

臺灣鐵路

2013 102 年臺鐵資料

TAIWAN Railway Journal



季 刊
Quarterly
第 348 期
NO : 348

臺鐵資料季刊

發行人：范植谷

發行所：交通部臺灣鐵路管理局

編輯者：臺鐵資料編輯委員會

主任委員：范植谷

委員：鹿潔身 鍾清達 何獻霖

徐仁財 杜 微 柳燦煌 陳仕其

陳三旗 楊正德 朱來順 郭寶珠

何進郊 陳錫賞 徐明金 廖錦旌

林竣曜

總幹事：高明鑒

幹事：黃琪智 李忻瓊

總編輯：楊安心

電話：(02)2381-5226 轉 2302

電子信箱：tr364852@msa.tra.gov.tw

編輯：黎世俊

電話：(02)2381-5226 轉 3146

電子信箱：tr752895@msa.tra.gov.tw

地址：臺北市 10041 中正區北平西路 3 號



七堵車站 臺鐵電子報**

註*

名稱：TEMU2000型(普悠瑪號)

註**

名稱：七堵車站(木造；現展示於七堵鐵道公園)

啓用：1908年興建

停用：2007年1月21日

目錄

CONTENTS

- 1 臺北市區鐵路地下化建設回顧－鐵道與城市的對話
The Taipei Railway Underground Project Review – Interaction between the Railway and the City
周永暉 謝立德 王雅南
- 15 鐵路隧道火災案例與防火安全探討
An Investigation of Railway Tunnel Fire Case Studies and Fire Prevention and Safety
蘇水波
- 31 平溪線一號隧道內道碴軌道改建為無道碴軌道之研討
A Discussion of Replacing Ballasted Track with Ballastless Track in Tunnel 1 on the Pingxi Line
陳文德 王志中 賴文能
- 45 軌道交通之相關發展
Relevant Developments in Railway Transportation
黃彥賓 王怡華 陳嘉昌 楊子騰
- 52 臺鐵變電站 Le Blanc 變壓器與臺電瓦時表計費誤差之研析
A Study of Metering Discrepancies between Le Blanc Transformers and Taiwan Power Watt Hour Meters at TRA Transformer Stations
陳道新
- 69 臺鐵知識平台－以機務為例
The TRA Knowledge Platform—The Example of Maintenance
蕭國文
- 80 服務創新對服務品質與再惠顧意願之影響－以臺鐵為例
The Effects of Service Innovations on Service Quality and Repeat Patronage—the Example of the TRA
陳方元 蔡秉宏 張秩綱 陳瑩霜
- 94 徵稿須知

臺北市區鐵路地下化建設回顧-鐵道與城市的對話

The Taipei Railway Underground Project Review-Interaction between the Railway and the City

周永暉 Chou, Yung-Hui¹
謝立德 Shieh, Li-Der²
王雅南 Wang, Ya-Nan³

聯絡地址：22041 新北市板橋區縣民大道 2 段 7 號 20 樓
Address：20F., No.7, Sec. 2, Sianmin Blvd., Banciao Dist., New Taipei City 22041, Taiwan
(R.O.C.)

電話：(02)8969-1900
Tel：(02)8969-1900

電子信箱：myn_wang@rrb.gov.tw
E-mail：myn_wang@rrb.gov.tw

摘 要

民國 60 年代臺灣推動十大建設，以臺北市為主的北臺都會型態迅速成型，但橫互都會的鐵道與道路密集平交，成為都市生活難以承受的壓力。為此，完整的臺北市市區鐵路改善研究始於民國 68 年，復經行政院核定「臺北車站鐵路地下化工程」，於民國 72 年 7 月動工，將臺北車站轉化為臺灣第一座地下車站，再將東側約 5.3 公里鐵路移入地下，使「松山專案」成為第二期的延續計畫。續往西沿著臺北最早發展區域「萬華」，至新北市的政經中心「板橋」，將此段 15.3 公里改建為地下鐵路，即為第三期「萬板專案」，最終以「南港專案」將松山至南港間最後一段市區平面鐵路移入地下，至此計畫於民國 100 年 8 月完成，總計歷時 28 年，建設經費達 1,808 億元，消除 40 處平交道，不僅形成新的都市風貌，也成為臺北市申請 2016 年「世界設計之都」的成功要件之一。

本文首先回顧鐵路地下化工程遭遇的困難、解決的策略及配合引進的新技術，並嘗試自時間軸與空間軸向前回溯，檢視一路走來鐵路工程所造就的臺北意象變化：包含居住人口往車站樞紐地區遷移、高鐵及捷運加入營運後運量的消長變化、臺北都市機能設計的逐步落實，並就鐵路地下化後騰空土地再利用，如綠廊道、市民大道銜接臺北轉運站銜接機制、華山文化創意產業園區、國父史跡紀念館遷移復建、臺北機廠及南港調車場遷移後土地開發策略等，說明其於鐵路地下化工程中所代表的指標性意義。鐵路車站規劃理念也於過程中逐步進化：第一代車站以交通功能為主，第二代車站除基本交通功能外，同時著眼於車站特定區及周邊整體開發，最新的第三代車站功能則融入當地發展型態，擴大為全方位服務中心。換言之，早期車站係以「城」為主要構面，以聚集人員、移動人員為主，最新的車站規劃則納入「市」的商業交易行為構面，使得「車站城市」的未來趨勢更形明確，對於臺北市公共運輸發展實有莫大助益。

¹ 交通部鐵路改建工程局 局長

² 交通部鐵路改建工程局 工務組 組長

³ 交通部鐵路改建工程局 規劃組 正工程司

目前地方政府為消弭鐵路阻隔引起的發展障礙，提出鐵路立體化需求者益眾。此處擬藉由回顧臺北鐵路地下化的歷程，以縱觀鐵路地下化工程對於臺北都市意象的實質影響，於初期即能務實看待鐵路立體化工程所需投資的內外部成本，及相關衍生效益，併納入整體計畫統籌實施，是現階段相關主事者必須思考的主要課題，也才能重新開啟鐵路立體化工程後的都市發展新氣象。

關鍵詞：鐵路地下化、臺北車站、都市縫合。

Abstract

By 1970s, the proliferation of railway crossings in Taipei could no longer be ignored. Eliminating the crossings along Zhonghua Road became an especially urgent task in the government's efforts to improve transportation in the city. On July 1, 1983, the Engineering Office of the Taipei Railway Underground Project (today the Railway Reconstruction Bureau, Ministry of Transportation and Communications) was established: a date that also marks the birth of the Taipei Railway Underground Project.

Twenty-eight years later, on August 31, 2011, the Taipei Railway Underground Project was finally completed at a cost of more than NT\$180.8 billion: 35 kilometers of track were laid, nine stations were renovated, three new stations were built, two marshalling yards and one freight yard were constructed, and 40 crossings were eliminated. This accomplishment pioneered new ground and presented a blueprint for the development of MRT systems for TRA in metropolitan areas across Taiwan. The first generation railway stations mostly focused on the traffic function, the structure of station building should meet engineering and government needs, such as Taipei Main Station. Then the second generation expended to integrate the development at the station districts, also concern about the other transportation mode as HSR, MRT and bus line, like the Banqiao and New Zuoying Station. The newest 3rd generation, ex. Nangang, Taichung and Kaohsiung Station, became the full service center of the city, and transfer to be landmark, commuter or recreational type depending on the local service needs.

This article tried to review the interaction between The Taipei Railway Underground Project and the Taipei City basing on time and space progressing. The Huashan 1914 Creative Park and the migration and reconstruction of Dr. Sun Yat-sen Memorial Park became the new memory to citizens. The Taipei Railway Underground Project revitalized Taipei and enhancing the happiness of its residents at last.

Keywords: railway undergrounded, Taipei Main Station, city sewing up

一、前言

大臺北都會區鐵路立體化計畫的誕生，源自民國 60 年代臺灣經濟快速成長，臺北市邁入都市開發的高度成長期。然而受到鐵路的實質阻隔，相關公共設施遲遲未跟上腳步，鐵路與道路密集平交，車輛壅塞、燃料消耗與空氣汙染，帶給都市居民難以承受的壓力。如何根除市區平交道障礙，成為當年政府迫在眉睫的交通改善議題。

為此，當時的交通部運輸計畫委員會(即交通部運輸研究所前身)於民國 68 年著手進行「臺北市區鐵路改善方案評估研究」，先後共提出 47 個方案，包括維持原狀、遷移郊外、改線跨越淡水河、原地高架及原地移入地下等，經過不斷的協商與辯論，逐步歸納為「高架」、「地下」及「繞道」等主要方案，而後基於鐵路設備壽年長達百年以上，必須視為永久性資本財貨，最終採取「鐵路地下化」為長久性的解決方案。

為執行鐵路地下化工程，民國 72 年交通部成立臺北市區地下鐵路工程處，主要任務即是將臺北鐵路全部予以地下化。隨著地下化工程次第完工，沿線的交通動線、生活型態與經濟活動也逐漸往臺北車站兩側移動。都市計畫也隨之採取全新的視野，臺北車站被重新定位為北部都會區運輸樞紐「中央車站」，南港車站與板橋車站成為輔助車站，再藉由四通八達的捷運路網，以共站或共構方式銜接臺鐵、高鐵及捷運 3 種軌道系統，將鐵路地下化帶動的都市重整予以計畫性的規範，將臺北市打造為充滿活力的綠色都市。

目前臺北車站前後站發展強度漸趨一致、板橋車站附近形成新都心、南港車站鄰近土地成為建商投資的熱點，種種發展漸如預期。如今臺北市政府以「不斷提升的城市：設計實現市民生活願景」為市政發展主軸，正突顯當初規劃之遠見與基礎建設之重要。本文特別作一回顧與剖析，以為其作一註解。

二、臺北市區鐵路地下化建設計畫概述

臺北市區鐵路地下化建設計畫共分為 4 期工程，如圖 1 所示，第 1 期「臺北車站鐵路地下化工程」於 72 年 7 月動工，將臺北車站移入地下成為臺灣第 1 座地下車站，再將東側約 5.3 公里鐵路移入地下，使「松山專案」成為第 2 期的延續計畫。續往西沿著臺北最早發展也是最多古蹟的區域「萬華」，至新北市的政經中心「板橋」，將此段 15.3 公里改建為地下鐵路，即為第 3 期「萬板專案」，最終以「南港專案」將松山至南港間最後一段市區平面鐵路地下後，歷時 28 年，工程經費新臺幣 1,808 億元，消除 40 處平交道的臺北市區鐵路地下化建設，於民國 100 年 8 月全線完工通車，並為日後的捷運系統預留了銜接機制。

本計畫 4 期專案面對之施工課題各不相同，解決方式也隨著技術創新而日益精進，以下說明各專案的施工歷程及技術特點，提供各界參考。



圖 1 臺北市區鐵路地下化建設計畫區位示意圖

2.1 臺北車站鐵路地下化工程

當時地下鐵路在臺灣尚屬首創，基於臺北市地質條件不佳，又是緊鄰鐵路及大樓旁施工，工程界普遍缺乏施工經驗，因此施工引致鐵路行車受阻及鄰房損傷之風險甚高，對施工風險控制並無絕對把握，因此有部分人士對鐵路地下化方案持反對意見，故而決定先以臺北市交通最擁擠的華山-萬華間(包含臺北車站)做為先驅工程，72 年 7 月動工，歷時 6 年於 78 年 9 月完工啟用。

此一先驅計畫工程範圍包括改建臺北車站成爲我國第 1 座鐵路地下化車站，將華山至萬華間長 4.4 公里的鐵路移入地下，同時新建板橋客車場作爲東部幹線列車的調度基地，以及新建南港貨站取代華山車場。

由於本項工程是臺灣第 1 次施作鐵路地下隧道，技術標準與要求又甚高，因此聘請德國鐵路顧問公司(DEC)協助辦理規劃作業及擔任施工期間總顧問。至於設計及施工，爲了技術轉移及提升國內工程水準，則交由國內工程顧問公司及工程營造團隊辦理，藉由充分運用外籍顧問之經驗與學識，並經由各項技術研討與觀摩，引進國外先進技術，培育國人施工技術與經驗，有助於其後大眾捷運工程之推動。

臺北車站地下化不僅貫通了重慶南、北路與公園路，讓臺北市的西區交通動能明顯提升，舊有的華山車場原與臺北酒廠間以鐵路酒廠支線相連，也在除役之後，將騰空的土地配合臺北酒廠進行舊空間活化再利用，整併成爲「華山創意文化園區」，提供藝文界交流與創作使用，作爲我國文創產業的推廣基地。

此外，臺北車站地下 3、4 層亦與臺北捷運的臺北車站主體工程共構，爲日後的臺北捷運路網，奠立了脈絡暢通的基礎。

2.2 鐵路地下化東延松山工程（松山專案）

繼臺北車站鐵路地下化創下成功先例，社會各界復殷切期盼地下化的里程能夠接續往東延伸至松山，「松山專案」因而成爲臺北市區鐵路地下化工程的第 2 期計畫。

松山專案西起華山隧道，往東延伸至松山虎林街的平交道，全長 5.3 公里，自 78 年 10 月動工，其中南隧道在 81 年 8 月完工，而北隧道則於 83 年 6 月啓用，鐵路地下化後所騰空的土地利用尤值得一提，將金山南路與光復南路間 2.7 公里的鐵道上方，配合鄭州路改建平面道路，並以高架方式新建臺北市第一座東西向的快速道路—市民大道，86 年 9 月通車以後，有效分擔了穿越臺北市區的龐大交通流量。

另在工程技術層面，由於松山專案位處軟弱地質，地下水位高且鄰接民宅，爲確保隧道施作過程安全可靠，除採用明挖覆蓋工法，並以剛性大、止水性佳、施工無震動的連續壁來構築擋土牆，對於後續相關工程的精進，也具有相當高的指標性參考價值。

2.3 萬華板橋地區鐵路地下化工程(萬板專案)

第 3 期「萬板專案」於 81 年 9 月動工，接續將萬華車站至板橋車站間長 15.3 公里的鐵路予以地下化。

萬板專案地下化的北隧道 88 年 7 月竣工，南隧道於 91 年 10 月啓用，除了地下化鐵路部分，還包括以圍堰方式新建新店溪河底隧道，新建華翠大橋，改建樹林車站，於板橋客車場位置新建板橋車站，以及新建樹林調車場接收板橋客車場移轉業務，原鐵路隧道上方則運用於興建艋舺大道及縣民大道快速道路。

萬板專案不僅貫通康定路與萬大路，使萬華地區聯外交通更爲便捷，新建華翠大橋及縣民大道快速道路在 91 年 7 月通車後，更澈底解決板橋文化路的瓶頸壅塞，尤其新建「板橋車站」，由政府先期投資兩棟商辦大樓帶動發展，並結合捷運、高鐵及短中長程客運等交通路網，加上新北市政府大樓的啓用，促使新板特區成形，蛻變爲新北市交通、商業、文化與行政的樞紐，爲新北市的蛻變成長，挹注了一股旺盛能量。

2.4 臺北市區鐵路地下化東延南港工程(南港專案)

臺北市區鐵路地下化工程經過了 3 期計畫後，僅餘基隆路至南港大坑溪，長 5.4

公里路段尚未地下化，因此自 87 年 11 月開始動工進行第 4 期的「南港專案」計畫。

南港專案西起臺北市基隆路口(松山專案引道)，東至基隆市七堵，全長 19.5 公里，最大的意義在於成功地將臺北市東區最後一段平面鐵路移至地下，並比照前述已完成三項專案，代辦高鐵隧道工程施工，汐止至五堵間鐵路同時改為高架，樹立了都會區鐵路立體化的創新典範，期間陸續於 94 年 8 月完成新建東南亞第一大的七堵調車場；95 年 4 月啓用國內首例都會區鐵路高架化車站—汐止、五堵；96 年 1 月啓用南下列車始發的新七堵車站；97 年 9 月啓用新建地下「南港、松山車站」；100 年 10 月專案竣工之際，隧道廊帶上方 20 米寬、4 線東西向的市民大道平面道路也正式通車，帶動沿線土地再生及都市更新發展。

臺鐵與高鐵隧道在臺北—松山區間為平行排列，過了松山車站後隧道位置開始變換，最後以高鐵隧道在上、臺鐵隧道在下方式上下重疊進入南港車站，再結合捷運板南線，讓南港車站成爲一座三鐵共站的現代化轉運據點。捷運板南線為與文湖線銜接，須由南港車站南側潛行穿越臺、高鐵隧道至鐵路廊帶北側，再平行臺、高鐵隧道前進至南港展覽館站，三條隧道如何排列為互不牴觸，施工又不得影響地面營運中鐵路，為規劃設計之重點，最後定線為捷運由高鐵與臺鐵隧道間穿越而過，因工程複雜且具安全風險，為減少施工界面，捷運隧道亦由鐵工局代辦。

本計畫關鍵工程在於如何將南港專案與松山專案予以適當銜接，維持臺鐵營運行車不輟：施工當時臺北車站南側隧道已交付高鐵施工，臺鐵往東的列車必須由臺北車站北側隧道出發，但南港專案在松山北側隧道的引道段施工，而臺北—松山間兩座平行隧道間無法互通，使列車無法順行至松山車站。故經過審慎評估，決定敲除一段松山專案完成之隧道，將其改建為無任何中間支撐可容納 4 線軌道之隧道，使臺北車站北側隧道出發的列車得以橫渡至南側隧道續行松山，反向亦同，另外臺北機廠每日進出之維修列車亦可不受影響，正常運作。

2.5 工程技術特點

臺北市區鐵路地下化是臺灣鐵路相關工程的首例，對於施工團隊而言，相當具有挑戰性，工程位於臺北鬧區，周遭商業活動頻繁，交通擁擠，沿線高樓林立並緊臨鐵路幹線，無論規劃及施工，均具有極大複雜性及困難性。工程全期必需維持縱貫鐵路正常營運，故需先完成部分周邊工程站場改善及臺北站等臨時設施，主體工程才能隨之進行，如圖 2 所示。

由於臺北市鐵路地下化工程施工地點大多位於舊有鐵路路廊內，利用鐵路行車營運剩餘空間，結合路廊兩側相鄰巷道作為施工場地，以盡量不徵用民地為原則，地下隧道採用挖蓋工法施工，部分路段因新設隧道與既有路線過於靠近，施工空間已侵入鐵路行車最小淨空，必須利用夜間封鎖路線及切斷供電方可施工，施工人員皆須配合施工時間改變作息，晝伏夜出，經歷無數次颱風影響(尤其納莉颱風造成重大事件)，鐵工局日以繼夜的努力，工程得以順利完成。

在鐵路地下化工程推動過程中，結合了產官學界的合作，也讓各領域皆有所獲，不僅培育出國內專業工程人員，也建立政府推



圖 2 施工中維持營運

動地下交通工程之信心。工作團隊以施工實務經驗出發，除引進國外特殊工法，也創造出許多適合臺灣特殊環境之工法，例如托底工法、抱枕工法、連續壁側挖工法、限高型連續壁、軌道支撐版等等，也憑藉著精密的規劃勇於向高風險挑戰，在有限工期下，殫精竭慮突破施工阻礙，因而達成了許多不可能之任務，例如在新店溪以圍堰工法施作河底隧道，當時因左岸堤防尚未完成，爲了左岸居民防洪安全，選擇了最低的圍堰高度，預期圍堰區淹水機率極高，但在完善的防災計畫下，雖如預期發生淹水，卻未造成任何工程災變或人民生命財產損失，工程提前完工。

以南港專案而言，較之前 3 項專案更爲精進，例如爲了提升混凝土結構體的澆置品質，南港車站特別選用自充填混凝土，有別於其他專案所採用的水密性混凝土，澆置過程中無須震動與搗實，就能將混凝土完全填充至鋼筋間隙及模板各個角落，除有大量減少水泥用量的環保效益，也大幅提高了結構的耐久性；此外，南港—松山間的軌道型式特別採用無道碴彈性軌枕直結式道床，此一無道碴軌道系統除可降低維修保養成本，並由於具備防震效能，故能夠增加行車的穩定與舒適。

臺灣自民國 60 年代起，經濟蓬勃發展，高樓如雨後春筍般出現在臺北市區，伴隨大樓興建之地下室開挖，其開挖深度亦隨著大樓加高而加深，因而開啓大地工程發展契機，而鐵路地下化工程對大地工程之研究更有推波助瀾之功，無論是地下隧道開挖深度或是長度都可說是一時之最，到了民國 75 年開始規劃臺北市捷運系統，對臺北盆地的地質及土壤工程性質展開全面性研究，隨著鑽探工作及工程進行，地質資料陸續增加，進而涵蓋整個臺北盆地，建立起南北向與東西向地質剖面，亦可算是鐵路地下化工程對大地工程研究所衍生的貢獻。

三、鐵路地下化後之臺北意象

城市意象關乎城市的競爭力，美國都市設計學家凱文·林區(Kevin Lynch)曾對城市做出定義：「城市是各種形式、真實的機能，與人們所賦於其上的理念及價值，共同組成的現象」，意即經由人性價值與城市實質空間架構的連接，綜合形成所謂的城市意象。本節以此定義作爲基礎，重行檢視臺北市區鐵路地下化後的空間重整，及其帶動的人口移動、機能轉換以及生活品質變化，呈現現今臺北意象的轉變。

