

目錄 Contents

花東線鐵路電氣化工程之回顧與展望.....蔡沅宏.張本聖.許書銘.黃崇仁	1
The Review and Prospects of the Hualien-Taitung Line Electrification ProjectTsai, Yuan-Hung.Chang, Benson.Hsu, Shu-Ming.Huang, Chung-Ren	
「花東鐵路電氣化計畫」新自強隧道遭遇地質困難因應對策探討	12
.....薛文城.陳伯賢.蔡昆奇.韋銘利.陳鴻文	
“Hualien-Taitung Line Electrification Project”Research on the Countermeasures on the geology difficulty in the New Zechiang Tunnel	
.....Xue, Wen-cheng.Chen, Bo-xian.Cai, Kun-ji.Wei, Ming-li.Chen, Hong-wen	
花東線鐵路電氣化電車線新建工程執行獨立驗證與認證作業機制之探討	39
.....張瑋麟	
The Mechanism of Independent Verification and Validation for Hualien-Taitung Line New Electrification Overhead Catenary System Construction... Chang,Wei-Lin	
花東鐵路電氣化通車前之測試.....黃鴻陽	50
Testing of Huatung Railway Electrification before Opening.....Huang, Hung-Yang	
台鐵餐車需求意向調查：以東部幹線為例.....江勁毅	70
The Demand Analysis of Dining Cars on TRA Trains : A Case Study of Eastern Line.....Chiang, Chin-i	
花東鐵路電化完成·東部運輸締造新猷.....李紹亮	98
A new situation was created in Taitung line of TRA.....Lee,Shao_Liang	
班表試排法於臺東線路線容量分析之應用	
.....蔡欣恬.陳春益.林東盈.李威勳.李宇欣	112
Assessment of Capacity for the Taitung Line using the Timetable-Based Capacity Estimation Method	
.....Tsai, Hsin-Tien. Chen, Chuen-Yih.Lin, Dung-Ying.Lee, Wei-Hsun.Lee, Yu-sin	

運轉條件優化對列車服務計畫效能提升之探討-以台鐵花東線為例	133
.....葉宇倩.楊凱評	
The discussion of inclining train Service plan by optimizing line operating conditions- A case study of Taitung line..... Ye, Yu-cian.Yang, Kai-ping	

花東線鐵路電氣化工程之回顧與展望

The Review and Prospects of the Hualien-Taitung Line Electrification Project

蔡沅宏 Tsai, Yuan-Hung¹

張本聖 Chang, Benson²

許書銘 Hsu, Shu-Ming³

黃崇仁 Huang, Chung-Ren⁴

聯絡地址：97446 花蓮縣壽豐鄉豐山村中山路 13 巷 20 號之 1

Address: No. 20-1, Lane 13, Zhong-Shan Road, Feng-Shan Village, Shou-Feng
Township, Hualien County 97446, Taiwan (R.O.C.)

電話(Tel)：(03)8655115

電子信箱(E-mail): ts kuch@seed.net.tw

摘要

花東地區為有效紓解花東線鐵路運量不足問題，並提升東部地區整體運輸效能，民國 97 年行政院經建會原則同意「東部鐵路快捷化-花東線鐵路瓶頸路段雙軌化暨全線電氣化綜合規劃」，交通部鐵路改建工程局奉指示採中短程、長程分期推動方式辦理，由中興工程顧問公司取得委託設計、施工監造。本計畫包含 4 座新建隧道(溪口、光復、自強及山里)、2 座截彎取直高架橋(豐坪溪橋、關山月美高架橋)、4 座一鄉一特色之鋼構鐵橋(北清水溪橋、光復溪橋、紅葉溪橋及三軒鐵橋)，以及花東首座地下車站(林榮復站)、高架車站(壽豐車站)，本文即在回顧本計畫執行過程之因難與因應措施。

關鍵詞：花東線鐵路、鐵路電氣化、鐵路隧道、鐵路橋梁

¹中興工程顧問股份有限公司 工程師

²中興工程顧問股份有限公司 經理

³中興工程顧問股份有限公司 經理

⁴中興工程顧問股份有限公司 協理

Abstract

It effectively alleviated the eastern railway problem of Hualien-Taitung and improved the overall effectiveness of the eastern region transport, Railway Reconstruction Bureau, Ministry of Transportation and Communications started to carry out “Hualien-Taitung Line Electrification Project” in 2008. Sinotech engineering consultants Ltd. commissioned the design and construction supervision of this project. The content of this project included four new tunnels、two longer viaducts、four steel bridges of “one village, one characteristic”, one underground station and one elevated station. This article is to review the procession and the challenge during construction.

Keyword : *Hualien-Taitung Line, Railway Electrification, Rail Tunnel, Railway Bridge*

一、前言

花東線鐵路於日治時期興建完成，原為運輸甘蔗之單線輕軌鐵路。民國 65 年將花東線軌距拓寬為 1,067 公厘，於 74 年完工通車。80 年東部鐵路改善計畫除北迴鐵路擴建為雙軌和電氣化外，並將花東線輕軌汰舊換為重軌、行車號誌電腦化，於 93 年完成；至 103 年 6 月 28 日前仍維持單軌未電氣化的狀況。

政府陸續完成臺鐵西部幹線、宜蘭線及北迴線之電氣化工程後，如圖 1 所示，在獲得良好的經濟效益下，更進一步積極推動「花東線鐵路電氣化暨瓶頸路段雙軌化計畫」，為維護花東縱谷優美之自然生態環境，避免破壞東部地區得天獨厚之觀光產能，政府規劃在既有的鐵路運輸骨幹上，建構東部地區快捷、安全、綠色的鐵路大眾運輸系統，以有效紓解花東線鐵路運量不足問題，提昇東部地區整體運輸效能，建構東部地區快捷、安全、綠色的鐵路大眾運輸系統。「花東線鐵路瓶頸路段雙軌化暨全線電氣化計畫」為東部鐵路快捷化之重要一環，承接東部永續發展計畫之願景，期以「善用東部優勢資源，追求經濟、社會及環境之永續發展」為目標，建設東部成為具備多元文化特質、自然景觀、優質生活環境與國際級觀光景點之區域典範，使得花東地區永續保有珍貴的地理原貌及優美的自然環境。藉由本計畫之鐵路改善達成以下之特色：

(一)、藉由鐵路電氣化與改善車站設施，提升整體營運品質，規劃長途列車停靠站及加強區域性之電聯車，構成便捷之鐵路運輸網絡。配合臺鐵局推出花東線鐵

路「快樂慢活，悠遊自在」的東部之旅，不僅減少私人運具進入花東地區，亦可進一步確保花東地區的好山好水。

(二)、台鐵營運型態轉變，花東線鐵路必然是進出花東縱谷之主要運輸工具。未來配合車站完善之轉乘設施，輔以聯絡附近景點，結合鄰近自行車道系統，促進花東地區之觀光業，落實政府節能減碳之政策。

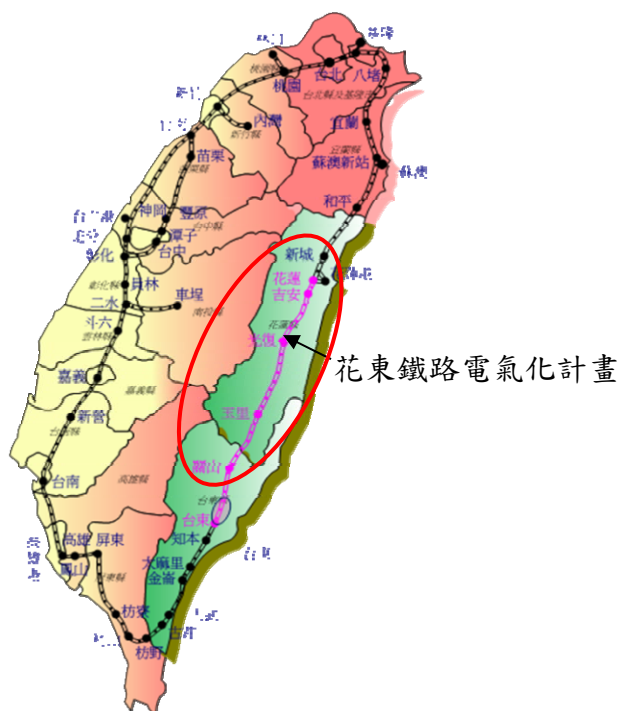


圖 1、臺灣環島鐵路及花東電氣化工程位置圖

二、計畫內容

2.1、計畫範圍

本工程計畫範圍涵蓋花東線路線，全長約 166.1 公里，橫跨花蓮、臺東兩縣市，並縱橫於花東縱谷地區，穿越 28 個鄉村聚落，係東部地區主要運輸路線之一，東部鐵路沿線車站，計有 28 個車站，其中一等站有 3 個（花蓮、玉里及臺東），三等站有 19 個，其餘為招呼站 6 個。

2.2、工程項目

本工程包含瓶頸路段雙軌化及全線電氣化，工作項目涵蓋軌道、土木、結構、大地、建築、景觀、系統機電等相關介面工程，主要工程項目和內容如表 1 所示。

表 1、主要工程項目和內容

工程項目	工程內容
雙軌隧道	溪口、光復、自強、山里隧道
橋梁改建	光復溪橋、第二紅葉溪橋、豐坪溪橋
雙軌改善區段	豐田至南平站 萬榮至光復站 瑞穗至三民站 山里至臺東站
曲線改善	1. 月美段截彎取直、豐坪溪橋段截彎取直 2. 曲線半徑<1000 公尺路線改善
機電工程	變電站工程、電車線工程、電務工程

其中 4 座新建隧道(溪口、光復、自強及山里)、2 座觀光指標性之截彎取直高架橋(關山月美高架橋、豐坪橋)、3 座一鄉一特色之鋼構鐵橋(光復溪橋、第二紅葉溪橋、三軒鐵橋)及 2 座東部地區首座地下車站(新林榮復站)及高架車站(壽豐車站)如圖 2 所示。溪口隧道長 3,800m 穿越壽豐溪河底及新光兆豐農場、光復隧道長 2,560m 穿越光復溪及舊臺九線公路，兩座為典型河底隧道及自強隧道長 2,667m 貫穿舞鶴台地及「玉里迪階陸橋殘蹟」、山里隧道長 5,300m 貫穿卑南山及穿越野溪，

兩座屬山岳隧道，關山月美高架橋、豐坪溪橋截彎取直將舊有營運線微妙地結合觀光行車路線；北清水溪橋採淺灰色襯托壽豐鄉，如圖 3，光復溪橋採淺綠色襯托光復鄉，如圖 4、第二紅葉溪橋採深綠色襯托瑞穗鄉，如圖 5 及三軒鐵橋與既有客城一、二號橋相呼應呈現深紅色點綴玉里鎮如圖 6，富有一鄉一特色，溪口隧道路廊於新光兆豐農場下方通過，基於地方對於林榮站之殷切期盼，林榮站自此復生，故曰『復』站，日後將以林榮為站名，自此開啟政府與民間合作之典範。林榮站完成後，將為花東唯一地下車站，再配合地下迴廊廣場，屆時將可為當地帶來全新風貌；為配合調整鐵路線形，壽豐車站扮演關鍵角色，於不失去站場營運功能下，壽豐車站藉此提升高架化站場，儼然成為花東首座高架車站。



圖 2、工程位置分佈圖



圖 3、一鄉一特色-北清水溪橋



圖 4、一鄉一特色-光復溪橋



圖 5、一鄉一特色-第二紅葉溪橋



圖 6、一鄉一特色-三軒鐵橋

三、隧道施工困難度與因應措施

3.1、政策目標及策略變更需求

本計畫經行政院 97 年 3 月 13 日核定，依行政院 98 年 2 月 19 日核定為「振興經濟擴大公共建設投資計畫」；原則同意採中短程、長程分期推動方式辦理，初步將優先推動中短期計畫，並同意於中短程計畫 7 個年度內辦理。為配合地方民意殷切期盼本計畫加速辦理，以提升東部地區整體運輸效能，並彰顯政府施政之績效，奉指示提前電氣化通車、104 年 3 月底完工為目標，惟整體工程可能面臨影響時程，需以工程技術如不確定因素及風險性高之隧道工程增加地質調查、增設開挖工作面、增加施工機具及施工工率，以減低地質風險；另增加其他工程施工工作面、施工機具及施工工率，以及加速辦理用地取得，與地方全力協助本計畫事項等行政配合等方式辦理，以達成本計畫於 5 年完成電氣化通車政策宣示目標。

本計畫基礎工程順利於 102 年 12 月 31 日達成鐵路電氣化目標，順利交付予系統運轉測試，並於 103 年 06 月 28 日舉辦花東線鐵路電氣化通車啟用典禮，如圖 7 所示。



圖 7、花東線鐵路電氣化通車啟用典禮

3.2、沿線施工介面複雜與解決成果

本計畫工程範圍遼闊，沿線經過花蓮市、吉安鄉、壽豐鄉、鳳林鎮、萬榮鄉、光復鄉、瑞穗鄉、玉里鎮、富里鄉、池上鄉、關山鎮、鹿野鄉、卑南鄉、臺東站等十四個鄉鎮，路線結構相關介面繁多，與地方縣市政府的既有結構物互相衝突，包括公路橋梁、人行陸橋、箱涵、地下道、排水設施、管線等，因此鐵路電氣化工程興建過程中，需要考量台鐵的臨時營運外，同時也要考慮上述既有結構物維持其功能；遷建豐田圳沉砂池，見圖 8、高架橋台與排水箱涵共構，見圖 9。



圖 8、遷建豐田圳沉砂池



圖 9、高架橋台與排水箱涵共構

在不影響臺鐵營運需求，順利推動工程進行，工程團隊戮力以赴，於 101 年起至 102 年間，辦理三處臨時軌(壽豐車站臨時軌、瑞穗段及三民段臨時軌、三民站至大禹站臨時軌)切換工程，並於土建工程陸續完工後，正式辦理關山月美段軌道切換，見圖 10、山里隧道軌道切換、萬榮及光復段軌道切換、溪口隧道軌道切換及最後一段切換段-豐坪橋段軌道切換，見圖 11。



圖 10、關山月美高架橋完成切換



圖 11、豐坪溪橋段完成切換

3.3、天然災害之衝擊與克服

花東鐵路位於多颱風、多地震地帶，全球氣候異常，雨量難測，造成土石流潛勢溪流劇增，幾條主要河川如花蓮溪、秀姑巒溪、卑南溪，坡陡流急、沖蝕劇烈。另天然災害頻率頻繁，如 98 年 8 月 8 日莫拉克颱風，於台灣中南部、東部多處地區降下刷新歷史紀錄的雨量，引發嚴重水患，造成台南、高雄、屏東及台東等縣重大災情，臺灣地形及地貌已明顯產生變化，100 年 8 月 28 日南瑪都颱風，101 年 8 月 2 日蘇拉颱風，101 年 8 月天秤颱風 2 次襲台，102 年 8 月 28 日康芮颱風，102 年 9 月 21 日天兔颱風，東部地區遭受颱風侵襲；東部地區亦是地震頻繁地帶，98 年 12 月 19 日於花蓮外海發生芮氏規模 6.9 之地震，以及 99 年 3 月 4 日於高雄甲仙

發生芮氏規模 6.4 之地震，99 年 11 月 21 日於花蓮發生芮氏規模 6.1 之地震，102 年 4 月 11 日臺東發生芮氏規模 6.1 之地震，102 年 6 月 8 日花蓮發生芮氏規模 6.2 之地震，102 年 10 月 31 日花蓮發生芮氏規模 6.4 之地震。為避免受天然災害之衝擊，工程團隊尤其注重防洪、防汛及防災之預防訓練，防汛期間於鄰近河川、山岳等高風險工區加強宣導，現場救災演練，如圖 12、圖 13 所示。



圖 12、防災預防措施



圖 13、現場救災演練

3.4、隧道工程之因應措施

花東鐵路沿線既有隧道共四座：溪口、光復、自強、山里，由於既有單軌隧道空間狹窄，無法容納電氣化改善空間需求，因此採新建雙軌隧道方式改善，新隧道與既有隧道相鄰約 30~40 公尺，如表 2 所示。

表 2 隧道原規劃和細部設計的相關資料

隧道名稱	隧道開挖方式	說明	長度(公尺)
溪口隧道	明挖覆蓋為主，局部鑽掘	過河隧道，穿越壽豐溪	3,800
光復隧道	明挖覆蓋為主，局部鑽掘	過河隧道，穿越馬太鞍溪	2,560
自強隧道	鑽掘為主，局部明挖覆蓋	山岳隧道，位於舞鶴台地	2,667
山里隧道	鑽掘為主，局部明挖覆蓋	山岳隧道，卑南溪右岸坡地	5,300

(1)、溪口隧道沿線穿越舊有豐田圳沉砂池、壽豐溪及兆豐農場等施工重點地段，屬河底隧道。考量沿線之覆土深度、斷面大小、地質條件、施工風險、國內施工案例、工程預算及規模等因素，穿越壽豐溪以明挖覆蓋工法為主，如圖 14，特殊考量之區段，如穿越堤防段，採鑽掘隧道工法。以往壽豐溪上游山區過度伐木及採採白雲石礦引致山崩頻繁，造成河床嚴重淤積及氾濫成災，加上隧道南口上方之平林圳因淤積而致洪水溢流，灌入鐵路河底隧道南河口，洪流從南河口往北衝達豐田。有鑒於此，設計團隊將南北兩端出土段增長約 1,660 公尺假隧道，以期降低其受平林圳影響之機率；過去豐田圳早期每逢大雨，泥沙土直接流入圳中，保受淤塞之苦，民國 65 年花蓮農田水利會修築沉砂池，大大改善淤塞情況，並增加水車及

綠地等設施，溪口隧道穿越舊有豐田圳沉砂池下方，為保有原始風貌，遷建豐田圳沉砂池，如圖 15，形成一水利休閒的優質景觀公園；隧道南口路廊於新光兆豐農場下方通過，基於地方對於林榮站之殷切期盼，林榮站自此復生，故曰『復』站，日後將以林榮為站名，自此開啟政府與民間合作之典範，亦是花東首座地下車站。



圖 14、穿越壽豐溪明挖覆蓋



圖 15、遷建豐田圳沉砂池

(2)、光復隧道沿線穿越鳳林遊憩區、馬太鞍溪及南洞口與台九線以小夾角相交等施工重點地段。與溪口隧道相同，同屬河底隧道，開挖多半以明挖覆蓋工法為主，特殊考量之區段，如穿越堤防段，則採用鑽掘隧道工法通過，如圖 16、17 光復隧道穿越新臺九線及馬太鞍溪河底隧道。



圖 16、光復隧道穿越新臺九線



圖 17、光復隧道穿越馬太鞍溪

(3)、山里隧道段東側緊鄰卑南溪河床，為提前通車之目標，將多座短隧道予以連接為一座長隧道，可避離通過土石流潛勢溪谷引致之災害，提昇未來行車安全，減少營運階段管理養護作業，並可減輕工程開發對周遭環境之影響，充分落實永續工程之目標，山里隧道經設計及工程團隊齊心協力，於 101 年 3 月 4 日山里隧道全線貫通，為花東鐵路電氣化通車注入一劑強心針，亦於 103 年 6 月 28 日順利達成電氣化通車啟用，如圖 18、19 所示。



圖 18、山里隧道貫通典禮



圖 19、電氣化啟用普悠瑪通車至臺東

四、 結論

「花東線鐵路瓶頸路段雙軌化暨全線電氣化計畫」屬政府重大公共建設，配合東部永續發展、花東地區整體觀光及東部自行車路網計畫等政策目標，其效能鐵路快捷化、動力一元化、綠色運輸、減少空氣污染、促進東部觀光。103 年 6 月 28 日電氣化通車啟用將可建構完整之台鐵環島鐵路電氣化路網，不僅改善台鐵經營環境和服務品質，且有利花東地區觀光旅遊業之推展；結合「花東線鐵路整體服務效能提昇計畫」及「東部自行車路網計畫」，搭配郵輪列車及自行車補給轉運站，使車站融入地方文化特色，兼具兩鐵共 GO 之機能。

參考文獻

1. 江玉村、林敬智、張克平、李民政(2012)，「花東線鐵路電氣化工程新山里隧道之設計與施工」，岩盤工程研討會。交通部鐵路改建工程局(2005)，東部鐵路改善計畫工程輯要。
2. 交通部鐵路改建工程局(2008)，花東線鐵路瓶頸路段雙軌化暨全線電氣化計畫綜合規劃。
3. 交通部鐵路改建工程局(2013)，CL314 標山里隧道至台東站路段土建工程計測報告。
4. 卓逸程、許書銘，「花東線鐵路電氣化新建工程價值工程研析」，國際價值工程研討會，民國 99 年 10 月。
5. 許書銘(2010)，「花東鐵路整體服務效能提升之研析」，中興工程季刊，第 106 期，頁 53-62。

6. 許書銘(2011),「花東線鐵路電氣化工程之執行與探討」,中興工程季刊,第 110 期,第 103-110。
7. 薛文城、林敬智、許書銘、李民政(2011),「花東線鐵路電氣化工程介紹」,大地工程技師期刊第 3 期,頁 48-57。
8. 薛文城、張本聖(2012),「從花東縱谷地質談花東線鐵路隧道工程」,地工技術,第 131 期,頁 105-112。

「花東鐵路電氣化計畫」

新自強隧道遭遇地質困難因應對策探討

“Hualien-Taitung Line Electrification Project”

Research on the Countermeasures on the geology difficulty in the New Zechiang Tunnel

薛文城 Xue, Wen-cheng¹

陳伯賢 Chen, Bo-xian²

蔡昆奇 Cai, Kun-ji³

韋銘利 Wei, Ming-li⁴

陳鴻文 Chen, Hong-wen⁵

聯絡地址：97841 花蓮縣瑞穗鄉瑞美村市場街 46 之 10 號

Address：No.46-10, Market St., Ruisui Township, Hualien County 97841, Taiwan
(R.O.C.)

電話(Tel)：03-8875129#301

電子信箱(E-mail)：wcheng@erieb.gov.tw

摘要

本文探討興建中的花東線鐵路電氣化計畫之「CL212 標自強隧道

¹交通部鐵路改建工程局 東部工程處 玉里工程段 段長

²交通部鐵路改建工程局 東部工程處 玉里工程段 技術員

³中興工程顧問公司 花東工程處 主辦工程師

⁴中興工程顧問公司 花東工程處 協辦工程師

⁵中興工程顧問公司 花東工程處 地質師

土建工程」，自強隧道全長約 2,667m，位於花蓮縣境內，沿線為軟弱地質且地質狀況多變複雜，尤以遭遇沉泥段施工最為艱辛困難，國內、外工程界鮮少有在厚度達 12m 之沉泥層進行隧道開挖施工案例，因此藉由隧道施工技術之回饋，供各位工程先進於未來軟弱地質隧道開挖之施工參考。

關鍵詞：隧道、沉泥層、中導坑

Abstract

This essay aims to make research in “CL212 Zechiang Tunnel civil engineering” of Hualien-Taitung Line Electrification Project under construction. The total length of the Zechiang Tunnel, located in Hualien County, is about 2667m; along the line, the earth is soft and weak and the condition of the geology is fickle and complicated. Especially, the most arduous is to work on the sunk- mud section. It is seldom to carry out construction on the silty soil stratum of 12m in thickness in the domestic and foreign engineering field. Therefore, through the feedback of the technology of the tunnel construction, this research is to offer the reference for the engineering precursors on the construction of the tunnel of the weak and soft geology in the future.

Keywords : Tunnel, silty soil stratum, pit

一、前言

花東鐵路瓶頸路段雙軌化暨全線電氣化計畫，主要包括瓶頸路段雙軌化（含隧道新建、老舊橋樑改建、路線站場軌道之新建或改善）、全線電氣化、變電站新建及配合之電訊、號誌、照明工程等。

於 103 年 6 月 28 日花東鐵路電氣化通車後，除使花東地區整體鐵路運輸效能顯著增加；在花東鐵路所感受到的，不只是行車速度的提升、營運量的增加外，再加上結合田園風貌、人文色彩的綠美化車站，提供旅客以便捷、舒適、溫馨滿意之服務，使花東鐵路運輸邁向更快捷、更環保、有效率的新世紀。

新自強隧道穿越瑞穗舞鶴台地之施工，雖歷經四十餘年來台灣隧道工程施工技術發展與增進之歷程，然仍不能免除在台鐵東線鐵路拓寬時期所遭遇沉泥

層困難地質施工之困境，在施工團隊不眠不休，夜以繼日研議並改良隧道開挖及輔助支撐型式，共謀脫困方案，於沉泥層困難地質中，進行大斷面隧道開挖，經採穩紮穩打之策略，併用地質灌漿改良與中導坑工法施工，再進行擴挖，完成將指日可待。

二、地質概述

2.1 地質概述

新自強隧道位於花東縱谷舞鶴台地下方，該區域原屬紅葉溪與秀姑巒溪交會處之泛濫沖積平原，密布著埤湖與河道，紅葉溪沖積扇堆積於中央山脈側，後因中央山脈抬升及河川侵蝕，而形成現今之舞鶴台地地形，如圖 2.1-1 所示。隧道北高南低，隧道中段岩覆最高約 95m，於南側淺覆蓋處則僅約 10m。

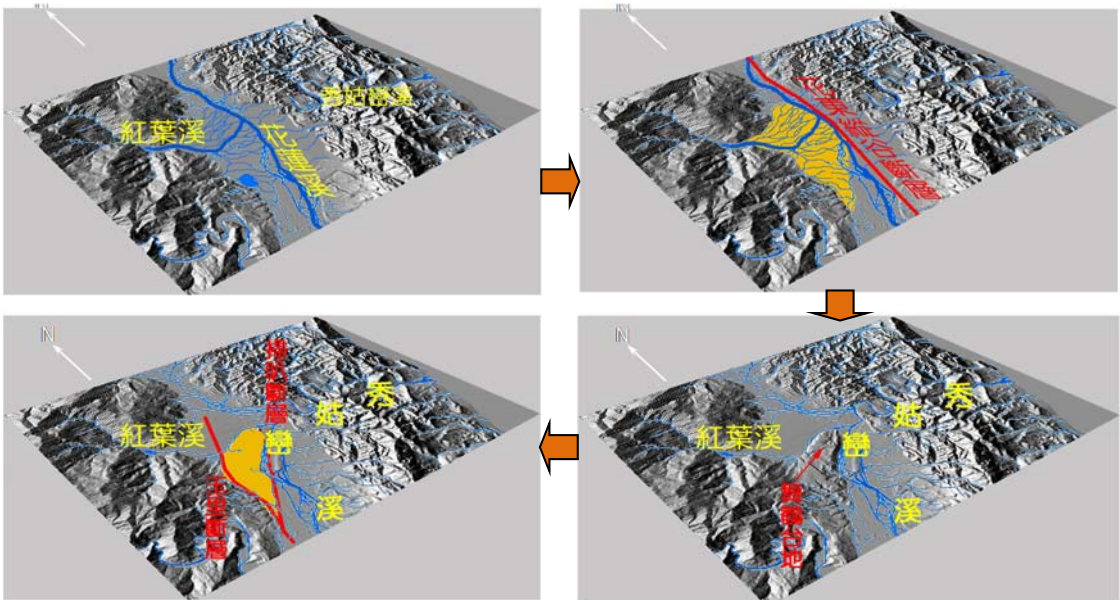


圖 2.1-1 舞鶴台地成因示意圖

根據經濟部中央地質調查所(特刊 23 號，2009)公布之活動斷層資料，隧道鄰近之活動斷層包括玉里斷層、瑞穗斷層以及池上斷層，其中玉里斷層為最靠近隧道之活動斷層。玉里斷層包括斷層主線及西側分支，主要斷層為左移兼具

逆移分量之斷層，沿舞鶴台地東緣呈北北東走向切穿部分舞鶴台地，西側分支又稱為掃叭線型，呈北北西方向延伸，惟此分支於地表並無明顯地形崖特徵。新自強隧道平面、縱剖面地質圖如圖 2.1-2、2.1-3 所示，隧道高程由北往南逐漸降低，隧道遭遇之地層包括玉里層、崙山層、舞鶴礫岩、古崩積層及沉泥層，其中沉泥層為本隧道遭遇之困難段，各地層特性，如表 2.1-1 所示。

表 2.1-1 各地層特性

地層類型	地質特性
沖積層	主要由未膠結、大小不一之塊石、砂、粉砂及黏土組成
舞鶴礫岩	其岩性主要為礫石，岩性組成包括片岩、板岩、結晶石灰岩等之礫石，為河相之沈積物
沉泥層	古河道沈積物，土壤直剪：凝聚力為 $1.35\sim 1.45 \text{ kg/cm}^2$ ，內磨擦角為 $30.78^\circ\sim 36.97^\circ$ ；土壤三軸(CIU)有效應力 C' 值為 $1.28\sim 2.75 \text{ kg/cm}^2$ ， ϕ' 為 $25.33^\circ\sim 28.66^\circ$
板岩	主要分布於隧道北口及中段，劈理發達，本隧道以細粒變質砂岩與板岩互層為主
片岩	主要分布於隧道南口，由石英雲母片岩、綠色片岩、雲母片岩等所組成

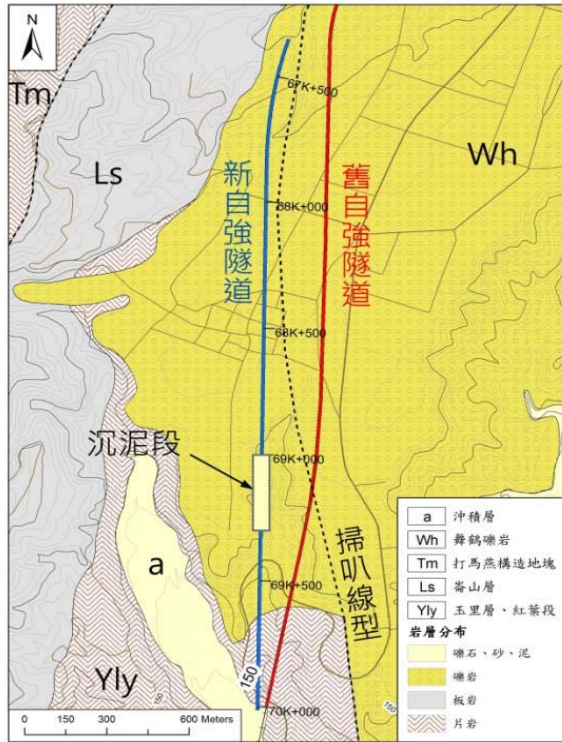


圖 2.1-2 自強隧道區域地質圖

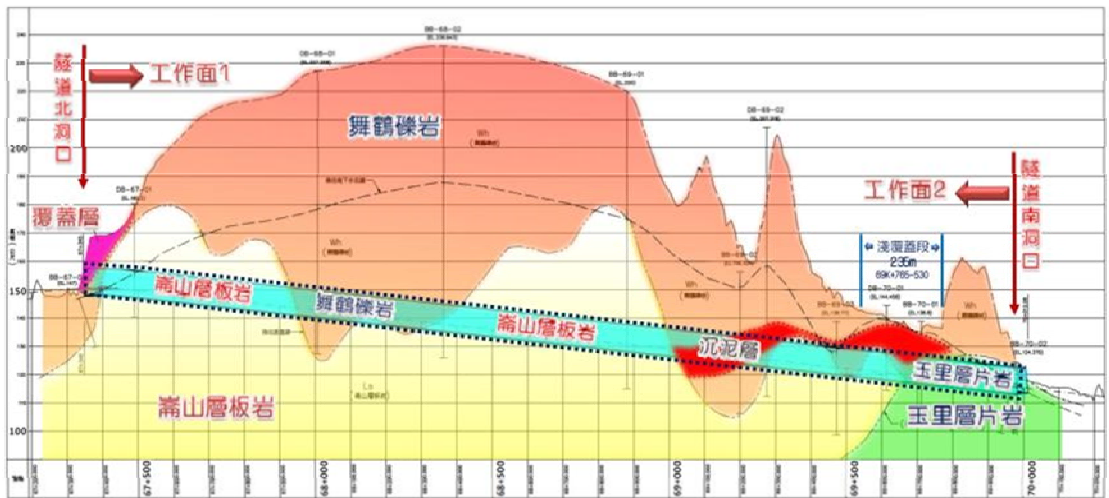


圖 2.1-3 自強隧道縱剖面地質圖(V : H=8 : 1)

2.2 沉泥段地質分析

沉泥段地質分佈，高程由上而下分別為覆蓋層、舞鶴礫岩、粉土質砂、沉泥層、古崩積層、板岩，隧道地質縱剖面如圖 2.2-1 所示，其地質特性概述如下：

1.舞鶴礫岩

地表以下為舞鶴礫岩，舞鶴礫岩具層狀堆積跡象，中~高度風化，由大小不一之礫石材料(大小約5~80cm不等)雜夾粗細不一之黃棕色砂及粉砂所組成，礫石材料多以次圓形之板岩礫石/塊石為主，膠結程度及自持性不佳。

2.粉土質砂

礫石層底部為一厚約 3~4m 之粉土質砂夾小礫石，屬礫岩層與沉泥層之過渡帶，膠結不佳岩質軟弱，另沉泥層下方為一厚約 3.2~7m 不等之砂質粉土層，夾有角礫及呈層狀之碳質沉積物，膠結不佳岩質亦軟弱，該層下方為礫石比例甚高之古崩積層，其厚度約為 12m 左右。

3.沉泥層

沉泥層呈灰褐色至黑灰色，主要由膠結緊密之粉土及黏土所組成，其岩體未受擾動前多呈無水狀態且透水性極差。

4.砂質粉土及古崩積層

另沉泥層下方為一厚約 3.2~7m 不等之砂質粉土層，夾有角礫及呈層狀之碳質沉積物，膠結不佳岩質亦軟弱，該層下方為礫石比例甚高之古崩積層，其厚度約為 12m 左右。

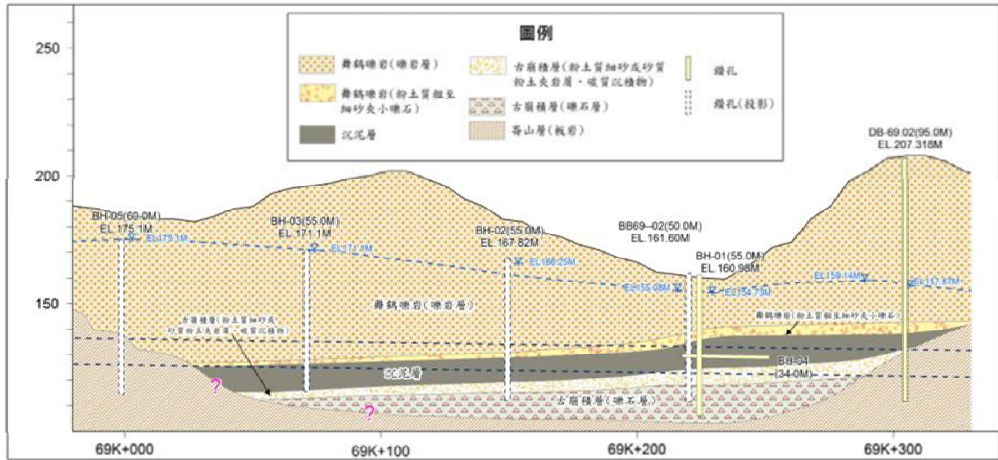


圖 2.2-1 自強隧道沉泥段縱剖面地質圖

三、隧道選線與設計

3.1 選線

新自強隧道新建工程(以下簡稱本隧道)依前階段規劃成果，新建隧道長約 3,075m，位於舊自強隧道西側，新舊隧道中心距約 100m，整體工期約需 7 年。惟考量「花東線鐵路電氣化新建工程」執行期程由原本 7 年縮減為 5 年，故本標重新檢視隧道周遭地形地質條件，據此研擬新的路線方案，俾縮減隧道工期，滿足 5 年電氣化通車需求。

1.地形條件

自強隧道位於花東縱谷中段舞鶴台地，西側為東台片岩山地，東側為海岸山脈。舞鶴台地頂除東緣地勢變化較大外，餘多平緩，高程普遍約 220~230m，最高點位於台地東緣的加納納山（高程 250m）。台地東側臨秀姑巒溪溪谷（高程約 70m）與海岸山脈相望，而位於西側的東台片岩山地地勢漸次向西拔高至千餘公尺，在台地南北兩側之縱谷平原區地勢平緩，高程約 90~110m，如圖 3.1-1 所示。

