

單線連續區段軌道容量模式分析 (2/2)



交通部運輸研究所

中華民國 105 年 12 月

單線連續區段軌道容量模式分析 (2/2)

著者：蘇振維、楊幼文、江明益、黃笙玹、鍾志成、
李治綱、賴勇成、盧麗嵩、張恩輔、林志偉、
林 蓁、施佑林、吳明軒

交通部運輸研究所

中華民國 105 年 12 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

單線連續區段軌道容量模式分析. (2/2) / 蘇振維
等著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所,
民 106. 04

面 ; 公分

ISBN 978-986-05-2324-9(平裝)

1. 鐵路管理 2. 運輸系統

557

106005664

單線連續區段軌道容量模式分析 (2/2)

著 者：蘇振維、楊幼文、江明益、黃笙玹、鍾志成、李治綱、賴勇成、盧麗
嵩、張恩輔、林志偉、林 蓁、施佑林、吳明軒

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw (中文版>圖書服務>本所出版品)

電 話：(02)23496789

出版年月：中華民國 106 年 4 月

印 刷 者：良機事務機器有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 80 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價：270

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880

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

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

GPN：1010600547

ISBN：978-986-05-2324-9

(平裝)

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

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

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：單線連續區段軌道容量模式分析(2/2)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-05-2324-9(平裝)	政府出版品統一編號 GPN 1010600547	運輸研究所出版品編號 106-04-1366	計畫編號 104-PBB004
本所主辦單位：運輸計畫組 主管：蘇振維 計畫主持人：蘇振維 研究人員：楊幼文、江明益 聯絡電話：(02)23496805 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：黃筌珣 研究人員：鍾志成、李治綱、賴勇成、盧麗嵩、張恩輔、林志偉、林蓁、施佑林、吳明軒 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 104 年 3 月 至 104 年 11 月	
關鍵詞：傳統暨區域鐵道系統、軌道容量分析、模擬模式			
摘要： 為掌握鐵道系統供需能量及服務水準，本所自民國92年起即針對傳統鐵路系統容量分析模式進行一系列相關研究，並開發「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體(Conventional Rail Capacity Software, CRCS)」。 歷年來，本所發展的軌道容量分析模式主要係針對連續區段建立分析模式，僅適用於複線運轉的情況(現臺鐵全線約1064.5公里，其中複線697.6公里，占全線65.5%)，然而，單線軌道長度366.9公里(占全線34.5%)，為完備CRCS軌道容量分析，因此，本所展開了「單線連續區段軌道容量模式分析」兩年期計畫。 本計畫第1年期(103年)已發展單線連續區段軌道容量分析模式，第2年期(104年)主要工作則是將該模式開發並納入CRCS中，使其作為一項模組。此外，本計畫同時新增「自訂號誌安全時距」的功能，使軌道容量分析軟體更能夠適用分析各種情境。最後，透過數個案例展示容量分析軟體的實用性，同時其結果亦可供規劃單位參考。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
105 年 4 月	226	270	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 (解密條件： ☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密) ☒ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

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

TITLE: Development of Capacity Model for Continuous Single-Track Sections (2/2)			
ISBN(OR ISSN) ISBN 978-986-05-2324-9 (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER GPN 1010600547	IOT SERIAL NUMBER 106-04-1366	PROJECT NUMBER 104-PBB004
DIVISION: Planning Division DIVISION CHIEF: Cheng-Wei Su PRINCIPAL INVESTIGATOR: Cheng-Wei Su PROJECT STAFF: Yu-Wen Yang, Ming-Yi Jiang PHONE: 886-2-23496805 FAX: 886-2-25450428			PROJECT PERIOD FROM March 2015 TO November 2015
RESEARCH AGENCY: Sinotech Engineering Consultants, Inc. PRINCIPAL INVESTIGATOR: Sheng-Hsuan Huang PROJECT STAFF: Jyh-Cherng Jong, Chi-Kang Lee, Yung-Cheng Lai, Li-Song Lu, En-Fu Chang, Jyh-Wei Lin, Jen Lin, You-Lin Shih, Ming-Hsuan Wu 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, Rail Capacity Analysis, Simulation Model			
ABSTRACT: In order to accommodate the needs for developing various rail transportations, the Institute of Transportation carried out a series of research projects. These projects have developed models and software to analyze rail capacity for conventional railway systems. However, the capacity model for continuous rail sections has only been applied to double-track railway. Thus, the Institute of Transportation launched the two-year project Development of Capacity Model for Continuous Single-Track Sections to compensate for that. The project has developed a rail capacity model for continuous single-track sections last year. To lower the threshold of applying this model and enhance the efficiency of rail capacity calculation, the second-year research computerizes the model into a new feature of the Conventional Railway Capacity Software. Moreover, this study adds an additional function to customize signal close-in times so that the software will be more usable in different situations, such as lack of parameters at the planning stage of railway system. Finally, this research shows the applicability of the software in several cases. The results of the cases can serve as references for future planning.			
DATE OF PUBLICATION 2017 April	NUMBER OF PAGES 226	PRICE 270	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
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.....	XIII
第一章 緒論.....	1 - 1
1.1 研究動機.....	1 - 1
1.2 全程計畫概要	1 - 2
1.3 研究目的	1 - 3
1.4 研究內容與工作項目	1 - 3
1.5 研究方法與流程	1 - 4
1.6 研究範圍	1 - 6
1.7 研究對象.....	1 - 7
第二章 單線連續區段軌道容量分析模式回顧	2 - 1
2.1 基本概念	2 - 2
2.2 輸入參數	2 - 4
2.3 演算流程	2 - 5
2.3.1 車種決定方式	2 - 6
2.3.2 預定軌道機制	2 - 6
2.3.3 檢核機制	2 - 11
2.3.4 後移量計算	2 - 12
2.3.5 回溯機制	2 - 15
2.3.6 路線容量評估	2 - 15
第三章 傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體回顧	3 - 1
3.1 軟體特色	3 - 1
3.2 系統需求	3 - 2
3.3 軟體架構	3 - 3

3.4	各項功能介紹	3 - 4
3.4.1	參數設定	3 - 4
3.4.2	分析計算	3 - 7
3.4.3	結果輸出	3 - 11
第四章	單線連續區段軌道容量分析功能之開發	4 - 1
4.1	需求分析	4 - 1
4.2	系統分析與設計	4 - 2
4.3	使用者介面設計	4 - 4
4.3.1	車站設定	4 - 5
4.3.2	列車與路線交互關係設定	4 - 8
4.3.3	單線連續區段軌道容量分析	4 - 12
第五章	軌道容量軟體使用手冊	5 - 1
5.1	設定車站資料	5 - 1
5.1.1	新增車站資料	5 - 2
5.1.2	插入車站資料	5 - 4
5.1.3	編輯車站資料	5 - 5
5.1.4	更改車站名稱	5 - 8
5.1.5	匯出車站資料	5 - 9
5.1.6	匯入車站資料	5 - 14
5.1.7	移除車站資料	5 - 15
5.2	設定列車與路線交互關係	5 - 16
5.2.1	設定運轉方式	5 - 18
5.2.2	編輯交互關係	5 - 18
5.3	單線連續區段容量分析	5 - 20
5.3.1	操作介面介紹	5 - 21
5.3.2	操作步驟說明	5 - 22
5.3.3	結果檢視與輸出	5 - 27
第六章	分析範例	6 - 1
6.1	基本操作範例	6 - 1
6.1.1	設定列車參數	6 - 1

6.1.2	設定車站參數	6 - 5
6.1.3	設定列車與路線交互關係	6 - 14
6.1.4	單線連續區段容量分析	6 - 19
6.2	實務應用範例	6 - 21
6.2.1	新設路線容量分析	6 - 22
6.2.2	既有路線容量分析	6 - 28
第七章	結論與建議	7 - 1
7.1	結論	7 - 1
7.2	建議	7 - 2
7.2.1	後續相關研究建議	7 - 2
7.2.2	研究成果推廣建議	7 - 3
	參考文獻	R - 1
	附錄 A 期中工作會議資料	A - 1
	附錄 B 期中工作會議紀錄	B - 1
	附錄 C 期中簡報資料	C - 1
	附錄 D 期中審查意見處理情形	D - 1
	附錄 E 期末工作會議資料	E - 1
	附錄 F 期末工作會議紀錄	F - 1
	附錄 G 期末簡報資料	G - 1
	附錄 H 期末審查意見處理情形	H - 1

圖 目 錄

	頁 次
圖 1-1 全程計畫概要示意圖	1 - 2
圖 1-2 研究流程圖	1 - 6
圖 1-3 軌道容量的研究範圍	1 - 7
圖 1-4 臺鐵營運路線圖	1 - 8
圖 1-5 臺鐵歷年旅客人次	1 - 9
圖 1-6 臺鐵歷年各級列車之客座利用率	1 - 10
圖 2-1 單線連續區段與單一區段容量分析模式之關係圖	2 - 1
圖 2-2 單線連續區段容量分析模式之演算概念	2 - 2
圖 2-3 列車到站事件和離站事件示意圖	2 - 3
圖 2-4 單線連續區段容量分析模式整體流程圖	2 - 5
圖 2-5 軌道預訂規則一範例	2 - 6
圖 2-6 軌道預訂規則二範例	2 - 7
圖 2-7 軌道預訂規則三範例	2 - 7
圖 2-8 軌道預訂規則四範例	2 - 7
圖 2-9 軌道預訂規則五範例	2 - 8
圖 2-10 軌道預訂規則六範例	2 - 8
圖 2-11 軌道預訂規則七範例	2 - 8
圖 2-12 軌道預訂規則八範例 1	2 - 9
圖 2-13 軌道預訂規則八範例 2	2 - 9
圖 2-14 軌道預訂規則九範例	2 - 9
圖 2-15 軌道預訂規則十範例	2 - 10
圖 2-16 列車追越條件範例	2 - 10
圖 2-17 檢查列車是否於站間追撞先行列車示意圖	2 - 11
圖 2-18 檢查列車是否於站間對撞反向列車示意圖	2 - 12
圖 2-19 站間追撞先行列車時的後移量計算示意圖	2 - 13

圖 2-20 站間對撞反向列車時的後移量計算示意圖	2 - 13
圖 2-21 到站號誌時距不足時的後移量計算示意圖	2 - 13
圖 2-22 離站號誌時距不足時的後移量計算示意圖	2 - 14
圖 2-23 反向交會號誌時距不足時的後移量計算示意圖	2 - 14
圖 2-24 評估容量所使用的時間範圍示意圖	2 - 16
圖 3-1 Document/View 架構示意圖	3 - 3
圖 3-2 全域參數設定畫面	3 - 5
圖 3-3 列車參數設定畫面	3 - 5
圖 3-4 車站參數設定畫面	3 - 6
圖 3-5 列車與路線交互關係參數設定畫面	3 - 6
圖 3-6 單一區段容量分析畫面	3 - 7
圖 3-7 單一區段容量敏感度分析畫面	3 - 8
圖 3-8 單一區段可靠度分析畫面	3 - 8
圖 3-9 複線連續區段容量分析畫面	3 - 9
圖 3-10 複線連續區段容量敏感度分析畫面	3 - 9
圖 3-11 複線連續區段可靠度分析畫面	3 - 10
圖 3-12 複線連續區段情境分析畫面	3 - 10
圖 3-13 以純文字格式輸出至剪貼簿後於 Word 貼上之畫面	3 - 11
圖 3-14 以圖形格式輸出至剪貼簿後於 Word 貼上之畫面	3 - 12
圖 3-15 以圖文格式輸出後利用 IE 瀏覽器檢視之畫面	3 - 13
圖 4-1 各模組的輸入與輸出關係圖	4 - 3
圖 4-2 接收使用者設定的號誌安全時距作為輸入參數	4 - 3
圖 4-3 軟體功能調整與擴充架構圖	4 - 4
圖 4-4 車站設定頁面（調整前）	4 - 5
圖 4-5 車站設定對話盒（調整前）	4 - 6
圖 4-6 車站設定頁面（調整後）	4 - 6
圖 4-7 車站設定對話盒（調整後）	4 - 7
圖 4-8 車站參數設定輔助圖形（順行方向）	4 - 7
圖 4-9 車站參數設定輔助圖形（逆行方向）	4 - 8
圖 4-10 列車與路線交互關係設定頁面（調整前）	4 - 9

圖 4-11 列車與路線交互關係設定對話盒（調整前）	4 - 9
圖 4-12 列車與路線交互關係設定頁面（調整後）	4 - 10
圖 4-13 列車與路線交互關係設定對話盒（調整後）	4 - 10
圖 4-14 列車與路線交互關係參數輔助圖形（順行方向）	4 - 11
圖 4-15 列車與路線交互關係參數輔助圖形（逆行方向）	4 - 11
圖 4-16 功能表調整	4 - 12
圖 4-17 工具列調整	4 - 13
圖 4-18 新增單線連續區段容量分析頁面	4 - 14
圖 4-19 顯示分析進度	4 - 14
圖 4-20 自訂號誌安全時距功能	4 - 15
圖 4-21 設定自訂號誌安全時距的對話盒	4 - 16
圖 5-1 開啟軌道容量分析軟體內附之使用手冊	5 - 1
圖 5-2 車站設定頁面	5 - 2
圖 5-3 新增車站之對話盒	5 - 3
圖 5-4 新增車站對話盒中【確定】鍵自動隱藏之條件	5 - 3
圖 5-5 插入車站之對話盒	5 - 4
圖 5-6 插入車站對話盒中【確定】鍵自動隱藏之條件	5 - 5
圖 5-7 車站參數編輯對話盒	5 - 5
圖 5-8 未挑選車站即按下【編輯】按鈕時之提示訊息	5 - 6
圖 5-9 車站參數設定輔助圖形範例	5 - 7
圖 5-10 軌道佈設選擇對話盒	5 - 7
圖 5-11 軌道佈設選擇輔助精靈	5 - 8
圖 5-12 修改車站名稱對話盒	5 - 8
圖 5-13 未挑選車站即按下【更名】按鈕時之提示訊息	5 - 8
圖 5-14 修改車站名稱之確認對話盒	5 - 9
圖 5-15 修改車站名稱對話盒中【確定】鍵自動隱藏之條件	5 - 9
圖 5-16 匯出單筆車站資料之對話盒	5 - 10
圖 5-17 未挑選車站即進行【匯出】動作時之提示訊息	5 - 11
圖 5-18 執行匯出所有車站資料時路徑對話盒	5 - 11
圖 5-19 容器內無車站時之提示訊息	5 - 12

圖 5-20	完成匯出工作時之提示訊息.....	5 - 12
圖 5-21	匯出車站設定文字檔之對話盒.....	5 - 13
圖 5-22	匯出至剪貼簿後在 Word 軟體貼上之畫面.....	5 - 14
圖 5-23	匯入車站資料之對話盒.....	5 - 15
圖 5-24	未挑選車站即按下【移除】按鈕時之提示訊息.....	5 - 16
圖 5-25	刪除車站名稱之確認對話盒.....	5 - 16
圖 5-26	列車與路線交互關係設定頁面.....	5 - 17
圖 5-27	設定運轉方式.....	5 - 18
圖 5-28	勾選通過該區段的車種.....	5 - 18
圖 5-29	列車與路線交互關係設定對話盒.....	5 - 19
圖 5-30	未挑選編輯區段或列車進行編輯動作之提示訊息.....	5 - 19
圖 5-31	選擇單線連續區段容量分析頁面.....	5 - 21
圖 5-32	單線連續區段容量分析頁面.....	5 - 22
圖 5-33	設定單線連續區段容量分析參數.....	5 - 23
圖 5-34	自訂號誌安全時距對話盒.....	5 - 24
圖 5-35	設定全域號誌安全時距對話盒.....	5 - 25
圖 5-36	設定單線連續區段容量分析的交通組成.....	5 - 25
圖 5-37	交通組成總和不為 100%之提示訊息.....	5 - 26
圖 5-38	進行單線連續區段容量分析.....	5 - 26
圖 5-39	顯示單線連續區段容量分析結果.....	5 - 27
圖 5-40	執行單線連續區段容量分析結果輸出.....	5 - 28
圖 6-1	點選【新增】按鈕新增列車參數.....	6 - 3
圖 6-2	輸入列車名稱.....	6 - 3
圖 6-3	點選【編輯】按鈕編輯列車參數.....	6 - 4
圖 6-4	完成直達車的列車參數設定.....	6 - 4
圖 6-5	完成區間車的列車參數設定.....	6 - 5
圖 6-6	車站 A 相關資訊（順行方向）.....	6 - 6
圖 6-7	車站 A 相關資訊（逆行方向）.....	6 - 6
圖 6-8	車站 B 相關資訊（順行方向）.....	6 - 7
圖 6-9	車站 B 相關資訊（逆行方向）.....	6 - 7

圖 6-10 車站 C 相關資訊（順行方向）	6 - 8
圖 6-11 車站 C 相關資訊（逆行方向）	6 - 8
圖 6-12 車站 D 相關資訊（順行方向）	6 - 9
圖 6-13 車站 D 相關資訊（逆行方向）	6 - 9
圖 6-14 點選【新增】按鈕新增車站參數	6 - 11
圖 6-15 輸入車站名稱	6 - 11
圖 6-16 點選【編輯】按鈕編輯車站參數	6 - 12
圖 6-17 完成車站 A 的列車參數設定	6 - 12
圖 6-18 完成車站 B 的列車參數設定	6 - 13
圖 6-19 完成車站 C 的列車參數設定	6 - 13
圖 6-20 完成車站 D 的列車參數設定	6 - 14
圖 6-21 編輯列車與路線交互關係參數	6 - 16
圖 6-22 完成直達車於車站 A-車站 B 的交互關係參數設定	6 - 16
圖 6-23 完成區間車於車站 A-車站 B 的交互關係參數設定	6 - 17
圖 6-24 完成直達車於車站 B-車站 C 的交互關係參數設定	6 - 17
圖 6-25 完成區間車於車站 B-車站 C 的交互關係參數設定	6 - 18
圖 6-26 完成直達車於車站 C-車站 D 的交互關係參數設定	6 - 18
圖 6-27 完成區間車於車站 C-車站 D 的交互關係參數設定	6 - 19
圖 6-28 執行單線連續區段容量分析	6 - 20
圖 6-29 單線連續區段容量分析結果	6 - 21
圖 6-30 新增 3 種列車	6 - 25
圖 6-31 新增 9 座車站	6 - 25
圖 6-32 設定列車與路線交互關係	6 - 26
圖 6-33 勾選採用自訂號誌安全時距	6 - 27
圖 6-34 恆春支線容量分析結果	6 - 27
圖 6-35 臺鐵花東鐵路範圍與單複線區間配置狀況	6 - 29
圖 6-36 建立花蓮－玉里容量分析專案檔	6 - 31
圖 6-37 建立玉里－臺東容量分析專案檔	6 - 32
圖 6-38 花東鐵路雙軌路線規劃示意圖	6 - 34
圖 6-39 光復－瑞穗雙軌化後的容量分析專案檔	6 - 35

圖 6-40 花東鐵路雙軌化容量分析專案檔.....	6 - 39
圖 6-41 改變交通組成設定.....	6 - 39

表 目 錄

	頁 次
表 2.1 單線連續區段容量分析模式與離散事件模擬組成要素 對應表	2 - 3
表 2.2 單線連續區段軌道容量分析模式所需參數	2 - 4
表 2.3 事件類型與檢核項目對照表	2 - 11
表 2.4 通過號誌安全時距檢查的條件	2 - 12
表 2.5 不同情況下的後移量計算方式	2 - 14
表 3.1 「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」參數分類 表	3 - 4
表 5.1 車站屬性之單位、預設值與合理範圍檢查表	5 - 6
表 5.2 列車與路線交互關係參數之預設值與合理性檢查列表	5 - 20
表 5.3 單線連續區段容量分析參數之預設值與合理性檢查列 表	5 - 23
表 5.4 自訂號誌安全時距之單位、預設值與合理範圍檢查表	5 - 24
表 6.1 直達車相關資訊	6 - 1
表 6.2 區間車相關資訊	6 - 2
表 6.3 車站參數彙整表（順行方向）	6 - 10
表 6.4 車站參數彙整表（逆行方向）	6 - 10
表 6.5 各區間列車平均巡航速度	6 - 14
表 6.6 各區間列車基準運轉時間	6 - 15
表 6.7 各車站列車停站時間	6 - 15
表 6.8 單線連續區段容量分析參數設定	6 - 19
表 6.9 軌道容量分析應用實績彙整表	6 - 22
表 6.10 恆春支線各車站里程與軌道配置狀況	6 - 23
表 6.11 恆春支線基準運轉時分	6 - 24
表 6.12 臺鐵花東鐵路各車站參數彙整表	6 - 29

表 6.13 臺鐵花東鐵路各區段尖峰小時交通組成	6 - 30
表 6.14 花蓮－玉里路線容量現況	6 - 32
表 6.15 玉里－臺東路線容量現況	6 - 33
表 6.16 光復－瑞穗雙軌化後的路線容量表現	6 - 36
表 6.17 三民－玉里雙軌化後的路線容量表現	6 - 36
表 6.18 花蓮－壽豐雙軌化後的路線容量表現	6 - 36
表 6.19 花東鐵路全線雙軌化後的路線容量表現	6 - 37
表 6.20 花蓮－玉里分階段雙軌化的容量提升情形	6 - 37
表 6.21 花東鐵路雙軌化前後容量變化比較表	6 - 38
表 6.22 花東鐵路車種簡化後的路線容量表現	6 - 40
表 6.23 花東鐵路車種簡化前後容量變化比較表	6 - 40

第一章 緒論

1.1 研究動機

推動鐵道建設為國內交通運輸發展之重要政策，自民國 93 年起，臺灣鐵道建設的預算核列數超越公路建設^[8]，隨著各都會區之捷運及高鐵系統之通車，整體鐵道運輸之旅運量亦逐年增加。臺灣鐵路系統為國內唯一具有環島路網的鐵道系統，近年來透過積極改善服務品質措施，已大幅提升其營運形象。然隨著臺鐵旅客量的逐年增加，導致部分區間有容量不足之現象，如北部地區在平日尖峰時段，客運需求甚高但服務水準卻大為降低；另如花東線每逢年節假日則一票難求，皆反映出臺鐵瓶頸路段之容量問題。但在面臨政府公共建設資源有限情況下如何有效提升臺鐵之容量及運能，則要進行相關研究，以提供擬定解決容量瓶頸提升運能方案暨評估其效益之分析工具。

爰此，交通部運輸研究所（以下簡稱本所）近年來即辦理一系列軌道容量相關研究，以提供國內鐵道相關單位有關容量分析之知識與工具。在傳統暨區域鐵路系統（即臺鐵系統）方面，已完成之研究不僅比一般解析模式考量更多的影響因子來發展單一區段容量分析模式，並且以此為基礎，建立了連續區段容量分析模擬模式，而為了提升容量分析的效率及容量模式的實用性，更開發了「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」。

然而，過去對於單線運轉區間之容量分析，係將整個路線依站間切分為許多區段，再逐一計算每區段之容量，此時皆假設每區段為獨立而不受相鄰區段的列車特性與車站配置的相互影響。但在實際運轉時，列車於時空上係屬連續性之移動變化，相鄰區段的列車特性與車站配置會相互影響容量，例如：當一列車要連續通過多個區段時，對向列車必須等到其完全通過後才能前進，導致實際上每一區間都難以

保持計算單一區段容量時所假設的狀態，因此較完善的分析方法必須要考量各區段之間的交互影響。

有鑑於此，本研究要進一步在連續路段交互影響的情況下，發展適用於單線運轉的容量分析方法，並且於「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」開發相關分析功能，以完備國內對於傳統區域鐵路的容量分析技術。

1.2 全程計畫概要

「單線連續區段軌道容量模式分析」為兩年期之研究計畫，全程計畫概要如圖 1-1，第一年度的研究重點在於發展適用於單線的連續路段容量分析方法，第二年度的研究重點則是於「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」中開發單線連續區段容量分析功能。本年度之研究為「單線連續區段軌道容量模式分析（2/2）」，亦即此計畫的第二年度（民國 104 年）。

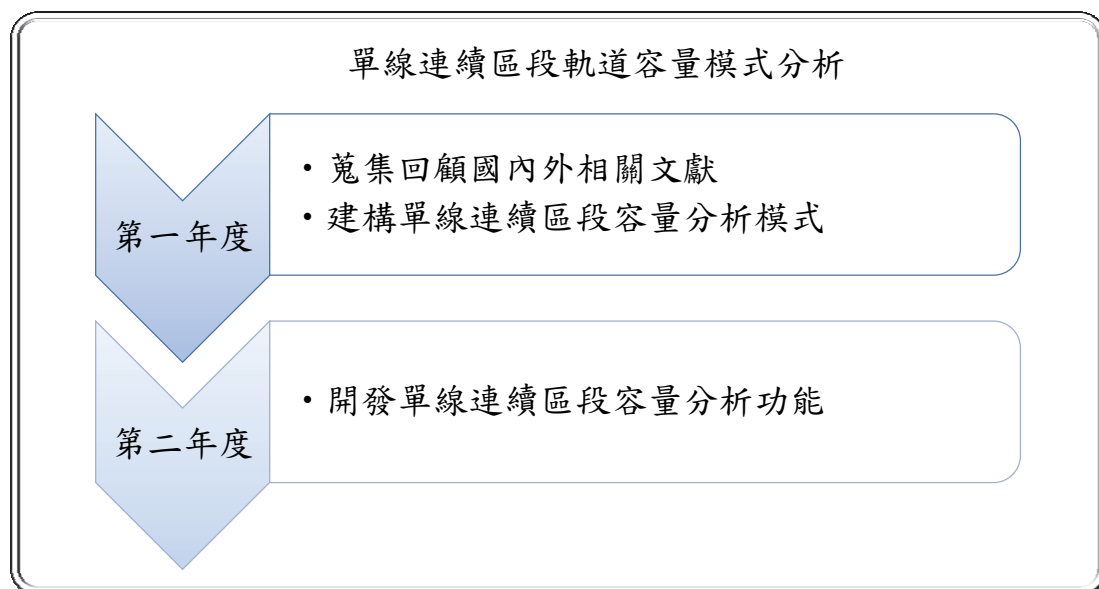


圖1-1 全程計畫概要示意圖

1.3 研究目的

前期研究針對臺鐵系統建立了單線連續區段軌道容量分析模擬模式，但該模式在運算過程中需要大量計算，甚至有時必須回溯反覆計算，若是完全由人工進行將相當費時費力，因此本年度研究之目的在於降低該模式的使用門檻，以提升其分析效率與實用性。

1.4 研究內容與工作項目

欲達成前述之研究目的，本研究的工作內容是在「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」中，加入單線運轉連續區段容量分析的功能，其中需包括下列模組：

1. 參數輸入/輸出與管理模組

根據單線連續區段容量分析模式所需之輸入參數與輸出資料，本模組在「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」中提供相對應的使用者介面，讓使用者便於管理與檢視，並且要有防呆機制(Fool-proofing)。

2. 號誌安全時距模組

目前「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」已經可根據使用者設定的路線條件、交通條件與號誌條件來計算號誌安全時距，而號誌安全時距是單線連續區段容量分析模式的輸入參數之一，因此本模組的功能為資料介接，要能從「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」中取出的號誌安全時距，並傳入單線連續區段容量分析核心模組之中。

3. 單線連續區段容量分析核心模組

本模組依照單線連續區段容量分析模式的流程，能在一單線運轉路線的兩端不斷地發送列車，透過模擬方法將列車依運轉基本規則推進至終點站，其內容包含決定列車車種、產生到站與離站事件、預訂軌道、進行檢核、計算後移量與回溯等子流程。

4. 運轉時隔與路線容量計算模組

在單線連續區段容量分析核心模組演算完成後，本模組能進一步計算平均運轉時隔以及路線容量。

5. 計算結果儲存與管理模組

對於最後的計算結果，本模組提供自動呈現分析結果的功能，並且能將結果匯出成通用的檔案格式，例如點陣式圖檔或向量式圖檔。

1.5 研究方法與流程

考量本年度研究的工作項目與特性，研究流程規劃如圖 1-2所示，其重點與方法說明如下。

1. 「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」以及單線連續區段容量分析模式回顧

首先必須回顧並深入了解前期研究所發展的單線連續區段容量分析模式，此外，也須充分掌握「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」之程式架構，以利後續進行軟體開發工作。

2. 開發單線連續區段容量分析功能

對「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」以及單線連續區段容量分析模式有充分掌握後，即展開一連串的軟體開發工作，各項步驟說明如下：

(1) 需求分析

根據本研究團隊過去執行相關案例分析及軟體開發的經驗，從使用者的角度，來分析單線連續區段容量分析功能的使用需求，作為功能與使用者介面設計之參考。

(2) 系統分析設計

此步驟主要工作是將需求分析予以整理歸類，從系統的觀點探討物件的屬性與方法、資料結構設計與演算法，同時也要考慮對程式執行效能的影響，以利後續的開發工作。

(3) 程式開發

在程式開發的過程中，運算核心的部分會先開發不具視窗介面的 Console 程式，以便進行測試驗證，確定計算功能完全正確無誤後，再進行視窗程式與資料前後處理的整合開發工作。在開發工具方面，則採用和「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」相同的工具，包含 Microsoft Visual Studio 2005、C++ 程式語言、MFC (Microsoft Foundation Class) 以及 Component One 元件，以避免因相容性所造成整合開發問題。

(4) 測試驗證

軟體運算核心和使用者介面的測試重點不同，運算核心著重在計算的正確性，而使用者介面則是需測試其操作與互動機制是否符合預期。一般而言，測試驗證工作可以分為白箱測試與黑箱測試兩種，兩者目的不同，各有優劣，在程式的開發過程中將由程式開發人員進行白箱測試，在視窗程式開發完成後，則由未參與開發工作的研究人員進行黑箱測試，以找出開發人員未能注意到的盲點與錯誤。

3. 使用手冊撰寫

除了軟體開發外，撰寫該軟體的使用手冊亦是相當重要的一環，以利使用者學習與使用軟體。目前「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」使用手冊已有相當完整之架構，對於新增的單線連續區段容量分析功能，則遵循其編定原則撰寫，此外亦設計數個分析範例讓使用者更能瞭解如何應用本軟體。

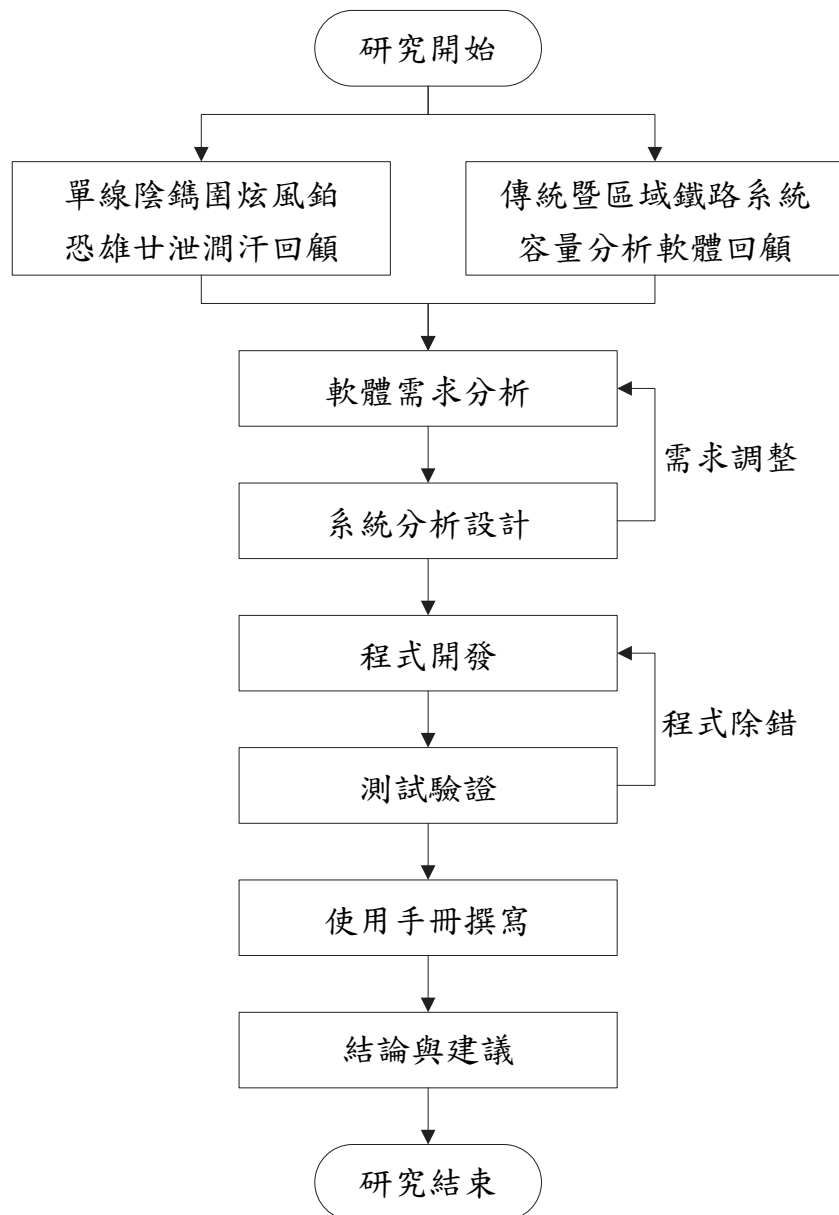


圖1-2 研究流程圖

1.6 研究範圍

鐵道運輸系統包含車站、月臺、軌道行車設備等設施，其用途在於提供客、貨運輸服務。旅客或貨物從其起點開始，藉由聯外運輸系統到達車站進入鐵道運輸系統中，經過車站站房至月台層等候列車，待列車到站後方能上車或裝貨。接著，旅客或貨物搭乘著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台後，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，完成整個旅次。

在上述鐵道運輸的過程中，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、月台的面積、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，軌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、月台的影響。因此，本計畫將「軌道容量」的研究範圍界定在「軌道行車系統」，如圖 1-3所示，也就是探討「軌道行車設備的最大輸送能力」，而非整個軌道運輸系統的容量。

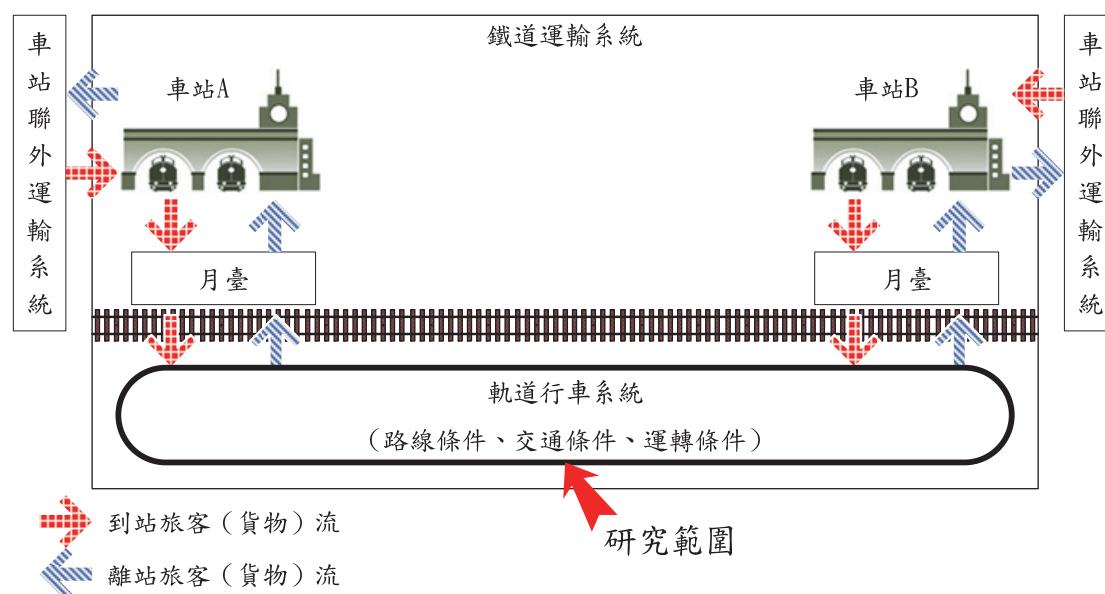
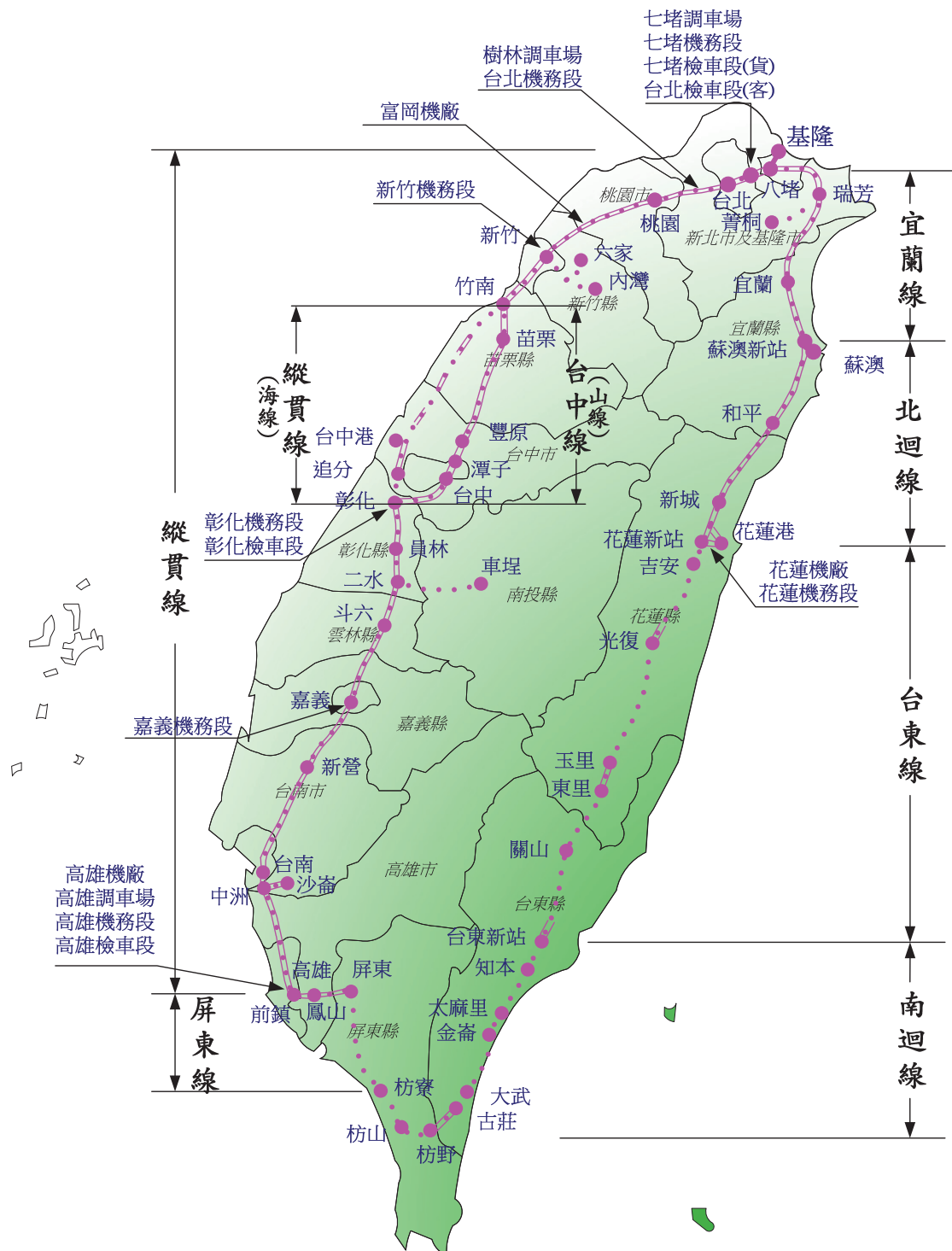


圖1-3 軌道容量的研究範圍

1.7 研究對象

本研究的研究對象為臺灣鐵路系統（以下簡稱臺鐵），自清朝興建迄今已逾百年，是臺灣最早的鐵道運輸系統。歷經多次擴建後，於民國 80 年完成環島路網，如圖 1-4，全路網共可分為西部幹線、東部

幹線以及支線等三大系統，沿線分別設有 7 個機務段、4 個檢車段及 3 座機廠，以執行臺鐵各型車輛之各級檢查、保養與維修以及車輛清洗等作業。



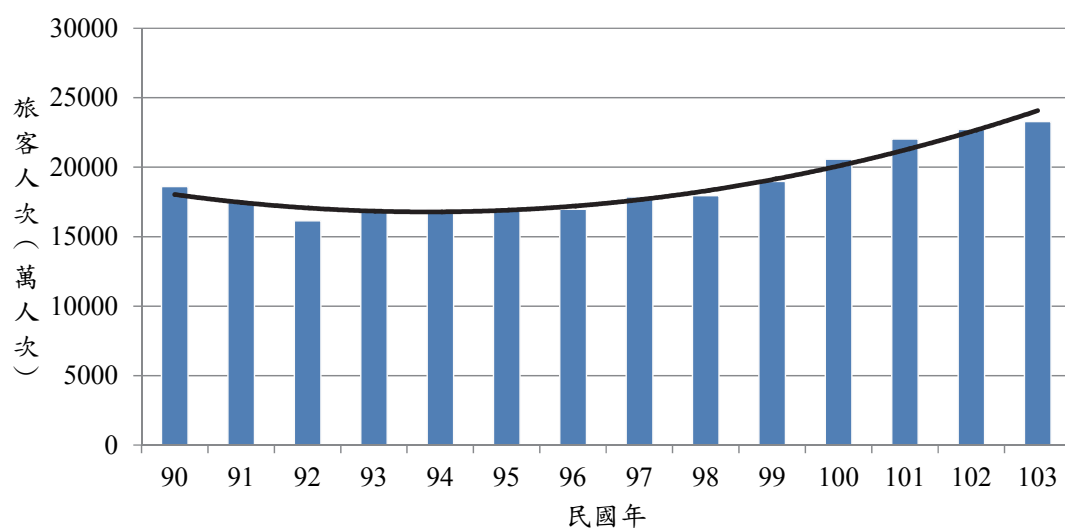
資料來源：本研究整理

圖1-4 臺鐵營運路線圖

臺鐵的號誌系統係採用固定式閉塞號誌系統（Fixed Block Signaling System, FBS），其路線根據路側號誌機區分為許多閉塞區間，由司機員以目視方式遵照號誌指示行駛。為了確保行車安全，另裝設有列車自動保護系統（Automatic Train Protection, ATP），將列車的速​​度從單點監控提升至線的監控。另外，臺鐵對於運轉車輛的調度監控係採用中央行車控制系統（Centralized Traffic Control, CTC），在 CTC 區間的列車運轉由臺北車站四樓的綜合調度所集中控制全線行車。

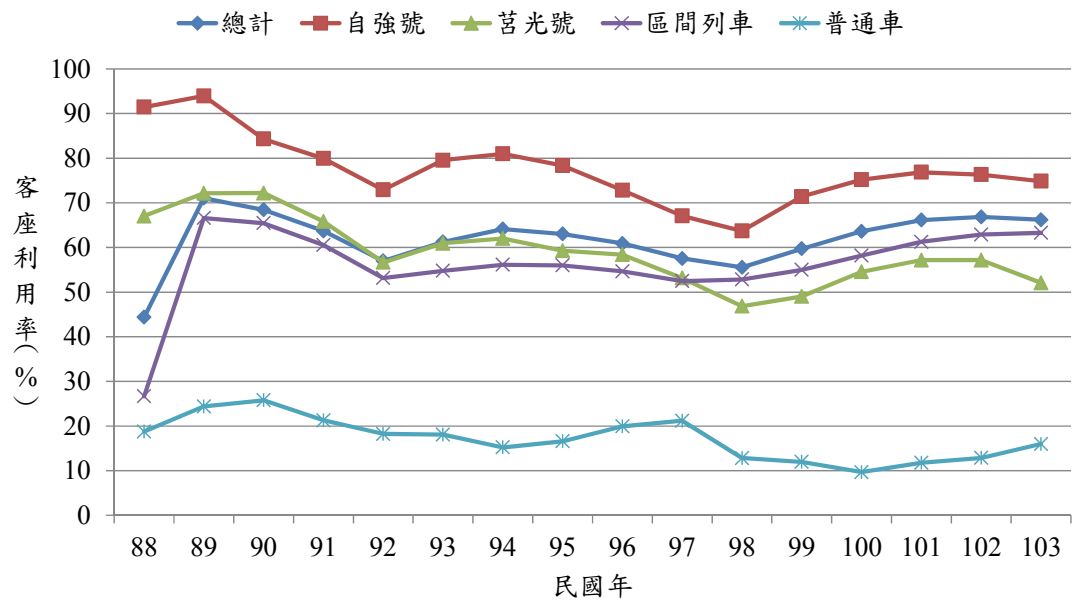
至民國 103 年底，臺鐵的總營業路線里程全長約 1,064.5 公里，其中複線長達 697.6 公里，佔全線 65.5%；而單線長達 366.9 公里，佔全線 34.5%。在臺鐵環島路網中，單線區間主要分布在屏東線、南迴線、臺東線與海線。

在旅客運輸方面，臺鐵每日平均開行的列車數超過 1,000 個班次，在民國 103 年所載運的客運人數約為 2 億 3,282 萬人次，較上年增加 2.44%，歷年旅客人次變化如圖 1-5，已創下臺鐵近十幾年來旅客人次新高。在客座利用率部份，圖 1-6顯示臺鐵各級列車中，自強號的客座利用率最高，為七成多，區間列車的客座利用率則於民國 98 年超過莒光號，為居第二，而最低者為普通車，約為一成多。



資料來源：[7]及本研究整理

圖1-5 臺鐵歷年旅客人次



註：區間列車含復興號

資料來源：[7]及本研究整理

圖1-6 臺鐵歷年各級列車之客座利用率

第二章 單線連續區段軌道容量分析模式

回顧

過去本所針對臺鐵單線運轉區間僅有單一區段容量分析模式，但列車運行是在時空上連續地移動變化，若能考量上/下游區段的交互影響，將更符合實際情況，因此前期研究建構了單線連續區段軌道容量分析模式^[4]，兩模式之關係如圖 2-1 所示，以下各節將回顧單線連續區段軌道容量分析模式之基本概念、輸入參數以及演算流程。

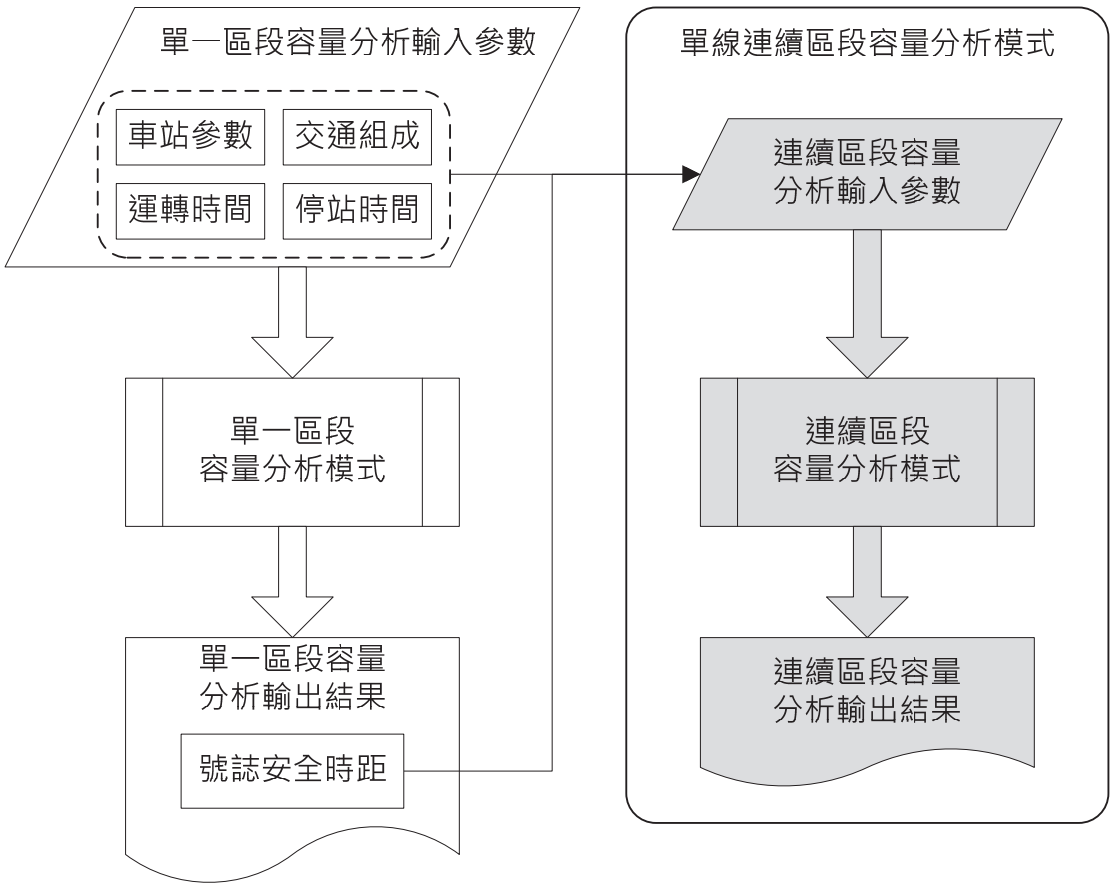


圖2-1 單線連續區段與單一區段容量分析模式之關係圖

2.1 基本概念

基於可將容量視為最大頻率或最大流率，也就是每單位時間最多可通過多少列車，單線連續區段軌道容量分析模式的演算基本概念如圖 2-2所示，在一個連續單線運轉的路線兩端不斷地發送列車，透過模擬方法將列車依運轉基本規則推進至終點站，最後於兩端終點站觀察列車在單位時間內到達的情況，藉此來評估此連續區段之容量。

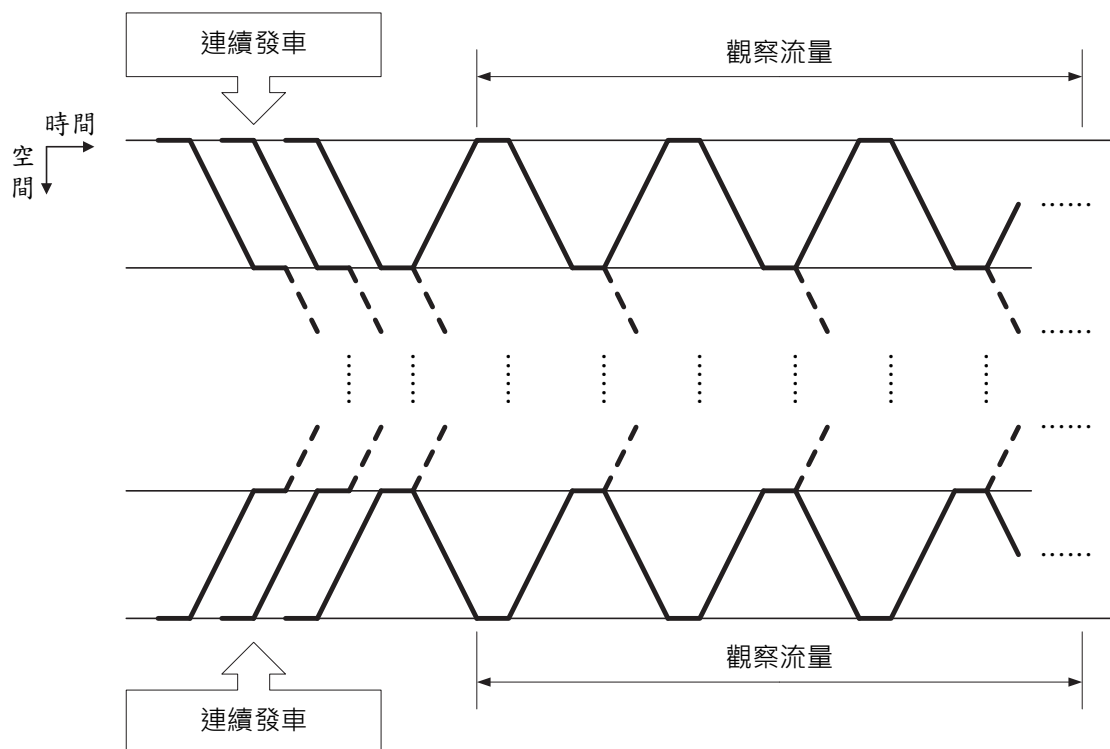


圖2-2 單線連續區段容量分析模式之演算概念

對於列車從兩端始發站運行到終點站的運轉過程，模式中採用了離散事件導向（Discrete Event-Oriented Simulation）的系統模擬方法來處理，其中組成離散事件模擬之要素，如實體（Entity）、資源（Resource）、事件（Event）、規則（Rule）與狀態（State）等，本模式與之對應項目如表 2.1所示。

表2.1 單線連續區段容量分析模式與離散事件模擬組成要素對應表

組成要素	對應項目
實體	列車
資源	站間軌道、站內軌道
事件	列車到站、列車離站
規則	列車運轉基本規則
狀態	列車佔用軌道的情況

模式係以每列車到達和離開各車站的運行過程當作成一連串的事件，如圖 2-3所示，列車 n 於車站 k 到站事件的時間為 $t_A(n,k)$ ，離站事件的時間為 $t_D(n,k)$ 。隨著事件依序發生，系統的時間便會不斷往前推進，同時也會改變列車佔用軌道的情況，其中軌道分為兩類：一類為站間軌，站間軌皆為雙向使用，可讓多列同向列車接續通過，但不能同時存在有相反方向的列車；另一類為站內軌，站內軌可為雙向或某一方向使用，一次只能讓一列車佔用。

而整個在模擬過程中，透過調整事件的發生時間，來避免系統不會發生死結，並確保各列車遵循運轉基本規則運行，當所有事件都完成後，便結束模擬。

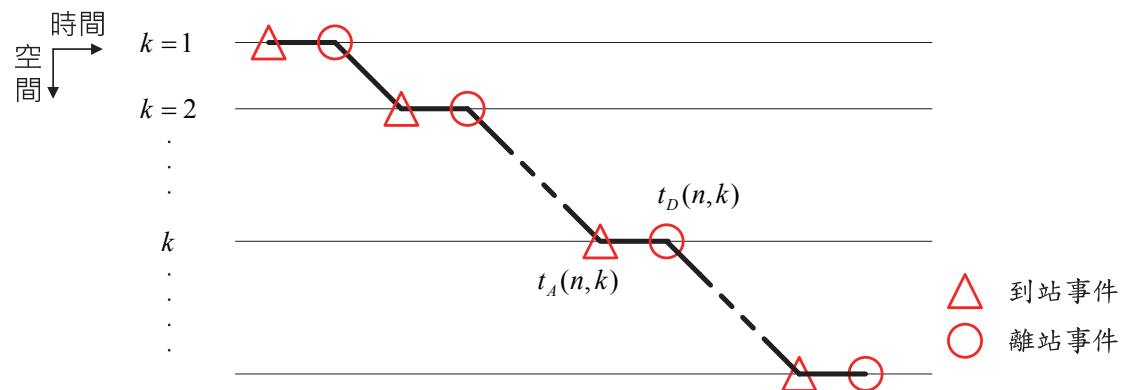


圖2-3 列車到站事件和離站事件示意圖

2.2 輸入參數

本模式的輸入參數計有 5 大類 11 項如表 2.2，在全域參數中，前期研究^[4]建議「運轉寬裕係數」採用 0.2，「模擬列車數」則是讓使用者決定模擬的規模，此參數設定愈大，則可得到愈精確的結果，但也需更多的演算時間。

在交通組成方面，「車種組成比例」參數是以一組設定值套用到整個連續區段之內，而非逐區段分別設定，而「決定車種的亂數種子」則是用來隨機決定列車的車種。

在列車路線交互關係參數中，需要各車種於各站間和車站的「站間運轉時間」和「計畫停站時間」，「站間運轉時間」一定要大於 0，而「計畫停站時間」若設為 0，表示不停靠車站。

最後號誌時距的部份則是根據運研所過去發展的號誌時距計算公式^[3]所求得，該公式考量了路線條件、交通條件和號誌條件等因素，在不同的車站、不同的先續行列車組合下，皆有不同的進站時距與離站時距，因此需分別計算之。

表2.2 單線連續區段軌道容量分析模式所需參數

參數分類	參數名稱
全域參數	運轉寬裕係數
	模擬列車數
交通組成	車種組成比例
	決定車種的亂數種子
車站參數	車站清單與順序
	車站內軌道配置
列車路線交互關係參數	站間運轉時間
	計畫停站時間
號誌時距	到站號誌安全時距
	離站號誌安全時距
	反向號誌安全時距

2.3 演算流程

本模式的整體演算流程如圖 2-4，首先依照交通組成決定各列車的車種，根據該車種的運轉時間和停站時間設定來產生列車的到站與離站事件，並將每列車的第一個事件放入事件列表中。接著便依照事件預計發生的時間先後逐一處理列表中的事件，處理的過程包含預訂軌道、進行檢核，若還不能使用軌道或沒通過檢核，則計算後移量，調整事件的發生時間後，將事件放回事件列表中；若可以使用軌道且通過檢核，則表示該列車可以完成該事件，然後將列車的下一事件放入事件列表。如此反覆進行，直到事件列表中的所有事件都完成為止，便能根據列車到達終點站的時間來評估容量。對於整個過程中的車種決定方式、預訂軌道機制、檢核機制、後移量之計算、回溯機制以及評估路線容量等流程，如圖 2-4 中灰色區塊，則分別詳細說明如下。

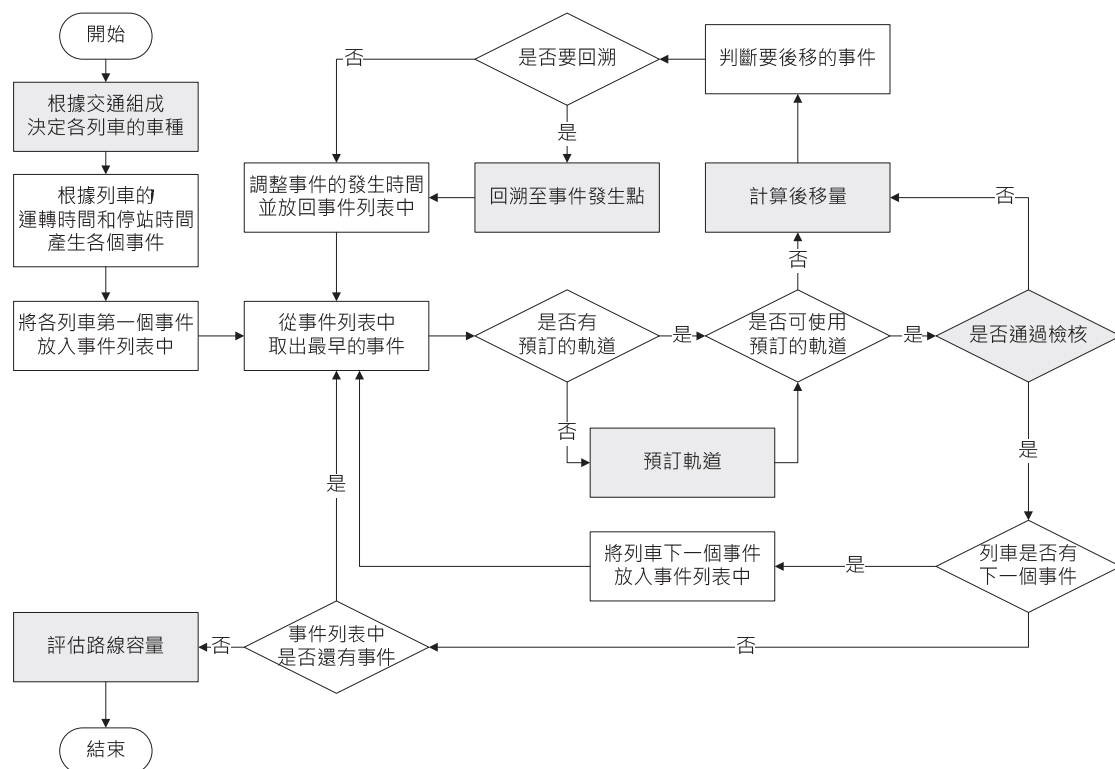


圖2-4 單線連續區段容量分析模式整體流程圖

2.3.1 車種決定方式

在決定車種方面，首先依車種組成的比例以下式計算各車種出現的機率，根據此機率來決定列車的車種，雙向各列車都是採用相同的機率來決定車種，不會受前一列車或對向列車影響，亦即相互獨立。

$$P_{\tau} = \frac{n_{\tau}}{\sum n_{\tau}} \quad (2.1)$$

式中： P_{τ} = 第 τ 種車種的出現機率

n_{τ} = 交通組成中第 τ 種車種所占的比例

2.3.2 預定軌道機制

為了避免在演算的過程中造成列車運轉死結，前期研究回顧了 Banker's Algorithm^[10]、Petersen & Taylor Algorithm^[12]、Movement Consequence Analysis^[11]，以及 Dynamic Route Reservation^[11]等方法，最終採用了 Dynamic Route Reservation 方法。該方法是在模擬的過程中加入了預定軌道機制，列車必須先根據一定的規則來預訂軌道，當列車依照預訂的次序使用軌道，便能避免死結的發生，這些預訂軌道的規則如下：

