

112-050-2332
IOT-111-EC005

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)- 完成軟體維護與擴充及策略分析



交通部運輸研究所

中華民國 112 年 7 月

112-050-2332
IOT-111-EC005

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)- 完成軟體維護與擴充及策略分析

著者：李宇欣、盧立昕、袁永偉、陳佑麟、賴威伸、
許修豪、鄔德傳

交通部運輸研究所

中華民國 112 年 7 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

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)：完成軟體維護與擴充及策略分析/李宇欣，盧立昕，袁永偉，陳佑麟，賴威伸，許修豪，鄔德傳著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運輸研究所，民 112.07

面；公分

ISBN 978-986-531-522-1 (平裝)

1. CST: 鐵路管理 2. CST: 運輸規劃 3. CST: 運輸系統

557.23

112011483

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)-完成軟體維護與擴充及策略分析

著者：李宇欣、盧立昕、袁永偉、陳佑麟、賴威伸、許修豪、鄔德傳

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 (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 112 年 7 月

印刷者：全凱數位資訊有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 60 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：170 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組 • 電話：(02)2349-6789

五南文化廣場：40002 臺中市區中山路 6 號 • 電話：(04)2226-0330

國家書店松江門市：104472 臺北市中山區松江路 209 號 • 電話：(02)2518-0207

GPN：1011200845 ISBN：978-986-531-522-1 (平裝)

著作財產權人：中華民國 (代表機關：交通部運輸研究所)

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

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：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)-完成軟體維護與擴充及策略分析			
國際標準書號(或叢刊號) ISBN 978-986-531-522-1 (平裝)	政府出版品統一編號 1011200845	運輸研究所出版品編號 112-050-2332	計畫編號 111-EC005
本所主辦單位：運輸工程組 主管：賴威伸 計畫主持人：賴威伸 研究人員：許修豪、鄔德傳 聯絡電話：(02)2349-6827 傳真號碼：(02)2717-6381	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 連絡電話：(06)275-7575	研究期間 自 111 年 2 月 至 111 年 11 月	
關鍵詞：鐵路、最佳化、運轉資源、整數規劃、供給需求			
<p>摘要：</p> <p>本計畫透過大數據分析技術之應用，進行鐵路供需診斷與策略分析，成功建立多項抽象數學模式並據以開發鐵路系統供需診斷核心技術，接續整合搭載各演算模組以及多種數據，建置完整且具實用能力之「智慧鐵路平臺」。本計畫之目的在維護鐵路系統供需診斷模式軟體、擴充列車資料與分析功能，並進行策略分析，以期協助交通部及相關單位進行政策研擬與方案分析。</p>			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
112 年 7 月	144	170	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 : Maintenance and expansion of the Railway Supply and Demand Diagnosis Model Software and And Strategy Analysis (2/2)- Complete Software Maintenance and Expansion and Strategy Analysis			
ISBN(OR ISSN) ISBN 978-986-531-522-1 (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011200845	IOT SERIAL NUMBER 112-050-2332	PROJECT NUMBER 111-EC005
DIVISION: Transportation Engineering Division DIVISION DIRECTOR: Wei-Shen Lai PRINCIPAL INVESTIGATOR: Wei-Shen Lai PROJECT STAFF: Hsu, Hsiu-Hao, Deh-Juan Hu PHONE: 886-2-23496827 FAX: 886-2-25450427			PROJECT PERIOD FROM February 2022 TO November 2022
RESERCH AGENCY: NCKU Research and Development Foundation PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yusin Lee PROJECT SAFF: Li-Sin Lu, Yune-Wei Yuan, Ju-Lin Chen ADDRESS: 1 University Road, Tainan 701, Taiwan. PHONE: 886-6-2757575			
KEY WORDS: Railway, Optimization, Operation Resource, Integer Programming, Supply and Demand			
ABSTRACT: Through the application of big data analysis technology, this project conducts railway supply and demand diagnosis and strategy analysis, successfully establishes multiple abstract mathematical models, and develops core technologies for railway system supply and demand diagnosis. The project further integrates various algorithm modules to develop a complete and practical "Smart Railway Platform". The purpose of this project is to maintain the railway system supply and demand diagnosis software, expand train data and analysis functions, and conduct strategy analysis to assist the Ministry of Transportation and Communications and relevant units in policy research and program analysis.			
DATE OF PUBLICATION July 2023	NUMBER OF PAGES 144	PRICE 170	
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	V
表 目 錄	VIII
第一章 緒論	1
1.1 前言	1
1.2 計畫目的及研究範圍	2
1.3 計畫架構	3
第二章 文獻回顧	5
2.1 前期研究成果	5
2.2 前 1 年度研究成果	7
2.3 UIC 容量分析及班表壓縮法之本土化	8
2.4 服務計畫與列車自動排點	13
2.5 臺灣鐵道容量手冊	14
2.6 路塞潛勢指數	16
第三章 臺鐵車輛資料	25
3.1 臺鐵車隊	25
3.2 臺鐵新購車輛	28
3.3 臺鐵預定淘汰車輛	30
3.4 車輛維修規定	30
3.5 車輛編組運用計畫	32
3.6 車輛基地維修能力	32
3.7 車輛編組與運能	33
第四章 臺鐵運轉及基本資料	35
4.1 臺鐵系統班表	35
4.2 機班人員工作班	35
4.3 車班人員工作班	36
4.4 運轉資源運用狀況	37
4.5 計畫基本資料	38
第五章 彰化路段建設計畫情境分析	41
5.1 彰化路段相關鐵路建設計畫	41
5.1.1 概述	41
5.1.2 彰化高架計畫	42
5.1.3 集集線改善計畫	44

5.1.4	田中支線計畫.....	46
5.2	彰化路段容量分析.....	49
5.2.1	鐵路路線容量概述.....	49
5.2.2	北段容量分析.....	52
5.2.3	南段容量分析.....	57
5.3	彰化路段運轉分析.....	64
5.3.1	鐵路運轉分析概述.....	64
5.3.2	情境設定.....	64
5.3.3	分析結果.....	67
5.3.4	集集田中線探討.....	74
5.3.5	結果討論.....	76
第六章	智慧鐵路平臺.....	79
6.1	平臺簡介.....	79
6.2	求解功能.....	80
6.3	界面操作功能.....	82
6.4	本計畫精進成果.....	86
第七章	結論與建議.....	89
7.1	結論.....	89
7.2	建議.....	90
	參考文獻.....	93
	附錄 1、期中報告審查意見處理情形表.....	97
	附錄 2、期末報告審查意見處理情形表.....	107
	附錄 3、期末簡報.....	115

圖目錄

圖 1.1 本計畫架構圖.....	3
圖 2.1 鐵路供需模式系統圖.....	6
圖 2.2 鐵路運轉分析架構圖.....	8
圖 2.3 UIC406 法基本概念示意圖.....	10
圖 2.4 班表壓縮簡例 1(原班表).....	11
圖 2.5 班表壓縮簡例 1(情境 1).....	11
圖 2.6 班表壓縮簡例 1(情境 2).....	12
圖 2.7 班表壓縮簡例 2(原班表).....	12
圖 2.8 班表壓縮簡例 2(壓縮後).....	12
圖 2.9 臺灣鐵道容量手冊之 4 種股道布設型式.....	16
圖 2.10 臺北站分時滾動路塞潛勢指數.....	20
圖 2.11 臺北站分時累積路塞潛勢指數計算方法示意圖.....	21
圖 2.12 臺北站累積路塞潛勢指數曲線.....	22
圖 2.13 路塞潛勢指數分級.....	22
圖 2.14 西幹線北(基隆=彰化)路塞潛勢指數.....	23
圖 2.15 西幹線南(彰化=高雄)路塞潛勢指數.....	23
圖 2.16 烏日=新烏日股道配置圖.....	23
圖 2.17 烏日站分時滾動路塞潛勢指數曲線.....	24
圖 2.18 新烏日站分時滾動路塞潛勢指數曲線.....	24
圖 3.1 EMU3000 型列車編組圖.....	29
圖 3.2 EMU900 型列車編組圖.....	29
圖 3.3 電力機車.....	29
圖 3.4 柴電機車.....	29
圖 3.5 支線列車.....	29
圖 3.6 臺鐵編組運用示例.....	32
圖 4.1 臺鐵系統西部幹線南下班表之一部分.....	35
圖 4.2 宜蘭機班組工作班示例.....	36
圖 4.3 高雄車班組工作班示例.....	37
圖 4.4 保安站股道佈設簡圖.....	39
圖 4.5 保安站行控中心面板照片.....	39
圖 4.6 臺南站股道佈設簡圖.....	39
圖 4.7 臺南站行控中心面板照片.....	39
圖 5.1 臺鐵彰化站及鄰近路段.....	41
圖 5.2 彰化市鐵路高架化工程範圍.....	42
圖 5.3 彰化站現況股道佈設.....	43

圖 5.4 臺鐵山海線交會處現況股道佈設.....	44
圖 5.5 集集線路線圖.....	44
圖 5.6 濁水站股道圖.....	45
圖 5.7 龍泉站股道圖.....	45
圖 5.8 集集站股道圖.....	45
圖 5.9 水里站股道圖.....	46
圖 5.10 車埕站股道圖.....	46
圖 5.11 田中站改建股道圖.....	47
圖 5.12 田中站現況股道圖.....	47
圖 5.13 集集線綜合規劃報告之運行圖缺西幹線車次.....	48
圖 5.14 情境 1 單線區間一去一回.....	49
圖 5.15 情境 2 單線區間二去二回.....	50
圖 5.16 情境 3 擴建車站 C 使之可交會.....	50
圖 5.17 北段臺鐵路線.....	52
圖 5.18 大肚站現況股道配置圖.....	53
圖 5.19 花壇站現況股道配置圖.....	53
圖 5.20 大村站現況股道配置圖.....	53
圖 5.21 山線現況班次運行圖.....	54
圖 5.22 海線現況班次運行圖.....	55
圖 5.23 成追線現況班次運行圖.....	55
圖 5.24 山線壓縮後班次運行圖.....	55
圖 5.25 海線壓縮後班次運行圖.....	55
圖 5.26 成追線壓縮後班次運行圖.....	56
圖 5.27 北段現況與未來對照.....	56
圖 5.28 南段臺鐵路線.....	57
圖 5.29 社頭站=田中站現況股道配置圖.....	58
圖 5.30 二水站=林內站現況股道配置圖.....	58
圖 5.31 西幹線本線容量分析路線設定圖.....	59
圖 5.32 社頭=林內現況班次運行圖.....	60
圖 5.33 集集線現況班次運行圖.....	60
圖 5.34 截短集集線，支線列車不進入田中支線壓縮後本線班次運行圖	61
圖 5.35 截短集集線，支線列車進入田中支線之壓縮後本線班次運行圖	61
圖 5.36 支線列車進入田中支線之壓縮後本線班次運行圖.....	61
圖 5.37 支線列車進入田中支線之壓縮後集集線班次運行圖.....	62
圖 5.38 支線列車不進入田中支線之壓縮後本線班次運行圖.....	62
圖 5.39 支線列車不進入田中支線之壓縮後集集線班次運行圖.....	62

圖 5.40	運轉分析範圍.....	65
圖 5.41	彰化站北側平面交叉.....	67
圖 5.42	彰化站北側 6 分鐘平面交叉例.....	68
圖 5.43	現況情境山線班表運行圖.....	69
圖 5.44	現況情境海線班表運行圖.....	69
圖 5.45	現況情境集集線及部分西幹線班表運行圖.....	70
圖 5.46	未來情境山線班表運行圖.....	71
圖 5.47	未來情境海線班表運行圖.....	71
圖 5.48	未來情境集集田中支線班表運行圖.....	72
圖 5.49	未來情境集集田中支線部分班表運行圖.....	72
圖 5.50	山線路塞潛勢指數（現況情境）.....	73
圖 5.51	海線路塞潛勢指數（現況情境）.....	73
圖 5.52	山線路塞潛勢指數（未來情境）.....	73
圖 5.53	海線路塞潛勢指數（未來情境）.....	73
圖 5.54	集集田中線情境 1 運行圖.....	75
圖 5.55	集集田中線情境 2 未增班運行圖.....	75
圖 5.56	集集田中線情境 2 增班運行圖.....	76
圖 6.1	智慧鐵路平臺邏輯架構示意圖.....	79
圖 6.2	智慧鐵路平臺車站編輯畫面.....	82
圖 6.3	智慧鐵路平臺站間編輯畫面.....	82
圖 6.4	智慧鐵路平臺專案管理畫面.....	83
圖 6.5	智慧鐵路平臺路網維護畫面.....	84
圖 6.6	智慧鐵路平臺起迄資料顯示畫面.....	84
圖 6.7	智慧鐵路平臺班表檢視畫面.....	85
圖 6.8	智慧鐵路平臺編輯列車畫面.....	86

表目錄

表 3-1 臺鐵各型機車配置表	25
表 3-2 臺鐵電力機車配置表	25
表 3-3 臺鐵柴電機車配置表	26
表 3-4 臺鐵柴液機車配置表	26
表 3-5 臺鐵電聯車配置表	26
表 3-6 臺鐵柴油客車配置表	27
表 3-7 臺鐵客車配置表	28
表 3-8 臺鐵車輛汰換輛數規劃	30
表 3-9 臺鐵各式電力機車平均每日行駛公里數	33
表 5-1 南段班表壓縮結果	63
表 5-2 運轉分析範圍各主要車站行經車次數	65

第一章 緒論

1.1 前言

前瞻基礎建設特別條例業於 106 年 7 月 7 日由總統公布施行，其中前瞻軌道建設涵蓋高鐵臺鐵連結成網、臺鐵升級及改善東部服務、鐵路立體化或通勤提速、都市興建捷運系統及中南部觀光鐵路五大推動主軸，第 2 期行政院編列 411.87 億元，重點項目包含辦理花東鐵路雙軌化、新竹大車站平臺等計畫。此外，交通部已規劃推動西部高鐵、東部快鐵，預期鐵路系統將成為重要的公共運輸運具。爰此各種工程方案評估、臺鐵目前運轉型態如何配合調整、所需要車輛規模、乘務人力，乃至於車輛基地配置，均需要同步規劃，及早因應。

前瞻基礎建設為我國正推動中之重大政策，而鐵路相關工程在其中占有相當比重。這些鐵路相關工程大都與臺鐵系統相關，且許多政策研擬、工程方案評估，均涉及鐵路系統運轉。然而受到分析工具限制，目前大部分鐵路運轉相關分析均將鐵路系統切割成為單點、個別車站、單方向或僅含有少數車站之小路段為範圍個別進行分析，缺乏整體性鐵路運轉分析。鐵路列車運行距離常達數百公里以上，使得鐵路系統各處無法分割而環環相扣。臺鐵系統中，不論在本線或支線、在單線、雙線或多線區間，兩個行車方向大都未能完全區隔，亦使得任何僅考慮單一行車方向之運轉分析，難以避免有誤導之風險。

爰此，為建構能考量鐵路系統整體運轉狀況之分析模式，始能研析工程方案對臺鐵系統所產生之整體影響，並評估不同工程間相互影響。交通部運輸研究所(以下簡稱本所)已於 108、109 年辦理大數據分析技術進行鐵路供需診斷與策略分析計畫，開發可用之鐵路系統供需診斷核心技術及實做軟體。另為利使用者操作並完成「智慧鐵路平臺」，本年度計畫進行軟體維護及功能擴充，並進行情境案例分析，俾利本軟體可做為協助本所研擬政策及辦理相關鐵路工程基本設計經費審議，檢視相關效益之分析工具。

1.2 計畫目的及研究範圍

本計畫目的在維護及擴充鐵路系統供需診斷模式軟體，並用以進行策略分析，以期協助交通部及相關單位進行政策研擬與方案分析。計畫結合本所過去累積相關研究成果，開發可整合過去歷史資料與最新軌道基礎建設資料平臺，納入軌道車輛及乘務人員 2 項重要運轉資源、精進臺鐵系統列車營運評估方法、更新擴充供需診斷軟體功能，以做為協助政策研擬及辦理相關鐵路工程基本設計經費審議、檢視相關效益之參考工具。

本計畫主要研究範圍如下：

1. 持續更新最新鐵路建設資料，包含路線規劃、站間股道配置概況等。
2. 更新臺鐵現行列車運轉相關資料，包含：(1)蒐整各型車輛維修規定及車輛基地維修能力相關資料。(2)蒐集相對應之臺鐵全系統班表、車輛編組運用計畫、機班人員工作班、車班人員工作班至少一組，並予統整。(3)分析臺鐵現況人、車、路運轉資源運用狀況。
3. 更新臺鐵現有各型車輛數量、配置狀況、及基準運轉時分，並予以系統化整理建檔。另掌握近 3 年內即將投入營運之新列車(含編組)，與舊車汰換規劃，研提模擬推估車輛組數變化對運能影響方法。
4. 以前期軟體功能擴充為基礎，進行精進，強化使用者操作親和性介面，並進行全島鐵路系統投入運轉資源與運能產出之情境分析，掌握在環島高快速鐵路網政策下及各執行中的鐵路相關建設計畫下，應優先投入相關改善工程計畫之參考。其中，建設計畫情境分析部分，應納入未來彰化站高架化、花壇機檢段、集集線改善及田中支線之運轉分析。

1.3 計畫架構

本計畫含有軟體及策略分析 2 項主軸。其中軟體可分為軟體維護與擴充，而策略分析則包含鐵路建設計畫之情境案例分析，以及臺鐵現況人、車、路運轉資源之運用狀況分析。

在軟體維護，本計畫除了持續蒐整每日班表及售票紀錄外，並蒐集臺鐵站間股道配置概況，以及基準運轉時分資料，並適當併入智慧鐵路平臺中做為模式演算之用。而軟體擴充，則在前期成果為基礎，更新與維護鐵路車輛、乘務人員之資料處理能力及相關分析能力。本計畫整體架構如圖 1.1 所示。

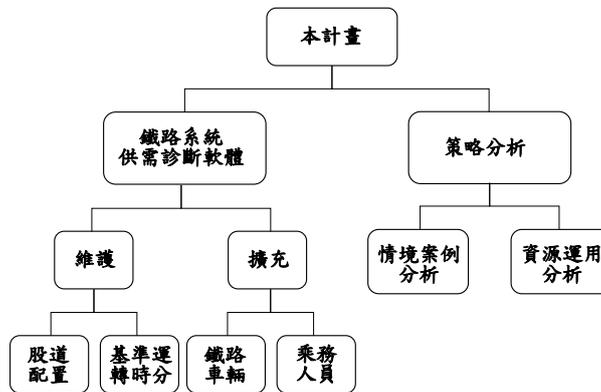


圖 1.1 本計畫架構圖

第二章 文獻回顧

2.1 前期研究成果

本所分別已於 108^[1]、109^[2]年完成辦理大數據分析技術進行鐵路供需診斷與策略分析計畫，該計畫主要成果簡要綜合整理如下。

1. 供需體系分析

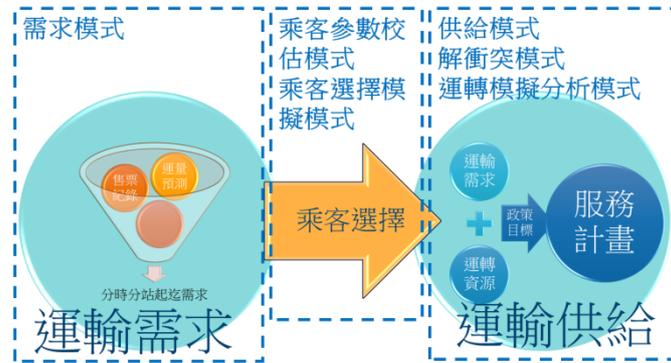
前期計畫經深入分析，將整個體系分為鐵路運能產生、運能需求、以及經乘客選擇而將運能轉化為旅行效用，即指出客運鐵路系統之運輸需求、運輸能力供給以及乘客選擇行為構成運輸能力由需求、生產、到消費的主要環節，同時釐清鐵路系統整體供需能由需求模式、供給模式、乘客選擇行為模擬模式、乘客選擇參數校估模式、解衝突模式及系統運轉模擬模式等 6 項不同數學模式之組合，即使用有系統的方式，釐清真實系統的運轉邏輯，再建立抽象化數學模式來描述。

2. 主要數學模式

圖 2.1 為鐵路供需模式系統圖，可將整個運能供需體系予以分割並抽象化成為 6 項模式如下。

- (1) 需求模式：利用數據方法結合運輸規劃之預測資料以及過往售票紀錄，推估未來目標年期需求之高解析度 OD 矩陣，做為供給模式做為最主要輸入資料。
- (2) 供給模式：使用高解析度 OD 矩陣以求解適當服務計畫。
- (3) 乘客選擇行為模擬模式：以系統模擬方法呈現多數乘客進行鐵路旅行時之選擇行為，以及多數乘客間相互影響。
- (4) 乘客選擇參數校估模式：使用大數據方法結合最佳化技術，以推估乘客進行選擇行為時之價值取向參數。

- (5) 解衝突模式：自動排除服務計畫中衝突而得到無衝突班表。
- (6) 系統運轉模擬模式：評估班表運轉狀況，並計算路塞潛勢指數。



資料來源：大數據分析技術進行鐵路供需診斷與策略分析(2/2) [2]

圖 2.1 鐵路供需模式系統圖

3. 數據蒐集整理

釐清 6 項模式所需要輸入、以及所產出數據及各種數據內容，並將多種數據予以組織化、一致化，整合到同一軟體平臺中。主要數據包括臺鐵每日全線班表、售票紀錄、車站間分時起迄資料、臺鐵路軌資料等。所開發技術並可精準描述臺鐵全線任何型式股道佈設，供解衝突模式精準排點之用。

4. 軟體平臺

該計畫完成所有模式實作成為引擎，並建置軟體平臺以整合所有模式引擎、數據，成為完整軟體系統。其架構具有積木式擴充能力，可隨後續新模式開發、新數據加入而擴充。平臺並具有引擎求解管理模組，於多數使用者同時使用時可自動協調、平衡求解負載。其圖形化操作介面亦經妥善設計以提供高品質使用者體驗。

5. 路塞潛勢指數

研提「路塞潛勢指數」用以評估鐵路運轉狀況之綜合指數。傳統路線利用率僅考慮一定時間內車次數量而無法考慮班表，路塞潛勢指數除了考慮路線容量與車次數量外，並進一步考慮班表以及列車運用股道狀況對容量乃至於運轉狀況之影響，可用以評估一給定班表在給定路軌上運轉之可能狀況。同時該指數可對整體鐵路系統進行整體性評估，避免因人為切割、分段評估或甚至分行車方向個別獨立評估而可能產生誤導結果。路塞潛勢指數分為 A 至 F 共計六級，可用於進行真實鐵路系統運轉狀況診斷，以及各種虛擬情境、方案運轉評估。後續第 2.6 節將深入介紹路塞潛勢指數計算方法。

2.2 前 1 年度研究成果

另，本計畫為 2 年期，前 1 年度(110^[3]年)完成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(1/2)，主要成果簡要綜合整理如下：

1. 已完成蒐集臺鐵乘務人力、車輛資源及路線資源相關資料，以電子方式整理建檔，其中部分數據納入智慧鐵路平臺供模式求解使用。
2. 擴充軟體功能，整合納入國際鐵路聯盟(International Union of Railways, UIC)班表壓縮法，可用以分析鐵路流量容量比(volume over capacity, V/C)。
3. 為簡化使用操作與降低學習門檻，持續精進本軟體操作介面-智慧鐵路平臺，其理論基礎如圖 2.1 所示，運轉分析由供給模式、解衝突模式、運轉模擬分析模式等 3 個模式所構成，如圖 2.2 所示。另已彙整納入臺鐵相關實務資料，包含以臺

鐵行控中心顯示面板照片為基準，進行車站與站間股道數位化，收納站間基準運轉時分及車站慣用股道等運轉資料，並常態化收錄臺鐵真實班表及售票紀錄。

4. 應用智慧鐵路平臺，針對花東地區鐵路雙軌電氣化計畫、桃園都會區鐵路地下化計畫、嘉義縣市鐵路高架化計畫及基隆南港間通勤軌道建設計畫，完成各計畫運轉分析。



資料來源：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)^[3]

圖 2.2 鐵路運轉分析架構圖

2.3 UIC 容量分析及班表壓縮法之本土化

路線容量分析為智慧鐵平臺基本功能之一，其所使用之方法係以 UIC (International Union of Railways) 所提出之「班表壓縮法」為基礎，予以擴充、本土化而得。本小節簡要回顧 UIC 提出班表壓縮法之文獻，除參考原始文件^[4,5]外，並參考本計畫第一年期報告^[3]。

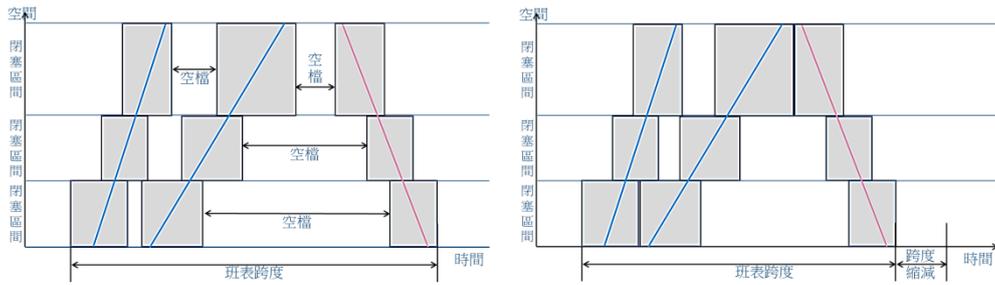
鐵路的班表壓縮法是 UIC 於 2004 年^[4]所提出來，並於 2013 年發布更新版本^[5]的鐵路路線評估方法。該文件前後二版之標題均為「Capacity」，目的在提出方法以評估一段鐵路依一份給定班表運行車次時，所使用到的路線容量。此法為目前國際上最廣為使用之路線容量使用率評估方法^[6]。在其第一版文件^[4]第 1.2 節明確指出：鐵路並

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。

依該文獻之說明，UIC 對鐵路路線容量之基本概念為：將所分析之鐵路路段整體視為一個設施，而其運轉時間即為該設施每日可使用之時間長度。例如，若該鐵路路段因為每日須封鎖或配合其他需求而有 4 小時無法行車，則其實際可用時間即為 $24-4=20$ 小時。在另一方面，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。同時，該文件^[4]亦於第 3.1 節亦指出，有容量剩餘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，應該要以班表試排來作判斷。

基於上述基本概念，該文件第 1.3 節指出評估鐵路之路線容量時，並不宜使用「每小時若干列次」之類的值來衡量，而是建議應該先壓縮班表以扣除空檔之後，評估執行該班表使用了可用容量之百分比以及所剩餘之容量百分比。在鐵路班表中，不可避免必存在列車占用之時間空檔，而班表壓縮法即為 UIC406 法所建議，用以排除班表中之空檔，以利估算班表之流量容量比的方法。其基本概念是在進行計算時，調整班表中列車之行點（亦即在各閉塞區間之占用與釋放時分），在維持最小安全時隔及停站時間長度的條件下壓縮前後車次之間的時間間隔，以儘量排除空檔而「壓縮」班表所占用之總時間跨度，據以計算該班表所占用之路線容量。其中「跨度」指一份班表中，最早的發車時間與最晚的收車時間，兩者間之時間差距。將壓縮計算所得之跨度除以一日內可用之營運時間（例如前例之 20 小時）即為流量容量比。有關流量容量比之計算，將於後續段落再予更詳細說明。

上述班表壓縮之概念可示意如圖 2.3，其中左側為原班表，而右側則為壓縮後之班表。圖中可觀察在壓縮之後，班表時間跨度縮小之狀況。而 UIC406 法進行壓縮時，是維持每一班列車占用每一閉塞區間之時間長度不變，亦即沿時間軸平移各車次之軌跡線。



資料來源：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) [3]

圖 2.3 UIC406 法基本概念示意圖

經壓縮所得之最小跨度即為在給定的路軌上，完成所分析之班表所需要之最少時間。以最小跨度為分子，以鐵路機構所訂定之全日營業時間（例如 20 小時）為分母，相除即可得到該班表之「占用時間百分比」(occupancy time rate)，而未占用之部分即為容量剩餘(leftover capacity) [4]。此處「占用時間百分比」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)，亦即以全日營業時間、亦即為鐵路機構在一日當中可使用路軌系統的時間為分母，而分子最小跨度則為執行該班表時，不計其中之時間空檔所實際使用到的時間。上述計算可用以下簡式表示之。

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

文獻[4]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[6]顯示，進行鐵路之路線容量分析時，切割分段分析其容量，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[8]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，因此建議使用 UIC406 法時，應僅在分歧站、站間股道數有變化之車站或端點站切割之，以迴避在這些複雜的車站進行班表壓縮之複雜問題。至於可辦

理反向列車交會、同向列車追越以及相關列車待避之車站，於 UIC 之文獻中僅建議簡略之壓縮方法。

其後 UIC 於 2013 年發布之更新版本^[5]即對此多有著墨，提出在車站處進行班表壓縮之較完整方法。以此為基礎，Weik 等學者於 2020 年又針對車站處之班表壓縮提出更完整之模式^[6]，但其模式之能力仍不足以直接用於處理臺鐵之狀況。根本原因在於進行班表壓縮時，車站處具有相當之重要性。試以下列之簡例一說明此狀況。假設某站間雙線之路段，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 2.4 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 2.5 所示。

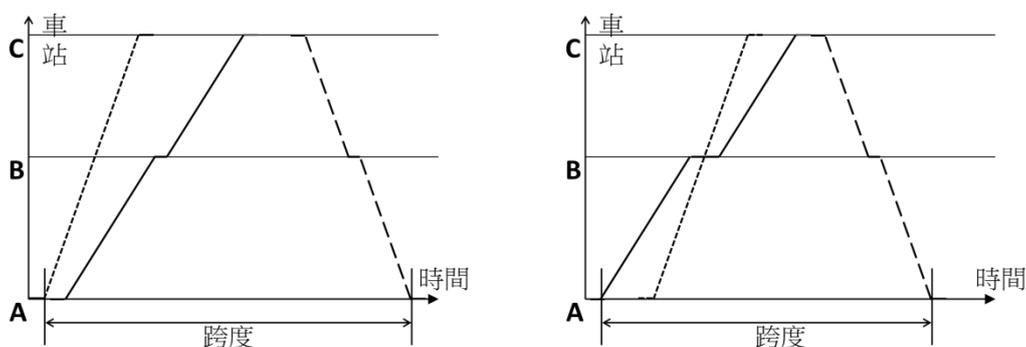


圖 2.4 班表壓縮簡例 1(原班表) 圖 2.5 班表壓縮簡例 1(情境 1)