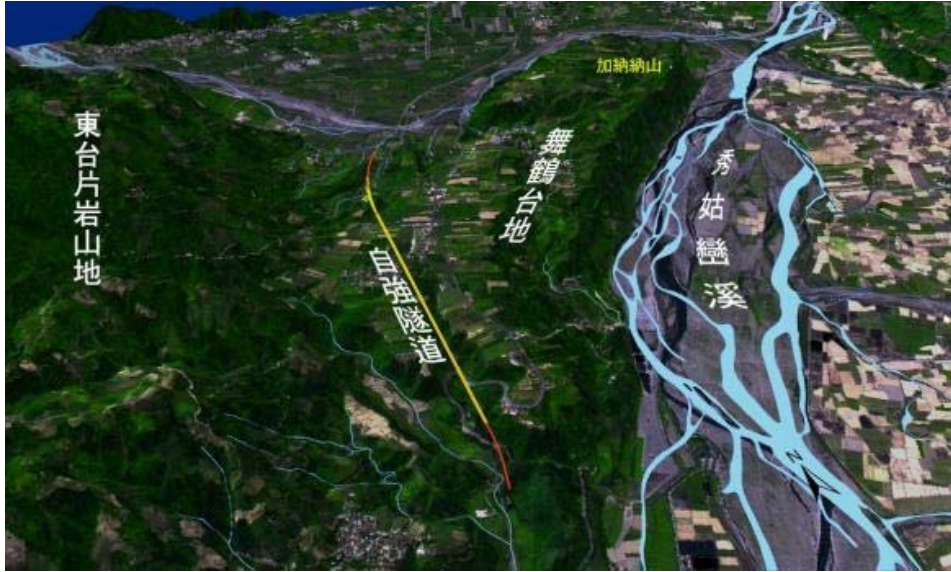


圖 3.1-1 計畫隧道線鄰近區地形

2.地質條件

本隧道路線位於台灣地質分區中之東部縱谷區及中央山脈東翼區交界附近，本區內中央山脈東翼區之岩性以變質岩為主，主要為片岩及板岩，而東部縱谷區出露之地層則為礫岩，隧道穿過地層屬硬岩基盤與鬆軟覆蓋層交替變化之區域。

3.方案研擬

本計畫配合補充測量及地質調查作業成果，就新建自強隧道工程研擬兩路線方案（路線「方案一」及路線「方案二」），並就兩路線方案之路線線形、地表現況、地質條件、施工規劃、經費及工期估算、行政及介面處理等加以比較，作為選線依據，如圖 3.1-2 所示。以下茲就兩路線方案之內容進行概述。

(1)路線「方案一」

「方案一」新建一座長約 2,680m 之隧道，較原規劃路線（隧道長約 3,075m）縮短 395m，其位於既有自強隧道西側，新舊隧道中心距約 200m。平面線形方面，「方案一」之隧道內有二處曲線半徑分別為 1,600m（北端）與 5,800m（南端），比既有隧道之 800m 與 3,000m 為大，線形較佳。縱面線形方面，「方案一」

之隧道高程為北高南低，以單一坡度 13.46‰由北洞口往南洞口下降。

「方案一」路廊區域內之地層並非規則性延展，沉積（堆積）材料因區域不同而有明顯變化，其岩化程度與強度亦因前述變化而有較大差異；大體而言，地層層序由下而上、由老而新依序為「玉里層片岩/板岩」、「舞鶴礫岩與玉里層片岩間之古河道沉積物（以下簡稱古河道沉積物 1）」、「舞鶴礫岩」、「舞鶴礫岩上方舊河道沉積物（以下簡稱古河道沉積物 2）」及「現代沖積層與崩積層」。

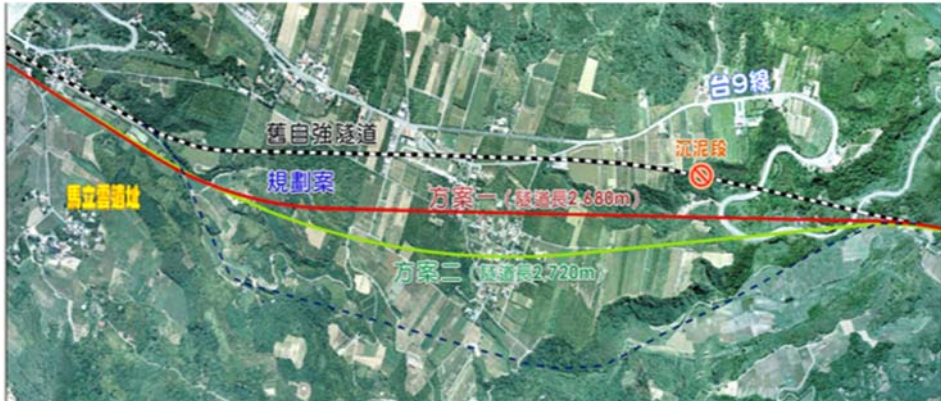


圖 3.1-2 新路線方案平面圖

(2) 路線「方案二」

「方案二」新建隧道長約 2,720m，較原規劃路線（隧道長約 3,075m）縮短 355m，其位於既有自強隧道西側，新舊隧道中心距約 370m。平面線形方面，「方案二」之隧道內有二處曲線半徑分別為 3,100m（北端）與 1,100m（南端），現有為 800m 與 3,000m（請參閱圖 3.1-2）。縱面線形方面，「方案二」之隧道高程為北高南低（與方案一近似），以單一坡度 13.19‰由北洞口往南洞口下降。

4. 綜合評估

本計畫茲就各項評估條件，包含路線線形、地質條件、施工性、工期、工程經費及行政程序等，針對前述兩路線方案進行綜合評估，並彙整優劣結果如表 3.1-1 所示。經考量各項評估條件，以採「方案一」為較佳方案，決議採行之。

表 3.1-1 綜合評估表

評估條件 方案	路線 線形	地質 條件	施工性	工期	工程 經費	行政 程序
方案一	○	○	○	△	○	○
方案二 施工規劃 A 案	△	△	△	△	△	×
方案二 施工規劃 B 案			△	△	△	△

◎：優 ○：普通 △：稍差 ×：劣

3.2 設計

1. 隧道建築界限

依據台灣鐵路管理局鐵路工務規章之規定，新建電化路線之單線隧道建築界線如圖 3.2-1 所示，包括基本界限、普通隧道之加寬建築界限、電化路線隧道之最小界限及電化路線隧道內加寬界限。

本計畫以滿足上述各規定界限之外圍最大包絡線作為雙線電化路線隧道斷面設計之基本考量。

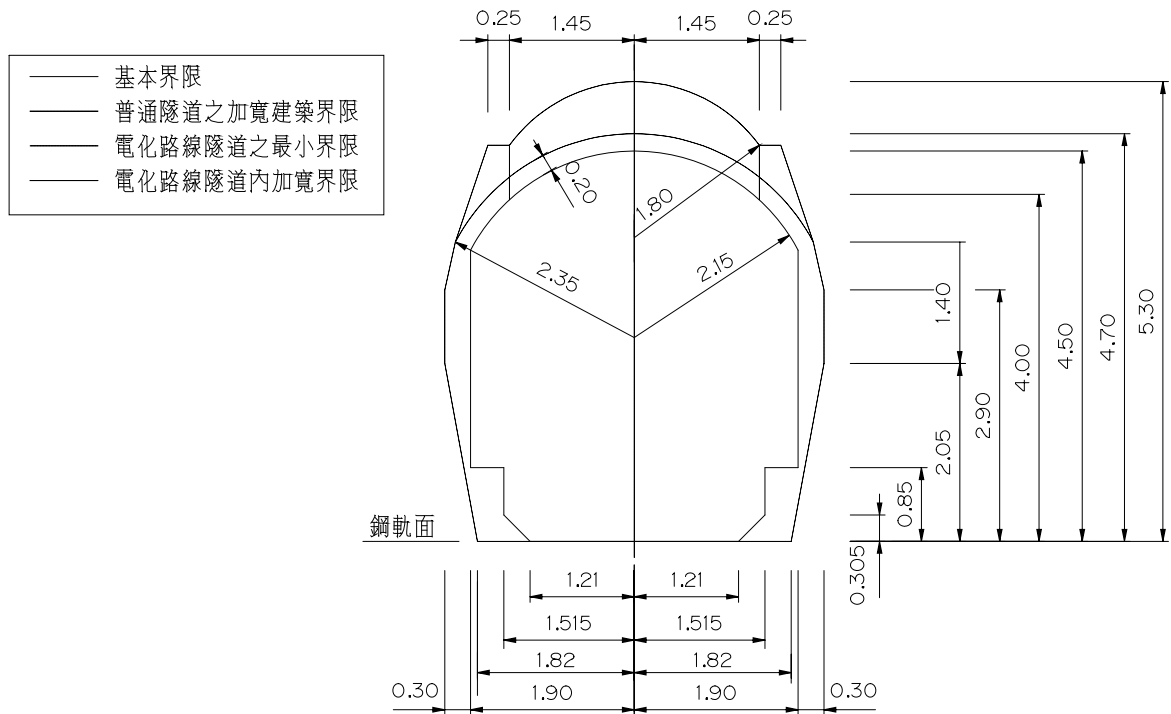


圖 3.2-1 新建電化路線單線隧道建築界限

2. 隧道內淨空

如圖 3.2-2 所示，兩股軌道之中心距離為 4.0m，惟空間配置時，係依未來標準軌間距可能增至 4.5m 之需求而訂定。

隧道兩側設置 0.8m 寬、2.2m 高之維修步道，並設有不銹鋼扶手，取代原隧道避車洞之設置，可提供人員維修兼具緊急逃生之用途。內空斷面之最大淨寬為 11.3m。

高度方面，考量隧道內架空電車線之需求，頂拱至軌頂高為 6.75m。隧道兩側分別設有雙孔電纜槽，其單孔淨寬為 0.38m；兩股軌道中間設有一道 0.8x0.9m 之排水溝，用以排除襯砌外緣所截取之地下水、火車所帶進之雨水及未來可能之入滲地下水。

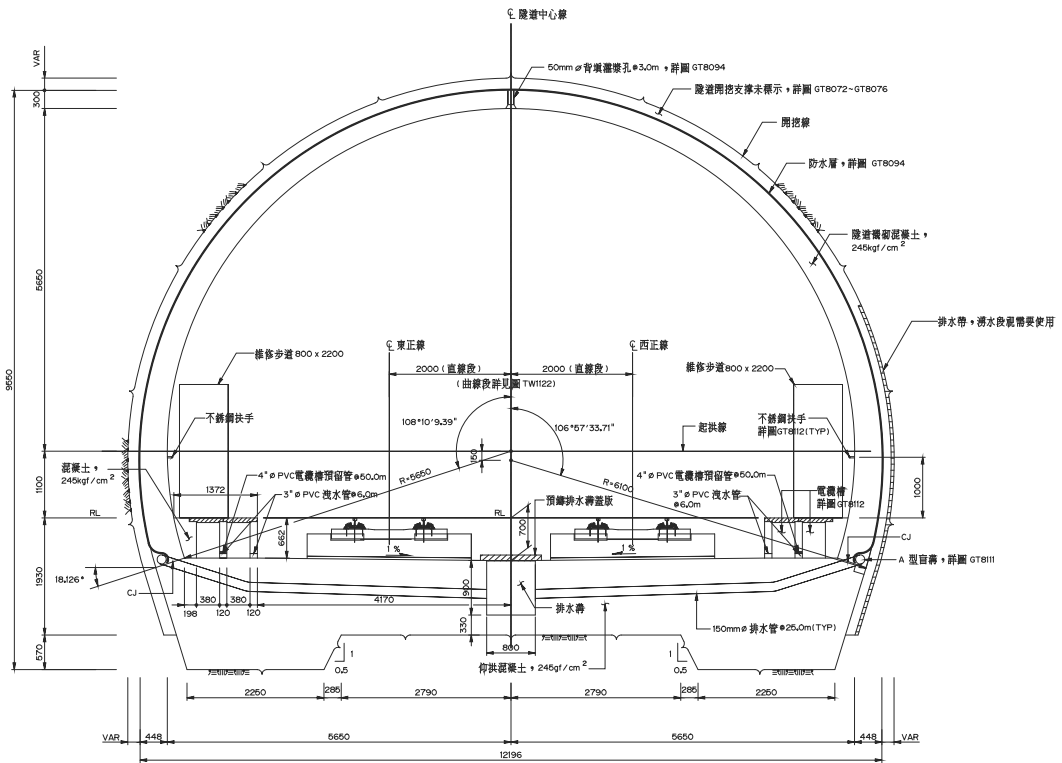


圖 3.2-2 鑽掘法主隧道標準斷面(無仰拱)

3. 隧道標準斷面

(1) 無仰拱鑽掘隧道斷面 (請參閱圖 3.2-2) :

應用於山岳地質條件較佳路段。頂拱襯砌厚度為 30cm，兩側襯砌厚度 44.8cm。其防水之設計為隧道頂拱及兩側鋪設防水層，防水層由一層防水膜(內側)及一層非織物(外側，導水及避免噴凝土刮破防水膜)組成，防水層底部設置縱向盲溝收集隧道外地下水，再經由每 25m 一道之橫向 150mm § PVC 管排入隧道中間之水溝排出洞外。

(2) 有仰拱鑽掘隧道斷面 (請參閱圖 3.2-3) :

應用於山岳地質條件較差路段。頂拱襯砌厚度為 30cm，兩側襯砌厚度 44.8cm。底部設計為圓弧形仰拱，防水之設計方式同前。

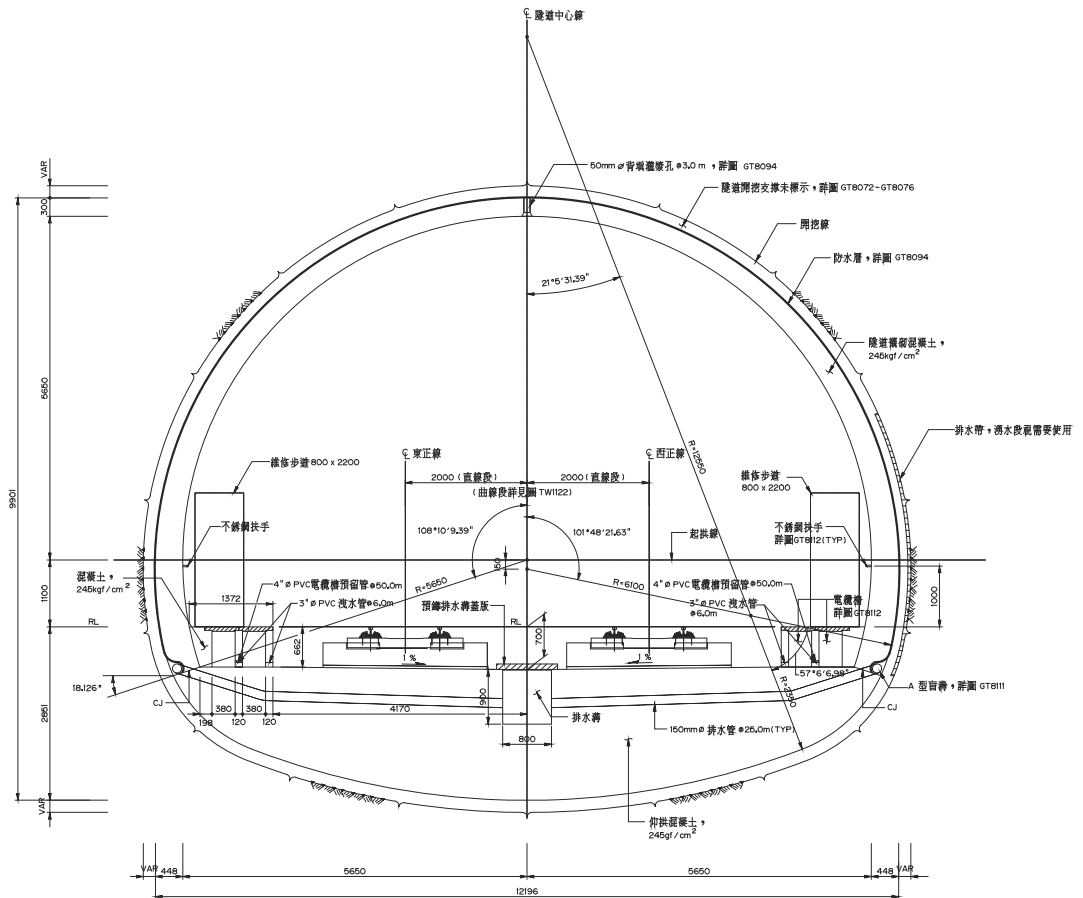


圖 3.2-3 鑽掘法主隧道標準斷面(有仰拱)

四、施工概述

4.1 隧道洞口開挖

1. 北洞口

本洞口係由一台地之鼻端進洞，如圖 4.1-1 所示，進洞方向約略與地形垂直。台地高度約 20m，長度約 120m。為保持當地自然景觀，及避免大規模之高坡開挖造成邊坡不穩定、增加日後維護困難及影響環境景觀，本洞口採 3.0m

淺覆蓋進洞方式。至於進洞處較風化岩盤或較軟弱地盤則採用管幕工法或其他特殊工法予以克服。

為配合北洞口之地形，本洞口之開挖，在預定之明挖覆蓋隧道覆蓋高程 EL.160 以下事先挖成正面為 1：1.5 之開挖坡，在明挖覆蓋隧道覆蓋後，正面會呈現 1：1.5 之一致坡面，增加景觀之可看性。高程 EL.160 以上則為 1：1 之穩定開挖坡。

考量洞口未來可能有風化破碎之岩體掉落或滑落，隧道洞門採用正傾斜拱門型式（bamboo cutting）井。

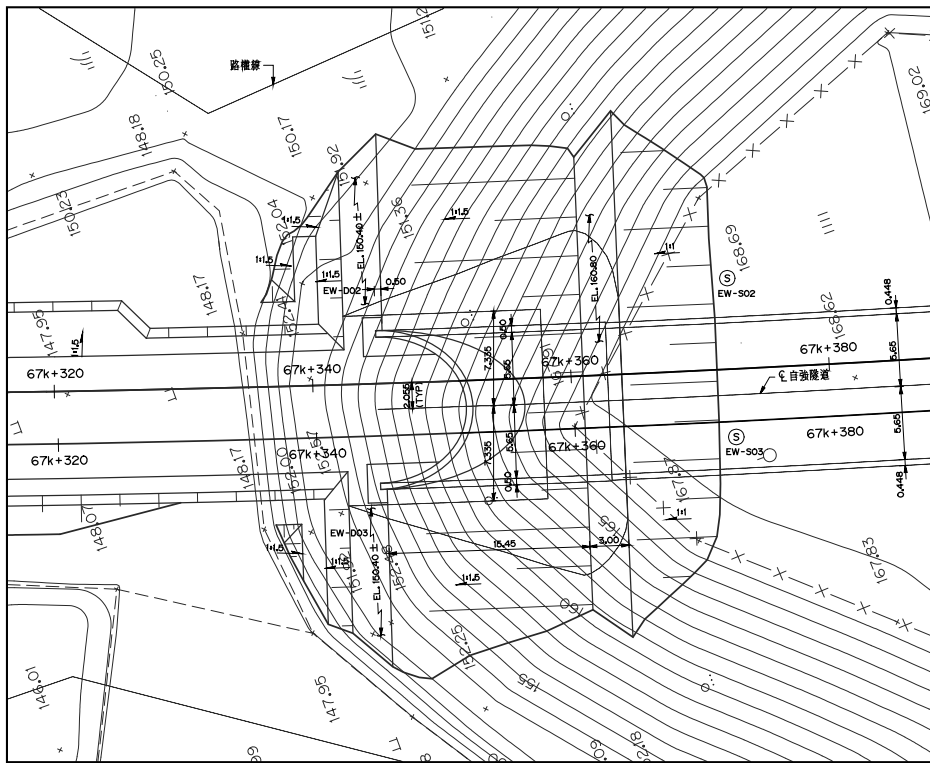


圖 4.1-1 自強隧道北洞口平面佈置圖

2.南洞口

本洞口位於原自強隧道南洞口西側約 31m 處，如圖 4.1-2 所示，進洞方向約略與地形垂直。隧道由台 9 線及一既有產業道路下穿過。本洞口同樣採約 3.5m 淺覆蓋進洞方式；前述既有產業道路於施工期間係規劃另建施工便道以維持通行。

本洞口之開挖係配合南洞口地形，於正面及兩側面設計為 1:0.5 之開挖坡。考量洞口未來可能有風化破碎之岩體掉落或滑落，隧道洞門亦採用正傾斜拱門型式設計，另將既有產業道路回復原有位置，由隧道上方通過，此明挖覆蓋段長約 33m。

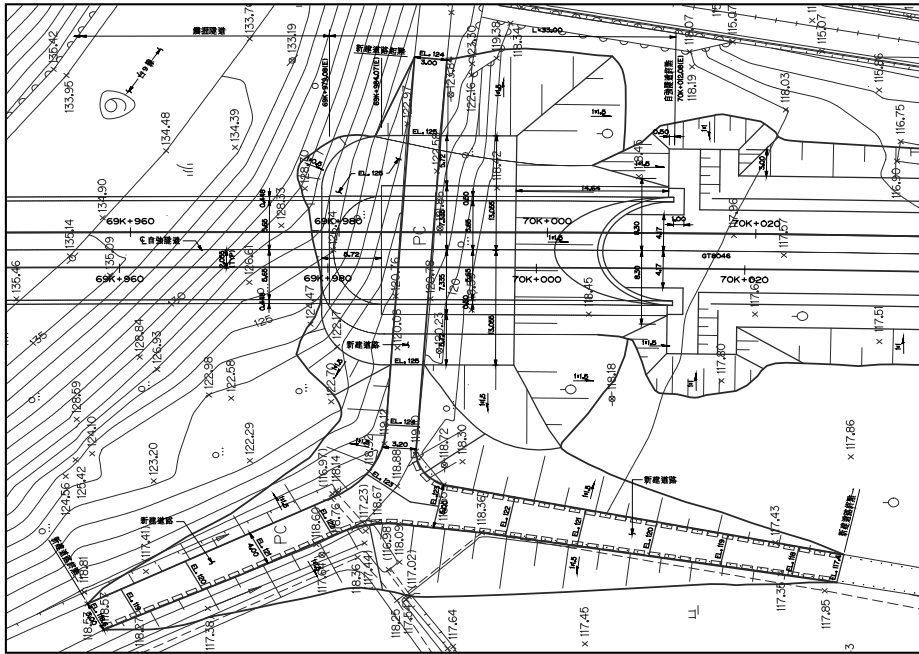


圖 4.1-2 自強隧道南洞口平面佈置圖

3. 洞口邊坡保護

洞口邊坡之保護原則係依據工程條件及相關經驗，融合生態工法之設計理念，在兼顧環境與公路景觀之前題下，研擬經濟及安全之保護措施。

針對回填坡，採用自然穩定之坡比填築，坡面進行生態植生。至於開挖坡，於地質易風化區以噴凝土保護坡面，並配合爬藤類植物植生美化；地質雖不易風化但有地下水脈滲流時，則以各式格梁保護及植生綠化；有發生岩楔鬆動之虞時，採用岩栓或地錨等措施；土層或風化岩層有滑動之虞者，以土釘或岩栓補強之。

新自強隧道南、北洞口邊坡因均採淺覆蓋進洞方式，除在隧道施工期間之 1:0.5 臨時坡係以噴凝土及灌漿錨筋保護外，永久坡面係參照前述保護措施，少量開挖坡以鋼筋混凝土格梁予以保護；回填坡則以植生護坡保護之。

4.2 隧道施工

1.開挖工法

本隧道開挖支撐採新奧工法（NATM）理念，亦即在開挖過程中利用半剛性之人為支撐構件提供適當約束，將隧道周圍岩盤形成岩拱效應，藉此平衡隧道開挖所造成之岩盤變形與應力變化，並維持開挖面之安全與穩定，如圖 4.2-1 所示。基於上述理念，隧道支撐系統使用輕型鋼支保及噴凝土，並輔以岩栓或其他適當保護措施，而不再以傳統工法之重型鋼支保來承受全部岩體之荷重。

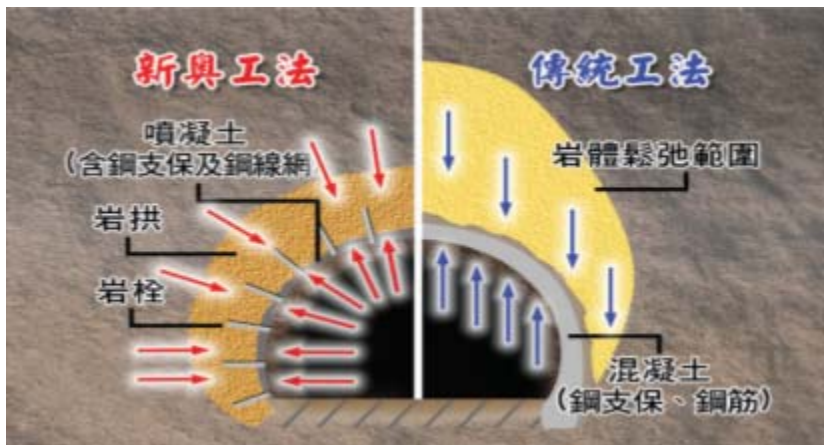


圖 4.2-1 新奧工法與傳統工法之比較

開挖工法包括傳統台階開挖(短台階、長台階)、中導坑先進開挖等，開挖工法選擇為考量隧道周圍岩盤之拱效應與開挖面之自立性地質特性，充分利用其支撐功能。原則上，在不影響隧道穩定性之前提下，宜儘可能採較大斷面開挖之。

本隧道斷面大，考量開挖後之穩定性，仍採台階開挖工法，依上半斷面、洞台及仰拱等視需要分四階開挖及支撐，如圖 4.2-2 所示。此工法尚可進一步細分為長台階、短台階等，端視地質條件、仰拱閉合時機及上半斷面開挖作業空間而定。當開挖面自立性較差且需及早仰拱閉合時，可採用 2~4m 之短台階等，端視隧道之穩定性、施工機械配置而決定，並於仰拱閉合後儘早施作隧道永久襯砌。

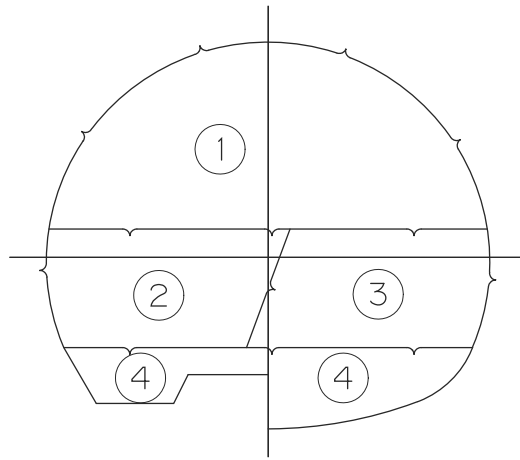


圖 4.2-2 隧道台階開挖示意圖

2. 隧道支撐工

(1) 鋼支保

鋼支保使用目的在於提供初期支撐、提高支撐系統之強度與勁度與韌性、以及作為先撐工法所採支撐構件之支承點。鋼支保類型依斷面形狀可分為 H 型鋼支保及桁型鋼支保，傳統隧道開挖較多採用 H 型鋼支保，惟近年來較受推廣應用之桁型鋼支保，已陸續使用於國內許多大型隧道工程，且有逐漸取傳統 H 型鋼支保之趨勢。

與 H 型鋼支保相較，桁型鋼支保在隧道施工實務上具有以下優點：

- A. 噴凝土可輕易充填其後方空隙，而岩栓及先撐材料（若有需要）亦可穿過鋼支保空隙至周圍岩盤中；換言之，桁型鋼支保能與噴凝土、岩栓及先撐材料等支撐構件有效結合，形成一完整之岩石環以發揮較高之承載能力，並具有較佳之水密性。
- B. 鋼支保重量較輕且易於組裝，可加快隧道輪進速度，惟國內隧道工程對此支撐構件所累積之施工經驗相對較少，其影響需納入設計考量。
- C. 如就施工期間之工程效率、成本與安全性，以至完工後之營運維修及工程壽命等整體因素進行考量，桁型鋼支保之成本較低。
- D. 噴凝土之噴佈厚度較均勻，且反彈量較小。

惟桁型鋼支保仍具有以下缺點尚待克服，例如：噴凝土強度未產生前，支

撐結構較脆弱，無法分擔過多岩壓；面臨極軟弱地盤之極大荷重作用下，桁型鋼支保之勁度可能較不足等。因此，本隧道支撐構件依地盤岩體強度及性質而做不同選擇，使用上以桁型鋼支保為主，特殊困難地質條件下則使用 H 型鋼支保。

(2)岩栓

岩栓為本隧道圍岩之主要補強構件，當隧道周圍岩盤之破壞機制不同時，其使用目的亦隨之改變。以構造破壞為主之隧道，圍岩所受應力並不會因開挖而超過其本身強度，此時岩栓主要用以固定可能滑動之岩楔，以確保隧道穩定；以材料破壞為主之隧道，則常因開挖導致圍岩所受應力超過其本身強度，進而產生塑性區，加大隧道內空變形量，此時岩栓主要用以增加隧道周圍岩盤之約束作用，藉以抑制塑性區之產生及發展，進而減少周圍岩盤之變形量，達到穩定隧道之目的。

本計畫隧道考量不同岩體類別之性質，採用灌漿岩栓及自鑽式岩栓兩種類型進行設計，施工上需視岩體評級進行系統性佈設或補強打設，茲簡述如下：

- A.A 岩類：採用灌漿岩栓及系統性佈設，惟評級較佳者將視需要隨機施作。
- B.D 岩類：根據過去礫岩隧道之施工經驗，考量灌漿岩栓在此類地層不易施作，易有坍塌效應，故採自鑽式岩栓及系統性佈設。
- C.C 岩類：基於岩栓在沉泥地層打設之效果難以獲得確認，故不予採用，而另以加強鋼支保及灌漿輔助工法作為對策。

(3)噴凝土

噴凝土除作為本隧道支撐構件外，亦可防止岩盤鬆弛、龜裂、風化與剝落，並增加隧道周圍岩盤之約束作用，其設計需滿足強度（特別是早期強度）、施工性（反彈量、粉塵量、附著力及平滑性）及耐久性等要求。本隧道噴凝土採用鋼纖維予以補強，以改善噴凝土與岩盤間之黏著效果，並提高噴凝土之抗彎強度與韌度，進而減輕或防止噴凝土因隧道周圍岩盤變形過大而產生龜裂或剝落現象。

相較於鋼線網噴凝土，鋼纖維噴凝土具有較高抗張、彎曲、抗剪及殘餘強度、變形耐力及韌性大、發生裂縫後仍能傳送張力等特性，且可節省掛網所需

時間，可提升隧道施工安全性，因此於近年來在許多隧道工程均逐漸獲得推廣應用，且國內工程目前在鋼纖維噴凝土之應用及技術上均已獲得大量提升，因此本隧道施工以採用鋼纖維噴凝土為主要支撐構件。

五、遭遇的問題

5.1 北口隧道遭遇的問題

- 1.北口進入礫岩與板岩交界面，內夾古河床崩積物，開挖進度嚴重受阻。於 100 年 12 月 15 日開挖至里程 68K+366 起，開挖面出露岩體為黃棕色高度風化板岩，多處岩體已完全風化為黃棕色砂泥，劈理分布密集且發達，開挖面潮濕且頂拱滲水，岩體鬆散易碎，後續開挖造成十幾次大小不等的抽坍及多次的擠壓變形，坍塌材料以板岩岩屑夾黃棕色砂泥為主，抽坍處可見完全至高度風化板岩岩體呈碎屑狀由頂拱直接坍塌。
- 2.於 101 年 7 月 27 日及 8 月 28 日自強隧道北口於進行里程 68K+408.5 及里程 68K+434.5 開挖作業時發生隧道抽坍，如圖 5.1-1 所示，大量含水土石自開挖面頂拱上方抽洩而出，造成隧道上方地表，對應隧道里程 68K+358 及里程 68K+390 處，發生地面坍塌現象。坍塌坑洞尺寸約為直徑 7m，深度 12m。現場立即以混凝土回填完成，方圓 20m 內居民亦立即安排就近入住民宿，以確保安全。

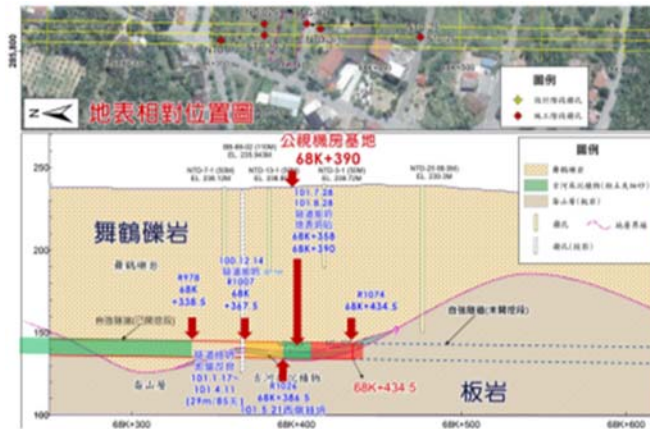


圖 5.1-1 68K+338.5~69K+390 抽坍位置示意圖

3.復於 101 年 10 月 4 日發現隧道里程 68K+380.5~68K+410.5 右側頂拱大量 6m 岩栓斷落，此段地質是礫石層底部為古河床沉積物(以層狀暗灰色粉土層為主夾細砂)，其厚度隨古河道地形而變化不一，最厚可達 3m 以上，受開挖擾動後大地應力重分配的影響，造成西側沉陷值無法收斂，恐危及隧道安全，即刻架設臨時門型支撐抑制沉陷，如圖 5.1-2 所示。



圖 5.1-2 西側受壓段架設臨時門型支撐施作實況

4.又於 102 年 1 月 30 日北口隧道施工至 NR1060 時發生 NR1057~ NR1059 頂拱擠壓變形，以 H 型鋼臨時支撐進行輔助支撐維護隧道安全，如圖 5.1-3 所示，後續進行地質改良灌漿作業。



圖 5.1-3 北口 H 型鋼臨時支撐進行輔助支撐

5.2 南口隧道遭遇的問題

1 自 100 年 4 月 18 日開挖至里程 69K+300 起，開挖面頂拱出露沉泥層，並隨開挖方向逐漸增厚。沉泥層易受隧道開挖擾動後孔隙比改變使其開挖面迅速弱化，致使沉泥強度降低、自立性變差，並呈液態流泥狀自開挖面流出，造成沉泥層裂隙及不穩定。上方礫岩層富含地下水易沿裂縫滲入開挖面，加速沉泥弱化現象，反復循環作用，進而造成開挖面土心推擠、抽坍、支保腳沉陷等後續問題；隨著圍岩鬆動區域擴大影響，致使支撐承受過大應力，極易發生開挖面異常變形、開挖面頂拱抽坍、隧道擠壓變形、噴凝土受壓破裂及鋼支保挫曲等狀況，研判，其可能之破壞機制主要有兩大原因：(破壞機制如如圖 5.2-1 所示)

- (1) 沉泥軟弱無法成拱、開挖面土心擠出。
- (2) 地形偏壓影響。

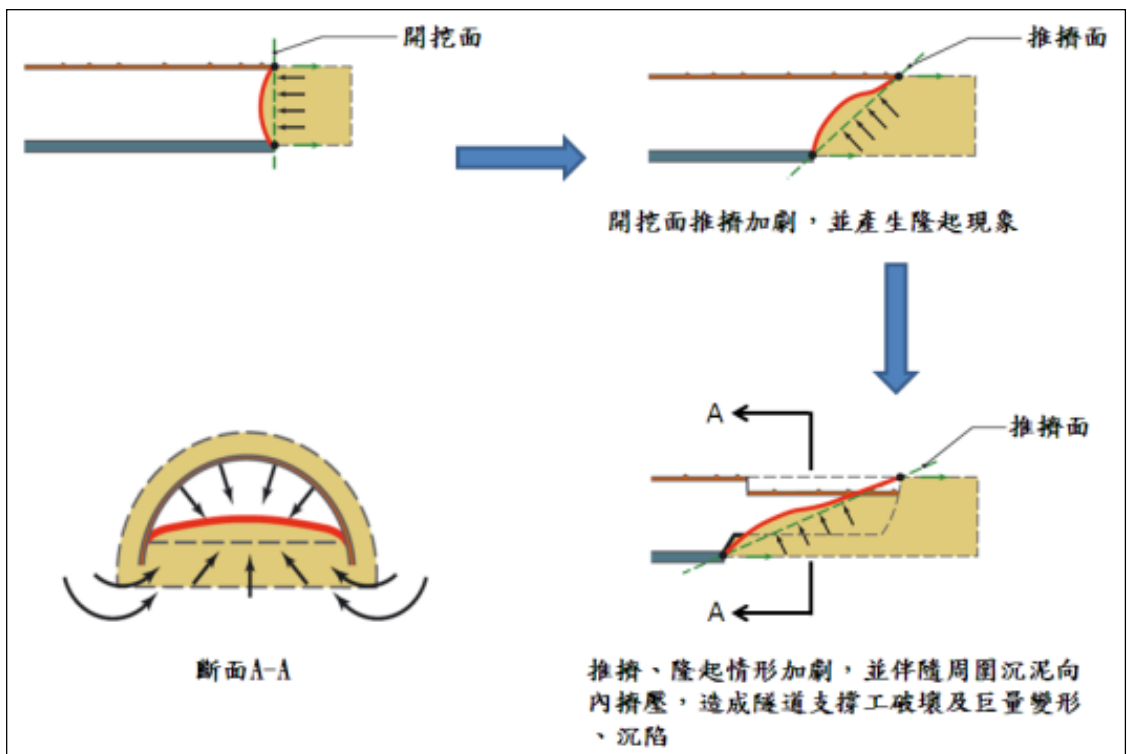


圖 5.2-1 破壞機制示意圖

2.於 100 年 6 月 15 日南口隧道施工開挖至里程 69K+251.8，因抽坍而前進開挖中斷，因數次擠壓里程 69K+255.8~69K+250.8 區間歷經多次固結補強及擠壓入侵修改，於 100 年 9 月 9 日累計最大頂拱沉陷已逾 140cm，施作入侵修改時發生約 100cm 之巨量沉陷，開挖面上方地表旁坡地產生陷落，地表溝渠有破損及裂縫，水由此滲入並經坍塌處流進隧道內；至於開挖面則以太空包堆疊於擠壓沉陷段之兩側，完成後噴漿封面，如圖 5.2-2 所示。

