

行政院國家科學委員會補助  
大專學生參與專題研究計畫研究成果報告

\* \*\*\*\*\*  
\* 計 畫  
\* : 國道客運公司考量駕駛工時管制政策之營運策略評估  
\* 名 稱  
\* \*\*\*\*\*

執行計畫學生： 王張煒  
學生計畫編號： NSC 99-2815-C-216-003-E  
研究期間： 99年07月01日至100年02月28日止，計8個月  
指導教授： 蘇昭銘

處理方式： 本計畫可公開查詢

執行單位： 中華大學運輸科技與物流管理學系

中華民國 100年03月24日

## 摘 要

交通部 99 年 3 月 26 日交路字第 0990008516 號令修正發佈汽車運輸業管理規則，規範營業大客車駕駛有關連續開車時間，此依法規的修訂對於經營 300 公里以上之國道客運業者勢必造成營運作業上之衝擊，國道客運公司因應此項規定之最簡單作為即是當駕駛時間即將超過規定時間時，駕駛員即至最近場站進行休息 30 分鐘，然此舉將對乘客之搭乘時間影響甚鉅。因此客運公司如何能在兼顧法令規定、乘客權益及公司營運成本下，規劃出適當之營運策略即為一重要之研究課題。本研究旨在應用例行性與即時性排班策略，使業者營運之班次能符合工時規定，並在即時性調度時建構並利用數學規劃方法，在業者營運條件及法令規範限制下，建立一以使用者額外搭乘時間最小化之數學模式為基礎的替換駕駛分析方法。經以長達 356 公里的台北—高雄路線進行分析，發現本研究所規劃營運策略均較其他可能之策略為優，將可作為經營長途路線之國道客運公司研擬營運策略之參考。

**關鍵詞：**駕駛工時、國道客運、駕駛替換方案

## 第一章 前言

近幾年來國道客運駕駛因疲勞駕駛造成重大傷亡事故，因此交通部於 99 年 3 月 26 日交路字第 0990008516 號令修正發佈汽車運輸業管理規則，在第十九條之二中增訂：「營業大客車駕駛時間每天最多不得超過十小時，連續開車四小時，至少休息三十分鐘；除此，若是因為交通壅塞，最多連續開車時間不得超過六小時，而且必須休息連續四十五分鐘。」此一規定主要期望能夠改善營業大客車駕駛員因長時間駕駛而產生疲勞現象與身體健康問題所導致之行車安全問題，並保障大客車駕駛員與乘客之安全。

在目前臺灣地區之 194 條國道客運路線中，路線長度高於 200 公里之長程路線計有 50 條，佔總路線之 25.77%，若進一步將各公司經營之長途路線依據營運里程及可能行駛時間彙整如表 1 所示，其中 200~250 公里、250~300 公里、300~350 公里與 350 公里以上四類之路線分別計有 21 條、14 條、8 條及 7 條，其中 300 公里以上路線在行車速率以每小時 90 公里計算，加上各路線沿途多處上下交流道所增加之時間，所需耗費旅行時間即可能達 4 小時以上，亦即將超過駕駛工時 4 小時之標準，而若遇到國定假日或連續假期塞車時，其行駛時間更可能超過 6 小時之限制。

由於國道客運營業特性，必須在安全前提下迅速將乘客送達目的車站，經營長程路線之客運公司勢必在排班調度上進行必要之調整，以因應此一工時之管制新規定，其中經常性之四小時駕駛工時管制規定可透過車輛排班與人員排班分離機制予以克服，但若因為道路壅塞或其他意外事件導致行車時間超過 6 小時，此時業者即可能進行營運方案之調整，其可能之方案包括：1. 忽略駕駛工時限制，繼續行駛；2. 駕駛於適當場站進行休息；3. 尖峰時間班次與特定假日使用雙司機制；4. 於特定場站進行駕駛替換作業。第一種方案在多數公司重視行車安全情況下，不應採取此一違法又危險之方案；第二種方案對公司為最簡單之營運方案，不需有任何改變，但對乘客而言卻是影響最大之方案，亦即乘客需多花 45 分鐘之旅途時間，故此方案應為最不得已之作法；第三種雙駕駛制度對公司執行而言相對簡單，但其對客運公司而言人事成本也相對增加，且須預測道路狀況已安排雙駕駛，倘若預測不準確，將造成客運公司額外因為車輛調度與人員調度所產生的成本；第四種更換駕駛之作法，應可讓乘客在影響最小情況下完成旅次，但其對客運公司而言卻是相對複雜之作法，有許多因素與問題仍須克服。駕駛工時限制之實施對客運業者產生在營運調度作業之影響，過去排班作業容易耗費較多時間與人力，如果遇到突發狀況與交通壅塞，排班人員若應變能力不足將使調度缺乏效率與缺乏彈性。因此，如何在兼顧乘客權益及駕駛工時限制情況下，即為未來各客運公司急需面對之課題，本研究結合例行性排班作業與即時性駕駛替換方案，建置一套系統，以期望供業者做為未來工時法案上路時例行性排班與即時調度之參考依據。

## 第二章 文獻回顧與探討

文獻回顧包含兩部分，一為疲勞駕駛與各國長途客運駕駛工時管制制度，此部分作為了解產生疲勞駕駛之因素與各國駕駛工時管制與台灣之差異；另一部分為針對車輛排班、人員排班與機動調度相關文獻進行彙整分析，以做為後續研究例行性車輛、人員排班作業與臨時性調度之基礎。

### 2.1 工時管制

在勞工安全衛生研究所之研究【1】中，將各國有關駕駛工時之規定內容彙整如表 1 所示，由表 1 中資料可知工時管制之範圍可區分為對每天最長工作時數之限制、每天最長開車時數及連續開車時數之休息時間限制等三類型。各國對於每天最長工作時數之限制時間從 12 小時至 15 小時；每天最長開車時間之限制時間則從 9 小時至 13 小時；需強制休息之連續開車時間則多介於 4.5 小時至 5.5 小時間，每次休息時間除歐盟及英國為 15 分鐘外，其餘均為 30 分鐘。若與國內目前通過之修正條文相較，可發現國內對於強制休息之連續開車時間為 4 小時之限制略低於表 1 中各國家之規定標準，但台灣有考量交通壅塞可連續開車 6 小時之彈性作法，然則其他國家卻無考量交通壅塞之彈性作法。

表 1 各國駕駛工作時數管制規定

國家	規定	每天最長工作時數	每天最長開車時數	連續開車之休息時間限制
台灣		—	10 小時	連續開車 4 小時需休息 30 分鐘，若交通壅塞最多連續開車 6 小時須連續休息 45 分鐘。
美國		15 小時	10 小時	無特別規定
歐盟和英國		無特別規定	每天 9 小時	每連續或累積 4.5 小時需休息 15 分鐘。
加拿大		15 小時	13 小時	無特別規定
紐西蘭		14 小時	11 小時	每連續或累積 5.5 小時需休息 30 分鐘。
澳洲聯邦政府		14 小時	12 小時	每連續或累積 5 小時開車時間，需要 30 分鐘休息。
澳洲 (南威爾斯省)		12 小時	12 小時	每連續或累積 5 小時開車時間，需要 30 分鐘休息，或是分成兩段各 15 分鐘的休息時間。
澳洲 (維多利亞省)		14 小時	12 小時	每連續或累積 5 小時開車時間，需要 30 分鐘休息，或是分成兩段各 15 分鐘的休息時間。

資料來源：【1】。

根據行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所【1】研究中提及，疲勞可能影響一個勞工工作時注意安全的的能力，嚴重的削弱勞工本身的判斷能力，進而造成產能的損失或是意外災害的發生，而工時管制即為了減少疲勞駕駛並制定給予駕駛員休息時間增加行車安全。疲勞的產生對職業駕駛是特別危險，疲勞症狀之一就是本身會對於自己疲倦的程度失去判斷能力，其出現在職業駕駛之症狀如下：

1. 精神無法集中。
2. 眼睛產生疲勞或疼痛。
3. 昏睡、睏倦。
4. 反應變慢。
5. 需要很長時間來瞭解並清楚交通情勢。
6. 很難將車子保持在一定車道上。

7. 突然間的小睡。
8. 頻繁且不必要的改變車子速度。
9. 對於危險狀況來不及反應。

根據洪啟源【2】之研究中，提及 Hulbert、Madson、Ivan D.Brown、Summala and Millola、National Transportation Safety Board、NHTSA、Sarah Otmani 等人，之疲勞駕駛與交通事故相關性研究彙整如表 2：

表 2 疲勞駕駛與交通事故相關性彙整

研究人員/單位	估交通事故比例	備註
Hulbert	30-50%	估死亡肇事比例
Madson	50%以上	估死亡肇事比例
Ivan D.Brown	29%	—
Summala and Millola	10%	估死亡肇事比例
National Transportation Safety Board	31%(各車種平均) 58%(卡車)	估死亡肇事比例
NHTSA	1.6-1.2% 3.6%(估死亡肇事比例)	—
Sarah Otmani 等人	15%	估死亡肇事比例

資料來源：【2】。

由上述研究指出，疲勞駕駛與交通事故相關性比例甚高，此外，根據洪啟源【2】研究中指出 Morrow 等人的研究中發現，由於事故原因經常是由駕駛人自我報告或肇事鑑定報告而得知，基於駕駛人可能因記憶產生錯誤或為規避肇事責任等情況，使部分因駕駛疲勞而發生之交通事故被隱瞞而未登記，可見目前所知數據與實際上疲勞駕駛之比例相較應為低估。

## 2.2 排班策略

### 一、例行性排班

目前台灣客運業排班方式多以人車合一方式進行排班，在工時管制規定後，應用人車合一方式排班，將造成駕駛員於休息時間，車輛同樣必須停駛產生車輛閒置，致使本研究於文獻回顧參考美國大眾運輸排班手冊，採用人車分離的方式進行排班，先進行車輛排班，完成後依照車輛班表在進行人員排班，採用此法駕駛員休息時車輛仍可由另一駕駛員行駛，以使車輛更有效率的使用，並符合管制規定。

#### 1. 車輛排班

根據美國大眾運輸排班手冊(Transit Scheduling :Basic and Advanced Manuals)【4】中提及，一個車輛排班(Block)是每一車輛在各服務工作天中的工作指派，而進行車輛排班之前必須要先確認其各場站的整車時間(Layover/Recover Time)及其班表所需的車輛數(Vehicles)等要素，接著串連可銜接之班次並填入排班表(Blocking Sheet)中便完成的車輛排班作業，以說明各排班要點及時間，更是利於人員排班的一個工具，以排班手冊為例說明排班之步驟，圖 1 為車輛排班流程圖：

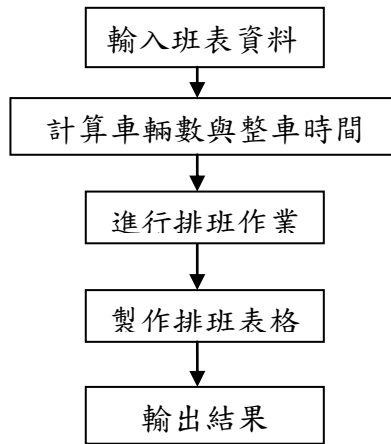


圖 1 車輛排班流程圖

當排班作業完成後，排班人員輸出最後之排班資料如表 3，即可清楚知道在現有之班次總共編列為幾個路線，而每路線代號則代表為一輛車，因此可知道排班作業完成後需要幾台車去執行勤務，以及各個路線所需之勤務時間。

表 3 車輛排班總結表

路線名稱:東西向				
服務時間:每天				
日期:2010/12/21				
排班員:Benz				
路線代號	出發時間	(起點)	(迄點)	進站時間
A	06:00	06:10	10:32	10:42
B	06:30	06:40	10:16	10:26
C	06:16	06:26	10:02	10:12
D	13:16	13:26	18:32	18:42
E	13:30	13:40	18:02	18:12
F	13:46	13:56	17:32	17:42

