

102-90- 2165  
MOTC-IOT-101-EDB003

# 鐵路列車排程模式建立及運行資料 分析校估之研究

著者：陳一昌、許書耕、許修豪、陳春益、林東盈、  
李威勳、楊承道、李宇欣

交通部運輸研究所

中華民國 102 年 3 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

鐵路列車排程模式建立及運行資料分析校估之研究  
/ 陳一昌等著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運輸研究所，民 102. 04  
面；公分  
ISBN 978-986-03-6670-9(平裝)

1. 鐵路管理 2. 運輸系統

557

102007538

鐵路列車排程模式建立及運行資料分析校估之研究

著者：陳一昌、許書耕、許修豪、李宇欣、陳春益、林東盈、李威勳  
楊承道

出版機關：交通部運輸研究所

地址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網址：www.iot.gov.tw (中文版>圖書服務>本所出版品)

電話：(02)23496789

出版年月：中華民國 102 年 4 月

印刷者：連江印刷有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 85 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：100 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號・電話：(02)25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號・電話：(04)22260330

GPN：1010200783 ISBN：978-986-03-6670-9(平裝)

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

## 交通部運輸研究所合作研究/共同研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：鐵路列車排程模式建立及運行資料分析校估之研究			
國際標準書號（或叢刊號） 978-986-03-6670-9 (平裝)	政府出版品統一編號 1010200783	運輸研究所出版品編號 102-90-2165	計畫編號 101-EDB003
本所主辦單位：運輸工程組 主管：陳一昌 計畫主持人：陳一昌 研究人員：許書耕、許修豪 聯絡電話：02-23496823 傳真號碼：02-25450427	合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會 計畫主持人：李宇欣 研究人員：陳春益、林東盈、李威勳、楊承道 地址：701 臺南市大學路 1 號 聯絡電話：(06)2757575		研究期間 自 101 年 2 月 至 101 年 11 月
關鍵詞：鐵路、自動排點、行車紀錄、排點參數			
摘要：  本研究兩項主要目標為發展鐵路列車自動排點模式及分析 ATP 與 CTC 行車紀錄資料以校估基準運轉時分，最小時隔等排點參數。在第一項目標方面，本研究對鐵路列車排點問題進行基礎分析及文獻回顧，建置一套符合臺鐵作業之鐵路列車自動排點模式，經實作後成功求解臺鐵局目前營運之真實班表，驗證此模式確有能力求解臺鐵全系統之真實班表。行車紀錄資料分析部分，本研究成功分析 CTC 與 ATP 行車紀錄，確認用於排點參數校估之可行性，分析中亦發現兩項行車紀錄資料，受限原系統設計，於校估排點參數值仍均有困難需突破。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
102 年 2 月	128	100	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 （解密條件： <input type="checkbox"/> 年 月 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密） <input checked="" type="checkbox"/> 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS  
INSTITUTE OF TRANSPORTATION  
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: A Study on Train Scheduling and Locomotive Event Records Analysis for the Taiwan Railway Administration System			
ISBN(OR ISSN) <b>978-986-03-6670-9</b> (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER <b>1010200783</b>	IOT SERIAL NUMBER <b>102-90-2165</b>	PROJECT NUMBER <b>101-EDB003</b>
DIVISION: Engineering Division DIVISION DIRECTOR: I-Chang Chen PRINCIPAL INVESTIGATOR: I-Chang Chen PROJECT STAFF: Shu-Keng Hsu , Hsiu-Hao Hsu PHONE: 886-2-23496823 FAX: 886-2-25450427			PROJECT PERIOD FROM February 2012 TO November 2012
RESEARCH AGENCY: NCKU Research & Development Foundation PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yusin Lee PROJECT STAFF: Chuen-Yih Chen, Dung-Ying Lin, Wei-Hsun Lee, Cheng-Tao Yang ADDRESS: 1 University Road, Tainan, Taiwan 701 PHONE: 886-6-2757575			
KEY WORDS: Railway, Automated scheduling, Locomotive event record, timetabling parameters			
ABSTRACT:  <p>The two major goals of this research are to develop a mathematical method to solve the railway timetabling problem, and to analyze real ATP and CTC locomotive event records aiming to calibrate important parameters used for timetabling, such as the minimum traveling time for trains between stations, and minimum headway between consecutive trains. For the first goal, in this study we performed basic analysis for the timetabling problem, and reviewed published timetabling models seen in the literature. The model and solution algorithm is described and implemented. Test results using real data from Taiwan Railways Administration confirmed the model is able to solve full-scale, systemwide timetable. Future application of this model is also discussed. Analyzing CTC and ATP data revealed a trove of real data. We confirmed that these data are useful in calibrating timetabling parameters. However, in-depth analysis also identified obstacles that need to be overcome before these data can be used to perform these calibrating.</p>			
DATE OF PUBLICATION February 2013	NUMBER OF PAGES <b>128</b>	PRICE NT 100	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			



## 目錄

第一章 緒論 .....	1
1.1 研究緣起 .....	1
1.2 研究目的 .....	1
1.3 研究範圍 .....	1
1.4 研究流程與步驟 .....	2
1.5 主要研究內容 .....	2
第二章 列車排點概述 .....	3
2.1 列車排點作業之重要性 .....	3
2.2 廣義列車排點問題 .....	4
2.3 動力車輛與牽引種別 .....	8
2.4 軌道電路與進路 .....	8
2.5 列車時隔與號誌 .....	11
2.6 排點時隔與緩衝時間 .....	11
2.7 基準運轉時分與寬裕量 .....	13
2.8 資料模型與資料庫 .....	14
2.9 班表偏異與列車衝突 .....	15
第三章 列車自動排點核心技術 .....	19
3.1 概說 .....	19
3.2 排點技術文獻回顧 .....	19
3.3 相關課題文獻回顧 .....	21
3.4 股道分配模式 .....	22
3.5 列車行點模式 .....	23
3.6 啓發式解法 .....	26
第四章 列車排點系統之實作 .....	29
4.1 數學模式之實用化 .....	29
4.2 資訊支援 .....	30
4.3 與臺鐵局排點系統之介接 .....	31
4.4 實例 .....	31
第五章 列車排點模式之應用 .....	33

5.1 班表排定與改點 .....	33
5.2 安插臨時列次 .....	34
5.3 班表偏異之自動偵測與排除 .....	34
5.4 班表之穩定化 .....	35
5.5 擾動管理與中斷管理 .....	36
5.6 政策評估 .....	36
第六章 CTC 列車運行資料分析 .....	39
6.1 CTC 原始資料 .....	39
6.2 CTC 資料分析 .....	44
第七章 ATP 列車運行資料分析 .....	47
7.1 ATP 系統概說 .....	47
7.2 行車速率曲線紀錄之分析 .....	48
第八章 排點參數校估 .....	51
8.1 校估基準運轉時分之重要性 .....	51
8.2 基準運轉時分之推估 .....	52
8.3 以行車紀錄校估基準運轉時分 .....	53
8.4 時隔之校估 .....	57
8.5 以行車紀錄校估時隔 .....	59
8.6 小結 .....	61
第九章 結論與建議 .....	63
9.1 結論 .....	63
9.2 建議 .....	63
參考文獻	
附錄 1 期中審查意見處理情形	
附錄 2 期末審查意見處理情形	
附錄 3 臺鐵各車站編碼	
附錄 4 臺北三義班表案例時刻表	
附錄 5 期末簡報	

## 圖目錄

圖 2-1 TMU1000 型列車.....	4
圖 2-2 機班工作班運轉時刻表示意圖 .....	7
圖 2-3 列車編組運用表示意圖 .....	7
圖 2-4 運行圖示意圖.....	8
圖 2-5 軌道電路示意圖（無列車占用狀態） .....	9
圖 2-6 軌道電路示意圖（有列車占用狀態） .....	9
圖 2-7 四腳亭站股道佈置圖.....	10
圖 2-8 四腳亭站號誌聯動圖表.....	10
圖 2-9 以車站線爲基準之時隔示意圖 .....	12
圖 2-10 第二類衝突示意圖.....	17
圖 3-1 列車排點模式啓發式解法流程圖 .....	27
圖 4-1 排點實例：臺鐵西幹線臺北至三義運行圖 .....	31
圖 4-2 排點實例：臺鐵全線班表，西線運行圖 .....	32
圖 4-3 排點實例：臺鐵全線班表，東線運行圖 .....	32
圖 6-1 101 年 4 月 1 日 174 次自強號 CTC 紀錄運行圖 .....	40
圖 6-2 101 年 4 月 1 日 174 次自強號 CTC 紀錄運行圖（苗栗=竹南） .....	41
圖 6-3 101 年 4 月 1 日 174 次自強號 CTC 紀錄運行圖（臺南=保安） .....	41
圖 6-4 101 年 4 月 1 日 106 次自強號 CTC 運行圖（田中=二水） .....	42
圖 6-5 101 年 4 月 1 日 204 次自強號 CTC 運行圖（山里=臺東） .....	42
圖 6-6 101 年 4 月 2 日 146 次自強號 CTC 運行圖（竹南=談文） .....	42
圖 6-7 101 年 4 月 2 日 172 次自強號 CTC 運行圖（蘇澳新=冬山） .....	42
圖 6-8 101 年 4 月 3 日 508 次自強號 CTC 運行圖（汐止以下無資料） .....	43
圖 6-9 101 年 4 月 13 日 2364 次區間車 CTC 運行圖（田中=林內） .....	43
圖 6-10 101 年 4 月 19 日 144 次自強號 CTC 運行圖（湖口=新豐） .....	43
圖 6-11 101 年 4 月 20 日 503 次莒光號 CTC 運行圖（隆田=善化） .....	43
圖 6-12 101 年 4 月 30 日 176 次自強號 CTC 運行圖（鳳山=九曲堂） .....	44
圖 6-13 社頭站軌道佈置圖.....	45
圖 7-1 ATP 車速表例.....	47
圖 7-2 101 年 1 月 1 日 3141 次區間車 ATP 運行圖 .....	49

圖 8-1 寬裕時間示意圖.....	52
圖 8-2 EMU600 型機車牽引力曲線圖.....	52
圖 8-3 莒光號編組運用例.....	57
圖 8-4 EMU 編組運用例.....	58
圖 9-1 自動化營運管理系統相關模組功能架構示意圖 .....	64

## 表目錄

表 2-1 廣義排點作業工作內容.....	8
表 6-1 CTC 原始資料統計 .....	40
表 7-1 第 3141 次區間車預定運行班表 .....	48
表 7-2 第 3141 次 區間車 ATP 記錄運行班表 .....	49
表 8-1 行車紀錄運轉時分統計(PP).....	54
表 8-2 行車紀錄運轉時分統計(TEMU1000) .....	55
表 8-3 行車紀錄運轉時分統計(EMU) .....	55
表 8-4 臺鐵系統車型車種統計表 .....	58
表 8-5 行車紀錄時隔統計 .....	59



# 第一章 緒論

## 1.1 研究緣起

列車排點作業為車輛運用、乘務人員運用、運轉整理及列車調度計畫的基礎，亦為營運規劃作業最核心的工作之一。本所自 93 開始進行一系列軌道容量分析相關研究，針對臺鐵現況資料進行蒐集。在排班部分亦於 95 年完成「臺鐵車輛排程最適化之研究」透過列車排班基本觀念的建立、文獻的回顧，以及臺鐵現行列車排點作業現況的瞭解，來釐清臺鐵列車排點的問題。再考量現有鐵路設施與路線營運之限制條件，已建立初步之最適化排班模式。民國 100 年進行之「鐵路列車排程參數蒐整建置及架構分析之研究」<sup>[1]</sup>及「臺鐵包車營運需求下列車班表之研究」<sup>[2]</sup>，前者蒐整臺鐵列車排點所需之相關參數並以資料庫方式建置，用以提供產官學研各界於後續發展求解演算法及自動排點模式之用，後者針對臺鐵包車營運型態探討列車班表調整模式。本研究接續針對列車自動排點模式進行研究分析，進一步探討落實於鐵路列車排程工作之應用。

鐵路營運之中央行車控制 (Centralized Traffic Control, CTC)及列車自動防護系統(Automatic Train Protection , ATP)，其功能分別為控制列車運行及監督軌道狀況及列車速度，所記錄資料可顯示列車於現行班表下真實運行之狀況，本研究嘗試分析 ATP、CTC 所記錄之列車運行資料，應用於進行排點參數校估及班表績效評估，將有助排點模式建立並驗證排定班表之穩定度。

## 1.2 研究目的

本研究目的在發展鐵路列車自動化排點模式，並分析鐵路列車運行資料 ( CTC 及 ATP)於排點作業之應用，並以未來能夠作為臺鐵實務使用為目標。因此，除發展自動化排點模式求解列車班表外，本研究並將依據過去發展自動排點軟體系統以及實際使用之經驗，使解得班表具有足供實務使用之品質，朝軟體系統發展方向設定相關週邊條件。在鐵路列車運行資料( CTC 及 ATP)之分析上，亦以未來真正上線使用為目的，深入研究鐵路列車運行資料之分析如何支援應用於自動排點系統求解。

## 1.3 研究範圍

本研究之列車排點自動化係以臺鐵系統為範圍。臺鐵局多年來致力於列車排

點之自動化，但由於系統本身之複雜性與獨特性，以及相關核心技術、軟硬體技術之發展耗時，至今仍未能使排點作業達到高度自動化。本研究將以臺鐵需求為導向，發展具備全自動求解列車班表之核心技術。使臺鐵局除了將能夠以本技術發展實務使用之決策輔助軟體，對排點業務提供直接助益，並能在決策輔助軟體發展與應用過程中累積經驗，對未來完整營運管理系統發展具有重大影響。

除了作為臺鐵營運管理系統之重要核心技術外，自動化排點模式並可應用於其他重要營運工作，如結合全班表運轉模擬，並結合 UIC406 文件[3]所揭示之路線容量評估方法，進行班表評估比較，可作為政策評估重要輔助。

## 1.4 研究流程與步驟

本研究以列車排點模式與運轉參數為主軸。而此二者密切相關，但所需之工作內容性質全然不同。為此，研究進行時採分頭並進之方式。在列車排點模式方面，國內外累積之學理探討較多，因此本研究由排點作業概述開始，進而整理、發展排點工作自動化之技術。在實作上，本研究除了在第四章探討由學理進而實作時所需要面對之課題外，並彙整過去之成果，修改補強成為一具有真實排點能力之軟體系統，驗證此方面學理在實務上之應用能力。最後，再於第五章討論此類系統在實務應用上之價值。

在運轉參數方面，本研究依據研究範疇之設定，首先在臺鐵局之協助與配合下取得 CTC 與 ATP 真實紀錄，再對二者進行數值上之分析並予以比較其在本研究目的上應用之適用程度。依據比較結果本研究選定 ATP 紀錄作為分析真實站間運轉時分，以及真實進出站時隔之用。

## 1.5 主要研究內容

本研究主要研究內容可區分為四方面。1.本研究整合過去相關成果，確實驗證自動排點技術在實務上之可行性。2.本研究明確釐清班表偏異與列車衝突之區分、對班表偏異作根本上之分類、並深入分析基準運轉時分與寬裕量之關係，以及時隔與緩衝時間之關係。3.本研究分析 CTC 與 ATP 真實紀錄，並配合刻正進行中之「鐵路系統設施基本資料庫建置之擴充」案（MOTC-IOT-101-EDB001），用以校估臺鐵局排點使用之參數。本研究亦驗證了這些真實紀錄可以提供實務單位重要資訊。4.本研究以前三項成果為基礎，具體勾勒我國鐵路領域未來亟待發展，且有能力發展之方向與項目。



## 第二章 列車排點概述

### 2.1 列車排點作業之重要性

鐵路系統為規模龐大、高沈沒成本、高變動成本、高度複雜性以及高精密性之系統。在運轉上必須有精準之規劃作業方能達到高安全性、高可靠度、且高效率之要求。這個龐大的系統所需要的規劃作業相當的複雜而多樣，其中列車排點為營運作業之核心，決定了該鐵路系統所提供的服務項目與內容。排點作業的產出為營運時所依循的班表。這是旅客選擇服務的清單，而整個鐵路系統大部份的資源與部門，亦多以班表為最主要的工作指導原則，列車班表主導鐵路系統之資源分配。

鐵路列車排點作業因其重要性，吸引學者與業界注意，亦致力於相關核心技術與商用軟體發展。然至目前為止仍未有軟體達到理想之排點能力。例如稍早發表之 MOM[4]需要大量人工介入，而 2011 年發表之 SIMRAIL 系統[5]，亦僅能以系統模擬方式評估班表，無法利用有系統之數學方法解得大規模之班表。主要原因是排點相關核心技術之缺乏，導致商用套裝軟體僅能以較簡易之方法輔助排點人員完成其任務。然而詳查過去狀況，可以發現鐵路列車排點相關核心技術雖尚未完全成熟，但在最近十餘年已出現快速發展。

臺鐵局在列車排點作業自動化之努力始於民國 81 年 7 月完成列車排點電腦化系統，由電腦提供基本查詢及輸出功能。復於民國 91 年 8 月完成列車排點系統更新案，以 Windows 為主要作業系統。後於民國 92 年底完成列車排點系統擴充案，再次提升其功能。至此，臺鐵局排點工作之基本資料查詢、報表輸出、運行圖輸出等功能已見規模，並對排點人員提供實質上之幫助。其後，臺鐵局朝向難度更高的排點自動化、決策輔助功能發展。民國 97 年 2 月之電腦排點系統短期改善案增加了更多的資料查詢、跨平台拋轉等功能外。後續於民國 99 年 11 月完成之電腦排點系統功能提升案進一步強化了使用者介面、班表管理、時點管理等功能。這些長期的努力與大量經費投注獲得了一定的成果，然而在排點作業之最佳化與自動化方面並無具體進展。

臺鐵局之鐵路系統已有 125 年以上之營運歷史。早期建立之軌道系統並不全然適合現今之需求與廿一世紀之科技。複雜而缺乏適當彈性之法令、外界的非技術性干擾、難以調整之組織編制、以及早已成形之組織文化對臺鐵系統之現代化形成了很大的挑戰。然而同時外界對臺鐵系統之需求與期待，不論在質與量均與日俱增。這些內外因素使得臺鐵局對排點作業自動化與最佳化之需求日益迫切。再者，臺鐵系統若在未來考慮車路分離之經營模式，則具備完整之自動排點能力更為先決條件[6]，以便當鐵路擁有者需要在各車輛公司提出之車次需求有所衝

突時，能有適當之軟體工具以作最佳之衝突管理[7]。

在可見的未來，臺鐵局必須積極發展自動化的排點系統，方能因應外界日益殷切的期待。而本研究之成果亦適足以支持此一發展。在核心技術趨近實用的現今，可謂是臺鐵系統發展自動排點系統之最佳時機。

## 2.2 廣義列車排點問題

傳統上學者將鐵路系統之決策作業分為企劃(strategic)、規劃(tactical)、與營運(operational)三個階段[8]。臺鐵系統亦大致以類似之方式為之，但其作業內容更為精細。而排點作業相關流程則橫跨了前二個階段。鐵路運輸之目的在服務社會上的運輸需求，因此廣義的排點作業亦始於決定運輸需求之後，而其成果則為可供旅客搭車選搭之班表，以及供營運使用之精密營運計畫。

在排點工作上上述各階段中，均應同時一併考慮隨車乘務人員以及車輛編組等各種資源之限制因素，方能達到高效率運轉之目標。例如在研擬營運策略時應考慮各型車輛編組之特性、在研擬服務計畫與理想班表時應考慮可用的車輛（列車長）與機班（司機員）人力，以及可用的車輛數量。而在排定運轉計畫時更應詳細考慮到乘務人員的工作班編排，以及車輛運用計畫。

在排點作業之初，規劃單位依據運輸需求以及可用之人員、車輛、軌道等資源擬定「營運策略」，以訂定該鐵路系統提供服務之型態。主要內容包括：

### 1.車輛運用區間

在系統所擁有的各型車隊所服務的區間。例如臺鐵以 TMU1000 型傾斜式列車服務彎道多、半徑小的樹調至花蓮區間，以及以 DMU2800、DMU2900、DMU3000、DMU3100 各型柴聯車提供非電化區間的自強號服務等。



圖 2-1 TMU1000 型列車

## 2.服務模式

決定如何以有限的資源提供各種服務的定位及其運轉模式。例如在捷運化的政策下，臺鐵系統在西線以大部份的資源提供各通勤區間內之通勤服務，例如基隆至新竹之間，或嘉義至高雄之間等等。此一服務模式定位在提供中距離的通勤服務。在東線則將較多之資源用於城際運輸的服務，定位在提供東部與西部間的運輸往來，以及花東縱谷的南北交通往返。而西部亦提供城際運輸服務，定位在彌補高鐵系統設站區位之缺失，並有部份與高鐵競爭之效果。

此外，近年在各都會區大量增設「通勤車站」。這些車站之站間距過小，對臺鐵系統之運轉造成極大之障礙。技術上可行之服務模式為部份區間車不停靠運輸需求過小之車站，亦即「區間快車」之服務模式。

是否採行平日班表與假日班表，亦在本階段考量決定之。

## 3.停站模式

除了停靠沿途所有車站之車次外，其餘各型服務均需要決定其停靠站設定原則。以城際運行的自強號列車為例，在此需要決定是否所有此類列車均停靠相同的車站。若是，則需要進一步決定是哪些車站。若否，則需要決定有哪些車站是需要停靠所有自強號列車，哪些車站停靠部份自強號列車，以及選站的原則。以定位在通勤旅次服務之區間快車，亦需要類似之決策。

依據營運策略，即可進一步形成「服務計畫」。主要內容在考量系統運輸能力與需求，擬定營運時各服務車種在尖峰、離峰、假日等不同時段與不同行駛區間之服務供應量、服務路段、偏好之發車時間以及各種服務預計使用的車輛型式。在此階段需要考慮路線容量、可用機班人員、可用車班人員、可用車輛等資

源限制因素。若為對號列車，則需進一步考慮配位之問題。然而由於本階段尚未排定精準之班表，因此資源限制因素之考量較為巨觀，亦即以統計量估計未來上線運轉時所可能需要之各種資源是否在可負荷的範圍內，同時亦需估計各種資源之裕度。

在完成服務計畫之後，即可據以研擬「理想班表」，亦即依據服務計畫給定單日之內每班車之服務車種、牽引力、服務路段、預計停站模式及理想發車時間之後，假定列車在每個區間皆使用最低的運準時分與停留時間，據以推算各列車在各車站之到開時分。如此得到為最有效運轉且最符合規劃偏好之理想班表。然而由於未考慮各列車間之互制行為，因此理想班表中不可避免將含有衝突。同時，雖然在前一階段擬定服務計畫時即已大略考慮人員、車輛等資源限制，但理想班表之研擬過程中仍未詳盡考慮之。

利用理想班表，在詳細考慮所有資源之運用後可得到「運轉計畫」。所考慮之資源運用以人、車、路為主。所考慮之主要人力資源為機班與車班兩類隨車人員之工作班，如圖 2-2 所示例。主要車輛資源考量則為各車輛編組之運用計畫，如圖 2-3 所示例。而主要路線資源運用考量則為班表。這些資源之考量均極為重要，而其中與本研究直接相關者為列車排點，其中又以衝突之排除為最重要之課題。因此本報告將以排點相關課題為論述重點，其他各項考量則闡述於後續研究相關內容中。

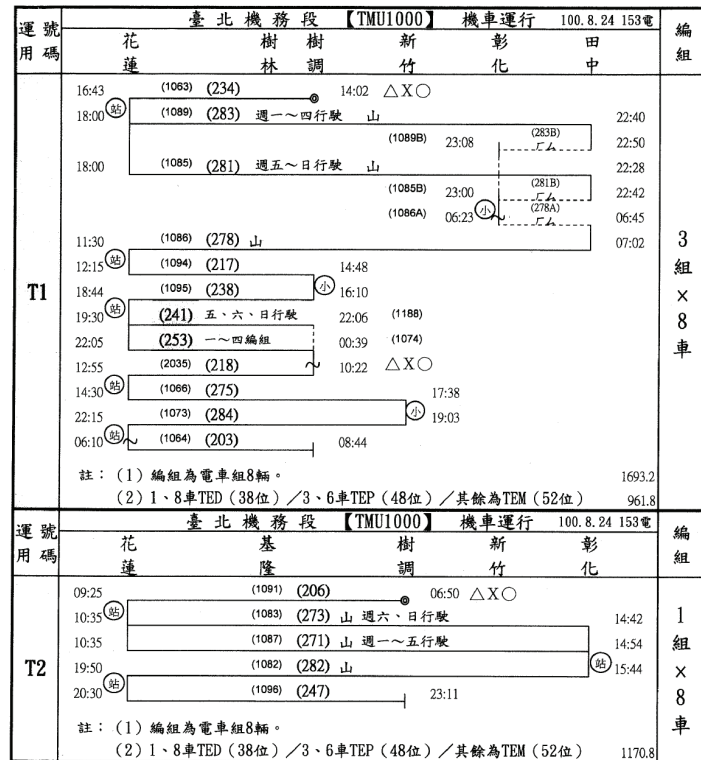
由理想班表出發，排除其中所有衝突之階段即為一般較狹義之排點作業。而所得之成果即為運轉計畫。此為資訊完整版之班表，同時具備描述時間與空間的能力。除了各車次在各站點之到開時分，還能夠精確描述各車次運行時所使用之股道，以及占用與釋放各軌道電路之時分。由於運轉計畫內容相當詳細，因此提供給旅客乃至於相關營運單位使用時，常依需求摘取適當之資訊項目。例如供旅客查詢時常僅列出始發站與停靠站之離站時分，以及終點站之到站時分，而略去其他資訊。若是提供予調度員之資訊，則應包含各車次在各車站所分配之股道，以利調度員瞭解運轉計畫之確實內容，便於配合作業。表 2-1 整理本小節所論述之廣義與狹排點作業之內容、考慮因素、與成果內容。

每份班表都可用運行圖來顯示各列車在時空中之移動軌跡，例如圖 2-4 所示意。依臺鐵習慣，運行圖之座標橫軸為時間、縱軸為空間描述沿途所經過的各個車站。圖中每條斜線都代表一班車次，因此從運行圖上清晰可見班表內各班車之時空軌跡。

運轉時刻表									
台北機務段 使用：97.5.15 校對：4/17.101電 第201工作班					台北機務段 使用：97.5.15 校對：4/17.101電 第201工作班				
牽引別	下行	車站名	上行	牽引別	牽引別	下行	車站名	上行	牽引別
自強號	1054	DMU速	1053	自強號	DMU速	1053	11	自強號	DMU速
通過時刻	到開時刻	到開時刻	通過時刻	通過時刻	到開時刻	到開時刻	通過時刻	通過時刻	通過時刻
---	15:50.0	八堵	7:41.0	---	---	---	龜山	---	15:08.0
---	54.5	七堵	38.0	8:20.0	---	---	外澳	---	15:05.5
---	57.0	百福	35.0	8:22.5	---	---	頭城	15:02.0	15:01.0
16:00.0	---	五堵	32.0	8:25.0	---	---	頂埔	14:58.5	---
---	16:01.5	汐止	30.5	8:26.5	---	---	礁溪	14:54.5	14:53.5
---	---	汐科	28.0	8:29.0	---	---	四城	14:49.5	---
---	---	南港	23.5	8:32.0	8:35.5	8:37.5	宜蘭	14:46.0	14:44.5
---	12.0	松山	19.0	---	---	---	二結	14:39.5	---
---	14.0	台北	10.0	8:43.5	---	---	中里	14:38.5	---
---	21.0	萬華	06.0	8:44.5	8:47.0	8:49.0	羅東	14:36.0	14:34.5
---	25.0	板橋	54.0	---	---	---	冬山	14:31.0	---
---	29.0	樹林	47.0	8:53.5	---	---	新馬	14:27.5	---
---	30.0	樹調	45.0	8:56.5	---	---	蘇澳新	14:25.0	14:24.0
---	36.5	---	6:40.0	8:58.5	---	---	蘇澳	14:20.0	---
---	38.0	---	---	---	---	---	永樂	14:16.0	---
---	44.0	---	---	---	---	---	東澳	14:10.5	---
---	54.0	---	---	---	---	---	南澳	14:08.0	---
16:59.0	---	---	---	---	---	---	武塔	14:00.0	---
---	---	---	---	---	---	---	漢本	13:57.0	---
自強號	1053	八堵	15:51.0	15:50.0	---	---	和平	13:52.5	---
DMU速	---	暖暖	15:47.5	---	---	---	和仁	13:46.0	---
---	7:41.0	四腳亭	15:45.5	---	---	---	崇德	13:42.5	---
---	7:43.0	瑞芳	15:41.0	15:39.5	---	---	新城	13:39.0	---
---	7:45.0	侯硐	15:35.5	---	---	---	景美	13:35.0	---
---	7:49.0	三貂嶺	15:33.0	---	---	---	北埔	13:30.0	13:24.0
---	7:53.5	牡丹	15:29.0	---	---	---	花蓮	13:24.0	13:24.0
---	7:56.0	雙溪	15:25.5	---	---	---	---	---	---
---	7:59.0	貢寮	15:21.5	---	---	---	---	---	---
---	8:02.0	福隆	15:19.0	---	---	---	---	---	---
---	8:06.0	石城	15:15.5	---	---	---	---	---	---
---	8:08.5	大里	15:13.5	---	---	---	---	---	---
---	8:12.0	大溪	15:11.0	---	---	---	---	---	---
---	8:14.0	龜山	15:08.0	---	---	---	---	---	---
---	8:17.0	---	---	---	---	---	---	---	---
---	8:20.0	---	---	---	---	---	---	---	---
行控中心:TEL:0800-800333 路警局TEL:0800-880850									

資料來源：[9]

圖 2-2 機班工作班運轉時刻表示意圖



TEMU自強號使用組(輛)數(8輛1組)					
基地	總組數 (輛數)	平日		假日	
		組(輛)數	使用率	組(輛)數	使用率
臺北機務段	6 組	4 組	67%	5 組	83%
	48 輛	32 輛		40 輛	

資料來源：[9]

圖 2-3 列車編組運用表示意圖

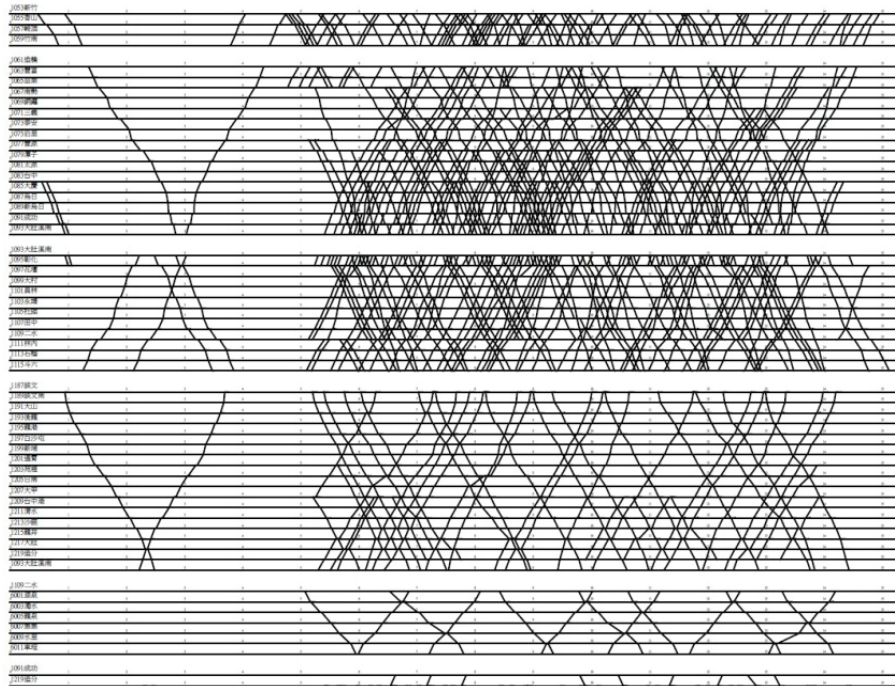




表 2-1 廣義排點作業工作內容

決策階段	排點階段	考慮因素	成果內容
企劃	營運策略	<ul style="list-style-type: none"> <li>車隊特性、路線特性、需求型態、企業目標、社會責任</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>營運區間之劃分</li> <li>車輛運用區間</li> <li>服務模式</li> <li>停站模式</li> </ul>
	服務計畫	<ul style="list-style-type: none"> <li>系統運輸能力</li> <li>運輸需求</li> <li>可用人力</li> <li>可用車隊</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各種時段、各營運區間之服務供應量</li> <li>車輛型式規劃</li> </ul>
	理想班表	<ul style="list-style-type: none"> <li>牽引力</li> <li>停站需求</li> <li>可用人力</li> <li>可用車隊</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>含有衝突之班表</li> </ul>
規劃	運轉計畫*	<ul style="list-style-type: none"> <li>股道分配</li> <li>衝突排除</li> <li>人力運用</li> <li>車輛運用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>詳細資訊之班表</li> <li>所有車次在所有車站之股道分配</li> <li>所有軌道電路之占用與釋放時分</li> </ul>

\*註：此階段為狹義之排點，亦為本研究之主要範圍。

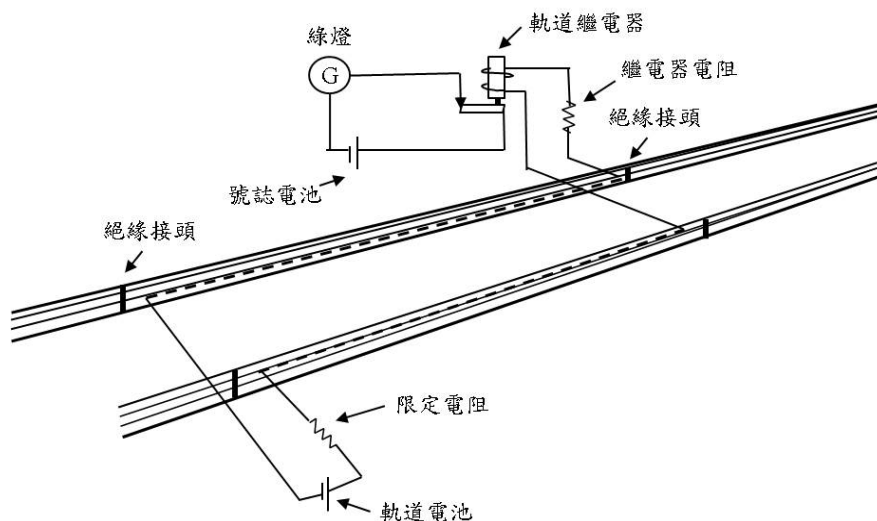
## 2.3 動力車輛與牽引種別

臺鐵所擁有之動力車輛型式繁多，各有不同之速率出力關係曲線、最大出力、運轉阻力等動力條件。以臺鐵局之習慣，於排點時則依運轉速率之不同區分為各種「牽引種別」。動力條件相類似之不同型式動力車輛可歸於同一牽引種別，而同一種車型牽引不同噸數時，亦可作為不同之牽引種別。前者例如 DMU2800、DMU2900、DMU3000、DMU3100 四型不同的柴聯車均歸於 DMU 牽引種別，而後者如以柴電機車牽引之莒光號列車，依掛載 5 輛車或 8 輛車區分為客甲 A 與客甲 B 兩種牽引種別。

## 2.4 軌道電路與進路

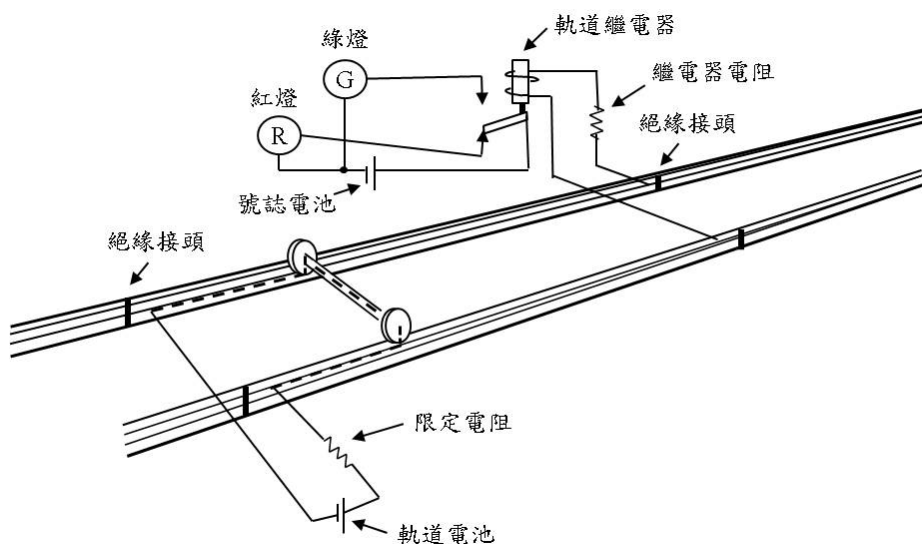
軌道由軌道電路(track circuit)所構成。軌道電路具有悠久的歷史，其主要功能在偵測範圍內是否有列車存在。軌道電路基本構造是由一段鋼軌所構成之電路，其中一端軌條連接軌道繼電器，另一端軌條則連接電阻與直流電源，如圖 2-5 所示意。該圖顯示當一個軌道電路內無列車占用之狀態。此時電流由電源之