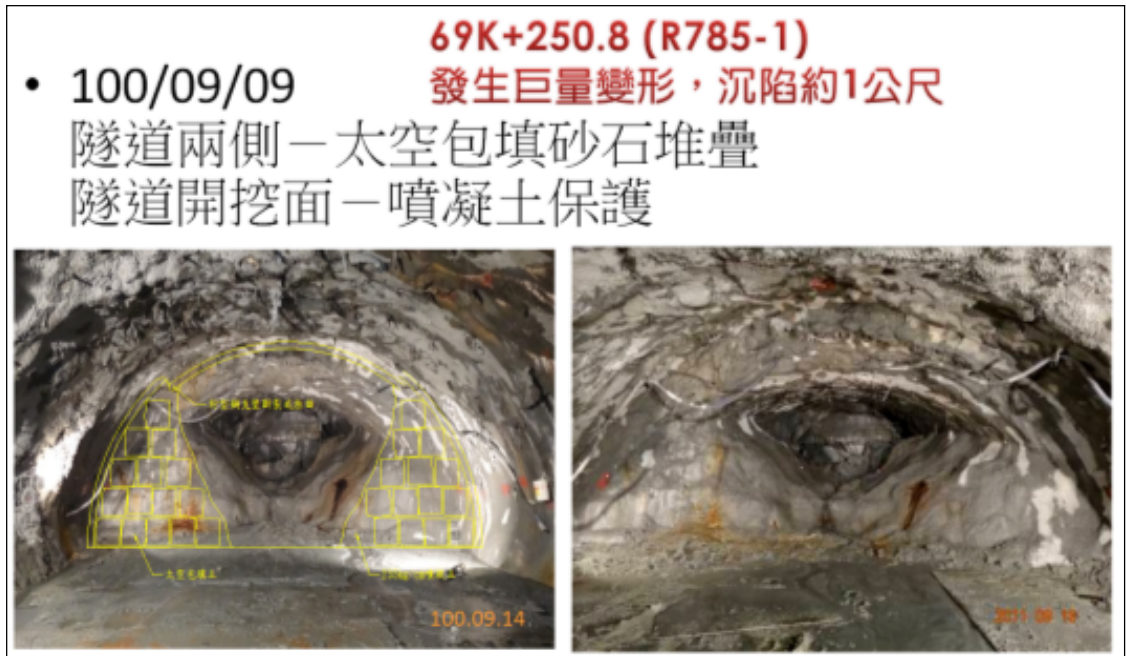


圖 5.2-2 開挖面以太空包堆疊於擠壓沉陷段之兩側示意圖

六、解決對策

6.1 北口隧道解決對策

北口遭遇開挖面頂拱發生抽坍、隧道擠壓變形噴凝土受壓破裂等狀況多半發生於地質介面帶或古河床沉積物地層。因此於採先撐管幕灌漿及隧道內水泥漿系錐體灌漿固結及止水灌漿(地盤改良)，輔以擴挖式加勁支保腳、縮小岩栓間距、增加岩栓長度，以增大岩盤自立拱圈的範圍，維持隧道開挖之安全。

6.2 南口隧道解決對策

針對沉泥層-特殊困難地質區段，雖輔以臨時仰拱、擴挖式加勁支保腳、支保腳加勁岩栓、先撐管幕灌、補強岩栓等補強工及輔助工法，仍無法突破工程困境，多次邀集國內隧道專家召開施工技術諮詢會議及建議。經施工團隊評估考量後，決定採中導坑工法(縮小斷面)開挖及灌漿輔助工法進行地盤改良，以克服施工困境，中導坑工法斷面如圖 6.2-1 所示。

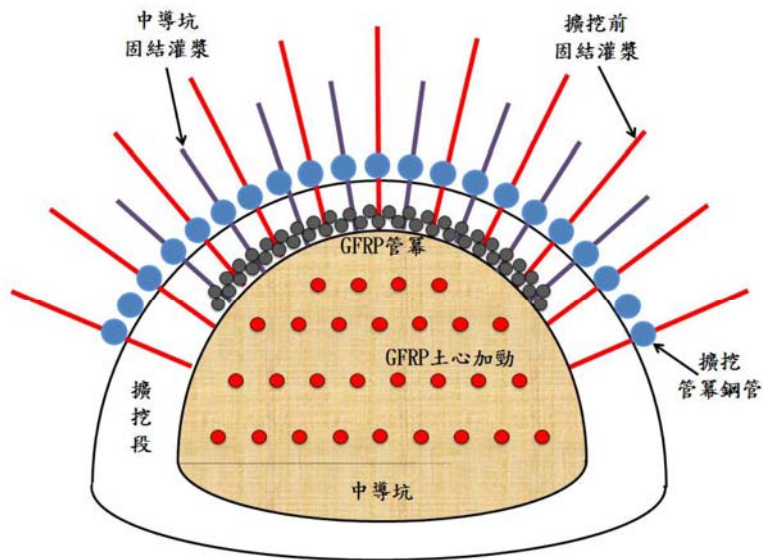
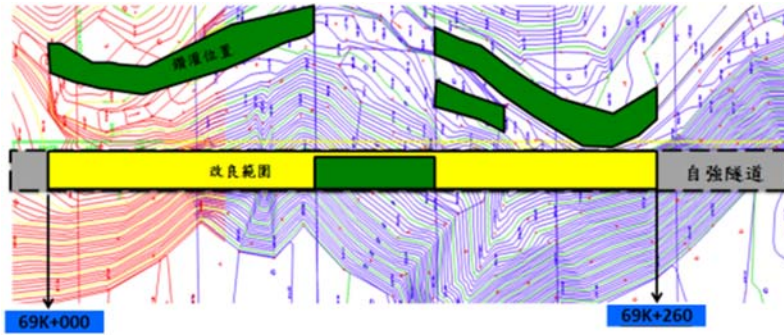


圖 6.2-1 中導坑開挖斷面示意圖

本隧道灌漿輔助工法施作理念包括：(1)灌漿改良土壤的結構強度及基本性質，提高地層本體的承載力及增加開挖後土壤的自立時間。針對灌漿輔助工法大致分為地質改良、開挖面補強、錐幕固結灌漿及先期支撐等四大類以及(2)以先進支撐構材及灌漿形成的系統支撐，提供開挖時前期支撐。

6.2.1 地質改良灌漿

由地表以水泥漿灌注固結舞鶴礫岩層，減少覆土垂直載重壓力對沉泥層的影響，改善其舞鶴礫岩層之物理力學性質，提高隧道頂拱上方地層的承載力、剪力強度及降低孔隙率，如圖 6.2-2~6.2-4 所示。



: 隧道位置
 : 隧道地盤改良灌漿範圍
 : 地盤改良地表鑽灌位置

圖 6.2-2 地表地質改良灌漿平面示意圖

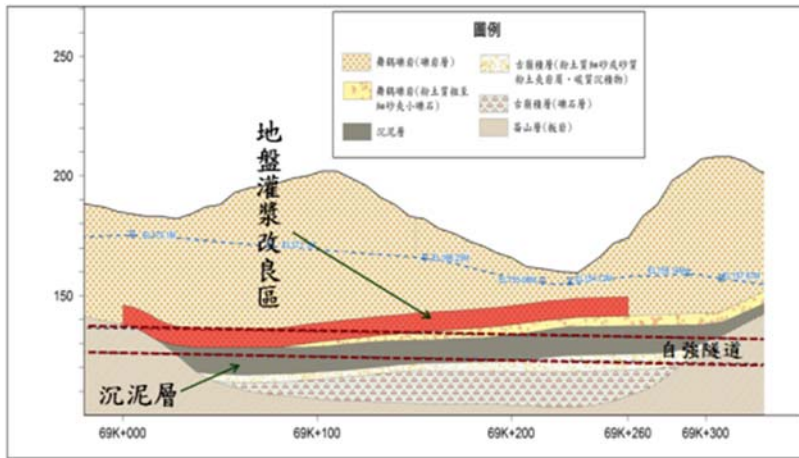


圖 6.2-3 地表地質改良灌漿縱剖面示意圖

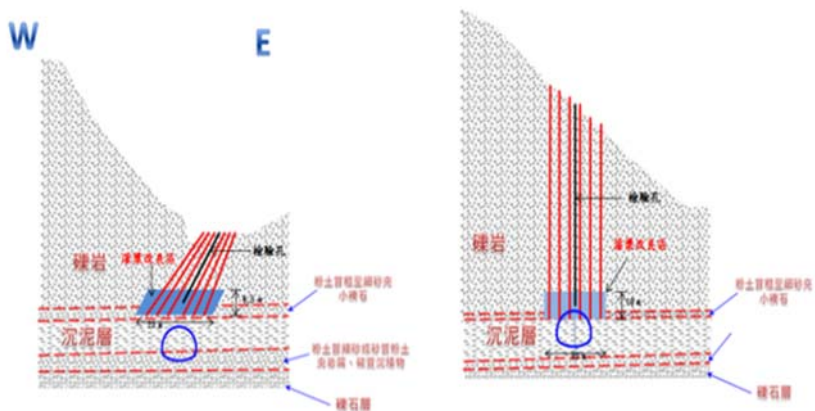


圖 6.2-4 地表地質改良灌漿剖面示意圖

6.2.2 開挖面補強灌漿 — 土心加勁(GFRP 玻璃纖維灌漿管)

隧道開挖時因地層側向解壓，形成開挖面土心向外擠壓甚至抽坍現象，因此於開挖面施作預加固土心加勁，以增加開挖面側向圍束力，防止開挖面土心向外擠壓、抽坍及異常沉陷情形，如圖 6.2-5~圖 6.2-6 所示。

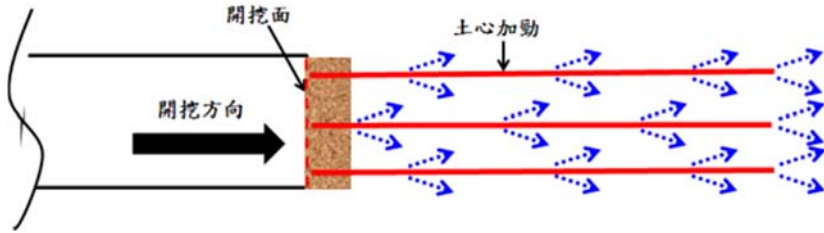


圖 6.2-5 土心加勁灌漿縱剖面示意圖

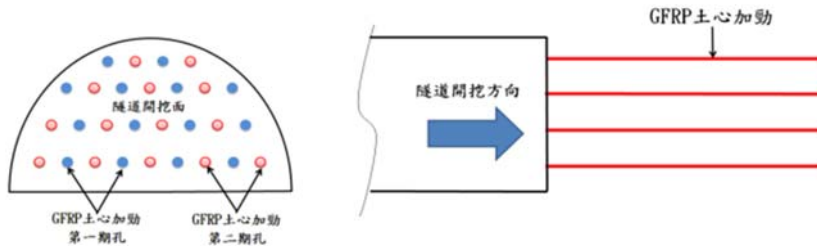


圖 6.2-6 土心加勁灌漿剖面示意圖

6.2.3 錐幕固結灌漿

沉泥層主要成分由黏土及極細粒料所組成，顆粒間之結合力強，傳統滲透性固結灌漿無法有效達到改善效果，因此本隧道固結灌漿提高灌漿壓力以劈裂式灌注，對沉泥層進行擠壓、壓密，使沉泥層結構更為密實，以提高頂拱上方沉泥層之強度並增加其自立時間，避免開挖形成之應力失衡狀態，造成隧道抽坍情形，如圖 6.2-7 所示。

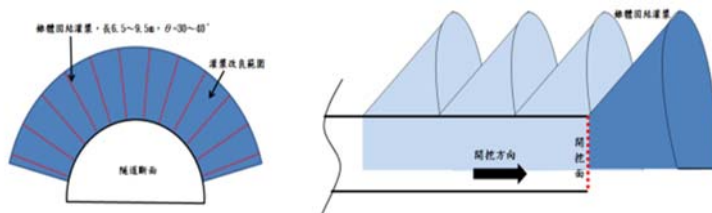


圖 6.2-7 錐幕固結灌漿示意圖

6.2.4 先進支撐 — 雙層先撐管幕灌漿

以「先撐後挖」的理念，於隧道施作先撐管幕，為增加先進支撐系統之支撐力，管幕佈孔配置採內、外雙層交錯佈置，使管幕改良層厚度達 60cm，以增加先撐管幕之支撐厚度，如圖 6.2-8 所示。

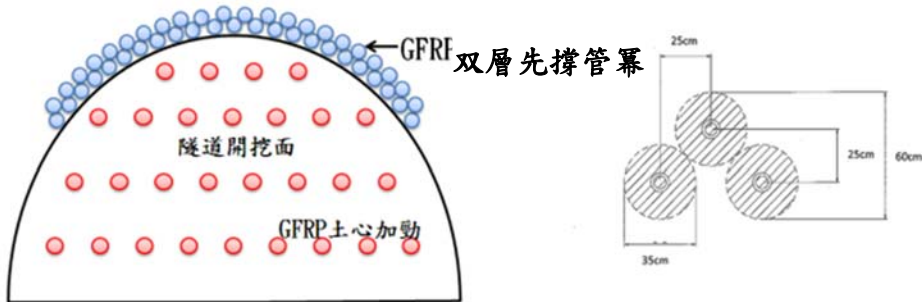


圖 6.2-8 雙層先撐管幕灌漿示意圖

6.2.5 止水灌漿

非系統性施作，止水灌漿於隧道開挖時，視鄰近開挖面滲水情形配合施作，依開挖面滲水部位、滲水量大小、夾帶細粒料比例及開挖面弱化情形等，決定止水漿材種類、漿材配比、鑽灌時機、控制壓力、鑽灌孔數、角度、管長及管距，並於鑽灌過程中立即做適度調整。

七、結論

全體施工團隊，無調假日，夜以繼日，於新自強隧道開挖作業遭遇地質狀況不良區段，多次研議並改良隧道開挖及輔助支撐型式，圖共謀脫困方案。隧道南口沉泥段採用中導坑工法，明顯穩定提升開挖工進，並達到(1)有效改善沉泥強度；(2)增加先進支撐外力，進行「先撐後挖」；(3)增加開挖面穩定，減少擠壓災害；(4)有效控制沉陷變形量以及(5)增加隧道開挖工率。

本文探討自強隧道克服沉泥層軟弱地質，藉由有效地盤灌漿改良工法，提升隧道開挖面穩定度之地盤改良案例與技術之回饋，供各位工程先進於未來隧道開挖遭遇軟落地質之施工參考。

參考文獻

1. Terzaghi,K.and Peck,R.B「Soil Mechanics in Engineering Practice」,1967。
2. 台灣鐵路管理局東線鐵路拓寬工程處,「自強一、二號隧道工程施工專輯」,1985。
3. 林啟文, 陳文山, 劉彥求, 陳柏村,「臺灣東部及南部的活動斷層」。經濟部中央地質調查所,特刊第 23 號,第 49-54 頁,2009。
4. 花東線瑞穗站(含)至富里站(含)間鐵路電氣化新建工程(第二標:62K+500~105K+800)細部設計成果報告,2011。
5. 財團法人中興顧問社,「湧水及軟弱地盤改良施工技術研究期中報告」,2013。
6. 陳培源,「台灣地質」初版,2006。
7. 薛文城、張本聖,「從花東縱谷地質談花東線鐵路隧道工程」,地工技術,第 131 期,2012 年 3 月,第 105-112 頁
8. 薛文城、林敬智、許書銘、李民政,「花東線鐵路電氣化工程介紹」,大地技師期刊,第 3 期,民國 100 年 11 月,第 48-57 頁。
9. 謝玉山,「地工技術叢書第 11 期-自強隧道沉泥段之突破」,1985。

花東線鐵路電氣化電車線新建工程執行獨立驗證與 認證作業機制之探討

The Mechanism of Independent Verification and Validation for Hualien-Taitung Line New Electrification Overhead Catenary System Construction

張瑋麟 Chang, Wei-Lin¹

聯絡地址：臺北市中正區仁愛路一段 50 號

Address : No.50, Sec. 1, Ren' ai Rd., Zhongheng Dist., Taipei City 10052, Taiwan
(R.O.C.)

電話(Tel) : 02-2349-2183

電子信箱(E-mail) : mwl@motc.gov.tw

摘要

民國 97 年行政院核定「東部鐵路快捷化-花東線鐵路瓶頸路段雙軌化暨全線電氣化綜合規劃」案，鐵工局奉示辦理後續設計及施工作業。鐵工局為確保其中電車線系統之功能、品質及安全符合合約規範要求，於電車線工程設計階段即委託獨立驗證與認證專業機構，對電車線工程之設計、施工及各項完工測試進行獨立且公正之驗證及認證工作。此外，亦將系統保證機制一併納入，以落實鐵工局品質保證制度，並符合臺鐵局營運需求。

以鐵路系統工程而言，符合政府法令規定及合約規範為最基本的要求。承商及獨立驗證與認證專業機構應以積極作為，依據「風險合理可行地降至最低(ALARP)」原則，預先判定問題、認識後果、計算成本效益，並制訂防制措施來管制風險，以確認所有工作皆符合鐵工局及臺鐵局相關規範。

關鍵詞：鐵路電氣化、電車線、獨立驗證與認證、系統保證、風險

Abstract

The Executive Yuan approved the Hualien-Taitung Line

¹交通部 路政司 技術員

Electrification Project on 2008, and the Railway Reconstruction Bureau, MOTC (RRB) is responsible for the implementation of the project. In order to ensure that the systems functionality, quality and safety of the project are in compliance with the specification and requirements, RRB commissioned the independent verification and validation (IV&V) professional agency to independently verify and validate the project design, construction, testing and acceptance tasks in the design stage. Otherwise, it is also included the system assurance mechanism to ensure the implementation of RRB's quality assurance system, and meet TRA's operational requirements.

For the railway systems engineering, it is the most basic request to be correspond to the government regulations and contract specifications. The contractor and the IV&V professional agency should prejudging the issue in advance actively, figure out the consequences, calculate the cost-effectiveness, and develop the control measures to control risks by the principle of "As Low As Reasonably Practicable, ALARP", in order to ensure all projects are compliant with the regulations.

Keywords: *Railway Electrification, Overhead Catenary System, Independent Verification and Validation, System Assurance, Risk*

一、前言

花東線鐵路電氣化通車前，花蓮至臺東間路段為單軌之無電化區間，不僅運能無法提升、行車時間長，也限制了當地的觀光發展。相較於臺鐵西部幹線，東部的鐵路運輸水準呈現明顯落差。有鑑於此，交通部鐵路改建工程局(以下簡稱鐵工局)遂規劃執行「花東線鐵路瓶頸路段雙軌化暨全線電氣化」計畫，期能增加運輸效率，並提升服務品質。民國 97 年行政院核定「東部鐵路快捷化-花東線鐵路瓶頸路段雙軌化暨全線電氣化綜合規劃」案，鐵工局奉示辦理後續設計及施工作業。

前揭計畫中之「CL411 標花東線鐵路電氣化電力系統新建工程」，係為供應電車組電能之電力系統工程，其內容如下：

1. 變電站工程：新建光復、玉里、關山及臺東 4 座變電站。
2. 電車線工程：花蓮至臺東間電車線新建工程，共 155 公里。
3. 電力遙控系統工程：新城至知本間 SCADA 新建工程。

鐵工局東部工程處為確保上述「花東線鐵路電氣化電車線系統工程」(以

下簡稱電車線工程)之功能、品質及安全符合合約規範要求，於電車線工程設計階段即委託獨立驗證與認證(Independent Verification and Validation, IV&V)專業機構，對電車線工程之設計、施工及各項完工測試進行獨立且公正之驗證及認證工作。

「花東線鐵路電氣化電車線新建工程(第六標)委託設計技術服務」合約除納入獨立驗證與認證(IV&V)機制外，亦將系統保證(System Assurance, SA)機制一併納入，以落實鐵工局品質保證制度，並符合臺鐵局營運需求。

二、獨立驗證與認證概述

2.1 緣由

鐵路工程執行獨立驗證與認證(IV&V)之概念源自於歐洲，由獨立專業認證機構參與重大建設，使工程計畫順遂進行，經驗上除可節省經費、避免時程延宕之外，尚可減少外界對公共工程不必要的疑慮或爭議。

國內鐵路工程 IV&V 制度源自於「交通部高速鐵路工程籌備處」，首見於民國 87 年以「交通部」與「台灣高速鐵路股份有限公司」簽訂之興建營運合約(C&OA)之中。99 年 7 月台灣高速鐵路股份有限公司奉交通部同意，委由 Lloyd's Register 擔任台灣高鐵興建工程 IV&V 專業機構。

2.2 目的

經由對軌道運輸系統執行驗證與認證(IV&V)，除能滿足合約所訂定的規格與功能需求外，亦可確保系統使用者的安全。但系統內或系統間之介面相當複雜，為確保系統能達到要求之功能、品質及安全，且可有效的整合各相關系統，須在系統生命週期中各階段分別進行查核、驗證及認證等工作。

2.3 現況

國際間普遍採用歐洲標準 EN50126、EN50128、EN50129(以上稱為 EN5012X 系列)、國際電工標準委員會頒訂之 IEC61508 標準等，做為驗證與認證(V&V)遵循之依據，其中尤以 EN50126 因係使用於鐵道運輸之

全系統，故為國際間鐵道運輸系統及其相關工程之採用首選，包括歐盟各國、日本、中國、香港、澳門、新加坡、南韓及泰國等，均依其內容及精神建立其系統保證作業及驗證與認證機制。

有關目前國內 IV&V 機制，捷運系統工程應依據交通部於 99 年 7 月修定之「大眾捷運系統履勘作業要點」規定，未來初、履勘時應提出整體系統之獨立驗證與認證報告。至於已奉行政院核定之計畫，仍應至少提出包含機電系統之驗證與認證報告。至於鐵路系統，現階段尚無相關法規明訂須實施 IV&V，僅可就過去已執行 IV&V 之工程案例，參考其合約規範之作業範圍、方式、內容等，再依據業主需求訂定適宜的規範及合約。

交通部 102 年 1 月 10 日第 1541 次部務會報針對報告事項四「系統機電獨立驗證與認證制度(鐵路改建工程局)」，結論：「獨立驗證與認證制度(IV&V)之引進有助於降低營運風險及生命週期成本，應列為本部政策，並推廣至各項大型系統機電設施，如長隧道防災系統，以及非靜態工程結構物；同時，應自規劃階段即導入本制度進行管控，並將風險降到最低。」。鐵工局為貫徹該政策指示，逐先以工程性質要求較為精準、複雜，且與行車安全密切相關之系統機電工程導入 IV&V 機制，日後土建、車站、軌道等系統將視需要陸續導入系統保證與 IV&V 機制。

鐵工局更已先後在臺北市區鐵路地下化東延南港工程(南港專案)之隧道中央監控系統、電車線系統更新委託基本設計(49.5mm² 變更為 95mm²)、臺中都會區鐵路高架捷運化工程(台中計畫)之中央監控系統，以及花東線鐵路電氣化電車線新建工程中率先將 IV&V 機制引進傳統鐵路工程之中。臺鐵南迴鐵路臺東潮州段電氣化工程(南迴計畫)之系統機電工程(含通訊、隧道通風、電車線、號誌)IV&V 則是現階段刻正執行中。臺鐵局普悠瑪號列車之設計、製造亦將 IV&V 機制納入。

2.4 作業依據

如前所述，國際上執行 IV&V 普遍遵循歐洲標準 EN50126、EN50128、EN50129 及 IEC61508 之原則，在中國以及歐洲國家中，執行獨立安全評估(Independent Safety Assessment, ISA)同樣引用 EN5012X 系列及 IEC 61508 做為遵循原則。

IEC61508 (Functional safety of electrical/ electronic/programmable electronic safety-related systems) 是一份適用於鐵路運輸、航太、核能、汽車等工業之安全相關電子系統領域的通用標準。EN5012X 系列則是專為鐵

路系統(著重於安全完整性等級較高的號誌系統)制定，其中 EN50126 (Railway Applications-The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety)係規範鐵路業主與鐵路相關工業，在 RAMS 管理一致適用之執程序，適用鐵路全系統；EN50128 規範鐵路號誌系統與安全攸關之軟體；EN50129 規範鐵路號誌系統安全相關電子系統，其相關規範架構說明如圖 1 所示。

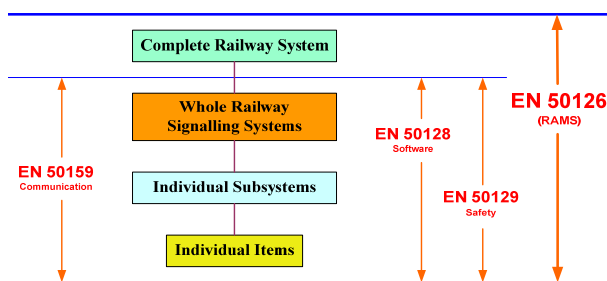


圖 1 EN5012X 系列軌道相關規範架構說明

2.5 作業方式

依據歐洲標準 EN50126 描述，一個系統從概念階段至除役報廢階段為止的全部發展期程稱之為系統生命週期(System Life Cycle)，如圖 2 所示，每一個階段都有相關工作與對應的驗證與認證要求。

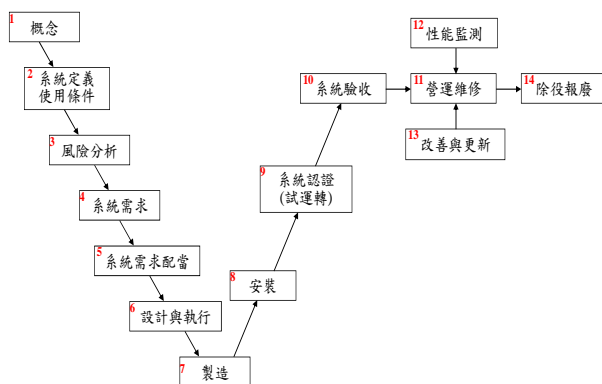


圖 2 系統生命週期”V”模型

獨立驗證與認證(IV&V)的作業機制為聘任一未參與計畫相關作業(規劃、設計、監造、專案管理、製造、安裝、施工等)之獨立專業機構，以預防性的風險管理為基礎，在系統生命週期過程中驗證，於最終認證報告

中確認系統是否滿足需求且適於後續營運。業主、承包商與 IV&V 專業機構之間的關係如圖 3 所示。

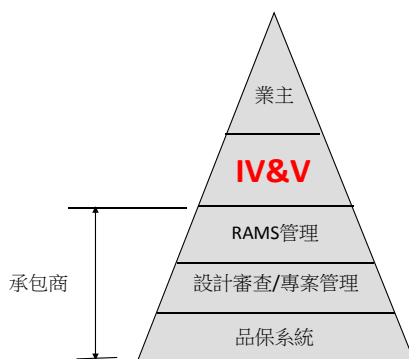


圖 3 獨立驗證與認證(IV&V)機制關係圖

三、電車線工程獨立驗證與認證作業

3.1 作業範圍

花東線鐵路電氣化之範圍，自花蓮站至臺東站間，路線全長約計 155 公里。獨立驗證與認證(IV&V)工作自花東線電車線工程興建之設計階段起，至運轉測試、履勘及通車營運止。

IV&V 檢查之範圍，包括「花東線鐵路電氣化電車線新建工程」設計、施工標及系統測試中所有工作內容。主要工作範圍包含電車線系統安全評估、規範審查、設計審查、施工查核及系統整合測試等。執行驗證工作方式不止於程序或文件上之形式檢查，尚須從技術層面作實質之檢驗及測試。

3.2 作業內容

獨立驗證與認證(IV&V)專業機構經由現地查訪及文件審閱，並依據設計、施工承商及監造單位提出之報告，進行查核、檢驗及認證工作，以確認各項工作成果均能滿足系統保證需求，並符合相關技術規範及國內法規要求，據以認證電車線系統可靠度、可用度、維修度及安全性(RAMS)，並簽發認證證明書。

IV&V 之查核內容包含設計、施工承商之品質計畫與程序是否完備、

電車線系統完整生命週期之安全準則是否適切、各項功能與技術的分配與導入是否符合需求、專案管理是否有效執行、品質與介面管理是否確實控管等重點項目，驗證與認證有關之介面如圖 4 所示。

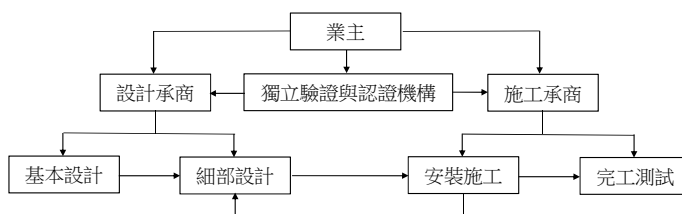


圖 4 獨立驗證與認證介面關係

3.3 承商配合 IV&V 事項

為進行獨立驗證與認證(IV&V)作業，業主應於採購契約中要求設計及施工承商依據計畫之進展，適時提送相關資料，供 IV&V 專業機構審查。其中系統保證作業文件包含：

- (1) 系統保證 RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, and Safety)需求規劃。
- (2) 初步危害分析(Preliminary hazard analysis, PHA)。
- (3) 初步系統安全分析，包含故障樹分析(Fault tree analysis, FTA)及事件樹分析(Event tree analysis, ETA)等。

3.4 作業方式

首先確認需求，再依獲得的資料與數據作為查核取樣的基礎，取樣之範圍則由該專業機構之專家依據所需安全等級、風險、可靠度、使用率及其技術性加以確認。設計及施工階段之驗證與認證執行方式如下：

- (1) 設計過程：

於設計階段開始時，對於電車線系統設計有關之計畫書、管理程序、文件審查紀錄、稽核紀錄、設計月報及設計圖說等進行查核與驗證，並觀察設計過程及品質管控流程，查驗後依據實際發現的狀態與潛在問題，於工作月報詳細說明。

EN50126 生命週期規劃之初期，最重要的是設計承商在進行設

計工作時應將功能、品質、風險及安全之需求融入，且須完全符合合約相關規定，在此階段中，IV&V 查核重點著重設計承包商對於設計、政策、計畫及管理程序等準備工作之適切性。

(2) 施工過程：

於施工階段開始時，對於電車線系統施工有關之計畫書、管理程序、文件審查紀錄、稽核紀錄、施工月報及測試結果等進行查核與驗證，並觀察施工過程及品質管控流程，查驗後依據實際發現的狀態與潛在問題，於工作月報詳細說明。

EN50126 生命週期進入施工階段最重要的是施工承包商在進行安裝工作時應將設計階段成果導入，且須完全符合合約相關規定，在此階段中，IV&V 查核重點著重施工承包商對於施工方法、測試標準、計畫及管理程序等準備工作之適切性。

(3) 執行系統保證過程：

在系統保證開始執行時，對系統保證(可靠度、可用度、維修度與安全性)計畫與實際作業進行審查，以確保其完整性，並確認故障回報與矯正系統之適當性。

獨立驗證與認證(IV&V)專業機構依其專業與經驗，導入以風險為基礎(Risk-based)的評估方式，並擴及前述系統生命週期各階段。於各項抽樣查核、檢驗、稽核、監視等作業中，發現有不符驗收之合格標準，或潛在的不合格、危及系統安全與保證、潛在影響成果或安全性的問題者，即列入發現事項並持續以安全通告(Safety notice)，進行改善之追蹤。各個發現事項則依據不符與危害程度分級處理：或為待觀察事項，或為瑕疵、偏差、缺失；或為可接受，或為值得關切，甚至嚴重影響。

3.5 產出文件與報告

- (1) 獨立驗證與認證工作計畫書
- (2) 就各項評估提出評估報告(Assessment Reports)與定期月報告(Monthly Reports)及季報告(Quarterly Reports)
- (3) 針對特殊項目提出不定期特別報告
- (4) 提交四份最終報告(Final Reports)，包括：安全報告、品質報告、功能報告、RAM 報告
- (5) 出具最終認證書(Final Certificate)

3.6 最終結果與認證

本項標準主要係針對業主需求，依獨立驗證與認證(IV&V)專業機構之專業與經驗，參照國內、外相關案例，而訂定之驗收計畫與標準，再依前述作業方式，藉由審查與稽核系統保證作業成果及相關設計圖說等文件，確認電車線工程已無進一步影響安全之潛在因素，並能達成系統保證目標。

在承商所呈現之各項成果(包含系統保證 RAMS)符合業主需求，且安全無虞後，即核發「花東線鐵路電氣化電車線系統」之認證書，以證明電車線工程成果在既定的規範需求下，符合功能、品質與安全(即 RAMS 目標)之要求。

四、電車線工程獨立驗證與認證之探討

依據歐洲標準 EN50126 之軌道系統全生命週期概念，即從系統概念階段開始，直到除役報廢階段，驗證與認證的工作包括在每一生命週期的階段，並且是與系統 RAMS 整合在一起，以做為系統保證的整體實證。

委由獨立驗證與認證(IV&V)專業機構執行驗證與認證作業，係為確認系統在規劃、設計、製造、施工、完工、測試、試運轉等階段之工作，符合計畫規範要求，並滿足營運安全與可靠要求，並保證營運風險符合降低至合理可接受程度 (ALARP) 之要求。

而系統自營運維修階段一直到系統除役報廢階段，屬於政府主管機關營運監理之範疇，但此階段仍與驗證與認證制度有關，因系統之組件老化、設備重置或功能改造等因素，皆會影響系統 RAMS 需求之符合性，故仍應就系統改善與變更部分進行驗證與認證作業，以確保系統仍能符合原設計規範要求。

以下就電車線工程獨立驗證與認證(IV&V)進行探討：

- (1) 許多擁有軌道運輸系統之國家，基於營運安全考量，多經由立法或以行政程序制定有關軌道系統安全之法令規範，以作為軌道系統安全工作之遵循依據。國內目前適用於鐵路系統安全及監督之法源依據為鐵路法，其僅對鐵路之建築、管理、監督、運送、安全及工程履勘訂定相關授權規定。由於現階段執行 IV&V 尚未有法令規範明文規定，使其具有法律上之效力；僅能依據政府之政策指示或是業主(在此為工程主辦機關)需求執行 IV&V。

- (2) 歐洲標準 EN45004 對於獨立性之等級(A1、A2、A3)特別詳加定義及規範；例如 A1 級，驗證機構應獨立於任何團體之外，驗證機構及其人員不應為其驗證項目之設計者、製造者、供應者、安裝者、購買者、擁有者、使用者、維修者或是上述任一授權代表，即驗證機構應有獨立之財務、技術、組織管理，俾其所作之判斷獨立進行不受干擾。安全等級要求愈高，則獨立性必須愈高。花東電車線工程係由業主另案發包委託專業機構執行 IV&V，明顯較承商自行委託專業機構執行 IV&V 之獨立性為高。
- (3) IV&V 專業機構曾參與電車線工程基本設計階段，對於以往設計階段前無法實行之概念、系統定義及使用條件、風險分析、系統需求及系統需求配當等階段，已有充分之瞭解。因此對於電車線工程設計、施工部份之驗證與認證服務，更可達到完整接續，貫徹一致的成果，確保電車線系統之品質可滿足可靠度、可用度、維修度及安全性 (RAMS)需求。
- (4) 鐵路系統之監理應以系統生命週期為主軸，考量系統之規劃、設計、施工及營運過程中，所可能衍生出的安全問題加以監督和管理。理想而言，於計畫初期愈早導入愈能彰顯驗證作業之成效。
- (5) 就後續營運階段而言，系統維修、性能提升及改造等不屬於原技師簽證範疇，從營運維修階段到系統除役階段期間，營運品質與安全有賴於建立營運監理機制來達成。當系統需進行性能提升或改造時，若能規範其必須經過一定程序的申請與評估，並接受第三方之驗證與認證，才能確保營運安全與服務品質。
- (6) 花東電氣化計畫執行 IV&V 僅限於與行車安全密切相關之系統機電，若能擴展至包含土建、系統機電、場站、水電環控、軌道等之全系統，必定能更加確保營運安全，並提升整體系統品質。

五、結論

以鐵路系統工程而言，符合政府法令規定或合約規範為最基本的要求。承商及 IV&V 專業機構應以積極作為，依據「風險合理可行地降至最低 (ALARP)」為原則，預先判定問題、認識後果、計算成本效益，並制訂防制措施來管制風險，以確認所有工作皆符合鐵工局及臺鐵局相關規範，確保系統功能、品質及安全皆能滿足鐵路營運需求。

參考文獻

1. 台灣世曦工程顧問股份有限公司(2010)，電車線系統更新委託基本設計技術服務-95mm²主吊線電車線系統系統保證需求規劃。
2. 交通部鐵路改建工程局東部工程處(2010)，花東線鐵路電氣化電車線新建工程執行獨立驗證與認證委託技術服務勞務契約。
3. 交通部鐵路改建工程局(2013)，系統機電工程獨立驗證與認證作業程序。
4. 交通部鐵路改建工程局(2015)，花東電氣化計畫介紹，網站：<http://www.rrb.gov.tw/04100.aspx?id=49&lan=ch>。
5. 林宜信(2011)，IV&V 及 RAMS 概要，交通部鐵路改建工程局教育訓練簡報資料。
6. 林宜信(2012)，「臺南市區鐵路地下化計畫」中央監控系統及隧道通風系統獨立驗證與認證，交通部鐵路改建工程局教育訓練簡報資料。
7. 林宜信(2012)，淺談軌道工程系統機電之系統保證，台灣世曦工程顧問股份有限公司。
8. 林宜信(2013)，IV&V 及系統保證，交通部鐵路改建工程局教育訓練簡報資料。
9. 林宜信(2014)，系統保證 RAMS，交通部鐵路改建工程局教育訓練簡報資料。
10. 陳建財(2004)，獨立驗證與確認制度對我國軌道系統安全之影響，碩士論文，國立臺灣科技大學機械工程系，臺北市。
11. EN50126 (1999), Railway applications- The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety(RAMS), Brussels : European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC).
12. EN45004 (1995), General criteria for the operation of various types of bodies performing inspection, Brussels : European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC).

