

111-073-1457
MOTC-IOT-110-PBB004

應用鐵道容量分析方法 進行營運改善規劃



交通部運輸研究所

中華民國 111 年 11 月

111-073-1457
MOTC-IOT-110-PBB004

應用鐵道容量分析方法 進行營運改善規劃

著者：黃笙珰、鍾志成、賴勇成、胡仲瑋、陳桂豪、徐任宏、
黃邵琪、李崑育、張舜淵、劉昭榮、楊國楨

交通部運輸研究所

中華民國 111 年 11 月

應用鐵道容量分析方法進行營運改善規劃/黃笙玹, 鍾志成, 賴勇成, 胡仲瑋, 陳桂豪, 徐任宏, 黃邵琪, 李崑育, 張舜淵, 劉昭榮, 楊國楨著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民 111. 11

面 ; 公分

ISBN 978-986-531-439-2(平裝)

1. CST: 鐵路管理 2. CST: 運輸系統 3. CST: 容量分析 4. CST: 臺灣

557

111019465

應用鐵道容量分析方法進行營運改善規劃

著者：黃笙玹、鍾志成、賴勇成、胡仲瑋、陳桂豪、徐任宏、黃邵琪、李崑育、張舜淵、劉昭榮、楊國楨

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 111 年 11 月

印刷者：全凱數位資訊有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 70 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：350 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)2349-6789

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

五南文化廣場：400002 臺北市中區中山路 6 號・電話：(04)2226-0330

GPN：1011101958

ISBN：978-986-531-439-2 (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：應用鐵道容量分析方法進行營運改善規劃			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-439-2 (平裝)	政府出版品統一編號 1011101958	運輸研究所出版品編號 111-073-1457	計畫編號 110-PBB004
本所主辦單位：運輸計畫組 主管：張舜淵 計畫主持人：張舜淵 研究人員：劉昭榮、楊國楨 聯絡電話：(02)23496806 傳真號碼：(02)25450428	合作研究單位：財團法人中興工程顧問社 計畫主持人：黃笙玟 研究人員：鍾志成、賴勇成、胡仲瑋、陳桂豪 徐任宏、黃邵琪、李崑育 地址：臺北市南京東路5段171號 聯絡電話：(02)87919198 ext. 426 傳真號碼：(02)87912198		研究期間 自110年2月 至110年12月
關鍵詞：傳統暨區域鐵路系統、鐵道容量分析、營運規劃			
摘要： 因應國內各種鐵道系統建設需要，本所進行了一系列鐵道容量研究計畫，不僅發展鐵道容量分析模式與軟體，並編訂「臺灣鐵道容量手冊」供各界參考應用。然而，由於國內目前在鐵道建設計畫審議機制中，對於鐵道路線容量的分析工作尚缺乏具體規範，但實際上，無論是鐵道進行改善計畫或營運條件改變時，都需透過路線容量評估來確保運能是否能滿足需求。有鑑於此，本計畫針對傳統暨區域鐵路系統（也就是臺灣鐵路），將鐵道容量分析方法應用於實際鐵道建設及營運規劃之容量評估與改善方案研提，以強化國內鐵道容量分析技術的實務應用。 透過案例分析，本計畫發現在複線運轉區間中若連續設有一座以上之無待避功能車站，則會成為容量瓶頸所在，同時，也評估減少列車速差、調整交通組成、提升系統可靠度、增設待避線，以及升級號誌系統等措施對容量改善的效果。此外，對於有複雜路徑交會的車站，若能以立體交叉來減少平面交叉，將可有效改善路線容量。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
111 年 11 月	294	350	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: Applying Railway Capacity Analysis Approach to Improve Operational Planning			
ISBN(OR ISSN) ISBN 978-986-531-439-2(pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011101958	IOT SERIAL NUMBER 111-073-1457	PROJECT NUMBER 110-PBB004
DIVISION: Planning Division DIVISION CHIEF: Shuen-Yuan Chang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Shuen-Yuan Chang PROJECT STAFF: Jau-Rong Liu, Kuo-Chen Yang PHONE: 886-2-23496806 FAX: 886-2-25450428			PROJECT PERIOD FROM February 2021 TO December 2021
RESEARCH AGENCY: Sinotech Engineering Consultants, Inc. PRINCIPAL INVESTIGATOR: Sheng-Hsuan Huang PROJECT STAFF: Jyh-Cherng Jong, Yung-Cheng Lai, Chung-Wei Hu, Guei-Hao Chen, Ren-Hong Xu, Shao-Chi Huang, Kun-Yu Li ADDRESS: 171 Nanking E. RD. SEC. 5, Taipei, Taiwan, R.O.C. PHONE: 886-2-87919198 ext. 426 FAX: 886-2-87912198			
KEY WORDS: Conventional Railway Systems, Rail Capacity Analysis, Operational Planning			
ABSTRACT: To meet the needs of constructing various railway systems, the Institute of Transportation, MOTC has carried out a series of research projects on rail capacity. These projects not only developed rail capacity models and software but also compiled the “Railway Capacity Manual in Taiwan” for reference and use by all. However, in the current review mechanism for railway construction projects, there is no standardized approach to analyze rail capacity. In fact, regardless of the implementation of railway improvement plans or changes in operating conditions is changed, evaluating rail capacity to ensure whether transportation capacity can meet demand is paramount. Therefore, this research project applied the rail capacity analysis method to capacity assessment and improvement plan proposals for actual railway construction projects and operational planning of conventional railway systems (i.e. Taiwan Railway) to enhance the practical application of rail capacity analysis technologies. Through case studies, this research found that double track sections will become a bottleneck when there are too many consecutive stations in the section without overtaking functionality. This research also analyzed the effects of capacity improvement using several strategies which include reducing variations in train speeds, adjusting traffic composition, improving system reliability, constructing new tracks in stations, and signal system upgrading. Besides, the use of flying junctions instead of level junctions can effectively improve the capacity of stations with complex route conflicts.			
DATE OF PUBLICATION November 2022	NUMBER OF PAGES 294	PRICE 350	
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

	頁 次
目 錄.....	III
圖 目 錄.....	VII
表 目 錄.....	XI
第一章 緒論.....	1 - 1
1.1 研究緣起.....	1 - 1
1.2 研究範圍.....	1 - 2
1.3 研究對象.....	1 - 3
1.4 研究目標.....	1 - 4
1.5 工作項目與內容.....	1 - 5
1.6 執行流程.....	1 - 7
第二章 文獻回顧.....	2 - 1
2.1 國外容量分析實務案例與規範介紹.....	2 - 1
2.1.1 澳洲獵人谷路廊容量分析.....	2 - 1
2.1.2 紐西蘭奧克蘭 CRL 鐵路建設計畫.....	2 - 3
2.1.3 加拿大多倫多地鐵安大略線興建計畫.....	2 - 5
2.1.4 美國 OASIS 鐵道路廊建設計畫.....	2 - 6
2.1.5 英國 TfN 交通決策計畫.....	2 - 8
2.1.6 各國相關規範介紹.....	2 - 9
2.1.7 容量檢核改善程序.....	2 - 11
2.2 國內鐵路建設相關之可行性研究與綜合規劃.....	2 - 14
2.2.1 可行性研究與綜合規劃相關規範.....	2 - 15
2.2.2 鐵道容量分析方法的演變.....	2 - 16
2.2.3 各家廠商所使用路線容量分析方法比較.....	2 - 24
2.3 國內路線容量評估方法.....	2 - 25
2.3.1 臺鐵路線容量計算公式.....	2 - 25

2.3.2	現行臺鐵評估容量之作業方式	2 - 26
2.3.3	本所容量分析模式	2 - 27
2.4	小結	2 - 29
第三章	案例分析執行方法	3 - 1
3.1	界定分析範圍	3 - 1
3.2	準備相關參數	3 - 3
3.2.1	車站軌道佈設類型	3 - 3
3.2.2	交通組成	3 - 5
3.2.3	停站方式與停站時間	3 - 5
3.2.4	站間運轉時間	3 - 5
3.2.5	號誌安全時距	3 - 6
3.3	進行容量分析	3 - 12
3.3.1	傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體	3 - 13
3.3.2	複雜場站之容量分析程序	3 - 18
3.4	案例分析對象	3 - 21
第四章	七堵－樹林路段案例	4 - 1
4.1	分析範圍界定	4 - 1
4.2	輸入參數設定	4 - 2
4.2.1	車站軌道佈設類型	4 - 3
4.2.2	交通組成	4 - 3
4.2.3	停站時間	4 - 4
4.2.4	站間運轉時間	4 - 4
4.2.5	號誌安全時距	4 - 6
4.3	路線容量分析	4 - 7
4.3.1	建立專案雛形	4 - 7
4.3.2	設定車站參數	4 - 9
4.3.3	設定交互關係參數	4 - 10
4.3.4	進行容量分析	4 - 11
4.4	南港站上行方向發車能力分析	4 - 13
4.5	整體容量表現與寬裕係數校估	4 - 17

4.6	容量瓶頸探討與改善方向	4 - 19
4.7	改善方案與效益評估	4 - 22
4.7.1	傾斜式列車降速運轉	4 - 22
4.7.2	調整交通組成	4 - 24
4.7.3	改善系統可靠度	4 - 25
4.7.4	號誌系統改善與升級	4 - 26
4.7.5	增設待避線	4 - 28
4.8	綜合比較	4 - 30
第五章	鶯歌一埔心路段案例	5 - 1
5.1	分析範圍界定	5 - 1
5.2	輸入參數設定	5 - 3
5.2.1	車站軌道佈設類型	5 - 3
5.2.2	交通組成	5 - 4
5.2.3	停站時間	5 - 4
5.2.4	站間運轉時間	5 - 5
5.2.5	號誌安全時距	5 - 7
5.3	路線容量分析與結果比較	5 - 8
5.4	鐵路立體化衝擊容量的原因與改善	5 - 9
第六章	民雄一中洲路段案例	6 - 1
6.1	分析範圍界定	6 - 1
6.2	輸入參數設定	6 - 3
6.2.1	車站軌道佈設類型	6 - 3
6.2.2	交通組成	6 - 5
6.2.3	停站時間	6 - 5
6.2.4	站間運轉時間	6 - 7
6.2.5	號誌安全時距	6 - 10
6.3	路線容量分析與結果比較	6 - 11
6.4	容量瓶頸探討與改善	6 - 14
第七章	大肚溪南號誌站案例	7 - 1
7.1	分析範圍界定	7 - 1

7.2	輸入參數設定.....	7 - 3
7.2.1	車站軌道佈設類型.....	7 - 3
7.2.2	交通組成.....	7 - 4
7.2.3	停站時間.....	7 - 4
7.2.4	站間運轉時間.....	7 - 4
7.2.5	號誌安全時距.....	7 - 6
7.3	路線容量分析.....	7 - 7
7.4	銜接點容量分析.....	7 - 7
7.4.1	大肚溪南號誌站容量分析.....	7 - 8
7.4.2	彰化站高架後之容量分析.....	7 - 10
7.5	整體容量表現與比較.....	7 - 14
7.6	容量瓶頸探討與改善.....	7 - 15
第八章	花蓮—臺東路段案例.....	8 - 1
8.1	分析範圍界定.....	8 - 1
8.2	輸入參數設定.....	8 - 3
8.2.1	車站軌道佈設類型.....	8 - 3
8.2.2	交通組成.....	8 - 5
8.2.3	停站時間.....	8 - 6
8.2.4	站間運轉時間.....	8 - 8
8.2.5	號誌安全時距.....	8 - 12
8.3	路線容量分析與結果比較.....	8 - 13
第九章	結論與建議.....	9 - 1
9.1	結論.....	9 - 1
9.2	建議.....	9 - 2
	參考文獻.....	R - 1
	附錄 A 歷次工作會議紀錄.....	A - 1
	附錄 B 第一次學者專家座談會議紀錄.....	B - 1
	附錄 C 期中審查意見處理情形及簡報.....	C - 1
	附錄 D 第二次學者專家座談會議紀錄.....	D - 1
	附錄 E 期末審查意見處理情形及簡報.....	E - 1

圖 目 錄

	頁 次
圖 1-1 研究範圍.....	1 - 3
圖 1-2 臺鐵營運路線.....	1 - 4
圖 1-3 研究流程圖.....	1 - 7
圖 2-1 獵人谷路廊示意.....	2 - 2
圖 2-2 Gunnedah Line 容量分析與需求比較.....	2 - 3
圖 2-3 紐西蘭奧克蘭 CRL 鐵路建設路線圖.....	2 - 4
圖 2-4 奧克蘭西線運量需求與容量供給路線分布圖.....	2 - 5
圖 2-5 加拿大多倫多地鐵安大略線簡圖.....	2 - 6
圖 2-6 OASIS 軌道路線圖.....	2 - 7
圖 2-7 OASIS 軌道應用於 RTCM 模擬軟體運行圖.....	2 - 8
圖 2-8 北英格蘭鐵道路廊計畫.....	2 - 9
圖 2-9 Capacity4Rail 容量檢核與改善流程.....	2 - 13
圖 2-10 FTA 容量檢核與改善流程.....	2 - 14
圖 2-11 臺鐵目前評估路線容量的作業流程.....	2 - 26
圖 2-12 傳統暨區域鐵路系統之鐵道容量分析架構.....	2 - 27
圖 2-13 複線連續區段路線容量分析模式整體演算流程.....	2 - 28
圖 2-14 單線連續區段容量分析模式整體流程圖.....	2 - 29
圖 2-15 可行性研究與綜合規劃應具備的供需分析內容建議.....	2 - 30
圖 3-1 容量分析執行流程圖.....	3 - 1
圖 3-2 界定分析範圍範例.....	3 - 2
圖 3-3 傳統暨區域鐵路鐵道容量的基本分析單元.....	3 - 3
圖 3-4 車站軌道佈設類型歸類範例.....	3 - 4
圖 3-5 列車於車站內使用不同股道時的號誌安全時距示意圖.....	3 - 7
圖 3-6 列車於車站內使用相同股道時的號誌安全時距示意圖.....	3 - 7
圖 3-7 先行列車進站後續行列車離站的號誌安全時距示意圖.....	3 - 8
圖 3-8 先行列車離站後續行列車進站的號誌安全時距示意圖.....	3 - 8

圖 3-9	同向列車於號誌站匯流或分歧時的號誌安全時距示意圖 ..	3 - 9
圖 3-10	反向列車於號誌站交會時的號誌安全時距示意圖	3 - 9
圖 3-11	合併區間所應考量的號誌安全時距範例	3 - 10
圖 3-12	考慮下游無待避功能車站的影響	3 - 11
圖 3-13	考慮上游無待避功能車站的影響	3 - 11
圖 3-14	傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體的主畫面	3 - 13
圖 3-15	傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體之功能架構圖	3 - 14
圖 3-16	專案管理功能相關介面	3 - 14
圖 3-17	參數編輯功能相關介面	3 - 15
圖 3-18	專案精靈相關介面	3 - 16
圖 3-19	分析功能相關介面	3 - 17
圖 3-20	操作模式切換畫面	3 - 17
圖 3-21	檢核設定畫面	3 - 18
圖 3-22	複雜場站之容量分析流程	3 - 19
圖 3-23	透過程式計算平均運轉時隔的流程圖	3 - 21
圖 4-1	重疊區間造成容量高度運用	4 - 1
圖 4-2	七堵－樹林各站軌道配置與運用方式示意圖	4 - 2
圖 4-3	開啟專案精靈	4 - 7
圖 4-4	選擇匯入臺鐵參數資料	4 - 8
圖 4-5	匯入臺鐵七堵－樹林之參數資料	4 - 8
圖 4-6	建立臺鐵七堵－樹林之專案雛形	4 - 9
圖 4-7	刪除無待避功能車站之後的車站清單	4 - 9
圖 4-8	調整七堵站的號誌安全時距設定	4 - 10
圖 4-9	設定傾斜式自強號於七堵→汐止的交互關係參數	4 - 11
圖 4-10	設定各區段的交通組成	4 - 11
圖 4-11	路線容量分析結果	4 - 12
圖 4-12	南港站上行方向出站後的軌道分岔情況	4 - 13
圖 4-13	列車於南港站上行離站的運行路徑 1	4 - 14
圖 4-14	列車於南港站上行離站的運行路徑 2	4 - 14
圖 4-15	列車於南港站上行離站的運行路徑 3	4 - 14

圖 4-16 下行方向瓶頸位於七堵→南港	4 - 19
圖 4-17 上行方向瓶頸則位於樹林→板橋	4 - 20
圖 4-18 七堵→南港的詳細容量分析結果	4 - 21
圖 4-19 樹林→板橋的詳細容量分析結果	4 - 21
圖 4-20 傾斜式列車降速運轉提升容量示意圖	4 - 22
圖 4-21 調整傾斜式列車運轉時間對下行路線容量之影響	4 - 23
圖 4-22 調整傾斜式列車運轉時間對上行路線容量之影響	4 - 23
圖 4-23 列車交通組成對運轉時隔的影響	4 - 24
圖 4-24 調整交通組成對下行路線容量之影響	4 - 24
圖 4-25 調整交通組成對上行路線容量之影響	4 - 25
圖 4-26 減少運轉寬裕時間係數對下行路線容量之影響	4 - 26
圖 4-27 減少運轉寬裕時間係數對上行路線容量之影響	4 - 26
圖 4-28 三位式號誌升級為四位式號誌示意圖	4 - 27
圖 4-29 調整號誌安全時距對下行路線容量之影響	4 - 27
圖 4-30 調整號誌安全時距對上行路線容量之影響	4 - 28
圖 4-31 車站內增設待避線示意圖	4 - 28
圖 4-32 增設待避線對下行路線容量之影響	4 - 29
圖 4-33 增設待避線對上行路線容量之影響	4 - 29
圖 5-1 鶯歌－埔心立體化前之軌道配置與運用方式示意圖	5 - 1
圖 5-2 鶯歌－埔心立體化後之軌道配置與運用方式示意圖	5 - 2
圖 5-3 桃園鐵路立體化的主要工程內容	5 - 9
圖 5-4 情境 1 之鶯歌－埔心軌道配置與運用方式示意圖	5 - 10
圖 5-5 情境 2 之鶯歌－埔心軌道配置與運用方式示意圖	5 - 11
圖 6-1 民雄－中洲之軌道配置與運用方式示意圖	6 - 1
圖 6-2 臺南市區鐵路地下化計畫示意圖	6 - 2
圖 6-3 臺南市區鐵路地下化後之軌道配置與運用方式示意圖	6 - 2
圖 6-4 善化站軌道被占用時的下行容量瓶頸所在	6 - 14
圖 6-5 善化站軌道被占用時的上行容量瓶頸所在	6 - 15
圖 7-1 新烏日/追分－彰化之軌道配置與運用方式示意圖	7 - 1
圖 7-2 彰化鐵路高架化後之軌道配置與運用方式示意圖	7 - 2

圖 7-3	大肚溪南號誌站的列車運行路徑 1.....	7 - 8
圖 7-4	大肚溪南號誌站的列車運行路徑 2.....	7 - 8
圖 7-5	大肚溪南號誌站的列車運行路徑 3.....	7 - 8
圖 7-6	大肚溪南號誌站的列車運行路徑 4.....	7 - 9
圖 7-7	彰化站高架後的列車運行路徑 1.....	7 - 10
圖 7-8	彰化站高架後的列車運行路徑 2.....	7 - 11
圖 7-9	彰化站高架後的列車運行路徑 3.....	7 - 11
圖 7-10	彰化站高架後的列車運行路徑 4.....	7 - 11
圖 7-11	彰化站高架後的列車運行路徑 5.....	7 - 11
圖 7-12	彰化站高架後的列車運行路徑 6.....	7 - 12
圖 7-13	彰化站高架後的列車運行路徑 7.....	7 - 12
圖 7-14	彰化站高架後的列車運行路徑 8.....	7 - 12
圖 7-15	以立體交叉改善平面交叉示意圖.....	7 - 15
圖 8-1	花蓮—臺東現況之各站軌道配置與運用方式示意圖.....	8 - 1
圖 8-2	花蓮—臺東雙軌化後之各站軌道配置示意圖.....	8 - 2

表 目 錄

	頁 次
表 2.1 國內鐵道建設相關計畫之報告	2 - 17
表 2.2 2013 年以前的路線容量分析方法使用狀況	2 - 21
表 2.3 2013 年以後的路線容量分析方法使用狀況	2 - 22
表 2.4 承辦廠商使用過的路線容量分析方法	2 - 24
表 3.1 典型的車站軌道佈設類型	3 - 4
表 3.2 車站軌道佈設型式歸類原則	3 - 4
表 3.3 臺鐵環島路網之路線容量	3 - 22
表 4.1 七堵－樹林案例的分析範圍	4 - 2
表 4.2 七堵－樹林案例之各站軌道佈設型式	4 - 3
表 4.3 列車於七堵－樹林各站之停站時間	4 - 4
表 4.4 列車於七堵－樹林各站間之運轉時間	4 - 5
表 4.5 合併區段後的站間運轉時間	4 - 5
表 4.6 調整後的號誌安全時距	4 - 6
表 4.7 不同運轉寬裕時間係數設定的路線容量	4 - 12
表 4.8 先續行列車的衝突路徑種類	4 - 15
表 4.9 各種衝突路徑的時距	4 - 16
表 4.10 各先續行列車組合的發生機率	4 - 17
表 4.11 不同運轉寬裕時間係數設定的南港站發車能力	4 - 17
表 4.12 容量分析結果彙整	4 - 18
表 4.13 不同運轉寬裕時間係數設定的整體容量表現	4 - 18
表 4.14 容量瓶頸改善方案	4 - 22
表 4.15 七堵－樹林路段案例之瓶頸改善方案效益彙整表	4 - 30
表 4.16 以臺鐵路線容量公式計算的結果	4 - 31
表 5.1 鶯歌－埔心案例的分析範圍	5 - 2
表 5.2 鶯歌－埔心案例之各站軌道佈設型式	5 - 3
表 5.3 列車於鶯歌－埔心各站之停站時間	5 - 4

表 5.4	列車於鶯歌—埔心各站間之運轉時間（立體化前）	5 - 5
表 5.5	合併區段後的運轉時間（立體化前）	5 - 5
表 5.6	列車於鶯歌—埔心各站間之運轉時間（立體化後）	5 - 6
表 5.7	合併區段後的運轉時間（立體化後）	5 - 6
表 5.8	調整後的號誌安全時距（立體化前）	5 - 7
表 5.9	調整後的號誌安全時距（立體化後）	5 - 7
表 5.10	鶯歌—埔心案例的容量分析結果（立體化前）	5 - 8
表 5.11	鶯歌—埔心案例的容量分析結果（立體化後）	5 - 8
表 5.12	情境 1 之鶯歌—埔心路段容量分析結果	5 - 10
表 5.13	情境 2 之鶯歌—埔心路段容量分析結果	5 - 11
表 5.14	各情境之路線容量分析結果比較	5 - 11
表 5.15	全線兩島四股的容量分析結果	5 - 12
表 6.1	民雄—中洲案例的分析範圍	6 - 3
表 6.2	民雄—中洲各站之軌道佈設型式	6 - 4
表 6.3	臺南鐵路立體化的車站軌道佈設型式變化	6 - 4
表 6.4	列車於民雄—中洲各站之停站時間	6 - 6
表 6.5	列車於民雄—中洲各站間之運轉時間	6 - 7
表 6.6	合併區段後的運轉時間（善化站內軌道被占用）	6 - 8
表 6.7	合併區段後的運轉時間（永康站內軌道被占用）	6 - 8
表 6.8	合併區段後的運轉時間（臺南站內軌道被占用）	6 - 9
表 6.9	鐵路立體化後列車於臺南—保安各站間之運轉時間	6 - 9
表 6.10	鐵路立體化後臺南—中洲間各合併區段的運轉時間	6 - 10
表 6.11	調整後的號誌安全時距（立體化前）	6 - 10
表 6.12	臺南—中洲間調整後的號誌安全時距（立體化後）	6 - 11
表 6.13	民雄—中洲在不同軌道占用情況下的容量分析結果	6 - 11
表 6.14	民雄—中洲案例的容量分析結果彙整	6 - 12
表 6.15	考量臺南鐵路立體化後的的容量分析結果	6 - 12
表 6.16	情境 1 之民雄—中洲路段容量分析結果	6 - 13
表 6.17	情境 2 之民雄—中洲路段容量分析結果	6 - 13
表 6.18	善化站增建後的容量分析結果	6 - 15

表 7.1	大肚溪南號誌站案例的分析範圍	7 - 2
表 7.2	大肚溪南號誌站案例之山線各站軌道佈設型式	7 - 3
表 7.3	大肚溪南號誌站案例之海線各站軌道佈設型式	7 - 3
表 7.4	大肚溪南號誌站案例之列車停站時間	7 - 4
表 7.5	大肚溪南號誌站案例之山線站間運轉時間（彰化高架前）	7 - 5
表 7.6	大肚溪南號誌站案例之海線站間運轉時間（彰化高架前）	7 - 5
表 7.7	山線合併區段後的運轉時間（彰化高架前）	7 - 5
表 7.8	海線合併區段後的運轉時間（彰化高架前）	7 - 6
表 7.9	山線調整後的號誌安全時距（彰化高架前）	7 - 6
表 7.10	山線調整後的號誌安全時距（彰化高架後）	7 - 6
表 7.11	海線調整後的號誌安全時距（彰化高架後）	7 - 7
表 7.12	山海線容量分析結果	7 - 7
表 7.13	各路徑間的號誌安全時距	7 - 9
表 7.14	大肚溪南號誌站之容量分析結果	7 - 10
表 7.15	各路徑間的號誌安全時距	7 - 13
表 7.16	彰化站高架後之容量分析結果	7 - 13
表 7.17	容量分析結果彙整（彰化高架前）	7 - 14
表 7.18	容量分析結果彙整（彰化高架後）	7 - 14
表 7.19	彰化站高架後經改善之容量分析結果	7 - 16
表 8.1	花蓮—臺東案例現況之分析範圍	8 - 3
表 8.2	花蓮—臺東案例雙軌化後之分析範圍	8 - 3
表 8.3	花蓮—臺東案例之各站軌道佈設型式	8 - 4
表 8.4	花蓮—臺東案例交通組成（現況）	8 - 5
表 8.5	花蓮—臺東案例交通組成（雙軌化後）	8 - 6
表 8.6	列車於花蓮—臺東各站之停站時間（現況）	8 - 6
表 8.7	列車於花蓮—臺東各站之停站時間（雙軌化後）	8 - 7
表 8.8	列車於花蓮—臺東各站間之運轉時間	8 - 9
表 8.9	合併區段後的站間運轉時間（現況）	8 - 10

表 8.10 合併區段後的站間運轉時間（雙軌化後）	8 - 11
表 8.11 調整後的號誌安全時距（現況）	8 - 12
表 8.12 調整後的號誌安全時距（雙軌化後）	8 - 12
表 8.13 花蓮－臺東容量分析結果（現況）	8 - 13
表 8.14 花蓮－臺東容量分析結果（雙軌化後）	8 - 14

第一章 緒論

1.1 研究緣起

鐵道運輸系統具有高效率、低污染的特性，且對於環境衝擊較公路系統來得小，然而其建設所需投入之經費資源較為龐大，因此需在規劃、設計及營運階段，對於系統的供需能量加以掌握，才能將有限的資源進行配置，以提供符合預期水準的運能。為掌握鐵道運輸系統供需能量及服務水準，交通部運輸研究所（以下簡稱本所）自民國 92 年起，針對鐵道運輸系統之容量分析模式持續進行一系列相關研究，迄今已發展傳統暨區域鐵路系統、都會捷運系統及 A、B 型路權輕軌系統等之容量分析方法，並編訂「臺灣鐵道容量手冊」及開發分析軟體，供各界應用。

目前國內鐵道建設計畫審議機制已要求進行初步的路線容量分析，如鐵路立體化之規劃，要求主辦機關需考量對鐵道營運機構之衝擊分析；於可行性研究階段確保不降低原有路線容量；於綜合規劃階段評估鐵路立體化對整體路線容量及行車效率之影響分析，然而國內對於鐵道路線容量的分析，尚無統一規範分析方法，較不易確認評估結果之合理性。國內近幾年推動傳統鐵道改善計畫，如臺鐵立體化、捷運化及雙軌化等，計畫中因站間或場站內股道配置的調整，路線容量均受到影響，完工通車後於部分路段產生容量瓶頸，爰需透過鐵道容量分析方法，瞭解瓶頸所在並探討形成之可能原因，進一步提出改善策略。此外，營運中的鐵道系統，當本身運轉條件或是外在需求改變時（如列車性能或車種組成改變等），亦需對於路線容量進行評估分析，並針對路線容量瓶頸提出具體改善策略，以確認系統的容量足敷使用。

綜上，本計畫將鐵道容量分析方法與實務應用結合，以瞭解國內傳統鐵道瓶頸路段或車站之所在，並探討進行中的計畫對於容量之影響；另針對瓶頸路段研提可行之改善方案，以作為營運改善之參據。

1.2 研究範圍

一個完整的鐵道運輸過程，是從旅客或貨物的旅次起點開始，利用聯外運輸系統到達車站進入鐵道運輸系統中，之後經過車站站房至月臺層等候列車，待列車到站後方能上車或裝貨。接著，旅客或貨物搭乘列車透過軌道行車系統抵達目的車站，在旅客下車或貨物卸貨至月臺後，經過車站離開鐵道運輸系統，最後利用聯外運輸系統接駁抵達旅次終點為止。

在上述的過程中，不論是聯外運輸系統，乃至於鐵道運輸系統內的車站配置、旅客及貨物動線的規劃、電扶梯或樓梯的大小、月臺的面積、軌道行車系統，包括路線條件、交通條件及控制條件等，皆會影響到整個鐵道運輸的運送能力。但一般而言，鐵道容量分析著重在軌道行車系統的部分，主要是討論以列車為客體單位的容量分析，通常不直接考慮聯外運輸系統、站房、月臺的影響。因此，本計畫的「鐵道容量」研究範圍界定在「軌道行車系統」的部分，如圖 1-1 所示，也就是探討「軌道行車設備的最大輸送能力」，而非整個鐵道運輸系統的容量。

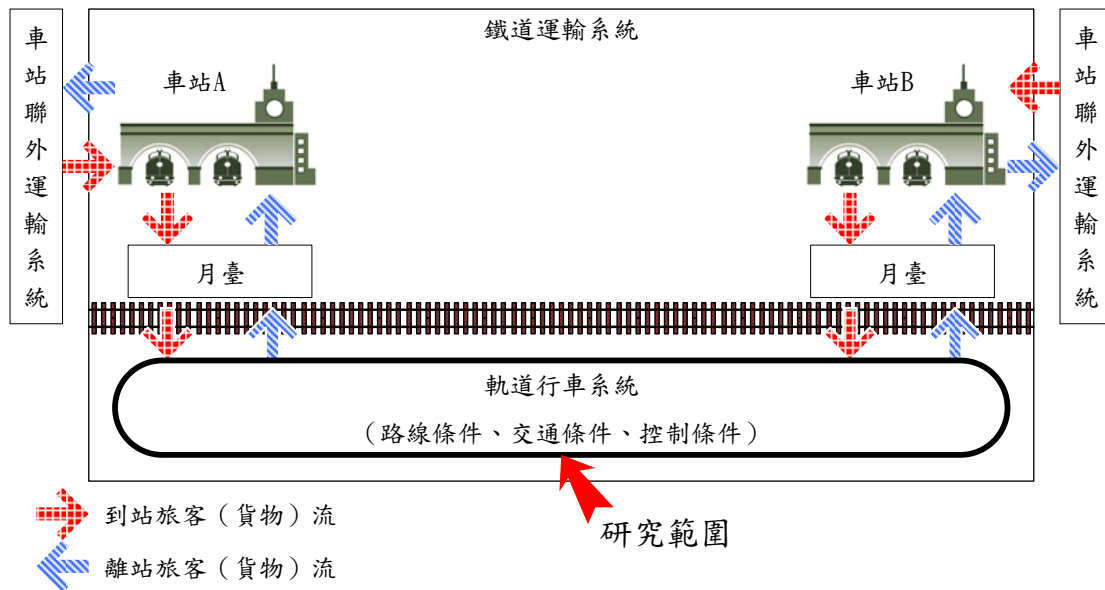


圖 1-1 研究範圍

1.3 研究對象

本計畫的研究對象為傳統暨區域鐵路系統，係指服務於城際之間，採用鋼輪鋼軌運轉的鐵路系統。其特性為擁有專用的路權、部分車站內有副正線，且配備道旁號誌機來指示司機員駕駛；此外，在營運時有多種列車的停站型態，且會發生錯會車之行為。

目前國內唯一的傳統暨區域鐵路系統為臺灣鐵路系統（以下簡稱臺鐵），根據民國 110 年的統計資料^[4]，總營業路線里程全長約 1,065 公里，其中複線長達 742.1 公里，占全線 69.7%；而單線長達 322.9 公里，占全線 30.3%，平均每日開行 1,097 次列車。全路網共可分為三大系統：西部幹線系統、東部幹線系統以及支線系統，如圖 1-2 所示。其中在西部幹線中，臺北都會區的列車密度最高，是眾所皆知的路線容量瓶頸處，而東部幹線存在多處單線區間亦是瓶頸所在，此外，臺鐵還有因立體化建設或車站軌道布置導致的容量議題，故本計畫將以臺鐵為對象進行案例分析。

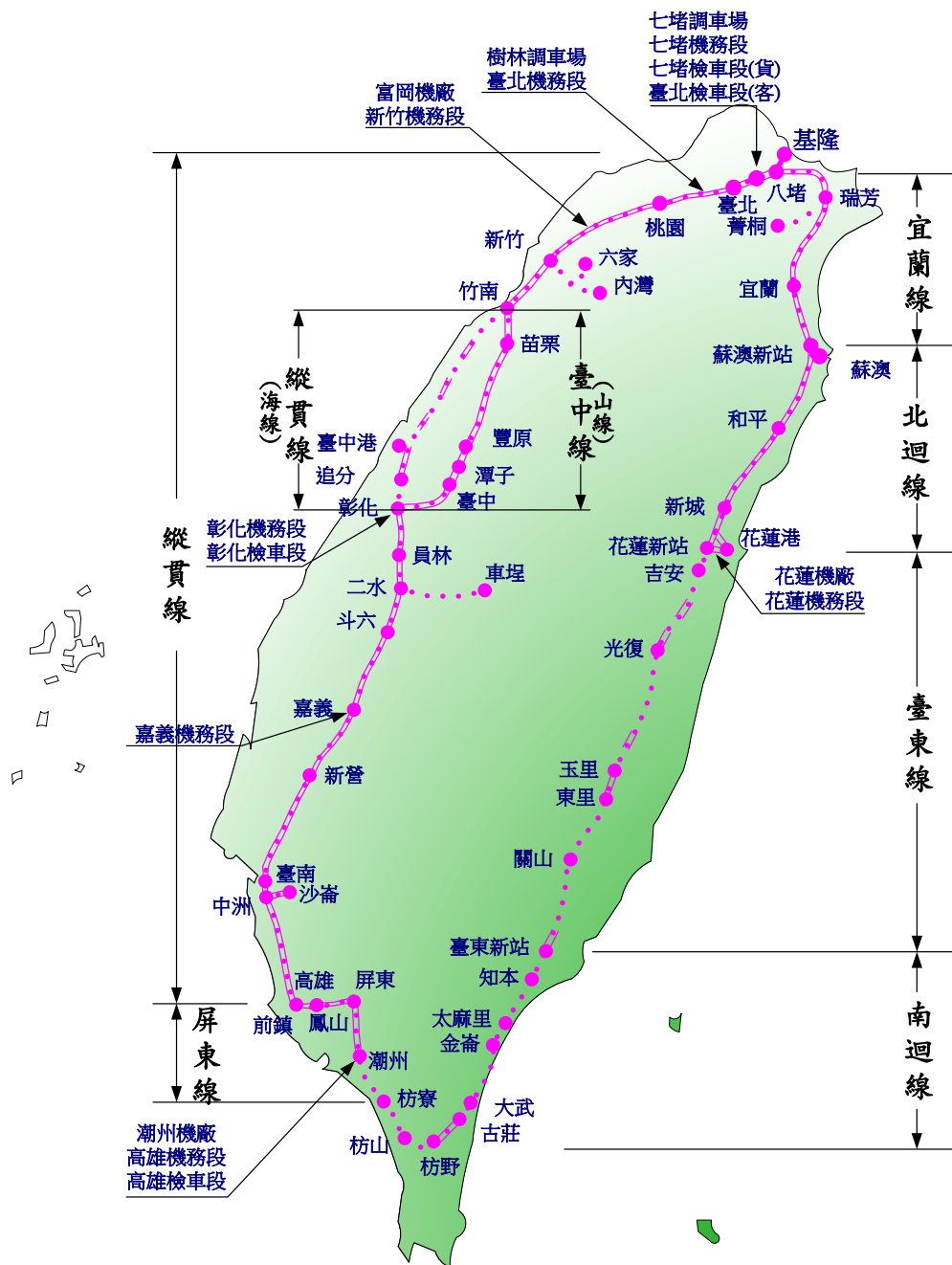


圖 1-2 臺鐵營運路線

1.4 研究目標

本計畫之目的在強化國內鐵道容量技術的實務應用，透過案例分析說明如何將容量分析應用於實務上的營運改善規劃，並辦理教育訓練來推廣其應用價值。

1.5 工作項目與內容

本計畫的工作內容如下：

1. 文獻回顧

- (1) 蒐集回顧國外鐵道容量分析實務案例與規範，以及國內鐵道建設之可行性研究和綜合規劃，從應用面的角度，綜整國外之制度做法並檢討國內相關措施。
- (2) 針對國內傳統鐵道營運機構進行路線容量分析之實務作業方式進行回顧。

2. 七堵－樹林路段案例分析

- (1) 以臺鐵七堵－樹林路段為例，蒐集容量分析所需之相關參數，並使用本所傳統暨區域鐵路系統容量分析方法進行路線容量評估。
- (2) 與鐵道營運機構實務作業人員共同研商，透過實際現況營運列車班次數，探討分析結果的合理性。
- (3) 依據分析結果，評估本所容量分析方法有無需調整，包含校估模式中相關參數（如運轉寬裕係數等），或提出未來進階研究方向之建議。
- (4) 針對鐵道路線設施配置（如：號誌系統、股道及橫渡線等）對路線容量之影響進行初步探討。

3. 鶯歌－埔心路段案例分析

- (1) 臺鐵鶯歌－埔心間正在進行桃園鐵路地下化，本案例利用容量分析軟體，分析立體化前後的路線容量變化。
- (2) 考量未來營運需求，針對鐵道路線設施配置研提具體建議。

4. 民雄—中洲路段案例分析
 - (1) 臺鐵民雄—中洲為長期被忽略的瓶頸路段，透過容量分析指出瓶頸路段或車站之所在。
 - (2) 辨識產生瓶頸之關鍵因素，並研提具體改善建議及改善效益。
5. 大肚溪南號誌站案例分析
 - (1) 考量臺鐵大肚溪南號誌站之影響，分析山線（新烏日—彰化）與海線（追分—彰化）之容量。
 - (2) 根據彰化鐵路立體化之規劃結果，評估路線容量變化情形，並提出改善建議。
6. 花蓮—臺東路段案例分析
 - (1) 花蓮—臺東路段內有多處單線區間，是臺鐵的容量瓶頸之一，利用容量分析軟體掌握此路段之容量現況。
 - (2) 因應政府推動花東鐵路雙軌化，分析未來雙軌化後之路線容量。
7. 辦理教育訓練以推廣鐵道容量分析方法於營運改善規劃之應用方式。
8. 其他工作項目
 - (1) 邀集相關領域專家學者、鐵道規劃機關及鐵道營運機構等單位，辦理至少 2 次專家學者座談會，探討實務上對於鐵道容量分析之經驗與需求。
 - (2) 將研究成果投稿運輸計劃季刊或國內外期刊、學術研討會。
 - (3) 針對計畫重要成果，製作海報或影片電子檔。

1.6 執行流程

依據本計畫的主要工作項目，研究流程如圖 1-3 所示，首先將蒐集文獻進行回顧，同時也開始蒐集並整理案例分析所需資料，接著逐步完成五項案例分析，並於民國 110 年 12 月 6 日於鐵道局辦理教育訓練以推廣相關成果，最後提出本計畫的結論與建議。

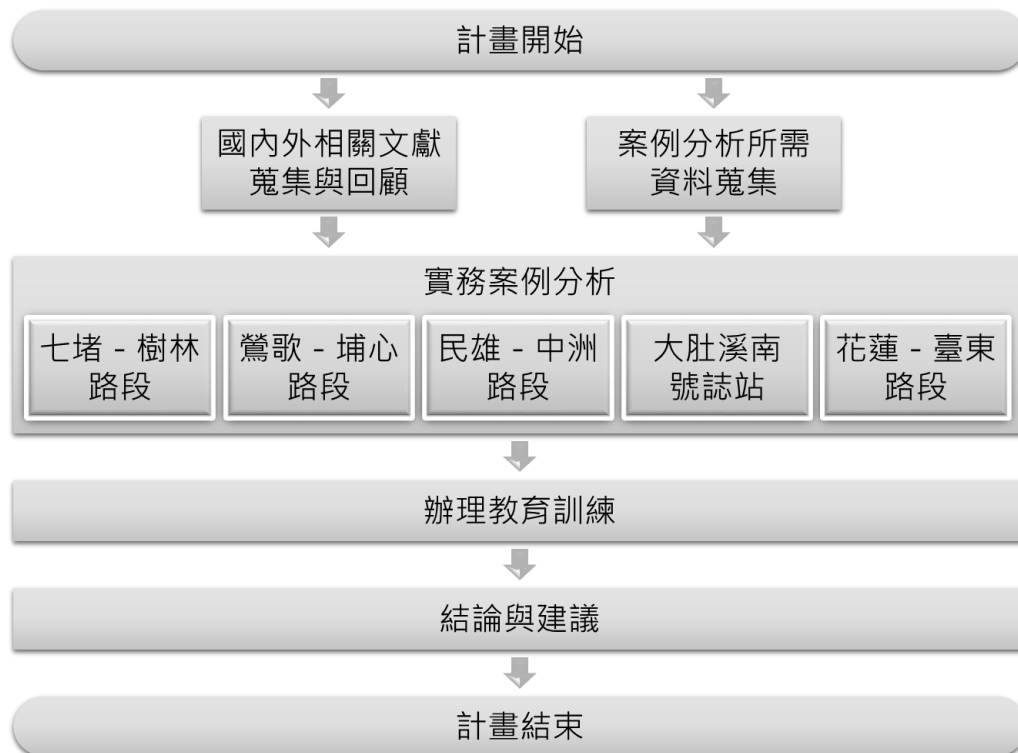


圖 1-3 研究流程圖

第二章 文獻回顧

鐵道容量分析方法除國內鐵道容量手冊外，國外主要以歐洲國際鐵路聯盟（UIC）於 2013 年發展的 UIC 406 與美國運輸研究委員會（Transportation Research Board，TRB）同年發表的大眾運輸容量及服務品質手冊（The Transit Capacity and Quality of Service Manual，TCQSM）為主，世界銀行另於 2011 年發表發展中城市公共運輸容量分析方法手冊。而由於本計畫的性質為實務應用，而非模式發展，因此文獻回顧著重於應用面的探討，本章將介紹國外實務案例與規範，並回顧國內鐵路建設相關計畫之報告以及路線容量評估方法。

2.1 國外容量分析實務案例與規範介紹

國外容量分析實務案例常應用於「營運」和「工程規劃與設計」兩階段，前者報告著重於定期評估現有容量，並針對瓶頸路段提出改善策略；後者則提供類似國內鐵道建議計畫之可行性評估或綜合規劃與詳細設計報告。另外，部分公部門亦提供此類報告之撰寫規範與指南，建議顧問公司或營運單位撰寫方向與脈絡。

以下針對澳洲、紐西蘭、加拿大、美國與英國共五個國家，介紹各國鐵道建設相關案例、規範以及相關容量檢核改善程序。

2.1.1 澳洲獵人谷路廊容量分析

澳洲鐵道公司（Australian Rail Track Corporation，ARTC）於 2005 年起，每年皆會探討獵人谷鐵道路廊的容量政策並發行容量策略報告（Hunter Valley Corridor Capacity Strategy）^[8]，為「營運階段」之容量分析應用。該路廊如圖 2-1 所示，為全球最大煤炭出口供應鏈之一，截至 2020 年止，每年可載送超過 2 億噸的煤炭，並預測其於 2025 年將擁有近 2.5 億噸運送量之需求。此政策除了每年滾動式修正未來 10

年區間的煤炭運送預測量外，亦檢討此路廊現有之容量限制，並提出提升路段容量之解決方案，進而滿足逐年成長的煤炭運送需求。



圖片來源：[8]

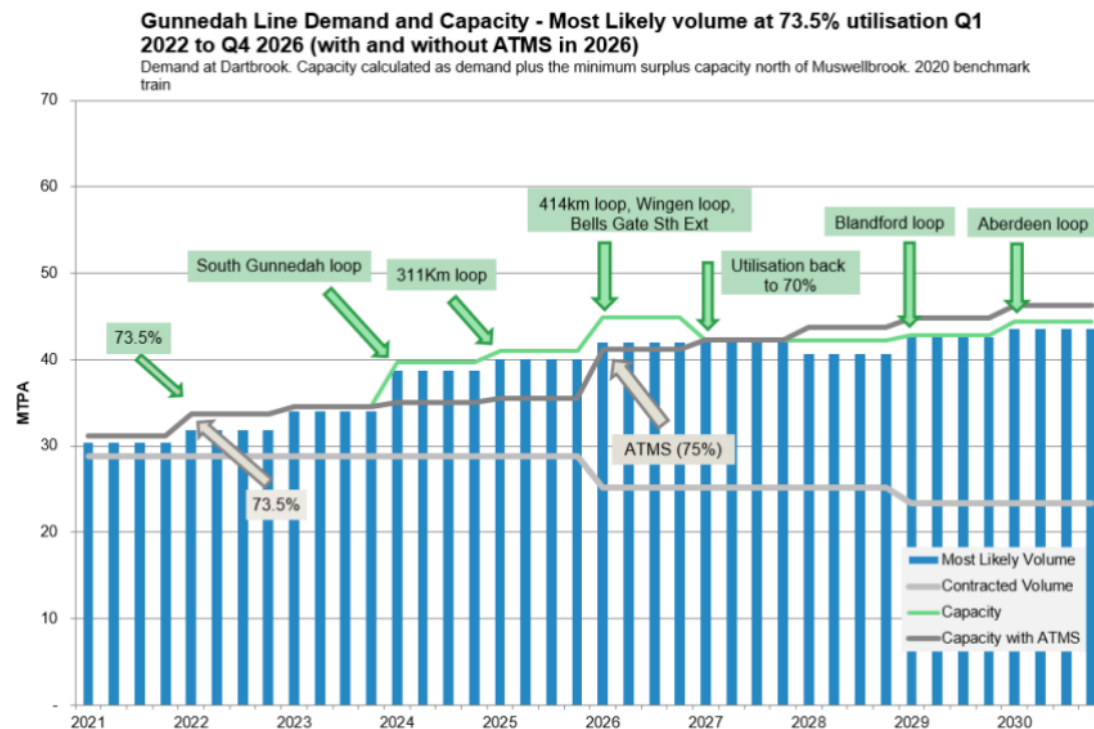
圖 2-1 獵人谷路廊示意

該份策略報告中，以時間車距（Headway）計算該路廊之容量。此段路廊由多個單軌與雙軌區間組成，增加了軌道使用上的容量限制。以 2021 年策略報告中 Narrabri Mine Junction 至 Muswellbrook 的 Gunnedah Line 為例，其未來 10 年預測之運輸需求與容量分析結果如圖 2-2 所示。

而該路線之容量政策除了於部分瓶頸路段新闢待避線（Loop）供列車交會待避使用外，也規劃於 2026 年導入先進列車管理系統（Advanced Train Management System，ATMS），此系統為一通訊式列車控制系統，透過車載號誌的建置移除道旁號誌，同時可以了解列車精確位置且移除號誌安全重疊區間，達到安全、精準控制與縮短列

車時間車距的可能性。圖 2-2 即呈現未來 10 年間，預計啟用待避線和導入 ATMS 時程前後容量提升的變化與差異。

另外，報告中說明若欲提升路線的客貨運容量，除了上述改善方式外，也可從列車容量、長度、載重、行駛速限與路線斷面考量編組型式，使單一系列車可在一定的行時條件下乘載更多的客貨運。此方法亦可作為瓶頸路段改善計畫研擬之參考。



縱軸單位：年百萬噸（Million Tones per Annum, MTPA）

圖片來源：[8]

圖 2-2 Gunnedah Line 容量分析與需求比較

2.1.2 紐西蘭奧克蘭 CRL 鐵路建設計畫

紐西蘭奧克蘭的 City Rail Link（簡稱 CRL）計畫於 2016 年動工，預計於 2024 年於奧克蘭市中心打造全長 3.45 公里的地下鐵路，串聯市中心區域成一環行路網，如圖 2-3 所示。於 2015 年的可行性研究報告^[10]中指出目前奧克蘭班次最密集的车站—布里特馬特中央車站（Britomart Transport Centre）為一擁有五個月臺的終點車站，每小時最多提供 20 次列車供四路線使用，惟於尖峰時段容量使用已達上限。

根據 2021 年 3 月最新出版之 Auckland Transport Alignment Project (ATAP)詳細說明 CRL 三階段計畫之目標，此環形路網第一階段可擁有每小時單向 15 列次的容量，第二階段透過號誌系統的升級與部分路段立體化等手段，提昇至每小時單向 24 列次，第三階段則將通行列車自 6 節編組調整為 9 節編組與新建部分路段之第三軌與第四軌，並逐步將提高容量至每小時 30 次列車。此案例為「工程規劃與設計階段」之應用。

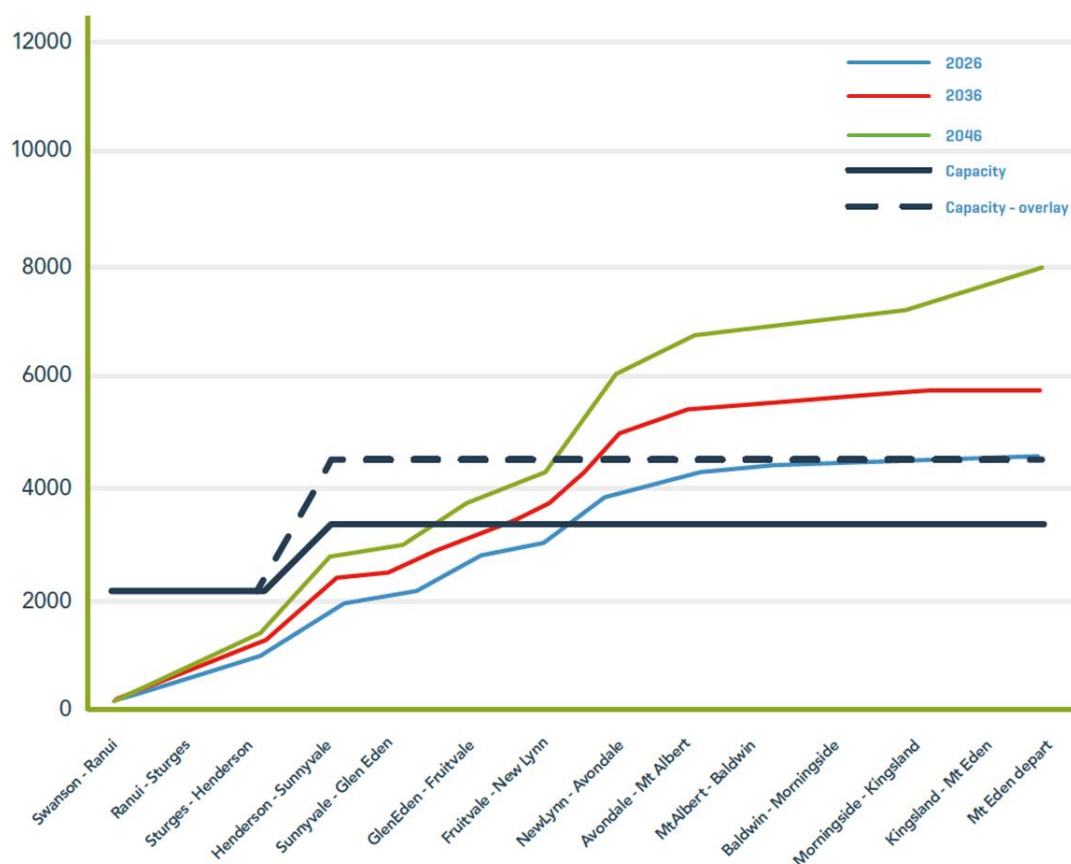


圖片來源：<https://www.cityrailink.co.nz/route-map>

圖 2-3 紐西蘭奧克蘭 CRL 鐵路建設路線圖

報告中也根據 2026 年至 2046 年之旅運需求預測，在不同列車運轉模式下，檢視不同區段的乘載容量。舉其西線 (Western Line) 為例，如圖 2-4 所示，該線預計開行全程車與從 Henderson 發車之區間車，表定服務容量為黑色實體線段；並於尖峰時間另增開同為 Henderson 發車之區間車，其容量上限則會提高至黑色虛線段。圖中可看出此規

劃之乘載容量可滿足 2026 年以前的需求，而後至 2046 年則需要增加該線列車服務數量及其他策略方能滿足旅運量缺口。

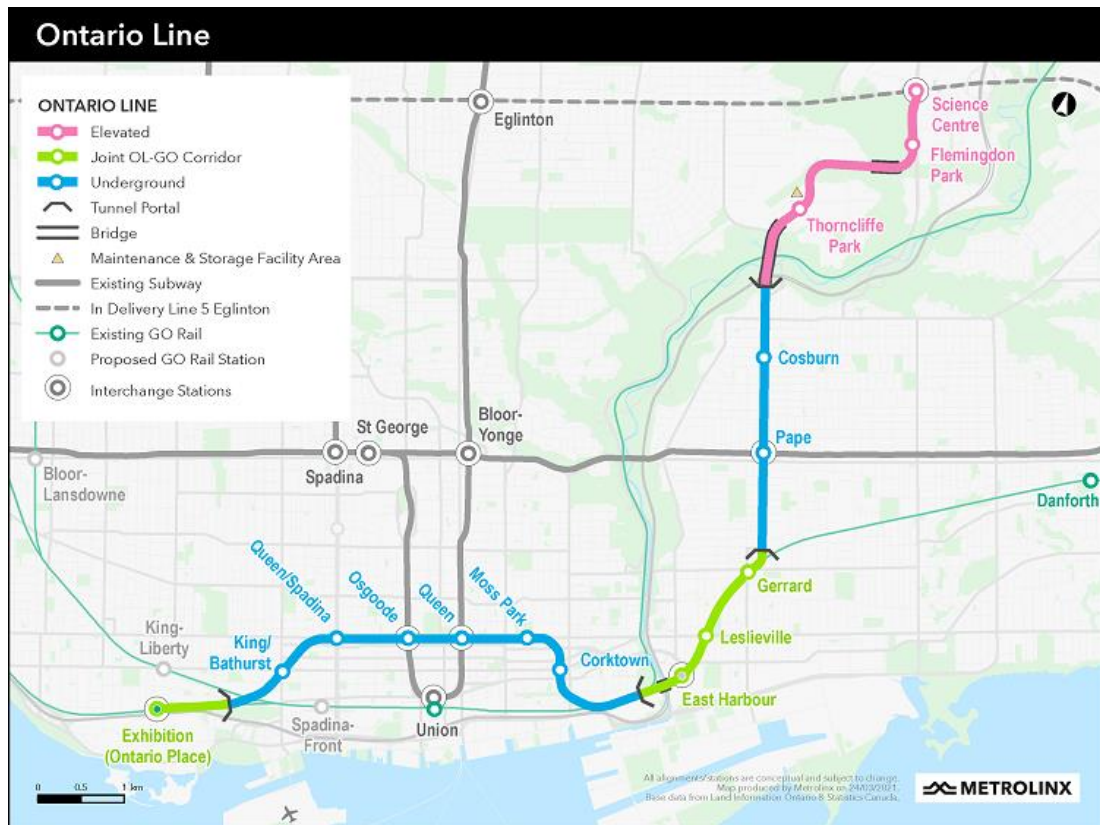


圖片來源：[10]

圖 2-4 奧克蘭西線運量需求與容量供給路線分布圖

2.1.3 加拿大多倫多地鐵安大略線興建計畫

加拿大多倫多地鐵安大略線（Ontario Line）是一條由安大略地方政府於 2019 年開始規劃的地鐵路線，預計興建一條串聯安大略科學中心到展覽館全長 16 公里共 15 站的路線，詳細路線圖如圖 2-5 所示。大多倫多與漢密爾頓都會區未來 25 年（2041 年）將有 40% 之人口成長，而目前運行橫跨多倫多南北向的地鐵一號線 Yonge-University 已於尖峰時段趨於容量上限，為解決道路壅塞與地鐵容量不足的問題，計畫新闢此條地鐵路線，以紓解都會區交通擁塞問題。此案例為營運階段提出之容量限制後，而至「工程規劃與設計階段」之應用。



圖片來源：[15]

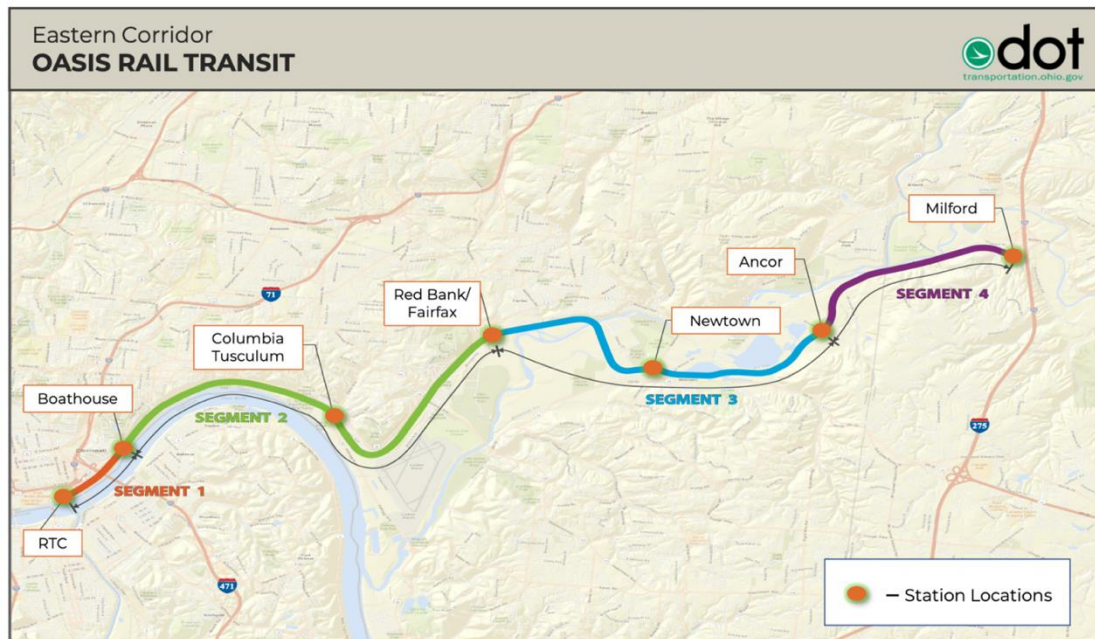
圖 2-5 加拿大多倫多地鐵安大略線簡圖

該可行性研究^[15]指出，多倫多目前擁有傳統鐵路 GO rail、地鐵系統、路面電車與公車路網，除了地鐵系統外，其餘皆非提供高容量運具的最佳方案。該項路網建置可服務每天約 37.4 萬至 38.8 萬的旅次，且與一號線可相互轉乘，於尖峰時段時還可分擔一號線近 5,000~6,000 名旅客。而該路線容量為單向每小時 40 次列車，同時依列車容量方案的不同，最高可提供每小時雙向各 3 萬人次的載客容量，預計於 2041 年的載客容量使用率將達 67%至 73%不等。

2.1.4 美國 OASIS 鐵道路廊建設計畫

美國俄亥俄州 (Ohio) 大辛辛那提 (Cincinnati) 都會區於 2013 年開始執行研究計畫，預計興建全長 17 英里 (約 27.3 公里) 之通勤電車路線，串連辛辛那提市中心與漢密頓 (Hamilton)，如圖 2-6 所示。

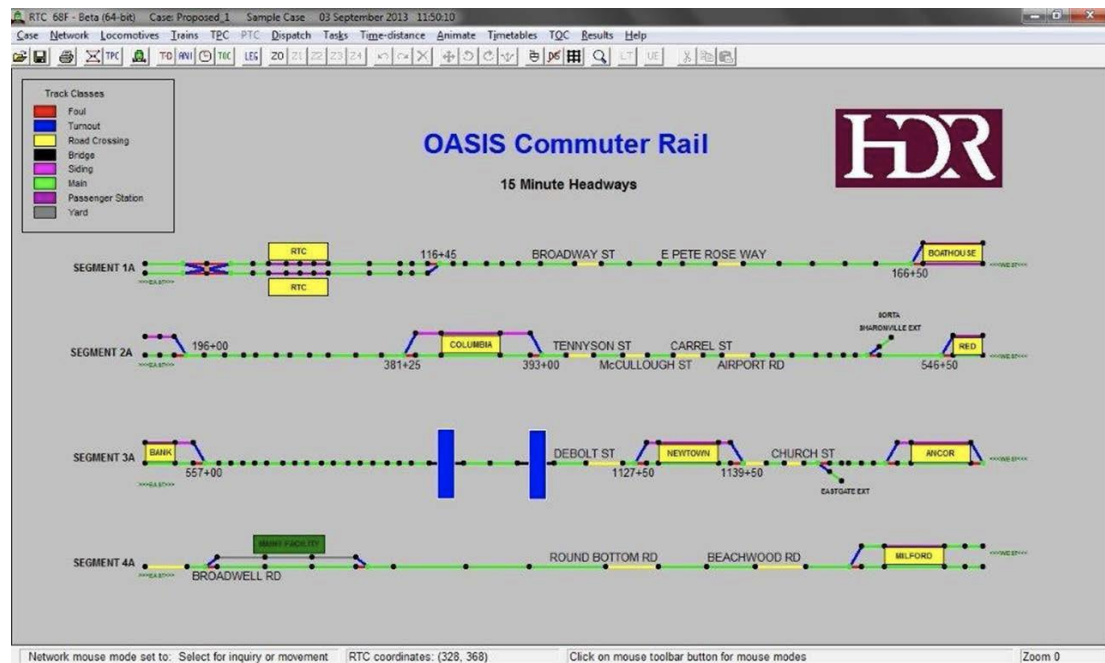
該建設規劃區段 1 至 2 為雙軌，區段 3 至 4 則為單軌。此案例亦屬「工程規劃與設計階段」之應用。



圖片來源：[18]

圖 2-6 OASIS 軌道路線圖

2016 年公佈之 OASIS Rail Conceptual Alternative Solutions 報告^[18]中，利用美國的軌道模擬軟體 RTCM（Rail Traffic Controller Model）進行容量分析，其軟體運行圖如圖 2-7 所示。該模擬採用兩種 DMU 列車進行，並考量運行時間、站間停等時間與端點站之整備時間等。分析結果除了提供參考的時刻表外，亦透過調整班距檢視其軌道容量限制。該建設尖峰時段可提供 15 分鐘班距之服務，若需要進一步縮短至 10 分鐘或 5 分鐘班距，則需要佈置額外的待避軌、雙軌化部分區段並增設相關號誌設施。



圖片來源：[18]

圖 2-7 OASIS 軌道應用於 RTCM 模擬軟體運行圖

2.1.5 英國 TfN 交通決策計畫

英國 Transport for the North (簡稱 TfN) 於 2018 年成立，為一個法定的地方運輸機構，專責處理北英格蘭的交通建設與改善計畫。其於 2019 年公佈之 Strategic Transport Plan^[20]中指出目前北英格蘭路網建設落後大幅成長的旅運需求，而目前多數路網系統已達其容量上限，導致路線上運行之列車出現擁擠、低速及準點率低的現象。此案例亦屬營運階段提出之容量限制後，而至「工程規劃與設計階段」之應用。

其軌道遠期策略章節提及容量的重要性，期望透過基礎建設與號誌控制的升級，配合列車提速計畫與增加列車長度，方可提供較高之服務容量，藉以滿足未來的乘載需求。該策略重點於曼徹斯特至里茲瓶頸路廊的 Transpennine Route 升級計畫，如圖 2-8，預計導入新的數位軌道號誌系統，並新闢 Northern Powerhouse Rail Line 以分擔該路廊需求。目前北英格蘭其鐵路服務的規範為所有營運路線每小時應至少提供 2 班列車，期望藉此計畫達到每小時提供雙向 6 班城際列車、2 班區間列車與 1 班貨運列車，並擁有 92.5%的準點率之服務目標。



圖片來源：[20]

圖 2-8 北英格蘭鐵道路廊計畫

2.1.6 各國相關規範介紹

國外撰寫相關可行性研究或綜合規劃報告時，會提供相關的撰寫指南與示範說明，其內容包含不同審查階段時須具備的項目與重點。部分指南提供檢核清單，使撰寫單位審視其報告是否已涵蓋相關細節；另部分指南亦提供審查清單，讓審查單位可逐一確認各項目之完整性。以下將分別回顧澳洲、紐西蘭、加拿大、美國與英國五個國家的撰寫指南內容，並針對容量評估相關之建議與規範進行說明。

澳洲政府 Infrastructure Australia 單位為一重大建設審查機構，於 2018 年公佈之 Assessment Framework^[13]中提及審查相關規範與架構。其中對於 Business Case Assessment 的撰寫內容要求，應包含彙整運輸路網建置之服務及對應之服務水準，也需要針對容量、可靠度、速度與服務水準之上限與限制進行說明。另於成本效益分析時，以生產者剩餘與消費者剩餘量化概念呈現，例如在客貨運輸方面，可用其及時性（Timeliness）、旅行時間差異、班次、增加之客貨運容量、列車與月臺擁擠度與乘車舒適度等指標呈現。

紐西蘭公部門交通機構（New Zealand Transport Agency）公布之交通建設計畫投資評估審查架構（Investment Assessment Framework for the 2018-21 National Land Transport Programme）報告^[17]中，在公共運輸或軌道建設方面，對新系統建設與改善既有運輸系統兩者分別進行規範，並將不同原則歸類至低、中、高三種優先級別的政策聲明（Government Policy Statement）。其中服務水準牽涉到路線容量計算，運用在評估系統之服務水準是否滿足未來城市人口之成長，抑或是在改善既有運輸系統時，用來衡量改善前後的服務水準增加幅度，顯示評估容量為一計畫書中不可或缺的分析範疇。

加拿大可行性研究與綜合規劃採用 Business Case 一詞，並分為 Initial Business Case、Preliminary Design Business Case、Full Business Case 及 Post-In Service Business Case 四個階段。加拿大安大略省公營機構 METROLIX 於 2019 公布之 Business Case Manual Volume 2: Guidance^[14]中提及諸多撰寫建議，包含檢視現有運輸系統之服務水準，如可靠度、班距、容量、旅行時間和成本等，將與議題相關的正負服務指標進行根本原因（Root Cause）分析。並在未來方案評估的提案中，若與容量提升相關之解決方案，則需明確說明營運模式與未來容量是否滿足旅運量需求。

美國俄勒岡州交通局（Oregon Department of Transportation）於 2018 年出版之運輸發展規劃指南（Transit Development Plan Guidebook）^[19]中提及在規劃運輸系統時，有十大類別的評估指標，如：

可及性（Availability）、服務可達性（Service delivery）、公眾性（Community）、旅行時間（Travel Time）、安全性（Safety and Security）、維修與建設性（Maintenance and construction）、經濟性（Economic）、容量（Capacity）、副大眾運輸（Paratransit）與舒適性（Comfort），而容量則為其中一大指標，在評估未來成長的旅運需求時，亦須同時考量路線容量是否可滿足未來需求量。指南中建議採用美國 TCRP Report 165 之方法來計算容量，亦即大眾運輸容量暨服務品質手冊（TCQSM）中的方法。

英國交通運輸部（Department for Transport，簡稱 DfT）於 2013 年所出版的 The Transport Business Cases 指南中，將運輸計畫研究報告分為 Strategic Outline Business Case、Outline Business Case 與 Full Business Case 三個階段。於 2017 年出版 Strategic Case Supplementary Guidance^[11]，提及撰寫 Business Case 專案時，分為下列六步驟：(1)設定脈絡（Setting the context）、(2)定義交通瓶頸限制、(3)探討可行方案與策略、(4)評估影響與衝擊、(5)契合現行計畫與目標、(6)探討其餘支持性資料與利害關係人觀點（Considering wider evidence and stakeholder views）。其中，第二點「定義交通瓶頸限制」尤為重要，亦為容量評估之重點項目，指南中建議分析現有與未來容量之限制，並結合旅運需求分析，佐證現有運輸系統之瓶頸限制。