正極流經軌道繼電器再流回負極，過程中使繼電器激磁，接點上吸而顯示無列車之綠色燈號。軌道電路中如有列車占用，電流將會如圖 2-6 所示由正極流經列車輪軸再流回負極，因而形成短路使繼電器斷磁，致使接點落下而在號誌顯示紅色燈號。若遇斷軌，仍會因為斷路使得繼電器斷磁，而顯示紅色燈號，藉此保障行車安全。圖 2-7 所示為四腳亭站之股道佈置圖，其中可見各軌道電路之設置位置。



資料來源：<sup>[10]</sup>

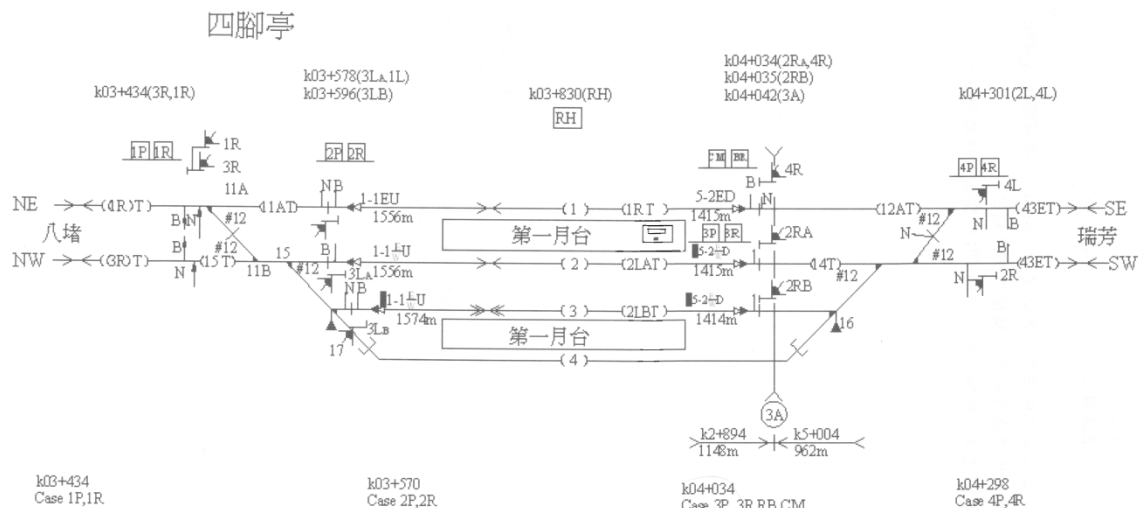
圖 2-5 軌道電路示意圖（無列車占用狀態）



資料來源：<sup>[10]</sup>

圖 2-6 軌道電路示意圖（有列車占用狀態）





資料來源：[11]

圖 2-7 四腳亭站股道佈置圖

在此一階層之上則為「進路」。以資料模型之角度觀之，進路為軌道電路所成之有序集合；在功能上則為列車進入或離開車站之路徑。依其行進方向，進路可分進站進路與出發進路兩類，前者為列車由站外進入車站之用，而後者則為列車由車站駛出時之用。圖 2-8 為四腳亭站號誌聯動圖表。

四腳亭進路圖表							
名稱	進路	號次	顯示號誌	查核及鎖錠	號誌控制	進路鎖錠	接近或保留鎖錠
進站 號誌	NE→1		A G Y R 11	1L 4L-A	11AT 1RT	11AT	(1R)T 23ET 20ET 19ET 13ET
	NE→2	1R	B YF R ⑪ 15	3LA 4L-B 2LA	11AT 1ST 2LAT	11AT 1ST	8ET 5ET (11)T
	NE→3	C	YF R ⑪ 15 [17]	3LB 4L-C 2LB	11AT 1ST 2LBT	11AT 1ST	90"
	NW→2	3R	A G Y R 11 15	3LA 4L-B 2LA	15T 2LAT	15T	(3)RT 23WT 20WT 19WT 13WT 8WT
	NW→3	B	YF R 11 ⑮ [17]	3LB 4L-C 2LB	15T 2LBT	15T	5WT (3)T 90"
出發 號誌	1→NE	1L	E G Y R 11	1R	11AT (1R)T 20ET 23ET	11AT	60"
	2→NW	3LA	W G Y R 15 11	3R	15T (3R)T 20WT 23WT	15T	
	2→NE	E	YF R 15 ⑪	1R	15T 11AT (1R)T 20ET 23ET	15T 11AT	
	3→NW	3LB	W G Y R [17] ⑮ 11	3R	15T (3R)T 20WT 23WT	15T	
	3→NE	E	G Y R [17] ⑮ ⑪	1R	15T 11AT (1R)T 20ET 23ET	15T 11AT	
進站 號誌	SE→1		A G Y R 12	4R 1R-A	12AT 1RT	12AT	43ET 50ET 54ET 60ET 66ET
	SE→2	4L	B YF R ⑫ 14	2RA 1R-B 3R-A	12AT 14T 2LAT	12AT 14T	71ET 90"
	SE→3	C	G Y R ⑫ ⑭ [16]	2RB 1R-C 3R-B	12AT 14T 2LBT	12AT 14T	
	SE→2	2L	A G Y R 12 14	2RA 1R-B 3R-A	14T 2LAT	14T	43WT 50WT 54WT 60WT 66WT
	SE→3	B	YF R 12 ⑭ [16]	2RB 1R-C 3R-B	14T 2LBT	14T	71EWT 90"
出發 號誌	1→SE	4R	E G Y R 12	4L	12AT 43ET 50ET	12AT	60"
	2→SW	2RA	W G Y R 14 12	2L	14T 43WT 50WT	14T	
	2→SE	E	YF R 14 ⑫	4L	14T 12AT 43ET 50ET	14T 12AT	
	3→SW	2RB	W G Y R [16] ⑭ 12	2L	14T 43WT 50WT	14T	
	3→SE	E	G Y R [16] ⑭ ⑫	4L	14T 12AT 43ET 50ET	14T 152AT	

資料來源：[11]

圖 2-8 四腳亭站號誌聯動圖表

## 2.5 列車時隔與號誌

列車運轉時受到號誌之節制。在臺鐵系統中，最主要之行車管制號誌系統為 CTC。該系統以軌道電路為最小單元，在前後列車之間維持一定之最小距離以達到安全之目的。

列車運行時，能夠安全進入前方軌道電路之最重要條件是該軌道電路必須為淨空狀態，亦即前方軌道電路不得有另一列車占用。另一條件是，若在列車現行位置與前方軌道電路之間有道岔存在，則該道岔必須開通在適當之位置。

司機員控制列車運行在進入每一軌道電路時，必須要確定上述二大條件均成立，方可將列車駛入該軌道電路。然而如此做在實務上有其困難。為了維持安全，司機員必須在抵達任一軌道電路之前，緊軔距離（亦即列車開始實施緊軔至停車所需之行走距離[11]）外即預先確定是否能正常進入該軌道電路，以利在不正常狀況下仍能安全停車而不致冒進到不得進入之軌道電路中。然而列車之緊軔距離甚長，通常若車速在時速 25 公里以上，司機員即無法目視緊軔停車距離之外的道岔狀態，也無法目視該軌道電路是否確實淨空[12]。因此需要由號誌系統利用燈號告知司機員前方是安全、險阻、注意、或限速通過等狀態。

為達到上述安全要求，號誌系統在進入或離開車站時，前後車次之間存在有一必須保持的一定最小時間間隔，稱為時隔。臺鐵的自動閉塞控制系統係在空間上區隔前後兩列車，亦即原則上號誌機以紅燈管制有列車占用之閉塞區間禁止其他列車進入、以黃燈管制其後方之閉塞區間、而再後方之閉塞區間則為綠燈允許後續列車進入。因此基本上前後列車之時隔受到前方列車之運行速率以及號誌機變換燈號之反應時間之影響。若涉及道岔之轉動，則道岔之機械動作時間亦有些許影響。

更精準來說，在軌道上某一號誌機所在地之最小時隔，即為由某一列車通過該號誌機之時點起算，直至該號誌機回復綠燈允許下一列車通過，其間之最小時間。理論上鐵路系統中每一處號誌機均可探討其時隔，但在排點工作中，最主要者為列車進出車站之時隔，亦即進站時，車站之進站號誌機，以及離站時，車站外方不同股道匯合後第一支閉塞號誌機之時隔。

## 2.6 排點時隔與緩衝時間

雖然號誌系統維持行車安全之真正運作方式是在前後列車之間維持一定之距離，但在排點時較容易之方法是在班表上維持一定之時間間隔，或稱時隔 (headway)。嚴格來說兩者並不全然相同。

前後兩列車間之時隔為這兩列車最前端通過軌道上同一基準點的時間間距。在此一定義下，列車時隔依基準點位置之不同，又可分為在車站之時隔，與在站間之時隔兩類[12]。其中傳統上較廣為使用，亦為臺鐵排點工作中習慣使用

者為前者，亦即以車站作為量度時隔之基準點。此類時隔又可分為四型：「到-開」、「到-到」、「開-開」、與「開-到」。當排點作業以人工為主時，較方便之方法是以運行圖上代表車站之水平線作為衡量時隔之基準點，而非以某一號誌機或車站現地之某一點作為基準點，如圖 2-9 所示意。圖中所標示之各時隔，其下標前二碼以 a 代表「到」，以 d 代表「開」。而第三碼則為所在之車站。例如， $t_{ddB}$  代表兩列列車離開 B 站時，其離站時刻之間的時隔。

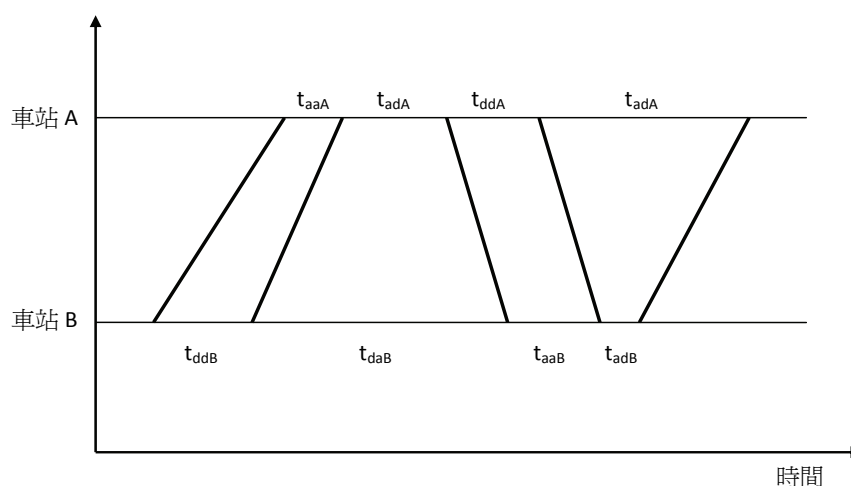


圖 2-9 以車站線為基準之時隔示意圖

人工排點作業常以運行圖作為工作環境，因此以運行圖中之車站線作為時隔基準點有其方便性。然而自動排點系統之求解方法與人工作業大不相同。自動排點系統在電腦中全自動求解班表，並無所謂工作環境可言。在此一系統中，所有列車運轉之時間設定均以各列車占用與釋放軌道電路為準，因此更佳的基準點選擇為位在車站兩端之進站號誌機。未來若全面採用自動排點作業，亦可研究是否需要設定在排點時，所有列車在所有絕緣接頭處均需給予一定之最小時隔。

所有前後列車間之時隔均有其規定之最小值，或稱為最小時隔。精準的時隔參數對排點具有關鍵的重要性：參數數值過小將使得車次無法依既定班表運轉，因而易於晚點。例如原本準點之列車，即有可能因為與前車過於接近，受到號誌之阻擋而產生晚點。而原本晚點之列車，亦有可能因為與後車之間在時間上過於接近，而使其晚點量易於傳播至後續之列車。在另一方面，排點所使用之時隔參數值過大則班表將在前後車次之間保持過大之間隔，降低軌道資源使用之效率。

而實務上在排點時，多會在此一最小值之上再給予更多之時間量。此一多餘之時間量即為緩衝時間(buffer time)。列車在運行時不可避免受到內在或外在因素之影響而產生微小之隨機擾動，產生運轉時間偏差。因此班表中留有適當之緩衝時間以吸收這些偏差量，可以達到減少晚點量由一列車傳播到另一列車之效果 [10, 12]。

## 2.7 基準運轉時分與寬裕量

基準運轉時分爲各種車輛通過某一路段所需之最小運轉時間長度。此項資料反映各該型車輛之機械性能。臺鐵作業習慣上，基準運轉時分之量度常以相鄰兩車站之間爲最小單位，亦即在 A 站與相鄰的 B 站之間，某種牽引種別之列車在兩個運行方向各需要的最小時分。由於列車由停站之靜止狀態起步，以及由行駛狀態減速停站均會產生時間損失，因此在習慣上以「通」代表在該車站通過而不停車；以「停」代表停站，將此基準運轉時分區分爲「通-通」、「通-停」、「停-通」、與「停-停」四型。

兩端車站是否停車，對列車在站間路段之運轉時間可能有相當複雜之影響。若站間路段較長，則列車在兩端車站停車與否之影響可獨立計算，亦即與「通-通」之運轉時分相較，若爲「停-通」則應加上在前站之起步時間損失、若爲「通-停」則應加上在後站之起步時間損失等等。例如，隆田站至其南方相鄰的拔林站之間距離約 2.2 公里，EMU600 電聯車之最高速限爲時速 110 公里。然而由於站間距不長，列車由隆田向南往拔林行駛時僅能達到約時速 96 公里即需要開始準備減速進站。在另一方面，若南下列車不停靠隆田站，而由北方之林鳳營站向南直接行駛至拔林站，則其總距離約爲 7.7 公里，列車可輕易在通過隆田站之前達到最高速率，因而縮短了隆田至拔林間之運轉時分。

當車站更爲密集時，上述現象將更爲複雜。例如未來高雄鐵路地下化工程完工之後，由新左營站經高雄站至鳳山站之間將佈設高達十座車站，而車站間之平均距離僅約爲 1.5 公里。此時列車在兩站間運轉所需要之時間可能不僅受到前後兩車站是否停車之影響；列車在某車站是否停靠，可能影響後續數個站間之運轉時分。同樣以臺鐵之 EMU600 型車輛爲例，該車由停車狀態起步，達到時速 110 公里之上限，再減速停車，其最小距離約爲 3.5 公里。對照高雄鐵路地下化工程之規劃，該工程完工後新設之民族站經過大順站到正義站，總距離僅約 3 公里。在這種狀況下，列車由大順站行駛到正義站所需之基準運轉時分除了與該車次在大順站與正義站是否停站有關之外，亦與是否在民族站停站有關。

若更詳細分析，列車在前後兩車站之間運行所需要之時間又受所使用股道之影響。此時依在前後車站使用之股道屬主正線或副正線，再考慮通過車站不停車時必使用主正線而非副正線，可將前述四種基準運轉時分再細分爲「通-通」、「通-停主」、「通-停副」、「停主-通」、「停副-通」、「停主-停主」、「停主-停副」、「停副-停主」與「停副-停副」總計九型，各又分兩個行車方向而有不同參數值。交通部運輸研究所於 100 年所完成之資料庫相關研究[1]即建議採用此種區分。在實務上此種方法過於複雜，且尚未不能完整代表所有真實狀況，因此實務應用仍以四型之分類爲宜。

以人工排點時，受限於人工處理資訊之能力以及計算能力，前述基準運轉時分之整理與運用方式有其便利性，且易於人工查表。然而其精準程度卻有所不足。第一，實際車站常有超過一條副正線，實務上列車進出、停車、起步所需之

時間各不相同。但若欲以此詳加區分，則一方面所需資料之量及精準度往往超過人工作業之處理能力，而大量各式不同之基準運轉時分又超過人力所能負荷之複雜程度。第二，兩車站間之距離較大時，常劃分為多個閉塞區間，以提列車續行而高運轉效率。精準的運轉計畫應包含所有列車占用以及釋放所有閉塞區間之表定時分，此亦為自動排點系統應該達到之理想。但欲達到此一目標，顯然前述區分為四型或九型之基準運轉時分均有所不足，而是應以軌道電路為單元，各自設定其基準運轉時分。

基準運轉時分為各列車在其機械性能限制下，運行於某一路段之最小時間長度。然而如前所述，列車在實際運行時不可避免將受到各種因素之隨機擾動，其實際運行之時間常與基準運轉時分有所偏差。因此於排點時，在某一路段之表定運轉時間常為基準運轉時分，再加上一段額外時間，稱為寬裕量(recovery time)<sup>[12]</sup>。執行班表時，寬裕量之作用在吸收隨機擾動所帶來之運轉時分延長，以減少列車晚點之發生。在排點作業上，基準運轉時分與寬裕量具有完全不同之基本性質：前者因受到機械性能之限制而無彈性，而後者則具有彈性，可由排點之作業人員或自動化之軟體依不同考量而決定其大小。現今臺鐵局之作業習慣常在機械性能之時間需求上，再加上長度不一之寬裕量而作為排點使用之基準運轉時分。以人工作業為主時，這種作法有其方便性。未來欲達到更精準之自動排點與運轉作業，兩者實應有所區隔。

## 2.8 資料模型與資料庫

本研究所謂資料模型，指將軌道、車輛、車次、規章、參數及其他排點相關資料，以數位型態整理於資訊系統中之方式。本自動排點系統所使用之主要資料模型可分為軌道模型、車輛模型、與車次模型三項。其中軌道模型主要分為軌道電路與進路兩階層，分別代表在排點時列車占用軌道之最小單元，以及各列車通過各車站所可能運行之方式。排點模式則在排定班表的同時亦決定所有列車通過所有車站時所使用之進路，亦等同於決定所分配之股道。就學理上而言，自動排點所需要之軌道模型只要有軌道電路以及進路即可。然為方便人員之操作，尚需許多其他附屬資料，例如車站名錄、股道編號與進路之對應關係等等。

在車輛模型方面，代表車輛之最主要特性為其牽引力，以基準運轉時分表現之。最後，排點系統利用理想班表，在排除所有衝突後可得到運轉計畫。而理想班表之內容即為欲排入運轉計畫中之車次。描述車次之模型即為車次模型。本研究設計之車次模型包含了各車次之編號（例如「1108 次」）、車種（例如「區間車」）、牽引種別（例如 EMU）、所行經之所有車站、在所有車站之任務（例如「通過」或「停靠」）、以及最小停站時間。

資料庫係依據資料模型之需求，收錄大量資料之軟體系統。任一自動排點系統所需要之資料模型必須足以支持自動排點系統以高效率取得完整而正確之資訊。而資料庫所收錄之資料必須完整而精準。

交通部運輸研究所已於 100 年建置排程參數資料庫[1]。該資料庫之基本設計以資料之收納為出發點，支持自動排點系統之能力有所不足。例如資料庫並無軌道電路之概念，亦無列車進站與出站之進路資料。在該資料庫中較接近軌道電路者為「節線」，定義為車站內之主正線、副正線、或橫渡線等，與軌道電路並不相同。而較接近進路者則為「常態運轉路徑」，為連續的節線所組成，亦與臺鐵系統所使用之進路不同。

此種資料庫架構已足可滿足人工作業、人工資料查閱之多數需求。以進路為例，人工作業時相關資料多以圖面之查閱為主，例如圖 2-7 顯示四腳亭車站之股道佈置，而圖 2-8 則顯示該站之進路與號誌聯動圖表。這些圖面雖難以供軟體判讀，但卻方便人工查閱。然而這些資料亦為自動排點系統最重要之核心資料的一部份，於資料庫中不可或缺。

此外，人工作業對資料精準程度之要求與自動作業之要求完全不同。同樣以圖 3-1 顯示四腳亭車站之股道佈置為例，該圖中將兩座月台均標示為第一月台，然實際上圖形下方者應為第二月台。此類之資訊瑕疵對人工作業幾無妨礙，但對自動化之作業而言，卻經常造成應用上之重大障礙與時間、人力成本。因此資料之正確性為任何支援自動作業之資料庫之生命。以此檢視排程參數資料庫[1]，該資料庫所收錄之資料雖然經過正確性檢核，然而多為資料庫之基本一致性(integrity) 與邏輯性之基本檢核，例如不可空白之欄位確實有值、必須為唯一之欄位確實未重複、參照必須存在之欄位確實均有參照等。然而資料存在並不同於資料正確。對於資料內容本身之正確性，該資料庫之建置時則未有檢驗。

## 2.9 班表偏異與列車衝突

就基本定義而言，列車衝突指兩列列車在同一時間占用同一軌道電路，屬於運轉時不正常之狀況。不論班表如何排定，由於號誌系統的保護與管制，在正常狀況下執行時並無列車衝突之虞。因此習慣上所稱班表上之列車衝突，實際上為班表所排定之行點與列車運轉所需或規章之規定有所偏異，屬於班表之瑕疵。即便含有上述之偏異，班表在執行時仍不會產生列車之衝突。而班表中可能之偏異，更不必然同時涉及兩列列車，自然與所謂列車間之衝突無關。因此本節以班表偏異為主要探討課題，對各種可能之偏異現象，依其基本性質予以分類及探討。然而為了與習慣用語一致方便閱讀與理解，本報告仍以「衝突」稱呼班表偏異之處，有必要時再予個別澄清。至於班表中各類衝突之排除方法，以及臺鐵局或其他鐵路系統所執行之真實班表之偏異程度，則均不在本節討論範圍。

在規劃過程中，於完成服務計畫之後，即可據以研擬理想班表。一份理想班表之所以無法直接作為運轉計畫之用，主要原因為其中通常含有多數衝突，例如於單線區間，二列反向列車在站間交會；或是車站之股道數不足以支持班表所要求之交會與待避等。本節以較廣義之出發點分析衝突之種類與特徵。調整班表以排除衝突之方式則於後續再討論。需注意的是在此所討論之列車衝突係指班表中

所見之衝突，與真實運轉時在軌道上發生之列車衝突無關。在正常狀況下，即便班表含有衝突，真實運轉時仍由於號誌系統之保護而不會發生列車衝突。

班表偏異，或稱列車衝突，可依其在執行時可能導致之後果嚴重程度分為四類：

- 1.股道進出順序上之衝突：當兩列列車以先進後出之方式通過同一股道時，即發生此類衝突。在此狀況下，這兩列列車必有某一時間占用同一軌道電路，因此衝突不可避免。這種衝突可能發生在站內，亦有可能發生在站間。例如在某一具有二股道之車站內，若在某一時間有 A、B 二列列車各占用一股道停車。之後，C 列車欲進入該車站，並在 A、B 二列列車離去之前出站。此時不論 C 列車在該車站使用哪一股道，必在站內該股道產生先進後出之狀況，亦即第一類衝突。又如若 A、B 二列列車使用同一站間股道在甲車站與乙車站之間運行。其中 A 車先進入該站間，而 B 車先完成該運行，則亦在該站間路段產生第一類衝突。此時不論甲乙兩車站之間的軌道電路（亦即閉塞區間）個數多寡，不可避免的 A、B 二列列車必有某一時間同時使用其中的一個軌道電路而產生衝突。需要注意的是以上論述及舉例，均未對列車行進方向作任何假設，亦未對列車之運行時間作任何假設。亦即此類衝突之發生與否僅與列車進出股道之順序有關，與列車之行進方向以及時間安排無關。
- 2.時隔不足：如前所說明，一列車通過號誌機，離開某些指定之軌道電路之後，即可解除列車後方軌道電路之鎖錠，並由號誌機顯示平安號誌。此時後方之列車即可接續通過該號誌機。若依班表之排定，前後二列車依班表表定時間與股道分配運行時，後車將在前車通過、號誌機顯示平安號誌之前即抵達確認點，則後車勢必施軔以避免冒進號誌，如圖 2-10 所示意。此時即認為是班表中在此二列車之間排定之時間間隔不足，即為本類衝突。若班表中含有此類衝突，在運轉時容易發生後車晚點。而且因為前後兩列車之間缺乏緩衝時間，因此前車晚點時極易傳播予後車，造成班表之不穩定。需要注意的是以上論述及舉例，均僅假設在班表之表定時間中，後車過早抵達某一號誌機之確認點。因此若班表之表定時間排定後車比前車早抵達該號誌機之確認點，亦屬本類衝突。



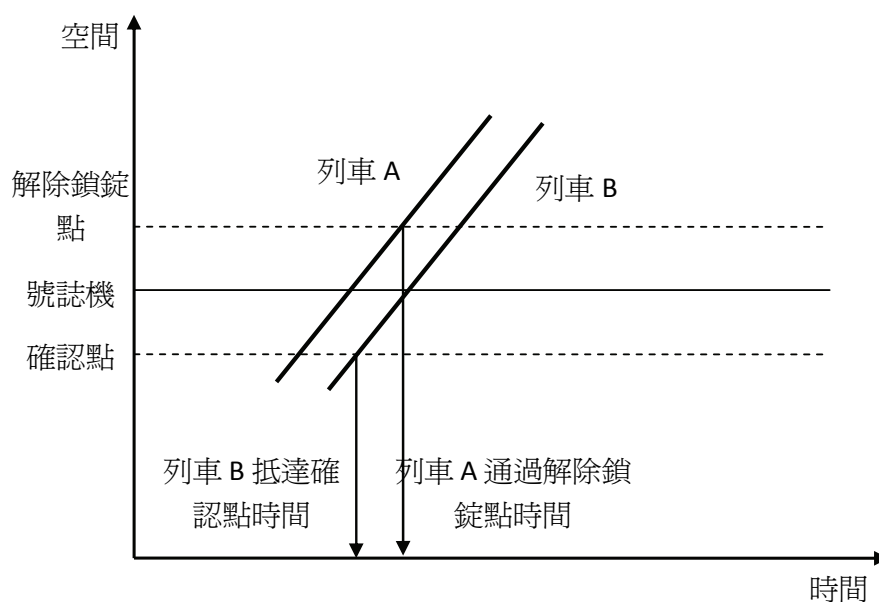


圖 2-10 第二類衝突示意圖

3. 站間運轉時分或站內停站時間不足：此類之班表偏異僅與單一系列列車有關。某列列車由一車站運行到另一車站時，若班表所排定之時間小於其實際所需之基準運轉時分，則該列車將無法依班表時間抵達，即為本類衝突。同樣的，若某列列車於某一車站停車時，班表所排定之時間不足以供該車次完成於該站之既定上下客、上下貨、或其他任務時，亦為本類衝突。此類班表偏異將導致晚點之產生。

4. 站間運轉時分或站內停站時間過長：與前述各類衝突不同，本類班表偏異並不會增加晚點發生之機率，亦不會增加晚點傳播之機會，但將導致服務品質不良。

上述四類班表偏異，或謂衝突，所導致之後果嚴重程度不同。第一類衝突將造成相關列車無法通行。同時，由於此類衝突之發生與時間安排無關，因此勢必無法以調整時間之方式排除衝突，亦即調度員必須調整列車通過某些軌道電路之順序；僅延後部份列車之行程將無濟於事。在正常狀況下，臺鐵系統之班表中均不含此類之衝突。在實務上，臺鐵系統之班表偶而因排點不易，或因檢查不易，而含有第二類與第三類之衝突。若班表含有第二類衝突，則班表中安排前後列車間之時隔不足，而在上線運轉時號誌將強制保持最小時隔，因此將造成列車晚點。若班表含有第三類衝突，則列車所分配之運轉時間或停站時間不敷所需，亦造成列車晚點。值得注意的是若班表同時含有這兩類衝突，則第三類衝突所產生之晚點，將有可能因為第二類衝突之存在而在系統中廣為傳播，在時間與空間上均造成深遠之影響。最後，第四類衝突在臺鐵系統之班表中則相對常見，其產生原因多為因為列車車次過於密集、列車種類過於繁複，而軌道資源不足，造成部份列車必須在某些車站作較長時間之停留，等候適當之通過、交會、或追越時間窗。



## 第三章 列車自動排點核心技術

本章說明列車自動排點之核心技術。除了學理上之問題定義與描述問題之數學模式外，並及於求解方法。另因軌道系統複雜而多樣化，本章亦說明如何以資料模型描述自動排點排點所需資料以及對資料庫之需求。

### 3.1 概說

考慮一個鐵路系統以及理想班表，列車排點問題旨在求解最接近理想班表的可行班表，亦為前章所稱之狹義排點作業。臺鐵局近年來大都在接近滿載的狀態下營運。雖然政府持續投入大量資源以求提高臺鐵系統之服務能力與品質，然而提高營運效率仍然是成本最低、見效最快速的策略<sup>[14]</sup>。由於班表為營運之核心，因此班表之最佳化便成為提高營運效率之有效手段。受限於人工作業時同時處理大量資訊的能力，以及大量運算的能力，班表最佳化之必要工具為自動化之軟體系統。而任一個自動排點軟體系統必須具備適當之核心技術方有可能勝任。

自動排點之核心技術之基本要求之一，是要能使電腦能夠在無需人工輔助的狀況下自動求解無衝突的可行列車班表。由於列車排點問題之邏輯本質為數學上之最佳化問題，因此需要以數學技術處理之。建立自動排點問題的核心數學模式，雖有其難度但在諸多文獻中均有所論述<sup>[15-19]</sup>，基本上為已經廣為克服之問題。這些不盡相同之數學模式大都以(a)各列車通過車站使用股道之順序，以及(b)列車到離站之時間為兩大主軸，於模式中以限制式描述列車不得相互衝突之要求。由於列車通過車站之順序為離散因子，而列車到離站之時間為連續因子，因此這些模式均為同時含有整數與非整數變數之混合整數規劃問題。

### 3.2 排點技術文獻回顧

本研究之主要範疇在列車排點相關課題，亦即給定理想班表，嘗試排除其中之列車衝突而得到營運計畫。此一問題基本上為數學問題，應以數學技術處理之。

列車排點問題混合了各車次的到開時分等連續量，以及不同車次的股道分配以及使用閉塞區間的順序等離散量。而問題之核心同時具有集合分割問題(set partitioning problem)、組合問題(combinatorial problem)等複雜組合最佳化數學問題之特性。有鑑於自動排點技術在學術上的挑戰性以及實務上的重要性，近數十年來國際上對軌道車輛排點技術之研究著墨甚多，各使用不同方法。Nagarajan 與 Ranade[20]以嚴謹的數學模型描述了班表所需滿足的條件，並納入列車機械性

能的考慮。但由於考慮因素過多而複雜，因此求解能力極為有限。在另一方面，Liu 與 Kozan[21]在其數學模型中將列車視為工廠中之工作項目、將每一股道的軌道區間視為單一機台、將多股道的軌道區間視為多台平行機台，而利用工作排程模式(job-shop scheduling problem)求解軌道列車排點問題。這個模式利用工作由一個機台移至下一個機台的動作描述軌道系統中列車由一個閉塞區間行駛至下一個閉塞區間的行為。每一機台在任一時間僅能處理一件工作。由於列車在離開一個閉塞區間的同時必須進入下一個閉塞區間，因此模式中設定各項工作在機台之間沒有緩衝時間。如果工作在一個機台上完成處理時，其下一個機台因為尚在處理其他工作而無法進入，則必須留在前機台上等待。在真實軌道系統中，不同列車之間的最小時間間隔隨前後列車的行駛方向以及是否停站而有所差異。此外，不同的股道分配方式也會影響列車之間是否產生衝突。而股道有平面交叉時，使用完全不同股道的兩列列車亦有相互干擾的可能。這些重要的真實狀況並無法表現在這個工作排程模式中。因此本模式雖然具有其學術價值，但與實用尚有一段距離。此外，Jamili 等人以模擬退火法綜合粒子群演算法求解單線鐵路的規格化班表[22]。測試的最大案例為 40 班列車，20 座車站。貨物列車經常無法似客運列車一般以固定之班表準點運行。因此需要之排點方法亦有不同。為此 Mu 與 Dessouky[14]提出貨運車排點模式。該研究以整數規劃為基礎，並提出啟發式求解方法。所測試之最大規模問題約為 40 班列車，10 座車站。同樣以貨物列車為研究對象，Kuo 等人[13]則以系統模擬為基礎提出了排點模式。

較具有實用能力之數學方法為 Lee and Chen[17]。該文獻提出了一套最佳化導向的啟發式解法配合數學模式求解列車路徑以及班表，充分考量許多實際營運所需之真實因素，以及車站之股道佈置，旨在求得一套班表使其接近規劃者所設計之理想班表，經數值測試，其求解規模也可與真實規模相比擬。此外，Zhou and Zhong[23] 曾利用整數變數來表現列車在軌道上的相對順序，並使用連續變數來表現列車在車站或交會待避點(meet-pass point) 的到離時間。將列車排點建構為混合整數規劃問題，並採用分枝定限法求得某最佳化水準以上之可行班表。Brannlund, Lindberg[24]則是將時間與空間皆以離散化來處理：將時間維度以一分鐘的間隔切割，同時在空間維度上將軌道分割為許多區塊。將問題建構為整數規劃模型，再使用 Lagrangian relaxation 來求解。這種作法之難處在於問題規模過大難以求解。增加切割區塊的大小雖可有效縮小問題規模，但同時卻降低精準度。除此之外，亦有學者提出了時空網路的數學模式來處理相似的問題，並以 Lagrangian relaxation 求解之[16, 25]。

軌道車輛排點問題的核心在於決定各車次在所通過的各車站所使用的股道，以及使用這些股道的順序。這些資訊本質上為離散量，與班表時間為連續量有別。同時，編排班表所需遵守的限制以各種時隔為主，在若干簡化假設下基本上大都能夠以線性數學式描述之。為此有些文獻利用雙元整數變數描述問題中離散的順序部份，利用無整數限制的連續實數變數描述班表時間項，再使用線性混合整數規劃模式描述班表問題並求解之。Caprara, Fischetti[16]在此觀念下使用混

合整數規劃模式求解列車系統的規格班表。爲了降低模式的複雜程度，該模式僅考慮單線、線狀(不分叉)軌道，並僅限於單一行車方向。由於軌道系統中通常有很多雙向共用的股道存在，因此兩行車方向的列車並無法分別獨立考慮。這些限制使得該模式並無實用能力。雖然該模式已經大幅簡化，但直接求解仍有相當的困難，因此該文獻使用拉式鬆弛法(Lagrangian relaxation)配合啓發式解法以解得近似解。

大多數排點相關研究皆未考慮車站的軌道佈置，以及列車通過車站時如何分配所使用之股道。而在考慮列車股道分配的同時，同時兼顧列車占用各股道的時間差異之文獻就更屬於少數了。此外，大部分文獻所使用之測試例都遠小於真實規模，使其難以應用在實務上。Carey and Crawford[26]曾提出一套不含數學模式的啓發式解法，其求解規模可達 25 個車站、464 班車。本研究之基本架構雖然較接近實務需求，但其求解規模仍不及[17]之能力，亦遠小於真實問題所見之規模。

在班表中如何適當安排緩衝時間及寬裕量以在效率與穩定之間取得最佳之平衡爲任何排點作業所需要認真思考之課題。鐵路系統之效率與穩定之間大致成凸形關係[10]，但其值卻受到隨機干擾強度之重大影響[27]。

### 3.3 相關課題文獻回顧

鐵路系統之營運至爲複雜，而又以排點作業爲其核心。因此許多營運所需之工作均與排點相關，本小節回顧整理部份文獻。

人員運用計畫旨在排定機班、車班等隨車人員之工作班規劃。此一工作的自動化具有許多優點。除了能夠節省規劃人力外，並能產出較高效率之人員運用計畫，且能有系統整理與累積規劃經驗[28]。文獻中已可見人員運用計畫自動化核心技术[29]，應可作爲臺鐵系統日後發展之參考。

鐵路之路線容量爲「一段路線在一定資源、一定行車計畫下衡量列車通過能力的指標」[30]。UIC(國際鐵路協會)於 2004 年提出路線容量評估之新建議方法(UIC leaflet 406)[3]。該文件具體提出「所謂的容量並不存在，鐵路設施的容量因使用型態而異」(Capacity as such does not exist. Railway infrastructure capacity depends on the way it is utilized.)的主張，並指出「路線容量的分析必須奠基於該鐵路設施已排定的真實或情境班表之上」(The basic necessary condition for capacity examination shall be the existing pre-constructed timetable (a real operational one or a case study) for train operation on the particular infrastructure)，以及「一段軌道尚具有剩餘容量並不同等於尚能夠容納更多的車次」之觀念。國際鐵路協會於 2004 年提出的計算標準，並明確指出鐵路沒有絕對的路線容量，僅有相對於班表的容量。相對於不同的班表，同一鐵路路線會有不同的剩餘容量。相對於不同的行車計畫(車種組成、停站模式等)，也會有不同的最大容量。而最大容量的評估，亦是以前所排定的班表爲評估的基準。因此評估鐵路容量時必須先

排定可用班表。而排定多數可用班表以供分析之用，即需要依賴適當之自動排點軟體系統。

路線容量評估的新方法[3]在提出之後即有多國在產官學合作研擬在該原則之精神下本土化的容量評估方法，例如丹麥 Technical University of Denmark[31-35]發展適合該國鐵路系統的方法以評估其路線容量使用的比例、分析可用容量被使用的狀況、以及表現路線容量使用狀況的方法。而 University of Zilina 的 Gasparik[36] 亦為東歐斯洛伐克(Slovakia)建立路線容量評估方法。本研究亦在該精神下以適合之方法評估軌道支持班表之能力。除了實作方法之本土化之外，學者亦在[3]所提出的架構下持續進行更多的研究。如 Abril et al. [37]研究該架構，分析列車速率、停站方式、車種的複雜性、號誌設置方式、與班表的穩定性如何影響路線容量。Harrod[38]則針對軌道上不同車速的混合車隊，研究其在營運時車速因素對容量的影響。Gorman[39]則以貨運列車為目標，研究機車牽引力、軌道條件、交會、待避、行車距離、車次發車時間間距、發車的不規則性如何影響路線容量之充份使用。Dingler, Lai, and Barkan[40]則深入研究車種的複雜性與路線容量間之關係。