3.1 人口移動

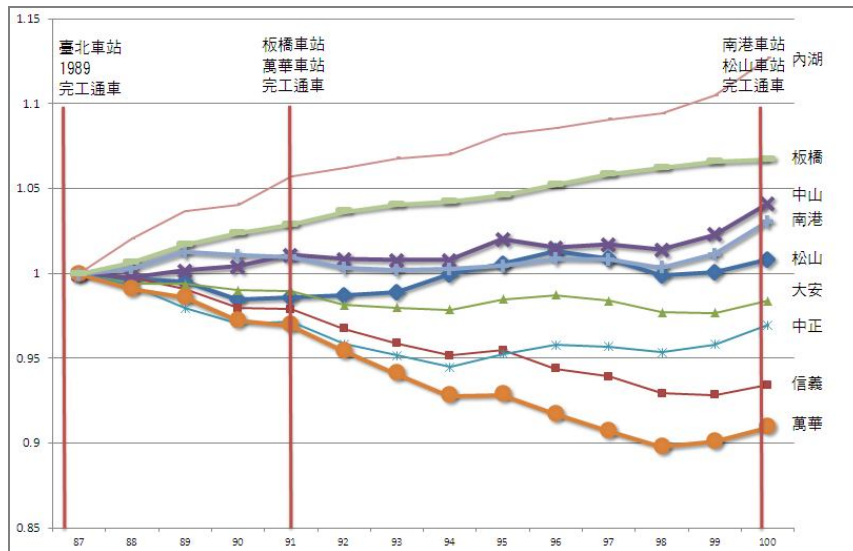
臺北市區鐵路地下化計畫之地下車站計有板橋站(板橋區)、萬華站(萬華區)、臺北站(中山區、中正區)、松山站(松山區)、南港站(南港區)等。由總體面觀察鐵路地下化後之人口移動情形，如圖 3 所示，配合民國 87 年行政區劃改制，以該年爲基年，評估成長比率趨勢。

內湖區因內湖科技園區的崛起以及捷運文湖線通車，人口聚集情形最爲明顯。其次爲依序爲板橋區人口成長比例 6.74 %、中山區 4.15 %、南港區 3.05 %及松山區 0.84 %，如表 1 所示，分別爲板橋車站、臺北車站後站、南港車站及松山車站所在地，該等地區上瀘 (Filtering Up) 現象明顯，市府及民間藉由老舊社區重整、騰空土地再利用、增加綠帶及公共設施等策略，使得居住品質提升，移入人口明顯高於其他行政區，然而相對的代價則爲地價及房價水漲船高；萬華區近年來人口持續外移，該區雖爲臺北市最早發展地區，但因缺乏整體更新開發資金挹注，下瀘情形 (Filtering Down)並未因萬華車站地下化而見改善。

3.2 運量變化

臺北鐵路地下化後，隨著平行鐵路的捷運板南線逐段通車，以及高鐵於民國 96 年完工通車，進出各主要車站之旅運量也呈現相對應的競合變化。圖 4 爲統計 90

年至 101 年進出臺北、板橋、萬華、松山及南港車站的旅客量(票箱)。其中以臺北車站受影響程度最大，89 年捷運新埔－昆陽間通車後，短途通勤旅客轉為使用市區捷運，臺北車站進出量持續減少，至 92 年衰退約 19%，93 年雖有微幅上升，至 95 年捷運永寧－新埔間通車，旅客量再度下滑，回到 92 年的水準。96 年高鐵通車，臺北車站因與高鐵共構，旅客再度回流，至 101 年每年皆有增加，與 96 年相比，101 年之旅客量增幅達 28.4%。板橋站之趨勢略同於臺北車站，至於南港站因高鐵南港站尚未通車營運，還無法發揮高鐵始發站的效果，且臺鐵南港車站綜合大樓仍在興築，其旅客磁吸效應有待觀察。



註：縱軸為以行政區劃改制當年(民 87)人口為基數，呈現當年人口/民 87 人口的成長比值

資料來源：本研究統計

圖 3 臺北行政區域人口變動趨勢圖

表 1 臺北行政區域歷年人口數

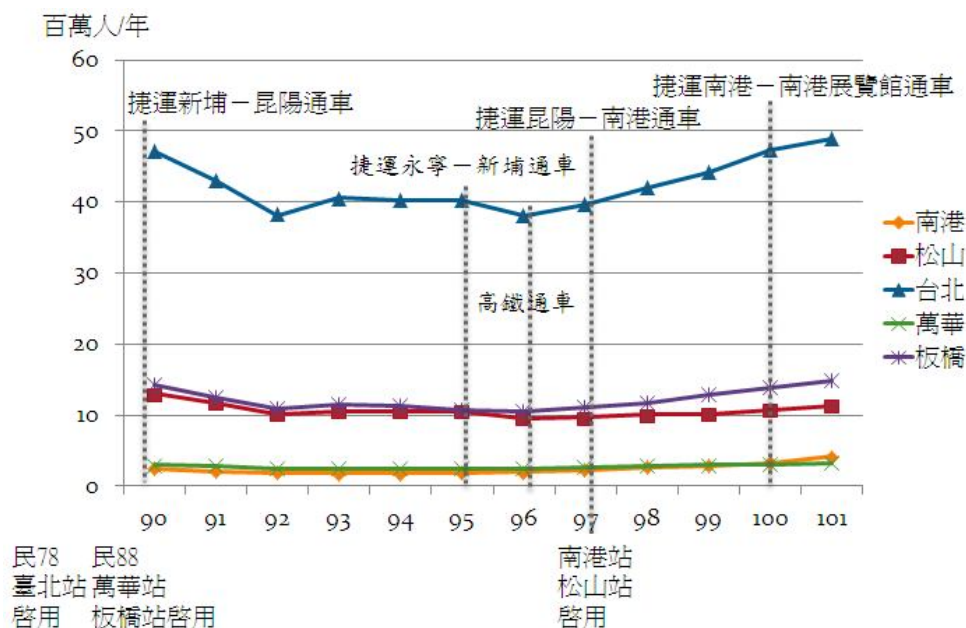
單位：千人

年 區	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	成長 比例
松山	208	208	207	205	205	206	206	208	209	211	210	208	208	210	0.84 %
信義	243	242	240	238	237	235	233	231	231	229	228	225	225	227	-6.58 %
大安	319	317	317	316	316	313	313	312	314	315	314	312	312	314	-1.62 %
中山	215	215	216	216	218	217	217	217	220	218	219	218	220	224	4.15 %
中正	167	165	163	162	162	160	158	157	159	159	159	159	160	161	-3.05 %
萬華	210	208	207	204	203	200	197	195	195	192	190	188	189	191	-9.02 %
南港	113	113	114	114	114	113	113	113	113	114	114	113	114	116	3.05 %
內湖	245	250	254	255	259	260	261	262	265	266	267	268	270	276	12.68 %

板橋	520	524	529	533	535	539	542	542	544	548	551	553	555	555	6.74 %
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--------

資料來源：臺北市及新北市政府統計資料庫

由以上數據可了解，高鐵為長程運輸主幹，捷運屬於短程運輸工具，臺鐵介於此二者之間，運輸市場兩端皆有重疊競合。而 96 年臺北車站商場以 ROT 方式委託民間廠商進駐經營，對於吸引旅客回流亦有正面的助益。因此車站經營範圍除了運輸本業外，附屬事業不僅可挹注本業外，也使旅客在選擇使用鐵路的同時，也兼顧了食衣住行育樂的生活需求，票箱收入及附屬事業兩者相輔相成，收入同步提升。此種模式或可為其後車站開發及車站特定區規劃時援引借鏡。



資料來源：本研究統計

圖 4 臺北都會區主要車站運量變化趨勢

3.3 機能轉換

臺北市區藉由投入大規模的鐵路工程投資，有機會充分利用現有街廓，將車站鄰近機能重新活化，以車站特定區的多元開發方式，引入國際金融、航空、百貨、旅遊等使用業別，推動該地區的環境綠化並與週遭歷史文物結合，帶動鄰近地區的發展。這個規劃對臺北市而言，成爲一個總結過去、思考未來的契機。

本節說明各車站改建或增建後，不僅提升原有的服務效率，也成爲各種運輸工具間順暢轉運的平台；同時以都市計畫觀點規劃站區開發，使車站成爲都市的生活中心，更多的經濟行爲能於鐵路系統內完成，以期最終達成臺北市綠色城市的目標。

3.3.1 臺北車站

臺北市是臺灣的政經中心，臺北車站又爲臺北市最主要的交通樞紐，通往全臺的城際客運(西站與北站)以及連結都會區的公車系統(士林、板橋、新店等)均集中於此區轉運，因此在鐵路地下化前，此處已發展出特殊的產業文化氛圍，前站經營業種主要與交通轉運有關，連帶衍生出補習街、飲食店；後站則發展出各種用品的批發業，例如化妝品、服飾、文具、印刷及機械零件等。

然而 1980 年代後期，隨著前後站的蓬勃發展，臺北車站不僅內部空間不足，外部都市發展形成的活動需求壓力，使得鐵路沿線人車總是擁擠不堪。因此鐵路

地下化工程對於臺北市而言，已不僅僅是交通狀況的改善，而是攸關於當地對未來發展的期望。

民國 78 年完工的臺北車站，地上 6 層地下 4 層，匯集臺鐵、高鐵、捷運、國道客運、市區公車及施工中的機場捷運，亦須服務周邊百貨、購物、補習等商業活動及穿越性人潮。爲了因應龐大的需求並保留未來發展空間，當年規劃時即啓動大規模的運輸計畫調整，將高鐵、臺鐵、捷運、長途客運、市區公車、行人及私人車輛，以分層分流、分向的方式設計動線，並且把轉乘行爲內部化，以減少地面道路交通負荷爲主要考量。

101 年臺北車站臺鐵旅客進出量約 4,900 萬人，平均每日 13.4 萬人，是臺鐵旅客進出最多的車站；本站也同時是臺北捷運及高鐵最大車站，臺北捷運平均每日進出 30.5 萬人，高鐵平均每日 6.9 萬人，總計每日可服務達 50 萬人次。除交通功能之外，臺北車站地下可連通臺北車站地下街、中山地下街、臺北地下街及站前地下街，車站本體則引進民間廠商進駐，高挑明亮的空間、多樣性的餐飲及購物環境，不僅提供行旅短暫休憩，也成爲臺北市最具活力的亮眼地標。

3.3.2 萬華車站

萬華是臺北最早發展的區域，但也因爲商業中心往東移動，本區整體發展呈現停滯狀態，亟待外部投資注入活水，帶動此區發展。因此車站規劃當時，爲了連通南北向的康定路及萬大路，因此將車站本體分爲東西兩棟建築物，同時保留未來的發展空間，先行施作地上 2 層及地下兩層的結構體，未來將以民間廠商興建營運方式往上興建樓層，作爲飯店、辦公廳及餐飲之用。

3.3.3 板橋車站

板橋車站匯集臺鐵、高鐵、捷運、國道客運及市區公車，是新北市最大的公共運輸轉運樞紐，也是臺灣最高的鐵路車站，建築結構體地下 5 層地上 25 層。民國 88 年啓用當時，鄰近商辦大樓還未興建，進出車站者以旅客爲主，但近年來，車站地下 1 樓引入美食街，2 樓購物中心，24 及 25 樓爲健身中心，其他作辦公室使用，地下通廊直通新北市政府大樓、百貨公司及電影院等，板橋車站已成爲鄰近上班族及住家逛街購物及休閒用餐最便利的選擇，每到假日，人潮已是川流不息，餐飲商店更是一位難求。

爲提升大眾運輸使用率，方便民眾轉乘，站體兩側也分別設置市區公車與公路客運轉運站，以高架步道連通，乘客免受日曬雨淋之苦；原有鐵路移入地下後的騰空空間，則成爲縣民大道及都市綠帶。整個板橋車站特定區配合地方發展，已經成爲新北市政治及經濟樞紐。

3.3.4 松山車站

松山區原本即是典型的住商混和區域，區內的五分埔成衣商圈及饒河街觀光夜市是觀光客必訪景點，250 年歷史的松山慈祐宮香火鼎盛，是一個保留傳統，又不失繁榮之地。松山車站落成後，地上 1、2 樓成爲美食商場。因爲緊鄰住宅區，比起臺北車站及板橋車站，更常見到附近居民攜家帶眷至車站逛街採買，已儼然成爲松山的生活中心。

有鑑於板橋車站成功開發模式，松山車站繼而引進民間廠商投資興建 G+1 層以上的樓層，以雙子星大樓型式，一作爲複合式大樓，一作爲飯店使用，未來發展光彩可期。

3.3.5 南港車站

南港地區原本以工業製造為主要經濟活動，鐵路地下化後，南港車站成為臺鐵、高鐵及捷運三鐵共站。在交通大利多的情況下，此區同時啟動多項重大投資案，包含南港站覽館 1、2 館、南港軟體科學園區 1、2、3 期、北部流行音樂中心、國家生技研究園區、國際觀光會館、南港轉運站、南港調車場以及北宜直線鐵路建設計畫等，至此南港已被各界視為信義區的延伸，未來有機會發展成為更大的信義計畫區。

車站站區本身則接續臺北車站及板橋車站的發展經驗，規劃為一大街廓綜合性交通運輸系統及商業開發等複合式建設案，站區內配置 26 層旅館大樓、25 層車站大樓、25 層商場暨中長程轉運大樓及 14 層戰備糧倉暨商場大樓等。對於地狹人稠的臺北市而言，本車站的開發不僅舒緩市中心的滯塞，寬廣的南港車站軸線腹地，將帶給臺北市更多的發展機會。

3.3.6 高架通勤車站

除了前述 5 個地下化車站外，南港專案內也同時施作汐止、五堵及七堵站，其中汐止及五堵屬於高架通勤車站，搭配臺鐵都會區捷運化暨區域鐵路先期建設計畫的汐科站及百福站，於 102 年 10 月七堵南港間三軌化全線通車後，路線容量從每天 332 列次增加到 381 列次，尖峰時間列車班距由 12 分鐘縮短為 8 分鐘，離峰時間由 15 至 20 分鐘，縮短為 12 至 15 分鐘。至此，臺鐵已由以往城際運輸為主，轉型成為短程通勤旅客另一項經濟實惠的選擇。

3.4 「中央車站」上位計畫落地落實

依照民國 95 年完成的臺北都市計畫上位計畫「中央車站與中央公園整體規劃設計案」，如圖 5 所示，將長約 3 公里，面積約 100 公頃的臺北車站廊帶，由西向東依序劃分為「臺北新 SOHO」、「北門新天地」、「臺北關」、「行政院園區」及「臺北新樂園」。臺北車站位於中央，高鐵及機場捷運線陸續完工，皆以此站為往外聯繫起點，故以「臺北關」為名，營造出「臺北關」的整體空間氣度。於完工 20 餘年後再回顧整體周遭的變遷，以及依照當年都市計畫規劃藍圖，逐步落實成為今日的都市樣貌。

臺北車站地下化工程完工後，隨著華山創意文化園區、交九轉運站、西門紅樓文化保存、中正國際機場聯外捷運系統、光華新天地及臺北秋葉原 BOT 案的次第落實，其都市上位計畫「中央車站與中央公園整體規劃設計」的概念已逐步具象化，臺北城已逐漸轉型為政治、經濟、商業、觀光休閒功能兼具的多元化現代城市。

綜上，隨時代演進，鐵路車站規劃理念已逐步進化。第一代車站以交通功能為主，依工程與公務所需設計車站站體結構，如臺北站；第二代車站除具備基本交通功能外，同時著眼於車站特定區及周邊整體開發，結合臺鐵、高鐵、捷運、中長程客運、市區公車及小客車等各種運具規劃轉運動線，例如板橋站及新左營站；目前最新的第三代車站南港站、臺中站及高雄站等，功能擴大為全方位服務中心，並因地制宜分為「都會指標型」、「通勤型」及「觀光休閒型」，融入當地發展型態。換言之，早期車站係以「城」為主要構面，以聚集人員、移動人員為主，最新的車站規劃則納入「市」的商業交易行為為構面，使得「車站城市」的未來趨勢更形明確。



資料來源：臺北市政府都市更新處

圖 5 臺北中央車站與中央公園整體規劃設計案之發展軸線

四、鐵路地下化後之騰空土地利用

4.1 綠廊道

民國 50 及 60 年代，是中華路商圈(西區)的全盛時期，臺灣第 1 間大型百貨公司「第一百貨」即位於中華路上，到了 70 年代，隨著臺北市商業重心逐漸東移，加上原有消費型態的快速改變，整個西區商圈逐漸面臨老舊所帶來的發展瓶頸。沿中華路西側而行的鐵路，藉由地下化工程騰空上方土地，加上中華商場拆除及捷運完工的上方土地，改建為 10 線道林蔭大道，景觀與交通功能兼具，從而帶動西門商圈重新發展



圖6 地下化前的中華路鐵路



圖7 地下化後的中華路林蔭大道

4.2 市民大道快速道路及預留公共運輸銜接機制

市民大道是臺北市境內主要道路之一，為市區重要的快速道路，路線橫跨了 7 個行政區(中正區、大同區、中山區、大安區、松山區、信義區及南港區)，路線大致呈東西向，也是第 1 條利用鐵路地下化後的騰空路面所闢建的道路。

市民大道與承德路交叉口為臺北轉運站，位於臺北車站北側，規劃當時即考量未來將作為國道客運、臺鐵、高鐵、臺北捷運及機場捷運匯集之所，因此以複合式轉運中心型式，垂直連通串起不同的交通運具間的轉乘服務。市民大道興建當時，雖然轉運站僅具雛形，但於市民大道北側即已預留匝道，作為與轉運站間的銜接機

制。臺北轉運站於 98 年完工後，部份大客車即直接由 3 樓進出市民大道，紓解不少轉運站四周平面道路的交通流量。

4.3 華山文化創意產業園區

鐵路新生地用途，以華山特區一案最受矚目與討論。民國 26 年臺北火車站改建的同時，在樺山町(今北平東路一帶)增設樺山貨運車站，後來改稱華山貨運站，設有 13 條客貨車調度鐵道。站前置 9 間糧食局倉庫，儲放米、水泥及紙，還有 1 座美軍倉庫，儲存美援物資。

華山貨運站在臺北車站鐵路地下化期間予以廢除，轉由南港貨運站取代其功能。華山車站一旁的臺北酒廠，為民國 5 年即建造的市定古蹟，過去曾有酒廠支線與華山驛相連，一度因釀酒業務停止而荒蕪閒置，在完成臺北車站鐵路地下化後，將騰空的土地進行舊空間活化再利用，蛻變成為華山藝文特區，面積約 10 公頃，並以 ROT 的公共建設模式，委由民間文創公司經營。

原為華山貨運站及臺北酒廠的華山創意文化專用區貫穿重要歷史文化軸帶及產經活動軸線。串聯國內外之藝術社群與形成網絡，具備成為北臺灣創意活力基地的優勢。華山創意園區具有延伸並串聯車站與光華商圈二區商業活動交流之區位機能。光華商圈內資訊產業高度集中，連同舊書攤商、八德路古董攤商等，創造出地區性極具特色之消費文化。

4.4 國父史蹟紀念館(逸仙公園)遷移復建

臺北逸仙公園占地千坪，座落其中長方形建築即國父史蹟紀念館，始建於 1900 年(清光緒 26 年)，當時是日本人大和宗吉所經營的一處旅館，因周遭栽植梅樹而有「梅屋敷」雅稱，國父在民國 2 年來臺商討反對袁世凱帝制時曾經下榻於此，並手書「博愛」二字贈予旅館主人留念。

光復後，政府為紀念國父事蹟，遂將此一遺址指定為國父史蹟紀念館，原日式庭園則改建為中國江南庭園風格，並彙集國父 3 次來臺期間的珍貴史料墨寶，開放民眾參觀。

當民國 72 年規劃興建臺北車站地下化之際，因隧道東線頂端經過且無法繞行，乃決定將館址往北方遷移 50 公尺，並以原貌保存方式重建，76 年竣工後，國父史蹟紀念館便再度以典雅、樸實的面貌，亭立於世人眼前。

4.5 臺北機廠及南港調車場遷建後土地開發策略

臺北機廠建於民國 24 年，佔地 17.3 公頃，當年為北部電力機車、電聯車、柴電機車及客車車廂的保養與維修基地。鐵路地下化後，機廠業務規劃分為為 3 個部分，分別遷至富岡基地、蘇新基地及潮州基地。騰空後土地因位處臺北市中心黃金地段，開發規劃備受各方矚目。除了基本的商業開發外，因該基地歷史已超過 75 年，具備地產開發商、藝術創意工作者所偏愛的「荒地美學」、「頹廢氣質」與「邊緣性格」。對照於都市其他地區不斷往商業過度傾斜，該區目前就「城市保存行動」與「都市再開發」間嘗試取得平衡，保留古蹟澡堂、組立工場、鍛冶工場及原動室為古蹟博物館，客車油漆場及總辦公室則融合於新建案開發中，周邊環繞區域則作為商業中心或辦公場所，目前該開發案尚持續進行。

南港調車場座落在松山車站及南港車站間，鄰近臺北捷運昆陽站，佔地 12.6 公頃。隨著該段鐵路移入地下，原本做為列車編組、檢查修繕及洗刷留置的功能已不再，同時因為該筆土地完整且交通區位優良，將引進民間資金進行開發，以「都市

中的綠洲」為概念主軸，並導入 Green Town(綠色城)的精神，以強化都市綠環境為主。地面開發空間留設大量不同層次之綠地，再加上國際化設計概念之綠建築，豐富了南港地區的整體天際線；此外空橋立體連通平臺也將充分運用綠色元素，並與東西兩側公園綠帶相連接，形塑綠能特色。

該南港基地經過都市計畫變更回饋與土地交換分合後之商業區土地 5.44 公頃，已成為營建署指定政府主導的 4 大都市更新案之一，定位為「南港商業服務中心」，配合南港地區未來發展，朝向複合型功能開發，現已進入都市更新招商作業階段，未來開發的財務收入對於改善臺鐵財務結構具有重大的指標意義。

五、結論

在臺灣首善之區又寸土寸金的臺北市區中，因鐵路主幹運輸橫互於都市，對於市政建設有相當大的衝擊，尤其鐵路平交道的存在，除了衍生各種交通問題，遭切割的區域更不利於都市整體規劃與發展，此時都會區鐵路地下化與捷運之興築，便定位為臺北城市邁向世界之都的先驅工程，成為大眾運輸與都市計畫完美結合的解決方案。然而鐵路地下化工程完成後，雖釋放出大批的新生土地，卻面臨市區發展核心東移、政府部門與地主對於開發前景遲未取得共識及公有土地閒置等窘境，從而耗費數十年光陰協調與折衝，始有如今的景象與發展規模。

