

101-150-2158
MOTC-IOT-100-EDB003

鐵路列車排程參數蒐整建置 及架構分析之研究



交通部運輸研究所

中華民國 101 年 12 月

101-150-2158
MOTC-IOT-100-EDB003

鐵路列車排程參數蒐整建置 及架構分析之研究

著者：陳一昌、許書耕、許修豪、張恩輔、鍾志成、
盧麗嵩、張仕龍、林志偉、林 蓁、黃笙玹、
林永青、謝銘智

交通部運輸研究所

中華民國 101 年 12 月

國家圖書館出版品預行編目資料

鐵路列車排程參數蒐整建置及架構分析之研究 /
陳一昌等著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運研
所，民 101.12

面；公分

ISBN 978-986-03-4882-8(平裝)

1. 鐵路管理 2. 運輸系統

557

101024391

鐵路列車排程參數蒐整建置及架構分析之研究

著者：陳一昌、許書耕、許修豪、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

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)23496823

出版年月：中華民國 101 年 12 月

印刷者：安頡企業社

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：200 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：1010103020

ISBN：978-986-03-4882-8 (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：鐵路列車排程參數蒐整建置及架構分析之研究			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN978-986-03-4882-8 (平裝)	政府出版品統一編號 1010103020	運輸研究所出版品編號 101-150-2158	計畫編號 100-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：財團法人中興工程顧問社 計畫主持人：張恩輔、鍾志成 研究人員：盧麗嵩、張仕龍、林志偉、林蓁、黃笙玹、林永青、謝銘智 地址：臺北市南京東路5段171號 聯絡電話：(02)27692131 ext. 20976 傳真號碼：(02)37655221		研究期間 自 100 年 2 月 至 100 年 11 月
關鍵詞：列車排點、臺鐵系統			
摘要： <p>列車排點為鐵路系統營運規劃中的核心作業之一，排點品質的良窳攸關後續車輛運用、機班運用、乘務人員運用、運轉整理及列車調度等計畫的順暢與否。本研究以臺鐵局為研究對象，透過蒐集整理國內外列車排點軟體及演算法文獻，分析國內外鐵路列車排點系統的發展現況，提出適合臺鐵的排點參數資料庫架構。此外，本研究收集臺鐵環島排點參數並以資料庫方式建置，可作為未來列車排點系統及模式開發之用。</p>			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
101 年 12 月	236	200	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: The Study of Parameter Collection and Framework Analysis for Train Scheduling			
ISBN(OR ISSN) ISBN 978-986-03-4882-8 (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010103020	IOT SERIAL NUMBER 101-150-2158	PROJECT NUMBER 100-EDB003
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 2011 TO November 2011
RESEARCH AGENCY: Sinotech Engineering Consultants, Inc. PRINCIPAL INVESTIGATOR: En-Fu Chang , Jyh-Cherng Jong PROJECT STAFF: Li-Song Lu, SLoan Chang, Jyh-Wei Lin, Jen Lin, Sheng-Hsuan Huang, Wing Lin, Ming-Chih Hsieh ADDRESS: 171 Nanking E. RD. SEC. 5, Taipei, Taiwan, R.O.C. PHONE: 886-2-27692131 ext. 20976 FAX: 886-2-37655221			
KEY WORDS: Train scheduling, Taiwan Railway System			
ABSTRACT: <p>Train scheduling is one of the core activities in planning railway operations. The resulting timetable will significantly influence the follow-up plans, such as train utilization, crew scheduling, and train dispatching, etc. Currently the practice of train scheduling is not very efficient, and research on this topic is rare. Therefore, it is urgent and necessary to allocate resources in systematic research regarding train scheduling problems. The study takes the most complicated system in Taiwan (i.e., Taiwan Railway Administration, TRA) to be the research subject. Through the literature review on train scheduling software and methodologies, the study evaluated the development of train scheduling systems around the world and then proposed a database framework for train scheduling parameters. This study also collected TRA parameters in order to build a database system which may be used in the future development of train scheduling models and systems for TRA.</p>			
DATE OF PUBLICATION December 2012	NUMBER OF PAGES 236	PRICE NT 200	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
1.1 研究緣起	1-1
1.2 研究目的	1-1
1.3 研究範圍與內容	1-1
1.4 研究流程與方法	1-3
第二章 臺鐵現況介紹	2-1
2.1 路線概況	2-1
2.2 車輛概況	2-12
2.3 運轉資料概況	2-20
第三章 文獻回顧	3-1
3.1 鐵路排點軟體回顧	3-1
3.2 鐵路排點演算法回顧	3-19
3.3 鐵路排點參數架構回顧	3-28
第四章 排點參數架構	4-1
4.1 參數清單與架構	4-1
4.2 路網參數資料建構	4-3
4.3 列車參數資料建構	4-15
4.4 運轉參數資料建構	4-20
第五章 排點參數資料庫規劃設計與建置	5-1
5.1 資料庫系統規劃	5-1
5.2 資料表設計	5-2
5.3 排點參數建置成果	5-10
第六章 臺鐵列車排點架構分析與建議	6-1
6.1 功能架構分析	6-1
6.2 重要模組改善建議	6-6
第七章 結論與建議	7-1
7.1 結論	7-1
7.1 建議	7-1

參考文獻

附錄 A 動力車牽引力曲線

附錄 B 基準運轉時分

附錄 C 排點參數資料庫使用手冊

附錄 D 期中報告審查意見處理情形表

附錄 E 期末報告審查意見處理情形表

附錄 F 期末簡報

圖目錄

圖 1.1 鐵路系統營運圖規劃流程圖	1-2
圖 1.2 研究流程圖	1-3
圖 2.1 臺鐵營運路線概況	2-2
圖 2.2 臺鐵全線路線配置與電氣化情形	2-3
圖 2.3 縱貫線路線及場站配置圖(1/2).....	2-4
圖 2.4 縱貫線路線及場站配置圖(2/2).....	2-5
圖 2.5 臺中線路線及場站配置圖	2-6
圖 2.6 屏東線路線及場站配置圖	2-7
圖 2.7 南迴線路線及場站配置圖	2-8
圖 2.8 宜蘭線路線及場站配置圖	2-9
圖 2.9 北迴線路線及場站配置圖	2-10
圖 2.10 臺東線路線及場站配置圖	2-11
圖 2.11 常見旅客列車實車編組情形	2-13
圖 2.12 同向列車離站之最小運轉時隔	2-21
圖 2.13 同向列車到站之最小運轉時隔	2-21
圖 2.14 同向列車到開之最小運轉時隔	2-21
圖 2.15 反向列車到開之最小運轉時隔	2-22
圖 2.16 平面交叉類型	2-22
圖 2.17 平面交叉運轉時隔	2-23
圖 3.1 臺鐵現行電腦化列車排點系統架構	3-1
圖 3.2 臺鐵電腦排點軟體主要功能表	3-2
圖 3.3 臺鐵電腦排點軟體之路線資料編修畫面	3-2
圖 3.4 臺鐵電腦排點軟體之運轉時分編修畫面	3-3
圖 3.5 臺鐵電腦排點軟體之慢行時分編修畫面	3-3
圖 3.6 臺鐵電腦排點軟體之場站設施編修畫面	3-4
圖 3.7 臺鐵電腦排點軟體之行車計畫編修畫面	3-4
圖 3.8 臺鐵電腦排點軟體之衝突檢查畫面	3-5
圖 3.9 MMIS(O)系統架構	3-5
圖 3.10 MMIS(O)一般列車運行圖規劃之操作介面	3-6

圖 3.11 臺北捷運高運量系統排點作業主要畫面.....	3-7
圖 3.12 高雄捷運 FALKO 排點系統畫面	3-8
圖 3.13 Funkwerk 商用鐵路軟體架構圖	3-9
圖 3.14 Funkwerk 商用鐵路軟體之路線設定畫面	3-9
圖 3.15 Funkwerk 商用鐵路軟體之號誌時隔設定畫面	3-10
圖 3.16 Funkwerk 商用鐵路軟體之班表可靠度檢視圖	3-10
圖 3.17 RAILSIM 之路線參數編修畫面	3-11
圖 3.18 RAILSIM 之列車參數編修畫面	3-12
圖 3.19 RAILSIM 之排點結果匯出畫面	3-12
圖 3.20 SIMONE 的模式檢視操作畫面	3-13
圖 3.21 VISION 操作畫面.....	3-14
圖 3.22 RailSys 時刻表檢視介面.....	3-14
圖 3.23 RailSys 時刻表績效檢視介面	3-15
圖 3.24 RailSys 容量評估介面.....	3-15
圖 3.25 RailSys 時刻表模擬介面.....	3-16
圖 3.26 RTC 路網編修介面.....	3-16
圖 3.27 RTC 客車資料輸入介面.....	3-17
圖 3.28 RTC 時刻表衝突排除介面.....	3-17
圖 3.29 RTC 列車運行時空圖介面.....	3-18
圖 3.30 RTC 運行模擬畫面.....	3-18
圖 3.31 臺鐵列車排點系統單線站間會車衝突排除流程.....	3-23
圖 3.32 臺鐵列車排點系統同軌道追越衝突排除流程.....	3-23
圖 3.33 臺鐵列車排點系統軌道重複及平面交叉衝突排除流程.....	3-24
圖 3.34 以等候模式描述列車排點問題的範例	3-25
圖 3.35 鐵路路網巨觀模式示意圖	3-29
圖 3.36 鐵路路網微觀模式示意圖	3-29
圖 3.37 道岔結構圖示意圖	3-30
圖 3.38 不同詳細程度參數架構之應用範疇	3-30
圖 3.39 RTC 軟體之節點設定檔截圖.....	3-31
圖 3.40 RTC 軟體之節線設定檔截圖.....	3-31

圖 3.41 節點導向模式與節線導向模式比較圖	3-32
圖 3.42 節點導向模式及節線導向模式描述路線長度比較圖	3-32
圖 3.43 RTC 軟體之節點屬性設定	3-33
圖 3.44 RailSys 軟體之節點屬性設定	3-33
圖 3.45 RTC 軟體之節線屬性設定	3-34
圖 3.46 一般圖形理論中節線相連之設定示意圖	3-34
圖 3.47 RailML 之股道相連設定示意圖	3-35
圖 3.48 RailML 描述圖 3.47 之 XML 碼	3-35
圖 3.49 以 Colon Graph 描述道岔進路	3-35
圖 3.50 RailML 之股道相連設定示意圖	3-36
圖 3.51 RailML 描述圖 3.50 符號意義及對應的 XML 碼	3-36
圖 3.52 RTC 軟體對於道岔之設定方式 (1/2)	3-36
圖 3.53 RTC 軟體對於道岔之設定方式 (2/2)	3-37
圖 3.54 RTC 軟體對於橫度線的設定示意圖	3-37
圖 3.55 RTC 軟體對於菱形道岔的設定示意圖	3-37
圖 3.56 臺鐵平面線型原始資料截圖	3-38
圖 3.57 臺鐵縱面線型原始資料截圖	3-38
圖 4.1 參數收集建置範圍示意圖	4-1
圖 4.2 三類參數相依關係示意圖	4-3
圖 4.3 路網參數架構示意圖	4-4
圖 4.4 複雜路網示意圖	4-4
圖 4.5 臺北捷運系統已營運路網	4-5
圖 4.6 車站內範圍定義示意圖	4-7
圖 4.7 ATP 感應器相對於進站/出發號誌機距離之示意圖	4-9
圖 4.8 邊界節點屬性之應用	4-9
圖 4.9 基本道岔型式示意圖	4-10
圖 4.10 應用基本道岔描述八字/剪式橫渡線	4-10
圖 4.11 常態運轉路徑與非常態運轉路徑比較圖	4-11
圖 5.1 排點參數總表	5-2
圖 5.2 路網與路線車站內節點資料表設計	5-3

圖 5.3 車站內節點資料表設計	5-4
圖 5.4 站內節線資料表設計	5-5
圖 5.5 站內路徑資料表設計	5-5
圖 5.6 站間股道與中途號誌資料表設計	5-6
圖 5.7 平縱面資料表設計	5-6
圖 5.8 初始班表相關資料表設計	5-7
圖 5.9 車輛技術諸元與編組相關資料表設計	5-8
圖 5.10 基準運轉時分相關資料表設計	5-9
圖 5.11 運轉時隔相關資料表設計	5-9
圖 5.12 速限參數相關資料表設計	5-10
圖 6.1 以 PDCA 提昇營運計畫品質之架構圖	6-1
圖 6.2 鐵路系統營運圖規劃流程圖	6-2
圖 6.3 列車運轉整理調度決策支援系統－基礎層級示意圖	6-4
圖 6.4 列車運轉整理調度決策支援系統－進階層級示意圖	6-4
圖 6.5 列車運轉整理調度決策支援系統－理想層級示意圖	6-5
圖 6.6 統一的資料整合平台示意圖	6-7
圖 6.7 以絕對里程/相對里程標示站內設施比較圖	6-8

表目錄

表 1.1 國內軌道營運單位/學術單位慣用名稱	1-2
表 2.1 PP 列車之技術諸元列表	2-14
表 2.2 單組電車組自強號列車之技術諸元列表－1200 型	2-14
表 2.3 單組電車組自強號列車之技術諸元列表－300 型	2-14
表 2.4 單組太魯閣號列車之技術諸元列表	2-15
表 2.5 單組柴聯車 2800 型之技術諸元列表	2-16
表 2.6 單組柴聯車 2900 型之技術諸元列表	2-16
表 2.7 單組柴聯車 3000 型之技術諸元列表	2-16
表 2.8 單組柴聯車 3100 型之技術諸元列表	2-16
表 2.9 單組通勤電車之技術諸元列表－EMU 400 型	2-17
表 2.10 單組通勤電車之技術諸元列表－EMU 500 型	2-17
表 2.11 單組通勤電車之技術諸元列表－EMU 600 型	2-17
表 2.12 單組通勤電車之技術諸元列表－EMU 700 型	2-17
表 2.13 客甲 B 列車之技術諸元列表－莒光號（電）	2-18
表 2.14 客甲 B 列車之技術諸元列表－莒光號（柴）	2-18
表 2.15 客甲 B 列車之技術諸元列表－復興號（電）	2-19
表 2.16 客甲 B 列車之技術諸元列表－復興號（柴）	2-19
表 2.17 貨乙列車之技術諸元列表－貨乙（柴）	2-19
表 2.18 貨乙列車之技術諸元列表－貨乙（電）	2-20
表 2.19 臺鐵行車計畫中之運轉時分修正表	2-23
表 3.1 臺灣高鐵系統考慮的運轉時隔種類	3-6
表 3.2 臺灣高鐵基準運轉時分輸入格式示意表	3-7
表 3.3 兩車站間各種通停組合之基準運轉時分計算表	3-7
表 3.4 列車排點求解演算法比較	3-28
表 3.5 RailSys 軟體的節線屬性欄位清單	3-34
表 4.1 描述路網內眾路線所需之參數	4-6
表 4.2 車站內股道與設施參數分類表	4-7
表 4.3 描述號誌機與對應之 ATP 感應器所需之參數	4-8
表 4.4 描述道岔所需之參數	4-9
表 4.5 描述正線股道所需之參數	4-10

表 4.6 描述站內其他節線所需之參數	4-11
表 4.7 描述站內路徑清單所需之參數	4-12
表 4.8 描述站內路徑細節所需之參數	4-12
表 4.9 描述站間股道所需之參數	4-13
表 4.10 描述中途號誌機與對應之 ATP 感應器所需之參數.....	4-13
表 4.11 描述平曲線之所需之參數	4-14
表 4.12 描述縱曲線所需之參數	4-14
表 4.13 描述隧道所需之參數	4-15
表 4.14 描述列車等級清單之參數	4-15
表 4.15 描述牽引種別清單之參數	4-16
表 4.16 初始班表所需參數	4-16
表 4.17 描述動力車輛技術諸元之參數	4-17
表 4.18 描述行駛阻力係數之參數	4-18
表 4.19 描述牽引力曲線所需之參數	4-19
表 4.20 描述列車編組之參數	4-19
表 4.21 描述基準運轉時分之參數	4-20
表 4.22 列車於兩站間通/停及停靠股道情境列舉表	4-21
表 4.23 描述同向運轉時隔之參數	4-21
表 4.24 車站內 8 種同向時隔定義列表	4-22
表 4.25 描述反向時隔所需之參數	4-22
表 4.26 描述下坡道速限所需之參數	4-22
表 4.27 描述彎道速限所需之參數	4-23
表 4.28 描述道岔速限所需之參數	4-23
表 5.1 排點參數資料庫建置環境表	5-1
表 5.2 Microsoft SQL Server 與 Access 功能比較表.....	5-1
表 5.3 本研究中常見物理量之單位與精度表	5-2
表 5.4 路網參數建置數量摘要	5-11
表 5.5 車輛參數建置數量摘要表	5-11
表 5.6 運轉參數建置數量摘要表	5-11
表 6.1 靜態列車排點與動態列車排點之比較	6-2

第一章 緒論

1.1 研究緣起

隨著近年來全球暖化議題之延燒，國內外各領域均致力於節能減碳，交通部在中程施政計畫亦揭示要強化/提昇軌道運輸系統服務品質。優質的軌道運輸系統，除了屬於硬體層面的基礎建設或車輛購置外，軟體層面的營運規劃課題亦相當重要。

在營運規劃課題中，列車排點是最核心的作業之一，其產出結果為時刻表，時刻表對於營運單位重要性，猶如菜單對於餐廳的重要性一般，不僅關係到能否吸引旅客上門消費，更連帶牽動了許多內部資源運用計畫，包括車輛運用計畫、人員運用計畫（含司機/車長等）與軌道運用計畫等。不當的時刻表規劃可能導致其他計畫無法配合，甚至可能無法如期如質完成服務，誤點連連造成民怨。因此，列車排點長久以來皆是鐵路營運單位最重要的規劃作業，亟需投入資源並進行有系統的研究。

本所自民國 93 年開始進行一系列軌道容量分析之相關研究，已針對部分臺鐵現況資料進行蒐集，而列車排點部分亦於 95 年完成「臺鐵車輛排程最適化之研究」。為進一步落實於鐵路排點工作之應用，故接續進行長期系列研究，以提升國內軌道運輸系統軟體層面的技術能力。

1.2 研究目的

本計畫旨在透過國內外軌道列車排點軟體及演算法的回顧，整理排點技術的發展現況後提出適合國內系統的列車排點架構。此外，蒐集整理臺鐵列車排點所需參數，並建置為資料庫系統，以作為未來排點模式的輸入參數來源。整體而言，本計畫可視為未來發展排點模式的基礎作業工作。

1.3 研究範圍與內容

不同營運單位或不同系統對於鐵路營運規劃流程的區分方式略有差異，大體而言整體架構可以圖 1.1 表示，本計畫的範圍在著重於安排列車到開時間（亦即列車排點）的相關課題，但在參數收集上亦將計算運轉時分及運轉時隔的原始輸入參數予以納入。

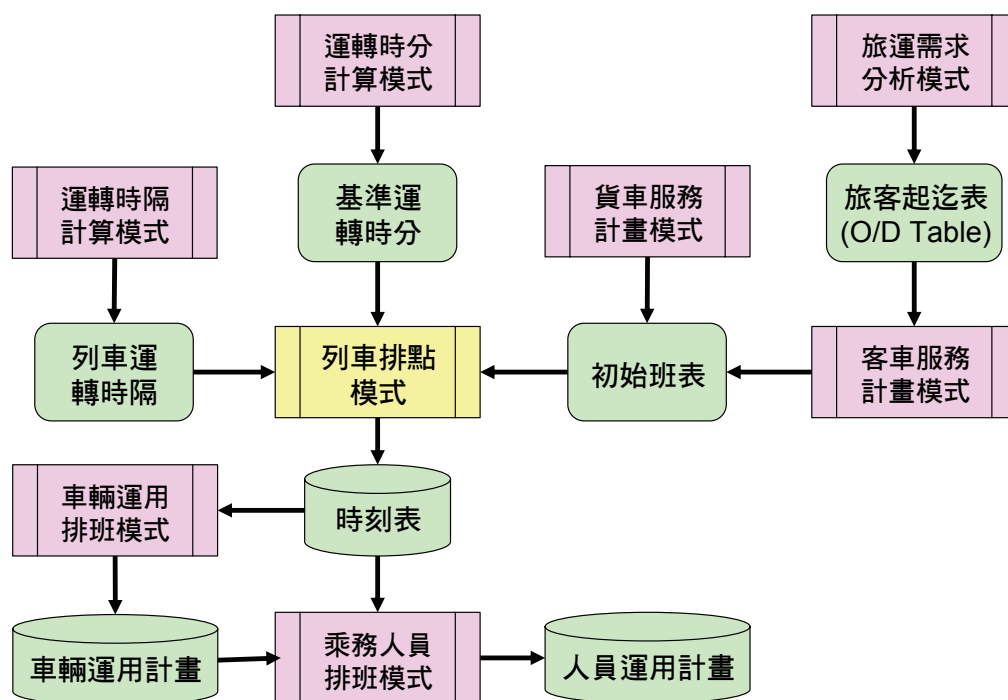


圖 1.1 鐵路系統營運圖規劃流程圖

有關「安排列車到開時間」這項程序，在不同單位有不同的稱法，例如「排點」、「排程」或「排班」等，國內各單位對各工作流程的慣用稱呼整理如表 1.1 所示。為能統一說明並避免困擾，本報告書將全以「列車排點」來說明，以符合臺鐵的實務習慣。

表 1.1 國內軌道營運單位/學術單位慣用名稱

計畫 單位	安排列車到開時間	安排車輛運用計畫	安排勤務人員計畫
臺鐵	列車排點	動力車運用 非動力車運用	車班運用 機班運用
臺灣高鐵	列車排班	列車組運用	人員排班
臺北捷運	時刻表製作	車輛運用	人員排班
高雄捷運	時刻表製作	可用車分配	人員排班
研究機構	排程/排班	排程/排班	排程/排班

資料來源：本研究整理

本計畫之主題包含「蒐整鐵路列車排點參數」、「建置鐵路列車排點參數資料庫」、「回顧國內外鐵路排點軟體與演算法」、「提出適合國內鐵路的排點系統架構」，以及「提出臺鐵現有排點系統改善建議」5 項，內容與工作項目說明如下：

1. 蒐整鐵路列車排點參數

依據各類列車排點求解方法所需，蒐集臺鐵目前之路網資料、列車資料、運轉資料，以及計算基準運轉時分之相關參數等資料。

- (1) 路網資料：包括路線名稱、車站名稱及里程（或順序）、站間及站內軌道配置（股道數及運用方式、主/副正線、臨月台與否）、軌道的運轉方式（單線或複線運轉）、月臺佈置、考量道岔配置下的列車允許進路、閉塞制度等。
 - (2) 列車資料：包括現有列車等級、數量、基準運轉時分等。
 - (3) 運轉資料：包括各種等級列車之站間運轉時間（基準運轉時分）、列車於車站之慣用停車時間、運轉時隔等。
 - (4) 計算基準運轉時分相關參數：基準運轉時分為列車在兩站之間的運轉時間，為列車排點輸入參數之一，通常是根據路網資料及列車特性模擬計算而得。在路網資料方面，包括路線之平縱面資料、隧道位置與道岔位置等資料；在列車參數方面，包括列車質量、長度、速限、阻力、牽引力曲線與煞車性能等資料。
- 2.建置鐵路列車排點參數資料庫
- 將所蒐整之鐵路列車排點參數，以資料庫系統方式建置，並提供查詢、轉檔功能。並於系統內設計資料驗證機制，用以驗證所納資料庫參數資料正確性。
- 3.蒐整並回顧國內外鐵路排點軟體與演算法之發展現況。
- 4.綜整國內外鐵路排點軟體與演算法之回顧內容，評估建議適合國內鐵路的排點系統架構。
- 5.分析臺鐵現有列車排點系統，並提出細部改善建議。

1. 4 研究流程與方法

本計畫為一理論與實務高度整合之計畫，亟需透過大量的資料與文獻收集，特別是臺鐵局排點參數資料，以便進行資料庫建置工作，流程如圖 1.2 所示。

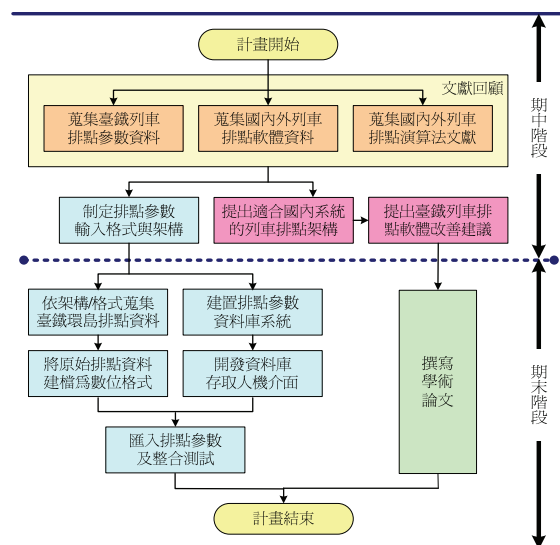


圖 1.2 研究流程圖

1.回顧相關文獻，作為本計畫執行參考，主要包含以下 3 部份：

- (1)臺鐵列車排點參數資料；
- (2)國內外鐵路排點軟體資料；
- (3)國內外鐵路排點演算法文獻。

2.列車排點參數蒐集建置

列車排點參數資料庫系統將參考相關文獻整理的結果，首先制定排點參數之輸入格式與架構，而後依架構/格式蒐集臺鐵環島排點資料並建檔為數位格式，亦同時建置資料庫系統並開發資料庫存取人機介面，前述兩項工作分別完成後，匯入排點參數並進行整合測試。

3.列車排點架構分析

參考國內外排點系統軟體與演算法後，提出適合國內系統的列車排點架構，並針對臺鐵目前的排點軟體，提出改善建議。

第二章 臺鐵現況介紹

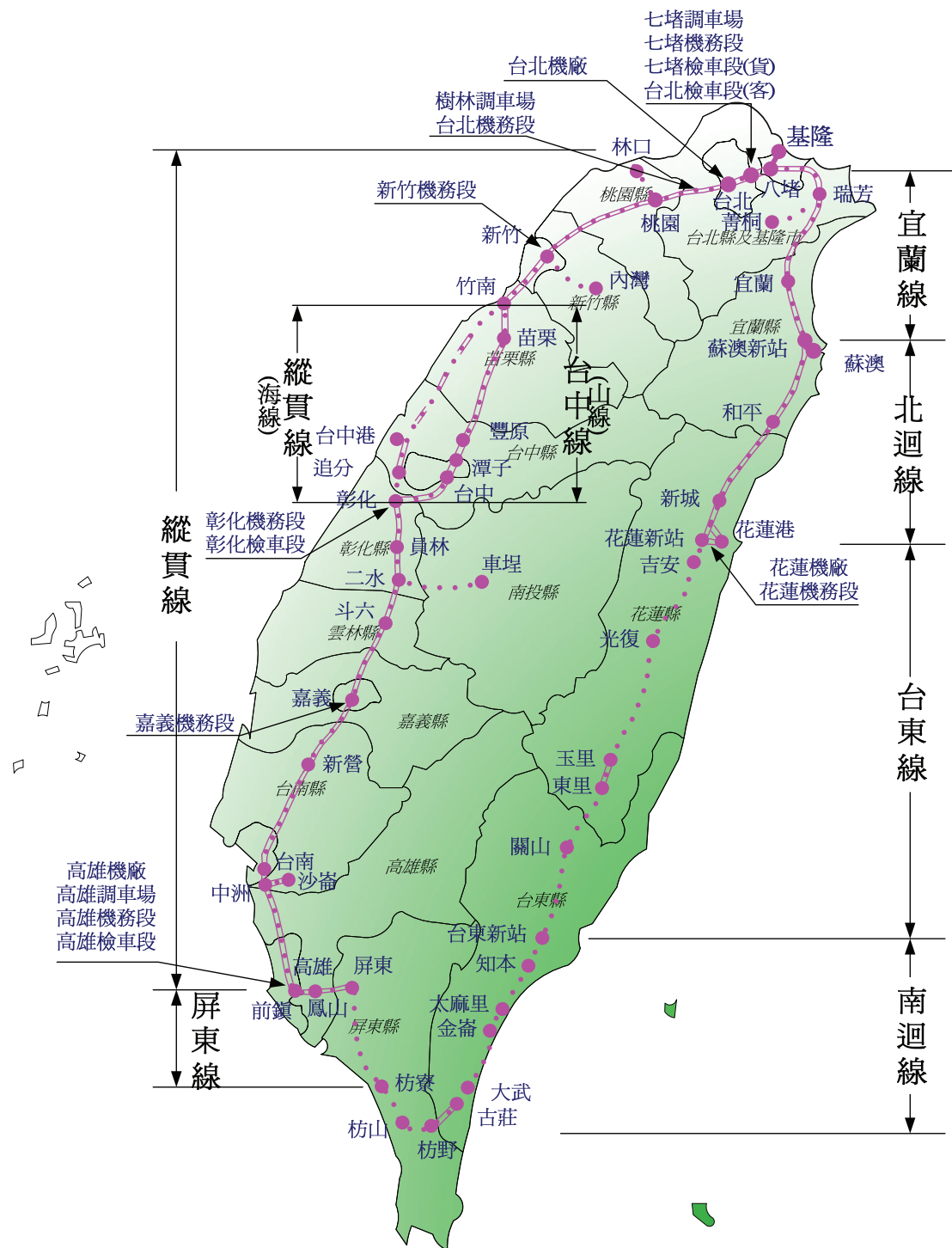
2.1 路線概況

臺鐵為軌距 1,067 公厘的窄軌系統，截自民國百年初，營業里程全長約 1,093 公里，主要分為西部幹線、東部幹線以及支線等三大系統，沿線設有許多維修基地及調車場，路線概況如圖 2.1 所示，說明如下：

- (1) 西部幹線系統：包括縱貫線、臺中線及屏東線。
- (2) 東部幹線系統：包括宜蘭線、北迴線、臺東線及南迴線。
- (3) 支線系統：包括深澳支線、林口支線、平溪支線、內灣支線、集集支線與今年剛通車的沙崙支線。

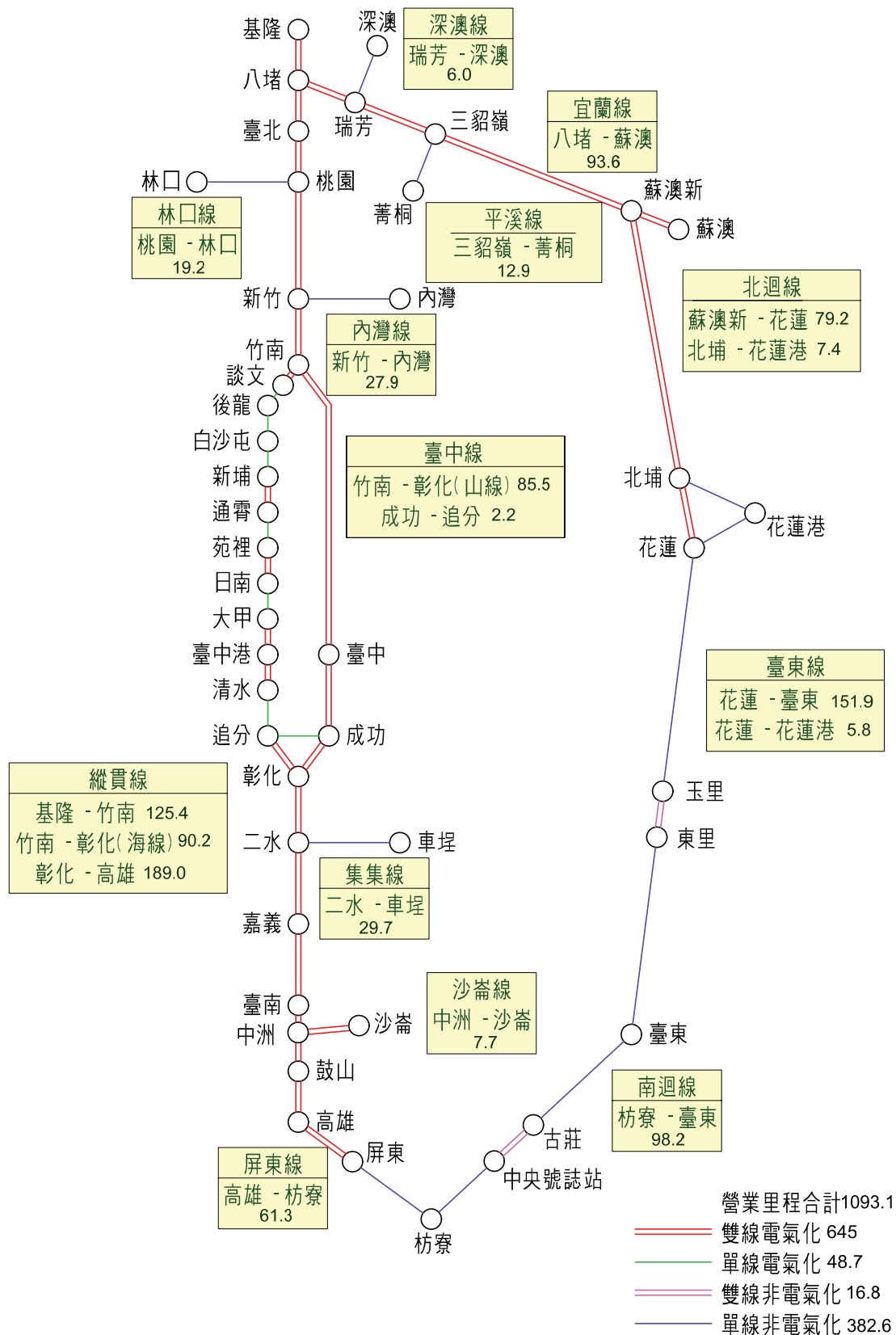
各路線之長度、路線配置與電化情形如圖 2.2 所示，其中單線長達 431.3 公里，佔全線 39.5%，雙線長達 661.8 公里，佔全線 60.5%；電化區間約 693.7 公里，佔全線 63.5%，非電化區間約 399.4 公里，佔全線 36.5%。

除了單/複線、電化/非電化區間之外，各車站的股道配置亦是本計畫所關注的課題，臺鐵各路線之車站股道配置圖如圖 2.3～圖 2.10 所示。



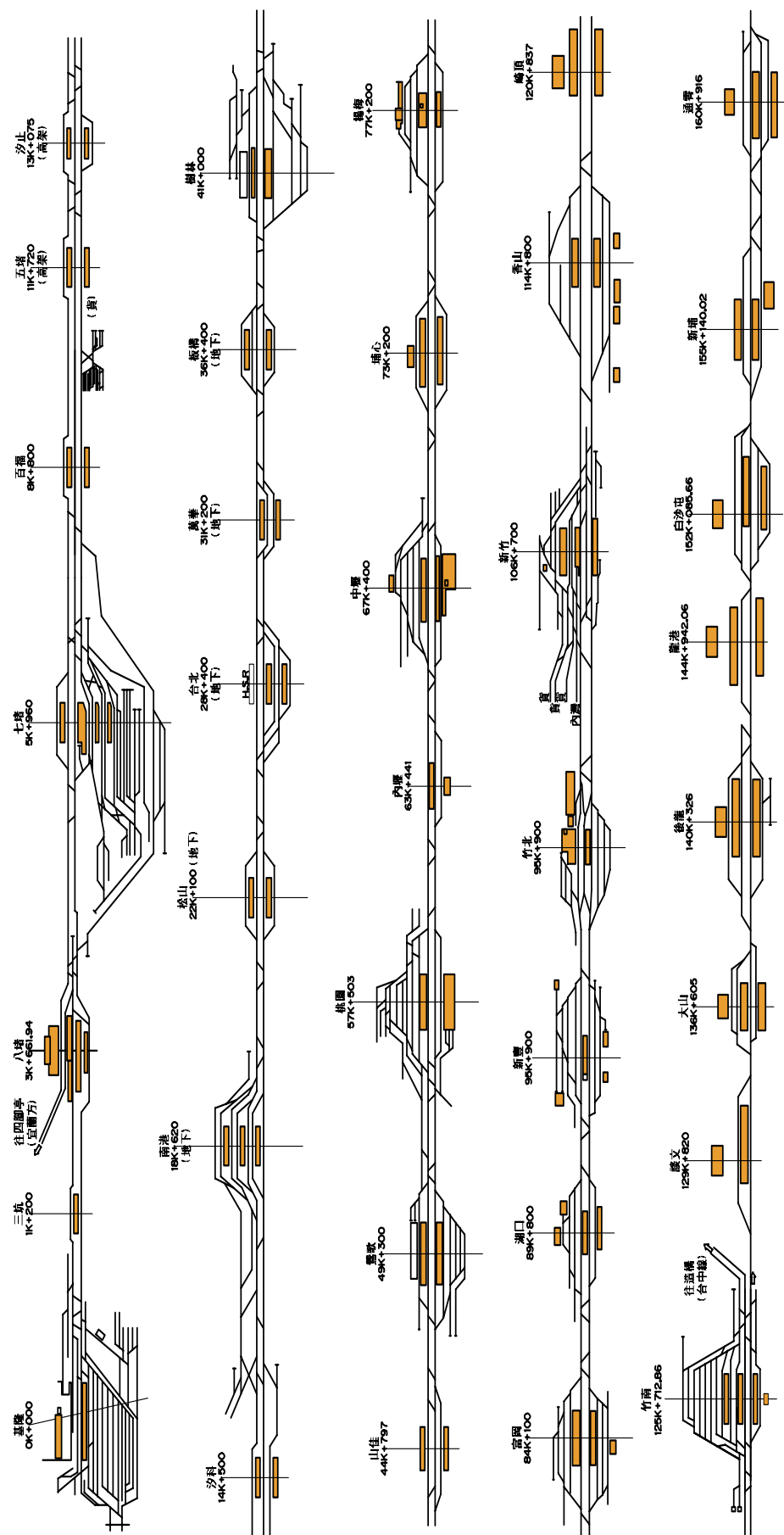
資料來源：[1]及本研究繪製

圖 2.1 臺鐵營運路線概況



資料來源：[1]及本研究繪製

圖 2.2 臺鐵全線路線配置與電氣化情形



資料來源：[1]

圖 2.3 縱貫線路線及場站配置圖(1/2)

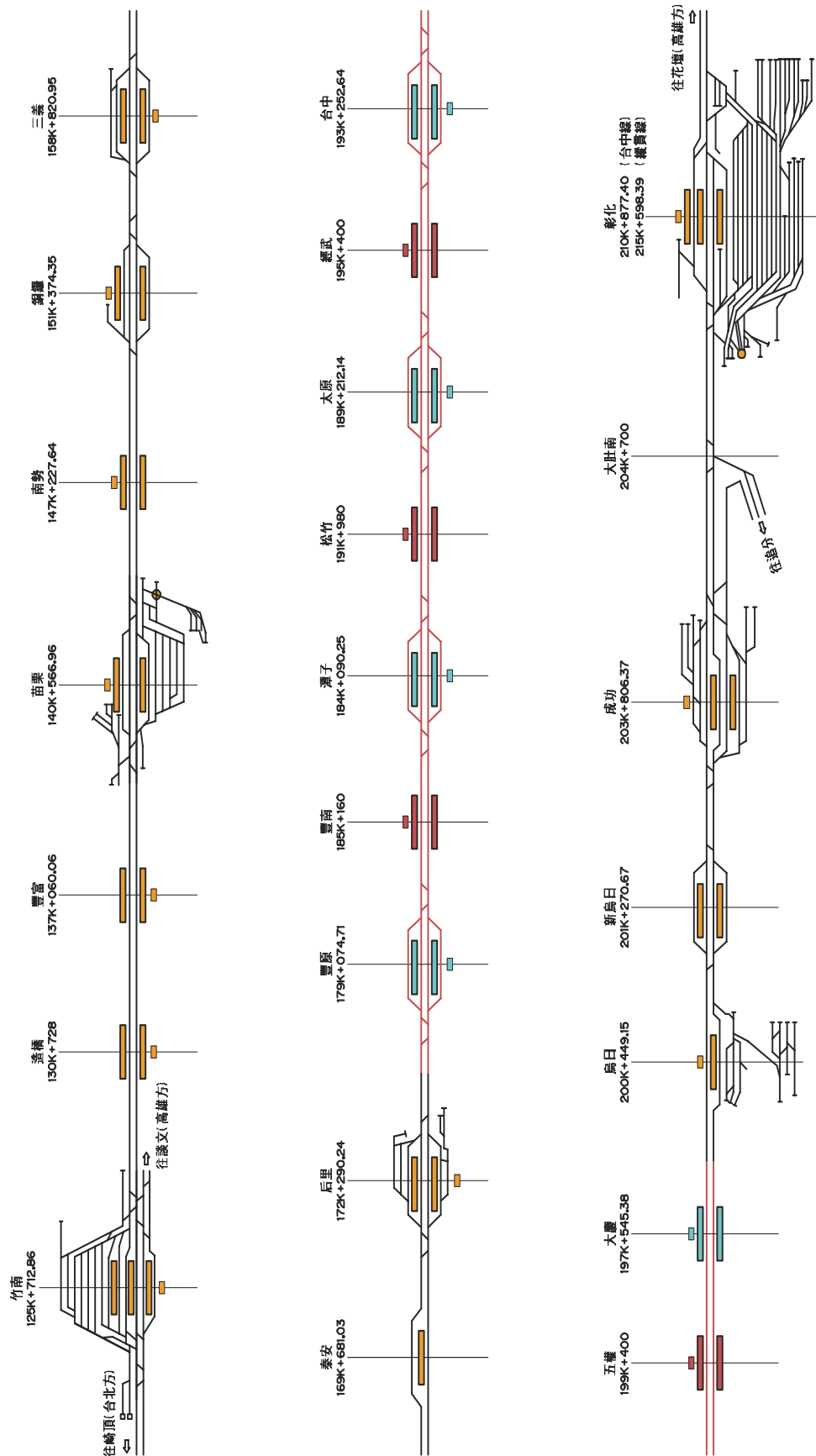


圖 2.5 臺中線路線及場站配置圖

資料來源：[1]

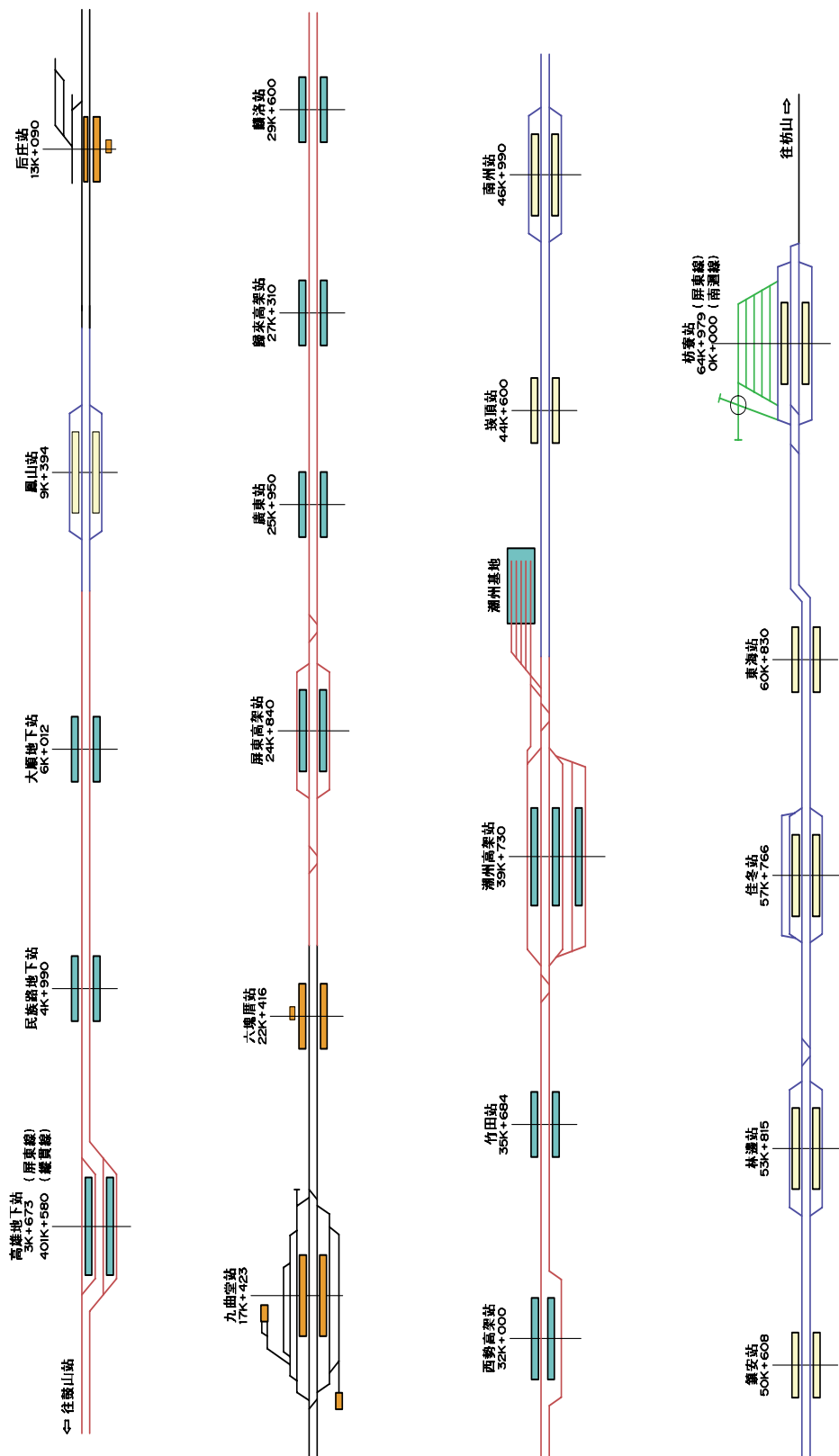
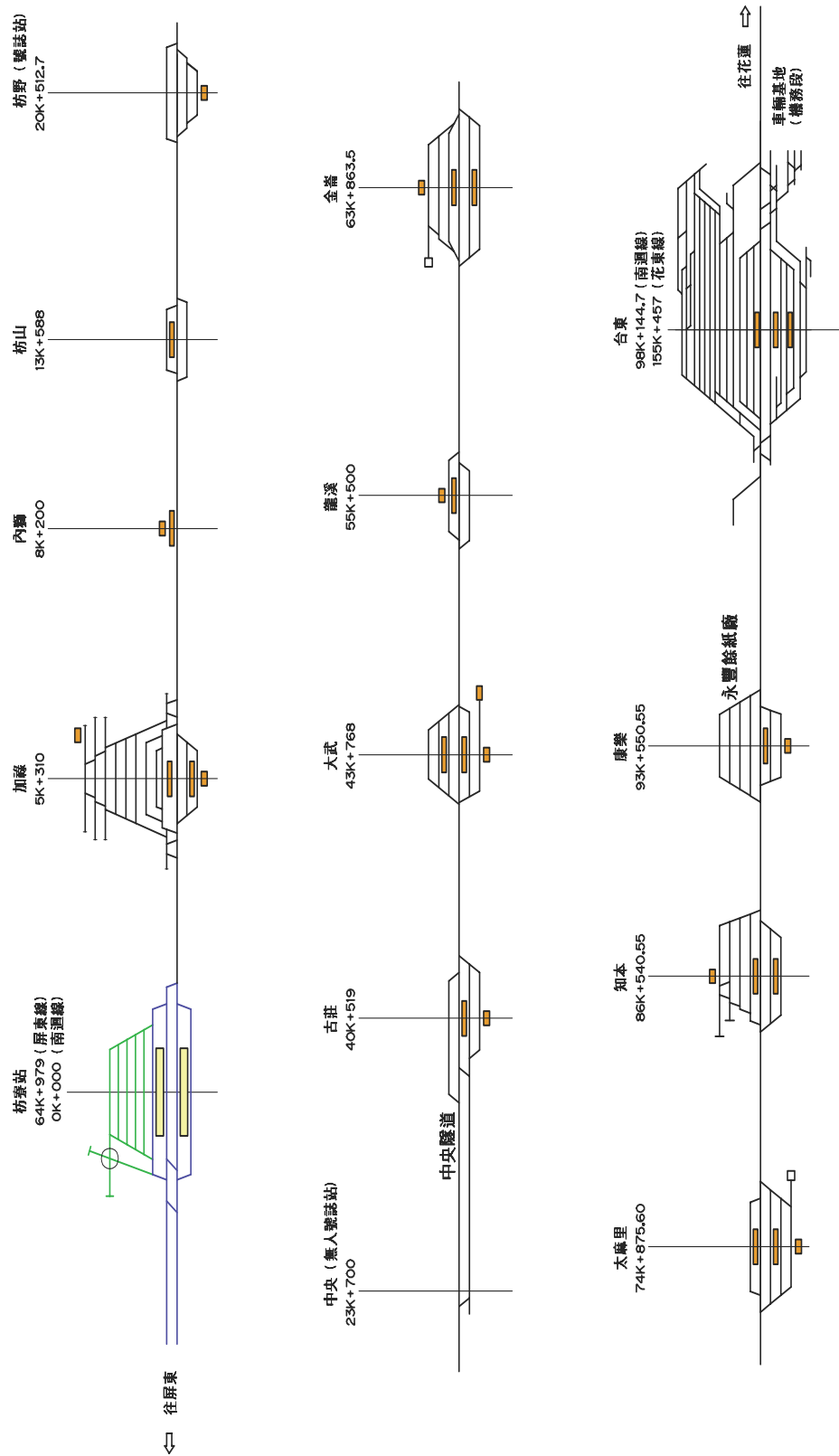


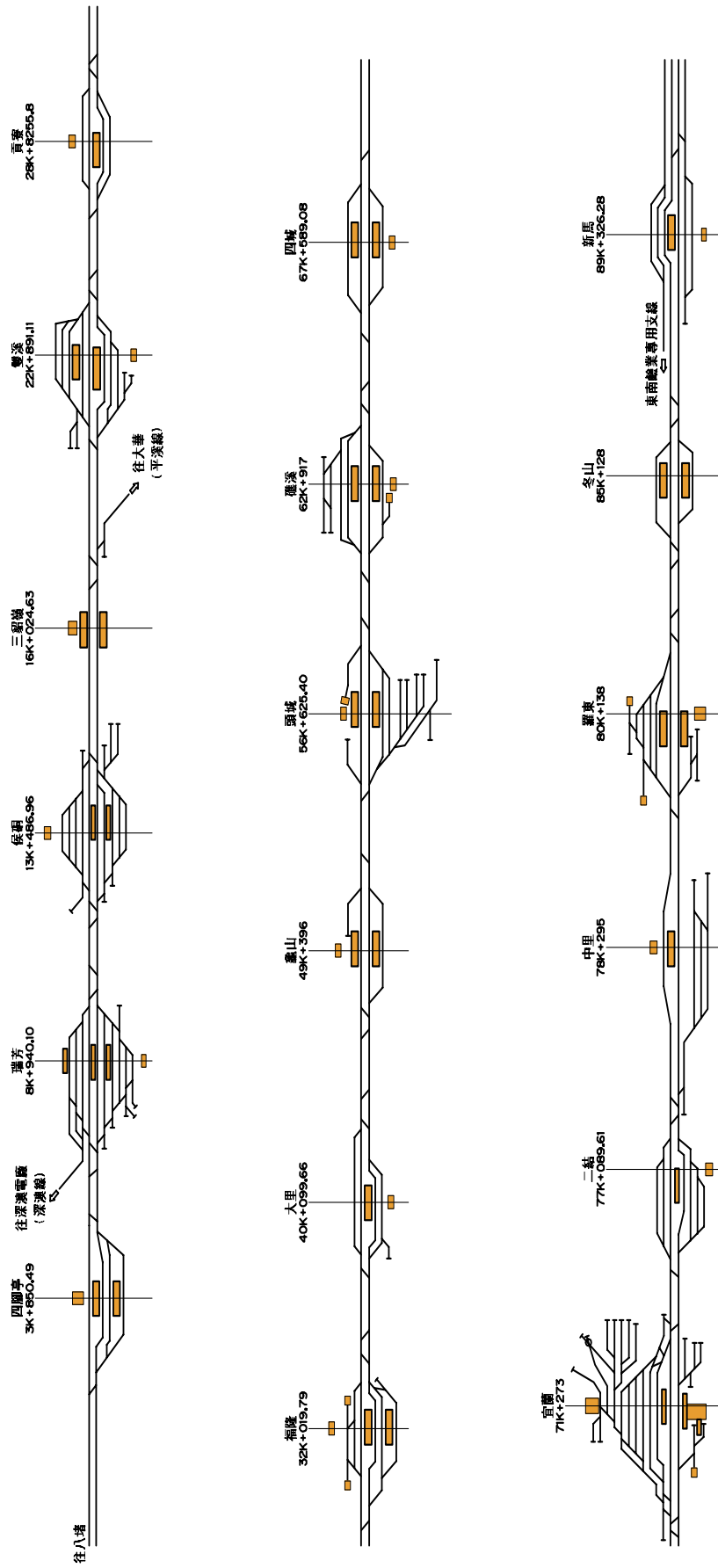
圖 2.6 屏東線路線及場站配置圖

資料來源：[1]



資料來源：[1]

圖 2.7 南迴線路線及場站配置圖



資料來源：[1]

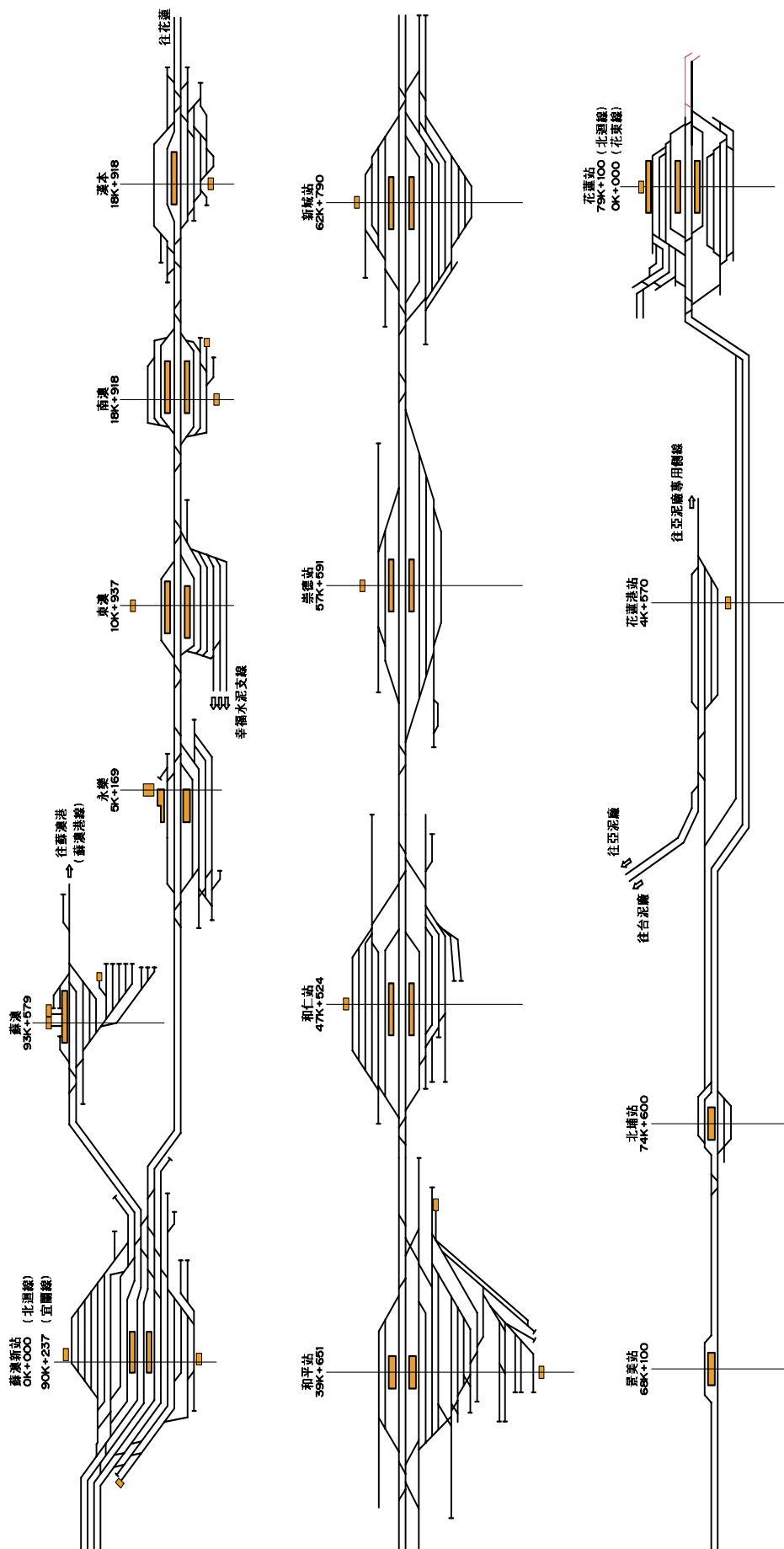


圖 2.9 北迴線路線及場站配置圖

資料來源：[1]

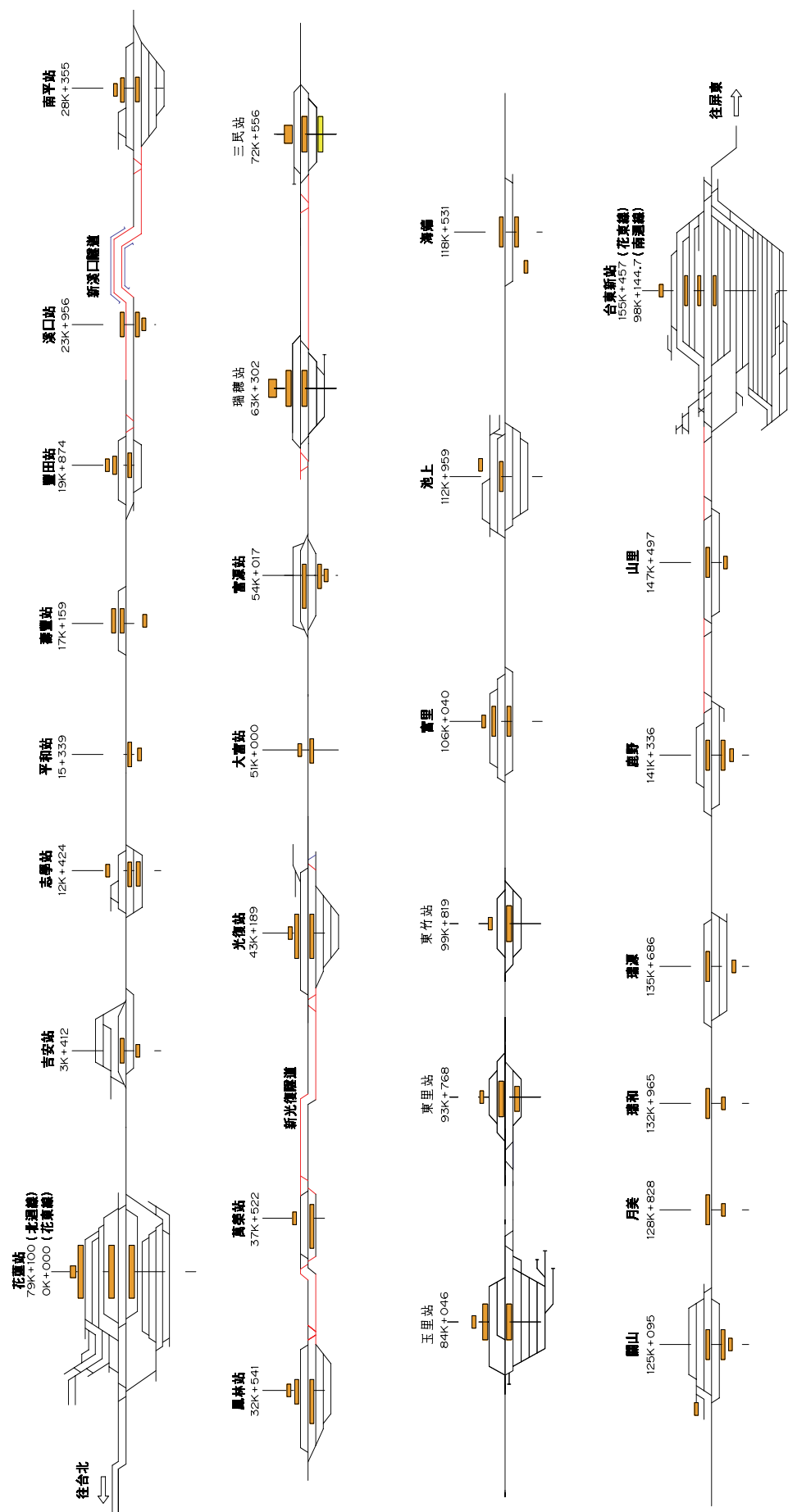


圖 2.10 臺東線路線及場站配置圖

資料來源：[1]

2.2 車輛概況

鐵路車輛依是否具備動力可分為「動力車輛」及「非動力車輛」兩大類。而依動力產生方式以及車輛編組方式的差異，動力車輛可再細分為「電力機車」、「電聯車」、「柴電機車」、「柴油客車」，以及「柴聯車」等。

上述是臺鐵鐵路車輛的分類概述，但實際營運時的基本單位並非車輛，而是以一輛或多輛鐵路車輛聯結而成的「列車」作為基本單位。根據「臺灣鐵路管理局行車實施細則」第二條第十款之定義，列車係指「向站外正線運轉為目的而整備之一輛以上的車輛」，由此可知列車必須具備動力，否則即無法運轉。臺鐵的電聯車、柴油客車、柴聯車可自行編組成旅客列車來運轉，而電力機車及柴電機車，則必須牽引其他非動力車輛，方能編組成旅客列車或貨物列車來運轉。相較於國內其他軌道運輸系統，臺鐵屬於高複雜度的混合車種系統。常見之實車編組情形如圖 2.11 所示。

而列車之分類除了可依運送對象分為旅客列車與貨物列車之外，尚有「列車等級」與「牽引種別」兩種分類方式，前者是作為描述此列車服務型態或商業營運稱呼（例如自強號或莒光號）的分類，亦是廣為國人熟知的分類方式。後者則是作為識別其動力系統及計算基準運轉時分與牽引噸數之用，目前臺鐵較常使用之牽引速度種別為「PP」、「電車組自強號」、「太魯閣號」、「柴油客車」、「通勤電車」、「客甲 B」與「貨乙」等幾類，以下將分別說明各種牽引種別背後對應的車輛編組方式及行駛阻力資料，至於牽引力曲線則統一彙整於附錄 A。



E1000 推拉式自強號列車



TEMU1000 太魯閣號列車



DR3100 柴聯自強號列車



EMU500 通勤電聯車



E200 動力車牽引之復興號列車



R100 動力車牽引之莒光號列車

資料來源：維基百科[18]

圖 2.11 常見旅客列車實車編組情形

2.2.1 推拉式電車組(PP)

PP 為臺鐵局內對 Push-Pull 之簡稱，亦稱為「推拉式電車組」，該牽引種別係由 2 輛 E1000 電力機車牽引 11 輛 PPT 系列的非動力車輛所組成，為西幹線自強號之主力，其動力車輛與非動力車輛之技術諸元如表 2.1 所示。

表 2.1 PP 列車之技術諸元列表

車輛型式		數量	空車重 (噸)	重車重 (噸)	長度 (m)	速限 (km/h)	座位數
動力車	E1000	2	60	60	17.2	130	0
非動力車	PPT	7	30	35	20	130	52
	PPC	3	30	35	20	130	52
	PPD	1	35	40	20	130	20

而在阻力方面，其出發阻力係數為 3 kg/ton，而行駛阻力則如式(2.1)所示。

$$R = (1.2 + 0.023V + 0.00027V^2)W \quad (2.1)$$

式中：R = 行駛阻力 (N)

V = 速度 (km/h)

W = 列車總重量 (kN)

2.2.2 電車組自強號

「電車組自強號」牽引種別是由電聯車編組而成的長途旅客列車，臺鐵局所購置之電車組自強號列車目前仍在役者有兩種類型，一類為 EMU 1200 型（改造自 EMU200），另一類為 EMU 300 型，而第一批購置的 EMU100 型則已退役。在推拉式電車組未購入之前，此牽引種別為西部幹線之主力。EMU 1200 型的車輛為九輛一組（6M3T），營運時以一組運轉，其技術諸元如表 2.2 所示；EMU 300 型的車輛為三輛一組（2M1T），營運時以 3 組聯掛（即 9 輛）運轉，其單組技術諸元如表 2.3 所示。

表 2.2 單組電車組自強號列車之技術諸元列表－1200 型

車輛型式		數量	空車重 (噸)	重車重 (噸)	長度 (m)	速限 (km/h)	座位數
動力車	EMC1200	2	50.5	52	20	120	38
	EM1200	4	49.5	52	20	120	48
非動力車	EP1200	3	42.5	52	20	120	46

表 2.3 單組電車組自強號列車之技術諸元列表－300 型

車輛型式		數量	空車重 (噸)	重車重 (噸)	長度 (m)	速限 (km/h)	座位數
動力車	EMC300	1	49.7	52	20	120	44
	EM300	1	49.7	52	20	120	44
非動力車	EP300	1	42.44	52	20	120	52

電車組自強號之出發阻力係數為 3 kg/ton，而行駛阻力則如式(2.2)所示。

$$R = (1.72 + 0.0162V)W_m + (1.24 + 0.0069V)W_t + [0.316863 + 1.0791(N-1)]V^2 \quad (2.2)$$

式中： R =行駛阻力 (N)

V =速度 (km/h)

W_m =動力車總重量 (kN)

W_t =非動力車總重量 (kN)

N =編組車輛數

2.2.3 太魯閣號

「太魯閣號」牽引種別是由傾斜式電聯車編組而成的長途旅客列車，該車種的特性在於通過一般彎道時能以較快速度行駛，故可以節省行駛時間。目前臺鐵局所購置之太魯閣號車輛均為四輛一組 (2M2T)，營運時則以 2 組聯掛 (即 8 輛) 運轉，為東部幹線電氣化區間之主力，其單組技術諸元如表 2.4 所示。

表 2.4 單組太魯閣號列車之技術諸元列表

車輛型式		數量	空車重 (噸)	重車重 (噸)	長度 (m)	速限 (km/h)	座位數
動力車	TEM1000	2	37.58	48	20.5	130	52
非動力車	TED1000	1	36.97	48	21.9	130	38
	TEP1000	1	39.09	48	20.5	130	48