綜合上述，各國對於鐵道建設規劃報告的相關規範中，路線容量都是重要的關鍵議題之一，除了用來檢視系統現階段之運能，也用於預測未來系統容量上限與評估是否滿足未來旅運需求。在容量分析方法上雖沒有強制要求，但美國的規劃指南中有進一步建議路線容量分析所應採用的方法，可作為國內制定相關原則或規範時的參考依據。

2.1.7 容量檢核改善程序

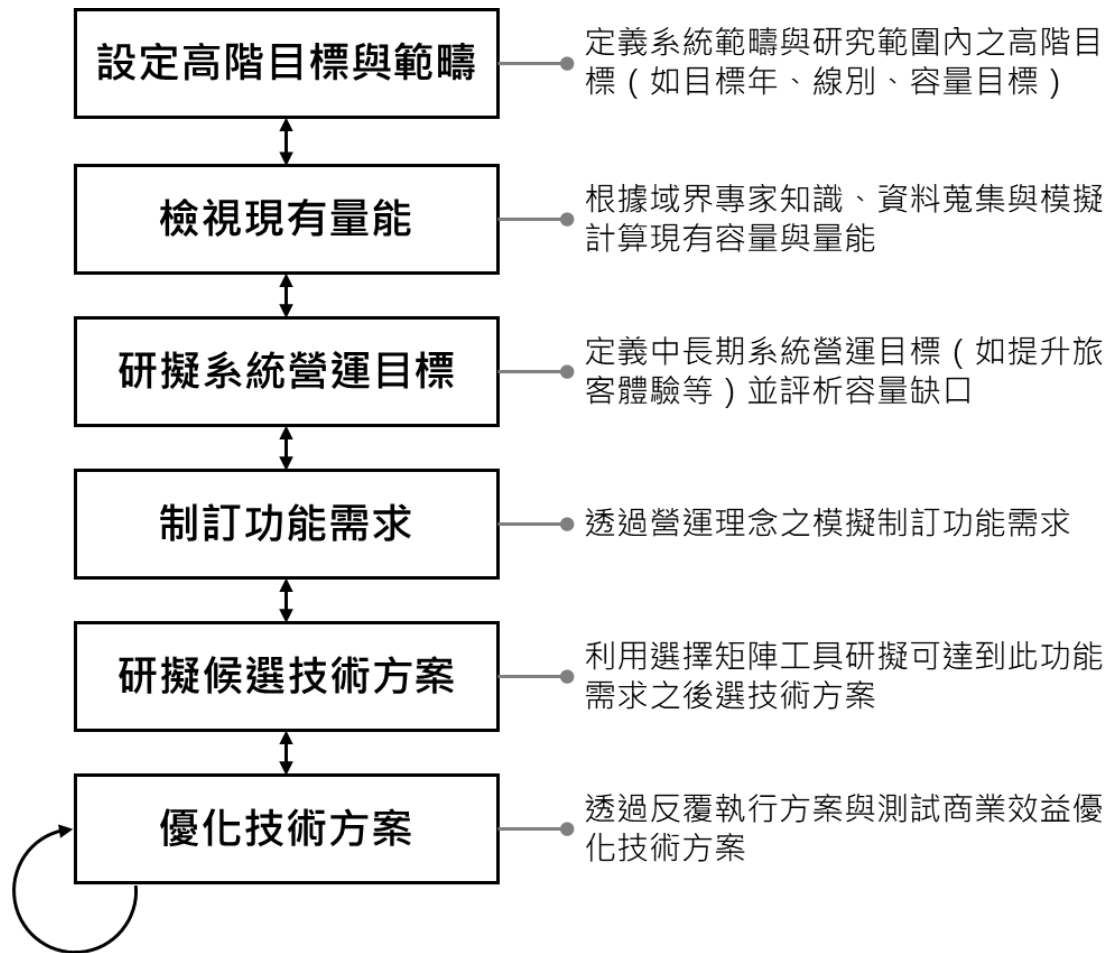
除了上述回顧之國外容量分析實務案例與各國相關規範外，部分機構亦提出容量檢核之流程步驟，營運單位或顧問公司在面臨鐵道容量分析瓶頸時，提供其思考策略與方向。以下將針對歐盟科技研發架

構計畫（Framework Programmes for Research and Technological Development）與美國聯邦交通管理局（Federal Transit Administration，FTA）之報告做說明。

歐盟的 Capacity4Rail 為第七期科技研發架構計畫中的子計畫，該計畫期程起自 2013 年至 2017 年，旨在針對歐盟地區未來鐵路運輸系統發展一致、創新與永續之策略與解決方案。其中，於 2015 年提出的鐵道網絡容量改善審查報告（Review of existing practice to improve capacity on the railway network）中，除了介紹目前歐洲常使用的 UIC 406、CUI 容量分析模式外，其容量檢核之機制如圖 2-9 所示。

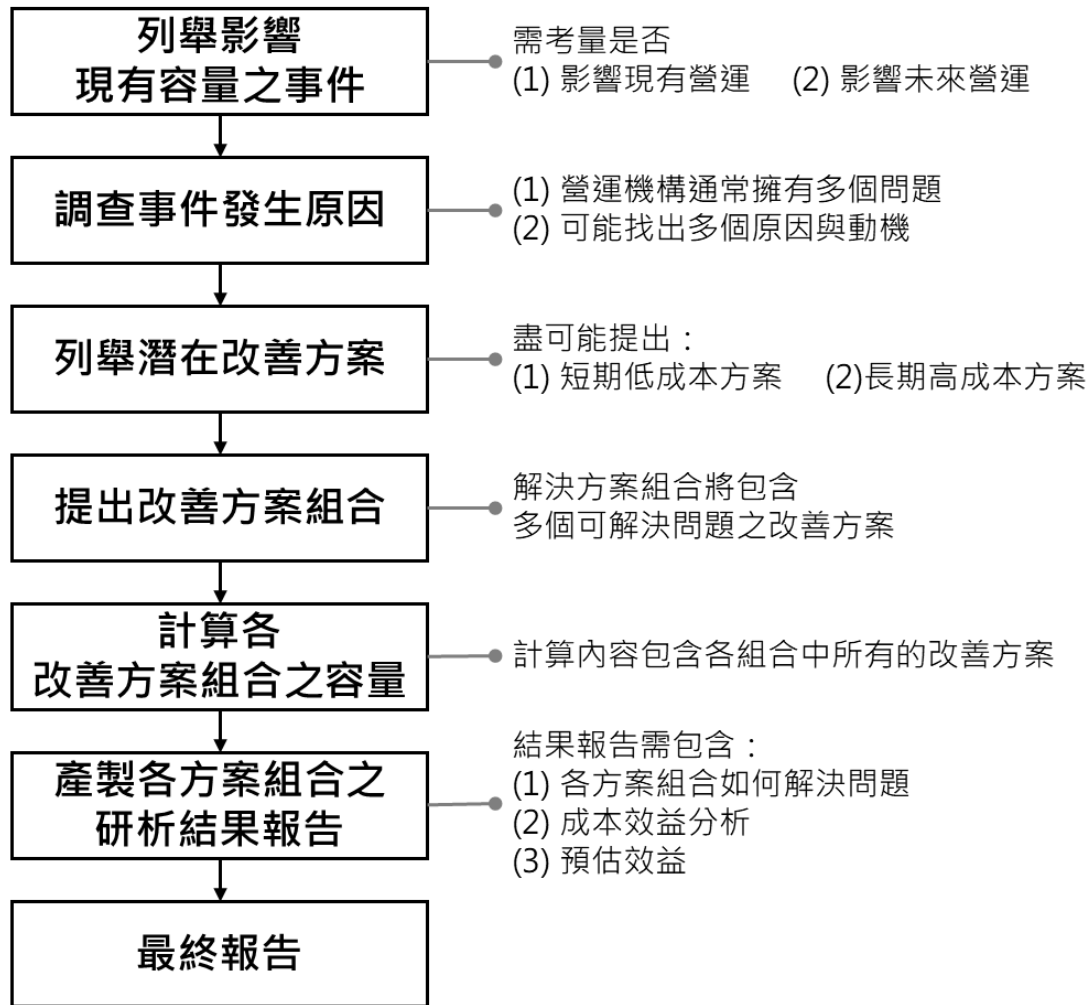
該檢核步驟分為(1)設定高階目標與範疇（Scope and High Level Objectives）、(2)檢視現有量能（Current Capability Assessment）、(3)研擬系統營運目標（Selection of Whole System Operational Concept）、(4)制訂功能需求（Definition of Functional Requirements）、(5)研擬候選技術方案（Selection of Candidate Technologies）及(6)優化技術方案（Optimised Technology Selection），而各步驟間經過多次來回探討後方可得出最佳決策。在檢視現有容量後，於營運模式擬定階段可透過車站容量、號誌系統、軌道速限、列車性能、列車容量、停站時間、變異度、可靠度與營業利潤率等實務手段為切入點進行容量落差（Capacity gap）之改善，提供提升容量之方案進行評估。

美國交通運輸部（Department of Transportation）旗下聯邦交通運輸局於 2012 年提出之重軌運輸系統之容量改善研究（Rail Capacity Improvement Study for Heavy Rail Transit Operations）報告中亦提及容量檢核之指引，如圖 2-10。該流程也與 Capacity4Rail 類似，由(1)列舉影響現有容量之事件、(2)調查事件發生原因、(3)列舉潛在改善方案、(4)提出改善方案組合、(5)計算各改善方案組合之容量、(6)產製各方案組合之研析結果報告。而同份報告中也利用華盛頓鐵路系統（WMATA）與舊金山灣區捷運系統（BART）兩個案進行案例分析，並建議將其號誌系統升級至通訊式列車控制（CBTC）系統加以提升服務容量，且後者案例更透過模擬方式計算單一小時之最大列車容量。



圖片來源：[12]與本計畫整理

圖 2-9 Capacity4Rail 容量檢核與改善流程



圖片來源：[22]與本計畫整理

圖 2-10 FTA 容量檢核與改善流程

2.2 國內鐵路建設相關之可行性研究與綜合規劃

本節就國內的情況，回顧在可行性研究和綜合規劃中，對於路線容量的相關規範，並整理二十餘篇鐵路建設相關之可行性研究、綜合規劃與研究報告，以了解國內各家廠商在進行路線容量分析時所採用的方法。

2.2.1 可行性研究與綜合規劃相關規範

目前國內對於鐵路建設相關之可行性研究與綜合規劃的審查作業有兩個規範：「鐵路平交道與環境改善建設及周邊土地開發計畫審查作業要點」以及「鐵路站區立體連通廊道與平臺建設及毗鄰地區開發計畫審查作業要點」，以下分別說明之。

1. 鐵路平交道與環境改善建設及周邊土地開發計畫審查作業要點

本要點於 2012 年由交通部訂定發布，之後分別於 2017 和 2018 年進行修正，全文共 14 點，其中有兩點與路線容量相關。

首先在第五點中規定了可行性研究報告須納入的事項，當中第三項針對相關計畫採用鐵路立體化為改善方案時，須評估對鐵路營運之衝擊分析與解決配套措施，包含：

- (1) 鐵路營運及行車計畫建議（包含現況及未來），且列車服務班次應通盤考量鐵路營運機構車輛調度及人力運用。
- (2) 鐵路營運機構營運效率評估，且計畫應以不降低原有路線容量及行車速率、且不提高站間路線利用率為原則，包含尖峰小時路線利用率不應高於現況或不逾 70%、區段通勤列車平均運行速度不低於現況或 45 公里／小時及城際列車不低於現況或 70 公里／小時。
- (3) 基地位置、月臺及股道配置，須符合鐵路營運機構營運所需。

接著在第七點則規定綜合規劃須研提的事項，其中第二項與鐵路營運機構相關的內容包含：

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

2. 鐵路站區立體連通廊道與平臺建設及毗鄰地區開發計畫審查作業要點

本要點於 2019 年由交通部訂定發布，全文共 15 點，其中第八點與路線容量有關，規定綜合規劃報告書所須研提的事項中，與鐵路機構相關的有：

- (1) 鐵路站區土地利用計畫：管有土地開發計畫書及多目標使用計畫書（草案）。
- (2) 營運財務影響檢討：因本計畫開發所增加或減少之營運收支差額分析。
- (3) 營運效能影響檢討：因本計畫開發對整體路線容量及行車效率之影響分析。
- (4) 施工期間鐵路營運維持計畫。

從上述說明中可發現，國內對於鐵路建設相關之可行性研究與綜合規劃的審查，僅鐵路平交道改善和鐵路站區立體化的計畫才有相關的規範；此外，雖然有規定要評估建設計畫對鐵路營運之影響，但對於路線容量分析工作的內容著墨並不多。

2.2.2 鐵道容量分析方法的演變

本計畫共蒐集回顧鐵路建設相關之可行性研究 18 篇、綜合規劃 8 篇以及研究報告 1 篇，如表 2.1 所示，和國外案例不同的是，國內相關報告若有做容量分析，不僅會說明分析結果，同時也會說明所採用的方法，有鑑於鐵道容量手冊第一版是在 2013 年出版，故以 2013 年為界，回顧在 2013 年前後所採用的路線容量分析方法差異。

表 2.1 國內鐵道建設相關計畫之報告

類型	年度	主辦單位	承辦廠商	名稱	核定狀況
可行性研究	2004	交通部鐵工局	聯合大地	枋山至恆春區域鐵路可行性研究及先期規劃	已核定
	2006	交通部鐵工局	林同棧	臺鐵潮州－枋寮電氣化可行性研究成果報告	已核定
	2008	交通部鐵工局	美聯	宜蘭鐵路高架化可行性評估研究	已核定
	2008	交通部鐵工局	聯合大地	台北縣樹林地區鐵路立體化工程可行性研究	已結案
	2009	交通部鐵工局	中興	臺鐵南迴線鐵路電氣化可行性研究	已核定
	2011	交通部鐵工局	聯合大地	「臺鐵宜蘭線及北迴線改善方案先期規劃」臺鐵南港至花蓮提速改善計畫可行性研究	已核定
	2014	交通部鐵工局	中興	南迴鐵路高風險路段局部改線計畫可行性評估報告書	已核定
	2017	交通部鐵工局	中興	花東地區鐵路雙軌電氣化可行性研究	已核定
	2017	交通部臺鐵局	中興	「宜蘭線猴硐雙溪間現行改善工程－可行性研究」技術服務	審查中
	2017	交通部臺鐵局	中興	臺鐵北迴線蘇新～花蓮間瓶頸路段改善可行性研究	已核定
	2018	交通部鐵道局	中興	東港觀光鐵路可行性研究	已結案
	2019	嘉義縣政府	世曦	嘉義縣市鐵路高架化延伸計畫可行性研究報告書	民雄段通過核定
	2019	臺南市政府	新岳	臺南鐵路立體化延伸至永康地區暨周邊土地整合發展可行性研究	審查中
	2019	臺南市政府	新岳	臺南鐵路立體化延伸至善化地區暨周邊土地整合發展可行性研究	審查中
	2019	交通部鐵道局	中興	「基隆南港間通勤軌道建設計畫」可行性研究報告	已核定

表 2.1 國內鐵道建設相關計畫之報告（續）

類型	年度	主辦單位	承辦廠商	名稱	核定狀況
可行性研究	2020	彰化縣政府	鼎漢	彰化市鐵路高架化可行性研究	審查中
	2020	宜蘭縣政府	都市計劃學會	宜蘭鐵路立體化建設及周邊土地開發可行性研究計畫	已核定
	2021	臺中市府	亞新	大臺中地區山海線鐵路雙軌高架化建置計畫可行性研究	審查中
綜合規劃	2008	交通部鐵工局	林同棧	臺鐵潮州-枋寮電氣化計畫綜合規劃（二）技術服務報告書	已核定
	2009	交通部臺鐵局	世曦	臺鐵都會區捷運化桃園段高架化建設計畫綜合規劃報告	已核定
	2009	交通部鐵工局	世曦	臺南市區鐵路地下化計畫綜合規劃報告	已核定
	2011	交通部鐵工局	世曦	臺鐵南迴線鐵路電氣化綜合規劃報告書	已核定
	2013	交通部鐵工局	林同棧	臺鐵南迴鐵路臺東潮州段電氣化工程綜合規劃	已核定
	2015	交通部鐵工局	世曦	臺鐵南港至花蓮提速改善計畫綜合規劃暨基本設計技術服務及配合工作綜合規劃報告	審查中
	2020	交通部鐵道局	世曦	「臺鐵都會區捷運化桃園段地下化建設計畫」綜合規劃	已核定
研究	2021	交通部鐵道局	世曦	嘉義縣市鐵路高架化延伸計畫綜合規劃及配合工作技術服務	審查中
	2018	交通部鐵道局	鼎漢	臺灣整體鐵道網規劃(三)	交通部已核備

1. 2013 年以前

在 2013 年以前，路線容量的觀念並不受重視，有些報告缺乏路線容量分析相關內容，如「臺鐵潮州—枋寮電氣化可行性研究」、「臺

鐵南迴線鐵路電氣化可行性研究」和「臺鐵潮州-枋寮電氣化計畫綜合規劃（二）」，或者僅提出路線容量，但未說明如何求得，如「臺鐵南迴鐵路臺東潮州段電氣化工程綜合規劃」，而「枋山至恆春區域鐵路可行性研究及先期規劃」的報告中，除了沒交代如何計算路線容量，甚至直接將最大旅客乘載量除以路線容量來計算尖峰旅客乘載率，似乎是誤解了路線容量之意義。

在有評估現況或規劃方案之路線容量的報告中，主要會採用臺鐵路線容量計算公式（以下簡稱臺鐵公式，詳請參閱第 2.3.1 節）來進行分析，如「台北縣樹林地區鐵路立體化工程可行性研究」、「臺鐵都會區捷運化桃園段高架化建設計畫綜合規劃」和「臺鐵南迴線鐵路電氣化綜合規劃」，而「宜蘭鐵路高架化可行性評估研究」和「臺南市區鐵路地下化計畫綜合規劃報告」等計畫，則從其他報告或是臺鐵運務處調度總所取得相關資料，根據當時時空背景推測，該資料基本上也是由臺鐵公式求得。至於「臺鐵宜蘭線及北迴線改善方案先期規劃—臺鐵南港至花蓮提速改善計畫可行性研究」，僅以文字搭配軌道配置圖，說明該計畫改善前後之尖峰小時容量變化，而「宜蘭鐵路高架化可行性評估研究」則用簡易公式計算每月臺的列車吞吐量，來評估規劃方案之容量。

2. 2013 年以後

在 2013 年之後，由於本所出版了鐵道容量手冊，並辦理了教育訓練，此時顧問公司普遍具有路線容量的觀念，同時相關審查作業要點也於 2012 年訂定發布，因此所有報告皆有路線容量相關之論述。在容量分析方法上，臺鐵公式和本所的傳統暨區域鐵路容量分析模式（以下簡稱本所模式）為兩大主流，其中「嘉義縣市鐵路高架化延伸計畫綜合規劃及配合工作技術服務」較為特別，該計畫同時採用兩種方法進行容量評估。而在「臺鐵都會區捷運化桃園段地下化建設計畫」綜合規劃中，延用了前期可行性研究之成果，並仍然以舊臺鐵公式進行路線容量分析，故持續採用第三軌之設計。

至於其餘報告，除了少數無說明之外，有些在說明現況路線容量時，會直接引用其他報告或是臺鐵局的資料，如「臺南鐵路立體化延伸至善化地區暨周邊土地整合發展可行性研究」、「彰化市鐵路高架化可行性研究」、「宜蘭鐵路立體化建設及周邊土地開發可行性研究計畫」和「臺鐵南港至花蓮提速改善計畫綜合規劃暨基本設計技術服務及配合工作綜合規劃」，但此作法要注意資料的時效性，以及容量分析方法是否和評估規劃方案路線容量的方法一致，才能在相同的計算基礎下進行比較。

綜整上述，在 2013 年前後的路線容量分析方法使用狀況如表 2.2 和表 2.3 所示，明顯可看出在 2013 年之後，所有的報告都有進行容量分析，而採用的分析方法，從早期主要是使用臺鐵公式，後來增加了本所模式。另外值得一提的是，過去容量分析都僅計算全日路線容量，而為了因應尖峰通勤的需求，後來許多報告會再多分析尖峰小時路線容量。

表 2.2 2013 年以前的路線容量分析方法使用狀況

報告書名稱	年度	類型	沒有容量分析	鐵道容量相關應用與方法					
				評估現況路線容量		評估規劃方案路線容量		無說明	其他
				臺鐵公式	其他	臺鐵公式	其他		
枋山至恆春區域鐵路可行性研究及先期規劃	2004	可行性研究	V						
臺鐵潮州－枋寮電氣化可行性研究成果報告	2006	可行性研究	V						
宜蘭鐵路高架化可行性評估研究	2008	可行性研究			V		V		
台北縣樹林地區鐵路立體化工程可行性研究	2008	可行性研究		V		V			
臺鐵南迴線鐵路電氣化可行性研究	2009	可行性研究	V						
「臺鐵宜蘭線及北迴線改善方案先期規劃」臺鐵南港至花蓮提速改善計畫可行性研究	2011	可行性研究			V		V		
臺鐵潮州-枋寮電氣化計畫綜合規劃（二）技術服務報告書	2008	綜合規劃	V						
臺鐵都會區捷運化桃園段高架化建設計畫綜合規劃報告	2009	綜合規劃		V				V	
臺南市區鐵路地下化計畫綜合規劃報告	2009	綜合規劃			V				
臺鐵南迴線鐵路電氣化綜合規劃報告書	2011	綜合規劃		V		V			
臺鐵南迴鐵路臺東潮州段電氣化工程綜合規劃	2013	綜合規劃						V	V

表 2.3 2013 年以後的路線容量分析方法使用狀況

報告書名稱	年度	類型	鐵道容量相關應用與方法							
			評估現況路線容量				評估規劃方案路線容量			
			臺鐵公式	本所模式	其他	無說明	臺鐵公式	本所模式	其他	無說明
南迴鐵路高風險路段局部改線計畫可行性評估報告書	2014	可行性研究		V				V		
花東地區鐵路雙軌電氣化可行性研究	2017	可行性研究		V				V		
「宜蘭線猴硐雙溪間現行改善工程－可行性研究」技術服務	2017	可行性研究		V				V		
臺鐵北迴線蘇新~花蓮間瓶頸路段改善可行性研究	2017	可行性研究		V				V		
東港觀光鐵路可行性研究	2018	可行性研究						V		
嘉義縣市鐵路高架化延伸計畫可行性研究報告書	2019	可行性研究	V					V		
臺南鐵路立體化延伸至永康地區暨周邊土地整合發展可行性研究	2019	可行性研究					V		V	
臺南鐵路立體化延伸至善化地區暨周邊土地整合發展可行性研究	2019	可行性研究				V			V	
「基隆南港間通勤軌道設計計畫」可行性研究報告	2019	可行性研究		V					V	

表 2.3 2013 年以後的路線容量分析方法使用狀況（續）

報告書名稱	年度	類型	鐵道容量相關應用與方法							
			評估現況路線容量				評估規劃方案路線容量			
			臺鐵公式	本所模式	其他	無說明	臺鐵公式	本所模式	其他	無說明
彰化市鐵路高架化可行性研究	2020	可行性研究			V					
宜蘭鐵路立體化建設及周邊土地開發可行性研究計畫	2020	可行性研究			V			V		
大臺中地區山海線鐵路雙軌高架化建置計畫可行性研究	2021	可行性研究				V				V
臺鐵南港至花蓮提速改善計畫綜合規劃暨基本設計技術服務及配合工作綜合規劃報告	2015	綜合規劃				V			V	
「臺鐵都會區快捷運化桃園段地下化設計畫」綜合規劃	2020	綜合規劃	V				V			
嘉義縣市鐵路高架化延伸計畫綜合規劃及配合工作技術服務	2021	綜合規劃	V	V			V	V		
臺灣整體鐵道網規劃(三)	2018	研究報告		V						

2.2.3 各家廠商所使用路線容量分析方法比較

本計畫彙整各家承辦廠商所使用過的路線容量分析方法，如表 2.4 所示，在鐵道容量手冊出版以前（2013 年以前），僅少數廠商會使用臺鐵公式來分析容量，其餘廠商不是沒有分析就是簡單交代，而鐵道容量手冊出版後，有許多廠商開始使用本所模式，但也有廠商還是沿用臺鐵公式。

實際上，多數廠商都會一種以上的容量分析方法，但從 2.2.1 節可知，在執行計畫時應採用何種方法並沒有相關規範，因此廠商基本上會以最節省成本的方式來執行。若在報告審查過程中沒有特別要求，廠商通常會先引用其他相關報告或是臺鐵局提供之路線容量，被要求要分析路線容量時，則會先使用計算上較為簡單的臺鐵公式，最後才會選擇使用本所模式。不過其實臺鐵公式的計算結果常有嚴重高估或低估之情形，即便臺鐵局也已不再使用，建議應採用其他方法來評估容量，詳細說明於 2.3 節。

表 2.4 承辦廠商使用過的路線容量分析方法

承辦廠商	2013 年以前		2013 年之後		
	臺鐵公式	其他	臺鐵公式	本所模式	其他
中興		V		V	
世曦	V	V	V	V	V
亞新	無案例				V
林同棧		V	無案例		
美聯		V	無案例		
都市計劃學會	無案例			V	V
新岳	無案例			V	V
鼎漢	無案例			V	V
聯合大地	V	V	無案例		

註：其他方法主要為引用其他報告的數據

2.3 國內路線容量評估方法

本節將介紹國內最常用的路線容量評估方法，包含臺鐵公式和本所模式，同時也說明目前臺鐵實務上評估路線容量的作法。

2.3.1 臺鐵路線容量計算公式

在國內鐵路建設相關的可行性研究或綜合規劃中，有些顧問公司在路線容量分析作業上，會採用過去臺鐵的經驗公式來進行計算，公式如下：

$$C_l = \frac{1440}{\frac{t_1 + t_0}{2} + t_s} \times \delta \times \eta \times n_t \quad (2.1)$$

式中： C_l =路線容量（TU/day）

t_1 =上行客貨列車所佔比例之混合運轉時分（min）

t_0 =下行客貨列車所佔比例之混合運轉時分（min）

t_s =辦理閉塞及號誌時間（min），臺鐵採用 1.5 分鐘

δ =路線利用率，臺鐵採用 0.7

η =行車制度效率因素，又稱續行係數，人工閉塞區間為 1.0，在 CTC 區間依站間閉塞區間的數目來制定，以兩個閉塞區間為基本值 1，每增加一個閉塞區間則增加 0.1

n_t =軌道數（單軌、雙軌、三軌）

由公式中可知，列車的站間運轉時分是以上下行列車的平均運轉時分來計算，且除了考慮路線利用率 δ 之外，為了反映自動化閉塞區間對容量的影響，公式中也考慮了行車制度的調整因素 η ，此外該公式所計算的是整個區間所有軌道的容量，因此於計算式中加計軌道數的調整因子 n_t 。

過去在符合臺鐵公式的前提假設下，該公式仍有應用價值，不過目前臺鐵實務狀況已與公式的假設有許多出入。臺鐵公式隱含著列車

的運轉模式是上、下行列車交替運轉，但實際上臺鐵列車在複線區間的方向分布差異甚大，一般情況下幾乎不會採雙單線運轉，在大部分的時間內，每一股軌道的列車都是同向運轉（靠左行駛）。此外，該公式隱含路線容量與軌道數成正比，而實務運作結果顯示並非如此。最後，公式中未考量個別車站之站場條件差異及列車平面交叉時隔等問題，導致計算結果常有嚴重錯估之情形，故臺鐵局亦建議不宜再繼續採用。

2.3.2 現行臺鐵評估容量之作業方式

本計畫經訪談了解，目前臺鐵實務上已不再使用上節所述之公式來評估容量，現行的路線容量評估作業方式之流程如圖 2-11 所示。首先界定好欲進行路線容量評估的區間範圍，接著統計現行時刻表在該區間範圍內的車種組成比例，並依此比例將列車放入區間中，此時列車之間可能會有許多衝突，例如進出車站時距不足、站間追越等，然後必須在不改變站間運轉時間的前提下，調整各列車於各車站的進站、離站時間，使任兩列車之間都沒有衝突，最後觀察此區間範圍於一個小時內能運行多少列車來評估路線容量。過程中使用的運轉時間、停站時間以及號誌安全時距皆含有寬裕，而在後續排點作業時亦會再適度加入寬裕。

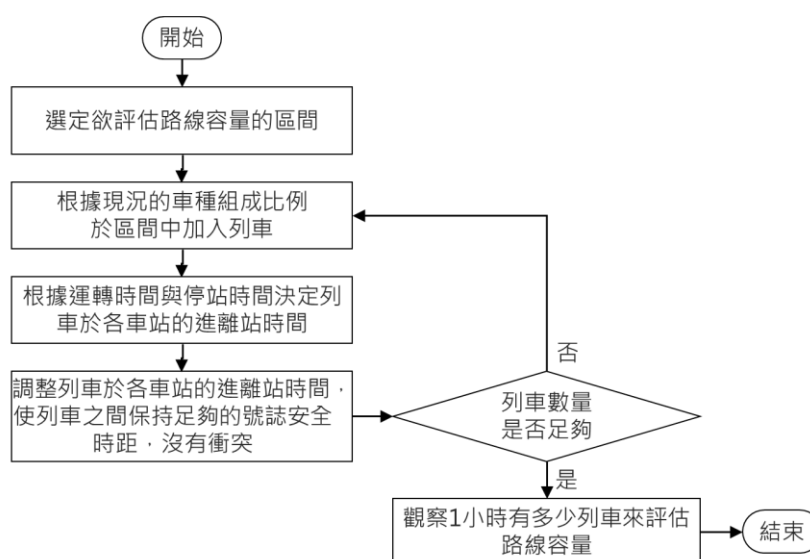


圖 2-11 臺鐵目前評估路線容量的作業流程

此作法可獲得符合實務狀況的路線容量，但其中列車衝突的處理是具有一定複雜度的專業工作，須由臺鐵的專業人員使用臺鐵專用的排點系統才能勝任，在一般顧問公司中，難以找到相關的專業人員以此方法來進行容量分析。

2.3.3 本所容量分析模式

為因應國內鐵道系統建設之規劃與發展，本所從民國 92 年開始了一系列鐵道容量分析課題的相關研究，發展了完整且系統化的容量分析方法與工具，並出版「臺灣鐵道容量手冊」^[1]，以便能掌握鐵道系統的供需能量以及服務水準。

手冊中針對傳統暨區域鐵路系統，所提出的容量分析模式之架構如圖 2-12，包含以列車為客體單位和以旅客為客體單位兩部分，而在以列車為客體單位方面，又可分為單區段和連續區段兩種分析模式，其中連續區段模式的演算邏輯與臺鐵現行的評估容量作業方式雷同。

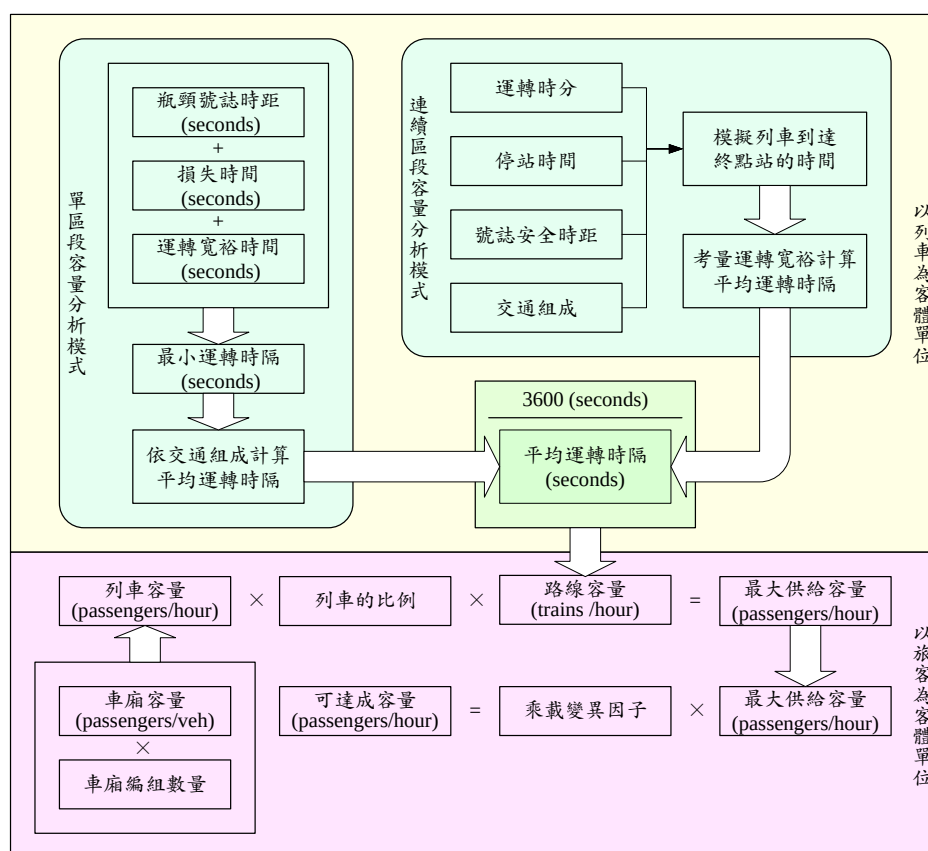


圖 2-12 傳統暨區域鐵路系統之鐵道容量分析架構

連續區段路線容量分析模式會根據路線採複線或單線運轉，而有不同的演算流程，若是複線運轉，其演算流程如圖 2-13 所示，首先在路線起點放入列車，根據列車運轉基本規則，逐一安排列車在後續區段的進站與離站時間，當一列車到達終點後，再於路線起點緊密地放入下一列車，同樣要安排列車在後續區段的進站與離站時間，使之與其他列車沒有衝突，如此反覆，直到所有列車到達終點站為止。而單線運轉的演算流程如圖 2-14 所示，其基本概念大致上與複線運轉相同，但加入了避免列車打死結 (Deadlock) 的機制，因此演算流程複雜許多。

傳統暨區域鐵路容量分析模式雖能反映實務狀況，但其演算流程已非人工徒手所能處理，故本所開發了「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」來輔助分析人員進行容量分析，有關該軟體之功能介紹請參見第 3.3.1 節。

此外，在歐盟所資助的 Capacity for Rail 計畫中^[9]，曾利用本所的傳統暨區域鐵路容量分析模式，做為其 Capability Trade-Offs Analysis (CTA) 線上工具用來評估容量的方法^[21]，可見本所鐵道容量相關研究成果受到國外肯定。

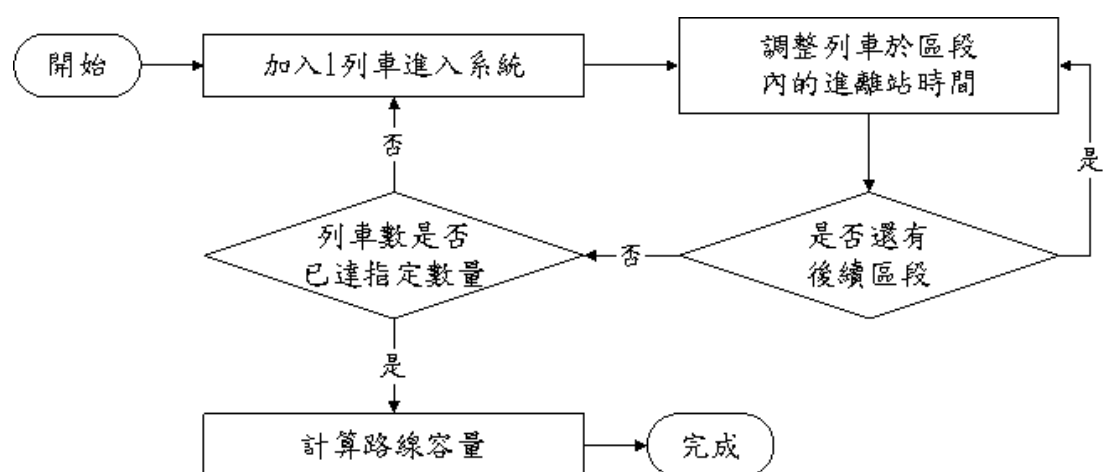


圖 2-13 複線連續區段路線容量分析模式整體演算流程

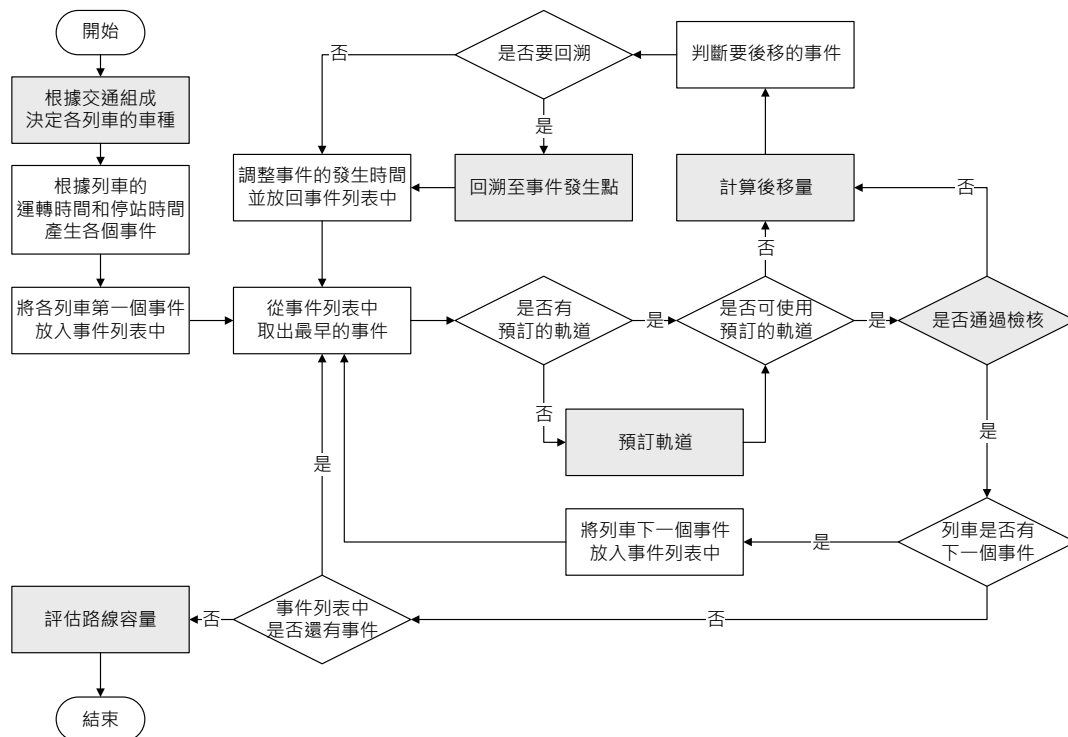


圖 2-14 單線連續區段容量分析模式整體流程圖

2.4 小結

綜觀國外的實務應用案例，多數均是為了滿足未來城市人口快速增長，導致旅運需求增加，因此鐵道營運單位或政府交通相關部門會定期對未來旅運量進行預測與修正，同時檢視目前現有鐵道建設之路線容量是否滿足未來尖峰小時的載客需求。此外，透過撰寫指南和手冊並搭配良好的審查架構與機制，建立了完善的制度，使規劃設計報告都具有一定的品質水準，值得國內學習借鏡。另外，部分國家如日本，於規劃與履勘階段均邀請營運單位一同審查，以降低工程設計階段與後續營運階段之間的差異。

早期國內沒有對鐵路建設之可行性研究與綜合規劃進行規範，因此不同承辦廠商所寫的報告自成一格，也造成後續審查作業困難。在訂定發布相關審查要點後，開始有了較完整的內容與架構，但仍欠缺相關的撰寫指南與手冊，目前審查要點中僅提到「公共建設計畫經濟效益評估及財務計畫作業手冊」，所以可看到在可行性研究與綜合規

劃報告中，即便不同廠商，對於經濟效益評估或財務計畫都有一致性的內容架構。

反觀在路線容量分析方面尚有待精進，由於缺乏相關規定，各家顧問公司在路線容量議題上沒有一致做法，甚至仍持續採用已不適用的臺鐵公式來進行計算，但臺鐵現行評估容量的做法對顧問公司來說門檻過高，因此本所發展了相關模式並開發輔助分析軟體，更於本計畫中透過實務案例分析和成果說明會來加強軟體的應用與推廣，希望未來能夠成為評估路線容量的標準程序。

鐵道計畫可行性研究與綜合規劃的工作內容，包含運輸需求分析、環境影響評估、土地開發計畫、用地取得、財務計畫、營運永續計畫等諸多項目，而本計畫建議應再加入鐵道容量分析相關工作，並要明確指出所規劃之系統能夠滿足運輸需求。在可行性研究與綜合規劃報告中都會透過運量預測得到尖峰小時旅客量，如圖 2-15 所示，接著根據列車容量可計算出尖峰小時所需列車數以及設計班距，然後依照此運輸需求進行路線站場的規劃設計，過程中可能會因為不同情境而發展出多種可能方案，最後便要進行容量分析求得運轉時隔、路線容量以及可達成容量，並檢核這些結果是否能夠滿足前面分析求得的设计班距、尖峰小時列車數以及旅客量，以確認設計方案可以滿足運輸需求。

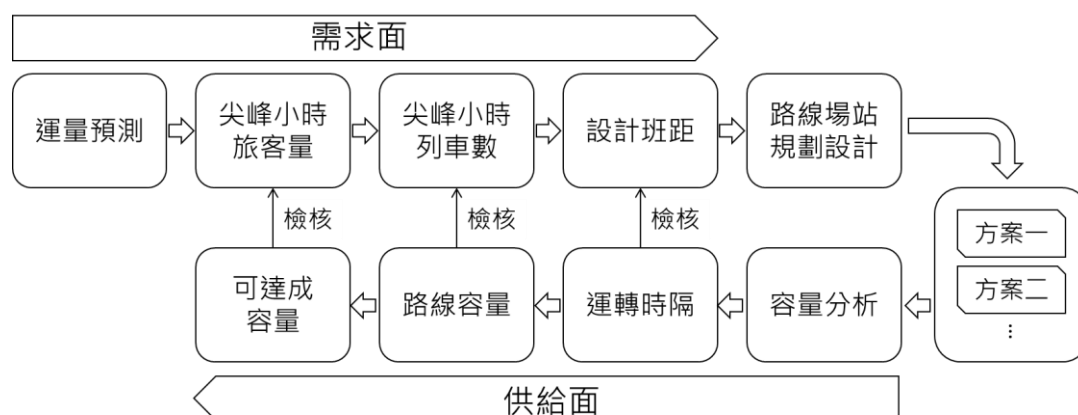


圖 2-15 可行性研究與綜合規劃應具備的供需分析內容建議

第三章 案例分析執行方法

本計畫對於各項案例的容量分析工作，執行流程如圖 3-1，首先是界定案例中要進行容量分析的範圍，然後根據分析範圍準備相關參數，在進行容量分析後，將結果彙整便可獲得整體容量表現。以下將逐一介紹各步驟之操作內容，並於本章最後介紹本計畫案例分析的對象。

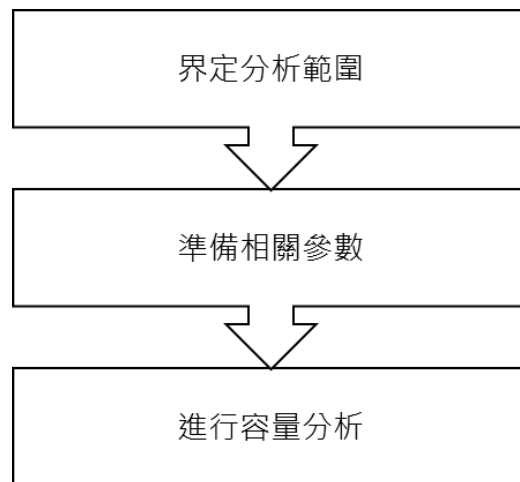


圖 3-1 容量分析執行流程圖

3.1 界定分析範圍

針對一個案例分析的對象，本計畫會根據其路線和車站的軌道配置與運用狀況，將案例分為數個分析範圍，分別計算容量後再彙整獲得整體容量表現。

在界定分析範圍時，應符合以下原則：

1. 分析範圍內的交通組成要一致，例如：臺鐵的樹林—七堵，西幹線列車通常以七堵站為始發或終點站，而東幹線列車以樹林為始發或終點站，因此兩站之間的交通組成相同。

2. 分析範圍內的站間軌道數為一軌且運轉方式要相同，若是採複線運轉則運行方向須相同，例如：臺鐵在樹林七堵間，樹林至南港的西正線為一個分析範圍，而南港至七堵的中正線與西正線則各為一個分析範圍。
3. 銜接點（Junction）本身需另外獨立進行分析，例如：臺鐵臺中線（山線）和縱貫線（海線）匯流的大肚溪南號誌站。

以圖 3-2 為例，車站 A 到車站 D 為複線運轉區間，車站 E 到車站 D 為單線運轉區間，依照上述原則，此例共可分為 4 個分析範圍來計算容量：分析範圍 I 為車站 A→車站 D，分析範圍 II 為車站 D→車站 A，分析範圍 III 為車站 E—車站 D，最後分析範圍 IV 為銜接點車站 D。

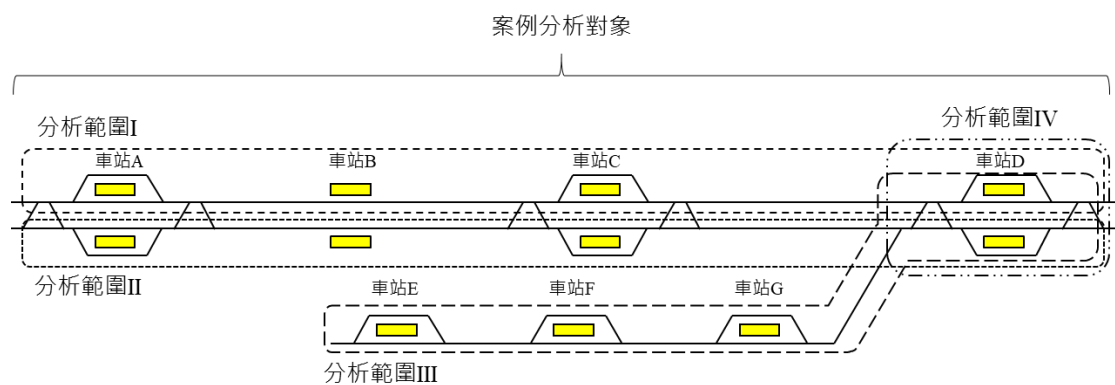
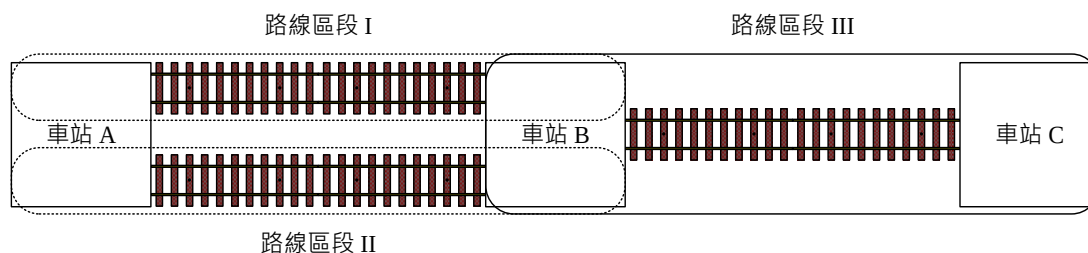


圖 3-2 界定分析範圍範例

除了銜接點之外，每個分析範圍應由臺灣鐵道容量手冊^[1]定義的基本分析單元所組成，一個基本分析單元包含路線區段的一股軌道以及其兩側車站，如圖 3-3 所示。值得注意的是，作為鐵道容量基本分析單元之區段的兩側車站，須能夠提供交會（單線運轉）或待避（複線運轉）的功能，否則須注意是否有高估容量的情形發生。同樣以圖 3-2 為例，其中的分析範圍 I 便是由兩個基本分析單元組成：(1)車站 A→車站 C 和(2)車站 C→車站 D。



資料來源：[1]

圖 3-3 傳統暨區域鐵路鐵道容量的基本分析單元

3.2 準備相關參數

進行容量分析所需準備的參數包含車站軌道佈設類型、交通組成、停站時間、運轉時間以及號誌安全時距，以下分別說明之。

3.2.1 車站軌道佈設類型

車站軌道佈設類型需同時考量實體車站的月臺與軌道配置，以及營運單位實際運用軌道的方式來判斷歸類，如此才能獲得符合實務認知的分析結果。

在臺灣鐵道容量手冊中，根據臺鐵常見的車站軌道配置方式，將其分為如表 3.1 所示之四種類型^[1]，而對於其他非典型的車站，可根據計算容量時，列車運轉方向的可用軌道數與軌道屬性，按照表 3.2 之原則來判定歸類：當車站內有兩條以上鄰月臺面的軌道供同一方向的列車專用，屬於第 I 類車站；若車站內有一條是供同一方向的列車專用，另一條則與對向列車共用，而列車進出車站時不會與對向列車產生平面交叉，則為第 II 類車站；而第 III 類車站與第 II 類相同，差別在於列車進出車站時會與對向列車產生平面交叉；如果車站內僅有一條鄰月臺面的軌道供同一方向的列車使用，便屬於第 IV 類車站。倘若車站軌道運用方式更為複雜，則可考慮採用第 3.3.2 節之程序進行容量分析。

表 3.1 典型的車站軌道佈設類型

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

資料來源：[1]

表 3.2 車站軌道佈設型式歸類原則

軌道屬性			車站軌道佈設型式歸類
專用軌道	共用軌道	平面交叉	
2 股以上	無	無	第一類車站（I）
1 股	1 股	無	第二類車站（II）
1 股	1 股	有	第三類車站（III）
1 股	無	無	第四類車站（IV）

資料來源：[1]

以圖 3-4 為例，該車站實體上是配置一島式月臺、一側式月臺三股道，但實際上的軌道運用是下行列車使用兩股道，上行列車使用一股道，在此情況下進行容量分析時，就不能將該車站歸類為第 III 類車站，而是在下行方向屬於第 I 類車站，上行方向屬於第 IV 類車站。

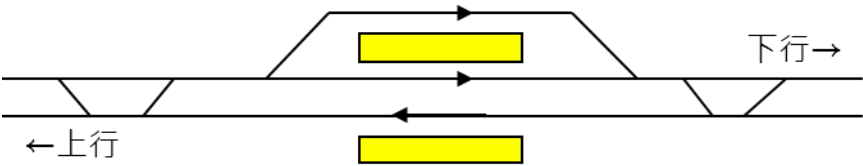


圖 3-4 車站軌道佈設類型歸類範例

3.2.2 交通組成

交通組成 (Traffic Composition) 係指不同編組列車的比例，對於營運中的鐵路系統，交通組成可根據時刻表在尖峰時段內所開行的列車車種組成比例來進行設定，因此當時刻表更新時，交通組成也跟著改變。

在本計畫中，先根據目前臺鐵現行時刻表，將常見的客運列車分成傾斜式、自強號、莒光號、區間車等四種車種，其中傾斜式包含太魯閣和普悠瑪列車，而區間快的營運模式與區間車雷同，故將之併入區間車來計算。然後依照各個案例分析的範圍，從時刻表中統計尖峰時段內上述各車種所開行的列車數，作為交通組成的比例。

3.2.3 停站方式與停站時間

停站方式係指列車服務起迄間是每站皆停或跳站停靠，不同的車種有不同的停站方式，目前臺鐵自強號以上等級之列車，原則上主要停靠的車站為特等站和一等站，而莒光號主要停靠二等以上之車站，至於區間車則是每站皆停。

停站時間係指列車進站停妥後至列車啟動離站所需的時間，但不考慮列車交會待避所額外增加的停站時間，亦可視為提供旅客上下車的時間。停站時間長短主要受到旅客數影響，同時根據車站等級不同，對號車停站時間為 90~120 秒，非對號車為 30~60 秒。在進行容量分析時，除了依照上述的原則之外，亦可根據公告時刻表中常見的停站方式與停站時間來進行設定。

3.2.4 站間運轉時間

站間運轉時間係指列車從啟動離站，直到運行至下一車站停妥所需的時間，受到站間距離、路線幾何條件、列車性能、是否停靠車站等因素的影響。

本計畫向臺鐵局取得相關資料來設定站間運轉時間，不過進行容量分析時，路線區段兩側的車站必須能夠提供列車交會和待避的功能

^[1]，對於無交會待避功能之車站，必須將其前後區段合併為一個路線區段，而列車於該區段的運轉時間為原本前後區間的運轉時間和，並加計列車於無待避功能車站的停站時間來計算。

在鐵路立體化計畫中可能調整路線或新增通勤車站，因此需對運轉時間進行估算。若對路線進行了調整而導致站間長度有所變化，則可假設列車的站間平均速度不變，然後根據新站間長度來計算運轉時間；若有新增通勤車站，除了依上述方式估算新站間的運轉時間外，由於區間車增加停靠通勤車站，還需依照臺鐵對於通過改停靠的方式進行調整：進站減速加 30 秒、離站加速加 45 秒，最後再以 30 秒進位求得站間運轉時間。

3.2.5 號誌安全時距

號誌安全時距是在號誌系統的限制之下，兩連續列車安全通過路線某一點的時間間距，這也是列車安全運轉的最基本要求。影響號誌安全時距的因素很多，包含路線幾何條件、軌道運用方式、列車性能、運轉方式、停站時間、號誌系統、司機員反應時間、軔機作用時間、改變進路之整體作業時間等。

臺鐵局在營運規劃作業時，對於以下幾種情形的號誌安全時距有不同的設定值：

1. 同向列車於車站內使用不同股道時，兩連續列車進站或離站都必須保持 180 秒，如圖 3-5 所示。

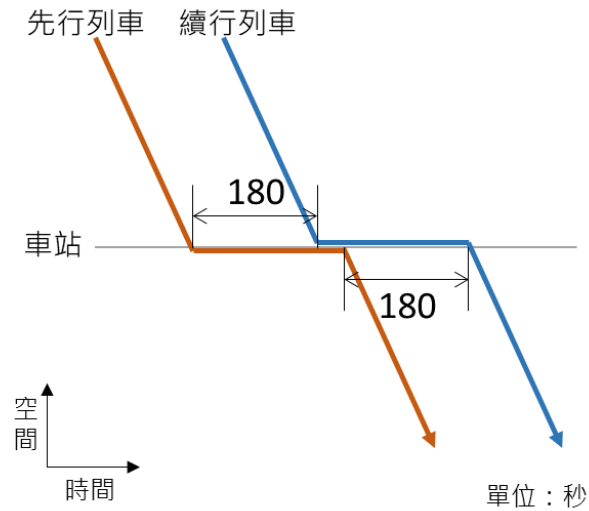


圖 3-5 列車於車站內使用不同股道時的號誌安全時距示意圖

2. 同向列車於車站內使用同一股道時，先行列車離站至續行列車進站之間必須間隔 240 秒，如圖 3-6 所示。

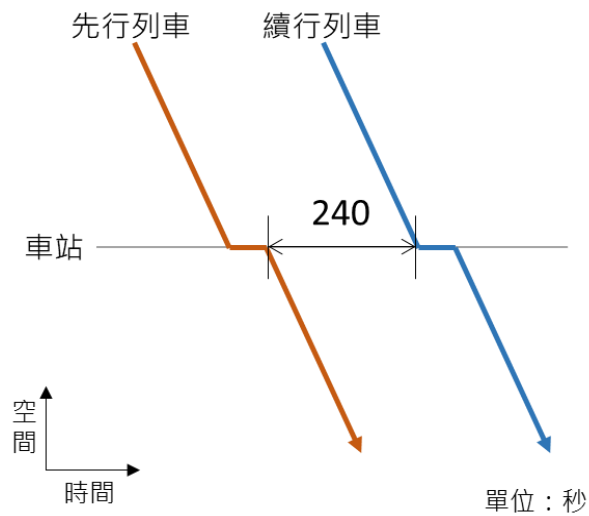


圖 3-6 列車於車站內使用相同股道時的號誌安全時距示意圖

3. 反向列車進出車站並且運行路徑有交會時，先行列車進站至續行列車離站之間必須間隔 60 秒，如圖 3-7 所示。

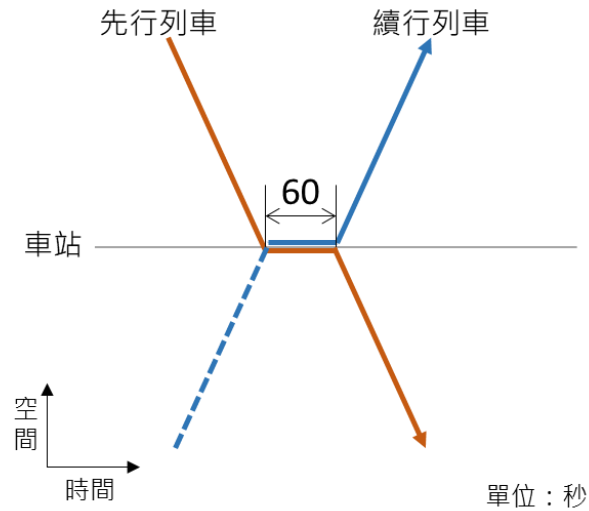


圖 3-7 先行列車進站後續行列車離站的號誌安全時距示意圖

4. 反向列車進出車站並且運行路徑有交會時，先行列車離站至續行列車進站之間必須間隔 300 秒，如圖 3-8 所示。

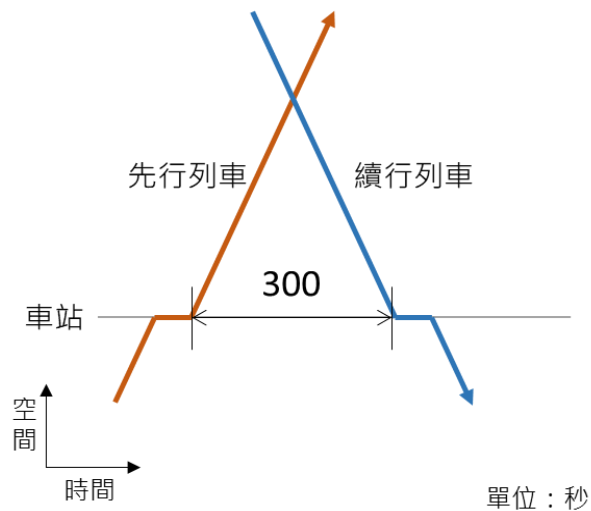


圖 3-8 先行列車離站後續行列車進站的號誌安全時距示意圖

5. 同向列車於號誌站匯流或分歧時，先行列車離站至續行列車進站之間必須間隔 180 秒，如圖 3-6 所示。

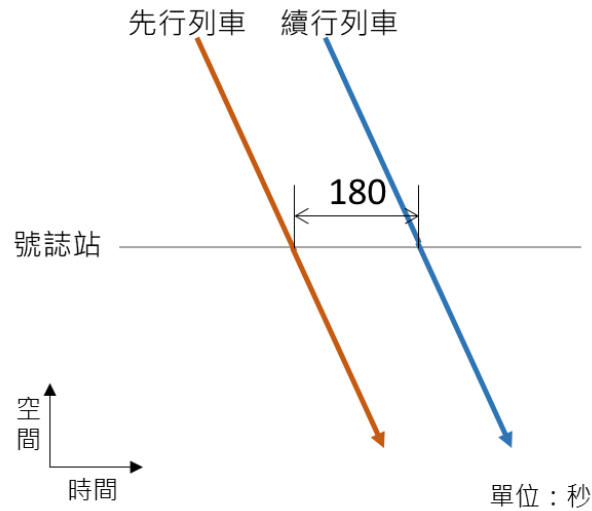


圖 3-9 同向列車於號誌站匯流或分歧時的號誌安全時距示意圖

6. 反向列車於號誌站交會時，先行列車離站至續行列車進站之間必須間隔 180 秒，如圖 3-6 所示

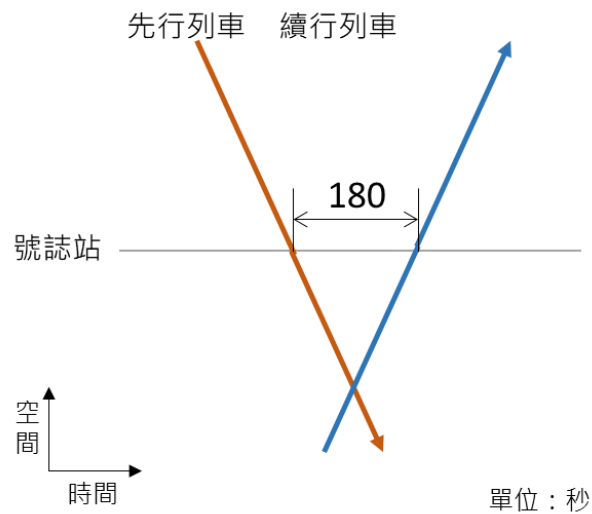


圖 3-10 反向列車於號誌站交會時的號誌安全時距示意圖

此外，列車於無待避功能之車站無論是否停靠，先續行列車皆要保持 240 秒的時距，因此在分析合併區間容量時，可能會忽略列車於無待避功能車站所需保持的時距。以圖 3-11 為例，車站 A 和車站 B 之間有一座無待避功能之車站，一旦將其前後區段合併為車站 A—車站 B 來進行容量分析，便會認為兩列車僅需在車站 A 和車站 B 都保

持足夠的 180 秒時距即可，但在此例中，兩列車的最小間距主要受限於列車在無待避功能車站所需保持的 240 秒時距。

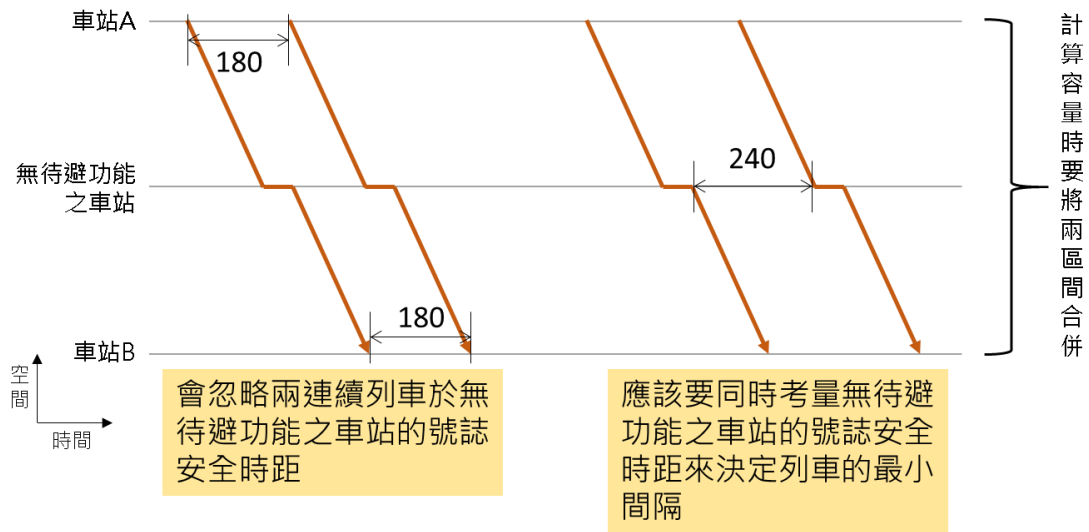


圖 3-11 合併區間所應考量的號誌安全時距範例

有鑒於此，較周延的作法應該是在分析合併區間的容量時，不僅要考慮該區間兩端車站的時距，同時也要考量中間無待避功能車站的時距影響。也就是在計算列車離站的號誌安全時距時，若下游是無待避功能的車站，為了確保兩列車離站後，在無待避功能車站仍可保持足夠時距，如圖 3-12 所示，還必須考慮列車在無待避功能車站的號誌安全時距 $T_{s,DA}$ 、先行列車的停站時間 $t_{d,i}$ ，以及先續行列車的運轉時間差 $t_i - t_j$ ，因此列車離站的號誌安全時距必須以下列公式進行調整。

$$T'_{s,D} = \max(T_{s,DD}, T_{s,DA} + t_{d,i} + t_i - t_j) \quad (3.1)$$

式中： $T'_{s,D}$ =調整後的兩列車離開車站之號誌安全時距（s）

$T_{s,DD}$ =兩列車使用不同股道離開車站之號誌安全時距（s）

$T_{s,DA}$ =兩列車使用同一股道進出車站之號誌安全時距（s）

$t_{d,i}$ =先行列車的停站時間（s）

t_i =先行列車的運轉時間（s）

t_j =續行列車的運轉時間（s）

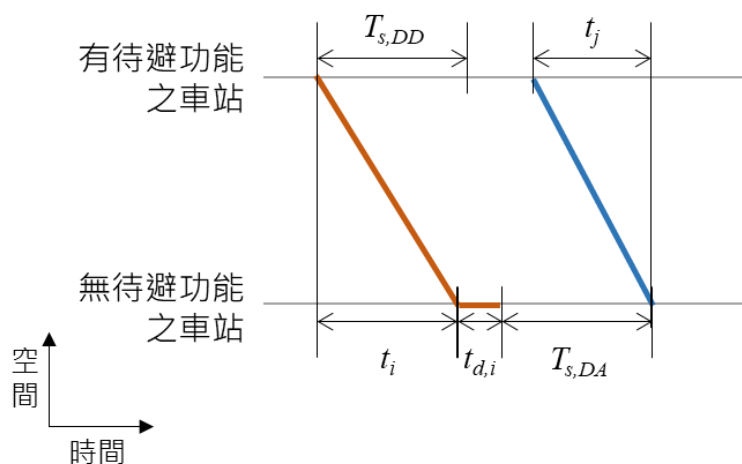


圖 3-12 考慮下游無待避功能車站的影響

同理，在計算列車進站的號誌安全時距時，若上游是無待避功能的車站，則還要考慮列車在無待避功能車站的號誌安全時距、停站時間以及運轉時間差，如圖 3-13 所示，可由下式調整列車進站的號誌安全時距。

$$T'_{s,A} = \max(T_{s,AA}, T_{s,DA} + t_{d,j} + t_j - t_i) \quad (3.2)$$

式中： $T'_{s,A}$ =調整後的兩列車進入車站之號誌安全時距 (s)

$T_{s,AA}$ =兩列車使用不同股道進入車站之號誌安全時距 (s)

$t_{d,j}$ =續行列車的停站時間 (s)

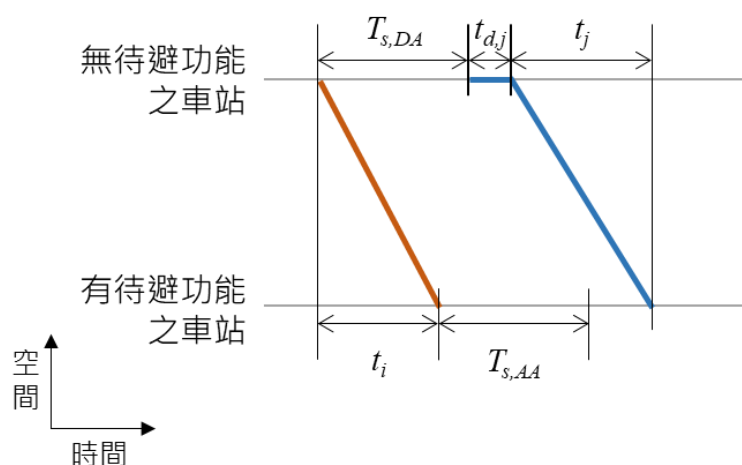


圖 3-13 考慮上游無待避功能車站的影響

3.3 進行容量分析

本計畫主要採用本所的「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」作為評估容量的工具，相關介紹詳見**錯誤! 找不到參照來源。**節，該軟體可直接處理臺鐵大多數的容量分析課題，僅有以下少數情況需額外的處理來估算容量：

1. 末端站

目前臺鐵環島路網中僅有基隆站屬於末端站，列車到達末端站後，便會在整備完後往反方向駛出，與容量模式假設列車到站後會繼續開往下一站的情況不同。針對末端站的容量分析課題，現階段可根據列車於末端站折返過程中最大的時隔，來保守估計容量。

