

115-027-2352  
MOTC-IOT-114-EBB005

# 鐵路數位模擬系統後續發展與 應用之研究



交通部運輸研究所

中華民國 115 年 7 月



115-027-2352  
MOTC-IOT-114-EBB005

# 鐵路數位模擬系統後續發展與 應用之研究

著者：李宇欣、盧立昕、袁永偉、陳佑麟、賴威伸、  
許修豪、林育昶

交通部運輸研究所

中華民國 115 年 7 月

鐵路數位模擬系統後續發展與應用之研究

著 者：李宇欣、盧立昕、袁永偉、陳佑麟、賴威伸、許修豪、林育昶

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：105004 臺北市松山區敦化北路 240 號

網 址：[www.iot.gov.tw](http://www.iot.gov.tw) (中文版>數位典藏>本所出版品)

電 話：(02)2349-6789

出版年月：中華民國 115 年 7 月

印 刷 者：全凱數位資訊有限公司

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價：非賣品

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計畫出版品摘要表

出版品名稱：鐵路數位模擬系統後續發展與應用之研究			
國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號 115-027-2352	計畫編號 114-EBB005
本所主辦單位：運輸工程與海空運組 主管：賴威伸 計畫主持人：賴威伸 研究人員：許修豪、林育昶 聯絡電話：(02)2349-6817 傳真號碼：(02)2545-0427	合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會 計畫主持人：李宇欣 研究人員：盧立昕、袁永偉、陳佑麟 地址：臺南市大學路1號 聯絡電話：(06)275-7575	研究期間 自 114 年 3 月 至 114 年 12 月	
關鍵詞：鐵路、鐵路數位模擬系統、UIC 班表壓縮法、路塞潛勢指數、運轉模擬、運轉分析			
摘要： 鐵路運轉分析因涉及極其繁雜的參數與邏輯，具備高度技術門檻，必須仰賴專業軟體始能精準執行。過去國內各單位在評估鐵路建設計畫時多依據過往經驗，缺乏適用於本土環境的分析工具。本計畫延續多年研究積累，將自動排點技術、路軌數位建模、本土化班表壓縮法及路塞潛勢分析等核心功能串聯，成功建構出具備高度擬真能力的「鐵路數位模擬系統(RAILS)」，可作為相關單位於鐵路建設計畫各階段規劃、審議及評估之工具。 本計畫除精進路軌數位模型與自動化分析技術外，並以「臺鐵都會區捷運化桃園段地下化建設計畫」為案例進行運轉分析。透過系統自動分析之列車平均運轉速率、追越及待避次數、站間容量、路線利用率以及路塞潛勢指數等項目，分別呈現工程前、後不同路軌模型下鐵路系統之運轉狀況，並針對各情境自動排出完整班表及產出運行圖，展現本軟體平台供鐵道局、臺鐵公司、運輸研究所或其他相關單位進行鐵路建設計畫審議之能力。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
115 年 7 月	176	非賣品	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。
備註：本計畫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: Research on the Subsequent Development and Application of Railway Activity Insight and Logistics System			
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
		115-027-2352	114-EBB005
DIVISION: Transportation Engineering Maritime and Air Transport Division DIVISION DIRECTOR: Wei-Shen Lai PRINCIPAL INVESTIGATOR: Wei-Shen Lai PROJECT STAFF: Hsiu-Hao Hsu, Yu-Chang Lin PHONE: 886-2-23496817 FAX: 886-2-25450427			PROJECT PERIOD
			FROM March 2025 TO November 2025
RESEARCH AGENCY: NCKU Research and Development Foundation PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yusin Lee PROJECT STAFF: Li-Sin Lu, Yune-Wei Yuan, Ju-Lin Chen ADDRESS: 1 University Road, Tainan 701, Taiwan PHONE: 886-6-2757575			
KEY WORDS: Railway, Railway Activity Insight and Logistics System, UIC Timetable Compression Method, Traffic Congestion Potential Index, Operation Simulation, Operation Analysis			
ABSTRACT:  Railway operation analysis involves extremely complex parameters and logic, presenting a high technical threshold that requires specialized software for precise execution. In the past, various domestic agencies primarily relied on historical experience when evaluating railway construction projects, due to a lack of analytical tools tailored to the local environment. Building upon years of accumulated researches, this project integrates core functions—including automated scheduling technology, digital track modeling, localized timetable compression methods, and bottleneck potential analysis—to successfully develop the "Railway Activity Insight and Logistics System" (RAILS). This high-fidelity platform serves as a vital tool for the planning, review, and evaluation stages of railway construction projects.  In addition to refining digital track models and automated analytical techniques, this project conducted an operational analysis using the "Underground Railway Project of Taiwan Railway in the Taoyuan Metropolitan Area" as a case study. By utilizing the system's automated analysis of average operating speeds, overtaking and siding frequencies, station-to-station capacity, line utilization, and bottleneck potential indices, the project illustrates the operational status of the railway system under different track configurations both before and after construction. Furthermore, the system automatically generates complete timetables and string charts for various scenarios, demonstrating the platform's capability to assist the Railway Bureau, Taiwan Railway Corporation, Institute of Transportation MOTC, and other relevant authorities in the review and deliberation of railway construction projects.			
DATE OF PUBLICATION		NUMBER OF PAGES	PRICE
July 2026		176	Not for Sale
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

# 目錄

目錄.....	III
圖目錄.....	VI
表目錄.....	VIII
第一章 概說.....	1
1.1 計畫緣起.....	1
1.2 計畫目的.....	2
1.3 工作項目.....	3
1.4 本期成果說明.....	5
第二章 文獻回顧.....	7
2.1 本所鐵路研究.....	7
2.2 本所過往成果.....	8
2.3 國際文獻.....	11
2.4 國內文獻.....	12
2.5 路塞潛勢指數.....	13
2.6 班表壓縮法.....	14
2.7 計畫審議相關法規.....	15
第三章 運轉分析.....	19
3.1 運轉分析目的與內容.....	19
3.2 運轉分析之現況.....	20
3.3 運轉分析的必要性.....	22
3.4 運轉分析的應用時機.....	23
第四章 RAILS 平台.....	25
4.1 基本說明.....	25
4.2 平台主要邏輯模組.....	27
4.3 時隔基本說明.....	29
4.4 最小時隔推估方法.....	31
4.5 路軌模型功能.....	37
4.6 班表模型功能.....	40
4.7 自動解衝突功能.....	43

4.8 班表統計功能 .....	43
4.9 容量分析功能 .....	44
4.10 服務品質分析功能 .....	53
4.11 協作功能 .....	55
4.12 系統維護 .....	57
4.13 後續發展 .....	59
第五章 容量軟體概述 .....	63
5.1 本章目的 .....	63
5.2 容量軟體操作功能簡介 .....	63
5.3 容量分析方法理論基礎 .....	65
5.4 界定分析範圍方法 .....	65
5.5 車站軌道佈設類型 .....	67
5.6 準備參數方法 .....	69
5.7 容量分析方法 .....	73
5.8 容量分析功能 .....	74
5.9 容量軟體整體性質 .....	76
5.10 整合評估及建議 .....	77
第六章 案例計畫分析 .....	79
6.1 概說 .....	79
6.2 案例計畫簡介 .....	79
6.3 班表模型 .....	81
6.4 工程前情境路軌模型 .....	91
6.5 工程後情境路軌模型 .....	92
6.6 分析結果：運轉速率 .....	93
6.7 分析結果：追越待避 .....	101
6.8 分析結果：車站容量 .....	101
6.9 分析結果：路線整體利用率 .....	103
6.10 分析結果：路塞潛勢指數 .....	104
6.11 分析結果綜合歸納 .....	104
第七章 結論與建議 .....	107
7.1 結論 .....	107

7.2 建議.....	108
參考文獻.....	109
附錄 A：路塞潛勢指數介紹.....	111
一、背景說明.....	111
二、路塞潛勢指數的應用.....	111
三、路塞潛勢指數原理.....	113
附錄 B：班表壓縮法及其本土化.....	117
附錄 C：訪談紀錄.....	123
附錄 D：期中報告審查意見處理情形表.....	127
附錄 E：期末報告審查意見處理情形表.....	151

# 圖目錄

圖 2.1	本所鐵路研究佈局.....	8
圖 3.1	桃園段地下化建設計畫綜合規劃列車需求數示例 .....	20
圖 3.2	桃園段地下化建設計畫綜合規劃列車需求數示例 .....	21
圖 3.3	桃園段地下化建設計畫綜合規劃路線容量及使用率示例 .....	21
圖 4.1	RAILS 軟體平台登入畫面 .....	25
圖 4.2	RAILS 軟體運轉分析流程 .....	26
圖 4.3	RAILS 軟體計畫審議輔助流程 .....	27
圖 4.4	RAILS 平台主要邏輯模組 .....	28
圖 4.5	一島一岸壁車站示意圖 .....	31
圖 4.6	號誌保護列車過程示意圖 .....	33
圖 4.7	單一系列車通過車站過程運行圖 .....	34
圖 4.8	二列車先後通過車站過程運行圖 .....	35
圖 4.9	北上方向追越過程運行圖 .....	36
圖 4.10	RAILS 平台車站股道編輯畫面 (南港站) .....	38
圖 4.11	南港站臺鐵行控中心顯示面板照片 .....	38
圖 4.12	RAILS 平台路網編輯畫面示例 .....	39
圖 4.13	RAILS 平台站間軌道編輯畫面示例 .....	39
圖 4.14	RAILS 班表功能操作介面示例 .....	41
圖 4.15	RAILS 班表編輯工作畫面 .....	42
圖 4.16	RAILS 班表統計功能畫面 .....	44
圖 4.17	分車站與站間班表壓縮方法簡例 .....	47
圖 4.18	路線平均小時容量簡例圖 .....	51
圖 4.19	RAILS 模擬晚點量查詢畫面示例 .....	55
圖 4.20	RAILS 平台跨單位協作模式示意圖 .....	56
圖 5.1	容量軟體主畫面 .....	63
圖 5.2	容量軟體功能架構 .....	64
圖 5.3	容量分析執行流程圖 .....	64
圖 5.4	容量模型示意圖 .....	65
圖 5.5	界定分析範圍範例 .....	66
圖 5.6	容量軟體有能力處理的 4 型車站 .....	67
圖 5.7	南港站股道佈置圖 .....	68
圖 5.8	大肚溪南號誌站股道佈置圖 .....	68
圖 5.9	彰化站股道佈置圖 .....	68
圖 5.10	複雜場站容量分析流程 .....	69
圖 5.11	容量軟體參數編輯功能相關介面 .....	70
圖 5.12	容量軟體全域參數設定畫面 (一般模式) .....	71
圖 5.13	容量軟體全域參數設定畫面 (進階模式) .....	72
圖 5.14	容量軟體車站參數設定畫面 .....	72

圖 5.15	容量軟體列車參數設定畫面.....	73
圖 5.16	容量軟體交互關係參數設定畫面.....	73
圖 5.17	容量軟體分析功能相關介面.....	75
圖 5.18	容量軟體較大區段分析流程.....	77
圖 6.1	桃地計畫路線示意圖.....	79
圖 6.2	桃地計畫各車站股道佈設示意圖.....	80
圖 6.3	鶯歌鳳鳴間二軌配置示意圖.....	81
圖 6.4	臺鐵班表車站間運行車次數熱圖（全部列車）.....	83
圖 6.5	臺鐵班表車站間服務車次數熱圖（全部列車）.....	85
圖 6.6	臺鐵班表車站間平均運行時間熱圖（自強號）.....	86
圖 6.7	臺鐵班表車站間平均運行時間熱圖（區間車、區間快）.....	88
圖 6.8	臺鐵班表車站間平均運行速率熱圖（自強號）.....	89
圖 6.9	臺鐵班表車站間平均運行速率熱圖（區間車、區間快）.....	91
圖 6.10	工程前情境路網模型操作畫面圖.....	91
圖 6.11	板橋站數位模型.....	92
圖 6.12	工程後情境路網模型操作畫面圖.....	92
圖 6.13	工程前車站間平均運行速率熱圖（區間車、區間快）.....	95
圖 6.14	工程後車站間平均運行速率熱圖（區間車、區間快）.....	96
圖 6.15	工程前車站間平均運行速率熱圖（自強號）.....	98
圖 6.16	工程後車站間平均運行速率熱圖（自強號）.....	100
圖 6.17	工程前後車站容量比較.....	102
圖 6.18	桃園站工程前後股道比較.....	102
圖 6.19	內壢站工程前後股道比較.....	102
圖 6.20	中壢站工程前後股道比較.....	102
圖 6.21	工程前後站間容量比較.....	103
圖 6.22	工程前後路塞潛勢指數.....	104
圖附 A.1	路塞潛勢指數分級.....	112
圖附 A.2	臺北站分時累積路塞潛勢指數計算方法示意圖.....	116
圖附 A.3	臺北站累積路塞潛勢指數曲線.....	116
圖附 B.1	單線區間一去一回班表運行圖.....	118
圖附 B.2	單線區間二去二回班表運行圖.....	118
圖附 B.3	班表壓縮法基本概念示意圖（原班表及其跨度）.....	119
圖附 B.4	班表壓縮法基本概念示意圖（壓縮後班表及其跨度）.....	119
圖附 B.5	班表壓縮前運行圖.....	120
圖附 B.6	班表壓縮後運行圖.....	121
圖附 B.7	班表再壓縮後運行圖.....	121

# 表目錄

表 4-1	範例車站進路及衝突表 .....	32
表 4-2	容量分析項目彙整 .....	52
表 4-3	維護方案比較表 .....	59
表 6-1	臺鐵班表統計（全部車次） .....	81
表 6-2	臺鐵班表統計（自強號） .....	82
表 6-3	臺鐵班表統計（區間車、區間快） .....	82
表 6-4	臺鐵班表車站間運行車次數（全部列車） .....	83
表 6-5	臺鐵班表車站間服務車次數（全部列車） .....	84
表 6-6	臺鐵班表車站間平均運行時間（自強號） .....	86
表 6-7	臺鐵班表車站間平均運行時間（區間車、區間快） .....	87
表 6-8	臺鐵班表車站間平均運行速率（自強號） .....	89
表 6-9	臺鐵班表車站間平均運行速率（區間車、區間快） .....	90
表 6-10	區間車逆行基準運轉時分 .....	93
表 6-11	工程前車站間平均運行速率（區間車、區間快） .....	94
表 6-12	工程前車站間平均運行速率（鶯歌埔心區間車、區間快） .....	95
表 6-13	工程後車站間平均運行速率（區間車、區間快） .....	96
表 6-14	工程後車站間平均運行速率（鶯歌埔心區間車、區間快） .....	97
表 6-15	工程前車站間平均運行速率（自強號） .....	98
表 6-16	工程前車站間平均運行速率（鶯歌埔心自強號） .....	99
表 6-17	工程後車站間平均運行速率（自強號） .....	99
表 6-18	工程後車站間平均運行速率（鶯歌埔心自強號） .....	100
表 6-19	工程前後路塞潛勢指數 .....	104

# 第一章 概說

## 1.1 計畫緣起

鐵路運輸系統在我國陸上運輸領域中佔有不可取代的重要性。交通部於 2020 年所出版的運輸政策白皮書亦明確指出，「完備軌道系統整體規劃管理、建設與效益評估機制與法令」為重要的施政策略。在這之前，本所即已長期有系統致力於鐵路運轉相關基礎研究，開發重要核心技術並據以實作成為應用軟體系統。本所於民國 110、111 年辦理鐵路系統供需診斷模式軟體之維護與擴充及策略分析之計畫，在臺灣鐵路管理局（現改制為「國營臺灣鐵路股份有限公司」）協助下，利用真實股道佈設數據、歷史售票紀錄及每日班表資料建立倉儲，並導入大數據分析技術，構建鐵路系統診斷模式軟體，可在假設條件與規劃面上，進行鐵路系統旅客運輸供需情形之診斷與情境分析。

政府進行重要建設，往往需要投資可觀的公共資源，尤以鐵路相關建設計畫為然。因此在建設計畫的規劃階段需要完成縝密的各項評估，以確保計畫的順利完成並達到目標。對鐵路建設計畫而言，任何鐵路運輸系統最重要的建設目標必是投入運轉以發揮其運輸功能。因此政府推動鐵路建設計畫時，在施工前完成運轉績效的評估，有其絕對的必要性。

經過多年的努力，我國目前在規劃重大公共工程時，必須在運量預測、經濟、財政、社會、用地、工程及其他許多方面進行完整的分析及評估。進行這些分析、評估時大都有先進的技術可用，並有成熟的法規與制度可資依循。然而鐵路運轉績效的分析評估涉及複雜的技術，在缺乏適當且可用之軟體工具限制下，鐵路運轉績效評估相較前述運量預測、經濟、財政等項目不完善。

在本所主導產官學各界多年合作努力下，我國已開發出重要的核心技術，並用以建置「鐵路運轉資源分析系統」平台，該系統英文名稱為「Railway Activity Insight and Logistics System」，以下簡稱為「RAILS」。該系統已經具備進行多項運轉分析的能力，包括運轉速率分析、追越次數分析、運轉穩定性分析、車站容量分析、路線容量分析、車站利用率、路線利用率、路塞潛勢指數分析等，並可依使用者設定的服務計畫產出未來情境下的班表，再以運行圖以供進一步研究解析之用。使用者可在系統中依未來情境建立軌道系統的數位模型，再以系統的分析能力「預見」未來的運轉績效。該系統經評估具有作為計畫審議輔助工具之初步能力。

本所為持續發展鐵路數位平台成為方便使用的鐵路工程建設計畫審議輔助工具，以協助交通部及相關單位政策研擬與評估，乃辦理「鐵路數位模擬系統後續發展與應用之研究」（以下簡稱「本計畫」），結合過去累積之相關研發技術，開發可提出軌道配置建議之鐵路建設自動化分析技術及功能，期能作為協助本所研擬政策及辦理鐵路工程審議，檢視相關效益之參考工具。

## 1.2 計畫目的

交通部於 2020 年所出版的運輸政策白皮書明確指出，我國應「完備軌道系統整體規劃管理、建設與效益評估機制與法令」。本計畫之主要目的在結合本所過去累積相關研發技術，並以過去所開發鐵路數位分身軟體平台雛型為基礎，由軟體與資料兩方面著手，使該軟體平台能更方便提供政策參據所需客觀化評估指標，在鐵路系統運轉方面成為我國所需要的：軌道系統整體規劃管理、建設與效益評估工具。

在中央政府與各地方政府合作之外，我國正積極在臺鐵系統上，同時推動多項鐵路建設。然而目前的施政，多將各建設計畫視相互獨立之計畫個別思考。由行政面之考量觀之，各建設計畫確有各自之目標、範圍、考量，這種作法有其必要性，但鐵路之運轉有其一體性，卻是客觀之事實：不同建設計畫對臺鐵系統運轉，是會帶來交互影響的。不論行政面如何區分各不同計畫，鐵路系統之跨計畫整合運轉分析不但有其必要性，更是主管機關不可避免的責任。本軟體平台正成為這樣做的有效軟體工具。

運輸政策白皮書點出軌道系統評估機制與法令的重要性。依目前法令，辦理相關可行性研究時，各相關單位必須依循「鐵路平交道與環境改善建設及周邊土地開發計畫審查作業要點」第五條之規定，以量化方式進行對鐵路營運之衝擊分析、研擬解決配套措施，並由鐵路營運機構進行審查與確認。此要點所規定之評估項目中，有相當的部份均與鐵路運轉有密切關係，而且必須評估在工程完成之後的未來情境下之運轉狀況。這些分析均有其技術難度。本計畫之成果將可成為上述各機關執行法規所要求之分析時的重要輔助工具，克服使用者之技術障礙，以助達成運輸政策白皮書所揭示之施政目標。

## 1.3 工作項目

本計畫的重要目的是以本所長期開發的 RAILS 軟體平台為基礎，持續精進其功能及運算能力。其中最主要的部份是路軌數位模型的精進。過往成果已經使得 RAILS 所使用的路軌模型有能力以一致化的方式，表現臺鐵全系統任何車站軌道佈設情形，無須對不同車站使用不同模型，更無須以特例處理難以呈現的軌道佈設情形。然而過往的數位模型中所含有的資訊，並不足以供軟體系統自動計算班表所需要的適當時隔。這使得軟體在進行自動排點運算時，必須依賴使用者所提供的經驗值或其他數值作為班表中之時隔。過往經驗顯示若所使用的時隔值無太大偏差，這種作法並不會產生過大的分析誤差，但將本系統應用於未來情境的運轉分析時，使用經驗值作為未來車站的參數卻有邏輯上的違和。為了使軟體能夠依使用者所設定的軌道佈設型態以及列車參數自動計算所需要的時隔而不再需要依賴經驗值，同時又避免萬一誤用偏差過大的時隔值導致影響分析結論，實有必要使軟體有能力自動計算所有狀況下，排點所需要的時隔。如後續將在第 4.3 節與第 4.4 節進一步說明，這些計算需要更細緻化的路軌及列車資訊，這使得本系統必須精進路軌數位模型，使其含有足以支持這些運算的資訊。

如後續第二章之圖 2.1 所說明，路軌數位模型在整個 RAILS 軟體平台中位居相當基層的位置。因此任何對路軌數位模型的調整均不可避免對整個軟體系統帶來廣泛的影響。而這些資料結構與程式的調整，即為本計畫最主要的工作內容。具體的重要工作項目說明如下。

1. 精進路軌數位模型：如上所述。
2. 設計路軌抽象資料結構：在既有資料結構中增加號誌、道岔、速限等項目，並且全面調整資料結構以使軟體有能力支持全系統每一個模組使用新路軌位模型的資訊。
3. 調整資料庫中路軌相關表格群：配合路軌資訊相關資料結構，設計具體的表格群並實作於系統內建的鐵路資料庫中。這些表格群的功能遠遠超過儲存參數、資料的基本需要。在 RAILS 中路軌資料廣泛使用於多個不同模組，各有不同的資料需求。資料庫的表格群必須在正確滿足所有需求的條件下，以理想的效率達到完整的資料一致性。
4. 調整資料庫中班表相關表格群：班表是 RAILS 中很重要的資料項目。而班表資訊與路軌資訊緊密結合，因此在調整路軌相關資料結構時，必須同時大幅度調整資料庫中表現班表資訊的表格群，以達到全系統完整的一致性。

- 5.開發鐵路編輯器模組：重新設計、實作操作功能及相關軟體，供使用者建立、維護、管理擴充過的新路軌數位模型。
- 6.開發班表編輯器模組：資料庫中班表相關表格群的大幅調整，使得系統必須重新建置班表編輯的操作模組，以供使用者在圖形介面上建立、維護、管理所有班表相關的資訊以及因為精進路軌模型而新增的資料項目。本計畫在重新建置的過程中，整理開發人員過去使用 RAILS 所累積的經驗，對班表編輯器的操作功能作了全新的設計及開發，大幅改善了使用者的操作方便性、體驗品質及工作效率。
- 7.擴充解衝突引擎：本計畫大幅擴充解衝突引擎，使其有能力在取得精進後的路軌數位模型資料之後，在自動排點的過程中依需求自動計算所需要的時隔，再納入班表中使用。
- 8.重建臺鐵全路網：由於路軌數位模型在精進過後所含有的資訊遠超過先前的模型之資訊，且部份基本定義有所變更，因此本計畫於今年 5 月 22 日在臺鐵公司協助下，前往行控中心拍攝顯示面板所有車站全套照片，據以重建完整的全部車站、站間的數位模型。
- 9.辦理教育訓練：於 7 月 10 日完成第一場教育訓練，主要內容是向本所同仁說明使用本軟體平台進行計畫審議時的軟體操作程序，以及軟體所產出各項分析結果之解讀；7 月 11 日完成第二場教育訓練，主要內容是向所內同仁說明使用本軟體平台進行運轉分析時的軟體操作程序；9 月 30 日完成第三場教育訓練，主要內容是引導本所同仁體驗本軟體之操作。

這些工作的完成，使得 RAILS 成功取得自動計算所有時隔的能力，並在大幅度調整資料結構與程式的同時，提升了操作方便性與使用者體驗、精進自動解衝突的演算效率及班表品質。同樣重要的是，這些工作使 RAILS 得以維持完全的資料一致性。此系統並未因為導入新的路軌數位模型而使得系統中出現新舊路軌資料並存、各有不同定義及參數項目的混亂現象。這使得系統在本次提升之後，還能夠可長可久，以高效率的方式持續發展。

完成上述軟體的開發精進之後，本計畫並以真實的案例進行運轉分析，其成果呈現於第六章。本系統的高度自動化能力使得本計畫能在有限的時間、經費限制下，在將大部份資源投入於軟體開發精進及報告撰寫等工作的狀況下完成所呈現的分析成果，顯示出軟體的能力不但具有實用性，且可供未來使用者以高效率、低資源投入完成有用的分析。

## 1.4 本期成果說明

如前節所說明，在技術及軟體面精進 RAILS 平台是本年度計畫的核心工作。本報告書第四章整體描述說明了完成本計畫之後，此平台所具有的重要能力。這個平台之基本設計，是作為陸續精進、開發各種技術及軟體時，累積成果的載台，而過去多年的研究發展亦確實達成此目標及預期。此平台在累積各種成果的同時，亦成功維持了高度的一致性，所有先後納入的功能、數據、參數、操作方法、基本定義等，均在一致性的標準下完整融合成為一體。而正因為本平台具有高度的一致性，且本期工作項目及於全系統大部份模組，因此勉予區分哪些功能為本期成果並無意義，亦不可能。以下將說明本年度計畫的主要工作內容及成果。後續於第四章則對此平台作整體說明。

達到完整的一致性是高品質軟體的基本要求，但這樣的目標也在技術及工作量等各方面帶來相當的挑戰。以路軌模型之精進為例，RAILS 平台在數年之前即已建立路軌模型，並依此模型在平台中建置了多種分析、運算及資料管理功能。本期計畫對此路軌模型進行了精緻化，在其中增加了多項資訊，也用新架構取代了部份原本存在的資訊項。系統中的鐵路資料庫亦配合修正其資料結構。由於路軌模型係位在軟體系統的底層，因此本計畫全面檢視了軟體全部程式碼，並對大部份模組的程式碼均進行或多或少的檢視、修改及測試，以使這些程式能夠與精進後的路軌模型以及調整後的資料庫結構相容，在新的資料結構下維持其既有功能。上述路軌模型之精進以及其他多項變動，使得一致性的維持成為本期計畫重要的工作項目之一。此類的工作並不會使軟體產生新功能，但在整體工作中佔有相當之份量且具有高度的必要性。

在技術面，本期計畫最重要的目標是將時隔理論納入軟體平台中，在軟體中建立能力以依各車站的路軌佈設、道岔號數、號誌位置、進路、路徑及其他參數自動計算各種狀況下所需要的到離站時分時隔，取代先前採用經驗值的作法，其方法說明於第 4.3 節與第 4.4 節。既有的路軌模型雖有能力表現臺鐵系統中任何車站的路軌佈設，但並不足以支持計算到離站時分時隔所需要的資訊。為此本期計畫將路軌模型予以精緻化，並配合修正了系統大部份模組以達到前述的完全一致性。

路軌編輯功能的更新亦為本期計畫的重要成果之一。本平台先前之路軌編輯模組無法直接應用於精進過後的路軌模型。因此本期計畫設計並實作全新路軌編輯功能模組，說明於第 4.5 節。

配合路軌模型而調整精進的資料庫結構，牽動了資料庫中與班表相關的資料結構。本平台顯示班表的運行圖及相關查詢功能之外觀仍與過去相同，但內部程式已配合資料結構的變動而有所修正。與此相關的班表編輯功能則為全新模

組，說明於第 4.6 節。

第 4.8 節所說明的班表統計功能為本年度開發之新功能。此功能提供了使用者針對指定的班表，對其中指定的車次及路段進行自動化的車次數、平均速率、平均運行時間、追越次數、待避次數、交會次數等運轉分析的重要指標，並以熱圖方式呈現。

## 第二章 文獻回顧

### 2.1 本所鐵路研究

本所在過往多年當中，以有系統的佈局，次第完成多項研究成果。其整體布局架構示於圖 2.1。此佈局最重要的特性是先開發學理基礎，之後以此為基礎開發軟體平台，最後再於平台上開發各種應用。在這種作法下，系列研究始於以數學為最基本的學理基礎。此階段開發了數學模型、求解演算法等核心技術，同時識別並且明確化整個系統所需要的基本定義與基本假設。

完成此一基礎階段之後，系列研究接著開發核心技術，其中最關鍵者為路軌模型及自動排點技術；前者開發了一套高度彈性的方法，以抽象的數位模型來表現任何型態的車站及站間的軌道佈設。這使得後續的所有研究成果均不必對各種不同的股道佈設之形式，各設計專屬式之模型，或犧牲精準度將形式相近者視為相同，而能一體適用於所有股道數量之車站，包含末端站、編組站、分岔站等任何形式，以及站間單線、雙線或多線，甚至於站間連續單線、連續雙線、單雙線混合，以及一般直線、環線、支線或其他任何路線形狀等錯綜複雜的組合。此一策略的成功使得本所的系列研究能夠在早期階段一舉克服車站股道、站間區段及路線形狀複雜所帶來的障礙而快速進入挑戰性更高的自動排點技術及其他技術之開發。

至於自動排點技術的開發，則完全克服了分析技術對真實班表的高度依賴性。鐵路對未來情境之運轉分析，不論是預估未來的運轉速率、追越次數、運轉穩定性、路線或車站容量或路塞潛勢指數，都需要以班表為基準，而所使用的班表愈具代表性，分析所得之結果亦愈有參考價值。然而取得未來情境具有代表性的班表有其技術障礙。有部份研究為了克服此一困難而發展無班表的容量分析方法<sup>[1-3]</sup>，但仍無法用以進一步進行容量之外的其他運轉分析。至於以隨機產生的班表取代<sup>[4]</sup>的作法則未見於國際文獻中。自動排點技術除了使系統能夠用真實班表為基礎得到具有代表性的未來情境班表，支持各種運轉分析之外，未來並可進一步發展成為更多的有用系統。

配合這些核心技術之需，系列研究在開發核心技術的階段，同時設計了將這些複雜資料做有系統組織化的方法。所有這些成果成了後續開發軟體平台的基礎。之後所開發的鐵路運轉資源分析系統(RAILS)<sup>[5-7]</sup>則開發了達成整體一致性的方法，使所有不同的技術彼此共容，而以 RAILS 作為這些共同載台。在研究發展策略面，這是作為陸續精進、開發新技術時，累積成果的載台。由於 RAILS 之底層具有穩固的學理基礎以及核心技術，因此能夠快速開發班表分析、模擬分析、容量分析、指數分析等多種應用功能，如圖 2.1 最上層所列示。

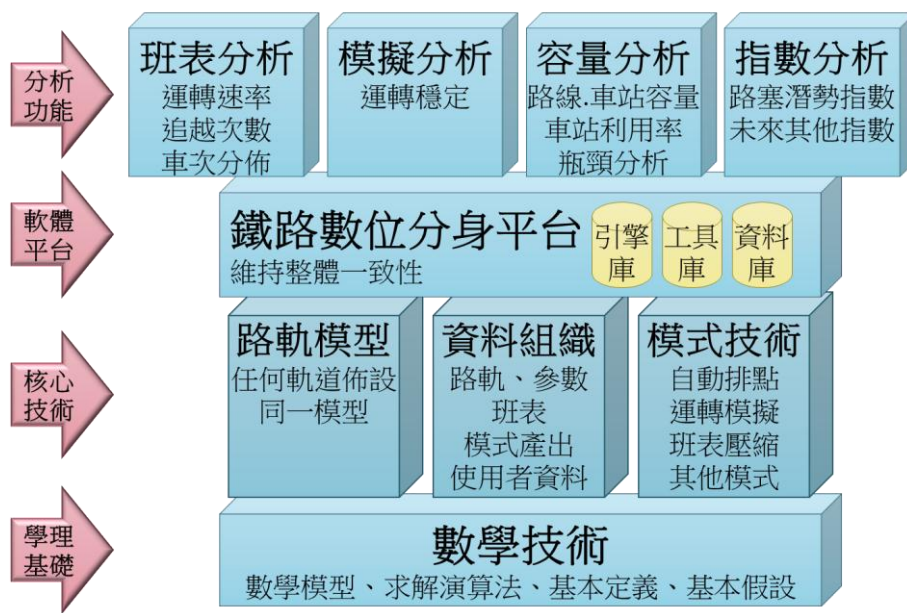


圖 2.1 本所鐵路研究佈局

上述研究佈局大幅提高了本所過去多年在此領域的研發效率，而未來亦能夠在此基礎上，配合使用者的需求持續開發更多的功能。例如，目前本平台係以輔助計畫審議為開發方向，未來若擬擴充平台功能使其具有輔助上線運轉的自動排點能力，或編排規格化班表等，均為近期內可行的方向。甚至鐵路運轉緊急應變輔助能力等，亦有可能作為更長期的發展方向。然而衡量本平台及其全部研發成果均是以實務應用為目標，不論任何發展方向，未來使用者的深度參與都是成功不可或缺的條件。

## 2.2 本所過往成果

本所依前節所說明之研究佈局方向，在過去多年中致力於鐵路運轉相關研究。研究範圍及於供需診斷、資料校估、大數據分析及其他。本節將大略回顧此系列研究之各項過去成果，詳細內容則可參閱各報告書。

### 1. 臺鐵包車營運需求下列車班表之研究<sup>[8]</sup>

本研究於民國 100 年執行完成，目的在開發臺鐵不定期列車之排點技術作為後續開發更完整自動排點技術之先期探討。所設定的研究目標是構建具有實務使用能力之數學模式，以求解在一組給定的臺鐵班表中增加不定期列車時，如何自動化排除衝突之問題。在測試例中，該研究以新左營

至臺東、100年9月28日改點之真實班表，以及臺鐵真實路軌狀況進行模式可用性之驗證。研究成果除了對臺鐵不定期列車之需求、供給與內部作業流程作有系統的整理釐清外，並確定所開發使用的路軌數位模型以及自動排點數學模式均為可行，且具有持續開發之潛力與價值。

## 2. 鐵路列車排程模式建立及運行資料分析校估之研究<sup>[9]</sup>

本所於民國101年執行本專案，以持續發展鐵路系統自動排點數學模式及其求解方法。該研究的成果超越所有當時已公開發表之國際研究，成功達到自動求解臺鐵全系統班表之目標。此外有鑑於真實參數的重要性，本研究並在臺鐵局協助下，取得臺鐵系統真實行車紀錄資料，用以評估利用真實紀錄來校估基準運轉時分、最小時隔等排點參數的可行性。研究深入分析真實數據之後，發現受到臺鐵硬體系統基本設計之限制，將真實行車紀錄直接應用於校估排點參數並不可行。

## 3. 鐵路列車自動化排點系統建置之研究<sup>[10]</sup>

此研究於民國102年執行，經過先期研究並取得一定成果之後，本研究主要目的在嘗試整合所開發的鐵路自動排點技術以及伴隨之運行圖顯示、衝突檢查、班表管理等技術，持續精進並提高實用化之能力。在這過程中對所有相關資料做了有系統的組織化，同時並初步探討整合多種技術之軟體平台的適當架構，發現將不同技術整合成為單一系統之作法確實可行，並指出此種軟體工具可望對鐵路公共投資計畫進行前所未見的深度評估。此一成果為現今之RAILS平台奠定了重要基礎。

## 4. 鐵路列車自動化排點系統功能擴充與推廣應用<sup>[11]</sup>

本研究站在先前成果[8-10]所奠下的基礎上，於民國103年持續精進自動排點核心技術及伴隨技術，並開始探討提供予臺鐵或交通部其他鐵路相關單位的方式。該研究嘗試將核心技術開發成為自動排點工具，探討推廣予實務單位應用時可發揮的效益。研究認為若在鐵路相關單位建置整套完整的軟體系統，應可達到排點作業資訊化、電子化，並可應用於軌道運輸相關政策之方案審議與評估，對工程方案之研擬應具有相當的助益。

## 5. 大數據分析技術進行鐵路供需診斷與策略分析(1/2)<sup>[12]</sup>

本研究於108年執行完成，目的在針對我國傳統鐵路系統開發一套有系統的方法以整合社會經濟活動所產生之運輸需求，與鐵路機構運用其資源而創造之運能供給這兩種機制完全不同，但又相互影響之體系。該研究之最主要成果為釐清上述兩個體系及其互動可用6個抽象模式描述之：(1)需求模式、(2)供給模式、(3)乘客選擇行為模擬模式、(4)乘客選擇參數校

估模式、(5)解衝突模式、(6)系統運轉模擬模式。

## 6. 大數據分析技術進行鐵路供需診斷與策略分析(2/2) <sup>[13]</sup>

本研究於 109 年將前期研究<sup>[12]</sup>所提出之 6 個抽象模式各具體實作成為求解引擎，並在此過程中進行模式之調整及測試。所有這些模式各有其不同目的、基本假設、輸入數據、輸出數據以及演算邏輯。為了有效整合這些各自獨立的模式成為整體系統，本研究設計了可納入所有模式輸出入數據之整體數據架構，以及有能力承載所有模式求解引擎之軟體平台。該平台之軟體架構採積木式設計，具有充份的擴充能力，可作為長遠發展之基礎。此外，本研究並提出「路塞潛勢指數」，作為呈現鐵路運轉狀況之綜合指標。

## 7. 鐵路系統供需診斷模式軟體之維護與擴充及策略分析(1/2) <sup>[6]</sup>

本研究以本所研究<sup>[12, 13]</sup>為基礎，於 110 年執行。在學理方法論方面，本研究結合本所過去所開發之技術<sup>[10, 11]</sup>，將班表壓縮法予以本土化成為適合臺鐵使用之路線容量評估方法。由於班表壓縮法為 UIC 所提出<sup>[14, 15]</sup>，目前國際最為通用之鐵路路線容量分析方法，本項成果使我國技術成功與國際接軌。同時本研究亦持續修訂前期<sup>[13]</sup>所提出之「路塞潛勢指數」使其更貼近實務應用所需。在軟體方面，本研究以建立智慧鐵路平台基礎架構為主，但已能用以分析花東地區鐵路雙軌電氣化計畫<sup>[16]</sup>、桃園都會區鐵路地下化計畫<sup>[17]</sup>、嘉義市區鐵路高架化計畫<sup>[18]</sup>、基隆南港間通勤軌道建設計畫<sup>[19]</sup>等建設計畫之預期未來鐵路運轉狀況。

## 8. 鐵路系統供需診斷模式軟體之維護與擴充及策略分析(2/2) <sup>[7]</sup>

本研究於 111 年接續前期<sup>[6]</sup>之研究，以螺旋式發展過程持續提升智慧鐵路平台之能力以及操作性。由於已經累積了相當的成果，本研究對智慧鐵路平台之軟體系統進行了全面改版，使該軟體更能一方面作為累積、承載相關研究成果、實務數據之軟體平台系統，同時又可作為實務分析之重要工具。其中重要成果之一是使得智慧鐵路平台具有跨專案整合分析之能力，並在研究成果中提出彰化市鐵路高架化計畫<sup>[20]</sup>、臺鐵集集支線基礎設施改善計畫<sup>[21]</sup>以及田中支線建設計畫<sup>[22]</sup>，集中在臺鐵系統彰化路段之三項重要鐵路建設計畫，在鐵路運轉面向交互影響之綜合分析。

## 9. 鐵路供需診斷數位分身軟體平台之建置(1/2) <sup>[23]</sup>

過往研究逐步完成圖 2.1 所示的研究佈局之後，本所集結了這些成果，成功開發鐵路數位分身平台以作為未來整合所有成果的載台。這些過往成果廣泛涵蓋了鐵路系統的需求、供給、運轉面向。為了聚焦並貼近本

系統作為鐵路建設計畫審議輔助工具之目的，本研究聚焦於建立運轉分析之功能。所開發的鐵路數位分身平台內建了鐵路資料庫，並使用路軌模型，整合了路軌設施、運轉參數、過往真實紀錄等完整數據，並開發配套的資料庫操作功能。資料庫之完整路軌資料可建立臺鐵真實路軌的數位分身模型，而資料庫的完整運轉參數數據則使平台能夠在路軌數位分身模型中模擬列車之運轉而達到運轉分析之目的。使用者在用以輔助計畫審議時，可在平台的工作環境中，利用內建資料庫之數據以及軟體功能，建立各種未來情境的路軌模型，再配合運轉分析功能以預估各種未來情境下可能的運轉狀況。

## 10. 鐵路供需診斷數位分身軟體平台之建置(2/2)<sup>[24]</sup>

本研究於 113 年完成，為兩年計畫之第二年。鐵路數位分身平台在本計畫中向成熟化發展，並命名為 ROAD (Railway Operations Analysis and Digital-twinning)，即為現今 RAILS 之前身。該計畫以「臺鐵都會區捷運化桃園段地下化建設計畫」為真實案例完成運轉分析以驗證 ROAD 之能力。分析完成了運轉速率、追越次數、車次分佈、運轉穩定、車站容量、車站利用率以及路塞潛勢指數等多項分析。這個案例分析的完成，顯示在 ROAD 的輔助下，使用者能夠以很少的資源，以很快速的方式進行完整的運轉分析並且產出豐富而有用的分析成果。

## 2.3 國際文獻

鐵路系統大多是由軌道電路所組成，每一組軌道電路在任一時間僅可容納單一列車（同一列車則可同時佔用多數軌道電路）。運轉時，列車沿其既定路線次第行經各軌道電路；在這過程中若某列車欲佔用某軌道電路時前車尚未解除其佔用，則必須等待。這種在網路各節點上等待、次第通過的現象與流體在水管中流動或個體在管道中相互推擠移動完全不同，而較接近等候理論所描述之狀況；容量手冊基礎篇第 7.2.2 節[4]亦持相同觀點，認為鐵路列車在運行過程中的行為類似於等候理論。兩者之根本差異在於，等候理論所描述之狀況是離散的物件在離散的佇列中依規則排隊、等候、接受服務的行為；在水管中流動的流體是連續體而非離散個體，而在管道中相互推擠移動的物體彼此阻擋而非依規則排隊。基於這些差異，國際文獻可見使用佇列網路 (Queueing network, 或稱排隊網路) 為基礎用以建立描述鐵路列車運轉之模型，但未見將鐵路系統視為水管模型之論述。其中文獻<sup>[25]</sup>使用佇列網路描述列車在鐵路上的行為，將複雜的鐵路場站視為使用有限容量佇列所組成網路，再納入隨機性考量，成功建立模型，再利用模擬方法來評估鐵路場站中的瓶頸。

列車在鐵路系統中運行的現象可同樣以等候理論為基礎而進一步建模成為工作車間排程問題 (Job shop scheduling model) [26]，並用以求解單線鐵路的班表 [27]。然而該文獻 [27] 亦強調鐵路列車之運轉亦有數種不易納入工作車間排程問題的性質，包括主線與側線之區分、死結現象、列車長度考量、時隔需求等均屬之。較早期的文獻 [28] 亦觀察到工作車間排程問題的限制，而改用彈性較大的混合整數規劃模式作為求解班表之用。然而此模式亦面對更大的求解難度而難以應用於較大規模的問題。

義大利及奧地利於 2023 年完成之跨國合作研究 [29] 指出，在鐵路建設計畫之各規劃、分析甚至競標階段進行完整的運轉分析將會使相關單位具體掌握未來可能的運轉狀況，從而帶來相當可觀的效益。該研究並認為運轉模擬人員應該是各規劃分析執行階段中，工作團隊不可或缺之一份子，以使運轉分析充份融入工作程序中。該跨國研究提出具體的 Agile Simulation 方法，建議運轉分析應依建立路軌模型、建立運轉模型、取得班表、進行模擬等步驟進行，與後續圖 4.2 所示，RAILS 分析流程相近。然而該跨國團隊並無可用的自動解衝突技術，無法進行自動化的鐵路列車排點，因此必須依所設定之情境以人工進行排點工作，再以所得到的班表進行模擬分析。

鐵路列車班表的自動化求解是一個被長期研究、具有相當難度的問題。有鑑於班表自動化求解技術的高度重要性及應用價值，挪威政府的 Norwegian Railway Directorate 提供研究經費，法國 Gustave Eiffel University 及義大利的鐵路系統運轉專業實驗室 trenolab 進行跨國合作研究，於 2021 年開發了具有自動求解班表的軟體工具 Multi-Objective Automatic Timetable Generator (ATMO) [30]。該軟體有能力自動求解約 20 處車站、30 班列車的班表。其規模概略為後續第六章所呈現，本計畫案例分析規模之 5% 至 7%。

## 2.4 國內文獻

目前國內在推動鐵路建設計畫時，受到可用軟體工具的限制而常以局部的路線容量分析取代較完整的運轉分析。然而在探討鐵路系統容納更多車次的能力時，所需要的分析往往不是鐵路的路線容量，而是需要瞭解鐵路系統在現況運轉之下，尚有多少餘裕可承擔更多的車次量；亦即需要以現況班表來評估其已經佔用的容量比例，或現況的「流量容量比」。國際之 UIC 文件 [14, 15] 亦提出與此一致之觀念並建議分析方法，而發表於臺鐵資料季刊之「以班表壓縮法評估鐵路流量容量比」 [31] 即探討將此技術應用於臺鐵系統之方法及其效果。研究發現班表壓縮法可得到更豐富、具參考價值的結果，並可避免傳統使用「每小時可開行車次數」可能產生誤解之困擾。同時，UIC 文件 [14, 15] 亦指出仍有剩餘容量並不同於可安排更多列次，試排班表是明確瞭解安排更多列次的可能性的唯

一方法。因此容量計算並不足以取代完整的運轉分析。

在另一方面，為配合本計畫開發更高度自動化的運轉分析能力，並探討精進現有之路軌模型，納入了更精準的自動化時隔計算能力。其最重要的理論基礎將參考「時隔理論」<sup>[31]</sup>。該論文以抽象的路軌模型為基礎，詳細探討了在抽象的鐵路車站模型中，道岔及號誌如何制約列車之運行，從而形成對安全時隔之要求。其內容將更詳細回顧於第 4.4 節。本計畫以此理論為基礎，擴充精進 RAILS 所使用之路軌模型，並在軟體系統中建立由路軌模型自動計算各種狀況下所需時隔的能力。

## 2.5 路塞潛勢指數

路塞潛勢指數是本所於 109 年<sup>[32]</sup>所提出的綜合指標。其設計目的在整體反映鐵路系統運轉過程中，各處發生前行列車阻擋續行列車（亦即發生路塞）之可能性的嚴重程度，據以表現運轉的整體順暢性。

鐵路系統中，所有列車均依班表而運行。班表與路軌設施共同決定了容量，也共同決定了運轉順暢的程度。路塞潛勢指數的基本原理是觀察一份班表中，先後使用同一股道的兩列車之間所配置的時間間隔。真實鐵路系統在運轉的過程中，必因各種環境因素而發生擾動，使得列車無法完美精準依班表之行點而運行。當某列車在行程中的某處發生延遲時，就有可能阻擋同一股道的續行列車而產生路塞現象。在此過程中，先行列車的部份或全部延遲量則傳播到續行列車。因此路塞現象可視為延遲傳播的過程表現，對鐵路順暢運轉有決定性的影響。而路塞潛勢指數的設計著眼，即在以路塞發生的可能性來作為估計運轉順暢程度的綜合指標。

路塞發生的可能性受到許多因素的影響，例如鐵路系統在運轉時環境擾動愈強，或延遲發生後趕點回復的能力愈弱，都會提高發生路塞的可能性。在班表方面，則是班表在前後列車之間所配置的時間間隔愈長，發生路塞的可能性愈低，例如若比較配置 4 分鐘間隔與 8 分鐘間隔兩種狀況時，顯然後者發生路塞的可能性較低。但此一時間間隔愈來愈大時，其效應則將逐漸降低，例如若比較配置 40 分鐘間隔與 50 分鐘間隔兩種狀況時，後者發生路塞的可能性仍然比前者低，但可預期相差不多。

依上述說明，路塞潛勢指數的計算方式設計如下。對所分析之鐵路系統、班表及車站，觀察使用同一股道之前後列車間班表所配置的時間間隔。若二列車在該站均停靠，則計入時間間隔不足 15 分鐘的部份；若其中一列車未停靠則計入時間間隔不足 11 分鐘的部份；若二列車均未停靠則計入時間間隔不足 7 分鐘的部份。以長度為一小時之移動時間窗，滾動式加總上述計入指數之值，即為

該車站在各時間點之路塞潛勢指數。

本報告附錄 A 對路塞潛勢指數提供更詳細的說明。更進一步的說明可參見 109 年大數據分析技術進行鐵路供需診斷與策略分析研究報告書<sup>[32]</sup>。

## 2.6 班表壓縮法

班表壓縮法是目前國際上最廣為使用之路線容量使用率評估方法<sup>[22]</sup>。此法為 UIC (International Union of Railways) 於 2004 年首次提出<sup>[14]</sup>，並在 2013 年更新之<sup>[15]</sup>。該機構以「Capacity」作為這二份文件之標題，顯示作為鐵路路線容量分析主要方法之用意。本節簡要說明班表壓縮法，除了參考上述二份 UIC 所出版之文件外，亦參考本所過往研究<sup>[24]</sup>。為了方便閱讀，本節對於這三份文件之引述不全部逐一標示之。

這兩份 UIC 所出版的文件對鐵路路線容量的評估提出多項論述，其中與本計畫最為相關者有下列三項。

1. 鐵路路線容量之評估方法，應同時考量路軌設施以及擬運行之班表，而非僅由路軌設施以及可能的車種組成來估算。
2. 路線容量之衡量，UIC 認為並不宜以「每小時可運行若干列次」為衡量方式，而是應該計算鐵路路線在扣除不可運行之時間（例如每晚斷電封鎖進行維修）之後的每日可運行時間長度，並分析在該路線上擬執行之班表需要佔用的最小運行時間長度。二者相除即可得知該鐵路在承載該班表之後，尚存的容量比例；其概念與「路線利用率」之觀念相接近。而分析一份班表執行時所需要佔用的最小運行時間長度的方法即為班壓縮法。
3. 該文件明確指出，鐵路執行一份班表而尚有剩餘容量時，並不同於可在該班表中加入更多之車次。欲明確評估新增車次之可行性，唯一的方法是試排班表。

本所之前期研究<sup>[6]</sup>將班表壓縮法予以本土化，成為適合臺鐵系統使用，同時又與國際最通用方法相接軌之方法，並融入成為鐵路軟體平台的一部份。

有關班表壓縮法之更詳細說明請參見附錄 B。

## 2.7 計畫審議相關法規

交通部於 107 年 2 月 21 日制定之「鐵路平交道與環境改善建設及周邊土地開發計畫審查作業要點」<sup>[33]</sup>（以下簡稱「鐵路計畫審查要點」），為地方政府進行鐵路相關建設計畫可行性研究、臺鐵公司進行審議時所需要參照、遵循的重要法規。該要點計有 14 條，其中部份內容與運轉分析相關。要點第五條之部份規定內容節錄如下：

五、地方政府辦理本計畫可行性研究，內容應符合「行政院所屬各機關中長程個案計畫編審要點」、「政府公共工程與經費審議作業要點」及「公共建設計畫經濟效益評估及財務計畫作業手冊」等相關規定，並將下列事項納入報告書陳報交通部：

（三）如採鐵路立體化為改善方案，評估事項須包括：

2. 對鐵路營運之衝擊分析與解決配套措施，須經鐵路營運機構審查並取得確認函：

(1) 鐵路營運及行車計畫建議（包含現況及未來），且列車服務班次應通盤考量鐵路營運機構車輛調度及人力運用。

(2) 鐵路營運機構營運效率評估，且計畫應以不降低原有路線容量、站間路線利用率及行車速率為原則，包含尖峰小時路線利用率不應高於現況或不逾 70%、區段通勤列車平均運行速度不低於現況或 45 公里／小時及城際列車不低於現況或 70 公里／小時。

(3) 基地位置、月台及股道配置，須符合鐵路營運機構營運所需。

依上述鐵路計畫審查要點第五條之規定，鐵路立體化建設方案必須對鐵路營運之衝擊進行分析並研擬解決配套的方法，而且必須經過鐵路營運機構的具體審查。該法規具體提出的三項分析內容，分別剖析如下。

### 1. 行車計畫

鐵路計畫審查要點規定審議時應及於現況以及未來的行車計畫。鐵路營運機構在審查時，必須確認所提出的行車計畫是否確實可行。而在鐵路系統中，工程對運轉所帶來的影響範圍，往往遠遠超過工程本身的範圍。以高鐵彰化站與臺鐵田中站轉乘接駁計畫<sup>[22]</sup>為例，該工程雖然以建設支線鐵路為主，但其行車計畫將串聯西幹線西側的田中支線與東側的集集支線，並將列車在集集支線交會的位置由濁水站改到集集站。此種支線鐵路運轉型態改變，不可避免將影響到西幹線的運轉。此時有意

義的行車計畫分析即應充份考慮假設工程完工後，未來集集線的支線列車與西幹線列車之相互影響，而僅考慮支線運轉將遠遠不足。在此方面，本研究之 RAILS 的能力應足以滿足鐵路計畫審查要點之要求。

此外，鐵路計畫審查要點亦要求計畫審議時「應通盤考量鐵路營運機構車輛調度及人力運用」。此應為 RAILS 合理而重要的後續發展方向。

## 2. 營運效率評估

鐵路計畫審查要點在此方面要求進行路線容量、站間路線利用率及行車速率之分析。這三項均為 RAILS 所能進行之分析<sup>[24]</sup>。

## 3. 設施配置

在此方面，鐵路計畫審查要點所要求的分析項目為「基地位置、月台及股道配置，須符合鐵路營運機構營運所需」。由於 RAILS 係以抽象的路軌模型為基礎，有能力精準表現任何車站或站間的股道配置而不必對股道配置做簡化處理，因此亦有能力達到法規所要求的本項分析。

此外，鐵路計畫審查要點第七條亦有部份規定與運轉分析相關，其內容節錄如下：

七、本計畫可行性研究報告書經核定後，鐵路建設計畫推動優先順序仍可由中央視財政狀況通盤考量。

綜合規劃由交通部指定所屬機關（構）為主辦機關辦理，地方政府與鐵路營運機構應分別研提下列事項，交由主辦機關評估考量，併同綜合規劃報告書陳報交通部：

### （二）鐵路營運機構

1. 管有土地開發計畫書及多目標使用計畫書。
2. 本計畫之行車營運計畫。
3. 因鐵路立體化所增加或減少之營運收支差額分析。
4. 因鐵路立體化對整體路線容量及行車效率之影響分析。

上述第七條規定了應「併同綜合規劃報告書陳報交通部」的項目，其中與運

轉分析直接相關者有二點：

### 1. 本計畫之行車營運計畫

如前所述，鐵路系統中，工程對運轉所帶來的影響範圍，往往遠遠超過工程本身的範圍。因此以班表為基礎的營運計畫評估有其絕對的必要性。以「南迴鐵路雙軌化暨提升為快鐵」<sup>[34]</sup>為例，由於臺鐵運轉於南迴線之列車多使用新左營基地，且運行於西幹線之列車又有相當比例使用潮州基地，使得該計畫對系統運轉的影響範圍遠遠超過南迴線本身。此時任何有意義的營運計畫評估均必須至少考慮西幹線南部路段，且必須以明確、接近臺鐵運轉狀況的班表為基礎；僅規劃未來將運行於南迴線的各式列車各自的運轉時隔、單獨分析個別車種在工程範圍內的運轉曲線，不但遠遠不足而且帶來未來運轉效能不如預期的風險。