至於太魯閣號之出發阻力係數為 3 kg/ton，而行駛阻力則如式(2.3)所示。

$$R = (1.2 + 0.023V + 0.00027V^2)W \quad (2.3)$$

式中： R =行駛阻力 (N)

V =速度 (km/h)

W =列車總重量 (kN)

2.2.4 柴聯車

柴聯車係指以柴油為動力之柴聯車所編組列車，目前臺鐵局所購置之柴聯車輛均為 3 輛 1 組 (2M1T)，營運時則以 3 組聯掛 (即 9 輛) 運轉，為東幹線及南迴線之主力。臺鐵局現有柴聯車計有 2800/2900/3000/3100 四類，各車型之單組

技術諸元如表 2.5～表 2.8 所示。

表 2.5 單組柴聯車 2800 型之技術諸元列表

車輛型式		數量	空車重 (噸)	重車重 (噸)	長度 (m)	速限 (km/h)	座位數
動力車	DR2800	2	39	45	20.2	110	38
非動力車	DR2850	1	38.5	45	20.2	110	44

表 2.6 單組柴聯車 2900 型之技術諸元列表

車輛型式		數量	空車重 (噸)	重車重 (噸)	長度 (m)	速限 (km/h)	座位數
動力車	DR2900	2	39.5	45	20.2	110	40
非動力車	DR2950	1	35.8	40	20.2	110	54

表 2.7 單組柴聯車 3000 型之技術諸元列表

車輛型式		數量	空車重 (噸)	重車重 (噸)	長度 (m)	速限 (km/h)	座位數
動力車	DR3000	2	39	45	20.2	110	40
非動力車	DR3070	1	36	40	20.2	110	54

表 2.8 單組柴聯車 3100 型之技術諸元列表

車輛型式		數量	空車重 (噸)	重車重 (噸)	長度 (m)	速限 (km/h)	座位數
動力車	DR3100	2	38.5	45	20.2	110	44
非動力車	DR3150	1	36.2	40	20.2	110	52

而在阻力方面，柴聯車之出發阻力係數以 3 kg/ton 計，而行駛阻力則如式(2.4)所示。

$$R = (2.69 + 0.0062V)W + [0.356103 + 0.094176(N-1)]V^2 \quad (2.4)$$

式中：R = 行駛阻力 (N)

V = 列車行駛速度 (km/h)

W = 列車總重量 (kN)

N = 編組車輛數

2.2.5 通勤電車

通勤電車是以電聯車所編組的短程運輸列車，目前臺鐵局所購置之通勤電車均為 4 輛 1 組（2M2T），營運時常以 2 組聯掛（即 8 輛）運轉，主要服務於西部幹線。臺鐵局現有通勤電車計有 EMU 400/ EMU 500/ EMU 600/ EMU 700 等 4 類，各車型之單組技術諸元如表 2.9～表 2.12 所示。

表 2.9 單組通勤電車之技術諸元列表－EMU 400 型

車輛型式		數量	空車重 (噸)	重車重 (噸)	長度 (m)	速限 (km/h)	座位數
動力車	EMC400	1	52.2	60	20	110	60
	EM400	1	52.1	60	20	110	60
非動力車	ET400	1	43.7	52	20	110	60
	EP400	1	45.5	52	20	110	60

表 2.10 單組通勤電車之技術諸元列表－EMU 500 型

車輛型式		數量	空車重 (噸)	重車重 (噸)	長度 (m)	速限 (km/h)	座位數
動力車	EMC500	1	42.3	56	20.3	110	60
	EM500	1	42.2	56	20.3	110	60
非動力車	ET500	1	37.8	56	20.3	110	60
	EP500	1	39.7	56	20.3	110	60

表 2.11 單組通勤電車之技術諸元列表－EMU 600 型

車輛型式		數量	空車重 (噸)	重車重 (噸)	長度 (m)	速限 (km/h)	座位數
動力車	EMC600	1	37.9	56	20.3	110	62
	EM600	1	38.1	56	20.3	110	62
非動力車	ET500	1	35.2	56	20.3	110	52
	EP600	1	37.2	56	20.3	110	64

表 2.12 單組通勤電車之技術諸元列表－EMU 700 型

車輛型式		數量	空車重 (噸)	重車重 (噸)	長度 (m)	速限 (km/h)	座位數
動力車	EMC700	1	40.7	56	20.7	110	52
	EM700	1	39	56	20.3	110	60
非動力車	ET700	1	36.5	56	20.3	110	42
	EP700	1	40.3	56	20.3	110	50

至於通勤電車之阻力，其出發阻力係數為 3 kg/ton，而行駛阻力則如式(2.5)所示。

$$R = (1.72 + 0.0162V)W_m + (1.24 + 0.0069V)W_t + [0.316863 + 1.0791(N - 1)]V^2 \quad (2.5)$$

式中：R = 行駛阻力 (N)

V = 列車行駛速度 (km/h)

W_m = 動力車總重量 (kN)

W_t = 非動力車總重量 (kN)

N = 編組車輛數

2.2.6 客甲 B

「客甲 B」係為「甲種客車 B 速」之簡稱，由 1 輛機車牽引 8 輛非動力客車所組成，為莒光號與復興號之典型代表，其動力車輛與非動力車輛之技術諸元如表 2.13 ~ 表 2.1.6 所示。

表 2.13 客甲 B 列車之技術諸元列表－莒光號（電）

車輛型式		數量	空車重 (噸)	重車重 (噸)	長度 (m)	速限 (km/h)	座位數
動力車	E200	1	96	96	17	110	0
	E400		92	92	17	120	0
非動力車	FPK10000	1	35	40	20m	100	48
	FP10000	7	35	40	20m	100	48

表 2.14 客甲 B 列車之技術諸元列表－莒光號（柴）

車輛型式		數量	空車重 (噸)	重車重 (噸)	長度 (m)	速限 (km/h)	座位數
動力車	R100	1	78	78	15.7	100	0
	R150		88	88	15.5	110	0
非動力車	FPK10000	1	35	40	20	100	48
	FP10000	7	35	40	20	100	48

表 2.15 客甲 B 列車之技術諸元列表－復興號（電）

車輛型式		數量	空車重 (噸)	重車重 (噸)	長度 (m)	速限 (km/h)	座位數
動力車	E200	1	96	96	17	110	0
	E400		92	92	17	120	0
非動力車	SPK20000	1	35	40	20	110	56
	SP20000	7	35	40	20	100	56

表 2.16 客甲 B 列車之技術諸元列表－復興號（柴）

車輛型式		數量	空車重 (噸)	重車重 (噸)	長度 (m)	速限 (km/h)	座位數
動力車	R100	1	78	78	15.7	100	0
	R150		88	88	15.5	110	0
非動力車	SPK20000	1	35	40	20	110	56
	SP20000	7	35	40	20	100	56

在阻力方面，客甲 B 的出發阻力係數為 5 kg/ton，而機車之行駛阻力如式(2.6)所示，非動力客車之行駛阻力係數如式(2.7)所示。

$$R = (2.594 + 0.0067V)W_l + 0.393381V^2 \quad (2.6)$$

$$r = 1.24 + 0.0069V + 0.000313V^2 \quad (2.7)$$

式中：R＝機車行駛阻力（N）

V＝列車行駛速度（km/h）

W_l＝機車重量（kN）

r＝客車行駛阻力係數（‰）

2.2.7 貨乙

「貨乙」係為「乙種貨車」之簡稱，主要由 1 輛機車牽引若干輛非動力貨車車輛所組成，為臺鐵目前常見的貨車編組，其動力車輛與非動力車輛之技術諸元如表 2.17 與表 2.18 所示。

表 2.17 貨乙列車之技術諸元列表－貨乙（柴）

車輛型式		數量	空車重 (噸)	重車重 (噸)	長度 (m)	速限 (km/h)	座位數
動力車	R20	1	78	78	14.2	100	0
	R50		78	78	14.2	100	0
	R100		78	78	15.7	100	0
	R150		88	88	15.5	110	0
	R180		88.9	88.9	16.3	110	0
非動力車		不固定	—	—	—	—	—

「貨乙」列車的出發阻力係數為 5 kg/ton，而機車之行駛阻力如式(2.8)所示，非動力貨車之行駛阻力係數如式(2.9)所示。

$$R_l = (2.594 + 0.0067V)W_l + 0.3933811V^2 \quad (2.8)$$

$$r_f = 1.6 + 0.0006V^2 \quad (2.9)$$

式中： R_l =機車行駛阻力（N）

V =列車行駛速度（km/h）

W_l =機車重量（kN）

r_f =貨車行駛阻力係數（‰）

表 2.18 貨乙列車之技術諸元列表－貨乙（電）

車輛型式		數量	空車重 (噸)	重車重 (噸)	長度 (m)	速限 (km/h)	座位數
動力車	E200	1	96	96	17	110	0
	E300		96	96	17	110	0
	E400		92	92	17	120	0
非動力車	不固定		—	—	—	—	—

2.3 運轉資料概況

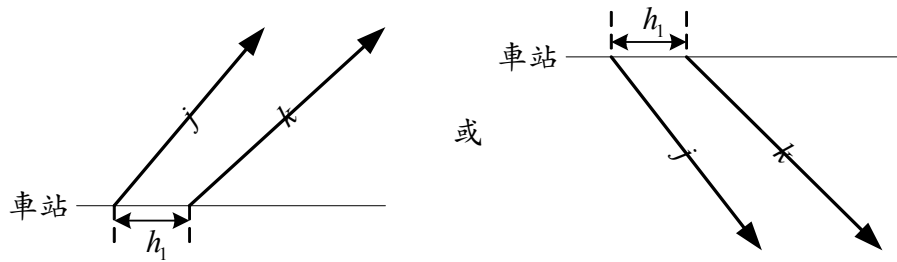
列車排點過程中所需的運轉資料主要有運轉時隔與基準運轉時分，分別說明如下。

2.3.1 列車運轉時隔

運轉時隔的意義為兩相鄰列車經過路線上同一地點（通常為車站）所允許的最小時間間隔。臺鐵目前全線均以設置自動閉塞號誌系統，行車控制上考量的幾項運轉時隔的限制說明如下：

1.同向列車離站之最小運轉時隔

先行列車離站後，因閉塞的關係，續行列車必須經過一段時間後方可由車站出發，如圖 2.12 所示。列車離站之最小運轉時隔 與先行列車 的速度及閉塞區間的長度有關。

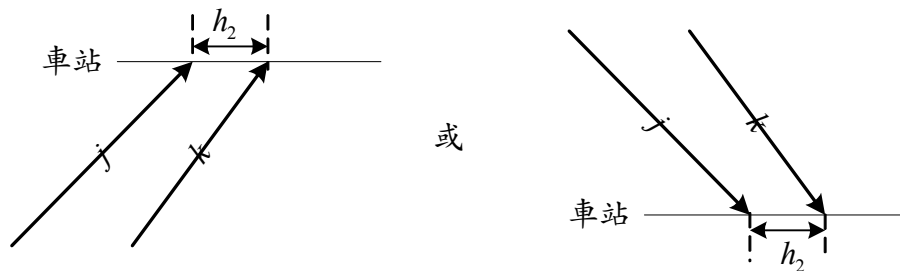


資料來源：[26]

圖 2.12 同向列車離站之最小運轉時隔

2.同向列車到站之最小運轉時隔（不同股道）

如圖 2.13 所示，先行列車到站後，續行列車因閉塞的關係必須經過一段時間後方可進站。列車到站之最小運轉時隔 與續行列車 的速度及閉塞區間的長度有關。

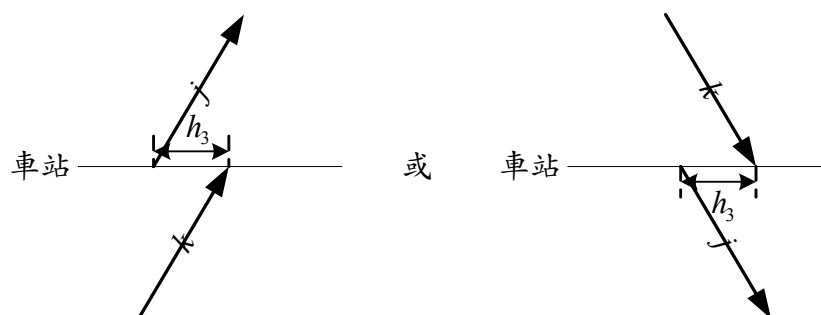


資料來源：[26]

圖 2.13 同向列車到站之最小運轉時隔

3.同向列車到開之最小運轉時隔（同股道）

前述同向列車到站之最小運轉時隔係假設先行及續行列車在車站內使用不同的軌道，倘若先行及續行列車必須使用相同的軌道時(例如臨月台面的軌道)，則續行列車必須俟先行列車離站並清道後方可進站，如圖 2.14 所示。列車到開之最小運轉時隔 與列車 是否停站有關。

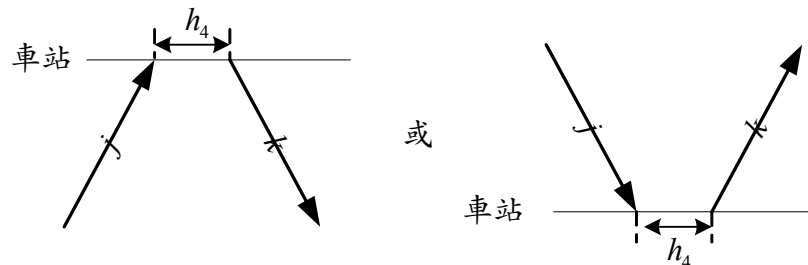


資料來源：[26]

圖 2.14 同向列車到開之最小運轉時隔

4.反向列車到開之最小運轉時隔

臺鐵單線區間的路段上，站間僅有一股軌道，因此兩反向運轉列車之間必須保持足夠的最小運轉時隔，以避免列車發生對撞。在此過程中，其中一列車必須於車站中等待，俟對向列車通過該區間並完成閉塞手續或號誌變換後再進入，如圖 2.15 所示。在單線區間內，此種因列車交會所需的運轉時隔限制最為常見。



資料來源：[26]

圖 2.15 反向列車到開之最小運轉時隔

5.反向列車到開之平面交叉時隔

在複線區間內若車站軌道配置有平面交叉時，為避免列車相撞，兩反向列車在車站的到開之間必須間隔一段時間。圖 2.16 為典型的平面交叉類型，三種平面交叉說明如下：

- (1) 停靠副正線的下行列車離站與停靠副正線的上行列車進站；
- (2) 停靠主正線的下行列車離站與停靠副正線的上行列車進站；
- (3) 停靠副正線的上行列車進站與停靠主正線的下行列車離站。

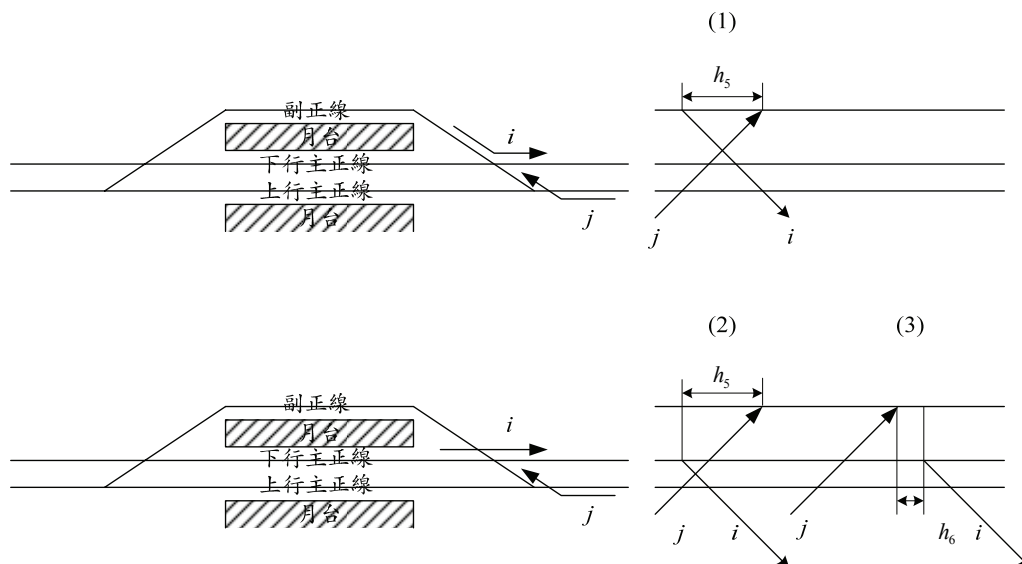


圖 2.16 平面交叉類型

圖 2.16 中狀況(1)、(2)屬於先出後進，號誌安全時距 較大，(3)屬於先進後出，號誌安全時距 較小。圖 2.16 的平面交叉可簡化如圖 2.17。

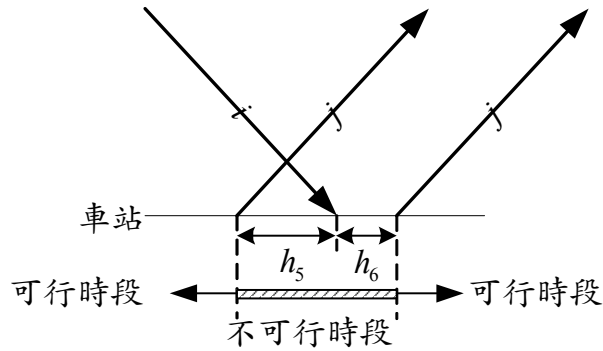


圖 2.17 平面交叉運轉時隔

目前臺鐵號誌電腦中，同向列車的預設時隔為 3 分鐘，而反向列車交會的時隔則是 30 秒，如有時隔不足的情形發生時，號誌電腦會強迫列車在之前的車站交會或待避。至於離線的排點作業中，過去多採用與號誌電腦相同的時隔，但偶有班次密度過高無法順利排點時，會略微壓縮列車的運轉時隔。

2.3.2 基準運轉時分

除了運轉時隔之外，列車排點需考慮列車於兩車站間的運轉時分，方能具體描述列車從上一個車站出發後，需花費多少時間才能抵達下一個車站。臺鐵列車排點作業所使用的站間運轉時間稱為「基準運轉時分」，基準運轉時分是以 15 秒/30 秒為基本單位，隨著車站區間、上下行、牽引噸數，以及停站與否而有不同的數值，

目前臺鐵慣用之列車編組基準運轉時分整理如附錄 B，基準運轉時分表係根據主正線之到開條件與典型停站型態制定，若列車之到開條件有所調整，則需根據表 2.19 調整其運轉時分。

表 2.19 臺鐵行車計畫中之運轉時分修正表

種類	客車		貨車		電車組		柴油車	
	進站	開出	進站	開出	進站	開出	進站	開出
通改停	+0.75	+1.25	+1.0	+2.0	+0.5	+0.75	+0.5	+1.0
停改通	-0.5	-1.0	-0.75	-1.0	-0.25	-0.50	-0.25	-0.5
進副線	+0.75	+0.5	+0.75	+0.5	+0.75	+0.5	+0.75	-0.5

資料來源：[21]

第三章 文獻回顧

3.1 鐵路排點軟體回顧

學術界發表的論文或演算法通常屬於研究階段，與實務應用有較大落差，而鐵路營運單位所使用的軟體或國外知名的鐵路商業軟體則是較貼近實務，回顧這些軟體將有助於瞭解國內外鐵路排點軟體的功能及其考慮參數。

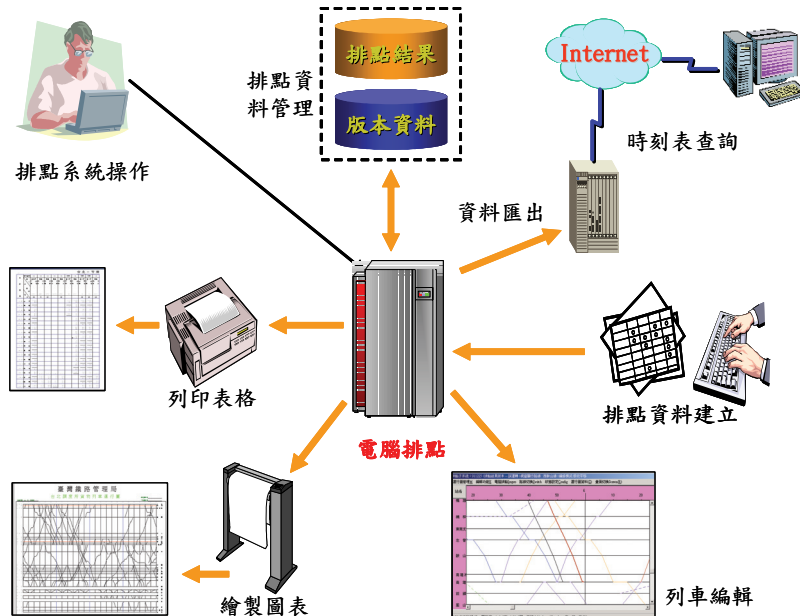
3.1.1 國內鐵路排點系統

目前國內較具規模的客運鐵路系統包含臺鐵系統、臺灣高鐵、臺北捷運與高雄捷運，以下逐一介紹各系統的排點作業軟體。由於本計畫的研究對象為臺鐵，故對臺鐵的介紹會相對較為深入，特別是輸入參數編修的部分。

1. 臺鐵系統

臺鐵列車排點系統最初是由資策會所發展，多年來歷經多次更新維護，該系統具備圖形化視窗介面，電腦主機同時連接到印表機及繪圖機，以提供列印及運行圖繪製的功能，其系統架構如圖 3.1 所示。

該系統的主要功能包括使用者管理、版本管理、資料管理、調整時刻、排點、列印、路線容量/使用率分析等 7 個主要功能，如圖 3.2 所示。其中與本計畫最直接相關的部分為「資料管理」功能，該功能又可細分為「路線資料」、「運轉時分」、「慢行時分」、「站場設施」、「行車計劃」與「路線區段」等 6 項。



資料來源：[3]

圖 3.1 臺鐵現行電腦化列車排點系統架構

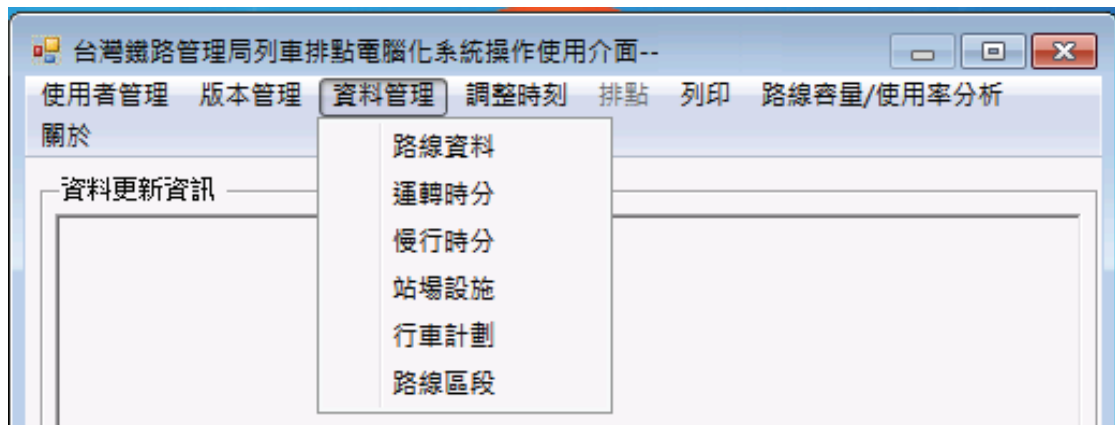


圖 3.2 臺鐵電腦排點軟體主要功能表

由於「資料管理」功能在本計畫相對重要，逐項介紹如下：

(1) 路線資料

系統提供編修路線的功能如圖 3.3 所示，除了基本的單一路線增刪之外，亦提供路線屬性的編修，包括路線類別、電化狀況、車站排列順序、閉塞制度以及相對里程…等眾多參數。



圖 3.3 臺鐵電腦排點軟體之路線資料編修畫面

(2) 運轉時分

系統中的運轉時分資料編修基本上是參照臺鐵機務處的基準運轉時分資料，將其格式以電腦化的方式建構如圖 3.4。大體而言是依路線、牽引種別與停靠型態分別建立時分，單位為分鐘，且以 0.25 分鐘（即 15 秒）為最小單位。

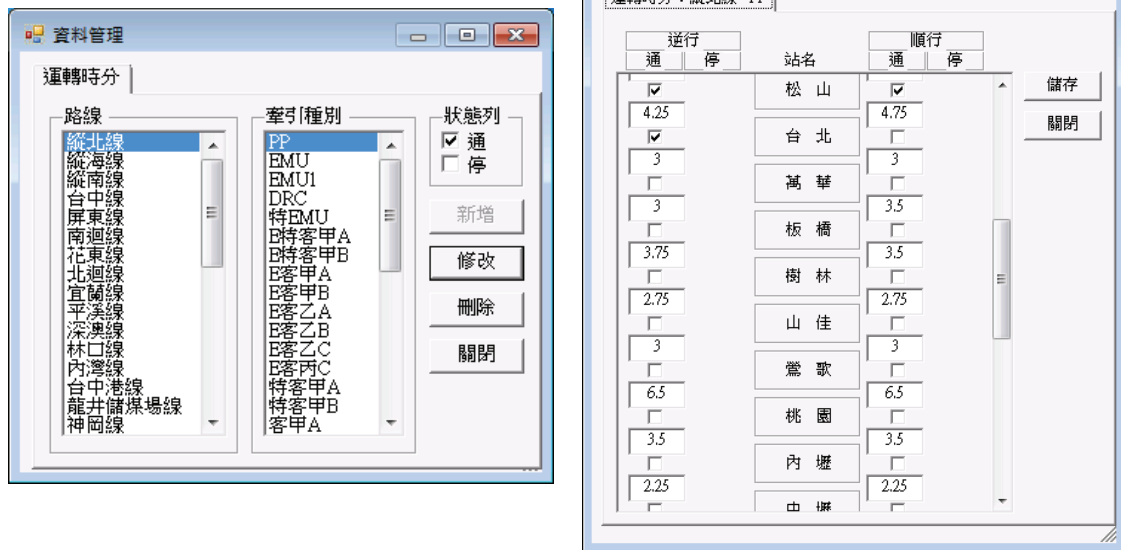


圖 3.4 臺鐵電腦排點軟體之運轉時分編修畫面

(3)慢行時分

實務上路線養護或施工均可能導致列車行經部分路段時須減速以確保安全，故系統設有慢行時分資料編修功能如圖 3.5。原則是逐路線逐站間設定所需增加的時分，但不考慮不同列車之差異。

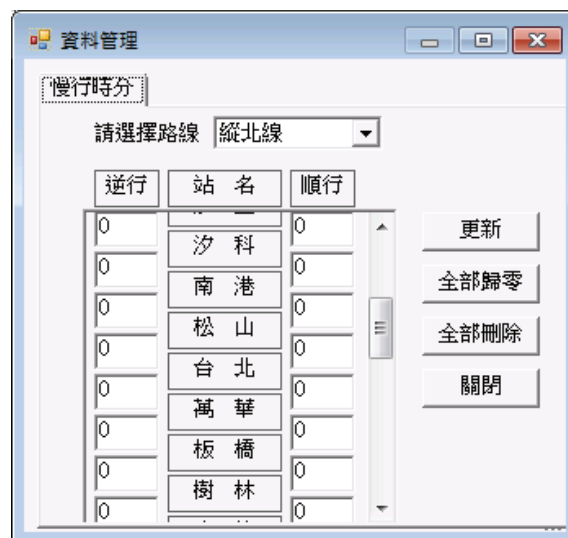


圖 3.5 臺鐵電腦排點軟體之慢行時分編修畫面

(4)站場設施

場站設施編修是整個「資料管理」功能中最複雜的項目（如圖 3.6），主要功能是針對先前已經編修完成的路線資料逐站設定其車站等級、最小停車時分、最大停車時分、軌道數、股道用途、主/副正線…等資料，由於編修內容很多，故設定畫面由「基本資料」、「站場特性」與「進出平面交叉」3 個「頁籤控制項」來提供所有設定介面。

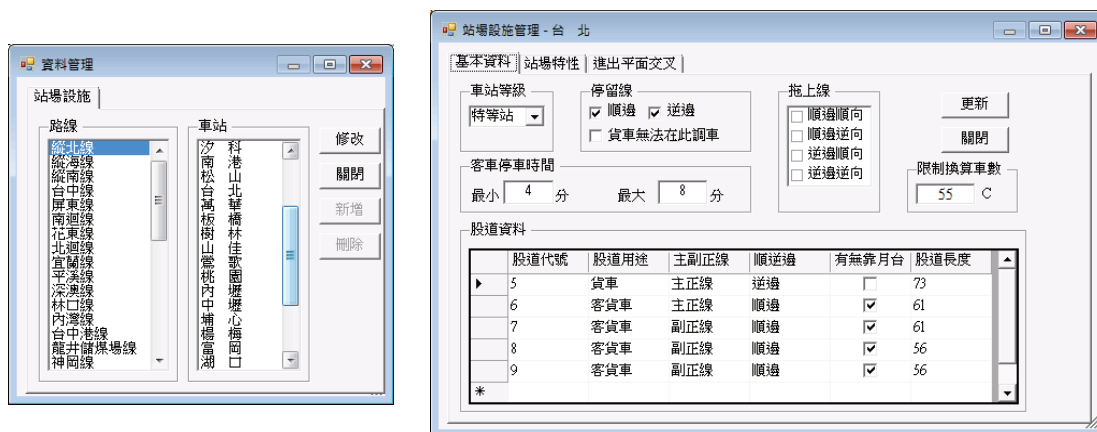


圖 3.6 臺鐵電腦排點軟體之場站設施編修畫面

(5)行車計畫

行車計畫編修是用來編輯某特定車次的行經線別、停靠站清單與停靠時間…等資訊，在排點系統裡扮演初始班表的角色，其畫面如圖 3.7 所示。

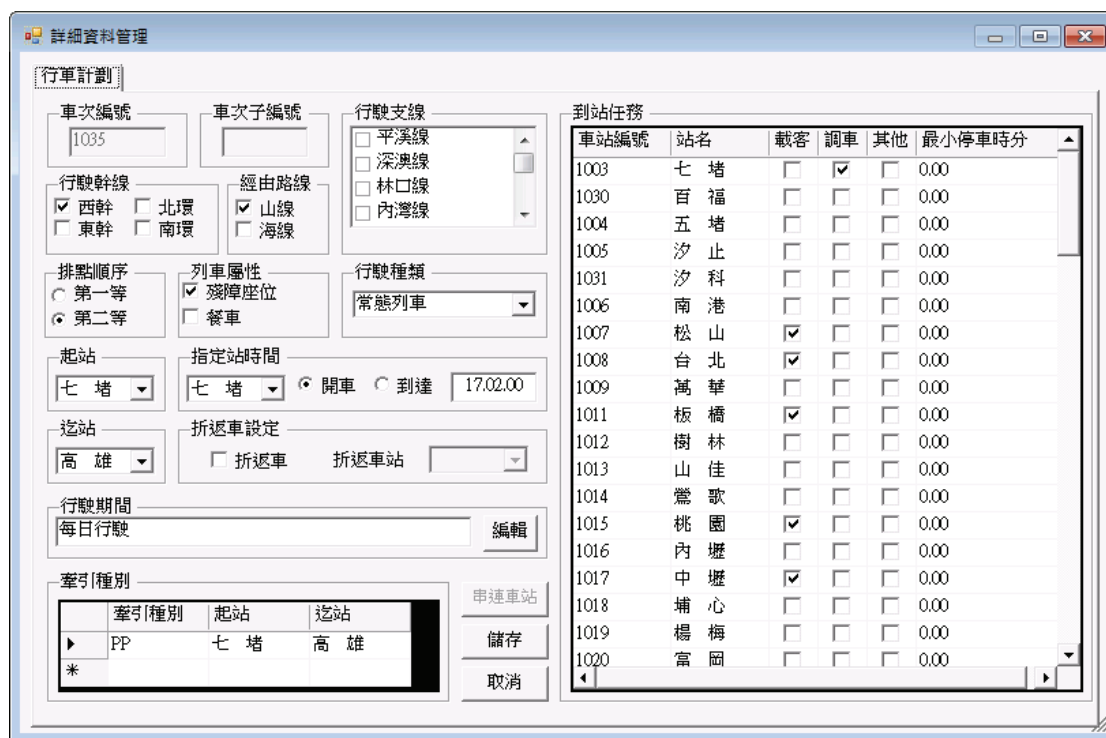


圖 3.7 臺鐵電腦排點軟體之行車計畫編修畫面

除了資料編修之外，臺鐵的電腦排點系統尚有許多功能，其中運用最為頻繁的是圖表列印子系統，可印製的圖形包括：基本運行圖、有時刻基本運行圖、一分格運行圖、不定期客貨運列車運行圖、臨時旅客列車運行圖、全線貨物列車運行圖…等。

近年臺鐵局另外建置衝突檢查子系統，系統畫面如圖 3.8，排點人員可編修各車次的於各站的到開時間，且同時可檢視列車時空圖與衝突資訊。

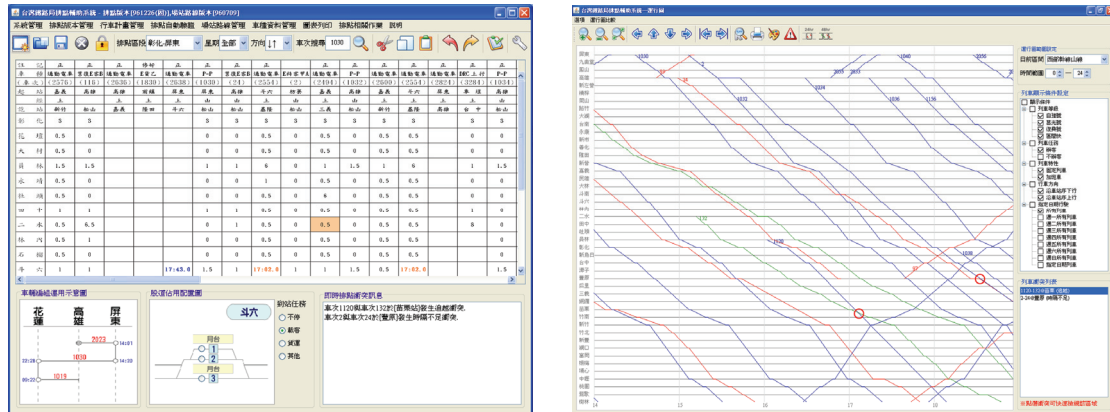


圖 3.8 臺鐵電腦排點軟體之衝突檢查畫面

2.臺灣高鐵系統

臺灣高鐵的列車排點系統為臺灣新幹線株式會社協助提供的維護管理暨營運資訊系統－MMIS(O)，其全名為 Maintenance Management Information System (Operation Function)，該系統除了列車排點功能之外，尚包括列車組運用、司機員運用等功能，其系統架構如圖 3.9，而列車排點作業畫面則如圖 3.10。由於臺灣高鐵系統相較於臺鐵系統較為單純，MMIS(O)目前使用狀況堪稱順利，但根據實務人員表示，該系統的規劃結果仍需人工進一步調整方能使用，雖然已可節省許多人力，但仍無法達成全自動化的目標。

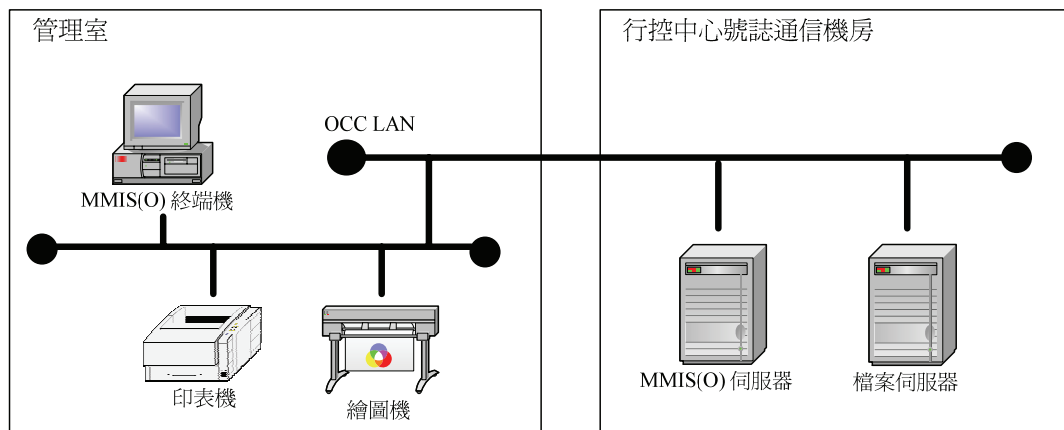


圖 3.9 MMIS(O)系統架構

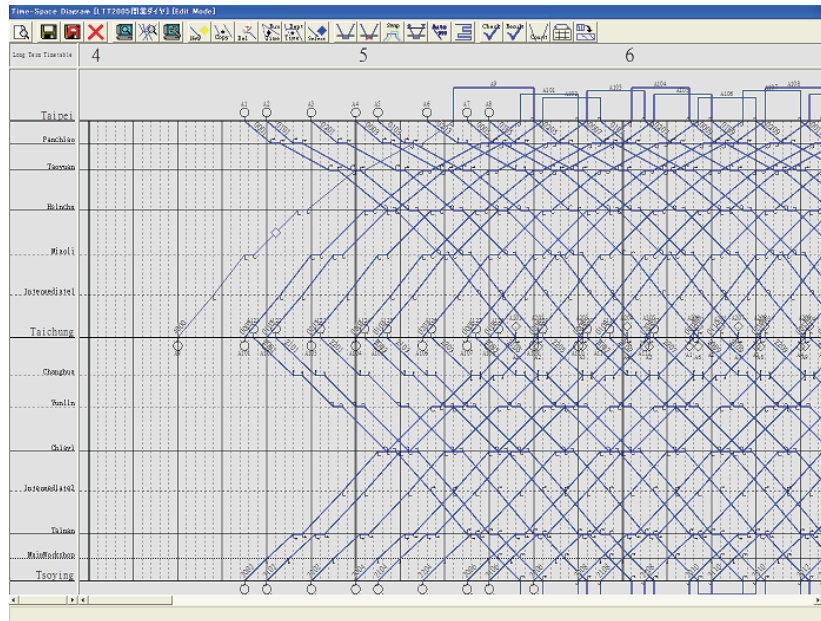


圖 3.10 MMIS(O)一般列車運行圖規劃之操作介面

排點輸入參數部分，在 MMIS(O)的系統規格中有一個名為「Planning Data Management」之模組，用來管理規劃資料。雖然目前本研究無法全盤蒐集該模組資料，但從其他相關文獻資料中可確定的排點資料特性有兩項，以下分別說明之：

(1)運轉時隔非統一常數

由於每個車站的號誌系統配置不同，因此運轉時隔亦會隨車站、南下/北上方向而有所不同，即使是同車站方向同車站，亦會考慮先行/續行列車的停站與否而不同，臺灣高鐵共考慮 8 種同向時隔及 2 種反向時隔如表 3.1，每一個車站會有不同設定值，但均以 0.25 分鐘（15 秒）為最小基本單位。

表 3.1 臺灣高鐵系統考慮的運轉時隔種類

適用方向	同向時隔								反向時隔
	發—發	發—通	通—發	通—通	發—著	著—著	著—通	通—著	發—著
下行列車									
上行列車									

註解 1：發=發車，通=通過，著=到達。

(2)基準運轉時分考慮列車通/停之差異

臺灣高鐵排點系統承襲日本新幹線的輸入資料設計，其基準運轉時分的輸入設計如表 3.2，其中 t_1 與 t_4 為列車於前後兩站均通過的運轉時分； t_2 與 t_5 為列車於該區間因減速停車進站所需增加的運轉時分； t_3 與 t_6 為列車於該區間因起步加速離站所需增加的運轉時分。

表 3.2 臺灣高鐵基準運轉時分輸入格式示意表

南下方向運轉				北上方向運轉			
站名	列車通過 運轉時分	增加運轉之時分		站名	列車通過 運轉時分	增加運轉之時分	
		進站減速	離站加速			進站減速	離站加速
車站 A	--	--	--	車站 A	--	--	--
車站 B	t_1	t_2	t_3	車站 B	t_4	t_5	t_6
車站 C	--	--	--	車站 C	--	--	--

運轉時分以此種方式建置時，無論各式的列車停靠均能透過表 3.3 的計算方式來求算正確的基準運轉時間。

表 3.3 兩車站間各種通停組合之基準運轉時分計算表

列車於各站的通停情境		車站 B → 車站 C	車站 C → 車站 B
車站 B	車站 C	運轉時分	運轉時分
通過	通過	t_1	t_4
通過	停靠	$t_1 + t_2$	$t_6 + t_4$
停靠	通過	$t_3 + t_1$	$t_4 + t_5$
停靠	停靠	$t_3 + t_1 + t_2$	$t_6 + t_4 + t_5$

3.臺北捷運系統

臺北捷運系統目前有中運量與高運量兩種系統，其中文湖線為中運量系統，其他路線則為高運量系統。中運量系統因路線及場站設施較為單純且採用自動化控制系統，因此列車排點作業可完全自動化處理。而高運量系統則仍需藉由人工利用微軟 Excel 試算表排點，輔以自行開發的 VBA 巨集程式來輔助衝突檢查並自動轉為 Xml 格式檔案後，再匯入 OGT 工具（Offline Graphical Timetable）進行後續處理。該工具除了具有時空圖繪製與展示的功能外，亦可匯出供行控中心號誌電腦讀取的檔案。完整的作業流程主要畫面如圖 3.11。

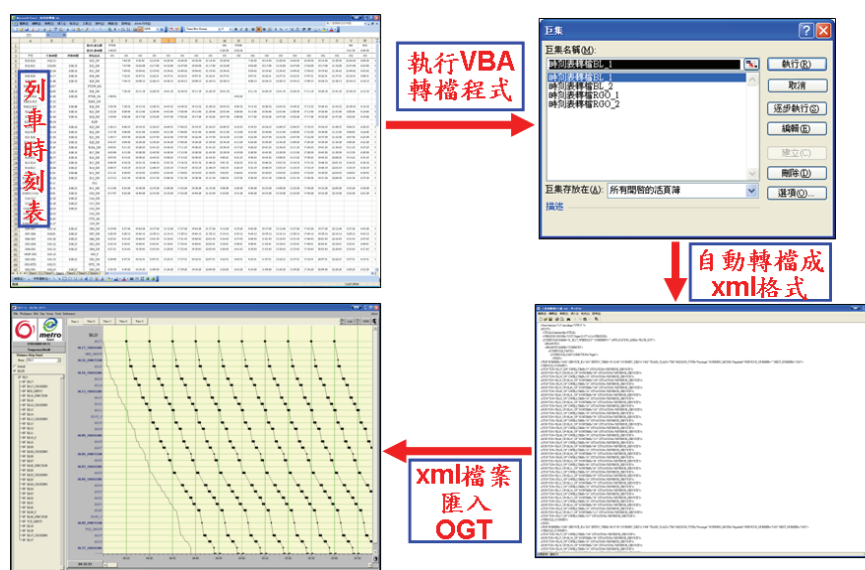


圖 3.11 臺北捷運高運量系統排點作業主要畫面

至於排點參數的部分，由於捷運系統為單一車種且無追越待避行為，車站軌道配置亦較為單純，故無論是場站設施或運轉時隔等輸入參數均較為單純，僅有折返站、中央避車線及路線分歧處（例如古亭站）的軌道配置與運轉時隔較為複雜。

4.高雄捷運系統

高雄捷運的列車排點工具係由機電廠商西門子（Siemens）連同號誌系統一併提供，其名為 FALKO System，此軟體安裝於 Unix-base 之作業系統的工作站上，規劃人員透過營運區段、班距、過站不停等設定完成初始班表，系統會顯示列車衝突點，待規劃人員逐一排解至無衝突後，可存檔並以 USB 儲存裝置攜至號誌電腦匯入，作為 ATO 運轉的依據。相反的，亦可將號誌電腦匯出的檔案匯入到 FALKO 進行編修。整體而言，是一套高度客製化並與號誌電腦緊密結合的排點系統。

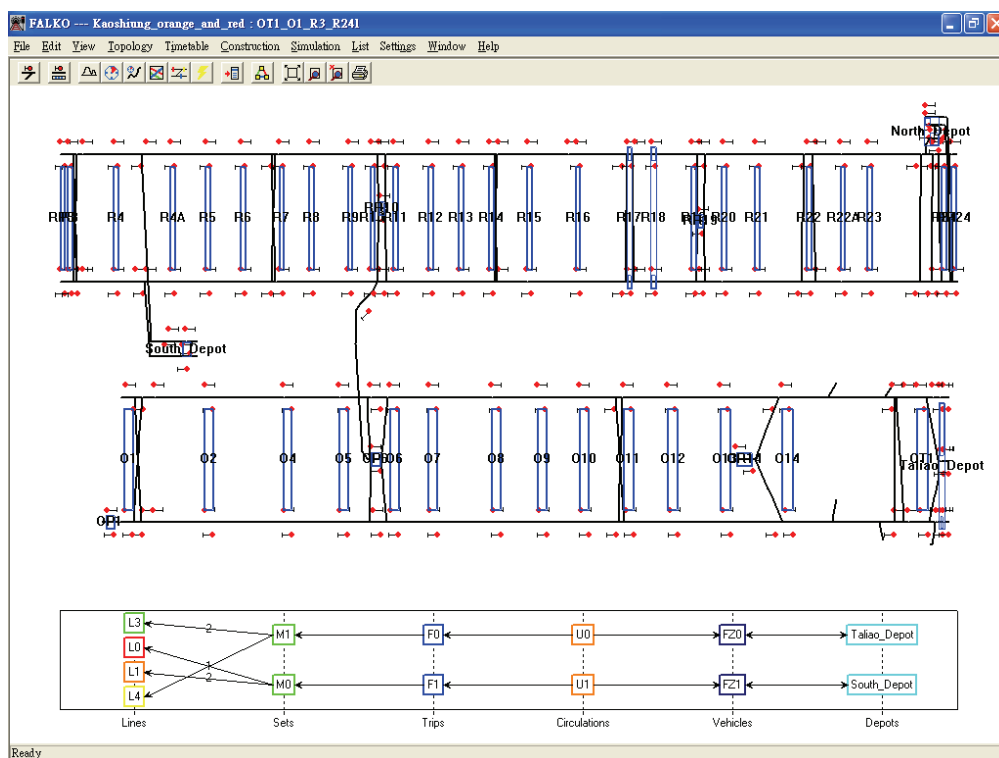


圖 3.12 高雄捷運 FALKO 排點系統畫面

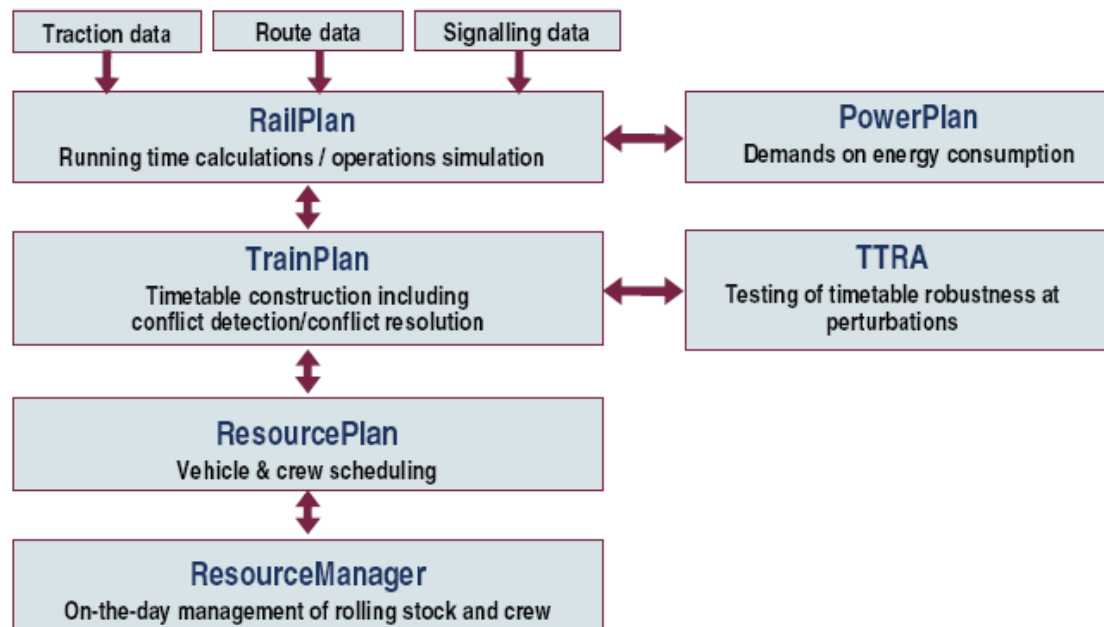
3.1.2 國外鐵路排點系統

鐵路產業相對封閉，欲取得國外鐵路營運單位使用的排點軟體較為困難，因此本節介紹的排點軟體均以商用軟體為主，以下將逐一介紹 Funkwerk、RAILSIM、SIMONE、VISION、RailSys、RTC 等商用軟體。

1. Funkwerk

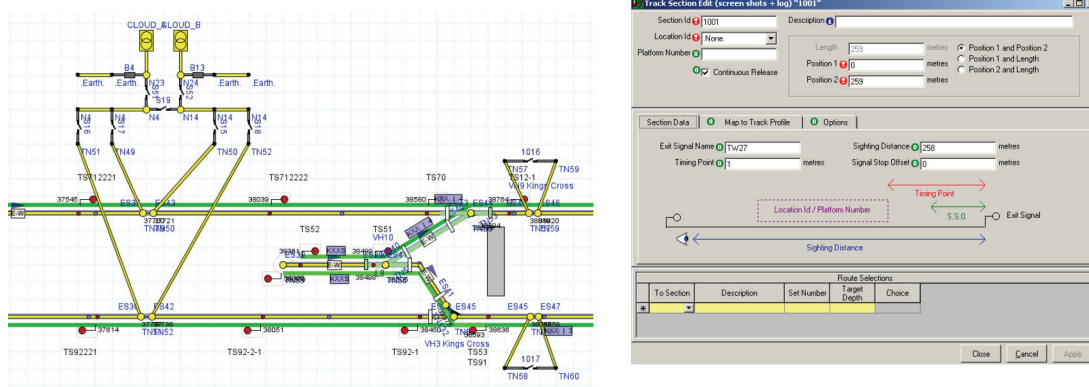
Funkwerk Information Technologies 為一家來自英國的鐵路資訊技術公司，旗下的分析軟體架構如圖 3.13，就本研究計畫的工作項目範圍來說，主要包含圖

3.13 的「Route Data」、「Signaling Data」、「RailPlan」以及「TrainPlan」模組。有關參數管理的部分請見圖 3.14 的路線設定以及圖 3.15 的號誌時隔設定，而時刻表建置模組除了常見的衝突偵測/排解外，亦包含了班表可靠度評估檢視，如圖 3.16 所示。



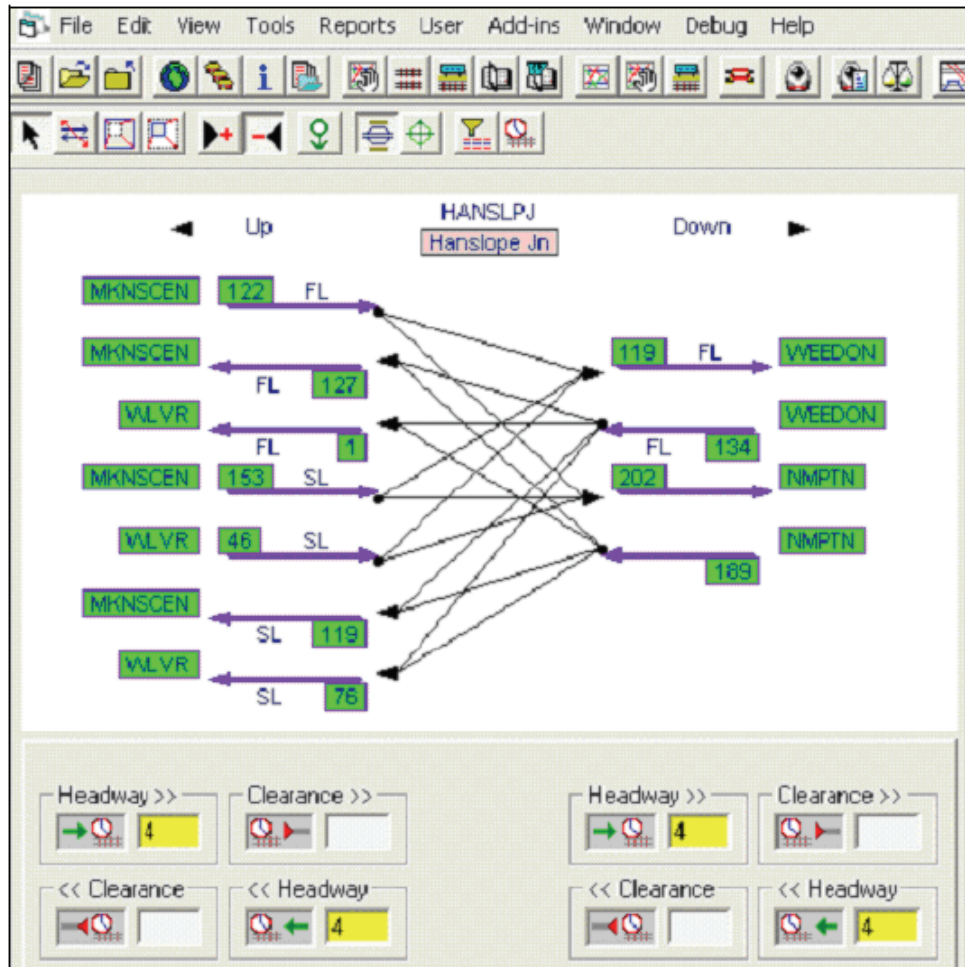
資料來源：[47]

圖 3.13 Funkwerk 商用鐵路軟體架構圖



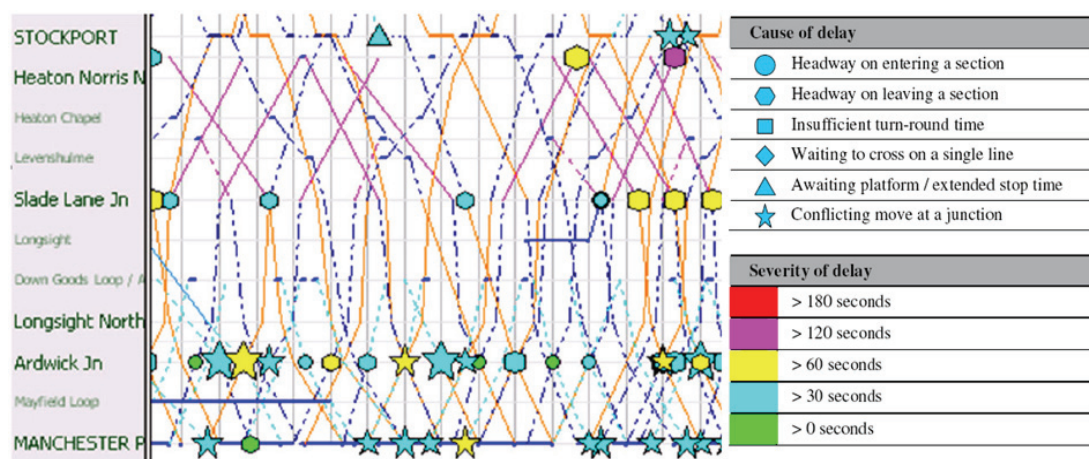
資料來源：[47]

圖 3.14 Funkwerk 商用鐵路軟體之路線設定畫面



資料來源：[43]

圖 3.15 Funkwerk 商用鐵路軟體之號誌時隔設定畫面

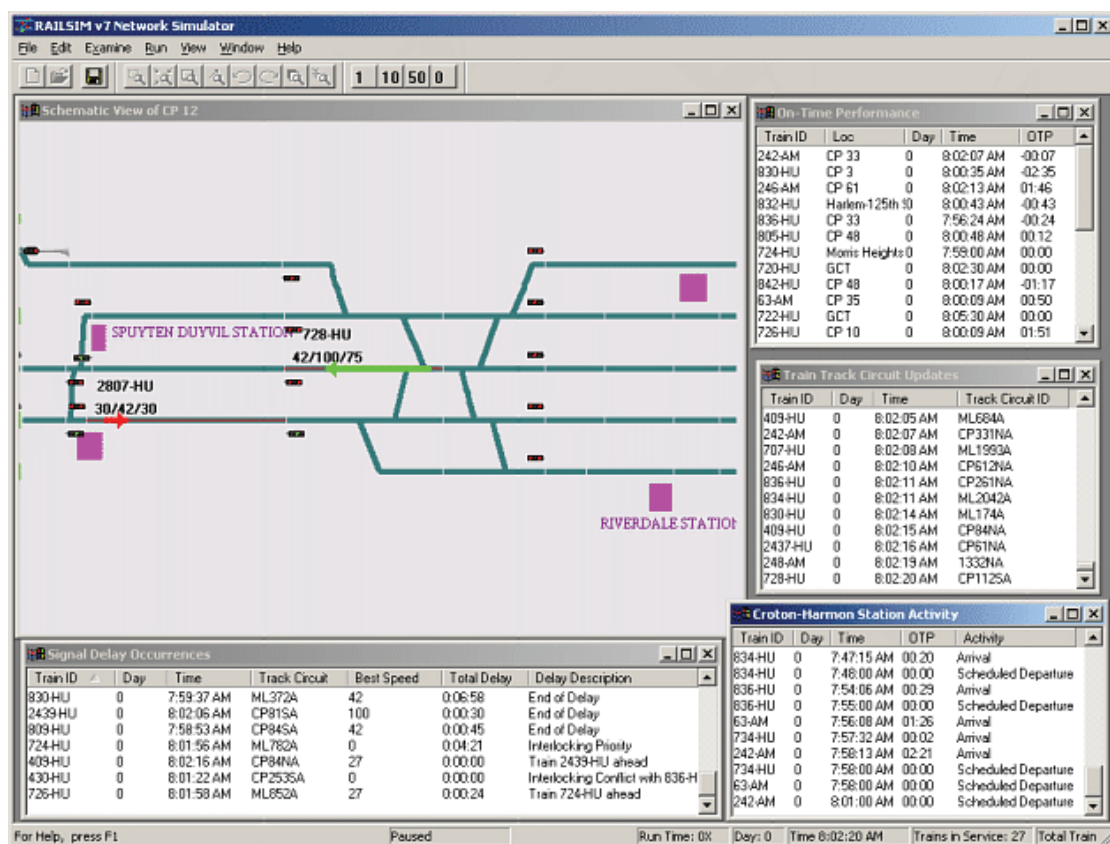


資料來源：[43]

圖 3.16 Funkwerk 商用鐵路軟體之班表可靠度檢視圖

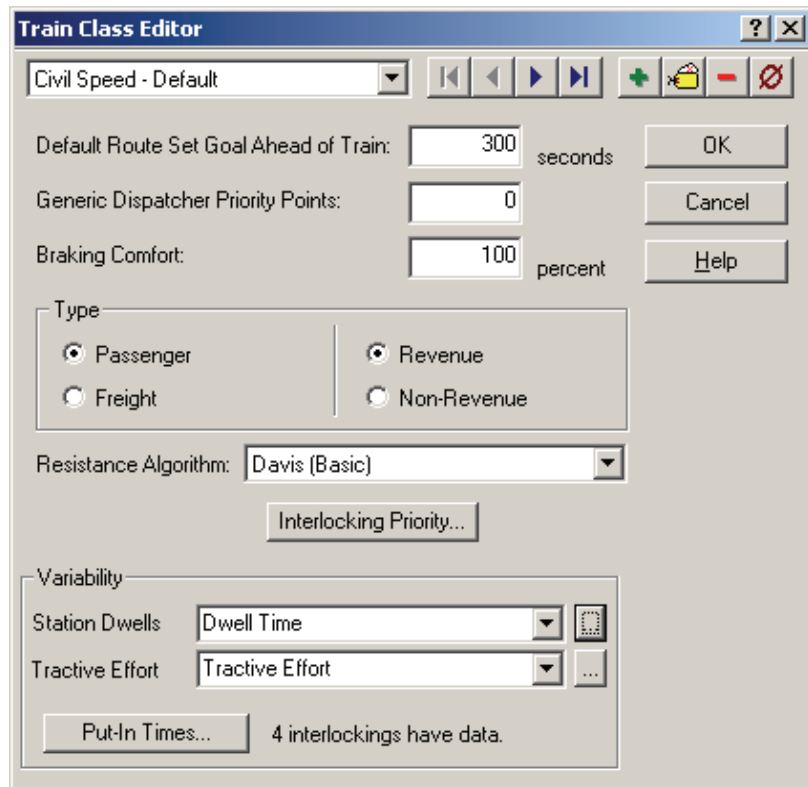
2. RAILSIM

RAILSIM^[65]是由美國 SYSTRA 顧問公司所開發，為一相當完整之鐵路分析軟體，主要運用包括：鐵路設備投資規劃、號誌系統分析、時刻表及運轉計畫規劃、旅次分析、路線容量分析、地理資訊系統等。RAILSIM 包含 13 組套件，使用者可以視其需要安裝適當的套件。其中與本計畫的排點基本資料庫較直接相關的模組為「RAILSIM Editor」、「Rolling Stock Libraries」、「Track Profile Generator」與「Headway Calculation Add-On」等，與鐵路排點相關的模組則是「Network Simulator」模組。圖 3.17 與圖 3.18 分別摘錄該軟體的路線編修與列車編修畫面，而圖 3.19 則是該軟體以 Report Generator 模組展示排點結果之截圖。RAILSIM 已獲美國、加拿大及新加坡等國許多鐵路運輸系統與工程顧問公司採用，顯示該軟體已具備相當的實用性。



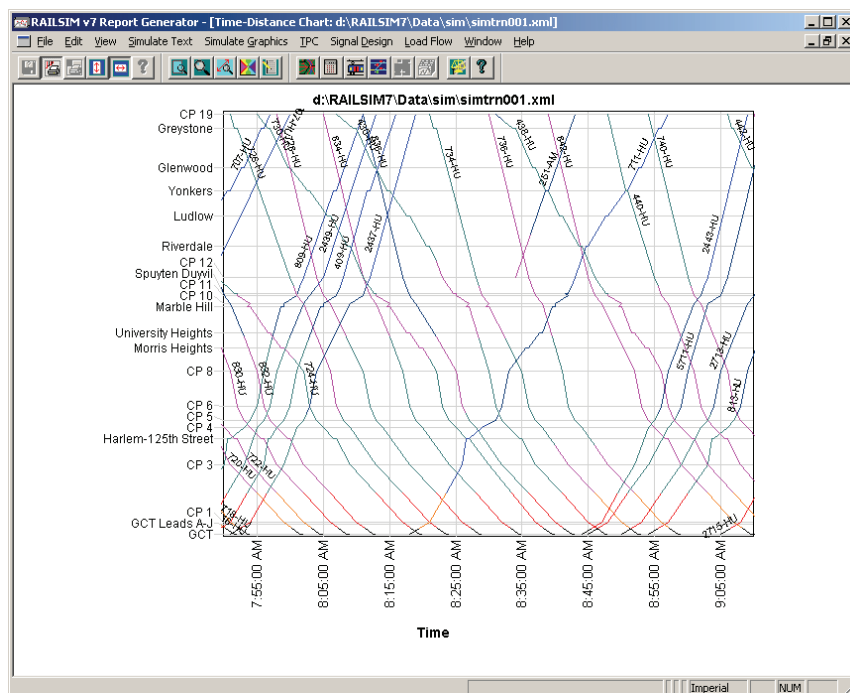
資料來源：[65]

圖 3.17 RAILSIM 之路線參數編修畫面



資料來源：[65]

圖 3.18 RAILSIM 之列車參數編修畫面



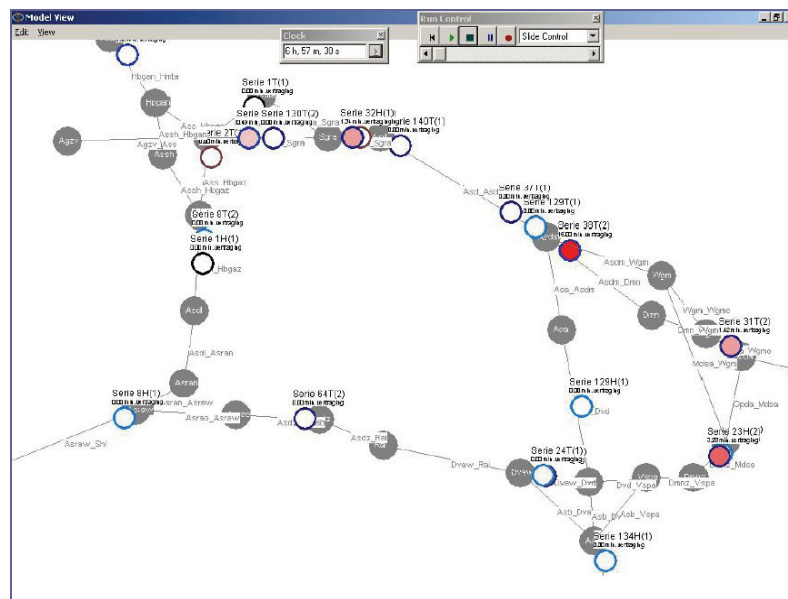
資料來源：[65]

圖 3.19 RAILSIM 之排點結果匯出畫面

3. SIMONE

SIMONE(Simulation Model for Networks)軟體是由荷蘭的 Railned(即 Prorail，荷蘭軌道設施維護單位)與 Incontrol Enterprise Dynamics 公司合作開發^[48,66]，該軟體是以 DONS-simulator (1997 年開發)為基礎所開發。