2. 編組站

臺鐵的編組站為某些車次的始發或終點站，如花蓮站、新竹站等，列車到達編組站後，除了駛入調車場之外，亦可能原車進行整備後再服務下一趟車次，此時便會占用站內軌道，讓其他續行列車無法使用，若編組站設置的月臺與股道數不夠，將造成無法提供待避功能，進而導致容量下降。目前透過容量分析軟體，可先分為是否有列車占用軌道兩種情況，各別求取容量後再根據單位時間內列車占用軌道的比例相加，便可考量編組站的影響來估算容量。

3. 銜接點

銜接點為兩條路線匯流或分歧處，例如臺鐵大肚溪南號誌站是臺中線（山線）和縱貫線（海線）匯流處，又例如臺鐵南港站上行方向分歧為中正線或西正線。銜接點的軌道運用的路徑多有複雜交織的狀況，是影響容量的關鍵所在，本計畫針對此課題提出了一套程序來評估其容量，詳見 3.3.2 節。

4. 考慮貨運列車的影響

臺鐵兼營客、貨運輸業務，但目前容量分析軟體僅適用於探討客運的容量，對於貨運量較大的路線，例如北迴線，可考慮單位時間內有多少時間可供客運列車行駛，再按比例來計算容量。

3.3.1 傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體

為了提升分析效率並降低容量模式的使用門檻，本所於民國 96 年針對臺鐵系統開發了「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」^[3]，並於民國 106 年進行軟體的升級改版^[2]，目前新版軟體的主畫面如圖 3-14 所示，下方參數檢視區可讓使用者掌握各項參數資料，而上方功能面板提供了專案管理、參數編輯與分析等各項軟體功能，其架構如圖 3-15 所示，以下分別說明之。



圖 3-14 傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體的主畫面

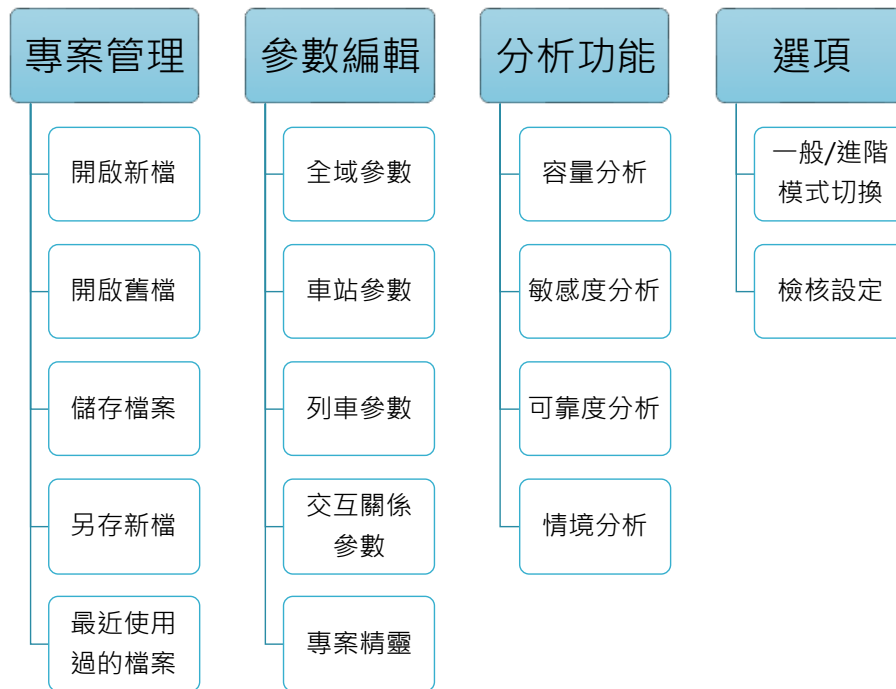


圖 3-15 傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體之功能架構圖

1. 專案管理

如圖 3-16 所示，軟體在此提供了使用者新增、開啟、儲存和另存專案檔等功能，此外亦臚列了最近使用過的專案檔清單，以方便使用者能快速找到所需的檔案。

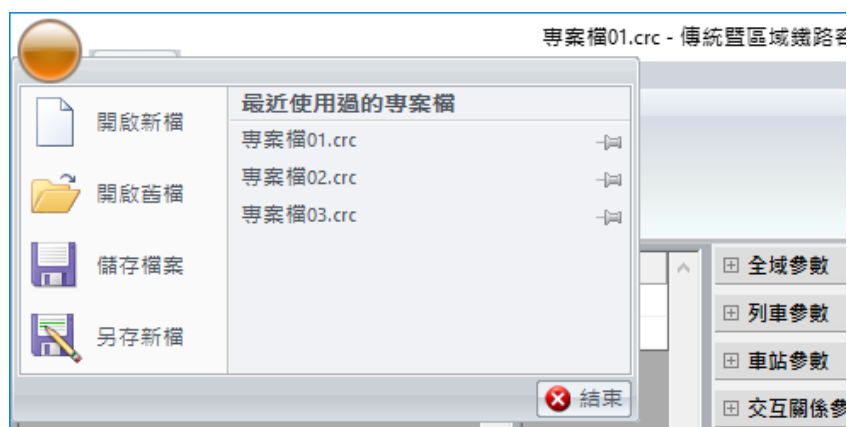


圖 3-16 專案管理功能相關介面

2. 參數編輯

容量分析軟體的參數有全域參數、車站參數、列車參數與交互關係參數等四種，其中全域參數顧名思義表示該參數的數值不隨列車、車站、區間而變，而其他三種參數則依列車、車站或區段不同而須逐一設定，使用者可增減車種、車站，並設定各列車的停站時間、運轉時間等參數，相關使用者介面如圖 3-17。

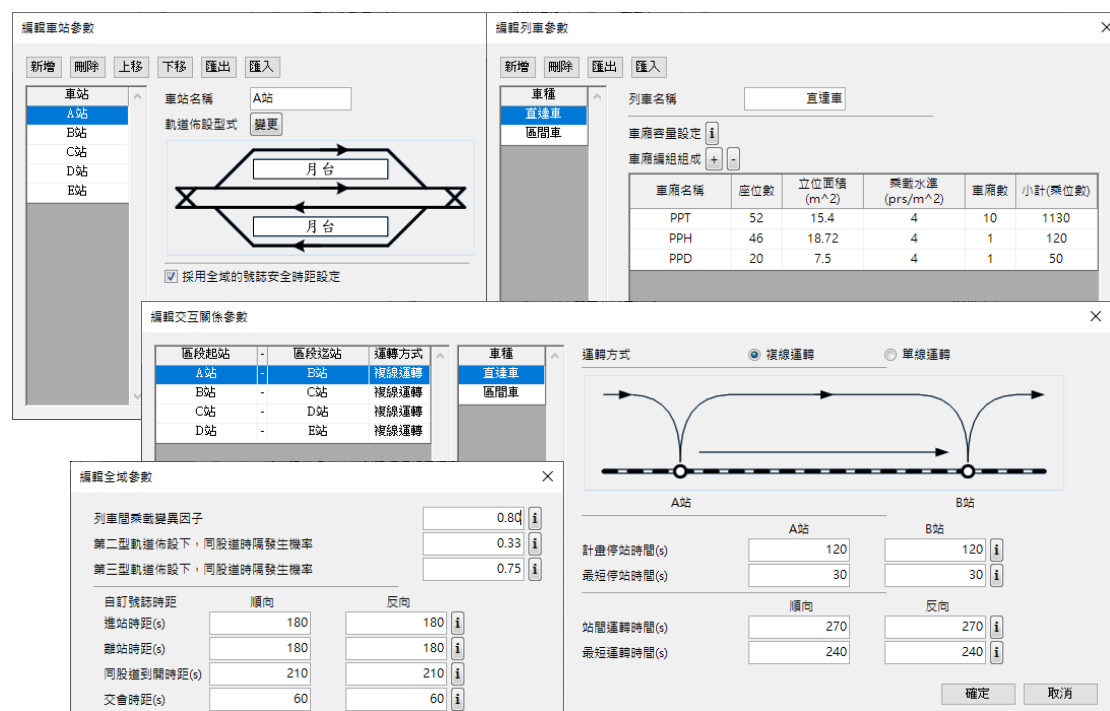


圖 3-17 參數編輯功能相關介面

此外，為了改善參數設定的便利性，新版容量分析軟體提供了專案精靈（Wizard）功能，其介面如圖 3-18 所示，能引導使用者依循制式步驟完成匯入臺鐵參數資料、新增車站，以及新建路線等工作，大幅降低入門門檻。

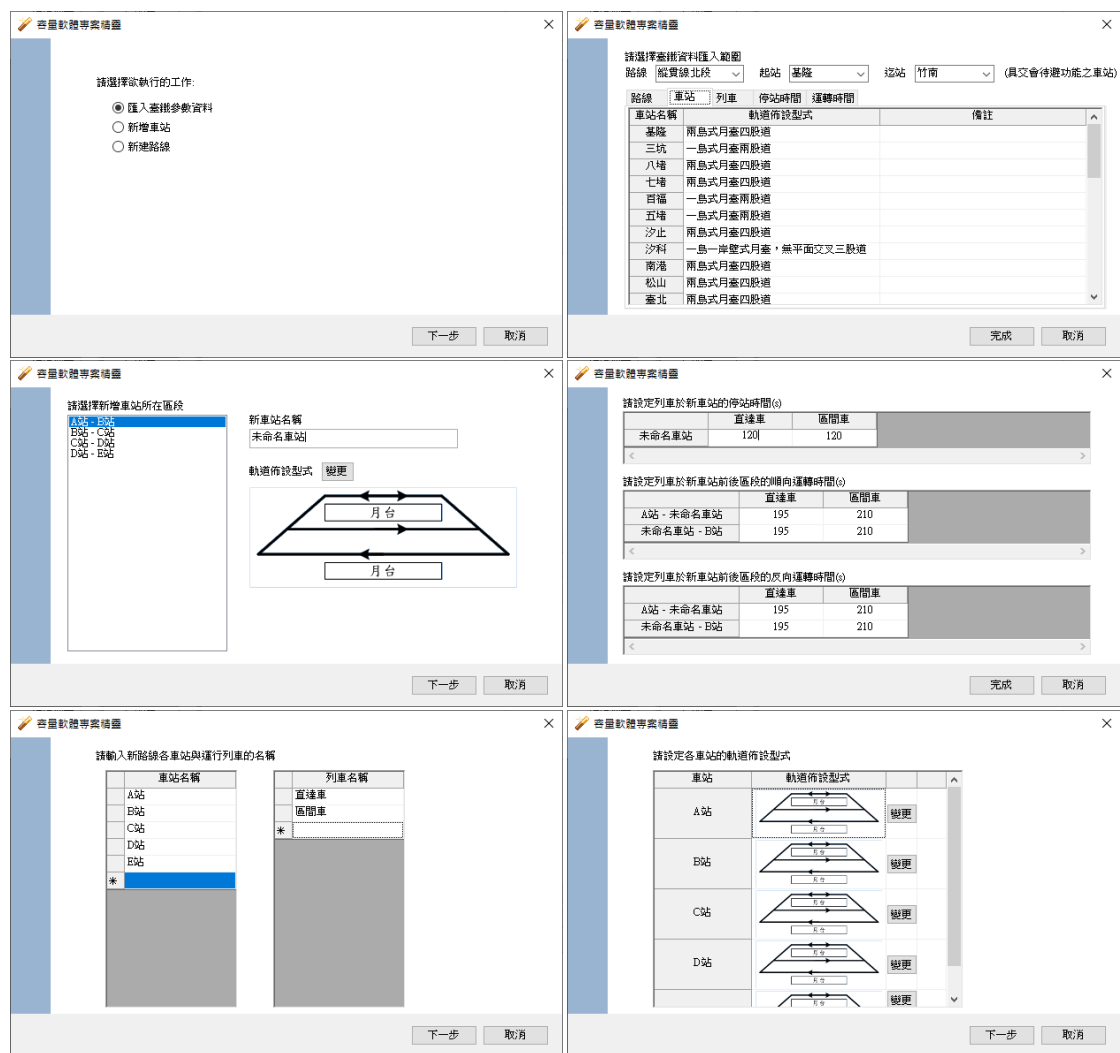


圖 3-18 專案精靈相關介面

3. 分析功能

分析功能包含了容量分析、敏感度分析、可靠度分析和情境分析，相關使用者介面設計如圖 3-19 所示，軟體除了會自動判斷應採用單區段或連續區段容量分析模式之外，在連續區段分析完後，還會進一步將連續區段內的各個區段，以單區段容量分析模式逐一進行分析。

各項分析結果會依據其特性以彙整表、直方圖或折線圖等不同型式來呈現，並可輸出文字或圖像。若是儲存成檔案，可支援逗號分隔值 (Comma-Separated Values, CSV)、富文字格式 (Rich Text Format, RTF)、點陣圖 (Bitmap, BMP) 和 Windows 系統標準向量圖 (Windows

Meta File，WMF）等格式；若是複製至剪貼簿，則文字採用 CSV 格式；圖像採用 BMP 格式。

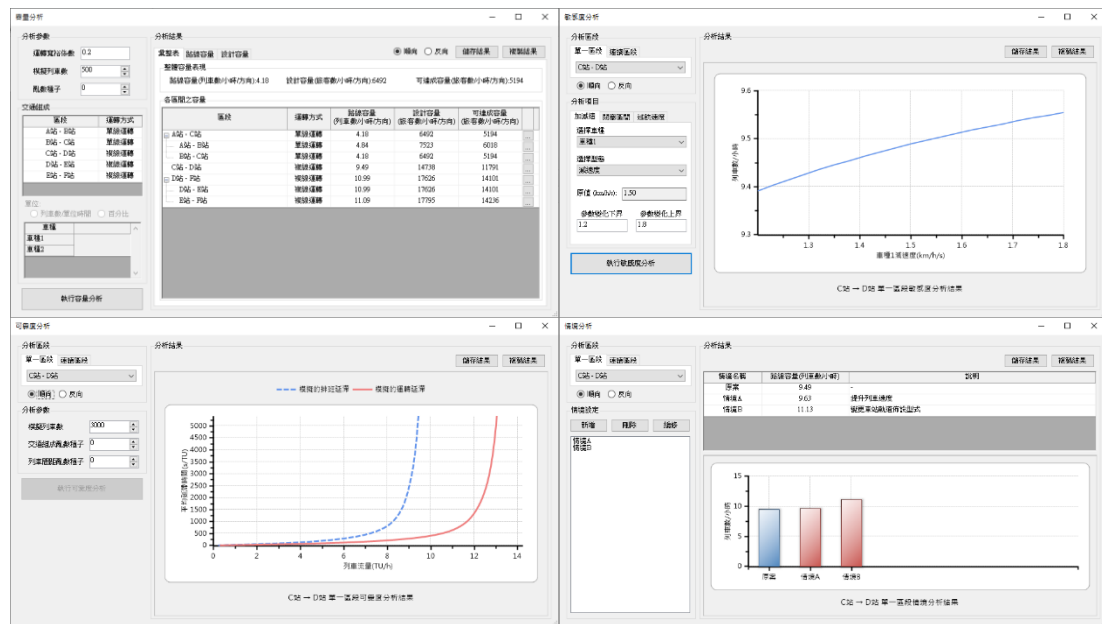


圖 3-19 分析功能相關介面

4. 選項

在選項中，使用者可於圖 3-20 中勾選或取消勾選「進階模式」，來切換進階或一般操作模式，在進階模式下，使用者必須輸入許多細節參數，供軟體來計算號誌安全時距，再進行容量分析；而在一般模式下，使用者可直接設定號誌安全時距來評估容量。有鑑於進階模式所需的參數太過繁雜且取得困難，考量後續的推廣與應用，故本計畫採用一般模式來進行案例分析，以臺鐵提供的數據設定號誌安全時距、停站時間，以及站間運轉時間等參數來進行分析。

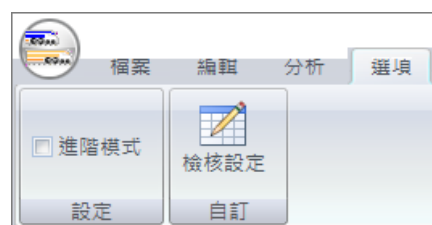


圖 3-20 操作模式切換畫面

另外，為了使容量分析軟體在應用上更具彈性，使用者可透過圖 3-21 自訂參數的預設值以及合理範圍，同時亦提供「恢復初始設定」的按鈕，必要時可復原成軟體初始的設定。

參數名稱	預設值	下界	上界
解除閉塞與清除號誌時間 (s).....	4	0	20
解除第1股道進路、鎖定第2股道暨號誌變換整體作業時間 (s).....	15	0	60
排點時列車先進再出的最短單線交會號誌時距 (s).....	25	0	60
注意號誌速限 (km/h).....	60	30	160
司機員與轉機反應時間 (s).....	5	0	15
進站時距 (s).....	180	30	600
離站時距 (s).....	180	30	600
同股道到開時距 (s).....	210	30	600
先行列車先進站、續行列車再出站的交會時距 (s).....	60	0	600

圖 3-21 檢核設定畫面

3.3.2 複雜場站之容量分析程序

針對銜接點內有較複雜的軌道配置與運用之情況，本計畫提出了一套適用於複雜場站之容量分析程序，其流程如圖 3-22 所示。首先在銜接點中找出所有的列車運行路徑，接著針對任兩路徑計算其號誌安全時距，然後根據交通組成與路徑發生的狀況來計算平均運轉時隔，最後求得銜接點容量。

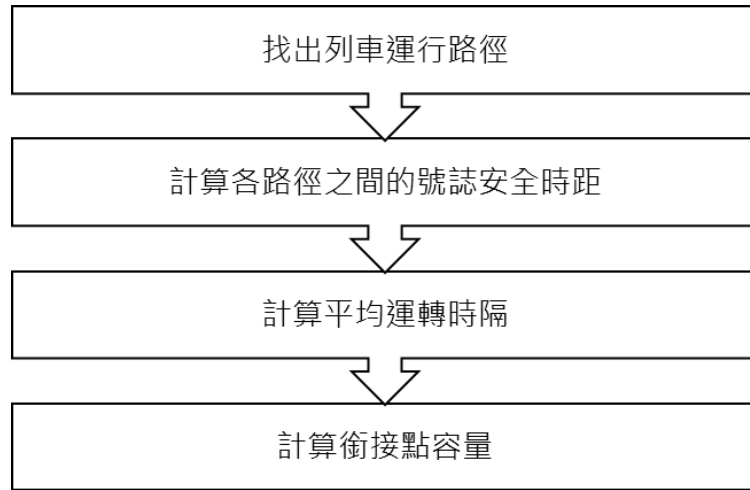


圖 3-22 複雜場站之容量分析流程

其中有關任兩路徑的號誌安全時距可參考 3.2.5 節之設定，至於平均運轉時隔的計算，本計畫提出以下兩種方法：

1. 解析公式

解析公式係根據交通組成來計算任兩路徑的發生機率，進而求得平均運轉時隔。假設一共有 k 條列車運行路徑，則會有 k^2 種路徑配對組合，而針對每一種路徑配對組合皆可透過公式(3.3)來計算運轉時隔，然後根據各路徑列車的相對頻率或營運列車數，以類似加權平均的觀念來計算平均運轉時隔，如公式(3.4)。

$$h_{ij} = T_{s,ij} + t_m = T_{s,ij} + \beta \cdot T_{s,ij} = T_{s,ij}(1 + \beta) \quad (3.3)$$

$$\bar{h} = \sum h_{ij} \cdot p_{ij} = \sum h_{ij} \cdot \frac{n_i \cdot n_j}{n^2} = \frac{1}{n^2} \sum h_{ij} \cdot n_i \cdot n_j \quad (3.4)$$

式中： $T_{s,ij}$ =路徑 j 的列車於路徑 i 的列車之後通過銜接點的號誌安全時距 (s)

t_m =運轉寬裕時間 (s)

β =運轉寬裕時間係數

$\bar{h}$ =平均運轉時隔 (s)

h_{ij} =路徑 j 的列車於路徑 i 的列車之後通過銜接點的運轉時隔(s)

p_{ij} =路徑 j 的列車於路徑 i 的列車之後通過銜接點的相對頻率

n_i =路徑 i 的列車數

n_j =路徑 j 的列車數

n =總列車數

2. 程式模擬

對於軌道配置或運行路徑更為複雜的場站，可能不易以解析公式來計算平均運轉時隔，此時可透過撰寫電腦程式的方式來求得。程式的演算流程如圖 3-23 所示，每回合會根據交通組成隨機產生列車，接著確保該列車通過銜接點的時間，必須和系統中現有列車皆保持足夠的號誌安全時距，直到系統中的列車數足夠後，便可計算平均運轉時隔。

最後，銜接點容量為一小時內通過的最大列車數，一小時相當於 3600 秒，故容量可利用下式計算而得

$$C = \frac{3600}{\bar{h}} \quad (3.5)$$

式中： C =軌道容量 (TU/h)

同時亦可根據單一路徑的列車數占總列車數之比例，進一步計算各路徑的容量，公式為

$$C_i = C \cdot \frac{n_i}{n} \quad (3.6)$$

式中： C_i =路徑 i 的軌道容量 (TU/h)

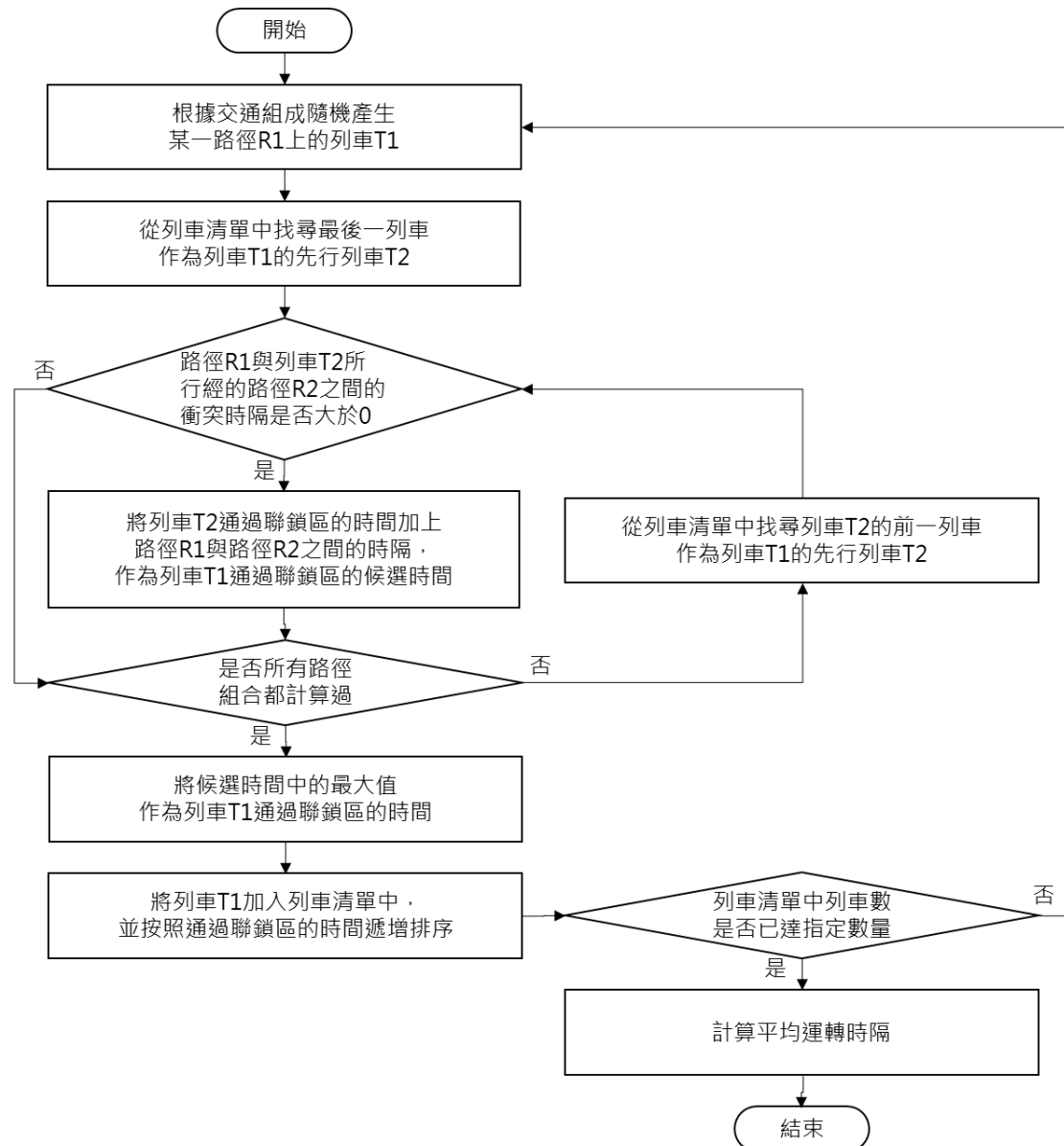


圖 3-23 透過程式計算平均運轉時隔的流程圖

3.4 案例分析對象

本計畫於民國 110 年 4 月向臺鐵局索取資料進行容量分析，獲得環島路網路線容量如表 3.3 所示，此外，為了強化國內鐵道容量技術的實務應用，本計畫選定了以下五個案例於後續章節作進一步的分析與探討。

表 3.3 臺鐵環島路網之路線容量

單位：列車/小時

區間	運轉方式	下行路線容量	上行路線容量
基隆－八堵	複線	8	8
八堵－七堵	複線	10	10
七堵－樹林	複線	8	10
樹林－竹南	複線	10	10
縱貫線（海線）	單線/複線	3	3
臺中線（山線）	複線	7	8
彰化－民雄	複線	8	8
民雄－中洲	複線	7	7
中洲－新左營	複線	8	8
新左營－潮州	複線	8	8
八堵－宜蘭	複線	6	7
宜蘭－花蓮	複線	7	7
花蓮－臺東	單線/複線	1	1
臺東－潮州	單線/複線	1	1

1. 七堵－樹林路段：此路段長期以來都是臺鐵路線容量的瓶頸處，亦是容量利用率最高的地方，是具代表性之案例。
2. 鶯歌－埔心路段：為了探討鐵路立體化對路線容量之影響，因此選定規模較大的桃園段地下化進行研析，該計畫範圍落在鶯歌－埔心路段內，因此以該路段做為案例分析的對象。
3. 民雄－中洲路段：過去認為容量瓶頸主要位於單線區間，不過民雄－中洲路段雖為複線區間，卻是臺鐵局認定的容量瓶頸之一，故本計畫透過案例分析了解其原因，並尋求改善。

4. 大肚溪南號誌站：大肚溪南號誌站為臺鐵山海線匯流處，由於彰化鐵路立體化預計將調整其路線軌道配置，在案例分析中將進一步進行探討其影響。
5. 花蓮－臺東路段：受到單線區間的影響，花東鐵路的容量一向不高，而目前正在進行花東鐵路雙軌化計畫將可改善花蓮－臺東之容量，故本計畫藉由案例分析來了解該雙軌化對容量改善的成效。

第四章 七堵－樹林路段案例

臺鐵目前在臺北、臺中以及高雄都會區皆已完成鐵路立體化，由於臺北都會區的列車密度最高，一直有容量不足問題，故本計畫以臺北都會區七堵－樹林路段作為案例分析的對象，使用本所的「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」作為評估路線容量的工具，以下分別說明本案例的分析範圍、輸入參數、容量分析過程與結果，最後根據造成容量瓶頸的原因擬定改善方案，並評估改善方案的效益。

4.1 分析範圍界定

臺鐵在完成臺北市區鐵路地下化後，七堵調車場和樹林客車場分別負責西幹線和東幹線城際列車的調車作業，西幹線列車以七堵為始發或終點站，東幹線列車以樹林為始發或終點站，造成七堵－樹林間重疊段的容量高度運用，如圖 4-1 所示。

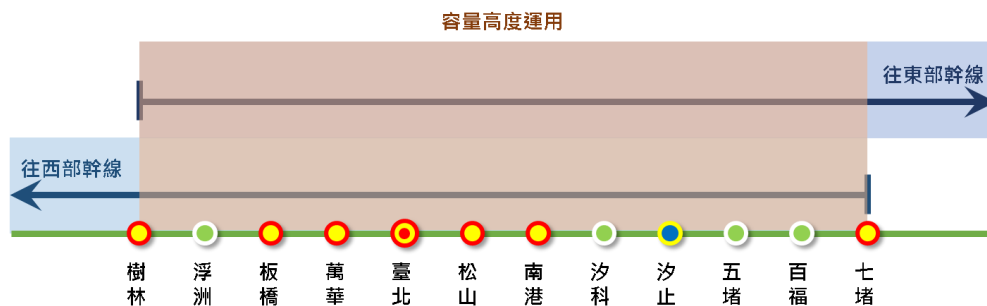


圖 4-1 重疊區間造成容量高度運用

根據臺鐵局於民國 110 年 4 月提供的資料，七堵－樹林間的軌道配置情況如圖 4-2 所示，下行列車（七堵往樹林）行駛東正線，上行列車（樹林往七堵）行駛西正線，不過值得注意的是，七堵－南港間配置了三股軌道，其中，東正線和西正線仍分別由下行和上行列車使用，而為了避免產生太多平面交叉，中正線僅供上行列車使用。

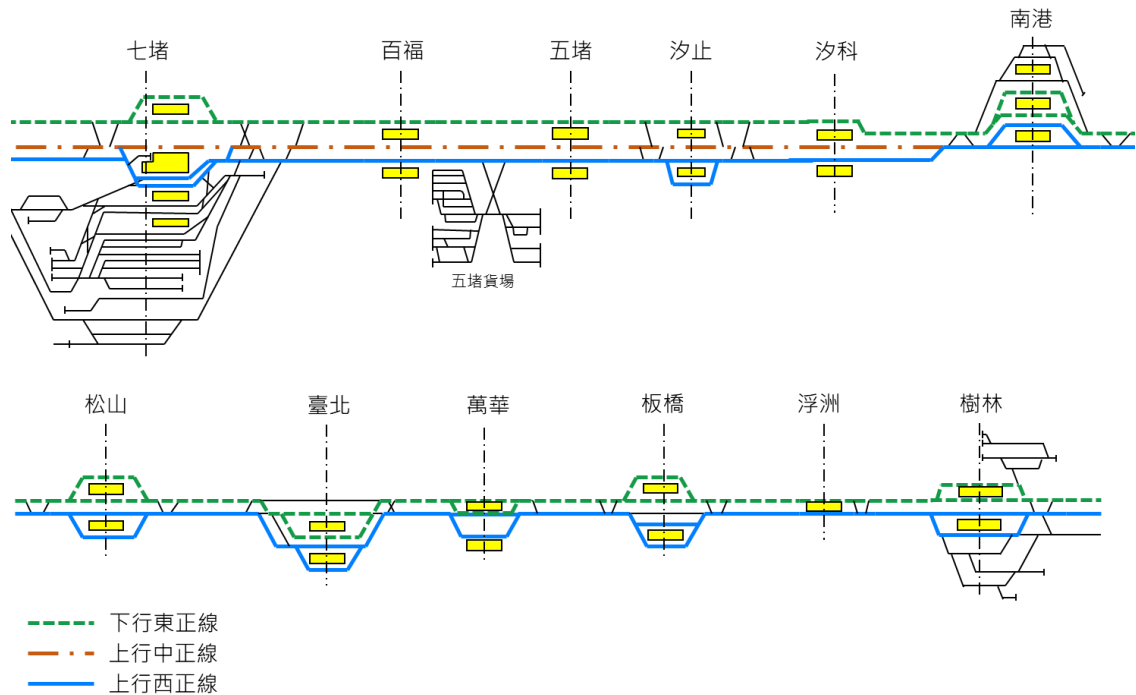


圖 4-2 七堵－樹林各站軌道配置與運用方式示意圖

由於南港站在上行方向的前後站間軌道數不同，必須將其分為樹林→南港以及南港→七堵兩段分別進行容量分析，而南港→七堵間則要分別計算中正線、西正線之容量和南港站發車能力，如表 4.1，最後再整合探討整體容量表現。

表 4.1 七堵－樹林案例的分析範圍

方向	下行	上行			
分析範圍	七堵→樹林	樹林→南港	南港→七堵		
	東正線	西正線	中正線	西正線	南港站發車

4.2 輸入參數設定

本案例各項參數皆根據民國 110 年 4 月向臺鐵局索取的資料來進行設定，包含車站軌道佈設類型、交通組成、停站時間、運轉時間以及號誌安全時距。

4.2.1 車站軌道佈設類型

根據圖 4-2 之軌道配置與運用方式，依照第 3.2.1 節所述決定各車站之軌道佈設型式，結果如表 4.2 所示。

表 4.2 七堵－樹林案例之各站軌道佈設型式

車站	下行（往樹林）	上行（往七堵）	
	東正線	中正線	西正線
七堵	I	I	I
百福	IV	IV	IV
五堵	IV	IV	IV
汐止	IV	IV	I
汐科	IV	IV	IV
南港	I	I	I
松山	I	無	I
臺北	I		I
萬華	II		II
板橋	I		I
浮洲	IV		IV
樹林	I		I

4.2.2 交通組成

根據時刻表中尖峰時段內於七堵－樹林運行的客運列車數，本案例在下行方向的交通組成為傾斜式：自強號：莒光號：區間車＝2：4：0：6，上行方向為 2：3：1：5。值得注意的是，上行方向之列車於南港站之後採快慢車分流運轉，其中對號車行駛中正線，而非對號車行駛西正線，因此進行容量分析時，上行南港→七堵的中正線之交通組成，僅考慮傾斜式、自強號和莒光號，而南港→七堵的西正線僅由區間車運行。

4.2.3 停站時間

各車種於七堵－樹林間各站之停站時間整理如表 4.3 所示，其中臺北站情況較特殊，對號車停 180 秒，而非對號車停 120 秒。

表 4.3 列車於七堵－樹林各站之停站時間

單位：秒

車站 \ 車種	傾斜式	自強號	莒光號	區間車
七堵	90	90	90	60
百福	0	0	0	30
五堵	0	0	0	30
汐止	0	0	90	60
汐科	0	0	0	30
南港	0	0	0	30
松山	120	120	120	60
臺北	180	180	180	120
萬華	0	0	0	30
板橋	120	120	120	60
浮洲	0	0	0	30
樹林	0	0	90	60

4.2.4 站間運轉時間

各車種於七堵－樹林各站間運轉時間整理如表 4.4 所示，不過本案例中的百福、五堵、汐科與浮洲等站並沒有待避功能，其前後區段需合併為一個路線區段，並根據第 3.2.4 節所述來計算合併區間的運轉時間，結果如表 4.5 所示。

表 4.4 列車於七堵－樹林各站間之運轉時間

單位：秒

方向	下行（往樹林）				上行（往七堵）			
車種 區段	傾斜 式	自強 號	莒光 號	區間 車	傾斜 式	自強 號	莒光 號	區間 車
七堵－百福	180	240	240	240	150	210	210	210
百福－五堵	120	150	150	210	120	150	150	210
五堵－汐止	60	120	120	120	60	60	120	120
汐止－汐科	60	120	120	120	60	60	120	120
汐科－南港	180	240	240	270	150	240	240	300
南港－松山	180	180	180	210	150	180	180	180
松山－臺北	420	420	420	420	360	420	450	360
臺北－萬華	210	240	240	240	240	240	240	270
萬華－板橋	210	270	270	270	240	300	300	270
板橋－浮洲	120	150	180	180	120	150	150	180
浮洲－樹林	120	150	210	180	120	150	210	180

表 4.5 合併區段後的站間運轉時間

單位：秒

方向	下行（往樹林）				上行（往七堵）			
車種 區段	傾斜 式	自強 號	莒光 號	區間 車	傾斜 式	自強 號	莒光 號	區間 車
七堵－汐止	600	870	960	1110	330	420	480	600
汐止－南港					210	300	360	450
南港－松山	180	180	180	210	150	180	180	180
松山－臺北	420	420	420	420	360	420	450	360
臺北－萬華	210	240	240	240	240	240	240	270
萬華－板橋	210	270	270	270	240	300	300	270
板橋－樹林	240	300	390	390	240	300	360	390

4.2.5 號誌安全時距

本案例依照第 3.2.5 節所述之方式進行號誌安全時距設定，其中七堵、汐止、南港、板橋以及樹林等站皆受到無待避功能車站的影響，須根據公式(3.1)、(3.2)以及交通組成來調整其號誌安全時距，其平均進離站時距調整結果如表 4.6 所示。

例如下行列車在七堵離站後會受到百福的影響，因此需要調整其離站時距，若先行列車為區間車，而續行列車為傾斜式列車，則兩列車於七堵離站的號誌安全時距為 180 秒，此為公式(3.1)中的 $T_{s,DD}$ ，而考量兩列車在百福的號誌安全時距 $T_{s,DA}$ 為 240 秒，區間車於百福站的停站時間 $t_{d,i}$ 為 30 秒，區間車和傾斜式列車在七堵→百福的運轉時間分別為 240 秒和 180 秒，即公式(3.1)中 t_i 和 t_j ，因此根據公式(3.1)的計算過程如下，兩列車於七堵的離站時距要調整為 330 秒。在不同的先續行列車組合下，皆可計算得到一個七堵離站時距調整後的數值，最後根據交通組成加權平均並無條件進位整數後，便可得到表 4.6 中的 255 秒。

$$\begin{aligned} T'_{s,D} &= \max(T_{s,DD}, T_{s,DA} + t_{d,i} + t_i - t_j) \\ &= \max(180, 240 + 30 + 240 - 180) = 330 \end{aligned} \quad (4.1)$$

表 4.6 調整後的號誌安全時距

單位：秒

下行（往樹林）			上行（往七堵）		
站名	時距種類	調整後的時距	站名	時距種類	調整後的時距
七堵	離站	255	七堵	進站	240/270
南港	進站	258	汐止	離站	240/270
板橋	離站	255		進站	240/270
樹林	進站	255	南港	離站	247/270
			板橋	進站	254
			樹林	離站	255

註：七堵、汐止與南港等站於上行方向分別為中正線/西正線的時距

4.3 路線容量分析

透過容量分析軟體，可分析表 4.1 中的七堵→樹林東正線、樹林→南港西正線、南港→七堵中正線和西正線之路線容量，共計要建立 4 個專案檔分別進行分析，至於南港站發車能力的分析則說明於 4.4 節。由於軟體的操作過程大同小異，故本節僅以七堵→樹林東正線為例，詳細說明如何操作軟體進行分析。

4.3.1 建立專案雛形

首先，利用容量分析軟體中的「專案精靈」功能可快速建立專案雛形，在功能面板的「編輯」中按下「專案精靈」按鈕（如圖 4-3）開啟相關畫面，於「專案精靈」畫面中選擇「匯入臺鐵參數資料」後按「下一步」（如圖 4-4），即可依照「專案精靈」的提示逐步建立新專案。

進入圖 4-5 之畫面後，在路線上選擇「縱貫線北段」，起站和迄站則分別選擇為「七堵」和「樹林」，最後按下「完成」，「專案精靈」便會將相關參數匯入軟體中建立專案雛形，如圖 4-6 所示。由於「專案精靈」中的參數資料為民國 107 年所蒐集建置，其中車站與交互關係參數已與現況不同，因此須參照 4.2 節之內容來重新設定。



圖 4-3 開啟專案精靈

容量軟體專案精靈

請選擇欲執行的工作:

☒ 匯入臺鐵參數資料
☐ 新增車站
☐ 新建路線

圖 4-4 選擇匯入臺鐵參數資料

容量軟體專案精靈

請選擇臺鐵資料匯入範圍

路線
 起站
 迄站 (具交會待避功能之車站)

路線
 車站
 列車
 停站時間
 運轉時間

車站名稱	軌道佈設型式	備註
七堵	兩島式月臺四股道	
百福	一島式月臺兩股道	
五堵	一島式月臺兩股道	
汐止	兩島式月臺四股道	
汐科	一島一岸壁式月臺，無平面交叉三股道	
南港	兩島式月臺四股道	
松山	兩島式月臺四股道	
臺北	兩島式月臺四股道	
萬華	一島一岸壁式月臺，有平面交叉三股道	
板橋	兩島式月臺四股道	
浮洲	一島式月臺兩股道	

圖 4-5 匯入臺鐵七堵－樹林之參數資料

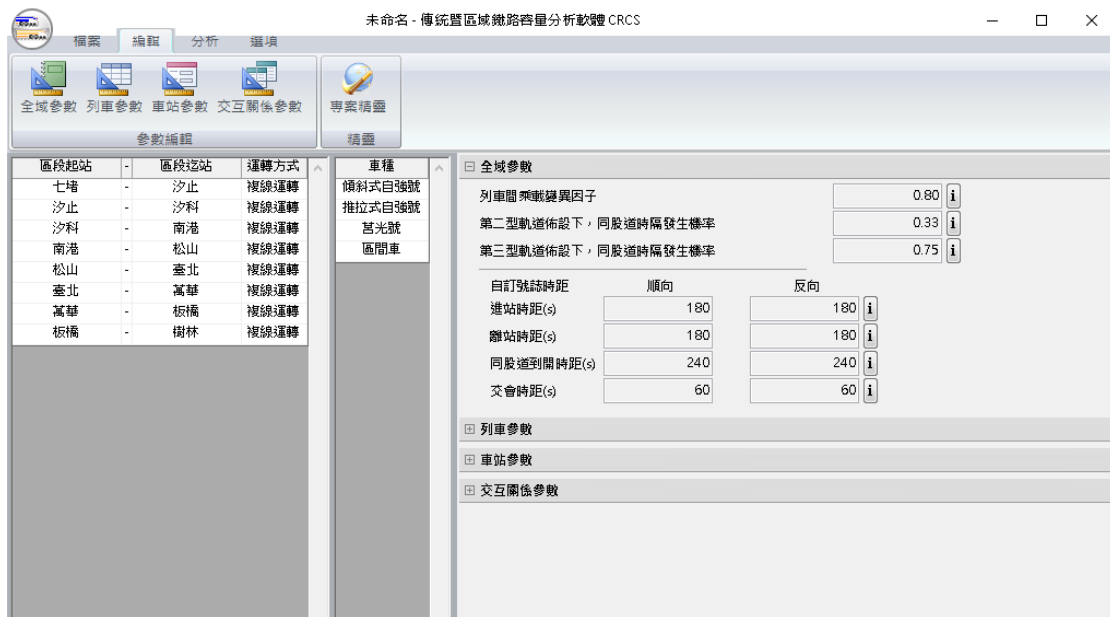


圖 4-6 建立臺鐵七堵－樹林之專案雛形

4.3.2 設定車站參數

在車站參數方面，根據表 4.2 來設定各車站的軌道佈設型式，另外在容量分析時，路線區段兩側都必須是能提供列車待避的車站，因此要刪去百福、五堵、汐止、汐科與浮洲等無待避功能之車站，結果如圖 4-7 所示。

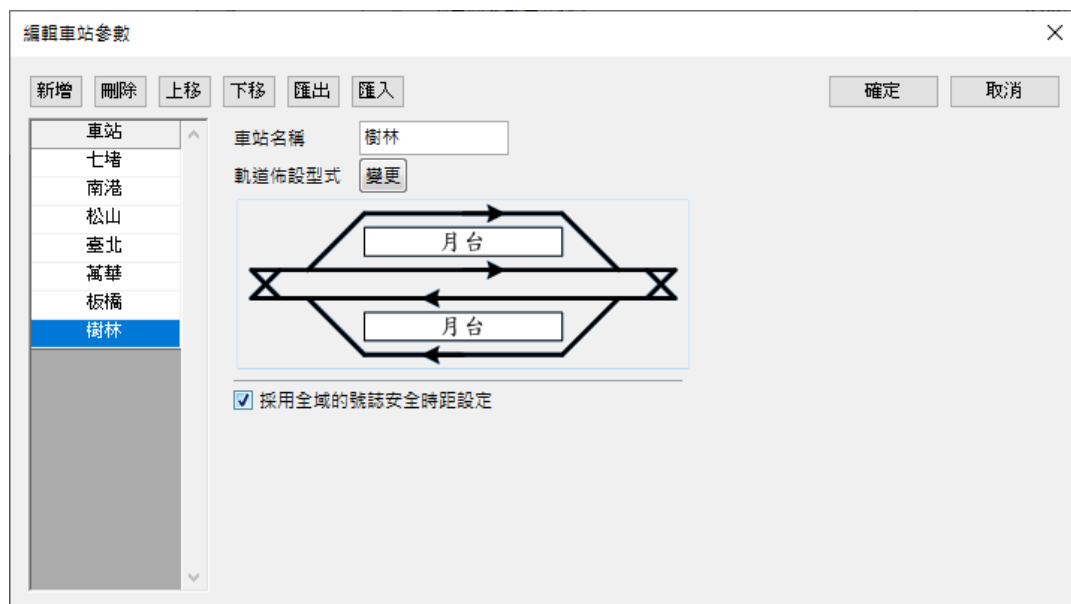


圖 4-7 刪除無待避功能車站之後的車站清單

接著依照表 4.6 調整特定車站的號誌安全時距，以七堵為例，如圖 4-8 所示，先取消勾選「採用全域的號誌安全時距設定」，再將順向的離站時距改為 255 秒，而南港、板橋與樹林站也以相同操作方式，調整其號誌安全時距。至於全域的號誌安全時距設定，目前軟體預設值便與臺鐵採用的數值相同，故不需再調整。

採用全域的號誌安全時距設定		
自訂號誌時距		
	順向	反向
進站時距(s)	180	180
離站時距(s)	255	180
同股道到開時距(s)	240	240
交會時距(s)	60	60

註：「順向」為順著車站列表中的順序，即七堵往樹林，而「反向」為樹林往七堵。

圖 4-8 調整七堵站的號誌安全時距設定

4.3.3 設定交互關係參數

有關各列車於各區段的交互關係參數，可根據表 4.3 和表 4.5 逐一進行設定，例如傾斜式於七堵站的停站時間為 90 秒，於南港站的停站時間為 0 秒，而在七堵→南港間的運轉時間為 600 秒，因此交互關係參數設定結果如圖 4-9 所示，其中最短停站時間與最短運轉時間等兩項參數在容量分析時不會使用，故不須調整設定。以相同的操作方式，可設定其餘列車與區段的交互關係參數。

編輯交互關係參數

區段起站	區段迄站	運轉方式
七堵	南港	複線運轉
南港	松山	複線運轉
松山	臺北	複線運轉
臺北	萬華	複線運轉
萬華	板橋	複線運轉
板橋	樹林	複線運轉

車種
傾斜式自強號
推拉式自強號
莒光號
區間車

運轉方式: ☒ 複線運轉 ☐ 單線運轉

七堵 南港

計畫停車時間(s): 七堵 90 南港 0

最短停車時間(s): 七堵 30 南港 0

站間運轉時間(s): 順向 600 反向 300

最短運轉時間(s): 順向 570 反向 270

確定 取消

圖 4-9 設定傾斜式自強號於七堵→汐止的交互關係參數

4.3.4 進行容量分析

開啟容量分析功能，根據 4.2.2 節設定各區段的交通組成，如圖 4-10 所示，接著按下「執行容量分析」按鈕，便可得到路線容量分析結果，如圖 4-11 所示。而依照不同的運轉寬裕時間係數設定，可獲得不同的路線容量結果，最終將七堵→樹林東正線、樹林→南港西正線、南港→七堵中正線和西正線之分析結果彙整如表 4.7 所示。

容量分析

分析參數

運轉寬裕係數: 0.2

模擬列車數: 2000

亂數種子: 0

交通組成

區段	運轉方式
七堵 - 南港	複線運轉
南港 - 松山	複線運轉
松山 - 臺北	複線運轉
臺北 - 萬華	複線運轉
萬華 - 板橋	複線運轉
板橋 - 樹林	複線運轉

單位: ☒ 列車數/單位時間 ☐ 百分比

車種	順向	反向
傾斜式自強號	2	0
推拉式自強號	4	0
莒光號	0	0
區間車	6	0

執行容量分析

分析結果

彙整表 路線容量 設計容量 ☐ 順向 ☐ 反向 儲存結果 複製結果

整體容量表現

路線容量(列車數/小時/方向): 設計容量(旅客數/小時/方向): 可達成容量(旅客數/小時/方向):

各區間之容量

區段	運轉方式	路線容量 (列車數/小時/方向)	設計容量 (旅客數/小時/方向)	可達成容量 (旅客數/小時/方向)

圖 4-10 設定各區段的交通組成



圖 4-11 路線容量分析結果

表 4.7 不同運轉寬裕時間係數設定的路線容量

單位：列車/小時

方向	分析範圍		運轉寬裕時間係數						
			0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3
下行	七堵→樹林	東正線	10.4	9.91	9.46	9.05	8.67	8.32	8.00
上行	樹林→南港	西正線	12.54	11.95	11.4	10.91	10.45	10.03	9.65
	南港→七堵	中正線	12.33	11.74	11.21	10.72	10.27	9.86	9.48
		西正線 (註)	7.75	7.38	7.05	6.74	6.46	6.20	5.96

註：受到貨運列車於七堵—五堵採單線雙向運行的影響，根據臺鐵局表示，尖峰小時內僅有 35 分鐘可供區間車行駛，因此以 35/60 的比例來計算容量。

4.4 南港站上行方向發車能力分析

由於列車於南港站上行方向出站後才分岔為中正線與西正線，如圖 4-12 所示，因此要評估南港—七堵上行方向的整體容量表現，除了計算中正線與西正線之路線容量，還必須考量南港站上行方向發車能力。

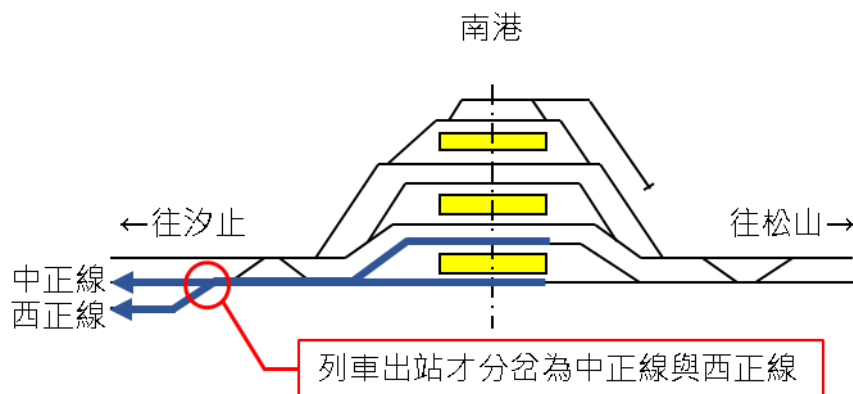


圖 4-12 南港站上行方向出站後的軌道分岔情況

針對此一銜接點可採用 3.3.2 節所介紹的程序進行分析，各步驟的操作方式說明如下：

1. 找出列車運行路徑

列車於南港站上行方向離站的運行路徑有以下三種，其中對號車使用路徑 1，而區間車使用路徑 2 和路徑 3。

- (1) 路徑 1 為列車從車站內的主正線行駛至中正線，如圖 4-13。
- (2) 路徑 2 為列車從車站內的主正線行駛至西正線，如圖 4-14。
- (3) 路徑 3 為列車從車站內的副正線行駛至西正線，如圖 4-15。

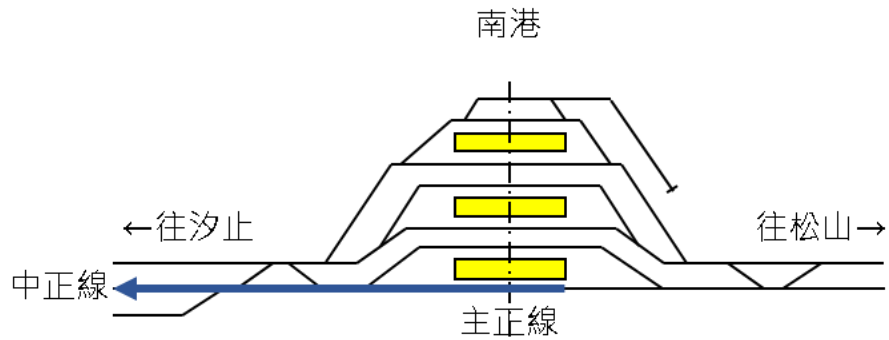


圖 4-13 列車於南港站上行離站的運行路徑 1

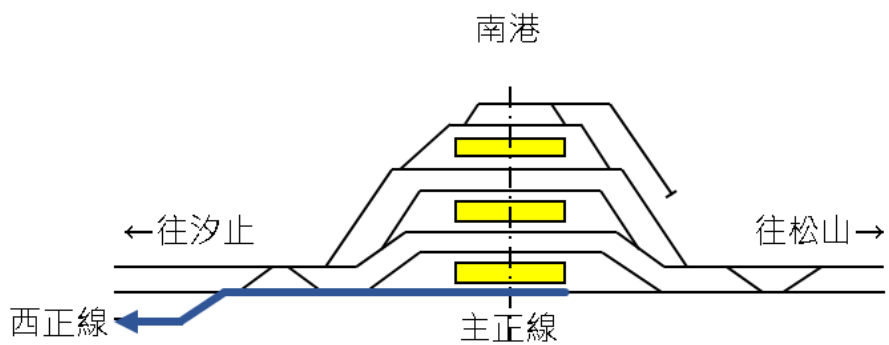


圖 4-14 列車於南港站上行離站的運行路徑 2

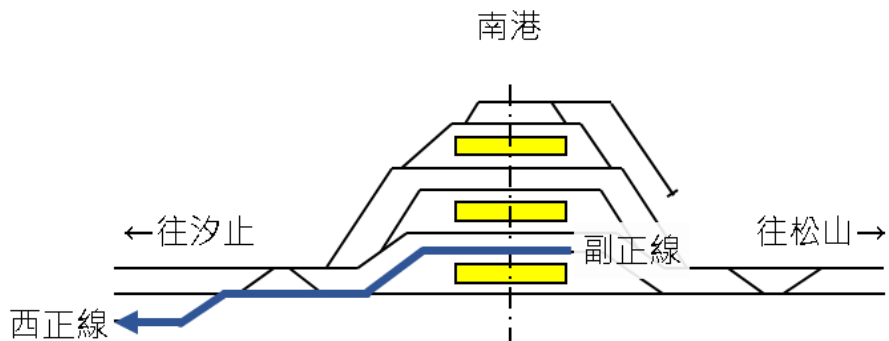


圖 4-15 列車於南港站上行離站的運行路徑 3

2. 計算各路徑之間的號誌安全時距

根據上述的列車運行路徑，先續行列車的車種不同，會有不同的路徑組合，如表 4.8 所示，共有以下三種衝突路徑，而相關時距的計算結果彙整如表 4.9 所示。

(1) 第一種衝突路徑：路徑 1 與路徑 1

當先續行列車皆為對號車時，列車皆使用路徑 1 離開南港站，此時衝突路徑的時距為列車使用相同股道離站的時距（240 秒），並且要考量無待避功能的汐科站之影響，以第 3.2.5 節所述之方式來作調整。

(2) 第二種衝突路徑：路徑 1 與路徑 3，或路徑 3 與路徑 1

當先行列車為對號車而續行列車為區間車時，先行列車使用路徑 1、續行列車使用路徑 3，此衝突路徑的時距為列車使用不同股道離站的時距（180 秒），由於兩列車離站後將分別駛入中正線和西正線，因此不會受到汐科站之影響。以此類推，先行列車為區間車而續行列車為對號車，結果也是一樣的時距。

(3) 第三種衝突路徑：路徑 2 與路徑 3，或路徑 3 與路徑 2

當先行與續行列車皆為區間車時，列車會交替使用路徑 2 和路徑 3，雖然列車使用不同股道離站，但受到無待避功能的汐科站影響，此衝突路徑的時距為 270 秒。

表 4.8 先續行列車的衝突路徑種類

續行列車車種 先行列車車種	傾斜式	自強號	莒光號	區間車
傾斜式	第一種 衝突路徑	第一種 衝突路徑	第一種 衝突路徑	第二種 衝突路徑
自強號	第一種 衝突路徑	第一種 衝突路徑	第一種 衝突路徑	第二種 衝突路徑
莒光號	第一種 衝突路徑	第一種 衝突路徑	第一種 衝突路徑	第二種 衝突路徑
區間車	第二種 衝突路徑	第二種 衝突路徑	第二種 衝突路徑	第三種 衝突路徑

表 4.9 各種衝突路徑的時距

單位：秒

續行列車車種 先行列車車種	傾斜式	自強號	莒光號	區間車
傾斜式	240	240	240	180
自強號	330	240	240	180
莒光號	330	240	240	180
區間車	180	180	180	270

3. 計算平均運轉時隔

由於南港站上行方向的軌道配置或運行路徑較單純，可採用解析公式來計算平均運轉時隔。根據 4.2.2 節所述之上行方向交通組成，可透過下式計算各種先續行列車組合的發生機率，結果如表 4.10 所示，再根據表 4.9 便可計算出列車從南港站離站的平均時距為 222.40 秒，最後，依照不同的運轉寬裕時間係數設定，可獲得南港站上行方向發車能力如表 4.11 所示。

$$p_{ij} = \frac{n_i \times n_j}{n^2} \quad (4.2)$$

式中： p_{ij} =先行為第 i 種列車而續行為第 j 種列車的發生機率

n_i =第 i 種列車的數量

n_j =第 j 種列車的數量

n =總列車數

表 4.10 各先續行列車組合的發生機率

續行列車車種 先行列車車種	傾斜式	自強號	莒光號	區間車
傾斜式	3.31%	4.96%	1.65%	8.26%
自強號	4.96%	7.44%	2.48%	12.40%
莒光號	1.65%	2.48%	0.83%	4.13%
區間車	8.26%	12.40%	4.13%	20.66%

表 4.11 不同運轉寬裕時間係數設定的南港站發車能力

運轉寬裕時間係數	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3
南港站上行方向發車能力（列車/小時）	16.19	15.42	14.72	14.08	13.49	12.95	12.45

4.5 整體容量表現與寬裕係數校估

彙整第 4.3 與 4.4 節之結果如表 4.12 所示，其中本案例在上行方向共分為樹林→南港西正線、南港→七堵中正線和西正線，以及南港站發車能力等不同範圍分別進行容量分析，而最後要判斷整體容量表現時，首先在南港→七堵方面，要考量中正線和西正線的路線容量總和，以及南港站的發車能力，其中較小值決定南港→七堵的容量表現；然後在樹林→七堵方面，要考量樹林→南港的路線容量，以及前述南港→七堵的容量表現，其中也是取較小值決定樹林→七堵的容量表現，最終可得到整體容量表現如表 4.13 所示，可發現樹林→七堵整體容量表現，主要是由樹林→南港之瓶頸容量所決定。

表 4.12 容量分析結果彙整

單位：列車/小時

方向	分析範圍		運轉寬裕時間係數						
			0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3
下行	七堵→樹林	東正線	10.4	9.91	9.46	9.05	8.67	8.32	8.00
上行	樹林→南港	西正線	12.54	11.95	11.4	10.91	10.45	10.03	9.65
	南港→七堵	中正線	11.20	10.66	10.18	9.74	9.33	8.96	8.61
		西正線	7.75	7.38	7.05	6.74	6.46	6.20	5.96
		南港發車能力	16.19	15.42	14.72	14.08	13.49	12.95	12.45
		整體容量表現	16.19	15.42	14.72	14.08	13.49	12.95	12.45

註：南港→七堵整體容量表現=MIN(中正線容量+西正線容量，南港發車能力)

表 4.13 不同運轉寬裕時間係數設定的整體容量表現

運轉寬裕時間係數	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3
七堵→樹林整體容量表現（列車/小時）	10.4	9.91	9.46	9.05	8.67	8.32	8.00
樹林→七堵整體容量表現（列車/小時）	12.54	11.95	11.4	10.91	10.45	10.03	9.65

註：樹林→七堵的整體容量表現=MIN(樹林→南港容量，南港→七堵容量)

有關運轉寬裕時間係數的校估，由於本計畫所計算的為實用容量，代表列車排點所能安排的班次密度上限，故採用與過去文獻相同之方法來進行校估^[1]，係根據臺鐵在號誌常綠下最多可開行的列車數，找出一個適當的運轉寬裕時間係數，使得容量計算結果與之相近。

根據臺鐵局表示，以列車在號誌常綠下運轉為前提，七堵—樹林間在下行方向最多每小時可開行8~9列車，上行方向則約為10列車，

與表 4.13 的分析結果比對後，重新校估運轉寬裕時間係數應介於 0.15～0.25，故本計畫建議採用中間值 0.2，而後續相關分析皆採用 0.2 來設定運轉寬裕時間係數。

4.6 容量瓶頸探討與改善方向

從容量分析軟體獲得的結果中，可進一步探討路線容量瓶頸所在以及造成瓶頸的可能原因。在本案例中下行方向的瓶頸區段位於七堵→南港，上行方向瓶頸則位於樹林→板橋，如圖 4-16 和圖 4-17 所示。此結果也說明了增建第三股道對容量提升效果有限，過去為了改善容量，因此於七堵—南港增建第三股道，不過該股道的配置僅方便讓上行列車使用，改善了該區間的路線容量，但受到樹林→板橋瓶頸的影響，整體容量表現無法大幅提升。

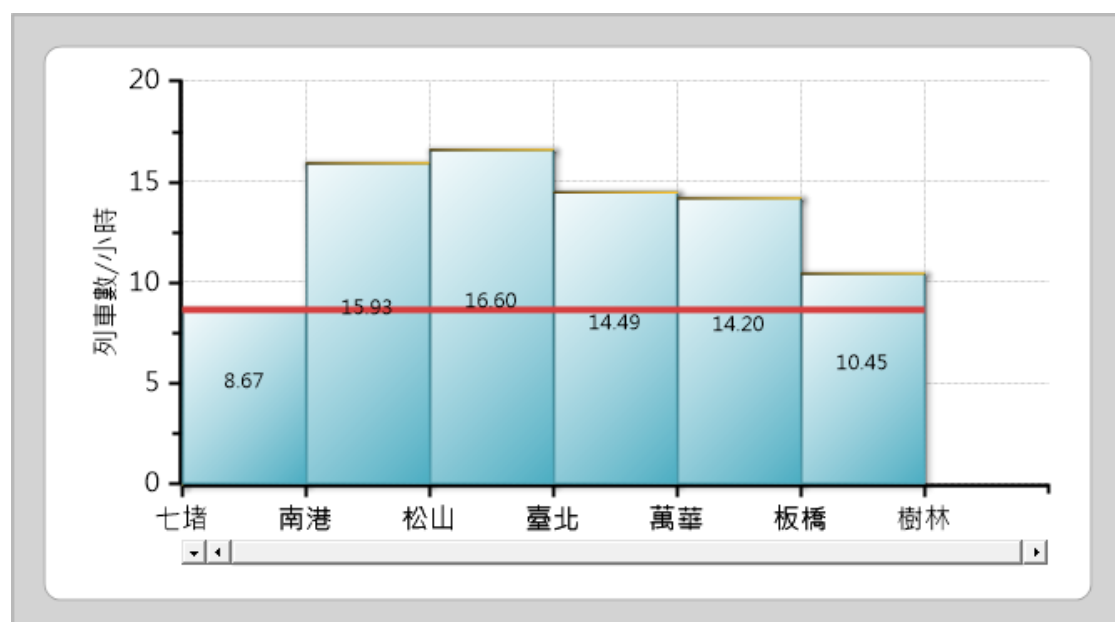
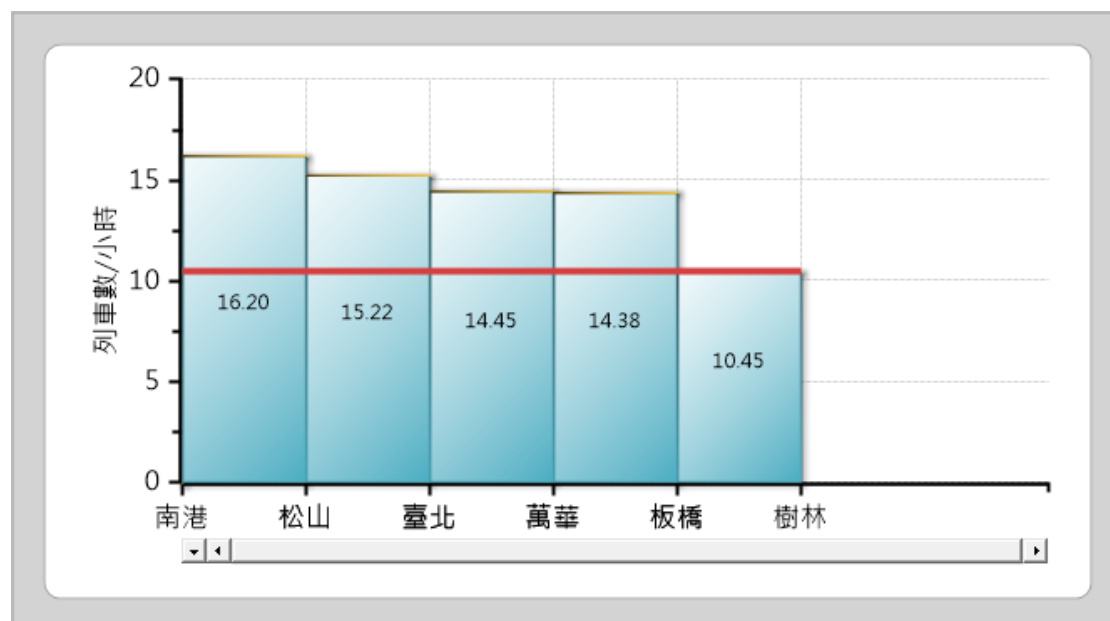


圖 4-16 下行方向瓶頸位於七堵→南港



註：在本案例中，上行方向之容量分析範圍分為七堵—南港和南港—樹林兩段，由於瓶頸位於南港—樹林間，故僅呈現該範圍。

圖 4-17 上行方向瓶頸則位於樹林→板橋

此外，更可從詳細結果中（詳見圖 4-18 和圖 4-19）了解造成瓶頸原因，若和其他區段相比，可發現七堵→南港和樹林→板橋有兩種數值較大而導致成為瓶頸：

1. 號誌安全時距較大

七堵—南港間的百福、五堵、汐止、汐科等四座車站，以及樹林—板橋間的浮洲站，皆是無法提供待避之車站，會增加號誌安全時距，導致路線容量下降。

2. 待避損失時間較大

待避損失時間較大表示列車的運轉時間差異大，在七堵—南港間，區間車比對號車多停靠百福、五堵和汐科等站，增加不少減速停站載客再重新加速離站所花費的時間，因此其運轉時間和對號車相比差異甚大，進而影響路線容量，同樣的情況也發生在樹林—板橋間。

由此可知，若要改善路線容量，基本上要從減少號誌時距，或從減少列車的運轉時間差異兩方面著手。

單一區段容量分析詳細結果(複線運轉)									
摘要資訊									
發生地點:七堵 - 南港					方向:順向				
路線容量(列車數/小時):8.67					設計容量(旅客數/小時):9824				
					可達成容量(旅客數/小時):7859				
儲存結果					複製結果				
離站時距 (秒)					進站時距 (秒)				
先行/續行	斜式自強號	推拉式自強號	莒光號	區間車	先行/續行	斜式自強號	推拉式自強號	莒光號	區間車
傾斜式自強號	255.00	255.00	255.00	255.00	傾斜式自強號	258.00	258.00	258.00	258.00
推拉式自強號	255.00	255.00	255.00	255.00	推拉式自強號	258.00	258.00	258.00	258.00
莒光號	255.00	255.00	255.00	255.00	莒光號	258.00	258.00	258.00	258.00
區間車	255.00	255.00	255.00	255.00	區間車	258.00	258.00	258.00	258.00
< >					< >				
瓶頸時距 (秒)					待避損失時間 (秒)				
先行/續行	斜式自強號	推拉式自強號	莒光號	區間車	先行/續行	斜式自強號	推拉式自強號	莒光號	區間車
傾斜式自強號	258.00	255.00	255.00	255.00	傾斜式自強號	0.00	180.00	180.00	255.00
推拉式自強號	258.00	258.00	258.00	255.00	推拉式自強號	180.00	0.00	0.00	75.00
莒光號	258.00	258.00	258.00	255.00	莒光號	180.00	0.00	0.00	75.00
區間車	258.00	258.00	258.00	258.00	區間車	255.00	75.00	75.00	0.00
< >					< >				
先行續行比例					運轉時隔 (秒)				
先行/續行	斜式自強號	推拉式自強號	莒光號	區間車	先行/續行	斜式自強號	推拉式自強號	莒光號	區間車
傾斜式自強號	0.028	0.056	0.000	0.083	傾斜式自強號	310.87	524.15	524.15	614.52
推拉式自強號	0.056	0.111	0.000	0.167	推拉式自強號	527.76	310.87	310.87	397.63
莒光號	0.000	0.000	0.000	0.000	莒光號	527.76	310.87	310.87	397.63
區間車	0.083	0.167	0.000	0.250	區間車	618.13	401.24	401.24	310.87
< >					< >				