### 3.4 股道分配模式

列車排點問題之主要離散因子為各列車通過車站的股道分配，以及分配到使用同一股道各列車之通過順序。本節旨在說明求解股道分配方式之數學模式。任何一組可行之股道分配必須不含有第一類衝突，亦即股道進出順序上之衝突。如前所說明，第一類衝突與列車之行點以及運行方向均無關。因此本模式亦不含有時間之因子，亦無列車行進方向之考量。

由本類衝突之基本性質，可以推論對某一車站而言，當 A 與 B 二列車行經該車站時，若且唯若該二列車進入與離開該車站之順序相同，或是二列列車通過該車站時所使用之股道不同，則必無法發生第一類衝突。基於以上論述，可以發展股道分配模式[17]如式(3-1)至式(3-4)所示。

$$\text{Minimize } \sum_{t \in T} \sum_{r \in R} P_{tr} b_{tr} \quad (3-1)$$

Subject to

$$b_{sr} + b_{tr} \leq 1 \quad \forall t \in T, s \in T, r \in R, \text{ and } t, s \text{ changed orders} \quad (3-2)$$

$$\sum_{r \in R} b_{tr} = 1 \quad \forall t \in T \quad (3-3)$$

$$b_{tr} \in \{0,1\} \quad \forall t \in T, r \in R \quad (3-4)$$

模式中 T 為通過某一車站之所有車次所成之集合；R 為該車站所有股道所成之集合。唯一的一組變數  $b_{tr}$  為雙元變數，其值為 1 代表車次  $t$  於該車站使用股道  $r$ 。若其值為 0 則代表該車次未使用該股道。式(3-1)為目標函數。對所有在該站

進入與離站順序不同之車次對  $t$  與  $s$ ，式(3-2)確保該二車次不使用同一股道。式(3-3)使得每一車次均獲得恰好一股道之指派，而式(3-4)則為雙元整數限制。此一模式之任一可行解均對應一組無第一類衝突之股道分配方式。實用上所有列車在所有車站均有其分配股道之偏好；通常均優先使用主正線，有需要時才使用副正線。此時可以為車次  $t$  於該車站使用股道  $r$  之偏好賦與常數權重  $P_{tr}$ ，愈優先使用者其值愈小，再將目標函數(3-1)設定為極小化  $\sum_{t \in T} \sum_{r \in R} P_{tr} b_{tr}$ 。

### 3.5 列車行點模式

在整個數學問題中，各連續因子之間大略成線性關係，因此能夠以線性規劃模型描述之，屬較易求解之部份。如前所說明，這些因子以描述各列車到離站之時間，以及占用軌道電路之時間為主。此部份之數學模式符號定義如下，模式則整理於式(3-5)至式(3-20)。

$h$	軌道電路的註標
$B$	所有軌道電路所成的集合
$B^S$	位於車站內所有軌道電路所成的集合
$V$	所有車次所成的集合
$G_k$	車次 $k$ 的理想發車時間
$E_h$	任何車次在軌道電路 $h$ 的最大允許額外耗時
$Trip_k$	車次 $k$ 的全程最小旅程時間
$T_{hk}^{\min}$	車次 $k$ 在軌道電路 $h$ 的最小占用時間
$T_{hk}^{ext}$	車次 $k$ 在軌道電路 $h$ 的延伸占用時間，為最小占用時間加上寬裕量
$B_k$	車次 $k$ 所行經的所有軌道電路所成之集合
$B_k^0$	車次 $k$ 所使用的第一個軌道電路
$B_k^F$	車次 $k$ 所使用的最後一個軌道電路
$B_k^F$	車次 $k$ 所使用的最後一個軌道電路
$P^-(h, k)$	在車次 $k$ 之前一個使用軌道電路 $h$ 的車次
$B_{hk}^-$	車次 $k$ 使用軌道電路 $h$ 之前一個使用的軌道電路

$W_k$	車次 k 的權重
$W^{D1}$	任一車次總班表延遲量的第 1 段權重
$W^{D2}$	任一車次總班表延遲量的第 2 段權重
$W^{D3}$	任一車次總班表延遲量的第 3 段權重
$W^{*D1}$	任一車次總班表延遲量的第 1 段權重允許量
$W^{*D2}$	任一車次總班表延遲量的第 2 段權重允許量
$W^{P1}$	任一車次理想發車時間差異量的第 1 段權重
$W^{P2}$	任一車次理想發車時間差異量的第 2 段權重
$W^{P3}$	任一車次理想發車時間差異量的第 3 段權重
$W^{*P1}$	任一車次理想發車時間差異量的第 1 段權重允許上限
$W^{*P2}$	任一車次理想發車時間差異量的第 2 段權重允許上限
$C_{hmk}$	車次 m 與車次 k 共同使用軌道電路 h 時的最小時隔

決策變數部份：

$delay_k$	車次 k 的總班表延遲量
$delay_k^1$	車次 k 的總班表延遲量，第 1 段
$delay_k^2$	車次 k 的總班表延遲量，第 2 段
$delay_k^3$	車次 k 的總班表延遲量，第 3 段
$a_{hk}$	排定車次 k 到達軌道電路 h 的時分
$d_{hk}$	排定車次 k 離開軌道電路 h 的時分
$y_{hk}$	車次 k 在軌道電路 h 的班表延遲量
$r_k$	$G_k$ 與車次 k 發車時分之差異之絕對值
$r_k^1$	$G_k$ 與車次 k 發車時分之差異之絕對值，第 1 段
$r_k^2$	$G_k$ 與車次 k 發車時分之差異之絕對值，第 2 段
$r_k^3$	$G_k$ 與車次 k 發車時分之差異之絕對值，第 3 段

$$\begin{aligned} & \text{Minimize} \\ & \sum_{k \in V} W_k (W^{P1} r_k^1 + W^{P2} r_k^2 + W^{P3} r_k^3 + W^{D1} \text{delay}_k^1 + W^{D1} \text{delay}_k^2 + W^{D3} \text{delay}_k^3) \end{aligned} \quad (3-5)$$

Subject to

$$d_{hk} \geq a_{hk} + T_{hk}^{\min} \quad \forall h \in B_k \quad \forall k \in V \quad (3-6)$$

$$d_{hk} \leq a_{hk} + y_{hk} + T_{hk}^{\text{ext}} \quad \forall h \in B_k \quad \forall k \in V \quad (3-7)$$

$$y_{hk} \leq E_h \quad \forall h \in B_k \quad \forall k \in V \quad (3-8)$$

$$r_k \geq a_{B_k^0 k} - G_k \quad \forall k \in V \quad (3-9)$$

$$r_k \geq -a_{B_k^0 k} + G_k \quad \forall k \in V \quad (3-10)$$

$$r_k^1 + r_k^2 + r_k^3 \geq r_k \quad \forall k \in V \quad (3-11)$$

$$r_k^1 \leq W^{*P1} \quad \forall k \in V \quad (3-12)$$

$$r_k^2 \leq W^{*P2} \quad \forall k \in V \quad (3-13)$$

$$a_{hk} - d_{h, P^-(h,k)} \geq C_{h, P^-(h,k), k} \quad \forall h \in B_k \setminus B^S \quad \forall k \in V \quad (3-14)$$

$$d_{B_k^0 k} = a_{hk} \quad \forall h \in B_k \quad \forall k \in V \quad (3-15)$$

$$d_{B_k^F k} - a_{B_k^0 k} = \text{delay}_k + \text{Trip}_k \quad \forall k \in V \quad (3-16)$$

$$\text{delay}_k^1 + \text{delay}_k^2 + \text{delay}_k^3 \geq \text{delay}_k \quad \forall k \in V \quad (3-17)$$

$$\text{delay}_k^1 \leq W^{*D1} \quad \forall k \in V \quad (3-18)$$

$$\text{delay}_k^2 \leq W^{*D2} \quad \forall k \in V \quad (3-19)$$

$$y_{hk} \geq 0 \quad \forall i \in B_j \quad \forall k \in V \quad (3-20)$$

列車行點模式之目標函數(3-5)在追求所有車次在班表中之發車時間與理想發車時間最接近，而且行車時間最短。其方法是將發車時間與理想發車時間之差的絕對值分為三段，每段在目標函數中給予的權重則漸增。行車時間亦以類似手法處理，將最小行車時間之上的延遲時間量亦分為三段，同樣每段給予漸增的權重。在極小化目標函數值的驅使下，最佳解中各車次之發車時間與理想發車時間之差距，以及各車次之行車時間，均將趨向於最小。限制式(3-6)限定所有車次在所有區間的最小佔用時間。限制式(3-7)將所有車次在所有區間的實際佔用時間劃分為為延伸佔用時間  $T_{hk}^{\text{ext}}$  與班表延遲量  $y_{hk}$ ，而延伸佔用時間為最小佔用時間加上一寬裕量。限制式(3-8)對每一車次在每一行經之區間之班表延遲量給予一上限值。限制式(3-9)與限制式(3-10)則使得  $r_k$  之值至少等於車次  $k$  在班表中之發車時間與其理想發車時間差距之絕對值。與此相關的限制式(3-11)將此一差距值分割

為  $r_k^1$ 、 $r_k^2$ 、與  $r_k^3$  三段，而各段之最大量則受限制式(3-12)與限制式(3-13)之約制。

這三個量均在目標函數之一部份，對求解方向有直接的引導作用。限制式(3-14)為時隔限制式，使得先後佔用同一區間的兩車次之間保持至少  $C_{hmk}$  之時隔。由於  $C_{hmk}$  為數學模式中之常數，因此本模式可以因車、因地制宜而納入各種複雜的考慮因素而決定所需之時隔，對其求解沒有影響。限制式(3-15)之作用在維持每車次在任一時間點均必須佔用某一區間之物理限制。限制式(3-16)左側為車次  $k$  由發車到收車之總旅行時間，而右側則為該車次已知之最小旅行時間與班表延遲量之和。此一班表延遲量於限制式(3-17)分為三部份，而限制式(3-18)與限制式(3-19)則限制各段容許之最大量。最後，限制式(3-20)為非負限制式。由於各車次於各區間的到開時分變數  $a_{hk}$  與  $d_{hk}$  受到諸多限制式之束約，並不再需要非負限制式，因此僅限制班表延遲量  $y_{hk}$  不得為負值。

## 3.6 啟發式解法

給定任一組行車順序，上述二模式已足以求解可行之股道分配，並在可行股道分配存在時，進一步求解行點。而行車順序則可以利用啟發式解法以獲得之。若股道分配不成功，則該組到離站順序將不可避免產生第一類衝突。此時即回頭重新調整各列車之到離站順序，嘗試改變各列車之交會與追會地點、調整發車順序等。之後再重新以股道分配模式求解可行之股道分配。若股道分配成功，則進一步對各股道，求解分配使用該股道之各列車之通過順序。若該股道上所有列車之行駛方向均相同，則列車通過該股道之順序必與進出站之順序相同，且必為可行，因此不必另行求解。但若某股道同時為兩行車方向之列車所利用，則各列車使用該股道之可行順序非唯一。此時需要以各列車抵達該股道之預估時間，排定其通過順序。然而考量預估時間時，又可能產生不同列車在時間上不能相互配合之不可行狀況。若發生此種狀況，則流程必須回溯重新調整到離站順序，以尋求更可行之方案。值得一提的是此種雙向行車股道為列車排點問題求解難度之重要來源之一。若假設所有股道均為單向行車，則可大幅簡化問題，而且兩行車方向將在數學模式中可完全分離(separable)而得以個別求解。然而此一假設並無法適用於臺鐵系統，因此並未納入本模式中。

若成功為所有股道解得所有列車之通過順序，則可進一步利用列車行點模式求解班表。本階段充份考量第二、三、四類衝突之狀況。若列車行點模式無法解得可行解，則表示當時之到離站順序雖然無第一類衝突，但卻無法避免其他衝突。此時流程仍然需要回溯調整列車之到離站順序。若列車行點模式順利解得最佳解，即為一新發現之可行班表。此時即與先前回合中已經解得之其他可行班表比較，以決定是否接受該新發現之可行班表。在整個求解流程中，演算法留存求解過程中所發現之最優良解，作為最終輸出之用。其流程圖整理於圖 3-1。



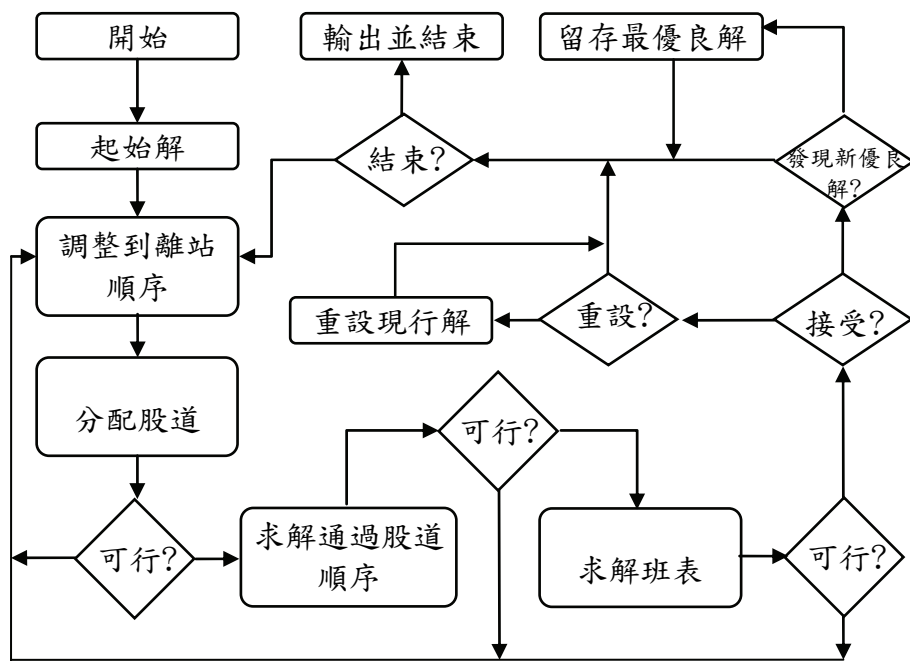


圖 3-1 列車排點模式啓發式解法流程圖



## 第四章 列車排點系統之實作

列車排點問題在本質上為數學問題，因此需要以數學手法求解之。然而成功的數學模式以及演算法僅為實務應用之必要條件。若以車輛構造為比擬，數學模式及其求解演算法可謂是汽車之引擎，肩負推動整輛汽車之任務。然而僅有引擎並不成為汽車；一輛汽車需要組合甚多之各部元件方能成為有用之機械。同樣的，精良之數學模式亦需要許多軟體元件之配合，方能成為具有實用價值之軟體系統。就如同引擎不論在重量或體積均僅占汽車整體之小比例，在自動排點系統中，直接負責數學模式之建模與求解之模組雖為最關鍵的部份，但在軟體程式量上亦僅占其中之小比例。本章各節將分別說明列車排點模式在實用化上所需考慮之課題，以及本研究在模式實用化方面之成果。

### 4.1 數學模式之實用化

本研究所提出之數學模式，以及其啟發式解法足以求解無衝突之列車班表。然而直接應用於臺鐵系統時，仍然需要進一步實用化。其最主要原因來自於臺鐵系統之規模、複雜程度、以及軌道資源之裕度，分別說明如下。

在問題規模方面，臺鐵系統不計各種回送車、貨運車等，每日常態開行之客運列次高達 1000 車次之多。由於列車排點問題在數學本質上同時含有離散與連續維度，其求解時間不可避免將與問題規模成指數成長關係。若研究目的僅在發展數學模式，則可依求解時間限定測試例規模為之。然而若欲實用化，則過長之求解時間將成為主要障礙。為此本研究在實用化之過程中將程式予以平行化，以充份利用現今電腦多核心之性質加速求解。

在另一方面，臺鐵系統具有高度之複雜程度。就班表而言，臺鐵系統中含有多種不同之車種，且同一車種之停站模式亦不盡相同。對照臺北捷運或高雄捷運等都會區捷運系統等單一車種、單一停站模式軌道系統，臺鐵系統因為多車種、多停站模式而使得班表中必須安排大量之列車追越以維持運轉效率。然而大量之列車追越又使得數學問題產生高度之複雜性。另一複雜性之來源為路線形狀。臺鐵路線含有山、海線以及支線。雖然本研究所使用之數學模式對路線形狀並無任何假設，因此應用於各種環線與支線並無學理適用上之困難，然而這些複雜的路線形狀卻造成求解時，尋求各列車適當到離站順序上之障礙。與此相關的是各車次之運轉區間。臺鐵系統中各車次之發車與收車站之分佈至為多樣化。此固然有其服務上之必要，但亦造成求解上之困難。為此，本研究在實用化之過程中參考實務上排點人員之經驗與思考模式，作為演算法調整列車到離站順序之搜尋策

略，並且利用電腦高速運算之能力，同時導入隨機性以擴大演算法在解空間 (solution space) 之搜尋範圍。

軌道資源之裕度亦為數學模式真實應用於臺鐵系統之一大障礙。不論在學理上或在實務上，通常若可用資源充裕，則最佳化較容易。反之，若可用資源較緊，則欲最佳化較難。沒有整數變數之線性規劃問題可利用 Big-M method 輕易求解可行解；但在離散之整數最佳化問題，則在資源不充裕時尋得可行解即屬不易。此一性質雖屬數學領域，但也反映了真實問題的特性。在臺鐵系統中，由於每日開行之列次數甚多，行車密度高而軌道資源相對不足。因此構建成為數學模式之後，在求解上常不易尋得可行解。為此，本研究在演算法之設計上則適度允許搜尋範圍擴及於可行解區間之外，借用 primal-dual 策略之精神以助發現品質優良之可行解。

## 4.2 資訊支援

鐵路列車排點與排程所需要之各種資料與參數相當大量而且複雜。因此資料參數在蒐整之後，需要建置成為適當架構之資料庫以支援自動排點系統。本研究多次訪談結果發現以臺鐵局實務狀況，雖仍有部份資料為紙本形式，但多數常用資料均或以掃描、或以其他形式電腦化。晚近所產生之資料則幾全數自始電腦化，因此尚以紙本形式存在之資料多為老舊且不常用之歷史資料。

雖然臺鐵局絕大多數資料均已電腦化，但電腦化並不同於資訊化。資料尚需審慎、有系統、而精密的整理，方能成為資訊。由於臺鐵局至今仍以人工方式執行大部份之決策、分析、與判讀，因此對資訊化之要求程度不高。然而本研究所發展之自動排點系統為高度自動化之決策支援系統，對資訊要求程度甚高，非臺鐵系統目前資料所能支援。

基準運轉時分資料為其中一個具體例子。此項數據定義了列車行經站間軌道的最小時間，為任何排點工作所必備之基本依據。由於不同牽引種別列車之機械性能不同，軌道在兩行車方向之坡度也可能不同，因此在所有站間，每一種牽引種別在兩個行車方向應各有其基準運轉時分。可能的例外是電力機車無法進入非電化區間，因此各型電力牽引種別在非電化區間即無基準運轉時分。目前臺鐵局已將排點所使用之各種基準運轉時分整理成為電腦檔案。然而由於車輛運用區域之習慣，實務上並非所有牽引種別均行駛於所有路段。配合此一狀況，前述基準運轉時分資料內容，並非所有電力牽引種別在所有電化區間均有基準運轉時分資料。反之，亦並非所有路段均僅含有行駛其上之牽引種別之基準運轉時分資料。這種狀況對人工排點作業並無任何妨礙，但是資料存在與否缺乏一致性之準則，形成決策支援系統使用資訊上之障礙。在短期內不可能確實補足所缺資料項目之狀況下，本研究在實作過程中加入容錯功能，遇資料有缺時自動以內定值充之，以維持系統之正常運作。

除了基準運轉時分係屬於軌道車輛參數資訊之外，屬於軌道系統的股道佈

置、軌道電路、號誌道岔等資訊，均為自動排點系統所必備。為了有效、精準提供自動排點系統所需之龐大資訊，以及容納求解後所產生之大量資訊，本系統與交通部運輸研究所 101 年「鐵路系統設施基本資料庫建置之擴充」(MOTC-IOT-101-EDB001) 所研擬之 RDSP 資料庫完全介接並實作軟體，證實可行。使用者以 excel 編輯理想班表後，以資料庫所附屬之軟體進行資料清分並匯入資料庫中。之後依需求以其他軟體自資料庫中取出所需之軌道、理想班表、排點參數等相關資訊，整合轉譯輸出成 XML 格式之資料檔供自動排點軟體讀取。在求解之後，所解得之班表及相關資訊均同樣以 XML 格式存檔，再由資料庫以相關軟體進行檢驗、清分後匯入資料庫中以供後續使用。

## 4.3 與臺鐵局排點系統之介接

本系統依據第三、四、五次工作會議所討論之原則，與臺鐵局民國 99 年 11 月完成之電腦排點系統功能提升案系統介接。經過多方討論，兩系統間採檔案交換方式，以標準格式之中繼檔介接之。此一介接方式最大優點為方法單純；兩系統之軟體架構不必為此修改，而兩系統由不同團隊維護發展時，亦不致相互影響而產生需要協調之複雜課題。

## 4.4 實例

本節呈現利用本模式求解臺鐵真實班表之成果。案例一為臺北至三義之路段。所排之車次係使用臺鐵真實班表為藍本，將行經該路段之車次截短而成。其運行圖如圖 4-1 所示，圖中以紅色顯示自強號列車、以藍色顯示莒光號列車，以綠色顯示區間車。求解所得之詳細時刻表列於附錄 4。

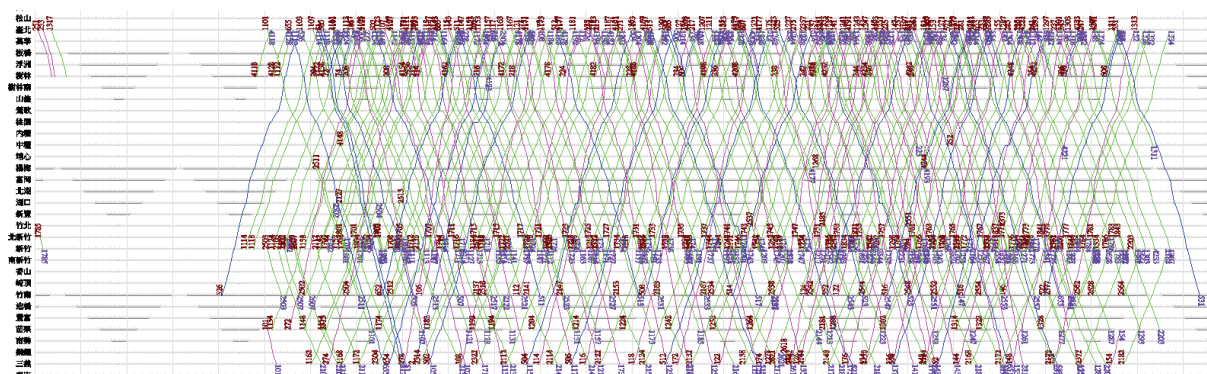


圖 4-1 排點實例：臺鐵西幹線臺北至三義運行圖

案例二為利用本模式求解而得之臺鐵全線班表。本案例亦以臺鐵真實班表為藍本，僅保留所有車次、車種、牽引種別、各車次運行區間、停靠車站等資訊，但刪去真實之行點後由本模式求解班表。所得之運行圖如圖 4-2 與 4-3 所示。



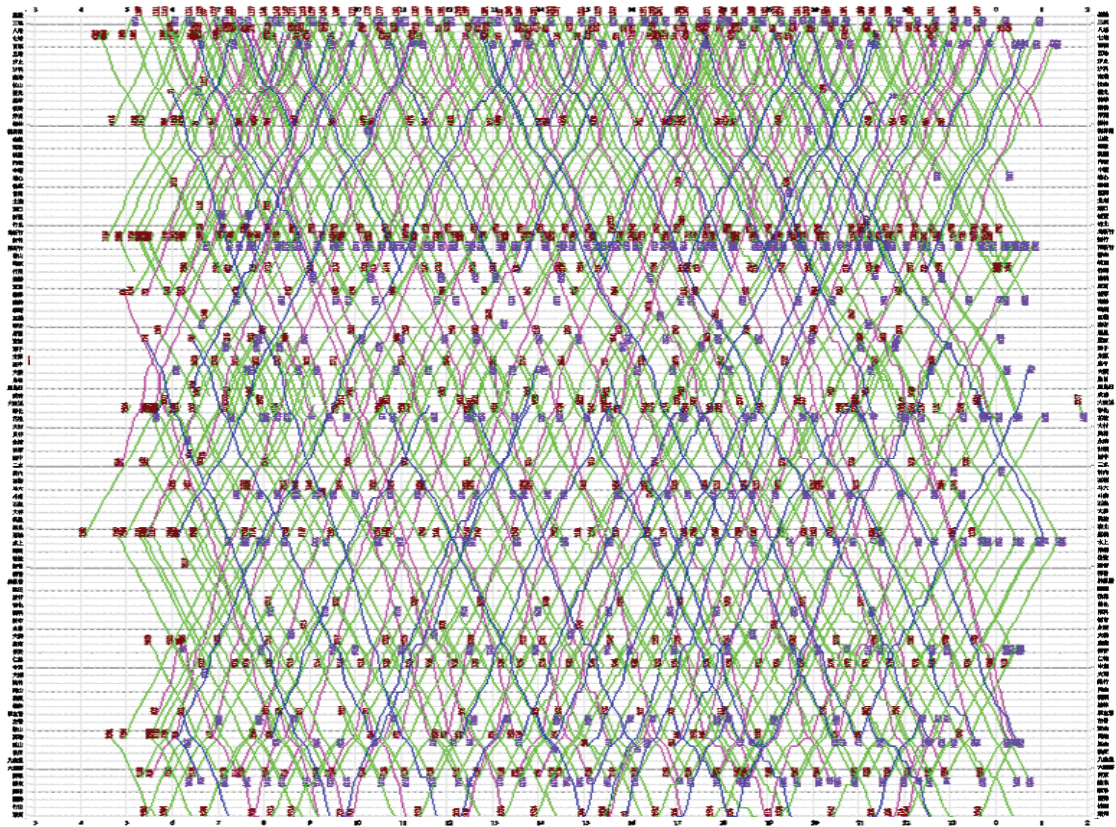


圖 4-2 排點實例：臺鐵全線班表，西線運行圖

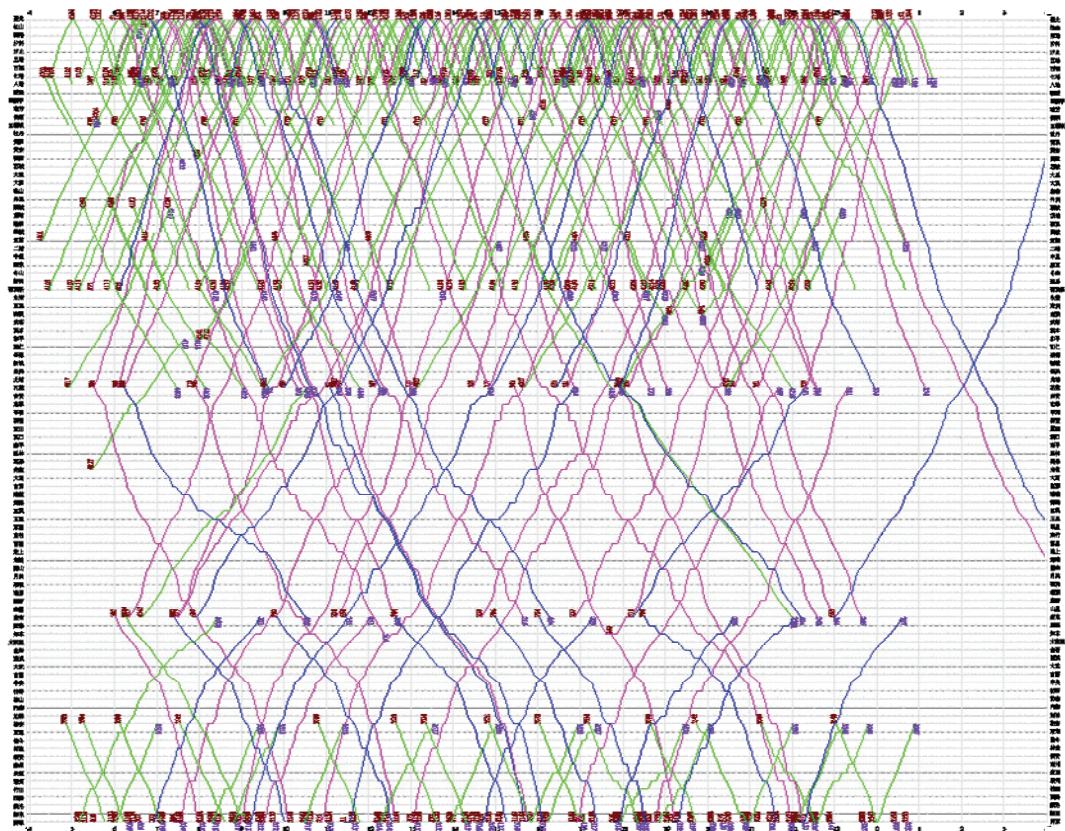


圖 4-3 排點實例：臺鐵全線班表，東線運行圖

## 第五章 列車排點模式之應用

排點工作為任何鐵路系統營運作業之核心。鐵路系統之核心價值原本即在提供運輸服務，而所提供之運輸服務，又以班表為代表。班表之內容大致上決定了鐵路系統所能提供之運輸服務，同時也決定了整個系統所需要的資源。由於鐵路系統規模龐大而複雜，復以現今外界對鐵路系統所提供之服務之質與量要求與日俱增，使得班表之排定成為日益複雜的工作。傳統上以人工作業之方式雖仍為現今包括臺鐵在內多數鐵路系統之主要作業方法，但不可避免的，如何將排點作業自動化是多數鐵路系統努力的目標。

本計畫最主要目的之一在發展鐵路列車自動化排點模式。發展此一數學模式及其求解演算法之目的，在作為未來具有實用功能之決策輔助系統之核心。由於排點工作居於鐵路系統營運作業之核心，因此此一模式之應用絕非僅限於排定列車時刻表。經過適當的軟體實作，一個自動化排點模式可以作為許多不同功能決策輔助系統之核心引擎。為此，本章旨在探討利用本計畫所發展之核心模式，實作成各種不同功能之決策輔助系統之可能性。

### 5.1 班表排定與改點

鐵路系統在營運的同時，內在條件與外在環境無不時時變化。內在條件包括車隊之異動、軌道之變動、人員之調整、營運目標之更新等等。而外在環境則包括需求之變動、法規之變動、成本之變化、市場競爭之變化等。為了因應持續性之內外變化，鐵路系統在營運過程中經常需要或大或小幅度之改點。

班表改點是件艱鉅的大工程。由於班表是整個營運之核心，因此班表在排定時除了需要考慮軌道運用與基本規章之要求外，並需要考慮人員運用、車輛運用、及其他許多因素。由於所涉及之考慮因素甚多而複雜，因此排點與改點往往不是一人，或少數人所能獨力完成，必須由不同專長之人員以團隊合作之方式方能達成。然而排點工作所涉及之需求滿足、營運目標之達成、可用人力資源、可用車輛資源等因素又環環相扣，使得團隊合作時，不同單位間如何有效溝通協調，往往成為一大挑戰。以臺鐵局現況實務之作法即反映此一現實。該局排點作業由運務處綜合調度所主導，但機車之派遣以及機班人員之排班，則由機務處負責。在運務處內部，客車與貨車又由不同之單位負責。然而如前所述，整份班表各種資源之運用環環相扣。排點工作分散於不同單位個別作業，增加了許多溝通協調之介面。但限於人力處理大量資料之能力，卻又不得不如此。否則將各項業務集中於同一單位、少數人員時，固然可以大量減少介面成本，但其工作量卻又非少數人員所能負荷。在這種狀況下，能夠排出可行班表已屬不易，更遑論追求品質與效率，亦不太可能在作業的時限下排出數個不同方案供擇優採用。

因此，利用本計畫所發展之自動化排點模式，實作成爲決策輔助系統之後，將對前述狀況提供重大協助。經由適當的軟體輔助，排點工作人員將可掌握大量經過適當整理之資訊，並在較短的時間內評估比較各種不同方案之成效。軟體平台所提供之共同作業環境將有助於克服多人作業時產生的介面問題，而具有排點能力之決策輔助系統又能在相對較短的時間內，以較低之成本產生班表方案。

## 5.2 安插臨時列次

臨時列次雖名爲「臨時」之列次，然而在既定班表之上，再安插其他之列次，實爲鐵路系統在營運的過程中之常態。在車路分離之系統中，多數負責運輸業務之業者常競爭商業價值較高之時間帶，因而有常態性之列次安插需求。臺鐵系統雖非採車路分離制度，但在經常性之營運中，亦常因加開專列、軍運列車、臨時發生之車輛回送、試車、變更行程、或訓練等各種不同目的，而需要在既定之固定班表之上，再加上額外之臨時列車。在臺鐵實務上，幾乎每天都見各式臨時列車，粗略估計每年在一千列次以上。

在一個資源充裕的系統中，於既有班表中安插額外之列次並不難。然而臺鐵系統不論在人員、車輛、或軌道資源無不捉襟見肘，因此本項工作之作業流程<sup>[2]</sup>至爲複雜，具有相當之難度。在實務現況上，安插臨時列次占用了臺鐵局綜合調度所可觀的人力資源。

在背景班表中安插額外的列次爲重要問題。對此 Cacchiani 等人<sup>[41]</sup>以及 Burdett 與 Kozan<sup>[42]</sup>均曾提出研究成果。交通部運研所亦曾於 2011 年完成相關研究<sup>[2]</sup>。該項成果，結合本計畫之成果，其核心模式亦足以供此種安插臨時列車決策輔助系統之用。

## 5.3 班表偏異之自動偵測與排除

理論上一套功能完整之自動排點系統所產生之班表不應含有偏異之處。然而實務上如本報告第二章所說明，人工排定之班表，偶因排點不易，或因檢查不易，而含有第二類與第三類之偏異。

就學理而言，班表偏異之自動偵測與排除，本爲任何自動排點系統所必須具備之基本能力之一。在另一方面，具備自動偵測與排除班表偏異能力之系統，其核心能力距離全自動排定班表已經不遠。然而一個決策輔助系統要能夠自動排定完整班表，所需要之能力不僅止於排定無偏異之班表。此一系統尚需要能夠納入各種實務上之習慣、偏好等考量。而將實務習慣偏好之考量納入軟體之前決條件，則是必須有系統整理實務知識，使之成爲模式之一部份。在現今之臺鐵系統，這些條件均尚未成熟。因此在臺鐵局排點作業尚以人工爲主之現況下，發展能夠自動偵測與排除班表偏異之軟體系統，不失爲可行之策略。



班表偏異之自動偵測，與偏異之自動排除，所需之技術層面相差甚遠。如本報告第三章之說明，第一類偏異之偵測可以用簡單之股道分配模式有效達到。而第二、三、四類偏異基本上均為某些時間長度過長或過短。此類偏異之偵測所需之技術層面較低。在另一方面，班表偏異之自動排除則需要較複雜之技術。其關鍵在於鐵路系統上所有列車共同同一套軌道，任一系列次之調整均有可能影響到其他列次。因此單純的班表修正，例如發現某兩列車間在某車站之時隔長度過短即推延後車或提早前車在該站之到開時間，並無法有效解決問題。反之，這種局部修正的作法往往僅是將問題在時空中移到其他區域。由於臺鐵系統之班表中列次相當密集，這種方法真實應用時更有可能遭遇無法局部修正，或者一處偏異經過多次局部修正後回復原狀之窘境。

## 5.4 班表之穩定化

任何鐵路系統在運轉時，必然因為種種外在與內在干擾因素，使得其真實運轉時分與表定之運轉時分有所偏差。基本上對營運的干擾可分為擾動(disturbance)與中斷(disruption)兩類<sup>[43]</sup>。目前在國際上對於二者並無公認而明確之區分方式。大體而言，前者為日常營運中，實際運轉時分與表定運轉時分之偏差，多由內在或外在的隨機因素所引起。而後者則為電車線斷落、列車脫軌、號誌故障等事件所引起之營運中斷。兩者性質完全不同，因應方式亦大不相同。本小節所探討者屬於擾動，而中斷則將留待下一小節討論之。

列車運轉時，所受到之外在擾動包括旅客行為、天候、平交道狀況等因素；而內在之擾動則包括電力系統電壓、列車機械狀況、機班人員駕駛行為等等。擾動關係班表穩定<sup>[44]</sup>，而這些擾動影響因子之共同點為具有隨機性且不可預測。此外，鐵路系統本身亦提供班表回復之作用，例如機班人員之趕點行為、調度人員之運轉整理等等。系統的脆弱度與回復力，共同決定了運轉時之穩定性。而在其中，班表對系統脆弱度具有決定性的影響。

在鐵路系統中，主要由寬裕量(supplement)與緩衝時間(buffer time)吸收上述隨機因素所造成之影響。列車由一車站運行至下一車站所需之最小時間取決於行車規章與機械性能。若班表配予之時間多於此一最小時間，則此一額外之時間即為寬裕量。列車在站內月台之停靠時間亦同；完成上下客、上下貨或其他停靠任務所需之最小時間之外，若班表配予額外時間，亦可視為寬裕量。在另一方面，通過同一閉塞區間之前後兩列車之間，具有號誌系統運作所要求之最短時隔。若班表在此一最小時隔之外配予更長之時隔，則額外之時隔即為緩衝時間。