SIMONE 為一利用 Arena 3.0 專業版所開發的離散事件模擬工具，該軟體可以產生、模擬、分析大型軌道路網，具有評估時刻表強健與否、分析延滯之產生與影響、路網瓶頸之偵測、量化不同軌道設施配置之延滯等功能。模式共計有模擬設定、路網設定、統計分析、時刻表、車站、連結共六個模組，最後兩個模組是用於建構路網，此工具擁有存取 DONS (Designer Of Network Schedules) 排點系統裡的荷蘭鐵路資料庫之能力，直接存取資料庫中的路網、軌道、設施、流量需求以及時刻表等資料。圖 3.20 以該軟體呈現 Amsterdam 區域之路網，圖中可見各列車模擬過程之位置及延滯時間等資訊。較值得說明的是 DONS 中的荷蘭鐵路資料庫有開放介面讓其他軟體或模式使用，除了本節介紹的 SIMONE 軟體之外，Hooghiemstra^[46]利用該資料庫建構時刻表模擬模式，Zwanevelcf^[67]利用該資料庫建構決策支援系統。

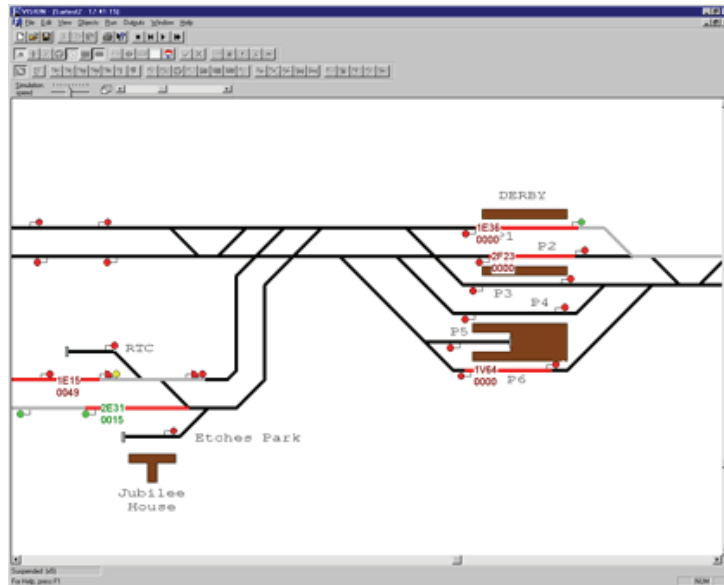


資料來源：[66]

圖 3.20 SIMONE 的模式檢視操作畫面

4. VISION

VISION (Visualization and Interactive Simulation of Infrastructure and Operations on rail Networks) 為英國的 AEA Technology Rail 公司所開發的著名鐵路模擬軟體，我國交通部高速鐵路工程局於民國 83~84 年間雖曾引進，但相關學術論文資料鮮少提及，目前搜集到該軟體的介紹較少，僅知道其至少包含軌道佈設、號誌機等設施之編修功能如圖 3.21，此外亦可透過視窗操作來觀看並控制模擬的進行。



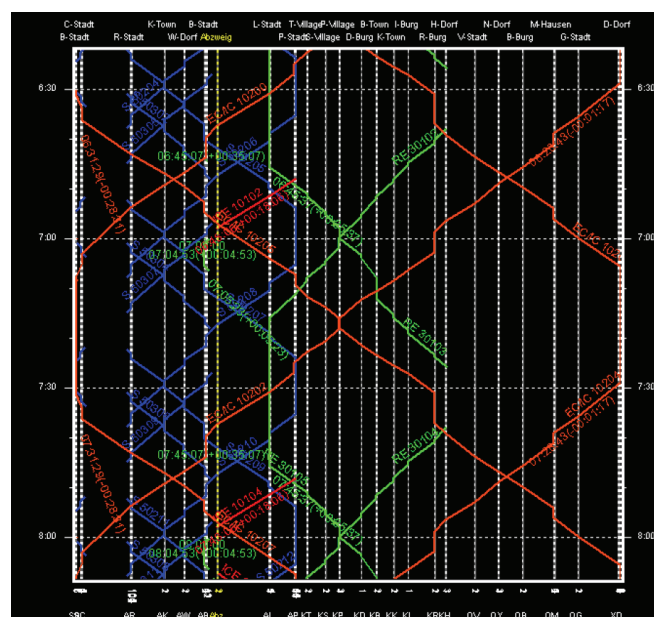
資料來源：[30]

圖 3.21 VISION 操作畫面

5. RailSys

RailSys 是由德國 RMcon 公司所發展的一套整合路網編修、時刻表產製、時刻表模擬分析、與維修規劃的軟體，其時刻表產製的過程乃建構在使用者編修的路網之上，使用者可自行設定閉塞區間、車站股道、號誌等資料，且 RailSys 提供了方便修改上述資料的介面。

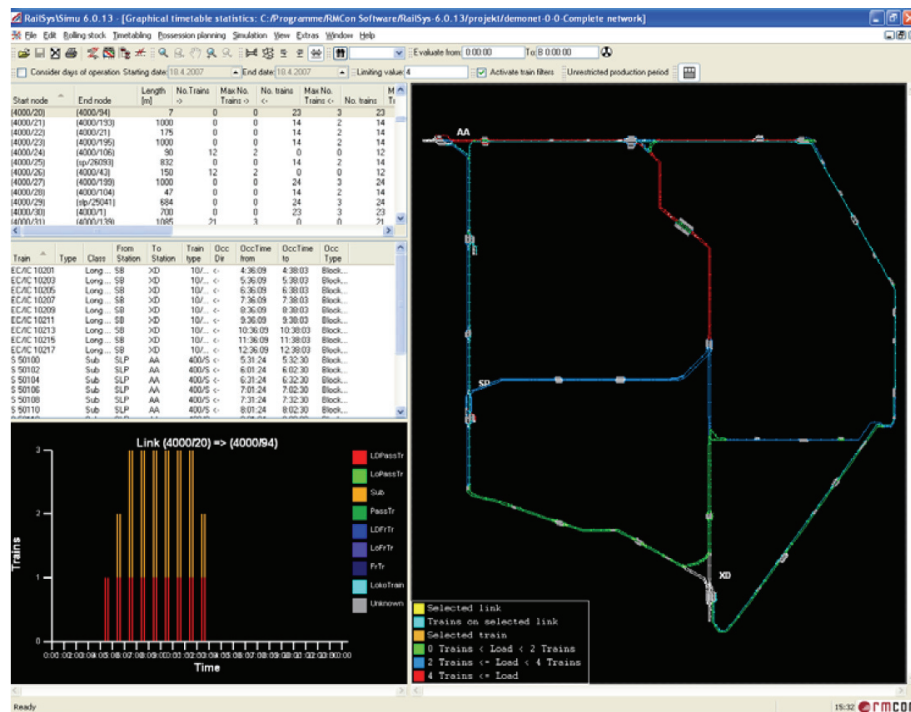
RailSys 提供自動化的衝突排除功能，使用者可選擇欲排除衝突的班次並設定排除的偏好，例如是否偏好該班次原本使用的股道、是否可以利用不鄰月台的股道等，最後產製的班表如圖 3.22 所示：



資料來源：[64]

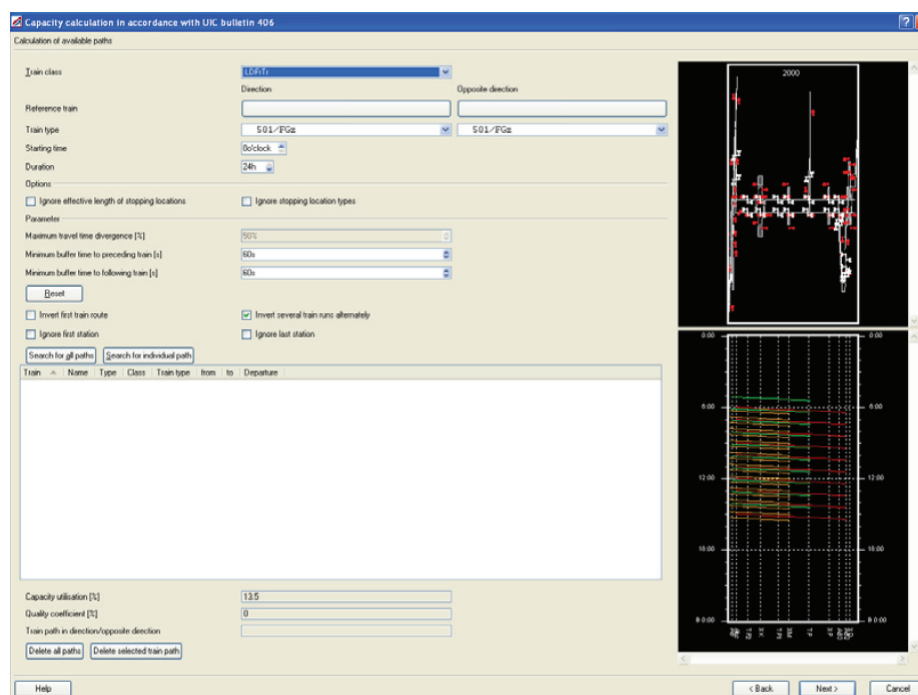
圖 3.22 RailSys 時刻表檢視介面

由於 RailSys 在建置時刻表之前已輸入包括號誌、速限等路網資訊，故系統介面亦能同時檢視列車運行速度曲線或容量佔用等資訊，供分析時刻表績效之參考，如圖 3.23 所示，此外，RailSys 也採用 UIC 的方法，藉由壓縮列車運行時空圖的方式評估路段的容量，如圖 3.24 所示。



資料來源：[64]

圖 3.23 RailSys 時刻表績效檢視介面



資料來源：[64]

圖 3.24 RailSys 容量評估介面

時刻表模擬也是 RailSys 提供的另一項功能，使用者可檢視列車實際運作情況，並實際了解列車因衝突發生交會待避的運作情形，其介面如圖 3.25 所示。

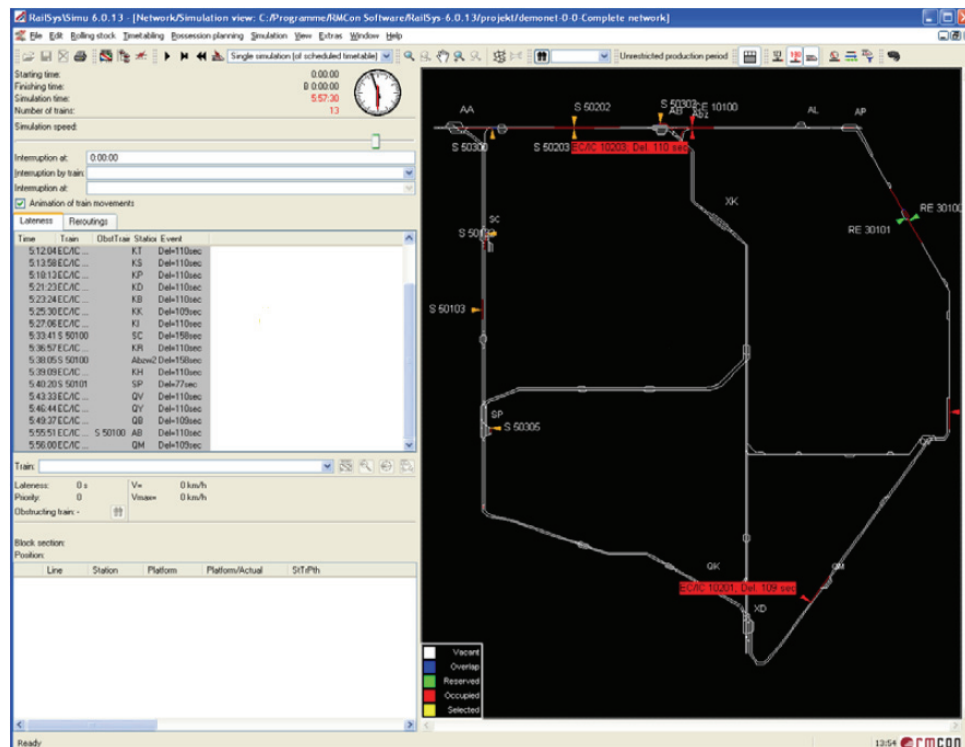


圖 3.25 RailSys 時刻表模擬介面

6. RTC

RTC 乃美國 BSS 公司（Berkeley Simulation Software company）開發的一套鐵路營運模擬規劃軟體，使用者可透過建置的路網模擬分析列車實際運行時的各種績效，例如交會待避時間、列車延滯時間等。RTC 的路網構建介面如圖 3.26，可設定速限、列車行駛方向、坡度、平均曲率半徑等路線資料，也可設定號誌、停車場、橫渡線等資料使後續模擬結果更符合實際情形。

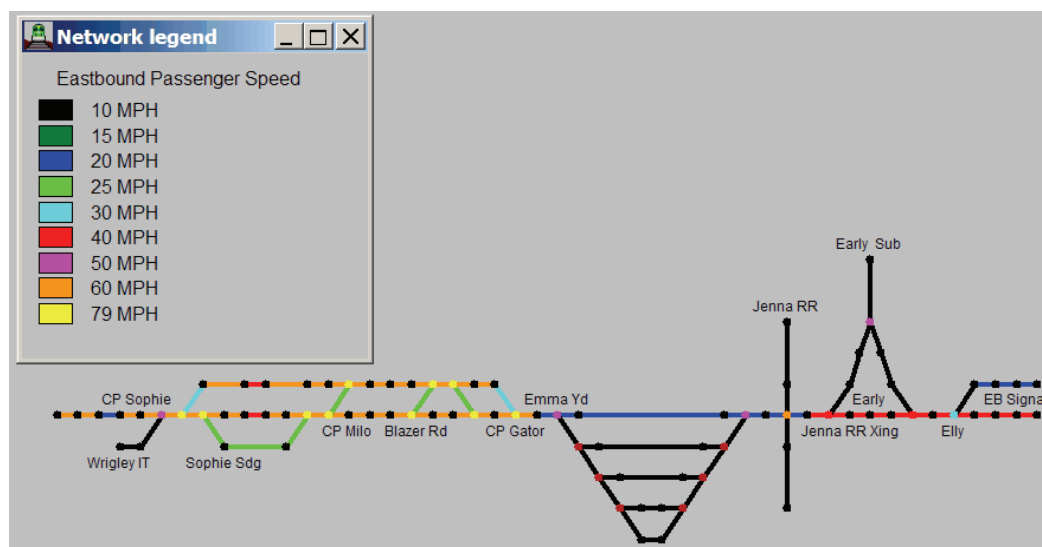


圖 3.26 RTC 路網編修介面

完成路網資料後，使用者須輸入客車與貨車資料，圖 3.27 為客車資料輸入介面，貨車介面大致雷同僅少數參數有所差別。

Train symbol :
Train type :
☒ Enabled
☐ Suppress warnings

Comments :

Linked train(s)

Origin :
Destination :

Initial conditions

Head-end speed :
Tail-end node :

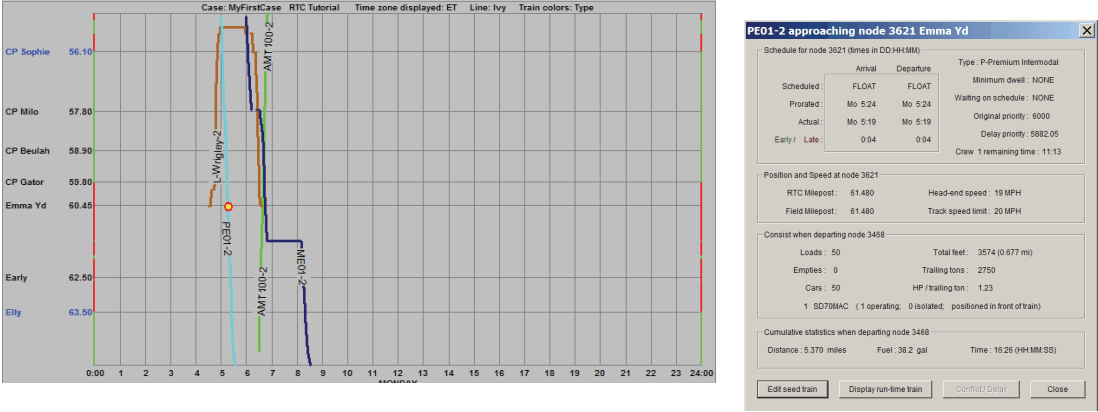
Frequency
Schedule
Consist
Pick up/Set out
Connection
Route misc
Parameters
TPC

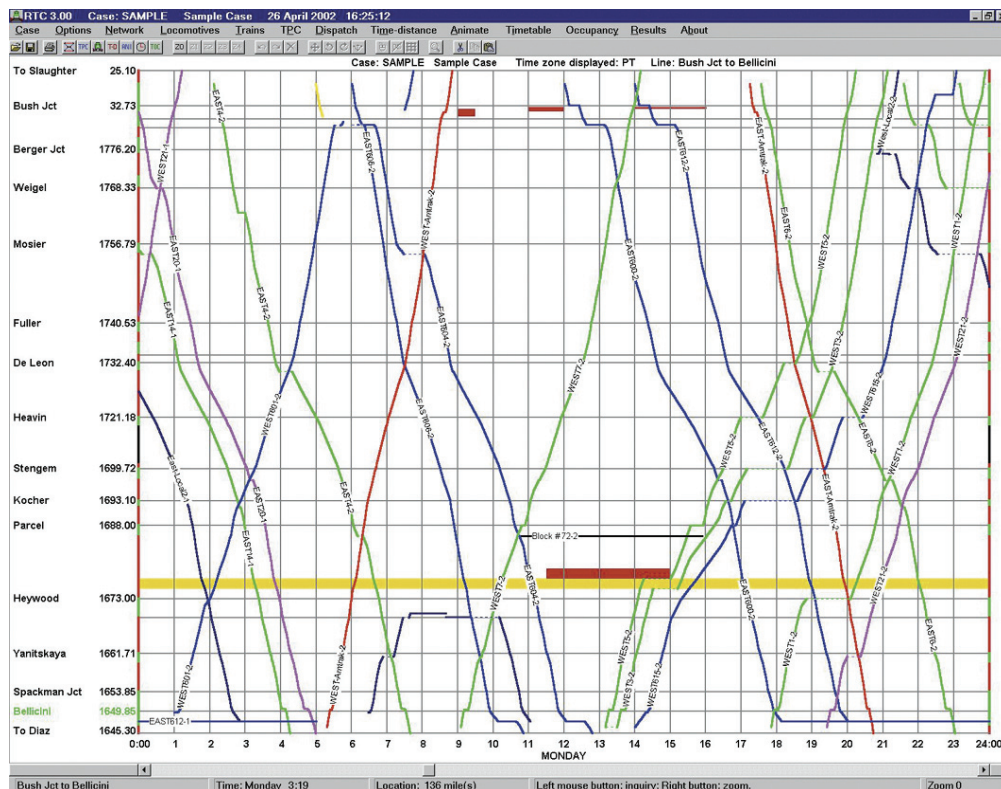
	Node	Node Location	Field Milepost	Requested Arrival DD:HH:MM	Requested Departure DD:HH:MM	Protect Depart Time ?	Minimum Dwell HH:MM:SS	Patrons on Departing Train	Departing Coaches
1	#4951	WB Signal	64.600	FLOAT	6:30	No	0	500	5
2	100	MP 55 - Ivy Sub	55.000	FLOAT	FLOAT	No	0	500	5

Type of Departing Locos	Loco Train Position	Locos Running	Trailing Departing Tons	Trailing Departing Feet	Departing Direction	Max Speed	Alt Node OK?	Departing Color	Crew #
F59PH	Front	1	0	0	West	100	Yes	Yellow	1
F59PH	Front	1	0	0	West	100	Yes	Yellow	1

圖 3.27 RTC 客車資料輸入介面

完成路網與列車資料後，使用者便可開始編修時刻表，RTC 提供容易檢視的介面供使用者排除時刻表上的衝突如圖 3.28 所示，最後完成的列車時空運行圖如圖 3.29 所示。

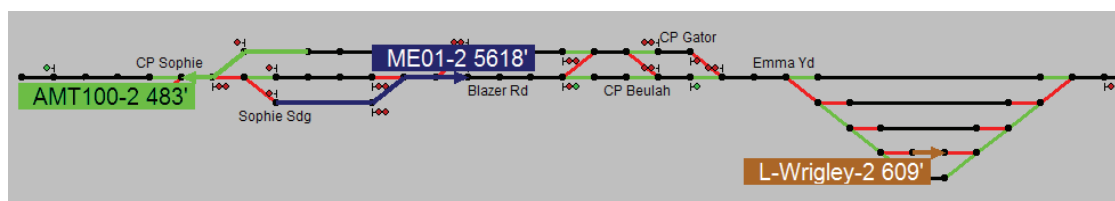




資料來源：[31]

圖 3.29 RTC 列車運行時空圖介面

RTC 還提供模擬檢視功能，使用者可從中觀察各列車延誤的地點與原因，此模擬功能亦可幫助營運業者檢視新增移除設備可能對系統產生的衝擊，模擬畫面如圖 3.30 所示：



資料來源：[31]

圖 3.30 RTC 運行模擬畫面

3.1.3 小結

根據前述國內外的鐵路排點軟體回顧，可歸納結論如下：

1.電腦軟體僅是輔助工具

大多數的軟體在實務運用時，均需適當的人工介入，並沒有所謂的完全自動化（One Click）功能，即使是運轉方式相對單純的捷運系統，或者是車站數少、系統先進、移轉自日本新幹線的臺灣高鐵排點系統亦是如此。另外，根據擔任國際鐵路營運研究協會（International Association of Railway Operations Research,

IAROR) 理事的世界知名列車排點專家富井規雄教授^[13]表示，若要完整考量所有列車排點的實務細節，以互動式的決策支援系統比較符合實務運作的需要，全自動列車排點系統雖是長遠的目標，但現階段要落實應用仍與實務有很大的落差。

2.時刻表排點軟體只是營運管理系統的一部分

時刻表排點軟體通常會與其他模組相互結合，例如臺灣高鐵的 MMIS(O)就包含了車組運用模組、運轉時分及時隔計算模組等。而商用軟體的功能就更為全面，包括基準運轉時分計算、號誌時隔計算、供電系統分析、號誌系統設計、勤務人員排點等。

3.排點資料與排點演算法高度相依

各種軟體均有其專屬的參數與格式，考慮的變數也略有差異，但通常都與衝突檢核或自動排點的模式高度相依，僅有 DONS 系統裡的荷蘭鐵路資料庫廣為被多個軟體或模式應用。

3. 2 鐵路排點演算法回顧

無論國內外，應用電腦輔助列車排點已經有多年歷史，不但可提升作業效率，亦可增加行車計畫修訂的彈性，惟列車排點問題已被證實為 NP-Hard 問題^[33,32,59]，目前國內外均尚未提出標準的列車排點求解演算法，且世界各國之排點系統大多屬半自動的系統，尚未有全自動排點完全無須人為介入者，至於排點系統的演算法，大多則處於研究階段，以下就文獻中所記載的方法進行回顧。

文獻中所見求解方法相當多，很難明確加以分類，若以模式的結構以及求解邏輯來分，可概分為(1)數學規劃法 (Mathematical Programming)；(2)啟發式解法 (Heuristic Algorithms) / 人工智慧法 (Artificial Intelligence)；(3)模擬分析法 (Simulation Analysis)，此處所謂的數學規劃法係指建構數學模式（線性規劃、整數規劃、非線性規劃或混合整數規劃）並採用傳統的求解方法，例如分枝定限法或變數產生法，有些數學規劃模式會結合一些啟發式演算法搭配線性規劃模式求解，此類求解方法亦歸屬於數學規劃法。至於沒有明確的數學定式 (Formulation) 而採用人工智慧或啟發式演算法求解者，則歸屬於啟發式演算法。以下分節說明比較。

3. 2. 1 數學規劃法

數學規劃法是直接將列車排點問題模化成數學規劃模式，再根據模式的結構特性選擇適當的方法來求解。直接以數學規劃法求解列車排點問題所得到的精確最佳解，但由於模式複雜需要大量運算時間，而實務問題的模式規模通常非常龐大，求取精確最佳解所需時間相當長，因此除了少部分示範性的研究會以小型

案例直接以數學規劃法求得精確解之外，大部分的研究多採用其他演算法配合數學規劃法來求解，雖然會犧牲解的品質，但可提升運算效率。另外，採用數學規劃程式求解時，受制於模式特性與求解效率，或多或少會對實務問題作一定程度的簡化，故即使求得最佳解，也僅是針對此簡化模式而言，未必符合實務情形。

Jovanovic 及 Harker^[51]曾發展 SCAN I 決策支援系統來輔助排點作業，其模式為 0-1 混合整數規劃模式，模式的求解是採用分枝定限法（Branch & Bound）來搜尋各種列車可能錯會車的地點，但由於方案的個數隨列車數以及錯會車地點的數目呈現非線性的成長，搜尋所有錯會車組合相當沒有效率，因此作者結合模擬分析法，以後分枝先搜尋的深度搜尋（Depth Search）策略快速產生可行方案，此種調整僅止於局部最佳化，不能保證獲得整體最佳解。

Kraay 與 Harker^[53]曾發展即時貨物列車排點模式，並發展兩種方法來求解，實證結果顯示局部搜尋策略所求得的解明顯優於啟發式解法，但卻需要更多的運算時間。由於多數數學規劃求解列車排點的模式是假設列車是以固定速度運轉（通常是最大速度），Kraay 等^[52]認為並不符合經濟效益，因此發展同時求解列車速度與列車交會待避地點的排點模式，並提出隱含列舉法、集合產生法及啟發式化簡法等三種求解方式，經實証分析，發現啟發式化簡法求得最佳解的機率很高，但整體而言，作者認為集合產生法配合啟發式化簡法才是最佳的求解方法。

Carey 及 Lockwood^[37]針對複線區間多速度別列車排點問題，發展 0-1 混合整數規劃模式。為了縮小問題規模，作者每次只增加一次列車來排點，而原先已排定列車之運轉順序則固定不變，並以分枝定限法來求解。由於每次增加一列車的排點方式並無法搜尋所有列車運轉順序的組合，因此所求得的解無法保證最佳化，此外該模式中並未考慮車站的軌道及月台容量限制條件，若車站內的軌道配置不足的話，有可能求得不可行解。Carey^[35]隨後擴充原模式，藉著將軌道及月台表示成一般性的路網來考慮列車停靠月台及行駛路線的選擇，因此間接地考慮軌道及月台容量限制條件；Carey^[36]更進一步擴充模式以考慮單複線混合運轉的列車排點問題，模式增加了列車對撞排除的限制式。

Higgins^[45]等針對單線運轉區間提出一個動態列車排點決策支援模式，目標式為列車延誤與運轉成本之最小化，模式結構為非線性混合整數規劃，採用分枝定限法來求解。求解過程首先忽略列車交會的限制式，求出包含列車衝突之最佳列車運轉時刻，再根據衝突發生的先後順序，選出最近一個列車衝突，藉由延誤其中一次列車來排除衝突，變動各種列車衝突解決方案來求得最佳解，研究結果顯示此種分枝定限法具有很好的求解效率，但模式中並未考慮車站的軌道容量限制，因此對於高服務頻率的鐵路系統，可能會產生不可行的列車時刻表。

Caprara 等人^[33]的研究係針對單軌單向列車排點問題，模式是以混合整數規劃構建，並以拉氏鬆弛法配合啟發式演算法求解，與其他研究不同的是，該模式有考慮站內軌道容量限制與運轉時隔限制，目標函數中亦包含了理想班表與實際班表的差異，並容許列車站間減速（站間運轉時分非定值）、增加停站時間、增停車站、調整起點站之出發時間或取消班車，來求解，同時該研究亦證明了單軌

單向列車排點問題為 NP-hard 問題。

在 Chierici 等^[38]的研究中，主要是探討規格化班表（Regular Timetable）的排點問題，規格化班表的優點是方便記憶，維持全天及所有起迄對良好的服務水準，對於尖峰時段則以加開班車來因應；離峰時段則以抽掉某些班次來因應，作者以非凸型非線性混合整數規劃建構模式，利用分枝定限法、啟發式演算法配合外部逼近法（Outer Approximation）來求解。

在國內研究方面，李治綱及謝汶進^[8]是以混合整數規劃來求解列車排點問題，主要概念是以 0-1 整數變數來表示列車於車站到開的先後順序，其目標式是使列車的總延滯最小化，模式的求解則是採用傳統的分枝定限法，受限於模式規模及求解時間，只能以 6 次列車 5 個車站來驗證模式，較為特別的是，許多國外的文獻並沒有考慮車站內的軌道容量限制，該研究則有考慮這部分的限制。

李宇欣等^[5]同樣以混合整數規劃建立單軌列車排點的數學規劃模式，但放寬了李治綱及謝汶進的模式中，同向列車不得相互超越兩次的限制條件，在問題的求解方面同樣是採用分枝定限法，其測試例增加為 10 次列車 4 個車站，但求解效率同樣不高。

李宇欣及陳立文^[4]在另一個研究中將列車排點拆解成錯會車問題及排點問題分別建立模式求解，前者用來決定錯會車計畫，後者則是根據錯會車計畫來求解列車在每一車站的到開時間，作者反覆求解錯會車以及排點問題，並以鄰近搜尋法來更新錯會車模式中的權重係數直到程式收斂為止，雖然此種設計可增加求解效率，但錯會車模式中之目標函數與排點模式的目標值並無直接的關係，因此錯會車計畫無法直接反應其所對應之時刻表的優劣。此外錯會車計畫僅安排可行的行進順序，並未建立實際運行列車與行進順序的關係，可能產生停站時間過久或不足的狀況，如果排點對象包含多種速度種別之列車，在實際運用時，可能導致許多列車延滯。

在周永暉等人^[10,9]的研究中，發展兩階段求解的非線性混合整數規劃模式，並以啟發式演算法求解，排點目標為列車載客營收與旅客旅行時間節省效益最大，基本概念是優先固定最少停站且滿載之列車，再依剩餘容量分配旅客需求進行排點，直到所有旅客都載運完畢為止。

在捷運列車排點方面，游雅惠^[15]的研究將捷運列車排點問題分成兩個部分，第一部份是列車指派問題，第二部分則是班次排點問題。所謂列車指派問題是將營運列車指派給基本班次時刻表（根據旅運需求產生），由於列車指派問題並沒有考慮運轉的限制條件，仍可能存在列車衝突，因此第二部分發展兩種啟發式演算法來排除列車衝突，第一種方法是不變動列車的發車時刻，而藉由改變列車在中途交會站的停車時間，並配合調整從機廠出發列車的時刻來滿足運轉條件；第二種方法則是直接調整列車的發車班距以及機廠班次的發車時刻來排除列車衝突。

蘇昭銘等人^[27]的研究則是以線性規劃來模化列車排點問題，模式目標是使排點結果與理想時刻表的誤差最小化，考慮的限制條件包括尖、離峰的服務班距、

列車折返時間、列車運轉時間，以及平面交叉與合併點的運轉時隔等，缺點是未考慮列車數是否滿足營運車輛的限制。作者以淡水－新店線為例來驗證模式，但捷運公司實際營運路線中，南勢角－北投線與淡水－新店線在北投站與古亭站之間為重疊區間，作者的模式並沒有考慮到這項因素，與現況有較大的落差。

由於從許多研究中可知，混合整數規劃中的 0-1 變數為影響列車排點求解效率的關鍵，為提升混合整數規劃求解效率，鍾志成等^[26,25]利用基因演算法來調整列車的到開順序，使對應的 0-1 變數具有實質的物理且無不合理的現象，再據以建構線性規劃模式來求解，經實驗證明此種數學規劃結合人工智慧法可以大幅提昇求解效率，並可處理大型列車排點問題，惟該模式中並未考慮列車使用軌道對運轉時間以及運轉時隔所造成的差異，故仍有改進的空間。

而 Lee and Chen^[55,56]則是採啟發式演算法配合數學規劃法來完成問題的求解。該演算法是以一個可行的班表開始，以回合演算的方式持續改善解的品質，直至解得可用的優良班表停止。該演算法每回合有四個階段，第一個階段以鄰近搜尋法小幅度改變列車通過各站間的順序；第二階段則是利用純 0-1 整數規劃模式來決定各列車通過各車站時所佔用的股道；第三階段則是利用不包含整數的純線性規劃模式來求解各列車通過各站內股道的順序；第四階段則是使用另一線性規劃模式來求解完整班表。在現有的軟硬體條件之下，該研究聲稱可以求解大型的問題，惟模式中並未考慮車站內股道的差異（主/副正線及是否臨月台面）以及列車使用股道的限制，而將所有股道視為一致，故與實務仍有落差。另外，該研究所提出的方法需要列車行經每一小段軌道區間的運轉時間，實務上並無法提供這些資料，且運轉時間與列車的進路設定及停站與否有關，但模式中並未考慮這些細節。此外，該模式需要列車行經每一小段軌道區間的運轉時隔，惟此種時隔與列車運行方向、進路設定以及停站與否有關，排點實務上並無這些資料，故要落實到實務問題仍有許多問題尚待克服。

此外，Chung, Oh and Choi^[39]利用混合整數規劃模式配合基因演算法來求解韓國鐵路系統的排點問題。該模式納入各編組行駛里程的平衡、過夜基地的容量與維修里程的有效使用等額外考量因素，但卻未考慮最重要的衝突排除問題，因此，其成果僅能運用於簡略的系統規劃，而無法求解可用之列車時刻表。

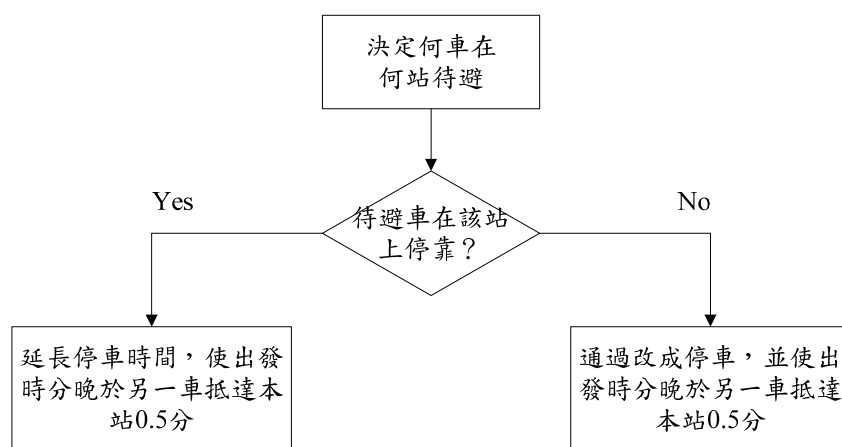
韓國學者 Caprara, Fischetti and Toth^[34]則是使用混合整數規劃模式求解規格班表，該模式可決定各列車佔用各車站的股道與股道的使用順序。但為了降低模式的複雜程度，該模式僅考慮單線、線狀（不分岔）軌道，並僅限於單一行車方向。雖然該模式已大幅簡化，但直接求解仍相當困難，故利用拉式鬆弛法配合啟發式演算法來求得近似解。但由於前述的限制，使得該演算法無法實際運用。

3.2.2 啟發式演算法

啟發式演算法並沒有特定的結構，而是根據列車排點的限制條件，以特定的排點邏輯逐步完成運行表的製作，也有研究採啟發式演算法配合數學規劃法來完

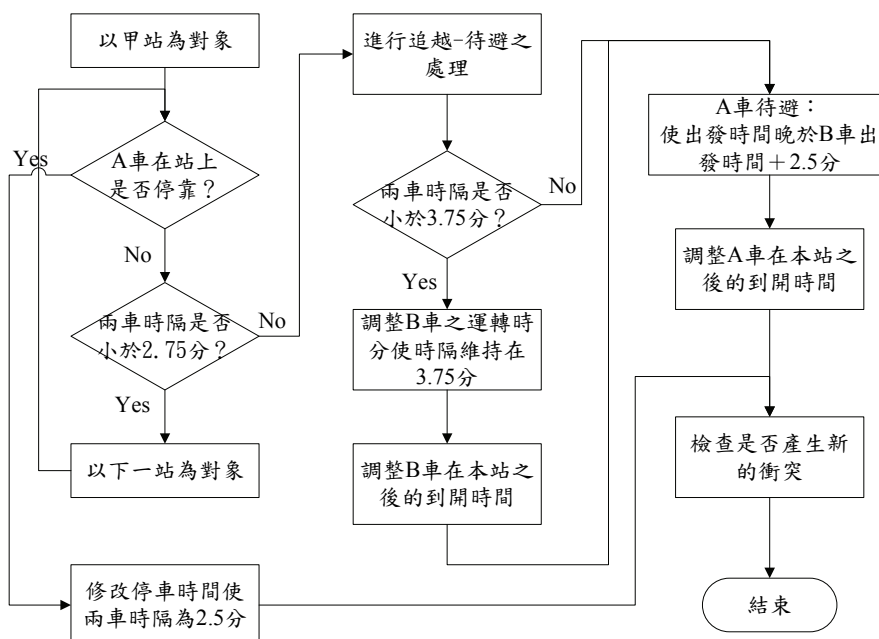
成問題的求解。

啓發式演算法中著名的方法包括列車序法及車站序法。早年臺鐵局排點系統就是以列車序法為基礎，其主要的邏輯是依列車等級的高低（例如依自強/莒光/復興），先排定高級列車在每一車站的到開時刻，再依序完成其他等級列車的排點；當較低等級列車與高級列車產生衝突時，高級列車的時刻不再改變，而僅調整較低等級列車的時刻來排除衝突，該演算法考慮的衝突包括運轉時隔衝突、站間碰撞衝突與站內碰撞衝突。衝突解決的方式包括「錯開軌道」、「左右移開列車」，以及「列車待避」三種方式，部分排除程序分別如圖 3.31~圖 3.33 所示。除了臺鐵局之外，許朝勝與洪軍焜^[12]所發展的 Super501 電腦排點系統亦是採用此方法。



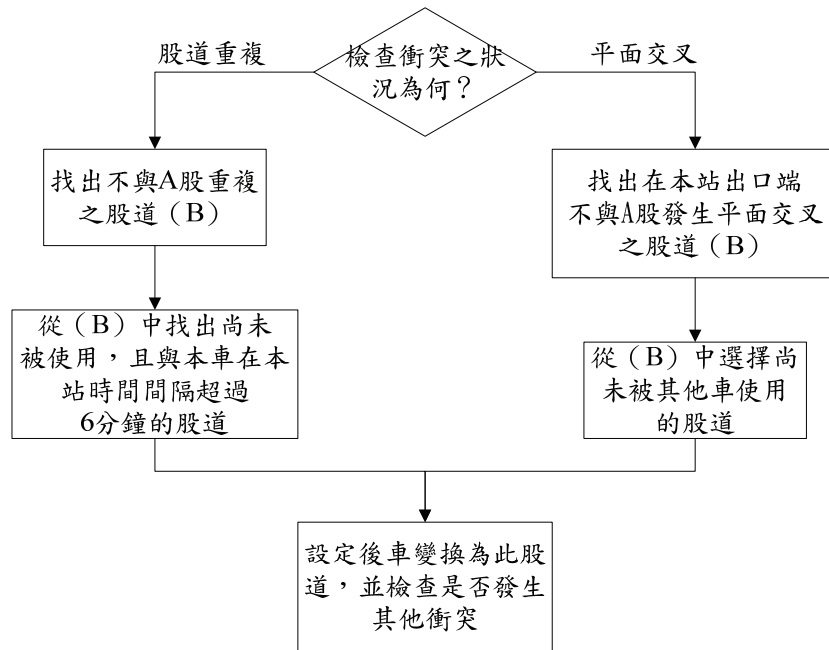
資料來源：[3]

圖 3.31 臺鐵列車排點系統單線站間會車衝突排除流程



資料來源：[3]

圖 3.32 臺鐵列車排點系統同軌道追越衝突排除流程



資料來源：[3]

圖 3.33 臺鐵列車排點系統軌道重複及平面交叉衝突排除流程

至於另一種啟發式演算法—車站序法則是依據車站的空間順序，一次調整一個車站內的所有列車之到開時刻，使其滿足排點的限制條件，再依序完成其他車站的列車排點作業；若遇有不合理的現象，則退回數站重新處理。由於列車有上/下行之分，因此以車站序法排點時，對於運行方向與車站處理順序相反的列車，必須先預估其抵達終點站的時刻，而以此抵達時刻反推各站之到開時刻。

除了列車序法與車站序法，尚有其他啟發式演算法，例如 Cai 及 Goh^[32]提出的演算法是根據時間的先後順序，逐一排除列車衝突並更新列車的時空關係，直到所有的列車均駛抵終點站。每兩列車發生衝突時，可藉由待避其中一次列車來解決衝突，透過評估兩種方案的成本來選擇最佳的衝突解決方案，其方法有點類似於鍾志成及張仕龍^[24]所提出的混合運轉策略。對於高列車流量的路線，每次列車衝突可能牽涉多班列車，Cai 及 Goh^[32]提出群體衝突（Group Conflict）的解決方案，並證明該演算法可在多項式函數時間內（Polynomial Time）求得可行解。若就該演算法的求解邏輯而言，其實亦可將之歸類於模擬分析法。

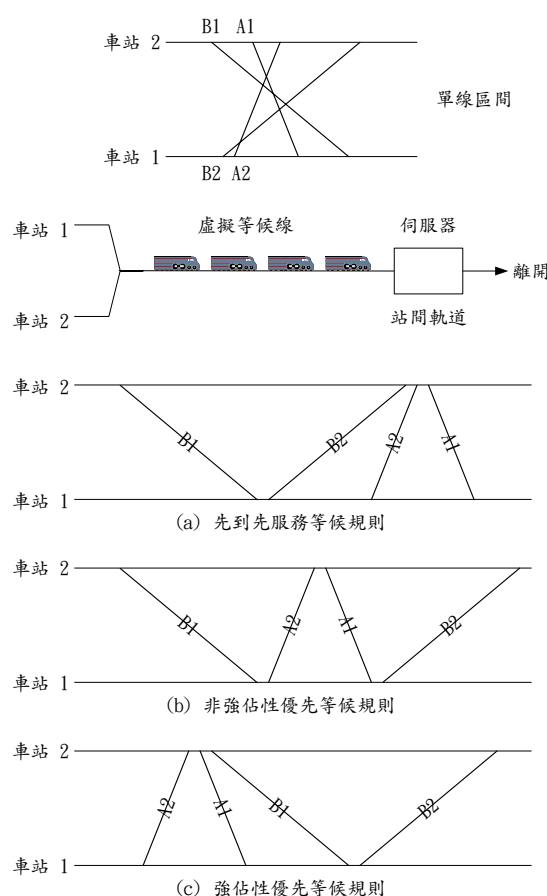
蘇昭銘等^[28]曾針對捷運系統進行列車排點研究，由於捷運系統的列車的衝突一般是發生在折返車站或路線銜接點，作者透過反覆調整列車在折返站的停站時間與班距來排除列車衝突，由於每次均是針對局部列車衝突來排除，因此所求得的應是局部最佳解（Local Optimum）而非整體最佳解（Global Optimum）。

3.2.3 模擬分析法

模擬分析法的概念是將列車視為等候系統（Queuing System）中的顧客（Customer）或實體（Entity），軌道及月台視為服務者（Servers）或資源（Resources），

由列車彼此競爭、等候、取得資源、釋放資源的方式來模擬多列車在路線上的運轉行為，直到所有的列車均抵達目的地為止。多車模擬模式可用來計算列車延誤、分析列車運轉整理策略、評估路線容量等營運規劃分析，求解列車排點問題為其中的一種應用。

多車模擬求解列車排點問題的決策變數主要是等候規則，一般採用的有高級車優先通行以及先到先服務兩種策略，其中高級車優先通行的策略在等候理論中稱為優先等候規則（Priority Queuing Discipline），又可分為非強佔性優先等候規則（Non-Preemptive Queuing Discipline）及強佔性優先等候規則（Preemptive Queuing Discipline），差別在於是否容許中斷正在進行服務的低級列車。圖 3.34 為一簡單範例，若採先到先服務的策略，虛擬等候線的列車順序依序為 B1、B2、A2 及 A1，如圖 3.34 (a)所示；若為非強佔性優先等候規則，則列車的服務順序為 B1、A2、A1 及 B2，如圖 3.34 (b)所示；若採用強佔性優先等候規則，則列車會以 A2、A1、B1 及 B2 的順序通過該單線區間，如圖 3.34 (c)。以圖 3.34 的範例而言，列車的服務順序應有 $4! = 24$ 種可能排列，但是上述每種等候規則僅考慮一組方案而已，除非等候規則改為隨機服務順序（Service In Random Order），並經過非常多次的模擬，否則以模擬分析法求解列車排點問題所求得的僅是可行解，但卻不一定是最佳解。



資料來源：[22]

圖 3.34 以等候模式描述列車排點問題的範例

模擬模式可藉由時間或事件來推進，以時間推進是將列車營運時間劃分為很小的單位，隨時間的推進而改變列車的所在位置，在每一時間單位均必須就列車的位置檢查是否發生列車衝突，如有不合理的現象，必須根據等候規則，決定那一次列車可取得資源繼續前進，與之衝突的列車則必須等候資源釋放後才可繼續前進。另一種推進方式是根據事件發生的順序來推進，只有在事件發生的時候才檢查是否發生列車衝突，此種模擬方式稱為離散事件模擬（Discrete Event Simulation），李治綱等人^[6]、黃信隆^[17]、蘇傑昌^[29]、Dessouky^[40]、Dorfman^[41]與 Petersen 等人^[59]皆採用此種模式。無論以時間或事件來推進模式都是根據時間的演化來描述列車的行為，因此亦有學者將模擬分析法稱為時間序法。

由於列車等候規則為分配資源的關鍵，影響模擬結果甚鉅，鍾志成及張仕龍^[24]曾分析不同的運轉調度策略，結果發現：無論是先到先服務或是高級車優先通行所產生的列車延誤均很高，若是在等候規則中加入最佳化的概念，根據列車延誤來決定那一次列車優先通行，則可降低列車的期望延誤。Kraft^[54]曾以分枝定限法結合模擬分析法來求解列車排點問題，其所採用的運轉整理策略即是類似鍾志成及張仕龍^[24]所探討的混合運轉策略。

模擬模式求解列車排點問題必須特別注意路塞（Line Blockage）的情形，路塞將導致路線阻塞而使所有的列車無法繼續往其計畫方向前進，在單線區間十分常見。Petersen^[60]的研究發展一搜尋策略來避免產生路塞，並利用這個策略來建立多列車模擬模式^[59]；在 Dorfman 等人^[41]的研究中，亦認為解決路塞現象為排點效率的決定性因素，作者利用容量檢查演算法來避免路塞；李治綱及周學怡^[6]的研究亦提出解決方案修正高級列車優先通行策略所可能產生的路塞問題。

3.2.4 演算法比較

以上介紹的三大類型的求解方法中，採用啟發式解法的文獻通常沒有明確定義模式的結構，其求解邏輯多為一系列的 IF-THEN 法則，而列車的速度均採用固定值來作業，這類研究包括許朝勝及洪軍焯^[12]、黃信隆^[17]、Cai 與 Goh^[32]，以及蘇昭銘等^[28]，其中除了 Cai 與 Goh^[32]以及蘇昭銘等^[28]之外，其他程式大多是以 FORTRAN 語言所發展，因為在這些模式發展的年代，FORTRAN 語言為工程及數值運算應用最廣泛的程式語言。

模擬分析法的模式內容依研究目的而有詳細程度的差異，Petersen 等^[60]、Dessouky^[40]、Dorfman^[41]、李治綱等^[7]及蘇傑昌^[29]等文獻對於模式的內容有較詳盡的介紹，其餘研究多僅簡單敘述求解邏輯而沒有提供數學模式。由於目前模擬套裝軟體的功能相當強大，可大幅減輕程式撰寫的負擔，因此 Dessouky^[40]及李治綱等^[7]是以 SLAM II 專業模擬軟體來發展模式，而蘇傑昌^[29]則是利用 SIMAN 套裝軟體來構建模式。採模擬分析的研究中，列車的速度可為固定值、可變動數值，或是隨機變數，在模式發展上最具彈性，對於列車行為的描述也較詳細，因此其應用也最廣泛。

在數學規劃法方面，其模式結構大多為 0-1 混合整數規劃，隨構建目標之需求而有線性及非線性之分。使用 0-1 整數變數主要是為了描述列車使用軌道的先後順序，由於 0-1 整數變數的數目會隨車站數及列車數呈指數的增加，而且某些 0-1 整數變數的組合並沒有實質的物理意義，大量的 0-1 整數變數是模式難以求解的主要原因。在相關研究中，李治綱與謝汶進^[8]、鍾志成^[23]，以及李宇欣等^[5]是直接對 0-1 整數變數以分枝定限法來求解，由於求解過程會浪費許多的時間在求解無意義的放寬線性規劃問題 (LP Relaxation)，因此其測試例均為小型案例。為了提昇求解的效率，許多研究直接設定列車的運轉順序，藉此來消除模式中的 0-1 整數變數，同時亦可減少限制式的數目，並藉由不斷變更列車的運轉順序來搜尋更好的解，類似的研究包括 Jovanovic 與 Harker^[50,51]、Krray 等^[53,52]、Carey 與 Lockwood^[35,36,37]、Higgins 等^[45]，以及李宇欣與陳立文^[4]、周永暉等^[10]之模式。除了採用傳統的數學規劃法之外，許多研究會另外設計一些演算法，以便在大型問題能快速搜尋理想的可行解，甚至採用模擬分析法幫助求解，例如 Jovanovic 與 Harker 所發展的 SCAN I 系統，雖然作者在文章中建立數學規劃模式，但最後卻採用模擬分析法來求解模式中的子問題，因此嚴格來說 SCAN I 的求解方法應歸屬於模擬分析法，而非數學規劃法。

以數學規劃法來求解通常須藉助專業軟體，例如 CPLEX、LINDO、MINOS 或 MATLAB 等，雖然專業軟體功能強大，但受限於問題特性，以數學規劃法求解列車排點問題仍存在許多構建模式的限制。首先，列車的站間運轉時間與列車在車站是否停車有關，雖然部分研究在構建模式時採用可變動的站間運轉時分，但仍很難描述實際的運轉情形，例如某一次列車須於車站停車，由於加減速的關係站間運轉時分會較列車直接通過增加，有考慮此項因素的僅有李治綱與謝汶進^[8]的研究，但由於考慮這項因素須增加許多 0-1 整數變數，不利於模式的求解。其次，大部分的數學規劃模式都沒有考慮站內軌道容量限制，沒有考慮這項限制可能會產生不可行解，文獻中僅有李治綱與謝汶進^[8]、鍾志成^[23]、李宇欣與陳立文^[4]以及李宇欣等^[5]有考慮這項限制，但僅止於簡單的車站配置，且沒有考慮列車是否停靠在臨月台面軌道供旅客上下車，或僅是為了交會/待避而停靠在側線，以臺鐵複雜且不一致的車站配置而言，欲全面考慮各種情況，無論在模式建構或求解都將面臨極大的困難。第三，最小運轉時隔與列車特性及行駛軌道有關，站內使用相同的軌道的運轉時隔較長，若兩列反向列車進出車站存在平面交叉，其運轉時隔亦不相同，文獻中僅 Carey^[35,336]的研究有考慮運轉時隔的差異，Carey 的模式在構建之前必須將路網依交叉及合併點的位置重新解構，對於臺鐵這種複雜的配線，這無疑是一項繁重的工作，若欲在模式中考慮運轉時隔差異的因素，則必須增加描述列車行駛軌道差異的變數與限制式，即使可順利建立模式，其規模可能已超過現有求解軟體的限制。最後，文獻中沒有任何模式考慮到營運時間跨越 24 時所產生的列車線銜接問題，這也對模式的構建產生一些困擾。

此外，利用啟發式演算法配合數學規劃法來完成問題求解的演算法亦不少，例如鍾志成等^[26,25]利用基因演算法來調整列車的到開順序，使對應的 0-1 變數具

有實質的物理且無不合理的現象，再據以建構線性規劃模式來求解。而 Lee and Chen^[55,56]所提出的演算法則是以一個可行的班表開始，每回合分四階段求解，每階段皆構建為整數規劃或線性規劃之子問題，不斷改善整體解的品質，直至解得可用的優良班表停止。而 Chung, Oh and Choi^[39]則是利用混合整數規劃模式配合基因演算法來求解韓國鐵路系統的排點問題。此外，Caprara, Fischetti and Toth^[34]構建混合整數規劃模式，並利用拉式鬆弛法配合啟發式演算法來求得規格班表。這類以啟發式演算法結合數學規劃法的求解方法，其底層的數學規劃模式對於實務問題都有一定程度的假設，故與實務問題仍有落差。

Petersen 等^[59]及 Cai 與 Goh^[32]曾明白指出鐵路列車排點為 NP-Hard 問題，亦即無法在問題規模的多項式函數時間內（Polynomial Time）求得精確最佳解，而在 Caprara 等^[33]的研究中，甚至證明單軌單向排點問題為 NP-Hard 問題。啟發式演算法或模擬分析法的求解品質或許不及數學規劃法，但卻沒有數學規劃法難以構建模式或難以求解的問題，簡單比較求解演算法的優缺點如表 3.4 所示。

表 3.4 列車排點求解演算法比較

演算法	優點	缺點	備註
數學規劃法	<ul style="list-style-type: none"> 可求得模式的最佳解 	<ul style="list-style-type: none"> 求解大型問題時費時 	<ul style="list-style-type: none"> 線性或非線性 混合整數規劃
啟發式解法	<ul style="list-style-type: none"> 規則較容易 能求解相對於數學規劃法規模為大的問題 	<ul style="list-style-type: none"> 品質較差 	<ul style="list-style-type: none"> 列車序法 車站序法
模擬分析法	<ul style="list-style-type: none"> 符合人類思考邏輯 	<ul style="list-style-type: none"> 品質適中 	<ul style="list-style-type: none"> 根據等候理論模擬列車之運轉

資料來源：本研究整理

3.3 鐵路排點參數架構回顧

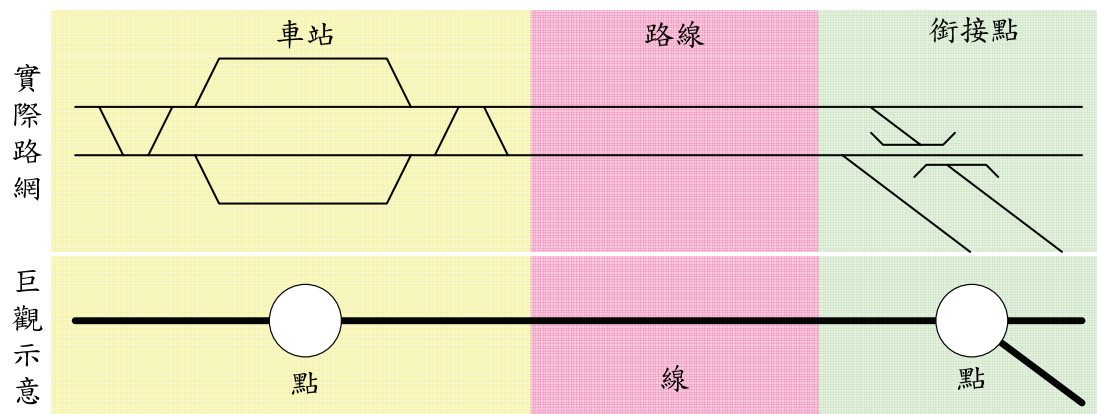
無論使用何種軟體或演算法進行列車排點均需要適當的輸入參數，這些參數背後均有其物理意義，同時參數之間彼此存在相依關係，故這些參數具有一定的組成結構，本節即介紹此類課題的相關文獻。此課題的文獻相當稀少，因為學術界論文的焦點往往放在演算法的革新或改進；而實務界則將之視為商業機密而不公開。僅能從使用手冊或其數位輸入檔格式窺其堂奧。

排點相關參數可大略分為路網參數、車輛參數及運轉參數，前兩者相當明確，而運轉參數則是指車輛與路線之交互關係，包括單一車輛於路線上行駛之時間或連續兩車輛通過特定地點的間隔等。車輛參數與運轉參數相對較為單純，路網相

關參數則最為複雜，因此存在一些名為基礎設施模式建構 (Infrastructure Modeling) 的文獻。此亦是本節討論的重點。

3.3.1 巨觀模式與微觀模式

基礎設施參數架構可依資料的詳細度大致區分為「巨觀模式」與「微觀模式」兩大類如圖 3.35，一般而言，巨觀 (Macroscopic) 模式主要概念是以簡單的架構象徵複雜的實際路網，例如圖 3.35 中巨觀模式將複雜的車站與銜接點視為單一「點」，且無論實際路線的股道數均視為單一「線」。

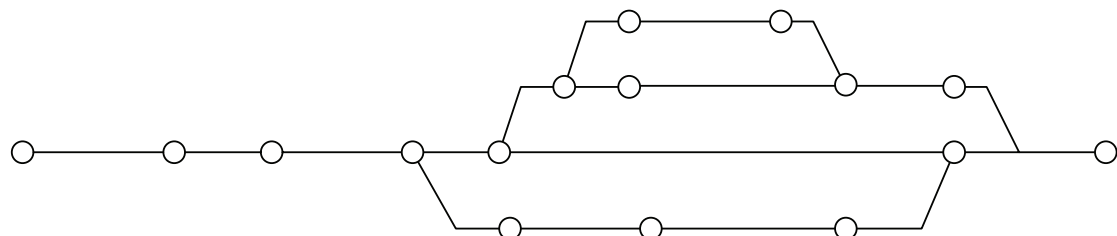


資料來源：[49]

圖 3.35 鐵路路網巨觀模式示意圖

巨觀模式中的「點」通常僅簡單記錄代表的設備類型，例如車站、場站或銜接點，「線」則須記錄長度、種類（高速軌、客運軌道、貨運軌道、混合軌道）、股道數（單軌、雙軌或多軌）、平均運轉時分、平均列車容量等資料。通常都是應用在尚未興建的規劃階段或者長期規劃。這樣的參數不足以進行列車運轉時分與列車衝突分析。

相對於巨觀模式採用平均的概念，微觀模式則是考量實際路網的細部差異如圖 3.36 所示，「點」在微觀模式中主要是用來區別不同屬性的「線」，例如作為不同速限或坡度之兩段路線的分段點。微觀模式記錄較詳細的路線與號誌資訊，包括長度、坡度、速限、是否電化、曲率半徑、號誌系統等，目的在詳實反應路網實際條件，使列車運轉時分、股道應用情形等作業能更符合實際作業需求。

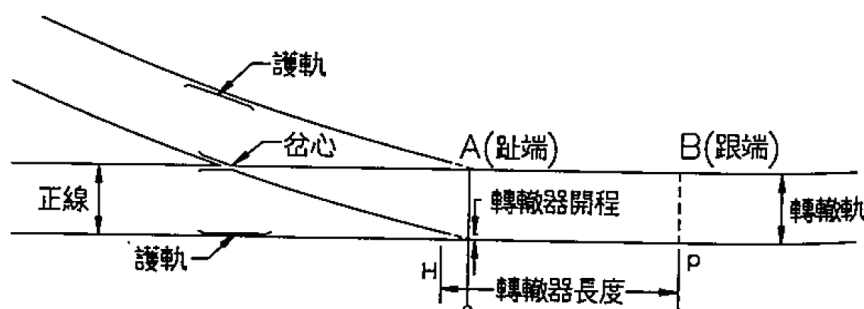


資料來源：[49]

圖 3.36 鐵路路網微觀模式示意圖

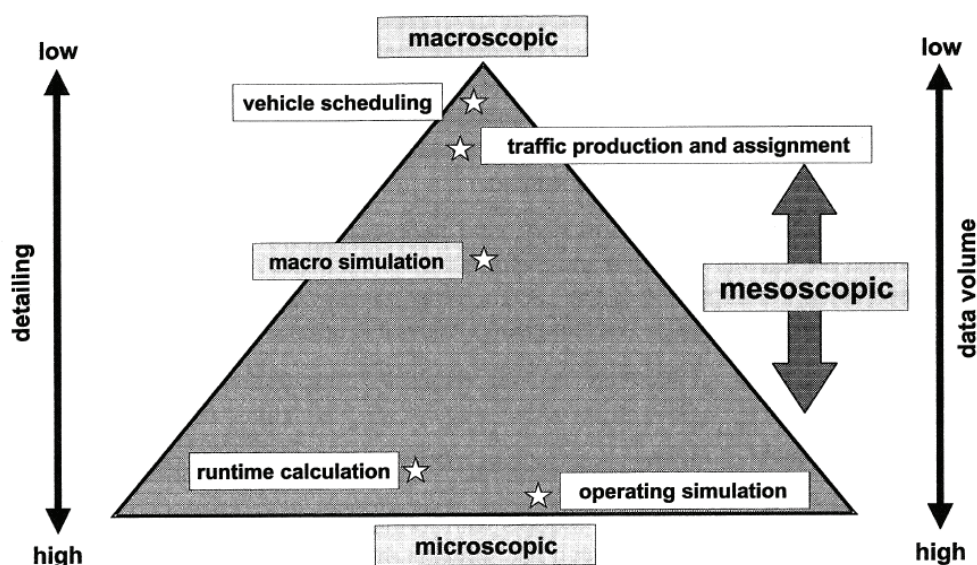
事實上，巨觀模式與微觀模式也僅是相對上的形容詞，例如圖 3.36 中的道

岔僅以一個「點」來描述，然而事實上道岔仍能拆解為更細的元素如圖 3.37，但並非每種模式都需應用到如此詳細的資料，因此問題的焦點仍會回歸到模式的目的，Radtke^[49]提及不同的模式任務需要不同詳細程度的參數架構如圖 3.38。從中可知運轉時分計算所需的資料詳細度就遠比車輛運用來得高，而且絕大多數模式所需並非極端的巨觀模式或微觀模式，而是一個介於中庸的中觀（Mesoscopic）模式。



資料來源：[11]

圖 3.37 道岔結構圖示意圖



資料來源：[49]

圖 3.38 不同詳細程度參數架構之應用範疇

3.3.2 圖形理論及其應用

圖形理論（Graph Theory）自 1736 年由瑞士數學家 Euler 提出之後已經應用於眾多領域，Radtke 與 Watson^[61]之評論認為圖形理論相當彈性且強大，足以描述複雜的鐵路基礎設施。

圖形 G 包含兩個集合，一個是由節點（稱 Node 或 Vertex）所形成的有限非空集合，另一個則是由節線（稱 Link 或 Edge）所形成的有限非空集合，許多圖

形應用均會考慮加權的節線 (Weighted Edges)，這個權重可視為節線的屬性，用來描述節線的距離或成本。因此一個有權重的圖形 G 可以式(3.1)來描述，其中 V 為節點集合； E 為節線的集合；同時每個節線 e 都存在一個大於等於 0 的成本 c 。若就資料結構的觀點而言，常見的圖形描述法包括相鄰矩陣 (Adjacency Matrix)、相鄰串列 (Adjacency List) 與相鄰多元串列 (Adjacency Multilists)。

$$G := (V, E, c); \quad c(e) \geq 0 \forall e \in E \quad (3.1)$$

當圖形理論套用到鐵路基礎設施之描述時，除了利用節點與節線進行拓撲描述外，亦會在節點與節線裡擴充大量屬性欄位來說明資料。例如從

圖 3.39 中可發現除了 RTC 軟體的節點設定檔除了節點名稱之外，尚有相當多延伸屬性；同樣的，節線的設定檔（如

圖 3.40）除了定義節線兩端的節點之外，亦存在諸多其他延伸屬性。

RTC 2.70 NODE FILE									
Node	Node Name	Display	Fix	Node	RTC	Distance	Field	Distance	Al
RR004.750-1		N	5	FLOAT	5N	Y	N	0.000	4.7500
RR007.500-1		N	5	FLOAT	5N	Y	N	0.000	7.5000
RR010.250-1		N	5	FLOAT	5N	Y	N	0.000	10.2500
RR010.300-1		N	5	FLOAT	5N	Y	N	0.000	10.3000

圖 3.39 RTC 軟體之節點設定檔截圖

RTC 2.70 LINK FILE									
Origin	Destination	Node	Link	Allowable	Distance	Next Node	Link	Allowable	Distance
RR004.750-1	RR007.500-1	Y	N	E	N	O	N	Y	Main
RR004.750-1	YA002.000-A1	Y	N	W	N	O	N	Y	Main

圖 3.40 RTC 軟體之節線設定檔截圖

此外，值得一提的是某些屬於節線屬性的資料，在記錄方式存在兩大類的模式，分述如下：

1. 節點導向模式 (Node-orientated models)

此種模式的節線本身並不直接記錄屬性資料，而是以「變化點」概念來標記屬性變化，例如坡度變化點或速限變化點。以單向路線如圖 3.41(a)為例，分別依各種屬性標記其變化點位置及數值來描述整條路線之節線屬性。

2.節線導向模式（Link-orientated models）

此種模式是將路線切分到最小的元素，只要有任一屬性變化即切分為一個獨立的節線如圖 3.41(b)，在每一個節線均記錄所有屬性值。

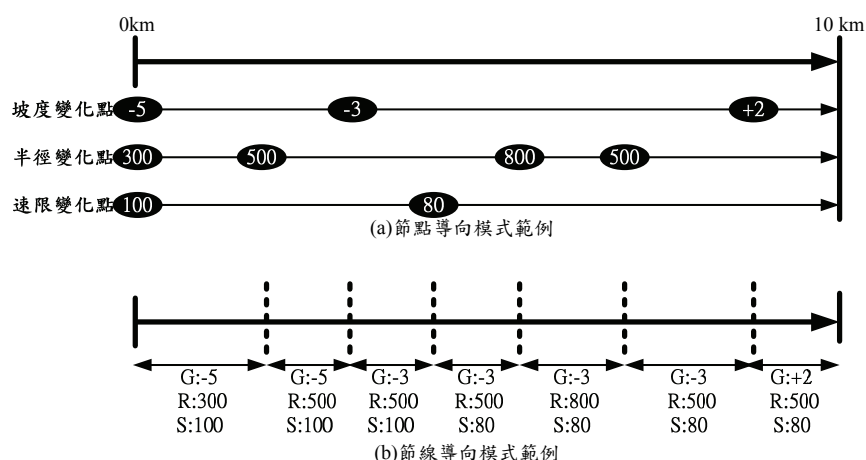


圖 3.41 節點導向模式與節線導向模式比較圖

上述兩種導向的模式雖各有優缺點，但就資料描述的詳細度而言，上述兩種記錄方式平分秋色，均可表達相同詳細程度的資訊。一般而言，節線導向模式會比較耗費儲存空間，且一旦資料需要修改時亦會變得複雜，例如圖 3.41 中的速限值若要由 80km/h 改為 70km/h 時，會有四個節線的資料需要同時更動，就更遑論若速限變化點需要位移時，極可能帶來節線切分點的大量變化。但相對而言，節點模式雖然較省儲存空間，但亦會需要比較複雜的演算法來計算出路網內任一節線內的特定屬性資訊。