1. 規則一：列車被授權進入一段軌道前，必須先預訂之，如圖 2-5 之列車 1 在離開車站 A 之前，須先預訂車站 A 到車站 B 的站間軌。

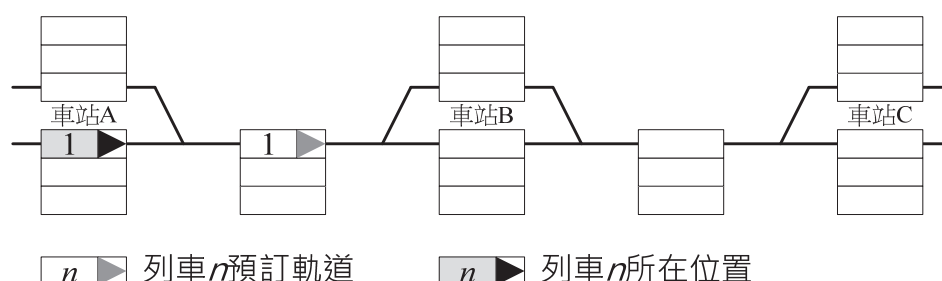


圖2-5 軌道預訂規則一範例

2. 規則二：預訂的若是站間軌道，則須再預訂下一段軌道，如圖 2-6 之列車 1 除了預訂車站 A 到車站 B 的站間軌之外，還須繼續預訂車站 B 的站內軌。

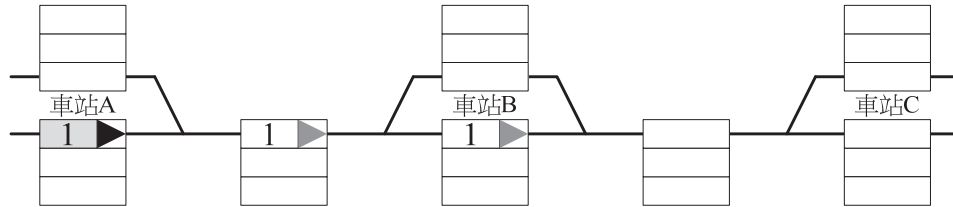


圖2-6 軌道預訂規則二範例

3. 規則三：預訂的若是站內軌道，但列車於該站不停站，也須再預訂下一段軌道，如圖 2-7 之列車 1 不停靠車站 B，所以須繼續預訂車站 B 到車站 C 的站間軌，同時因為規則二，便一路預訂至車站 C。

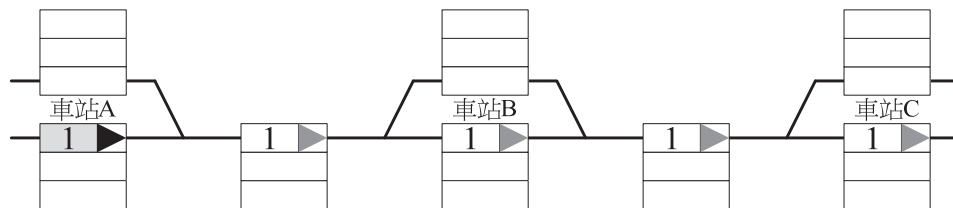


圖2-7 軌道預訂規則三範例

4. 規則四：當列車使用完軌道後，將其從列表中標記為已使用，如圖 2-8 之列車 1 進入車站 A 到車站 B 的站間軌後，原來於車站 A 所使用的站內軌則標記為已使用。

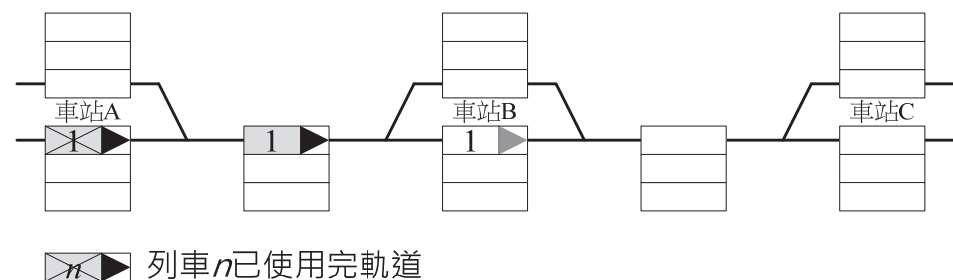


圖2-8 軌道預訂規則四範例

5. 規則五：若要預訂的軌道已經被其他列車預訂或佔用，則依序排在其他列車後面預訂，如圖 2-9，列車 2 接續在列車 1 後面預訂軌道。

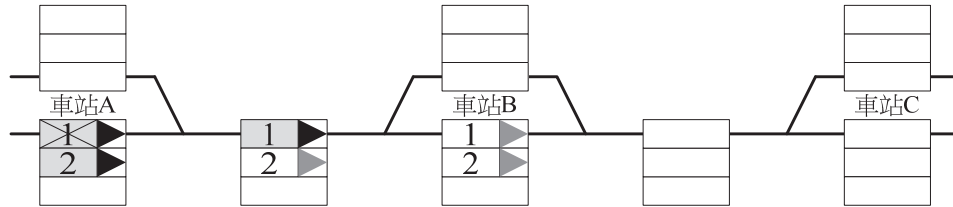


圖2-9 軌道預訂規則五範例

6. 規則六：若列車所預訂的軌道後面有其他列車預訂，則該列車必需有預訂進入下一段軌道，圖 2-9 中的列車 1 於車站 B 所預訂的軌道後面有列車 2 預訂，因此必須預訂後續的軌道，如圖 2-10。

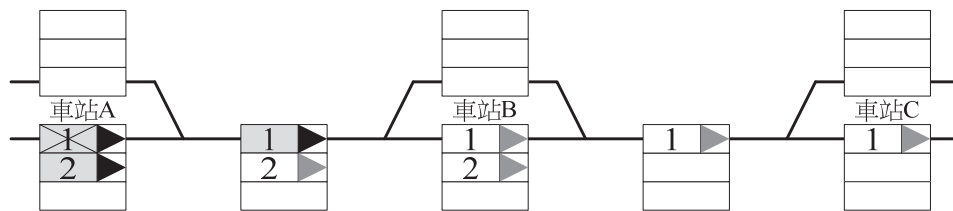


圖2-10 軌道預訂規則六範例

7. 規則七：若某一系列車要預訂的軌道已經被其他反向列車預訂，而反向列車需依規則六預訂下一段軌道，若該下一段軌道已經被原列車預訂，則預訂失敗，如圖 2-11 之列車 3 若接續在列車 2 預訂車站 B 的站內軌，而列車 2 依規則六所需預訂的下一段軌道剛好又是被列車 3 所預訂，因此列車 3 於車站 B 的預訂失敗。

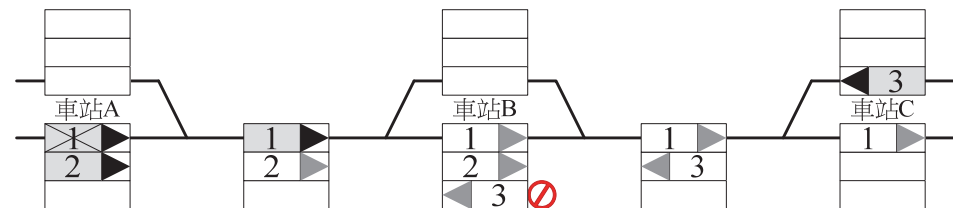


圖2-11 軌道預訂規則七範例

8. 規則八：一個預訂可以成功的條件，包含依規則二、規則三和規則六所延伸的所有預訂也必須成功。以圖 2-12為例，由於列車 3 預訂車站 B 的站內軌失敗，因此連車站 B 到車站 C 站間軌的預訂也失敗，若例子改為如圖 2-13，則列車 3 所有的預訂都可以成功。

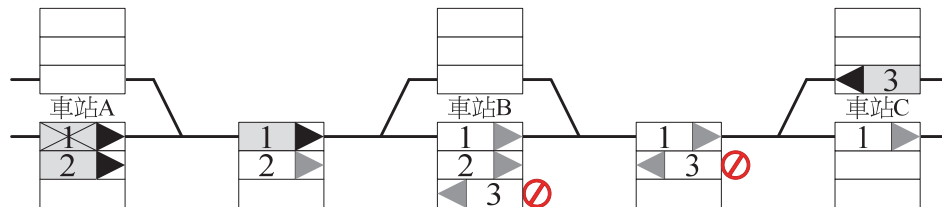


圖2-12 軌道預訂規則八範例 1

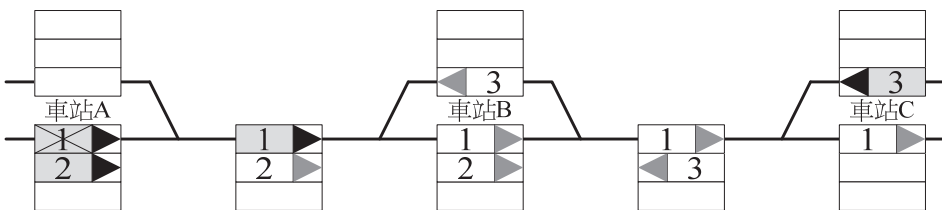


圖2-13 軌道預訂規則八範例 2

9. 規則九：列車必須是第一位預訂者，才能使用站內軌。若是使用站間軌，即使不是第一位預訂者，只要與前一列車的運轉方向相同便可接續使用，如圖 2-14中之列車 2，由於與列車 1 運轉方向相同，因此可接續使用車站 A 到車站 B 的站間軌。

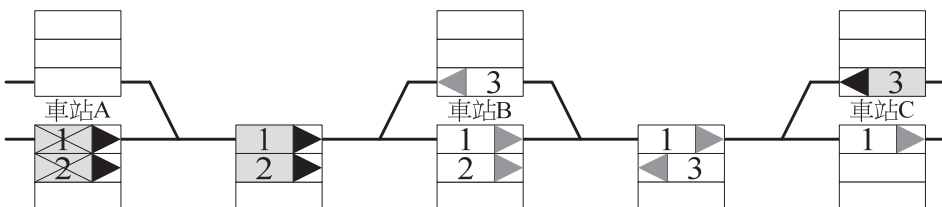


圖2-14 軌道預訂規則九範例

10. 規則十：列車在預訂站內軌時，若要追越同向的先行列車時，則不能預訂與同向先行列車相同的軌道，如圖 2-15 中之列車 2 若要在車站 B 追越列車 1，則不能預訂與列車 1 相同的軌道，而是另一條軌道。而模式中對於列車可進行追越的條件為：

- (1) 列車於車站內不停靠，而其同向的先行列車為慢車，且有停靠。
- (2) 列車與其同向的先行列車於前一站間為相鄰列車，亦即兩列車之間沒有其他列車，如圖 2-16(A) 的列車 1 與列車 2 為相鄰列車，而圖 2-16(B) 的列車 1 與列車 2 為不相鄰。
- (3) 車站內有足夠的軌道進行追越，亦即除了同向先行列車所預訂的軌道之外，在符合預訂規則的前提下，還有其它軌道可供預訂。

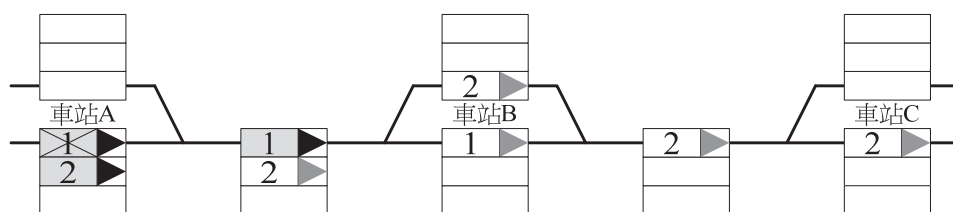
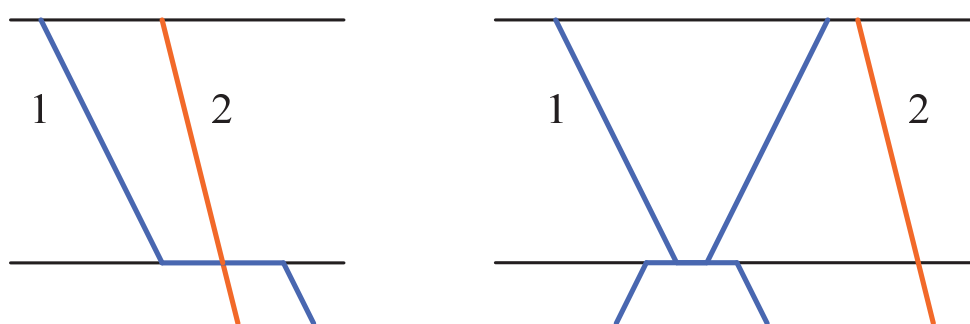


圖2-15 軌道預訂規則十範例



(A) 列車 1 與列車 2 相鄰

(B) 列車 1 與列車 2 不相鄰

圖2-16 列車追越條件範例

2.3.3 檢核機制

檢核的目的在確保在模擬的過程中，各列車之間能保持足夠的號誌安全時距、在車站內不會同時佔用同一股道，以及在站間不得發生列車追越或對撞等運轉基本規則，而這些規則在不同的事件類型中則成為不同的檢核項目，如表 2.3 所示。

表2.3 事件類型與檢核項目對照表

事件類型	檢核項目
到站事件	• 站間追撞先行列車 • 站內軌道重複佔用 • 與同向到站列車號誌時距不足
離站事件	• 站間對撞反向列車 • 與同向離站列車號誌時距不足 • 與反向進站列車號誌時距不足

關於檢查站間追撞先行列車方面，如圖 2-17，續行列車的到站時間不能比先行列車還早，因此要通過檢查的條件為 $t_A(n, k) > t_A(m, k)$ ；而在檢查站間對撞反向列車方面，如圖 2-18，續行列車的離站時間必須在反向列車到站後之後，因此通過檢查的條件為 $t_D(n, k) > t_A(m, k)$ 。至於號誌安全時距方面的檢查則整理於表 2.4，而站內軌道重複佔用方面，由於列車之間已經被號誌時距隔開，所以不用再做額外檢查。

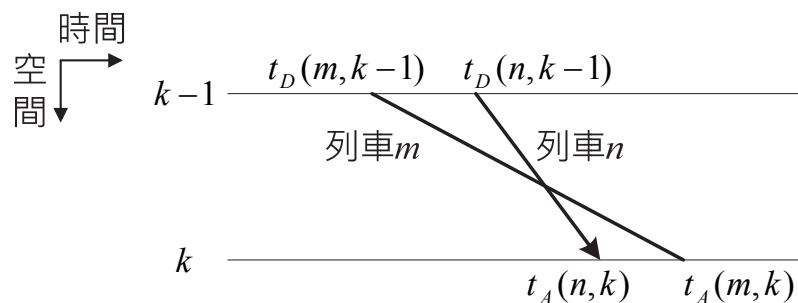


圖2-17 檢查列車是否於站間追撞先行列車示意圖

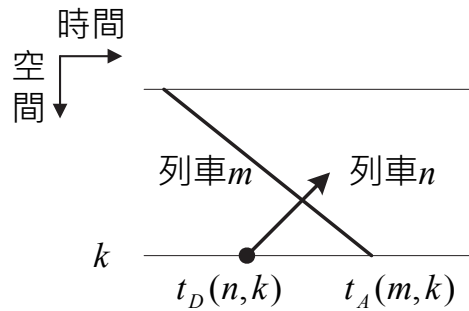


圖2-18 檢查列車是否於站間對撞反向列車示意圖

表2.4 通過號誌安全時距檢查的條件

先續行列車 運轉方向	號誌時距 種類	同一股道	不同股道
同向	到站	$t_A(n, k) - t_A(m, k) \geq T_{s, A1}$	$t_A(n, k) - t_A(m, k) \geq T_{s, A2}$
	離站	$t_D(n, k) - t_D(m, k) \geq T_{s, D1}$	$t_D(n, k) - t_D(m, k) \geq T_{s, D2}$
反向	—	—	$t_D(n, k) - t_A(m, k) \geq T_{s, M}$

註： $T_{s, A1}$ 為同向列車採用同一股道進站的號誌安全時距， $T_{s, A2}$ 為同向列車採用不同股道進站的號誌安全時距， $T_{s, D1}$ 為同向列車採用同一股道離站的號誌安全時距， $T_{s, D2}$ 為同向列車採用不同股道離站的號誌安全時距， $T_{s, M}$ 為反向列車交會的號誌安全時距。

2.3.4 後移量計算

當列車還不能使用預訂的軌道或檢核機制不通過時，如圖 2-19～圖 2-23 等情況，則是將該事件的發生時間延後，而時間的後移量在不同的狀況下有不同的計算方式，表 2.5 為各種情況下的後移量計算方式。由於調整時間後的事件可能比事件處理列表中的其他事件更晚發生，因此必須將該事件重新放入事件處理列表中等待處理，以確保所有事件皆按照時間先後順序發生。

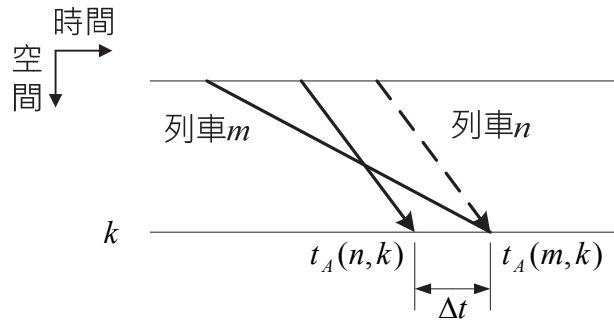


圖2-19 站間追撞先行列車時的後移量計算示意圖

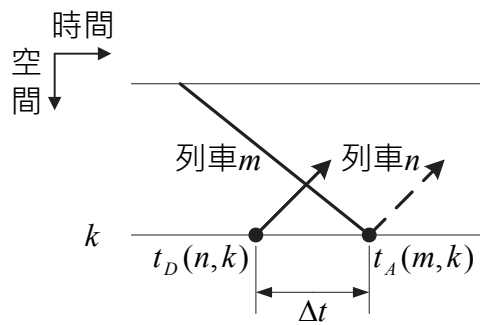


圖2-20 站間對撞反向列車時的後移量計算示意圖

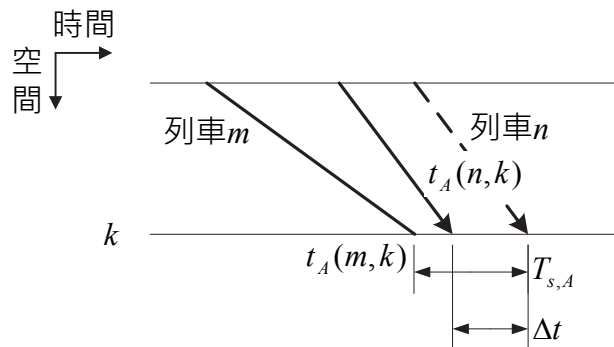


圖2-21 到站號誌時距不足時的後移量計算示意圖

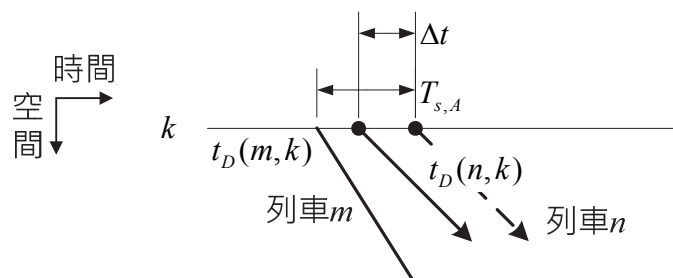


圖2-22 離站號誌時距不足時的後移量計算示意圖

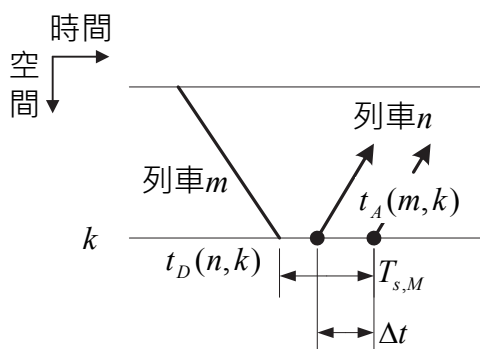


圖2-23 反向交會號誌時距不足時的後移量計算示意圖

表2.5 不同情況下的後移量計算方式

檢核不通過的情況	後移量計算方式	
還不可使用預訂的軌道	到站事件	$\Delta t = t_r - t_A(n, k)$
	離站事件	$\Delta t = t_r - t_D(n, k)$
站間追撞先行列車	$\Delta t = t_A(m, k) - t_A(n, k)$	
站間對撞反向列車	$\Delta t = t_A(m, k) - t_D(n, k)$	
同股道到站號誌時距不足	$\Delta t = T_{s,A1} - t_A(n, k) + t_A(m, k)$	
不同股道到站號誌時距不足	$\Delta t = T_{s,A2} - t_A(n, k) + t_A(m, k)$	
同股道離站號誌時距不足	$\Delta t = T_{s,D1} - t_D(n, k) + t_D(m, k)$	
不同股道離站號誌時距不足	$\Delta t = T_{s,D2} - t_D(n, k) + t_D(m, k)$	
反向交會號誌時距不足	$\Delta t = T_{s,M} - t_D(n, k) + t_A(m, k)$	

註： t_r 為前一個預約的預計發生時間

2.3.5 回溯機制

當預訂軌道或檢核機制不成功時，若需要調整列車到站事件的發生時間，為了保持其運轉時間不變，便需要從列車前一個停站處的離站事件來調整，此時要啟動回溯機制，將系統的狀態回復到該離站事件的時間點重新開始模擬，如此才能把此變動對後續其他事件的影響納入考慮。

回溯機制所要回復的狀態包含事件列表，以及各個軌道預約列表的使用情況，回復此兩列表的方法說明如下：

1. 事件列表

在模擬過程中，每次從事件列表所取出的事件可以成功執行時，則將該事件放入另一個已執行列表中，當系統要進行回溯時，則從這個已執行列表裡，把回溯時間點之後的事件全部依序搬回事件列表，再將多餘事件刪除（同一列車僅保留最早發生之事件），如此便完成事件列表的系統回溯。

2. 軌道預約列表的使用情況

在2.3.2節中說明每當列車使用完軌道後，會在該軌道的預約列表中標記為已使用，在進行回溯時，若使用軌道的時間在回溯時間點之後，則重新標記成未使用，即可回復預約列表的使用情況。

2.3.6 路線容量評估

在完成模擬之後，須扣除系統暖機階段以及結束之前的時段，僅根據如圖 2-24時間範圍內之狀況，以下列公式計算路線容量。

$$\bar{h} = \frac{t_A(n) - t_A(1)}{n} \times (1 + \beta) \quad (2.2)$$

$$C = \frac{3600}{\bar{h}} \quad (2.3)$$

式中： $\bar{h}$ = 平均時隔 (s)

$t_A(n)$ =時間範圍內最後一列到達終點站的時間 (s)

$t_A(1)$ =時間範圍內第一列到達終點站的時間 (s)

n =時間範圍到達終點站的列車數

β =運轉寬裕時間係數

C =路線容量 (TU/h)

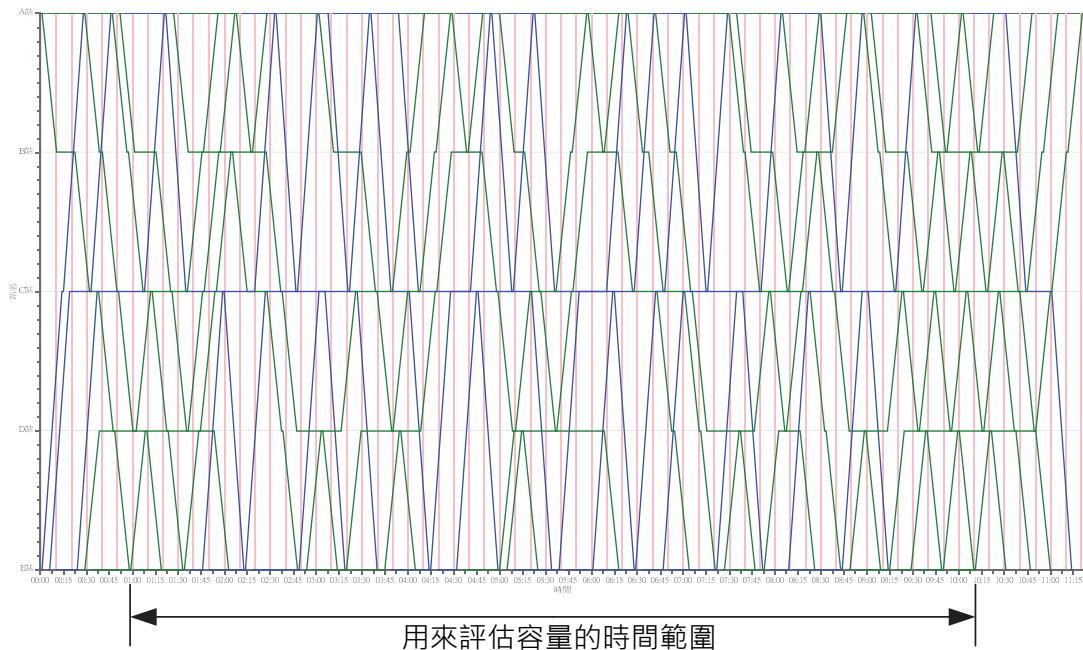


圖2-24 評估容量所使用的時間範圍示意圖

第三章 傳統暨區域鐵路系統軌道容量分

析軟體回顧

本所於民國 96 年開發了「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」^[5]，最初演算核心僅有針對臺鐵系統所發展的單一區段軌道容量分析模式，搭配 MFC(Microsoft Foundation Class)以及 Component One 元件，以 C++程式語言撰寫而成的視窗軟體^[9]，在後續的容量系列研究中，則進一步將複線連續區段軌道容量分析與可靠度分析整合至其中^[1,2]，以下分別就該軟體之特色、系統需求、架構以及各項功能作介紹。

3.1 軟體特色

「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」的主要特色說明如下：

1. 多區段容量分析：對於多個區段，能夠一次對所有區段進行單區段容量分析，不需逐一計算，可大幅增加效率；此外若這些區段為連續區段，亦可進行連續區段容量分析。
2. 考量車種組成差異：能分析不同車種組成對容量的影響，可適用於車種複雜的情況。
3. 敏感度分析：針對幾項重要的參數，可分析其對於容量計算結果之敏感度，提供未來進行改善之參考。
4. 可靠度分析：可分析列車流量與排班延滯與實際延滯之關係，提供列車排點之參考。
5. 情境分析：使用者可針對容量改善的情境進行分析比較，作為擬定容量改善方案的依據。

6. 預設參數：容量分析所需參數眾多，在使用者無法取得所有所需參數時，可使用軟體內建之參數，如此可滿足各種不同需求，亦能達到簡化計算的目的。
7. 參數合理性檢查：程式會自動檢查使用者所輸入的參數是否合理，減少參數輸入錯誤的可能性。
8. 即時解說資訊：使用「即時資訊顯示」(Tool Tip)的方式，隨著使用者的操作，適當的提供可能所需之解說資訊來降低使用者翻閱使用手冊的機會。
9. 圖形化使用介面：為便於操作與使用，捨棄傳統文字模式暨參數設定檔之操作，改以 GUI (Graphic User Interface) 之架構來輔助參數輸入與結果呈現。
10. 繁體中文語系：無論軟體介面與線上說明檔，除非中文裡無通用且貼切之翻譯詞，均以繁體中文方式呈現。
11. 原生執行碼：本軟體在系統中具有直接且完整的執行能力，毋須透過其他虛擬機器 (Virtual Machine) 或執行期環境 (Runtime Environment) 即能單獨執行，除了效率高之外，亦毋須額外購置其他商業軟體來輔助。

3.2 系統需求

在執行軟體的軟硬體需求方面，為了可在大多數政府、教育機關或公司的電腦上安裝與執行，以便於推廣與使用，本軟體的系統需求不高，其內容如下：

1. 個人電腦 (Personal Computer)
2. Intel Pentium 或其他 x86 架構相容處理器
3. 64MB 以上記憶體
4. 30MB 以上硬碟剩餘空間

5. 具備鍵盤、滑鼠等輸入裝置
6. 螢幕解析度至少為 1024*768 pix
7. 安裝程式之媒介可為網路、光碟機或 USB 裝置
8. Microsoft Windows XP/Vista/7 作業系統

此外，使用者的硬體設備亦須符合所搭載作業系統的最低要求，而螢幕解析度並非嚴格要求，若解析度不符合需求，將影響軟體使用者界面的美觀與操作上的方便性，並不會影響計算功能。

3.3 軟體架構

本軟體的設計架構為 Document/View，其中 Document 指的是資料，而 View 是用來呈現或編輯資料，如圖 3-1所示，此架構的優點是，它將軟體中資料管理和使用者介面（User Interface，UI）管理等兩件工作區分開來，能讓 UI 所呈現的資料保持一致性，並保護資料型態的正確性。對使用者來說，藉由開發人員良好的設計，透過 View 可篩選檢視其所在意的部分資料，不必一次檢視整份資料，而在編輯資料時，也可避免使用者輸入錯誤的資訊。

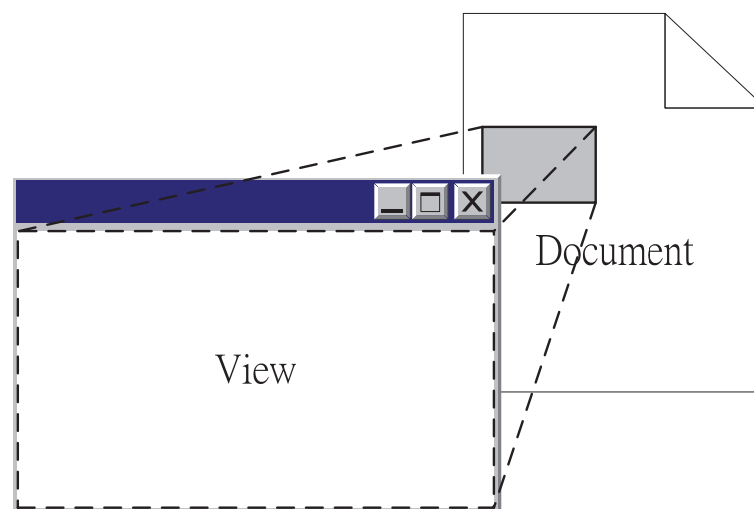


圖3-1 Document/View 架構示意圖

3.4 各項功能介紹

3.4.1 參數設定

本軟體將所有的參數分為全域參數、列車參數、車站參數，以及列車與路線交互關係參數四類，各類參數所包含的項目如表 3.1，各自透過專屬的畫面分別進行設定，如圖 3-2～圖 3-5。

表3.1 「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」參數分類表

類別	項目
全域參數	解除閉塞與清除號誌時間 司機員與軔機反應時間 解除、鎖定進路與號誌變換整體作業時間 排點時單線交會最短號誌時距 列車間乘載變異因子 注意號誌速限 第二型軌道佈設車站同股道號誌時隔發生機率 第三型軌道佈設車站同股道號誌時隔發生機率
列車參數	列車名稱 列車長度 加/減速度 加/減速度有效因子 車廂容量相關設定
車站參數	軌道佈設型式 進/離站坡度 各閉塞區間長度 列車停車位置 道岔位置
列車與路線 交互關係參數	各區段的運轉方式 交通組成 各列車於各區段的巡航速度 各列車於各區段的站間運轉時間 各列車於各車站的計畫停站時間

基本參數

解除閉塞與清除號誌時間(秒)

司機員與軔機反應時間(秒)

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(秒)

排點時單線交會最短號誌時距(秒)

列車間乘載變異因子

0.25 1

進階參數設定

注意號誌速限(km/h)

第二型軌道佈設下同股道號誌時隔發生的機率

0 1

第三型軌道佈設下同股道號誌時隔發生的機率

0 1

圖3-2 全域參數設定畫面

編修改列車資料: 自強號

基本參數

列車長度(m):

行車加速度(km/h/s): 加速度有效因子:

行車減速度(km/h/s): 減速度有效因子:

車廂容量設定

車廂種類數

序號	車廂名稱	座位數	立位面積(m ²)	乘載水準(pcs/m ²)	車廂數	小計(乘位數)
1	PPC	52	15.80	4.00	2	230.40
2	PPT	52	15.80	4.00	8	921.60
3	PPH	46	18.50	4.00	1	120.00
4	PPD	20	7.50	4.00	1	50.00

圖3-3 列車參數設定畫面

編輯車站資料：台北

軌道佈設型式

佈設更換(L)

參數設定輔助圖形

車站參數設定

G_i 進站坡度(‰)	3.188419
G_o 離站坡度(‰)	-2.05536
B_2 第2閉塞區間長度(m)	1080
B_1 第1閉塞區間長度(m)	1060
B_i 車站所在區間閉塞區間長度(m)	1085
B_n 第N閉塞區間長度(m)	1430
B_{n-1} 第N-1閉塞區間長度(m)	885
S_x 車頭到出發號誌距離(m)	110
S_i 道岔到號誌距離(m)	535
S_e 反向的Se(m)	118

確定(O)
取消(C)

圖3-4 車站參數設定畫面

設定 自強號 列車於樹林 → 板橋間的參數

參數設定輔助圖形

"自強號"之交互關係設定

進站前平均巡航速度(km/h)	37.9	站間平均巡航速度(km/h)	82.61
順行站間運轉時間(秒)	330	逆行站間運轉時間(秒)	300
順行最小運轉時間(秒)	297	逆行最小運轉時間(秒)	270
樹林站計畫停站時間(秒)	0	板橋站計畫停站時間(秒)	120
樹林站最小停站時間(秒)	0	板橋站最小停站時間(秒)	60

確定(O)
取消(C)

圖3-5 列車與路線交互關係參數設定畫面

3.4.2 分析計算

歷經了多次的整合開發^[1,2,5,6]，本軟體目前可分析單區段的容量分析、容量敏感度分析與可靠度分析，以及複線連續區段的容量分析、容量敏感度分析、可靠度分析與情境分析，共 7 項分析功能，其畫面如圖 3-6～圖 3-12。

除了上節所述之參數之外，各項分析功能皆還需要其專屬額外參數方能進行計算，例如容量分析需要設定交通組成、敏感度分析尚需設定分析範圍和分析項目等，這些額外參數則是在各自的分析頁面中進行設定。

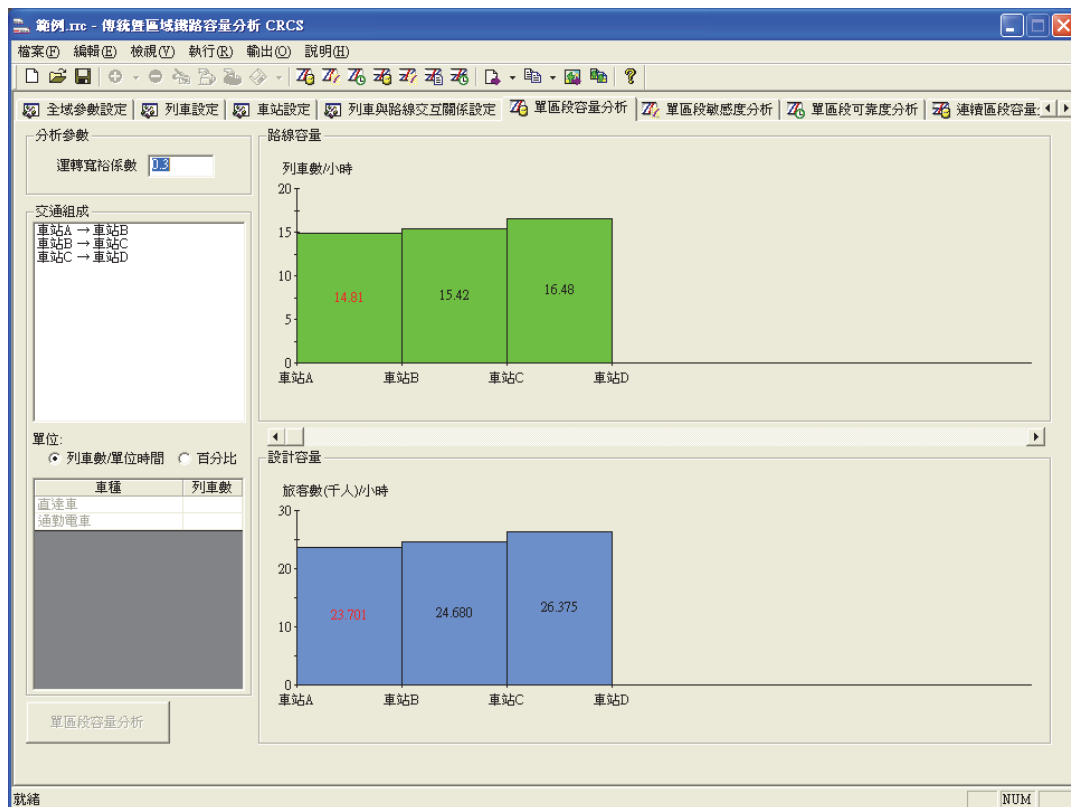


圖3-6 單一區段容量分析畫面

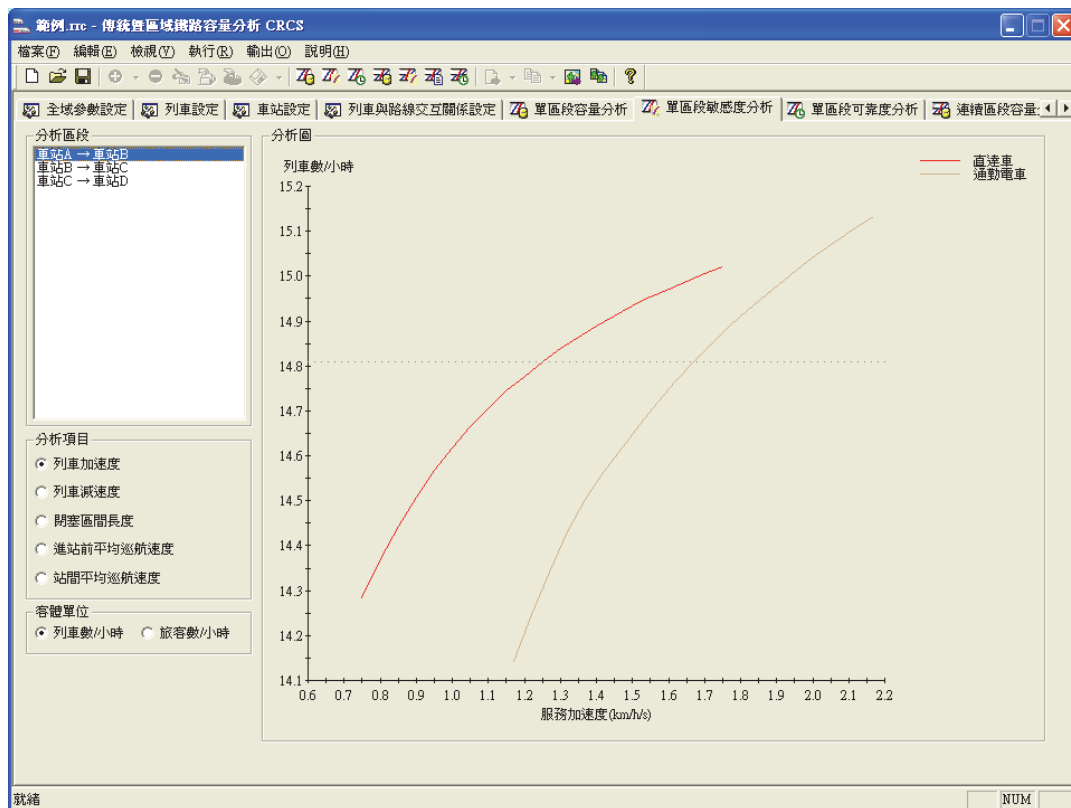


圖3-7 單一區段容量敏感度分析畫面

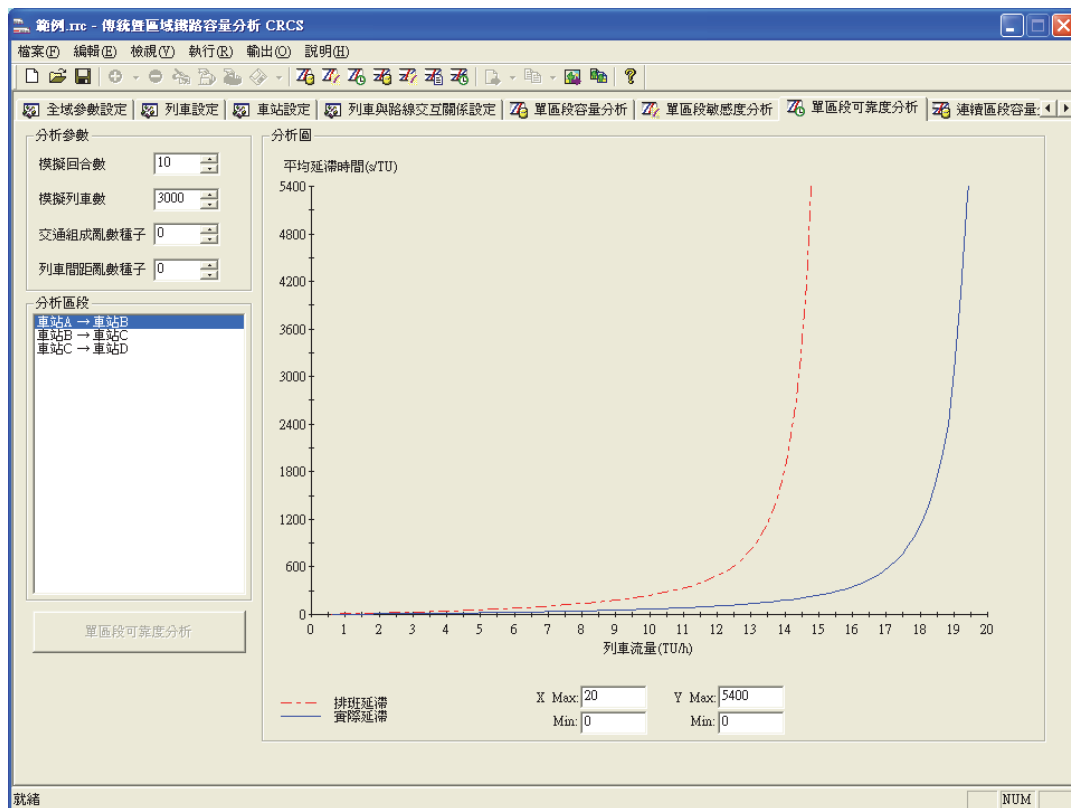
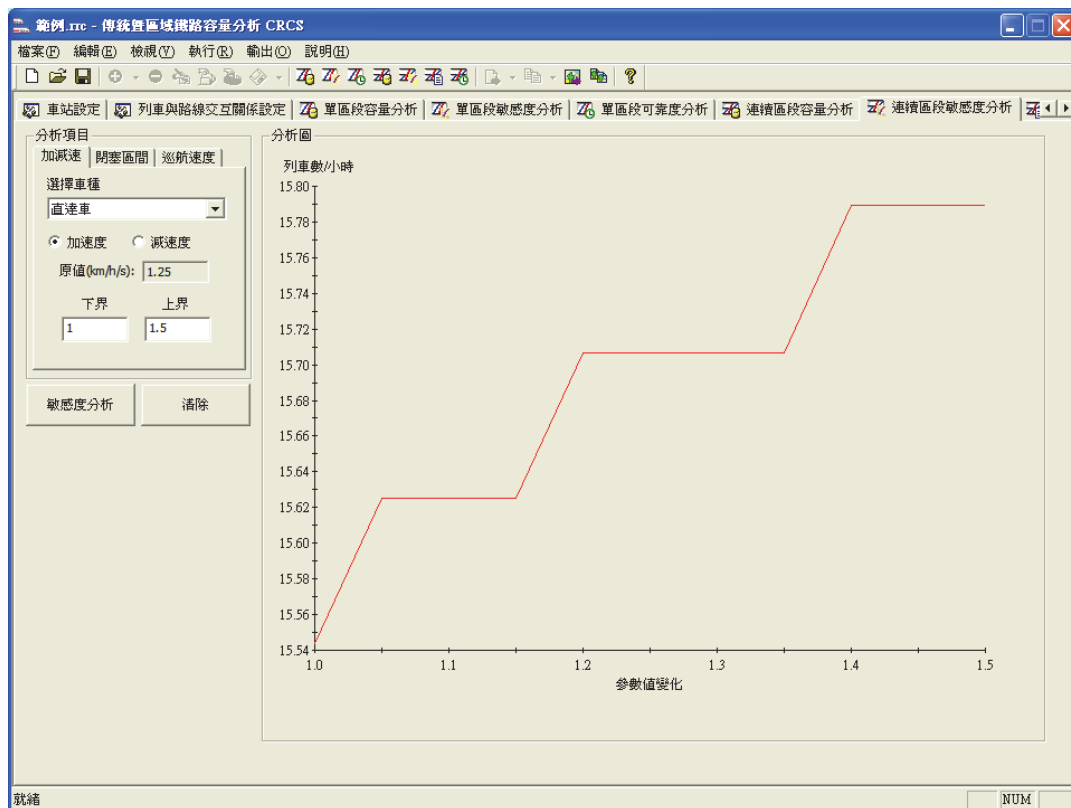
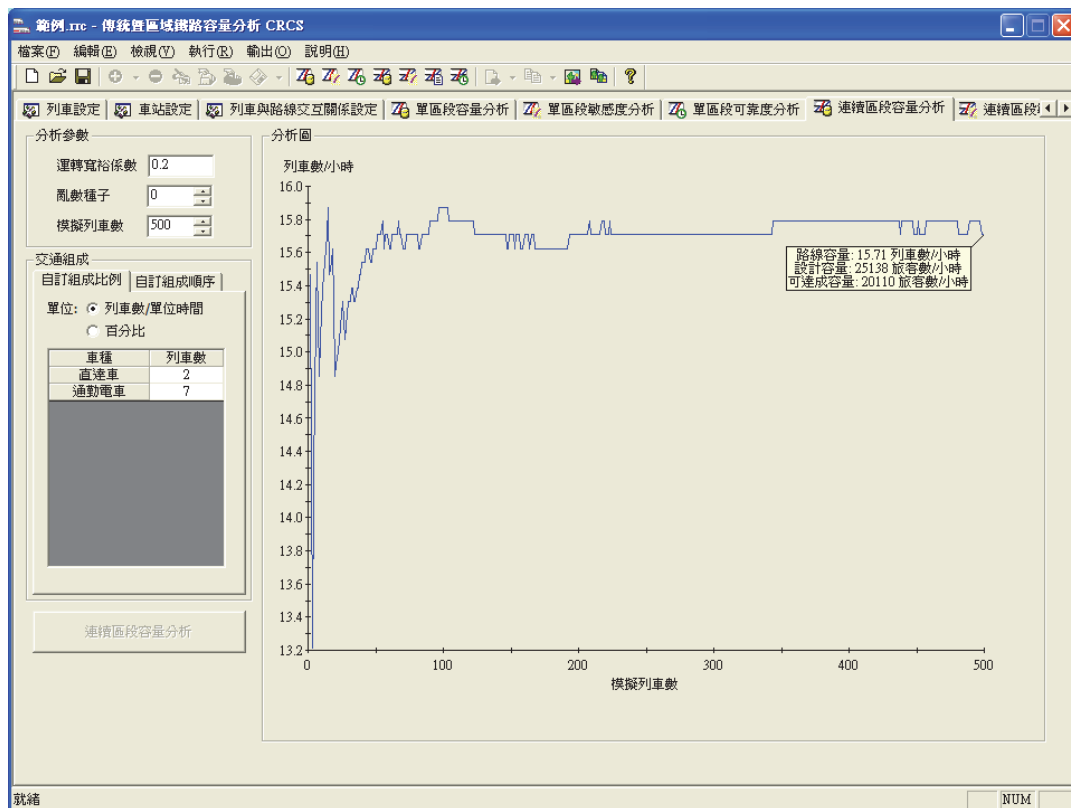


圖3-8 單一區段可靠度分析畫面



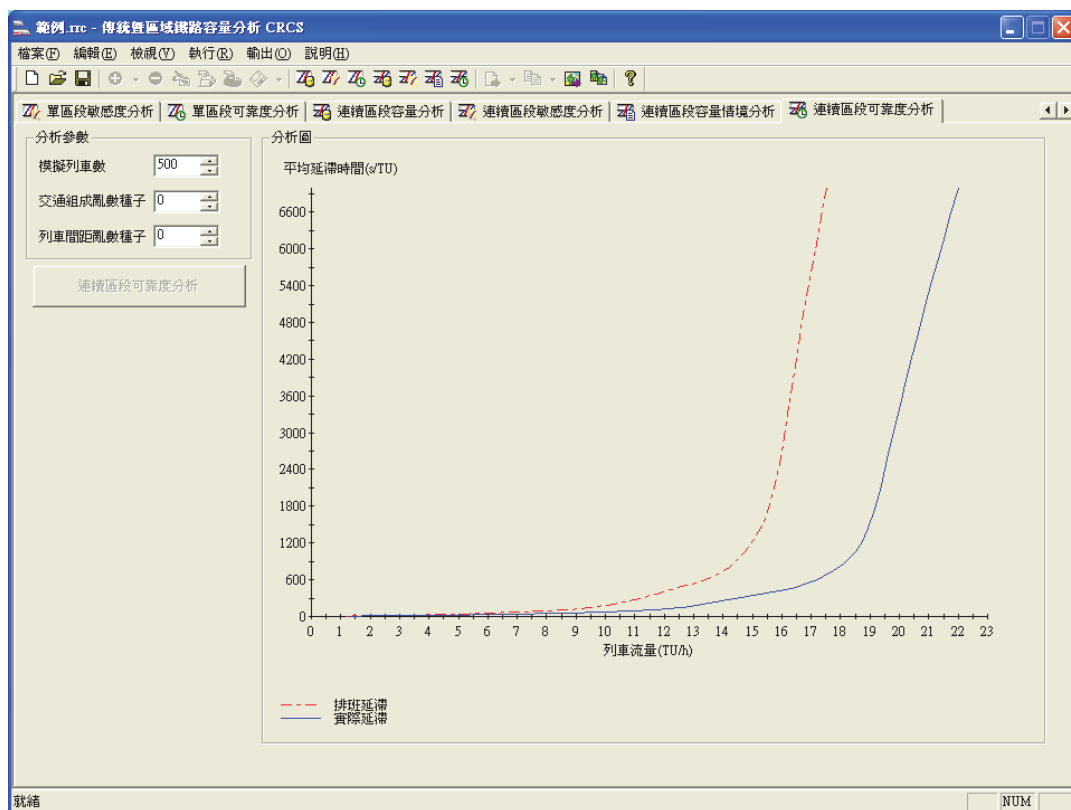


圖3-11 複線連續區段可靠度分析畫面

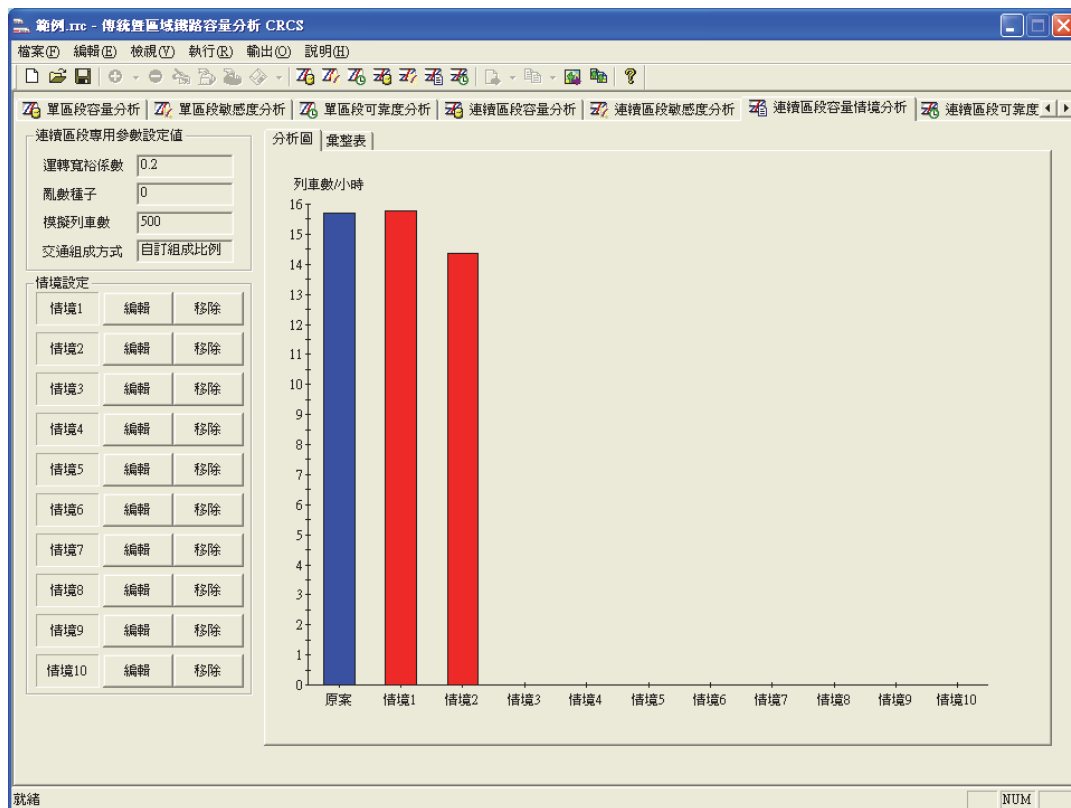


圖3-12 複線連續區段情境分析畫面

3.4.3 結果輸出

在輸出功能方面，針對上節中所述之各項分析的結果，皆能輸出成檔案或複製至剪貼簿中，供使用者作後續的運用，根據各分析結果的特性，輸出的格式共有純文字、圖形以及圖文等三種格式，各種格式呈現分析結果的畫面分別如圖 3-13～圖 3-15。

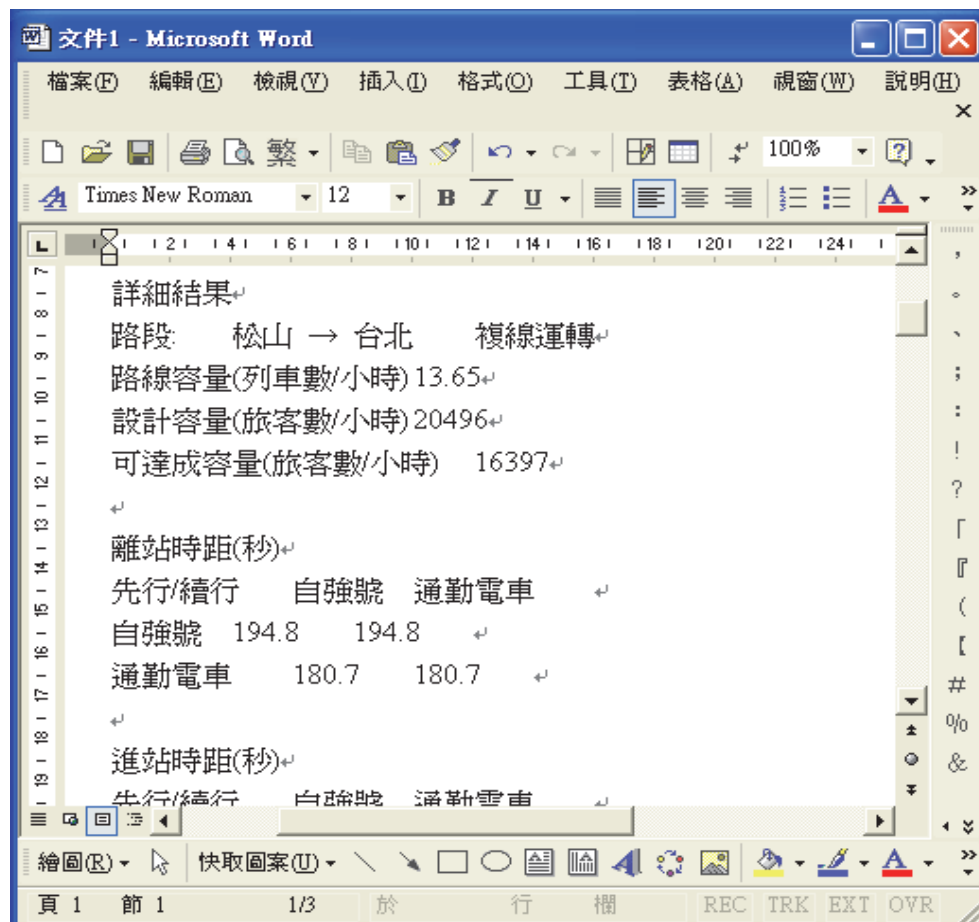


圖3-13 以純文字格式輸出至剪貼簿後於 Word 貼上之畫面

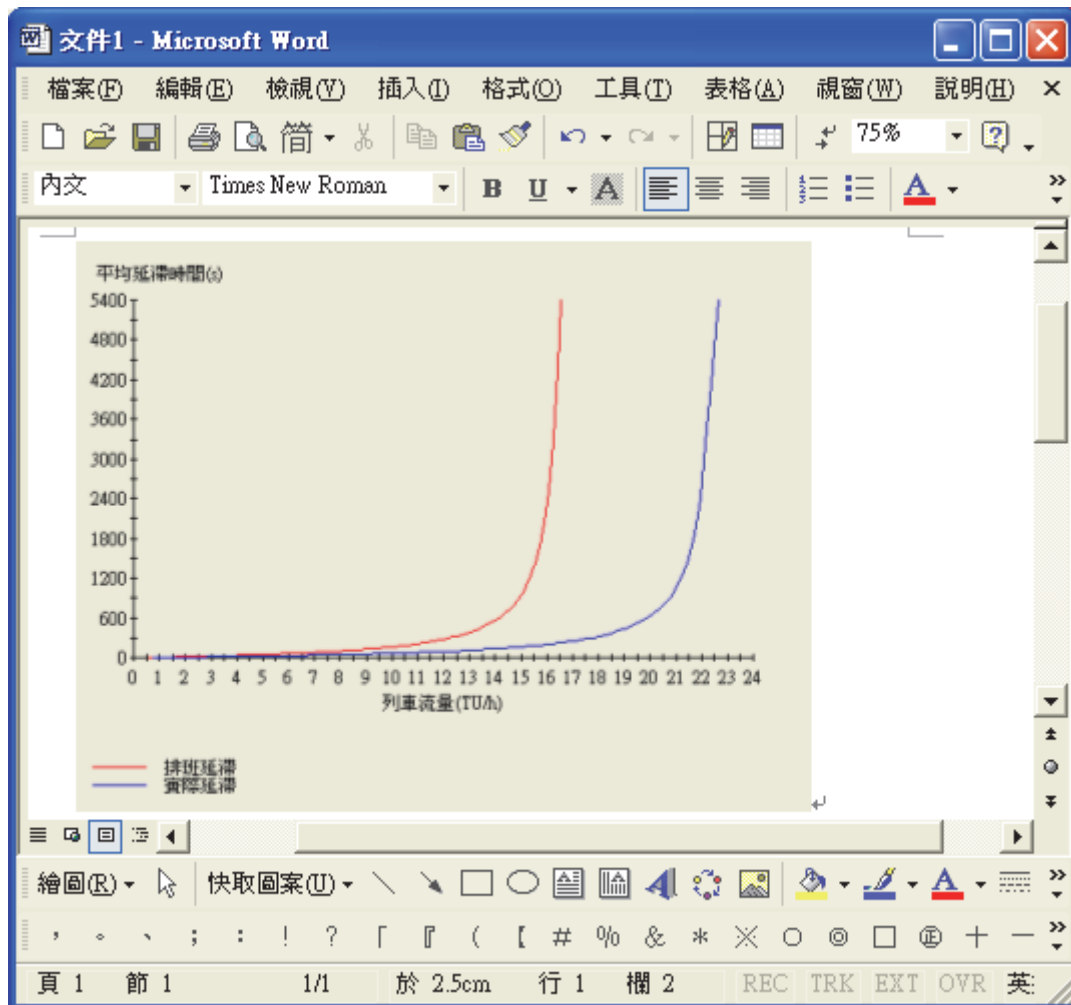


圖3-14 以圖形格式輸出至剪貼簿後於 Word 貼上之畫面



圖3-15 以圖文格式輸出後利用 IE 瀏覽器檢視之畫面

第四章 單線連續區段軌道容量分析功能 之開發

開發單線連續區段軌道容量分析功能為本期研究的主要工作項目，本章就其需求分析、系統分析以及使用者介面設計進行說明。

4.1 需求分析

前期研究針對單線連續區段發展了軌道容量分析模式，該模式可以更接近實務的情況來評估容量，但其運算過程也相當繁複，由人工進行演算效率極差，無法切合實用，因此透過軟體的開發，藉著電腦強大的運算能力來提升容量分析效率，同時也能降低人員使用模式的門檻，以及避免演算出錯。有關單線連續區段軌道容量分析功能的需求如下：

1. 必須以本所發展的「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」為基礎，在該軟體中加入單線連續區段軌道容量分析功能，可視為原有軟體的功能擴充，因此也需保持軟體原有之特色與操作邏輯。
2. 單線連續區段軌道容量分析功能必須依據前期所發展的模式，忠實實作每個演算流程，包含列車到離站事件產生與處理、預定軌道機制、檢核機制、回溯機制，最後能評估路線容量。
3. 由於單線連續區段軌道容量分析模式所需的參數眾多，為減少使用者輸入參數的工作，需盡量使其參數輸入介面簡單明瞭，若是原本「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」已經含有的參數，則不需再重複輸入；若原本軟體中沒有的參數，則需新增相關的輸入介面。