寬裕量與緩衝時間對系統脆弱度具有決定性之影響。簡言之，前者影響個別車次維持準點運行之能力，而後者則影響晚點在系統中傳播之傳導度。兩者均由班表所完全決定。同時，兩者又影響了班表運轉之效率。如何在班表效率與穩定性之間取得適當之平衡，則需視系統發生隨機干擾之狀況，以及處理晚點之應變能力而定；並不屬本計畫之範疇，因此在此不再深入論述。在學理上，本計畫所

發展之自動排點模式，經過適當之擴充<sup>[45]</sup>可作為班表穩定化之用，亦即將給定之班表，重新以最佳化之方式分配其中之寬裕量與緩衝時間，以降低班表之脆弱度。該項模式可作為未來相關決策輔助系統之演算核心。

## 5.5 擾動管理與中斷管理

如前所分析，鐵路系統在運轉的過程中必然因各種內在與外在因素而產生偏離既定班表之現象。其中隨時發生之隨機干擾屬於擾動，已於前節討論之。而號誌、車輛、路線設備等設施故障，或涉及鐵路以外因素之事故等並非隨時發生，而是突發性之獨立事件。例如在臺鐵系統曾經發生之電車線斷落、號誌故障、車輛脫軌、人員落軌、平交道碰撞等均屬之。這些事件之基本性質及對運轉所造成之影響均與擾動差異甚大，因此應歸屬於運轉之中斷。

擾動管理與中斷管理有其相似之處，亦有其相異之處。兩種管理之共同任務均在使鐵路系統回復正常運轉，而且必須在很短的時間內作成決策；然而擾動所產生之列車班表偏離較小，且持續發生，因此擾動管理所需之工作以協調各列車行進速度、避免晚點傳播與過度累積、及維持列車準點為主。中斷管理則影響較大。調度人員需要判斷是否取消或整併某些列次、是否延長或截短某些列次之行駛區間、是否指派救援列車等等。

目前實務上臺鐵系統之擾動管理與中斷管理均由經驗豐富之調度人員為之。由於允許之決策時間甚短，人員往往承受相當大之壓力，且決策品質受到個人因素影響。作決策時亦缺乏替選方案之比較分析。因此決策輔助系統亦有其必要性。在擾動管理方面，決策輔助系統之任務在提出回復既定班表之建議方案，因此所需要之核心模式與前述班表穩定化之核心模式相近。而在中斷管理方面，由於需要重新排定多數列次之行程、新增列次、或取消列次等，因此所需要之核心模式與前述安插臨時列次所需之核心模式相近。不同之處為不論是新增臨時列次，或是班表穩定化，均無電腦運算之時限。但擾動管理與中斷管理經常面臨甚緊之時間壓力，因此雖然核心模式相近，求解演算法卻大不相同。此外，此一決策輔助系統需要搭配人員調度、車輛調度<sup>[43]</sup>、旅客服務等能力，以及系統模擬能力<sup>[46]</sup>以對各種不同方案<sup>[47]</sup>作有系統之比較並及時提供資訊以利調度人員快速決策。

## 5.6 政策評估

鐵路系統對社會提供極為重要之運輸服務，同時也使用了大量的社會資源。因此鐵路系統與全國運輸政策相互影響，而鐵路系統之營運與發展，又與政策習習相關。具體的例子如臺鐵之捷運化、臺鐵與高鐵之競爭與合作關係、東部與西部之交通網絡架構等等，莫不在政策主導下進行；而同時鐵路系統之營運狀況，又對政策造成回饋與影響。

在諸多政策中，耗用經費最鉅者為各項路線工程。交通部鐵路改建工程局執行甚多鐵路工程計畫。過去已核定、已動工、或已完工之計畫包括：臺北都會區鐵路地下化南港專案、台鐵捷運化七堵樟樹灣段增建第三軌工程、桃園高架化計畫、內灣支線改善計畫、臺中都會區鐵路高架化計畫、員林市區鐵路高架化計畫、臺南市區鐵路地下化計畫、臺鐵沙崙支線計畫、高雄市區鐵路地下化計畫、高雄鐵路地下化延伸鳳山計畫、高鐵高雄屏東潮州捷運化計畫、臺鐵林邊溪橋改善計畫、花東線鐵路整體服務效能提升計畫、花東線鐵路瓶頸路段雙軌化暨全線電氣化計畫、以及基隆火車站都市更新站區遷移計畫等。此外尚有規劃中的嘉義市區鐵路高架化計畫、潮州枋寮鐵路電氣化計畫、以及南迴鐵路電氣化計畫。同時亦有多項計畫正在研議中或進行可行性研究中。

臺鐵系統之前述各種改善或新建工程，均需要鉅額投資。而且工程設計對日後營運常產生深遠影響。例如高雄鐵路地下化計畫在十餘公里之路段內增設七座通勤車站，對日後列車之運轉將產生顯著之衝擊。同時配合高雄鐵路地下化而將西幹線順行列車與南迴線逆行列車之發車基地依序分別設置於新建設之潮州基地與新左營基地，又將增加此一路段鐵路交通量。又如一座車站地下化之後，若未適當規劃貨物進出月台之動線，則原本之貨運業務（例如機車託運）勢必取消。或者既有營運中之林口支線必須配桃園高架化計畫而廢線。沙崙支線之通車，大幅增加了臺南市區部份平交道之封閉時間。

前述工程設計對營運之影響，往往及於數十年乃至百年，因此必須極度審慎評估之。而本計畫所發展之列車排點模式，正提供了適當之核心技術，可作為此類評估之用。此模式有能力以相對較低之時間與經費成本，在各種不同情境設定下擬定不同之班表，而這些班表正可作為各種方案評估比較之基礎。不同方案班表經過適當之運轉模擬，可提供具體之運轉效率與系統穩定性之評估比較。而利用在班表中依所欲營運之型態插入最多車次之方式，亦可具體評估路線容量之合理限度。如花東線鐵路瓶頸路段雙軌化、七堵樟樹灣段增建第三軌工程等改善工程在規劃階段即亟需此類評估，以精準掌握各種不同改善方案對未來運轉之可能影響，據以評選最佳之方案。

精準政策評估所需之分析內容繁多。除了前述以不同情境排定班表並進行運轉模擬之評估外，依各工程專案之性質，亦可能需要特別評估鐵路交會車站之運轉<sup>[48]</sup>、車輛基地之運轉<sup>[49]</sup>、機班、車班人員之運用、車輛之運用等。這些課題並非本計畫之範疇，不再贅述。



## 第六章 CTC 列車運行資料分析

CTC 為 Centralized Traffic Control 之縮寫，為鐵路號誌系統之一種。此類號誌系統有一集中式的控制中心，掌控其領域範圍內之所有道岔與主要號誌機。在臺鐵營運路線中，CTC 系統已經涵蓋全部主線以及絕大部份支線。其資料由運務處綜合調度所管理，記錄了所有列車通過進站號誌機與出發號誌機之時間點。

本章分析發展 CTC 列車運行資料於排點作業之應用時需要探討之課題。包括：(1)以運行資料校估運轉時隔、基準運轉時分等排點參數，並提出校估模式；(2)建立以運行資料為基礎之列車班表績效評估模式。

### 6.1 CTC 原始資料

本研究蒐集整理民國 100 年 3 月至 101 年 4 月間，14 個月之臺鐵全系統之 CTC 資料，總共有 6100 萬餘筆。資料總量每月筆數介於 408 萬至 446 萬筆之間，分佈相當均勻。平均每月大約有 436 萬筆資料。

基本上 CTC 系統每秒鐘掃描一次其所轄之所有車站，並紀錄位於該車站範圍內之所有車次，以及掃描之時間。而所謂位在車站範圍內，則定義為由進站號誌機至出發號誌機間之範圍。本研究所取得之 CTC 資料為文字檔，並無複雜之編碼系統。每筆資料由三欄所構成，分別對應車次編號、車站代碼、以及時間。例如「002304 1028 20120427080644」即代表車次 2304、車站 1028、2012 年 4 月 27 日 8 時 6 分 44 秒。此筆資料代表在該時刻，CTC 系統掃描全系統時，車次 2304 之位置在竹南站範圍內。附錄 3 整理了 CTC 系統所使用之車站編碼與車站名稱之對應。

本研究整理發現 CTC 原始資料中有許多重複，亦即上述三欄位內容完全相同者。統計結果顯示重複之資料約占總體之 54%，亦即以程式去除後，得到不重複資料量約為原始總資料量之 46%。由於 CTC 系統每秒鐘掃描一次其所轄之所有車站，因此若某車次於某車站停留 1 分鐘，則理論上應留下 60 或 61 筆紀錄。本研究之目的在嘗試利用 CTC 之紀錄，統計各車次在真正運行時，在各車站到站與離站時分。因此僅需參考其中之第一筆與最末筆紀錄，即應可估計該車次在該車站之到站與離站時分。此外，時速 120 公里之列車每 3 秒鐘可運行 100 公尺。由此可合理預期在正常狀況下，任何列車通過任何車站均應留下 2 筆或更多資料。因此若某車次在某車站僅有一筆資料，則可歸為資料異常而不予採用。統計結果發現以上述方式處理過後，所剩之總資料筆數約為原始總數之 27%。表 6-1 為原始資料概況統計。

表 6-1 CTC 原始資料統計

日期		原始資料筆數	刪除重複剩下	只留進出站	僅單一筆
民國 100 年	三月	4449764	2051064	1234450	44324
	四月	4310611	1988500	1196570	42738
	五月	4385565	2019326	1216075	43625
	六月	4335200	1996998	1203400	43798
	七月	4461684	2057464	1237861	44187
	八月	4450492	2051746	1235285	43795
	九月	4276359	1972372	1186843	41981
	十月	4431396	2050056	1235192	42942
	十一月	4287022	1984730	1194626	41402
	十二月	4459630	2063790	1241515	42973
民國 101 年	一月	4350279	2015829	1213468	42106
	二月	4083704	1889795	1137540	39402
	三月	4418748	2043476	1231546	42650
	四月	4310298	1993875	1200409	41683
14 個月總計		61010752	28179021	16964780	597606

本研究在上述解析整理之後，並進一步檢驗 CTC 資料之品質。由於 CTC 資料紀錄了所有車次之運行狀況，因此可用運行圖顯示其在時空中之軌跡。檢視結果發現資料異常之狀況並不少見。以 101 年 4 月 1 日 174 次自強號由高雄經山線到蘇澳為例，圖 6-1 顯示其 CTC 資料即有二處異常，分別發生在苗栗與竹南之間，以及臺南與保安之間。

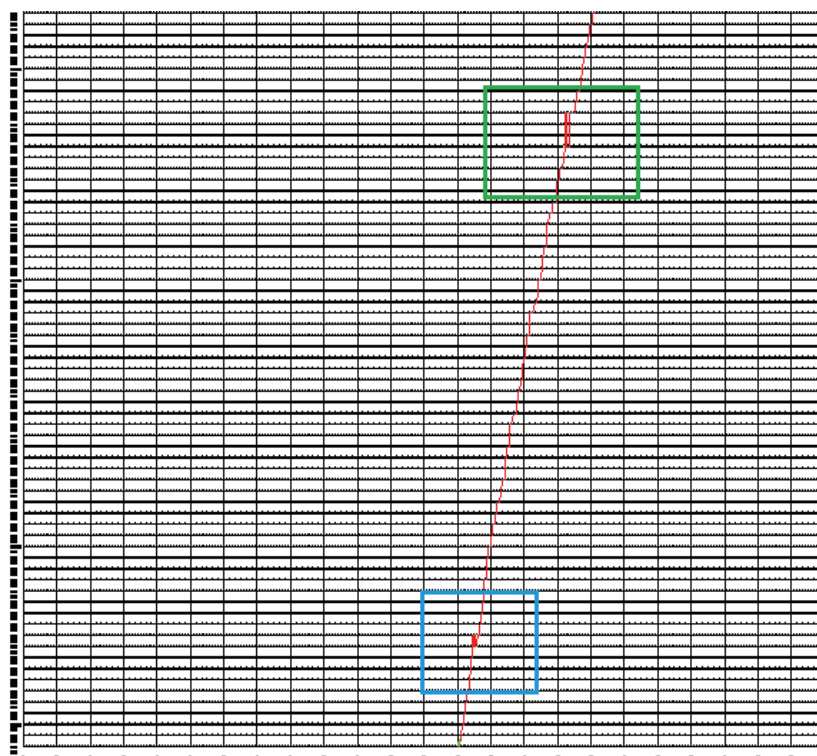


圖 6-1 101 年 4 月 1 日 174 次自強號 CTC 紀錄運行圖

圖 6-1 中，苗栗與竹南間運行圖放大如圖 6-2 所示。資料顯示該車次多次往返於苗栗與竹南之間，顯與實況不符。該車次另一處異常為臺南與保安之間，運行圖放大如圖 6-3 所示。與前類似，紀錄顯該車次於約 10 分鐘內往返於保安與臺間至少 4 次，亦顯非實況。

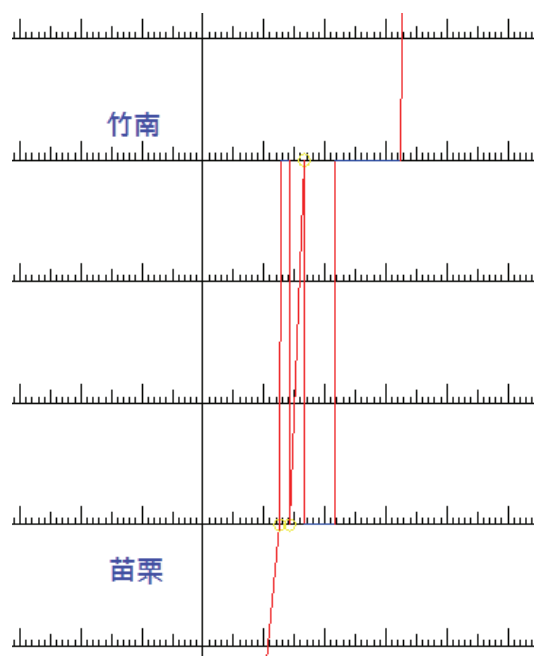


圖 6-2 101 年 4 月 1 日 174 次自強號  
CTC 紀錄運行圖（苗栗=竹南）

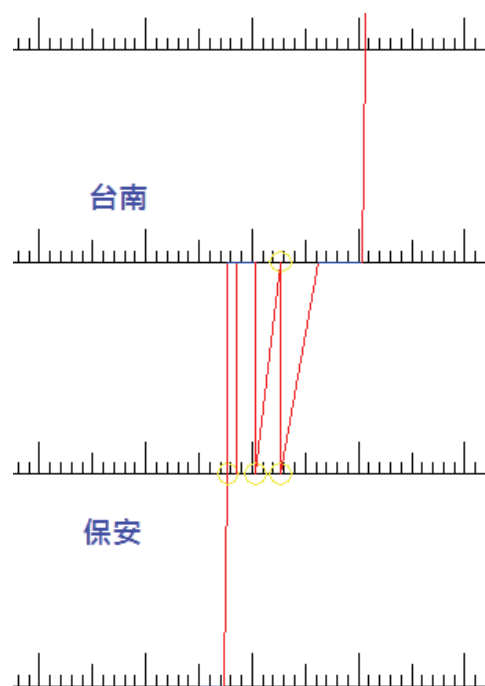


圖 6-3 101 年 4 月 1 日 174 次自強號  
CTC 紀錄運行圖（臺南=保安）

同樣在 4 月 1 日，第 106 次自強號由嘉義經海線到七堵，在田中與二水之間亦有類似之資料異常現象，如圖 6-4 所示。而圖 6-5 則為 204 次自強號在山里與臺東間之 CTC 資料，亦有類似之異常。次日，101 年 4 月 2 日 146 次自強號由高雄經海線至七堵，於竹南至談文之間亦有類似之現象，如圖 6-6 運行圖所示。同樣於 101 年 4 月 2 日，172 次自強號由高雄經山線至花蓮，於蘇澳新至冬山之間亦有類似之現象，如圖 6-7 運行圖所示。101 年 4 月 3 日第 508 次莒光號從高雄經海線到七堵，汐止以下無 CTC 紀錄，如圖 6-8 所示。而 4 月 13 日 2364 次區間車在田中至林內之間更發生多次紀錄異常，如圖 6-10 所示。此外 101 年 4 月 19 日、20 日、及 30 日，第 144 次自強號、503 次莒光號、176 次自強號亦發生紀錄異常，如圖 6-10、圖 6-11、與 6-12 所示。

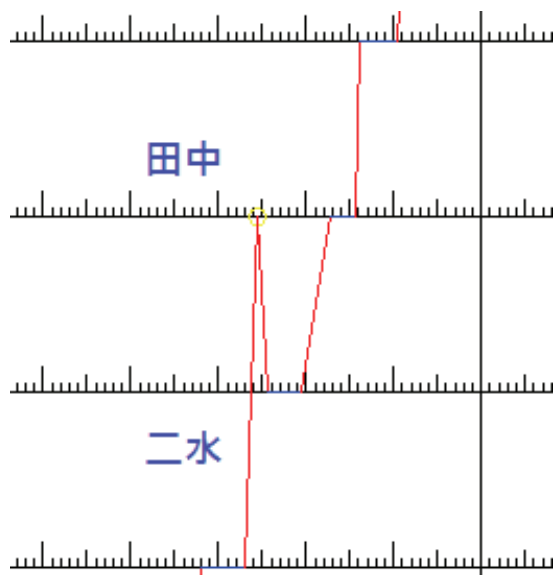


圖 6-4 101 年 4 月 1 日 106 次自強號  
CTC 運行圖 (田中=二水)

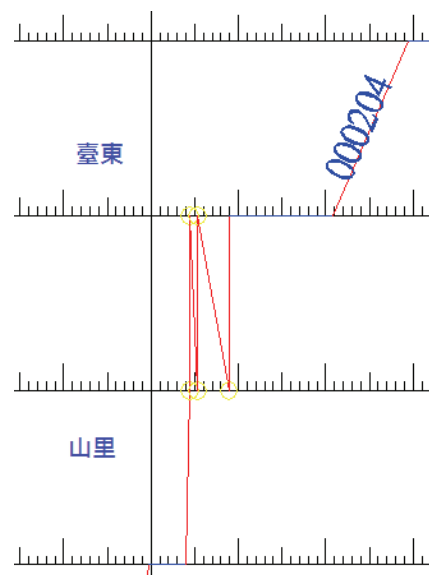


圖 6-5 101 年 4 月 1 日 204 次自強號  
CTC 運行圖 (山里=臺東)

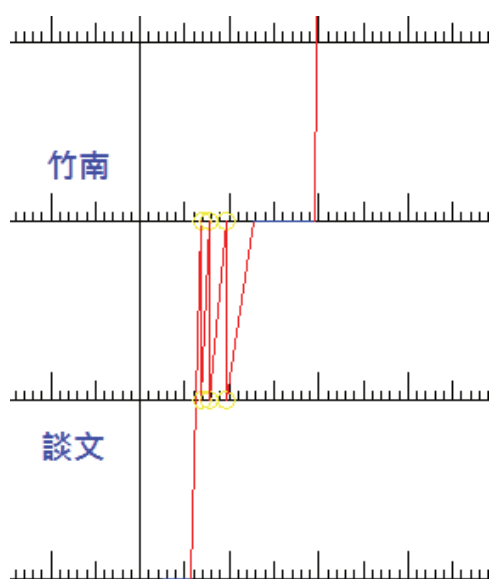


圖 6-6 101 年 4 月 2 日 146 次自強號  
CTC 運行圖 (竹南=談文)

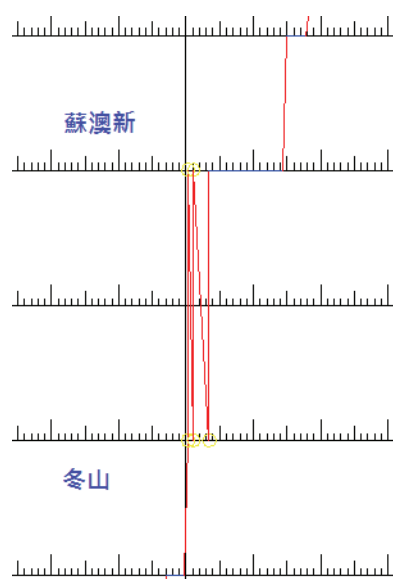


圖 6-7 101 年 4 月 2 日 172 次自強號  
CTC 運行圖 (蘇澳新=冬山)



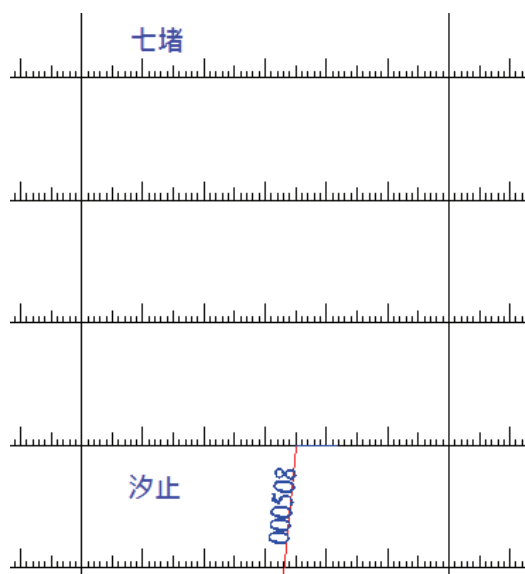


圖 6-8 101 年 4 月 3 日 508 次自強號 CTC 運行圖（汐止以下無資料）

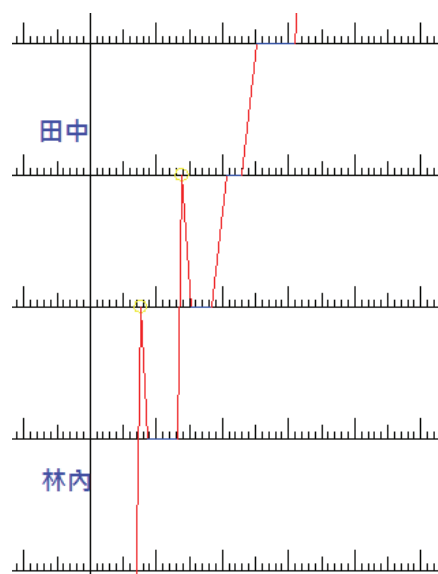


圖 6-9 101 年 4 月 13 日 2364 次區間車 CTC 運行圖（田中=林內）

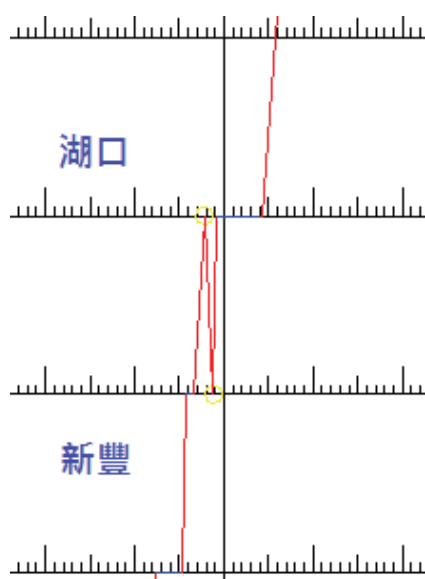


圖 6-10 101 年 4 月 19 日 144 次自強號 CTC 運行圖（湖口=新豐）

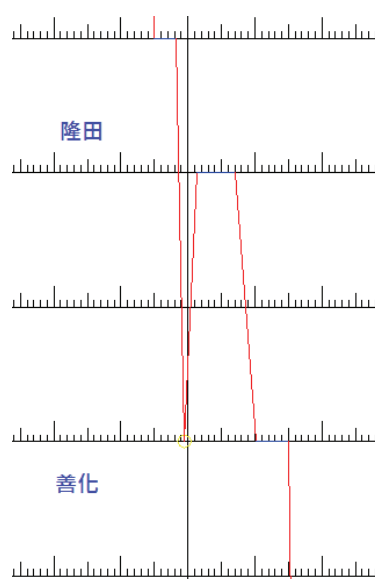


圖 6-11 101 年 4 月 20 日 503 次莒光號 CTC 運行圖（隆田=善化）

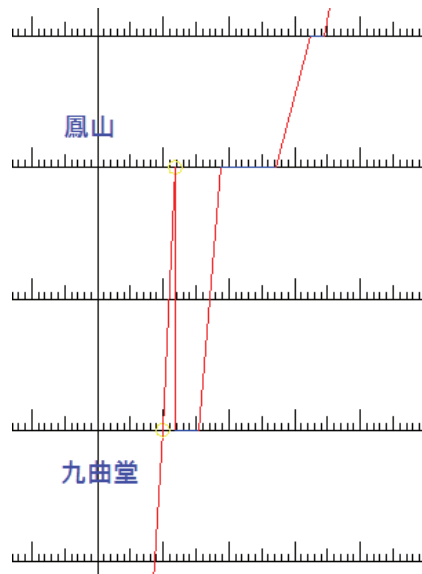


圖 6-12 101 年 4 月 30 日 176 次自強號 CTC 運行圖（鳳山=九曲堂）

## 6.2 CTC 資料分析

設置 CTC 系統之主要目的在使行控中心能夠即時掌握所有列車之動態並予以適時適當管制。利用其紀錄以校估基準運轉時分時，其缺點是其中並無所有軌道電路之進入與離開時間記錄，應用上較為受限。且進出站時間記錄係以列車通過進站號誌機與出發號誌機之時間為準，與一般認知之到離站時間並不完全一致。根據實務訪談結果，臺鐵一般認知之到站時分為列車在月台上停妥，開啓車門之時間點。而離站時分則為列車關上車門之時間點。此種定義與排點人員之認知一致，亦為排點工作之基礎，但與 CTC 資料之紀錄方式有所出入。

以圖 6-13 所示社頭站軌道佈置圖為例，北上方向（圖中由右向左）列車在進站號誌機（4L）之里程為 K239+347。而列車之停車位置約在 K238+776 處。亦即列車在通過該進站號誌機後，距離月台停車位置仍有約 571 公尺之距離。因此若以 CTC 所紀錄之通過進站號誌機時間作為到站時分，顯然將有不小之誤差。且此一誤差量隨列車性能或駕駛行為之不同而異。而出站時亦有類似之現象。再者，此一誤差在各不同車站之相互差異亦不小，均影響使用 CTC 紀錄資料推估排點參數之實用性及可信度。

整體而言，CTC 資料若能在未來以適當演算法修正其值，對排點參數校估之應用或將仍有其價值。





# 第七章 ATP 列車運行資料分析

臺鐵系統中，各車次運轉時均受到 ATP(Automatic Train Protection)系統之監控與紀錄。本章為主要為針對 ATP 紀錄資料分析成果。

## 7.1 ATP 系統概說

臺鐵之 ATP 系統之主要功能有二：首先，該系統為鐵路系統中為確保行車安全而設置之系統，有能力在必要時自動介入列車之駕駛，避免危險行為之發生。第二，該系統對行車過程作詳實之紀錄。本研究取其後者作為分析之標的。

大略 ATP 系統可分為連續式(continuous)與間斷式(intermittent)兩大類。前者以沿軌道佈設之電纜或類似功能之設施持續監控列車之位置與狀態，而後者則利用設置於定點之感應裝置，於列車通過時判讀其位置與狀態。臺鐵所使用之系統為間斷式，於各號誌前方各佈設二或三個感應子。在臺鐵，ATP 系統由機務處負責管理。司機員於接車時在車上機插入隨身碟，於行車過程中之車速、通過號誌時間、與通過時號誌之燈號狀態待行車紀錄資料便紀錄於該隨身碟中。交車時司機員將隨身碟取出，插入機班之讀取裝置，即可將所登錄之資料上載至系統電腦中。

該系統能夠將所紀錄之行車過程輸出成為車速表，如圖 7-1 所示例。圖中橫軸為里程、主要縱軸為車速。顯示之資訊包括各路段之速限(最上方虛線)、車速(實線曲線)、圖下方標有經過各點之時間、通過各感應子時，該感應子所對應之號誌機時之燈號狀態、路線坡度、曲率半徑、以及其他資料。

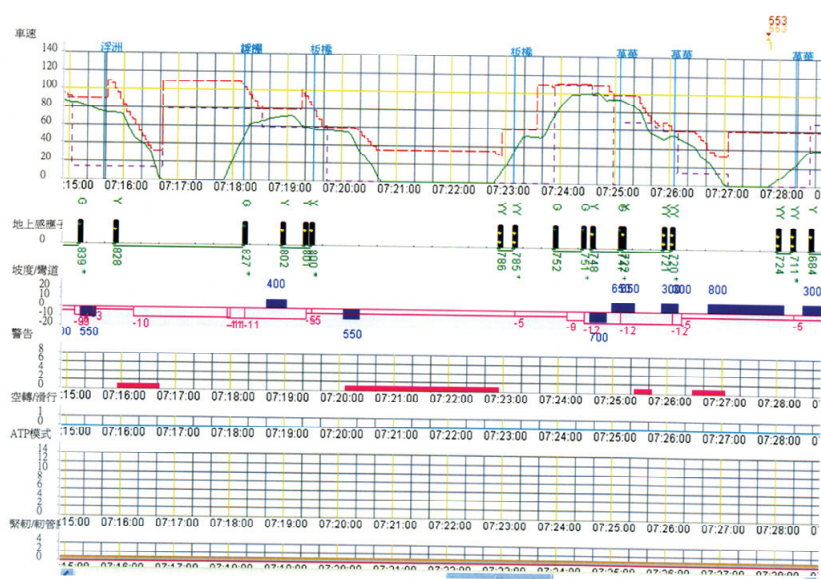


圖 7-1 ATP 車速表例

圖 7-1 為 ATP 系統軟體之輸出，提供了許多有用之資訊。然而 ATP 系統每隔數秒即紀錄一次列車狀態資訊，但該系統僅能輸出此種圖，並無法以數位方式，輸出詳細資訊供進一步解讀分析之用。在另一方面，臺鐵之 ATP 資料儲存格式至為複雜，且資料庫系統係外包建置，臺鐵局並未全面掌控。而該系統並未提供外部介接之功能，無法輕易取得其紀錄資料。在另一方面，ATP 之資料詳實記錄了所有司機員之駕駛行為，有時較具敏感性。如何解讀 ATP 資料，並在充份利用資訊與保密之間取得適當之平衡，為未來需要審慎處理之課題。本研究蒐集整理民國 100 年 3 月至 101 年 4 月間，14 個月之臺鐵全系統之 ATP 資料，總共有 80 萬餘筆。而行車過程中之紀錄則達數億筆之多。針對此計畫，本研究嘗試判讀 ATP 資料中個列車的時間、空間、速率資料，以校估排點參數。本研究設計之 ATP 資料解析方法說明如下。

於本研究所取得的 ATP 資料中，每日、每列車均產生一個資料夾，根據列車行駛時間，ATP 系統每個小時產生一個相對應的 ATP 資料檔，主要以時間作為檔案名稱之命名（例如：090000.MMI 表示該列車於 9:00 至 9:59 期間的運行記錄）；檔案均為二進位檔案(binary file)，人工無法直接判讀。本研究利用步驟試圖解析：(1)首先撰寫程式分析二進位檔案，並以人工判斷解析結果是否符合預期，例如，若列車運行速率不符合經驗法則，則修正程式判斷邏輯，直到資料合理為止、(2)比對大量數據以提高解析正確性，本研究比對台鐵局所提供之全台 ATP 資料驗證解析結果，例如，選取一每日運行之特定區間車（例如 3141 車次），利用程式重複產生不同日期（1/1、1/2、1/3...等）之解析結果，判斷列車時、空關係是否穩定、(3)獲得穩定解析結果之後，本研究比對解析結果與實際運行班表，以驗證結果之正確性，例如：列車停站時間、位置、速率是否與班表一致。以下擷取第 3141 車次區間車部分資料為範例說明解析成果。

## 7.2 行車速率曲線紀錄之分析

本研究首先由台鐵局網站(<http://twtraffic.tra.gov.tw/twrail/>)取得如表 7-1 之民國 101 年 1 月 1 日 3134 次區間車之預定運行班表作為比對基礎，其中包含列車預計的到站時間、開車時間。

表 7-1 第 3141 次區間車預定運行班表

站序	站名	到達時間	開車時間
7	嘉義	09:17	09:20
8	水上	09:25	09:25
9	南靖	09:28	09:28
10	後壁	09:33	09:34
11	新營	09:40	09:41
12	柳營	09:44	09:44
13	林鳳營	09:48	09:48
14	隆田	09:53	09:54

15	拔林	09:56	09:57
----	----	-------	-------

之後利用本研究所發展之解析程式進行 ATP 資料解析，取得其運轉紀錄後將結果與班表疊合，結果如圖 7-2。

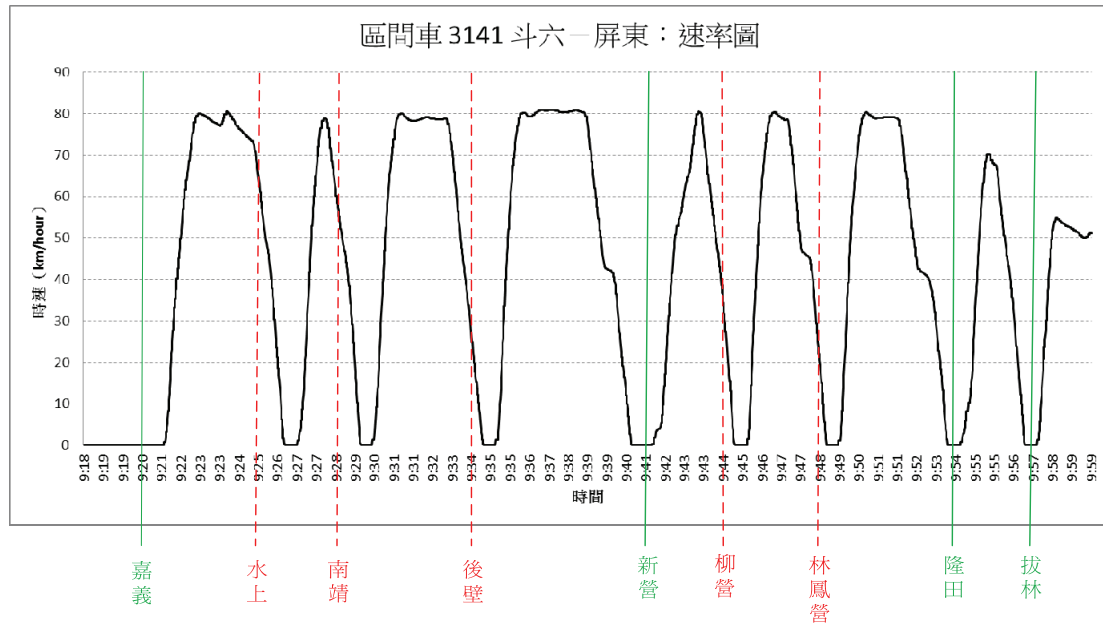


圖 7-2 101 年 1 月 1 日 3141 次區間車 ATP 運行圖

圖中橫軸為時間、縱軸為 ATP 資料所紀錄之列車速率，以時速公里為單位。地名所對應的直線為該車次在班表中之預定發車時間，例如：此列車應於 9:20 由嘉義發車、9:25 由水上發車等等。圖中虛線表示列車並未如表定時間發車。上述資料可彙整如表 7-2。

表 7-2 第 3141 次 區間車 ATP 記錄運行班表

站序	站名	到達時間	開車時間
7	嘉義	09:18:21	09:21:41
8	水上	09:26:41	09:27:11
9	南靖	09:29:49	09:30:17
10	後壁	09:34:53	09:35:23
11	新營	09:41:05	09:41:50
12	柳營	09:45:16	09:45:46
13	林鳳營	09:49:07	09:49:32
14	隆田	09:54:04	09:54:34
15	拔林	09:57:19	09:57:44

雖然班表表定時間精確至「分」，ATP 資料記錄至「秒」，可觀察每秒每一列車之運行狀態，例如，由解析可觀察此區間車部分運行特性：(1)列車最高運行速率約為 80 公里/小時，司機員減速行為由圖可判讀，例如此司機在嘉義到新營中間列車行駛速度接近最高速率時曾經減速、(2)水上-南靖、新營-柳營、隆田-拔林等區間由於距離較短，列車出站後加速至最高速限，幾乎立即減速準備停站、(3)列車於數個車站停站時間極短，本研究判斷由於該列車運行日期為國定假日早上，部分車站可能無人上下車，以林鳳營、拔林為例，列車於該車站停站時間

僅有 25 秒左右，大站如新營則停等較長之 45 秒、(4)新營出站加速較慢，可能為軌道、號誌、地形、駕駛員等等因素造成、(5)站間行駛時間可精確取得，例如嘉義-水上表定時間為 5 分鐘（09:20-09:25），實際 ATP 資料亦顯示列車運行時間亦為 5 分鐘（09:21:41-09:26:41）。



## 第八章 排點參數校估

### 8.1 校估基準運轉時分之重要性

如第二章所說明，基準運轉時分爲各種車輛通過某一路段所需之最小運轉時間長度。基準運轉時分反映了鐵路系統中各式列車在各路段運轉所需要之最小時間長度。由於鐵路常有坡度，而列車對坡度又至爲敏感，因此同一路段兩行車方向之基準運轉時分經常不同。基準運轉時分爲鐵路列車排點時最重要的參數依據之一。此一參數既爲列車運轉所需要之最小時間長度，因此班表排定某車次由甲站離站至乙站到站之時間長度，即不可小於基準運轉時分。需要注意的是，基準運轉時分所代表的是在正常的狀況下，給定之列車依給定之行車方向，運行某給定路段所需之最小合理時間。而所謂合理，應指鐵路系統相關維運人員、乘客、監理人員等共同認爲可以常態運轉之狀況。