節點導向模式與節線導向模式在描述路線長度上亦有所差異，節點模式是將里程標數值記在節點的屬性上，欲取得節線長度時，利用節點上兩節點的里程標相減求得如圖 3.42(a)；若是節線導向的模式，則是將路線長度直接視為節線屬性予以記錄如圖 3.42(b)。簡言之，前者是絕對里程的概念，後者則為相對里程之概念。絕對里程的處理方式與實務較為接近，因為鐵路系統在營運之前勢必歷經設計與施工，過程中的規劃圖或竣工圖皆以里程標描述各設施之位置，即使在營運階段，營運機構內大多數的資料亦是以絕對里程為基礎建置。但絕對里程亦非沒有缺點，例如當路線歷經截彎取直或其他較大規模變化時，里程標的移設或者暨有資料的更新均有執行上的困難度。此時節線導向模式描述長度就顯得較為優勢，因為路線長度可以透過節線不斷的自動累加計算，只要修改截彎取直路段上的節線屬性即可。某些軟體（例如 RailSys）即支援這種相對里程的方式來建構路網。

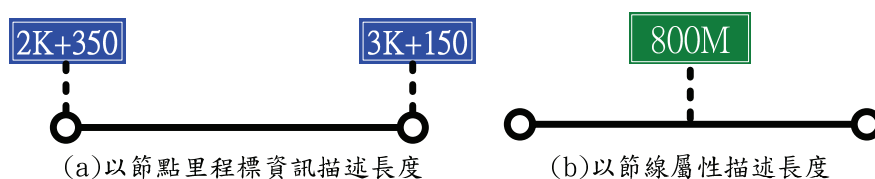


圖 3.42 節點導向模式及節線導向模式描述路線長度比較圖

3.3.3 節點節線屬性列舉

在瞭解圖形理論描述鐵路基礎設施的基本原則後，接下來分別介紹文獻中節點與節線的屬性清單。首先，Giger^[44]在進行瑞士路網模擬時，將路網切割出軌道元素之考慮項目包括以下四項，這些項目均可為節點。

- (1)號誌機（含進站/出發/中途等不同號誌）
- (2)轉轍器/橫度線之啓始點與終點
- (3)速限變化點
- (4)隧道進出點

因此節點的屬性一定會包含節點類型（例如號誌/道岔等），其他像是地理座標、里程標、名稱等亦是典型的屬性^[49]。RTC 軟體的節點屬性設定則如圖 3.43，RailSys 的節點屬性則如圖 3.44，相較之下，RTC 的節點屬性較多，較偏向節點導向模式；而 RailSys 的節點屬性扣除一些標示座標（含地理座標）後所剩無幾，較偏向節線導向模式。

資料來源：[62]

圖 3.43 RTC 軟體之節點屬性設定

	Number	Line / Global area	Km	Name	Description	X/Net	Y/Net	X/TT	Y/TT	X/WGS84	Y/WGS84	Type
1	229	4000	26.849			7264.040	2727.270	13172.200	500.000	7264.040	2727.270	Speed board
2	228	4000	26.250			7264.040	2124.862	13774.625	500.000	7264.040	2124.862	Sighting location
3	227	4000	26.267			7264.040	2141.890	13757.600	500.000	7264.040	2141.890	Speed board
4	212	4000	0.000			7039.040	3026.262	12873.188	275.000	7039.040	3026.262	Sighting location
5	211	4000	0.000			7039.040	3074.450	12825.000	275.000	7039.040	3074.450	Stop board PTr
6	209	4000	27.206			7264.040	3086.890	12812.600	500.000	7264.040	3086.890	Stop board PTr
7	201	4000	0.000			7864.040	1799.450	14100.000	1100.000	7864.040	1799.450	Stop board PTr
8	188	4000	-20.750			7464.040	-3385.637	19285.050	700.000	7464.040	-3385.637	Sighting location
9	187	4000	-21.000			7464.040	-3139.000	19038.400	700.000	7464.040	-3139.000	M/P-Signal
10	186	4000	-22.750			7464.040	-1399.580	17299.000	700.000	7464.040	-1399.580	Sighting location
11	185	4000	-23.000			7464.040	-1157.590	17057.000	700.000	7464.040	-1157.590	M/P-Signal
12	184	4000	-24.750			7464.040	625.740	15273.725	700.000	7464.040	625.740	Sighting location

資料來源：[64]

圖 3.44 RailSys 軟體之節點屬性設定

至於常見的節線屬性則包括長度、坡度、半徑、速限等，圖 3.45 為 RTC 軟

體的節線屬性設定；而 RailSys 的節線屬性則如表 3.5，兩者的差異除了先前提及的節點導向與節線導向差異之外，RTC 的節線是逐向設定的，以圖 3.45 為例是設定「Node 200→Node 300」之屬性，但緊接著需要設定「Node 300→Node 200」，類似圖形理論之有向圖形（Directed Graph）概念。而 Railsys 則是以無向圖形（Undirected Graph）概念處理，待後續的路徑設定來描述方向議題。此外，由於 Railsys 的節點屬性較為單純，因此其建置程序允許先建立節線及其屬性後再回頭編修節點，而 RTC 則是一定要完成節點設定才能進行節線設定。

表 3.5 RailSys 軟體的節線屬性欄位清單

Start node	Gradient	Electrified
End node	Radius	Line category(UIC/DB)
Length	Cant	Max.wheel set load
Vmax	Tunnel cross-section	—
Vmax reverse	Bidirectional operation	—

資料來源：[64]

資料來源：[62]

圖 3.45 RTC 軟體之節線屬性設定

3.3.4 節點節線間交互關係

在瞭解常見的節點屬性與節線屬性後，接下來介紹節線之間的鏈結，在一般圖形理論中，若兩個節線有共同的節點，即代表兩條節線相連，以圖 3.46 為例，由於節線 L1 由節點 A/B 組成；節線 L2 由節點 B/C 組成，因此節線 L1 與 L2 即相連。而 RTC 軟體就是以類似的概念處理節線鏈結。

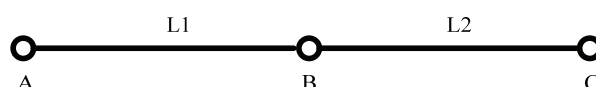
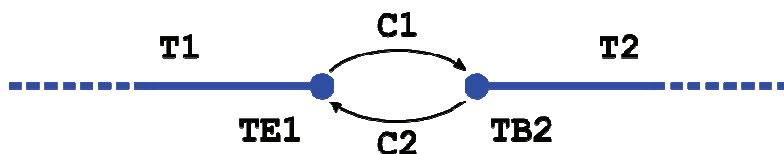


圖 3.46 一般圖形理論中節線相連之設定示意圖

但 RailML 則採用更為複雜的方式，例如欲連接圖 3.47 中的 T1 軌道與 T2 軌道時，會額外定義 TE1 為 T1 軌道的終點；TB2 為 T2 軌道的起點；C1 則為從 TE1 連向 TB2 的連結器；C2 則為從 TB2 連向 TE1 的連結器，同時以圖 3.48 之 XML 語言描述 T1 軌道與 T2 軌道的相連狀況。



資料來源：[63]

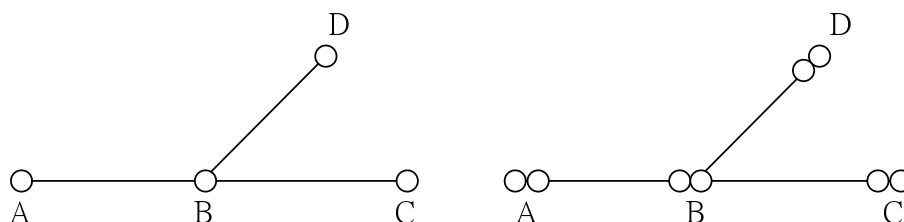
圖 3.47 RailML 之股道相連設定示意圖

```
<tracks>
  <track id="T1">
    <trackTopology>
      <trackBegin id="TB1"> ... </trackBegin>
      <trackEnd id="TE1">
        <connection id="C1" ref="C2"/>
      </trackEnd>
    </trackTopology>
  </track>
  <track id="T2">
    <trackTopology>
      <trackBegin id="TB2">
        <connection id="C2" ref="C1"/>
      </trackBegin>
      <trackEnd id="TE2"> ... </trackEnd>
    </trackTopology>
  </track>
</tracks>
```

資料來源：[63]

圖 3.48 RailML 描述圖 3.47 之 XML 碼

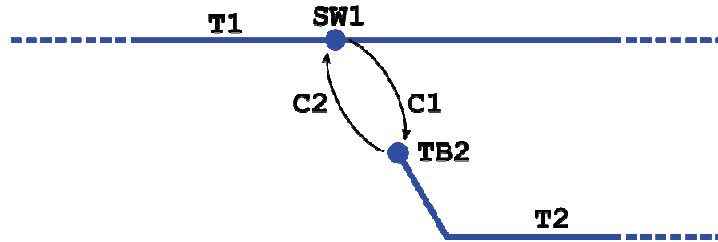
描述鐵路路網過程中，對於道岔的處理亦是一般圖形理論較少提及之內容，例如以圖 3.49 左側的拓撲而言，「A-B-D」與「A-B-C」均為可行路徑，但「D-B-C」則為不可行路徑。而 Radtke^[49]提及利用如圖 3.49 右側的「Colon Graph」描述方式即可辨識可行路徑，其判斷依據是必須符合「節點-節點-節線-節點-節點-節線-節點-節點」順序者方為可行路徑，如此即可排除「D-B-C」路徑。



資料來源：[49]

圖 3.49 以 Colon Graph 描述道岔進路

而 RailML 對道岔處理方式與一般圖形理論較為不同，並不直接建立三個節線股道，而是直接在主要股道內插入一個 SW1 的節點如圖 3.50，由該節點與連向反位的股道相互建立連結。圖 3.50 上的符號意義與對應之 XML 碼如圖 3.51。



資料來源：[63]

圖 3.50 RailML 之股道相連設定示意圖

- T1 = track 1
- T2 = track 2
- SW1 = switch 1 on track 1
- TB2 = trackBegin of track 2
- C1 = Connection 1 from SW1 to TB2
- C2 = Connection 2 from TB2 to SW1

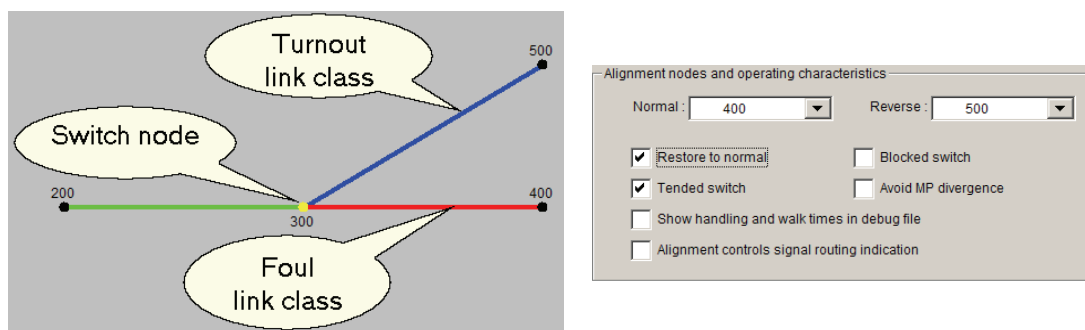
```
<tracks>
  <track id="T1">
    <trackTopology>
      <trackBegin> ... </trackBegin>
      <trackEnd/> ... </trackEnd>
      <connections>
        <switch id="SW1" pos="1234">
          <connection id="C1" ref="C2"/>
        </switch>
      </connections>
    </trackTopology>
  </track>
  <track id="T2">
    <trackTopology>
      <trackBegin id="TB2">
        <connection id="C2" ref="C1"/>
      </trackBegin>
      <trackEnd id="TE2"> ... </trackEnd>
    </trackTopology>
  </track>
</tracks>
```

資料來源：[63]

圖 3.51 RailML 描述圖 3.50 符號意義及對應的 XML 碼

而 RTC 軟體則以節點屬性的方式來描述道岔，以圖 3.52 左側的道岔為例，需針對編號為 300 的節點屬性進行編修，同時分別設定該節點以正位路徑的下一個節點（編號 400）及反位路徑的下一個節點（編號 500）。

此外，節線上亦需配合設定如圖 3.53，左側是設定「200→300」節線所允許前往的節點名稱；右側的設定則是「400→300」節線所允許前往的節點名稱。



資料來源：[62]

圖 3.52 RTC 軟體對於道岔之設定方式（1/2）

Allowable next route node(s)

Node 1:

Node 2:

Allowable next route node(s)

Node 1:

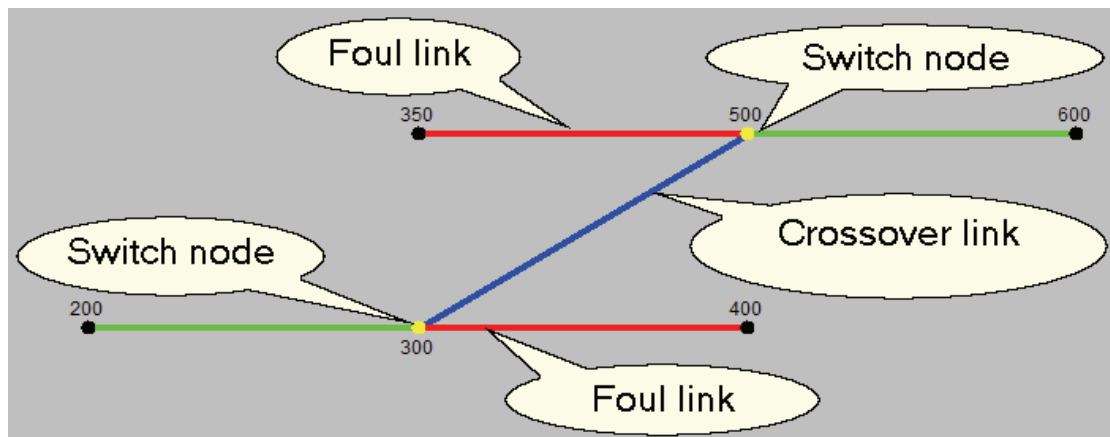
Node 2:

Allowable next node for Link 200-300 Allowable next node for Link 400-300

資料來源：[62]

圖 3.53 RTC 軟體對於道岔之設定方式（2/2）

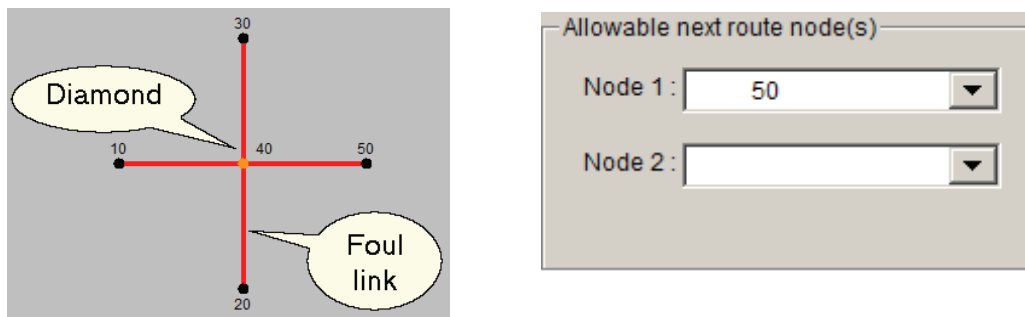
透過上述這種設定方式，只要重複施作並讓兩個 Switch 節點互為對方的反位節點即可描述如圖 3.54 之橫度線配置。



資料來源：[62]

圖 3.54 RTC 軟體對於橫度線的設定示意圖

但若是如圖 3.55 左側的菱形道岔，就必須以另外一種節點型態設定之，意即將節點的類型屬性改為菱形道岔，但是有關節線上的「Allowable next node」相關設定則與一般道岔相同。



Allowable next node for Link 10-40

圖 3.55 RTC 軟體對於菱形道岔的設定示意圖

3.3.5 適合臺鐵的資料建構方式

嚴格說來，就列車排點作業的需求而言，其所需的路網資料採用相對巨觀之模式即可，例如站間的路線曲率與坡度就不是必要的參數，因為這些參數的內容最終會反應在基準運轉時分。惟考慮到臺鐵目前排點所需用到的基準運轉時分有提昇精確度之需要，因此本研究在建構排點參數資料時，考慮到更基礎以及原始之資料，以便臺鐵未來可以更新及計算排點所需的直接輸入參數，因此本研究所建構的資料屬於相對微觀之模式。

綜觀臺鐵局的原始資料格式，其描述方式較接近前述回顧所提及的節點導向模式（Node-orientated models），例如以平縱面線型為例，其資料是分開記錄並以「絕對里程」的標記方式呈現，其他諸如號誌機、道岔等設施之位置，無論資料來源是地理資訊系統（GIS）或其他格式圖檔，其位置屬性亦都是以絕對里程的方式記錄。由於節點導向模式與節線導向模式並無孰者較為詳細之分，考量原始資料較類似節點導向，因此本研究在資料建置時會以絕對里程搭配節點導向模式來建構參數架構。

曲線表									
項次	線別	區間	起訖里程				曲線條件		設計速度 (km/hr)
			TS	SC	CS	ST	半徑	方向	
1	W	竹南站～造橋站	K126+663.9	K126+718.9	K126+897.2	K126+952.2	2000	R	130
2	W	竹南站～造橋站	K128+725.3	K128+815.3	K128+906.6	K128+996.6	1204	L	130
3	W	竹南站～造橋站	K129+191.0	K129+306.	K129+902.4	K130+017.4	816	R	120
4	W	竹南站～造橋站	K130+467.3	K130+557.3	K130+772.4	K130+862.4	1404	L	125

圖 3.56 臺鐵平面線型原始資料截圖

項次	線別	區間	變坡點里程	前方路線 坡度(‰)	後方路線 坡度(‰)
1	縱貫線東	永康～大橋	K353+114	2.303	-0.055
2	縱貫線東	永康～大橋	K354+594	-0.055	-8.769
3	縱貫線東	永康～大橋	K355+064	-8.769	-3.97

圖 3.57 臺鐵縱面線型原始資料截圖

此外，臺鐵原始資料尚有兩個特點值得強調，其一是臺鐵的平縱面線型僅針對正線（含站內與站間）記錄，對於車站內的副正線、橫渡線等並沒有另外記錄；其二是諸如號誌機、道岔等設施的里程值，無論是地理資訊系統的紀錄或現場作業慣例之慣例，其數值均以該設施垂直投影之東正線之里程註記之。此兩個特性看似會影響資料的精細程度，但實際上由於鐵路路線不可能在短距內急遽變化，故副正線與主正線應幾近平行，長度或線型的差異亦在合理範圍內，這可能也是

營運單位的現場作業以及地理資訊系統均採取投影里程的主要原因之一。

第四章 排點參數架構

本章說明建置排點參數清單，並針對路網參數、列車參數、運轉參數逐項說明參數架構細節，包括各式參數的意義、特性、資料相依性、合理性檢核等，作為排點參數資料庫建置的基礎。

4.1 參數清單與架構

本研究收集資料共計有「路網資料」、「列車資料」與「運轉資料」三大項，以下分別列舉說明。另外，本研究案的參數建置範圍除排點系統直接需要的參數外，對於基準運轉時分求算資料亦納入建置範圍，其架構示意如

圖 4.1，即列車排點參數與運轉時分計算所需參數均在建置範圍。

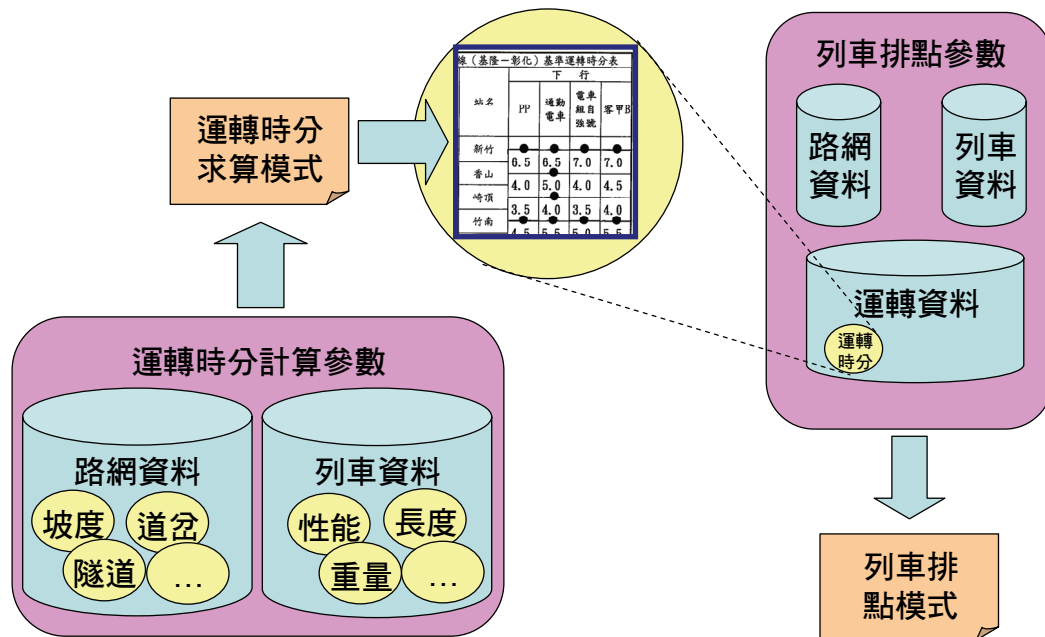


圖 4.1 參數收集建置範圍示意圖

4.1.1 路網資料

路網資料是排點系統中最繁複的參數，其內容可摘要如下：

- 1.路網中的路線清單
- 2.各車站名稱、車站中心里程
- 3.各路線之平/縱面線型與隧道位置
- 4.各車站之間的股道配置（含中途閉塞號誌、ATP 感應器）
- 5.各車站站內股道配置（含月台、號誌、道岔、股道等）

6. 列車常態運轉路徑

有關資料收集/建置的範圍（路線清單與車站清單）上，路線清單擬包括縱貫線、臺中線、成追線、屏東線、南迴線、宜蘭線、北迴線、臺東線等 8 條路線，車站清單則以 2011 年年初對外營運的車站作為收集範圍。

4.1.2 列車資料

列車參數主要包括兩大類，其一是「車輛諸元/性能」，其二則是「初始班表」，其內容可摘要如下：

1. 車輛諸元/性能

- (1) 各牽引種別所對應之編組方式(即動力/非動力車型式/數量)
- (2) 上述動力/非動力車輛之技術諸元（包括：空車重/重車重/長度/速限/座位數等）
- (3) 上述動力車輛之牽引力曲線
- (4) 上述動力/非動力車輛之出發阻力與行駛阻力
- (5) 上述車輛之服務減速度

2. 初始班表

- (1) 各等級列車的典型停靠型態與預定停站時間
- (2) 初始班表車次清單
- (3) 各車次之列車等級、牽引種別、出發時間等資訊
- (4) 各車次之停站計畫（經過的所有站名以及預計的停站時間）

「列車等級」與「牽引種別」的不同在於前者是作為描述此列車服務型態或商業營運稱呼（例如自強號或莒光號），而後者則是作為識別其動力系統及決定基準運轉時分之用，故需分別建置。

有關資料收集/建置的範圍（列車等級清單與牽引種別清單）上，列車等級包括自強號/莒光號/復興號/通勤車/普通車等 5 類；牽引種別則包括「PP」、「電車組自強號」、「太魯閣自強號」、「通勤電車」、「柴聯車」、「客甲 B」與「貨乙」等 7 大類。

4.1.3 運轉資料

運轉資料係指規範列車於路網上移動限制的參數，包括以下 5 項：

1. 基準運轉時分：描述單一系列車於兩連續車站間運轉時間；
2. 運轉時隔：描述先/續行兩列車至少須保有多長時間之間隔；
3. 道岔速限：避免列車於道岔出軌而設定之速限；
4. 下坡道速限：避免下坡路段煞車距離過長導致危險而設定之速限；

5.彎道速限：避免列車經過曲線向外傾覆而設定之速限。

4.1.4 參數整體架構

上述三類參數存在相依關係如圖 4.2，其中以路網參數為基礎，列車資料則是相依於路網，典型的例子如「初始班表」中各車次的任務順序一定需符合路網與路線之限制。而運轉參數則同時相依於路網參數與列車參數，基準運轉時分就是最明顯的例子，該參數分別記錄列車參數中已定義的牽引種別在網路資料中各站間的運轉時分。由於 3 類資料存在如圖 4.2 的相依關係，因此後續章節將依此順序進行參數架構介紹。

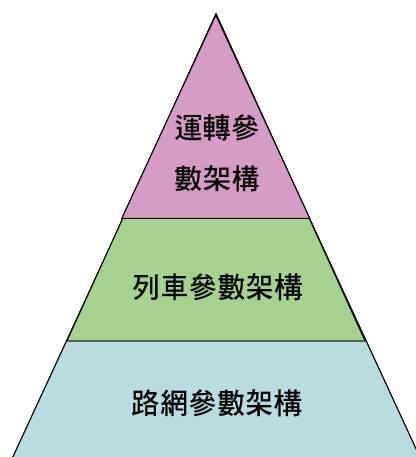


圖 4.2 三類參數相依關係示意圖

4.2 路網參數資料建構

本研究之研究對象雖然限縮在臺鐵系統，但本研究欲提出的參數架構將是泛用型，須有完整的考慮，期能描述各式繁簡不一的軌道系統路網。不管是哪一種軌道系統，路網均是由眾多路線/車站/股道等設施所組成，裡頭又包含了月台/道岔/號誌等元件，彼此之間存在許多從屬與相依之關係，以下將從最巨觀的方式逐一往內拆解，由外而內進行參數說明。

爲了讓本參數架構能夠擁有最大的彈性，在描述路網參數時，需以路網方式來思考，即便只有 1 條路線 2 車站，就參數輸入而言，也只是路網的一種特例（僅有 1 條路線的路網）。

由圖 4.3 可知，路網可以拆解爲數個路線，每條路線至少需由兩個以上的車站構成，一旦完成路線上的車站順序定義，「站內」與「站間」的定義也隨之完成，可分別進行更深入的參數描述。

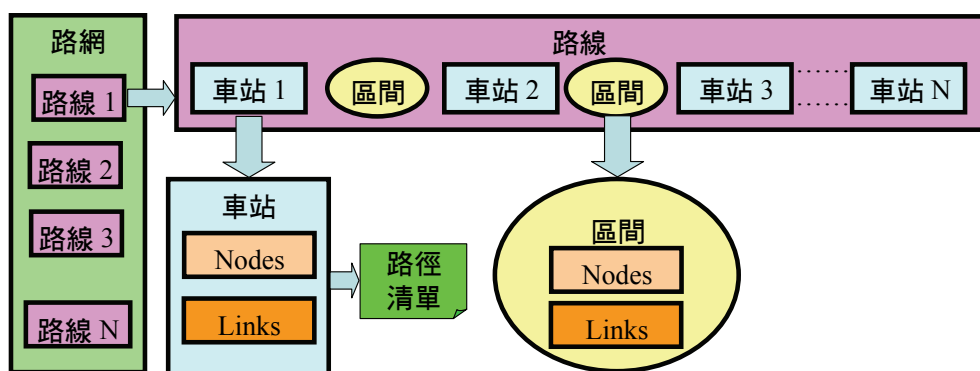


圖 4.3 路網參數架構示意圖

4.2.1 路網與路線

欲將一個已知的複雜路網（如圖 4.4）劃分為多條路線時可允許多種方式，例如將所有銜接點車站間分別定義為 1 條路線就是一種常見的方法（即定義路網內有 $A \leftrightarrow C$ ； $C \leftrightarrow D$ ； $D \leftrightarrow B$ ； $D \leftrightarrow E$ ； $D \leftrightarrow G$ ； $F \leftrightarrow C$ ； $F \leftrightarrow G$ ； $G \leftrightarrow H$ 八條線）。本參數架構在制定輸入參數格式時，將針對此部分保留最大的彈性，甚至允許劃分路線時將路線起/終點定義在非銜接點車站，例如將圖 4.4 中的 $A \leftrightarrow i$ 與 $i \leftrightarrow C$ 分別定義為一條路線均可。

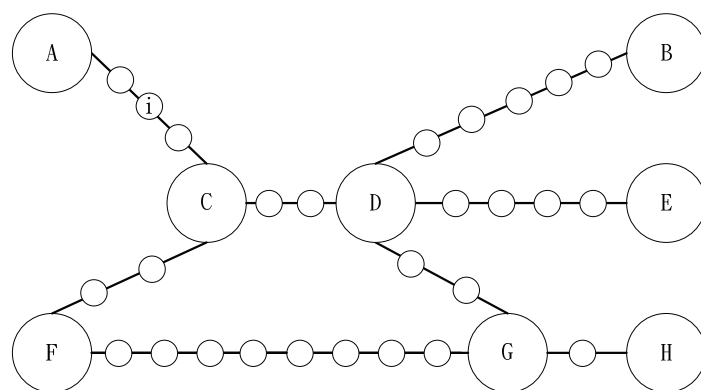


圖 4.4 複雜路網示意圖

雖然將路網切分為多條路線的方法有極大彈性，但基於周延互斥及資料一致性等考量，將路網劃分成眾多路線時仍須遵守以下 4 點原則：

1. 一條路線至少必須涵蓋兩個車站
2. 任一區間（兩連續車站間）均要（且只能）隸屬於 1 條路線
3. 一條路線不允許同車站重複出現；但車站可重複出現在多條路線
4. 一條路線不可跨越實體立體分隔設施

以上 4 點原則規範有其必要性，說明如下：第 1 點是無庸置疑的，若沒有兩個車站以上，除了無法構成「線」的定義之外，亦無法達到運輸目的。

至於第 2 點原則，其實只是一個周延互斥的概念，若有任一區間不隸屬於任何路線，根據後續的參數輸入規範，此路段（區間）將無法定義站間軌道，亦無法設定基準運轉時間以及行車計畫，亦同等於該區間沒有納入本參數架構中。但

若有某一區間同時隸屬於兩條路線以上，則有可能造成後續輸入基準運轉時分時有兩種以上之版本，為求模式輸入資訊的一致性，故予以規範之。

有關第 3 點原則可限制確保同一路線所定義的站間不會產生重複，有利於系統化描述路網。這種描述方式也符合目前實際系統的現況，例如臺鐵系統的八堵車站既屬於縱貫線也屬於宜蘭線，但「八堵 \longleftrightarrow 三坑」及「八堵 \longleftrightarrow 七堵」兩區間均僅屬於縱貫線，而「八堵 \longleftrightarrow 暖暖」區間僅屬於宜蘭線。

而第 4 點原則是用來確保列車可在同一路線上的各車站運轉，由於本參數架構的路網建構是基於「列車流」的思考，而非一般旅客觀點或售票系統觀點的「旅客流」思考，因此路線的定義必須要以列車行駛為考量。在目前的臺鐵系統中看似不需有此原則規範，但若著眼於捷運系統就可能需要，例如以臺北捷運系統已營運路網如圖 4.5 為例，旅客流雖可以在「臺北車站」及「忠孝復興」兩站進行轉乘，但就列車流於路線上行駛的角度而言，則是完全的立體分隔，在車站內交會的兩條路線分別擁有獨立的月台與軌道，兩路線的列車無法於該車站內相互切換，因此第 4 點限制就是要排除將「中山國中→忠孝復興→昆陽」定義為一條路線的可能性。



圖 4.5 臺北捷運系統已營運路網

雖然本參數架構的設計上針對「將路網劃分為路線之方式」保留很多彈性，但實際應用時，仍建議根據系統的常用營運型態、路線特性等來劃分路線，此舉將有利於後續參數資料的輸入，例如若在路網切割路線的過程，就將電化區間與非電化區間分別以不同路線定義之，就可避免後續設定基準運轉時間時，出現電力驅動的列車牽引種別在部分路段上無法運轉之窘境。

在明瞭網路切分路線的原則之後，接著說明描述路線所需的參數清單以及合理性檢核項目。描述路網內眾路線所需參數如表 4.1，其中路線路量至少需為 1，而每一路線均需有其名稱且不得重複。

表 4.1 描述路網內眾路線所需之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
路線數	整數	≥ 1
描述每條路線所需之欄位		
路線名稱	字串	不可重複
路線方向	列舉	0：順時針、1：逆時針
車站數	整數	≥ 2
描述路線上之車站順序所需之欄位		
車站名稱	字串	同一路線內不可重複
車站里程	實數	≥ 0 ，以公尺為單位，須遞增

至於路線方向係指順著里程數遞增時之方向為何，本研究不建議採用東、西、南、北來表示方向，而是以順時針及逆時針來表示，主要原因在於臺鐵為環島路網，以固定方位來表示可能會有轉向而與實際狀況不符的情形。例如若以南北向來表示，理論上，一軌道的北側會與相鄰軌道的南側銜接，但臺鐵西幹線銜接宜蘭線之後，即由南北向轉成東西向，再變成北南向。為了避免產生與實際方位不符的情形，故以順時針或逆時針來表示方向。

除了路線名稱與方向之外，亦需描述該路線的車站數，此數值必須大於等於 2，意即前述路線劃分原則中的第 1 點規範。另外，路線上的車站順序亦需描述，包含了車站名稱及其里程，車站名稱於同一路線上不可重複（意即前述路線劃分原則中的第 3 點規範），而里程沒有正負號限制，只要各連續車站里程數符合遞增即可，此資訊不僅作為時空圖繪製時的空間座標相對位置之用，亦等同於「相鄰站間」之定義，設定時不可不慎。臺鐵常見的車站里程有兩種，第一種是運務處的「營業里程」，第二種則是工務的「車站中心里程」，前者主要作為票價計算的基礎，後者則為工務處/電務處實際量測或標記基礎設施位置的參考里程，故本研究案建議以「車站中心里程」進行表 4.1 中的車站里程數值建置。

由於同一路線上之車站不可重複且車站里程又必須遞增，因此路線上各車站的里程數值亦是唯一（Unique）。但同一車站在不同路線上則允許有不同里程值。此描述方式也符合目前實際系統的現況，例如臺鐵系統八堵車站的里程在西部幹線為 3.7 公里；但在宜蘭線上則為 0 公里。

4.2.2 車站內股道及設施

經由第 4.2.1 節各路線的車站順序定義後，路線上任何一處均隸屬於車站內或車站間，本節則進一步說明車站內股道與設施之參數建構。

首先必須先定義何謂「車站內」，根據「實用鐵路號誌」^[16]提及：「站內指進站號誌機之內方，其進站號誌機如在同一路線設有兩個以上時，以其最外方者為準」，因此本研究以車站兩側的進站號誌機作為「車站內」的範圍定義¹。若以圖 4.6 為例，進站號誌如方框標示處，因此車站範圍即如虛線範圍內所示。

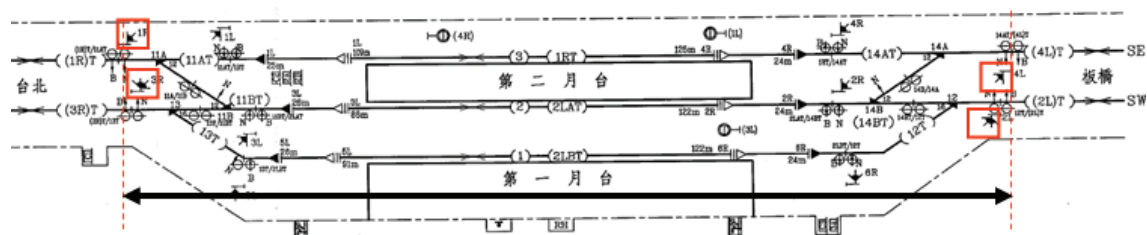


圖 4.6 車站內範圍定義示意圖

在範圍確定後，欲納入參數建置的參數可區分為節點（Node）、節線（Link）與路徑（Route）三大類 9 小項如表 4.2，分別詳述如下。

表 4.2 車站內股道與設施參數分類表

分類	項目	細項	說明
節點	號誌機	進站號誌	指示列車或車輛如何進站
		出發號誌	指示列車准否出發
	道岔	單開道岔	引導車輪輪緣進入指定的股道或路線
		雙開道岔	
		剪式道岔	
節線	正線	主正線	站內運轉之正線有兩股道以上時，其中主要之正線
		副正線	指主正線以外之正線
	其他股道	除正線以外之股道，例如橫渡線或道岔群之間的股道，但不包含側線 ² 。	
路徑	進站路徑	由連續的節線組成，用以描述列車常態運轉路徑	
	離站路徑		

¹自臺鐵捷運化推動開始，許多通勤車站並沒有設置進站/出發號誌機，此部份需要另行特例處理。

²各式列車（含貨車/迴送/折返等）使用到主/副正線之階段均在範圍內。僅有進行編組/調車/整備/清潔等作業階段不在建置範圍內。

1.節點參數及屬性

由表 4.2 可知節點參數包括號誌機與道岔兩大類，在號誌機部分，進站號誌與出發號誌所需的參數相當接近，因此一併整理至表 4.3 並以列舉型式的參數區隔之，每個號誌機均有代碼且在同一車站內不得重複，臺鐵對於號誌機代碼之編號命名有既定的原則，包括北邊採奇數號碼(1, 3, 5, 7)；南邊採偶數(2, 4, 6, 8)；沿里程遞增/遞減方向之號誌命名分別帶有「R/L」等，唯就資料蒐整建置而言，依據來源資料鍵入即可，相關命名規則可參考「實用鐵路號誌」^[16]。

至於號誌機所在位置（里程值），在臺鐵局內部的原始資料中，無論設施位於東/西正線或副正線，其數值皆以該設施垂直投影至東正線上的里程標記。

表 4.3 描述號誌機與對應之 ATP 感應器所需之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
種類	列舉	Home:進站號誌；Starting 出發號誌
號誌機代碼	字串	同一站內不可重複
里程	實數	≥ 0 ，以公尺為單位
方向	列舉	ASC:里程遞增方向；DESC 里程遞減方向
ATP 感應器 I	實數	≥ 0 ，以公尺為單位
ATP 感應器 II	實數	以公尺為單位，需大於 ATP 感應器 I
ATP 感應器 III	實數	以公尺為單位，需大於 ATP 感應器 II
是否為邊界	布林	True 為邊界，False 非邊界

每一號誌機均有方向屬性，由於各車站所在位置不一，因此亦不建議採用東、西、南、北來表示方向，而是採用沿里程遞增/遞減來標示，就臺鐵局電務處的號誌命名習慣而言，名稱中帶有「R」的號誌機通常為沿里程遞增方向；名稱中帶有「L」的號誌機通常為沿里程遞減方向。

由於 ATP 感應器的設置是根據號誌機設置的，根據「號誌設備概要」^[19]提及臺鐵在出發號誌機前方約 30 公尺以及 150 公尺處各埋設一個地上感應器，至於進站號誌機前方則分別於 150 公尺、300 公尺，以及 850~1100 公尺處各設一個地上感應器如圖 4.7。因此表 4.3 設有三個感應器距離參數，其距離除了必須

為正值之外，「感應器 II」的距離應比「感應器 I」長，「感應器 III」的距離亦應比「感應器 II」長，且號誌機的種類若為出發號誌機時，即忽略「感應器 III」參數。

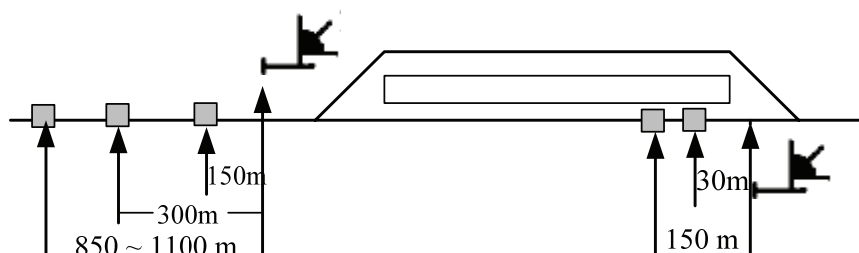


圖 4.7 ATP 感應器相對於進站/出發號誌機距離之示意圖

至於表 4.3 最末一個參數僅是用來記錄該號誌節點是否為邊界點，用以作為後續進行站間參數建置的參考如圖 4.8，意即此屬性被標記 True 時，表示此節點將同時屬於站內與站間。嚴格而論，此屬性並非必要屬性，僅是為了便於說明後續之站間參數建置。

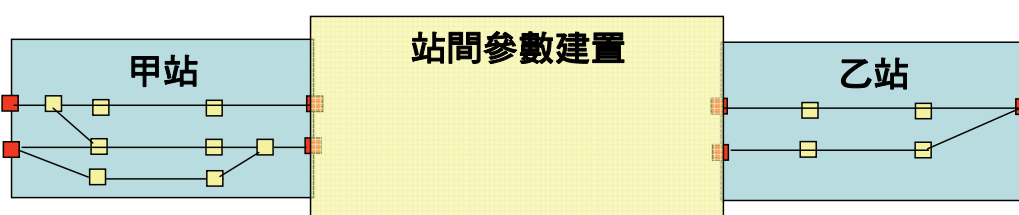


圖 4.8 邊界節點屬性之應用

至於另一類節點則是道岔，描述此類節點所需參數如表 4.4，同樣利用列舉型式的參數來分辨單開/雙開/剪式道岔。道岔代號同樣是在同一車站內不得重複，瞭解臺鐵在道岔代碼上之編號原則亦可減少參數建置過程中的誤植，例如車站兩側道岔分別以單/雙數命名；橫渡線的兩道岔會分別以 A/B 成對表示，例如 15A, 15B。

表 4.4 描述道岔所需之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
種類	列舉	單開道岔；雙開道岔；剪式道岔
道岔代碼	字串	同一站內不可重複
里程	實數	≥ 0 ，以公里為單位
道岔號數	整數	[8~16]，剪式道岔忽略此欄位
反位節線	字串	限單開到岔參考，待節線建置後檢核

至於里程值，臺鐵局的原始資料中仍是以道岔垂直投影至東正線上的里程值作為標記。道岔號數是道岔的重要屬性之一，影響列車速限甚巨，但在單開道岔中，僅有在反位狀態下通過時方需限速，因此需要在節點屬性註記之。

除了表 4.4 所列之基本檢核規則外，待節線資訊建立後尚有其他整體性檢核，包括以下三點：

1. 繫結於單開/雙開道岔節點之節線數必等於 3。
2. 繫結於剪式道岔上之節線數必等於 4。
3. 繫結於單開道岔節點之節線需有一條為反位節線。

表 4.4 列舉之道岔分類雖僅有三類如圖 4.9，而實際應用時除了單獨使用之外，亦可交互搭配來描述各式相關設備，例如圖 4.10 之八字橫渡線係透過四個單開道岔且兩兩共用相同的反位節線來完成；而剪式橫渡線則是利用四個單開道岔及一個剪式道岔描述。

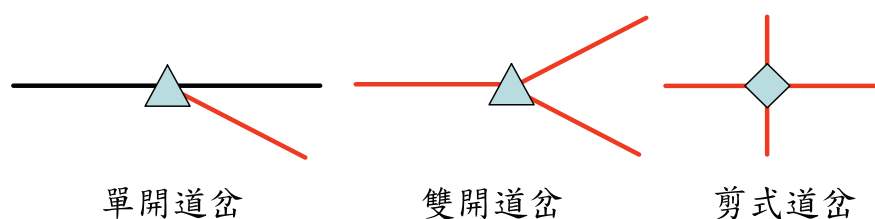


圖 4.9 基本道岔型式示意圖

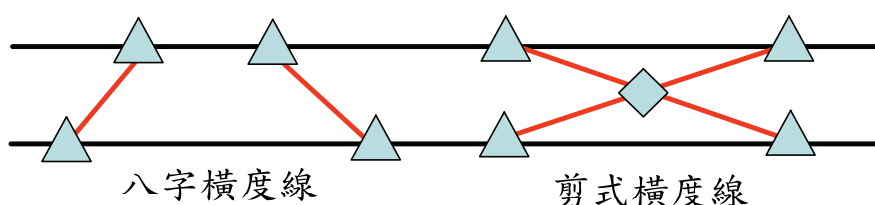


圖 4.10 應用基本道岔描述八字/剪式橫渡線

2. 節線參數及屬性

由於節線是由節點所組成，因此建立節線參數時會大量參照先前建立的節點資訊。正線股道可用來辦理列車到開或通過之用，描述正線股道所需之參數整理如表 4.5，其中正線代號不可重複，雖然臺鐵慣用(1)(2)(3)方式依序編號之，且越靠近前站站房的股道數字越低，但本研究建議此代號仍以字串方式儲存，而且只要滿足同一車站內不重複即可，以提供較大之彈性。

表 4.5 描述正線股道所需之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
正線代號	字串	不可重複
出發號誌代碼 I	字串	需存在於號誌節點清單（表 4.3），兩欄不可全為 null；若兩欄均有值，號誌機方向必須相反。。
出發號誌代碼 II	字串	
主正線與否	布林	True 為主正線；False 為非主正線(副正線)
相臨月台代號	字串	可為 null

正線上一定設有一支以上的出發號誌機，否則不可能是正線，而且臺鐵係屬環島路網，除了少數的末端車站（例如基隆車站）外，絕大多數車站的正線股道上均有兩支出發號誌機，由於兩支出發號誌機的功用在於指示列車可否向兩側開

出，因此兩出發號誌的方向理應相反。

至於股道是否為主正線及相鄰月台代號則較易理解，由於部分正線股道並無月台面，因此相鄰軌道代號允許 null，亦有少數股道的相鄰月台超過一個，可利用逗點予以分隔。建立此參數時亦可將月台側一併納入，例如「2B」代表第二月台 B 側，而臺鐵的慣例是將靠近前站站房稱之為 A 側，反之則為 B 側。

站內除了正線以外，道岔之間或道岔與號誌機之間亦存在橫渡線等各式股道節線，其參數如表 4.6。利用表 4.5 與表 4.6，足以將車站內所有節點串在一起描述車站內之股道拓撲。

表 4.6 描述站內其他節線所需之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
代號	字串	不可重複
節點 I	字串	需存在於節點清單（表 4.3 與表 4.4）定義， 兩欄位均不可為 null 且不得相同。
節點 II	字串	

3.路徑參數及屬性

前兩節所述的節點與節線僅描述站內路網拓樸，尚未描述列車於節線上的允許路徑，本節的路徑參數即是描述列車的常態運轉路徑。臺鐵基於運轉調度之彈性考量，無論在路線或場站的設備均備有足以雙單線運轉的設備，意即無論東/西正線的列車均能駛入車站內的任一股道，然而本研究欲建置的是列車排點階段所使用的路徑，故僅納入常態運轉之路徑。

若以圖 4.11 為例，由於臺鐵是靠左行駛，故圖 4.11(a)之路徑為常態運轉路徑，臺鐵場站設備雖允許列車以圖 4.11(b)路徑行駛，但僅有在特殊狀況（例如運轉整理或緊急應變）時採用，故僅建置圖 4.11(a)之路徑。

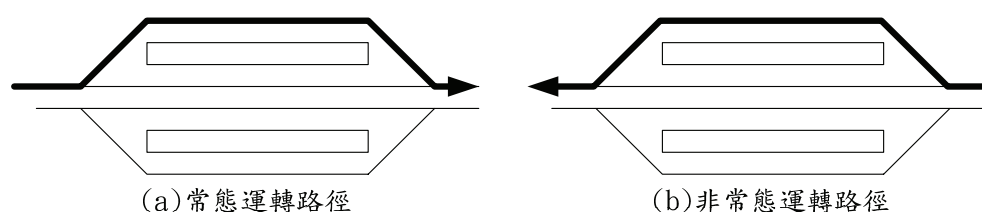


圖 4.11 常態運轉路徑與非常態運轉路徑比較圖

由於路徑是由數量不定的連續節線所組成，因此路徑參數需參照節線來設定，所需的參數包括表 4.7 與表 4.8，其中表 4.7 用列舉站內所有的路徑及其屬性，因此路徑代號不得重複，而路徑屬性包含進/離站與行進方向，前者用來說明此路徑是開向車站中心或駛離車站中心，後者則說明路徑方向是沿著里程數遞增或遞減。

表 4.7 描述站內路徑清單所需之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
代號	字串	同一站內不可重複
進/離站屬性	列舉	Arr:進站；Dep:離站
方向屬性	列舉	ASC:順里程方向；DESC:逆里程方向

表 4.8 則進一步描述每一路徑的節線順序，曾在表 4.7 定義過之路徑均需在表 4.8 中以 N 筆資訊描述其路徑順序細節。由於各路徑的節線數 N 不一，因此同一路徑的節線順序值必須由 1~N 不可缺漏。節線代碼除了需在節線清單中定義過之外，節線是否確實相鄰亦是檢核的要項之一。

表 4.8 描述站內路徑細節所需之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
代號	字串	需出現在路徑清單
順序	整數	每組資料由 1 起連續遞增的整數
節線代碼	字串	需存在於節線清單，且相鄰順序的節線必須確實相鄰(即兩節線中存在相同節點)

完成同車站內的表 4.7 與表 4.8 參數建置後，可進行諸多整體性檢核，至少包括以下三點：

- (1)同一遞增/遞減路徑串起之節點里程必須確實遞增或遞減。
- (2)進站路徑的起點需為進站號誌機，最末節線必須是正線。
- (3)離站路徑的起始節線必須是正線，最末節點需為進站號誌機。

4.2.3 車站間股道及設施

「車站間」之範圍定義在第 4.2.2 節中完成「車站內」定義時即已完成，不再贅述。而車站間股道及設施參數的建置程序主要是先建立站間股道節線(Link)，接著再將中途閉塞號誌機繫結在股道上。描述站間股道所需參數如表 4.9，每條站間股道勢必隸屬於一個站間，同站間之站內股道不可重複，此節線將由相鄰兩站的節點所組成。股道運用方向是站間股道的重要屬性之一，通常在複線區間裡，

兩條股道分別會是順里程遞增/遞減方向的運用，而在單線區間則是僅有一條允許雙向的站內股道。

表 4.9 描述站間股道所需之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
車站區間代號	整數	需周延互斥
軌道股道代號	字串	同區間內不可重複
節點 I	字串	該區間車站 I 的邊界節點，需於表 4.3 定義
節點 II	字串	該區間車站 II 的邊界節點，需於表 4.3 定義
股道運用方向	列舉	ASC:順里程向;DESC:逆里程向;Dual:雙向

「車站間」的節點除了已於車站內定義的邊界節點外，尚有中途閉塞號誌機，其屬性與車站內的號誌機類似如表 4.10。

表 4.10 描述中途號誌機與對應之 ATP 感應器所需之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
號誌機代碼	字串	同一區間不可重複
所屬站間軌道	字串	需已於表 4.9 定義
里程	實數	≥ 0 ，以公里為單位
方向	列舉	ASC:里程遞增方向；DESC 里程遞減方向
ATP 感應器 I	整數	≥ 0 ，以公尺為單位
ATP 感應器 II	整數	以公尺為單位，需大於 ATP 感應器 I

4.2.4 正線之平縱面曲線與隧道資料

臺鐵描述正線上之平縱曲線與隧道均以絕對里程描述之，故本研究將其資料獨立建置。表 4.11 為描述平曲線所需之參數，其中路線名稱必須關聯到先前在第 4.2.1 節所定義的路線清單。此外，由於東西正線的平面線形可能有別，因此須在資料上加註之。同一正線上存在的曲線數 N 不定，為利於後續的基本檢核以及資料取用，須記錄其項次順序，此順序由 $1 \sim N$ 不可缺漏。鐵路的曲線設計通常會在直線與曲線間加入緩和曲線，故分別以 T.S（直線進入緩和曲線）、S.C（緩和曲線進入曲線）、C.S（曲線進入緩和曲線）、S.T（緩和曲線進入直線）四個里程值記錄之。在同一項次中，此四個數值理應遞增，第 n 項次的 TS 也會大於等於第 $n-1$ 項次的 S.T，當「 $=$ 」符號成立時，即代表該位置存在反曲線。至於半徑、方向與設計速限則是平曲線的基本屬性參數。

表 4.11 描述平曲線之所需之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
路線名稱	字串	需出現在表 4.1 的路線清單上
東/西正線	列舉	E:東正線；W:西正線
項次順序	整數	每組資料由 1 起連續遞增的整數
起迄里程 T.S	實數	單位為 km，同一項次內需符合 $TS < SC < CS < ST$ ，第 n 項次之 TS 需大於等於第 n-1 項次之 ST。
起迄里程 S.C	實數	
起迄里程 C.S	實數	
起迄里程 S.T	實數	
半徑	整數	以公尺為單位
方向	列舉	R:右彎；L:左彎
設計速限	整數	以 km/h 為單位

註 T:直線；S:緩和曲線；C:曲線

至於縱曲線所需之參數則如表 4.12，前三個參數之功能與平曲線參數相同，不再說明。而變坡點里程則用來說明坡度變化之位置，臺鐵局提供的原始資料是分別記錄變坡點前後之坡度值均，故存在第 n 筆的「後方路線坡度」等於第 n-1 筆之「前方路線坡度」，此部份在後續資料表設計時時可考慮簡化。此外，進行資料檢核時若坡度絕對值超過 30%即可視為不合理。

表 4.12 描述縱曲線所需之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
路線名稱	字串	需出現在表 4.1 的路線清單上
東/西正線	列舉	E:東正線；W:西正線
項次順序	整數	每組資料由 1 起連續遞增的整數
變坡點里程	實數	單位為 km，須隨項次順序遞增
前方路線坡度	實數	以‰為單位，介於[-30, 30]
後方路線坡度	實數	以‰為單位，介於[-30, 30]

隧道資料係由隧道名稱、所屬線別、起/終點里程及單/雙軌屬性所組成，其參數如表 4.13。

表 4.13 描述隧道所需之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
隧道名稱	字串	識別隧道用
所屬路線	字串	需出現在表 4.1 的路線清單上
隧道起點里程	實數	單位為 km，
隧道終點里程	實數	單位為 km，須大於隧道起點里程
單/雙軌	列舉	0 為單軌；1 為雙軌

4.3 列車參數資料建構

列車參數可概略分為三種，第一種屬於標籤型的參數，用以將列車分類，以臺鐵而言，通常以「列車等級」及「牽引種別」兩種分類方式將列車分類。第二種參數則是初始班表，描述列車排點作業之前所有車次於各站的停站計畫，通常初始班表是存在眾多列車衝突的，而排點模式就是透過調整初始班表之列車到開時間直至無任何衝突為止。第三種參數則是車輛性能之參數，包括重量/長度/速限/阻力/牽引力等。

4.3.1 列車等級與牽引種別

「列車等級」與「牽引種別」同屬列車分類的標籤，但其不同處在於前者是作為描述此列車服務型態或商業營運稱呼（例如自強號或莒光號），而後者則是作為識別其動力系統及決定基準運轉時分之用。這兩種標籤的參數雖然單純如表 4.14 及表 4.15，但卻是後續許多相關參數的重要關聯與參照。

表 4.14 描述列車等級清單之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
列車等級名稱	字串	識別牽引種別，不得重複
列車優先等級	整數	$[-20, +20]$ ，數字越小優先等級越高
列車停等權重	整數	≥ 0
列車等級說明	字串	無

表 4.15 描述牽引種別清單之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
牽引種別名稱	字串	識別牽引種別，不得重複
牽引種別說明	字串	無

4.3.2 初始班表

初始班表所需的參數資料如表 4.16，初始班表的車次數可根據需求自行定義，而每一車次均應有不重複的識別代碼。每個車次均有其所屬的列車等級與牽引種別，此兩類資訊需與第 4.3.1 節定義的列車等級與牽引種別相互關聯。

表 4.16 初始班表所需參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
車次數	整數	≥ 1
描述每個車次所需之欄位		
車次代號	字串	不可重複
列車等級	字串	須已在表 4.14 之列車等級清單內
牽引種別	字串	須已在表 4.15 之牽引種別清單內
參考車站	字串	需在停站任務清單中
出發時間	時間	係指在參考站之出發時間
停靠站數	整數	≥ 2
描述車次所經過的停站任務順序之欄位		
順序	整數	每組資料由 1 起連續遞增的整數
車站名稱	字串	需在路網已定義，前後車站必須相鄰
停靠時間	整數	≥ 0 ，以秒為單位，通過為 0

此外，各車次的發車時間亦是所需參數，考量列車排點過程在指定出發時間時不一定全以第一個任務作為基準，有時可能會以中途較大規模的車站作為指定出發時間的參考，故除了「出發時間」欄位之外，另加「參考車站」來指定參考車站，如此即能指定列車在中途車站的出發時間，例如指定一列基隆開往新竹的通勤列車於七點整由中途的臺北車站出發。

最後，每個車次的停站任務亦是初始班表中的重要參數，描述列車於路網之任務順序，需逐一記錄該車次的所有任務的所有站名以及預計的停站時間，若為通過站仍須註記，但停站時間以 0 標記之。由於列車必須於路網上行駛，因此停站任務上車站順序與清單亦需符合先前路網路線定義。

4.3.3 列車性能

鐵路列車是由鐵路車輛按規定編組而成，整列車的性能或技術諸元（長度/重量等）均與編組數有關，因此本節將分別介紹描述鐵路車輛的參數，最後再說明描述列車編組之參數。

鐵路車輛可依是否具備動力概分為動力車輛與非動力車輛，前者包含機車（Locomotive）與電(柴)聯車（Multi-Unit）等具備動力系統，後者則不具備動力需與機車編組方能具備運輸功能。

描述動力車輛的性能諸元參數如表 4.17，除用來辨識車輛的型號名稱之外，尚需 12 個其他參數，「電(柴)聯車與否」用來記錄該車輛是否為電(柴)聯車，而機車通常需與其他無動力的客/貨車編組方能提供運輸服務。車輛的質量、長度、速限則為一般基本參數，毋須贅言。

「出發阻力臨界速度」與「出發阻力係數」兩參數是描述列車在何種速度以下需考慮出發阻力及阻力係數值，實際的出發阻力會與編組後的列車重量有關。

表 4.17 描述動力車輛技術諸元之參數

項目名稱	資料型態	說明
車輛型號名稱	字串	識別動力車輛使用
電(柴)聯車與否	布林	True 為電(柴)聯車；False 為機車
空車質量	整數	以公噸為單位
重車質量	整數	以公噸為單位
車輛長度	整數	以公尺為單位
速度限制	整數	以 km/h 為單位
出發阻力係數	整數	以‰為單位
出發阻力臨界速度	整數	以 km/h 為單位
行駛阻力	方程式	詳見表 4.18 及其說明
牽引力曲線	—	詳見表 4.19 及其說明

鐵路車輛的行駛阻力並非定值，而是與行駛速度等參數有關，故需以方程式描述之，根據本研究整理，臺鐵局常見的行駛阻力方程式計有下述三種型式如式 (4.1)、(4.2)及(4.3)。

$$r_r = a + bV + cV^2 \quad (4.1)$$

$$r_r = a + bV + c \frac{V^2}{W} \quad (4.2)$$

$$r_r = a + bV + (c + d(N - 1)) \frac{V^2}{W} \quad (4.3)$$

式中： r_r =行駛阻力係數（‰）

a =與速度無關之阻力係數（‰）

b =與速度一次方有關之阻力係數（‰）

c =與速度二次方有關之阻力係數（‰）

d =與速度二次方及車輛組數有關之阻力係數（‰）

V =列車速度（km/h）

N =電聯車或柴聯車總編組車輛數

W =列車總編組重量（kN）

由於係數值可以填 0，因此可把 $a \sim d$ 均納為輸入參數即可描述各式行駛阻力公式，惟為了區隔與速度二次方有關之係數是否除上列車的編組重量，須另外引用一個屬性來記錄，綜整後可得需記錄之參數如表 4.18。而實際計算行駛阻力時，必須根據編組的重量 W 、編組輛數 N 以及行駛速度 V 動態計算之。

表 4.18 描述行駛阻力係數之參數

項目名稱	資料型態	說明
動力車輛名稱	字串	識別動力車輛使用
是否除以列車重量	布林	True:除以列車重量；False:不除以重量
行駛阻力係數 a	實數	與速度無關之阻力係數
行駛阻力係數 b	實數	與速度一次方有關之阻力係數
行駛阻力係數 c	實數	與速度二次方有關之阻力係數
行駛阻力係數 d	實數	與速度二次方及車輛組數有關之阻力係數

表 4.17 最末一項參數－動力車輛之牽引力曲線不像行駛阻力具有一般化的函數型態，因此無法利用記錄係數值的方式來處理，取而代之的是利用描點的方式記錄如表 4.19。除了需按順序記錄之外，亦要同時確保牽引力資料點延資料點遞減；速度資料點沿資料順序遞增且最末點必須大於等於車輛速限。實際應用時，會以線性內差的方式來取得各種速度下的牽引力值。

至於非動力車輛，其參數為動力車輛的部份子集合，表 4.17 中的「電(柴)聯車與否」及「牽引力曲線」兩參數是動力車輛才具備的專屬參數，扣除此兩項之參數即為非動力車輛之參數。

表 4.19 描述牽引力曲線所需之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
動力車輛名稱	字串	識別動力車輛使用
資料順序	整數	每組資料由 1 起連續遞增的整數
速度	實數	以 km/h 為單位，沿資料順序需遞增
牽引力	實數	以 kN 為單位，沿資料順序需遞減

實際上進行列車運轉模擬分析時，是以編組後的列車作為分析對象，而描述列車編組的參數如表 4.20。除了識別列車編組之名稱外，尚包括編組的動力車輛型號與數量、非動力車輛型號與數量、緊軔減速度及等效質量係數。列車編組中至少需要一組動力車輛，非動力車輛則可識需求而定，當車輛的型式與編組數量確定後，包括列車的長度、重量、速限等均可分別利用加總 (Sum) 或最小 (Min) 等彙總函數來計算之。

表 4.20 描述列車編組之參數

項目名稱	資料型態	說明
列車編組名稱	字串	識別列車編組使用
動力車編組輛數	整數	≥ 1 ，編組內至少需有一組動力車輛
動力車型號	字串	需於表 4.17 定義
非動力車編組輛數	整數	≥ 0
非動力車型號	字串	「非動力車編組輛數」 >0 時方需定義
中途緊軔減速度	實數	>0 ，以 Km/h/s 為單位
停車緊軔減速度	實數	>0 ，以 Km/h/s 為單位
等效質量係數	實數	≥ 1 ，臺鐵的慣例為 1.06

4.4 運轉參數資料建構

所謂的運轉參數資料，係指規範列車於路網上的移動限制，這些參數可概分為基準運轉時分、運轉時隔與速限資訊。基準運轉時分用來規範特定牽引種別之列車於兩連續車站間至少需多長的運轉時間；運轉時隔則是規範先/續行兩列車至少必須有多長時間的間隔；速限則用來規範列車的最高速度。以下分節說明之。

4.4.1 基準運轉時分





記錄基準運轉時分所需之參數如表 4.21，由於運轉時分相依於「路線區間」與「牽引種別」之資料。故表 4.21 前三個欄位須分別關聯第 4.3.1 節的牽引種別定義，且符合第 4.2.1 節的路線與站間定義。此外，同站間不同方向須考慮不同的運轉時間，即區隔「車站 A→車站 B」及「車站 B→車站 A」兩種視為不同的兩組輸入參數，故以表 4.21 中第四個參數即是方向註記。

表 4.21 描述基準運轉時分之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
牽引種別名稱	字串	須關聯至表 4.15 之牽引種別清單
路線名稱	字串	須關聯至表 4.1 之路線清單
站間代碼	整數	表 4.1
運轉方向	列舉	ASC: 里程遞增方向；DESC 里程遞減方向
9 種條件之時分	整數	>0，以秒為單位，計有 9 組如表 4.22。

整體而言，前 4 個參數定義特定牽引種別於特定路線特定區間上的特定運轉方向，後續參數才是運轉時分數值，列車於兩車站間存在的停靠/通過與否可列舉包括通/通、通/停、停/通、停/停四類，若考慮前後車站均可能使用主/副正線，交叉列舉原共有 16 種組合如表 4.22，惟列車不得以副正線方式通過車站，因此僅考慮情境 A~I 共計 9 種情境。

表 4.22 列車於兩站間通/停及停靠股道情境列舉表

使用主/副正線 \ 停靠型態	通/通	通/停	停/通	停/停
	情境 A	情境 B	情境 C	情境 D
	×	情境 E	×	情境 F
	×	×	情境 G	情境 H
	×	×	×	情境 I

4.4.2 運轉時隔

運轉時隔可以依據先/續行列車的運轉方向是否相同區分為同向運轉時隔與反向運轉時隔兩種。同向時隔的參數如表 4.23，意即允許各車站不同方向均有獨立的同向時隔設定值。在同車站同方向的設定值中，亦根據先/續行列車之到/離/通等不同型態分別如表 4.24。

表 4.23 描述同向運轉時隔之參數

項目名稱	資料 型態	基本檢核規則
車站名稱	字串	需屬於已定義過車站清單中
運轉方向	列舉	CW:順時針方向；CC 逆時針方向
8 種條件之時分	整數	>0，以秒為單位，計有 8 種如表 4.24。

至於反向時隔由於變化較多，並無如同向時隔般有既定樣式可供套用，因此將建構在第 4.2.2 節的路徑屬性基礎上如表 4.25，意即描述表 4.25 中「路徑 I」與「路徑 II」之間需間隔之時隔值。

表 4.24 車站內 8 種同向時隔定義列表

續行 \ 先行	到達	離開	通過
到達	AA	—	AP
離開	DA	DD	DP
通過	PA	PD	PP

註：粗斜體的時隔為站內使用同一股道，其餘皆為站內使用不同股道

表 4.25 描述反向時隔所需之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
車站	字串	時隔所屬車站，需存在於車站清單
代號	字串	同車站內不可重複
路徑 I	字串	需存在於該站的路徑清單內（表 4.7）且兩路徑之方向必須相反。
路徑 II	字串	
時隔值	整數	>0，以秒為單位