### 2. 因鐵路立體化對整體路線容量及行車效率之影響分析

鐵路計畫審查要點在本項之要求涵蓋了整體路線容量以及行車效率兩方面。整體路線容量有別於個別車站、個別站間、甚至於個別站間的個別方向等局部性的容量，更著重於鐵路系統的運轉能力。此即為RAILS所提供之路線容量分析、瓶頸分析之主要著眼點。至於行車效率，在RAILS之運轉分析則有穩定性分析與路塞潛勢指數分析兩項；前者使用系統模擬的方法，評估在未來情境下，鐵路系統依前項之行車營運計畫而運轉時，可能的晚點狀況，而後者則計算分析範圍內各車站、站間之路塞潛勢指數，作為行車順暢程度的綜合指標。



# 第三章 運轉分析

## 3.1 運轉分析目的與內容

所謂鐵路運轉分析，目的在瞭解所欲分析的鐵路系統，是否能達成所欲提供的服務，以及其效能如何。具體而言，鐵路運轉分析工作之輸入資訊為投入之運轉資源與擬提供的服務，而輸出則為對資源運用狀況以及運轉效能的評估。亦即，鐵路運轉分析的目的在于回答這個問題：在投入到鐵路系統的資源下，用以提供所擬達到的服務時，其資源運用狀況及產出的服務品質如何？

運轉分析的最主要輸入資訊為投入到鐵路系統的資源，以及所規劃利用這些資源來產出的服務內容，分別說明如下。

### 1. 投入資源

就運轉而言，投入於鐵路系統最主要的資源有人、車、路三類。其中「人」以乘務人員為主。不同的鐵路系統所投入的乘務人員不盡相同，例如臺鐵系統的主要的乘務人員有司機員、列車長及車勤人員，而高鐵系統則另有車安人員、清潔人員及助理人員。至於「車」則指投入運轉的列車編組，例如臺鐵系統所使用的各式電聯車、莒光號列車等。最後，「路」則為路軌系統，是承載鐵路運輸服務的基礎設施，泛指構成鐵路系統，與運轉密切相關的一切設施，例如車站股道、站間股道、橫渡線、道岔、號誌系統、月台等均屬之。

### 2. 服務內容

鐵路系統的主要任務是提供運輸服務，而達成此項任務的主要手段是開行列車。因此所謂服務內容，指鐵路之營運機構所提供的運輸服務，其具體內容主要是在系統中所開行列車的車種、各車次的起迄站及沿途停靠站、各類車種的發車密度、不同車種之間的順序組合等。就鐵路運轉的立場觀之，服務內容很大程度決定了鐵路系統所能提供運輸服務的質與量。

運轉分析的主要分析成果則為資源運用以及服務品質，分別說明如下。

### 1. 資源運用

資源運用指鐵路系統投入的人、車、路等資源，是否足以支持所擬提供的服務，以及其運用效率如何。對「人」與「車」來說，需要評估的是鐵路系統所投入的乘務人員、列車編組，是否足以支持所擬提供的服務？若可支持，其人力運用與車輛運用效率如何？對「路」來說，則是路軌系

統的容量是否足以承載所擬運行的車次？

## 2. 服務品質

服務品質指鐵路系統所產出的運能的品質。其中包括了系統穩定性，亦即鐵路系統在運轉時的準點狀況、平均運轉速率、待避次數等等。

## 3.2 運轉分析之現況

本節以臺鐵都會區捷運化桃園段地下化建設計畫<sup>[35]</sup>為例，說明實務上運轉分析的現況。該建設計畫的範圍北起鶯歌區鳳鳴陸橋北側(K53+255)，南迄平鎮區台 66 線附近(K71+200)，全長約 17.945 公里。該計畫完成後將設置 8 座車站，依里程順序為鳳鳴站、桃園站（既有）、中路站、桃園醫院站、內壢站（既有）、中原站、中壢站（既有）、平鎮站。有關該計畫之更詳細介紹可參見後續第 6.2 節。

該建設計畫之綜合規劃<sup>[35]</sup>對社經預測、運量預測、運輸需求等，均完成了相當完整之分析。依其第六章之說明，此綜合規劃「將臺北都會區及新竹縣市範圍納入評估，以反映臺鐵桃園段往來臺北、新竹等區域軌道特性之運輸需求預測」。其考量在於雖然此建設計畫絕大部份工程範圍均位在桃園市，但運輸需求源自於經濟活動，桃園市之經濟活動並不獨立於全國經濟體系之外，而是與臺北、新竹密切連動。衡量我國經濟活動之分佈型態，這種分析範圍之設定實有其必要性。其分析結果相當豐富，在此不重複贅述。

報告書<sup>[35]</sup>第七章依據上述運輸需求分析結果，進一步分析對鐵路運輸之需求。該報告針對鶯歌=桃園、桃園=內壢、內壢=中壢以及中壢=埔心，個別計算其在目標年（民國 140 年）各區段的預估通過人數，再依此預估通過人數換算各區段所需要的列車需求，整理於該報告書表 7.1.3-1 至 7.1.3-4 四個表。其中桃園=內壢之列車需求數原資料呈現於圖 3.1 以方便參考。原報告書資料完整，在此不重複贅述。

車種	乘載旅客數 (人/日)	每列車 車廂數	每車廂載客數 (人/車廂)	全日 載客率	全日 列車數
自強號	28,317	12	48	70%	71
區間車	66,073	10	180	30%	123
貨物列車	-	-	-	-	20
合計	94,390	-	-	-	214

資料來源：【35】

圖 3.1 桃園段地下化建設計畫綜合規劃列車需求數示例

依全日列車需求數，規劃報告於表 7.1.3-5 與表 7.1.3-6 列出在目標年尖峰小時，17:00-18:00 與 19:00-20:00，上行與下行兩方向各自需要的自強號、區間車的車次數，如圖 3.2 所示。

目標年				目標年			
列車	下行	上行	總計	列車	下行	上行	總計
自強	1	5	6	自強	5	1	6
區間車	4	4	8	區間車	4	4	8
合計	5	9	14	合計	9	5	14

17:00~18:00

19:00~20:00

資料來源：【35】

圖 3.2 桃園段地下化建設計畫綜合規劃列車需求數示例

該綜合規劃進一步依據未來情境的軌道佈設推估其容量，再依上述車次需求數推估全線路線使用率以及尖峰小時之路線使用率。其中尖峰小時的部份重現如圖 3.3 所示。

路線區段	分析 年期	軌 道 數	參數設定				路線 容量 N	列車 次數	尖峰小時 路線使用率	
			平均運轉 時分	$S$	$f_1$	$f_2$				$C$
鶯歌=桃園	現況	2	7.07	1.0	0.7	1.2	2	12	14	116.67%
	目標年	3	8.21	1.0	0.7	1.1	3	15	14	93.33%
桃園=內壢	現況	2	5.07	1.0	0.7	1.1	2	15	14	93.33%
	目標年	2	7.36	1.0	0.7	1.2	2	12	14	116.67%
內壢=中壢	現況	2	3.57	1.0	0.7	1	2	18	14	77.78%
	目標年	2	4.71	1.0	0.7	1	2	14	14	99.61%
中壢=埔心	現況	2	4.50	1.0	0.7	1.1	2	17	12	70.59%
	目標年	2	5.75	1.0	0.7	1	2	12	12	98.83%

資料來源：【35】

圖 3.3 桃園段地下化建設計畫綜合規劃路線容量及使用率示例

觀察上述分析內容，可以歸納其基本邏輯是以未來運輸需求推估在工程範圍內所需要的車次數，再以未來情境的路軌佈置推估路線容量，據以計算工程範圍內的路線使用率。雖然此基本邏輯並無錯誤，但分析內容有其盲點。在鐵路運輸能量的供給面，如第 4.9 節相關論述之說明，單純依路軌佈置所推估之路線容量，其參考價值受限。同時，本計畫工程範圍大略位在鶯歌站至埔心站之間，但臺鐵並無僅運行於該區段之列車，亦即所有列車的運行範圍均遠超過本計畫工程範圍。未來完工通車之後，是否能如願依所需要的車次數開行列車、所開行的列車行經鶯歌站至埔心站路段時的時段、這些列車對其他區域所帶來

的影響均尚待分析確認。此外，在鐵路運輸能量的需求面，目標年在鶯歌站至埔心站工程範圍各區段的預估通過人數所服務之乘客，不必然以此為乘車範圍；對工程範圍外的車次需求亦有等分析。同時，容量及利用率並非法規<sup>[33]</sup>之全部要求，這些分析項目亦有不足之處。

上述分析範圍不足的狀況並非特例。例如宜蘭鐵路高架化計畫<sup>[36]</sup>亦有類似現象。該計畫之範圍介於四城站與冬山站之間（兩站皆不在計畫範圍內），工程範圍約 16 公里，涵蓋了 4 處既有車站以及一處新增車站。然而臺鐵系統中並無任何一車次僅運行於此工程範圍之內；本計畫的所有路軌變更、服務列車變更，均將至少影響樹林站至宜蘭站之間的運轉，影響甚至可能及於花蓮站或臺東站。因此工程範圍內之車站與站間足以容納這些所需要的車次，並不代表工程範圍之外的鐵路運轉均能完全配合。

基於以上觀察，可發現目前實務上推動各項鐵路相關建設計畫時，運轉分析與經濟、工程、運量等預測分析相較，實遠為薄弱與不足，尚有很大的努力空間。

### 3.3 運轉分析的必要性

鐵路系統的最重要任務是投入運轉以提供鐵路運輸服務。為了確保鐵路系統在建設計畫完工之後能夠達到既定的運轉目標、並且能夠確實掌握在施工過程中所能夠維持的運轉能力，鐵路建設計畫在可行性研究、規劃等各階段，以及施工計畫的研擬過程中，適當的運轉分析有其絕對的必要性。投入運轉是建設計畫最重要的任務，因此運轉分析的重要性並不低於環境影響評估、財務評估、經濟評估、工程評估等項目。

在法規方面，我國在多年前即已訂有鐵路計畫審查要點<sup>[33]</sup>，其中對於鐵路建設計畫之審議程序所要求的量化分析內容，有多項屬於運轉分析的範圍，詳細說明可參見第 2.7 節。

除此之外，我國在可見的未來將持續積極推動多項鐵路建設計畫，因此整體評估各項計畫之間對鐵路運轉的相互影響，更是極具必要性。尤其是在短距離之內施行的不同建設計畫，更是應該具體評估其在運轉方面的交互影響。例如臺中鐵路高架化、彰化市鐵路高架化計畫<sup>[20]</sup>、臺鐵集集支線基礎設施改善計畫<sup>[21]</sup>、田中支線建設計畫<sup>[22]</sup>、成追線雙線化、海線雙線化等，均集中在臺鐵系統的彰化附近路段。未來這些建設計畫完成投入運轉時，必然產生相互影響。

在小範圍內陸續推動多項工程，確是有必要及早統合評估各種不同情境組合下對臺鐵系統之運轉可能帶來的影響，務使寶貴的公共資源得到最有效率的運

用，同時又有效降低未來運轉效能不如預期的風險。若在分析的過程中及早發現未來有發生不利狀況的可能，例如列車平均運轉速率可能降低、誤點可能升高，亦較有預為防範大因應的可能。同時，各項建設計畫各有其多數不同的替選方案、多種不同的建設期程、甚至政府在中多數建設計畫之間取捨的可能性，其可能的排列組合甚多，政府相關單位實有責任跨計畫綜合評估分析多項建設計畫的運轉效能。

### 3.4 運轉分析的應用時機

如跨國合作研究<sup>[29]</sup>所指出，鐵路建設計畫的各階段均有進行運轉分析的必要。除了在建設計畫的可行性研究以及之後的各規劃、分析、設計階段均需要以運轉分析瞭解未來可能的運轉效能之外，實務上絕大部份的重要鐵路建設計畫均有多數不同方案而非僅有唯一方案。各方案之間除了建設內容的差異之外，工期也常各不相同。因此在整體考慮多項鐵路建設計畫時，主管機關更有必要整體評估在不同建設計畫各採不同方案的組合之下未來可能的鐵路運轉狀況。這種分析不但對主管機關選擇方案具有極高度的參考價值，而且也能作為安排各建設計畫施作時程的重要考量，以在中多數不同建設計畫之間，在工程內容以及實施時程均達到最佳的協調，並找到潛在的不利組合情境。

建設計畫在推動的過程中持續修正方案內容是常態的現象，例如可行性研究階段的股道佈設方案可能在綜合規劃階段有所修正。因此即便原始計畫已經過續密審議而認為符合法規<sup>[33]</sup>要求，在修正計畫時仍須以相同標準檢視，以確保計畫在修正之後仍然合於法規要求的標準。

為了維持既有服務不中斷，鐵路建設計畫在施工期間經常需要使用臨時軌甚至臨時車站。有時這些臨時設施的使用時間將長達數年之久。在經費、施工空間以及其他限制的考量下，臨時設施之標準不及永久設施是可接受的，但施工權責單位以及鐵路營運單位在臨時設施仍有責任提早在設計階段就掌握可能的運轉狀況以為適當因應。

除了與建設計畫相關之應用外，運轉分析亦為鐵路營運機構日常作業中重要的一環。鐵路營運機構必須經常調整班表、配合連續假期等特殊需求而調整車次、規劃車隊發展計畫、研擬路軌與軌道設施維修計畫、研擬乘務人力調配計畫等。在這些計畫研議的過程中，大都不可避免必須考慮各種方案對運轉的影響。在缺乏軟體工具的現況下，實務上經常高度仰賴專業人員的個人知識及經驗為之。專業的判斷具有一定參考價值，但是不易跨部門客觀討論，亦不易累積經驗，且易受到個人偏好的影響。因此一套良好的運轉分析工具在投入運用之後，不但可望對鐵路建設計畫帶來相當助益，亦有助鐵路機構的日常維運。



## 第四章 RAILS 平台

### 4.1 基本說明

本章的目的在簡要說明 RAILS 軟體平台的基本設計理念、對使用者所提供的操作功能以及本系統能夠如何輔助使用者進行計畫審議工作。本章的目的並不在說明具體的軟體操作方法，亦不在使讀者瞭解軟體的操作方式。軟體使用者熟悉操作方式的最有效方式是實地操作體驗，應可很快瞭解各種功能以及最適合自己利用這套軟體來完成業務的操作方式。

如第三章所論述，鐵路的運轉分析有其必要性，但亦有相當的複雜性。受到軟體工具的限制，確實達成鐵路計畫審查要點<sup>[33]</sup>所有規定項目已不容易，要實現完整的運轉分析更難。將分析工作電腦化與自動化，將有助此種分析之落實，對提高公共資源投資效益來可觀的效益，而此即為 RAILS 軟體平台重要的開發目的。以下圖 4.1 為該系統的登入畫面。

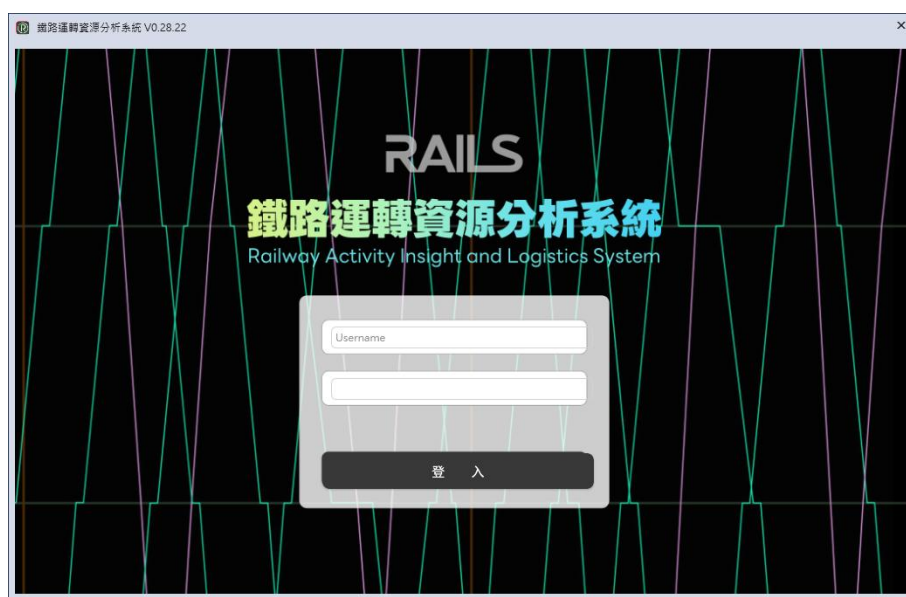


圖 4.1 RAILS 軟體平台登入畫面

本軟體主要的設計理念，是供使用者站在鐵路系統的高度，在軟體的工作環境中，依其所構想的情境建立鐵路系統的數位模型。使用者在這個數位模型中建立其構想中的鐵路網，包含其中的車站及站間以及所有的股道佈設；同時也建立其構想中的車次服務，包含所擬開行的車次、停站模式、牽引種別、服務車種等屬性。使用者完成鐵路系統的數位模型之後，RAILS 以其運算能力呈現該情境下的運轉狀況，供使用者「在數位世界看到未來的運轉」，並可收集各

種相關統計資料數據。

以下圖 4.2 顯示使用 RAILS 進行運轉分析的流程。使用者在設計情境時要先依分析的目的來構思擬分析的情境，再據以建立鐵路路網以及運轉班表，並完成運轉分析。由於系統內建有完整的鐵路資料庫，這過程之全部資料數據係由軟體系統全自動管理，供分析者、計畫審議者或其他各種不同角色參與者在共同的基準上完成各自的任務。

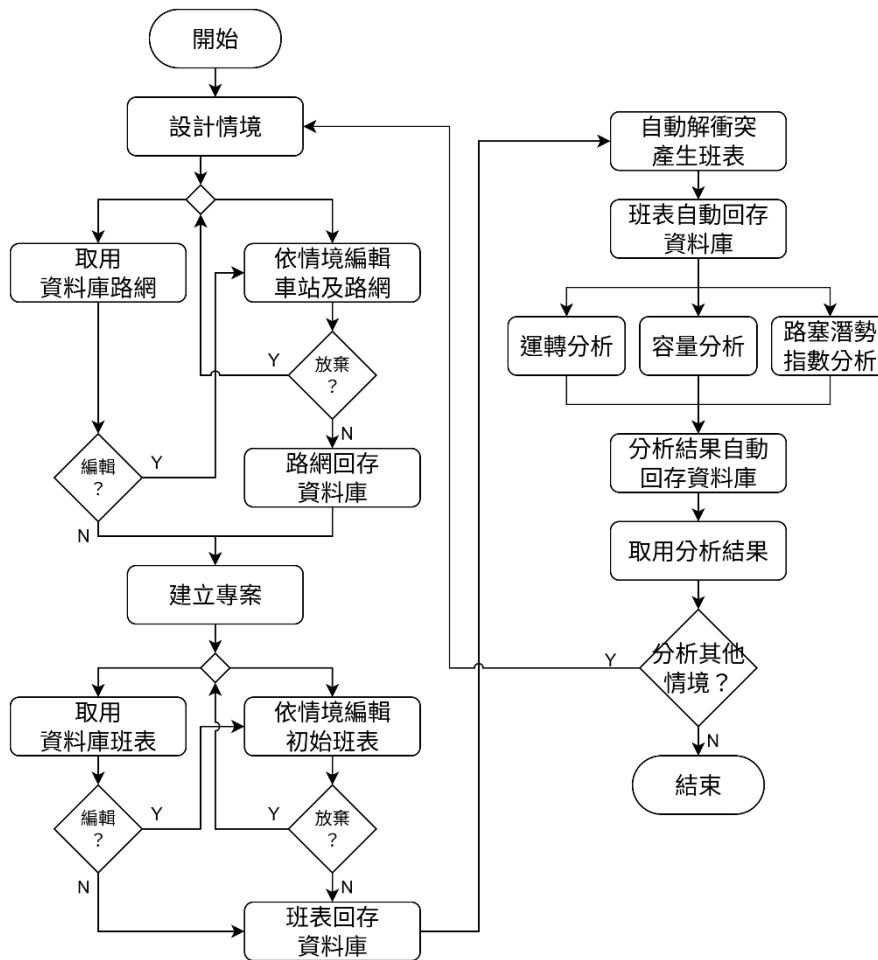


圖 4.2 RAILS 軟體運轉分析流程

例如，桃園鐵路地下化計畫<sup>[17]</sup>將在工程範圍內密集增設車站，假設某使用者欲瞭解：未來完工之後，倘若臺鐵以現況的型態開行車次，屆時列車平均運行速率是否能達到法規<sup>[33]</sup>的要求以及其運轉狀況。此時即可依圖 4.2 所示之分析流程，在 RAILS 工作環境中建立專案之後，利用其操作介面所提供的功能取用鐵路資料庫中的臺鐵全線路網，再利用軟體系統的編輯功能在路網中加入新增的車站，同時並配合該建設計畫之設計，調整工程範圍內各既有站之股道佈

設。完成建立路網模型之後，可再利用 RAILS 操作介面所提供的功能取用鐵路資料庫中的臺鐵真實班表，再利用軟體的班表編輯功能來擷取其中擬納入分析的範圍。依上述運轉分析目的，可配合臺鐵運轉型態擷取基隆至新竹路段、不含支線範圍內之班表進行運轉分析。擷取適當範圍內的班表之後，可再使用相同的班表編輯功能，令所有的區間車均在此工程範圍內停靠所有新增車站，而所有對號列車則均通過不停靠。其餘之停站模式則沿用臺鐵之現況設定。這些過程將使得班表中產生衝突。依圖 4.2 流程所示，軟體系統可自動排除班表中之衝突，之後即可進行各項運轉分析。完成之後使用者即可利用 RAILS 的相關功能，自鐵路資料庫中取得分析結果、製作統計圖表或下載數據供後續應用。

任何真實鐵路建設計畫之運轉分析都是複雜的，並且需要各種不同角色人員之共同參與。而本平台之設計，即在使共同參與建設計畫的各分屬不同單位、扮演不同角色之人員能在軟體的輔助下共同完成任務。對計畫審議人員而言，其工作流程如圖 4.3 所示。進行計畫審議工作時，僅須開啟前已依圖 4.2 所示流程完成分析之專案，取用其所需要之分析結果即可。

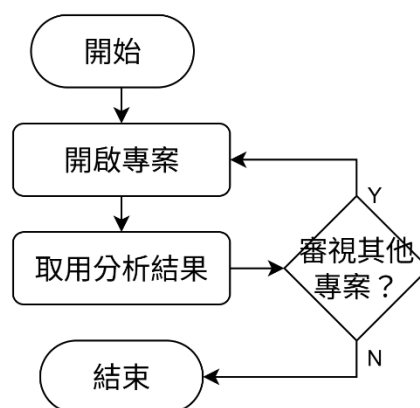


圖 4.3 RAILS 軟體計畫審議輔助流程

## 4.2 平台主要邏輯模組

此軟體平台的系統邏輯架構圖示意於圖 4.4。系統的主要邏輯模組有引擎庫、工具庫、鐵路資料庫、轉介層以及操作介面。其中工具庫安裝於使用者之電腦，其餘則安裝於後端之伺服器電腦，其間透過網際網路相連。各模組分別說明於下。

### 1. 引擎庫

引擎庫在平台中的主要功能是控管所有求解引擎模組的運作。本軟體

平台之所有自動解衝突、路塞潛勢指數計算、容量及利用率分析、系統模擬及其他重要演算能力均由引擎庫之軟體所提供。

## 2. 工具庫

工具庫安裝於使用者之前端電腦，主要功能在對使用者提供操作服務與工作環境。工具庫的功能透過操作介面與使用者直接互動。所有操作畫面中所呈現的資訊、數據的查詢、編修、維護、統計分析等，以及資料的權限管理、個人帳號維護等功能，均由工具庫之軟體所提供。這些軟體也同時經由網路與轉介層及資料庫交換資訊。

## 3. 鐵路資料庫

本軟體系統所內建的鐵路資料庫支持了全系統的正常運轉，但與使用者並無直接互動。其功能在集中收納路網、路軌、運轉、班表、車次、售票紀錄等數據集，以及內部管理參數、系統狀態參數、演算參數、容量相關參數及使用者自訂參數等。所有的數據進出資料庫均全自動進行，使用者完全不需要與資料庫有任何直接的接觸。亦即資料庫的設計目標是以全自動的方式支援系統各模組的需求，而非由使用者自資料庫中手動查詢資料之後再鍵入所需要的模組軟體中供其運算使用。

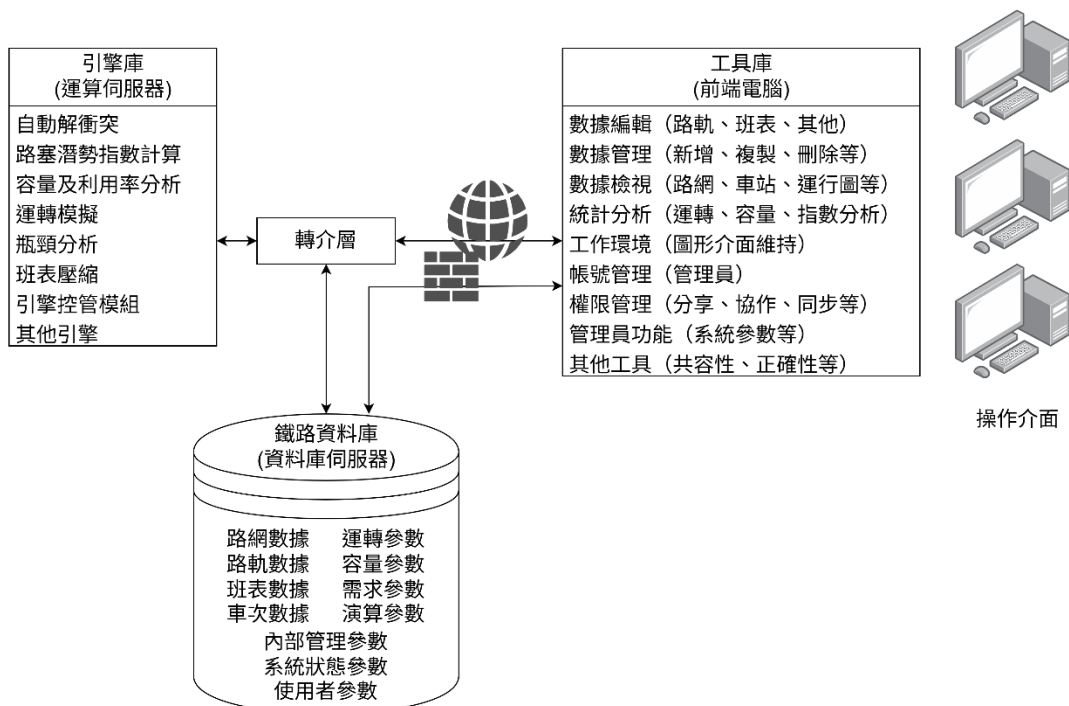


圖 4.4 RAILS 平台主要邏輯模組

#### 4. 轉介層

轉介層對外（指轉介層之外）分別介接引擎庫、工具庫及鐵路資料庫，經由精準的協調共同達成軟體平台之任務。

#### 5. 操作介面

本模組為全系統中唯一與使用者直接互動的部份。此模組之主要功能在對使用者提供操作的輔助，協助使用者操作 RAILS 的複雜功能。

鐵路資料庫是 RAILS 中較為特殊的一個邏輯模組。在任何略具規模、重要性的系統中，資料庫絕對不等同於簡單的資料倉儲。反之，資料庫最重要的功能是要以其自身的運算能力來支援整個系統對資料管理的需求，包括在適當的時機以正確的格式提供正確的資料給各軟體模組使用，並且接受、管理各軟體模組所傳來的資料。因此，資料庫的最重要功能並不是供使用者直接操作、查詢；資料庫對使用者最重要的性質也不是含有哪些資料表、各有哪些欄位、彼此如何關聯。對使用者來說，最重要的是在資料庫的支持下，軟體得到了有什麼樣的能力以對使用者提供更好的服務。本系統在這種原則下設計內建鐵路資料庫。這個資料庫以其自身運算能力維持各種不同來源資料之間的一致性與相容性，同時又配合各軟體模組的特性與需求，提供資料的支援。

### 4.3 時隔基本說明

所謂時隔指鐵路系統中，兩列車之間的時間間隔。最基本的作法是將時隔定義在軌道上的某一位置，亦即列車先後行經該位置時，其間的時間間隔為此二列車在該位置的時隔。然而對於實務上的用途目的，這種最基本的定義可能不足；時隔實需更細緻而明確的定義，才能最方便使用。

本系統的目的在輔助使用者進行各種計畫性工作，有別於上線運轉過程中的列車運轉控制。上線運轉時，列車依號誌系統之管制而運行，由號誌系統確保在任何狀況下，所有列車在各道岔處、各號誌機處及其他所有空間位置都保有適當的時隔，而達到安全運轉的目的。然而在編擬各種計畫時，工作人員所需要的資訊並非如此。在安排列車運行的計畫（亦即所謂「排點」工作）時，所安排的是所有列車在其所行經的各站的到離站時分。換言之，不論是以人工方式由工作人員進行排點，或本系統之自動排點，或甚至以簡單的隨機安排列車順序再進行推擠模擬以得到列車到離站時分，所安排的均是各車次在所行經各車站的到離站時分，而非列車行經各號誌機、各道岔處之時分。因此，在時隔方面，真正的需求是「各列車在各車站的到離站時分」這些時間點之間的間

距，並不是前後列車行經各號誌機或道岔處時候的時間間距。這種計畫工作與上線運轉截然不同，前者考量運轉順暢而與行車安全無關，所需要的是適當安排到離站時分之間的時隔；後者以行車安全為主要考量，所需要的是確保前後列車在每一個空間位置都有適當的時間隔離。

以上論述明確指出，「時隔」在上述基本定義之外，實應配合真正需求而做更進一步的定義，以方便運用。為此，時隔理論<sup>[31]</sup>先定義列車的到離站時分如下：對通過列車，其到站時分與離站時分相同，均為列車通過車站中心點的時間點；對停站列車，其到站時分為列車靜止的時間點，而離站時分則為列車起步的時間點。折返等其他操作則比照此種原則。這樣的定義與實務排點工作的需求是一致的：實務上班表的內容為依這些方式所定義的到離站時分，而非列車行經號誌機或道岔的時分。

在進行上述排點工作、安排各車次到離站時分的過程中，前後車次的到離站時分之間若時間過近而實際上列車無法達成，或者時間過遠而超過最小的需求，都將影響排點結果的價值及可用性。例如，倘若排點的目的是要得到真實上線執行的班表，而到離站時分過近，則雖不影響安全，但卻可能影響執行時的準點狀況；倘若排點的目的是到得到一份班表來評估路線容量，則可能使容量評估失真。因此，掌握在前後車次，到站時分與離站時分之間最恰當的時間間隔長度便有其重要性。在此稱本項最恰當的時隔長度為「最小時隔」，亦即在列車可達成的條件下的最小時間間距；依其組合而有「最小到站時隔」、「最小離站時隔」、「最小到離時隔」等各衍生型態。由於所有原則及邏輯均相同，以下並不對各種組合作個別不同的推論。

依以上推論，計畫工作所需要參數的是上述定義的最小時隔。而最小時隔則是：列車在號誌系統的控管下，兩列車在先後到站或先後離站（或其他到離組合）時，所能達成的最小時間間距。既然列車在號誌管制下運行，則最小時隔的推估，亦必須以號誌為出發點。其推估過程將於下一小節再詳細說明。

整體歸納，時隔的基本定義是前後列車行經空間中某點的時間間距，但這個基本定義卻不足以供排點等計畫工作之用；實務上的需求並非列車在號誌機、道岔或空間某處的時隔，而是列車到離站之間的時隔。時隔理論以列車的到離站時分為基礎，進一步定義可供計畫工作使用的最小時隔，並且提出以號誌為出發點的時隔推估方法。這種定義以及推估方法使得最小時隔一方面貼近實務工作所需，另一方面又能由號誌機為出發推導而得。

## 4.4 最小時隔推估方法

本節將說明 RAILS 自動計算排點時所需要的時隔的方法，主要論述基礎參考自時隔理論<sup>[31]</sup>。依前節之論述，最小時隔主要的用途是供編擬運轉相關計畫之用，與執行運轉過程中的列車控制並無必然的直接關係。最主要的用途之一是供排點時安排行點之用。在排點時，若班表中的車站到離時分未能達到時隔的最低要求，將會提高運轉時發生延遲的可能性，但並不影響運轉安全；正常的鐵路系統不可能因為班表內容而使列車發生不安全運轉。

如前節所論述，排點時所需要的時隔值並不一定是單純的兩列車先後行經空間某點的時間間距。真正所需要的時隔值同時受到路軌設施、列車性能、速限、到站任務、股道分配等諸多因素之影響，雖然學理單純，但排列組合達數千種以上；若逐一為每一種組合推導其解析公式，難度不高但並不實際；況且解析公式實作成為程式的一部份時，必然是以數值方法運算之，解析公式並無效益。因此本系統以號誌為出發點，採用數值方法達到全自動計算的目的。所使用的方法說明如下。

以下使用圖 4.5 所示之一島一岸壁車站股道佈設方式為例進一步說明以號誌為出發點的時隔推估方法。圖中所標示的「1股道」與「2股道」為主正線，「3股道」為副正線。車站設有 4 組進站號誌機及 6 組出發號誌機共計 10 組。依臺鐵慣用靠左行車方式，1股道之行車方向係由南向北、2股道為由北向南、3股道則為雙向行車。圖中亦標示該車站與站間股道之 4 處連接點，分別位於車站之南北二端，並以 NE 表示連接車站北側東正線、SW 為車站南側西正線，其餘 SE 與 NW 之意義則依此類推。

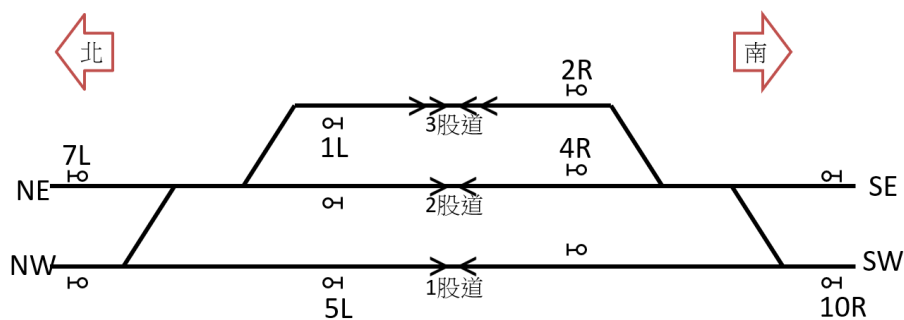


圖 4.5 一島一岸壁車站示意圖

圖 4.5 所示之車站，依上述說明之運行方式，會有進站進路及出發進路各 4 組，共計 8 組進路整理於表 4-1。其中名稱為「NE-2」之進站進路係由 NE 點進入該車站之後進入 2 股道，而名稱為「3-NW」之出發進路則由 3 股道出發之後經由 NW 點離站，其餘依此類推。控制並保護各進路之主要號誌機亦示於表

中，而各號誌機之幾何位置則可參閱圖 4.5。例如號誌 7L 控制列車是否可進入使用 NE-2 進站進路、號誌 5L 控制列車是否可由 1 股道經此進路由 NW 離站等等。

表 4-1 範例車站進路及衝突表

	進路	號誌	運行衝突	道岔衝突
進站	NE-2	7L		3-NW(反向), NE-3(同向)
	NE-3	7L	SW-3(反向)	NE-2(同向), 3-NW(反向)
	SW-3	10R	NE-3(反向)	2-SE(反向), 3-SE(反向), SW-1(同向)
	SW-1	10R		SW-3(同向)
出發	1-NW	5L		3-NW(同向)
	2-SE	4R		3-SE(同向)
	3-NW	1L		NE-2(反向), 1-NW(同向), NE-3(反向)
	3-SE	2R		SW-3(反向), 2-SE(同向)

依此，在臺鐵系統慣用運行方式下，圖 4.5 所示之號誌機當中實際用於控制行車者有 6 組，於圖中均標示其名稱，例如 7L 為南下方向的進站號誌機，用以保護 NE-2 進站進路、1L 為 3 股道北上方向之出發號誌機，用以保護 3-NW 出發進路等等，其餘類推。其餘號誌機則僅在圖中標示其符號而未加註名稱以簡化閱讀。

表 4-1 亦整理了進路之間的運行衝突及道岔衝突狀況。以 NE-3 進站進路為例，該進路與 SW-3 進站進路均使用 3 股道，因此二者不可同時開通允許列車進入使用。由於二者彼此衝突，因此在表 4-1 中列出二項運行衝突。道岔衝突則指二或多組進路因為共同使用相同的道岔而不可同時開通，例如 3-NW 與 NE-3 即是。

號誌機的功能是控制列車在進路上的運轉以形成應有的保護。臺鐵系統的號誌機狀態可分為「可通行」與「禁止通行」2 種。其中禁止通行以紅燈表示，可通行則又分為綠燈、黃燈等等多種，用以表示通行時之速限。這種設計使得號誌機能夠用二種方式保護列車：顯示可通行以指示列車可依其速限指示進入該號誌機所保護的進路，以及顯示禁止通行以阻止列車進入所保護的進路。須注意，同一進站號誌機可能控制、保護多組進路，例如表 4-1 中，號誌機 7L 即保

護 NE-2 與 NE-3 兩組進路。

號誌機保護列車運行於其控制的進路，其過程可分為三階段，說明如下。

1. 列車抵達前：當列車被允許通過某號誌機而進入其所控制保護的進路時，該號誌機必須在列車車頭進入號誌機的停車視距之前就先顯示可通行狀態，亦即進路完成開通。
2. 列車通過中：在列車車頭越過號誌機進入其所保護的進路之後，直至車尾脫離該進路之前，均屬此階段。此時該號誌機應顯示禁止通行以禁止其他列車進入其進路範圍。
3. 列車通過後：列車車尾離開該號誌機所保護的進路時，其控制號誌機即不再需要保護該列車，亦即進路解除開通。但號誌機可能需要一段轉換時間才能轉變為其他狀態。

上述過程示例於圖 4.6。該圖以進站號誌機為例，顯示同一號誌機先後保護 2 列車之過程。為了簡化圖形以利閱讀，該圖以紅色顯示禁止通行之狀態，而以綠色顯示可通行之號誌狀態，不再探討其速限。由於進站號誌機僅有在開通狀態顯示可通行，因此在開通進路予列車 1 之前，以及列車 2 通過後均顯示禁止通行之狀態。

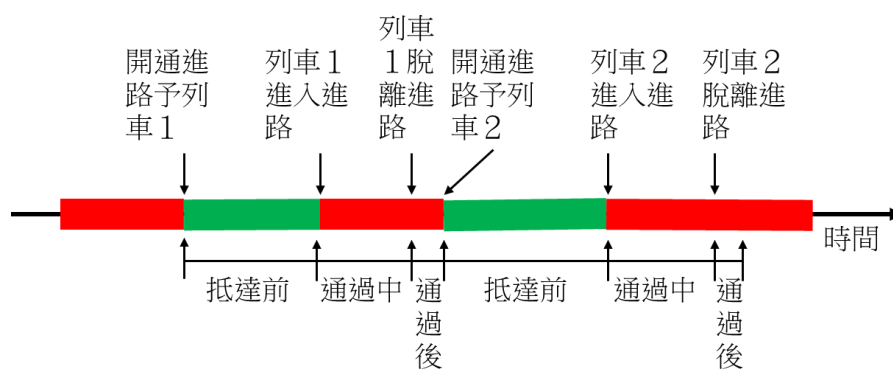


圖 4.6 號誌保護列車過程示意圖

以下圖 4.7 所示為單一系列車通過車站過程之時空運行圖。該圖所示範圍包括列車進站之前與離站之後各 2 組中途閉塞號誌機，以及圖 4.5 所示之 6 組站內號誌機。車站中心位置亦以虛線標示。本例假設列車經 1 股道北上通過而不停靠，其車頭與車尾之軌跡線以二條平行線示於圖中，在左側者為車頭而位在右側者為車尾。此時其進站進路為 SW-1，出發進路為 1-NW，控制、保護此二進路之

號誌機依序為 10R 與 5L。這二組號誌機，連同上述 4 組站間閉塞號誌機之狀態變化過程均示於圖中。

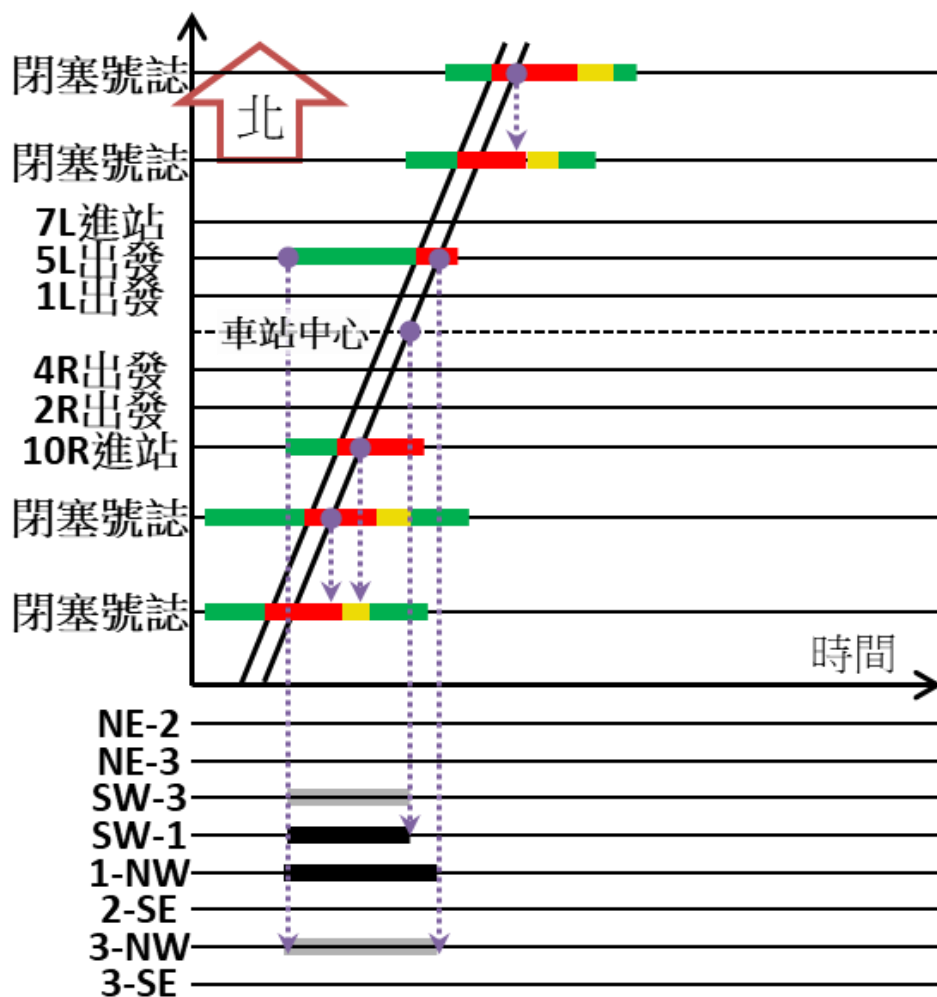


圖 4.7 單一列車通過車站過程運行圖

圖 4.7 下半部所示則為在列車通過之過程中，各進路之狀態。由於本例中該列車於此站係通過而不停靠，因此需同時開通進站與出發進路。依圖 4.5，前者為 SW-1 進路而後者為 1-NW 進路。依表 4-1，此二進路之管制號誌機依序為 10R 與 5L，因此圖 4.7 上半部亦顯示 10R 進站號誌機與 5L 出發號誌機同時顯示可通行。上述號誌機 10R、5L 以及 SW-1、1-NW 兩進路間之時間關係亦在圖 4.7 中以虛線箭頭標示之。在此同時，如表 4-1 所示，SW-1 進路與 SW-3 進路之間有道岔衝突。因此在開通 SW-1 進路的同時，SW-3 進路被禁止開通，如圖 4.7 下半部以灰色表示。同理，在開通 1-NW 進路的同時，有道岔衝突的 3-NW 亦被禁止開通，同樣以灰色表示。若該列車於此站有停靠或使用不同進路，各號誌保護相

關進路的計算方式均相同，進路之開通與禁止開通原則亦完全相同，在此不再逐一狀況贅述。

以下圖 4.8 所示為二列車先後通過此站過程之時空運行圖。在本例中二列車均在此站通過而不停靠，因此時隔之計算係以列車車頭通過車站中心點之時間為準，如圖所標示。由圖中可觀察到，適當的班表必須使得任一號誌在任一時間點僅能保護一列列車、任一進路在同一時間僅可開通予一列車而且任一進路在被禁止開通時不可開通予其他列車。在滿足這些條件之下，沿時間軸平移此二列車使得其行點最為接近時的時隔，即為此二列車之間所需要之最小時隔。

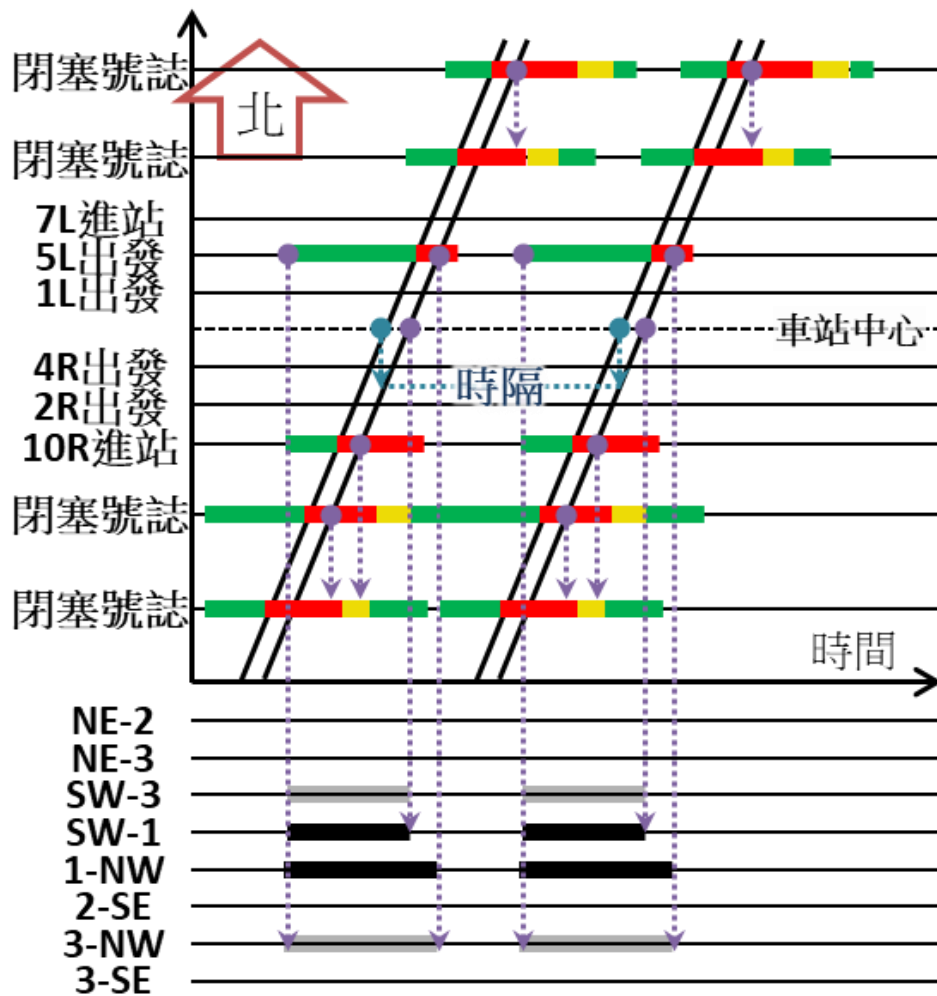


圖 4.8 二列車先後通過車站過程運行圖

上述論述可使軟體能夠據以自動計算任何車站佈設、任何車種組合、任何進路組合、任何停靠或通過組合所需要的最小時隔。以圖 4.9 為例，該圖顯示兩列車以北上方向經過圖 4.5 所示之一島一岸壁車站，並且發生追越的過程。待避列

車到站後以 SW-3 進路進入 3 股道停車，之後通過列車以 SW-1 進路進入 1 股道，隨後以 1-NW 進路離站而完成追越。最後，待避列車以 3-NW 進路離站。雖然列車運轉之組合與前述先後通過之案例不同，但對最小時隔之推導過程卻完成相同。電腦可先獨立推導各相關號誌先後保護這兩班列車的時間點，再計算各列車佔用各進路的時間，最後再依相同的原則分別計算兩列列車在追越前與追越後所需要的最小時隔即可。

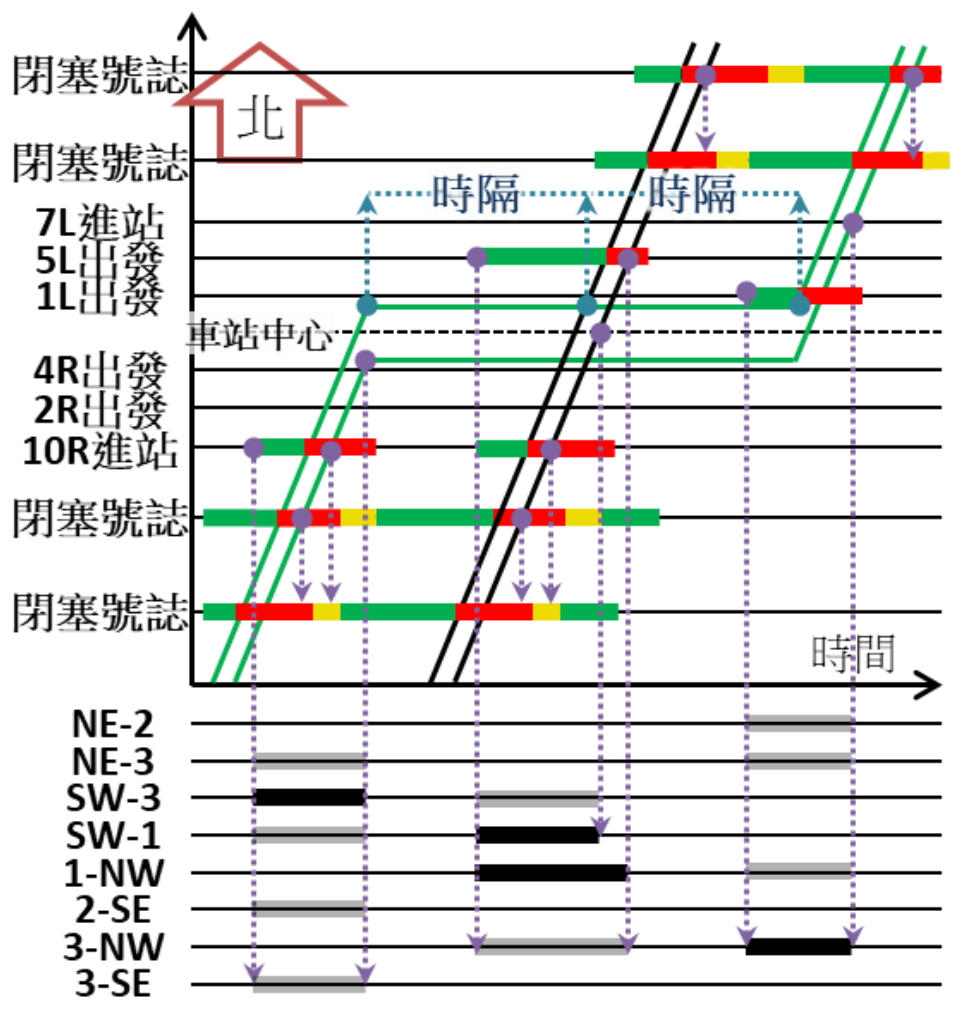


圖 4.9 北上方向追越過程運行圖

本節所說明的方法，足以供電腦依路軌、號誌、道岔之佈置而全自動計算不同牽引種別列車之間時隔，且可應用於任何軌道佈置的車站。在本軟體平台中建立這種能力將帶來相當的效益。配合各種軌道建設計畫而對未來情境進行各項運轉分析時，時隔將是重要的輸入參數，其數值足以影響分析結果。倘若由分析人員依其經驗判斷而提供所需要的各項時隔，將重大影響分析結果的客觀

性；對相同的建設計畫，輸入不同的時隔可能得到不同的分析結果，若這些時隔值的客觀性不足，分析結果亦無法具有足夠的客觀性。在另一方面，對既有車站的時隔，臺鐵的經驗值具有足夠的客觀性；但應用在未來情境時，如何引用經驗值，並無充份客觀而又可一體適用的規則。此時，軟體平台即可利用其依軌道佈設自動計算時隔之能力進行分析而無過度受到主觀影響之慮。

## 4.5 路軌模型功能

本軟體平台使用完整的路軌數位抽象模型，作為鐵路資料庫收納路軌相關正規化數據之用，同時也作為全系統的一致性標準，以在自動化的方式下支援全平台統的運算。該模型將整個鐵路路軌系統區分為 3 層資訊：運轉、路網、股道。其中最上層的運轉資訊包括了運行於該路網列車的牽引種別、在各站間的各式基準運轉時分、路網的路線劃分定義等；其下的路網層資訊則描述了鐵路系統的拓撲，例如臺鐵本線、各支線、山海線所形成的環線等路網架構即描述於本層。最後，股道層的資訊則描述了各車站、站間的股道佈置、道岔、號誌機等設施，以及進路、路徑等列車運行於這些設施的規則。

這個數位抽象模型適用於臺鐵全系統包含本線、支線在內所有路段，並及於端末、分岔及其他所有型態的車站。模型有能力完整描述車站中的股道、月台等直接影響運轉的硬體設施，以及進路、路徑等列車在路軌上運行的方式。模型亦有能力描述列車經過車站過程中的行經、折返、收車、發車、調車等不同的運轉途徑。

本軟體平台以路軌模型為基礎，提供使用者自行建立、管理鐵路網、車站、站間等路軌設施的工作介面。以下圖 4.10 所示為使用 RAILS 操作介面編輯南港站的畫面，而圖 4.11 則為南港站在臺鐵行控中心顯示面板的照片。系統以畫布工作環境供使用者設定股道配置，並在設定的過程中自動配合進行道岔、進路、路徑、號誌等設定。略經練習之後，使用者可在 5 分鐘以內完成在系統中建立南港站的過程。

使用者完成車站設定之後，在操作介面上僅需單鍵操作即可存檔。此時軟體工具庫裡的程式將自動解析使用者所編輯的內容、轉換成為抽象模型之後再存入資料庫中。

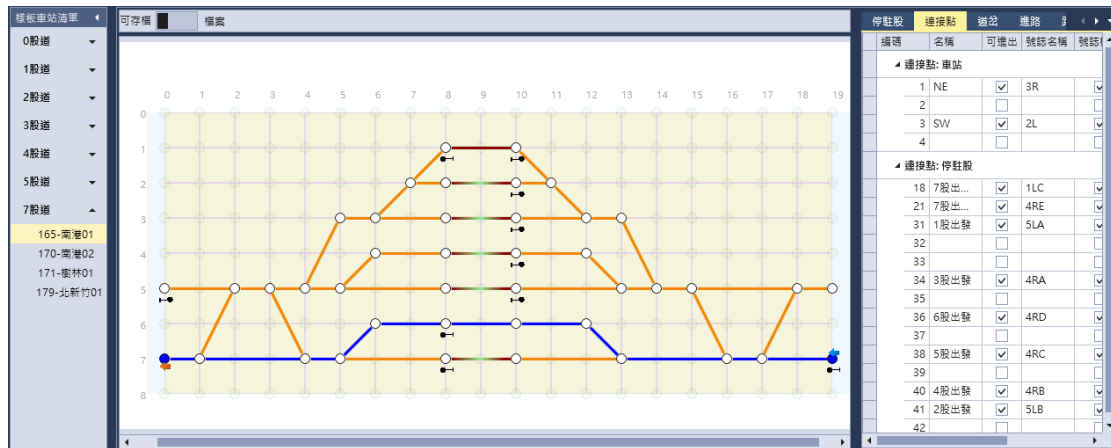


圖 4.10 RAILS 平台車站股道編輯畫面 (南港站)