常與基準運轉時分一併討論者爲寬裕時間(supplement time)。所謂寬裕時間，指班表中排定列車在站間運轉之時間長度中，超過基準運轉時分之部份，如圖 8-1 所示意。由於列車實際運轉時分之不確定性，爲維持系統之回復力以達到運轉之穩定、在排定班表時給定適當之寬裕時間有其必要性。在一份已排定之班表中，基準運轉時分與寬裕時間共同構成了列車在站間運轉所排定之時間，然而兩者基本性質完全不同。前者爲列車在該單一站間正常運轉所必要之最小時間；而後者爲維持班表正常運轉所需之時間。前者僅與單一系列有關，因此應在排定班表之前就各型機車、各路段予以校估律定。而後者則影響整份班表，應在排定班表的同時，審酌各車次間互制之狀況而予以適當排定。例如，若在班表中某車次儘快通過某站間有利其他車次之運行，則可以考慮減少，甚至去除該車次在該站間之寬裕時間。或者，某較低速列車行經某站間時，其後不久將有較高速列車通行，則可以考慮給予前行之低速列車較大之寬裕時間，以增加前車在該路段吸收晚點之能力，降低晚點傳播至後車之機率。一般而言，較高之寬裕時間有助班表之穩定性，但卻付出效率降低之代價。兩者之間成凸形關係<sup>[45]</sup>。若有適當之資訊與軟體工具，排定班表時可在效率與穩定之間尋求最佳之平衡點。

現今實務上，臺鐵局多將寬裕時間併計入基準運轉時分中，以兩者之合計作爲排點時使用之基準運轉時分。此種作法固然有應用上之便利性，但亦使得排點之人員或軟體系統無法精準判別之。這種現象使得人員或軟體系統在排點時，難以充份達到效率與穩定間之適當平衡。因此本計畫認基準運轉時分之校估實應與寬裕時間之排定獨立處理之。

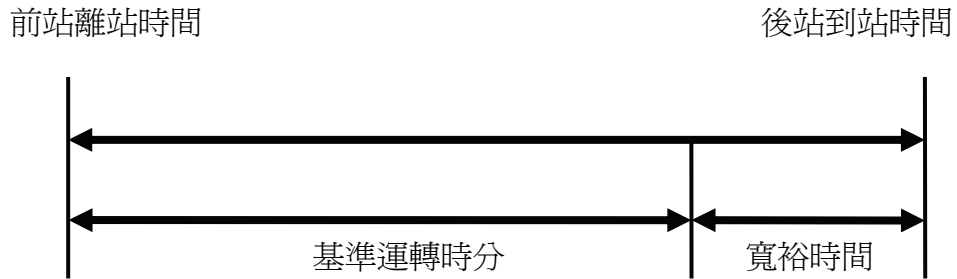


圖 8-1 寬裕時間示意圖

## 8.2 基準運轉時分之推估

在實務上，臺鐵局律定基準運轉時分方式以電腦模擬以及實車測試為主。前者以電腦程式依據各型列車之速率出力曲線（如圖 8-2 所示例）、軌道條件、速限、運轉規章等參數，根據牛頓力學以及運動學基本公式，模擬列車在軌道上運轉之狀況，藉以推估其基準運轉時分。

列車之運轉模擬為一複雜工作，其基本原理為利用電腦依一定公式計算列車在某特定軌道上運轉之過程中，在各處所出之力、軔力、與所承受之阻力，據以計算作用在列車上之合力，再以牛頓公式計算列車在各處之加速率，再以數值積分得到行駛速率，即可推估基準運轉時分。

影響列車運轉時分之因素甚多。除了上述主要因素外，尚有電力線之供電電壓、風力與風向、機械溫度、機械潤滑狀況等等不一而足，甚至同一列車上各車輛間之間隙、集電弓之彎曲方向等，均將因為影響行駛中之空氣阻力而對運轉時分有微小之影響。由於其中不可能在模擬中完全掌握之不確定因素甚多，因此電腦模擬不可能，亦無必要鉅細靡遺納入所有的考慮因素。

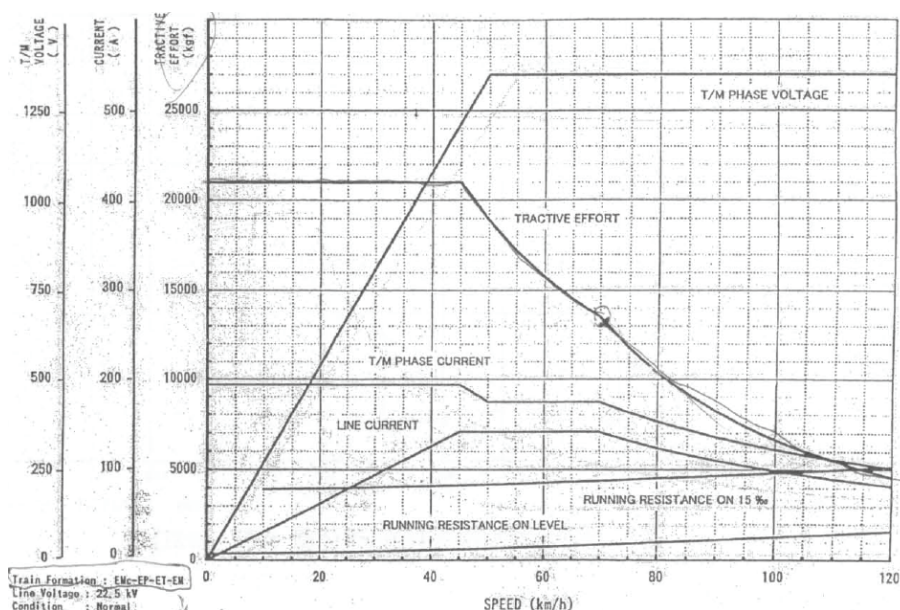


圖 8-2 EMU600 型機車牽引力曲線圖

實務上估計基準運轉時分之另一種方法是實車測試，亦即在班表中排定臨時列次，以實車在真實路線上測試其運轉時分。這種作法固然有良好之真實性，然而由於實車測試之成本甚高，安排不易，因此無法多次重複為之，因此結果不一定有代表性。例如，測試列車實測時很可能遇到非常態性之狀況，例如當天路線某部份因施工而慢行、測試列車當天之機械狀況優於或劣於平時、機班人員在測試時之駕駛行為與平日行為不完全相同、受到路線上其他車次之干擾、受到當時調度人員之調度作為影響、測試列車與真實列車載重不同等等。而這許多實測時所遭遇之非常態性狀況，其綜合影響是否具有代表性，則是更複雜之課題。

審酌列車運轉之實際狀況，不難發現其真實運轉時分為許多隨機程序之綜合結果，以致於列車在同一路段上多次運轉之真實時分並非定值。因此若電腦模擬系統因為科技限制而未能掌握不確定性，則模擬所得僅為諸多可能之狀況中之一，必與真實狀況有所差距。在另一方面，實車測試雖然能夠真實反映所有影響因素，但又因難以多次重複測試而不易認定其代表性。

### 8.3 以行車紀錄校估基準運轉時分

由於不論以電腦模擬或實車測試推估基準運轉時分均有其缺點，因此由實際行車紀錄校估基準運轉時分即有其重要性。此種作法之最大優點是實際運轉之列車為數眾多，可以取得豐富之紀錄，資料代表性無庸置疑。然而缺點是列車之運轉受到班表之影響。例如若排定班表時所依據之基準運轉時分大於實際正常運轉所需，則班表給定之運轉時分亦將過大。然而過大之運轉時分又會影響機班人員之駕駛行為，使之以較低速行車以免過早到站。在這種狀況下實際行車紀錄所顯示之運轉時分或將高於實際運轉所需。

本計畫利用臺鐵局真實之行車紀錄，整理結果如表 8-1 至表 8-3 所示。這些表分別呈現 PP、TEMU1000、與 EMU 三型車在主要車站，依行車紀錄所統計之運轉時分，並與臺鐵局排點時所使用之基準運轉時分相比較。其中 PP 為推拉式自強號、TEMU1000 型列車為太魯閣號、而 EMU 則為各型電聯區間車。

表 8-1 第一與第二欄依序為統計實際運轉時分之站間路段、第三欄為該列車在該站間的前後兩站是否停車。之後「筆數」欄為所統計之資料筆數。之後則為行車紀錄中實際運轉時分之平均值與標準差，最後四欄則為第 10%、25%、50%、與 90% 百分位之資料值。例如表 8-1 第一列資料所統計者為臺北車站往松山車站行駛之 PP 型列車、在臺北站與松山站均停車之狀況。在此路段本研究並未取得臺鐵所使用之「停-停」基準運轉時分，因此以 0 表示之。行車紀錄中共有此類資料 1739 筆，其運轉時分平均值為 420.15 秒、標準差為 163.29 秒。而第 10%、25%、50%、與 90% 百分位之資料值依序為 375 秒、390 秒、411 秒、與 457 秒。表中其餘所有資料依此原則類推。

在臺北站往松山站方向，資料以「停-停」模式者最多，平均運轉時分為 420.15 秒，與臺鐵使用於「停-通」模式之基準運轉時分 420 秒甚為接近。然而「停-通」

模式之行車紀錄筆數甚少，且檢視原始資料時發現其中有 10 筆為負值（這些負值數據未納入本表統計），顯非正常數據。其原因尚有待深入研究。至於「通-通」模式之運轉時分紀錄則顯示平均值為 658.73 秒，標準差為 273.23 秒。依合理推論，「通-通」模式之運轉時分不應大於「停-停」模式之運轉時分。此外另有 14 筆資料之行車紀錄顯示運轉時分為負值。因這些紀錄顯然不合理，已先行排除於資料統計中。

**表 8-1 行車紀錄運轉時分統計(PP)**

前站	後站	模式	臺鐵	筆數	平均值	標準差	10%	25%	50%	90%
臺北	松山	停停	420	1739	420.15	163.29	375	390	411	457
臺北	松山	停通	420	36	395.08	153.78	258	276	313	584
臺北	松山	通停	420	34	434.94	214.01	255	280	308	778
臺北	松山	通通	420	33	658.73	273.23	304	541	594	869
松山	臺北	停停	420	1144	423.89	162.40	383	403	423	471
松山	臺北	停通	420	17	2750.35	4073	233	311	727	9749
松山	臺北	通停	420	207	326.10	734.28	310	327	346	434
松山	臺北	通通	420	15	635.47	428.61	143	146	512	1116
臺北	萬華	停停	240	244	270.88	18.15	247	258	270	294
臺北	萬華	停通	240	1152	233.29	321.29	191	202	215	240
臺北	萬華	通停	240	1						
臺北	萬華	通通	240	41	268.17	1513.85	61	113	524	711
萬華	臺北	停停	240	247	295.15	57.76	259	271	289	327
萬華	臺北	停通	240	6	366.50	249.63	129	129	163	617
萬華	臺北	通停	180	1544	260.83	310.96	226	239	258	296
萬華	臺北	通通	240	57	331.32	258.47	79	99	216	599
鳳山	高雄	停停	-	956	513.40	186.16	336	494	539	624
鳳山	高雄	停通	-	430	188.93	83.08	164	171	180	206
鳳山	高雄	通停	-	17	619.06	132.07	431	499	594	795
鳳山	高雄	通通	480	8	557.88	465.59	116	188	245	1198
高雄	鳳山	停停	-	933	447.22	83.06	397	420	439	486
高雄	鳳山	停通	420	262	248.60	932.15	271	291	328	417
高雄	鳳山	通停	-	45	248.13	347.21	264	280	296	324
高雄	鳳山	通通	420	161	233.70	643.58	207	223	247	364
臺南	保安	停停	-	2						
臺南	保安	停通	360	2456	346.03	188.36	325	336	349	377
臺南	保安	通停	-	0						
臺南	保安	通通	-	65	427.82	1110.30	226	265	458	631
保安	臺南	停停	-	3						
保安	臺南	停通	-	0						
保安	臺南	通停	300	2603	329.63	237.42	317	324	333	365
保安	臺南	通通	-	44	1023.02	1728.85	238	265	519	757

表 8-2 為 TEMU1000 型太魯閣號在臺北站與松山站之間，以及臺北站與萬華站之間依行車紀錄所統計之運轉時分。

**表 8-2 行車紀錄運轉時分統計(TEMU1000)**

前站	後站	模式	臺鐵	筆數	平均值	標準差	10%	25%	50%	90%
臺北	松山	停停	0	1161	388.90	216.74	339	351	369	412
臺北	松山	停通	0	6	724.33	1090.61	120	120	277	491
臺北	松山	通停	0	30	294.30	131.42	220	232	254	320
臺北	松山	通通	360	13	524.85	286.45	111	304	355	883
松山	臺北	停停	0	1048	369.08	276.07	334	353	376	421
松山	臺北	停通	0	8	1180.63	2629.10	54	194	199	656
松山	臺北	通停	0	16	613.81	673.20	292	322	396	652
松山	臺北	通通	360	5						
臺北	萬華	停停	0	0						
臺北	萬華	停通	180	1179	181.95	213.50	164	175	186	212
臺北	萬華	通停	0	0						
臺北	萬華	通通	0	10	364.90	225.84	65	116	377	560
萬華	臺北	停停	0	6	426.83	266.75	#NUM!	257	327	413
萬華	臺北	停通	0	0						
萬華	臺北	通停	240	1151	236.62	188.93	204	216	235	276
萬華	臺北	通通	0	31	421.84	238.78	76	123	506	645

表 8-3 為各型 EMU 型車輛在臺北站與松山站之間、臺北站與萬華站之間、高雄站與鳳山站之間、以及臺南站與保安站之間依行車紀錄所統計之運轉時分。

**表 8-3 行車紀錄運轉時分統計(EMU)**

前站	後站	模式	臺鐵	筆數	平均值	標準差	10%	25%	50%	90%
臺北	松山	停停	0	7050	391.64	169.35	345	359	377	451
臺北	松山	停通	0	509	192.08	1028.60	230	248	327	472
臺北	松山	通停	0	108	488.81	443.39	256	275	350	757
臺北	松山	通通	360	94	534.74	406.66	157	344	464	823
松山	臺北	停停	0	7454	371.23	383.32	335	357	382	431
松山	臺北	停通	0	162	194.54	1344.16	185	198	232	679
松山	臺北	通停	0	159	337.69	829.26	310	382	425	560
松山	臺北	通通	540	79	159.48	2247.41	143	185	420	916
臺北	萬華	停停	0	7379	237.28	479.44	222	233	245	270
臺北	萬華	停通	0	308	275.24	110.57	219	247	262	317
臺北	萬華	通停	0	103	354.32	200.72	145	171	250	620
臺北	萬華	通通	420	52	446.58	363.07	91	192	300	726
萬華	臺北	停停	0	7335	263.36	227.88	239	251	269	301
萬華	臺北	停通	0	107	321.79	200.62	106	114	248	577
萬華	臺北	通停	240	188	290.66	61.16	234	243	287	379

萬華	臺北	通通	240	91	290.87	1217.74	214	297	480	727
鳳山	高雄	停停	0	5407	524.31	286.16	292	490	545	672
鳳山	高雄	停通	0	3641	184.64	471.97	143	150	162	273
鳳山	高雄	通停	0	419	606.48	789.62	286	460	518	710
鳳山	高雄	通通	540	356	91.74	1330.15	123	132	145	532
高雄	鳳山	停停	0	8429	495.82	563.67	380	400	434	552
高雄	鳳山	停通	0	937	324.54	1139.78	279	366	395	519
高雄	鳳山	通停	0	199	449.05	721.50	258	275	299	747
高雄	鳳山	通通	480	80	607.76	546.49	155	240	426	1082
臺南	保安	停停	0	10091	376.56	196.68	348	359	374	412
臺南	保安	停通	0	86	415.15	252.89	257	276	301	541
臺南	保安	通停	0	4072	319.55	190.21	300	309	320	360
臺南	保安	通通	360	89	505.60	223.45	226	381	455	723
保安	臺南	停停	0	9221	368.58	206.12	349	357	367	402
保安	臺南	停通	0	3800	259.25	160.83	245	251	259	285
保安	臺南	通停	0	759	376.45	333.18	351	366	402	473
保安	臺南	通通	360	436	316.58	326.94	242	253	282	611

綜合上列數據，可以發現分析行車紀錄所獲得之運轉時分能夠提供寶貴之統計資料，且用以校估排點作業使用之基準運轉時分應確定可行。然而本研究亦發現由 ATP 紀錄所分析而得之行車紀錄欲應用於基準運轉時分之律定，尚有許多困難有待克服。

首先，本研究發現實際數據中含有諸多疑點。其中部份或許可以合理推測其原因，例如臺北站為全停站，所有列車均應停靠。然 ATP 紀錄顯示有少數列車在臺北站與松山站均通過而未停靠。雖可合理推測這些列車可能為軍運、貨物列車、或回送車等特殊列次。然而此類推測仍應逐一確認以求慎重。

除此之外，尚有部份行車紀錄內容難以解釋，看似不合理。例如紀錄顯示臺北站與松山站之間少數列車次之運行時間為負值。由於絕大部份 ATP 紀錄均極詳盡而無缺漏，本研究認為此類看似不合理之紀錄不應遽然認定為錯誤之離群值而刪除之。反之，應深入探究以排除資料判讀上潛藏系統性誤差之可能性。

在上述問題之外，本研究亦在臺北松山路段以外之其他路段發現其他不易解釋之現象，例如行車時間紀錄顯示前後二列次不合理接近、站間運行時分不合理過長、通過地上感應子順序不合理等等，均有待深入探究之。

排點作業使用之基準運轉時分對營運品質與效率具有重大影響。在全面採用行車紀錄之統計值以校估排點時使用之標準參數值之前，必須審慎確認行車紀錄統計所獲得之數據之精準度。

## 8.4 時隔之校估

如第二章所述，列車在進入或離開車站時，前後車次之間存在有一必須保持的一定最小時間間隔，稱為時隔。此一參數亦為排點時最重要的依據之一。如第二章所述，排點時所實際編排之時隔大小並不影響班表執行時之安全性，但對準點率則有重要之影響。

在排點工作中，最主要者為列車進出車站之時隔，亦即進站時，車站之進站號誌機，以及離站時，車站外方不同股道滙合後第一支閉塞號誌機之時隔。實務上軌道系統各處類似型式之號誌機變換燈號時間，以及道岔之動作時間相差不多而且穩定，因此最主要之影響因素實為列車之運行速率。在實務上，臺鐵系統各車站股道及號誌佈設各不相同，進站號誌機與停車位置之距離各不相同，甚至各列車因為長度不同，停站位置亦不一定相同。例如同為 EMU600 型之電聯車，其每一編組為四輛車。若二組或三組聯掛運轉，則在月台之停車位置可能各有所不同，亦影響號誌動作時間，進而間接影響與其與後車間之時隔。有時車站受到外在環境之影響，亦對該車站之號誌機所需要之時隔有重大影響，例如若平交道接近月台，則需要考慮平交道柵欄機與出發號誌機連動，自然影響所需要之時隔。

由於真正需要之時間因車、因站、因號誌機而異，不易推估，因此本計畫目的之一即為由行車紀錄資料推估運轉時在各號誌機所需之最小時隔。本計畫整理真實班表，並分析各車次通過各號誌機之時間點。兩者之關聯即可作為分析統計之基礎。在車輛方面，則需參考相對應之編組運用計畫，如圖 8-3 與圖 8-4 所示例。其中圖 8-3 所示為莒光號之編組運用計畫，為排點同時所排定。此份資料顯示相關莒光號車次所掛之車輛數，但並未明確說明每一車次所使用之牽引機車，亦未說明每一車次所掛之車輛型式。臺鐵系統使用之不同型式機車之性能各不相同，而由表 8-4 亦可以看到莒光號所可能使用之客車型式亦有多種。此外，由圖 8-4 所示亦可見到區間車之編組運用計畫雖然呈現了所掛之組數，但是實際運轉時究係採用 EMU500 或 EMU600，則未說明。因此如需精準校估時隔，未來需要採用各機務段於執行班表之後，實際紀錄為準。

F44															
運號	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
用碼	七	七	七	七	七	七	七	七	七	七	七	七	七	七	七
1											高雄	鳳山	100.5.24	103電	編組
2	莒光號	△X○	1045			(S13) 海									北檢 3 組
3			1659			(S12) 山					○	09:28			× 8 車
4			0646			(S97) 海							14:35		
5			2238			(S18) 海							15:02		
6	C1														
7														16009	
8	運號										高雄	鳳山	100.5.9	161電	編組
9	用碼														
10		△X○	1312			(S17) 海					2045				
11											(S26A) 山		21:38		
12			0628			(S26) 海	週五、六、日行駛						23:16		
13			1543			(S08) 海					○	08:20			
14			2254			(S31) 海	週五、六、日行駛						02:59		
15	莒光號		0845			(S11) 海							16:50		
16			0023			(S22) 海							16:56		
17	C2														
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24														16172	

圖 8-3 莒光號編組運用例

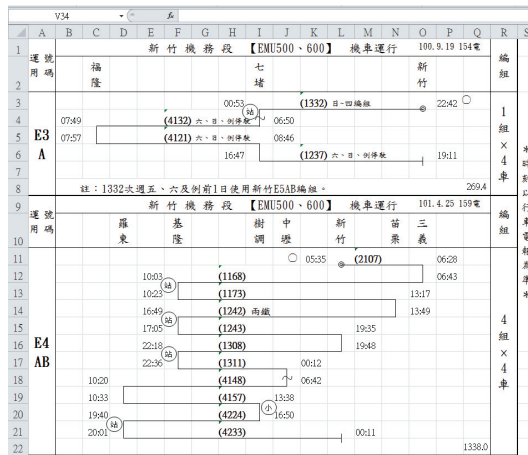


圖 8-4 EMU 編組運用例

表 8-4 臺鐵系統車型車種統計表

車種	車型		
太魯閣號	TEMU1000		
普悠瑪號	TEMU2000		
自強號	PP	EMU300	DMU3000
	EMU100	DMU2800	DMU3100
	EMU1200	DMU2900	
莒光號摺疊門 車廂	SP32000	FK11000	
	FP10000	FK10100	FK11300
	FP10100	FK10200	FK1000
	FP1000	FK11100	FK1100
	FK10000	FK11200	
莒光號自動門 車廂	FPK10400	FPK10500	FPK10600
	FPK11400	FPK11500	FPK11600
莒光號兩鐵自 行車廂	儿 4 B		
復興號	SP20000	SPK21000	
	SPK20000	SPK2000	SPK2100
區間車	EMU400	EMU700	
	EMU500	EMU800	DR2510
	EMU600	DRC1000	
普快車摺疊門 車廂	SP32550	SPK32600	SPK32700
普快車自動門 車廂	TP32200		TP32700
	TPK32200		TPK32200
客廳車	PC10500		PC10700
餐車	DC10500		
商務車	BCK10600		BCK10700
行李車	BK32000		MBK80000
電源車	PBK		
汽車載運車	RCK100		



## 8.5 以行車紀錄校估時隔

本計畫以行車紀錄校估時隔，亦即進出車站時，前後兩列車之時間間距。統計成果如表 8-5 所示。所統計之資料為某車站在一端，列車進站與出站時，其間之時間間隔。表之第一欄「車站」係指統計資料所位在之車站，其後「方位」指進出站方向。隨後有兩組「前車」與「後車」，依序為前車與後車為進站或出站，以及前車與後車在該車站是否有停車。例如，表 8-5 第一列資料顯示該統計資料係發生在臺北車站。該車站之順行方向為松山，逆行方向為萬華。而本筆資料係在松山之方向。所統計者為前車離開臺北車站往松山車站方向行駛，而後車則由松山車站方向進入臺北車站。前車在臺北車站有停車，後車亦在臺北車站有停車。此類之數據，在本研究之資料中共發現 7671 筆，其最小時隔值為 0 秒、5%百分位之時隔值為 49 秒、10%百分位之時隔值為 106 秒、25%百分位之時隔值為 263 秒。其餘所有資料依此規則類推。

表 8-5 行車紀錄時隔統計

車站	方位	前車	後車	前車	後車	筆數	最小值	5%	10%	25%
臺北	松山	出	入	停	停	7671	0	49	106	263
臺北	松山	出	入	停	通	265	3	118	224	443
臺北	松山	出	入	通	停	297	0	81	139	345
臺北	松山	出	入	通	通	11	30	30	30	38
臺北	松山	入	出	停	停	7506	0	29	63	209
臺北	松山	入	出	停	通	280	16	39	122	398
臺北	松山	入	出	通	停	277	3	52	106	319
臺北	松山	入	出	通	通	15	330	330	330	524
臺北	松山	入	入	停	停	6155	0	224	265	368
臺北	松山	入	入	停	通	279	5	76	224	597
臺北	松山	入	入	通	停	315	9	177	304	688
臺北	松山	入	入	通	通	20	113	113	113	611
臺北	松山	出	出	停	停	6255	5	242	285	394
臺北	松山	出	出	停	通	218	84	180	302	580
臺北	松山	出	出	通	停	218	5	67	153	414
臺北	松山	出	出	通	通	12	52	52	52	98
臺北	萬華	出	入	停	停	7485	0	41	88	223
臺北	萬華	出	入	停	通	356	4	50	102	209
臺北	萬華	出	入	通	停	201	3	37	107	260
臺北	萬華	出	入	通	通	15	9	9	9	48
臺北	萬華	入	出	停	停	7653	0	45	88	214
臺北	萬華	入	出	停	通	260	6	119	217	567
臺北	萬華	入	出	通	停	347	3	75	119	364

車站	方位	前車	後車	前車	後車	筆數	最小值	5%	10%	25%
臺北	萬華	入	出	通	通	12	846	846	846	982
臺北	萬華	入	入	停	停	6123	8	240	280	412
臺北	萬華	入	入	停	通	235	8	50	185	463
臺北	萬華	入	入	通	停	264	31	223	382	591
臺北	萬華	入	入	通	通	12	151	151	151	383
臺北	萬華	出	出	停	停	6473	10	232	277	357
臺北	萬華	出	出	停	通	250	104	182	264	658
臺北	萬華	出	出	通	停	294	10	75	211	566
臺北	萬華	出	出	通	通	15	292	292	292	1040
高雄	鳳山	出	入	停	停	5636	0	32	82	239
高雄	鳳山	出	入	停	通	3282	6	245	325	477
高雄	鳳山	出	入	通	停	223	2	101	211	409
高雄	鳳山	出	入	通	通	103	89	164	286	438
高雄	鳳山	入	出	停	停	6036	0	50	94	224
高雄	鳳山	入	出	停	通	174	26	88	165	372
高雄	鳳山	入	出	通	停	3073	0	24	53	145
高雄	鳳山	入	出	通	通	147	6	84	137	232
高雄	鳳山	入	入	停	停	2333	0	211	287	396
高雄	鳳山	入	入	停	通	748	46	435	570	772
高雄	鳳山	入	入	通	停	992	0	14	33	100
高雄	鳳山	入	入	通	通	665	32	267	303	374
高雄	鳳山	出	出	停	停	4076	26	303	336	469
高雄	鳳山	出	出	停	通	279	69	163	197	299
高雄	鳳山	出	出	通	停	235	102	240	409	541
高雄	鳳山	出	出	通	通	5	26	26	#NUM!	26
臺南	保安	出	入	停	停	8128	0	42	75	169
臺南	保安	出	入	停	通	1960	4	189	219	278
臺南	保安	出	入	通	停	2417	0	41	76	172
臺南	保安	出	入	通	通	872	9	402	633	828
臺南	保安	入	出	停	停	8064	0	31	63	160
臺南	保安	入	出	停	通	2328	0	19	40	114
臺南	保安	入	出	通	停	2252	0	21	41	103
臺南	保安	入	出	通	通	736	1	34	60	208
臺南	保安	入	入	停	停	3574	1	291	328	447
臺南	保安	入	入	停	通	1692	13	354	378	420
臺南	保安	入	入	通	停	1463	1	127	165	247
臺南	保安	入	入	通	通	184	4	202	271	356
臺南	保安	出	出	停	停	3861	5	221	272	339
臺南	保安	出	出	停	通	1622	50	150	189	280
臺南	保安	出	出	通	停	1355	31	210	230	285

車站	方位	前車	後車	前車	後車	筆數	最小值	5%	10%	25%
臺南	保安	出	出	通	通	198	5	189	296	605
臺東	山里	出	入	停	停	166	183	1051	2738	5564
臺東	山里	出	入	停	通	22	183	183	580	1754
臺東	山里	出	入	通	停	3	11943			
臺東	山里	出	入	通	通	0				
臺東	山里	入	出	停	停	113	18	414	1078	1372
臺東	山里	入	出	停	通	2	1992			
臺東	山里	入	出	通	停	104	133	163	1183	2461
臺東	山里	入	出	通	通	0				
臺東	山里	入	入	停	停	15	602	602	602	1073
臺東	山里	入	入	停	通	67	2858	3578	3845	4057
臺東	山里	入	入	通	停	99	1595	1759	2528	2664
臺東	山里	入	入	通	通	130	916	1019	3625	5255
臺東	山里	出	出	停	停	515	36	485	660	842
臺東	山里	出	出	停	通	8	306			
臺東	山里	出	出	通	停	7	437			
臺東	山里	出	出	通	通	0				

## 8.6 小結

本研究為國內首次嘗試以實際行車紀錄推估實際合宜之排點參數。研究成果顯示此一方向確實可行。然而本研究亦發現由行車紀錄所分析而得之運行時間等數據在用以律定重要之排點參數之前，尚需要許多深入之研究與分析。

本研究分析發現 ATP 行車紀錄中含有許多現今解析技術所無法完全解釋之現象，例如負值之行車時間、不合理接近之前後列次、過長之站間運行時分等。由於並無其他相關經驗可參考，本研究建議對這些看似不合理之紀錄不應遽然認定為錯誤之離群值而刪除之。實應深入探究其可能原因以排除資料判讀上潛藏系統性誤差之可能性。

就本研究所分析之 ATP 行車紀錄，其中多數資料值均屬直觀上合理之範圍。但即便以此類「合理」數據，如何用以律定排點使用之基準運轉時分，仍然需要審慎之分析。其一，實際列車在運行時受到班表之限制。因此若某車次於某車站準點發車，則其運行至下一車站之實際時間係反映班表所排定之行點，而其中極可能已包含了若干寬裕量。故以此作為律定基準運轉時分之依據，在邏輯上有其弱點。因此邏輯上應該要取用在某車站晚點發車之列次，假設該車次在運行至下一車站之過程中趕點，據以估計其不含寬裕量之真正基準運轉時分。但此一作法在實務上亦有其困難。本研究在分析過程中確實發現常有列車之實際運轉時分小於基準運轉時分之現象。但是本研究認為欲以此律定基準運轉時分，至少應滿足兩項前提：首先，必須能夠釐清前述諸多「不合理」數據之成因，方能確認「合

理」數據之可信度。第二，本研究發現實際行車時分之變異甚大，顯示列車運行過程或許受到許多 ATP 系統所無法紀錄之外在干擾。因此決定在某一站間路段採用某一值作為基準運轉時分之前，必須詳細檢視列車以接近該時分運轉時，其速率曲線所顯示之駕駛過程完全合乎所有規章之要求，且為確實可行。

綜合觀之，校估運轉時分並非 ATP 系統建立之原始目的。本研究分析發現其紀錄值並不能在經過統計之後直接取用作為律定排點參數之用。未來需要以本項數據為依據，經過逐站檢討方能竟其功。

在 CTC 紀錄方面，本研究所取得之資料含有車次編號、車站代碼、以及時間三項。分析成果顯示其中含有不合理之列車跳動現象。本研究進行過程中曾經請教具有佈設軌道電路與號誌之能力，以及實際設計施工維護經驗之鐵路改建工程局號誌隊。據其表示在佈設以及實地測試過程中從未有過類似之異常。是否為資訊在層層拋轉之過程中因某種因素而失真，需要進一步確認。

就系統設置之原始目的而言，ATP 系統係作為列車運轉過程中自我保護之用。其即時管控範圍以單一系列車為主，因此行車紀錄採用事後上傳而非即時上傳之方式為之。在另一方面，CTC 系統之目的在供行控中心即時管控所有列車，因此其資訊係即時上傳。兩者各有不同之特性，應可相輔相成。

## 第九章 結論與建議

本研究主要目標係發展鐵路列車自動排點模式並分析臺鐵局之列車行車紀錄資料(ATP 與 CTC)以校估基準運轉時分，最小時隔等排點參數。發展鐵路列車自動排點模式方面，已對鐵路列車排點問題進行基礎分析及文獻回顧，並建置一套符合臺鐵作業之鐵路列車自動排點模式，經實作後成功求解臺鐵局目前營運之真實班表，驗證此模式確有能力求解臺鐵全系統之真實班表。行車紀錄資料分析部分，亦分析 CTC 與 ATP 行車紀錄，評估用於排點參數校估之可行性。綜上，本研究獲致結論並提出建議如下。

### 9. 1 結論

#### 1. 列車自動排點技術已漸成熟

本研究發展之列車排點核心技術已經開始步入成熟、實用化之列。經過整合的軟體也有能力求解真實規模的班表。雖然核心技術與軟體均尚有許多進一步發展之空間，但真正上線使用之自動排點套裝軟體已非遙不可及。

#### 2. 人工排點與自動化排點作業之參數需求不同

本研究對「班表偏異」與「列車衝突」作了明確區分，並由基本性質著手，對班表偏異作分類。這些基本分析將對未來自動排點相關核心技術之持續發展具有釐清問題之效用。此外，本研究深入分析基準運轉時分與寬裕量關係，以及時隔與緩衝時間關係，釐清目前人工排點作業與自動排點作業對於參數資訊之不同需求。以人工排點時，目前實務上之作業模式固有其方便性，然欲進入高度自動化排點，對於基本資料之明確定義與區分為必備條件。

#### 3. 實際行車紀錄確可用以校估排點參數

臺鐵之 CTC 為即時行控導向之系統，以目前所蒐集資料觀之，因其雜訊過多並不適合作為排點參數校估之用。而 ATP 為行車紀錄導向之系統，經分析行車紀錄資料結果，發現利用實際行車紀錄以校估排點參數之作法應可行。然因排點基本參數對排點作業影響甚大，為求慎重起見應深入確認所有統計所得之數值之正確性。

### 9. 2 建議

軌道列車之自動排點為一甚高門檻之技術，亦為許多作業所需要之核心技術。本節提出後續研究方向及完整自動排點系統所需要之進階功能建議。

## 1.鐵路營運管理系統發展藍圖

本研究確認了自動排點系統的可行性，但欲達到完善系統之建置，尚需相當多之努力。臺鐵局在過去二十年中對於排點工作及其他作業項目之自動化作作了相當多之努力，也達到相當的成果。受到技術發展前景不明及其他限制，過去的發展一直缺乏整體之藍圖。本研究認為現今之環境，已經足供臺鐵局勾勒較為清晰的發展藍圖，並且依發展之成果與科技之進展，以及需求之變動定期檢討修正之。本研究建議應以上線運轉為界線，從事前規劃、營運中、以及事後回饋等，各項作業給予清楚定位並釐清所需要之決策輔助功能。建議架構如圖 9-1 所示。

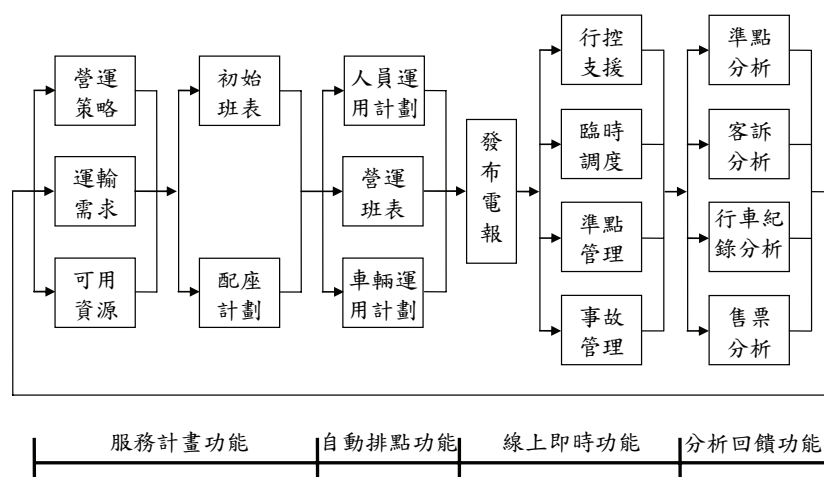


圖 9-1 自動化營運管理系統相關模組功能架構示意圖

## 2.行車紀錄資料應建立長期分析統計機制

本研究解析行車紀錄資料，發現除可用以校估排點參數外，亦可作為營運成效回饋之用。但於資料使用前須確認其正確性，而原始資料之收集、保存、傳輸等環節亦應審慎規劃，方能得到可靠數據。本研究建議未來應建立常態化之行車紀錄接收與統計機制。此外，CTC 與 ATP 兩大系統各有原設計用途，所紀錄之資料各有不同性質，經分析兩系統資料均具參考價值。如何充份利用這些寶貴資料，使兩大系統相輔相成，為重要之未來研究課題。