4.4.3 速限資料

臺鐵列車運轉速度限制在「臺灣鐵路管理局行車實施細則」及「臺灣鐵路管理局行車特定事項」中有詳細規定，以下分別就下坡道速限、彎道速限、道岔速限及慢行速限分別說明之。

1. 下坡道速限

列車行駛於下坡道時，因坡度阻力的方向與列車行進方向相同，會抵消列車的煞車力，因而增加列車的煞車距離，為避免煞車距離過長（600 m 以上）而造成危險，必須依坡度以及列車緊制力的大小制定列車的速限。

描述下坡道速限之參數如表 4.26，根據臺鐵的內部規章，下坡道速限的「列車種別」並未直接對應到列車等級或牽引種別，而是用「以電車組編組之列車」、「以乙種客車編組之列車」等名稱進行識別。

表 4.26 描述下坡道速限所需之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
列車種別	字串	無，描述下坡道速限 Profile 名稱
資料順序	整數	每組資料由 1 起連續遞增的整數
下坡度	整數	[-5, -25]，以‰為單位，隨資料順序遞減
速限	整數	[0, 150]，以 km/h 為單位，隨資料順序遞減

臺鐵慣例的下坡道速限規定由-5‰至-25‰，每 5‰為一個級距規範速限，而當下坡度的絕對值越高時，速限將會越低。

2.彎道速限

列車經過曲線段時，因離心力的作用使車輛有向外傾覆的趨勢，因此速度愈高，愈容易發生翻覆的危險，雖然鐵路定線在曲線上會佈設超高(Super Elevation)，利用列車重量的分力來抵銷離心力，惟超高係採平均過彎速度來設計，對於高速行駛的列車而言，仍有翻車之虞，因此必須設定速限以確保列車運轉的安全。

描述彎道速限之參數如表 4.27，根據臺鐵的內部規章，彎道速限的「列車種別」亦未直接對應到列車等級或牽引種別，而是用「以推拉式電車組、電車組或機動車編組之列車」、「其他列車」與「傾斜式列車」等名稱進行識別。而隨著彎道半徑值越小，速限將會越低。

表 4.27 描述彎道速限所需之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
列車種別	字串	無，描述彎道速限 Profile 名稱
資料順序	整數	每組資料由 1 起連續遞增的整數
半徑	整數	[50,1000]，以公尺為單位，隨資料順序遞減
速限	整數	[0, 150]，以 km/h 為單位，隨資料順序遞減

3.道岔速限

列車行經道岔時速度必須限制在安全範圍之內，描述道岔速限之參數如表 4.28，意即根據道岔的型式（單開/雙開）及道岔號數規範速限值。

表 4.28 描述道岔速限所需之參數

項目名稱	資料型態	基本檢核規則
道岔型式	列舉	Single:單開；Equilateral:雙開
道岔號數	整數	[8, 16]
速限	整數	[0, 150]，以 km/h 為單位

第五章 排點參數資料庫規劃設計與建置

5.1 資料庫系統規劃

本研究規劃的資料庫運作環境如表 5.1，其中硬體部分由於市面上電腦硬體均已做到高度相容，故無太大限制。而作業系統部分，雖 Windows 7 已推出兩年且大受好評，但產官學研各界仍有不少電腦採用 Windows XP 系統，故在開發資料庫系統階段會同時兼顧此兩種作業系統的相容性。

表 5.1 排點參數資料庫建置環境表

項目	規格或環境
電腦硬體	市售個人電腦或筆記型電腦
作業系統	Microsoft Windows XP, Windows 7
資料庫軟體	Microsoft SQL Server 2008 R2 Express
API 函式庫	Microsoft .Net Framework 4.0

在資料庫軟體部分，雖然 Microsoft Access 挾 Office 市佔率之優勢在個人電腦被廣為安裝，但從表 5.2 的功能比較可知，相較於 Microsoft SQL Server，Access 之功能或規格明顯不如 SQL Server，考量本資料庫未來將移轉至運研所或臺鐵局繼續擴充維護，故選擇 Microsoft SQL Server 進行建置。值得特別說明的是本研究並無軟體採購的預算規劃，故本研究均以免費的「Microsoft SQL Server 2008 R2 Express」版本進行建置與說明，即使未來有使用付費版本（即 Standard 版或 Enterprise 版）之需求時，本研究建置的資料庫檔案（即 mdf 與 ldf 檔）亦可供付費版本開啓之，具有相當的延展擴充性。

表 5.2 Microsoft SQL Server 與 Access 功能比較表

比較項目	MS SQL Server 2008 R2	MS Access 2007
單一資料庫上限	10 GB	2 GB
資料庫物件上限	2,147,483,647	32,768
連線使用者數目	32,767	255
安全性	Windows 整合認證	檔案存取權限/單一密碼
失敗還原	透過交易記錄檔彈性還原	僅可復原到最後一次備份

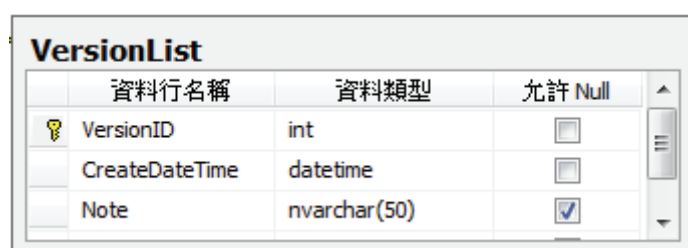
資料來源：本研究整理

5.2 資料表設計

本節將先說明整體的資料表設計準則，接續逐一說明路網參數/列車參數/運轉參數之資料表設計成果。

5.2.1 整體設計準則

為考量場站設施或列車資料均會隨著政府重大建設而改變，例如近年來松山車站地下化、太魯閣號納入營運等，為了讓資料庫同時儲存多套不同版本之排點參數，本研究設計一個名為[VersionList]之資料表如圖 5.1，該資料表將記錄資料庫中所有版本的版本代號、創建日期及說明欄位資訊。



資料行名稱	資料類型	允許 Null
VersionID	int	<input type="checkbox"/>
CreateDateTime	datetime	<input type="checkbox"/>
Note	nvarchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>

圖 5.1 排點參數總表

其他所有資料表均亦設計資料型態為整數的「VersionID」欄位作為外來鍵（Foreign Key）關聯至[VersionList]資料表，並設定串聯刪除（Cascade Delete）及串聯更新（Cascade Update）來處理資料異動時之更新或刪除。由於本資料表與其他資料表均設定關聯，故後續章節的資料表關聯圖將不再重複贅述此資料表。

考量資料儲存空間以及存取效率，有關資料型態的使用，將儘量使用布林（bit）及整數（int）型態，若非得使用字元字串時，則以 nvarchar 型態儲存之，此型態為可變動長度之字串，且支援 Unicode 字元；當需要儲存實數資料時，則以 Decimal（Numeric）型態處理之，並且根據需要指定其小數點以下位數。表 5.3 彙整出本研究中常見物理量所使用之單位及精度。

表 5.3 本研究中常見物理量之單位與精度表

物理量	單位	型別/精度	備註
長度	公尺	decimal(18, 2)	包含里程
速限	公里/小時	int	—
時間	秒	int	包含時隔/時分
重量	公噸	Decimal(18, 3)	—
坡度	千分之一	Decimal(18, 3)	—
力	仟牛頓	Decimal(18, 3)	
係數	無	Decimal(18, 5)	—

其他設計原則包括以下 5 點

- 1.各資料表均需設計主鍵（適需要使用複合欄位作為主鍵）
- 2.每一欄位應只單純代表一個唯一型態之資訊
- 3.各欄位儘量不允許 Null。
- 4.同意義之欄位命名要一致
- 5.路線/車站等大量存在於以代碼方式處理之

5.2.2 路網參數資料表設計

1.路網與路線

本研究設計[StationList]資料表與[LineList]資料表分別儲存整個系統中的車站清單與路線清單，至於每條路線的由哪些車站組成則存放於[LineDefinition]資料表，故分別與[StationList]資料表與[LineList]資料表存在多對一之關聯。此外，由於系統中有許多實體的性質是描述車站之間的屬性（例如運轉時間或站間軌道），因此另外設計[SectionList]資料表存放每一個區間之定義，其中描述區間前後兩車站的欄位會分別與[StationList]資料表存在多對一之關聯，同時表中的SectionID 欄位額外設計了 Unique 條件約束。

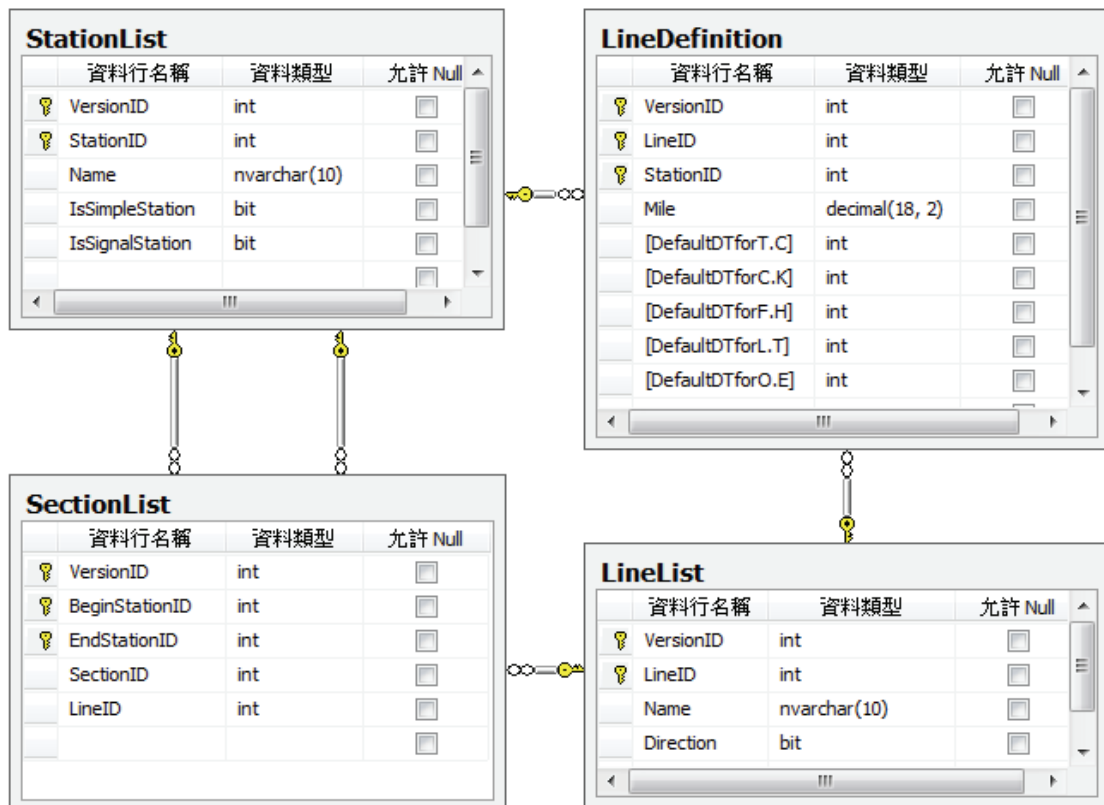


圖 5.2 路網與路線車站內節點資料表設計

2.車站內股道及設施

車站內股道與設施之描述包括節點、節線與路徑，相關資料表眾多且彼此間高度相依，若將所有資料表同時繪製在同一張圖將不利於閱讀，故將遷就報告版面配置來說明相關資料表設計。

本研究設計[InnerStationNodeList]資料表來儲放節點共有之屬性如圖 5.3，由於每一個節點均會隸屬於某個車站，因此[InnerStationNodeList]資料表與先前介紹的[StationList]資料表存在多對一之關係。至於號誌機節點及道岔節點所特有之屬性則分別設計[InnerStationSignal] 資料表與[InnerStationTurnout]資料表儲放，兩資料表可視為對節點的擴充屬性，故分別與[InnerStationNodeList]存在一對一之關係。

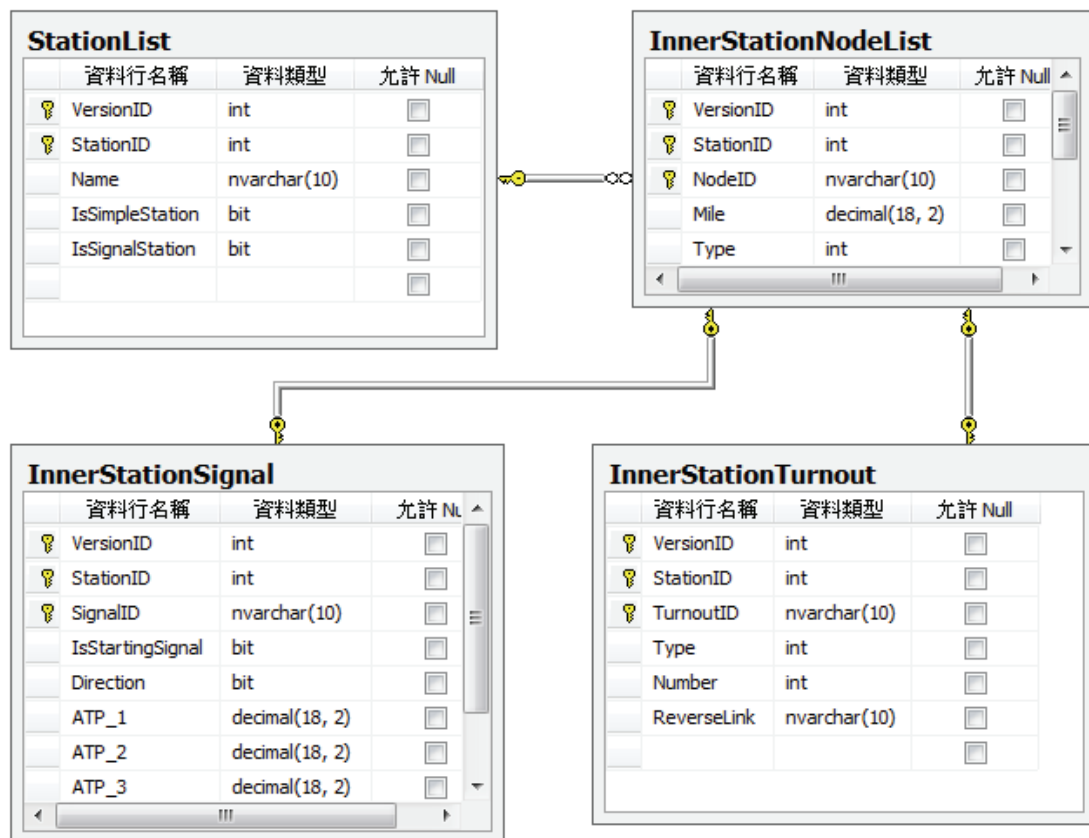


圖 5.3 車站內節點資料表設計

有關節線資料部分則設計[InnerStationLinkList]資料表儲放如圖 5.4，由於每一個節線亦均會隸屬於特定車站，故[InnerStationLinkList]資料表與先前介紹的[StationList]資料表存在多對一之關係。此外，由於每個節線均由兩個節點所組成，故此資料表將與先前的[InnerStationNodeList]存在兩筆一對多關係。屬於正線的節線會有一些延伸屬性儲放於[InnerStationMainTrack]資料表，所改該表與[InnerStationLinkList]資料表存在一對一之關聯。

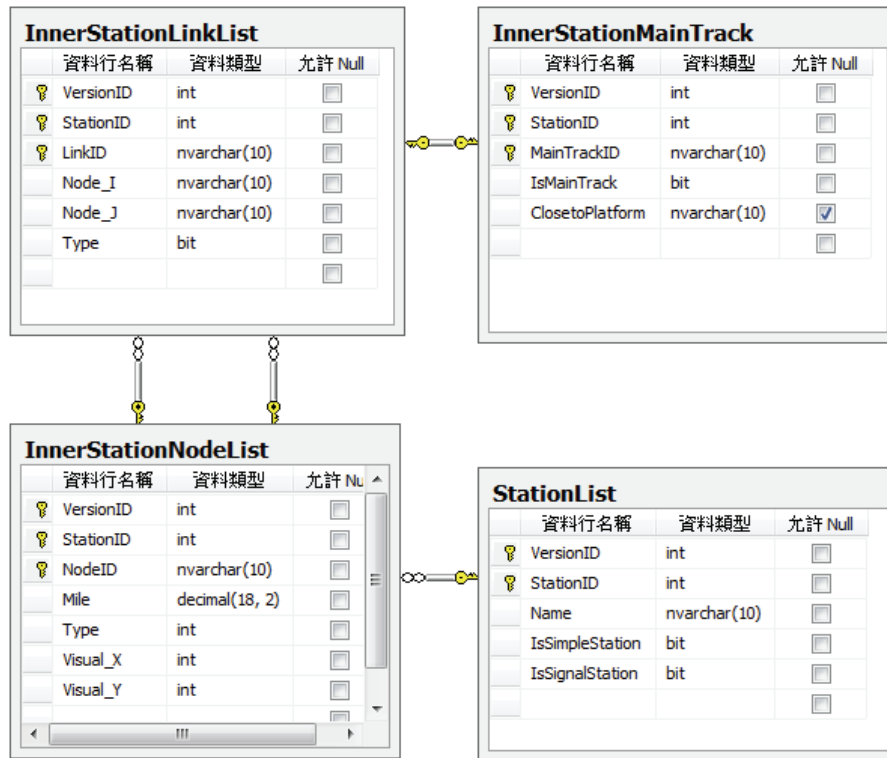


圖 5.4 站內節線資料表設計

路徑資料則設計[InnerStationRouteList]及[InnerStationRouteDetail]兩個資料表如圖 5.5 儲存之，前者儲存各版本各車站的路徑清單，故與[StationList]資料表存在多對一之關係；後者則儲放組成路徑之節線順序，為加強資料的完整性，將[InnerStationRouteDetail]資料表與[InnerStationLinkList]設定多對一之關聯。

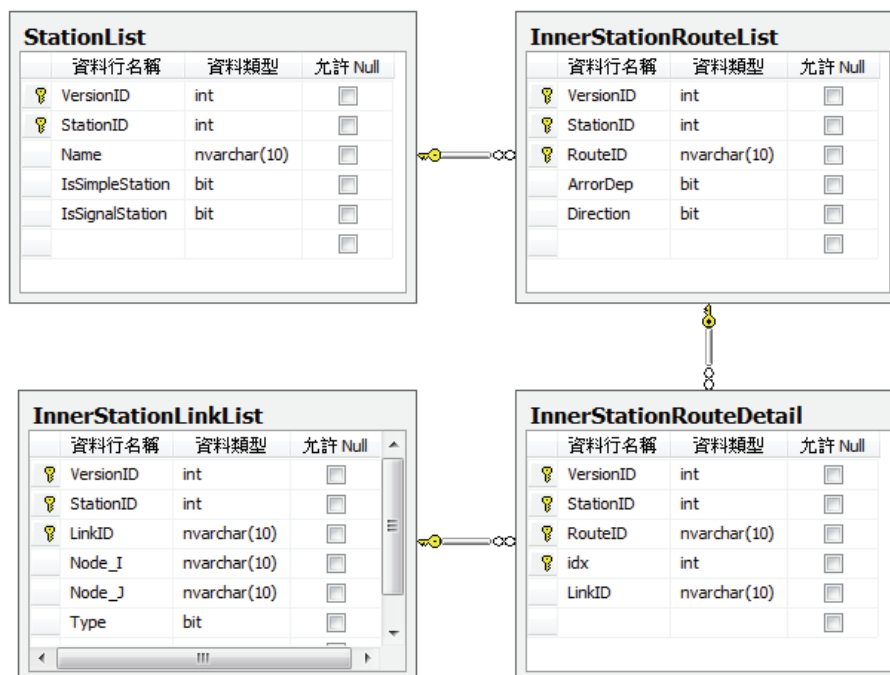


圖 5.5 站內路徑資料表設計

3.車站間股道及設施

站間股道之實體資料儲放於[InterStationTrack]資料表如圖 5.6，由於每一站間股道均僅能隸屬於一個站間，故本資料表與先前介紹的[SectionList]資料表存在多對一之關聯。

至於存在於站間股道上的中途閉塞號誌機由於資料筆數不定，故另外設計[InterStationSignal]資料表記錄其里程、對應之 ATP 感應子距離等資訊，該表與[InterStationTrack]資料表存在多對一之關係。



圖 5.6 站間股道與中途號誌資料表設計

4.平縱面線型與隧道參數

由於平面線型、縱面線型及隧道參數均依路線別以里程方式記錄，故這 3 個資料表均與路線清單[LineList]資料表存在多對一之關聯如圖 5.7，意即一份版本裡任一路線中的任一正線上均可能有一筆以上的曲線資料、變坡點資料或隧道參數。

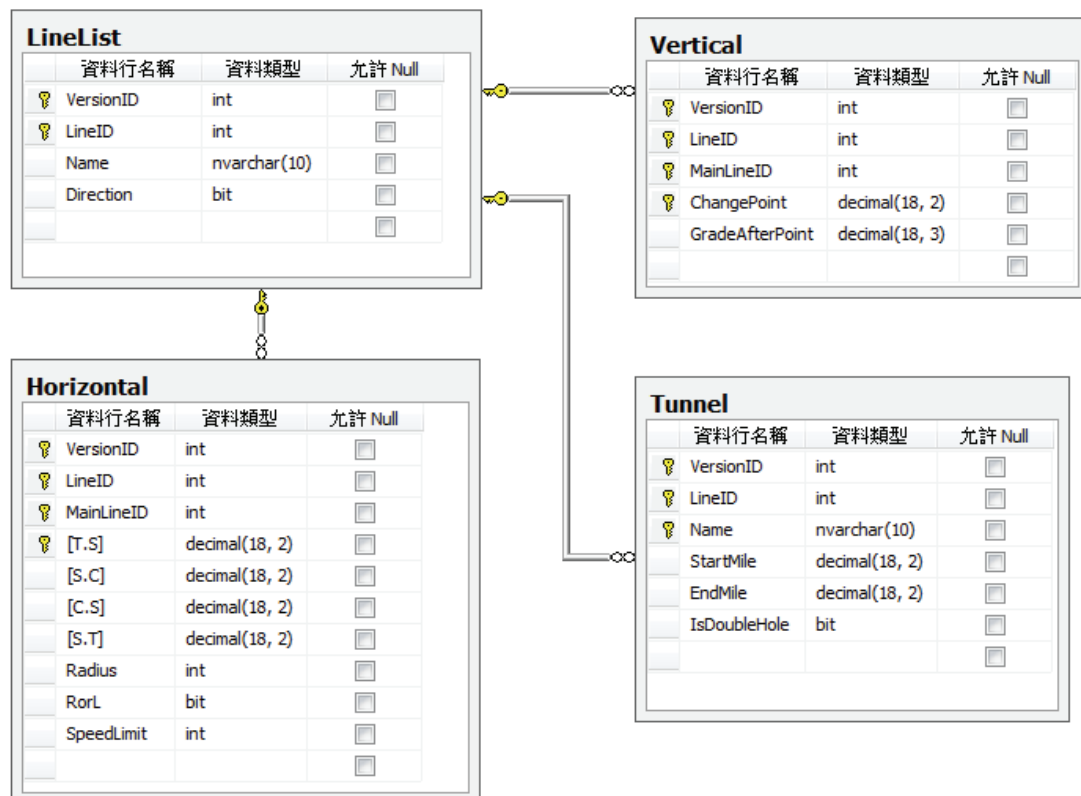


圖 5.7 平縱面資料表設計

值得特別說明的是，臺鐵對於縱面線型的原始資料中分別記錄了所謂[變坡點前]與[變坡點後]之坡度資訊，但由於第 n 筆記錄的[變坡點前]坡度即為第 $n-1$ 筆記錄的[變坡點後]坡度，為了避免重複記錄同一實體之資訊，資料表僅設計記錄[變坡點里程]以及[變坡點後坡度]之欄位，若需呈現出類似臺鐵原始資料之格式時，再以資料庫查詢語言重新組織參數呈現之。

5.2.3 列車參數資料表設計

1. 初始班表

初始班表[InitialTimetable]資料表存放各車次的基本資訊如圖 5.8，每個車次均有不重複的識別碼 TrainID，同時記錄其列車等級代碼及牽引[種別代碼，這兩個代碼欄位將分別與列車等級[TrainClassType]與牽引[種別[TractionType]兩個資料表存在一對多之關聯。至於車次的停靠站名與時間由於資料筆數不定，故另外設計[TrainTask]資料表存放各車次於各車站的計畫停站時間，該表與[InitialTimetable]資料表存在多對一之關係。

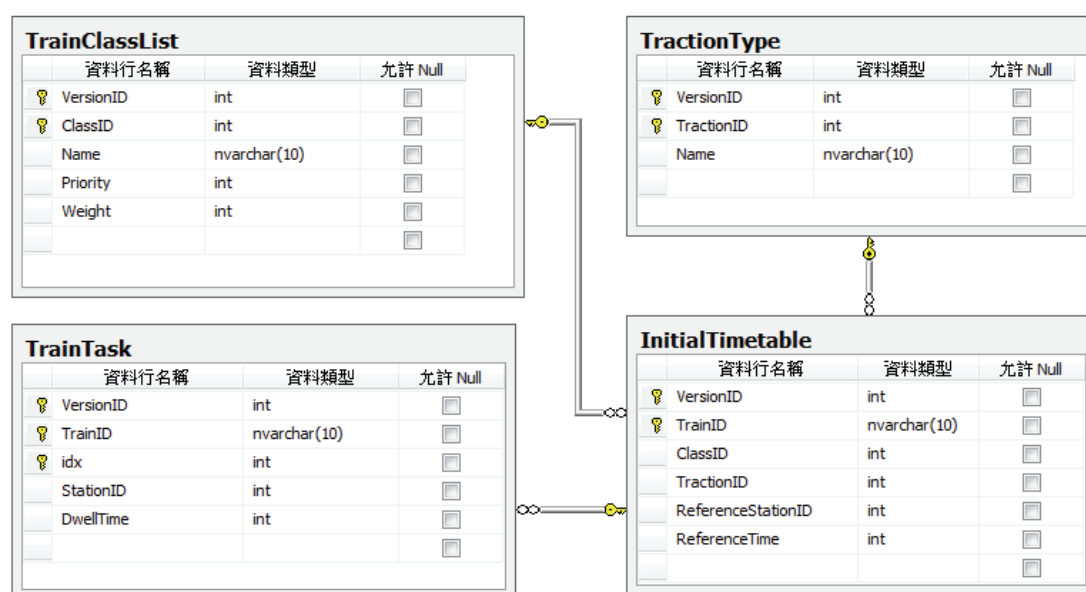


圖 5.8 初始班表相關資料表設計

2. 車輛技術諸元與性能

為了兼顧泛用性及各種編組之彈性，本研究設計 3 種層次的車輛相關資料表，其中最基礎的一層是[Vehicle]資料表，該資料表是以單一車輛（車廂）之角度記錄其所有技術諸元，包括動力型式/車長/車重/速限/座位數/阻力等基礎參數。接著則以[Vehicle]資料表為基礎設計一層[VehicleSet]資料表，用以代表可以作為[列車編組基礎單位]的車輛組，例如 2 輛 DR3000 配合 1 輛 DR3070 方可成為一個列車編組的基本單位，而像是 R20 或 PPC 等車輛，則是單一輛即可作為列車編組的基礎單位。為了彈性描述各式[VehicleSet]是由哪些[Vehicle]所組成，設計[VehicleSetComposition]資料表描述之。

至於動力車輛牽引力的參數，由於部分車輛的牽引力資訊是針對整個基本編組所提供，故設計[TractiveEffort]資料表與[VehicleSet]資料表關聯。整個車輛技術諸元與編組相關的資料表設計與相互關聯請參考圖 5.9。

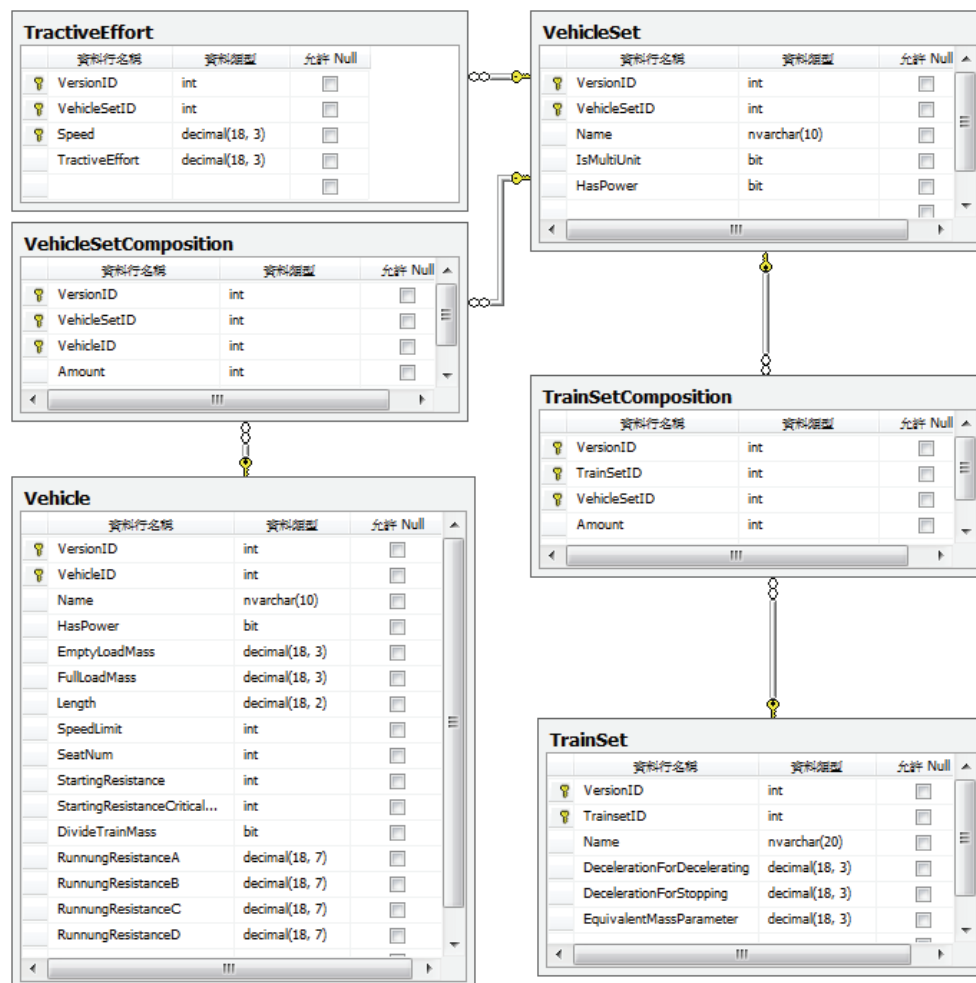


圖 5.9 車輛技術諸元與編組相關資料表設計

[VehicleSet]僅是車輛編組的最基本單元，實際在正線上運轉的列車編組則設計[TrainSet]資料表記錄之，[TrainSet]資料表記錄的列車將由數量不等的各式[VehicleSet]所組成，例如 2 組 EMU500 之 VehicleSet 可組成通勤電車；而推拉式自強號則需 2 輛 E1000/7 輛 PPT/3 輛 PPC/1 組 PPD 組成，為了滿足各種組合彈性，同樣設計[TrainSetComposition]資料表描述之。

5.2.4 運轉參數資料表設計

以下將分別就[基準運轉時分]、[運轉時隔]與[速限參數]分別說明相關資料表設計。

1. 基準運轉時分

基準運轉時分資料表基於不同的停靠條件與使用股道條件共計有 9 種數值儲存於[RunningTime]資料表如圖 5.10。此外由於基準運轉時分是相依於牽引種

別與車站區間，因此[RunningTime]資料表中的 SectionID 欄位將與先前介紹的 [SectionList]資料表存在多對一之關聯；同理，牽引種別代碼 TractionID 欄位亦與存放牽引種別清單的[TractionType]資料表存在多對一之關聯。

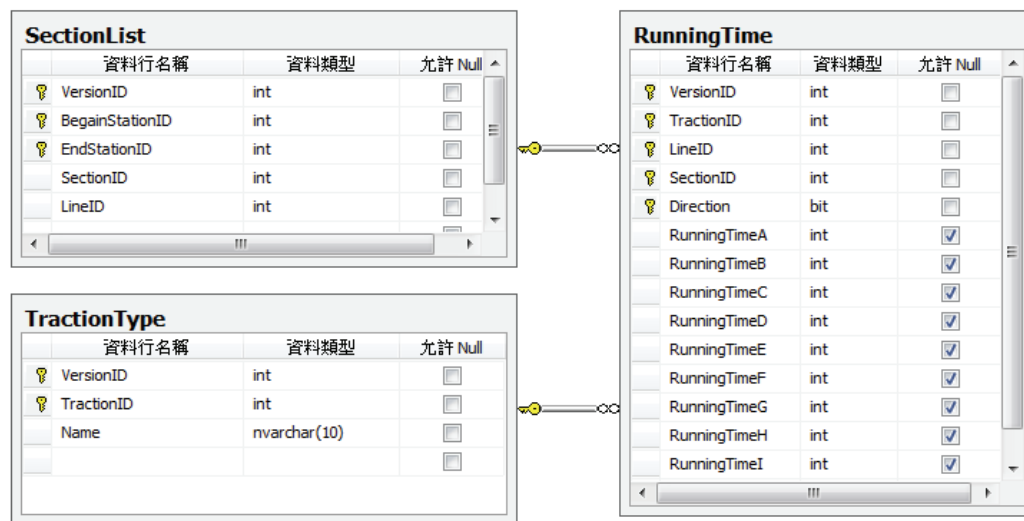


圖 5.10 基準運轉時分相關資料表設計

2.運轉時隔

運轉時隔分為同向時隔與反向時隔，同向時隔較為單純，係以逐車站逐方向設定之，故設計[Headway]資料表以多個固定欄位儲存不同條件之運轉時隔，且利用 StationID 欄位與儲存車站清單的[StationList]資料表進行一對一關聯如圖 5.11。

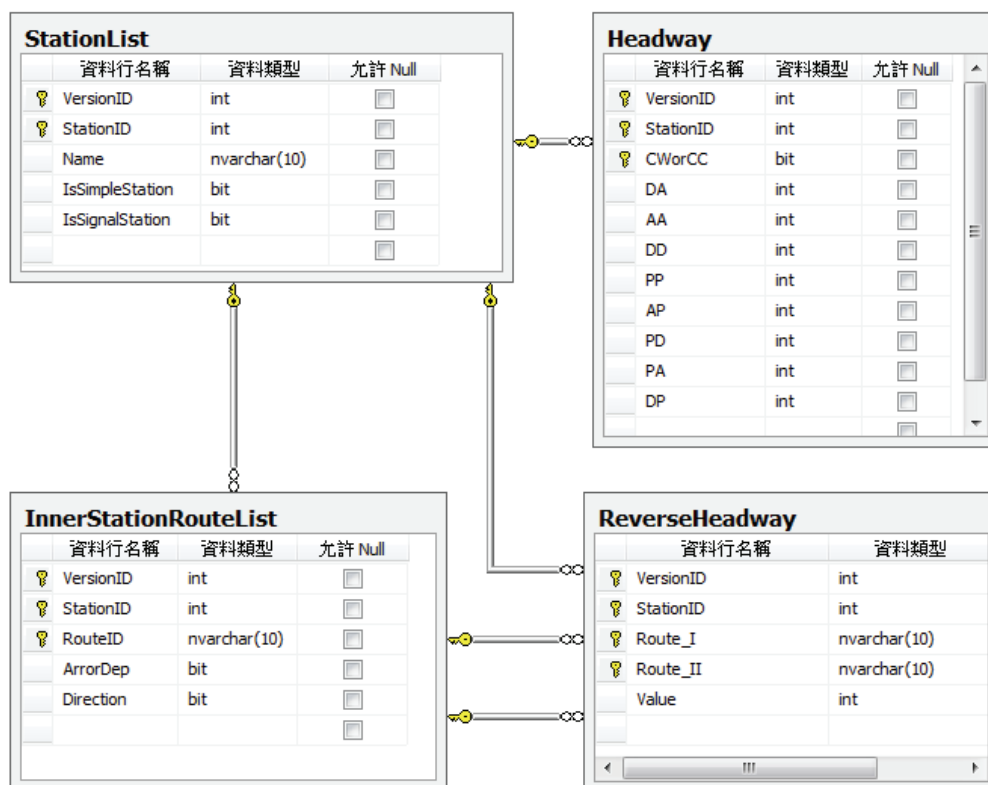


圖 5.11 運轉時隔相關資料表設計

至於反向時隔由於筆數非固定，因此設計[ReverseHeadway]資料表逐筆記錄兩反向路徑所需要之時隔，由於記錄的路徑須已定義，故資料表中兩路徑均分別與先前介紹的[InnerStationRouteList]資料表存在一對多之關聯。

3.速限參數

速限資料包括下坡道速限、彎道速限與道岔速限，考量這三項資料係來自[臺灣鐵路管理局行車實施細則]等規章，其資料筆數稀少、相依性及異動可能性亦較低，故分別以單一資料表設計之如圖 5.12。

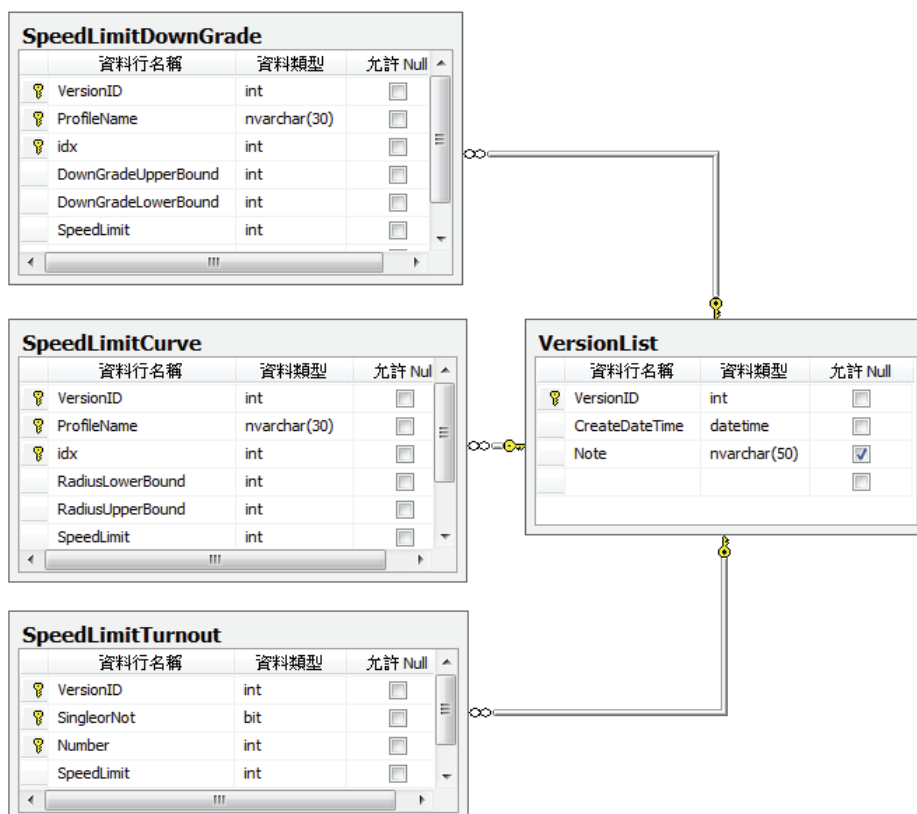


圖 5.12 速限參數相關資料表設計

5.3 排點參數建置成果

參數資料整理與建置是本研究的主要工作，本節將說明參數建置之範圍及數量規模，同時說明建置參數資料已執行過之檢核項目。

5.3.1 建置數量清單

本研究以臺鐵局環島主幹線之參數資料為建置對象，各類參數建置數量分別如表 5.4、表 5.5 與表 5.6。

表 5.4 路網參數建置數量摘要

分類	資料名稱	實體資料筆數	備註
路網	路線	10 筆	
	車站	199 筆	
車站內佈設	節點	3301 筆	進站號誌機 518 筆 出發號誌機 1159 筆 道岔：1624 筆
	節線	4039 筆	主/副正線：684 筆 非主/副正線：3355 筆
	路徑	8466 筆	路徑清單：1591 筆 路徑組成：6875 筆
車站間佈設	站間股道	341 筆	分布於 201 個站間
	中途號誌機	1296 筆	分布於 341 股道
平縱面線型	平面線型	1498 筆	計 15 組資料
	縱面線型	3231 筆	計 15 組資料
隧道資料	隧道資料	98 筆	分布於 7 條路線

表 5.5 車輛參數建置數量摘要表

資料名稱	實體資料筆數	備註
車輛技術諸元	49 筆	—
車輛編組基本單位	49 筆	27 組基本單位
列車編組	40 筆	21 組列車編組
動力車輛牽引力	290 筆	20 種動力車輛

表 5.6 運轉參數建置數量摘要表

分類	資料名稱	實體資料筆數	備註
基準運轉時分	運轉時分	1390 筆	5 種牽引種別, 9 條路線
運轉時隔	同向時隔	398 筆	199 站
	反向時隔	964 筆	105 站
速限資料	下坡速限	40 筆	8 組 Profile
	彎道速限	48 筆	3 組 Profile
	道岔速限	7 筆	2 組 Profile

上述資料係以臺鐵局於民國 100 年 9 月初以前所提供的資料為基礎進行建置，其範圍雖已涵蓋環島幹線，但仍至少有以下幾點未臻完備，建議臺鐵局未來持續補充/更新之。

1. 41 個車站內號誌機設備之里程值及對應 ATP 感應子距離，詳細清單如下：
 - (1) 縱貫線：基隆/八堵/山佳/新竹/竹南/臺南/保安/中洲/大湖/路竹/岡山/橋頭/楠梓/新左營/高雄
 - (2) 臺東線：池上/海端/關山/瑞源/鹿野/山里/臺東
 - (3) 屏東線：鳳山/九曲堂/屏東/西勢/潮州/南州/林邊/佳冬
 - (4) 南迴線：枋寮/加祿/枋野/中央/古莊/大武/瀧溪/金崙/太麻里/知本/康樂
2. 85 個車站內道岔設備之里程值，詳細清單如下：
 - (1) 縱貫線：基隆/八堵/山佳/新竹/竹南/大山/後龍/苑裡/日南/大甲/龍井/大肚/追分/大肚溪/彰化/臺南/保安/中洲/大湖/路竹/岡山/橋頭/楠梓/新左營/高雄
 - (2) 臺中線：苗栗/銅鑼/三義/后里/豐原/潭子/臺中/新烏日/成功
 - (3) 北迴線：永樂/東澳/南澳/漢本/和平/和仁/崇德/新城/北埔
 - (4) 屏東線：鳳山/九曲堂/屏東/西勢/潮州/南州/林邊/佳冬
 - (5) 臺東線：吉安/志學/壽豐/豐田/南平/鳳林/萬榮/光復/富源/瑞穗/舞鶴/三民/玉里/東里/東竹/富里/池上/海端/關山/瑞源/鹿野/山里/臺東
 - (6) 南迴線：枋寮/加祿/枋野/中央/古莊/大武/瀧溪/金崙/太麻里/知本/康樂
3. 車站中心里程、號誌機里程與道岔里程基準不一致。以臺北車站為例，車站中心里程值為 28.2938Km，而車站兩側之進站號誌機里程值則分別為 28.551Km 與 29.867Km，明顯車站中心落在車站範圍外，研判是里程基準值不同所造成。
4. 缺少部分牽引種別（如太魯閣號、貨乙）之基準運轉時分。

5.3.2 參數檢核項目

資料庫中各式參數的正確性極為重要，本節將依四種不同檢核分類逐一列舉本研究建置資料已完成之檢核項目。

- (1) 實體完整性檢核（Entity Integrity Check）
- (2) 數值範圍完整性檢核（Domain Integrity Check）
- (3) 資料參考完整性檢核（Referential Integrity Check）
- (4) 跨資料表/資料列/欄位數值檢核

1.實體完整性檢核

本研究建置之參數資料庫已執行過以下 30 項實體完整性檢核：

- (1) [LineList]資料表中 LineID 欄位無重複。
- (2) [StationList]資料表中 StationID 欄位無重複。

- (3) [LineDefinition]資料表中 LineID 與 StationID 欄位組合無重複。
- (4) [SectionList]資料表中 SectionID 欄位無重複。
- (5) [InnerStationNodeList]資料表 StationID 與 NodeID 欄位組合無重複。
- (6) [InnerStationSignal]資料表 StationID 與 SignalID 欄位組合無重複。
- (7) [InnerStationTurnout]資料表 StationID,TurnoutID 欄位組合無重複。
- (8) [InnerStationLinkList]資料表 StationID 與 LinkID 欄位組合無重複。
- (9) [InnerStationMainTrack]資料表中[StationID]與[MainTrackID]欄位組合無重複。
- (10) [InnerStationRouteList]資料表 StationID,RouteID 欄位組合無重複。
- (11) [InnerStationRouteDetail]資料表中 StationID、RouteID、idx 三欄位組合無重複。
- (12) [InterStationTrack]資料表 SectionID,TrackName 欄位組合無重複。
- (13) [InterStationSignal]資料表中 TrackID 與 SignalID 欄位組合無重複。
- (14) [Horizontal]資料表中 LineID,MainLineID,T.S 欄位組合無重複。
- (15) [Vertical]資料表中 LineID,MainLineID, ChangePoint 等 3 欄位組合無重複。
- (16) [Tunnel]資料表中 LineID, Name 欄位組合無重複。
- (17) [TractionType]資料表中 TractionID 欄位無重複。
- (18) [TrainClassList]資料表中 ClassID 欄位無重複。
- (19) [Vehicle]資料表中 VehicleID 欄位無重複。
- (20) [VehicleSet]資料表中 VehicleSetID 欄位無重複。
- (21) [VehicleSetComposition]資料表中 VehicleSetID, VehicleID 欄位組合無重複。
- (22) [TractiveEffort] 資料表中 VehicleSetID 與 Speed 欄位組合無重複。
- (23) [TrainSet]資料表中 TrainSetID 欄位無重複。
- (24) [TrainSetComposition]資料表中 TrainSetID, VehicleSetID 欄位組合無重複。
- (25) [RunningTime]資料表中 TractionID, LineID, SectionID, Direction 等 4 個欄位組合無重複。
- (26) [Headway]資料表中 StationID 與 CWorCC 欄位組合無重複。

- (27) [Headway-Reverse]資料表中 StationID, Route_I, Route_II 等 3 個欄位組合無重複。
- (28) [SpeedLimitCurve]資料表中 ProfileName 與 idx 欄位組合無重複。
- (29) [SpeedLimitDownGrade]資料表 ProfileName,idx 欄位組合無重複。
- (30) [SpeedLimitTurnout]資料表 SingleorNot, Number 欄位組合無重複。

2.數值範圍完整性檢核

本研究建置之參數資料庫已執行過以下 44 項數值範圍完整性檢核：

- (1) [LineList]資料表中 Direction 欄位必為「順時針/逆時針」。
- (2) [LineDefinition]資料表中 Mile 欄位 ≥ 0 。
- (3) [LineDefinition]資料表中 5 個 DefaultDwellTime 欄位 ≥ 0 。
- (4) [InnerStationNodeList]資料表中 Mile 欄位 ≥ 0 。
- (5) [InnerStationSignal]資料表中 IsStartingSignal 欄位必為「進站號誌/出發號誌」。
- (6) [InnerStationSignal]資料表中 Direction 欄位必為「里程遞增/里程遞減」。
- (7) [InnerStationSignal]資料表中 ATP_1, ATP_2, ATP_3 欄位 ≥ 0 。
- (8) [InnerStationTurnout]資料表中 Type 欄位必為「單開道岔/雙開道岔/剪式道岔」。
- (9) [InnerStationTurnout]資料表中 Number 欄位必為「8/10/12/16」。
- (10) [InnerStationMainTrack]資料表中 IsMainTrack 欄位必為「主正線/副正線」。
- (11) [InnerStationRouteList]資料表中 ArrorDep 欄位必為「進站/離站」。
- (12) [InnerStationRouteList]資料表中 Direction 欄位必為「延里程遞增/延里程遞減」。
- (13) [InterStationTrack]資料表中 Direction 欄位必為「延里程遞增方向/延里程遞減方向/雙向」。
- (14) [InterStationSignal]資料表中 Direction 欄位必為「延里程遞增/延里程遞減」。
- (15) [InterStationSignal]資料表中 Mile 欄位 ≥ 0 。
- (16) [InnerStationSignal]資料表中 ATP_1 與 ATP_2 欄位 ≥ 0 。
- (17) [Horizontal]資料表之 MainLineID 欄位必為「東正線/西正線」。
- (18) [Horizontal]資料表之 T.S/SC/CS/ ST 等欄位 ≥ 0 。

- (19) [Horizontal]資料表之 Radius 欄位值 >0 。
- (20) [Horizontal]資料表之 RorL 欄位值必為「左彎/右彎」。
- (21) [Horizontal]資料表之 SpeedLimit 欄位 >0 。
- (22) [Vertical]資料表之 MainLineID 欄位必為「東正線/西正線」。
- (23) [Vertical]資料表之 ChangePoint 欄位 ≥ 0 。
- (24) [Vertical]資料表之 GradeAfterPoint 欄位介於 $-30\sim 30$ 。
- (25) [Tunnel]資料表中 StartMile 與 EndMile 欄位 ≥ 0 。
- (26) [Tunnel]資料表中 IsDoubleHole 必為「單孔/雙孔」。
- (27) [Vehicle]資料表 HasPower 欄位必為「動力車/非動力車」。
- (28) [Vehicle]資料表之 EmptyLoadMass 等 11 個欄位屬性 ≥ 0 。
- (29) [VehicleSet]資料表 HasPower 欄位必為「動力車/非動力車」。
- (30) [VehicleSet]資料表 IsMultiUnit 欄位必為「機車/電(柴)聯車」。
- (31) [VehicleSetComposition]資料表中 Amount 欄位 >0 。
- (32) [TractiveEffort]資料表中 Speed 與 TractiveEffort 欄位 ≥ 0 。
- (33) [TrainSet] 資料表中 DecelerationForDecelerating >0 。
- (34) [TrainSet] 資料表中 DecelerationForStopping >0 。
- (35) [TrainSet] 資料表中 EquivalentMassParameter >1 。
- (36) [TrainSetComposition]資料表中 Amount 欄位 >0 。
- (37) [RunningTime]資料表中 Direction 欄位必為「延里程遞增/延里程遞減」。
- (38) [RunningTime]資料表中 RunningTimeA~I 等 9 個欄位值 >0 。
- (39) [Headway]資料表之 CWorCC 欄位必為「順時針/逆時針」。
- (40) [Headway]資料表之「DA/AA/DD/PP/AP/PD/PA/DP」等欄位 >0 。
- (41) [ReverseHeadway]資料表之「Value」欄位 >0 。
- (42) [SpeedLimitCurve]資料表中 SpeedLimit 值 >0 。
- (43) [SpeedLimitDownGrade]資料表中 SpeedLimit 值 >0 。
- (44) [SpeedLimitTurnout]資料表中 SpeedLimit 值 >0 。

3.資料參考完整性檢核

本研究建置之參數資料庫已執行過以下 33 項資料參考完整性檢核：

- (1) [SectionList]資料表中 LineID 欄位值均能在[LineList]資料表中的 LineID

欄位取得參照。

- (2) [LineDefinition]資料表中 LineID 欄位值均能在[LineList]資料表中的 LineID 欄位取得參照。
- (3) [LineDefinition]資料表中 StationID 欄位值均能在[StationList]資料表中的 StationID 欄位取得參照。
- (4) [SectionList]資料表中 LineID 欄位值均能在[LineList]資料表中的 LineID 欄位取得參照。
- (5) [SectionList]資料表中 BegainStationID 欄位值均能在[StationList]資料表中的 StationID 欄位取得參照。
- (6) [SectionList]資料表中 EndStationID 欄位值均能在[StationList]資料表中的 StationID 欄位取得參照。
- (7) [InnerStationNodeList]資料表中 StationID 欄位值均能在[StationList]資料表中的 StationID 欄位取得參照。
- (8) [InnerStationSignal] 資料表中 StationID,SignalID 欄位值均能在 [InnerStationNodeList]資料表中的 StationID,NodeID 欄位取得參照。
- (9) [InnerStationTurnout] 資料表中 StationID,TurnoutID 欄位值均能在 [InnerStationNodeList]資料表中的 StationID,NodeID 欄位取得參照。
- (10) [InnerStationLinkList]資料表中 StationID 欄位值均能在[StationList]資料表中的 StationID 欄位取得參照。
- (11) [InnerStationLinkList] 資料表中 StationID,Node_I 欄位值均能在 [InnerStationNodeList]資料表中的 StationID, NodeID 欄位取得參照。
- (12) [InnerStationLinkList] 資料表中 StationID,Node_J 欄位值均能在 [InnerStationNodeList]資料表中的 StationID, NodeID 欄位取得參照。
- (13) [InnerStationMainTrack]資料表中 StationID,MainTrackID 欄位值均能在 [InnerStationLinkList]資料表中的 StationID,LinkID 欄位取得參照。
- (14) [InnerStationRouteList]資料表中 StationID 欄位值均能在[StationList]資料表中的 StationID 欄位取得參照。
- (15) [InnerStationRouteDetail] 資料表中 StationID,RouteID 欄位值均能在 [InnerStationRouteList]資料表中的 StationID,RouteID 欄位取得參照。
- (16) [InnerStationRouteDetail] 資料表中 StationID,LinkID 欄位值均能在 [InnerStationLinkList]資料表中的 StationID,LinkID 欄位取得參照。
- (17) [InterStationTrack]資料表中 SectionID 欄位值均能在[SectionList]資料表中的 SectionList 欄位取得參照。

- (18) [InterStationSignal]資料表中 TrackID 欄位值均能在[InterStationTrack]資料表中的 TrackID 欄位取得參照。
- (19) [Horizontal]資料表中 LineID 欄位值均能在[LineList]資料表中的 LineID 欄位取得參照。
- (20) [Vertical]資料表中 LineID 欄位值均能在[LineList]資料表中的 LineID 欄位取得參照。
- (21) [Tunnel]資料表中 LineID 欄位值均能在[LineList]資料表中的 LineID 欄位取得參照。
- (22) [VehicleSetComposition]資料表中 VehicleSetID 欄位值均能在[VehicleSet]資料表中的 VehicleSetID 欄位取得參照。
- (23) [VehicleSetComposition]資料表中 VehicleID 欄位值均能在[Vehicle]資料表中的 VehicleID 欄位取得參照。
- (24) [TractiveEffort]資料表中 VehicleSetID 欄位值均能在[VehicleSet]資料表中的 VehicleSetID 欄位取得參照。
- (25) [TrainSetComposition]資料表中 TrainSetID 欄位值均能在[TrainSet]資料表中的 TrainSetID 欄位取得參照。
- (26) [TrainSetComposition]資料表中 VehicleSetID 欄位值均能在[VehicleSet]資料表中的 VehicleSetID 欄位取得參照。
- (27) [RunningTime]資料表中 TractionID 欄位值均能在[TractionType]資料表中的 TractionID 欄位取得參照。
- (28) [RunningTime]資料表中 LineID 欄位值均能在[LineList]資料表中的 LineID 欄位取得參照。
- (29) [RunningTime]資料表中 SectionID 欄位值均能在[SectionList]資料表中的 SectionID 欄位取得參照。
- (30) [Headway]資料表中 StationID 欄位值均能在[StationList]資料表中的 StationID 欄位取得參照。
- (31) [ReverseHeadway]資料表中 StationID 欄位值均能在[StationList]資料表中的 StationID 欄位取得參照。
- (32) [ReverseHeadway] 資料表中 StationID, Route_I 欄位值均能在 [InnerStationRouteList]資料表中的 StationID, RouteID 欄位取得參照。
- (33) [ReverseHeadway] 資料表中 StationID, Route_II 欄位值均能在 [InnerStationRouteList]資料表中的 StationID, RouteID 欄位取得參照。

4.跨資料表/資料列/欄位數值檢核

本研究建置之參數資料庫已執行過以下 8 項同資料表跨欄位之數值大小檢核：

- (1) [InnerStationSignal]資料表中 ATP_1 值< ATP_2 值<ATP_3 值，缺漏號誌機設備之里程值及對應 ATP 感應子距離之車站將無法通過本項檢查。
- (2) [InterStationSignal]資料表中 ATP_1 值< ATP_2 值。
- (3) [InnerStationLinkList]資料表中[Node_I]值不等於[Node_J]值。
- (4) [Horizontal]資料表中 TS 值<SC 值<CS 值<ST 值。
- (5) [Tunnel]資料表中 StartMile 值<EndMile 值。
- (6) [Vehicle]資料表之 FullLoadMass 值 \geq EmptyLoadMass 值。
- (7) [SpeedLimitCurve] 資料表中 RadiusLowerBound 欄位值 < RadiusUpperBound 欄位值。
- (8) [SpeedLimitDownGrade] 資料表中 DownGradeUpperBound 欄位值 < DownGradeLowerBound 欄位值。

此外，亦執行下述 11 項跨資料表/資料列之合理性檢核。

- (1) 各版本資料路線數大於 0。
- (2) 各版本各車站資料路線數大於 0。
- (3) 所有車站內正線上兩端的出發號誌機方向相反。
- (4) 繫結於單開/雙開道岔節點之節線數必等於 3。
- (5) 繫結於剪式道岔上之節線數必等於 4。
- (6) 繫結於單開道岔節點之節線需有一條為反位節線。
- (7) 單開道岔之反位節線均已在節線資料表定義且與道岔節點相連。
- (8) 離站路徑的第一個節線必須是正線。
- (9) 進站路徑的最後一個節線必須是正線。
- (10) 進站路徑的起點需為進站號誌機。
- (11) 離站路徑的最末節點需為進站號誌機。

第六章 臺鐵列車排點架構分析與建議

本章從廣義的列車排點架構開始進行分析，同時並說明各階段及模組間的相互關係。而從文獻回顧發現列車排點系統通常與上/下游的營運規劃模式相互整合，故本章亦針對列車排點直接相關之模組說明其功能需求與改善建議。

6.1 功能架構分析

若以最宏觀的角度來看待列車排點，其實是一個營運計畫品質管理或提昇的過程，因此其本質亦可以 PDCA (Plan, Do, Check, Action) 概念如圖 6.1 來對應。

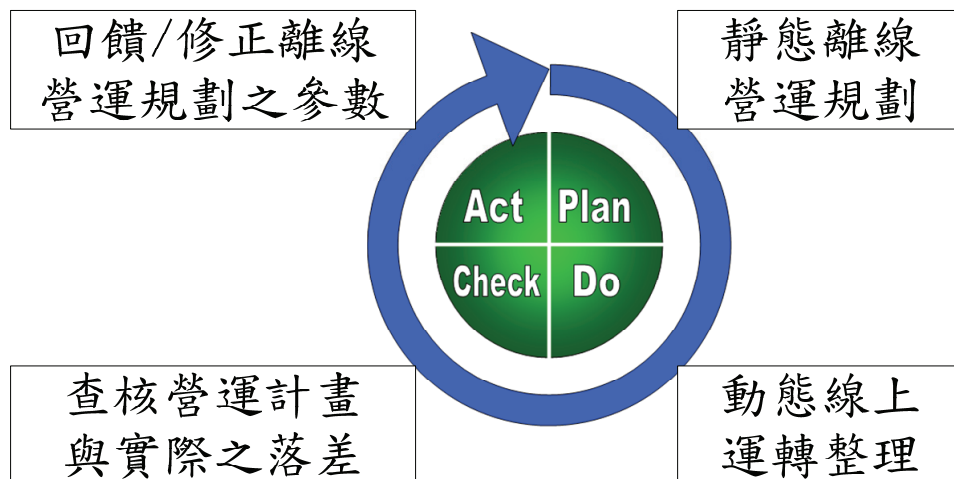


圖 6.1 以 PDCA 提昇營運計畫品質之架構圖

簡言之，在 Plan（離線規劃）階段會依旅運需求預測來安排適當的時刻表及車輛人員運用計畫，旨在有效利用路線/車輛/人員等資源。到了 Do（實際執行）階段，先前的規劃結果在執行時，不見得能完全按表操演，包括大量旅客湧入、列車誤點等外在因素均可能導致需即時動態調整時刻表，甚至更改車輛及人員派遣計畫。此階段的動態排點與靜態排點無論在作業方式、問題定義與外部條件均有明顯差異如表 6.1，而且動態的運轉整理（Train Rescheduling）尚有一個特性是僅會分析當下時間往後一小段時間的運轉調度，例如上午八點針對線上即時狀況進行分析，實務上僅需要考慮往後半小時至一小時的運轉動態，原因主要有二，其一是調度員需要馬上做決定進行列車調度；其二是隨著系統進行分析的當下，即時的現場狀態與條件亦同時在變動。

表 6.1 靜態列車排點與動態列車排點之比較

分類	靜態列車排點	動態列車排點
作業方式	離線作業	即時作業
作業層級	規劃階層	營運階層
時間需求	不迫切	非常迫切
排點之藍本	期望之列車時刻表	靜態排點後之列車時刻表
列車運轉時分	基準運轉時分	依實際的運轉情況更新
雙線區間的作業方式	複線運轉	雙單線運轉或複線運轉
求解的層面	全面	局部
求解的要求	最佳解或滿意解	可行解

而到了 Check（檢核）階段，則是全面性的比對靜態規劃成果與實際執行之差異，包括較上游層次的運量推估偏誤或者較下游層次的列車到/開時間差異均需納入檢核範圍，用以作為 Act（行動）階段的回饋基礎。以下各節將詳述不同階段所需之系統功能。值得強調的是，各階段的細部程序亦可各自套用 PDCA 來提昇作業品質。

6.1.1 離線規劃階段

鐵路營運單位為了能夠有效利用自身資源（包含路線/車輛/人員）提供適當的運輸服務獲取最大營收，通常會先進行完整的營運規劃，亦可將之視為鐵路公司的生產計畫。而由於規劃的範圍相當廣泛，因此常須將整個營運規劃作業切分為眾多模組。文獻上不同營運單位或不同軟體系統的模組切割雖然略有差異，但大體而言整個架構類似圖 6.2。

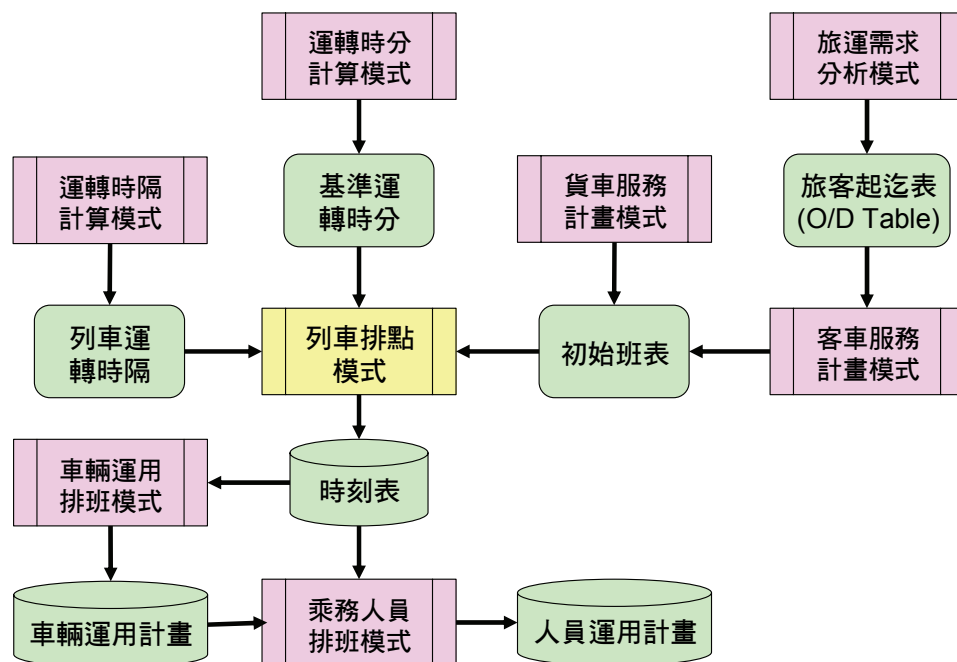


圖 6.2 鐵路系統營運圖規劃流程圖

一般而言，旅次需求在空間與時間上之分佈並不會呈現均勻狀態，因此通常存在有尖離峰差異，再加上運輸本身具有服務不可儲存之特性，因此整個營運規劃作業通常是由旅運需求分析開始，作業方式可能包括以市場行銷研究、運輸需求模式或系統營運歷史資料等方式求得旅客起迄表，接著再進行客車服務計畫模式，所謂「客車服務計畫」，係指利用科學的方法，決定列車的服務模式或營運模式（包括營運起迄點及停站方式），以及每一種營運模式列車的發車頻率，以滿足營運需求並創造營運者的最大利潤，完成此作業後即可得到初始班表；同理，貨車亦需類似的模式來得到初始班表，但其特性與客車略有差異，例如不同性質貨物需要不同形式之貨車載送等。

由客/貨車服務計畫模式所求得之初始班表雖然能滿足旅客及貨物的運輸需求，但這份初始班表可能存在諸多追撞、對撞等衝突。而列車排點模式存在目的就是調整初始班表內各列車的到/開時間，使其無任何衝突存在，一份沒有衝突的可行班表即可能成為時刻表。在排點過程中，基準運轉時分與運轉時隔均為排點的重要輸入參數，因此在文獻中亦常看到有專屬的模式求算。

整個離線規劃程序並不會在列車時刻表產生後即結束，因為時刻表僅止於確認所有車次於各車站的到/開時間，尚未規劃/指派實際提供載送服務的實體車輛及乘務人員。而在規劃後續車輛運用計畫、乘務員運用計畫的過程中，亦可能因為車輛/人員資源不足需重新修正時刻表，整個離線規劃程序是一個反覆回饋修正之流程。

6.1.2 即時執行階段

無論國內外的各式軌道系統，即時的列車運轉整理通常是由行控中心的調度員/控制員依據本身的專業經驗執行，其工作特性是必須在短時間內做出正確的判斷與調度，避免延誤或事故影響範圍擴大。針對較為嚴重之事件，部分營運單位甚至隨時配置資深的主任控制員取代調度員接手執行運轉調度工作，由此可知運轉整理除了需要短時間做出決策外，亦需要高度的專業與經驗。因此，建置列車運轉整理的決策支援系統困難度較高，實務上也較少系統可供參考。但若就決策支援系統的功能強弱而言，大致可分為三層級。