圖 4-18 七堵→南港的詳細容量分析結果

單一區段容量分析詳細結果(複線運轉)									
摘要資訊									
發生地點:板橋 - 樹林					方向:反向				
路線容量(列車數/小時):10.45					設計容量(旅客數/小時):11303				
					可達成容量(旅客數/小時):9043				
儲存結果					複製結果				
離站時距 (秒)					進站時距 (秒)				
先行/續行	斜式自強號	推拉式自強號	莒光號	區間車	先行/續行	斜式自強號	推拉式自強號	莒光號	區間車
傾斜式自強號	255.00	255.00	255.00	255.00	傾斜式自強號	254.00	254.00	254.00	254.00
推拉式自強號	255.00	255.00	255.00	255.00	推拉式自強號	254.00	254.00	254.00	254.00
莒光號	255.00	255.00	255.00	255.00	莒光號	254.00	254.00	254.00	254.00
區間車	255.00	255.00	255.00	255.00	區間車	254.00	254.00	254.00	254.00
< >					< >				
瓶頸時距 (秒)					待避損失時間 (秒)				
先行/續行	斜式自強號	推拉式自強號	莒光號	區間車	先行/續行	斜式自強號	推拉式自強號	莒光號	區間車
傾斜式自強號	255.00	255.00	255.00	255.00	傾斜式自強號	0.00	30.00	60.00	75.00
推拉式自強號	254.00	255.00	255.00	255.00	推拉式自強號	30.00	0.00	30.00	45.00
莒光號	254.00	254.00	255.00	255.00	莒光號	60.00	30.00	0.00	15.00
區間車	254.00	254.00	254.00	255.00	區間車	75.00	45.00	15.00	0.00
< >					< >				
先行續行比例					運轉時隔 (秒)				
先行/續行	斜式自強號	推拉式自強號	莒光號	區間車	先行/續行	斜式自強號	推拉式自強號	莒光號	區間車
傾斜式自強號	0.033	0.050	0.017	0.083	傾斜式自強號	307.18	343.31	379.45	397.52
推拉式自強號	0.050	0.074	0.025	0.124	推拉式自強號	342.11	307.18	343.31	361.38
莒光號	0.017	0.025	0.008	0.041	莒光號	378.25	342.11	307.18	325.25
區間車	0.083	0.124	0.041	0.207	區間車	396.32	360.18	324.04	307.18
< >					< >				

圖 4-19 樹林→板橋的詳細容量分析結果

4.7 改善方案與效益評估

實務上在擬定路線容量改善方案時，還要考慮工程費用、經濟效益、用地取得和工程技術等諸多課題，但本計畫主要目的在於展現容量分析方法應用於實務營運改善規劃，因此暫不考量其他課題，單純就路線容量改善的角度來擬定初步可行改善方案並評估其效益。

針對七堵→南港和樹林→板橋兩處容量瓶頸，本案例從營運與設施兩面向來擬定的改善方案，如表 4.14 所示，以下分別說明之。

表 4.14 容量瓶頸改善方案

面向	營運面	設施面
改善方案	傾斜式列車降速運轉 調整交通組成 改善系統可靠度	號誌系統改善與升級 增設待避線

4.7.1 傾斜式列車降速運轉

將傾斜式列車降速運轉，亦即增加其運轉時間，故可減少和區間車之間的運轉時間差異，進而對提升路線容量有所幫助，如圖 4-20 所示。

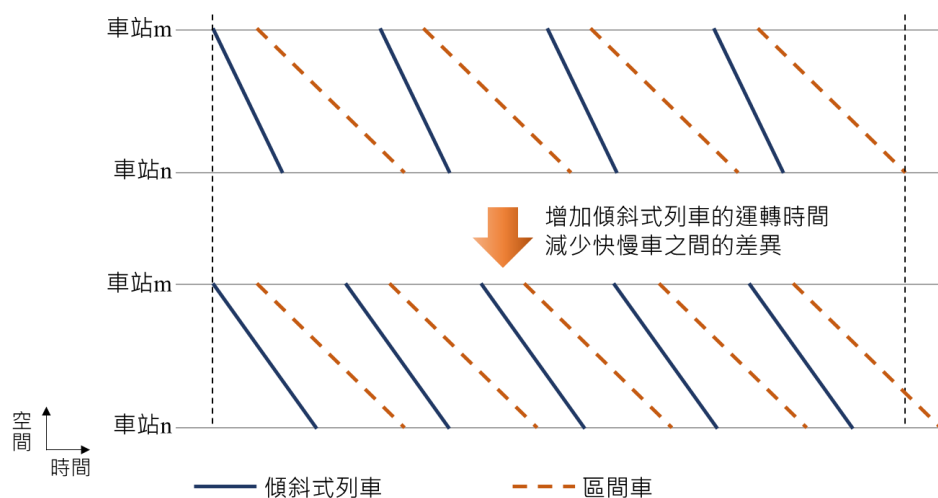


圖 4-20 傾斜式列車降速運轉提升容量示意圖

透過調整傾斜式列車於七堵→南港的運轉時間，可重新計算下行方向之路線容量，結果如圖 4-21 所示，以同樣方式，可得到傾斜式列車在樹林→板橋的運轉時間與上行路線容量之變化情形，如圖 4-22 所示。兩者結果皆顯示傾斜式列車降速運轉可提升路線容量，當傾斜式列車運轉時間提升 30%，下行路線容量約可提升 7.8%，上行則提升約 3.6%。

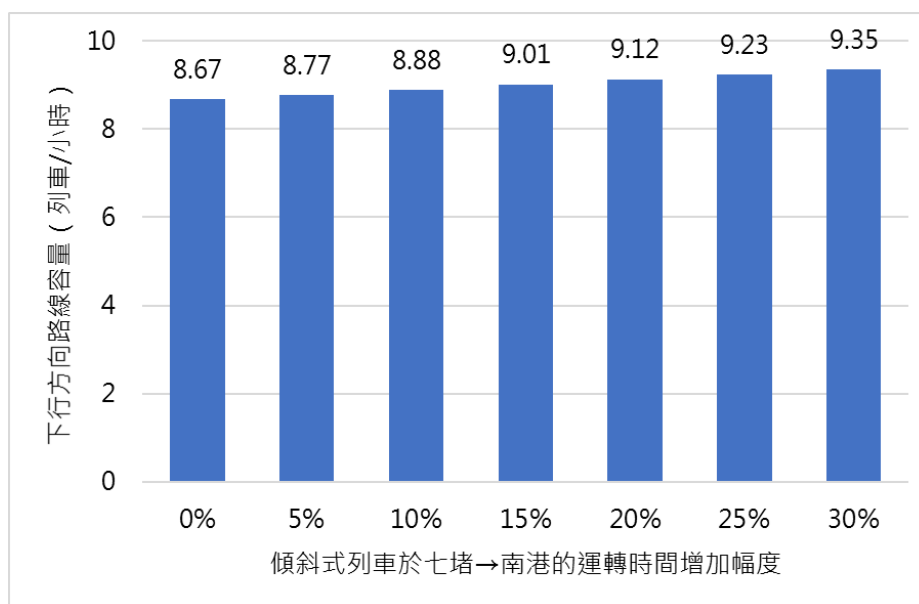


圖 4-21 調整傾斜式列車運轉時間對下行路線容量之影響

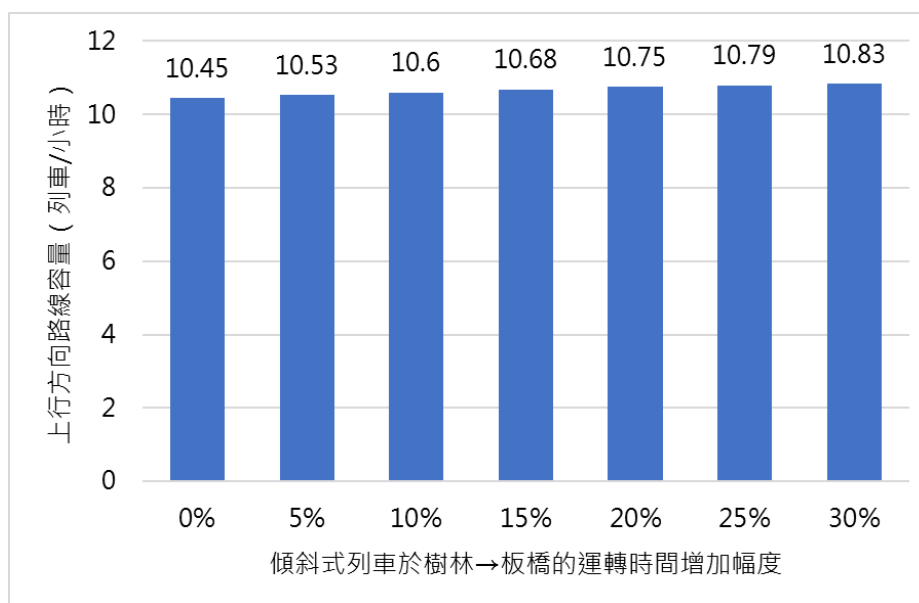
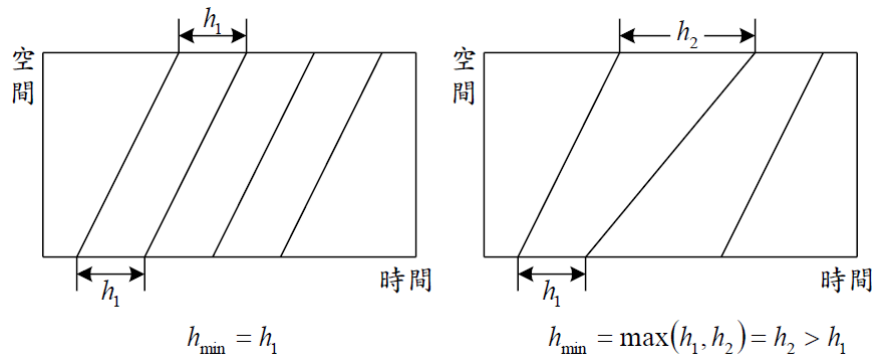


圖 4-22 調整傾斜式列車運轉時間對上行路線容量之影響

4.7.2 調整交通組成

由於不同等級之列車的速度不一，停站方式也不同，對列車運轉造成干擾而影響到路線容量。若系統內僅有一種列車（如圖 4-23 左方），則大致可維持一致的運轉時隔，此情況的容量較高；倘若有多種等級的列車一起運轉（如圖 4-23 右方），則路線上各處的運轉時隔會不同，導致時間的損失造成容量降低。



資料來源：[1]

圖 4-23 列車交通組成對運轉時隔的影響

若將交通組成簡化為僅有城際快車（即傾斜式列車）與區間車兩種，並調整其組成比例，可得到不同比例與路線容量之變化情形，結果如圖 4-24 和圖 4-25 所示，顯示當城際快車與區間車的比例接近 1：1 時，容量最低，而僅開行城際快車或區間車時，容量較高。

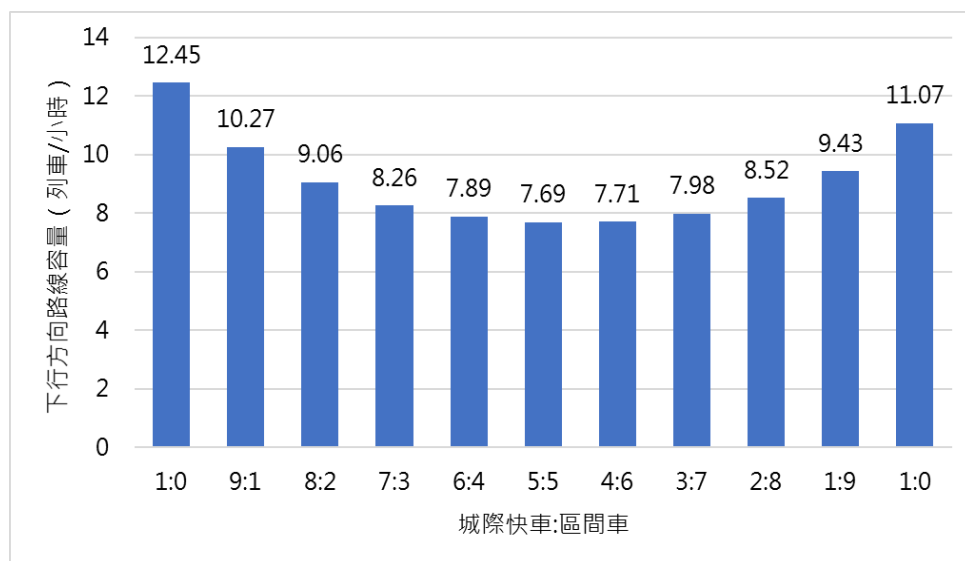


圖 4-24 調整交通組成對下行路線容量之影響

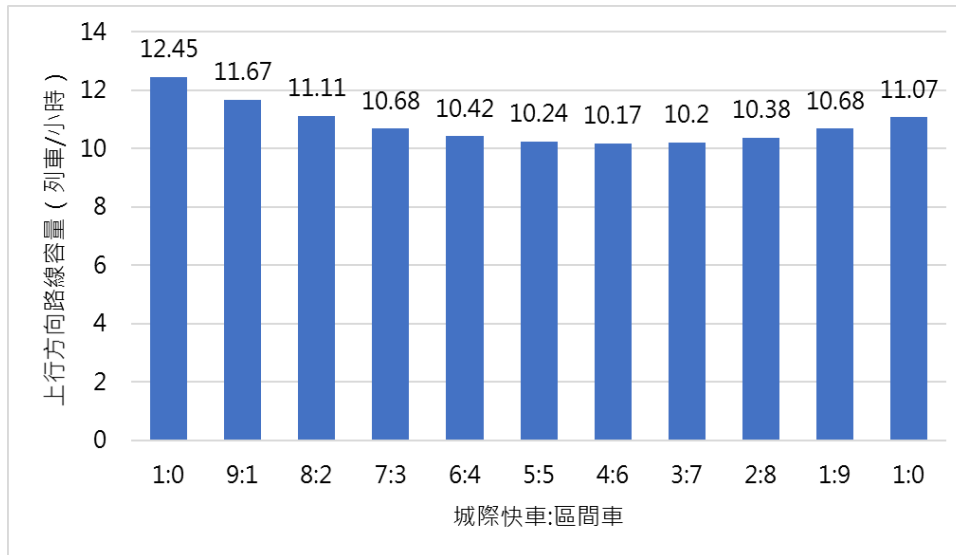


圖 4-25 調整交通組成對上行路線容量之影響

4.7.3 改善系統可靠度

由於鐵道系統不可能百分之百精準地依預定的計畫來運作，因此運轉計畫中，列車的運轉時隔必須加計運轉寬裕時間，以備列車因故延誤時有趕點的空間。然而運轉寬裕時間與路線容量有權衡取捨（Trade Off）的關係，當運轉寬裕時間愈大，路線容量愈低，但系統有較大的餘裕來吸收因故所造成的列車延誤；相反的，運轉寬裕時間愈小，雖可讓路線容量愈高，不過一旦有列車發生延誤，系統便很難恢復常態運轉。

運轉寬裕時間的設定，須視營運單位的系統可靠度條件而定，若可靠度不佳，則需要較多的運轉寬裕時間來避免列車準點率過低；但若可靠度夠高，列車鮮少因故導致延誤，則即便運轉寬裕時間不多，也能夠提供符合水準的運輸服務。

故本方案假設臺鐵透過改善其系統可靠度，而採用較小的運轉寬裕時間係數（亦即較小之運轉寬裕時間），則容量分析結果如圖 4-26 和圖 4-27 所示，隨著運轉寬裕時間係數愈小，路線容量愈高，當運轉寬裕時間係數減少 50%，路線容量約可提升 9.1%。

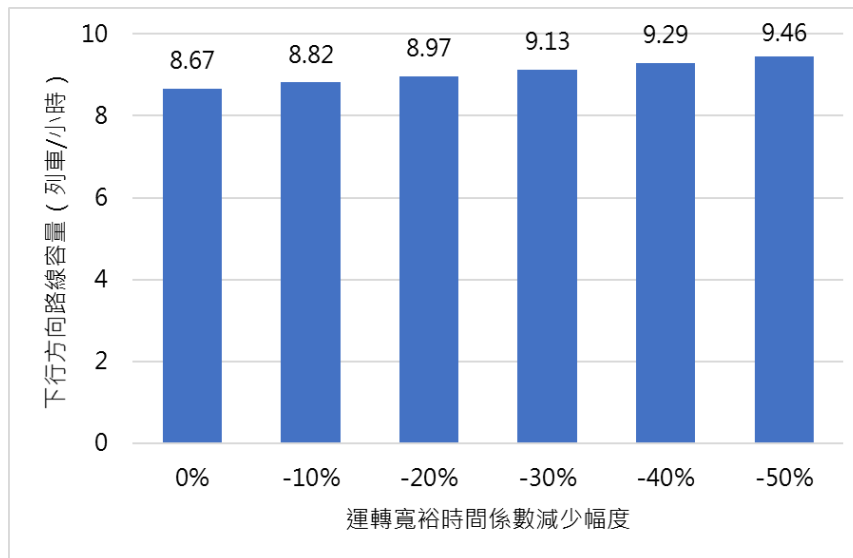


圖 4-26 減少運轉寬裕時間係數對下行路線容量之影響

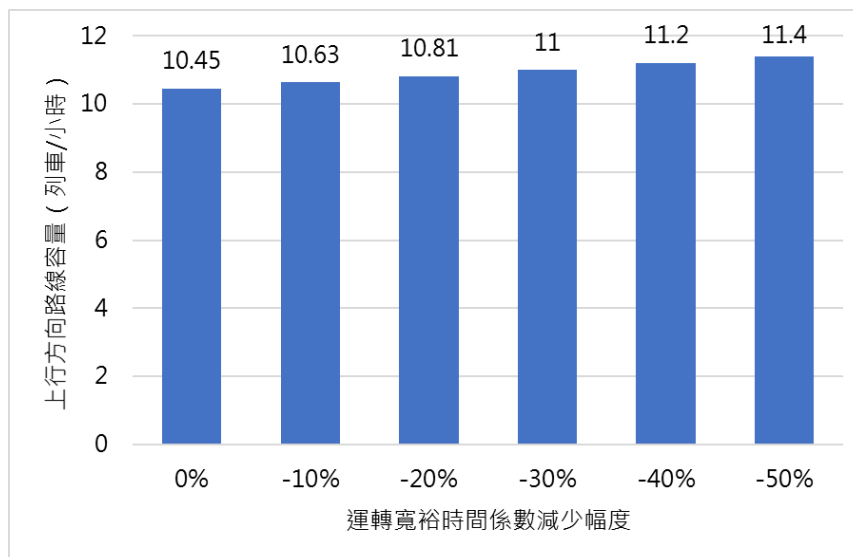


圖 4-27 減少運轉寬裕時間係數對上行路線容量之影響

4.7.4 號誌系統改善與升級

目前臺鐵採用三位式的固定式閉塞號誌系統（Fixed Block Signaling System, FBS），若可調整閉塞區間甚至是升級號誌系統，例如圖 4-28 將三位式號誌升級為四位式號誌，則可減少先續行列車的間距，反映在容量計算上，便是能縮短號誌安全時距，達到提升路線容量的效果。

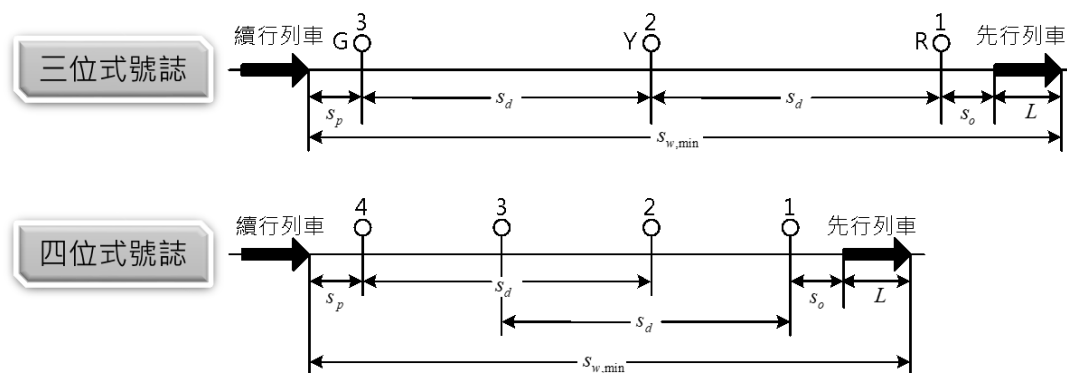


圖 4-28 三位式號誌升級為四位式號誌示意圖

圖 4-29 顯示縮短號誌安全時距可改善下行方向的路線容量，若僅調整七堵→南港間的號誌安全時距，受到其他潛在瓶頸區段的影響，如汐止→南港和板橋→樹林，對容量的改善效果有限，號誌安全時距縮短 20%，路線容量可提升約 6.9%，但若是調整全線的號誌安全時距，則路線容量約可提升 15.3%。

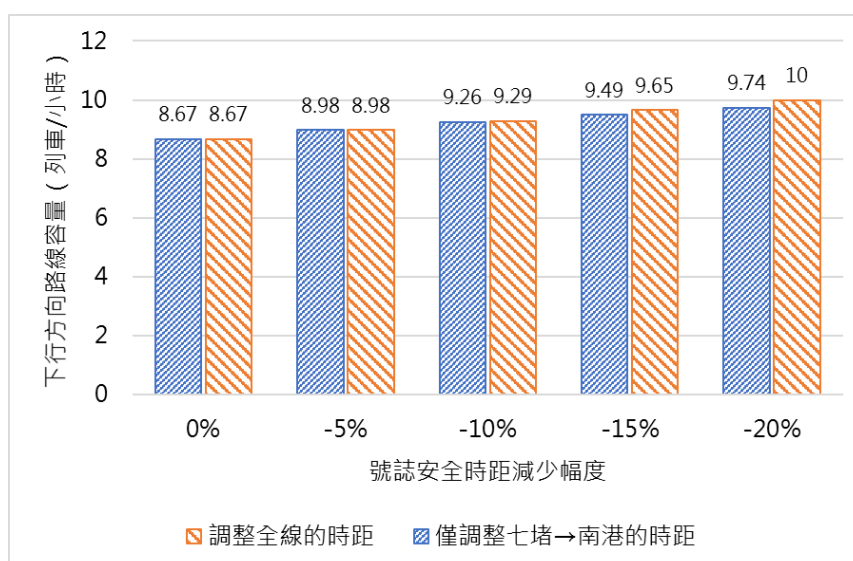


圖 4-29 調整號誌安全時距對下行路線容量之影響

而在上行方向，如圖 4-30 所示，在號誌安全時距縮短 20%後，路線容量可提升約 19.6%，由於調整號誌安全時距後，樹林→板橋仍然是控制整條路線容量的瓶頸處，因此調整全線和僅調整樹林→板橋的結果沒有差異。

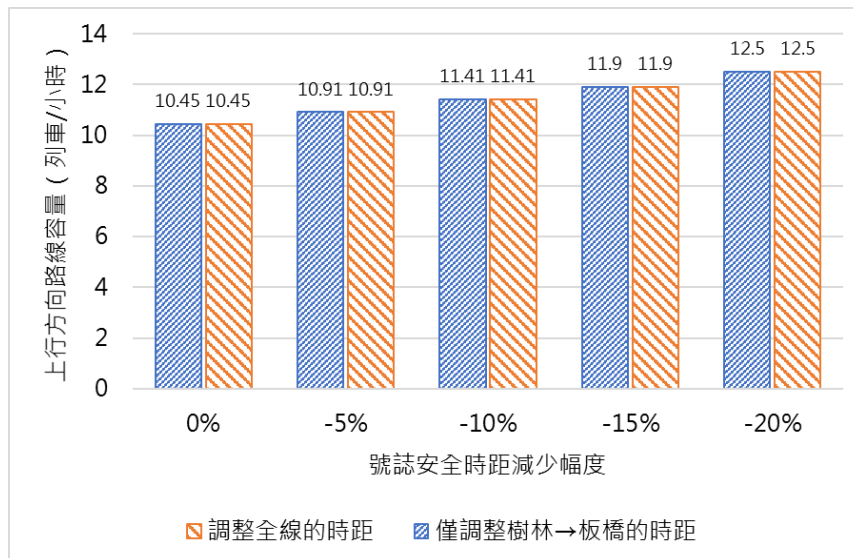


圖 4-30 調整號誌安全時距對上行路線容量之影響

4.7.5 增設待避線

當區段內有無待避功能之車站時，由於區間車須減速停站、載客、再加速離站，造成運轉時間和對號車差異甚大，此外，列車於無待避功能之車站須保持使用同一股道進出車站的時距，兩因素對路線容量造成嚴重的影響。若將無待避功能之車站增加待避線，如圖 4-31 所示，變成有待避功能之車站，便可改善上述問題來提升路線容量。

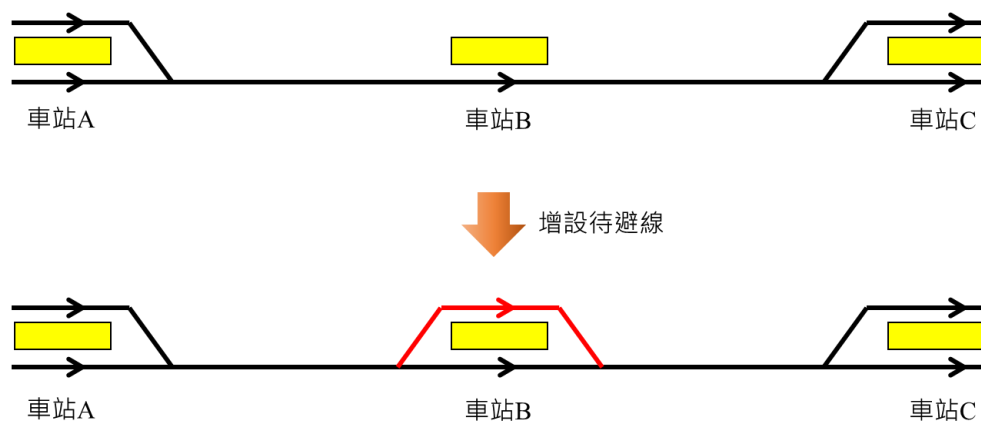


圖 4-31 車站內增設待避線示意圖

在下行方向，列車於七堵→南港間的百福、五堵、汐止和汐科等四座站無法追越待避，針對其中任一站增設待避線皆可對容量提升有所幫助，如圖 4-32 所示，其中又以汐止站增加待避線的效果最好。

至於上行方向，將樹林→板橋間的浮洲站改為有待避功能之車站後，可提升路線容量，如圖 4-33 所示，不過此時樹林→板橋仍然是路線主要的瓶頸所在，因此再於其他無待避功能之車站增加待避線，對路線容量提升沒有幫助。

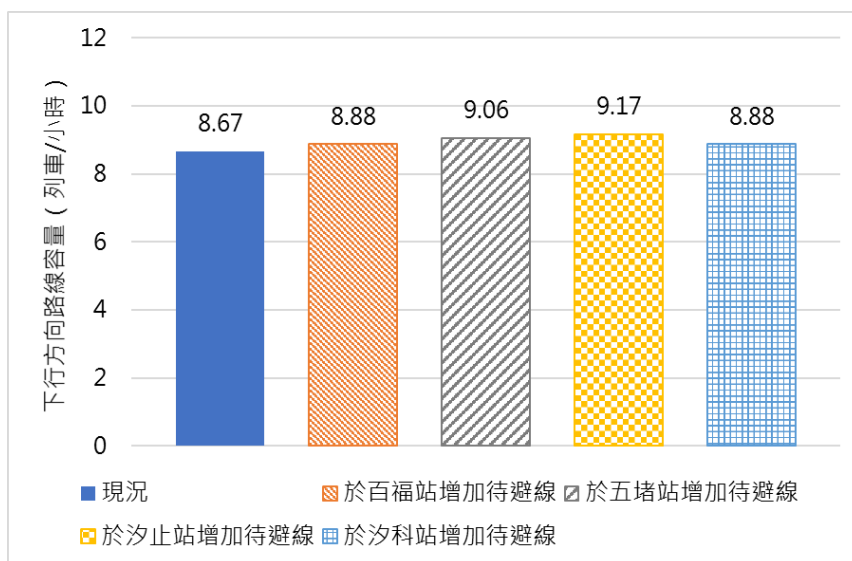


圖 4-32 增設待避線對下行路線容量之影響

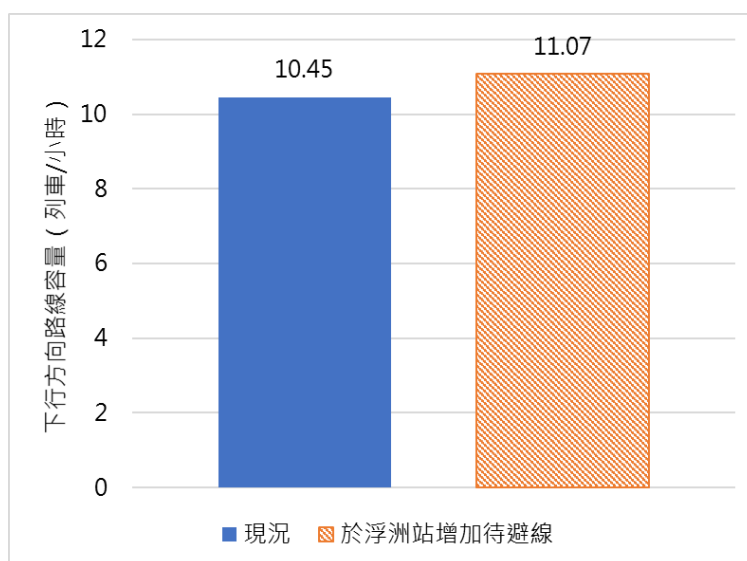


圖 4-33 增設待避線對上行路線容量之影響

4.8 綜合比較

表 4.15 彙整上節針對本案例瓶頸處的各项改善方案之效益，其中若將交通組成調整為僅有一種車種，對路線容量的改善效果最佳，但通常交通組成需考量運輸需求，實際上能夠調整的範圍有限。其次，則是全線號誌系統升級能夠有較好的容量改善效果，但其成本也相對較高。最後傾斜式列車運轉時間提升 30%和增設一處待避線的效果差不多，但考量到旅客應無法接受旅行時間大量增加，因此七堵→南港間較適合其中一處無待避功能之車站增加待避線；而樹林→板橋間則適合以傾斜式列車降速運轉來提升容量。

表 4.15 七堵－樹林路段案例之瓶頸改善方案效益彙整表

改善方案	效益說明
傾斜式列車降速運轉	傾斜式列車運轉時間增加 30%，對下行路線容量約可提升 7.8%，對上行路線容量約可提升 3.6%。
調整交通組成	調整為僅有單一車種，對下行路線容量最多約可提升 43.6%，對上行路線容量最多約可提升 19.1%。
改善系統可靠度	透過提升系統可靠度，讓運轉寬裕時間係數可減少 50%，對上下行路線容量約可提升 9.1%
號誌系統改善與升級	將全線號誌安全時距縮短 20%，對下行路線容量約可提升 15.3%，對上行路線容量約可提升 19.6%。
增設待避線	將一處無待避功能之車站增加待避線，對下行路線容量約可提升 2.4~5.8%，對上行路線容量約可提升 5.9%。

除此之外，若綜合考量多項改善方案，則能提供更佳的容量改善效益，本案例考量：(1)傾斜式列車運轉時間提升 30%、(2)全線號誌安全時距縮短 20%，以及(3)於汐止站下行方向和浮洲站上行方向增加待

避線，則下行路線容量可增加為每小時 11.11 列，而上行為每小時 14.16 列。

最後，若是以臺鐵路線容量公式來計算本案例的路線容量，其結果如表 4.16 所示，七堵－樹林間的容量瓶頸位於松山－臺北，整體雙向容量表現為每小時 17.55 列車。目前臺鐵局認為路線容量約每小時雙向共約 18~19 列車（下行方向每小時 8~9 列車，上行方向每小時 10 列車），且主要是因為無待避功能車站之影響，導致路線容量受限，顯示臺鐵公式有低估容量的情況，且在容量瓶頸的判斷上也會有偏誤。

表 4.16 以臺鐵路線容量公式計算的結果

區段	t_0	t_1	t_s	δ	η	n_t	全日雙向 路線容量 (列車/天)	尖峰小時雙 向路線容量 (列車/小時)
七堵－汐止	9.08	8.18	1.5	0.7	1.2	3	358.13	21.32
汐止－南港	6.17	5.95	1.5	0.7	1.1	3	439.96	26.19
南港－松山	3.25	2.91	1.5	0.7	1	2	440.22	26.20
松山－臺北	7.00	6.41	1.5	0.7	1.2	2	294.86	17.55
臺北－萬華	3.92	4.23	1.5	0.7	1	2	361.81	21.54
萬華－板橋	4.33	4.59	1.5	0.7	1.1	2	371.95	22.14
板橋－樹林	5.58	5.59	1.5	0.7	1.2	2	341.35	20.32

註 1：相關數學符號意義與計算方式請參閱第 2.3.1 節

註 2：尖峰小時雙向路線容量=全日雙向路線容量÷每日營運時數（16.8 小時）

第五章 鶯歌－埔心路段案例

本章將探討鶯歌－埔心路段之路線容量，由於該路段正在進行「臺鐵都會區捷運化桃園段地下化建設計畫」，也將探討該計畫對路線容量之影響、原因與改善建議。

5.1 分析範圍界定

根據民國 110 年 4 月向臺鐵取得的資料，鶯歌－埔心間在鐵路立體化前的軌道配置與運用情況如圖 5-1 所示，圖中下行方向為鶯歌往埔心，上行方向為埔心往鶯歌。值得注意的是，目前因工程的影響，內壢站上下行各僅有一股軌道可使用，列車無法追越待避，而中壢站下行方向同樣也無法讓列車追越待避。

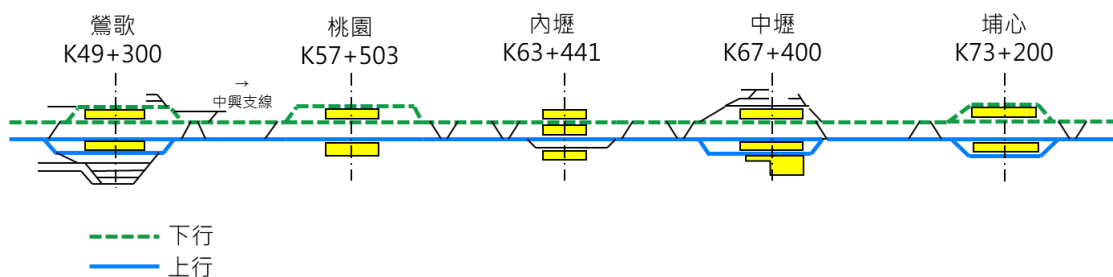


圖 5-1 鶯歌－埔心立體化前之軌道配置與運用方式示意圖

在「臺鐵都會區捷運化桃園段地下化建設計畫」綜合規劃中，鶯歌－埔心間在鐵路立體化後，將新增鳳鳴、中路、桃園醫院、中原以及平鎮等 5 座車站，其軌道配置與運用情況如圖 5-2 所示，下行列車（鶯歌往埔心）行駛東正線，上行列車（埔心往鶯歌）行駛西正線，值得注意的是，鳳鳴－桃園間配置了三股軌道，其中下行列車行駛東正線和中正線，上行列車仍然行駛西正線。

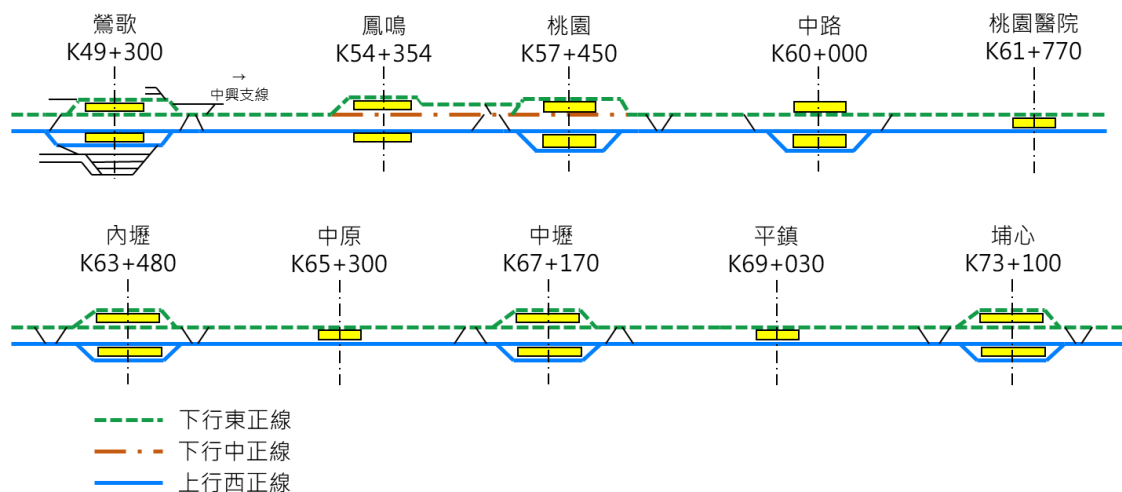


圖 5-2 鶯歌－埔心立體化後之軌道配置與運用方式示意圖

本案例的分析範圍劃分如表 5.1 所示，在桃園鐵路立體化前，上下行方向各為一個分析範圍；而立體化後，上行方向仍為一個分析範圍，但下行方向在鳳鳴→桃園間的軌道數與前後區間不同，因此要分為鶯歌→鳳鳴、鳳鳴→桃園和桃園→埔心，且鳳鳴→桃園還要分別計算東正線和中正線之容量，最後再整合探討整體容量表現。

表 5.1 鶯歌－埔心案例的分析範圍

方向		下行				上行	
分析 範圍	立體 化前	鶯歌→埔心				埔心→鶯歌	
	立體 化後	鶯歌→鳳鳴	鳳鳴→桃園		桃園→埔心	埔心→鶯歌	
			東正線	中正線			

5.2 輸入參數設定

有關本案例的車站軌道佈設類型、交通組成、停站時間、運轉時間，以及號誌安全時距等參數，係根據民國 110 年 4 月向臺鐵索取的資料進行設定，說明如下。

5.2.1 車站軌道佈設類型

根據圖 5-1 和圖 5-2 之軌道配置與運用方式，依照第 3.2.1 節所述決定各車站在立體化前後之軌道佈設型式，結果如表 5.2 所示。其中鳳鳴和桃園基本上為第 I 類車站，但在分析鳳鳴→桃園東正線和中正線等兩個分析範圍時，鳳鳴與桃園則屬於第 IV 類車站。

表 5.2 鶯歌－埔心案例之各站軌道佈設型式

車站	下行（往埔心）		上行（往鶯歌）	
	立體化前	立體化後	立體化前	立體化後
鶯歌	I	I	I	I
鳳鳴	—	I (IV)	—	IV
桃園	I	I (IV)	IV	I
中路	—	IV	—	I
桃園醫院	—	IV	—	IV
內壢	IV	I	IV	I
中原	—	IV	—	IV
中壢	IV	I	I	I
平鎮	—	IV	—	IV
埔心	I	I	I	I

5.2.2 交通組成

鶯歌－埔心於尖峰時段內運行的客運列車有自強號和區間車，而無傾斜式及莒光號等列車，根據其列車數，本案例在上下行方向的交通組成皆為自強號：區間車＝2：6。值得注意的是，在鐵路立體化後，下行方向之列車於鳳鳴→桃園採快慢車分流運轉，其中自強號行駛中正線，而區間車行駛東正線。

5.2.3 停站時間

各車種於鶯歌－埔心間各站之停站時間整理如表 5.3 所示，針對鐵路立體化後所新增的車站，僅有區間車停靠，且停站時間皆為30秒。

表 5.3 列車於鶯歌－埔心各站之停站時間

單位：秒

車站 \ 車種	自強號		區間車	
	立體化前	立體化後	立體化前	立體化後
鶯歌	0	0	60	60
鳳鳴	—	0	—	30
桃園	120	120	60	60
中路	—	0	—	30
桃園醫院	—	0	—	30
內壢	0	0	30	30
中原	—	0	—	30
中壢	120	120	60	60
平鎮	—	0	—	30
埔心	0	0	30	30

5.2.4 站間運轉時間

在鐵路立體化前，自強號和區間車於鶯歌－埔心各站間運轉時間整理如表 5.4 所示，在下行方向的內壢、中壢，以及上行方向的桃園、內壢等站並沒有待避功能，其前後區段需合併為一個路線區段，並根據第 3.2.4 節所述來計算合併區間的運轉時間，結果如表 5.5 所示。

表 5.4 列車於鶯歌－埔心各站間之運轉時間（立體化前）

單位：秒

方向	下行（往埔心）		上行（往鶯歌）	
區段 \ 車種	自強號	區間車	自強號	區間車
鶯歌-桃園	450	450	480	450
桃園-內壢	300	300	300	300
內壢-中壢	210	240	240	240
中壢-埔心	300	300	270	300

表 5.5 合併區段後的運轉時間（立體化前）

單位：秒

下行（往埔心）			上行（往鶯歌）		
區段	自強號	區間車	區段	自強號	區間車
鶯歌-桃園	450	450	鶯歌-中壢	1140	1080
桃園-埔心	930	930	中壢-埔心	270	300

在鐵路立體化後，由於新增車站，根據第 3.2.4 節的估算方式，各站間運轉時間變為如表 5.6 所示，而將沒有待避功能之車站的前後區段需合併後，合併區間的運轉時間如表 5.7 所示。

表 5.6 列車於鶯歌－埔心各站間之運轉時間（立體化後）

單位：秒

方向	下行（往埔心）		上行（往鶯歌）	
區段 \ 車種	自強號	區間車	自強號	區間車
鶯歌-鳳鳴	300	330	300	330
鳳鳴-桃園	180	240	210	210
桃園-中路	150	180	150	180
中路-桃園醫院	90	180	90	180
桃園醫院-內壢	90	150	90	120
內壢-中原	120	150	120	180
中原-中壢	120	180	120	150
中壢-平鎮	120	150	90	150
平鎮-埔心	240	270	210	270

表 5.7 合併區段後的運轉時間（立體化後）

單位：秒

下行（往埔心）			上行（往鶯歌）		
區段	自強號	區間車	區段	自強號	區間車
鶯歌-鳳鳴	300	330	鶯歌-桃園	510	570
鳳鳴-桃園	180	240	桃園-中路	150	180
桃園-內壢	330	570	中路-內壢	180	330
內壢-中壢	240	360	內壢-中壢	240	360
中壢-埔心	360	450	中壢-埔心	300	450

5.2.5 號誌安全時距

在鐵路立體化前，下行方向的桃園、埔心，以及上行方向的鶯歌、中壢等站皆受到無待避功能車站的影響，依照第 3.2.5 節所述方式調整號誌安全時距後，結果如表 5.8 所示。同樣地，鐵路立體化後受到無待避功能車站影響的車站，其號誌安全時距調整如表 5.9 所示。其餘不受影響的車站，其號誌安全時距則依照臺鐵局在營運規劃作業時的設定，詳見第 3.2.5 節。

表 5.8 調整後的號誌安全時距（立體化前）

單位：秒

下行（往埔心）			上行（往鶯歌）		
站名	時距種類	調整後的時距	站名	時距種類	調整後的時距
桃園	離站	263	鶯歌	進站	285
埔心	進站	285	中壢	離站	263

表 5.9 調整後的號誌安全時距（立體化後）

單位：秒

下行（往埔心）			上行（往鶯歌）		
站名	時距種類	調整後的時距	站名	時距種類	調整後的時距
鶯歌	離站	263	鶯歌	進站	263
桃園	進站	263	桃園	離站	263
	離站	263	中路	進站	269
內壢	進站	263	內壢	離站	263
	離站	263		進站	263
中壢	進站	263	中壢	離站	263
	離站	263		進站	263
埔心	進站	263	埔心	離站	263

5.3 路線容量分析與結果比較

使用容量軟體分析鐵路立體化前之容量時，由於上下行的合併區段不同（詳見表 5.5），所以上下行要各別建立專案檔進行分析。而鐵路立體化後，則依照表 5.1 所示，要建立鶯歌→鳳鳴、鳳鳴→桃園東正線、鳳鳴→桃園中正線、桃園→埔心、埔心→鶯歌等 5 個專案檔來分析容量。

操作軟體進行容量分析的過程可參考 4.3 節，而獲得分析結果後可彙整成表 5.10 和表 5.11。由於鐵路立體化後在下行方向分為多個分析範圍來計算容量，因此最後要判斷整體容量表現時，要考量(1)鶯歌→鳳鳴的容量、(2)鳳鳴→桃園東正線與中正線的容量總和，以及(3)桃園→埔心的容量，取較小值決定鶯歌→埔心的整體容量表現。

表 5.10 鶯歌－埔心案例的容量分析結果（立體化前）

方向	下行	上行
分析範圍	鶯歌→埔心	埔心→鶯歌
整體容量表現（列車/小時）	10.49	10.24
容量瓶頸處	桃園→埔心	中壢→鶯歌

表 5.11 鶯歌－埔心案例的容量分析結果（立體化後）

方向	下行				上行
分析範圍	鶯歌→鳳鳴	鳳鳴→桃園		桃園→埔心	埔心→鶯歌
		東正線	中正線		
路線容量 (列車/小時)	14.92	9.23	8.39	9.68	9.49
整體容量表現 (列車/小時)	9.68				9.49
容量瓶頸處	桃園→內壢				內壢→中路

註：下行方向的整體容量表現＝MIN(鶯歌→鳳鳴容量，鳳鳴→桃園東正線容量+中正線容量,桃園→埔心容量)

根據上述分析結果，鶯歌—埔心案例在鐵路立體化之前，其路線容量在下行方向為每小時 10.49 列，瓶頸位於桃園→埔心間；而上行方向為每小時 10.24 列，瓶頸位於中壢→鶯歌間，與臺鐵局所認知的結果相符。

在鐵路立體化之後，路線容量在下行方向為每小時 9.68 列，瓶頸位於桃園→內壢間；而上行方向為每小時 9.49 列，瓶頸位於內壢→中路間。其中下行方向鳳鳴→桃園間雖有兩股軌道可使用，但整體容量表現主要受限於其他區間，臺鐵局也認同該區間多一軌道對容量幫助不大，但可縮短區間車的旅行時間，即區間車不需在鳳鳴站等待對號車追越，而可先行開往桃園站，免去待避所花費的時間。

整體來說，鐵路立體化前後的路線容量有微幅下降，同時亦發現鐵路立體化前後的瓶頸處，主要位於有較多不可待避車站之區間。

5.4 鐵路立體化衝擊容量的原因與改善

為了進一步探討桃園鐵路立體化影響路線容量的原因，本計畫檢視桃園鐵路立體化的規劃中，發現主要的工程內容會影響容量，包含改建原有桃園、內壢、中壢等 3 座車站，並增設鳳鳴站、中路站、桃園醫院站、中原站及平鎮站等 5 座通勤站，如圖 5-3 所示。因此本案例假設以下兩種情境，分別進行容量分析來找出影響容量的主因。

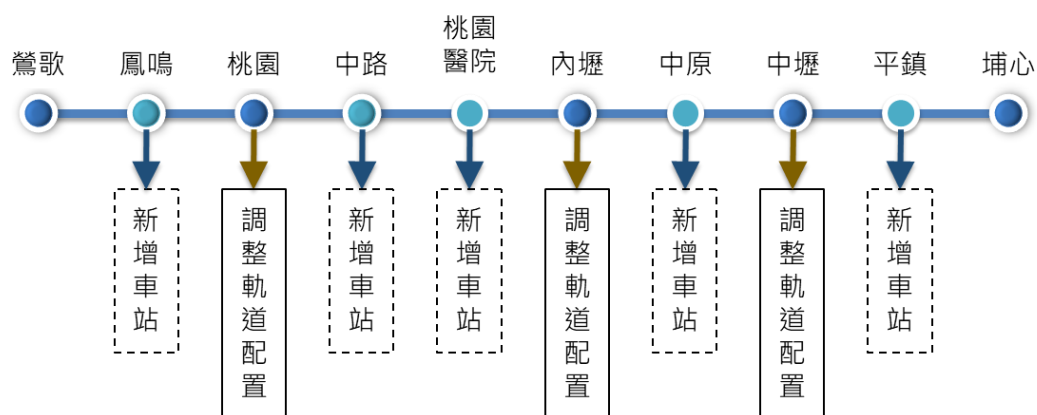


圖 5-3 桃園鐵路立體化的主要工程內容

1. 情境 1：新增車站

此情境以不變動原有軌道配置為前提，在增設鳳鳴站、中路站、桃園醫院站、中原站及平鎮站等通勤站後，其軌道配置變為如圖 5-4 所示。以上下行方向各為一個分析範圍，透過容量分析可知此情境的路線容量在下行方向為每小時 8.60 列，而上行方向為每小時 9.01 列，如表 5.12 所示，明顯低於增設通勤站前的路線容量。

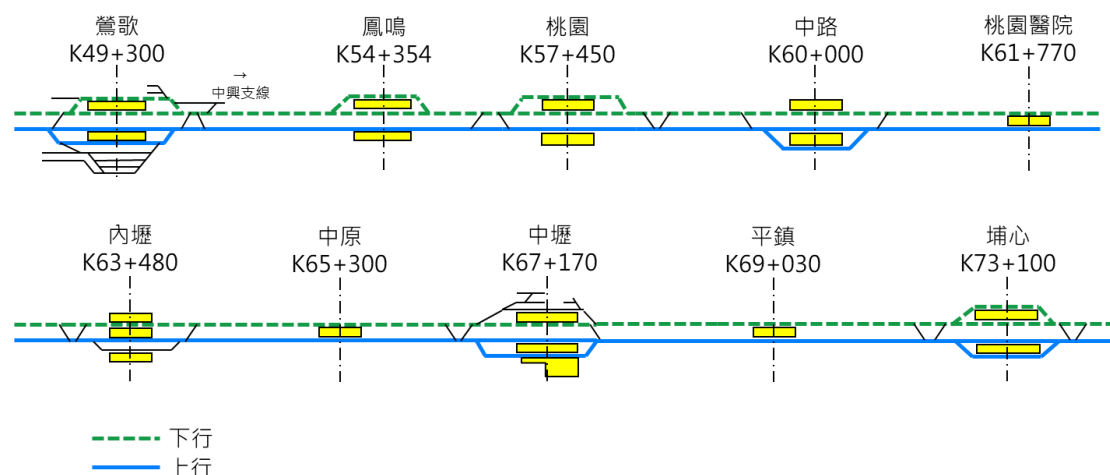


圖 5-4 情境 1 之鶯歌－埔心軌道配置與運用方式示意圖

表 5.12 情境 1 之鶯歌－埔心路段容量分析結果

方向	下行	上行
分析範圍	鶯歌→埔心	埔心→鶯歌
路線容量（列車/小時）	8.60	9.01
容量瓶頸處	桃園→埔心	中壢→中路

2. 情境 2：調整原有車站軌道配置

若不增設任何通勤站，而僅將原有的桃園、內壢和中壢等車站皆調整為兩島式月臺四股道的配置，如圖 5-5 所示，其容量分析的結果如表 5.13 所示，和軌道配置調整前相比，路線容量大幅提升，在下行方向為每小時 11.07 列，而上行方向為每小時 11.32 列。

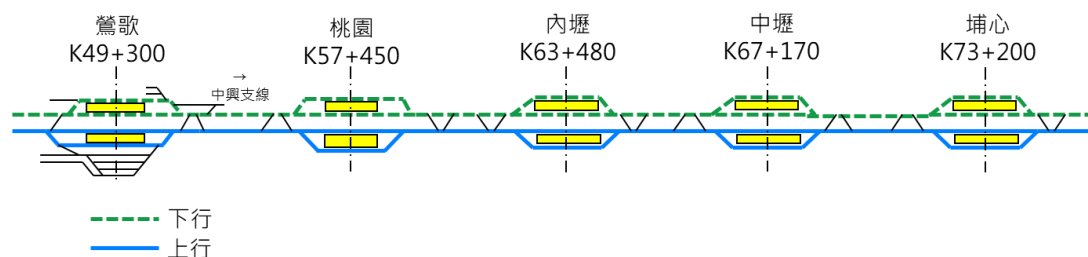


圖 5-5 情境 2 之鶯歌－埔心軌道配置與運用方式示意圖

表 5.13 情境 2 之鶯歌－埔心路段容量分析結果

方向	下行	上行
分析範圍	鶯歌→埔心	埔心→鶯歌
路線容量（列車/小時）	11.07	11.32

綜整上述立體化前、立體化後、情境 1 及情境 2 等情況之容量分析結果，如表 5.14 所示，可知主要是增設通勤站造成桃園鐵路立體化後路線容量下降，為了不讓路線容量過低導致臺鐵營運困難，因此在「臺鐵都會區捷運化桃園段地下化建設計畫」中，透過在鳳鳴→桃園佈設第三軌，並將桃園、內壢和中壢等車站皆調整為兩島式月臺四股道，來改善立體化對路線容量的衝擊，基本上已經具有一定效益，如表 5.12 之結果與表 5.11 相比，可知改善成效有 5~12%。

表 5.14 各情境之路線容量分析結果比較

方向		下行	上行
分析範圍		鶯歌→埔心	埔心→鶯歌
整體容量表現 (列車/小時)	立體化前	10.49	10.24
	情境 1:增設通勤站	8.60	9.01
	情境 2:調整原車站軌道配置	11.07	11.32
	立體化後	9.68	9.49

倘若要再進一步提升容量，本案例假設將所有車站的配置皆改為兩島式月臺四股道，則容量分析結果如表 5.15 所示，與表 5.11 之結果相比，容量約可改善 20%左右。

表 5.15 全線兩島四股的容量分析結果

方向	下行	上行
分析範圍	鶯歌→埔心	埔心→鶯歌
改善後整體容量表現（列車/小時）	11.58	11.49
改善前整體容量表現（列車/小時）	9.68	9.49
改善幅度	19.63%	21.07%

第六章 民雄—中洲路段案例

臺鐵局表示除了單線區間，民雄—中洲路段是經常被忽略的容量瓶頸所在，因此本章以此路段進行案例分析，找出瓶頸原因並提出改善建議。

6.1 分析範圍界定

根據民國 110 年 4 月臺鐵所提供的資料，民雄—中洲間的軌道配置與運用情況如圖 6-1 所示，圖中下行方向為民雄往中洲，上行方向為中洲往民雄。

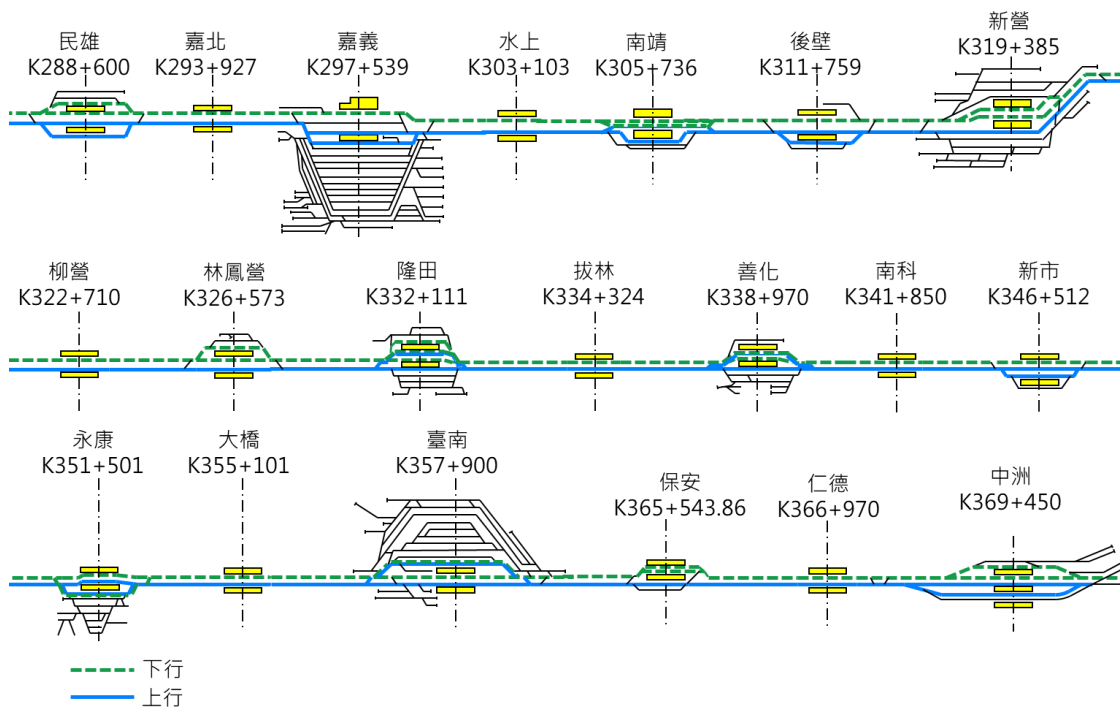
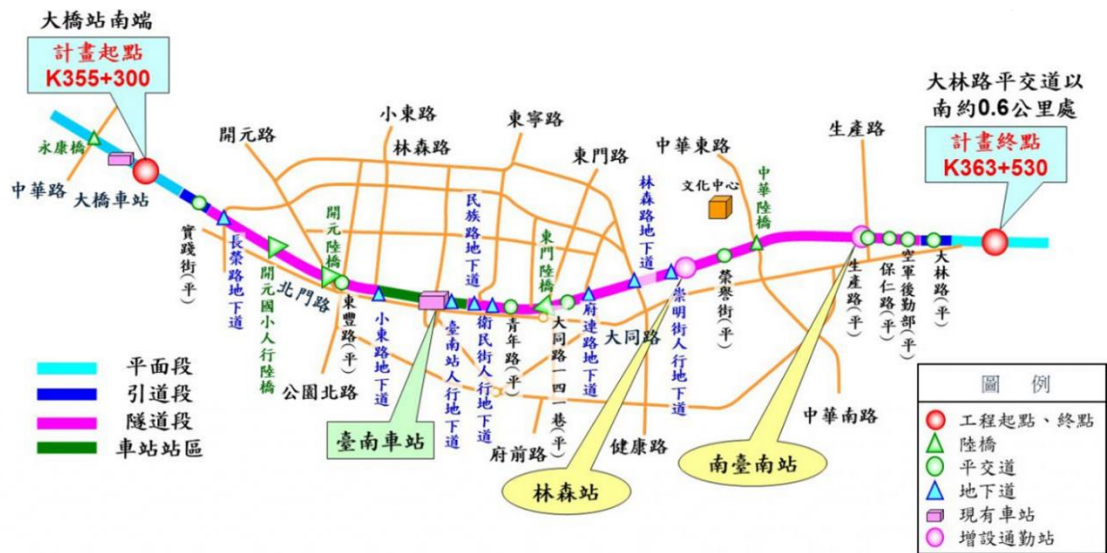


圖 6-1 民雄—中洲之軌道配置與運用方式示意圖

目前正在施工的「臺南市區鐵路地下化計畫」，如圖 6-2 所示，其中預計臺南站將改為配置 2 座島式月臺及 4 股道，並新增林森與南臺南等兩座通勤車站，其軌道配置與運用情況如圖 6-3 所示。



資料來源：[6]

圖 6-2 臺南市區鐵路地下化計畫示意圖

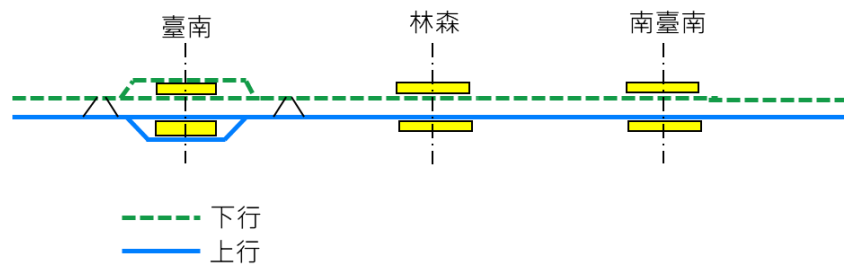


圖 6-3 臺南市區鐵路地下化後之軌道配置與運用方式示意圖

本案例的分析範圍劃分如表 6.1 所示，其中善化、永康和臺南等站即第 3.3 節所述之編組站的情況，因此還要根據其站內是否有列車占用軌道分別計算容量後，再整合探討整體容量表現。而各編組站內軌道是否被占用，各路段的交通組成不同（詳見第 6.2.2 節），所以需以善化、永康和臺南為界，劃分為數個分析範圍。

表 6.1 民雄—中洲案例的分析範圍

方向		下行			上行		
分析範圍	善化站內軌道被占用	民雄 ↓ 永康	永康 ↓ 臺南	臺南 ↓ 中洲	中洲 ↓ 臺南	臺南 ↓ 永康	永康 ↓ 民雄
	永康站內軌道被占用	民雄 ↓ 善化	善化 ↓ 臺南	臺南 ↓ 中洲	中洲 ↓ 臺南	臺南 ↓ 善化	善化 ↓ 民雄
	臺南站內軌道被占用	民雄 ↓ 善化	善化 ↓ 永康	永康 ↓ 中洲	中洲 ↓ 永康	永康 ↓ 善化	善化 ↓ 民雄

6.2 輸入參數設定

透過民國 110 年 4 月向臺鐵索取的資料，本案例的車站軌道佈設類型、交通組成、停站時間、運轉時間，以及號誌安全時距等參數的設定說明如下。

6.2.1 車站軌道佈設類型

根據圖 6-1 之軌道配置與運用方式，依照第 3.2.1 節所述決定各車站之軌道佈設型式，結果如表 6.2 所示。隆田、善化、永康和臺南等站皆有雙向共用的軌道，且列車進出車站時與對向列車有平面交叉，屬於第 III 類車站；而南靖雖有共用軌道，但列車進出車站時與對向列車沒有平面交叉，因此屬於 II 類車站。值得注意的是，善化、永康和臺南等站有時會被沙崙支線列車占用軌道，此時則屬於第 IV 類車站。

表 6.2 民雄—中洲各站之軌道佈設型式

車站	下行 (往中洲)	上行 (往民雄)	車站	下行 (往中洲)	上行 (往民雄)
民雄	I	I	拔林	IV	IV
嘉北	IV	IV	善化	III (IV)	III (IV)
嘉義	IV	I	南科	IV	IV
水上	IV	IV	新市	IV	I
南靖	II	II	永康	III (IV)	III (IV)
後壁	IV	I	大橋	IV	IV
新營	I	IV	臺南	III (IV)	III (IV)
柳營	IV	IV	保安	I	IV
林鳳營	I	IV	仁德	IV	IV
隆田	III	III	中洲	I	I

註：當善化、永康和臺南等站被沙崙支線列車占用軌道時，則屬於第 IV 類車站。

若考量臺南鐵路立體化，臺南站為配置為 2 座島式月臺及 4 股道後，上下行方向皆成為第 I 類車站，但當站內有列車占用軌道時，則為第 III 類車站，而新增的林森與南臺南等兩車站為通勤車站，皆屬於第 IV 類車站。

表 6.3 臺南鐵路立體化的車站軌道佈設型式變化

車站	下行 (往中洲)		上行 (往民雄)	
	立體化前	臺南鐵路立體化後	立體化前	臺南鐵路立體化後
臺南	III (IV)	I (III)	III (IV)	I (III)
林森	—	IV	—	IV
南臺南	—	IV	—	IV

6.2.2 交通組成

民雄－善化於尖峰時段內的交通組成有三種情況：

1. 沙崙支線列車占用善化站的軌道：此時民雄－永康間的交通組成為自強號：區間車＝2：2，而考量沙崙支線列車運行，永康－臺南和臺南－中洲間的交通組成分別為 2：3 和 2：4，此情況在尖峰小時內約占有1/3的時間。
2. 沙崙支線列車占用永康站的軌道：此時民雄－善化間的交通組成為自強號：區間車＝2：2，而考量沙崙支線列車運行，善化－臺南和臺南－中洲間的交通組成分別為 2：3 和 2：4，此情況在尖峰小時內約占有1/3的時間。
3. 沙崙支線列車占用臺南站的軌道：此時民雄－善化間的交通組成為自強號：區間車＝2：2，而考量沙崙支線列車運行，善化－永康和永康－中洲間的交通組成分別為 2：3 和 2：4，此情況在尖峰小時內約占有1/3的時間。

6.2.3 停站時間

各車種於民雄－中洲間各站之停站時間整理如表 6.4 所示，針對臺南鐵路立體化後所新增的林森與南臺南兩站，僅有區間車停靠，且停站時間皆為 30 秒。

表 6.4 列車於民雄－中洲各站之停站時間

單位：秒

車站 \ 車種	自強號	區間車
民雄	0	60
嘉北	0	30
嘉義	90	60
水上	0	30
南靖	0	30
後壁	0	30
新營	90	60
柳營	0	30
林鳳營	0	30
隆田	0	60
拔林	0	30
善化	0	60
南科	0	30
新市	0	30
永康	0	60
大橋	0	30
臺南	90	60
保安	0	30
仁德	0	30
中洲	0	30

6.2.4 站間運轉時間

各車種於民雄－中洲各站間運轉時間整理如表 6.5 所示，考量本案例中的無待避功能之車站，將其前後區段合併後，根據第 3.2.4 節所述來計算合併區間的運轉時間，結果如表 6.6～表 6.8 所示。

表 6.5 列車於民雄－中洲各站間之運轉時間

單位：秒

方向	下行（往中洲）		上行（往民雄）	
區段 \ 車種	自強號	區間車	自強號	區間車
民雄-嘉北	210	300	210	300
嘉北-嘉義	150	180	180	240
嘉義-水上	270	300	270	360
水上-南靖	90	150	90	150
南靖-後壁	180	300	210	300
後壁-新營	300	360	330	360
新營-柳營	210	180	180	180
柳營-林鳳營	120	210	120	210
林鳳營-隆田	180	270	180	270
隆田-拔林	90	150	90	150
拔林-善化	150	240	120	240
善化-南科	90	180	90	180
南科-新市	150	240	150	270
新市-永康	150	270	150	300
永康-大橋	150	210	150	210
大橋-臺南	150	180	150	180
臺南-保安	360	360	330	360
保安-仁德	60	120	60	120
仁德-中洲	90	180	90	180

表 6.6 合併區段後的運轉時間（善化站內軌道被占用）

單位：秒

下行（往中洲）			上行（往民雄）		
區段	自強號	區間車	區段	自強號	區間車
民雄-南靖	810	1050	民雄-嘉義	390	570
南靖-新營	480	690	嘉義-南靖	360	540
新營-林鳳營	330	420	南靖-後壁	210	300
林鳳營-隆田	180	270	後壁-隆田	900	1140
隆田-永康	630	1230	隆田-新市	450	960
永康-臺南	300	420	新市-永康	150	300
臺南-保安	360	360	永康-臺南	300	420
保安-中洲	150	330	臺南-中洲	480	720

表 6.7 合併區段後的運轉時間（永康站內軌道被占用）

單位：秒

下行（往中洲）			上行（往民雄）		
區段	自強號	區間車	區段	自強號	區間車
民雄-南靖	810	1050	民雄-嘉義	390	570
南靖-新營	480	690	嘉義-南靖	360	540
新營-林鳳營	330	420	南靖-後壁	210	300
林鳳營-隆田	180	270	後壁-隆田	900	1140
隆田-善化	240	420	隆田-善化	210	420
善化-臺南	690	1230	善化-新市	240	480
臺南-保安	360	360	新市-臺南	450	780
保安-中洲	150	330	臺南-中洲	480	720

表 6.8 合併區段後的運轉時間（臺南站內軌道被占用）

單位：秒

下行（往中洲）			上行（往民雄）		
區段	自強號	區間車	區段	自強號	區間車
民雄-南靖	810	1050	民雄-嘉義	390	570
南靖-新營	480	690	嘉義-南靖	360	540
新營-林鳳營	330	420	南靖-後壁	210	300
林鳳營-隆田	180	270	後壁-隆田	900	1140
隆田-善化	240	420	隆田-善化	210	420
善化-永康	390	750	善化-新市	240	480
永康-保安	750	840	新市-永康	150	300
保安-中洲	150	330	永康-中洲	870	1200

在臺南鐵路立體化後，由於新增林森與南臺南兩站，根據第 3.2.4 節的估算方式，臺南－保安各站間運轉時間變為如表 6.9 所示，而將沒有待避功能之車站的前後區段需合併後，合併區間的運轉時間如表 6.10 所示。