4. 完成單線連續區段軌道容量分析後，除了要顯示容量結果，還必須顯示模擬列車數與容量變化之關係圖，因為單線連續區段軌道容量分析模式為模擬模式，理論上，如果模擬的列車數夠多，系統會達到穩定狀態，此情況下所計算出的容量才具有參考價值，所以完成分析後，使用者要透過容量變化關係圖來瞭解系統是否達到穩定狀態，以評估該容量計算結果是否具有參考價值。
5. 單線連續區段軌道容量分析之結果以及用來進行分析的參數，都必須要能儲存於檔案中，以供未來可再開啟檢視、編修、再計算，此外，分析結果要能匯出成通用的檔案格式，以利使用者能做後續之應用，例如撰寫分析報告或出報表。

4.2 系統分析與設計

「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」從最初僅有「單一區段容量分析」模組，歷經多次功能擴充整合開發後，陸續新增了「單一區段可靠度分析」、「複線連續區段容量分析」以及「複線連續區段可靠度分析」等模組，而每一模組皆需先從「號誌安全時距計算」模組獲得列車於各車站的進站、離站或交會號誌時距後，才能進行後續的分析，如圖 4-1所示，而「單線連續區段軌道容量分析」模組也不例外。

然而，計算號誌時距所需的路線條件、交通條件，和號誌條件等各項參數並非都能輕易獲得，尤其在規劃新建軌道系統的階段，甚至根本還沒有這些參數。有鑑於此，「單線連續區段軌道容量分析」模組也要能接收使用者輸入的號誌安全時距，如圖 4-2，而不用透過「號誌安全時距計算」模組。

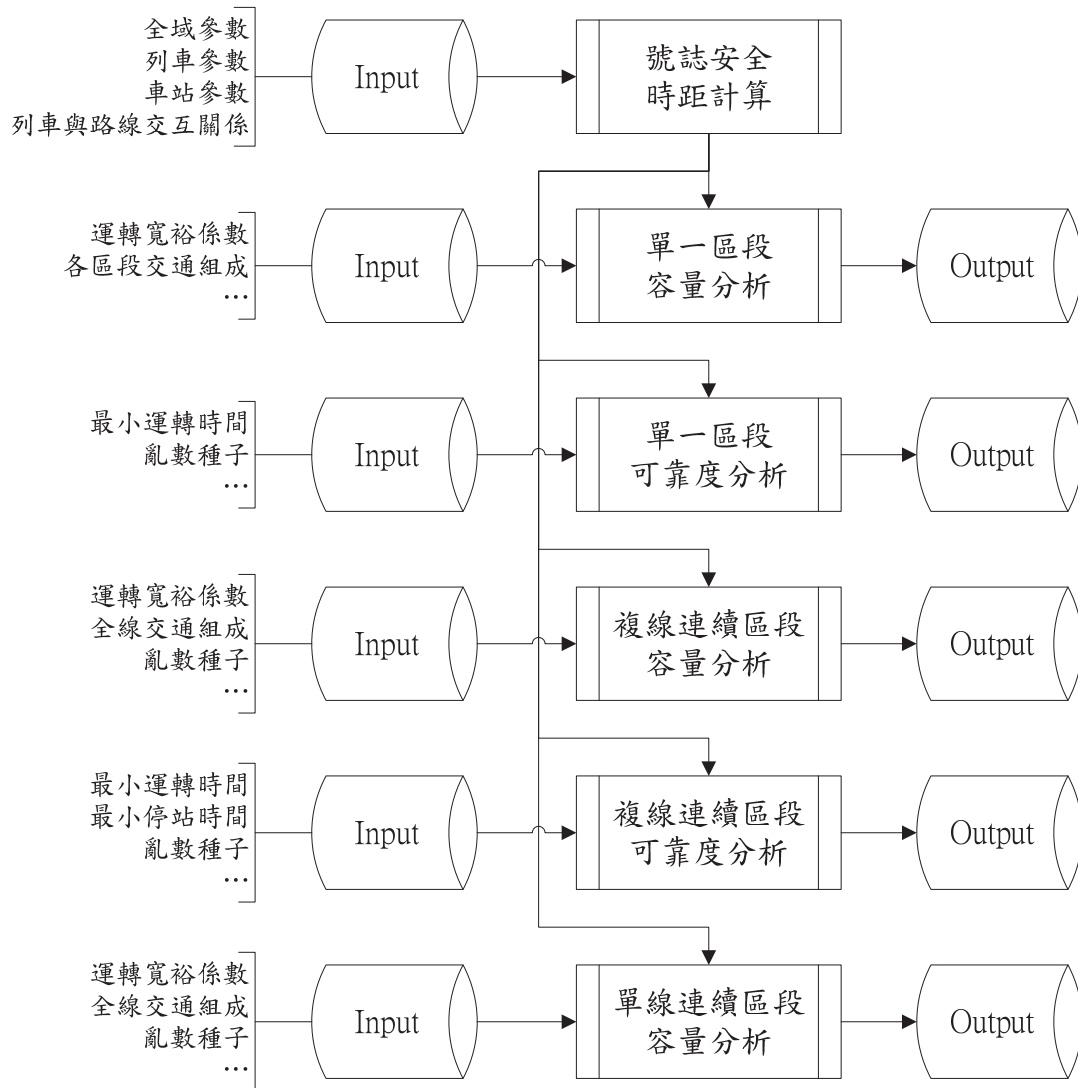


圖4-1 各模組的輸入與輸出關係圖

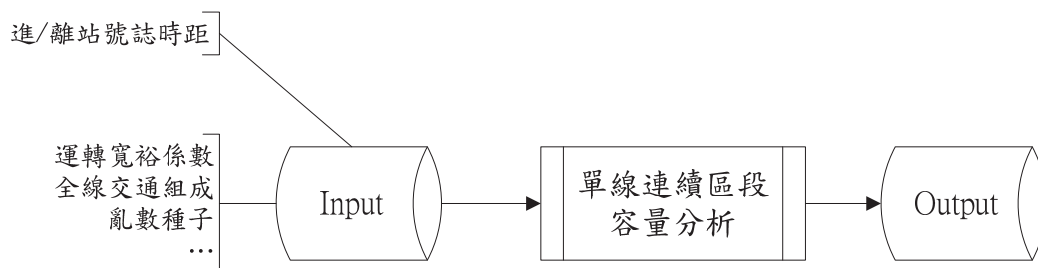


圖4-2 接收使用者設定的號誌安全時距作為輸入參數

過去單一區段容量模式係假設列車一來一回開行來評估容量，但單線連續區段並不能強制列車於每個區段都是一來一回，因此需處理

當兩連續同向列車進出車站的情況，也就是像複線運轉一樣，同向列車之間要保持進站或離站號誌時距。不過容量軟體原有參數只足夠計算某一方向的號誌安全時距，而單線連續區段軌道容量分析需要兩個方向的號誌時距，所以本次軟體開發，除了增加單線連續區段容量分析功能，輸入參數也需要作調整，此外，還要能提供相對應的結果輸出功能，如圖 4-3所示。

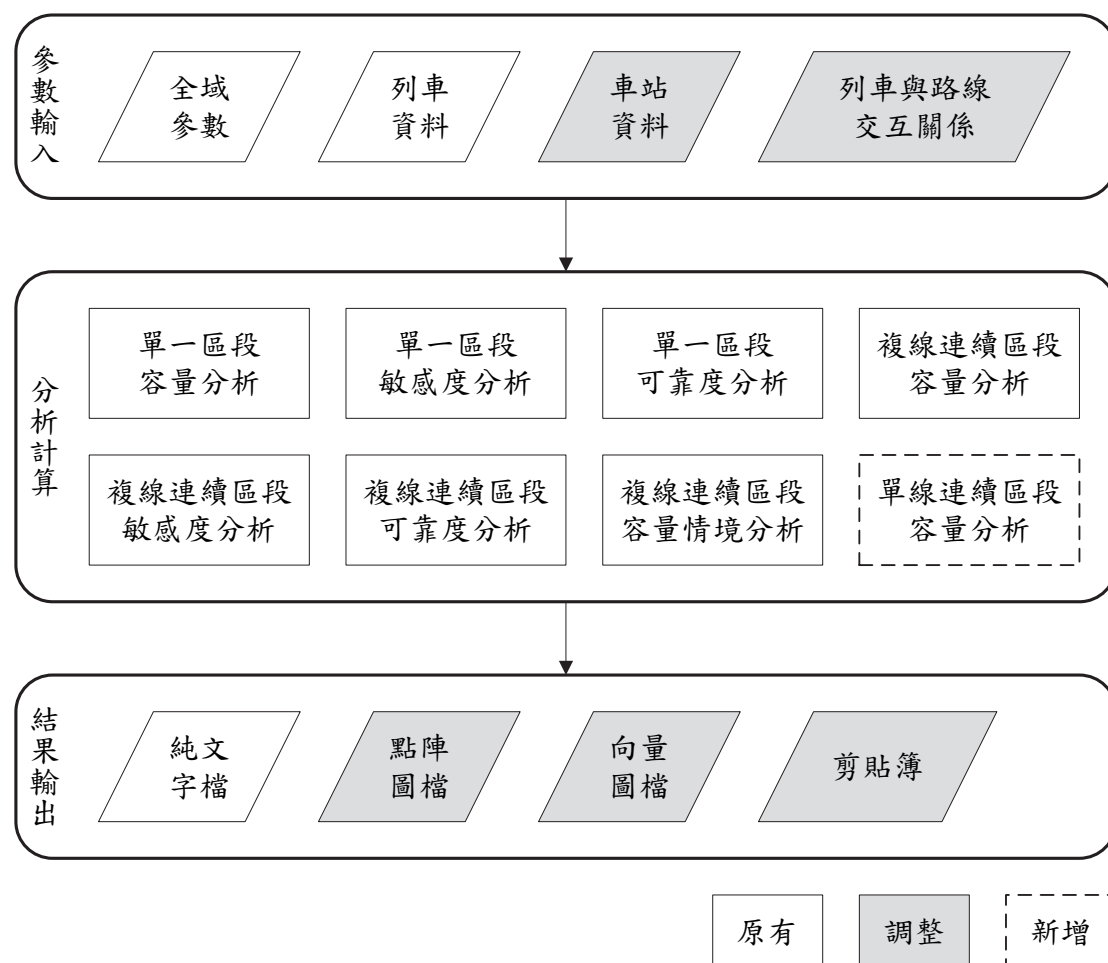


圖4-3 軟體功能調整與擴充架構圖

4.3 使用者介面設計

根據前述的軟體需求與系統分析設計，反映在軟體的使用者介面上，則是要調整車站設定和列車與路線交互關係設定的頁面，並為單線連續區段容量分析功能設計新的頁面，以下分別說明之。

4.3.1 車站設定

在原本的車站設定裡，如圖 4-4和圖 4-5，僅有某一方向的進離站坡度、閉塞區間長度等參數，為了能計算另一方向的號誌時距，以供單線連續區段容量分析使用，因此將相關的使用者介面調整成如圖 4-6和圖 4-7所示，分別在車站設定頁面和車站設定對話盒中，增加了逆行方向參數的檢視與設定介面。

此外，車站設定對話盒裡的參數輔助圖形也進行了調整，如圖 4-8，除非是正在進行設定的參數，否則所有參數皆呈現灰色，並且順行與逆行兩方向有各自對應的輔助圖，如圖 4-9，以協助使用者能夠容易區分。

圖4-4展示了車站設定頁面的調整前狀態。該頁面包含一個左側的車站列表（車站A、車站B、車站C、車站D）和一個右側的參數設定區域。參數設定區域被一個紅框標註，顯示了車站名稱、軌道佈設型式、進站坡度、離站坡度、第2閉塞區間長度、第1閉塞區間長度、車站所在區間閉塞區間長度、第N閉塞區間長度、第N-1閉塞區間長度、車頭到出發號誌距離、道岔到出發號誌距離以及反向運轉的Se等參數。

參數名稱	當前值
車站名稱	車站B
軌道佈設型式	第1種軌道型式
進站坡度(‰)	3.19
離站坡度(‰)	-2.06
第2閉塞區間長度(m)	1080.00
第1閉塞區間長度(m)	1060.00
車站所在區間閉塞區間長度(m)	1085.00
第N閉塞區間長度(m)	1230.00
第N-1閉塞區間長度(m)	1185.00
車頭到出發號誌距離(m)	110.00
道岔到出發號誌距離(m)	535.00
反向運轉的Se(m)	250.00

圖4-4 車站設定頁面（調整前）

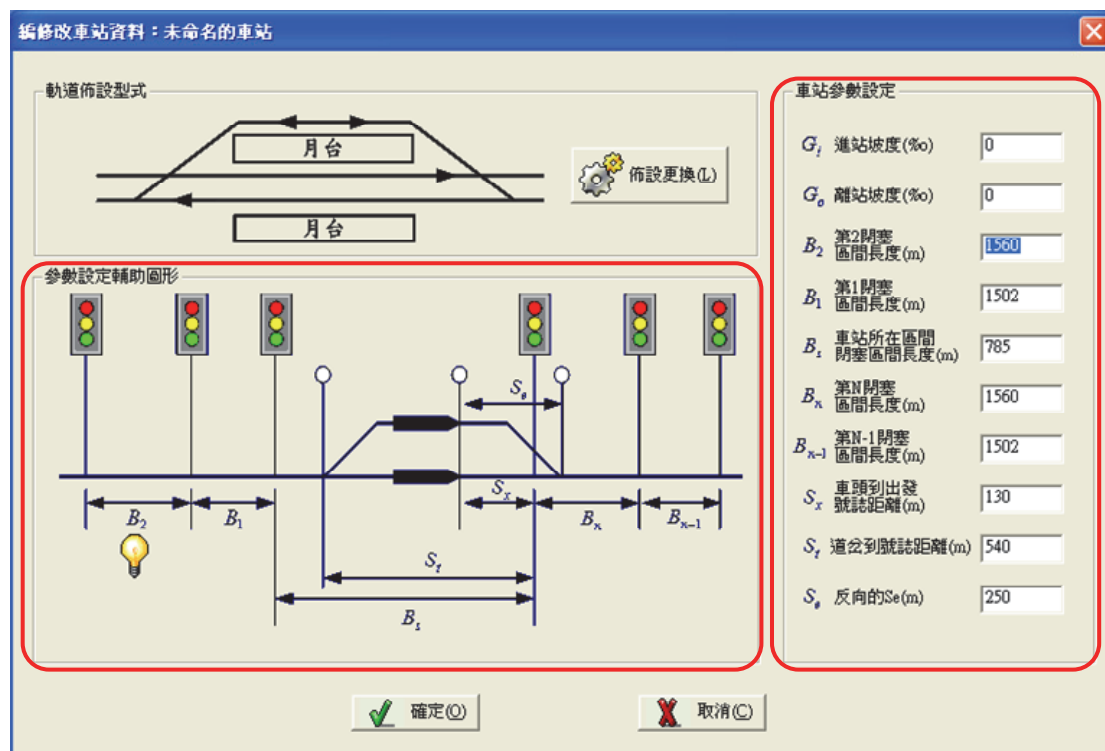


圖4-5 車站設定對話盒（調整前）

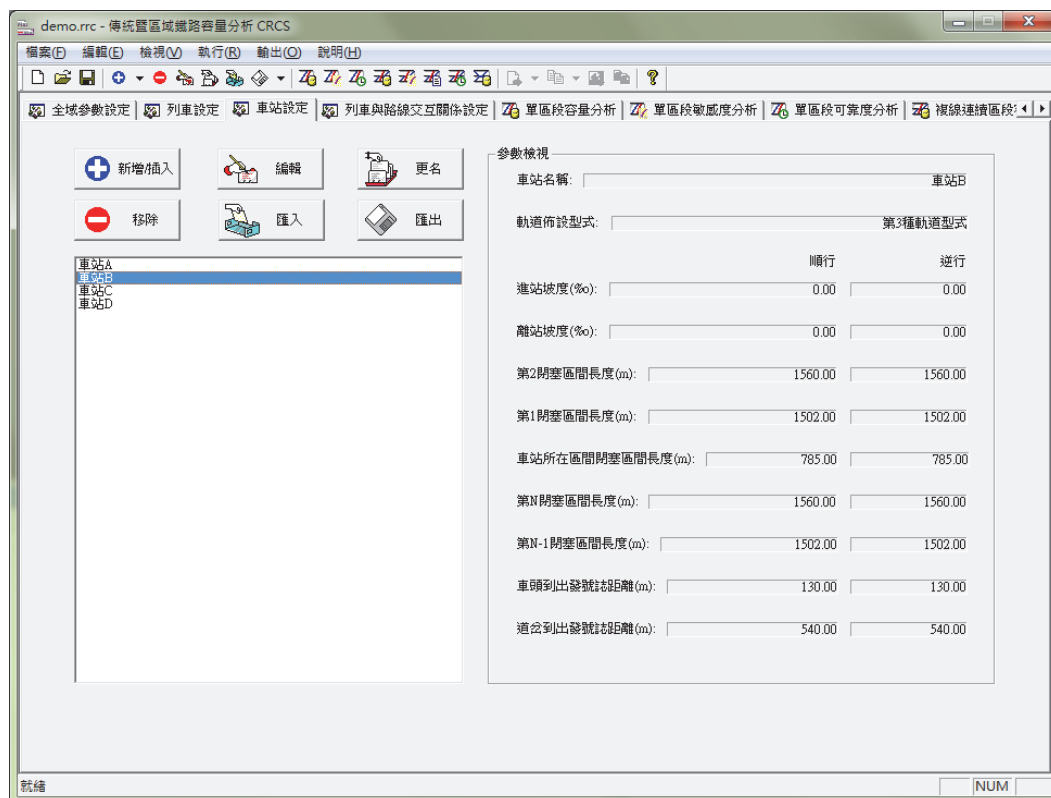


圖4-6 車站設定頁面（調整後）

編修改車站資料：未命名的車站

軌道佈設型式

佈設更換(L)

參數設定輔助圖形

車站參數設定

	順行	逆行
G_i 進站坡度(‰)	0	0
G_o 離站坡度(‰)	0	0
B_2 第2閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_1 第1閉塞區間長度(m)	1502	1502
B_s 車站所在區間閉塞區間長度(m)	785	785
B_N 第N閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_{N-1} 第N-1閉塞區間長度(m)	1502	1502
S_x 車頭到出發號誌距離(m)	130	130
S_i 道岔到號誌距離(m)	540	540

確定(O)

取消(C)

圖4-7 車站設定對話盒（調整後）

編修改車站資料：未命名的車站

軌道佈設型式

佈設更換(L)

參數設定輔助圖形

車站參數設定

	順行	逆行
G_i 進站坡度(‰)	0	0
G_o 離站坡度(‰)	0	0
B_2 第2閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_1 第1閉塞區間長度(m)	1502	1502
B_s 車站所在區間閉塞區間長度(m)	785	785
B_N 第N閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_{N-1} 第N-1閉塞區間長度(m)	1502	1502
S_x 車頭到出發號誌距離(m)	130	130
S_i 道岔到號誌距離(m)	540	540

確定(O)

取消(C)

圖4-8 車站參數設定輔助圖形（順行方向）

編修改車站資料：未命名的車站

軌道佈設型式

佈設更換(L)

參數設定輔助圖形

車站參數設定

	順行	逆行
G_i 進站坡度(‰)	0	0
G_o 離站坡度(‰)	0	0
B_2 第2閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_1 第1閉塞區間長度(m)	1502	1502
B_s 車站所在區間閉塞區間長度(m)	785	785
B_N 第N閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_{N-1} 第N-1閉塞區間長度(m)	1502	1502
S_x 車頭到出發號誌距離(m)	130	130
S_y 道岔到出發號誌距離(m)	540	540

確定(O)
取消(C)

圖4-9 車站參數設定輔助圖形（逆行方向）

4.3.2 列車與路線交互關係設定

在列車與路線交互關係設定方面，雖然原本就已經有逆行方向運轉時間的參數，如圖 4-10和圖 4-11，但為了能進一步計算逆行方向的號誌時距，還需增加逆行方向的進站前平均巡航速度和站間平均巡航速度等兩項參數，調整後的使用者介面如圖 4-12和圖 4-13所示。

同時，藉此次調整也將對話盒中的參數輔助圖形進行了修改與美化，順行與逆行兩方向有各自的輔助圖，如圖 4-14和圖 4-15，而當使用者正在設定某一參數時，其對應的圖案便會以深色顯示。

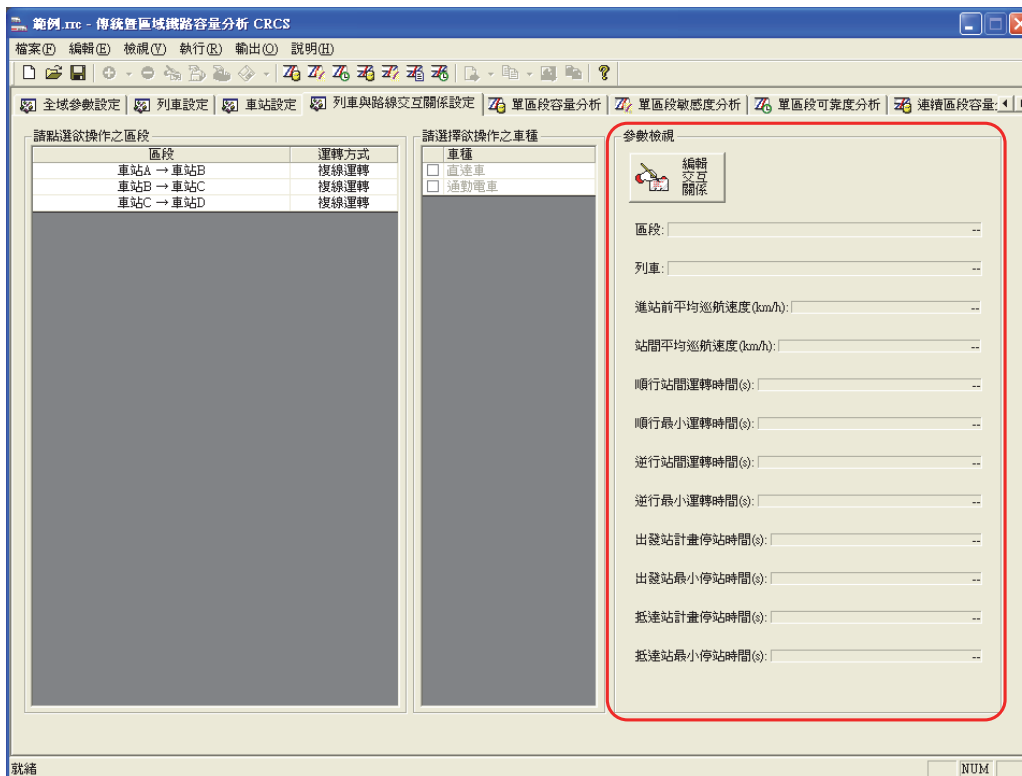


圖4-10 列車與路線交互關係設定頁面（調整前）

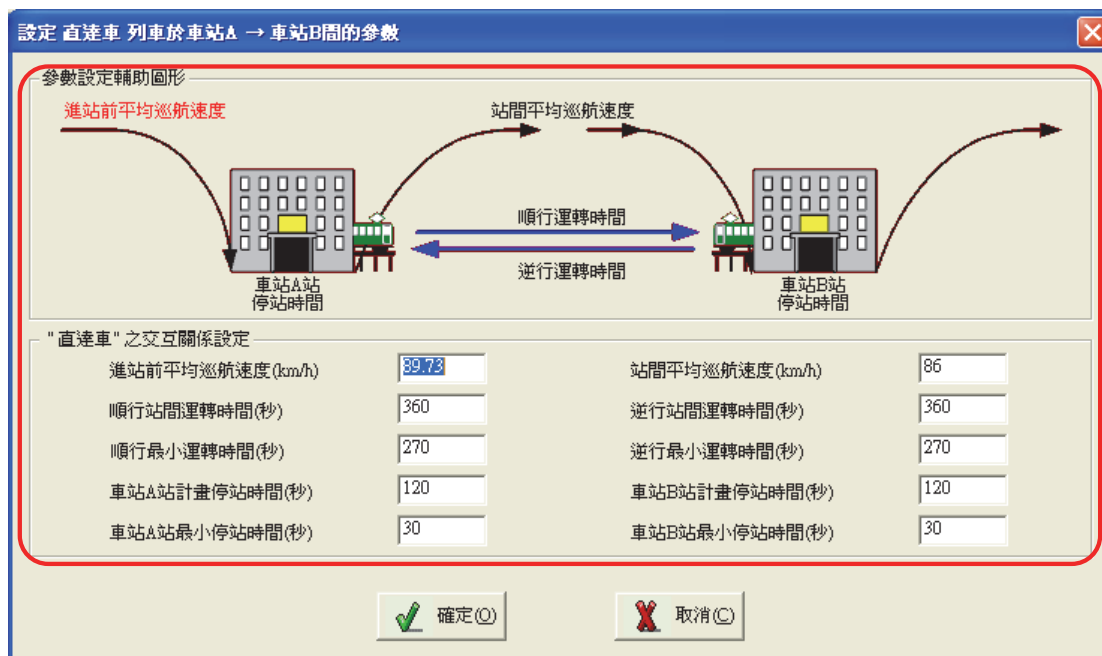


圖4-11 列車與路線交互關係設定對話盒（調整前）

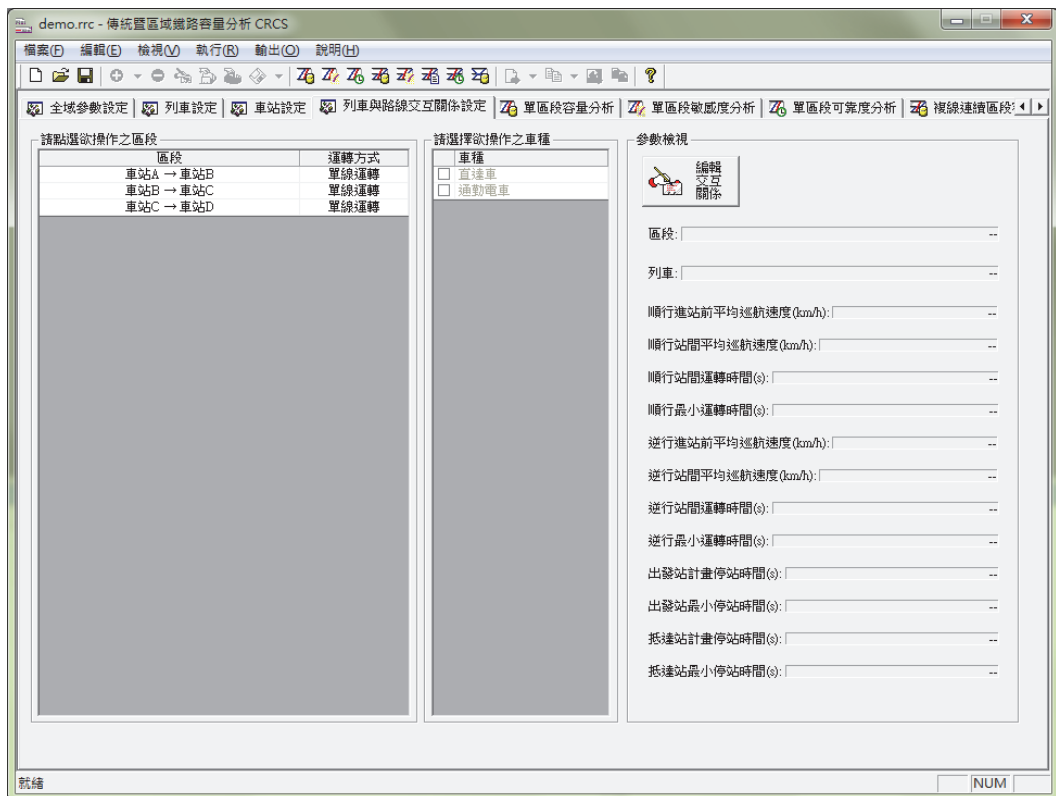


圖4-12 列車與路線交互關係設定頁面（調整後）



圖4-13 列車與路線交互關係設定對話盒（調整後）

設定 直達車 列車於車站A → 車站B間的參數

參數設定輔助圖形

"直達車"之交互關係設定

順行進站前平均巡航速度(km/h)	75	逆行進站前平均巡航速度(km/h)	90
順行站間平均巡航速度(km/h)	80	逆行站間平均巡航速度(km/h)	80
順行站間運轉時間(秒)	300	逆行站間運轉時間(秒)	300
順行最小運轉時間(秒)	270	逆行最小運轉時間(秒)	270
車站A站計畫停車時間(秒)	120	車站B站計畫停車時間(秒)	0
車站A站最小停車時間(秒)	60	車站B站最小停車時間(秒)	0

☒ 確定(O)
 ☐ 取消(C)

圖4-14 列車與路線交互關係參數輔助圖形（順行方向）

設定 直達車 列車於車站A → 車站B間的參數

參數設定輔助圖形

"直達車"之交互關係設定

順行進站前平均巡航速度(km/h)	75	逆行進站前平均巡航速度(km/h)	90
順行站間平均巡航速度(km/h)	80	逆行站間平均巡航速度(km/h)	80
順行站間運轉時間(秒)	300	逆行站間運轉時間(秒)	300
順行最小運轉時間(秒)	270	逆行最小運轉時間(秒)	270
車站A站計畫停車時間(秒)	120	車站B站計畫停車時間(秒)	0
車站A站最小停車時間(秒)	60	車站B站最小停車時間(秒)	0

☒ 確定(O)
 ☐ 取消(C)

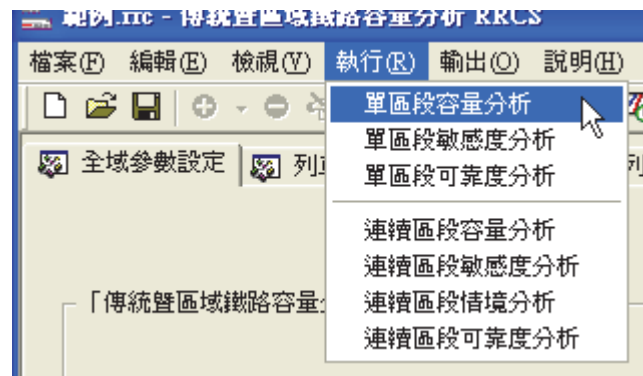
圖4-15 列車與路線交互關係參數輔助圖形（逆行方向）

4.3.3 單線連續區段軌道容量分析

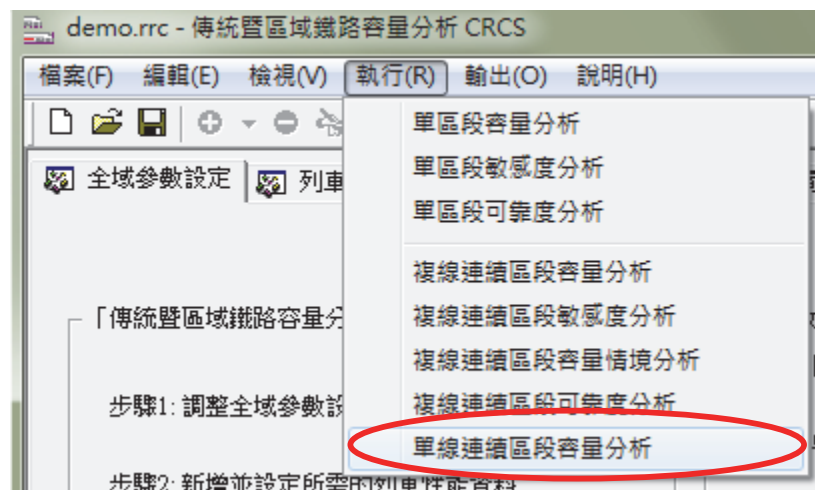
隨著單線連續區段軌道容量分析功能的加入，「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」的使用者介面需作若干調整，說明如下：

1. 功能表調整

在原本功能表中新增「單線連續區段容量分析」項目，如圖 4-16 所示，當使用者選擇該項目後，程式會自動切換到該分析功能的頁面，除此之外，對於原有連續區段相關的分析都加上複線以作區分。



(a) 調整前



(b) 調整後

圖4-16 功能表調整

2. 工具列調整

工具列的調整如同功能表一樣，針對「單線連續區段容量分析」功能新增了一個按鈕，並設計其專屬圖示，以和其它分析功能作區分，調整前後的畫面如圖 4-17所示。

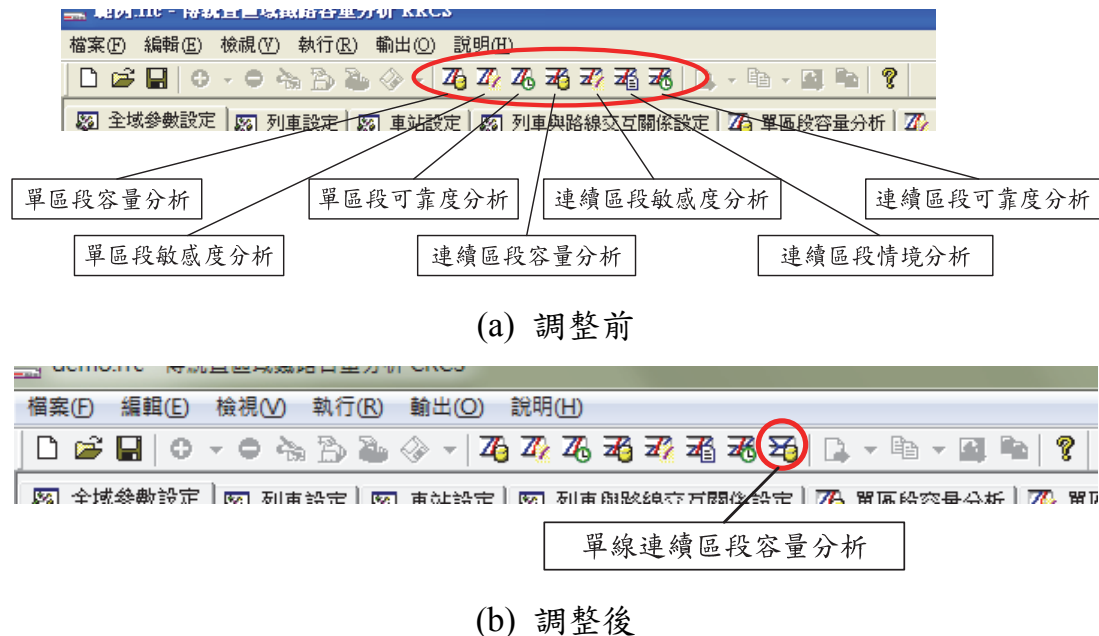


圖4-17 工具列調整

3. 新增單線連續區段軌道容量分析頁面

依循本軟體使用者介面的設計邏輯，「單線連續區段容量分析」功能為一獨立的頁面，如圖 4-18，其頁面編排如同其他分析頁面相同，畫面左側可讓使用者輸入單線連續區段容量分析專用的參數，左下方的按鈕係用來執行分析，而右側的分析圖在軟體進行運算時，會以進度百分比以及進度條來顯示目前分析進度，如圖 4-19，當分析完成後則會自動呈現分析結果。

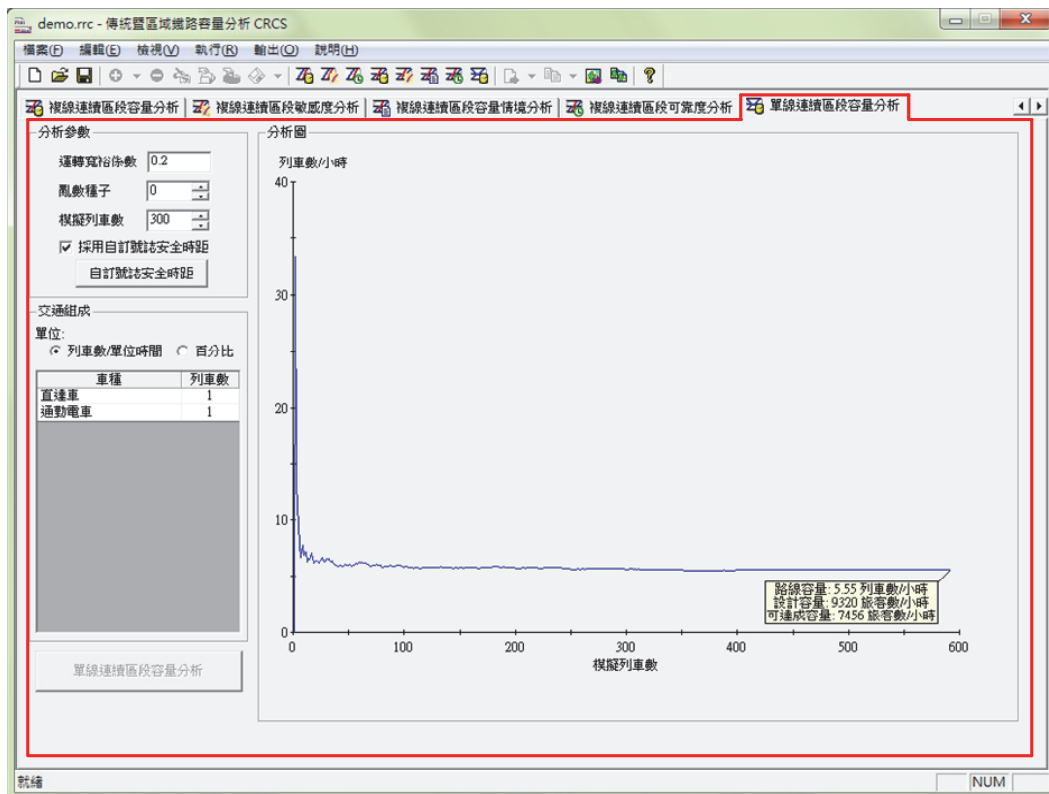


圖4-18 新增單線連續區段容量分析頁面

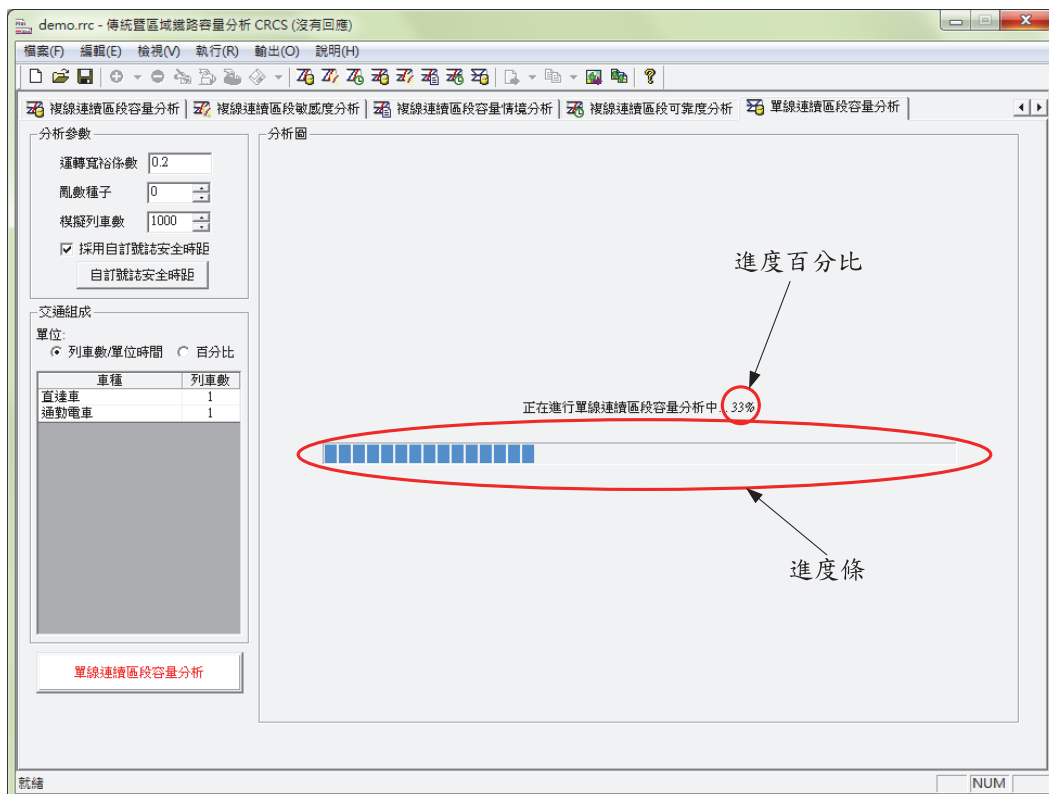


圖4-19 顯示分析進度

4. 新增自訂號誌安全時距對話盒

在「單線連續區段容量分析」頁面中可勾選「採用自訂號誌安全時距」，讓使用者以自訂的號誌時距來進行容量分析，如圖 4-20所示。而自訂號誌安全時距的介面如圖 4-21所示之對話盒，從左側的車站列表中可選定個別車站，針對各種先續行車種組成分別設定其號誌安全時距的數值。

此外為了增加應用彈性，在對話盒中可按下【代入公式計算結果】按鈕，程式會根據列車設定、車站設定、列車與路線交互關係設定，以運研所號誌安全時距公式計算各項號誌時距，並在對應的表格中代入計算結果，同時，亦有【恢復系統預設值】按鈕，可將各項號誌時距的數值恢復成預設值。而對話盒下方的【設定全域數值】，讓使用者可指定一組號誌安全時距的數值套用至全部的車站。

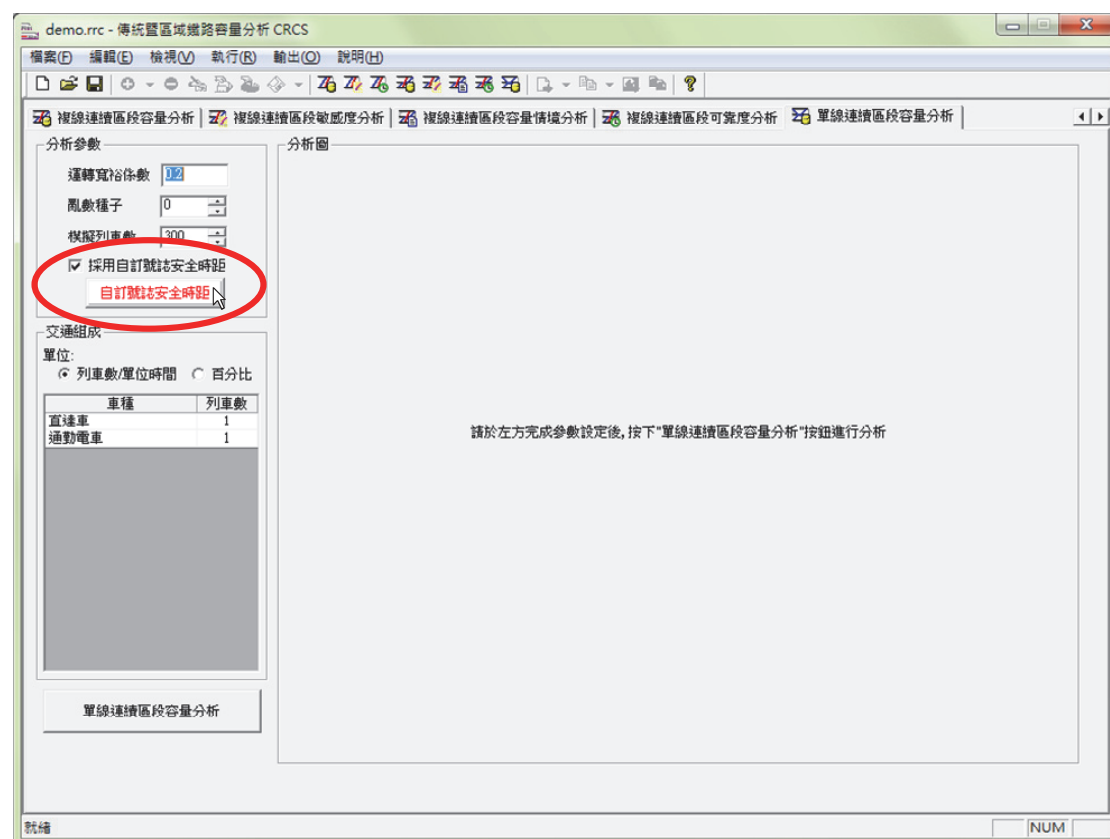


圖4-20 自訂號誌安全時距功能

車站

車站A

車站B

車站C

車站D

號誌安全時距

代入公式計算結果

恢復系統預設值

順行進站時距(秒)

先行/續行	直達車	通勤電車
直達車	180	180
通勤電車	180	180

逆行進站時距(秒)

先行/續行	直達車	通勤電車
直達車	180	180
通勤電車	180	180

順行離站時距(秒)

先行/續行	直達車	通勤電車
直達車	180	180
通勤電車	180	180

逆行離站時距(秒)

先行/續行	直達車	通勤電車
直達車	180	180
通勤電車	180	180

順行同股道到開時距(秒)

先行/續行	直達車	通勤電車
直達車	210	210
通勤電車	210	210

逆行同股道到開時距(秒)

先行/續行	直達車	通勤電車
直達車	210	210
通勤電車	210	210

順行交會時距(秒)

先行/續行	直達車	通勤電車
直達車	60	60
通勤電車	60	60

逆行交會時距(秒)

先行/續行	直達車	通勤電車
直達車	60	60
通勤電車	60	60

設定全域數值

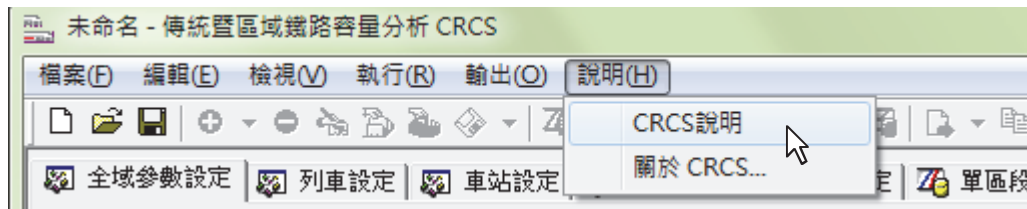
確定

取消

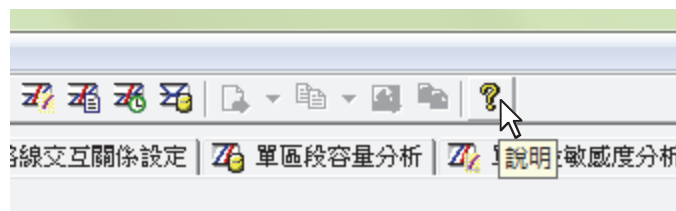
圖4-21 設定自訂號誌安全時距的對話盒

第五章 軌道容量軟體使用手冊

在新增的單線連續區段容量分析功能後，「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」的使用手冊也要進行相對應的編修，包含車站資料、列車與路線交互關係，以及單線連續區段容量分析，因此本章僅就此三部份進行說明，而完整之使用手冊可參閱軟體內附的使用手冊電子檔，可選擇功能表上【說明 | CRCS 說明】或按工具列上之【?】按鈕來開啟，如圖 5-1。



(a) 從功能表開啟



(b) 從工具列開啟

圖5-1 開啟軌道容量分析軟體內附之使用手冊

5.1 設定車站資料

要設定車站資料，先在頁面切換標籤內點選【車站設定】，主頁面便會切換到車站設定頁面，其介面如圖 5-2。

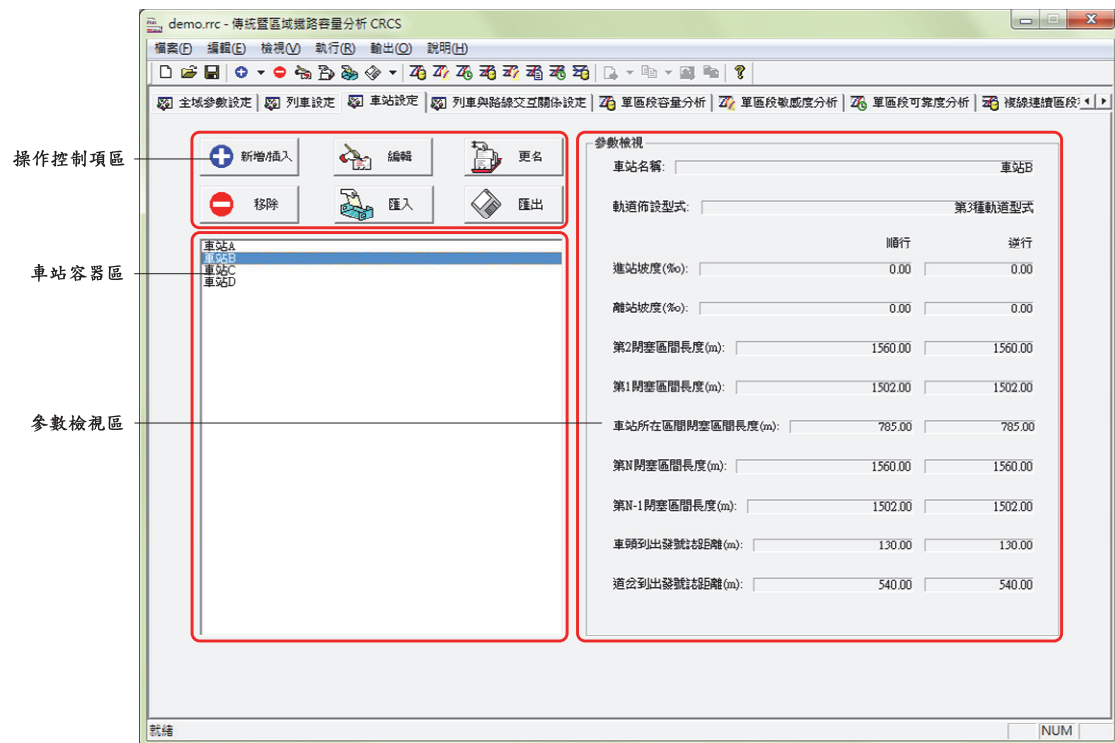


圖5-2 車站設定頁面

車站設定頁面可協助使用者管理若干筆車站資訊，其介面可概分為三區，包括：

1. 操作控制項區：提供各種管理功能按鈕以利使用者管理車站資料
2. 車站容器區：列出目前專案內所控管的車站名稱
3. 參數檢視區：提供唯讀的車站參數檢視功能

選取「車站容器區」中的車站後，「參數檢視區」中會顯示其參數設定細節，而「操作控制項區」所提供各種管理功能，以下逐一介紹之。

5.1.1 新增車站資料

欲新增車站資料，請按照下列步驟：

1. 切換到【車站設定】頁面。

2. 按【新增/插入】按鈕後選【新增資料】，或點選功能表上【編輯 | 新增資料】，或按工具列上之【 | 新增資料】，程式均會出現圖 5-3之對話盒。



圖5-3 新增車站之對話盒

3. 鍵入所需新增之名稱後按【確定】按鈕即完成動作，新增的車站資料為列車容器區內的最後一筆。

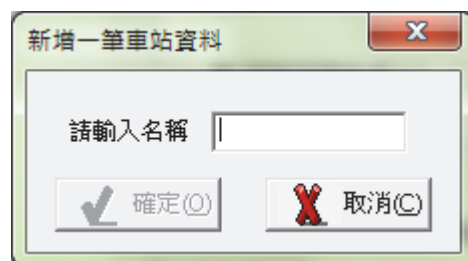
完成新增車站動作後，雖然已有一筆車站資料在專案裡，但其設定值均為預設值，通常都需要予以編輯修改。

為避免不必要之困擾，此功能的防呆機制如下：

- (1) 車站名稱不得超過 12 個半形字元
- (2) 程式自動忽略「\:*?\">|%,:\$”」等字元
- (3) 若鍵入之車站名稱已存在，【確定】鈕會被隱藏如圖 5-4(a)。
- (4) 當車站名稱欄位被清空時，【確定】鈕會被隱藏如圖 5-4(b)。



(a)鍵入的名稱已存在



(b)鍵入的名稱為空值

圖5-4 新增車站對話盒中【確定】鍵自動隱藏之條件

5.1.2 插入車站資料

欲插入車站資料，請按照下列步驟：

1. 切換到【車站設定】頁面。
2. 在車站容器區內挑選一車站，程式將會在該車站前插入新的車站資料。
3. 按【新增/插入】按鈕後選【插入資料】，或點選功能表上【編輯 | 插入資料】，或按工具列上之【 | 插入資料】，程式均會出現圖 5-5之對話盒。



圖5-5 插入車站之對話盒

4. 鍵入所需新增之名稱後按【確定】按鈕即完成動作。

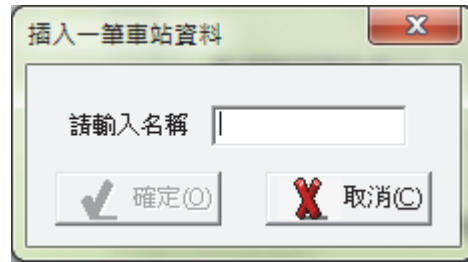
完成插入車站動作後，雖然已有一筆車站資料在專案裡，但其設定值均為預設值，通常都需要予以編輯修改。

為避免不必要之困擾，此功能的防呆機制如下：

- (1) 車站名稱不得超過 12 個半形字元
- (2) 程式自動忽略「\:*?\" <>|%,;\$”」等字元
- (3) 若鍵入之車站名稱已存在，【確定】鈕會被隱藏如圖 5-6(a)。
- (4) 當車站名稱欄位被清空時，【確定】鈕會被隱藏如圖 5-6(b)。



(a)鍵入的名稱已存在



(b)鍵入的名稱為空值

圖5-6 插入車站對話盒中【確定】鍵自動隱藏之條件

5.1.3 編輯車站資料

欲編輯車站資料，請按照下列步驟：

1. 切換到【車站設定】頁面。
2. 在車站列表中內挑選欲編輯之車站。
3. 按下【編輯】按鈕，或直接在車站列表裡雙擊欲修改的車站，或點選功能表上【編輯 | 編輯資料】，或按工具列上之  按鈕，程式會出現如圖 5-7之對話盒。若尚未挑選欲編輯之車站，程式將出現如圖 5-8之提示。

軌道佈設型式

月台

佈設更換(L)

參數設定輔助圖形

車站參數設定

	順行	逆行
G_i 進站坡度(‰)	0	0
G_o 離站坡度(‰)	0	0
B_2 第2閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_1 第1閉塞區間長度(m)	1502	1502
B_s 車站所在區間閉塞區間長度(m)	785	785
B_N 第N閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_{N-1} 第N-1閉塞區間長度(m)	1502	1502
S_x 車頭到出發號誌距離(m)	130	130
S_f 道岔到號誌距離(m)	540	540

確定(O) 取消(C)

圖5-7 車站參數編輯對話盒

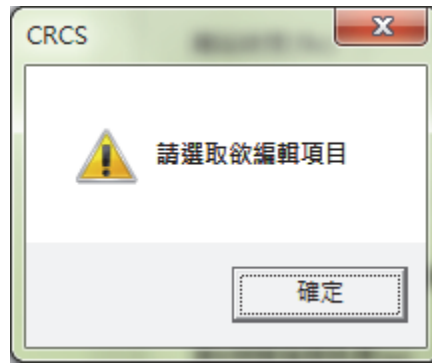


圖5-8 未挑選車站即按下【編輯】按鈕時之提示訊息

4. 編輯好車站資料後，按下【確定】按鈕即完成編輯動作。

圖 5-7對話盒中各種參數的名稱、預設值與範圍等資訊如表 5.1。同時，當使用者在設定與長度相關的參數時，在圖 5-7之對話盒下方的輔助圖形會根據使用者編輯項目的不同，例如當使用者在設定順行方向的車站所在區間閉塞區間長度時，輔助圖形會有列車出現在該閉塞區間內，並且以深色線條和文字標示，如圖 5-9。

表5.1 車站屬性之單位、預設值與合理範圍檢查表

變數名稱與意義	型態	單位	預設值	合理性檢查
車站名稱	文字	—	—	12 個半形字
軌道佈設型式	列舉	—	III	—
進站坡度	實數	%	0	[-20, 20]
離站坡度	實數	%	0	[-20, 20]
第 2 閉塞區間長度	整數	公尺	1560	[0, 5000]
第 1 閉塞區間長度	整數	公尺	1502	[0, 5000]
車站所在區間閉塞區間長度	整數	公尺	785	[0, 5000]
第 N 閉塞區間長度	整數	公尺	1560	[0, 5000]
第 $N-1$ 閉塞區間長度	整數	公尺	1502	[0, 5000]
車頭到出發號誌距離	整數	公尺	130	[0, 1000]
道岔到出發號誌距離	整數	公尺	540	[0, 1000]

編修改車站資料：車站A

軌道佈設型式

佈設更換(L)

參數設定輔助圖形

車站參數設定

	順行	逆行
G_i 進站坡度(‰)	0	0
G_o 離站坡度(‰)	0	0
B_2 第2閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_1 第1閉塞區間長度(m)	1502	1502
B_s 車站所在區間閉塞區間長度(m)	1685	785
B_N 第N閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_{N-1} 第N-1閉塞區間長度(m)	1502	1502
S_x 車頭到出發號誌距離(m)	130	130
S_i 道岔到號誌距離(m)	540	540

確定(O)

取消(C)

圖5-9 車站參數設定輔助圖形範例

軌道佈設型式的設定較為複雜，按下【佈設更換】按鈕程式會以圖 5-10來輔助設定。若不諳選擇的原則，可以按下【協助】按鈕，透過圖 5-11的輔助精靈來完成，僅要依序回答精靈對話盒的問題，精靈即會自動指派到合適的設定。

軌道佈設型式設定

軌道佈設型式選擇

1

2

3

4

確定(O)

取消(C)

協助(H)

圖5-10 軌道佈設選擇對話盒

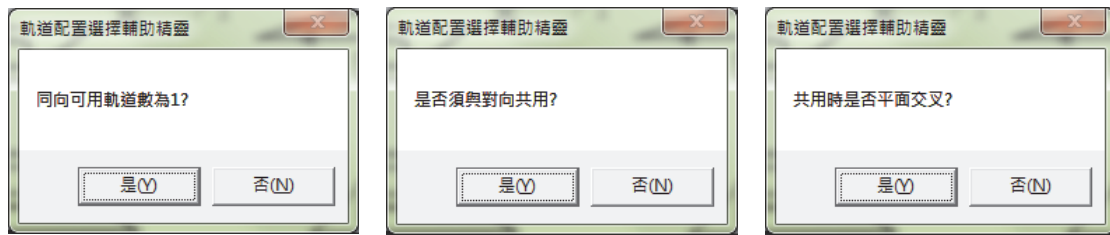


圖5-11 軌道佈設選擇輔助精靈

5.1.4 更改車站名稱

針對已經加入專案的車站，若需要予以更名時，需要下述步驟來完成，說明如下：

1. 切換到【車站設定】頁面。
2. 在車站容器區內挑選欲改名之車站
3. 按下【更名】按鈕，或點選功能表上【編輯 | 更改名稱】，或按工具列上之【】按鈕，程式會出現如圖 5-12之對話盒。若尚未挑選欲更名之列車，程式將出現如圖 5-13之提示。

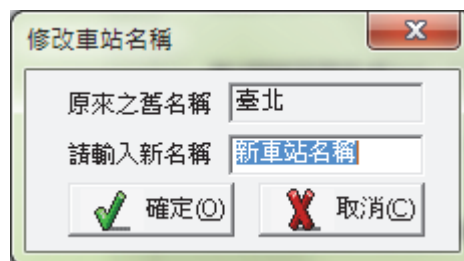


圖5-12 修改車站名稱對話盒

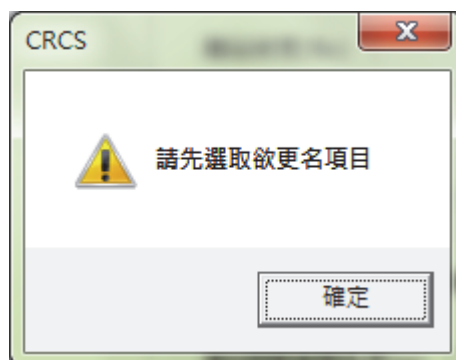


圖5-13 未挑選車站即按下【更名】按鈕時之提示訊息

4. 輸入新的車站名稱後按【確定】。
5. 由於更改車站名稱會更動專案內若干相關設定，故程式會以圖 5-14之對話盒請使用者確認，若按下【否】，程式會跳回圖 5-12之畫面。若按下【是】，即完成更名動作。

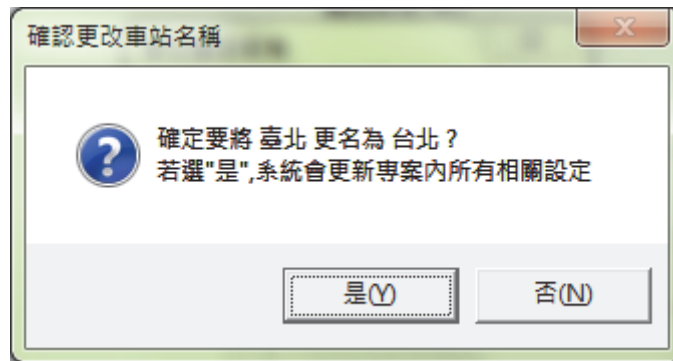
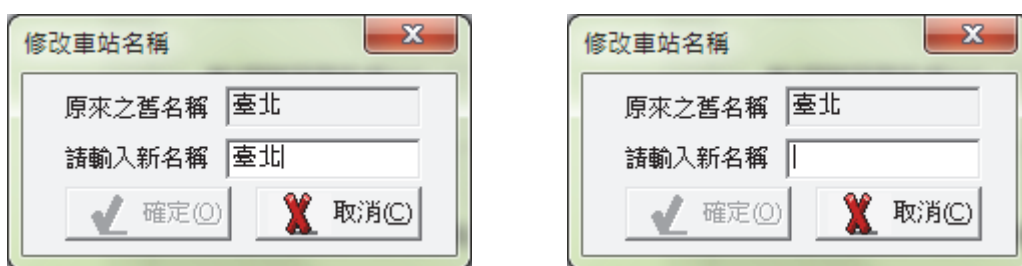