以系統穩定度分析為例，任何鐵路系統運轉時必受到隨機因素之干擾，而影響系統穩定度。為維持系統穩定運轉，需耗費相當可觀之資源，以排點作業言將影響排點時寬裕量與緩衝時間，營運者需決策在運轉效率與系統穩定之間如何取得最佳平衡。本研究分析 ATP 行車紀錄，發現若能長期、適當之統計，這些紀錄將對於系統穩定度之掌握具有關鍵性之貢獻。

## 3.應持續進行鐵路系統營運技術研發

提升服務品質為各類運輸系統所努力方向，各項作為中提高營運效率仍是成本最低、見效最快速的策略。如何利用現今高速運算及資通設備，提升系統營運技術，有賴對鐵路系統營運技術之長期研發，包括運輸需求與服務計畫技術、系統模擬技術、人員運用決策輔助技術、車輛編組運用決策輔助技術、自動化排點

系統等，簡述如下：

- (1) 運輸需求與服務計畫技術：運輸為衍生需求，掌握運輸需求之相關調查、建模，相當耗時且成本龐大。鐵路系統由售票紀錄以及訂票不成功紀錄，合理推估可能需求，為值得深入探討課題。依預估需求量、鐵路營運單位需求，考量系統運輸能力，擬出營運時各服務車種在尖峰、離峰、假日等不同時段與不同行駛區間服務供應量、服務路段、偏好之發車時間以及各種服務預計使用的車輛型式，即所謂服務計畫。在程序上，此一計畫為排點作業之上游工作，為發展自動排點系統之後值得擴充之重要方向。
- (2) 系統模擬技術：鐵路系統龐大而複雜，分析不易，若輔以功能強大而完整之模擬系統，則能有助政策單位及營運單位在各種計畫上線運轉之前就先評估其特性、優點、缺點等性質，以利進一步之修正或不同方案間評比。
- (3) 人員運用決策輔助技術：人員運用計畫決定了機班、車班等隨車人員之工作班規劃。將此一工作自動化除了能夠節省規劃人力外，並具有產出較高效率之人員運用計畫，且能有系統整理與累積規劃經驗之優點。在人力資源捉襟見肘的臺鐵，人員運用計畫電腦化並具有作業透明化的效果，可減少人為作業爭議。以臺鐵系統目前機班與車班人力均不足之現況，實需整合排點與人員運用計畫之核心技術，將班表與工作班合併調整，達到整體最佳化。
- (4) 車輛編組運用決策輔助技術：編組運用為列車排點時必須同時考慮之因素，兩者在作業過程中應充份互動。然編組運用之排定與班表之排定，各自均為複雜問題，以人工作業為主時不可能集中於同一單位，甚至同一人員負責。實務上臺鐵局列車排點作業由綜合調度所整合，車輛編組由機務處指派人員直接參與作業。如此之作業模式，亦指出未來改善方向為工作之整合以及真正具備決策輔助功能軟體工具建立。故納入車輛編組運用為自動排點系統後續發展重要方向。
- (5) 自動化排點系統：本研究成果之一為提出具有求解臺鐵全線班表能力之最佳化模式，可作為自動排點系統技術核心。但列車排點工作複雜，且與其他多項作業息息相關。因此人機介面、支援系統之資料庫、其他相關操作軟體、以及與既有系統資料介接交換之能力亦同等重要。這些項目技術門檻雖然相對較低，但其工作量不容忽視。人機介面與操作人員直接接觸，其良窳將影響人員作業效率與使用意願，應列為未來實作自動排點系統重要考量。





## 參考文獻

- [1] 張恩輔, 鍾志成, 盧麗嵩, 張仕龍, 林志偉, 林蓁, 黃笙玟, 林永青, 謝銘智, 陳一昌, 許書耕, 許修豪, 鐵路列車排程參數蒐整建置及架構分析之研究, 2011, 交通部運輸研究所.
- [2] 陳一昌, 許書耕, 許修豪, 李宇欣, 陳春益, 余秀梅, 李衍儒, 楊承道, 盧立昕, 楊峻武, 吳美玲, 王彥傑, 蔡欣恬, 臺鐵包車營運需求下列車班表之研究, 2011, 交通部運輸研究所.
- [3] UIC leaflet 406, Capacity2004, France: UIC International Union of Railways.
- [4] Barber, F., Tormos P., Lova A., Ingolotti L., Salido M.A., Abril M. A Decision Support System for railway timetabling (MOM): the Spanish case. in Computers in Railways X: Computer System Design and Operation in the Railway and Other Transit Systems. 2006.
- [5] Sajedinejad, A., Mardani S., Hasannayebi E., Mohammadi K S.A.R.M., Kabirian A. SIMARAIL: Simulation based optimization software for scheduling railway network. 2011. Phoenix, AZ.
- [6] Ho, T.K., Tsang C.W., Ip K.H., Kwan K.S., Train service timetabling in railway open markets by particle swarm optimisation. Expert Systems With Applications, 2012. 39(1): p. 861-868.
- [7] Corman, F., D'Ariano A., Pacciarelli D., Pranzo M., Bi-objective conflict detection and resolution in railway traffic management. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2012. 20(1): p. 79-94.
- [8] Assad, A.A., Modelling of rail networks: Toward a routing/makeup model. Transportation Research Part B, 1980. 14(1-2): p. 101-114.
- [9] 臺鐵司機員工作班決策輔助技術研究開發與建置契約, 2012, 交通部臺灣鐵路管理局.
- [10] 吳美玲, 列車班表之穩定化, in 土木工程學系 2012, 國立成功大學: 台南. p. 85.
- [11] 黃民仁, 新世紀鐵路工程學基礎篇 2007, 臺北市: 文笙書局.
- [12] Hansen, I., Pachl J., eds. Railway timetable and traffic. Eurailpress, Hamburg 2008.
- [13] Kuo, A., Miller-Hooks E., Mahmassani H.S., Freight train scheduling with elastic demand. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2010. 46(6): p. 1057-1070.
- [14] Mu, S., Dessouky M., Scheduling freight trains traveling on complex networks. Transportation Research Part B: Methodological, 2011. 45(7): p. 1103-1123.

- [15] Chung, J.W., Oh S.M., Choi I.C., A hybrid genetic algorithm for train sequencing in the Korean railway. *Omega*, 2009. 37(3): p. 555-565.
- [16] Caprara, A., Fischetti M., Toth P., Modeling and solving the train timetabling problem. *Operations Research*, 2002. 50(5): p. 851-861+916.
- [17] Lee, Y., Chen C.-Y., A heuristic for the train pathing and timetabling problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2009. 43(8-9): p. 837-851.
- [18] Lee, Y., Chen C.-Y. Modeling and Solving the Train Pathing Problem. in *The 12th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics*. 2008. Orlando, Florida, USA.
- [19] 李治綱, 謝汶進, 鐵路列車排點模式之建立. *運輸計劃*, 1996. 25(4): p. 545-564.
- [20] Nagarajan, V., Ranade A.G., Exact train pathing. *Journal of Scheduling*, 2008. 11(4): p. 279-297.
- [21] Liu, S.Q., Kozan E., Scheduling trains as a blocking parallel-machine job shop scheduling problem. *Computers & Operations Research*, 2009. 36(10): p. 2840-2852.
- [22] Jamili, A., Shafia M.A., Sadjadi S.J., Tavakkoli-Moghaddam R., Solving a periodic single-track train timetabling problem by an efficient hybrid algorithm. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2012. 25(4): p. 793-800.
- [23] Zhou, X., Zhong M., Single-track train timetabling with guaranteed optimality: Branch-and-bound algorithms with enhanced lower bounds. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2007. 41(3): p. 320-341.
- [24] Brannlund, U., Lindberg P.O., Nou A., Nilsson J.E., Railway timetabling using Lagrangian relaxation. *Transportation Science*, 1998. 32(4): p. 358-369.
- [25] Caprara, A., Monaci M., Toth P., Guida P.L., A Lagrangian heuristic algorithm for a real-world train timetabling problem. *Discrete Applied Mathematics*, 2006. 154(5 SPEC. ISS.): p. 738-753.
- [26] Carey, M., Crawford I., Scheduling trains on a network of busy complex stations. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2007. 41(2): p. 159-178.
- [27] Schlechte, T., Borndörfer R., Balancing efficiency and robustness - bi-criteria optimization approach o railway track allocation, M. Ehrgott, et al., Editors. 2010. p. 105-116.
- [28] Kwan, R.S.K., Case studies of successful train crew scheduling optimisation. *Journal of Scheduling*, 2011. 14(5): p. 423-434.
- [29] Jütte, S., Thonemann U.W., Divide-and-price: A decomposition algorithm for solving large railway crew scheduling problems. *European Journal of Operational Research*, 2012. 219(2): p. 214-223.

- [30] Krueger, H. Parametric modeling in rail capacity planning. in Simulation Conference Proceedings, 1999 Winter. 1999.
- [31] Landex, A., Capacity statement for railways, in Annual Transport Conference at Aalborg University 2007.
- [32] Landex, A., Evaluation of railway networks with single track operation using the UIC 406 capacity method. *Networks and Spatial Economics*, 2009. 9(1): p. 7-23.
- [33] Landex, A., Kaas A.H., Schittenhelm B., Schneider-Tilli J. Practical use of the UIC 406 capacity leaflet by including timetable tools in the investigations. in *Computers in Railways X*. 2006. Prague.
- [34] Landex, A., Kaas A.H., Schittenhelm B., Schneider-Tilli J., Evaluation of railway capacity, 2006.
- [35] Landex, A., Schittenhelm B., Kaas A.H., Schneider-Tilli J. Capacity measurement with the UIC 406 capacity method. in *Computers in Railways XI*. 2008. Toledo.
- [36] Gasparik, J., Pokorný J., The methodics of the Calculation the railway infrastructure capacity, 2006, University of Zilina, Slovakia.
- [37] Abril, M., Barber F., Ingolotti L., Salido M.A., Tormos P., Lova A., An assessment of railway capacity. *Transportation Research Part E*, 2008. 44(5): p. 774-806.
- [38] Harrod, S., Capacity factors of a mixed speed railway network. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2009. 45(5): p. 830-841.
- [39] Gorman, M.F., Statistical estimation of railroad congestion delay. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2009. 45(3): p. 446-456.
- [40] Dingler, M., Lai Y., Barkan C. Impact of train type heterogeneity on single-track railway capacity. in *Transportation Research Board 88th Annual Meeting*. 2009. Washington DC.
- [41] Cacchiani, V., Caprara A., Toth P., Scheduling extra freight trains on railway networks. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2010. 44(2): p. 215-231.
- [42] Burdett, R.L., Kozan E., Techniques for inserting additional trains into existing timetables. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2009. 43(8-9): p. 821-836.
- [43] Nielsen, L.K., Kroon L., Maróti G., A rolling horizon approach for disruption management of railway rolling stock. *European Journal of Operational Research*, 2012. 220(2): p. 496-509.
- [44] Corman, F., D'Ariano A., Hansen I.A., Pacciarelli D., Optimal multi-class rescheduling of railway traffic. *Journal of Rail Transport Planning and Management*, 2011. 1(1): p. 14-24.

- [45] Lin, D.-Y., Wu M.-L., Lee Y., Timetable Stabilization of a Passenger Railway System. Working paper, 2012.
- [46] Almodóvar, M., García-Ródenas R., On-line reschedule optimization for passenger railways in case of emergencies. Computers and Operations Research, 2011.
- [47] Kliewer, N., Suhl L., A note on the online nature of the railway delay management problem. Networks, 2011. 57(1): p. 28-37.
- [48] KAVICKA, A., KLIMA V. Simulation support for railway infrastructure design and planning processes. 2000.
- [49] Klima, V., Kavicka A. RBSIM- simulation model of marshalling yard operation. 1996.

## 附錄 1 期中審查意見處理情形



**交通部運輸研究所■合作研究計畫第2類□委託研究計畫**

**■期中□期末報告審查意見處理情形表**

計畫名稱：鐵路列車排程模式建立及運行資料分析校估之研究

執行單位：財團法人成大研究發展基金會

參與審查人員 及 其所提之意見	研究機構處理情形	本所計畫 承辦單位 審查意見
<b>李英豪委員</b>		
1. 研究方向正確，值得肯定。	謝謝。	同意辦理。
2. 為何研究進行需要使用臺鐵局電腦，請說明	此乃因解讀 ATP 紀錄時，部份功能需要使用安裝於臺鐵局電腦之軟體方能達成。	同意辦理。
3. 引用過去運研所研究計畫之處請納入文獻表。	遵照辦理。	同意辦理。
4. 請對臺鐵局自動排點之長遠發展提出整體發展藍圖。	遵照辦理。	同意辦理。
<b>邱裕鈞委員</b>		
1. 請說明本研究所提出之班表求解流程是否有回饋調整列車通過各車站順序，以及回饋調整股道分配之機制。	本研究之班表求解流程確有回饋調整順序以及調整股道分配之機制，請詳流程圖之說明。	同意辦理。
2. 請說明分析 CTC 及 ATP 資料的目的在產出何種參數。	分析真實運轉紀錄之目的在校估排點所需之參數，如各站間之基準運轉時分、時隔等。	同意辦理。
3. 請說明在班表求解中如何處理運轉時間之隨機性。	本演算法並未直接處理隨機性。	同意辦理。
4. 資料清分如有一定之邏輯規則，請在報告中說明之	本研究雖已蒐集相當多之資料，但尚未達到完整之程度。而資料瑕疵種類繁多，宜待累積更多清分經驗後再行整理說明以免誤導。	同意辦理。
5. 本研究所校估的參數是否有導入上線使用之原則建議？	本研究發現使用行車紀錄校估排點參數確為可行，但導入上線前需要再確認數值之正確性，已說明於期末報告書第八、九、十章	同意辦理。
<b>汪進財委員</b>		
1. 股道分配模式可否利用目標函數的強化解得更佳的解？	此為可行方向，已說明於期末報告書。	同意辦理。

2. 本研究發展具有實用價值之重要核心技術，未來宜以技術報告之方式整理紀錄之。	已納入未來研究項目中。	同意辦理。
3. CTC 資料雖不理想，但因為其樣本量甚大，是否統計上仍能使用？	CTC 紀錄有系統性誤差。	同意辦理。
4. 由原始資料出發，經過清分篩選統計之後，可能仍然需要相當深入之推估與處理方能達到校估排點參數之目的，後續研究應注意。	謝謝提醒。	同意辦理。
5. 本研究後續發展空間很大，請在期末報告提出建議供運研所、臺鐵局及相關單位參考。	已於期末報告中以專章論述之。	同意辦理。
6. 報告中請說明資料處理篩選分析之流程。	本研究雖已蒐集相當多之資料，但尚未達到完整之程度。而資料瑕疵種類繁多，宜待累積更多清分經驗後再行整理說明以免誤導。	同意辦理。
<b>詹鴻漳委員</b>		
1. 員林站軌道因施工已有修改請配合修正資料。	謝謝提醒。	同意辦理。
2. 花蓮車站營業里程有誤，其他資料之正確性也請核對。	謝謝指正。經複查臺鐵局網站，花蓮站營業里程確為 169.4 公里無誤。其他資料將加強複核。	同意辦理。
3. CTC 資料異常現象可與資訊中心聯絡。	有機會時將向資訊中心反映。	同意辦理。
4. NCKUID 編碼系統不易記憶，且與臺鐵局習慣用法不同。	該編碼系統為電腦內部使用，使用者不會感受其存在。此部份將於期末報告中說明之。	同意辦理。
<b>李西武委員</b>		
1. 請檢討路局現行排點工作模式以及未來自動化之效益。	已於期末報告第五章說明之。	同意辦理。
2. CTC 及 ATP 校估之參數可預期與實況相符，未來應具有實用價值。	謝謝肯定。	同意辦理。
3. 本研究所發展之排點模式是否能應用於臺鐵系統之環狀線以及竹南、二水等分岔點。	本模式並未對鐵路系統之形狀作任何假設，因此自然能應用於環狀線以及具有分岔點之鐵路。	同意辦理。



4. 本研究所建置之軟體是否有處理平假日班表共存的問題？	本研究所建置之系統功能為在給定之背景班表中插入臨時列車，因此並無此問題。	同意辦理。
5. 後續研究應注意不同型列車，其地上感應子位置不同的問題。 (註：原紀錄「車上感應子位置」為誤植，感謝李委員指正。)	謝謝提醒。	同意辦理。
<b>許書耕委員</b>		
1. 除了校估排點參數之外，ATP 紀錄資料是否有其他重要用途，請在後續報告中說明之。	可用於定期回饋。	同意辦理。
2. 以 ATP 精準校估之參數所排之班表是否會太緊？	基準運轉時分應與時隔有所區分。	同意辦理。
3. 請分析建立自動排點系統人機介面的可行性及資源需求。	介面之難度及資源之需求不可小看。最大之成本在瞭解使用者之真正需求。	同意辦理。
4. 本案建置臨時列車班表軟體，其所使用之技術與求解全新班表之軟體差距多大？	兩者所需之核心技術類似、數學模式類似，而主要差異在於實作之軟體系統。	同意辦理。

## 附錄 2 期末審查意見處理情形



交通部運輸研究所 ☒ 合作研究計畫第 2 類 ☐ 委託研究計畫

☐ 期中 ☒ 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：鐵路列車排程模式建立及運行資料分析校估之研究

執行單位：財團法人成大研究發展基金會

參與審查人員 及 其所提之意見	研究機構處理情形	本所計畫 承辦單位 審查意見
李西武委員		
1. 排點模式應納入路線容量以及人員、車輛資源之限制考量。	<p>在實務上，班表為鐵路營運上諸多計畫之核心，決定了人員、車輛、路線及其他許多資源之運用方式與效率。因此排點時自然以納入所有資源之考量為佳。</p> <p>本模式在求解班表時，已充份考量所有列車共用同一軌道系統時，其間之互制行為，因此已充份納入路線容量之因素。這種作法較單純設定某路段每日最大通行列次數之作法更為精準。</p> <p>在排點模式中同時納入人員、車輛資源之考量，且能求解臺鐵真實班表，已超過目前國際科技所能達到之水準。有鑑於其重要性，本團隊已對此課題進行數年之研究，未來應對本模式有所助益。</p>	同意辦理。
2. 運轉時隔可分為同向之續行時隔、續行時隔、平面交叉時隔等，應特別注意。	<p>ATP 紀錄可供分析各列次通過各車站時，所經過的地上感應子。理論上若能夠在 RDSP 中將地上感應子編號與其所屬股道編號直接關聯，再與軌道電路詳細資料關聯，即可解析出這些時隔之真實紀錄。然而目前並無地上感應子編號與其所屬股道編號之對照資料，因此無從建立資料關聯。建立此對照資料需要以人工判讀之方式為之，但臺鐵系統之地上感應子多達千組以上，並非本研究所能完成。而軌道電路之詳細資料大都為紙本或圖檔形式，亦需日後人工判讀方能建立。</p>	同意辦理。

3. 四類班表瑕疵與列車衝突中，第三類與第四類應該是排點系統能夠克服。	本研究在此係將班表瑕疵依其基本性質予以分類及探討。至於班表中各種瑕疵之排除方法，以及臺鐵局或其他鐵路系統所執行之真實班表，則均不在本研究討論範圍。報告中已加強此論述之闡述。	同意辦理。
4. 報告內針對班表穩定度可再多著墨，可否說明寬裕量與穩定度之關係。	本報告於 2.6 節分析時隔與緩衝時間，再於 2.7 節分析基準運轉時分與寬裕量。之後於 5.4 節論述造成干擾的隨機因素，以及緩衝時間及寬裕量如何吸收這些干擾所帶來之影響。基本上緩衝時間及寬容量與期望晚點量間成凸形關係。但是實際排點時，如何在班表效率與穩定性之間取得適當之平衡，則需視系統發生隨機干擾之狀況，以及處理晚點之能力而定。此部份已在報告中加強說明之。	同意辦理。
5. CTC 資料內或許有傳輸紀錄之誤差，應可以程式修正，對排點應用仍有其助益。	謝謝指正，已納入報告中。	同意辦理。
6. 臺北與松山間之各類基準運轉時分應為 420 秒。	謝謝指正，已修正報告數據。	同意辦理。
7. 建議可於本研究基礎上建立排點模式與臺鐵局之間雙向資料拋轉的機制。	此為未來持續發展之重要基石，已在第 10 章建立專節論述之。	同意辦理。
<b>詹鴻漳委員</b>		
1. 基準運轉時分分為 9 類，過於複雜且並不能完整代表所有真實狀況。建議回歸到 4 種分類。	遵照辦理，已在報告中依意見說明之。	同意辦理。
2. ATP 紀錄主要係呈現火車駕駛之過程，用以校估運轉時分是否恰當有待討論。	校估運轉時分確非 ATP 系統建立之目的。其紀錄值並不能在經過統計之後直接取用作為排點之用，而是需要經過逐站檢討。ATP 紀錄值可在縝密研析過程中作為佐證之用。報告已將相關論述補充於第 8 章之「小結」中。	同意辦理。

3. 報告中之應用例建議可以西部幹線幹線路段（例如台北到新竹）為例，求解其班表。	已於第四章補上使用本模式求解之臺北至三義之班表，以及臺鐵全線班表。	同意辦理。
4. 位在不同路線交界點之車站（例如八堵站）因同時屬於兩路線。車站編碼可考慮採用雙碼制。	編碼僅為程式內部使用，並非供使用者應用。臺鐵各種不同用途之使用者已有其固有之編碼可資運用。	同意辦理。
5. 專有名詞之使用請再修訂，如「過站不停」應為「通過」、而「站內」與「站外」依相關規章各有其定義。	謝謝，遵照辦理。	同意辦理。
<b>汪進財委員</b>		
1. 「班表瑕疵」之用語，建議再斟酌。	已依建議修正用語為「偏異」，並在 2.9 節說明習慣上所稱班表上之列車衝突，實際上為班表所排定之行點與列車運轉所需或規章之規定有所偏異，屬於班表之瑕疵。	同意辦理。
2. 台鐵的時隔與資料本身的時隔就有寬裕量，未來應探討回歸到基本性能的可行性。而寬裕量與穩定度的關係，亦與臺鐵之應變能力有關。	本研究亦持相同看法。寬裕量與基準運轉時分及最小時隔應予區分之論述，已在第 2 章加強說明之。而穩定度與應變能力之論述，則加強說明於第 5 章。	同意辦理。
3. 變異度大可能隱含系統受到許多外在影響等意義。	謝謝指正，此一論述已補充於第 8 章之「小結」乙節。	同意辦理。
4. 資料「排名」應為「百分位值」，請修正。	謝謝指正，遵照辦理。	同意辦理。
5. P. 41 「經過多方討論，兩系統間採檔案交換方式介接之」，可否說明討論的內容。	兩系統以標準格式之中繼檔介接，主要係取其單純。兩系統軟體架構不必為此修改，而兩系統由不同團隊維護發展時，亦不致相互影響而產生需要協調之複雜課題。以上說明已補充於第 4 章。	同意辦理。
6. 是否有可能以逐步增加列次之方式，利用自動排點軟體找出路線之瓶頸？	原則上可行，但如何加需要縝密設計。因為所謂「路線瓶頸」之位置與班表有關。	同意辦理。
7. P. 61 應可使用 ATP 紀錄以比對班表。	第 7.2 節確係以 ATP 之實際紀錄與班表相比對。表 7-1 為臺鐵局公告之班表，表 7-2 為 ATP 紀錄所顯示之實際運行時分，圖 7-2 則為兩者之疊合，再加上 ATP 紀錄所示之行駛速率。	同意辦理。

8. P64 與文獻有關的內容建議可整合於文獻回顧。	謝謝指正，遵照辦理。	同意辦理。
<b>李英豪委員</b>		
1. 報告第 3 頁，「研究成果」建議改為「研究內容」，將研究成果整合到第九章。	謝謝指正，已修正。	同意辦理。
2. P. 91，若為未來目標，可納入後續研究建議，亦可納入人機介面考量。	謝謝指正，已在第 10 章以專節闡述之。	同意辦理。
3. P. 41 與臺鐵介面整合的方式如何擬定，請說明。	兩系統以標準格式之中繼檔介接，主要係取其單純。兩系統軟體架構不必為此修改，而兩系統由不同團隊維護發展時，亦不致相互影響而產生需要協調之複雜課題。以上說明已補充於第 4 章。	同意辦理。
4. 圖 2-3, 2-4, 表 2-1 在文內沒有引用，請確認。	謝謝指正，已修正。	同意辦理。
5. 報告相關格式架構及用語，建議參依研究論文及運研所格式再予檢視。	謝謝指正，已修正。	同意辦理。
<b>臺鐵局</b>		
1. 請說明此模式可求解之路線規模大小。	此模式可求解臺鐵全線班表。報告 4.4 節所附之測例即為本模式所解得。	同意辦理。
2. 請說明模式基本假設，與複線運轉或單線運轉有無相關。	本模式並未假設系統為複線運轉，亦未假設為單線運轉。因此本模式於兩種運轉方式均可應用。	同意辦理。
3. 報告中說明「若假設所有股道均為單向行車，則可大幅簡化問題」，但臺鐵系統並非如此，請說明對未來實務應用之影響。	報告中該語句之下一句為「然而此一假設並無法適用於臺鐵系統」，即在指出本模式並未作此一假設。報告中已加強說明。	同意辦理。
4. 請說明報告中「同時導入隨機性以擴大演算法在解空間之搜尋範圍」之作法為何？	此為設計啟發式解法求解策略技巧之一。由現行解搜尋新解時，依既定規則決定移動方向向量之方向後，再作小幅度之隨機偏移。或者在尋得新可行解時，對其目標函數值加入小量之隨機值。此種作法可以擴大搜範圍，使演算法有機會達到既定規則所不一定能夠達到之區域。	同意辦理。

5. ATP 資料有標準差大過平均值之現象，資料是否可用，請說明確認。	資料變異度大，甚至標準差大過平均值，顯示臺鐵系統運轉時可能受到許多外在影響，或者是系統中尚有未充份瞭解之特殊狀況。已在第 8 章「小結」乙節補充說明之。	同意辦理。
<b>本所運工組</b>		
1. 「第 6 章 CTC 列車運行資料分析」中已分析原始資料中存在諸多紀錄異常的情形，致影響其校估排點參數之實用性及可信度，可否分析或推測諸多紀錄異常其可能原因。另 CTC 紀錄中是否含股道進路資料，可否作為排點時股道分配之用。	本研究進行過程中曾經請教具有佈設軌道電路與號誌之能力，以及實際設計施工維護經驗之鐵路改建工程局號誌隊。據其表示在佈設以及實地測試過程中從未有過類似之異常。討論中亦初步排除各子系統間產生時間差等不同步現象之可能性。推測或許該訊號異常並非來自最源頭之軌道電路，較有可能與傳輸過程有關。因涉及諸多設施之檢修，無法納入本研究中探究之。 另本研究所取得之 CTC 資料含有車次編號、車站代碼、以及時間三項資料，並無列車所使用之股道資訊。若該系統能夠拋轉更多之資料項目，或將對未來之運用具有更高之價值。此一論述已納入第 8 章之「小結」乙節中。	同意辦理。
2. 第 6、7 章請以小結方式補充經分析後，CTC、ATP 資料應用於排點參數校估、班表績效評估之可行性。	因排點參數校估等內容係編排於第 8 章，期末報告依循審查意見之精神，於第 8 章加入「小結」論述之。	同意辦理。
3. 8.3 節「以行車紀錄校估基準運轉時分」與 8.5 節「以行車紀錄校估時隔」，採統計方法分析基準運轉時分與時隔，如何考量運行資料中因班表限制造成實際行車時間高於運轉時分之情形。另可否比較統計出之基準運轉時分、時隔與臺鐵目前使用資料值之差異。	本研究發現分析行車紀錄所獲得之運轉時分能夠提供寶貴之統計資料，且用以校估排點作業使用之基準運轉時分應確定可行。 然而本研究亦發現由 ATP 紀錄所分析而得之行車紀錄欲應用於基準運轉時分之律定，尚有許多困難有待克服。除了審查意見所指出之因班表限制造成實際行車時間高於運轉時分之情形外，尚有諸多看似不合理之數據。有鑑於基準運轉時分為排點作業最重要之基本參數之一，本研究建議對所發現之不合理數據應深入探究其形成原	同意辦理。



	<p>因，不應遽然認定為錯誤之離群值而予以刪除，以排除資料判讀上潛藏系統性誤差之可能性。</p> <p>本研究為國內首次嘗試以實際行車紀錄推估實際合宜之排點參數。雖已確認此為可行之方向，但在本階段，本研究認為尚不宜以行車紀錄之原始數據直接與臺鐵目前所使用之參數值相比較，以求慎重且避免誤導。</p>	
4. 第 8 章請補充基準運轉時分與時隔之校估成果。	已補充於第 8 章「小結」。	同意辦理。

### 附錄 3 臺鐵各車站編碼



表附 3-1 臺鐵各車站編碼彙整

中文 名稱	英文名稱	DWH	悠遊卡	CTC	TRA 停靠站	BT 停靠站	NCKUID
臺北	Taipei	100	9	1008	A100	10	010283
基隆	Keelung	92	1	1001	A010	1	010000
七堵	Qidu	94	4	1003	A030	4	010060
松山	Songshan	98	8	1007	A080	9	010219
萬華	Wanhua	101	10	1009	A110	11	010311
板橋	Banqiao	102	11	1011	A130	12	010355
樹林	Shulin	103	12	1012	A150	13	010409
桃園	Taoyuan	106	15	1015	A180	17	010574
中壢	Zhongli	108	17	1017	A200	19	010673
新竹	Hsinchu	115	26	1025	A290	26	011064
八堵	Badu	93	3	1002	A020	3	040037
汐止	Xizhi	96	6	1005	A060	6	010131
南港	Nangang	97	7	1006	A070	7	010191
鶯歌	Yingge	105	14	1014	A170	16	010492
竹東	Zhudong	243	233	2205	V030	222	090152
山佳	Shanjia	104	13	1013	A160	15	010448
內壢	Neili	107	16	1016	A190	18	010633
埔心	Puxin	109	20	1018	A210	20	010731
楊梅	Yangmei	110	21	1019	A220	21	010771
富岡	Fugang	111	22	1020	A240	22	010839
湖口	Hukou	112	23	1021	A250	23	010896
新豐	Xinfeng	113	24	1022	A260	24	010958
竹北	Zhubei	114	25	1023	A270	25	011006
三坑	Sankeng	224	2	1029	A015	2	010013
百福	Baifu	261	18	1030	A045	211	010087
五堵	Wudu	95	5	1004	A050	5	010117
汐科	Xike	262	19	1031	A065	210	010146
浮洲	Fuzhou	264		1032	A144	229	010380
北新竹	North Hsinchu	237		1024	A274	215	011050
香山	Xiangshan	116	33	1026	A300	27	011144
世博	Shibo	238		2212	V000	216	090022

表附 3-1 臺鐵各車站編碼彙整

中文 名稱	英文名稱	DWH	悠遊卡	CTC	TRA 停靠站	BT 停靠站	NCKUID
竹科	Zhuke	239		2213	V004	217	090052
竹中	Zhuzhong	241	231	2203	V010	218	090065
九讚頭	Jiuzantou	245	235	2207	V050	224	090208
內灣	Neiwan	248	238	2210	V080	227	090265
六家	Liujia	240		2214	V012	219	120031
上員	Shangyuan	242	232	2204	V020	220	090091
榮華	Ronghua	249		2211	V021	221	090136
橫山	Hengshan	244	234	2206	V040	223	090186
合興	Hexing	246	236	2208	V060	225	090230
富貴	Fugui	247	237	2209	V070	226	090243
臺中	Taichung	146	47	1319	T120	57	011933
竹南	Zhunan	118	35	1028	A320	29	011254
苗栗	Miaoli	137	38	1305	T030	48	011406
豐原	Fengyuan	144	44	1317	T100	54	011791
彰化	Changhua	149	68	1120	A490	62	012109
員林	Yuanlin	151	71	1203	A510	64	012256
大甲	Dajia	128	224	1112	A420	39	070540
臺中港	Taichung Port	129	225	1113	A430	40	070593
沙鹿	Shalu	131	227	1115	A450	42	070685
田中	Tianzhong	154	74	1206	A540	67	012371
二水	Ershui	155	75	1207	A550	68	012429
後龍	Houlong	121	217	1105	A350	32	070150
白沙屯	Baishatun	123	219	1107	A370	34	070267
通霄	Tongxiao	125	221	1109	A390	36	070356
苑裡	Yuanli	126	222	1110	A400	37	070417
清水	Qingshui	130	226	1114	A440	41	070653
龍井	Longjing	132	228	1116	A460	43	070731
大肚	Dadu	133	229	1117	A470	44	070781
追分	Zhuifen	134	230	1118	A480	45	070831
社頭	Shetou	153	73	1205	A530	66	012328
銅鑼	Tongluo	139	40	1308	T050	50	011514

表附 3-1 臺鐵各車站編碼彙整

中文 名稱	英文名稱	DWH	悠遊卡	CTC	TRA 停靠站	BT 停靠站	NCKUID
三義	Sanyi	140	41	1310	T060	51	011588
后里	Houli	143	43	1315	T090	53	011723
潭子	Tanzi	145	45	1318	T110	55	011841
新烏日	Xinwuri	280	50	1324	T135	209	012013
成功	Chenggong	148	51	1321	T140	60	012038
大山	Dashan	120	216	1104	A340	31	070112
新埔	Xinpu	124	220	1108	A380	35	070298
日南	Rinan	127	223	1111	A410	38	070494
花壇	Huatan	150	69	1202	A500	63	012175
大村	Dacun	227	70	1240	A505	207	012221
泰安	Tai'an	142	42	1314	T080	52	011697
太原	Taiyuan	225	46	1323	T115	56	011892
大慶	Daqing	223	48	1322	T125	58	011975
烏日	Wuri	147	49	1320	T130	59	012005
濁水	Zhuoshui	252	240	2703			100108
水里	Shuili	255	243	2706			100274
崎頂	Qiding	117	34	1027	A310	28	011208
談文	Tanwen	119	215	1102	A330	30	070045
龍港	Longgang	122	218	1106	A360	33	070186
永靖	Yongjing	152	72	1204	A520	65	012291
造橋	Zaoqiao	135	36	1302	T010	46	011307
豐富	Fengfu	136	37	1304	T020	47	011371
南勢	Nanshi	138	39	1307	T040	49	011472
源泉	Yuanquan	251	239	2702			100029
龍泉	Longquan	253	241	2704			100157
集集	Jiji	254	242	2705			100201
車埕	Checheng	256	244	2707			100297
高雄	Kaohsiung	185	109	1238	A920	100	023998
斗六	Douliu	158	78	1210	A580	71	012606
嘉義	Chiayi	163	84	1215	A630	76	012918
新營	Xinying	167	88	1220	A690	81	013147
臺南	Tainan	175	98	1228	A770	90	013532

表附 3-1 臺鐵各車站編碼彙整

中文 名稱	英文名稱	DWH	悠遊卡	CTC	TRA 停靠站	BT 停靠站	NCKUID
岡山	Gangshan	180	104	1233	A850	95	013784
新左營	Xinzuoying	288	107	1242	A875	206	013913
屏東	Pingtung	190	115	1406	P050	105	024208
斗南	Dounan	159	79	1211	A590	72	012682
隆田	Longtian	170	91	1223	A720	84	013274
善化	Shanhua	172	93	1225	A740	86	013342
永康	Yongkang	174	96	1227	A760	88	013468
中洲	Zhongzhou	177	101	1230	A810	92	013648
楠梓	Nanzi	183	106	1235	A870	97	013862
鳳山	Fengshan	186	111	1402	P010	101	024056
林內	Linnei	156	76	1208	A560	69	012510
大林	Dalin	161	81	1213	A610	74	012767
民雄	Minxiong	162	82	1214	A620	75	012825
新市	Xinshi	173	95	1226	A750	87	013418
保安	Bao'an	176	99	1229	A800	91	013608
大湖	Dahu	178	102	1231	A820	93	013677
路竹	Luzhu	179	103	1232	A830	94	013706
橋頭	Qiaotou	181	105	1234	A860	96	013820
九曲堂	Jiuqutang	188	113	1404	P030	103	024136
西勢	Xishi	193	118	1409	P080	107	024281
潮州	Chaozhou	195	120	1411	P100	109	024359
南州	Nanzhou	197	122	1413	P120	111	024431
林邊	Linbian	199	124	1415	P140	113	024499
枋寮	Fangliao	203	127	1418	P180	117	034611
加祿	Jialu	204	128	1502	J010	118	034664
枋野	FangYe	207	131	1505	J040	121	034813
嘉北	Jiabei	228	83	1241	A625	208	012892
水上	Shuishang	164	85	1217	A660	77	012984
南靖	Nanjing	165	86	1218	A670	79	013010
後壁	Houbi	166	87	1219	A680	80	013070
柳營	Liuying	168	89	1221	A700	82	013180
林鳳營	Linfengying	169	90	1222	A710	83	013219