- 1.最基礎層級之示意圖如圖 6.3，該架構並沒有任何「決策支援」功能，僅是建構了「擷取資訊」與「下達指令」的基礎建設而已，但由於該基礎建設需能夠擷取眾多即時資訊，包括各車輛之即時位置與狀態等，故須投入一定的設備成本方能達成。
- 2.較進階之系統示意圖則如圖 6.4，該架構已存有「預測/模擬」功能之子系統，可根據調度員的設定情境配合歷史調度資料庫模擬不同的情境的預測結果，調度員可以參考這些預測結果進行調度。
- 3.理想架構如圖 6.5，決策支援輔助系統能自行執行各式情境的模擬預測，同時透過績效指標計算，對調度指令進行評估，提供指令建議供調度員確認，但調度員仍舊可以拒絕輔助系統建議，依調度員自身專業進行運轉整理調度。

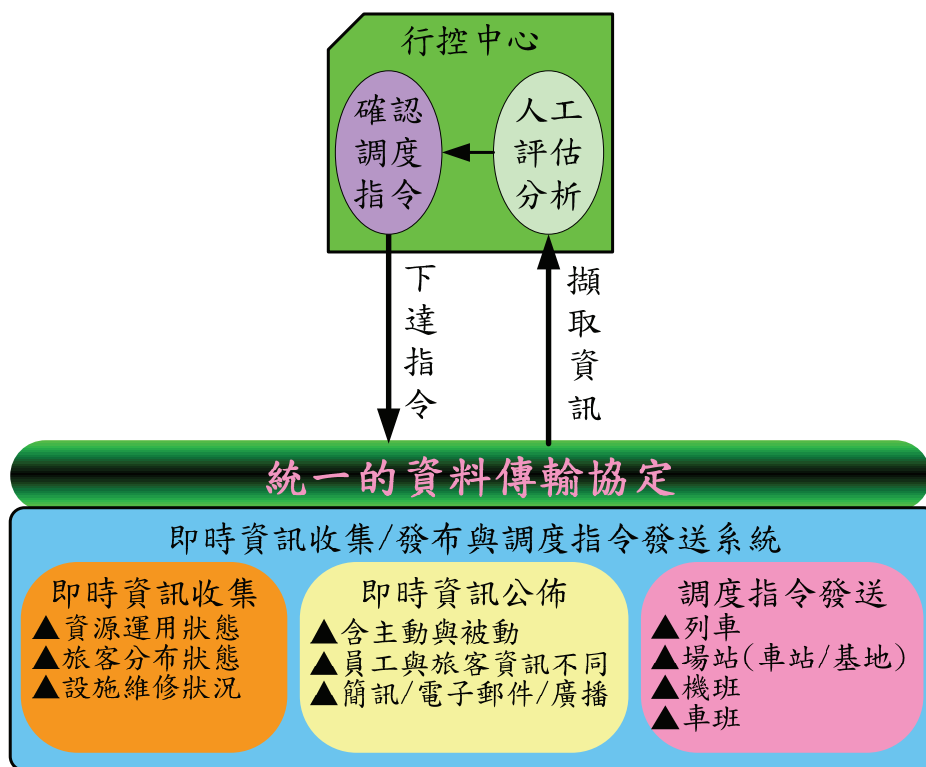


圖 6.3 列車運轉整理調度決策支援系統－基礎層級示意圖

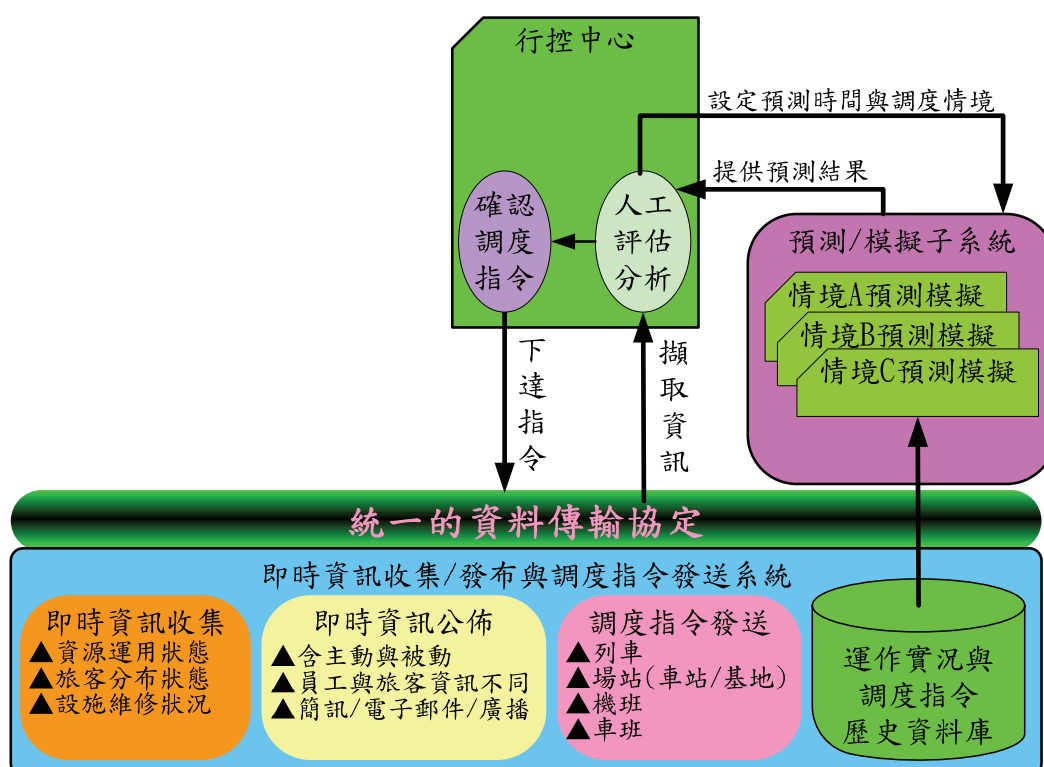


圖 6.4 列車運轉整理調度決策支援系統－進階層級示意圖

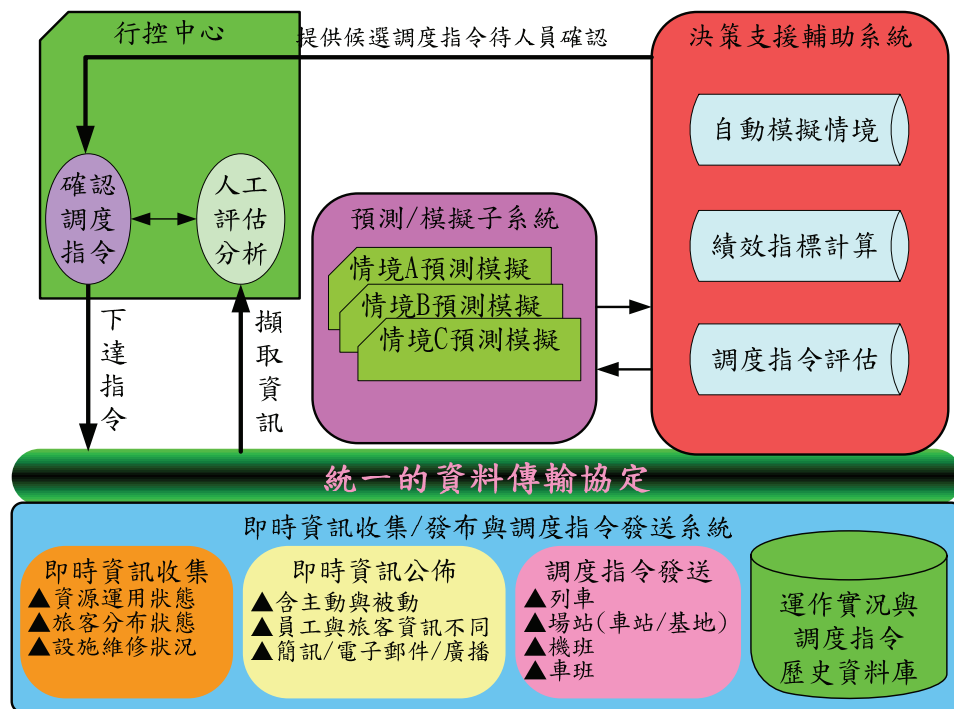


圖 6.5 列車運轉整理調度決策支援系統－理想層級示意圖

6.1.3 檢核及回饋階段

檢核與回饋階段主要是在評析先前各種資源運用計畫與實際運轉狀況差異，藉以修正離線規劃階段所使用的參數。相關的檢核與回饋可分為旅運需求及列車到開時間兩大類，分述如下：

1. 旅運需求相關檢核與回饋

- (1) Node Flow 檢核：檢核各車站進出旅客數及列車停靠情形，作為初始班表中列車停靠與否之調整依據
- (2) Link Flow 檢核：檢核經常性滿載或承載率過低之車次與路段，作為初始班表中該路段與時段之車次密度調整依據

2. 列車到開時間相關檢核與回饋

- (1) 停站時間檢核：檢核表訂站間時間與實際站間時間落差過大之路段與車次，作為初始班表停站時間之調整依據
- (2) 站間運轉時間檢核：檢核表訂停站時間與實際停站時間落差過大之車站與車次，作為檢討/調整基準運轉時分之依據
- (3) 機外停車檢核：檢核經常性機外停車之車次與車站，作為檢討/調整運轉時隔之依據
- (4) 非計畫性待避檢核：檢核經常性變換交會/待避地點之車次，作為調整追越/待避地點或時間之依據

- (5) 列車誤點統計分析：有別於前 4 項檢核回饋，以旅客最直接感受之指標－列車誤點進行統計，找出經常性誤點的車次/時段/路段，作為調整時刻表之依據

雖然實際的車輛/人員運用狀況亦可能與規劃結果有所落差，但這些狀況絕大多數是來自於列車誤點所導致，因此無法檢核回饋至車輛/人員運用計畫。至於像是迴送車輛、便乘任務過多、車輛/人員不足等檢核回饋均在離線規劃程序中即能檢核並不斷回饋至排點系統，非屬於本階段的檢核回饋項目。

6.2 重要模組改善建議

前節所述之系統架構中以離線規劃階段最為重要，亦是眾多文獻或商業軟體所探討的焦點。在離線規劃階段中如欲提昇時刻表品質，輸入資料之正確性及排點核心功能之提昇同等重要，因為若排點輸入資料與現況不符，強大的排點核心也無法排出高品質之時刻表，反之亦然。而其中輸入參數又可分為兩類，一類是土建設施或機電設備可以直接提供的基礎參數，此類參數的正確性需仰賴整合性的資料管理/共享機制；另一類則是需透過基礎參數配合適當模式運算出合理數值之參數，例如基準運轉時分或列車運轉時隔就是典型的例子，故以下將分別說明「資料共享管理模組」、「基準運轉時間模組」、「列車運轉時隔模組」，以及「列車排點核心模組」之改善建議。

6.2.1 資料共享管理模組

現階段臺鐵局內部的各式參數資料依運工機電管轄範圍分散於各處管理，但由於環島路網龐大，即使是同一處亦不見得所有資料均集中管理，實務上常由各段或分駐所管理之，時間一長逐漸造成各段使用的維護方式或資料格式略有差異，進而導致資料不一致等整合問題。

針對上述議題，過去不少研究或顧問團隊均提出類似圖 6.6 的整合式中央資料控管架構，類似此概念的架構相當理想，是控管資料的最佳方案，但由於數十年來臺鐵局內部已陸續存在大大小小各式資訊系統，就成本效益考量不可能在幾年之內全部捨棄重構，因此，完全統一的資料整合平台僅能視為臺鐵局長期努力的目標。

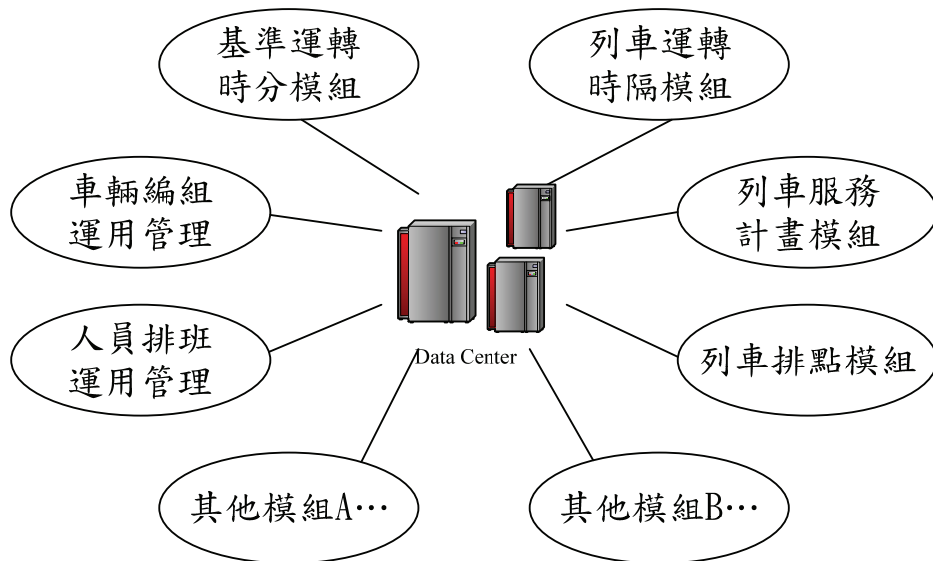


圖 6.6 統一的資料整合平台示意圖

若就中短期的資料共享而言，必須建構各系統/模組間的資料交換方式，要達到此目的，除了每一個系統/模組均需允許匯入/匯出資料不得封閉之外，仍須分別制定其資料交換格式。理論上若存在 n 套系統/模組，即需制定 $\frac{n(n-1)}{2}$ 套資料交換格式。有鑑於此，歐洲鐵路應用開發者在 2001 年起聯合制定了一套基於 XML 技術的公開資料交換介面名為 RailML，其為一個 Open Source 專案，目前釋出的版本為 2.1 版，該專案的目的在於統一資料交換的介面，讓 n 套系統/模組僅需處理與 RailML 的資料交換即能與其他系統交換資料，現階段已有眾多知名的鐵路軟體開發商支援該交換機制。

因此建議臺鐵未來亦需制定各系統模組間資料交換標準，假以時日，當局內大大小小的資訊系統都逐漸有共通的資料交換介面時，要達到如圖 6.6 統一的資料整合平台示意圖之理想目標自然水到渠成。在制定資料交換標準時，若欲交換之資料在 RailML 所涵蓋範圍之內，可適度參考 RailML 以利與國際上其他鐵路應用系統交換資料。

而就資料維護而言，臺鐵許多排點相關參數均與地理位置有關，這些資訊慣例上均以絕對里程值來標記，由於臺鐵持續有路線改善工程進行，故工務處常須重測里程並更新里程標，但其餘各處之資料並不一定能在第一時間全部更新，可能造成不同來源之資料無法匹配產生矛盾不合理之現象，此為資料維護上最亟需改善之課題。

為改善/解決此課題，提出以下 2 點建議：

1. 里程重測時擴大量測設施範圍

里程重測時除了站中心、道岔、橋樑隧道等常見的構造物之外，可將各式號誌機、ATP 感應子等一併納入量測範圍要求包商執行，確保相關設施資料的一致性，惟需注意的是重測費用高昂，故頻率不可能太頻繁。

2.車站內設施里程以相對里程維護

過去站內（車站兩側之進站號誌機範圍內）所有設施含車站中心里程均以絕對里程記錄如圖 6.7 左側，建議考慮以「車站中心里程」為基準記錄其相對里程值如圖 6.7 右側，未來若相鄰路段因為截彎取直等導致站中心里程偏移時，只要更新站中心里程，車站內其他設施的相對應里程均可依相對里程自動換算更新。

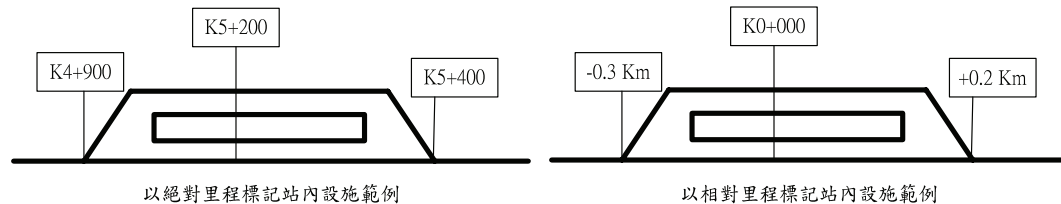


圖 6.7 以絕對里程/相對里程標示站內設施比較圖

6.2.2 基準運轉時分模組

臺鐵現階段的基準運轉時分資料呈現方式、修正方式等已於第 2.3.2 節介紹，有關基準運轉時分模組的改善建議分述如下：

1.逐站考慮列車通改停或停改通之時分調整值

捨棄全域設定概念的時分調整方式，改採逐站間逐方向分別計算「通過-通過」、「通過-停靠」、「停靠-通過」與「停靠-停靠」四種條件下之運轉時分。

2.逐站逐方向考慮列車使用副正線之時分調整值

捨棄全域設定概念的時分調整方式，改採逐站計算停靠副正線的時分差異。與前一項建議結合後任一區間可列舉出 9 種不同條件如表 4.24。

3.根據最新路線資料及列車性能重新計算運轉時分

考慮詳盡的運轉時分影響因素增進模式精確度，包括平/縱面線型、隧道阻力、車輛牽引力/出發阻力/行駛阻力/重量/長度/速限、規章規範之速限等。

4.以合理時間運轉取代最短時間運轉，包括：

- (1) 避免列車頻繁的加減速造成旅客不適與能源浪費，例如下一個路段的速限高於列車目前所在位置的速限，而長度在 1 公里之內，則忽略該路段的速限。
- (2) 考慮適當的速限折減，因為列車駕駛不可能全程貼著最高速限駕駛。
- (3) 適當時機考慮列車惰力運轉

5.兼顧運輸效率/準點率/現場作業可行性等評估 15 秒/30 秒進整

6.考量服務可靠度及準點率，適度增加運轉寬裕

6.2.3 列車運轉時隔模組

臺鐵現階段的列車運轉時隔概況已於第 2.3.1 節介紹，有關運轉時隔計算模組的改善建議分述如下：

- 1.在短期內未發展相關模式之前，可利用綜合調度所的 CTC 運行實績資料，統計列車在每一車站的實際到開時間，做為設定運轉時隔的參考。惟需注意的是列車排點所需之運轉時隔必須在全綠未遇到注意號誌條件下，故資料取樣時需先進行篩選。
- 2.由於各車站配線與號誌機佈設均有所差異，故運轉時隔不應為全域設定，而應保有依不同車站分別儲存不同設定值之彈性。
- 3.欲正確計算各站的運轉時隔，必須發展相關模式，在資源有限的情況下可考慮精確度較低之解析模式及工具。若欲發展較高精確度之運轉時隔模式，則建議發展模擬模式來計算，建議利用列車運行軌跡配合閉塞時間（Block Time）的方法求算運轉時隔，而其中的列車運行軌跡可依 6.2.2 節介紹的基準運轉時分模式作基礎來進行求算。
- 4.無論使用解析模式或模擬模式，由於運轉時隔值亦為排點參數之一，故仍須進行 15 秒/30 秒進整作業。
- 5.無論使用解析模式或模擬模式，不同性能列車的先/續行組合、不同路徑之組合等細部條件均可能會有不同的運轉時隔，可能導致單一個車站的時隔值就接近百種，未避免條件過分繁複造成應用困難，可以仿造臺灣高鐵及日本新幹線將運轉時隔歸納成幾種類型，每一種類型均取最大值來表示之，除了可滿足所有條件之時隔限制外，亦可減少班表實施時機外停車的可能性。
- 6.現階段號誌電腦監控到同向列車時隔小於 3 分鐘時，會強迫列車在之前的車站交會或待避，因此即使部分車站經解析模式或模擬模式求算之時隔值小於 3 分鐘，排點程序上仍須以 3 分鐘計，除非能進一步彈性修改號誌電腦的時隔設定。
- 7.由於號誌的顯示以及列車的運轉具有隨機性，因此運轉時隔必須加入適當的餘裕，以免列車跟車過近，觸動 ATP 而造成誤點。

6.2.4 列車排點核心模組

臺鐵現階段的列車排點系統已於第 3.1.1 節介紹，有關排點核心模組的改善建議分述如下：

1.須將詳細的站內股道運用納入考慮

車站內股道不僅是數量有限的資源，更存在有不同運用方式會搭配不同的運用限制，例如不同的股道運用會影響到是否存在平面交叉，又如列車使用主/副正線會衍生出與上/下游車站之運轉時分限制不同之情勢等，故不能只考慮車站內的股道總數，在決定任何車次的到/開時間時也必須一併決定使用之股道，同時考慮列車是否停靠以及行駛主正線的需求。

2. 須需容許人工介入編修

列車排點一直是實務界與學術界相當重視的研究議題，世界各國皆投入大量的心血進行研發，惟截至目前為止，真正開發完成的全自動電腦排點系統寥寥可數，即使是問題相對單純的臺灣高鐵，日本廠商提供的排點系統亦非全自動系統，更遑論問題規模及複雜度相對較高的臺鐵系統。深究其原因主要在於人腦有許多彈性思考之處，可因情況不同採用不同的邏輯來排除衝突，而電腦一定要有非常明確的準則方能程式化，因此電腦排點系統一定會有人工介入的功能，例如日本知名的列車排點系統開發專家富井規雄先生即曾提及類似的主張。

3. 須將衝突偵測獨立成爲子模組

爲了能夠容許人工介入，需將衝突偵測模組抽出成爲一個獨立的子模組，可用來檢核經人工微幅修正之班表。由於班表已經過人爲介入，因此欲偵測的錯誤不單只是列車之間的交互衝突，包含單列車的運行合理性均需納入偵測。本研究建議的偵測內容如下：

(1) 單一列車合理性偵測：

- A. 站間運轉時間不足。
- B. 停站時間不足（含通改停或停改通）。
- C. 行車計畫爲通過，但工作班表顯示該列車在該車站爲停靠。
- D. 股道指派運用不合理（例如空間上不連續或進路不對）。
- E. 通過列車使用之站內軌道非主正線。
- F. 停靠列車使用之站內軌道沒有臨月台面。

(2) 多列車衝突偵測：

- A. 站內追撞：欲使用之站內軌道尚有列車佔用。
- B. 站間追撞：同向續行列車較先行列車更早進站。
- C. 站間對撞：不同方向列車駛入單線區間內。
- D. 站內同向時隔不足：包含同股道與不同股道之運用。
- E. 站內反向時隔不足：包含各式平面交叉。

4. 須兼顧求解時間/求解品質/合理的模式假設

理想的衝突排除模式通常具備 3 種特性，包含速度快，品質高（最佳解）及模式貼近實務（不存在不合理假設）。但這三者彼此間存在相互取捨之關係，在權衡的過程中，合理的模式假設是最爲重要的，因爲一旦模式脫離實務過遠，即使能在極短時間求得最佳解，該解對於原來的實務問題而言仍非可行解。至於求解時間與求解品質的權衡理應考慮求解時間，原因在於排點計畫作業與後續的車輛/人員運用計畫需要反覆回饋多次，故不允許過長的求解時間，特別是最佳解的定義乃是基於目標式，但人工檢視結果時往往會再基於旅客轉乘便利或其他因素進行微調，故最佳解相對於次佳解或可行解的優勢也會被削弱。

5.須考量臺鐵獨有的系統特性，包括：

- (1) 環島路線以及山海線分岔/合併，及單、複線交叉並存之路網。
- (2) 未來臺鐵站間三軌道之排點問題。
- (3) 不同列車起訖點以及列車折返的排點問題。
- (4) 排點時必須考慮列車站內停靠的股道，停主正線及副正線的運轉時隔種類以及運轉時間皆不同；客運列車與貨運列車可以停靠的軌道不同。
- (5) 臺鐵許多車站均有雙向共用之股道，故雙向列車需同時求解。
- (6) 列車跨越 24 小時的情形。

第七章 結論與建議

7. 1 結論

列車排點為鐵路系統營運規劃中的核心作業之一，本研究以國內最為複雜的鐵路運輸系統－臺鐵為研究對象，透過蒐集整理國內外列車排點軟體及演算法文獻，分析國內外鐵路列車排點系統的發展現況，並提出適合臺鐵的排點系統架構；此外本研究亦收集臺鐵環島幹線的排點參數並建置成資料庫，作為未來列車排點系統及模式開發之用，本研究結論如下：

1. 本研究收集並整理列車排點參數架構文獻，針對有關基礎設施模式建構（Infrastructure Modeling）部分，比較巨觀、中觀、微觀模式的差異與適用範圍、以及對於節點與節線的定義及屬性差異等，提出適合臺鐵之資料建構方式。
2. 依列車排點作業需求，所需的路網資料一般採用相對巨觀模式即可，例如路線曲率或坡度即非必要參數，因參數內容最終會反應在基準運轉時分參數中。但考慮到臺鐵目前排點所需用到的基準運轉時分及運轉時隔皆有提昇精確度之需求，本研究建構排點參數資料格式時亦將更基礎的原始資料納入蒐集、建置範圍，以利未來發展基準運轉時分計算模式或運轉時隔計算模式之用。
3. 本研究收集並整理臺鐵環島主幹線之排點相關參數，經數位化後以資料庫方式建置完成，並撰寫資料庫使用手冊。
4. 本研究以宏觀角度提出類似 PDCA（Plan, Do, Check, Action）概念的列車排點架構，針對每階段核心課題進行深入分析與探討，並依臺鐵目前現況提出列車排點系統發展之功能架構分析及重要模組改善建議。

7. 1 建議

1. 基準運轉時分影響時刻表品質甚巨，由文獻回顧與臺鐵局排點作業人員訪談中，均可發現基準運轉時間會因列車於前、後車站停靠及使用主、副正線等情況有顯著不同，可歸納出 9 組不同情境組合，但現階段臺鐵局內慣例僅提供一組數值。建議臺鐵局可藉由電腦模擬等方式，建置不同運轉情境的基準運轉時間參數，以提升列車準點率。
2. 由日本新幹線相關文獻中可知運轉時隔亦會根據不同車站、不同方向、先/續行列車停靠與否等不同情境而有所差異，但現階段臺鐵局提供本研究建置之參數仍以號誌電腦的預設值為主。由於運轉時隔過長會降低容量，但時隔過短也會導致機外停車，故建議臺鐵局可建置不同車站與不同停靠組合之運轉時隔。

- 3.本研究已完成列車排點參數系統化分析及資料庫建置，但描述車站內佈設之參數牽涉到節點/節線/路徑等，資料相依性相當複雜，較難單就文字、數值資料推敲出車站內拓樸。為利於資料庫的檢視與編修，建議未來可發展圖控介面持續維護資料庫。
- 4.本研究所完成資料庫係以臺鐵局於民國 100 年 9 月初以前提供的資料為基礎，其範圍雖已涵蓋環島幹線，但因臺鐵持續有路線改善工程，建議臺鐵局應建立一套標準作業程序及規範持續更新資料(如配合路線重測作業)。

參考文獻

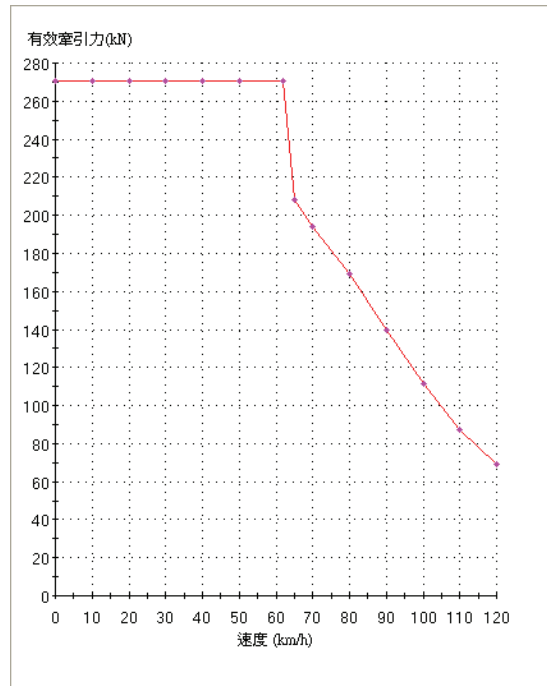
1. 中興工程顧問公司，「臺鐵軌距 1067 mm 改為 1435 mm 可行性研究」期末報告，交通部臺灣鐵路管理局，99 年 7 月。
2. 台灣鐵路管理局，「鐵路運轉規章彙編」，鐵路文化工作委員會，民國 89 年。
3. 交通部運輸研究所等單位，台灣地區列車排點系統研討會會議資料，交通部運輸研究所，民國 94 年 10 月。
4. 李宇欣、陳立文，「以鄰近搜尋法求解鐵路排點與錯會車問題」，新世紀軌道運輸國際學術研討會，頁 267-278，民國 89 年。
5. 李宇欣等，「單軌鐵路排班與錯會車模式」，新世紀軌道運輸國際學術研討會，頁 279-292，民國 89 年 10 月。
6. 李治綱、周學怡，「列車運行計畫可靠性之模擬分析」，中華民國運輸學會第 12 屆論文集，頁 815-829，民國 80 年 6 月。
7. 李治綱、謝汶進，「應用雙層次規劃於高速鐵路列車服務設計之研究」，運輸計劃季刊，第 31 卷，第 1 期，頁 95-120，民國 91 年 3 月。
8. 李治綱、謝汶進，「鐵路列車排班模式之建立」，運輸計畫季刊，第 25 卷，第 4 期，頁 545-564，民國 85 年 2 月。
9. 周永暉，「特殊尖峰需求下鐵路列車排程規劃之最佳化模式」，國立交通大學交通管理學系碩士論文，2000 年。
10. 周永暉、張家祝、黃承傳，「特殊假期鐵路列車排程規劃之分析模式」，運輸計劃季刊，第 30 卷，第 1 期，頁 63-88，民國 90 年 3 月。
11. 周義華，運輸工程，鼎漢國際工程顧問有限公司，民國 85 年 8 月。
12. 許朝勝、洪軍火等，「有軌列車電腦排點模式(super 501) 之研究」，中華民國運輸學會第 6 屆論文集，頁 1229-1243，民國 80 年 7 月。
13. 富井規雄，「日本鐵道的運行計畫・運行管理的現代化－現況與未來」，臺灣鐵路管理局專題演講簡報，民國 100 年 3 月 18 日。
14. 富井規雄，「列車ダイヤのひみつ 定時運行のしくみ」，成山堂，2005。
15. 游雅惠，「捷運列車排班問題之研究」，交通大學運輸工程與管理學系碩士論文，民國 89 年 6 月。
16. 黃炎煌，「實用鐵路號誌」，台灣鐵路管理局員工訓練中心，民國 85 年 6 月。
17. 黃信隆，「臺鐵列車運行表模擬之研究」，臺鐵資料，第 210 期，頁 24-29，民國 70 年。
18. 維基百科全書，網址：<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/>。
19. 臺灣鐵路管理局，「號誌設備概要」，臺灣鐵路管理局，民國 94 年 10 月。
20. 臺灣鐵路管理局，「鐵路運轉規章彙編」，臺灣鐵路管理局員工訓練中心，民國 89 年。

21. 謝文隆、王家福，「行車計劃」，臺灣鐵路管理局，民國 85 年 3 月。
22. 鍾志成，「軌道運輸系統營運模式現狀評估」，財團法人中興工程顧問社，民國 90 年 6 月。
23. 鍾志成，「複線鐵路列車排點模式」，中興工程，第 67 期，頁 23-48，民國 89 年 4 月。
24. 鍾志成、張仕龍，「列車等候規則之探討」，第 16 屆中華民國運輸學會論文集，頁 947-955，民國 90 年 11 月。
25. 鍾志成、張仕龍、李治綱、李宇欣、曾志煌、賴威伸，「列車排點最佳化之數學模式探討」，中華民國運輸學會第 21 屆論文集，民國 95 年 12 月。
26. 鍾志成等人，「臺鐵車輛排程最適化之研究」，交通部運輸研究所，民國 95 年 1 月。
27. 蘇昭銘、程培倫、郭晏鑫，「捷運系統列車排程決策支援系統」，運輸計劃季刊，第 30 卷第 2 期，民國 90 年 7 月。
28. 蘇昭銘等，「捷運系統自動化列車排班系統之研究」，中華民國運輸學會第 14 屆論文集，民國 88 年 12 月。
29. 蘇傑昌，「台灣鐵路電腦輔助列車排程之研究」，雲林技術學院工業工程與管理技術研究所碩士論文，民國 86 年 6 月。
30. AEA Technology Inc, Web Site, <http://www.aeat.co.uk/rail/>
31. BSS, Web Site, <http://www.berkeleysimulation.com/>
32. Cai, X. and Goh, C. J., "A Fast Heuristic for the Train Scheduling Problem", Computers and Operations Research, Vol. 21, No. 5, pp. 499-510, 1994.
33. Caprara, A., Fischetti, M. and Toth, P., "Modeling and Solving the Train Timetabling Problem", Operation Research, Vol. 50, No. 5, pp. 851-861, 2002.
34. Caprara, A., Fischetti, M. and Toth, P., "Modeling and solving the train timetabling problem", Operations Research, 50(5), pp. 854-861, 2002.
35. Carey, M., "A Model and Strategy for Train Pathing with Choice of Lines, Platforms, and Routes", Transportation Research Part B, Vol. 28, No. 5, pp. 333-353, 1994.
36. Carey, M., "Extending A Train Pathing Model from One-Way to Two-Way Track", Transportation Research Part B, Vol. 28, No. 5, pp. 395-400, 1994.
37. Carey, M., and Lockwood, D., "A Model, Algorithms and Strategy for Train Pathing", Journal of Operational Research Society, Vol. 46, No. 8, pp. 988-1005, 1995.
38. Chierici, A., Cordone, R. and Maja, R., "The Demand-dependent Optimization of Regular Train Timetables", Electronic Notes in Discrete Mathematics, Vol. 17, pp. 99-104, 2004.
39. Chung, J. W., Oh, S. M. And Choi, I. C., "A hybrid genetic algorithm for train sequencing in the Korean railway", Omega, 37(3), pp. 555-565, 2009.

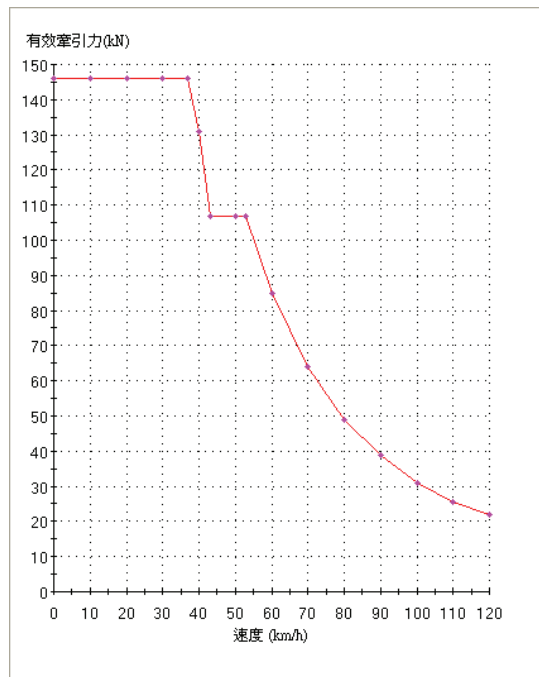
40. Dessouky, M. and Leachman, R. C., "A Simulation Modeling Methodology for Analyzing Large Complex Rail Network", *Simulation*, Vol. 65, No. 2, pp. 131-142, 1995.
41. Dorfman, M. J. and Medanic, J., "Scheduling Trains on a Railway Network Using a Discrete Event Model of Railway Traffic", *Transportation Research Part B*, Vol. 38, pp. 81-98, 2004.
42. Funkwerk 與 Sinotech 技術交流會簡報資料, Funkwerk Information Technologies , 民國 98 年 12 月 4 日。
43. Funkwerk, Web Site, http://www.funkwerk.com/funkwerk_en/index.php
44. Giger, P., "Data concept for simulation of railway networks", *Computers in railway management*, 1987
45. Higgins, A., Kozan, E., and Ferreira, L., "Optimal Scheduling of Trains on a Single Line Track", *Transportation Research B*, Vol. 30, No. 2, pp. 147-161, 1996.
46. Hooghiemstra, J.D., "Improving the Dutch railway services by network-wide timetable simulation" , *Computers in Railway VI*, p300-308, 1998.
47. Ian Brown, etc., "Presentation to Taiwan Railways Administration", 2009.
48. Incontrol Enterprise Dynamics, Web Site, <http://incontrol.nl/>
49. Ingo A. Hansen, Jorn Pachl, *Railway Timetable & Traffic*, 2008.
50. Jovanovic, D. and Harker, P. T., "Decision Support System for Train Dispatching: An Optimization-based Methodology", *Transportation Research Record*, 1314, pp. 31-40, 1991.
51. Jovanovic, D. and Harker, P. T., "Tactical Scheduling of Rail Operations: The SCAN I System", *Transportation Science*, Vol. 25, No. 1, pp. 46-64, 1991.
52. Kraay, D. R. and Harker, P. T., "Real-Time Scheduling of Freight Railroads" , *Transportation Research B*, Vol. 28, No. 3, pp. 213-229, 1995.
53. Kraay, D., Harker, P. T., and Chen B., "Optimal Pacing of Trains in Freight Railroads: Model Formulation and Solution" , *Operations Research*, Vol. 39, No. 1, pp. 82-99, 1991.
54. Kraft, E. R., "A Branch and Bound Procedure for Optimal Train Dispatching" , *Journal of Transportation Research Forum*, Vol. 28, pp. 263-176, 1987.
55. Lee, Y and Chen, C.-Y, "A heuristic for the train pathing and timetabling problem", *Transportation Research Part B : Methodology*, 43(8-9): pp. 837-851, 2009.
56. Lee, Y and Chen, C.-Y, "Modeling and Solving the Train Pathing Problem", *The 12th World Multi-Conference on Systems, Cybernetics and Informatics*, Orlando, Florida, USA, 2009.
57. Liu, S. Q. and Kozan, E., "Scheduling trains as a blocking parallel machine job shop scheduling problem", *Computers & Operations Research*, 36(10): pp. 2840-2852, 2009.

58. Nash, A., Huerlimann, D., Schuette, J. & Krauss, V. P., “RailML – A standard data interface for railroad applications” Computers in Railway IX, p233-240, 2004.
59. Petersen, E. R. and Taylor, A. J., “A Structured Model for Rail Line Simulation and Optimization”, Transportation Science, Vol. 16, No. 2, pp. 192-206, 1982.
60. Petersen, E. R. and Taylor, A. J., “Line Block Prevention in Rail Line Dispatch and Simulation Models” , Inform, Vol. 21, No. 1, pp. 46-51, 1983.
61. Radtke, A. and Watson, R., “Railway simulation in the United Kingdom”, Railway Technical Review 2007, 1, pp. 24-28, 2007.
62. Rail Traffic Controller Software Online Help
63. RailML, Web Site, <http://www.railml.org/>
64. RMCON, Railsys 6.0 User Manual, 2008.
65. SYSTRA Consulting, Inc. Web Site, <http://www.railsim.com/>
66. Vromans, M.J.C.M., Reliability of Railway Systems, Erasmus University Rotterdam Ph.D Thesis, 2005.
67. Zwanevelcf, P.J., “A Decision Support System for Routing Trains through Railway Stations”, Computers in Railway V, pp. 217-226, 1996.

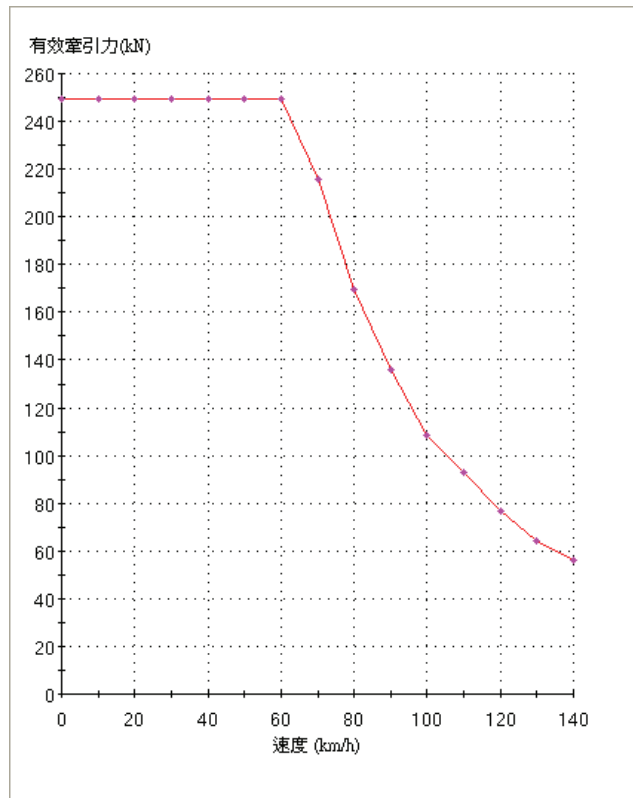
附錄 A 動力車牽引力曲線



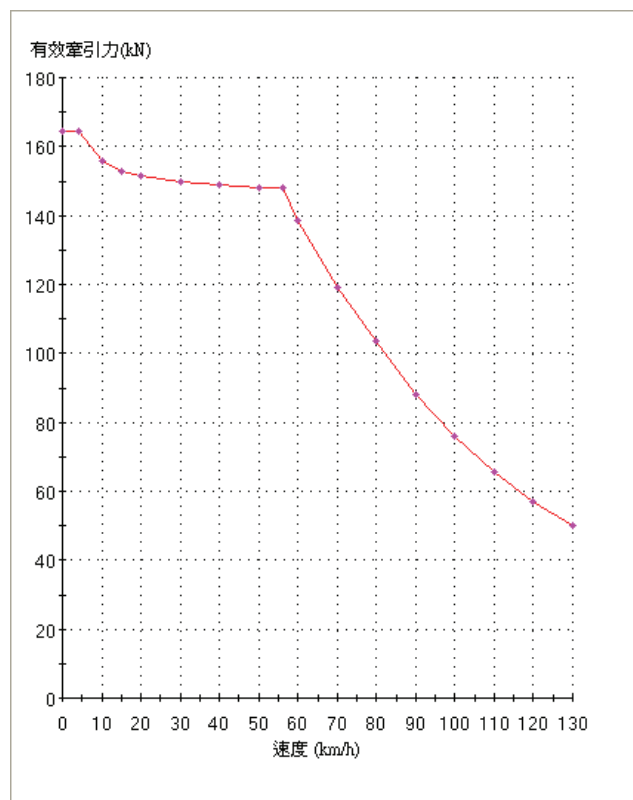
圖A.1 動力車 EMU1200 之牽引力曲線圖



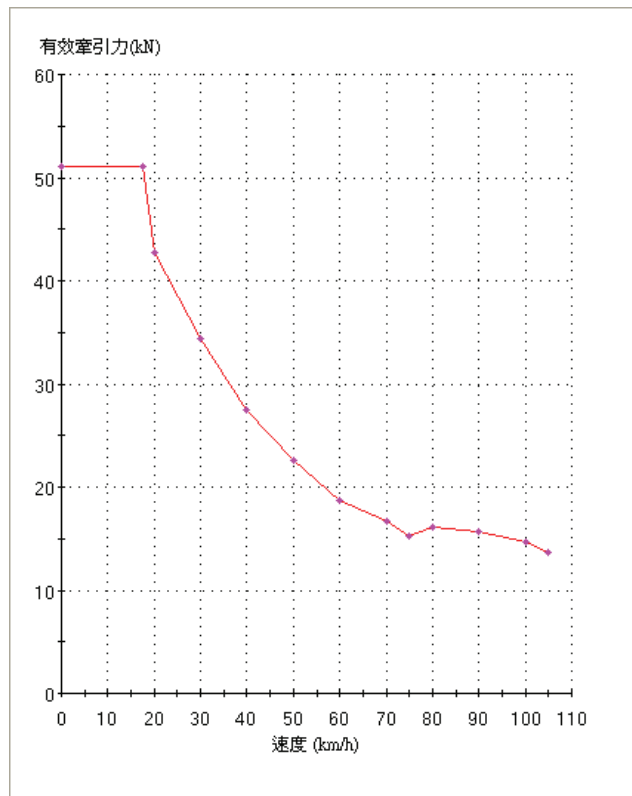
圖A.2 動力車 EMU300 之牽引力曲線圖



圖A.3 動力車 TEMU1000 之牽引力曲線圖



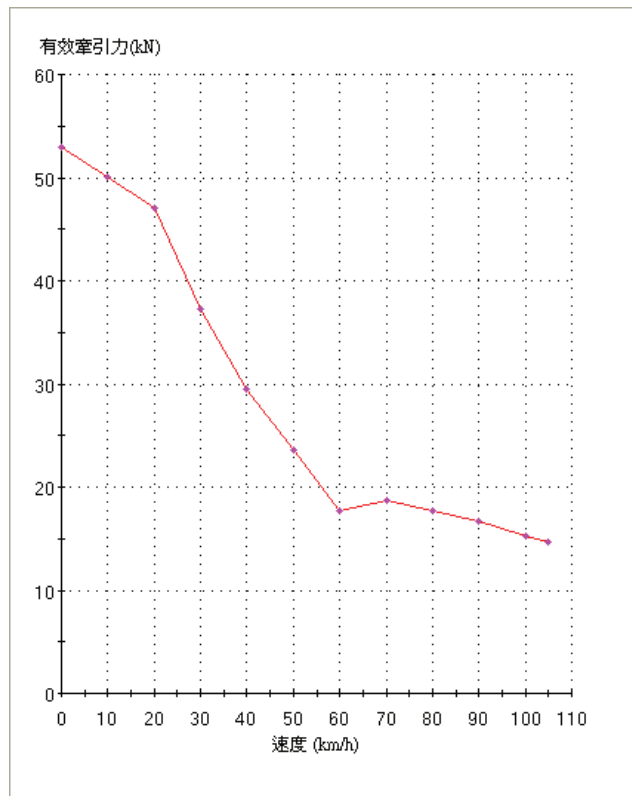
圖A.4 動力車 E1000 之牽引力曲線圖



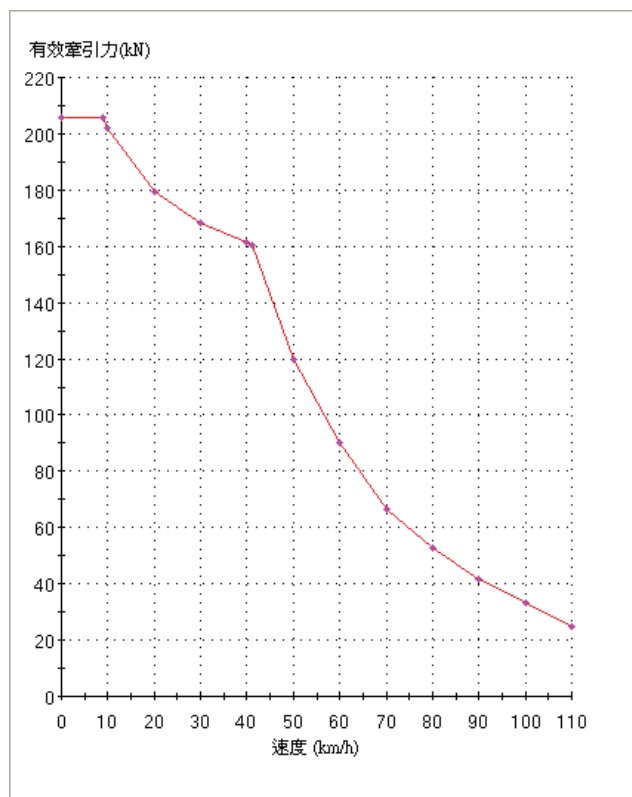
圖A.5 動力車 DR2800 之牽引力曲線圖



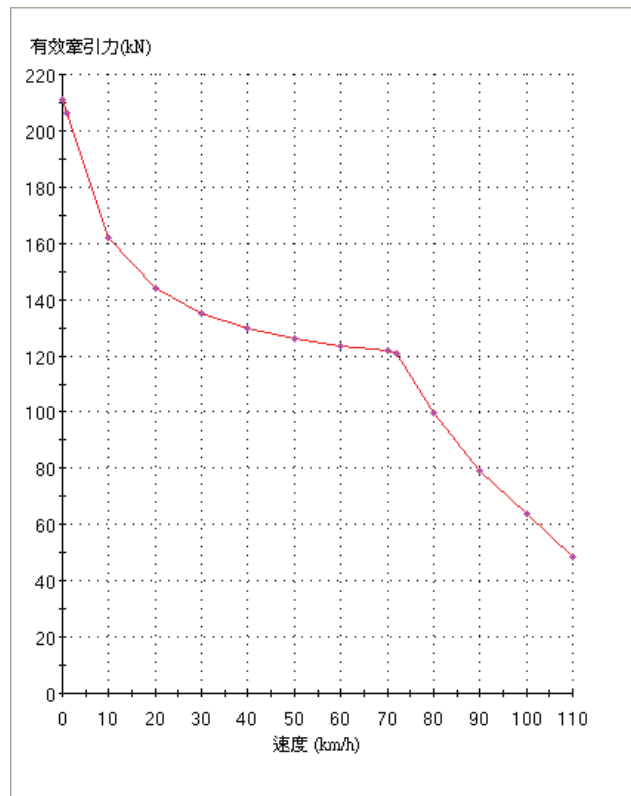
圖A.6 動力車 DR2900/DR3000 之牽引力曲線圖



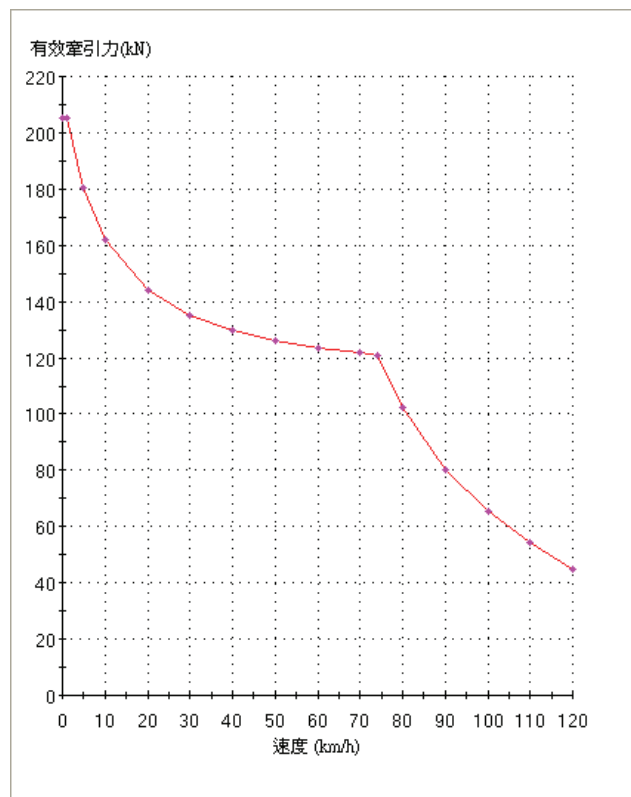
圖A.7 動力車 DR3100 之牽引力曲線圖



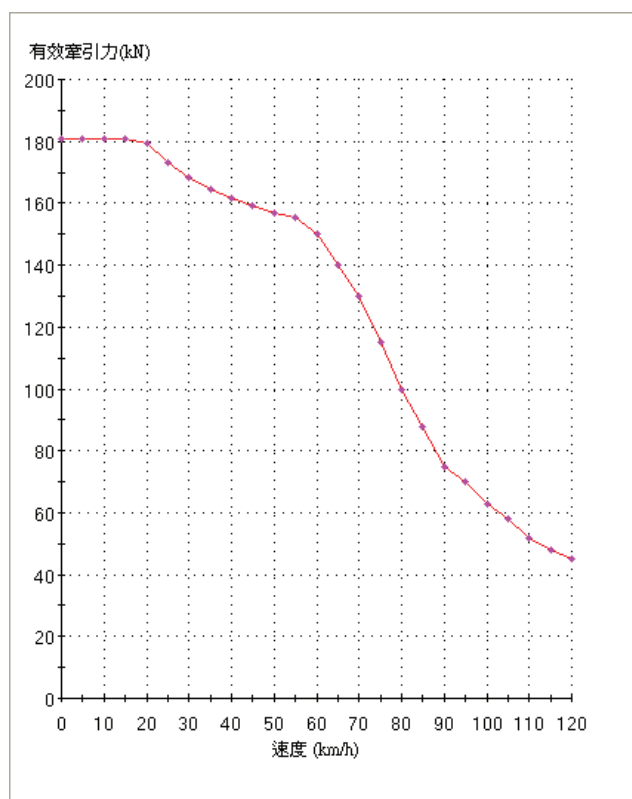
圖A.8 動力車 EMU400 之牽引力曲線圖



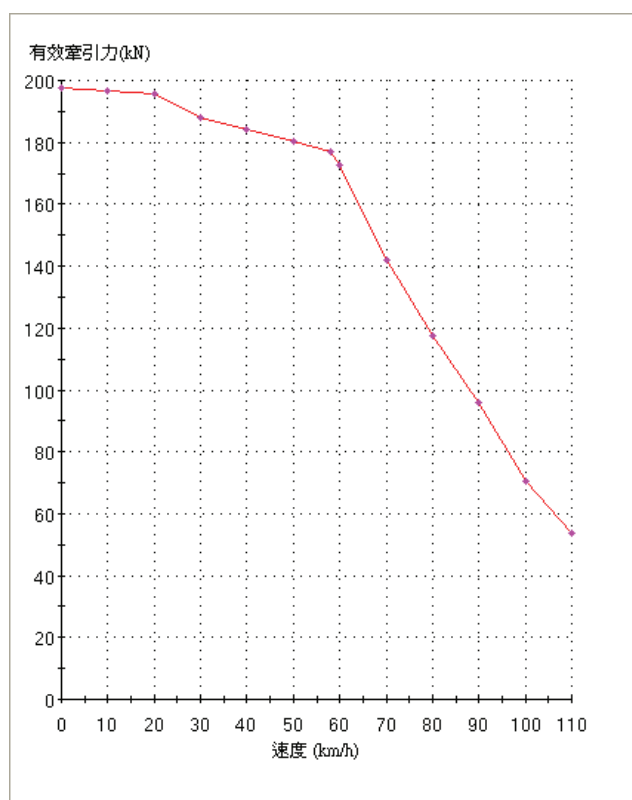
圖A.9 動力車 EMU500 之牽引力曲線圖



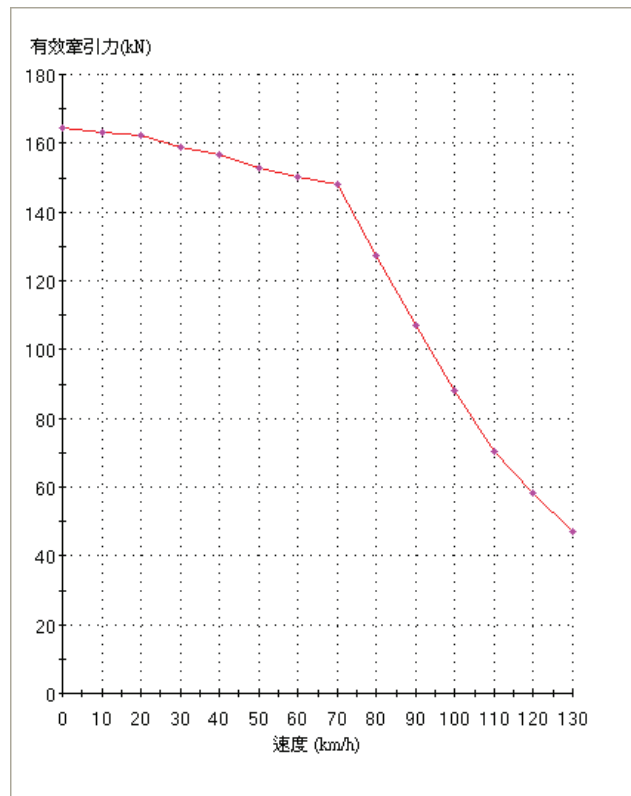
圖A.10 動力車 EMU600 之牽引力曲線圖



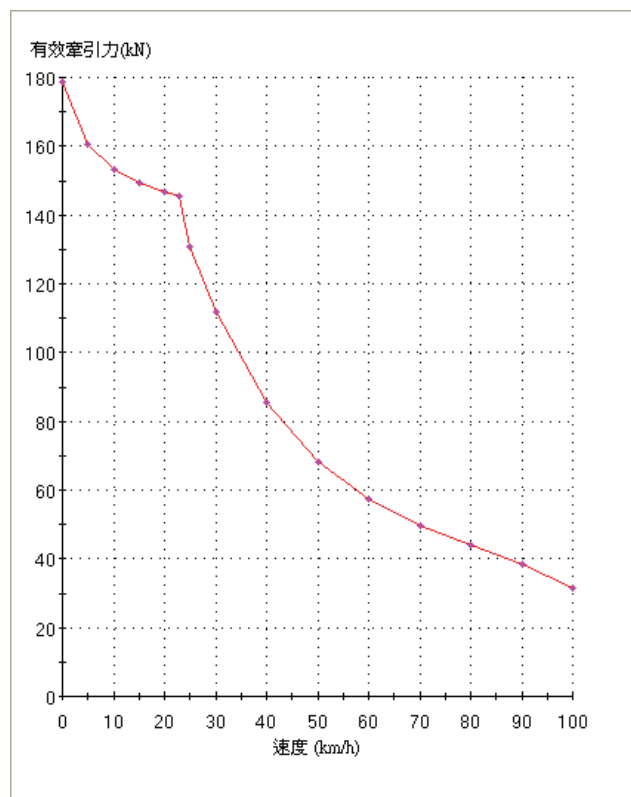
圖A.11 動力車 EMU700 之牽引力曲線圖



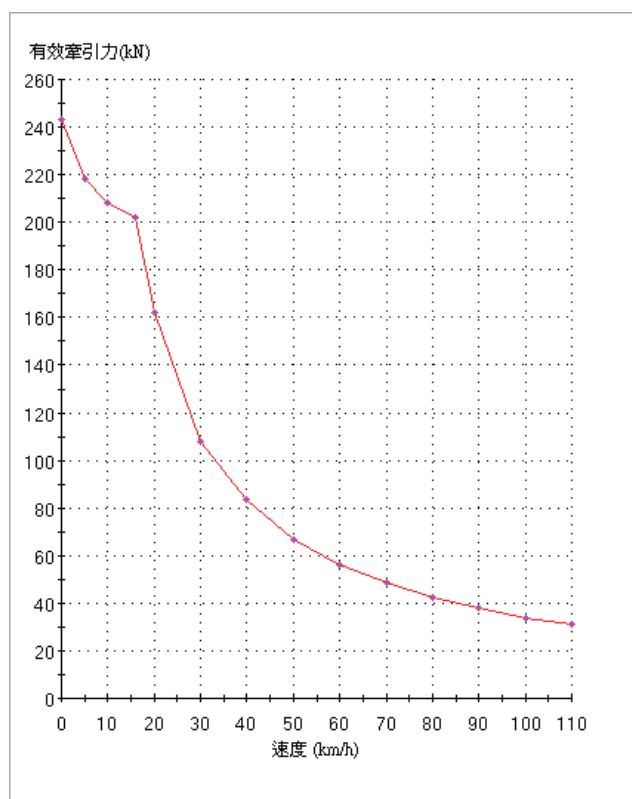
圖A.12 動力車 E200/E300 之牽引力曲線圖



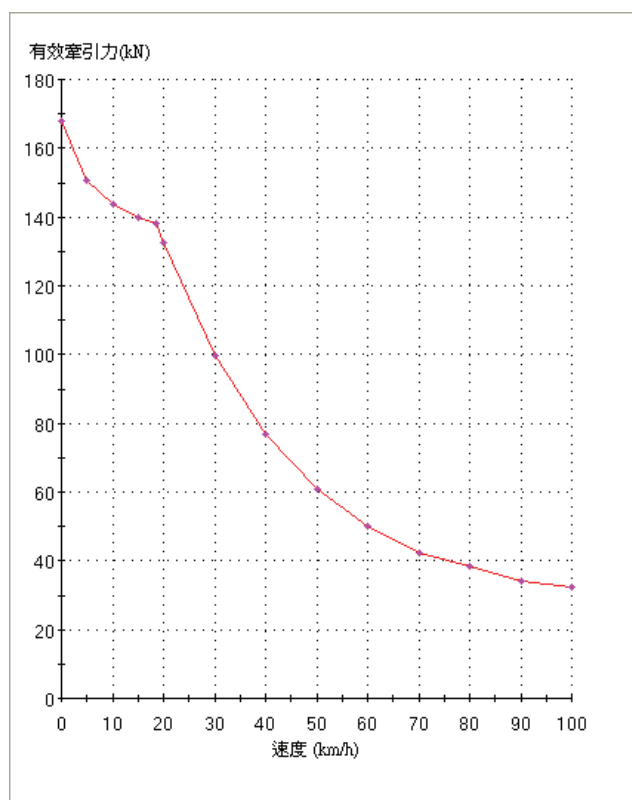
圖A.13 動力車 E400 之牽引力曲線圖



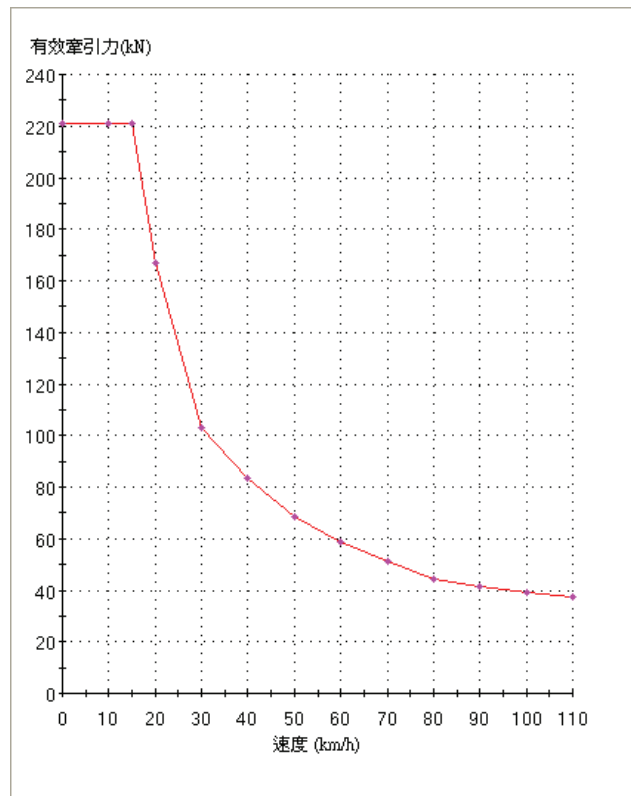
圖A.14 動力車 R100 之牽引力曲線圖



圖A.15 動力車 R150 之牽引力曲線圖



圖A.16 動力車 R20/R50 之牽引力曲線圖



圖A.17 動力車 R180 之牽引力曲線圖

附錄 B 基準運轉時分

縱貫山線（基隆－彰化）基準運轉時分表						縱貫山線（基隆－彰化）基準運轉時分表					
區間 公里	站名	下 行				區間 公里	站名	下 行			
		PP	通勤 電車	電車 組自 強號	客甲B			PP	通勤 電車	電車 組自 強號	客甲B
	基隆	●		●	●		新竹	●		●	●
1.3		4.0	3.0	4.5	4.5	8.0	香山	6.5	6.5	7.0	7.0
	三坑	2.0	2.5	2.5	3.5	6.4		4.0	5.0	4.0	4.5
2.4		●		●	●		崎頂	3.5	4.0	3.5	4.0
2.3	八堵	3.0	3.0	3.0	5.0	4.5		●		●	●
	七堵	●		●	●	5.4	竹南	4.5	5.5	5.0	5.5
2.7		3.5	3.5	4.0	4.5		造橋	3.0	4.5	3.5	4.5
	百福	2.5	3.0	2.5	3.0	6.3		3.0	4.5	3.5	4.5
3.0		1.5	2.0	1.5	1.5	3.5	豐富	3.0	3.5	3.0	3.5
1.4	汐止	●		●	●	6.7		5.0	5.5	7.5	7.0
1.5		2.0	2.0	2.0	2.5		苗栗	●		●	●
	汐科	3.5	4.0	3.0	4.0	4.1	南勢	2.5	3.5	2.5	5.0
4.5		2.5	3.0	3.0	4.5		銅鑼	4.0	5.5	5.0	9.0
2.9	南港	●		●	●	7.4		5.5	7.5	6.0	9.5
	松山	6.0	5.5	6.5	6.0	10.9	三義	1.5	2.5	1.5	2.5
6.4		●		●	●	2.6	泰安	5.0	6.0	5.0	8.0
2.8	台北	3.5	4.0	4.0	4.0	6.8	后里	●		●	●
	萬華	4.0	4.0	4.5	6.0		豐原	4.0	4.0	4.0	5.0
4.4		●		●	●	5.0		3.0	4.0	3.0	3.5
5.4	板橋	5.0	5.0	5.5	6.0	5.1	潭子	3.0	3.5	2.5	4.0
	樹林	3.0	4.0	3.5	5.0	4.0		●		●	●
3.9		3.0	4.0	3.5	4.0	4.3	台中	3.5	3.5	4.0	3.5
4.4	山佳	7.0	7.5	7.0	10.5	2.9	大慶	1.5	3.0	1.5	3.0
	鶯歌	●		●	●	0.8	烏日	0.5	1.5	0.5	0.5
8.2		4.5	4.0	5.0	5.5	2.5	新烏日	1.5	2.5	1.5	2.0
5.9	桃園	3.0	3.5	3.0	3.5	7.1	成功	7.5	5.5	7.5	5.5
	內壢	●		●	●		彰化	●		●	●
3.9		4.5	4.5	5.0	5.5						
5.8	中壢	2.5	3.5	2.5	3.5						
	埔心	4.0	5.0	4.0	6.0						
4.1		3.0	4.5	3.5	4.5						
6.8	楊梅	3.5	4.5	3.5	5.5						
	富岡	3.5	4.5	3.5	4.5						
5.7		4.5	5.0	4.5	6.5						
6.1	湖口	●		●	●						
4.8	新豐										
5.8	竹北										
	新竹										