圖5-14 修改車站名稱之確認對話盒

為避免不必要之困擾，程式的防呆機制如下：

- (1) 新的車站名稱不得超過 12 個半形字元
- (2) 程式自動忽略「\:*?\">|%,:\$”」等字元
- (3) 若鍵入之車站名稱已存在，【確定】鈕會被隱藏如圖 5-15(a)。
- (4) 當車站名稱欄位被清空時，【確定】鈕會被隱藏如圖 5-15(b)。



(a)鍵入的名稱已存在

(b)鍵入的名稱為空值

圖5-15 修改車站名稱對話盒中【確定】鍵自動隱藏之條件

5.1.5 匯出車站資料

由於車站屬性資料可能會在其他專案或其他用途被利用，因此本程式有提供車站資料匯出的功能。

匯出的格式有兩種，一種為本程式專用的車站設定檔，以「sta」為其副檔名；另一種為可供作其他應用的純文字格式，可匯出成副檔名為「csv」的檔案或至剪貼簿。

匯出的方式共有四種，包括（1）匯出單筆資料；（2）匯出所有資料；（3）匯出到文字檔案；（4）匯出到剪貼簿，將分別介紹說明如下。

5.1.5.1 匯出單筆車站資料

此方式是將單筆車站資料匯出成專供本程式使用的車站設定檔（副檔名為「sta」），操作步驟如下：

1. 切換到【車站設定】頁面。
2. 在車站容器區內挑選欲匯出之車站。
3. 按下【匯出】按鈕選【單筆資料】，或點選功能表上【編輯 | 匯出 | 單筆資料】，或按工具列上【 | 單筆資料】，程式會出現如圖 5-16之對話盒。若尚未挑選欲匯出之列車，程式將出現如圖 5-17之提示。

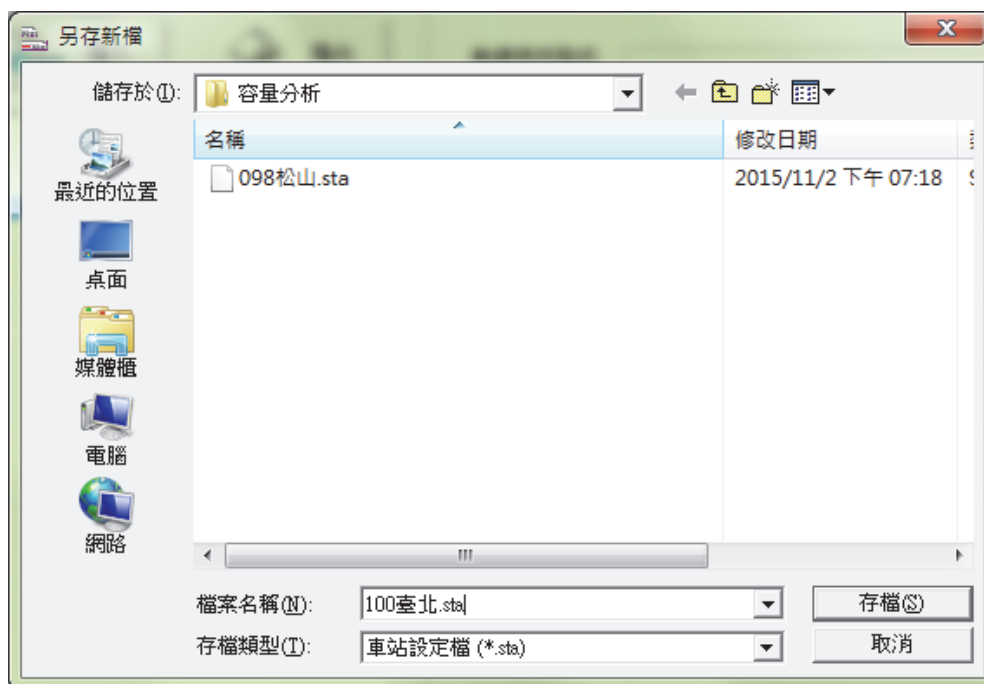


圖5-16 匯出單筆車站資料之對話盒

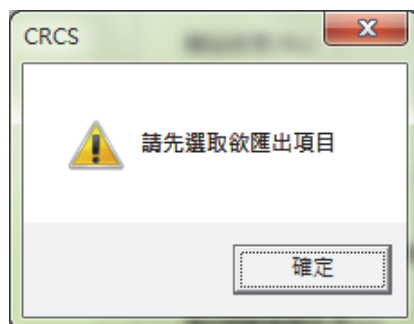


圖5-17 未挑選車站即進行【匯出】動作時之提示訊息

4. 指定路徑與檔名後按【儲存】完成匯出工作。

5.1.5.2 匯出所有資料

此方式能一次將所有的車站資料分別匯出成專供本程式使用的車站設定檔（副檔名為「sta」），操作步驟如下：

1. 切換到【車站設定】頁面。
2. 按下【匯出】按鈕選【所有資料】，或點選功能表上【編輯 | 匯出 | 所有資料】，或按工具列上【 | 所有資料】，程式會出現如圖 5-18之對話盒。若車站容器區內無任一系列車，程式會以圖 5-19來提示使用者。

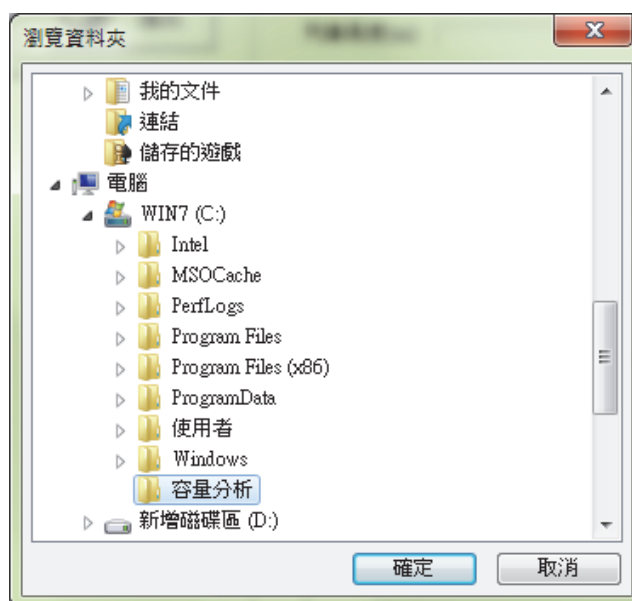


圖5-18 執行匯出所有車站資料時路徑對話盒

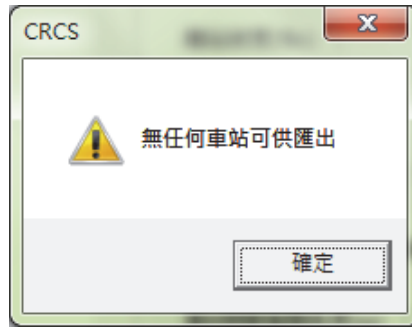


圖5-19 容器內無車站時之提示訊息

3. 指定所要匯出的路徑後按【確定】完成匯出工作。當程式完成工作後，會以圖 5-20來提示使用者匯出之總數與路徑列表。



圖5-20 完成匯出工作時之提示訊息

5.1.5.3 匯出單筆車站資料成文字檔案

此方式是將單筆車站資料匯出成可供作其他應用的純文字格式檔案（副檔名為「csv」），操作步驟如下：

1. 切換到【車站設定】頁面。
2. 在車站容器區內挑選欲匯出之車站。
3. 按下【匯出】按鈕選【文字檔案】，或點選功能表上【編輯 | 匯出 | 文字檔案】，或按工具列上【 | 文字檔案】，程式會出

現如圖 5-21 之對話盒。若尚未挑選欲匯出之車站，程式將出現如圖 5-17 之提示。

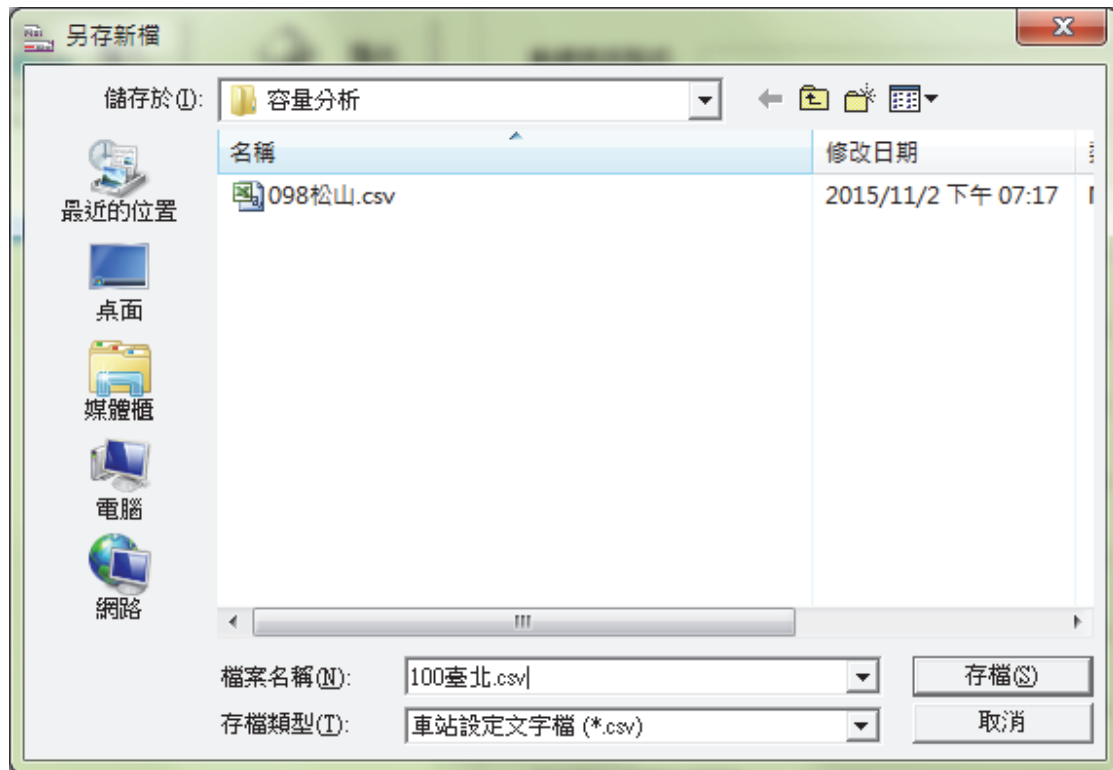


圖5-21 匯出車站設定文字檔之對話盒

4. 指定路徑與檔名後按【儲存】完成匯出工作。

5.1.5.4 匯出單筆車站資料到剪貼簿

此方式是將單筆車站資料以可供作其他應用的純文字格式複製到剪貼簿，操作步驟如下：

1. 切換到【車站設定】頁面。
2. 在車站容器區內挑選欲匯出之車站。
3. 按下【匯出】按鈕選【到剪貼簿】，或點選功能表上【編輯 | 匯出 | 到剪貼簿】，或按工具列上【 | 到剪貼簿】，即可完成複製到剪貼簿的動作。若尚未挑選欲匯出之車站，程式將出現如圖 5-17 之提示。

4. 在完成複製後，可以在其他軟體進行貼上動作，舉凡常見的 Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Visio 等軟體均能以「貼上」方法將資料拷貝至該軟體進行其他應用，圖 5-22則為在 Word 貼上之畫面。

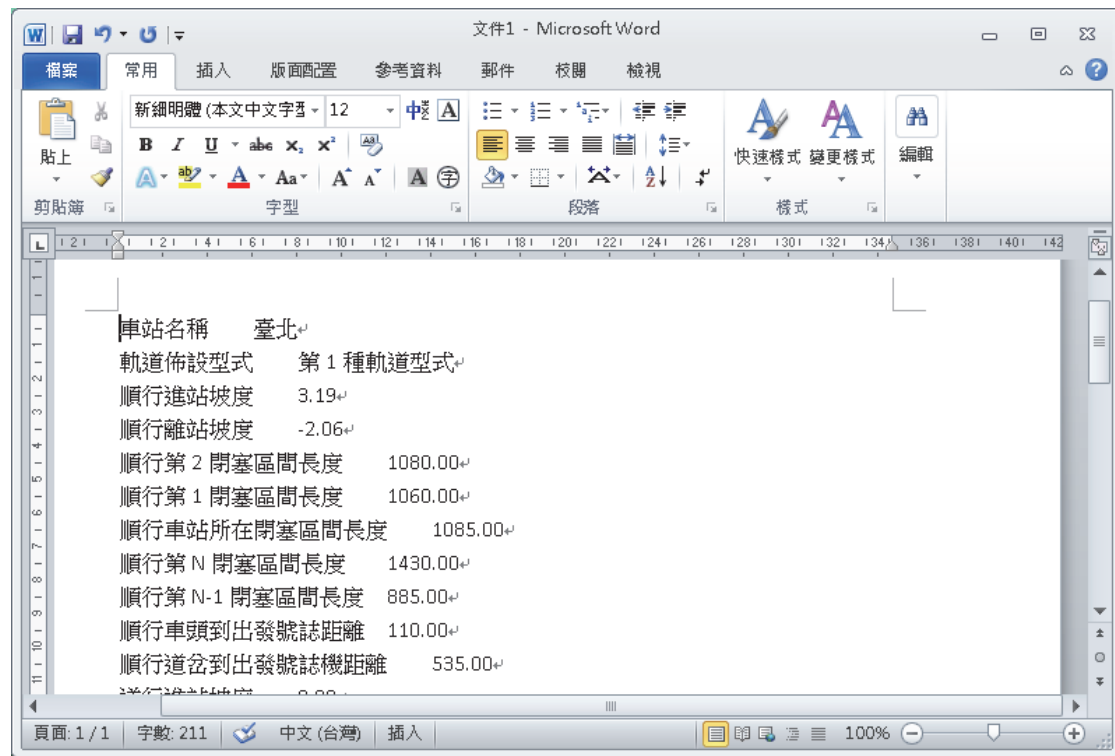


圖5-22 匯出至剪貼簿後在 Word 軟體貼上之畫面

5.1.6 匯入車站資料

本程式對於車站資料匯入的格式僅有一種，就是專供本程式使用的車站設定檔（副檔名為「sta」）。若欲匯入車站資料，請按照下列步驟：

1. 切換到【車站設定】頁面。
2. 按下【匯入】按鈕，或點選功能表上【編輯 | 匯入】，或按工具

列上【】，程式會出現如圖 5-23之對話盒。

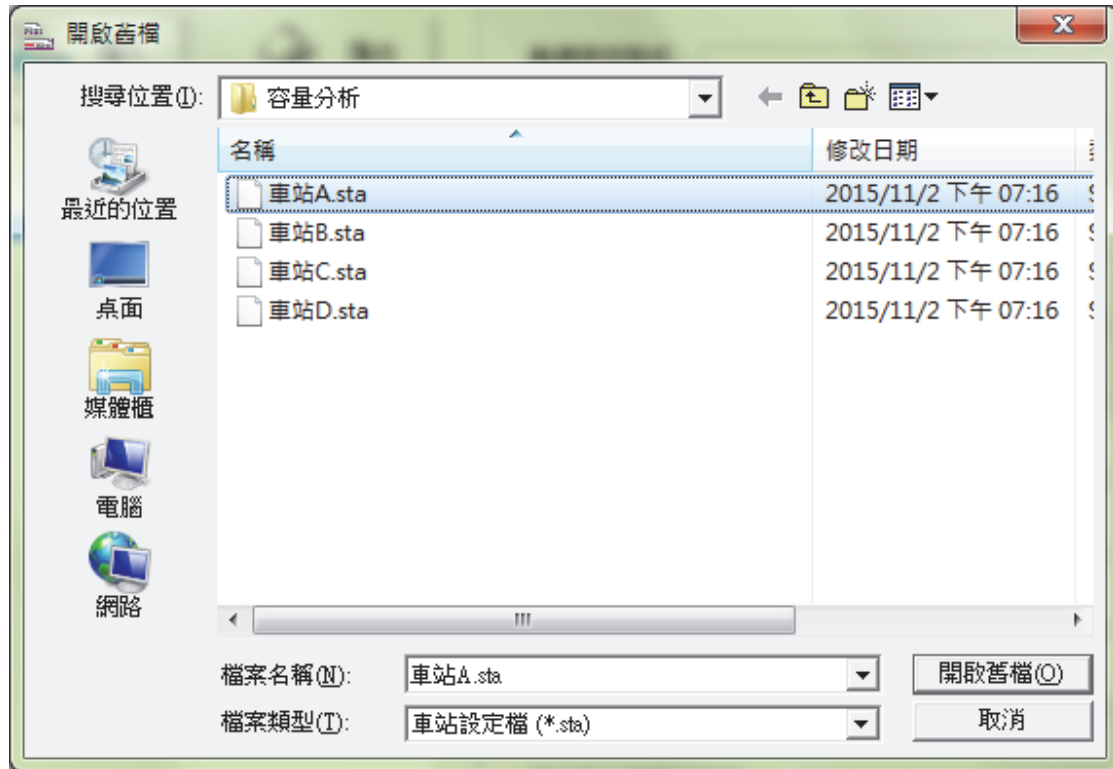


圖5-23 匯入車站資料之對話盒

3. 指定路徑與檔名之後按【開啟】完成匯入動作。

5.1.7 移除車站資料

若要移除已經加入專案的車站，依循下述步驟來完成，說明如下：

1. 切換到【車站設定】頁面。
2. 在車站容器區內挑選欲移除之車站
3. 按下【移除】按鈕，或點選功能表上【編輯 | 移除資料】，或按工具列上之【】按鈕。若尚未挑選欲移除之列車，程式將出現如圖 5-24之提示。

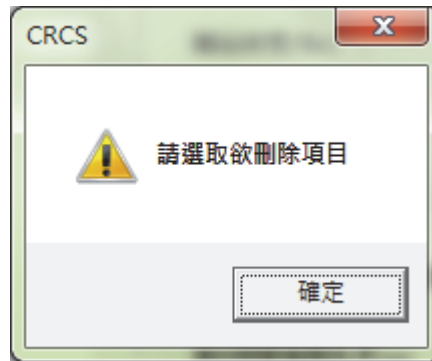


圖5-24 未挑選車站即按下【移除】按鈕時之提示訊息

4. 由於刪除車站名稱會更動專案內若干相關設定，故程式會以圖 5-25之對話盒請使用者確認。一旦選擇【是】，專案內的相關設定（含與路線的交互關係設定）均會被刪除。

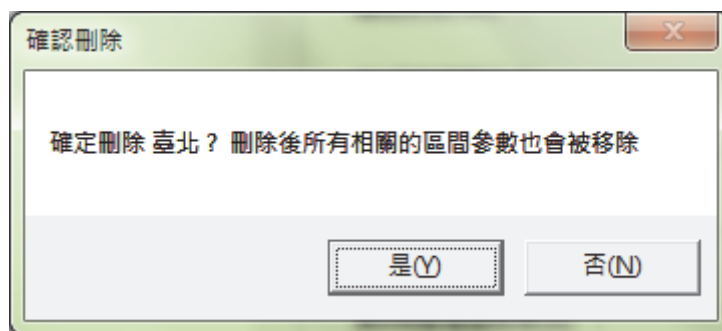


圖5-25 刪除車站名稱之確認對話盒

5.2 設定列車與路線交互關係

要設定列車與路線交互關係，先在頁面切換標籤內點選【列車與路線交互關係設定】，主頁面便會切換到列車與路線交互關係設定頁面，其介面如圖 5-26。

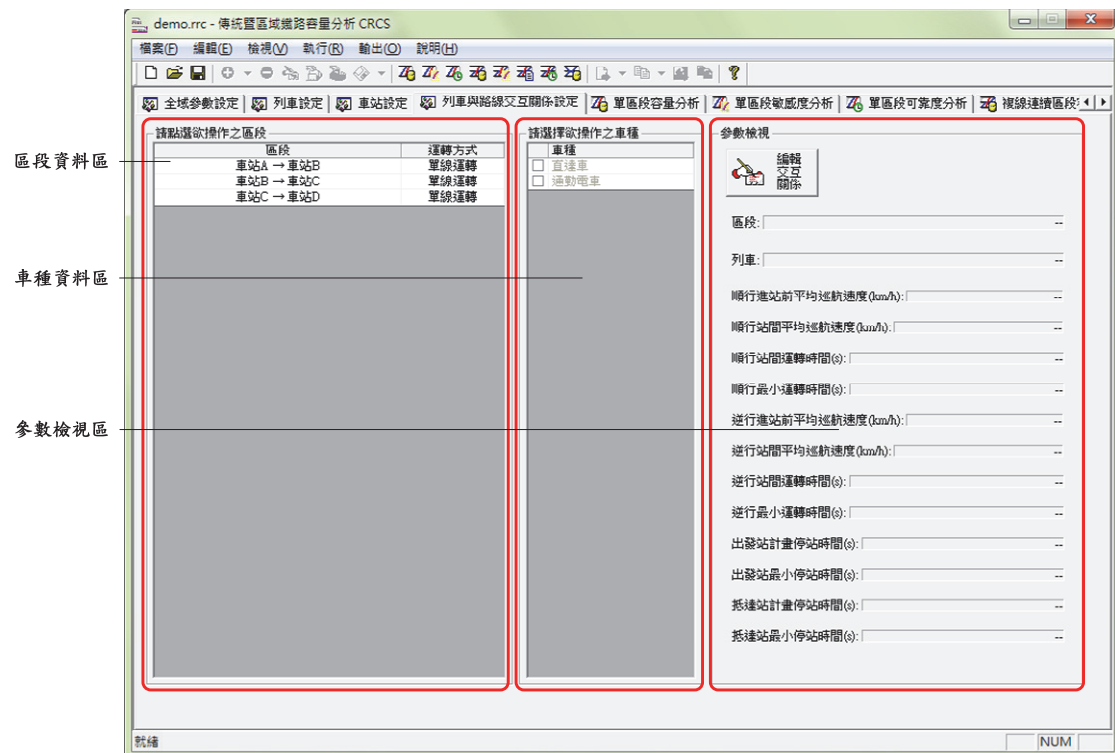


圖5-26 列車與路線交互關係設定頁面

列車與路線交互關係設定頁面可概分為三區，包括：

1. 區段資料區：列出本專案內所控管的區段及設定其運轉方式
2. 車種資料區：設定有通過該區段的車種
3. 參數檢視區：提供列車與路線交互關係參數檢視與編輯功能

「區段資料區」中的資料是根據專案中的車站依序產生的，因此專案中至少要有兩個以上的車站才會有區段資料。若區段資料未勾選任何車種，則其名稱會以紅色顯示，避免使用者遺漏設定。

「車種資料區」中的車種對應專案中的列車資料，若此區沒有任何車種可供選擇，表示專案中還沒有列車資料，請先至【列車設定】頁面新增列車資料。

當從「區段資料區」點選某區段，從「車種資料區」中選某列車，「參數檢視區」將顯示該列車與路線交互關係的參數。

5.2.1 設定運轉方式

區段的運轉方式預設為複線運轉，然而本程式可針對每個區段設定其運轉方式，如欲設定某區段的運轉方式，步驟如下：

1. 切換到【列車與路線交互關係設定】頁面。
2. 在區段資料區內挑選欲設定之區段。
3. 在運轉方式欄中的下拉式選單裡挑選一種運轉方式即完成設定，如圖 5-27。

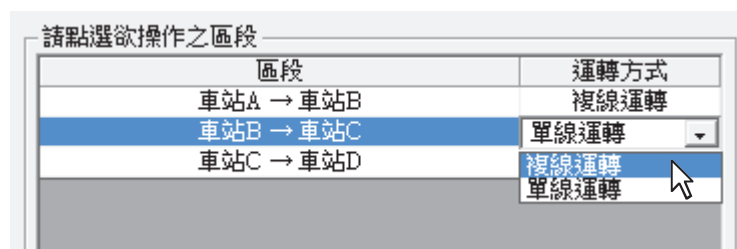


圖5-27 設定運轉方式

5.2.2 編輯交互關係

欲編輯列車與路線的交互關係，步驟如下：

1. 切換到【列車與路線交互關係設定】頁面。
2. 在區段資料區內挑選欲編輯之區段。
3. 在車種資料區中勾選欲編輯之列車，如圖 5-28。

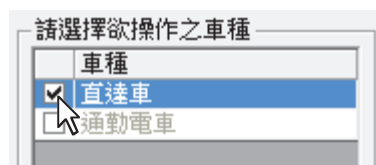
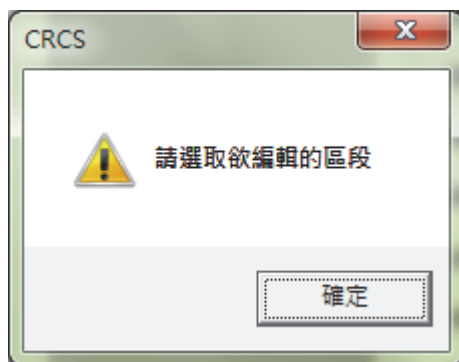


圖5-28 勾選通過該區段的車種

4. 按下【編輯交互關係】按鈕，或直接在交通組成資料區裡雙擊欲編輯的車種名稱，程式會出現如圖 5-29之對話盒。若尚未挑選欲編輯之區段或列車，程式將出現如圖 5-30(a)、(b)之提示



圖5-29 列車與路線交互關係設定對話盒



(a)



(b)

圖5-30 未挑選編輯區段或列車進行編輯動作之提示訊息

5. 編輯好列車與路線的交互關係後，按下【確定】按鈕即完成編輯動作。

圖 5-29對話盒中各種參數的名稱、預設值與範圍等資訊如表 5.2。當使用者於圖 5-29對話盒中作設定時，對話盒上方的輔助圖形會根據使用者編輯項目的不同，即時更改圖形上的線條與文字顏色，降低輸

入錯誤的可能性，如圖 5-29之輔助圖形顯示使用者正在編輯順行進站前平均巡航速度。

表5.2 列車與路線交互關係參數之預設值與合理性檢查列表

變數名稱與意義	型態	單位	預設	合理性檢查
順行進站前平均巡航速度	實數	km/h	75	[30, 160]
逆行進站前平均巡航速度	實數	km/h	75	[30, 160]
順行站間平均巡航速度	實數	km/h	75	[30, 160]
逆行站間平均巡航速度	實數	km/h	75	[30, 160]
順行站間運轉時間	整數	秒	300	≥ 0
逆行站間運轉時間	整數	秒	300	≥ 0
順行最小運轉時間	整數	秒	270	[0, 站間運轉時間]
逆行最小運轉時間	整數	秒	270	[0, 站間運轉時間]
出發站計畫停站時間	整數	秒	120	≥ 0
到達站計畫停站時間	整數	秒	120	≥ 0
出發站最小停站時間	整數	秒	30	[0, 計畫停站時間]
到達站最小停站時間	整數	秒	30	[0, 計畫停站時間]

值得注意的是，不同區段間有些交互關係參數值應該是相同的，例如：同一種列車在本區段出發站的停站時間和上個區段到達站的停站時間應相同，為避免使用者的輸入上的困擾，本軟體會自動將不同區段間應該相同的參數值同步化。

5.3 單線連續區段容量分析

單線連續區段容量分析係針對單線運轉區間，遵循列車運轉基本規則並考慮列車追越、待避和交會之行為，來評估一連續區段的路線容量。欲進行單線連續區段容量分析，首先選擇功能表上【執行 | 單

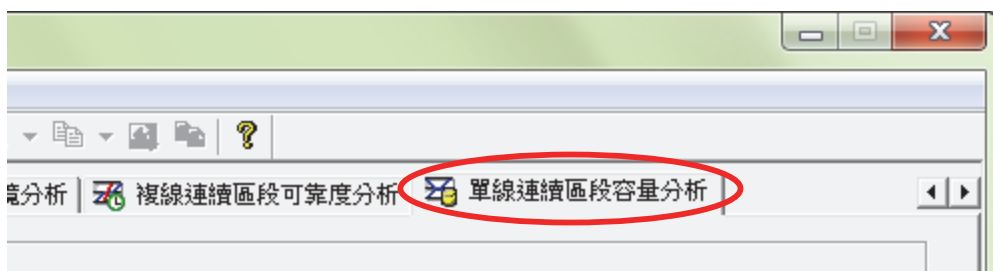
線連續區段容量分析】或按工具列上之【】按鈕，亦可在頁面切換標籤內點選【單線連續區段容量分析】，主頁面便會切換到單線連續區段容量分析頁面，如圖 5-31，以下將詳細說明進行單線連續區段容量分析的操作流程。



(a) 從功能表選取



(b) 從工具列選取



(c) 從頁面標籤選取

圖5-31 選擇單線連續區段容量分析頁面

5.3.1 操作介面介紹

【單線連續區段容量分析】頁面的介面如圖 5-32所示，共可分為三區：

1. 分析參數：供使用者設定單線連續區段容量分析專用的參數
2. 交通組成：供使用者設定單線連續區段的交通組成
3. 分析圖：顯示單線連續區段容量分析之結果

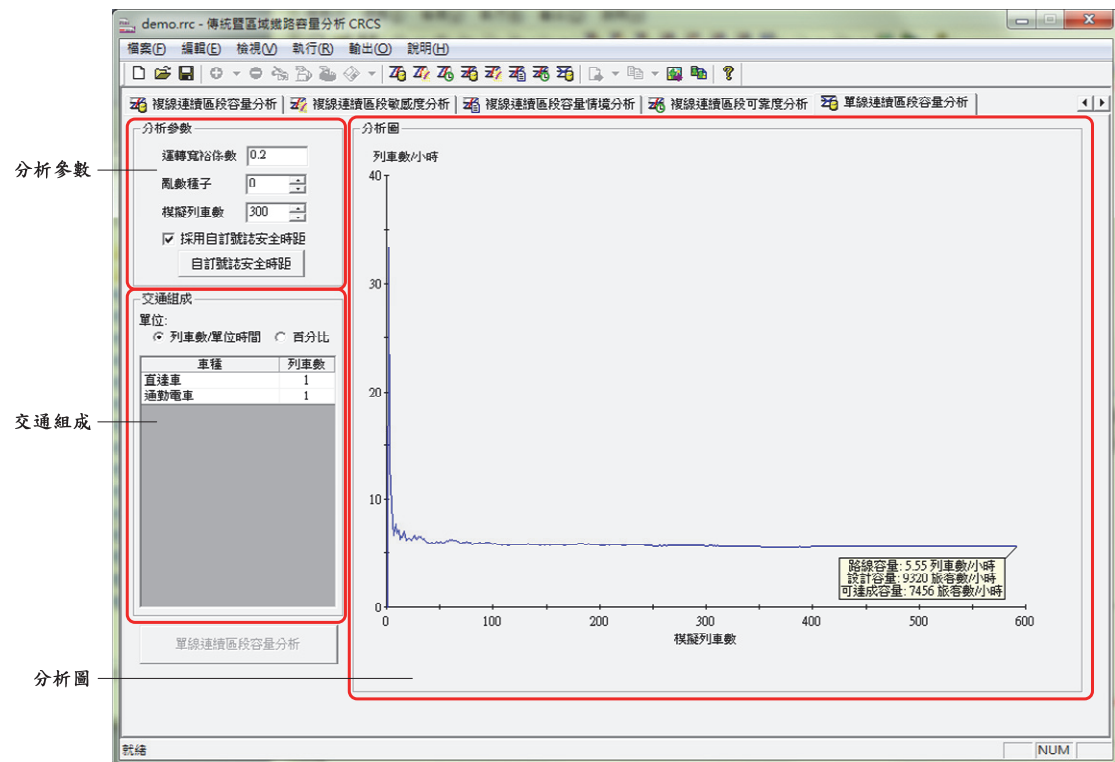


圖5-32 單線連續區段容量分析頁面

5.3.2 操作步驟說明

進行連續區段容量分析有三項步驟，分別說明如下：

1. 設定分析參數

在「分析參數」區中可設定運轉寬裕係數、亂數種子和模擬列車數等參數，如圖 5-33，各項參數的預設值與範圍等資訊如表 5.3，其中運轉寬裕係數是用來計算運轉寬裕時間，以備列車因故延誤時有趕點的空間。亂數種子則是電腦用來產生亂數數列的參數，改變此參數會使同樣的案例有些許不同的結果。而模擬列車數指的是路線雙向各開行多少列車，設得愈高可得到較為精確之模擬結果，但進行模擬分析的時間也會愈長，因此建議採用預設值即可，若使用者設定有誤，程式會出現提醒訊息。至於「採用自訂號誌安全時距」，若在勾選的狀態下執行容量分析，程式便會以使用者自訂的號誌時距來進行運

算；若不勾選，則會根據運研所發展的號誌安全時距公式，來獲得號誌時距後進行容量分析。

圖5-33 設定單線連續區段容量分析參數

表5.3 單線連續區段容量分析參數之預設值與合理性檢查列表

參數名稱	型態	單位	預設值	合理性檢查
運轉寬裕係數	實數	—	0.2	[0, 1]
亂數種子	整數	—	0	≥ 0
模擬列車數	整數	—	300	[100, 2000]

於圖 5-33 中按下【自訂號誌安全時距】按鈕，便會出現如圖 5-34 之對話盒，先於左方車站列表中選擇特定車站，再於右方號誌時距設定區中設定各種先續行車種組成下的號誌安全時距，其預設值與合理範圍等資訊如表 5.4。此外圖 5-34 中【代入公式計算結果】和【恢復系統預設值】按鈕，前者係針對選定之車站，根據其列車設定、車站設定、列車與路線交互關係設定，以運研所號誌安全時距公式計算各項號誌時距，並在圖 5-34 對應的表格中代入計算結果；後者同樣是針對選定之車站，將各項號誌時距的數值恢復成預設值。而按下圖 5-34 最下方之【設定全域數值】按鈕，會出現如圖 5-35 之對話盒，供使用者設定一組號誌安全時距的數值套用至全部的車站，其預設值與合理範圍等資訊也如同表 5.4 一樣。

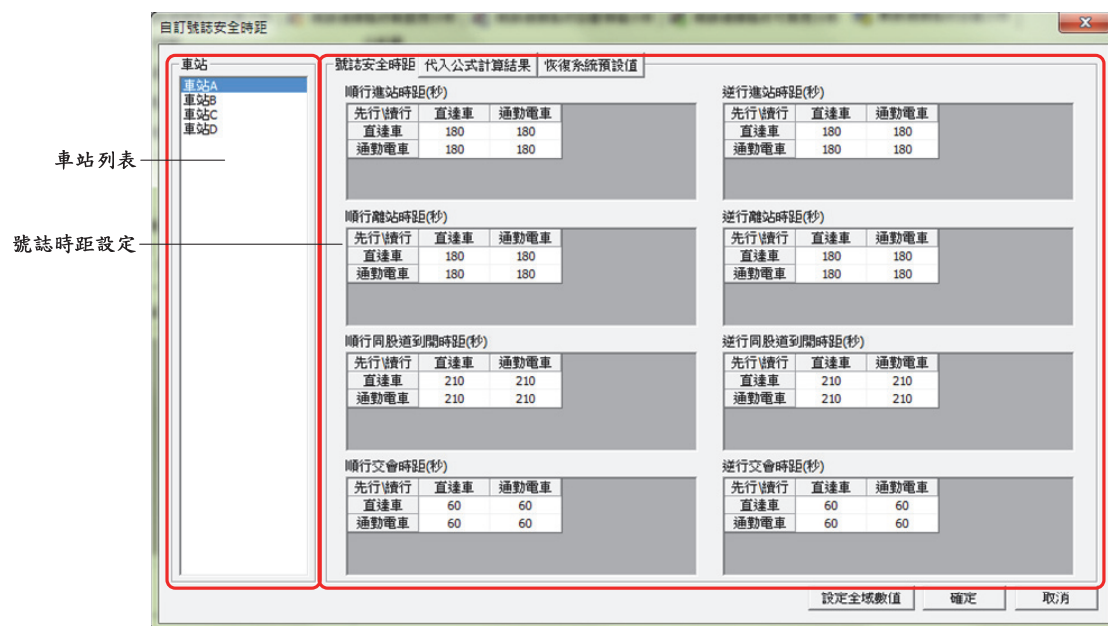


圖5-34 自訂號誌安全時距對話盒

表5.4 自訂號誌安全時距之單位、預設值與合理範圍檢查表

變數名稱與意義	型態	單位	預設值	合理性檢查
順行進站時距	整數	秒	180	[30, 600]
順行離站時距	整數	秒	180	[30, 600]
順行同股道到開時距	整數	秒	210	[30, 600]
順行交會時距	整數	秒	60	[15, 600]
逆行進站時距	整數	秒	180	[30, 600]
逆行離站時距	整數	秒	180	[30, 600]
逆行同股道到開時距	整數	秒	210	[30, 600]
逆行交會時距	整數	秒	60	[15, 600]

順行進站時距(秒)	180	逆行進站時距(秒)	180
順行離站時距(秒)	180	逆行離站時距(秒)	180
順行同股道到開時距(秒)	210	逆行同股道到開時距(秒)	210
順行交會時距(秒)	60	逆行交會時距(秒)	60

確定 取消

圖5-35 設定全域號誌安全時距對話盒

2. 設定交通組成

「交通組成」區的介面如圖 5-36，其中的【車種】一欄與專案中的列車資料一致。使用者可採用「列車數/單位時間」與「百分比」兩種不同單位來設定交通組成，當採用「百分比」時，若組成的總和不為 100%，程式會出現提醒訊息，如圖 5-37所示。

交通組成

單位：

☒ 列車數/單位時間 ☐ 百分比

車種	列車數
直達車	1
通勤電車	1

圖5-36 設定單線連續區段容量分析的交通組成

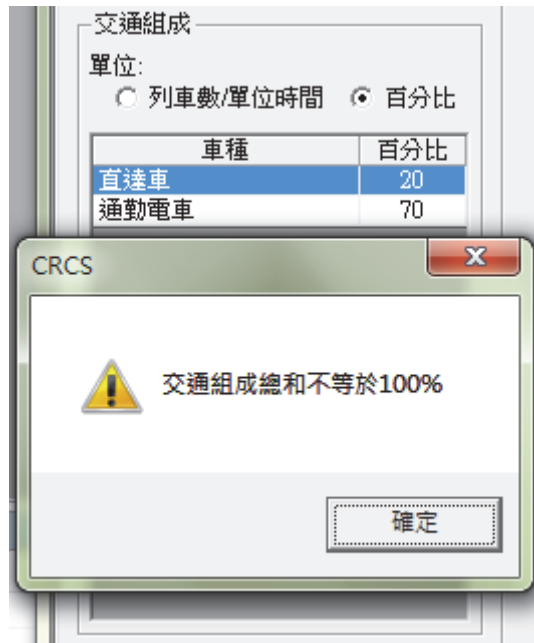


圖5-37 交通組成總和不為 100%之提示訊息

3. 進行容量分析

按下頁面左下角的【單線連續區段容量分析】按鈕，如圖 5-38所示，程式便會開始進行容量分析，當分析完成後便會自動在分析圖中顯示分析結果。

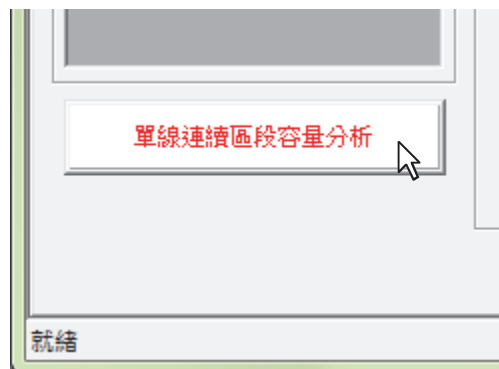


圖5-38 進行單線連續區段容量分析

5.3.3 結果檢視與輸出

圖 5-39為完成單線連續區段容量分析後的畫面，分析圖中顯示以不同模擬列車數模擬分析得到的路線容量，隨著模擬列車數增加，容量分析結果會趨於平穩，最後即可獲得此連續區段之路線容量。

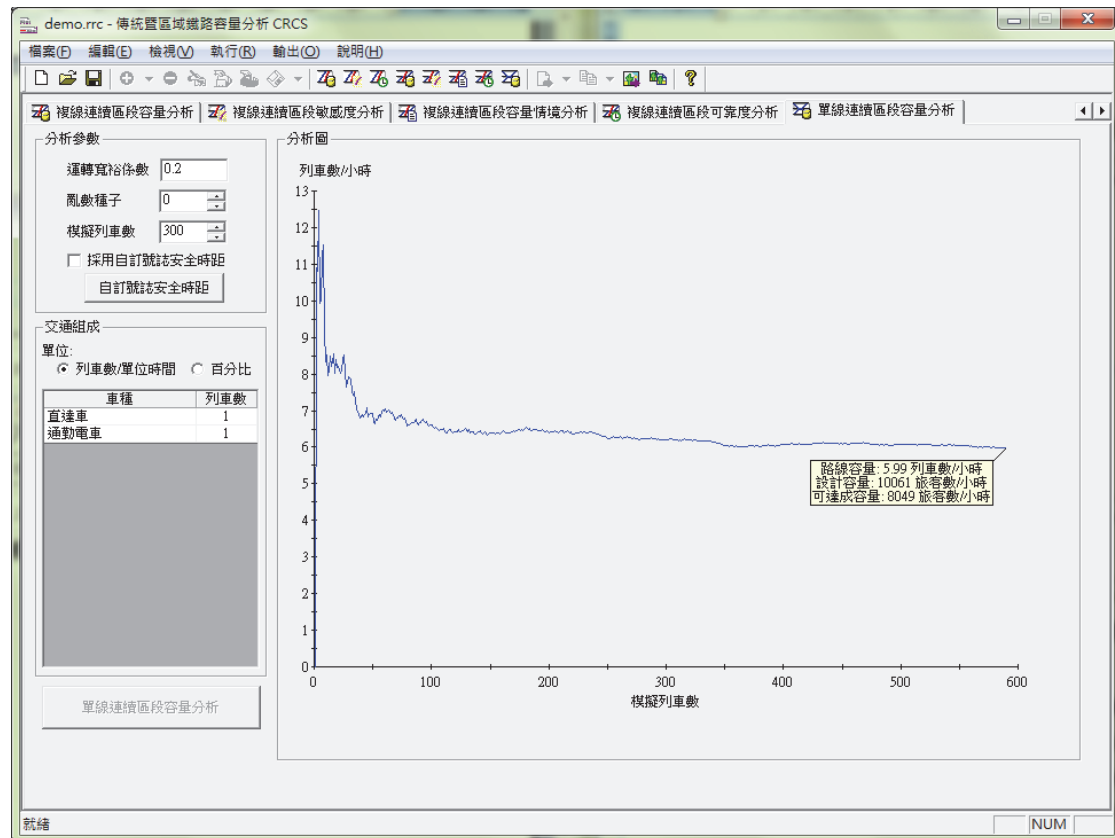
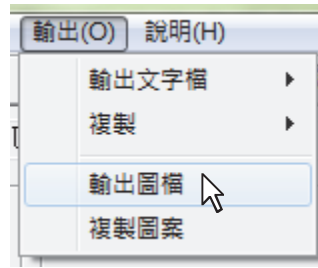


圖5-39 顯示單線連續區段容量分析結果

對於單線連續區段容量度分析結果的輸出格式包含副檔名為 bmp 的點陣圖檔、副檔名為 wmf 的向量圖檔，以及將之複製至剪貼簿。欲輸出單線連續區段容量分析結果，可選擇功能表上【輸出】或按工具列上之相關按鈕，如圖 5-40所示，即可進行相關的分析結果輸出。



(a) 從功能表執行結果輸出



(b) 從工具列執行結果輸出

圖5-40 執行單線連續區段容量分析結果輸出

第六章 分析範例

本章以數個範例，讓讀者能了解如何操作「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」進行單線連續區段容量分析，以及如何將本軟體應用於實務案例上。

6.1 基本操作範例

本節將逐步示範一個簡單情境之單線連續區段容量分析，問題的規模為兩種列車與四座車站，透過此範例可讓初學者快速掌握進行單線連續區段容量分析的操作流程。

6.1.1 設定列車參數

1. 問題描述

本範例包含兩種列車，其相關資料如表 6.1和表 6.2，請在專案中新增此兩筆列車資料。

表6.1 直達車相關資訊

列車名稱		直達車		
列車長度（m）		240		
行車加速度（km/h/s）		1.25		
行車減速度（km/h/s）		1.50		
加速度有效因子		1		
減速度有效因子		1		
車廂配置				
車廂名稱	座位數	立位面積（m2）	乘載水準（prs/m2）	車廂數
PPC	52	15.8	4	2
PPT	52	15.8	4	8
PPH	46	18.5	4	1
PPD	20	7.5	4	1

表6.2 區間車相關資訊

列車名稱		區間車		
列車長度（m）		160		
行車加速度（km/h/s）		1.88		
行車減速度（km/h/s）		2.5		
加速度有效因子		1		
減速度有效因子		1		
車廂配置				
車廂名稱	座位數	立位面積（m2）	乘載水準（prs/m2）	車廂數
EMC	60	30	5	2
EP	60	30	5	2
ET	60	30	5	2
EM	60	30	5	2

2. 操作流程

首先新增直達車，在【列車設定】頁面中按下【新增】按鈕後（如圖 6-1），根據表 6.1的資訊輸入直達車的名稱（如圖 6-2），完成新增直達車後，在【列車設定】頁面中按下【編輯】按鈕進一步編輯直達車的參數（如圖 6-3），根據表 6.1的資訊將直達車的參數輸入後，結果如圖 6-4之畫面所示，按下【確定】按鈕後便完成新增直達車的列車資料，然後以相同的流程新增區間車的資料，結果如圖 6-5。

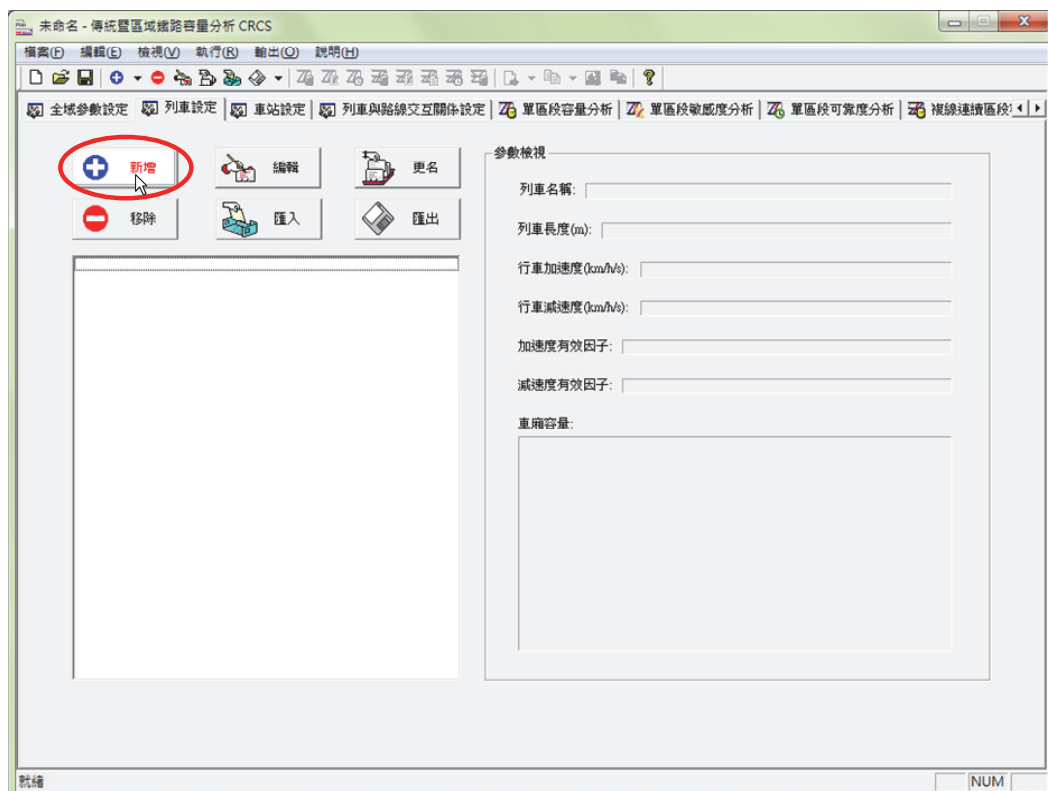


圖6-1 點選【新增】按鈕新增列車參數

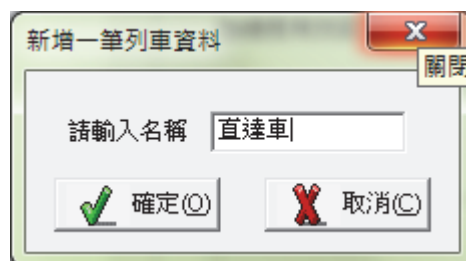


圖6-2 輸入列車名稱

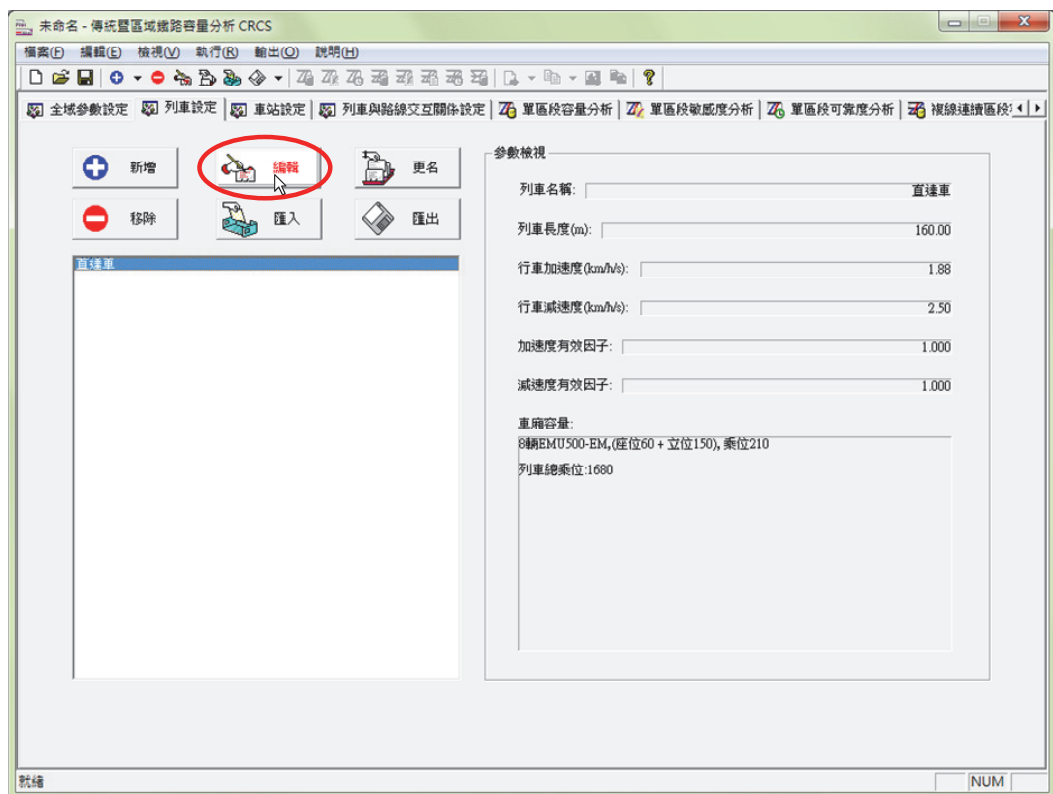


圖6-3 點選【編輯】按鈕編輯列車參數

編修改列車資料: 直達車

基本參數

列車長度(m): 240

行車加速度(km/h/s): 1.25 加速度有效因子: 1

行車減速度(km/h/s): 1.5 減速度有效因子: 1

車廂容量設定

車廂種類數: 4

序號	車廂名稱	座位數	立位面積 (m ²)	乘載水準 (prs/m ²)	車廂數	小計 (乘位數)
1	PPC	52	15.80	4.00	2	230.40
2	PPT	52	15.80	4.00	8	921.60
3	PPH	46	18.50	4.00	1	120.00
4	PPD	20	7.50	4.00	1	50.00

確定(O) 取消(C)

圖6-4 完成直達車的列車參數設定

編修改列車資料: 區間車

基本參數

列車長度(m): 160

行車加速度(km/h/s): 1.88 加速度有效因子: 1

行車減速度(km/h/s): 2.5 減速度有效因子: 1

車廂容量設定

車廂種類數 4

序號	車廂名稱	座位數	立位面積 (m ²)	乘載水準 (prs/m ²)	車廂數	小計 (乘位數)
1	EMC	60	30.00	5.00	2	420.00
2	EP	60	30.00	5.00	2	420.00
3	ET	60	30.00	5.00	2	420.00
4	EM	60	30.00	5.00	2	420.00

確定(O) 取消(C)

圖6-5 完成區間車的列車參數設定

6.1.2 設定車站參數

1. 問題描述

承上題，範例中共有四座車站，其相關資訊如圖 6-6～圖 6-13，其中車站 A 和車站 D 為兩島式月臺四股道配置，車站 B 和車站 C 為一島式月臺兩股道配置，請在專案中繼續新增此四筆車站資料。