資料來源：【4】。

## 2. 人員排班

人員排班(Runcutting)是操作員(司機)的指派過程，其排班須制訂工作規則，計算出勤務數，並依照車輛排班的資料作銜接，銜接的觀念是利用連續班(Straight Run)和不連續班(Split run)中所提及的兩種不連接的路線(如圖 2)，利用換車之方式連接成為一條路線(如圖 3)，此虛線部分為換車與休息時間。車輛排班銜接完成後，將其銜接資訊依序填入勤務表(Run Guide)。

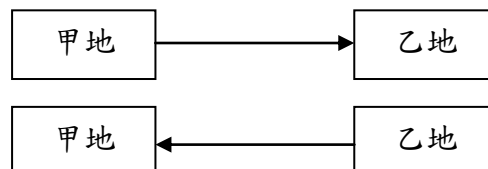


圖 2 換車之前示意圖(雙條路線)

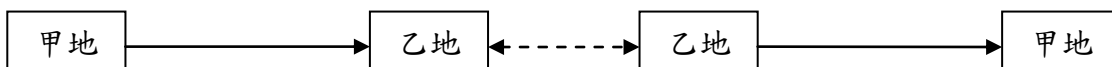


圖 3 換車之後示意圖(單條路線)

以排班手冊為例說明人員排班之步驟，如圖 4 為人員排班流程圖：

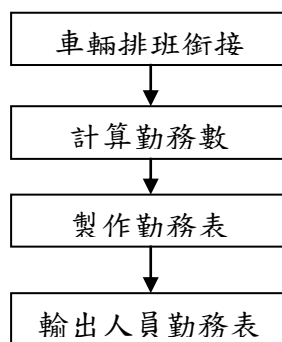


圖 4 人員排班流程圖

經過圖 4 排班流程作業後，將所有資料結合，並將表格輸出，如表 4 與表 5，表中清楚寫出每位駕駛之勤務、路線與進出站時間，並由表 5 計算勤務時間與各項工作時間以及是否有超時工作，將表格中的欄位勤務時間、允許報到時間、允許歸還時間、工作超時與延伸超時做加總，即為需支付駕駛員之總支薪小時。

表 4 勤務表

勤務編號	第一個路線編號	開始時間	出發時間	進站時間	結束時間	第二個路線編號	開始時間	出發時間	進站時間	結束時間
1	A	05:50	06:00	10:42	10:47	F	13:36	13:46	17:42	17:47
2	B	06:20	06:30	10:26	10:31	D	13:06	13:16	18:42	18:47
3	C	06:06	06:16	10:12	10:17	E	13:20	13:30	18:12	18:17

資料來源：【4】。

表 5 勤務表

路線編號	勤務時間	實際總延伸時間	允許報到時間	允許歸還時間	實際工作時數	工作超時	延伸超時	薪資給付
1	08:38	11:57	00:20	00:10	09:08	00:34	00:13	09:55
2	09:22	12:27	00:20	00:10	09:52	00:56	00:28	11:16
3	08:38	12:11	00:20	00:10	09:08	00:34	00:20	10:02
總和	26:38:00	36:35:00	1:00:00	0:30:00	28:08:00	2:04:00	1:02:30	31:14:30

資料來源：【4】。

## 二、機動調度

游文松【3】運用 ITS 中之車輛定位、通訊與資訊技術，蒐集場站內部與在外營運之可用人車資訊，並透過即時調度演算法產生可行之調度方案。該研究所構建之即時調度方案評選模式係以乘客候車成本、額外營運成本及車上擁擠成本等三項成本之綜合值最小化做為方案之評選標準。經測試發現以新增班次或車輛途中故障等需要調度車輛之狀況為例，皆可在 1 秒內產生可用人車資訊與決策參考方案，同時利用通訊系統簡化調度作業程序，縮短作業時間至 3 秒內，提升即時調度作業之效率。

鍾秋弘【5】利用模擬方式評估長途客運公司使用定位系統對即時調度營運績效之影響，研究結果顯示在連續假期交通擁擠情況下，考量車輛即時位置之機動調度作業可減少班車延誤時間，提升運作效益。但在該研究中並未針對即時調度之方案進行詳細之探討。

劉方旗【6】考量新竹汽車客運公司車輛裝置 GPS 車上單元後，可即時掌握車輛位置特性，提出一調度成本最小化之即時機動調度數學規劃模式，並以變數產生法 (column generation) 進行模式之求解。該研究所考量之調度成本綜合性指標內容包括：所有班次之變動指標、任一班次之發車延誤指標及班次取消指標，亦即該研究主要在產生一個對既有班次變動影響最小之機動調度方案。

林家盛【7】考量汽車客運公司調度員因為人員請假、車輛維修、旅客需求變動等臨時性變化，必須立即進行必要性之車輛調度，發展一套以變數產生法為基礎之演算法產生可行的調度方案，減少對已排訂班表之擾動現象。

吳孟璵【8】利用專家系統技術探討市區公車運用 GPS 即時資訊得到車輛即時位置情況下，當車輛發生誤點、漏班或連班現象時，進行必要之班表調整作業。最後並以台北市公車 285 路線進行測試，發現可提升既有之人工作業效率，並增加營運獲利。

### 2.3 綜合討論

綜合前述之文獻探討，發現駕駛員長時間工作容易引起疲勞問題，特別是長途路線之客運駕駛，長時間的行駛使駕駛員疲勞，出現困倦、疲倦與精神無法集中等生理現象，將使駕駛員失去短暫的操作能力，導致交通安全之問題，現今許多國家開始重視駕駛員連續駕駛之時間限制，以保障行車與用路人之安全，因此，工時管制有其必要性，以保障國人之用路安全與駕駛員和乘客之安全保障，而我國目前亦規定相關條文，客運業者必須採取對應方案，以降低未來工時管制帶來的影響。

在美國排班方式以人車分離方式，而台灣目前考量到車輛特性、路線熟悉度與排班作業的繁雜性，使用人車合一之方式進行排班，但人車合一之方式，使車輛使用效率不彰，因人需要休息，當駕駛員下班休息時，車輛則閒置於車場內，若採用人車分離之方式進行車輛排班與人員排班，將可提高車輛使用效率，應用此方式，亦可於人員排班之時，將工時管制規定納入排班限制中，使每位駕駛員所駕駛之班次於正常情況可以滿足工時管制之規定，因此，車輛與人員排班之觀念是可行的，唯須加強駕駛員之訓練以適應車輛與路線變化。

在以往已有文獻針對客運業進行機動調度之自動化作業分析，但並無就駕駛工時限制所衍生之機動調度問題進行分析，因此，本研究建構一套即時性駕駛替換方案，可應用於交通阻塞或是突發性之狀況，進行車輛之機動調度。另一部分本研究將參考美國大眾運輸排班手冊中的人車分離之排班方法，建構一套例行性排班作業系統，系統分別為車輛排班與人員排班兩部分，以符合法規中經常性之 4 小時駕駛，利用排班手冊的人車分離方法，進行人員排班動作，以提升人員與車輛使用率，並分析各場站之排班方案，駕駛員工時不得超過營業大客車駕駛時間每天最多十小時之法令規定。綜合以上可知，符合駕駛工時管制情況下，如何降低總乘客額外等候時間並且增加排班效率與彈性，為未來客運業者首要課題。



### 第三章 營運策略評估分析系統

未來工時管制政策規範營業大客車駕駛連續開車時間，對於客運公司之營運勢必有所衝擊，客運公司之營運策略考量因素基本可概分為兩項：成本與乘客，而在工時管制規定下，若客運公司之駕駛行駛時間累積至法規規定之 4 小時，須休息 30 分鐘，將增加乘客額外搭乘時間外，對於客運業者此駕駛休息之時間仍需支付薪資，因此將導致成本提高與車輛使用效率不佳。

由於工時管制政策對於營運策略之評估方法複雜，許多資料須納入計算，如：場站資料、班次數目、休息資料與發車間距等資料，因此本研究欲建構一針對單一路線之例行性排班系統與即時性駕駛替換系統，期望能於排班方式中克服駕駛工時草案中連續駕駛四小時之規定與在即時調度時應用駕駛替換方式尋找單一路線上是否存在駕駛替換可行解，且於替換後可排除連續駕駛六小時之規定限制。

#### 3.1 系統架構

本研究系統架構分為兩種作業模式，一為例行性排班作業系統與即時性駕駛替換作業系統，系統架構如圖 5 所示，基於台灣工時管制所修正草案分為 4 小時與 6 小時(交通壅塞)，因此本研究將系統架構分為例行性排班作業系統與即時性駕駛替換系統，因應不同情況所適用之工時限制時間做出不同之決策，當中分別所需輸入資料如圖 5 中所示，分別產出車輛、人員排班與即時調度駕駛替換方案。

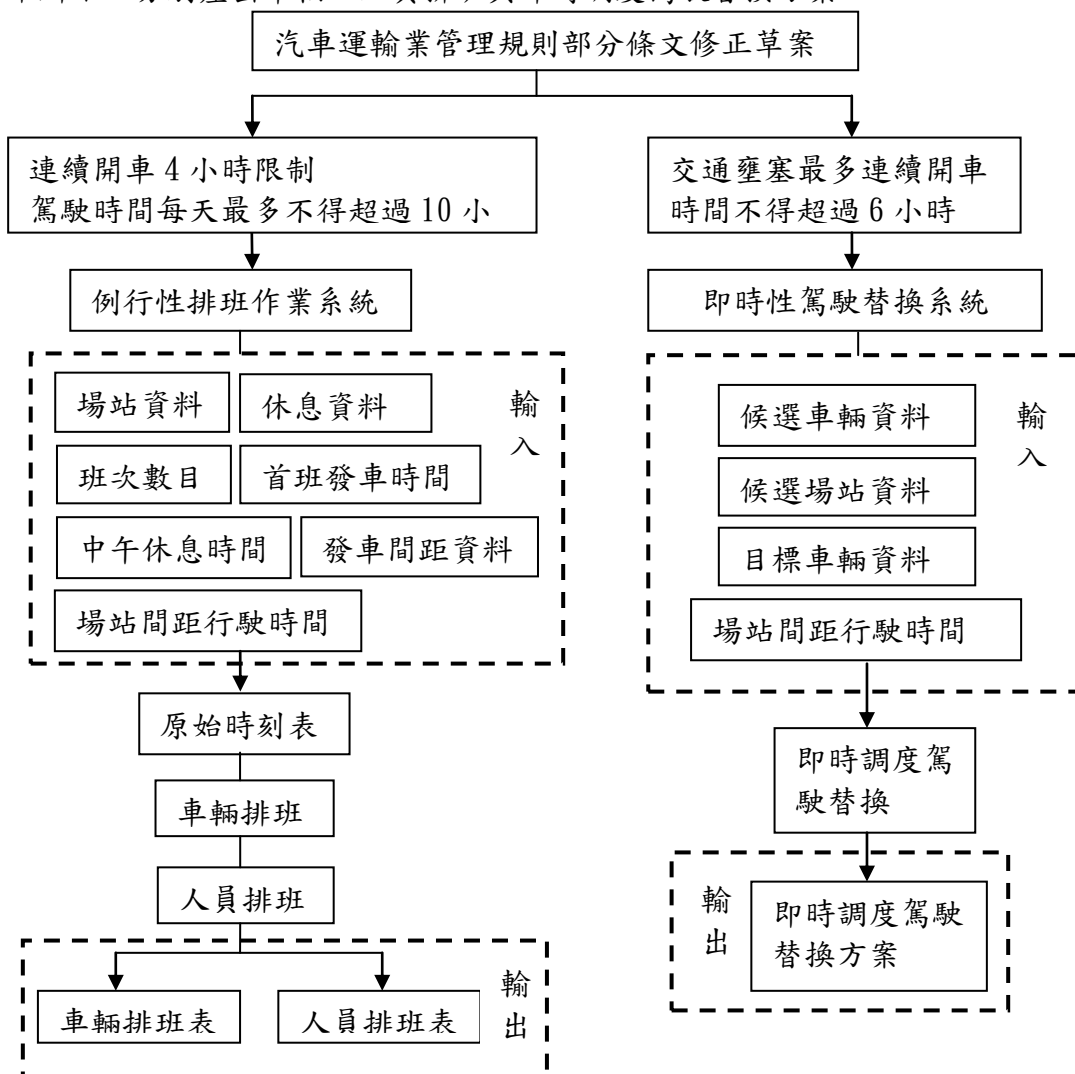


圖 5 系統架構圖

### 3.2 例行性排班策略分析子系統

在考量駕駛工時管制之下，客運業為使駕駛員駕駛時間不超過四小時之規定下，可以應用例行性排班作業加以排除超時之可能，在本研究例行性排班作業系統中，分為車輛與人員排班兩部分，即人車分離之排班作業系統，使用者可先行排出車輛班表，再依照車輛班表有效的規劃出人員班表，以提高車輛使用率，本研究所建構之例行性排班作業系統如圖 6。