臺灣鐵路改建工程自臺北鐵路地下化為始，現正邁入鐵路立體化與捷運化的建設階段。從原本的單純解決交通問題，逐步演變為舊市區重新整理再出發的契機。因此，在先期作業階段，建議將各種都市規劃相關的政策工具，不論是國土治理層級的國土開發計畫、區域計畫、都市計畫，以至於實質建設面的鐵路工程計畫、土地開發計畫、區段徵收、市地重劃及都市更新等，皆有必要在計畫形成之初即予併同考量，始能儘早顯現整合性規劃效益之加乘效果，發揮跨域加值的價值與規模。如可進一步掌握計畫產生的外部效益並加以管理運用，從而因應工程需要進行資金調度，不僅可減輕政府財務負擔，也可加速建設計畫的效率與進度。

按以往執行經驗，站區整體開發多涉及公私部門，即使在公部門亦分中央與地方，或土地管理機關分屬不同部會，利益關係者眾。雖協商極為困難費時，但以臺北鐵路地下化的經驗觀之，「整合」必須儘早，必須務實。雖然此項作業耗費之外部成本極高，但未來衍生的外部效益將由眾人共享，包含都市機能的整合、都市意象的提升等，當為指日可待。以民國 85 年通車的市民大道為例，施工時即透過預留匝道，臺北轉運站於民國 98 年營運啓用後即可順利無縫銜接，其前人之深識遠慮及未雨綢繆可為日後建設之作業參考。

目前為消弭鐵路阻隔引起的發展障礙，地方政府提出鐵路立體化需求者益眾，此處藉由本文回顧鐵路立體化工程所遭遇的困難，解決的策略以及配合引進的新技術等，並說明工程完工後，臺北地表意象變化、人口版圖遷移、都市空間重整、臺鐵運量消長以及車站機能變化等，以綜觀鐵路地下化工程對臺北都市意象的實質影響，從而驅動都市整體更新與再生，展現都市全新風貌，並期盼此一都市發展經驗能提供後續相關規劃設計者參考。

參考文獻

1. 交通部鐵路改建工程局(2012.1)，潛龍騰行。
2. 交通部運輸計劃委員會(1979.7)，臺北市區鐵路改建計畫評估研究。
3. 交通部臺北市區地下鐵路工程處(1987.7)，臺北市區鐵路地下化工程紀要。

4. 臺北市政府都市發展局(2006/9)，中央車站與中央公園整體規劃設計案。
5. 臺北車站特定專用區歷史發展新契機(2007.2)－C1/D1聯合開發大樓與機場捷運臺北
站之興建，捷運技術半年刊第36期。
6. 交通部臺灣鐵路管理局(2011.5)，臺北機廠遷建後土地開發策略規劃定案報告書。
7. 交通部鐵路管理局(2011.8)，南港調車場土地開發策略規劃定案報告書(修正報告)。
8. 行政院(2012.7)，跨域加值公共建設財務規劃方案(核定本)。

鐵路隧道火災案例與防火安全探討

An Investigation of Railway Tunnel Fire Case Studies and Fire Prevention and Safety

蘇水波 Shu, Shui-Bo¹

聯絡地址：22041 新北市板橋區縣民大道二段 7 號 22 樓

Address：22F., No.7, Sec. 2, Sianmin Blvd., Banciao Dist., New Taipei City 22041, Taiwan

電話：(02) 89691900 分機 2280

Tel：+886-2-89691900ext 2280

電子信箱：msb_su@rrb.gov.tw

E-Mail：msb_su@rrb.gov.tw

摘要

近年來國外鐵路發生多起列車火災事故，而事故如發生於隧道內則最為嚴重，如 2011 年 5 月日本石勝線發生之災害，鐵路隧道長度約 685 公尺，列車於隧道內發生火災，自起火至滅火之時間超過 9.5 小時，造成營運中斷、6 節車廂全毀及 79 人受傷等重大事故。另歐洲為強化營運安全從 2009 年 12 月至 2012 年 12 月辦理為期三年相關實驗，總經費超過 200 萬美元，其中包含隧道列車火災全尺度實驗，其相關實驗成果，可供營運與設計參考。本文主要研析國內外相關設計標準、火災案例改善措施及對實驗結果進行探討，最後對既有隧道安全改善提出建議及新設隧道設計參考。

關鍵字：隧道火災、全尺度實驗、隧道安全。

Abstract

Numerous incidences of railway fires have occurred overseas in recent years, with such accidents being most severe when they occur in tunnels. In May 2011, for example, a fire occurred on Japan's Sekisho Line in a railway tunnel approximately 685 meters long, lasting 9.5 hours from the time the fire was ignited to the time it was extinguished; this was a major accident resulting in transportation being shut down, the complete destruction of six train cars, and 79 people being injured. In order to strengthen operational safety to prevent accidents in tunnels, the European Union carried out related experiments for three years, from December 2009 through December 2012. Costing over US \$2 million, these included a full-scale related tunnel fire experiment, the results of which provide reference for the operations and designs of other railway operators. This paper primarily analyzes the relevant domestic and international design standards and improvement measures taken after fires, examines the results of the experiments, and finally provides recommendations for safety improvements for existing tunnels and for reference in the design of new tunnels.

Keywords: Tunnel fires, full-scale experiment, tunnel safety

一、前言

以往國內傳統鐵路隧道之規劃設計，主要以提供營運、查修與維護需求為考量，然

¹交通部鐵路改建工程局 簡派工程司

軌道車輛事故包含脫軌、碰撞及列車火災等，而營運車輛於隧道內故障或發生事故亟需救援之情況甚少發生，因此極少考慮防火避難相關設施。然 2011 年 5 月日本石勝線發生列車於隧道內脫軌又發生火災，雖鐵路隧道長度僅 685 公尺，卻造成 6 節車廂全毀及 79 人受傷之事故，火災發生至滅火時間超過 9.5 小時^[1]，事後日本各界迅速進行檢討，並針對隧道防火安全進行研討，獲致改善措施，其改善方案可供我方借鏡參考，有助於提升整體隧道的防火安全性。

西元 2003 年聯合國歐洲經濟委員會內陸運輸委員會，對其會員國鐵路隧道之安全基準進行評估，主要規範鐵路隧道長度在 1,000 公尺至 15,000 公尺間，隧道安全專家建議之安全有效目標策略包含：預防事故發生、減緩事故影響、輔助避難逃生及輔助救災作業。專家群將意見分為標準(Standards)及建議(Recommendations)，分別包含新設與既有隧道安全之相關建議，可供既有隧道改善及新設隧道參考；其他如國內高速鐵路設計、NFPA130 相關規範及國外實驗等資料進行綜合探討。

二、國內鐵路隧道現況簡介

由於臺灣地貌複雜，多山脈及丘陵，不可避免的在鐵路經過山區時往往須建設大量之山岳隧道。傳統鐵路之臺鐵路線長約 1,112 公里，其中隧道總長度約 151 公里，計有 132 座隧道^[1]，另臺灣高速鐵路全線長約 345 公里，隧道總長度約 47.2 公里(不含南港～板橋間地下段)，共有 49 座隧道^[4]；茲分別以臺鐵北迴線、南迴線、臺東線及臺灣高速鐵路為例概要說明：

2.1 北迴線

北迴線為宜蘭蘇澳新站至花蓮新站間，總長約 80 公里，計有 22 座隧道，長約 51.1 公里，其中新觀音(雙線) 隧道為國內目前最長之山岳隧道，長度約 10.3 公里^[3, 5]。

2.2 南迴線

臺鐵南迴線西起枋寮站(0 K +000 m)，東迄臺東站(98 K +145 m)止，總長約 98 公里，除中央號誌站(23 K +657 m)至古莊站(40 K +519 m)間長約 16.8 公里為雙軌外，其餘路段長 81.49 公里為單軌路線，包括隧道 36 座，長約 38.9 公里，另設一處長約 1.18 公里之遮體明隧道與因應地區地質特性興建之明隧道 5 座長約 600 公尺，隧道占南迴鐵路全長之 41.5 %，其中中央隧道(雙線) 隧道長度約 8.07 公里，隧道開挖通風豎井及橫坑如表 1 所示^[3, 6]：

表 1 南迴隧道通風豎井及橫坑一覽表

工程名稱	里程	深度	施工方法
中央西斜坑	25 K +871 m	405 公尺	傳統工法
中央西豎坑	27 K +900 m	356.34 公尺	新奧工法、昇井工法
中央東豎坑	29 K +660 m	150 公尺	新奧工法
安朔西豎坑	34 K +760 m	170.13 公尺	新奧、冷凍及傳統工法
安朔東豎坑	35 K +570 m	110.5 公尺	新奧工法
大鳥豎坑	48 K +000 m	114.0 公尺	新奧工法
金崙西豎坑	65 K +800 m	101.6 公尺	新奧工法

2.3 臺東線

臺東線由花蓮站至臺東站，總長約 155.5 公里，為單線區間，共設有 11 座隧道，總長約 11.9 公里^[3,7]。

2.4 臺灣高速鐵路

高速鐵路全線長約 345 公里，其中隧道總長度約 47.2 公里(不含南港～板橋間地下段)，主要分佈於北、中部路段，自臺北車站出發後，沿線隧道主要通過樹林區大同山、林口台地、湖口台地、新竹犛頭山、寶山及苗栗丘陵區，最後進入彰化八卦山山脈。含都會區桃園地下車站及南港～板橋間地下段，共有 49 座隧道，隧道長度大於 3,000 公尺之長隧道有南港～板橋間地下段、林口(龜山)、桃園車站隧道、湖口、苗栗及八卦山等 6 座，其中介於 1,000 至 3,000 公尺之中長隧道有 6 處，小於 1,000 公尺之短隧道有 37 處^[4]。

三、列車火災原因分析

一般而言，軌道運輸事業通車啓用後路線持續運轉，此時發生火災風險即存在，而隧道內發生火災則以列車火災最為嚴重，以下是列車火災主要因素^[8]：

1. 動力設備故障或出軌 (如集電弓、油箱、出軌等)。
2. 電氣設備故障 (如馬達、電池、空調設備、通訊設備、一般照明及電氣纜線等)。
3. 機械故障 (如齒輪箱過熱、軋機鬆軋不良等)。
4. 菸蒂。
5. 人為縱火。
6. 動火作業 (例如電焊、氧氣-乙炔作業等)。
7. 行車事故 (例如列車高速撞及公路車輛)。
8. 其他 (例如電擊)。

上列 8 個項目，前 3 項為列車設備故障所致，而非外來火源所造成；如 2011 年 05 月 27 日日本 JR 北海道石勝線列車因列車傳動設施脫落致列車於隧道內脫軌起火燃燒，當時石勝線尚未電氣化，主要以柴油車為動力，列車於隧道內發生火災致使 6 節車廂全部燒毀，當時列車共計 248 人逃出，其中 79 人受傷。

香港西鐵綫 (West Rail Line) 為港鐵重鐵市區線，行駛於屯門站及紅磡站間，於 2003 年 12 月 20 日通車。於 2007 年 2 月 14 日上午 09 時 13 分，一列行駛於大欖隧道(隧道長度約 5.5 公里)內之南行列車，位於車廂頂部之高壓變壓器發生故障致起火燃燒，列車隨後失去電源，造成列車停於隧道內。隨後列車司機員接獲旅客反應稱車廂有濃煙，司機員隨即通報行控中心並於獲得行控中心同意下，啓動隧道通風系統，同時緊急安排乘客進行逃生，於上午 9 時 45 分完成乘客疏散，共計 11 名乘客送醫治療，其中 9 人在檢查後出院，2 人留院觀察確認無恙後亦出院，消防人員於 10 時 35 分完成滅火，西鐵綫於下午 12 時 54 分恢復全線通車^[9]。

美國防火協會(NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION; NFPA) 之固定的導軌轉接和旅客軌道系統標準(Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems)NFPA 130 視人為縱火案件為燃燒情境，此情況雖很少發生，但一旦發生時其所造成之危害即相當嚴重；如南韓大邱市 2003 年 2 月 18 日發生疑似精神病患於地鐵中央

路車站 1079 號列車車廂內縱火點燃汽油，約 4 分鐘後另一方向駛來之編號 1080 號列車駛入，此事件造成 2 列車共 12 節車廂全部燒燬造成人員傷亡，死者大都於 1080 號列車上發現，少部分為月台候車旅客受煙嗆傷致死。此事件共計動員 992 名消防人員、26 輛消防車及其他救災人員，本事件共造成 198 人死亡、146 人輕重傷之重大傷亡事件，影響社會成本相當高，震驚全世界。

四、鐵路山岳隧道火災發展及災害特性分析

由於公路與鐵路的營運管理極為不同，因此並不適合藉由事故或最不利的境況作比較，因鐵路車輛利用軌道運行，故車次的間距係由號誌系統控制以防相撞。現代化的車體大多為耐燃材質，通常客運服務會與載運危險物品作區隔，且司機員及乘務人員受過相關安全及避難疏散訓練，基於上述理由，鐵路隧道實際危險度遠小於公路隧道^[2]。

目前國內都會區隧道段已有完善防火避難與消防安全設備設置規範，鐵路運營單位針對防災中心管理、人員訓練、維護保養及共同演練加強整合，其安全度已達一定水準，本文不再贅述，本文主要係對非都會區之鐵路隧道進行探討。依據歐洲相關實驗報告顯示，若列車於隧道內不幸發生火災時，火災成長曲線以 NFPA 所定義之極快速或普通速度成長曲線發展，達最高熱釋放率所需時間介於 5~80 分鐘間，而列車車廂於隧道內火災熱釋放率介於 7~53 MW 間，如表 2 所示。而 2011 年歐洲 Brunsberg 隧道進行列車全尺度實驗，熱釋放率更高達 77 MW，隧道頂版溫度高達 1,118 °C^[10]，如圖 1~圖 3 所示，緣此，建議地下車站火源設計以 60 MW 進行通風系統設計，若車廂內裝、座椅及窗戶等材料已考慮耐燃，可考量降低如 20 MW。而當列車於鐵路山岳隧道不幸發生火災時，其災害則有以下之特性^[11]：

- (1) 聯絡困難：隧道內通訊聯絡較為困難，目前多數鐵路隧道仍未全線架設民間通訊業光纖傳輸系統，無法以行動電話與外界取得連絡。
- (2) 狀況不明：大部分鐵路隧道因柴油車行駛而未設置偵測設備，且既有設備因隧道內無照明且空氣狀況較差，可能損壞或喪失功能，以致外界救援人員無法完全掌握現場災情發展。
- (3) 可及性低：鐵路山岳隧道發生事故時，因聯外通道有限，救災人員進入不易，僅能利用兩端隧道口、預設之導坑或聯絡隧道等迂迴進入救援。
- (4) 救援急迫：當鐵路山岳隧道發生火災時，會導致隧道內部廢氣量激增且溫度升高等情形，造成列車人員或旅客之嗆傷，若持續悶燒，溫度急遽上升，將導致隧道結構體之崩壞而坍塌。
- (5) 濃煙大、溫度高：由於隧道空間狹小近似密閉狀態，火災後常無法自然排煙，燃燒產生之煙霧及熱氣因急速瀰漫而有延燒的危險性；且因新鮮空氣供給受限，亦有因燃燒不完全而產生有害氣體及缺氧的可能性。此外，高溫可能導致隧道結構燒毀崩塌，增加搶救人員及避難逃生人員困難性。
- (6) 疏散及避難困難：鐵路隧道內部空間狹小，多未設置安全步道，人員疏散困難，加上一般救援車輛受限於軌道系統，通常無法直接進入搶救。
- (7) 救災不易：採用電力作為動力來源的鐵路隧道，必須在高壓電斷電接地後才可以水灌救，然斷電接地有特定程序，且人員抵達現場接地耗費時間，必然延誤搶救時機。鐵路山岳隧道火災可能導致高溫、濃煙、熱氣、缺氧等惡劣狀況，而救災人員卻必需等待，並缺乏多方位進攻路線，難以接近火

點撲救。

表 2 鐵路隧道列車火災熱釋放率一覽表^{【10】}^{【3-9】}

Type of vehicle, test series, test nr, u=longitudinal ventilation m/s	Calorific content (GJ)	Peak HRR (MW)	Time to peak HRR (min)
A Joined Railway car; two half cars, one of aluminum and one of steel, EUREKA 499, test 11, u=6-8/3-4 m/s	55	43	53
German Intercity-Express railway car (ICE), EUREKA 499, test 12, u=0.5 m/s	63	19	80
German Intercity passenger railway car (IC), EUREKA 499, test 13, u=0.5 m/s	77	13	25
British Rail 415, passenger railway car*)	NA	16	NA
British Rail Sprinter, passenger railway car, fire retardant upholstered seating's*)	NA	7	NA
German subway car, EUREKA 499, u=0.5 m/s	41	35	5
Coach car, (Hadjisophocleous et al. 2012)	50	32	18
Subway car, (Hadjisophocleous et al. 2012)	23	53	9

*) The test report is confidential and no information is available on test set-up, test procedure, measurement techniques, ventilation, etc.



圖 1 隧道列車火災全尺度實驗情形^{【3-9】}

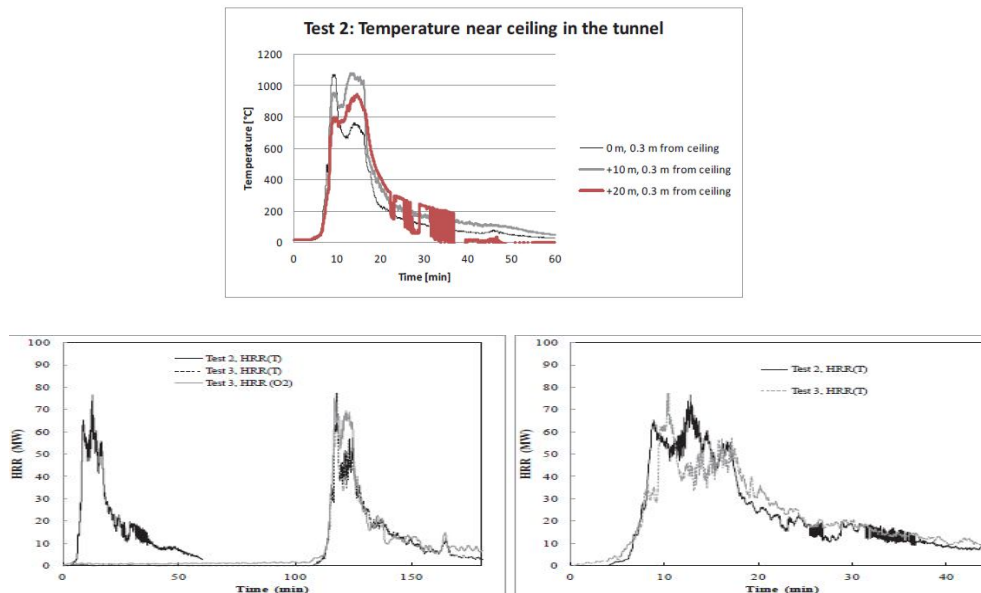


圖 3 全尺度實驗及熱釋放率變化情形^{【3-9】}

五、國內外相關案例

5.1 國內案例

臺灣鐵路自清光緒年間營運至今已 127 年，自西元 1940 年後列車發生火災造成人員傷亡案例，「死亡人數 3 人以上、死亡及受傷人數在 10 人以上或受傷人數在 15 人以上」之重大行車事故^{【12、13】}，於文獻或資料中蒐集到 3 例，其中案例 2

屬隧道內火災事故，如下所述：

案例 1：1948 年 5 月 28 日，新店溪橋上列車車廂起火，造成六人死亡。

案例 2：1985 年 09 月 01 日宜蘭線雙溪貢寮間隧道內，約凌晨 03 時莒光號車廂門口台階發生冒火濃煙，造成 3 名旅客死亡事件，發生時間距今已一段時間，原因已不易查證。

案例 3：1990 年 12 月 20 日，北上 1020 次 EMU300(EMU306)自強號於路竹大湖間西部幹線 374K+410 公尺處，因遊覽車欲載客進入平交道旁巷道內之飼料工廠，在平交道倒車，導致列車撞及遊覽車事故，遊覽車起火燃燒，自強號列車車廂損毀、電車線桿斷損，此事故造成自強號旅客 7 人受傷，遊覽車旅客 25 人死亡、27 人輕重傷。

5.2 國際間最近案例

2011 年 05 月～2013 年 02 月國際間發生之列車火災共 9 個代表案例^[14-21]，其中發生於地下隧道段或車站共有 5 個代表案例，包含日本、韓國、中國大陸及英國等國家，如表 3 所示，而其中以日本石勝線列車於隧道內出軌同時發生火災最為嚴重。

表 3 近年國際間列車火災統計一覽表(編者自行整理)

時間	國家	發生概要	損傷情形	備註
2011.05.27	日本 石勝線	列車隧道內出軌，無法行駛列車發生火災	79 人受傷，火勢延燒至車廂內，6 節車廂全毀。	隧道內火災，如圖 4~5
2012.01.04	日本 立山線	列車停靠終點站立山站時，發現列車地板的下面在冒煙。	無人傷亡，火勢延燒至車廂內，1 節車廂燒毀。	地下車站，疑似電氣火災
2012.04.04	日本 信越線	鯨波車站內電車車廂發生火災。	無人傷亡，車頂及車廂內天花板、部分座椅燒毀。	車廂車頂集電弓附近起火冒出火花及濃煙，如圖 6。
2012.07.30	印度 南部安得拉邦	新德里駛往金奈，經安得拉邦的內洛爾車站，臥鋪車廂發生火災。	至少 47 人死亡，28 人受傷。	疑似電氣火災
2012.08.27	韓國 釜山地鐵 1 號線	大峙站開往新平站之電車，車廂發生火災	40 多人嗆傷，1 節車廂受損，如圖 7。	隧道內火災，列車開往大峙站疏散旅客。
2012.11.19	中國 廣州地鐵 八號線	鷺江開往珠影其集電弓故障，造成車廂冒煙起火。	4 名旅客受傷，1 節車廂受損。	隧道內火災，旅客緊急開啓車門，旅客進入隧道逃生。
2013.01.02	荷蘭	烏特勒支開往阿姆斯特丹的史基浦機	無人員傷亡，1 節車廂受損。	