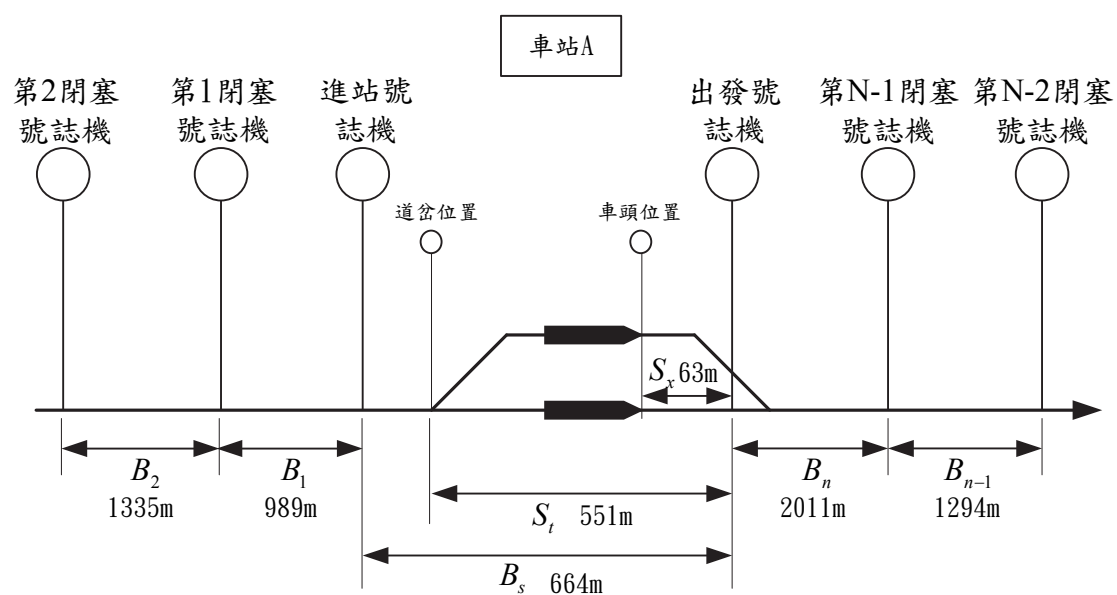


圖6-6 車站 A 相關資訊（順行方向）

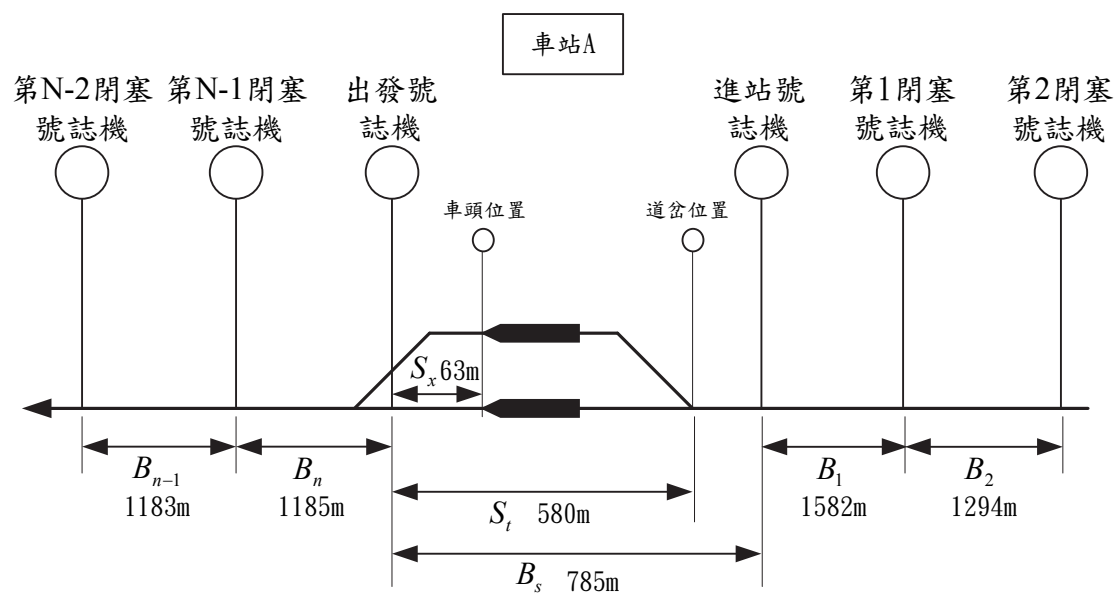


圖6-7 車站 A 相關資訊（逆行方向）

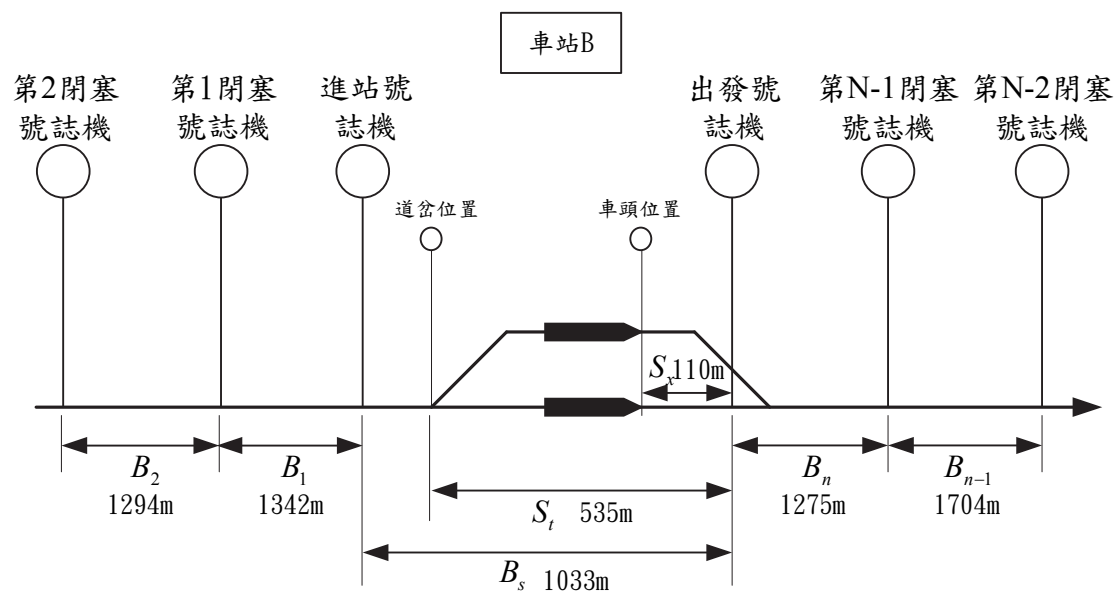


圖6-8 車站 B 相關資訊（順行方向）

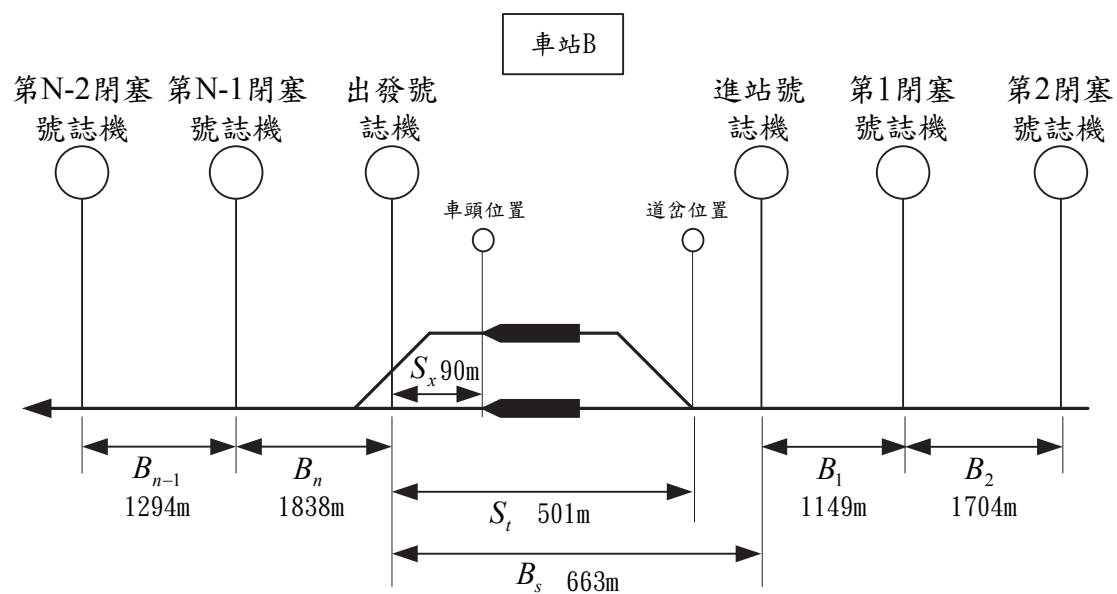


圖6-9 車站 B 相關資訊（逆行方向）

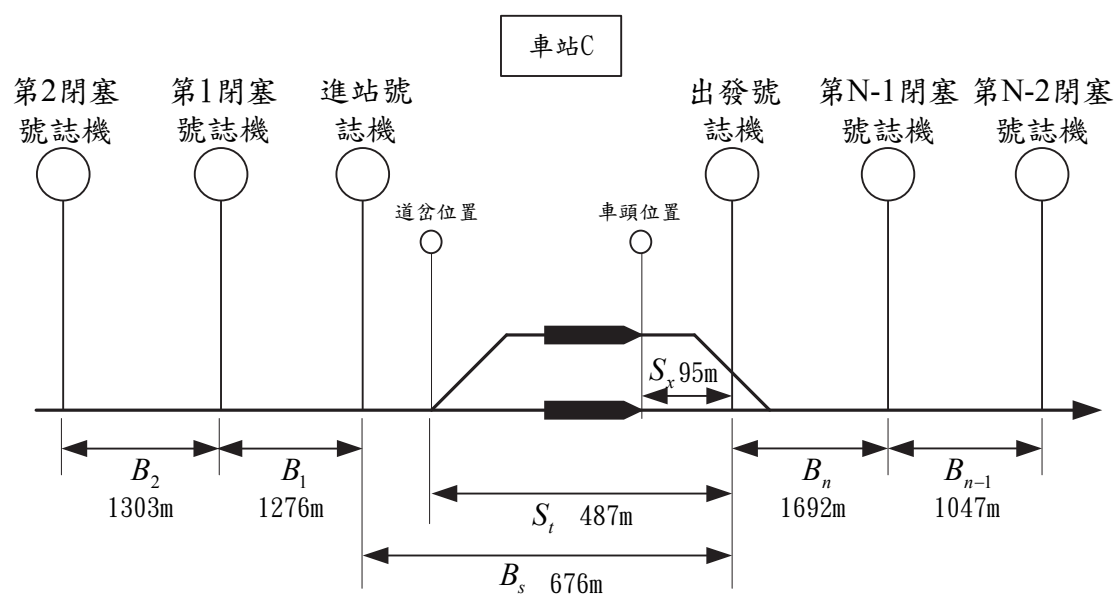


圖6-10 車站 C 相關資訊（順行方向）

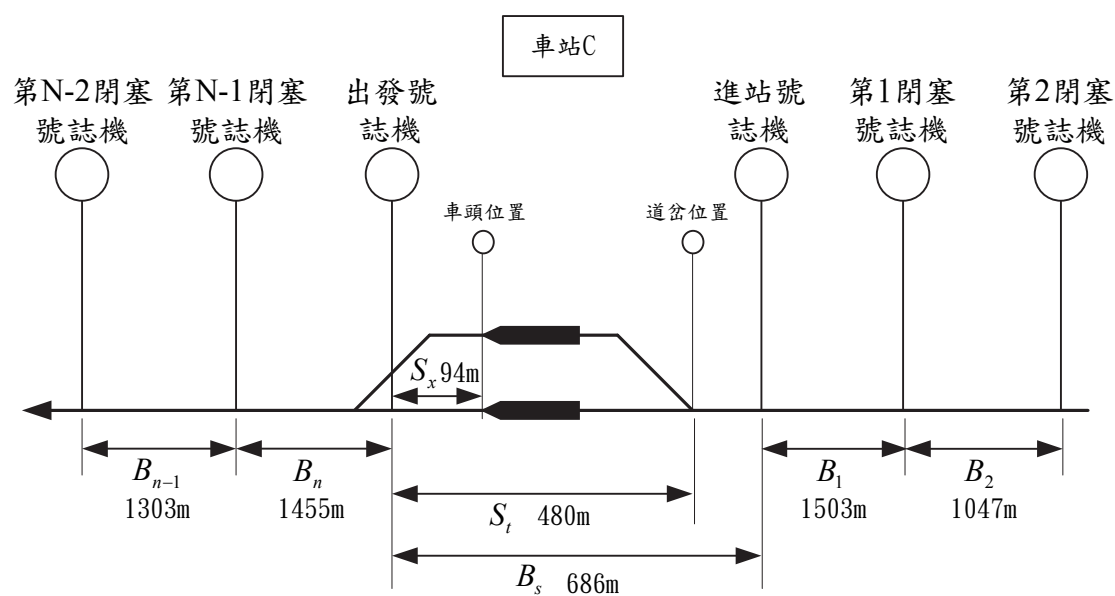


圖6-11 車站 C 相關資訊（逆行方向）

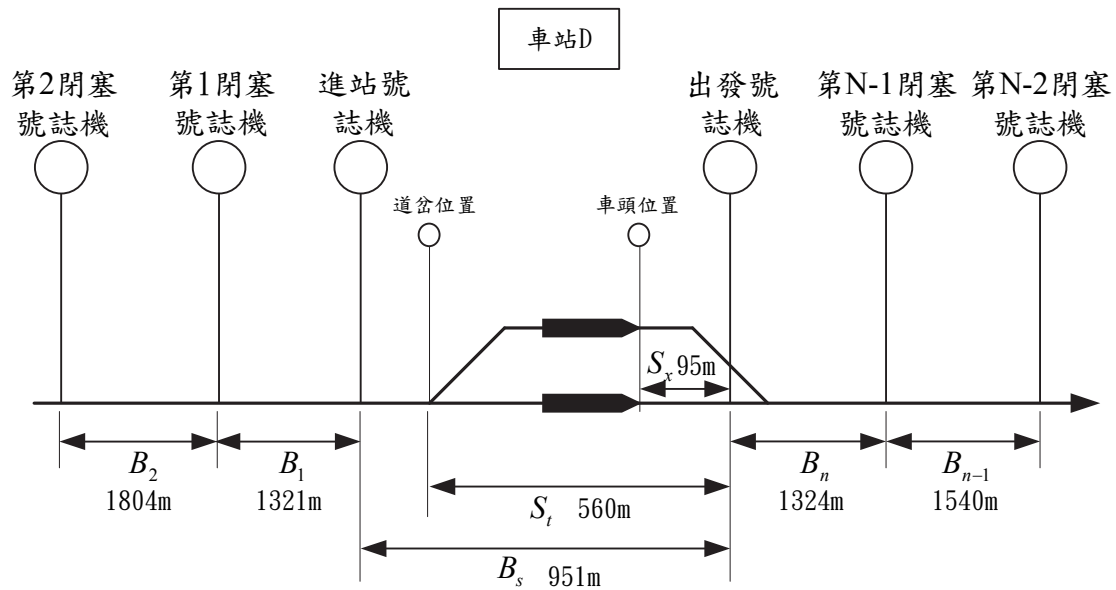


圖6-12 車站 D 相關資訊（順行方向）

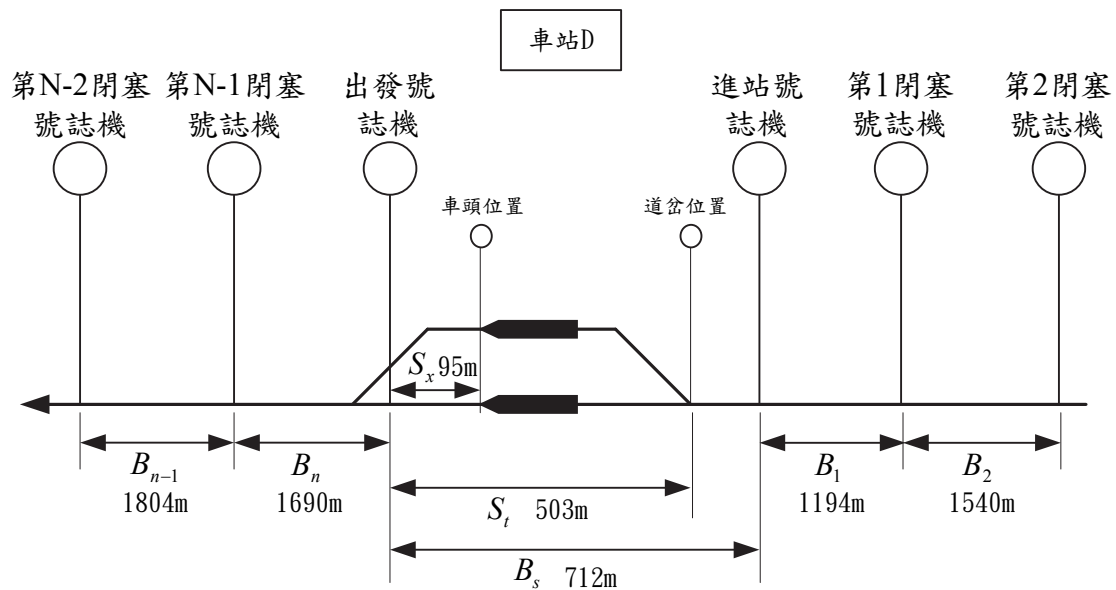


圖6-13 車站 D 相關資訊（逆行方向）

2. 操作流程

首先根據上述將相關資訊彙整成表 6.3和表 6.4，以利後續參數輸入工作。在【車站設定】頁面中按下【新增】按鈕選擇【新增資料】後（如圖 6-14），輸入車站的名稱（如圖 6-15），完成新增車站後，在【車站設定】頁面中按下【編輯】按鈕進一步編輯車站的參數（如

圖 6-16)，根據表 6.3和表 6.4的資訊將車站參數輸入後，結果如圖 6-17 之畫面所示，按下【確定】按鈕後便完成新增車站資料。以相同的步驟，在專案中加入車站 B～車站 D 的資料，其參數設定結果如圖 6-18～圖 6-20。

表6.3 車站參數彙整表（順行方向）

車站 名稱	軌道佈 設類型	B_2 (m)	B_1 (m)	B_s (m)	B_n (m)	B_{n-1} (m)	S_x (m)	S_t (m)
車站 A	I	1335	989	664	2011	1294	63	551
車站 B	IV	1294	1342	1033	1275	1704	110	535
車站 C	IV	1303	1276	676	1692	1047	95	487
車站 D	I	1804	1321	951	1324	1540	95	560

表6.4 車站參數彙整表（逆行方向）

車站 名稱	軌道佈 設類型	B_2 (m)	B_1 (m)	B_s (m)	B_n (m)	B_{n-1} (m)	S_x (m)	S_t (m)
車站 A	I	1294	1582	785	1185	1183	63	580
車站 B	IV	1704	1149	663	1838	1294	90	501
車站 C	IV	1047	1503	686	1455	1303	94	480
車站 D	I	1540	1194	712	1690	1804	95	503

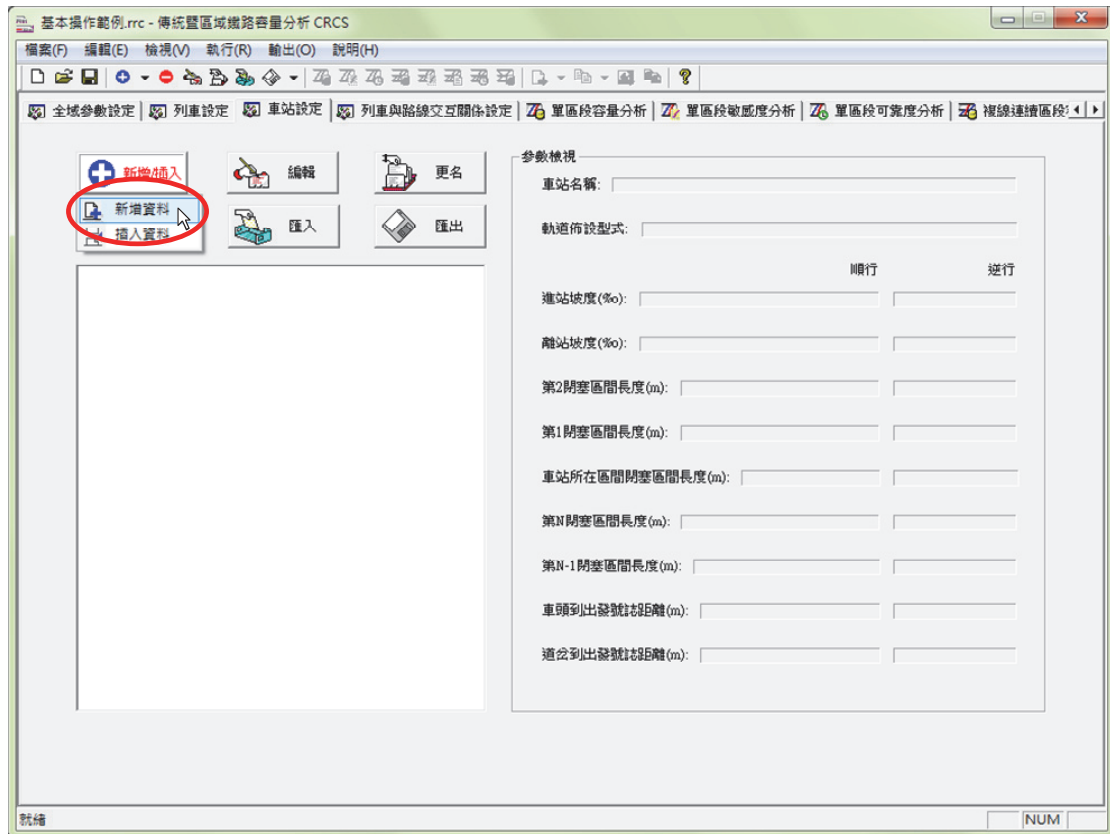


圖6-14 點選【新增】按鈕新增車站參數

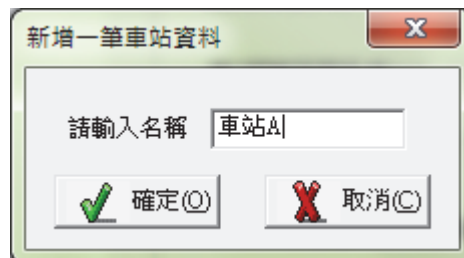


圖6-15 輸入車站名稱

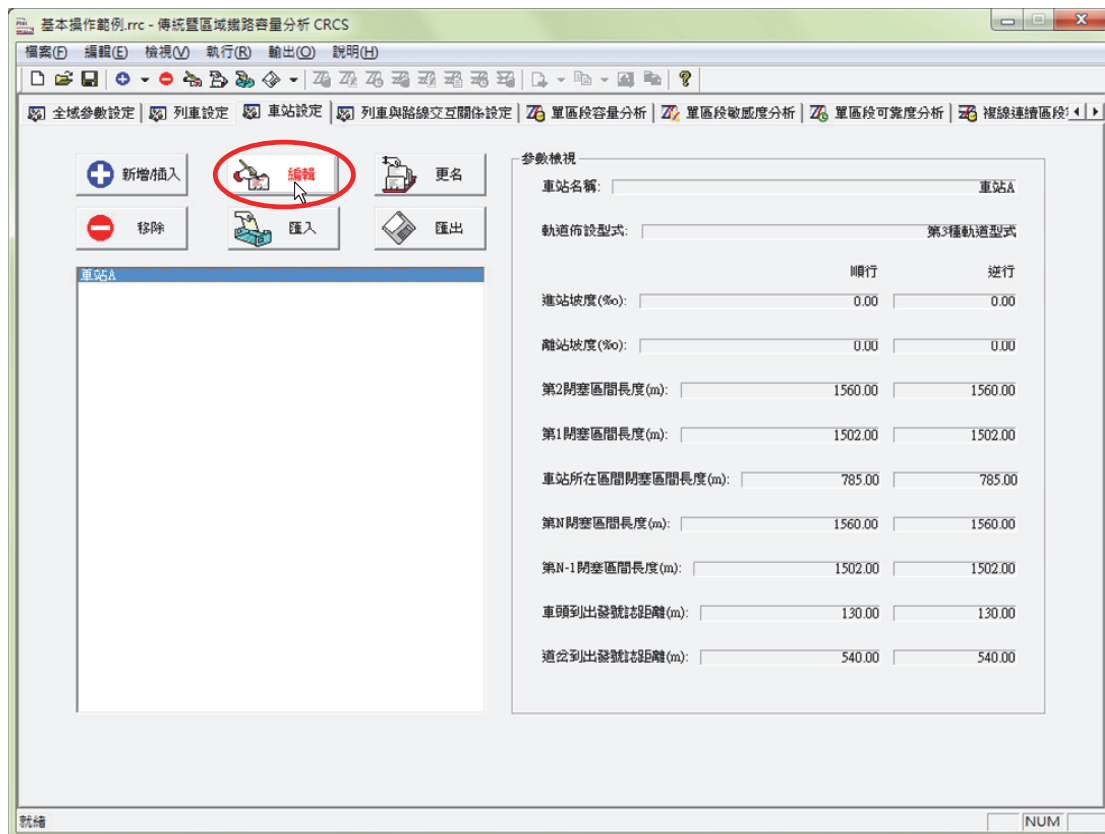


圖6-16 點選【編輯】按鈕編輯車站參數

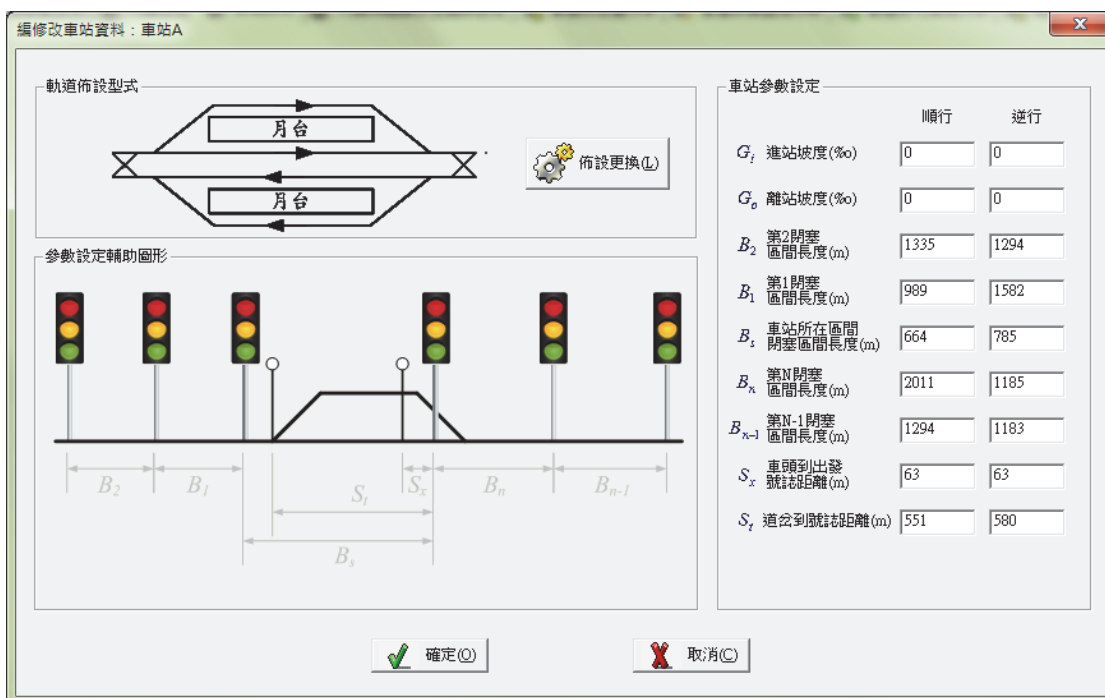


圖6-17 完成車站 A 的列車參數設定

編修改車站資料：車站B

軌道佈設型式

參數設定輔助圖形

車站參數設定

	順行	逆行
G_i 進站坡度(‰)	0	0
G_o 離站坡度(‰)	0	0
B_2 第2閉塞區間長度(m)	1294	1704
B_1 第1閉塞區間長度(m)	1342	1149
B_s 車站所在區間閉塞區間長度(m)	1033	663
B_N 第N閉塞區間長度(m)	1275	1838
B_{N-1} 第N-1閉塞區間長度(m)	1704	1294
S_x 車頭到出發號誌距離(m)	110	90
S_i 道岔到號誌距離(m)	535	501

確定(O) 取消(C)

圖6-18 完成車站 B 的列車參數設定

編修改車站資料：車站C

軌道佈設型式

參數設定輔助圖形

車站參數設定

	順行	逆行
G_i 進站坡度(‰)	0	0
G_o 離站坡度(‰)	0	0
B_2 第2閉塞區間長度(m)	1303	1047
B_1 第1閉塞區間長度(m)	1276	1503
B_s 車站所在區間閉塞區間長度(m)	676	686
B_N 第N閉塞區間長度(m)	1692	1455
B_{N-1} 第N-1閉塞區間長度(m)	1047	1303
S_x 車頭到出發號誌距離(m)	95	94
S_i 道岔到號誌距離(m)	487	480

確定(O) 取消(C)

圖6-19 完成車站 C 的列車參數設定

編修改車站資料：車站D

軌道佈設型式

佈設更換(L)

參數設定輔助圖形

車站參數設定

	順行	逆行
G_i 進站坡度(‰)	0	0
G_o 離站坡度(‰)	0	0
B_2 第2閉塞區間長度(m)	1804	1540
B_1 第1閉塞區間長度(m)	1321	1194
B_s 車站所在區間閉塞區間長度(m)	951	712
B_N 第N閉塞區間長度(m)	1324	1690
B_{N-1} 第N-1閉塞區間長度(m)	1540	1804
S_x 車頭到出發號誌距離(m)	95	95
S_y 道岔到號誌距離(m)	560	503

確定(O)
取消(C)

圖6-20 完成車站 D 的列車參數設定

6.1.3 設定列車與路線交互關係

1. 問題描述

承上題，此範例各區段皆採單線運轉，並請根據表 6.5～表 6.7等資訊，繼續在專案中設定列車與路線交互關係資料。

表6.5 各區間列車平均巡航速度

區段	順行方向		逆行方向	
	直達車	區間車	直達車	區間車
車站 A-車站 B	84.77	82.91	84.77	82.91
車站 B-車站 C	67.99	71.53	61.81	69.04
車站 C-車站 D	70.20	73.61	75.21	73.61

單位：km/h

表6.6 各區間列車基準運轉時間

區段	順行方向		逆行方向	
	直達車	區間車	直達車	區間車
車站 A-車站 B	270	300	240	270
車站 B-車站 C	240	330	240	330
車站 C-車站 D	330	360	360	390

單位：秒

表6.7 各車站列車停站時間

車站	直達車	區間車
車站 A	120	120
車站 B	0	60
車站 C	60	60
車站 D	120	120

單位：秒

2. 操作流程

在【列車與路線交互關係設定】頁面中，先將各區段的運轉方式設定為單線運轉，再選擇「車站 A→車站 B」區段，接著勾選「直達車」後按下【編輯交互關係】按鈕，即可編輯直達車於車站 A-車站 B 的交互關係的參數（如圖 6-21），根據表 6.5～表 6.7 的資訊將相對應的參數輸入後，結果如圖 6-22 之畫面所示，按下【確定】按鈕後便完成列車與路線交互關係的設定。重覆上述步驟，完成直達車與區間車於各區段的交互關係參數設定，其結果如圖 6-23～圖 6-27。

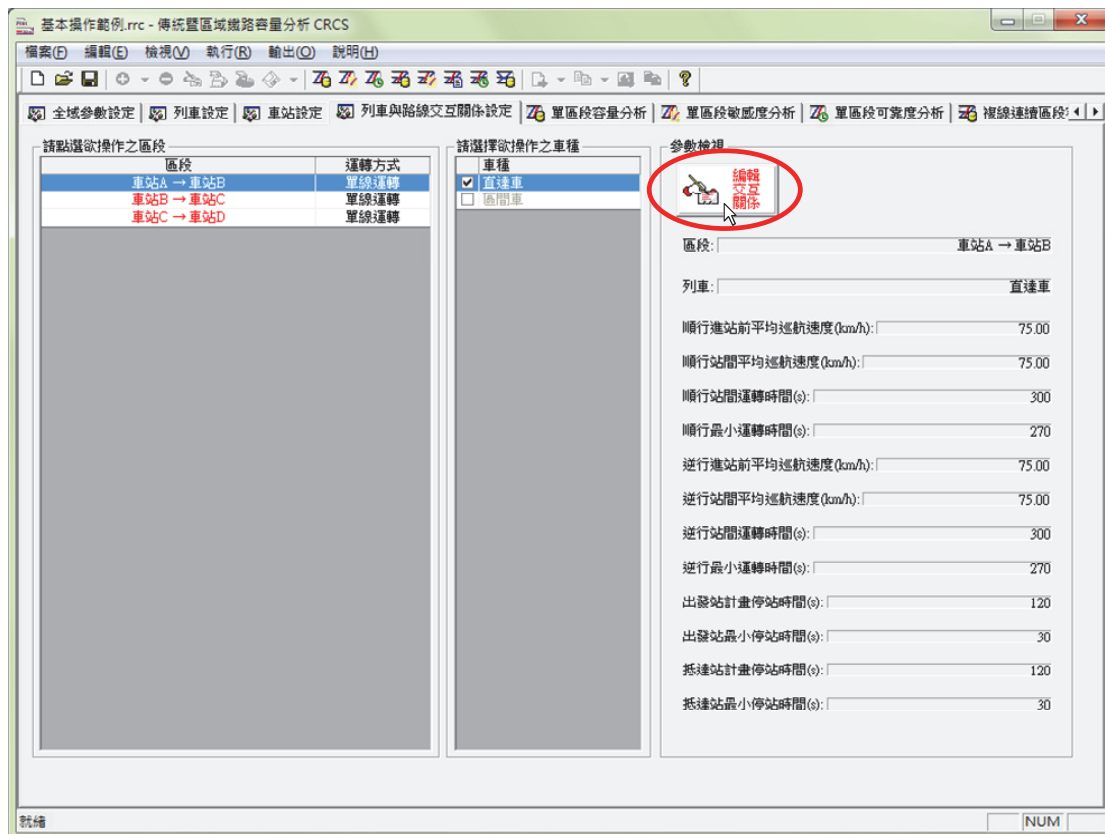


圖6-21 編輯列車與路線交互關係參數



圖6-22 完成直達車於車站 A-車站 B 的交互關係參數設定

設定 區間車 列車於車站A → 車站B間的參數

參數設定輔助圖形

車站A站 停車時間

車站B站 停車時間

"區間車"之交互關係設定

順行進站前平均巡航速度(km/h)	75	逆行進站前平均巡航速度(km/h)	69.04
順行站間平均巡航速度(km/h)	82.91	逆行站間平均巡航速度(km/h)	82.91
順行站間運轉時間(秒)	300	逆行站間運轉時間(秒)	270
順行最小運轉時間(秒)	270	逆行最小運轉時間(秒)	240
車站A站計畫停車時間(秒)	120	車站B站計畫停車時間(秒)	60
車站A站最小停車時間(秒)	60	車站B站最小停車時間(秒)	30

確定(O) 取消(C)

圖6-23 完成區間車於車站 A-車站 B 的交互關係參數設定

設定 直達車 列車於車站B → 車站C間的參數

參數設定輔助圖形

車站B站 停車時間

車站C站 停車時間

"直達車"之交互關係設定

順行進站前平均巡航速度(km/h)	84.77	逆行進站前平均巡航速度(km/h)	75.21
順行站間平均巡航速度(km/h)	67.99	逆行站間平均巡航速度(km/h)	61.81
順行站間運轉時間(秒)	240	逆行站間運轉時間(秒)	240
順行最小運轉時間(秒)	210	逆行最小運轉時間(秒)	210
車站B站計畫停車時間(秒)	0	車站C站計畫停車時間(秒)	60
車站B站最小停車時間(秒)	0	車站C站最小停車時間(秒)	30

確定(O) 取消(C)

圖6-24 完成直達車於車站 B-車站 C 的交互關係參數設定

設定 區間車 列車於車站B → 車站C間的參數

參數設定輔助圖形

車站B站 停車時間

車站C站 停車時間

"區間車"之交互關係設定

順行進站前平均巡航速度(km/h)	82.91	逆行進站前平均巡航速度(km/h)	73.61
順行站間平均巡航速度(km/h)	71.53	逆行站間平均巡航速度(km/h)	69.04
順行站間運轉時間(秒)	330	逆行站間運轉時間(秒)	330
順行最小運轉時間(秒)	300	逆行最小運轉時間(秒)	300
車站B站計畫停車時間(秒)	60	車站C站計畫停車時間(秒)	60
車站B站最小停車時間(秒)	30	車站C站最小停車時間(秒)	30

確定(O) 取消(C)

圖6-25 完成區間車於車站 B-車站 C 的交互關係參數設定

設定 直達車 列車於車站C → 車站D間的參數

參數設定輔助圖形

車站C站 停車時間

車站D站 停車時間

"直達車"之交互關係設定

順行進站前平均巡航速度(km/h)	67.99	逆行進站前平均巡航速度(km/h)	75
順行站間平均巡航速度(km/h)	70.2	逆行站間平均巡航速度(km/h)	75.21
順行站間運轉時間(秒)	330	逆行站間運轉時間(秒)	360
順行最小運轉時間(秒)	300	逆行最小運轉時間(秒)	330
車站C站計畫停車時間(秒)	60	車站D站計畫停車時間(秒)	120
車站C站最小停車時間(秒)	30	車站D站最小停車時間(秒)	60

確定(O) 取消(C)

圖6-26 完成直達車於車站 C-車站 D 的交互關係參數設定

設定 區間車 列車於車站 C → 車站D間的參數

參數設定輔助圖形

車站C站 停車時間

車站D站 停車時間

"區間車"之交互關係設定

順行進站前平均巡航速度(km/h)	71.53	逆行進站前平均巡航速度(km/h)	75
順行站間平均巡航速度(km/h)	73.61	逆行站間平均巡航速度(km/h)	73.61
順行站間運轉時間(秒)	360	逆行站間運轉時間(秒)	390
順行最小運轉時間(秒)	330	逆行最小運轉時間(秒)	360
車站C站計畫停車時間(秒)	60	車站D站計畫停車時間(秒)	120
車站C站最小停車時間(秒)	30	車站D站最小停車時間(秒)	60

確定(O) 取消(C)

圖6-27 完成區間車於車站 C-車站 D 的交互關係參數設定

6.1.4 單線連續區段容量分析

1. 問題描述

承上題，若交通組成為單位時間內 1 列直達車和 3 列區間車，其它分析參數如表 6.8，請分析車站 A 至車站 D 的整體路線容量表現為何？

表6.8 單線連續區段容量分析參數設定

參數名稱	設定值
運轉寬裕係數	0.2
亂數種子	0
模擬列車數	500 列
採用自訂號誌時距	否

2. 操作流程

在【單線連續區段容量分析】頁面中，於「分析參數區」中將運轉寬裕係數設定為 0.2、亂數種子設定為 0、模擬列車數設定為 500，並取消勾選採用自訂號誌時距，接著在「交通組成區」中選擇「列車數/單位時間」，再於下方將直達車的列車數設定為 1、區間車設定為 3。最後按下【單線連續區段容量分析】按鈕（如圖 6-28），程式便會根據交通組成設定隨機產生列車進行容量分析，待分析計算完成後，會呈現如圖 6-29之畫面，顯示車站 A 至車站 D 的整體路線容量為平均每小時雙向 7.89 列車，設計容量為平均每小時雙向 12,556 人，可達成容量為平均每小時雙向 10,044 人。

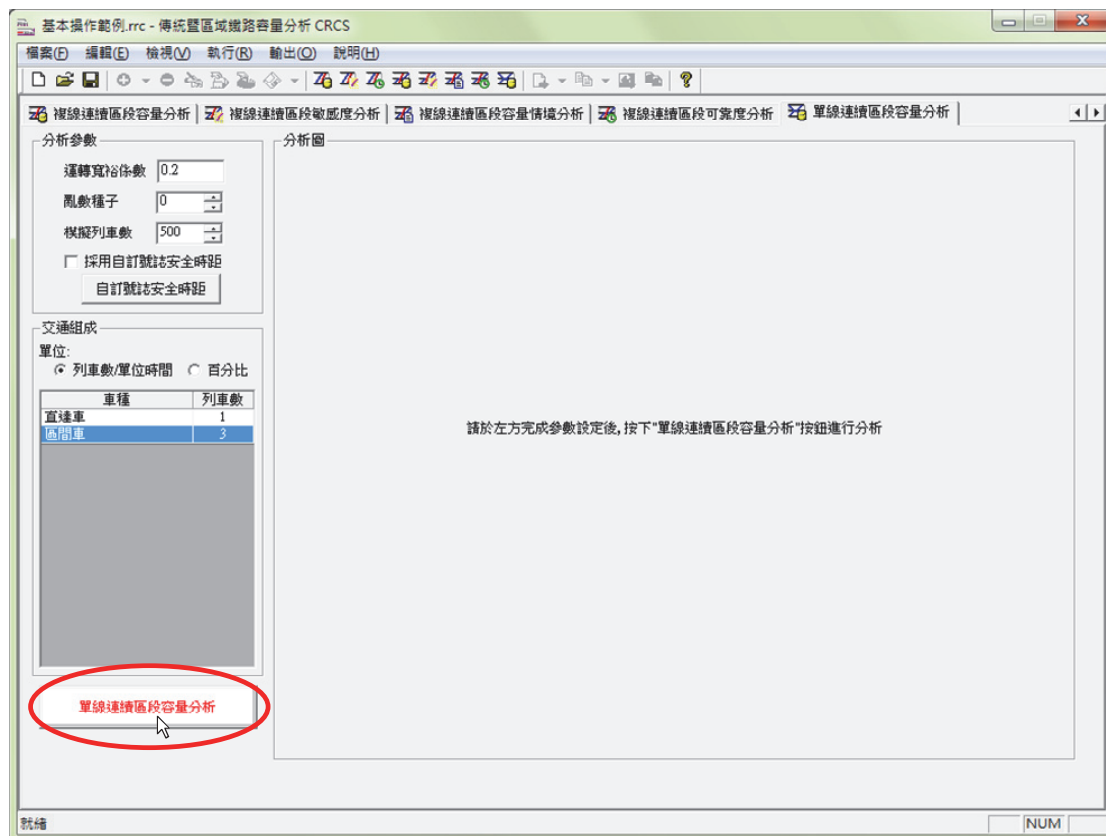


圖6-28 執行單線連續區段容量分析

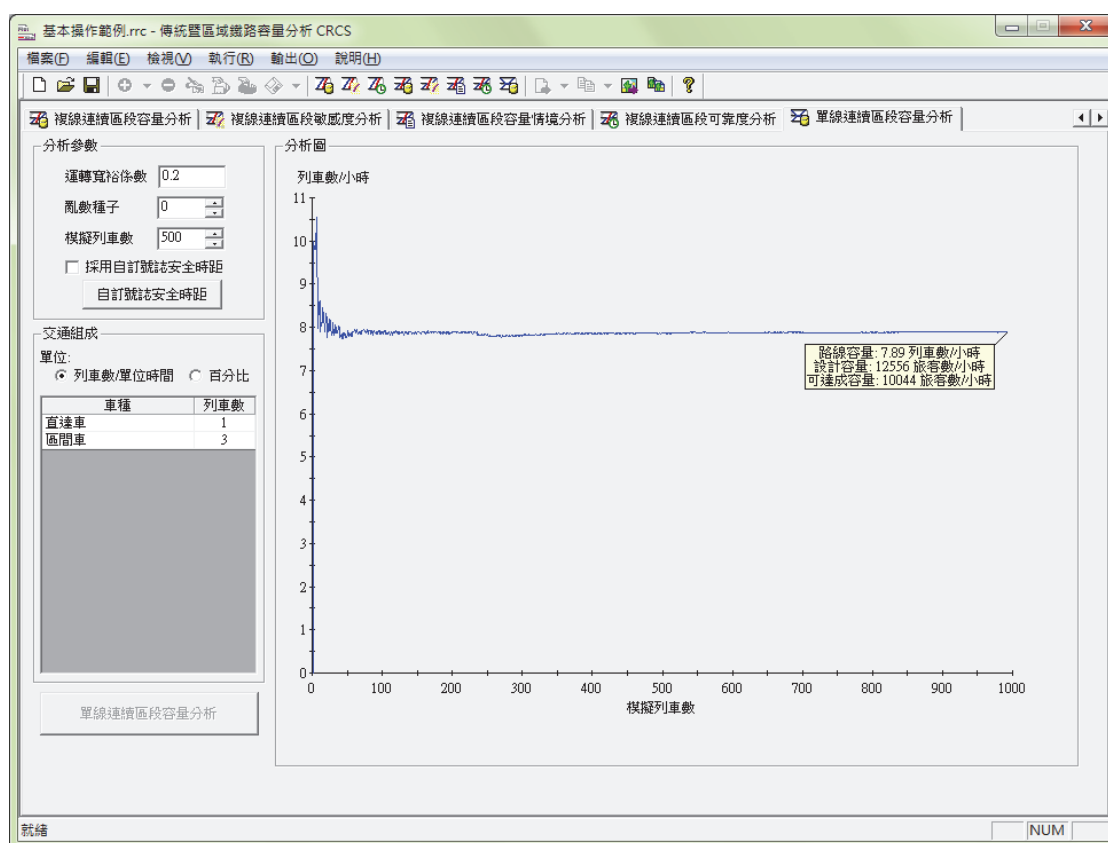


圖6-29 單線連續區段容量分析結果

6.2 實務應用範例

「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」可用來評估鐵路系統的運輸能力，亦可研究滿足運輸需求所須具備的設備數目或應採取的運轉策略，以及衡量鐵路系統運能供給與運輸需求之間的關係。近年來國內軌道營運業者與政府相關部門逐漸了解到容量評估的重要性，故在許多軌道相關的研究案或規劃案中，已採用「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」做為評估軌道容量、找尋瓶頸以及研擬改善策略之分析工具，相關實務應用的實績彙整如表 6.9。本節僅就新設路線規劃以及既有路線改善各舉一例，以展示本軟體在實務應用上該如何操作。

表6.9 軌道容量分析應用實績彙整表

計畫名稱	業主	年期
臺鐵軌距 1067mm 改為 1435mm 可行性研究	交通部臺鐵局	97~98
臺鐵列車排點改善之基礎作業探討	交通部臺鐵局	97~98
軌道運輸系統總體規劃(2/2)-我國軌道運輸系統發展政策之研究	本所	98~99
臺鐵臺北機廠遷建富崗基地專管監造	交通部臺鐵局	98~101
臺鐵中長程建設及營運策略研究規劃	交通部臺鐵局	99~100
臺灣整體鐵道網規劃（一）	交通部鐵工局	100~101
臺灣整體鐵道網規劃（二）	交通部鐵工局	102~104
臺鐵北迴線蘇新~花蓮間瓶頸路段改善可行性研究	交通部臺鐵局	進行中
「臺鐵恆春支線可行性研究」技術服務	交通部鐵工局	進行中
「花東地區鐵路雙軌電氣化計畫可行性研究」技術服務	交通部鐵工局	進行中

6.2.1 新設路線容量分析

本節以臺鐵恆春支線為例，展示「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」在新設路線規劃方面之應用，內容如下：

1. 問題描述

恆春半島為臺灣重要的觀光旅遊地區，近年來更是蓬勃發展，使其聯外運輸需求日益增加，因此欲延伸臺灣鐵路服務範圍，興建恆春支線鐵路，以緩和恆春地區公路運輸壓力。根據運量預測，未來恆春支線於尖峰時間需提供單向 1 列柴油列車、1 列區間車以及 1 列郵輪式列車，請檢核該工程規劃之路線容量可否滿足其營運需求。

2. 背景說明

目前規劃恆春支線從內獅站起至恆春站止，全長 37.72 公里，共計有 8 座車站與 1 座號誌站，各站里程與軌道佈設如表 6.10，全線為單軌非電氣化鐵路系統。

表6.10 恆春支線各車站里程與軌道配置狀況

車站	里程 (km)	站內軌道佈設型式
內獅	0	兩島式月臺四股道
枋山	7.24	一島一岸壁式月臺三股道
枋山號誌站	11.74	兩股道
楓港	14.05	一島式月臺兩股道
竹坑	18.64	一島式月臺兩股道
海口	25.24	一島一岸壁式月臺三股道
車城	28.14	一島一岸壁式月臺三股道
五里亭	32.05	一島式月臺兩股道
恆春	37.72	兩島式月臺四股道

預計恆春支線將有柴油列車、區間車和郵輪式列車等三種列車來提供運輸服務，由於為新建路線，無法實測列車的站間運轉時間，故透過列車運轉模擬軟體，獲得各種列車的站間運轉時間如表 6.11，其中柴油列車只停靠海口及恆春；區間車除枋山號誌站之外，其餘各站皆停；郵輪式列車則停靠枋山、海口、車城和恆春，而柴油列車和郵輪式列車的停站時間為 1 分鐘、區間車則為 30 秒。

表6.11 恆春支線基準運轉時分

站間	柴油列車	區間車	郵輪式列車
內獅－枋山	5:00	8:45	5:15
枋山－枋山號誌站	3:00	4:30	5:15
枋山號誌站－楓港	1:15	2:00	2:15
楓港－竹坑	2:45	5:30	7:30
竹坑－海口	4:15	6:00	5:15
海口－車城	3:30	4:00	4:00
車城－五里亭	2:30	4:30	4:00
五里亭－恆春	4:15	5:45	4:30

單位：分：秒

3. 求解流程

根據背景說明所述，首先在 CRCS 中新增 3 種列車和 9 座車站，如圖 6-30和圖 6-31，因為規劃階段尚無列車性能和閉塞區間長度參數，所以僅需根據表 6.10設定各車站的軌道佈設型式。此外，在【列車與路線交互關係設定】頁面中將所有區段設為單線運轉，如圖 6-32，並逐步於每個區段設定各列車的運轉時間與停站時間，以上設定的詳細操作細節可參考6.1節相對應之內容。

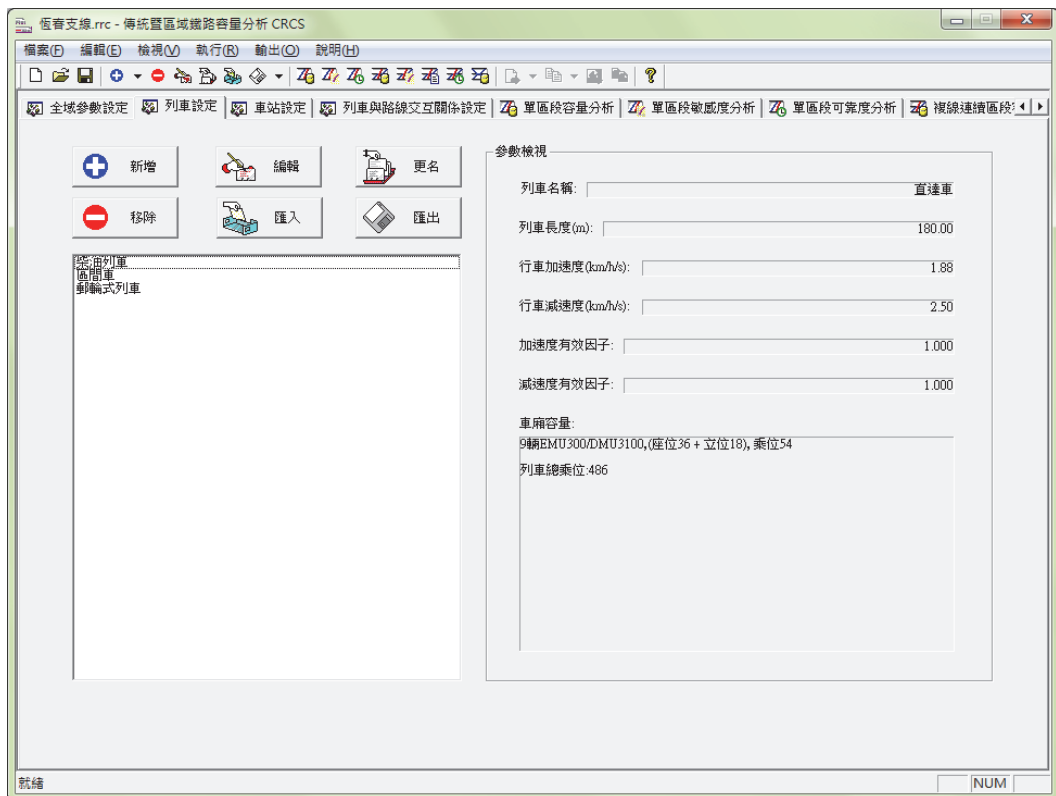


圖6-30 新增 3 種列車

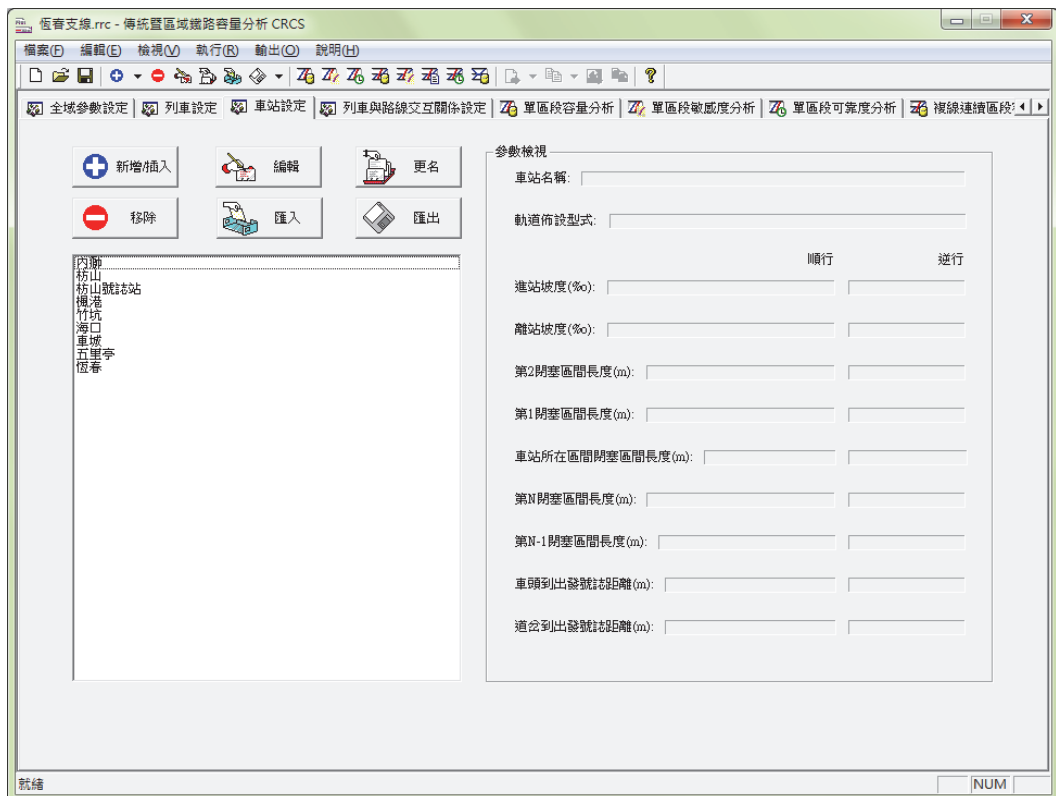


圖6-31 新增 9 座車站

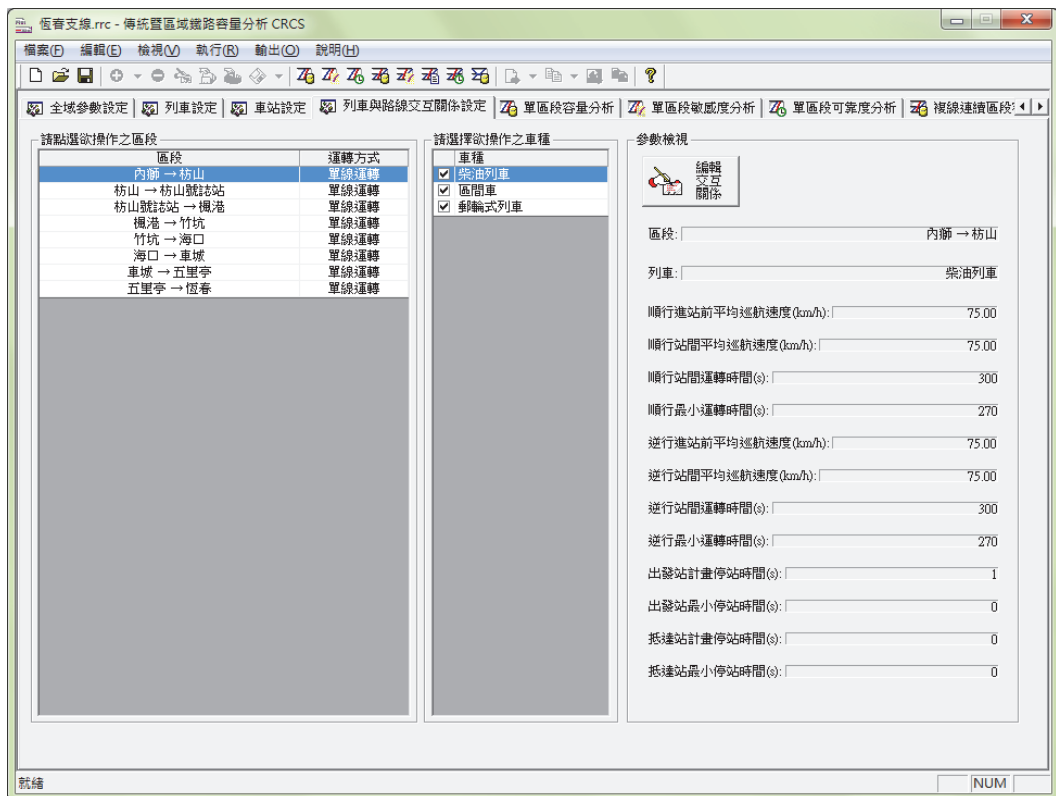


圖6-32 設定列車與路線交互關係

接著切換至【單線連續區段容量分析】頁面，勾選【採用自訂號誌安全時距】，如圖 6-33，並依據營運需求設定柴油列車、區間車和郵輪式列車的組成比例為 1：1：1。最後按下【單線連續區段容量分析】按鈕後，可得到圖 6-34之結果。

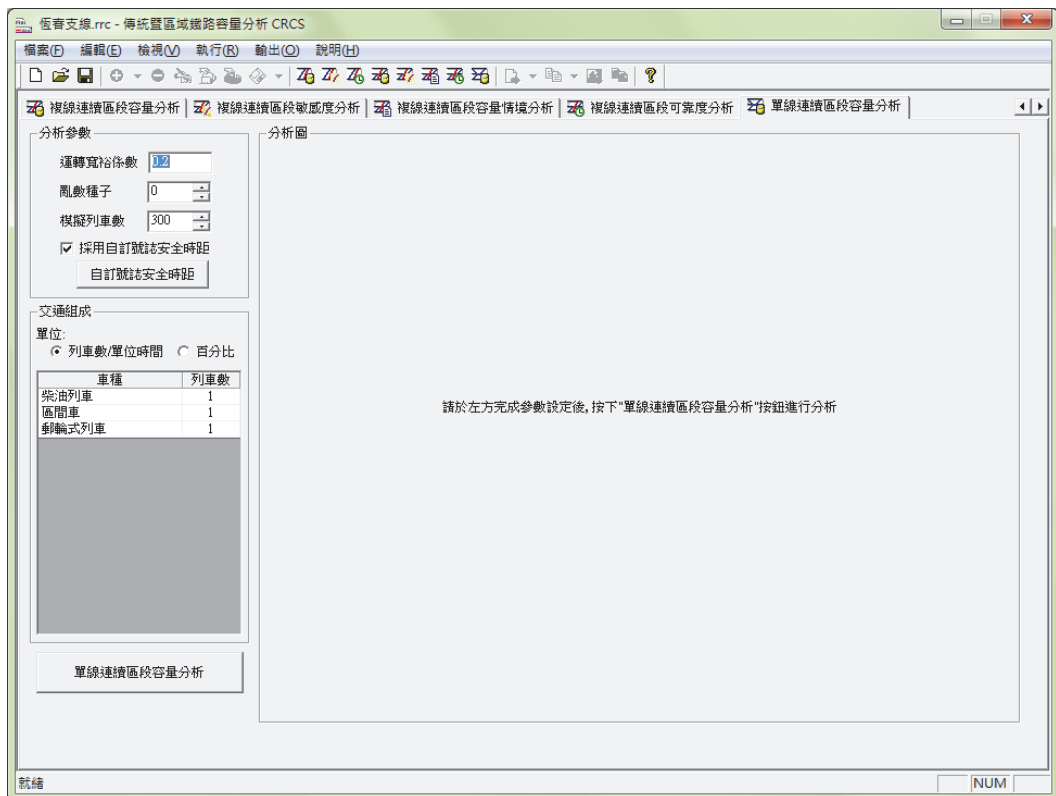


圖6-33 勾選採用自訂號誌安全時距

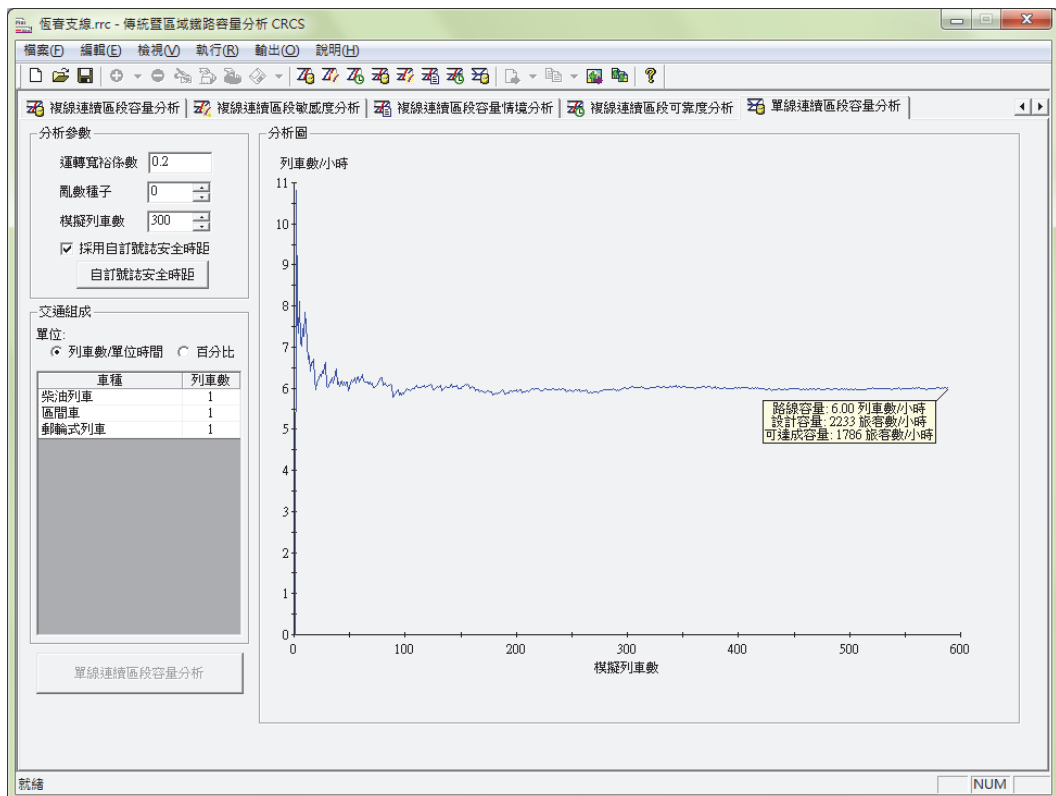


圖6-34 恆春支線容量分析結果

4. 結果討論

根據求解結果，目前恆春支線之工程規劃所能提供的路線容量為每小時雙向 6 列車，剛好能夠滿足尖峰時間提供單向柴油列車、區間車以及郵輪式列車各 1 列的需求。此外，本分析的運轉寬裕係數採用了預設值 0.2，因此仍有運轉調度的餘裕空間，以確保未來實際營運時，可靠度能夠維持一定的水準。

6.2.2 既有路線容量分析

本節以臺鐵花東鐵路為例，展示「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」在既有路線改善方面之應用，內容分別說明如下。

6.2.2.1 路線容量現況與瓶頸

1. 問題描述

為因應花東地區不斷增加的運輸需求，並兼顧環境永續與觀光發展，政府欲提升臺鐵花東鐵路運輸能量，但首先須掌握其路線容量現況，因此利用 CRCS 進行臺鐵花東鐵路容量分析。

2. 背景說明

花東鐵路全線共計有 26 座車站，沿線各車站分佈與單、複線區間配置狀況如圖 6-35，除了不能進行交會待避的車站之外，其餘各站的車站參數如表 6.12。本路線主要有傾斜式自強號、柴聯自強號、莒光號和區間車等 4 種營運列車，對號列車大多以花蓮或臺東為始發或終點車站，而區間車則是以花蓮—玉里、玉里—臺東作為營運起迄，各區段於尖峰小時的交通組成如表 6.13。

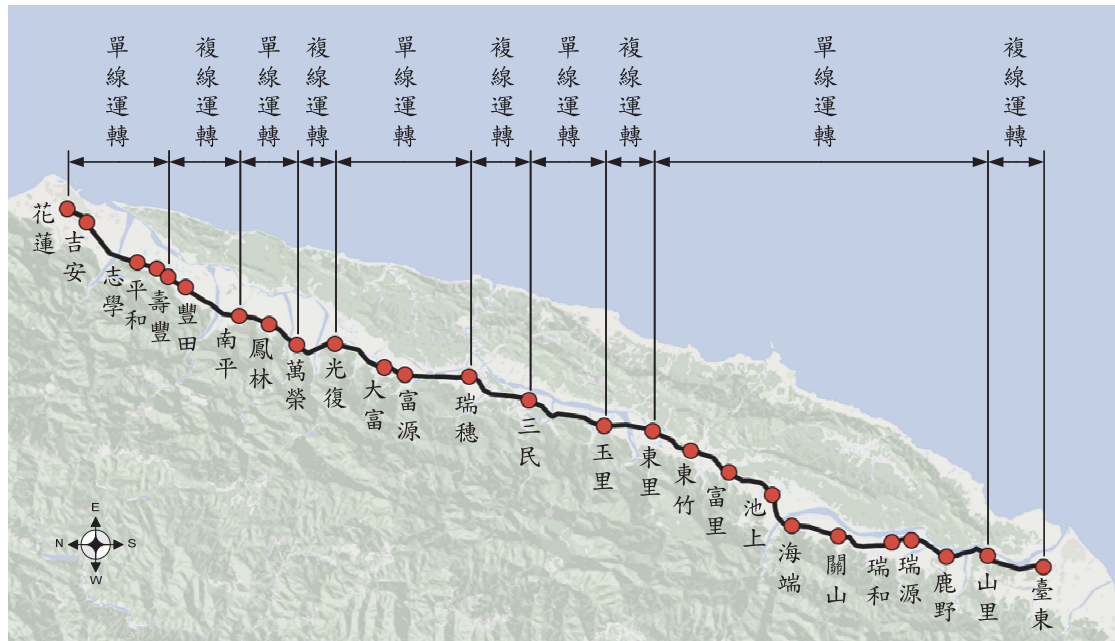


圖6-35 臺鐵花東鐵路範圍與單複線區間配置狀況

表6.12 臺鐵花東鐵路各車站參數彙整表

車站 名稱	軌道 佈設 類型	順行方向					逆行方向				
		B_2 (m)	B_1 (m)	B_s (m)	B_n (m)	B_{n-1} (m)	B_2 (m)	B_1 (m)	B_s (m)	B_n (m)	B_{n-1} (m)
花蓮	I	1883	1502	1749	1433	1519	1620	1195	785	1560	1481
吉安	IV	1433	1519	600	1514	1697	1697	1411	602	1620	1195
志學	III	1985	1395	496	1411	1627	1627	1281	590	1431	1985
壽豐	I	1627	1147	653	2159	2804	2804	1893	706	1360	1627
南平	IV	1616	1106	703	2174	1579	1674	2051	547	1385	1616
鳳林	III	2174	1579	535	1388	1698	1698	1287	541	1674	2051
萬榮	III	1698	1262	629	2403	694	1706	2113	731	1400	1698
光復	III	694	1907	598	1649	1558	1558	1406	699	1087	1706
富源	IV	2037	1174	589	1175	2155	2155	1044	572	1322	2037
瑞穗	III	1692	697	566	2202	1510	1510	1543	1105	817	1692
三民	III	2090	821	795	1404	1383	1383	1250	584	1186	2090
玉里	III	1770	1803	1603	1429	2241	2241	1042	820	1746	2997
東里	III	1457	1010	551	3126	1726	1726	3126	560	1116	1457

表 6.12 臺鐵花東鐵路各車站參數彙整表（續）

車站 名稱	軌道 佈設 類型	順行方向					逆行方向				
		B_2 (m)	B_1 (m)	B_s (m)	B_n (m)	B_{n-1} (m)	B_2 (m)	B_1 (m)	B_s (m)	B_n (m)	B_{n-1} (m)
東竹	IV	1550	1048	638	1262	1580	1880	1248	448	1252	1550
富里	I	1651	1095	568	1177	1705	1705	1081	561	1198	1351
池上	IV	1916	1345	524	1370	2240	2240	1228	559	2302	1066
海端	IV	2240	1765	536	1804	2400	2400	1729	542	1834	2240
關山	III	2400	1680	644	1336	2015	2015	1194	652	1814	2400
瑞源	IV	2863	1446	557	2214	1574	1574	2092	571	1554	2601
鹿野	III	1574	1175	580	1041	1511	1511	920	587	1289	1574
山里	III	1805	1379	494	1937	1566	1566	1682	645	1779	1509
臺東	I	2426	1028	1175	2076	1814	1861	1769	847	2316	1873