圖 6 例行性排班系統介面圖

為使排班人員資料輸入與操作方便，功能按鈕分為原始班表、車輛班表、三個人員班表(分別在桃園、新竹與台中進行換車)與分析，三個人員班表功能是為了符合本研究採用之實例台北、高雄路線進行測試所增加，將於第四章進行說明。

本研究使用 Excel VBA 2007 做為系統建構工具，在例行性排班作業系統又可分為原始班表產生、車輛排班與人員排班三個部分，由於原始班表之輸出資料為車輛排班的輸入資料，且車輛排班之輸出資料為人員排班的輸入資料，呈現出直線的關係，因此本研究將例行性排班作業系統分三部分說明，說明如下：

#### (一) 例行性排班作業－原始班表之系統建構流程

原始班表之系統建構流程圖，如圖 7 所示，並將各個步驟說明如下：

1. 輸入基本資料：包括場站數、中午是否休息與發車間距資料。
2. 判讀所輸入之基本資料：包括中午是否休息與發車間距是否不同之資料。
3. 依照步驟二所讀取之資料，輸入所需之資料：系統會要求使用者輸入所需之資料，其中包括輸入場站名稱、去程與回程總班次、去程與回程第一班發車時間、場站間行駛時間與發車班距或是輸入場站名稱、去程(早上、下午)與回程(早上、下午)班次數、去程與回程(早上、下午)第一班發車時間、場站間行駛時間與各班之發車班距。
4. 產生原始時刻表。

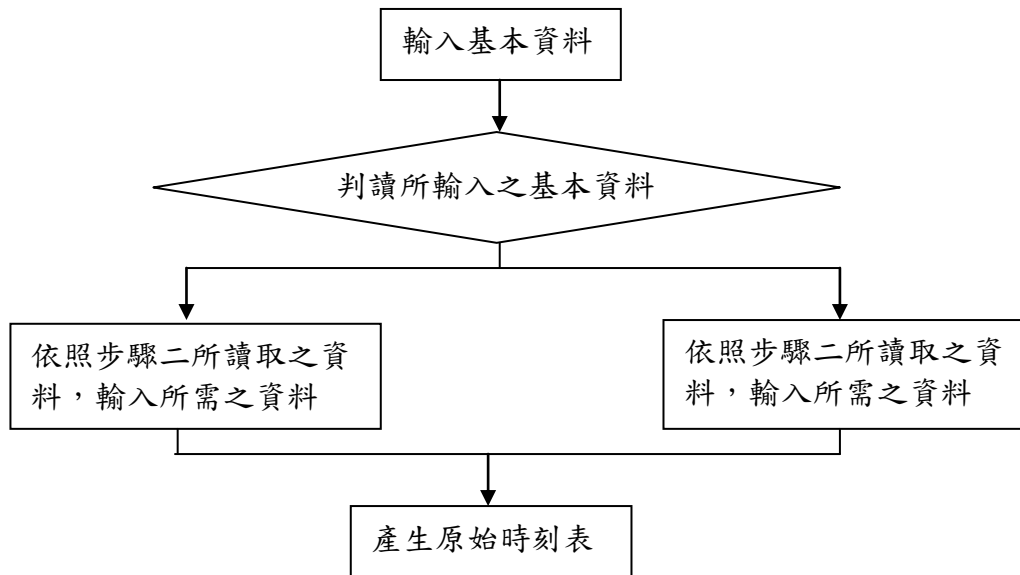


圖 7 原始班表系統建構流程圖

(二) 排班作業系統—車輛排班系統建構流程

車輛班表之系統建構流程圖，如圖 8 所示，並將各個步驟說明如下：

1. 輸入基本資料：包括場站數資料、中午是否休息資料與發車間距資料。
2. 讀取原始時刻表是否有資料：若無資料則辨讀資料錯誤，有資料則進行步驟 3。
3. 搜尋時間最小值：搜尋去程與回程之發車班次最小時間。
4. 讀取最小值對應數值：讀取最小時對應之方向並辨識、讀取該方向終點站時間。
5. 搜尋另一方向發車時間：搜尋另一方向有無最接近終點站時間之發車時間，若有則回到步驟 4 進行迴圈，直到沒有則跳出迴圈並產生一車班表。
6. 回到步驟 3，進行搜尋，若無符合條件則結束並產出車輛班表。

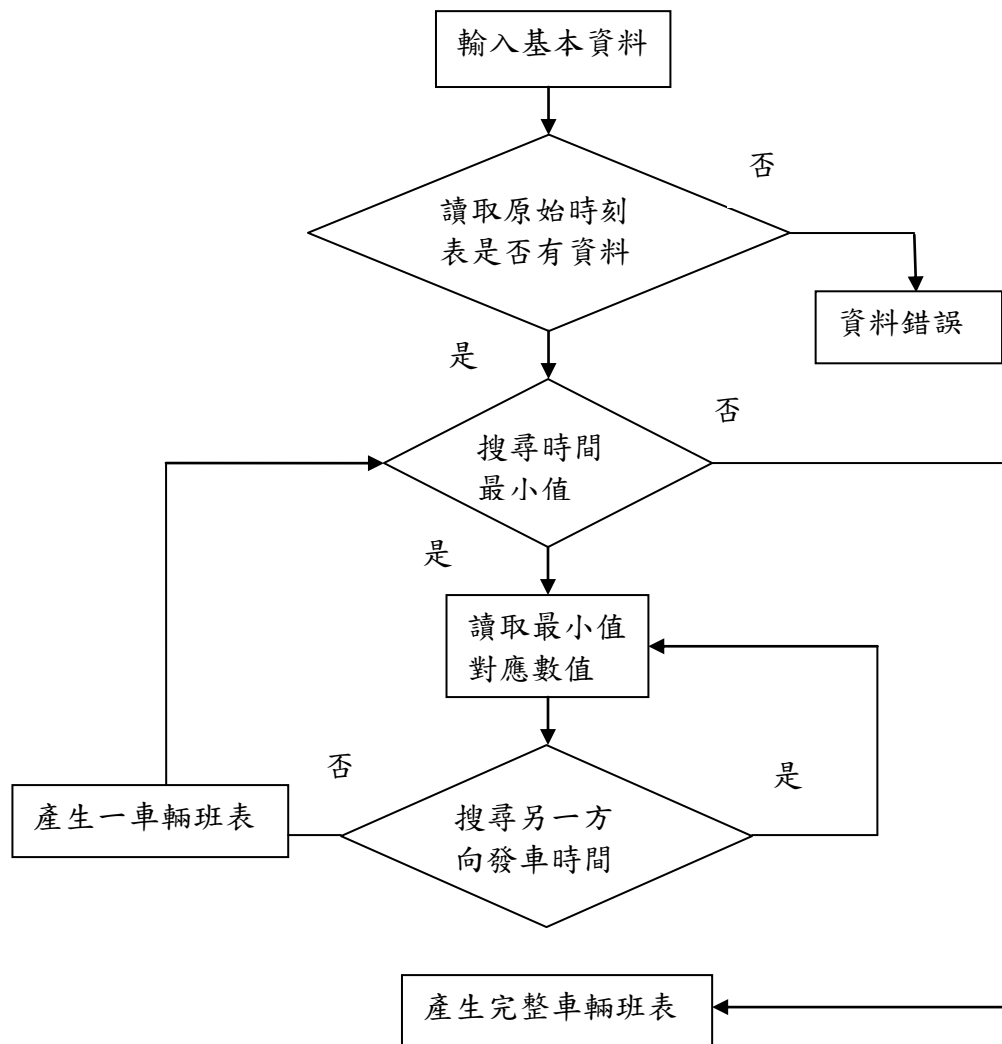


圖 8 車輛班表系統建構流程圖

### (三) 排班作業系統—人員排班之系統建構流程

人員班表之系統建構流程圖，如圖 9 所示，並將各個步驟說明如下：

1. 輸入基本資料：輸入場站數、中午班次是否休息、發車班距是否不同資料輸入。
2. 讀取原始時刻表是否有資料：讀取車輛班表是否有資料，若有則進行步驟 3 若無則輸出資料錯誤與產生班表。
3. 資料讀取：進行台北與台中往返人員排班，搜尋台北與台中兩站之間，起始時間最小值並辨別發車方向是北上或是南下。
4. 搜尋最接近可銜接班次：搜尋最接近起始時間最小值可銜接之班次，若有則進行步驟 5，若無則產生一人班表並至步驟 6。
5. 產生一人班表：班次銜接並產生一人班表。
6. 資料讀取：讀取車輛班表台北與台中是否有資料，若無進行步驟 7，若有則回至步驟 3。
7. 資料讀取：進行台中與高雄往返人員排班，搜尋起始時間最小值與辨別發車方向。
8. 搜尋最接近可銜接班次：搜尋最接近起始時間最小值可銜接之班次，若有則進行步驟 9，若無則產生一人班表並至步驟 10。
9. 產生一人班表：班次銜接並產生一人班表。
10. 判讀是否有資料：讀取車輛班表台中與高雄是否有資料，若無進行步驟 11，若有則回至步驟 7。
11. 人員班表輸出。