		場，疑車廂遭人為縱火。		
2013.01.17	英國	維多利亞站，機車頭失火	無人員傷亡。	地下車站
2013.02.04	日本 上越線	津久田～岩本站間，機車油箱起火。	無人傷亡，機車受損	



圖 4 隧道火災情形【3-9】



圖 5 旅客逃生後情形【3-9】



圖 6 車廂內部燒毀情形【19】



圖 7 車廂受損情形【17】

六、日本石勝線隧道火災案例

6.1 事件發生經過及損害情形概要【14,15】

- (1) 發生時間：2011 年(平成 23 年)5 月 27 日(星期五)21 時 56 分左右
- (2) 發生地點：石勝線清風山號誌站站內，如圖 8、圖 9 所示。
- (3) 列車：釧路站開往札幌站上行特快第 4014D 列車。超特快藍天 14 號 6 輛編組)
- (4) 概況：清風山號誌站附近，坐在 4 號車車長，感覺有異聲，同時車子晃動，因此連絡司機員，司機員立即啓動緊急剎車，列車停在該號誌站站內的隧道內（隧道長 685 m），列車冒出白煙。另一方面，司機員聯絡調度員，爲了離開隧道，嘗試開動，但是無法行駛。之後，車長下車，往隧道的札幌方出口走去，確認逃難路線，回到列車前，旅客已經開始進行避難；直到約 23 時 27 分左右，司機員及乘務人員最後從隧道出口避難完畢。

整個事故發生至旅客及旅客乘務員完成到隧道外避難時間約 90 分鐘，事故發生主要過程、旅客避難及火災情形，如圖 10 所示。

(5) 旅客受傷概況：車上旅客共 248 人、乘務員 4 人(司機員、車長及旅客乘務員 2 人)，其中至 2011 年 9 月 16 日止受傷的人數共 79 人。

(6) 車輛受損情形，如圖 11、圖 12 所示。

A. 損傷部分

- 第4輛車後部的動力傳達裝置及轉向架2軸車輪
- 第4~6輛車底下方機器（不連續）
- 第5輛後轉向架1軸往左脫軌

B. 燒損部分

- 6輛車之車廂（完全燒毀）
- 第6輛車前部的引擎等

(7) 隧道內受損情形：隧道內列車停止附近的隧道牆壁上，因火災事故有煙炭附在上面，改變了原有顏色。牆壁上方的水泥隨處可見剝落現象，側牆部分電線及通訊電纜燒毀，如圖 13 所示，概要說明如下：

A. 列車第 5 輛的停車位置附近從 66 K+930 m 到 66 K+810 m，隧道頂部由咖啡色轉變為淺咖啡色。

B. 從 66 K+500 m 到 66 K+944 m 之襯砌混凝土，表面附著濃灰色到黑色較大量碳，該兩坑口側附著非深色大量碳。

C. 從 66 K+830 m 到 66 K+950 m 的襯砌混凝土，因爆裂（混凝土或砂漿等外部受熱時，其內部產生的水蒸氣壓及熱應力使表面剝離）的混凝土表面剝離。

D. 66 K+940 m 的木枕燒損。

E. 列車停車處周遭，隧道內相關可燃物燒毀，如漏水防止工程及混凝土剝離防止工程，以及電力及通信電纜，照明設備及 ATS 設備的配線燒損。

(8) 消防搶救：調度員於當天約 22 時 42 分通報 119 消防單位，消防單位至隔天 28 日 0 時 7 分到達現場，於 28 日上午 7 時 36 分撲滅火災。救護方面，經由隨乘的醫療相關人員協助，札幌站坑口外進行「檢傷分類」判定生病及受傷的輕重及急迫度，決定治療及送醫的優先順位，其中旅客 37 名及乘務員 2 名送到附近的醫療機構，其他的旅客送到占冠村臨時避難所。

(9) 當時事故現場附近天氣晴：依據事故現場附近觀測站紀錄，事故當時，氣溫約 11 °C，風向風速為東南風，平均風速 1 m/s 以下。

註：事故發生原因，正式調查報告尚未公告，本報告引用資料至 2013 年 03 月止。

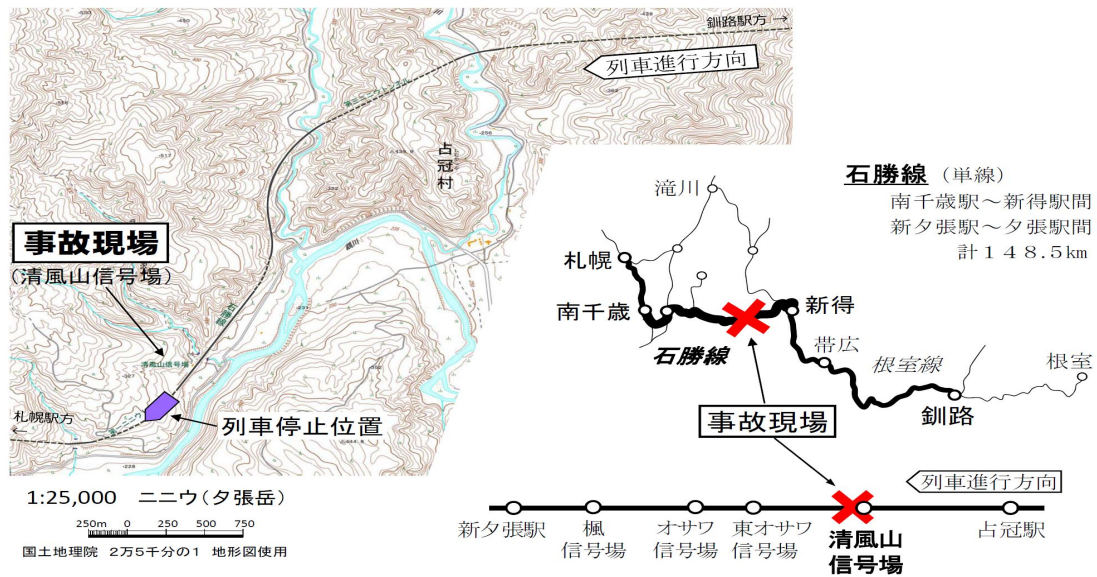


圖8 事故現場附近的地形圖^[15]

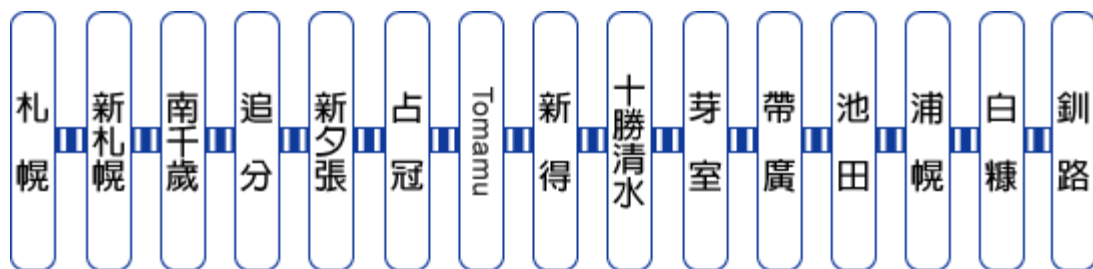


圖9 札幌止至釧路間車站示意圖^[12]

時間經過	列車の乗務員	列車内	事故現場周辺	輸送指令
27日 22時00分	車掌察覺怪異聲音，立即連絡駕駛人員	駕駛人員通報將列車停駛至隧道內	此時，第六節車廂的乘客開始往前方移動。(之後車掌將後三節乘客疏散至前三節車廂)	第一時間收到事故發生通知
	車掌通報列車內有煙霧	列車無法發動(駕駛人員持續嘗試發動列車)	客艙內停電(並不斷有煙冒出)	和列車乘務員斷斷續續的通訊
	車掌請示將乘客疏散至隧道外(收到回應後才準備開門)	此時，駕駛人員請示發動地板下方的引擎。但無線通訊卻無法連線	乘客自行下車避難	指示隧道外的列車進出
22時20分	車掌下車作避難準備		一名JR職員乘客開門讓其他乘客下車避難	
22時40分	車掌確認隧道出口狀況後返回列車上			通報119
23時半ば			乘客、乘務員此時在隧道外避難	確認狀況
28日 0時前後			救難隊伍抵達現場 JR相關職員抵達現場	

圖10 事故發生主要過程一覽表^[15]

238系 DMU 6輛編組

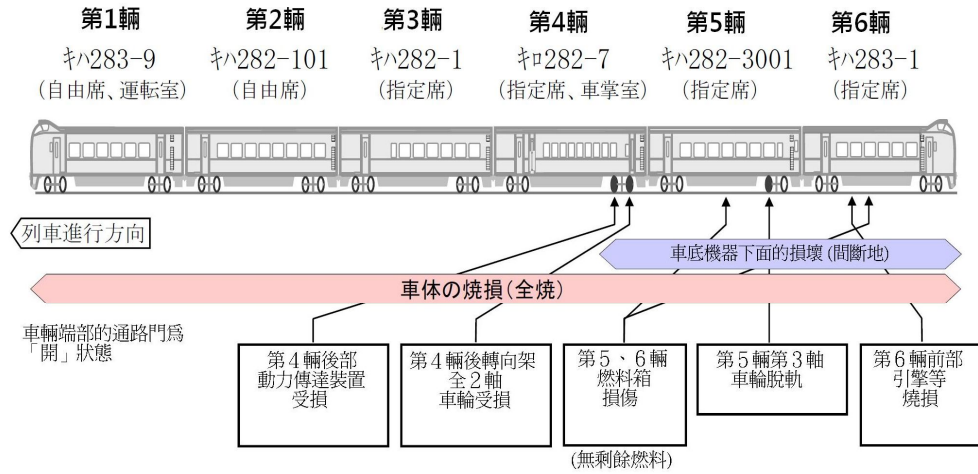


圖 11 列車編組及損壞情形示意圖^[15]



圖 12 火災後列車受損情形^[15]

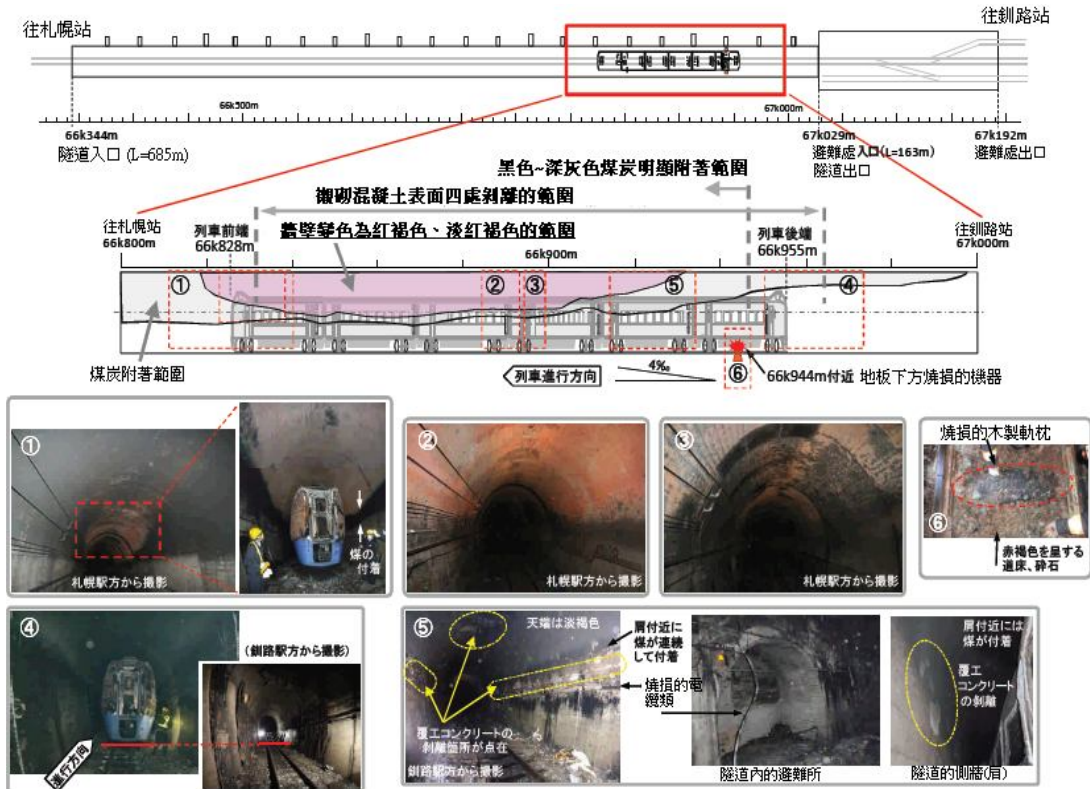


圖 13 火災後隧道內受損情形^[15]

6.2 日本官方督管作業

日本 JR 公司於 2011 年 5 月 27 日，發生列車脫軌火災事故，讓旅客在充滿煙霧的隧道內驚恐中逃難，導致多數旅客受傷，是日本 JR 北海道成立以來發生最嚴重事故^[1]。2011 年 6 月 18 日日本 JR 公司收到國土交通省等相關官方「關於確保安全運輸的事業改善命令」、「依據保安檢查的結果之改善指示」等嚴厲的處分。主要內容摘要如下：

6.2.1 確保安全運輸-改善命令

鑑於公司於 2011 年 5 月 27 日所發生的石勝線列車脫軌一案，本部已於 5 月 29 日至 6 月 9 日止對貴公司進行保安監察。此起意外主要為高速行駛中列車零件脫落，導致列車脫軌、起火。當起火列車停於隧道內時，貴公司對疏散旅客處理態度欠積極，因而導致列車旅客有多名受傷。

經監查結果顯示，貴公司車長及指揮人員在面對突發狀況時，按照緊急手冊中的疏散旅客、緊急剎車操作等步驟進行處理，此點恐有不當之處。若是處理不恰當，恐有製造混亂、危害旅客性命、且阻礙列車安全行駛之虞。

根據鐵路法第 23 條第 1 項之規定，為了以旅客安全為優先考量，且迅速進行適當的疏散程序。希望貴公司能重新修改並加強手冊的完整性，且施行模擬教育訓練。並請在 2011 年 9 月 17 日前提出改善措施相關結果報告。

另外，關於車輛零件脫落一事，經監查過後認為貴公司並未按照公司規章進行車輛檢查。本部將根據調查狀況，判斷貴公司是否需要針對此點加強改善措施。

6.2.2 保安檢查結果--改善指示

根據貴公司 2011 年 5 月 29 日起至 6 月 9 日止，所實施的保安監察結果，國土交通省 2011 年 6 月 18 日國鐵安第 26 號之 2 命令書中，向貴公司下達了確保安全輸送的改善事業命令。雖然還在調查 2011 年 5 月 27 日的石勝線列車脫軌導致起火意外原因，但本部認為貴公司應按照監查結果盡速進行以下相關事項的改善，並請在 2011 年 9 月 17 日前提出改善措施相關結果報告。另外，視今後的調查進展狀況而定，本部將會補充說明是否需要再次加強改善。

- (1) 本部認為貴公司並未確實做好減速機插銷的固定螺母的上緊扭力管理 和推進軸探傷檢查，煩請貴公司遵從車輛維修保養手冊中所記載的檢查方式，確實檢查、並詳加記錄。
- (2) 為了防止其他同型號車輛的彈簧插銷(防止減速機插銷脫落)也發生類似情況，請貴公司針對該零件改善其構造及檢查方式。
- (3) 雖然多數的減速機插銷的固定螺帽都是透過車輛維修管理系統來確認鬆緊度，但也可透過委託外部作業整合車況情報，適度的進行風險管理。
- (4) 為了確保貴公司能夠確實實施上述 1~3 項目，請貴公司明確劃分負責人及相關工作崗位，並加強技術管理體制。

除了石勝線列車脫軌火災事故外，貴公司也在 2011 年 6 月 8 日及同年 6 月 14 日起至 16 日止相繼發生司機員打瞌睡行駛列車及號誌燈號顯示異常等事故。本部希望貴公司能儘速的重新審視安全管理體制，並採取必要的相關措施。

6.3 日本 JR 公司回應及處理態度

2011 年 9 月 16 日日本 JR 公司提出聲明及網站公告具體改善措施^[1]，摘要說明如下：

本公司於 2011 年 5 月 27 日在石勝線造成列車脫軌火災意外，導致多數旅客受傷，並讓旅客在恐懼中通過充滿煙霧黑暗的隧道避難，造成創社以來最嚴重的事故。之後又連續發生駕駛於行車中打瞌睡、號誌故障等過失及事故。繼以上事故造成各位的不便，在此向受害的各位旅客、所有 JR 北海道的利用者、區域居民衷心致上最深的歉意。JR 北海道回歸鐵道經營業者的初衷，以「載運旅客重要的生命與生活」為使命，第一要務為提供安全的運輸服務，並致力杜絕事故再次發生。

本公司以這次的事故為戒，對於國土交通省「確保安全運輸的事業改善命令」的改善措施、以及對於「依據保安檢查的結果的改善指示」的改善措施、制定以下安全「提高安全性的行動計劃」對策相關措施；公告資料摘要如下：

- (1) 關於確保安全運輸的事業改善命令的改善措施
 - 隧道內列車發生火災時的處理步驟
 - 隧道內列車發生火災時的處理步驟「附冊」隧道資料表
 - 緊急時客戶避難引導手冊
- (2) 依據保安檢查的結果的改善指示之改善措施
- (3) 提高安全性的行動計劃：包含如「檢討隧道內發生列車火災時的技術手冊」、「避難引導的技術手冊之訂定、教育訓練的實施」、「檢討異常時應變手冊的衝突及

不當點」、「充實有關避難引導的設備等」、「綜合教育訓練的實施」。其中「充實有關避難引導的設備等」，主要改善項目如 500 公尺以上的 80 處隧道，每 250 公尺設置隧道出口標誌、改善隧道內照明為自動點亮、改善隧道內照明開關位置標示的清晰化、隧道出入口設置照明、通訊改善，5 公里以上隧道設置搶修車、車廂乘務員配備連絡用無線電、增設車輛的緊急照明、補充列車旅客避難用梯子、提供一般路線到隧道為止的路線圖資訊等等。

註：上列相關詳細資料若有需要參考，可由日本 JR 網站取得。

而令人遺憾，日本鐵道北海道鐵路公司(JR 北海道)社長中島尙俊留下多封遺書，失蹤多日後其遺體在 2011 年 9 月 18 日一處海灣中被發現。這封寫給全體 JR 北海道社員的遺書說，"在反省脫軌火災事故、改善企業內環境時，我對脫離眼前的戰線道歉"、"請各位時刻優先考慮旅客安全"、"感謝長期以來的支援與合作"等等，中島或因列車出軌事故因而積鬱自殺^[16]。

七、國內外相關規範標準

7.1 傳統鐵路規範

依據部頒規範第一章總則所述：為維護鐵路隧道及地下場站安全，依鐵路法第十九條之規定，制訂本規範。本規範適用於都市計畫區域內之鐵路隧道與地下場站相關防火避難設施及消防安全設備，非都市計畫區域內之鐵路隧道及地下場站得視其穿越地區都市化程度參酌辦理^[22]。

7.2 臺灣高速鐵路

隧道總長度約47.2公里(不含南港～板橋間地下段)，山岳隧道長度超過3,000公尺共4處，為進行避難逃生與消防搶救，增設橫坑或豎井作為緊急逃生道並設置緊急出口(Emergency Exit)為原則；而都會區隧道段共2處長度超過3,000公尺，緊急出口間距不大於750公尺為原則設置；隧道內全線兩側設置緊急走道(Emergency Walkway)，寬度1.2公尺，高度2.2公尺。以橫坑(Rescue Tunnel)或豎井(Rescue Shaft)擔任緊急出口包含坑道、隔離室(Separation Chamber)獨立通風系統、逃生梯及防火門等相關設施^[4]。

7.3 美國消防安全協會

美國消防安全協會(National Fire Protection Association 以下簡稱NFPA)針對軌道系統訂定NFPA130^[23]，適用範圍包含地下、地面及高架段防火設施標準，而其都會區與郊區隧道並未明顯區隔不同標準，如6.2.2提到地下段或封閉式路線，其最大出口間距離以不超過762公尺。7.1.2.2提到地下段或封閉式路線長度超過305公尺應設置機械排煙，7.2緊急通風主要提供逃生路徑可維生環境(tenable environment)，隧道內提供足夠氣流以達臨界速度(critical velocity)，並於180秒內達全速運轉模式等等。

7.4 聯合國歐洲經濟委員會

由於歐洲之前白朗峰(Mont Blanc)(奧地利)，拖恩(Tauern)(奧地利)及聖哥達(St. Gotthard)(瑞士)等公路隧道意外發生多起隧道火災，造成重大人員傷亡、財務損失及營運中斷，聯合國歐洲經濟委員會(United Nations Economic Commission for Europe以下簡稱UNECE)運輸部門下特別設置內陸運輸委員會，專家群首要針對公

路隧道進行問題評估與報告；內陸運輸委員會進一步推動對UNECE會員國的鐵路隧道進行評估^[9, 24]，其中鐵路隧道安全專家建議，主要規範隧道長度在1,000公尺至15,000公尺之間；對於超過15,000公尺的隧道安全基準可比照海底隧道、公路隧道增加其他安全措施，經過適當風險評估後，依據所欲達到安全等級，合理成本效益加強隧道安全。