表6.13 臺鐵花東鐵路各區段尖峰小時交通組成

區段	運轉方式	方向	交通組成
花蓮－壽豐	單線運轉	雙向	1 : 2 : 0 : 3
壽豐－南平	複線運轉	順行	0 : 2 : 1 : 2
		逆行	1 : 2 : 0 : 2
南平－萬榮	單線運轉	雙向	1 : 3 : 1 : 1
萬榮－光復	複線運轉	順行	1 : 1 : 0 : 2
		逆行	1 : 1 : 0 : 1
光復－瑞穗	單線運轉	雙向	1 : 2 : 1 : 1
瑞穗－三民	複線運轉	順行	2 : 2 : 0 : 1
		逆行	2 : 2 : 0 : 1
三民－玉里	單線運轉	雙向	2 : 2 : 1 : 0
玉里－東里	複線運轉	順行	1 : 2 : 1 : 0
		逆行	1 : 1 : 1 : 0
東里－山里	單線運轉	雙向	1 : 3 : 1 : 0
山里－臺東	複線運轉	順行	1 : 2 : 0 : 0
		逆行	1 : 1 : 1 : 0

3. 求解流程

欲計算現階段臺鐵花東鐵路之路線容量狀況，如背景說明所述，首先考量到區間車的營運形態，本分析需將花東鐵路分為花蓮—玉里和玉里—臺東兩段，分別計算其路線容量。而又因為花東鐵路為單、複線混合配置，所以還需進一步依照每個單、複線區間起迄車站建立 CRCS 的專案檔，且複線區間需區分順逆行兩個專案，因此花蓮—玉里共需建立 10 個專案檔，如圖 6-36 所示；玉里—臺東則有 5 個專案檔，和圖 6-37 所示。

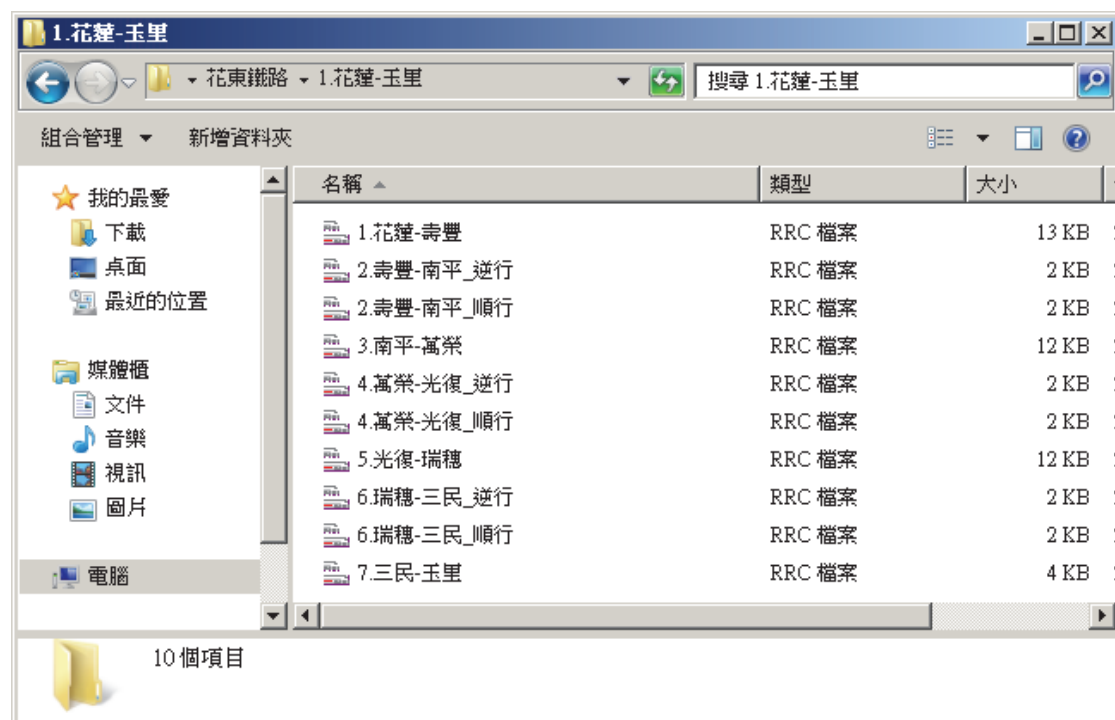


圖6-36 建立花蓮—玉里容量分析專案檔

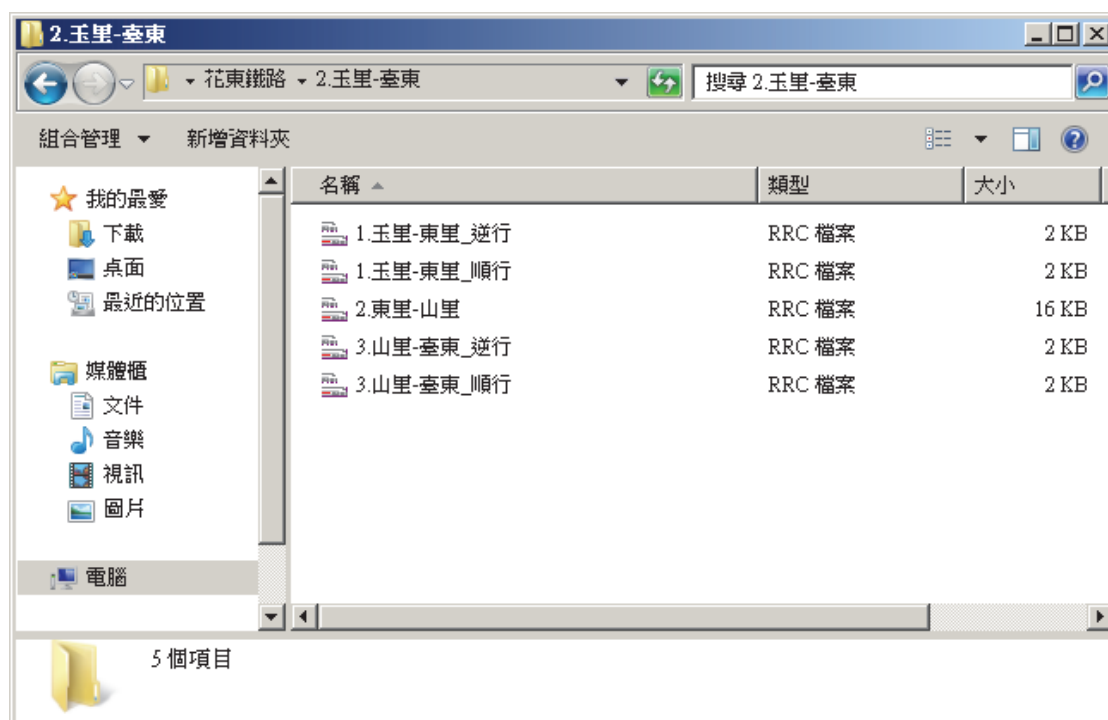


圖6-37 建立玉里－臺東容量分析專案檔

接著依據每個專案的範圍分別輸入所需參數，包含 4 種列車、各專案範圍內的各座車站，以及每個區段的列車與路線交互關係設定，有關參數輸入的操作細節可參考 6.1 節。最後將每個專案分別進行容量分析後，彙整其結果如表 6.14 和表 6.15。

表6.14 花蓮－玉里路線容量現況

區段	方向	路線容量 (TU/h)	整體容量表現 (TU/h)
花蓮－壽豐	雙向	6.19	雙向共 4.71
壽豐－南平	順行	8.72	
	逆行	8.50	
南平－萬榮	雙向	8.99	
萬榮－光復	順行	12.00	
	逆行	11.81	
光復－瑞穗	雙向	4.71	
瑞穗－三民	順行	10.52	
	逆行	11.65	
三民－玉里	雙向	5.42	

表6.15 玉里－臺東路線容量現況

區段	方向	路線容量 (TU/h)	整體容量表現 (TU/h)
玉里－東里	順行	8.74	雙向共 4.00
	逆行	10.66	
東里－山里	雙向	4.00	
山里－臺東	順行	12.54	
	逆行	11.22	

4. 結果討論

如表 6.14和表 6.15所示，雖然壽豐－南平、萬榮－光復、瑞穗－三民、玉里－東里，以及山里－臺東等複線區段的路線容量明顯高於其它單線區段，但整體容量表現則要考量每個區段的容量，受限於容量最小的瓶頸區段，因此，花蓮－玉里間的整體容量表現受到光復－瑞穗的瓶頸限制，平均約每小時雙向 4.71 列車；而玉里－臺東的容量則受到東里－山里影響，平均約每小時雙向 4 列車。

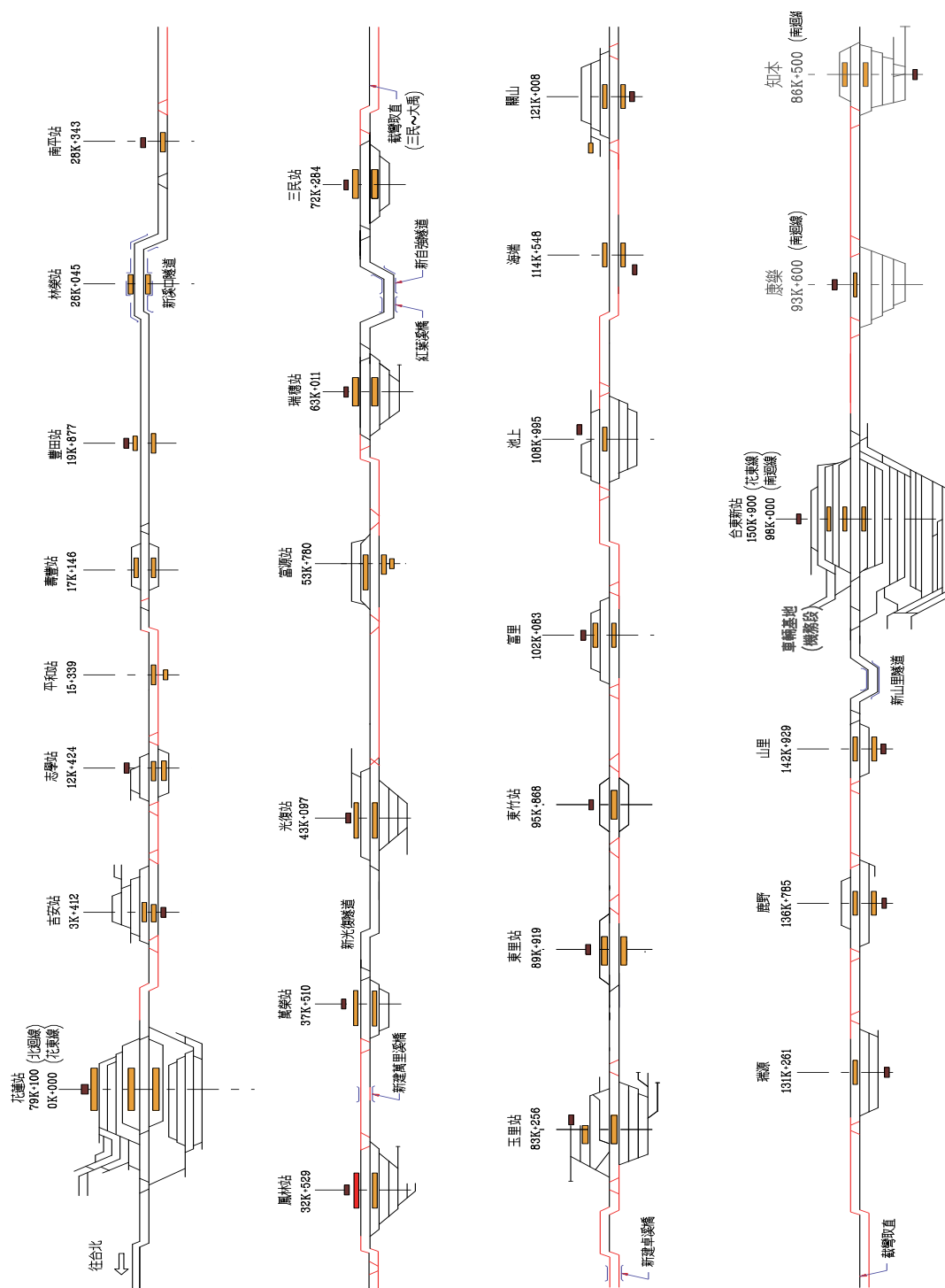
6.2.2.2 雙軌化對容量之影響

1. 問題描述

政府為提升臺鐵花東鐵路運能，規劃將進行全線雙軌化，此外，由於工程經費龐大，若將花蓮－玉里分階段雙軌化，試從路線容量的角度提出階段性雙軌化的順序建議，並探討雙軌化對現有路線容量提升之效果為何？

2. 背景說明

對於雙軌化路線之規劃如圖 6-38，除了站間皆改為雙軌之外，吉安和富源兩車站還各新增一個月臺面，而其餘各站的軌道佈設型式沒有改變。



3. 求解流程

若要進行階段性雙軌化，以路線容量的觀點來看，應從容量瓶頸區段開始逐步進行雙軌化，如此每當一個區段完工後，整體路線容量

便能有所提升。就花東鐵路的花蓮－玉里而言，依據表 6.14 的容量分析結果，四段單線區間雙軌化之順序，就如其路線容量由低而高之順序一樣，首先是光復－瑞穗，再來是三民－玉里，接著是花蓮－壽豐，最後是南平－萬榮，而完成全線雙軌化。

在探討雙軌化對路線容量提升效果方面，則是先透過 CRCS 計算雙軌化後的路線容量，再與 6.2.2.1 節之結果相比較。花蓮－玉里在光復－瑞穗雙軌化後，萬榮－三民合併成為一個連續的複線運轉區間，因此所需的專案檔為 7 個，如圖 6-39 所示，將每個專案輸入所需參數進行容量分析後，所得到的結果可彙整成表 6.16。其餘各階段雙軌化的容量分析過程則如同上述步驟一樣，其結果如表 6.17 和表 6.18，而最後花東鐵路全線雙軌化的的容量分析結果如表 6.19。



圖6-39 光復－瑞穗雙軌化後的容量分析專案檔

表6.16 光復－瑞穗雙軌化後的路線容量表現

區段	方向	路線容量 (TU/h)	整體容量表現 (TU/h)
花蓮－壽豐	雙向	6.19	雙向共 5.42
壽豐－南平	順行	8.72	
	逆行	8.50	
南平－萬榮	雙向	8.99	
萬榮－三民	順行	10.68	
	逆行	10.20	
三民－玉里	雙向	5.42	

表6.17 三民－玉里雙軌化後的路線容量表現

區段	方向	路線容量 (TU/h)	整體容量表現 (TU/h)
花蓮－壽豐	雙向	6.19	雙向共 6.19
壽豐－南平	順行	8.72	
	逆行	8.50	
南平－萬榮	雙向	8.99	
萬榮－玉里	順行	10.10	
	逆行	8.82	

表6.18 花蓮－壽豐雙軌化後的路線容量表現

區段	方向	路線容量 (TU/h)	整體容量表現 (TU/h)
花蓮－南平	順行	7.19	雙向共 8.99
	逆行	7.23	
南平－萬榮	雙向	8.99	
萬榮－玉里	順行	10.10	
	逆行	8.82	

表6.19 花東鐵路全線雙軌化後的路線容量表現

區段	方向	路線容量 (TU/h)	整體容量表現 (TU/h)
花蓮—玉里	順行	6.37	雙向共 12.70
	逆行	6.33	
玉里—臺東	順行	6.29	雙向共 12.84
	逆行	6.55	

4. 結果討論

對於花蓮—玉里分階段雙軌化之順序，以路線容量的角度建議其雙軌化的順序為(1)光復—瑞穗、(2)三民—玉里、(3)花蓮—壽豐、(4)南平—萬榮，而當每個階段完工後，整體路線容量皆能有所提升，如表 6.20所示。值得注意的是，雖然本例建議先將光復—瑞穗雙軌化，但實際上臺鐵將南平—萬榮列為為優先雙軌化之區段，由於南平—萬榮並非是容量瓶頸，因此其雙軌化對容量的提升幫助不大，不過階段性雙軌化的順序所要考慮因素眾多，如工程面、安全面、成本面等，不能僅遷就路線容量而已，

表6.20 花蓮—玉里分階段雙軌化的容量提升情形

雙軌化階段	路線容量 (TU/h)	與前一階段相比的改善幅度
現況	4.71	—
光復—瑞穗雙軌化後	5.42	15.07%
三民—玉里雙軌化後	6.19	14.21%
花蓮—壽豐雙軌化後	8.99	45.23%
全線雙軌化後	12.7	41.27%

最後，當花東鐵路全線雙軌化後，其路線容量與現況相比有顯著的提升，如表 6.21所示，花蓮—玉里間改善了 169.6%，而玉里—臺東間改善了 221%。

表6.21 花東鐵路雙軌化前後容量變化比較表

區段	雙軌化前容量(TU/h)	雙軌化後容量(TU/h)	改善幅度
花蓮—玉里	4.71	12.70	169.6%
玉里—臺東	4.00	12.84	221.0%

6.2.2.3 車種簡化對容量之影響

1. 問題描述

臺鐵花東鐵路全線雙軌化後，欲將其營運車種數量進行簡化，此外由於雙軌化計畫並非短期內可完成，待其完成時，國內的社經條件已不同於現在，故運輸需求也會跟著改變，試檢視本計畫之規劃是否能滿足其未來營運需求。

2. 背景說明

在完成雙軌化後，臺鐵花東鐵路的營運車種將簡化為傾斜式自強號、推拉式自強號和區間車等三種列車。而根據運量預測，未來花東線服務旅客將會是以中長程旅次為主，若以傾斜式自強號、推拉式自強號和區間車等三種列車來提供運輸服務，預計尖峰小時各種列車的服務頻率如下：

- (1) 傾斜式自強號：2 班／小時
- (2) 推拉式自強號：2 班／小時
- (3) 區間車：1 班／小時，但保留 3 班/小時的發車能力。

3. 求解流程

欲透過 CRCS 來分析車種簡化後的路線容量，除了重新建立新專案之外，亦可承襲6.2.2.2節的全線雙軌化專案，如圖 6-40所示，在各專案內新增推拉式自強號，並設定其列車與路線交互關係後，於分析頁面的交通組成中，將車種組成改成 2 班傾斜式自強號、2 班推拉式

自強號以及 3 班區間車，其餘車種設為 0，如圖 6-41 所示。依此步驟將各專案進行車種簡化後的容量分析後，其結果彙整如表 6.22。

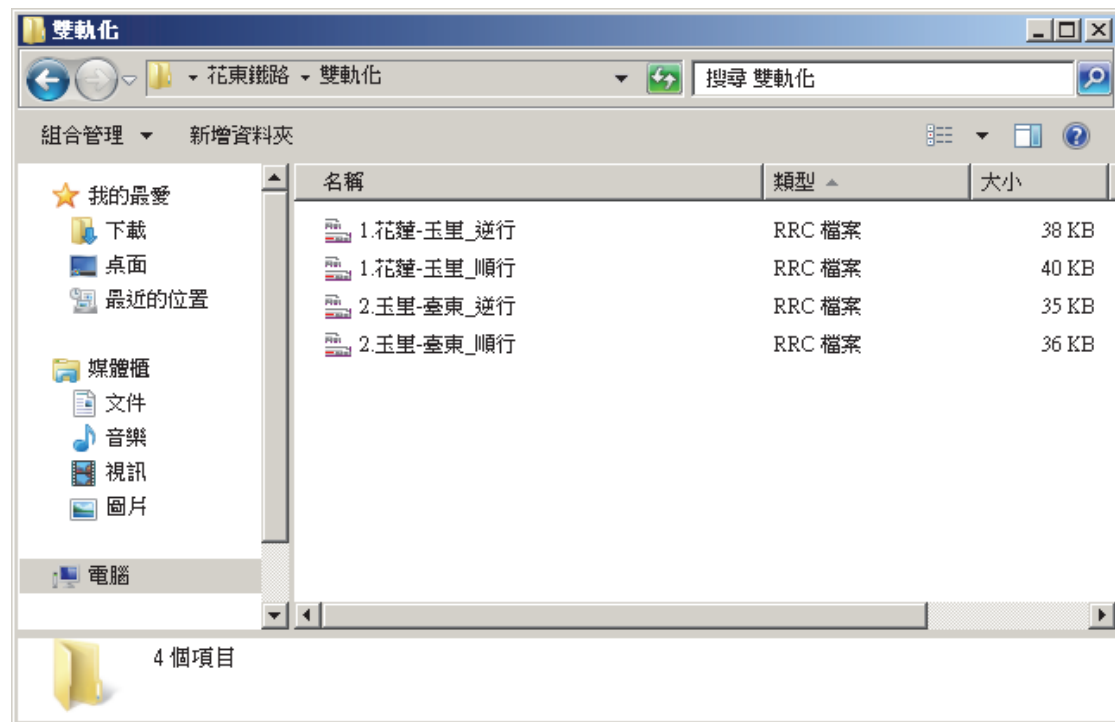


圖6-40 花東鐵路雙軌化容量分析專案檔

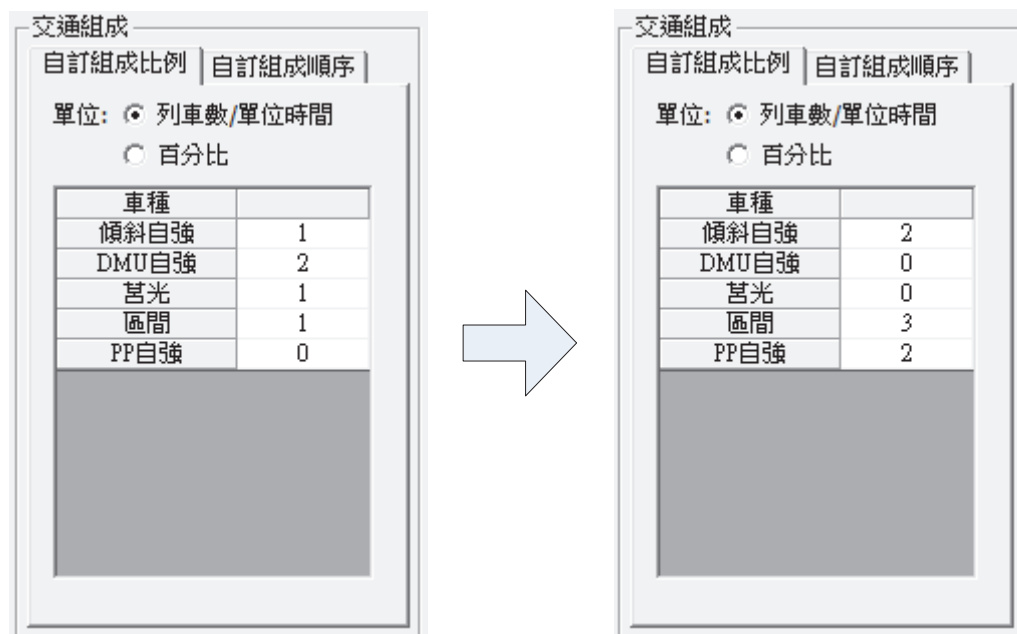


圖6-41 改變交通組成設定

表6.22 花東鐵路車種簡化後的路線容量表現

區段	方向	路線容量 (TU/h)	整體容量表現 (TU/h)
花蓮—玉里	順行	7.03	雙向共 14.76
	逆行	7.73	
玉里—臺東	順行	7.61	雙向共 15.00
	逆行	7.39	

4. 結果討論

為因應未來旅運需求，花東鐵路在尖峰時間需能提供單方向每小時最高 7 列車的運輸能力（2 班傾斜式自強號、2 班推拉式自強號以及 3 班區間車）。而根據容量分析的結果，目前該計畫之規劃可以滿足此需求，此外由於車種簡化的緣故，路線容量亦有所提升，如表 6.23 所示。

表6.23 花東鐵路車種簡化前後容量變化比較表

區段	車種簡化前容量(TU/h)	車種簡化後容量(TU/h)	改善幅度
花蓮—玉里	12.70	14.76	16.22%
玉里—臺東	12.84	15.00	16.82%

第七章 結論與建議

在本(104)年度的研究中，承襲 103 年度之研究成果，將單線連續區段軌道容量分析模式整合至「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」內，使其功能更為完備，提出以下幾點結論與建議：

7.1 結論

1. 透過電腦資訊技術，將單線連續區段軌道容量分析模式整合至「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」(CRCS)成為一個模組，以達到降低該模式使用門檻、提升分析效率與增加實用性之目的。
2. 隨著單線連續區段容量分析功能的完成，「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」將可處理單一或連續區段的單、複線運轉容量分析，成為一個功能完整的軌道容量分析軟體。
3. 為因應實務上各式各樣的容量分析問題，例如在鐵路系統建設的規劃階段，通常缺乏許多用來計算號誌安全時距的細節參數(如閉塞區間長度、列車加減速、巡航速度等)，因此，本研究創新的「自訂號誌安全時距」子功能設計，能讓「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」更能夠運用在各種不同情境，提供使用者方便直接輸入號誌時距來評估容量。
4. 本研究除了提供軟體使用手冊之外，更以數個分析範例展示「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」的操作細節，此外也展示本軟體能用來處理實務上各式的容量問題，其結果亦可供相關單位參考。

7.2 建議

7.2.1 後續相關研究建議

1. 由於當路線利用率愈高，亦即路線容量不足時，將會使列車服務可靠度下降，因此過去運所發展的容量模式皆有對應之可靠度模式，藉以了解路線容量、列車流量與列車平均延滯時間之關係，才能評估在一定平均延滯水準之下，路線容量的可用程度，然而目前單線連續區段容量模式並沒有對應之可靠度模式，建議未來應發展單線連續區段的列車服務可靠度模式。此外，在可靠度研究方面，亦可考慮研究營運策略、停站模式及折返站區間運轉對可靠度之影響。
2. 本所以往所發展之容量分析模式皆是以客運列車為主，並假設貨運列車可於離峰時段運行而不影響客運，但實際上臺鐵北迴線的貨運繁忙，每天貨運列車的班次數與客運列車相當，不能輕易忽略。由於貨運列車在站內軌道之運用與客運有明顯不同，現有模式無法適用，建議後續將貨運列車納入考量來發展容量模式。
3. 傳統暨區域鐵路系統中有些車站兼具中間站與折返站的角色，例如臺鐵花蓮站，部分城際列車到達花蓮站後會繼續運行下去，但有些城際列車是以花蓮站為始發或終點站，此外通勤列車亦會在花蓮站折返，此時車站內的軌道佈設情況、轉轍器位置、連鎖、進路等因素，皆影響著該車站在單位時間內可以運行的列車數量，此問題與本系列研究所探討的路線容量不同，屬於車站容量課題，可作為未來容量研究的方向之一。
4. 過去本所為了使用的便利性與推廣的需要，發展解析模式來計算傳統暨區域鐵路系統的號誌安全時距，但該模式係以三位式號誌系統為基礎而發展出來，因此無法處理如號誌系統升級改善容量

的課題，此外若要考量如轉轍器號數等細節，則必須發展高精度的模擬模式。

5. 目前本系列研究皆在探討列車在常綠下運轉的時刻表容量，然而實務上，最大容量或運轉調度最適化等亦是經常被關注的議題，可作為未來研究方向之參考。
6. 根據「臺灣軌道容量手冊」之架構，「高鐵及機場捷運系統篇」以及「輕軌運輸系統篇」兩篇尚未編訂，建議後續可進行相關的軌道容量分析研究。

7.2.2 研究成果推廣建議

1. 為使「臺灣軌道容量手冊」之「傳統暨區域鐵路篇」的內容與最新研究成果相符，應盡快將相關的內容編入手冊之中，此外應辦理教育訓練，使相關人員熟悉「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」的新功能。
2. 建議透過研討會方式推廣軌道容量歷年研究成果，並邀請國內外專家學者參與，期望藉此凝聚往後國內執行鐵路建設計畫前，各主辦單位需先進行容量分析之共識，以完備整套可行性研究內容，並樹立典範。
3. 「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」開發至今已將近九年，隨著各界對容量分析日漸重視、實務應用的頻繁，使用者對該軟體的回饋意見也愈來愈多，諸如簡化繁瑣的參數設定、自訂參數預設值與合理範圍、號誌時距可由使用者自行輸入、複合路線型態整合、多種停站方式的車種設定，以及更加人性化符合直覺的操作介面等，考量當時的軟體架構恐已無法支援將來可能的功能擴充，而且現今電腦資訊科技日新月異，因此有必要儘早進行調整改版，以符合未來趨勢。
4. 可參考臺灣公路容量分析專區網站，建立臺灣軌道容量分析專屬網站，提供容量分析軟體下載、Bug 回報、技術支援、範例展示、

軟體更新、維護資訊甚至公眾討論論壇等服務，以達軌道容量研究成果推廣的永續性。

參考文獻

1. 交通部運輸研究所，軌道系統容量與可靠度分析研究（2/3），交通部運輸研究所，民國 101 年 4 月。
2. 交通部運輸研究所，軌道系統容量與可靠度分析研究（3/3），交通部運輸研究所，民國 102 年 6 月。
3. 交通部運輸研究所，軌道容量研究－臺鐵系統容量模式之建構分析（一），交通部運輸研究所，民國 94 年 3 月。
4. 交通部運輸研究所，單線連續區段軌道容量模式分析暨整體容量軟體改版研究（1/2）定案報告，交通部運輸研究所，民國 103 年 12 月。
5. 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），交通部運輸研究所，民國 96 年 4 月。
6. 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（3/4），交通部運輸研究所，民國 98 年 6 月。
7. 交通部臺灣鐵路管理局網頁 <http://www.railway.gov.tw>。
8. 林國顯，「我國陸路運輸建設之檢討與未來發展方向」，我國陸路交通政策展望研討會－創造永續、均衡與關懷的生活環境論文集，交通部運輸研究所，民國 95 年。
9. 鍾志成、李治綱、張恩輔、黃笙玗、林國顯、劉昭榮，「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析電腦軟體之開發」，第 22 屆中華民國運輸學會論文集，民國 96 年 12 月。
10. Dijkstra, E. W., "The mathematics behind the Banker's Algorithm", *Selected Writings on Computing: A Personal Perspective*, Springer-Verlag, pp.308-312, 1982.

11. Pachl, J., "Avoiding Deadlocks in Synchronous Railway Simulations", *2nd International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis*, Hannover, Germany, 2007.
12. Petersen, E. R., Taylor, A. J., "Line block prevention in rail line dispatch and simulation models", *INFOR Journal*, Vol. 21, No. 1, 1983, pp.46-51.

13.

附錄 A 期中工作會議資料

單線連續區段軌道容量模式分析(2/2)

期中工作會議資料（104.06.22）

1. 會議資料摘要

本會議資料包括下列課題

- (1) 目前工作進度
- (2) 未來工作計畫
- (3) 問題討論

2. 目前工作進度

2.1 單線連續區段軌道容量分析模式回顧

本案主要工作是要在「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」中，新增單線連續區段容量分析功能，因此需先掌握單線連續區段容量分析模式之內容，其運作的基本概念與輸入參數說明如下。

2.1.1 基本概念

單線連續區段軌道容量分析模式的演算基本概念如圖 2-1 所示，在一個連續單線運轉的路線兩端不斷地發送列車，透過模擬方法將列車依運轉基本規則推進至終點站，最後於兩端終點站觀察列車在單位時間內到達的情況，藉此來評估此連續區段之容量。

對於列車從兩端始發站運行到終點站的運轉過程，模式中採用了離散事件導向的系統模擬方法來處理，將每列車到達和離開各車站的運行過程當作成一連串的事件，如圖 2-2。隨著事件依序發生，系統的時間便會不斷往前推進，並更新列車佔用軌道的情況，同時在模擬的過程中，透過調

整事件的發生時間，來避免系統不會發生死結，以及確保各列車遵循運轉基本規則運行，當所有事件都完成後，便結束模擬。

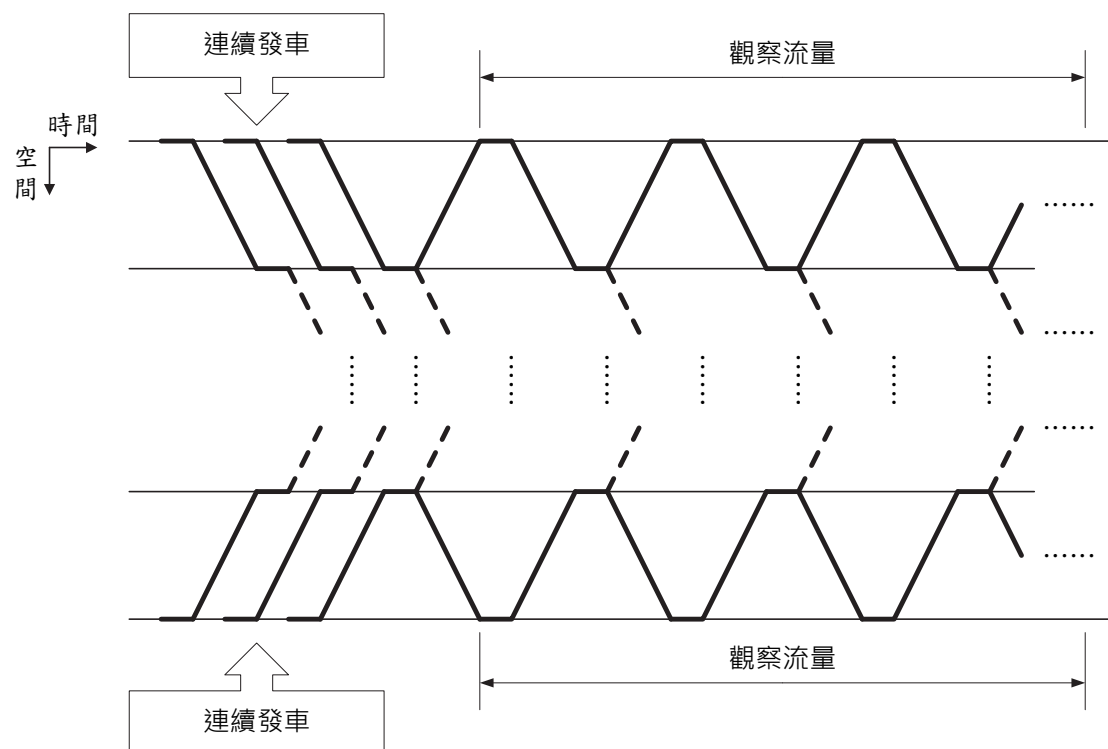


圖2-1 單線連續區段容量分析模式之演算概念

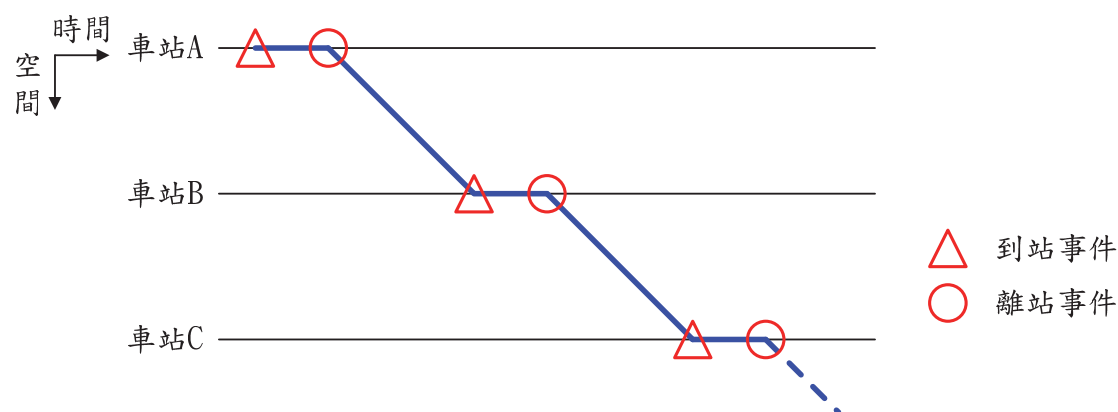


圖2-2 列車到站事件和離站事件示意圖

2.1.2 輸入參數

本模式的輸入參數共計有 5 大類 10 項，如表 2.1，其中號誌時距的部份係根據運研所過去發展的單一區段容量分析模式所求得，其關係如圖 2-3 所示，因此本研究則依循此關係，在「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」中建置單線連續區段容量分析功能。

表2.1 單線連續區段軌道容量分析模式所需參數

參數分類	參數名稱
全域參數	運轉寬裕係數
	模擬列車數
交通組成	車種組成比例
	決定車種的亂數種子
車站參數	車站清單與順序
	車站內軌道配置
列車路線交互關係參數	站間運轉時間
	計畫停站時間
號誌時距	到站號誌安全時距
	離站號誌安全時距
	反向號誌安全時距

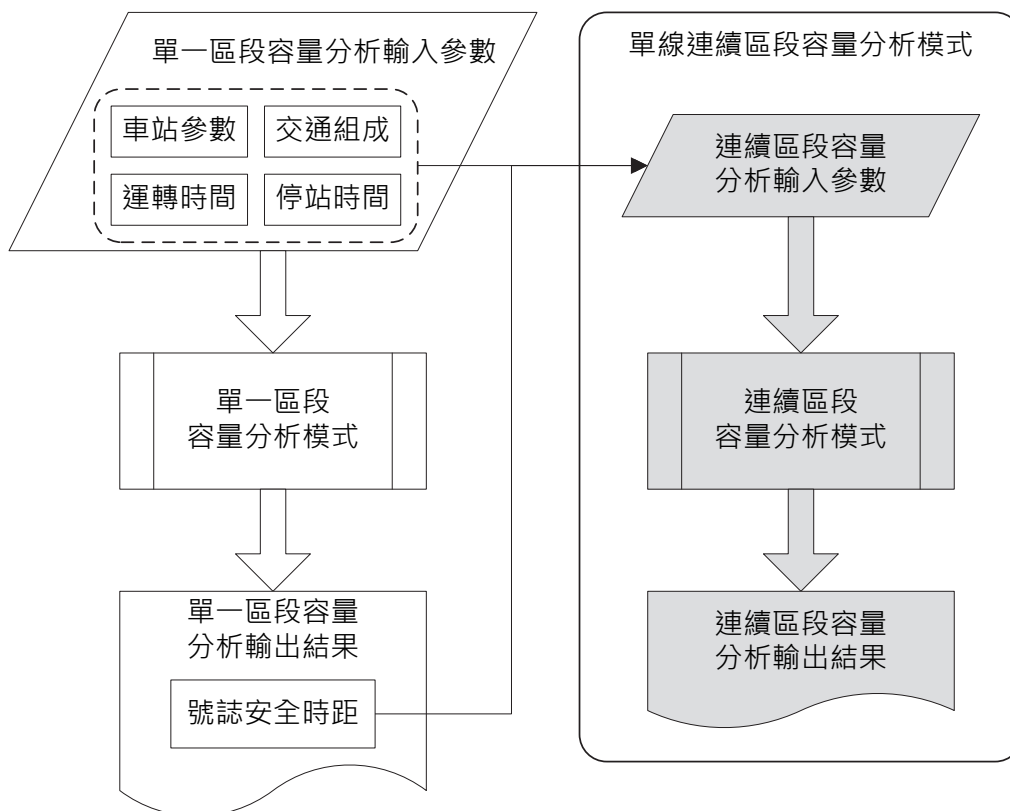


圖2-3 單線連續區段與單一區段容量分析模式之關係圖

2.2 軌道容量軟體開發

一般軟體開發流程，不外乎是軟體需求分析、系統分析設計、程式開發，以及測試驗證等程序，以下說明目前已經完成的需求分析與系統設計的部份。

2.2.1 軟體需求分析

有關單線連續區段軌道容量分析功能的需求如下：

1. 參數輸入

如2.1.2所述，單線連續區段軌道容量分析模式所需的參數眾多，為減少使用者輸入參數的工作，需盡量使其操作介面簡單明瞭，若是原本「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」已經含有的參數，則不需再重複輸入；若原本軟體中沒有的參數，則需新增相關的輸入介面。

2. 單線連續區段軌道容量分析計算

要依據單線連續區段軌道容量分析模式來進行分析，所需具備的處理程序包含下列項目：

(1) 列車到離站事件產生與處理

根據列車車種的運轉時間和停站時間設定，來產生該列車的到站與離站事件，並且依照事件預計發生的時間先後依序處理。

(2) 預定軌道機制

為了避免在演算的過程中造成列車運轉死結，列車必須先根據一定的規則來預訂軌道，且須依照預訂的次序使用軌道。

(3) 檢核機制

確保模擬的過程中，各列車之間能保持足夠的號誌安全時距、在車站內不會同時佔用同一股道，以及在站間避免發生列車追越或對撞等運轉基本規則。

(4) 回溯機制

當預訂軌道或檢核機制不成功時，若需要調整列車到站事件的發生時間，為了保持其運轉時間不變，便需要啟動回溯機制，將系統的狀態

回復到該列車前一個停站處的離站事件時間點，如此才能把此變動對後續其他事件的影響納入考慮。

(5) 路線容量評估

在完成模擬之後，須扣除最初系統暖機階段以及最後結束之前的時段，僅以中間時間範圍內之狀況來計算路線容量。

3. 結果輸出

在完成路線容量分析後，必須要能自動呈現分析結果，並能將結果輸出成通用的檔案格式。

2.2.2 系統架構設計

考量「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」原有的功能架構，新增單線連續區段軌道容量分析功能後的架構如圖 2-4所示，除了增加單線連續區段容量分析的參數輸入、分析計算以及輸出，原本的車站資料以及列車與路線交互關係參數也必須有所調整。

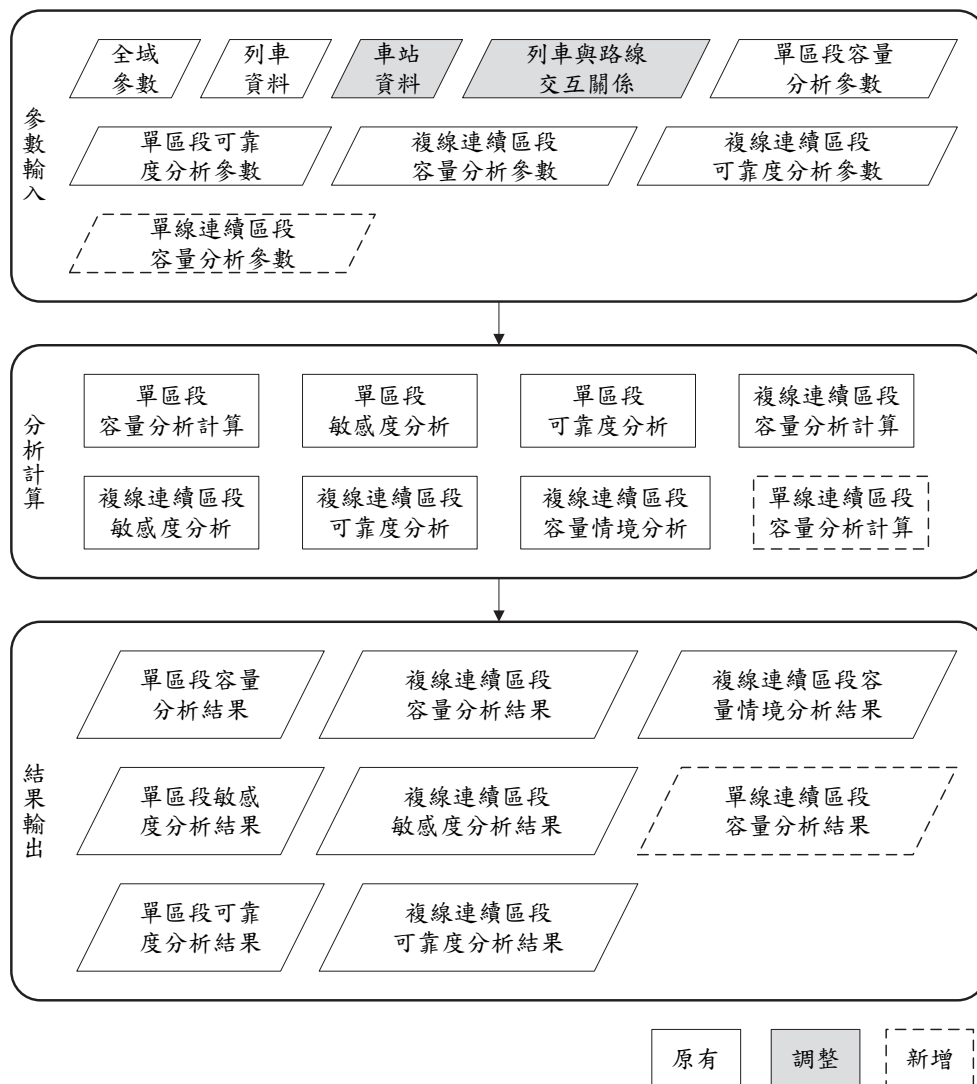


圖2-4 軟體功能架構圖

目前工作已經完成了單線連續區段容量分析功能的演算核心，後續則會進行參數輸入、結果輸出與使用者介面之開發。

2.2.3 使用者介面設計

根據原本「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」的操作邏輯與設計原則來調整使用者介面，以達到前述的軟體需求與系統分析的各項要求，以下逐一說明之。

1. 車站參數設定

原有車站參數設定頁面如圖 2-5，包含近離站坡度、各閉塞區間長度、列車停靠位置以及道岔位置，但這些參數只足以計算某特定方向的各項號誌安全時距，而單線連續區段容量分析需要兩個方向的號誌安全時距，因

此車站參數設定頁面調整如圖 2-6，而左下方的參數設定輔助圖形也調整成根據使用者所設定的參數，顯示相對應的圖形，如圖 2-7～圖 2-9。

編修改車站資料：A車站

軌道佈設型式

參數設定輔助圖形

車站參數設定

G_i 進站坡度(‰)	0
G_o 離站坡度(‰)	0
B_2 第2閉塞區間長度(m)	1560
B_1 第1閉塞區間長度(m)	1502
B_i 車站所在區間閉塞區間長度(m)	785
B_n 第N閉塞區間長度(m)	1560
B_{n-1} 第N-1閉塞區間長度(m)	1502
S_x 車頭到出發號誌距離(m)	130
S_t 道岔到號誌距離(m)	540
S_g 反向的Se(m)	250

確定(O)

取消(C)

圖2-5 車站參數設定頁面（調整前）

編修改車站資料：A車站

軌道佈設型式

參數設定輔助圖形

車站參數設定

	順行	逆行
G_i 進站坡度(‰)	0	0
G_o 離站坡度(‰)	0	0
B_2 第2閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_1 第1閉塞區間長度(m)	1502	1502
B_i 車站所在區間閉塞區間長度(m)	785	785
B_n 第N閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_{n-1} 第N-1閉塞區間長度(m)	1502	1502
S_x 車頭到出發號誌距離(m)	130	130
S_t 道岔到號誌距離(m)	540	540

確定(O)

取消(C)

圖2-6 車站參數設定頁面構想－編輯順行 B_2 閉塞區間

編修改車站資料：A車站

軌道佈設型式

佈設更換(L)

參數設定輔助圖形

車站參數設定

	順行	逆行
G_i 進站坡度(‰)	0	0
G_o 離站坡度(‰)	0	0
B_2 第2閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_1 第1閉塞區間長度(m)	1502	1502
B_s 車站所在區間閉塞區間長度(m)	785	785
B_N 第N閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_{N-1} 第N-1閉塞區間長度(m)	1502	1502
S_x 車頭到出發號誌距離(m)	130	130
S_f 道岔到應誌距離(m)	540	540

確定(O)

取消(C)

圖2-7 車站參數設定頁面構想－編輯順行 B_s 閉塞區間

編修改車站資料：A車站

軌道佈設型式

佈設更換(L)

參數設定輔助圖形

車站參數設定

	順行	逆行
G_i 進站坡度(‰)	0	0
G_o 離站坡度(‰)	0	0
B_2 第2閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_1 第1閉塞區間長度(m)	1502	1502
B_s 車站所在區間閉塞區間長度(m)	785	785
B_N 第N閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_{N-1} 第N-1閉塞區間長度(m)	1502	1502
S_x 車頭到出發號誌距離(m)	130	130
S_f 道岔到應誌距離(m)	540	540

確定(O)

取消(C)

圖2-8 車站參數設定頁面構想－編輯逆行 B_{n-1} 閉塞區間

編修改車站資料：A車站

軌道佈設型式

參數設定輔助圖形

車站參數設定

	順行	逆行
G_i 進站坡度(‰)	0	0
G_o 離站坡度(‰)	0	0
B_2 第2閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_1 第1閉塞區間長度(m)	1502	1502
B_s 車站所在區間閉塞區間長度(m)	785	785
B_N 第N閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_{N-1} 第N-1閉塞區間長度(m)	1502	1502
S_x 車頭到出發號誌距離(m)	130	130
S_i 道岔到應誌距離(m)	540	540

圖2-9 車站參數設定頁面構想－編輯逆行 B_s 閉塞區間

2. 列車與路線交互關係參數設定

在原有列車與路線交互關係參數設定頁面中（圖 2-10），已經包含逆行方向的站間運轉時間參數，因此僅需再增加逆行方向的進站前平均巡航速度，以及站間平均巡航速度等兩項參數。介面修改後如圖 2-11所示，同樣地，本次修改亦將上方的輔助圖形進行調整，僅會根據使用者所設定的參數，顯示相對應的提示，如圖 2-11～圖 2-13。

設定 列車 列車於A車站 → B車站間的參數

參數設定輔助圖形

"列車"之交互關係設定

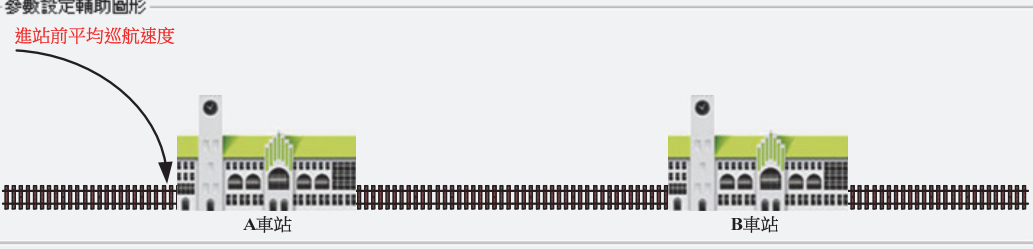
進站前平均巡航速度(km/h)	75	站間平均巡航速度(km/h)	75
順行站間運轉時間(秒)	300	逆行站間運轉時間(秒)	300
順行最小運轉時間(秒)	270	逆行最小運轉時間(秒)	270
A車站站計畫停車時間(秒)	120	B車站站計畫停車時間(秒)	120
A車站站最小停車時間(秒)	30	B車站站最小停車時間(秒)	30

圖2-10 列車與路線交互關係參數設定頁面（調整前）

設定 列車 列車於A車站 → B車站間的參數

參數設定輔助圖形

進站前平均巡航速度



A車站 B車站

"列車"之交互關係設定

順行進站前平均巡航速度(km/h)	75	逆行進站前平均巡航速度(km/h)	75
順行站間平均巡航速度(km/h)	75	逆行站間平均巡航速度(km/h)	75
順行站間運轉時間(秒)	300	逆行站間運轉時間(秒)	300
順行最小運轉時間(秒)	270	逆行最小運轉時間(秒)	270
A車站站計畫停車時間(秒)	120	B車站站計畫停車時間(秒)	120
A車站站最小停車時間(秒)	30	B車站站最小停車時間(秒)	30

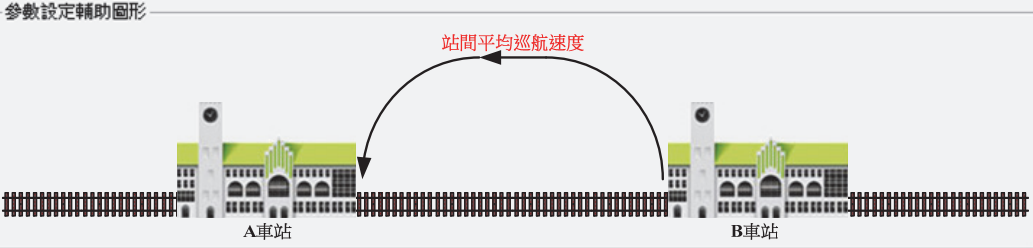
確定(O) 取消(C)

圖2-11 列車與路線交互關係參數設定頁面構想－
編輯順行進站前平均巡航速度

設定 列車 列車於A車站 → B車站間的參數

參數設定輔助圖形

站間平均巡航速度



A車站 B車站

"列車"之交互關係設定

順行進站前平均巡航速度(km/h)	75	逆行進站前平均巡航速度(km/h)	75
順行站間平均巡航速度(km/h)	75	逆行站間平均巡航速度(km/h)	75
順行站間運轉時間(秒)	300	逆行站間運轉時間(秒)	300
順行最小運轉時間(秒)	270	逆行最小運轉時間(秒)	270
A車站站計畫停車時間(秒)	120	B車站站計畫停車時間(秒)	120
A車站站最小停車時間(秒)	30	B車站站最小停車時間(秒)	30

確定(O) 取消(C)

圖2-12 列車與路線交互關係參數設定頁面構想－
編輯逆行站間平均巡航速度

設定 列車 列車於A車站 → B車站間的參數

參數設定輔助圖形

A車站 B車站

"列車"之交互關係設定

順行進站前平均巡航速度(km/h)	75	逆行進站前平均巡航速度(km/h)	75
順行站間平均巡航速度(km/h)	75	逆行站間平均巡航速度(km/h)	75
順行站間運轉時間(秒)	300	逆行站間運轉時間(秒)	300
順行最小運轉時間(秒)	270	逆行最小運轉時間(秒)	270
A車站站計畫停車時間(秒)	120	B車站站計畫停車時間(秒)	120
A車站站最小停車時間(秒)	30	B車站站最小停車時間(秒)	30

確定(O) 取消(C)

圖2-13 列車與路線交互關係參數設定頁面構想－
編輯順行站間運轉時間

3. 單線連續區段容量分析頁面

採用與「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」一致的設計原則，單線連續區段軌道容量分析功能會以一新的頁面來呈現，如圖 2-14所示，使用者在操作上也和原有軟體其他分析功能有一樣的邏輯，左邊為參數輸入與執行分析，而右邊為結果輸出。其中參數輸入有兩個部份，左上方的分析參數包含運轉寬裕係數、亂數種子和模擬列車數等 3 項；左下方的交通組成則提供「列車數/單位時間」或「百分比」兩種單位讓使用者設定。

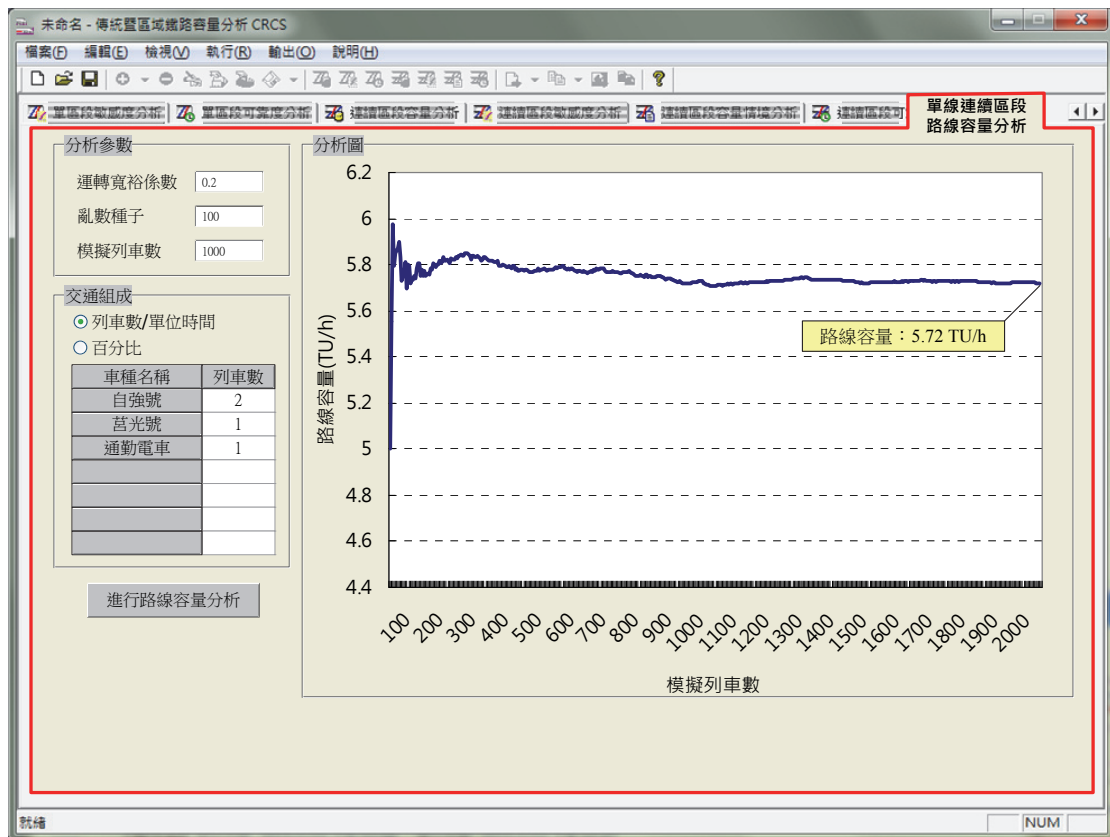


圖2-14 單線連續區段軌道容量分析使用者介面構想

3. 未來工作計畫

未來欲進行的後續工作內容如下：

1. 撰寫期中報告
2. 程式開發
3. 使用手冊編撰
4. 撰寫期末報告

4. 問題討論

1. 對於軟體使用者介面是否有需調整的地方？

附錄 B 期中工作會議紀錄

「單線連續區段軌道容量模式分析(2/2)」

期中工作會議紀錄

一、時 間：104 年 6 月 22 日(星期一)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：蘇振維
蘇振維
鍾志成博士
紀錄：黃笙玹

四、出(列)席單位及人員：

國立成功大學交通管理科學研究所鄭教授永祥

鄭永祥

交通部鐵路改建工程局規劃組施副組長文雄

施文雄

交通部臺鐵局企劃處管考科劉科長昭榮

劉昭榮

交通部臺鐵局運務處綜調所楊站務員凱評

(請假)

臺灣高鐵公司陳協理信雄

(請假)

財團法人中興工程顧問社

鍾志成 黃笙玹 李治國

本所運計組

楊幼文 江明益

五、主席致詞：(略)

六、簡報：(略)

七、出席人員發言要點：

(一) 交通部運輸研究所運計組蘇組長振維

1. 在本軟體開發完成後，會應用在現行的實際案例嗎？

黃筌珖研究員答覆：在去年模式發展完成後，就已經用來分析過臺鐵花東線的容量現況，以及未來雙軌化對容量提升的影響，今年則會著重在軟體開發與使用手冊撰寫。

2. 臺鐵的列車是靠左行駛，但若是靠右行駛的軌道系統，本軟體是否同樣適用？

黃筌珖研究員答覆：無論列車是靠左或靠右行駛，只要使用者自行定義好列車往哪個方向是順行、哪個方向是逆行，不會影響本軟體容量分析的正確性。

(二) 交通部鐵路改建工程局規劃組施副組長文雄

1. 有關車站參數的輔助圖形，雖然變得較精簡，但也失去很多資訊，建議可改為除了顯示使用者選定的參數之外，其它參數改用比較淺的顏色一併呈現。

黃筌珖研究員答覆：可以，但當初會化簡輔助圖形，是因為將順、逆行兩方向的參數都呈現，畫面會變得很雜亂。

鍾志成博士答覆：同樣是將使用者選定的參數用深色，其它參數用淺色一併呈現，但一次只同時呈現順行或逆行的參數，可以避免不要讓畫面太雜亂。

(三) 國立成功大學交通管理科學研究所鄭教授永祥

1. 過去的使用者對本軟體使用上有什麼意見或建議？

鍾志成博士答覆：最近我們得到的建議是希望建立軌道容量軟體專屬網站，提供軟體下載、Bug 回報、技術支援、軟體更新、維護資訊甚至是論壇等服務，未來若有後續計畫，可將此納入工作項目中。

2. 車站參數設定輔助圖形雖然調整成比較單純，但所需的參數仍然很多很細，一般人不易取得這些參數來進行分析。

鍾志成博士答覆：如果要計算號誌時隔，確實需要這些細部的參數。本來今年度要對整個軟體進行改版，將號誌時隔計算和路線容量分析分開為兩個功能，如果沒有計算號誌時隔所需的參數，則可以直接輸入號誌時隔來進行容量分析，這部份工作或許可納入未來運研所研究方向。

3. 本案最後會不會有實際案例分析？

黃笙珖研究員答覆：目前計畫本案最後除了呈現軟體的使用手冊，另外會有一些範例分析供使用者參考。

鍾志成博士答覆：目前正在進行花東雙軌電氣化計畫可行性研究，如果可行，我們考慮將本軟體應用於該案的成果納入期末報告。

(四) 交通部臺灣鐵路管理局企劃處管考科劉科長昭榮

1. 在車站參數設定頁面中，軌道佈設型式的圖形容易讓人誤以為車站的前後皆是複線區間，是否可調整？

黃笙玗研究員答覆：可以調整。

鍾志成博士答覆：建議可調整成只呈現至道岔位置為止。

2. 從會議資料來看，感受不到此軟體是否能夠方便地處理單、複線混合的容量問題？

鍾志成博士答覆：目前的軟體無法處理單、複線混合的情況，主要原因在於背後的核心模式就是各別處理單線或複線的容量。此外，在計算容量時，整條路線的交通組成要一致，若交通組成有變化則要分段求取容量，而軌道系統的單線和複線之間，交通組成通常會有很大的變化。