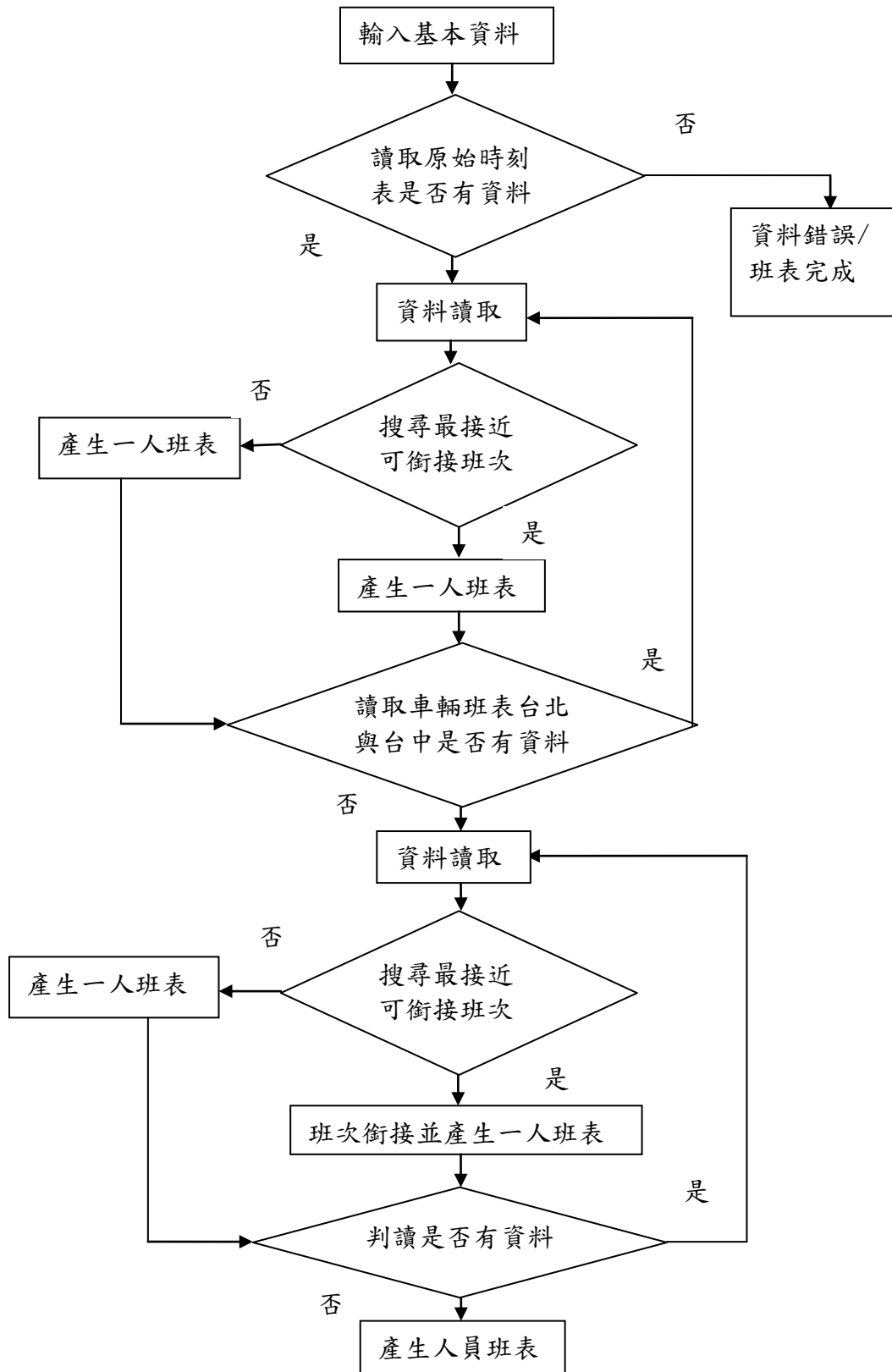


圖 9 車輛班表系統建構流程圖

### 3.3 即時性駕駛替換系統

本研究將即時性駕駛替換系統分為兩部分，一為駕駛替換之數學規劃模式的建立與建立駕駛替換方案分析程式，於實例測試章節分別帶入國道客運台北高雄路線資料於駕駛替換數學規劃模式與駕駛替換方案分析系統中，並應用 Lindo 求解駕駛替換規劃模式，已確立規劃模式與分析系統之正確性。

#### 一、即時性駕駛替換分析方法

本研究針對臨時性違反連續駕駛工時限制所衍生之駕駛替換方案評估問題建立一套評估方法，評估超過工時之駕駛要在哪一個場站與哪一位駕駛進行替換行為之 0-1 整數規劃模式，再從各項可行方案中評估出一項對乘客及業者影響最小之方案，在本節當中將先說明駕駛替換方案之評估分析流程。

首先說明駕駛替換方案之評估分析流程，當國道客運業者發現營運中駕駛因為交通壅塞或其他意外因素，導致可能發生超過 6 小時之連續駕駛工時限制時，即需進行駕駛替換作業，其所可能採用之調度方案及與乘客或客運業者之關係可示意如圖 10 所示，總計可歸類下列三類型方案：

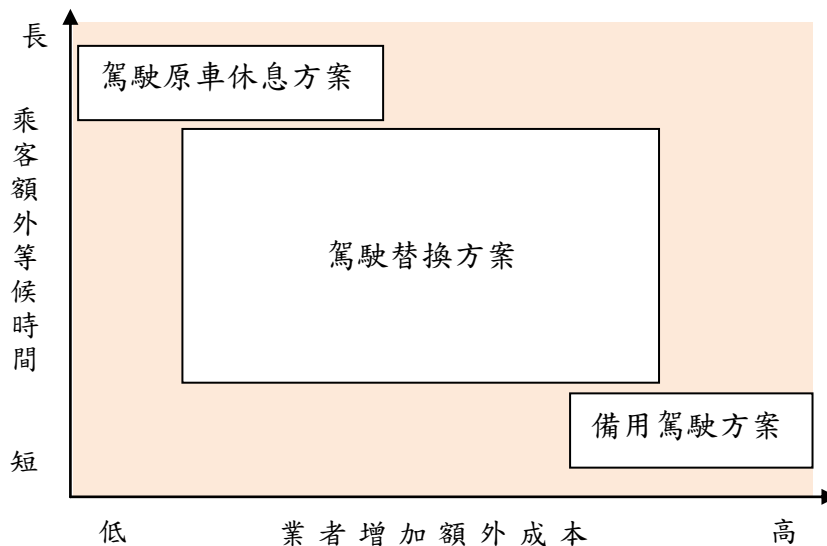


圖 10 即時性駕駛替換方案類型示意圖

- (一) 駕駛員原車休息方案：該方案乃指當發現駕駛員連續駕駛工時超過規定時，公司並不採取任何替換駕駛作業，而由該駕駛員自行尋求適當場站休息，此一作法對公司之影響較小，只有該駕駛員原本需接續行駛班次往後順延，並不需增加駕駛員替換之成本，但此一方案將使得該車輛之乘客需增加 45 分鐘之搭車時間與將延長搭乘該駕駛員原本接續行駛班次乘客等候時間，對乘客服務品質之影響最大。
- (二) 備用駕駛方案：該方案乃指國道客運公司在各場站配置備用駕駛，當發現駕駛員連續駕駛工時超過規定時，即由備用駕駛接替駕駛，當駕駛員充分休息後再繼續執行勤務。此一方案對乘客權益之影響最小，無需增加過多之搭乘時間，但卻會造成業者營運成本的增加，且需考量備用駕駛後續回到原替換場站之限制，將增加排班作業之困難度。
- (三) 駕駛替換方案：該方案乃是當調度員發現駕駛已超過或可能超過連續駕駛工時限制時，即從公司之營運車隊(包括在路上行駛之所有車輛及在場站停放車輛)之駕駛員中，篩選出一對乘客及營運之綜合成本影響最小之方案，進行駕駛員替換工作，故其對乘客搭乘時間之增加可能會較駕駛員原車休息方案為小，而對公司營運成本之增加亦可能較備用駕駛方案為低。惟駕駛替換方案由於交換駕駛後亦可能衍生出其他問題，故未必能得到可行方案。

本研究綜合前述三項方案特性，假設國道客運公司絕對遵行連續駕駛工時限

制之前提下，研擬如圖 11 之方案評估分析流程，茲就流程中之重要步驟說明如下：

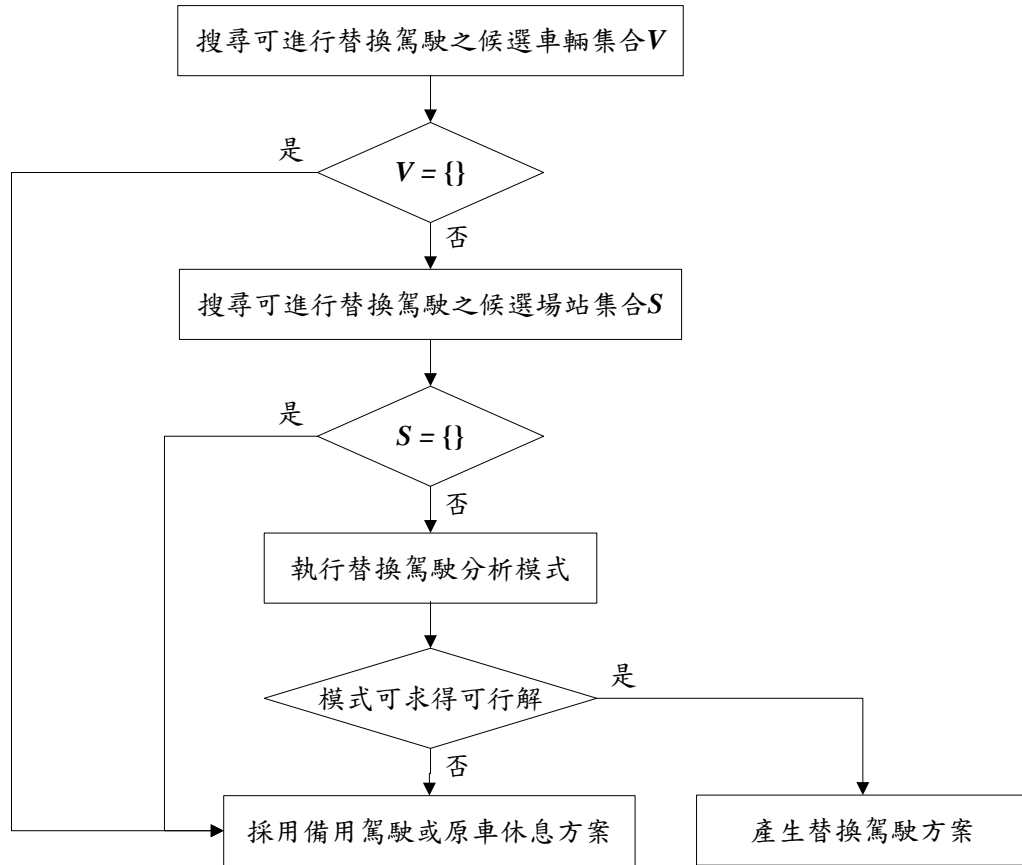


圖 11 方案評估分析流程圖

- (一) 搜尋可進行駕駛替換之候選車輛：由於國道客運公司之營運班次受旅客需求影響，且發生超過連續駕駛工時之車輛亦屬隨機性，故當發生此一現象時即須從所屬車隊中搜尋可供替換之車輛。茲舉圖 12 之範例加以說明，圖中之目標車表示調度員發現其在由 O 到 D 之行駛過程中，因為道路壅塞可能超過 6 小時限制之車輛，由於駕駛替換行為不具可逆性，因此僅有對向由 D 到 O 之車輛 1 及車輛 2 及同向之車輛 3 與車輛 4 為可能替換範圍，本研究將此四部候選車輛設為集合 V。



圖 12 即時性駕駛替換範例示意圖

- (二) 搜尋可進行駕駛替換之候選場站：當搜尋完替換駕駛所行駛車輛之集合 V 後，即需判斷此些車輛可能之替換場站集合 S，以圖 12 之範例而言，僅有目標車前方尚未到達之場站 A、B 可作為駕駛替換之用。
- (三) 執行駕駛替換分析模式：經由前述兩個步驟確認車輛及場站兩個候選集合均非空集合後，表示超過連續駕駛工時之車輛駕駛存在替換可行性，由於替換行為需經過審慎評估，以期盡量減少對乘客及業者之衝擊，因此本研究建立一套駕駛替換之數學規劃模式，以篩選出最佳之替換方案。
- (四) 依據分析結果決定因應方案：若經駕駛替換分析模式可求得可行解，表示存在替換之可能性；若無法求得可行解，表示在既有之場站與車隊中無法進行替換作業，調度人員僅能考慮採用備用駕駛方案或請該超過工時之駕駛進行休息。

替換駕駛規劃模式主要係應用在當超過連續駕駛工時駕駛之車輛(後續簡稱目標車)產生，場站及車隊等條件存在可能替換之情況時，選擇適當之替換駕駛車輛與替換

場站。依據前述有關即時調度文獻之探討，可知相關即時調度之模式或分析方法大都以減少對既有營運模式之衝擊(如增加額外成本最小、對既有班表影響幅度最小)為主，因此本研究所構建之數學規劃模式之假設如下：

- (一) 車輛間之駕駛替換行為在對既有營運計畫之前提下，以一次替換為限。
- (二) 由於駕駛因為連續駕駛工時超過限制所衍生之休息行為，將產生出車上乘客之額外搭乘時間，因此模式之求解目標為所有車輛上乘客額外搭乘時間之最小化。