以下為建議之安全有效目標策略包含如下：

- C.1 預防事故發生
- C.2 減緩事故影響
- C.3 輔助避難逃生
- C.4 輔助救災作業

火災事故的風險降低隨著以上的順序有效反應出；然而，若事故發生時，仍應以避難及救災為優先。

專家群將意見分為標準(Standards)及建議(Recommendations)，其中分別包含新設與既設隧道安全建議。任何隧道應以符合標準(Standards)為最低安全要求，除非以其他方法替代可達到標準之規定亦可接受。建議(Recommendations)則應用於實際隧道的相關風險分析。只運用標準而不參照建議並不一定保證是適合或理想的鐵路隧道安全。無論是標準或建議須考慮適合當時的背景因素的安全計畫為宜。專家群已經完成對於新建隧道的安全建議，內容包括基礎設施、車輛及營運管理等安全基準。目標以降低隧道設施及營運風險並增加最大經濟效益為基礎，並列於本文件Part C中。摘要說明如下：旅客應事先被告知在隧道內遇到事故或火災時如何應變，因為列車組員在當下可能無法協助旅客。在此建議所有的鐵路營運單位應提供緊急應變操作指南予旅客，並進一步希望這些內容能與消防及救災單位討論後列於救災計畫中，不同的系統(高速、貨運)可能適用於不同的標準，這些內容應與鐵路營運程序結合。例如建議C.1 01單孔雙軌／雙孔單軌隧道；標準C.1 07防火措施；建議C.1 08車上探測器；建議C.3 06隧道逃生距離，以不超過500公尺為原則；建議C.3 07垂直出口/進口，單孔隧道應設置垂直出口/進口，並有照明及通訊設備，出口必須可防止濃煙進入安全區域(air locks, pressurization)，其樓梯平台間距離應不超過6公尺，其寬度不得少於1.2公尺；若垂直高度超過30公尺，應考慮設置緊急升降機供搶救使用；建議C.3 08側向出口/進口；建議C.3 09連通道等等。

專家群亦完成對於改善既有隧道安全的相關建議，其目標在於降低意外風險，列於Part D中。摘要說明如下：所有的國家應要求其鐵路事業單位及營運單位製作並頒佈綜合安全計畫以確保所有人的健康及安全。該計畫必須透過適度的危險分析以確認旅客及職員的風險已降至合理可行的範圍。儘管對於新建隧道的安全基準並無法完全適用在既有隧道，然而既有隧道應於維修或替換設備時盡量符合。對於既有隧道之安全建議如下，不論既有隧道或重新使用之隧道(renewal tunnels)，在不影響其基礎設施前提下，應盡量遵行。

- C.1 02 車速監控及號誌系統
- C.1 03 列車進入隧道前追蹤列車狀態
- C.1 06 定期檢視隧道
- C.3 03 隧道標誌設備
- C.3 04 隧道內的緊急照明

C.4 01 電車線斷電及接地

C.4 10 救災設備供應

註：項目代號及說明請參閱原文 Part C

基於提昇既有隧道的安全水平，如果既有隧道需要建立安全基準而不修改隧道結構，車輛及營運管理安全基準應優先納入考量；上列於Part C中關於新建隧道車輛及營運管理部分並未涉及結構或基礎設施修改，既有隧道應比照辦理。

八、結論與建議

由於隧道工程係屬於特殊的建築構造物，一旦發生災害將產生極大的危害性且避難逃生困難；又國內之消防單位對鐵路隧道人命救護及災害防護經驗普遍不足，相對地其救災工作遠比一般建築物更加困難。特別是，郊區山岳隧道，以日本石勝線為例，雖發生火災之隧道長度僅不到700公尺，但從火災發生至人員避難完成時間約90分鐘，消防搶救從通報至消防人員抵達現場時間約80分鐘，列車於隧道內燃燒時間超過9個半小時，無論避難、搶救及救護困難度相當高。而許多已經使用中的既設隧道建造時其安全的標準並不如今日，當無法以合理的經費改建成新建隧道的標準，而鐵路隧道的安全並非僅仰賴結構，首先可透過風險評估強化避難引導設施、車輛及營運管理來達成最低安全水平。

因此，隧道防火安全首要應強化預防措施避免事故發生，當事故不幸發生時，若能初期即完成滅火和疏散減緩事故影響，因而初期警報、車廂耐燃化、落實維護保養及緊急應變顯得相關重要，如列車設置火警偵測器、空調與外氣風門火警連動關閉、列車內裝及座椅防火性能考量以最新國際標準設計、門窗玻璃耐溫及老舊車輛淘汰更新可優先考量，若初期滅火已失敗，人員應迅速避難逃生並請求相關單位協助支援救災；而隧道內緊急應變計畫，至少包含避難、救護及搶救等整合性計畫，配合有關單位共同演練及研訂整合性訓練教材，培養分工默契，提高緊急應變執行成效。而為提高營運安全度並兼顧成本效率，可參考歐、美防火避難設施設計標準及日本石勝線案例事後改善措施，納入後續新設及既設工程改善參考依據。

參考文獻

1. JR 北海道旅客鐵路公司網站(2001.5~2013.2)。
2. Ingason,H.,Kumm, M., Nilsson, D., Lönnemark, A., Claesson, A.,Li,Y. Z.,Fridolf, K., Åkerstedt, R., Nyman, H., Dittmer, T., Forsén, R.,Janzon, B., Meyer, G., Bryntse, A., Carlberg, T., Newlove-Eriksson. L., Palm(2012), A.THE METRO PROJECT Final report ,Malardalen University
3. 交通部鐵路管理局網站(2013.3)。
4. 交通部高速鐵路工程局(2005)，高速鐵路土建工程隧道新奧工法施工概要。
5. 交通部鐵路改建工程局東部工程處(2005)，北迴線隧道防火避難設施及消防安全設備現況。
6. 交通部鐵路改建工程局(2011)，臺鐵南迴線鐵路電氣化綜合規劃報告書。
7. 交通部鐵路改建工程局(2009)，花東線鐵路瓶頸路段雙軌化暨全線電氣化綜合規劃。
8. 沈子勝等 11 人合編(2011)，捷運、鐵道及地下場站搶救訓練教材，內政部消防署。
9. 香港鐵路大典網站(2013.3)。

10. UNECE(2003),RECOMMENDATIONS OF THE MULTIDISCIPLINARY GROUP OF EXPERTS ON SAFETY IN TUNNELS (RAIL)。
11. 李佳翰、傅子仁、薛文城、王泰典、黃燦輝(2006)，鐵路長隧道安全防災課題探討 第五屆海峽兩岸隧道與地下工程學術與技術研討會。
12. 維基百科網站(2013.3)。
13. 黃山(2006)，臺鐵站務員工處理安全危機之感認能力研究，國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文。
14. 日本國土交通省網站(2011.5~2013.2)。
15. 日本運輸安全委員會網站(2011.5~2013.2)。
16. 自由時報網站(2011.9)。
17. 朝鮮日報網站(2012.8)。
18. 東莞時報網站(2012.11)。
19. <http://www.47news.jp/>網站(2012.4)。
20. <http://www.youth.cn> 網站(2013.1)。
21. TVBS 新聞網站(2011.9)。
22. 交通部(2008)，「鐵路隧道及地下場站防火避難設施及消防安全設備設置規範」。
23. NFPA(2010),NFPA 130 “Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems”。
24. <http://www.unece.org/trans/main/ac9/ac9rep.html> 網站(2013.3)。

平溪線一號隧道內道碴軌道改建為無道碴軌道之研討

A Discussion of Replacing Ballasted Track with Ballastless Track in Tunnel 1 on the Pingxi Line

陳文德 CHEN, Wen-Te¹
王志中 WANG, Chih-Chung²
賴文能 LAI, We-Lung³

聯絡地址：26260 宜蘭縣宜蘭市宜興路一段 236 號
Address: No. 236, Sec. 1, Yixing Rd., Yilan county 260, Taiwan (R.O.C)

電話：(03) 9331203-24
Tel：(03) 9331203-24

電子信箱：tr411820@msa.tra.gov.tw
E-mail：tr411820@msa.tra.gov.tw

摘要

平溪線一號隧道因未打設混凝土仰拱，受地下水湧影響致隧道內噴泥，軌道脆弱且養護困難。為澈底改善路況，研擬將隧道內石碴軌道改建為無道碴軌道，可兼具省力化與高強度。

無道碴軌道之施設，必須先挖除石碴道床再施設混凝土道床，但平溪支線列車班次密集，無法停駛列車全面開挖施工，故本案關鍵在於施工期間必須維持列車通行。

本案利用夜間養護時間帶僅有之 5 小時施工時間，每日分段改建軌道，需克服材料機具運送及混凝土凝結前之軌道支撐等難題。經妥適規劃施工步驟，終完成無道碴軌道之改建，並可為日後有改善需求之舊線，增加工法選擇參考。

關鍵詞：噴泥、無道碴軌道、軌道支撐。

Abstract

Because Tunnel 1 on the Pingxi Line was not built with a concrete inverted arch, the effects of upwelling of groundwater results in mud eruptions in the tunnel, weakening the track and making maintenance difficult. In order to make thorough improvements in the condition of the track, research and planning has been conducted on rebuilding the stone ballasted track within the tunnel as ballastless track, which is both labor-saving and highly durable. The installation of ballastless track requires that the ballast track bed first be excavated, then replaced with a concrete track bed. However, train departure times on the Pingxi Line are close together, and the trains could not be stopped in order to carry out complete excavation and reconstruction of the track bed; the key to this project, therefore, was that trains must continue to run during construction.

This project made use of the only five hours of construction time available during nighttime maintenance, with the track rebuilt in phases each day. Construction steps were suitably planned to overcome problems such as the

¹臺鐵局宜蘭工務段 副段長

²臺鐵局宜蘭工務段 瑞芳工務分駐所 主任

³臺鐵局宜蘭工務段 工務員

transport of materials and machinery and support of the track before the concrete solidifies, ultimately completing the conversion to ballastless track and providing additional construction method options for reference with respect to old lines in need of improvement in the future.

Keywords: *Mud eruption, ballastless track, track support*

一、緒論

平溪支線於 1921 年通車，當時由台陽礦業株式會社出資興建，為運煤專用鐵路，迄今已有 91 年歷史。時代變遷中煤礦早已停產，平溪線則轉型為觀光及通勤客運業務，但當初修築之路基及線形迄今未曾改變。路線特徵為淨空狹隘、曲線密集且半徑小、坡度大，而當初興建之隧道及大部分的鋼梁橋仍然延用迄今，為本局極具特色之支線。

平溪線一號隧道（K0+993.61~K1+288.16），位於三貂嶺~大華間，全長 294.55 公尺，隧道內並未施設混凝土仰拱，又位處臺灣東北部山區雨量豐沛，地下水上湧逕流於軌道上，常造成路基積水噴泥，軌道沈落不整，如圖 1 所示。

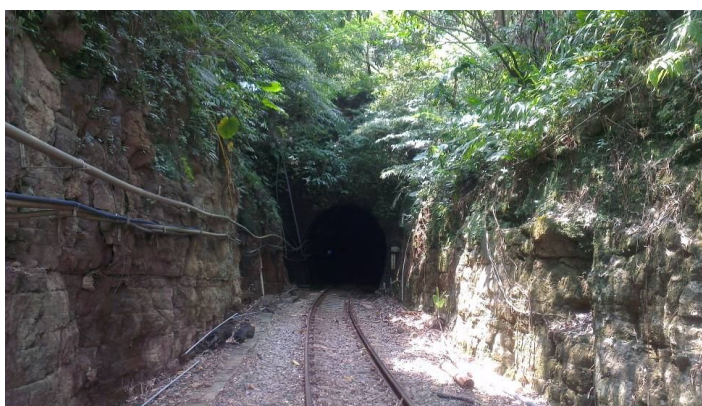


圖 1 平溪線一號隧道北口

近年來休閒旅遊風潮興起，平溪線假日旅客倍增，目前平日班次往反 34 車次，假日往返 40 車次，屬於班次密集之支線。因班次增加致軌道承載倍增，形成養護困境，為維行車安全，必需尋求方法加以改善。

二、改善工法之選擇

軌道噴泥之改善，最常用之工法為抽換道床石碴，但因地下水無法阻斷，遇雨季即再次發生道床積水噴泥，效果短暫。為求澈底解決，曾參考及研擬多種改善工法，並分析其優缺點及可行性，概述如下：

2.1 石碴膠結

於抽換道床石碴後，將清潔之石碴噴灑膠結劑，膠結劑成份為環氧樹脂，其膠合作用僅發生於石碴粒子的接觸點，可將鬆散的石碴膠合變成整體，膠結後仍具透水性，能增加軌框支力，軌道不易變形不整，如圖 2、圖 3 所示。^[1]

此工法已施作於宜蘭線蘇澳新~蘇澳間之銳曲線軌道，以增加道床阻力，以利鋪設長焊鋼軌。另於宜蘭線主正線共計有 80 套道岔，將尖軌區段（轉轍大枕至尖軌趾端間）石碴施作膠結，以穩定尖軌段平面，以減少號誌故障。惟經研討石碴膠結後之透水性良好，不能防止湧水及噴泥，故不採用。



圖 2 石碴膠結工法



圖 3 蘇澳新站~蘇澳間

2.2 鋪設地工織布

在路基軟弱、地下水豐沛或排水不良處所，加鋪地工材料可改良地盤。地工材料例如加勁格網（高強度聚酯纖維束 PET）可增加土壤勁度，地工織布或不織布（聚丙烯 PP 或聚酯纖維細 PET）可濾水隔離，增加基礎承載力。

例如道岔受列車衝擊震動，若路基軟弱則容易沈陷不整，另在兩個月台中間之軌道，因站內坡度平緩又受月台阻隔排水不良，極易反覆發生噴泥。於抽換道岔或抽換道床石碴時，在道床底層鋪設加勁格網及地工織布或不織布，可增加地盤支撐力，並阻擋底層泥漿土壤顆粒噴出，但仍具透水性，乾淨之地下水仍可滲透上來，可有效改善其反覆噴泥之現象。

此工法已使用於宜蘭線羅東站內路基軟弱之道岔，及常發生噴泥之宜蘭站及羅東站內月台間軌道，如圖 4、圖 5、圖 6、圖 7 所示。經觀察使用結果成效良好。惟考量平溪一號隧道是湧水漫流於軌道上之情況，本工法無法排除積水，故不採用。



圖 4 羅東站內抽換 PC 枕型道岔



圖 5 底層鋪設加勁格網及地工織布（2 層）



圖 6 宜蘭站內第一及第二月台內側之東、西主正線軌道抽換石碴



圖 7 底層鋪設加勁格網及地工織布（共 4 層）

2.3 鋪設框式軌枕

框式軌枕是將 4 根預力混凝土軌枕作為一個單元，除橫向之原有預力混凝土枕外，在鋼軌下方之縱向位置，增設施加預力之高強度縱枕，連結形成一個整體之軌框，如圖 8、圖 9 所示。



圖 8 框式軌枕製作



圖 9 框式軌枕組裝

鋪設框式軌枕之軌道，在軌框單元內之平面性將不會產生變化，且整體強度比單根 PC 枕組成之軌道有大幅提昇，能大幅降低一般軌道常見的不均勻沈陷及局部不整。

框式軌枕已鋪設於瑞芳站北端之瑞芳街平交道，鋪設總長度 97.5 公尺。依使用經驗，鋪設後之軌道平面，比抽換前之一般 PC 枕更加平整穩固，受鐵路車輛載重衝擊，仍不易沈陷變形，如圖 10、圖 11 所示。

此工法可大幅增加軌框強度及平整性，可提高軟弱路基之支撐性。但框式軌枕不能阻水，若使用於一號隧道內，雖可降低軌道沈陷不整情況，積水及噴泥情況仍無法改善，故不採用。



圖 10 框式軌枕抽換



圖 11 鋪設於瑞芳街平交道上

2.4 埋設排水管道

一號隧道興建時未打設仰拱及設置排水溝，才造成今日噴泥積水嚴重情況，因此重建隧道內排水系統，即可改善困境。但隧道淨空狹窄，傳統之混凝土側溝已無空間施作，且溝底降挖深度要足夠才能有效排水，但強行降挖之施工難度甚大，故需思考不影響行車之排水型式與工法。

如圖 12 所示，在隧道仰拱面鋪設地工織布、虹吸排水層（毛細式排水帶）及回填濾砂層，並於路基下方挖掘埋設地工排水管，作為主排水溝。依設計理念可阻擋仰拱下方之土壤泥漿顆粒噴出，並將過濾後之乾淨湧水收集至中央排水溝，即可將湧水導引排放，應能改善積水及噴泥情況。

本工法原設計為改善北迴線新永春隧道內仰拱隆起之湧水改善工法，雖設計完

成，因經費不足而取消施作，但虹吸式排水帶之設計富有新意。

經研討結果，一號隧道內遇颱風侵襲或豪大雨時湧水量極大（隧道內如小河），必然有超出其排水量之情況，另於耐久性方面，亦可能因堵塞而失效，改善效果未經實證，故不採用。^[2]

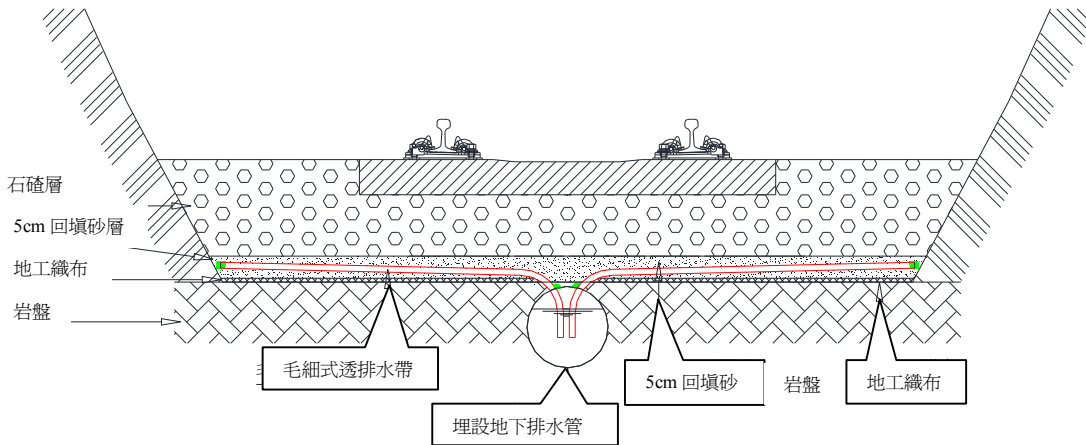


圖 12 埋設土工排水管及毛細式透排水帶

2.5 隧道內仰拱止水灌漿

在基礎工程中最常面臨的就是地下水處理，例如大樓地下室開挖或隧道開挖時均需處理湧水情況，常用之方式為設置防水層、地盤改良及抽、排水等工法，在行車中的隧道內則以地盤改良方式較為可行。

如圖 13 所示，於夜間封鎖路線，在隧道內約每 3 公尺間距鑽孔，並以低壓力灌漿工法灌注水泥砂漿或環氧樹脂等地工材料。灌漿工法可以固結地下基礎土壤，有效改良地盤，灌漿採用之材料（例如環氧樹脂）能阻塞封閉地下水路，阻止地下水湧情況。

惟經研討結果，地盤固結灌漿工法費用高（採用環氧樹脂），且未能省力化。在灌漿過程中，漿體漫流亦會上湧污染或固結石礫，另因路線緊鄰基隆河上游，且地層破碎，雖採低壓力灌漿工法仍有污染水源疑慮。再考量仰拱固結後亦可能導致隧道內地下水壓過大，故最終排除採用。

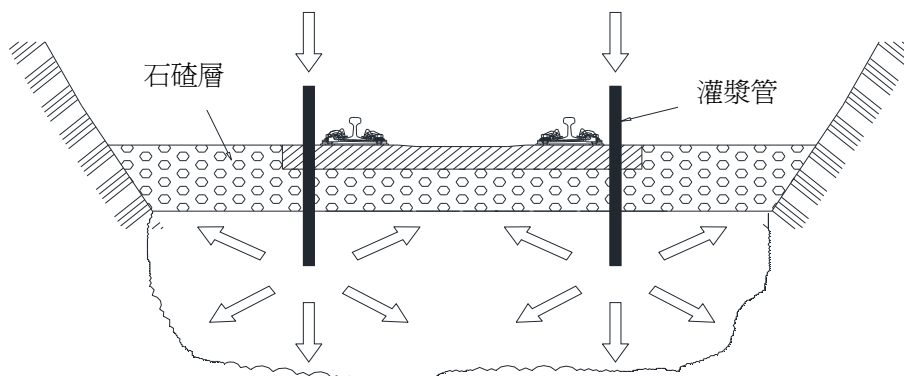


圖 13 隧道內仰拱止水灌漿示意圖

2.6 停駛列車3~6個月

停駛列車，是比照內灣線與集集線之作法，將列車停駛，可以全面開挖施工改建。停駛列車除了可作周詳規劃並澈底改善，也可以同時改善隧道淨空條件，是施工最迅速，效果最好且兼顧安全性之方案。

但經檢討平溪支線狀況特殊，為當地居民上班上學之主要交通工具，具有重要運輸功能且難以取代，若全面停駛列車影響層面太大，可預見將遭遇民意之強大阻力。

為減少停駛列車之影響，另曾考量僅於暑假期間短暫停駛，以避免影響學生通勤。但目前平溪線例假日及寒暑假人潮更見擁擠，列車停駛政策實難以推動，經研討可行性甚小，故本案雖屬最佳工法，但並未施行。