表 6.9 鐵路立體化後列車於臺南－保安各站間之運轉時間

單位：秒

方向	下行（往中洲）		上行（往民雄）	
車種 區段	自強號	區間車	自強號	區間車
臺南-林森	120	150	120	150
林森-南臺南	90	150	60	150
南臺南-保安	210	240	180	240

表 6.10 鐵路立體化後臺南－中洲間各合併區段的運轉時間

單位：秒

下行（往中洲）			上行（往民雄）		
區段	自強號	區間車	區段	自強號	區間車
臺南-保安	420	600	永康-臺南	300	420
保安-中洲	150	330	臺南-中洲	510	960

6.2.5 號誌安全時距

依照第 3.2.5 節所述，受到無待避功能車站的影響，號誌安全時距調整後的結果如表 6.11 所示。而臺南鐵路立體化後，臺南－中洲間部分車站受到新增的通勤站影響，號誌安全時距有所變動，結果如表 6.12 所示。

表 6.11 調整後的號誌安全時距（立體化前）

單位：秒

下行（往中洲）			上行（往民雄）		
站名	時距種類	調整後的時距	站名	時距種類	調整後的時距
民雄	離站	300	民雄	進站	263
南靖	進站	255	嘉義	離站	255
	離站	270		進站	263
新營	進站	255	南靖	離站	255
	離站	255	後壁	進站	300
林鳳營	進站	263	隆田	離站	263
隆田	離站	255		進站	255
善化	進站	263	善化	離站	270
	離站	267		進站	267
永康	進站	270	新市	離站	274
	離站	258	永康	進站	260
臺南	進站	260	臺南	離站	258
保安	離站	260		進站	260
中洲	進站	267	中洲	離站	267

表 6.12 臺南－中洲間調整後的號誌安全時距（立體化後）

單位：秒

下行（往中洲）			上行（往民雄）		
站名	時距種類	調整後的時距	站名	時距種類	調整後的時距
臺南	進站	260	臺南	離站	260
	離站	260		進站	260
保安	進站	260	中洲	離站	267
	離站	260			
中洲	進站	267			

6.3 路線容量分析與結果比較

利用容量分析軟體計算容量時，由於上下行的合併區段不同且要考量編組站軌道是否被占用（詳見表 6.6～表 6.8），所以分別建立專案檔進行分析。操作軟體進行容量分析的過程可參考 4.3 節，分析結果如表 6.13 所示，然後根據在尖峰小時內各編組站之軌道被占用的時間比例，將結果彙整如表 6.14 所示。臺鐵局表示目前在本案例所探討的範圍內，最多每小時每方向約能開行 7 列車，顯示本分析結果與實務認知相符。

表 6.13 民雄－中洲在不同軌道占用情況下的容量分析結果

方向	下行				上行			
分析範圍	民雄 ↓ 善化	善化 ↓ 永康	永康 ↓ 臺南	臺南 ↓ 中洲	中洲 ↓ 臺南	臺南 ↓ 永康	永康 ↓ 善化	善化 ↓ 民雄
善化站軌道被占用的路線容量(列車/小時)	6.93		8.6	9.4	8.13	8.6	6.96	
永康站軌道被占用的路線容量(列車/小時)	8.55	6.53		9.4	8.13	8.29		8.2
臺南站軌道被占用的路線容量(列車/小時)	8.55	7.23	8.11		7.79		8.75	8.2

表 6.14 民雄—中洲案例的容量分析結果彙整

方向	下行				上行			
分析範圍	民雄 ↓ 善化	善化 ↓ 永康	永康 ↓ 臺南	臺南 ↓ 中洲	中洲 ↓ 臺南	臺南 ↓ 永康	永康 ↓ 善化	善化 ↓ 民雄
路線容量 (列車/小時)	8.01	6.90	7.75	8.97	8.02	8.23	8.00	7.79
整體容量表現 (列車/小時)	6.90				7.79			

若考慮臺南鐵路立體化的影響，其結果如表 6.15 所示，顯示臺南鐵路立體化對下行方向之容量有些許提升，而在上行方向有些許下降。為了進一步了解其原因，本案例仿照 5.4 節之作法，假設以下兩種情境分別進行探討。

表 6.15 考量臺南鐵路立體化後的的容量分析結果

方向	下行				上行			
分析範圍	民雄 ↓ 善化	善化 ↓ 永康	永康 ↓ 臺南	臺南 ↓ 中洲	中洲 ↓ 臺南	臺南 ↓ 永康	永康 ↓ 善化	善化 ↓ 民雄
路線容量 (列車/小時)	8.01	6.98	8.27	9.52	7.63	8.45	8.09	7.79
整體容量表現 (列車/小時)	6.98				7.63			

1. 情境 1：新增車站

以不變動原有軌道配置為前提增設林森與南臺南站，透過容量分析可知此情境的路線容量在下行方向為每小時 6.90 列，而上行方向為每小時 7.06 列，如表 6.16 所示，顯示增設通勤站對下行容量沒有影響，但上行方向明顯低於增設通勤站前的路線容量。

表 6.16 情境 1 之民雄—中洲路段容量分析結果

方向	下行				上行			
分析範圍	民雄 ↓ 善化	善化 ↓ 永康	永康 ↓ 臺南	臺南 ↓ 中洲	中洲 ↓ 臺南	臺南 ↓ 永康	永康 ↓ 善化	善化 ↓ 民雄
路線容量 (列車/小時)	8.01	6.90	7.48	8.55	7.06	7.92	8.00	7.79
整體容量表現 (列車/小時)	6.90				7.06			

2. 情境 2：調整原有車站軌道配置

若不增設任何通勤站，而僅將原有臺南站調整為兩島四股的配置，其容量分析的結果如表 6.17 所示，由於臺南站在增加股道後，即便有沙崙支線列車占用軌道，仍可提供待避功能，因此無論上下行，在永康—中洲間的容量都有明顯提升，但整體容量仍受到善化→永康和善化→民雄的限制。

表 6.17 情境 2 之民雄—中洲路段容量分析結果

方向	下行				上行			
分析範圍	民雄 ↓ 善化	善化 ↓ 永康	永康 ↓ 臺南	臺南 ↓ 中洲	中洲 ↓ 臺南	臺南 ↓ 永康	永康 ↓ 善化	善化 ↓ 民雄
路線容量 (列車/小時)	8.01	6.98	8.27	9.52	8.81	8.89	8.09	7.79
整體容量表現 (列車/小時)	6.98				7.79			

綜整上述分析可知，增設通勤站會造成路線容量下降，而調整軌道配置讓列車可待避則可提升容量，在本案例中，兩者效益相抵的結果與鶯歌—埔心路段案例不同，最後對下行容量有些許改善，而上行容量則有些許衝擊。

雖然臺南鐵路立體化對容量衝擊小，但目前此路段在尖峰時間，每方向各開行約 6 列車/小時，若未來要增加沙崙支線班次，路線容量恐不足以因應，需找出容量瓶頸加以改善。

6.4 容量瓶頸探討與改善

從上節的分析結果中，可發現容量瓶頸皆位於有較多不可待避車站之區間，尤其當有列車占用善化站的軌道時最為嚴重，如圖 6-4 和圖 6-5 所示。主要原因是區間車行經每一站都必須減速進站、停站載客再重新加速離站，若一直無法待避讓對號列車追越，將導致兩者的運轉時間差異甚大，進而影響路線容量而成為瓶頸所在。

若於善化站進行擴建，例如改為兩島式月臺、一岸式月臺五股道，將可使善化站不因列車占用軌道而變成無法待避之車站，透過容量分析的結果如表 6.18 所示，下行方向容量增為每小時 7.27 列車，而上行方向增為每小時 8.02 列車，約提升 3~5%。

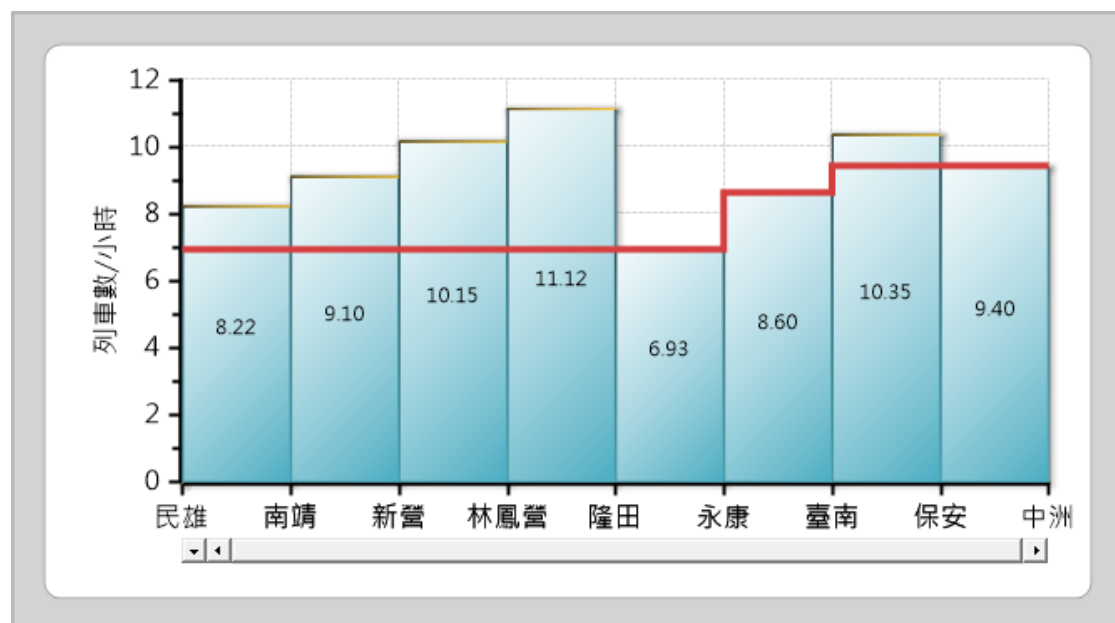


圖 6-4 善化站軌道被占用時的下行容量瓶頸所在

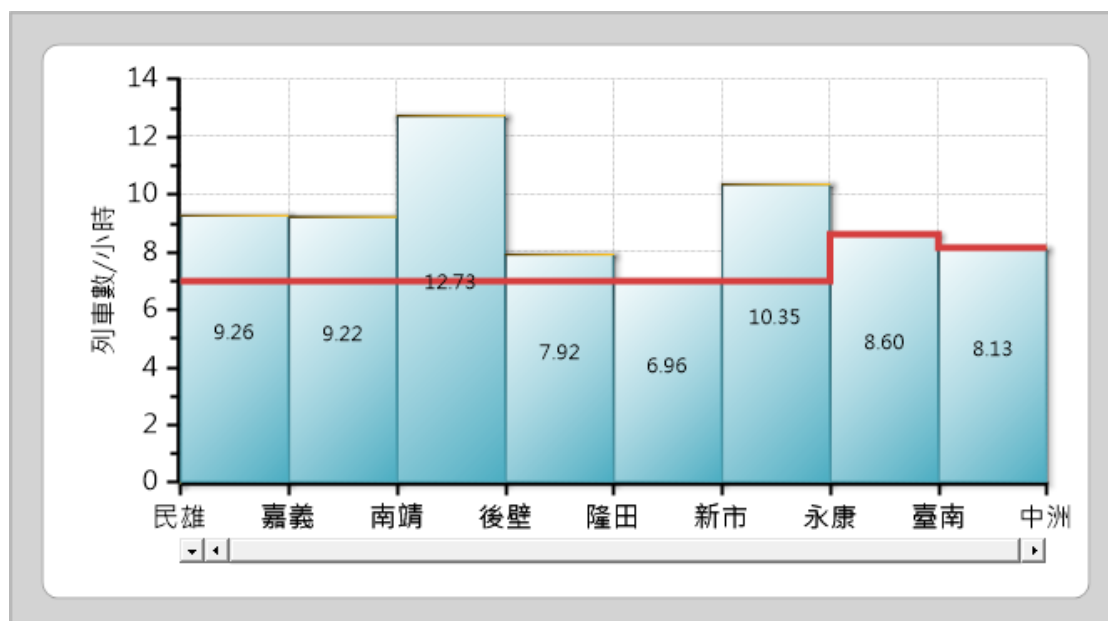


圖 6-5 善化站軌道被占用時的上行容量瓶頸所在

表 6.18 善化站增建後的容量分析結果

方向	下行				上行			
分析範圍	民雄 ↓ 善化	善化 ↓ 永康	永康 ↓ 臺南	臺南 ↓ 中洲	中洲 ↓ 臺南	臺南 ↓ 永康	永康 ↓ 善化	善化 ↓ 民雄
路線容量 (列車/小時)	8.31	7.27	7.78	8.97	8.02	8.26	8.56	8.20
改善後 整體容量表現 (列車/小時)	7.27				8.02			
改善前 整體容量表現 (列車/小時)	6.90				7.79			
改善幅度	5.36%				2.95%			

第七章 大肚溪南號誌站案例

本案例所要探討的是臺鐵山線（新烏日－彰化）、海線（追分－彰化）與大肚溪南號誌站之整體容量表現，同時也針對彰化鐵路立體化之規劃結果，進行容量評估與結果比較。

7.1 分析範圍界定

根據臺鐵於民國 110 年 4 月提供之資料，相關軌道配置與運用情況如圖 7-1 所示，圖中山線下行方向為新烏日往彰化，山線上行方向為彰化往新烏日，海線下行方向為追分往彰化，海線上行方向為彰化往追分。

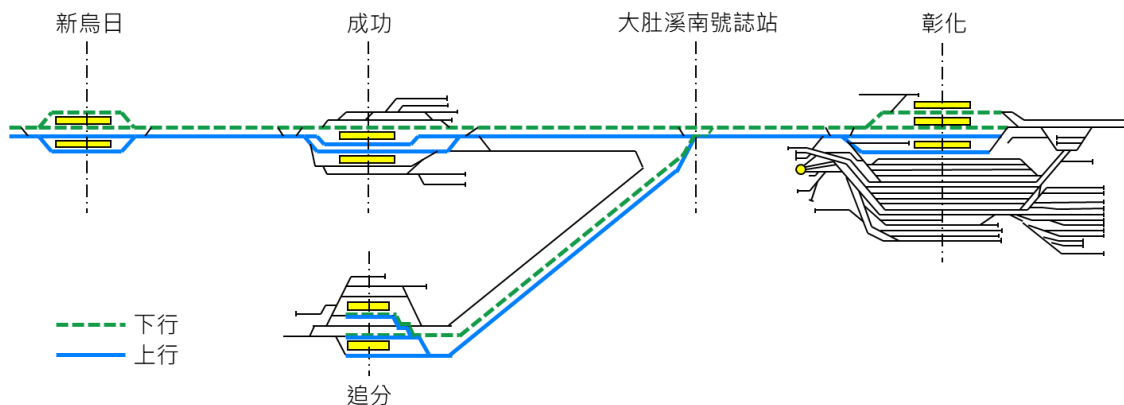
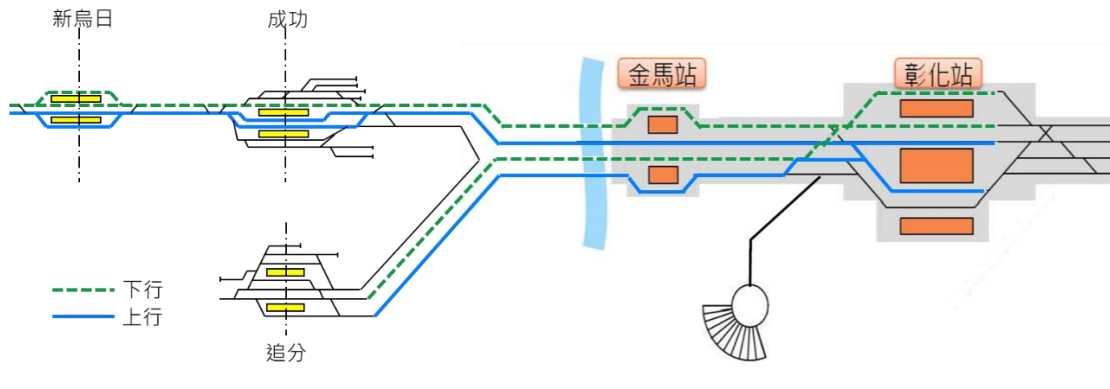


圖 7-1 新烏日/追分－彰化之軌道配置與運用方式示意圖

此外，根據交通部鐵道局於民國 110 年 9 月提供之資料，彰化市鐵路高架化計畫預計將大肚溪南號誌站改為金馬站，並調整軌道配置如圖 7-2 所示，其中軌道運用的方式係與臺鐵局討論之結果。



資料來源：交通部鐵道局與本計畫整理

圖 7-2 彰化鐵路高架化後之軌道配置與運用方式示意圖

本案例的分析範圍劃分如表 7.1 所示，除了新烏日→彰化、彰化→新烏日、追分→彰化和彰化→追分等分析範圍外，還要考慮銜接點之容量，在彰化鐵路高架化前是大肚溪南號誌站，高架化後則是彰化站。

表 7.1 大肚溪南號誌站案例的分析範圍

線別		山線				海線			
方向		下行		上行		下行		上行	
分析範圍	高架化前	新烏日 ↓ 彰化	大肚溪南	彰化 ↓ 新烏日	大肚溪南	追分 ↓ 彰化	大肚溪南	彰化 ↓ 追分	大肚溪南
	高架化後	新烏日 ↓ 彰化	彰化	彰化 ↓ 新烏日	彰化	追分 ↓ 彰化	彰化	彰化 ↓ 追分	彰化

7.2 輸入參數設定

本案例的車站軌道佈設類型、交通組成、停站時間、運轉時間，以及號誌安全時距等參數的設定說明如下。

7.2.1 車站軌道佈設類型

根據圖 7-1 和圖 7-2 之軌道配置與運用方式，依照第 3.2.1 節所述決定各車站在彰化高架前後之軌道佈設型式，結果如表 7.2 和表 7.3 所示。

表 7.2 大肚溪南號誌站案例之山線各站軌道佈設型式

車站	下行（往彰化）		上行（往新烏日）	
	彰化高架前	彰化高架後	彰化高架前	彰化高架後
新烏日	I	I	I	I
成功	IV	IV	I	I
金馬	—	IV	—	IV
彰化	I	I	I	I

表 7.3 大肚溪南號誌站案例之海線各站軌道佈設型式

車站	下行（往彰化）		上行（往追分）	
	彰化高架前	彰化高架後	彰化高架前	彰化高架後
追分	III	III	III	III
金馬	—	IV	—	IV
彰化	I	I	I	I

7.2.2 交通組成

根據尖峰時段內運行的客運列車數，本案例的交通組成為山線下行：山線上行：海線下行：海線上行＝5：7：2：2，其中山線下行的交通組成為傾斜式：自強號：區間車＝1：1：3，山線上行的交通組成為傾斜式：自強號：區間車＝1：2：4，海線上下行的交通組成皆為莒光號：區間車＝1：1。

7.2.3 停站時間

各車種於本案例各站之停站時間整理如表 7.4 所示，針對彰化高架後所新增的金馬站，僅有區間車停靠，停站時間為 30 秒。

表 7.4 大肚溪南號誌站案例之列車停站時間

單位：秒

車站 \ 車種	傾斜式	自強號	莒光號	區間車
新烏日	0	0	0	30
成功	0	0	0	30
彰化	0	0	0	30
金馬	0	0	0	30
彰化	90	90	90	60

7.2.4 站間運轉時間

在彰化高架化前，各車種於本案例各站間的運轉時間整理如表 7.5 和表 7.6 所示，將無待避功能之車站或號誌站的前後區段合併後，根據第 3.2.4 節所述來計算合併區間的運轉時間，結果如表 7.7 和表 7.8 所示。而在彰化高架化後，新增金馬站僅有區間車停靠，根據第 3.2.4 節的估算方式，表 7.7 中的區間車運轉時間於新烏日→彰化將變為 690

秒，彰化→成功變為 480 秒；而表 7.8 中的區間車運轉時間於追分→彰化和彰化→追分皆變為 600 秒。

表 7.5 大肚溪南號誌站案例之山線站間運轉時間（彰化高架前）

單位：秒

方向	下行（往彰化）			上行（往新烏日）		
區段 \ 車種	傾斜式	自強號	區間車	傾斜式	自強號	區間車
新烏日-成功	90	90	180	90	90	180
成功-大肚溪南	120	180	150	120	150	150
大肚溪南-彰化	180	240	210	150	240	210

表 7.6 大肚溪南號誌站案例之海線站間運轉時間（彰化高架前）

單位：秒

方向	下行（往彰化）		上行（往追分）	
區段 \ 車種	莒光號	區間車	莒光號	區間車
追分-大肚溪南	210	210	210	210
大肚溪南-彰化	270	270	270	270

表 7.7 山線合併區段後的運轉時間（彰化高架前）

單位：秒

下行（往彰化）				上行（往新烏日）			
區段	傾斜式	自強號	區間車	區段	傾斜式	自強號	區間車
新烏日-彰化	390	510	570	新烏日-成功	90	90	180
				成功-彰化	270	390	360

表 7.8 海線合併區段後的運轉時間（彰化高架前）

單位：秒

下行（往彰化）			上行（往追分）		
區段	莒光號	區間車	區段	莒光號	區間車
追分-彰化	480	480	追分-彰化	480	480

7.2.5 號誌安全時距

在山線下行方向，新烏日與彰化站受到成功站無待避功能的影響，需依照第 3.2.5 節所述方式調整號誌安全時距，結果如表 7.9 所示。而在彰化高架化後，受到金馬站無待避功能的影響，各站之號誌安全時距調整如表 7.10 和表 7.11 所示。

表 7.9 山線調整後的號誌安全時距（彰化高架前）

單位：秒

下行（往彰化）			上行（往新烏日）		
站名	時距種類	調整後的時距	站名	時距種類	調整後的時距
新烏日	離站	266	無		
彰化	進站	261			

表 7.10 山線調整後的號誌安全時距（彰化高架後）

單位：秒

下行（往彰化）			上行（往新烏日）		
站名	時距種類	調整後的時距	站名	時距種類	調整後的時距
新烏日	離站	266	成功	進站	259
彰化	進站	260	彰化	離站	261

表 7.11 海線調整後的號誌安全時距（彰化高架後）

單位：秒

下行（往彰化）			上行（往追分）		
站名	時距種類	調整後的時距	站名	時距種類	調整後的時距
追分	離站	255	追分	進站	255
彰化	進站	255	彰化	離站	255

7.3 路線容量分析

透過容量分析軟體，可分析表 7.1 中的新烏日→彰化、彰化→新烏日、追分→彰化，以及彰化→追分之路線容量，有關如何操作軟體進行容量分析的過程，可參考 4.3 節，而分析結果如表 7.12 所示，彰化高架化後，受到新設的金馬站無法待避之影響，路線容量皆低於高架化之前。不過此結果尚未考慮大肚溪南號誌站與高架化後的彰化站，兩站之分析內容於下一節說明。

表 7.12 山海線容量分析結果

線別		山線		海線	
方向		下行	上行	下行	上行
分析範圍		新烏日 ↓ 彰化	彰化 ↓ 新烏日	追分 ↓ 彰化	彰化 ↓ 追分
路線容量 (列車/小時)	彰化高架前	9.29	13.64	11.72	11.72
	彰化高架後	8.57	10.17	9.65	9.65

7.4 銜接點容量分析

大肚溪南號誌站與高架化後的彰化站皆屬於 3.3 節所述之銜接點，因此採用 3.3.2 節所介紹的程序進行分析。

7.4.1 大肚溪南號誌站容量分析

依照 3.3.2 節所述之程序，各步驟的操作方式說明如下：

1. 找出列車運行路徑

列車於大肚溪南號誌站的運行路徑有以下四種：

- (1) 路徑 1 為山線下行列車行駛之路徑，如圖 7-3。
- (2) 路徑 2 為山線上行列車行駛之路徑，如圖 7-4。
- (3) 路徑 3 為海線下行列車行駛之路徑，如圖 7-5。
- (4) 路徑 4 為海線上行列車行駛之路徑，如圖 7-6。

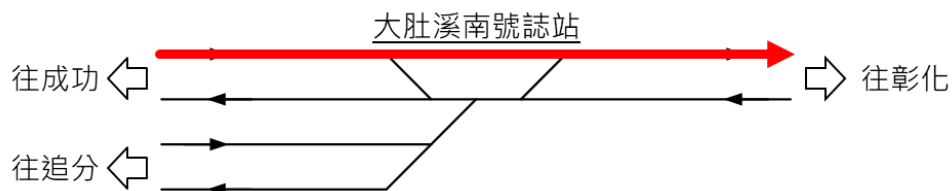


圖 7-3 大肚溪南號誌站的列車運行路徑 1

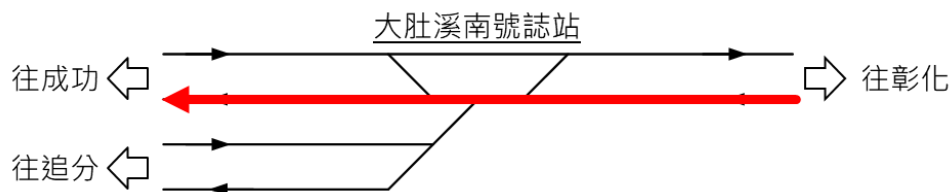


圖 7-4 大肚溪南號誌站的列車運行路徑 2

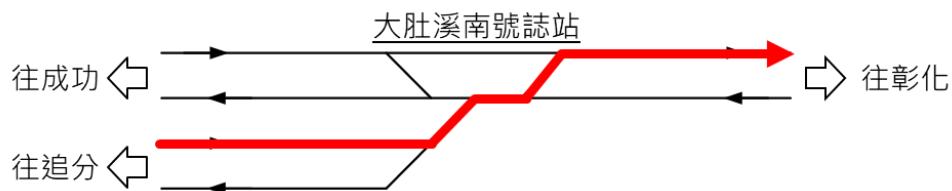


圖 7-5 大肚溪南號誌站的列車運行路徑 3

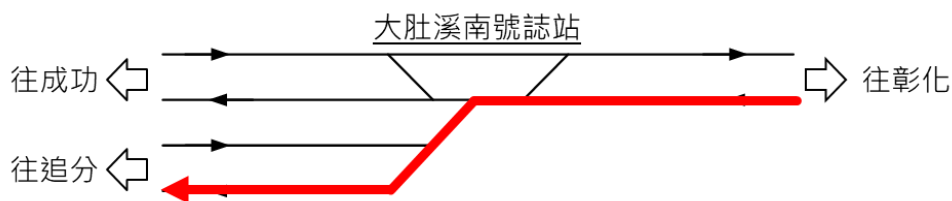


圖 7-6 大肚溪南號誌站的列車運行路徑 4

2. 計算各路徑之間的號誌安全時距

上述各個列車運行路徑之間的號誌安全時距如表 7.13 所示，共有 16 種組合。

表 7.13 各路徑間的號誌安全時距

單位：秒

續行列車行駛路徑 先行列車行駛路徑	路徑 1	路徑 2	路徑 3	路徑 4
路徑 1	180	0	180	0
路徑 2	0	180	180	180
路徑 3	180	180	180	180
路徑 4	0	180	180	180

3. 計算平均運轉時隔

本案例採用程式模擬來計算平均運轉時隔，根據圖 3-23 之演算流程，最後可得到平均運轉時隔為 155.17 秒。

4. 計算銜接點容量

根據公式(3.5)的計算過程如下，可獲得大肚溪南號誌站之容量為每小時 23.2 列，若依第 7.2.2 所述之交通組成比例（山線下行：山線上行：海線下行：海線上行=5：7：2：2）計算山海線上下行之容量，其結果如表 7.14 所示。

$$C = \frac{3600}{\bar{h}} = \frac{3600}{155.17} = 23.2 \quad (7.1)$$

表 7.14 大肚溪南號誌站之容量分析結果

線別	山線		海線	
方向	下行	上行	下行	上行
銜接點容量 (列車/小時)	7.25	10.15	2.9	2.9

7.4.2 彰化站高架後之容量分析

依照 3.3.2 節所述之程序，各步驟的操作方式說明如下：

1. 找出列車運行路徑

彰化站高架後，列車的運行路徑有以下八種：

- (1) 路徑 1 為列車從山線下行進入彰化站內主正線，如圖 7-7。
- (2) 路徑 2 為列車從山線下行進入彰化站內副正線，如圖 7-8。
- (3) 路徑 3 為列車從彰化站內主正線駛往山線上行，如圖 7-9。
- (4) 路徑 4 為列車從彰化站內副正線駛往山線上行，如圖 7-10。
- (5) 路徑 5 為列車從海線下行進入彰化站內主正線，如圖 7-11。
- (6) 路徑 6 為列車從海線下行進入彰化站內副正線，如圖 7-12。
- (7) 路徑 7 為列車從彰化站內主正線駛往海線上行，如圖 7-13。
- (8) 路徑 8 為列車從彰化站內副正線駛往海線上行，如圖 7-14。

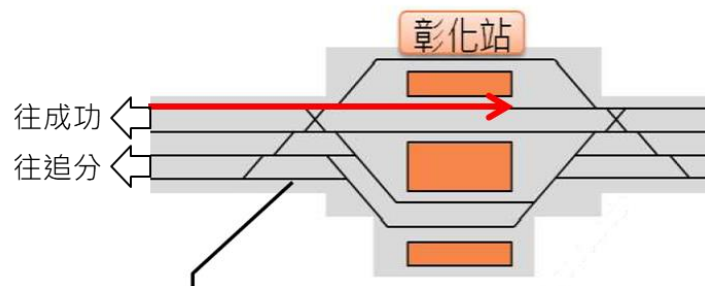


圖 7-7 彰化站高架後的列車運行路徑 1

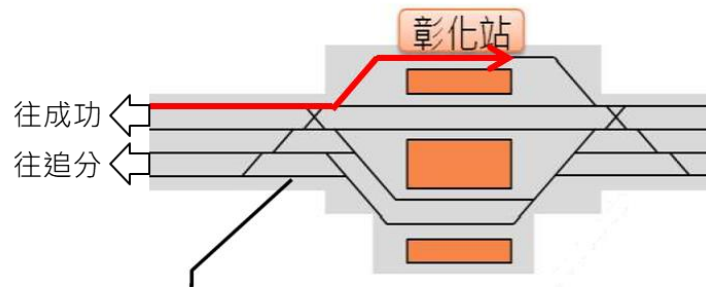


圖 7-8 彰化站高架後的列車運行路徑 2

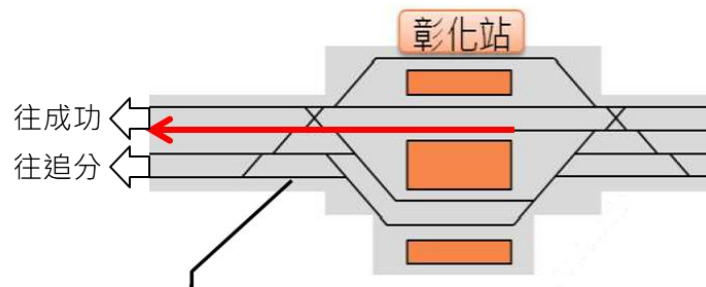


圖 7-9 彰化站高架後的列車運行路徑 3

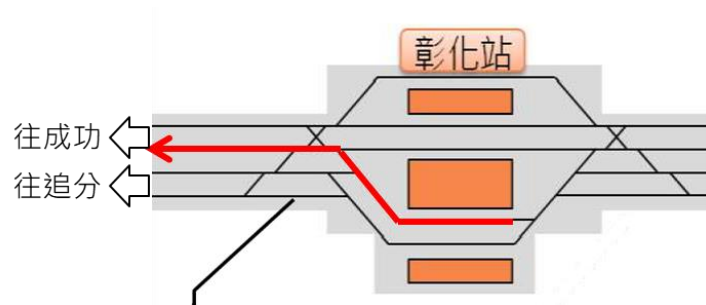


圖 7-10 彰化站高架後的列車運行路徑 4

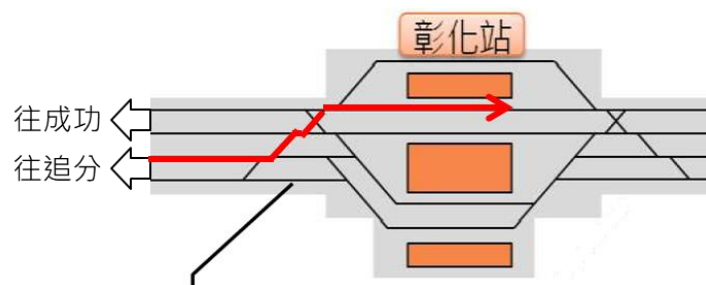


圖 7-11 彰化站高架後的列車運行路徑 5

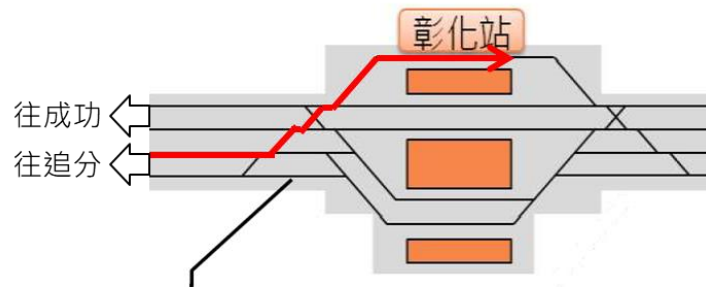


圖 7-12 彰化站高架後的列車運行路徑 6

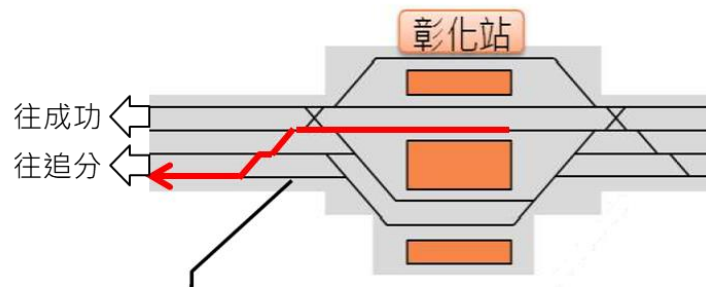


圖 7-13 彰化站高架後的列車運行路徑 7

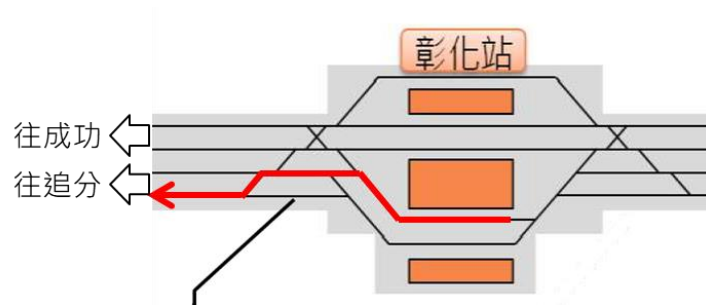


圖 7-14 彰化站高架後的列車運行路徑 8

2. 計算各路徑之間的號誌安全時距

上述各個列車運行路徑之間的號誌安全時距如表 7.15 所示，共有 64 種組合。

表 7.15 各路徑間的號誌安全時距

單位：秒

續行列車 行駛路徑 先行列車 行駛路徑	路徑 1	路徑 2	路徑 3	路徑 4	路徑 5	路徑 6	路徑 7	路徑 8
路徑 1	330	180	0	0	330	180	0	0
路徑 2	180	300	0	0	180	300	0	0
路徑 3	0	0	330	180	300	300	330	0
路徑 4	0	0	180	300	300	300	180	300
路徑 5	330	180	60	60	330	180	60	60
路徑 6	180	300	60	60	180	300	60	60
路徑 7	0	0	330	180	300	300	330	180
路徑 8	0	0	0	300	300	300	180	300

3. 計算平均運轉時隔

本案例採用程式模擬來計算平均運轉時隔，根據圖 3-23 之演算流程，最後可得到平均運轉時隔為 199.05 秒。

4. 計算銜接點容量

根據公式(3.5)可計算彰化站高架後之容量為每小時 18.09 列，若依比例計算山海線上下行之容量，其結果如表 7.14 所示。

表 7.16 彰化站高架後之容量分析結果

線別	山線		海線	
方向	下行	上行	下行	上行
銜接點容量 (列車/小時)	5.65	7.91	2.26	2.26

7.5 整體容量表現與比較

彙整 7.3 和 7.4 節之結果如表 7.17 和表 7.18 所示，顯示整體容量表現主要受銜接點影響，彰化高架化前，山線下行為每小時 7.25 列，上行為每小時 10.15 列，海線則上下行各為每小時 2.9 列；而彰化高架化後，山線下行為每小時 5.65 列，上行為每小時 7.91 列，海線則上下行各為每小時 2.26 列，大約下降 22%。

表 7.17 容量分析結果彙整（彰化高架前）

單位：列車/小時

線別	山線				海線			
方向	下行		上行		下行		上行	
分析範圍	新烏日 ↓ 彰化	大肚 溪南	彰化 ↓ 新烏日	大肚 溪南	追分 ↓ 彰化	大肚 溪南	彰化 ↓ 追分	大肚 溪南
路線或銜接點容量	9.29	7.25	13.64	10.15	11.72	2.9	11.72	2.9
整體容量表現	7.25		10.15		2.9		2.9	

表 7.18 容量分析結果彙整（彰化高架後）

單位：列車/小時

線別	山線				海線			
方向	下行		上行		下行		上行	
分析範圍	新烏日 ↓ 彰化	彰化	彰化 ↓ 新烏日	彰化	追分 ↓ 彰化	彰化	彰化 ↓ 追分	彰化
路線或銜接點容量	8.57	5.65	10.17	7.91	9.65	2.26	9.65	2.26
整體容量表現	5.65		7.91		2.26		2.26	

7.6 容量瓶頸探討與改善

經探究，彰化高架化後，不僅是新設的金馬通勤站造成容量下降，更主要的原因是山海線於彰化站匯流的情況複雜（詳見圖 7-7～圖 7-14），列車於彰化站有許多平面交叉，導致各路徑之號誌安全時距高於大肚溪南號誌站（詳見表 7.13 與表 7.15），最終使彰化站成為容量瓶頸所在。

要改善此問題，就是盡可能地減少平面交叉，例如透過立體交叉的方式讓匯流情況變得單純，同時能縮短號誌安全時距。經本計畫初步分析，若調整橫渡線位置並利用立體交叉讓上下行列車不會產生平面交叉，如圖 7-15 所示，此時，山線上行列車若要駛出彰化站，便不受到海線下行進站列車之影響，反之亦然，也就是對應於表 7.15 中，原彰化高架之路徑 3 和 4，與路徑 5 和 6 之間的號誌安全時距為 0；除此之外，海線上下行列車也互相沒有影響，亦即原彰化高架的路徑 5 和 6，與路徑 7 和 8 之間的號誌安全時距為 0，因此整體平均運轉時隔得以下降，可讓彰化站之容量改善如表 7.19 所示。

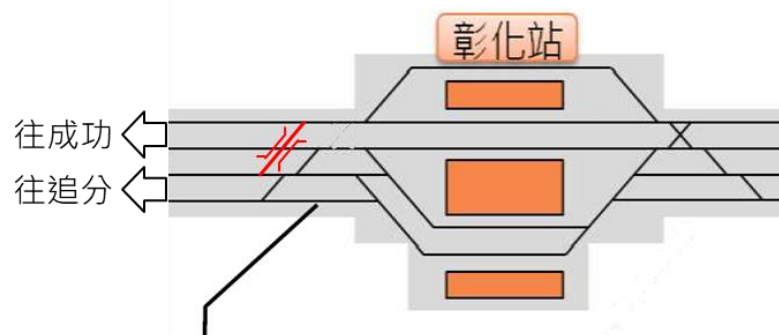


圖 7-15 以立體交叉改善平面交叉示意圖

表 7.19 彰化站高架後經改善之容量分析結果

方向	下行		上行	
線別	山線	海線	山線	海線
改善後之銜接點容量 (列車/小時)	8.65	3.46	9.65	2.76
改善前之銜接點容量 (列車/小時)	5.65	2.26	7.91	2.26
改善幅度	53.10%	53.10%	22.00%	22.12%

第八章 花蓮—臺東路段案例

本章將探討花蓮至臺東路段之路線容量，花東線每逢年節假日時常出現一票難求之現象，同時該路段現況多數區間仍為單軌雙向運轉，交通部鐵道局近年亦推動「花東鐵路雙軌化計畫」，故此章節將分析與檢視花東線現況與未來雙軌化後之路線容量。

8.1 分析範圍界定

根據臺鐵局於民國 110 年 4 月提供的資料，花蓮—臺東間現行的軌道配置情況如圖 8-1 所示，圖中下行的方向為花蓮往臺東，上行方向為臺東往花蓮。其中，僅壽豐至南平、萬榮至光復、瑞穗至三民、玉里到東里及山里到臺東為雙軌區間，其餘路段則為單軌區間。雙軌化後之股道配置則如圖 8-2。

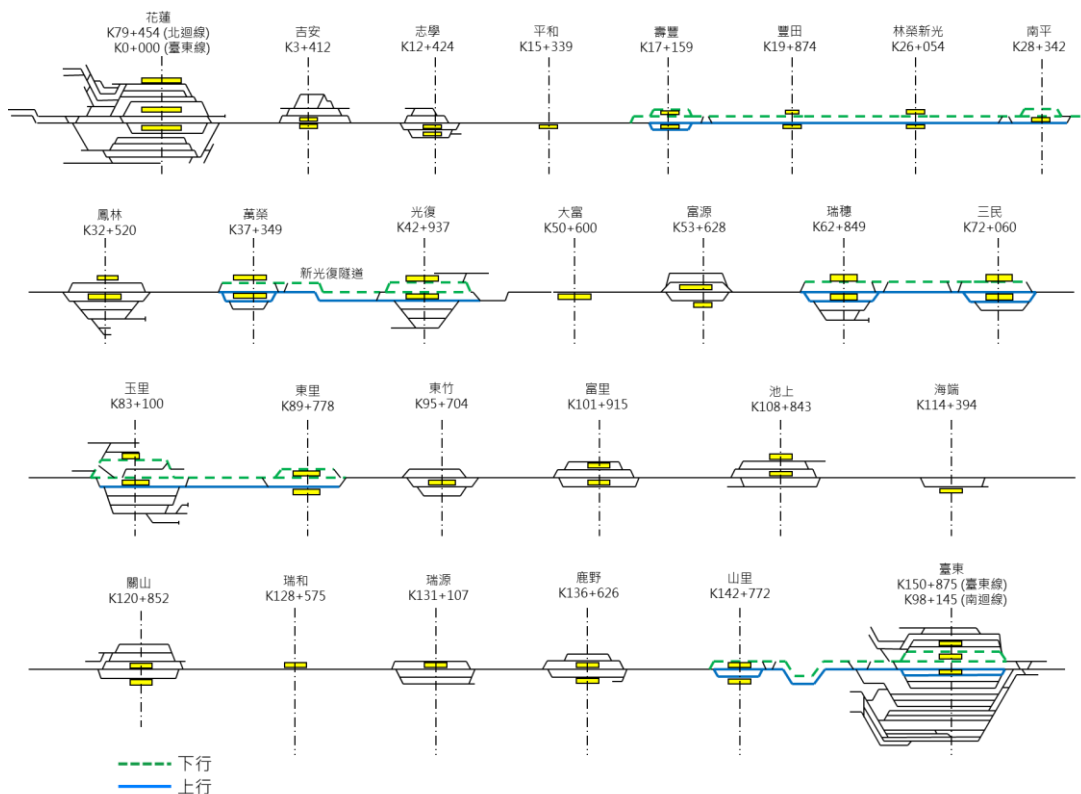


圖 8-1 花蓮—臺東現況之各站軌道配置與運用方式示意圖

由於本案例現況橫跨單軌與雙軌區間，因此須根據區間軌道數目拆分為多個分析範圍，如表 8.1，最後再整合探討整體容量表現。而雙軌化後之分析範圍則整理如表 8.2。

表 8.1 花蓮－臺東案例現況之分析範圍

分析範圍	花蓮－壽豐	壽豐－南平	南平－萬榮	萬榮－光復
	主正線	東正線	主正線	東正線
		西正線		西正線
分析範圍	光復－瑞穗	瑞穗－三民	三民－玉里	玉里－東里
	主正線	東正線	主正線	東正線
		西正線		西正線
分析範圍	東里－山里	山里－臺東		
	主正線	東正線		
		西正線		

表 8.2 花蓮－臺東案例雙軌化後之分析範圍

分析範圍	下行	上行
	花蓮→臺東	臺東→花蓮

8.2 輸入參數設定

本案例各項參數皆根據民國 110 年 4 月向臺鐵局索取的資料來進行設定，包含車站軌道佈設類型、交通組成、停站時間、運轉時間以及號誌安全時距。

8.2.1 車站軌道佈設類型

根據圖 8-1 之軌道配置與運用方式，依照第 3.2.1 節所述決定各車站之軌道佈設型式，結果如表 8.3 所示。由於花東線班次密度相較西部幹線為低，雙軌化後第三型車站之運用方式仍維持第三型，供上下行列車交替使用副正線。

表 8.3 花蓮－臺東案例之各站軌道佈設型式

車站	下行（往臺東）		上行（往花蓮）	
	現況	雙軌化後	現況	雙軌化後
花蓮	I	I	I	I
吉安	II	I	II	III
志學	II	I	II	I
平和	IV	IV	IV	IV
壽豐	I	I	I	I
豐田	IV	IV	IV	IV
林榮新光	IV	IV	IV	IV
南平	III	III	III	III
鳳林	II	III	II	I
萬榮	III	III	II	I
光復	II	I	III	III
大富	IV	IV	IV	IV
富源	II	I	II	III
瑞穗	III	III	II	I
三民	III	III	II	I
玉里	II	III	III	I
東里	I	I	IV	III
東竹	II	IV	II	IV
富里	II	I	II	III
池上	II	I	II	I
海瑞	IV	IV	IV	IV
關山	II	I	II	III
瑞和	IV	IV	IV	IV
瑞源	II	III	II	III
鹿野	II	I	II	I
山里	III	III	II	I
臺東	I	I	I	I

8.2.2 交通組成

由於花東線現況存在單雙軌區間，分析範圍被區分成多個區段，因此各區間根據時刻表中尖峰時段內於花蓮－臺東運行的客運列車數有所不同，將整理於表 8.4。雙軌化後之交通組成則參考交通部鐵道局「花東地區鐵路雙軌電氣化綜合規劃期末報告」，整理於表 8.5 供參。

表 8.4 花蓮－臺東案例交通組成（現況）

車種 區段	方向	傾斜式	推拉式 自強號	柴聯 自強號	莒光號	區間車
花蓮－壽豐	雙向	1	1	1	1	0
壽豐－南平	下行	0	1	0	1	1
	上行	1	0	1	2	1
南平－萬榮	雙向	1	0	1	1	1
萬榮－光復	下行	1	0	2	1	0
	上行	0	0	0	1	2
光復－瑞穗	雙向	1	0	2	1	0
瑞穗－三民	下行	0	0	1	0	2
	上行	0	0	0	2	1
三民－玉里	雙向	0	0	2	0	1
玉里－東里	下行	0	0	2	0	1
	上行	0	0	1	1	1
東里－山里	雙向	0	1	2	2	0
山里－臺東	下行	0	1	2	1	0
	上行	0	1	1	0	1

表 8.5 花蓮－臺東案例交通組成（雙軌化後）

區段 \ 車種	方向	傾斜式	推拉式 自強號	柴聯 自強號	莒光號	區間車
花蓮－臺東	下行	2	2	0	0	3
	上行	2	2	0	0	3

8.2.3 停站時間

各車種於花蓮－臺東間各站之停站時間整理如表 8.6 所示。由 8.2.2 可得知雙軌化後之交通組成為傾斜式、推拉式自強號與區間車，雙軌化後停站時間以此三種為主。參考交通部鐵道局「花東地區鐵路雙軌電氣化綜合規劃期末報告」，雙軌化後之停站時間如表 8.7。

表 8.6 列車於花蓮－臺東各站之停站時間（現況）

單位：秒

車站 \ 車種	傾斜式	推拉式 自強號	柴聯 自強號	莒光號	區間車
花蓮	120	120	120	120	60
吉安	0	0	0	0	30
志學	0	0	0	0	30
平和	0	0	0	0	30
壽豐	0	0	0	0	30
豐田	0	0	0	0	30
林榮新光	0	0	0	0	30
南平	0	0	0	0	30
鳳林	0	0	0	0	30
萬榮	0	0	0	0	30
光復	0	0	0	0	30

車站 \ 車種	傾斜式	推拉式 自強號	柴聯 自強號	莒光號	區間車
大富	0	0	0	0	30
富源	0	0	0	0	30
瑞穗	0	90	90	90	60
三民	0	0	0	0	30
玉里	120	120	120	120	60
東里	0	0	0	0	30
東竹	0	0	0	0	30
富里	0	0	0	0	30
池上	0	90	0	90	60
海瑞	0	0	0	0	30
關山	0	90	0	90	60
瑞和	0	0	0	0	30
瑞源	0	0	0	0	30
鹿野	0	0	0	0	30
山里	0	0	0	0	30
臺東	120	120	120	120	60

表 8.7 列車於花蓮－臺東各站之停站時間（雙軌化後）

單位：秒

車站 \ 車種	傾斜式	推拉式 自強號	區間車	車站 \ 車種	傾斜式	推拉式 自強號	區間車
花蓮	120	120	60	三民	0	0	30
吉安	0	0	30	玉里	0	120	60
志學	0	0	30	東里	0	0	30

車種 車站	傾斜式	推拉式 自強號	區間車	車種 車站	傾斜式	推拉式 自強號	區間車
平和	0	0	30	東竹	0	0	30
壽豐	0	0	30	富里	0	0	30
豐田	0	0	30	池上	0	0	60
林榮 新光	0	0	30	海瑞	0	0	30
南平	0	0	30	關山	0	0	60
鳳林	0	0	30	瑞和	0	0	30
萬榮	0	0	30	瑞源	0	0	30
光復	0	0	30	鹿野	0	0	30
大富	0	0	30	山里	0	0	30
富源	0	0	30	臺東	120	120	60
瑞穗	0	0	60				

8.2.4 站間運轉時間

各車種於花蓮—臺東各站間運轉時間整理如表 8.8 所示，不過本案例中的平和、豐田、林榮新光、大富、瑞和與雙軌化後之海端等站並沒有待避功能，其前後區段需合併為一個路線區段，並根據第 3.2.4 節所述來計算合併區間的運轉時間，現況與雙軌化後之結果如表 8.9 與表 8.10 所示。另由 8.2.2 可得知雙軌化後之交通組成為傾斜式、推拉式（PP）自強號與區間車，因此雙軌化後合併區段之運轉時間以此三種為主。

表 8.8 列車於花蓮－臺東各站間之運轉時間

單位：秒

方向	下行（往花蓮）					上行（往臺東）				
車種 區段	傾斜式	PP 自強號	柴聯 自強號	莒光號	區間車	傾斜式	PP 自強號	柴聯 自強號	莒光號	區間車
花蓮-吉安	240	270	270	300	300	240	240	270	300	300
吉安-志學	270	330	390	360	480	270	330	360	390	480
志學-平和	90	90	120	120	180	90	90	120	120	180
平和-壽豐	90	90	90	120	150	90	90	90	90	150
壽豐-豐田	90	120	120	120	180	90	90	120	120	180
豐田-林榮新光	180	210	270	270	300	180	210	240	240	300
林榮新光-南平	60	60	90	90	150	120	150	150	180	150
南平-鳳林	120	150	150	180	300	180	210	210	240	300
鳳林-萬榮	150	180	210	240	300	150	180	180	210	300
萬榮-光復	210	240	240	240	330	180	180	210	210	330
光復-大富	240	270	330	360	390	210	240	300	300	390
大富-富源	90	90	120	120	210	90	120	120	120	210
富源-瑞穗	270	330	420	420	420	270	390	450	480	420
瑞穗-三民	300	420	510	540	450	300	360	420	420	450
三民-玉里	420	480	510	540	600	420	480	540	540	600
玉里-東里	270	360	390	390	390	270	300	300	300	390
東里-東竹	180	210	240	240	330	180	210	240	240	330
東竹-富里	180	210	240	240	360	180	210	240	240	360
富里-池上	210	300	240	300	360	210	330	240	360	360
池上-海瑞	180	270	270	360	360	180	270	240	300	330
海瑞-關山	180	270	300	300	390	180	330	240	360	420
關山-瑞和	210	300	360	390	360	210	300	300	360	360
瑞和-瑞源	90	90	90	90	210	90	90	90	90	210
瑞源-鹿野	180	210	210	300	330	180	210	210	210	330
鹿野-山里	270	330	330	390	360	180	240	270	270	360
山里-臺東	390	450	450	450	510	360	420	510	450	510

表 8.9 合併區段後的站間運轉時間（現況）

單位：秒

方向	下行（往花蓮）					上行（往臺東）				
車種 區段	傾斜式	PP自強號	柴聯自強號	莒光號	區間車	傾斜式	PP自強號	柴聯自強號	莒光號	區間車
花蓮-吉安	240	270	270	300	300	240	240	270	300	300
吉安-志學	270	330	390	360	480	270	330	360	390	480
志學-壽豐	180	180	210	240	360	180	180	210	210	360
壽豐-南平	330	390	480	480	690	390	450	510	540	690
南平-鳳林	120	150	180	180	300	180	210	210	240	300
鳳林-萬榮	150	180	240	240	300	150	180	180	210	300
萬榮-光復	210	240	240	240	330	180	180	210	210	330
光復-富源	330	360	450	480	630	300	360	420	420	630
富源-瑞穗	270	330	420	420	420	270	390	450	480	420
瑞穗-三民	300	420	510	540	450	300	360	420	420	450
三民-玉里	420	480	510	540	600	420	480	540	540	600
玉里-東里	270	360	390	390	390	270	300	300	300	390
東里-東竹	180	210	240	240	330	180	210	240	240	330
東竹-富里	180	210	240	240	360	180	210	240	240	360
富里-池上	210	300	240	300	360	210	330	240	360	360
池上-海端	180	270	270	360	360	180	270	240	300	330
海端-關山	180	270	300	300	390	180	330	240	360	420
關山-瑞源	300	390	450	480	600	300	390	390	450	600
瑞源-鹿野	180	210	210	300	330	180	210	210	210	330
鹿野-山里	270	330	330	390	360	180	240	270	270	360
山里-臺東	390	450	450	450	510	360	420	510	450	510

表 8.10 合併區段後的站間運轉時間（雙軌化後）

單位：秒

方向	下行（往花蓮）			上行（往臺東）		
車種 區段	傾斜式	PP 自強號	區間車	傾斜式	PP 自強號	區間車
花蓮-吉安	180	180	210	150	180	210
吉安-志學	300	330	420	300	330	420
志學-壽豐	150	180	360	150	180	360
壽豐-南平	360	360	690	360	360	690
南平-鳳林	120	150	210	120	150	210
鳳林-萬榮	150	150	240	150	150	240
萬榮-光復	180	180	270	180	180	270
光復-富源	360	360	570	330	360	570
富源-瑞穗	270	300	390	270	300	390
瑞穗-三民	270	270	390	270	270	390
三民-玉里	390	420	480	390	420	480
玉里-東里	270	300	300	270	240	300
東里-富里	360	420	630	360	420	630
富里-池上	210	240	330	210	240	300
池上-關山	390	420	630	390	420	630
關山-瑞源	330	330	540	330	330	540
瑞源-鹿野	180	180	270	180	210	270
鹿野-山里	210	240	300	210	240	300
山里-臺東	300	300	360	300	300	360

8.2.5 號誌安全時距

本案例依照第 3.2.5 節所述之方式進行號誌安全時距設定，其中志學、壽豐、南平、光復、富源、關山、瑞源以及雙軌化後之池上等站皆受到無待避功能車站的影響，須根據公式(3.1)、(3.2)以及交通組成來調整其號誌安全時距，其平均進離站時距調整結果如表 8.11 所示。

表 8.11 調整後的號誌安全時距（現況）

單位：秒

下行（往花蓮）			上行（往臺東）		
站名	時距種類	調整後的時距	站名	時距種類	調整後的時距
志學	離站	240	志學	進站	240
壽豐	進站	240	壽豐	離站	240
	離站	250		進站	248
南平	進站	254	南平	離站	246
光復	離站	248	光復	進站	246
富源	進站	240	富源	離站	240
關山	離站	243	關山	進站	240
瑞源	進站	240	瑞源	離站	240

表 8.12 調整後的號誌安全時距（雙軌化後）

單位：秒

下行（往花蓮）			上行（往臺東）		
站名	時距種類	調整後的時距	站名	時距種類	調整後的時距
志學	離站	261	志學	進站	261
壽豐	進站	253	壽豐	離站	253
	離站	257		進站	261
南平	進站	261	南平	離站	253
光復	離站	272	光復	進站	278
富源	進站	268	富源	離站	264
池上	離站	274	池上	進站	267
關山	進站	282	關山	離站	286
	離站	267		進站	267
瑞源	進站	268	瑞源	離站	268

8.3 路線容量分析與結果比較

透過容量分析軟體，可分析表 8.1 與表 8.2 中各分析範圍之路線容量，容量分析的操作過程可參考 4.3 節，花東線現況與雙軌化後之分析結果如表 8.13 與表 8.14 所示。由表中可得知，花東線現況因部分區間仍為單軌，雙向整體容量表現每小時僅有 2.7 列車，而雙軌化後雙向整體容量表現提升至約每小時 12.56 列車，約成長 3.65 倍，對於容量瓶頸著實大幅改善。

表 8.13 花蓮－臺東容量分析結果（現況）

分析範圍	線別（方向）	路線容量 （列車/小時）	雙向整體容量表現 （列車/小時）
花蓮－壽豐	主正線	3.48	2.7
壽豐－南平	東正線（下行）	8.62	
	西正線（上行）	9.22	
南平－萬榮	主正線	7.88	
萬榮－光復	東正線（下行）	12.01	
	西正線（上行）	10.19	
光復－瑞穗	主正線	3.46	
瑞穗－三民	東正線（下行）	9.86	
	西正線（上行）	9.72	
三民－玉里	主正線	4.54	
玉里－東里	東正線（下行）	9.23	
	西正線（上行）	8.52	
東里－山里	主正線	2.7	
山里－臺東	東正線（下行）	12.31	
	西正線（上行）	11.42	

表 8.14 花蓮－臺東容量分析結果（雙軌化後）

分析範圍	方向	路線容量 (列車/小時)	雙向整體容量表現 (列車/小時)
花蓮－吉安	東正線（下行）	9.03	12.56
	西正線（上行）	9.26	
吉安－志學	東正線（下行）	8.49	
	西正線（上行）	8.78	
志學－壽豐	東正線（下行）	6.86	
	西正線（上行）	7.1	
壽豐－南平	東正線（下行）	6.19	
	西正線（上行）	6.37	
南平－鳳林	東正線（下行）	8.12	
	西正線（上行）	8.39	
鳳林－萬榮	東正線（下行）	8.08	
	西正線（上行）	8.35	
萬榮－光復	東正線（下行）	8.08	
	西正線（上行）	8.35	
光復－富源	東正線（下行）	6.74	
	西正線（上行）	6.82	
富源－瑞穗	東正線（下行）	7.89	
	西正線（上行）	8.16	
瑞穗－三民	東正線（下行）	7.86	
	西正線（上行）	8.13	
三民－玉里	東正線（下行）	7.4	
	西正線（上行）	7.65	
玉里－東里	東正線（下行）	7.6	
	西正線（上行）	7.92	

分析範圍	方向	路線容量 (列車/小時)	雙向整體容量表現 (列車/小時)
東里－富里	東正線（下行）	6.97	
	西正線（上行）	7.21	
富里－池上	東正線（下行）	8.49	
	西正線（上行）	9.05	
池上－關山	東正線（下行）	6.43	
	西正線（上行）	6.49	
關山－瑞源	東正線（下行）	6.76	
	西正線（上行）	6.69	
瑞源－鹿野	東正線（下行）	6.79	
	西正線（上行）	7.11	
鹿野－山里	東正線（下行）	8.75	
	西正線（上行）	9.05	
山里－臺東	東正線（下行）	8.89	
	西正線（上行）	9.19	

第九章 結論與建議

本計畫回顧了國內外容量分析相關實務案例與規範等文獻，並透過本所容量分析方法進行五個實務案例分析，從整個過程中獲得以下結論與建議。

9.1 結論

1. 容量分析是鐵路建設計畫中不可或缺的一環，根據國外經驗，相關單位會定期檢視現有鐵道系統之容量是否滿足旅運需求，以提出後續的建設計畫，而政府機關則透過規範文件與審查機制，以完善的制度確保鐵路建設能提供期望之運能。
2. 原有臺鐵路線容量計算公式已不適用，而顧問公司又難以採用臺鐵現行評估容量的方法，經比較，本所「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」的複線連續區段路線容量分析模式之演算流程（如圖 2-13），和臺鐵現行作業方式（如圖 2-11）的運作流程與邏輯相同，適合做為未來路線容量分析的工具。
3. 經重新校估後，連續區段容量分析之運轉寬裕時間係數的建議值為 0.2，且在本計畫的五個實務案例中，採用此數值所獲得的分析結果皆符合臺鐵局的認知。
4. 從七堵—樹林路段案例中可知，調整交通組成雖是有效的容量改善方法，但需考量實際運輸需求，使用上較為受限；號誌系統升級雖是有效，但是成本較高；而減少列車速差和增設待避線則可視情況用來改善容量，短區間適用前者，長區間適用後者。
5. 根據鶯歌—埔心路段和民雄—中洲路段案例分析的結果，國內鐵路立體化建設造成路線容量下降的主因是增設通勤站，而實務上會搭配調整原有路線和車站的軌道配置來降低衝擊，除讓鐵路立

體化前後之路線容量儘量保持相同水準外，也必須考慮未來營運發展之需求。

6. 在大肚溪南號誌站案例中，對於有複雜路徑交會的車站，以立體交叉來減少平面交叉，可有效改善路線容量。
7. 透過花蓮—臺東路段案例分析，可知雙軌化對路線容量提升有極大的幫助，預計在雙軌化後可提供單向每小時約 6 列車之運能，有助於滿足未來的旅運需求。
8. 綜整七堵—樹林路段、鶯歌—埔心路段和民雄—中洲路段等三個案例分析的結果，路線中的無待避功能車站是造成容量瓶頸的主因，不僅增加了整體號誌安全時距，同時也增加區間車和對號車的運轉時間差異，兩因素皆對路線容量有不利影響，若路線中有連續多座無待避功能車站，則對路線容量影響更鉅。
9. 本計畫的五個實務案例，可做為目前鐵路立體化審查作業要點中之容量分析工作的範例，並供未來其他鐵路建設計畫之參考依據。

9.2 建議

1. 國內在鐵路建設審查相關規範仍有待精進，尤其在路線容量分析方面，而國外相關制度值得借鏡，例如：每年定期檢視鐵道容量是否滿足未來旅運需求、出版相關指南或手冊來規定規劃報告中應具備的分析項目，同時審查過程所檢核的內容也能與之對應。建議後續應適時納入研究計畫中來研析推動。
2. 有鑑於目前國內相關審查作業要點中，並無路線容量分析方法之規範，爰在後續要點修正案中，建議參考本所「臺灣鐵道容量手冊」，及民國 111 年 3 月出版之「捷運路網規劃參考手冊」辦理相關評估分析作業，俾利完備計畫之審議作業。

3. 建議未來鐵路相關建設在規劃時，應避免連續設置一座以上之無待避功能的車站，而導致路線容量過低，甚至可進一步研究新增車站的設置標準，並納入相關規範中。同時也建議檢視現有路線是否有連續無待避功能車站之區間，若有容量不敷使用之情況，可考慮在合適的車站中增設待避線來進行改善。
4. 根據本計畫案例分析之經驗與教育訓練所蒐集的使用者回饋意見，建議將來在鐵道容量分析軟體改版時，可開發以下功能：
 - (1) 新增圖像化的路線參數編修功能，讓使用者容易檢視與設定路線、車站與運轉方式等參數。
 - (2) 強化車站參數編輯功能，提供更彈性的車站軌道配置設定。
 - (3) 自動考量第 IV 類車站的影響進行容量分析，不需讓使用者自行合併前後區段來建立專案。
 - (4) 將本計畫提出的特殊場站容量分析程序，加入成為容量軟體的分析功能之一。
 - (5) 在符合模式的假設條件下，讓使用者能自訂分析範圍，並在分析完成後自動彙整分析結果。
 - (6) 讓容量軟體可以匯入 Excel 檔或文字檔來建立專案，以提高參數設定的效率。
 - (7) 建立臺鐵參數資料更新機制，以確保資料的即時性與正確性，短期可透過人工蒐集資料進行更新，長期則可考慮配合臺鐵數位化轉型來建立自動更新機制。
 - (8) 在軟體中納入呈現時空圖樣本之功能，供應用單位審視。
5. 目前在傳統暨區域鐵路容量分析模式中，假設列車到達車站後會維持原方向繼續開往下一站，然而這僅適用於一般車站的營運狀況。實際上若是在末端站，列車到站後會占用站內軌道進行整備，再往反方向駛出繼續下一趟運輸服務，此情況與模式假設不同。此外，編組站則更為複雜，列車到達編組站後，可能占用站內軌

道進行整備，亦可能駛入調車場。故未來應進一步考慮末端站和編組站的運作方式來發展容量分析模式，可用來評估車站內的軌道配置數量是否能符合實務上的營運需求。

6. 對於站內同方向有兩股道的車站，目前容量模式假設列車會交替使用股道，但若其中只有一股道臨月臺面，而另一股道僅供列車通過，以現有模式無法精確分析，亦即針對主正線與副正線有特定用途的情況，必須發展更細緻的容量模式來反映此因素。
7. 目前容量模式僅探討客運的容量，但實際上臺鐵兼營客、貨運輸業務，對於貨運量較大的路線，則必須考慮貨運列車的影響，以及供貨運列車待避的副正線，才能更精確地評估容量，同時亦可檢視運轉寬裕係數是否需因應調整。
8. 建議應將鐵道容量分析課題列為長期固定的研究工作，並因應政府未來欲推動的鐵路建設計畫來研擬研究課題，此外亦需定期為顧問公司舉辦教育訓練、維護容量分析軟體、更新容量手冊內容，以符合國內鐵道建設所需。

參考文獻

1. 交通部運輸研究所，**2019 年臺灣鐵道容量手冊**，民國 109 年 1 月。
2. 交通部運輸研究所，**傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體之升級改版與推廣作業（1/2）**，民國 107 年 7 月。
3. 交通部運輸研究所，**運輸系統容量分析暨應用研究－軌道系統（1/4）**，民國 96 年 4 月。
4. 交通部臺灣鐵路管理局網頁，<https://www.railway.gov.tw>。
5. 交通部鐵道局，**花東地區鐵路雙軌電氣化計畫可行性研究暨綜合規劃及配合工作技術服務綜合規劃報告**，107 年 6 月。
6. 交通部鐵道局網頁，<https://www.rb.gov.tw/>。
7. 桃園市政府捷運工程局網站，<https://dorts.tycg.gov.tw/>。
8. ARTC, **2021 Hunter Valley Corridor Capacity Strategy**, 2021.
9. Capability for Rail 官網, <http://www.capacity4rail.eu/>
10. City Rail Link , **City Rail Link Business Case**, 2015.
11. Department for Transport, UK, **The Transport Business Cases**, 2013.
12. European Commission, **Review of existing practices to improve capacity on the European rail network Guidelines for installation and maintenance of sensors in new infrastructure**, 2017.
13. Infrastructure Australia, **Assessment Framework**, 2018.
14. Metrolinx, **Business Case Manual Volume 2: Guidance**, 2018.
15. Metrolinx, **Ontario Line Preliminary Design Business Case**, 2020.
16. Ministry of Transport, New Zealand, **Auckland Transport Alignment Project**, 2021.

17. NZ Transport Agency, **Investment Assessment Framework 2018–21 NLTP**, 2018.
18. Ohio Department of Transportation, **OASIS Rail Conceptual Alternative Solutions**, 2016.
19. Oregon Department of Transportation, **Transit Development Plan Guidebook**, 2018.
20. Transport for the North, **Final Strategic Transport Plan**, 2019.
21. TRL Ltd., **Illustration of the application of capability trade-offs using data from selected routes**, 2017
22. United States Department of Transportation Federal Transit Administration, **Rail Capacity Improvement Study for Heavy Rail Transit Operations (Report 0035)**, 2018.