另在替換駕駛之分析中所需滿足之條件包括下列三項：

- (一) 各車輛間之駕駛替換行為最多以一次為限。
- (二) 目標車交換前後駕駛員之連續駕駛時間需小於最長連續駕駛工時限制。
- (三) 替換車輛交換前後駕駛員之連續駕駛時間需小於最長連續駕駛工時限制。

為便於後續說明，茲先將模式中所應用之相關變數符號定義如下：

- $I$  : 表示可供交換司機之候選車輛編號， $i = 1, 2, \dots, n$
- $J$  : 表示可供交換司機之候選場站編號， $j = 1, 2, \dots, m$
- $S$  : 表示可供交換司機之候選場站集合
- $V$  : 表示可供交換司機之候選車輛集合
- $O$  : 表示目標車輛 ( $i = 0$ ) 之起點
- $D$  : 表示目標車輛之迄點
- $t_{iO}$  : 表示車輛  $i$  之司機所在位置與迄點  $O$  之行駛時間
- $t_{iD}$  : 表示車輛  $i$  之司機所在位置與迄點  $D$  之行駛時間
- $t_{ijO}$  : 表示車輛  $i$  之司機至場站  $j$  後與迄點  $O$  之行駛時間
- $t_{ijD}$  : 表示車輛  $i$  之司機至場站  $j$  後與原始迄點  $D$  之行駛時間
- $t_{ijD'}$  : 表示車輛  $i$  之司機至場站  $j$  後與交換後迄點  $D$  之行駛時間
- $t_{ij}$  : 表示車輛  $i$  之司機所在位置至場站  $j$  之行駛時間
- $d_i$  : 表示車輛  $i$  之乘客數
- $tr_0$  : 表示目標車輛必須休息之時間
- $tw_{ij}$  : 表示車輛  $i$  在場站  $j$  因為交換司機必須等待之時間
- $tw_{0ij}$  : 表示目標車輛在在場站  $j$  因為等候車輛  $i$  交換司機必須等待之時間
- $t_{max}$  : 表示最長行駛時間限制
- $x_{ij}$  : 若為 1，表示目標車輛在場站  $j$  與車輛  $i$  交換司機；  
若為 0，表示目標車輛未在場站  $j$  與車輛  $i$  交換司機。
- $A_{ij}$  : 若為 1，表示車輛  $i$  比目標車輛晚到場站  $j$ ；  
若為 0，表示車輛  $i$  比目標車輛早到場站  $j$ 。

依據前述模式假設與相關限制分析，本研究構建之替換駕駛分析模式如式(1)至(9)所示，該模式為一 0-1 整數規劃模式，決策變數為  $x_{ij}$ ，其中式(1)為模式之目標式，模式之求解目標為因為替換駕駛所衍生之乘客額外搭乘時間最小化，有關乘客額外搭乘時間之計算方式可區分為兩大部分，第一部分發生在替換車輛  $i$  與因為較目標車輛先到達場站  $j$ ，造成  $i$  車輛上所有乘客需增加之額外搭車時間；第二部分則為目標車輛車上乘客所衍生之額外搭乘時間，當可搜尋到替換車輛時，若目標車較替換車輛  $i$  先到達場站  $j$  時，目標車輛上所有乘客需增加之額外搭車時間，但若無法搜尋到替代車輛時，此時所有  $x_{ij}$  之總和將為 0，亦即目標車輛之駕駛必須原車休息。由於目標車與車輛  $i$  在  $j$  場站之等候時間僅存在一種可能性，當目標車先到達時，車輛  $i$  之等候時間即為 0；但若車輛  $i$  先到達時，目標車之等候時間即為 0，為解決此一現象，本研究透過等候行為決策變數  $A_{ij}$  加以控制，結合同(4)及(5)之限制，當  $A_{ij}$  為 1 時，表示車輛  $i$  比目標車輛晚到場站  $j$ ，目標車輛增加之等候時間為  $tw_{0ij}$ ，而車輛  $i$  之等候時間  $tw_{ij}$  即為 0；反之，則  $tw_{0ij}$  即為 0，而  $tw_{ij}$  為車輛  $i$  與目標車到達場站  $j$  之時間差。而式(2)為限



制所有車輛駕駛不論是否發生替換行為，其駕駛時間均須符合最長連續駕駛工時之限制；式(3)為替換駕駛以一次為限之限制式；式(6)及(7)分別為  $x_{ij}$  與  $A_{ij}$  之 0-1 決策變數限制式。

**Min**

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (d_i * tw_{ij} * x_{ij} + d_0 * tw_{0ij} * x_{ij}) + d_0 * tr_{oj} * (1 - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij}) \quad (1)$$

s. t.

$$t_{ij0} + (1 - x_{ij}) * t_{ijD} + x_{ij} * t_{ijD} \leq t_{max} \quad i = 0, 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \leq 1 \quad (3)$$

$$tw_{ij} = (1 - A_{ij})(t_{0j} - t_{ij}) \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

$$tw_{0ij} = A_{ij}(t_{ij} - t_{0j}) \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

$$A_{ij} = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

本研究茲舉圖 13 之簡單範例，說明如何運用前述分析方法進行駕駛替換行為之評估作業，延續以上說明，假設自場站 O 到場站 A 路段因為交通壅塞，目標車輛(i=0)之行駛時間長達 4 小時，導致駕駛行駛至終點 D 之總行駛時間可能超過 6 小時限制，假設範例中各車輛之乘客人數、出發時間、已經行駛時間以及到達場站 A 與 B 時間與假設如表 6 所示。

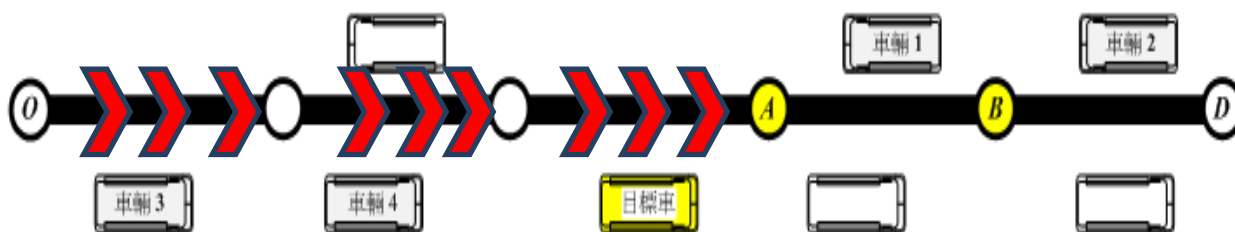


圖 13 即時性駕駛替換測試情境

表 6 範例各車輛基本資料彙整表

項目 車輛	乘客人數 (人)	出發時間	已行駛時間 (分)	至場站 A 時間	至場站 B 時間
i=0	10	9:00	150	13:00	13:35
i=1	6	10:00	90	12:00	—
i=2	12	11:00	30	12:55	11:50
i=3	20	11:00	30	15:00	16:05
i=4	16	10:00	90	14:00	15:05

依據表 6 資料，本研究利用窮舉法計算當目標車輛可能發生超過連續駕駛工時限制時，其可能產生之方案包括如表 7 之八個方案，其中第一方案為目標車駕駛原車休息，其將造成車上乘客額外之搭乘時間總和為 450 分鐘，其餘 7 個方案則分別與車輛 1 至車輛 4 於 A 場站或 B 場站進行駕駛替換行為，進行替換後各方案之目標值及各車輛因替換駕駛後之連續駕駛工時亦彙整於表 7 中，其中方案二、方案四至方案八由於替換後車輛駕駛之工時仍超過 6 小時(360 分)，故均為不可行解，而從可行之兩個方案中，求得目標值最小之方案為方案三，亦即目標車輛與車輛 2 於場站 A 進行駕駛替換後，將使得兩車之連續駕駛工時均能符合法規限制，而其對乘客額外等候時間之影響亦最小，僅有 60 分鐘，本研究也將資料帶入數學規劃模式後，經由 Lindo 求解結果如圖 14 所示，結果為 X21 即替換車輛為車輛 2 於場站 1 進行駕駛替換作業，當中常數為 900，與結果加總後最佳值為 60 與窮舉法結果相同。

表 7 範例之駕駛替換方案分析彙整表

項目 方案	替換駕駛 之車輛	替換駕駛 之場站	目標車輛連續 駕駛工時(分)	替換車輛連續 駕駛工時(分)	目標值 (分)	可行解
一	—	—	—	—	450	O
二	1	A	400	290	360	X
三	2	A	345	235	60	O
四	2	B	575	205	1260	X
五	3	A	460	460	1200	X
六	3	B	620	490	1500	X
七	4	A	400	400	600	X
八	4	B	560	430	900	X

MAX Reports Window

```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP      0
      OBJECTIVE FUNCTION VALUE
    1)      -840.00000

      VARIABLE                VALUE                REDUCED COST
      X11                      0.000000                300.000000
      X21                      1.000000                 0.000000
      X22                      0.000000               1560.000000
      X31                      0.000000               1140.000000
      X32                      0.000000               1140.000000
      X41                      0.000000                 540.000000
      X42                      0.000000                 540.000000
      INT                      0.000000                 900.000000

      ROW      SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
    2)                145.000000                 0.000000
    3)                130.000000                 0.000000
    4)                145.000000                 0.000000
    5)                 0.000000                840.000000

      NO. ITERATIONS=          0
    
```

圖 14 Lindo 實例求解結果輸出

## 二、即時性駕駛替換方案分析系統

本研究在建構駕駛替換方案分析系統時，因使用 Excel VBA 為使用環境，惟其無法求解 0-1 整數規劃問題，於是在應用 Excel VBA 建構駕駛替換方案分析系統時，採用窮舉法，進行逐個推算出所有可能之方案，直到找出有無可行解為止，首先作業人員需要在開始執行前輸入班次資料如：候選車輛資料、目標車輛資料、候選場站資料、車輛編號、場站間距行駛時間資料等，系統會透過先前輸入之資料產生所有可行之方案，並計算出各方案目標車輛駕駛員、候選車輛駕駛員總行駛時間與是否有可行解，若無可行解系統將告知操作員無可行解方案並建議使用原車休息方案，若有可行解則再由可行解中搜尋最佳方案，並告知操作員方案內容如：換車地點、換車車輛與使用方案產生的總乘客額外等候時間。

接下來介紹駕駛替換方案分析系統，進入系統主畫面如圖 15 所示，有兩個按鈕，並將要求使用者輸入三項資料，資料輸入完畢後依序按下「產生起始資料 TABLE」與「駕駛替換方案分析」按鈕，系統將進行駕駛替換方案分析作業，最後於 Excel 表格中輸出所有可能方案與方案是否為可行解之表格，若有可行解，將應用視窗告知使用者可行之方案內容。

使用即時性駕駛替換方案分析系統介面，步驟如以下四步驟：

1. 輸入候選車輛數目，使用者自行輸入資料。
2. 輸入候選場站數目，使用者自行輸入資料。
3. 輸入目標車輛編號，使用者自行輸入資料後按下「產生起始資料 TABLE」按鈕與「駕駛替換方案分析」按鈕，系統依照所輸入資料再要求使用者輸入所需資料。

4. 輸入系統要求資料後，系統就會於 Excel 表格中產生駕駛替換方案分析表格，並有最佳可行解時，用視窗輸出資料給使用者。

The screenshot shows a window titled "UserForm1" with a standard Windows-style title bar (minimize, maximize, close buttons). The main area of the window is light gray and contains the following elements:

- Text: "請輸入候選車輛數目：" followed by a text input field containing the number "1".
- Text: "請輸入候選場站數目：" followed by an empty text input field.
- Text: "請輸入目標車輛編號：" followed by an empty text input field.
- Button: "產生起始資料TABLE" (Generate starting data TABLE) located to the right of the first two input fields.
- Button: "駕駛替換方案分析" (Driver replacement scheme analysis) located to the right of the third input field.