倘若車站 B 具有 3 股道，則可同時辦理待避及交會，如圖 2.6 所示。此簡例再一次明確顯示車站所設置之股道愈多，班表壓縮後將可達到愈小之跨度（假設橫渡線均容許相關之待避），亦即路線容量愈大。然而，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。

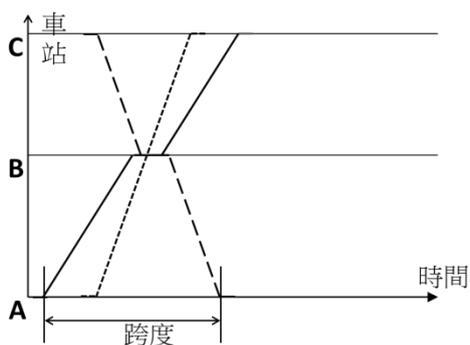


圖 2.6 班表壓縮簡例 1(情境 2)

當容量分析之路段較長、車站數量較多時狀況可能更為複雜，以下使用簡例二說明之。假設某單線區間有 7 座車站，名稱分別為 A 至 G，其中車站 A、C、E 及 G 具有 2 股道可辦理待避，而其餘車站 B、D 及 F 則僅有單一股道。以下圖 2.7 所示為原班表之運行圖，兩方向各開行 2 列次，並於車站 E 由後車追越前車。而圖 2.8 所示則為班表壓縮後之運行圖。比較圖 2.7 與圖 2.8 可觀察到壓縮過後班表跨度減少之狀況，同時亦可觀察到列車在各車站及站間之運行順序發生變化，且原本發生在車站 E 之追越，改到車站 C 辦理，同時於車站 E 發生列車交會。

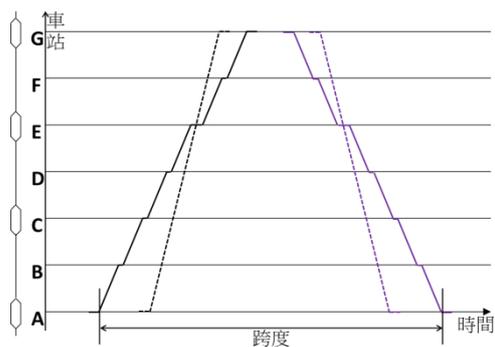


圖 2.7 班表壓縮簡例 2(原班表)

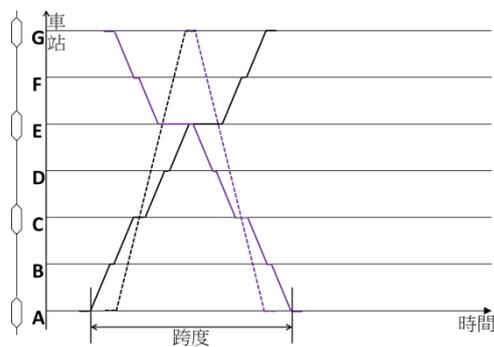


圖 2.8 班表壓縮簡例 2(壓縮後)

簡例 2 所呈現之列車順序調整以及後車追越前車、反向列車交會數量與位置之變動，為該例中班表壓縮過程所不可避免，而 UIC 之文

件^[4,5]對此並無深入論述。臺鐵系統列車運行密集、車站距離不長、車站股道佈設多樣化而複雜，使得班表壓縮具有相當之挑戰性。為此，本計畫使用本所於 108^[1]、109^[2]年所開發，並納入智慧鐵路平臺之自動解衝突技術成功克服之而達到良好之效果，相關成果亦發表於臺鐵資料季刊^[9]。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、以目標函數引導模式往縮小跨度之方向進行最佳化，同時再納入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，仍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，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。

2.4 服務計畫與列車自動排點

回顧國際公開領域之學術文獻，在路線容量分析方法方面，Pouryousef 等學者^[10]對歐洲及美國所使用之鐵路路線容量分析方法做了完整蒐集、回顧及比較，該論文將所蒐集鐵路路線容量分析方法區分為解析型、模擬型及綜合型，其中 UIC 所提出班表壓縮法^[4,5]屬於解析型，並且為國際廣為採用主要方法之一。我國部分主要為本所出版鐵道容量手冊，將說明於第 2.6 節。

報告書 2.1 節所述 6 項模式各屬不同領域，其中供給模式及解衝突模式相關公開文獻相對較多。供給模式主要目的在求解鐵路系統之服務計畫。由於求解障礙相對較低，在過往文獻中此方面研究以求解規格化班表者較多，如 Goossens 等學者^[11]以多元商品流動問題 (Multiple commodity flow problem) 為基礎所建立網路模式，以及 Cordone 與 Redaelli^[12]以羅吉特模式 (Logit model) 為基礎之模式即屬

本類。晚近則有 Wang 等學者^[13]針對長度超過 1,500 公里之超長高鐵系統，開發網路模型以求解其服務計畫。此外 Zhou 等學者^[14]則以整數規劃模式描述鐵路服務計畫問題，同時並考慮避免服務計畫中列車衝突。

鐵路班表解衝突為自動排點技術之基石。其中最早期研究成果為 Frank 於 1966 年所提出模式^[15]。之後 Carey 及其團隊系列研究^[16-20]亦獲得相當成果。較晚近^[21]僅能求解 10 座車站以內，約 15 列次規模之問題，首先接近臺鐵實用能力之模式則為 Lee 與 Chen^[22]模式，可成功求解臺鐵臺東線之真實班表。此外亦有部分研究^[23-26]將問題限縮於規格班表，以有效簡化問題而達到求解目的。較晚近之成果^[27]則嘗試以整數規劃模式求解在給定背景班表中插入新增車次之方法。此主題與本所 2012 年研究^[28]相接近。

2.5 臺灣鐵道容量手冊

臺灣鐵道容量手冊^[29]計分為基礎篇、傳統暨區域鐵路篇以及都會捷運系統篇等 3 篇。於其基礎篇第 2.3 節「鐵道容量的名詞定義」第 2.3.1 小節「以空間參考點來區分」，對於「路線容量」涵義之說明，指出「路線容量為單位時間內，通過路線上任一固定點的最大客體數」，並認為「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」(手冊^[29]第 2-9 頁)。

臺灣鐵道容量手冊之傳統暨區域鐵路篇與本計畫最為相關。該手冊將鐵路容量分析區分為「單區段」與「連續區段」二種不同類型，各以不同方法分析其容量。而於連續區段，又以不同模式分析複線區間與單線區間。其中第 3.2.3 小節說明單線連續區段容量分析，其基本假設之一為「分析範圍內各車站之間皆為單線」，至於臺鐵系統可見、有容量顧慮之單線雙線混合狀況，則未見說明分析方法。

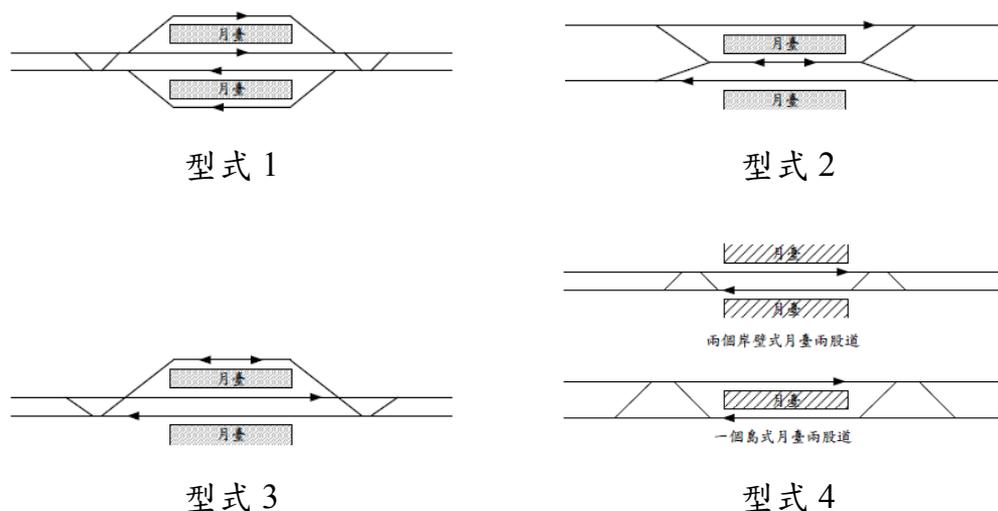
手冊於該篇第二章介紹單區段之容量分析方法：(1)先決定欲分析容量之點，稱為「參考點」(手冊第 2.1.2 節)，之後(2)計算列車通過該參考點之平均時隔(手冊第 2.1.3 節)。最後以一小時除以該平均時隔即可推得在不考慮列車間於鐵路其他路段相互影響狀況下，每小時可通過該參考點之平均列車數。

手冊於該篇第三章介紹連續區段之容量分析方法。於該章(手冊^[29]第 3-1 頁)並指出「在基礎篇第二章中曾以輸水管來比喻路線容量的概念，而本模式即是以此為基礎來發展」。本章所謂連續區段指含有數處車站以及站間之路段。本章第 3.1 節說明複線連續區段之容量分析模式，第 3.2 節則說明單線連續區段之容量分析模式。

在連續區段路線容量分析，模式使用隨機產生之班表而無法使用任何給定之班表(手冊第 3.1.2 節)，以模擬之方式為之(手冊第 3.1.4 節)。依手冊第 3.1.1 節之說明，模式以「逐列車」之方式，隨機密集產生列車置入分析路段起點。模式運算時則利用模擬列車連鎖推擠、等待(手冊第 3.1.6 節)之方式分配列車使用股道以及到離站時分(亦即排出班表)，再觀測分析路段尾端之最大流率，用以評估整條路線容量。應用此方法時必須同時滿足以下條件：

1. 路段中無分岔(例如支線由本線岔出，或成功、追分、大肚溪之三角線狀況)。
2. 所有列車均行經所有區段，亦即在分析之區段中無發車、收車、折返等狀況，而分析區段之兩端均視為編組站。
3. 於複線區段，不考慮同一股道允許雙向運轉之狀況。
4. 所有車站均具有待避功能。
5. 所有車站之股道佈設為圖 2.3 所示四種型式其中之一。
6. 該路段完全不受鐵路系統中其他路段影響。
7. 列車運行過程中無最長停等時間之限制。

該手冊對於路線容量主要為圖 2.9 所示之 4 種車站型式，其中型式 2 及型式 3 均含有雙向共用股道，亦即型式 2 中央股道以及型式 3 最上方股道，由 2 個方向的列車共用。整體歸納，該手冊用以分析路線容量之基本資訊為路軌(車站簡化歸納為 4 種型式、站間簡化歸納為單線與雙線 2 種)及車種組成(各車種百分比)。利用隨機產生列車順序，以連鎖推擠模擬的方式推算出一組班表(亦即各列車於各車站之股道分配與進出站時分)，再依此班表估算區段容量。



資料來源：臺灣鐵道容量手冊^[29]

圖 2.9 臺灣鐵道容量手冊之 4 種股道布設型式

2.6 路塞潛勢指數

路塞潛勢指數為本所於 109 年^[2]所研擬，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中，各車站及站間之車次數量與運轉品質之間的關係。本節回顧前期研究成果說明路塞潛勢指數，並納入本計畫精進之處。

鐵路系統運轉品質可依應用目的而由許多不同面向衡量之，例如準點率、平穩度、購票難易度、車上環境、安全性等等均屬運轉品質之範疇。其中與路塞潛勢指數最相關者為準點率。進一步觀之，鐵路

系統準點率本身是多項複雜因素交錯影響之結果。其中主要 4 項因素為寬裕時間、緩衝時間、擾動、及趕點^[30]，其中前 2 項由班表決定，而後者則由系統其他因素決定。這些因素分別簡要說明如下。

1. 寬裕時間

本項指班表中配予列車在站間運行時間長度中，超過所需最短時間長度(亦即基準運轉時分)部分，以及列車在停站時，超過所需最短停站時間長度部分。當有晚點發生時，寬裕時間可用以吸收列車晚點量。一般大略而言，寬裕時間充裕時，有助提高列車自我吸收晚點之能力，降低晚點累積及傳播之機會。然而由於時間之不可儲存性，以及列車不可提早發車之規章規定，使得欲利用增加寬裕時間以提高鐵路系統準點率時將受到種種限制。

2. 緩衝時間

緩衝時間係指班表中配予行經同一點前後列車之間的時間間隔中，超過最小安全時隔的部分。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。

3. 擾動

任何鐵路系統在運轉時均必然受到種種內在或外在因素而使得列車在站間運行、以及在站內停靠時，真實運行或停靠時間長度與班表所配予時間長度有所差異。此差異即為擾動。真實鐵路系統擾動均隨機發生且不可避免

4. 趕點

當列車發生晚點時，其駕駛人員利用寬裕時間以吸收晚點量之作為即為趕點。

如上所剖析，緩衝時間影響鐵路系統準點率，同時又受到運轉需求與路軌設施之共同限制。例如，單獨考慮某車站運轉。假設該車站配置有 2 股道，其慣用方式為兩個運行方向各使用 1 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。若最小安全時隔為 3 分鐘，而列車在該站最小停站時間為 2 分鐘，則在該站平均緩衝時間長度為 $10-3-2=5$ 分鐘。在實際班表中，若有部分車次間緩衝時間大於平均值，則必有其他車次間緩衝時間小於平均值。設若在此例中，該車站於兩運行方向各有 2 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。除了上述平均緩衝時間之外，班表中實際所配置之緩衝時間則反映了列車間相互影響，或稱「列車互制」。不同列車之間的相互影響，源自於列車受制於軌道，各列車必須依班表所排定之順序行經所指派之股道。此亦為鐵路與公路交通現象根本差異所在：公路車輛跟車行為(前車駕駛行為影響後車駕駛行為之抽象模式)形成車流理論之基礎，但鐵路並無跟車行為，較接近等候理論所描述狀況，因此亦無法以車流理論描述之，將列車在軌道上運行現象類比於流體亦不適宜。同時，列車間互制在班表與路軌所共同形成之框架中發生，反映在實際可用之緩衝時間中。

由以上分析可知，在車站中使用同一股道之前後列車之間的時間間隔，同時受到需求之列車數量與路軌設施之強烈影響。而且，時間間隔又與緩衝時間具有密切關聯，而緩衝時間再與系統準點狀況高度連結。在另一方面，鐵路上所謂列車行車狀況擁擠與否，具體而數量化之衡量指標即為時間間隔之長度。列車運行密集與時間間隔較低兩者視為同義詞。當前後列車之間的時間間隔偏低時，若前行列車晚點量較大，超過緩衝時間所能吸收程度，將會直接影響後面續行列車運轉，亦即調度或運轉整理時所稱之「路塞」現象。而調度作為中之「路塞」一詞，亦為路塞潛勢指數之名稱由來。

基於以上分析之精神，同時考量計算方便性以及做為綜合指數所需要廣泛代表性，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。若二列車在該站均停靠，則計入不足 15 分鐘的部分；若其中一列車未停靠則計入不足 11 分鐘的部分；若二列車均未停靠則計入不足 7 分鐘的部分。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。

圖 2.10 為臺北站分時滾動路塞潛勢指數。圖中可觀察到上下午尖峰時因行車較為密集、前後列車之間時間間隔較小而產生指數上升現象。

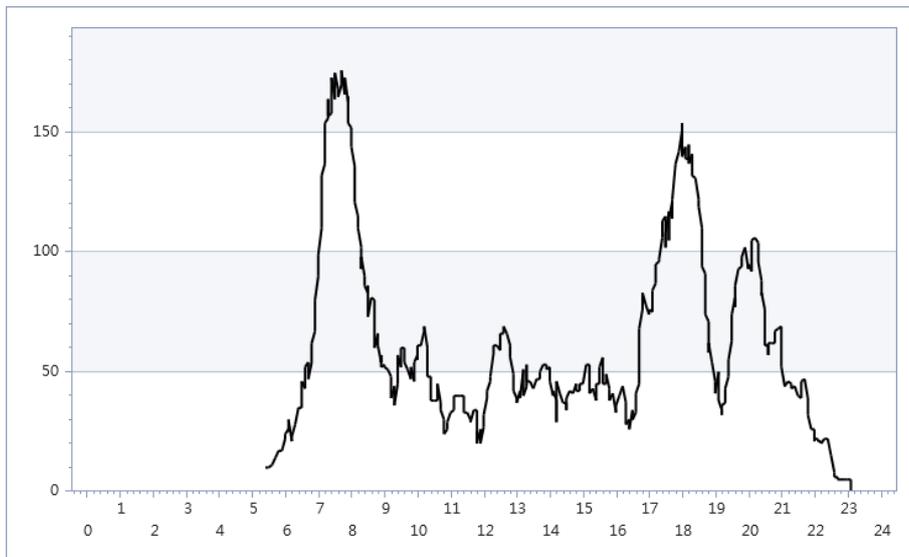


圖 2.10 臺北站分時滾動路塞潛勢指數

2. 車站全日累積路塞潛勢指數

圖 2.10 呈現同一車站中，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 2.11 為例(亦為臺北站數據)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 2.11 所示，於曲線中查得該站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。

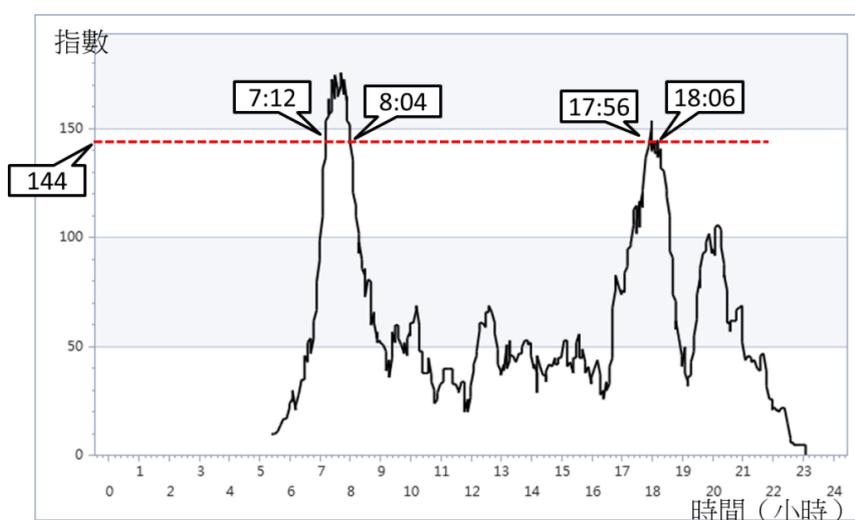


圖 2.11 臺北站分時累積路塞潛勢指數計算方法示意圖

利用相同方法，可利用圖 2.11 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可繪得圖 2.12 所示之曲線，即為臺北站「累積路塞潛勢指數曲線」。該圖中所標示之位置，即為圖 2.11 所示計算例所得數據點，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 分鐘處所對應路塞潛勢指數。以臺北站為例，由於該站累積路塞潛勢指數曲線於 60 至 62 分鐘之間均對應 144，因此臺北站路塞潛勢指數即為 144。

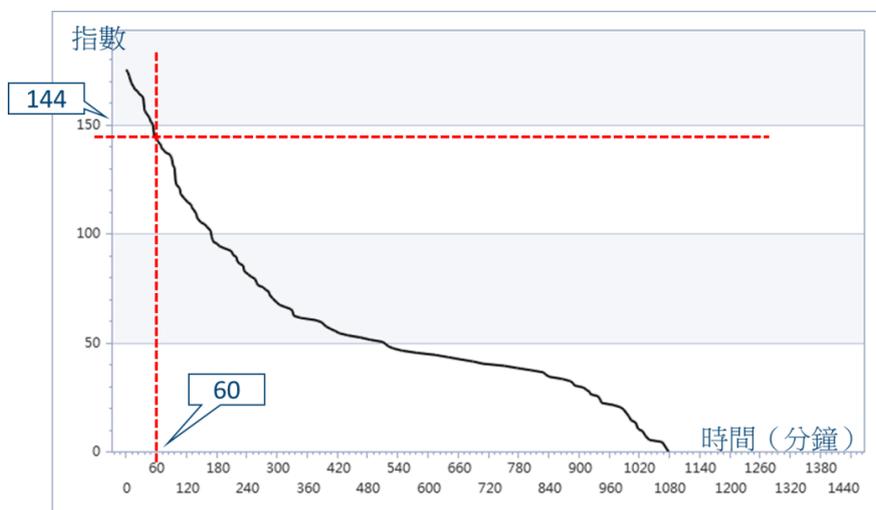


圖 2.12 臺北站累積路塞潛勢指數曲線

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 2.13。分級方式為每 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，上述臺北站路塞潛勢指數為 144，應屬 D 級。

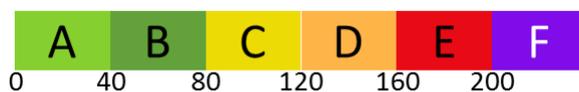


圖 2.13 路塞潛勢指數分級

依據上述各車站路塞潛勢指數之計算方法，以及分級標準，可利用臺鐵真實班表推算各車站路塞潛勢指數。圖 2.14 為臺鐵系統西幹線北段(基隆=彰化)各站路塞潛勢指數，而圖 2.15 則呈現西幹線南段(彰化=高雄)各站路塞潛勢指數。

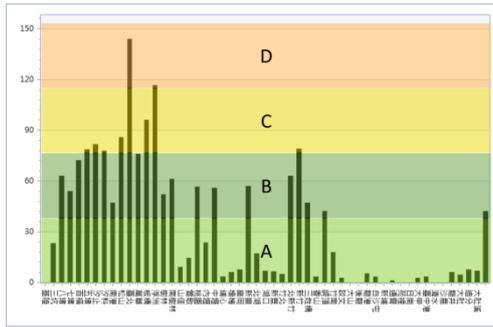


圖 2.14 西幹線北（基隆=彰化）路塞潛勢指數

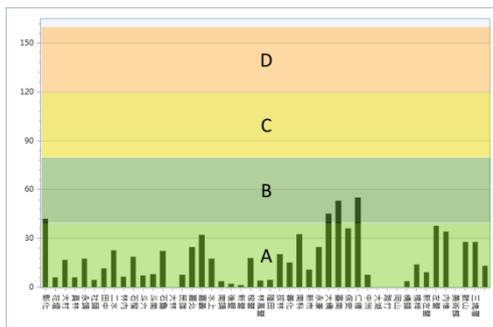


圖 2.15 西幹線南（彰化=高雄）路塞潛勢指數

如前所論述，車站內所配置股道數將對該車站路塞潛勢指數具有重大影響，例如烏日站及新烏日站於臺鐵行控中心顯示面板照片如圖 2.16，圖中可觀察到烏日站僅配置 2 股道，而新烏日站則配置 4 股道。



資料來源：臺鐵行控中心顯示面板

圖 2.16 烏日=新烏日股道配置圖

此 2 車站所運行列車數量相同，但路塞潛勢指數卻差異甚大。以下圖 2.17 所示為烏日站分時滾動路塞潛勢指數曲線，而圖 2.18 則呈現新烏日站之曲線。前者路塞潛勢指數為 42 (屬 B 級)，而後者則為 7，屬 A 級。

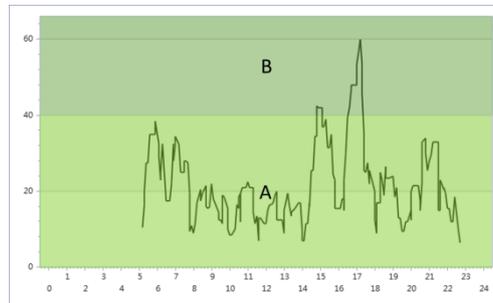


圖 2.17 烏日站分時滾動路塞潛勢指數曲線

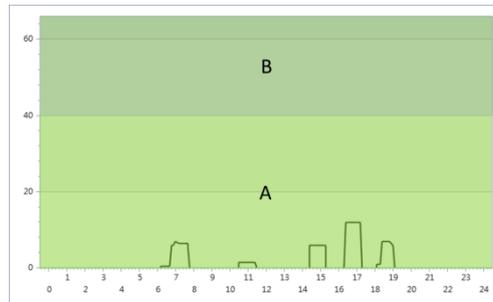


圖 2.18 新烏日站分時滾動路塞潛勢指數曲線

第三章 臺鐵車輛資料

3.1 臺鐵車隊

臺鐵 110 年年報^[31]表 27 顯示，於 110 年年底臺鐵系統擁有各式動力機車 256 輛、電聯車 1,444 輛(含動力車 1,098 輛及拖車 346 輛)、柴油客車 208 輛(含動力車 154 輛及拖車 54 輛)、推拉式客車 381 輛、無動力客車 424 輛、以及貨車 1,556 輛，合計 4,278 輛。而這些車輛又分屬約 40 種不同車種。各型機車於各機段之配置整理如表 3-1。

表 3-1 臺鐵各型機車配置表

車型	七堵 機務段	臺北 機務段	新竹 機務段	彰化 機務段	嘉義 機務段	高雄 機務段	花蓮 機務段	停用	總計
電力機車	68			17		63			148
柴電機車		3		26		2	55		86
柴液機車	7			4		5			16
電聯車	111	300	376	84	264	21	200	88	1,444
柴油客車	15			21			169	3	208
總計	201	303	376	152	264	91	424	91	1,902

註：*含推拉式電力機車，不含保存於七堵調車場之 6 輛 EMU100 型非動態保存車

單位：輛

資料來源：臺鐵 110 年報^[31]

以下表 3-2 至表 3-6 整理臺鐵各型車輛在各機務段之配置狀況。

表 3-2 臺鐵電力機車配置表

車型	七堵 機務段	臺北 機務段	新竹 機務段	彰化 機務段	嘉義 機務段	高雄 機務段	花蓮 機務段	停用	總計
E200	6					33			39
E300	10			17		2			29
E400	17								17
E1000	35					28			63
總計	68	0	0	17	0	63	0		148

單位：輛

資料來源：臺鐵 110 年報^[31]

表 3-3 臺鐵柴電機車配置表

車型	七堵 機務段	臺北 機務段	新竹 機務段	彰化 機務段	嘉義 機務段	高雄 機務段	花蓮 機務段	停用	總計
R20				17					17
R100		3					30		33
R150				8			15		23
R180							10		10
S200						2			2
S300				1					1
S400									0
總計	0	3	0	26	0	2	55	0	86

單位：輛

資料來源：臺鐵 110 年報^[31]

表 3-4 臺鐵柴液機車配置表

車型	七堵 機務段	臺北 機務段	新竹 機務段	彰化 機務段	嘉義 機務段	高雄 機務段	花蓮 機務段	停用	總計
DHL100	7			4		5			16
總計	7			4		5			16

單位：輛

資料來源：臺鐵 110 年報^[31]

表 3-5 臺鐵電聯車配置表

車型	七堵 機務段	臺北 機務段	新竹 機務段	彰化 機務段	嘉義 機務段	高雄 機務段	花蓮 機務段	停用	總計
EP100								3	3
EM100								3	3
ET100								6	6
ED100								3	3
EMC1200						5		3	8
EP1200						7		2	9
EM1200						9		1	10
EMC300	7							1	8
EP300	7							1	8
EM300	7							1	8
EMC400								12	12
EP400								12	12
ET400								12	12
EM400								12	12
EMC500		27		21	22		16		86
EP500		26		21	22		16		85
ET500		26		21	22		16		85
EM500		27		21	22		16		86
EMC600			9		5				14
EP600			9		5				14

車型	七堵 機務段	臺北 機務段	新竹 機務段	彰化 機務段	嘉義 機務段	高雄 機務段	花蓮 機務段	停用	總計
ET600			9		5				14
EM600			9		5				14
EMC700			40						40
EP700			40						40
ET700			40						40
EM700			40						40
ED800			45		39			2	86
EP800			45		39			2	86
EM800			90		78			4	172
ED900	18	10							28
EM900	45	25							70
EP900	27	15							42
TED1000		16							16
TEM1000		32							32
TEP1000		16							16
TED2000		20					16	2	38
TEM2000		40					32	4	76
TEP2000		20					16	2	38
總計	111	300	376	84	264	21	128	88	1,372

單位：輛

資料來源：臺鐵 110 年報^[31]

表 3-6 臺鐵柴油客車配置表

車型	七堵 機務段	臺北 機務段	新竹 機務段	彰化 機務段	嘉義 機務段	高雄 機務段	花蓮 機務段	停用	總計
DR1000	15			21					36
DR2510							2		2
DR2700							8		8
DR2800							28		28
DR2850							14		14
DR2900							10		10
DR2950							5		5
DR3000							48	2	50
DR3070							24	1	25
DR3100							20		20
DR3150							10		10
總計	15	0	0	21	0	0	169	3	208

單位：輛

資料來源：臺鐵 110 年報^[31]

臺鐵系統客車數量則整理於表 3-7。在所有客車中數量最多者為推拉式客車，亦即推拉式自強號之客車。該型車種為動力集中式，前後二輛車為動力機車，而中間 12 輛則為無動力客車。雖然客車係與

動力機車配合整組引進投入運轉，但若以其他動力機車牽引其客車亦屬可行。

表 3-7 臺鐵客車配置表

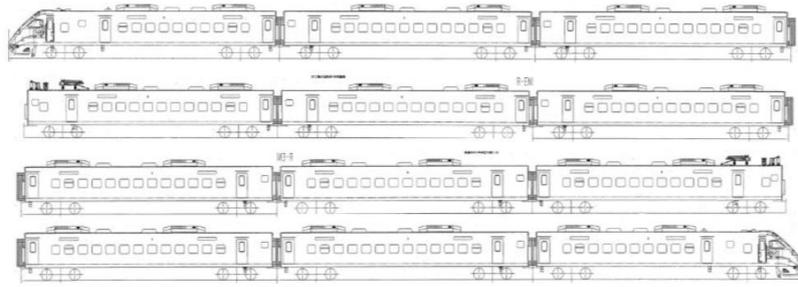
車型	數量
推拉式客車	381
頭等空調車	261
二等空調車	120
二等客車	1
二等客守車	3
三等客車	8
三等客守車	9
行李車	4
郵政行李車	15
電源行李車	19
花車	3
檢查車	1
其他	2
總計	828

單位：輛

資料來源：臺鐵 110 年報^[31]