使用者在工作環境中建立路軌拓樸資訊的過程中，軟體會自動依路軌模型的規則自動建立進路、路徑，以供後續依時隔理論<sup>[31]</sup>自動計算得到解衝突時所需要的所有最小時隔參數。使用者可在圖 4.10 所示的工作環境中檢視資料狀況並作必要的調整。

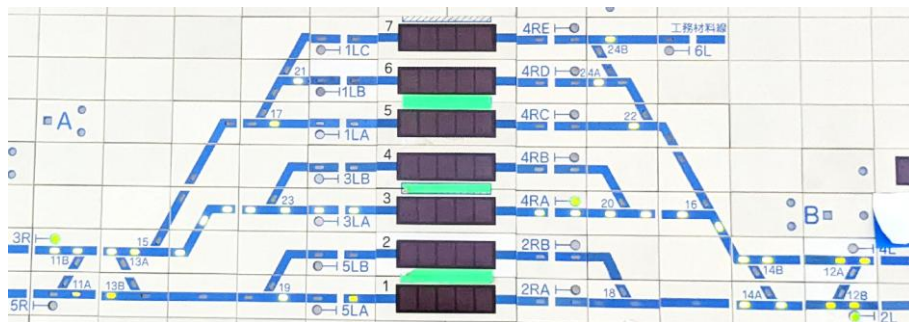


圖 4.11 南港站臺鐵行控中心顯示面板照片

除了車站股道及其相關設施之模型外，RAILS 平台亦允許使用者編輯車站與車站之間的站間路段，並將多數車站及站間組合成為路網，其操作畫面如圖 4.12 所示例。路網資訊包括了使用者設定在該路網中所運行的牽引種別與服務車種、各牽引種別在各站間的基準運轉時分、各服務車種在各車站的基準停站時分等參數。其中基準運轉時分為各種牽引種別之列車，在相鄰站之間運行時所需要之最短時間長度。這個時間長度會因運行方向、在兩端車站停靠或通過而有不同的值。至於基準停站時分則為各種服務車種的列車，在各車站停靠時的最短停靠時間長度。

使用者可依其需要自行定義各式路網，均存檔於鐵路資料庫中，並經由軟體平台所提供的操作功能使用之。使用者並不需要下載資料成為檔案並自行保管，也不需要直接操作資料庫。而軟體亦提供不同使用者之間共享資料的管理機制。

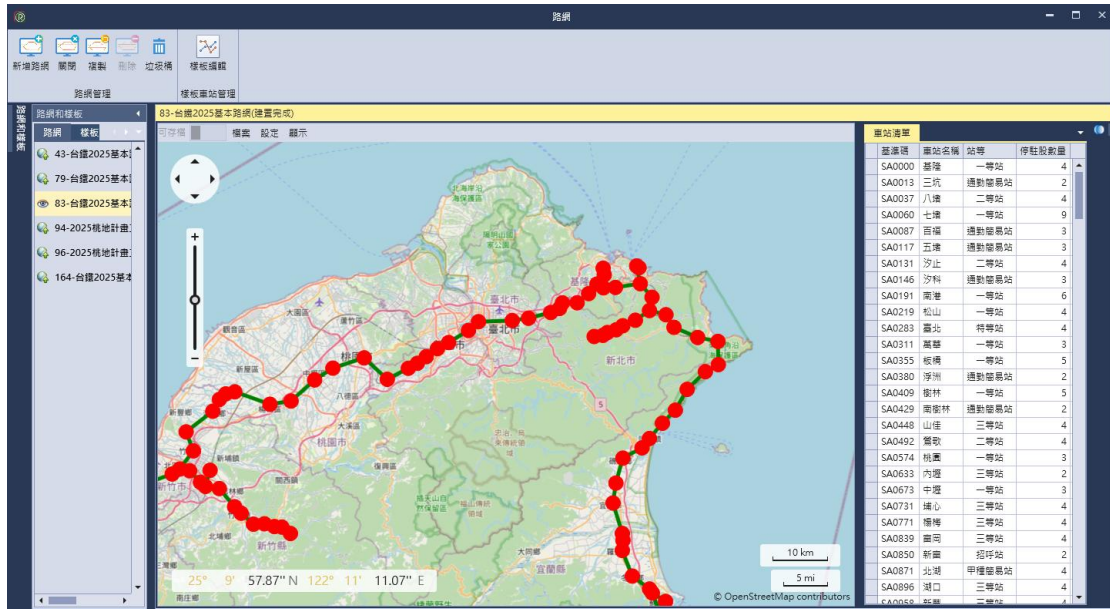


圖 4.12 RAILS 平台路網編輯畫面示例

使用者可利用系統所提供的功能來編輯車站之間的站間軌道，操作畫面如圖 4.13 所示。編輯時可設定兩站之間的沿軌距離，亦可由系統依車站經緯度自動計算直線距離作為軌道長度。使用者可設定站間的股道數、每一股道上中途閉塞號誌機的位置以及各站間股道與車站軌道的連接方式。

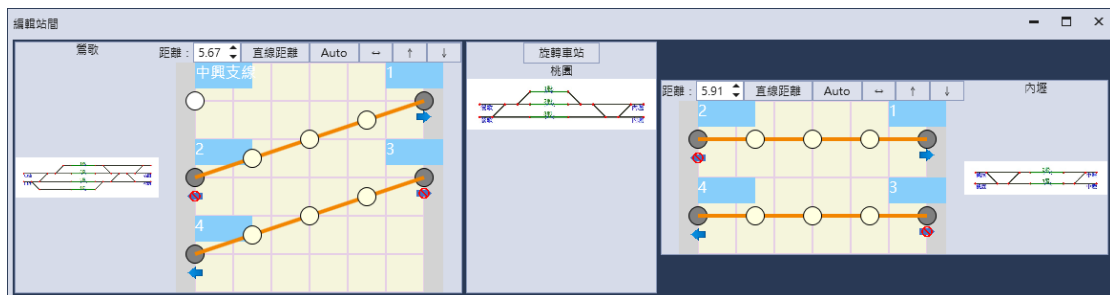


圖 4.13 RAILS 平台站間軌道編輯畫面示例

## 4.6 班表模型功能

班表描述了鐵路系統中，各車次的運行計畫。在真實鐵路系統中，班表描述了系統擬開行的所有車次資訊；對運轉分析而言，班表表現了系統所提供服務的內涵以及對路軌承載能力等資源的需求；在 RAILS 中，班表則描述了數位鐵路系統的服務內涵。

班表是運轉分析最重要的輸入資訊之一。鐵路運轉分析必須充份而具體考慮擬執行的班表才有意義。如第 3.1 節所論述，運轉分析的主要分析成果為資源運用以及服務品質。前者之主要分析內涵是：所投入的人、車、路等運轉資源是否足以支持班表所描述的服務及其資源運用效率，而後者之主要分析內涵則為鐵路系統執行該組班表時所產出的運能的品質。顯而易見的，兩者均必須充份而具體考慮擬執行的班表才能意義。

班表所含的資訊項目甚多，包括在何時間開行什麼車、所有車次在所有行經車站的到站任務等等。具體而言，班表中所含的重要基本資訊包括了所有車次的號碼、沿途行經的車站等。對於所行經的每一處車站，則有到站任務、牽引種別、服務車種等與服務計畫相關的資訊，以及到站時分、離站時分、所分配使用股道等與運轉及衝突相關的資訊。本軟體平台的自動解衝突功能，其主要目的即是在求解一組給定的初始班表中，各車次在各車站的適當到站時分、離站時分以及股道分配，以消除給定的初始中的列車衝突。

在使用者運用本軟體平台時可能會有各種班表來源，例如使用者自行編輯而成的班表、軟體平台取用某初始班表經自動解衝突而得的班表、由臺鐵公司取得再經格式轉換而匯入本平台之真實班表等等。一致性是本平台的重要性質：不論班表資料來源如何，本平台均以一致的內部格式存放於鐵路資料庫中，並以一致的邏輯進行各種處理及操作。

班表是使用者運用本平台進行各種分析時所不可或缺的資料。如第 4.1 節圖 4.2 流程所示，RAILS 提供了完整的班表管理與班表編輯功能。前者包括了班表的匯入、新增、複製、刪除、另存等操作；而後者則可供使用者創造全新班表，亦可取用既有班表而編輯其中任何車次之任何資訊，或在該班表中執行刪除、新增、複製車次等操作。以下將簡要介紹 RAILS 提供給使用者編輯班表的功能。

以下圖 4.14 呈現其班表功能的操作介面示例。使用者可在這個工作環境中檢視運行圖，並在畫面右側查詢所有車次清單以及指定車次的詳細行點，右下角則是車站的股道佈設簡圖，會隨滑鼠在運行圖中的移動而連動。當使用者利用第 4.5 節所說明的功能編修車站股道佈設，並經適當操作之後，圖 4.14 所示的車站簡圖以及班表中相關資訊會自動更新。

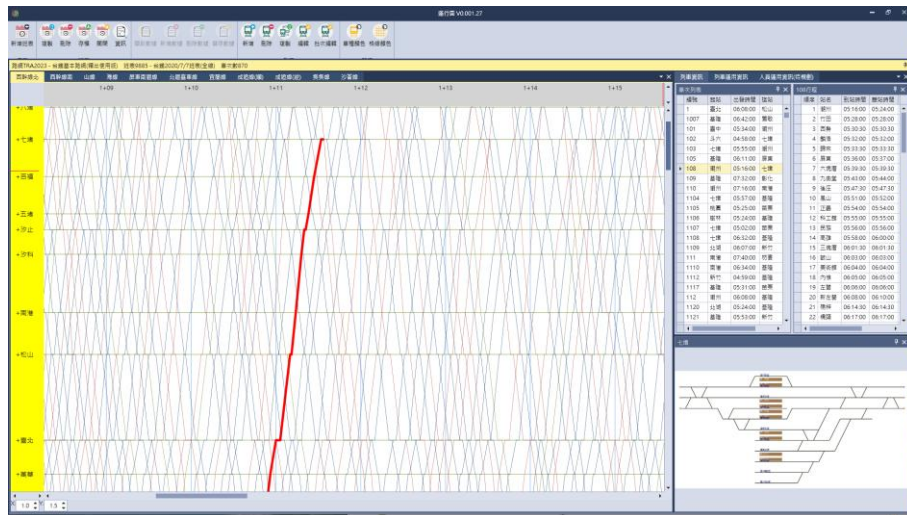


圖 4.14 RAILS 班表功能操作介面示例

圖 4.15 所示為使用者可用以編輯班表的工作畫面。使用者可在這個工作畫面中進行多種編輯操作，包括以下各類。

1. 車次操作：車次的新增、刪除、複製等操作。
2. 車次行程：車次行程的起站延伸、迄站延伸、截短、翻轉等。可針對單一車次進行，亦可指定多數車次之後一次執行。
3. 行點：對指定車次的指定車站，調整其到站時分、離站時分；對指定的站間調整其運轉時分。
4. 到站任務：對指定的一或多車次，調整一或多車站的到站任務。
5. 牽引種別：調整指定車次的牽引種別。本系統亦允許同一車次在其行程中變換牽引種別。
6. 服務車種：調整指定車次的服務車種。本系統亦允許同一車次在其行程中變換服務車種。
7. 車次參數：設定車次的最小站間運轉時間長度、最小在站時間長度等參數，亦可指定多數車次之後一次執行。
8. 股道運用：設定各車次在所行經的各車站是否禁用某些股道。
9. 最小在站時間：使用者可對所有車次行程中所經過的每一處車站，個別設定其最小在站時間長度，亦可以用批次的方式，一次設定多趟車次在多處車站的個別最小在站時分。設定本項參數對車次行點並無直接而立即的影響，但若後續執行自動解衝突時，本項參數將作為軟體在自動安排行點時

的依據。

10. 最小運轉時間：使用者可對所有車次在行程中所經過的每一處站間路段，個別設定該車次在該路段的最小運轉時間長度，亦可以取用該牽引種別的基準運轉時分作為本項參數。本軟體並未限制使用者所設定的最小運轉時間長度必須大於等於基準運轉時分，以提供給使用者最大的彈性。然而在正常的狀況下，使用者並不宜將最小運轉時間長度設定成為小於基準運轉時分。軟體亦有功能允許使用者一次設定多趟車次在多處站間的最小運轉時間。設定本項參數對車次行點並無直接而立即的影響，但若後續執行自動解衝突時，本項參數將作為軟體在自動安排行點時的依據。

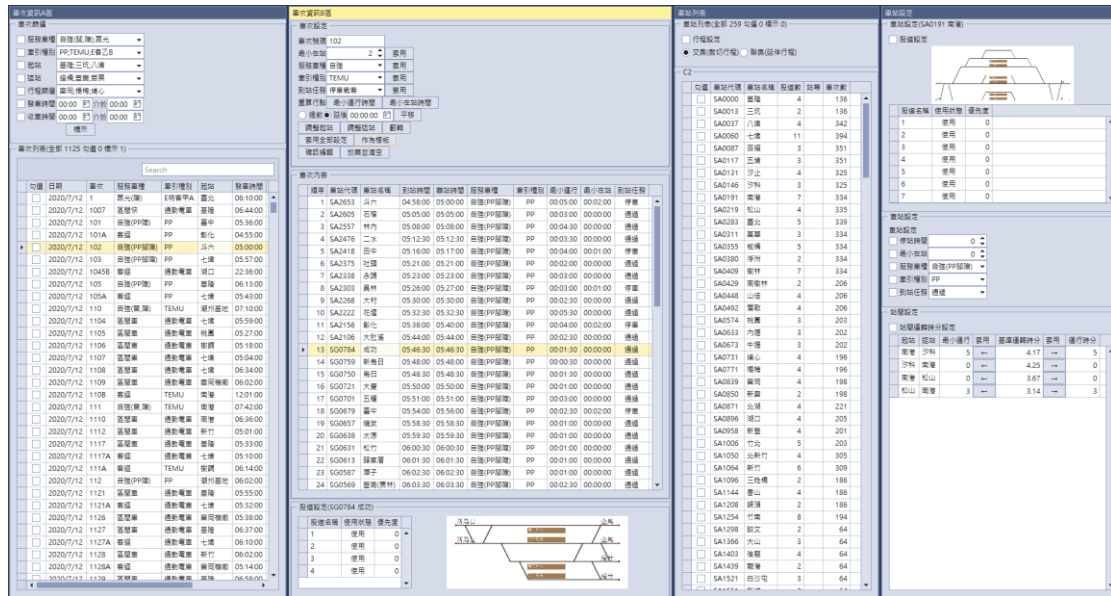


圖 4.15 RAILS 班表編輯工作畫面

本軟體平台的使用者可使用圖 4.15 所示的工作環境來對已有的班表作車次新增、變更、刪除等各種編輯，亦可用以編輯全新的班表。通常在編輯車次的同時，將有很高的機會在班表中引進衝突。由於本軟體平台具有自動解衝突的能力，因此使用者可不必處理班表中的衝突，待完成編輯後再由軟體一併調整行點以排除其衝突即可。

利用本節所說明的功能，使用者可用未來的路軌情境為基礎，依所擬分析的目的設計鐵路系統的服務型態，再據以編輯具體的未來班表。所有的編輯工作成果均儲存於資料庫中，由軟體系統自動管理。使用者完全不需要直接對資料庫進行低階的查詢、撈取資料等操作。

## 4.7 自動解衝突功能

自動解衝突是本平台各項核心技術中，門檻最高的一項。自動解衝突的目的在調整一組給定班表中，各車次在各車站的到離站時分行點以及所使用的股道，以排除班表中的衝突。這個問題基本上是一個數學問題，本系統使用混合整數規劃模式求解之。該模式的基本概念，是以連續變數代表各車次在各車站的到離站時分、以離散變數代表各車次到離各車站的相對順序以及所使用的股道；同時以限制式表現鐵路運轉所需要遵守的邏輯，最後以目標函數呈現使用者對班表內容的各種偏好及其相對重要性。

例如，假設模式以連續變數 $t_i^s$ 代表車次 $i$ 抵達車站 $s$ 的時間、以連續變數 $t_j^s$ 代表車次 $j$ 抵達相同的車站 $s$ 的時間、以離散變數 $y_{ij}^s = 1$ 代表車次 $i$ 比車次 $j$ 更早抵達車站 $s$ ，則模式中即設置限制式來確保當 $y_{ij}^s = 1$ 時必須 $t_i^s \leq t_j^s$ 的邏輯要求。由於臺鐵全系統配置超過 200 處車站、完整班表含有大約 1000 趟車次，且路軌佈置複雜，使得數學模式含有超過數十萬個各式變數及限制式。在此同時，混合整數規劃問題屬 NP-Hard，其求解所需時間與變數、限制式數量成指數關係，求解障礙甚高，因此需要以特殊設計的演算法來求解以獲得理想的班表。相關數學方法的基本說明可參考文獻<sup>[37]</sup>。

## 4.8 班表統計功能

本平台提供使用者針對指定的班表進行多種統計的功能。由於系統具有高度一致性，不論班表來源如何，本項操作均一體適用。此功能工作畫面如圖 4.16 所示。使用者可在此工作畫面中指定納入統計範圍之車次清單以及車站清單，之後再點選所需要的統計項目，選項包括車次數、平均速率、平均運行時間、追越次數、待避次數、交會次數等運轉分析的重要指標。完成設定之後軟體即自動計算，並以熱圖方式呈現。之後使用者可下載圖形以及數據作後續用途。同時軟體也會就使用者所指定的班表，自動計算此份班表中所含有的車次數、總運行里程、總運行時間、經行經車站數量、總停靠車站數量以及平均車速等總體統計數據，並亦可下載。

計算多數車次在某路段平均運轉速率的方法簡要說明如下。軟體先分別計算各車次在該路段的總運行距離以及總運行時間。之後將總運行距離除以總運行時間即為這些車次的平均運轉速率。

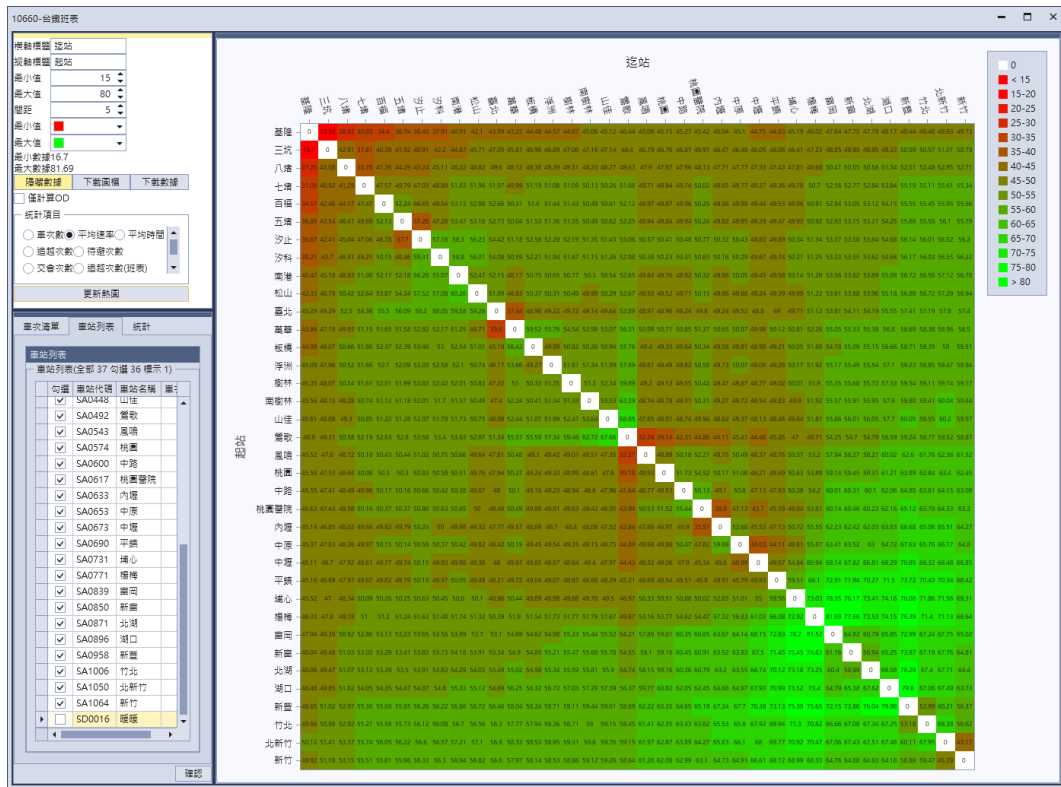


圖 4.16 RAILS 班表統計功能畫面

## 4.9 容量分析功能

容量分析的主要目的在瞭解使用者所擬分析的情境下，軌道資源是否足以支持所擬執行的班表。亦即，容量分析的目的在于要瞭解欲分析的路軌系統，在承載所指定的運轉服務（表現於班表）時，對容量的利用率如何，可用以評估該情境對於路軌資源的利用程度。

在鐵路系統，影響容量的最重要因素為：路軌設施、車種組成、車次數量及順序。在 UIC 文獻中明確指出，鐵路並沒有固定的容量，其容量是由路軌及班表所共同決定<sup>[14, 15]</sup>，而班表所呈現的即為車種組成以及車次數量及順序。若不考慮未來擬採用的運轉型態，而僅依路軌、號誌、道岔等設施之佈設而論述某段鐵路的容量如何，其意義不大。

鐵路班表含有豐富的資訊，完整表現了系統的運轉型態。其中對容量影響最大的是車種組成以及各車次的順序。一般而言，運行於鐵路系統中的車種組成愈複雜、車速相差愈大，鐵路系統所能提供的容量就愈低。同時，各車次的順序亦對路線容量有著重大的影響，茲以一簡例說明之。考慮一小段鐵路（例如臺鐵系統中，七堵站至樹林站之間的路段，或類似的狀況），並簡單假設其車種組成僅有快車與慢車二種，且數量相同。再假設該鐵路有 2 種車次順序的情

境。第一種情境是快車與慢車以「快-慢-快-慢-...-快-慢」之方式交替運行，而第二種情境則是以「快-快-慢-慢-...-快-快-慢-慢」之方式運行。此時，兩種情境的車種組成完全相同，但所能達到的路線容量並不相同。這個簡例明確顯示鐵路之路線容量不但與路軌設施之佈設形式有關，而且也受到班表的影響（對此更詳細的基本論述可參見第 2.6 節）。更具體說，此簡例明確顯示，路線容量受車種組成之影響，但同時亦受班表中列車順序的影響；若僅考慮車種組成，將遠不足以得到具有代表性的容量推估結果。這個論述亦呼應了 UIC 文獻所指出，鐵路路線容量分析必須考慮班表的看法。而分析時所考慮的班表若可代表真實運轉的狀況，則所推估得到的容量值將較能代表真實運轉時可用的容量；反之，若分析時所考慮的班表與真實運轉的狀況無關（例如隨機安排車次數量及順序），則推估所得到的容量值就不一定具有真實運轉的代表性。

在進行鐵路系統容量分析時，具體考慮所擬執行運轉服務是很重要的。亦即，任何容量分析結果僅對鐵路系統執行所考慮的班表狀況下有效；未考慮能夠代表未來運轉服務的班表時，分析結果即不能代表未來可能的狀況。

國際組織 UIC 亦曾提出與上述類似的看法，並建議使用班表壓縮法<sup>[14,15]</sup>來評估鐵路系統的容量利用率，再進一步使用利用率來估計該鐵路在單位時間內可負荷的車次數。班表壓縮法具有可充份考量班表的優點，為目前國際廣為使用之鐵路路線容量分析方法，其基本概念是將所擬分析的鐵路區段整體視為一組設施。該設施在每日的 24 小時中，扣除路線養護等無法運轉的時間之後，剩餘即為該設施每日可用以運轉之時數。

例如，假設某鐵路每日必要的無法運轉時間為 6 小時。扣除之後，每日尚有 18 小時可用以執行運轉。與此同時，再進一步假設，在檢視分析該鐵路所負荷的班表，並由其中扣除空檔時間之後，發現實際使用之運轉時間（亦即「班表最小跨度」）為 13.5 小時。由此可計算實際用於運轉的時間佔全部可用時間之比例，亦即  $13.5/18=75\%$ ，即為容量之利用率。而 UIC 所建議的「班表壓縮法」即為由班表中扣除空檔時間的方法。

得到利用率之後，如果需要進一步得知所分析的鐵路平均每小時能夠負荷的車次數，可將班表中的總車次數與壓縮後得到的班表最小跨度相除而得。例如，承上例，假設該班表中總共有 135 列次的列車，則可計算得到平均每小時能夠負荷的車次數為  $135/13.5=10$  列次。

如文獻<sup>[4, 25, 26]</sup>等之論述，列車在鐵路系統中運轉的過程可描述為多數離散個體（列車）依各自的既定路線，依抵達順序次第排隊、等候通過多個佇列（軌道電路）的過程。軌道電路彼此串接成為複雜的網狀結構，而各列車則在此網路中各有其不同的路徑。即使是少數車站所形成的單線狀鐵路，只要其中一部份車站配置複數股道，就會形成上述網狀結構。因此估算鐵路之路線容量時，

並不能將分析範圍鐵路視為多數彼此串接的獨立元件、個別計算其容量再以其中最小者代表全體之容量；反之，應將整個分析範圍視為一個整體的網路，再評估這個整體網路在承載班表所呈現的運轉型態時的能力。在這方面，班表壓縮法即具有可作系統面考量的優點：此法所直接估算的是分析範圍內的，所考慮的班表的整體最小跨度。

雖然 UIC 建議以班表壓縮法取代單純考慮路軌的容量分析方法，但其使用的分析方法卻不適合直接使用於臺鐵系統。密集而複雜的行車、多樣的車站與站間股道佈設，使得分析所需要的運算量過大而難以手動完成。本軟體乃使用文獻<sup>[38]</sup>之本土化方法來達到全自動分析的目標。

本軟體有能力自動進行二種容量分析，均使用班表壓縮法，各具有不同的意義：全路線的容量分析以及分車站、分站間的容量分析。兩種不同的分析方式，分別說明如下。

### 1. 分車站及站間之容量分析

這是一種以局部性為著眼的分析，所得到的分析結果較能代表各該車站、站間在承載所分析的班表時所達到的利用率，可再用以推估其容量。方法是就所分析的範圍，先進行數據切割，再以班表壓縮法個別壓縮各車站、各站間的班表再個別進行利用率分析。由於係針對各車站、各站間個別獨立分析，因此相當於假設不同車站、不同站間均相互不影響。而同一份班表中，各車站、站間所行經的車次數很可能各不相同，軌道佈置也各不相同，因此個別壓縮之後所得到的班表跨度亦各不相同。一般而言，車次愈少或股道愈多，壓縮之後班表的跨度愈小。後續將進一步說明其運算過程。

### 2. 全路線容量分析

本項為全域性、以全分析範圍為著眼的分析。進行本項分析時，系統並不針對個別車站或站間作數據切割，而是針對完整、涵蓋全分析範圍的班表，進行整體的班表壓縮。所得到的分析結果較能代表整個分析範圍、含有多數車站與站間的鐵路系統，在執行所指定的班表時，在其運轉型態下各車站、各站間的路線利用率以及整體的路線利用率。各車站、各站間路段之間的相互影響亦納入其中。由於此種分析係以完整全份班表進行整體壓縮而非先切割再個別壓縮，因此分析結果僅會得到單一的跨度。同時，實務上一段鐵路區段（例如臺鐵系統之基隆站與新竹站之間）在運轉時，並不一定所有車站均行經相同的車次數，例如板橋站行經的車次數即遠高於內壢站的車次數。因此以「每小時可運行的車次數」來簡單衡量路線的容量，失之粗略；使用全份班表的路線利用率

是較佳的衡量方法。

以下以一簡例說明分車站及站間班表壓縮的運算過程。假設分析的範圍是圖 4.17 所示，含有 5 處車站與 4 段站間的鐵路，以及給定涵蓋這 5 處車站的一組具有代表性班表。而今欲針對各車站及各站間，以這組班表個別進行各車站與各站間的班表壓縮分析。

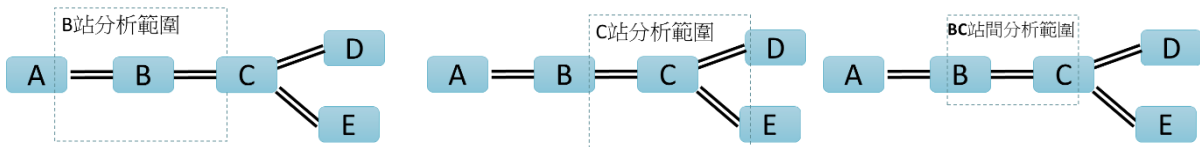


圖 4.17 分車站與站間班表壓縮方法簡例

如前所說明，當進行這種分車站及站間的班表壓縮分析時，軟體會自動就所分析的範圍，先進行數據切割，再以班表壓縮法個別壓縮各車站、各站間的班表再個別進行利用率分析。以下將以分析圖 4.17 所示的車站 B、車站 C 以及 BC 之間的站間區段為例，說明其運算過程。至於分析範圍內的其他車站、其他站間則方法相同，不再重複贅述。所有這些過程均由軟體自動進行，使用者無須手動介入。

當針對車站 B 進行班表壓縮分析時，軟體會自動識別其鄰站，亦即圖 4.17 中所示之 A 與 C 二站。之後再由所給定，代表運轉型態的班表中，自動擷取運轉於虛線所示的範圍的部份的車次、到離站時間及其他資訊，亦即在 A 站邊界、B 站全部以及 C 站邊界之間的範圍。最後再用這份擷取出來，以 B 站為中心的班表進行壓縮而得到其最小跨度，並利用最小跨度換算得到此車站之利用率及其容量。又例如當欲針對車站 C 進行班表壓縮分析時，則取車站 B、D、E 之邊界所界定，含有車站 C 之範圍，再依此擷取班表來進行壓縮。對站間路段之容量分析亦依相同方法，如圖 4.17 最下者所示，軟體依相同的邏輯，以 BC 站間的軌道為中心，切割所給定的班表而取出 B 站、C 站與此段站間相關的部份以及站間的全部資訊，再進行班表的功縮分析。

軟體依這些簡例所說明的原則，自動對分析範圍內的所有車站、所有站間逐一進行班表壓縮分析，再供使用者以報表形式取得分析結果。由於對每一處車站、每一段站間的容量分析都是以所給定的同一份班表為基礎，而不是每處車站或站間均重新隨機產生一組班表，因此所得到的分析結果的基礎是相同的。

若所給定的班表對實際運轉狀況具有代表性，則分析結果亦具有代表性。

在進一步說明本軟體有能力進行的各類容量相關分析之前，此處先說明「滾動小時最高車次數」概念。所謂「滾動小時」，指一段長度固定為一小時，但位置不固定的時間窗。考慮分析範圍內的某處車站。在班表中，在一小時的時間長度內到達該車站的車次數隨時間位置而各不相同。例如，依班表記載，某車站可能在 08:29:00 到 09:28:59 之間的一小時中，有 8 趟車次抵達該車站，而在 14:23:00 到 15:22:59 之間的一小時內，則有 6 趟車次抵達該車站等等。亦即，對所考慮的車站而言，不同位置的一小時時間窗，會有不同的到站車次數。而車站的「滾動小時最高車次數」，即指在整份班表所涵蓋的時間內（例如 18 小時營業時間），在所有可能、不同位置的滾動小時中，最高的到站車次數。依相同概念，亦可定義站間路段的滾動小時最高車次數，為在滾動小時中進入該站間路段的最高車次數。

滾動小時最高車次數的意義在呈現某車站或某站間區段在一天當中，最為繁忙的一個小時當中所承載的車次數。在臺鐵系統中，有部份路段長年以接近滿載的負荷量運轉，例如七堵與桃園之間的路段即是如此。在這種狀況下，真實班表的滾動小時最高車次數即對路線容量具有相當的代表性。由於真實班表完整反映了路線中各處車站的相互影響、班表的車種組成、車次數量及順序等重要因素，因此滾動小時最高車次數亦完整反映了這些影響。

在另一方面，依前述方法完成分車站及站間班表壓縮之後，對所分析的各處車站、各段站間均各自產生一份壓縮後的班表。這份壓縮後的班表表現的是該車站或該站間，在不考慮其他車站影響、且維持原車種組成、原車次數量及順序的條件下，最緊密的運轉方式。因此，由這份壓縮後班表所統計取得的滾動小時最高車次數，代表的意義是該車站或站間的容量。同時，由於分車站及站間的班表壓縮排除了其他車站的影響，因此本項容量值代表的是該車站或站間的路軌佈設方式、車種組成、車次數量及順序三者所共同形成的容量。須注意的是，在排除其他車站影響而僅考慮單一車站的狀況下，該車站內仍有追越、待避、兩行車方向相互影響等複雜行為。這使得在壓縮後的班表中，車次運行的密度並非處處相同。因此以總車次數除以壓縮後班表的跨度而得到的平均小時容量將小於或等於此處所說明的滾動小時最高車次數。

所有這些分析均同時考量兩個運行方向。在絕大多數鐵路系統中，兩方向列車相互影響難以完全避免。即使在我國高鐵系統或捷運系統這種兩方向幾乎完全隔離運轉的鐵路系統，在進出基地或末端的路段，亦有相互影的可能性。至

於臺鐵系統受到歷史因素以及實際現地條件的限制，兩方向列車相互影響的現象隨處可見，且對運轉產生重要的影響。因此不考慮這種現實狀況而獨立分析兩方向而得到的容量，其參考價值並不高。至於在進行分析之前先假設兩方向所共用的車站股道，其容量由兩方向各半均分的簡化作法，不但沒有任何學理依據，亦與真實狀況有不小的差距。

本軟體使用原班表以及前述兩種壓縮後班表，可進行以下的各項容量分析。

### 1. 車站及站間平均容量

本項分析使用分車站及站間的班表壓縮，得到各車站、站間各自的壓縮後班表。而本項平均容量定義為各車站、站間在班表中的總車次數除以相對應班表的壓縮後跨度。例如，若某車站總共有 180 車次行經，而該車站壓縮之後的班表跨度為 12 小時，則該車站的平均容量即為  $180/12=15$  列次/小時。本項數據的意義是，它代表了該車站或站間的路軌佈設方式、車種組成、車次數量及順序三者所共同形成，並且考量全天運行時，平均每小時可行經的車次數。

此種分析方法具有以下優點。

- (1) 劃分明確：在分析範圍內的所有車站、所有站間均獨立分析，可明確排除直接相連的車站或站間之外，其他車站或其他站間的影響。
- (2) 貼近運轉情境：雖然所有的車站、站間之分析均獨立進行，但壓縮分所使用的班表均取自同一份班表，其詳細說明可參見圖 4.17 及附屬說明。
- (3) 完整考量兩行車方向的相互影響：本項優點的重要性已在前面論述，在此不再重複贅述。

### 2. 壓縮後最高小時車次數

本項分析係使用分車站及站間的班表壓縮，得到各車站、站間各自的壓縮後班表，之後再於壓縮後班表中取其滾動小時最高的車次數而得。它代表的是該車站或站間的路軌佈設方式、車種組成、車次數量及順序三者所共同形成，在一小時的時間內所能行經的最高車次數。

### 3. 車站及站間平均利用率

本項數據定義為某車站或站間路段，其分車站及站間壓縮後班表的跨度除以原班表跨度的比值。其分子是該車站或該站間，在不考慮其他

車站影響、且維持原車種組成、原車次數量及順序的條件下，最緊密的運轉方式所達到的班表跨度，而分母則為原班表跨度，相除後即為相對應的利用率。

#### 4. 路線整體利用率

本項分析使用全路線班表壓縮而得到壓縮後的班表跨度，除以未經壓縮的原班表的跨度而得。其主要意義在將分析範圍作為一個整體，而觀察這個範圍內，班表所描述的運轉需求在運行時，對路軌系統所能提供的能力的佔用比例。

#### 5. 路線平均小時容量

雖然對個別車站或站間，可利用總車次數與壓縮後班表跨度來計算平均每小時車次數以作為容量估計值，但相同概念並不宜直接應用於路線而估計路線之容量。原因是實務上並不一定所有車次均運行於路線全線，且中途亦常有折返、收車、發車等操作。勉強假設全部車次均運行於路線全部不但將與實況脫節，且不一定可行。例如，若取臺鐵系統之新竹=嘉義間路段含山線及海線，作為分析範圍，則顯然臺鐵系統並無任何一趟車次運行於該範圍內全部車站。這種真實狀況使得路線各處之車次數並不一定全然相同。為此，本項分析使用全路線班表壓縮而得到壓縮後的班表跨度來計算分析範圍內各車站、站間的平均小時容量。例如，假設全路線班表壓縮後所得跨度為 12 小時，而分析範圍內某車站 A 有 240 趟車次行經，則該車站之路線平均小時容量即為  $240/12=20$  車次/小時。假設該分析範圍內，行經另一車站 B 有 180 趟車次，則該車站之路線平均小時容量即為  $180/12=15$  車次/小時。站間的計算方式亦同。依此簡例，車站 A 與車站 B 的路線平均小時容量依序分別為每小時 20 與 15 車次，但要注意這並不可解讀為車站 A 本身的容量高於車站 B 的容量。正確的解讀方式是：路線平均小時容量表現了該分析範圍的路線上，在維持該班表所呈現的運轉型態的條件下，各車站、站間所能達到的最高平均小時車次數。至於各車站因路軌佈設方式、車種組成、車次數量及順序三者所共同形成的小時容量則是由前述壓縮後最高小時車次數所表現，與此處路線平均小時容量不同。

茲再以另一簡例說明路線平均小時容量的原理及概念。假設所分析的範圍內有 30 處車站成線狀排列如圖 4.18 所示意，在此依排列順序稱之為車站 1 至 30 以方便說明。假設在班表中，全天有 84 列次的長程車次運

行全程（雙向合計，以下同），另有 48 列次的短程車次僅運行於車站 1 與 15 之間，亦即分別在車站 1 及車站 15 折返。為簡化說明，這些車次的車種、停站模式及順序忽略不考慮。再進一步假設該班表原跨度為 18 小時，而全路線班表壓縮之後所得到的跨度是 12 小時，表示該路軌系統有能力以 12 小時完成班表中全部車次之運行。在這些假設之外，可計算各車站的路線平均小時容量如下。對車站 1 至車站 15，其全天車次數為  $48+84=132$  列次。因此這些車站的路線平均小時容量是  $132/12=11$  車次/小時。對其餘的車站 16 至 30，其全天車次數為 84 列次，因此這些車站的路線平均小時容量是  $84/12=7$  車次/小時。

上述簡例分析結果呈現的資訊是，在維持完全相同的運轉型態（亦即兩種車種的運行範圍、車次數量比例等）的條件下，車站 1 至車站 15 的這 15 處車站，最高可達到每小時 11 車次；而車站 16 至車站 30 的這 15 處車站，則最高可每小時有 7 列車次運行。如前所述，本項結果並不表示車站 16 至車站 30 的這 15 處車站，其各自的容量小於其他車站，亦不表示營運者不能對車站 16 至車站 30 提供更多的服務。例如，很可能營運者能夠以在車站 16 至車站 30 之間開行短程車次的方式增加對這些車站的服務，但這種作法已經改變運轉型態了。



圖 4.18 路線平均小時容量簡例圖

## 6. 班表最高小時車次數

本項數據定義為原班表的滾動小時最高車次數，與班表壓縮無關。如前所說明，本項數據完整反映了路線中各處車站的相互影響、班表的車種組成、車次數量及順序等重要因素，當系統以接近滿載的狀態運轉時，它對路線容量具有相當的代表性。

## 7. 最高小時利用率

某車站或站間的最高小時利用率，定義為該車站或站間的班表最高小時車次數除以其壓縮後最高小時車次數之比值。此項計算之分子為該車站或站間在班表中，一個小時內行經的最高車次數；分母則使用獨立

壓縮該車站或站間的班表之後，所能達到的一個小時內行經最高車次數來衡量。前者為鐵路系統在運轉時的需求，而後者則為供給能力，兩者相除之比值即為利用率。

以上各種容量分析項目各使用不同的壓縮技術、分析範疇是針對個別車站、站間或全路線進行分析、考量全天或最高小時、衡量利用率或車次數以及分析標的是個別車站、站間或全路線。這些項目綜合彙整於表 4-2 以方便整體瞭解及分項解讀。例如，第 1 項「車站及站間平均容量」係使用分車站及站間的班表壓縮技術、針對個別車站、考量其全天平均而衡量各車站、站間的車次數，並產出每一個別車站或站間的分析值。其餘各項之解讀方式類似，不再逐一贅述。

表 4-2 容量分析項目彙整

項目	壓縮技術			分析範疇		考量範圍		衡量值		分析標的	
	原班表	分車站及站間壓縮	全路線壓縮	個別車站	全路線	全天平均	最高小時	利用率	車次數	全路線	個別站/站間
1		*		*		*			*		*
2		*		*			*		*		*
3		*		*		*		*			*
4	*		*		*	*		*		*	
5			*		*	*			*		*
6	*			*			*		*		*
7	*	*		*			*	*			*

本節論述清晰顯示了「鐵路路線容量」這個看似簡單而直覺的概念下，實際的內涵。鐵路路線容量分析可提供豐富的數據，供分析者由數種不同的面向，以數量化、有系統的方法來觀察所分析的鐵路路段在路軌設施、車種組成、車次數量及順序這三大影響因素下所能提供的容量，再衡量該班表對容量的需求使用的容量比例，亦即利用率。這些數據表現在前述各種容量分析項目中。在容量供給的部份，路線的整體容量為「5.路線平均小時容量」、路線中各車站或站間的個別容量則為「1.車站及站間平均容量」及「2.壓縮後最高小時車次數」。在利用率的部份為「3.車站及站間平均利用率」、「4.路線整體利用率」及「7.最高小時利用率」。最後，「6.班表最高小時車次數」為針對所營運班表的直接統計。

鐵路路線容量分析雖可產出多種不同面向的數據，但其應用必須審慎為之。以下將分增開車次可能性之判斷，以及瓶頸識別兩種常見的應用方向論述之。

鐵路系統營運者經常面對是否有能力增開車次的課題，不論是在鐵路設計計畫研究、規劃的過程中，或是日常營運時均是如此。鐵路的路線容量，與該鐵路系統是否有能力增開更多車次密切相關，但容量絕不應作為唯一的判斷依據。尤其是僅依據工程範圍內局部區段的容量或利用率，即判定增開運行更大範圍車次的可能性，更為對容量分析結果的一種過度簡化的誤用，易致決策誤判。其中最關鍵的因素是所有的容量分析或利用率分析，其設計目的均在瞭解所分析的範圍在一小時內可容納的車次數；但要增開車次，必需在該行程中所有行經的車站、站間都能夠在該車次抵達的時間點提供可用的容量。容量分析並沒有考慮剩餘容量存在的時間點，自然不可能用來判斷加開車次的可能性。真正考慮剩餘容量存在的時間點的分析是班表的試排。因此，判斷加開車次的可能性時，必須先慎擬增開的車次之理想時間、停站模式、車種等等情境設定，再依此試排班表，才能夠確實判斷增加車次的可能性以及對鐵路運轉的影響<sup>[14, 15]</sup>。

在瓶頸識別方面，容量分析可產出對各車站、各站間的個別容量之評估，但並不可直接簡化認為容量最低者即為鐵路之瓶頸，而是應該同時考慮執行所運轉的班表時對該車站、站間的利用率。在臺鐵系統中即有顯而易見的真实案例。位於南迴線的多良站僅有單一股道，為臺鐵全系統中容量最低的車站之一。然而該站並不是南迴線運轉的瓶頸所在。反之，位在西幹線的七堵站與樹林站之間的路段為臺鐵全系統之重要瓶頸路段，但其車站、站間的容量優於系統中大部份的其他路段。由此簡單案例即可發現，單純以容量來認定瓶頸所在，而導入資源以「改善瓶頸」，有很高的誤判風險。正確的作法應該是先識別在真實運轉的班表下各處的利用率，再以班表試排的方式識別可能有礙納入所擬加開車次之處，作為投入資源進行改善的判斷。

## 4.10 服務品質分析功能

此類分析為運轉分析的一部份，目的在幫助使用者瞭解在所設計的情境下，鐵路系統所提供運輸服務的品質。目前系統有能力進行寬裕時間、緩衝時間、佔用時間、路塞潛勢指數、運轉時間、運轉穩定性等多種分析，其中又有部份可分別對班表或對運轉模擬結果進行分析。

運轉模擬基本觀念簡要說明如下，詳細論述可參閱本所過往成果<sup>[23]</sup>。本系統進行運轉模擬的目的在模擬所分析的鐵路系統在受到外在擾動以及司機員趕點作為的狀況下，依班表運轉的過程。所有的鐵路系統在真實運轉時，必受到各種擾動以致於無法精準完美依班表行點而運行。這些擾動會延長列車在站間運轉的時間，或延長列車在車站內停靠的時間，因而形成列車的延遲。當某一車次在其旅程中的某處出現延遲現象時，延遲量有可能經由路塞或其他列車互

制現象而傳播到其他車次，亦有可能在該車次的後續行程中，經由司機員的趕點作為而自行吸收全部或一部份延遲量。這個過程極為複雜，因此 RAILS 採用系統模擬的方式來呈現該鐵路系統在這些擾動與趕點的影響下各車次在行程中所經過各車站的到站與離站時分。

完整的模擬過程有其複雜性。其基本概念是系統以班表為腳本，用時間推移的方式，依事件模擬的原則沿時間軸推進模擬進程來表現列車在鐵路系統各處運轉的過程。而在列車每次經過一段站間或進入一處車站時，即隨機產生一個微小的延長量，來模擬列車因擾動而延長其在站間運轉的時間，或延長列車在車站內停靠的時間。在每處的時間延長量均為隨機產生的亂數，但其期望值可由參數控制；該參數稱為「擾動強度」。

真實的列車較班表之表訂時間有所延遲時，司機員可利用班表中的寬裕時間進行趕點。實務上寬裕時間有二種來源：排點時所納入的寬裕時間，以及基準運轉時分所內含的寬裕時間。前者指排點時，班表所配置的站間運轉時間長度超出基準運轉時分的部份，以及班表所配置的停站時間長度超出最小需要停站時間長度的部份；後者指鐵路機構在律定基準運轉時分時，在列車機械性能、各種速限與規章的要求下所能達成的最短運行時間長度之上，額外納入到基準運轉時分中的時間長度。司機員在執行駕駛任務過程中進行趕點時，最積極的趕點作為是盡最大可能趕點以儘量減少延遲量；最消極的趕點作為是即便有寬裕時間可用也不趕點，而是依既定的表訂運行時間長度為之。軟體系統依循相同的邏輯以模擬趕點作為，而其在每一處的趕點積極程度亦以亂數決定，其期望值由另一稱為「趕點強度」的參數控制之。

使用者在操作 RAILS 以進行運轉分析時，可設定上述「擾動強度」、「趕點強度」與「內含寬裕」三個參數，其中第三個參數指內含於基準運轉時分中的寬裕時間的比例。軟體系統則自動以不同亂數重複進行 100 次模擬並取平均值作為模擬結果。利用這些模擬結果，軟體可自動統計分析所有車次在各處的晚點量以及在各站間的運行時間分佈。以下圖 4.19 所示為使用者在 RAILS 中查詢晚點量結果的示例。

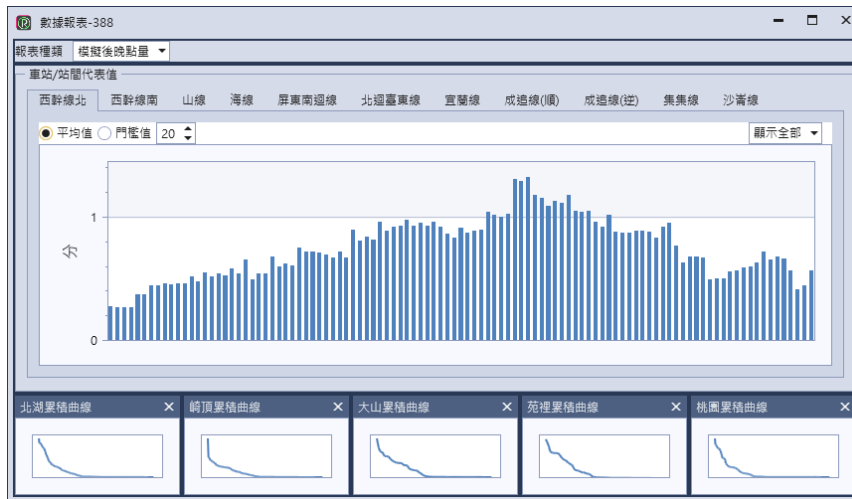


圖 4.19 RAILS 模擬晚點量查詢畫面示例

除了上述項目之外，RAILS 亦提供使用者查詢模擬過程中所觀測到，在各位置前後列車間距的分佈、各車次在各車站或站間的寬裕時間分佈以及路塞潛勢指數。這些統計量以及前述晚點量、運行時間長度等，由各不同面向以數量化的方式呈現鐵路系統的服務品質。使用者可查詢這些統計量在班表中的數據，亦可查詢這些量在模擬結果中的分佈。前者反映了在計畫階段的預期服務品質，而後者則反映了利用 RAILS 的功能以預先觀察未來執行班表時的服務品質。至於路塞潛勢指數則是反映運轉狀況的綜合指數，可參閱本報告附錄 A。

## 4.11 協作功能

目前本系統的主要用途設定在作為計畫審議輔助之用。對鐵路建設計畫而言，與計畫審議相關的單位有交通部、鐵道局、地方政府、顧問公司、臺鐵公司及本所。為了提供高效率的計畫審議輔助功能，本系統的架構設計使其有能力成為所有這些單位之間的協作平台，如圖 4.20 所示意。

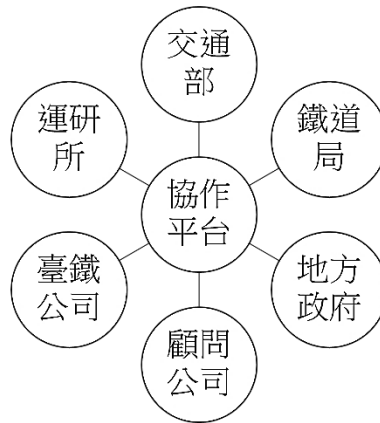


圖 4.20 RAILS 平台跨單位協作模式示意圖

啟動專案後，承辦計畫可行性研究或綜合規劃的顧問公司可利用平台所提供的功能，直接在本系統上建立各種不同方案設計、情境的數位模型，再進行容量分析、運轉分析等多種分析以瞭解各種不同方案設計、情境假設下的未來運轉狀況。所有的建模、分析等工作均在平台的工作環境中進行，輸入與產出的數據亦均自動存放在平台內建的資料庫中。顧問公司的工作人員可利用平台所提供的功能來管理這些數據，亦可將完成的成果，以權限設定的方式分享予其他單位參與計畫審議之人員。

參與該建設計畫的地方政府人員在取得適當權限之後，即可進入平台審視各種不同方案、不同情境下，該推動中的建設計畫所可能達到的鐵路運轉功能如何，是否符合預期。臺鐵公司相關人員則可由平台取得運轉分析的結果，瞭解建議計畫的各方案對其系統運轉的影響如何。本所相關人員則可取用所需要的數據進行其所負責的計畫審議工作並提供審議意見。

此協作平台在輔助各相關單位執行計畫審議的同時，亦以有系統的方式累積珍貴的精準數據。這種自動累積數據的能力可望對鐵道局及交通部產生相當效益。鐵道局在鐵路建設計畫推動過程中扮演極為重要的角色；該局不但主導個別建設計畫的各階段工作，更掌握全國鐵路系統的通盤發展。當政府同時在臺鐵系統中推動數項不同的建設計畫時，鐵道局可利用本協作平台分別取得各建設計畫的資料數據，再以另案分析、自行分析或其他方式，研擬最佳的計畫整合、計畫間協調策略。同時鐵道局亦可在掌握平台中多數建設計畫的詳細數據之後，利用平台所提供的數據分析功能予以綜合歸納而成為訂定相關標準的重要參考。而交通部則可在累積多數建議設畫的經驗之後，以具體的數據為基礎進行計畫審議與考核、擬定國家鐵道政策、修訂法規等重要工作。

在上述過程中，倘若臺鐵公司或其他單位相關人員需要在顧問公司所提供的數據之外，自行進行更多的分析，平台亦提供相關功能，而且這些單位可自行設定其分析結果是否與其他單位共享。系統內建的資料庫與操作、分析及其他所有功能完全整合，所有數據均在使用者工作的過程中即自動、有系統納入資料庫中，完全沒有整合不良所導致需要在產出結果之後另以人工鍵入的狀況。平台的這種設計使得所有相關的單位雖然各自任務不同、所需的數據資料亦不一定相同，但均直接取自相同來源，即為顧問公司的工作成果，或某單位自行分析並與其他單位分享之成果。這使得各單位完全避免了資料不一致的顧慮、大幅降低取得資料的難度、亦消除了不同單位之間資料不對等的現象。

這種協作能力亦使得在各單位之間能夠建立標準數據以供所有單位作為共同的分析基礎。由於鐵路系統具有相當的複雜性，對同一建設計畫倘若各單位各自建立其數位模型，則將無法避免各組模型之間存在或多或少的差異，對跨單位分析結果的比較與彙整帶來困擾及不確定性。而本系統的協作能力即可完全消除此種問題，不但大量節省各單位重複建立模型的資源浪費，且使所有單位能在完全相同的基準上各自完成任務，以達到不同單位分析成果彼此完全兼容的目的。

## 4.12 系統維護

由軟體規模、功能複雜程度、資料複雜程度、圖 4.4 所示的邏輯架構等各面向觀之，RAILS 雖尚未達到巨型軟體系統的規模，但亦非小型系統。因此本系統的維護工作具有一定的工作量及專業性。與維護相關的主要項目整理如下。

### 1. 前端軟體

安裝於使用者前端電腦主要是圖 4.4 所示的工具庫以及操作介面。這部份需要隨需求的演進而持續更新。

### 2. 後端系統

後端軟體系統安裝於伺服器，主要是圖 4.4 所示的轉介層、引擎庫以及鐵路資料庫。這部份需要隨需求的演進而持續更新。

### 3. 第三方軟體

本平台所使用 3 項第三方軟體：

- (1) 資料庫管理系統 MS-SQL。

(2) 數學求解核心工具 Gurobi。

(3) 操作介面套件 DevExpress。

#### 4. 資料維護更新

需要常態更新維護的資料包括臺鐵路軌大約每年一次、真實班表以及售票紀錄每日接收，而且需要注意是否傳輸成功，尤其班表常有缺漏更需要注意統計。

以下說明維護本系統所需軟硬體設備及費用評估。在軟硬體資訊環境方面可分前端、後端及開發環境說明如下。

##### 1. 使用者前端：

(1) Windows 操作系統。

(2) 記憶體容量 32GB 以上，硬碟 1T 以上。

(3) 網路連線。

##### 2. 後端伺服器：

(1) Windows server 操作系統。

(2) 記憶體容量 64GB 以上，硬碟 2T 以上。

(3) 網路連線。

(4) MS-SQL 資料庫管理系統。

(5) Gurobi 數學求解引擎。

##### 3. 開發環境：

(1) Windows 操作系統。

(2) 記憶體容量 32GB 以上，硬碟 1T 以上。

(3) 網路連線。

(4) DevExpress 套件。

本系統之長期維護成本包括以下 3 主要項目：

1. 系統環境：可採雲端環境或自有主機。前者之成本視用量需求而異，但本系統所需之 CPU 運算能力較高、資料空間及傳輸量亦有基本需求，粗略估計成本可能介於每月 1 萬至 3 萬元之間。若採用自有主機則須負擔購置、空間、網路環境及維護等成本。至於移置過程因係一次性且複雜性不