圖 15 即時性駕駛替換方案分析系統介面圖

本研究建構即時性駕駛替換方案分析系統，流程圖如圖 16 所示，並將各個步驟說明如下：

1. 輸入基本資料：輸入候選車輛、場站數目與目標車輛編號。
2. 產生起始表格：依照步驟 1 輸入之資料，產生起始資料表格。
3. 讀取目標車輛資料。
4. 計算時間差：當中包含計算目標車與所有候選車至各場站時間差。
5. 計算目標值：在計算過程中包含計算出目標車輛與所有候選車輛至各場站之目標值。
6. 計算方案數：當中包含計算出方案數、目標車與候選車駕駛連續駕駛時間。
7. 搜尋有無可行解，若無則建議使用者採用原車休息方案，若有可行解則進入步驟 8。
8. 搜尋最佳解，並產生駕駛替換方案。

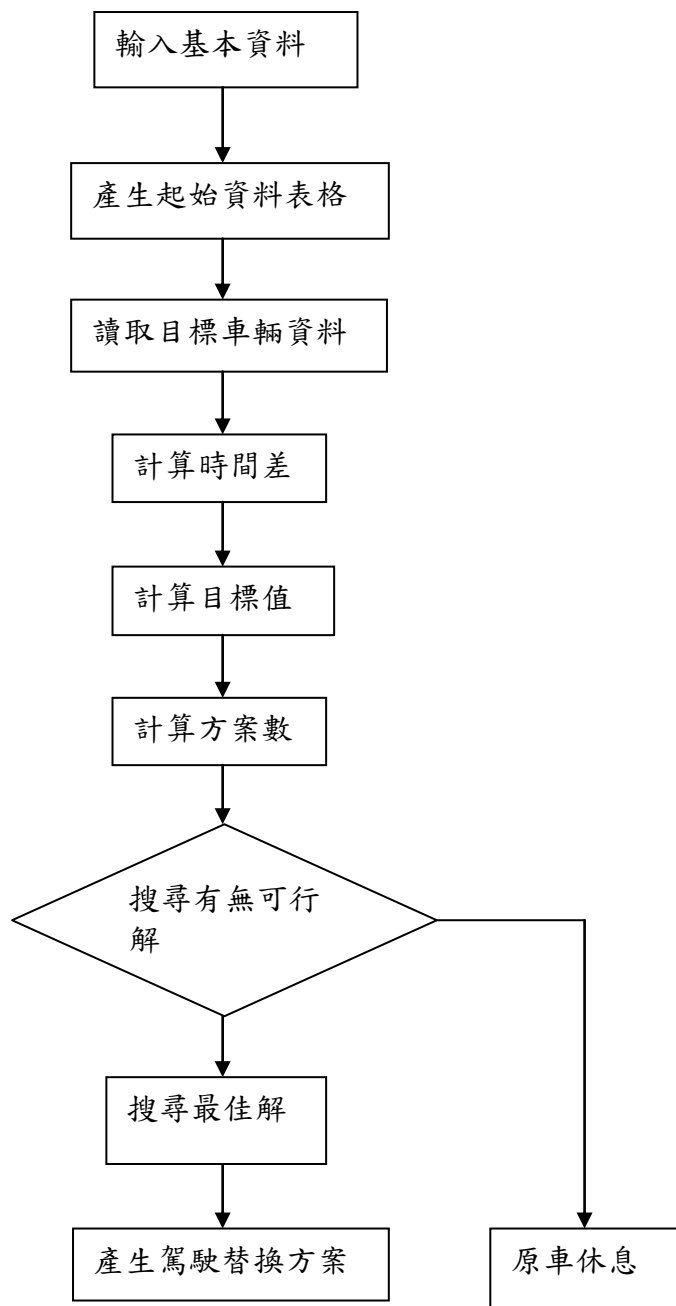


圖 16 即時性駕駛替換方案分析系統建構流程圖

## 第四章 實例測試

為確認本研究所建構例行性排班作業、即時性駕駛替換分析系統之適宜性，本研究採用 A 國道客運公司台北/高雄線之營運班距資料及場站位置進行測試，後續茲就測試路線之基本資料、測試情境及測試結果分析分別說明之。

### 4.1 測試路線基本資料

測試路線係行駛於台北(TP)與高雄(KS)間，中間上下交流道所設置之停靠站，包括：新莊站(SC)、林口站(LK)、桃園站(TY)、新竹站(HC)、台中站(TC)、岡山站(CS)、楠梓站(NT)等七個，路線全長 356 公里，在車流順暢情況下，各場站間之預估行駛時間如表 8 所示。

表 8 測試路線各場站間行駛時間

區 間	行駛時間(分)	區 間	行駛時間(分)
台北—新莊	15	新莊—林口	21
林口—桃園	15	桃園—新竹	44
新竹—台中	81	台中—高雄	163

測試路線採 24 小時營運，每日營運班次為 56 班，發車班距依據間離峰特性而有所差異，最短班距為 10 分鐘，最長班距則為 40 分鐘。

### 4.2 例行性排班策略作業系統測試

本研究假設今排班作業員要進行車輛排班與人員排班作業，依照測試路線基本資料共有 56 班、共有 7 個場站、雙邊最早班次為凌晨 00:00 分、中午沒有休息並且其班距不同，測試人員排班時，因人員排班時須使其起點與終點為相同場站，因此進行人員排班時將場站簡化為 5 個分別為台北、桃園、新竹、台中與高雄，並分別進行測試車輛於桃園、新竹與台中進行駕駛替換作業，計算並比較各換車地點所排之班表共需幾位駕駛員與總支薪小時，分析出最佳駕駛替換場站。

首先將路線基本資料帶入本系統進行測試，依照資料分別鍵入場站數目 7，因為中午班次沒有休息因此輸入值為 0 與發車間距不同所以輸入值為 1，三項資料輸入完畢後，系統根據先前輸入資料，要求使用者輸入各場站名稱、各場站之間距時間如圖 17(右上、右下與左下)以及首班與末班班次時間，圖 17(左上)為將實例資料帶入系統的輸入畫面，經由系統測試，輸出原始班表資料為 A 國道客運公司台北往高雄之南下班次如圖 18，由於原始班表排班系統輸出資料過於龐大，本研究擷取部分資料說明系統測試後之結果。



圖 17 原始班表系統測試介面與資料輸入示意圖



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	發車方向	台北	新莊	林口	桃園	新竹	台中	高雄
2	0	上午 12:00:00	上午 12:15:00	上午 12:36:00	上午 12:51:00	上午 01:35:00	上午 02:56:00	上午 05:39:00
3	0	上午 12:30:00	上午 12:45:00	上午 01:06:00	上午 01:21:00	上午 02:05:00	上午 03:26:00	上午 06:09:00
4	0	上午 01:00:00	上午 01:15:00	上午 01:36:00	上午 01:51:00	上午 02:35:00	上午 03:56:00	上午 06:39:00
5	0	上午 01:30:00	上午 01:45:00	上午 02:06:00	上午 02:21:00	上午 03:05:00	上午 04:26:00	上午 07:09:00
6	0	上午 02:00:00	上午 02:15:00	上午 02:36:00	上午 02:51:00	上午 03:35:00	上午 04:56:00	上午 07:39:00
7	0	上午 02:40:00	上午 02:55:00	上午 03:16:00	上午 03:31:00	上午 04:15:00	上午 05:36:00	上午 08:19:00
8	0	上午 03:20:00	上午 03:35:00	上午 03:56:00	上午 04:11:00	上午 04:55:00	上午 06:16:00	上午 08:59:00
9	0	上午 03:40:00	上午 03:55:00	上午 04:16:00	上午 04:31:00	上午 05:15:00	上午 06:36:00	上午 09:19:00
10	0	上午 04:00:00	上午 04:15:00	上午 04:36:00	上午 04:51:00	上午 05:35:00	上午 06:56:00	上午 09:39:00
11	0	上午 04:40:00	上午 04:55:00	上午 05:16:00	上午 05:31:00	上午 06:15:00	上午 07:36:00	上午 10:19:00
12	0	上午 05:20:00	上午 05:35:00	上午 05:56:00	上午 06:11:00	上午 06:55:00	上午 08:16:00	上午 10:59:00
13	0	上午 05:40:00	上午 05:55:00	上午 06:16:00	上午 06:31:00	上午 07:15:00	上午 08:36:00	上午 11:19:00
14	0	上午 06:00:00	上午 06:15:00	上午 06:36:00	上午 06:51:00	上午 07:35:00	上午 08:56:00	上午 11:39:00
15	0	上午 06:40:00	上午 06:55:00	上午 07:16:00	上午 07:31:00	上午 08:15:00	上午 09:36:00	下午 12:19:00
16	0	上午 07:20:00	上午 07:35:00	上午 07:56:00	上午 08:11:00	上午 08:55:00	上午 10:16:00	下午 12:59:00
17	0	上午 07:40:00	上午 07:55:00	上午 08:16:00	上午 08:31:00	上午 09:15:00	上午 10:36:00	下午 01:19:00
18	0	上午 08:00:00	上午 08:15:00	上午 08:36:00	上午 08:51:00	上午 09:35:00	上午 10:56:00	下午 01:39:00
19	0	上午 08:30:00	上午 08:45:00	上午 09:06:00	上午 09:21:00	上午 10:05:00	上午 11:26:00	下午 02:09:00
20	0	上午 09:00:00	上午 09:15:00	上午 09:36:00	上午 09:51:00	上午 10:35:00	上午 11:56:00	下午 02:39:00
21	0	上午 09:30:00	上午 09:45:00	上午 10:06:00	上午 10:21:00	上午 11:05:00	下午 12:26:00	下午 03:09:00
22	0	上午 10:00:00	上午 10:15:00	上午 10:36:00	上午 10:51:00	上午 11:35:00	下午 12:56:00	下午 03:39:00
23	0	上午 10:20:00	上午 10:35:00	上午 10:56:00	上午 11:11:00	上午 11:55:00	下午 01:16:00	下午 03:59:00
24	0	上午 10:30:00	上午 10:45:00	上午 11:06:00	上午 11:21:00	下午 12:05:00	下午 01:26:00	下午 04:09:00
25	0	上午 11:00:00	上午 11:15:00	上午 11:36:00	上午 11:51:00	下午 12:35:00	下午 01:56:00	下午 04:39:00
26	0	上午 11:20:00	上午 11:35:00	上午 11:56:00	下午 12:11:00	下午 12:55:00	下午 02:16:00	下午 04:59:00
27	0	上午 11:30:00	上午 11:45:00	下午 12:06:00	下午 12:21:00	下午 01:05:00	下午 02:26:00	下午 05:09:00
28	0	下午 12:00:00	下午 12:15:00	下午 12:36:00	下午 12:51:00	下午 01:35:00	下午 02:56:00	下午 05:39:00
29	0	下午 12:20:00	下午 12:35:00	下午 12:56:00	下午 01:11:00	下午 01:55:00	下午 03:16:00	下午 05:59:00
30	0	下午 12:30:00	下午 12:45:00	下午 01:06:00	下午 01:21:00	下午 02:05:00	下午 03:26:00	下午 06:09:00
31	0	下午 01:00:00	下午 01:15:00	下午 01:36:00	下午 01:51:00	下午 02:35:00	下午 03:56:00	下午 06:39:00
32	0	下午 01:20:00	下午 01:35:00	下午 01:56:00	下午 02:11:00	下午 02:55:00	下午 04:16:00	下午 06:59:00
33	0	下午 01:30:00	下午 01:45:00	下午 02:06:00	下午 02:21:00	下午 03:05:00	下午 04:26:00	下午 07:09:00
34	0	下午 02:00:00	下午 02:15:00	下午 02:36:00	下午 02:51:00	下午 03:35:00	下午 04:56:00	下午 07:39:00
35	0	下午 02:20:00	下午 02:35:00	下午 02:56:00	下午 03:11:00	下午 03:55:00	下午 05:16:00	下午 07:59:00
36	0	下午 02:30:00	下午 02:45:00	下午 03:06:00	下午 03:21:00	下午 04:05:00	下午 05:26:00	下午 08:09:00
37	0	下午 03:00:00	下午 03:15:00	下午 03:36:00	下午 03:51:00	下午 04:35:00	下午 05:56:00	下午 08:39:00
38	0	下午 03:20:00	下午 03:35:00	下午 03:56:00	下午 04:11:00	下午 04:55:00	下午 06:16:00	下午 08:59:00
39	0	下午 03:30:00	下午 03:45:00	下午 04:06:00	下午 04:21:00	下午 05:05:00	下午 06:26:00	下午 09:09:00
40	0	下午 04:00:00	下午 04:15:00	下午 04:36:00	下午 04:51:00	下午 05:35:00	下午 06:56:00	下午 09:39:00
41	0	下午 04:20:00	下午 04:35:00	下午 04:56:00	下午 05:11:00	下午 05:55:00	下午 07:16:00	下午 09:59:00
42	0	下午 04:30:00	下午 04:45:00	下午 05:06:00	下午 05:21:00	下午 06:05:00	下午 07:26:00	下午 10:09:00
43	0	下午 05:00:00	下午 05:15:00	下午 05:36:00	下午 05:51:00	下午 06:35:00	下午 07:56:00	下午 10:39:00
44	0	下午 05:20:00	下午 05:35:00	下午 05:56:00	下午 06:11:00	下午 06:55:00	下午 08:16:00	下午 10:59:00
45	0	下午 05:30:00	下午 05:45:00	下午 06:06:00	下午 06:21:00	下午 07:05:00	下午 08:26:00	下午 11:09:00
46	0	下午 06:00:00	下午 06:15:00	下午 06:36:00	下午 06:51:00	下午 07:35:00	下午 08:56:00	下午 11:39:00
47	0	下午 06:30:00	下午 06:45:00	下午 07:06:00	下午 07:21:00	下午 08:05:00	下午 09:26:00	上午 12:09:00
48	0	下午 07:00:00	下午 07:15:00	下午 07:36:00	下午 07:51:00	下午 08:35:00	下午 09:56:00	上午 12:39:00
49	0	下午 07:30:00	下午 07:45:00	下午 08:06:00	下午 08:21:00	下午 09:05:00	下午 10:26:00	上午 01:09:00
50	0	下午 08:00:00	下午 08:15:00	下午 08:36:00	下午 08:51:00	下午 09:35:00	下午 10:56:00	上午 01:39:00
51	0	下午 08:30:00	下午 08:45:00	下午 09:06:00	下午 09:21:00	下午 10:05:00	下午 11:26:00	上午 02:09:00
52	0	下午 09:00:00	下午 09:15:00	下午 09:36:00	下午 09:51:00	下午 10:35:00	下午 11:56:00	上午 02:39:00
53	0	下午 09:30:00	下午 09:45:00	下午 10:06:00	下午 10:21:00	下午 11:05:00	上午 12:26:00	上午 03:09:00
54	0	下午 10:00:00	下午 10:15:00	下午 10:36:00	下午 10:51:00	下午 11:35:00	上午 12:56:00	上午 03:39:00
55	0	下午 10:30:00	下午 10:45:00	下午 11:06:00	下午 11:21:00	上午 12:05:00	上午 01:26:00	上午 04:09:00
56	0	下午 11:00:00	下午 11:15:00	下午 11:36:00	下午 11:51:00	上午 12:35:00	上午 01:56:00	上午 04:39:00
57	0	下午 11:30:00	下午 11:45:00	上午 12:06:00	上午 12:21:00	上午 01:05:00	上午 02:26:00	上午 05:09:00