表附 3-1 臺鐵各車站編碼彙整

中文 名稱	英文名稱	DWH	悠遊卡	CTC	TRA 停靠站	BT 停靠站	NCKUID
南科	Nanke	282	94	1244	A745	212	013371
大橋	Daqiao	226	97	1239	A765	89	013505
左營	Zuoying	184	108	1236	A880	98	013932
長榮大學	Chang Jung Christian University	283	252	5101	A813	213	110026
沙崙	Shalun	284	253	5102	A816	214	110053
後庄	Houzhuang	187	112	1403	P020	102	024093
竹田	Zhutian	194	119	1410	P090	110	024318
佳冬	Jiandong	200	125	1416	P150	114	024539
石榴	Shiliu	157	77	1209	A570	70	012558
石龜	Shigui	160	80	1212	A600	73	012721
拔林	Balin	171	92	1224	A730	85	013296
六塊厝	Liukuaicuo	189	114	1405	P040	104	024186
歸來	Guilai	191	116	1407	P060	106	024234
麟洛	Linluo	192	117	1408	P070	108	024257
崁頂	Kanding	196	121	1412	P110	112	024407
鎮安	Zhen'an	198	123	1414	P130	115	024467
東海	Donghai	201	126	1417	P160	116	024570
內獅	Neishi	205	129	1503	J020	120	034698
枋山	Fangshan	206	130	1504	J030	119	034747
瑞芳	Ruifang	89	27	1804	E030	135	040089
宜蘭	Yilan	73	195	1820	E190	151	040713
蘇澳	Su'ao	66	251	1827	E260	158	040936
雙溪	Shuangxi	85	207	1808	E070	139	040229
羅東	Luodong	70	192	1823	E220	154	040801
冬山	Dongshan	69	191	1824	E230	155	040851
蘇澳新	Su'aoxin	67	189	1826	E250	157	050902
東澳	Dong'ao	63	186	1704	I030	161	051012
四腳亭	Sijiaoting	90	28	1803	E020	134	040039
侯硐	Houdong	88	210	1805	E040	136	040135
三貂嶺	Sandiaoling	87	209	1806	E050	137	040160
福隆	Fulong	83	205	1810	E090	141	040320



表附 3-1 臺鐵各車站編碼彙整

中文 名稱	英文名稱	DWH	悠遊卡	CTC	TRA 停靠站	BT 停靠站	NCKUID
頭城	Toucheng	77	199	1816	E150	147	040566
礁溪	Jiaoxi	75	197	1818	E170	149	040629
二結	Erjie	72	194	1821	E200	152	040771
永樂	Yongle	64	187	1703	I020	160	050954
南澳	Nan'ao	62	185	1705	I040	162	051092
漢本	Hanben	58	183	1708	I070	163	051258
牡丹	Mudan	86	208	1807	E060	138	040196
貢寮	Gongliao	84	206	1809	E080	140	040283
大里	Dali	81	203	1812	E110	143	040401
大溪	Daxi	80	202	1813	E120	144	040448
龜山	Guishan	79	201	1814	E130	145	040494
四城	Sicheng	74	196	1819	E180	150	040676
十分	Shifen	232	246	1904			080064
平溪	Pingxi	235	249	1907			080112
菁桐	Jingtong	236	250	1908			080129
暖暖	Nuannuan	91	29	1802	E010	133	040016
石城	Shicheng	82	204	1811	E100	142	040374
外澳	Wai'ao	78	200	1815	E140	146	040530
頂埔	Dingpu	76	198	1817	E160	148	040588
中里	Zhongli	71	193	1822	E210	153	040783
新馬	Xinma	68	190	1825	E240	156	040893
大華	Dahua	231	245	1903			080035
望古	Wanggu	233	247	1905			080082
嶺腳	Lingjiao	234	248	1906			080102
武塔	Wuta	60	184	1706	I050	205	051129
花蓮	Hualien	51	176	1715	I140	170	061694
玉里	Yuli	25	160	1619	M260	188	062530
臺東	Taitung	4	145	1632	M470	201	063213
和平	Heping	57	182	1709	I080	164	051300
新城	Xincheng	54	179	1712	I110	167	051531
和仁	Heren	56	181	1710	I090	165	051377
崇德	Chongde	55	180	1711	I100	166	051478

表附 3-1 臺鐵各車站編碼彙整

中文 名稱	英文名稱	DWH	悠遊卡	CTC	TRA 停靠站	BT 停靠站	NCKUID
北埔	Beipu	52	177	1714	I130	169	051649
花蓮港	Hualien Port	260		3202	M010	171	140074
吉安	Ji'an	45	175	1602	M060	172	061728
志學	Zhixue	43	174	1604	M080	174	061818
壽豐	Shoufeng	41	172	1606	M100	176	061866
豐田	Fengtian	40	171	1607	M110	177	061893
南平	Nanping	37	169	1609	M140	179	061978
鳳林	Fenglin	36	168	1610	M150	180	062019
萬榮	Wanrong	35	167	1611	M160	181	062067
光復	Guangfu	34	166	1612	M170	182	062123
富源	Fuyuan	31	164	1614	M200	184	062230
瑞穗	Ruisui	29	162	1616	M220	186	062323
三民	Sanmin	27	161	1617	M240	187	062415
東里	Dongli	22	158	1621	M290	190	062597
東竹	Dongjhu	20	157	1622	M310	191	062656
富里	Fuli	18	156	1623	M330	192	062718
池上	Chishang	15	155	1624	M360	193	062788
關山	Guanshan	12	153	1626	M390	195	062909
瑞源	Ruiyuan	9	150	1629	M420	198	063015
鹿野	Luye	8	149	1630	M430	199	063071
山里	Shanli	6	148	1631	M450	200	063133
知本	Zhiben	219	143	1516	J160	131	035477
太麻里	Taimali	217	140	1514	J140	129	035360
金崙	Jinlun	215	138	1512	J120	127	035250
大武	Dawu	211	134	1508	J080	124	035049
古莊	Guzhuang	210	133	1507	J070	123	035016
康樂	Kangle	220	144	1517	J170	170	035547
瀧溪	Longxi	213	136	1510	J100	125	035166
景美	Jingmei	53	178	1713	I120	168	051584
平和	Pinghe	42	173	1605	M090	175	061847
溪口	Xikou	39	170	1608	M120	178	061934

表附 3-1 臺鐵各車站編碼彙整

中文 名稱	英文名稱	DWH	悠遊卡	CTC	TRA 停靠站	BT 停靠站	NCKUID
大富	Dafu	32	165	1613	M190	183	062200
海端	Haiduan	13		1625	M370	194	062845
月美	Yuemei	11	152	1627	M400	196	062946
瑞和	Ruihe	10	151	1628	M410	197	062988

## 附錄 4 臺北三義班表案例時刻表



## 對號車

車種	莒光	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強
車次	1	204	101	105	206	107	208	171	203	113	212	214	115	205	106	216	117	121	218
牽引種別	多種	DMU	PP	PP	TEMU	PP	DMU	PP	TEMU	EMU	PP	PP	PP	DMU	PP	DMU	PP	EMU	TEMU
發車站	臺北	樹調	苗栗	臺北	樹調	臺北	樹調	臺北	臺北	臺北	樹調	樹調	臺北	臺北	竹南	樹調	臺北	臺北	樹調
收車站	三義	臺北	三義	三義	臺北	三義	臺北	三義	樹調	三義	臺北	臺北	三義	樹調	臺北	臺北	三義	三義	臺北
發車時間	6:10	5:58	5:04	6:56	6:46	7:37	7:34	8:04	8:17	8:34	8:13	8:18	9:00	9:36	8:25	9:32	10:01	10:32	10:22
收車時間	8:00	6:33	5:15	8:38	7:04	9:22	8:00	9:45	8:35	10:12	8:36	8:39	10:44	10:01	9:48	9:58	11:42	12:17	10:41
臺北	6:10	6:35		6:56	7:05	7:37	8:01	8:04	8:17	8:34	8:37	8:40	9:00	9:36	9:49	9:59	10:01	10:32	10:42
萬華		6:28										8:34							
板橋	6:20	6:15		7:06	6:54	7:47	7:50	8:14	8:27	8:45	8:26	8:27	9:11	9:46	9:38	9:48	10:11	10:42	10:31
樹林		6:06			6:49	7:54	7:41		8:33		8:18	8:21	9:17	9:54	9:31	9:40			10:25
山佳																			
鶯歌																			
桃園	6:42			7:25		8:09		8:33					9:32		9:15		10:31	11:02	
內壢																			
中壢				7:33		8:18		8:41					9:40		9:06		10:39	11:10	
楊梅																			
湖口																			
新豐																			
竹北																			
新竹	7:20			8:01		8:45		9:08		9:36			10:07		8:40		11:05	11:37	
竹南				8:15		8:59		9:23					10:21		8:25		11:20	11:53	
苗栗			5:04	8:26		9:10		9:34					10:32				11:31	12:04	
銅鑼																			
三義	8:01		5:16	8:39		9:23		9:46		10:13			10:45				11:43	12:18	

車種	自強	莒光	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強
車次	108	2	173	112	123	213	215	114	125	116	127	217	118	135	172	175	122	137	141
牽引種別	PP	多種	PP	PP	PP	DMU	DMU	PP	PP	PP	PP	TEMU	PP	PP	PP	PP	EMU	PP	PP
發車站	三義	三義	臺北	竹南	臺北	臺北	臺北	三義	臺北	三義	臺北	臺北	三義	臺北	三義	臺北	三義	臺北	臺北
收車站	臺北	萬華	三義	臺北	三義	樹調	樹調	臺北	三義	臺北	三義	樹調	臺北	三義	臺北	三義	臺北	三義	三義
發車時間	9:16	8:15	11:02	10:32	12:04	12:06	12:16	10:57	13:01	11:58	14:04	14:21	13:02	15:00	13:59	16:01	14:54	16:58	17:26
收車時間	11:00	10:07	12:43	11:53	13:46	12:32	12:41	12:41	14:45	13:42	15:43	14:38	14:45	16:41	15:43	17:43	16:42	18:41	19:07
臺北	11:01		11:02	11:54	12:04	12:06	12:16	12:42	13:01	13:43	14:04	14:21	14:46	15:00	15:44	16:01	16:43	16:58	17:26
萬華		10:08																	
板橋	10:50	10:01	11:12	11:43	12:14	12:16	12:26	12:31	13:12	13:32	14:14	14:31	14:35	15:10	15:33	16:12	16:32	17:09	17:36
樹林						12:25	12:34		13:18			14:36							
山佳																			
鶯歌																			
桃園	10:30	9:38	11:32	11:22	12:33			12:11	13:33	13:12	14:33		14:15	15:30	15:13	16:31	16:11	17:29	17:55
內壢																			
中壢	10:21		11:40	11:13	12:42			12:03	13:41	13:03	14:41		14:07	15:38	15:04	16:39	16:02	17:37	18:03
楊梅																			
湖口																			
新豐																			
竹北																			
新竹	9:55	8:54	12:06	10:47	13:09			11:37	14:08	12:37	15:08		13:41	16:04	14:38	17:06	15:35	18:04	18:30
竹南	9:40		12:21	10:32	13:24			11:22	14:22	12:22			13:26	16:19	14:23	17:20	15:19	18:19	18:45
苗栗	9:29		12:32		13:35			11:10	14:33	12:11	15:32		13:14	16:30	14:12	17:31	15:07	18:30	18:56
銅鑼																			
三義	9:16	8:15	12:44		13:47			10:57	14:46	11:58	15:44		13:02	16:42	13:59	17:44	14:54	18:42	19:08

車種	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強	自強
車次	174	177	143	124	145	126	147	132	181	176	153	134	136	155	142	144	146	148	152	154
牽引種別	PP	PP	PP	EMU	PP	PP	EMU	PP	PP	PP	PP	EMU	PP	PP	PP	PP	PP	PP	PP	PP
發車站	三義	臺北	臺北	竹南	臺北	三義	臺北	竹南	臺北	三義	臺北	三義	三義	臺北	三義	三義	竹南	三義	三義	三義
收車站	臺北	三義	三義	臺北	三義	臺北	竹南	臺北	三義	臺北	三義	臺北	臺北	三義	臺北	臺北	臺北	臺北	臺北	苗栗
發車時間	15:48	17:43	18:04	16:46	18:19	16:37	18:46	17:29	19:23	17:41	19:36	18:04	18:38	21:00	19:21	20:05	21:06	21:15	22:10	23:26
收車時間	17:36	19:29	19:37	18:09	20:03	18:20	20:08	18:49	21:05	19:30	21:20	19:44	20:21	22:44	21:04	21:49	22:26	23:02	23:56	23:37
臺北	17:37	17:43	18:04	18:10	18:19	18:21	18:46	18:50	19:23	19:31	19:36	19:45	20:22	21:00	21:05	21:50	22:27	23:03	23:57	
萬華																				
板橋	17:26	17:54	18:15	17:59	18:30	18:10	18:56	18:39	19:34	19:20	19:46	19:34	20:11	21:10	20:54	21:39	22:16	22:52	23:46	
樹林		18:00					19:03													23:39
山佳																				
鶯歌																				
桃園	17:06	18:15		17:38	18:50	17:50	19:17	18:19	19:53	19:00	20:05		19:51	21:30	20:34	21:19	21:56	22:32	23:24	
內壢																				
中壢	16:53	18:23		17:30	18:59	17:41	19:26	18:10	20:01	18:52	20:16		19:42	21:38	20:26	21:11	21:47	22:24	23:15	
楊梅																				
湖口		18:38																		
新豐																				
竹北																				
新竹	16:27	18:52		17:02	19:26	17:15	19:53	17:44	20:30	18:26	20:43	18:41	19:16	22:05	20:00	20:45	21:21	21:58	22:49	
竹南	16:12	19:06		16:46	19:40		20:09	17:29		18:10	20:58			22:20	19:45	20:30	21:06	21:43	22:34	
苗栗	16:01	19:17			19:51	16:50			20:54	17:53	21:09		18:51	22:33	19:33	20:18		21:29	22:23	23:38
銅鑼																				
三義	15:48	19:30	19:38		20:04	16:37			21:06	17:41	21:21	18:04	18:38	22:45	19:21	20:05		21:15	22:10	23:26

## 區間車

車種	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車
車次	1317	1101	1112	1103	1107	1114	1118	1111	1122	1124	2133	1113	1117	2103	1132	1121	1134	2107	1138	1123
牽引種別	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車
發車站	臺北	臺北	樹調	臺北	臺北	新竹	新竹	臺北	樹調	新竹	新竹	臺北	臺北	新竹	新竹	臺北	苗栗	新竹	新竹	臺北
收車站	樹調	苗栗	臺北	新竹	苗栗	臺北	臺北	新竹	臺北	臺北	三義	新竹	新竹	三義	臺北	苗栗	臺北	三義	臺北	苗栗
發車時間	0:22	5:03	5:16	5:48	6:03	4:36	4:46	6:30	6:07	5:11	8:20	6:48	6:54	5:18	5:25	7:09	5:10	5:39	5:52	7:29
收車時間	0:43	7:17	5:37	7:31	8:23	6:09	6:19	8:10	6:31	6:45	9:16	8:29	8:39	6:14	6:59	9:25	7:22	6:35	7:28	9:48
臺北	0:22	5:03	5:38	5:48	6:03	6:10	6:20	6:30	6:34	6:46		6:48	6:54		7:00	7:09	7:23		7:29	7:29
萬華	0:27	5:09	5:32	5:53	6:09	6:04	6:14	6:35	6:26	6:40		6:54	7:02		6:54	7:15	7:17		7:23	7:35
板橋	0:33	5:15	5:27	5:59	6:15	5:59	6:09	6:41	6:18	6:35		7:00	7:08		6:49	7:21	7:12		7:18	7:41
樹林	0:41	5:23	5:18	6:07	6:23	5:50	6:00	6:49	6:09	6:26		7:08	7:16		6:40	7:29	7:03		7:09	7:49
山佳		5:28		6:13	6:30	5:45	5:55	6:55		6:21		7:15	7:22		6:35	7:34	6:58		7:04	7:54
鶯歌		5:34		6:18	6:39	5:39	5:49	7:00		6:15		7:21	7:27		6:29	7:40	6:52		6:58	8:03
桃園		5:43		6:27	6:48	5:30	5:40	7:09		6:06		7:30	7:36		6:20	7:49	6:43		6:49	8:12
內壢		5:49		6:34	6:55	5:24	5:34	7:16		6:00		7:36	7:43		6:14	7:55	6:37		6:43	8:18
中壢		5:55		6:39	7:00	5:19	5:29	7:21		5:55		7:42	7:48		6:09	8:01	6:32		6:38	8:24
楊梅		6:06		6:51	7:12	5:07	5:17	7:33		5:43		7:53	8:00		5:57	8:12	6:18		6:26	8:35
湖口		6:20		7:07	7:26	4:55	5:05	7:48		5:31		8:07	8:14		5:45	8:26	6:06		6:14	8:49
新豐		6:26		7:15	7:32	4:49	4:59	7:54		5:25		8:13	8:20		5:39	8:32	6:00		6:08	8:55
竹北		6:32		7:21	7:38	4:44	4:54	8:00		5:20		8:19	8:26		5:34	8:40	5:55		6:01	9:03
新竹		6:42		7:32	7:48	4:36	4:46	8:11		5:11	8:20	8:32	8:40	5:18	5:25	8:50	5:46	5:39	5:52	9:13
竹南		7:01			8:07						8:39			5:36		9:09	5:27	5:57		9:32
苗栗		7:18			8:24						8:55			5:53		9:26	5:10	6:14		9:49
銅鑼											9:09			6:06				6:27		
三義										9:17				6:15				6:36		

車種	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車	區間車
車次	1127	2117	1142	1144	1148	2137	1131	1152	1133	1154	1137	1162	1141	2127	1164	1204	1197	1208	1212	1201
牽引種別	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車	通勤電車
發車站	臺北	新竹	新竹	新竹	苗栗	竹南	臺北	新竹	臺北	苗栗	臺北	三義	臺北	湖口	新竹	苗栗	臺北	新竹	新竹	臺北
收車站	新竹	三義	臺北	臺北	臺北	三義	苗栗	臺北	新竹	臺北	新竹	臺北	新竹	三義	臺北	臺北	新竹	臺北	臺北	新竹
發車時間	7:47	6:09	6:14	6:24	5:52	9:39	8:05	6:35	8:19	6:16	8:36	6:00	8:43	6:40	7:19	10:51	13:19	11:47	12:07	13:41
收車時間	9:27	7:05	7:47	7:57	8:03	10:22	10:21	8:10	10:04	8:28	10:16	8:34	10:23	7:58	8:52	13:06	15:01	13:20	13:40	15:23
臺北	7:47		7:48	7:58	8:04		8:05	8:11	8:19	8:29	8:36	8:36	8:43		8:53	13:07	13:19	13:21	13:41	13:41
萬華	7:52		7:42	7:52	7:58		8:11	8:05	8:24	8:23	8:42	8:29	8:49		8:47	13:01	13:24	13:15	13:35	13:47
板橋	7:58		7:37	7:47	7:53		8:17	8:00	8:30	8:18	8:48	8:24	8:55		8:42	12:56	13:30	13:10	13:30	13:53
樹林	8:06		7:29	7:38	7:44		8:25	7:51	8:38	8:10	8:56	8:14	9:03		8:33	12:47	13:38	13:01	13:21	14:01
山佳	8:12		7:23	7:33	7:39		8:30	7:44	8:44	8:04	9:01	8:09	9:08		8:28	12:42	13:44	12:56	13:16	14:06
鶯歌	8:17		7:18	7:27	7:33		8:36	7:39	8:52	7:59	9:07	8:03	9:14		8:22	12:36	13:49	12:50	13:10	14:12
桃園	8:26		7:08	7:18	7:24		8:45	7:29	9:05	7:49	9:16	7:54	9:23		8:13	12:27	13:58	12:41	13:01	14:21
內壢	8:33		7:03	7:12	7:18		8:51	7:24	9:11	7:44	9:22	7:48	9:29		8:07	12:21	14:05	12:35	12:55	14:27
中壢	8:38		6:57	7:07	7:13		8:57	7:18	9:17	7:38	9:28	7:43	9:35		8:02	12:16	14:10	12:30	12:50	14:33
楊梅	8:51		6:46	6:55	7:01		9:08	7:07	9:28	7:27	9:39	7:31	9:48		7:50	12:04	14:22	12:18	12:38	14:44
湖口	9:06		6:33	6:43	6:49		9:24	6:54	9:42	7:14	9:55	7:19	10:02	6:40	7:38	11:52	14:36	12:06	12:26	15:00
新豐	9:12		6:28	6:37	6:43		9:30	6:49	9:48	7:07	10:01	7:13	10:08	6:46	7:32	11:46	14:45	12:00	12:20	15:06
竹北	9:18		6:22	6:32	6:38		9:36	6:43	9:54	7:02	10:07	7:08	10:14	6:52	7:27	11:39	14:51	11:55	12:15	15:14
新竹	9:28	6:09	6:14	6:24	6:29		9:46	6:35	10:05	6:53	10:17	6:57	10:24	7:02	7:19	11:28	15:02	11:47	12:07	15:26
竹南		6:27			6:10	9:39	10:05			6:34		6:38		7:21		11:09				
苗栗		6:44			5:52	10:01	10:22			6:16		6:20		7:37		10:51				
銅鑼		6:57				10:15						6:08		7:50				6:27		
三義		7:06				10:23						6:00		7:59				6:36		



車種 車次 牽引種 別 發車站 收車站	區間車 1214 通勤電 車 苗栗 臺北	區間車 1203 通勤電 車 臺北 新竹	區間車 1218 通勤電 車 新竹 臺北	區間車 1207 通勤電 車 臺北 新竹	區間車 2177 通勤電 車 新竹 三義	區間車 1211 通勤電 車 臺北 新竹	區間車 1222 通勤電 車 臺北 新竹	區間車 2144 通勤電 車 三義 苗栗	區間車 2181 通勤電 車 苗栗 三義	區間車 1213 通勤電 車 臺北 苗栗	區間車 1224 通勤電 車 苗栗 臺北	區間車 1217 通勤電 車 臺北 新竹	區間車 1228 通勤電 車 新竹 臺北	區間車 2183 通勤電 車 竹北 三義	區間車 1221 通勤電 車 臺北 新竹	區間車 1238 通勤電 車 新竹 臺北	區間車 1242 通勤電 車 苗栗 臺北	區間車 2142 通勤電 車 三義 新竹	區間車 1223 通勤電 車 臺北 苗栗	區間車 1227 通勤電 車 臺北 新竹
發車時間	11:49	14:12	12:54	14:34	16:17	14:43	13:14	16:43	17:11	15:02	12:50	15:18	13:47	17:11	15:42	14:12	13:50	16:28	16:07	16:27
收車時間	14:04	15:50	14:27	16:14	17:17	16:23	14:49	17:02	17:31	17:16	15:05	17:00	15:20	18:18	17:22	15:47	16:04	17:27	18:25	18:09
臺北	14:05	14:12	14:28	14:34		14:43	14:50			15:02	15:06	15:18	15:21		15:42	15:48	16:05		16:07	16:27
萬華	13:59	14:17	14:22	14:39		14:48	14:44			15:07	15:00	15:23	15:15		15:48	15:42	15:59		16:13	16:32
板橋	13:54	14:23	14:17	14:45		14:54	14:39			15:13	14:55	15:29	15:10		15:54	15:37	15:54		16:19	16:38
樹林	13:45	14:31	14:08	14:53		15:02	14:30			15:21	14:46	15:37	15:01		16:02	15:28	15:46		16:27	16:46
山佳	13:40	14:37	14:03	14:59		15:08	14:23			15:27	14:41	15:43	14:56		16:07	15:21	15:40		16:32	16:53
鶯歌	13:34	14:42	13:57	15:04		15:13	14:18			15:32	14:35	15:48	14:50		16:13	15:16	15:35		16:38	16:59
桃園	13:25	14:51	13:48	15:13		15:22	14:08			15:41	14:26	15:57	14:41		16:22	15:06	15:25		16:47	17:08
內壢	13:19	14:57	13:42	15:20		15:29	14:03			15:47	14:20	16:04	14:35		16:28	15:01	15:20		16:53	17:14
中壢	13:14	15:03	13:37	15:25		15:34	13:57			15:53	14:15	16:09	14:30		16:34	14:55	15:14		16:59	17:20
楊梅	13:02	15:14	13:25	15:37		15:48	13:46			16:04	14:03	16:21	14:18		16:47	14:44	15:03		17:10	17:31
湖口	12:50	15:29	13:13	15:53		16:02	13:33			16:19	13:49	16:38	14:06		17:01	14:31	14:46		17:26	17:45
新豐	12:42	15:35	13:07	15:59		16:08	13:28			16:25	13:43	16:44	14:00		17:07	14:26	14:41		17:32	17:51
竹北	12:37	15:41	13:02	16:05		16:14	13:22			16:31	13:36	16:50	13:55	17:11	17:13	14:20	14:35		17:40	17:59
新竹	12:25	15:51	12:54	16:15	16:17	16:24	13:14			16:41	13:27	17:01	13:47	17:21	17:23	14:12	14:27	17:28	17:50	18:10
竹南	12:06				16:36					17:00	13:08			17:40			14:07	17:08	18:09	
苗栗	11:49				16:56			17:03	17:11	17:17	12:50			17:57			13:50	16:51	18:26	
銅鑼					17:10			16:50	17:24					18:10				16:35		
三義					17:18			16:43	17:32					18:19				16:28		

車種 車次 牽引種 別 發車站 收車站	區間車 1244 通勤電 車 新竹 臺北	區間車 1248 通勤電 車 新竹 臺北	區間車 2132 通勤電 車 三義 新竹	區間車 1252 通勤電 車 苗栗 臺北	區間車 2171 通勤電 車 新竹 三義	區間車 1231 通勤電 車 臺北 新竹	區間車 1233 通勤電 車 臺北 新竹	區間車 1258 通勤電 車 樹調 苗栗	區間車 1254 通勤電 車 新竹 臺北	區間車 1237 通勤電 車 臺北 新竹	區間車 2178 通勤電 車 三義 新竹	區間車 1291 通勤電 車 臺北 新竹	區間車 1312 通勤電 車 新竹 臺北	區間車 1293 通勤電 車 臺北 苗栗	區間車 1297 通勤電 車 新竹 臺北	區間車 1314 通勤電 車 苗栗 臺北	區間車 2203 通勤電 車 新竹 苗栗	區間車 1301 通勤電 車 臺北 新竹	區間車 1303 通勤電 車 臺北 新竹	區間車 1318 通勤電 車 新竹 臺北
發車時間	14:55	15:07	14:17	14:48	15:11	17:06	17:13	16:56	15:45	17:21	22:06	21:27	20:05	21:49	22:03	20:03	23:54	22:20	22:32	20:57
收車時間	16:28	16:40	15:13	17:02	16:07	18:50	19:34	17:17	17:19	19:10	23:05	23:06	21:41	0:03	23:42	22:16	0:28	23:58	0:10	22:34
臺北	16:29	16:41		17:03		17:06	17:13	17:18	17:20	17:21		21:27	21:42	21:49	22:03	22:17		22:20	22:32	22:35
萬華	16:23	16:35		16:57		17:14	17:18	17:12	17:14	17:26		21:33	21:36	21:54	22:09	22:11		22:25	22:37	22:29
板橋	16:18	16:30		16:52		17:20	17:24	17:07	17:09	17:32		21:39	21:31	22:00	22:15	22:06		22:31	22:43	22:24
樹林	16:10	16:21		16:44		17:28	17:32	16:58	17:00	17:42		21:47	21:22	22:08	22:23	21:57		22:39	22:51	22:15
山佳	16:04	16:16		16:38		17:34	17:38		16:55	17:48		21:52	21:17	22:14	22:28	21:52		22:45	22:57	22:10
鶯歌	15:59	16:10		16:33		17:39	17:43		16:49	17:53		21:58	21:11	22:19	22:34	21:46		22:50	23:02	22:04
桃園	15:49	16:01		16:23		17:48	17:52		16:40	18:02		22:07	21:02	22:28	22:43	21:37		22:59	23:11	21:51
內壢	15:44	15:55		16:18		17:55	18:01		16:34	18:09		22:13	20:56	22:35	22:49	21:31		23:05	23:17	21:46
中壢	15:38	15:50		16:12		18:00	18:06		16:29	18:14		22:19	20:51	22:40	22:55	21:26		23:11	23:23	21:40
楊梅	15:27	15:38		16:01		18:14	18:18		16:17	18:31		22:30	20:37	22:52	23:06	21:14		23:22	23:34	21:29
湖口	15:14	15:26		15:48		18:28	18:32		16:05	18:45		22:44	20:25	23:06	23:20	21:02		23:37	23:49	21:16
新豐	15:09	15:20		15:41		18:34	18:38		15:59	18:51		22:50	20:19	23:12	23:26	20:56		23:43	23:55	21:11
竹北	15:03	15:15		15:35		18:40	18:47		15:54	19:01		22:56	20:14	23:18	23:32	20:51		23:49	0:01	21:05
新竹	14:55	15:07	15:15	15:25	15:11	18:51	18:57		15:45	19:11	23:06	23:07	20:05	23:28	23:43	20:40	23:54	23:59	0:11	20:57
竹南			14:54	15:05	15:30		19:18				22:46			23:47		20:21	0:12			
苗栗			14:37	14:48	15:46		19:35				22:28			0:04		20:03	0:29			
銅鑼			14:24		16:00						22:16									
三義			14:17		16:08						22:06									

車種 車次 牽引種 別 發車站 收車站	區間車 1322 通勤電 車 苗栗 臺北	區間車 2182 通勤電 車 三義 新竹	區間車 1307 通勤電 車 臺北 新竹	區間車 1324 通勤電 車 新竹 臺北	區間車 1311 通勤電 車 臺北 中壢	區間車 2172 通勤電 車 三義 臺北	區間車 1313 通勤電 車 臺北 樹調	區間車 1328 通勤電 車 苗栗 臺北	區間車 1332 通勤電 車 新竹 臺北	區間車 1334 通勤電 車 新竹 臺北	區間車 1143 通勤電 車 臺北 新竹	區間車 1168 通勤電 車 三義 臺北	區間車 1147 通勤電 車 臺北 新竹	區間車 2147 通勤電 車 竹南 三義	區間車 1151 通勤電 車 臺北 苗栗	區間車 1172 通勤電 車 三義 臺北	區間車 1153 通勤電 車 臺北 樹調	區間車 1174 通勤電 車 苗栗 臺北	區間車 1157 通勤電 車 臺北 苗栗	區間車 1163 通勤電 車 臺北 新竹
發車時間	20:35	23:42	23:04	21:34	23:29	21:01	23:59	21:56	22:41	23:09	9:02	6:40	9:19	11:28	9:30	7:02	9:41	7:32	9:54	10:10
收車時間	22:48	0:38	0:42	23:11	0:19	23:34	0:20	0:08	0:16	0:42	10:41	9:11	10:57	12:05	11:45	9:35	10:03	9:46	12:13	11:54
臺北	22:49		23:04	23:12	23:29	23:35	23:59	0:09	0:17	0:43	9:02	9:12	9:19		9:30	9:36	9:41	9:47	9:54	10:10
萬華	22:43		23:09	23:06	23:34	23:29	0:04	0:03	0:11	0:37	9:08	9:06	9:24		9:35	9:30	9:46	9:41	9:59	10:15
板橋	22:38		23:15	23:01	23:40	23:24	0:10	23:58	0:06	0:32	9:14	9:01	9:30		9:41	9:25	9:52	9:36	10:05	10:21
樹林	22:29		23:23	22:52	23:48	23:15	0:18	23:50	23:57	0:23	9:22	8:52	9:38		9:49	9:16	10:00	9:28	10:13	10:29
山佳	22:24		23:29	22:47	23:54	23:10		23:44	23:52	0:18	9:27	8:47	9:44		9:55	9:11		9:22	10:20	10:35
鶯歌	22:18		23:34	22:41	23:59	23:04		23:39	23:46	0:12	9:33	8:41	9:49		10:00	9:05		9:17	10:26	10:40
桃園	22:09		23:43	22:28	0:08	22:55		23:29	23:37	0:03	9:42	8:32	9:58		10:09	8:56		9:07	10:35	10:49
內壢	22:03		23:49	22:23	0:14	22:49		23:24	23:31	23:57	9:48	8:26	10:04		10:16	8:48		9:02	10:41	10:56
中壢	21:58		23:55	22:17	0:20	22:44		23:18	23:26	23:52	9:54	8:21	10:10		10:21	8:42		8:56	10:47	11:01
楊梅	21:46		0:06	22:06		22:32		23:05	23:14	23:40	10:05	8:09	10:21		10:33	8:31		8:45	10:58	11:13
湖口	21:34		0:21	21:53		22:20		22:52	23:02	23:28	10:19	7:57	10:36		10:47	8:18		8:28	11:12	11:29
新豐	21:26		0:27	21:48		22:14		22:47	22:55	23:22	10:25	7:51	10:42		10:53	8:13		8:22	11:18	11:38
竹北	21:21		0:33	21:42		22:09		22:41	22:49	23:17	10:31	7:46	10:48		11:00	8:07		8:17	11:24	11:44
新竹	21:12	0:39	0:43	21:34		22:00		22:33	22:41	23:09	10:42	7:37	10:58		11:10	7:59		8:08	11:34	11:55
竹南	20:53	0:19				21:38		22:13				7:18		11:28	11:29	7:39		7:49	11:57	
苗栗	20:35	0:01				21:20		21:56				7:00		11:44	11:46	7:22		7:32	12:14	
銅鑼		23:49				21:08						6:48		11:57		7:09				
三義		23:42				21:01						6:40		12:06		7:02				

車種 車次 牽引種 別 發車站 收車站	區間車 1167 通勤電 車 臺北 新竹	區間車 1178 通勤電 車 新竹 臺北	區間車 2141 通勤電 車 竹南 三義	區間車 2114 通勤電 車 三義 新竹	區間車 1171 通勤電 車 臺北 新竹	區間車 1182 通勤電 車 苗栗 臺北	區間車 2153 通勤電 車 竹南 三義	區間車 1173 通勤電 車 臺北 苗栗	區間車 1184 通勤電 車 臺北 臺北	區間車 1188 通勤電 車 新竹 臺北	區間車 1177 通勤電 車 臺北 新竹	區間車 2122 通勤電 車 三義 新竹	區間車 1181 通勤電 車 臺北 新竹	區間車 1192 通勤電 車 苗栗 臺北	區間車 2163 通勤電 車 竹南 三義	區間車 1183 通勤電 車 臺北 苗栗	區間車 1194 通勤電 車 苗栗 臺北	區間車 1198 通勤電 車 新竹 臺北	區間車 2124 通勤電 車 三義 新竹	區間車 1187 通勤電 車 臺北 新竹
發車時間	10:23	8:55	10:45	11:15	10:43	8:34	12:42	11:03	9:35	9:46	11:27	12:18	11:44	9:34	13:35	12:12	9:59	10:49	13:15	12:31
收車時間	12:04	10:28	11:22	12:11	12:23	10:45	13:19	13:23	11:11	11:22	13:06	13:14	13:26	11:44	14:12	14:27	12:11	12:22	14:12	14:13
臺北	10:23	10:29			10:43	10:46		11:03	11:12	11:23	11:27		11:44	11:45		12:12	12:12	12:23		12:31
萬華	10:28	10:23			10:48	10:40		11:09	11:06	11:17	11:33		11:51	11:39		12:17	12:06	12:17		12:36
板橋	10:34	10:18			10:54	10:35		11:15	11:01	11:12	11:39		11:57	11:34		12:23	12:01	12:12		12:42
樹林	10:42	10:10			11:02	10:26		11:23	10:53	11:03	11:47		12:05	11:25		12:31	11:53	12:03		12:50
山佳	10:48	10:04			11:08	10:21		11:28	10:47	10:58	11:52		12:10	11:20		12:37	11:47	11:58		12:56
鶯歌	10:56	9:59			11:13	10:15		11:34	10:42	10:52	11:58		12:16	11:14		12:42	11:42	11:52		13:01
桃園	11:05	9:49			11:22	10:06		11:43	10:32	10:43	12:07		12:25	11:05		12:51	11:32	11:43		13:10
內壢	11:12	9:44			11:29	10:00		11:49	10:26	10:37	12:13		12:31	10:59		12:58	11:27	11:37		13:18
中壢	11:17	9:38			11:34	9:55		11:55	10:18	10:32	12:19		12:37	10:54		13:03	11:21	11:32		13:24
楊梅	11:29	9:27			11:48	9:43		12:06	10:06	10:20	12:30		12:50	10:42		13:15	11:10	11:20		13:35
湖口	11:43	9:14			12:02	9:31		12:20	9:54	10:08	12:44		13:04	10:30		13:29	10:55	11:08		13:49
新豐	11:49	9:09			12:08	9:25		12:26	9:48	10:00	12:50		13:10	10:24		13:36	10:50	11:02		13:55
竹北	11:55	9:03			12:14	9:20		12:38	9:43	9:55	12:56		13:16	10:19		13:42	10:44	10:57		14:03
新竹	12:05	8:55		12:12	12:24	9:11		12:48	9:35	9:46	13:07	13:15	13:27	10:10		13:52	10:36	10:49	14:13	14:14
竹南			10:45	11:52		8:52	12:42	13:07				12:55		9:51	13:35	14:11	10:16		13:53	
苗栗			11:01	11:34		8:34	12:58	13:24				12:38		9:34	13:51	14:28	9:59		13:35	
銅鑼			11:14	11:22			13:11					12:25			14:05				13:23	
三義			11:23	11:15			13:20					12:18			14:13				13:15	