高，成本應可忽略不計。

2. 第三方軟體：目前 DevExpress 介面套件採一次性付費，約新台幣 5 萬元。數學求解引擎 Gurobi 採訂閱收費，大約為每年 16,500 美元，約當新台幣 50 萬元。至於 MS-SQL 則無固定訂價，其報價大約為新台幣 10 萬至百萬元不等，視使用需求而異。
3. 維護人力成本：可有數種不同的方案，各有不同的成本。
  - (1) 維護方案 1：日常維護，含每日班表與售票紀錄每日收存、系統異常監視以及臺鐵系統路軌資料每年更新、不涉及資料庫欄位、表格調整之小幅度軟體微調、日常諮詢等。預估成本每年約 20 萬元。
  - (2) 維護方案 2：涵蓋方案 1 之工作內容之外，並含不涉及軟體、資料庫架構調整之軟體操作功能更新。建議以人力人日方式並設定最大上限方式計價較具彈性，粗略估計每人每日約 6 千元，內含全部保險及間接費用。
  - (3) 維護方案 3：採包裹式工作內容，含方案 1、2 之工作內容以及分析功能之研發與擴充，粗略估計每年約需 250 萬元。

以上各方案之內容與成本摘要整理於表 4-3。

表 4-3 維護方案比較表

	日常維護	軟體操作功能更新	分析功能之研發與擴充	預估成本
方案 1	V			每年 20 萬元
方案 2	V	V		每人日 6000 元
方案 3	V	V	V	每年 250 萬元

## 4.13 後續發展

本節將分功能面與操作面，說明 RAILS 軟體應用轉型及後續發展規劃建議。以下將區分功能面、操作面、應用面、發展面及更長遠發展論述之。

### 1. 功能面

所謂功能面指軟體進行各種運算與分析的功能。如前所論述，本系統的主要用途設定在作為計畫審議輔助之用，供相關單位人員評估重要鐵路建設計畫在各種情境下未來可能的運轉狀況、整合評估多項建設計畫之間對鐵路運轉的交互影響並分析法規<sup>[33]</sup>要求的重要指標。如第 2.7 節所說

明，該法規所要求的分析涵蓋了人、車以及路。目前本系統已具有路線容量分析、路塞潛勢指數分析、瓶頸分析及其他多項與「路」相關之分析功能。

依法規<sup>[33]</sup>要求，計畫審議「應通盤考量鐵路營運機構車輛調度及人力運用」。就運轉分析的立場觀之，其中「人」以乘務人員為主，主要為司機員、列車長及車勤人員等維持正常運轉的人員。對此，運轉分析時所需要評估的是鐵路系統所投入的乘務人員，是否足以支持所擬提供的服務？若可支持，其人力運用效率如何？至於「車」則指投入運轉的列車編組，例如臺鐵系統所使用的各式電聯車以及 PP 推拉式自強號等等。在這方面，運轉分析所需要評估的是鐵路系統所投入的列車編組，是否足以支持所擬提供的服務？若可支持，其運用效率又是如何？

目前 RAILS 平台尚未發展上述人及車兩項投入資源相關的運轉分析功能，而我國亦無其他任何軟體工具可茲使用，不利法規<sup>[33]</sup>的落實。良好的分析功能需要堅實的核心技術支持。建議未來持續發展時，可參考圖 2.1 所示的成功經驗，由底部學理基礎的發展切入，次第及於核心技術、軟體平台及分析功能的開發，應可獲得良好的成果。而在開發分析功能時，因為需要在設計軟體的演算能力的同時考慮未來的操作性，建議應有使用者的深度參與。

## 2. 操作面

軟體操作面指操作環境所提供給使用者的服務，又可區分為操作界面與操作體驗兩個主要面向。前者指軟體提供給使用者直接接觸的外觀顯示、操作功能、畫面佈局等，而後者則指使用者在操作軟體時所得到的體驗。兩者之設計均高度依賴使用者實際使用軟體之後提供的回饋，無法由軟體開發者獨力完成高品質的設計。此處一再強調的「使用者」，係指利用本軟體來進行其業務執掌的人員；其回饋對軟體的設計與開發具有極高的參考價值。至於其他直接或間接體驗軟體但非用以進行業務的人員，例如僅觀看軟體展示、僅依教材嘗試操作或甚至僅接觸報告或簡報等書面資料而未實際操作之人員，其對軟體操作面的回饋雖然亦有其參考價值，但使用者的回饋仍是最重要且不可或缺的。

## 3. 應用面

本系統經長時間發展，其運轉分析相關功能已漸齊備，但實際應用之經驗累積仍有不足。未來若能以研議中、尚未定案之建設計畫為標的而參與實際應用，並獲得不同屬性的相關單位參與，在過程中所累積的經驗以及收集的回饋將對後續發展具有不可取代的極重要參考價值。

#### 4. 發展面

本系統經過長期的產官學合作努力，經過學理基礎、核心技術、軟體平台、分析功能之發展等多階段而成為今日所見之系統，其過程與研究佈局可參見圖 2.1 及相關說明。雖然軟體展無止境，但隨著分析功能的逐步齊備、協作平台功能的成形，未來工作需要由以開發新功能為主逐步轉型為以使用者需求相關調校為主，告一段落之後再轉型為以維護為主。有關未來維護之相關考量可參考第 4.12 節之說明。

#### 5. 長遠發展

除了前述後續發展之外，開發以支援上線運轉為目的之自動排點功能、即時線上運轉輔助功能、具即時應變性質的運轉決策輔助功能、鐵路軌佈設方案設計輔助功能等，亦為可納入考慮的長遠發展方向。本軟體目前所累積的基礎可作為這些發展方向的重要基石，但這些方向均屬應用導向，必須以未來應用為目標。因此應用端相關單位的充份參與，為投入開發這些發展項目所需要的核心技術之前，必須要先著手的第一步。



# 第五章 容量軟體概述

## 5.1 本章目的

本計畫亦對 RAILS 軟體平台與本所「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」（以下簡稱「容量軟體」）進行整合評估。有關 RAILS 之說明請詳參第四章。本章將先就軟體設計、方法依據、操作方法等各面向廣泛介紹容量軟體，之後再比較 RAILS 與容量軟體並出整合評估之建議。本章目的並不在幫助讀者上手操作容量軟體。欲操作該軟體之使用者可參閱其使用手冊<sup>[4]</sup>。

容量軟體並未如一般成熟軟體之作法在操作畫面上顯示或提供查詢其版本版號，本章所有對容量軟體之測試均是使用 2024 年 10 月 30 日 13:24 編譯之版本。測試該軟體時並參考鐵道容量手冊<sup>[4]</sup>傳統暨區域鐵路篇第七章之使用手冊以及本所相關報告書，所有引用均逐一註明資料來源。

## 5.2 容量軟體操作功能簡介

容量軟體啟動時之主畫面如圖 5.1 所示，其功能架構則如圖 5.2 所示。

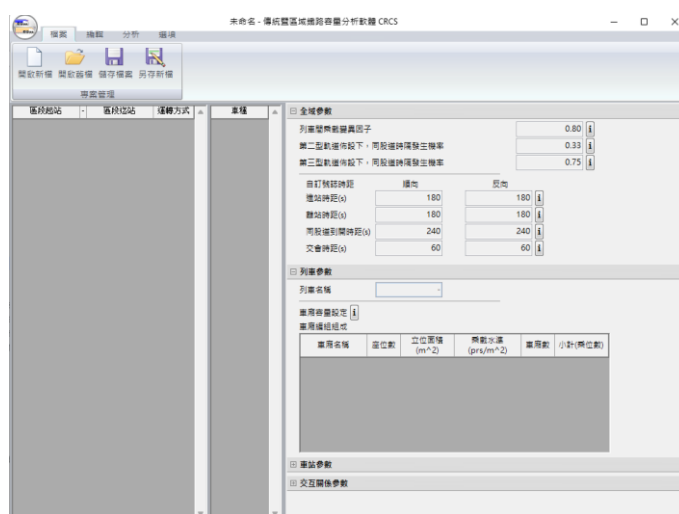
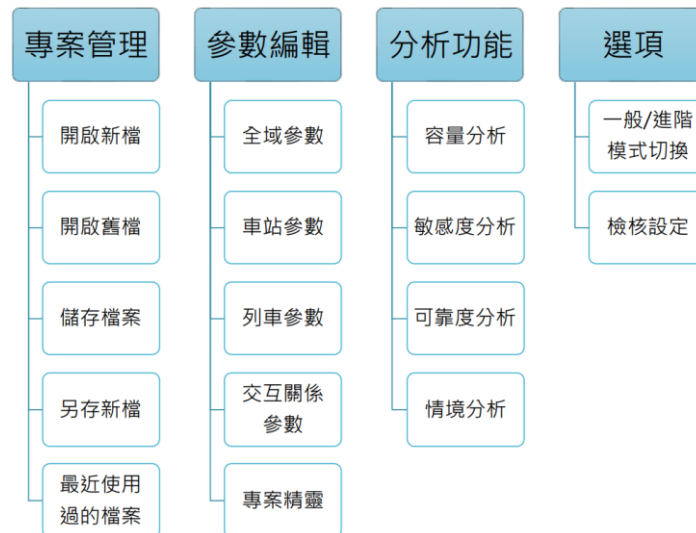


圖 5.1 容量軟體主畫面

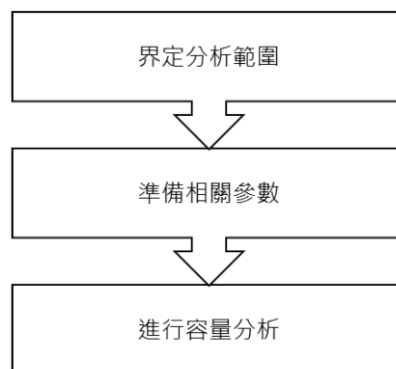


資料來源：【39】

圖 5.2 容量軟體功能架構

容量軟體將一組分析數據稱為一個「專案」。數據主要內容包括輸入參數與分析結果，前者為使用者鍵入的資料，而後者為軟體運算後產出的資料。參數的設計以及輸入過程可詳參第 5.6 節，而進行運算的方法及其軟體功能則可參閱第 5.7 節與第 5.8 節。

整體而言，容量軟體設計供使用者使用的方式是，使用者事先將擬分析的範圍依容量軟體的需要做分割，之後再使用容量軟體分別計算分割後的每一個區段的容量，以供使用者在完成所有區段的容量計算之後評估整體的容量。對每個區段均個別鍵入所需要的各種參數。其流程示意於圖 5.3。在大部份狀況下，每次分析的區段是鐵路的一部份，例如雙線鐵路上行側或下行側。

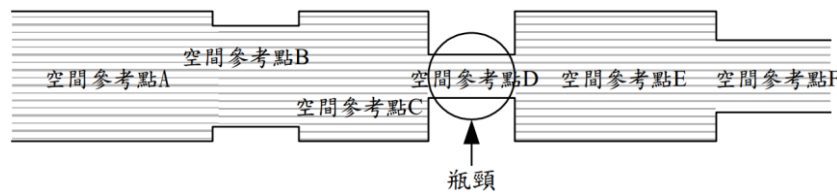


資料來源：【39】

圖 5.3 容量分析執行流程圖

### 5.3 容量分析方法理論基礎

容量軟體在推算鐵路的路線容量所根據的最主要立論是水管模型，亦即鐵道容量手冊<sup>[4]</sup>基礎篇第 2.3.1 節所述「如果每一列車均需通過路線上每一個空間參考點，則最瓶頸處將決定整條路線的容量」，其概念示意於圖 5.4。依此概念，容量手冊<sup>[4]</sup>傳統暨區域鐵路篇第 3.1.1 節進一步說明「本模式即是以此為基礎來發展，若在輸水管起點大量地灌入水，然後在尾端觀測流出量，便可得知整條輸水管的容量；同樣的概念，若在複線連續區段的始發站密集地發送列車，然後在終點站觀測列車最大的流率，便能進一步地評估整條路線之容量」。



資料來源：【4】

圖 5.4 容量模型示意圖

由以上說明可看到此模型之重要假設有二：模型中每一列車均需通過路線上每一個空間參考點，以及所有列車均同向運轉。而容量軟體亦循此假設的限制而設計。亦即模擬過程均僅考慮單一方向而無與對向列車之相互避讓等運轉行為，而且模擬過程中全部列車均經過相同的全部區段。

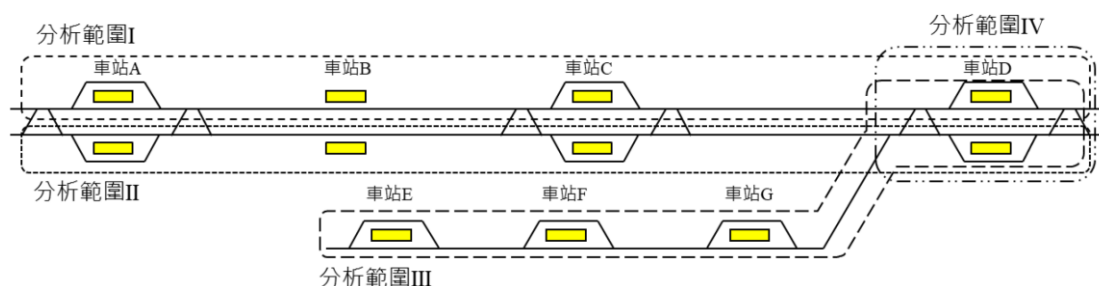
水管模型雖為容量軟體之重要立論所在，但該模型的出處依據、水流與鐵路列車之間相類比的邏輯論述或在國內外應用之案例，並未見在鐵道容量手冊<sup>[4]</sup>或其他報告書中有所說明或引用。

### 5.4 界定分析範圍方法

容量軟體在運用的時候必須將待分析的鐵路範圍做適當分割，之後逐一各自獨立進行容量分析。依容量手冊<sup>[4]</sup>傳統暨區域鐵路篇，3.1.3 節之說明，分割原則是配合軟體的分析能力來分割擬分析的範圍：「每一列車皆從路線的始發站出發，經過中間所有的區段最後到達終點站，而沒有列車以中間的任何車站作為起迄點」。同時，容量軟體並無同時考慮兩運行方向的功能，因此不同的運行方向必須分割為不同的區段各自進行容量分析，亦即雙線鐵路的上行側與下行側（例如臺鐵雙線鐵路的東正線與西正線）必須分別分析之。

使用者必須在開始使用容量軟體之前，就先擬定上述的分割方式，之後再逐一個別在容量軟體鍵入資料進行分析。分割的原則如圖 5.5 所示意。該圖顯示了 7 座車站 A 至 G，其中 A 至 D 位在本線，站間係雙線佈設。車站 E 至 G 位在支線，站間係單線佈設。依說明<sup>[39]</sup>，此範圍應先分割為 4 個區段範圍之後，前三者可使用容量軟體各自獨立進行容量分析，而第 4 個分析範圍則無法使用容量軟體，需要另行撰寫程式分析之。如圖 5.5 所示，此 4 區段範圍說明如下，並均標示在圖中。

1. 範圍 1 是 A 至 D 四處車站的上半部以及站間路段的上半側。若依列車靠左運行的臺鐵常規，則為圖中本線由左向右的運行方向。
2. 範圍 2 是 A 至 D 四處車站的下半部以及站間路段的下半側，亦即圖中本線由右向左的運行方向。
3. 範圍 3 是含有車站 E、F、G 的支線以及車站 D。此支線為單線雙向運轉，容量軟體對兩個方向的容量需要各自獨立分析之。
4. 最後範圍 4 則是銜接車站 D 本身。但容量軟體並不允許僅設定 1 處車站。依文件<sup>[39]</sup>第 3.3.2 節說明，銜接點車站應另行撰寫程式分析之，將說明於後續第 5.5 節。



資料來源：【39】

圖 5.5 界定分析範圍範例

綜上，以圖 5.5 所示之路段為例，容量軟體可對圖中的 3 個區域個別進行分析並產出結果，使用者另外自行分析第 4 區域之後，再予自行整合而成為整個路段的分析結果。整體的綜合歸納並不在容量軟體功能範圍之中。

## 5.5 車站軌道佈設類型

依使用手冊<sup>[4]</sup>之說明，容量軟體僅針對圖 5.6 所示的 4 型車站股道佈設型態，進行容量分析。因此使用者必須事先將擬分析的車站歸類到其中一型，而手冊<sup>[4]</sup>亦舉例說明歸類的方法。實際使用時，有時並且需要將同一車站，兩方向視為不同型式車站，個別用不同方法來分析。由於容量軟體將兩行車方向視為獨立並假設互相無影響，軟體每次針對一個方向進行運算，而且不同專案之間的資料並無互通，亦無是否一致的考量，因此同一車站在不同專案中歸於不同類型，並不會導致軟體內部的資料矛盾。

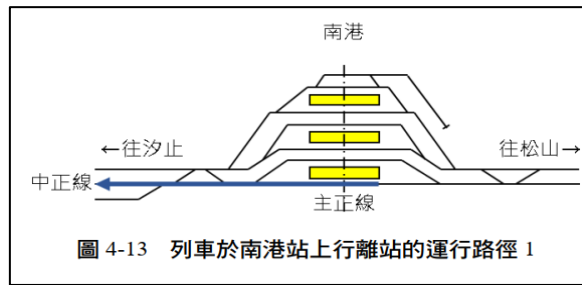
須注意的是第 2 型與第 3 型的車站均有雙向共用的股道，然而進行分析時均僅考慮單一行車方向，未考慮雙向列車的相互影響。是否會因而影響容量評估結果，或應如何處理，在容量手冊<sup>[4]</sup>或軟體應用<sup>[39]</sup>中均未見相關討論，容量軟體亦無相關功能。

車站類型代號	類型說明	配置示意圖
I	兩島式月臺 四股道以上	
II	一島一側式月臺 三股道無平面交叉	
III	一島一側式月臺 三股道有平面交叉	
IV	一島或兩側式月臺 兩股道	

資料來源：【39】

圖 5.6 容量軟體有能力處理的 4 型車站

前述圖 5.5 中所示的車站 D 是一處銜接點車站，容量軟體並無法對此進行分析。此外，南港（圖 5.7）、大肚溪南（圖 5.8）、彰化（圖 5.9）等亦屬無法分析的車站。對於容量軟體無法分析的車站，使用者須依圖 5.10 所示之複雜場站容量分析流程自行另撰寫程式計算之，或以解析公式手動計算<sup>[39]</sup>。



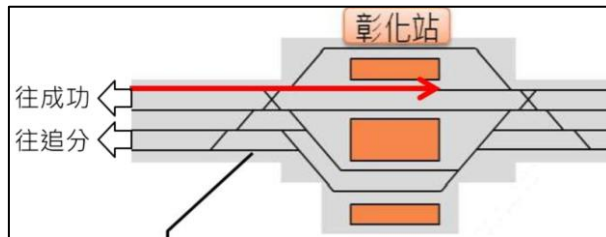
資料來源：【39】

圖 5.7 南港站股道佈置圖



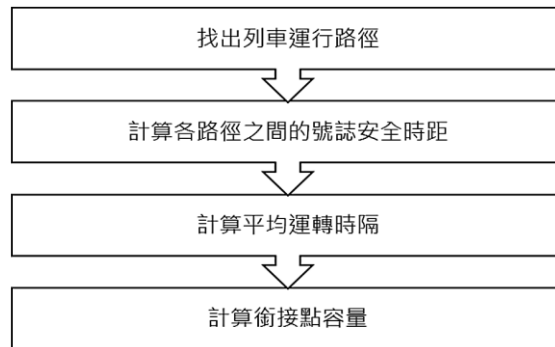
資料來源：【39】

圖 5.8 大肚溪南號誌站股道佈置圖



資料來源：【39】

圖 5.9 彰化站股道佈置圖



資料來源：【39】

圖 5.10 複雜場站容量分析流程

## 5.6 準備參數方法

容量軟體的設計是針對所給的鐵路區段，計算該區段在單位時間（每一小時）內，各方向可通過的最大列車數量。依報告書<sup>[39]</sup>第 3.2 節之說明，所需要準備的參數，計有下列 5 類<sup>[39]</sup>。

### 1. 車站軌道佈設類型

請參閱第 5.5 節。

### 2. 交通組成

由使用者逐一設定每一站間各種車種的比例。此軟體設有彈性，允許各站間均個別設定成不同的交通組成。例如，假設擬分析一段具有 5 處車站的鐵路區段，並具有快慢二種列車時，軟體允許設定第 1 站與第 2 站之間快慢車之比例為 2:8、第 2 站與第 3 站之間為 5:5、第 3 站與第 4 站之間為 8:2、第 4 站與第 5 站之間為 1:9 等，亦即軟體允許所有站間均各自設定不同的交通組成。

### 3. 停站方式與停站時間

由使用者對各車種逐一設定該車種在各車站的停站時間。容量軟體並無設定停站或不停站之功能，當某車種在某車站未停站時，應可設定其停站時間為 0。

### 4. 站間運轉時間

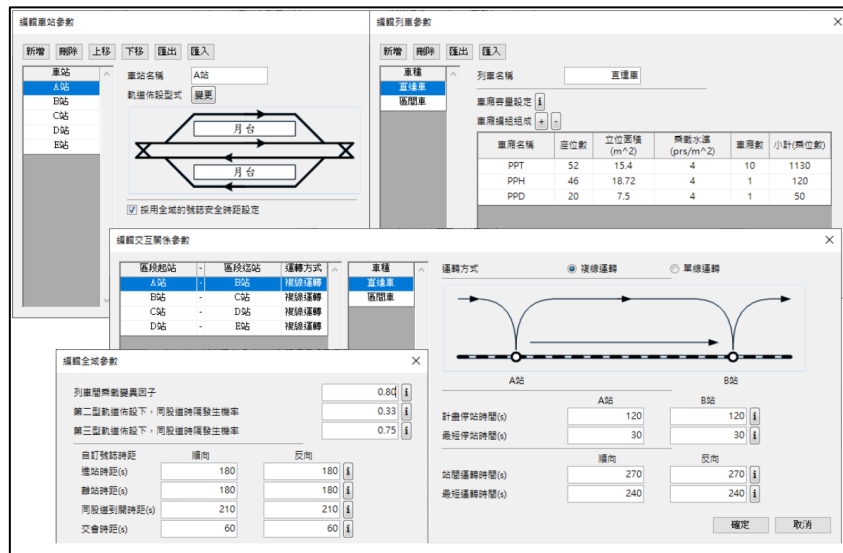
使用者可在容量軟體的操作介面中，逐一填入每一車種在每一站間，兩運行方向的運轉時間。由於容量軟體假設每一車種的所有車次的停站方式均相同，因此停站或不停站對此項站間運轉時間的影響，可由使用者直

接計入運轉時間中再鍵入軟體。

## 5. 號誌安全時距

依手冊<sup>[4]</sup>傳統暨區域鐵路篇第 7.3.1 節之說明，容量軟體之使用者可設定兩個行車方向的「進站時距」、「離站時距」、「同股道到開時距」以及「交會時距」。軟體將依此作為所有車站共同使用的時距。此外，使用者亦可設定「解除閉塞與清除號誌時間」、「司機員與軔機反應時間」、「解除第 1 股道進路、鎖定第 2 股道暨號誌變換整體作業時間」、「排點時單線交會最短號誌時距」以及「注意號誌速限」，由容量軟體自行計算所需要的 4 種時距。由於容量軟體並無同時分析兩行車方向的功能，因此也不必設定反向列車之間的時距。

以上的參數均須由使用者逐一鍵入容量軟體操作介面的表格中，如圖 5.11 所示。



資料來源：【39】

圖 5.11 容量軟體參數編輯功能相關介面

其中輸入參數可分為以下 4 類。

1. 全域參數：以號誌時距及相關參數為主，容量軟體假設這些參數在分析範圍內所有車站、所有列車均相同。其一般模式之參數輸入畫面示於圖 5.12、進階模式之參數輸入畫面示於圖 5.13。使用者可在這些畫面中將參數逐一鍵入各空格中。
2. 車站參數：使用者須就其分析範圍內的每一處車站，選擇固定 4 種股道佈

設型態其中之一，方法可詳參第 5.5 節。以下圖 5.14 所示為其參數設定畫面，使用者可利用此畫面對其分析範圍內的每一處車站，逐一鍵入各項參數數值。由於容量軟體僅能分析沒有分岔、沒有環線的線狀鐵路，因此參數僅需要表現車站的順序即可，不需要描述鐵路網形狀的參數。

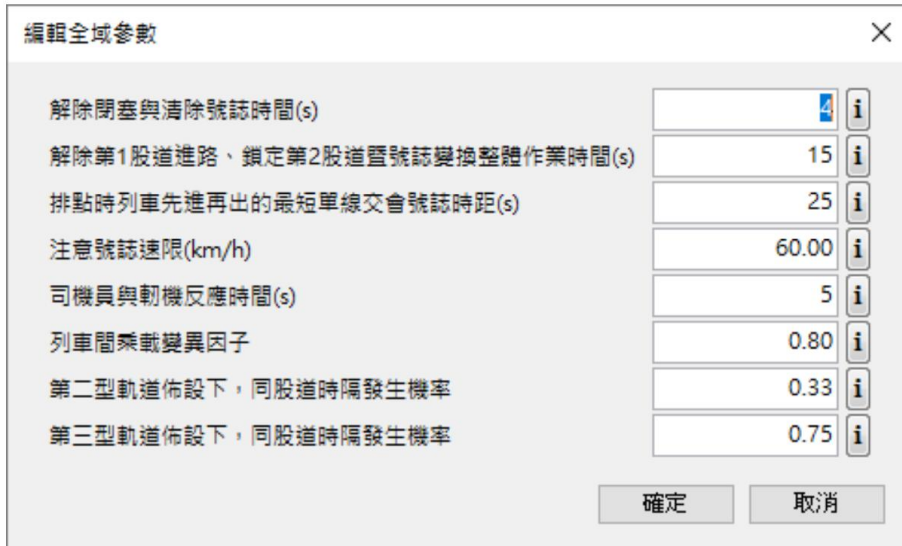
3. 列車參數：使用者可就其所設定的每一種列車，利用圖 5.15 所示之畫面逐一填入列車名稱、長度、加速度、減速度、車廂容量等相關參數數值。由於容量軟體假設所有列車均以相同的方向運行全部的車站，因此不需要更多的參數來描述各車次的行程。
4. 交互關係參數：使用者可使用圖 5.16 所示的操作畫面，在空格中逐一鍵入各類列車在各車站的停站時間、各類列車在各站間的平均巡航速度及運轉時間、兩車站之間的運轉方式等數據。

這些參數描述了容量軟體進行模擬所需要的基礎。在鐵路方面，參數描述了排成一線的各車站型式；在列車方面，參數則描述了每一種車種在各站之間的運轉時間、巡航速度、加速度。依物理定律，在等加速運動模型下，時間、巡航速度、加速度完全決定了任何物體由靜止起步、運行之後再停止所移動的距離。容量軟體允許使用者對各種車種獨立設定這些參數，是否使得在相同的兩站之間，軟體的模型使得不同車種有不同的運行距離，則未說明。

自訂號誌時距		順向	反向
進站時距(s)		180	180
離站時距(s)		180	180
同股道到開時距(s)		240	240
交會時距(s)		60	60

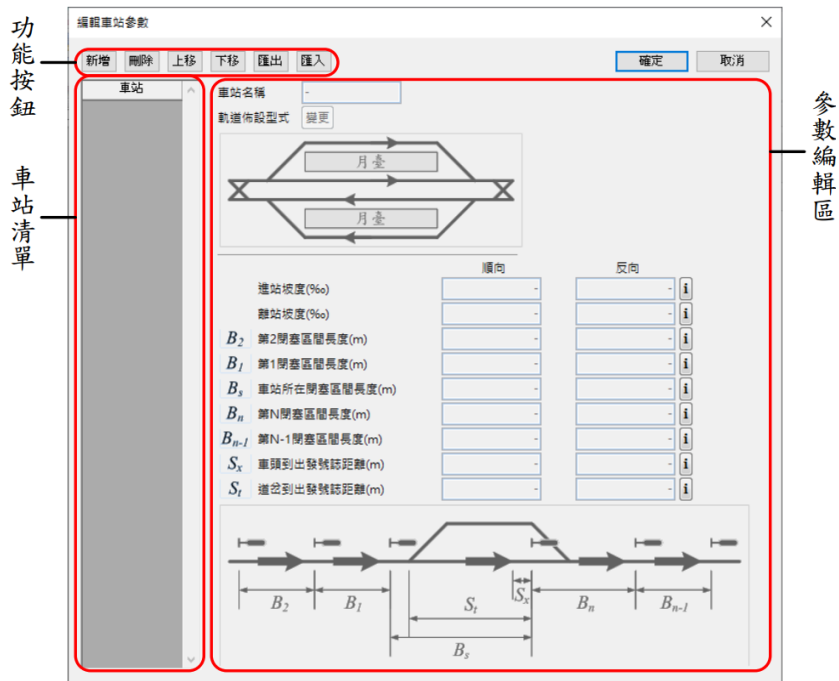
資料來源：【4】

圖 5.12 容量軟體全域參數設定畫面（一般模式）



資料來源：【4】

圖 5.13 容量軟體全域參數設定畫面（進階模式）



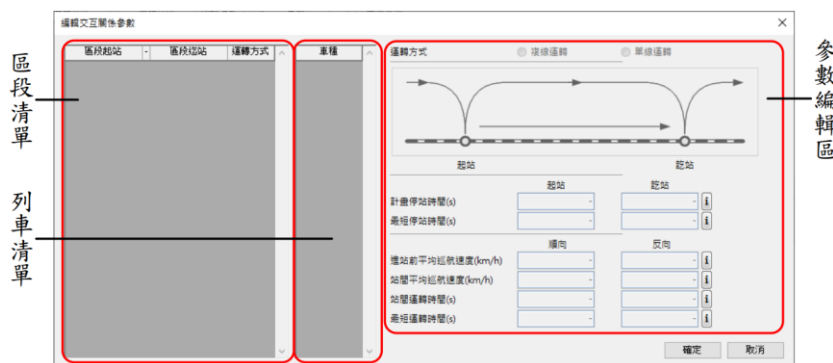
資料來源：【4】

圖 5.14 容量軟體車站參數設定畫面



資料來源：【4】

圖 5.15 容量軟體列車參數設定畫面



資料來源：【4】

圖 5.16 容量軟體交互關係參數設定畫面

## 5.7 容量分析方法

依容量手冊<sup>[4]</sup>傳統暨區域鐵路篇第 3.1.4 節之說明，容量軟體係採用「列車連鎖推擠」的方法排出班表。其基本流程是採用「逐列車」的方式，亦即先依使用者所鍵入的車種比例，計算各車種出現的機率，再根據此機率決定每一班列車的車種。決定車種之後，則由使用者所建立的鐵路區段之始發站開始，模擬該列車在後續區段的進站與離站時間，直到到達終點站之後，再模擬下一列車。在此過程中，全部列車之運行方向均相同，並不考慮反向列車的影響。該

手冊第 3.1.3 節並且進一步說明，在分析的範圍中，「每一列車皆從路線的始發站出發，經過中間所有的區段最後到達終點站，而沒有列車以中間的任何車站作為起迄點。」同時，如前第 5.6 節所說明，容量軟體允許所有站間均各自設定不同的交通組成。該手冊或其他文獻則未說明在全部列車均行經全部區段的條件下，維持各區段各有不同交通組成的方法。

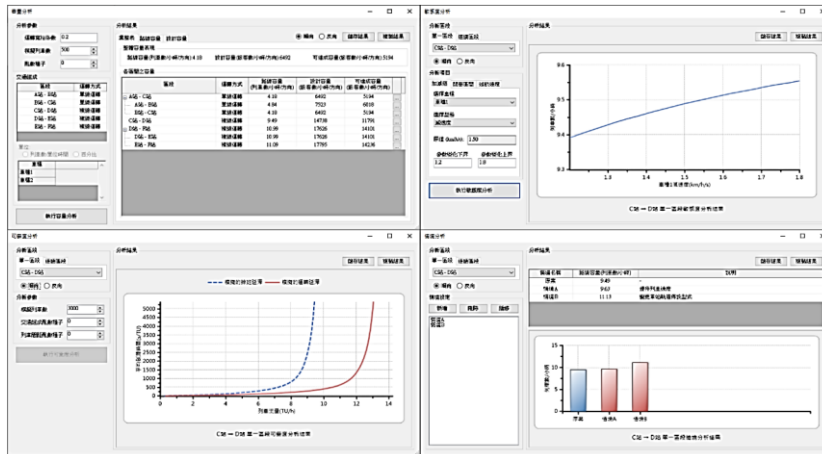
依容量手冊<sup>[4]</sup>傳統暨區域鐵路篇第 3.2.4.2 節之說明，容量軟體採用 Dynamic Route Reservation 方法來避免模擬過程中發生列車打死結的情形。該文件並說明了此方法的 10 項規則，在此不再詳細贅述。其基本原理是在模擬過程中，依既定規則分配所有列車行經各車站所使用的軌道，利用軌道的妥適分配來避免死結的發生。至於這些規則是否與實務上分配股道原則一致則未討論。

模擬過程中除了須避免發生死結之外，亦需要維持列車之間的適當最小時隔。依容量手冊<sup>[4]</sup>傳統暨區域鐵路篇第 3.1.5 節之說明，容量軟體以延後列車的進站或離站時間的方式來維持列車間保有適當的最小時隔。

上述方法應可有效使模擬的結果達到沒有死結，同時亦滿足最小時隔的需求，但並未限制時隔不可過大，或停站時間長度的上限。由於這些可能將影響模擬分析所推估的容量，若可在容量軟體中增加輸出模擬結果班表的功能將有助評估之。

## 5.8 容量分析功能

使用者完成全部參數設定之後，即可觸發容量軟體之分析功能，進行前述逐列車推擠的模擬，據以推估所分析的線狀路段之容量，其操作畫面如圖 5.17 所示。軟體會以單向行車的模擬方式分別推估兩方向的容量，亦即先假設全部列車均為上行方向進行列車推擠模擬而得到上行方向的容量，之後再假設全部列車均為下行方向而模擬得到下行方向的容量。完成之後使用者可在操作畫面上查詢容量，但無法取得原始模擬結果的班表。需要注意軟體產出的分析結果是站間的容量，軟體並沒有產出各車站容量的功能。



資料來源：【39】

圖 5.17 容量軟體分析功能相關介面

完成容量分析之後，容量軟體可進一步進行敏感度分析、可靠度分析以及情境分析。使用者雖可在進行容量分析時，設定含有多數車站之鐵路區段，但這些分析均僅能以每次選定兩鄰站之間的單一段站間路段的方式，逐一個別進行。同時，對全區段進行容量分析之後，再對各站間軌道個別進行這些分析時，所使用的列車車次均是每一次重新隨機產生，而非以同一套列車進行各種分析。這些分析的結果均為容量值，但相比較時應該要考慮：模擬區段有多站間一次模擬與單一站間個別模擬之差異、模擬所用之列車亦每次重新隨機產生而非同一組。以下大略介紹這三項分析之概況。

### 1. 敏感度分析

依容量手冊<sup>[4]</sup>傳統暨區域鐵路篇第 7.10 節之說明，使用者進行敏感度分析時，在選定所擬分析的一段站間軌道之後，可自加減速度、閉塞區間長度、平均巡航速度三者中指定其中之一，並設定分析範圍的上界與下界。完成設定後，軟體則在上界與下界之間取多個值，分別針對所指定的兩鄰站之間的路段之單一方向進行容量分析。以加速度為例，使用者即可指定分析範圍之上界為某值 A、下界為某值 B。之後軟體在 A 至 B 之間取 N 個點，各以其加速度值進行指定方向的容量分析。然而如第 5.6 節之探討，依物理定律，在等加速運動下，時間、巡航速度、加速度完全決定了任何物體由靜止起步、運行之後再停止所移動的距離。當固定其他參數而變動加速度時，如何避免模擬過程中，列車在相同的兩站之間有著不同的運行距離，則未說明。

### 2. 可靠度分析

依容量手冊<sup>[4]</sup>傳統暨區域鐵路篇第 6.2 節及第 7.11 節之說明，進行本項分析時，使用者先指定某段鄰站之間的站間路段並指定方向，之後軟體依所設定的車種組成，在控制間隔期望值的條件下隨機產生車次的發車時間作為「比較基準時間」。若前後列車之間的時間（亦為隨機值）未達所設定的最小時隔，則調整延後續行車的發車時間。完成全部調整之後，再將調整後的時間與前述「比較基準時間」相比較，並定義其差值為延滯時間，據以判斷這段鄰站之間的路段在指定方向的可靠度。若計算時所使用的最小時隔含有寬裕時間則稱為「排班延滯」，否則稱為「運轉延滯」。這種計算方式較為少見，容量手冊<sup>[4]</sup>亦未說明文獻出處或邏輯論述。

### 3. 情境分析

依容量手冊<sup>[4]</sup>傳統暨區域鐵路篇第 7.12 節之說明，容量軟體之情境分析功能可用以改變某些參數設定之後，再由軟體對指定的鄰站之間路段、運行方向進行容量分析。可改變的參數則有多種，例如改變某車種的加減速度、列車巡航速度、車站型式、站間運轉時間、停站時間、車站進出坡度等。至於改變加減速度、巡航速度、運轉時間等參數，所致等加速運模型中的運行距離變動之處理方式則未有說明。

依文獻<sup>[40]</sup>第 1.3 節之說明，容量軟體可針對末端站、編組站及折返站（不含第 5.5 節所說明的 4 種車站類型）進行車站容量分析。其方法亦是對所指定的單一車站，模擬緊密發車進入車站，再觀察流出之流量。該文獻亦說明末端站之定義為「位於鐵路路線端點之車站」、編組站之定義為「與調車場或車站基地共構之車站」。至於折返站則未說明其定義。

## 5.9 容量軟體整體性質

綜合本章各節對容量軟體之說明可以觀察到，此軟體之設計方向是作為單一個小區段分析的工具。使用者可用容量軟體以進行小區段範圍內，一部份鐵路的容量分析，例如對含有少數車站的一段線狀鐵路的上行側、其中一座車站或某車站的一部份進行模擬分析。軟體會在運算之後產出各站間的容量，但並不會產出各車站的容量。

過往文獻中，不乏使用容量軟體對較大區段進行容量分析之成果，例如文獻<sup>[39]</sup>即呈現了七堵=樹林路段、鶯歌=埔心路段、民雄=中洲路段、大肚溪南號誌站及花蓮=臺東路段之容量分析，均是以此容量軟體作為主要工具。然在這些分析的過程均是由使用者掌握整體鐵路路段，將之分割成為前述小區段之後，使用容量軟體個別分析區段中各站間的容量，其流程如圖 5.18 所示。其中由容量軟

體進行的範圍亦標示在圖中。

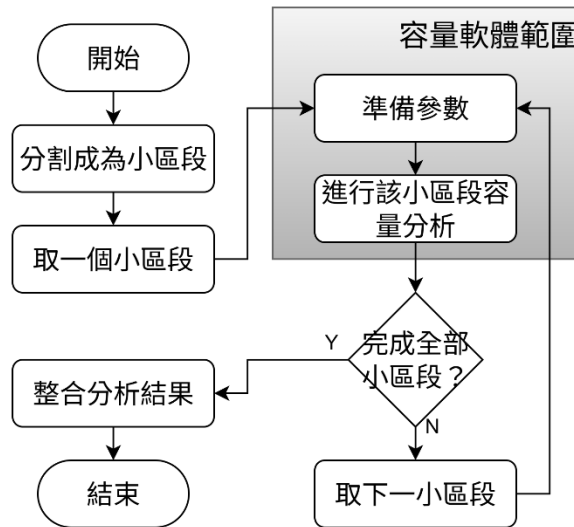


圖 5.18 容量軟體較大區段分析流程

由圖 5.18 所示之流程可觀察到，容量軟體並沒有整體鐵路系統的概念以及對應的功能；計算前的區段分割以及計算後的整體容量評估均是由使用者另行為之。亦即，整體評估並不是軟體的產出，而是使用者綜合的結果。容量軟體的功能範圍，是產出各個小區段的計算結果，供使用者進行後續整合之用。

## 5.10 整合評估及建議

前一小節說明了容量軟體的性質適合作為小區段，站間容量分析的工具；在另一方面，RAILS 平台是開發作為鐵路全系統，含車站及站間運轉分析的工具，二者性質不同，實具互補性。以前述圖 5.5 所示意之鐵路路段為例，該路段含有 7 座車站，規模與多數鐵路建設計畫工程範圍約略相當。在分析範圍中不含有容量軟體無法處理的車站（詳見第 5.5 節說明）的前題下，僅需數次操作即可方便分別對該區段進行容量分析而得到各站間區段的容量。但若需要進一步瞭解各車站之容量，或各車種平均速率、追越與被追越次數統計、系統穩定性評估等與運轉相關的分析結果，則需要使用 RAILS 為之。因此，整合兩軟體應為對本所最有利的發展策略。亦即未來若能吸取此容量軟體之多年開發經驗，在軟體中擴增可簡單操作的局部容量分析功能，預期將有助本所得到分析功能更為強大而完整的新軟體工具。



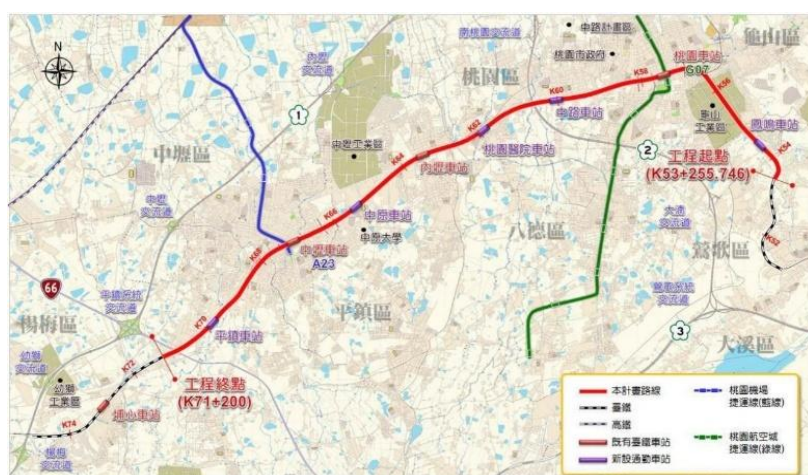
## 第六章 案例計畫分析

### 6.1 概說

本章案例分析的目的在于展現使用 RAILS 進行運轉分析所可能產生的資訊，以及這些資訊所帶來的計畫審議輔助能力。為達到此目的，本章將取用真實的鐵路建設計畫，並以一組臺鐵公司所提供的真實班表，分別分析相同的一組列車分別在建設計畫施作前、建設計畫完工通車後兩種不同情境下之運轉狀況，據以釐清建設計畫對鐵路運轉之可能影響。主要的分析工具均使用 RAILS，依圖 4.2 所示之工作流程完成之。後續各節將先簡介所使用的真實鐵路建設計畫，再分別說明前、後兩情境所使用的路軌模型以及取用臺鐵真實班表建立班表模型的方式。最後則呈現使用 RAILS 進行運轉分析之結果以及綜合歸納討論。

### 6.2 案例計畫簡介

本章分析選用之案例為 109 年 9 月 2 日經行政院院臺交字第 1090024447 號函同意辦理「臺鐵都會區捷運化桃園段地下化建設計畫」。該計畫之前身為行政院於 98 年 2 月 27 日院臺交字第 0980008165 號函核定之「臺鐵都會區捷運化桃園段高架化建設計畫」<sup>[17]</sup>。以下簡稱「桃地計畫」。該計畫綜合規劃於 109 年核定，本章並取用其報告書<sup>[35]</sup>之相關資料進行運轉分析。本章將不對引用自該報告書<sup>[35]</sup>之資料全部逐一標示其出處以方便閱讀。

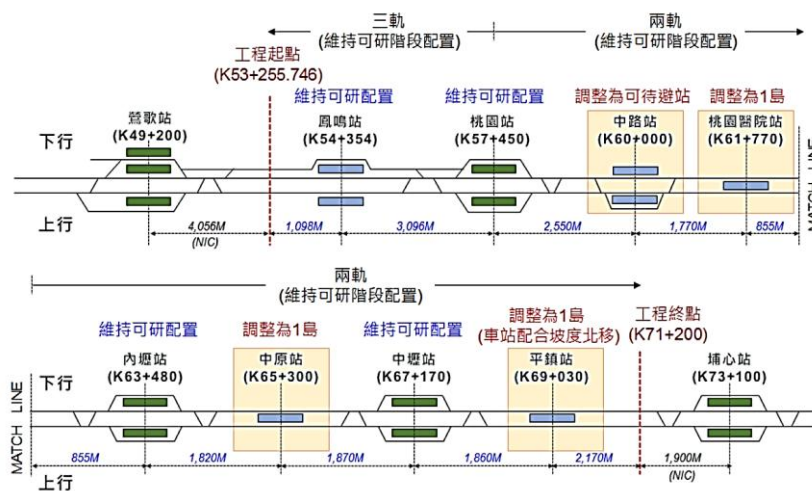


資料來源：【35】

圖 6.1 桃地計畫路線示意圖

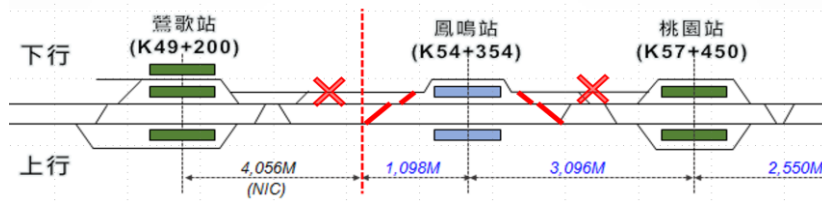
桃地計畫預定期程為 109 年 9 月至 119 年 12 月，共計 10 年 3 個月。計畫工程範圍北界為鶯歌區鳳鳴陸橋北側(K53+255)，南界為平鎮區台 66 線附近(K71+200)，全長約 17.945 公里，計畫路線示於圖 6.1，預估經費為新臺幣 1047.93 億元。計畫範圍分別屬於新北市與桃園市。其中鳳鳴路段位於於新北市，長度約 2.120 km，其餘位於桃園市境內，長約 15.825 km。依報告書<sup>[35]</sup>說明，鐵路地下化後在工程範圍內將設置 8 座車站，其中有 5 座為本工程所新增車站。所有 8 座車站均為地下車站。這些車站依里程順序由北至南為鳳鳴站、桃園站（既有）、中路站、桃園醫院站、內壢站（既有）、中原站、中壢站（既有）、平鎮站。以改建路線全長 17.945 公里計，站間平均間距約為 2.2 公里。其中並有數處車站的站間距離低於 2 公里，最接近者為中路站與桃園醫院站之間，車站中心之距離僅有 1710 公尺之距離。若扣除車站本身的長度，相鄰兩站邊界，亦即兩站進站號誌機間的距離，其間僅有略多於 1 公里之距離。此距離再與列車之車身長度的（例如最近引進之 EMU900 型列車可長達 10 輛車，約 210 公尺）相較，顯然甚短。

以下圖 6.2 所示為桃地計畫完成之後之股道佈設方式，這些資料亦將作為本研究設定未來情境中各車站之股道佈設方式的主要依據。依圖 6.2 所示，桃地計畫將在鶯歌站、鳳鳴站至桃園站之間佈設三軌。然依訪談結果，此區段未來將改以站間二軌方式佈設如圖 6.3 所示。本章將以二軌方式作為情境設計基準。



資料來源：【35】

圖 6.2 桃地計畫各車站股道佈設示意圖



資料來源：【35】

圖 6.3 鶯歌鳳鳴間二軌配置示意圖

### 6.3 班表模型

投入運轉是任何鐵路相關工程最重要目的之一部份。對推動中的鐵路建設計畫，不論是在可行性研究、綜合規劃或其他任何階段，相關單位均有必要掌握計畫各種方案所可能產生的未來運轉狀況；而運轉狀況的分析，即為 RAILS 平台輔助計畫審議的核心功能。

如前面各章之論述，鐵路之運轉分析必須立基於所擬使用的班表才有意義。路線容量更是由路軌設施、車種組成、車次數量及順序所共同決定，其後二者即取自於班表。為此本章分析將取用臺鐵真實班表作為運轉分析之用。

本分析取用臺鐵系統 2024 年 4 月 9 日星期二之真實班表。在我國通常四月份氣候較穩定，且連續假期相對較少。而星期二位在週間，可避免週末之影響。表 6-1 整理 2024 年 4 月 7 日星期日至 4 月 13 日星期六之真實班表統計、表 6-2 整理相同時段中自強號之統計，而表 6-3 則為區間車與區間快車之統計。這些數據顯示在一星期當中雖然各日班表均不完全相同，但差異並不大。而各項統計值顯示星期二的對應數據大都非位在最高或最低之極端值，應具有一定程度之代表性。

表 6-1 臺鐵班表統計（全部車次）

	2024 年 4 月						
	7 日 星期日	8 日 星期一	9 日 星期二	10 日 星期三	11 日 星期四	12 日 星期五	13 日 星期六
車次數	1151	1168	1153	1149	1145	1153	1109
總運行公里	136021.87	129231.28	125904.51	125280.8	125236.7	128213.7	125762.53
總運行時間 (HH:MM)	2654:23	2629:34	2589:06	2574:30	2574:38	2599:04	2505:42
總行經站數	37028	35414	34688	34478	34474	35164	34496
總停靠站數	21481	21416	21245	21203	21201	21335	21014
平均車速 (km/hr)	51.24	49.15	48.63	48.66	48.64	49.33	50.19

表 6-2 臺鐵班表統計（自強號）

	2024 年 4 月						
	7 日 星期日	8 日 星期一	9 日 星期二	10 日 星期三	11 日 星期四	12 日 星期五	13 日 星期六
車次數	157	134	128	126	126	136	138
總運行公里	54403.52	47376.96	44857.63	44637.25	44637.25	47376.95	47786.14
總運行時間 (HH:MM)	765:29	668:27	635:21	630:07	630:07	670:39	676:17
總行經站數	13617	11899	11306	11235	11235	11884	11973
總停靠站數	2762	2514	2419	2395	2395	2509	2534
平均車速 (km/hr)	71.07	70.88	70.6	70.84	70.84	70.64	70.66

表 6-3 臺鐵班表統計（區間車、區間快）

	2024 年 4 月						
	7 日 星期日	8 日 星期一	9 日 星期二	10 日 星期三	11 日 星期四	12 日 星期五	13 日 星期六
車次數	742	750	740	740	740	742	727
總運行公里	68889.56	67135.73	66193.23	66193.23	66193.23	66248.85	66262.19
總運行時間 (HH:MM)	1554:50	1534:14	1520:19	1520:19	1520:19	1521:59	1514:07
總行經站數	19990	19623	19433	19433	19433	19447	19379
總停靠站數	17657	17730	17650	17650	17650	17664	17486
平均車速 (km/hr)	44.31	43.76	43.54	43.54	43.54	43.53	43.76

本章案例分析區間為基隆站至新竹站之間，不含支線亦不含宜蘭線的區段。在此區段中總共有 31 處車站。截取當日在基隆站至新竹站之間的真實班表，再刪除迴送列車、貨物列車以及特殊車次 1、2，並刪除莒光號計有 7 列次，以及僅運行於新竹站與北新竹站之間、僅運行於七堵站與八堵站之間的車次之後，納入分析總計有 330 列次。這些車次含有各式自強號 106 列次、區間快 28 列次、區間車 196 列次。

以下將呈現該真實班表在該區段的基本統計數據。以下表 6-4 所示為所有 330 列次在各車站之間的運行數量，而圖 6.4 顯示其熱圖。這些數據清楚顯示七堵站至樹林站之間的路段，其車次運行量顯著高於其他路段。

表 6-4 臺鐵班表車站間運行車次數 (全部列車)

	基隆	三坑	八堵	七堵	百福	五堵	汐止	汐科	南港	松山	臺北	萬華	板橋	浮洲	樹林	南樹林	山佳	鶯歌	桃園	內壢	中壢	埔心	楊梅	富岡	新富	北湖	湖口	新豐	竹北	北新竹	新竹
基隆	0	62	62	62	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	58	58	58	58	58	58	56	56	55	55	55	51	48	48	48	48
三坑	60	0	62	62	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	58	58	58	58	58	58	56	56	55	55	55	51	48	48	48	48
八堵	60	60	0	129	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	79	79	79	79	78	78	75	75	74	74	74	64	59	59	59	59
七堵	60	60	127	0	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	100	100	100	99	98	98	95	95	94	94	94	83	78	78	78	78
百福	58	58	125	145	0	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	100	100	100	99	98	98	95	95	94	94	94	83	78	78	78	78
五堵	58	58	125	145	145	0	147	147	147	147	147	147	147	147	147	100	100	100	99	98	98	95	95	94	94	94	83	78	78	78	78
汐止	58	58	125	145	145	145	0	147	147	147	147	147	147	147	147	100	100	100	99	98	98	95	95	94	94	94	83	78	78	78	78
汐科	58	58	125	145	145	145	146	0	147	147	147	147	147	147	147	100	100	100	99	98	98	95	95	94	94	94	83	78	78	78	78
南港	58	58	125	145	145	145	146	146	0	150	150	150	150	150	150	103	103	103	102	101	101	98	98	97	97	97	86	81	81	81	81
松山	57	57	124	144	144	144	145	145	149	0	150	150	150	150	150	103	103	103	102	101	101	98	98	97	97	97	86	81	81	81	81
臺北	57	57	124	144	144	144	145	145	149	149	0	150	150	150	150	103	103	103	102	101	101	98	98	97	97	97	86	81	81	81	81
萬華	57	57	124	144	144	144	145	145	149	149	150	0	150	150	150	103	103	103	102	101	101	98	98	97	97	97	86	81	81	81	81
板橋	57	57	124	144	144	144	145	145	149	149	150	150	0	150	150	103	103	103	102	101	101	98	98	97	97	97	86	81	81	81	81
浮洲	57	57	124	144	144	144	145	145	149	149	150	150	150	0	150	103	103	103	102	101	101	98	98	97	97	97	86	81	81	81	81
樹林	57	57	124	144	144	144	145	145	149	149	150	150	150	150	0	104	104	103	102	102	102	99	99	98	98	98	87	82	82	82	82
南樹林	53	53	79	98	98	98	98	98	102	102	103	103	103	103	103	0	104	104	103	102	102	99	99	98	98	98	87	82	82	82	82
山佳	53	53	79	98	98	98	98	98	102	102	103	103	103	103	103	103	0	104	103	102	102	99	99	98	98	98	87	82	82	82	82
鶯歌	53	53	79	98	98	98	98	98	102	102	103	103	103	103	103	103	103	0	103	102	102	99	99	98	98	98	87	82	82	82	82
桃園	53	53	78	97	97	97	97	97	101	101	102	102	102	102	102	102	102	102	0	102	102	99	99	98	98	98	87	82	82	82	82
內壢	53	53	76	95	95	95	95	95	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	101	0	102	99	99	98	98	98	87	82	82	82	82
中壢	53	53	76	95	95	95	95	95	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	101	101	0	99	99	98	98	98	87	82	82	82	82
埔心	53	53	74	93	93	93	93	93	97	97	98	98	98	98	98	98	98	98	99	99	99	0	99	98	98	98	87	82	82	82	82
楊梅	53	53	74	93	93	93	93	93	97	97	98	98	98	98	98	98	98	98	99	99	99	99	0	98	98	98	87	82	82	82	82
富岡	53	53	73	92	92	92	92	92	96	96	97	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	0	98	98	87	82	82	82	82
新富	53	53	73	92	92	92	92	92	96	96	97	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98	0	98	87	82	82	82	82
北湖	53	53	73	92	92	92	92	92	96	96	97	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98	98	0	98	93	93	93	93
湖口	49	49	63	82	82	82	82	82	86	86	87	87	87	87	87	87	87	87	88	88	88	88	88	88	88	95	0	94	94	94	94
新豐	49	49	62	80	80	80	80	80	84	84	85	85	85	85	85	85	85	85	86	86	86	86	86	86	86	93	93	0	94	94	94
竹北	49	49	62	80	80	80	80	80	84	84	85	85	85	85	85	85	85	85	86	86	86	86	86	86	86	93	93	93	0	96	96
北新竹	49	49	62	80	80	80	80	80	84	84	85	85	85	85	85	85	85	85	86	86	86	86	86	86	86	93	93	93	94	0	96
新竹	49	49	62	80	80	80	80	80	84	84	85	85	85	85	85	85	85	85	86	86	86	86	86	86	86	93	93	93	94	94	0