2.7 行車中改建無道碴軌道

將隧道內石碴軌道改建為無道碴軌道，可兼具省力化與高強度，而無道碴軌道之基座混凝土可兼具仰拱功能，施工後將無噴泥及積水等問題，屬澈底改善之方案。

但於改建無道碴軌道之施工中仍然維持列車通行，此工法在臺鐵尚無先例，須克服解除封鎖後立即行車之混凝土強度、軌道支撐及行車安全等難題。

2.8 選擇工法比較

將各項選擇工法比較其優缺點，如表 1 所示。

表 1 施工法比較表

項次	工法	施工內容	優點	缺點
1	石碴膠結	石碴噴灑膠結劑	石碴穩定	不能止水，膠結劑會老化失效。
2	鋪設地工織布	路基底層鋪設加勁格網及地工織布。	可阻擋土壤泥漿噴出，減少噴泥。	不能完全止水，積水情況仍在。
3	鋪設框式軌枕	現有 PC 枕抽換為框式軌枕。	軌框強度大，降低局部不整	不能止水，噴泥情況仍存在。
4	埋設排水管道	路基下方埋設地工排水管道、地工織布及虹吸排水層。	導引隧道內湧水排放，減少積水及噴泥。	遇豪大雨恐排洩不及，效果及耐久性存疑。
5	隧道止水灌漿	隧道內仰拱鑽孔灌漿固結地下土壤。	改良地盤，減少湧水。	未能省力化，緊鄰基隆河恐污染水源。
6	停駛列車 3~6 個月	停駛列車全面開挖施作，或於暑假短暫停駛。	施工迅速安全，可做澈底改善。	平溪線替代交通工具少，假日人潮擁擠，影響重大。
7	行車中改建無道碴軌道	夜間封鎖路線，改建無道碴軌道。	省力化與高強度，無噴泥及積水。	施工中維持行車，須確保行車安全。

經分析 7 種工法之優缺點、施工可行性、施作經驗及經濟效益，最後評估採用第 7 項工法，於行車中改建無道碴軌道，雖施工難度大，但最具成效，且有備品可用不需重新採購，在有限的經費下，成為最終選擇方案。

2.9 無道碴型式選擇

在考量改建為無道碴軌道時，本局路線上已鋪設有多種無道碴型式可供選擇，例如縱貫線南港溪橋上之版式軌道、苗南隧道及追分~彰化間基鈹式軌道、北迴線隧道內直結式軌道、汐止~松山間及崙支線直結式軌道、宜蘭線宜蘭~二結間基鈹

式軌道及花東線玉里～東里間基鈹式軌道等。

在宜蘭工務段轄區之無道碴軌道有 2 種，第 1 種如圖 14、圖 15 所示，為北迴線新南澳隧道、武塔隧道及觀音隧道內之彈性軌枕直結式軌道，舖設長度 29,610 公尺。第 2 種如圖 16、圖 17 所示，為宜蘭站至二結站間鐵路高架橋上之彈性基鈹式軌道，舖設長度 8,224 公尺。此 2 種型式因具施工經驗，列為優先選項。



圖 14 新南澳隧道南口



圖 15 彈性軌枕直結式無道碴軌道



圖 16 彈性基鈹式無道碴軌道



圖 17 宜蘭～二結間彈性基鈹式無道碴軌道

2.10 直結式無道碴軌道

東工處於北迴線施作之直結式無道碴軌道，於完工通車後將搶修及維修用備品共計 1200 套（含直結式彈性軌枕、枕上基鈹組及防震箱配件）一併移交宜蘭工務段保管。因無道碴軌道耐久性佳，自 92 年通車迄今，除了發生事故有少量抽換外，並未有更換備品情形，故直結式軌枕備品材料已長期閒置。

經考量適用性，最終選定直結式彈性軌枕無道碴軌道型式，並取用彈性軌枕之備品施作，可節省可觀之經費，更能發揮閒置備品材料之效益。

三、隧道內無道碴軌道設計

3.1 一號隧道無道碴軌道改建工程

為改建隧道內無道碴軌道，宜工段爭取經費編製「環島鐵路整體系統安全提昇計畫（平溪線一號隧道無道碴防震軌道強化工程）」，完成發包之契約金額為 335 萬 6,000 元，為考量維持行車之安全措施，工期訂為 210 工作天。本工程於 99 年 4 月 12 日開工，並於 100 年 5 月 20 日竣工。

3.2 無道碴軌道設計及隧道淨空

隧道內直結式彈性軌枕型無道碴軌道之橫斷面設計，及隧道實際量測之淨空，如圖 18 所示。

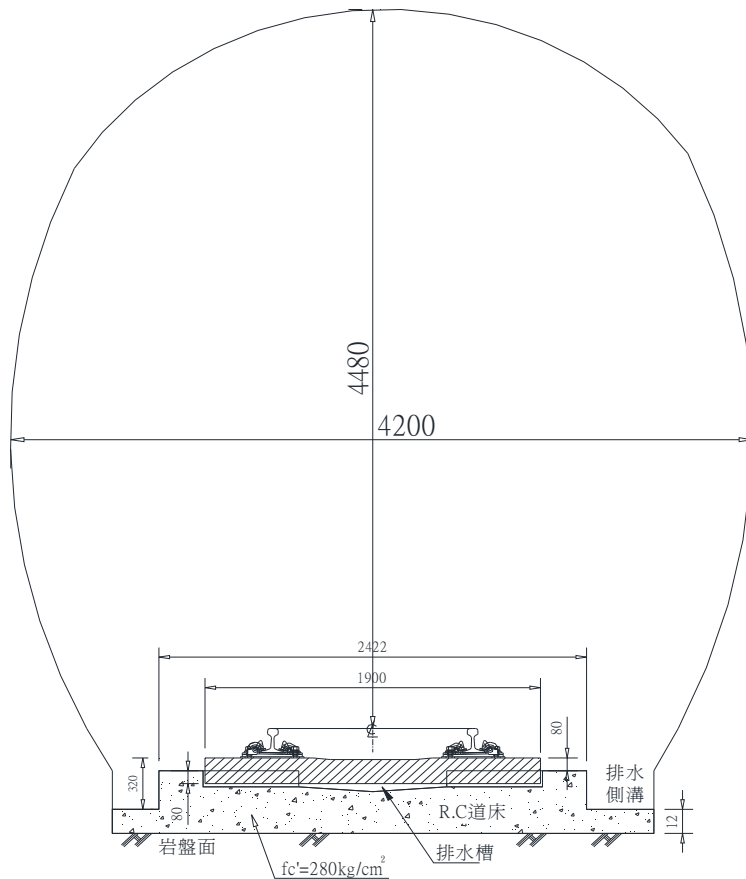


圖 18 直線段無道碴軌道設計及隧道淨空圖

3.3 縱斷面設計

本工程縱斷面設計，如圖 19 所示，一號隧道內之坡度為千分之 13.3，隧道北口為半徑 156 公尺之曲線段，其餘為直線段。改建無道碴軌道以延伸至隧道外 10 公尺為原則，以避免隧道內外方軌道勁度差異過大而形成弱點，故無道碴軌道施工總長度為 314.8 公尺。

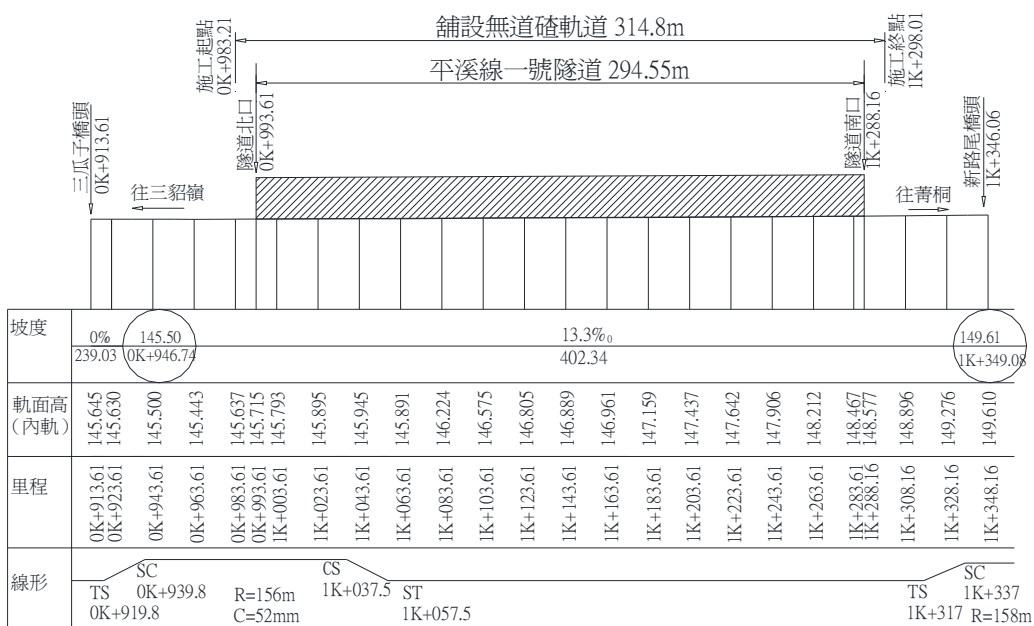


圖 19 無道碴軌道縱斷面設計圖

3.4 無道碴軌道縱斷面及支撐系統

軌道縱斷面支撐分配設計，如圖 20 所示。

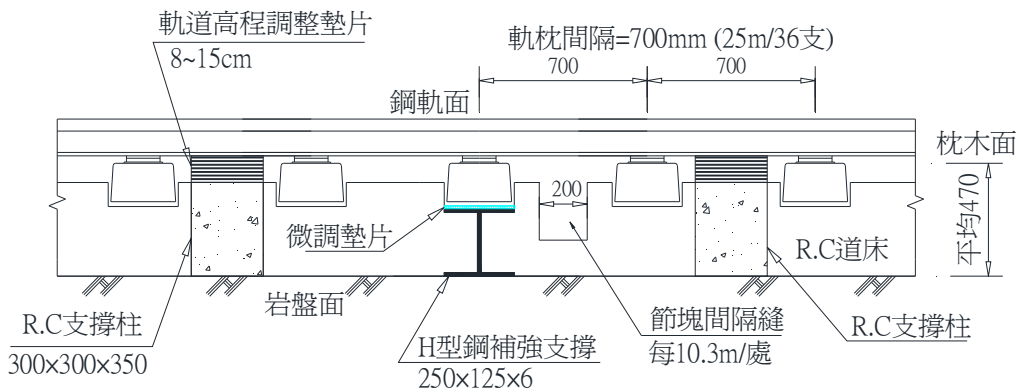


圖 20 直結式軌道縱斷面圖

本工程於夜間封鎖時間內施工，解除封鎖時因混凝土尚未凝結，必須有替代混凝土之支撐系統，足以穩固支持列車通過之衝擊和載重，才能恢復通車。經設計主要支撐為設置於鋼軌底部之 RC 支撐柱，另再增加補強支撐為設置於彈性軌枕底部之 H 型鋼，以確保行車安全。

另於軌道每 10.3 公尺長度即設置 1 處節塊間隔縫，寬度及高度均為 20 公分，除了連通軌道中央及兩側排水溝外，亦可預留作為電務號誌纜線穿越軌道之用。

3.5 軌道支撐配置平面圖

軌道支撐配置平面設計，如圖 21 所示。RC 支撐柱每 2.1 公尺設置 1 處，橫向支撐方面則採用可調整之側向桿，固定於隧道側壁，以穩定軌框。

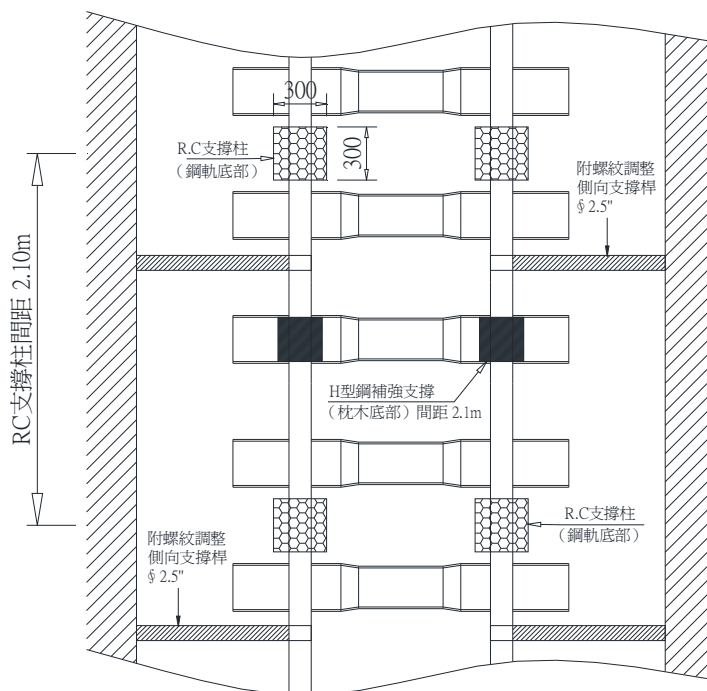


圖 21 軌道支撐平面圖（支撐柱、補強 H 型鋼、側向桿）

四、無道碴軌道施工

無道碴軌道之施工步驟，需先整備直結式彈性軌枕材料，排定封鎖日期、封鎖路線、拆除 PC 枕、挖除舊石碴運棄、運入彈性軌枕組裝軌框、調整軌道、運入混凝土灌注基座、解除封鎖恢復通車，概述如下。

4.1 彈性軌枕備品取用及整備

因彈性軌枕質量重體積大，當初鐵工局東工處移交之 1200 支備品軌枕，需有寬大之空地儲存，故當時存放於北迴線漢本站場東側貨場內。未料於 94 年 9 月 1 日強烈颱風泰利來襲，太平洋掀起大浪侵襲漢本站，除了將貨場內貨車打翻之外，更將堆置整齊之彈性軌枕打散，如圖 22、圖 23 所示。



圖 22 泰利颱風引發大浪打翻漢本站內貨車 圖 23 泰利颱風大浪沖散存置之彈性軌枕

因漢本站已不適宜存放彈性軌枕備品，於 95 年間即將軌枕清運至頭城站內儲存。但是在 99 年本案工程取用軌枕組裝基鋸時，發現當初遭泰利颱風大浪沖刷，導致預力軌枕上預埋的 4 個螺栓套筒均被海砂堵塞，內部鑄鐵螺紋受海水侵蝕，已銹蝕堵塞。

本案總計取用 450 根直結式軌枕，經立約商耗費大量人力，逐孔清理堵塞之海砂並加以洗孔，才能裝上螺栓及基鋸，為本工程設計時始料未及之情況，如圖 24、圖 25 所示。



圖 24 彈性軌枕洗孔



圖 25 按裝基鋸

彈性軌枕在按裝螺栓及基鋸後，即可組裝軌枕端部之防震箱。防震箱必須包裝緊密，避免於施打混凝土時被侵入泥漿，以保持彈性及防震之功能。如圖 26、圖 27 所示。



圖 26 彈性軌枕端部套裝防震箱



圖 27 套裝防震箱完成

4.2 挖除舊PC枕及石碴

隧道淨空狹窄，施工空間小，舊 PC 枕及舊石碴之挖除，如圖 28、圖 29 所示。



圖 28 挖除舊 PC 枕



圖 29 挖除舊石碴

隧道下方為岩盤，有部分凸出之岩石，或混凝土基座深度不足處所，均以破碎機打除並降挖，以符合設計高度，如圖 30、圖 31 所示。



圖 30 降挖



圖 31 打除仰拱岩盤

隧道內舊 PC 枕及石碴運棄，及彈性軌枕、混凝土等材料輸入，均採用工程維修車牽引貨車及特製平車載運，如圖 32、圖 33 所示。



圖 32 隧道內廢碴運棄



圖 33 材料輸送

4.3 無道碴軌道組裝

將彈性軌枕（含軌枕、基鋇、防震箱）組裝於軌道上，如圖 34、圖 35 所示。



圖 34 直結式彈性軌枕組裝 1



圖 35 直結式彈性軌枕組裝 2

混凝土採用 $280\text{kg}/\text{cm}^2$ 強度，作為無道碴軌道基座，並加入早強劑，以利儘速凝固，迅速提供支撐強度，每日施作之基座節塊約 5 公尺，如圖 36、圖 37 所示。



圖 36 當日節塊完成，表面抹平



圖 37 兩側隧道邊設有邊溝模板

4.4 臨時支撐

每 3 根軌枕（2.1 公尺）即施設一處 R.C 支撐柱，如圖 38、圖 39 所示。R.C 支撐柱為預鑄鋼筋混凝土塊，並預留錨定鋼筋，於施工時植入基礎岩盤，可穩固支撐列車載重，並與混凝土基座結為一體，施工後不拆除。



圖 38 預鑄之 R.C 支撐柱 1



圖 39 預鑄之 R.C 支撐柱 2

另為避免軌道受列車震動而側傾或扭曲，於側向支撐方面裝設可調整支撐桿，鎖定鋼軌及隧道側壁，以固定軌道水平方向，如圖 40、圖 41 所示。



圖 40 可調整側向支撐 1



圖 41 可調整側向支撐 2

4.5 完工後路況，如圖42、圖43、圖44、圖45所示。



圖 42 直結式無道碴軌道完成



圖 43 隧道北口曲線段



圖 44 直結式無道碴軌道完成



圖 45 隧道南口直線段

五、結論

5.1 施工遭遇之困難

本案於推動階段即有諸多疑慮，例如每日封鎖時間僅 5 小時，可預見每日工進有限。而最主要的疑慮在於施工完成解除封鎖後，第一趟列車的通行安全能否確保。在無類似經驗或前例可供參考之下，對於是否付諸實行，曾猶豫難決。

最後因噴泥情況日趨惡化，道班同仁投入大量人力養護，並經常調派中型砸道車協助，但受地下水上湧作用，養護工作難有顯著改善效果。經衡量各種因素後，終決定發包辦理改建。

本案於設計時，即設想施工中各種情況及可能遭遇之困難，並預先研擬解決方法，故實際施作時因各方面均已審慎考量，最終均能圓滿解決。所遭遇之困難說明如下：

- (1) 一號隧道無道路通達：施工地點無道路可通達，所有材料及挖土機等機具之輸送均採用工程維修車及特殊平車載運。
- (2) 封鎖時間短：需拆除軌道、打除岩石、舊 PC 枕及廢碴運棄，再運入彈性軌枕及混凝土。經過施工步驟的合理分配，全力趕工之下每天施作無道碴軌道長度仍可達 5~6 公尺。
- (3) 混凝土料源：本工程約於凌晨 2 時開始灌注基座混凝土，但混凝土預拌車無法到達工區，僅能於隧道外空地預先整備混凝土拌合場，以現場拌合工法取得供應。經嚴格之品管控制，每日施工之混凝土試體，經試驗結果均符合設計要求。
- (4) 解除封鎖恢復通車之行車安全：用預鑄鋼筋混凝土支撐柱作為主要臨時支撐，另以 H 型鋼支撐補強，及隧道側壁支撐桿等。另於混凝土加入由早強劑，以迅速提昇無道碴軌道強度。

5.2 結論

本案於施工期間即嚴謹面對各項困難，終能如期如質完成無道碴軌道之改建，完成後路況優良，先前之軌道噴泥不整情況已不復存在。本案之成功可為日後有改善需求之舊線，增加工法選擇參考。

5.3 建議

本工程原設計之軌道支撐系統，於實際施工時發現裝設繁瑣費時，實過於複雜。另在開挖時，常有異常地形，例如突岩及坑洞等凹凸不平情況，更增加支撐施設難度。而支撐系統攸關行車安全，必須將支撐施設穩固完善。

本段(宜蘭工務段)曾試驗以廢 PC 軌枕倒置於彈性軌枕下方(鋼軌下方處)，作為垂直支撐，但原設計可調整之側向支撐不變。經試驗結果，PC 軌枕質重、強度大且剛性佳，縱向置放時可同時支撐 3 根彈性軌枕，故整體軌框更為平整穩固，不易傾斜或下沈，在混凝土凝結前可提供足夠之支撐強度讓列車通行。而且施工更為簡易，軌道高程容易調整，如圖 46 及圖 47 所示。

本局之廢枕數量龐大取得容易，作為施工材料可節省經費，採用廢枕作為支撐經試驗更具安全性，可作為爾後類似工程之參考。

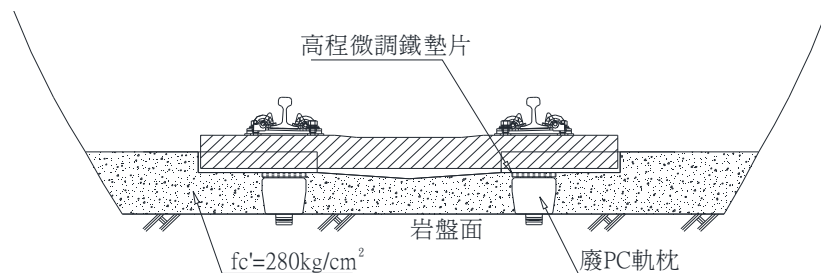


圖 46 試驗將廢 PC 枕倒置於彈性軌枕下方作為支撐（橫斷面圖）

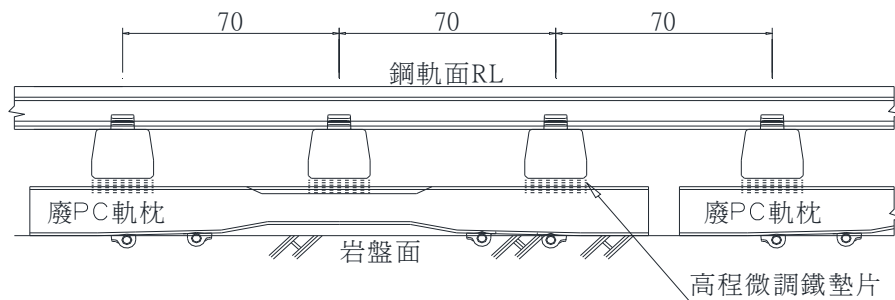


圖 47 試驗將廢 PC 枕倒置於彈性軌枕下方作為支撐（縱斷面圖）

參考文獻

- 1、 陳文德(2004)，宜蘭線蘇新～蘇澳間小半徑曲線加強阻力施作報告。
- 2、 聯合大地工程顧問股份有限公司(2010)，北迴線新永春隧道 K7+030~090 m 軌道隆起改善工程（委託規劃設計部分）。

軌道交通之相關發展

Relevant Developments in Railway Transportation

陳嘉昌¹ CHEN, JIA-CHANG

楊子贍² YANG, ZI-SHENG

王怡華³ WANG, YI-HUA

黃彥賓⁴ HUANG, YEN-PIN

聯絡地址：81160 高雄市楠梓區高楠公路 1001 號

Address: No.1001, Gaonan Highway, Nanzi Dist., Kaohsiung City 81160, Taiwan (R.O.C.)