花東鐵路電氣化通車前之測試

Testing of Huatung Railway Electrification before Opening

黃鴻陽 Huang, Hung-Yang¹

聯絡地址：95059 臺東市文昌路 206 巷 250 號

Address：No.250, Ln. 206, Wenchang Rd., Taitung City,

Taitung County 95059, Taiwan (R.O.C.)

電話(Tel)：089-239287

電子信箱(E-mail)：0525140@railway.gov.tw

摘要

鐵路電氣化是從原有軌道路線上架設電車線、建置變電站，提供電力做為電力列車之動力來源；變電站及電車線設備之施工，均有其規範及標準，讓施工單位及監造單位來遵循，然而要達到通車營運，則必須完成各項的檢查、測試，並經交通部履勘合格後才可通車。本文係針對電車線及變電站等硬體設備完成後所做的測試工作，做一概略介紹；也讓大家了解花東線鐵路電氣化通車，是經過完整的檢查測試後才通車的，是一個安全的電車線系統。

關鍵詞：花東線鐵路、鐵路電氣化、電車線、變電站

Abstract

Railway electrification is from the existing rail routes to set up the overhead contact system (OCS) and the substations to supply electricity as the power source of trains. Construction of substations and OCS equipment has its norms and standards with which construction units and supervision units have to comply. All equipment is qualified by the Ministry of Transportation before opening. This article is a brief

¹臺鐵局 花蓮電力段 段長

introduction for the hardware equipment testing of Huatung railway electrification, and also to let everyone know, Huatung railway electrification with a complete inspection and testing is a safe system.

Keywords : Hualien-Taitung Line, railway electrification, overhead contact system , substation

一、前言

近年來臺鐵不只人力斷層，更是技術斷層，新進電力同仁報到後，即開始學習電車線設備及變電站設備之維修要領，較少參與新的電氣化工程，花東線鐵路電氣化工程，電力同仁參與的也都只是工程的一部分，無法參與全部的工程項目，熟悉的也就是參與的那一部分；本文想對於從無電化區間經工程轉變為電化區間後，在通車前有那些檢查、測試工作必須要完成，做一個概略介紹；也讓大家了解花東線鐵路電氣化通車是經過完整的檢查測試，並經交通部履勘合格後才通車的，是一個安全的電車線系統。

二、檢查與測試

當施工單位完成電車線設備、變電站設備之安裝及測試調整後，經過自主檢查、缺失改善，提送相關資料給臺鐵路審核並進行聯合檢查，當聯合檢查相關缺失項目改善完成後，即進行下列測試：

1. 阻抗測試。
2. 電車線加壓送電。
3. 干擾及短路試驗。
4. 電力機車及電力列車試運轉。
5. 系統穩定性測試。

當以上測試完成後，即報交通部履勘，履勘合格才能辦理通車事宜。

2.1 阻抗測試

阻抗測試主要了解電車線欲加壓區間是否有短路現象，若量測阻抗小於計算值太多，則須檢視該區間之電車線有無接地情形，並排除後再加壓送電。本文僅以光復變電站至瑞穗區間做說明，其餘變電站供電區間之測試，也都經過這樣的測試後再加壓送電。

1、試驗方法

送電端於光復變電站FTO 盤之負載端引接一連接線至VFD 輸出端，並架設 POWER METER。接地端(瑞穗S/P 北端61/40)將電車線正線引接於地軌相連結，其中光復站電車線1、2、3、5 號開關，富源站電車線1、2、3、4 號開關均為 CLOSE 狀態。確認電車線接地引接完成後，送電端由100KW 發電機啟動經 VFD 輸入電壓至電車線迴路。POWER METER 於送電中啟動並記錄電壓、電流、頻率、功因、功率、虛功等。以記錄所得數據計算出阻抗量測值並與計算值做比較。

2、試驗迴路如下：(圖 1)

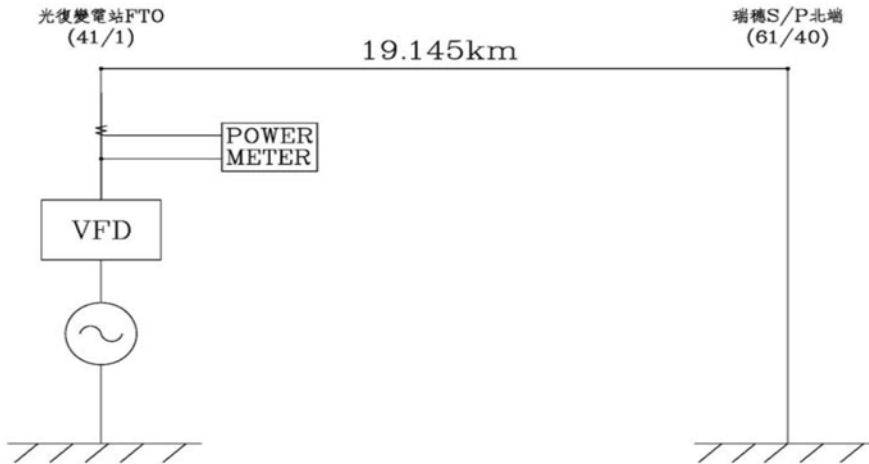


圖 1 阻抗試驗迴路示意圖

表1-1阻抗試驗送電端

臺鐵花東線鐵路電氣化(光復—瑞穗)電車線阻抗試驗					
項目	送電端				
	電壓(V)	電流(A)	COS θ	P(KW)	Q(KVAR)
正線阻抗量測	306	31.54	0.1839	1.78	9.49
備註					

表 1-2 阻抗試驗量測結果

臺鐵花東線鐵路電氣化(光復—瑞穗)電車線阻抗試驗							
項目	量測結果						
	R(Ω)	X(Ω)	Z(Ω)	角度	量測值 (Ω)	計算值 (Ω)	阻抗偏差 (%)
正線阻抗量測	1.7842	9.5365	9.702	79.4	9.7 \angle 79.4 $^{\circ}$	8.91 \angle 77.8 $^{\circ}$	8.86
備註							

3、判讀結果：測量值與計算值相近，顯示光復至瑞穗區間電車線之接續正常。

2.2 電車線加壓送電

當電車線及變電站完成聯合檢查之缺失改善後就會進行電車線加壓送電工作，但在電車線加壓送電前，應完成下列事項：

2.2.1 電化區間之各項安全宣導。

2.2.2 電化區間之各項電化安全訓練。

2.2.3 電車線開關佈置圖已提送臺鐵局，由臺鐵局分送現場各單位。

2.2.4 沿線危及送電障礙物之排除及各項安全設施之裝設。

2.2.5 沿線各站電車線開關可電動操作自如，且各站開關馬達已上鎖，並將鑰匙分送各有關車站。

2.2.6 電車線安全接地裝置分發沿線各站及臺鐵局養護單位。

2.2.7 送電公告之張貼，並經媒體適度發佈。

電化安全教育訓練：

花東地區電化安全教育訓練均於 102 年 12 月訓練完成。

花東地區各值班站長電車線開關操作訓練於 103 年 5 月 6 至 9 日訓練完成。

防災演練：

花蓮區於 102 年 5 月 7 日辦理完成。

臺東區於 102 年 12 月 26 日辦理完成。

臺東區於 103 年 5 月 6 日完成鐵安演習。

送電公告張貼：

發函各單位注意電化送電安全。

民宅、機關行號逐戶發送送電通知，轄區村里辦公室協助張貼公布。

於送電區間各車站及平交道張貼送電通報

注意

電車線送電通報



高壓電危險
Danger High Voltage



送電範圍區段	『三民至富里間(含三民、玉里、東里、東竹、富里站) (82K+600~102K+555)』
帶電開始日期	103年03月19日~22日 每日凌晨 23:00 ~ 05:40 前述送電範圍電車線25KV高壓電正式送電，請車站及各施工單位特別注意安全。



發文單位：交通部鐵路改建工程局
東部工程處
103年3月11日

通知

本處辦理花東線鐵路電氣化工程，於即日起，「花蓮至知本間」電車線加入系統送電加壓暨電車線設備全時帶有25,000伏特高壓電，特此通知。



25,000伏特

- ※電化鐵路電車線帶有25,000伏特高壓電，切勿直接或間接以手持釣竿、木棒、水柱接觸，才能確保平安。
- ※貨車通過平交道或鐵路涵洞、陸橋裝載高度要依規定，以免侵入安全淨空區域、肇生事故。

高壓電力設備之危險性宣導事項如下：

- 一、鐵路平交道之電車線一般高度通常為五、四公尺，允許通行的車輛高度限制為四、二公尺。
- 二、電化鐵路電車線（接觸線、正吊線、吊掛線、斜吊線、止風線、懸臂、定位桿、固定臂等）含有25,000伏特高壓電，鄰近工作時，至少保持1.5公尺之安全距離。
- 三、高壓電車線設備附近十分危險，直接或間接以木棒、水柱等接觸，均足置人於死。
- 四、樹木、電桿、線樑或其他物體，凡與電車線或饋電線相接觸者，即帶有危險電壓。
- 五、電車線墜落時，即使業已接觸地面，仍然十分危險，故在墜落之電車線未斷電並接地以前，以該電車線為中心，其十公尺半徑以內之地面，任何人絕不可接近（包括接觸及行走）。
- 六、凡與電車線平行之導體，如電線或金屬管等，遠相當長度者，即感危險電壓，碰觸有感電之虞。
- 七、電車線送電後整帶時帶有25,000伏特高壓電，請大眾注意安全，避免觸電。

交通部鐵路改建工程局東部工程處編印（103年3月17日）

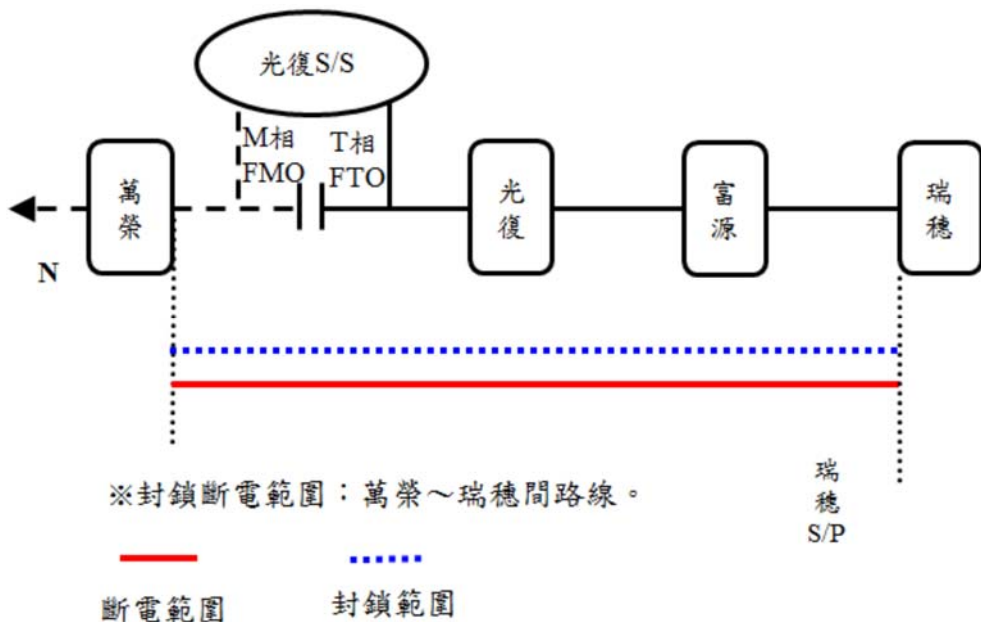


圖 2 電車線加壓測試封鎖範圍

電車線加入系統送電-計畫作業流程

- 1、加入系統送電步驟說明及人員勤前教育(業主協助辦理)。
- 2、人員領取儀器設備、並會同業主上車至定位。
- 3、依行車命令辦理路線封鎖斷電開關作業，封鎖斷電範圍：萬榮～瑞穗間(詳如圖2所示)。
- 4、人員現場就定位並使用接地線將電車線於指定位置接地完成後回報車站指揮中心，指揮中心檢視所有人員是否就定位、電車線接地是否完成。
- 5、加入系統送電前維修車檢查加壓送電區段，確認所有非試驗人員均已遠離加壓送電區間及並無外物侵入電氣淨空，確認後回報指揮中心，預備由光復變電站T 相FTO 開關送電(維修車人員於檢查作業完畢後改編為應變小組，且維修車留置光復站內1 股道待命)。
- 6、依加入系統送電程序表通知現場將電車線接地設備拆除，人員遠離至安全位置觀測開關動作後回報指揮中心。
- 7、依加入系統送電程序表依序將開關投入，投入後現場人員回報開關是否正常動作，並使用驗電器材檢驗電車線是否已帶(受)電並回報指揮中心。
- 8、指揮中心紀錄現場開關操作及加壓送電情形。
- 9、加入系統送電完成後開關保持正常位置(Normal)，現場電車線為永久帶有25KV 交流電，如有鄰近電車線或與電車線交叉處之工作時，必須依規定申請路線封鎖、斷電，辦理接地工作。
- 10、現場如遇送電故障時，指揮中心指示應變小組人員立即排除之。

2.3 干擾及短路試驗

干擾試驗之主要目的係藉由低電壓低電流下測試出電車線電力系統迴流路徑分佈及對號誌、電訊之干擾程度。經測試結果光復車站之號誌機房及電訊機房之遮蔽率均>99%。

干擾試驗之接線圖(如圖3)

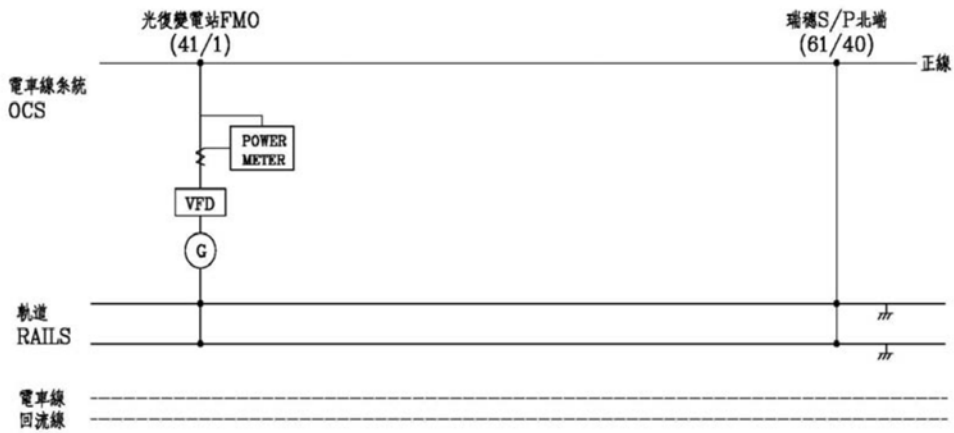


圖3 電車線干擾試驗接線圖

短路試驗是確認電車線有異常狀態時，電車線是否足以承受短路接地之電流及變電站的保護電驛能否適時跳脫斷電，以達保護電車線設備之目的。試驗之範圍包含本站供電之範圍(約 20 公里)及延長至相鄰變電站供電範圍(約 40 公里)，以下就以光復變電站 T 相短路試驗做概略介紹：

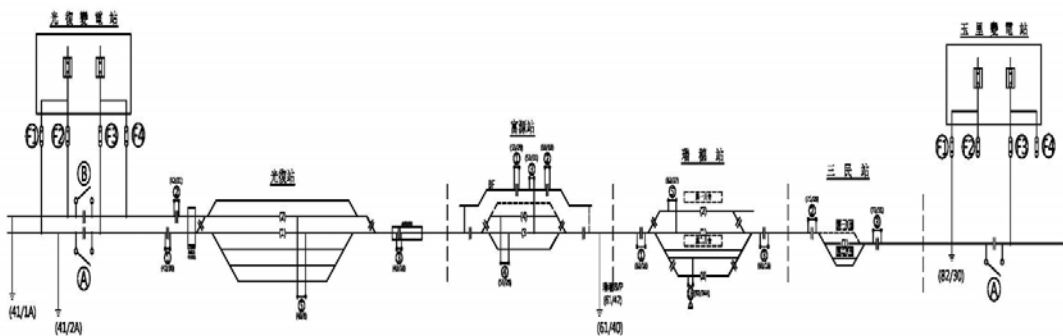


圖 4 光復變電站 T 相短路試驗示意圖

人員配置表

序號	位置	姓名及電話 (大同公司)	姓名及電話 (東工處)	工作內容
1	光復變電站	楊萬木 0916675*** 楊士杰 0922959***	許明立 0936-689***	試驗指令 電力資料量測
2	光復車站		黃景明 0910-059***	辦理路線封鎖
3	玉里變電站 N/S(82/30)	楊中倫 0935869***	張家瑋 0913-900***	確認電車線接地。
4	瑞穗中性區間 (61/44)	楊增基 0910468***	陳文政 0919-314***	確認電車線接地。

測試前應備妥事項：

- 1.光復 N/S 至玉里站 N/S 間，沿線各車站開關置於 Normal Close 位置。
- 2.光復變電站 T 相 FTO 置於 Non-Auto-Reclose 位置。
- 3 玉里站至萬榮站實施區段封鎖。
- 4.業主協助連絡相關部門操作及防護事項。
- 5.電車線專用接地線 x3 (需業主協助提供)

靜態試驗((光復-瑞穗)、(光復-玉里)段)-短路測試程序表

序號	程序	時間	開關操作及作業程序	器具
1	光復 N/S/至瑞穗 S/P 短路試驗準備	5月11日 02:20 至 02:30	<ol style="list-style-type: none"> 1. 短路試驗區間為光復變電站至瑞穗 S/P 間 (61/40) 2. 光復變電站裝設自動紀錄器。 3. 光復變電站 FTO Open、2TO Open、1TO Close，光復-瑞穗 S/P 間各指定開關置於正常位置。 4. 瑞穗 S/P 旁(61/40)電車線接地引接。 5. 確認瑞穗 S/P 旁(61/40)電車線接地引接完成。 	快速自動紀錄器*1、 鉤表*1
2	光復變電站 TR1 加壓 短路試驗	5月11日 02:30 至 02:45	<ol style="list-style-type: none"> 1. 確認光復變電站 FTO Open、2TO Open、1TO Close，光復-瑞穗 S/P 間各指定開關置於正常位置 2. 通信設備試通話（現場人員撤離至安全位置）。 3. 光復變電站試驗用自動紀錄器啟動。 4. 操作光復變電站 FTO-Close，此時 FTO 需跳脫。(若電驛未及時跳脫，需手動緊急操作) 5. 紀錄所有暫態數據，試驗完成。 	快速自動紀錄器*1、 鉤表*1

3	光復變電站 TR2 加壓 短路試驗	5月11日 02:45 至 03:00	<ol style="list-style-type: none"> 1.確認光復變電站 FTO-Open。 2.光復變電站 1TO Open、2TO Close。 3.確認光復變電站 1TO Open、2TO Close。 4.通信設備試通話（現場人員撤離至安全位置）。 5.光復變電站試驗用自動記錄器啟動。 6.操作光復變電站 FTO-Close，此時 FTO 需跳脫。（若電驛未及時跳脫，需手動緊急操作） 7.紀錄所有暫態數據，試驗完成。 	快速自動記錄器*1、 鉤表*1
4	光復變電站 TR1,TR2 加壓 短路試驗	5月11日 03:00 至 03:15	<ol style="list-style-type: none"> 1.確認光復變電站 FTO-Open。 2.光復變電站 1TO Close、2TO Close。 3.確認光復變電站 1TO Close、2TO Close。 4.通信設備試通話（現場人員撤離至安全位置）。 5.光復變電站試驗用自動記錄器啟動。 6.操作光復變電站 FTO-Close，此時 FTO 需跳脫。（若電驛未及時跳脫，需手動緊急操作） 7.紀錄所有暫態數據，試驗完成。 	快速自動記錄器*1、 鉤表*1、
5	光復 N/S 至 玉里 N/S 短路試驗準備	5月11日 03:15 至 03:30	<ol style="list-style-type: none"> 1.短路試驗區間為光復變電站至玉里 N/S 間 (82/30) 2.光復變電站 FTO Open、2TO Open、1TO Close，光復-玉里 N/S(82/30)間各指定開關置於正常位置(含瑞穗 S/P 的 K1-CLOSE)。 3.玉里變電站 F1-OPEN。 4.玉里變電站 FTO-OPEN。 5.確認玉里變電站 FTO-OPEN。 6.瑞穗 S/P 旁(61/40)電車線接地拆除。 7.確認瑞穗 S/P 旁(61/40)電車線接地拆除完成。 	快速自動記錄器*1、 鉤表*1

			<p>8.玉里 N/S 旁(82/30)電車線接地引接。</p> <p>9.確認玉里 N/S 旁(82/30)電車線接地引接完成。</p>	
6.	光復變電站 TR1 加壓 短路試驗	5月11日 03:30 至 03:45	<p>1.確認光復變電站 FTO Open、2TO Open、1TO Close，光復-玉里 N/S 間各指定開關置於正常位置(含瑞穗 S/P 的 K1-CLOSE)。</p> <p>2.通信設備試通話（現場人員撤離至安全位置）。</p> <p>3.光復變電站試驗用自動記錄器啟動。</p> <p>4.操作光復變電站 FTO-Close，此時 FTO 需跳脫。(若電驛未及時跳脫，需手動緊急操作)</p> <p>5.紀錄所有暫態數據，試驗完成。</p>	快速自動記錄器*1、 鉤表*1
7.	光復變電站 TR2 加壓 短路試驗	5月11日 03:45 至 04:00	<p>1.確認光復變電站 FTO-Open。</p> <p>2.光復變電站 1TO Open、2TO Close。</p> <p>3.確認光復變電站 1TO Open、2TO Close。</p> <p>4.通信設備試通話（現場人員撤離至安全位置）。</p> <p>5.光復變電站試驗用自動記錄器啟動。</p> <p>6.操作光復變電站 FTO-Close，此時 FTO 需跳脫。(若電驛未及時跳脫，需手動緊急操作)</p> <p>7.紀錄所有暫態數據，試驗完成。</p>	快速自動記錄器*1、 鉤表*1

8	光復變電站 TR1,TR2 加壓 短路試驗	5月11日 04:00 至 04:15	<ol style="list-style-type: none"> 1.確認光復變電站 FTO-Open。 2.光復變電站 1TO Close、2TO Close。 3.確認光復變電站 1TO Close、2TO Close。 4.通信設備試通話（現場人員撤離至安全位置）。 5.光復變電站試驗用自動記錄器啟動。 6.操作光復變電站 FTO-Close，此時 FTO 需跳脫。（若電驛未及時跳脫，需手動緊急操作） 7.紀錄所有暫態數據，試驗完成。 	快速自動記錄器*1、 鉤表*1、
9	設備清除	5月11日 04:15 至 04:30	<ol style="list-style-type: none"> 1.確認玉里 N/S 旁(82/30)電車線接地拆除。 2.確認瑞穗 S/P K1 開關 OPEN。 3.收拾並清點設備。 4.申請試驗區間通電並解除封鎖。 5.人員撤離。 	

經測試結果：

1. TR1 之短路試驗，FTO 於 77.7ms 跳脫。
2. TR2 之短路試驗，FTO 於 73.1ms 跳脫。
3. TR1+TR2 之短路試驗，FTO 於 69.7ms 跳脫。

跳脫時間均在 100ms 以內，是合格的。

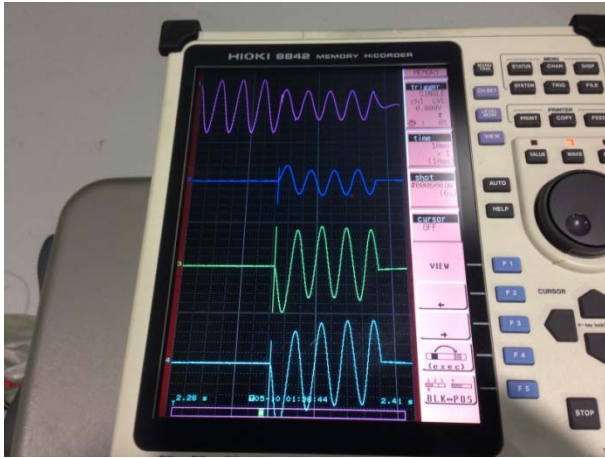


圖 5 過電流電驛短路試驗 3~4 週波跳脫



圖 6 過電流電驛

2.4 電力機車及電力列車試運轉

○電車線工程 - 系統整合測試時程 (1 / 2)

順序	項目	區段	壽豐(17K+159)至 玉里(84K+046)		
		區間	光復(N/S)(41K+340)~ 壽豐(S/P)(18K+730)	光復(N/S)(41K+340)~ 瑞穗(S/P)(61K+745)	玉里(N/S)(82K+600)~ 瑞穗(S/P)(61K+745)
		相位	光復S/S(M相)	光復S/S(T相)	玉里S/S(T相)
1	聯合檢校	壽豐	103/3/12~3/14(3/20)缺失改善完竣		
2	聯機線路測試		103/3/10~3/13	103/3/12~3/22	103/3/17~3/20
3	電力機車單機運轉		103/3/25~3/26 ; 103/3/26~3/27 ▲		
4	對相測試(雙單站)		103/4/7~4/8(花蓮、光復、玉里) ▲		
5	使用EMU列車		103/4/14 ; 103/4/15 ▲		
6	使用PP列車		103/4/16 ▲		
7	普悠瑪單機測試		103/4/18 ▲		

○電車線工程 - 系統整合測試時程 (2/2)

項目	範圍	玉里(84K+046)至 鹿野(5/P)(138K+867)			鹿野(5/P)(138K+867)至 臺東(N/S)(91K+300)
		玉里(N/S) (82K+600)~ 東竹(S/P) (102K+555)	關山(N/S) (122K+490)~ 東竹(S/P) (102K+556) 不合關山站	關山(N/S) (122K+490)~ 鹿野(5/P) (138K+867) 合關山站	臺東(N/S)(91K+300)~ 鹿野(5/P)(138K+867)
		玉里S/S M櫃	關山S/S M櫃	關山S/S T櫃	臺東S/S T櫃
1	聯合檢査	103/3/19~3/21(3/27)缺失改善完成			
2	區車線等整潔試驗	103/3/19~3/22 ▲	103/3/21~3/26 ▲	103/3/25~3/28 ▲	103/3/27~4/1 ▲
3	區力機車單機運轉	103/3/31~4/1 ; 103/4/1~4/2 ▲			103/4/7~4/8 ; 103/4/8~4/9 ▲
4	對稱演習(區車站)	103/4/10~4/11(玉里、關山、台東) ▲			
5	使用EMU列車	103/4/14 ; 103/4/15 ▲			
6	使用PP列車	103/4/16 ▲			
7	普悠瑪試車管航	103/4/18 ▲			

▲ : 已完成



鹿野-台東 4/7~4/9 單機測試



玉里-鹿野 3/31~4/2 單機測試



豐田-三民 3/25~26 單機測試



普悠瑪 4/18 抵達台東站

2.5 系統穩定性測試

2.5.1 測試日期：103 年 4 月 27 日至 5 月 3 日連續 7 天。

2.5.2 測試計畫：每日行駛 10 列次。

2.5.2.1 花蓮~臺東間：以自強號 TEMU 編組 4 列次。

2.5.2.2 花蓮~臺東間：以莒光號(電力)編組 2 列次。

2.5.2.3 花蓮~玉里間：以區間編組(EMU)2 列次。

2.5.2.4 玉里~臺東間：以區間編組(EMU)2 列次。

2.5.3 測試結果：試運轉期間系統可用度達 98.39%，發車率符合 100%。

三、交通部履勘

交通部於 103 年 5 月 16、17 日二天進行履勘，有至臺東站、關山變電站、玉里變電站、光復變電站等處實地勘察。



履勘作業會場



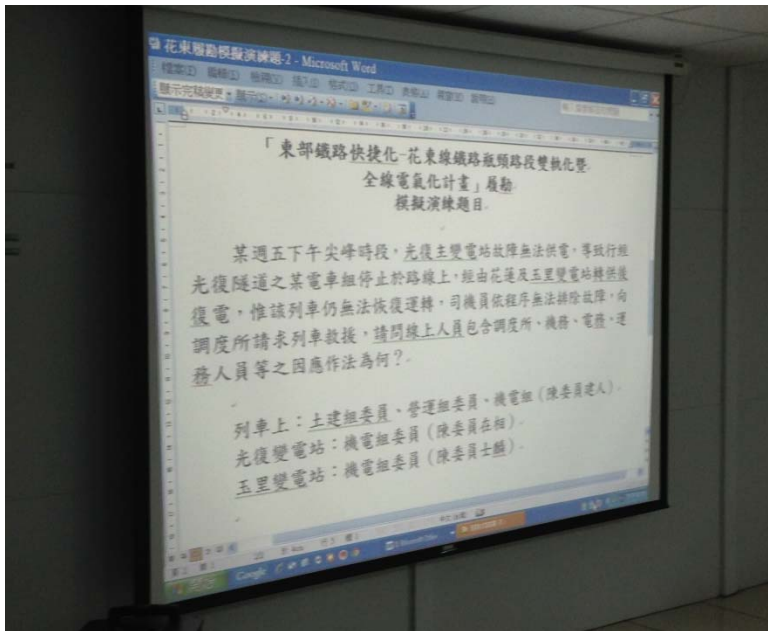
履勘委員閱覽文件資料



變電站實地勘察



臺東站繼電器室實地勘察



模擬演練題目：

某週五下午尖峰時段，光復變電站故障無法供電，導致行經光復隧道之某電車組停止於路線上，經由花蓮及玉里變電站轉供後復電，惟該列車仍無法恢復運轉，司機員依程序無法排除故障，向調度所請求列車救援，請問線上人員包含調度所、機務、電務、運務人員等之因應作法為何？

演練成果：

臺鐵局各單位之處置得當，獲得肯定。

履勘結果：

1. **營運前須改善事項：**有 14 項，請臺鐵局會同鐵工局將改善完成資料，經各分組組長確認後，備妥相關證明文件(含改善後照片及有關紀錄文件或說明)報部憑辦，經核准後方得營運。
2. **一般注意改善事項：**有 12 項，由臺鐵局及鐵工局持續辦理改善，請鐵路營運監理小組辦理追蹤改善情形。
3. **後續建議改善事項：**有 6 項，請臺鐵局及鐵工局辦理後續工程或改善設施時參考辦理。

四、通車典禮

103 年 6 月 28 日花東鐵路電氣化通車典禮，總統、行政院長、交通部長、花蓮縣長、臺東縣長…等蒞臨致詞。



通車典禮會場(臺東站前)



總統致詞



共同主持通車儀式



臺東至花蓮通車首航服務人員

五、營運

103年6月30日至7月15日試營運，7月16日正式營運並調整時刻表。臺北至臺東縮短為3時30分的時程，花蓮至臺東正式邁入鐵路電氣化，雖然和西部縱貫鐵路自基隆至高雄於68年6月28日全線電氣化通車，相隔有35年之久，但還是令人振奮。

六、結論

- (一)、鐵路電氣化工程，外界在意的是何時可通車，然而在通車之前要完成的檢查測試工作，除了要求設備的功能性正常，更要求對電化區間沿線民眾做電氣化鐵路相關的安全宣導，及對鐵路沿線工作人員實施電化安全教育訓練。
- (二)、鐵路電氣化通車前的檢查測試項目，包含了設備的安全，更包含人員的安全。
- (三)、電力機車的單機試運轉，除了測試電車線的正常與否，更測試所有股道的月臺淨空是否足夠。
- (四)、短路試驗的測試成功，才能確定電車線設備有異常時能斷電隔離，以達保護電車線設備之目的。
- (五)、希望本文能讓大家了解鐵路電氣化的通車，是要經過嚴謹的檢查測試及交通部履勘小組的專家學者們實際的勘察合格後才能通車的。
- (六)、花東線鐵路電氣化通車已將近一年，電車線設備均在良好的狀態，提供電力列車行車順暢。

參考文獻

1. 交通部臺灣鐵路管理局，新設電務設備接管標準作業程序。
2. 鐵工局，花東線鐵路電氣化履勘簡報資料。
3. 鐵工局，花東線鐵路電氣化電力系統新建工程靜態試驗成果報告。

台鐵餐車需求意向調查：以東部幹線為例

The Demand Analysis of Dining Cars on TRA Trains : A Case Study of Eastern Line

江勁毅 Chiang, Chin-i¹

聯絡地址：新竹市香山區玄奘路 48 號

Address : No. 48, Hsuan Chuang Rd., Hsinchu

電話(Tel) : 03-5302255#1263

電子信箱(E-mail) : chinichiang@gmail.com

摘要

本研究主要就東部幹線旅客對餐車的需求進行調查分析。調查於 2015 年 4 月 16 與 18 日進行，共計回收問卷 1208 份，其中有效問卷 1116 份，有效問卷比率為 92.38%。研究結果顯示：認為有實質餐車需要(較長之旅行時間)的旅客比例約五成，而想要有餐車服務的旅客比例則高達八成，甚至願意使用的意願也高達八成。因此若以滿足旅客實際需要以及想要新的服務產品之角度來看，建議可以考慮在東部幹線列車上編掛餐車，以提供旅客有別於目前乘車經驗之服務。惟受訪者普遍期待於普悠瑪列車上編掛餐車，技術上是否可行宜審慎評估。同時餐車上所販售之商品也需要重新調整，因為旅客普遍認為餐車經營成功之道最重要就是餐食要美味。建議台鐵應於餐車上真正提供現做餐食，符合旅客之期望。在現做餐食部分，目標客群可以鎖定以男性為主，同時年齡層以青年與中年為主；在飲料與休閒食品部分，目標客群可以鎖定以女性為主，同時年齡層以學生與社會新鮮人族群為主。經營型態上，旅客仍希望是由台鐵自主經營。

¹玄奘大學 餐旅管理學系 助理教授

關鍵詞：餐車、需求分析、消費者行為

Abstract

This study aims at analyzing the demand of dining cars for passengers at TRA trains on eastern line. The survey was conducted on April 16 and 18, 2015, and 1208 questionnaires were collected. After eliminating questionnaires with incomplete responses, the total effective questionnaires was 1116, i.e. 92.38% effective responses rate. The results show that: more than fifty percent passengers think they need a train with the dining car; moreover more than eighty percent passengers want the service of dining cars, and be willing to use the dining car. Therefore, for the purpose of enhancing passengers' travel experience by providing new services or products, TRA might consider bring the dining cars back into operation of eastern line. However, the most of passengers would like to see the Puyuma Express with a dining car; TRA needs to thoroughly evaluate the technical availability. Furthermore besides the selling items of snacks, drinks, microwave food and TRA souvenirs in a dining car, TRA should redesign dining cars with facilities to provide fresh meals, which could target at the group of male and age above 35. And the target market of snacks and drinks could focus on female and age under 25. As to the operation of dining cars, the most of passengers still suggest it should be self-management by TRA.