註：橫列為起站、縱欄為迄站

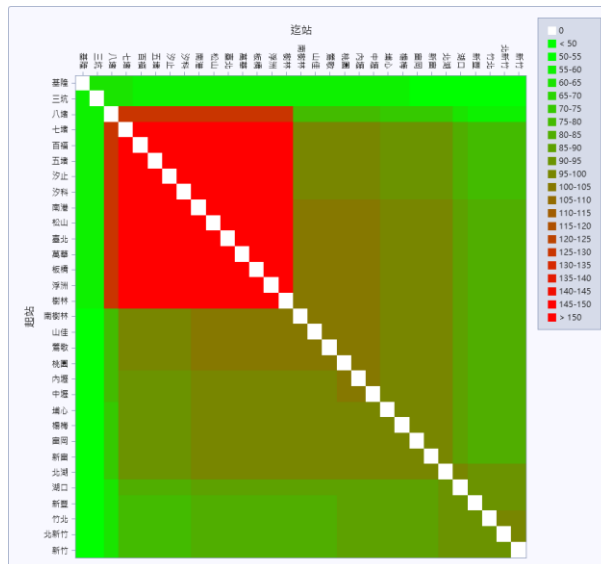


圖 6.4 臺鐵班表車站間運行車次數熱圖 (全部列車)

由 A 站運行至 B 站的列車，必須在 A 與 B 兩站均有停靠才有可能服務由 A 站旅行至 B 站的乘客。以下表 6-5 所顯示的是各種起迄站組合之間所開行，可服務乘客的列次數。其對應的熱圖呈現於圖 6.5。

表 6-5 臺鐵班表車站間服務車次數（全部列車）

	基隆	三坑	八堵	七堵	百福	五堵	汐止	汐科	南港	松山	臺北	萬華	板橋	浮洲	樹林	南樹林	山佳	鶯歌	桃園	內壢	中壢	埔心	楊梅	富岡	新富	北湖	湖口	新豐	竹北	北新竹	新竹
基隆	0	55	62	61	52	52	58	53	56	58	59	52	59	52	55	51	51	52	58	52	58	49	50	48	48	48	45	42	42	41	48
三坑	53	0	55	55	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	51	51	51	51	51	51	49	49	48	48	48	44	41	41	41	41
八堵	58	53	0	95	80	80	95	83	95	99	100	81	100	80	96	62	62	64	70	63	69	58	60	57	57	57	49	45	45	44	51
七堵	60	53	89	0	82	82	112	89	97	123	123	83	123	82	102	64	64	72	94	67	93	64	67	59	59	59	55	48	51	45	75
百福	51	51	79	83	0	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	64	64	64	64	63	63	60	60	59	59	59	48	45	45	45	45
五堵	51	51	79	83	83	0	82	82	82	82	82	82	82	82	82	64	64	64	64	63	63	60	60	59	59	59	48	45	45	45	45
汐止	57	51	88	112	83	83	0	89	97	115	115	83	115	82	103	64	64	72	88	68	87	64	68	59	59	59	56	48	51	45	67
汐科	52	51	81	88	83	83	89	0	89	89	89	83	89	82	89	64	64	69	68	66	67	63	64	59	59	59	52	47	48	45	48
南港	55	51	88	98	83	83	95	89	0	113	114	83	114	82	108	64	64	71	75	68	73	64	66	59	59	59	54	48	49	45	55
松山	57	50	93	123	82	82	113	88	115	0	148	83	148	82	124	64	64	73	96	68	94	64	68	59	59	59	56	48	51	45	77
臺北	57	50	93	123	82	82	113	88	115	148	0	83	150	82	125	64	64	73	97	68	95	64	68	59	59	59	56	48	51	45	78
萬華	50	50	79	83	81	81	84	83	85	86	87	0	83	82	83	64	64	64	64	63	63	60	60	59	59	59	48	45	45	45	45
板橋	57	50	93	123	82	82	113	88	115	148	150	87	0	82	125	64	64	73	97	68	95	64	68	59	59	59	56	48	51	45	78
浮洲	50	50	78	81	81	81	82	82	83	83	84	84	84	0	82	64	64	64	64	63	63	60	60	59	59	59	48	45	45	45	45
樹林	52	50	88	101	82	82	98	88	109	123	125	87	125	84	0	65	65	73	78	69	77	65	69	60	60	60	57	49	52	46	57
南樹林	46	46	60	62	62	62	62	62	63	63	64	64	64	64	64	0	65	65	65	64	64	61	61	60	60	60	49	46	46	46	46
山佳	46	46	60	62	62	62	62	62	63	63	64	64	64	64	64	0	65	65	65	64	64	61	61	60	60	60	49	46	46	46	46
鶯歌	47	46	63	70	63	63	69	67	69	72	73	65	73	64	72	64	64	0	73	69	72	65	68	60	60	60	56	49	50	46	52
桃園	53	46	68	93	63	63	87	66	73	96	97	66	97	64	77	64	64	72	0	69	96	65	69	60	60	60	57	49	52	46	76
內壢	47	46	61	66	62	62	66	65	66	67	68	63	68	63	68	63	63	68	69	0	69	64	66	60	60	60	54	49	49	46	49
中壢	53	46	66	92	62	62	86	65	70	93	94	64	94	63	75	63	63	70	95	69	0	65	69	60	60	60	57	49	52	46	76
埔心	47	46	59	63	60	60	63	63	64	64	65	61	65	61	65	61	61	65	66	66	66	0	65	60	60	60	53	48	49	46	49
楊梅	47	46	59	66	60	60	66	63	64	67	68	62	68	61	68	61	61	67	69	67	69	66	0	60	60	60	57	49	51	46	52
富岡	46	46	56	58	58	58	58	58	59	59	60	60	60	60	60	60	60	60	61	61	61	61	61	0	60	60	49	46	46	46	46
新富	46	46	56	58	58	58	58	58	59	59	60	60	60	60	60	60	60	60	61	61	61	61	61	61	0	60	49	46	46	46	46
北湖	46	46	56	58	58	58	58	58	59	59	60	60	60	60	60	60	60	60	61	61	61	61	61	61	0	60	57	57	57	57	57
湖口	43	42	48	55	49	49	55	52	53	56	57	51	57	50	57	50	50	56	58	56	58	55	58	51	51	58	0	61	63	58	64
新豐	42	42	46	49	48	48	49	49	50	50	51	49	51	49	51	49	49	51	52	52	52	52	50	50	57	59	0	61	58	61	61
竹北	43	42	47	52	48	48	52	50	51	53	54	50	54	49	54	49	49	53	55	54	55	53	55	50	50	57	62	59	0	60	66
北新竹	42	42	46	47	47	47	47	47	48	48	49	49	49	49	49	49	49	49	50	50	50	50	50	50	50	57	57	57	58	0	60
新竹	49	42	52	77	48	48	71	50	57	80	81	50	81	49	60	49	49	55	80	54	80	53	56	50	50	57	63	59	63	58	0

註：橫列為起站、縱欄為迄站



表 6-6 臺鐵班表車站間平均運行時間（自強號）

	基隆	三坑	八堵	七堵	百福	五堵	汐止	汐科	南港	松山	臺北	萬華	板橋	浮洲	樹林	南樹林	山佳	鶯歌	桃園	內壢	中壢	埔心	楊梅	富岡	新富	北湖	湖口	新豐	竹北	北新竹	新竹
基隆	0.0	4.0	7.0	12.8	17.9	20.5	22.4	25.6	29.8	34.0	41.7	49.4	53.8	57.8	60.6	62.8	64.3	67.7	75.2	81.7	85.2	92.0	94.4	98.4	99.3	100.3	101.8	105.3	108.8	111.8	113.8
三坑	4.0	0.0	3.0	8.8	13.9	16.5	18.4	21.6	25.8	30.0	37.7	45.4	49.8	53.8	56.6	58.8	60.3	63.7	71.2	77.7	81.2	88.0	90.4	94.4	95.3	96.3	97.8	101.3	104.8	107.8	109.8
八堵	6.8	2.8	0.0	2.8	6.4	8.8	10.1	11.7	15.5	19.4	27.4	34.6	38.5	42.3	45.8	50.4	51.9	55.1	62.6	68.6	71.9	78.0	80.4	84.8	85.6	86.6	88.0	91.5	95.0	98.0	99.9
七堵	11.3	7.3	2.8	0.0	3.1	5.5	7.0	9.2	13.0	16.9	25.0	32.3	36.3	40.1	43.4	46.5	48.0	51.3	58.8	64.9	68.3	74.7	77.1	81.3	82.1	83.1	84.5	88.1	91.6	94.6	96.5
百福	17.8	13.8	6.7	3.5	0.0	2.4	3.9	6.0	9.9	13.8	21.9	29.2	33.1	37.0	40.3	42.8	44.3	47.6	55.1	61.2	64.6	71.0	73.4	77.6	78.4	79.4	80.8	84.4	87.9	90.9	92.8
五堵	20.8	16.8	9.2	6.3	2.8	0.0	1.5	3.6	7.5	11.3	19.5	26.7	30.7	34.6	37.8	40.3	41.8	45.1	52.6	58.7	62.1	68.5	70.9	75.1	75.9	76.9	78.4	81.9	85.4	88.4	90.3
汐止	22.7	18.7	10.4	7.7	4.2	1.4	0.0	1.5	5.3	9.2	17.3	24.6	28.6	32.4	35.7	37.4	38.9	42.2	49.6	55.8	59.2	65.6	68.0	72.1	73.0	74.0	75.4	79.0	82.5	85.5	87.4
汐科	26.4	22.4	12.1	9.8	6.3	3.5	1.4	0.0	3.9	7.7	15.9	23.1	27.1	30.9	34.2	35.7	37.2	40.5	48.0	54.1	57.5	63.9	66.3	70.5	71.3	72.3	73.8	77.3	80.8	83.8	85.7
南港	31.3	27.3	16.1	13.8	10.3	7.5	5.4	4.0	0.0	3.6	11.7	19.0	23.0	26.8	30.0	31.5	33.0	36.2	43.6	49.5	52.7	58.8	61.2	65.3	66.1	67.1	68.5	72.0	75.4	78.4	80.2
松山	35.2	31.2	19.5	17.1	13.6	10.8	8.7	7.3	3.0	0.0	7.0	14.3	18.2	22.0	25.2	26.7	28.2	31.4	38.7	44.7	47.9	54.0	56.4	60.5	61.3	62.3	63.7	67.2	70.6	73.6	75.4
臺北	43.2	39.2	26.8	24.5	21.0	18.2	16.1	14.7	10.4	6.4	0.0	3.7	7.7	11.4	14.6	16.0	17.5	20.7	28.1	34.0	37.3	43.3	45.7	49.8	50.6	51.6	53.0	56.5	60.0	62.9	64.7
萬華	50.7	46.7	34.5	32.2	28.7	25.9	23.8	22.4	18.0	14.0	4.0	0.0	4.0	7.8	10.9	12.2	13.7	16.9	24.3	30.2	33.5	39.6	41.9	46.0	46.8	47.8	49.2	52.7	56.2	59.1	61.0
板橋	55.7	51.7	38.9	36.6	33.2	30.3	28.3	26.9	22.5	18.5	8.5	4.4	0.0	2.3	5.5	6.7	8.2	11.4	18.8	24.8	28.0	34.1	36.4	40.6	41.3	42.3	43.8	47.2	50.7	53.7	55.5
浮洲	60.7	56.7	43.4	41.2	37.7	34.9	32.8	31.4	27.0	23.0	13.0	9.0	2.5	0.0	3.2	4.4	5.9	9.2	16.5	22.5	25.7	31.8	34.1	38.3	39.1	40.1	41.5	44.9	48.4	51.4	53.2
樹林	63.3	59.3	47.2	44.7	41.2	38.3	36.3	34.9	30.4	26.4	16.4	12.4	5.9	3.4	0.0	1.6	3.1	6.3	13.7	19.7	22.9	29.0	31.3	35.4	36.2	37.2	38.7	42.1	45.6	48.5	50.4
南樹林	65.7	61.7	53.2	49.0	44.7	41.5	38.6	36.9	32.4	28.2	18.1	14.1	7.4	4.9	2.1	0.0	1.5	4.7	12.1	18.1	21.3	27.4	29.7	33.8	34.6	35.6	37.1	40.5	44.0	46.9	48.8
山佳	67.2	63.2	54.6	50.3	46.0	42.8	39.9	38.2	33.7	29.5	19.4	15.4	8.7	6.2	3.4	1.3	0.0	3.2	10.6	16.6	19.8	25.9	28.2	32.3	33.1	34.1	35.6	39.0	42.5	45.4	47.3
鶯歌	70.7	66.7	58.0	53.8	49.5	46.3	43.4	41.7	37.1	33.0	22.9	18.8	12.2	9.7	6.8	4.7	3.4	0.0	7.3	13.3	16.5	22.6	25.0	29.1	29.9	30.9	32.3	35.8	39.2	42.2	44.0
桃園	78.7	74.7	65.7	61.5	57.2	54.0	51.1	49.4	44.7	40.5	30.4	26.4	19.7	17.2	14.4	12.3	11.0	7.6	0.0	4.7	7.9	14.0	16.3	20.5	21.2	22.2	23.7	27.1	30.6	33.6	35.4
內壢	85.8	81.8	72.3	68.2	63.8	60.6	57.7	56.0	51.1	47.0	36.9	32.8	26.2	23.7	20.8	18.8	17.5	14.0	4.7	0.0	3.2	9.3	11.7	15.8	16.6	17.6	19.0	22.5	25.9	28.9	30.7
中壢	89.8	85.8	75.8	71.8	67.5	64.3	61.4	59.6	54.6	50.5	40.4	36.3	29.7	27.2	24.3	22.2	20.9	17.5	8.2	3.5	0.0	4.5	6.8	11.0	11.8	12.8	14.2	17.7	21.1	24.1	25.9
埔心	96.8	92.8	82.6	78.1	73.8	70.6	67.7	66.0	60.6	56.5	46.4	42.3	35.7	33.2	30.3	28.2	26.9	23.5	14.2	9.5	4.2	0.0	2.3	6.5	7.3	8.3	9.7	13.2	16.6	19.6	21.4
楊梅	99.3	95.3	85.0	80.5	76.1	72.9	70.0	68.3	62.9	58.8	48.7	44.6	38.0	35.5	32.6	30.6	29.3	25.8	16.5	11.8	6.5	2.3	0.0	4.0	4.8	5.8	7.2	10.7	14.1	17.1	18.9
富岡	103.3	99.3	89.1	84.5	80.2	77.0	74.1	72.4	66.9	62.8	52.7	48.6	42.0	39.5	36.6	34.5	33.2	29.8	20.5	15.8	10.5	6.3	3.9	0.0	0.8	1.8	3.2	6.7	10.2	13.1	14.9
新富	104.3	100.3	89.9	85.3	81.0	77.8	74.9	73.2	67.7	63.6	53.5	49.4	42.8	40.3	37.4	35.3	34.0	30.6	21.3	16.6	11.3	7.1	4.7	0.8	0.0	1.0	2.4	5.9	9.4	12.3	14.2
北湖	105.3	101.3	90.9	86.3	82.0	78.8	75.9	74.2	68.7	64.6	54.5	50.4	43.8	41.3	38.4	36.3	35.0	31.6	22.3	17.6	12.3	8.1	5.7	1.8	1.0	0.0	1.4	4.9	8.4	11.3	13.2
湖口	106.8	102.8	92.4	87.8	83.5	80.3	77.4	75.7	70.1	66.0	55.9	51.8	45.2	42.7	39.8	37.8	36.5	33.0	23.7	19.0	13.7	9.5	7.2	3.2	2.4	1.4	0.0	3.4	6.9	9.9	11.7
新豐	110.3	106.3	95.9	91.3	87.0	83.8	80.9	79.2	73.6	69.5	59.4	55.3	48.7	46.2	43.3	41.2	39.9	36.5	27.2	22.5	17.2	13.0	10.6	6.7	5.9	4.9	3.4	0.0	3.5	6.4	8.3
竹北	113.8	109.8	99.4	94.8	90.5	87.3	84.4	82.7	77.0	72.9	62.8	58.7	52.1	49.6	46.7	44.7	43.4	39.9	30.6	25.9	20.7	16.4	14.1	10.1	9.3	8.3	6.9	3.4	0.0	2.9	4.7
北新竹	116.8	112.8	102.4	97.8	93.5	90.3	87.4	85.7	80.0	75.9	65.8	61.7	55.1	52.6	49.7	47.6	46.3	42.9	33.6	28.9	23.6	19.4	17.0	13.1	12.3	11.3	9.8	6.4	2.9	0.0	1.8
新竹	118.8	114.8	104.1	99.6	95.2	92.0	89.1	87.4	81.7	77.5	67.4	63.4	56.7	54.2	51.4	49.3	48.0	44.5	35.2	30.5	25.3	21.1	18.7	14.8	14.0	13.0	11.5	8.1	4.6	1.7	0.0

註：橫列為起站、縱欄為迄站

註：單位分鐘

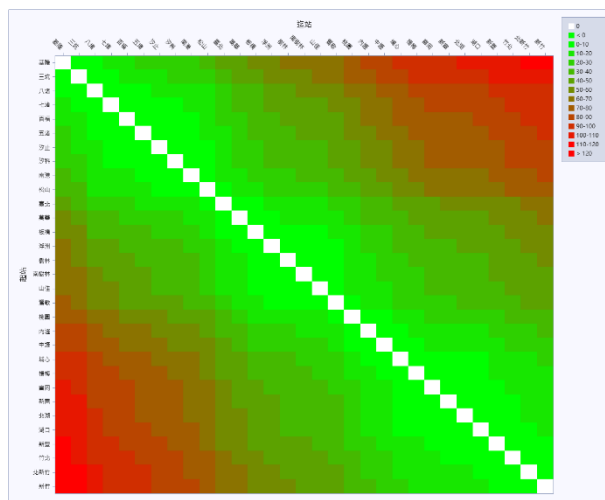


圖 6.6 臺鐵班表車站間平均運行時間熱圖（自強號）

以下表 6-7 與圖 6.7 則呈現區間車、區間快在各車站間之平均運行時間統計。

表 6-7 臺鐵班表車站間平均運行時間（區間車、區間快）

	基隆	三坑	八堵	七堵	百福	五堵	汐止	汐科	南港	松山	臺北	萬華	板橋	浮洲	樹林	南樹林	山佳	鶯歌	桃園	內壢	中壢	埔心	楊梅	富岡	新富	北湖	湖口	新豐	竹北	北新竹	新竹
基隆	0.0	4.0	7.5	12.4	17.9	21.9	24.4	27.7	32.7	37.0	45.4	51.9	56.9	61.1	64.6	68.4	71.5	76.6	85.3	92.9	97.9	104.6	109.0	116.1	119.4	122.4	125.9	132.0	137.6	142.6	146.1
三坑	4.6	0.0	3.0	7.9	13.4	17.4	19.9	23.2	28.2	32.5	40.9	47.4	52.4	56.6	60.1	63.9	67.0	72.1	80.8	88.4	93.4	100.1	104.5	111.6	114.9	117.9	121.4	127.5	133.1	138.1	141.6
八堵	8.1	3.0	0.0	4.1	9.6	13.5	15.9	19.4	24.4	28.8	37.0	43.5	48.4	52.6	56.4	60.8	63.8	68.8	77.4	84.7	89.7	96.2	100.5	107.5	110.6	113.6	117.3	123.9	129.6	134.9	138.4
七堵	12.5	7.4	3.6	0.0	3.5	7.3	9.8	13.3	18.2	22.6	30.8	37.3	42.1	46.3	50.1	54.1	57.0	61.9	70.6	77.7	82.7	89.1	93.4	100.3	103.2	106.1	109.4	115.8	121.5	126.6	130.0
百福	18.4	13.3	9.7	4.2	0.0	3.4	5.8	9.3	14.3	18.6	26.9	33.3	38.1	42.3	46.1	50.1	53.0	57.9	66.6	73.7	78.7	85.1	89.4	96.3	99.2	102.1	105.4	111.8	117.4	122.6	126.0
五堵	22.4	17.2	13.5	8.1	3.4	0.0	2.0	5.5	10.5	14.9	23.1	29.5	34.4	38.6	42.4	46.2	49.1	54.0	62.7	69.8	74.8	81.2	85.5	92.4	95.4	98.2	101.6	107.9	113.6	118.7	122.1
汐止	24.9	19.7	16.0	10.5	5.9	2.0	0.0	2.1	7.1	11.4	19.7	26.1	30.9	35.1	38.9	42.8	45.7	50.6	59.3	66.4	71.4	77.8	82.2	89.1	92.0	94.9	98.2	104.6	110.3	115.5	118.9
汐科	28.9	23.8	19.9	14.4	9.7	5.9	2.0	0.0	4.5	8.9	17.1	23.5	28.4	32.6	36.4	40.3	43.2	48.1	56.8	63.8	68.8	75.3	79.6	86.5	89.5	92.3	95.7	102.1	107.8	113.0	116.3
南港	34.6	29.5	25.5	20.0	15.3	11.5	7.6	5.0	0.0	3.6	11.8	18.3	23.1	27.3	31.1	34.9	37.8	42.7	51.4	58.6	63.6	70.0	74.3	81.2	84.2	87.0	90.4	96.8	102.4	107.6	111.0
松山	38.4	33.2	29.2	23.7	19.1	15.2	11.4	8.7	3.1	0.0	7.0	13.5	18.3	22.5	26.3	30.1	33.0	37.9	46.6	53.7	58.7	65.2	69.5	76.4	79.3	82.2	85.5	91.9	97.6	102.8	106.2
臺北	45.5	40.4	36.3	30.8	26.2	22.3	18.5	15.8	10.2	6.0	0.0	3.9	8.8	12.9	16.8	20.4	23.4	28.2	37.0	44.1	49.1	55.6	59.9	66.8	69.7	72.6	75.9	82.4	88.0	93.2	96.6
萬華	52.3	47.2	43.3	37.8	33.2	29.3	25.5	22.8	17.1	13.0	4.4	0.0	4.4	8.6	12.4	16.1	19.0	23.9	32.6	39.7	44.7	51.2	55.5	62.4	65.3	68.2	71.6	78.0	83.6	88.8	92.2
板橋	57.8	52.7	48.7	43.2	38.6	34.7	30.8	28.2	22.5	18.4	9.8	4.5	0.0	2.9	6.7	10.4	13.3	18.2	26.9	34.1	39.1	45.6	49.9	56.8	59.7	62.6	66.0	72.4	78.0	83.2	86.6
浮洲	62.0	56.9	52.9	47.4	42.8	38.9	35.1	32.4	26.7	22.6	14.0	8.7	3.0	0.0	3.4	7.0	9.9	14.8	23.5	30.7	35.7	42.2	46.5	53.4	56.3	59.2	62.6	68.9	74.6	79.8	83.2
樹林	65.7	60.6	56.8	51.3	46.7	42.8	39.0	36.3	30.6	26.5	17.9	12.6	6.8	3.4	0.0	2.5	5.4	10.3	19.0	26.1	31.1	37.7	42.0	48.8	51.8	54.7	58.1	64.5	70.1	75.3	78.7
南樹林	69.7	64.6	61.1	55.7	50.9	47.0	42.9	40.2	34.5	30.4	21.7	16.4	10.6	7.1	2.5	0.0	2.5	7.4	16.0	23.2	28.2	34.7	39.0	45.9	48.8	51.7	55.2	61.5	67.2	72.4	75.8
山佳	72.7	67.6	64.1	58.6	53.8	49.9	45.8	43.1	37.4	33.2	24.6	19.3	13.5	10.0	5.4	2.4	0.0	4.0	12.7	19.8	24.8	31.4	35.7	42.5	45.5	48.3	51.9	58.2	63.8	69.0	72.4
鶯歌	77.6	72.5	69.1	63.5	58.7	54.8	50.7	48.0	42.3	38.1	29.5	24.1	18.4	14.9	10.3	7.3	4.1	0.0	7.6	14.8	19.8	26.3	30.6	37.5	40.4	43.3	46.8	53.1	58.8	64.0	67.4
桃園	86.2	81.1	77.8	72.3	67.5	63.6	59.5	56.8	51.1	47.0	38.4	33.0	27.2	23.7	19.1	16.1	12.9	7.6	0.0	5.1	10.1	16.6	20.9	27.7	30.7	33.6	37.0	43.5	49.2	54.3	57.7
內壢	93.0	87.9	84.9	79.3	74.5	70.5	66.4	63.7	58.0	53.8	45.2	39.8	34.1	30.6	26.0	23.0	19.7	14.4	5.0	0.0	4.0	10.5	14.8	21.7	24.6	27.5	30.9	37.4	43.1	48.3	51.7
中壢	98.1	93.0	90.0	84.4	79.5	75.6	71.4	68.7	63.0	58.9	50.2	44.9	39.1	35.6	31.0	28.0	24.7	19.4	10.1	4.0	0.0	5.0	9.3	16.2	19.1	22.0	25.4	32.0	37.7	42.8	46.2
埔心	105.4	100.3	97.3	91.7	86.9	82.9	78.7	76.1	70.3	66.1	57.7	52.4	46.6	43.1	38.5	35.5	32.2	26.9	17.5	11.4	5.2	0.0	3.7	10.5	13.5	16.3	19.7	26.3	31.9	37.1	40.5
楊梅	109.8	104.7	101.7	96.1	91.2	87.3	83.1	80.4	74.7	70.5	62.1	56.7	50.9	47.4	42.8	39.8	36.6	31.2	21.9	15.8	9.5	3.6	0.0	5.2	8.1	11.0	14.4	20.9	26.6	31.7	35.1
富岡	116.9	111.8	108.3	102.9	98.1	94.1	90.0	87.3	81.5	77.4	69.0	63.6	57.8	54.3	49.7	46.7	43.4	38.1	28.7	22.6	16.4	10.5	5.1	0.0	2.0	4.8	8.2	14.6	20.3	25.5	28.9
新富	119.8	114.7	111.2	105.7	100.8	96.9	92.7	90.1	84.3	80.1	71.7	66.4	60.6	57.1	52.5	49.5	46.2	40.9	31.5	25.4	19.1	13.2	7.9	2.0	0.0	2.1	5.4	11.8	17.5	22.6	26.0
北湖	122.9	117.8	114.3	108.6	103.8	99.8	95.7	93.0	87.2	83.1	74.7	69.3	63.5	60.0	55.4	52.4	49.1	43.8	34.4	28.3	22.1	16.2	10.8	4.9	2.1	0.0	2.7	9.0	14.6	19.7	23.0
湖口	126.9	121.8	117.8	112.1	107.2	103.3	99.1	96.5	90.7	86.5	78.2	72.8	67.1	63.6	59.0	56.0	52.9	47.6	38.1	32.1	25.9	20.0	14.5	8.6	5.8	2.7	0.0	5.1	10.8	15.9	19.2
新豐	133.2	128.1	124.2	118.5	113.6	109.6	105.4	102.8	97.2	93.0	84.6	79.3	73.5	70.1	65.4	62.4	59.3	54.1	44.6	38.6	32.3	26.5	21.0	15.0	12.2	9.0	5.1	0.0	4.6	9.7	13.0
竹北	138.9	133.8	129.8	124.1	119.1	115.2	111.0	108.4	102.7	98.6	90.2	84.8	79.1	75.6	71.0	68.0	64.9	59.6	50.2	44.1	37.9	32.0	26.5	20.6	17.7	14.5	10.6	4.6	0.0	4.0	7.4
北新竹	144.4	139.3	135.5	129.7	124.8	120.8	116.6	114.0	108.3	104.2	95.8	90.4	84.7	81.2	76.6	73.6	70.5	65.2	55.8	49.7	43.5	37.6	32.1	26.1	23.3	19.9	16.0	10.1	4.1	0.0	2.9
新竹	147.8	142.7	138.9	132.9	128.0	124.0	119.9	117.2	111.6	107.4	99.0	93.6	87.9	84.4	79.8	76.8	73.7	68.4	59.0	52.9	46.7	40.8	35.3	29.4	26.5	23.1	19.2	13.3	7.3	2.7	0.0

註：橫列為起站、縱欄為迄站

註：單位分鐘

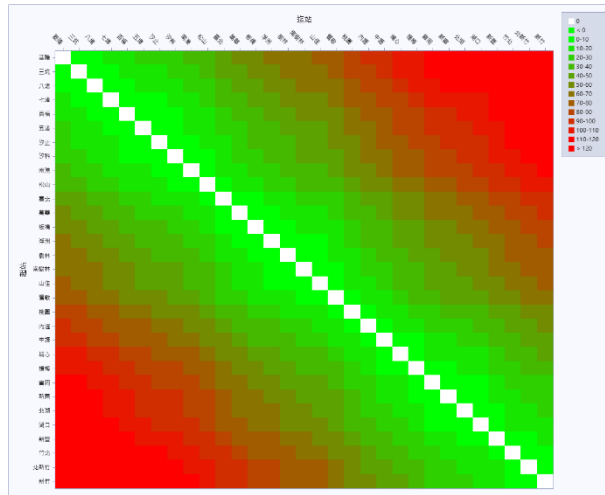


圖 6.7 臺鐵班表車站間平均運行時間熱圖（區間車、區間快）

以下表 6-8 與圖 6.8 為臺鐵真實班表中，自強號列車平均運行速率之統計。多數列車之平均運行速率定義為所有這些列車所運行之總距離除以總運行時間之商。例如，假設每一列車自 A 站運行至 B 站所行駛之距離固定為 100 公里，總共有 20 列次，而所有這些列車在 A 站與 B 站之間的運行時間總計為 1600 分鐘，則這些列車的 average 運行速率為  $100 \times 20 / 1600 = 1.25$  公里/分鐘，相當於時速 75 公里。

表 6-8 臺鐵班表車站間平均運行速率 (自強號)

	基隆	三坑	八堵	七堵	百福	五堵	汐止	汐科	南港	松山	臺北	萬華	板橋	浮洲	樹林	南樹林	山佳	鶯歌	桃園	內壢	中壢	埔心	楊梅	富岡	新富	北湖	湖口	新豐	竹北	北新竹	新竹
基隆	0.0	18.3	28.5	26.3	27.6	31.8	32.1	32.2	35.9	36.7	38.7	35.5	37.3	37.1	37.8	38.4	39.3	41.1	41.5	42.5	43.5	44.0	45.3	47.6	48.1	48.6	49.3	51.1	51.5	52.3	52.3
三坑	18.3	0.0	42.0	30.0	30.2	35.1	35.1	34.8	38.6	39.2	40.8	37.0	38.8	38.5	39.2	39.8	40.6	42.5	42.8	43.8	44.8	45.2	46.5	48.8	49.4	49.8	50.6	52.4	52.7	53.6	53.5
八堵	29.2	44.5	0.0	48.8	45.7	51.2	51.4	53.4	56.4	54.0	51.6	45.0	46.9	45.9	45.7	43.9	44.8	46.8	46.7	47.7	48.8	49.4	50.7	52.9	53.6	54.0	54.8	56.6	56.9	57.6	57.5
七堵	29.6	35.8	48.7	0.0	50.9	57.1	54.8	53.3	56.6	54.1	51.0	44.0	46.1	45.1	45.1	44.7	45.6	47.6	47.4	48.4	49.4	49.7	51.2	53.5	54.2	54.6	55.4	57.3	57.5	58.3	58.2
百福	27.7	30.4	43.9	45.4	0.0	64.9	57.8	54.5	58.4	54.9	51.0	43.3	45.6	44.6	44.7	44.8	45.8	48.0	47.7	48.7	49.8	50.1	51.6	54.0	54.7	55.2	56.0	58.0	58.1	58.9	58.8
五堵	31.3	34.4	49.2	50.1	56.0	0.0	46.0	47.5	56.2	52.7	49.3	41.3	44.1	43.1	43.3	43.7	44.8	47.2	46.9	48.1	49.2	49.6	51.2	53.7	54.4	54.9	55.7	57.8	58.0	58.8	58.6
汐止	31.7	34.6	49.9	49.6	53.1	47.3	0.0	72.0	66.5	57.8	51.6	42.2	45.1	43.9	44.1	45.3	46.4	48.8	48.3	49.4	50.5	50.8	52.4	54.9	55.7	56.2	57.0	59.1	59.2	60.0	59.8
汐科	31.2	33.5	51.4	49.9	52.4	49.5	74.6	0.0	64.4	55.1	49.7	40.3	43.6	42.6	42.9	44.5	45.7	48.3	47.8	49.0	50.2	50.5	52.1	54.7	55.5	56.0	56.9	59.0	59.1	60.0	59.8
南港	34.3	36.6	54.3	53.4	56.1	56.1	65.2	62.0	0.0	49.6	46.1	36.0	40.7	40.0	40.7	42.6	44.0	47.2	47.0	48.5	50.0	50.6	52.4	55.3	56.2	56.7	57.6	59.9	60.1	60.9	60.8
松山	35.5	37.7	53.9	53.4	55.5	55.4	60.8	58.2	59.4	0.0	52.1	35.6	41.6	40.6	41.4	43.7	45.3	48.8	48.3	49.8	51.3	51.9	53.8	56.8	57.7	58.2	59.2	61.6	61.6	62.5	62.3
臺北	37.3	39.3	52.8	52.1	53.2	52.8	55.4	53.6	52.1	57.0	0.0	38.9	51.4	46.4	46.4	50.1	52.1	56.4	53.7	54.7	56.3	56.2	58.4	61.6	62.7	63.2	64.3	66.8	66.6	67.3	66.9
萬華	34.7	36.1	45.2	44.2	44.0	42.7	43.6	41.6	38.0	36.2	35.8	0.0	63.1	49.9	48.9	53.9	56.0	60.5	56.1	56.8	58.3	58.0	60.2	63.6	64.6	65.2	66.3	68.8	68.5	69.2	68.7
板橋	36.0	37.4	46.5	45.6	45.6	44.6	45.5	44.0	41.6	41.0	46.5	56.4	0.0	60.7	52.4	60.5	62.9	67.6	59.2	59.3	60.8	60.0	62.4	66.0	67.2	67.7	68.9	71.5	70.9	71.6	71.0
浮洲	35.3	36.5	44.8	43.9	43.7	42.7	43.4	42.0	39.7	38.9	40.7	43.1	54.3	0.0	46.5	61.0	64.2	69.5	59.1	59.2	60.9	60.0	62.6	66.4	67.6	68.2	69.4	72.1	71.5	72.2	71.5
樹林	36.2	37.4	44.4	43.8	43.7	42.8	43.3	42.1	40.2	39.5	41.4	43.3	48.4	44.1	0.0	75.5	74.6	77.1	60.4	60.2	61.9	60.7	63.5	67.5	68.8	69.4	70.6	73.4	72.6	73.3	72.5
南樹林	36.7	37.9	41.6	42.4	42.9	42.4	43.9	43.1	41.4	41.2	44.1	46.6	54.6	54.6	58.0	0.0	73.6	77.6	58.4	58.8	60.9	59.8	62.9	67.1	68.4	69.1	70.4	73.3	72.5	73.2	72.4
山佳	37.6	38.8	42.6	43.4	44.1	43.7	45.2	44.5	43.1	43.2	46.9	49.9	59.2	61.0	68.5	85.6	0.0	79.4	56.3	57.5	59.9	59.0	62.3	66.8	68.2	68.9	70.2	73.3	72.5	73.2	72.4
鶯歌	39.3	40.6	44.4	45.4	46.2	46.0	47.5	46.9	46.0	46.4	51.0	54.4	63.6	65.8	71.6	77.6	74.6	0.0	46.4	52.3	56.2	56.2	60.1	65.5	67.1	67.9	69.4	72.8	72.0	72.8	72.0
桃園	39.6	40.8	44.4	45.2	45.9	45.7	47.0	46.5	45.8	46.1	49.5	51.7	56.4	56.6	57.5	57.4	54.1	45.1	0.0	76.1	74.6	66.6	71.1	76.4	78.3	78.9	80.3	83.5	81.2	81.3	79.9
內壢	40.5	41.5	45.3	46.0	46.7	46.5	47.7	47.3	47.0	47.4	50.5	52.3	56.0	56.2	56.7	56.6	54.4	49.6	75.3	0.0	72.4	61.8	69.1	76.5	78.9	79.7	81.4	85.0	82.1	82.2	80.5
中壢	41.3	42.3	46.3	47.0	47.6	47.6	48.7	48.4	48.3	48.8	51.9	53.8	57.4	57.6	58.3	58.3	56.6	53.2	72.1	67.7	0.0	75.9	83.5	88.8	91.3	91.4	92.5	94.9	89.7	88.9	86.4
埔心	41.8	42.8	46.6	47.5	48.2	48.1	49.2	48.9	49.2	49.6	52.6	54.2	57.3	57.5	58.0	58.0	56.7	54.2	65.6	60.8	81.1	0.0	98.3	97.8	100.9	99.8	100.2	101.5	93.5	91.9	88.6
楊梅	43.1	44.1	48.0	49.0	49.7	49.7	50.8	50.6	51.0	51.6	54.8	56.6	59.9	60.2	60.9	61.1	60.0	58.2	70.3	68.3	87.4	98.9	0.0	101.5	105.7	103.3	103.7	103.7	93.7	91.9	88.1
富岡	45.3	46.4	50.3	51.4	52.2	52.4	53.5	53.3	54.0	54.7	58.3	60.2	63.8	64.3	65.3	65.7	65.0	63.9	76.3	76.6	92.6	100.3	102.3	0.0	126.8	107.2	105.1	105.0	90.7	89.0	84.6
新富	45.8	46.9	51.0	52.1	52.9	53.1	54.3	54.1	54.8	55.6	59.3	61.3	64.9	65.6	66.6	67.1	66.4	65.6	78.2	79.0	95.0	103.2	106.4	126.8	0.0	91.8	98.0	87.7	86.6	82.3	
北湖	46.3	47.4	51.4	52.6	53.4	53.6	54.7	54.6	55.4	56.2	59.9	61.9	65.5	66.2	67.2	67.8	67.1	66.4	78.8	79.7	94.7	101.8	103.9	107.2	91.8	0.0	102.3	104.2	87.2	86.1	81.5
湖口	47.0	48.1	52.2	53.3	54.2	54.4	55.6	55.5	56.3	57.1	61.0	63.0	66.7	67.4	68.5	69.0	68.5	67.9	80.1	81.4	95.4	101.7	103.3	104.5	97.3	101.2	0.0	106.0	84.5	84.1	79.2
新豐	48.8	49.9	54.1	55.3	56.2	56.5	57.7	57.6	58.6	59.5	63.5	65.6	69.4	70.2	71.4	72.1	71.6	71.4	83.3	85.0	97.3	102.6	103.9	104.8	101.8	103.0	106.0	0.0	63.2	72.3	68.1
竹北	49.2	50.3	54.4	55.5	56.5	56.7	57.9	57.8	58.8	59.7	63.5	65.5	69.0	69.8	70.8	71.4	71.0	70.8	81.1	82.2	91.8	94.5	94.1	90.9	87.8	87.4	84.9	63.8	0.0	86.0	73.1
北新竹	50.1	51.2	55.2	56.3	57.3	57.5	58.7	58.6	59.7	60.6	64.4	66.3	69.8	70.5	71.5	72.1	71.8	71.6	81.3	82.2	90.6	92.7	92.1	89.0	86.6	86.1	84.2	72.5	84.1	0.0	53.2
新竹	50.0	51.1	55.2	56.4	57.3	57.5	58.7	58.6	59.7	60.6	64.3	66.1	69.5	70.1	71.1	71.7	71.3	71.1	80.2	81.0	88.5	90.0	89.1	85.6	83.3	82.6	80.6	69.7	74.9	58.9	0.0

註：橫列為起站、縱欄為迄站  
註：單位時速公里

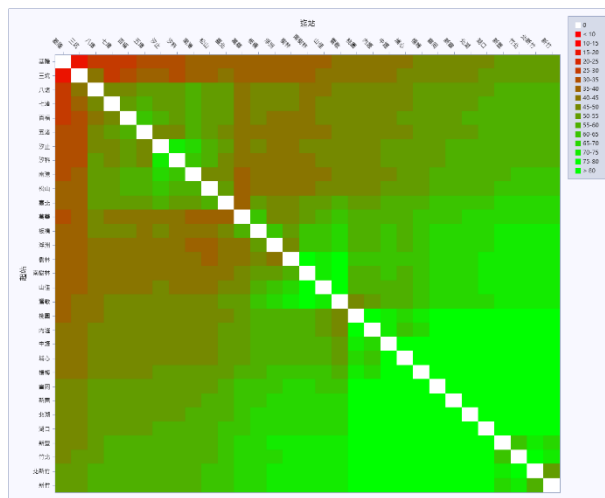


圖 6.8 臺鐵班表車站間平均運行速率熱圖 (自強號)

以下表 6-9 與圖 6.9 則為區間車、區間快在各站間之平均運行速率，其定義與自強號相同，不再贅述。

表 6-9 臺鐵班表車站間平均運行速率（區間車、區間快）

	基隆	三坑	八堵	七堵	百福	五堵	汐止	汐科	南港	松山	臺北	萬華	板橋	浮洲	樹林	南樹林	山佳	鶯歌	桃園	內壢	中壢	埔心	楊梅	富岡	新富	北湖	湖口	新豐	竹北	北新竹	新竹
基隆	0.0	18.3	26.5	27.1	27.5	29.7	29.4	29.7	32.8	33.7	35.5	33.8	35.2	35.1	35.3	35.3	36.3	36.6	37.4	37.9	38.7	39.3	40.3	40.1	39.8	39.9	40.8	40.7	41.0	40.7	
三坑	16.0	0.0	41.9	33.3	31.3	33.2	32.4	32.4	35.4	36.2	37.6	35.5	36.9	36.6	36.9	36.6	36.6	37.5	37.7	38.5	38.9	39.7	40.2	41.3	41.0	40.7	40.7	41.1	41.5	41.8	41.5
八堵	24.5	42.0	0.0	33.3	30.6	33.6	32.6	32.2	35.8	36.5	38.2	35.8	37.3	37.0	37.1	36.4	36.4	37.5	37.7	38.7	39.1	40.0	40.6	41.7	41.5	41.1	41.2	41.1	41.8	41.1	41.5
七堵	26.9	35.7	37.7	0.0	44.8	43.2	39.3	36.8	40.4	40.4	41.4	38.1	39.7	39.0	39.0	38.4	38.4	39.5	39.4	40.4	40.8	41.7	42.2	43.3	43.1	42.8	42.8	43.3	43.3	43.2	43.2
百福	26.9	31.7	30.5	37.6	0.0	47.0	38.8	35.4	40.5	40.5	41.6	37.9	39.6	38.9	39.0	38.3	38.3	39.5	39.4	40.4	40.9	41.8	42.3	43.5	43.2	42.9	42.9	43.7	43.5	43.7	43.3
五堵	29.2	33.6	33.5	39.2	46.1	0.0	33.3	31.1	40.0	40.2	41.6	37.4	39.4	38.7	38.7	38.1	38.1	39.4	39.3	40.4	40.9	41.8	42.4	43.6	43.3	43.0	43.0	43.9	43.6	43.8	43.4
汐止	28.9	32.7	32.6	36.5	38.5	33.8	0.0	50.0	50.0	46.3	45.4	39.7	41.6	40.5	40.4	39.5	39.4	40.7	40.5	41.5	41.9	42.8	43.3	44.5	44.2	43.8	43.8	44.4	44.3	44.4	44.0
汐科	28.5	31.5	31.4	33.9	33.9	29.2	51.9	0.0	55.2	47.9	46.1	39.6	41.7	40.5	40.4	39.5	39.4	40.7	40.4	41.5	41.9	42.8	43.4	44.6	44.3	43.9	43.9	44.4	44.3	44.4	44.0
南港	31.0	33.8	34.2	36.8	37.6	36.5	46.2	50.1	0.0	49.2	45.7	37.5	40.4	39.2	39.2	38.4	38.4	40.0	39.8	41.0	41.5	42.5	43.2	44.5	44.1	43.7	43.7	44.4	44.4	44.3	43.9
松山	32.5	35.4	35.9	38.5	39.5	39.2	46.6	48.9	58.0	0.0	51.6	37.6	41.3	39.7	39.6	38.7	38.6	40.4	40.2	41.4	41.9	43.0	43.6	45.0	44.6	44.1	44.1	45.0	44.6	44.7	44.2
臺北	35.4	38.1	38.9	41.4	42.7	43.0	48.4	50.0	53.3	60.2	0.0	36.7	45.0	41.0	40.6	39.1	39.0	41.3	40.8	42.2	42.7	43.9	44.5	46.0	45.5	44.9	44.9	45.8	45.3	45.4	44.9
萬華	33.6	35.7	35.9	37.6	38.0	37.7	40.7	40.9	39.9	38.9	32.4	0.0	56.8	45.0	43.2	40.9	40.4	42.9	41.9	43.2	43.6	44.8	45.5	46.9	46.3	45.7	45.6	46.5	46.0	46.1	45.5
板橋	34.7	36.7	37.1	38.7	39.2	39.0	41.7	42.0	41.5	41.1	40.1	55.5	0.0	46.8	42.5	39.1	38.8	42.5	41.4	43.1	43.6	44.8	45.5	47.1	46.5	45.8	45.7	46.6	46.1	46.2	45.5
浮洲	34.6	36.4	36.7	38.1	38.5	38.3	40.6	40.7	40.1	39.5	37.8	44.4	46.2	0.0	44.0	38.5	38.3	43.0	41.6	43.4	43.9	45.2	45.9	47.6	46.9	46.7	46.4	46.4	46.4	46.4	45.7
樹林	34.9	36.6	36.8	38.1	38.5	38.3	40.4	40.5	39.8	39.3	37.9	42.5	41.8	43.9	0.0	48.6	42.8	47.4	43.6	45.2	45.5	46.7	47.4	49.0	48.1	47.3	46.9	46.8	46.7	46.7	46.4
南樹林	34.6	36.2	36.2	37.3	37.6	37.4	39.4	39.5	38.9	38.3	36.8	40.1	38.4	37.9	47.7	0.0	44.7	49.8	44.1	45.8	46.0	47.2	47.8	49.5	48.5	47.6	47.2	48.3	47.5	47.5	46.7
山佳	34.7	36.2	36.3	37.3	37.7	37.5	39.4	39.4	38.8	38.3	37.0	39.8	38.4	38.0	42.7	45.4	0.0	63.5	47.1	47.9	47.7	48.7	49.3	50.8	49.7	48.6	48.1	49.2	48.2	48.2	47.3
鶯歌	35.8	37.3	37.3	38.5	38.9	38.8	40.6	40.7	40.4	40.1	39.6	42.4	42.1	42.8	47.3	50.1	62.3	0.0	44.5	46.9	46.9	48.3	49.0	50.8	49.6	48.4	47.8	49.0	48.0	48.0	47.0
桃園	36.2	37.5	37.5	38.5	38.9	38.8	40.4	40.4	40.1	39.8	39.3	41.3	40.9	41.2	43.3	43.8	46.2	44.9	0.0	69.5	58.3	56.2	55.6	56.6	54.5	52.3	51.4	52.1	50.5	50.2	49.0
內壢	37.3	38.7	38.6	39.6	40.0	40.0	41.5	41.6	41.4	41.3	41.2	43.1	43.1	43.6	45.5	46.2	48.3	48.3	70.4	0.0	58.0	54.8	54.4	55.8	53.2	51.0	50.5	51.0	49.9	49.9	47.9
中壢	37.8	39.1	39.0	40.0	40.4	40.5	41.9	42.0	41.9	41.8	41.7	43.5	43.6	44.0	45.7	46.3	47.9	47.9	58.6	58.7	0.0	68.0	61.2	60.2	56.2	53.0	51.6	52.4	50.3	50.0	48.4
埔心	38.4	39.6	39.6	40.5	40.9	41.0	42.3	42.4	42.4	42.3	42.2	43.8	43.9	44.3	45.7	46.2	47.4	47.3	53.2	50.4	66.1	0.0	62.8	60.2	54.5	50.5	49.9	50.8	48.7	48.5	46.9
楊梅	39.0	40.2	40.1	41.0	41.5	41.6	42.9	43.0	43.0	43.0	43.0	44.5	44.6	45.0	46.4	46.9	48.0	48.0	53.1	51.0	60.0	63.4	0.0	77.4	61.8	53.9	51.2	52.8	49.8	49.4	47.5
富岡	40.1	41.2	41.4	42.2	42.7	42.8	44.1	44.2	44.3	44.4	44.5	46.0	46.3	46.8	48.1	48.6	49.7	50.0	54.5	53.4	59.5	60.4	78.4	0.0	51.4	49.8	41.3	47.9	45.3	45.8	43.8
新富	39.9	41.0	41.2	42.1	42.5	42.6	43.8	44.0	44.1	44.2	45.6	45.8	46.3	47.5	47.9	48.9	49.0	52.9	51.5	56.2	55.3	63.7	51.3	0.0	43.9	44.0	51.0	47.1	44.7	44.7	44.7
北湖	39.7	40.8	40.9	41.8	42.2	42.3	43.4	43.6	43.6	43.7	45.0	45.2	45.5	46.6	47.0	47.9	47.8	51.0	49.4	52.8	50.9	54.8	39.2	43.2	0.0	54.7	56.9	49.9	49.5	46.6	
湖口	39.5	40.6	40.9	41.8	42.2	42.3	43.4	43.5	43.5	43.6	43.6	44.8	44.9	45.2	46.2	46.5	47.2	47.1	49.8	48.1	50.7	48.4	50.9	39.2	40.9	53.9	0.0	71.0	54.1	52.3	48.4
新豐	40.4	41.4	41.7	42.6	43.0	43.2	44.2	44.3	44.4	44.5	44.6	45.8	45.9	46.3	47.3	47.6	48.2	48.2	50.7	49.5	51.8	50.3	52.6	46.7	49.4	56.8	71.7	0.0	47.4	47.9	43.3
竹北	40.3	41.3	41.6	42.5	42.9	43.0	44.0	44.1	44.1	44.2	44.3	45.4	45.5	45.8	46.7	46.9	47.5	47.4	49.5	48.2	50.0	48.5	49.9	44.8	46.3	50.4	55.3	47.2	0.0	60.8	46.7
北新竹	40.5	41.4	41.7	42.5	42.9	43.0	44.0	44.1	44.1	44.2	44.2	45.3	45.4	45.6	46.4	46.7	47.2	47.1	48.9	47.8	49.2	47.8	48.9	44.6	45.8	48.9	51.7	45.9	60.2	0.0	34.3
新竹	40.2	41.2	41.4	42.2	42.6	42.7	43.6	43.7	43.7	43.8	44.7	44.8	44.8	45.0	45.8	46.0	46.5	46.3	47.9	46.7	48.0	46.4	47.2	43.1	43.9	46.4	48.2	42.3	34.7	35.9	0.0

註：橫列為起站、縱欄為迄站  
註：單位時速公里

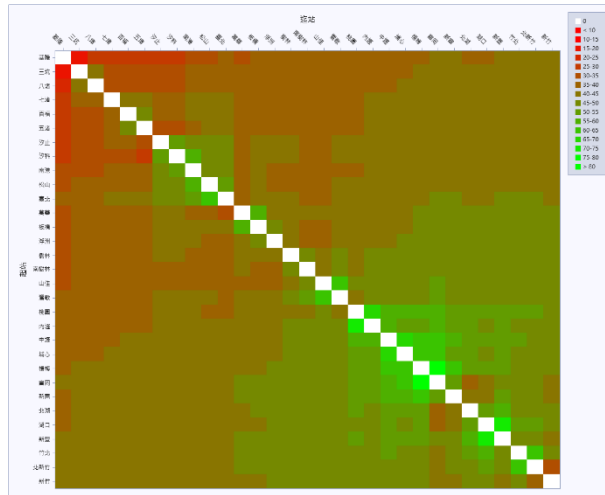


圖 6.9 臺鐵班表車站間平均運行速率熱圖（區間車、區間快）

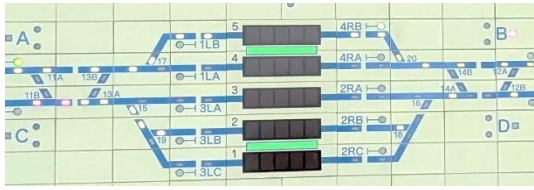
## 6.4 工程前情境路軌模型

如前所述，本分析之範圍為基隆站至新竹站之間，不含支線及宜蘭線。其工程前路網模型如圖 6.10 所示，共計有 31 處車站。在桃地計畫工程之前，工程範圍內計有桃園、內壢、中壢三處車站。

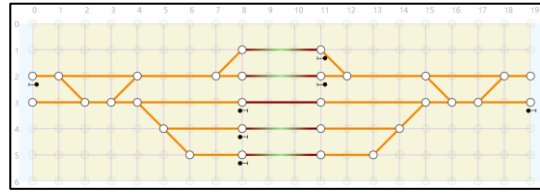


圖 6.10 工程前情境路網模型操作畫面圖

此情境路網模型均以真實資料為基礎而設定。除了車站清單及所在位置均使用真實資料外，各車站之股道佈設亦依臺鐵行控中心顯示面板而設定。以圖 6.11 所示之板橋站為例，該圖左側為臺鐵行控中心顯示面板照片，而右側則為 RAILS 平台之對應數位模型。



臺鐵行控中心照片



RAILS 數位模型

圖 6.11 板橋站數位模型

## 6.5 工程後情境路軌模型

桃地計畫工程完工後情境之路網模型如圖 6.12 所示。除工程範圍內增設 5 處車站，同時改建其餘 3 處車站股道外，於工程範圍之外則與工程前情境相同。



圖 6.12 工程後情境路網模型操作畫面圖

此情境於桃地計畫工程範圍內增設 5 處新車站。在兩既有車站之間增設車站時，將不可避免改變列車的行程。例如，於工程前內壢站與中壢站為相鄰車站，任何北上車列於中壢站離站之後，下一行經站即為內壢站，而班表中需要在中壢站離站時分與內壢站到站時分之間配置的時間長度，即依據該列車由中壢站至內壢的基準運轉時分。在這兩站之間增設中原站之後，列車行程將隨之改變。北上列車於中壢站離站之後，下一行經站成為中原站而非內壢站；在此同時，所謂「中壢站至內壢的基準運轉時分」已不復存在，取代的是中壢站至中原站、中原站至內壢站這兩段站間路段的基準運轉時分。

配合上述變化，對於這些新設置車站之路段，工程後情境之路軌模型相關基準運轉時分設定方式說明如下。當 A 站與 B 站之間增設 C 站時，先取 A 至 B 的「通通」基準運轉時分，將這個基準運轉時分依里程比例分配到 A 至 B 與 B 至 C 作為新路段的「通通」基準運轉時分。之後，以站間每端停站增加基準運轉時分 0.75 分鐘的方式，推算新路段的「通停」、「停通」、「停停」基準運轉時分。例如，假設 A 與 B 兩站之距離為 10 公里，並假設在距 A 站 4 公里處增設車站 C。再假設某牽引種別之列車，由 A 站至 B 站之「通通」基準運轉時分為 8 分鐘。依前述原則可推算該牽引種別由 A 站至 C 站，以及由 C 站至 B 站之「通通」基準運轉時分依序將為 3.2 分鐘與 4.8 分鐘。再依每端停站均增加 0.75 分鐘之原則，可推得由 A 站至 C 站之「停通」與「通停」基準運轉時分均為 3.95 分鐘，而「停停」基準運轉時分則為 4.70 分鐘。同理，C 站至 B 站之「停通」與「通停」基準運轉時分均為 5.55 分鐘，而「停停」基準運轉時分則為 6.30 分鐘。以下表 6-10 以區間車之逆行方向為例，呈現計算結果。至於列車在新增車站停靠時的停留時間則設定為 1 分鐘。