圖 18 原始班表資料輸出畫面(南下)

完成原始班表資料輸入後，接著進行車輛排班測試，依照先前所產生之原始班表資料進行測試，於起始資料分別鍵入場站數目 7，因為中午班次沒有休息因此輸入值為 0 與發車間距不同所以輸入值為 1，三項資料輸入完畢後，系統根據先前輸出之原始班表資料，產生車輛班表，經由系統測試，輸入車輛班表資料如圖 19，圖 20 為系統測試後所得到之結果，系統計算出現有的班表總共需要 58 台車輛，由於車輛排班系統輸出資料過於龐大，本研究擷取部分資料說明系統測試後之結果。

圖 19 車輛排班系統測試介面

Block No.	Pull in	Trip	台北	新莊	林口	桃園	新竹	台中	高雄
1			上午 12:00:00	上午 12:15:00	上午 12:36:00	上午 12:51:00	上午 01:35:00	上午 02:56:00	上午 05:39:00
			上午 11:20:00	上午 11:35:00	上午 11:56:00	下午 12:11:00	下午 12:55:00	下午 02:16:00	下午 04:59:00
2			上午 05:40:00	上午 05:55:00	上午 06:16:00	上午 06:31:00	上午 07:15:00	上午 08:36:00	上午 11:19:00
			下午 05:00:00	下午 05:15:00	下午 05:36:00	下午 05:51:00	下午 06:35:00	下午 07:56:00	下午 10:39:00
3			上午 12:30:00	上午 12:45:00	上午 01:06:00	上午 01:21:00	上午 02:05:00	上午 03:26:00	上午 06:09:00
			下午 12:20:00	下午 12:35:00	下午 12:56:00	下午 01:11:00	下午 01:55:00	下午 03:16:00	下午 05:59:00
4			上午 06:40:00	上午 06:55:00	上午 07:16:00	上午 07:31:00	上午 08:15:00	上午 09:36:00	下午 12:19:00
			下午 06:00:00	下午 06:15:00	下午 06:36:00	下午 06:51:00	下午 07:35:00	下午 08:56:00	下午 11:39:00
5			上午 01:00:00	上午 01:15:00	上午 01:36:00	上午 01:51:00	上午 02:35:00	上午 03:56:00	上午 06:39:00
			下午 01:00:00	下午 01:15:00	下午 01:36:00	下午 01:51:00	下午 02:35:00	下午 03:56:00	下午 06:39:00

圖 20 車輛班表輸出畫面(南下)

完成原始班表資料輸入、產生與車輛班排班班表完成後，接著進行人員排班測試，在此分別產生於桃園、新竹與台中進行駕駛替換之人員班表，依照測試資料分別鍵入場站數目 7，因為中午班次沒有休息因此輸入值為 0 與發車間距不同所以輸入值為 1，三項資料輸入完畢後，系統根據先前輸出之車輛班表，產生如表 10 人員班表輸出畫面(台北與桃園往返)為系統測試後所得到之結果，由於人員排班系統輸出資料過於龐大，本研究擷取部分資料說明系統測試後之結果，經系統計算於桃園、新竹與台中進行換車作業之人員班表總共需要駕駛員數與支薪小時數時如表 9，舉凡駕駛員超過法規規定 8 小時工作時數皆為超時工作，超時工作其時數將乘以 1.5 進行加總，由表 9 可發現，在現況無駕駛替換，由單一駕駛從台北往返高雄，總支薪小時為 632 小時 48 分鐘，同時也為最低支薪小時，但此一駕駛方式違反駕駛工時管制規定，然而於桃園、新竹與台中駕駛替換雖然提高了總支薪小時，但能符合工時管制之規定，三者之間於新竹場站進行駕駛替換作業總支薪小時數最低，即駕駛員分別指派駕駛台北往返新竹與新竹往返高雄之車輛，新竹方案與現況相較之下，總支薪小時多 46 小時 39 分鐘，但可以符合駕駛工時管制規定，因此本研究實例測試台北、高雄路線，最佳換車場站為新竹站。

表 9 駕駛員數與支薪小時數

項目	總支薪小時	是否符合工時管制規定
駕駛替換場所		
現況無駕駛替換	632 小時 48 分鐘	不符合規定，違法。
桃園方案	716 小時 18 分鐘	符合工時規定。
新竹方案	679 小時 27 分鐘	符合工時規定。
台中方案	690 小時 48 分鐘	符合工時規定。

表 10 人員班表輸出畫面(台北與桃園往返)

人員	班次方向	台北/桃園	新莊/林口	林口/新莊	桃園/台北	桃園/台北	林口/新莊	新莊/林口	台北/桃園
1	1	4:48 AM	5:03 AM	5:24 AM	5:39 AM	5:40 AM	5:55 AM	6:16 AM	6:31 AM
2	1	5:18 AM	5:33 AM	5:54 AM	6:09 AM	7:20 AM	7:35 AM	7:56 AM	8:11 AM
3	1	5:48 AM	6:03 AM	6:24 AM	6:39 AM	7:40 AM	7:55 AM	8:16 AM	8:31 AM
4	1	6:18 AM	6:33 AM	6:54 AM	7:09 AM	8:00 AM	8:15 AM	8:36 AM	8:51 AM
5	1	6:48 AM	7:03 AM	7:24 AM	7:39 AM	10:00 AM	10:15 AM	10:36 AM	10:51 AM
6	1	7:28 AM	7:43 AM	8:04 AM	8:19 AM	10:20 AM	10:35 AM	10:56 AM	11:11 AM
7	1	8:28 AM	8:43 AM	9:04 AM	9:19 AM	10:30 AM	10:45 AM	11:06 AM	11:21 AM
8	1	8:48 AM	9:03 AM	9:24 AM	9:39 AM	12:00 PM	12:15 PM	12:36 PM	12:51 PM
9	1	10:48 AM	11:03 AM	11:24 AM	11:39 AM	12:20 PM	12:35 PM	12:56 PM	1:11 PM
10	1	11:28 AM	11:43 AM	12:04 PM	12:19 PM	12:30 PM	12:45 PM	1:06 PM	1:21 PM
11	1	1:18 PM	1:33 PM	1:54 PM	2:09 PM	2:20 PM	2:35 PM	2:56 PM	3:11 PM
12	1	1:48 PM	2:03 PM	2:24 PM	2:39 PM	3:00 PM	3:15 PM	3:36 PM	3:51 PM



### 4.3 即時性駕駛替換系統測試

由於駕駛替換作業之產生乃屬隨機性，不易蒐集到實際之案例資料，故乃依據實際之高速公路里程進行兩個不同情境之假設，以便能測試分析方法之實用性，然而，本研究假設某一連續假日在下午 1 點新竹往林口路段發生壅塞狀況，調度員發現即將到達台中站之編號 31 之車輛駕駛工時可能超過 6 小時限制，故啟動即時調度機制，亦即需即時評估駕駛替換策略，此時該路線總計有 40 部車正在營運其空間分布情形示意如圖 21 所示，若車輛於新竹以北之三個場站進行駕駛替換可能造成駕駛工時超過標準現象，所以可進行替換駕駛之場站為新竹站與台中站，代號分別為 1 與 2，另可替換駕駛車輛之候選集合分別為編號 13 至 35 之 23 部車輛，南下過台中車輛與北上過新竹車輛皆不納入候選集合，其相關車輛之基本資料彙整如表 11 所示，其假設之兩種壅塞情境如下：

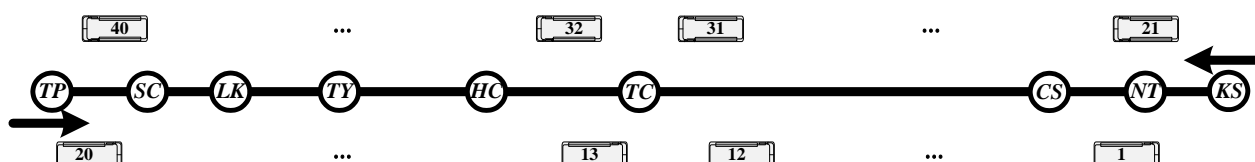


圖 21 即時性駕駛替換實例測試情境示意圖

- (一) 情境一：新竹往林口之行駛時間因為交通壅塞，由 59 分鐘增加為 120 分鐘。
- (二) 情境二：新竹往林口之行駛時間因為交通壅塞，由 59 分鐘增加為 90 分鐘。