資料來源：臺鐵局提供

圖E.1 臺鐵縱貫/山線基隆至彰化基準運轉時分

縱貫山線（基隆—彰化）基準運轉時分表						縱貫山線（基隆—彰化）基準運轉時分表					
區間 公里	站名	上 行				區間 公里	站名	上 行			
		PP	通勤 電車	電車 組自 強號	客甲B			PP	通勤 電車	電車 組自 強號	客甲B
	彰化	●		●	●		新竹	●		●	●
6.9	成功	6.5	5.5	7.0	6.5	5.8	竹北	4.0	4.5	5.0	5.5
2.5	新烏日	1.5	3.0	1.5	2.5	4.8	新豐	3.5	4.5	3.5	5.0
0.8	烏日	0.5	1.5	1.0	0.5	6.1	湖口	4.0	5.0	3.5	4.5
3.0	大慶	1.5	3.0	1.5	2.0	5.7	富岡	3.0	4.5	3.0	5.0
4.2	台中	3.5	4.0	3.0	3.5	6.8	楊梅	4.0	5.0	4.0	5.5
4.0	太原	●	4.0	●	●	4.1	埔心	2.0	3.5	2.5	4.5
5.1	潭子	2.5	4.0	3.0	3.5	5.8	中壢	4.5	4.5	5.0	5.0
5.0	豐原	3.5	4.0	3.5	4.0	3.9	內壢	●	4.0	●	●
6.8	后里	5.5	5.5	6.0	7.0	5.9	桃園	4.0	4.0	4.0	4.0
2.6	泰安	1.5	2.5	1.5	3.5	8.2	鶯歌	4.5	5.0	4.5	5.0
10.9	三義	5.5	7.5	6.0	8.0	4.4	山佳	7.0	7.5	7.5	8.5
7.4	銅鑼	4.5	6.0	5.0	7.5	3.9	樹林	3.5	4.0	3.5	5.0
4.2	南勢	2.0	4.0	2.5	4.5	5.4	板橋	●	4.0	●	●
6.7	苗栗	4.5	5.5	5.0	6.0	4.4	萬華	5.5	5.0	5.0	6.0
3.5	豐富	●	3.5	●	●	2.8	台北	4.0	4.5	4.5	5.0
6.3	造橋	3.0	3.5	3.0	3.5	6.4	松山	3.5	4.0	4.0	5.5
5.4	竹南	3.5	5.0	3.5	4.5	2.9	南港	●	5.5	●	●
4.5	崎頂	4.0	4.5	4.0	4.5	4.5	汐科	6.0	3.0	3.0	4.0
6.4	香山	●	4.0	●	●	1.5	汐止	2.5	4.0	4.0	5.0
8.1	新竹	3.5	5.0	4.0	4.5	1.4	五堵	1.5	2.0	1.5	1.5
		5.5	6.0	6.0	6.0	3.0	百福	●	1.5	●	●
		●		●	●	2.7	七堵	1.5	2.0	2.5	2.0
						2.3	八堵	2.5	3.0	2.5	3.0
						2.4	三坑	4.5	4.5	3.5	4.0
						1.3	基隆	4.0	3.5	4.0	4.0
								3.5	3.0	3.5	4.0
								4.0	4.0	3.5	3.0
								●		●	●

資料來源：臺鐵局提供

圖E.2 臺鐵縱貫/山線彰化至基隆基準運轉時分

海線（竹南－彰化）基準運轉時分表						海線（竹南－彰化）基準運轉時分表					
區間 公里	站名	下 行				區間 公里	站名	上 行			
		PP	通勤 電車	電車 組自 強號	客甲B			PP	通勤 電車	電車 組自 強號	客甲B
	竹南	●		●	●		彰化	●		●	●
4.5	談文	5.0	5.0	5.0	5.5	3.2	大肚溪	4.5	3.0	5.0	4.0
0.6	談文南	1.5	2.0	1.0	1.0	3.8	追分	3.5	4.0	4.0	3.5
6.2	大山	3.5	4.5	4.0	4.0	5.0	大肚	2.5	4.5	3.0	3.5
3.7	後龍	3.0	3.5	2.5	3.5	5.0	龍井	4.5	4.0	3.0	3.5
3.7	龍港	●	4.0	●	●	4.6	沙鹿	3.0	4.0	3.0	3.5
8.1	白沙屯	3.5	4.0	4.0	4.0	3.2	清水	●	3.0	●	●
3.0	新埔	5.0	6.5	5.5	6.0	6.0	台中港	●	5.0	●	●
5.7	通宵	2.5	3.5	2.5	2.5	5.3	大甲	5.0	5.0	6.5	6.0
6.2	苑裡	4.5	5.0	4.0	5.0	4.6	日南	4.0	4.5	3.5	4.5
7.8	日南	●	5.5	●	●	7.8	苑裡	4.0	4.0	5.0	4.5
4.6	大甲	5.5	5.5	6.5	7.0	6.2	通宵	5.0	6.0	5.0	6.0
5.3	台中港	5.5	5.5	7.0	7.5	5.7	新埔	●	5.0	●	●
6.0	清水	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	白沙屯	4.0	4.5	5.0	5.0
3.2	沙鹿	4.0	4.5	4.5	5.0	8.1	龍港	2.0	3.0	2.0	2.5
4.6	龍井	5.0	5.0	5.0	5.5	3.7	後龍	5.0	6.5	4.5	5.5
5.0	大肚	3.5	3.0	4.0	4.0	3.7	大山	3.5	3.5	3.5	3.0
5.0	追分	4.0	4.0	4.5	4.5	6.2	談文南	●	3.5	●	●
3.8	大肚溪	2.5	4.0	3.0	3.5	0.6	談文	4.0	3.5	4.5	5.0
3.2	彰化	2.5	3.5	2.5	3.0	4.5	竹南	4.0	4.5	4.5	4.5
		4.5	4.5	5.5	4.0			1.0	1.5	0.5	0.5
		●		●	●			3.5	4.5	4.0	4.0
								●		●	●

資料來源：臺鐵局提供

圖E.3 臺鐵海線竹南至彰化基準運轉時分

[illegible]

資料來源：臺鐵局提供

圖E.4 臺鐵縱貫線彰化至屏東基準運轉時分

[illegible]

資料來源：臺鐵局提供

圖E.5 臺鐵縱貫線屏東至彰化基準運轉時分

南迴線基準運轉時分表				南迴線基準運轉時分表			
區間 公里	站名	下行		區間 公里	站名	上行	
		柴油 客車	客甲B			柴油 客車	客甲B
	台東	●	●		高雄	●	●
4.5	康樂	5.5	6.5	5.7	鳳山	6.5	6.5
7.1	知本	5.5	8.5	3.7	後庄	4.0	4.0
11.8	太麻里	9.5	12.0	4.3	九曲堂	2.5	4.0
10.9	金崙	7.0	10.0	5.0	六塊厝	4.0	6.0
3.0	多良	2.0	4.0	2.2	屏東	2.0	2.0
5.4	瀧溪	3.5	5.5	2.7	歸來	3.5	4.5
11.1	大武	7.5	11.0	2.3	麟洛	1.5	2.0
3.1	古莊	4.0	6.0	2.4	西勢	2.0	2.0
20.0	枋野	16.5	18.5	3.7	竹田	2.0	2.5
6.8	枋山	4.5	5.5	4.0	潮州	2.5	3.5
4.7	內獅	3.0	3.5	4.9	炭頂	3.0	5.5
3.4	加祿	2.0	2.5	2.4	南州	1.5	2.5
5.3	枋寮	3.5	5.0	3.8	鎮安	3.5	4.5
4.2	東海	4.5	5.0	3.0	林邊	3.0	2.5
3.0	佳冬	2.0	2.5	4.0	佳冬	2.5	5.0
4.0	林邊	3.0	3.5	3.0	東海	2.0	2.5
3.0	鎮安	2.5	4.5	4.2	枋寮	3.0	3.5
3.8	南州	2.5	4.0	5.3	加祿	3.5	7.0
2.4	炭頂	1.5	3.5	3.4	內獅	2.0	2.5
4.9	潮州	4.0	4.5	4.7	枋山	3.0	4.0
4.0	竹田	2.5	5.0	6.8	枋野	5.5	8.5
3.7	西勢	2.5	2.5	20.0	古莊	14.0	16.5
2.4	麟洛	2.0	2.0	3.1	大武	2.0	3.0
2.3	歸來	1.5	1.5	11.1	瀧溪	7.5	11.0
2.7	屏東	3.0	2.5	5.4	多良	4.5	7.0
2.2	六塊厝	3.0	3.5	3.0	金崙	2.0	2.5
5.0	九曲堂	4.0	4.5	10.9	太麻里	7.0	11.5
4.3	後庄	2.5	4.5	11.8	知本	8.5	11.0
3.7	鳳山	3.5	3.5	7.1	康樂	7.0	10.0
5.7	高雄	8.0	7.5	4.5	台東	4.0	6.0
		●	●			●	●

資料來源：臺鐵局提供

圖E.6 臺鐵南迴線基準運轉時分

臺東線基準運轉時分表				臺東線基準運轉時分表			
區間 公里	站名	下行		區間 公里	站名	上行	
		柴油 客車	客甲B			柴油 客車	客甲B
	花蓮	●	●		台東	●	●
3.5	吉安	5.0	6.0	8.1	山里	8.5	9.0
9.1	志學	6.0	12.5	6.2	鹿野	4.5	6.0
2.9	平和	2.0	3.5	5.6	瑞源	3.5	8.0
1.8	壽豐	1.0	2.5	2.7	瑞和	1.5	4.0
2.8	豐田	2.0	4.0	4.2	月美	2.5	3.5
4.1	溪口	3.0	4.5	3.8	關山	3.0	5.0
4.4	南平	3.5	4.5	6.5	海端	5.0	7.5
4.2	鳳林	2.5	4.5	5.7	池上	4.0	7.5
5.0	萬榮	3.0	7.0	6.9	富里	4.0	8.0
5.7	光復	3.5	5.5	6.2	東竹	4.0	6.0
7.8	大富	4.5	9.0	6.0	東里	5.0	5.5
3.0	富源	2.0	3.5	6.0	玉里	6.0	7.0
9.3	瑞穗	5.5	9.0	11.5	三民	9.5	10.5
4.1	舞鶴	2.5	5.5	5.1	舞鶴	4.0	5.0
5.1	三民	3.5	5.0	4.1	瑞穗	2.5	4.5
11.5	玉里	9.0	10.5	9.3	富源	5.5	10.5
6.0	東里	7.0	7.5	3.0	大富	2.0	4.5
6.0	東竹	4.5	4.5	7.8	光復	5.0	7.5
6.2	富里	4.0	6.0	5.7	萬榮	4.0	7.0
6.9	池上	4.0	9.0	5.0	鳳林	3.0	5.0
5.7	海端	4.0	8.0	4.2	南平	2.5	4.5
6.5	關山	4.0	6.0	4.4	溪口	2.5	3.0
3.8	月美	2.5	4.5	4.1	豐田	2.5	3.0
4.2	瑞和	2.5	3.0	2.8	壽豐	2.0	3.5
2.7	瑞源	1.5	3.5	1.8	平和	1.0	2.5
5.6	鹿野	3.5	7.0	2.9	志學	2.0	4.0
6.2	山里	4.0	6.5	9.1	吉安	6.0	11.5
8.1	台東	7.0	6.5	3.5	花蓮	4.0	6.0
		●	●			●	●

資料來源：臺鐵局提供

圖E.7 臺鐵臺東線基準運轉時分

附錄 C 排點參數資料庫使用手冊

排點參數資料庫使用手冊

1. 系統環境需求

使用本資料庫所需的系統環境需求簡述如下，若資料庫引擎與存取程式安裝於不同電腦，則每台電腦均需具備網路連線能力方可運作。

- (1) 個人電腦
- (2) Microsoft Windows XP, Microsoft Windows 7 之作業系統
- (3) Microsoft .Net Framework 2.0 以上之軟體平台

2. 資料庫引擎安裝

以下將以 Microsoft Windows 7 及 Microsoft SQL Server 2008 R2 Express 為例說明資料庫引擎安裝程序，若使用其他相容版本之作業系統或軟體的畫面會略有不同。在取得 SQL Server 執行安裝如圖 1，請點選左側第 2 選項「安裝」啟動安裝程序。

在圖 2 之頁面選取「我要接受授權條款」後，安裝程式會執行若干檢核來確認系統環境足以安裝 SQL Server，若有不符合項目，請依提示安裝所需軟體或套件。

通過檢核後即可進行安裝功能之選擇如圖 3，其中「管理工具－基本」選項是在後續的操作上所必須的，其餘功能可視使用者需求選取之，若安裝的是較高階讀 SQL Server 版本，本畫面將有更多的功能選項供選擇。

接著請透過圖 4 與圖 5 之安裝畫面來分別設定資料庫引擎安裝路徑及伺服器組態，若無特殊需求，這兩步驟使用安裝程式的預設選項即可。



圖 1 資料庫引擎安裝畫面－歡迎畫面



圖 2 資料庫引擎安裝畫面－授權條款

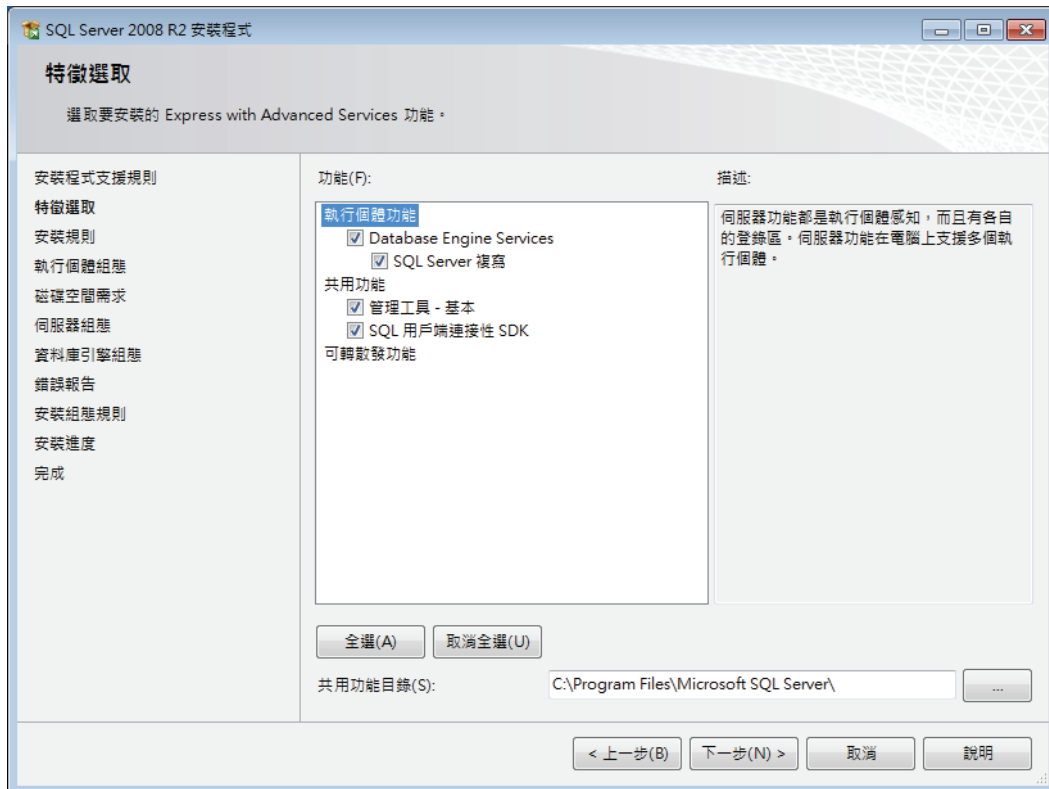


圖 3 資料庫引擎安裝畫面－選擇安裝功能



圖 4 資料庫引擎安裝畫面－指定安裝路徑

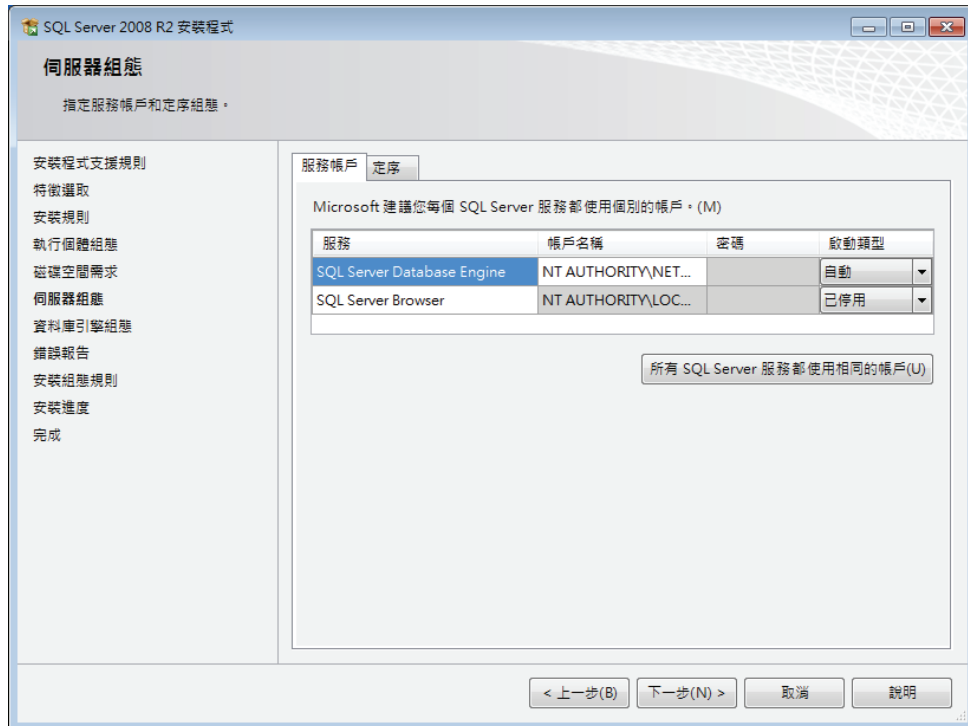


圖 5 資料庫引擎安裝畫面－設定伺服器組態

有關資料庫引擎的驗證模式可透過圖 6 設定，若有允許非網域使用者連線之需求，請選取「混合模式」並指定管理員密碼與帳號，本使用手冊後續將以「Windows 驗證模式」為例進行安裝操作說明。接著安裝程式會顯示安裝進度如圖 7，完成安裝後顯示畫面如圖 8。

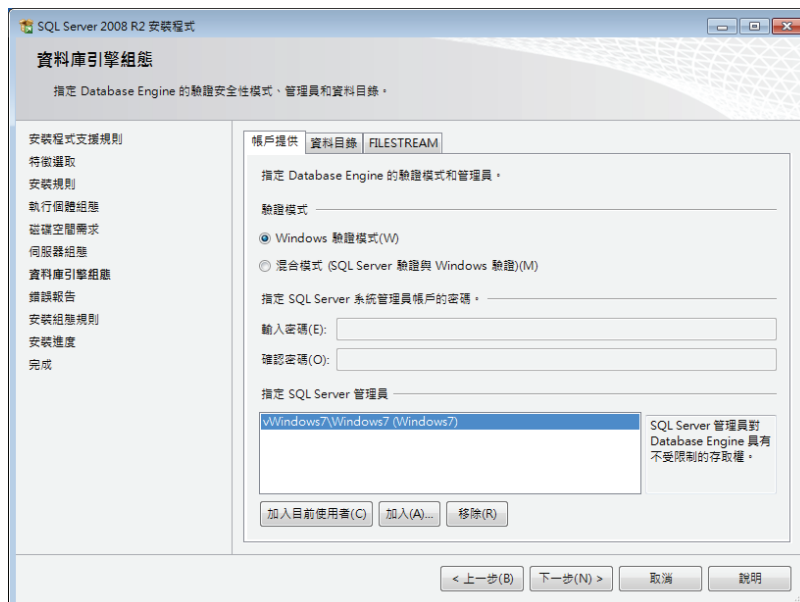


圖 6 資料庫引擎安裝畫面－設定驗證模式

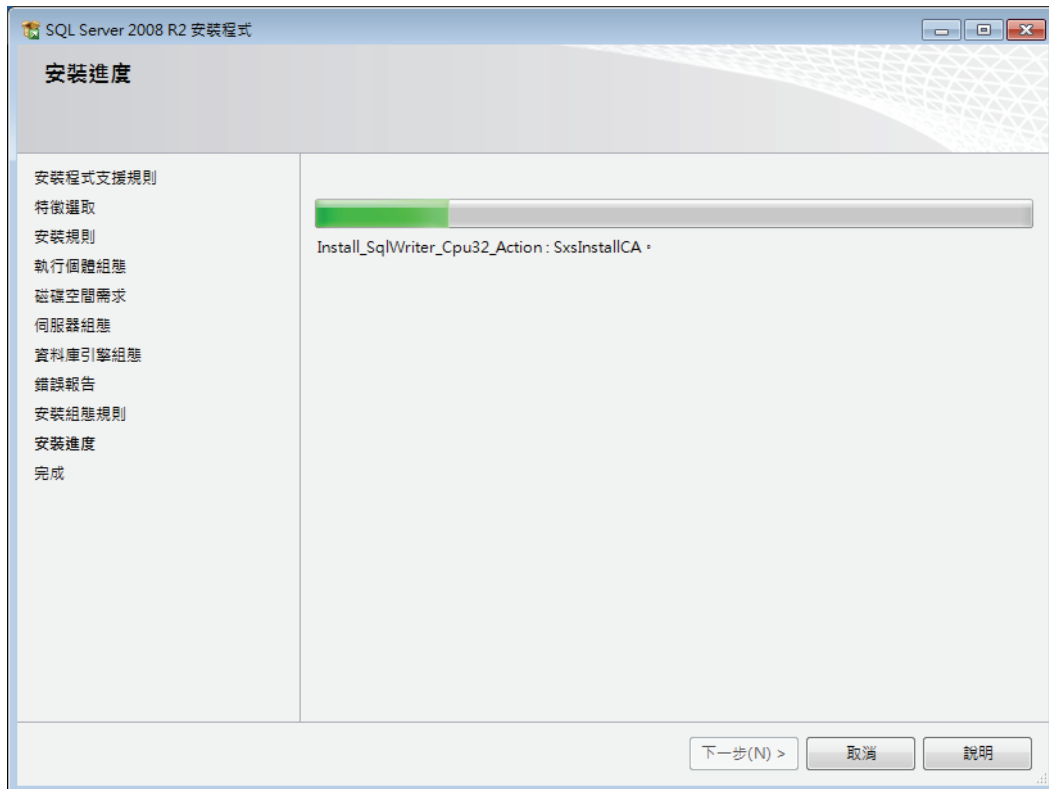


圖 7 資料庫引擎安裝畫面－安裝進度顯示



圖 8 資料庫引擎安裝畫面－完成安裝

完成資料庫引擎安裝後，請將本研究建置之資料庫檔案：
TRA-Timetabling.mdf 及 TRA-Timetabling.ldf 置於 SQL Server 放置資料檔案的預
設路徑「C:\Program Files\Microsoft SQL
Server\MSSQL10_50.SQLEXPRESS\MSSQL\DATA」如圖 9。

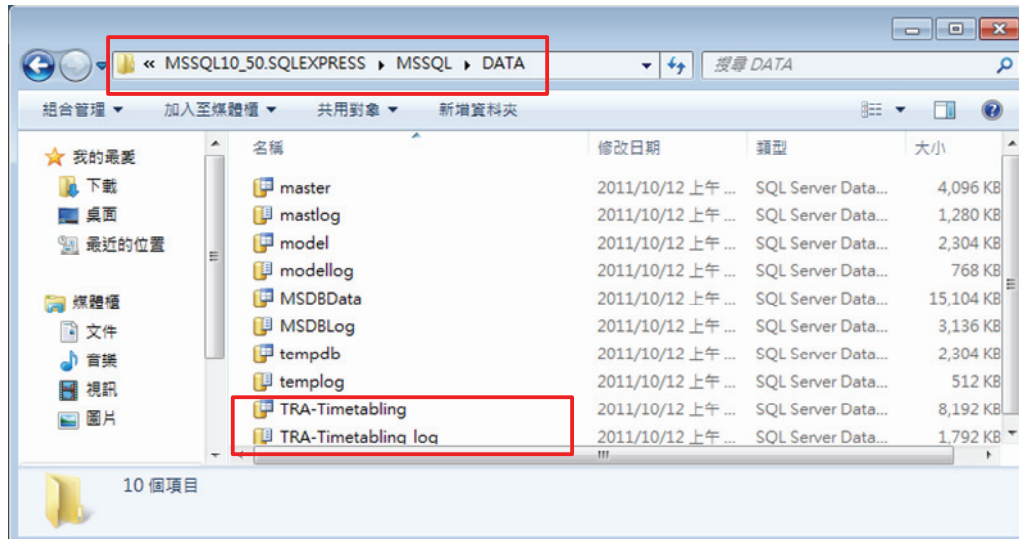


圖 9 將資料庫檔案置於預設路徑畫面

開啓 Sql Server 組態管理員並將 Sql Server (SQLEXPRESS)服務予以啟動如
圖 10。

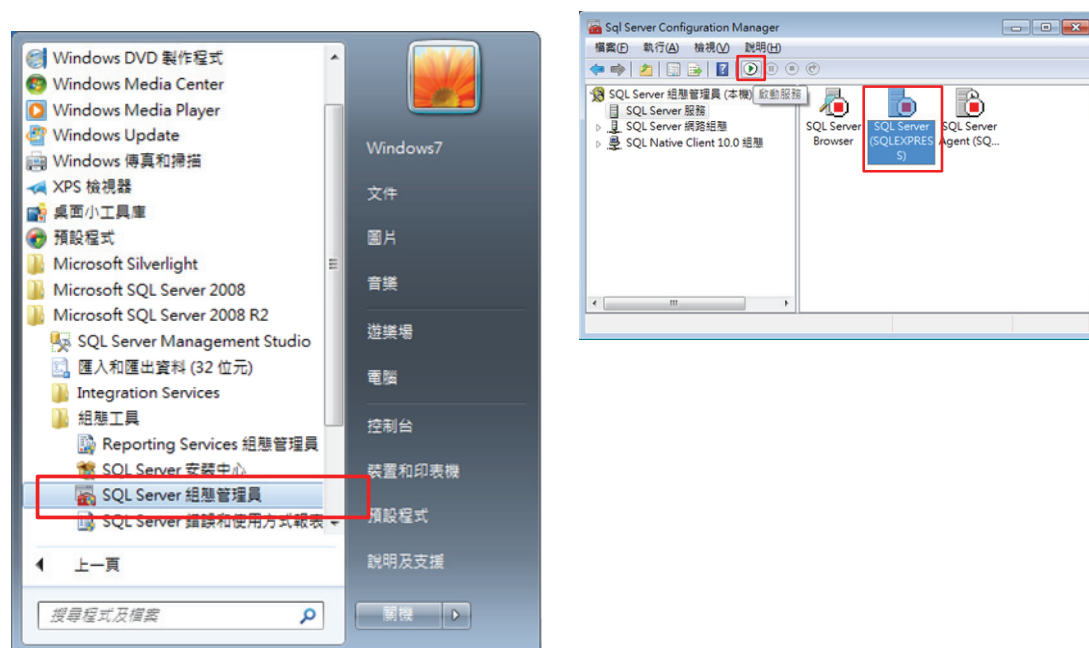


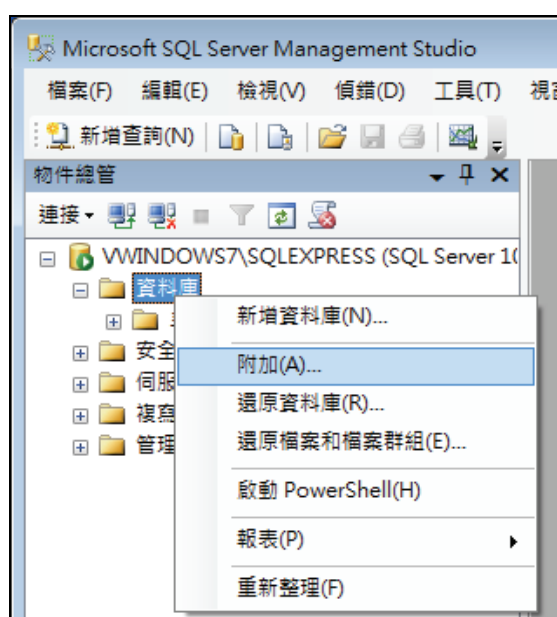
圖 10 啟動 Sql Server 服務畫面

The screenshot shows a Windows 7 desktop environment. On the left, the Start menu is open, displaying a list of applications. The application 'SQL Server Management Studio' is highlighted with a red rectangular box. To the right of the Start menu, the Windows 7 taskbar is visible, showing the Start button and several pinned application icons. On the far right, a window titled '连接到伺服器' (Connect to Server) is open. This window is the 'Connect to Server' dialog for Microsoft SQL Server 2008 R2. It contains the following fields and options:

- 伺服器類型 (T):** Database Engine
- 伺服器名稱 (S):** \\WINDOWS7\\SQLSERVER
- 驗證 (A):** Windows 驗證
- 使用者名稱 (U):** \\WINDOWS7\\Windows7
- 密碼 (P):** (Empty password field)
- ☐ 記住密碼 (M)

At the bottom of the dialog, there are four buttons: '連接 (C)' (Connect), '取消' (Cancel), '說明' (Help), and '選項 (O) >>' (Options >>).

連線成功後利用管理工具執行「附加」資料庫功能如圖 12，接著透過圖 13 之程序指定資料庫 mdf 檔路徑，接著可利用管理工具確認資料庫已附加完成如圖 14。執行此步驟後即完成資料庫引擎端之安裝工作。



C - 7

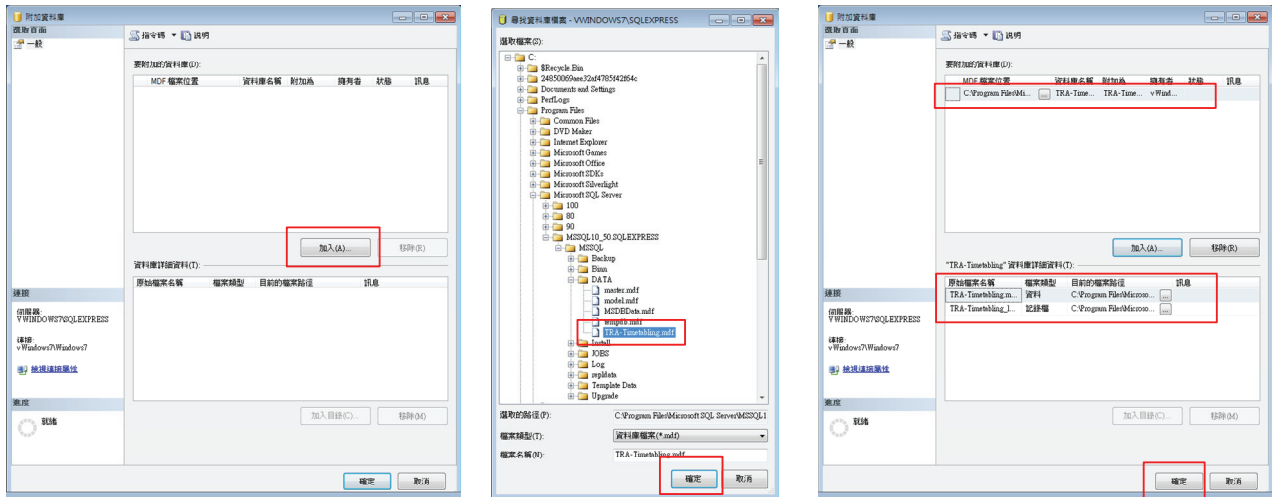


圖 13 指定附加資料檔路徑之設定過程畫面

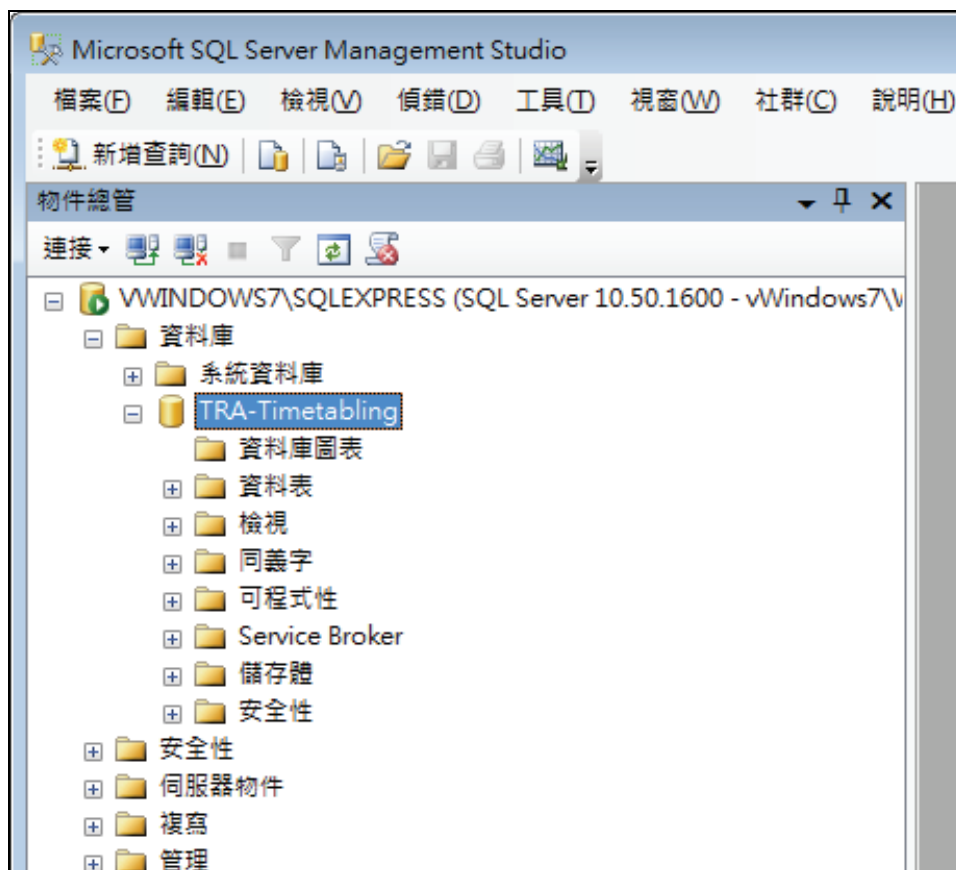
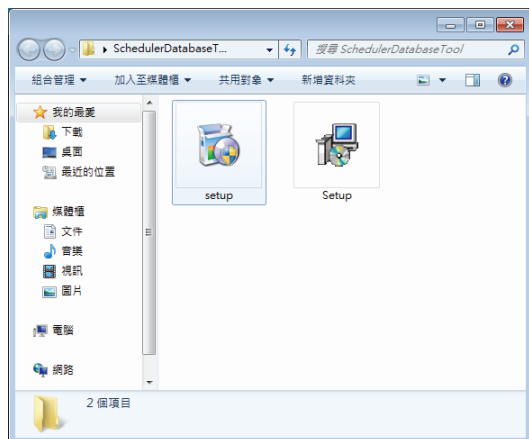


圖 14 以管理工具確認資料庫已附加完成

3. 資料庫存取工具安裝

取得安裝程式後，請以管理員身分登入並以滑鼠雙擊圖 15(a)之「SETUP」檔案啟動安裝程序，再透過圖 15(b)～圖 15(f)之流程完成安裝作業。



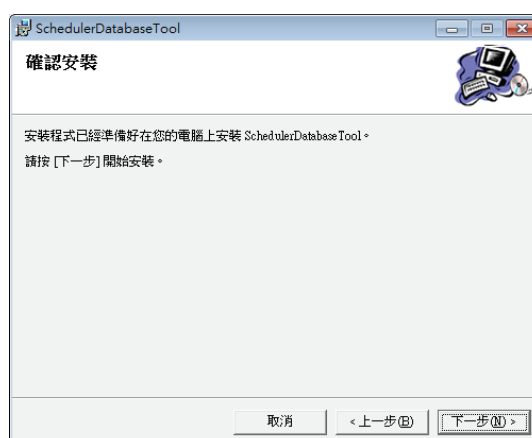
(a) 遠取安裝檔案



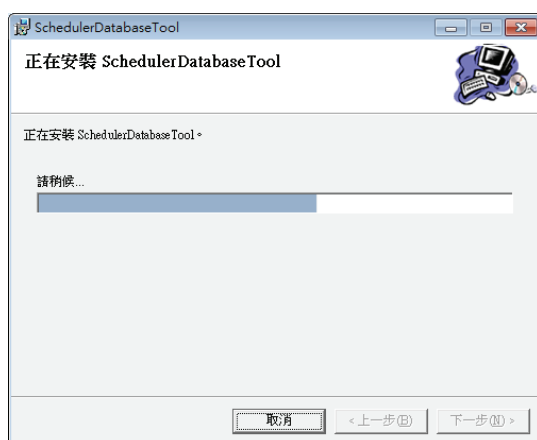
(b) 歡迎畫面



(c) 選擇安裝路徑



(d) 確認安裝



(e) 安裝過程



(f) 完成安裝

圖 15 資料庫存取程式安裝步驟圖

完成安裝後即可透過「開始→所有程式→ SchedulerDatabaseTool」來啟動資料庫存取程式如圖 16。

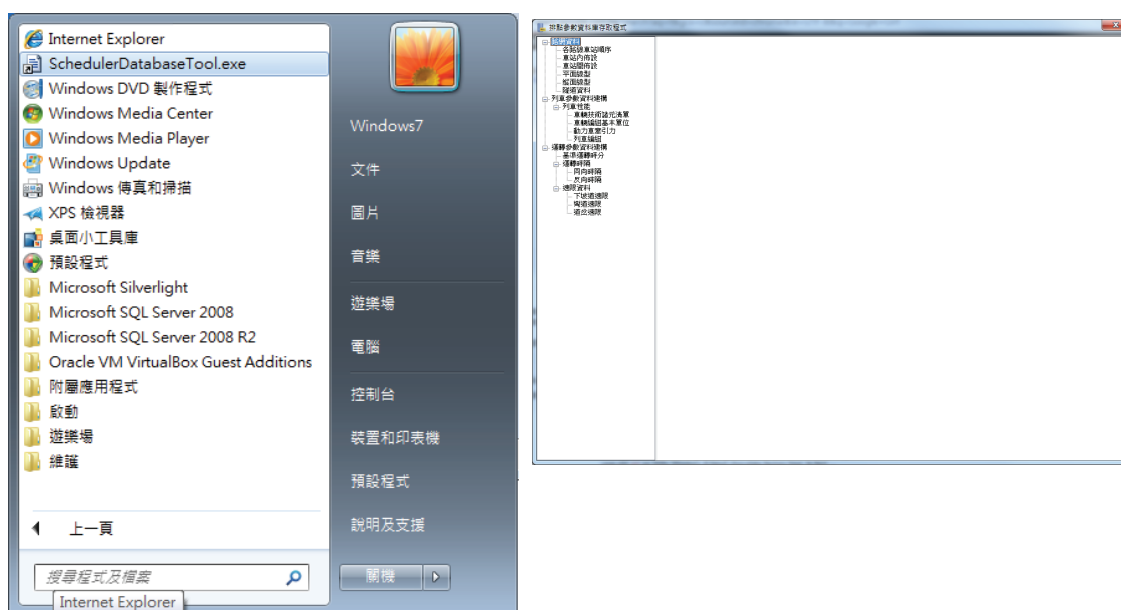


圖 16 資料庫存取程式啟動及執行畫面

安裝程式預設會連線到本機之 Sql Server 引擎，若資料庫引擎安裝在網路上或者需要額外指定驗證方式時，則需修改資料庫連線字串，該設定檔（SchedulerDatabaseTool.exe.config）之存放路徑如圖 17。

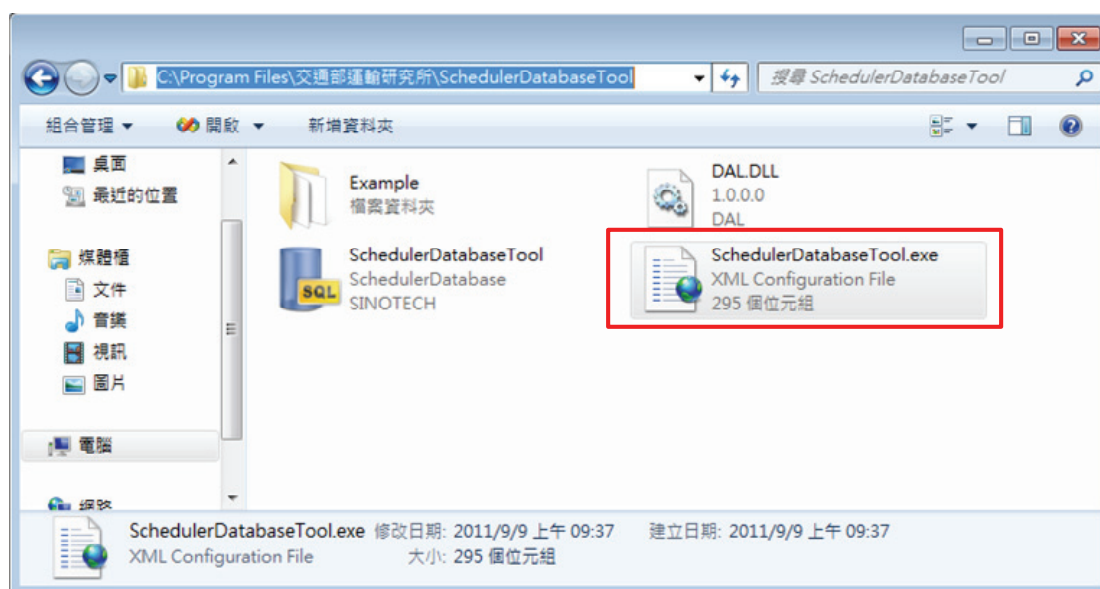


圖 17 資料庫連線字串設定檔位置

連線字串的預設內容如圖 18，利用任何文字編輯器均可編輯該設定檔，修改其中「127.0.0.1」的 IP 字串即可更改本工具程式的連線對象。

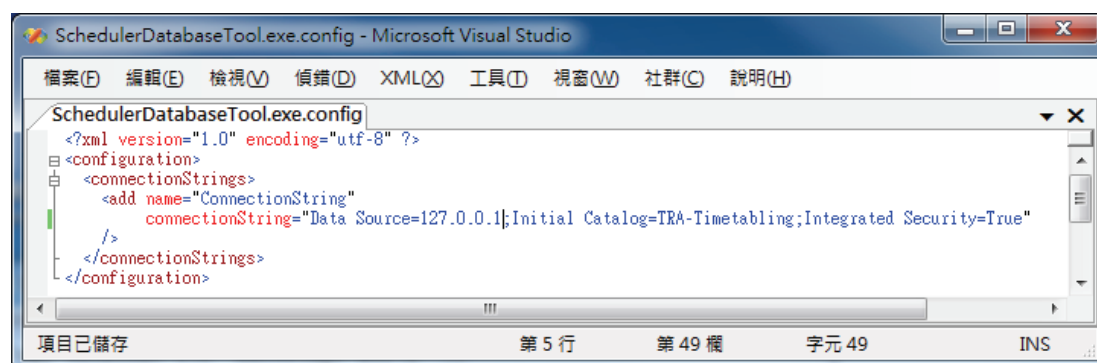


圖 18 預設的資料庫連線字串內容

4. 排點參數查詢與匯出工具

本資料庫存取工具的概觀如圖 19，左側 Panel 為參數項目目錄，右側 Panel 上方為查詢與匯出工具，右側 Panel 下方則為查詢結果，欲編修資料則透過雙擊資料列帶出畫面來完成之，不同參數基於其本身特性會使頁面略有不同，但大體而言均根據上述原則配置。



圖 19 資料庫存取工具整體概觀

當右側 Panel 上之「查詢」按鈕被按下時，右側 Panel 下方之查詢結果會更新查詢結果；當「匯出」按鈕被按下時，會帶出圖 20 讓使用者指定路徑檔名，輸出之檔案可以文字編輯軟體（例如 Notepad）或試算表軟體（例如 Excel）開啓如圖 20。

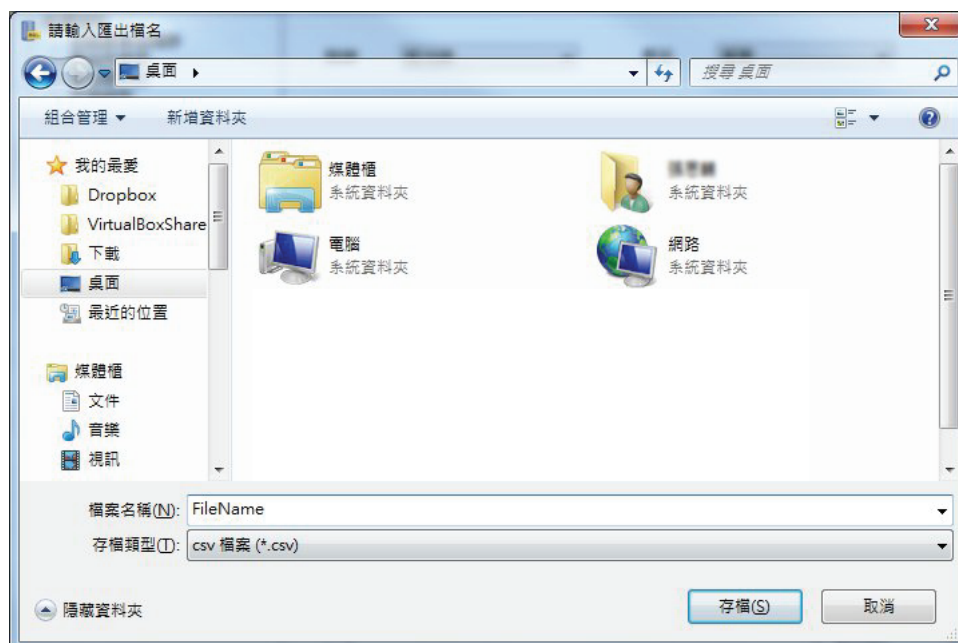


圖 20 指定匯出檔案路徑與檔名之對話盒畫面

Figure 21 displays two screenshots showing the export of data. The left screenshot shows a Notepad window with the raw CSV data. The right screenshot shows the same data loaded into an Excel spreadsheet.

Left Screenshot (Notepad): The text shows a CSV file with columns: 號誌代號, 種類, 方向, 里程, ATP_I, ATP_II, ATP_III. It lists various signal data points.

Right Screenshot (Excel): The data is loaded into an Excel spreadsheet with columns: 號誌代號, 種類, 方向, 里程, ATP_I, ATP_II, ATP_III. The data is organized into rows, with the first row being a header and subsequent rows containing numerical data.

圖 21 匯出檔案利用其他應用程式開啓之範例畫面

爲使本使用手冊呈現更多細節，後續逐一介紹路網/列車/運轉參數之章節將只放置右側 Panel 之擷圖畫面。

4.1 路網參數

(1) 各路線車站順序

各路線之車站順序與站中心里程查詢畫面如圖 22，利用下拉式選單選擇欲「查詢」或「匯出」的路線再執行動作。

路線

縱北線 ▼

縱北線
 縱海線
 縱南線
 台中線
 屏東線
 南迴線
 台東線
 北迴線
 宜蘭線
 成追線

查詢

匯出

站名	里程(Km)
基隆	K000+000.00
三坑	K001+286.00
八堵	K003+712.50
七堵	K005+975.40
百福	K008+693.00
五堵	K011+732.90
汐止	K013+088.90
汐科	K014+550.00
南港	K019+077.50
松山	K021+935.90
台北	K028+293.80
萬華	K031+126.70
板橋	K035+514.00
樹林	K040+921.80
山佳	K044+803.00
鶯歌	K049+195.40
桃園	K057+391.50
內壢	K063+331.00
中壢	K067+280.50
埔心	K073+076.90
楊梅	K077+127.50
富岡	K083+935.90

圖 22 各路線之車站順序與站中心里程查詢畫面

(2) 車站內佈設

車站內佈設的查詢工具如圖 23，「車站」下拉式選單的內容會隨「路線」下拉式選單動態變動，使用者需先選取欲查詢「路線」再選取欲查詢「車站」後進行參數「查詢」與「匯出」功能。

號誌代號	種類	方向	ATP_I	ATP_II	ATP_III
1L	出發號誌	延里程遞減	1.00	106.00	0.00
1R	進站號誌	延里程遞增	58.00	308.00	852.00
2L	進站號誌	延里程遞減	58.00	309.00	1203.00
2R	出發號誌	延里程遞增	4.00	122.00	0.00
3L	出發號誌	延里程遞減	5.00	89.00	0.00
3R	進站號誌	延里程遞增	58.00	306.00	849.00
4L	進站號誌	延里程遞減	59.00	309.00	1203.00
4R	出發號誌	延里程遞增	4.00	125.00	0.00
5L	出發號誌	延里程遞減	5.00	91.00	0.00
6R	出發號誌	延里程遞增	4.00	125.00	0.00

道岔代號	里程	種類	號數	速限	反位到達之節點
11A	K031+974.00	單開道岔	12	45	11B
11B	K032+065.00	單開道岔	12	45	11A
12	K032+550.00	單開道岔	16	60	6R
13	K031+982.00	單開道岔	16	60	5L
14A	K032+537.00	單開道岔	12	45	14B
14B	K032+466.00	單開道岔	12	45	14A

圖 23 車站內佈設-節點資料畫面

如欲編修號誌機的屬性資料，可在圖 23 上方的資料列以滑鼠雙擊欲編輯的資料列，系統將帶出如圖 24，其預設值為圖 23 中資料列上的原始數值，當「確定」按鈕被按下時，系統會將資料更新。

號誌代號: 1L

種類: 出發號誌

方向: 延里程遞減

里程: 32053
K032+053.00

ATP_I: 21.00

ATP_II: 106.00

ATP_III: 0.00

確定 取消

圖 24 車站內佈設-號誌屬性資料編修畫面

如欲編修道岔的屬性資料，可在圖 23 上方的資料列以滑鼠雙擊欲編輯的資料列，系統將帶出如圖 25，其操作方式與編輯號誌機屬性相同，不再贅述。

圖 25 車站內佈設-道岔屬性資料編修畫面

圖 23 預設顯示節點的資訊，如欲檢視節線或路徑資訊時，可點選圖 23 上的頁籤切換工具得到對應的查詢結果如圖 26 與圖 27。

節點資料		節線資料		路徑資料	
節點I	節點II	股道名稱	主/副正線	離月台面	出發號誌/節點I
1R	11A	1	副正線	1	5L
14B	14A	2	主正線	2A	3L
2R	14B	3	主正線	2B	1L
14B	12				
12	2L				
6R	12				
11A	1L				
3R	13				
13	11B				
11B	3L				
11A	11B				
13	5L				
4R	14A				
14A	4L				

圖 26 車站內佈設-節線資料畫面

節點資料			路徑資料			
路徑代號	方向	進站/離站	路徑代號	順序	節線	主偏/正線
Route1	延里程遞增	進站路徑	Route1	1	1R --> 11A	
Route2	延里程遞增	進站路徑	Route1	2	11A --> 1L	
Route3	延里程遞減	進站路徑	Route1	3	1L --> 4R	3
Route4	延里程遞減	進站路徑	Route2	1	1R --> 11A	
Route5	延里程遞增	離站路徑	Route2	2	11A --> 11B	
Route6	延里程遞增	離站路徑	Route2	3	11B --> 3L	
Route7	延里程遞減	離站路徑	Route2	4	3L --> 2R	2
Route8	延里程遞減	離站路徑	Route3	1	2L --> 12	
			Route3	2	12 --> 14B	
			Route3	3	14B --> 2R	
			Route3	4	2R --> 3L	2
			Route4	1	2L --> 12	
			Route4	2	12 --> 6R	
			Route4	3	6R --> 5L	1
			Route5	1	1L --> 4R	3
			Route5	2	4R --> 14A	
			Route5	3	14A --> 4L	
			Route6	1	3L --> 2R	2
			Route6	2	2R --> 14B	
			Route6	3	14B --> 14A	
			Route6	4	14A --> 4L	

圖 27 車站內佈設-路徑資料畫面

(3) 車站間佈設

車站間佈設的查詢工具如圖 28，「區間」下拉式選單的內容會隨「路線」下拉式選單動態變動，使用者需先選取欲查詢「路線」再選取欲查詢「區間」後進行參數「查詢」與「匯出」功能。

圖 28 上方的查詢結果是呈現該區間存在的站間股道清單及屬性；下方則是該區間內的中途閉塞號誌機資訊。如欲編修中途號誌機的屬性資料，可在圖 28 上方的資料列以滑鼠雙擊欲編輯的資料列，系統將帶出如圖 29，其預設值為圖 28 中資料列上的原始數值，當「確定」按鈕被按下時，系統會將資料更新。

路線	縱北線	區間	台北-萬華	查詢	匯出
股道名稱	允許方向			邊界點點1	
E	延里程遞增方向			萬華-1R	
W	延里程遞減方向			萬華-3R	
<div> <div> <div>基隆->三坑</div> <div>三坑->基隆</div> <div>八堵->七堵</div> <div>七堵->八堵</div> <div>五堵->汐止</div> <div>汐止->五堵</div> <div>汐止->南港</div> <div>南港->汐止</div> <div>南港->松山</div> <div>松山->南港</div> <div>台北->萬華</div> <div>萬華->台北</div> <div>板橋->樹林</div> <div>樹林->板橋</div> <div>山佳->鶯歌</div> <div>鶯歌->山佳</div> <div>桃園->內壢</div> <div>內壢->桃園</div> <div>中壢->埔心</div> <div>埔心->楊梅</div> <div>楊梅->富岡</div> <div>富岡->湖口</div> <div>湖口->新豐</div> <div>新豐->竹北</div> <div>竹北->新竹</div> <div>新竹->香山</div> <div>香山->崎頂</div> <div>崎頂->竹南</div> </div> </div>					
中途號誌	里程	方向	ATP感應子1	ATP感應子2	所屬股道
30-1ED	K031+065.00	延里程遞增	30.00	1183.00	E
30-1WD	K031+076.00	延里程遞增	30.00	1187.00	W
29-1EU	K030+742.00	延里程遞減	25.00	1178.00	E
29-1WU	K030+742.00	延里程遞減	30.00	1152.00	W

圖 28 車站間佈設查詢畫面

圖 29 中途閉塞號誌機編修畫面

(4) 平縱面線型

平/縱面線型參數的查詢畫面如圖 30 與圖 31，均是選取「路線」及「東/西正線」後執行參數「查詢」與「匯出」功能。

路線

縱北線

東西正線

東正線

西正線

查詢

匯出

直線轉緩曲線	緩曲線轉曲線	曲線轉緩曲線	緩曲線轉直線	半徑(M)	左彎/右彎	速限(km/h)
K001+835.00	K001+915.00	K002+328.00	K002+408.00	402	R	80
K003+314.00	K003+324.00	K003+352.00	K003+362.00	1000	R	110
K003+435.00	K003+445.00	K003+475.00	K003+485.00	10000	L	110
K003+650.00	K003+670.00	K003+845.00	K003+865.00	600	L	70
K003+876.00	K003+901.00	K004+029.00	K004+054.00	300	L	65
K004+249.00	K004+274.00	K004+300.00	K004+325.00	800	L	70
K004+385.00	K004+410.00	K004+437.00	K004+462.00	800	R	70
K004+490.00	K004+565.00	K004+781.00	K004+856.00	400	R	80
K005+140.00	K005+200.00	K005+269.00	K005+329.00	1000	L	80
K005+350.00	K005+390.00	K005+412.00	K005+452.00	1500	R	100
K005+694.00	K005+734.00	K005+826.00	K005+866.00	1500	R	100
K006+186.00	K006+256.00	K006+283.00	K006+353.00	650	R	95
K006+640.00	K006+705.00	K007+134.00	K007+199.00	480	L	85
K007+322.00	K007+382.00	K007+464.00	K007+524.00	300	R	70
K007+861.00	K007+911.00	K007+994.00	K008+044.00	300	R	70
K008+087.00	K008+127.00	K008+221.00	K008+261.00	465	R	70
K008+410.00	K008+450.00	K008+518.00	K008+558.00	1000	R	70
K008+833.00	K008+883.00	K008+960.00	K008+990.52	500	R	75
K008+990.52	K008+990.52	K009+110.09	K009+190.09	375	R	75
K009+809.00	K009+874.00	K009+915.00	K009+980.00	1450	L	100
K010+452.00	K010+552.00	K011+010.00	K011+110.00	600	L	100
K011+459.00	K011+509.00	K011+531.00	K011+581.00	2000	L	90
K011+700.00	K011+785.00	K012+146.00	K012+231.00	510	L	90

圖 30 平面線型參數查詢畫面

路線	縱北線	東西正線	東正線 西正線	查詢	匯出
變化點里程標(KM)	變化點前坡度(%)	變化點後坡度(%)			
K000+260.00		1.100			
K000+420.00	1.100	4.400			
K000+500.00	4.400	2.700			
K000+586.00	2.700	3.700			
K000+677.00	3.700	2.700			
K000+750.00	2.700	4.900			
K001+040.00	4.900	4.100			
K001+140.00	4.100	6.000			
K001+300.00	6.000	8.500			
K001+550.00	8.500	9.300			
K001+750.00	9.300	10.600			
K001+920.00	10.600	7.500			
K002+020.00	7.500	4.600			
K002+160.00	4.600	6.700			
K002+220.00	6.700	11.100			
K002+450.00	11.100	13.300			
K002+600.00	13.300	10.800			
K003+000.00	10.800	9.700			
K003+100.00	9.700	5.700			
K003+170.00	5.700	-1.900			
K003+340.00	-1.900	2.300			
K003+415.00	2.300	0.490			
K003+550.00	0.490	1.000			

圖 31 縱面線型參數查詢畫面

(5) 隧道資料

隧道資料查詢畫面如圖 32，主要是利用下拉式選單選擇欲「查詢」或「匯出」的路線再執行動作。

路線	縱海線	查詢	匯出
隧道名稱	縱南線 台中線 屏東線 南迴線 台東線 北迴線 宜蘭線 成追線	結束里程	單孔/雙孔
竹子嶺		K002+962.00	雙孔
新七堵		K007+082.00	雙孔
舊七堵		K007+084.00	單孔
新五堵	K010+225.00	K010+659.00	雙孔
舊五堵	K010+313.00	K010+492.00	單孔
臺北地下鐵	K015+800.00	K037+250.00	雙孔
山佳	K044+429.00	K044+584.00	雙孔


圖 32 隧道參數查詢畫面

成數量與匯總結果。如欲編修其數量，可利用滑鼠雙擊圖 35 之資料列透過圖 36 之畫面來編修之。

列車編組名稱	基礎編組名稱	數量
PP	PP	
	自強號EMU1200	
	自強號EMU300	
	太魯閣號	
	DMU2800	2
	DMU2900	
	DMU3000	7
	DMU3100	
	EMU400	
	EMU500	3
	EMU600	
	EMU700	1
		客甲B-莒光(電)-E200
	客甲B-莒光(電)-E400	
	客甲B-莒光(柴)-R100	
	客甲B-莒光(柴)-R150	
	客甲B-復興(電)-E200	
	客甲B-復興(電)-E400	
	客甲B-復興(柴)-R100	
	客甲B-復興(柴)-R150	
	貨乙	

總車輛數	總長	總空車重	總重車重	總坐位數	速度限制
13	254.40	455.000	510.000	540	130

圖 35 列車編組參數查詢畫面


編輯列車基礎編組資料
X

基礎編組名稱

PPT

數量

7

確定

取消

圖 36 列車編組數量編修畫面

動力車牽引力查詢畫面如圖 37，請利用下拉式選單選擇欲「查詢」或「匯出」的「車輛基本編組單元」再執行動作。

動力車型式

E1000 ▼

- E1000
- EMU1200
- EMU300
- TEMU1000
- DMU2800
- DMU2900
- DMU3000
- DMU3100
- EMU400
- EMU500
- EMU600
- EMU700
- E200
- E300
- E400
- R20
- R50
- R100
- R150
- R180

查詢

匯出

速度(km/h)	牽引力(kN)
0.000	4.352
4.000	4.352
10.000	5.726
15.000	2.946
20.000	1.390
30.000	9.704
40.000	8.808
50.000	148.251
56.000	148.008
60.000	138.586
70.000	119.074
80.000	103.564
90.000	87.913
100.000	76.121
110.000	65.756
120.000	57.178
130.000	50.031

圖 37 動力車牽引力查詢畫面

至於各式列車編組的服務減速度以及各級列車於路線上的預設停站時間分別如圖 38 與圖 39。

<div> <div>匯出</div> </div>			
列車編組名稱	中途緊急減速度	停車緊急減速度	等效質量
PP	1.500	1.500	1.060
自強號EMU1200	1.500	1.500	1.060
自強號EMU300	1.500	1.500	1.060
太魯閣號	1.500	1.500	1.060
DMU2800	1.500	1.500	1.060
DMU2900	1.500	1.500	1.060
DMU3000	1.500	1.500	1.060
DMU3100	1.500	1.500	1.060
EMU400	2.000	2.000	1.060
EMU500	2.000	2.000	1.060
EMU600	2.000	2.000	1.060
EMU700	2.000	2.000	1.060
客甲B-莒光(電)-E200	1.500	1.500	1.060
客甲B-莒光(電)-E400	0.750	0.750	1.060
客甲B-莒光(柴)-R100	1.500	1.500	1.060
客甲B-莒光(柴)-R150	1.500	1.500	1.060
客甲B-復興(電)-E200	1.500	1.500	1.060
客甲B-復興(電)-E400	1.500	1.500	1.060
客甲B-復興(柴)-R100	1.500	1.500	1.060
客甲B-復興(柴)-R150	1.500	1.500	1.060
貨乙	0.750	0.750	1.060

圖 38 列車服務減速度查詢畫面

<div> <div>路線</div> <div> <div>縱北線</div> <div>縱北線</div> <div>縱海線</div> <div>縱南線</div> <div>台中線</div> <div>屏東線</div> <div>南迴線</div> <div>台東線</div> <div>北迴線</div> <div>宜蘭線</div> <div>花蓮線</div> </div> </div>		<div> <div>查詢</div> <div>匯出</div> </div>			
站名	時間	莒光號停靠時間	復興號停靠時間	通勤車停靠時間	普通車停靠時間
基隆		0	0	0	0
三坑		0	0	30	0
八堵		60	0	60	0
七堵	180	180	0	120	0
百福	0	0	0	30	0
五堵	0	0	0	30	0
汐止	90	90	0	60	0
汐科	0	0	0	30	0
南港	0	90	0	60	0
松山	120	120	0	60	0
台北	240	240	0	180	0
萬華	0	60	0	30	0
板橋	90	90	0	60	0
樹林	60	60	0	60	0
山佳	0	0	0	30	0
鶯歌	0	60	0	60	0
桃園	90	90	0	60	0
內壢	0	0	0	60	0
中壢	90	90	0	60	0

圖 39 列車預設停站時間查詢畫面

4.3 運轉參數

(1) 基準運轉時間

基準運轉時間的查詢畫面如圖 40，使用者必須透過下拉選單選取牽引種別、路線、方向等資訊再執行「查詢」或「匯出」功能。

牽引種別: EMU 路線: 縱北線 方向: 延單程遞增 查詢 匯出

區間	主通/主通	主通/主停	主停/主停	通/副停	主停/副停	副停/主通	副停/主停	副停/副停
基隆-->三坑			270					
三坑-->八堵		150						
八堵-->七堵								
七堵-->百福			240					
百福-->五堵	150							
五堵-->汐止		90						
汐止-->汐科			120					
汐科-->南港	180							
南港-->松山		180						
松山-->台北			390					
台北-->萬華			240					
萬華-->板橋		270						
板橋-->樹林			330					
樹林-->山佳	210							
山佳-->鶯歌	210							
鶯歌-->桃園		420						
桃園-->內壢			300					
內壢-->中壢		180						
中壢-->埔心			300					
埔心-->楊梅	150							
楊梅-->富岡	240							
富岡-->湖口	210							
湖口-->新豐	210							

圖 40 基準運轉時間查詢畫面

如欲編修站間運轉時間參數，可在圖 40 中的資料列以滑鼠雙擊欲編輯的資料列，系統將帶出如圖 41，其預設值為圖 40 中資料列上的原始數值，當「確定」按鈕被按下時，系統會將資料更新。

編輯基準運轉時分

區間: 松山-->台北

主通/副停:

主通/主通: 主停/副停:

主通/主停: 副停/主通:

主停/主通: 副停/主停:

主停/主停: 390 副停/副停:

確定 取消

圖 41 基準運轉時間編修畫面

(2) 運轉時隔

同向時隔的查詢工具如圖 42，使用者需先選取欲查詢「路線」與「方向」後進行參數「查詢」與「匯出」功能。

車站名稱	離開-到達	到達-到達	離開-離開	通過-通過	到達-通過	通過-離開	通過-到達	離開-通過
基隆	180	180	180	180	180	180	180	180
三坑	180	180	180	180	180	180	180	180
八堵	180	180	180	180	180	180	180	180
七堵	180	180	180	180	180	180	180	180
百福	180	180	180	180	180	180	180	180
五堵	180	180	180	180	180	180	180	180
汐止	180	180	180	180	180	180	180	180
汐科	180	180	180	180	180	180	180	180
南港	180	180	180	180	180	180	180	180
松山	180	180	180	180	180	180	180	180
台北	180	180	180	180	180	180	180	180
萬華	180	180	180	180	180	180	180	180
板橋	180	180	180	180	180	180	180	180

圖 42 同向時隔查詢畫面

如欲編修同向時隔參數，可在圖 42 中的資料列以滑鼠雙擊欲編輯的資料列，系統將帶出如圖 43，其預設值為圖 42 中資料列上的原始數值，當「確定」按鈕被按下時，系統會將資料更新。

車站名稱	台北	
離開-到達	180	到達-通過 180
到達-到達	180	通過-離開 180
離開-離開	180	通過-到達 180
通過-通過	180	離開-通過 180

確定 取消

圖 43 同向時隔編修畫面

反向時隔的查詢工具如圖 44，「車站」下拉式選單的內容會隨「路線」下拉式選單動態變動，使用者需先選取欲查詢「路線」再選取欲查詢「車站」後進行參數「查詢」與「匯出」功能。