表 6-10 區間車逆行基準運轉時分

工程前 車站	通通 (分鐘)	工程後車 站	里程 (公里)	與次站距離 (公尺)	與次站間基準運轉時分(分鐘)			
					通通	停通	通停	停停
鶯歌	6.5	鶯歌	49.200	5154	4.1	4.8	4.8	5.6
		鳳鳴	54.354	3100	2.4	3.2	3.2	3.9
桃園	4.0	桃園	57.454	2576	1.7	2.5	2.5	3.2
		中路	60.030	1880	1.3	2.0	2.0	2.8
		桃園醫院	61.910	1549	1.0	1.8	1.8	2.5
內壢	3.0	內壢	63.459	1851	1.5	2.2	2.2	3.0
		中原	65.310	1854	1.5	2.3	2.3	3.0
中壢	4.0	中壢	67.164	2556	1.7	2.5	2.5	3.2
		平鎮	69.720	3380	2.3	3.0	3.0	3.8
埔心		埔心	73.100					

## 6.6 分析結果：運轉速率

本節將比較桃地計畫工程之前，與完工之後，基隆站與新竹站之間路段各車站之間，平均運轉速率的變化。其中桃地計畫完工後的列車運轉速率係由未來情境之班表統計而得。如第 6.5 節所說明，完工後情境假設所有區間車均增停桃地計畫所新增的 5 處車站，而區間車在此範圍內的基準運轉時分亦配合調整。因此雖然此情境並未增減車次，但仍需重新求解班表。這使得工程前之分析亦需要以 RAILS 求解而得的班表為基準，以使二項前後情境比較具有相同的基準。

理想上以工程前情境以及臺鐵真實班表為基礎來求解解所得到的班表，兩者的行點應該幾乎相同，但實際上並不全然如此。原因是臺鐵人工排點之真實上線運轉班表，其考量因素與 RAILS 自動排點之考量因素並不全然相同，且追越待避位置之選擇偏好、特殊狀況之處理等，在人工作業與數學模式排點兩者之

間仍有差異。但數據顯示二者之差異並不大。以運行基隆站、新竹站之間全程的區間車為例，南下車次在臺鐵真實班表之平均速率為時速 40.23 公里，而 RAILS 以工程前情境求解所得的班表中則為時速 39.73 公里；而臺鐵真實班表中，北上區間車車次由新竹站到基隆站之間的平均速率為時速 40.68 公里，RAILS 求解所得的班表中則為時速 39.27 公里，於兩方向，兩者差異均約為時速 1 公里。表 6-11 整理 RAILS 針對工程前情境求解所得班表中，區間車與區間快車在所有站間的平均運行速率。若與表 6-9 所示之真實班表統計相比較，並兩兩計算相對應數據的差，可得到差異量的平均值約為 1.00km/hr。表 6-11 之數據以熱圖方式呈現於圖 6.13。

表 6-11 工程前車站間平均運行速率（區間車、區間快）

	基隆	三坑	八堵	七堵	百福	五堵	汐止	汐科	南港	松山	臺北	萬華	板橋	浮洲	樹林	南樹林	山佳	鶯歌	桃園	內壢	中壢	埔心	楊梅	富岡	新富	北湖	湖口	新豐	竹北	北新竹	新竹
基隆	0.0	18.3	26.5	26.6	26.3	28.6	28.4	28.7	31.8	32.8	34.6	32.9	34.3	34.2	34.6	34.4	34.4	35.4	35.7	36.5	37.0	37.9	38.4	39.4	39.1	38.8	38.9	39.8	39.7	40.0	39.7
三坑	16.0	0.0	41.9	32.3	29.5	31.6	31.0	31.0	34.2	35.0	36.6	34.5	35.8	35.6	35.9	35.6	35.6	36.5	36.7	37.6	38.0	38.8	39.3	40.3	39.9	39.7	39.7	40.6	40.5	40.8	40.5
八堵	24.5	42.0	0.0	31.7	28.5	31.8	31.1	30.8	34.5	35.4	37.1	34.7	36.2	35.9	36.0	35.3	35.3	36.4	36.6	37.7	38.1	39.0	39.6	40.6	40.4	40.1	39.9	40.7	40.6	40.8	40.5
七堵	26.8	35.4	36.5	0.0	42.3	41.8	38.3	35.9	39.6	39.7	40.6	37.3	38.8	38.2	38.2	37.5	37.5	38.6	38.6	39.6	40.0	40.9	41.4	42.4	42.1	41.8	41.8	42.6	42.4	42.6	42.2
百福	26.7	31.4	29.7	36.6	0.0	46.9	38.8	35.1	40.2	40.2	41.1	37.2	38.9	38.2	38.2	37.6	37.6	38.7	38.7	39.7	40.2	41.1	41.6	42.7	42.4	42.0	42.0	42.9	42.6	42.8	42.4
五堵	28.8	33.1	32.5	37.9	46.1	0.0	33.2	30.7	39.7	39.8	41.0	36.7	38.6	37.9	37.9	37.3	37.3	38.6	38.6	39.7	40.1	41.1	41.7	42.8	42.4	42.0	42.1	42.9	42.7	42.9	42.5
汐止	28.3	31.8	31.2	34.8	36.8	31.8	0.0	50.0	49.8	46.1	44.8	39.0	40.8	39.7	39.6	38.7	38.6	39.9	39.7	40.7	41.1	42.1	42.6	43.6	43.2	42.8	42.8	43.6	43.4	43.5	43.1
汐科	27.6	30.3	29.8	32.0	31.9	27.1	48.9	0.0	55.0	47.6	45.4	38.8	40.8	39.7	39.5	38.6	38.5	39.8	39.6	40.7	41.1	42.1	42.6	43.7	43.3	42.9	42.9	43.7	43.4	43.6	43.1
南港	29.9	32.5	32.5	34.8	35.6	34.4	43.9	49.9	0.0	48.9	44.8	36.5	39.5	38.3	38.3	37.5	37.5	39.1	39.0	40.2	40.7	41.8	42.4	43.5	43.1	42.7	43.6	43.3	43.5	43.0	43.0
松山	31.6	34.1	34.2	36.6	37.6	37.1	44.5	48.1	57.6	0.0	50.5	36.5	40.3	38.7	38.6	37.7	37.7	39.5	39.3	40.6	41.1	42.2	42.8	44.0	43.6	43.1	42.7	43.0	43.6	43.8	43.3
臺北	34.4	36.8	37.2	39.5	40.7	40.9	46.3	48.6	51.7	58.1	0.0	35.4	43.8	40.0	39.5	38.1	38.0	40.4	39.9	41.3	41.9	43.1	43.7	45.0	44.5	43.9	43.8	44.7	44.3	44.5	43.9
萬華	32.5	34.4	34.4	35.8	36.3	35.9	39.0	39.7	38.6	37.5	31.0	0.0	56.4	44.4	42.4	40.0	39.6	42.1	41.1	42.5	42.9	44.1	44.7	46.0	45.4	44.7	44.6	45.5	45.0	45.1	44.5
板橋	33.7	35.5	35.6	37.1	37.6	37.4	40.2	40.8	40.3	39.9	39.1	55.5	0.0	46.4	41.6	38.3	38.1	41.7	40.7	42.4	42.9	44.2	44.8	46.2	45.5	44.8	44.7	45.6	45.1	45.2	44.6
浮洲	33.6	35.3	35.3	36.7	37.1	36.9	39.3	39.7	39.1	38.5	37.1	44.3	46.2	0.0	42.7	37.7	37.6	42.2	40.9	42.7	43.2	44.5	45.2	46.7	45.8	45.0	44.9	45.9	45.3	45.4	44.7
樹林	33.9	35.5	35.4	36.7	37.1	36.8	39.0	39.4	38.7	38.2	37.0	41.8	40.6	41.8	0.0	48.3	42.4	46.8	43.1	44.6	44.9	46.1	46.7	48.1	47.1	46.2	45.9	46.9	46.2	46.2	45.5
南樹林	33.7	35.2	34.9	35.9	36.3	36.1	38.2	38.6	37.9	37.4	36.0	39.7	37.9	37.3	46.9	0.0	44.1	49.1	43.5	45.1	45.4	46.6	47.2	48.6	47.5	46.5	46.1	47.2	46.4	46.5	45.7
山佳	33.8	35.2	35.0	36.0	36.4	36.2	38.1	38.5	37.9	37.4	36.2	39.3	37.8	37.4	41.9	44.6	0.0	63.0	46.5	47.4	47.2	48.2	48.6	49.9	48.7	47.5	47.1	48.1	47.2	47.2	46.3
鶯歌	34.9	36.3	36.0	37.1	37.6	37.5	39.4	39.8	39.4	39.1	38.7	41.7	41.4	41.9	46.3	48.9	61.2	0.0	44.2	46.5	46.5	47.8	48.4	49.9	48.5	47.3	46.8	47.9	46.9	47.0	46.0
桃園	35.3	36.6	36.3	37.2	37.7	37.6	39.2	39.5	39.2	38.9	38.5	40.7	40.3	40.5	42.5	43.0	45.6	44.7	0.0	68.7	57.7	55.6	54.8	55.2	52.9	50.9	50.1	50.7	49.3	49.1	47.9
內壢	36.5	37.7	37.4	38.3	38.8	38.8	40.4	40.7	40.6	40.5	40.4	42.5	42.5	42.9	44.8	45.5	47.7	48.0	70.4	0.0	58.0	54.6	53.7	54.6	51.8	49.5	48.6	49.6	48.1	48.0	46.7
中壢	36.9	38.2	37.8	38.8	39.2	39.3	40.8	41.1	41.0	40.9	41.0	42.9	42.9	43.3	45.0	45.6	47.3	47.4	57.9	58.0	0.0	68.0	60.4	58.7	54.4	51.2	49.9	50.7	48.8	48.6	47.1
埔心	37.5	38.6	38.4	39.2	39.7	39.7	41.1	41.5	41.4	41.4	41.3	43.0	43.0	43.4	44.7	45.2	46.4	46.4	51.9	48.8	65.3	0.0	61.3	58.1	52.2	48.3	47.2	48.9	47.0	47.0	45.5
楊梅	38.0	39.1	38.9	39.7	40.2	40.3	41.6	42.0	41.9	41.9	42.0	43.6	43.7	44.0	45.3	45.8	46.9	47.0	51.7	49.4	58.6	61.9	0.0	75.0	59.1	51.5	49.3	51.0	48.2	48.0	46.2
富岡	39.0	40.1	40.1	40.9	41.4	41.5	42.8	43.1	43.2	43.4	43.4	45.0	45.2	45.6	46.9	47.3	48.5	48.7	52.8	51.5	57.7	58.4	76.4	0.0	49.5	37.9	39.9	46.4	44.1	44.7	42.8
新富	38.9	39.9	39.9	40.7	41.2	41.3	42.5	42.8	42.9	42.9	43.1	44.6	44.7	45.1	46.2	46.6	47.6	47.8	51.3	49.7	54.4	53.4	61.8	49.7	0.0	41.0	42.5	49.5	45.8	46.1	43.8
北湖	38.6	39.7	39.6	40.4	40.8	40.9	42.1	42.4	42.4	42.5	42.5	43.9	44.0	44.3	45.3	45.6	46.5	46.5	49.3	47.6	51.0	49.0	52.8	37.4	40.1	0.0	51.7	55.0	48.5	48.4	45.7
湖口	38.5	39.5	39.8	40.5	41.0	41.0	42.2	42.5	42.5	42.5	42.6	43.8	43.9	44.1	45.1	45.4	46.0	45.9	48.4	46.5	49.0	46.8	49.4	38.1	39.6	51.8	0.0	69.7	53.2	51.6	47.7
新豐	39.4	40.4	40.6	41.4	41.9	42.0	43.1	43.4	43.4	43.4	43.6	44.8	44.9	45.2	46.1	46.5	47.1	47.0	49.4	48.0	50.3	48.8	51.3	45.7	48.3	55.6	71.0	0.0	46.6	47.4	42.7
竹北	39.3	40.3	40.5	41.3	41.7	41.8	42.9	43.1	43.1	43.2	43.3	44.4	44.5	44.7	45.6	45.9	46.4	46.3	48.2	46.9	48.7	47.2	48.8	43.9	45.5	49.6	54.6	46.9	0.0	60.3	46.1
北新竹	39.5	40.4	40.6	41.4	41.8	41.9	42.9	43.1	43.1	43.2	43.3	44.3	44.4	44.6	45.4	45.7	46.2	46.0	47.8	46.5	48.0	46.6	47.9	43.8	45.0	48.1	51.1	45.5	59.9	0.0	33.5
新竹	39.3	40.1	40.3	41.1	41.5	41.6	42.6	42.8	42.8	42.8	42.9	43.9	43.9	44.1	44.8	45.0	45.5	45.3	46.8	45.5	46.8	45.4	46.3	42.4	43.2	45.7	47.7	41.9	47.1	35.7	0.0

註：橫列為起站、縱欄為迄站

註：單位時速公里

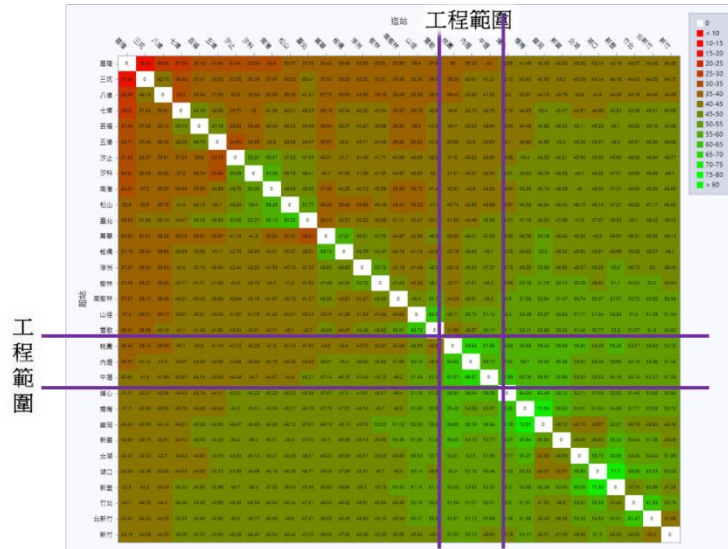


圖 6.13 工程前車站間平均運行速率熱圖（區間車、區間快）

以下表 6-12 取出表 6-11 中桃地計畫工程範圍內各車站之間的部分獨立顯示以方便閱讀。

表 6-12 工程前車站間平均運行速率（鶯歌埔心區間車、區間快）

	鶯歌	桃園	內壢	中壢	埔心
鶯歌	0.0	44.2	46.5	46.5	47.8
桃園	44.7	0.0	68.7	57.7	55.6
內壢	48.0	70.4	0.0	58.0	54.6
中壢	47.4	57.9	58.0	0.0	68.0
埔心	46.4	51.9	48.8	65.3	0.0

註：橫列為起站、縱欄為迄站

註：單位時速公里

註：表中數據同表 6-11

依桃地計畫工程後情境求解所得的未來班表，其區間車、區間快車在各站之間的平均運行速率整理於表 6-13，並於圖 6.14 以熱圖形式顯示。數據顯示工程後區間車及區間快車在工程範圍顯著變慢。

表 6-13 工程後車站間平均運行速率 (區間車、區間快)

	基隆	三坑	八堵	七堵	百福	五堵	汐止	汐科	南港	松山	臺北	萬華	板橋	浮洲	樹林	南樹林	山佳	鶯歌	鳳鳴	桃園	中路	桃園醫院	內壢	中原	中壢	平鎮	埔心	楊梅	富岡	新富	北湖	湖口	新豐	竹北	北新竹	新竹	
基隆	0.0	18.3	26.6	27.3	27.1	29.3	29.1	29.4	32.4	33.4	35.0	33.2	34.5	34.4	34.8	34.5	34.5	35.5	34.6	34.8	34.2	34.4	34.1	33.8	33.7	33.3	33.7	34.3	35.2	35.0	34.9	35.1	36.1	36.2	36.5	36.4	
三坑	18.3	0.0	42.1	33.6	30.6	32.6	31.9	31.9	34.9	35.7	37.0	34.8	36.1	35.8	36.2	35.8	35.7	36.6	35.6	35.8	35.1	35.2	34.9	34.6	34.4	34.0	34.4	34.9	35.9	35.7	35.5	35.7	36.7	36.8	37.1	37.0	
八堵	26.4	42.1	0.0	33.1	29.7	32.8	32.1	31.8	35.4	36.1	37.6	35.1	36.6	36.1	36.5	35.5	36.6	35.5	35.7	35.2	35.3	35.0	34.7	34.5	34.2	34.6	35.2	36.2	36.0	35.9	35.9	36.7	36.7	37.0	36.9		
七堵	28.4	36.1	38.4	0.0	44.5	43.0	39.5	37.0	40.5	40.5	41.1	37.6	39.0	38.3	38.3	37.5	37.5	38.6	37.2	37.4	36.7	36.9	36.5	36.2	35.9	35.6	36.0	36.5	37.5	37.4	37.2	37.3	38.2	38.2	38.4	38.4	
百福	29.3	34.1	32.3	44.2	0.0	47.2	39.5	35.9	40.8	40.7	41.3	37.3	38.9	38.2	38.5	37.4	37.4	38.6	37.2	37.3	36.6	36.8	36.4	36.1	35.8	35.4	35.9	36.4	37.5	37.3	37.2	37.3	38.2	38.2	38.4	38.4	
五堵	31.1	35.2	34.3	41.6	46.7	0.0	34.9	31.8	40.4	40.4	41.2	36.8	38.6	37.8	38.2	37.1	37.1	38.4	36.9	37.1	36.2	36.4	36.0	35.6	35.3	34.9	35.4	36.1	37.4	37.2	37.1	37.2	38.2	38.1	38.4	38.3	
汐止	30.4	33.7	32.7	37.2	37.0	31.8	0.0	53.3	50.8	46.7	44.9	39.0	40.7	39.6	39.8	38.3	38.4	39.7	37.9	38.1	37.2	37.4	36.9	36.5	36.2	35.8	36.3	36.9	38.0	37.8	37.6	37.7	38.6	38.5	38.8	38.7	
汐科	29.5	32.1	31.2	34.0	32.5	27.8	50.4	0.0	55.2	47.8	45.2	38.6	40.5	39.3	39.6	38.3	38.2	39.6	37.8	37.9	37.1	37.2	36.8	36.4	36.1	35.6	36.1	36.7	37.9	37.7	37.5	37.6	38.6	38.5	38.8	38.7	
南港	31.3	33.6	33.3	35.9	35.5	34.1	43.0	49.9	0.0	49.7	44.7	36.4	39.2	38.0	38.4	37.2	37.1	38.8	36.9	37.1	36.2	36.4	36.0	35.6	35.3	34.9	35.4	36.1	37.4	37.2	37.0	37.2	38.2	38.1	38.4	38.3	
松山	32.4	34.6	34.6	37.1	37.0	36.4	44.3	46.6	57.7	0.0	50.8	36.5	40.1	38.4	38.9	37.5	37.4	39.2	37.1	37.3	36.3	36.3	36.0	35.6	35.3	34.9	35.4	36.2	37.5	37.3	37.1	37.2	38.3	38.2	38.6	38.5	
臺北	35.0	37.1	37.4	39.9	40.2	40.3	45.3	47.7	51.6	58.8	0.0	35.5	43.3	39.5	40.0	37.7	37.6	40.0	37.1	37.4	36.1	36.4	35.8	35.4	35.0	34.5	35.2	36.1	37.6	37.3	37.1	37.3	38.5	38.4	38.7	38.6	
萬華	32.9	34.5	34.5	36.1	35.9	35.3	38.4	39.1	38.5	37.6	31.3	0.0	56.7	44.1	43.5	39.7	39.2	41.8	38.1	38.3	36.7	37.0	36.3	35.8	35.4	34.8	35.5	36.4	38.0	37.7	37.5	37.6	38.9	38.7	39.1	38.9	
板橋	33.9	35.4	35.6	37.2	37.1	36.9	39.4	40.2	40.0	39.7	38.6	54.8	0.0	46.1	43.8	37.8	37.6	41.4	36.9	37.3	35.7	36.1	35.4	34.9	34.5	33.9	34.7	35.7	37.5	37.2	37.0	37.2	38.5	38.4	38.8	38.7	
浮洲	33.3	35.0	35.3	36.7	36.6	36.3	38.5	39.0	38.6	38.2	36.5	43.5	46.0	0.0	49.4	37.5	37.2	42.0	36.7	37.2	35.4	35.9	35.1	34.6	34.2	33.6	34.5	35.6	37.5	37.2	37.0	37.1	38.5	38.4	38.8	38.7	
樹林	34.1	35.4	35.6	37.0	36.9	36.7	38.8	39.3	38.9	38.6	37.4	42.8	43.4	48.5	0.0	47.9	41.8	46.6	38.0	38.4	36.1	36.6	35.6	34.9	34.5	33.8	34.8	35.9	37.9	37.6	37.4	37.5	38.9	38.8	39.2	39.0	
南樹林	33.7	34.8	34.7	35.8	35.3	35.3	37.2	37.7	37.3	36.8	35.4	38.9	37.4	37.0	47.4	0.0	45.3	49.8	37.8	38.3	35.7	36.3	35.3	34.6	34.1	33.4	34.5	35.8	37.9	37.6	37.3	37.4	38.9	38.8	39.2	39.0	
山佳	33.7	34.8	34.7	35.8	35.7	35.4	37.2	37.6	37.2	36.8	35.6	38.6	37.3	36.9	41.7	45.4	0.0	64.3	39.6	39.6	36.3	36.9	35.6	34.8	34.3	33.5	34.7	36.0	38.2	37.9	37.6	37.7	39.3	39.0	39.5	39.3	
鶯歌	34.9	36.0	35.9	37.0	37.0	36.8	38.6	39.1	38.9	38.7	38.3	41.3	41.2	41.9	46.7	50.0	64.0	0.0	29.7	34.2	31.7	33.2	32.2	31.8	31.5	31.1	32.7	34.4	37.1	36.7	36.5	36.6	38.4	38.2	38.7	38.6	
鳳鳴	34.0	34.9	34.7	35.7	35.6	36.7	37.0	36.6	36.2	35.2	37.1	36.1	35.7	36.9	36.5	37.5	29.6	0.0	45.1	34.6	36.1	34.2	33.3	32.7	31.9	33.7	35.5	38.4	37.9	37.6	37.7	39.5	39.3	39.7	39.5		
桃園	34.2	35.2	35.0	35.9	35.8	35.6	37.0	37.3	36.9	36.6	35.8	37.5	36.7	36.5	37.5	37.3	38.3	34.3	45.7	0.0	46.2	43.5	37.9	35.4	34.1	32.9	34.9	37.0	40.0	39.3	38.9	38.9	40.7	40.3	40.7	40.4	
中路	33.9	34.8	34.5	35.4	35.2	35.0	36.3	36.5	36.1	35.8	34.9	36.3	35.4	35.1	35.7	35.4	35.8	32.3	35.9	44.8	0.0	48.6	36.6	33.7	32.6	31.5	34.1	36.6	40.0	39.3	38.8	38.8	40.8	40.3	40.8	40.5	
桃園醫院	34.1	34.9	34.6	35.5	35.4	35.2	36.4	36.7	36.3	36.0	35.2	36.5	35.8	35.5	36.2	35.9	36.3	33.6	36.9	42.4	46.7	0.0	31.3	30.5	30.0	29.6	33.0	36.0	39.9	39.2	38.6	38.7	40.8	40.3	40.8	40.5	
內壢	33.7	34.5	34.2	35.1	35.0	34.8	35.9	36.1	35.7	35.4	34.5	35.7	34.8	34.5	35.0	34.6	34.8	32.1	34.2	36.2	34.3	28.3	0.0	45.2	36.5	32.9	36.3	39.1	42.7	41.6	40.8	40.6	42.7	42.0	42.3	41.9	
中原	33.6	34.3	34.1	34.9	34.8	34.6	35.7	35.9	35.5	35.1	34.3	35.4	34.6	34.3	34.6	34.4	32.1	33.7	34.9	33.3	30.5	49.1	0.0	34.0	30.4	35.6	39.2	43.3	41.9	41.0	40.8	43.0	42.2	42.5	42.1		
中壢	33.4	34.1	33.9	34.8	34.6	34.4	35.4	35.6	35.2	34.9	34.1	35.0	34.2	33.9	34.2	33.9	34.0	31.8	33.1	33.9	32.4	30.3	38.3	35.8	0.0	45.1	45.2	46.6	48.8	46.4	44.8	44.1	45.9	44.6	44.7	44.1	
平鎮	32.9	33.6	33.4	34.1	34.0	33.8	34.7	34.8	34.4	34.0	33.1	33.8	33.0	32.7	32.8	32.4	32.4	30.4	31.1	31.3	29.7	27.8	31.1	27.6	44.4	0.0	52.1	50.2	51.3	48.0	45.9	44.9	46.7	45.1	45.2	44.5	
埔心	33.3	33.9	33.8	34.6	34.4	34.3	35.1	35.3	34.9	34.6	33.8	34.6	33.9	33.6	33.8	33.5	33.6	32.0	32.9	33.4	32.5	31.4	34.7	33.3	44.7	51.6	0.0	63.5	56.1	50.6	47.5	46.0	47.7	45.7	45.7	44.9	
楊梅	33.7	34.4	34.3	35.1	35.0	34.8	35.7	35.8	35.5	35.3	34.6	35.4	34.8	34.6	34.9	34.7	34.8	33.5	34.6	35.3	34.8	34.2	37.3	36.8	45.2	48.4	61.7	0.0	73.1	57.7	51.3	48.1	49.5	46.7	46.5	45.6	
富岡	34.8	35.4	35.4	36.1	36.1	36.0	36.8	37.0	36.8	36.6	36.1	36.9	36.6	36.5	36.9	36.8	37.0	36.2	37.4	38.4	38.3	38.2	41.0	41.1	47.5	49.8	54.7	71.8	0.0	51.6	39.8	39.6	45.4	42.9	43.4	42.5	
新富	34.6	35.3	35.3	36.0	36.0	35.8	36.6	36.8	36.6	36.4	36.0	36.7	36.4	36.3	36.6	36.5	36.8	35.9	37.0	37.9	37.8	37.7	40.2	40.1	45.5	47.0	49.9	57.5	50.9	0.0	44.9	41.7	47.9	44.2	44.5	43.4	
北湖	34.5	35.1	35.1	35.9	35.8	35.7	36.5	36.6	36.4	36.3	35.8	36.5	36.1	36.1	36.4	36.3	36.5	35.7	36.7	37.5	37.3	37.2	39.4	39.3	43.8	44.9	46.7	50.7	38.7	43.6	0.0	55.4	54.6	47.7	47.5	45.8	
湖口	34.4	34.9	35.1	35.9	35.8	35.7	36.5	36.6	36.4	36.3	36.3	35.9	36.6	36.2	36.1	36.4	36.4	36.4	35.7	36.6	37.4	37.2	37.0	39.0	38.8	42.7	43.4	44.5	47.0	37.7	39.3	54.7	0.0	70.8	52.8	50.8	48.3
新豐	35.2	35.8	3																																		

以下表 6-14 取出表 6-13 中桃地計畫工程範圍內各車站的部份獨立顯示以方便閱讀。與表 6-12 相比較可明顯觀察到工程後車速下降的狀況，且表 6-14 所示之大部份區段其平均車速均不及法規<sup>[33]</sup>所要求時速 45 公里之水準。

表 6-14 工程後車站間平均運行速率（鶯歌埔心區間車、區間快）

	鶯歌	鳳鳴	桃園	中路	桃園醫院	內壢	中原	中壢	平鎮	埔心
鶯歌	0.0	29.7	34.2	31.7	33.2	32.2	31.8	31.5	31.1	32.7
鳳鳴	29.6	0.0	45.1	34.6	36.1	34.2	33.3	32.7	31.9	33.7
桃園	34.3	45.7	0.0	46.2	43.5	37.9	35.4	34.1	32.9	34.9
中路	32.3	35.9	44.8	0.0	48.6	36.6	33.7	32.6	31.5	34.1
桃園醫院	33.6	36.9	42.4	46.7	0.0	31.3	30.5	30.0	29.6	33.0
內壢	32.1	34.2	36.2	34.3	28.3	0.0	45.2	36.5	32.9	36.3
中原	32.1	33.7	34.9	33.3	30.5	49.1	0.0	34.0	30.4	35.6
中壢	31.8	33.1	33.9	32.4	30.3	38.3	35.8	0.0	45.1	45.2
平鎮	30.4	31.1	31.3	29.7	27.8	31.1	27.6	44.4	0.0	52.1
埔心	32.0	32.9	33.4	32.5	31.4	34.7	33.3	44.7	51.6	0.0

註：橫列為起站、縱欄為迄站

註：單位時速公里

註：表中數據同表 6-13

以下表 6-15 及圖 6.15 所示為工程前情境的自強號在各車站之間的平均速率統計及其熱圖顯示。對於不停靠的車站，速率之計算以列車通過該車站之行點為準。

表 6-15 工程前車站間平均運行速率（自強號）

	基隆	三坑	八堵	七堵	百福	五堵	汐止	汐科	南港	松山	臺北	萬華	板橋	浮洲	樹林	南樹林	山佳	鶯歌	桃園	內壢	中壢	埔心	楊梅	富岡	新富	北湖	湖口	新豐	竹北	北新竹	新竹
基隆	0.0	18.3	28.5	26.3	27.5	31.8	32.0	32.1	35.8	36.5	37.7	34.3	36.1	35.8	36.5	37.2	37.9	39.6	40.2	41.3	42.3	42.7	44.0	46.0	46.5	47.0	47.7	49.5	49.9	50.8	50.7
三坑	18.3	0.0	42.0	30.0	30.2	35.0	35.0	34.7	38.5	38.9	39.7	35.7	37.5	37.0	37.8	38.4	39.1	40.9	41.3	42.4	43.4	43.8	45.1	47.2	47.7	48.1	48.8	50.7	51.1	51.9	51.9
八堵	29.2	44.5	0.0	47.8	44.9	50.5	50.7	52.7	55.7	52.9	50.0	43.4	45.4	44.3	43.9	42.0	42.8	44.7	44.7	45.7	46.9	47.2	48.5	50.4	51.1	51.5	52.3	54.2	54.5	55.3	55.2
七堵	29.6	35.8	47.3	0.0	49.2	55.9	53.9	52.4	55.7	53.0	49.2	42.1	44.2	43.3	43.2	42.5	43.4	45.4	45.3	46.2	47.3	47.6	49.0	51.2	51.8	52.2	53.0	54.9	55.1	55.9	55.8
百福	27.7	30.4	42.1	43.4	0.0	64.8	57.7	54.1	57.8	53.9	49.2	41.4	43.8	42.8	42.7	42.6	43.5	45.7	45.5	46.5	47.6	47.9	49.3	51.6	52.3	52.7	53.5	55.5	55.7	56.5	56.4
五堵	31.3	34.3	47.7	48.8	55.9	0.0	45.9	47.0	55.6	51.6	47.3	39.4	42.2	41.3	41.4	41.4	42.4	44.7	44.7	45.8	47.0	47.4	48.9	51.2	51.9	52.4	53.2	55.2	55.5	56.3	56.2
汐止	31.7	34.6	47.8	47.7	51.3	43.0	0.0	71.8	65.8	56.5	49.4	40.1	43.0	42.0	42.0	42.8	43.8	46.2	46.0	47.0	48.2	48.5	50.0	52.4	53.1	53.6	54.4	56.4	56.6	57.5	57.3
汐科	30.6	32.7	48.3	47.1	49.2	44.3	67.7	0.0	63.6	53.7	47.4	38.2	41.6	40.6	40.8	41.9	43.0	45.6	45.4	46.5	47.8	48.1	49.7	52.1	52.9	53.4	54.2	56.3	56.5	57.4	57.2
南港	33.7	35.9	51.7	51.2	53.9	53.2	63.4	61.7	0.0	48.3	43.6	33.9	38.6	37.9	38.5	39.9	41.2	44.3	44.5	45.8	47.4	48.0	49.7	52.4	53.2	53.7	54.6	56.9	57.1	58.0	57.8
松山	34.7	36.7	51.4	51.3	53.4	52.8	59.0	57.2	59.2	0.0	49.1	33.3	39.4	38.5	39.1	40.8	42.3	45.7	45.6	47.0	48.6	49.1	51.0	53.8	54.6	55.2	56.1	58.4	58.6	59.5	59.3
臺北	36.4	38.1	50.1	49.6	50.7	49.9	52.8	51.3	49.5	55.0	0.0	35.5	48.8	43.9	43.8	46.9	48.8	53.0	51.0	51.9	53.5	53.5	55.6	58.6	59.6	60.1	61.1	63.6	63.5	64.3	63.9
萬華	33.7	34.9	43.0	42.1	41.9	40.5	41.5	39.8	36.1	34.7	33.7	0.0	62.2	48.2	46.8	51.3	53.3	57.7	53.9	54.3	55.9	55.6	57.7	60.9	61.8	62.4	63.4	65.9	65.7	66.5	66.0
板橋	34.9	36.1	44.4	43.6	43.6	42.5	43.6	42.3	39.8	39.5	44.8	55.5	0.0	59.1	49.7	58.2	60.2	64.9	57.2	56.9	58.5	57.6	59.9	63.3	64.4	65.0	66.0	68.6	68.1	68.9	68.3
浮洲	33.7	34.8	42.6	41.7	41.5	40.4	41.2	40.0	37.7	37.0	38.5	40.8	52.9	0.0	43.4	58.3	61.1	66.6	57.1	56.8	58.6	57.6	60.1	63.6	64.8	65.3	66.5	69.2	68.6	69.4	68.7
樹林	34.6	35.7	42.0	41.5	41.3	40.3	41.0	39.9	37.9	37.4	38.9	40.6	45.4	40.2	0.0	71.1	70.1	73.5	58.4	57.6	59.5	58.3	60.9	64.6	65.8	66.4	67.6	70.4	69.7	70.5	69.7
南樹林	35.2	36.2	39.1	40.0	40.5	39.9	41.4	40.6	38.9	39.0	41.5	43.9	53.7	54.4	57.8	0.0	69.0	74.3	56.7	56.4	58.6	57.5	60.3	64.3	65.6	66.2	67.4	70.4	69.7	70.4	69.7
山佳	36.0	37.1	40.1	41.1	41.6	41.1	42.6	42.0	40.6	40.9	44.2	47.1	58.1	60.5	67.7	83.2	0.0	76.9	54.8	55.2	57.8	56.8	59.9	64.1	65.4	66.1	67.4	70.4	69.7	70.5	69.7
鶯歌	37.8	38.9	42.0	43.0	43.7	43.3	44.9	44.4	43.5	44.1	48.4	51.7	62.3	65.0	70.4	75.8	73.0	0.0	45.3	50.1	54.2	54.1	57.8	62.8	64.3	65.0	66.5	69.9	69.2	70.0	69.2
桃園	38.2	39.3	42.2	43.1	43.7	43.4	44.7	44.3	43.6	44.2	47.4	49.7	55.5	56.0	56.8	56.6	53.5	44.8	0.0	73.4	72.6	64.3	68.4	73.4	75.1	75.7	77.0	80.2	78.1	78.4	77.0
內壢	38.9	39.9	43.1	43.9	44.5	44.3	45.5	45.1	44.8	45.4	48.4	50.3	54.9	55.1	55.6	55.3	53.3	48.6	75.2	0.0	71.5	59.7	66.5	73.4	75.6	76.3	77.9	81.6	78.9	79.3	77.5
中壢	39.6	40.6	43.9	44.7	45.3	45.1	46.3	46.0	45.9	46.6	49.6	51.5	55.8	56.1	56.6	56.5	54.9	51.5	69.5	62.4	0.0	74.7	81.1	85.5	87.7	87.8	88.8	91.4	86.5	86.0	83.4
埔心	39.9	40.8	44.1	45.2	45.8	45.6	46.7	46.5	46.7	47.3	50.1	51.8	55.4	55.6	56.0	55.8	54.5	52.0	62.6	56.7	75.8	0.0	92.9	92.8	95.5	94.7	95.2	97.0	89.6	88.5	85.2
楊梅	41.1	42.0	45.5	46.6	47.2	47.2	48.3	48.1	48.5	49.2	52.3	54.1	57.9	58.3	58.8	58.9	57.8	55.9	67.2	64.2	82.8	96.1	0.0	97.3	100.7	98.7	98.5	99.7	90.3	88.9	85.1
富岡	43.2	44.2	47.7	49.0	49.7	49.7	50.9	50.8	51.4	52.3	55.8	57.7	61.7	62.3	63.1	63.4	62.7	61.6	73.3	72.8	88.9	98.1	100.5	0.0	117.1	101.6	99.9	101.0	87.6	86.4	81.9
新富	43.8	44.7	48.4	49.6	50.4	50.5	51.7	51.6	52.3	53.2	56.8	58.7	62.9	63.6	64.4	64.8	64.1	63.2	75.2	75.3	91.5	101.3	104.8	126.8	0.0	88.8	94.1	98.8	85.0	84.3	79.8
北湖	44.1	45.0	48.7	50.0	50.8	50.9	52.1	52.0	52.7	53.7	57.2	59.2	63.4	64.0	64.9	65.3	64.6	63.8	75.5	75.6	90.6	98.6	100.3	100.0	81.2	0.0	97.8	100.8	84.5	83.9	79.1
湖口	44.6	45.6	49.4	50.7	51.5	51.6	52.8	52.7	53.5	54.5	58.2	60.2	64.3	65.0	65.9	66.3	65.8	65.1	76.5	76.8	90.6	97.3	98.3	95.9	86.9	90.9	0.0	103.0	82.1	82.1	77.0
新豐	46.4	47.4	51.2	52.6	53.4	53.6	54.8	54.8	55.8	56.9	60.7	62.7	66.9	67.7	68.7	69.3	68.8	68.5	79.6	80.5	92.7	98.4	99.3	98.6	95.1	98.1	102.1	0.0	61.4	70.9	66.2
竹北	46.7	47.7	51.4	52.8	53.6	53.8	54.9	54.9	55.9	57.0	60.5	62.5	66.4	67.1	68.0	68.4	68.0	67.6	77.2	77.6	86.9	89.8	89.1	84.9	81.6	81.7	80.0	58.8	0.0	84.9	71.1
北新竹	47.4	48.3	52.1	53.5	54.3	54.5	55.7	55.6	56.7	57.8	61.3	63.2	67.0	67.7	68.6	69.0	68.6	68.3	77.3	77.6	85.7	87.9	87.1	83.3	80.6	80.6	79.3	67.4	78.8	0.0	50.5
新竹	47.4	48.4	52.2	53.5	54.4	54.5	55.7	55.7	56.8	57.8	61.3	63.1	66.8	67.4	68.3	68.7	68.3	68.0	76.4	76.6	84.1	85.8	84.7	80.7	78.2	78.0	76.5	71.9	58.9	0.0	

註：橫列為起站、縱欄為迄站  
註：單位時速公里

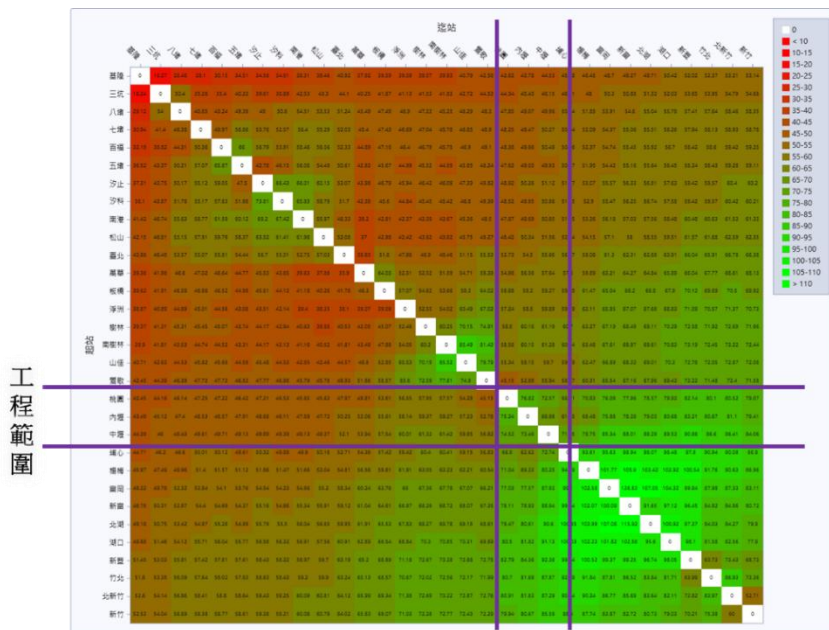


圖 6.15 工程前車站間平均運行速率熱圖（自強號）

以下表 6-16 取出表 6-15 中桃地計畫工程範圍內各車站的部份獨立顯示以方便閱讀。

表 6-16 工程前車站間平均運行速率 (鶯歌埔心自強號)

	鶯歌	桃園	內壢	中壢	埔心
鶯歌	0.0	45.3	50.1	54.2	54.1
桃園	44.8	0.0	73.4	72.6	64.3
內壢	48.6	75.2	0.0	71.5	59.7
中壢	51.5	69.5	62.4	0.0	74.7
埔心	52.0	62.6	56.7	75.8	0.0

註：橫列為起站、縱欄為迄站

註：單位時速公里

註：表中數據同表 6-15

表 6-17 與圖 6.16 所示為工程後情境的未來班表中，自強號的平均運行速率數據與熱圖顯示。

表 6-17 工程後車站間平均運行速率 (自強號)

	基隆	三坑	八堵	七堵	百福	五堵	汐止	汐科	南港	松山	臺北	萬華	板橋	浮洲	樹林	南樹林	山佳	鶯歌	鳳鳴	桃園	中路	桃園醫院	內壢	中原	中壢	平鎮	埔心	楊梅	富岡	新富	北湖	湖口	新豐	竹北	北新竹	新竹	
基隆	0.0	20.9	33.1	27.8	27.5	31.8	32.1	32.0	35.8	37.2	38.7	35.4	37.2	36.3	36.9	37.1	38.0	39.8	39.7	40.1	39.2	40.2	40.3	41.2	41.1	39.9	40.8	41.9	43.9	44.3	44.8	45.5	47.1	47.5	48.4	48.4	
三坑	20.9	0.0	50.2	30.7	29.1	34.1	34.2	33.8	37.8	39.1	40.3	36.5	38.3	37.3	37.8	38.1	39.0	40.8	40.6	41.0	40.0	41.0	41.3	42.0	41.9	40.6	41.5	42.7	44.7	45.1	45.6	46.3	47.9	48.4	49.2	49.2	
八堵	34.1	54.0	0.0	41.0	39.9	46.5	46.5	48.2	52.3	51.3	49.1	43.1	45.2	44.0	44.3	41.7	42.6	44.6	44.0	44.4	43.2	44.3	44.6	45.4	45.4	44.2	45.2	46.5	48.4	48.8	49.3	50.0	51.4	51.8	52.6	52.5	
七堵	34.1	41.4	45.9	0.0	49.0	56.2	53.2	50.9	55.0	53.7	49.8	42.9	45.1	43.7	44.0	42.5	43.6	45.6	44.9	45.4	44.4	45.2	45.2	46.3	46.1	44.6	45.6	46.9	49.0	49.6	50.0	50.7	52.3	52.5	53.4	53.3	
百福	32.2	35.5	40.8	49.6	0.0	65.9	56.7	51.9	56.9	54.8	49.9	42.3	44.7	43.3	43.7	42.4	44.3	45.6	44.9	45.4	44.4	45.2	45.6	46.3	46.1	44.5	45.6	47.0	49.2	49.8	50.2	51.0	52.5	52.8	53.7	53.6	
五堵	36.5	40.3	47.2	56.6	65.8	0.0	42.7	43.4	54.2	52.4	48.0	40.2	43.1	41.8	42.3	41.1	42.3	44.6	44.0	44.4	43.2	44.4	44.8	45.7	45.5	43.9	45.0	46.4	48.8	49.3	49.8	50.6	52.2	52.5	53.4	53.3	
汐止	37.3	40.9	47.5	54.7	58.9	47.2	0.0	66.4	65.7	58.8	50.7	41.4	44.4	42.7	43.2	42.7	43.9	46.3	45.5	46.0	44.5	45.7	46.1	46.9	46.7	44.9	46.0	47.5	49.9	50.4	50.9	51.7	53.3	53.6	54.5	54.4	
汐科	35.2	37.8	48.3	52.9	54.6	47.2	73.8	0.0	65.4	57.2	49.2	39.7	43.1	41.6	42.2	41.9	43.2	45.8	44.9	45.5	44.0	45.3	45.7	46.6	46.3	44.5	45.7	47.2	49.6	50.2	50.7	51.5	53.2	53.5	54.4	54.3	
南港	38.8	41.4	45.2	55.6	57.9	56.9	68.8	46.6	0.0	54.0	45.5	35.3	40.1	38.8	39.9	39.8	41.4	44.4	43.3	44.4	43.1	44.5	45.0	46.0	45.9	44.3	45.6	47.3	50.0	50.7	51.2	52.1	53.9	54.3	55.1	55.1	
松山	39.8	42.1	51.8	55.5	56.9	54.6	61.3	58.9	60.4	0.0	50.4	34.5	40.7	39.0	40.2	40.3	42.1	45.5	44.6	45.4	43.7	45.2	45.7	46.8	46.7	44.9	46.3	48.1	50.9	51.6	52.2	53.1	55.0	55.3	56.3	56.1	
臺北	40.3	42.2	50.3	52.0	52.3	50.6	65.3	35.1	44.9	25.5	0.0	37.0	50.5	43.9	45.0	44.5	47.1	51.5	49.2	49.7	46.9	48.8	49.4	50.6	50.2	47.6	49.2	51.2	54.3	55.1	55.7	56.7	58.7	58.8	59.9	59.6	
萬華	36.2	37.4	44.3	44.3	44.3	42.9	40.9	39.9	36.0	34.8	34.4	0.0	63.9	47.1	47.8	47.1	50.1	54.9	51.6	51.9	48.3	50.4	51.0	52.3	51.7	48.7	50.4	52.5	55.7	56.5	57.2	58.2	60.2	60.3	61.3	61.0	
板橋	37.5	38.7	44.4	44.5	44.4	44.3	44.4	42.5	39.9	39.8	45.6	56.5	0.0	56.9	52.7	51.1	55.5	61.1	55.0	54.9	49.9	52.4	53.0	54.4	53.6	49.8	51.7	54.0	57.5	58.4	59.1	60.1	62.3	62.6	63.2	62.8	
浮洲	35.8	36.7	42.7	42.8	42.2	40.7	41.3	40.0	37.4	36.9	38.3	40.1	54.5	0.0	49.4	45.0	56.5	63.3	55.5	55.2	49.5	52.3	53.0	54.6	53.6	49.6	51.6	54.1	57.8	58.7	59.4	60.6	62.7	62.6	63.3	63.2	
樹林	36.3	37.3	42.9	43.1	42.6	41.1	42.1	40.8	38.8	43.8	41.0	42.1	40.5	40.7	40.9	0.0	57.2	66.5	71.6	58.3	57.3	53.0	53.3	54.1	55.8	54.6	50.2	52.1	54.8	58.8	59.7	60.5	61.6	63.9	63.7	64.7	64.2
南樹林	36.9	37.9	44.0	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	0.0	80.9	78.0	58.5	57.3	49.3	52.9	53.7	55.7	54.4	49.5	51.8	54.7	58.8	59.8	60.6	61.9	64.2	64.0	65.0	64.5
山佳	37.8	38.7	44.1	44.2	44.2	44.1	44.2	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	0.0	76.9	54.4	46.6	50.7	51.7	54.0	52.8	47.9	50.5	53.6	58.0	59.1	59.9	61.2	63.7	63.6	64.6	64.1	
鶯歌	39.5	40.5	42.8	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	0.0	39.0	45.5	39.2	45.0	46.7	49.9	49.0	44.3	47.5	51.2	56.5	57.7	58.6	60.2	62.6	62.7	64.0	63.4	
鳳鳴	39.5	40.4	44.2	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	0.0	54.0	39.3	47.6	49.7	53.6	51.9	45.4	49.1	53.3	58.9	60.2	61.2	62.8	65.6	65.2	66.4	65.7	
桃園	40.1	41.1	43.0	44.6	44.5	43.6	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	0.0	60.3	74.5	72.7	74.3	65.8	51.6	55.6	60.2	66.0	67.3	68.2	69.7	72.1	71.0	71.9	70.8	
中路	38.6	39.4	44.1	44.2	44.2	44.1	44.2	44.2	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	44.1	0.0	102.1	85.3	82.7	67.9	49.7	54.8	60.2	66.6	68.0	69.1	70.6	73.1	71.8	72.7	71.5	
桃園醫院	39.5	40.2	42.5	43.8	43.7	42.9	43.8	43.2	42.5	42.9	45.2	45.6	50.6	50.2	50.9	49.9	47.6	42.2	43.8	41.7	49.4	0.0	66.8	74.0	59.7	43.4	45.0	56.8	64.4	66.0	67.1	68.9	71.8	70.5	71.7	70.4	
內壢	39.8	40.6	42.9	44.1	44.0	43.2	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	0.0	78.9	57.7	40.6	48.6	56.0	64.2	65.9	67.2	69.0	70.7	71.8	70.6			
中原	40.6	41.4	43.8	45.1	45.0	44.3	45.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	0.0	42.7	32.2	43.6	53.0	62.8	64.7	66.1	68.2	71.5	70.2	71.5	70.1		
中壢	40.6	41.4	43.8	45.1	45.0	44.3	45.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	0.0	53.2	65.5	73.7	80.0	81.4	82.1	83.3	84.2	80.7	81.0	78.8		
平鎮	39.2	39.9	42.1	43.6	43.4	42.8	43.3	43.3	43.3	43.3	43.3	43.3	43.3	43.3	43.3	43.3	43.3	43.3	43.3	43.3	43.3	43.3	43.3	43.3	0.0	79.0	84.9	87.8	88.7	88.9	89.6	89.2	84.3	84.2	81.5		
埔心	40.1	40.8	43.1	44.6	44.5	43.9	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	0.0	90.7	90.9	91.7	91.7	92.1	90.9	85.1	84.9	81.8		
楊梅	41.3	42.0	44.3	45.9	45.8	45.3	46.5	46.2	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	0.0	94.5	95.0	94.9	94.2	91.8	85.0	84.8	81.3		
富岡	43.4	44.1	46.4	48.1	48.2	47.7	48.6	48.2	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	0.0	97.3	94.4	94.0	90.1	81.5	81.9	77.9		
新富	43.8	44.6	46.9	48.7	48.8	48.3	49.2	48.9	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	49.2	0.0	91.4	93.2	89.9	79.9	80.6	77.6			
北湖	44.3	45.0	47.4	49.2	49.3	48.9	49.9	49																													

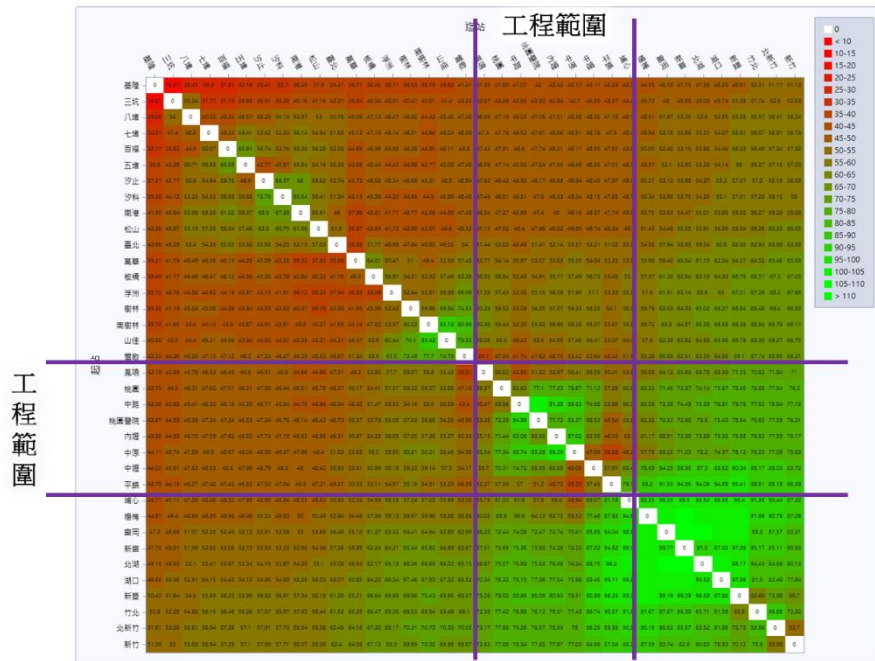


圖 6.16 工程後車站間平均運行速率熱圖（自強號）

以下表 6-18 取出表 6-17 中桃地計畫工程範圍內各車站的部份獨立顯示以方便閱讀。與表 6-16 相比較可明顯觀察到，雖然自強號列車在因桃地計畫而增設的車站均未停靠，但仍然受到計畫影響，工程後亦有車速下降的現象，且表 6-18 中有部份區段其平均車速均不及法規<sup>[33]</sup>所要求時速 70 公里之水準。

表 6-18 工程後車站間平均運行速率（鶯歌埔心自強號）

	鶯歌	鳳鳴	桃園	中路	桃園醫院	內壢	中原	中壢	平鎮	埔心
鶯歌	0.0	39.0	45.5	39.2	45.0	46.7	49.9	49.0	44.3	47.5
鳳鳴	38.3	0.0	54.0	39.3	47.6	49.7	53.6	51.9	45.4	49.1
桃園	45.8	56.0	0.0	60.3	74.5	72.7	74.3	65.8	51.6	55.6
中路	36.8	36.1	58.9	0.0	102.1	85.3	82.7	67.9	49.7	54.8
桃園醫院	42.2	43.8	71.4	94.6	0.0	66.8	74.0	59.7	43.4	50.2
內壢	43.9	46.0	69.8	80.7	64.7	0.0	78.9	57.7	40.6	48.6
中原	48.0	51.2	75.2	85.6	80.9	94.5	0.0	42.7	32.2	43.6
中壢	48.0	50.7	68.3	72.2	65.7	66.1	47.5	0.0	53.2	65.5
平鎮	43.1	44.1	51.7	50.2	44.3	41.7	32.0	55.9	0.0	79.0
埔心	46.3	47.7	55.7	55.1	50.9	49.5	43.3	66.7	77.8	0.0

註：橫列為起站、縱欄為迄站

註：單位時速公里

註：表中數據同表 6-17

## 6.7 分析結果：追越待避

當鐵路系統中有不同速率的列車同時運轉時，速率較低的列車執行待避以容許速率較高列車追越是維持運轉效率難以避免的操作。然而在待避過程中，被追越列車的長時間等待，亦降低了運轉效率，並且會降低路線容量。因此鐵路建設的運轉分析必須掌握工程對待避次數之影響。臺鐵真實班表中在基隆站與新竹站之間北上方向發生 84 次待避、南下方向則發生 78 次。在本分析的工程前情境班表中，相同區段的北上方向發生 86 次待避、南下方向則發生 79 次。而在工程後的未來情境則在北上方向發生 101 次待避、南下方向則發生 91 次。分析數據明確顯示在工程後情境中，兩方向的待避次數均有所增加，總計約增加 16%。