Keywords : dining cars, demand analysis, consumer behavior

一、前言

1863 年在美國的巴爾的摩及俄亥俄鐵路的一次鐵路旅行列車中，設立了一個包含吧檯及廚房的餐廳車廂，這是最早的餐車(Dinning Cars)起源。餐車是鐵路客車中專門針對旅客在旅行途中購買食物、飲料及進餐而設的一種車廂類型(維基百科，2015)。台灣最早的餐車營運則是開始於台灣鐵路管理局在民國 49 年開始運行的觀光號列車，觀光號主要營運西部幹線的台北至高雄，其中餐車則是編掛於列車中央。後由於光華號及莒光號列車相繼上路營運，觀光號列車在民國 67 年功成身退，退出舞台。民國 75 年因應旅客需求，台鐵改以『莒光號』列車加掛餐車，重新繼續服務旅客。然因營運狀況不佳，為精簡人力成本，改在列車上販售鐵路排骨便當為主，鐵路『餐車』因而正式走入歷史(Udn 部落格，2013)。民國 89 年台鐵開始營運觀光列車，初期觀光列車並附掛簡易餐車，如圖 1，而且由台鐵自行經營，惟後因人力不足且績效不佳，自 92 年 7 月起改由承包觀光列車的旅行業者接手營運。



圖 1 台鐵觀光列車附掛之簡易餐車

為了讓旅客再度體驗火車上用餐的樂趣，臺鐵局特別打造觀光餐車 2 輛，如圖 2，並於 102 年以附掛在郵輪式列車的形式，重現觀光餐車，讓台灣民眾有機會再次接觸到餐車。觀光餐車內部提供 5 組 4 人座的餐桌(計 20 個座位)，3 組面窗的 2 人座餐桌(計 6 個座位)及 4 組面窗的單人座餐桌(計 4 個座位)，可同時提供 30 位旅客享用餐食。車上除提供有套餐及單點類輕食如披薩、捲

餅、烤炸蝦、鼎泰豐肉包、點心等外、並有咖啡、冰品及飲料等服務。供餐方面沒有以往師傅現場熱炒，改以西式的微波簡餐為主。台鐵規劃觀光餐車(2 輛)將加掛於郵輪式列車，並計畫也併入環島觀光列車，委外經營以節省人力並發揮更大的效益。



圖 2 台鐵新改裝之餐車

因為台灣中斷近 27 年的餐車服務，連帶使學術界針對台鐵餐車的相關研究也付之闕如。反而中國由於鐵路營運的距離長，列車旅客普遍有在列車上用餐的需求，因此鐵路營運當局一直有提供鐵路餐車的服務，進而也帶動學術單位對餐車營運所衍生之相關問題的探討(如王俊,2004;王勇仁與曲明璋,2007;韓樹榮,2013;王東黎、阮志剛、梅敏烽、周新軍,2014)。

王俊(2004)主要探討中國在春運、暑運鐵路運輸高峰期時，由於旅客量的暴增所帶來列車餐車營運上的問題；包括：旅客用餐場所無法滿足需求、餐車工作人員工作量大增、旅客超量所帶來的衛生問題。其中所衍生的衛生問題主要是餐車上儲存空間有限，食材缺乏時必須沿途補充，但在查驗補充的食材時無法有充足的時間按照衛生標準和規定執行。此外，由於工作量大增以及加工場所空間有限，導致人員不按照加工程序操作，例如餐具的洗滌與消毒無法落實。

根據王勇仁與曲明璋(2007)對中國威海地方鐵路管理局列車段負責之列車所做的調查發現，選擇在餐車用餐的旅客不到所有列車旅客總數的 5%，在列車上購買便當和食品的人數佔總列車旅客人數也不到 5%，其餘的 90%以上旅客都是自行攜帶食品或採用其他方式用餐。而就餐車的經營層面而言，存在著

下列問題：

1. 餐車提供餐飲服務的實際成本過高：據估算一輛餐車每年的總費用(包含折舊、保養維修、與員工薪資)為人民幣 263.57 萬元，約合新台幣 1,318 萬元，攤提至每天則約為人民幣 0.73 萬元，約合新台幣 3.6 萬元。

2. 餐車利用率低：若列車運行之時間不在午晚餐時段，將造成餐車經營困難。以晚上八點發車，隔日上午十一點四十抵達目的地，旅行時間約為十六小時，但是基本上餐車只有早餐一個餐期，約 2 小時，其餘十幾個小時餐車可能都是空駛狀態。

3. 餐車服務品質不佳：旅客對餐車服務的滿意度很低，主要因為餐車成本高，使用率低，廠商獨家經營在追求利潤最大化的驅動下，導致餐車餐食品質不佳而價格高昂。

4. 餐車之安全、衛生與防疫：餐車電器多，甚至可能出現明火烹調，因此餐車是整個列車防火重點。餐車由於受到空間限制，廚房狹小，食品加工製作時容易造成食物交叉污染；且儲物設備與消毒設備有限，很難保證食物新鮮度。

5. 餐車的環保問題：餐車廚房油煙會對廚師身體健康造成影響。

因此作者建議採取下列做法：1.餐車實行高品質服務與高端消費。2.取消普通列車中編掛餐車。3.旅客列車餐飲供應方式由餐車點菜供應型式改為地面快餐供應。

韓樹榮(2014)針對中國境內鐵路供餐企業經營現況進行調查，分析普通旅客列車和動車組列車供餐企業所處環境和競爭優劣勢提出供餐企業發展的策略。中國旅客列車餐飲服務經營分成有線餐車經營和動車組(動車組，Multiple Unit，是指動力分散或動力集中的若干車輛的組合，在中國高鐵幾乎全部運行各種型號的動車組，但動車組不一定運行在高鐵軌道上。)航空式配餐兩種方式，其中營業里程超過 1000 公里以上的特快、快速、普通旅客列車的供餐基本上為加掛餐車。而餐車供餐的經營方式主要有三種型式：1.鐵路局客運段直接經營，2.鐵路內部職工承包經營，3.委託餐飲服務公司經營。動車組列車不設餐車，所有餐食均由地面配餐基地製備烹調，然後送至車上，在車上微波加熱或直接食用。而動車組配餐供應方式主要有兩種：1.鐵路局建立動車配餐基地，供應局管內動車配餐盒飯；2.和廠商簽約，由簽約的供貨商負責快餐產品進貨

及車上銷售。

Utsu(2012)根據日本鐵路餐車的發展歷史認為，當列車運行速度增加後會降低旅客對餐車的需求，主要原因就是旅行時間的縮短。根據韓樹榮(2014)對中國鐵路餐車的研究結果也顯示，旅行時間旅客飲食需求有顯著影響。長途列車的旅客餐車用餐需求遠大於短途列車。而旅客對於列車餐車評價滿意度由高到低依次為普快列車、直達列車、特快列車，滿意度最低為動車。此外，就經營狀況而言，中國鐵路餐車經營基本上屬於微利或無獲利狀態。2008 年底，據各鐵路局填報的數據顯示，有盈虧數據的 256 對列車餐車的統計，其中，138 對列車餐車虧損，佔 54%；其餘列車餐車多數為收支基本平衡，有盈利的客運段不足 10 個，且盈餘金額在幾萬到幾十萬之間。餐車經營總體不樂觀，且虧損面有逐年擴大趨勢。

近年來台鐵對於餐車的重新推出動作積極，除了已經在觀光列車附掛餐車外，又擬於東部幹線的一般列車上附掛餐車。為了評估其經濟效益，有必要先對東部幹線一般列車的旅客進行需求調查，以了解其對於餐車上所販售之商品、價格、服務方式、以及經營型態等的看法與態度。因此本研究即針對上述之研究目的，針對東部幹線列車的旅客進行需求調查。本文結構如下：第二節說明本研究所擬定之需求調查問卷以及調查實施方式；第三節為資料之整理與分析；第四節則根據資料分析的結果提出主要結果，並針對未來規劃編掛餐車時建議若干思考方向。

二、餐車需求調查

本節主要說明需求問卷之結構，以及問卷調查實施之規劃與問卷回收情形。

2.1 需求問卷設計

本研究規劃之餐車需求問卷如表 1 所示。問卷之組成主要分成三個部分，第一部分為旅客基本屬性資料，包括性別、年齡、旅次目的、預估旅行時間等。

第二部分則是問卷主體，調查一般旅客對於餐車之期待認知、成功餐車服務之影響因素、以及若台鐵推出一般列車附掛餐車服務，則旅客之選擇意向。特別值得一提的是本研究將對餐車需求的部分，區分為需要(needs)和想要(wants)，需要餐車是指沒有餐車的話會造成旅途中很大的困擾(飢餓)，想要餐車則是指沒有餐車的話也不會造成旅途的困擾。第三部分則是對於餐車之經營型態的建議，屬開放式問卷部分。

表 1 餐車旅客需求調查問卷

第一部分：基本資料			
1.請問您的性別?			
<input type="checkbox"/> 女性	<input type="checkbox"/> 男性		
2.請問您的年齡?			
<input type="checkbox"/> 18 歲以下	<input type="checkbox"/> 18~25	<input type="checkbox"/> 26~35	<input type="checkbox"/> 36~45
<input type="checkbox"/> 46~55	<input type="checkbox"/> 56~65	<input type="checkbox"/> 66 歲以上	
3.請問您的職業為?			
<input type="checkbox"/> 軍/公/教	<input type="checkbox"/> 商/服務/金融	<input type="checkbox"/> 工/製造/營造	<input type="checkbox"/> 農/林/漁/牧
<input type="checkbox"/> 學生	<input type="checkbox"/> 家管(退休)	<input type="checkbox"/> 自由業	<input type="checkbox"/> 其他
4.請問您此次搭乘之目的為何?			
<input type="checkbox"/> 觀光	<input type="checkbox"/> 商務	<input type="checkbox"/> 通勤	<input type="checkbox"/> 探訪親友
<input type="checkbox"/> 其他			
5.請問您預計此次搭乘之旅行時間約為?			
<input type="checkbox"/> 30 分鐘以下	<input type="checkbox"/> 30~60 分鐘	<input type="checkbox"/> 1~1.5 小時	<input type="checkbox"/> 1.5~2 小時
<input type="checkbox"/> 2.5~3 小時	<input type="checkbox"/> 3~3.5 小時	<input type="checkbox"/> 3.5~4 小時	<input type="checkbox"/> 4 小時以上
6.請問您此次搭乘是否有自行攜帶飲料食物?			
<input type="checkbox"/> 有		<input type="checkbox"/> 沒有	
第二部分：旅客對鐵路餐車之需求意向			
1.請問您是否聽過鐵路餐車?			
<input type="checkbox"/> 是		<input type="checkbox"/> 否	
2.在您的想法中，您認為鐵路餐車販售那些商品?			
<input type="checkbox"/> 飲料	<input type="checkbox"/> 台鐵商品	<input type="checkbox"/> 禮盒	<input type="checkbox"/> 休閒食品
<input type="checkbox"/> 微波、蒸籠加熱食品		<input type="checkbox"/> 現作餐食	<input type="checkbox"/> 水果
<input type="checkbox"/> 其他(請於下列空白處說明)			

3.請問您覺得鐵路餐車要能成功經營，重要因素的排序為何? (「1」表示第一優先，「2」表示第二優先，依此類推)

- 商品品項多 餐食美味 經濟實惠 服務品質好
空間氛圍佳 車廂位置適當

4.若鐵路餐車上有提供飲料與食物，請問您願意在「飲料」類上的消費金額為多少?

- 19元以下 20~39元 40~59元 60~79元
80~99元 100~119元 120元以上

5.承上題，請問您願意在「食物」類上的消費金額為多少?

- 39元以下 40~59元 60~79元 80~99元
100~119元 120~139元 140元以上

6.您認為餐車人員服務品質中，您最在意的面向是?

- 服務態度 服務儀容 服務無失誤 服務速度

7.您最在意空間營造佈置的面向為何?

- 用餐區桌椅 車廂佈置 音樂播放 燈光
氣味芬芳

8.您認為合宜之餐車車廂應設在列車的什麼位置?

- 列車前段 列車中段 列車後段

9.您認為最適合附掛餐車之台鐵列車為?

- 普悠瑪號 太魯閣號 自強號 莒光號
復興號

10.您過去曾有使用鐵路餐車之經驗嗎(含國內、外)?

- 有 無(請跳至第12題)

11.就您的餐車使用經驗，最讓您感到滿意的是?

- 商品品項多 餐食美味 價格合理 服務品質好
空間氛圍佳 車廂位置適當 其他(請說明)

12.就您本趟旅次而言，您覺得您「需要」餐車服務嗎?

- 非常需要 需要 不需要 非常不需要

13.就您搭乘台鐵列車的經驗，您覺得您「想要」餐車服務嗎?

- 非常想要 想要 不想要 非常不想要

14.如果台鐵在一般列車上加掛餐車，推出餐車服務，您會去使用嗎？

一定會 會 不會 一定不會

15.若您前一題的回答是「不會、一定不會」，請問您不會去台鐵餐車消費，請問您原因為何？

在列車上移動到餐車車廂很不方便

習慣自行攜帶食物飲料

預期餐車上餐食不吸引人

不經濟實惠

其他(請於下列空白處說明)

第三部分：對於餐車經營型態之建議

1.請問對於餐車若採用下列之經營型態，妳/你的選擇排序為何？(「1」表示第一優先，「2」表示第二優先，依此類推)

維持目前型態 航空式配餐

2.請問對於餐車之經營權型態，妳/你的建議為何？

台鐵自主經營 委外經營

其他(請於下列空白處說明)

2.2 調查規劃

本次餐車旅客需求調查時間區分為假日與非假日期間，在不同期間內均分別就台鐵既有列車班表中挑出「莒光」、「自強」、「太魯閣」以及「普悠瑪」號各一列車，進行問卷之發放。目前莒光號車廂數 8 輛與自強號列車之車廂數為 12 輛，普悠瑪號和太魯閣號列車之車廂數則為 8 輛；每節車廂之座位數約為 40 至 52 之間，預計每車廂發放問卷 40 份，因此合計印製 3200 份問卷。調查工作由台鐵列車服務人員負責執行，因此本次執行問卷調查之列車，將以有配置隨車人員之列車為主。

根據目前台鐵列車時刻查詢系統(<http://twtraffic.tra.gov.tw/twrail/>)，將起站設為台北，終站分別設為台東與花蓮，以星期三為非假日，星期六為假日進行查詢，分別列出各車種車次之列車時刻表。接著由非假日各車種車次之列車時刻表中挑出「莒光」、「自強」、「普悠瑪」、「太魯閣」四種不同車種各一列車，作為非假日期間調查之列車；同理可挑出假日期間調查之列車。列車調查工作於 2015 年 4 月 16 日(三)與 4 月 18 日(六)進行。

本研究問卷共計回收 1208 份，相關資訊整理請參見表 2。根據表 2，回收之問卷中非假日有 566 份，假日 642 份，扣除全部題項沒有填答以及僅填寫個人屬性題項之問卷(合計有 13 份)，共有問卷 1195 份；再剔除問卷中有關餐車需求題項未完整填答之問卷(合計 79 份)，剩餘有效問卷共 1116 份，有效問卷比率為 92.38%。有效問卷中，假日佔 46.68%，非假日佔 53.32%；四種車種的分布情形如下：自強號 293 份(26.25%)，普悠瑪 208 份(18.64%)，太魯閣 375 份(33.60%)，莒光號 240 份(21.51%)。

表 2 回收問卷狀況

日期	車種	車次	全部未 填答或 僅填寫 個人資 料	需求題 項未完 整填答	無效問 卷數	有效問 卷數	合計
04/16 (非假 日)	自強號	175	7	18	25	154	179
	普悠瑪	223	0	2	2	92	94
	太魯閣	280	2	8	10	188	198
	莒光號	654	1	7	8	87	95
	合計		10	35	45	521	566
04/18 (假日)	自強號	175	0	6	6	139	145
	普悠瑪	421	0	8	8	116	124
	太魯閣	278	2	10	12	187	199
	莒光號	654	1	20	21	153	174
	合計		3	44	47	595	642
	總計		13	79	92	1116	1208

三、資料分析

本節將就回收之有效問卷進行分析，主要分析內容包含：1.敘述統計量分析：針對問卷三大部分進行各題項之敘述統計量分析，如：平均數、標準差、頻次分析、交叉分析等。2.單因子變異數分析：根據受訪者之個人屬性之差異進行各題項之滿意度平均數差異之檢定，包括：

- (1)男、女性在餐車服務需求意向是否有顯著差異；
- (2)不同年齡在餐車服務需求意向是否有顯著差異；
- (3)不同職業在餐車服務需求意向是否有顯著差異；
- (4)不同搭乘目的在餐車服務需求意向是否有顯著差異；
- (5)不同旅行時間在餐車服務需求意向是否有顯著差異；

(6)有無自備食物在餐車服務需求意向是否有顯著差異。

3.1 敘述性統計分析

表 3 為調查樣本之個人屬性特性，回收樣本中以女性略多，約佔 53%，而男性則約佔 47%。年齡層以 26 至 35 群組居多，約佔 22%，其次是 36 至 45 歲全組，約佔 19%，合計約佔 41%。職業分布上以商/服務/金融佔多數，約為 26%，其次是學生(16.1%)與軍公教(13.4%)群組。旅次目的則以觀光最多，約佔 44%。本研究將旅行時間在 2 小時以內歸為較短旅行時間，而超過 2.5 小時以上者歸為較長旅行時間，根據旅客估計之旅行時間來看，接近六成的旅客估計旅行會超過 2.5 小時。將近有七成的受訪者表示會自行攜帶飲食至列車上，而有超過九成的受訪者表示知道鐵路餐車。

表 3 回收樣本之個人屬性分析

類別	項目	人數	百分比(%)
性別	男性	514	46.5
	女性	591	53.5
	總和	1105	100.0
年齡	18 以下	81	7.3
	18-25	196	17.7
	26-35	249	22.4
	36-45	212	19.1
	46-55	190	17.1
	56-65	139	12.5
	65 以上	43	3.9
	總和	1110	100.0
職業	軍公教	148	13.4
	商/服務/金融	288	26.1
	工/製造/營造	141	12.8
	農/林/漁/牧	13	1.2
	學生	178	16.1

類別	項目	人數	百分比(%)
旅次目的	家管(退休)	135	12.2
	自由業	109	9.9
	其他	92	8.3
	總和	1104	100.0
	觀光	785	43.9
	商務	126	11.4
	通勤	68	6.1
	探訪親友	219	19.8
	其他	208	18.8
	總和	1106	100.0
旅行時間	較短 (2 小時以下)	454	41.0
	較長 (2.5 小時以上)	552	59.0
	總和	1106	100.0
是否自行攜帶食物	是	701	68.0
	否	330	32.0
	總和	1031	100.0
是否聽過鐵路餐車	是	1006	90.9
	否	101	9.1
	總和	1107	100.0

表 4 為旅客認為鐵路餐車上應販售商品之調查結果，依被勾選次數作排序，前三名分別為飲料、台鐵紀念品、現做餐食。本研究以 Q 分析(Cochran Q Test)來檢定這樣的被勾選次數相對於回答人數之比例是否已達顯著差異，結果顯示 $Q=1478.993$, p 值 <0.05 ，即表示各品項被勾選之比例已達顯著差異。

表 4 旅客認為鐵路餐車應販售商品排序

旅客認為應販售商品	被勾選次數/回答人數	排序
飲料	829/1104	1
台鐵紀念商品	668/1104	2
現做餐食	664/1104	3

旅客認為應販售商品	被勾選次數/回答人數	排序
休閒食品	602/1104	4
禮盒	275/1104	5
加熱食品	231/1104	6
水果	224/1104	6
其他	32/1104	

表 5 為旅客認為鐵路餐車要能成功經營，重要影響因素的排序，排序之依據是根據各因素被填答者排為第一的次數，從表中資訊可知，餐食美味是旅客最重視之因素，其次為經濟實惠，再來則是服務品質好。

表 5 鐵路餐車要能成功經營，重要因素的排序

	排序第一之次數	百分比	
餐食美味	466/897	51.95	1
經濟實惠	278/891	31.20	2
服務品質好	144/796	18.09	3
商品品項多	92/604	15.23	4
車廂位置適當	73/641	11.39	5
空間氛圍佳	51/598	8.53	6

表 6 與表 7 分別為旅客願意在「飲料」以及「餐食」類上的所支付之金額，約 55% 的受訪旅客表示在「飲料」上願支付之金額為 20 至 39 元之間；而約 37% 的受訪旅客表示在「餐食」上願支付之金額為 60 至 79 元之間。然由於調查時並未提供受訪者明確之餐食(飲料)品項與內容，因此受訪者無法置身於貼近實際狀況之情境，所以目前詢問之願支付的價格僅能作為參考。

表 6 旅客願意在「飲料」類上的消費金額

飲料類願付金額	次數	百分比
19 元以下	88	8.0
20-39 元	599	54.7
40-59 元	213	19.4
60-79 元	77	7.0
80-99 元	51	4.7
100-119 元	41	3.7

120 元以上	27	2.5
總和	1096	100.0

表 7 旅客願意在「餐食」類上的消費金額

食物類願付金額	次數	百分比
39 元以下	23	2.1
40-59 元	122	11.0
60-79 元	405	36.6
80-99 元	282	25.5
100-119 元	137	12.4
120-139 元	79	7.1
140 元以上	58	5.2
總和	1106	100.0

表 8 與表 9 分別為旅客對餐車人員服務品質以及空間營造布置面相最在意的面向，在人員服務品質部分，將近八成五的旅客最在意服務人員的態度；而在空間營造布置方面，將近五成的旅客最在意的是用餐區桌椅。

表 8 餐車人員服務品質中，旅客最在意的面向

服務品質中重要因素	次數	百分比
服務態度	947	84.9
服務儀容	31	2.8
服務無失誤	40	3.6
服務速度	89	8.0
總和	1107	100.0

表 9 旅客最在意空間營造佈置的面向

空間營造中重要因素	次數	百分比
用餐區桌椅	514	47.4
車廂布置	327	30.2
音樂播放	75	6.9
燈光	17	1.6
氣味芬芳	151	13.9
總和	1084	100.0

表 10 與表 11 分別為旅客對餐車設置位置與合適加掛之列車的看法，從旅

客反映的意見來看，最合適設置位置為列車中段，以方便不同車廂位置的旅客移動之餐車；至於合適加掛餐車之台鐵列車，約四成二的旅客則希望可以在普悠瑪號列車編掛餐車。

表 10 旅客認為合宜之餐車車廂設置位置

餐車車廂設置位置	次數	百分比
列車前段	98	9.1
列車中段	891	82.5
列車後段	91	8.4
總和	1080	100.0

表 11 旅客認為最適合附掛餐車之列車

最適合附掛餐車之列車	次數	百分比
普悠瑪號	445	41.9
太魯閣號	232	21.8
自強號	295	27.8
莒光號	80	7.5
復興號	11	1.0
總和	1063	100.0

表 12 與表 13 則是了解旅客是否曾有在國內外使用餐車之經驗，主要是消費的消費決策會受到過往消費經驗的影響。從表 12 可以看出，僅有三成五的旅客曾有餐車使用經驗，而對於這些有經驗的旅客來說，讓他們感到滿意之因素最重要也是餐食美味與經濟實惠。而表 13 各因素被勾選之比例經執行 Q 分析檢定，結果顯示 $Q=167.738, p$ 值 <0.05 ，表示各因素被勾選之比例已達顯著差異。

表 12 有無使用鐵路餐車之經驗

鐵路餐車使用經驗	次數	百分比
無	697	65.1
有	373	34.9
總和	1070	100.0

表 13 有餐車使用經驗之旅客，最感到滿意的因素

滿意之因素	次數	百分比	排序
餐食美味	142/370	38.38	1

滿意之因素	次數	百分比	排序
價格合理	130/370	35.14	2
服務品質好	110/370	29.73	3
空間氛圍佳	51/370	13.78	4
車廂位置適當	42/370	11.35	5
商品品項多	39/370	10.54	6

表 14 與表 15 是了解旅客對餐車的需求，而表 16 則是針對旅客的餐車使用意願。本研究將對餐車需求的部分，區分為需要(needs)和想要(wants)，需要餐車是指沒有餐車的話會造成旅途中很大的困擾(飢餓)，想要餐車則是指沒有餐車的話也不會造成旅途的困擾。從表中數字可以得知，旅客認為有需要餐車的比例約五成，而想要有餐車服務的比例則高達八成，甚至願意使用的意願也高達八成。

表 14 旅客覺得「需要」餐車服務

覺得需要餐車程度	次數	百分比
非常需要	73	6.5
需要	533	47.8
不需要	503	45.1
非常不需要	7	0.6
總和	1116	100.0

表 15 旅客覺得「想要」餐車服務

覺得想要餐車程度	次數	百分比
非常想要	121	10.8
想要	786	70.4
不想要	204	18.3
非常不想要	5	0.4
總和	1116	100.0

表 16 在一般列車上加掛餐車，推出餐車服務，旅客會使用意願

覺得會去使用餐車	次數	百分比
一定會	116	10.4
會	811	72.7
不會	168	15.1

一定不會	21	1.9
總和	1116	100.0

至於為何不想去使用餐車之原因則為表 17 所示，主要原因是「在列車上移動不方便」以及「習慣自行攜帶食物飲料」。表 18 則是有關於餐車經營型態與經營權之意向，將近六成之受訪旅客認為應維持現有餐車之營業模式，而不偏向採用航空式配餐之作法；同時執行 Q 分析結果顯示， $Q=20.327$ ， p 值 <0.05 ，兩種經營型態被勾選之比例已達顯著差異。至於經營權型態，則約六成五的旅客希望仍是由台鐵自主經營，

表 17 旅客不會去餐車消費的原因

不會去使用餐車之原因	次數	百分比	排序
在列車上移動不方便	127/278	45.7	1
習慣自行攜帶食物飲料	92/278	33.1	2
預期餐食不吸引人	61/278	21.9	3
不經濟實惠	31/278	11.2	4

表 18 餐車經營型態與經營權建議

類別	項目	第一優先之次數	百分比
建議經營型態	維持目前型態	567/992	57.2
	航空式配餐	425/992	42.8
	台鐵自主經營	657	64.2
經營權型態	委外經營	348	34.0
	其他	19	1.9

3.2 影響因素與餐車需求之相關分析

本節將使用單因子變異數分析進行(1)假日、非假日在餐車服務需求意向是否有顯著差異；(2)男、女性在餐車服務需求意向是否有顯著差異；(3)不同年齡在餐車服務需求意向是否有顯著差異；(4)不同職業在餐車服務需求意向是否有顯著差異；(5)不同搭乘目的在餐車服務需求意向是否有顯著差異；(6)不同旅行時間在餐車服務需求意向是否有顯著差異。

1. 平日假日與對需求之關聯性

表 19 與 20 為平、假日與需要餐車之單因子變異數分析結果，結果顯示「假日與非假日」與「需要餐車」沒有顯著相關性。相關程度根據 Eta 係數為 0.038，屬於低度相關。另以獨立樣本 t 檢定也可發現假日或非假日對餐車之需要態度沒有顯著差異。至於「假日與非假日」與「想要餐車」之關聯性，根據表 20 之結果也顯示沒有顯著相關性。相關程度根據 Eta 係數為 0.031，屬於低度相關。另以獨立樣本 t 檢定也可發現假日或非假日對餐車之想要態度沒有顯著差異。

表19平、假日與餐車需求之敘述統計量

		平均數	標準差
需要餐車	非假日	2.593	0.607
	假日	2.610	0.630
想要餐車	非假日	2.898	0.551
	假日	2.933	0.549

表20平、假日與餐車需求之單因子變異數分析結果

		平方和	自由度	平均平方和	F值	顯著性
需要餐車	組間	0.080	1	0.080	0.209	0.648
	組內	427.275	1114	0.384		
	總和	427.355	1115			
想要餐車	組間	0.331	1	0.331	1.093	0.296
	組內	336.919	1114	0.302		
	總和	337.250	1115			

2. 性別差異與需求意向之關聯

首先檢定性別差異與需要餐車與否有顯著相關，分析結果如表 21 至 22 所示，單因子變異數分析結果顯示「性別」與「需要餐車」有顯著相關性，相關程度根據 Eta 係數為 0.122，屬於中度相關。另以獨立樣本 t 檢定也可發現男性對餐車之需要態度明顯高於女性之需要態度。至於性別差異與想要餐車與否有顯著相關，由於進行單因子變異數分析時，由於變異數同質性達到顯著性，

因此以 Brown-Forsythe 修正 F 檢定統計量。修正後之 F 檢定統計量為 12.647，達顯著水準。即「性別」與「想要餐車」有顯著相關性，相關程度根據 Eta 係數為 0.130，屬於中度相關。另以獨立樣本 t 檢定也可發現男性對餐車之想要態度明顯高於女性之需要態度。至於不同性別對「使用餐車意願」有無顯著差異，根據單因子變異數分析之結果來看，由於變異數同質性達到顯著性，因此以 Brown-Forsythe 修正 F 檢定統計量。修正後之 F 檢定統計量為 11.218，達顯著水準，顯示「性別」與「使用餐車意願」有顯著相關性，相關程度根據 Eta 係數為 0.111，屬於中度相關。另以獨立樣本 t 檢定也可發現男性對餐車之使用意願明顯高於女性之使用意願。

表21性別與餐車需求與使用意願之敘述統計量

	性別	平均數	標準差
需要餐車	女性	2.552	0.588
	男性	2.660	0.651
想要餐車	女性	2.863	0.549
	男性	2.981	0.548
使用餐車意願	女性	2.863	0.588
	男性	2.977	0.540

表22性別與餐車需求及使用意願之單因子變異數分析結果

		平方和	自由度	平均平方和	F值	顯著性
需要餐車	組間	3.202	1	3.202	8.378	0.004*
	組內	421.594	1103	0.382		
	總和	424.796	1104			
想要餐車	組間	3.802	1	3.802	12.642	0.000*
	組內	331.704	1103	0.301		
	總和	335.506	1104			

使用餐車意願	組間	3.555	1	3.555	11.087	0.001*
	組內	353.618	1103	0.321		
	總和	357.173	1104			

3. 年齡差異與需求意向之關聯

從表23至24之單因子變異數分析結果顯示，不同年齡群組對需要餐車的態度有顯著差異；進行事後檢定發現，18歲以下群組除與56歲以上群組沒有顯著差異外，與其他各年齡群組組織差異性均達顯著性。換言之，相對於其他青年與中年群組而言，18歲以下的年輕人特別覺得需要有餐車服務。接著針對不同年齡層對「想要餐車」與否有顯著差異進行檢定。進行單因子變異數分析時，由於變異數同質性達到顯著性，因此以Brown-Forsythe修正F檢定統計量。修正後之F檢定統計量為1.986，未達顯著水準。因此就想要餐車的態度來看，不同年齡群組間並無顯著差異。不同年齡層對「使用餐車意願」與否有顯著差異，進行單因子變異數分析時，由於變異數同質性達到顯著性，因此以Brown-Forsythe修正F檢定統計量。修正後之F檢定統計量為2.119，已達顯著水準。不同年齡群組對使用餐車的意願有顯著差異；進行事後檢定發現，18歲以下群組除與36至45歲群組沒有顯著差異外，與其他各年齡群組組織差異性均達顯著性。換言之，18歲以下的年輕人使用餐車的意願相對較高。

表23不同年齡與餐車需求與使用意願之敘述統計量

	需要餐車		想要餐車		使用餐車意願	
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
18歲以下	2.815	0.776	3.074	0.608	3.049	0.590
18-25	2.546	0.593	2.959	0.462	2.934	0.517
26-35	2.546	0.601	2.888	0.549	2.900	0.563
36-45	2.599	0.604	2.934	0.555	2.976	0.481
46-55	2.600	0.598	2.863	0.575	2.826	0.623
56-65	2.655	0.610	2.849	0.551	2.885	0.638
66歲以上	2.628	0.656	2.930	0.632	2.837	0.615

表24年齡與餐車需求及使用意願之單因子變異數分析結果

		平方和	自由度	平均平方和	F值	顯著性
需要餐車	組間	5.478	6	0.913	2.395	0.026*
	組內	420.519	1103	0.381		
	總和	425.996	1109			
想要餐車	組間	3.824	6	0.637	2.116	0.049*
	組內	332.216	1103	0.301		
	總和	336.040	1109			
使用餐車意願	組間	4.270	6	0.712	2.226	0.038*
	組內	352.599	1103	0.320		
	總和	356.869	1109			

4.不同職業類別與需求之關聯性

不同職業類別對需要餐車的態度檢定，根據表25與26之單因子變異數分析結果顯示，沒有顯著差異；不同職業類別對「想要餐車」與否有顯著差異，根據單因子變異數分析結果，由於變異數同質性達到顯著性，因此以Brown-Forsythe修正F檢定統計量。修正後之F檢定統計量為2.134，達顯著水準。再進行多重比較分析發現，學生、商/服務/金融、與農/林/漁/牧三類職業類別對想要餐車的態度顯著高於其他職業類別。至於不同職業類別在「使用餐車意願」上有無顯著差異，從表26之單因子變異數分析結果顯示，不同職業類別在使用餐車的意願上沒有顯著差異。

表25不同職業與餐車需求與使用意願之敘述統計量

	需要餐車		想要餐車		使用餐車意願	
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
軍公教	2.527	0.600	2.838	0.548	2.901	0.499
商/服務/金融	2.635	0.610	2.962	0.530	2.955	0.549
工/製造/營造	2.653	0.585	2.887	0.523	2.872	0.559
農/林/漁/牧	2.615	0.650	2.923	0.641	2.769	0.599
學生	2.624	0.680	3.028	0.546	2.994	0.577

家管(退休)	2.593	0.602	2.889	0.528	2.867	0.632
自由業	2.642	0.616	2.899	0.592	2.945	0.558
其他	2.467	0.619	2.826	0.567	2.826	0.567

表26不同職業與餐車需求及使用意願之單因子變異數分析結果

		平方和	自由度	平均平方和	F值	顯著性
需要餐車	組間	3.453	7	0.493	1.290	0.251
	組內	418.981	1096	0.382		
	總和	422.434	1103			
想要餐車	組間	4.730	7	0.676	2.278	0.026*
	組內	325.096	1096	0.297		
	總和	329.825	1103			
使用餐車意願	組間	3.245	7	0.464	1.466	0.176
	組內	346.580	1096	0.316		
	總和	349.825	1103			

5.不同旅次目的與需求關聯性

從表27至28之單因子變異數分析結果顯示，不同旅次目的對需要餐車的態度沒有顯著差異；不同旅次目的對想要餐車的態度沒有顯著差異。不同旅次目的在使用餐車的意願上也沒有顯著差異。

表27不同旅次目的與餐車需求與使用意願之敘述統計量

		平均數	標準差
需要餐車	觀光	2.596	0.604
	商務	2.516	0.603
	通勤	2.529	0.585
	探訪親友	2.676	0.613
	其他	2.606	0.673
想要餐車	觀光	2.911	0.555
	商務	2.865	0.542

	通勤	2.912	0.448
	探訪親友	2.954	0.573
	其他	2.923	0.551
	觀光	2.918	0.554
	商務	2.929	0.539
使用餐車意願	通勤	2.941	0.543
	探訪親友	2.964	0.541
	其他	2.837	0.639

表28不同旅次目的與餐車需求及使用意願之單因子變異數分析結果

		平方和	自由度	平均平方和	F值	顯著性
需要餐車	組間	2.504	4	0.626	1.638	0.162
	組內	420.856	1101	0.382		
	總和	423.360	1105			
想要餐車	組間	0.670	4	0.168	0.553	0.697
	組內	333.677	1101	0.303		
	總和	334.347	1105			
使用餐車意願	組間	1.867	4	0.467	1.456	0.214
	組內	352.973	1101	0.321		
	總和	354.840	1105			

6.不同旅行時間與需求之關聯性

將旅行時間分成低於或等於2小時與高於或等於2.5小時兩個群組，進行單因子變異數分析。單因子變異數分析結果顯示「預計旅行時間」與「需要餐車」有顯著相關性，相關程度根據Eta係數為0.131，屬於中度相關。另以獨立樣本t檢定也可發現旅行時間較長對餐車之需要態度明顯高於旅行時間較短之需要態度。即旅行時間長短對於需要餐車之態度有顯著影響，預估旅行時間愈長，覺得需要餐車之程度愈高。至於不同旅行時間對「想要餐車」之態度則沒有顯著差異，而旅行時間長短對於使用餐車的意願造成之差異也未達顯著性。

表29不同旅行時間與餐車需求與使用意願之敘述統計量

	預計旅行時間	平均數	標準差
需要餐車	低於或等於2小時	2.504	0.601
	高於或等於2.5小時	2.669	0.625
想要餐車	低於或等於2小時	2.908	0.540
	高於或等於2.5小時	2.926	0.558
使用餐車意願	低於或等於2小時	2.923	0.557
	高於或等於2.5小時	2.917	0.567

表30不同旅行時間與餐車需求及使用意願之單因子變異數分析結果

		平方和	自由度	平均平方和	F值	顯著性
需要餐車	組間	7.225	1	7.225	19.086	0.000*
	組內	417.933	1104	0.379		
	總和	425.158	1105			
想要餐車	組間	0.096	1	0.096	0.315	0.575
	組內	334.581	1104	0.303		
	總和	334.676	1105			
使用餐車意願	組間	0.009	1	0.009	0.028	0.868
	組內	349.829	1104	0.317		
	總和	349.838	1105			

7.自行攜帶食物與需求之關聯性

自行攜帶食物對「需要餐車」、「想要餐車」態度與「使用餐車」意願之影響均未達顯著性，檢定結果如表31與32所示。

表31自行攜帶食物與餐車需求與使用意願之敘述統計量

	自行攜帶食物	平均數	標準差
需要餐車	有	2.594	0.647
	無	2.600	0.605

想要餐車	有	2.903	0.575
	無	2.919	0.540
使用餐車意願	有	2.923	0.548
	無	2.900	0.598

表32自行攜帶食物與餐車需求及使用意願之單因子變異數分析結果

		平方和	自由度	平均平方和	F值	顯著性
需要餐車	組間	0.010	1	0.010	0.026	0.872
	組內	393.748	1029	0.383		
	總和	393.758	1030			
想要餐車	組間	0.055	1	0.055	0.181	0.671
	組內	313.262	1029	0.304		
	總和	313.317	1030			
餐車使用意願	組間	0.118	1	0.118	0.372	0.542
	組內	327.540	1029	0.318		
	總和	327.659	1030			

四、結論與建議

根據第三節的分析結果可歸納出幾個結論，東部幹線旅客認為有實質餐車需要(較長之旅行時間)的比例約五成，而想要有餐車服務的比例則高達八成，甚至願意使用的意願也高達八成。若以滿足旅客實際需要以及想要新的服務產品之角度來看，建議可以考慮編掛餐車以提供旅客有別於目前乘車經驗之服務。然而調查資料也顯示，旅客旅次目的以觀光佔多數，但通常觀光行程不會規劃在列車上用餐，除非是極具特色之空間與餐點，才會考慮作為行程中的一站。因此，推動一般列車編掛餐車之策略時，初期應以發車時間接近中午或晚上用

餐時間之列車，而無須全面編掛，避免餐車閒置。此外受訪者普遍期待於普悠瑪列車上編掛餐車，技術上是否可行宜審慎評估。

餐車販售之商品也需要重新調整，因為隨處可見之便利商店使得將近七成旅客都會自行攜帶飲食至列車上，所以除非餐車能真正提供現做餐食，與競爭對手做出明顯區隔，否則不容易改變旅客的消費行為。在旅客願意支付之金額來看，餐食約 80 元上下，飲料約 40 元上下。雖然由於調查時並未提供受訪者明確之餐食(飲料)品項與內容，使受訪者無法置身於貼近實際狀況之情境，所以詢問之願支付的價格僅能作為參考。在現做餐食部分，目標客群可以鎖定以男性為主，同時年齡層以青年與中年為主；學生與老年族群則不是主要客群。在飲料與休閒食品部分，目標客群可以鎖定以女性為主，同時年齡層以學生與社會新鮮人族群為主。經營型態上，旅客仍希望是由台鐵自主經營。

從顧客所需服務角度來思考，是否提供餐車僅是其中一個選項，應持續探究旅客想要與需要的產品或服務為何。建議將餐車定位為行銷亮點，目的是帶動東部幹線旅客成長，而非以獲利為主要考量。餐車內部重新規劃設計，營造出能讓旅客心動的場景。由於旅客認為餐車經營成功之道最重要就是餐食要美味，因此也建議餐食重新規劃，以排餐為主（沙拉、湯、主菜、甜點、飲料），並結合東部特色食材，定價則應傳遞台鐵希望旅客感受之價值。

參考文獻

1. 維基百科 (2015)，進餐車廂，擷取日期：2015 年 6 月 10 日，
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%BF%9B%E9%A4%90%E8%BD%A6%E5%8E%A2>。
2. Udn 部落格 (2013)，淺談台灣鐵路局『餐車』歷史回顧 重現江湖，擷取日期：2015 年 6 月 10 日，<http://blog.udn.com/yungfa1166/8158291>。
3. 王勇仁、曲明璋 (2007)，「鐵路旅客列車餐車經營的思考」，鐵道運輸與經濟，第 29 卷第 12 期，頁 52-53。
4. 王俊 (2004)，「客運高峰期鐵路餐飲供應存在的問題與對策」，中國衛生間

度雜誌，第 11 卷第 3 期，頁 176-177。

5. 王俊 (2004)，「淺談旅客列車的餐飲供應」，鐵道勞動安全衛生與環保，第 31 卷第 6 期，頁 302-303。
6. 王東黎、阮志剛、梅敏烽、周新軍 (2014)，「旅客列車餐車經營現狀及發展方向探討」，鐵路節能環保與安全衛生，第 4 卷第 6 期，頁 282-284。
7. 韓樹榮 (2013)，「鐵路站車餐飲供應企業發展戰略研究」，中國鐵路，頁 1-4。
8. Utsu, T. (2012), Dining Car and Meal Services on the Train, *Japan Railway & Transport Review*, No. 59, pp. 12-17.
9. Jong, J. C., Lai, Y. C., Wang, S. W., and Huang, S. H. (2012), Development of Rail Service Sensitivity Meter. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2417, pp. 10-17.