附錄 A 歷次工作會議紀錄

「應用鐵道容量分析方法進行營運改善規劃」

4 月份工作會議紀錄

一、時 間：110 年 4 月 6 日(星期二)下午 2 時 30 分

二、地 點：交通部運輸研究所七樓運輸規劃科技研究室

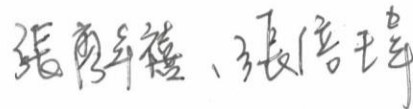
三、主持人：張組長舜淵



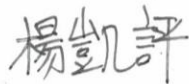
紀錄：黃笙琄

四、出(列)席單位及人員：

交通部鐵道局



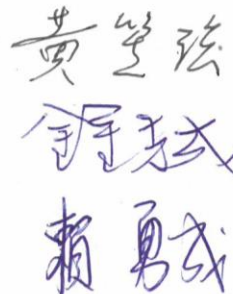
交通部臺灣鐵路管理局運務處



本所運計組



財團法人中興工程顧問社



五、主席致詞：(略)

六、簡報內容：(略)

七、會議要點：

1. 本計畫的重點在於容量分析方法的實務應用，因此文獻回顧應著重於應用面的探討，而非方法論的比較，尤其是國內鐵道建設在可行性研究、綜合規劃等階段，是否使用鐵道容量手冊進行路線容量分析，並據以進行相關設施之檢討以及如何強化鐵道容量之應用及推廣的方法。
2. 請作業單位協助蒐集近年來國內鐵道建設的可行性研究、綜合規劃等相關報告。
3. 有關本計畫的案例分析對象，經與會單位討論決議如下：已立體化之路段為臺北都會區、正在進行立體化之路段為桃園地下化、瓶頸路段則是嘉義到臺南區間，此外增加山海線於大肚溪南交會後至彰化的案例。
4. 本計畫的目的在於彰顯運用鐵道容量手冊分析之重要性，並提出後續推廣及應用之精進作為，且對於案例分析應能提出具體的改善建議，上述 4 個案例路段，如研究團隊檢討有更適合之路段可提出來修正。
5. 本計畫後續要辦理成果說明會或教育訓練，請研究團隊進一步就參與對象、目的進行評估，於下次工作會議說明。

八、散會

「應用鐵道容量分析方法進行營運改善規劃」
5 月份工作會議紀錄

一、時 間：110 年 5 月 10 日(星期一)上午 9 時 30 分

二、地 點：交通部運輸研究所七樓運輸規劃科技研究室

三、主持人：張組長舜淵 楊幼文代 紀錄：黃笙玗

四、出(列)席單位及人員：

交通部鐵道局

張慶年 張信璋

交通部臺灣鐵路管理局(運務處)

楊凱評

本所運計組

楊幼文 劉昭榮

財團法人中興工程顧問社

黃笙玗 李昆育 賴勇成
鍾志誠

五、主席致詞：(略)

六、簡報內容：(略)

七、會議要點：

1. 本計畫所蒐集之容量實務應用文獻應分為可行性研究與綜合規劃兩類，請依照年份排序並標註計畫是否已核定。此外，請更正目前文獻編號 11-「宜蘭鐵路高架化可行性評估研究」之主辦機關為宜蘭縣政府，文獻編號 20-「臺北縣樹林地區鐵路立體化工程可行性研究」之主辦機關為臺北縣政府，並檢視編號 9 和編號 14 之計畫是否重複。
2. 鑑於民國 98 年本所首度公布臺灣鐵道容量手冊，因此建議可以此時間點為分界，檢視容量手冊公布前後國內軌道計畫是否應用容量分析方法之差異情形。
3. 在彙整實務上使用的容量分析方法時，除了「臺鐵路線容量公式」和「本所容量分析模式」之外，其餘方法皆歸類至「其他」項目中，但為利讀者瞭解，未來研究報告中建議仍須補充說明其他方法之內容。
4. 有關容量分析在可行性研究與綜合規劃中應具備的供需分析內容，建議應清楚標示需求面和供給面的分析範圍。
5. 在案例分析所需資料蒐集工作上，臺鐵機務處反映由於資料量龐大，且匯出資料相當耗時，若需提供全線一個月之 ATP 行車紀錄有困難，因此建議需縮小資料空間範圍及縮短資料天數，以利臺鐵機務處之配合提供。

6. 臺鐵局表示目前七堵至樹林在列車排點作業時，尖峰時段的列車並非在號誌常綠下運轉，因此在已立體化路段的案例分析中，運轉寬裕係數若採用 0.2 計算容量，所得結果將較符合實際路線容量，毋須對應現行時刻表的尖峰小時列車數來做調整。從分析結果可得知，該路段目前於尖峰時間已用盡其剩餘容量。此外，汐止站的軌道配置仍有改善空間，建議後續可列為案例分析並研提改善方案供決策參考。
7. 經討論之初步共識，建議期末以成果說明會形式辦理本計畫的研究成果推廣工作。
8. 建議本計畫後續工作會議簡報資料中之甘特圖，可以不同顏色區塊區分每個工項「已執行」與「未執行」進度，以確實掌握每個工項的執行情形。

八、散會

「應用鐵道容量分析方法進行營運改善規劃」

9 月份工作會議紀錄

一、時 間：110 年 9 月 1 日(星期三)下午 2 時 30 分

二、地 點：交通部運輸研究所七樓運輸規劃科技研究室

三、主持人：張組長舜淵

紀錄：李崑育

四、出(列)席單位及人員：

交通部鐵道局

張舜淵 張育年禮

交通部臺灣鐵路管理局

楊凱評

本所運計組

楊幼文 劉昭榮 楊國楨 李崑育

財團法人中興工程顧問社

黃建宏 李崑育 鍾政

五、主席致詞：(略)

六、簡報內容：(略)

七、會議要點：

1. 有鑑於本計畫已立體化、立體化進行中之路段案例名稱與實際分析範圍略有差異，為避免讀者誤解，請直接以分析範圍作為各案例的名稱較為妥適。
2. 為避免使用者誤用模式，導致分析結果不符實務認知，後續請於報告中強調，必須根據營運單位之實際軌道運用情境進行車站型式之歸類，以利獲得正確容量分析結果。
3. 本計畫主要目的在於將容量分析方法應用於實務營運改善規劃之展現，內容雖不涉及工程費用、經濟效益、用地取得和工程技術等課題之探討，惟方案內容應具有初步之可行性，始有評估及分析之價值。
4. 有關傾斜式列車降速運轉改善效益之直方圖，請加入其運轉時間數值，以利讀者理解。另考量列車過度減速將影響後續列車運行，且實務上亦不至於將傾斜式列車降速至區間車速度，而根據分析結果顯示，傾斜式列車的運轉時間增加至一定幅度後將對容量無明顯改善，因此依臺鐵實務運轉建議，在改善方案效益分析中，有關運轉時間之增加幅度最高以 30%為原則，較為合宜。
5. 在七堵到樹林路段案例的增設待避線方案中，請加強說明主要係針對瓶頸區間(七堵—南港)內之車站增設待避線進行分析，

並非包含所有車站之探討。

6. 後續在鶯歌至埔心路段案例中，請進一步探討鐵路立體化對容量造成影響的因素，以利未來辦理其他鐵路立體化計畫時，能避免相同因素對容量造成衝擊。
7. 有關民雄至中洲路段案例中之交通組成與現況有差異，其中善化以南區間車為 4 列，善化以北則小於 4 列，請與臺鐵局確認。
8. 有關大肚溪南號誌站之案例，山、海線之上、下行各路徑容量係根據交通組成比例計算，因此會反映尖峰小時之方向分布差異，但也呈現各路徑容量將隨每小時開行列車數增加而增加之特性，惟因實務上本案例路段各路徑之容量有總和上限，故各路徑之容量亦僅會有限度地增加。鑑於本案例路段之特性複雜，爰請鐵道局提供彰化鐵路高架化對於大肚溪南號誌站未來規劃的相關資料，例如：成功、追分和彰化間之路線型態（雙軌、三軌或四軌），以及設置金馬站的站場配線等，以利後續分析比較，另請將未來海線雙軌化後之運輸需求納入考量。
9. 本計畫進行多項案例分析，為利讀者易於理解與比較，各案例的分析結果呈現方式應盡量一致。
10. 針對特殊軌道配置場站，本計畫提出一般性的容量分析程序，後續報告書應補充適用情境並舉例說明，以利規劃單位參考運用。

八、散會

「應用鐵道容量分析方法進行營運改善規劃」

10 月份工作會議紀錄

一、時 間：110 年 10 月 7 日(星期四)下午 2 時 30 分

二、地 點：交通部運輸研究所 7 樓運輸經營管理科技實驗室

三、主持人：張組長舜淵

楊幼文代

紀錄：李崑育

四、出(列)席單位及人員：

交通部鐵道局

張廖年禧 張信平

交通部臺灣鐵路管理局

楊凱評

本所運計組

楊幼文 劉昭榮

財團法人中興工程顧問社

鍾志武 黃定法

五、主席致詞：(略)

六、簡報內容：(略)

七、會議要點：

1. 由於車站月臺與軌道配置會隨時間而改變，建議在呈現時加註資料取得的日期。
2. 桃園鐵路地下化的綜合規劃已經核定，因此鶯歌－埔心路段案例以該報告的規劃內容為主，分為僅新增車站與僅調整原有車站軌道配置等兩種情境進行分析探討。此外，建議在報告論述上，要說明是因為新增車站造成容量下降，所以才必須增加車站的待避功能來彌補，避免讓人誤解其因果關係。
3. 民雄－中洲路段案例的分析範圍中有多個鐵路建設計畫正在進行，但同時考量太多計畫反而難以釐清影響容量的因素，因此本案例僅考慮臺南市區鐵路地下化計畫之影響。此外，根據本計畫的分析結果，在期末報告中要建議未來鐵路建設計畫在規劃軌道配置時，應避免造成連續多車站無法追越待避，導致容量下降。
4. 建議期末報告在說明案例分析之前，先交代其執行流程與方法，包含如何判斷車站類型、如何進行參數資料前處理等，以利將來使用者可依循相同步驟，來進行其他鐵路建設計畫的容量分析工作。
5. 第二次專家學者座談會預計於 10 月底前舉辦，討論的議題有：
 1. 未來容量分析軟體的功能需求與
 2. 後續鐵道容量研究方向。

在軟體功能需求方面，可彙整今年度案例分析的經驗以及過去教育訓練的回饋意見，來研擬相關的功能需求；而容量研究建議從深度與廣度面向來發展，往深度發展可探討傳統暨區域鐵路系統折返站與編組站的容量，往廣度發展可考量其他鐵路系統的容量分析。

6. 成果說明會預計於 11 月初舉辦，若時程來不及，最晚可於期末審查會議前辦理完成。因疫情趨緩且線上會議效果可能不佳，將採實體會議辦理，邀請對象包含：政府機關、營運單位、顧問公司與大專院校等，並請作業單位在文案上多加著墨，以增加吸引力。

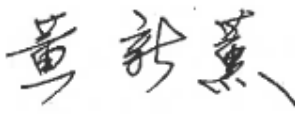
八、散會

附錄 B 第一次學者專家座談會議紀錄

「應用鐵道容量分析方法進行營運改善規劃」案第一次學者專家 座談會議紀錄

一、時 間：110 年 6 月 24 日(星期四)上午 9 時 30 分

二、地 點：本所 7 樓運輸規劃科技研究室(視訊會議)

三、主持人：黃副所長新薰  紀錄：黃瑩琰

四、出(列)席單位及人員：(本所以外人員如 google 表單簽到)
交通部運輸研究所林前所長信得

南台科技大學行銷與流通管理系李教授治綱

成功大學土木工程學系李教授宇欣

交通部鐵道局楊副局長正君

交通部臺灣鐵路管理局朱副局長來順

交通部路政司鐵工科魏科長瑜

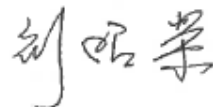
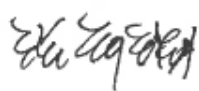
交通部路政司

交通部鐵道局

交通部臺灣鐵路管理局

財團法人中興工程顧問社

本所運計組



「應用鐵道容量分析方法進行營運改善規劃」案第一次學者專家座談會簽到單 (google表單)

時間戳記	單位	職稱	姓名
6/24/2021 9:21:47	交通部運輸研究所	副研究員	王勁暉
6/24/2021 9:23:54	國家運輸安全調查委員會	諮詢委員	林信得
6/24/2021 9:25:32	財團法人中興工程顧問社	研究員	李崑育
6/24/2021 9:26:40	台大土木系	教授	賴勇成
6/24/2021 9:27:03	鐵道局	助理工程員	張倍瑋
6/24/2021 9:27:07	國立成功大學	教授	李宇欣
6/24/2021 9:27:10	鐵道局	工程司	張廖年禧
6/24/2021 9:27:23	鐵道局	簡派正工程司	謝金玫
6/24/2021 9:27:31	成功大學/南台科大	兼任教授	李治綱
6/24/2021 9:27:38	台鐵局	副局長	朱來順
6/24/2021 9:28:43	中興工程顧問社	主任	鍾志成
6/24/2021 9:28:52	鐵道局	副局長	楊正君
6/24/2021 9:29:18	運計組	副研究員	楊國楨
6/24/2021 9:30:22	交通部路政司	科長	魏 瑜
6/24/2021 9:30:58	交通部路政司	視察	邱傑閔
6/24/2021 10:11:05	財團法人中興工程顧問社	研究員	黃笙玟

五、主席致詞：（略）

六、簡報：（略）

七、出席人員發言要點：

單位/姓名	意見	中興社回應
交通部運輸研究所林前所長信得	規劃單位所提鐵道容量之供給面和需求面的分析內容太過抽象，建議用具體案例來說明應具備的供需分析內容，以供未來相關計畫參考依循。	後續將嘗試從目前回顧的報告中，找具有較完整分析的案例，來補充說明應具備的供需分析內容。
	建議後續應比較臺鐵公式與運研所容量分析方法計算結果之差異，以說明為何要使用運研所容量分析方法。	遵照辦理。
	簡報 P29 (原提供簡報檔案 P28) 下行整體容量表現原先為 10.17 變為 9.84，其差異原因為何？請補充說明。	由於在提供簡報檔後，本案仍持續進行，因此會根據最新的進度調整簡報內容。前後版本對於案例的容量分析結果有所差異，主要原因如簡報 P.21 所述，補充考量合併區間所忽略的號誌安全時距，另外在計算上行南港→七堵西正線在間，多考量了貨運列車的影響。

單位/姓名	意見	中興社回應
交通部運輸研究所林前所長信得	簡報 P38 案例中提及減少列車速差及升級號誌系統會提升容量，但在實際營運時，是否會造成列車進入某特定區段內號誌與時速突然改變，讓駕駛行為不一致？請補充說明。	若如簡報所示，由三位式號誌升級為四位式號誌，則司機員同樣是以目視方式遵照路旁號誌號誌指示行駛，對駕駛行為影響不大。
南臺科技大學行銷與流通管理系李教授治綱	國外類似的文件或報告都會詳細要求參考資料，舉例來說，英國的 Gateway Review 對每階段參與單位須提出來的資料皆有明確說明；澳洲昆士蘭省的 business case workbook 要求可行性分析的整體架構；西澳審查報告針對各工作項目勾選進行審查並給予最後評分；中國提供鐵路驗證項目、記錄可行性研究和設計文件建制辦法。建議運研所和交通部建立制度，以利顧問公司提出更完善的規劃報告。	感謝李老師提供國外相關經驗，會後將取得相關資料進行整理回顧，作為未來運研所和交通部建立相關制度之參考。
	在進行可行性研究與綜合規劃時，若為營運中的系統，使用運研所容量分析模式是否能直接引用實際資料來設定相關參數？有些鐵路系統在不同車站會採用不同的號誌安全時距，臺鐵則給予一定值，研究團隊的建議為何？臺鐵目前使用的號誌安全時距，與運研所容量分析模式中各站皆停的假設是否相互對應？另外各站皆停的假設，每停一站將會增加 1 分多鐘時間，看時空圖是否會造成影響，請研究單位釐清此問題。	1. 運研所容量分析模式可以用實際資料來設定相關參數。 2. 臺鐵並非所有車站都採用相同的號誌安全時距，對於配置較差的車站也是有較長的時距。 3. 運研所容量分析模式僅在計算號誌安全時距時，才有列車各站皆停的假設，而後續評估容量時，則會根據列車是否有停站進行分析，若直接採用臺鐵提供的號誌安全時距，反而讓分析結果更符合實際情況。

單位/姓名	意見	中興社回應
南臺科技大學行銷與流通管理系李教授治綱	臺鐵現行的容量分析程序、運研所連續區段容量分析模式，與 UIC 406 均以時空圖探討容量，惟容量分析軟體最終僅提出連續區段容量的數字但未提供時空圖，建議未來可以增加時空圖供檢視。	由於容量分析軟體進行模擬分析時，單次模擬便有高達上千部列車，繪於時空圖上將呈現許多密密麻麻的列車線，使肉眼無法輕易判讀與後續分析，故過去一直沒有提供時空圖，若未來有容量軟體更新相關工作，可將檢視時空圖的需求納入。
	簡報中個案內容過於簡略，即使正文中無法詳列過程，應於附錄內詳細說明各步驟，讓讀者了解如何處理所面對的案例。	簡報較無法呈現詳細的步驟說明，將會詳述於期中報告中。
	工作項目中有列出本案需針對鐵道容量手冊中之參數與實務資料進行校估，本次座談會內容尚未看到此項成果。	本計畫已根據容量分析結果和實務狀況比較，對運轉寬裕係數進行校估，將於期中報告中說明。
國立成功大學土木工程學系李教授宇欣	簡報 P13 臺鐵目前路線容量方式之缺點為何？為何要求顧問公司用運研所容量分析模式？請補充說明。	1. 臺鐵目前評估路線容量的作業中，必須處理列車之間的衝突，是具有一定複雜度的專業工作，須由臺鐵專業人員使用臺鐵專用的排點系統才能勝任，對一般顧問公司來說，操作上門檻甚高。 2. 過去顧問公司常用的臺鐵經建公式已不適用，而臺鐵現行做法對顧問公司來說門檻太高，因此建議採用運研所容量模式，其分析程序與臺鐵評估路線容量的作業相似，且透過軟體的輔助，可讓顧問公司員工較易上手來進行容量分析。

單位/姓名	意見	中興社回應
國立成功大學土木工程學系李教授 宇欣	簡報 P28 中先續行列車發生比例如何計算？請補充說明。	以先續行列車均為傾斜式自強號為例，根據簡報 P17 所述之交通組成，上行方向的 11 列列車中，傾斜式自強號占 2 列，故先行列車為傾斜式列車之機率為 $2/11$ ，續行列車為傾斜式列車之機率也為 $2/11$ ，所以此先續行列車組合的發生比率為 $(2/11) * (2/11)$ 得 0.03，以此類推來計算簡報 P28 表格中的數值。
	簡報 P29 中對於整體容量表現之計算，係將中正線與西正線容量相加後，再與南港發車能力進行比較，取其中較小者做為整體容量，但股道於汐止站之上下行是衝突的，是否可直接相加求得整體容量？請針對此共用股道進行說明。	本計畫進行容量分析時有考慮上下行共用軌道的衝突狀況，模式中以上下行列車輪流使用來進行計算。另外，由於中正線與西正線列車於南港站出站時，有競爭容量的情況，因此不能直接相加求得整體容量，還必須考量南港站的發車能力，其中較小者才能代表整體容量。
	簡報 P12 頁中臺鐵路線容量公式說明「未考量班表車種組成比例」，但於簡報 P13 臺鐵路線容量評估方式中提及臺鐵「根據現況車種組成比例於區間中加入列車」，兩者是否衝突？請補充說明。	簡報 P12 與 P13 分別為不同的容量評估方法，簡報 P12 的臺鐵公式中確實未考量班表車種組成的比例，而此公式目前臺鐵已不再使用，取而代之的是簡報 P13 的分析程序。
交通部鐵道局楊副局長 正君	期望後續相關計畫進行時，鐵路路線改善不再只限於規劃定案後才進行容量分析，建議於規劃階段即考量不同情境進行容量分析評估。	規劃階段確實需分析不同情境的容量，作為方案選擇的考量因素之一，相關意見將納入後續建議之中。

單位/姓名	意見	中興社回應
	贊同制定容量分析方法標準，以免審查過程與分析過程造成不必要之困擾。其實「鐵路平交道與環境改善建設及周邊土地開發計畫審查作業要點」中，第五條第三項第二款之1提及之「鐵路營運及行車計畫建議」實包含營運的供給與需求量，可研議是否需要展開此條文使其解釋得更為詳盡。	後續將考量是否從該條文著手訂定更詳盡的規定。
	後續運研所容量分析模式要成為官方標準的分析工具，尚須透過實務案例檢核確認，但目前案例分析與驗證太少，應大量套用在臺鐵現行狀況，同時邀請臺鐵局與顧問公司來確認此工具是否符合需求、使用上是否便利，並建構標準化作業流程。	本計畫將會用運研所容量分析模式評估已立體化、正在進行立體化以及瓶頸路段之容量，並探討瓶頸原因與改善方案，以充實案例數量，過程中會與臺鐵局討論，最後會辦理成果說明會，邀請顧問公司一同參加交流。
	容量分析工具如何應用於規劃階段？實務規劃階段會遇到許多場站布設條件、號誌限制與閉塞區間等，在空間條件受限的條件下，應用此工具若可解決此問題，相信是非常好的方式。如同基隆輕軌研究案及彰化鐵路高架化案(軌道數目及匯集山海線位置)可成為很好的研究案例。	本計畫係以臺鐵為對象，故未包含基隆輕軌，但有關彰化鐵路高架化案，後續將會針對成功—彰化及追分—彰化段進行案例探討。
交通部臺灣鐵路管理局 朱副局長來 順	臺鐵局已不用簡報 P12 之容量公式，目前均使用 P13 所述之程序進行容量分析。此外，亦肯定運研所容量分析模式的重要性，期望能持續精進此模式細節，未來可讓顧問公司依循操作。	感謝副局長肯定。

單位/姓名	意見	中興社回應
交通部臺灣鐵路管理局 朱副局長來順	無論是立體化或更改路線，路線容量下降的主因是新增沒有待避功能的車站，平均增加一個新車站將因閉塞區間降低 8% 容量。	本案例之結論也是認為沒有待避功能的車站是影響容量的主因，而過去運研所容量研究也曾經用容量軟體評估過，每增加一個簡易車站，路線容量約下降一成。
	簡報 P22 所提供之四種車站型態，無法涵蓋全數車站種類，如百福車站無橫渡線，可能不符合第 IV 類車站型態。	簡報上的四種車站軌道配置為示意圖，不論有無橫渡線，只要站內僅有兩股道分別給上下行列車使用，就屬於第 IV 類車站。
	簡報 P27 先行與續行列車之間的時隔可能有問題，例如為何先續行列車同為傾斜式自強號之時隔是 240 秒，但先行改為推拉式自強號後之時隔會降低為 225 秒，請說明。	該數值應為誤植，後續將修正之。
	簡報 P38 降低高速車之速率以減少速差之建議，於實務上較不可行，解決瓶頸問題主要仍在新增車站的待避功能或橫渡線。	感謝副局長之建議，後續會將增加待避功能作為改善方案，並進行改善效益評估。
	簡報 P41 中提及之號誌增加相位與降低速差兩者是衝突的，另若在閉塞區間已經很短的情況下，應無法再新增號誌機。	該方案主要在探討若可以將號誌系統升級，則對容量提升有多少助益，並未考量其他技術限制。
交通部路政司鐵工科魏科長瑜	建議建立相關規範，例如在「鐵路平交道與環境改善建設及周邊土地開發計畫審查作業要點」中，有要求應符合「公共建設計畫經濟效益評估及財務計畫作業手冊」等相關規定，期待未來在鐵道路線容量方面也有相關的手冊或技術規範。	目前運研所在路線容量方面已經有出版鐵道容量手冊，後續將朝建立相關規範努力。
	文獻回顧部分如簡報 P10，承辦廠商幾乎皆為中興顧問公司，請說明是否僅該公司使用運研所的容量分析模式。	從簡報 P11 中可看出不僅中興顧問公司，其他顧問公司也有使用運研所容量模式。

單位/姓名	意見	中興社回應
交通部路政 司鐵工科魏 科長瑜	過去容量分析結果常與實務營運單位可提供之運能無法吻合，想進一步了解運研所容量分析結果是否真實與現況符合？請補充說明。	過去容量分析結果與實務營運單位可提供之運能無法吻合，有可能是容量分析方法的問題，或者容量分析沒有涵蓋到真正瓶頸的位置，導致無法反映實際狀況，而目前本案例的分析結果符合臺鐵局的現況。
	在容量分析軟體普及前，建議需評估使用者接受度與需求分析，如參數調整與情境假設等，如此才能讓各單位與顧問公司採用。	過去運研所辦理相關教育訓練時，便會同時蒐集使用者意見，並進行軟體改善，未來若持續辦理，軟體也會持續改善。
	簡報 P28 提及「南港站上行發車能力為 13.67 列車/小時」，請與現行班表做比較，並提供相關參數。另運轉寬裕係數部分是否可以調整或給予貨運列車寬裕使用？請考量。	1. 根據現行班表，南港站上行方向最密為每小時 12 列車，不過根據臺鐵局表示，12 列車已經是超過飽和的狀態，也就是列車運行可能會碰到黃燈甚至紅燈，若是在號誌常綠下運轉，上行方向最多為每小時 10 列車，主要瓶頸在於樹林一板橋間，相關參數將於期中報告中說明。 2. 另有關貨運列車的影響，本計畫係根據尖峰時間貨運占用了多少時間，再折減計算客運的路線容量。而不是將運轉寬裕給予貨運使用。
	運研所於 102 年即已出版鐵道容量手冊，且於 109 年進行更新改版，其中內文第八章有「南靖—中州」案例分析，但看不到詳細的操作說明，建議後續若改版時可再補充。	手冊中每個案例都有其教學目的，該案例重點在於如何處理實務上第 III 類車站的軌道運用，而其中許多軟體的操作細節已在前面案例介紹過，因此不再贅述。

單位/姓名	意見	中興社回應
交通部鐵道局	修正審查要點的程序較費時，且時程難以掌握，建議可於本計畫結案後，先行文給中央/地方政府、鐵路機構與顧問公司，說明請依照鐵道容量手冊的方法評估容量，未來於要點通盤檢討修正時，再將必要修正事項明確列出與敘述，並連結使用鐵道容量手冊的要求。	感謝鐵道局之建議。
	建議運研所需持續性舉辦鐵道容量分析的教育訓練，以滿足各界新進人員使用此軟體之需求。	若運研所後續持續辦理教育訓練，中興社將盡力協助。

八、主席結論

1. 本次學者專家均對國內鐵路計畫研究案使用運研所容量分析方法，與制定相關規範進行鐵道計畫之審核表示認同，期望後續能完備容量分析方法及修訂相關審議規範。
2. 本所未來於辦理鐵道容量相關研究計畫時，將持續加強鐵道容量分析軟體的推廣與教育訓練等相關作業。

九、散會

附錄 C 期中審查意見處理情形及簡報

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
南台科技大學 行銷與 流通管 理系李 教授治 綱	支持運研所與鐵道局合力發展鐵路生命週期各階段之規範或模板，以降低鐵路系統成功發展之風險。報告 2.1 節 P2-11 之結語，各國對於鐵道建設規劃報告的相關規範中，路線容量都是重要的關鍵議題之一，除了用來檢視系統現階段之運能，也用於預測未來系統容量上限與評估是否滿足未來旅運需求；在美國的規劃指南中，更建議了路線容量分析所應採用的方法，可作為國內制定相關原則或規範時的參考依據。	感謝審查委員之肯定。	同意承辦單位之處理情形
	P2-20 雖有對臺鐵容量公式諸多評論，並建議不繼續使用，但類似臺鐵容量簡易計算公式之文獻散見於日文與英文文獻，有物理意義也有應用價值。今藉一篇美國文獻說明，並應用於基隆-南港線增加一線之功能；以及藉瑞士小城的例子，說明臺灣都市鐵路網路之可能型態。	在學者專家座談會時，臺鐵局確實表示該局已不使用舊臺鐵公式來評估容量。雖然簡易公式仍有應用價值，但運用時須注意其前提假設，舊臺鐵公式是以單線運轉為基礎，而實際上臺鐵在雙線區間是採複線運轉，因此不適用該公式，後續於報告中強調說明。	已於期末報告中回應處理
	P2-21 建議真確描述臺鐵評估路線容量之作業流程如圖 2-9，例如：號誌時距、運轉時分、停站時間、運轉寬裕等因素；臺鐵號誌時距等實務資料之意義，期能顯現手冊方法與臺鐵實務方法之關聯。	遵照辦理。	已於期末報告中回應處理

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	P3-17 提及目前容量分析軟體尚無法評估此特殊狀況之容量，故本計畫提出了一套特殊站場之一般化容量分析程序，其流程如圖 3-18 所示，惟經查鐵道容量手冊中有許多銜接點之相關說明(如手冊之圖 2-4)，建議報告中之個案分析內容應參酌手冊妥予整合說明，若實務上有需要但手冊中無分析內容，建議補充；若手冊中有相關內容但不適用，則建議修改。	有關本計畫提出的特殊站場之容量分析程序相關內容，目前確實沒有納入手冊之中，期末報告將會建議未來應將本計畫相關成果編入手冊中。	同意承辦單位之處 理情形
南台科技大學 行銷與 流通管 理系李 教授治 綱	P3-26 為何沒有營運改善之方案內容？另營運手段可否改善瓶頸？建議應補充相關說明。	傾斜式列車降速運轉即為營運改善方案之一，而根據分析的結果也確認營運手段可改善瓶頸，另外改變交通組成也是營運手段之一，後續將補充相關分析。	已於期 末報 告中 回 應 處 理
	有關附錄 C-4 頁雖提及由於容量分析軟體進行模擬分析時，單次模擬便有高達上千部列車，繪於時空圖上將呈現許多密密麻麻的列車線，使肉眼無法輕易判讀與後續分析，故過去一直沒有提供時空圖，若未來有容量軟體更新相關工作，可將檢視時空圖的需求納入。惟鑑於手冊分析軟體最終僅提出連續區段容量的數字，未提供時空圖，建議可以增加時空圖樣本供應用單位審視。	將依審查意見，於期末報告中建議，後續研究若有容量軟體更新相關工作，可將檢視時空圖樣本的需求納入。	已於期 末報 告中 回 應 處 理
成功大 學土木 工程學 系李教 授宇欣	P2-19 建議在報告書中定義「上行」以及「下行」。	遵照辦理，於 3.1 節中定義下行列車為七堵往樹林，上行列車為樹林往七堵。	已於期 末報 告中 回 應 處 理

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
成功大學土木工程學系李教授宇欣	P2-1 由文獻所見，國外進行容量分析時，有沒有要求必須使用的方法？建議於報告中補充相關說明。	文獻中有建議容量分析所使用的方法，但沒有強制要求，將於報告中補充說明。	已於期末報告中回應處理
	P2-21 運行圖是呈現大量資訊的有力工具，亦影響使用者之接受程度，建議在軟體中納入呈現運行圖之功能，並考慮在後續報告中呈現。	由於本案的工作內容並不包含軟體開發，因此將於期末報告中，建議後續研究要開發容量軟體呈現運行圖之功能。	已於期末報告中回應處理
	P3-3 於第 II 型車站之中間股道為兩方向共用，而軟體係兩方向分別獨立分析。請補充說明軟體如何避免中間股道之容量在兩方向均被完全使用。	在模式中，對於雙向共用的股道已經有考慮對向列車的影響，並假設雙向列車輪流使用共用股道來估算容量，因此不會發生容量均被兩方向完全使用的情況。	同意承辦單位之處 理情形
	P3-1 在案例分析中，建議呈現車站之股道布設及車站型式。若使用「一般化容量分析程序」時，亦建議呈現所設計之路徑。	依審查意見呈現車站股道布設、車站型式與列車運行路徑。	同意承辦單位之處 理情形
	P3-17 於軟體四型車站之容量分析過程中，係詳細考慮前後列車間之時間隔，但於「一般化容量分析程序」中，改用平均時間隔，建議說明其考慮因素。	於「一般化容量分析程序」中仍然有考慮前後列車間之時間隔，而後續還要考量先續行列車組合的發生機率，因此最後求得的是平均時間隔。	同意承辦單位之處 理情形
	P3-8 在無待避功能之車站，通過與停靠列車之間的時距係如何處理？建議補充說明。	在無待避功能之車站，通過與停靠列車之間的時距，目前臺鐵局是採 240 秒，將於報告中補充說明。	已於期末報告中回應處理

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
成功大學土木工程學系李教授宇欣	P3-17 運轉寬裕時間係數與臺鐵所使用之寬裕係數是否接近，建議應有較深入之說明。	鐵路系統中處理寬裕可分為 run time reserve 與 headway supplement 兩部分，基本上臺鐵所提供的分析參數已經含了前者，而本計畫所考慮的運轉寬裕為後者，兩者不能混為一談。由於目前臺鐵實際上在七堵－樹林路段，尖峰時間已經是過飽和運轉，因此本計畫根據台鐵認為在常綠下運轉所能開行的最大列車數，並和模式算出的結果相比，來校估運轉寬裕時間係數。	同意承辦單位之處 理情形
成功大學交通管理科學系鄭教授永祥	請中興團隊說明目前應用鐵道容量分析方法在進行營運改善時，為何在國內推廣上仍有力有未逮的情形？ 希望針對國外文獻能有更深入的分析，尤其需蒐集國外鐵道規劃及營運機構如何應用鐵道容量分析工具評估瓶頸路段做為改善計畫研擬之相關經驗資料，以為國內參考。	近年來在一些鐵路建設的可行性研究或綜合規畫中，已經常見到顧問公司使用運研所鐵道容量軟體來分析容量，尤其是捷運系統，當然這需要一段教育訓練的過程，比較無法有立竿見影的效果，需要長期的努力。 本計畫所回顧之國外案例已涵蓋規劃及營運，後續將於報告中加強說明如何應用鐵道容量分析來研擬改善計畫，以供國內參考。	同意承辦單位之處 理情形 已於期 末報 告中 回 應 處 理

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
成功大學交通管理科學系鄭教授永祥	有關國外案例部分，除定期檢討容量政策外，後續如何進行改善的經驗也請加強說明，另其最新容量分析方法及容量檢核做法建議亦能提出說明。	國外案例若是設計階段，則會透過容量分析結果與未來旅運量相互比較後，提出建設規劃；若為營運階段，如澳洲鐵道公司，則透過營運手段提升容量，於報告中加強說明。另今年度的研究性質為實務應用，因此先前與運研所工作會議中已定調文獻回顧著重於應用面的探討，而非容量分析方法，至於容量檢核做法，將於報告中補充相關文獻。	同意承辦單位之處 理情形
	有關寬裕係數 0.2 的設定，請提出更嚴謹的說明，例如應說明不同情境下之寬裕係數值及設定條件，以利使用者參考。	有關寬裕係數的設定，可依不同的區段或情境進行校估，將於報告中補充說明。	已於期 末報告 中回 應處 理
	辦理容量分析工具之推廣說明會，建議運研所及中興團隊能與學校有效結合，使學生進入職場前能夠接受鐵道容量分析工具之基本訓練。	本次辦理的說明會非常歡迎學生和各界人士參與，若未來要將鐵道容量分析與學校課程結合，中興社也樂意提供相關協助。	同意承辦單位之處 理情形
	肯定本計畫的執行與初步成果，希望能夠持續深化以提供後續進行軌道營運機構營運改善規劃之重要參考。	感謝審查委員的肯定。	--

台灣高速鐵路股份有限公司 陳協理 信雄	文獻回顧中國外案例敘述有多處不甚通順，應為外文翻譯問題，建議全面重新檢視。舉例如下： (1)P2-4 最後一段「報告中也根據預測不同區段的乘載量，檢視以不同列車運轉模式下，2026 年至 2046 年之旅運需求」語句不順，是否應為「報告中也根據 2026 年至 2046 年之旅運需求預測，在不同列車運轉模式下，檢視不同區段的乘載容量」，請再依據原文語意檢視調整。 (2)P2-5 第一段，原為「……於 2019 年開始規劃的地鐵路線，預計將興建一條全長 16 公里共 15 站，並串聯安大略科學中心到展覽館的路線，……」，建議修改為「……於 2019 年開始規劃的地鐵路線，預計將興建一條串聯安大略科學中心到展覽館全長 16 公里共 15 站的路線，……」。 (3)P2-5 第一段，「已於尖峰時段趨於容量上限，為解決道路壅塞與地鐵容量不足的問題，新闢一條新的地鐵路線將為都會區的交通帶來紓解」，建議調整為「已於尖峰時段趨近容量上限，為解決道路壅塞與地鐵容量不足的問題，計畫新闢一條新的地鐵路線，以紓解都會區交通壅塞問題」。 (4)P2-6 末段，「其中該建設分區段執行，並規劃區段 1 至 2 間為雙軌，區段 3 至 4 間為單軌」，建議改為「該建設規劃區段 1 至 2 為雙軌，區段 3 至 4 則為單軌」。 (5)P2-10 倒數第 2 段，「若與容量提升相關之解決方案，則需明確說明營運模式與未來容量是否滿足旅運量缺口」，建議改為「若與容量提升相關之解決方案，則需明確說明營運模式與未來容量是否滿足旅運需求」。	遵照辦理。	已於期末報告中回應處理
------------------------------------	--	--------------	--------------------

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
台灣高速鐵路股份有限公司 陳協理 信雄	建議調整表 2.2 與 2.3 的呈現方式，左欄先條列各報告書名稱，再列出各報告書的類型、運用、容量分析方法，會比較容易閱讀。	遵照辦理。	已於期末報告中回應處理
	有完善審查作業規範很重要，然而由於營運機構才是最了解自身營運特性、需求成長趨勢與未來發展計畫者，相關分析先通過營運機構審核同意應更為重要，在未來期末報告時似可提出相關建議。	遵照辦理。	已於期末報告中回應處理
	P3-5 有關交通組成部分，缺少太魯閣列車，建議可將普悠瑪與太魯閣合併為「傾斜式自強號」。另建議表 3.5 需標註單位：車次/小時。	遵照辦理，將普悠瑪與太魯閣合併為「傾斜式」列車，並於表 3.5 需註明單位。	已於期末報告中回應處理
	建議全盤檢視臺鐵路網有無現行容量分析軟體無法評估之狀況，並能研議對應處理程序，或於報告書中註明。	遵照辦理。	已於期末報告中回應處理
交通部鐵道局規劃組 陳組長 慧君	鐵路容量除取決於場站及相關設施規模外，也受整體營運模式影響，而臺鐵路線營運模式相當複雜，除車種多且速度差異大之外，班次起迄點規劃以及快慢車排列順序也將影響研究範圍之區段容量，請說明本軟體係僅考量研究範圍內之路段容量，或已有將現況臺鐵環島營運模式做為系統基礎情境再進行分析計算？另班表調整與車種簡化是否也可納入容量改善方案一併評估。	運研所容量分析軟體可由使用者自行設定分析範圍，而本案例係針對七堵一樹林路段進行容量分析。後續會將車種簡化與組成調整納入容量改善方案進行評估。	已於期末報告中回應處理

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	為使運研所所提出軟體更符合臺鐵局實際所需，建議可將本模式估算成果與臺鐵局依現況評估方法所得之容量進行比較，案例除針對既有路線改善之計畫外，亦可就新線(或支線)進行比較，並向臺鐵局了解實務規劃上考量因素及造成差異之原因，以納入模式修正調整，俾提升本軟體之實用性。	目前案例分析的結果以及瓶頸所在的判定皆符合臺鐵局的認知，後續案例也將秉持相同原則來進行，若有不符合之處，將於報告中說明原因，做為未來模式修正調整之參考。	已於期末報告中回應處理
交通部 鐵道局 規劃組 陳組長 慧君	P3-12 第 3.3.1 節建立專案離型，內文有提到目前專案精靈中的參數資料為民國 107 年所蒐集建置，其中車站與交互關係參數已與現況不同。請問內建參數是否會定期更新以及其更新頻率為何？如何避免誤用或誤判？針對特殊狀況，如南港站往汐止方向出站後才有第三軌，參數可否內建調整方式等，請補充說明。	目前專案精靈中的參數資料沒有定期更新，若要避免誤用，必須向臺鐵局確認。針對第三軌之特殊狀況，需靠人工處理調整，未來報告會將相關的軟體改版功能需求，納入後續研究建議中。	同意承辦單位之處 理情形
	P3-26 報告中針對七堵-樹林間瓶頸個別改善方案做了一系列完整建議，是否可再就改善方案與效益評估進行情境分析，例如當同時調整汐止站軌道佈設及於無待避功能之車站增設待避線時，路線容量會呈現何種變化，俾利整體評估供未來政策制定參考。	將依審查意見，綜合考量多項改善方案進行效益分析，不過改善方案的組合情境有太多可能性，無法盡數列舉，因此本計畫會挑選有較佳改善效益的方案，說明綜合考量這些方案下的整體容量改善效益。	已於期末報告中回應處理
交通部 臺灣鐵路 管理局 運務處 綜合調度 所 楊組長 凱評	報告書第三章，有關七堵=汐止下行路線容量計算，請敘明該案例中汐止站所採用之軌道佈設類型，另考量因該路段路線使用率過高，建議採 IV 類型(即七堵=南港合併計算)進行計算，較符合實務運作情形。	遵照辦理。	已於期末報告中回應處理

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
交通部 臺灣鐵路管理局 運務處綜合 調度所 楊組長 凱評	簡報 P46 有關容量瓶頸改善，普悠瑪降速運轉方案之呈現方式，建議採較大級距(如 10%、20%、30%)，較能凸顯降速運轉產生之容量改善效益。	遵照辦理。	已於期末報告中回應處理
	建議增加案例分析中各容量改善方案之效益比較相關圖表，以利區分出各改善方案之優化程度，並可作為各案例未來進行工程改善之決策參考。	遵照辦理，將列表比較各項方案之改善效益。	已於期末報告中回應處理
	報告書第四章後續工作重點方向，有關桃園鐵路地下化、成功/追分-大肚溪南及嘉義-臺南等案例，應特別留意各相關車站之站場路線規劃對於未來該路段容量計算之影響。 (1)桃園鐵路地下化：鶯歌=桃園間三軌之線型規劃、鳳鳴站、及中路站之站場配線。 (2)成功/追分-大肚溪南：彰化鐵路高架化，有關金馬=彰化間之路線型態(雙軌、三軌或四軌)及金馬站之站場配線等。 (3)嘉義=臺南：臺南鐵路地下化北延案，永康、康橋、大橋等站之站場配線。	後續將會向鐵道局索取相關計畫之站場路線規劃，在案例分析中納入考量。	已於期末報告中回應處理
交通部 鐵道局	依照過去辦理各鐵路建設規劃之經驗，每家委託顧問公司所使用之評估工具不一致，且與臺鐵局評估結果也常有誤差，對此確實造成執行及審查過程中之困擾，因此若可有一套模式可作為各計畫分析路線容量之依據，將可大幅提升成果的可信度以及達到審查標準之一致性。	同意審查委員看法，此為容量系列研究努力的目標之一。	已於期末報告中回應處理

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
交通部 鐵道局	針對運研所鐵路容量分析模式，建議可列出須具備之參數項目、內容及其所需格式，並提供各參數的建議數值，以利後續可依循辦理，若報告書仍欲使用其他分析方法進行比較或分析，則應要求列出相關參數，以作為成果數值之驗證與討論依據。	遵照辦理。	同意承辦單位之處 理情形
	鐵道容量分析軟體在實際操作上，應如何界定分析範圍，因鐵路建設計畫範圍內之路線容量，會受範圍外前後場站條件之影響，因此有關擷取範圍之大小建議可說明如何劃定。	分析範圍主要是根據營運的狀況來決定，分析範圍內的車種組成應沒有明顯變化，因此通常以始發站、終點站或路線分岔處為界，來劃分分析範圍，於報告中補充說明。	已於期 末報告 中回應 處理
	本計畫期中報告之案例(臺鐵七堵～樹林區間)，及未來計畫分析案例，建議將運研所傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體之全域參數、車站參數、列車參數、交互關係參數的各數值於附錄表列供參。	依審查意見辦理，目前案例中有分別說明各項參數之數值，後續其他案例的章節中同樣也會表列各項參數設定。	同意承辦單位之處 理情形
	表 2-1 國內鐵道建設相關計畫之報告，部分內容有誤，如鐵工局樹林鐵路立體化、東港觀光鐵路等可行性研究未核定並已結案，臺鐵南港至花蓮提速改善計畫尚在綜合規劃中亦未核定，各計畫辦理內容請再洽相關機關確認後更新。	後續會再向相關機關確認後修正內容。	同意承辦單位之處 理情形
	有關本軟體軌道佈設類型目前僅規劃 4 類，且最大規模為兩島式四股道，如遇分析路段中之車站規模大於此，例如高架後之臺中車站、既有花蓮車站均為 2 島式 1 岸壁配置，是否有解決方式得以因應。	在軟體中，軌道佈設類型的設定端看實際上軌道如何被運用，若 2 島式 1 岸壁配置的車站中，同一方向之列車有兩條專屬軌道可使用，便屬於第一類車站。	同意承辦單位之處 理情形

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
台灣軌 道工程 學會 (書面 意見)	有關第 3.2.1 節車站軌道布設類型，過去容量分析軟體可選用的布設型式僅有 2 島 4 股道、1 島 1 岸 3 股道、1 島 2 股道三種類型，惟實際臺鐵車站配置存有多種型態(如 1 島 2 岸 4 股道、3 島 6 股道等)，後續軟體是否有考量納入其他型態，或允許使用者自訂型態，請補充說明。	在報告的後續研究建議中，會將擴充臺鐵車站配置型態以及使用者自訂型態等功能，列入未來軟體改版的功能需求。	同意承辦單位之處 理情形
	第 2.3.3 節運研所容量分析模式與軟體，應說明使用者不需調整進階模式之相關參數為何，然參數如均一體適用，是否會造成容量分析結果失準？	進階模式需要使用者輸入較多細節參數來計算號誌安全時距，而在本計畫中，臺鐵直接提供了號誌安全時距參數，因此可採用容量軟體的一般模式來進行分析，但仍有其他參數需要設定，例如運轉時間、停站時間等，並非一體適用，將於報告中補充說明。	已於期 末 報 告 中 回 應 處 理
本所運 資組	建議第 2 章國外軌道容量分析實務案例與規範回顧過程，可進一步蒐集各案例容量分析方法與相關參數，以及各案例在容量評估規範較完整的內容與流程，並建議將所回顧國外案例，將之與國內現行作法進行差異分析及建議研提。	國外實務案例報告中僅提及其容量分析結果，並沒有詳述其容量分析方法、內容、流程以及相關參數，已於報告 2.2.2 節中補充說明此差異。	同意承辦單位之處 理情形
	建議在 3.6 節以七堵與汐止間及樹林與板橋間為案例進行容量分析過程，蒐集臺鐵目前在此兩區間現況運行的容量狀態，盡可能在同一基礎下，先進行容量分析參數校估，以利後續 3.7 節在改善方案與效益評估作業之貼近實務應用。	本案例分析幾乎採用臺鐵局提供之參數，而運轉寬裕時間係數亦於 3.5 節中進行校估，且容量分析結果與 3.6 節所述之瓶頸所在位置都符合臺鐵局認知，後續 3.7 節便是以此為基礎進行方案評估。	同意承辦單位之處 理情形

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
本所運 安組 (書面 意見)	P4-1 有關第四章後續工作重點方向，本計畫案例以桃園都會區地下化計畫為對象，建議下半年工作會議可邀請桃園市政府捷運工程局派員共同研議。	本計畫後續的桃園鐵路地下化案例，其對象臺鐵而非捷運，過程中各項會議皆有邀請臺鐵局參與討論。	同意承辦單位之處 理情形
	P4-2 有關後續鐵道容量瓶頸路段案例分析，係探討未來新增的潛在需求如何於可行性研究或綜合規劃中因應處理之議題，故建議可於上述規劃階段，可再考慮加入都計及立體化等議題，再進行目標年整體公路容量與交通衍生量之供需分析，以為周延。	後續會有鐵路立體化相關案例，但本計畫主要探討鐵道容量，目標年整體公路容量與交通衍生量之供需分析等課題已超出本案研究範圍。	同意承辦單位之處 理情形
本所運 計組 (書面 意見)	P2-19 有關表 2.4 中之「其他」代表何種方式，建議附註說明。	表中其他方法主要為引用相關報告的數據，依審查意見附註說明。	同意承辦單位之處 理情形
	有關 2.2 節 P2-16~P2-17 之內容，建議較結構化撰寫，另有部分內容過於口語化(如：P2-17 第 8 行…這不失為一個可行作法、P2-22 倒數第 2 行…看起來)，建議略加修飾。	遵照辦理。	已於期 末報告 中回 應處理
	七堵－樹林是臺鐵路線瓶頸最嚴重且最迫切需改善之路段，建議案例分析應再詳實深入，惟該路段各項條件複雜，爰建議就目前之分析成果再與臺鐵局討論後續需精進之處，俾利做為後續改善瓶頸之可行方案。	與臺鐵局討論後，後續會進一步探討不同交通組成對容量之影響，並組合各項改善方案的容量。	已於期 末報告 中回 應處理

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
本所運 計組 (書面 意見)	考量現有鐵路相關建設計畫，對於股道配線未有深入的著墨或規劃，如立體化計畫除車站內會重新規劃月臺及股道數，在站間多半是沿用原本的閉塞區間及橫渡線配置，如此計算出來的軌道容量(目前的方法只會算站間路線容量)自然與未立體化的現況差異不大。爰建議應透過案例示範容量分析方法，找出現有配置下的容量瓶頸，並針對鐵路系統的設施(股道、號誌、橫渡線、車站月臺型式)找出能改善容量的配置方案，並於期末階段呈現不同方案間之分析比較，及改善方案的評估建議。	依審查意見辦理，於期末階段會透過容量分析找出容量瓶頸，針對鐵路系統的設施找出能改善容量的配置方案，呈現不同方案間之分析比較，及改善方案的評估建議。	已於期末報告中回應處理
	P3-1 提出七堵南港間中正線和西正線由上行列車使用，但實際上亦有下行列車會行駛中正線，建議與臺鐵局再確認本路段實際股道運用狀況。另七堵－南港間之中正線和西正線是否僅能提供上行列車使用，而中正線僅提供對號車行駛、西正線僅提供非對號車行駛，是否有更彈性更有效率之作法(例如依尖、離峰交互上、下行使用中正線)，建議補充說明。	與臺鐵局在確認後，因為上下行列車交替使用中正線，反而產生平面交叉，因此中正線僅供上行列車使用，將於報告中補充說明。	已於期末報告中回應處理
	依據 P3-2 圖 3-2，百福站與五堵站間有「五堵貨場」，但案例分析中對於交通組成未考量貨物列車，建議將貨物列車進出五堵貨場對西正線容量之影響納入考量。	本案例在分析西正線之容量，有考慮貨物列車之影響，目前臺鐵貨物列車進出五堵貨場時，西正線客運列車即無法運行，據臺鐵局表示，尖峰小時內貨運列車約會占用 25 分鐘，僅有 35 分鐘可供區間車行駛，因此本案例依比例來計算容量，將於報告表 3.10 中註解說明。	已於期末報告中回應處理

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
本所運 計組 (書面 意見)	案例分析中的交通組成僅有普悠瑪、自強號、莒光號及區間車，然臺鐵局另有亦屬傾斜式列車之太魯閣列車，若其性能特性與普悠瑪相似，建議報告中「普悠瑪」之列車名稱均改為「傾斜式」。	遵照辦理。	已於期 末報 告中 回 應 處 理
	P3-6 表示無待避功能之車站會將前後區段合併為一個路線區段，若採取此處理方式則似無將車站設定為第四類車站的時機(因均將前後區段合併)，建議補充說明合併區段與視為第四類車站之差異。	遵照辦理，於報告中補充說明合併區段與視為第四類車站之差異。另外，在單線區間中，第四類車站便是有交會功能之車站，並非沒有使用時機。	已於期 末報 告中 回 應 處 理
	第 3.7 節考量的改善方案，建議考量針對「縮短閉塞區間長度」或「車站間閉塞區間數量」進行分析比較，如有明顯改善效益亦可列入。	「縮短閉塞區間長度」或「車站間閉塞區間數量」等作法都屬於號誌系統改善或升級，因此案例中沒有再做區分，兩者的效益都是縮短號誌安全時距來提升容量，將於報告中補充說明。	已於期 末報 告中 回 應 處 理
	P3-9 式(3.1)之各項參數之定義，建議可於文中略作說明。	遵照辦理。	已於期 末報 告中 回 應 處 理
	P3-15 圖 3-13 號誌安全時距之「順向」是否即為「順時針」方向，亦即為「上行」而非「下行」方向，其與表 3.9 之定義是否相反，建議釐清。	圖 3-13 中的「順向」為順著車站列表中的順序，因此為七堵往樹林方向(下行)，與表 3.9 之定義相同，於圖 3-13 中註解說明。	已於期 末報 告中 回 應 處 理
	P3-22 表 3.15 鑑於「南港站發車能力」係為主導上行南港—七堵路段瓶頸之主要因素，爰建議表之上行欄位最下方增加一列「南港—七堵整體容量表現」及容量數字，俾利凸顯其關鍵性。	遵照辦理。	已於期 末報 告中 回 應 處 理

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
本所運 計組 (書面 意見)	P3-22 表 3.16 「樹林→七堵整體容量表現」主要是由樹林—南港之瓶頸容量所決定，建議可增加此結果之相關論述說明。	遵照辦理。	已於期末報告中回應處理
	P3-26 「3.7 改善方案與效益評估」雖於表 3.17 擬定數項改善方案進行分析，惟建議可搭配本容量軟體內建參數敏感度分析及情境分析之功能搭配進行改善方案之分析。	容量軟體只有在進階模式才可以進行敏感度分析及情境分析，而案例中採用的是一般模式，因此是靠人工更動參數數值來進行相關分析。	同意承辦單位之處理情形
	P3-28 「3.7.2 號誌系統升級」之改善方案，係如何藉由縮短號誌安全時距來達到號誌系統升級之作法，建議應補充相關分析說明。	該改善方案係藉由號誌系統升級達到縮短號誌安全時距，將於報告中補充說明。	已於期末報告中回應處理
主席結 論	本次提送之期中報告，經與會委員及各單位代表充分討論後，多表肯定並皆同意可予審查通過，爰有關與會委員及各單位所提意見，請合作團隊審慎檢討納入報告修正並列表回應處理情形，送交主辦單位審閱同意後，做為後續研提期末報告之依據。	遵照辦理，並感謝諸位審查委員之肯定。	--
	本次期中報告審查通過，請依契約續辦相關作業。	遵照辦理。	--



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



應用鐵道容量分析方法進行營運改善規劃 期中審查簡報

簡報人：黃笙玟

財團法人中興工程顧問社
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, INC.

中華民國一一〇年八月五日

簡報大綱

計畫背景概述

文獻回顧

已立體化路段案例分析

後續研究方向



Part 1

計畫背景概述

3

研究緣起

臺灣地區軌道系統容量研究架構
暨臺北捷運系統容量分析

軌道容量研究 - 臺鐵系統容量模式建構分析

運輸系統容量分析暨應用研究 - 軌道系統

軌道系統容量與可靠度分析研究

單線連續區段軌道容量模式分析

傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體之
升級改版與推廣作業

模式發展

軟體研發

教育推廣

研究目標：強化國內鐵道容量分析技術的實務應用

4

研究工作項目

國內外文獻回顧

已立體化路段案例分析

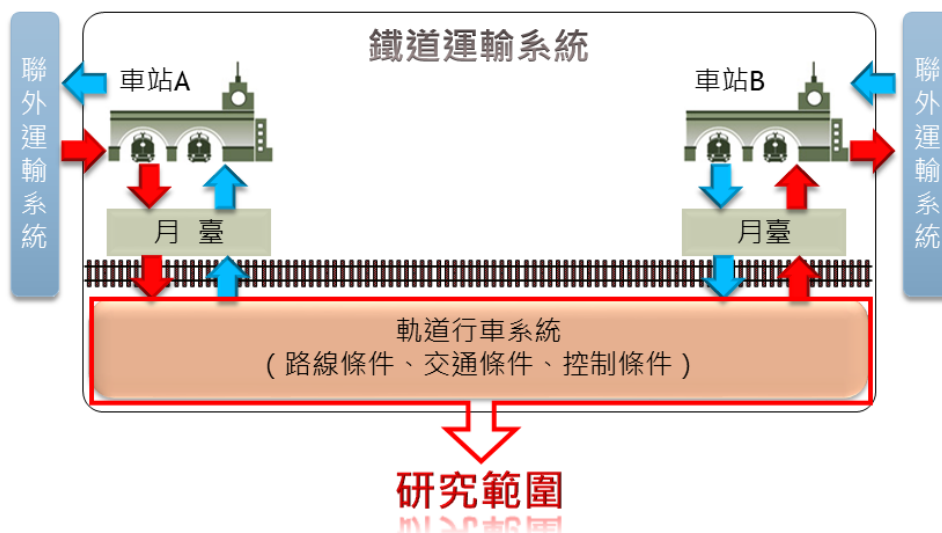
進行中的立體化路段案例分析

容量瓶頸路段案例分析

辦理成果說明會

5

研究範圍



6

研究對象

- 臺灣鐵路系統
 - 國內唯一的傳統暨區域鐵路系統

路線條件

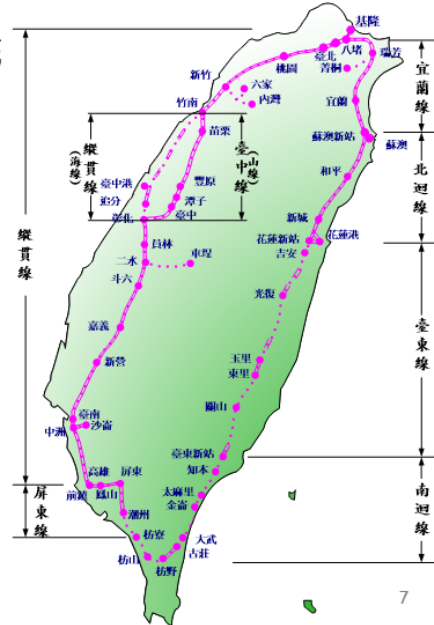
- 單、複線區間
- 部分車站內有副正線
- 屬於A型路權

交通條件

- 車種繁多
- 停站方式多樣
- 交通組成複雜

控制條件

- 三位式固定閉塞號誌
- 司機員依道旁號誌指示來駕駛



研究流程





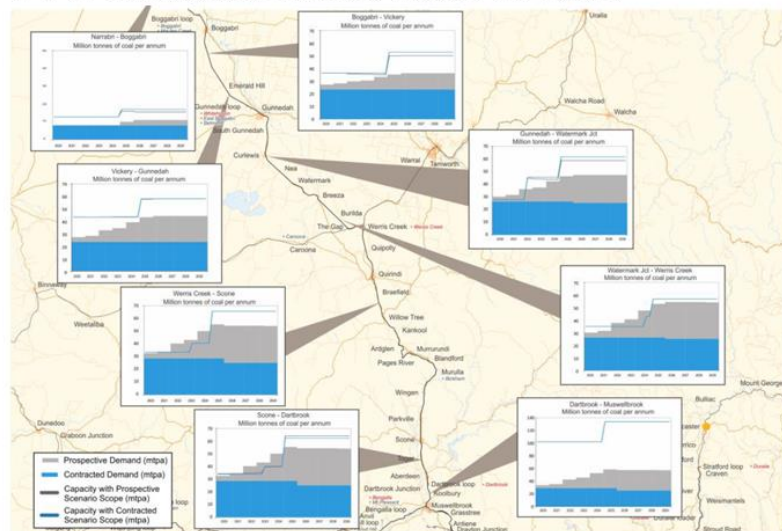
• Part 2

文獻回顧

9

國外實務案例與規範

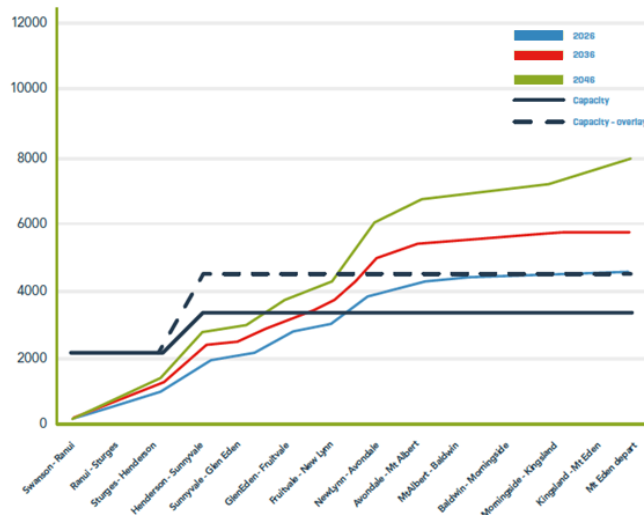
- 澳洲鐵道公司 (ARTC)：獵人谷路廊
 - 每年針對預期的運輸需求檢討容量政策



10

國外實務案例與規範

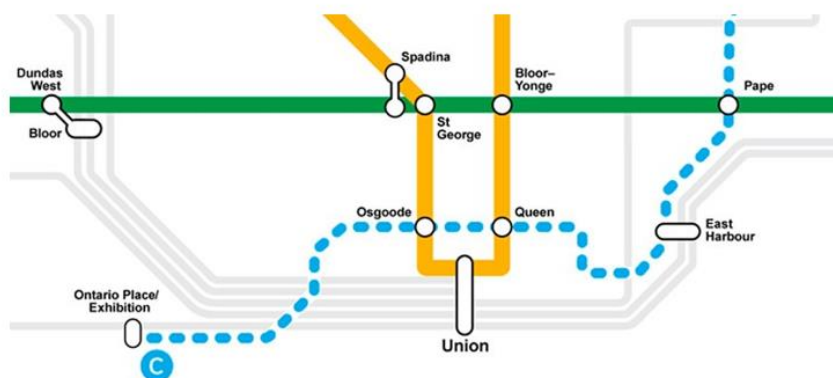
- 紐西蘭CRL公營公司：奧克蘭 City Rail Link
 - 檢核新闢路線是否能滿足運輸需求



11

國外實務案例與規範

- 加拿大公營機構METROLINX：多倫多地鐵安大略線
 - 檢核是否足以分擔既有路線之運輸需求



Ontario Line

15/10/2019
Diagram is not to scale

12

國外實務案例與規範

- Hurley Palmer Flatt (顧問公司)：美國OASIS鐵道路廊
 - 評估各種解決方案之運能



13

國外實務案例與規範

- 英國TfN：交通決策計畫
 - 解決多數路線已達容量上限的處境

	Corridor concepts under consideration	Best current		Best potential with Northern Powerhouse Rail™	
		frequency	minutes	frequency	minutes
Newcastle - Leeds	Infrastructure upgrades	3	88-95'	4	58
Leeds - Hull	Infrastructure upgrades	1	57	2	38
Sheffield - Leeds	Infrastructure upgrades and use of HS2	1	39-42	4	28
Sheffield - Hull	Infrastructure upgrades	1	80-86	2	50
Manchester - Sheffield	Infrastructure upgrades	2	49-57	4	40
Leeds - Manchester	A new line serving Bradford via Parkway or Centrally Diggle Upgrades Akin to New Line	4	46-58	6	25
Liverpool - Manchester™	A new line via Warrington Southern Parkway or Centrally A Fiddlers Ferry upgrade	4	37-57	6	26'



14

國外實務案例與規範

- 鐵路建設計畫在不同階段皆有容量分析相關應用

案例	階段	容量分析相關應用
澳洲獵人谷路廊	營運	每年根據運輸需求檢討容量政策
紐西蘭奧克蘭 City Rail Link	規劃	檢核是否能滿足運輸需求
加拿大多倫多地鐵安大略線	規劃	分擔既有路線之運輸需求
美國OASIS鐵道路廊	設計	評估各種解決方案之運能
英國TfN交通決策計畫	規劃	解決容量不足問題

15

國外實務案例與規範

- 澳洲 Infrastructure Australia : Assessment Framework

Table 29 Typical monetised benefit and cost items: Passenger transport

Private benefits and costs (for users and producers)	External benefits and costs (for the broader community)
Project costs and benefits: - Investment and ongoing project expenditure, e.g. operating expenditure, maintenance costs, decommissioning costs User value (commercial and private consumers of transport infrastructure), e.g. increased surplus from: - Timeliness/speed – Changes in travel times such as in-vehicle time and out-of-vehicle time (e.g. wait, access and transfer/boarding) - Frequency – how many services per hour - Reliability – Changes in unscheduled delays - Other quality measures – Changes in crowding (rolling stock and platform) and amenity (e.g. station, rolling stock) - Access and egress times - Safety and security (upgrade lighting, CCTV cameras) - Changes in vehicle operating costs (perceived and unperceived) - Changes in health and physical fitness - Residual values Producer value (producers of transport services and/or infrastructure), e.g. increased surplus from: - Expenditure avoided, e.g. savings in operating, maintenance, compliance and investment costs - Incremental fare box/toll revenue - Incremental costs of realising land use changes	Environmental: - Changes in values associated with environmental externalities, including noise and vibration, local air pollution, greenhouse gases (e.g. CO₂, CH₄, N₂O) - Climate change influencing existing economic, land-use and cultural activities (e.g. due to inundation, or excessive heat) Social/cultural: - Changes in values associated with aesthetics and visual amenity - Changes in heritage values, including Aboriginal sites of importance or to historic buildings, sites and landscapes Safety and network: - Changes in crash costs - Road network decongestion Other: - Competition benefits taking into account the behaviour of competitors who may have a degree of market power - Consequential costs during construction (e.g. noise, delay, congestion during, displaced economic activity etc.) - Wider Economic Benefits or Costs from agglomeration, imperfect competition and labour supply effects - Land use benefits or costs, e.g. from higher value land use, public infrastructure cost changes, etc. - Market and policy responses to climate and technological disruptions (e.g. renewable energy and carbon pricing)

Table 30 Typical monetised benefit and cost items: Freight transport

Private benefits and costs (for users and producers)	External benefits and costs (for the broader community)
Project costs and benefits: - Investment and ongoing project expenditure, e.g. operating expenditure, maintenance costs, decommissioning costs User value (commercial and private consumers of freight transport infrastructure), e.g. increased surplus from: - Timeliness/speed – Changes in freight travel times (e.g. faster loading, improved network speeds) - Increased capacity – Change in tonnes of freight transported along the network - Reliability – Changes in unscheduled delays - Other quality measures – Changes in flexibility of supply chains (e.g. ability to provide freight services when and where required) - Safety and security - Changes in vehicle operating costs (perceived and unperceived) - Residual values Producer value (producers of freight transport services and/or infrastructure), e.g. increased surplus from: - Expenditure avoided, e.g. savings in operating, maintenance, compliance and investment - Increased freight operating margin - Increased government revenue (e.g. access charges)	Environmental: - Changes in values associated with environmental externalities, including noise and vibration, local air pollution, greenhouse gases (e.g. CO₂, CH₄, N₂O) - Climate change influencing existing economic and land-use activities (e.g. due to increased extreme events) Social/cultural: - Changes in values associated with aesthetics and visual amenity (e.g. from fewer heavy vehicle movements) - Changes in heritage values, including Aboriginal sites of importance or to historic buildings, sites and landscapes affected by freight supply chains Safety and network: - Changes in crash costs (e.g. from fewer heavy vehicle movements) - Road network decongestion Other: - Competition benefits taking into account the behaviour of competitors who may have a degree of market power - Consequential costs during construction (e.g. noise, delay, congestion during, displaced economic activity etc.) - Market and policy responses to climate and technological disruptions (e.g. renewable energy and carbon pricing)

16

國外實務案例與規範

• 紐西蘭 Transport Agency : Investment Assessment Framework for the 2018-21 National Land Transport Programme

GPS PRIORITIES	LOW	MEDIUM	HIGH
	A low results alignment may be given if the activity addresses the following criteria:	A medium results alignment may be given if the activity addresses as many of the following criteria as possible:	A high results alignment may be given if the activity addresses as many of the following criteria as possible:
Safety - a safe transport system free of death and serious injury		maintains levels of safety and security	addresses a gap in levels of safety and security that can be addressed through moderate increase in investment
Access to opportunities, enables transport choice and access, and is resilient - thriving regions Access to opportunities, enables transport choice and access, and is resilient - liveable cities	maintains a customer level of service above the required level	provides an appropriate customer level of service for access to social and economic opportunities	addresses a gap in an appropriate customer level of service that can be addressed through moderate increase in investment
Environment - reduce adverse effects on the climate, local environment and public health		enables reductions in harm to the environment and people, particularly arising from transport-related air pollution and noise	- enables significant reductions in harm to the environment and people, particularly arising from land transport-related air pollution and noise - enables long term reductions in greenhouse gas emissions from land transport

- maintains a customer level of service above the required level

For public transport, 'levels of service' refers to a range of factors from service frequency to quality and placement of public transport infrastructure like bus stops. Determining the appropriate level of service for public transport, which unlike for roads, are not subject to a national standard. For the purposes of determining whether there is a gap in current levels of service, factors that could be looked at include:

- Land use and density – do services link residential areas with commercial/social/employment centres (ie places where people want to go) and does the public transport network reflect future land use intentions?
- Existing services – does demand exceed supply of services? Is there a need to increase service levels to meet demand?
- Connection – could connection in parts of the existing network be helped by increasing public transport service

17

國外實務案例與規範

• 加拿大安大略省 METROLIX : Business Case Manual Volume 2: Guidance

Table 2.3: Key Internal Drivers to the Transport Network

Driver	Analysis Approach	Potential Information Sources
 Travel behaviour	- Describe the problem or opportunity in terms of how travellers use the transport system - Quantify travel demand related to the problem or opportunity - Discuss symptoms and root causes of travel behaviour related to the problem or opportunity	- Transportation Tomorrow Survey (TTS) Data - Greater Golden Horseshoe Model (GGHM) - Corridor counts or other specific travel data
 Transport Service Provision	- Describe the state of transport service and how it connects to the problem or opportunity - Quantify service provision/performance factors related to the problem or opportunity (example: reliability, frequency, provided capacity, travel time, costs) - Discuss symptoms and root causes of poor/positive performance related to the problem or opportunity	- Corridor data - Service plans
 Transport infrastructure and Technology	- Describe the quality of the infrastructure or technology related to the problem or opportunity - Quantify key issues related to not pursuing the problem or opportunity (example: cost of business as usual, risks) - Discuss symptoms and root cause of the issue as it pertains to infrastructure	- Summary of new technology performance - State of good repair, operations, or maintenance reports - Past studies or Business Cases related to the infrastructure or technology

18

國外實務案例與規範

• 美國俄勒岡州 Department of Transportation : Transit Development Plan Guidebook

CATEGORIES OF PERFORMANCE MEASURES:

1. Availability
2. Service delivery
3. Community
4. Travel time
5. Safety and security
6. Maintenance and construction
7. Economic
8. Capacity
9. Paratransit
10. Comfort

TABLE 8-2 - TOOLS FOR QUANTITATIVE EVALUATION OF IMPROVEMENTS

METHODOLOGY	APPLICATION	DATA & RESOURCE NEEDS
Transit Cooperative Research Program [TCRP] Report 161 Method: See Table 7-2.	Systemwide	Low
Transit Planning Tools: See Table 7-2.	Geographic scale varies Large and small urban areas	High
TCRP Report 165 Methods: The Transit Capacity & Quality of Service Manual (TCQSM) includes methods for evaluating changes in transit service coverage, transit travel time, stop/station capacity, etc.	Geographic scale varies All areas	Varies
Elasticities: Elasticity factors can be used to estimate the ridership impacts of changes in fare, travel time, frequency, and speed. See Appendix B for more information.	Corridors and routes	Low

19

國外實務案例與規範

• 英國 Department for Transport : Strategic Case Supplementary Guidance

Step 1: Setting the context

Step 2: Identifying transport barriers

Step 3: Exploring options and strategic alternatives

Step 4: Exploring impacts of interventions

Step 5: Aligning with wider local plans and objectives

Step 6: Considering wider evidence and stakeholder views

Step 2: Identifying transport barriers

- 1.15 The strategic case should set out how transport issues are acting as a barrier to growth across the area or region. This should align with and draw on analysis in the economic case and narrative, including on the potential for wider economic impacts of the scheme and the transmission channels of impact.
- 1.16 It should highlight the scale of the problem and the root causes now and in the future.