車種 車次 牽引種 別 發車站 收車站	區間車 1191 通動電 車 臺北 新竹	區間車 1202 通動電 車 新竹 臺北	區間車 2167 通動電 車 竹南 三義	區間車 1193 通動電 車 臺北 三義	區間車 2112 通動電 車 三義 新竹	區間車 1241 通動電 車 臺北 新竹	區間車 1262 通動電 車 臺北 新竹	區間車 1264 通動電 車 苗栗 臺北	區間車 1243 通動電 車 臺北 新竹	區間車 1247 通動電 車 臺北 苗栗	區間車 1268 通動電 車 楊梅 臺北	區間車 2193 通動電 車 新竹 三義	區間車 1251 通動電 車 臺北 新竹	區間車 1274 通動電 車 新竹 臺北	區間車 2138 通動電 車 三義 竹南	區間車 1278 通動電 車 三義 臺北	區間車 2164 通動電 車 三義 新竹	區間車 1257 通動電 車 臺北 新竹	區間車 1282 通動電 車 新竹 臺北	區間車 1261 通動電 車 臺北 苗栗
發車時 間 收車時 間	12:41 14:25	11:10 12:45	14:36 15:13	13:03 15:38	10:15 11:11	17:38 19:22	16:04 17:39	15:36 17:50	17:56 19:39	18:07 20:23	17:02 18:06	20:06 21:03	18:26 20:09	16:45 18:28	15:27 16:04	16:00 18:36	19:23 20:23	18:50 20:33	17:20 18:57	19:10 21:30
臺北	12:41	12:46		13:03		17:38	17:40	17:51	17:56	18:07	18:07		18:26	18:29		18:37		18:50	18:58	19:10
萬華	12:47	12:40		13:08		17:43	17:34	17:45	18:01	18:12	18:01		18:31	18:23		18:31		18:55	18:52	19:15
板橋	12:53	12:35		13:14		17:49	17:29	17:40	18:07	18:18	17:56		18:37	18:18		18:26		19:01	18:47	19:21
樹林	13:02	12:26		13:22		17:57	17:21	17:31	18:15	18:26	17:48		18:45	18:10		18:17		19:09	18:38	19:29
山佳	13:08	12:19		13:28		18:05	17:14	17:24	18:21	18:32	17:42		18:51	18:04		18:12		19:15	18:33	19:35
鶯歌	13:13	12:14		13:33		18:10	17:08	17:19	18:29	18:37	17:35		18:59	17:59		18:06		19:20	18:27	19:40
桃園	13:22	12:04		13:42		18:19	16:59	17:09	18:38	18:46	17:26		19:08	17:46		17:57		19:29	18:15	19:49
內壢	13:29	11:59		13:49		18:26	16:53	17:04	18:45	18:55	17:20		19:15	17:40		17:51		19:36	18:09	19:59
中壢	13:34	11:53		13:54		18:31	16:48	16:58	18:50	19:00	17:15		19:20	17:35		17:46		19:41	18:04	20:04
楊梅	13:49	11:42		14:06		18:47	16:36	16:47	19:02	19:12	17:02		19:34	17:23		17:34		19:53	17:52	20:16
湖口	14:03	11:29		14:20		19:01	16:24	16:33	19:18	19:26			19:48	17:06		17:20		20:07	17:40	20:31
新豐	14:09	11:24		14:26		19:07	16:18	16:27	19:24	19:32			19:54	17:01		17:15		20:13	17:34	20:37
竹北	14:15	11:18		14:32		19:13	16:13	16:22	19:30	19:38			20:00	16:53		17:09		20:23	17:29	20:43
新竹	14:26	11:10		14:42	11:12	19:23	16:04	16:13	19:40	19:48		20:06	20:10	16:45		16:59	20:24	20:34	17:20	20:53
竹南			14:36	15:01	10:52			15:54		20:07		20:25			16:05	16:37	20:04			21:14
苗栗			14:52	15:17	10:34			15:36		20:24		20:42			15:46	16:20	19:42			21:31
銅鑼			15:05	15:31	10:22							20:55			15:34	16:07	19:30			
三義			15:14	15:39	10:15							21:05			15:27	16:00	19:23			

車種 車次 牽引種 別 發車站 收車站	區間車 1263 通動電 車 臺北 新竹	區間車 1267 通動電 車 臺北 樹林	區間車 1284 通動電 車 新竹 臺北	區間車 1288 通動電 車 苗栗 臺北	區間車 2168 通動電 車 三義 新竹	區間車 1271 通動電 車 臺北 新竹	區間車 2148 通動電 車 三義 新竹	區間車 1292 通動電 車 新竹 臺北	區間車 1273 通動電 車 臺北 樹調	區間車 1277 通動電 車 臺北 苗栗	區間車 1298 通動電 車 新竹 臺北	區間車 1281 通動電 車 臺北 三義	區間車 2158 通動電 車 新竹 三義	區間車 1302 通動電 車 苗栗 臺北	區間車 2201 通動電 車 新竹 三義	區間車 1283 通動電 車 臺北 新竹	區間車 1287 通動電 車 臺北 苗栗	區間車 2187 通動電 車 新竹 三義	區間車 1304 通動電 車 新竹 臺北	區間車 1308 通動電 車 新竹 臺北
發車時 間 收車時 間	19:26 21:09	19:28 19:47	17:50 19:28	17:25 19:38	20:22 21:18	19:46 21:30	17:16 18:13	18:21 19:58	20:01 20:23	20:03 22:19	18:42 20:17	20:25 23:06	18:06 19:02	18:30 20:42	22:22 23:18	20:47 22:29	21:08 23:23	19:34 20:30	19:35 21:11	19:48 21:24
臺北	19:26	19:28	19:29	19:39		19:46		19:59	20:01	20:03	20:20	20:25		20:43		20:47	21:08		21:12	21:25
萬華	19:32	19:34	19:23	19:33		19:52		19:53	20:06	20:08	20:12	20:31		20:37		20:52	21:13		21:06	21:19
板橋	19:38	19:40	19:16	19:28		19:58		19:48	20:13	20:14	20:07	20:37		20:32		20:58	21:19		21:01	21:14
樹林	19:46	19:48	19:05	19:20		20:06		19:40	20:21	20:22	19:59	20:45		20:24		21:06	21:27		20:52	21:05
山佳	19:51		19:00	19:14		20:11		19:34		20:30	19:53	20:50		20:18		21:12	21:34		20:47	21:00
鶯歌	20:00		18:54	19:09		20:17		19:29		20:35	19:48	20:56		20:13		21:17	21:40		20:39	20:54
桃園	20:09		18:45	18:56		20:26		19:19		20:44	19:38	21:05		20:03		21:26	21:49		20:30	20:45
內壢	20:15		18:39	18:51		20:32		19:14		20:51	19:33	21:11		19:58		21:35	21:55		20:24	20:39
中壢	20:21		18:34	18:45		20:38		19:08		20:56	19:27	21:17		19:52		21:40	22:01		20:19	20:34
楊梅	20:32		18:22	18:34		20:51		18:55		21:08	19:14	21:28		19:41		21:52	22:12		20:07	20:22
湖口	20:46		18:10	18:21		21:05		18:42		21:22	19:02	21:42		19:28		22:08	22:26		19:55	20:08
新豐	20:52		18:04	18:16		21:14		18:37		21:28	18:56	21:52		19:21		22:14	22:32		19:49	20:02
竹北	21:00		17:59	18:10		21:20		18:31		21:34	18:51	22:00		19:15		22:20	22:38		19:44	19:57
新竹	21:10		17:50	18:02	21:19	21:31	18:14	18:21		21:44	18:42	22:10	19:03	19:07	22:22	22:30	22:48	19:34	19:35	19:48
竹南				17:42	20:59			17:54			22:03		22:29	18:43	18:47	22:40	23:07	19:52		
苗栗				17:25	20:41			17:36		22:20		22:45	18:26	18:30	22:57		23:24	20:09		
銅鑼					20:29			17:24				22:59	18:13		23:10			20:22		
三義					20:22			17:16				23:07	18:06		23:19			20:31		

## 附錄 5 期末簡報



MOTC-IOT-101-EDB003

# 鐵路列車排程模式建立及運行 資料分析校估之研究

期末審查會議

財團法人成大研究發展基金會

101年12月14日

## 簡報大綱

背景分析

CTC列車運行資料分析

列車排點概述

ATP列車運行資料分析

自動排點核心技術

排點參數校估

排點系統之實作

結論

排點模式之應用

後續研究

## 計畫緣起

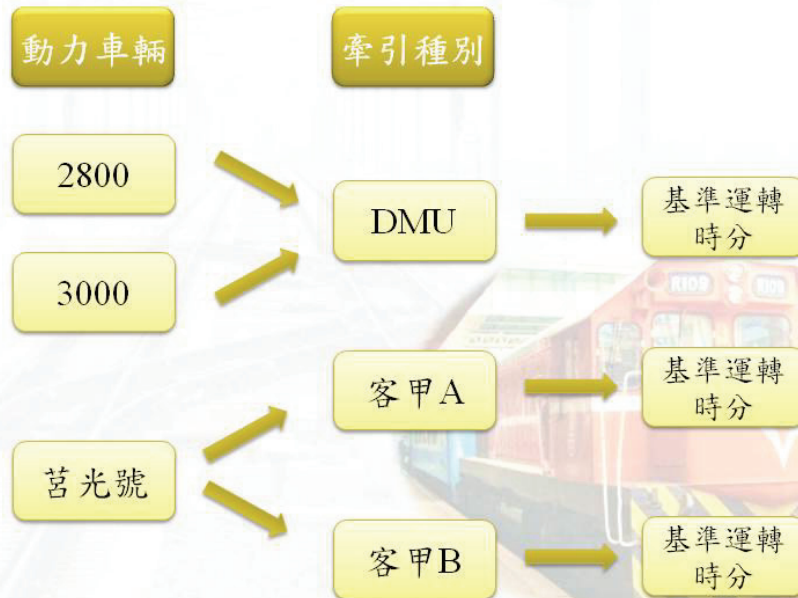
本計畫係應「交通部中程施政計畫（99至102年度）」中，貳、施政重點/三、未來4年施政重點/（一）多元而便捷的軌道運輸及「交通部99年度施政目標與重點」中，「壹、年度施政目標/一、提升路政運輸服務水準：（二）軌道運輸以已通車之高速鐵路及傳統鐵路運輸路網為架構，從「資源整合」及「充份發揮運轉效能」的觀點，將高速鐵路做為聯繫臺灣南北旅客運輸服務之主軸，並透過建設北中南都會區捷運網、鐵路立體化與捷運化、花東鐵路電氣化及發展輕軌系統以確實提供優質軌道運輸系統服務...」等，為提升鐵路系統營運效率辦理之先導研究。

3

廣義排點作業		
階段	考慮因素	成果內容
企劃	營運策略	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 營運區間之劃分</li> <li>• 車輛運用區間</li> <li>• 服務模式</li> <li>• 停站模式</li> </ul>
	服務計畫	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 各種時段、各營運區間之服務供應量</li> <li>• 車輛型式規劃</li> </ul>
	理想班表	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 含有衝突之班表</li> </ul>
規劃	運轉計畫*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 詳細資訊之班表</li> <li>• 所有車次在所有車站之股道分配</li> <li>• 所有軌道電路之占用與釋放時分</li> </ul>
註：此階段為狹義之排點，亦為本研究之主要範圍。		

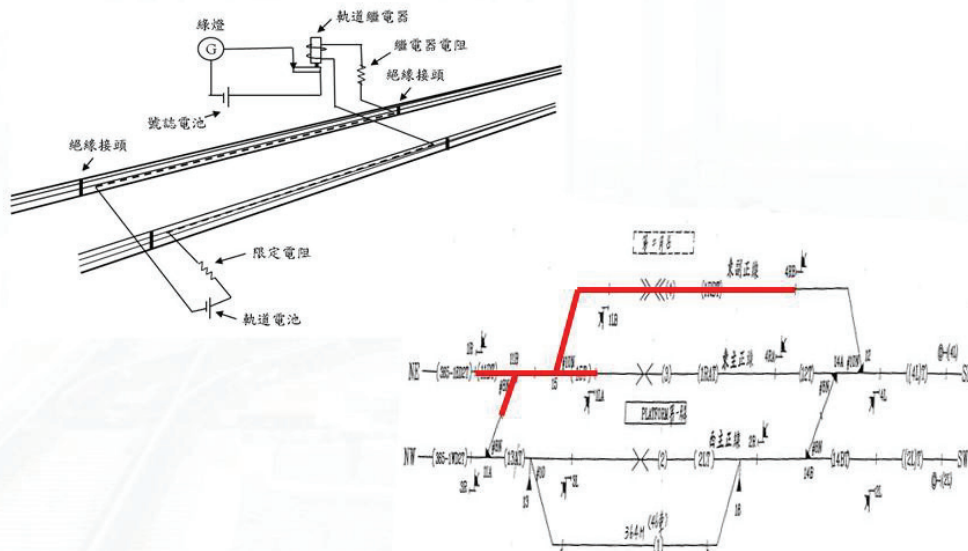
4

## 動力車輛與牽引種別



5

## 軌道電路與進路

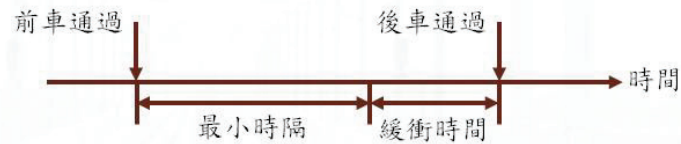


6



## 排點時隔與緩衝時間

- 時隔為前後列車通過同一點之最小時間間隔



## 基準運轉時分與寬裕量

- 基準運轉時分為列車由一站至下一站運轉所需之最小時間



7

## 班表瑕疵與列車衝突

### 第一類：股道進出順序衝突

- 兩列列車以先進後出之方式通過同一股道時
- 僅與列車進入股道之順序有關，與列車之行進方向以及時間安排無關

### 第二類：時隔不足

- 運轉時容易發生後車晚點
- 因前後兩列車之間缺乏緩衝時間，因此前車晚點時極易傳播予後車，造成班表之不穩定

### 第三類：站間或站內時間不足

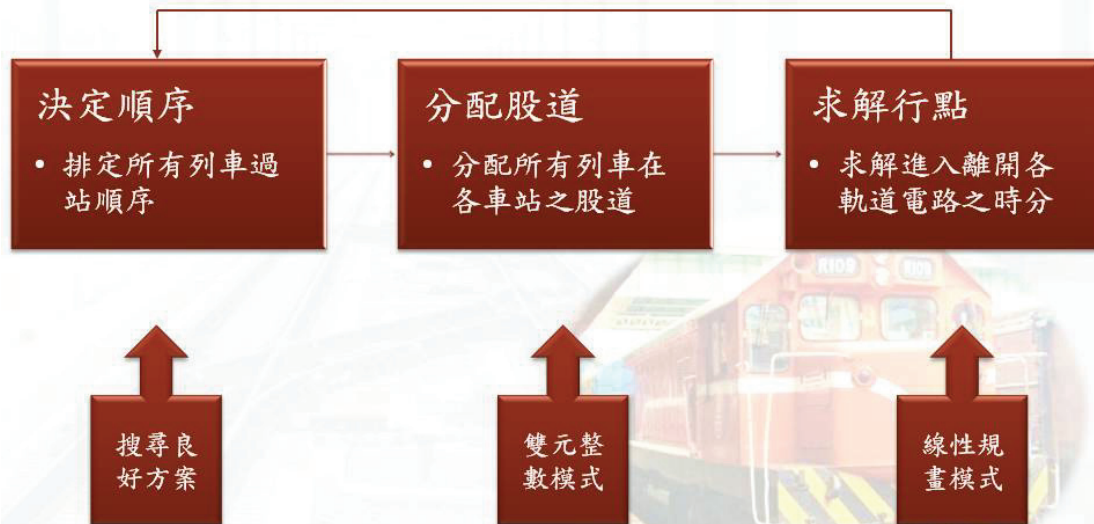
- 僅與單一系列車有關
- 導致晚點產生

### 第四類：站間或站內時間過長

- 不會增加晚點發生之機率，亦不會增加晚點傳播之機會，但將導致服務品質不良

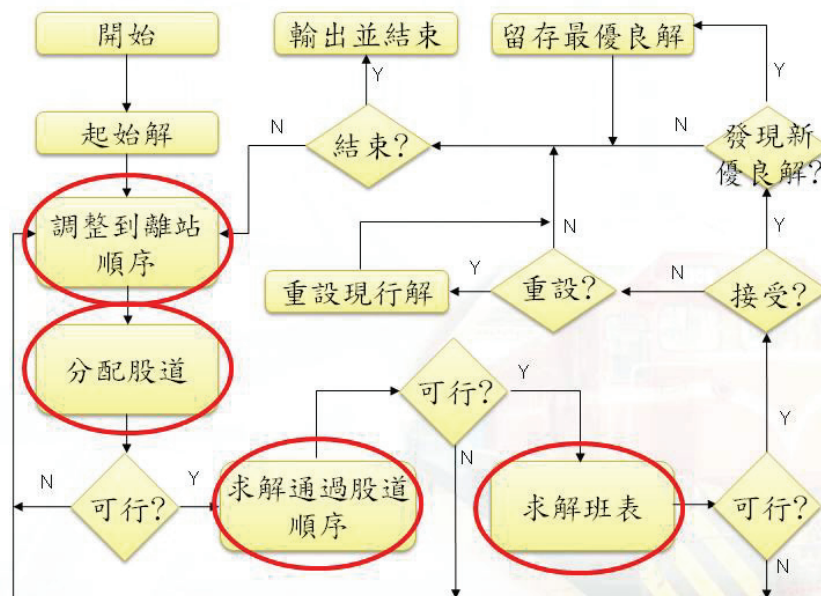
8

## 自動排點模式基本概念



9

## 自動排點核心方法



10

# 自動排點數學模型

股道分配模式

$$\text{Minimize } \sum_{i \in T} \sum_{r \in R} P_r b_{ir} \quad (3-1)$$

Subject to

$$b_{ir} + b_{is} \leq 1 \quad \forall i \in T, s \in T, r \in R, \text{ and } i, s \text{ changed orders} \quad (3-2)$$

$$\sum_{r \in R} b_{ir} = 1 \quad \forall i \in T \quad (3-3)$$

$$b_{ir} \in \{0,1\} \quad \forall i \in T, r \in R \quad (3-4)$$

列車行點模式

$$\text{Minimize } \sum_{i \in T} W^1_i (W^1_i r_i^1 + W^2_i r_i^2 + W^3_i r_i^3 + W^4_i \text{delay}_i^1 + W^5_i \text{delay}_i^2 + W^6_i \text{delay}_i^3)$$

(3-5)

Subject to

$$d_{ik} \geq a_{ik} + T_{ik}^{\text{min}} \quad \forall k \in B_i \quad \forall i \in V \quad (3-6)$$

$$d_{ik} \leq a_{ik} + T_{ik}^{\text{max}} \quad \forall k \in B_i \quad \forall i \in V \quad (3-7)$$

$$y_{ik} \leq E_i \quad \forall k \in B_i \quad \forall i \in V \quad (3-8)$$

$$r_i \geq a_{i,j_k} - G_k \quad \forall k \in V \quad (3-9)$$

$$r_i \geq -a_{i,j_k} + G_k \quad \forall k \in V \quad (3-10)$$

$$r_i^1 + r_i^2 + r_i^3 \geq r_i \quad \forall i \in V \quad (3-11)$$

$$r_i^1 \leq W^1_i \quad \forall i \in V \quad (3-12)$$

$$r_i^2 \leq W^2_i \quad \forall i \in V \quad (3-13)$$

$$a_{ik} - d_{ik} \geq C_{h, P(\lambda,k),k} \quad \forall k \in B_i \setminus B^2 \quad \forall i \in V \quad (3-14)$$

$$d_{ik} = a_{ik} \quad \forall k \in B_i \quad \forall i \in V \quad (3-15)$$

$$d_{ik} - a_{ik} = \text{delay}_i^1 + \text{Trip}_k \quad \forall k \in V \quad (3-16)$$

$$\text{delay}_i^1 + \text{delay}_i^2 + \text{delay}_i^3 \geq \text{delay}_i \quad \forall i \in V \quad (3-17)$$

$$\text{delay}_i^1 \leq W^1_i \quad \forall i \in V \quad (3-18)$$

$$\text{delay}_i^2 \leq W^2_i \quad \forall i \in V \quad (3-19)$$

$$y_{ik} \geq 0 \quad \forall i \in B_i \quad \forall k \in V \quad (3-20)$$

## 列車排點模式之應用

### 班表排定與改點

- 改點為持續性工作
- 日益複雜的考慮因素以及大量資訊造成人力重大負擔

### 安插臨時列次

- 「臨時」列次為系統常態

### 班表瑕疵之自動偵測與排除

### 班表之穩定化

- 以最佳化之方式分配寬裕量與緩衝時間

### 擾動管理與中斷管理

- 擾動：隨時發生之隨機干擾
- 中斷：造成營運中斷之獨立事件
- 以自動排點技術作為決策輔助系統之演算核心

### 政策評估

情境

方案

方案

情境

服務計畫、  
班表、模  
擬

決策



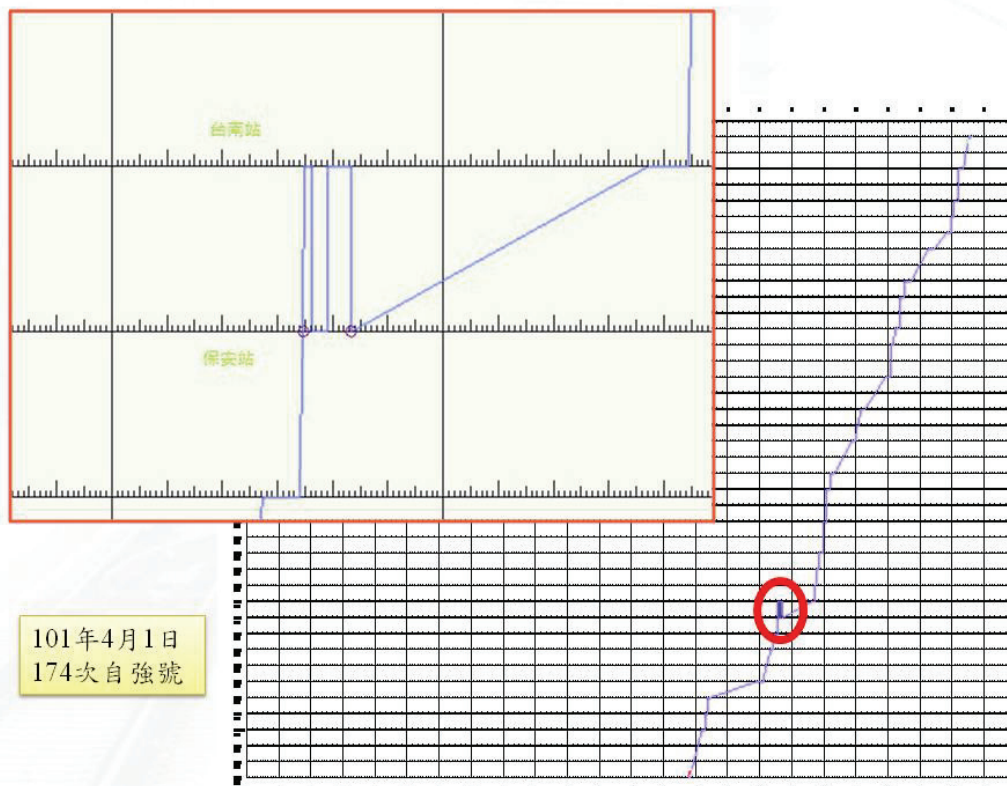
# 臺鐵CTC資料分析成果

## 原始資料

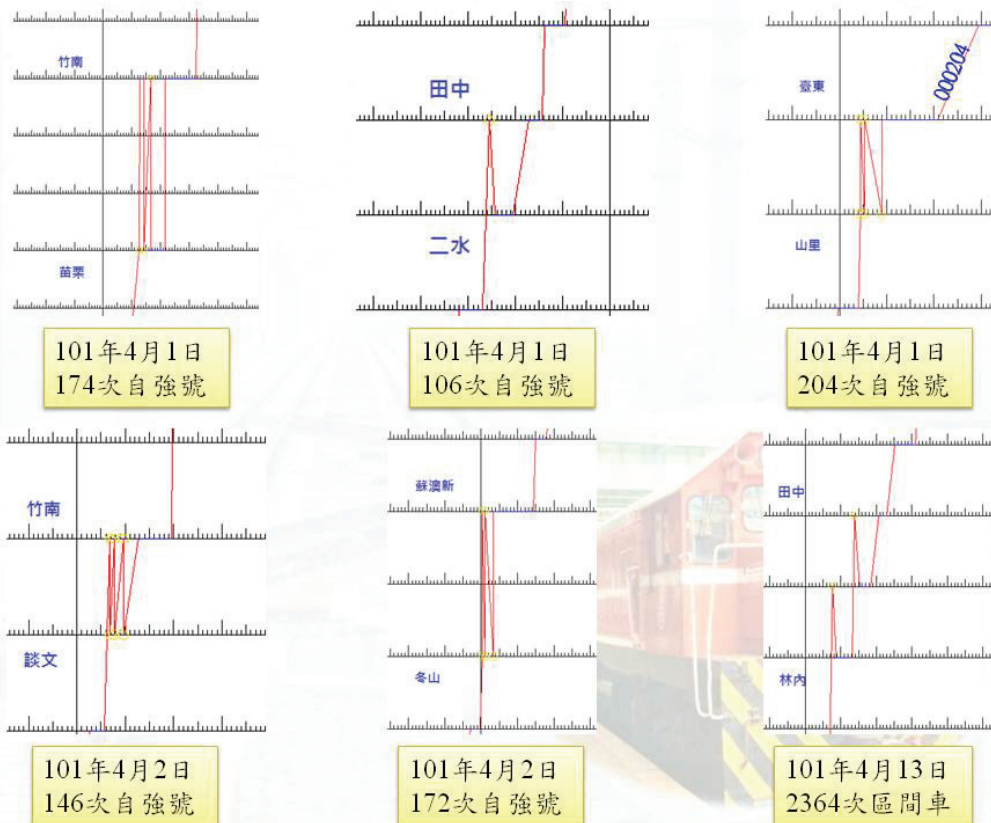
- 100年3月至101年4月共14個月共6100萬筆
- 資料格式：車次-車站-時間(精準到秒)

	日期	原始資料筆數	刪除重複剩下	只留進出站	僅單一筆
民國 100年	三月	4449764	2051064	1234450	44324
	四月	4310611	1988500	1196570	42738
	五月	4385565	2019326	1216075	43625
	六月	4335200	1996998	1203400	43798
	七月	4461684	2057464	1237861	44187
	八月	4450492	2051746	1235285	43795
	九月	4276359	1972372	1186843	41981
	十月	4431396	2050056	1235192	42942
	十一月	4287022	1984730	1194626	41402
	十二月	4459630	2063790	1241515	42973
民國 101年	一月	4350279	2015829	1213468	42106
	二月	4083704	1889795	1137540	39402
	三月	4418748	2043476	1231546	42650
	四月	4310298	1993875	1200409	41683
14個月總計		61010752	28179021	16964780	597606

13



14



15

## 臺鐵ATP資料分析成果

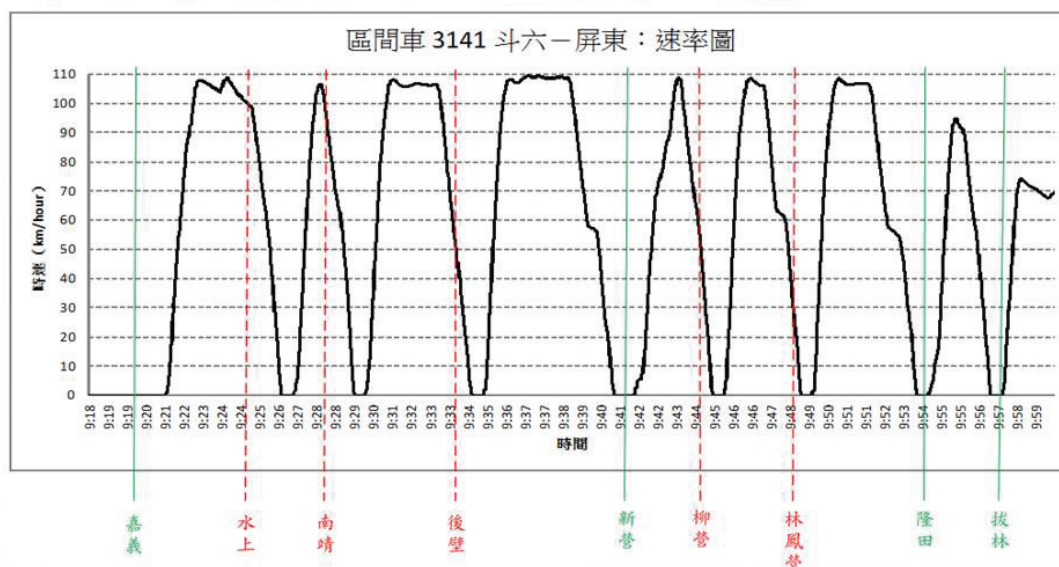
### 原始資料

- 100年3月至101年4月共14個月，總計約80萬筆MMI檔案

```

E:\ATP2012\ATP\test\3141車次_斗六至臺東區間車\090000.MMI
00000000h: D3 0C 01 01 09 00 00 3B AD FA 6F 00 00 0B 90 00 ; 00000001h: 01 0C 01 01 09 00 00 3B AD FC BF 00 00 0B 90 07 ; 00000002h: 03 00 38 4F 00 20 8F 2A 0C 01 01 09 00 00 3B AD ; 00000003h: FC BF 00 00 0B 90 10 03 01 00 08 01 78 01 00 00 ; 00000004h: 00 A7 46 40 EC 4E D9 2A 0C 01 01 09 00 00 3B AE ; 00000005h: 00 37 00 00 0B 90 10 03 01 00 08 01 38 01 00 00 ; 00000006h: 00 A7 8F 8E 86 31 53 2B 0C 01 01 09 00 00 3B AE ; 00000007h: 00 37 00 00 0B 90 20 5B 04 00 19 A7 1F 00 19 A7 ; 00000008h: 35 00 19 A7 35 52 11 84 60 00 00 00 00 12 7F ; 00000009h: EE A7 A7 EF 9D 1C FF 2C 0C 01 01 09 00 00 3B AE ; 0000000a: 00 37 00 00 0B 90 20 5B DF 7F 7F 7F 7F 7F 7F ; 0000000b: FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF ; 0000000c: FF A7 A8 7C 00 3E 4E 2D 0C 01 01 09 00 00 3B AE ; 0000000d: 00 37 00 00 0B 90 20 5B FF FF FF FF FF FF FF ; 0000000e: FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF ; 0000000f: FF A7 A9 6A EA C1 D4 3E 0C 01 01 09 00 00 3B AE ; 00000010: 00 37 00 00 0B 90 20 02 C0 20 03 34 EE A0 14 17 ; 00000011: 76 17 28 16 D4 00 27 04 AC 00 26 6B C2 00 25 C4 ; 00000012: 66 A7 B6 71 04 A5 6A 3F 0C 01 01 09 00 00 3B AE ; 00000013: 00 37 00 00 0B 90 20 02 00 13 35 07 00 13 37 D2 ; 00000014: 00 19 A7 75 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ; 00000015: 00 A7 B6 68 34 3D 1F 40 0C 01 01 09 00 00 3B AE ; 00000016: 00 37 00 00 0B 90 10 85 0B 94 A7 75 AD 78 69 DD ; 00000017: 40 A7 B5 9F BD BD CC 2E 0C 01 01 09 00 00 3B AE ; 00000018: 00 37 00 00 0B 90 20 5B FF FF FF FF FF FF FF ; 00000019: FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF ; 0000001a: FF A7 C2 E8 E0 F3 48 2F 0C 01 01 09 00 00 3B AE ; 0000001b: 00 37 00 00 0B 90 20 5B FF FF FF FF FF FF FF ; 0000001c: FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF ; 0000001d: FC A7 C3 90 0A 0A 2A 2B 0C 01 01 09 00 00 3B AE ; 0000001e: 00 37 00 00 0B 90 20 5C 04 00 19 A7 AF 00 19 A7 ; 0000001f: C3 00 19 A7 C4 53 11 44 50 00 00 00 00 00 02 01 ; 00000200: 6E A8 0B B1 3A E3 F5 2C 0C 01 01 09 00 00 3B AE ; 00000201: 00 37 00 00 0B 90 20 5C C9 3B C3 10 24 A0 00 7F ; 00000202: E0 00 3E 1F FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF ; 00000203: FF A8 0C 10 A0 5B A0 2D 0C 01 01 09 00 00 3B AE ;
  
```

16



17

## 行車紀錄分析：侯硐→瑞芳DRC區間車



18



## 行車紀錄分析：瑞芳→侯硐DRC區間車



19

## 基準運轉時分之校估

前站	後站	模式	臺鐵	筆數	平均值	標準差	10%	25%	50%	90%
臺北	松山	停停	0	1739	420.15	163.29	375	390	411	457
臺北	松山	停通	420	36	395.08	153.78	258	276	313	584
臺北	松山	通停	0	34	434.94	214.01	255	280	308	778
臺北	松山	通通	420	33	658.73	273.23	304	541	594	869
松山	臺北	停停	0	1144	423.89	162.40	383	403	423	471
松山	臺北	停通	0	17	2750.35	4073	233	311	727	9749
松山	臺北	通停	420	207	326.10	734.28	310	327	346	434
松山	臺北	通通	420	15	635.47	428.61	143	146	512	1116



20

# 以行車紀錄校估基準運轉時分

技術上確定可行

軟體工具與方法有待完整化

- 不合理數據之處理方法
- 無號誌車站之處理
- 規則可能因站而異需個別處理

紀錄檔案之收集有待強化

- 紀錄檔管理制度
- 資訊軟硬體

上線應用前應審慎確認數據合用

- 可能需要逐站檢討

21

## 時隔之校估

車站	方位	前車	後車	前車	後車	筆數	最小值	5%	10%	25%
臺北	松山	出	入	停	停	7671	0	49	106	263
臺北	松山	出	入	停	通	265	3	118	224	443
臺北	松山	出	入	通	停	297	0	81	139	345
臺北	松山	出	入	通	通	11	30	30	30	38
臺北	松山	入	出	停	停	7506	0	29	63	209
臺北	松山	入	出	停	通	280	16	39	122	398
臺北	松山	入	出	通	停	277	3	52	106	319
臺北	松山	入	出	通	通	15	330	330	330	524
臺北	松山	入	入	停	停	6155	0	224	265	368
臺北	松山	入	入	停	通	279	5	76	224	597
臺北	松山	入	入	通	停	315	9	177	304	688
臺北	松山	入	入	通	通	20	113	113	113	611
臺北	松山	出	出	停	停	6255	5	242	285	394
臺北	松山	出	出	停	通	218	84	180	302	580
臺北	松山	出	出	通	停	218	5	67	153	414
臺北	松山	出	出	通	通	12	52	52	52	98

技術上確定可行

需要其他參考資料

- 列車車種
- 車輛組數

22



# 結論

## 列車自動排點技術

- 列車自動排點核心技術已經開始步入成熟
- 真正上線使用之自動排點套裝軟體已非遙不可及
- 自動排點軟體對資訊內容之需求遠高於人工排點所需
- 自動排點系統需要適當資訊系統之支援

## 列車排點基本學理之補強

- 明確區分「班表瑕疵」與「列車衝突」並予以分類
- 釐清基準運轉時分與寬裕量之關係
- 釐清時隔與緩衝時間之關係

## 真實行車紀錄之分析

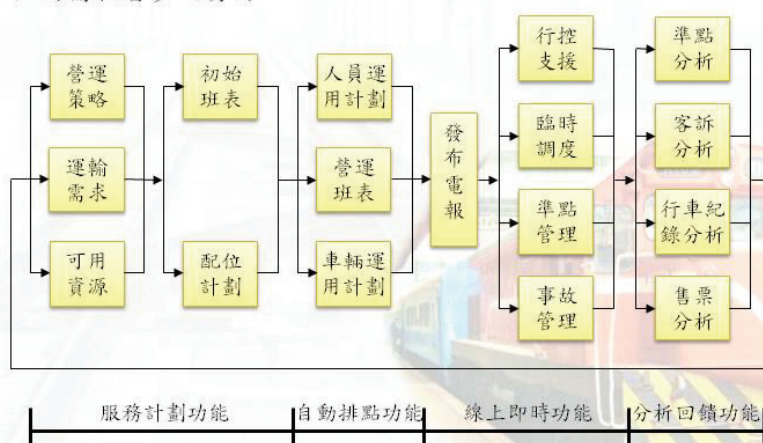
- CTC為即時行控導向之系統，其資料並不適合作為排點參數校估之用
- ATP為行車紀錄導向之系統，資料適宜校估排點參數之用
- 利用實際行車紀錄以校估排點參數之作法確實可行
- 應深入確認所有統計所得之數值之正確性以求慎重

23

# 後續研究

## 自動排點系統發展藍圖之勾勒

- 自動排點系統是可行的
- 但尚需相當多之努力



24

## 後續研究

### 行車紀錄資料之分析

- 原始資料之收集、保存、傳輸等軟硬體與標準程序之規畫與實作
- 未來應建立常態化之行車紀錄接收與統計機制，以作為營運成效回饋

### 系統穩定度之掌握

- 班表寬裕量之適當裕度視系統穩定度而定
- 長期統計ATP紀錄，將對系統穩定度之掌握具有關鍵性之貢獻

### 系統模擬技術發展與實作

- 模擬系統為政策及其他方案評估之重要工具

### 路線容量分析方法之本土化

### 運輸需求與服務計畫技術發展

- 如何由售票紀錄以及訂票不成功之紀錄，合理推估可能之真實需求
- 如何由需求擬定服務計畫

### 人車路資源之整合

- 人員運用決策輔助技術之發展與整合
- 車輛編組運用決策輔助技術之發展與整合

25

MOTC-IOT-101-EDB003

## 鐵路列車排程模式建立及運行 資料分析校估之研究

期末審查會議

謝謝

財團法人成大研究發展基金會

101年12月14日