花東鐵路電化完成，東部運輸締造新猷

A new situation was created in Taitung line of TRA

李紹亮 Lee,Shao_Liang¹

聯絡地址：臺北市北平西路 3 號

Address：No.3 Beiping W.Rd, Taipei, Taiwan

電話(Tel)：(02)23815226-3173

電子信箱(E-mail)：0251534@railway.gov.tw

摘要

自 95 年起至 104 年 4 月止約 10 年間，東部公共運輸歷經 3 個主要變化，依序為 95 年國道 5 號通車，北宜間使用鐵路之旅次大幅下滑；其次為 96 年太魯閣號首航，大幅縮短北花間行車時間；惟最重要的仍為 103 年 6 月 28 日花東鐵路完工通車，讓旅客能搭乘最新穎之普悠瑪自強號列車快速來往臺北、宜蘭、花蓮及臺東間，真正達到東部鐵路 1 日生活圈之境界，而這些年在臺鐵全體員工長期努力之下，確實已提昇東部鐵路運輸服務至一新的境界，並獲致載運量，營收雙重成長，展望未來，臺鐵東部運輸仍應在現有基礎下有更精進之作為，並針對該區間之運量變化、運能需求持續分析，了解旅客之真正需求，以提升鐵路整體服務效能。

關鍵詞：花東線鐵路、鐵路電氣化、生活圈

Abstract

¹ 臺鐵局 運務處 視察

East public transportation has gone through 3 major changes since 2006, for 10 years. First of all, No. 5 High Way opened to vehicular traffic, as a result of which, railway travel between Taipei to Yilan had dramatically decreased. Secondly, the Taroko Zechiang Express Train started a maiden voyage, therefore, the travel time between Hualien and Taipei shortened greatly. However, the most important is that on 28 June, 2014 the construction of Hua-Tung railway finished and opened. Travellers, therefore, could make a real one-day journey by taking the newest Puyoma Zechiang Express Train and could go and back from Taipei, Yilan, Hualien and Taitung in one day. For these years, under the great efforts of all staff of TRA in the long period of time, it has actually promoted east railway transportation services to a new state and achieved the growth for both of the passenger volume and revenue. In the future, TRA's east transportation should have great progress under the present foundations. And to promote the railway service, TRA will make analysis constantly on the changes of passenger volumes and capacity demands, and to find out the real needs of travellers.

Keywords : *Hualien-Taitung Line, railway electrification, Living area*

一、前言

臺鐵東部幹線包括宜蘭線、北迴線及花東線(臺東線)等共計66站，其中花東線鐵路沿縱谷而行，在長達152公里的綠色走廊間貫通花蓮、台東兩縣的精華地帶，沿途除有秀麗的自然景觀外更保存著重要的原住民文化，而近年國內休閒風潮興起，花東地區又是國內首屈一指的旅遊勝地，故逢週休及連續假日，大量國內外遊客及返鄉旅客湧入，惟受限於花東間原為非電化單線區間，行車距離長，且運能不足，致使尖峰時段供需缺口擴大，而產生所謂一票難求之刻板印象，為改善此一現象，政府須積極從需求分析、增加供給等面向著手，擬具解決方案，進行改善。

二、中、長程旅次集中假日，產生「一票難求」之民怨

分析樹林、臺東間旅次分布，其中短程旅次(70 公里以下)主要分布在臺北-瑞芳、頭城-羅東、羅東-南澳及和平-花蓮間;中程旅次(70.1-200 公里)主要分布在臺北-花蓮、宜蘭(羅東)-花蓮及臺北-宜蘭(羅東)間;長程旅次(200 公里以上)主要份布在臺北-臺東、臺北-玉里、臺北-瑞穗及臺北-關山間。

樹林、臺東間平日(週一至週四)平均上車人數為 7 萬 6,435 人，其中短程旅客為 4 萬 3,970 人約佔 58%，中程旅客為 2 萬 4,085 人，約佔 32%，長程旅客為 8,381 人，約佔 10%。假日(週五六日)平均上車人數為 10 萬 2,606 人，其中短程旅客為 4 萬 9,623 人，約佔 48%，中程旅客為 3 萬 9,383 人，約佔 38%，長程旅客為 1 萬 3,594 人約佔 14%，顯見平日以短、中途旅客為主，逢假日則因中、長途返鄉、旅遊旅次大增，尤以週日 13:00 至 18:00 間臺東、花蓮主要車站上行旅次為最集中，旅客需求最殷切之時段，如提供運能不足，則往往產生訂票不易，「一票難求」之民怨。

另於旅次起迄站運量(OD)統計分析亦發現，所謂「一票難求」的成因有二，其一為旅客運輸需求過於集中在特定時段。以臺北=花蓮而言，係存在於週五、六及日(或特定例假日)的部份時段；其二為旅客偏好特定的車種(如服務水準較高及速度較快的太魯閣號或普悠瑪號)。

表 1 台北、宜蘭(羅東)、花蓮及臺東站間平假日旅次 OD 分析

起站	訖站>>	臺北	宜蘭	羅東	花蓮	玉里	臺東	合計
臺北	平日(一至四)		311	199	4,045	181	816	5,552
	假日(五至日)		629	415	5,424	263	1,168	7,899
宜蘭	平日(一至四)	294		1,106	623	11	37	2,071
	假日(五至日)	583		1,251	934	17	51	2,836
羅東	平日(一至四)	226	1,062		14,15	242	332	3,277
	假日(五至日)	423	1,196		2,175	24	49	3,867
花蓮	平日(一至四)	4,274	688	1,608		320	525	7,415
	假日(五至日)	5,537	960	2,287		484	745	10,013
玉里	平日(一至四)	196	11	16	349		78	650
	假日(五至日)	269	20	22	446		114	871
臺東	平日(一至四)	877	41	33	526	90		1,567
	假日(五至日)	1,130	55	46	676	123		2,030

三、改善東部運輸問題，為政府施政第一要務

毛院長自 97 年就任交通部部長以來即將改善東部運輸問題，視為施政第一要務，首先考量臺北、花蓮間北迴線與西部幹線皆為電化區間，且西部幹線公共運具有國道、傳統鐵路及高鐵，各運具間替代性高，可藉由西部幹線運能之移轉，提供北迴線適當之運能。

故自 97 年 12 月 26 日起調移西部幹線載客率較低之推拉式自強號列車，逢週五、六及日（或特定例假日）的部份時段（如週五下午臺北往花蓮及週日下午花蓮往臺北）加開臺北、花蓮間共計 12 列次(週日運能增加 10.43%)，以縮短列車間距，再加上當時新購太魯閣號 48 輛（6 個編組）全力投入營運，將週日花蓮往臺北尖峰時段之平均班距縮短為 30 分鐘 1 班；後又鑒於臺北、花蓮間假日返鄉及觀光旅客集中於假日尖峰時段，且其第一首選均集中於班次及座位有限之太魯閣號，於 99 年 7 月又持續調移西部幹線之列車，調整至北迴線逢假日加開直達或半直達自強號班次，故不僅週末假日班次大幅增加，而且旅客有多種選擇。

依據 99 年 10 月統計，臺北、花蓮間所有自強號平均利用率平日(週一至週四)為 68.48%，週末假日為 79.02%，其中週五下午臺北往花蓮之尖峰載客率為 86.4%，顯示自 97 年底以來，本局於臺北、花蓮間依旅客實際需求，調整增加運輸班次之策略已有初步成效。

至於臺北、宜蘭間因受國 5 通車影響，中程（70.1-200 公里）旅次流失，除減少臺北、宜蘭間對號列車配座及增加尖峰時段台北、花蓮配座外，逢連續假節日首日 8 時至 12 時及收假日在 14 時至 20 時國 5 嚴重塞車尖峰時段，規劃加開臺北、宜蘭間直達區間快車，並採優惠票價以吸引旅客搭乘，以疏解國道 5 號之擁擠車潮。

為讓東部地區民眾確實感受改善「一票難求」之美意，除增加運能外，另亦將針對相關票務措施進行改善，如加強公務座管制，落實取票驗證工作，加強訂票系統防駭機制，取締非法程式訂票，縮短取票天數為兩天以提高座位週轉率及與鐵路警察局共同成立淨網專案持續偵查大宗訂票集團，並機動取締轉售圖利之黃牛集團。

四、完成花東鐵路電化、打造東部一日生活圈

花東鐵路係屬非電化且大部份為單線運轉區間，無法行駛電力車輛，路線容量較低，其運能提升之困難度更高於北迴線，且逢假日僅能增加臺北往返臺東間列車編組數(如 6 輛編組增加至 9 輛)及機動加開臺北、臺東間列車(但往往受限於車輛不足無法達成)，另亦調整太魯閣號列車於花蓮站與柴聯自強號列車相互轉乘時間，以縮短臺北、臺東間旅行時間。但就因應尖峰旅運需求而言，仍屬不足，而一般民眾對於臺鐵花東線亦長期存有負面觀感(如東部使用的車廂多為西部線挪用過來的、或淘汰車廂及火車到了花蓮以後車速會變慢等錯誤觀點；還有臺北到臺東的班次少，晚上 6 點 30 分是最後一班，不然就等到晚上 11 點才有車班之真實情形)。

為徹底改善長期運能不足情況及扭轉一般民眾刻板成見，奉行政院核定續增購新式傾斜式城際客車 136 輛。配合交車期程，新自強號普悠瑪列車逐步自 101 年起加入營運，103 年 2 月 10 日起大量行駛於台北－花蓮間，同時因應花東鐵路 103 年 6 月 28 日完工通車，至 103 年 7 月 16 日全數投入營運，並行駛台北－花蓮－台東間。估計台北、台東間整體自強號運能於平日增加 18%，假日增加 40%，且因運能大幅提升、列車班距縮短及行車速度提高，掀起民眾搭乘普悠瑪遊花東之熱潮，使中、長程旅運量，營收大幅成長。東部運輸已擺脫過去的侷限並展開新頁。

表 2 花東鐵路完成前後對號列車座位數比較

區間	期間	車種	平日		假日	
臺北 地區 往返 臺東 地區	花東電化 通車前	自強號	4,607	5,294	4,809	6729
		莒光號	687		1,652	
		復興號	0		268	
	花東電化 通車後	自強號	5,435 (+18%)	6,035 (+14%)	6,733 (+40%)	8142 (+21%)
		莒光號	600		1,409	
		復興號	0		0	

表 3 花東鐵路完成前後對號列車班次比較

區間	期間	車種	平日		假日	
臺北 地區 往返 臺東 地區	花東電化 通車前	自強號	14	22	14	26
		莒光號	8		10	
		復興號	0		2	
	花東電化 通車後	自強號	20(12) (+6)	26	26(18) (+12)	25
		莒光號	6		9	
		復興號	0		0	

ps：臺北地區包括樹林、板橋、臺北、松山等站，臺東地區包括玉里至臺東等站。

五、運量、營收持續成長，締造新猷

臺鐵東部幹線運輸在過去約 10 年間，歷經國道 5 號通車，引進傾斜式新自強號(太魯閣號及普悠瑪號)及花東鐵路完工，分析臺北地區往返花蓮、臺東平假日 OD 旅次、整體東線運量及營收變化，皆顯示逐年成長趨勢，預估未來運量、營收在臺鐵努力之下，可望持續成長並創新高。

5.1 臺北地區往返花蓮站平、假日旅次創新高：

分析臺北地區往返花蓮之旅次，平日由 95 年 6,990 人成長至 104 年 10,802 人，成長幅度 55%，假日由 10,914 人成長至 14,705 人，成長幅度 35%，其間除逢 97、98、99 年間因受國際金融海嘯，景氣下滑及 88 風災衝擊，平日運量成長稍有趨緩外，整體而言均保持緩步成長，至於 104 年與 103 年比較雖小幅下滑，惟預估在未來連續假期仍多之下，仍將持續成長。而臺北往返花蓮之中程旅次目前居全線中程(70 公里至 200 公里)旅次之冠。

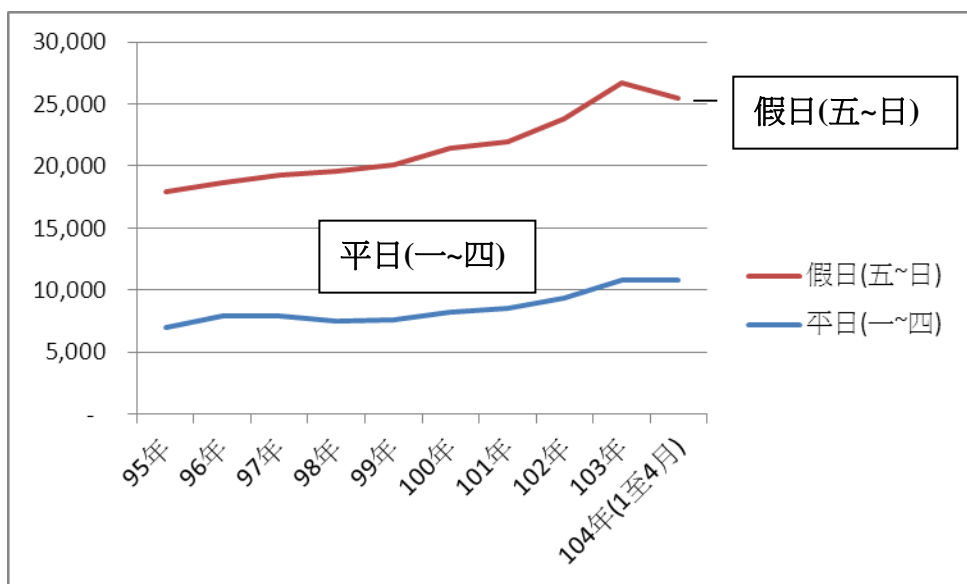


圖 1 95-104 年臺北地區往返花蓮站平、假日旅次趨勢圖

表4 95-104 年臺北地區往返花蓮站平、假日旅次 單位：人

臺北 地區 往返 花蓮 人次	年 度	平日(一~四)	假日(五~日)
	95 年	6,990	10,914
	96 年	7,918	10,777
	97 年	7,863	11,404
	98 年	7,452	12,151
	99 年	7,558	12,549
	100 年	8,244	13,179
	101 年	8,503	13,503
	102 年	9,403	14,417
	103 年	10,838	15,823
104 年(1 至 4 月)	10,802	14,705	

ps：臺北地區包括樹林、板橋、臺北、松山等站

5.2 臺北地區往返臺東站平、假日旅次創新高：

臺北往返臺東人次平日由 95 年 1,056 人成長至 104 年 2,343 人，成長幅度 122%；假日由 95 年 1,284 人成長至 104 年 3,118 人，成長幅度 143%，主要成長原因仍為 103 年花東鐵路電化完成及普悠瑪新自強號直達臺東旅行時間大幅縮短所致。而臺北往返臺東之長程(200.1 公里以上)旅次居全線長程旅次之冠。

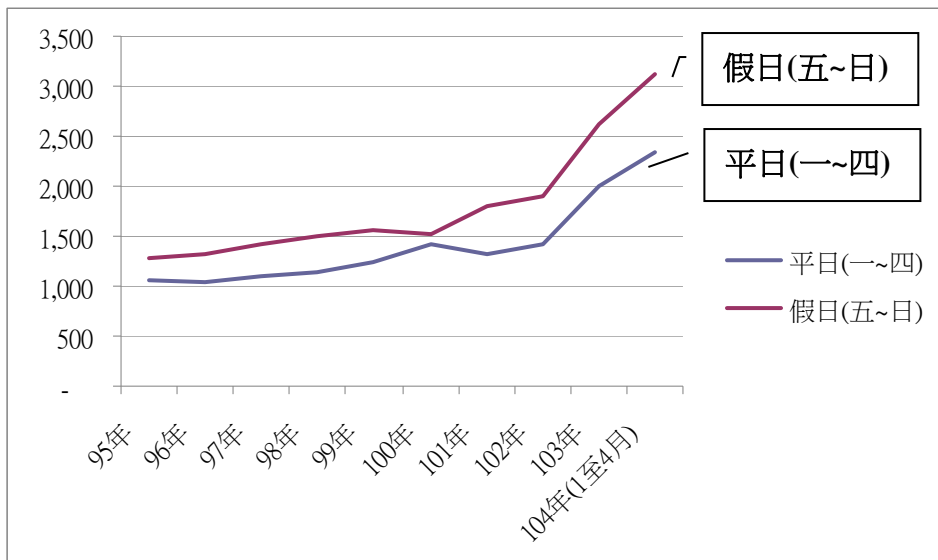


圖 2 95-104 年臺北地區往返臺東站平、假日旅次趨勢圖

表 5 95-104 年臺北地區往返臺東站平、假日旅次 單位：人

臺北 地區 往返 臺東 人次	年 度	平日(一~四)	假日(五~日)
	95 年	1,056	1,284
	96 年	1,047	1,324
	97 年	1,110	1,427
	98 年	1,138	1,499
	99 年	1,233	1,563
	100 年	1,423	1,513
	101 年	1,317	1,804
	102 年	1,418	1,908
	103 年	1,991	2,626
	104 年(1 至 4 月)	2,343	3,118

ps：臺北地區包括樹林、板橋、臺北、松山等站

5.3 95-104 年東線營收持續成長：

分析東線整體營收，96 年起受國 5 通車影響，臺北、宜蘭間中程旅次大幅流失，另 97、98 年間因受國際金融海嘯，國內景氣下滑及 88 風災衝擊，致營收下滑，惟在引進新自強號(太魯閣)開行及逐步調整列車系統之努力下，99 年起即已擺脫不利因素影響，營收緩步攀升，而 101 年至 104 年間又加上普悠瑪新自強號陸續抵達開行，每日平均營收成長幅度則拉大，由 95 年 1,223 萬 2,021 元至 104 年 1,749 萬 9,117 元，成長 43%，經統計東線 104 年整體營收佔全線營收約 34.3%。

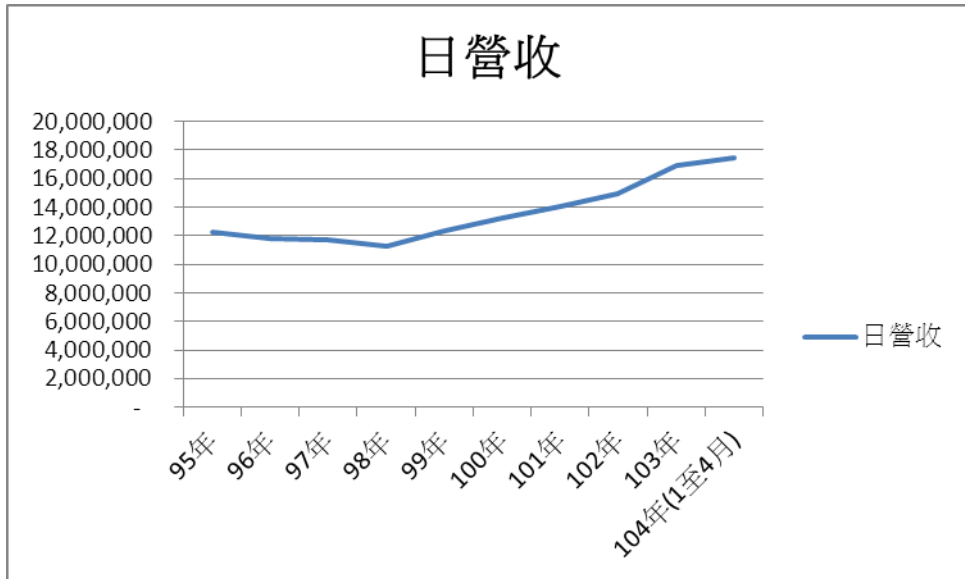


圖 3 95-104 年東線營收趨勢圖

表 6 95-104 年東線營收 單位：元

年 度	日營收
95 年	12,232,021
96 年	11,817,422
97 年	11,746,512
98 年	11,236,316
99 年	12,318,396
100 年	13,264,595
101 年	14,024,070
102 年	14,947,181
103 年	16,891,406
104年(1至4月)	17,499,117

ps：東線營收為宜蘭、北迴及花東線各站往返全線各站之收入。

5.4 95-104 年東部地區運量持續成長：

分析東線各站來往全線各站旅次，96 年起受國 5 通車影響，另 97、98 年間因受國際金融海嘯，國內景氣下滑及 88 風災衝擊，致臺北往返宜蘭、羅東中程旅次大幅下滑，惟因本局適時採取調整對號列車座位分配並大幅增加北迴線運能之政策，99 年起即已擺脫國 5 通車影響，運量緩步攀升，由 95 年 6 萬 4,481 人至 104 年 9 萬 4,894 人，成長幅度 47%。

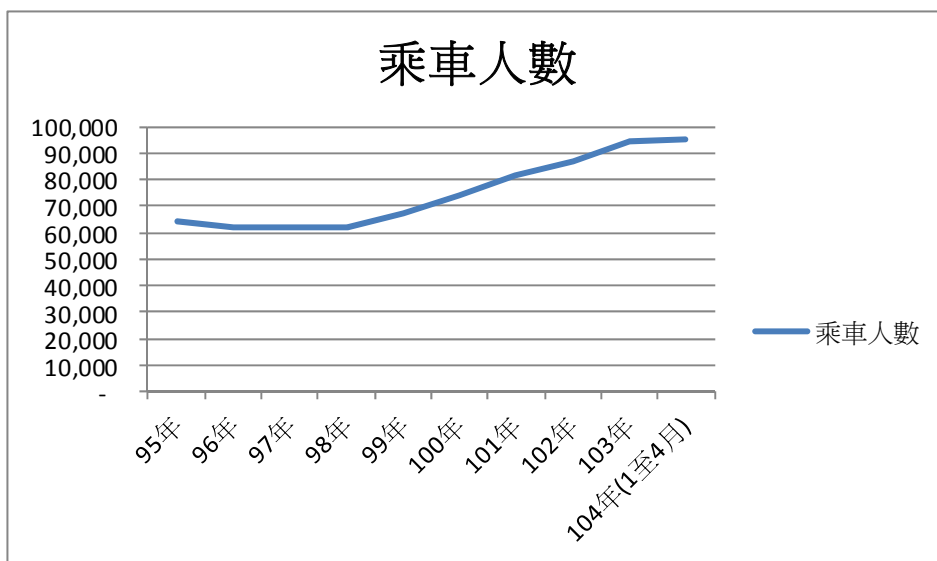


圖 4 95-104 年東線運量趨勢圖 單位：人

ps：東線運量為宜蘭、北迴及花東線各站往返全線各站之旅次。

表 7 95-104 年東線運量表 單位：人

年 度	乘車人數
95 年	64,481
96 年	62,338
97 年	62,052
98 年	61,737
99 年	66,870
100 年	73,991
101 年	81,314
102 年	86,938
103 年	94,501
104 年(1 至 4 月)	94,894

5.5 改善假日擁擠，提升服務品質

分析臺北臺東間旅次需求，以週五下行及週日下午上行為最高，配合新自強號引進開行，除調整臺北、臺東間配座(自強號約 10%配予宜蘭、羅東等站，20%配予花蓮，70%配予臺東)。又考量旅客對停靠站少且行車時間較短列車有很高之乘坐率，因此特別增加座位數較多之 pp 推拉式自強號直達列車(較 TEMU 多 200 個座位)，整體而言在運能大幅增加下，平均利用率均在 80%以下，已有效改善擁擠提升服務品質。

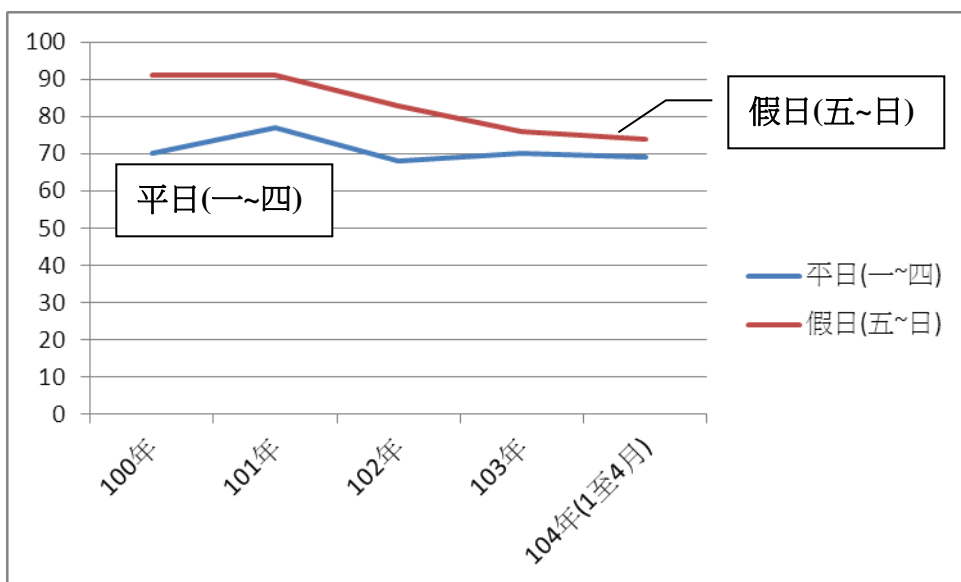


圖 5 100-104 年臺北往返臺東自強號客座利用率(%)趨勢圖

ps：客座利用率：某一特定區間、特定時段之延人公里除以客座公里百分比

表 8 100-104 年臺北往返臺東自強號客座利用率(%)

臺北 往返 臺東	年度	平日(一~四)	假日(五~日)
	100年	70%	91%
101年	77%	91%	
102年	68%	83%	
103年	70%	76%	
104年(1至4月)	69%	74%	

六、服務永無止境，邁向更精進

展望未來，臺灣東部地區內陸旅客運輸主要應仍以鐵路為主，公路為輔，故臺鐵應在現有基礎下對東部幹線之宜蘭線、北迴線及花東線平、假日之運能、運量分配持續進行分析，以了解各線別供需是否有失衡情形；同時為了解旅客對各項服務措施之看法，應定期進行東線旅客搭乘滿意度問卷調查，俾供業務單位檢討營運缺失；而普悠瑪新自強號於花東鐵路間以停靠大站為主，強化花東線各大站至小站轉乘機制亦屬重要；在推動鐵路觀光方面，應研議如何結合觀光局、地方政府運用鐵路有限的資源(如開行主題列車)來行銷花東的觀光；另票務措施之改善(如強化精進會員制措施，如何提高座位週轉率，落實取票驗證工作，配合鐵路警察局加強查緝車票黃牛等)，亦應同步進行，以持續強化整體競爭力，期使在花東新線電化完工通車及引進新自強號列車之雙重加分下達到最佳服務，進而促進花東觀光旅遊發展及加速東部經濟開發，平衡東西部交通距離，活絡經濟與發展。

參考文獻

1. 本局 95 年至 104 年(1 至 4 月)資料倉儲系統(DWH)。

班表試排法於臺東線路線容量分析之應用

Assessment of Capacity for the Taitung Line using the Timetable-Based Capacity Estimation Method

蔡欣恬 Tsai, Hsin-Tien¹

陳春益 Chen, Chuen-Yih²

林東盈 Lin, Dung-Ying³

李威勳 Lee, Wei-Hsun⁴

李宇欣 Lee, Yu-sin⁵

聯絡地址：70101 臺南市大學路 1 號

Address：1 University road, Tainan 70101, Taiwan

電話(Tel)：06-2757575 轉 63118

電子信箱(E-mail)：yusin@mail.ncku.edu.tw

摘要

鐵路是陸地上最重要的運輸系統之一。現代科技已使得鐵路成為高造價之系統，但由於優越的運轉效率，鐵路系統在可見的未來仍將持續發展。良好的鐵路路線容量分析對於規劃與營運均具有相當之重要性，但鐵路容量之概念並不易明確定義或予以數量化。其原因在於影響鐵路路線容量之因素甚多，而這許多因素之間又存在很複雜的相互影響關係。本研究使用班表試排法以分析連接花蓮站與臺東站之臺東線，在「花東鐵路瓶頸路段雙軌化暨全線電氣化計畫」前後之路線容量變化。該專案計畫包括了臺東線全線之電氣化以及部份路段之雙線化。研究發現此一專案顯著提升了臺東線之路線容量，但容量隨著車種組成之複雜化而降低。同時研究亦發現列車行程具有相當之影響力；一列運行全程之列車，其對路線容量之影響大於兩列運行半程之

¹國立成功大學土木系研究生

²長榮大學 教授

³國立成功大學 副教授

⁴國立成功大學 助理教授

⁵國立成功大學 教授

列車。分析結果亦顯示雖然雙線化之工程區域係經慎重挑選之瓶頸路段，但最主要之路線容量提升來自同時施作雙線化與電氣化。任一項目單獨施作，所能帶來之路線容量提升均相對有限。

關鍵詞：鐵路、路線容量、班表試排法

Abstract

Railway is one of the most important transportation systems on land. Modern technology have transformed railway into a high setup cost system, but it is expected to maintain growth due to superior efficiency. Reasonably estimating railway capacity is important to planning and management, but such a concept cannot be defined or quantified easily. Numerous factors, often interrelated to each other in a complicated manner, make such an effort hard. In this work we use a timetable-based capacity estimation method to estimate the capacity of the Taitung line, which connects Hualien station and Taitung station, before and after a major railway improvement project that completed last year. The project electrified the entire line, and upgraded part of the line from single-track to double-track. Findings indicate that the project significantly enhanced the capacity of the line, but capacity also decreases as the mix of trains become complicated. It was also found that trains of different ranges impact the capacity differently; the influence of one train that covers the full range is much larger than that of two half-range trains. Finally, data indicate that although a careful bottle-neck analysis is used to pick the places to be double-tracked, most improvement in capacity came from the combination of electrifying and track upgrading. Either one implemented alone would yield only minimal improvement.