Checklist questions

- What transport barriers are limiting growth in the local area or region?
- To what extent does the scheme address these barriers, raising economic performance in the local area or region?

Potential evidence

- Differences in access to services/employment/freight and how this influences economic performance
- Analysis of future demand and capacity constraints
- Congestion, connectivity, capacity and reliability impacts that impacts on the economy

20

國外實務案例與規範

- 各國對於鐵道建設規劃報告的相關規範中，路線容量都是重要的關鍵議題之一

機構	相關文件	容量相關議題
澳洲 Infrastructure Australia	Assessment Framework	成本效益分析需考量容量與服務班次等量化指標
紐西蘭 Transport Agency	Investment Assessment Framework for the 2018-21 NLTP	衡量系統改善前後之服務水準
加拿大安大略省 METROLIX	Business Case Manual Volume 2: Guidance	檢視現有運輸系統之服務水準，並於未來方案評估衡量容量是否滿足旅運缺口
美國俄勒岡州 Department of Transportation	Transit Development Plan Guidebook	容量為量化評估指標之一，建議使用TCQSM容量分析方法評估
英國 Department for Transport	Strategic Case Supplementary Guidance	透過容量分析辨識運輸障礙

21

國內相關規範

- 鐵路平交道與環境改善建設及周邊土地開發計畫審查作業要點

第五點，第（三）項，第2款，第(2)目

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

第七點，第（二）項，第4款

因鐵路立體化對整體**路線容量**及行車效率之影響分析。

- 鐵路站區立體連通廊道與平臺建設及毗鄰地區開發計畫審查作業要點

第八點，第（二）項，第3款

營運效能影響檢討：因本計畫開發對整體**路線容量**及行車效率之影響分析。

22

國內可行性研究與綜合規劃回顧

	編號	年度	主辦單位	承辦廠商	名稱	核定狀況
可行性研究 18篇	1	2004	交通部鐵工局	聯合大地	枋山至恆春區域鐵路可行性研究及先期規畫	已核定
	2	2006	交通部鐵工局	林同棧	臺鐵潮州-枋寮電氣化可行性研究成果報告	已核定
	3	2008	交通部鐵工局	美聯	宜蘭鐵路高架化可行性評估研究	已核定
	4	2008	交通部鐵工局	聯合大地	台北縣樹林地區鐵路立體化工程可行性研究	已核定
	5	2009	交通部鐵工局	中興	臺鐵南迴線鐵路電氣化可行性研究	已核定
	6	2011	交通部鐵工局	聯合大地	「臺鐵宜蘭線及北迴線改善方案先期規劃」臺鐵南港至花蓮提速改善計畫可行性研究	已核定
	7	2014	交通部鐵工局	中興	南迴鐵路高風險路段局部改線計畫可行性評估報告書	已核定
	8	2017	交通部鐵工局	中興	花東地區鐵路雙軌電氣化可行性研究	已核定
	9	2017	交通部臺鐵局	中興	「宜蘭線猴硐雙溪間現行改善工程-可行性研究」技術服務	審查中
	10	2017	交通部臺鐵局	中興	臺鐵北迴線蘇新-花蓮間瓶頸路段改善可行性研究	已核定
	11	2018	交通部鐵道局	中興	東港觀光鐵路可行性研究	已核定
	12	2019	嘉義縣政府	世曦	嘉義縣市鐵路高架化延伸計畫可行性研究報告書	民雄段通過核定
	13	2019	臺南市政府	新岳	臺南鐵路立體化延伸至永康地區暨周邊土地整合發展可行性研究	審查中
	14	2019	臺南市政府	新岳	臺南鐵路立體化延伸至善化地區暨周邊土地整合發展可行性研究	審查中
	15	2019	交通部鐵道局	中興	「基隆南港間通勤軌道建設計畫」可行性研究報告	已核定
	16	2020	彰化縣政府	鼎漢	彰化市鐵路高架化可行性研究	審查中
	17	2020	宜蘭縣政府	都市計劃學會	宜蘭鐵路立體化建設及周邊土地開發可行性研究計畫	已核定
	18	2021	臺中市政府	亞新	大臺中地區山海線鐵路雙軌高架化建置計畫可行性研究	審查中
綜合規劃 8篇	19	2008	交通部鐵工局	林同棧	臺鐵潮州-枋寮電氣化計畫綜合規劃(二)技術服務報告書	已核定
	20	2009	交通部臺鐵局	世曦	臺鐵都會區捷運化桃園段高架化建設計畫綜合規劃報告	已核定
	21	2009	交通部鐵工局	世曦	臺南市區鐵路地下化計畫綜合規劃報告	已核定
	22	2011	交通部鐵工局	世曦	臺鐵南迴線鐵路電氣化綜合規劃報告書	已核定
	23	2013	交通部鐵工局	林同棧	臺鐵南迴鐵路臺東潮州段電氣化工程綜合規劃	已核定
	24	2015	交通部鐵工局	世曦	臺鐵南港至花蓮提速改善計畫綜合規劃暨基本設計技術服務及配合工作綜合規劃報告	已核定
	25	2020	交通部鐵道局	世曦	「臺鐵都會區捷運化桃園段地下化建設計畫」綜合規劃	已核定
	26	2021	交通部鐵道局	世曦	嘉義縣市鐵路高架化延伸計畫綜合規畫及配合工作技術服務	審查中
其他	27	2018	交通部鐵道局	鼎漢	臺灣整體鐵道網規劃(三)	交通部已核備

國內可行性研究與綜合規劃回顧

- 鐵道容量手冊出版(2013年)前
 - 部分計畫並沒有進行鐵道容量分析
 - 主要透過舊臺鐵路線容量公式評估容量

類型	鐵道容量相關應用	使用方法		
		舊臺鐵公式	其他	無說明
可行性研究	沒有進行容量分析	-	-	[1,2,5]
	現況路線容量或容量利用率	[4]	[6]	-
	評估或檢核方案之容量或利用率	[4]	[3,6]	-
綜合規劃	沒有進行容量分析	-	-	[19]
	現況路線容量或利用率	[20,22]	[21]	[23]
	評估或檢核方案之容量或利用率	[20,22]	-	[23]

國內可行性研究與綜合規劃回顧

- 鐵道容量手冊出版後
 - 所有計畫都會進行鐵道容量分析
 - 多了運研所容量分析模式

類型	鐵道容量相關應用	使用方法			
		舊臺鐵公式	運研所模式	其他	無說明
可行性研究	現況路線容量或容量利用率	[12]	[7,8,9,10,15]	[14,16,17]	[13,18]
	評估或檢核方案之容量或利用率	[12]	[7,8,9,10,11,13,14,15,17]	-	[18]
綜合規劃	現況路線容量或利用率	[25,26]	[26]	-	[24]
	評估或檢核方案之容量或利用率	[25,26]	[26]	[24]	-
其他	現況路線容量或利用率	-	[27]	-	-

25

國內可行性研究與綜合規劃回顧

- 承辦廠商使用過的容量分析方法
 - 多數廠商會一種以上的容量分析方法
 - 由於沒有規範，所以基本上會採用最節省成本的方法

承辦廠商	2013年以前		2013年之後		
	舊臺鐵公式	其他	舊臺鐵公式	運研所模式	其他
中興		V		V	
世曦	V	V	V	V	V
亞新	無案例				V
林同棧		V		無案例	
美聯		V		無案例	
都市計劃學會	無案例			V	V
新岳	無案例			V	V
鼎漢	無案例			V	V
聯合大地	V	V		無案例	

26

國內路線容量評估方法

• 舊臺鐵路線容量計算公式

$$C_l = \frac{1440}{\frac{t_1 + t_0}{2} + t_s} \times \delta \times \eta \times n_t$$

C_l =路線容量 (TU/day)

t_1 =上行客貨列車所佔比例之混合運轉時分 (min)

t_0 =下行客貨列車所佔比例之混合運轉時分 (min)

t_s =辦理閉塞及號誌時間 (min)，臺鐵目前採用1.5分

δ =路線利用率，臺鐵採用0.7

η =行車制度效率因素，以兩個閉塞區間為基本值1，每增加一個閉塞區間則增加0.1

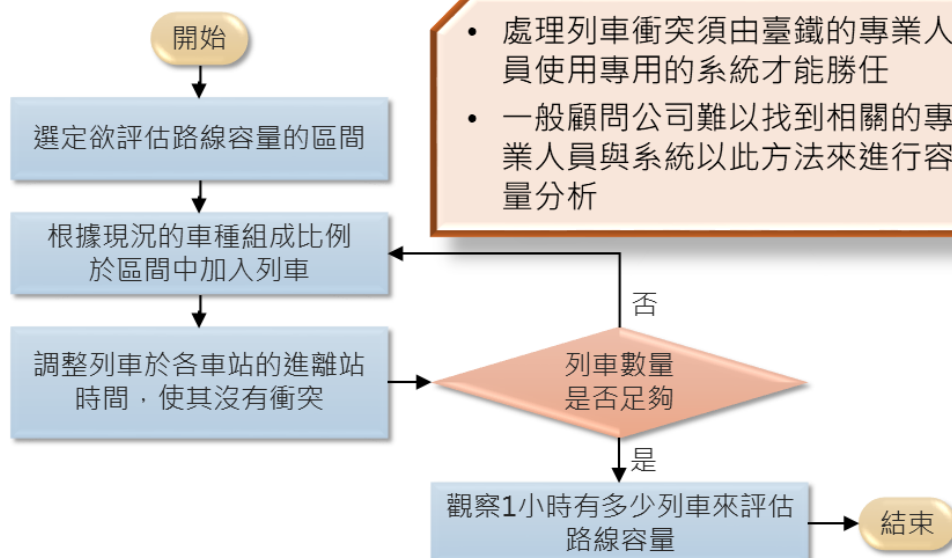
n_t =軌道數 (單軌、雙軌、三軌)

- 假設列車於每條軌道是上、下行交替運轉，但臺鐵排點時幾乎不會採雙單線運轉
- 隱含路線容量與軌道數成正比，而實務運作結果顯示並非如此
- 未考量各別車站之站場條件差異及列車平面交叉時隔
- 臺鐵局亦建議不宜再繼續採用

27

國內路線容量評估方法

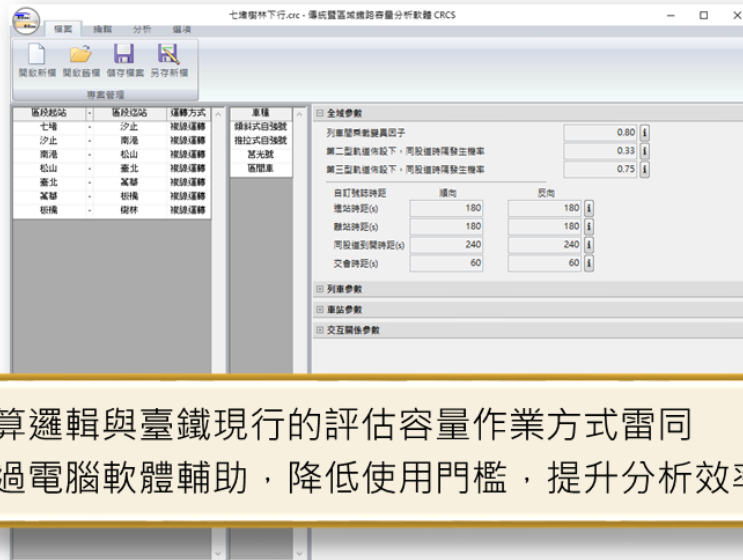
• 現行臺鐵評估容量之作業方式



28

國內路線容量評估方法

- 運研所傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體



- 演算邏輯與臺鐵現行的評估容量作業方式雷同
- 透過電腦軟體輔助，降低使用門檻，提升分析效率

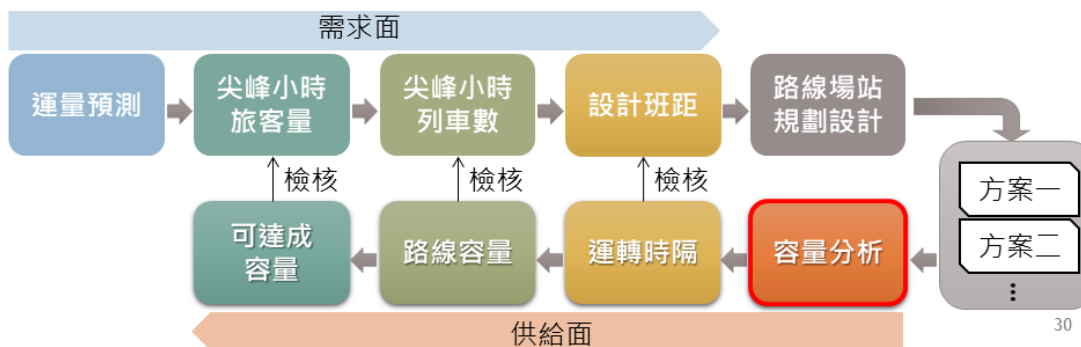
29

小結

容量分析是鐵路建設計畫中不可或缺的一環

應向國外借鏡加強國內相關制度

- 建立相關指南或手冊
- 採用運研所容量分析軟體評估路線容量
- 規定規劃報告中應具備的供需分析



30



• Part 3

已立體化路段案例分析

31

分析範圍界定

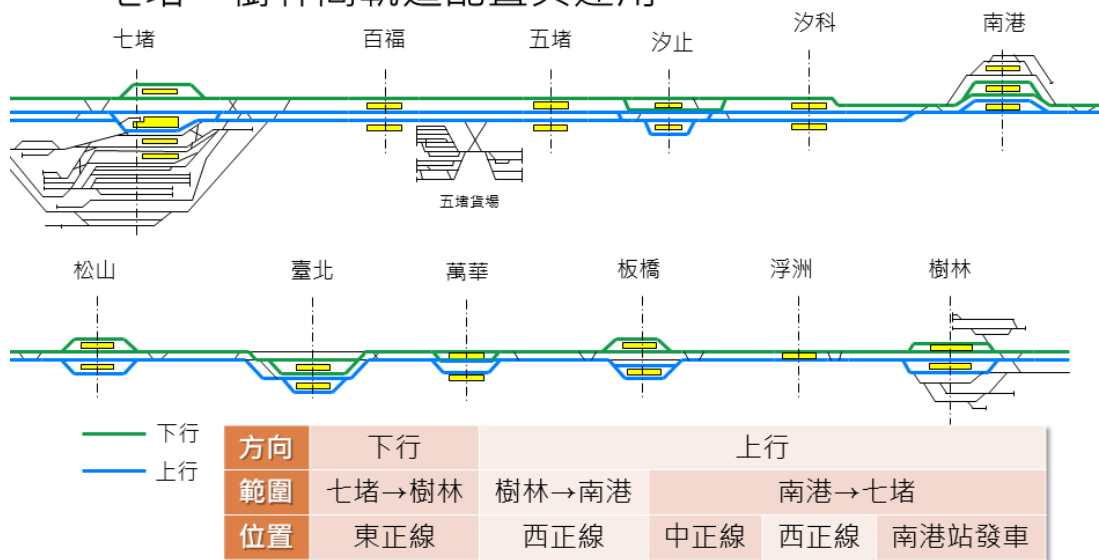
- 以七堵 - 樹林為分析對象



32

分析範圍界定

• 七堵 - 樹林間軌道配置與運用



33

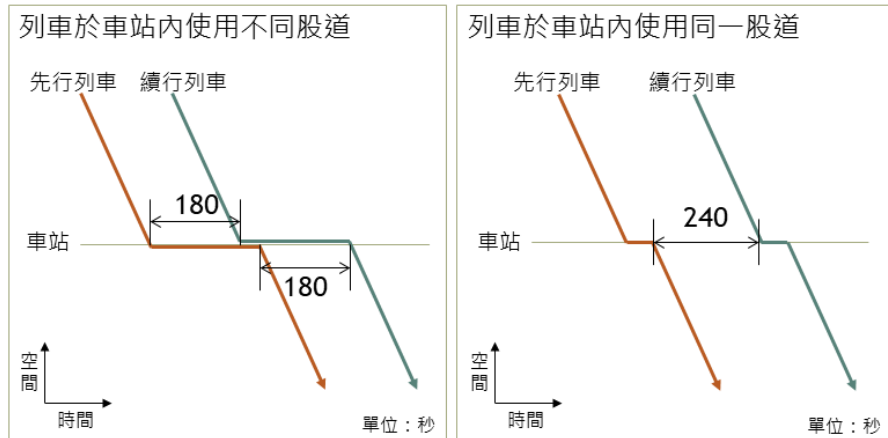
輸入參數設定



34

輸入參數設定

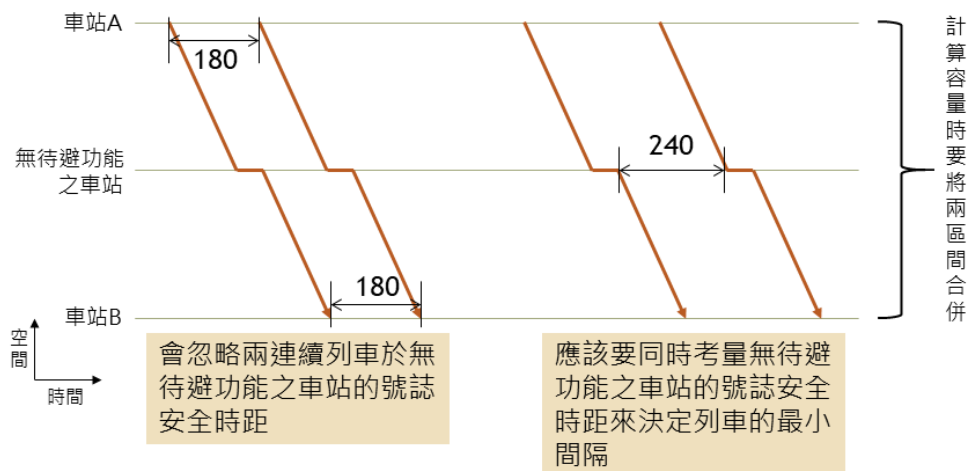
- 號誌安全時距
 - 臺鐵在營運規劃上採用的時距



35

輸入參數設定

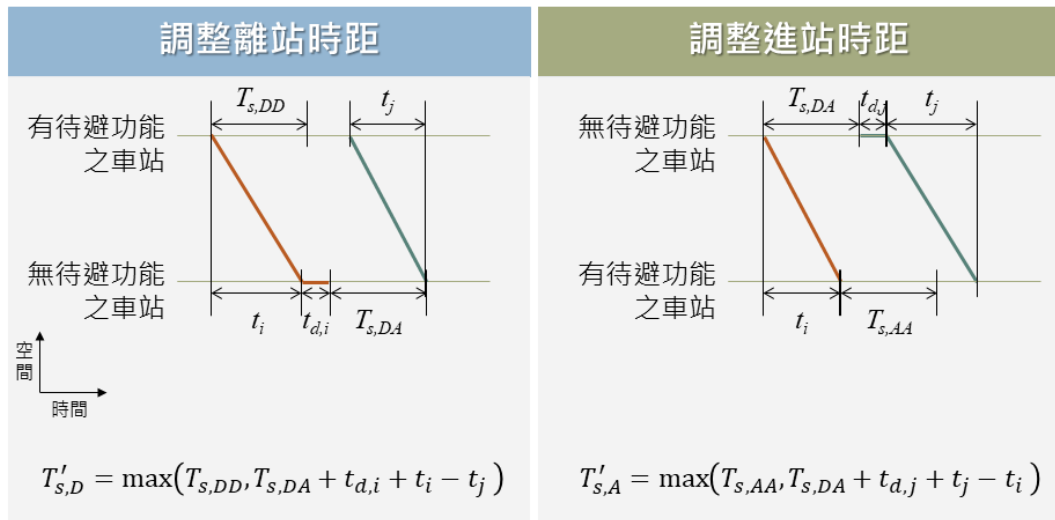
- 號誌安全時距



36

輸入參數設定

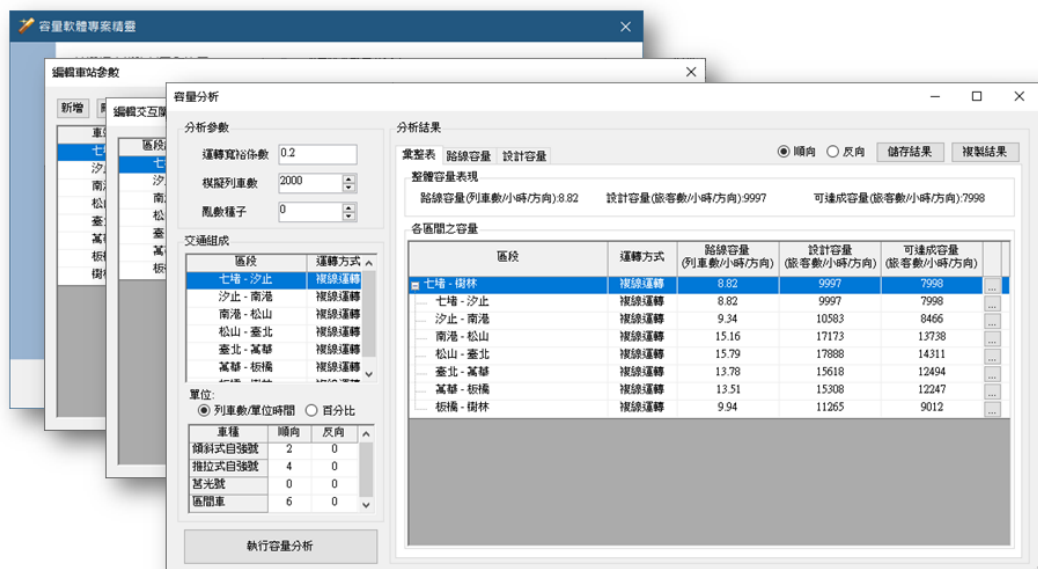
• 號誌安全時距



37

路線容量分析

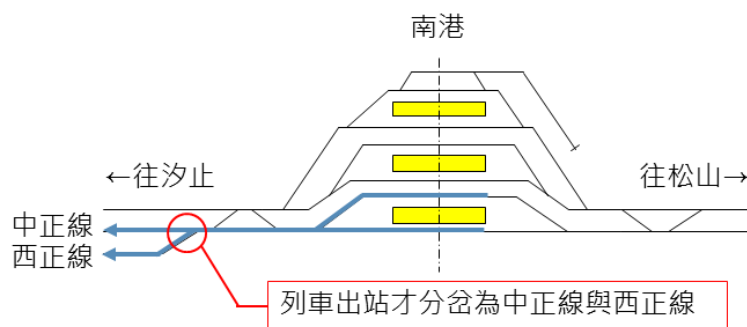
• 以容量軟體進行路線容量分析



38

路線容量分析

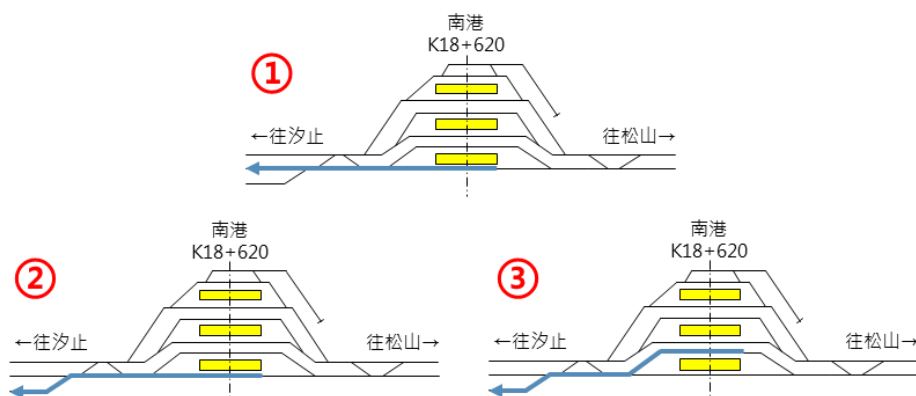
- 南港站上行方向發車能力



39

路線容量分析

- 南港站上行方向發車能力



40

路線容量分析

• 分析結果

方向	運轉寬裕時間係數				
	0	0.05	0.1	0.15	0.2
下行	10.59	10.08	9.63	9.21	8.82
上行	12.54	11.95	11.4	10.91	10.45

單位：列車/小時

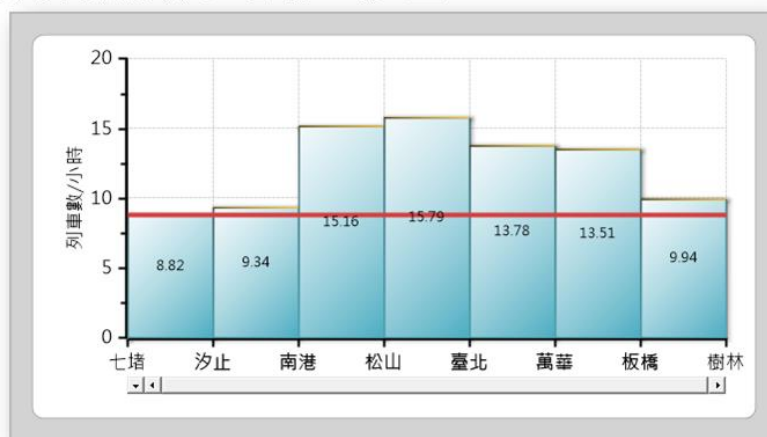
臺鐵現況	
下行	9
上行	10

單位：列車/小時

41

容量瓶頸改善

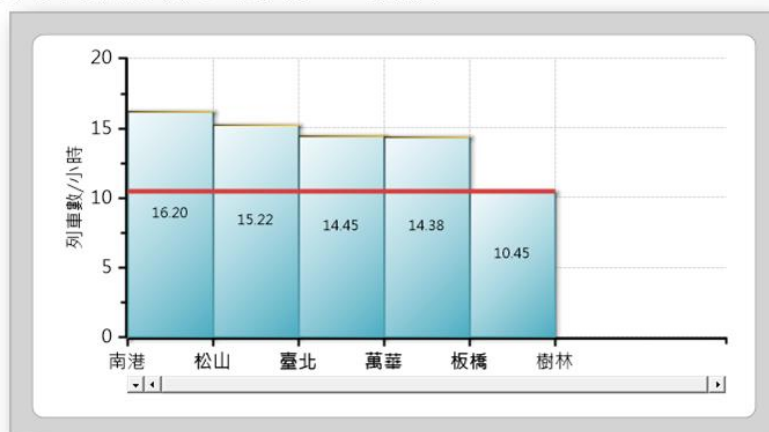
• 下行方向瓶頸：七堵→汐止



42

容量瓶頸改善

- 上行方向瓶頸：樹林→板橋



43

容量瓶頸改善

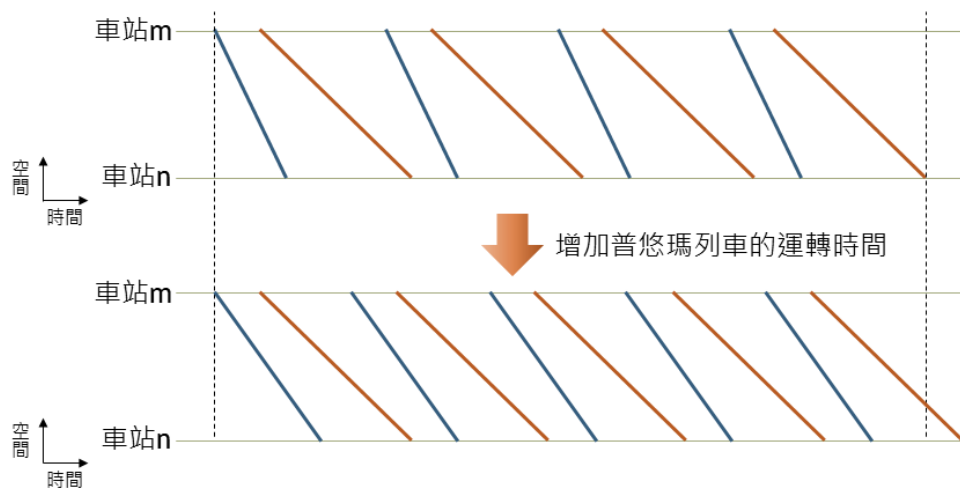
- 容量瓶頸改善方案

	下行方向	上行方向
交通條件	● 普悠瑪降速運轉	● 普悠瑪降速運轉
控制條件	● 號誌系統升級	● 號誌系統升級
路線條件	● 增設待避線 ● 調整汐止站軌道佈設方式	● 增設待避線

44

容量瓶頸改善

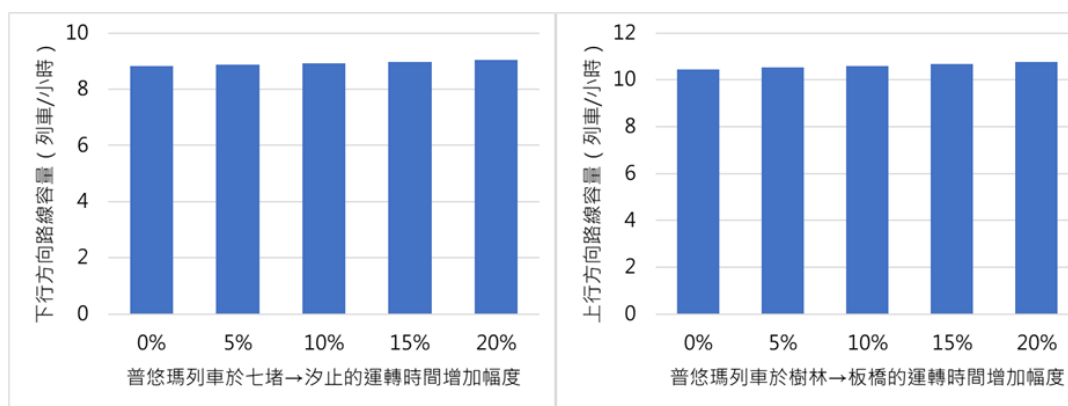
- 普悠瑪降速運轉



45

容量瓶頸改善

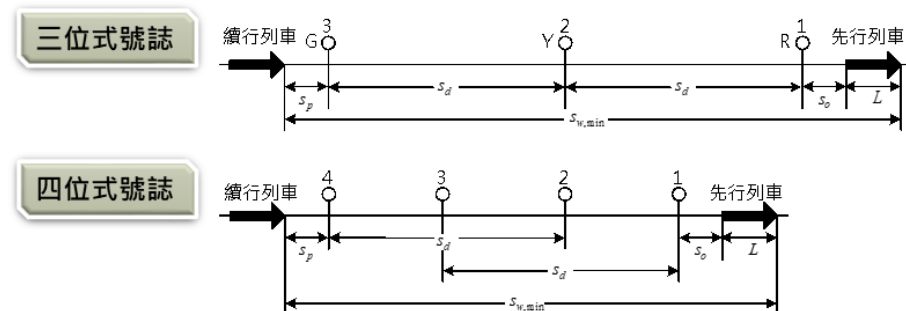
- 普悠瑪降速運轉



46

容量瓶頸改善

• 號誌系統升級

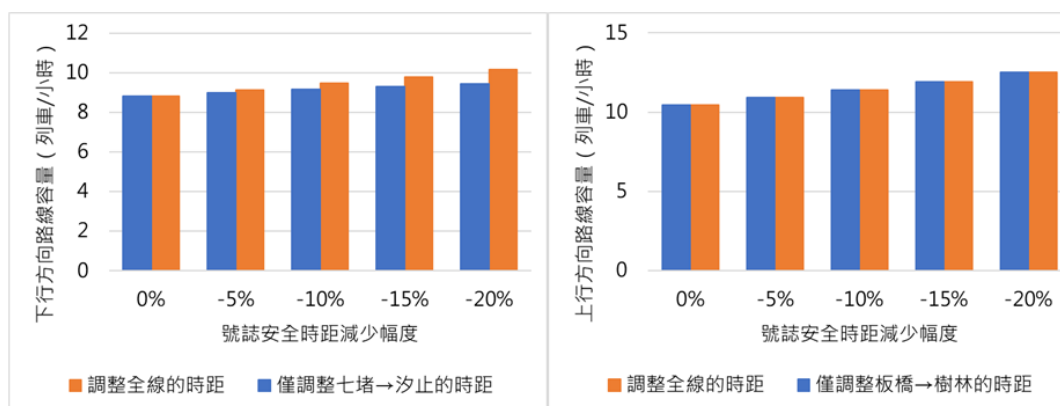


➡ 可縮短號誌安全時距，進而提升路線容量

47

容量瓶頸改善

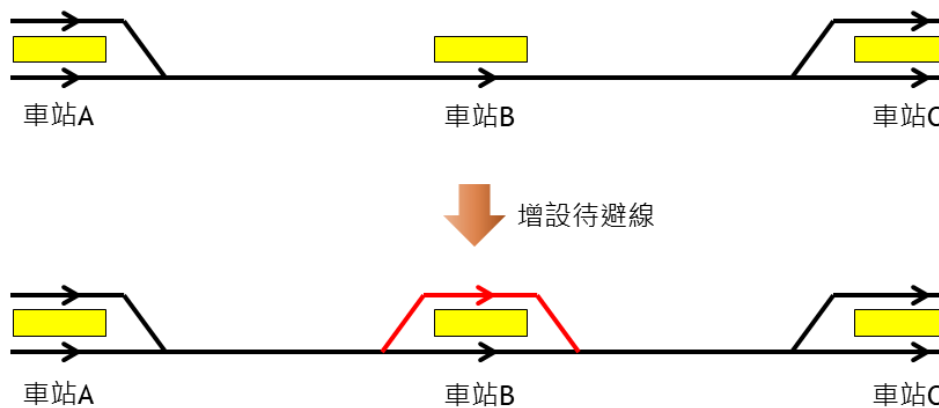
• 號誌系統升級



48

容量瓶頸改善

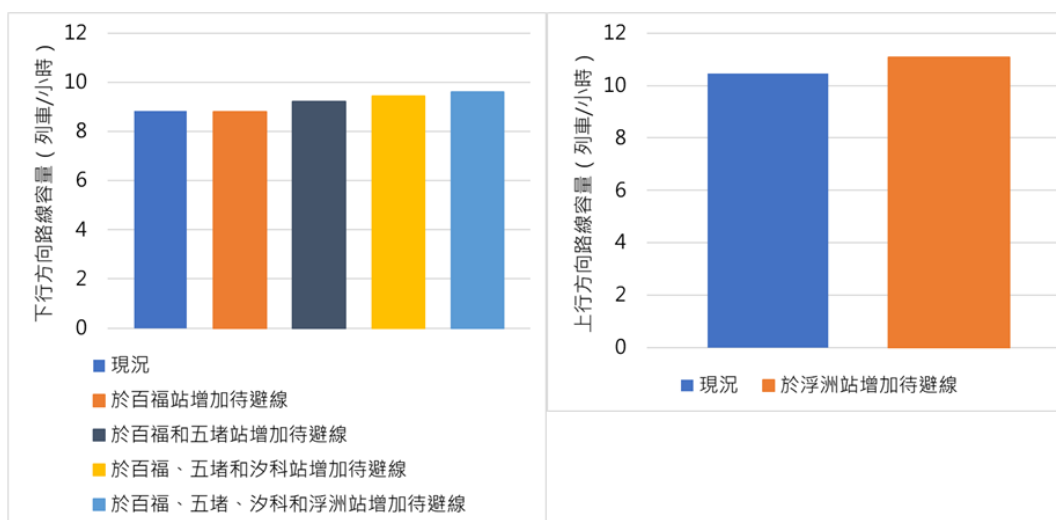
- 增設待避線



49

容量瓶頸改善

- 增設待避線



50

容量瓶頸改善

- 調整汐止站軌道佈設方式

		下行路線容量 (列車/小時)
現況		8.82
構想 A		9.04
構想 B		9.17

51

綜合討論

七堵 - 樹林之路線容量

- 下行方向為每小時**8.82**列，瓶頸位於七堵→汐止間
- 上行方向為每小時**10.45**列，瓶頸位於樹林→板橋間

運轉寬裕時間係數的建議值為**0.2**

造成容量瓶頸主因是無待避功能車站

- 增加了整體號誌安全時距
- 增加區間車和對號車的運轉時間差異

全線號誌系統升級對路線容量提升效果最好

若有其他潛在瓶頸，局部容量改善方案對整體容量提升效果有限

52

綜合討論

• 舊臺鐵路線容量公式計算結果

區段	全日 雙向路線容量 (列車/天)	尖峰小時 雙向路線容量 (列車/小時)	路線容量(列車/小時)			
			下行方向		上行方向	
			運研所 模式	臺鐵 現況	運研所 模式	臺鐵 現況
七堵 - 汐止	358.13	21.32				
汐止 - 南港	439.96	26.19				
南港 - 松山	440.22	26.20				
松山 - 臺北	294.86	17.55	8.82	10.45	9	10
臺北 - 萬華	361.81	21.54				
萬華 - 板橋	371.95	22.14				
板橋 - 樹林	341.35	20.32				

註：尖峰小時雙向路線容量=全日雙向路線容量÷每日營運時數（16.8小時）

53



• Part 4

後續研究方向

54

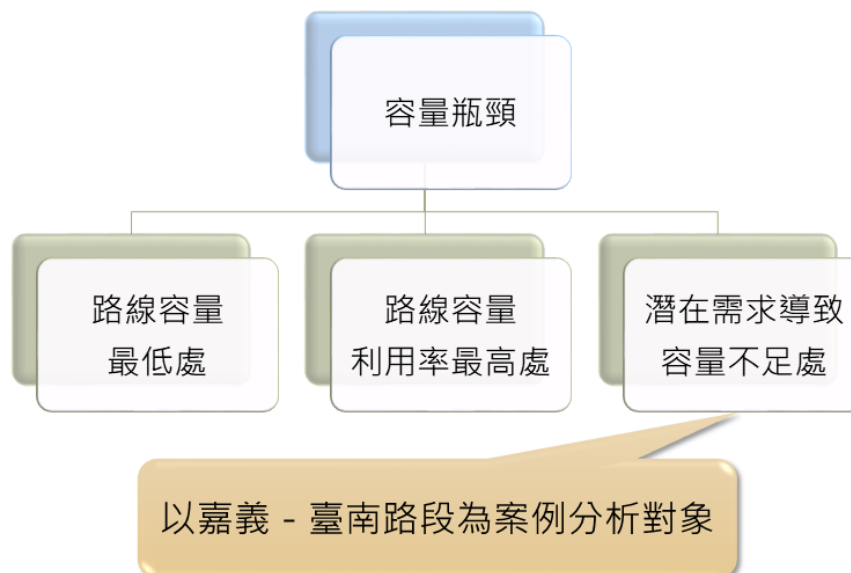
進行中的立體化路段案例

- 桃園鐵路地下化



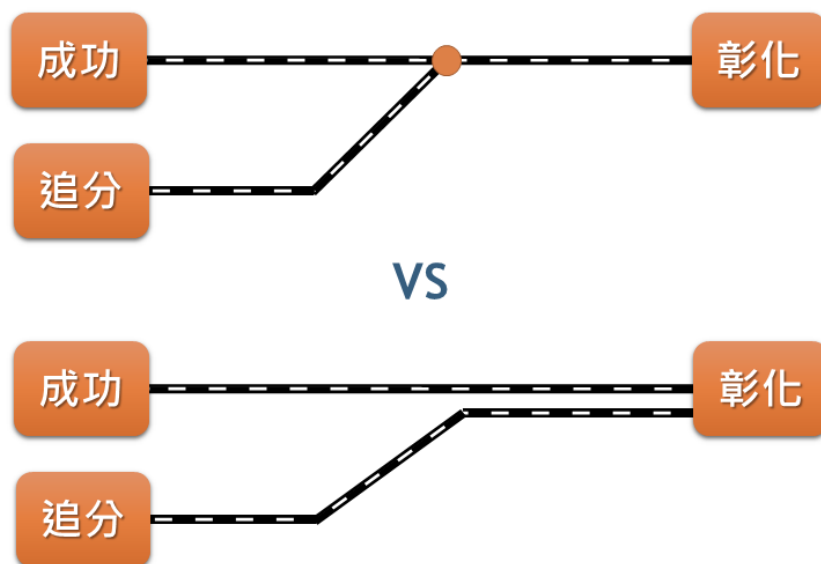
55

容量瓶頸路段案例



56

成功/追分 - 彰化路段案例



57



簡報結束 誠摯感謝

應用鐵道容量分析方法進行營運改善規劃

財團法人中興工程顧問社
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, INC.

附錄 D 第二次學者專家座談會議紀錄

「應用鐵道容量分析方法進行營運改善規劃」案第二次學者專家 座談會議紀錄

一、時 間：110 年 11 月 1 日(星期一)上午 9 時 30 分

二、地 點：本所 10 樓會議室(實體、視訊同步會議)

三、主持人：黃副所長新薰  紀錄：黃笙琰

四、出(列)席單位及人員：

南台科技大學行銷與流通管理系李教授治綱 李治綱(視訊與會)

成功大學交通管理科學系鄭教授永祥 鄭永祥(視訊與會)

交通部鐵道局楊副局長正君



交通部臺灣鐵路管理局朱副局長來順



交通部路政司鐵工科魏科長瑜



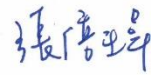
新北市政府捷運工程局鄭總工程司智銘



交通部路政司



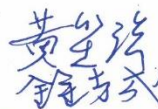
交通部鐵道局



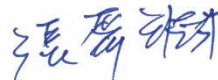
交通部臺灣鐵路管理局



財團法人中興工程顧問社



本所運計組



五、主席致詞：（略）

六、簡報：（略）

七、出席人員發言要點：

單位/姓名	意見	中興社回應
南臺科技大學行銷與流通管理系李教授治綱	在容量分析軟體後續開發工作上，建議以專案精靈、其他自動化型式或參考相關軟體的功能設計，協助使用者處理號誌安全時距調整與無法交會待避之區間合併等工作，而不受軟體處理的細節設定所困擾。	協助使用者處理號誌安全時距調整與合併區間等功能，是未來推動容量分析軟體待開發重點項目之一，屆時將納入老師之建議，並從各種軟體設計中挑選最為合適來的方案進行開發。
	有關未來研究方向，建議可多蒐集與參考國外文獻，鐵路容量文獻相較難蒐集，部分經驗僅留於實務工作階段之紀錄文件，並未發表於相關學術論文，惟仍建議可儘量蒐集學術單位之鐵道運轉技術相關碩博士論文。另大部分鐵道容量相關文獻屢見非以「容量」(Capacity)為關鍵字，如 ATP 相關之博士論文中亦常探討容量議題，建議需多費心蒐集。	感謝老師的建議，未來容量系列研究將可依老師建議之方向，盡量多蒐集參考文獻。
	建議未來在教育推廣上的重點，應放在規劃階段辦理之可行性研究、綜合規劃與細部設計等作業，透過容量計算以了解推行方案之可行性，於營運階段前即可檢視將來系統提供的路線容量是否可滿足需求。	實際上過去辦理教育訓練時，會兼顧不同階段的應用，但由於本案的性質為營運改善規劃，本次教育訓練僅有營運階段的案例，不過規劃階段的應用在鐵道容量手冊中仍然有相關案例可供參考。
	計算鐵道容量會考慮停站時間、運轉寬裕係數等因素，建議我國鐵道容量手冊可參考世界銀行、美國TCRP 等機構之章節，讓使用者能於手冊中查閱各種參數之適當建議值。	我國鐵道容量手冊中亦有針對部分參數提出適當建議值，但分散在各章節中，未來容量手冊內容若有更新，可考慮將相關建議值彙整成表，以方便查閱。

單位/姓名	意見	中興社回應
南臺科技大學行銷與流通管理系李教授治綱	研究團隊針對南港與大肚溪南號誌站的銜接點容量問題，提出一套容量分析程序，建議後續宜釐清此程序是否僅適用於平面交叉的銜接點分析。	本計畫提出之容量分析程序，適用於平面交叉及立體交叉之銜接點容量問題。
	期望本計畫研究結果能同步調整鐵道容量手冊內容，使手冊與最新的研究成果一致。	本計畫未包含容量手冊編修工作，有待未來運研所持續推動容量研究並定期更新手冊內容。
國立成功大學交通管理科學系鄭教授永祥	有關目前本計畫所提容量分析待開發的功能需求，為利整體分析軟體之及時完備性，建議應預為考量後續所需之開發時程。	感謝老師建議，目前所提之功能需求可能會逐步進行開發，而非在一個研究案中完成所有項目，屆時會再視開發內容評估開發時程。
	容量分析軟體計算出的結果至小數點以下兩位，是否有實務上的意義與用途，建議補充說明。	容量計算結果為小數點以下兩位，實務上主要應用於擬定改善方案時，讓使用者在根據改善方案調整參數後能夠辨認容量小幅的變化，以確認改善方向是否正確。
	第 IV 型車站若需要進行特殊合併區間之處理，是否較無通用性？請說明。	實際上在臺鐵的車站中，第 IV 型車站並不罕見，且增設的車站也多以第 IV 型為主，因此建議未來在容量軟體中要能自動化處理合併區間，以簡化參數設定工作。
	未來期望臺鐵局能提供自動化更新臺鐵系統參數之功能，使軟體處理之結果與現況實務執行之相關資訊一致。	據臺鐵局表示，目前正在推行數位化轉型，可期待在轉型完成後，能建立自動更新臺鐵參數的機制。
	研究團隊已整理出後續研究方向，建議可視現階段正推動之計畫評估需求(如：高雄捷運黃線規劃)，納入後續研究課題之優先順序考量。	感謝老師建議，經座談會討論結果，臺鐵相對其他軌道系統有較多也較迫切的容量課題有待研究，因此優先列為後續容量研究的方向。

單位/姓名	意見	中興社回應
交通部鐵道局楊副局長正君	除容量分析軟體操作上有待改善外，研究團隊應先比對容量軟體分析結果與臺鐵實際營運狀況是否有差異，並探討其原因。	本計畫各項案例分析細節皆已與臺鐵局綜合調度所確認過，分析結果與實務營運經驗相吻合。
	根據過去經驗，似難僅靠單一模式處理臺鐵的容量分析計算，可能仍需根據各種狀況發展對應之分析模式。	從運研所容量系列研究中，確實可發現很難僅靠單一模式處理臺鐵所有容量課題，所以過去有單一區段、連續區段等不同模式，今年則提出複雜場站的容量分析模式，而未來還建議要發展端末站和編組站的容量分析模式，以儘量涵蓋所有臺鐵的狀況。
	捷運系統於通車營運後，即可根據內部系統提供的資訊掌握容量，因此未來若要研究其容量模式，應著重在規劃階段之容量分析探討，以利捷運系統完成前，即能分析設計規模是否可達到期望容量。	目前鐵道容量手冊中，都會捷運系統容量分析模式已可用於規劃階段的容量評估，但對於如機場捷運的路線配置或高雄捷運黃線的複雜交織情況，還有待後續研究發展適用的分析模式。
	鐵道容量分析是相當重要的課題，建議運研所未來應將其列為長期固定的研究工作，甚至可考慮做為與鐵道局共同合作的工作項目，並定期為顧問公司舉辦教育訓練、維護容量分析軟體、更新容量手冊內容，以符合國內鐵道建設所需。	感謝副局長之意見，將列入後續研究建議之中。
	建議針對鐵路立體化案例，探討各項設施變更前後的容量變化，例如增加車站、副正線對容量之影響等，並找出造成容量下降的原因。	本計畫目前用來探討鐵路立體化影響容量的方法，與副局長所建議的方法相同。

單位/姓名	意見	中興社回應
交通部鐵道局楊副局長正君	有關今年度成果發表與教育訓練工作，建議可至鐵道局辦理，參與對象除鐵道局同仁，也可邀請各大顧問公司，將有助於鐵道容量的推廣，並可透過一致的分析工具讓各界對於未來的鐵路建設內容儘快達成共識。	感謝副局長對本案的支持，後續將朝此方向辦理成果發表與教育訓練。
	臺鐵系統複雜程度高，本計畫界定之四種車站型態恐無法涵蓋所有車站類型，希望可以增加型態種類。	目前臺鐵系統之場站類型，已有90%可歸類至本計畫容量模式之四個車站類型中，僅有少數較複雜場站無法歸類，惟本計畫亦已提出一套容量分析程序進行分析，以儘量涵蓋所有場站軌道配置狀況。
交通部臺灣鐵路管理局朱副局長來順	臺鐵目前正推行數位化轉型，未來可提供相關參數與資料更新。	感謝副局長允諾提供相關資源，亦期待數位轉型後之成果。
	實際上臺鐵環島路網中僅基隆站為末端車站，且末端站與編組站應屬同一研究課題，甚至編組站較末端站更為複雜，因車輛到達編組站後，可能原車進行整備後再提供下一趟車次服務，亦可能駛入調車場，此外編組站內的主正線與副正線皆有特定用途，相關運作方式皆是未來必須納入容量分析考量之因素。	謝謝副局長建議，本計畫將末端站與編組站合併為同一課題，作為後續研究建議。
交通部路政司鐵工科魏科長瑜	建議運研所後續可先從小範圍區段之容量議題研究開始辦理，如容量瓶頸或有迫切需要改善的路段，並建立相關參數資料庫供容量分析使用，再逐步擴充至環島路網。	感謝科長建議，在臺鐵完成數位化轉型前，可考慮先以此方式，逐步更新環島路網之參數資料庫。

單位/姓名	意見	中興社回應
交通部路政 司鐵工科魏 科長瑜	有鑑於都會捷運系統如機場捷運、高雄捷運黃線與 C 型路權輕軌(如：淡海輕軌河岸段)，均屬於國內較少見的個案，因此建議未來容量研究方向應以臺鐵系統為優先考量對象。	將依科長意見，以臺鐵系統優先作為後續容量研究的方向。
	運研所與研究團隊多年執行鐵道容量相關研究，應予以肯定。	感謝科長肯定。
	本案挑選之四個案例均與目前臺灣軌道重大建設相關，而容量分析軟體計算的結果，正可呼應目前鐵路立體化審查作業要點中對容量分析工作的相關規定，值得做為後續其他計畫之參考依據。	感謝科長肯定。
	有鑑於目前鐵路立體化審查作業要點已規定鐵道改善計畫之可行性研究需分析路線容量，惟並無分析方法之規範，爰在後續要點修正案中，運研所已提出納入鐵道容量手冊相關容量分析程序之建議，且已獲鐵道局支持，交通部亦原則支持持續朝此方向推動，俾利完備計畫之審議作業。	期待在要點完成修正後，未來在鐵道建設計畫的審議過程中，能要求規劃單位必須進行容量分析，而審議單位亦可利用本計畫開發之容量軟體進行驗證，以確保容量分析結果之客觀正確。
交通部臺灣 鐵路管理局	為利凸顯本計畫之具體貢獻，建議在期末報告中，除針對四個案例找出容量瓶頸，亦應提出其改善方式與成效分析，以供未來相關改善計畫參考。	遵照辦理。

八、主席結論

本次學者專家對容量分析軟體功能需求，與未來鐵道容量研究方向均表示認同，期望後續能持續精進容量分析研究，同時完備容量分析方法及修訂相關審議規範，朝向制度化方向努力。

九、散會

附錄 E 期末審查意見處理情形及簡報

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
南台科技大學 行銷與 流通管 理系李 教授治 綱	P.2-6-P.2-7 建議可補充美國 OASIS 計畫分析內容，包括路線長度 27.3 公里、7 座車站，平均站距 4.5 公里、單線運轉；尖峰時間班距 15 分鐘，尚可縮小為 10 分鐘班距等。	遵照辦理。	已於定案 報告中修 正暨說明
	P.4-1 依圖 4-1 所示，重疊區之行駛列車除東部與西部列車外，亦包括基隆-臺北之通勤列車，為利回應處理社會討論之基隆-南港間通勤運輸問題，建議應確實探討分析基隆-南港間的線路容量瓶頸問題。若以 20 公里、7 座車站、平均站距 3 公里粗估，尖峰時間增加之通勤電聯車班距至少可達 15 分鐘 1 班，爰建議應加強檢討七堵-南港增建一股道是否達到預期之功能。	實際上，基隆—南港間的線路容量瓶頸主要受到七堵—樹林影響，往東幹線和往基隆的列車於七堵—樹林重疊區互相競爭容量，而本計畫以該路段做為案例來探討瓶頸問題。另根據案例分析結果，七堵-南港增建一股道後，對上行方向容量提升雖有幫助，但仍受限於其他瓶頸路段，補充說明於 4.6 節。	已於定案 報告中修 正暨說明
	P2-9 有關「2.1.6 各國相關規範介紹」，其中英國-加拿大-澳洲-紐西蘭等國之鐵路系統規劃-設計-興建-營運機制的規範與標準等資料，豐富且具參考價值，建議應提供國內相關單位參考。惟另查本計畫並未將國內之相關規範資料列入供參，例如運研所出版之「捷運路網規劃設計參考手冊」、「鐵道容量手冊」等，建議可補充。	依照審查意見，於 9.2 節中建議於國內相關審查作業要點中，應納入參考運研所「臺灣鐵道容量手冊」，以及未來將出版之「捷運路網規劃設計參考手冊」等資料。	已於定案 報告中修 正暨說明

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
南台科技大學 行銷與流通管理系李 教授治網	由 P.2-26「2.3.2 現行臺鐵評估容量之作業方式」、P.2-27「2.3.3 運研所容量分析模式」、P.8-1「8.1 結論 2」之內容可發現，運轉時分、停站時間、號誌安全時距、交通組成、運轉寬裕等 5 項參數是決定實務容量之關鍵因素，惟經查臺鐵程序中無「運轉寬裕」，臺鐵號誌安全時距亦不符合運研所模式中的定義…，爰建議應補充說明結論 2 所述兩者雷同之依據。	臺鐵並非無「運轉寬裕」，其運轉時間、停站時間以及號誌安全時距皆含有寬裕，而在後續排點作業時亦會在適度加入寬裕，補充說明於 2.3.2 節。而有關號誌安全時距之定義，容量手冊與臺鐵並無不同，皆是指在號誌系統的限制之下，兩連續列車安全通過路線某一點的時間間距。至於運研所容量模式與臺鐵現行評估容量方式雷同，係依據兩者的作業流程與邏輯相同，補充說明於 9.1 節。	已於定案 報告中修 正暨說明
	P.2-12~P.2-14 有關容量檢核與改善，運研所之模式係以運轉時分、停站時間、號誌安全時距、交通組成、運轉寬裕等 5 項參數決定實務容量，惟上述 5 項參數之定義與影響因素為何，建議補充說明。另建議觀察與分析影響因素之效應，並提出適當的容量改善方案，例如可定義運轉寬裕並探討其影響因素，並透過改善運轉寬裕以提升容量，建議可參考英國學者 Woodland 之博士論文第 2 章，經由改善運轉寬裕，義大利鐵路可由 75% 理論容量提升為 95% 理論容量。	依照審查意見，於 3.2.1~3.2.5 節補充說明相關參數之定義與影響因素，並於 4.7 節中，增加透過改善運轉寬裕以提升容量之方案。	已於定案 報告中修 正暨說明

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
南台科技大學行銷與流通管理系李教授治綱	P.2-29~P.2-30 有關可行性研究與綜合規劃中應規定需具備之容量分析相關內容，經比較 2.4 節小結說明及圖 2-15 所示內容，可發現目前之鐵道計畫可行性分析等規劃過程，不似圖 2-15 精簡單純，爰建議可參考運研所之「捷運路網規劃設計參考手冊」及臺北市政府捷運局之「捷運路網規劃實務」之規劃流程，研提較精確之說明，以利參考。	鐵道計畫規劃過程包含運輸需求分析、環境影響評估、土地開發計畫、用地取得、財務計畫、營運永續計畫等諸多工作，而本計畫僅就鐵路容量分析工作的角度來提出建議，於 2.4 節中補充說明。	同意承辦單位之說明
	P.3-3~P.3-4 有關本案模式之 5 項參數準備，從「3.2.1 軌道佈設類型」至「3.2.5 號誌安全時距」，惟於模式軟體分析時，必須先引用「軌道佈設類型」概念，再轉至「軌道運用情境」，再到第七章中的「各路徑間的號誌時距」，甚為複雜不易理解，為利使用者參採應用，建議應配合鐵路運轉原理，清楚說明各項參數之原理及應用情境時機。	本報告希望由簡入深讓讀者了解如何設定「車站軌道佈設類型」參數，因此先介紹常見且單純的情況，再說明較複雜的軌道運用情境。若軌道配置與運用的情況更為複雜，則需要參考第 3.3.2 節的複雜場站之容量分析程序來進行分析，而第七章中提及的「各路徑間的號誌時距」即為該程序的步驟之一。將依審查意見於報告中加強說明。	已於定案報告中修正暨說明
成功大學土木工程學系李教授宇欣	鐵道容量分析確為重要課題，對本計畫表示肯定。	感謝審查委員之肯定。	--
	本計畫目的在探討營運改善規劃，建議報告書可加強說明各案例所面臨之營運課題，考量除調整股道、號誌等硬體設施外，是否尚有其他改善營運方法（例如調整班表或其他）。	除了硬體設施外，本計畫亦提出傾斜式列車降速運轉和調整交通組成（即調整班表）等營運面的改善方式，詳見第 4.7 節。	已於定案報告中修正暨說明
	P.2-1 第二章已回顧國外實務與規範，建議補充運研所容量分析模式及方法在國外運用狀況之回顧分析。	運研所容量分析模式曾於歐盟所資助的 Capacity for Rail 計畫中被運用，相關內容補充說明於 2.3.3 節。	已於定案報告中說明

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
成功大學土木工程學系李教授宇欣	P.3-20 第 3.4 節之標題為「臺鐵環島路網路線容量」，惟其內容為臺鐵資料而非本計畫之分析成果，建議將本內容移至第二章文獻回顧或其他適當之處。	該節內容主要在說明本計畫所選定的案例分析對象，將調整為與內容符合的標題。	已於定案報告中修正暨說明
	P.4-12 有關 4.4 節「南港站上行方向發車能力分析」及 7.4.1 節「大肚溪南號誌站容量分析」(如 P.7-8)，均係採用 3.3.2 節之「複雜場站容量分析程序」(如 P.3-17)，建議比照軟體其他功能之說明方式，於 3.3.2 節補充容量分析軟體之操作程序及畫面截圖，以利推廣運用。	該程序目前尚未開發成容量軟體的分析功能，因此無相關畫面截圖，但已於報告 9.2 節中建議後續應開發相關功能。	同意承辦單位之說明
	鑑於第四章至第七章各案例分析之運行圖將影響使用者之接受程度，對推廣運用有所助益，建議於報告中補充呈現各案例分析之運行圖。	目前容量軟體尚無呈現運行圖的功能，已於報告 9.2 節中建議後續應開發相關功能。	同意承辦單位之說明
	P.4-16 鑑於運轉寬裕時間係數對容量分析結果影響甚大，建議具體說明其校估計算方法及標準。惟依 4.5 節之說明，似以樹林=七堵路段之運轉經驗作為校估標準，再以此估算其路段之容量，建議加強說明此作法是否符合邏輯。	本計畫採用與過去文獻相同之方法來校估運轉寬裕時間係數，係根據臺鐵在號誌常綠下最多可開行的列車數，找出一個適當的運轉寬裕時間係數，使得容量計算結果與之相近。由於本計畫所計算的為實用容量，代表列車排點所能安排的班次密度上限，因此透過上述方式進行校估符合邏輯。相關說明補充於 4.5 節。	已於定案報告中修正暨說明

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
成功大學土木工程學系李教授宇欣	P.5-8 表 5-10 呈現鶯歌=埔心之容量分析結果，惟該表係將全區段劃分為 5 個專案檔各自獨立分析結果之彙整，建議將原始 5 項分析結果資料亦列表完整呈現，以利檢視。	表 5-10 為立體化前的容量分析結果，僅分為上下行 2 個專案檔，該表已完整呈現其結果。而立體化後便是分為 5 個專案檔，其 5 項分析結果亦完整呈現於表 5.11 中。	已於定案報告中修正暨說明
	P.5-10 有關表 5-12 所整理之鶯歌=埔心容量分析結果，建議補充說明分析時係如何劃分為不同專案檔各自分析，並建議採用與表 5-10 相同之劃分方式進行分析，以利比較。	依審查意見於 P.5-10 補充說明分析範圍的劃分，且表 5-12 與表 5-10 有相同劃分方式以利比較。	已於定案報告中修正暨說明
	P.6-3 鑑於隆田站與善化站之股道數及佈設皆不同，建議於報告書中說明分析時可視為相同之原因。	車站軌道佈設類型需根據軌道運用方式來判斷，隆田與善化站內皆有雙向共用的軌道，且列車進出車站時有平面交叉，因此屬於同類型，補充說明於 6.2.1 節。	已於定案報告中修正暨說明
	P.6-4 報告書說明分析民雄=中洲之容量時，須區分為善化站內股道有或無被占用二種狀況，並配合沙崙線列車是否在善化折返而將分析範圍於善化站劃分為二段予以個別分析。經查現況沙崙支線列車於善化站折返每日約 12 列次，折返時占用股道時間短者約 12 分鐘、長者約半小時，而發生在尖峰時段者約 3 列次。與善化站相較，沙崙線列車於臺南站折返次數將近 20 列次，折返時占用第 3 股之時間亦長。建議亦應增加臺南站之股道是否被占用、區分為二種狀況之分析，將更有參考價值。	根據臺鐵局表示，不僅是臺南站，永康站也有相同情況，因此將考慮善化、永康及臺南等三站軌道被占用的情況來進行容量分析。	已於定案報告中修正暨說明

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
成功大學土木工程學系李教授宇欣	P.6-10 由表 6.12 與表 6.13 之對比，可呈現善化站內股道是否被占用之影響，對臺鐵局應有其參考價值。惟此二表之分析範圍劃分方式不同恐無法直接比較，爰建議增列一表，將表 6.13 之情境（亦即善化站軌道被占用），採與前表相同之劃分方式（亦即劃分為民雄=善化=中洲），再對上行與下行各作分析，並將此三表並列對照，應為有用之資訊。	此案例已改為考慮善化、永康及臺南等三站軌道被占用的情況，其分析結果將會依照審查委員之意見進行呈現。	已於定案報告中修正暨說明
交通部鐵道局規劃組陳組長慧君	P.2-26 報告所述經訪談臺鐵局後，臺鐵局實務上分析鐵道容量時，係採用如圖 2-11 之容量評估作業方式以取代暨有臺鐵公式，另本計畫中 4 個案例並未呈現以上述容量評估作業方式之鐵道容量數據，建議辦理後續計畫時，應將臺鐵評估容量作業方式與本計畫之容量分析模式作進一步比較分析，並據以修正容量分析模式各項參數，俾更符合臺鐵局分析數值，以利後續鐵道改善計畫分析鐵道容量時引用。	本計畫案例分析的結果與臺鐵評估容量作業方式的結果相符，各案例分別於 4.5、5.3、6.3 和 7.5 節敘述比較結果。	已於定案報告中修正暨說明
	P.3-12 鑑於目前容量分析軟體僅適用於探討客運列車容量，未來是否會新增貨運列車路線容量之分析功能，並具備同時分析客、貨運列車之路線容量機制，建議可補充相關議題之說明。	依審查意見，於 9.2 節中將相關議題列為後續研究。	已於定案報告中修正暨說明
	P.3-12 目前分析軟體之列車參數可供選擇之選項僅有直達車與區間車，建議未來應能擴充功能選項，例如讓使用者能自行選擇停靠哪些車站，以利多方面檢視該條路線所能呈現之路線容量。	目前在容量軟體中已有相關功能，使用者可於列車參數中新增車種，並於互關係參數中設定停靠車站，補充說明於 3.3.1 節中。	已於定案報告中修正暨說明

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
交通部 鐵道局 規劃組 陳組長 慧君	建議於實務案例分析之最後小節容量瓶頸探討與改善中，呈現路線容量改善前後之對比數據，以利讀者方便檢視前後差異。	遵照辦理。	已於定案報告中修正暨說明
	有關期中審查答覆說明中提及容量軟體只在進階模式才可進行敏感度及情境分析，建請補充說明於實務案例分析時選擇使用一般模式而非進階模式之原因。	根據過去辦理鐵道容量教育訓練的回饋意見，進階模式所需的參數太過繁雜且取得困難，為了有助於推廣與應用，故本計畫採用一般模式來進行案例分析，於 3.3.1 節中補充說明。	已於定案報告中修正暨說明
	有關第五章與第六章之「鶯歌-埔心路段」與「民雄-中洲路段」案例，於容量分析及改善部分僅列出兩個情境分析：(1)新增車站(2)調整原有車站軌道配置，建議補充說明上述兩案例之路線容量改善方法是否如「七堵-樹林路段」案例之瓶頸改善分析，適用傾斜式列車降速運轉、號誌系統升級及調整交通組成。	本計畫共有 5 個案例分析，由於研究時程有限，僅能根據各案例之特性來擬訂改善方案並進行分析。	同意承辦單位之說明
	P.8-1 有關結論第 3 點中述及本計畫經重新校估後，運轉寬裕時間係數建議值為 0.2，建議補充說明校估過程或內容。	相關校估過程說明於 4.5 節。	已於定案報告中修正暨說明
交通部 臺灣鐵路管理局 運務處 綜合 調度所 楊組長 凱評	P.4-28 表 4.15 傾斜式列車運轉時間「提升」30%，建議修正為「增加」30%。	遵照辦理。	已於定案報告中修正暨說明