路徑代號	方向	進站/離站
Route1	延里程遞增	進站路徑
Route2	延里程遞增	進站路徑
Route3	延里程遞減	進站路徑
Route4	延里程遞減	進站路徑
Route5	延里程遞增	離站路徑
Route6	延里程遞增	離站路徑
Route7	延里程遞減	離站路徑
Route8	延里程遞減	離站路徑

路徑I	路徑II	時隔
Route6	Route3	180
Route7	Route2	180

路徑代號	順序	節線	主/副正線
Route1	1	1R --> 11A	
Route1	2	11A --> 1L	
Route1	3	1L --> 4R	3
Route2	1	1R --> 11A	
Route2	2	11A --> 11B	
Route2	3	11B --> 3L	
Route2	4	3L --> 2R	2
Route3	1	2L --> 12	
Route3	2	12 --> 14B	
Route3	3	14B --> 2R	
Route3	4	2R --> 3L	2
Route4	1	2L --> 12	
Route4	2	12 --> 6R	
Route4	3	6R --> 5L	1
Route5	1	1L --> 4R	3
Route5	2	4R --> 14A	
Route5	3	14A --> 4L	
Route6	1	3L --> 2R	2
Route6	2	2R --> 14B	
Route6	3	14B --> 14A	
Route6	4	14A --> 4L	
Route7	1	2R --> 3L	2

圖 44 反向時隔查詢畫面

3.速限資料

下坡道速限與彎道速限的查詢畫面分別如圖 45 及圖 46，使用者可利用下拉式選單選擇欲「查詢」或「匯出」的資料組再執行動作。至於道岔速限的查詢結果與匯出畫面則如圖 47。

坡度上界(不含)(%)	坡度下界(含)(%)	速限(km/h)
0	-5	85
-5	-10	85
-10	-15	85
-15	-20	85
-20	-25	80

圖 45 下坡道速限查詢畫面

以推拉式電車組、電車組或機動車編組之列車			查詢	匯出
半徑下界(不含)(m)	半徑上界(含)(m)	速限(km/h)		
800	900	125		
700	800	120		
600	700	110		
500	600	100		
450	500	90		
400	450	85		
350	400	80		
300	350	75		
250	300	70		
225	250	65		
200	225	60		
175	200	55		
150	175	55		
125	150	50		
100	125	45		
0	100	40		

圖 46 彎道速限查詢畫面

			匯出
單開/雙開	道岔號數(#)	速限(km/h)	
單開道岔	8	25	
單開道岔	10	35	
單開道岔	12	45	
單開道岔	16	60	
雙開道岔	8	45	
雙開道岔	10	50	
雙開道岔	12	60	

圖 47 道岔速限查詢畫面

5. 進階應用範例

基礎參數資料庫可能的應用目的眾多，第 4 節中各式參數的查詢情境或排列順序僅是其中一種型式，不可能滿足每種應用情境或模式，因此實際應用時極可能有參數順序調整、參數單位轉換，亦或是一次擷取全路網內所有資訊等之需求，因此本節將介紹如何利用微軟 SQL Server 所提供的管理工具進行彈性查詢。

使用者可透過圖 11 開啓管理工具，接著開啓 SQL 範例碼目錄（如圖 48），裡頭包含第 4 節中的各式查詢所對應的 SQL 碼，本手冊以「各路線車站順序.sql」為例進行後續介紹，以管理工具開啓該檔案後按管理工具上的「執行」按鈕可得到如圖 49 之畫面，該查詢結果即與本手冊第 4.1 節的查詢類似。

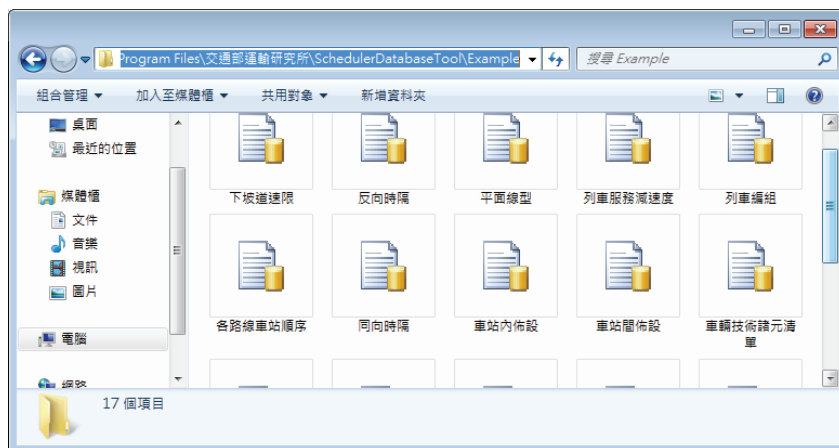


圖 48 範例 SQL 碼放置路徑圖

假設這個查詢結果需進行以下調整才能滿足某應用情境：

- (1) 一次查出所有路線的資訊
- (2) 查詢結果內增加車站所屬路線名稱
- (3) 為利計算，顯示里程數值而非臺鐵慣用之 K001.123.45 格式
- (4) 查詢結果內增加該車站之股道總數量
- (5) 查詢結果內增加該車站之道岔總數量

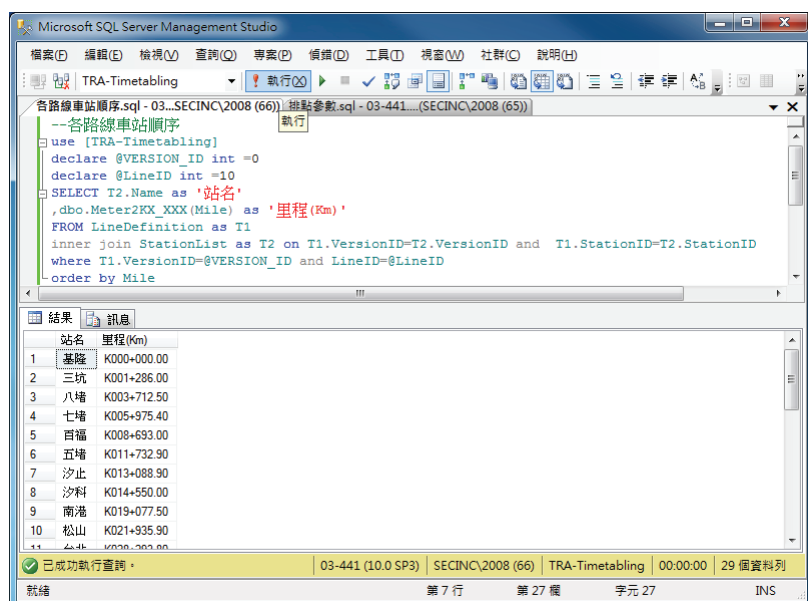


圖 49 以管理工具執行範例 SQL 碼之畫面

為了達到上述五項調整，原圖 49 之 SQL 碼需做若干調整，調整後的 SQL 碼與執行結果如圖 50，使用者可根據需求撰寫 SQL 碼完成各式查詢。

Microsoft SQL Server Management Studio

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 查詢(Q) 專案(P) 偵錯(D) 工具(I) 視窗(W) 社群(C) 說明(H)

TRA-Timetabling 執行

```

use [TRA-Timetabling]
declare @VERSION_ID int =0
SELECT T2.Name as '站名'
,dbo.Meter2KX XXX(Mile) as '里程(Km)'
,T3.Name as '路線名稱'
,Mile as '里程值'
,股道總數
,道岔總數
FROM LineDefinition as T1
inner join StationList as T2 on T1.VersionID=T2.VersionID and T1.StationID=T2.StationID
inner join LineList as T3 on T1.VersionID=T3.VersionID and T1.LineID=T3.LineID
left join
(
SELECT VersionID, StationID, COUNT(*) as 股道總數 FROM InnerStationLinkList where VersionID=@VERSION_ID and Type=1
group by VersionID, StationID) as T4 on T4.VersionID=T2.VersionID and T4.StationID=T2.StationID
left join
(
SELECT VersionID, StationID, COUNT(*) as 道岔總數 FROM InnerStationTurnout where VersionID=@VERSION_ID
group by VersionID, StationID) as T5 on T5.VersionID=T2.VersionID and T5.StationID=T2.StationID
where T1.VersionID=@VERSION_ID
order by T1.LineID, Mile

```

新增片段

新增

新增片段

結果 訊息

站名	里程(Km)	路線名稱	里程值	股道總數	道岔總數	
5 首福	K008+693.00	縱北線	8693.00	2	NULL	
6 五堵	K011+732.90	縱北線	11732.90	2	NULL	
7 汐止	K013+088.90	縱北線	13088.90	3	10	
8 汐科	K014+550.00	縱北線	14550.00	2	NULL	新增
9 南港	K019+077.50	縱北線	19077.50	7	18	查詢
10 松山	K021+935.90	縱北線	21935.90	4	12	結果

已成功執行查詢。

TRA-Timetabling 00:00:00 211 個資料列

第 3 行 第 27 欄 字元 27 INS

圖 50 調整 SQL 碼片段並執行查詢之畫面

附錄 D 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：鐵路列車排程參數蒐整建置及架構分析之研究

執行單位：財團法人中興工程顧問社

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
國立成功大學土木工程系 李教授宇欣		
本案最終成果是否為電子資料庫，其涵蓋範圍如何？是否為臺鐵全系統，應明確說明。	本研究成果包含資料庫電子檔，建置範圍以全島主幹線為目標。	同意辦理。
資料庫必有其使用者方有價值。而資料庫之設計必須考慮未來的使用方式。本資料庫之定位在供人工作業查詢用，或是供自動排點及其他類似軟體系統線上查詢用，建議明確定位之，並於資料庫之設計上充分考慮其適用性。	本資料庫設計之原則是儘量符合原始資料之呈現方式供人檢閱。若電腦模式要使用此資料庫，亦可彈性得根據資料庫 Schema 撰寫適合的 SQL 語法擷取所需資料。	同意辦理。
未來期末報告應提供詳細之資料庫關聯圖	依評審意見辦理	同意辦理。
本資料庫應訂有各種標準，例如里程之標準精度、標準站名、道岔標準命名法則等。	將依評審意見配合台鐵資料的特性重新檢討資料表設計。	同意辦理。
本期中報告中列有許多資料內容應遵守之原則，而資料之正確性，的確為資料庫之生命。雖然絕對的正確有其困難，但期末報告中應明確說明資料經過程式充分驗證之程度。建議以「所有資料均通過程式驗證滿足所有期中報告中所揭示之原則」為最低程度。	將以期中報告揭示之原則在期末報告中說明各項資料驗證之程度。	同意辦理。
站內股道蒐整範圍排除側線，將使未來資料庫無法充分支援貨運車以及折返車之自動排點。	各式列車（含貨車/迴送/折返等）使用到主/副正線之階段均在範圍內。僅有進行編組/調車/整備/清潔等作業階段不在建置範圍內。	同意辦理。

資料庫之設計，應小心區分 data 與 view。以基準運轉時分為例，資料庫中應存有原始之精準運轉時分。至於視需要近整至 15 秒或 30 秒以便人工作業，則為查詢時所使用之 view。	運轉時分原始計算值與排點時使用之基準運轉時分值可能在因不同牽引種別或區間存在不同的近整/調整，故不適合以 Data/View 的方式處理之	同意辦理。
本案未來成果為政府正式出版品。若建議參考 RailML 應慎重了解是否有智財權之疑慮。同時亦應深入評估 RailML 應用於臺鐵之可能性。	由文獻中得知 RailML 為一個 Open Source 專案，但是否存在其他應用限制則需進一步瞭解。至於是否適合台鐵則視未來台鐵欲進行資料交換的系統/模組及交換參數的性質而定，上述資訊將於報告中補充說明。	同意辦理。
國立交通大學交通運輸研究所 邱教授裕鈞		
文獻回顧中有關套裝軟體或演算法的回顧，若非 RFP 要求，可考慮捨棄。	該內容為本計畫明文規定之工作項目，建議保留之	同意辦理。
參數的收集是否跟模式有關，某些參數是否可能在不同模式分別扮演參數或決策變數？	一般而言，參數與模式的確有關聯，在本計畫裡，研究團隊嘗試從列車運轉特性/限制的角度廣泛收集各式參數，未來應用時則視模式的輸入為何從中擷取所需參數。	同意辦理。
建議利用教育訓練來增進使用者對於資料庫之瞭解。	本研究並無教育訓練之規劃，但為了增進使用者對資料庫之瞭解，將儘量增加說明文件的詳細度。	同意辦理。
資料庫之制定應由 Scheme 定義做起，並定義資料表之間的關聯。	認同評審之看法，本研究亦是根據此原則設計資料庫。	同意辦理。
請說明採用節點導向，而不採用節線導向之理由。	將於期末報告中加強說明節點導向與節線導向之差異以及使用節點導向之理由。	同意辦理。
有關未來資料庫之維護作業，可否對於各式資料分別應由哪個單位維護提出建議。	原則上，建議根據現階段各式原始資料的提供單位作為未來負責維護資料的單位，但實際上仍以臺鐵路內部的指派為準。	同意辦理。
「決策支援系統」的功能與本研究之產出距離過遠，是否適	「決策支援系統」的確屬於較為進階之系統，但仍屬於「列車運轉整	同意辦理。

合置入報告？	理」之範圍，就整體架構的分析建議而言，仍有存在之必要。	
臺灣鐵路管理局		
排程（排點）參數係鐵路運轉的核心，亦為行車計畫的根本，為提昇排點品質及效率，本局將逐步推動建置-「列車運轉模擬」及「自動排點解衝突」等系統；為期使後續推動之順遂，請說明本研究案結束後，鐵路局如何引用並延續建置「排點資料庫系統」。	台鐵局可根據本研究交付的 Database Schema 以及資料庫數位檔案（MS SQL Server 格式）進行後續的建置與維護。	同意辦理。
本局車輛、路線及號誌等系統，現已進入漸進式更新時期，為確保本資料為準確、可用資料，請說明如何定期更新資料庫系統，以避免引用錯誤。	建議臺鐵局內部建立一套標準作業程序及規範來更新資料，例如路線重測由工務處負責更新里程資料，以利其他處室更新，另外也建議里程重測時可擴大量測範圍，增加資料的一致性。	同意辦理。
本案排程參數建置細節，可否舉列車運轉模擬之需求，概述建置各項參數之必要性。	將於期末報告補充各種參數與運轉模擬之關連性說明。	同意辦理。
本研究所蒐集之參數是否足堪運轉模擬使用？	本研究收集之參數包含路線線型/車輛性能/運轉限制等，理應足堪運轉模擬使用。	同意辦理。
鐵路局組織較為龐大，有關參數收集方面若有問題疑義，希望能儘速提出，以利各處作業。	第二次工作小組會議記錄決議將在八月底提送修正後之資料，本案將以該份資料作為建置標的。	同意辦理。
本所運輸工程組		
建議補充說明台鐵局現有系統的優缺點。	依評審意見辦理	同意辦理。
近日台鐵局將誤點退費門檻降低至 45 分鐘，列車排點是否可借鏡公路系統緊急車輛在延誤後儘快執行「追分」機制，將可減少台鐵局因退票所造成的負擔。	臺鐵屬於容量利用率偏高的鐵路運輸系統，容易有推擠延滯（Knock-on Delay），較難「追分」成功。	同意辦理。

附錄 E 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：鐵路列車排程參數蒐整建置及架構分析之研究

執行單位：財團法人中興工程顧問社

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
台灣鐵路管理局 陳副總工程司世昌		
報告中對於路線與設施里程不一致的問題建議於重測時處理，但里程重測費用相當可觀，故更新的頻率不可能太頻繁。若因路線更動產生長短鍊情形，實務上的作法通常以里程更正標方式處理。	擬將委員提供之實務作法補述於定案報告。	同意辦理。
資料庫內是否包含施工慢行之位置與速限資訊？	施工慢行資訊隨路線維修/養護作業異動頻繁，但列車時刻表不允許數日內就對外更新，故不納入本期建置範圍。	同意辦理。
阻力公式使用之單位請再檢核確認。	依委員意見辦理。	同意辦理。
以「聯結車」代表電聯車與柴聯車之集合，名詞恐與公路上之聯結車混淆，請調整。	依委員意見修改為「電(柴)聯車」。	同意辦理。
報告書 P. 3-38 圖 3. 37 之英文用字有若干錯誤，請修正。	依委員意見調整，並儘量以中文方式呈現。	同意辦理。
有關菱形道岔的用詞非臺鐵慣用，建議調整。。	將該用詞調整為「剪式道岔」	同意辦理。
有關坡度值的合理範圍建議由報告書中的千分之三十調整為千分之二十五。	臺鐵特甲級線的路線線規範的確為 25% ，但考量其他等級較低之路線，建議仍以 30% 為合理範圍。	同意辦理。
本所運輸工程組 陳組長一昌		
研究團隊對於後續研究提出許多建議，請臺鐵局針對其可行性表示意見。	根據審查會議的發言記錄顯示，後續研究均有其推動的必要性與迫切性。	同意辦理。

里程重測費用可觀，可否考慮較為經濟之處理方式（例如僅測量座標等）。	根據會議中陳副總工所言，最經濟作法是配合里程更正標方式處理。	同意辦理。
交通部公路總局 陳副局長茂南		
列車排程課題很重要，其細節雖多，但問題本質並不複雜。建議將資料庫的架構分層，第一層屬於實體資料層，第二層則是資料加值的處理，且應適度的模組化。	本案的資料建置係屬委員所述架構的第一層，均為臺鐵局提供的原始資料。未來進行加值運用時，將遵循委員意見模組化處理。	同意辦理。
儘可能呈現原始資料格式，不要做過度加值，避免模式使用時資訊不足。	資料庫的確僅記錄原始資料，未進行彙總加值。	同意辦理。
有關未來的資料維護，目前技術上有許多測量方法可參考，但需要注意的是在資料的呈現上，應儘量與現狀資料做結合。	為使資料呈現儘量直覺且與現況結合，本研究建議未來推動圖控維護管理系統。	同意辦理。
國立交通大學交通運輸研究所 邱教授裕鈞		
有關資料的處理流程(如簡報第 45 頁)，應該在報告書的前面就予以交代，以利閱讀。	依委員意見辦理	同意辦理。
未來資料庫維護作業之權責單位是否可提供建議，有些資料很明確是由特定處室掌管，但有些資料可能跨部門，建議予以釐清。	原則上，建議根據現階段各式原始資料的提供單位作為未來負責維護資料的單位，但實際上仍以臺鐵局內部的指派為準。	同意辦理。
鐵路局本身也有一套排點系統，未來是否共用參數資料庫？亦或是各別維護？	就資料維護一致性觀點，共用參數資料庫較佳。但實際上仍以臺鐵局作業人員之實務需求為準。	同意辦理。
建議辦理教育訓練以增加鐵路局對於資料庫操作之瞭解。	建議待資料維護權責/標準流程及對應的企業層級系統開發建構完成時，再辦理教育訓練。	同意辦理。
資料庫內並無車輛總數或司機人數等資訊，是否假設車輛人員資源無限制。	確實不考慮車輛/人員的資源數量。	同意辦理。

資料檢核的程序是否為自動處理，若能在程式介面提醒使用者，將會更理想。	報告書提及 126 項檢核大部分是以資料庫底層的條件約束設計來完成，而非在使用者介面提醒。	同意辦理。
近日通車的內灣線資料是否有更新到最新版本資料。	本案以臺鐵局八月底前提提供的環島主幹線資料執行建置，11 月中旬通車的內灣支線並未納入資料庫。	同意辦理。
建議將第四章標題的「參數模式」改名「參數架構」。	依委員意見辦理	同意辦理。
國立交通大學交通運輸研究所 汪教授進財		
架構的制定很重要，要力求完整，建議將資料區分可變動的資料和不可變動兩大類。	的確可將資料分為可變動及不可變動兩類，而根據初步評估，不變動的資料相對較少。	同意辦理。
動態排班實屬於運轉整理，關鍵的課題在於當下有多少車輛/人員等資源可供調度。	敬悉。	同意辦理。
資料庫的「進階應用」可有更多擴充，例如加入統計功能等。	此功能建議在未來臺鐵局推動系統建置時納入。	同意辦理。
PDCA 僅是一個概念，事實上所有行動均可以 PDCA 流程。	擬將委員提供之意見補述於定案報告。	同意辦理。
文獻回顧中對於啟發式解法與數學規劃法的分類並不恰當，建議修正。	依委員意見辦理	同意辦理。
文獻回顧中提及微觀模式與巨觀模式分別有不同的需求，但未提及哪些模式分別適合需要微觀或巨觀模式。	根據本研究收集之文獻，並未明確說明各式模式所需參數，僅以圖 3.38 說明不同詳細程度的參數架構應用範疇。	同意辦理。
國立成功大學土木工程系 李教授宇欣		
報告中軟體回顧的部分似乎偏重於輸入與輸出，但卻未對核心演算法的內容予以回顧。	商業軟體通常未公開其演算法，期刊論文等揭露的演算法則整於第 3.2 節。	同意辦理。

有關資料庫結構與內容查詢之完整性部分應說明檢視，如是否能夠區別台南站可駛入沙崙線，但由高雄北上之車輛無法駛入此類進路關係？可否查詢某特定中途閉塞號誌機所在位置之坡度值資料等，此類排點所需基本參數資訊。	資料庫內容涵蓋委員所提及之資訊。惟需強調的是：資料庫記錄內容為原始資料，可能需透過跨資料表交叉查詢或運算方能得到查詢結果。	同意辦理。
資料內容的精準度是資料庫的生命，欲待重測使資料完全一致係遙不可及，故建議應該有類似里程更正標的概念的機制。	認同委員看法，已於報告書中建議臺鐵局以相對里程方式記錄設施里程，亦有類似里程更正標之效。	同意辦理。
附錄 B 的運轉時分資料是否有經過校正？	附錄 B 及資料庫內的時分資料均為臺鐵原始資料	同意辦理。
建構之路線是否涵蓋所有 CTC 控制之範圍？	建構之路線包含環島主幹線，除支線外均在建置範圍內。	同意辦理。
資料庫建置內容是否包括軌道電路、號誌連鎖聯動表等內容？	資料庫內並未包含軌道電路與號誌連鎖聯動表資訊	同意辦理。
建議利用簡報過程中所展示之工具來協助檢核資料，以增加資料的正確性。	將以圖控工具檢核路網拓樸之合理性。	同意辦理。
台灣鐵路管理局范局長植谷		
針對基準運轉時分不準確的問題，若從軟體模擬或實車試跑所得數據仍嫌不足，在班表營運後可否由 ATP 或 CTC 的實際運行資料作回饋修正。	敬悉。	同意辦理。
排點所需各類參數雖分屬各單位，但因應排點作業需求仍應以調度所為整合單位。	敬悉。	同意辦理。
台灣鐵路管理局		
資料庫內是否包含平交道資料？	運轉規章並未限制列車經平交道時需降速，故資料庫內未建置平交道資料。	同意辦理。

近來本局夜間封鎖時段調整等作業 需求均導致正確的同向時隔/反向時隔需求刻不容緩，應予以推動。	敬悉。	同意辦理。
本期或未來之研究範圍是否納入基隆-彰化間衝突排解模式？	本期工作項目未納入，未來則視運研所規劃而定。	同意辦理。
請研究團隊對於未來可能的電腦自動排點系統進行說明展示。	已於審查會議中展示。	同意辦理。
對於未來本局相關單位如何移轉資料，如何更新資料，請予以建議。	建議由臺鐵局內部敲定維護權責/流程等細節，再進行整合性的系統開發建置，以利資料更新。	同意辦理。
本案是否考量路線故障、雙線趕點等運轉模式？	路線故障及雙線趕點屬於緊急應變計畫（或稱運轉整理），故未考慮。	同意辦理。
本案是否有將號誌機的YY顯示模式納入考慮？	包括 YY/YF 等號誌顯示，背後均代表不同的過岔限速，故由道岔號數與岔速限資訊即能反應至模式。	同意辦理。

附錄 F 期末簡報



交通部運輸研究所
Institute of Transportation, MOTC

鐵路列車排程參數蒐集建置及架構分析之研究

期末審查簡報



往 經 由 線
 Destination Via Type
 Departure Time Platform No.

財團法人中興工程顧問社

中華民國一〇〇年十二月十二日

簡報內容

- 一、研究計畫背景概述
- 二、排點參數基本概念
- 三、參數建置範圍擴充
- 四、資料庫規劃與設計
- 五、資料庫建置及展示
- 六、列車排點架構分析/建議
- 七、結論與建議

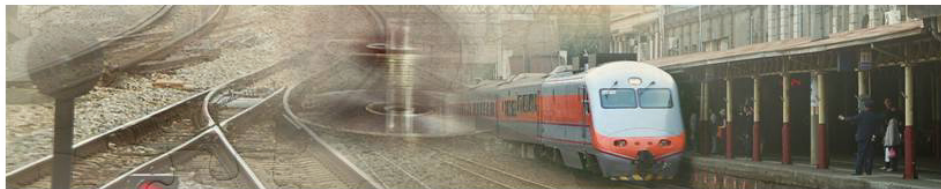


2



第 1 篇

研究計畫背景概述




3

研究緣起


 行政院經濟建設委員會
 COUNCIL FOR ECONOMIC PLANNING AND DEVELOPMENT
 愛台12項建設
 全島便捷交通網


 施政目標與重點
 中程施政計畫

優質/便捷之軌道運輸服務



基礎建設
 -雙軌化/電氣化
 -車輛/號誌採購


政策/法規
 -交通政策/組織架構
 -運轉規章/人員訓練


營運規劃能力
 -切合需求的服務
 -資源高效率利用

鐵路列車排程參數蒐集建置及架構分析之研究

4


 中興工程顧問社

研究對象與工作項目

研究對象



臺灣鐵路系統
Taiwan Railways

工作項目

蒐整鐵路列車排點參數

建置鐵路列車排點參數資料庫

回顧國內外鐵路排點軟體與演算法

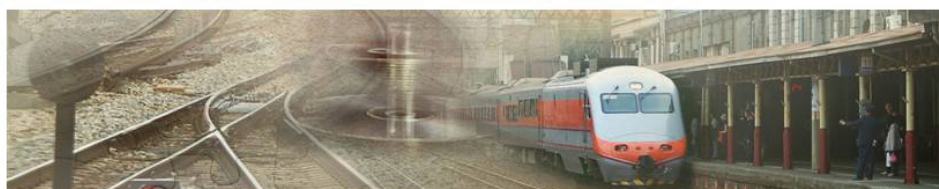
提出適合國內鐵路的排點系統架構

提出臺鐵現有列車排點系統改善建議



第 2 篇

排點參數基本概念

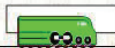


排點參數基本概念

- 鐵路列車運轉特性
 - 列車無法任意超車或變換軌道
 - 快車追越慢車通常僅能在車站內進行
- 列車排點作業與目的
 - 根據路線特性、列車特性以及運轉限制等條件安排各車次在各車站的到/開時間，讓列車能順暢無阻運轉（不會遇到注意/險阻號誌或碰撞）

排點參數基本概念

- 列車排點輸入參數之基本意義
 - 路線參數：描述供列車行駛之資源
 - 列車參數：描述各車次之屬性
 - 代碼/等級/速度等
 - 參考站的出發時間/各停靠車站之預定停站時間
 - 運轉參數：列車於路線上的運轉限制
 - 單列車限制：各級列車於各站間的運轉時間
 - 列車間限制：先/續行車於特定地點之間隔時間



排點參數基本概念

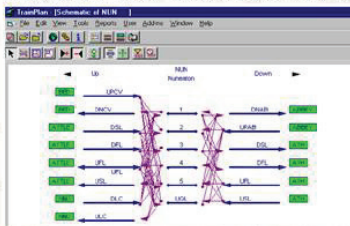
• 路線參數之關鍵課題

— 描述車站內股道的詳細度差異很大

- 僅記錄可使用的股道總數N
- 逐一記錄每一股道之運用屬性

股道代號	股道用途	主副正線	聯站端	有無靠月台
5	貨車	主正線	緩進	<input type="checkbox"/>
6	客貨車	主正線	緩進	<input checked="" type="checkbox"/>
7	客貨車	副正線	緩進	<input checked="" type="checkbox"/>
8	客貨車	副正線	緩進	<input checked="" type="checkbox"/>
9	客貨車	副正線	緩進	<input checked="" type="checkbox"/>

- 記錄各站內股道與各站間軌道的連接狀況



巨觀

微觀

排點參數基本概念

• 運轉參數之關鍵議題-基準運轉時分

— 運轉時分參數的現況

- 僅提供特定條件的運轉時分
 - 使用主正線
 - 典型停靠型態
- 條件不同時採全域型調整值

表 (基隆—彰化) 基準運轉時分表

站名	下行			
	PP	通勤電車	電車組自強號	客甲B
新竹	●	●	●	●
香山	6.5	6.5	7.0	7.0
崎頂	4.0	5.0	4.0	4.5
竹南	3.5	4.0	3.5	4.0
	4.5	5.5	5.0	5.5

調整方式	客車		電車組		柴油車	
	進站	開出	進站	開出	進站	開出
通改停	+0.75	+1.25	+0.50	+0.75	+0.5	+1.0
停改通	-0.50	-1.0	-0.25	-0.5	-0.25	-0.50
進副線	+0.75	+0.5	+0.75	+0.5	+0.75	+0.5

- 排點人員認為不同車站調整值顯著不同
- 基準運轉時分正確性直接影響到準點率

排點參數基本概念

- 運轉參數之關鍵議題-運轉時隔
 - 臺鐵號誌電腦之設定為全域設定
 - 同向時隔：180秒
 - 臺灣高鐵MMIS(O)之作法
 - 逐車站/逐方向/逐型態記錄

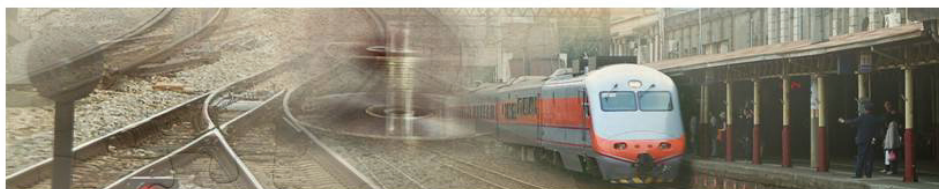
適用方向	同向時隔							
	發—發	發—通	通—發	通—通	發—著	著—著	著—通	通—著
下行列車	\\	\\	\\	\\	\\	\\	\\	\\
上行列車	//	//	//	//	//	//	//	//

時隔依車站/方向/型態而有所不同
時隔越正確、機外停車機率將越低



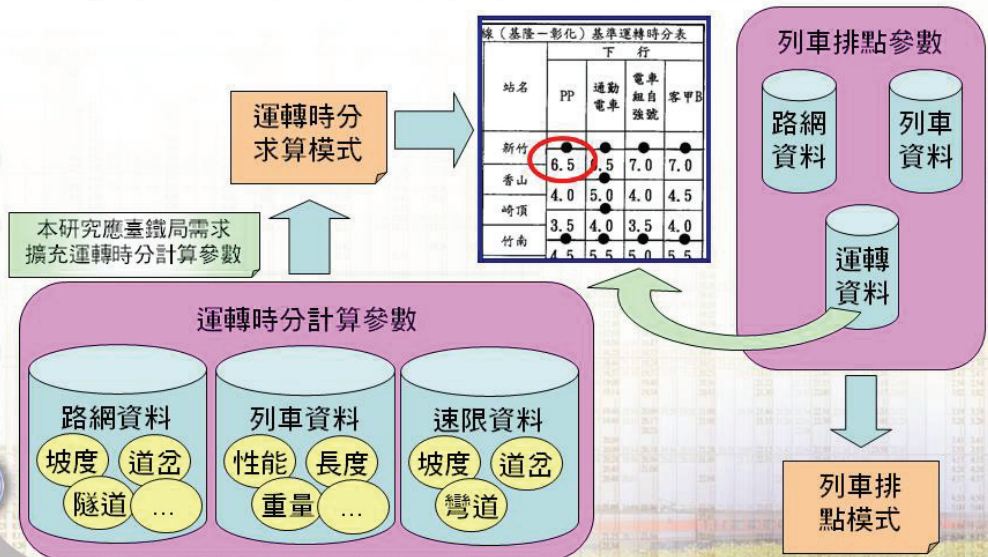
第 3 篇

參數建置範圍擴充



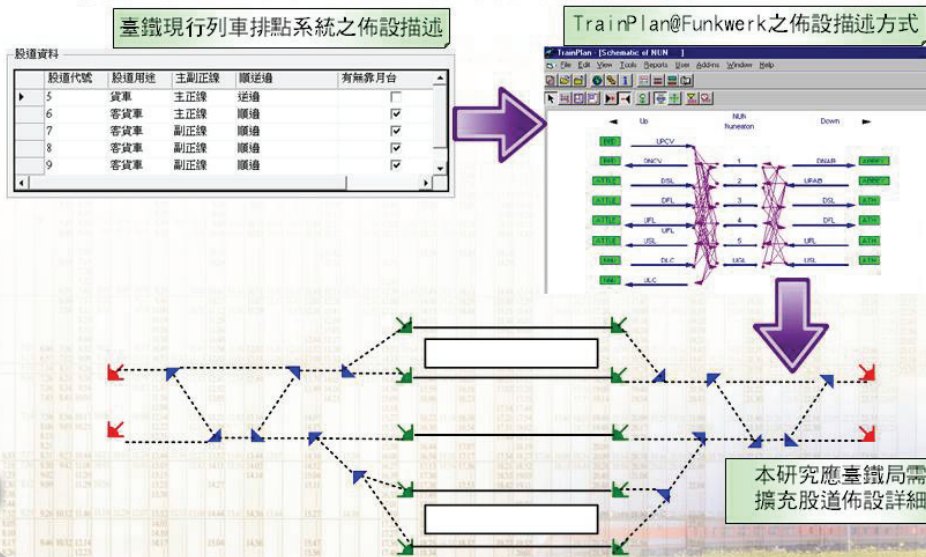
參數建置範圍擴充

- 擴充1：計算運轉時分之原始輸入參數



參數建置範圍擴充

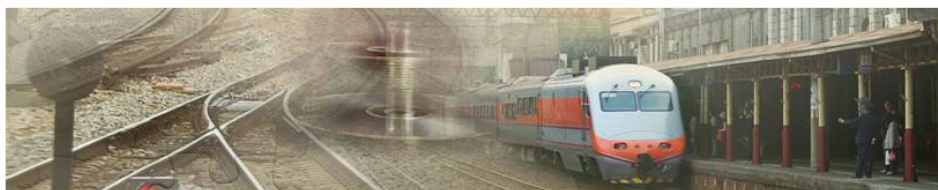
- 擴充2：詳盡的車站內佈設資訊





第 4 篇

資料庫規劃與設計



15

資料庫整體設計準則（1/2）

- 以「VersionID」欄位區分版本
- 資料型態之使用
 - 儘量採用布林（bit）及整數（int）型態
 - 實數則採Decimal（Numeric）指定精度
 - 非得使用文字時採用nvarchar(N)
- 其他準則
 - 各資料表均需設計主鍵（PK）
 - 每一欄位應只單描述一個唯一型態之資訊
 - 各欄位儘量不允許Null。
 - 同意義之欄位命名要一致
 - 路線/車站等大量出現之欄位以代碼方式處理之

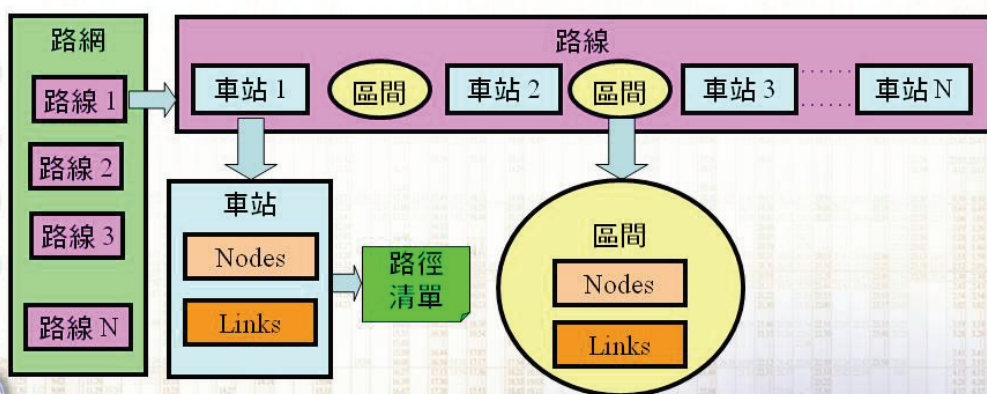
資料庫整體設計準則 (2/2)

• 常見物理量之單位與精度表

物理量	單位	型別/精度	備註
長度	公尺	decimal(18, 2)	包含里程標
速限	公里/小時	整數	—
時間	秒	整數	—
重量	公噸	decimal(18, 3)	—
坡度	仟分之一	decimal(18, 3)	—
力	仟牛頓	decimal(18, 3)	—
阻力係數	無	decimal(18, 7)	—

路網參數之資料表設計

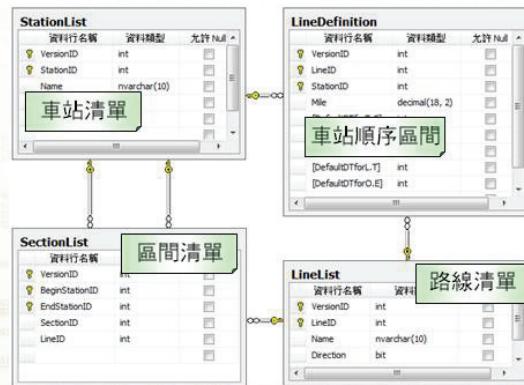
- 設計原則：泛用的路網描述架構
 - 即使是兩個站的系統，亦是路網的特例



路網參數之資料表設計-路網與路線

• 設計原則

- 1條路線至少必須涵蓋兩個車站
- 任一區間（兩連續車站間）均要（且只能）隸屬於1條路線
- 1條路線不允許同車站重複出現；但車站可重複出現在多條路線



路網參數之資料表設計-車站內股道設施

• 站內股道設施清單

- Node

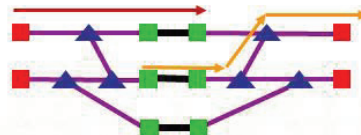
- • 號誌機（包括進站/出發號誌機）
- ▲ • 道岔（包括單開/雙開/菱形道岔）

- Link

- • 正線（包括主正線/副正線）
- • 站內其他股道節線（例如橫度線）

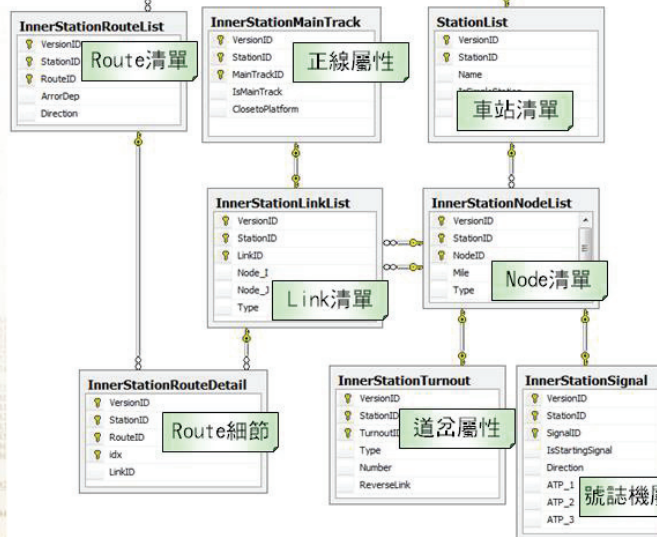
- Route

- • 進站Route
- • 離站Route



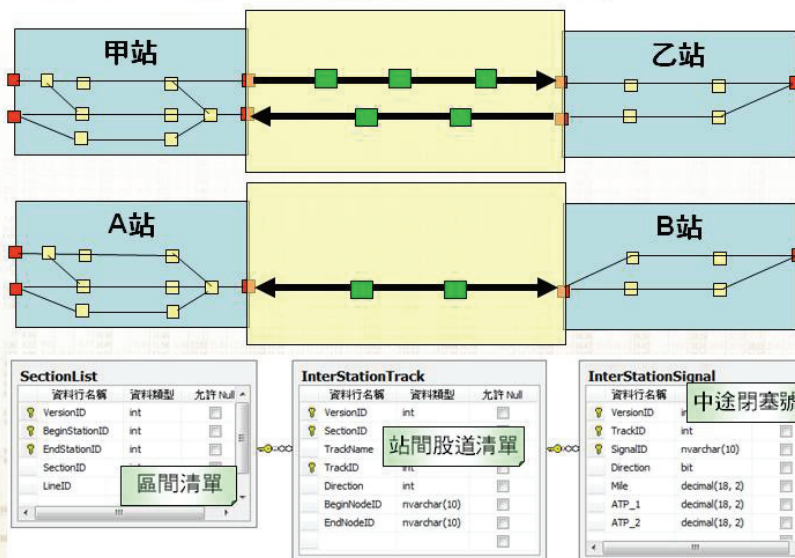
路網參數之資料表設計-車站內股道設施

• 車站內股道/設施資料表關聯圖



路網參數之資料表設計-車站間股道設施

• 站間股道與中途閉塞號誌機



路網參數之資料表設計-車站間股道設施

• 平/縱面線型與隧道位置

項次	線別	區間	起訖里程				曲線條件		設計速度 (km/hr)
			TS	SC	CS	ST	半徑	方向	
1	W	竹南站~造橋站	K126+663.9	K126+718.9	K126+897.2	K126+952.2	2000	R	130
2	W	竹南站~造橋站	K128+725.3	K128+815.3	K128+906.6	K128+996.6	1204	L	130
3	W	竹南站~造橋站	K129+191.0	K129+306.	K129+902.4	K130+017.4	816	R	120
4	W	竹南站~造橋站	K130+467.3	K130+557.3	K130+772.4	K130+862.4	1404	L	125

項次	線別	區間	變坡點里程	前方路線 坡度(‰)	後方路線 坡度(‰)
1	縱貫線東	永康~大橋	K353+114	2.303	-0.055
2	縱貫線東	永康~大橋	K354+594	-0.055	-8.769
3	縱貫線東	永康~大橋	K355+064	-8.769	-3.97

所屬線別	隧道名稱	隧道起點里程	隧道終點里程	單/雙軌
縱貫線	竹子嶺	K2+406.0	K2+962.0	雙
縱貫線	新七堵	K6+938.0	K7+082.0	雙
縱貫線	舊七堵	K6+952.0	K7+084.0	單
縱貫線	舊五堵	K10+313.0	K10+492.0	單

LineList

資料名稱

資料類型

允許 Null

VersionID int

LineID int

MaxLineID int

ChangePoint decimal(18, 2)

GradeAfterPoint decimal(18, 2)

路線清單

Horizontal

資料名稱

資料類型

允許 Null

VersionID int

LineID int

MaxLineID int

[P-C] decimal(18, 2)

[C-S] decimal(18, 2)

[S-T] decimal(18, 2)

Radius int

Run bit

SpeedLimit int

平面線型

Vertical

資料名稱

資料類型

允許 Null

VersionID int

LineID int

MaxLineID int

ChangePoint decimal(18, 2)

GradeAfterPoint decimal(18, 2)

縱面線型

Tunnel

資料名稱

資料類型

允許 Null

VersionID int

LineID int

Name varchar(10)

StartMile decimal(18, 2)

EndMile decimal(18, 2)

IsDoubleTrack bit

隧道位置

列車參數之資料表設計-車輛與列車編組

• 設計原則：以3層級資料表彈性描述各式編組

— 車輛

- Ex: DR2850, E1000等均屬於單一車輛

— 車輛編組基本單元

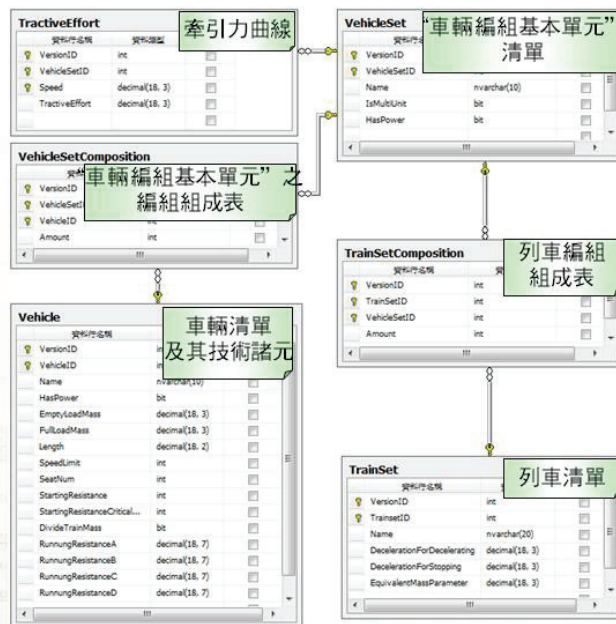
- 由”車輛”為單位編組而成，為後續列車編組之基本單位



— 列車：



列車參數之資料表設計-車輛與列車編組



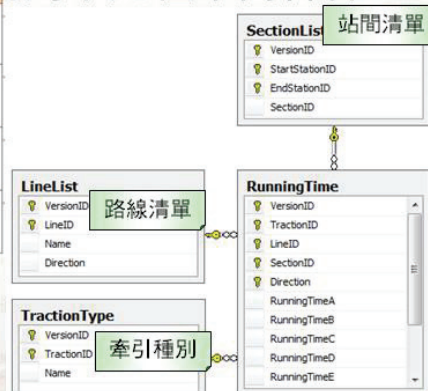
運轉參數之資料表設計-基準運轉時分

- 設計原則：相依於「牽引種別」及「路線區間」

—任一區間可依前後站之「通過/停靠」及「使用之牽引種別」情境列舉九種不同條件

使用主/副正線	停靠型態	通/通	通/停	停/通	停/停
		情境 A	情境 B	情境 C	情境 D
		X	情境 E	X	情境 F
		X	X	情境 G	情境 H
		X	X	X	情境 I

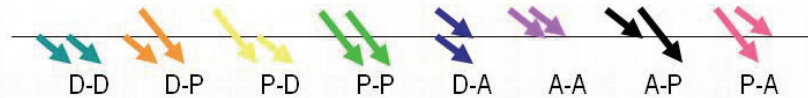
本案將運轉時分記錄格式擴充至九種，但資料建置僅鍵入臺鐵提供之資料。



運轉參數之資料表設計-運轉時隔

- 設計原則：各「車站」可有不同值

－同向時隔：仿新幹線擴充至8種時隔



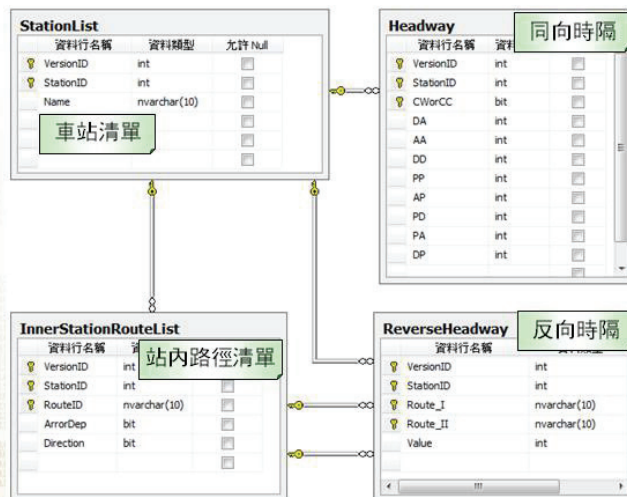
- 填入預設值，未來臺鐵局視狀況更新

－反向時隔：同時相依於路網的Route定義



運轉參數之資料表設計-運轉時隔

- 設計以下資料表記錄同向/反向時隔



運轉參數之資料表設計-規章規範速限

下坡道速限	下坡度	每小時速限 (km/h)				
		≥ -5‰	≥ -10‰	≥ -15‰	≥ -20‰	≥ -25‰
以推拉式電車編組之列車		130	125	120	115	110
以電車組編組之列車		120	115	110	105	100
以特甲客車編組或 DR2800 型以上機動車編組之列車		110	105	100	95	90
以甲種客車編組或 DR2750 型以下機動車編組之列車		100	95	90	85	80

避免列車在下坡路段
煞車距離過長導致危險

道岔速限	轉轍器單開		轉轍器雙開	
	線半徑(m)	速限(km/h)	線半徑(m)	速限(km/h)
8 號	107.1	25	220.6	45
10 號	125	35	255.4	60
12 號	150	45	305.4	80
16 號	200	60	407.2	100

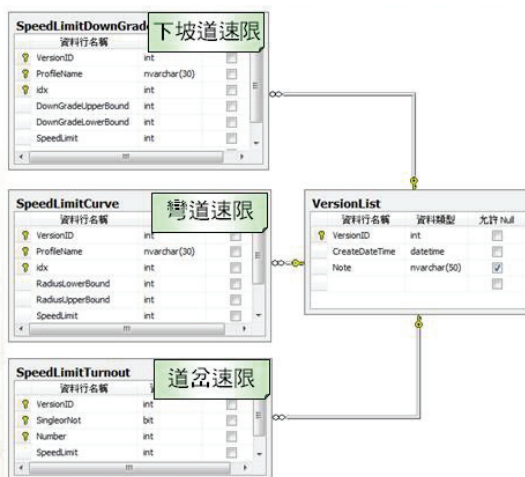
避免列車過岔時傾覆

彎道速限	每小時速限 (km/h)		
	無轉轍器		有轉轍器
曲線半徑 (m)	以推拉式電車 組、電車組或機動 車編組之列車	其他列車	各種列車
900	125	120	65
800	120	115	65
700	110	105	65
600	100	95	65
500	90	85	60
450	85	80	55
400	80	75	55
350	75	70	50
300	70	65	50
250	65	60	45
225	60	55	45
200	55	50	45
175	55	50	40
150	50	45	35
125	45	40	30

避免列車在彎道傾覆

運轉參數之資料表設計-規章規範速限

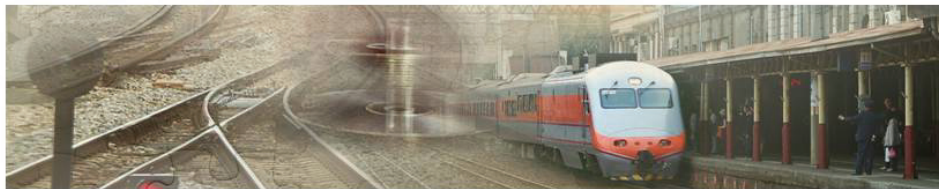
- 設計以下資料表記錄規章規範速限





第 5 篇

資料庫建置及展示



31

第5篇 資料庫建置及展示 內容大綱

- 資料收集歷程概要
- 資料缺陷及因應對策
- 參數建置數量摘要表
- 資料檢核分類及數量
- 資料庫存取程式簡介
- 資料庫存取程式展示



資料收集歷程概要

- 3月15日:運研所發文臺鐵局提供協助
- 4月07日:臺鐵回函運研所且成立工作小組

工作小組

總召集人：陳副總工程司 世昌
副召集人：杜副處長 微
各處聯絡窗口：
運務處 吳所長 榮欽
工務處 周科長 祖德
機務處 宋科長 鴻康
電務處 陳科長 燕彬
行保會 陳幫工程司 明詮



- 5月06日:召開工作小組會議提出資料清單
- 6月~7月:運工機電各處陸續提供資料
- 7月05日:召開工作小組會議彙報進度
- 7月~8月:運工機電各處陸續提供資料

以8月底以前提供之資料進行建置

中興工程顧問社

資料缺陷及因應對策

- 截至9月初仍有缺漏之資料

－ 站內配置：

- 至少14個車站完全無資料
- 至少44個車站缺道岔里程值
- 至少27個車站無道岔/號誌

因應對策：雇用工讀生檢視/查核圖面資料並進行資料插補。

－ 部分牽引種別之基準運轉時分(太魯閣號、貨乙)

－ 排點慣用之運轉時隔

因應對策：填入預設值

- 執行因應策略後仍無法解決之問題

- － 部分車站道岔/號誌里程值
- － 不同資料來源之里程值基準不一致

須待臺鐵局更新資料或GIS全面重測方能解決

中興工程顧問社

資料缺陷及因應對策

• 不同資料來源之里程值基準不一致

– 以臺北車站為例

- 站中心里程為28.2938 km（平/縱面亦用此標準）
- 進站號誌里程則如下表

進站號誌清單		
名稱	所屬線別	里程
1R	E	28.551
3R	W	28.551
2L	W	29.867
4L	E	29.867

- 潛在問題：所有站內設施均在車站中心之南方

參數建置數量摘要表(1/4)

- 環島主幹線：10條路線,199個車站
- 車站內節點/節線/路徑

資料名稱	實體資料筆數
節點(進站號誌機)	518
節點(出發號誌機)	1159
節點(道岔)	1624
節線(主/副正線)	684
節線(非主/副正線)	3355
路徑	1591
路徑組成細節	6875

參數建置數量摘要表(2/4)

• 站間股道與中途號誌

資料名稱	實體資料筆數	備註
站間股道	341	分布於201個站間
中途號誌機	1296	分布於341股道

• 平縱面線型與隧道

資料名稱	實體資料筆數	備註
平面線型	1498	計15組資料
縱面線型	3231	計15組資料
隧道資料	98	分布於7條路線

參數建置數量摘要表(3/4)

• 車輛技術諸元及性能

資料名稱	實體資料筆數	備註
車輛技術諸元	49	-
車輛編組基本單位	49	27組基本單位
列車編組	40	21組列車編組
動力車輛牽引力	290	20種動力車輛

參數建置數量摘要表(4/4)

- 站間運轉時間
 - 實體資料筆數：1390（5種牽引種別, 9條路線）
- 運轉時隔

資料名稱	實體資料筆數	備註
同向時隔	398	199站
反向時隔	964	105站

- 速限資料

資料名稱	實體資料筆數	備註
下坡道速限	40	8 組Profile
彎道速限	48	3組 Profile
道岔速限	7	2組Profile

資料檢核與驗證



- 交付之資料庫已完成下述126項檢核

資料檢核分類	範例說明	項目數
實體完整性檢核 (Entity Integrity)	同車站內號誌機名稱不得重複	30
數值範圍完整性檢核 (Domain Integrity)	速限>0, 坡度值有上/下界, 列舉型別超界	44
資料參考完整性檢核 (Referential Integrity)	構成節線的節點須已定義	33
同資料表跨欄位檢核	車輛之重車重量 \geq 空車重量	8
跨資料表/資料列之 合理性檢核	繫結於單開道岔節點之節線數必等於3	11

資料庫存取程式簡介

• 執行環境

- 作業系統： Windows 7 SP3
- 資料庫引擎： Microsoft SQL Server 2008

比較項目	 Microsoft SQL Server 2008	 Microsoft Office Access 2007
單一資料庫上限	10 GB	2 GB
資料庫物件上限	2,147,483,647	32,768
連線使用者數目	32,767	255
安全性	Windows整合認證	檔案權限/單一密碼

- 現階段採用SQL Server 2008 Express
- 未來臺鐵局可視需求升級Standard/Enterprise

資料庫存取程式展示

• 存取程式展示



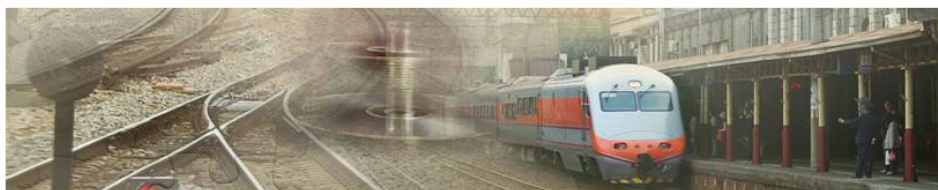
The screenshot shows a software window titled "資料庫存取程式". On the left is a tree view of the database structure. The main area displays a query execution window with a table of results. The table has columns: 班次代號 (Service Code), 種類 (Type), 方向 (Direction), 票價 (Fare), 站名 (Station Name), and 票價 (Fare). The results show various train services and their associated fares.

班次代號	種類	方向	票價	站名	票價
1L	出發到站	基隆往南	3032+053.00	21.00	106.00
1R	進站到站	基隆往南	3031+959.00	158.00	308.00
2L	進站到站	基隆往南	3032+565.00	158.00	309.00
2R	出發到站	基隆往南	3032+602.00	24.00	122.00
3L	出發到站	基隆往南	3032+070.00	25.00	89.00
3R	進站到站	基隆往南	3031+963.00	158.00	306.00
4L	進站到站	基隆往南	3032+565.00	159.00	309.00
4R	出發到站	基隆往南	3032+602.00	24.00	125.00
5L	出發到站	基隆往南	3032+068.00	25.00	91.00
6R	出發到站	基隆往南	3032+604.00	24.00	125.00



第 6 篇

列車排點架構分析



43

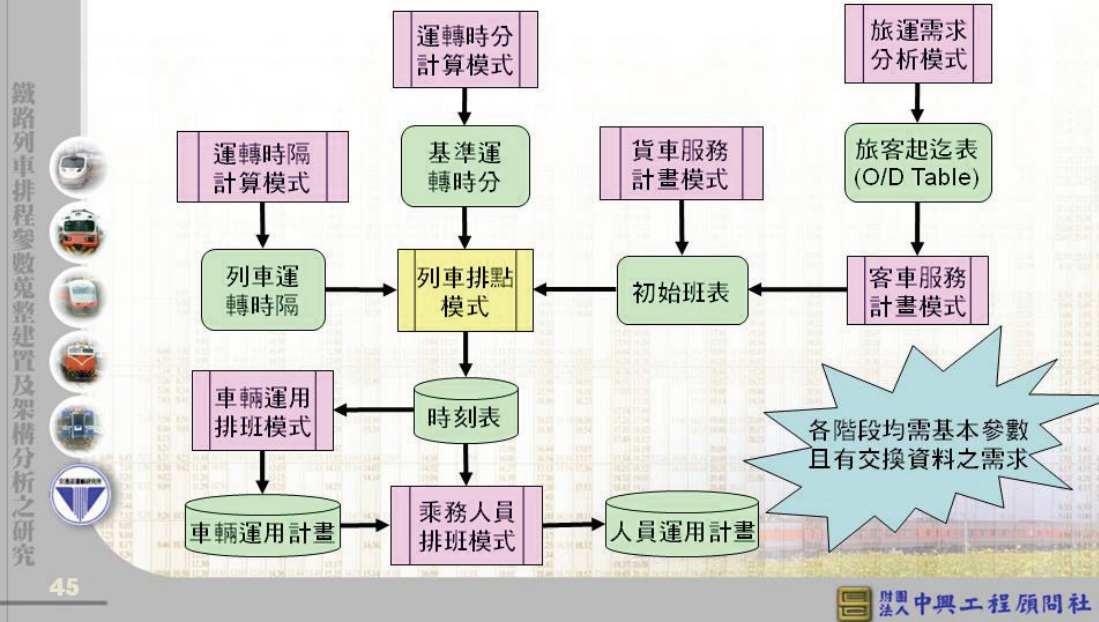
列車排點功能架構分析

- 可視為營運計畫品質管理或提昇的過程



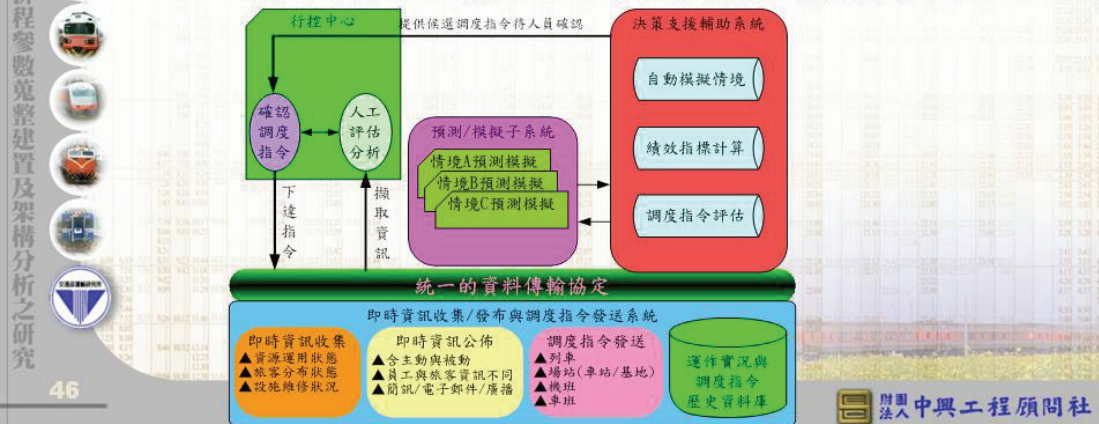
列車排點功能架構分析-離線規劃階段

離線規劃作業架構



列車排點功能架構分析-即時執行階段

- 列車運轉整理實務現況
 - 調度員依專業經驗執行進階運轉整理工作
- 運轉調度決策支援系統
 - 需求嚴苛：需在短時間內做出調度決策



列車排點功能架構分析-檢討及回饋階段

• 各類查核/檢討項目與回饋/修正項目

分類	查核/檢討項目	回饋/修正項目
旅運需求 相關檢討	上下車旅客數	增/減停靠班次
	列車承載率	增/減班次
列車到開 時間檢討	停站時間	增/減停站時間
	站間運轉時間	增/減站間運轉時間
	機外停車	增加列車時隔
	非計畫性交會待避	調整交會待避時空

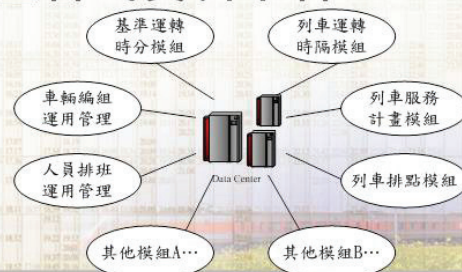
重要模組改善建議-資料共享管理模組(1/2)

• 現況問題描述：

- 各式參數依業務權責分處管理/維護
- 同一處亦可能下放至分段或分駐所管理
- 各段之維護方式或資料格式略有差異
- 諸多資料不一致狀況，特別是里程值

• 常見的解決方案-整合式資料平台

- 不符成本效益
- 僅為長期願景



重要模組改善建議-資料共享管理模組(2/2)

- 較務實的處理方案-從資料交換做起
 - 逐系統/模組要求資料需可匯入/匯出
 - 分別制定系統間的資料交換格式
 - 避免產生 $\frac{n(n-1)}{2}$ 套交換格式，協調統一格式
 - 可參考RailML發展之經驗
 - 歐洲於2001年起聯合制定的交換介面
 - 以XML技術為基礎
 - 各系統間資料交換無障礙，資料共享管理自然水到渠成

railML®

重要模組改善建議-基準運轉時分模組

- 改善建議
 - 逐站間考慮列車通/停與使用主/副正線條件計算9種情境之運轉時分值，以提升準點率
 - 考慮詳盡的運轉時分影響因素增進精確度
 - 計算時應「合理時間運轉」
 - 司機不可能貼著速限開車
 - 司機不會頻繁加速減速
 - 綜合考量可靠度/準點率/運輸效率
 - 適度增加運轉寬裕
 - 以15秒或30秒進整以利現場作業

重要模組改善建議-列車運轉時隔模組

• 改善建議

- 各車站配線/號誌佈設均有差異，故運轉時隔應保留依不同車站分別設定之彈性
- 欲提高時隔正確性，建議以列車運行軌跡 + 閉塞時間（Block Time）方法求算時隔
- 不同列車的先/續行組合、不同路徑之組合等細部條件均有不同時隔
- 號誌電腦之監控時隔未做修正前，即使時隔模式計算出小於3分鐘之值，仍以3分計
- 適當加入寬裕，避免經常性觸動ATP

重要模組改善建議-列車排點核心模組

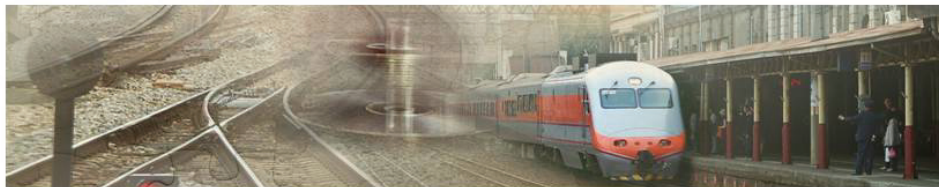
• 改善建議

- 決定到/開時間時必須同時決定股道運用
 - 站內股道不僅是數量有限的資源，使用時有不同限制
 - 客運列車必須停靠臨月台面股道
 - 列車通過必須以主正線辦理通過
 - 不同進路之組合，有不同的時分及時隔限制
- 容許人工介入編修
- 將衝突偵測獨立成為子模組
- 兼顧求解時間/求解品質/合理的模式假設
- 須考量臺鐵獨有的系統特性
 - 路線分開又合併，以及單、複線交叉並存
 - 站間三軌化、站內雙向共用股道...等



第 7 篇

結論與建議



53

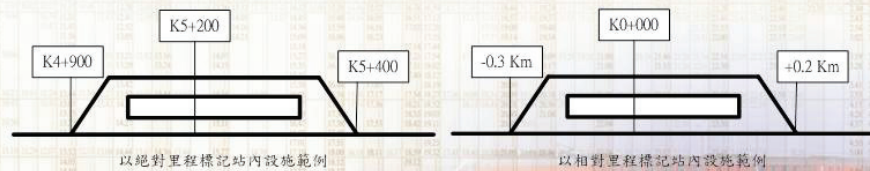
結論與建議

- 後續研究計畫推動建議
 - 車站內佈設之參數牽涉到節點/節線/路徑等，資料相依性高，宜發展圖控介面維護
 - 不同條件(通/停,主/副正線)之基準運轉時間有顯著差異，宜建置各條件之運轉時分
 - 不同條件(車站,方向,停/通)之運轉時隔有所差異，宜建置各條件之運轉時隔
 - 宜推動自動排點演算法之研發，需注意到電腦無法完全取代作業人員之決策，故應朝向人機互動的決策支援系統方向開發

結論與建議

• 對臺鐵內部作業之建議

- 根據本研究交付之DB Schema及數位檔案進行後續企業層級的系統建置/資料維護
- 跨單位資料不一致問題之對策
 - 建立路線里程重測的標準作業程序與規範
 - 路線重測時將號誌機/ATP等納入範圍
 - 車站設施以站中心里程為基準記錄相對里程



簡報結束 誠摯感謝



Thank You