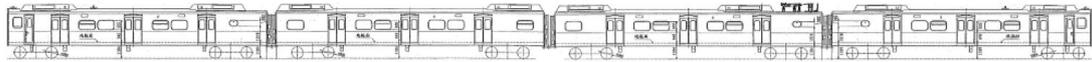
3.2 臺鐵新購車輛

臺鐵局計畫於 104 至 113 年採購城際電聯車(12 輛 1 組，如圖 3.1 所示)、區間客車(4 輛 1 組，如圖 3.2 所示)、電力機車(如圖 3.3 所示)、柴電機車(如圖 3.4 所示)及支線列車(如圖 3.5 所示)。為了彈性配合北部區域尖離峰時段運輸需求，圖 3.2 所示之區間客車可 1 組單獨運轉，亦可 2 或 3 組聯掛運行，提供臺鐵局每組 4 輛至 12 輛車之調整彈性。



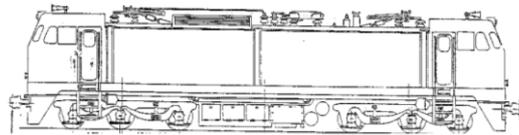
資料來源：臺鐵整體購置及汰換車輛計畫(104~113 年)

圖 3.1 EMU3000 型列車編組圖



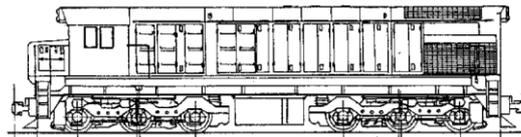
資料來源：臺鐵整體購置及汰換車輛計畫(104~113 年)

圖 3.2 EMU900 型列車編組圖



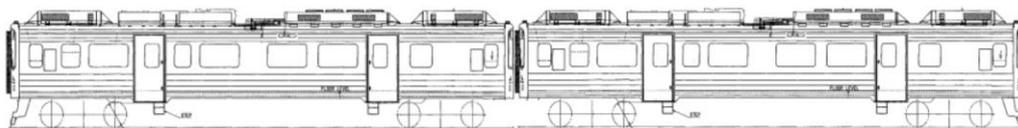
資料來源：臺鐵整體購置及汰換車輛計畫(104~113 年)

圖 3.3 電力機車



資料來源：臺鐵整體購置及汰換車輛計畫(104~113 年)

圖 3.4 柴電機車



資料來源：臺鐵整體購置及汰換車輛計畫(104~113 年)

圖 3.5 支線列車

3.3 臺鐵預定淘汰車輛

臺鐵各式客車依行政院「財務標準分類交通及運輸設備」最低使用年限為 30 年^[32]，預計於民國 113 年時，臺鐵系統將有 744 輛城際客車逾齡，其中絕大多數為莒光號及復興號之客車。而區間車則將有 EMU400 型通勤電聯車 48 輛達到逾齡標準。在電力機車方面則有 E200、E300 及 E400 型電力機車將於民國 113 年全數逾齡。未來 2026 年時臺鐵局預定報廢各式客車與動力車輛整理如表 3-8。

表 3-8 臺鐵車輛汰換輛數規劃

年度	新車數	報廢數		年度變動	累積變動	說明
~2020	0	69	動力車 54 客貨車 15	-69	-69	無使用價值優先評估報廢
2020	20	175	EMU1200 電聯車 30 DR2800 柴聯車 45 莒光復興客車 100	+113	+44	
2021	268					
2022	414	221	柴電機車 4 電力機車 6 DR2900 柴聯車 15 莒光復興客車 196	+507	+551	
2023	314					
2024	180	368	柴電機車 85 電力機車 150 DR3000 柴聯車 75 莒光復興客車 58	-162	+389	
2025	18					
2026	8					
總計	1222	833			+389	

單位：輛

資料來源：臺鐵整體購置及汰換車輛計畫^[32]及本計畫訪談

3.4 車輛維修規定

臺鐵局擁有超過 4000 輛各式車輛，而所有車輛均必須持續維修方能維持正常運轉。維修規則主要依據為 105 年 4 月 19 日修正，交通部交路監(一)字第 10597000351 號令修正發布「鐵路機車車輛檢修規則」^[33]。該規則所稱鐵路機車車輛係包含營運用之各式客貨車輛，

而規範對象則包括國營鐵路機構、地方營鐵路機構、民營鐵路機構及經核准經營所營事業以外客貨運輸之專用鐵路機構。該規則計分為 4 章共 38 條，其中除第一章總則外，與臺鐵直接相關者為第二章，營運時速未達二百公里機車車輛之檢修。至於第三章營運時速達二百公里以上機車車輛之檢修則適用於高鐵系統，最後第四章為附則。

鐵路機車車輛檢修規則^[33]第二章始於第 6 條，終於第 27 條，共計有 22 條條文。其中第 6 至第 15 條為第一節機車檢修，而第 16 條至第 27 條則為第二節車輛檢修。其中與本計畫較為相關者為有關施作最為頻繁檢修之規定。在機車檢修方面，第 7 條說明機車檢修分為定期檢修及臨時檢修兩種，而第 8 條則明訂定期檢修分為四級。其後第 9 條又規定機車一級檢修週期為 3 日，但得扣除停用及滯留日數。至於公里數則不計。至於日數之定義則未在本規則中說明，例如若停用一段日數之後，於某月 20 日 23 時 30 分開始運用，至 22 日凌晨 0 時 30 分共計使用 25 小時，其日數應如何計算則未明確定義。

在車輛檢修方面，該規則於第 16 條定義客貨車輛檢修，分為不定期檢修、定期檢修及臨時檢修，而第 17 條又將不定期檢修區分為五種：列車檢修、隨車檢修、停留檢修、運用檢修及交接檢修。其中與本計畫最為相關者為運用檢修。本條規定運用檢修屬不定期檢修，依旅客列車運用行駛二千四百公里以內，利用終點客車編組停留時間，於指定路線停留狀態下施實之。至於客貨車輛定期檢修則於第 19 條訂為四級，其中頻率最高者為一級檢修，規定客車檢修週期為 60 天以內、貨車為 90 天以內，與本計畫關聯較低。

綜合上述說明可發現施行頻率最高者，在機車檢修方面為一級定期檢修，施行週期為 3 日；在車輛檢修方面則為不定期之運用檢修，應每 2,400 公里施行 1 次。依一般經驗，臺鐵每組自強號列車平均每日運行約 800 公里，因此上述二種檢修可同步進行。但其他車種如莒光號、區間車等則平均每日運行里程可能為 600 公里或更低。因此欲規劃高效率之維修時程並不容易。

3.5 車輛編組運用計畫

編組運用計畫主要內容為其車隊執行任務之規劃，為臺鐵系統最重要的資源運用計畫之一。臺鐵系統每日均須開行約 1,000 列次之列車，而編組運用計畫即將所有這些車次進行分組，使得每一組車次均能由一組列車編組依序執行，而完成後該編組可順利回到其基地去。如此每一組車次即稱為一個「運用」。臺鐵為本計畫提供了全套編組運用計畫，例如圖 3.6 所示例即為本年度為 TMU1000 型(太魯閣號)編組所使用的 T1 運用。

運號 用碼	臺北機務段 【TMU1000】 機車運行 110.10.20 151電			編組
	知 本	臺 東	樹 調	
T1		19:13 (432)	14:35 △X○	2 組 × 8 車
		20:02 站 (447)	00:38	
	10:23	(402)	05:41	
	10:50 站	(417)	15:34	
		00:18 (448)	19:32	
		05:00 站 (401)	09:10	
			2187.4	

資料來源：臺灣鐵路管理局

圖 3.6 臺鐵編組運用示例

3.6 車輛基地維修能力

目前臺鐵系統共配置有富岡車輛基地(臺北機廠)、花蓮機廠以及高雄機廠 3 處主要車輛基地。這些車輛基地主要辦理三、四級維修保養工作，其中富岡車輛基地主要負責機車及電聯車之維修、花蓮機廠負責 DR2800、DR3100 柴聯車以及 DHL100 柴液機車、R100、R150、R180 型柴電機車之維修，而高雄機廠則以負責客車與貨車之維修為主。臺鐵車隊規模龐大而車種繁多，維修工作負擔亦重。以機車修理情形為例^[31]，臺鐵系統於 110 年總計修理電力機車 12,336 輛、推拉式電力機車 11,374 輛、柴電機車 8,699 輛、柴液機車 1,061 以及電聯

車 44,587 輛，合計達 78,057 輛。此外並修理客貨車 38,484 輛，包括客車 25,486 輛、貨車 12,733 輛以及電源車 265 輛。總計臺鐵在 110 年總計修理了各式車輛 83,071 輛。

3.7 車輛編組與運能

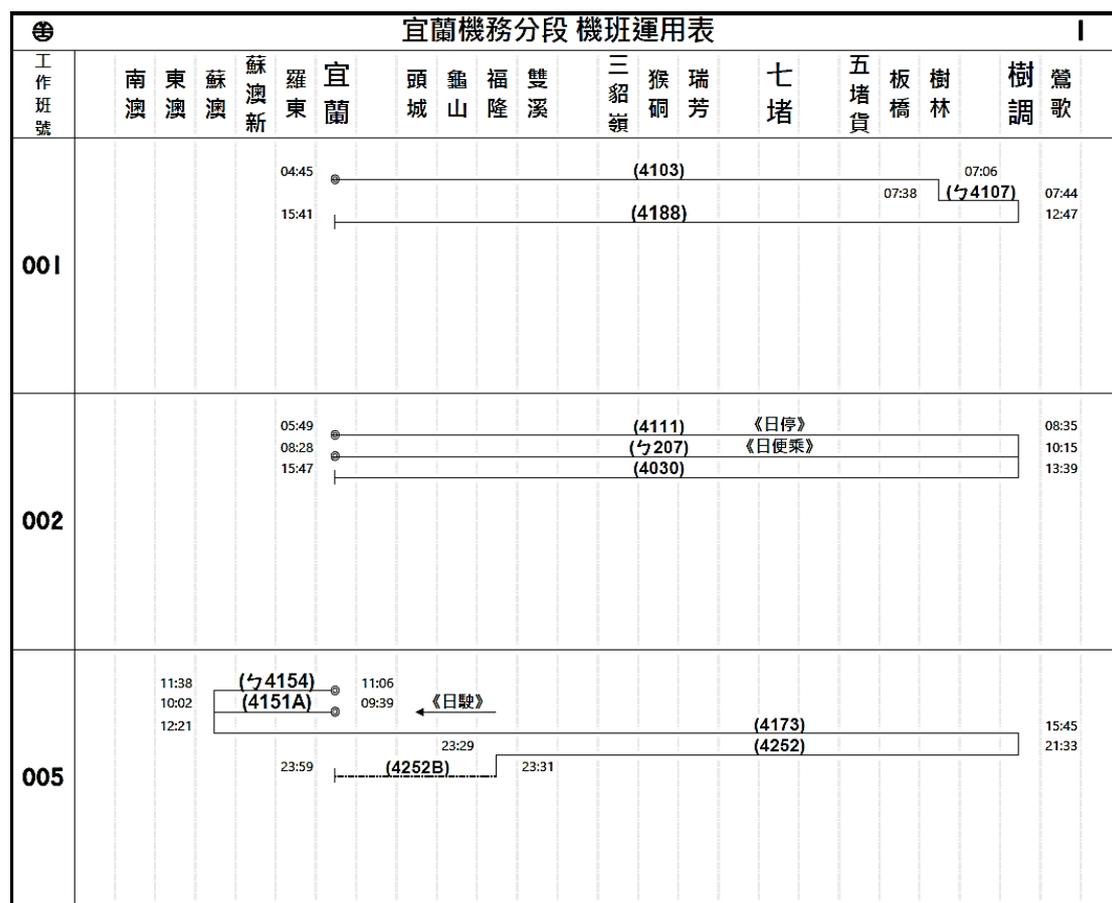
臺鐵是一個以客運為主的鐵路系統，其運能可用系統運轉時所產生之延座公里數來衡量之。雖然各型車組之定員數各不盡相同，但均屬固定值，因此車輛之延車公里亦可用以估算運能。在另一方面，鐵路系統所能產生之運能除了受到可用車輛編組數之影響外，亦受到路軌配置、乘務人力、維修能力、基地區位、車輛於各基地配置、駐車空間及班表等諸多因素之影響。

臺鐵 110 年年報^[31]表 21 顯示，在臺鐵系統中最主要動力機車：電力機車、推拉式電力機車及電聯車，其全年平均每日行駛公里數相對穩定，整理如表 3-9 所示。而此一數據即反映了上述所有影響因素綜合影響之最終結果。因此若假設其他因素相對穩定不變，則可使用表 3-9 所示歷史統計，大略推估車輛編組數量發生變化時，對運能之連帶影響。

表 3-9 臺鐵各式電力機車平均每日行駛公里數

年度	電力機車	推拉式電力機車	電聯車
108	208	661	139
109	198	680	141
110	191	629	115

臺鐵局編排機班人員工作班時，所依據規章為「交通部臺灣鐵路管理局動力車乘務員勤務時間排班須知」。為了達到高效率人力資源運用，並提供乘務人員良好工作環境之目的，鐵路系統必須縝密排定所有機班人員每日工作班。編排工作班具有相當高複雜性以及專業性，往往需要耗費相當人力為之，且排班人員養成不易，亦形成鐵路機構之挑戰。本計畫在臺鐵協助下已取得臺鐵系統一組完整機班人員工作班，如圖 4.2 所示例。



資料來源：臺灣鐵路管理局

圖 4.2 宜蘭機班組工作班示例

4.3 車班人員工作班

臺鐵車班人員主要任務係擔任各車次列車長。車班人員之排班與機班人員類似，主要依據為「運務處乘務人員排班注意事項」，其排

班均為高重要性、常態例行，同時又耗費大量人力工作。本計畫在臺鐵協助下已取得臺鐵系統一組完整機班人員工作班，如圖 4.2 所示例。

班號	車長值乘車次	工作時間			約束時間	間隔時間
		乘務	整備	合計		
6001 休息日	台南 新左營 潮州 枋寮 台東 15:54 (3071) 16:28 18:58 (3334) 17:23 6:07 (301A) 5:40 6:26 (301) 9:17 12:25 (372) 10:27	2:9 5:35 7:44	2:5 2:20 4:25	4:14 7:55 12:9	2:00 2:00	09:35
	彰化 新左營 潮州 枋寮 17:20 (554) 13:04 20:04 (141) 23:05 8:38 (3053) 9:15 10:58 (3064) 9:39 11:45 (3061) 12:32	7:17 3:7 10:24	2:20 1:57 4:17	9:37 5:4 14:41		

資料來源：臺灣鐵路管理局

圖 4.3 高雄車班組工作班示例

4.4 運轉資源運用狀況

鐵路系統最主要運轉資源為人、車與路。臺鐵系統除了車輛資源已說明於第三章之外，與運轉最為直接相關者為機班人員(駕駛人員)及車班人員(列車長)，於臺鐵體系中依序分別屬於機務處及運務處。依民國 110 年底統計，臺鐵運務處計有人員 5,606 人，為臺鐵全局各一級單位中人數最多者；而機務處則有 5,372 人。運務、機務二處合計 10,978 人，占全局總共 15,275 人之 3 分之 2 以上。

在鐵路方面，臺鐵全系統之營業里程總計為 1,065 公里，設有車站 241 處，含特等站 4 站、一等站 28 站、二等站 25 站、三等站 72 站、簡易站 66 站及招呼站 46 站。

臺鐵系統於 110 年共計運輸了 15,493 萬人次，產生 703,003 萬延人公里，平均每人運程 45.4 公里。此一總運輸量顯著低於 108 年 23,615

萬人次(1,104,560 萬延人公里)以及 109 年 20,352 萬人次(931,422 萬延人公里)，衰退原因可合理推論為新冠肺炎疫情之影響。

4.5 計畫基本資料

本節統一說明本計畫所使用重要基本資料，於各處內文則不再逐一贅述以方便閱讀。

1. 臺鐵真實班表係使用 109 年 11 月 3 日真實班表。
2. 真實路軌依據臺鐵行控中心顯示面板 110 年 9 月 28 日照片而建立數位模型。
3. 基準運轉時分綜合臺鐵所提供之數據以及由真實班表歸納。
4. 交通部鐵道局，彰化市鐵路高架化計畫可行性分析^[35]。
5. 交通部，臺鐵集集支線基礎設施改善計畫^[36]。
6. 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^[37]。

在路軌方面，本計畫以臺鐵行控中心顯示面板相片為依據，逐一於智慧鐵路平臺中建立精準數位模型，並依臺鐵所提供各車站慣用股道設定列車於各車站路徑。路軌模型為精準分析最重要基石之一，以臺鐵保安站與臺南站為例，圖 4.4 所示為保安站股道佈設簡圖，而圖 4.5 為行控中心顯示面板照片。臺南站相對應為圖 4.6 與圖 4.7。比較上述圖形可觀察到，此 2 座車站股道數量相同，佈設方式亦看似接近，但其實其運轉功能差異甚大，對應圖 4.4 所示臺鐵保安站，北上列車無法進入圖形最上方之副正線進行待避，而於圖 4.6 所示臺南站則無此限制。此實例顯示進行路線容量及鐵路運轉等各種分析時，有必要精準考慮各車站股道佈設狀況以避免誤導分析結果。



圖 4.4 保安站股道佈設簡圖

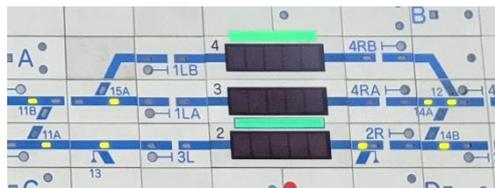


圖 4.5 保安站行控中心面板照片



圖 4.6 臺南站股道佈設簡圖



圖 4.7 臺南站行控中心面板照片

第五章 彰化路段建設計畫情境分析

5.1 彰化路段相關鐵路建設計畫

5.1.1 概述

鐵路運輸系統的提升改善是政府刻正大力推動的重要政策之一。依相關單位規劃，未來於臺鐵彰化站附近路段將進行數項重要鐵路建設計畫。目前臺鐵系統在該區域分佈如圖 5.1 所示，於北側為山線及海線，中心部分為成功站、追分站、大肚溪號誌站所形成之三角線，而彰化站則在山線與海線合併處之南側。該區域南段則有集集支線於二水站與本線分岔。



資料來源：臺鐵局

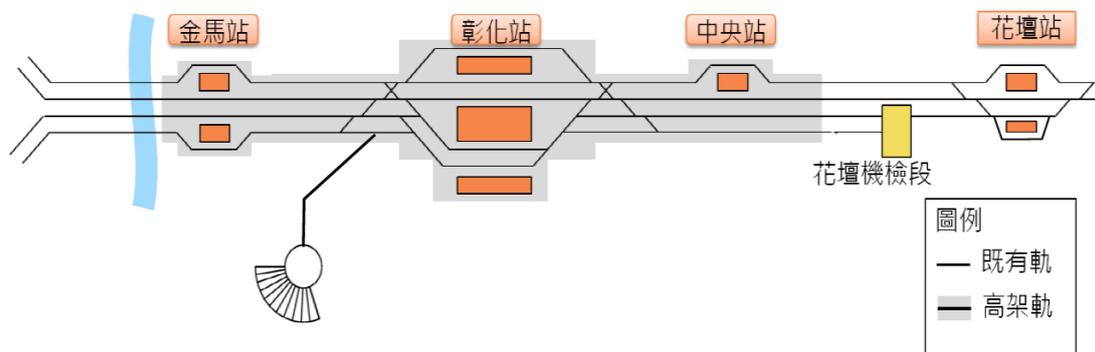
圖 5.1 臺鐵彰化站及鄰近路段

在圖 5.1 所示範圍內目前正規劃數項重要的鐵路建設計畫。所有建設計畫均依相關法規進行必要之各種評估與分析。然而由於鐵路列

車運行距離遠，且鐵路系統中網路效應顯著，因此在同一個鐵路系統中推動數項建設計畫時，必須整合考慮這些計畫對鐵路運轉所形成之綜合影響。受限於可用之技術及工具，目前並無具體數據可供相關單位觀察分析各項規劃設計中之建設計畫全數完工之後，鐵路系統可能的運轉狀況。本章後續各節將大略說明各相關建設計畫中與鐵路運轉較為相關部分。另於第六、七章分別呈現本計畫容量分析與運轉分析之結果。

5.1.2 彰化高架計畫

依據鐵道局提供前瞻基礎建設-軌道建設之彰化市鐵路高架化報院修正報告^[35]，臺鐵彰化站及其鄰近路段將改建為高架鐵路，其工程範圍以及所規劃未來軌道佈設方式如圖 5.2 所示。



資料來源：彰化市鐵路高架化報院修正報告

圖 5.2 彰化市鐵路高架化工程範圍

此工程除了將彰化站改建為高架車站外，並於其北側增設金馬站以取代目前大肚溪號誌站並於其南側則增設中央站。於中央站南側之海側則設置花壇機檢段以取代目前彰化車站基地之功能。

目前現況彰化站股道佈設狀況示於圖 5.3 臺鐵行控中心顯示面板照片。圖左方為北，上方為山側。照片上方(山側) 4 股道主要為西幹

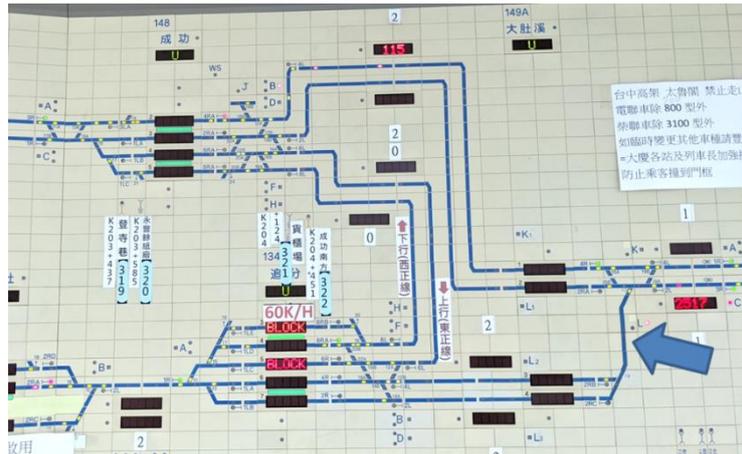
線日常運轉所使用，而下方(海側)則屬車輛基地使用為主。由該圖可明顯觀察到，由車站南方北上進站之列車(圖中由右向左運行)，與車站北方南下進站之列車(圖中由左向右運行)，在站內係進入同一股道。這種特殊股道佈設型態使彰化站不可能完全區隔南下及北上運行之列車，任何路線容量分析或運轉分析均必須同時考量所有行車方向。



資料來源：臺鐵行控中心顯示面板

圖 5.3 彰化站現況股道佈設

彰化站北側即為山線與海線交會處，其現況軌道佈設如圖 5.4 所示。此圖之出處以及轉置方向均與圖 5.3 相同，不再重複贅述。彰化站位置即在圖 5.4 所示範圍右方（即南側）。成功站位在圖 5.4 上方（山側），為山線最南端，而追分站則在圖 5.4 下方（海側）。成功站與追分站之南側，均佈設二股道進出站。然而成功站向南出站後，以二股道銜接西幹線，而追分站則二股道先合併成為一股之後，再有一股道銜接西幹線，如圖 5.4 中，右下方箭頭所示。此處單股道路段雖然長度甚短，但對鐵路運轉影響重大。於臺鐵系統中大肚溪南號誌站並未辦客，但於其真實班表中，仍有極少數海線南下列車須要安排於大肚溪南號誌站作短暫停留，以配合山線進出西幹線之列車運轉。此為海線、山線、西幹線列車互制所帶來之效果，亦凸顯任何僅考慮單一小区段，或甚至僅考慮單一行車方向之分析所不足之處。



資料來源：臺鐵行控中心顯示面板

圖 5.4 臺鐵山海線交會處現況股道佈設

5.1.3 集集線改善計畫

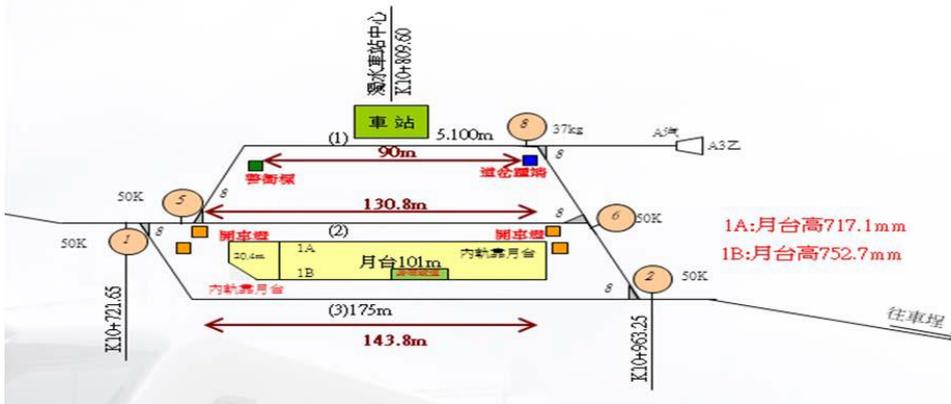
集集線為臺鐵系統重要支線之一，與西幹線二水站銜接，如圖 5.5 所示。該支線配置 6 處車站，由本線起算依序為源泉站、濁水站、龍泉站、集集站、水里站及車埕站。目前支該線全線均為單線運轉，所有 6 處車站中僅濁水站可交會或待避。因此現況集集線採大約每 80 分鐘一進一出之運轉模式，雙向合計每日提供 22 列次之服務。



資料來源：臺鐵集集支線基礎設施改善計畫

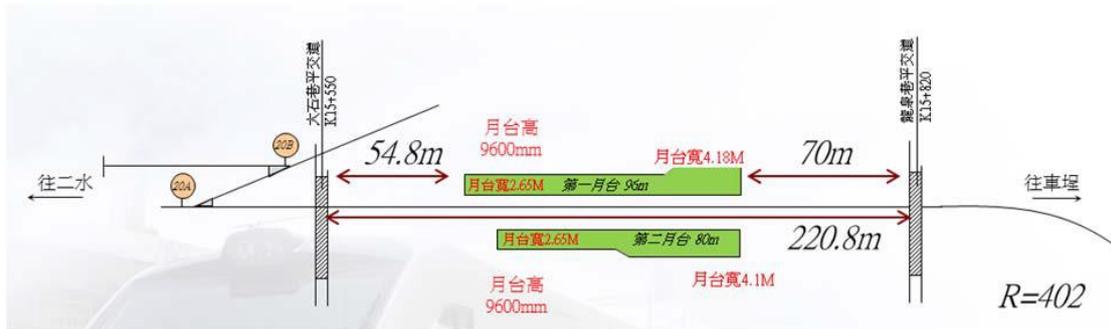
圖 5.5 集集線路線圖

前瞻基礎建設-軌道建設「臺鐵集集支線基礎設施改善計畫」^[36]
 規劃改善集集線各車站股道，使其可辦理列車交會。圖 5.6 至圖 5.10
 各圖為規劃佈設股道狀況。



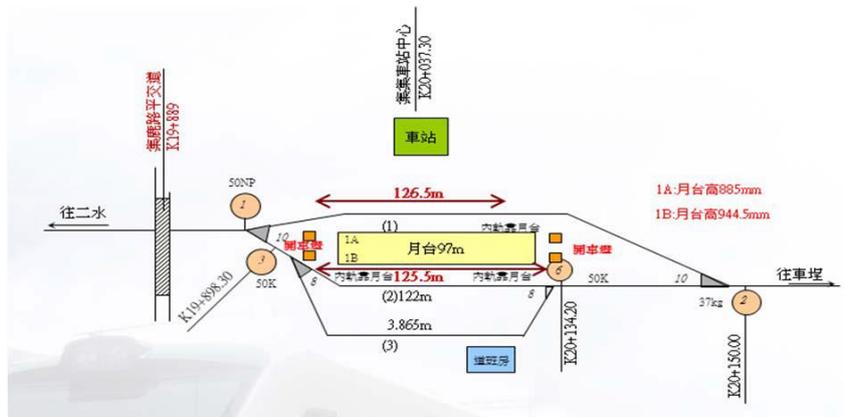
資料來源：臺鐵集集支線基礎設施改善計畫^[36]

圖 5.6 濁水站股道圖



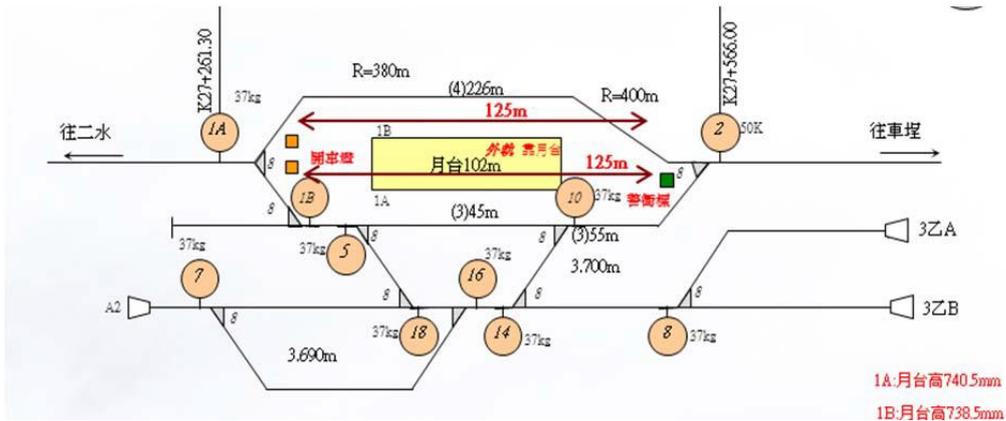
資料來源：臺鐵集集支線基礎設施改善計畫^[36]