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
交通部 臺灣鐵路管理 局運務處綜合 調度所 楊組長 凱評	P.5-11 表 5.13 中呈現之路段容量分析結果，下行 15.63 列次/小時、上行 16.13 列次/小時，經查與實務運作情形有落差，建請修正。	遵照辦理。	已於定案報告中修正暨說明
	P.6-3 表 6.2 除善化站外，永康及臺南站亦有軌道被沙崙支線列車占用之情形，建議在計算連續區段路線容量時應納入考量。	遵照辦理。	已於定案報告中修正暨說明
	P.7-15 「7.6 容量瓶頸探討與改善」，建議新增彰化高架化若採立體交叉之路線及場站配置示意圖，以利了解改善後之容量分析結果。	遵照辦理。	已於定案報告中修正暨說明
	P.8-1 有關「8.1 結論」之第 5 點內容，鑑於增設通勤車站為造成鐵路立體化路線容量下降的主因，建議可將檢討立體化新增車站之設置標準(例如：站距、旅次量推估等)，納入 8.2 節之建議事項中。	遵照辦理。	已於定案報告中修正暨說明
成功大學交通管理科學系鄭教授永祥(書面意見)	P.4-28 表 4.15 中有關七堵-樹林路段案例所提 4 種瓶頸改善方案的效益，建議考量是否仍有其他建議方案，及不同方案組合之效益分析表。	由於本計畫除了七堵-樹林路段案例之外，尚有另外 4 個案例分析，在有限的研究時程下已盡量提出建議方案。另有關不同方案組合方面，由於組合可能性繁多，因此僅舉一綜合考量多項方案的情況，分析其效益，相關結果補充於 4.8 節。	已於定案報告中修正暨說明
	P.8-1 本計畫提及根據國外經驗，相關單位會定期檢視現有鐵道系統之容量是否滿足旅運需求，並提出後續的建設計畫…，本計畫是否可建議合理的鐵道容量檢視期程，俾利政府機關能透過完善制度，定期審視容量是否滿足旅運需求。	遵照辦理，於 9.2 節中補充相關建議。	已於定案報告中修正暨說明

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
成功大學交通管理科學系鄭教授永祥(書面意見)	P.8-1 本計畫所建議的運轉寬裕係數建議值為 0.2，鑑於客貨運的交通組成較為複雜，是否考慮到客貨運兼營路線的情形，及其寬裕係數是否需因應調整，建議補充說明。	本計畫建議之運轉寬裕係數適用於分析客運路線容量的情況，若要考量客貨運兼營的情形，還有待後續研究，於 9.2 節中補充說明。	已於定案報告中修正暨說明
	P.8-2 由本計畫 4 個案例分析結果，可發現路線中的無待避功能車站是造成容量瓶頸的主因，因此建議未來軌道運輸系統之營運規劃時，應針對待避車站之股道配置設計研提建議，俾供參採。	遵照辦理，於 9.2 節中補充相關建議。	已於定案報告中修正暨說明
	P.8-3 有關軌道系統容量分析，有賴完備的相關參數、營運及路線資料，且需定期更新與調整，建議本計畫可提出可行之資料更新與調整機制，俾利相關營運單位之配合暨資料蒐集作業。	遵照辦理。	已於定案報告中修正暨說明
台灣高速鐵路股份有限公司陳協理信雄(書面意見)	P.2-2 Advanced Train Management System (ATMS)主要功能是列車運行管理，本報告原中譯名稱為「進階鐵路管理系統」，建議可改為「先進列車管理系統」。	遵照辦理。	已於定案報告中修正暨說明
	P.2-3~P.2-4 經查 CRL 計畫共區分為三階段，第 1 階段要達到每小時單向 15 列次 6 輛車組，第 2 階段提昇為每小時單向 24 列次 6 輛車組，第 3 階段則將通行列車調整為 9 輛車組，可參閱 Fully realising the benefits of CRL - Greater Auckland...，建議可再檢視與調整報告書內容。	遵照辦理，已於該案例中補充說明計畫各階段目標。	已於定案報告中修正暨說明

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
台灣高速鐵路股份有限公司 陳協理 信雄 (書面意見)	P.2-6 第一段「…，最高可提供雙向各 3 萬的供給容量，並預計於 2041 年使用達 67%至 73%不等的最大供給容量」的語意似有問題，建議再檢視是否應為「…，最高可提供每小時雙向各 3 萬人次的載客容量，預計於 2041 年的載客容量使用率將達 67%至 73%不等」。	遵照辦理。	已於定案報告中修正暨說明
	P.2-13~P.2-14 建議將圖 2-9 與圖 2-10 內容翻譯為中文，以利讀者閱讀與理解。	遵照辦理。	已於定案報告中修正暨說明
	P.2-19 本報告 2.2.2 節提及 2013 年以後之計畫多數已有路線容量分析，然而若干鐵路立體化專案仍持續發生立體化後容量下降之情形，甚至持續增設實質效益甚為有限的第三軌，建議可針對其問題原因進行探討並於適當章節加以呈現。	2013 年以後之計畫僅有「臺鐵都會區捷運化桃園段地下化建設計畫」綜合規劃有第三軌之設計，其原因在於該計畫延用前期可行性研究之成果，且仍然以舊臺鐵公式進行容量分析，故持續採用第三軌，於 2.2.2 節補充說明。	已於定案報告中修正暨說明
	P.2-21~P.2-23 建議標示各報告書之年期。	遵照辦理。	已於定案報告中修正暨說明
	P.4-20 建議調整圖 4-18，使區間車(直欄)數據完整呈現。	遵照辦理。	已於定案報告中修正暨說明
	P.4-22 若採行傾斜式列車降速運轉方案，恐會招致快車變慢的爭議。另若區間車停站時間可再縮短，或加減速性能可再提昇，是否為較適方案，建議可增加相關評估說明。	目前區間車停站時間僅 30 秒，若再縮短恐無法滿足尖峰旅客上下車所需的時間，而加減速性能提昇需考量旅客搭乘舒適度，因此不以縮短區間車運轉時間作為改善方案。	同意承辦單位之說明

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
台灣高速鐵路股份有限公司 陳協理 信雄 (書面意見)	P.4-23 臺鐵引進之新型城際列車將成為東部幹線主力，然而該列車並非傾斜式列車，因此為避免本節將交通組成簡化為「傾斜式列車與區間車」兩種之議，建議考量修訂為「城際快車與區間車」。	遵照辦理。	已於定案報告中修正暨說明
	P.5-11 報告書中敘及「已透過調整車站的軌道配置、增加列車待避功能等方式，來改善立體化對容量的衝擊，基本上已經具有一定效益」，建議應針對該計畫之調整措施及其成效等內容補充說明。	遵照辦理。	已於定案報告中修正暨說明
	P.6-4 建議比照報告書其他案例，提供立體化後之軌道配置與運用方式示意圖。	遵照辦理。	已於定案報告中修正暨說明
	P.6-11 臺南鐵路立體化目前雖對上下行方向容量無負面影響，然而未來如沙崙支線班次需再增加時，立體化後之路線容量是否足以因應？該立體化建設於規劃階段是否已考量未來營運需求？建議可適度探討。	目前此路段在尖峰時間，每方向各開行約6列車/小時，已接近容量上限，因此若要再增加沙崙支線班次，路線容量不足以因應。雖然立體化建設考量未來營運需求，但本案例主要瓶頸並非在立體化範圍內，因此需透過容量分析找出瓶頸加以改善，相關內容補充說明於6.3節。	已於定案報告中修正暨說明
	P.8-1 結論5提及「讓鐵路立體化前後之路線容量儘量保持相同水準」，然考量立體化建設期程甚長且未來再擴建不易，因此建議修訂為「除讓鐵路立體化前後之路線容量儘量保持相同水準外，也必須考慮未來營運發展之需求」。	遵照辦理。	已於定案報告中修正暨說明

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
本所運 計組張 組長舜 淵	本計畫主要辦理目的，係期能將鐵道容量分析方法，應用於實際軌道建設及營運規劃之容量評估與改善方案研提，以強化鐵路系統資源投入之配置。本計畫選定臺鐵系統4個案例應用本所鐵道容量手冊之模式軟體進行容量分析，以強化宣傳實務之應用價值。	敬悉。	--
	本計畫因於預算成立時承諾立委劉耀豪會將花東鐵路納入案例進行分析，爰請研究團隊務必將分析成果於報告中具體呈現。	遵照辦理，另闢第八章說明花東鐵路案例。	已於定案報告中修正暨說明
本所運 計組 (書面 意見)	P2-3 圖 2-2 之縱軸單位 MTPA 是否為 Million Tones per Annum 每年百萬噸，建議補充說明。	遵照辦理，已於圖表下方備註縱軸單位。	已於定案報告中修正暨說明
	P2-11 倒數第 5 行有關「…美國的規劃指南中有進一步建議路線容量分析所應採用的方法…」，建議報告中可以簡述其路線容量分析方法內容，以利參考。	已於同小節美國規劃指南中論述以 TCQSM 作為容量分析方法之建議。	已於定案報告中修正暨說明
	P2-12 圖 2-9 檢核步驟(3)「營運模式擬定」之翻譯似與原文有差異，該檢視修正。	遵照辦理，已修正為「研擬系統營運目標」。	已於定案報告中修正暨說明
	P3-2 建議圖 3-2 之 4 個分析範圍可以不同顏色虛線或線型作區隔，以方便判讀。	遵照辦理。	已於定案報告中修正暨說明
	P3-20 有關「3.4 臺鐵環島路網路線容量」內容，建議增加花東鐵路雙軌化計畫對花蓮－臺東之容量改善成果呈現，可增列花蓮－臺東各主要站間之路線容量及路線利用率資料，以利參考。	有關花東鐵路案例之相關分析，補充說明於新增的第八章中。	已於定案報告中修正暨說明

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
本所運 計組 (書面 意見)	P3-21 有關表 3.3 臺鐵環島路網之路線容量分析成果，建議增加本計畫鶯歌一埔心路段及大肚溪南號誌站之容量分析結果資料，以利比對參考。	在表 3.3 中，樹林－竹南的路線容量已將鶯歌一埔心考量在內，而大肚溪南號誌站的容量分析結果已反映在縱貫線（海線）和臺中線（山線）的路線容量上。	同意承辦單位之說明
	P4-3 表 4.2 七堵及汐止站之上行中正線，皆只有 1 股專用軌且無共用股道，為何不是第 IV 類車站，請補充說明。	七堵站有多個月臺面，分別供西部幹線列車始發或抵達，以及往基隆或東部幹線列車使用，因此在軌道運用上較屬於第 I 類車站，而汐止站為誤植，以修正為第 IV 類車站。	同意承辦單位之說明
	P4-5 有關表 4.5 之七堵-南港下行自強號運轉時間應是 870 秒，請檢核。	遵照辦理，修正為 870 秒。	已於定案報告中修正
	P4-6 有關表 4.6 之調整後的號誌安全時距數值，建議補充簡要推估過程，以利使用者後續參考應用。	遵照辦理，但由於計算相當繁雜，因此僅舉一例進行說明。	同意承辦單位之說明
	P4-19 經本案例分析，可發現七堵→南港和樹林→板橋之瓶頸係號誌安全時距及待避損失時間較大所導致，建議補充說明如何由圖 4-18 及圖 4-19 之分析結果判讀。	遵照辦理，於圖 4-18 及圖 4-19 中標示號誌安全時距及待避損失時間的位置，以利判讀。	已於定案報告中修正
	P4-28 經本案例分析結果綜合比較，此七堵→南港區間較適合其中一處無待避功能之車站增加待避線；而樹林→板橋間則適合以傾斜式列車降速運轉來提升容量，惟為利進一步比較其差異性，請增加此二種改善方案對上、下行路段之容量改善程度分析。	遵照辦理，於表 4.15 中補充說明。	已於定案報告中修正暨說明

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	P5-4 有關本案例在上下行方向的交通組成皆為自強號：區間車=2：6，為何無其他傾斜式及莒光號等列車納入考量，請補充說明。	由於該案例於尖峰時段內無傾斜式和莒光號等列車，因此沒納入考量，補充說明於 5.2.2 節。	已於定案報告中說明
本所運 計組 (書面 意見)	P5-8 有關 5.3 節路線容量分析與結果比較內容，係進行各種情境之容量分析比較，建議本節可就案例分析範圍內之立體化前、立體化後(無改善場站)、立體化後(有改善場站)及不立體化(僅改善 3 站為 2 島 4 股道)等情境，製表彙整各情境之上、下行容量分析成果及改善差異，以利做為後續政策參考。	遵照辦理，於 5.4 節中補充相關容量分析結果比較。	已於定案報告中修正暨說明
	P6-4 有關民雄－善化於尖峰時段內的交通組成情況 1，為沙崙支線列車沒有占用善化站的軌道，是否意謂沙崙支線之列車起迄點為嘉義或其他大站，其將對路線容量有何影響，建議應於文中敘明。	經查，沙崙支線列車起迄點有善化、永康及臺南等三站，故民雄－善化路段案例將會考慮善化、永康及臺南等三站軌道被占用的情況來分析路線容量。	同意承辦單位之說明
	P6-10 經本案例分析，善化站軌道被占用時，民雄－中洲上行之路線容量為 6.47 列車/小時，容量瓶頸在新市→隆田(如表 6.13 所示)，惟相關結果與 P.6-13 圖 6-4 不一致(瓶頸容量 6.93 列車/小時)，請檢視修正。	遵照辦理。	已於定案報告中修正暨說明
	P7-9 有關本案例依據「3.3.2 複雜場站之容量分析程序」及公式(3.5)計算大肚溪南號誌站容量之過程頗為複雜，建議文中可補充計算過程內容，以利使用者參考依循。	遵照辦理，補充公式(3.5)之計算過程。	已於定案報告中修正暨說明
主席結 論	有關花東鐵路之容量納入案例分析係為承諾立委劉櫟豪之辦理事項，建議本計畫應增加花東鐵路雙軌化計畫對花蓮－臺東之容量改善之分析成果呈現，以利回復立委要求。	遵照辦理，將另闢第八章說明花東鐵路案例。	已於定案報告中修正暨說明

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
主席結 論	為利落實本計畫鐵道容量研究成果之應用，後續本所除將赴鐵道局辦理教育訓練進行推廣，亦請鐵道局配合要求鐵道計畫之規劃單位確實參照本所鐵道容量手冊具體分析評估方案之鐵道容量，以符合計畫審議之要求。	遵照辦理，於 110 年 12 月 6 日在鐵道局辦理教育訓練。	已圓滿完 成教育訓 練
	審查會議各委員及與會單位研提之口頭及書面意見，請財團法人中興工程顧問社整理「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。	遵照辦理。	已於定案 報告中修 正暨說明
	本計畫經徵詢審查委員意見，期末審查原則通過，請財團法人中興工程顧問社於 110 年 12 月 17 日(五)前提送期末修訂報告。	遵照辦理，並感謝諸位審查委員之肯定。	--



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



應用鐵道容量分析方法進行營運改善規劃 期末審查簡報

簡報人：黃笙玟

財團法人中興工程顧問社
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, INC.

中華民國一一〇年十二月一日

簡報大綱

計畫背景概述

案例分析執行方法

鶯歌 - 埔新路段案例

民雄 - 中洲路段案例

大肚溪南號誌站案例

結論與建議



• Part 1

計畫背景概述

3

研究緣起

臺灣地區軌道系統容量研究架構
暨臺北捷運系統容量分析

軌道容量研究 - 臺鐵系統容量模式建構分析

運輸系統容量分析暨應用研究 - 軌道系統

軌道系統容量與可靠度分析研究

單線連續區段軌道容量模式分析

傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體之
升級改版與推廣作業

模式發展

軟體研發

教育推廣

研究目標：強化國內鐵道容量分析技術的實務應用

4

研究工作項目

國內外文獻回顧

七堵 - 樹林路段案例分析

鶯歌 - 埔心路段案例分析

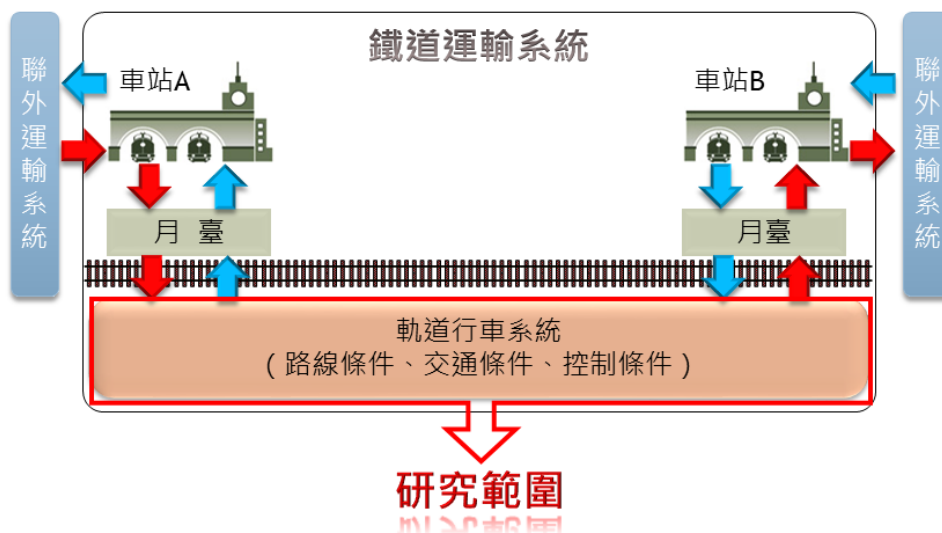
民雄 - 中洲路段案例分析

大肚溪南號誌站案例分析

辦理教育訓練

5

研究範圍



6

研究對象

- 臺灣鐵路系統
 - 國內唯一的傳統暨區域鐵路系統

路線條件

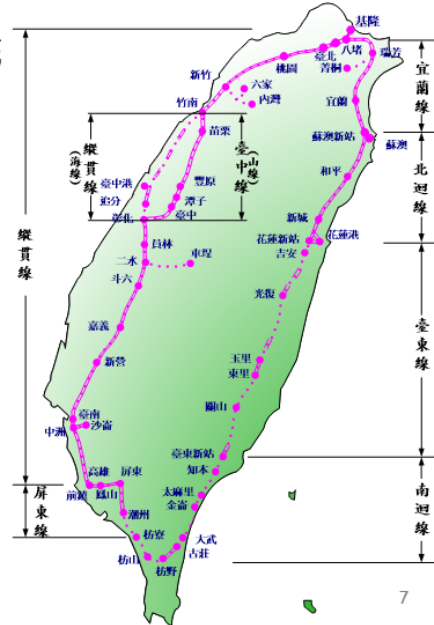
- 單、複線區間
- 部分車站內有副正線
- 屬於A型路權

交通條件

- 車種繁多
- 停站方式多樣
- 交通組成複雜

控制條件

- 三位式固定閉塞號誌
- 司機員依道旁號誌指示來駕駛



研究流程



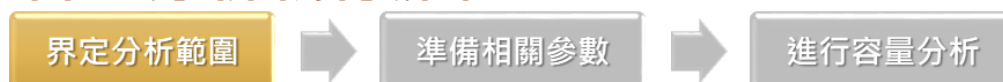


• Part 2

案例分析執行方法

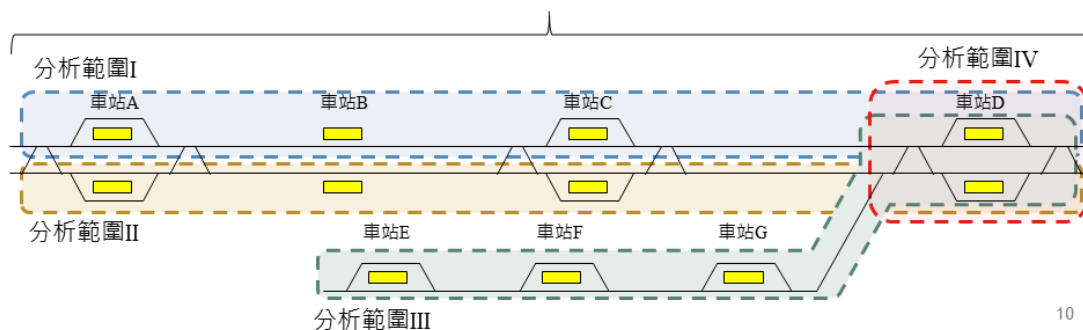
9

容量分析執行流程



- 分析範圍應符合以下原則
 - 交通組成要一致
 - 站間軌道數為一軌且運轉方式要相同
 - 銜接點 (Junction) 本身需另外獨立進行分析

案例分析對象



10

容量分析執行流程

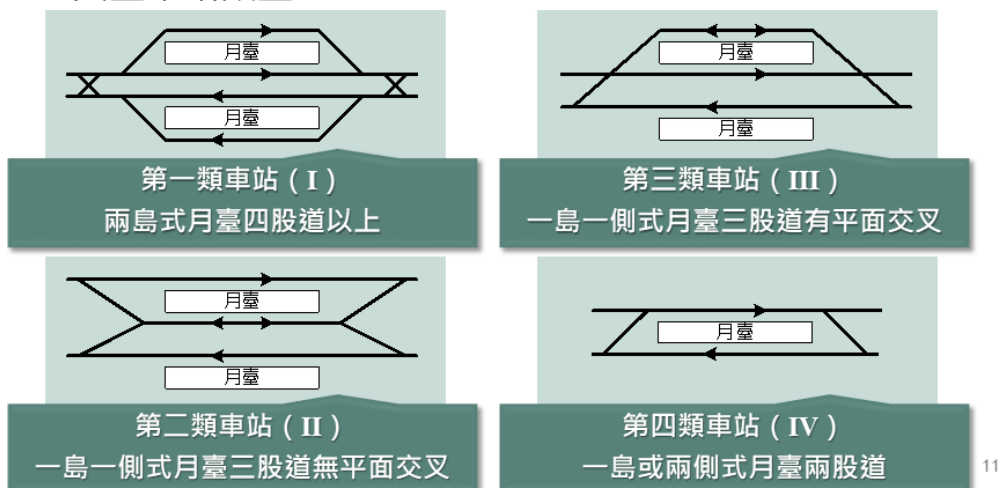
界定分析範圍

準備相關參數

進行容量分析

• 車站軌道佈設類型

• 典型車站類型



11

容量分析執行流程

界定分析範圍

準備相關參數

進行容量分析

• 車站軌道佈設類型

- 歸類原則
- 必須根據軌道運用方式來歸類

軌道運用屬性			車站軌道佈設型式
專用軌道	共用軌道	平面交叉	
2股以上	無	無	第一類車站 (I)
1股	1股	無	第二類車站 (II)
1股	1股	有	第三類車站 (III)
1股	無	無	第四類車站 (IV)

12

容量分析執行流程



• 交通組成



• 停站方式與停站時間原則

車種	傾斜式	自強號	莒光號	區間車
停靠車站	特等站 一等站	特等站 一等站	二等站以上	每站皆停
停站時間	90~120秒	90~120秒	90~120秒	30~60秒

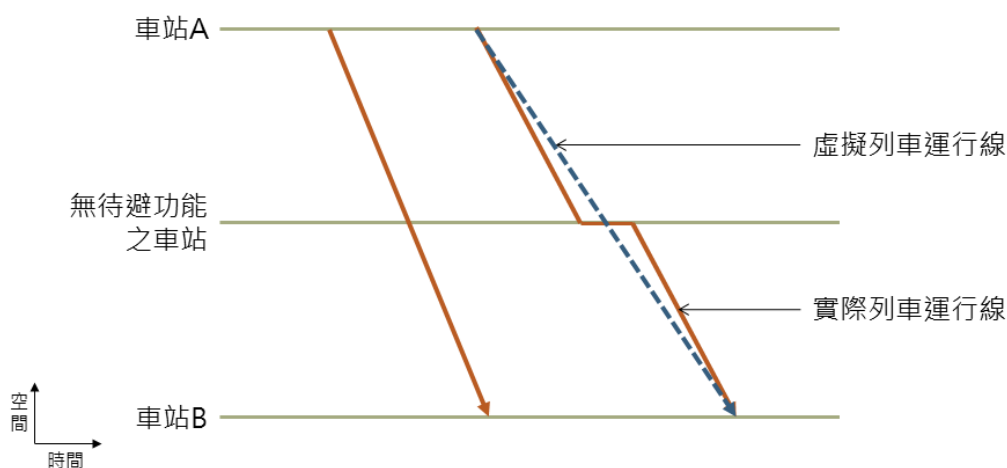
13

容量分析執行流程



• 站間運轉時間

• 合併區間的處理



14

容量分析執行流程



- 站間運轉時間
 - 新增車站的處理

以原站間平均速度
為基準，計算新站
間的運轉時間

考慮區間車增停
進站減速+30秒
離站加速+45秒

以30秒進位

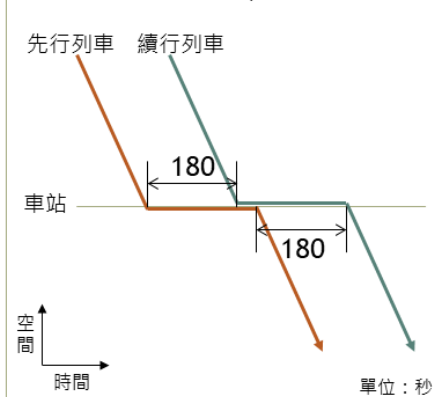
15

容量分析執行流程

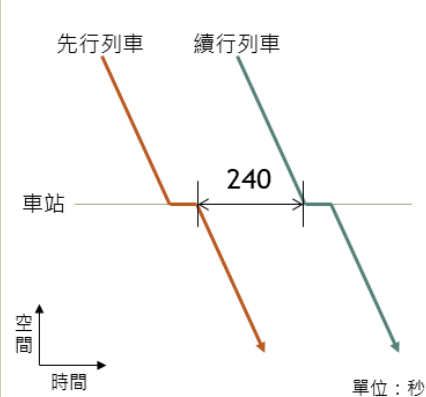


- 號誌安全時距

列車於車站內使用不同股道



列車於車站內使用同一股道



16

容量分析執行流程

界定分析範圍



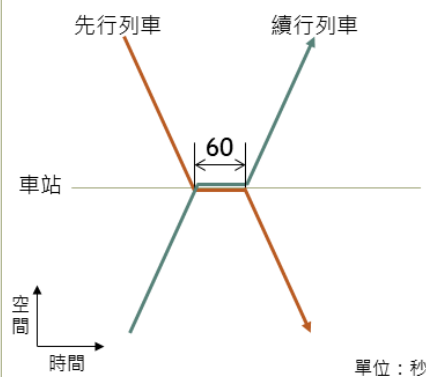
準備相關參數



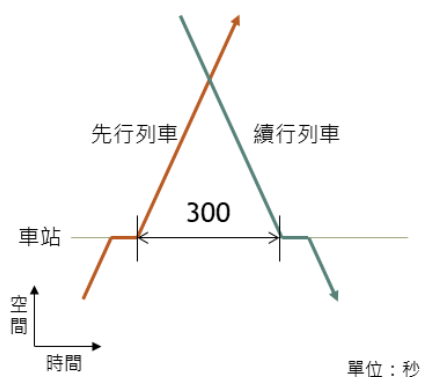
進行容量分析

• 號誌安全時距

先行列車進站後續行列車離站



先行列車離站後續行列車進站



17

容量分析執行流程

界定分析範圍



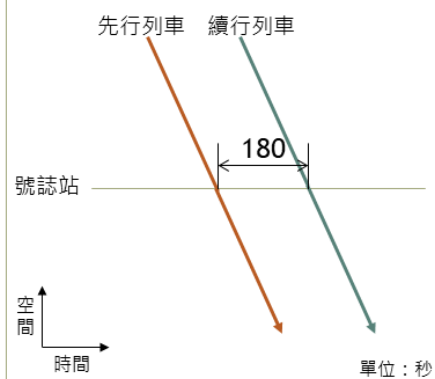
準備相關參數



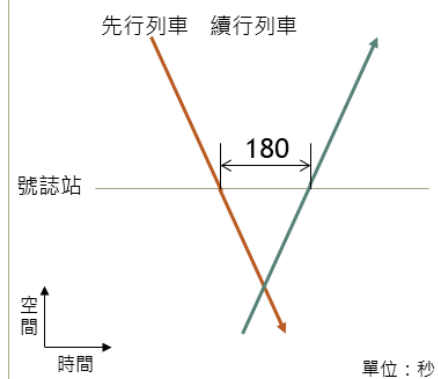
進行容量分析

• 號誌安全時距

同向列車於號誌站匯流或分歧



反向列車於號誌站交會



18

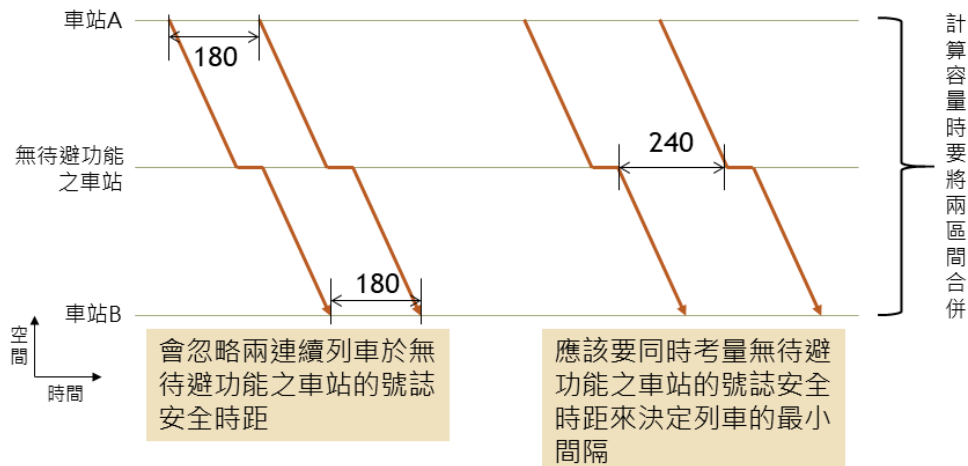
容量分析執行流程

界定分析範圍

準備相關參數

進行容量分析

• 號誌安全時距



19

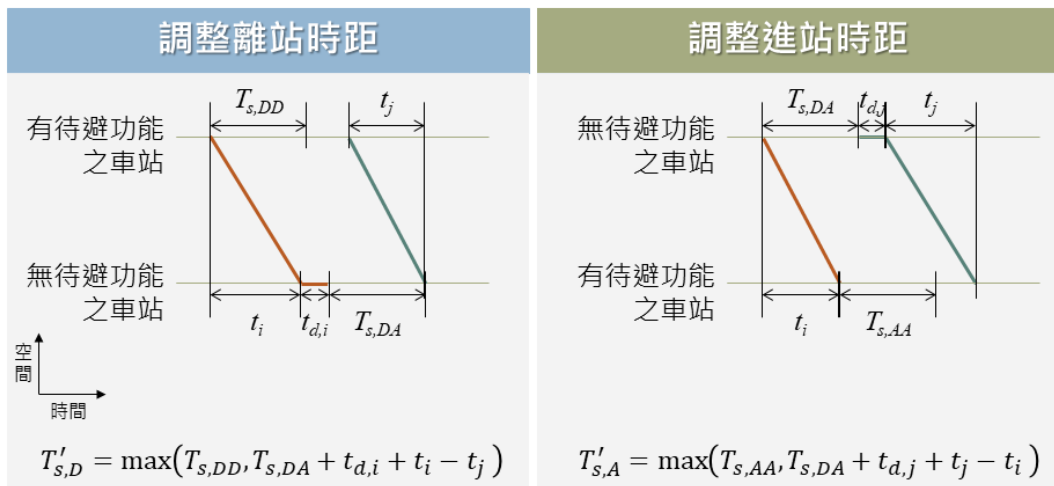
容量分析執行流程

界定分析範圍

準備相關參數

進行容量分析

• 號誌安全時距



20

容量分析執行流程

界定分析範圍

準備相關參數

進行容量分析

- 運研所容量分析軟體
 - 建立專案雛型



21

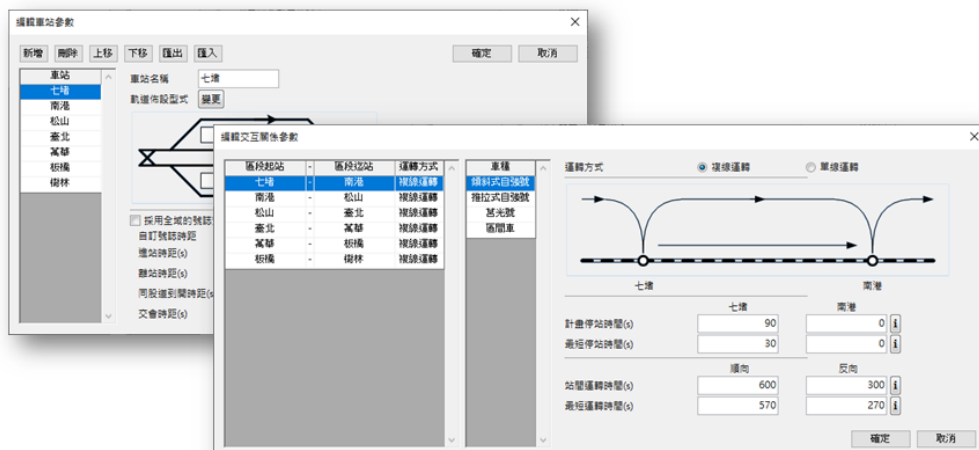
容量分析執行流程

界定分析範圍

準備相關參數

進行容量分析

- 運研所容量分析軟體
 - 根據現況編修參數



22

容量分析執行流程

界定分析範圍

準備相關參數

進行容量分析

- 運研所容量分析軟體
 - 進行容量分析

容量分析

分析參數

運轉寬裕係數: 0.2

模擬列車數: 2000

亂數種子: 0

交通組成

區段	運轉方式
七堵 - 南港	複線運轉
南港 - 松山	複線運轉
松山 - 臺北	複線運轉
臺北 - 基隆	複線運轉
基隆 - 板橋	複線運轉
板橋 - 樹林	複線運轉

單位: ☒ 列車數/單位時間 ☐ 百分比

車種	輛向	反向
傾斜式自強號	2	0
推拉式自強號	4	0
莒光號	0	0
區間車	6	0

執行容量分析

分析結果

彙整表: 路線容量 設計容量

選擇容量表現: ☒ 輛向 ☐ 反向

儲存結果 複製結果

路線容量(列車數/小時/方向): 8.67 設計容量(旅客數/小時/方向): 9824 可達成容量(旅客數/小時/方向): 7859

各區間之容量

區段	運轉方式	路線容量 (列車數/小時/方向)	設計容量 (旅客數/小時/方向)	可達成容量 (旅客數/小時/方向)
七堵 - 樹林	複線運轉	8.67	9824	7859
七堵 - 南港	複線運轉	8.67	9824	7859
南港 - 松山	複線運轉	15.93	18054	14443
松山 - 臺北	複線運轉	16.6	18806	15045
臺北 - 基隆	複線運轉	14.49	16419	13135
基隆 - 板橋	複線運轉	14.2	16094	12875
板橋 - 樹林	複線運轉	10.45	11843	9474

23

容量分析執行流程

界定分析範圍

準備相關參數

進行容量分析

- 需特別處理之情況

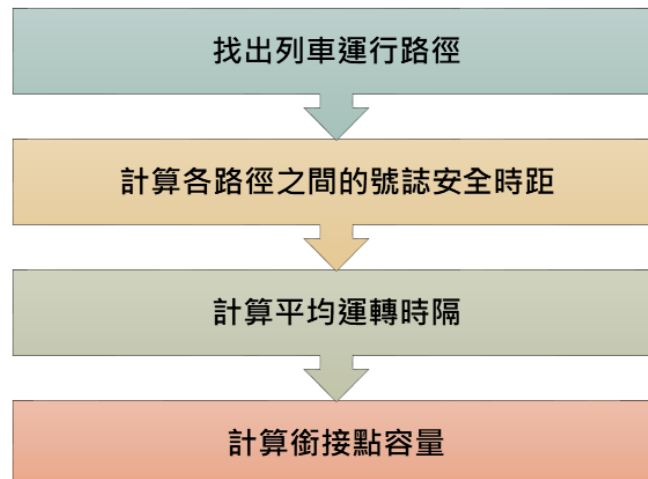


24

容量分析執行流程



• 複雜場站之容量分析程序



25

容量分析執行流程



• 複雜場站之容量分析程序

• 以解析公式計算平均運轉時隔

$$h_{ij} = T_{s,ij} + t_m = T_{s,ij} + \beta \cdot T_{s,ij} = T_{s,ij}(1 + \beta)$$

$$\bar{h} = \sum h_{ij} \cdot p_{ij} = \sum h_{ij} \cdot \frac{n_i \cdot n_j}{n^2} = \frac{1}{n^2} \sum h_{ij} \cdot n_i \cdot n_j$$

h_{ij} : 路徑j的列車於路徑i的列車之後通過銜接點的運轉時隔 (s)

$T_{s,ij}$: 路徑j的列車於路徑i的列車之後通過銜接點的號誌安全時距 (s)

t_m : 運轉寬裕時間 (s)

β : 運轉寬裕時間係數

$\bar{h}$: 平均運轉時隔 (s)

p_{ij} : 路徑j的列車於路徑i的列車之後通過銜接點的相對頻率

n_i : 路徑i的列車數

n_j : 路徑j的列車數

n : 總列車數

26

容量分析執行流程



- 複雜場站之容量分析程序
 - 以程式模擬計算平均運轉時隔
 - 演算流程邏輯

根據交通組成比例產生列車

決定列車通過銜接點的時間，並與系統中之列車皆保持足夠號誌安全時距

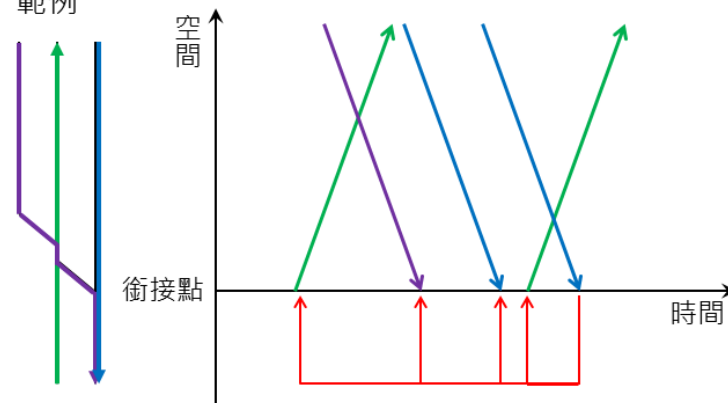
根據所有列車通過銜接點的時間，計算平均運轉時隔

27

容量分析執行流程



- 複雜場站之容量分析程序
 - 以程式模擬計算平均運轉時隔
 - 範例



28

容量分析執行流程

界定分析範圍



準備相關參數



進行容量分析

- 複雜場站之容量分析程序
 - 計算銜接點容量

$$C = \frac{3600}{\bar{h}}$$

$$C_i = C \cdot \frac{n_i}{n}$$

C : 銜接點容量 (TU/h)

$\bar{h}$: 平均運轉時隔 (s)

C_i : 路徑 i 的軌道容量 (TU/h)

n_i : 路徑 i 的列車數

n : 總列車數

29



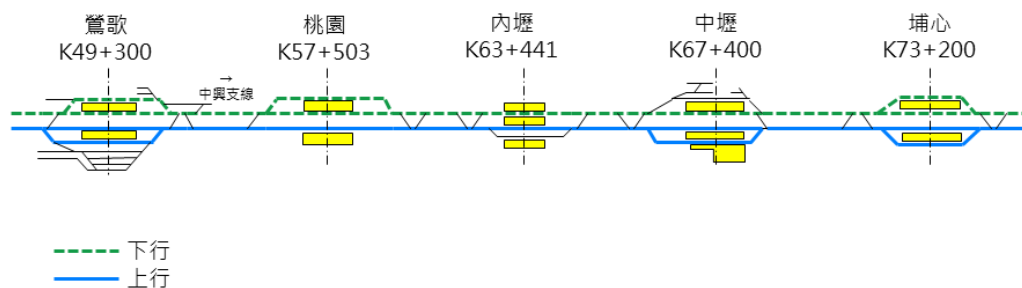
- Part 3

鶯歌 - 埔新路段案例

30

軌道配置與運用

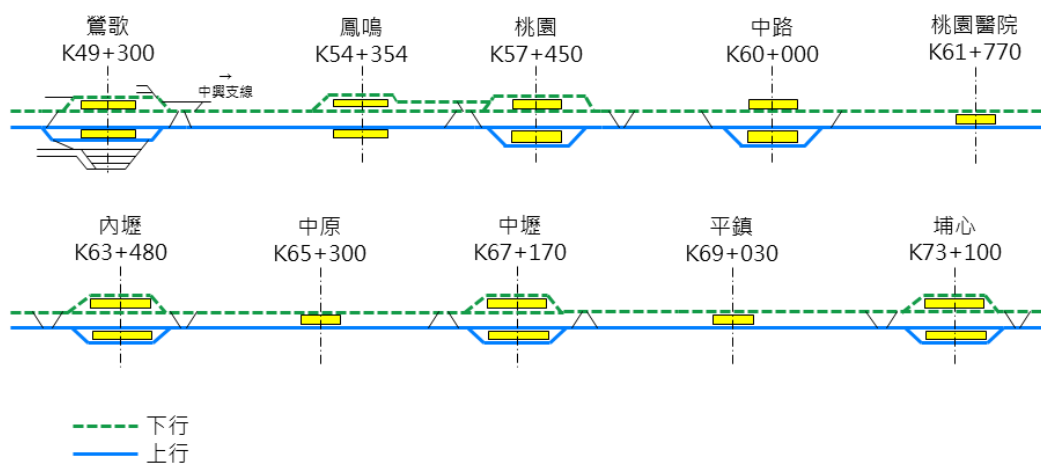
• 立體化前（現況）



31

軌道配置與運用

• 立體化後（臺鐵都會區捷運化桃園段地下化建設計畫）



32

容量分析結果

• 立體化前

方向	下行 (往埔心)	上行 (往鶯歌)
分析範圍	鶯歌→埔心	埔心→鶯歌
整體容量表現	10.49	10.24
容量瓶頸處	桃園→埔心	中壢→鶯歌

單位：列車/小時

• 立體化後

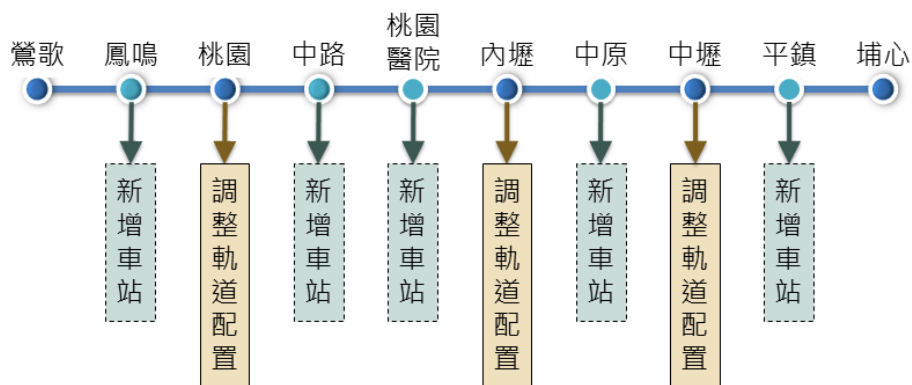
方向	下行 (往埔心)			上行 (往鶯歌)	
分析範圍	鶯歌→鳳鳴	鳳鳴→桃園 東正線 中正線	桃園→埔心	埔心→鶯歌	
路線容量	14.92	9.23 8.39	9.68	9.49	
整體容量表現	9.68			9.49	
容量瓶頸處	桃園→內壢			內壢→中路	

單位：列車/小時

33

鐵路立體化衝擊容量之探討

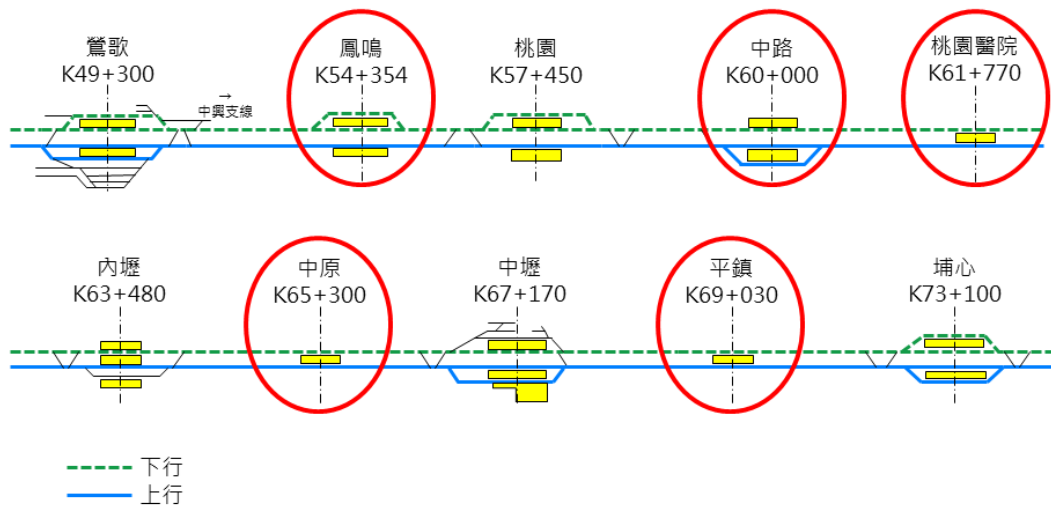
• 桃園鐵路立體化的主要工程內容



34

鐵路立體化衝擊容量之探討

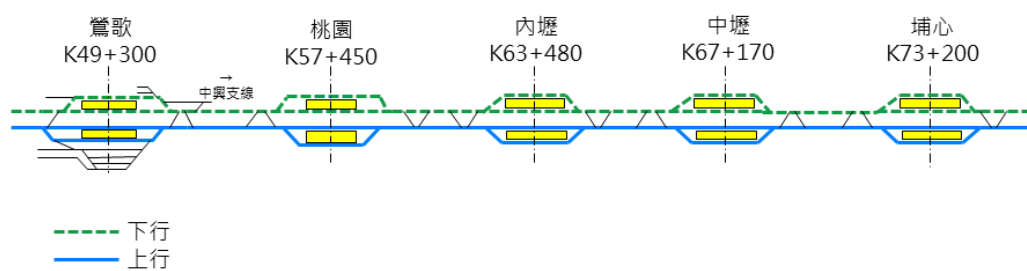
• 情境1：新增車站



35

鐵路立體化衝擊容量之探討

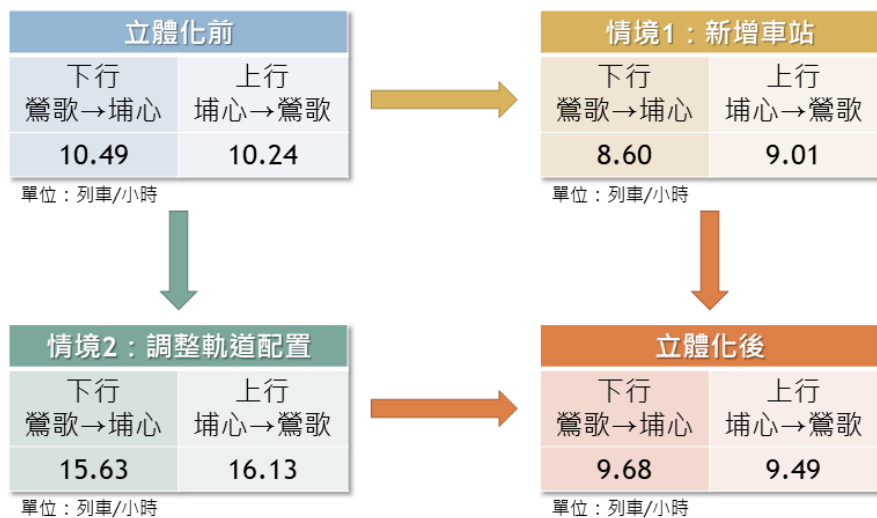
• 情境2：調整原有車站軌道配置



36

鐵路立體化衝擊容量之探討

• 分析結果

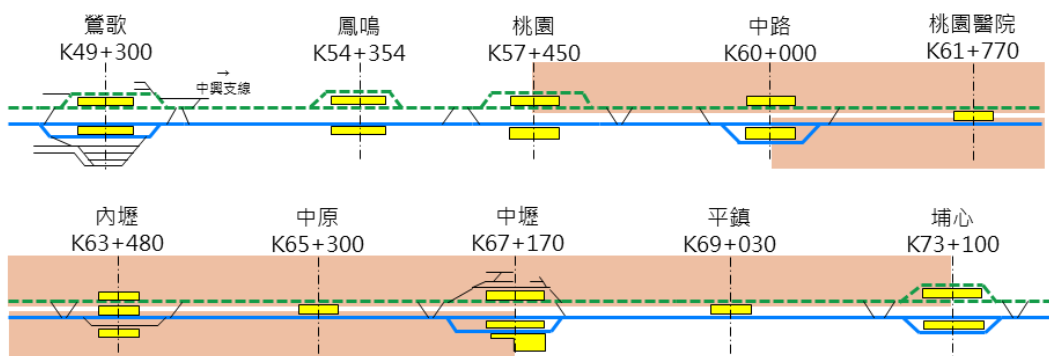


37

鐵路立體化衝擊容量之原因

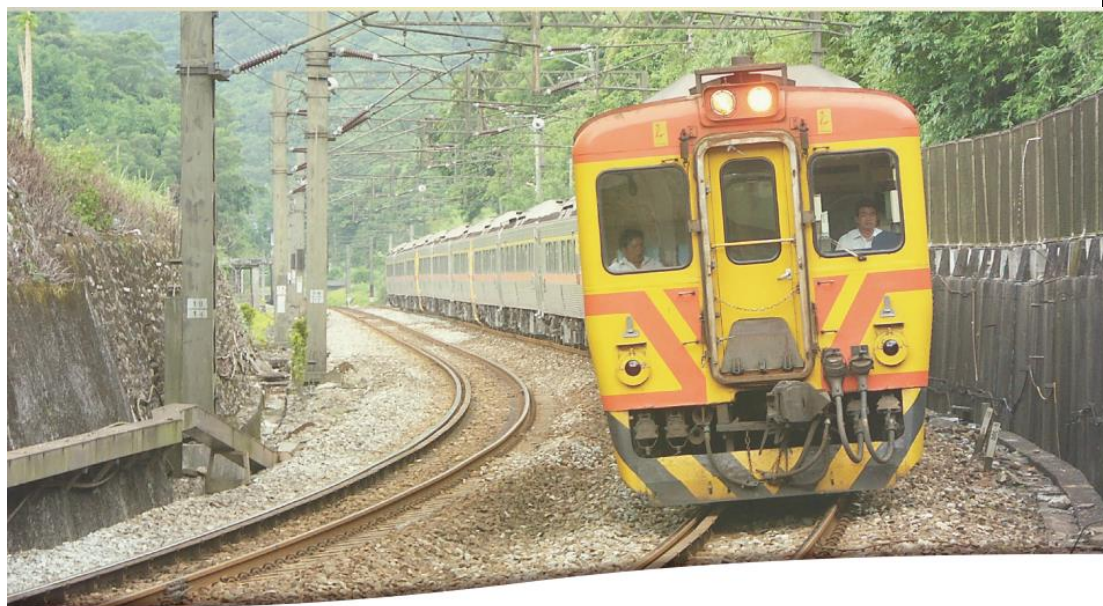
• 情境1之容量瓶頸處

- 下行（往埔心）：桃園→埔心
- 上行（往鶯歌）：中壢→中路



增設無待避功能之通勤站是鐵路立體化造成容量下降的主因

38



• Part 4

民雄 - 中洲路段案例

39

軌道配置與運用

• 立體化前 (現況)



容量分析結果

• 立體化前

方向	下行 (往中洲)		上行 (往民雄)	
分析範圍	民雄→善化	善化→中洲	中洲→善化	善化→民雄
路線容量	7.77	7.07	7.26	7.62
整體容量表現	7.07		7.26	

單位：列車/小時

• 立體化後

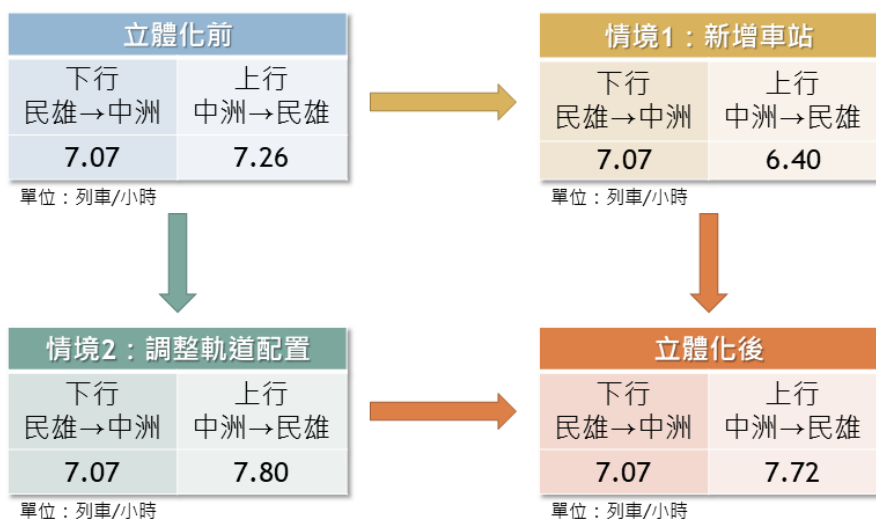
方向	下行 (往中洲)		上行 (往民雄)	
分析範圍	民雄→善化	善化→中洲	中洲→善化	善化→民雄
路線容量	7.77	7.07	7.72	7.78
整體容量表現	7.07		7.72	

單位：列車/小時

43

鐵路立體化衝擊容量之探討

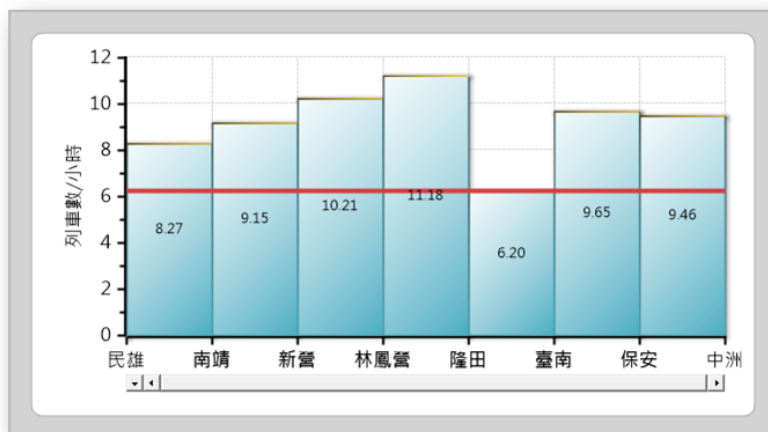
• 分析結果



44

容量瓶頸探討與改善

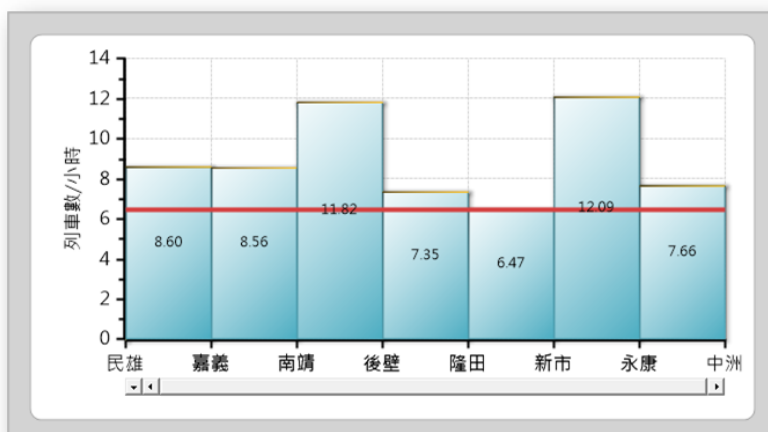
- 善化站軌道被占用時，下行方向之瓶頸



45

容量瓶頸探討與改善

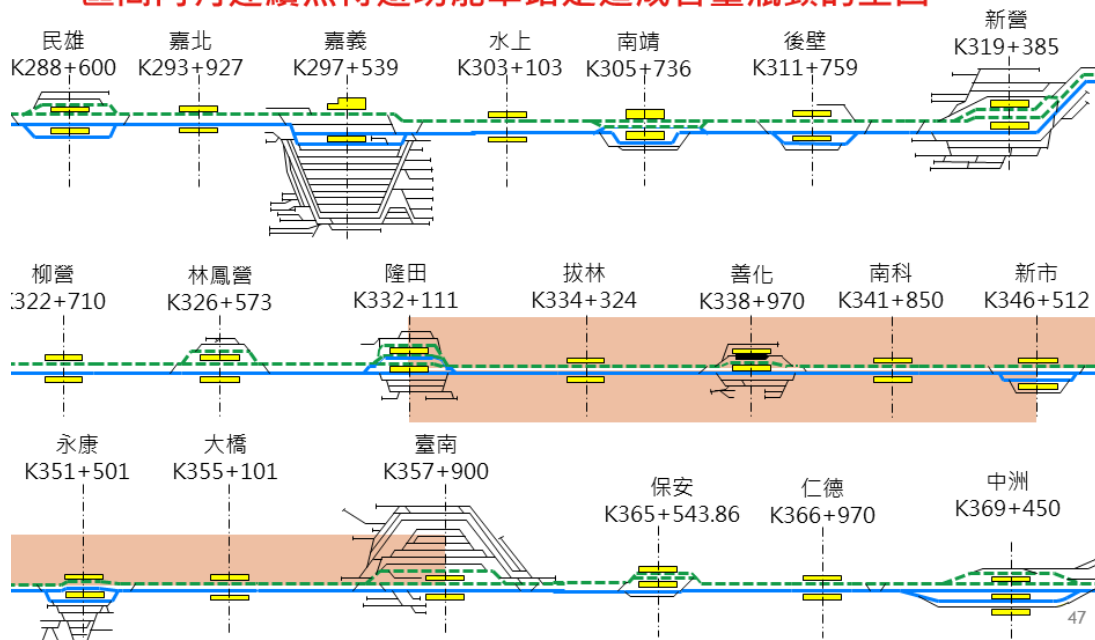
- 善化站軌道被占用時，上行方向之瓶頸



46

容量瓶頸探討與改善

區間內有連續無待避功能車站是造成容量瓶頸的主因



容量瓶頸探討與改善

改善方案

- 擴建善化站為兩島式月臺、一岸式月臺五股道
- 使善化站不會因列車占用軌道而無法提供待避功能

改善效益

- 容量約可提升5~10%

立體化後	
下行 民雄→中洲	上行 中洲→民雄
7.07	7.72

單位：列車/小時

改善方案	
下行 民雄→中洲	上行 中洲→民雄
7.79	8.15

單位：列車/小時



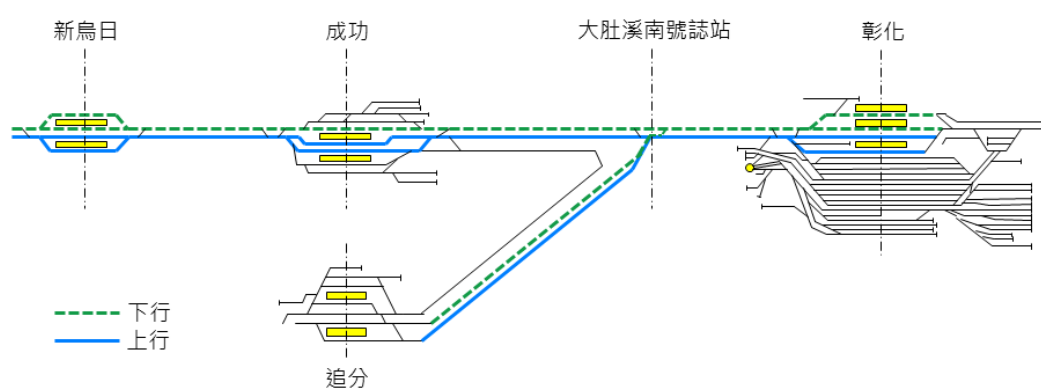
• Part 5

大肚溪南號誌站案例

49

軌道配置與運用

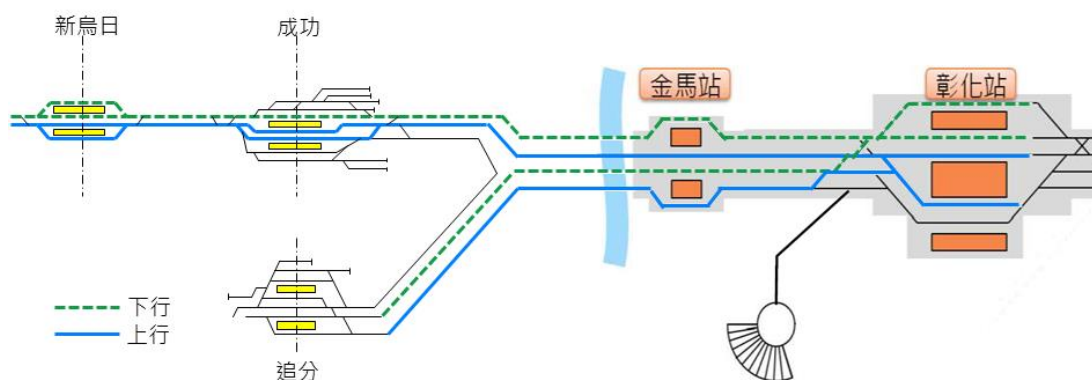
• 立體化前（現況）



50

軌道配置與運用

- 立體化後（彰化市鐵路高架化計畫）



51

容量分析結果

- 立體化前

線別	山線				海線			
方向	下行		上行		下行		上行	
分析範圍	新烏日 ↓ 彰化	大肚 溪南	彰化 ↓ 新烏日	大肚 溪南	追分 ↓ 彰化	大肚 溪南	彰化 ↓ 追分	大肚 溪南
路線或銜接點容量	9.29	7.25	14.05	10.15	11.72	2.9	11.72	2.9
整體容量表現	7.25		10.15		2.9		2.9	

單位：列車/小時

- 立體化後

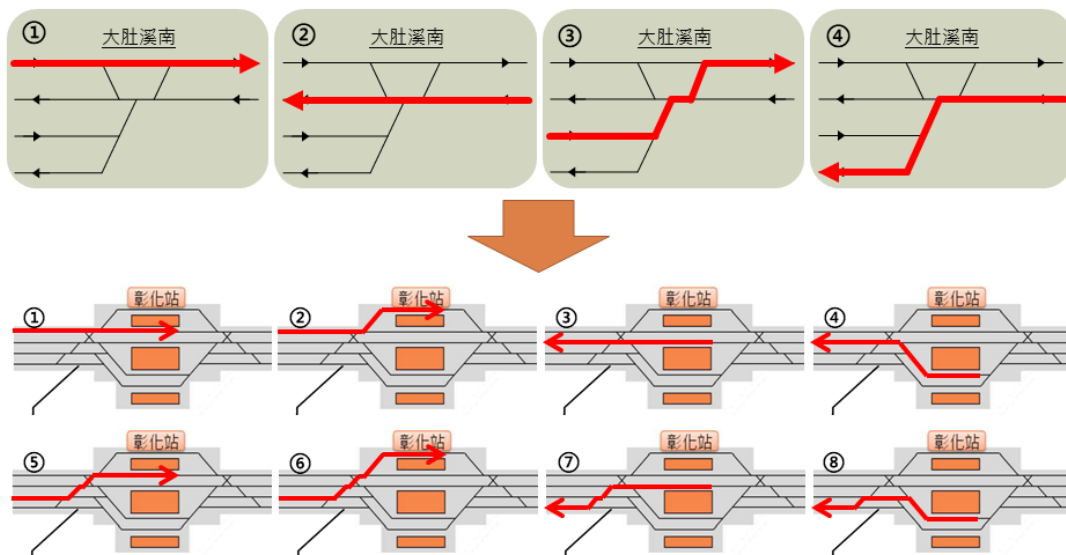
線別	山線				海線			
方向	下行		上行		下行		上行	
分析範圍	新烏日 ↓ 彰化	彰化	彰化 ↓ 新烏日	彰化	追分 ↓ 彰化	彰化	彰化 ↓ 追分	彰化
路線或銜接點容量	8.57	5.65	9.44	7.91	9.65	2.26	9.65	2.26
整體容量表現	5.65		7.91		2.26		2.26	

單位：列車/小時

52

容量瓶頸探討與改善

- 造成瓶頸的主因：山海線於彰化站匯流的情況複雜



53

容量瓶頸探討與改善

改善方案

- 透過立體交叉讓上下行列車不會產生平面交叉

改善效益

- 平均可提升容量約35%

立體化後			
下行		上行	
山線	海線	山線	海線
5.65	2.26	7.91	2.26

單位：列車/小時

改善方案			
下行		上行	
山線	海線	山線	海線
8.65	3.46	9.65	2.76

單位：列車/小時

54



• Part 6

結論與建議

55

結論

需定期檢視鐵道系統容量是否滿足旅運需求

透過完善的制度來確保鐵路建設能提供期望之運能

運研所容量分析軟體背後的演算邏輯與臺鐵現行方法雷同，適合作為未來路線容量分析的工具

經重新校估後，運轉寬裕時間係數的建議值為0.2

本研究的四個實務案例，可作為目前審查作業要點中之容量分析工作的範例

56

結論

造成瓶頸的主因

- 增設通勤站（無待避功能車站）
- 路線中有連續多座無待避功能車站

容量改善方向

營運面	調整交通組成	需考量實際運輸需求，使用上較為受限
	減少列車速差	會增加旅行時間，適用於短區間
硬體設施面	增設待避線	適用於改善連續無待避功能車站所造成的瓶頸
	減少平面交叉	可有效改善銜接點容量
	號誌系統升級	容量改善效果佳，但成本較高

57

建議

建議國內在鐵路建設審查相關規範應向國外借鏡相關制度

建議未來鐵路相關建設應避免設置連續無待避功能之車站，而導致路線容量過低

建議檢視現有路線是否有連續無待避功能車站之區間，可考慮增設待避線來進行改善

58

建議

建議後續容量分析軟體可開發以下功能

- 新增圖像化的路線參數編修功能
- 強化車站參數編輯功能
- 自動考量第IV類車站的影響進行容量分析
- 開發特殊場站容量分析功能
- 使用者能自訂分析範圍，並在分析完成後自動彙整結果
- 讓容量軟體可以匯入Excel檔或文字檔來建立專案
- 建立臺鐵參數資料更新機制
- 呈現時空圖樣本

59

建議

未來研究方向

- 考慮末端站和編組站的運作方式來發展容量分析模式
- 針對主正線與副正線有特定用途的情況，發展更細緻的容量模式
- 考慮貨運列車的影響來評估容量
- 應將鐵道容量分析課題列為長期固定的研究工作

60

履約項目檢核

	履約要求	完成內容
✓	文獻回顧	相關內容詳見期末報告第二章
✓	七堵 - 樹林路段案例分析	相關內容詳見期末報告第四章
✓	鶯歌 - 埔心路段案例分析	相關內容詳見期末報告第五章
✓	民雄 - 中洲路段案例分析	相關內容詳見期末報告第六章
✓	大肚溪南號誌站案例分析	相關內容詳見期末報告第七章
	辦理教育訓練	將於12/6辦理
✓	辦理學者專家座談會	已於6/24和11/1辦理完成
✓	研究成果投稿	已於8/31在電子計算機於土木水利工程應用研討會發表 將於12/2在運輸學會110年學術論文研討會發表
	成果展示海報	將於結案前以數位檔案形式交付

61



簡報結束 誠摯感謝

應用鐵道容量分析方法進行營運改善規劃

財團法人中興工程顧問社
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, INC.

ISBN 978-986-531-439-2



9 789865 314392

GPN : 1011101958
定價 350 元