表 11 即時性駕駛替換實例測試各車輛基本資料彙整表

項目 車輛編號	乘客人數 (人)	出發時間	已行駛時間 (分)	至場站 <i>HC</i> 時間	至場站 <i>TC</i> 時間
13	13	11:00	120	—	13:14
14	17	11:15	105	—	13:25
15	18	11:30	90	—	13:40
16	09	11:45	75	13:14	14:05
17	11	12:00	60	13:35	14:20
18	13	12:15	45	13:50	14:27
19	17	12:30	30	14:05	14:32
20	16	12:45	15	14:25	15:02
21	08	12:45	15	16:42	15:47
22	18	12:30	30	16:32	15:35
23	08	12:15	45	16:15	15:17
24	18	12:00	60	16:02	15:05
25	15	11:45	75	15:43	14:45
26	17	11:30	90	15:33	14:32
27	09	11:15	105	15:12	14:18
28	13	11:00	120	15:03	14:05
29	11	10:45	135	14:49	13:50
30	10	10:30	150	14:35	13:42
31	15	10:15	165	14:15	13:10
32	14	10:00	180	14:00	13:03

33	18	09:45	195	13:49	—
34	09	09:30	210	13:30	—
35	13	09:15	225	13:18	—

根據以上情境假設，情境一為新竹往林口之行駛時間因為交通壅塞，由 59 分鐘增加為 120 分鐘，經系統分析結果可彙整如表 12 所示，由表 12 中可知當目標車輛可能發生超過連續駕駛工時管制時，系統會計算總選擇之車輛數乘以考慮的場站數，再加上原車休息之備用方案，得到總考慮之調度方案為四十七個，其中方案 1 為目標車駕駛原車休息，其造成車上乘客額外之搭乘時間總和為 675 分鐘，其餘四十六個方案目標車輛則分別於新竹場站或台中場站進行駕駛替換行為，其中有十四個替換駕駛方案目標值小於方案 1 目標值，但此十四個換司機方案其目標車輛連續駕駛工時或替換車輛連續駕駛工時超過法定 6 小時之限制，故均為不可行解，亦即情境一由於無法在營運車隊駕駛中找到適當之替換對象如下圖 22 所示，帶入系統測試後，最後結果即為目標車輛原車休息為最佳方案，但其將對乘客造成總計 675 分鐘之額外等候時間。

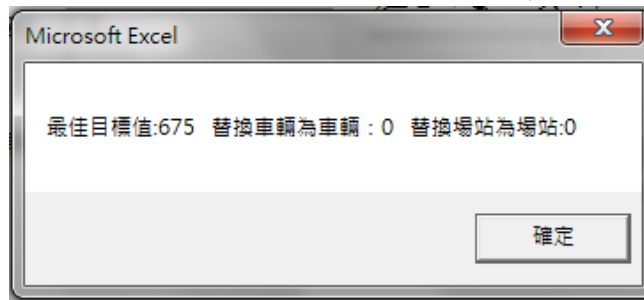


圖 22 情境一駕駛替換最佳方案結果輸出  
表 12 即時性駕駛替換方案輸出

方案	替換駕駛之車輛	替換駕駛之場站	目標車輛連續駕駛工時(分)	替換車輛連續駕駛工時(分)	目標值	可行解
1	—	—	—	—	675	V
2	13	1	100000408	100000275	1499998860	X
3	13	2	342	371	60	X
4	14	1	100000408	100000260	1499998860	X
5	14	2	353	367	225	X
6	15	1	100000408	100000245	1499998860	X
7	15	2	368	367	450	X
8	16	1	484	306	549	X
9	16	2	393	377	825	X
10	17	1	484	291	440	X
11	17	2	408	377	1050	X
12	18	1	484	276	325	X
13	18	2	415	369	1155	X
14	19	1	484	261	170	X
15	19	2	420	359	1230	X
16	20	1	494	256	150	X
17	20	2	450	374	1680	X
18	21	1	631	393	2205	X
19	21	2	495	419	2355	X
20	22	1	621	398	2055	X

21	22	2	483	422	2175	X
22	23	1	604	396	1800	X
23	23	2	465	419	1905	X
24	24	1	591	398	1605	X
25	24	2	453	422	1725	X
26	25	1	572	394	1320	X
27	25	2	433	417	1425	X
28	26	1	562	399	1170	X
29	26	2	420	419	1230	X
30	27	1	541	393	855	X
31	27	2	406	420	1020	X
32	28	1	532	399	720	X
33	28	2	393	422	825	X
34	29	1	518	400	510	X
35	29	2	378	422	600	X
36	30	1	504	401	300	X
37	30	2	370	429	480	X
38	31	1	484	396	0	X
39	31	2	338	412	0	X
40	32	1	484	411	210	X
41	32	2	338	427	98	X
42	33	1	484	426	468	X
43	33	2	100000327	100000431	1499999835	X
44	34	1	484	441	405	X
45	34	2	100000327	100000446	1499999835	X
46	35	1	484	456	741	X
47	35	2	100000327	100000461	1499999835	X

依照以上情境假設，情境二係假設新竹往林口之行駛時間因為交通壅塞，由 59 分鐘增加為 90 分鐘，與情境一相較之下減少三十分鐘，其依據表 11 資料經系統分析出表 13 所有考慮之駕駛替換方案的結果總計有四十七個，其中方案 1 與情境一同為駕駛原車休息方案，其餘四十六個方案則目標車輛分別於新竹站或台中站進行駕駛替換行為，其中僅方案 3 與方案 5 中之目標車輛連續駕駛工時與替換車輛連續駕駛工時皆符合連續開車工時不得超過 6 小時之限制，兩方案中以方案 3 之目標值 60 分鐘為最小，故其為最佳方案，經系統測試後可得知車輛 13 與目標車輛於台中站進行駕駛替換行為如下圖 23 所示，其衍生之乘客額外搭乘時間僅有 60 分鐘，遠較方案 1 駕駛原車休息之額外搭乘時間減少 615 分鐘。

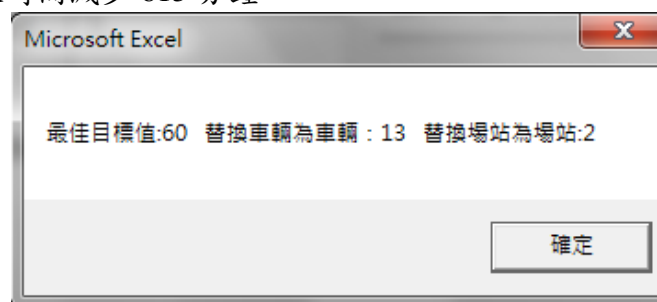


圖 23 情境二駕駛替換最佳方案結果輸出

表 13 情境二駕駛替換方案輸出

方案	替換駕駛之車輛	替換駕駛之場站	目標車輛連續駕駛工時(分)	替換車輛連續駕駛工時(分)	目標值	可行解
1	—	—	—	—	675	V
2	13	1	100000408	100000245	1499998860	X
3	13	2	342	341	60	V
4	14	1	100000408	100000230	1499998860	X
5	14	2	353	337	225	V
6	15	1	100000408	100000215	1499998860	X
7	15	2	368	337	450	X
8	16	1	484	276	549	X
9	16	2	393	347	825	X
10	17	1	484	261	440	X
11	17	2	408	347	1050	X
12	18	1	484	246	325	X
13	18	2	415	339	1155	X
14	19	1	484	231	170	X
15	19	2	420	329	1230	X
16	20	1	494	226	150	X
17	20	2	450	344	1680	X
18	21	1	631	363	2205	X
19	21	2	495	389	2355	X
20	22	1	621	368	2055	X
21	22	2	483	392	2175	X
22	23	1	604	366	1800	X
23	23	2	465	389	1905	X
24	24	1	591	368	1605	X
25	24	2	453	392	1725	X
26	25	1	572	364	1320	X
27	25	2	433	387	1425	X
28	26	1	562	369	1170	X
29	26	2	420	389	1230	X
30	27	1	541	363	855	X
31	27	2	406	390	1020	X
32	28	1	532	369	720	X
33	28	2	393	392	825	X
34	29	1	518	370	510	X
35	29	2	378	392	600	X
36	30	1	504	371	300	X
37	30	2	370	399	480	X
38	31	1	484	366	0	X
39	31	2	338	382	0	X

40	32	1	484	381	210	X
41	32	2	338	397	98	X
42	33	1	484	396	468	X
43	33	2	100000327	100000401	1499999835	X
44	34	1	484	411	405	X
45	34	2	100000327	100000416	1499999835	X
46	35	1	484	426	741	X
47	35	2	100000327	100000431	1499999835	X

## 第五章 結論與建議

本研究因應駕駛工時管制可能衍生國道客運路線經常性之四小時駕駛與因道路壅塞或突發性狀況之駕駛員連續駕駛工時超過法規最長 6 小時限制的現象，建構一套例行性排班作業系統與即時性駕駛替換方案分析系統，經由實例測試驗證本研究所建構之例行性排班作業系統以不違反工時規定之例行性四小時駕駛和不超過最長工作時數為原則，可計算出人員排班可行解、駕駛員數與總支薪小時數，分析出較佳駕駛替換場站，確認本研究所構建之排班作業系統可確實評估出適當之駕駛替換場站，在即時調度駕駛替換方案建構數學規劃模式與即時調度作業系統，依此模式為基礎發展一套分析方法，從乘客搭乘額外搭乘時間最小化角度評估當一國道客運公司調度員發現駕駛員可能違反工時限制時，所應該採用之即時調度方式為採用成本最高之備用駕駛方案、從營運中之車輛駕駛進行替換、或採取對乘客權益影響最大之原車休息方案，經利用 A 公司之營運路線進行情境測試，確認本研究所構建之分析方法可確實評估出適當之駕駛替換策略，將有助於國道客運業者即時調度作業之效益，為囿於時間等限制，後續研究仍可朝下列四方向進行更深入之探討：

- 一、目前諸多國道客運公司均已在車輛裝置 AVL 設備，未來可利用即時之車輛位置資料進行本研究構建即時調度駕駛替換方法之線上動態測試。
- 二、本研究目前僅針對同路線之營運車輛進行替換策略分析，由於部分國道客運業者經營不同里程之路線，未來若能進行跨路線之駕駛替換策略評估，將可使駕駛替換之策略更具彈性。
- 三、本研究進行例行性排班作業系統，所得到之結果不一定是最佳解，所以未來若能發展出一套實用之排班系統是可以有效地降低客運業者的營運成本。
- 四、目前台灣駕駛工時管制仍僅於草案階段，在連續四小時規定須休息三十分鐘與六小時休息四十五分鐘，當中四小時與六小時是否有緩衝時間與未來要如何執行法案與執法仍需有完善的配套措施與規劃。

## 參考文獻

1. 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所(2006)，各國長途客運駕駛工時管理制度之研究。
2. 洪啟源，運用大客車駕駛模擬器探討駕駛疲勞對大客車司機員之影響分析，中華大學運輸科技與物流管理學系碩士班碩士論文，民國九十五年八月。
3. 蘇昭銘、游文松(2005)，「應用 ITS 技術提升汽車客運業即時調度作業效率之研究」，中華管理學報，第六卷第三期，頁 47-59。
4. 美國大眾運輸排班手冊 TCRP Report 30(1998)Transit scheduling：Basic and Advanced Manuals。
5. 鍾秋弘 (1998)，長途客運使用定位系統進行車輛即時調度營運績效之模擬研究，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文。
6. 劉方旗 (1998)，市區公車排班與即時機動調度之研究－以新竹客運為例，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文。
7. 林家盛 (2003)，客運車輛機動調度演算法之研究，交通大學運輸科技與管理學系碩士論文。
8. 吳孟璵(2003)，GPS 環境下公車車輛調度專家系統之研究，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文。