化模式之研究，國立中央大學土木工程學系碩士論文，民國九十五年。
- 陳奕霖，「管制員指派模式之研究-以北部飛航服務園區為例」，中華民國運輸學會學術論文研討會，民國一百零三年。
- 陳建名，機關消防設備勘查驗人力最佳化之研究-以新北市政府消防局為例，國立中央大學土木工程學系碩士論文，民國一百年。
- Beth M. Hartzler, "Fatigue on the flight deck : The consequences of sleep loss and the benefits of napping" ,Accident Analysis and Prevention, Vol.62, pp.309– 318, 2014.
- Drew Dawson, Y. Ian Noy, Härmä Mikko, Åkerstedt Torbjorn, Belenky Gregory, "Modeling fatigue and the use of fatigue models in work settings" , Accident Analysis and Prevention, Vol.43, pp.549-564, 2011.
- E. L. Wiener, D. C. Nagel, "Human Factors in Aviation" , United States: Academic Press, 1988.
- K. Avers and W. B. Johnson, "A review of federal aviation administration research : transitioning scientific results to the aviation industry " ,Aviation Psychology and Applied Human Factors 1 ( 2 ) , pp.87–98, 2011.
- Philippe Cabon, "Fatigue in air traffic control" ,Hindsight, Vol.13, pp.55-59, 2011.
- Yan, S. Y., Yang, D. H., Chen, S. H., "Airline short-term maintenance Manpower Supply Planning" ,Tranportation Research, Vol.38A, pp.615-642, 2004.