## 6.8 分析結果：車站容量

本節分析呈現第 4.9 節所說明的「車站及站間平均容量」分析結果。本項分析以所指定的班表為基礎，對各車站、各站間進行獨立的班表壓縮分析，明確排除了直接相連的車站或站間之外，其他車站或其他站間的影響。詳細說明可參見第 4.9 節圖 4.17 及附屬說明。

依 UIC 文獻<sup>[14, 15]</sup>所明確指出，鐵路容量是由路軌及班表所共同決定而非固定容量，亦即容量同時受到路軌設施、車種組成、車次數量及順序之影響。相關論文之說明可參見第 4.9 節以及附錄 B。圖 6.17 比較了工程前後，各車站容量之變化。由於桃地計畫工程前與工程後的未來班表不可能相同，故可合理預期分析範圍內大多數車站與站間的容量均有或多或少的變化。由圖 6.17 可觀察到在桃地計畫範圍內的桃園、內壢、中壢 3 座既有車站之容量均有所增加，反映了本計畫改善這些車站股道佈設的效果。各車站在臺鐵行控中心顯示面板照片、桃地計畫工程前數位模型以及工程後數位模型分別顯示於圖 6.18、圖 6.19、圖 6.20。這些資料顯示了各車站在桃地計畫工程所帶來的股道佈設變化。由這些變化觀之，本分析所得之結果應屬符合預期。

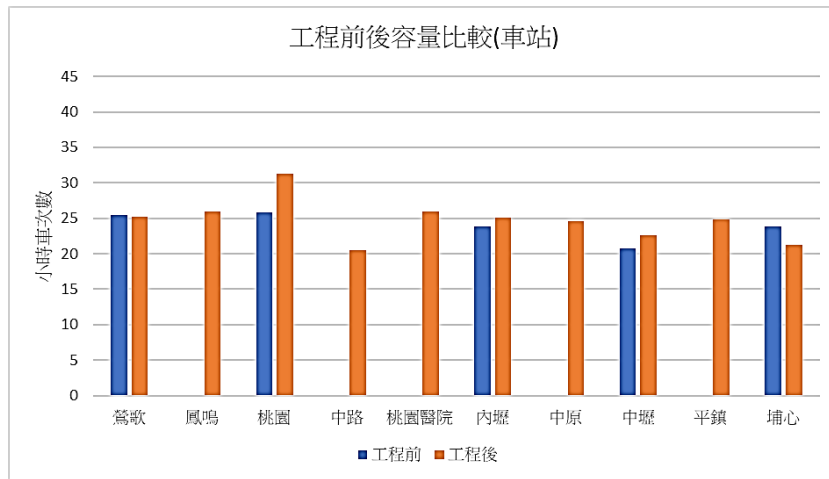


圖 6.17 工程前後車站容量比較

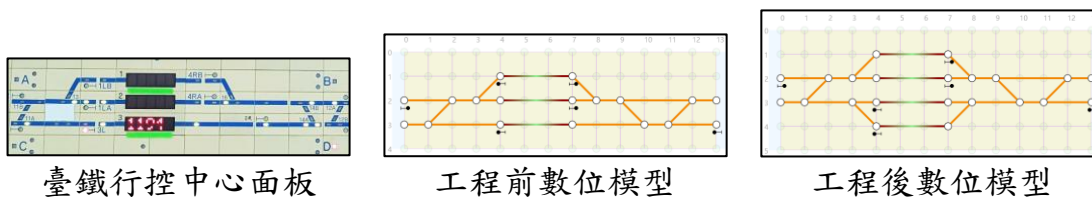


圖 6.18 桃園站工程前後股道比較

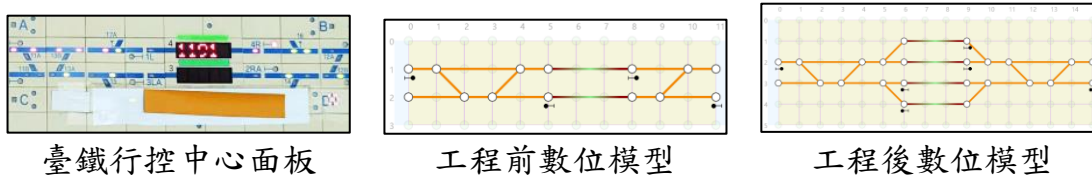


圖 6.19 內壢站工程前後股道比較

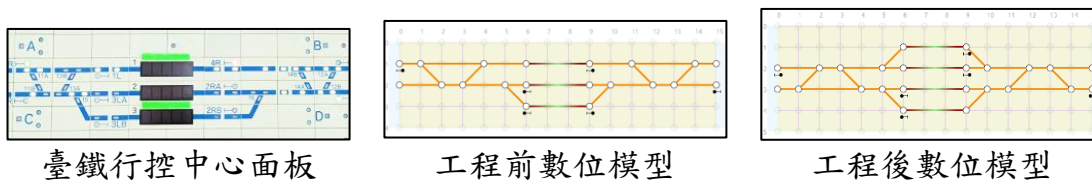


圖 6.20 中壢站工程前後股道比較

在站間部份，桃地計畫前後站間容量之比較示於圖 6.21。工程範圍內各站間在工程前後均完全不同，直接比較並無意義，此處將工程前後之數據分別作圖。

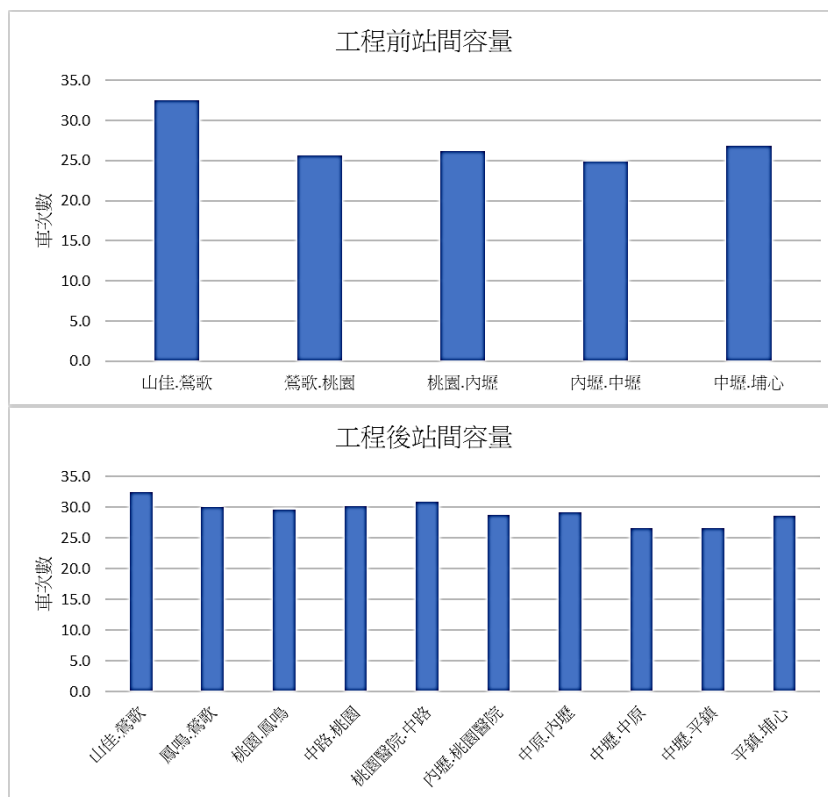


圖 6.21 工程前後站間容量比較

## 6.9 分析結果：路線整體利用率

本節路線整體利用率的評估方法係依 UIC 文件<sup>[14, 15]</sup>之建議方法，將基隆站至新竹站之間路段的全路線班表，使用班表壓縮法以得到其壓縮後的最小跨度，再與壓縮前的原跨度相除而得。其主要意義在觀察所分析範圍內，原班表所描述的是運轉需求，而壓縮後的班表跨度則顯示路軌系統承載此班表時，所能提供的能力被運轉需求所佔用的比例。詳細的說明可參見第 4.9 節的相關內容。

經分析結果，在工程前情境的路線整體利用率為 74%，而工程後的情境則將達到 82%。兩情境執行相同型態的班表，而工程後的路線整體利用率較高，顯示整體容量應有降低。

## 6.10 分析結果：路塞潛勢指數

本節分析桃地計畫工程對路塞潛勢指數之影響，數據分別整理於表 6-19 與圖 6.22。資料顯示工程前後的路塞潛勢指數影響不大，各車站在班表中維持適當前後間距的能力變化不大。在工程範圍內的桃園站、內壢站及中壢站其路塞潛勢指數均有下降，反映在工程之後這些車站的股道數均增加，使相同的車次分散到更多的股道，而降低了指數值。

表 6-19 工程前後路塞潛勢指數

車站	工程前	工程後	車站	工程前	工程後	車站	工程前	工程後
基隆	11.2	9.6	板橋	147.2	143.1	中壢	58.9	49.2
三坑	10.4	11.7	浮洲	78.3	76.7	平鎮		36.1
八堵	28.2	28.6	樹林	85.6	99.7	埔心	35.9	32.1
七堵	88.8	91.7	南樹林	35.8	36.0	楊梅	32.2	35.1
百福	59.0	55.3	山佳	32.6	31.4	富岡	27.0	30.4
五堵	59.1	54.5	鶯歌	46.6	42.9	新富	35.2	36.0
汐止	74.9	77.1	鳳鳴		33.6	北湖	27.9	34.7
汐科	65.5	57.3	桃園	67.4	64.8	湖口	32.9	34.7
南港	105.7	98.6	中路		31.1	新豐	23.7	28.0
松山	143.5	131.7	桃園醫院		32.7	竹北	28.7	34.4
臺北	121.2	133.9	內壢	41.4	31.8	北新竹	25.9	25.4
萬華	89.9	80.6	中原		36.7	新竹	55.1	48.6

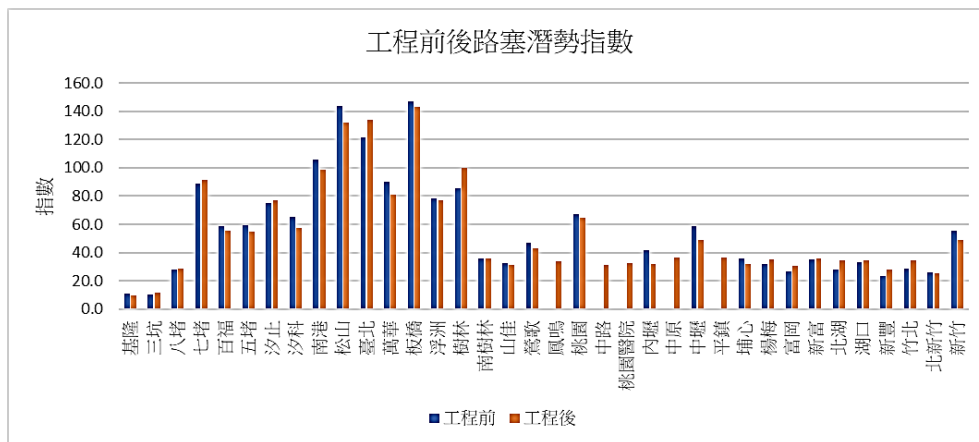


圖 6.22 工程前後路塞潛勢指數

## 6.11 分析結果綜合歸納

本章以「臺鐵都會區捷運化桃園段地下化建設計畫」為案例，使用 RAILS 進行運轉分析，用以驗證該系統的計畫審議輔助能力。本案例納入了運轉速率分析、追越待避次數分析、車站容量分析、路線整體利用率分析以及路塞潛勢指數分析等多種重要的分析項目。綜合歸納可觀察到以下各項：

1. 運轉速率的降低是桃地計畫最重要的隱憂；可合理推論在短距離內增設 5 處車站是其最主要原因。比較表 6-12 與表 6-14 可觀察到，在桃地計畫工程前的情境中，區間車、區間快車在工程路段均大都可維持接近時速 50 公里或更高的平均運轉速率，但在工程完工後的情境中，平均速率卻大都接近時 40 公里，無法達到法規[34]所要求：通勤列車平均運行速度不低於現況或時速 45 公里的要求。至於自強號雖然情境中並未增加停靠車站，但其車速仍然受到影響而略有降低，亦無法達到法規要求。
2. 在完工後的未來情境追越待避次數將增加約 16%。可合理推論這種變化的原因來自：區間車、區間快車之速率原本即低於自強號之速率，在增設車站之後區間車降低速率的幅度又比較較大，增加了兩種車種的速率差，導致所需要的追越待避次數變多。
3. 車站容量分析的結果顯示在桃地計畫工程範圍內桃園、內壢及中壢等既有車站之容量均增加，合理反映了這些車站在工程中增設股道的效應。至於其他車站之容量則無很大的變化。站間區段的容量亦未觀察到重要的變化。
4. 班表壓縮分析的結果顯示路線整體利用率將由工程前的 74% 上升到工程後的 82%，亦即路線整體容量略有下降。這與前述車站容量提升並不相矛盾，原因在於整體容量受到前述追越待避次數增加的影響而降低，但這些影響並無法反映在個別車站、站間的容量分析中。
5. 路塞潛勢指數分析顯示工程前後變化不顯著。
6. 本案例分析過程中，依圖 4.2 所示的流程使用 RAILS 分別對桃地計畫工程前與工程後之情境建立路軌數位模型，再取用臺鐵系統真實班表套用於兩個情境的路軌模型中，經由系統的自動排點功能分別建立兩個情境的無衝班表，用以預見未來工程完工之後可能的運轉狀況。本系統的運轉分析能力則以這些班表為基礎，以數量化的方式具體呈現了未來情境下可能的運轉速率、車站容量、路線整體利用率以及路塞潛勢指數，並與現況情境相比較。

由這些分析結果可歸納以下結論：

1. 本系統確有能力供使用者預見未來可能的具體運轉狀況，達成對鐵路建設計畫審議的輔助。
2. 個別車站、站間的容量提升，並不必然代表整體路線容量的提升。本案例顯示桃地計畫雖然提升了工程範圍內各既有車站的容量，但整體容量卻因短距離內增設車站而下降。這個案例具體顯示局部化的容量分析並不一定

能夠提供足夠的資訊。對鐵路建設計畫而言，涵括更多面向的運轉分析確有其必要性。

# 第七章 結論與建議

## 7.1 結論

鐵路是我國最重要的陸上運輸系統之一，政府每年均投入可觀的公共資源於各項鐵路相關建設計畫中。任何鐵路建設計畫的主要目標必然是投入運轉，而我國法規<sup>[33]</sup>亦規定了建設計畫在研議過程中所應進行的運轉分析以及應達到的標準。有關運轉分析的內涵及其重要性可參閱第三章。

鐵路系統的運轉分析具有高度重要性，然而同時亦具有相當的複雜性，而目前實務上尚未普遍運用運轉分析專業軟體，嚴重限制了相關單位在推動鐵路建設計畫時深入進行運轉分析的能力。軟體工具的缺乏使得實務上經常高度仰賴專業人員的個人知識及經驗為之。專業人員的判斷常具有一定的參考價值，但是不易跨部門客觀討論，亦不易累積經驗。而知識經驗的有系統傳承、技術擴散及人才養成亦均有其難度。且在缺乏具體數據的狀況下常不易與鐵路運轉專業領域之外的人員客觀討論，過往歷史亦不易有系統存檔及管理統計。這些現象均明確顯示開發適當軟體工具的重要性與急迫性。

為此，本所經長期研發，成功開發了具有鐵路運轉分析能力的RAILS。該系統可進行多項運轉分析，使用者可在依建設計畫的未來情境在系統中建立數位模型之後，使用系統高度自動化的運轉分析能力而預見未來投入運轉之後的運轉情形。系統並可產出多種分析報表，供使用者以科學化的方法，具體瞭解建設計畫所能達到的運轉效能，並可用以比較不同方案。

本計畫以RAILS為基礎，建立其全自動計算排點所需時隔的能力，提升了本系統對未來情境運轉分析的精確度。配合新增的運算需求，本計畫大幅擴充了既有的路軌數位模型。如圖 2.1 所示，路軌數位模型位居全系統最基礎的位置，因此擴充此模型的同時，必須幾乎全面修改鐵路資料庫以及系統軟體程式，才能維持全系統的一致性，完全消除同一系統中有二種不同模型所帶來的混亂。計畫完成之後的RAILS說明於第四章。

本計畫以「臺鐵都會區捷運化桃園段地下化建設計畫」為案例，以真實數據驗證了RAILS的運轉分析能力，並檢視這些分析結果可能對計畫審議所帶來的輔助。分析結果發現在未來情境下，可能區間車與自強號均將發生平均運轉速率低於現況，且無法達到法規<sup>[33]</sup>之要求。分析結果亦顯示該工程雖然提升了工程範圍內各既有車站的容量，但整體容量卻因短距離內增設車站而下降。這個案例具體顯示局部化的容量分析並不一定能夠提供足夠的資訊。對鐵路建設計畫而言，涵括更多面向的運轉分析確有其必要性。而這些分析結果亦顯示，未來若在鐵路建設計畫審議過程中使用本系統進行運轉分析，將有助這些計畫在

可行性研究、綜合規劃或其他階段，達到更高境界的設計。

此外，本計畫並對 RAILS 軟體平台與本所「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」進行整合評估。其內容呈現於第五章。歸納評估結果，容量軟體的性質適合作為小區段容量分析的工具，而 RAILS 平台是開發作為鐵路全系統運轉分析的工具，二者性質不同，實具互補性。未來若能取二者之長予以適當整合，預期將有助本所得到的分析功能更為強大而完整的新軟體工具。

## 7.2 建議

鐵路建設計畫的審議，不但需要複雜的資料處理與計算，而且往往涉及多數不同單位。為此，本系統設計可作為鐵路建設計畫審議輔助工具，並具有作為跨單位協作平台的能力，如圖 4.20 所示意。建議後續尋求適當單位逐步推廣本系統之應用。

就投入鐵路運轉的人、車、路三項主要資源觀之，目前本系統已經具備對路之運轉分析能力。然而依法規<sup>[33]</sup>要求，計畫審議亦涵蓋人與車的面向，其運轉分析複雜程度並不低於對路之分析，且我國目前並不具備此種軟體工具，不利法規之落實。建議未來可在這些方向持續發展 RAILS 之功能。

除了運算功能之外，軟體系統亦必須提供使用者方便的工作環境與良好的操作體驗，並且能夠充份融入使用者執行其業務的程序中。由於這些均具有相當的主觀性，納入使用者的工作程序之後，由其提供真實運用之回饋予軟體開發者是最有效、無可取代的方法。建議在後續發展過程中，充份納入使用者的參與，將可望為本軟體的成熟化帶來極大的貢獻。

## 參考文獻

1. Weik, N., Warg, J., Johansson, I., Bohlin, M. and Nießen, N., "Extending UIC 406-based capacity analysis—New approaches for railway nodes and network effects", *Journal of Rail Transport Planning & Management*. Vol 15, 2020, pp.100199.
2. Lindner, T. and Pachl, J., "Recommendations for enhancing UIC Code 406 method to evaluate railroad infrastructure capacity", 2010.
3. Jensen, L. W., Landex, A., Nielsen, O. A., Kroon, L. G. and Schmidt, M., "Strategic assessment of capacity consumption in railway networks: Framework and model", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. Vol 74, 2017, pp.126–149.
4. 交通部運輸研究所，「2019年臺灣鐵道容量手冊」，2019。
5. 鄔德傳，「以列車運行為核心研析構建鐵路數位分身軟體平台之初探」，交通部運輸研究所，2021。
6. 李宇欣、盧立昕、陳佑麟、袁永偉、陳蓉萱、許書耕、賴威伸及鄔德傳，「鐵路系統供需診斷模式軟體之維護與擴充及策略分析(1/2)」，交通部運輸研究所，2021。
7. 李宇欣、盧立昕、陳佑麟、袁永偉、陳蓉萱、許書耕、賴威伸及鄔德傳，「鐵路系統供需診斷模式軟體之維護與擴充及策略分析(2/2)」，交通部運輸研究所，2022。
8. 陳一昌、許書耕、許修豪、李宇欣、陳春益、余秀梅、李衍儒、楊承道、盧立昕、楊峻武、吳美玲、王彥傑及蔡欣恬，「臺鐵包車營運需求下列車班表之研究」，交通部運輸研究所，2011。
9. 陳一昌、許書耕、許修豪、陳春益、林東盈、李威勳、楊承道及李宇欣，「鐵路列車排程模式建立及運行資料分析校估之研究」，交通部運輸研究所，2012。
10. 陳一昌、許書耕、許修豪、陳春益、林東盈、李威勳及李宇欣，「鐵路列車自動化排點系統建置之研究」，交通部運輸研究所，2013。
11. 許書耕、許修豪、陳春益、林東盈、李威勳、袁永偉、郭昭佑、吳美玲、顏利憲及李宇欣，「鐵路列車自動化排點系統功能擴充與推廣應用」，交通部運輸研究所，2014。
12. 李宇欣、盧立昕、袁永偉、伍彥竹、許書耕、賴威伸及鄔德傳，「大數據分析技術進行鐵路供需診斷與策略分析(1/2)-診斷模式軟體雛型之建置」，交通部運輸研究所，2019。
13. 李宇欣、盧立昕、袁永偉、伍彥竹、許書耕、賴威伸及鄔德傳，「大數據分析技術進行鐵路供需診斷與策略分析(2/2)-完成鐵路系統供需診斷模式」，交通部運輸研究所，2020。
14. UIC, 「UIC leaflet 406, Capacity」, UIC International Union of Railways, 2004.
15. UIC, 「Code 406 – Capacity」, UIC International Union of Railways, 2013.
16. 交通部鐵道局，「花東地區鐵路雙軌電氣化建設計畫」，2021。
17. 交通部鐵道局，「桃園都會區鐵路地下化計畫」，2021。
18. 交通部鐵路改建工程局，「嘉義市區鐵路高架化計畫綜合規劃報告」，2017。
19. 交通部鐵道局，「基隆南港間通勤軌道建設計畫可行性研究報告」，2019。
20. 交通部鐵道局，「彰化市鐵路高架化計畫可行性分析」，2021。
21. 交通部，「臺鐵集集支線基礎設施改善計畫」，2019。

22. 交通部臺灣鐵路管理局，「高鐵彰化站與臺鐵田中站轉乘接駁計畫綜合規劃期末報告」，2021。
23. 李宇欣、盧立昕、陳佑麟、袁永偉、陳蓉萱、許書耕、賴威伸、鄔德傳及陳俊斌，「鐵路供需診斷數位分身軟體平台之建置(1/2)-鐵路數位分身軟體平台雛型架構之規劃」，交通部運輸研究所，2023。
24. 李宇欣、盧立昕、陳佑麟、袁永偉、陳蓉萱、許書耕、賴威伸及巫柏蕙，「鐵路供需診斷數位分身平台之建置(2/2)-鐵路數位分身軟體平台雛形架構之研發」，交通部運輸研究所，2024。
25. Bychkov, I., Kazakov, A., Lempert, A. and Zharkov, M., "Modeling of railway stations based on queuing networks", *Applied Sciences*. Vol 11, No. 5, 2021, pp.2425.
26. Tiong, K. Y. and Palmqvist, C.-W., "Quantitative methods for train delay propagation research", *Transportation Research Procedia*. Vol 72, 2023, pp.80–86.
27. Werner, F., "Solving train scheduling problems as a job shop: A brief review", *Ann Math Phys*. Vol 5, No. 2, 2022, pp.153–156.
28. Caprara, A., Fischetti, M. and Toth, P., "Modeling and solving the train timetabling problem", *Operations Research*. Vol 50, No. 5, 2002, pp.851–861+916.
29. Medeossi, G., Nash, A. and Bagshaw, M., "Agile Simulation: An approach for increasing optimisation in railway planning", *Proceeding of the 10th International Conference on Railway Operations Modelling and Analysis (ICROMA). Rail Belgrade 2023*, 2023.
30. Coviello, N., Medeossi, G., Nash, A., Nygreen, T., Pellegrini, P. and Rodriguez, J., "Automatic generation of timetable with the ATMO tool", *Technical report*, 2021.
31. 李宇欣，「時隔理論」，國立成功大學土木工程系，2025。
32. 李宇欣、盧立昕、袁永偉、伍彥竹、許書耕、賴威伸及鄔德傳，「大數據分析技術進行鐵路供需診斷與策略分析(2/2)-完成鐵路系統供需診斷模式系統」，交通部運輸研究所，2020。
33. 交通部，「鐵路平交道與環境改善建設及周邊土地開發計畫審查作業要點」，2018。
34. 交通部鐵道局，「南迴鐵路雙軌化暨提升為快鐵可行性研究委託技術服務」，2022。
35. 交通部鐵道局，「臺鐵都會區捷運化桃園段地下化建設計畫綜合規劃報告」，2020。
36. 交通部鐵道局網站 [https://www.rb.gov.tw/zh-TW/main/main\\_28/20250505\\_152338/20251104\\_135248/20251119\\_130010/](https://www.rb.gov.tw/zh-TW/main/main_28/20250505_152338/20251104_135248/20251119_130010/).
37. Lee, Y. and Chen, C.-Y., "Modeling and Solving the Train Pathing Problem", *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*. Vol 7, No. 2, 2009, pp.63–68.
38. 許書耕、賴威伸、鄔德傳、盧立昕、陳佑麟、袁永偉、陳蓉萱及李宇欣，"以班表壓縮法評估鐵路流量容量比"，*臺鐵資料季刊*. Vol 381, 2022, pp.1 – 29.
39. 黃笙玆、鍾志成、賴勇成、胡仲瑋、陳桂豪、徐任宏、黃邵琪、李崑育、張舜淵、劉昭榮及楊國楨，「應用鐵道容量分析方法進行營運改善規劃」，2022。
40. 黃笙玆、鍾志成、張恩輔、胡仲瑋、陳怡蓁、張舜淵、呂怡青、劉昭榮及王劭暉，「城際鐵道容量分析暨應用研究(2/2)—編組站及端末站之容量模式構建」，2025。
41. Landex, A., Kaas, A. H., Schittenhelm, B. and Schneider-Tilli, J., "Practical use of the UIC 406 capacity leaflet by including timetable tools in the investigations", *Computers in Railways X*. Vol 88, 2006, pp.643–652.
42. Landex, A., Schittenhelm, B., Kaas, A. H. and Schneider-Tilli, J., "Capacity measurement with the UIC 406 capacity method", *Computers in Railways XI*. Vol 103, 2008, pp.55–64.

# 附錄 A：路塞潛勢指數介紹

## 一、背景說明

本附錄之主要內容係整理自本所過往研究<sup>[24]</sup>，為了易於閱讀，於文中不再逐項標註其出處。更多的深入說明亦可參見本所於 109 年之研究成果<sup>[32]</sup>。

大凡用以描述各種現象之指數，其目的多在以簡要的方式反映出複雜系統的大體全貌，例如經濟學常用的物價指數、採購經理人指數、國民生產毛額等即為典型的例子。由於所描述的現象具有相當的複雜性（否則指數即無存在的必要），故其定義及計算過程必有相對的複雜性。而指數本身則應精簡（否則即無法達到目的），故必有其無法完整描繪之處。是故指數的目的多在反映大體全貌而非細節。例如在物價指數持續升高之際，社會中仍很可能有部份商品並未漲價，但這並無礙於物價指數的價值。

經濟領域的各項重要指數，其設計使得非經濟專長的人員，能夠很方便在瞭解其意涵之後取用以達到各種後續目的。取用物價指數、採購經理人指數等指數時，絕大多數的人員並不需要深入瞭解其精準定義，僅需瞭解其意涵即可使用。

路塞潛勢指數亦本此原則而設計。在特定的鐵路系統上，執行特定的班表時，所出現的運轉現象具有高度複雜性。本指數嘗試經過計算，反映出在運轉的過程中，鐵路系統各處發生前行列車阻擋續行列車之整體嚴重程度，據以表現運轉的整體順暢性。與經濟領域的各種重要指數類似之處，是路塞潛勢指數的使用者亦不必深入瞭解其精準定義，僅需瞭解本指數的意涵即可使用。

以下將先在第 A.2 節說明路塞潛勢指數的應用方法，目的在協助本指數非鐵路運轉專業人員的使用者在瞭解其意涵及概念之後方便取用。之後第 A.3 節則說明本指數的原理，目的在供鐵路運轉領域專業人員瞭解本指數的精準定義及計算細節，並以其專業知識及經驗提供本指數持續精進的方向。

## 二、路塞潛勢指數的應用

### 1. 路塞潛勢指數之意涵

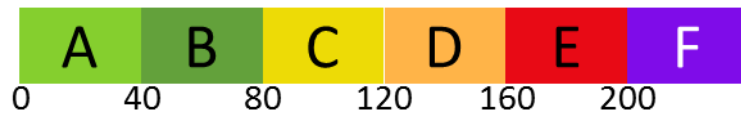
鐵路系統中，路塞是晚點量在列車之間傳播過程所產生的現象。而路塞潛勢指數代表的是在指定的鐵路路網中，執行所指定的班表時晚點量傳播的可能性。鐵路的車站、站間軌道資源愈多、佈設愈優良時，運轉將愈順暢，反之則運轉將不順暢。同時，鐵路系統中所運行的車次愈密集、車

次行點分佈愈不均勻、股道分配愈均勻時，運轉將愈順暢，反之則運轉將不順暢。本指數之設計則是在作為衡量上述列車與路軌複雜互動狀況的綜合指數。其基本計算方式是統計一份班表中，前後連續經過相同股道的兩班列車之間的時隔，將不足 15 分鐘的部份計入指數中。

在鐵路系統中，列車班表與路軌設施共同決定運轉狀況，因此任何運轉分析均必須在考慮路軌設施的同時，亦充考慮在系統中執行的班表。亦即必須在分析中納入對真實運轉具有代表性的班表，分析結果方能代表真實運轉的可能狀況。路塞潛勢指數的設計，使其能夠反映路軌與班表所共同形成的運轉狀況。

## 2. 路塞潛勢指數之分級

本計畫建議將路塞潛勢指數依其數值分為 A 至 F 共六級，如圖附 A.1 所示意。分級之方式為每 40 分一級，亦即 A 級為 0 至 40、B 級為 40.01 至 80、C 級為 80.01 至 120、D 級為 120.01 至 160、E 級為 160.01 至 200、而 F 級則為超過 200 之範圍。其中 A 至 C 級為運轉順暢、D 級為擁擠但可正常運轉、而 E 至 F 級則為運轉不順暢。依此分級標準，上述臺北站之路塞潛勢指數為 144，應屬 D 級。



圖附 A.1 路塞潛勢指數分級

## 3. 路塞潛勢指數之計算與使用

基於以上分析之精神，同時考量計算之方便性以及作為綜合指數所需要之廣泛代表性，定義路塞潛勢指數之二種使用方式如下。

### (1) 分時滾動路塞潛勢指數

對所分析之鐵路系統、班表、及所分析之車站，先後使用同一股道之前後列車之間，取其時隔計算而得的路塞潛勢指數。

### (2) 車站及站間之代表路塞潛勢指數

路塞潛勢指數在一天當中隨車次之變化而高低起伏。因此取一天當中最高第 60 分鐘之指數值作為車站或站間的代表指數值。

### 三、路塞潛勢指數原理

本節的目的在對塞潛勢指數作更深入說明，以供鐵路運轉專業人員參考。一般而言，良好的鐵路班表能夠使所有列車在全完依班表的到離站時分運行時，各列車之間不會相互影響。然而真實鐵路系統並不可能無限精準依班表運轉。所有列車在運行的過程中均持續受到各種內外部因素的影響，使得到離站時分受到擾動而無法完全依班表運行，因而在鐵路系統中產生續行列車受制於先行列車的互制現象。系統運轉時，調度人員會採取運轉整理作為，由司機員配合執行，以儘量使系統回復到接近班表行點的狀態。在這過程中，影響系統運作的最重要現象是路塞現象，而路塞現象的發生或不發生，又受到緩衝時間的重大影響。因此路塞潛勢指數之設計，即是以緩衝時間為計算基礎，嘗試得到具有整體、概括代表性的綜合指數。以下將對這些關鍵因素作更深入的論述及說明。

#### 1. 指數目的

路塞潛勢指數是一個用以評估鐵路運轉狀況之綜合指數，其目的在反映鐵路系統整體的運轉順暢程度。

#### 2. 路塞現象

在完全理想的完美狀況下，所有列車均依班表運行，續行列車並不會受到先行列車之影響。然而真實鐵路系統之運轉並不可能完美。列車在運行時受到內外因素之影響而發生延遲時，先行列車即有可能未能在班表所指定的時間離開其所在之股道，以致於續行列車受到阻擋而無法進入該股道。此即為臺鐵實務所稱之「路塞」現象。就本質而言，路塞為延遲狀況在不同列車之間傳播時所產生之現象，對鐵路系統穩定度有重大影響。

#### 3. 緩衝時間

路塞現象之發生或不發生與班表中的緩衝時間有著密切的關係。所謂緩衝時間，指班表中配予前後行經同一點或同一股道的兩列車之間的時間間隔中，超過最小安全時隔的部份。當先行列車發生晚點時，緩衝時間有助阻隔或減少晚點傳播予續行列車。一般大略而言，緩衝時間愈充裕，晚點愈不易在列車之間傳播，因而有利鐵路系統提高準點率。

例如，假設在某股道，前後行經的兩列車之間至少需要配置 3.0 分鐘之時隔，而班表所配置的間隔時間為 9.0 分鐘。則在該處這兩列次之間配有  $9-3=6$  分鐘的緩衝時間。倘若在運轉時，先行列車因故延遲 5 分鐘離開該股道，則該延遲量將被緩衝時間吸收而不致於傳播到續行列車。但倘若先行列車之延遲量為 7 分鐘，則緩衝時間將不足以吸收該延遲量。此時先

行列車的延遲將有可能傳播予續行列車（但亦有可能不傳播，視續行列車是否準點而定）。

緩衝時間受到運轉需求與路軌設施之共同限制，如以下簡例所說明。單獨考慮某車站之運轉，並假設該車站配置有二股道，慣用方式為兩個運行方向各使用一股道。若該車站每日營運 18 小時，其間每方向各運行 108 列次，則可很易計算得到在該車站，前後列車之間的平均時隔為 10 分鐘。倘若最小安全時隔為 3 分鐘，且所有列車在該站之最小停站時間均為 2 分鐘，則在該站之平均緩衝時間長度為  $10-3-2=5$  分鐘。

設若在此例中，該車站於兩運行方向各有二股道可運用，則平均每股道每方向運行 54 列次，亦即平均而言，使用同一股道之前後列車，在該股道之平均時隔時間長度為 20 分鐘。扣除 3 分鐘之最小安全時隔以及 2 分鐘之最小停站時間後，平均緩衝時間長度為 15 分鐘。

由上述簡例可以觀察到，對軌道系統中的任一處位置，其平均緩衝時間由股道數、全日營運時間以及列次數所決定，與班表之行點編排無關。對運轉較有利的方式是在班表中儘量均勻分配緩衝時間。然而對臺鐵或多數鐵路系統而言，實際班表不可能均勻分配所有前後車次之間的緩衝時間。其中必有部份車次間之緩衝時間大於平均值，亦必有其他車次間之緩衝時間小於平均值。而如前所論述，前後列次之間的緩衝時間直接影響延遲在這兩列次之間的傳播行為，亦即影響路塞之發生。

歸納上述，路塞發生之可能性，由可用股道數、全日車次數量以及班表所編排緩衝時間所決定。

#### 4. 路塞潛勢指數定義

對所分析之鐵路系統、班表、及所分析之車站，先後使用同一股道之前後列車之間，取其時隔。若二列車在該站均停靠，則計入不足 15 分鐘的部份；若其中一列車未停靠則計入不足 11 分鐘的部份；若二列車均未停靠則計入不足 7 分鐘的部份。以一小時之時間窗長度，滾動式加總上述計入指數之值，即為該車站在該時間點之路塞潛勢指數。

例：假設某車站具有 2 股道，列車進入該車站之表訂時間如下。

股道 1：10:05（車次 1，停站）、10:10（車次 3，通過）、10:30（車次 5，通過）

股道 2：10:11（車次 2，停站）、10:24（車次 4，停站）、10:38（車次 6，停站）、11:01（車次 8，停站）、11:12（車次 10，停站）

此車站之路塞潛勢指數計算如下。

#### 股道 1

車次 1 與車次 3 之間時隔 5 分鐘，且其中之一有停靠，路塞潛勢指數應計入  $11-5=6$  分鐘

車次 3 與車次 5 之間時隔 20 分鐘，路塞潛勢指數應計入 0 分鐘

#### 股道 2

車次 2 與車次 4 之間時隔 13 分鐘，且二者均有停靠，路塞潛勢指數應計入  $15-13=2$  分鐘

車次 4 與車次 6 之間時隔 14 分鐘，且二者均有停靠，路塞潛勢指數應計入  $15-14=1$  分鐘

車次 6 與車次 8 之間時隔 23 分鐘，路塞潛勢指數應計入 0 分鐘

車次 8 與車次 10 之間時隔 11 分鐘，且二者均有停靠，路塞潛勢指數應計入  $15-11=4$  分鐘

經依 1 小時長度之時間窗，滾動式加總可得：

10:05 - 11:04，計入  $(6+0) + (2+1+0) = 9$ ，此即為該車站在 10:05 之路塞潛勢指數。

10:10 - 11:09，計入  $0 + (2+1+0) = 3$ ，此即為該車站在 10:10 之路塞潛勢指數。

10:11 - 11:10，計入  $(2+1+0) = 3$ ，此即為該車站在 10:11 之路塞潛勢指數。

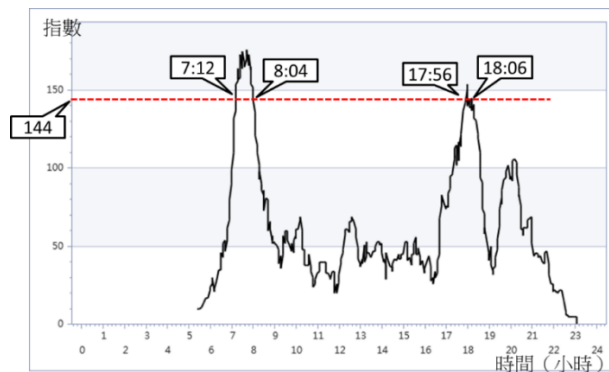
10:24 - 11:23，計入  $(2+1+0+4) = 7$ ，此即為該車站在 10:24 之路塞潛勢指數。

### 5. 路塞潛勢指數計算方法

同一車站中，不同時段之滾動路塞潛勢指數不同。利用這些數據可計算在一整天當中，路塞潛勢指數大於或等於某一給定數值之總時間長度。

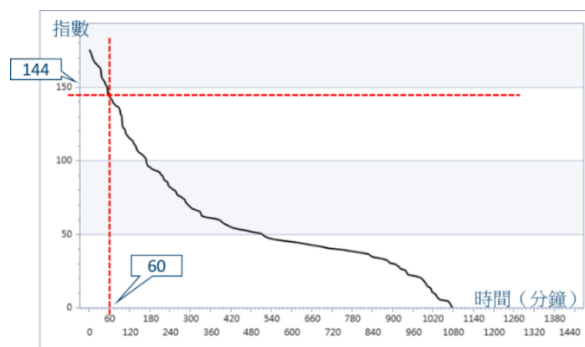
其計算方法以圖附 A.2 為例（亦為臺北站之數據）說明之。假設欲求取臺北站於一整天當中，路塞潛勢指數大於等於 144 之累計時間長度。此時可如圖附 A.2 所示，於曲線中查得該站之路塞潛勢指數於上午 7:12 超過 144，之後於 8:04 下降到 144 以下。因此超過 144 之時間計有 52 分鐘。另於下午時段，該站於 17:56 發生路塞潛勢指數超過 144，再於 18:06 下降到

144 以下。因此於下午時段，路塞潛勢指數超過 144 之時間計有 10 分鐘。兩者合計，可得臺北站於一整天當中，路塞潛勢指數大於等於 144 之累計時間長度計有 62 分鐘。



圖附 A.2 臺北站分時累積路塞潛勢指數計算方法示意圖

利用相同方法，可利用圖附 A.2 所示之數據，為每一個路塞潛勢指數數值求取其對應的累計時間長度。將所有這些數值，以累計時間長度（分鐘數）為橫軸，以路塞潛勢指數為縱軸繪圖可得圖附 A.3 所示之曲線，即為臺北站之「累積路塞潛勢指數曲線」。該圖中所標示之位置，即為圖附 A.2 所示計算例所得之數據點，在此曲線中之位置。利用累積路塞潛勢指數曲線，定義「車站之路塞潛勢指數」即為該車站累積路塞潛勢指數曲線中，橫軸（亦即各路塞潛勢指數所對應的累計時間長度）等於 60 分鐘處所對應之路塞潛勢指數。以臺北站為例，由於該站之累積路塞潛勢指數曲線於 60 至 62 分鐘之間均對應 144，因此臺北站之路塞潛勢指數即為 144。



圖附 A.3 臺北站累積路塞潛勢指數曲線

## 附錄 B：班表壓縮法及其本土化

本附錄之內容為本所前期研究<sup>[24]</sup>第 2.4 節之重現。文中內容除必要之文字修正外，大都取自該節。

班表壓縮法為 UIC (International Union of Railways) 於 2004 年首次提出<sup>[14]</sup>，並在 2013 年更新之<sup>[15]</sup>。該機構以「Capacity」作為這二份文件之標題，顯示作為鐵路路線容量分析主要方法之用意。

在文件中所提出之最重要基本論述有下列各項：

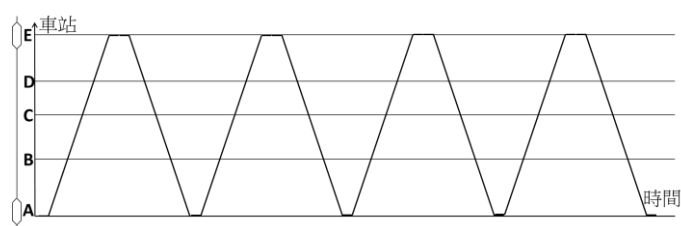
1. 鐵路路線容量之評估方法，應同時考量路軌設施以及擬運行之班表，而非僅由路軌設施以及可能的車種組成來估算。
2. 路線容量之衡量，UIC 認為並不宜以「每小時可運行若干列次」為衡量方式，而是應該計算鐵路路線在扣除不可運行之時間（例如每晚斷電封鎖進行維修）之後的每日可運行時間長度，並分析在該路線上擬執行之班表需要佔用的最小運行時間長度。二者相除即可得知該鐵路在承載該班表之後，尚存的容量比例；其概念與「路線利用率」之觀念相接近。而分析一份班表執行時所需要佔用的最小運行時間長度的方法即為班壓縮法。
3. 該文件明確指出，鐵路執行一份班表而尚有剩餘容量時，並不同於可在該班表中加入更多之車次。欲明確評估新增車次之可行性，唯一的方法是試排班表。

經多年之推廣及使用，此法已成為目前國際上最廣為使用之路線容量使用率評估方法<sup>[1]</sup>。在其第一版文件<sup>[14]</sup>第 1.2 節明確指出：**鐵路並沒有絕對的容量值；其容量係由路軌及班表所共同決定**。因此鐵路之路線容量分析必須充份考慮所擬執行之班表，方有意義。本研究多次與臺鐵實務人員討論及訪談亦發現此觀念符合實務運轉經驗。

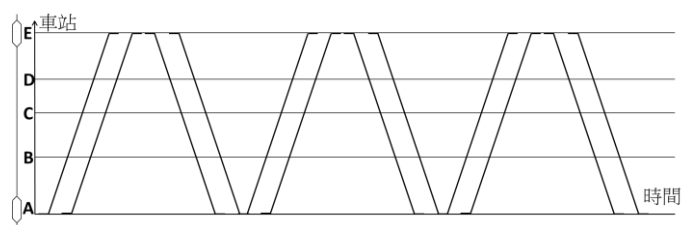
本所之前期研究<sup>[6]</sup>將班表壓縮法予以本土化，成為適合臺鐵系統使用，同時又與國際最通用方法相接軌之方法，並融入成為鐵路軟體平台的一部份。由於該鐵路平台具有自動排點能力，使得系統能夠使用真實班表，亦可配合未來、規劃中之情境而自動排出未來班表，據以精準評估鐵路系統在各種情境下可提供之路線容量、路線利用率。以下將先論述班表對路線容量分析之重要性，之後簡要說明班表壓縮法之原理，最後說明此技術本土化之必要性及成果。

### 1. 班表對容量分析之重要性

容量分析時，充份考慮班表之重要性可用一則簡例論述如下。考慮圖附 B.1 所示之單線區間，設有 A 至 E 共 5 處車站，並假設車站 A 及 E 配置 2 股道，其餘車站均僅有單一股道如圖左側所示意。圖附 B.1 所示之運行圖為採用一去一回之服務型態之班表，觀察該圖可發現車次數已接近該路段之最大容量，難以增加車次。然而若採用二去二回之服務型態，則圖附 B.2 顯示該系統可提供遠遠更高之路線容量。此簡例明確凸顯出不同班表所對應的路線容量差異甚大，因此分析鐵路之路線容量時，實有必要具體考慮所擬使用之班表。同時亦可觀察到，不論是圖附 B.1 所示之一去一回型態班表，或是圖附 B.2 所示之二去二回型態班表，均非隨機編排方式所能產生。亦即隨機編排之班表並無法代表真實狀況，亦無法產生具有代表性之容量分析結果。



圖附 B.1 單線區間一去一回班表運行圖



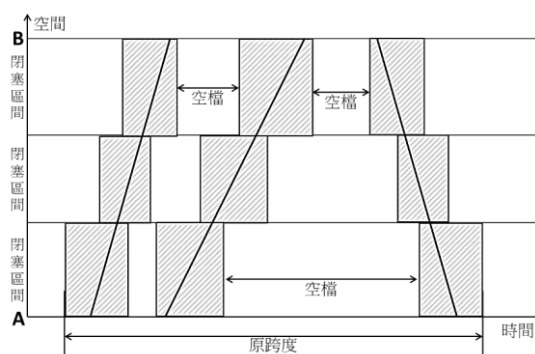
圖附 B.2 單線區間二去二回班表運行圖

## 2. 班表壓縮法原理

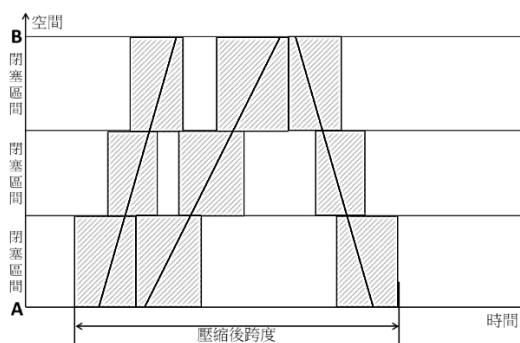
依 UIC 文件<sup>[14, 15]</sup>將所分析之鐵路路段整體視為一個設施，而其扣除路線封鎖養護等之後的每日正常運轉時間即為該設施每日可使用之時間長度。例如，假設某鐵路路段因為封鎖或其他需求，而每日有 4 小時無法營運，則其實際每日可正常運轉時間即為  $24-4=20$  小時。在另一方面，再假設該路段所需要負荷之班表，於扣除其中空檔時間之後，其所實際使用之運轉時間為 15 小時。此時即可計算其容量利用之比例為  $15/20=75\%$ ，亦即剩餘 25% 之容量。而由班表中扣除空檔時間的方法，即為班表壓縮法。在提出上述概念的同時，文件<sup>[14]</sup>亦於第 3.1 節亦指出，有剩餘容量並不同於可

排入更多的車次，並於第 4.1 節說明是否能夠排入更多的車次，應該要以班表試排的結果來作判斷。亦即，路線容量分析之目的在判斷該路段執行所指定的班表時所佔用的容量比例，而不在判斷是否尚可加開更多車次；依是否尚有剩餘容量而直接推論是否可加開車次，實為路線容量分析結果之誤用。

班表壓縮之概念可示意如圖附 B.3 與圖附 B.4。兩圖顯示在 A 與 B 二處車站之間的路段，並假設其中含有 3 個閉塞區間。假設該系統有 3 列次運行，其班表運行圖如圖附 B.3 所示，圖之下方並標示該班表之跨度。觀察該圖可發現其中存有時間空檔。而班表壓縮即是沿時間軸平移各車次之軌跡線以儘量縮小該班表之跨度，壓縮之結果即如圖附 B.4 所示。壓縮的目的在經由壓縮的過程，量測評估：在所分析的鐵路路段上運行該班表中所有車次，所需要的最短時間長度。這個最小跨度的意義即為：在執行原班表運轉的過程中，扣除其中的空檔之後，實際被車次運行所佔用的時間，可解讀為路線利用率。



圖附 B.3 班表壓縮法基本概念示意圖（原班表及其跨度）



圖附 B.4 班表壓縮法基本概念示意圖（壓縮後班表及其跨度）

以利用班表壓縮所得到的最小跨度為分子，以鐵路機構所訂定之全日可

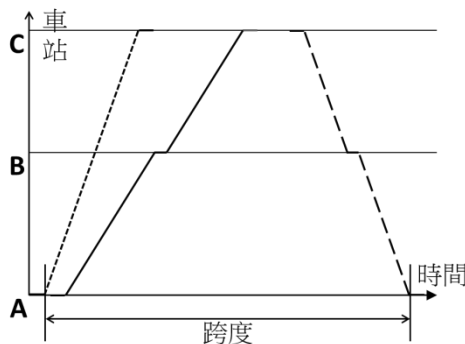
正常運轉時間為分母，相除即可得到該班表之「佔用時間百分比」(occupancy time rate)，而未佔用之部份即為容量剩餘 (leftover capacity)<sup>[14]</sup>。例如，假設全日可正常運轉時間為 20 小時，而班表經壓縮之後所得到的最小跨度為 15 小時，則該班表所佔用的時間百分比即為 15/20=75%，亦即剩餘 25%之容量。此處「佔用時間百分比」之概念接近評估公路容量時常用之「流量容量比」(volume over capacity, V/C)。這些計算可用以下簡式表示之。

$$\frac{V}{C} = \text{佔用時間比例}[\%] = \frac{\text{班表最小跨度}}{\text{全日營業時間}} \times 100$$

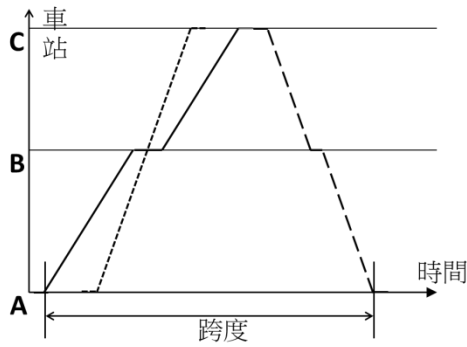
### 3. 本土化之必要性

文獻<sup>[14]</sup>提出 UIC406 法時，並未詳細說明車站之處理方式。因此過去使用此法時，不可避免必須將所分析之路段切割成為較小之路段，以迴避分析路段中含有較複雜車站之難題。研究成果<sup>[41]</sup>指出，進行鐵路之路線容量分析時，切割分段以個別分析其容量，再以其中容量最小者代表全路段之容量，雖然直觀但有可能產生誤導之結果；該研究強調不分割而整體分析實有其必要性。而文獻<sup>[42]</sup>亦強調此一觀點。然而亦指出班表之壓縮在車站處具有相當之複雜性。

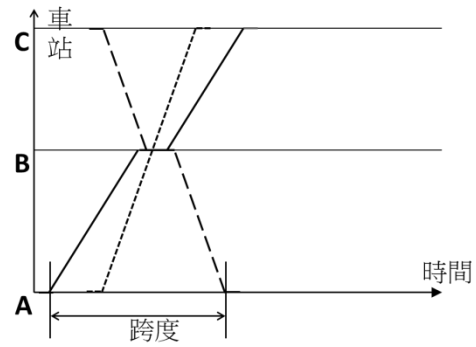
進行班表壓縮時，車站處之複雜性與對結論之影響力可以下列簡例說明之。假設某站間雙線路段，設置 A、B 與 C 共 3 座車站，並有 3 列車運行其間，其運行圖如圖附 B.5 所示。若其中車站 B 具有 2 股道可供同向列車追越及待避，則該班表可壓縮如圖附 B.6 所示。



圖附 B.5 班表壓縮前運行圖



圖附 B.6 班表壓縮後運行圖



圖附 B.7 班表再壓縮後運行圖

倘若車站 B 具有 3 股道，則可同時辦理待避及交會，如圖附 B.7 所示。此簡例顯示車站之股道愈多，班表壓縮後將可達到愈小之跨度，亦即路線容量愈大。此與預期相符，亦為容量分析之重要面向。然而，此例亦同時顯示了縝密分配列車在各車站所使用之股道，為班表壓縮之必經過程。觀察此例、比較各圖亦可發現，在班表壓縮的過程中，在所有車站均維持列車順序不變，是幾乎不可能的。

臺鐵真實路軌之佈設狀況並不理想，各車站之股道佈設型態相當多樣化且股道數量經常不多，兩行車方向常相互影響，橫渡線之佈設又經常受各種條件之限制而各站不同，使得臺鐵並無所謂具代表性之車站股道佈設型態。條件不佳再加上班表中車次密集，使得臺鐵系統實際使用之班表均為相關排點人員精心安排調整之結果，而非以隨機方式安排所得。因此對臺鐵系統進行班表壓縮分析時，必須依其班表縝密分配各車次在各車站所使用股道方有意義。然而 UIC 文件對此並無著墨，我國必須配合臺鐵系統之狀況而予以本土化。

#### 4. 本土化成果

本土化之班表壓縮法使用鐵路自動排點技術為其核心，可在維持規章所要求之時隔與停站時間、基準運轉時分不變等條件下達到班表壓縮之目的。相關成果亦發表於鐵路專業刊物臺鐵資料季刊<sup>[38]</sup>。演算法以回合方式進行；於初始時先載入欲分析路段之基本數據以及欲壓縮之班表。之後於每一回合中，以限制式控制班表跨度不得增加、同時以目標函數引導模式往縮小跨度之方向進行最佳化，再一併納入自動解衝突之機制以求解適當之列車運行順序及股道分配。如此反覆進行，直至無法再降低跨度為止。此一演算法經使用真實案例進行測試，發現在同時考慮雙向行車方向、精準納入各車站之股道及橫渡線配置、真實班表之多車種、真實基準運轉時分等真實因素下均可

用，成功達到將班表壓縮法本土化，使我國擁有與國際接軌之鐵路路線容量分析方法。

# 附錄 C：訪談紀錄

## 訪談紀錄

---

訪談對象：臺鐵公司

日期：114 年 5 月 22 日下午 14:40

地點：臺鐵公司

人員：臺鐵公司楊凱評科長、葉宗翰調度員、運研所林育昶研究員、巫柏蕙研究員、梁喻婷研究員、成功大學李宇欣教授

### 主要議題

#### 1. 本計畫案例分析建議

- (1) 桃園鐵路地下化工程將帶給臺鐵相當的運轉挑戰。
- (2) 建議在本計畫完成路軌數位模型細緻化之後，以新的功能對此工程對運轉可能帶來的影響做更深入的分析，對臺鐵公司應有相當的參考價值。

#### 2. 對本軟體平台的期許

- (1) 期待能成為本公司方便使用的運轉分析軟體。
- (2) 所需要的主要功能是：使用者可擇定所需要的分析範圍（例如基隆=新竹路段），設定運轉型態（例如每小時開行自強號、區間車、區間快車各若干班次），之後再由軟體自動解衝突排出班表。
- (3) 臺鐵人員將需要以運行圖的方式觀察所排出的班表。