電話：(07)351-3121#2916

Tel：(07)351-3121#2916

電子信箱：siohwa@mail.mirdc.org.tw

E-mail：siohwa@mail.mirdc.org.tw

摘要

軌道運輸與整個國家、人民生活息息相關，有如生命共同體。軌道交通建設投資規模龐大，工程複雜，包含建設、運營及設備採購…等等，整體影響到眾多產業。路軌系統係由鋼軌、扣件系統、枕木及道碴構成。其中扣件系統是軌道系統中一個重要之次系統，目前國內許多軌道重要配件，大多仰賴國外進口，然而，自1995年世界各國開始發展並致力推廣無道碴軌道，其目的在於減少軌道養護，以節省人力、物力、安全且合乎經濟與耐用之目標。交通部臺灣鐵路管理局擬提高軌道系統性能與降低軌道工程等維修保養成本，積極開發國內軌道工業，而隨著捷運、高鐵等城市軌道交通系統逐漸發展，軌道扣件使用量將與日俱增，隨著臺鐵、高鐵與各縣市捷運共構，即是我國軌道車輛產業業者引頸企盼的市場及商機。

關鍵詞：軌道工程、軌道扣件、運輸、軌道車輛。

Abstract

Railway transportation is closely connected to the entire country in the lives of the people, like a biological community. The scale of investment in the construction of railroad transportation is immense, and engineering projects are complex, encompassing tasks such as construction, operations and equipment procurement, and influence a number of industries. The track system is comprised of steel rails, fastening systems, and railroad ties. Among these, fastening systems are a critical subsystem of the railway system. Currently, Taiwan relies on foreign imports for most important railroad components; since 1995, however, countries around the world have begun to develop and actively promote ballastless railroads, the purpose being to reduce track maintenance, safely achieving the goals of being economical and durable while saving on manpower and resources. The Taiwan Railways Administration, Ministry of Transportation has plans to increase railway performance while reducing railroad engineering and other maintenance costs, actively developing the domestic railroad industry; and with the gradual

¹金屬工業研究發展中心 檢測技術發展組 組長

²金屬工業研究發展中心 檢測技術發展組 副組長

³金屬工業研究發展中心 檢測技術發展組 副工程師

⁴金屬工業研究發展中心 檢測技術發展組 副工程師

development of the MRT, high-speed rail and other urban rail transportation systems, the use of railways will steadily increase; the combination of TRA lines, high-speed rail, and county and city MRT systems bring Taiwanese businesses in the rail vehicle industry an attractive market and business opportunities.

Keywords: *railroad engineering, railroad fasteners, transport, rail vehicles*

一、前言

環顧目前國內之交通環境，公路系統方面隨著小汽車持有率的持續增加，城際間的公路交通已逐漸達到飽和，而在航空運輸方面，則又受限於航空場站設施（如航空站、跑道..等）、環境（如噪音污染）及運量太小（只佔城際間客運市場的 1 %左右）等因素，而無法成為交通運輸的主流，在這樣的情況下，快捷且運量大的鐵路系統，自然成為交通運輸部門用以解決臺灣地區未來城際間交通問題的方案。臺灣鐵路發展自清朝開始，至今已累積 120 餘年建設與經營鐵路之經驗，從最早期蒸汽火車至現今電力列車，從最初期迷你輕型鋼軌至今日每公尺 50、60 公斤重型鋼軌，隨著高度經濟成長及商業活動頻繁，加上運輸新穎科技之引進，致整體運輸系統在服務架構及運具使用上，均受到相當程度之衝擊而有大幅之改變，此項高度整合性工業，對各項系統的品質保證要求，在工業發達國家亦被視為領導工業發展指標之一。城市軌道運輸系統之所以受到各國的重視，是因為它的快捷、方便即建立在高速、間隔時間短的基礎上，其決定軌道車輛不僅要保持一定的速度，更重要的是要保證一定的數量，這樣才能形成持續的運力背景。

二、軌道車輛運輸發展

高鐵、傳統鐵路、捷運及正在推動的輕軌電車，促使臺灣將形成一完整之軌道運輸網，這是一場運輸工具革命，也是追趕先進國家腳步的正確方向，故隨著高鐵及各縣市捷運或輕軌計畫的陸續推展，更可藉以改善運輸效益而提昇經濟發展及國家競爭力。以下為世界與臺灣軌道發展歷程，國內軌道運輸通車系統，如圖 1 所示。

2.1 世界鐵路發展史

- 萌芽期（約 1825 年～1900 年）；
- 蓬勃期（約 1900 年～1945 年）；
- 衰退期（約 1946 年～1964 年）；
- 復甦期（約 1964 年後迄今）。

2.2 臺灣鐵路發展史

- 1891 年 11 月臺北－基隆段鐵路完工（32.2 km）。
- 1893 年 2 月臺北－新竹竣工（67.6 km）。
- 1895 年日據時代臺灣鐵路興建。
- 1908 年日據時代縱貫線通車。
- 1979 年西部鐵路幹線電氣化。
- 1992 年南迴鐵路完工通車。
- 1998 年臺北捷運木柵線通車。
- 1998 年臺灣高鐵公司與交通部簽訂「臺灣南北高速鐵路興建營運合約」及「臺灣南

北高速鐵路站區開發合約」。

2007 年高速鐵路「臺北-左營」站間全線通車營運。

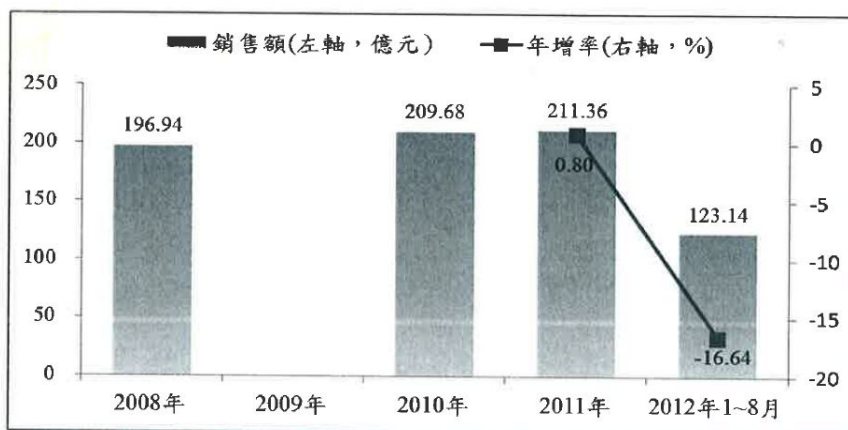
2010 年高雄捷運紅線通車營運。



圖 1 左上為臺鐵，右上為高鐵，左下為高捷，右下為北捷系統

2.3 臺灣軌道車輛市場與競爭力

隨著鐵路地下化、捷運、環狀輕軌興建及高鐵維修等交通建設方向，我國公共運輸政策以「軌道運輸為主、公路運輸為輔」為目標，製造業概況，雖然 1~8 月部分產業銷售額呈現下滑態勢，但部分產業銷售額呈現成長走勢，其中又以軌道車輛製造成長幅度最為顯著，年增率高達 44.36%，主要因素為國內捷運運輸量持續成長及臺鐵局因軌道系統汰換零件需求增加，使其銷售額明顯上揚，近四年未分類其他運輸零件製造業之各項產品銷售額，如圖 2 及表 1 所示。



注：1.以無動力車輛及零件製造、軌道車輛零件製造、航空器零件製造、嬰兒車製造以及其他未分類運輸工具及零件製造

2.為保護個資，部分細產業並無公布數據，故 2009 年無法統計。

資料來源：財政統計資料庫、台經院產經資料庫整理(2012 年 11 月)

圖 2 近 4 年未分類其他運輸零件製造業銷售額分析

表 1 國內軌運輸零件製造業之各項產品銷售額表

單位：百萬、%

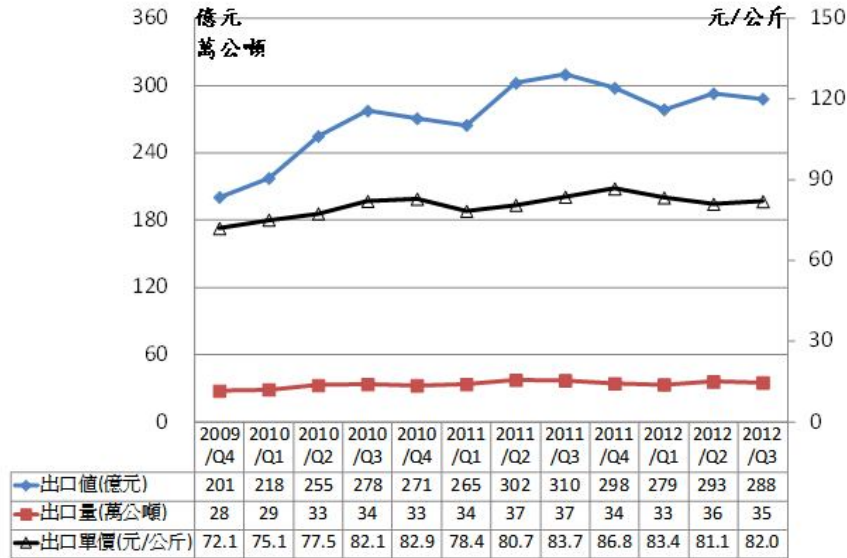
	2009	2010	2011	2012.01-08	年增率
無動力車輛及零件製造	480	600	504	377	5.44
軌道車輛零件製造	-	465	217	191	44.36
航空器零件製造	1,734	2,213	2,445	1,6296	2.39
嬰兒車製造	1,399	1,596	1,583	1,075	-0.26
其他未分類運輸工具及零件	1,0254	16,094	16,386	9,034	-22.15

然而軌道交通除軌道車輛外，構成系統運行之扣件更為重要一環，目前國內許多軌道扣件零配件仰賴進口，綜觀國內現有軌道工業皆附屬於機械與汽車產業，且生產較低層次或低附加價值產品，政府擬提高軌道系統性能與降低軌道工程等維修保養成本，應積極開發國內軌道工業，輔導業者從事相關產品開發，使我國能真正有系統建立軌道產品實績。

經觀察西元 2012 年運輸工具及零件製造業出口趨勢，如表 2 所示，及西元 2009 年 Q4~2012 年 Q3 我國全部扣件產品出口分析，如圖 3 所示，可知，扣件為我國金屬製品重要產業之一。加上多年形成之產業聚落及專業細密分工，在產品品質與交期的全球競爭力，不亞於資訊產業與高科技產業。在扣件產業中，軌道扣件隨著軌道工業的進化及高鐵、捷運、輕軌等現代化軌道配合城市發展因應而走向高價值化的發展方向。軌道扣件(Fastening)其主要功能在於避免鋼軌因列車經過而脫落；通常軌道扣件相關配件如鋼肩、軌道墊片及絕緣片等組成軌道扣件組。我國持續致力於軌道工程之改進，其重點在於研發-「安全、耐久、低養護、高經濟效益、低環境污染」的軌道系統。

表 2 2012 年運輸工具及零件製造業出口趨勢

運輸工具及零件製造業出口趨勢					
年份	2008	2009	2010	2011	2012
金額（百萬元）	70,349	60,343	60,109	49,836	46,369
年成長率（%）	20.11	-14.22	-0.39	-0.1709	-6.96
佔全體比重（%）	0.92	0.95	0.73	0.58 %	0.55



資料來源：台經院海關進出口資料庫/金屬中心 ITIS 計畫整理
圖 3 2009Q4~2012Q3 我國全部扣件出口分析

而扣件的主要功能乃提供固定鋼軌所需的力量，此力量的形成是由裝設軌道扣件時的預拉力所產生。由於鋼軌受到火車經過時產生各種外力，所以軌道扣件的一個重要功能指標便是其產生扣夾力的大小，從力學的概念可知軌道扣件之尺寸、形狀與材質係決定其扣夾力之重要因素。

英國 Pandrol International Limited 公司自西元 1937 年開始以生產各型軌道扣件系統聞名於世，其產品遍佈全球。所發展的各型扣夾泛稱為 Pandrol 扣夾並以 PR 型扣夾、e 型扣夾、快速扣夾（FastClip）最為著名。Pandrol e 型扣夾安裝方便且易於保養維修，如圖四所示，故目前廣泛使用於臺鐵局環島鐵路網各主要軌道路線，以此為一雛型設計。

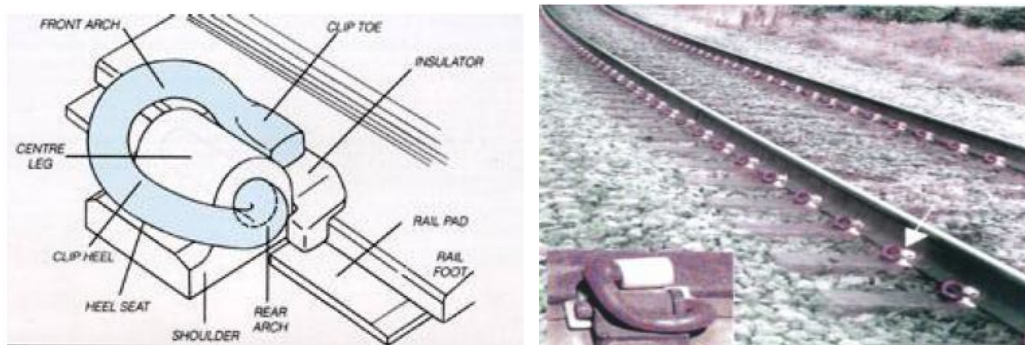


圖 4 e 型扣夾

過去由於國內軌道工業之系統設計整合能力較弱，大部分均透過工業合作 (ICP) 之機制，循序採國外提供車體，國內進行內裝工作(SKD)等方式，孕育國內電聯車相關產業製造能力。爰國內軌道工程技術慢慢純熟，軌道系統零配件，如 PC 軌枕、扣件、彈性基板、絕緣墊板、彈性材均可由國內自行生產，但相關組件仰賴進口為主。近期臺灣車輛股份有限公司藉由國外合作廠商之協助，建立自主性設計分析能力之平台，政府方面以臺鐵為例，藉由整體車隊汰舊換新採購案之執行，落實產業技術生根與萌芽，國內軌道技術發展如下：

1. 省力化

傳統道碴是軌道須經常投入大量人力、物力維修，佔鐵路營運成本甚大比

例；如何選擇適合之軌道型式且滿足各區環境需求，耐久且經濟省力化軌道系統，降低鋼軌磨耗，延長相關組件壽命，是軌道結構值得研發之領域。

2. 環境優化

軌道運輸不論於人或物的運載轉乘，一方面須改善噪音與視覺景觀、另一方面配合各縣市都是更新進行鐵路地下或高架化，促進地方發展。然在環境與環保意識抬頭，如何運用工程與藝術改善鐵路所產生噪音與震動，發展節能減污系統，配合視覺觀感和藝術優化乘車空間提高舒適度，方可在運輸市場勝過公路客運。

3. 舊有路線性能探討

軌道運輸，速度為一關鍵指標，提高運轉速度係鐵路經營業者努力目標。以臺灣而言改善舊式軌道、研發高速列車、開發彎道減速較少系統來提高速度，訂定出適合國內特性的高速化措施，為一重要課題。

政府政策已明訂未來大眾運輸以發展軌道交通系統為主，傳統鐵路方面在新購、更新及維修方面提供龐大的市場機會，若能有效掌握，將有利於重新加速發展軌道車輛工業。另加上捷運與高鐵新興市場廣大商機誘導下，我國軌道車輛處於蓬勃發展狀態中。因此，未來國內的軌道車輛相關之機電、材料等採購及維修零組件與扣件需求極大，帶動國內零組件廠商之投入，形成一產品供應鏈，是發展本產業良好機會，

三、結語

若將軌道車輛扣件(軌道扣件)產業以 **SWOT** 分析法，分析其產業競爭力，獲致如下：

<ul style="list-style-type: none"> ➢ 產品種類繁多且品質穩定，交貨準時，產品線完整，能配合客戶需求靈活調整。 ➢ 國內中小企業結構適合生產少量多樣的零組件，且週邊支援工業網綿密。 ➢ 我國仍擁有高素質的工程人才及勞力，優於其他亞洲新興國家。 ➢ 政府正推動軌道車輛發展，並提供財務與技術相關資援。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 業者規模屬中小型，研發升級不易。 ➢ 3K 行業，不易獲本土年輕人力資源投入，從業員老齡化趨勢嚴重。 ➢ 生產資源過度集中在中低碳鋼鍛件，附加價值偏低。 ➢ 高級鋼鐵材及非鐵材仰賴進口，來源難掌握，影響業者競爭力。
優勢(Strengths)	劣勢(Weaknesses)
機會(Opportunities)	威脅(Threats)
<ul style="list-style-type: none"> ➢ 軌道交通快速化，穩定、高值化趨勢，有助彈性軌道扣件的大量採用。 ➢ 大陸與東南亞近年推動軌道工業為重點工業，將帶動軌道扣件的需求。 ➢ 國際級企業進行全球分工體系，加強海外採購，工業合作計畫引進技術， 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 區域性保護主義興起及各國間簽訂 FTA，阻礙我國拓展外銷。 ➢ 軌道系統配件多由進口，產業根基薄弱，自主開發不易，難以拓展外銷市場。 ➢ 部分相關產業外移，零件需求減

<p>臺灣製零組件為其重要來源之一。</p> <p>➤ 政府推動高鐵、捷運與輕軌建設，有助提升國內軌道扣件開發，擴大需求。</p>	<p>少。</p> <p>➤ 大陸，東南亞新興國家挾低工資優勢，壓縮我國中、低價扣件市場。</p>
---	---

軌道車輛產業是高度技術密集且資本密集的產業，該產業投資額大、回收期長，不僅附加價值高，並可帶動龐大的關聯產業與改良交通運輸系統，對整合區域經濟結構具深遠影響。因此工業先進國家對於軌道車輛產業致力於產業升級，開發中國家則積極追求產業發展，是以，為產業之發展，政府應長期有計畫的推動與輔導，方能奠定軌道車輛產業之穩固基礎。

參考文獻

1. 李信賢(2001.3)，軌道車輛技術專題 軌道扣件的功能要求與設計。
2. 臺灣經濟研究院產經資料庫(2012.1)，未分類 其他運輸工具及零件製造業之現況與展望(代碼：19936)。
3. 交通部臺灣鐵路管理局(2012.1)，臺灣鐵路材料規範(工務材料) TRAS(E) 50 公斤用鋼軌扣夾規範。
4. 趙福生、陳奕耿(1998.8)，捷運技術半年刊地 39 期，臺北捷運工程軌道道岔演進。
5. 何煖軒、余朋憲(2013.3)，華人經濟研究第十一卷第一期，軌道車輛零組件產業全球化策略之前就-以 A 公司製造列車摩擦來料廠商為例。
6. 廖慶隆(2009.10)，中華顧問 40 周年特刊第 2 篇，軌道工程之回顧與展望。

臺鐵變電站 Le Blanc 變壓器與臺電瓦時表計費誤差之研析

A Study of Metering Discrepancies between Le Blanc Transformers and Taiwan Power Watt Hour Meters at TRA Transformer Stations

陳道新 CHEN, DAO-XIN¹

地址：臺北市延平北路 1 段 2 號

Address : No.2, Sec. 1, Yanping N. Rd., Datong Dist., Taipei City 10341, Taiwan (R.O.C.)

電話：(02) 2381-5226 轉 3431

TEL：(02) 2381-5226ext3431

電子信箱：tr500691@msa.tra.gov.tw

E-mail：tr500691@msa.tra.gov.tw

摘要

臺鐵路網沿線設置變電站，將台電供應之高壓電力利用變壓器降壓後，以架空電車線供應電力機車及電聯車牽引動力驅動系統，輔助供電系統及客車服務系統(包括空調、燈光...)等使用，因變壓器結線方式之不同，瓦時表有所誤差，同時對電費計算亦將造成多收或少計之異常現象，本文針對結線方式對電價計算之影響，利用 Le Blanc 變壓器向量分析，得知瓦時表量測值為『平均效應』，而理論計算值為『瞬間效應』，配合新設氣體絕緣開關(GIS)設備將 V-V 接瓦時表更換為 Y-Y 接瓦時表，將可消除計費誤差。

關鍵字：變壓器、結線方式、向量分析。

Abstract

Transformer stations are installed along the lines of Taiwan's railroad network, using transformers to convert the high-voltage electricity provided by the Taiwan Power Company to lower voltages, after which overhead lines are used to supply electric locomotives and the traction power drive systems of electric multiple units, supplement the power supply system and passenger service systems (such as air conditioning and lighting), and other purposes. Due to the differences in wiring between transformers, there are discrepancies between watt hour meters, which at the same time will lead to overcharges or undercounting of electricity fees. This paper examines the effects of wiring methods on the calculation of electricity fee. A Le Blanc transformer was used for vector analysis, finding that the values measured by watt hour meters are of the "average effect," while the theoretically calculated values are of "immediate effect." Combining newly-installed gas insulated switchgear (GIS) equipment with the conversion of V-V connected watt hour meters to Y-Y connected meters will reduce the discrepancies in electricity fee calculations.

Keywords: Transformers, wiring methods, vector analysis.