3. 如何讓使用者了解怎麼用本軟體來進行上述分段處理的容量分析方式？

黃笙玗研究員答覆：過去我們是透過教育訓練以及使用手冊中的範例，來告訴使用者碰到需要分段求取容量時該怎麼處理。

4. 會議資料第 11 頁的圖 2-14，左邊的參數設定與右邊呈現的結果不符？

黃笙玗研究員答覆：該圖為使用者介面設計階段的示意圖，只是繪製時沒有注意到該一致性的問題，非軟體未來實際運作狀況。

八、散會

附錄 C 期中簡報資料



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

單線連續區段軌道容量模式分析 (2/2)

期中審查簡報



簡報人：黃笙琰 研究員

 財團法人中興工程顧問社
中華民國104年8月

簡報內容

單線連續區段軌道容量模式分析 (2/2)

- 一、計畫背景介紹
- 二、研究工作流程
- 三、單線連續區段容量模式回顧
- 四、容量軟體開發
- 五、後續研發方向

1



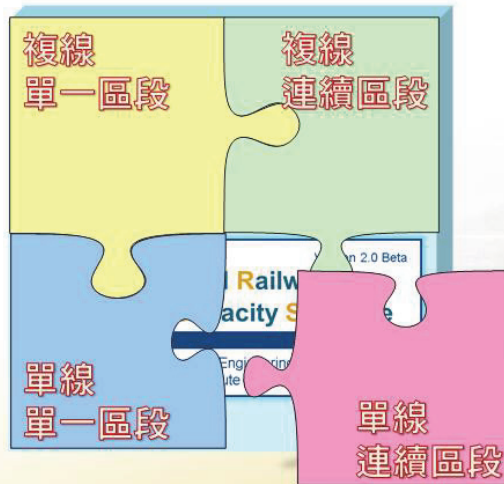
一、計畫背景介紹

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



一、計畫背景介紹

◆ 全程計畫概要

單線連續區段軌道容量模式分析

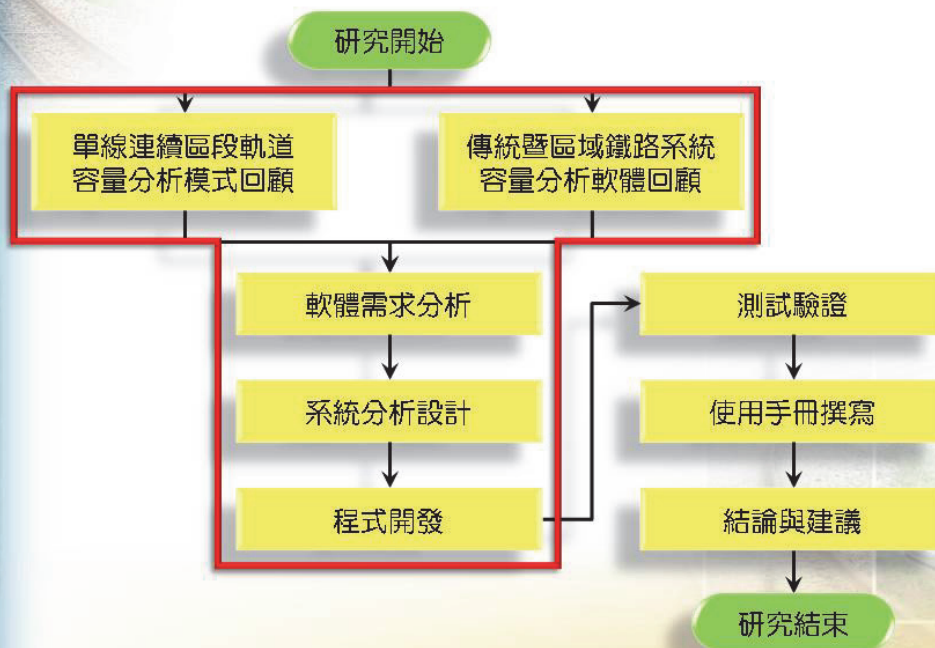


- 蒐集回顧國內外相關文獻
- 建構單線連續區段容量分析模式

- 開發單線連續區段容量分析功能

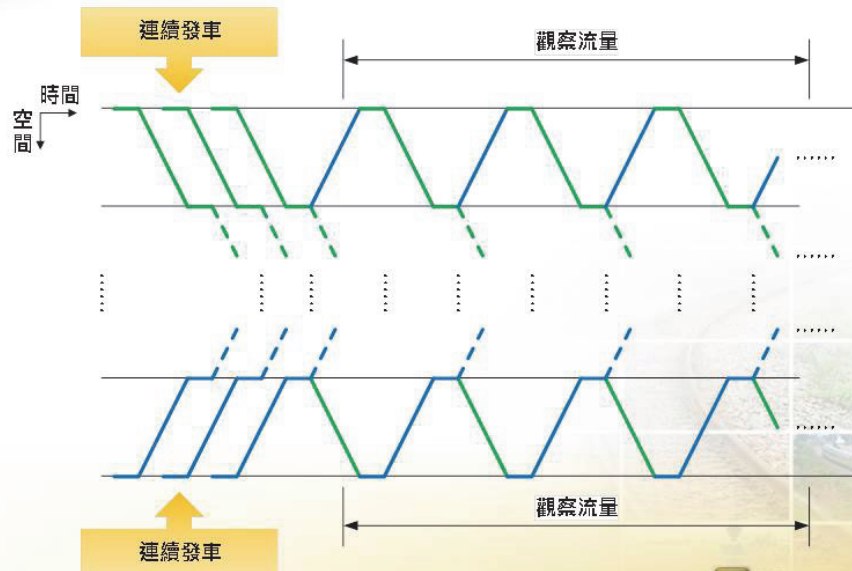


二、研究工作流程



三、單線連續區段容量模式回顧

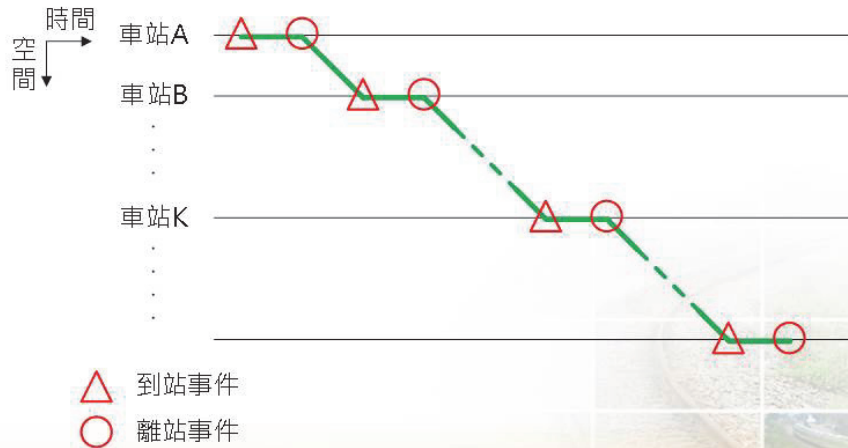
❖ 基本概念





三、單線連續區段容量模式回顧

❖ 基本概念



三、單線連續區段容量模式回顧

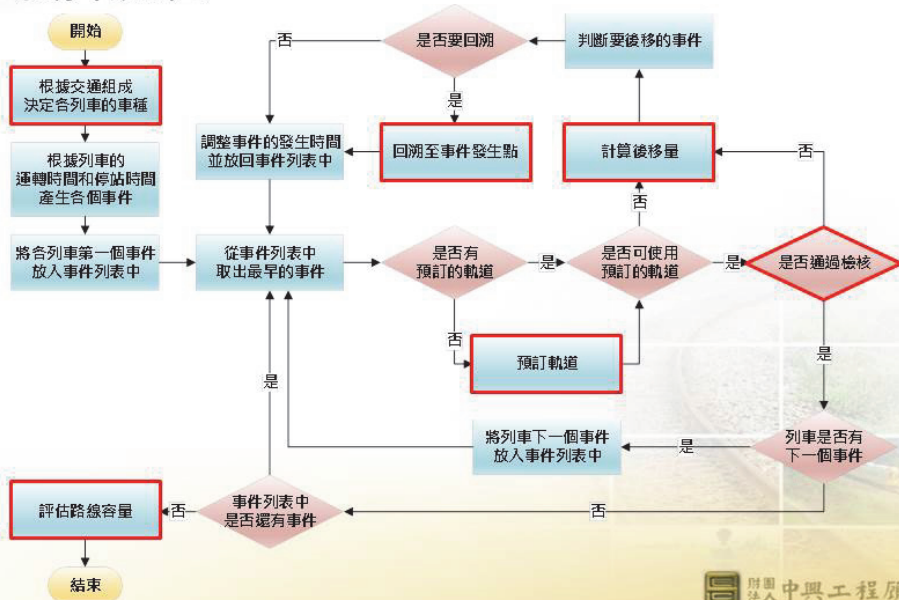
❖ 輸入參數

參數分類	參數名稱	來源歸類		
		單區段模式之輸入	單區段模式之輸出	本模式專用
全域參數	運轉寬裕係數	-	-	✓
	模擬列車數	-	-	✓
交通組成	車種組成比例	-	-	✓
	決定車種的亂數種子	-	-	✓
車站參數	車站清單與順序	✓	-	-
	車站內軌道配置	✓	-	-
列車路線交互關係參數	站間運轉時間	✓	-	-
	計畫停站時間	✓	-	-
號誌時距	到站號誌安全時距	-	✓	-
	離站號誌安全時距	-	✓	-
	反向號誌安全時距	-	✓	-



三、單線連續區段容量模式回顧

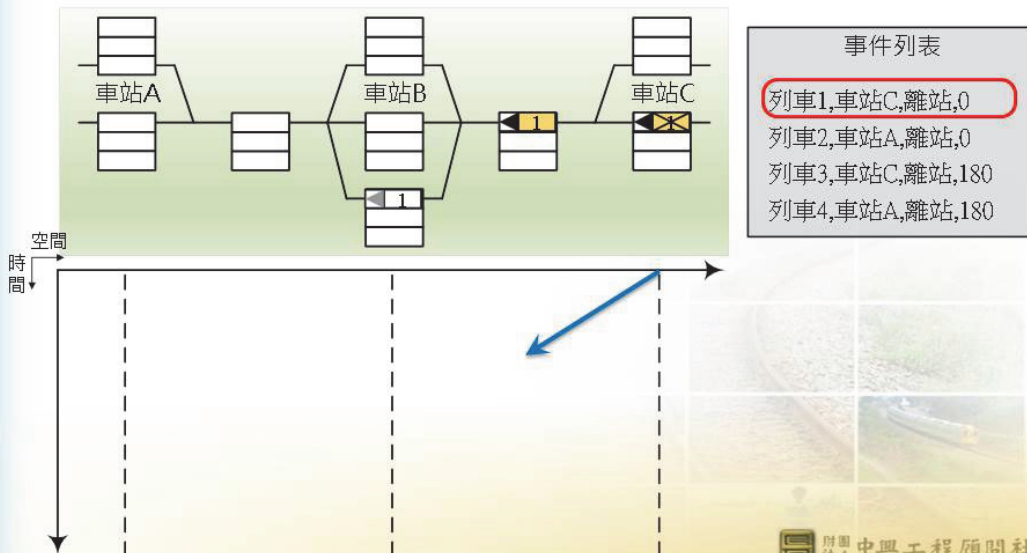
❖ 演算流程



三、單線連續區段容量模式回顧

❖ 演算流程

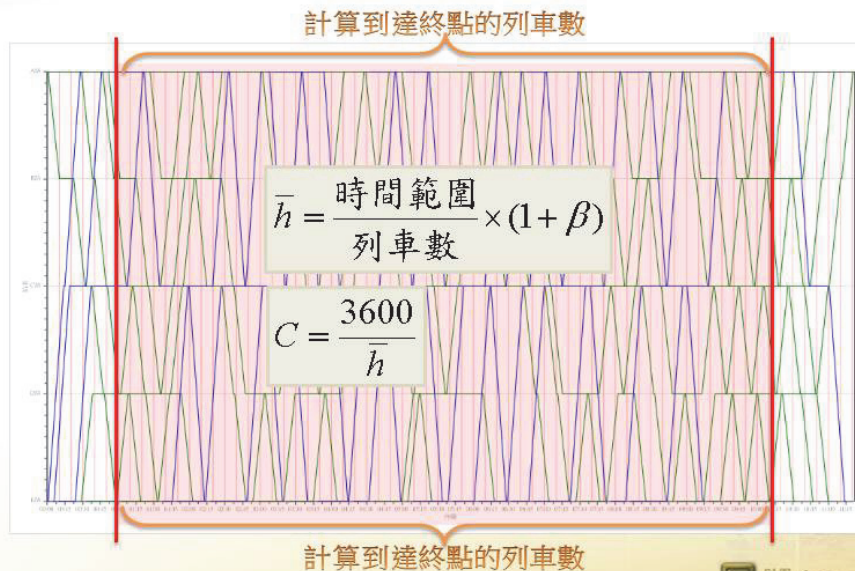
◀ n 列車 n 預訂軌道 ◀ n 列車 n 所在位置 ◀ n 列車 n 已使用完軌道





三、單線連續區段容量模式回顧

❖ 演算流程



財團法人中興工程顧問社



四、容量軟體開發

❖ 需求分析

- 在「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」中擴充功能
- 根據前期所發展的單線連續區段容量模式作為演算核心
- 盡量使其參數輸入介面簡單明瞭
- 顯示容量結果，同時顯示模擬列車數與容量變化之關係
- 須考量檔案儲存與後續加值應用

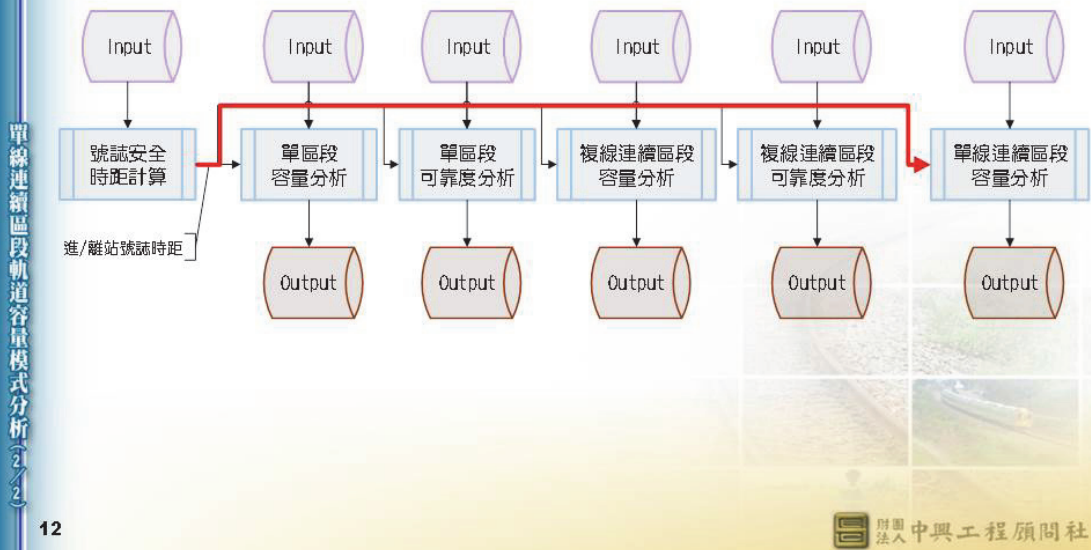
11

財團法人中興工程顧問社



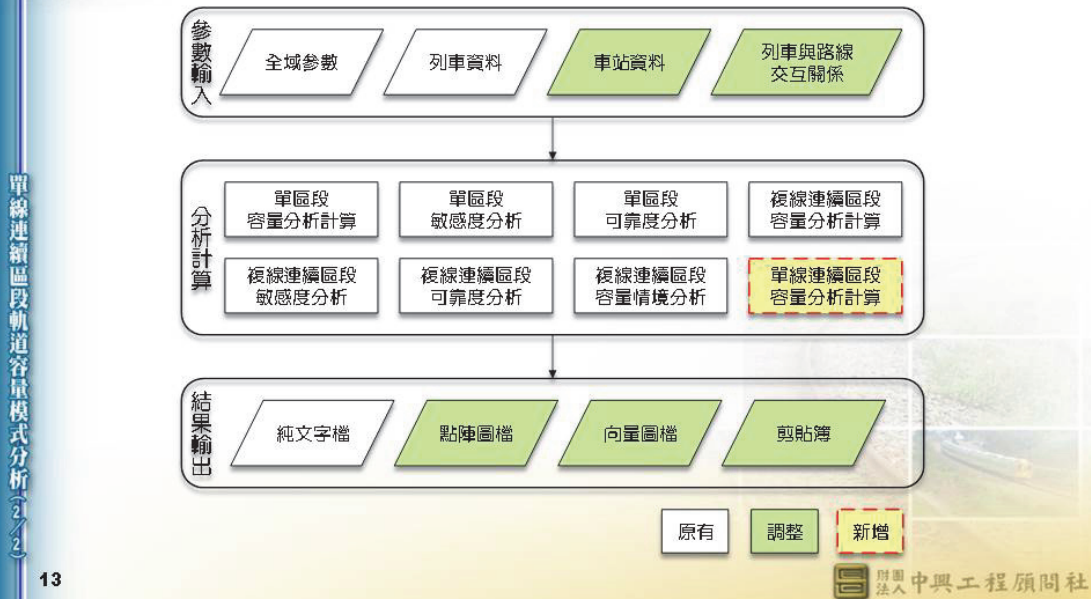
四、容量軟體開發

❖ 系統分析與設計



四、容量軟體開發

❖ 系統分析與設計





四、容量軟體開發

使用者介面設計

－車站設定

參數名稱	順行	逆行
進站坡度(‰)	0.00	0.00
離站坡度(‰)	0.00	0.00
第2閉塞區間長度(m)	1560.00	1560.00
第1閉塞區間長度(m)	1502.00	1502.00
車站所在區間閉塞區間長度(m)	785.00	785.00
第N閉塞區間長度(m)	1560.00	1560.00
第N-1閉塞區間長度(m)	1502.00	1502.00
車站到出發號誌距離(m)	130.00	130.00
進站到出發號誌距離(m)	540.00	540.00



四、容量軟體開發

使用者介面設計

－車站設定

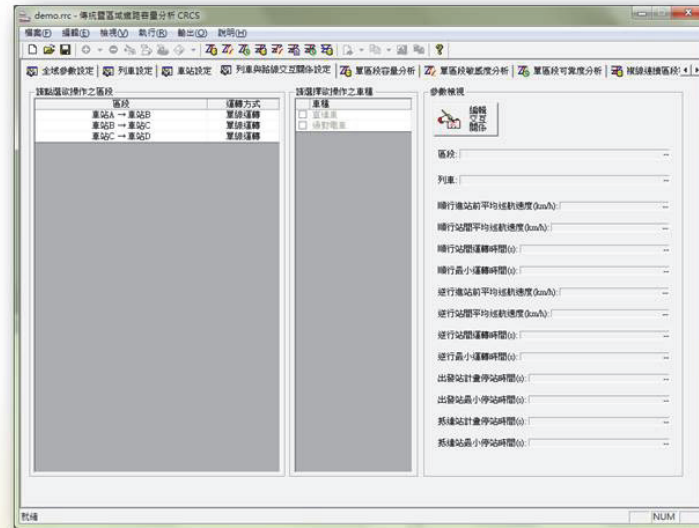
車站參數設定	順行	逆行
G_1 進站坡度(‰)	0	0
G_2 離站坡度(‰)	0	0
B_2 第2閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_1 第1閉塞區間長度(m)	1502	1502
B_s 車站所在區間閉塞區間長度(m)	785	785
B_N 第N閉塞區間長度(m)	1560	1560
B_{N-1} 第N-1閉塞區間長度(m)	1502	1502
S_1 車站到出發號誌距離(m)	130	130
S_2 進站到出發號誌距離(m)	540	540



四、容量軟體開發

❖ 使用者介面設計

－ 列車與路線交互關係設定



四、容量軟體開發

❖ 使用者介面設計

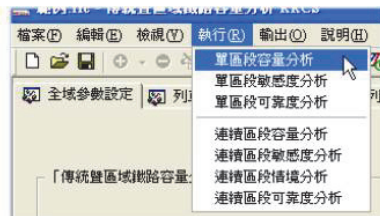
－ 列車與路線交互關係設定



四、容量軟體開發

❖ 使用者介面設計

－單線連續區段軌道容量分析



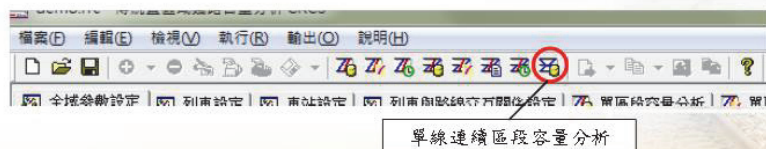
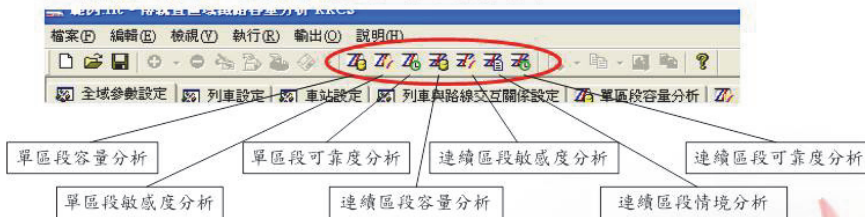
18

中興工程顧問社

四、容量軟體開發

❖ 使用者介面設計

－單線連續區段軌道容量分析



19

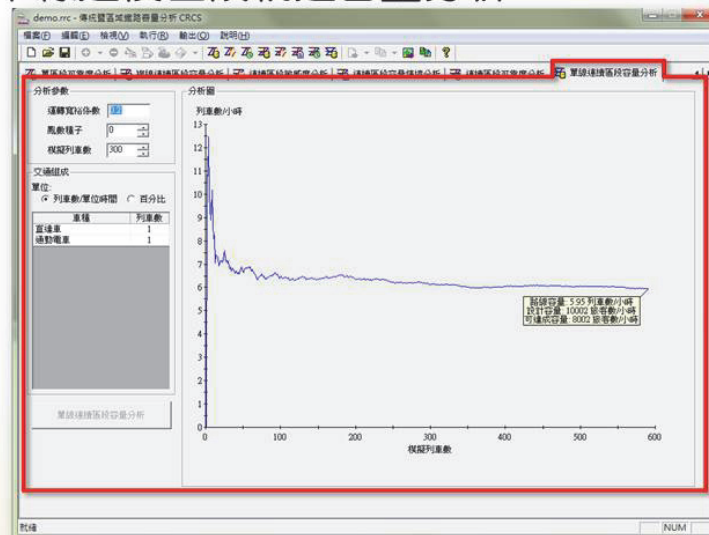
中興工程顧問社



四、容量軟體開發

❖ 使用者介面設計

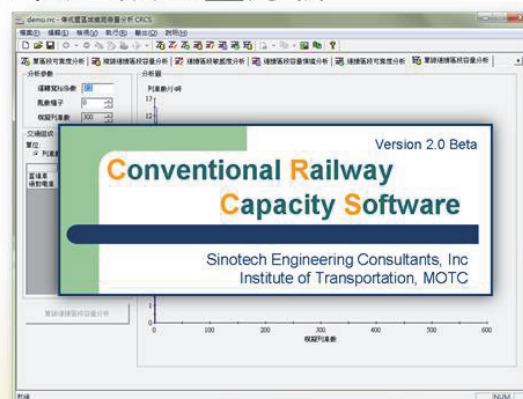
－單線連續區段軌道容量分析



四、容量軟體開發

❖ 軟體操作展示

- －車站參數設定
- －列車與路線交互關係設定
- －單線連續區段容量分析

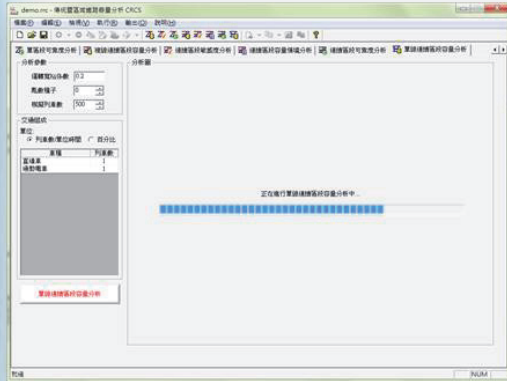




五、後續研發方向

- ❖ 加入分析進度條
- ❖ 自訂號誌安全時距
- ❖ 撰寫軟體使用手冊與分析範例

單線連續區段軌道容量模式分析 (2/2)



自訂號誌安全時距

A車站				B車站				C車站			
先行	自發	警急	警急	先行	自發	警急	警急	先行	自發	警急	警急
180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180

先行和發站D/A				先行和發站D/A			
先行	自發	警急	警急	先行	自發	警急	警急
240	240	240	240	240	240	240	240
240	240	240	240	240	240	240	240
240	240	240	240	240	240	240	240

先行和發站D/A				先行和發站D/A			
先行	自發	警急	警急	先行	自發	警急	警急
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

22

財團法人中興工程顧問社

簡報結束 敬請指教



單線連續區段軌道容量模式分析 (2/2)

附錄 D 期中審查意見處理情形

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
交通部 鐵路改 建工程 局規劃 組施副 組長文 雄	建議透過研討會方式推廣軌道容量 歷年研究成果，並邀請國內外專家學 者參與，期望藉此凝聚往後國內執行 鐵路建設計畫前，各主辦單位需先進 行容量分析之共識，以完備整套可行 性研究流程，並樹立典範。	謝謝評審的意見，將於期 末報告列入建議事項。	同意承辦 單位之處 理意見
	案例部分建議提供「既有線」及「新 設線」2 種方式，分別進行分析，既 有線可參考臺東線或縱貫線之海線 段，新設線則參考恆春支線或南迴 線。	將依評審意見，在期末報 告嘗試加入「既有線」及 「新設線」兩種案例分 析。	已於期 末 報告中回 應處理
	未來花東雙軌電氣化完成後，應簡化 對號車停等站次數，並增加區間車列 車班次，建議後續案例分析，能探討 各種列車停等之情境，並呈現雙軌化 前後總旅行時間之變化。	由於本研究重點在探討路 線容量，故較難反映總旅 行時間之變化情形，但能 分析簡化車種或調整對號 車停站對容量之影響。	同意承辦 單位之處 理意見
	有關程式提供「自訂號誌安全時距」 部分，建議提供智慧化參考數值，以 避免使用者在無實際經驗情形下，任 意設定參數值。	遵照評審意見，將在「自 訂號誌安全時距」功能 中，加入防呆機制，並提 供合理預設值，以協助無 經驗使用者設定參數值。	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
臺灣高 鐵公司 陳協理 信雄	報告書 P4-9 相關模擬結果，其穩定度似不足，另 P4-10 車種加速度部分，其呈現條狀式每小時列車述之意義為何，建請補充說明。	1. 模擬模式在一開始都會有個熱機(warm up)時間，此時容量值會有大幅變動，然隨列車數增加，模擬結果會趨於穩定。圖 4-9 亦是呈現此情況，惟受到車種不同之影響，最後仍有些許變動，但幅度已相當微小。 2. 圖 4-10 為敏感度分析結果，階梯狀線條表示列車加速度數值在某些範圍內對容量沒有影響，而是要增加到一個量以後才會對容量提升有效果。	同意承辦單位之處 理意見
	報告書 P6-1 後續研究工作將針對程式運算時間，增加進度條方式值得讚許，建議顯示進度百分比，以利介面更趨完整。	感謝評審肯定，將依評審建議調整。	已於期 末報 告中 回 應 處 理
	報告書圖 6-3 建議加註單位。	依評審意見辦理。	已於期 末報 告中 回 應 處 理
臺鐵局 運務處 綜合調 度所楊 調度員 凱評	鑑於臺鐵於臺東線壽豐至南平間雙軌化即將啟用，未來列車行駛該路段之交會情形必將減少，可否應用本年度開發軟體估算該路段或整體臺東線之容量提升幅度，請補充說明。	以往容量軟體已能計算複線運轉之軌道容量，即可用來分析壽豐至南平間雙軌化後之容量，而本年度（民國 104 年）加入單線連續區段容量分析功能後，便能計算壽豐之前及南平之後之單線區間容量，最後再將此等區間之容量進行比較取最小值，即可獲得整體臺東線之容量。	同意承辦單位之處 理意見

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
臺鐵局 運務處 綜合調 度所楊 調度員 凱評	本軟體係採雙邊連續發車模式進行容量分析，惟些許列車總運行時間過長，尤以站站停之區間列車為例，實務上民眾應無法接受，建議分析上應設定總運行時間之上限值，以更臻符合本模式之實際意義，另單一車站之停靠時間亦應一併設定上限值。	1. 誠如評審所述，排點不能將容量用盡，否則列車之總運行時間就會過長。 2. 由於本模式不會改變列車的站間運轉時間，所以設定停靠時間上限與設定總運行時間上限有相似意義，而總運行時間又與路線長度有關，因此較好之做法是控制列車之延滯時間。 3. 以往各個容量模式都有對應發展一個可靠度分析模式，透過可靠度模式可獲得列車流量與平均延滯時間之關係，根據可接受之平均延滯時間所對應的列車流量，作為排點的依據，因此建議未來交通部運研所可針對單線連續區段發展可靠度模式。	同意承辦單位之處 理意見

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
臺鐵局 運務處 綜合調 度所楊 調度員 凱評	有關報告書 P4-8 列車容量與平均延滯時間關聯圖，建議改以路線使用率與平均延滯時間方式呈現，以更符民眾直觀理解。	報告書 P4-8 係列車流量與平均延滯時間關聯圖，採用列車流量而非路線使用率之理由係路線使用率會隨容量定義標準而異，在相同列車流量下，若容量定義標準寬鬆，寬裕較少，路線使用率就偏低；若容量定義標準嚴格，寬裕較多，路線使用率就偏高。此外，直接採用列車流量與平均延滯時間關聯圖，也較易讓民眾瞭解每增加一班車可能造成的延滯情況。	同意承辦單位之處 理意見
臺鐵局 企劃處 劉科長 昭榮	P2-3 圖 2-2 之機務段、檢車段及調車場等相關設施已有變動，請修正。	依評審意見辦理，並惠請交通部臺灣鐵路管理局能提供最新資料協助修正。	已於期 末報 告 中 回 應 處 理
	P6-2 有關「自訂號誌安全時距」部分，為確保輸入數值之合理性，建議確認是否應有合理範圍之「防呆機制」。另為增加本模式之週延便利性，請考量是否需增加系統模式計算出之「號誌安全時距」，以與自訂值比對參考。	1. 將在「自訂號誌安全時距」功能中，加入檢查合理值範圍之「防呆機制」。 2. 使用者通常是無法取得號誌時距公式所需之參數時，才需透過自訂時距來分析容量。若要進行比對參考，則原有容量分析功能已能算出號誌時距供使用者比對，因此不需在「自訂號誌安全時距」中加入比對功能。	同意承辦單位之處 理意見

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
臺鐵局 企劃處 劉科長 昭榮	P6-3 有關使用手冊中所設計之分析範例部分，建議應增加後續臺鐵系統擬辦理之多項單線雙軌化計畫(如：花東鐵路雙軌化、西部海線雙軌化、北宜新線、南迴鐵路雙軌化)，以作為其從容量瓶頸改善角度之決策輔助參考資料。	考量後續臺灣鐵路之建設計畫量多，以本研究之歷程恐未克針對每個計畫均進行案例分析，因此手冊中除自行設計範例外，將嘗試以花東雙軌作為實務案例。	已於期末報告中回應處理
	有關原訂辦理之教育訓練、彙整編訂城際軌道系統篇之臺灣軌道容量手冊及軟體改版、單線可靠度分析等相關作業，建議於期末報告中納入後續研究辦理事項，俾利運研所後續參考辦理。	依評審意見辦理。	同意承辦單位之處 理意見
	錯字建議修改部分： (1)P3-2 最後 1 段第 1 行「…兩端使 始發站…」。 (2)P3-4 第 1 段第 1 行「…在全域參 數中，過前期研究…」。 (3)P3-12 最後 1 段第 1 行「…如圖 3-19~圖 3-23 圖 4-20~圖 4-24 等情 況…」；另第 2 行最後 1 字前多空 1 格；第 3 行表 4.5 應改為表 3.5。	依評審意見辦理。	同意承辦 單位之處 理意見
成大交 管所鄭 教授永 祥(書 面意 見)	有關「運轉寬裕係數」雖是沿用前期研究之建議，但本研究是屬單線連續區段之容量模式，是否需要調整可否說明？	前期研究係假設臺鐵臺東線於尖峰三小時之路線利用率接近 100%之前提，校估反推運轉寬裕係數為 0.1，但考量實際行車狀況後，則改建議為 0.2，實際運用時，運轉寬裕係數本身就可讓使用者依情況進行調整。	同意承辦 單位之處 理意見
	有關到站號誌安全時制、離站號誌安全時制、反向號誌安全時制參數之設定對未來系統使用者仍不容易，是否可設計使用者較容易使用的介面讓其清楚使用適合之參數值？	在「自訂號誌安全時距」功能中，將提供預設值予使用者使用，此外亦有「防呆機制」檢查設定值是否在合理範圍內。	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
成大交 管所鄭 教授永 祥(書 面意 見)	預定軌道機制規則是否都是依照 Dynamic Route Reservation？還是有其他的規則是因列車運行的需要所訂定？	在原本 Dynamic Route Reservation 所制定之預定軌道規則就具有擴充調整之彈性，因此前期發展單線連續區段容量分析模式時，未完全依照原有規則，而有針對模式之特性進行調整。	同意承辦單位之處 理意見
	表 4-4 所列之參數及可能的數值，可能要附清楚的數值輸入使用說明，否則一般使用者可能會有應用上之困難？如使用者如何判定第三型軌道佈設下股道號制時隔發生的機率？	該章節為容量軟體之回顧，故未詳細敘述，但在軟體使用手冊皆有詳盡說明。	同意承辦單位之處 理意見
	可否多放一些實例應用及相關說明，讓使用者更容易使用此套軟體？	依評審意見辦理，期末報告將著重軟體使用與範例應用之說明。	已於期 末報 告中 回 應處 理
本所運 計組 (書面 意見)	本次期中報告內容已初步證實模式已能處理單線連續區段軌道容量之分析，並呈現模式完整架構及模式測試結果，爰本次期中報告內容符合既定進度。	感謝評審肯定。	同意承辦單位之處 理意見
	P5-22 有關操作頁面之交通組成部分，考量臺鐵雖以客運為主要經營市場，惟貨運部分仍為少部分路線容量之關鍵影響因子，尤以北迴線砂石運輸部分，建議程式中能增列貨運車種，使模式分析更臻實際。	以往所發展之容量分析模式皆是以客運列車為前提，由於貨運列車在站內軌道之運用與客運有明顯不同，現有模式無法適用，因此有待後續將貨運列車納入考量來發展容量模式。	同意承辦單位之處 理意見
	P6-3 有關號誌安全時距之設定介面，建議右上端增列參數單位，俾利周延。	依評審意見辦理。	已於期 末報 告中 回 應處 理
	有關後續實務分析案例，建議參考臺東線、縱貫線之海線段、恆春支線等實際案例，進行模擬分析。	後續實務分析案例，將考量資料取得與保密協定情況，選擇合適案例進行分析。	同意承辦單位之處 理意見

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	為凸顯軌道容量分析之重要性及必要性，除本所及研究團隊親赴臺鐵局或鐵工局進行成果報告外，亦可藉由行政方式，適時傳達軌道容量之重要性。	感謝主席說明。	同意承辦單位之處 理意見
	請臺鐵局或鐵工局檢視當前實務研究需求，正式來函協請本所辦理。	敬悉。	同意承辦單位之處 理意見
	未來有關臺鐵相關建設計畫，例如立體化、支線存廢、改建等，請臺鐵局及鐵工局於相關先期報告書中，納入軌道容量分析之工作項目，俾與臺鐵系統實務應用之結合，以凸顯本研究之實用價值及應用成效。	感謝主席說明。	同意承辦單位之處 理意見
	請中興工程顧問社研議後續年度舉辦研討會方式及內容，提供本所參考。	依主席裁示辦理。	同意承辦單位之處 理意見
	有關本會議各與會學者專家及代表所提意見，請規劃單位充分考量納入報告修正及列表回應；至本次期中報告審查通過，請依合約續辦相關作業。	感謝諸位評審之肯定。	--

「MOTC-IOT-104-PBB004
單線連續區段軌道容量模式分析 (2/2)」
期中報告審查會議紀錄

一、時 間：104 年 8 月 7 日(星期五)下午 4 時整

二、地 點：交通部運輸研究所 10 樓會議室

三、主持人：蘇組長振維

蘇振維

記錄：江明益

四、出(列)席單位及人員：

成功大學交通管理科學研究所鄭教授永祥

(請假)

交通部路政司魏科長瑜

(請假)

交通部鐵路改建工程局規劃組施副組長文雄

施文雄

交通部臺灣鐵路管理局運務處綜合調度所楊調度員凱評

楊凱評

交通部臺灣鐵路管理局企劃處管考科劉科長榮

劉

劉昭榮

台灣高速鐵路股份有限公司營業處陳協理信雄

陳信雄

財團法人中興工程顧問社

黃竺珪 鍾志成

本所運計組

江明益

五、散會時間：下午 5 時 05 分

附錄 E 期末工作會議資料

單線連續區段軌道容量模式分析(2/2)

期末工作會議資料（104.10.23）

1. 會議資料摘要

本會議資料包括下列課題

- (1) 目前工作進度
- (2) 未來工作計畫
- (3) 問題討論

2. 目前工作進度

本研究在期中審查時已經在傳統暨區域鐵路容量軟體中新增了單線連續區段容量分析功能，下半年度則是繼續完成該功能之各項細節，並撰寫其使用手冊以及分析範例，以下分別說明軟體開發情況與分析範例初步成果。

2.1 單線連續區段軌道容量分析功能後續開發

2.1.1 顯示分析進度

目前容量軟體在進行小規模的單線連續區段容量分析時，所需的運算時間非常短，但隨著問題規模變大，則需要愈長的運算時間，因此在容量軟體進行運算的過程中，加入了進度百分比以及進度條，來顯示目前分析進度，如圖 2-1，而當分析完成後便會自動呈現分析結果。

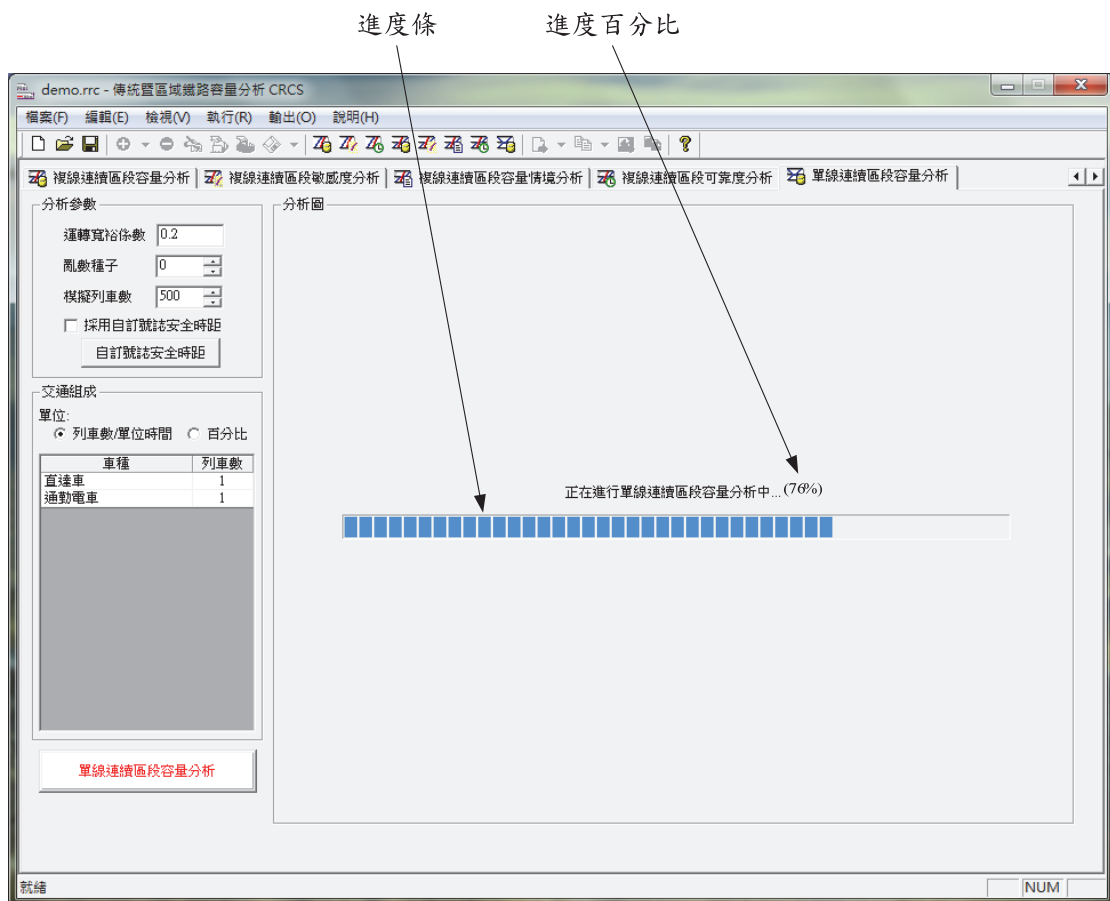


圖2-1 顯示分析進度

2.1.2 自訂號誌安全時距

在傳統暨區域鐵路容量軟體中，進行任何的容量分析時，都會先依據運研所過去發展的號誌安全時距公式計算號誌時距，如圖 2-2，也因此使用者必須輸入該公式所需的路線條件、交通條件和號誌條件等各項參數，才能進行容量分析，然而，這些參數並非都能輕易獲得，尤其在規劃新建軌道系統的階段，甚至根本還沒有這些參數。有鑑於此，在單線連續區段容量分析功能中加入了自訂號誌安全時距的功能，如圖 2-3，「採用自訂號誌安全時距」為勾選的狀態下執行容量分析，程式便會以使用者自訂的號誌時距來進行運算。

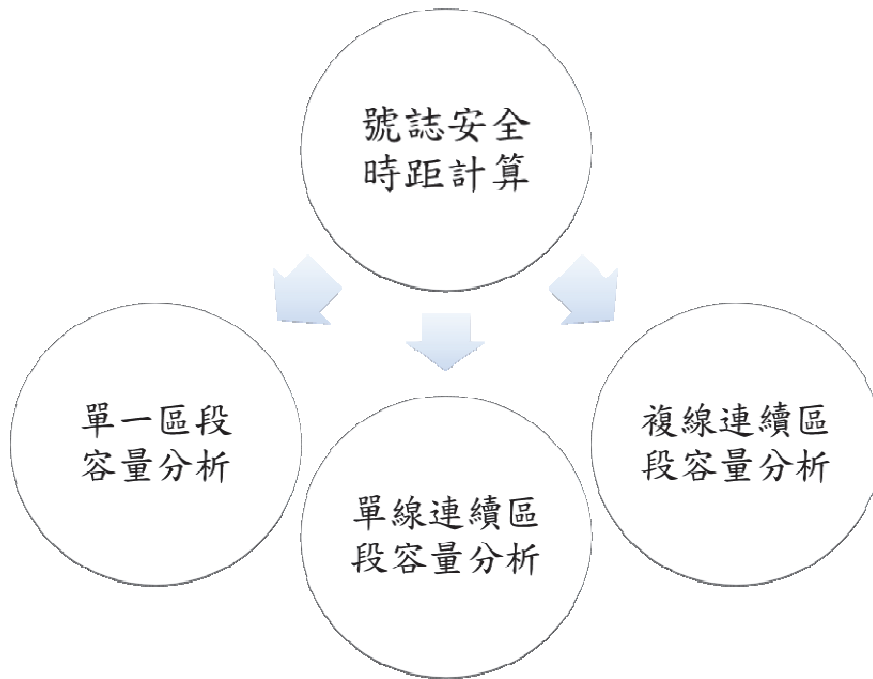


圖2-2 容量分析與號誌安全時距計算之關係

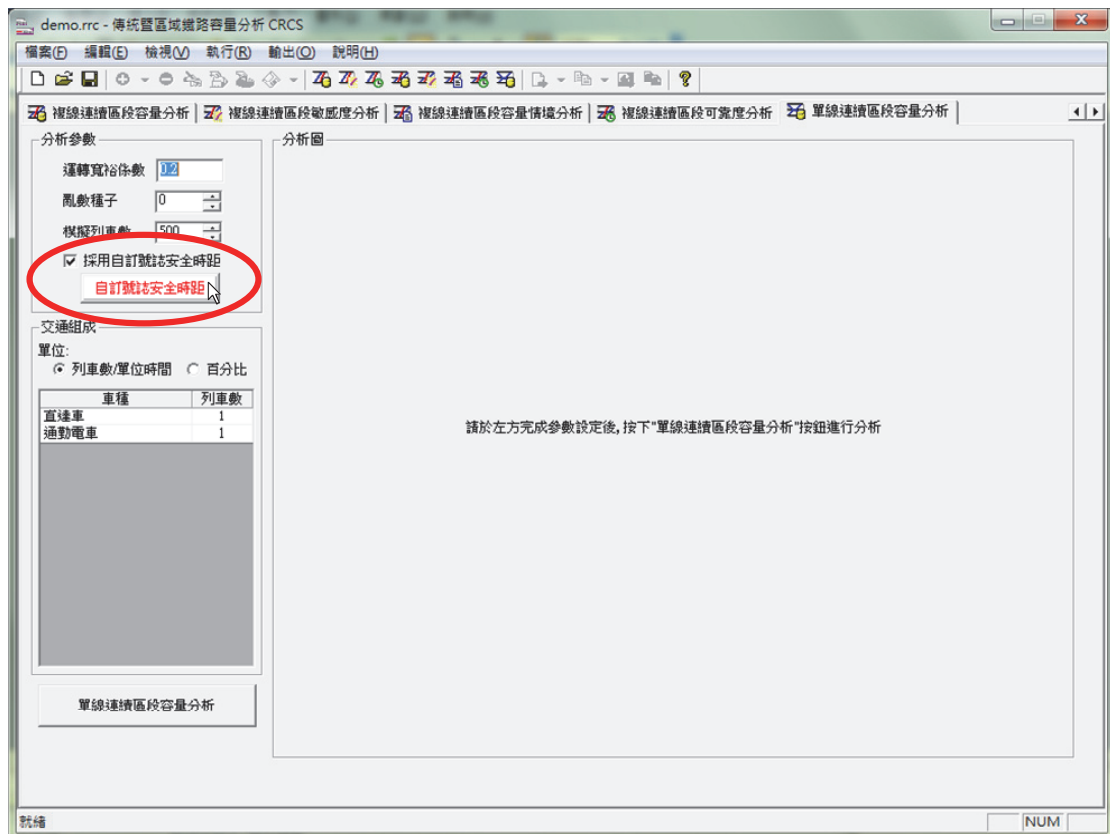


圖2-3 新增自訂號誌安全時距功能

於圖 2-3 中按下【自訂號誌安全時距】按鈕，便會出現如圖 2-4 之對話盒，可針對各個車站、各種先續行車種組成，分別設定其號誌安全時距的

數值，其預設值與合理範圍等資訊如表 2.1。此外為了增加應用彈性，在圖 2-4 中可按下【代入公式計算結果】按鈕，程式會根據列車設定、車站設定、列車與路線交互關係設定，以運研所號誌安全時距公式計算各項號誌時距，並在圖 2-4 對應的表格中代入計算結果，同時，亦有【恢復系統預設值】按鈕，可將各項號誌時距的數值恢復成預設值。

圖2-4 自訂號誌安全時距對話盒

表2.1 自訂號誌安全時距之單位、預設值與合理範圍檢查表

變數名稱與意義	型態	單位	預設值	合理性檢查
順行進站時距	整數	秒	180	[30, 600]
順行離站時距	整數	秒	180	[30, 600]
順行同股道到開時距	整數	秒	210	[30, 600]
順行交會時距	整數	秒	60	[15, 600]
逆行進站時距	整數	秒	180	[30, 600]
逆行離站時距	整數	秒	180	[30, 600]
逆行同股道到開時距	整數	秒	210	[30, 600]
逆行交會時距	整數	秒	60	[15, 600]

2.2 分析範例

分析範例將會有基本範例和實務範例兩類，基本範例包含快速入門、小規模單線連續區段範例，以及單複線混合路線之處理等；而實務範例則包含新設路線和既有路線的容量分析，其中新設路線以臺鐵恆春支線為例，而既有路線則以臺鐵花東線為例，以下分別說明此兩範例之內容。

2.2.1 新設路線容量分析

1. 問題描述

恆春半島為臺灣重要的觀光旅遊地區，近年來更是蓬勃發展，使其聯外運輸需求日益增加，因此欲延伸臺灣鐵路服務範圍，興建恆春支線鐵路，以緩和恆春地區公路運輸壓力。根據運量預測，未來恆春支線於尖峰時間需提供單向 1 列直達車、1 列區間車以及 1 列郵輪式列車，請檢核該工程規劃之路線容量可否滿足其營運需求。

2. 背景說明

目前規劃恆春支線從內獅站起至恆春站止，全長 37.72 公里，共計有 8 座車站，1 座號誌站，各站軌道佈設如表 2.2，全線布設單軌。

表2.2 恆春支線車站軌道配置狀況

里程 (km)	車站	站內軌道佈設型式
0	內獅	兩島式月臺四股道
7.24	枋山	一島一岸壁式月臺三股道
11.74	枋山號誌站	兩股道
14.05	楓港	一島式月臺兩股道
18.64	竹坑	一島式月臺兩股道
25.24	海口	一島一岸壁式月臺三股道
28.14	車城	一島一岸壁式月臺三股道
32.05	五里亭	一島式月臺兩股道
37.72	恆春	兩島式月臺四股道

由於恆春支線為新建路線，無法實測列車的站間運轉時間，故透過列車運轉模擬軟體，獲得各種列車的站間運轉時間如表 2.3，其中直達車只停靠海口及恆春；區間車除枋山號誌站之外，其餘各站皆停；郵輪式列車則停靠枋山、海口、車城和恆春，直達車和郵輪式列車的停站時間為 1 分鐘，區間車則為 30 秒。

表2.3 恆春支線基準運轉時分

站間	直達車	區間車	郵輪式列車
內獅－枋山	5:00	8:45	5:15
枋山－枋山號誌站	3:00	4:30	5:15
枋山號誌站－楓港	1:15	2:00	2:15
楓港－竹坑	2:45	5:30	7:30
竹坑－海口	4:15	6:00	5:15
海口－車城	3:30	4:00	4:00
車城－五里亭	2:30	4:30	4:00
五里亭－恆春	4:15	5:45	4:30

單位：分：秒

3. 求解結果

根據背景說明所述，首先在 CRCS 中新增 3 種列車和 9 座車站，如圖 2-5和圖 2-6，此外，於【列車與路線交互關係設定】頁面中將所有區間設為單線運轉，如圖 2-7，並設定列車的站間運轉時間與停站時間。

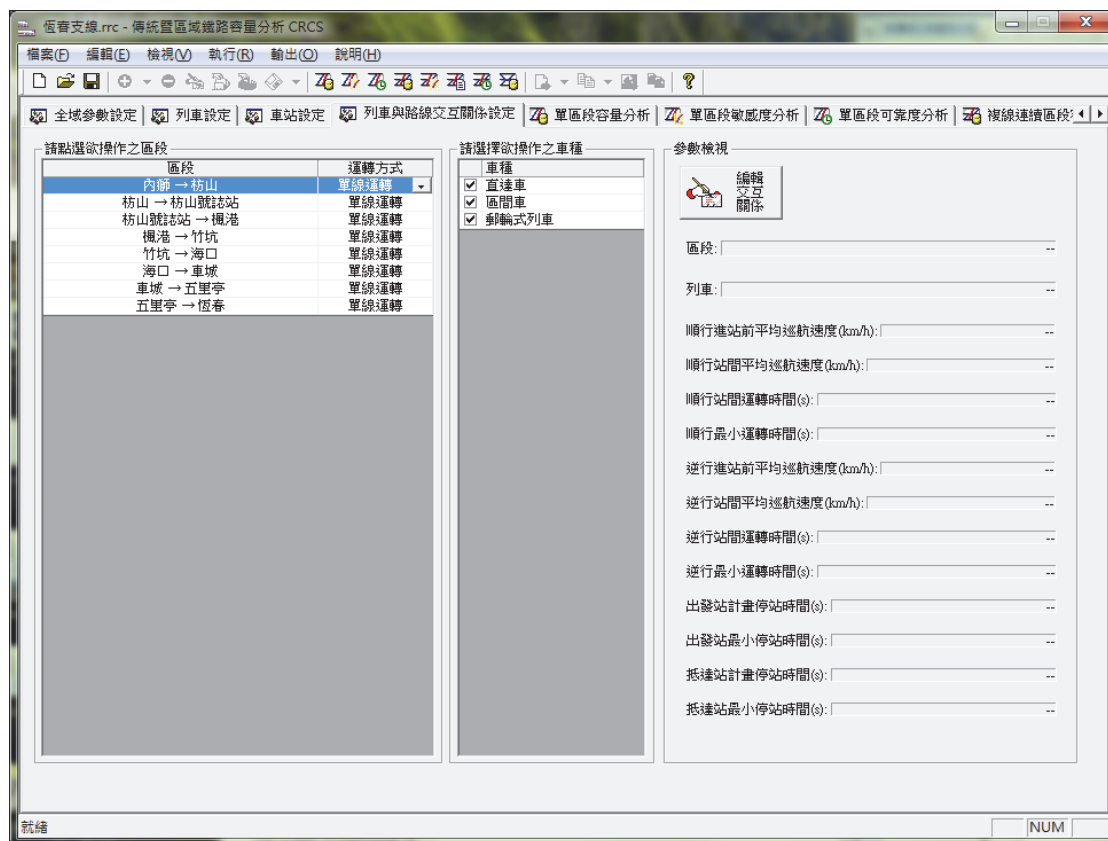


圖2-7 設定列車與路線交互關係

接著切換至【單線連續區段容量分析】頁面，勾選【採用自訂號誌安全時距】，如圖 2-8，並依據營運需求設定直達車、區間車和郵輪式列車的組成比例為 1：1：1。最後按下【單線連續區段容量分析】按鈕後，可得到圖 2-9之結果，顯示目前工程規劃之路線容量為每小時雙向 6 列車，剛好可滿足營運需求。

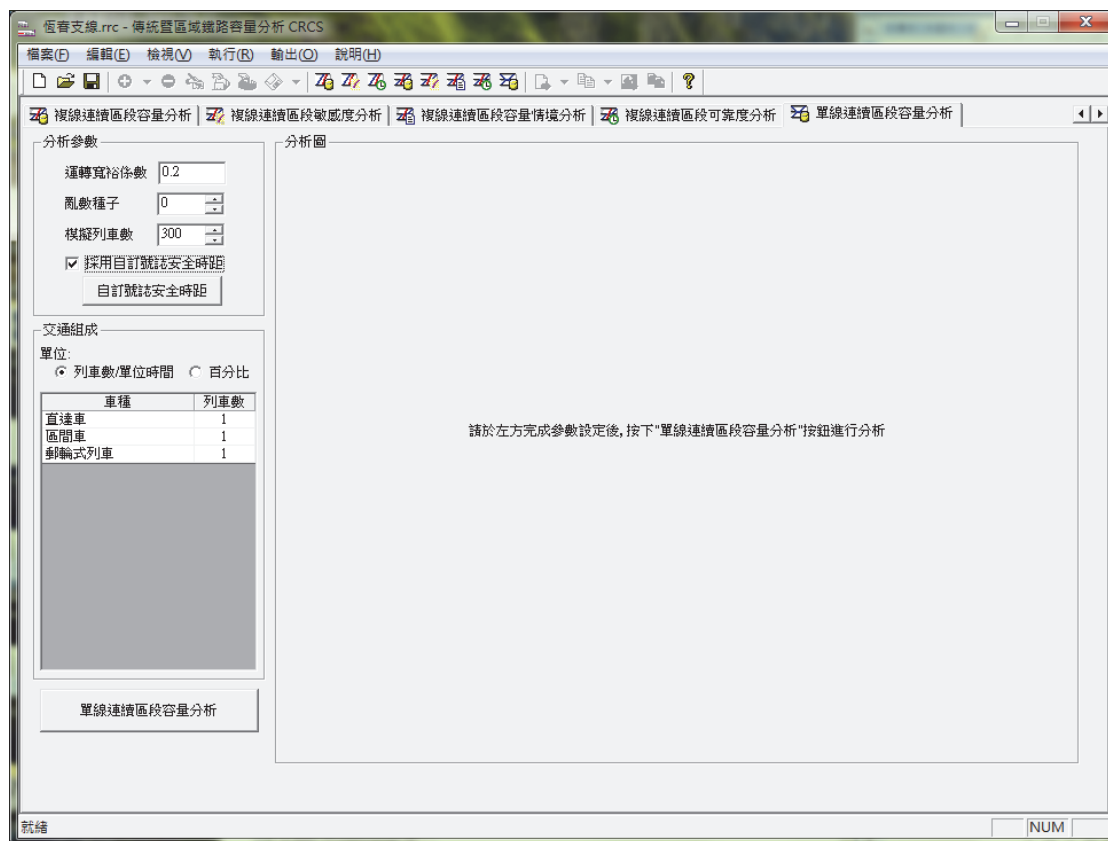


圖2-8 勾選採用自訂號誌安全時距

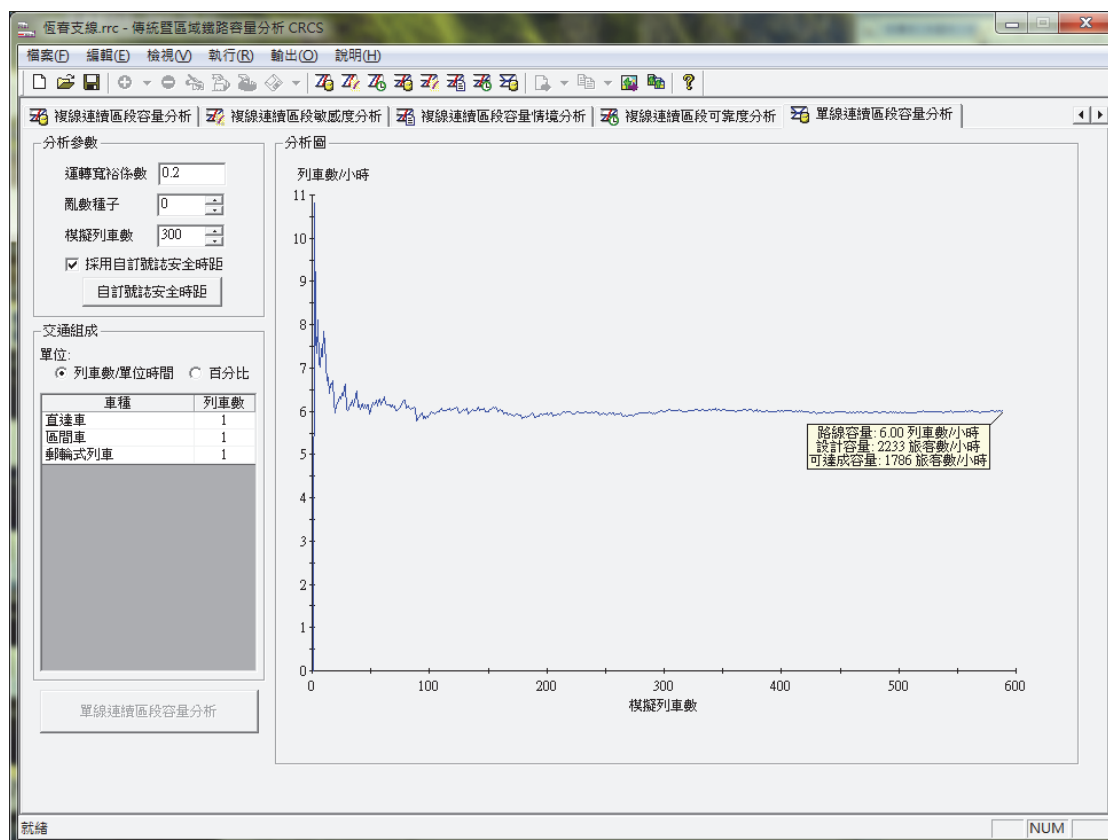


圖2-9 恆春支線容量分析結果

2.2.2 既有路線容量分析

1. 問題描述

為提升花東鐵路運能，規劃將進行全線雙軌化，試探討此規劃對現有路線容量提升之效果為何？

2. 背景說明

花東鐵路全線共計有 26 座車站，在進行全線雙軌化之前，沿線各車站分佈與單、複線區間配置狀況如圖 2-10。本路線主要有傾斜式自強號、柴聯自強號、莒光號和區間車等 4 種營運列車，對號列車大多以花蓮或臺東為始發或終點車站，而區間車則是以花蓮—玉里、玉里—臺東作為營運起迄，各區段於尖峰小時的交通組成如表 2.4。