#### 3. 對本軟體平台產出分析報表功能，期許軟體在進行運轉分析之後，除了能夠產出統計資料外，也能對統計資料作更進一步的解析。

#### 4. 其他

- (1) 未來本軟體辦理教育訓練或其他相關活動時，臺鐵公司人員將儘量參與。
- (2) 後續如有資料或實務經驗之需求，臺鐵亦將儘量協助。

## 訪談紀錄

---

**訪談對象：臺鐵公司**

**日期：114年9月15日下午14:00**

**地點：臺鐵公司**

**人員：臺鐵公司楊凱評科長、葉宗翰調度員、運研所林育昶研究員、巫柏蕙研究員、梁喻婷研究員、成功大學李宇欣教授**

### **主要議題**

#### **1. 本計畫案例分析建議**

- (1) 桃園鐵路地下化工程將帶給臺鐵相當的運轉挑戰。
- (2) 建議在本計畫完成路軌數位模型細緻化之後，以新的功能對此工程對運轉可能帶來的影響做更深入的分析，對臺鐵公司應有相當的參考價值。

#### **2. 對本軟體平台的期許**

- (1) 期待能成為本公司方便使用的運轉分析軟體。
- (2) 所需要的主要功能是：使用者可擇定所需要的分析範圍（例如基隆=新竹路段），設定運轉型態（例如每小時開行自強號、區間車、區間快車各若干列次），之後再由軟體自動解衝突排出班表。
- (3) 臺鐵人員將需要以運行圖的方式觀察所排出的班表。

#### **3. 對本軟體平台產出分析報表功能，期許軟體在進行運轉分析之後，除了能夠產出統計資料外，也能對統計資料作更進一步的解析。**

#### **4. 其他**

- (1) 未來本軟體辦理教育訓練或其他相關活動時，臺鐵公司人員將儘量參與。
- (2) 後續如有資料或實務經驗之需求，臺鐵亦將儘量協助。

## 訪談紀錄

---

**訪談對象：**交通部路安司

**時間：**114年9月18日下午14:00

**地點：**交通部路安司

**人員：**路安司鐵工科黎俊彬科長、楊忠恩視察、運研所林育昶研究員、巫柏蕙研究員、成功大學李宇欣教授

### 主要議題

#### 1. 本系統介紹

- (1) 鐵路運輸系統的重要性無庸置疑，我國亦正推動多項鐵路建設計畫。
- (2) 鐵路建設計畫之目的在投入運轉，受到既有工具的限制，各建設計畫往往無法對建設計畫進行詳盡的運轉分析。
- (3) 本系統可在依建設計畫情境建立數位模型之後，自動進行運轉分析，供使用者觀察未來情境下可能的運轉情形。
- (4) 本系統可作為多數機關之間共同協作平台，提供精準、即時而方便的資料查詢、成果分享，以助各單位由各自的職掌進行計畫審議。
- (5) 以桃園鐵路地下化計畫為案例，呈現本系統可提供的豐富資料。

#### 2. 對本軟體平台的期許

- (1) 預期本系統確有潛力能幫助我國鐵路建設水準更上一層樓。
- (2) 期許本系統廣為應用於各相關單位及更多的建設計畫。

#### 3. 其他

- (1) 未來本軟體辦理教育訓練或其他相關活動時，本科人員亦可參與。

---

訪談對象：臺鐵公司

日期：114年10月20日上午10:00

地點：臺鐵公司

人員：臺鐵公司楊凱評科長、葉宗翰調度員、運研所林育昶研究員、成功大學李宇欣教授

主要議題

### 1. 班表壓縮法與利用率

- (1) 班表壓縮法利用壓縮後班表跨度與原跨度之比值作為利用率，其概念及邏輯均符合鐵路運轉原理及實務考量。
- (2) 利用率比小時車次數容量更接近實務需求。
- (3) 推估利用率必須使用真實班表，才能正確反映真實狀況。
- (4) 推估利用率不可僅考慮單方向的列車，否則會誤判。
- (5) 雖然必須雙向同時考慮，但兩方向的車次尖峰不一定同時發生，因此引用利用率數據必須慎重瞭解這點。

### 2. 剩餘容量與加開車次的關係

- (1) 鐵路是否有剩餘容量與是否能加開車次，兩者之間並無直接關係。
- (2) 利用率不可用以直接推算「剩餘容量」，更不可直接推論加開車次的可能性，主要原因：利用率愈高，運轉愈不順暢，真實鐵路不能在計畫階段就採用太高的利用率。另利用率反映的是全日、兩行車方向的平均狀況，並沒有反映個別時段的利用率，但任何加開車次必有明確的運行方向及行點，因此不論全日平均利用率如何，均不能直接認為在加開車次的行點時段、運行方向能夠排入更多的車次。
- (3) 要判斷能否加開車次，最直接而可信的唯一方法是依所擬加開的班次試排班表。

### 3. 鐵路瓶頸的概念

- (1) 正確識別瓶頸所在位置，有其重要性。
- (2) 利用率最高處才是瓶頸，而利用率最高並不一定發生在容量最低處。

## 附錄 D：期中報告審查意見處理情形表

參與審查人員及其所提之 意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位 審查意見
<b>國立臺北科技大學蕭耀榮教授</b>		
<p>1.第 1.3 節，表 1-1 列出工作項目與完成之工作及其章節。然項次 2 之訪談蒐集意見以改進模式及參數未完成，項次 9 之教育訓練 2 場已均完成，在執行邏輯上不甚正確。若未來訪談蒐集意見而對模式有較重大之修改，那先前完成之教育訓練所用模式將與最終之模式有所差距，造成所訓練操作與實際最後版本將有所差異存在。建議項次 2 之訪談蒐集意見及相關改進模式及參數完成後，應另有一場教育訓練。</p>	<p>1.本計畫後續之訪談對象，目前並無實際使用本軟體來進行業務之經驗或規劃，因此訪談目的並不在精進模式或參數，而是在瞭解未來推廣相關事項，例如：潛在的使用者有誰？這些使用者在執行與鐵路計畫審議相關的業務內容是什麼？目前所遇到的困難又是什麼？此外，本計畫辦理教育訓練 2 場之目的在協助運研所所內同仁瞭解本系統之操作方式及相關原理，以利後續用以作為計畫審議輔助之用，或向所外單位推廣之工作，因此提前完成實有其執行邏輯之必要性。雖然在此期中階段尚未完成全部軟體開發相關工作，但未完成的部份多在軟體內部，涉及操作的部份並非關鍵。本計畫研發團隊與所內同仁溝通至為順暢，計畫進度均在雙方共同掌握中，於完成二場教育訓練之後，迄今軟體陸續達成之進度均可充份瞭解，後續亦將如此。倘若評估確有再辦</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
<p>2. 第三、四章，經檢視表 1-1 已完成之工作項目 1 係以既有軟體技術為基礎進一步發展鐵路營運績效指標自動化分析技術，則期中報告書應針對此工作項目明確逐項說明完成哪些營運績效指標自動化分析技術。另期中報告書雖在 ch3 及 ch4 詳細說明了既有軟體技術及其理論基礎及各項發展步驟，然對於工作項目之「營運績效指標自動化分析技術」難以由報告中明確瞭解。建議期中報告書應針對各工作項目所要求之事項明確說明，以利於檢覈該工作項目之完成程度。</p> <p>3. 第 4.8 節，工作項目 4 要求提出系統維護所需軟體硬體設備及費用評估；則報告書內應說明所需硬體之規格，及軟體之名稱與版次。如 p.43 所列電腦設備，僅列出記</p>	<p>理教育訓練之必要，當再辦理之。</p> <p>2. 第四章所述是 RAILS 的簡介，涵括了過去多年累積以及本計畫的成果，並非前期成果回顧。且本計畫尚在期中階段，尚未完成所擬開發之自動化分析功能，未來將在期末報告中說明所完成的工作項目。至於期中報告書第三章與第四章，其目的在整體說明本平台而非進度報告，故其內容著重在說明軟體功能、其技術與理論基礎。對於「營運績效指標自動化分析技術」乙項，將在完成之後再說明於期末報告書中。至於本期成果則說明於第 1.4 節。</p> <p>3. 提出軟體對運算環境的需求，而非提出硬體規格，是業界常規作法。原因是使用單位達成軟體需求的方法至為多樣化，例如虛擬機甚至分散計算系統均有可能，但這些並無硬體可言。倘若使用單位以採購硬體</p>	<p>本所計畫承辦單位審查意見</p> <p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位 審查意見
<p>憶體與硬碟容量，未說明重點之運算 CPU 之需求。軟體如各 Windows OS, MS-SQL, Gurobi, DevExpress 等，亦應說明使用版次或向下相容之版次。</p>	<p>來達成，亦需考慮所採購的硬體所在的環境、該硬體是否同時另有其他任務等等諸多複雜因素，軟體開發者並不宜亦無從設定。在作業系統方面，目前市面上可購得之一般（非特殊）Windows 系統均可使用，因此無指定版本。在 MS-SQL 以及 Gurobi 方面，目前市面上可購得之版本亦均可使用，並無指定版本。至於 DevExpress 則僅與未來的軟體維護者有關而與使用者無關。軟體維護者既有能力編修軟體，自可選用任何版本之 DevExpress，因此並未指定版本。</p>	
<p>4.報告書內上述「記憶容量」應修正為「記憶體容量」。</p>	<p>4.報告書中所有「記憶容量」均已修正為「記憶體容量」，謝謝。</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>
<p>5.第 4.8 節，針對維護成本列出 DevExpress 及 Gurobi 之費用。DevExpress 為一次性付費尚好，但 Gurobi 為每年收費，價格又高。且作為建設計畫審議輔助工具，每年似乎使用次數不多，不如學術或法人單位使用頻率而有每</p>	<p>5.第三方軟體 Gurobi 之功能在求解班表，並無替代方式。而 MIP 之求解亦無使用 Look-up table 替代的可能性。考量鐵路建設計畫動輒千億以上之預算規模，使用本系統以輔助計畫審議所可能產生的效益實與 Gurobi 每年費用不成比例；後者之訂閱費用相對極微。</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
<p>年付費之效益。計畫宜同時思考其必要性，如是否有替代方式或 Look-up table 等可茲替代應用。</p> <p>6.P.27，期中報告之內容應反映目前完成之工作，報告應將內文中原服務建議書之未來式敘述（如將、擬）改為現在式。</p> <p>7.對於系統之建立，如路軌功能之自動設定，是否有以既有車站驗證過其功能完全正確無 bug 存在？或以其他之極端狀況測試是否有程式 bug 之存在。</p>	<p>6.已找出並修正，謝謝。</p> <p>7.路軌自動設定功能將對使用者提供相當的方便性。但功能面僅是呈現在操作畫面上的樣貌。功能的達成是由眾多的細部功能所共同達到。在開發過程中，全部的細部功能均經過多次的個別單元測試，而在組合的過程中亦經過多次不同程度的組合測試。之後再使用各種為測試而設計的案例進行多次整合測試，最後再使用既有車站進行驗證僅是最終的測試。</p> <p>考慮 RAILS 的規模以及複雜程度，可務實預期程式中應存在 bug，此亦為軟體應持續維護的重要原因之一。</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p>
國立陽明交通大學黃明居教授		
1.第 2.3 節，建議增加國外	1.本系統所使用的部份核心技	同意研究單位

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位 審查意見
<p>最新的研究文獻，目前有許多關於「鐵路維護與營運數位孿生」的研究成果可作為國內研究發展之參考。</p>	<p>術，以及系統整體能力在國際上有其領先之處，並且具有商業價值。其中又以鐵路班表自動解衝突之技術為最，亦為最值得注意國際文獻的領域。後續將就此方面增加對國際文獻的回顧。因此並不易在公開領域找到可直接引用來提供系統能力的成果。</p>	<p>處理情形。</p>
<p>2.第 3.1 節，第一段最後一句：「在投入到鐵路系統的資源下，用以提供所擬達到的服務時，其效能如何？」如何定義「效能」是非常關鍵的因素，建議在第三章能夠詳細說明背後的理論與邏輯，並有相關文獻佐證，訂定相關KPI或整體評估的架構等，以呼應第四章的內容。</p>	<p>2.效能指資源運用狀況及產出的服務品質。而對此二項，報告書亦均各有更詳細的說明及論述。</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>
<p>3.第 3.1 節，運轉分析時，強調以「鐵路系統的整體運轉為著眼」，如何定義「整體運轉」？是全台鐵路系統嗎？或需有「分析範圍」作為子系統？建議能夠更具體說明。另外，「投入資源」於計畫書中僅以簡</p>	<p>3.所謂以整體運轉為著眼，係相對於以工程範圍為限的運轉分析。為了明確說明，已新增第 3.2 節「運轉分析之現況」以說明之。報告書對「投入資源」已具體說明係指人、車、路，而非僅止於某種概念。報告內文對這三項各有具體的說明，例如</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位 審查意見
<p>單的人車路三項說明；而「服務內容」中提到，鐵路系統所能提供運輸服務的質與量，均停留在觀念上的說明，過於簡略。建議能以模擬系統舉例加以說明這些概念，並介紹如何以模擬的系統評估與其詳細的步驟或相關的指標，以呼應第四章的內容。</p>	<p>「人以乘務人員為主。不同的鐵路系統所投入的乘務人員不盡相同，例如臺鐵系統的主要的乘務人員有司機員、列車長及車勤人員，而高鐵系統則另有車安人員、清潔人員及助理人員」等（車與路之說明不在此贅述），應已明確表達。報告書對「服務內容」亦非視為某種概念，而是具體說明：「因此所謂服務內容，指鐵路之營運機構所提供的運輸服務，其具體內容主要是在系統中所開行列車的車種、各車次的起迄站及沿途停靠站、各類車種的發車密度、不同車種之間的順序組合等」。而原文「就鐵路運轉的立場觀之，服務內容很大程度決定了鐵路系統所能提供運輸服務的質與量」係在強調服務內容的重要性，並無意認為服務內容就是運輸服務的質與量。本系統之未來長遠目標之一是要有能力依報告書第三章之論述，進行完整的運轉分析以提供計畫審議更完整的輔助。本計畫預期將可達成一部份目標，具體展現於案例分析成果中。而後續發展目標亦說明於</p>	

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位 審查意見
<p>4.第四章內容，若與往年的計畫成果內容相同或相似，建議增加「引用」，以利審查時便於分辨是否為今年的成果。</p>	<p>相關章節。</p> <p>4.本年計畫成果看似與往年成果相同或相似之原因，是本平台系統為多年累積的成果，並非本計畫全新設計開發。而長期持續的研究開發亦使得本系統得以厚植基礎，循序開發，如圖 2.1 所說明。今年成果的重要項目是將時隔理論納入軟體平台中，可提升軟體對營運績效指標自動化分析的能力。如第 4.3 節所說明，欲納入時隔理論必須將路軌模式予以精緻化，而如圖 2.1 所說明，路軌模型係位在軟體系統的底層，因此不論在學理面或在軟體面，均對全系統影響重大；配合路軌模型的提升，本計畫全面檢視了軟體全部程式碼，並對大部份模組的程式碼均進行或多或少的檢視並修改。因此今年的成果，實遍及軟體平台全系統的絕大部份，無法將之區分出來。</p> <p>本期成果以專節說明於第 1.4 節。</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>
<p>5.第 4.8 節，建議彙整成維護經費比較表，包括維</p>	<p>5.本平台經多年積極開發，已日趨完整。預期在可見的未來，</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位 審查意見
<p>護人力各方案之比較，並且將重要的項目列出，較容易閱讀比較外，更能提供決策參考。</p> <p>6.第 5.10 節，建議可以從軟體技術面的視角評估：是否可以整合到 ROAD 平台？若可以，如何作串接？資料如何分享？等面向作整合評估。</p>	<p>應由以開發為重心轉型成為以維運為重心。而該節主要內容係在預為評估若未來本平台轉以維運為重心，其可能的成本如何。已新增表 4-3 以方便比較。</p> <p>6.本計畫進行容量軟體之瞭解與評估過程，係使用 2024 年 10 月 30 日 13:24 編譯之執行檔，但並未取得其原始碼。因此第五章均依軟體執行所見，再參考綜合各報告書等公開資料而整理。未來若可取得該軟體原始碼，將可進行軟技術面評估。</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>
<b>許書耕委員</b>		
<p>1.表 1-1 的工作項目及章節對照表中，只有第三章進一步發展技術並實作為軟體系統之成果說明，第 4.8 節提出系統維護所需軟硬體設備及費用評估。第五章與本所「鐵道容量分析軟體」之整合評估。期中報告應有的內容似未完整對照，例如第四章在表中應如何對照，應補充之。</p> <p>2.p14，路塞潛勢指數的設計著眼，即在以路塞發</p>	<p>1.第四章並非契約工作項目，而是為求報告書的完整而由研究團隊主動設置，故未納入工作項目對照表中。</p> <p>2.鐵路系統中，路塞是晚點量在列車之間傳播過程所產生的現</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位 審查意見
<p>生的可能性來作為估計運轉順暢程度的綜合指標。在附錄 A 中路塞潛勢指數代表的是在指定的鐵路路網中，執行所指定的班表時晚點量傳播的可能性。為何同一個指標有兩種意涵?應統一之。</p> <p>3.p14，路塞潛勢指數計算方式：對先後使用同一股道之前後列車之間，觀察班表所配置的時間間隔。若二列車在該站均停靠，則計入時間間隔不足 15 分鐘的部份；若其中一列車未停靠則計入時間間隔不足 11 分鐘的部份；若二列車均未停靠則計入時間間隔不足 7 分鐘的部份。此種論述令人看不懂(看了附錄 A 也不懂)，應在「一列車未停靠」及「二列車均未停靠」前加上「只是通過」，且說明間隔不足 11 分鐘與不足 7 分鐘，是怎麼產生的。</p>	<p>象。而路塞潛勢指數代表的是在指定的鐵路路網中，執行所指定的班表時晚點量傳播的可能性，兩者實為一體兩面。已加強說明於附錄 A 中。</p> <p>3.有關 15 分鐘之設定係訪談的結果。先前訪談時，有實際駕車經驗之司機員曾表示依其經驗，若單一方向每小時編排超過 4 列次，則可預期將容易發生路塞。爰據以將本指數計算公式門檻值設定為前後列車兩者均停靠時取 15 分鐘，經多次試算結果亦稱合理。另考量通過列車與停靠列車對股道資源之佔用情形，一般均以列車停靠時所佔用之資源顯著較多。再考慮台鐵一般經驗，前後列車間之時隔若少於 3 分鐘則將發生路塞，取其二倍（前後列車各給予 3 分鐘），再與前述 15 分鐘之半，酌量取 7 分鐘為前後列車均通過時之門檻。最後，前後列車其一停靠而另一通過則取其中間點即為 11 分鐘。</p>	<p>本所計畫承辦單位 審查意見</p> <p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
<p>4.p15~17，鐵路計畫審查要點第五條要求應及於現況以及未來的行車計畫、應通盤考量鐵路營運機構車輛調度及人力運用(列為本研究重要的後續發展方向)，及要求進行路線容量、站間路線利用率及行車速率之分析。第七條要求審查本計畫之行車營運計畫與鐵路立體化對整體路線容量及行車效率之影響分析等，均是 ROAD 所能進行之分析，建議努力將 ROAD 平台落實於鐵路計畫審查要點中，為一必要條件。</p>	<p>4.謝謝提醒，此確為未來發展的重要方向。</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>
<p>5.「在運研所主導產官學各界多年合作努力下，我國已開發出重要的核心技術，並用以建置「鐵路運轉數位分身」平台，該系統英文名稱為“Railway Operations Analysis and Digital-twinning”，或縮寫為 ROAD。」請說明第四章 ROAD 平台內所含各種單元及組成要素，與過</p>	<p>5.本計畫的重要項目是將時隔理論納入軟體平台中，可提升軟體對營運績效指標自動化分析的能力。如第 4.3 節所說明，欲納入時隔理論必須將路軌模式予以精緻化，而如圖 2.1 所說明，路軌模型係位在軟體系統的底層，因此對全系統影響重大；配合路軌模型的提升，本計畫全面檢視了軟體全部程式碼，並對大部份模</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
<p>去有何不同，本計畫主要貢獻在那。</p> <p>6.P19. 「推動多項鐵路建設計畫，整體評估各項計畫之間對鐵路運轉的相互影響，更是極具必要性。各項建設計畫各有其多數不同的替選方案、多種不同的建設期程、甚至政府在多數建設計畫之間取捨的可能性，需跨計畫綜合評估分析多項建設計畫的運轉效能。」此多計畫同時評估之目標，並非在鐵路計畫審查要點中規定作為必要條件即可達成，要設想其藉 ROAD 平台落實的方法。</p>	<p>組的程式碼均進行或多或少的修改。</p> <p>6.確實評估多項建設計畫如何交互影響鐵路運轉，確有其無庸置疑的重要性。而相關主管單位亦有執行跨計畫運轉分析之責任。本平台可作為進行此種分析之有用工具，但執行之落實仍有待主管單位之推動。</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>
<p>7.第五章是與本所「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體(簡稱鐵道容量分析軟體)」之整合評估，經研究單位相當大功夫的深入瞭解後，得到的結論是「容量軟體並沒有整體鐵路系統的概念以及對應的功能；計算前的區段分割以及計算後的整體容量評估均是</p>	<p>7.委員之看法確符實際狀況。觀察該容量軟體之功能、產出資訊以及軟體分析時所要求輸入之數據，該軟體之主要功能範圍確是產出小區段的計算結果。準此，該軟體之最佳應用時機是：分析目的在進行小區段分析時，例如使用者的目的是在分析圖 5.5 所示的 4 個小區段其中之一，或者使用者希望軟體僅產出個別的小區段計算</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位 審查意見
<p>由使用者為之。容量軟體的功能範圍，是產出各個小區段的計算結果，供使用者進行整合之用。」但卻說「容量軟體的性質適合作為小區段容量分析的工具。在另一方面，ROAD 平台是開發作為鐵路全系統運轉分析的工具，二者實具互補性。」但由第三章 p20 作者寫到：真實鐵路系統中，列車運行的範圍往往遠超過建設計畫的工程範圍。因此工程範圍內之車站與站間足以容納這些所需要的車次，並不代表工程範圍之外的鐵路運轉均能完全配合。同時，僅考慮列車機械性能而計算、在工程範圍內的運行時間，也不代表未來上線之後，在停等、交會、待避等運轉操作下的列車運行時間，亦非法規要求運行速率分析的本意。」換句話說，小區段容量分析的工具其使用時機甚窄，</p>	<p>結果，之後再另行用其他軟體工具或其他方法進行整合之時。</p>	

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位 審查意見
<p>應更進一步指出「容量軟體」有意義且分析結果是正確的使用時機。</p> <p>8.本研究之目的係成為我國所需要的軌道系統整體規劃管理、建設與效益評估工具。直至目前的計畫期中的進度，已有相當成果，對研究單位表示肯定。另在計畫服務建議書審查時，本人指出目前已開發之鐵路數位分身軟體平台，簡稱 ROAD，易使人以為是公路有關的軟體，似仍需考慮其他名稱。</p>	<p>8.謝謝提醒，已與運研所進一步討論並改用「鐵路運轉資源分析系統」、英文名稱訂為「Railway Activity Insight and Logistics System」，或縮寫為RAILS。報告書亦全面配合修正。</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>
<b>國營臺灣鐵路股份有限公司楊凱評科長</b>		
<p>1.第四章，表 4-1 範例車站進路及衝突表，部份內容與實務運作不一致，建議修正為同向衝突、反向衝突。</p> <p>2.圖 4.7、圖 4.8、圖 4.9 建議放大圖示，號誌顯示狀態有部分錯誤，號誌機名稱亦與台鐵規則不一致，建議修正。</p>	<p>1.站在演算法設計以及軟體開發之立場，將衝突區分為運行衝突與道岔衝突較為方便。為配合實務運作，已在該表中加註同向、反向。</p> <p>2.謝謝，圖中號誌顯示狀態不夠精準之處將予改進。臺鐵對號誌機之命名雖有一般原則，但並無精準規則，難以納入軟體之自動化機制中。考量號誌機（道岔、股道亦同）之命名並不影響運轉分析結果，本軟體係依以下原則而設</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
<p>3.有關最小運轉時分，內容提到「本軟體並未限制最小運轉時間長度必須大於等於基準運轉時分，以達到最大的彈性」，此設定不符實務排點限制，建議仍應考量基準運轉時分。</p> <p>4.報告內容提到「使用者可不必處理班表中的衝突，待完成編輯後再由軟體一併調整行點以排除其衝突即可」，建請補充說明若列車數超過路線容量之限制，衝突無法排解時，軟體將如何呈現結果。</p> <p>5.附錄 A 有關路塞潛勢指數定義，建議補充此定義設定之緣由。另此指數值越低，班表穩定性越高，但相對班表服務品質亦較差，需取得兩者間之平衡才是最佳化</p>	<p>計：</p> <p>(1)軟體對車站各設施，以流水號方式自動命名，以簡化使用者之操作負擔。</p> <p>(2)所有的設施名稱均允許使用者自行編修。</p> <p>3.已修正為「本軟體並未限制使用者所設定的最小運轉時間長度必須大於等於基準運轉時分，以提供給使用者最大的彈性。然而在正常的狀況下，使用者並不宜將最小運轉時間長度設定成為小於基準運轉時分」，以更精準表達原意。</p> <p>4.有衝突無法排解時，軟體以時隔不足（壓點）處理。</p> <p>5.鐵路系統中，路塞是晚點量在列車之間傳播過程所產生的現象，而路塞潛勢指數的定義目的即是用以代表在指定的鐵路路網中，執行所指定的班表時晚點量傳播的可能性。路塞潛勢指數的目的並不在代</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
班表。	表對乘客提供的車次服務密度、均勻度、運轉速率、可靠度等班表服務品質。鐵路運轉機構確是需要在各方要求之間取得平衡。	
<b>臺灣世曦工程顧問股份有限公司歐文爵協理</b>		
1.第 1.2 節第二段第 3 行，各建設計 > 各建設計畫。	1.已修正，謝謝。	同意研究單位處理情形。
2.第 1.3 節，建議補充 7/10 及 7/11 已辦理之教育訓練內容摘要。	2.已補充於第 1.3 節中。	同意研究單位處理情形。
3.第 4.1 節第二段第 2 行，建議設計畫 > 建設計畫。	3.已修正，謝謝。	同意研究單位處理情形。
4.第 4.1、4.6、5.9、6.1 各節，一般流程圖的「開始」及「結束」文字框為橢圓形。	4.已修正，謝謝。	同意研究單位處理情形。
5.第 4.2 節，本系統內建之「鐵路資料庫」，內文提及將自動收納現有臺鐵系統相關路網、路軌、運轉等數據，臺鐵常進行小幅度改點，且國內正推行各項鐵路高架或地下化計畫，運轉數據更新頻繁，「鐵路資料庫」是否會同步更新？或多久更新一次？	5.本系統並不會自動收納這些數據，第 4.2 節亦未如此說明。本軟體是一個輔助使用者進行運轉分析、計畫審議等業務工作的平台。使用者視需求在平台中建立與臺鐵實況相一致的路網、路軌等數位模型，亦可依構想中的未來情境建立與實況不完全相同的數位模型，甚至依高鐵或捷運系統建立更多的模型，或完全虛擬的模型，均	同意研究單位處理情形。

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
<p>此外，若因施工、天災等緊急狀況造成鐵路環境產生改變（如部分路段因天雨落石造成僅能單軌雙向運行），本系統是否可即時產出臨時班表或分析壅塞情形？</p> <p>6.第 4.3 節，建議圖 4.7 至圖 4.9 補充圖例並加大縱軸文字，以利了解時隔計算方式。</p> <p>7.第 4.5 節，臺鐵除了一般客車之外，尚包含貨車、迴送空車等非營運車種，通行期間將佔用路線容量並須騰空時段（尤以機務段前後路段），本系統排班作業時是否有納入考量？</p>	<p>可在本平台中為之。本平台具有自動化的功能，可供多數使用者各自建立自己所需要的數位模型，彼此互不影響。為了進行案例分析所需，本計畫亦使用上述軟體功能，在平台中建立一套反映臺鐵真實狀況的路軌數位模型。在數位模型中設定某路段單線運轉或某些股道不可運轉，亦在軟體平台能力範圍之內。軟體亦有能力配合路軌的設定而產出班表。但此班表是否符合實際運轉之需求，仍有待瞭解需求內容方能有意義判斷。至於分析擁塞情形，則需要更多的資訊，與本平台之設計目的有所差異。</p> <p>6.已經重新製作這些圖並加強說明文字，應有助讀者對照圖形與文字以瞭解其義。</p> <p>7.本系統有能力納入這些非辦客車次。實際計算時是否納入，則由使用者依其需要而設定。</p>	<p></p> <p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
8.第 4.5 節，文中提到的「已有的班表」是否係依據臺鐵公司之營運班表？若臺鐵班表更新，資料庫的既有資料是否可同步更新？	8.文中所提係指任何已存在系統中的班表，用以說明本軟體平台的資料處理能力。亦即，不論這些班表是否來自臺鐵公司，本軟體平台均有能力處理之。 實務上臺鐵公司每日均有僅適用於當天的班表，並無所謂班表更新的問題，而這與本軟體平台亦無關聯。	同意研究單位處理情形。
9.第 4.3 節及第 5.5 節，岸壁式月台及側式月台，名詞宜統一(岸壁式)。	9.本報告書中基本上統一使用「岸壁式月台」一詞。但圖 5.6 係取自文獻 <sup>[39]</sup> ，而該文獻中亦見使用不同名詞處(例如該文獻第 6.4 節)。為忠於原出處之原表，乃不予更動。	同意研究單位處理情形。
10.圖 4.5，標示月台示意圖塊，有利閱讀。	10.此圖之目的與月台無關，省略月台圖示有助避免失焦。	同意研究單位處理情形。
11.第 4.6 節，分析範例中高鐵彰化站應為臺鐵田中支線新站，建議調整站名，以免與高鐵站混淆。	11.已全部更換本範圍所使用之圖形以更明確說明。	同意研究單位處理情形。
12.第 4.8 節，本系統長期維護成本包含系統環境、第三方軟體及維護人力成本三項，並分別有不同計價方式，其中第三方軟體合計約需 50 萬元，後續維護成本方	12.本節之目的在估計，未來若由以開發為重心轉型成為以維運為重心，預期所需之大略成本如何。至於未來的負擔方式視營運型態而定，並不在本節討論範圍內。	同意研究單位處理情形。

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位 審查意見
<p>面(以功能較全面之維護方案3估算)則每年約需250萬元,各項費用均是由使用者負擔嗎?</p> <p>13.第5.10節,本章節說明ROAD平台與容量軟體互補性為何?依據圖4.17ROAD平台可自訂分析範圍,是否代表平台分析功能已可取代容量軟體?</p> <p>14.第六章,鐵路排班作業除考量各區段鐵路容量以及通行車種,各級列車之出車/駐車/迴送、停站方式、行駛起訖、是否跨夜等均將影響班表之合理性,然因臺鐵各級列車服務起訖不一,常面臨調整其中1~2車次後,連帶影響其他車次,以致整個班表須連動修改,後續軟體開發時建議想想此情形能否即時納入考量。</p> <p>15.第6.2節,建議新增至少一個非都會區案例(如花東或南迴)進行</p>	<p>13.容量軟體的性質適合作為小區段容量分析的工具;在另一方面,RAILS平台是開發作為鐵路全系統運轉分析的工具,兩者用途不同,正為互補。RAILS平台確可自訂分析範圍,確可取代容量軟體的大部份功能,但RAILS之操作過程較為繁複。</p> <p>14.此處所指之牽引種別、服務車種、到站任務、停站模式、車次起終站等等諸多因素,均已經在本軟體平台處理能力範圍之內。實際運用時軟體依使用者對數位模型之設定而做計算與分析。使用者對數位模型所做的任何設定,不論是否與真實世界一致,均即時納入軟體平台的運算中。</p> <p>15.本系統現階段設定的主要用途是提供計畫審議的輔助,作為相關人員依法規之要求進行計</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位 審查意見
驗證，以展現系統通用性。	畫審議時的重要軟體工具。本計畫案例分析之目的亦在展現並驗證系統提供計畫審議輔助的能力。依訪談時討論的結論，本計畫將以桃園鐵路地下化計畫作為案例。未來若有其他適當的建設計畫，可取得相關可行性研究、綜合規劃或其他計畫資料者亦可視計畫期程考慮納入作為更多的案例。至於所分析之案例是否位在都會區，並不在本系統所涵蓋的範圍。	
<b>本所運輸計畫及陸運組</b>		
1.期中報告書及簡報內容，比較著重在理論介紹和系統功能說明，然而考量本計畫是延續過去的成果，建議補充說明哪些是屬於本年度工作內容，並精簡既有的成果內容篇幅。	1.本年計畫成果看似與往年成果相同或相似之原因，是本平台系統為多年累積的成果，並非本計畫全新設計開發。而長期持續的研究開發亦使得本系統得以厚植基礎，循序開發，如圖 2.1 所說明。今年成果的重要項目是將時隔理論納入軟體平台中，可提升軟體對營運績效指標自動化分析的能力。如第 4.3 節所說明，欲納入時隔理論必須將路軌模式予以精緻化，而如圖 2.1 所說明，路軌模型係位在軟體系統的底層，對全系統	同意研究單位處理情形。

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位 審查意見
	<p>影響範圍廣大，實有必要全面修正軟體全系統。因為路軌模型精進而全面修正全系統的作法雖然大幅增加了工作量，所需要的技術亦較複雜，但實為維持系統一致性所必須。若未全面修正軟體全系統，勢必在系統中有新舊兩類車站同時並存的現象。可預期這將衍生出新舊兩類車站各有不同的參數、使用者在不同的操作界面上做設定及其他操作，甚至類似的參數在兩類不同車站有著不同的定義、類似的分析結果在兩類車站有不同的意涵等等亂象，對系統之可用性有立即的妨礙，對長遠發展亦至為不利。因此，配合路軌模型的提升，本計畫全面檢視了軟體全部程式碼，並對大部份模組的程式碼均進行或多或少的修改。因此今年的成果實遍及軟體平台全系統的絕大部份，無法亦不宜將之區分出來。以上論述已加強說明於第四章。該章之目的在整體說明本系統之功能。由於系統的功能及於鐵路網、班表、運轉分析、容量分析等廣大範圍，系</p>	

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位 審查意見
<p>2.第 4.3 節，本計畫時隔之定義係以車站做為空間參考點，建議考量能否採取路線上之其他參考點（如閉塞號誌機），另建議再補充時隔的組成因子或提供計算範例。</p>	<p>統並有能力處理數百座車站、任何軌道佈設型態等複雜問題，因此雖已儘量精減該章篇幅，但仍略屬偏多。為了維持報告書內容精簡，已在該章儘量簡化與研究主題關聯性較為間接之背景說明等內容。本期成果以專節說明於第 1.4 節。</p> <p>2.本計畫時隔之定義並非以固定參考點為基礎。雖然時隔的基本定義是前後列車行經空間中某參考點的時間間距，但這個基本定義卻不足以供排點等計畫工作之用；實務上的需求並非列車在號誌機、道岔或空間中某定點的時隔，而是列車到離站之間的時隔（可參閱圖 4.9）；兩者的數值差異不大但概念不同。時隔理論以列車的到離站時分為基礎，進一步定義可供計畫工作使用的最小時隔，並且提出以號誌為出發點的時隔推估方法。這種定義以及推估方法使得最小時隔一方面貼近實務工作所需，另一方面又能由號誌機為出發推導而得。以上論述已詳細補充於第 4.3 節。列車到離站之間的時隔並無固</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位 審查意見
<p>3.第 4.3 節，有關鐵路列車之運轉時隔計算，在本所「2019 臺灣鐵道容量手冊」基礎篇第七章中亦有相關內容，建議考量補充參考引用。</p>	<p>定的組成因子。由號誌機為出發來推導時隔的方法說明於第 4.4 節。</p> <p>3.手冊第 7.2.1 節確實對運轉時隔多有論述，但其分析係著重於描述上線運轉的前後列車，在運行過程中隨處保持所需時隔的過程。如第 4.3 節所論述，在編擬計畫的階段，班表的內容是各車次在所行經各車站的到離站時分，而非列車行經各號誌機、各道岔處之時分。依此，在時隔方面，實務上編擬計畫時真正的需求是「各列車在各車站的到離站時分這些時間點之間的間距」，並不是「前後列車行經各號誌機或道岔處時候的時間間距」。不論是以人工方式由工作人員進行排點，或本系統之自動排點，或甚至以簡單的隨機安排列車順序再進行推擠模擬以得到列車到離站時分，所需要的都是「各列車在各車站的到離站時分」這些時間點之間的最小間距，而非在號誌機、道岔或軌道電路等處之時隔。由於所需要的時間間隔與手冊第七章之論述有著基本出發點的差</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位 審查意見
<p>4.第五章，考量本計畫對於鐵路系統「容量」之定義分析方法等，和本所「鐵路容量分析軟體」尚有差異，爰對於是否能進一步整合及其可行性，尚待進一步研議。</p> <p>5.第五章，本章回顧鐵道容量手冊及容量分析軟體所提及未考慮或未說明事項，考量部分在過去或近期研究已有考慮或精進，建議後續報告描述著重於模式、方法或軟體使用之摘要回顧。</p>	<p>異，故在報告中未予引用。</p> <p>4.兩者之間的最根本差異應該在於，本軟體平台對容量之定義包含了對班表之考量，其中含有車種組成以及車次順序，而「鐵路容量分析軟體」則考量車種組成而不考慮車次順序。有關車次順序對容量評估之影響請參見第4.9節之相關論述。在回顧「鐵路容量分析軟體」的過程中並未發現上述差異對二者整合可能造成的障礙。整合後的新軟體所具有的功能以及邏輯，均有很大的彈性空間。第五章第5.10節所提出之整合，其基本精神與原則是各取所長，因此同時存在不同的容量分析方法不但技術可行，而且甚至可能有加分效果。</p> <p>5.第五章所述容量分析軟體未考慮或未說明事項，若有新資料將據以納入補充說明。</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p>
會議結論		
1.審查會議各委員及與會	1.遵照辦理。	同意研究單位

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位 審查意見
<p>單位研提之口頭及書面意見，請財團法人成大研究發展基金會整理「審查意見處理情形表」，且逐項說明回應辦理情形，並充分納入報告之修正。</p> <p>2.本計畫經徵詢審查委員意見，除1名委員勾選保留外，餘均通過，爰期中報告初稿審查原則通過。請財團法人成大研究發展基金會根據今日委員及相關單位之意見(含書面意見)研提處理情形答覆意見予本所審查確認，並納入每月工作會議追蹤辦理情形。</p>	<p>2.謝謝，遵照辦理。</p>	<p>處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p>

## 附錄 E：期末報告審查意見處理情形表

參與審查人員及其所提之 意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
<b>國立陽明交通大學黃明居教授</b>		
1.本計畫經長期研究，累積可觀成果，予以高度肯定。	1.謝謝。	同意研究單位處理情形。
2.建議將本系統推廣到各相關實務單位。	2.此確為後續重要努力方向，此亦為第 7.2 節建議項目之一。	同意研究單位處理情形。
3.第 1.4 節對本期成果之說明，建議加強與工作項目之對照並加強說明報告書相關章節對應。	3.本期成果與章節之對照整理於第 1.4 節。	同意研究單位處理情形。
4.時隔之自動化計算能力為本計畫重要成果，建議在 1.4 節加強說明。	4.本項確有說明於第 1.4 節第 3 段。	同意研究單位處理情形。
5.本計畫對路軌資料之精緻化的部份為重要成果，亦請加強說明。	5.如第 1.4 節所說明，本期計畫設計並實作全新路軌編輯功能模組，其詳細內容以專節說明於第 4.5 節。	同意研究單位處理情形。
6.請將訪談紀錄納入報告書中。	6.謝謝，已增設附錄 C 收錄全部訪談紀錄。	同意研究單位處理情形。
7.桃地計畫有沒有可能以調整軌道等設計的方式提升未來列車運行速率，以達成法規要求？本軟體平台有沒有提供設計方案的功能？	7.以桃地計畫而言，未來車速降低的主要原因是增設過多車站。若維持相同的新增車站方案，以調整軌道布置等方式提升運轉	同意研究單位處理情形。

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
8.本系統有沒有可能應用於捷運系統？	<p>速率，將極為困難。本平台目前並無自動提供設計方案的功能。</p> <p>8.若可取得所需參數，本系統之路軌模型可表現捷運系統之路軌，並無問題。而本系統之班表模型用以表現捷運系統之班表，亦無問題。至於系統之分析功能是否符合捷運系統所需，則有待未來於捷運系統真實試用之後收集使用者回饋以判斷之。</p>	同意研究單位處理情形。
<b>許書耕委員</b>		
<p>報告內容之修改建議：RAILS 可計算出的指標非常多，但為利後續推廣應用，鐵路系統的指標要有限，且每個指標均要定義清楚。簡報的第 22 頁列出 7 種指標，其名稱難記或無法一語中的來說明指標之意涵，故建議修改之，如下：</p> <p>1.車站及站間平均容量(報告書 P55；簡報 P22 之 1)</p>	同意本意見所闡述之概念。至於名稱用語，建議後續整體歸納之後再適當命名	同意研究單位處理情形。

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
<p>(1)定義：車站、站間班表中總車次/不考慮其他車站與站間班表壓縮後跨度</p> <p>(2)應改名：車站及站間「平均獨立容量ACI」。</p> <p>2.路線平均小時容量(報告書 P56；簡報 P22 之 5)</p> <p>(1)定義：某車站行經車次數/全路線壓縮班表跨度</p> <p>(2)應改名：車站(站間)「平均連鎖容量AC」。</p> <p>(3)值得說明者，「獨立」與「連鎖」係借用號誌控制的名詞，該兩名詞與鐵路系統分析時的狀況相當一致。</p> <p>3.班表最高小時車次數(報告書 P57；簡報 P22 之 6)</p> <p>(1)定義：原班表各車站、站間的滾動小時最高車次數。與班表壓縮無關。</p> <p>(2)應改名：車站(站間)「尖峰小時車次數Vm」。</p> <p>(3)意義：係既有狀況下實際通過該點滾動小時車次數最大值。值得說明者，尖峰小時的定義本就是滾動小時，故援用之。</p> <p>4.壓縮後最高小時車次數</p>		

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
<p>(報告書 P55；簡報 P22 之 2)</p> <p>(1)定義：班表各點獨立壓縮(假設無其他點)後，各車站、站間滾動小時最高的車次數。</p> <p>(2)應改名：車站(站間)「獨立容量 CI」。</p> <p>(3)意義：係假設無其他點，既有狀況下通過該點滾動小時車次數之極限值。值得說明者，該值為該狀況下的極限值，故可名之「容量」。</p> <p>5.(新增)車站(站間)「連鎖容量 C」</p> <p>(1)定義：班表全線壓縮後，各車站、站間滾動小時最高的車次數。</p> <p>(2)意義：係在全線既有的供給及需求狀況下，某點的容量值。值得說明者，該值為該狀況下的極限值，故可名之「容量」。</p> <p>6.車站及站間平均利用率 (報告書 P55；簡報 P22 之 3)</p> <p>(1)定義：班表獨立壓縮後</p>		

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
<p>各點(各車站、站間)跨度/ 原班表跨度</p> <p>(2)應改名：車站(站間) 「獨立營運時間利用率 UI」。</p> <p>(3)係評估某點在無其他點 的假設下，營運時間利 用的程度。值得說明 者，此種利用率是時間 比，不是流率比，故名 稱宜冠以「時間」。</p> <p>7.路線整體利用率(報告書 P56；簡報 P22 之 4)</p> <p>(1)定義：班表全線壓縮後 各點(各車站、站間)跨度/ 原班表跨度。</p> <p>(2)應改名：車站(站間) 「連鎖營運時間利用率 U」。</p> <p>(3)係評估某點在受其他點 影響下，營運時間利 用的程度。值得說明者， 此種利用率是時間比， 不是流率比，故名稱宜 冠以「時間」。</p> <p>8.最高小時利用率(報告書 P57；簡報 P22 之 7)</p> <p>(1)定義：某車站或站間， 以滾動小時計，原班表最 高車次數/班表獨立壓縮後</p>		

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
<p>最高車次數。</p> <p>(2)應改名：某車站(站間)「獨立容量利用率 <math>V_m/CI</math>」。</p> <p>(3)係評估某點在無其他點的假設下，容量利用的程度。值得說明者，此種利用率流率比(流量與容量比)，故名稱冠以「容量」。</p> <p>9.(新增)車站(站間)「連鎖容量利用率 <math>V_m/C</math>」。</p> <p>(1)定義：某車站或站間，以滾動小時計，原班表最高車次數/班表全線壓縮後最高車次數，即 <math>V_m/C</math>。相當於公路容量分析的 <math>V/C</math>。</p> <p>(2)係評估某點在受其他點影響下，容量利用的程度。</p> <p>10 車站路塞潛勢指數：</p> <p>(1)定義：「加總班表中前後連續經過相同股道的兩班列車之間的時隔，不足 15 分鐘者」。</p> <p>(2)意義：「代表在指定的鐵路路網中，執行所指定的班表時晚點量傳播的可能性。亦反映出在</p>		

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
<p>運轉的過程中，鐵路系統各處發生前行列車阻擋續行列車之整體嚴重程度，據以表現運轉的整體順暢性。亦反映車站班表中維持適當前後間距的能力。受車站的股道數影響，股道數增加，可降低路塞潛勢指數」。</p> <p>(3)「路塞潛勢指數依其數值分為A至F共六級，每40分一級。A級為0~40、B級為40.01~80、C級為80.01~120、D級為120.01~160、E級為160.01~200、F級為&gt;200」。</p> <p>(4)上示的定義及意義說明，仍不清楚其與容量及容量利用率是否有關，請比較：各車站間之路塞潛勢指數與「連鎖容量C」及「連鎖容量利用率 <math>V_m/C</math>」的關係(或獨立容量與獨立容量利用率)，及「連鎖營運時間利用率U」(或獨立時間利用率 <math>U_I</math>)，檢視其間的一致性與差異，並</p>	<p>(4)容量與路塞潛勢指數，原本即立基於不同的概念，由不同的角度來觀察路軌系統承載給定班表的現象。前者著重在最多可容納多少交通量，而後者則著重在某指定的班表於運行時的品質。不同的班表，即使其全日車次數相同，亦有可能路塞潛</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
<p>解釋何者較能反映各車站股道佈設的多寡(假設都有效)。</p> <p>三、案例計畫分析之疑問</p> <p>1.工程前之驗證(P98)</p> <p>(1)假設所有區間車均增停桃地計畫所新增的5處車站，而區間車在此範圍內的基準運轉時分亦配合調整。因此雖然此情境並未增減車次，但仍需重新求解班表。這使得工程前之分析亦需要以 RAILS 求解而得的班表為基準，以使二項前後情境的比較具有相同的基準。</p> <p>(2)有無比較工程前以 RAILS 求解所得班表與真實班表之間的差異，以確認 RAILS 求解所得班表對真實班表足以仿真。</p>	<p>勢指數差異很大。反之，全日車次數不同的兩套班表，其路塞潛勢指數可能相接近。故容量與指數之間並沒有直接的對應關係，無法比較其一致性或差異。</p> <p>(1)本研究工程前之案例分析即是以 RAILS 求解而得的班表為基準進行分析及情境比較，詳細內容於第 6.6 節中說明。</p> <p>(2)本項比較在報告書第 6.6 節。南下車次在臺鐵真實班表之平均速率為時速 40.23 公里，而 RAILS 以工程前情境求解所得的班表中則為時速 39.73 公里；北上區</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
<p>2.平均運行車速(P100)</p> <p>(1)與表 6-12 相比較可明顯觀察到工程後區間車與區間快之平均運行車速下降的狀況，且表 6-14 所示之大部份區段其平均車速均不及法規所要求時速 45 公里之水準。</p> <p>(2)由表 6-12 與表 6-18 知，事實上工程前以 RAILS</p>	<p>間車車次由新竹站到基隆站之間的平均速率為時速 40.68 公里，RAILS 求解所得的班表中則為時速 39.27 公里，於兩方向，兩者差異均約為時速 1 公里。表 6-11 整理 RAILS 針對工程前情境求解所得班表中，區間車與區間快車在所有站間的平均運行速率。若與表 6-9 所示之真實班表統計相比較，並兩兩計算相對應數據的差，可得到差異量的平均值約為 1.00km/hr。</p> <p>(1)由表 6-12 可知工程前即有少數路段未達法規所要求時速 45 公里之水準，爰可預期工程後新增 5 站區間車皆停靠之車站，其行駛速率將會再降低，而本軟體分析結果亦證實此猜想。</p> <p>(2)真實班表統計於表 6-8 (自強號)、6-9</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
<p>求解所得班表鶯歌桃園間之區間車與區間快平均運行車速即不足 45 公里水準，鶯歌桃園、中壢至內壢、桃園至鶯歌間之自強號平均車速即不足 70 公里水準，不知實際班表的平均運行車速為何？</p> <p>(3)平均車速如何計算，有無包含站內停車等候時間，請說明。由 P49 說明知，平均車速係各車次在該路段的總運行距離以及總運行時間，之後將總運行距離除以總運行時間即為這些車次的平均運轉速率，似不含站內停車等候時間。</p> <p>3.路線整體利用率(P108)</p> <p>(1)「在工程前情境的路線整體利用率為 74%，而工程後的情境則將達到 82%。兩情境執行相同型態的班表，而工程後的路線整體利用率較高，顯示整體容量應有降低」。</p> <p>(2)問題：</p> <p>1) 報告書中的利用率，到</p>	<p>(區間車)。速率在表 6-6 (自強號)、6-7 (區間車)。原本即有少數路段平均未達標。</p> <p>(3)依一般定義，列車之總運行時間包括沿途停站。例如某車次由台北至高雄的運行時間為 4.5 小時，其語意即包括全部停站時間。本分析亦依此原則納入全部停站時間。</p> <p>1)在第 4.9 節所定義的 7</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
<p>底是「點」的評估或「線」的評估?簡報 P22 中的利用率均是對某車站或站間點的量度,似沒有全線量度的指標(P22 中的 7 項指標中沒有)。請澄清說明路線整體利用率如何求得。</p> <p>2) 容量一定是「點」的評估,沒有整條路線的容量之說,只有各車站或站間容量。如果路線整體利用率是「線」的評估,則如何與各車站及站間的容量產生關聯?此亦需要確認。</p>	<p>項指標中,「4.路線整體利用率」即為全線量度的指標。本項分析使用全路線班表壓縮而得到壓縮後的班表跨度,除以未經壓縮的原班表的跨度而得。</p> <p>2) 路線整體利用率與各車站、站間容量之間,並無必然的關係。如本報告第 6.8、6.9 節所說明,分析結果顯示桃地計畫工程將提升部份車站容量,但同時路線的利用率卻升高,即為各車站容量與路線整體利用率之間無必然關係之顯然之案例。</p>	<p>形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p>
<b>國營臺灣鐵路股份有限公司楊凱評科長</b>		
<p>1.站間距離係以兩車站中心之距離為準,與車站本身之長度、列車長度等均無關。</p> <p>2.請補充呈現工程前的站</p>	<p>1.此處之原意是以列車長度與相鄰車站邊界之間的距離相對照,以凸顯車站之間距離過小之實況。已加強第 6.2 節相對應之說明。</p> <p>2.由於工程範圍內各站</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
<p>間容量資料。</p> <p>3.報告書說明工程後自強號運轉速率降低，但臺鐵實務不常採快車降速的方式運行。</p> <p>4.臺鐵內部曾經對桃地計畫進行運轉時間評估，工程前為 50 分鐘，工程完工後預估為 64 分鐘。</p> <p>5.疫情期間的經驗顯示當乘客數量減少時，列車準點率亦顯著提升。建議路塞潛勢指數納入乘客數量之考量。</p>	<p>間在工程前後均完全不同，直接比較並無意義，圖 6.21 將工程前後之數據分列二圖。</p> <p>3.本章分析並未將自強號降速。</p> <p>4.本計畫分析，中壢往臺北之區間車之平均，於工程前為 50.85 分鐘，工程後為 61.42 分鐘。</p> <p>5.於臺鐵系統中，乘客人數確是顯著影響列車於站內停留時間長度，進而影響準點狀況。這種影響屬於系統運轉時之隨機擾動。本系統有依模擬結果計算路塞潛勢指數的功能，後續可就此深入探討。</p>	<p>形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p>
<b>臺灣世曦工程顧問股份有限公司歐文爵協理</b>		
<p>1. P.52 提及 RAILS 平台具備各站間容量進行獨立分析的功能，其描述與容量軟體的功能相似，然而 P.82 又論及兩者性</p>	<p>1.RAILS 系統有能力以真實班表進行各種容量與利用率分析，而容量軟體僅能以隨機班表進行容量分析，</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
<p>質不同但具互補性。</p> <p>2. 兩者分析結果若存有差異亦應採用何種版本？建議本計畫應針對兩者在相同案例進行站間容量分析結果之比較，以釐清兩套程式的實質差異。</p>	<p>無法考慮真實的系統運轉狀況。兩者看似相似實則不同。</p> <p>2. 所有鐵路容量或利用率分析均在一定假設下進行。因此分析結果僅代表該假設下的容量，不同的分析結果並無法直接比較。例如，RAILS 可使用真實班表進行分析，且可考慮雙向運轉列車間之相互影響，而容量軟體僅可使用隨機班表，且僅能考慮單向列車。因此前者分析結果可代表鐵路系統執行真實班表運轉時之容量及利用率，而容量軟體之分析結果則代表鐵路系統隨機安列車，且僅單向運行時之容量。二者並無法直接比較。</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>
<p>3. 提及 RAILS 平台所有的建模、分析等工作，均在平台的工作環境中進行，未來程式推廣後，使用單位包含中央、臺</p>	<p>3. 本平台有能力支援多方協作。資料的擁有者可依協作之需要，對各資料設定授權編輯、授權唯讀或不分</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
<p>鐵公司及各家顧問公司，協作平台以權限設定的方式管控資料的操作及讀取，請問三者間如何達成所謂的共同協作（由其中一方擔任授權單位？）？。</p> <p>4. 此外，相關鐵路運轉分析作業後續執行者應該主要多為顧問公司，文中建議為了避免分析資料的不一致，須仰賴各單位將工作成果與其他單位分享，若授權方為私人單位，實務上可能難以執行，若無法達成此條件，未來是否仍將存在各單位分析結果不盡相同的情形。</p> <p>5. 都會區鐵路立體化建設經費高，且常被地方及民意要求增設通勤車站，這些密集小站之增設，常直接減小路線容量，影響臺鐵運轉調度。所以針對未來計畫，臺鐵公司多會主張各站皆至少配置兩島四股道，惟此要求，常造成用地、拆遷及經費之</p>	<p>享等各種不同協作方式。</p> <p>4. 顧問公司必須提送工作成果，因此必須有數據之分享。而本平台允許多種分享模式，應無這些顧慮。建議委員實地操作本系統即可體驗其設計。</p> <p>5. 本項意見明確顯示具有運轉分析能力、可在不同單位之間協作之軟體平台所可能產生的效益。</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p>

參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
增加。因依目前規定，綜合規劃階段臺鐵須提出行車營運計畫送審，後續建議仍要有容量分析及審查標準，以利在用地、拆遷、經費及營運間取得平衡，有利審查收斂。		
<b>會議結論</b>		
<p>1. 審查會議各委員及與會單位研提之口頭及書面意見，請財團法人成大研究發展基金會整理「審查意見處理情形表」，且逐項說明回應辦理情形，並充分納入報告之修正。</p> <p>2. 本計畫經徵詢審查委員意見，期末報告初稿審查原則通過。</p> <p>3. 請於 12 月 29 日之前提供期末報告書修正稿。</p>	<p>1. 遵照辦理。</p> <p>2. 謝謝，遵照辦理。</p> <p>3. 遵照辦理。</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p>