Keywords : *Railway, line capacity, timetable-based capacity estimation*

一、前言

鐵路運輸系統在其數百年之歷史中，始終為陸地上最重要運輸系統之一。隨著科技的進步，現代的鐵路已發展成為造價昂貴、沈沒成本高之系統。在可見的未來，科技將持續發展，能源與用地等自然資源將持續供給不足，因此可以合理預期，鐵路將在世界各地持續發展。擁有百年以上歷史之臺鐵亦不例外。雖然臺鐵早在二十多年前早已完成環島鐵路網，但各種建設與改善從未停歇。近年來交通部投資於鐵路之公務預算亦超越公路，顯見鐵路系統對社會的

重要性、以及社會投注於鐵路系統之資源，均與日俱增。

鐵路具有高度計畫性之特質，不論在長程規劃、中程計畫或短程運轉，均需要縝密之事前研析，方能使鐵路資源發揮最高之效用。而在這些長期或短期之各種計畫中，鐵路之路線容量為重要之參考依據。鐵路路線容量之基本概念很單純，但影響因素卻很複雜而分析不易。在概念上，鐵路之路線容量為一段鐵路所能負荷之最大交通量。但其影響因素卻及於路線設施、軌道條件、股道佈設、車輛性能、運轉規章及其他許多因素。整體而言，幾乎所有與運轉相關之因素，對鐵路之路線容量均有或大或小之影響；而且這許多因素之間又以很複雜之方式相互影響。由於其重要性以及複雜性，使得鐵路路線容量之評估方法在國內外被廣為研究，但迄今仍無決定性之定論。

連接花蓮站與臺東站之間的臺鐵臺東線原屬非電化區間，而路線中 95% 以上之里程均為單線區間。隨著區域發展與運輸需求之成長，臺東線持續面臨路線改善之外界壓力。為此，政府於民國 103 年 7 月完成「花東鐵路瓶頸路段雙軌化暨全線電氣化計畫」，將臺東線全線予以電氣化，同時將部份路段予以雙線化，並一併改善部份車站之股道佈設及部份路段之軌道條件。在數種不同之鐵路路線容量分析方法中，班表試排法為唯一能夠具體納入服務型態考量之方法。本文將以此路段為範疇，利用班表試排法分析臺東線於施工改善前後，該路段路線容量之變化，並探討不同服務型態對路線容量之影響。此外，本研究並分別分析電氣化與路軌改善對路線容量兩種作為，在路線容量方面所帶來之影響。

本文共分為四節。除本節前言外，將於第二節說明路線容量分析之基本概念，並於第三節說明使用班表試排法分析臺東線路線容量之過程與結果。最後第四節為本研究之結論與建議。

二、路線容量分析

本節將先對鐵路之路線容量及其分析作背景說明，之後再回顧國內外對路線容量分析方法之相關文獻。

2.1 鐵路路線容量及其分析

容量(capacity)指某項主體容納人或物之能力，或所能容納的最大數量。對運輸系統而言，容量為給定時間內能夠通過給定位置之最大車輛數或人數^[1]；對鐵路系統而言，容量則指在某一特定的運轉條件之下，單位時間內通過路線上某一點的最大客體數^[2]。對鐵路而言，此處之客體可指

列車、車輛、乘客、或貨物等；本論文則以列次數為探討範疇，並不及於乘客之容量。

鐵路之路線容量分析具有相當之重要性。對鐵路系統之營運者而言，容量分析之結果可作為研擬服務計畫之重要依據，以有效運用路線設施、車輛、人員等營運資源，使其發揮最大之效能。對政策決策者而言，詳細而具體之路線容量分析則可作為重大投資方案評估與比較之依據，以確保重大之鐵路公共投資能夠達到所預期之運輸效能。而詳實之路線容量分析，亦對重大投資方案在社會上之說服力具有相當之助益。此外，路線容量分析之結果亦可作為各方之共同、客觀、而具體之討論基礎。

影響鐵路路線容量之因子甚多而複雜。其中最主要者為路線設施以及服務型態。在號誌系統之統一管制下，鐵路上各列車之間相互制約，對於一段鐵路在單位時間內所能通過之列車數影響甚大。因此僅考慮鐵路設施與車輛性能，而不考慮班表或服務計畫之路線容量分析是沒有意義的^[3]。

於分析鐵路路線容量時不可避免必須界定所分析之範圍，但所擷取分析範圍之大小將影響分析結果。一般而言，分析之區間愈小，所得之容量愈形偏高，其原因亦來自於列車間之相互制約。由於鐵路列車運行時間甚長而里程甚遠，且不同列車間之相互影響常因為列車之移動，或影響之傳播，而使得每一列車在路線某處之運行狀況，均有可能影響到遠處之列車。於分析路線容量時，並不易具體納入分析範圍以外之狀況，因此亦無法納入考慮分析範圍以外之行車狀況對分析範圍內之影響。分析時無法考慮之影響愈多，分析範圍內之列車運行所受之限制愈少，所得到之容量自然愈高。因此若僅分析小範圍區間、或單一車站、甚至單一月台，所得之容量均嚴重偏高，而得到利用率偏低之假象。這種現象可以下列虛擬之簡例一說明之。

簡例一：分析範圍愈小，所得之容量愈偏高

假設某位於雙線區間之車站配置二個島式月台、四股道運行。則在發車時隔至少 3 分鐘、停站時間至少 4 分鐘之要求下，針對單一月台計算可以很容易得到該車站應具有每方向每小時 20 列次之容量。若路線上之所有車站均有相同之股道佈設，則所有車站個別分析時均具有相同之容量，亦即每方向每小時 20 列次。由此即可推論該路線之整體路線容量為每方向每小時 20 列次，但實際狀況卻與此相去甚遠。本例將單一月台獨立分析再予以簡單組合，造成得到之容量顯著偏高。

除了分析路段之長度外，服務型態亦對路線容量具有相當之影響，亦

即相同之路線，採用不同之服務型態時，一定時間內所能通行之車次數可能相差甚多。茲以下列之簡例二闡述服務型態對路線容量分析之影響。

簡例二：路線容量受服務型態之影響

假設今欲分析某單線區間之路線容量，同時為了簡化分析，假設該單線區間之單向行車時間為 5 分鐘，路線中並無可交會之車站。此外再假設前後列車間之時隔均為 3 分鐘，而全日之營運時間為 20 小時。以下將以三種不同之假設情境分析之。

情境一：

假設以通行最多列次為唯一之目標，而完全不考慮服務型態或班表之服務能力或運輸需求。因此顯然最佳之行車方式為安排所有南下列車與北上列車各持續運行 10 小時，亦即先以 10 小時之時間，連續開行約 200 列次之南下列車，之後再以 10 小時之時間，連續開行約 200 列次之北上列車。如此則該路段在全日 20 小時之營運時間中可開行約 400 列次。然顯而易見，情境一之運行方式並不符實務所需。

情境二：

假設採用南下與北上列車交替開行之方式運轉。此時每一對（一去一回）之列車需要佔用該區間之時間為 16 分鐘，因此在 20 小時中可通行之數量為 75 對，亦即雙向合計 150 列次。

簡單比較可發現上述二種情境之假設，所得之分析結果相去數倍之多。其關鍵在於，給定任一南下車次，若其下一車次之行車方向同為南下，則下一車次所額外佔用之路線時間為 3 分鐘；反之若下一班車次之行車方向為北上方向，則下一車次所額外佔用之路線時間為 8 分鐘。

實際之服務型態必界於上述二種情境之間，因此實際上全天可通過之列次數亦應界於 400 列次與 150 列次之間。由本例可明確看到服務型態對於路線容量分析結果之影響。實務上鐵路不可能僅有二座車站，因此受到此一分析範圍以外之影響時，真實可通行之車次數甚至有可能低於 150 列次。

由於服務型態對路線容量具有重大影響，因此於進行路線容量分析時必須具體考慮該鐵路所欲執行之服務計畫。但具體考慮服務計畫，與隨機設定行車計畫，並不可混為一談。茲再以相同簡例，設計情境三以說明之。

情境三：

先以隨機方式安排北上與南下車次之順序，再依該順序逐一安排車次通過該路段，據此估算該路段於 20 小時之營業時間中可通行之列次數。如此以相同方法大量重複，之後再取其平均值作為所估計之 20 小時路線容量。

這種作法看似有理，實則不然。在隨機安排之狀況下，每一車次之後續車次，均有 0.5 之機率與其運行方向相同、另 0.5 之機率與其運行方向相反。因此自第二班車起，其佔用路線時間之期望值為 3 分鐘與 8 分鐘之平均值，亦即 5.5 分鐘。故全天 20 小時所能通行之列次數之期望值約為 219 列次。在大數法則下，大量重複時，所有樣本之平均值將逼近此一母體期望值，造成「結果收斂」之假象，實則個別測試之結果並不會收斂。而所得之平均值並不可擴大解釋，誤認為可代表真實之運轉狀況下所能通過之車次數。此種狀況如同多次反覆投擲一顆普通 6 面骰子並統計所出現點數之平均值，而發現該平均值逐漸逼近 3.5 時，吾人並不可據以擴大解釋，誤認為該骰子之各面必定為公平出現。因為仍有可能該顆骰子出現 1 之機率略高於出現 6 之機率、同時出現 2 之機率又略低於出現 5 之機率，而兩者之影響又相互抵消使得平均值仍然逼近 3.5。在此同時，每次個別投擲所出現之點數並不會收斂到任何定值，而普通骰子也顯然沒有任何一面之點數為 3.5。

基於以上之分析論述，上例中三種情境之分析結果均無法代表真實之路線容量。其關鍵在於：路線容量並不能由軌道設施以及車輛性能所單獨決定；欲探求較接近真實狀況之路線容量，必須考慮該路段之真實服務型態。例如，若真實服務型態較接近情境二（兩方向交替行車），則其真實容量將較接近全天 150 列次。反之，若原則上雙向交替行車，但有時採同向接續行車，則真實容量則將略為升高。若大部份狀況下均為同向之二列次接續行車（亦即以二去二回為主），則真實容量將較接近簡例情境三之全天 219 列次。至於路線容量分析時應該採用何種服務型態，則應視鐵路系統營運管理者之構想、運輸需求等先行決定，並非在路線容量分析過程中決定。

上述簡例二僅以極小之簡單路段闡述原理；納入分析之路段較長、含有多數車站時，路線容量分析即非上述這種簡單推論所能為之，但其原理仍然相同。

2.2 國內外文獻回顧

由於鐵路路線容量分析之重要性，國內外學者對此均多有著墨，提出

不同之分析方法。較早期之方法^[4]建議先計算所分析路段之各種參數，如列車之加減速時間損失、快車與慢車之速率比、最小時隔或單雙線區間之里程長度比例等等，再代入經驗公式中以概估其路線容量。這種方法具有簡單易用之優點，以簡單之程式軟體即可運算，但結果亦相對粗糙。例如，當鐵路路段中同時具有單線與雙線區間時，即便各自所佔之里程比例不變，其分佈狀況不同時路線容量將有很大之差異，但其差異卻無法顯示於本模式中。

另外一些分析方法與此類似，取鐵路之單一或少數車站或站間之路段等小範圍作為分析之區間。於所分析之區間中依據車種組成、最小時隔及列車交會待避時間損失等參數，以經驗公式計算該小區間之容量。之後依據水管之概念，以路線中所有區間中容量最小者作為該路線之容量，並據以認定該路線之瓶頸路段^[2]。由於列車於鐵路中之運行與水流截然不同（例如鐵路中常有兩向列車於同一站交會而相互影響，但水管中卻難有雙向之水流），因此本法之理論基礎並不堅實。實務運用時，分析所得之容量值亦受到經驗係數之重大影響，致使分析結果趨於主觀。

班表壓縮法^[3]則在時間之維度壓縮給定之班表，用以評估一段鐵路負擔該班表時，尚餘之路線容量。本法將給定的路線分割為區段，在營運時間內以沿時間軸平移區段班次的方式盡量壓縮班表。此一方法具有其理論基礎，亦為其他方法所採用並擴充^[5,6]。但區段之分割方式對分析結果常有重大影響，在某些狀況下甚至有在班表中增加車次造成剩餘容量隨之增加之不合理現象^[7]。

班表試排法則係基於一個簡單而直接之概念：於所欲分析之路線上，嘗試編排高行車密度之班表，並以所能排出、列次最多之班表代表路線容量。前節簡例二之情境三，其分析方法即屬本法。而^[2]之路線容量分析方法亦屬本類型。

班表試排法具有直接、說服力良好之優點。然而欲得到具有代表性之容量分析結果，於試排班表時必須確保該班表足以反映與實務運轉時相近之服務型態，同時所解得之班表必須具有合理之品質。以前節簡例二之情境三而言，隨機編排之行車順序並無法代表實務上所需要之服務型態。然而若先依所欲採行之服務型態排定列車之順序，之後再依該順序設法排入最多之車次，則所得之結果即較能代表在該服務型態下，該段路段所能達到之路線容量。

至於班表品質之達成則較具有挑戰性。前節簡例二之「路線」僅有二座車站及其間之一段站間鐵路，因此班表之求解容易，亦無所謂班表品質

之問題。如前所分析，切取小段範圍進行路線容量分析時，所得之容量將有高估之現象。但切取之路段範圍較大時，班表之求解將成為困難之問題。若僅考慮單向之列車，且所考慮之範圍內車站數量少，則以電腦在一定規則下模擬列車之相互連鎖推擠將可排除衝突而得到班表^[2]。然而這種方法雖可排除衝突，但常無法得到品質良好之班表，且在實務應用上需要同時考慮雙向行車，或所考慮路段含有較多車站時，即難以應用^[8]。

三、班表試排法分析臺東線路線容量

本節將整理呈現使用班表試排法以分析臺東線路線容量之成果。

3.1 分析方法

如前節所說明，鐵路之路線容量分析必須同時考慮路線設施以及服務型態。而班表試排法，於試排班表時必須確保該班表足以反映與實務運轉時相近之服務型態，同時所解得之班表必須具有合理之品質。以下將針對這些課題，逐一說明分析方法與流程。

3.1.1 路線設施

本文所分析之範圍為臺東線，北起花蓮站、南至臺東站，全長約為 150 公里。而分析之方案將涵蓋電氣化前之狀況（以下簡稱「舊線」），以及電氣化並局部雙線化後之狀況（以下簡稱「新線」）。其中舊線除玉里站至東里站之 6.7 公里路段外，全線均為單線型式，共設有 29 座車站，其中包含舞鶴號誌站。而新線則取消溪口站與月美站，並增設林榮站，因此共有 28 座車站。進行雙線化之區間為：壽豐站經豐田站、林榮站至南平站、萬榮站至光復站、瑞穗站經舞鶴站至三民站、山里站至臺東站等路段，全長約 40.7 公里。連同舊線之雙線化區間，總計雙線化之路段里程數為全長之 27 %。此外並改善壽豐站、豐田站、南平站、萬榮站、光復站、瑞穗站、三民站、池上站等車站之股道佈設及月台。

除了這二種基本路線方案外，本研究並分析「舊線+電氣化」以及「新線+無電氣化」二種虛擬方案。其中前者指路軌與舊線相同，但假設臺東線全線電氣化，因此得以運行電力車輛之狀況。而後者則指路軌與新線相同已經局部雙線化，但未予以電氣化之狀況。加入這二種方案之目的，在分析探討「僅電氣化」與「僅局部雙線化」各自對路線容量所可能帶來之效益。

3.1.2 服務型態

觀察臺鐵之實際運轉狀況，可以發現若與西幹線相較，臺東線之服務型態較為單純。於此設計三種服務型態進行路線容量分析：單一車種、二種車種全程、與二種車種半程，分別說明如下。

(1) 「單一車種」之服務型態

指分析時假設臺東線僅運行單一車種，且所有車次之行程均為端點至端點（臺東站至花蓮站、或花蓮站至臺東站）。路線設施為無電氣化時，所使用之車種為柴聯自強號(DMU)，而有電氣化時，則使用普悠瑪號作為測試車種。

(2) 「二種車種全程」之服務型態

指分析時假設臺東線除了上述車種外，再運行區間車作為第二種車種。不論路線設施之情境如何，均使用「通勤電車」作為其牽引種別。區間車之行程亦為端點至端點。

(3) 「二種車種半程」之服務型態

指分析時假設與「二種車種全程」相同，但區間車之運行行程為花蓮站至玉里站往返，或臺東站至玉里站往返。

3.1.3 試排班表之設計

本研究於試排班表時，針對所分析之情境先設計較高行車密度之服務計畫，並嘗試據此求解無衝突之班表。由於初始時所設定之行車密度偏高，因此並無法排入所有車次，或所得之班表品質不盡理想。之後再反覆逐步降低行車密度，重新求解班表，至所解得之無衝突班表達到可接受之程度。由此即可得知該情境下之路線容量。

3.1.4 班表之可接受標準

在一定的鐵路路線上排入過於密集之車次時，班表品質自然下降。然而要求過高之班表品質，又將使得可排入之車次變少。因此營運單位對於班表品質之要求程度，影響路線上可合理排入之車次數，連帶影響路線容量。本研究對於班表之可接受標準包括四項，說明如下。

(1) 無衝突：試排所得之班表必須不含衝突。

(2) 可排入之車次：試排所得之班表必須排入服務計畫之所有車次。

(3) 發車時間偏移：試排班表時，每一車次均有預先設定、在始發站之理想發車時間。本研究於試排班表時均設定班表中之表訂發車時間與上述理想發車時間之差距不得大於 20 分鐘，否則即視為該車次無法排入。

- (4) 列車運行時間：所謂運行時間，指列車自始發站開出，至抵達終點站間之時間。本研究以列車行程中，所有站間之基準運轉時分之總和，再加上沿途每一車站停靠 1 分鐘，所得之時間總和作為可接受之運行時間上限。試排所得之班表中，所有車次中次長之運行時間不得大於上限值。

3.2 名詞定義

以下將先定義本節所使用之名詞及符號，以利後續說明。

(1) 服務計畫

指於進行路線容量分析時，擬用以試排班表之班表草稿。其內容包括所有車次之行程、於始發站之理想發車時間、及車種。

(2) 試排班表

於路線容量分析時，依據服務計畫試排所得之班表。若試排班表滿足前一小節所述之可接受標準則稱為「合格班表」；否則即稱為「不合格班表」。為了避免邊界效應之影響，於分析時均以 20 小時之營運時間求解試排班表，但取中段之 10 小時作為是否合格判定之用。

3.3 基本測試

臺鐵路於臺東線改善工程完工後，配合新線之啟用於 103 年 7 月 16 日大幅調整其班表。表 1 整理比較 102 年 9 月 25 日以及 103 年 7 月 16 日，臺東線三種列車之數量。在 102 年 9 月 25 日之班表中，自強號與莒光號列車在臺東線均為全程運行，亦即其行程均涵蓋了臺東線全線。而非對號列車則僅有一列次南下區間車由花蓮站運行至臺東站，其餘 15 列次之普快車、區間車則僅運行臺東線之部份路段。在這些非全程運行之車次中，絕大多數運行於花蓮站與玉里站之間，或臺東站與玉里站之間。總計運行臺東線全程之車次共計 35 列次、運行部份路段之車次共 15 列次，合計 50 列次。

至於 103 年 7 月 16 日之班表則除了車次較多外，其車種及行程亦均較複雜。在車種方面，隨著電氣化之完工，自強號增為太魯閣號、普悠瑪號、推拉式自強號、以及柴聯自強號四種。在全日共 64 列次中，運行臺東線全程之各式車次總計為 43 列次。其餘行程未涵蓋臺東線全程之 21 列次中，則有三分之二運行於花蓮站與玉里站之間，或臺東站與玉里站之

間。若不分行程長短而僅計算車次總數，則於電氣化與局部雙線化工程完工通車後，每日開行之旅客列次數約增加 28 %。以下表 2 與表 3 分別統計整理 102 年 9 月 25 日以及 103 年 7 月 16 日，臺東線之車次統計。

表 1 臺東線改善工程前後車次數比較

	自強號	莒光號	非對號	合計
102.9.25	24	10	16	50
103.7.16	32	8	22	64

表 2 臺東線 102 年 9 月 25 日班表統計

行程		對號列車		非對號列車		合計
		柴聯自強	莒光	普快車	區間車	
南下	花蓮至臺東	12	5		1	18
	花蓮至玉里			2		2
	玉里至臺東			3		3
	關山至臺東			1		1
北上	臺東至花蓮	12	5			17
	臺東至玉里			3	1	4
	玉里至花蓮			3	1	4
	光復至花蓮				1	1
合計		24	10	12	4	50

表 3 臺東線 103 年 7 月 16 日班表統計

行程		對號列車					非對號列車	合計
		自強號				莒光	區間車	
		太魯閣	普悠瑪	PP	柴聯自強			
南下	花蓮至臺東		7	1	8	4	1	21
	花蓮至玉里						3	3
	玉里至臺東						4	4
	花蓮至壽豐	1						1
	花蓮至光復						1	1
	花蓮至關山						1	1
北上	臺東至花蓮		7	1	8	4	2	22
	關山至臺東						1	1
	臺東至玉里						4	4
	玉里至花蓮						3	3
	光復至花蓮						2	2
	壽豐至花蓮	1						1
合計		2	14	2	16	8	22	64

本研究使用 Train World^[9]作為求解班表之軟體工具。經以臺鐵 103 年 7 月 16 日真實班表作為服務計畫，再以 Train World 重新求解班表以驗證該軟體之班表求解能力。臺鐵真實班表之運行圖示如圖 1，而重新求解所得之班表圖示如圖 2。比對二圖可發現二者相當接近。

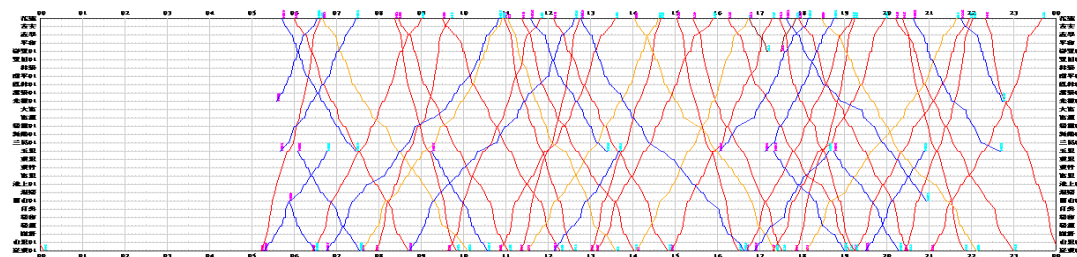


圖 1 臺鐵 103 年 7 月 16 日真實班表

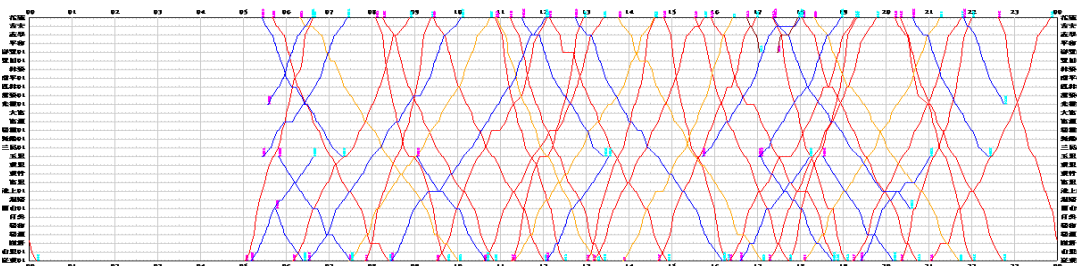


圖 2 臺鐵 103 年 7 月 16 日班表重新求解

3.4 舊線容量分析

本小節將整理對舊線進行路線容量分析之結果。本研究在此部份共進行二種情境之分析，分別說明如下。

(1) 舊線、單一車種

本項分析以舊線之路線，嘗試排入最多之單一車種。而車種之設定為柴聯自強號。經班表試排結果，發現此情境並無法以 50 分鐘之間距排入車次，但若設定為每 60 分鐘由花蓮站與臺東站各對開一列次，則可解得合格之班表，其運行圖示於圖 3。該班表全日 20 小時之營運時間中，雙向共計排入 40 列次。

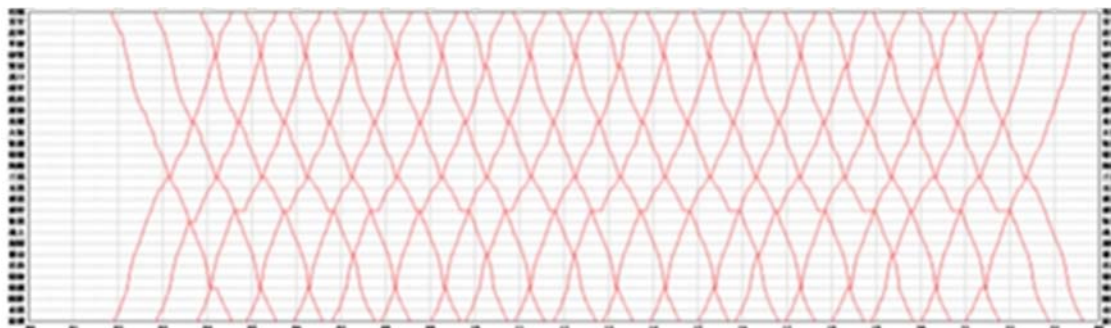


圖 3 舊線、單一車種試排班表

(2) 舊線+電氣化、單一車種

本項分析以舊線之路線，並假設僅完成電氣化但未進行局部雙線化之工程。服務型態則假設僅有單一車種，為普悠瑪號運行於臺東線全程。經班表試排結果，本情境可以 50 分鐘之班距解得合格之班表，其運行圖示於圖 4。全日 20 小時之營運時間內共可開行 48 列次。與前一情境相較，可知若僅進行電氣化，且採用單一車種之服務型態時，容量可提升約 16 %。

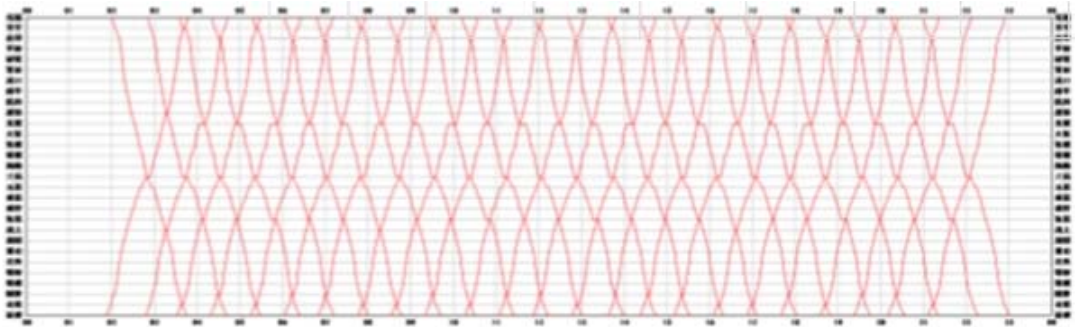


圖 4 舊線+電氣化、單一車種試排班表

3.4 新線容量分析

本小節將整理對新線進行路線容量分析之結果。本研究在此部份共進行六種情境之分析，分別說明如下。

(1) 新線、單一車種

此為對新線之最單純情境，係設定臺東線已完成全線電氣化以及局部雙線化，而所採用之服務型態為單一車種，以普悠瑪號運行臺東線全程。經測試結果，採用 20 分鐘之班距可解得合格之試排班表，其運行圖示如圖 5。此班表在全日 20 小時之營運時間中，雙向共開行 80 列次。

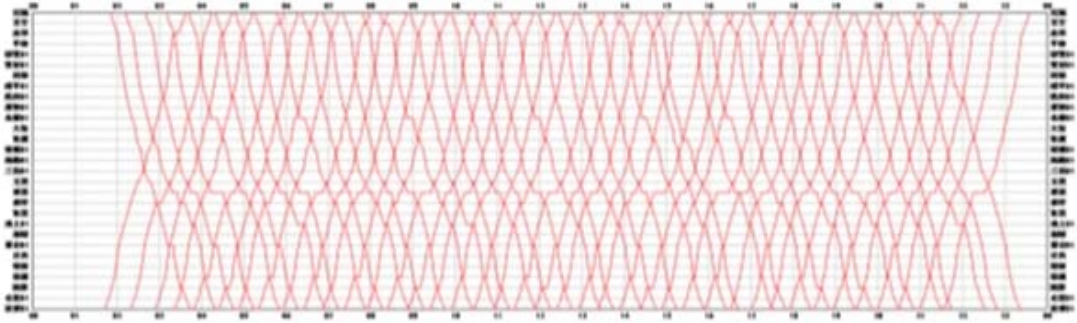


圖 5 新線、單一車種試排班表

(2) 新線、二種車種半程

本項測試，嘗試在前一情境所解得之班表上，再加入更多之區間車。這些區間車以間隔 4 小時之班距，分別於花蓮站與玉里站之間，以及臺東站與玉里站之間對開。試排所得之合格班表圖示於圖 6。此班表於全日 20 小時之營業時間中，共排入 80 列次對號列車以及 20 列次區間車。

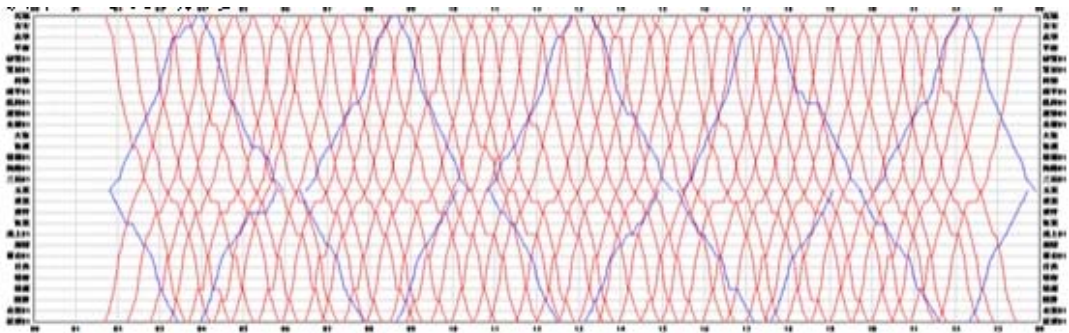


圖 6 新線、二種車種半程試排班表

(3) 新線、二種車種全程

本情境之測試於花蓮站與臺東站之間安排運行全程之普悠瑪號自強號以及區間車。在此種服務型態下，可排入最多車次之合格班表如圖 7 所示，其中含有 65 列次之自強號車次，以及 10 列次之區間車。全日 20 小時營運時間內，總共運行 75 列次。

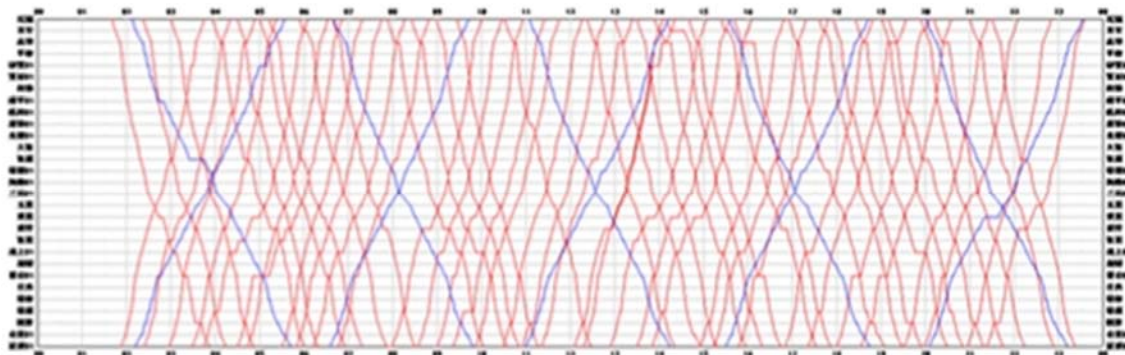


圖 7 新線、二種車種全程試排班表

(4) 新線+無電氣化、單一車種

本情境及以下各情境則假設臺東線鐵路已完成現今所見之局部雙線化與部份車站股道改善，但並無電氣化。因此自強號仍以柴油動力車輛運行。在此情境下，試排班表發現若採用單一車種之服務型態，則將可以 50 分鐘之間距自花蓮站及臺東站對開發車，於全日 20 小時營運時間中可排入 48 列次。其合格班表之運行圖如圖 8 所示。

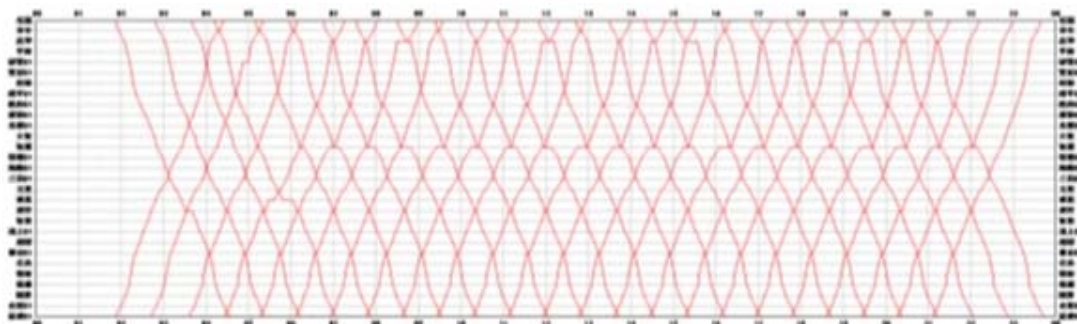


圖 8 新線+無電氣化、單一車種試排班表

(5) 新線+無電氣化、二種車種半程

本項分析使用與前項相同之情境，但服務型態改採二種車種：以自強號運行臺東線全程、以區間車運行半程（花蓮站與玉里站之間，以及臺東站與玉里站之間）。此時於全日 20 小時營運時間中可排入 46 列次之自強號車次，以及 20 列次之區間車。合格班表之運行圖如圖 9 所示。

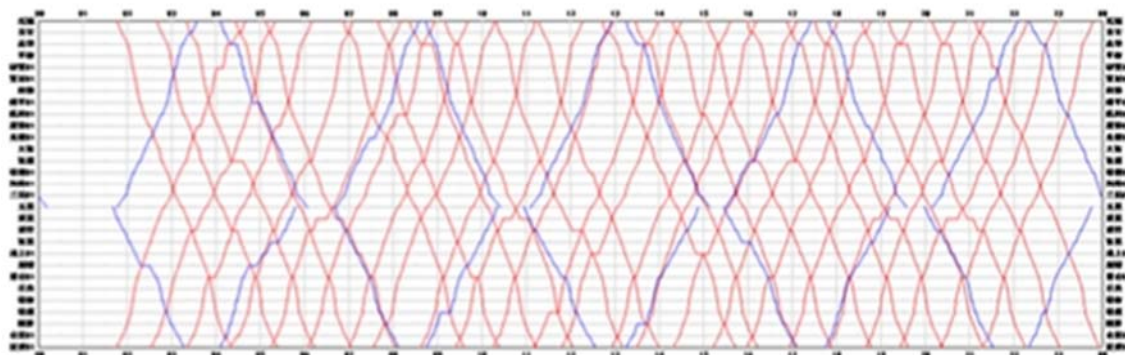


圖 9 新線+無電氣化、二種車種半程試排班表

(6) 新線+無電氣化、二種車種全程

最後，本項測試採用新線之軌道、無電氣化之情境，並使用自強號與區間車均運行全程之服務型態。班表試排結果顯示合格班表可容納 40 列次之自強號以及 10 列次之區間車，如圖 10 所示。

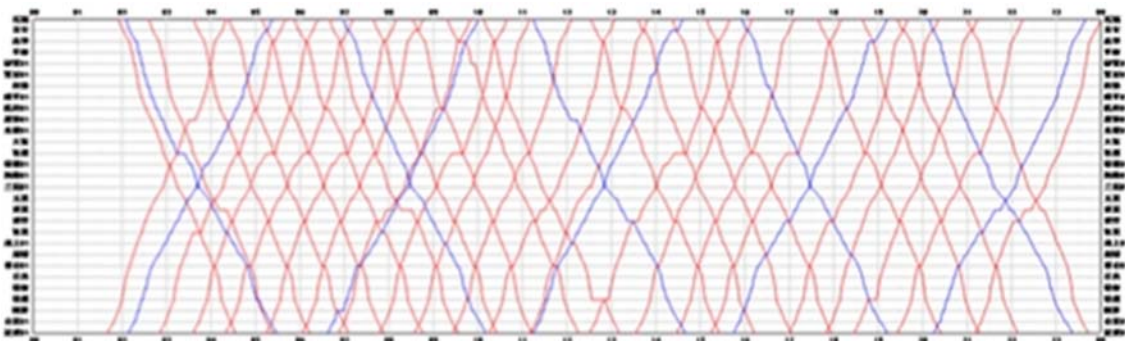


圖 10 新線+無電氣化、二種車種全程試排班表

以上各種情境之路線容量分析結果綜合整理於表 4。若以「單一車種」之服務型態相比較，可以發現以舊線僅予以電氣化而未進行局部雙線化，或僅進行局部雙線化而未予電氣化，其路線容量是相同的。與舊線、未電氣化之情境相較，路線容量約提升 20 %。而比較舊線與新線則可發現若僅運行單一車種，則新線之路線容量為舊線之二倍。然而圖 5 亦顯示新線之合格班表之品質較差，若設定較嚴格之合格班表標準，則可預期新線之容量將略再降低。

比較新線不同服務型態之分析結果，可發現服務型態對路線容量確有影響。所有班表試排之結果均顯示若路線上運行二種車種時，路線之容量將較單一車種為低。而新線通車後，臺鐵所實際開行之列車，其車種又更為多樣化，因此可以合理預期實際之服務型態，其路線容量將更低。

此外，班表試排結果亦顯示當區間車僅運行半程時，對所能夠排入之自強強號車次數量影響不大。但區間車運行全程時，則對自強號所能排入之車次造成較大之影響，降低了路線容量。此一現象亦與實務經驗相符。臺鐵之真實服務型態較上述分析之設定更為複雜、車種更多、行程及停站模式更為多樣化、所受到之外在限制亦更多（例如對某些列車運行時間之特殊要求等等），因此實際可用之路線容量將更低於此一分析結果。

需要注意的是，在本研究之情境設計下，區間車之安排為每日 20 列次半程運行，或為每日 10 列次全程運行。兩種設計之區間車里程相同，而路線上之所有車站（除了中間之玉里站之外），每日所行經之區間車列次數亦相同。然而區間車運行全程或半程，對路線容量卻有相當不同之影響。由此顯示在估算路線容量時完整考慮服務型態之重要性；僅考慮各車站每日行經之列次數將有所不足。

表 4. 臺東線路線容量分析綜合整理

軌道設施	電氣化	服務型態	自強號	區間車
舊線	無	單一車種	40	
舊線	有	單一車種	48	
新線	有	單一車種	80	
新線	有	二種車種半程	80	20
新線	有	二種車種全程	65	10
新線	無	單一車種	48	
新線	無	二種車種半程	46	20
新線	無	二種車種全程	40	10

四、結論與建議

4.1 結論

長期以來臺鐵之路線容量一直為各方所關注之重要課題，但由於問題之複雜性，迄今仍未有廣為各界所採用且具決定性之容量分析方法成形。本研究使用班表試排法，針對「花東鐵路瓶頸路段雙軌化暨全線電氣化計畫」為臺鐵臺東線所帶來之改善，分析該路段之路線容量在施工前後之變化。

分析結果清楚呈現了班表試排法所能提供之豐富內容。若以單一車種提供運輸服務，則新線之路線容量顯著高於舊線之容量。然而路線容量又

隨著所運行車種之複雜化而降低。分析中亦發現列車行程對於路線容量有著相當之影響；一趟運行全程之車次，對路線容量之影響高於二趟僅運行半程之列次。

此外，本研究並分析二種虛擬情境：僅以舊線電氣化、與僅提升軌道佈設及軌道條件而無電氣化。路線容量分析結果顯示二種虛擬情境所能帶來之路線容量提升均相當有限，顯示本項工程於決策之初選擇同時施作二者為正確之決定。然而同時亦顯示，「挑選瓶頸路段加以改善」之作法尚有商榷之餘地。

4.2 建議與後續研究

本項「花東鐵路瓶頸路段雙軌化暨全線電氣化計畫」專案已經完工通車，於事後進行本研究，對工程之規劃、設計、方案選擇等重要決策已無參考之機會。然而本論文顯示班表之試排可在此類工程之早期階段即提供重要參考資訊。本研究建議政府單位可在日後進行各項鐵路改善或新建工程時將班表之試排納入作業程序中。

為分析路線容量而試排之班表，與未來上線營運之班表並不相同。前者之目的在測試於一定服務型態下鐵路路線負荷交通量之能力；而後者之目的在提供旅客選擇，並作為整合乘務人員、列車編組等重要資源之共同基準。因此前者所考慮者為如何維持試排班表之代表性，並在此前提下嘗試排入最多之車次。而後者則需同時考慮運輸需求、資源調度等因素。以本研究之內容為例，於班表中排入僅運行半程之區間車，其目的在瞭解這些車次對路線容量之影響，而非真的建議未來如此安排車次供旅客選擇。因此二者目的不同，並不可混為一談。

因此，雖然班表試排法可帶來更為豐富而具體之分析成果，但應用時亦需要更為複雜而嚴謹之程序。未來除了需要對上述試排班表與上線營運班表定義更明確之區分外，對於用以試排班表之服務型態，亦需要將其內容予以標準化。除了本研究已有之車種、運行區間之外，亦應納入停站模式、停站時間及其他考量。

在某範圍之內，通常若願意接受品質較差之班表，則可排入較多之車次。因此鐵路之路線容量與班表之可接受標準有著密切之關聯，亦即班表之可接受標準將影響路線容量分析之結果。在班表品質與路線容量之間如何取捨，並非路線容量分析所探討之範圍。但如何定義試排班表之品質、如何訂定可接受標準，為未來亟需深入研究之課題。

部份傳統之鐵路路線容量分析方法，其分析結果為「於某站處，容量為每小時若干列次，而現今安排若干列次，因此該處之路線利用率為若干百分比」。這種分析方法雖然未能充份考慮服務型態之重大影響，對於實際營運幫助亦不大，但具有簡單易瞭解之優點。相對的，班表試排法雖較能完整考慮各種影響因素，獲得之成果內容亦較豐富，但易因較複雜而不易瞭解分析結果之意涵。如何妥為設計分析結果之萃取與呈現方式，以得到易瞭解、易使用之成果，亦為未來是否能夠有效應用此種新技術之重要關鍵。

參考文獻

1. Ryus, P., Danaher A., Walker M., Nichols F., Carter W., Ellis E., Cherrington L., Bruzzone A., Transit capacity and quality of service manual 2013, Transportation Research Board.
2. 交通部運輸研究所, 2013 年臺灣鐵道容量手冊 2013, 台北市, 交通部運輸研究所. 620.
3. UIC, Uic leaflet 406, capacity 2004, France, UIC International Union of Railways.
4. Krueger, H. Parametric modeling in rail capacity planning. Simulation Conference Proceedings, 1999 Winter. 1999.
5. Landex, A., Evaluation of railway networks with single track operation using the uic 406 capacity method. Networks and Spatial Economics, 2009. **9**(1): p. 7-23.
6. Landex, A., Kaas A.H., Schittenhelm B., Schneider-Tilli J. Practical use of the uic 406 capacity leaflet by including timetable tools in the investigations. Computers in Railways X. 2006. Prague.
7. Lindner, T., Applicability of the analytical uic code 406 compression method for evaluating line and station capacity. Journal of Rail Transport Planning & Management, 2011. **1**(1): p. 49-57.
8. Chiang, T.W., Hau H.Y., Chiang H.M., Ko S.Y., Hsieh C.H., Knowledge-based system for railway scheduling. Data and Knowledge Engineering, 1998. **27**(3): p. 289-312.
9. Chen, I.-C., Hsu S.-K., Hsu H.-H., Chen C.-Y., Lin D.-Y., Lee W.-H., Yang

C.-T., Lee Y. Trainworld: A powerful tool for railway timetabling. Joint Railway Conference 2013. 2013. Knoxville, Tennessee, USA.