圖 5.7 龍泉站股道圖



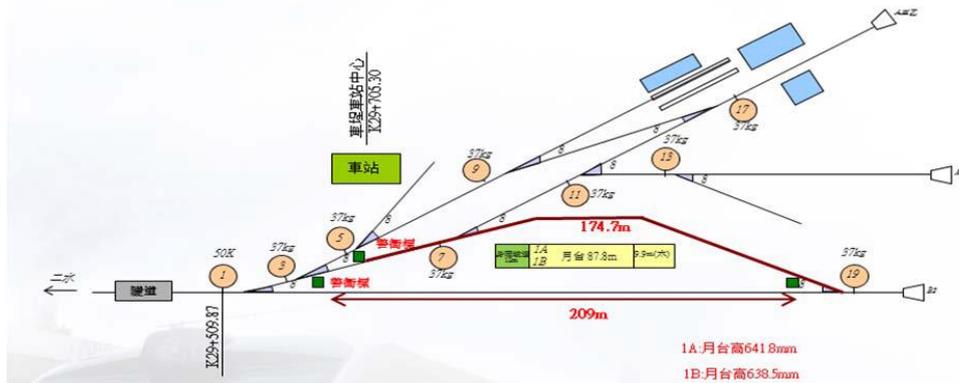
資料來源：臺鐵集集支線基礎設施改善計畫^[36]

圖 5.8 集集站股道圖



資料來源：臺鐵集集支線基礎設施改善計畫^[36]

圖 5.9 水里站股道圖

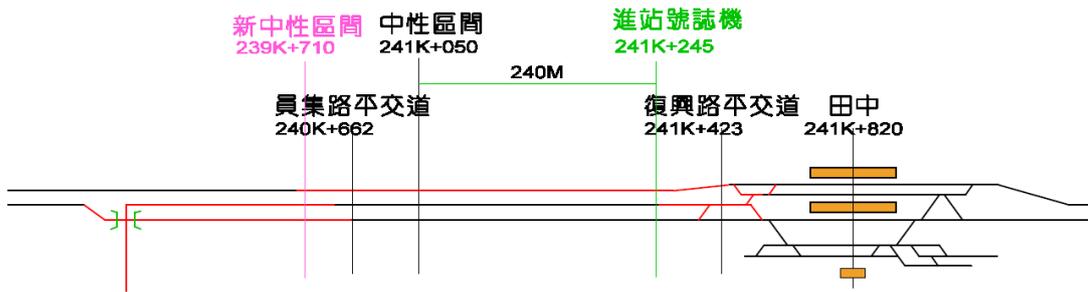


資料來源：臺鐵集集支線基礎設施改善計畫^[36]

圖 5.10 車埕站股道圖

5.1.4 田中支線計畫

依高鐵彰化站與臺鐵田中站轉乘接駁計畫(簡稱田中支線計畫)綜合規劃期末報告^[37]，興建該支線主要目的在提供高鐵與臺鐵兩系統間接駁運輸功能，該支線為單線軌道，規劃由西幹線田中站向海側岔出，並於支線末端，在高鐵彰化站附近設置新車站；於支線沿線則不另設其他車站。該新設車站目前並未正式命名，本計畫援用報告所使用「高鐵彰化站」名稱。



資料來源：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

圖 5.11 田中站改建股道圖

配合田中支線興建，該計畫將部分改建現有臺鐵田中站，如圖 5.11 所示。以下圖 5.12 為臺鐵田中站股道佈設現況。此二圖均以左方為北，上方為山側。由圖 5.11 可觀察到未來田中站北側將以 3 軌出站，其中西幹線主正線分別為外側兩軌，而中間軌則供銜接田中支線之用。該支線於田中站北側出站，經員集路平交道之後以立體交叉方式跨越西幹線之西正線，再轉向高鐵彰化站。這種設計可避免田中支線與西幹線西正線之平面交叉。

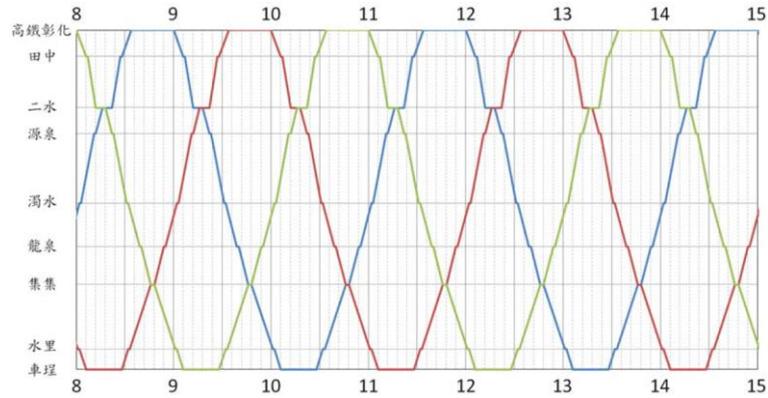


資料來源：臺鐵行控中心顯示面板

圖 5.12 田中站現況股道圖

依該綜合規劃報告^[37]說明，未來將串聯田中支線與集集線之列車運轉，亦即列車自彰化高鐵站發車之後，經西幹線田中站、二水站後進入集集線；另一方向亦以類似方式運行。該報告在不考慮西幹線列車狀況下進行分析認為運轉應屬可行，並呈現所規劃班表運行圖如圖 5.13 所示，圖中田中=二水路段僅有支線列車而無西幹線車次。然而

該路段每日運行之西幹線列車約達 200 列次，臺鐵真實班表之運行圖如圖 5.14 所示。未來若依串聯二支線列車之模式運轉，支線列車與本線列車相互影響，以及經過網路效應如何影響其他路段運轉，均有進一步分析之必要。



資料來源：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

圖 5.13 集集線綜合規劃報告之運行圖缺西幹線車次

5.2 彰化路段容量分析

5.2.1 鐵路路線容量概述

本章呈現使用本計畫技術及智慧鐵路平臺進行彰化路段之鐵路路線容量分析成果。本節將先概略說明鐵路路線容量相關論述，以及本計畫對彰化路段相關鐵路建設計畫進行容量分析之方式。至於容量分析成果內容則說明於後續各節。

如 UIC 文件^[4, 5]所指出，班表與路軌共同決定鐵路路線容量。至於車種組成雖影響路線容量，但二者之間並無必然關係，說明如下。所謂車種組成，泛指一份鐵路班表中所含有各式車種相對數量比例。概略而言，同時運行於同一鐵路系統中之車種愈多，愈不利於路線容量。然而必須注意車種組成必須與班表合併考慮方有意義。

試以一簡例說明。假設某單線區間設置有 A 至 E 共 5 座車站，所有的 B、C、D 中間車站均僅有單一股道無法辦理交會。圖 5.14 所示情境 1 為一去一回運轉模式（類似臺鐵集集線之狀況）運行圖，而圖 5.15 所示情境 2 則顯示二去二回運轉模式之運行圖。所設定車站股道佈置簡圖均附於運行圖左側。此外並假設情境 3 為某工程計畫改善了車站 C，使其可辦理交會，其運行圖示於圖 5.16，車站股道佈置簡圖亦附於運行圖左側。

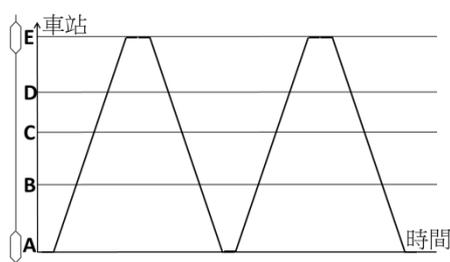


圖 5.14 情境 1 單線區間一去一回

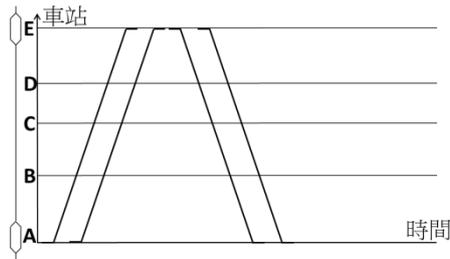


圖 5.15 情境 2 單線區間二去二回

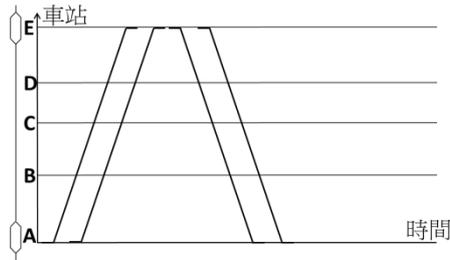


圖 5.16 情境 3 擴建車站 C 使之可交會

此簡例凸顯了以下幾個重要現象：

1. 車種組成無代表性

由上述簡例可明顯觀察到，在相同的一段時間內，情境 2 二去二回運轉模式所能運行列次數，顯然遠高於情境 1 模式，而與情境 3 相接近。各種情境所對應路線容量差異極大，然而車種組成卻完全相同。此例明確顯示路線容量分析有必要考慮個別車次安排，而不能僅考慮車種組成。

2. 班表影響重大

此例情境 1 與情境 2 明確顯示班表型態對路線容量有著重大而根本的影響。二者車種組成完全相同，亦顯示車種組成與容量之間並沒有必然關係。因此，進行鐵路路線容量分析時，雖然不一定可取得具體班表，但必須充份考慮其真實運轉型態；未考慮真實運轉型態而以隨機班表做為路線容量分析之依據可能會得到失真之結果。因此，鐵路路線容量分析有必要完整考慮全班表。

3. 瓶頸不一定具代表性

此例情境 3 與其他情境之差異，在於車站 C 經過改善，擴充其股道使之可辦理交會，因而大幅提升了整個路段路線容量。然而車站 B 與車站 D 仍維持單股道。亦即，在整個路段中，容量最小「瓶頸」並沒有改變，但路線容量卻大幅提升。且改善車站 C 所能帶來效益，受到車站 C 與車站 A 及車站 C 距離的影響（愈接近中間點效益愈大，在此不再深入討論），並非由車站 C 本身股道完全決定。由本例可知，以路段中容量最小「瓶頸」代表整個區段的容量並做為路軌設施改善之重要參據，有其盲點。因此，鐵路路線容量分析，有必要綜合考慮全路段區域，不能以瓶頸做為所有結果之代表。

4. 路線容量分析不可片段為之

假設該鐵路系統以情境 1 方式，一去一回運轉。而將其 5 處車站，逐一並且分兩行車方向個別分析「每一車站或站間在每一行車方向，每小時可容納通行之車次數」，則分析所得路線容量將遠高於實際狀況。此時若再以「路線尚有剩餘容量」之思考要求增加運行班次，則將與實況相去更遠。情境 1 之所以容量甚低，實為運轉型態所造成，而車站 B、C、D 雖為單股道車站，但個別、單運行方向分析時其容量又遠高於整體容量，實因為網路效應之影響。這些均非僅考慮「每一車站或站間在每一行車方向，每小時可容納通行之車次數」所能達到。因此，鐵路路線容量分析必須能夠納入網路效應。

上面之各項論述係使用虛擬簡例為之，但該簡例並未脫離現實。如前第 5.1.3 節所說明，臺鐵現況之集集線運轉與前述簡例之情境 1 類似，而未來集集線改善計畫則與前述簡例情境 3 類似。先前臺鐵改善北迴線武塔站之股道，亦與情境 3 類似（北迴線並不在本計畫分析範圍內，在此不再對武塔站深入討論）。此簡例單純性使其凸顯上述重要現象。類似現象並不限於集集線，而是普遍存在於臺鐵系統各處，但由於系統運轉之複雜性而不易直接觀察並釐清根本原因。前述第

5.1.2 節圖 5.4 及相關論述即為一實例，顯示在山線與海線交會處，山線列車與海線之南下列車之間存在有顯著相互影響。因此若僅進行小區段局部分析，將無法考慮此類網路效應對路線容量之影響。

本計畫對第三章所述彰化路段進行路線容量分析。所使用方法為第 2.3 節所說明，以 UIC 所提出班表壓縮法為基礎，並整合自動解衝突技術予以本土化之方法。如前所論述，進行路線容量分析時必須適當考慮網路效應，同時考量此範圍內山線、海線、成追線、集集線及田中支線之地理分佈。因此本章分為北段與南段分別進行路線容量分析。其中北段以彰化站為中心，目的在評估山線、海線、成追線以及彰化站高架化之綜合影響；南段則以田中站與二水站為中心，目的在評估集集線、田中支線與西幹線之綜合影響。其詳細資料將分別說明於第 5.2.2 節及第 5.2.3 節。

5.2.2 北段容量分析

北段分析範圍涵蓋了山線新烏日站以南、海線大肚站以南、成追線全部以及西幹線大村站以北之範圍，其現況相關區位如圖 5.17 所示。與鐵路建設計畫最相關之項目為彰化站改建成為高架車站、大肚溪號誌站改建成為金馬站、於彰化站南側新設中央站等。



資料來源：臺鐵局

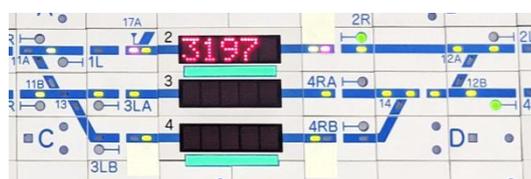
圖 5.17 北段臺鐵路線

本區域內現有車站現況股道佈設狀況，大肚站如圖 5.18、追分站、成功站及大肚溪號誌站一併示於圖 5.4、彰化站示於圖 5.3、花壇站示於圖 5.19、大村站示於圖 5.20 所示、烏日站與新烏日站併示於圖 2.16。



資料來源：臺鐵行控中心顯示面板

圖 5.18 大肚站現況股道配置圖



資料來源：臺鐵行控中心顯示面板

圖 5.19 花壇站現況股道配置圖



資料來源：臺鐵行控中心顯示面板

圖 5.20 大村站現況股道配置圖

本計畫針對現況情境與未來情境進行分析，設定條件分述如下：

1. 現況情境

本情境使用現況路軌及車站，並使用臺鐵現況班表，進行班表壓縮。

2. 未來情境

本情境設定彰化站改建、新增金馬站及中央站均已完成。同時使用臺鐵現況班表，但設定區間車增停金馬、中央站，其餘列車停站模式不變。

本項分析使用臺鐵現況班表，經統計行程進入北段車次，計有自強號 58 列次、莒光號 17 列次、區間車 172 列次以及專列 1 列次，合計 248 列次。

經分別對現況情境與未來情境進行班表壓縮，發現於現況情境，班表壓縮後跨度為 573 分鐘，而在未來情境則可壓縮至 412 分鐘，顯示未來情境之路線容量較大，其比例約為 $573/412-1=39\%$ 。以下圖 5.21、圖 5.22 及圖 5.23 依序為山線（烏日=大村）、海線（大肚=大村）以及成追線（大肚=追分=成功=烏日）現況班表運行圖，而其後圖 5.24 至圖 5.26 則為壓縮後運行圖。由於壓縮過後班表，其個別車次於各車站之行點並無意義，因此臚列這些運行圖之目的在呈現班表經壓縮後視覺上密集程度以供比較參考。

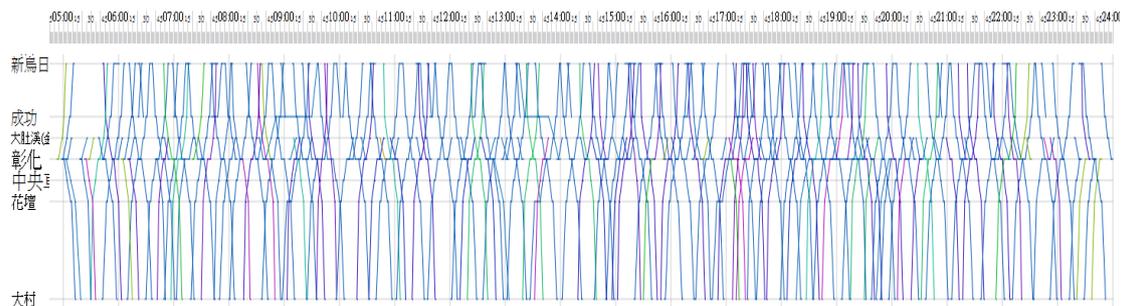


圖 5.21 山線現況班表運行圖

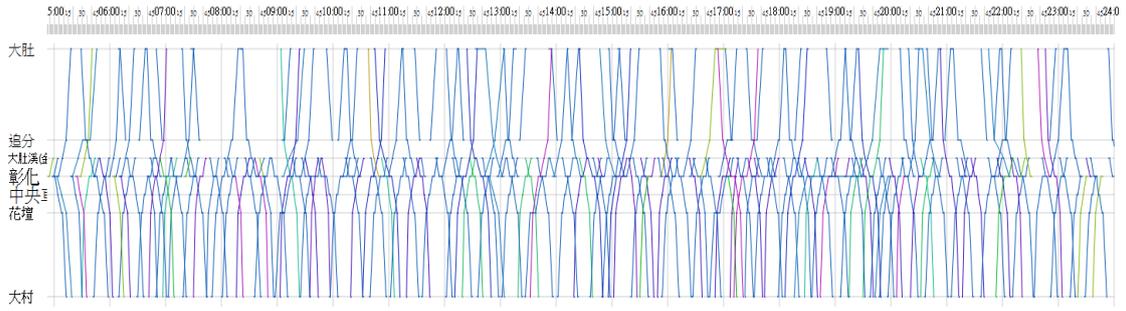


圖 5.22 海線現況班表運行圖

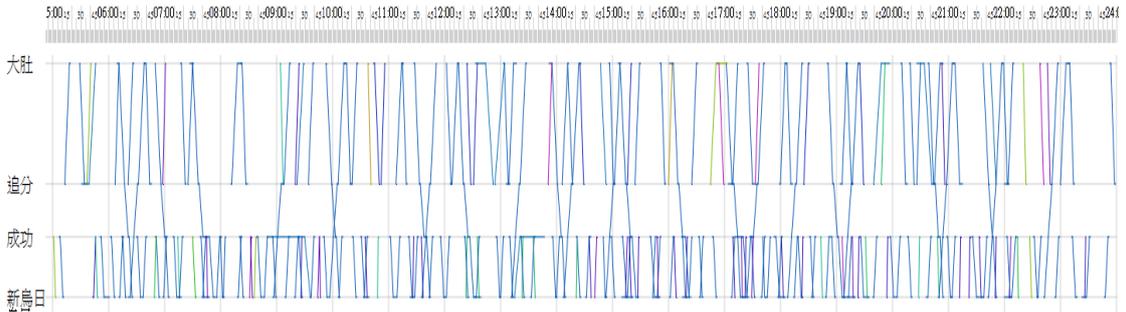


圖 5.23 成追線現況班表運行圖

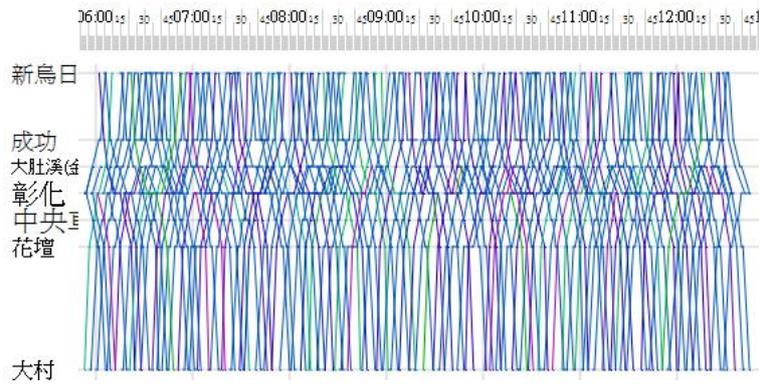


圖 5.24 山線壓縮後班表運行圖

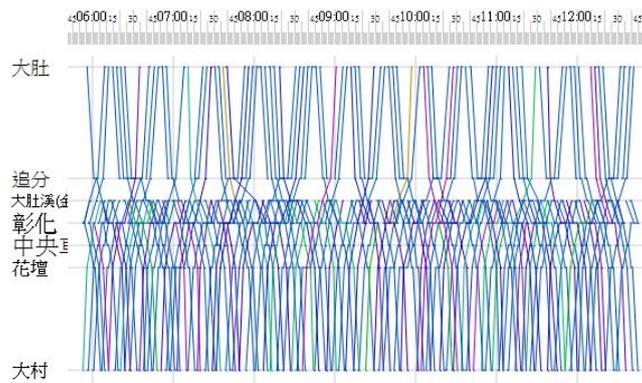


圖 5.25 海線壓縮後班表運行圖

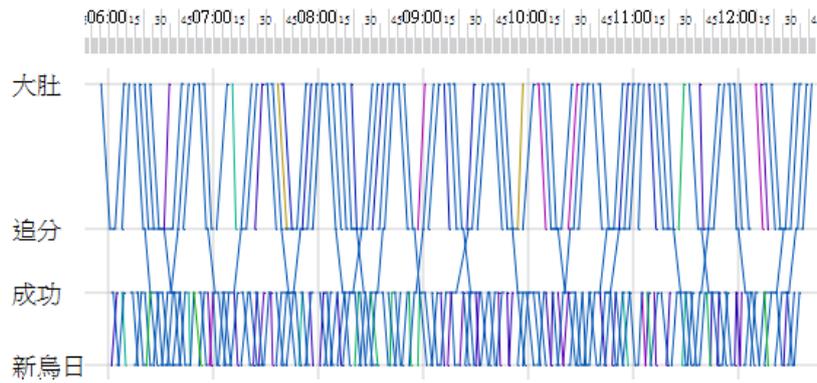
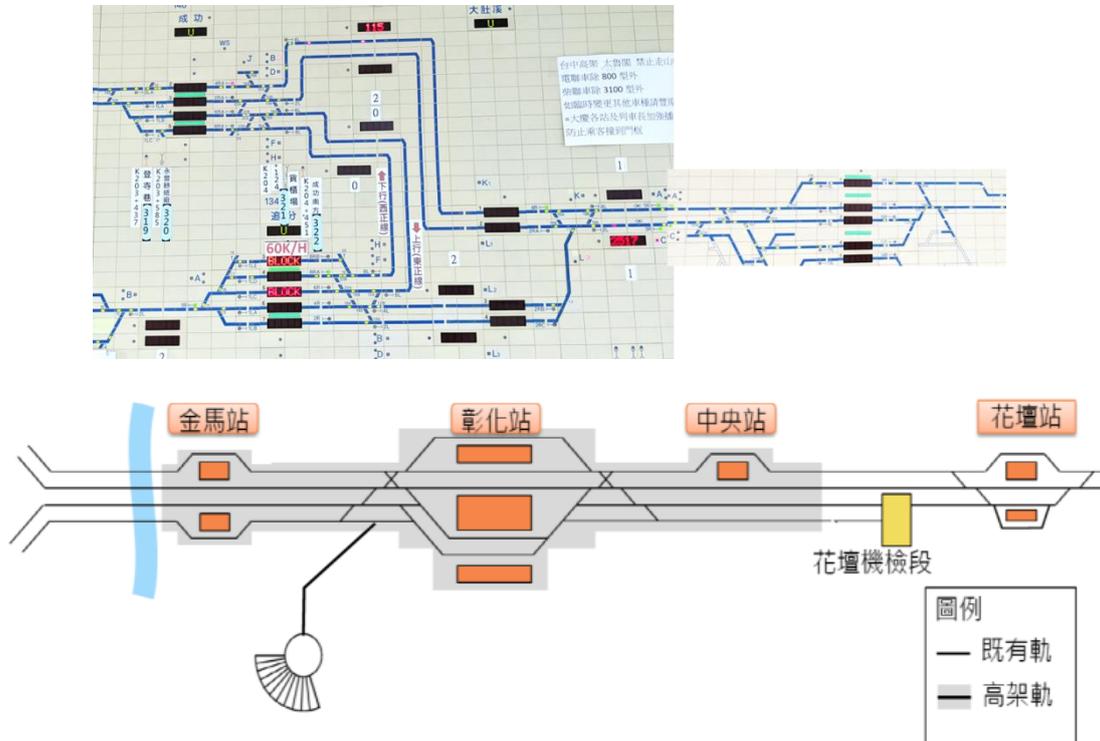


圖 5.26 成追線壓縮後班表運行圖

觀察本路段工程內容可以發現，其中對路線容量影響最大之處在海線南端，亦即山線與海線銜接處，對照如圖 5.27。由北向南觀察（圖中由左向右），現況鐵路於成功及追分站各以 2 股道出站，之後海線於大肚溪號誌站先合併為單一股道，再銜接進入山線，之後以 2 股道進入彰化站。而工程規劃則於成功及追分站出站後，維持總共 4 股道進入彰化站。此一變動應為影響路線容量之最主要因素。



資料來源：臺鐵行控中心顯示面板、彰化市鐵路高架化報院修正報告

圖 5.27 北段現況與未來對照

5.2.3 南段容量分析

南段路線容量分析範圍以為中心，涵蓋了本線社頭站、田中站、二水站及林內站共 4 處車站，以及集集線全部 6 處車站，合計 10 處車站。其現況相關區位如圖 5.28 所示。

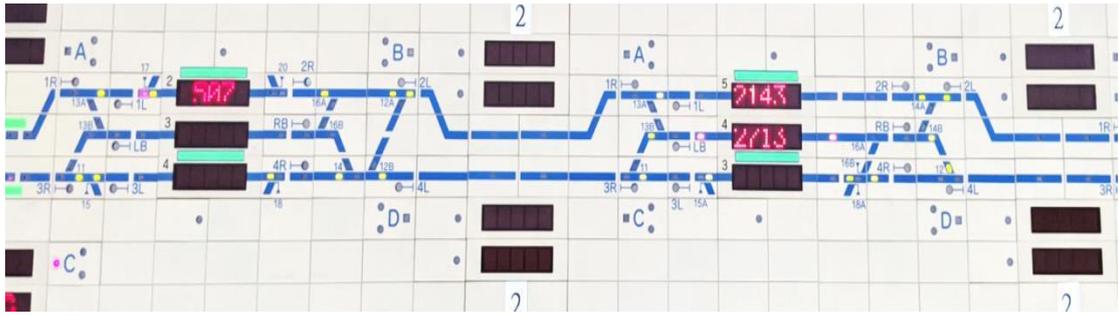


資料來源：臺鐵局

圖 5.28 南段臺鐵路線

依該綜合規劃報告^[37]說明，未來田中支線與集集線之列車將串聯運轉，亦即列車自彰化高鐵站發車之後，經西幹線本線田中站、二水站後進入集集線；另一方向亦以類似方式運行。這種規劃將造成支線列車在很短距離內進出西幹線，而本項容量分析目的即在瞭解此種運轉型態對路線容量之影響。

本範圍內本線 4 處車站現況股道佈設狀況分別示於圖 5.29 與圖 5.30。所有這些車站，其兩方向行車均相互影響而無法區隔，因此任何運轉或容量分析均必須同時考慮兩行車方向。



資料來源：臺鐵行控中心顯示面板

圖 5.29 社頭站=田中站現況股道配置圖



資料來源：臺鐵行控中心顯示面板

圖 5.30 二水站=林內站現況股道配置圖

本區域內規劃進行主要鐵路相關工程計畫有田中站改建、增設田中支線以及其末端高鐵彰化站、及集集線各車站改善。改建後田中站股道佈設如圖 5.11 所示，而改建後集集線各車站股道佈設則示於圖 5.6 至圖 5.10。其中集集線目前以大約每 80 分鐘 1 列次之頻率提供服務，由於網路效應之影響，現況集集線幾已滿載，與西幹線負荷狀況有相當差異。為了避免集集線影響本區域路線容量分析之結論，本節現況與未來情境之路線容量分析，均設定使用集集線已完成改善之後的車站股道佈設。除此之外，由於本項容量分析之主要目的在瞭解支線列車串聯運轉對路線容量之影響，因此各情境均設定田中站已改建完成，並無現況（亦即田中站未改建）對應情境。在班表的部分，於本線的部分均採用臺鐵現況班表，而所有集集線列車則依不同情境之設定，於二行車方向均延駛進入田中支線，並於高鐵彰化站折返，或依現況班表運行至社頭、田中或二水站。

由於集集線與西幹線本線之路線容量相差甚遠，本項分析予區隔，對集集線及西幹線本線設計不同情境分別進行班表壓縮以釐清其容量，分別說明如下。

1. 西幹線本線容量分析

本項分析目的在嘗試釐清集集線串聯田中支線之支線列車運轉模式對西幹線之影響。為此需要納入支線列車進入與離開西幹線之運轉操作，但排除集集線本身所帶來之影響。為此，於本項分析時設定截去集集線濁水至車埕路段，亦即設定所有支線列車均運行於源泉=二水=田中=高鐵彰化各站之間的路程，其路網如圖 5.31 所示。而比較情境則為(1)支線列車延駛田中支線，與(2)支線列車不延駛田中支線。



資料來源：臺鐵局及本計畫整理

圖 5.31 西幹線本線容量分析路線設定圖

2. 集集-田中線容量分析

支線列車串聯運行之特殊運轉型態亦同時影響集集線。為此使用圖 5.28 所示，含有完整集集線路網，並比較(1)支線列車延駛田中支線，與(2)支線列車不延駛田中支線等二種不同情境。

於此區域，臺鐵現況西幹線班表運行圖，以及集集線班表運行圖依序示於圖 5.32 及圖 5.33。雖然田中=二水路段並非集集線之一部分，但圖 5.33 仍予納入與集集線各站一併呈現，以利與其他情境之分析結果一併觀察。

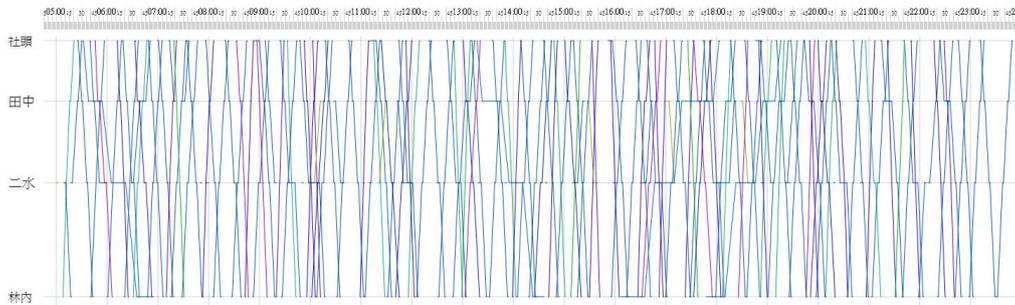


圖 5.32 社頭=林內現況班表運行圖

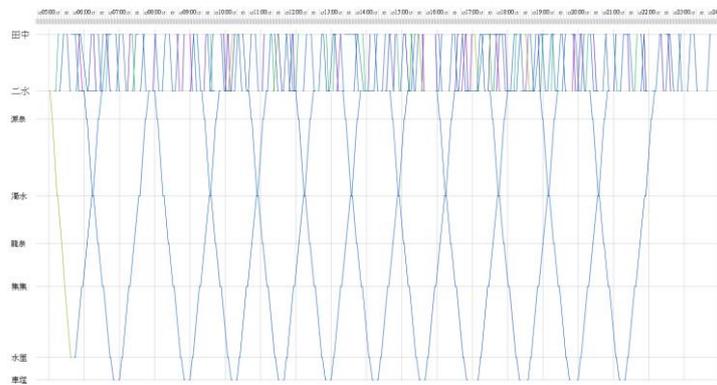


圖 5.33 集集線現況班表運行圖

截短集集線而觀察本線時，其壓縮後班表之運行圖如圖 5.34 與圖 5.35 所示，壓縮後班表跨度依序為 290 分鐘與 340 分鐘，顯示支線列車串聯運行，對本線路線容量確有影響。