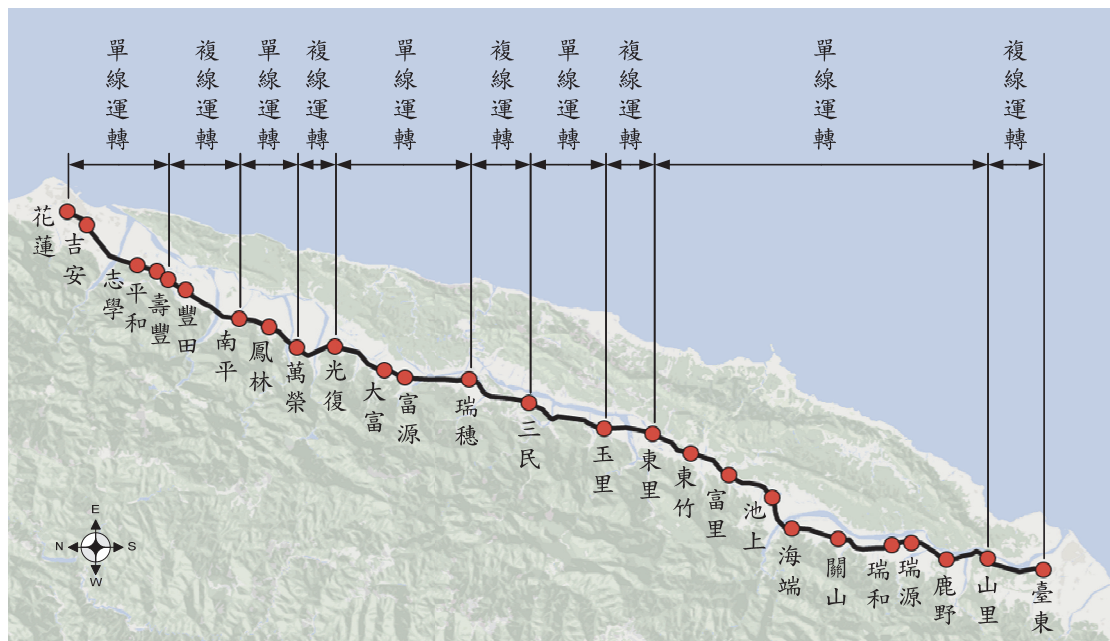


圖2-10 臺鐵花東鐵路範圍與單複線區間配置狀況

表2.4 各區段尖峰小時交通組成

區段	運轉方式	方向	交通組成
花蓮－壽豐	單線運轉	雙向	1 : 2 : 0 : 3
壽豐－南平	複線運轉	順行	0 : 2 : 1 : 2
		逆行	1 : 2 : 0 : 2
南平－萬榮	單線運轉	雙向	1 : 3 : 1 : 1
萬榮－光復	複線運轉	順行	1 : 1 : 0 : 2
		逆行	1 : 1 : 0 : 1
光復－瑞穗	單線運轉	雙向	1 : 2 : 1 : 1
瑞穗－三民	複線運轉	順行	2 : 2 : 0 : 1
		逆行	2 : 2 : 0 : 1
三民－玉里	單線運轉	雙向	2 : 2 : 1 : 0
玉里－東里	複線運轉	順行	1 : 2 : 1 : 0
		逆行	1 : 1 : 1 : 0
東里－山里	單線運轉	雙向	1 : 3 : 1 : 0
山里－臺東	複線運轉	順行	1 : 2 : 0 : 0
		逆行	1 : 1 : 1 : 0

對於雙軌化路線之規劃如圖 2-11，而根據運量預測，未來花東線服務旅客主要是以中長程旅次為主，預計尖峰小時列車服務頻率如下：

- (1) 傾斜式自強號：2 班／小時
- (2) 推拉式自強號：2 班／小時
- (3) 區間車：1 班／小時，但保留 3 班/小時的發車能力。

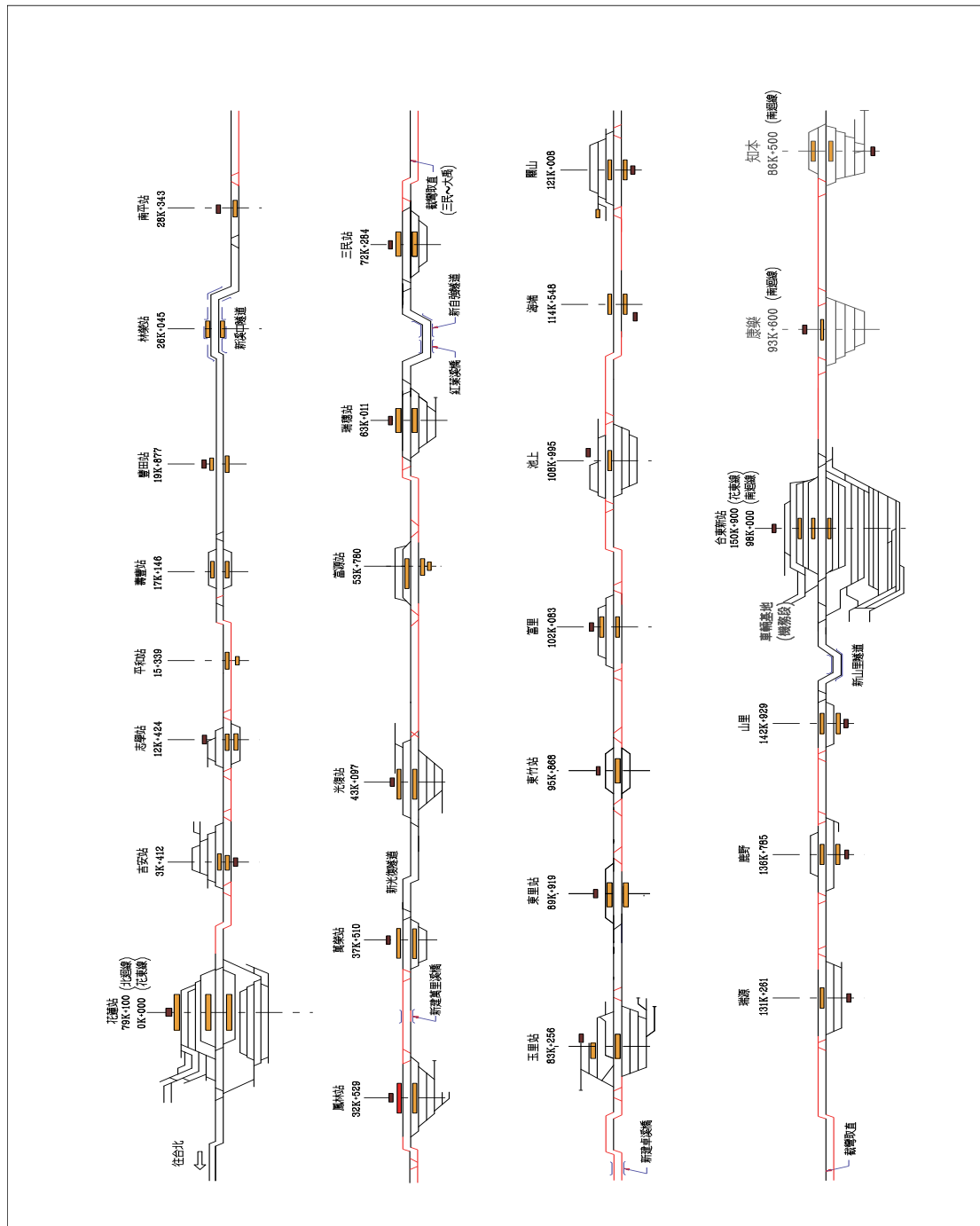


圖2-11 花東鐵路雙軌路線規劃示意圖

3. 求解結果

欲探討花東雙軌化對容量提升效果，首先需計算現階段路線容量狀況。如背景說明所述，考量到區間車的營運形態，本分析將花東鐵路分為花蓮—玉里和玉里—臺東兩段，分別計算其路線容量。又因為花東鐵路為單、複線混合配置，因此需分別依照每個單、複線區間起迄車站建立 CRCS 的專案檔，且複線區間還需區分順逆行，如圖 2-12和圖 2-13。

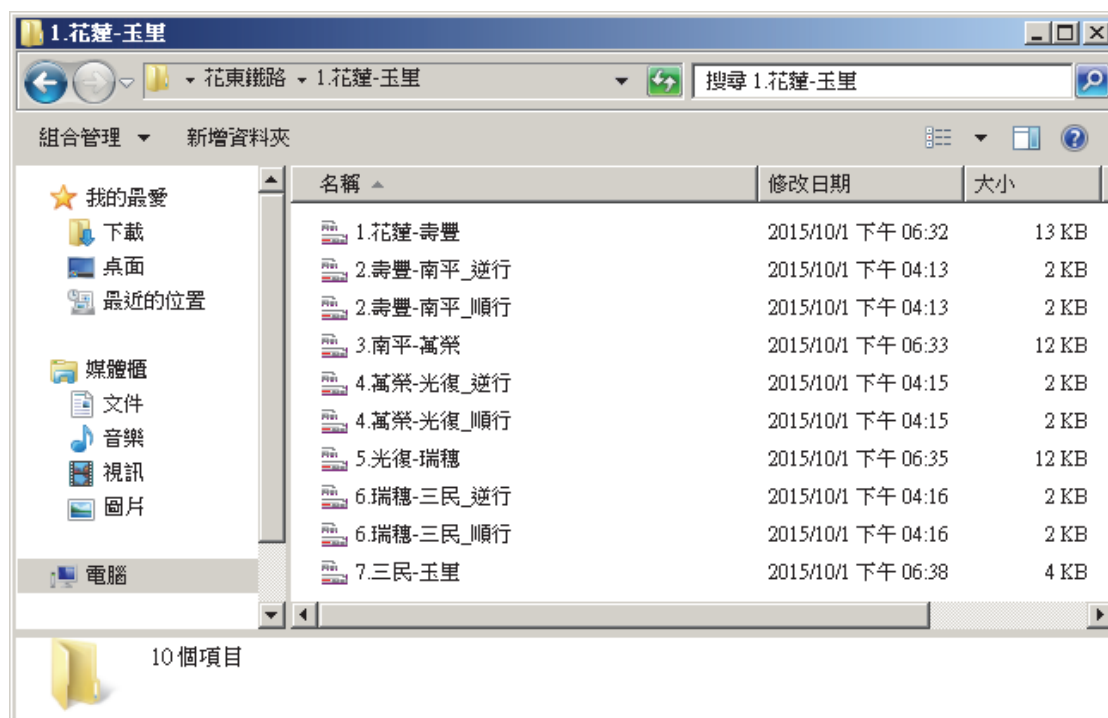


圖2-12 建立花蓮－玉里容量分析專案檔

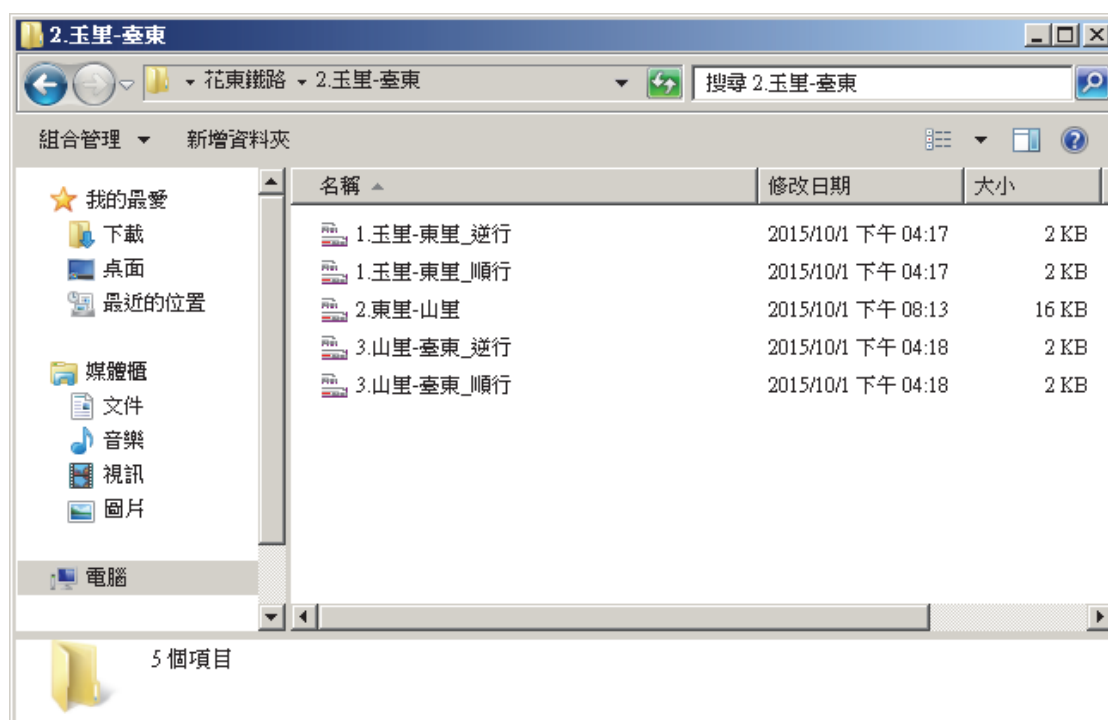


圖2-13 建立玉里－臺東容量分析專案檔

依據每個專案的範圍分別輸入所需參數後，透過 CRCS 進行容量分析所獲得的結果彙整如表 2.5和表 2.6，花蓮－玉里間的整體容量表現受到光復－瑞穗的瓶頸限制，平均約每小時雙向 4.76 列車；玉里－臺東的容量則受到東里－山里影響，平均約每小時雙向 4.02 列車。

表2.5 花蓮－玉里路線容量

區段	方向	路線容量 (TU/h)	整體容量表現 (TU/h)
花蓮－壽豐	雙向	6.26	雙向共 4.76
壽豐－南平	順行	8.72	
	逆行	8.50	
南平－萬榮	雙向	8.92	
萬榮－光復	順行	12.00	
	逆行	11.81	
光復－瑞穗	雙向	4.76	
瑞穗－三民	順行	10.52	
	逆行	11.65	
三民－玉里	雙向	5.42	

表2.6 玉里－臺東路線容量

區段	方向	路線容量 (TU/h)	整體容量表現 (TU/h)
玉里－東里	順行	8.75	雙向共 4.02
	逆行	10.66	
東里－山里	雙向	4.02	
山里－臺東	順行	12.54	
	逆行	11.22	

在全線雙軌化後，便沒有單複線混合的情況，因此只要按照營運形態和運行方向，分別建立專案檔，如圖 2-14，於每個專案分別輸入相關參數後，透過 CRCS 進行容量分析所獲得的結果彙整如表 2.7，可發現雙軌化之容量明顯高於現況許多，如表 2.8，此外亦可滿足未來的旅運需求，達到尖峰時間單方向每小時至少 7 列車的需求。

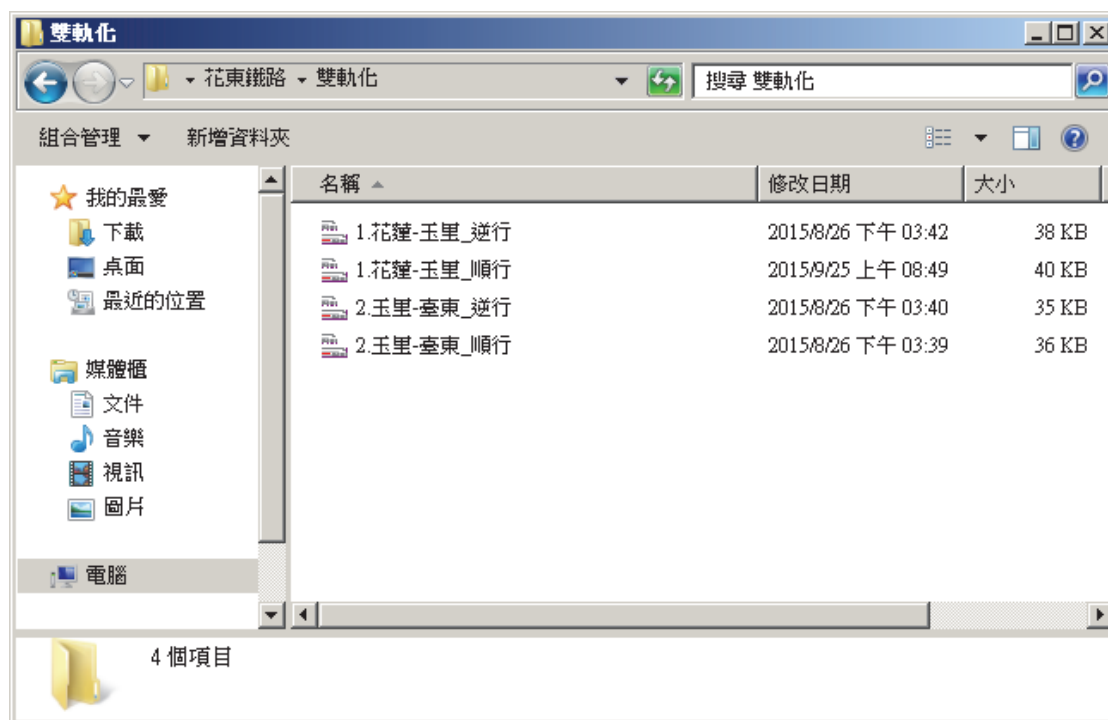


圖2-14 建立花東鐵路雙軌化容量分析專案檔

表2.7 花東鐵路雙軌化後之路線容量

區段	方向	路線容量 (TU/h)	整體容量表現 (TU/h)
花蓮－玉里	順行	7.03	雙向共 14.76
	逆行	7.73	
玉里－臺東	順行	7.61	雙向共 15.00
	逆行	7.39	

表2.8 花東鐵路雙軌化前後容量變化比較表

區段	雙軌化前容量(TU/h)	雙軌化後容量 (TU/h)	改善幅度
花蓮－玉里	4.76	14.76	210%
玉里－臺東	4.02	15.00	273%

3. 未來工作計畫

未來欲進行的後續工作內容如下：

1. 完成分析範例內容
2. 編撰軟體使用手冊
3. 撰寫期末報告

4. 問題討論

1. 單線連續區段軌道容量分析功能中的分析進度和自訂號誌安全時距是否符合需求？
2. 對於分析範例之內容是否需增減或修正？

附錄 F 期末工作會議紀錄

「單線連續區段軌道容量模式分析(2/2)」

期末工作會議紀錄

一、時 間：104 年 10 月 23 日(星期五)上午 9 時整

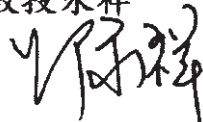
二、地 點：交通部運輸研究所七樓運輸規劃科技研究室

三、主持人：蘇振維、鍾志成博士

紀錄：黃笙玹

四、出(列)席單位及人員：

國立成功大學交通管理科學研究所鄭教授永祥



交通部鐵路改建工程局規劃組施副組長文雄

(請假)

交通部臺鐵局資訊處劉副主任昭榮



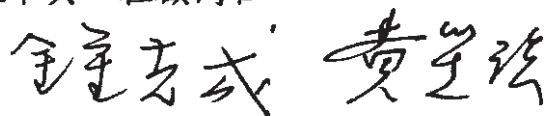
交通部臺鐵局運務處綜調所楊主任調務員凱評



臺灣高鐵公司陳協理信雄



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：

(一) 交通部臺灣鐵路管理局資訊處劉副主任昭榮

1. 花東雙軌案例有助於檢視政策的成效如何，但其精細度是否可以再增加？例如：雙軌化和車種簡化對路線容量的提升分別有什麼影響？

鍾志成博士答覆：目前的案例是直接將該案的規劃結果，包含雙軌化、交通組成等，一併考量後來進行分析，後續會依建議分階段分析雙軌化和車種簡化對路線容量改善的影響。

2. 分析範例除了目前正再進行的計畫之外，是否可用還在醞釀中的計畫來作為範例？例如南迴雙軌化或其它容量提升方案，這樣對未來政策的擬訂上會比較有貢獻。

鍾志成博士答覆：本案目前沒有南迴線雙軌化的相關資料，而且就運輸需求而言，南迴線短期內似乎沒有提升容量的必要，不過我們仍會嘗試去蒐集相關資料，若資料齊全，就可以做這個案例，此外，重點將會是在說明分析邏輯，並假設不考慮工程可行性問題；但如果資料不足，就只能有待後續相關的計畫再來進行。

(二) 臺灣高鐵公司陳協理信雄

1. 有關自訂號誌安全時距的操作介面，由於車站數量可能很多，是否可讓使用者設定一組數值先套用到所有的車站，之後再各別修改號誌時距設定？

黃笙玗研究員答覆：依照建議後續會加入此功能。

2. 若使用者在自訂號誌安全時距時，選擇代入公式計算結果後，還能再編修代入後的數值嗎？

黃笙玗研究員答覆：可以，目前軟體就有這樣的功能。

(三) 交通部臺鐵局綜合調度所楊站務員凱評

1. 案例中顯示現階段花東部份雙軌化對於容量沒有顯著的幫助，當初針對部分路段雙軌化是基於工程考量，而非就容量的觀點來考量，因此在完工通車後不易向外界解釋工程對容量改善的效益為何。

鍾志成博士答覆：國內鐵路建設確實有這問題，目前任何交通建設計畫都要做運輸需求預測，但這僅是需求面的分析，在缺乏供給面的分析下，仍然無法掌握該交通建設計畫的效益，因此建議未來任何鐵路工程在可行性研究或綜合規劃時，都應該要做路線容量分析。

2. 目前交通部推動臺鐵全線電氣化，但其實柴油列車的性能已經跟電聯車差不多，所以電氣化對容量的提升效果不大，而花東

線電氣化後對容量的改善效益主要是來自傾斜式列車運轉時間較短的關係，因此相較於全線電氣化，購買性能較好的柴油列車或許也可以達到同樣目的。

鍾志成博士答覆：推測此政策的目的可能不在於提升運能，有可能希望達到減碳的效果，或者是動力一元化讓車輛調度更為容易等。

3. 壽豐高架雙軌通車後，花蓮到玉里段的容量仍然受到光復-瑞穗的瓶頸影響，但是否可以說花蓮到光復段的容量提升？

黃筌珖研究員答覆：可以，但若列車要運行至玉里，就要考量光復-瑞穗的瓶頸影響。

4. 請問在進行容量分析時，有考量到站場容量嗎？亦即車站內增加軌道會提升容量嗎？

黃筌珖研究員答覆：在進行連續區段容量分析時，除了始發和終點站之外，中間各站的站場容量皆有考量，因此如果所增加的軌道正好在瓶頸的地方，就會提升整體路線容量。

(四) 國立成功大學交通管理科學研究所鄭教授永祥

1. 建議分析範例可分階段呈現，如此可告訴使用者本軟體能處理在不同情況下的問題。

黃筌珖研究員答覆：會將案例做適度的分割，例如花東雙軌化案

例就會分為雙軌化和車種簡化兩階段。

(五) 交通部運輸研究所運計組蘇組長振維

1. 其實本軟體可以應用的範圍很廣，建議未來在報告中，在說明各個分析範例之前，先列出本軟體所有能應用的層面，然後再以恆春支線和花東雙軌化兩案作為例子。

黃笙玗研究員答覆：依主席建議辦理。

2. 請問一個案例要花多少時間才能完成分析？

黃笙玗研究員答覆：需視案例的規模大小而定，而且有了本軟體的幫助，其實進行分析所需的時間都不長，反而是蒐集、整理和輸入資料相當費時，以花東雙軌化的案例來說，整理和輸入資料大約要花去一個工作天。

八、散會

附錄 G 期末簡報資料



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

單線連續區段軌道容量模式分析 (2/2)

期末審查簡報



簡報人：黃笙琰 研究員

 財團法人中興工程顧問社
中華民國104年12月14日

簡報內容

單線連續區段軌道容量模式分析 (2/2)

- 一、計畫背景介紹
- 二、研究工作流程
- 三、軌道容量分析軟體開發
- 四、實務應用分析範例
- 五、結論與建議

1



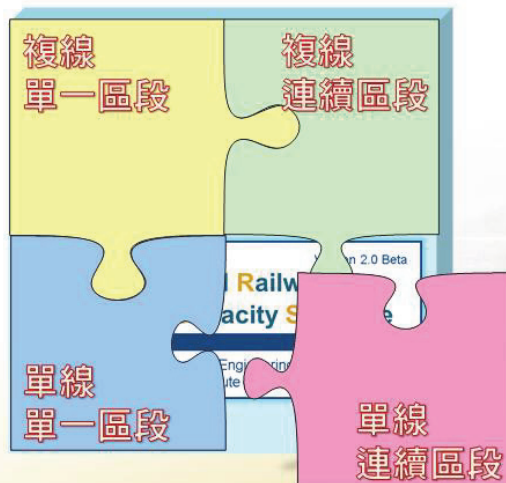
一、計畫背景介紹

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



一、計畫背景介紹

◆ 全程計畫概要

單線連續區段軌道容量模式分析

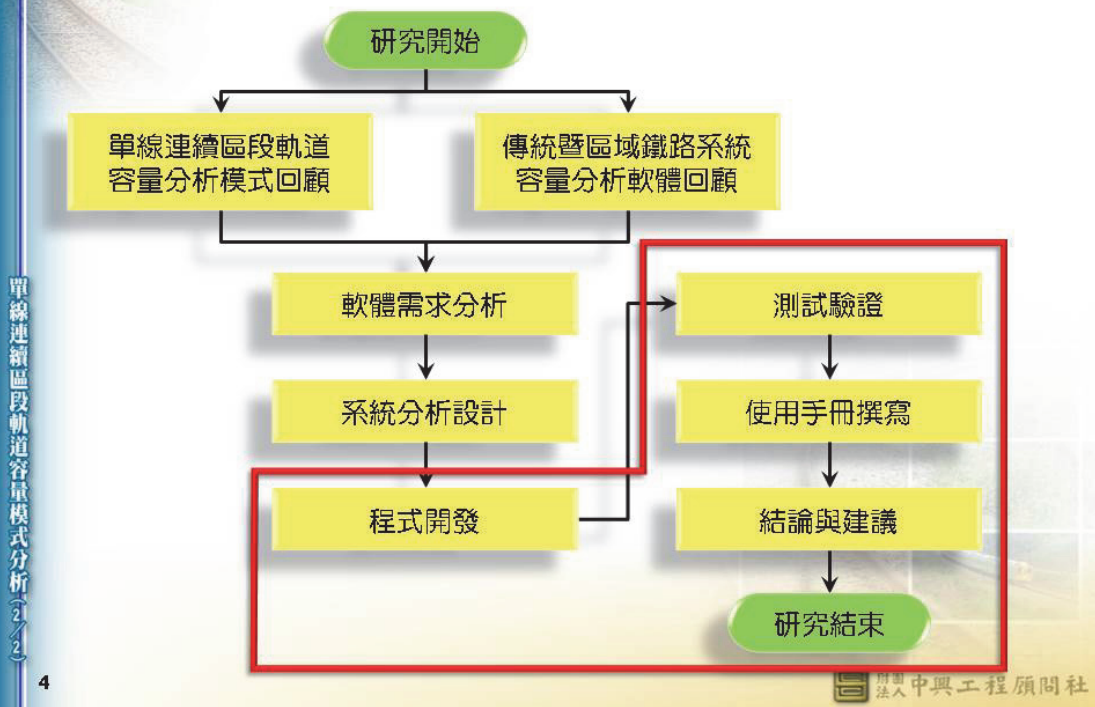


- 蒐集回顧國內外相關文獻
- 建構單線連續區段容量分析模式

- 開發單線連續區段容量分析功能

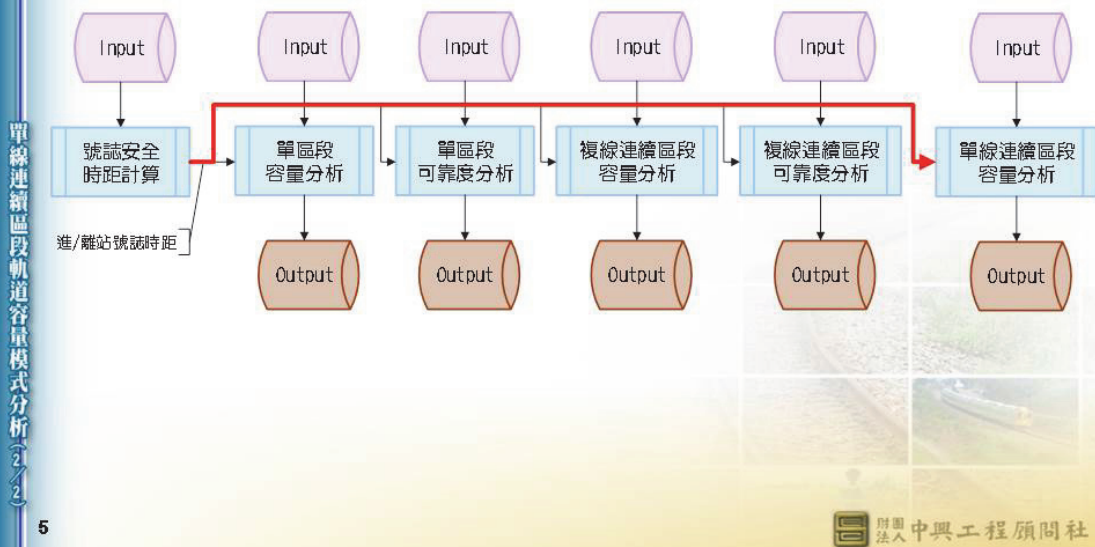


二、研究工作流程



三、軌道容量分析軟體開發

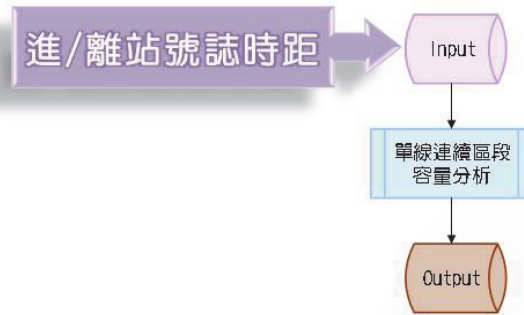
❖ 系統分析與設計





三、軌道容量分析軟體開發

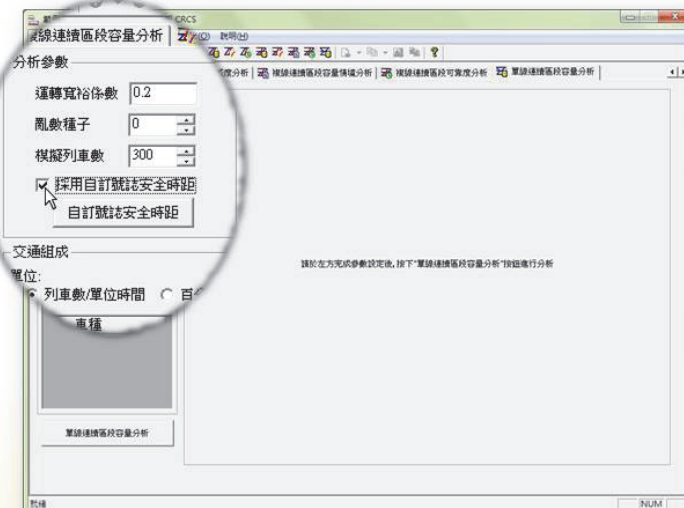
❖ 系統分析與設計



三、軌道容量分析軟體開發

❖ 使用者介面設計

— 開啟自訂號誌時距功能





三、軌道容量分析軟體開發

❖ 使用者介面設計

— 新增自訂號誌時距對話盒

自訂號誌安全時距

車站: 車站A, 車站B, 車站C, 車站D

號誌安全時距 代入公式計算結果 恢復系統預設值

順行進站時距(秒)			逆行進站時距(秒)		
先行/續行	直進車	通車電車	先行/續行	直進車	通車電車
180	180		184	192	
180	180		184	192	

順行離站時距(秒)			逆行離站時距(秒)		
先行/續行	直進車	通車電車	先行/續行	直進車	通車電車
182	182		180	180	
190	190		180	180	

順行與股道到站時距(秒)			逆行與股道到站時距(秒)		
先行/續行	直進車	通車電車	先行/續行	直進車	通車電車
166	166		163	167	
170	170		163	167	

順行交會時距(秒)			逆行交會時距(秒)		
先行/續行	直進車	通車電車	先行/續行	直進車	通車電車
60	60		25	25	
60	60		25	25	

設定全線數值 確定 取消



三、軌道容量分析軟體開發

❖ 軟體操作展示

Conventional Railway Capacity Software

Version 3.0 Beta

Sinotech Engineering Consultants, Inc
Institute of Transportation, MOTC

「傳統單線區段軌道容量分析」快速入門

基本參數: 解算時間與清除時距(秒)

步驟: 1. 選擇區段, 2. 設定參數, 3. 執行分析, 4. 顯示結果

NUM



四、實務應用分析範例

❖ 軌道容量分析應用實績

計畫名稱	業主	年期
臺鐵軌距1067mm改為1435mm可行性研究	交通部臺鐵局	97~98
臺鐵列車排點改善之基礎作業探討	交通部臺鐵局	97~98
軌道運輸系統總體規劃(2/2)-我國軌道運輸系統發展政策之研究	交通部運研所	98~99
臺鐵臺北機廠遷建富崗基地專管監造	交通部臺鐵局	98~101
臺鐵中長程建設及營運策略研究規劃	交通部臺鐵局	99~100
臺灣整體鐵道網規劃(一)	交通部鐵工局	100~101
臺灣整體鐵道網規劃(二)	交通部鐵工局	102~104
臺鐵北迴線蘇新~花蓮間瓶頸路段改善可行性研究	交通部臺鐵局	進行中
「臺鐵恆春支線可行性研究」技術服務	交通部鐵工局	進行中
「花東地區鐵路雙軌電氣化計畫可行性研究」技術服務	交通部鐵工局	進行中

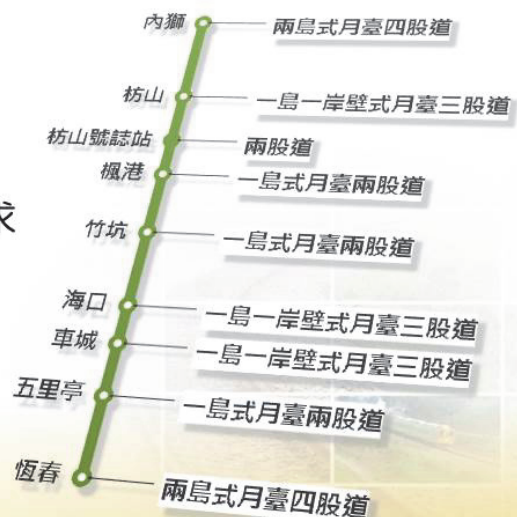


四、實務應用分析範例

❖ 新設路線容量分析－恆春支線

－背景說明

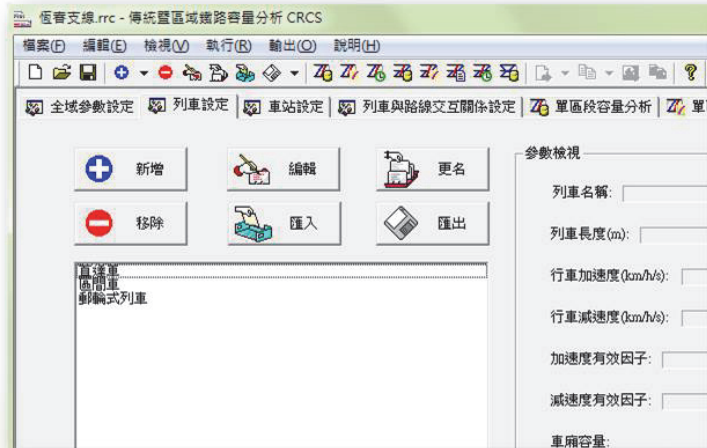
- 內獅一恆春
- 全長37.72公里
- 全線單軌電化
- 尖峰小時單向運輸需求
 - －直達車1列
 - －區間車1列
 - －郵輪式列車1列





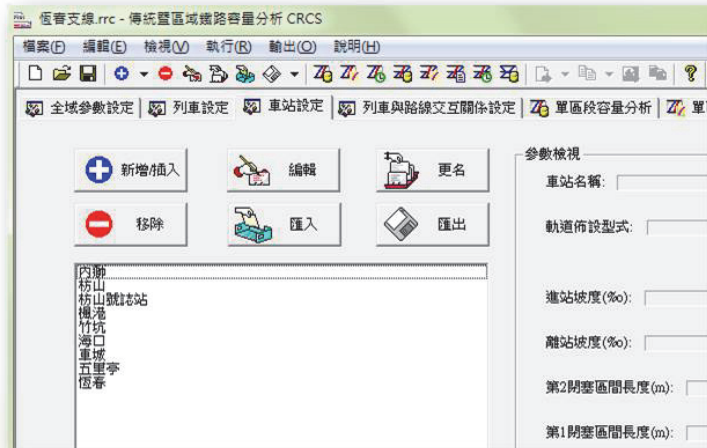
四、實務應用分析範例

❖ 新設路線容量分析－恆春支線 －列車設定



四、實務應用分析範例

❖ 新設路線容量分析－恆春支線 －車站設定



單線連續區段軌道容量模式分析(2/2)



財團法人 中興工程顧問社

單線連續區段軌道容量模式分析(2/2)



程顧問社



四、實務應用分析範例

❖ 既有路線容量分析－花東鐵路

容量現況與瓶頸

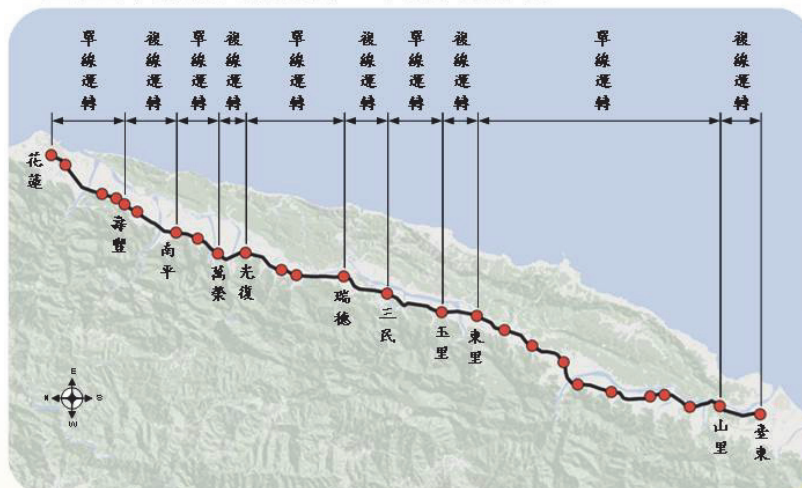
雙軌化對容量之影響

車種簡化對容量之影響



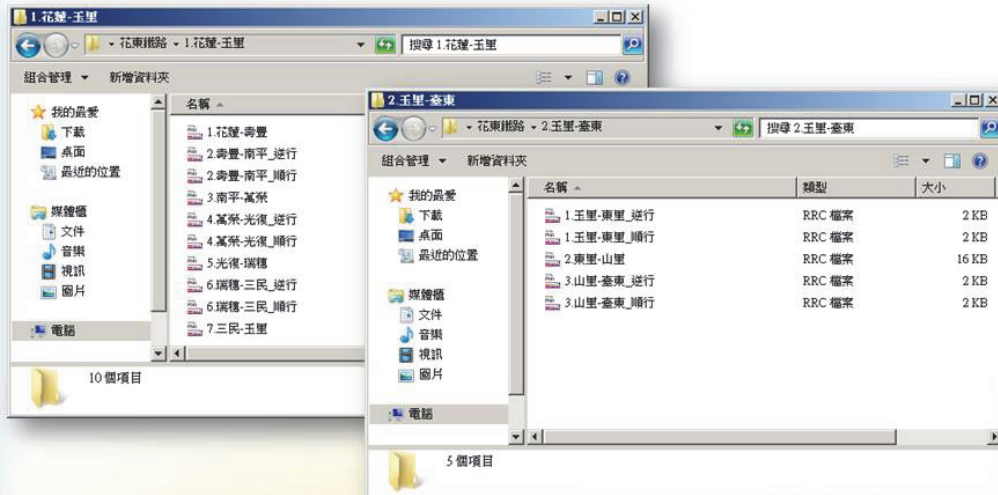
四、實務應用分析範例

❖ 既有路線容量分析－花東鐵路 －容量現況與瓶頸－背景說明



四、實務應用分析範例

❖ 既有路線容量分析－花東鐵路 －容量現況與瓶頸－建立專案檔



18

附圖 中興工程顧問社

四、實務應用分析範例

❖ 既有路線容量分析－花東鐵路 －容量現況與瓶頸－分析結果

• 花蓮－玉里

區段	方向	路線容量 (TU/h)	整體容量表現 (TU/h)
花蓮－壽豐	雙向	6.19	雙向共4.71
壽豐－南平	順行	8.72	
	逆行	8.50	
南平－萬榮	雙向	8.99	
萬榮－光復	順行	12.00	
	逆行	11.81	
光復－瑞穗	雙向	4.71	
瑞穗－三民	順行	10.52	
	逆行	11.65	
三民－玉里	雙向	5.42	

19

顧問社



四、實務應用分析範例

❖ 既有路線容量分析－花東鐵路

－ 容量現況與瓶頸－分析結果

• 玉里－臺東

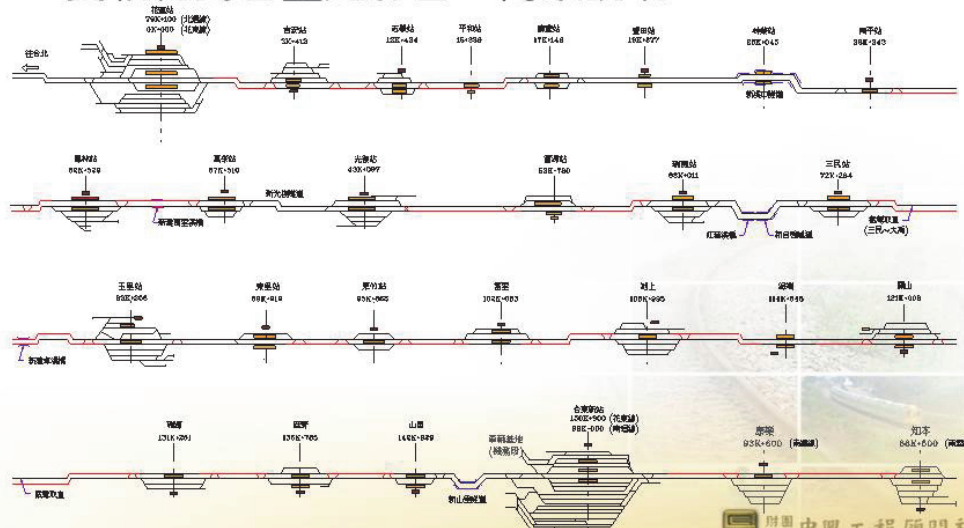
區段	方向	路線容量 (TU/h)	整體容量表現 (TU/h)
玉里－東里	順行	8.74	雙向共4.00
	逆行	10.66	
東里－山里	雙向	4.00	
山里－臺東	順行	12.54	
	逆行	11.22	



四、實務應用分析範例

❖ 既有路線容量分析－花東鐵路

－ 雙軌化對容量之影響－背景說明





四、實務應用分析範例

- ❖ 既有路線容量分析－花東鐵路
- －雙軌化對容量之影響－階段性雙軌化

區段	方向	路線容量 (TU/h)
③ 花蓮－壽豐	雙向	6.19
壽豐－南平	順行	8.72
	逆行	8.50
④ 南平－萬榮	雙向	8.99
萬榮－光復	順行	12.00
	逆行	11.81
① 光復－瑞穗	雙向	4.71
瑞穗－三民	順行	10.52
	逆行	11.65
② 三民－玉里	雙向	5.42



四、實務應用分析範例

- ❖ 既有路線容量分析－花東鐵路
- －雙軌化對容量之影響－分析結果





四、實務應用分析範例

❖ 既有路線容量分析－花東鐵路 －雙軌化對容量之影響－分析結果

區段	雙軌化前 雙向容量 (TU/h)	雙軌化後 雙向容量 (TU/h)	改善幅度
花蓮－玉里	4.71	12.70	↑ 169.6%
玉里－臺東	4.00	12.84	↑ 221.0%



四、實務應用分析範例

❖ 既有路線容量分析－花東鐵路 －車種簡化對容量之影響－背景說明

- 傾斜式自強號：2 班/小時
- 推拉式自強號：2 班/小時
- 區間車：1 班/小時，但保留3班/小時的發車能力



四、實務應用分析範例

- ❖ 既有路線容量分析－花東鐵路
 - －車種簡化對容量之影響－調整交通組成

交通組成

自訂組成比例 | 自訂組成順序 |

單位: ☒ 列車數/單位時間 ☐ 百分比

車種	百分比
傾斜自強	1
DMU自強	2
普光	1
區間	1
PP自強	0

交通組成

自訂組成比例 | 自訂組成順序 |

單位: ☒ 列車數/單位時間 ☐ 百分比

車種	百分比
傾斜自強	2
DMU自強	0
普光	0
區間	3
PP自強	2



四、實務應用分析範例

- ❖ 既有路線容量分析－花東鐵路
 - －車種簡化對容量之影響－分析結果

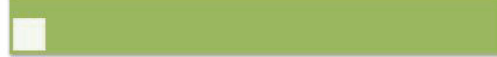
區段	車種簡化前 雙向容量 (TU/h)	車種簡化後 雙向容量 (TU/h)	改善幅度
花蓮－玉里	12.70	14.76	↑ 16.22%
玉里－臺東	12.84	15.00	↑ 16.82%



履約項目完成檢核

履約要求

完成內容



✓ 開發單線連續區段軌道容量分析功能

✓ 於容量軟體中開發此功能
相關內容參見期末報告第五章

✓ 撰寫軟體使用手冊

✓ 根據本次開發更新使用手冊內容
相關內容詳見期末報告第六章

✓ 設計軌道容量分析範例

✓ 除了基本範例，亦針對新設路線規劃以及既有路線改善提出實務應用範例
相關內容詳見期末報告第七章



五、結論與建議

❖ 結論

－ 容量模式發展方面

發展單線連續區段容量分析模式，補足國內對於傳統區域鐵路容量分析之技術

以臺鐵臺東線為例，並考量實際行車狀況後，校估反推寬裕係數值為0.2

單線路線中新增中間車站與增加站內軌道數，對路線容量有正面提升的效果

列車於單線路線中連續通過的區間長度不宜過長，否則對路線容量有負面影響



五、結論與建議

❖ 結論

－ 容量軟體開發方面

透過電腦資訊技術，可降低單線連續區段軌道容量分析模式的使用門檻並提升分析效率

創新的「自訂號誌安全時距」子功能設計，使得容量分析軟體在應用上更具彈性

透過實務分析範例，顯示容量分析軟體能用來處理實務上的容量問題



五、結論與建議

❖ 建議

－ 後續相關研究建議

發展單線連續區段的列車服務可靠度模式

將貨運列車納入考量來發展容量模式

發展高精度的軌道容量分析模擬模式

探討車站容量、最大容量或運轉調度最適化等課題



五、結論與建議

◆ 建議

－ 研究成果推廣建議

補足「臺灣鐵道容量手冊」內容

以研討會方式推廣軌道容量歷年研究成果

「傳統暨區域鐵路系統軌道容量分析軟體」改版

建立臺灣鐵道容量分析專屬網站

簡報結束 敬請指教



單線連續區段軌道容量模式分析 (2/2)

附錄 H 期末審查意見處理情形

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
交通部 鐵路改 建工程 局規劃 組施副 組長文 雄	本案已完整且完成研究預期目標，團隊所提後續研究建議已含括大部分待補強方向，其中可靠度分析建議納入營運策略、停站模式及折返站區間運轉之影響。	感謝評審對本研究的肯定，並依建議補充後續研究內容。	同意承辦單位之處 理意見
	建置鐵道容量分析專屬網頁值得研究團隊後續思考執行，未來可供相關顧問公司分析使用，以達本模式推廣之永續性。	如評審所述，已列入後續研究建議之中。	同意承辦單位之處 理意見
	案例分析有關花東雙軌乙例，團隊目前將單複線段採切割處理，並設定各段之車種組成，惟實務上每列車都經過相同區間，僅各列車停站模式不同而已，爰研究團隊以上開車種區分方式，可能無法反應現況。	花東雙軌乙例，實際上該案在執行時，僅考量尖峰小時最常見的停站模式，並沒有對每種停站模式都設定一種車種。 而軌道容量軟體本身並無限制車種數量，因此若要分析同為自強號但停站模式不同是可行的，只要依停站模式種類將自強號區分為數個車種，其列車性能相同，唯停靠站數以及運轉時間不同。	同意承辦單位之處 理意見
	有關玉里及花蓮設為折返站部分，如同上開單複線拆開處理之方式，其對路線容量、可靠度之影響為何？建請說明。	目前容量分析軟體還無法分析折返站或單複線交界車站的容量，因為缺乏相關之研究，已將此課題列入本研究的後續研究建議中。	同意承辦單位之處 理意見

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 鐵路改 建工程 局規劃 組施副 組長文 雄	有關報告書 P6-7 車站配置部分，若實際月台型態與本模式提供之分類不一致，分析過程該如何歸類？	在容量軟體中，若使用者不知如何歸類車站內軌道佈設類型，可透過輔助精靈，如報告書圖 6-11 所示，透過幾題問答，程式便能幫使用者找到合適的類型。	同意承辦單位之處 理意見
成功大 學交通 管理科 學研究 所鄭教 授永祥	對於團隊努力完成本年度研究成果予以肯定。	感謝評審對本研究的肯定。	同意承辦單位之處 理意見
	簡報 P12 有關列車設定之各項參數(如：行車加/減速度及有效因子等)，建議於使用者設定時，提供相關說明或參考數值之建議。	在容量軟體中，對於列車設定之各項參數皆有預設值，並會提示該參數的合理值範圍，在使用手冊中亦有詳細說明。	同意承辦單位之處 理意見
	針對個案分析部分(如簡報 P23 之順序性)，倘後續臺鐵推動各段容量改善計畫，團隊可否加以提供建議與說明。	倘若後續臺鐵推動其他容量改善計畫，本團隊很樂意提供相關協助。	同意承辦單位之處 理意見
	Stopping Pattern 應納入考量，並朝營運模式來探討。	Stopping Pattern 確實會影響容量，而實際上軌道容量軟體也能反映此影響，以同為自強號但停站模式不同為例，只要依停站模式種類將自強號區分為數個車種，其列車性能相同，但停靠站數以及運轉時間不同，如此軟體便會考量停站模式之影響來分析容量。	同意承辦單位之處 理意見
	希望能將多年來已建立之容量分析模式持續推廣，讓更多人運用。	有待運研所後續能持續推動相關研究。	同意承辦單位之處 理意見

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 營業處 陳協理 信雄	肯定團隊研究之成果，研究內容嚴謹，對於軟體開發之介面與功能，均已回應工作會議中之相關意見。	感謝評審對本研究的肯定。	同意承辦單位之處 理意見
	期末報告已允當呼應計畫書之工作內容，研究品質亦合乎要求。	感謝評審對本研究的肯定。	同意承辦單位之處 理意見
	有關研究後續建議部分，建議增列以下課題： (1)強化軟體功能，整合不同路線型態，以反應現實複合路線型態之狀況。 (2)多車種及多種停站方式之研究。	依評審意見補充後續研究內容。	同意承辦單位之處 理意見
臺鐵局 資訊處 劉副主任 昭榮	有關軌道容量系列研究，本人已參與10 餘年，在此首先肯定團隊研究成果，惟針對軟體初次使用者之門檻（如功能介紹、相關專有名詞之說明），團隊於推廣時應多所留意。	感謝評審對本研究的肯定，會再檢視使用手冊各項功能與專有名詞說明。	同意承辦單位之處 理意見
	軌道容量旨受路線、車輛及控制三大因素，各因素內又包含多項要項，有關停站 Pattern 即其中一項要相，如何清楚說明後仍有精進空間，建議團隊統整考量。	在軌道容量軟體中，只要將不同停站 Pattern 區分成不同的車種，就可以分析停站 Pattern 因素對容量之影響。	同意承辦單位之處 理意見
	有關模式中交通組成之前後順序可能會影響容量水準，建議團隊可再釐清其差異。	模式中是根據交通組成設定隨機產生列車，詳見3.3.1 節，如此便能考量各種先續行列車組合狀況，所得到的容量結果也較具一般性，而非只是某單一特例。	同意承辦單位之處 理意見
	有關結論部分，應屬去年(1/2)之模式研究成果，似不宜納入本年之研究報告，建議可置於使用手冊之「單線連續區段」篇。	依評審意見辦理，但使用手冊主要在介紹如何操作軟體，因此未來編定容量手冊時，再納入將關內容。	同意承辦單位之處 理意見

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	鑑於本研究建議之後續研究議題眾多，爰本系列研究可再擴充延續辦理，請主辦單位審慎考量。	盼運研所未來能繼續推動相關研究。	同意承辦單位之處 理意見
臺鐵局 資訊處 劉副主 任昭榮	本研究成果之推廣甚為重要，建議廣 續辦理，另未來亦請運研所尋找或編 列相關經費來建置專屬網站，以達軌 道容量推廣之永續性。	若未來運研所要建置專屬 網站，本團隊將會盡力爭 取該工作。	同意承辦 單位之處 理意見
	P6-11 圖 6-18 與該頁內容傳達似有 落差，建議修正。	依評審意見辦理。	同意承辦 單位之處 理意見
	P6-22 除僅針對「模擬列車數」說明， 建議一併說明其他參數(如「寬裕係 數」、「亂數種子」)。	依評審意見辦理。	同意承辦 單位之處 理意見
	P6-27 應呈現模擬結果穩定處之容量 值。	由於模式的特性，難以由 電腦自行判斷模擬穩定 處，然而在 P6-27 的圖 6-39 中，當滑鼠指向分析 圖時，會顯示不同模擬列 車數下所對應的容量結 果，可供使用者判斷何處 是模擬結果穩定處。	同意承辦 單位之處 理意見
	P7-21 列車數之交通組成(直達車、 區間車之順序設定)，應補充說明。	該案例的交通組成設定為 組成比例而非順序，將於 報告中補充說明。	同意承辦 單位之處 理意見
	P7-26 圖 7-23 右列各項數值應呈現 出來。	依評審意見辦理。	同意承辦 單位之處 理意見
	P7-28 花東雙軌分析案例中，有關列 車組成未考慮 PP 自強號車種，建議 補充。	該案例切分成數個子案 例，在最初尚未全線雙軌 電化時，自強號是以 DMU 為主，因此沒有考慮 PP， 但後續全線雙軌電化加上 車種簡化後，就有考慮 PP 自強號車種。	同意承辦 單位之處 理意見

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	P7-37 呈現各階段雙軌化後容量提升情形，惟能否新增站內待避功能之情境，並進行分析處理。	由於花東鐵路車站眾多，新增站內軌道的可能性太多，以本研究有限時程無法一一探討。	同意承辦單位之處 理意見
臺鐵局 運務處 楊主任 調度員 凱評	整體研究架構已相當符合臺鐵實務應用需求，軟體開發上亦有重大突破，對未來各項軌道興建工程之前期規劃及臺鐵之營運計畫、實務上之列車排點，均有重大助益，補足了過去軌道容量分析技術之不足。	感謝評審對本研究的肯定。	同意承辦單位之處 理意見
	報告書可針對花東鐵路雙軌化之案例，探討路線容量於不同路線使用率之情境下所對應之可靠度。	目前容量分析軟體亦可針對複線運轉區間分析其列車流量與延滯時間關係，但在目前的研究時程內無法蒐集到可靠度相關參數進行分析，此外可靠度分析也非本年度研究之範圍，若未來臺鐵局有可靠度分析的需要，本團隊可以提供相關服務。	同意承辦單位之處 理意見
	建議加入探討恆春支線之站場配置是否符合運輸需求，並檢討是否可達成該案例所評估之容量水準。	目前恆春支線的案例已有考量站場配置，其分析結果亦有符合運輸需求。然而現階段恆春支線可行性研究案尚在進行中，許多規劃都尚未定案，因此未來可能與本研究的內容有所出入。	同意承辦單位之處 理意見

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	花東雙軌案例中，建議針對東里-山里區間分析其瓶頸路段，以供臺鐵局瞭解該區段部分優先雙軌化之成效，俾利未來決策參考。	東里—山里之間將近有十個站間，以本研究有限的時程，無法逐一分析其每個區段階段性雙軌化之成效。因此，在該案例中是將每段連續的單線區間作為一個雙軌化的範圍，來探討階段性雙軌化的容量變化。	同意承辦單位之處 理意見
本所運 計組 (書面 意見)	有關本年度工作項目，包含「單線連續區段軟體使用手冊」部分，後續於本所網站是否併入「鐵道容量手冊」，抑或單獨存列，建請團隊說明。	建議待未來「鐵道容量手冊」將單線連續區段軌道容量模式相關內容編入時，同時也把「單線連續區段軟體使用手冊」部分編入。而目前容量軟體將會隨附最新的使用手冊電子檔，不會讓使用者空有軟體而不如何操作。	同意承辦單位之處 理意見
	有關案例分析新設鐵路部分，恆春支線目前規劃為「單軌非電氣化」，建議修正內文(P7-22~P7-28)，另參數設定中有關直達車部分，應改為柴油列車(DMU)資料。	依評審意見辦理。	同意承辦單位之處 理意見
	恆春支線目前規劃係從新左營發車(以減少遊客轉乘次數)，有關鐵路高雄段之容量衝擊，建請團隊提供說明及營運路線模式之建議。	目前恆春支線可行性研究案尚在進行中，許多規劃都未定案，因此可能與本研究之範例有所出入，此外本研究係以該案提供新設路線的容量分析範例，為了不讓問題發散失去重點，因此僅分析新設路線的容量。	同意承辦單位之處 理意見

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	有關案例分析既有路線部分，花蓮縣「南平-萬榮」段之雙軌電氣化，已列於臺鐵「行車安全改善六年計畫」個案項目，該計畫業已核定，是否於報告書階段性雙軌化分析過程中，新增此項情境，建請團隊考量。	於該案例的結果討論中補充說明先進行「南平-萬榮」雙軌化之影響。	同意承辦單位之處 理意見
本所運 計組 (書面 意見)	綜觀臺鐵目前單軌路線，臺中海線多處仍為單線，請團隊依過去研究經驗，針對海線雙軌化後，該路線容量之變化、山線容量之衝擊等相關議題，提出看法及建議。	本團隊沒有目前臺鐵海線的相關資料，因此無法計算其路線容量，不過根據過去經驗，雙軌化對容量的提升是無庸置疑的，只是西部幹線的容量瓶頸是在台北都會區，海線容量提升後能否被有效運用，亦是個重要的議題。	同意承辦單位之處 理意見
主席結 論	完成本年度單線連續區段軌道容量模式後，本所預計明後年將著手規劃辦理臺灣鐵道容量手冊改版作業，俾利完備容量手冊之內涵。	屆時本團隊會盡力協助手冊改版作業。	同意承辦單位之處 理意見
	未來有關臺鐵相關建設計畫，例如多軌化、立體化、支線增廢、改建等，請臺鐵局及鐵工局於相關先期報告書中，納入軌道容量分析之工作項目，俾與臺鐵系統實務應用之結合，以凸顯本研究之實用價值及應用成效。	若臺鐵局及鐵工局有需要，本團隊亦可提供相關協助。	同意承辦單位之處 理意見
	有關委員所提停站模式之建議，請團隊協助提供或說明。	依主席裁示辦理。	同意承辦單位之處 理意見

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	有關全臺車站均規劃為兩島四股之必要性，請團隊依過去研究經驗，針對車站、地域、線別等各項特性，研擬提出相關問題與回應，俾供後續審議或決策參考。	將車站均規劃為兩島四股可能會造成資源的浪費，由於全臺各車站、地域、線別都有其特殊性，無法提供一般化之規劃建議，也因此才需要發展容量軟體，以協助顧問公司評估其規劃之站內軌道配置能否滿足需求。	同意承辦單位之處 理意見
	有關軌道容量專屬網站建置乙事，本所將另案處理。	依主席裁示辦理。	同意承辦單位之處 理意見
主席結 論	有關本會議各與會學者專家及代表所提意見，請研究團隊充分考量納入報告修正並列表回應；至本次期末報告審查通過，請於104年12月24日前提送修正報告定稿，俾利依合約續辦相關作業。	感謝諸位評審的肯定，將會如期提送定案報告，以辦理驗收暨結案相關作業。	--

「單線連續區段軌道容量模式分析 (2/2)」

期末報告審查會議紀錄

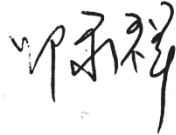
一、時 間：104 年 12 月 14 日(星期一)上午 9 時 30 分

二、地 點：交通部運輸研究所 10 樓會議室

三、主持人：蘇組長振維  記錄：江明益

四、出席委員：

成功大學交通管理科學研究所鄭教授永祥



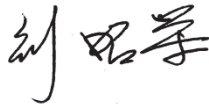
交通部鐵路改建工程局規劃組施副組長文雄



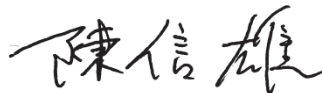
交通部臺鐵局運務處綜合調度所楊調度員凱評



交通部臺鐵局資訊處劉副主任昭榮



台灣高速鐵路股份有限公司營業處陳協理信雄



五、出席單位：

	職稱	姓名
台灣世曦工程顧問股份有限公司		(請假)
中興工程顧問股份有限公司		(請假)
鼎漢國際工程顧問股份有限公司	高級規劃師	葉叔達
亞新工程顧問股份有限公司	工程師	林昕賢
本所運輸計畫組		江明益
財團法人中興工程顧問社		黃望溪 孫千山 李仁海