運轉條件優化對列車服務計畫效能提升之探討- 以台鐵花東線為例

The discussion of inclining train Service plan by optimizing line operating conditions- A case study of Taitung line

葉宇倩 Ye, Yu-cian¹

楊凱評 Yang, Kai-ping²

聯絡地址：10041 台北市中正區北平西路 3 號

Address：No.3, Beiping W. Rd., Taipei 10041, Taiwan (R.O.C.)

電話(Tel)：02-23815226#3468

電子信箱(E-mail)：0272151@railway.gov.tw

摘要

運轉條件為影響列車服務計畫之主要影響因子，然而運轉條件優化後如何依旅運需求制定出最適列車服務計畫，以提升整體運輸效能，實為更迫切之議題。103 年 6 月 28 日花東鐵路電氣化竣工通車，旅客可更快速的往來臺北=臺東間，對花東地區之觀光旅遊發展有極大助益，營運單位在列車服務計畫上如何能有更精進之作為，為本研究探討之主要議題。

關鍵詞：運轉條件、列車服務計畫、花東鐵路電氣化、路線容量、列車排點

¹臺鐵局 綜合調度所 主任調度員

²臺鐵局 綜合調度所 調度員

Abstract

Operating conditions is the major factor in train service planning, according to passenger needs, modifying operating conditions is able to make the most proper train service plan, which is become a desperate issue. Since the electrification of Taitung line in 28 of June, 2014, the traveling time between Taipei and Taitung is significantly reduced, making a large boost for Hualien and Taitung tourism industry. For an operating corporation, how to make train service planning more effective and progressing has become a major subject in this research.

Key Word: *Operating conditions, Train service planning, Railway line capacity, the Electrification of Taitung line, Preparation of Timetable and Train Diagram*

一、 前言

本研究主要目的在於探討運轉條件的優化對列車服務計畫效能提升間之影響，台鐵花東線鐵路串連了花東縱谷地區各主要鄉鎮，為滿足各站間不同旅客往返之需求，考量整體旅客在不同空間及時間的需求差異甚大，且又為多點之間的起訖組合，因應花東電化通車，在軌道設備及列車資源等運轉條件已大幅優化之前提下，如何找出最適停站模式及發車頻率來提供服務，並提升列車服務計畫效能，係目前台鐵必須面對之重要議題。

二、 運轉條件優化

鐵路運輸公司規劃列車可分為三個等級：策略性規劃、技術性規劃與營運性規劃(古宇翔，2012)。在軌道運輸營運規劃中，無論是排點、列車調度管理、列車路徑指派、軌道等級配置等規劃，都對一個軌道運輸系統營運績效佔有舉足輕重的影響(黃詠安，2011)。

2.1 路線容量

鐵路路線容量係指某一站間路段，一天能夠運轉之最高列車次數，而影響路線容量之因素頗多，包含路線條件，機車/車輛性能、號誌條件、行車制度等所構成之區間運轉時分，考慮站場股道配置，有效時間帶等主要因素。提升路線容量主要方法可透過路線雙軌化、截彎取直及增購性能較佳之車輛等措施。

2.2 站場改善

台鐵各站站場配置型式不一，透過增設月台面、軌道數，或將既有側線增設號誌機改為正線等 3 種手法，可有效提升站場容量，增加排點及調度彈性，提升整體運轉效率。

2.3 路線改善

受限本國地形因素，除西部幹線較筆直外，其餘路段均有曲線，而曲線將導致台鐵列車需降速因應，增加運行時間，而半徑 R800 以下之曲線改善後，可使傾斜式列車保持 130km/h 最高速度行駛，有效縮短行車時間。

三、 列車服務計畫

古宇翔(2012)指出，列車服務計畫主要是能在盡量滿足旅客需求之情況下有效率的指派各列車之停靠車站，以避免無法良好利用運能之情形發生。所有列車運行排程均須按時刻表之排定運轉，而在進行時刻表排定工作前必須制定出列車服務計畫，其包括列車停站模式、各車種之調度等規劃。本研究依工作經驗及台鐵權責分工，將列車服務計畫分為列車停站計畫、旅客轉乘規劃及列車排點等三大部分。

3.1 列車停站計畫

鐵路營運業者常使用的停站型態包含有每站皆停、多站（跳蛙）停靠或直達快車之服務，在資源有限的情況下，通常僅會提供數種停站組合來提供服務，如何在眾多停站形態中找出合適的組合方式，使其能滿足旅客需求是一重要的議題。

相較於各國鐵路系統，台鐵之營運環境較為複雜，列車種類繁多，且各車站規模等級大小不一。因車站等級不同，停靠的車種及編組長度均受限制，列車停站取決於該站上、下車旅客人數、客貨營收、地區發展等因素，若列車停等於需求量較多之車站，除滿足旅運需求、提升服務滿意度外，亦可提高營業利潤收入(古宇翔，2012)。近年來，配合北迴線及花東電化通車等需求，台鐵陸續購置 TEMU1000、2000 型城際傾斜式列車及 EMU700、800 型通勤電聯車，若未妥適規劃停站模式，恐造成運能虛靡，因而適當的停站策略對整體營運影響甚鉅。

對營運者來說，希望以最少班次滿足多數旅客需求，對使用者而言，則希望旅行時間越短，班次越多。一般規劃停靠站方式時，常使用的概念如下所示：(沈進成，1996，Wheeler, C.F., 1988)

3.1.1 每站皆停式慢車服務(All Stop or Local Service)

此種方式為基本的列車停站方式，每一列車往返行駛於路線全線，並在每一站停靠供旅客上、下車。該停站方式服務車站多，不論是何種起、迄組合的旅客皆可以使用該停站方式之列車。但此種停靠方式最大缺點是旅客旅行時間相對增加，列車行駛速率受到站間距離較短之侷限，營運成本較高。此種營運方式較適合服務短程或轉乘接駁之旅客需求型態。

3.1.2 直達式快車服務(Express Service)

列車只選擇在重要或旅客需求量較大車站停靠，以供旅客上、下車。因該列車停靠站較少，列車行駛速率將可提升，能有效減少旅客旅行時間，但由於停靠站數少，列車所能提供之服務範圍及乘載率均受到限制及影響。直達車的服務方式較適合提供給長程運輸需求之旅客適合開行於假日旅運需求較高之

尖峰時段。

3.1.3 分區停車方式(Zonal-Stop Service)

營運路線區分成若干區間，每一區間指派一列車服務，且每一列車只在特定區間內的各站停靠，區間外之車站則不停靠。列車到達服務區間的最後一站即可駛回，不需駛完全程，此種模式可增加列車的使用率。由於列車只停靠某一區間內的車站，在其他區間則可以最大速率行駛，節省旅客旅行時間，但若旅客的起、迄點並非位於同一區間內，造成旅客必須轉乘，降低搭乘意願。

3.1.4 多站（跳蛙）停車方式(Skip-Stop Service)

列車行駛在路線上，每隔若干站才停靠，以跳過若干站的型式，行駛路線全程，並將列車分成數類，每一類列車將停靠不同站，但每一類列車通常有共同的停靠站以供乘客轉乘。此種停站方式，其效益介於每站都停及直達車之間，由於停靠站距離增加，列車可以提高行駛速率，縮短旅客旅行時間。缺點為易造成旅客轉乘不便，故規劃時每一類列車必須有共同停靠站。此種停站方式適合全線各車站之旅運需求分布較均勻之路線。

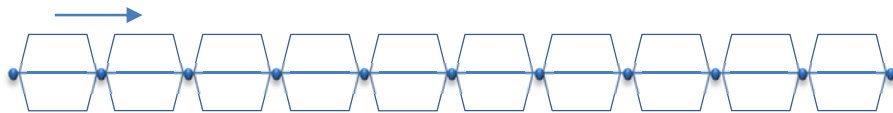


圖 1 每站皆停式慢車服務(All Stop or Local Service)

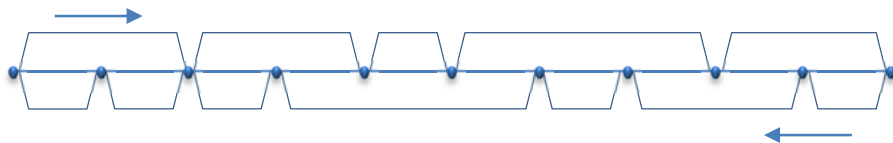


圖 2 直達式快車服務(Express Service)

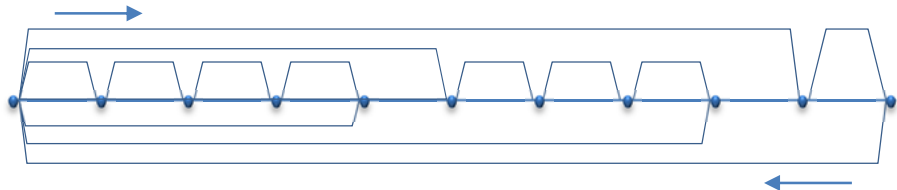


圖 3 分區停車方式(Zonal-Stop Service)

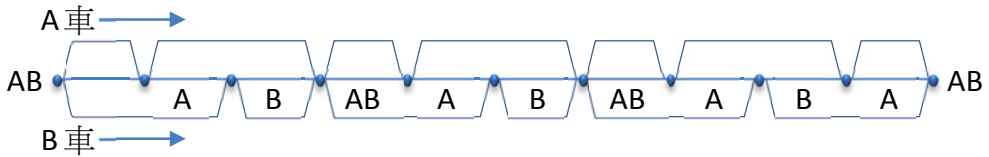


圖 4 越站停車方式(Skip-Stop Service)

圖 1~4 各種列車停站方式概念圖(資料來源：張有恆、蘇昭旭，2002)

以上四種常見之停站方式，除了每站皆停為最基本之停站方式，其餘三種皆以降低營運成本及縮短旅客旅行時間為目標。在規劃列車運行計畫時，列車停站方式的決定另需考量大眾運輸系統排班作業原則(張有恆，2005)：

1. 滿足最大乘載區間(Maximum Load Section, MLS)之旅運需求量。
2. 最大行車班距(Headway)必須為旅客所接受。
3. 採彈性發車方式，以滿足不同旅客之需求，及反應各站的需求特性。
4. 要能提高員工生產力，並改善系統之載客率。

3.2 列車轉乘規劃

旅客對旅運方案選擇包括「只搭乘對號列車」、「只搭乘區間車」、「先搭乘對號列車，再轉乘區間車」、「先搭乘區間車，再轉乘對號列車」或「先搭乘區間車，轉乘對號列車，最後再轉乘區間車」，轉乘類型可歸納為下列 4 大類：

3.2.1 大站到大站

因起、迄站皆為大站，即起、迄皆有對號列車及區間車停靠，旅客可選擇只搭乘其中一種類型的列車，即可直達目的站，原則上無需轉乘。惟因受列車行車計畫，旅客乘車時段無直達列車，或透過轉乘方式較縮短整體旅行時間，

旅客因而選擇不同車種間之轉乘。

3.2.2 大站到小站

起、迄站分別為大站及小站，起站有對號列車及區間車停靠，但迄站只有區間車停靠，表示旅客最後一定要搭乘區間車才能順利抵達目的站，所以旅客若先搭乘對號列車，則最後勢必轉乘區間車。

3.2.3 小站到小站

小站到小站的情況因起、迄點站均僅有區間車停靠，旅客在中途若要搭乘對號列車，則必須透過兩次轉乘，才能順利抵達迄點站。

3.2.4 小站到大站

起站為僅有區間車停靠之小站，表示旅客必須先搭乘區間車再轉乘對號列車，與第 2 類轉乘類型恰巧相反。

3.3 列車排點

鐵路列車排點為車、路與人等資源使用計畫的首要與基本任務，為一項複雜而困難的工作(Genser,1977)。規劃列車系統需考量不同時段、不同區間旅客需求，儘量滿足大部分旅客為目標，訂定符合多數旅客搭乘需求之班表。列車時刻表需精細區分運行時間及列車行駛空間，妥適規劃交會待避、各車次停靠時間、迴送列車安排，以發揮車隊最大效用

鍾志成(2012)指出在行銷管理之觀點上，建立班表之首要工作是市場之旅運需求分析，接著，在軌道容量、硬體設施、與列車車隊規模等資源限制下，進行列車服務設計以決定服務路線、停站型態、班次數、列車長度等。Iida(1975)等人亦指出鐵路列車輸送作業規畫中的基本單元包括站間運轉時分(Standard Running)之計算，列車排點(Preparation of Timetable and Train Diagram)，機車與車輛排班(Engine and Vehicle Rostering)，行車人員排班(Crew Scheduling)，及場站工作計畫(Station and Yard Work Scheduling)等。

列車排點工作任務為針對理想時刻表中預定開行列車次序、種類與數量，在現行鐵路路線軌道與場站設置限制下，安排各列車與其他列車同方向「待避」與反方向「交會」的地點與時間；其目標除了避免列車間因路線平面交叉產生之衝突外，更冀能提升系統中列車運行的效率(謝汶進，2001)。

檢視台鐵現行時刻表，為方便旅客記憶及簡化排班調度工作，通常採用「定型化」班表，亦即以每小時為週期之規則式發車，如內灣/六家線班表規劃，運行圖如下圖所示。

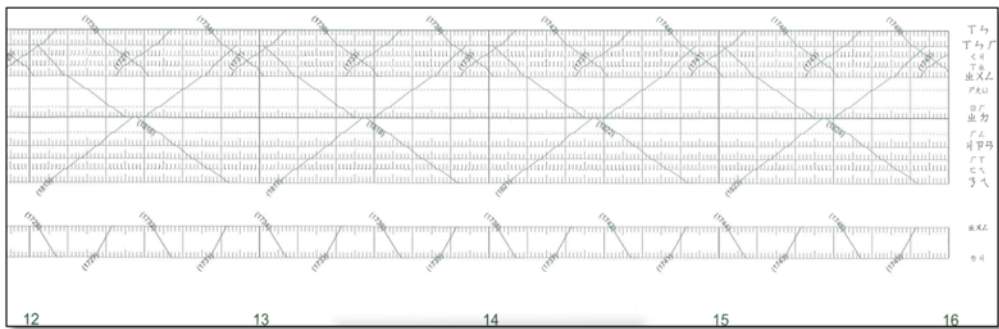


圖 5 新竹=內灣、竹中=六家 12 時至 16 時運行圖

四、 案例分析

本研究以台鐵花東線進行分析，受惠於電氣化及部分路段雙軌化竣工通車，該路線運轉條件已予以優化，有效提升花東整體列車服務計畫效能，如行車時間已大幅縮短，本案分析說明如下。

4.1 背景資料

台鐵花東線鐵路位於花蓮=台東間，行政院於 2008 年 3 月 13 日核定「振興經濟擴大公共建設投資計畫」，由交通部鐵路改建工程局承辦花東電化工程，期透過鐵路電氣化，將東部鐵路快捷化，降低空氣汙染，提升運輸量以促進當地觀光發展，並帶動東部經濟開發。本計畫範圍始於花蓮車站，止於知本車站，

全長 166.1 公里，除將全線電化外，新建 4 處雙軌隧道，曲線半徑 800 公尺以下如關山=瑞源、三民=玉里間等路段截彎取直，並將沿線各站站場軌道進行改善。本計畫實施後，花蓮=台東間總長由 155.7 公里縮短為 150.9 公里，並將溪口、月美廢站，2014 年 6 月底完成全線電化通車，台鐵配合於 2014 年 7 月 16 日進行全面性列車時刻調整。

4.2 花東電化前後運輸特性比較

表 1 花東電化前後運輸特性比較

	電化前	電化後
列車組成	柴聯自強號 DR2700 柴油客車	普悠瑪自強號 推拉式自強號 EMU500 型電聯車
轉乘、接駁型態	花蓮、台東站為主要轉乘點	新增玉里站為主要轉乘點，區間車扮演主要轉乘接駁角色，旅客可搭區間車至轉乘點轉乘普悠瑪自強號，縮短整體旅行時間。
長途跨夜列車	每日開行台北(23:00 開)→台東(05:50 到)606 次及台東(22:30 開)→台北(05:20 到)655 次 2 列莒光號	僅因假日旅遊需求高，616 及 655 次莒光號維持五六日行駛，平日騰出路線養護時間供工電單位維保。

4.3 花東電化前後服務效能比較

4.3.1 增加班次、縮短班距

表 2 花東電化前後班次、班距比較

數量		車種		自強號		對號列車	
		電化前	電化後	班次	班距	班次	班距
平日	電化前	14 列	120 分	24 列	76 分	24 列	76 分
	電化後	20 列	84 分	30 列	67 分	30 列	67 分
說明		增加 6 列	縮短 36 分	增加 6 列	縮短 9 分	增加 6 列	縮短 9 分
假日	電化前	14 列	120 分	28 列	65 分	28 列	65 分
	電化後	26 列	65 分	36 列	51 分	36 列	51 分
說明		增加 12 列	縮短 55 分	增加 8 列	縮短 14 分	增加 8 列	縮短 14 分

4.3.2 縮短行車時間

表 3 直達車總行車時間，台北=台東間縮短為 3 小時 30 分

行駛區間	柴聯自強號	普悠瑪自強號
台北=台東	4 小時 30 分	3 小時 30 分

4.3.3 大幅提升運能

表 4 電化後，台北=台東間自強號運能提升 18~40%。

行駛區間	自強號運能提升	對號列車運能提升 (自強號、莒光號)
台北=台東	18~40%	14~21%

4.4 最適服務水準及最佳停站組合

在擬定停站計畫時，以考量「階級化停站」方式為主，亦即直達列車所選停的車站，一定會被納入半直達及多站列車選停的車站，再輔以旅運資料(OD)調整停靠站。為達成北=東 3.5 小時之政策目標，去(2014)年配合花東電化通車、年度時刻調整時，將班表規劃平日(週一至週四)開行早、中、晚各 1 往復，全日計 3 往復 6 列次，假日(週五、六、日)再增開 2 往復 4 列次，全日計 5 往復 10 列次之直達普悠瑪自強號；半直達普悠瑪自強號則每日開行 3 往復 6 列次，多站普悠瑪自強號僅假日開行 1 往復 2 列次，就本案例而言，台北=台東間普

悠瑪自強號 7 月時刻調整時規劃停靠模式如下圖。

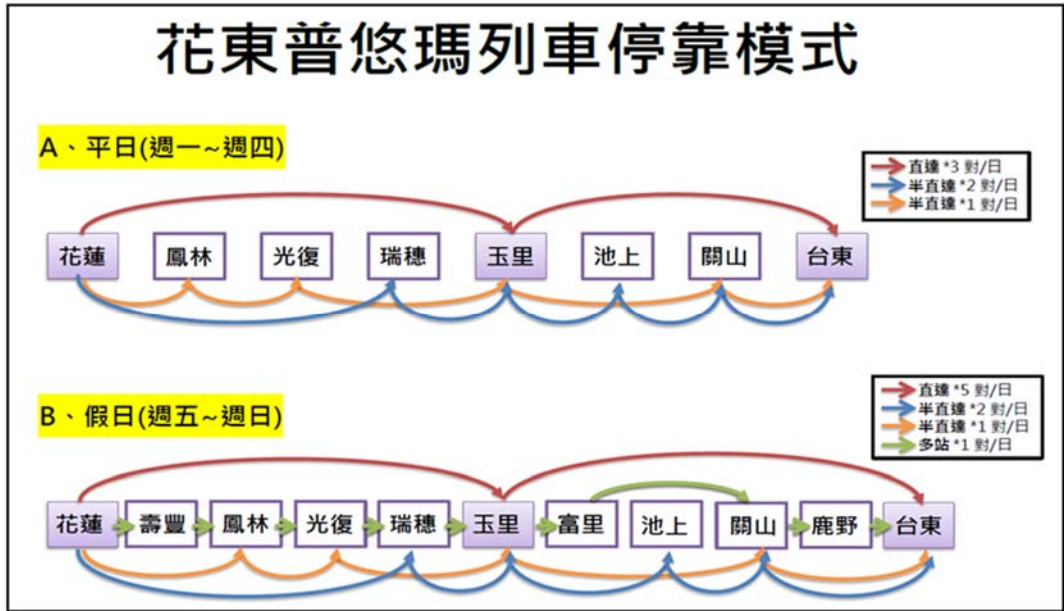


圖 6 花蓮台東間普悠瑪列車停靠模式

惟改點後，考量普悠瑪自強號座位數僅 372 位且不售站票之特性，假日無法疏運大量長途旅客，故於 11 月時刻調整時，將推拉式自強號由多站停靠調整為半直達停靠模式，與半直達普悠瑪自強號停靠模式互換，發揮推拉式自強號運能較大之優勢(座位 574，且可立位)，重新調整車隊運用，提供最適服務水準。7 月及 11 月改點，普悠瑪及推拉式自強號停靠模式比較如下表。

表 5 普悠瑪及推拉式自強號停靠模式

【7/16改點版】 自強號			開行班次/日		花東間 停站數	花 東 間 停 靠 站
			平	假		
普悠瑪	半直達	3小時55分	4	4	4	瑞穗、玉里、池上、關山
			2	2		鳳林、光復、玉里、關山
	多站	4小時15分	0	2	8	壽豐、鳳林、光復、瑞穗、玉里、富里、關山、鹿野
推拉式	多站	5小時22分	2	2	10	吉安、壽豐、鳳林、光復、瑞穗、玉里、富里、池上、關山、鹿野

【修正版】 自強號			開行班次/日		花東間 停站數	花 東 間 停 靠 站
			平	假		
普悠瑪	半直達	3小時55分	2	2	4	瑞穗、玉里、池上、關山
			2	2		鳳林、光復、玉里、關山
	多站	4小時15分	2	4	10	吉安、壽豐、鳳林、光復、瑞穗、玉里、富里、池上、關山、鹿野
推拉式	多站	4小時30分	2	2	4	瑞穗、玉里、池上、關山

五、 結論與建議

檢視現行班表規劃，花東間鳳林、光復等中、小型站因普悠瑪列車停靠班次較少，較未廣泛受惠於花東電化所帶來之效益，又根據通車至今，平日直達普悠瑪列車旅運資料顯示，其列車利用率平均為 64%，足以顯見平日列車座位虛靡。未來可

適度調整普悠瑪列車停靠類型的組成比例，如平日以開行多站模式為主，照顧花東小站在地旅客外，亦可增加普悠瑪列車利用率、避免座位虛靡、運能浪費；假日增開列車，以直達模式為主，增加台東、花蓮等大站之運能，亦可將旅客快速疏運至目的地，達成假日返鄉、返工旅客之需求。

綜上所述，建議今(2015)年度時刻調整時，花東線整體規劃可朝下列方向進行：

(一)考量花東地區因居住人口較少，觀光旅次占極大比重，綜觀電化通車一年來之營運實績，平、假日旅運量落差極大，本年度時刻調整(預定 10 月份)，配合壽豐高架(壽豐=南平間雙軌化)工程竣工，將針對東部幹線實施更大幅度之平、假日差異化班表，減少平日座位虛靡、彌補假日運能不足之缺口，依旅運需求適當調整平、假日開行班次，並針對車輛編組、乘務人員做更有效率之排

班。

(二)因應壽豐=南平間雙軌通車，花蓮=鳳林間路線容量約可提升 4.5%，對於列車運轉整理將有重大助益，可避免因單一系列車誤點產生之全面性連鎖誤點，整體列車準點率亦可大幅提升。依現行班表評估，花蓮=臺東間 8 列次對號列車(含 DMU 自強號、莒光號)，配合 10 月份列車改點，因減少列車交會、待避次數，可分別縮短整體行車時間約 3~5 分鐘。

(三)最後，就花蓮=臺東間路線容量分析，因路線瓶頸仍位於三民=玉里間(11.0 公里)及關山=瑞源間(10.2 公里)兩處長站距區間，整體路線容量並無改變(約為 75 列次/日)，未來應儘速朝花東全線雙軌化邁進，始能全面提升花東整體運輸效能。

參考文獻

1. 古宇翔(2012)，「臺鐵列車服務計畫之研究」，國立成功大學交通管理科學系碩士論文。
2. 洪芷芸(1998)，「列車服務計畫之研究」，國立成功大學交通管理科學研究所論文。
3. 高曉玲(2000)，「最佳化列車服務模式與票價結構-以台灣高鐵為例」，國立高雄第一科技大學運籌管理系論文。
4. 孫千山、鍾志成、張學孔(2013)，「城際客運鐵路之列車停站與列車服務計畫決策支援系統-以台灣高鐵為例」，運輸計畫季刊，第 42 卷第 1 期，頁 39-64。
5. 張有恆(2005)，「現代運輸學(初版)」，華泰文化。
6. 張有恆(2007)，「軌道運輸管理(初版)」，華泰文化。
7. 張則斌(2007)，「台鐵實施車種簡化後之旅客轉乘行為研究」，國立交通大學運輸工程與管理學系論文。
8. 黃詠安(2011)，「研發列車於單雙線鐵路之運行時間預測模式」，國立臺灣大學工學院土木工程學系碩士論文。

9. 謝汶進(2010)。高速鐵路列車服務之設計模式。國立成功大學交通管理科學研究所論文。
10. 鍾志成、孫千山、李宇欣、李志綱、陳信雄(2006)，「鐵路列車服務計畫規劃方式」，中華民國運輸學會第 21 屆學術論文研討會論文集。
11. Sone, S. (1992), “Novel Train Stopping Patterns for High-frequency, High-Speed Train Scheduling” , Computers in Railway III Technology, Vol.2, pp.107-118.
12. Eisele, D. O. (1968), “Application of Zone Theory to a Suburban Rail Transit Network” , Traffic Quarterly, Vol.22, pp.49-67.

約稿

1. 為將軌道運輸寶貴的實務經驗及心得紀錄保存，並提供經驗交換及心得交流的平台，以使各項成果得以具體展現，歡迎國內外軌道界人士、學術研究單位及臺鐵局相關人員踴躍投稿。
2. 本資料刊載未曾在國內外其他刊物發表之實務性論著，並以中文或英文撰寫為主。著重軌道業界各單位於營運時或因應特殊事件之資料及處理經驗，並兼顧研究發展未來領域，將寶貴的實務經驗或心得透過本刊物完整記錄保存及分享。來稿若僅有部分內容曾在國內外研討會議發表亦可接受，惟請註明該部分內容佔原著之比例。內容如屬接受公私機關團體委託研究出版之報告書之全文或一部份或經重新編稿者，惠請提附該委託單位之同意書，並請於文章中加註說明。
3. 來稿請力求精簡，另請提供包括中文與英文摘要各一篇。中、英文摘要除扼要說明主旨、因應作為結果外，並請說明其主要貢獻。
4. 本刊稿件將送請委員評審建議，經查核通過後，即予刊登。
5. 來稿文責由作者自負，且不得侵害他人之著作權，如有涉及抄襲重製或任何侵權情形，悉由作者自負法律責任。
6. 文章定稿刊登前，將請作者先行校對後提送完整稿件及其電腦檔案乙份(請使用 Microsoft Word2003 以上中文版軟體)，以利編輯作業。
7. 所有來稿(函)請逕寄「11244 臺北市北投區公館路 83 號，臺鐵資料編輯委員會」收。電話：02-28916250 轉 213；傳真：02-28919584；E-mail：0260583@railway.gov.tw。

臺鐵資料季刊撰寫格式

- 格式** 自行打印於 B5(18.2 公分*25.7 公分)，使用 Microsoft Word 軟體編排。上、下邊界 2.54 公分；左、右邊界 1.91 公分。中文字體以新細明體，英文字體以 Times New Roman 為原則。
請於首頁輸入題目、作者姓名、服務單位、職稱、聯絡地址、電話及 E-mail。
- 題目** 中文標題標楷體 18 點字粗體，置中對齊，與前段距離 1 列，與後段距離 0.5 列，單行間距。
英文標題 Times New Roman 16 點字粗體，置中對齊，與前段 0 列、後段距離 0.5 列，單行間距。
- 摘要標題** 標楷體 16 點字粗體，置中對齊，前、後段距離 1 列，單行間距。
- 摘要** 標楷體 12 點字，左右縮排各 2 個字元，第一行縮排 2 個字元。與前、後段距離 0.5 列，左右對齊，單行間距
- 關鍵詞** 中英文關鍵詞 3 至 5 組，中文為標楷體 12 點字，英文為 Times New Roman 12 點字斜體。左右縮排各 2 個字元，第一行縮排 2 個字元。與前、後段距離 0.5 列，左右對齊，單行間距。
- 標題 1** 新細明體 16 點字粗體，前、後段距離 1 列，置中對齊，單行間距，以國字數字編號 【一、二】。
- 標題 2** 新細明體 14 點字粗體，前、後段距離 1 列，左右對齊，單行間距，以數字編號 (【1.1、1.2】)。
- 標題 3** 新細明體 12 點字粗體，前、後段距離 0.75 列，左右對齊，單行間距，以數字編號 (1.1.1、1.1.2)
- 內文** 新細明體 12 點字，第一行縮排 2 個字元，前、後段距離為 0.25 列，左右對齊，單行間距，文中數學公式，請依序予以編號如：(1)、(2))
- 圖表標示** 新細明體 12 點字，置中對齊，圖之說明文字置於圖之下方，表之說明文字置於表之上方，並依序以阿拉伯數字編號 (圖 1、圖 2、表 1、表 2)。
- 文獻引用** 引用資料，註明出處來源，以大引號標註參考文獻項次，12 點字，上標

參考文獻

以中文引述者為限，中文列於前、英文列於後，中文按姓氏筆畫，英文按姓氏字母先後排列，左右對齊，前後段距離 0.5 列，單行間距，第一行凸排 2 個字元。如：

1. 王永剛、李楠 (2007)，「機組原因導致事故徵候的預測研究」，中國民航學院學報，第廿五卷第一期，頁25-28。
2. 交通部統計處 (2006)，民用航空國內客運概況分析，擷取日期：2007年7月27日，網站：
3. 交通部臺灣鐵路管理局 (2007)，工程品質管理手冊。
4. 洪怡君、劉祐興、周榮昌、邱靜淑 (2005)，「高速鐵路接駁運具選擇行為之研究－以臺中烏日站為例」，中華民國運輸學會第二十屆學術論文研討會光碟。
5. Duckham, M. and Worboys, M. (2007), Automated Geographical Information Fusion and Ontology Alignment, In Belussi, A. et al. (Eds.), Spatial Data on the Web: Modeling and Management, New York: Springer, pp. 109-132.
6. FHWA (2006), Safety Applications of Intelligent Transportation Systems in Europe and Japan, FHWA-PL-06-001, Federal Highway Administration, Department of Transportation, Washington, D.C.

臺鐵資料季刊論文授權書

本授權書所授權之論文全文與電子檔，為本人撰寫之

論文。

(以下請擇一勾選)

同意 (立即開放)

同意 (一年後開放)，原因是：

同意 (二年後開放)，原因是：

不同意，原因是：

授與臺鐵資料編輯委員會，基於推動讀者間「資源共享、互惠合作」之理念，於回饋社會與學術研究之目的，得不限地域、時間與次數，以紙本、光碟、網路或其它各種方法收錄、重製、與發行，或再授權他人以各種方法重製與利用。

簽名：

中華民國 年 月 日

備註：

1. 本授權書親筆填寫後（電子檔論文可用電腦打字），請影印裝訂於紙本論文书名頁之次頁，未附本授權書，編輯委員會將不予驗收。
2. 上述同意與不同意之欄位若未勾選，本人同意視同授權立即開放。

臺鐵 資料

季刊 第 353 期

發行人	周永暉
編輯者	臺鐵資料季刊編輯委員會
審查者	臺鐵資料季刊審查委員會
主任委員	周永暉
副主任委員	鹿潔身、何獻霖、鐘清達
總編輯	朱來順
主編	劉嘉倫
編輯	王智平
出版者	交通部臺灣鐵路管理局 地址：10041 臺北市北平西路 3 號 電話：02-23899854 網址： http://www.railway.gov.tw
出版日期	中華民國 104 年 6 月
創刊日期	中華民國 52 年 10 月
封面照片攝影者	黃習泉
印刷者	文名文具印刷有限公司 地址：206 基隆市七堵區崇禮街 23 號 電話：02-24566075
展售門市	國家書店松江門市 地址：10485 臺北市松江路 209 號 1 樓 電話：02-25180207 網址： http://www.govbooks.com.tw 五南文化廣場 地址：40042 臺中市區中山路 6 號 電話：TEL：(04)22260330 網址： http://www.wunanbooks.com.tw

電子全文同步登載於臺鐵網站

GPN：2005200020

ISSN：1011-6850

著作財產權人：交通部臺灣鐵路管理局

本書保留所有權利，欲利用部分或全部內容者，須徵求著作財產權人書面同意或授權。