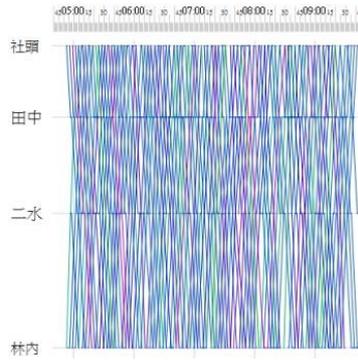


圖 5.34 截短集集線，支線列車不進入田中支線壓縮後本線班表運行圖

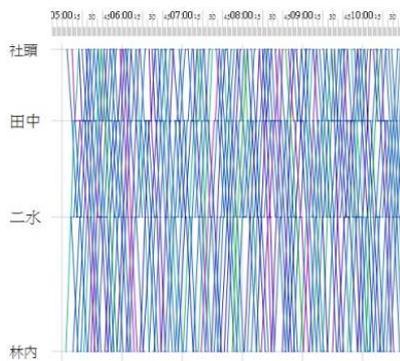


圖 5.35 截短集集線，支線列車進入田中支線之壓縮後本線班表運行圖

在另一方面，考慮完整集集線，而設定支線列車串聯運行時，其壓縮後班表跨度為 580 分鐘，壓縮後班表運行圖示於圖 5.36 及圖 5.37。至於設定支線列車依現況運行至社頭、田中或二水站之情境，其壓縮後班表跨度則為 509 分鐘，壓縮後班表運行圖示於圖 5.38 及圖 5.39。

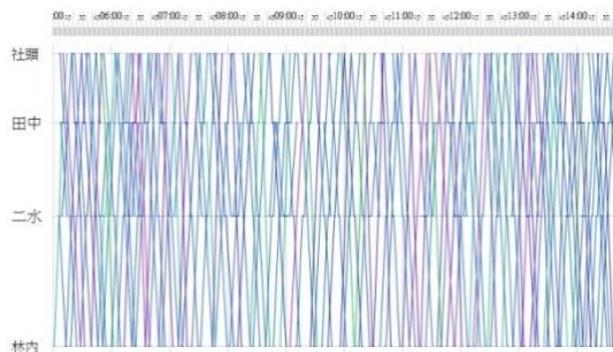


圖 5.36 支線列車進入田中支線之壓縮後本線班表運行圖

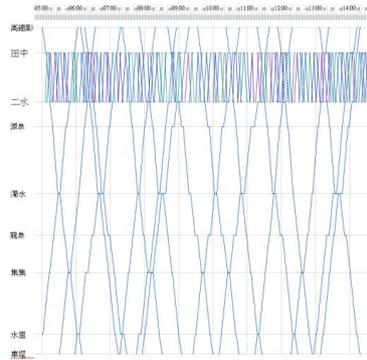


圖 5.37 支線列車進入田中支線之壓縮後集集線班表運行圖

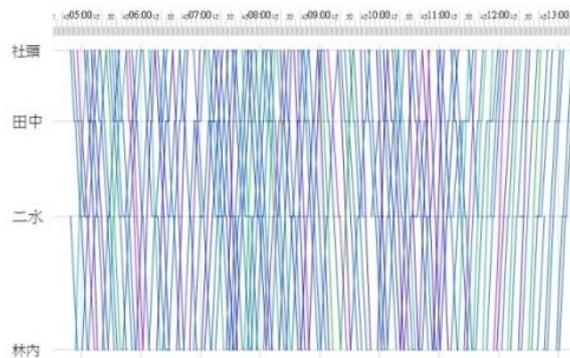


圖 5.38 支線列車不進入田中支線之壓縮後本線班表運行圖

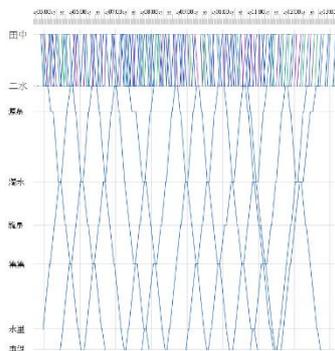


圖 5.39 支線列車不進入田中支線之壓縮後集集線班表運行圖

上述各項分析結果可統整於表 5-1。由該表可歸納以下各項：

1. 支線列車串聯運轉之影響

分析結果顯示雖然田中站採立體交叉出岔銜接田中支線，當支線列車串聯運轉時，不論對本線或對支線均影響路線容量。其原因是，以立體交叉出岔雖可有效消除列車之平面交叉，但支線列車於田中站

仍須占用股道停靠，且有最大與最小停站時間之限制（過長或過短之停站時間均為實務所不接受），因而造成與本線列車之間的相互制束。排除支線本身之影響時，可得到對本線容量影響約為 $340/290-1=17\%$ ，而對支線影響則約為 $580/509-1=14\%$ 。

2. 路線容量之充裕程度

若全天可運轉時間以 20 小時（1,200 分鐘）計，表 5-1 數據顯示在所有情境下，此路段均有充足路線容量。然而須注意路線容量充足並不同於運轉狀況無顧慮。有關此點將在第五章運轉分析中深入分析之。

表 5-1 南段班表壓縮結果

集集線設定	支線列車進入田中支線	
	進入	不進入
電力機車	340	290
截短	580	509

註：集集線截短，路線參考圖 5.31；集集線完整，路線參考圖 5.28

單位：分鐘

5.2.4 結果討論

綜合本章各節分析結果，可知彰化站改建以及以金馬站取代大肚溪號誌站，對該處路線容量有正面影響。在另一方面，建設田中支線並與集集線之列車串聯運轉，則對本線及支線之容量均有負面影響。然而由班表壓縮後之跨度觀之，不論北段或南段，未來情境路線容量均足以負荷目前車次。然而未來若考慮集集線增班、田中支線配合高鐵系統之彰化站班表、或其他服務型態之調整，仍須依所構想之運轉型態再分析其路線容量是否足以負荷。

5.3 彰化路段運轉分析

5.3.1 鐵路運轉分析概述

本章呈現使用本計畫技術以及智慧鐵路平臺進行彰化路段運轉分析之成果。本節將先整體說明其基本概念，再於後續各節說明詳細內容。所謂鐵路運轉分析，指針對給定鐵路路網以及擬提供車次服務，分析其未來運轉時可能績效。其基本方法是試排班表，而使用核心技術為自動排點技術。本所經多年研究，已成功開發可快速解衝突之自動排點技術，使得鐵路運轉分析成為工程計畫分析新的有力工具。

如前第 2.3 節說明，UIC 文件^[4, 5]明確指出路線尚有剩餘容量並不同於可排入更多車次，因此欲具體討論提供車次服務增加或調整，在給定的情境下試排班表可做為具體有效討論之基礎。

5.3.2 情境設定

於臺鐵系統，大部分車次運行距離均甚長，有些甚至達數百公里。此處分析目的在整體瞭解彰化及其附近鐵路路段，多項建設計畫對臺鐵系統運轉之綜合影響。因此進行運轉分析時，必須配合建設計畫之工程範圍、車次運轉以及鐵路系統之型態而適當劃設分析範圍。所分析範圍過小或過於破碎將無法觀察網路效應，而範圍過大則將模糊化分析結果，不易聚焦觀察建設計畫所帶來之影響。經綜合考量，本項分析範圍路段設定北起臺鐵竹南站，南迄斗六站。該範圍以彰化站為中心，包括了完整的山、海線、成追線、集集線以及規劃未來之田中支線。該區域現況鐵路路網狀況如圖 5.40 所示。

在此範圍內，臺鐵現況班表顯示共計有自強號 60 列次、莒光號 17 列次以及區間車 233 列次，共計 310 列車運行其中。這些列車有多種運行範圍，例如由竹南至斗六、竹南至彰化、彰化至斗六等。其

運轉分析由數個不同面向分別設定情境，說明如下。

1. 現況情境

本情境於本線設定使用現況路軌及車站，而於集集線則使用未來路軌，與容量分析之設定一致。進行運轉分析時所使用班表亦以現況班表為基礎。

2. 未來情境

本情境設定為所納入分析之建設計畫全數完工，亦即彰化站改建、金馬站取代大肚溪號誌站、新增中央站均已完成並上線運轉。在班表部分，亦使用臺鐵現況班表，但區間車增停金馬、中央站。支線列車則設定採串聯方式運行，亦即集集線車次延駛田中支線。

3. 支線情境

於本面向，設計有支線（含有完整的集集線、田中支線）與無支線（截去源泉至車埕路段）二種情境。其中無支線情境之設計，係截去集集線濁水至車埕之路段，而支線列車則設定運行於源泉=二水=田中=高鐵彰化各站之間的路程。其詳細說明可參考圖 6.18 及相關內文，在此不重複贅述。

4. 時隔情境

依未來股道佈設方式以及未來臺鐵對彰化站月臺使用方式，未來彰化站立體化工程完工後，北側將有數種可能之平面交叉，如圖 5.41 所示。經訪談發現，於未來完工後之路軌狀況，於彰化站北側將可能需要 6 分鐘之最小平面交叉時隔。為此，本項分析為彰化站北側之平面交叉設定 3 分鐘、6 分鐘共 2 種時隔情境。至於系統中其他位置之平面交叉時隔則設定為 3 分鐘。



資料來源：鐵道局及本計畫繪製

圖 5.41 彰化站北側平面交叉

5.3.3 分析結果

本計畫運轉分析在給定情境下，使用現況班表，調整行點排除衝突，之後再以所得到無衝突班表，計算各重要路段列車運行時間長度，並比較各情境之差異。

經測試比較，發現前節所述「有支線」與「無支線」之情境設定，其運轉狀況差異極小。因此以下分析結果均使用「有支線」情境。雖然前章路線容量分析結果發現支線之有無，以及支線列車之運轉型態影響本線及支線之路線容量，但因為相對於運轉需求，各種情境下在此區域之路線容量尚屬充足，因此有無支線對運轉狀況影響不大。運轉分析與容量分析由不同觀點進行分析，而其結果是一致的。

綜整在各種情境下試排班表，可得到預期各項工程對重要路段列車運行時間長度之影響如下：

1. 成功=花壇、追分=花壇之間，區間車約增加 3.5 分鐘之行車時間。
2. 成功=花壇之間，自強號行車時間約增加 0.9 分鐘。

3. 豐原=新烏日之間為車站間距小之區域，於該路段行車時間平均約縮短 1 分鐘。
4. 彰化站北側之最小平面交叉時隔設定為 6 分鐘，影響不大。

對於彰化站北側最小平面交叉時隔設定為 6 分鐘，圖 5.42 所示為分析時試排之班表中之一例。該例為 146 次海線北上自強號於 20:11:30 離開彰化站，其後 512 次海線南下莒光號於 20:17:30 到站，其間之時隔正確排定為 6 分鐘。



圖 5.42 彰化站北側 6 分鐘平面交叉例

以下圖 5.43 及圖 5.44 依序分別為現況情境下之山線及海線試排班表之運行圖。



圖 5.43 現況情境山線班表運行圖

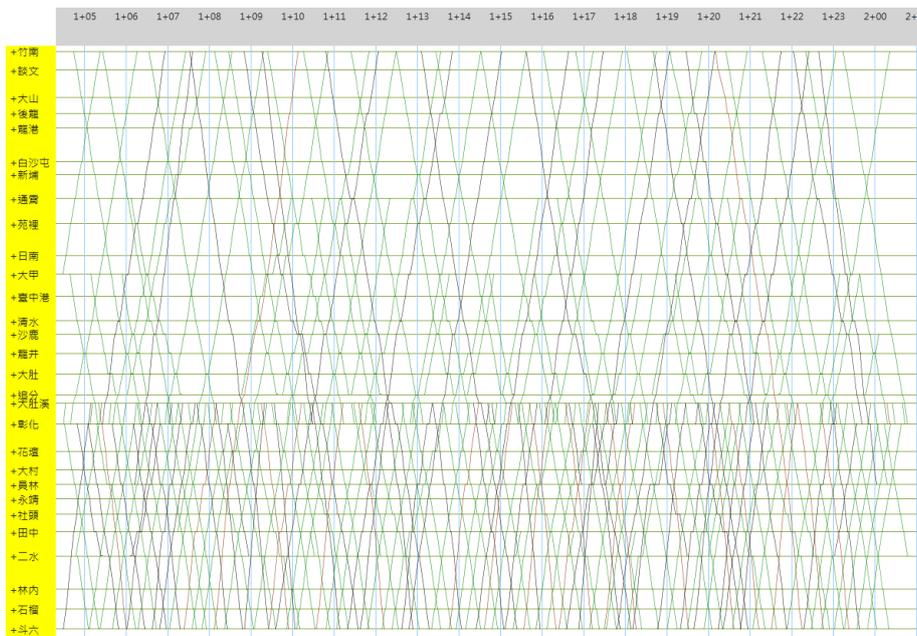


圖 5.44 現況情境海線班表運行圖

圖 5.45 為現況情境之集集線班表運行圖。該圖同時納入了二水至彰化路段以方便觀察。



圖 5.45 現況情境集集線及部分西幹線班表運行圖

以下圖 5.46 及圖 5.47 依序為未來情境下之山線及海線試排班表之運行圖。未來情境之路軌、車站與現況情境均不同，因此其試排班表亦不相同。此處之小比例尺運行圖並無法明確呈現所有班表細節，但比較圖 5.43、圖 5.44 與圖 5.46、圖 5.47 可以發現二份班表在尖、離峰之時間分佈、不同路段之車速分佈等基本型態均類似。由此可判斷本區各項工程完工之後，臺鐵雖然配合改點不可避免，但即便沒有大幅度翻修班表應該亦可運轉。此外亦可確認智慧鐵路平臺之排點能力確可支援比較不同情境運轉狀況之需要。



圖 5.46 未來情境山線班表運行圖

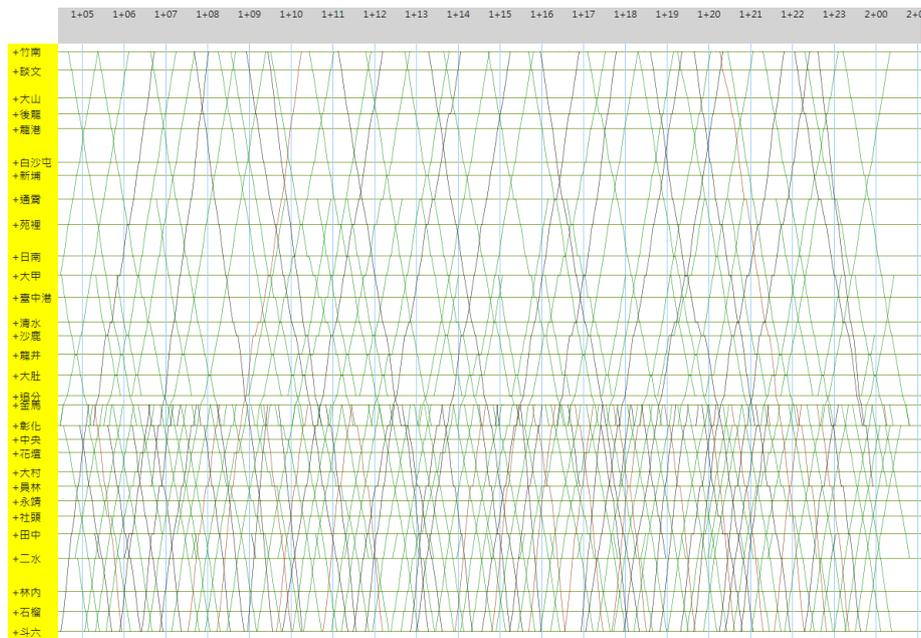


圖 5.47 未來情境海線班表運行圖

以下圖 5.48 為未來情境下集集線與田中支線之班表運行圖。其中田中=二水路段與西幹線共軌，運行圖亦正確呈現西幹線之車次。而其後圖 5.49 則呈現其中部分區域，並展開田中站與二水站之股道，可觀察到在田中=二水路段，西幹線列車與支線列車間之相互影響。



圖 5.48 未來情境集集田中支線班表運行圖

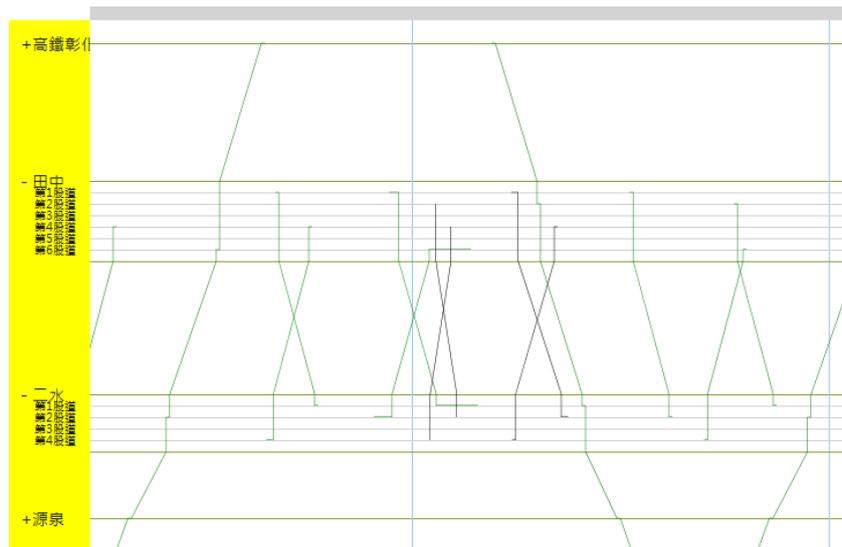


圖 5.49 未來情境集集田中支線部分班表運行圖

前章路線容量分析發現在各種情境下，本區域路線容量均足供運轉所需。而本章運轉分析之路塞潛勢指數統計圖呈現於圖 5.50 至圖 5.53。所有 4 圖縱軸範圍均為 0 至 30，顯示現各車站路塞潛勢指數均在 A 級，與容量分析結果一致。

5.3.4 集集田中線探討

如前所說明，本章前述分析均假設彰化站改建、金馬站取代大肚溪號誌站、新增中央站等工程已全部完成並上線運轉；在班表部分，則使用臺鐵現況班表，但區間車增停金馬、中央站。支線列車則設定採串聯方式運行，亦即集集線車次延駛田中支線。本節將針對集集線及田中支線進行更深入之運轉分析。在路軌方面，本節將分析以下二種情境：

1. 僅增設田中支線

本情境假設僅田中支線建設完成，包含了現有二水站之改建及增設股道，而集集線之列車則全數延駛田中支線。其詳細規劃說明於第 5.1.4 節。在本情境下集集線與現況相同，車站均未改善。

2. 增設田中支線並改善集集線

本情境假設田中支線建設完成、集集線改善完成且集集線之列車全數延駛田中支線。其中集集線改善之狀況說明於第 5.1.3 節。

於上述情境 1 之假設下，集集線並無增班之可能。因此進行運轉分析時，係以現況班表之集集線列車，予以延駛至田中支線之高鐵彰化站。在西幹線的部分則使用臺鐵現況班表。運轉分析所試排之班表運行圖示於圖 5.54。該圖範圍為集集田中線全部，亦即含有車埕至二水、田中及位在田中支線末端高鐵彰化站，共計 9 處車站。而其中二水站與田中站之間的路段則與西幹線共用，於圖 5.54 亦可見西幹線車次。在不考慮配合高鐵班表接駁需求之前提假設下，運轉分析發現可順利排出班表，且路塞潛勢指數均在運轉順暢的 A 級，顯示路線容量充裕。



圖 5.54 集集田中線情境 1 運行圖

情境 2 則假設除田中支線建設完成外，集集線亦依計畫完成所有車站改善，而支線列車則在車埕與高鐵彰化站之間，運行於集集田中線全線。運轉分析結果顯示在此情境下若車次維持與情境 1 相同，則運轉將無問題、容量亦充裕，與預期相符。此情境下之未來運行圖示於圖 5.55。



圖 5.55 集集田中線情境 2 未增班運行圖

進一步運轉分析結果顯示，若將集集田中線車次由目前每日 18 列次增加為 52 列次，同時西幹線維持與現況相同之班表，則鐵路系統亦可負荷，其運行圖示於圖 5.56。同時，路塞潛勢指數亦顯示路線容量足供此情境之需求。

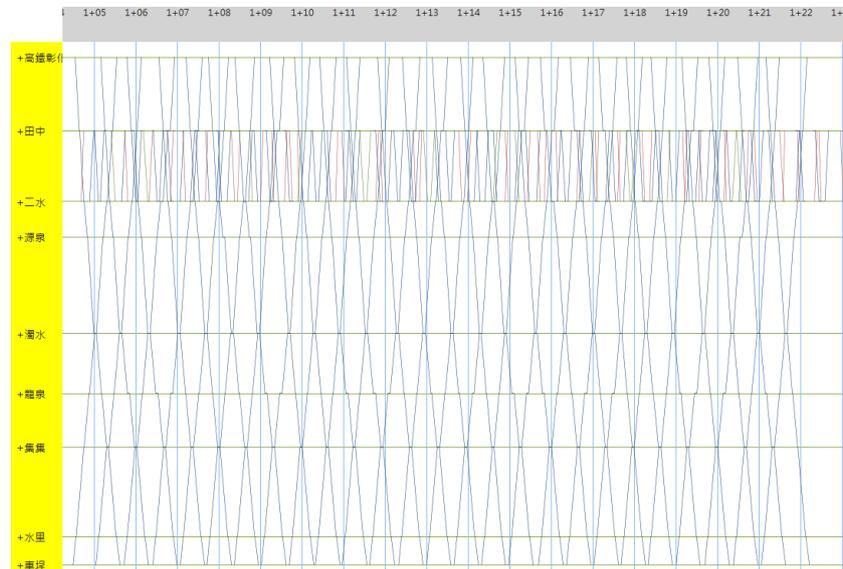


圖 5.56 集集田中線情境 2 增班運行圖

臺鐵系統現況係以沙崙線做為與高鐵系統在臺南市接駁支線。高鐵系統每日約有 140 列次停靠臺南站，而沙崙線則每日開行約 74 列次。在彰化區域，高鐵系統每日約有 48 列次辦客列車停靠彰化站。以此推論，本情境假設集集田線線每日開行 52 列次做為運轉分析之用，就列車數量應屬合理，而運轉分析結果亦顯示預期將可順暢運轉。

5.3.5 結果討論

本章分析結果顯示本計畫所發展核心技術，以及據以開發智慧鐵路平臺工具，確有能力在其數位模型中同時納入多項鐵路建設計畫，利用自動排點之技術試排各種情境下之班表，再依所排班表進行統計分析而比較各種不同情境下可能運轉狀況。本章比較項目為重要路段

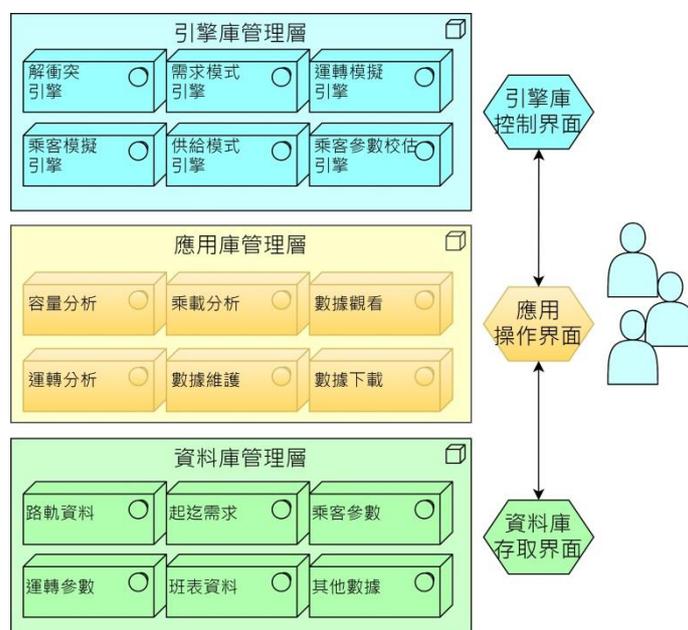
之列車運行時間變化，以及路塞潛勢指數。由於智慧鐵路平臺工具已為各種情境排出具體班表，未來可依需求由班表統計更多其他項目以供政策評估之用。

本章分析所使用班表均以臺鐵現況班表為基礎。第 5.3.4 節雖然考慮集集線增班之情境，但亦並未考慮以下因素：(1)集集田中線之車次如何配合高鐵班表時間、(2)西幹線是否亦有增班或其他調整之需求以及(3)彰化高架計畫完工之影響。除了這些重要考慮因素之外，亦有可能有其他未來可能推動之建設計畫、列車調度考量或其他因素。各種不同假設情境均有其深入運轉分析之必要性，然並非本計畫資源所能容納，亦非本計畫之唯一主軸。

第六章 智慧鐵路平臺

6.1 平臺簡介

依本所過往研究^[1, 2]，鐵路運輸系統之供給與需求體系可使用 6 個抽象模式描述之。這 6 個模式各有其求解方法、輸入資料以及輸出資料。然而於應用時，又需要依不同分析目的而使用其中不同模式。因此不論於學理面、資料面或軟體實作面，均有整合之必要。智慧鐵路平臺之架構即為此種整合需求而設計，其邏輯架構示如圖 6.1^[3]。



資料來源：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)

圖 6.1 智慧鐵路平臺邏輯架構示意圖

智慧鐵路平臺之架構設計，使其可以用類似堆積木之方式成長，亦即該平臺設計了完整的資料標準、引擎標準及應用標準，開發時可以將各種性質不同的數據資料依標準製作及整理，即可納入平臺中。而求解引擎亦可開發成為控制方法、輸入數據以及輸出數據均符合標準之模組，再開發連接用之軟體，掛入平臺。之後使用者即可依應用標準來操作而執行其所需要之分析運算。此種設計使得本平臺於持續

成長擴充之過程中，在加入新模組時不必回溯修改既有模組，使其成為可長期累積研發成果之資訊應用平臺。

6.2 求解功能

智慧鐵路平臺以前述 6 大模式為基礎開發多種求解引擎。目前已有部分模組掛入平臺中，其中並有部分已建立圖形化操作功能，引擎主要功能亦隨相關研究進行而持續精進之。主要求解引擎說明如下。

1. 解衝突之求解引擎

輸入路軌數位模型、基準運轉時分以及含有衝突之班表，本引擎主要功能在自動調整行點、分配股道以解開班表中衝突。可用於自動排點。

2. 班表壓縮之求解引擎

輸入路軌數位模型、基準運轉時分以及班表，本引擎可將該班表進行壓縮以估計其最小跨度。所輸入班表可為無衝突班表，亦可含有衝突。本引擎可用於容量分析。

3. 股道分配之求解引擎

輸入路軌數位模型以及不含股道分配資訊之班表，本引擎可固定各車次行點不變而分配其在各車站所使用之股道。

4. 路塞潛勢指數計算之求解引擎

輸入路軌數位模型以及班表，本引擎可計算各車站與站間之路塞潛勢指數。

5. 乘客選擇參數校估之求解引擎

輸入分時起迄需求、售票紀錄以及班表，本引擎目的在推估使該分時起迄需求，在所給定班表上儘量接近重現售票錄之乘客選擇行為參數值。

6. 乘客選擇模擬之求解引擎

輸入班表、分時起迄需求以及乘客選擇參數，本引擎利用系統模擬的方式推估這些乘客選擇搭乘列車以完成其旅程之狀況。模擬亦包含列車之對號或非對號之差異，以及乘客搶票行為。

7. 列車運轉模擬之求解引擎

輸入路軌數位模型、班表、基準運轉時分以及擾動強度、趕點強度，本引擎功能在利用系統模擬推算班表上線運轉執行時之準點狀況。其中擾動強度參數描述該鐵路系統於執行該班表運轉時，所受到的隨機擾動的強度，參數值愈大則列車受到的隨機擾動之期望值愈大，亦即鐵路系統準點率將愈低。至於趕點強度參數則描述該鐵路系統列車於發生延誤時，充份運用班表中所安插之寬裕時間以進行趕點之能力。此參數值愈大，系統在發生延誤時愈能充份運用班表中寬裕時間以遂行趕點，因此系統準點率將愈高。

8. 運輸需求模式之求解引擎

本引擎可使用使用者所指定的售票紀錄，計算出分時起迄需求量。若有運輸規劃所產生、時間或空間解析度較低之預估需求量，本引擎亦可利用線性數學模式併入之。

9. 供給模式之求解引擎

輸入路軌數位模型、基準運轉時分、運輸需求、可用車隊及人力規模，本引擎功能在求解鐵路系統之服務計畫。

6.3 界面操作功能

目前智慧鐵路平臺已陸續開發多項操作功能，並隨計畫之進行持續開發與精進。主要操作功能說明如下。

1. 車站股道編輯

本項功能目的在方便使用者依車站之股道佈設，編輯精準數位模型。臺鐵系統中多樣化的股道佈設方式、分歧站、末端站等全數均可精準編輯成為數位模型，其操作畫面如圖 6.2 所示。

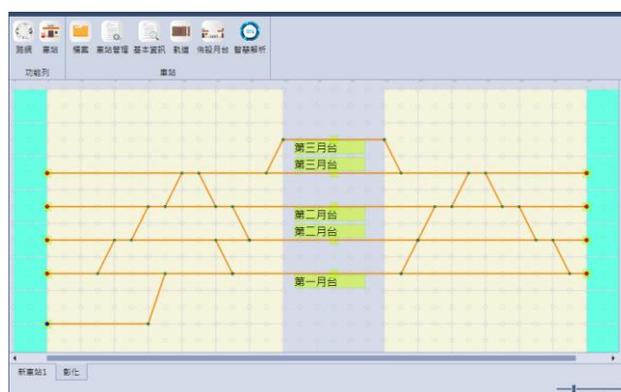


圖 6.2 智慧鐵路平臺車站編輯畫面

2. 站間股道編輯

本項功能目的在供使用者編輯兩車站之間的軌道。站間單一股道、雙股道或多股道均可編輯，其操作畫面如圖 6.3 所示。

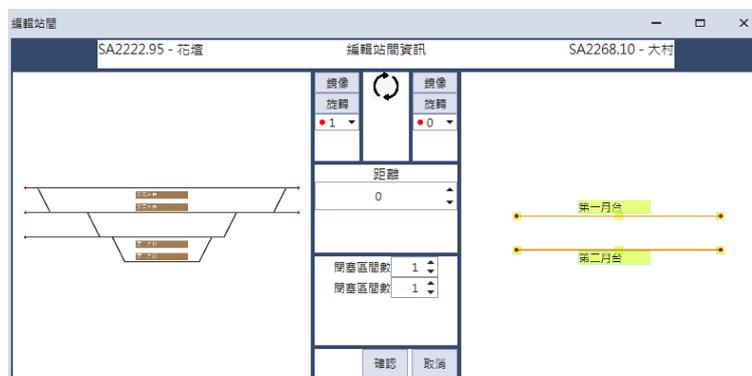


圖 6.3 智慧鐵路平臺站間編輯畫面

3. 專案管理

智慧鐵路平臺之使用者資料管理，係以專案為單位。平臺之專案管理畫面如圖 6.4 所示，提供各種新增、刪除、編輯、檢視資料等功能。

應用名稱	輸入資料名稱	資料種類	版本	輸出資料名稱	資料種類	版本	建立時間
Group A: 解套表							
邏輯分析原始班表: 2020-11-03台鐵現況班表	2020-11-03	班表	7571	2020-11-03台鐵班表V11(調整兩側時間不足0)	班表	8656	2022/6/6 上午 09:18:16
邏輯分析原始班表: 竹南-斗六無支援_原班班表		班表	8625	竹南-斗六無支援_邏輯分析V11(時間不足0.28)	班表	8642	2022/5/26 上午 06:59:12
邏輯分析原始班表: 竹南-斗六		班表	8599	竹南-斗六_邏輯分析V11(時間不足0.28)	班表	8641	2022/5/20 下午 12:59:25
Group B: 班表分析(調整指數)							
2020-11-03台鐵現況班表-邏輯分析(固定指數)	2020-11-03台鐵班表V11(固定指數)	班表	9679	2020-11-03台鐵班表V11(固定指數)	統計指數	3334	2022/7/4 上午 09:43:50
2020-11-03台鐵現況班表-邏輯分析(調整指數)	2020-11-03台鐵班表V11(時間不足0.1)	班表	8656	2020-11-03台鐵班表V11(時間不足0.1)	統計指數	2311	2022/5/30 上午 09:31:21
調整指數: 竹南-斗六(無支援)-邏輯分析	竹南-斗六無支援-邏輯分析V11(時間不足0.28)	班表	8642	竹南-斗六無支援-邏輯分析V11(時間不足0.28)	統計指數	2300	2022/5/26 下午 02:49:28
調整指數: 竹南-斗六-邏輯分析	竹南-斗六-邏輯分析V11(時間不足0.28)	班表	8641	竹南-斗六-邏輯分析V11(時間不足0.28)	統計指數	2299	2022/5/26 下午 02:01:14
Group C: 結構分析							
Group D: 需求模式							
Group E: 乘客參數校估							
Group F: 異線容量分析							
南段(僅有支援)-容量分析	南段(僅有支援)原始班表	班表	8653	南段(僅有支援)-邏輯班表V11(班表367.88/時間不足)	班表	8657	2022/5/30 上午 09:58:29
北段-容量分析	北段(六北-新南日-六北)原始班表	班表	8577	北段-邏輯班表V11(班表457.18/時間不足1.7)	班表	8645	2022/5/3 下午 04:08:22
南段-容量分析	南段(社頭-竹南-美里)原始班表	班表	8578	南段-邏輯班表V11(班表528.3/時間不足0)	班表	8646	2022/5/3 下午 04:08:32
南段(無支援)-容量分析	南段(社頭-林內)原始班表	班表	8614	南段無支援V11-邏輯班表(班表313.32/時間不足1.24)	班表	8650	2022/5/21 上午 04:42:09

圖 6.4 智慧鐵路平臺專案管理畫面

4. 路網維護

使用者可利用此功能進行路網之新增、編輯、複製、刪除等資料維護工作，並可在圖形化的界面上編修基準運轉時分、基準停站時分、路線定義等，本功能主要畫面如圖 6.5 所示。

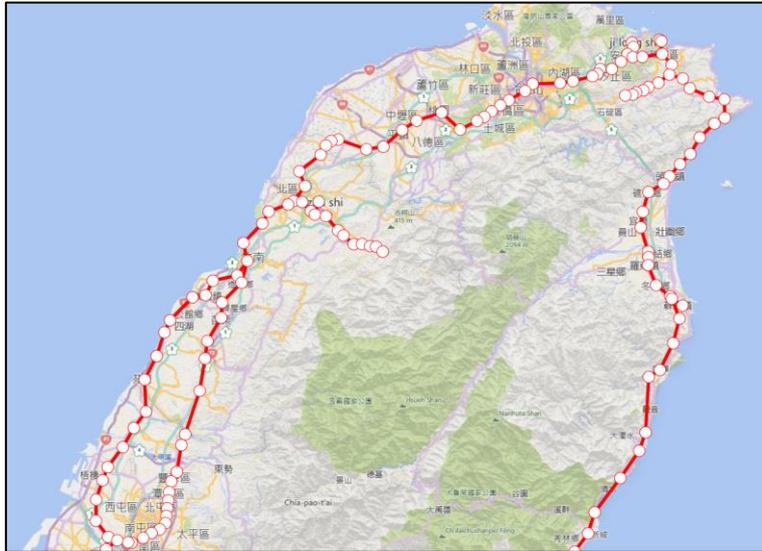


圖 6.5 智慧鐵路平臺路網維護畫面

5. 起迄檢視

智慧鐵路平臺具有將臺鐵售票紀錄轉換成為起迄 OD 資料，再以熱圖顯示之功能，其操作畫面如圖 6.6 所示。使用者除了可檢視所指定日期之數據外，亦可計算數個指定日期之各起迄對平均旅次量、以到站時分或起站時分為基礎統計等。該功能同時亦允許使用者指定若干車次，再以熱力圖觀察這些車次平均或總搭乘旅次量。

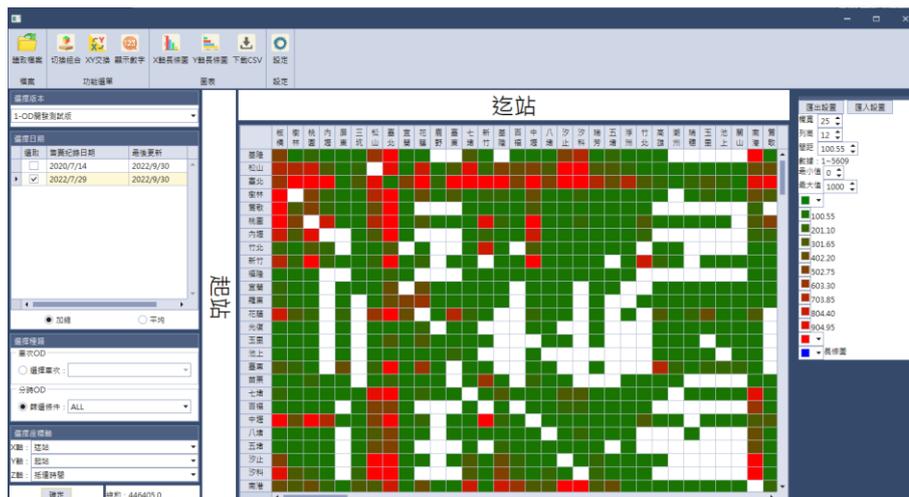


圖 6.6 智慧鐵路平臺起迄資料顯示畫面

6. 班表檢視

智慧鐵路平臺提供檢視運行圖、路塞潛勢指數統計圖等多種功能，並有能力依使用者所指定之數據屬性，自動選擇適當之檢視模組。其工作畫面如圖 6.7 所示。該畫面左側主要部分為運行圖，右側上部為班表清單與個別車次之行點，而下部則為車站股道佈置簡圖。

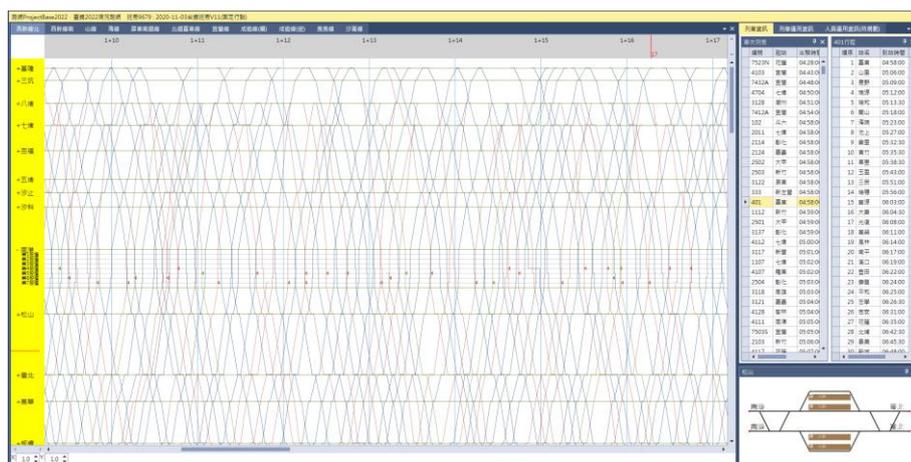


圖 6.7 智慧鐵路平臺班表檢視畫面

7. 班表編輯

本平臺運行圖功能除檢視外亦具有編輯功能，允許使用者在運行圖環境中執行新增、刪除、複製班表，並可編輯班表中車次，其工作畫面如圖 6.8 所示。



圖 6.8 智慧鐵路平臺編輯列車畫面

8. 數據下載

班表、衝突表、追越表、班表統計、路塞潛勢指數，本報告書中各運行圖、路塞潛勢圖等均由此平臺產生。

6.4 本計畫精進成果

本計畫在智慧鐵路平臺功能達成數項精進，說明如下：

1. 解衝突技術

本平臺原本已有鐵路班表自動解衝突功能。本計畫發現了更佳的演算法，提升了求解所得班表之品質。

2. 解衝突引擎

本計畫將自動解衝突引擎掛上平臺，使用者除可利用畫面操作方式將班表送出自動解衝突外，並可持續監看求解進度與狀態。

3. 運行圖檢視

本平臺全新開發一套檢視運行圖之模組，以使本項檢視功能得以與平臺完整結合。本項功能上線大幅提高了智慧鐵路平臺之使用友善性。

4. 班表編輯

本計畫新增了供使用者維護、編輯班表之功能。

5. 售票紀錄處理

本計畫在本平臺中新增了將臺鐵售票紀錄轉換為起迄資訊的功能。

6. 起迄檢視

本計畫在本平臺中新增了供使用者以熱圖方式檢視起迄資料的功能。

7. 路塞潛勢指數定義

本計畫定義了全日累積路塞潛勢指數，並據以做為定義車站或站間路塞潛勢指數之基礎。此一精進使得該指數更能夠代表車站及站間之運轉狀況，其詳細方法已說明於第 2.8 節。

第七章 結論與建議

本計畫完成鐵路供需診斷模式軟體之維護與功能擴充，並針對彰化地區數項辦理中與規劃中建設計畫進行跨建設計畫之整合情境案例分析與評估，分析成果驗證了將 UIC「班表壓縮法」本土化之路線容量分析方法及以班表為基礎之運轉分析方法均為可行。同時，本計畫亦針對目前鐵路相關運轉分析大多侷限於針對個別車站、個別站間的容量分析的情形，提供了一個可行的整體檢視方法，對於未來鐵路相關建設的規劃和實施具有重要參考價值。

7.1 結論

本計畫對智慧鐵路平臺進行軟體維護、軟體擴充與核心技術精進，並以彰化地區數項建設計畫為案例，進行跨建設計畫之整合分析及評估，獲得具體成果。這些成果驗證了與國際接軌之路線容量分析方法，以及以班表為基礎之運轉分析均為可行，且二者結果一致。

本計畫以本所過去多年研究成果為基礎，在二年的期程中開發了重要的運轉分析技術以及軟體平臺。具體成果為：

1. 提升建設計畫前後容量影響之分析技術

本計畫開發與國際接軌、同時高度本土化的容量分析方法，大幅提升容量分析之技術層次。其主要具體成果有三：

- (1) 將容量分析技術由個別車站、個別站間的分析提升到整體路段之分析，以充份納入鐵路系統之網路效應對容量影響。
- (2) 將容量分析技術由僅考慮車種組成提升到可充份考慮全班表。
- (3) 將容量分析技術由僅能考慮路軌提升到與運轉相結合，並設計「路塞潛勢指數」之綜合指標，以評量未來情境下之運轉狀況。

2. 擴增運轉分析於鐵路系統各項營運策略評估之應用

本計畫開發了強大的自動解衝突技術，使軟體能夠以自動化的方式，依使用者所指定的服務計畫以及各種未來情境，解得無衝突班表。利用這種技術，相關單位在推動鐵路建設計畫時可跳脫路線容量分析之限制，進一步經由對未來班表之分析與觀察而預見各種未來情境下鐵路系統可能的運轉狀況及能力。

3. 以軟體平臺有效整合各類數據

本計畫設計並開發可將多種數據資料、引擎及應用整合於單一平臺的架構，做為容納持續開發功能，同時又避免產生資訊孤島之「智慧鐵路平臺」。該平臺發端於本所 108^[1]、109^[2]年之研究，並在本研究中螺旋式發展，已較前期具有更接近實用之能力。

7.2 建議

政府於推動各項鐵路相關建設計畫時，除了在經濟、工程、財務、環境等各方面均進行嚴謹的可行性研究與分析之外，亦均進行鐵路系統營運運轉分析。然而執行運轉以提供運能為鐵路系統之最主要任務。運轉分析之深度與廣度應與前述各項分析相一致，以做為方案研擬及審議之重要參據。在實務上，受限於核心技術及應用軟體，目前鐵路相關運轉分析大都侷限於針對個別車站、個別站間的容量分析，尚有很大的精進空間。因此，本計畫後續可在 4 個不同的面向持續發展。

1. 應用面之後續發展

本計畫結合技術開發、本所前期成果以及智慧鐵路平臺，在核心技術與應用軟體工具均已接近實用能力。建議後續與鐵道局密切合作，實質參與推動中各項鐵路建設計畫之分析及審議，以加速累積實經驗做為後續開發之重要參考，同時亦對計畫之推動產生實質助益。

2. 軟體開發面之後續發展

智慧鐵路平臺承載多項核心技術與數據，目的在方便使用者之操作。然而操作界面之方便性、親和性為使用者之主觀感覺，因此軟體開發過程中，未來使用者有系統、與其業務結合之參與及試用並提供回饋為不可或缺之一環。亦即，任何應用軟體在使用者深度參與之前，操作方便性未達理想為可預期現象。建議後續發展過程中由未來使用者深度參與、提供回饋，以逐步提升智慧鐵路平臺操作性能。

3. 技術發展面之後續發展

目前所發展自動解衝突、運轉分析等技術均著重在事前規劃階段，亦即利用自動排點之技術，在各種未來情境下排出班表，據以解析鐵路系統未來可能的運轉狀況。然而真實的鐵路系統在運轉的過程中必發生隨機擾動，以及趕點、運轉整理等作為。建議後續持續開發可納入運轉過程之核心技術，以及收集、分析相關數據之方法，以使運轉分析更臻完善，對計畫評議提供更有力的參據資訊。

4. 應用領域之後續發展

本計畫以臺鐵系統相關建設計畫之未來情境分析作為主要目標應用領域。然而分析未來情境之技術亦可應用於現況、應用於臺鐵之技術亦可應用於其他鐵路系統。例如分析臺鐵系統在各種不同寬裕時間下準點率之變化、高鐵系統在各種不同延伸方案下之運轉狀況等主題，均有其重要性，亦都在本計畫核心技術所及之範圍內。建議後續以本計畫所開發之核心技術與應用軟體為基礎，擴大應用領域以更充份發揮本所開發之技術及應用軟體之效用。

參考文獻

1. 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。
2. 李宇欣、盧立昕、袁永偉、陳佑麟、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。
3. 李宇欣、盧立昕、袁永偉、陳佑麟、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。
4. UIC, "UIC leaflet 406, Capacity", International Union of Railways, 2004.
5. UIC, "Code 406–Capacity", International Union of Railways, 2013.
6. Weik, N., et al., "Extending UIC 406-based Capacity Analysis – New Approaches for Railway Nodes and Network Effects", *Journal of Rail Transport Planning & Management*, Vol. 15, 2020.
7. Landex, A., et al., "Practical Use of the UIC 406 Capacity Leaflet by Including Timetable Tools in the Investigations", *Computers in Railways X*, 2006.
8. Landex, A., et al., "Capacity Measurement with the UIC 406 Capacity Method", *Computers in Railways XI*, 2008.
9. 李宇欣等人，「以班表壓縮法評估鐵路流量容量比」，*臺鐵資料季刊*，2022。
10. Pouryousef, H., et al., "Review of capacity Measurement Methodologies: Similarities and Differences in the US and European Railroads", *Transportation Research Board 92nd Annual Meeting*, 2013.
11. Goossens, J.W., et al., "On Solving Multi-type Railway Line Planning Problems", *European Journal of Operational Research*, Vol. 168, No. 2, 2006.
12. Cordone, R., Redaelli, F., "Optimizing the Demand Captured by a Railway System with a Regular Timetable", *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 45, No. 2, 2011.
13. Wang, Y., et al., "Optimization of High-Speed Railway Line Planning Considering Extra-Long Distance Transportation", *Journal of Advanced Transportation*, 2020.
14. Zhou, W., et al., "Simultaneous Line Planning and Timetabling Based on a Combinational Travel Network for both Trains and Passengers: A Mixed-Integer Linear Programming Approach", *Transportmetrica A: Transport Science*, Vol. 16, No. 3, 2020.

15. Frank, O., "Two-way Traffic on a Single Line of Railway", *Operations Research*, Vol. 14, No. 5, 1966.
16. Carey, M., "A Model and Strategy for Train Pathing with Choice of Lines, Platforms, and Routes", *Transportation Research Part B*, Vol. 28, No. 5, 1994.
17. Carey, M., "Extending a Train Pathing Model from One-way to Two-way Track", *Transportation Research Part B*, Vol. 28, No. 5, 1994.
18. Carey, M., Lockwood, D., "Model, Algorithms and Strategy for Train Pathing", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 46, No. 8, 1995.
19. Carey, M., Carville, S., "Scheduling and Platforming Trains at Busy Complex Stations", *Transportation Research Part A*, Vol. 37, No. 3, 2003.
20. Carey, M., Crawford, I., "Scheduling Trains on a Network of Busy Complex Stations", *Transportation Research Part B*, Vol. 41, No. 2, 2007.
21. Lange, J., Werner, F., "Approaches to Modeling Train Scheduling Problems as Job-shop Problems with Blocking Constraints", *Journal of Scheduling*, Vol. 21, No. 2, 2018.
22. Lee, Y., Chen, C.-Y., "A Heuristic for the Train Pathing and Timetabling Problem", *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 43, No. 8-9, 2009.
23. Caimi, G., et al., "Periodic Railway Timetabling with Event Flexibility", *Networks*, Vol. 57, No. 1, 2011.
24. Caimi, G., et al., "The Periodic Service Intention as a Conceptual Framework for Generating Timetables with Partial Periodicity", *Transportation Planning and Technology*, Vol. 34, No. 4, 2011.
25. Serafini, P., Ukovich, W., "A Mathematical Model for Periodic Scheduling Problems", *SIAM Journal On Discrete Mathematics*, Vol. 2, No. 4, 1989.
26. Liebchen, C., Peeters, L., "Integral Cycle Bases for Cyclic Timetabling", *Discrete Optimization*, Vol. 6, No. 1, 2009.
27. Tan, Y., et al., "Inserting Extra Train Services on High-Speed Railway", *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, Vol. 49, No. 1, 2021.
28. 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，2012。
29. 黃笙玗、鍾志成、賴勇成、盧麗嵩、張恩輔、林志偉、吳明軒、胡仲瑋、張舜淵、劉昭榮、江明益，「臺灣鐵道容量手冊」，交通部運輸研究所，2019。

30. Lee, Y., et al., "Balance of Efficiency and Robustness in Passenger Railway Timetables", *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 97, 2017.
31. 交通部臺灣鐵路管理局，「110年臺灣鐵路統計年報」，2022。
32. 交通部臺灣鐵路管理局，「臺鐵整體購置及汰換車輛計畫(104~113年)」，2015。
33. 交通部臺灣鐵路管理局，「鐵路機車車輛檢修規則」，2016。
34. 交通部臺灣鐵路管理局，「110年臺鐵特定員工族群性別統計分析」，2022。
35. 交通部鐵道局，「彰化市鐵路高架化計畫可行性分析」，2021。
36. 交通部，「臺鐵集集支線基礎設施改善計畫」，2019。
37. 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。

附錄 1、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
臺灣鐵路管理局朱副局長來順		
1.簡報 P.31 未來彰化站股道配置圖是目前規劃情形，針對本案例分析可再考量彰化站及二水站均有列車進/出庫、暫停再開、折返等實務列車運轉情形，建議應納入分析考量，俾利彰化站立體化後北側時隔 3 分鐘、6 分鐘之分析結果可更精準。	1.這些分析均在智慧鐵路平臺技術範圍之內，未來若取得相關數據可納入分析中。	同意研究單位處理情形。
2.建議增列金馬站增設橫渡線，以供海線南下列車可提前進入山線之分析，俾利瞭解其設置是否有助運轉，可做為後續本建設計畫討論增設該橫渡線之參考。	2.謝謝建議，後續將於取得相關工程設計方案後進行相關分析。	同意研究單位處理情形。
3.建請說明簡報 P.28 南段班表壓縮結果，列車是否進入集集線？若依目前集集線容量並不足以支持其與田中支線串連運轉。	3.後續將針對集集線延駛田中支線以及集集線改善後增班在運轉之可能性進行更多分析。	同意研究單位處理情形。
4.報告書建議以 60 分鐘之門檻做為車站全日累積路塞潛勢代表值之判定標準，建請說明採用 60 分鐘做為門檻值之由來及其代表性。	4.此一門檻值係參考晨峰及昏峰之一般長度、運用方便性以及結果合理性而設計。	同意研究單位處理情形。
5.報告書部分文字請再檢視，如 P.18 「追越」，考量臺鐵實務係採「交會」、「待避」，建請檢視修正，俾符實務用語。	5.本報告書以「交會」(meet)表示反向列車同時行經同一站之狀況、以「追越」(take over)表示同向列車發生後車超越前車之狀況，而「待避」則用以表示辦理追越或待避時，其中一列車進入副正線以讓出主正線之狀況。已在報告書中更予明確化說明。	同意研究單位處理情形。
6.報告 P.27 圖 2.21 臺南站股道佈設簡圖有誤，建請確認。	6.謝謝，已修正。	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
7.本計畫成果對實務有相當幫助,建請運研所說明後續推動應用之規劃。	7.謝謝,本計畫以運研所過去所開發自動排點技術為基礎,開發有助政策分析之技術及軟體平臺。未來目標為做為交通部、臺鐵局及鐵道局數量化共同討論之基礎。未來將著重於操作界面之友善化,以期方便各單位之使用。	同意研究單位處理情形。
交通部路政司魏專門委員瑜		
<p>1.謝謝計畫團隊納入前次所提建議,針對彰化高架化、集集線改善以及田中支線等進行運轉分析,本計畫成果對交通部、臺鐵局及鐵道局均有幫助。</p> <p>2.簡報 P.28 本計畫針對彰化區域之分析均以現況班表為基準,結果顯示北段與南段未來情境之路線容量均足以負荷目前車次。建議針對未來如配合需求增加班次,分析可增加幅度為何?據此掌握若達此分析值,未來基礎設施需進行改善。</p> <p>3.本計畫案例分析中,對未來情境假設各建設計畫均已完成。建議可針對各計畫先後完成之狀況進行分析,例如:田中支線先完成、彰化高架化再完成。</p> <p>4.智慧鐵路平臺是否規劃與臺鐵建置中第三代中央行車控制系統(CTC)新建計畫之決策輔助支援系統做連結?建議補充說明。</p>	<p>1.謝謝,此確為本案重要目的之一。</p> <p>2.謝謝建議,後續將與相關單位討論增加何種列車班次較為恰當,據以納入分析。</p> <p>3.此建議正點出本系統之潛在效益所在。惟受限經費及時程,無法在本計畫內完整分析各種可能之狀況。</p> <p>4.任何兩系統之界接均非單方面所能進行,未來若有適當機會本系統並不排除與其他系統連結。</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> <p>同意研究單位處理情形。</p>
東吳大學賈副教授兼主任秘書凱傑		
1.報告書 P.26,「3.基準運轉時分綜合臺鐵所提供之數據以及由真實班表歸納」,說明智慧鐵路平臺之基準運	1.絕大多數之數據均相一致。少數不一致之處則大都以由班表所推算之基準運轉時分為主。	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>轉時分來自臺鐵局提供數據及歸納自真實班表，是否有二者不一致之現象，如有不一致如何處理？建議補充說明。</p> <p>2.本軟體可否適用於「車路分離」的情境？即若鐵路系統採車路分離制度，本軟體之智慧鐵路平臺是否能輔助進行運轉規劃？建議補充說明。</p> <p>3.本計畫案例分析係針對建設計畫完成前後進行分析，關於建設計畫施工過程之影響，本軟體之智慧鐵路平臺是否可進行評估？建議補充說明。</p> <p>4.本系統可分析路段容量，亦可分析有那些因素可以提升路段容量，目前似乎多使用在軌道運輸擴建方案影響評估？未來可否用於軌道運輸擁擠路段改善方案之研擬？(例如：增加股道、改變股道佈設方式)建議補充說明。</p> <p>5.報告書建議以 60 分鐘之門檻做為車站全日累積路塞潛勢代表值之判定標準，是否有更好之門檻值？另路塞潛勢指數之分級標準是否有理論基礎？建議補充說明。</p> <p>6.本軟體發展之智慧鐵路平臺，建議朝商業化方向發展，以創造計畫最大效益。</p>	<p>2.就文獻所見，在車路分離之系統中，負責列車運輸之一方常儘量多排車次以提高獲利。此時自動排點技術將可提供相當之助益。</p> <p>3.施工過程中臨時軌之使用、工區慢行之需求、不同計畫完工啟用時程不一等對運轉之影響，均為適合本軟體分析之範圍。</p> <p>4.本系統可用以分析特定方案之運轉績效，但並無法自動產出可能的方案供選用。</p> <p>5.此一 60 分鐘門檻值係參考晨峰及昏峰之一般長度、運用方便性以及結果合理性而設計。至於指數之分級標準具有相當之主觀性，並無理論基礎。</p> <p>6.謝謝建議，期待本平臺能獲得相關單位支持，並在累積實用經驗、軟體成熟化之後發展成為商業化之產品。</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> <p>同意研究單位處理情形。</p>
國立陽明交通大學黃教授明居		
<p>1.肯定本計畫之成果。</p>	<p>1.謝謝肯定。</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
2.本計畫為延續計畫，對於過去的成果可以做簡單介紹外，更重要是描述今年度的工作內容。須更清楚描述期中工作成果，如班表壓縮方法，今年成果與去年的差異為何？如報告書 P.19「發現成效良好」，如何判斷？等，建議在期中報告都需要詳細的說明內容。	2.謝謝，將在期末報告中加強論述。	同意研究單位處理情形。
3.延續前項意見，班表自動解衝突功能，今年發現了更佳的演算法，於報告書並無說明如何精進？請說明精進的演算法與去年的差異？其關鍵因素為何？建議補充說明。	3.本項發現係執行本計畫過程中之附帶額外成果，新技術已納入智慧鐵路平臺之自動解衝突功能中。然本項並非本計畫契約內之工作項目。	同意研究單位處理情形。
4.報告書 P.18 累積路塞潛勢指數的計算，今年的重點是將實際資料做驗證或是有任何新的改變？分級(是否國際的分級？)後，對於未來策略的制定有何協助？建議補充說明。	4.本計畫使用路塞潛勢指數，但並未變更指數之計算方式。此指數係配合運研所開發之創新技術而設計，並非來自國際。	同意研究單位處理情形。
5.報告書中有許多的班表運行圖，非常不容易閱讀，是否可針對圖形中的重點做些標示與說明？或是放大後列於附件，俾利讀者閱讀。另外，報告書 P.52 中「發現兩份班表之基本型態類似…」如何判別？建議補充說明。	5.本項分析之目的在呈現各種情境下可能的運轉狀況，重點並不在個別車次。因此讀者並不需要詳細解讀圖中之個別車次在各站之行點。另外，原期中報告書 P.52 所述班表類似，係指二份班表在尖、離峰之時間分佈、不同路段之車速分佈等基本型態均類似。將於期末報告書中加強說明之。	同意研究單位處理情形。
6.鐵路重大建設後，相鄰的車站容量或班表是否會影響？建議補充說明。	6.鐵路系統之運轉環環相扣，因此相鄰車站，甚至相距較遠之路段，常有相互影響，但並無固定的影響型態。	同意研究單位處理情形。
7.智慧鐵路平臺今年擴充新功能為何？是否有網址可開放使用？建議補充說明。	7.智慧鐵路平臺採積木式架構，原本即為長時間累積研發成果而設計。今年有開發新功能，對既有功能亦	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
	有提升或修改。該系統係採 client-server 架構，並非以網路為基礎之 web-based 架構。因此使用時需要在使用者電腦上安裝軟體，無法透過瀏覽器使用之。	
國立成功大學鄭教授永祥 (書面意見)		
1. 本研究所提的寬裕時間是如何定義？以及在本研究通常之應用數值範圍為何？其實務之意義亦可能也要說明。	1. 寬裕時間係指鐵路系統之班表中，配置與列車在站間的運行時間長度，超過其基準運轉時分的部分。探討其數值範圍雖對實務運轉具有重要性，但並非本研究之範圍。其實務意義在於寬裕時間可供列車於發生延遲時趕點之用。	同意研究單位處理情形。
2. 有關第二章重要文獻回顧所整理的國內外文獻，建議在這一章加一小節說明出現有的文獻還有哪些部分可以加以強化，另外現在國內外的文獻在發展鐵路系統工具診斷模式軟體的維護及擴充時那些應用可供臺灣參考。	2. 報告書所回顧的文獻中，屬運研所過往相關成果的部分，為多年持續研究、強化技術之發展軌跡。而其他之文獻則呈現對本計畫具有參考價值，或與本計畫相關的部分。至於各該文獻可再如何強化，並不在本計畫涵蓋範圍。	同意研究單位處理情形。
3. 本研究在進行列車運轉模擬所必須輸入的變數 如擾動強度、趕點強度等，可否說明其定義？以及其數字大小所代表的意義？以及其對準點情況之影響？	3. 擾動強度參數描述該鐵路系統於執行該班表運轉時，所受到的隨機擾動的強度，參數值愈大則列車受到的隨機擾動之期望值愈大，亦即鐵路系統之準點率將愈低。至於趕點強度參數則描述該鐵路系統之列車於發生延誤時，充份運用班表中所安插之寬裕時間以進行趕點之能力。此參數值愈大，系統在發生延誤時愈能充份運用班表中之寬裕時間以遂行趕點，因此系統之準點率將愈高。以上內容將補充於期末報告書。	同意研究單位處理情形。
4. 有關 6.4 節 本計畫精進成果中有關運行圖檢視一節提及：本研究的功	4. 軟體的友善性係指使用者的方便性及使用者體驗(user experience)。	同意研究單位處理

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>能提高了智慧節目平臺的使用友善性，可否具體說明其使用友善性提高的具體指標為何？</p> <p>5.後續研究部分有提到運轉分析細緻化可否更詳細說明之？</p>	<p>這些並無公認的具體指標。</p> <p>5.後續階段若能取得營運相關單位對未來情境之資源投入規劃，將嘗試納入運轉分析中。</p>	<p>情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p>
本所運輸工程組		
<p>1.本計畫以本所過去所開發自動排點技術為基礎，開發有助政策分析之技術及軟體平臺。未來目標為做為交通部、臺鐵局及鐵道局數量化共同討論之基礎。未來將著重於操作界面之友善化，以期方便各單位之使用。</p> <p>2.智慧鐵路平臺以離線規劃及方案分析為主，與其他性質相近系統之串接確有其可能性。</p> <p>3.本計畫後續將辦理座談會，俾向相關單位介紹與推廣計畫成果。</p>	<p>1.此確為運研所在此領域長期推動之研究方向。</p> <p>2.任何二或多系統之串接均非單方面所能進行，未來若有其他適當系統之配合，確是有可能進行串接。</p> <p>3.配合辦理。</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>
交通部臺灣鐵路管理局		
<p>1.謝謝研發此供需診斷模式軟體。</p> <p>2.將持續協助檢視研究團隊分析結果，並提供改善建議。</p>	<p>1.謝謝肯定，臺鐵局在本案進行過程中持續提供實務資料，具有不可取代之重要性。</p> <p>2.後續開發過程中，未來使用者之深度參與，實為是否能成功推廣之重要關鍵因素，仍有賴臺鐵局之持續提供支持。</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>
交通部鐵道局（書面意見）		
<p>1.報告書 4.2 節新購車輛，查臺鐵局於「臺鐵整體購置及汰換車輛計畫(104~113 年)」預計採購車輛數為</p>	<p>1.經查民國 104 年「臺鐵整體購置及汰換車輛計畫(104~113 年)」表 39 及表 40 中，確是以 1,307 輛做為</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>1307 輛，與文中所提 1222 輛不相符合，建議再行確認。</p> <p>2. 第六章鐵路建設資料，所選擇之鐵路建設計畫係依何準則而定？建議是否納入「臺鐵南迴鐵路臺東潮州段電氣化工程建設計畫」。另各計畫辦理情形建議以可行性研究、綜合規劃及在建工程進行分類，以利讀者檢視。</p> <p>3. 有關第七章環島快鐵分析，建請說明本計畫如何選擇鐵路計畫進行情境分析，以及其與目前執行中之快鐵關聯性。</p>	<p>估算經費需求之基準，但此應非核定之數量。本報告書所引用之 1,222 輛為本 (110) 年之臺鐵內部資料。當時新車採購已經簽約且陸續交車，資料應屬可信。</p> <p>2. 第六章所列之各項鐵路建設，係本研究由相關機關網站，選用其中資料較為齊全者，或向相關機關函請提供而得，於報告書中均有說明資料出處。至於各建設計畫之推進階段狀態係屬變動中之資料，且與本研究並無直接關係。</p> <p>3. 第七章所納入之建設計畫，係本研究經各主管機關同意可取得資料者，本研究以此為例呈現所開發技術以及所建置軟體之可用性。至於目前執行中之快鐵，為交通部所推行之政策，而該政策即由多項鐵路建設計畫之分別推動予以落實。</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>
本所運輸經營管理組		
<p>1. 考量路塞潛勢指數係本研究所設計之指標，尚未普及，後續亦以此指標做為分析工具，爰建議補充路塞潛勢指數之定義與計算公式，俾利讀者了解。</p> <p>2. 7.2 分析方法所列快速、方便及可靠三個面向，其中評估可靠度部分，本研究規劃採用路塞潛勢指數，建議可同時參考國際上評估可靠度之相關指標做為輔助分析。</p> <p>3. 報告提供資訊量大，建議可在大情境分析下，整理臚列小節，摘錄重點結果。</p> <p>4. 以桃園地下化之情境分析為例，針對</p>	<p>1. 已依建議在期末報告書加強說明該指數之計算方法。至於詳細論述請參閱過往成果報告書^[1,2]。</p> <p>2. 此課題具有其重要性，惟牽涉甚廣，且須於軟體中實作相對應之分析功能程式才能達到目的，非本研究之時間及資源所能允許。</p> <p>3. 期末報告書經重新設計所呈現之案例分析，應已無此問題。</p> <p>4. 謝謝指正，期末報告書經重新設計</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> <p>同意研究</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>情境設計與分析內容，應著重在規劃者角度，如桃園地下化工程主要影響層面應為鄰近路線容量，而非東部幹線，但以目前情境分析設計，並不易了解東部地區路塞潛勢指數之變化係桃園地下化工程所致抑或是增加班次所造成。另請說明，為何新增 5 車站後，路塞潛勢指數反而變更好？</p> <p>5. 研究假設不計回送列車，然而若依設計情境增加班次，應將同時增加回送列車數，則不計回送車之假設是否影響分析結果？</p>	<p>所呈現之案例分析，應已無此問題。而本項建議之精神已納入新設計之各項分析中。至於新增 5 車站後路塞潛勢指數反而變更好之現象，係該工程亦同時改善 3 處重要車站股道配置所致。</p> <p>5. 回送列車對營業列車之影響不大，主要原因是實務上於排點時均以營業列車優先安排行點，而回送列車則儘量以「插空檔」之方式安排運行。</p>	<p>本所計畫承辦單位審查意見</p> <p>單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p>
本所港灣技術研究中心（書面意見）		
<p>1. 關於計畫架構圖(P14)，本計畫係應用前期構建的「鐵路系統供需診斷模式軟體」進行鐵路建設、環島快鐵等策略分析，架構圖右側的「策略分析」項改放在「鐵路系統供需診斷模式軟體」項下，似較符合實際架構？</p> <p>2. 車次情境之設計(P.76)，情境一為平日的真實班表，但鐵路運輸在假日有長途返鄉旅次、觀光旅遊旅次，不同於平日情境，是否增加假日真實班表做分析？請考量？</p>	<p>1. 本計畫中，相關軟體之維護與擴充與策略分析，係二項平行進行之工作。策略分析並非軟體維護或擴充工作之一部分。</p> <p>2. 平日與假日之需求型態確有差異。使用平日之情境，應已能展現本計畫所開發之核心技術以及軟體之能力。未來使用這些工具進行假日情境之供需分析或運轉分析，應均無問題。</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		
<p>1. 審查會議各委員及與會單位研提意見，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. 本計畫經諮詢與會委員與機關代表，</p>	<p>1. 遵照辦理。</p> <p>2. 謝謝。</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究</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>期中報告初稿審查原則通過。</p> <p>3.請計畫團隊協助提供本計畫後續進行方向之建議。另有關路塞潛勢指數之定義與驗證等，可藉由後續座談會邀請專家學者進行探討，請計畫團隊洽承辦單位商談。</p> <p>4.請計畫團隊依本所出版品格式編撰期末報告，並依契約期限完成完成本計畫。</p>	<p>3.遵照辦理。</p> <p>4.遵照辦理。</p>	<p>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>

附錄 2、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
交通部鐵道局		
1.肯定這套新技術，預期可較傳統檢視路線利用率之方式，呈現更完整的分析。	1.謝謝肯定。	同意研究單位處理情形。
2.未來政府將研議推動海線雙線化以及臺中地區的山海環線計畫，均有可能與彰化路段相互影響，是否有可能利用這套工具來分析其未來可能的運轉狀況？	2.這些計畫地理位置相近，實有必要進行整合分析以釐清其在運轉方面的相互影響，而智慧鐵路平臺亦有能力進行此種分析。	同意研究單位處理情形。
3.請說明情境案例分析中劃分南、北段分析區間的原則是什麼？有沒有可能以臺鐵全線進行分析？	3.智慧鐵路平臺有能力以臺鐵全線進行分析。本報告係取竹南至斗六之間路段做為分析範圍，其目的在排除新竹以北擁塞路段之影響，以凸顯集集線、田中支線及彰化高架各計畫的影響。若有不同分析目的，則可依目的而設計不同的切分方式。	同意研究單位處理情形。
4.新設車站或變更車站股道是否能利用本系統來分析。	4.此確為本系統能力所及之範圍，而第五、六、七各章各呈現新設金馬站、中央站及變更彰化站與集集線各車站股道之影響。	同意研究單位處理情形。
5.未來使用時，對未來情境的分析，是否需要另行編排未來情境的班表？	5.智慧鐵路平臺具有自動排點能力，並不需要由使用者另行編排班表，即可進行以班表為基礎的路線容量與運轉分析。	同意研究單位處理情形。
交通部臺灣鐵路管理局		
建設計畫的分析，確是應充份考慮各計畫對運轉之相互影響，進行整合分析。	跨計畫的整合分析，確是具有必要性，亦為目前實務亟需之分析工具。	同意研究單位處理情形。
交通部臺灣鐵路管理局賴總工程司興隆		

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. 臺鐵局在鐵路沿線若有臨軌工程，視工程影響或危害程度會有降速慢行措施，目前全線慢行規定 52 處、實際 31 處，會對運轉有影響，建議考量將「慢行」因素納入分析。</p> <p>2. 因應南迴鐵路電氣化完成通車，原臺東機務分段已提升為機務段，增加配置 500 型、3000 型電聯車，建議各該章節以最新配置分析。</p> <p>3. 因應臺鐵環島電氣化路網已完成，且各階段地下化、高架化已完成，或正在興建中例如臺南、桃園地下化，嘉義、彰化、宜蘭高架化等，且新購車輛 900 型、3000 行電聯車已交車近半數(2020~2025 年)，車種簡化逐漸成形，建議從整體路網分析未來臺鐵運轉排點趨勢。</p> <p>4. 臺鐵新竹至基隆、瑞芳(宜蘭線)間為尖峰時段之疏運瓶頸路短，配合新購 900 型通勤電聯車加入營運，運能已大幅增加，建議評估在某區間、某時段，採取無點密集班次通勤班表(類捷運)之可行性分析。</p> <p>5. 因應新購 900 型通勤電聯車加入營運，車輛大幅增加及尖離峰時段之不同運能需求，建議將通勤電聯車在站交織運轉模式納入未來或後續分析。</p>	<p>1. 慢行將影響列車由一站運轉至下一站所需的時間長度。利用智慧鐵路平臺納入慢行考量時，可依慢行調整基準運轉時分，自動求解配合慢行之新班表，亦可將慢行視為擾動，評估慢行所帶來之晚點狀況。</p> <p>2. 本報告書列車於基地配置狀況之相關資料係以臺鐵正式發布之公開資料為準。未來若有修訂將視當時公開資料之更新狀況而配合修訂之。</p> <p>3. 本報告使用臺鐵局 2020 年 11 月 3 日之真實班表做為案例分析之基準。未來各相關建設計畫陸續推動、車種簡化成效成形，對運轉之整體影響如何，確有整合評估之必要。</p> <p>4. 本報告所分析之彰化附近路段，似無暫無密集開行無點通勤列車之急迫性。至於新竹至基隆之路段，尖峰時段之通勤旅次需求確實甚高，臺鐵局可考慮利用智慧鐵路平臺分析評估各種因應方案之預期運轉績效，擇優採行。</p> <p>5. 各式列車在站折返、進出基地、交會待避等較複雜之運轉狀況，均已納入智慧鐵路平臺分析能力中。</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> <p>同意研究單位處理情形。</p> <p>同意研究單位處理情形。</p>
國立成功大學鄭教授永祥(書面意見)		
<p>1. 本計畫建議將路塞潛勢指數依其</p>	<p>1. 綜合指數之分級標準，本身具有主</p>	<p>同意研究單</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>數值分為 A 至 F，共六級。請說明為何分為六級，分級之方式為何以每 40 分一級？不同顏色之意涵為何？不同等級的路塞潛勢指數後續有何營運的措施？</p> <p>2. 本文所有列出的圖表內容都應具體標註出資料來源(如圖 7.1，表 7-1)，表 3-8 有關訪談資料也應說明其訪談的來源為何？單位也應標註清楚？。</p> <p>3. 有關第五章彰化路段鐵路建設計畫應清楚說明其計劃範圍，以增加報告可讀性。</p> <p>4. 有關圖 6.11 至圖 6.13 為壓縮之後的運行圖，因圖過小，建議本文裡面應有說明來解釋呈現這些圖的意義？</p> <p>5. 請說明本研究如何利用更佳的演算法，提升求解所得班表之品質？</p>	<p>觀性，並非以客觀論述或推導而得。路塞潛勢指數劃分為 6 級，其設計係比照公路服務水準分析之概念。而指數公式之設計，使得鐵路完全無列車時其指數為 0，而臺北站正常運轉時其指數約為 120 分。以此做為代表正常運轉 C 級的上界時，可換算得每級為 40 分。至於顏色則仿照鐵路、公路之號誌，以綠色代表平安、紅色代表險阻之概念設計之。至於各等級路塞潛勢指數下應採取的營運措施則由鐵路機構依其政策及可用資源而設計，並不在本研究範圍內。</p> <p>2. 本報告之寫作，係比照一般國際文獻之習慣，所有引用之資料、數據或論述均標示出處，而未標示出處者則均為本計畫之成果。而圖 7.1 為本研究所製作、表 7-1 為利用現況班表統計而得，已說明於該表之相關內文中。</p> <p>3. 該計畫工程範圍圖示於圖 5.2。</p> <p>4. 由於壓縮過後之班表，其個別車次於各車站之行點並無意義，因此臚列這些運行圖之目的在呈現班表經壓縮後視覺上之密集程度以供比較參考。已補充於相關內文中。</p> <p>5. 本研究發現可用以估計不可微函數之概略梯度的方法，提高了搜尋的效率。而因為效率提高，故能在相同的時間中尋得品質更佳之解。</p>	<p>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> <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>東吳大學賈主任秘書凱傑（書面意見）</p>		

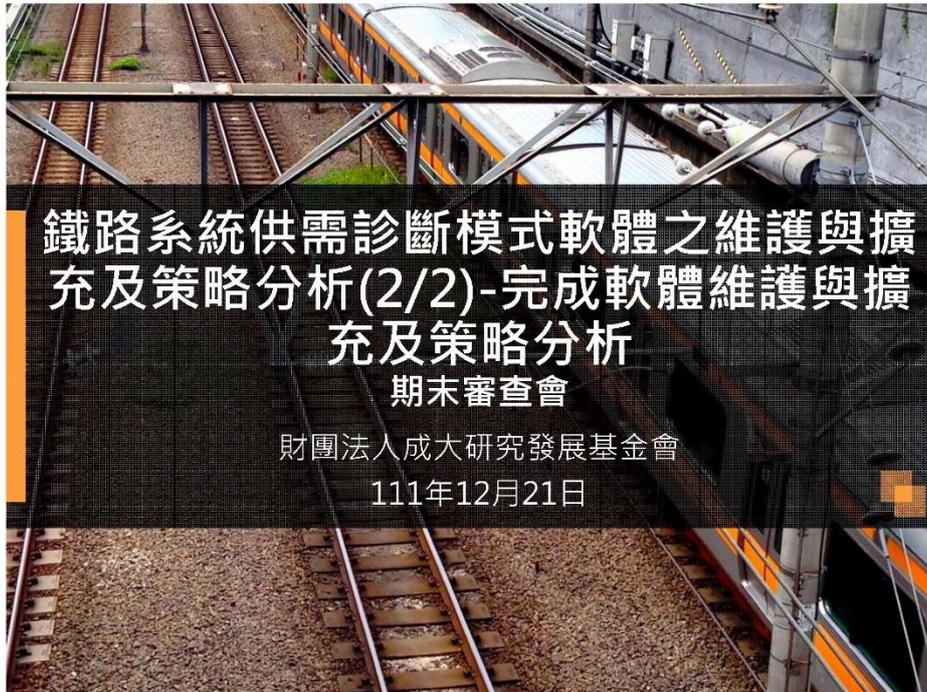
參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫 承辦單位 審查意見
<p>1. 本案係多年期計畫，成果頗具可行性，應加強後續的推廣。</p> <p>2. 多年期計畫，在不洩機密的前提下，應加強報告的可讀性。</p> <p>3. 應加強模式安全性驗證。</p> <p>4. 儘可能兼具報告細節的呈現，方便讀者閱讀。</p>	<p>1. 謝謝建議，此確為重要後續方向。</p> <p>2. 本報告儘量減少納入過多之演算法及學理推導，除避免與過往成果有過多之重疊外，亦有維持適當可讀性之用意。</p> <p>3. 鐵路運轉之安全主要由號誌系統所維持，班表排點之解衝突與安全並無直接關聯。</p> <p>4. 謝謝建議。</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> <p>同意研究單位處理情形。</p>
國立陽明交通大學黃教授明居（書面意見）		
<p>1. 針對今年工作項目中，「掌握近3年內即將投入營運之新列車(含編組)，與舊車汰換規劃，研提模擬推估車輛組數變化對運能影響之方法」項目，報告書 P.7 中註明參見第三章內容，但該章內容並未說明提出哪項模擬推估的方法。</p> <p>2. 針對今年度的工作內容與「更新」了哪些資料？工作項目四，包括軟體更新與精進，強化 UI 等工作，期末報告都與前期成果寫在一起，未能看出今年的實際成果，建議明確的說明與論述。如本人期中審查意見，但期末報告並未見改善。</p> <p>3. 此三章之相關運行圖，是否均為此計畫之「智慧鐵路平臺」中所產出</p>	<p>1. 鐵路系統所能產生之運能除了受到可用車輛編組數之影響外，亦受到路軌配置、乘務人力、維修能力、基地區位、車輛於各基地之配置、駐車空間及班表等諸多因素之影響，而車輛組數僅為其中之一。若僅著眼於車輛組數，則第 3.7 節之論述，提出利用各型車輛平均每日行駛公里數之歷史紀錄推估之概念。</p> <p>2. 於期末報告中，依期中審查意見設置 8.4 節「本計畫精進成果」，專節說明本年度的精進成果。</p> <p>3. 這些分析確為智慧鐵路平臺之產出，已說明於第六章開頭「本章呈</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
<p>的？建議在報告書中加以說明，並說明設定的參數或條件為何？並說明各運行表中的整體特性為何。</p> <p>4.圖 7.11-7.14 的圖形太小，不容易閱讀。另外，除路塞潛勢指數均小於 30 分鐘之外，是否還有哪些特性可以說明？如現況與未來情境的比較。</p> <p>5.報告書 7.5 結果討論，建議新增一張比較表格，說明使用智慧鐵路平臺分析與現況的差異比較，以突顯此研究的貢獻。</p> <p>6.回覆意見中，第六行有錯誤的亂碼。</p>	<p>現使用本計畫之技術以及智慧鐵路平臺進行彰化路段之鐵路路線容量分析成果」。而所有參數及條件之設定均如各情境之說明。</p> <p>4.這些圖的目的在呈現不同情境下之路塞潛勢指數分佈形狀之相似性。</p> <p>5.第七章呈現跨計畫整合分析之結果，而現況實務並未見相對應之分析，無法直接表列比較之。</p> <p>6.謝謝提醒，已修正之。</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>
本所運輸計畫組		
<p>本組的路線容量分析係在無既定班表的狀況下得到容量值，其結果可供後續排點時編擬初始班表之用。建議後續應釐清本研究所探討之路線容量與本組成果之差異。</p>	<p>無既定班表可使用時，路線容量分析確實受到一定程度之限制。本計畫使用自動排點技術，係由軟體依使用者所擬分析之情境自動求解未來班表，目的之一即在克服無既定班表所帶來之分析限制。</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>
本所運輸經營與管理組		
<p>1.UIC 之班表壓縮法為本期研究之重點，請研究團隊於報告中補充班表壓縮法本土化過程相關之方法論、相關假設或參數等論述，以利掌握其於實務應用之解讀。</p>	<p>1.班表壓縮法之本土化，基本上係使用運研所之自動排點技術成功克服之而達到良好之效果。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、以目標函數引導模式往縮小跨度之方向進行最佳化，同時再納入解衝突</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>

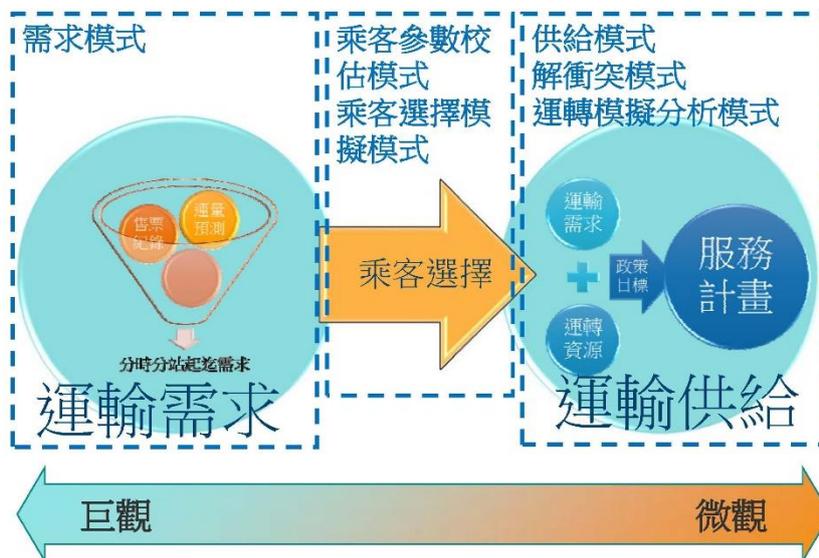
參與審查人員及其所提之意見 (依發言順序)	合作研究單位 處理情形	本所計畫 承辦單位 審查意見
<p>2. 本案其他核心模型之重要假設或參數，建議可以附件方式補充。</p> <p>3. 班表壓縮法為本研究的重要成果，建議加強說明其實務應用的操作方式。</p> <p>4. 軟體的操作方法以及參數設定等建議以附件適當形式說明。</p>	<p>之機制以求解適當之列車運行順序及股道分配。如此反覆進行，直至無法再降低跨度為止。已說明於第 2.7 節。</p> <p>2. 鐵路供需體系之六大模式為運研所 108、109 年成果，已摘要回顧於第 2.1 節。完整說明可參閱前期報告書。</p> <p>3. 本研究開發本土化班表壓縮法之核心技術並開發成為求解引擎。目前於智慧鐵路平臺之操作方式均以方便研發人員操作為主要考量，未來如何方便實務人員之操作，尚有待實務人員參與回饋。</p> <p>4. 謝謝建議，本系統在操作方式之設計，仍在快速發展修正階段。未來軟體納入更多實務使用者之使用經驗回饋，進入上線運轉階段時再編撰使用手冊將更為水到渠成。</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>
本所運輸工程組		
<p>1. 財團法人成大研究發展基金會於 111 年 12 月 8 日提送期末報告至本所，依本案契約規定期末報告提送期限為 111 年 12 月 9 日前，爰符合契約規定。</p> <p>2. 請計畫團隊依契約規定於驗收前提送開發費用表等資料。</p>	<p>1. 配合辦理。</p> <p>2. 配合辦理。</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>
會議結論		
<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</p>	<p>1. 遵照辦理。</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>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與相關單位意見，期末審查原則通過，請財團法人成大研究發展基金會於 111 年 12 月 26 日前提送期末修訂報告，並依本案契約檢附驗收相關文件。</p>	<p>2.謝謝，遵照辦理。</p>	<p>同意研究單位處理情形。</p>

附錄 3、期末簡報



鐵路系統供需分析：運輸系統觀



鐵路運轉分析之必要性

鐵路建設專案

- 投入社會資源龐大
- 影響範圍及深度均大

縝密的評估

- 工程、財務、經濟、環境等均有成熟的評估方法
- 跨專案運轉分析有其必要性但缺乏分析工具

運轉分析

- 工程如何影響鐵路系統之運輸能力？
- 工程如何影響鐵路系統之運輸品質？

供給模式
解衝突模式
運轉模擬分析模式



困難點

- 班表可呈現最具體分析資訊
- 然而依未來情境排出班表為高難度工作

研究成果

- 開發全自動、高效率的自動排點技術
- 開啟以班表為基礎運轉分析的新契機

3

實現自動排點之後

新式容量分析

- 以班表為基礎，充份考慮網路效應
- 精準考慮所有車站股道配置
- 接軌國際通用之UIC班表壓縮法

傳統容量分析

- 僅考慮路軌
- 僅能考慮四型車站
- 水管模型無法考慮網路效應

新式運轉分析

- 依設定之情境排出未來班表
- 具體呈現未來之運轉狀況並以綜合指數評量
- 可具體討論比較各種方案

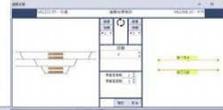
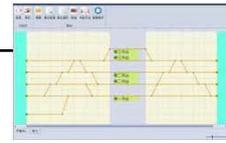
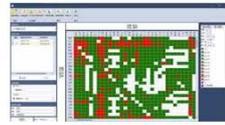
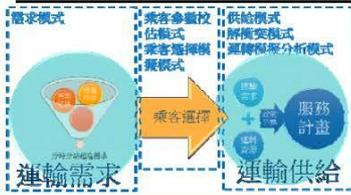
傳統運轉分析

- 僅考慮部份車次
- 大略規畫尖峰小時平均班次數，無法檢驗規畫之可行性



4

軟體工具



數據整合

- 車站及股道、售票紀錄、班表紀錄、分析結果、其他參數

六大模式

- 開發成為引擎

工具軟體

- 班表分析、車站編輯、運行圖、起迄熱圖、其他工具



5



簡報大綱

- 一、計畫背景分析
- 二、重要文獻及資料
- 三、臺鐵車輛資料
- 四、臺鐵運轉資料
- 五、彰化路段鐵路建設計畫
- 六、彰化路段容量分析
- 七、彰化路段運轉分析
- 八、智慧鐵路平臺
- 九、結論與後續發展

6

一、計畫背景分析

1.1 計畫緣起

- 運研所進行鐵路供需診斷與策略分析之研究，已建立多項抽象數學模式與求解演算法、據以開發可用之鐵路系統供需診斷核心技術，並實作「智慧鐵路平臺」軟體系統
- 政府刻正積極推動前瞻基礎建設，同步推動多項計畫，亟須具整合分析能力之軟體工具

1.2 計畫目的

- 維護鐵路系統供需診斷模式軟體、擴充列車資料與分析功能，進行策略分析，以期協助交通部及相關單位進行政策研擬與方案分析
- 目前大部份鐵路運轉相關分析均以單點、個別車站、單方向、或小路段為分析範圍
- 各專案大都個別評估鐵路運轉影響，缺乏整體性
- 鐵路之網路效應很強，各處環環相扣，二個行車方向未完全區隔，亦使得片段式運轉分析有誤導之風險
- 智慧鐵路平臺已具有臺鐵全系統運轉分析之能力以及與國際接軌之容量分析能力，對鐵路相關政策方案之分析實具有相當之重要性

7

二、重要文獻及資料

2.1 運研所前期研究成果

- 釐清供需體系成為6個模式並開發求解方法
- 設計並實作智慧鐵路平臺成為可長久累積成果之框架
- 開發自動解衝突核心技術

2.2 本計畫第一年期成果

- 開發本土化班表壓縮法技術，與國際接軌
- 精進運轉分析能力

2.3 UIC容量分析文獻

- 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

2.4 國際學術文獻

2.5 運輸政策白皮書

2.6 臺灣鐵道容量手冊

8

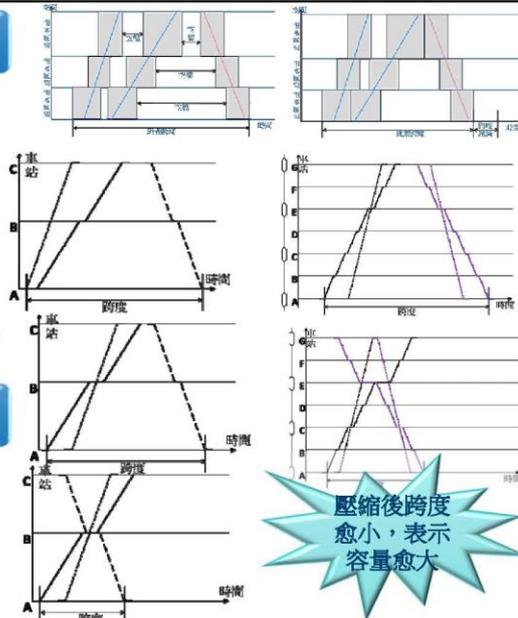
2.7 班表壓縮法

提出

- UIC(2004)、UIC(2013)
- 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
- 指出路線尚有剩餘容量並不同於可排入更多車次
- 概念：鐵路設施每日均可使用24（或若干）小時，可利用壓縮班表量測其最小跨度，相除即為路線容量利用率

困難點

- 站內之壓縮
- UIC並無良好方法
- 本計畫開發本土化方法，可運用於臺鐵
- 成功接軌於國際



9

2.8 路塞潛勢指數

提出

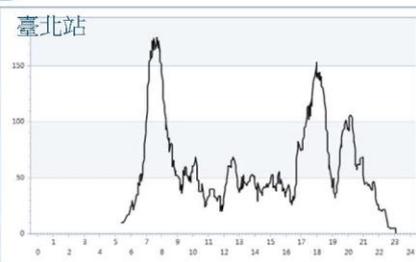
- 運研所於109年提出，用以評估鐵路運轉狀況之綜合指數
- 目的在反映鐵路系統中，各車站及站間之車次數量與運轉品質之間的關係

計算方法

- 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
- 若其中一未停靠則計入不足11分鐘的部份
- 若二車均未停靠則計入不足7分鐘的部份
- 一小時長度滾動加總得到指數

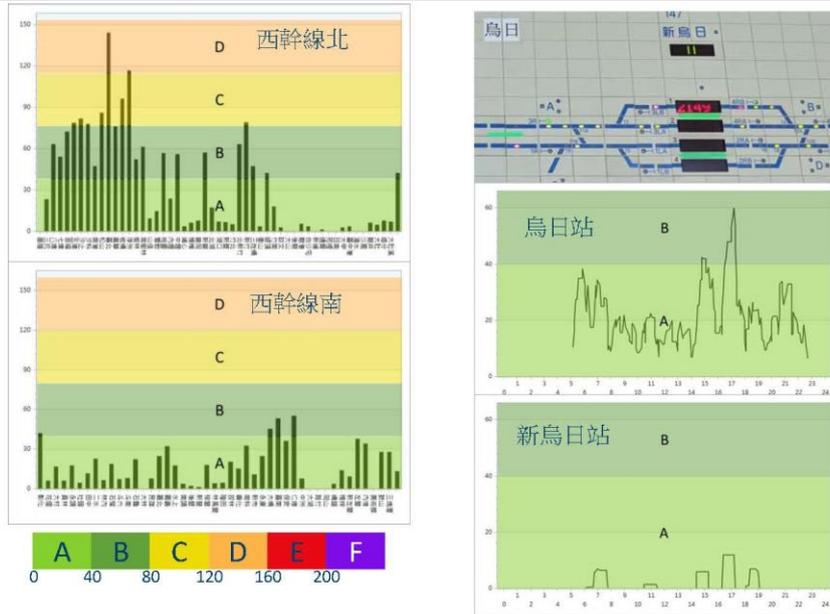
車站之指數

- 分時累積路塞潛勢指數



10

路塞潛勢指數例



2.9 本計畫基本資料

臺鐵真實班表

- 2020年11月3日真實班表

真實路軌

- 臺鐵行控中心顯示面板2021.9.28照片
- 據以建立精準數位模型

基準運轉時分

- 綜合臺鐵所提供之數據以及由真實班表歸納

鐵路建設計畫

- 交通部鐵道局，彰化市鐵路高架化計畫可行性分析，2021
- 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
- 交通部，臺鐵集集支線基礎設施改善計畫，2019

三、臺鐵車輛資料

3.1 臺鐵車隊

- 各式車輛共計4278輛（110年底）

3.2 臺鐵新購車輛

- 電聯車EMU3000、EMU900
- 電力、柴電機車
- 支線列車

3.3 臺鐵預定淘汰車輛

- 預計至2026年累計將淘汰833輛

3.4 車輛維修規定

- 主要規章：交通部105年「鐵路機車車輛檢修規則」

3.5 車輛編組運用計畫

3.6 車輛基地維修能力

- 臺鐵在110年總計修理了各式車輛83,071輛

3.7 車輛編組與運能

- 運能受到路軌配置、乘務人力、維修能力、基地區位、車輛於各基地之配置、駐車空間及班表等諸多因素之影響
- 各式車輛平均每日行駛里程可大略推估車輛編組數量發生變化時，對運能之連帶影響

13

四、臺鐵運轉資料

4.1 臺鐵系統班表

- 本計畫已完整取得臺鐵於今（民國111年）1月1日至10月31日之所有班表
- 智慧鐵路平臺有能力觀察這些班表之運行圖，亦可分析其路塞潛勢指數

4.2 機班人員工作班

4.3 車班人員工作班

4.4 運轉資源運用狀況

14

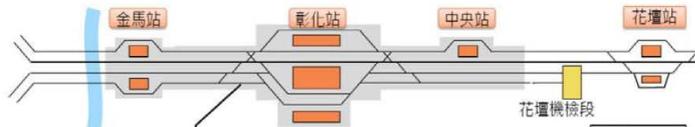
五、彰化路段鐵路建設計畫

5.1 整體說明

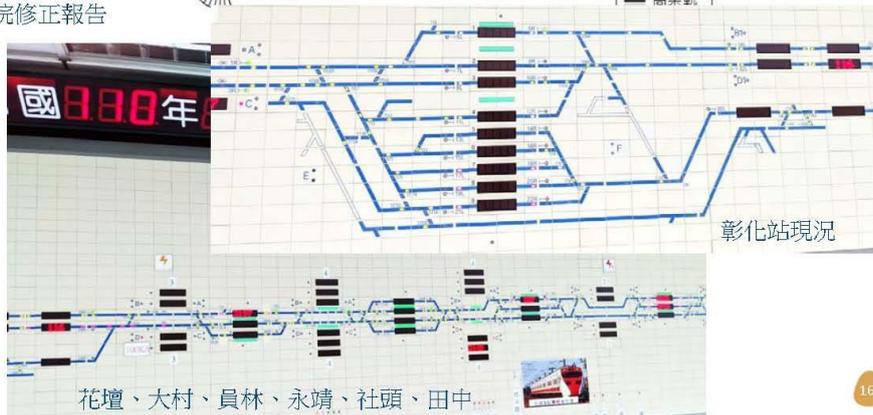
- 彰化北側為山線及海線
- 中心部份為成功站、追分站、大肚溪號誌站所形成之三角線
- 彰化站在山線與海線合併處之南側
- 集集支線於二水站與本線分岔



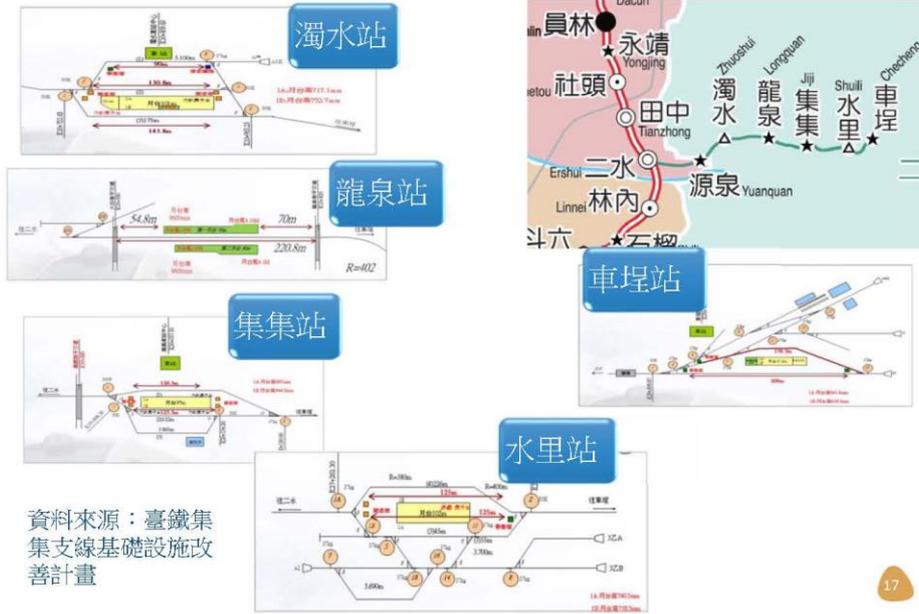
5.2 彰化高架計畫



資料來源：彰化市鐵路高架化報院修正報告



5.3 集集線改善計畫



17

5.4 田中支線計畫

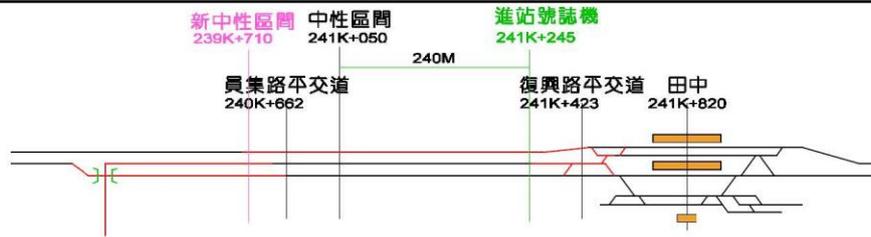
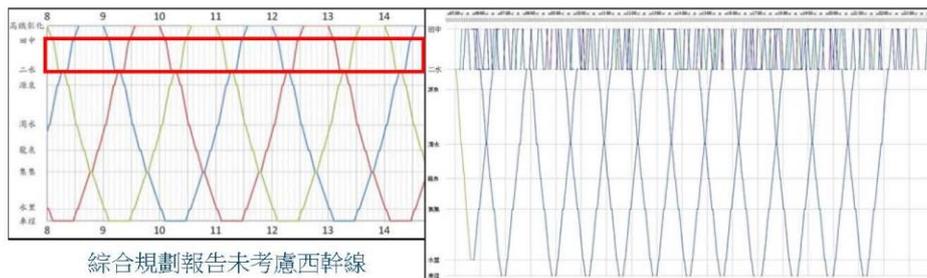


圖 4.2-3 田中支線建議路線方案示意圖



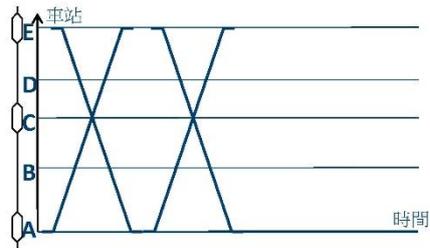
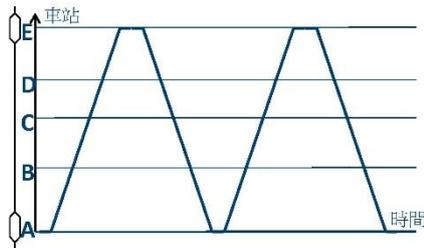
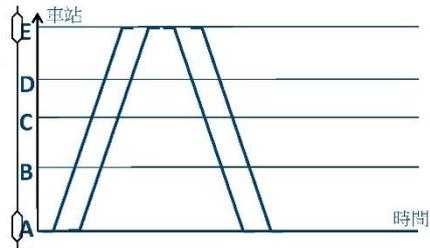
集集線現況班表運行圖

18

六、彰化路段容量分析 - 6.1 鐵路路線容量概述

6.1 鐵路路線容量概述

- 車種組成無代表性
- 班表影響重大
- 瓶頸不一定具代表性
- 路線容量分析不可片段為之



19

6.2 北段容量分析 (1/2)

路段範圍

- 大肚、新烏日、大村之間
- 涵蓋範圍：彰化站（改建）、大肚溪站（金馬，改建）、中央站（新設）、成功=追分=彰化（三角線）

現況情境

- 現況路軌及車站、現況班表

未來情境

- 彰化站改建，新增金馬、中央站
- 區間車增停金馬、中央站

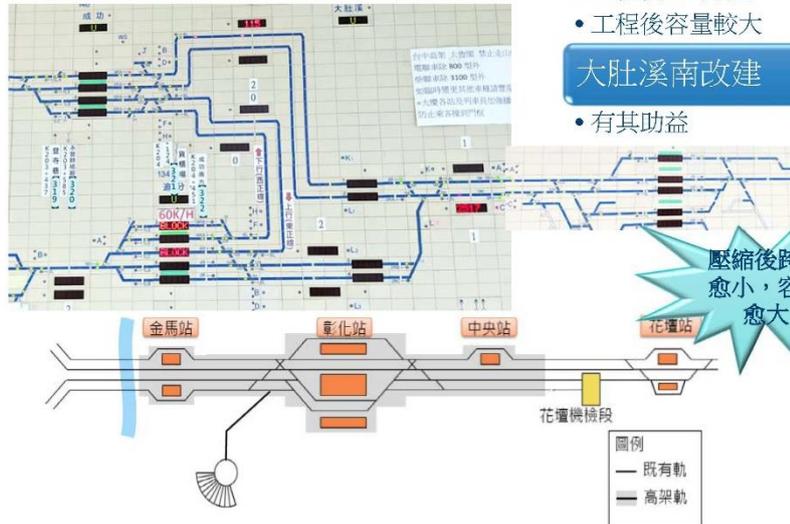
車次現況

- 計248列次：自強58、莒光17、區間172、專列1



20

6.2 北段容量分析 (2/2)



壓縮跨度之變化

- 現況573分鐘
- 工程後412分鐘
- 工程後容量較大

大肚溪南改建

- 有其助益

壓縮後跨度愈小，容量愈大

21

6.3 南段容量分析

路段範圍

- 西幹線社頭=林內之間
- 含全部集集線及田中支線

現況情境

- 西幹線使用現況路軌
- 集集線使用未來路軌
- 使用現況班表

未來情境

- 田中站改建
- 使用現況班表，但集集線延駛田中支線

車次現況

- 自強 = 48列次
- 莒光 = 16列次
- 區間 = 107列次 (含支線列車)
- 合計 = 171列次

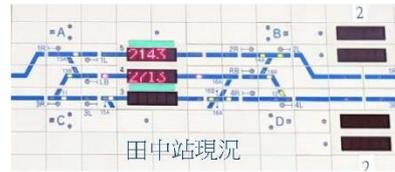


22

南段未來路軌

主要工程

- 改建田中站
- 增設田中支線及高鐵彰化站
- 集集線各站改善



列車行程變動

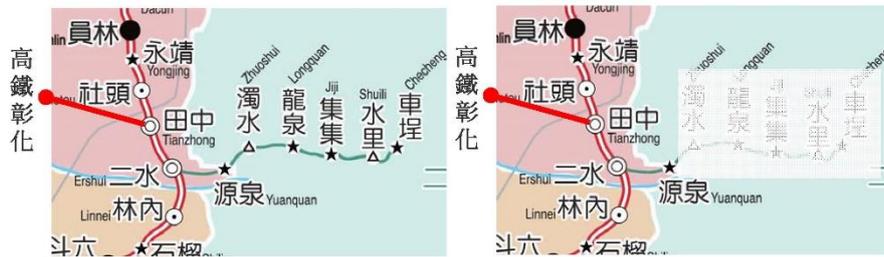
- 未來所有集集線列車均延駛田中支線



圖 4.2-3 田中支線建議路線方案示意圖

23

6.3 南段容量分析 – 情境設定



集集-田中支線分析

- 集集-田中線之容量小於西幹線之容量
- 支線：高鐵彰化-田中=二水-集集線
- 本線：社頭=田中=二水=林內

分析情境

- 現況班表：田中站改建+田中支線無列車
- 未來班表：田中站改建+集集線延駛田中支線
- 可分析田中站改建之後，延駛田中支線對容量之影響

西幹線分析

- 支線：高鐵彰化-田中=二水-源泉
- 本線：社頭=田中=二水=林內

分析情境

- 同左

24

6.4 結果討論

本線改建

- 彰化站改建並佈設四軌、金馬站取代大肚溪號誌站，對該處之路線容量有正面影響

支線運轉

- 建設田中支線並與集集線之列車串聯運轉，對本線及支線之容量均有負面影響

容量分析結果

- 由班表壓縮結果觀之，不論北段或南段，未來情境之路線容量均足以負荷目前車次

結果運用

- 未來若考慮集集線增班、田中支線配合高鐵系統之彰化站班表、或其他服務型態之調整，仍須依所構想之運轉型態再分析其路線容量是否足以負荷



表4-1 南段班表壓縮結果

集集線設定	支線列車進入田中支線	
	進入	不進入
支線截短	340	290
支線完整	580	509

串聯支線列車時

- 本線容量變小
- 支線容量亦變小
- 但運行現況班表時，容量仍然夠用

25

七、彰化路段運轉分析

7.1 鐵路運轉分析概述

- 所謂鐵路之運轉分析，指針對給定之鐵路路網以及擬提供之車次服務，分析其未來運轉時可能之績效
- 基本方法是試排班表，而使用之核心技術為自動排點技術
- 運研所經多年之研究，已成功開發可快速解衝突之自動排點技術，使得鐵路運轉分析成為工程計畫分析新的有力工具
- 路線尚有剩餘容量並不同於可排入更多車次，欲具體討論提供車次服務之增加或調整，在給定的情境下試排班表可作為具體有效討論之基礎

26

7.2 情境設定

現況情境

- 本線設定使用現況路軌、車站及現況班表
- 集集線使用未來路軌，與容量分析之設定一致

未來情境

- 所有建設計畫全數完工
- 區間車增停金馬、中央站，集集線列車延駛田中支線

支線情境

- 有支線情境：含有完整的集集線、田中支線
- 無支線情境：截去源泉至車埕路段

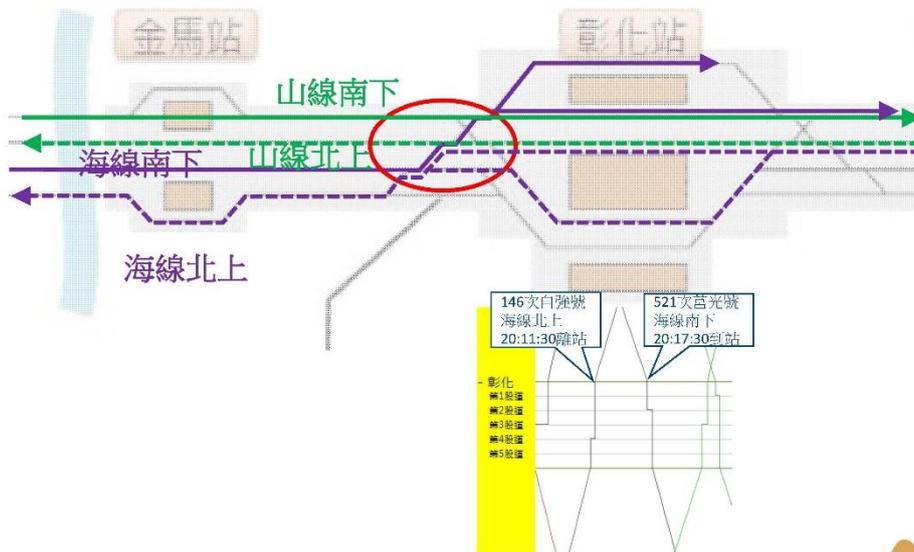
時隔情境

- 未來彰化站立體化完工後，北側設定3分鐘、6分鐘二種最小平面交叉時隔情境
- 系統中其他位置之平面交叉時隔均設定為3分鐘



27

未來彰化站之平面交叉



28

7.3 分析結果(1/2)

分析方法

- 對各情境，使用現況班表，調整行點排除衝突
- 以無衝突班表，計算各重要路段列車運行時間長度，並比較各情境差異

支線影響

- 有無支線，運轉狀況差異極小
- 以下之分析結果均使用「有支線」之情境

重要區間之行車時間

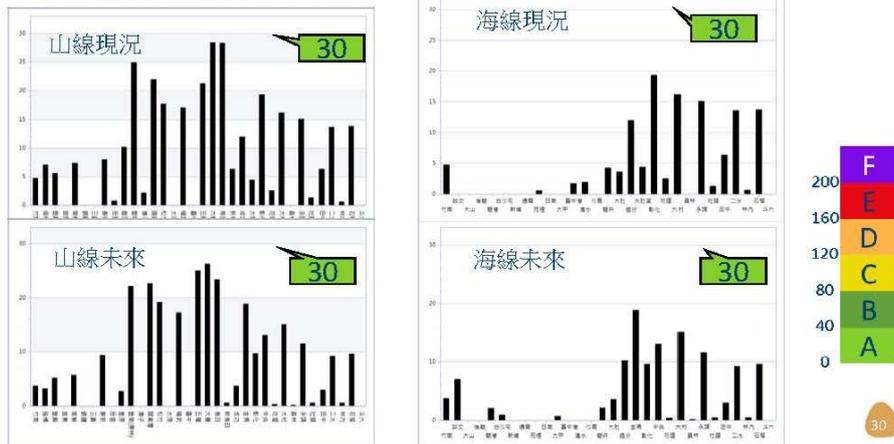
- 成功=花壇、追分=花壇之間，區間車約增加3.5分鐘之行車時間
- 成功=花壇之間，自強號行車時間約增加0.9分鐘
- 豐原=新烏日之間車站間距小之區域，行車時間平均約縮短1分鐘
- 彰化站北側之最小平面交叉時隔設定為6分鐘，影響行車時間不大

29

7.3 分析結果(2/2)

比對容量分析結果

- 前章路線容量分析發現有無支線，及支線列車運轉型態均影響容量，但容量均尚屬充足，因此有無支線對運轉狀況影響不大，與運轉分析結果一致
- 與路塞潛勢指數分析結果亦一致

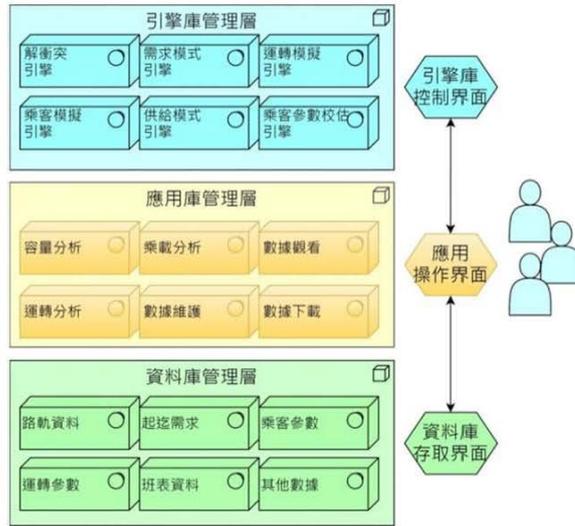


30

八、智慧鐵路平臺

8.1 平臺簡介

- 鐵路運輸系統之供給與需求體系可使用6個抽象模式以描述之
- 智慧鐵路平臺之架構整合所有模式
- 資料、引擎、應用均標準化，可用類似堆積木之方式成長
- 平臺可持續成長擴充，成為可長期累積研發成果之資訊環境



33

8.2 求解功能

解衝突

- 自動調整行點、分配股道以解開班表中之衝突
- 可用於自動排點

班表壓縮

- 壓縮班表以估計最小跨度
- 可輸入有或無衝突班表
- 可用於容量分析

股道分配

- 固定班表車次行點不變而分配其在各車站所使用之股道

路塞潛勢指數計算

- 計算各車站與站間之路塞潛勢指數

乘客選擇參數校估

- 推估乘客選擇行為參數值

乘客選擇模擬

- 模擬推估乘客選擇搭乘列車以完成其旅程之狀況，包含列車之對號或非對號之差異以及乘客搶票之行為

列車運轉模擬

- 模擬推估班表可能準點狀況

運輸需求模式

- 由售票紀錄計算出分時起迄需求量

供給模式

- 求解鐵路系統之服務計畫

34

8.3 界面操作功能(1/2)

車站股道編輯

- 可依車站之股道佈設，編輯精準之數位模型。分岐站、末端站等均可精準編輯

站間股道編輯

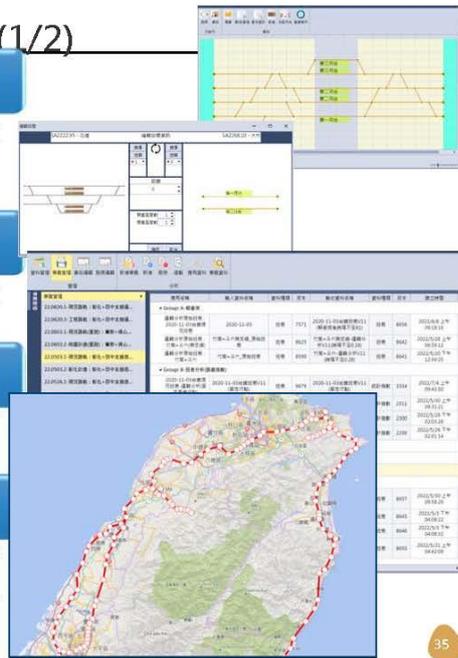
- 編輯兩車站之間的軌道。站間單一股道、雙股道或多股道均可

專案管理

- 使用者資料管理，提供各種新增、刪除、編輯、檢視資料等功能

路網維護

- 路網之新增、編輯、複製、刪除等資料維護工作，並可在圖形化的界面上編修基準運轉時分、基準停站時分、路線定義等



35

8.3 界面操作功能(2/2)

起迄檢視

- 將臺鐵售票紀錄轉換成為起迄OD資料，再以熱圖顯示之

班表檢視

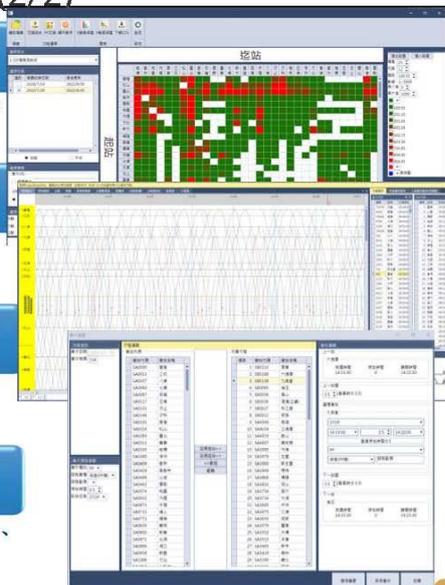
- 檢視運行圖、路塞潛勢指數統計圖等多種功能

班表編輯

- 在運行圖環境中執行新增、刪除、複製班表，並可編輯班表中之車次

數據下載

- 班表、衝突表、追越表、班表統計、路塞潛勢指數均可下載數據



36

8.4 本計畫精進成果

解衝突技術

- 平臺原本已可自動解衝突
- 本計畫發現更佳的演算法，提升求解所得班表之品質

解衝突引擎

- 將自動解衝突引擎掛上平臺
- 可用畫面操作方式送出自動解衝突
- 可持續監看求解進度與狀態

運行圖檢視

- 全新開發檢視運行圖模組
- 大幅提高了平臺友善性

班表編輯

- 新增維護、編輯班表之功能

售票紀錄處理

- 新增將售票紀錄轉換為起迄資訊的功能

起迄檢視

- 新增供使用者以熱圖檢視起迄資料的功能

路塞潛勢指數定義

- 定義全日累積路塞潛勢指數，並據以作為定義車站或站間路塞潛勢指數之基礎

37

九、結論與後續發展 - 9.1 結論

提升容量分析技術

- 本計畫開發與國際接軌、高度本土化容量分析方法，大幅提升技術層次
- 容量分析由個別車站、站間提升到整體路段，充份考慮網路效應影響
- 將容量分析技術由僅考慮車種組成提升到可充份考慮全班表
- 將容量分析技術由僅能考慮路軌提升到與運轉相結合，並設計「路塞潛勢指數」之綜合指標，以評量未來情境下之運轉狀況

運轉分析預見未來

- 自動解衝突技術使軟體能夠自動化依指定的服務計畫以及各種未來情境，解得未來情境班表
- 推動鐵路建設計畫時可跳脫路線容量分析之限制，觀察觀察未來班表而預見未來情境下鐵路系統可能的運轉狀況及能力

軟體平臺之設計及開發

- 智慧鐵路平臺可整合多種數據資料、引擎及應用
- 避免產生資訊孤島

38

9.2 後續發展

應用面之後續發展

- 核心技術與應用軟體工具均已接近實用能力
- 建議後續與鐵道局密切合作，實質參與推動中各項鐵路建設計畫之分析及審議，以加速累積實經驗作為後續開發之重要參考，同時亦對計畫之推動產生實質助益

軟體開發面之後續發展

- 軟體操作界面之方便性、親和性為使用者之主觀感覺，開發過程，未來使用者深度參與試用並提供回饋不可或缺

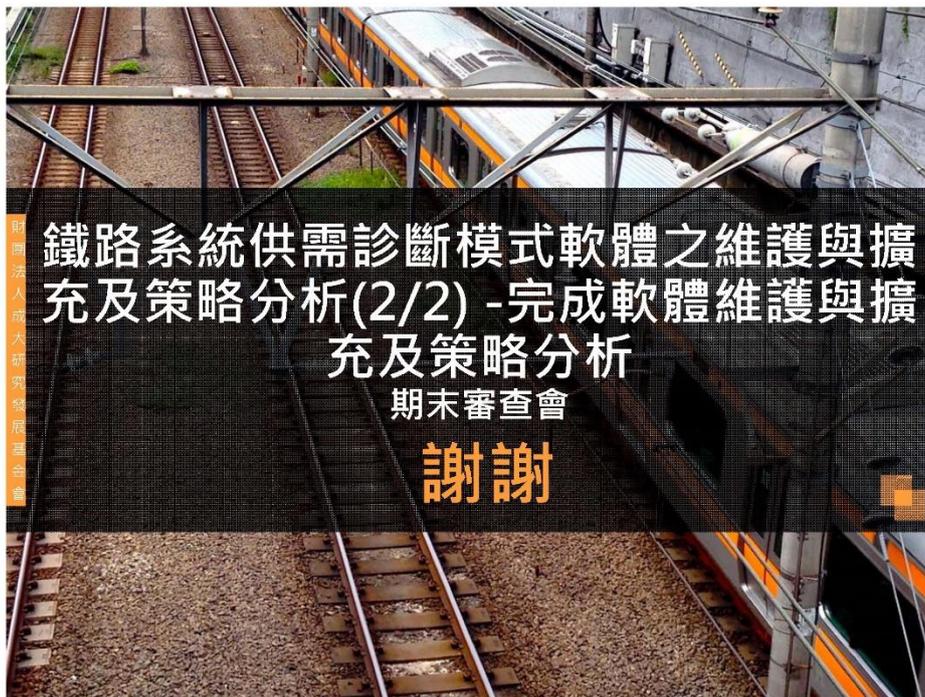
技術發展面之後續發展

- 真實鐵路系統在運轉中心發生隨機擾動、趕點、運轉整理等
- 建議後續開發可納入運轉過程之核心技術，使運轉分析更臻完善，對計畫評議提供更有力的參據

應用領域之後續發展

- 分析未來情境之技術亦可應用於現況、應用於臺鐵之技術亦可應用於其他鐵路系統
- 臺鐵準點率如何隨寬裕時間而變化、高鐵在不同延伸方案下之運轉狀況等課題均有其重要性，亦均在本計畫核心技術所及範圍內
- 建議後續擴大應用領域以更充份發揮運技術及軟體之效用

39



ISBN 978-986-531-522-1

00170



9 789865 315221

GPN : 1011200845
定價 170 元