一、前言

臺鐵機車車輛使用之電力為單相負載，對台電三相電力系統將產生不平衡現象，藉由使用三相變二相之變壓器，可改善三相不平衡。環島路網電化區間（基隆~屏東；八堵~臺東）目前計有 19 處變電站，每變電站裝設 2 組 Le Blanc 結線變壓器，將臺電三相

¹臺鐵局臺北電力段 副段長

69 KV (或 161 KV) 電源轉變為二單相 25 KV 電源 (M、T 相，二者相差 90^0 相位角)，提供鐵路行車電力，如圖 1 所示。一般之三相變二相變壓器有 Scott 接法及 Le Blanc 接法兩種，前者是利用兩台獨立單相變壓器組合而成，後者為採用標準三相鐵心，接成二次側兩單相之變壓器。

Le Blanc 變壓器一次側為 Δ 接，二次側 M 相由兩繞組組成；T 相由三繞組組成，當 M、T 相負載相等時，臺電 (V-V 接) 瓦時表計費無誤差；惟當 M、T 相負載不相等時，將有一定比例之誤差。因臺鐵任一變電站供電里程約 40 公里，M、T 相分別向南 (或向北) 供電約 20 公里，該 20 公里內涵蓋 3~4 車站，M、T 相負載在任一變電站均有高低落差 (某些變電站 M 相大於 T 相；某些變電站 T 相大於 M 相)，而臺電 V-V 接瓦時表適用於三相平衡系統，而臺鐵三相系統不平衡會造成計費上之誤差。

二、新竹變電站擴建工程完成後之計費異常

新竹變電站擴建工程 (供電容量由 30 MVA 擴增為 50 MVA)，99 年 12 月完成啓用後，機務處反映每月電費增加約 30~40 %。經深入分析，發現電費增加來自於二部份，一是增加供電內灣線 (高鐵聯絡線)；另一是新竹變電站擴建前 (V-V 接瓦時表) 每月電費減收約 3 %，而擴建完成後配合新設 GIS 設備改採 Y-Y 接瓦時表，反映出真實電費 (無減收電費)。

新竹變電站 T 相 (往南供電) 供電距離 24.7 KM；M 相 (往北供電) 供電距離 19.3 KM，如圖 2 所示，內灣線新竹~竹中區段 (高鐵聯絡線) 99 年 12 月電化完成，由新竹變電站 T 相供電 (T 相負載大於 M 相負載)。

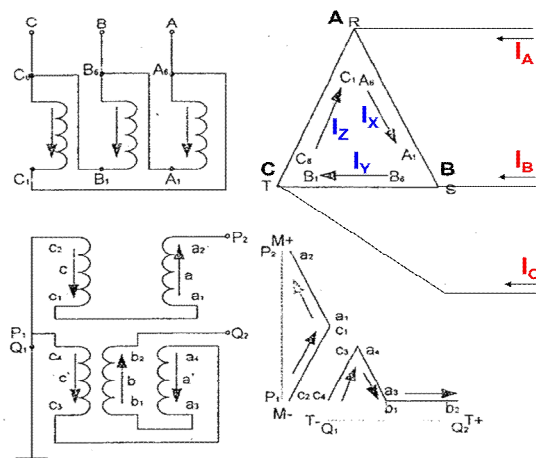


圖 1 Le Blanc 變壓器一二次側繞組及向量關係圖

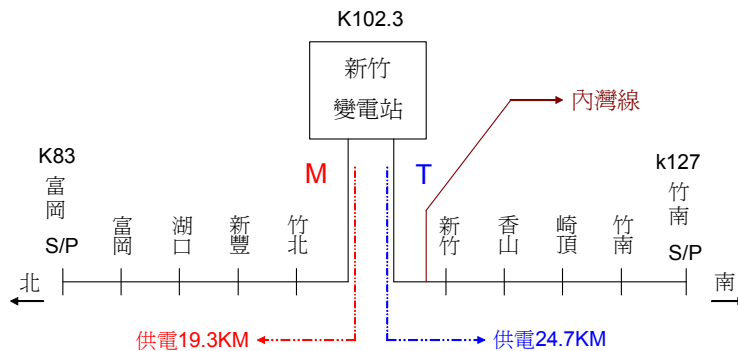


圖 2 新竹變電站供電範圍圖

三、理論分析

由 Le Blanc 變壓器向量圖可知，一次側△接之線電壓（ V_{AB} 、 V_{BC} 、 V_{CA} ）等於相電壓（ E_X 、 E_Y 、 E_Z ），線電流 I_A 、 I_B 、 I_C 落後相電流 I_X 、 I_Y 、 I_Z 30° 相位角；二次側 M、T 兩單相電流 I_M 、 I_T 相差 90° ，二次側 I_M 對應於一次側 I_A ，二者相差 180° ，如圖 3 所示。

若以 Y-Y 接瓦時表量測 Le Blanc 變壓器，可測得準確之耗電力，如圖 4、圖 5 所示，惟臺電公司以往均裝設 V-V 接瓦時表進行三相負載之量測，如圖 6~圖 9 所示。

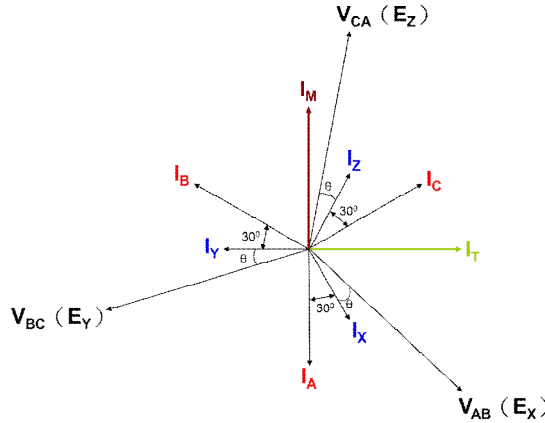
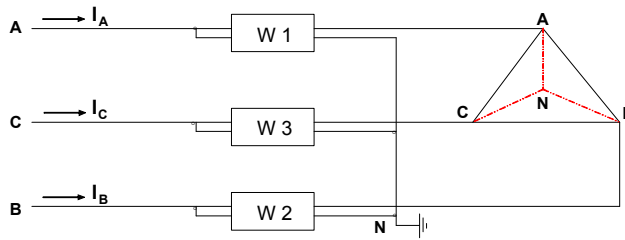


圖 3 Le Blanc 變壓器向量圖



$$\begin{aligned}
 P &= W1 + W2 + W3 \\
 &= V_{AN} I_A \cos \theta + V_{BN} I_B \cos \theta + V_{CN} I_C \cos \theta \\
 &= V_p I_p \cos \theta + V_p I_p \cos \theta + V_p I_p \cos \theta \\
 &= 3 V_p I_p \cos \theta
 \end{aligned}$$

圖 4 Y-Y 接瓦時表量測 Le Blanc 變壓器

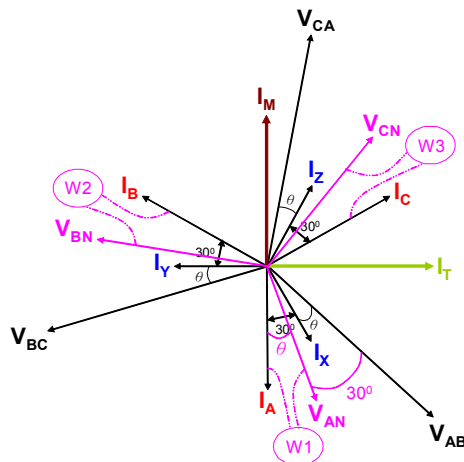


圖 5 Y-Y 接瓦時表量測 Le Blanc 變壓器向量圖



圖 6 臺電公司 V-V 接瓦時表外觀圖

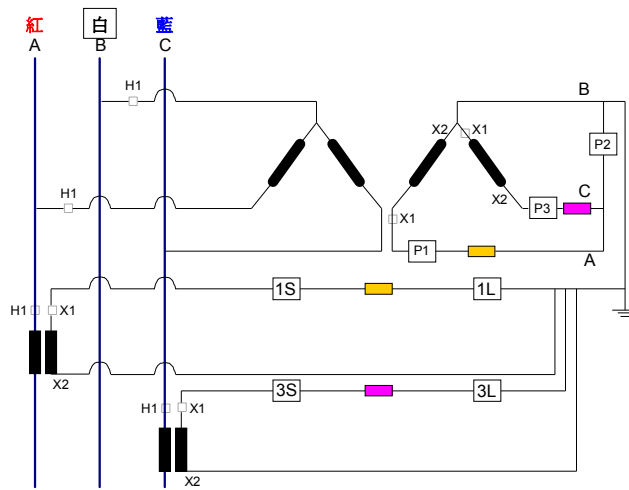
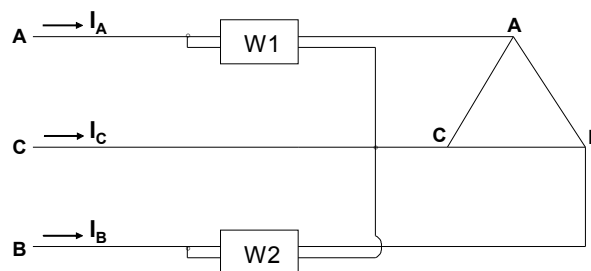


圖 7 臺電公司 V-V 接瓦時表接線圖



$$\begin{aligned}
 P &= W1 + W2 \\
 &= V_{AC} I_A \cos(30^\circ - \theta) + V_{BC} I_B \cos(30^\circ + \theta) \\
 &= V_L I_L (2 \cos 30^\circ \cos \theta) \\
 &= \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta
 \end{aligned}$$

圖 8 V-V 接瓦時表量測 Le Blanc 變壓器

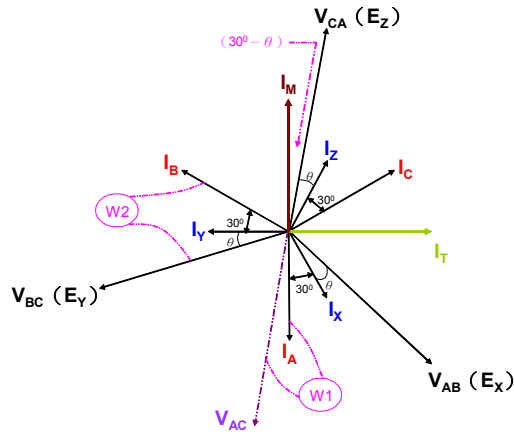


圖 9 V-V 接瓦時表量測 Le Blanc 變壓器向量圖

當 M 相（或 T 相）全停電時，觀察 T 相（M 相）在不同高低負載時，Le Blanc 變壓器一次線電流變化情形，如圖 10、圖 11 所示。

若 T 相全停，僅由 M 相供電，當 M 相滿載時，主變壓器電流分佈圖。

	線電流	相電流
A相	83.6A	41.8A
B相	41.8A	0A
C相	41.8A	41.8A

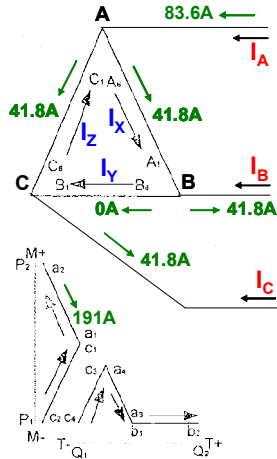


圖 10 T 項停電 M 項滿載之電流分布情形

若 M 相全停，僅由 T 相供電，當 T 相滿載時，主變壓器電流分佈圖。

	線電流	相電流
A相	0A	24A
B相	72A	48A
C相	72A	24A

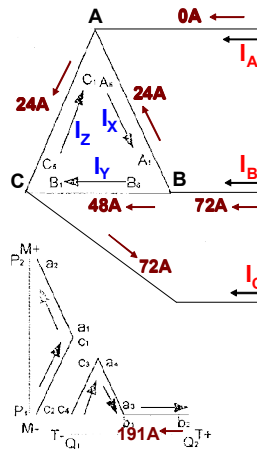
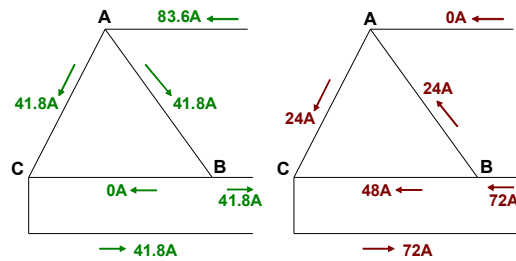


圖 11 M 項停電 T 項滿載之電流分布情形

此二情況其合成效應 I_A 、 I_B 、 I_C 均達滿載 83.6A，如圖 12 所示。



$$\sqrt{(83.6)^2 + (0)^2} = 83.6A (I_A)$$

$$\sqrt{(41.8)^2 + (72)^2} = 83.6A (I_B \cdot I_C)$$

圖 12 M 項及 T 項合成效應

分別以 M 相(或 T 相)滿載、半載時，另一相負載由 100 %、70 %、50 %、30 %、0 % 遞減狀況下，計算 V-V 接兩只瓦時表與 Y-Y 接三只瓦時表合成讀數之差值，以推算 V-V 接計費與 Y-Y 接計費之誤差比例。

一、M、T 相均滿載時：

$$W1 = 83.6A \times 69KV = 5768.4KW$$

$$W2 = 83.6A \times 69KV = 5768.4KW$$

$$W3 = 83.6A \times 69KV = 5768.4KW$$

雙瓦時表	三瓦時表
$P = (W1 + W2) \cos 30^\circ$ $= (5768.4 + 5768.4) \cos 30^\circ$ $= 9991KW$	$P = (W1 + W2 + W3) \div \sqrt{3}$ $= (5768.4 + 5768.4 + 5768.4) \div \sqrt{3}$ $= 9991KW$
主變壓器二次側：191A × 26125V × 2相 = 9980KW	

結論：M、T 相負載相等時，雙瓦時表與三瓦時表計費無誤差

二、M 相滿載 (41.8A)，T 相由滿載遞減至無載：

(一) T 相 70% 負載時 (72A × 70% ≈ 50A)：

$$I_B \cdot I_C = \sqrt{(41.8A)^2 + (50A)^2} = 65A$$

$$I_A = 83.6A$$

$$W1 = 83.6A \times 69KV = 5768.4KW$$

$$W2 = 65A \times 69KV = 4485KW$$

$$W3 = 65A \times 69KV = 4485KW$$

雙瓦時表	三瓦時表
$P = (W1 + W2) \cos 30^\circ$ $= 8879KW$	$P' = (W2 + W3) \cos 30^\circ$ $= 7768KW$
$P = (W1 + W2 + W3) \div \sqrt{3}$ $= 8509KW$	

1、(W1 + W2)：

$$\frac{8879 - 8509}{8509} \times 100\% = 4.3\% \text{ (臺電增收)}$$

2、(W2 + W3)：

$$\frac{7768 - 8509}{8509} \times 100\% = -8.7\% \text{ (臺電減收)}$$

(二) T相50%負載時 (72A×50%≒35A) :

$$I_B、I_C = \sqrt{(41.8A)^2 + (35A)^2} = 54.5A$$

$$I_A = 83.6A$$

$$W1 = 83.6A \times 69KV = 5768.4KW$$

$$W2 = 54.5A \times 69KV = 3760.5KW$$

$$W3 = 54.5A \times 69KV = 3760.5KW$$

雙瓦時表		三瓦時表
$P = (W1+W2) \cos 30^\circ$ = 8252KW	$P' = (W2+W3) \cos 30^\circ$ = 6513KW	$P = (W1+W2+W3) \div \sqrt{3}$ = 7672KW

(三) T相30%負載時 (72A×30%≒20A) :

$$I_B、I_C = \sqrt{(41.8A)^2 + (20A)^2} = 46.3A$$

$$I_A = 83.6A$$

$$W1 = 83.6A \times 69KV = 5768.4KW$$

$$W2 = 46.3A \times 69KV = 3194.7KW$$

$$W3 = 46.3A \times 69KV = 3194.7KW$$

雙瓦時表		三瓦時表
$P = (W1+W2) \cos 30^\circ$ = 7762KW	$P' = (W2+W3) \cos 30^\circ$ = 5533KW	$P = (W1+W2+W3) \div \sqrt{3}$ = 7019KW

雙瓦時表		三瓦時表
$P = (W1+W2) \cos 30^\circ$ = 7762KW	$P' = (W2+W3) \cos 30^\circ$ = 5533KW	$P = (W1+W2+W3) \div \sqrt{3}$ = 7019KW

1、(W1+W2) :

$$\frac{7762 - 7019}{7019} \times 100\% = 10.6\% \text{ (臺電增收)}$$

2、(W2+W3) :

$$\frac{5533 - 7019}{7019} \times 100\% = -21.2\% \text{ (臺電減收)}$$

(四) T相無載時 (0A) :

$$I_B、I_C = \sqrt{(41.8A)^2 + (0A)^2} = 41.8A$$

$$I_A = 83.6A$$

$$W1 = 83.6A \times 69KV = 5768.4KW$$

$$W2 = 41.8A \times 69KV = 2884.2KW$$

$$W3 = 41.8A \times 69KV = 2884.2KW$$

雙瓦時表		三瓦時表
$P = (W1+W2) \cos 30^\circ$ = 7493KW	$P' = (W2+W3) \cos 30^\circ$ = 4995KW	$P = (W1+W2+W3) \div \sqrt{3}$ = 6660KW

雙瓦時表		三瓦時表
$P = (W1+W2) \cos 30^\circ$ = 7493KW	$P' = (W2+W3) \cos 30^\circ$ = 4995KW	$P = (W1+W2+W3) \div \sqrt{3}$ = 6660KW

1、(W1+W2) :

$$\frac{7493 - 6660}{6660} \times 100\% = 12.5\% \text{ (臺電增收)}$$

2、(W2+W3) :

$$\frac{4995 - 6660}{6660} \times 100\% = -25\% \text{ (臺電減收)}$$

三、M相半載（20A），T相由滿載遞減至無載：

（一）T相滿載時（72A）：

$$I_B、I_C = \sqrt{(20A)^2 + (72A)^2} = 74.7A$$

$$I_A = 40A$$

$$W1 = 40A \times 69KV = 2760KW$$

$$W2 = 74.7A \times 69KV = 5154.3KW$$

$$W3 = 74.7A \times 69KV = 5154.3KW$$

雙瓦時表		三瓦時表
$P = (W1 + W2) \cos 30^\circ$ = 6853KW	$P' = (W2 + W3) \cos 30^\circ$ = 8927KW	$P = (W1 + W2 + W3) \div \sqrt{3}$ = 7545KW

雙瓦時表		三瓦時表
$P = (W1 + W2) \cos 30^\circ$ = 6853KW	$P' = (W2 + W3) \cos 30^\circ$ = 8927KW	$P = (W1 + W2 + W3) \div \sqrt{3}$ = 7545KW

1、(W1+W2)：

$$\frac{6853 - 7545}{7545} \times 100\% = -9.2\% \text{ (臺電減收)}$$

2、(W2+W3)：

$$\frac{8927 - 7545}{7545} \times 100\% = 18.3\% \text{ (臺電增收)}$$

（二）T相70%負載時（72A×70%≈50A）：

$$I_B、I_C = \sqrt{(20A)^2 + (50A)^2} = 53.8A$$

$$I_A = 40A$$

$$W1 = 40A \times 69KV = 2760KW$$

$$W2 = 53.8A \times 69KV = 3712.2KW$$

$$W3 = 53.8A \times 69KV = 3712.2KW$$

雙瓦時表		三瓦時表
$P = (W1 + W2) \cos 30^\circ$ = 5605KW	$P' = (W2 + W3) \cos 30^\circ$ = 6429KW	$P = (W1 + W2 + W3) \div \sqrt{3}$ = 5880KW

（三）T相50%負載時（72A×50%≈35A）：

$$I_B、I_C = \sqrt{(20A)^2 + (35A)^2} = 40.3A$$

$$I_A = 40A$$

$$W1 = 40A \times 69KV = 2760KW$$

$$W2 = 40.3A \times 69KV = 2780.7KW$$

$$W3 = 40.3A \times 69KV = 2780.7KW$$

雙瓦時表		三瓦時表
$P = (W1 + W2) \cos 30^\circ$ = 4798KW	$P' = (W2 + W3) \cos 30^\circ$ = 4816KW	$P = (W1 + W2 + W3) \div \sqrt{3}$ = 4804KW

雙瓦時表		三瓦時表
$P = (W1 + W2) \cos 30^\circ$ = 5605KW	$P' = (W2 + W3) \cos 30^\circ$ = 6429KW	$P = (W1 + W2 + W3) \div \sqrt{3}$ = 5880KW

1、(W1+W2)：

$$\frac{5605 - 5880}{5880} \times 100\% = -4.7\% \text{ (臺電減收)}$$

2、(W2+W3)：

$$\frac{6429 - 5880}{5880} \times 100\% = 9.3\% \text{ (臺電增收)}$$

雙瓦時表		三瓦時表
$P = (W1 + W2) \cos 30^\circ$ = 4798KW	$P' = (W2 + W3) \cos 30^\circ$ = 4816KW	$P = (W1 + W2 + W3) \div \sqrt{3}$ = 4804KW

1、(W1+W2)：

$$\frac{4798 - 4804}{4804} \times 100\% = -0.1\%$$

2、(W2+W3)：

$$\frac{4816 - 4804}{4804} \times 100\% = 0.2\%$$

M、T相均半載時 (M、T相負載相等)，雙瓦時表與三瓦時表計費無誤差

(四) T相30%負載時 (72A×30%≐20A)：

$$I_B、I_C = \sqrt{(20A)^2 + (20A)^2} = 28.2A$$

$$I_A = 40A$$

$$W1 = 40A \times 69KV = 2760KW$$

$$W2 = 28.2A \times 69KV = 1945.8KW$$

$$W3 = 28.2A \times 69KV = 1945.8KW$$

雙瓦時表		三瓦時表
$P = (W1 + W2) \cos 30^\circ$ = 4075KW	$P' = (W2 + W3) \cos 30^\circ$ = 3370KW	$P = (W1 + W2 + W3) \div \sqrt{3}$ = 3840KW

雙瓦時表		三瓦時表
$P = (W1 + W2) \cos 30^\circ$ = 4075KW	$P' = (W2 + W3) \cos 30^\circ$ = 3370KW	$P = (W1 + W2 + W3) \div \sqrt{3}$ = 3840KW

1、(W1+W2)：

$$\frac{4075 - 3840}{3840} \times 100\% = 6.1\% \text{ (臺電增收)}$$

2、(W2+W3)：

$$\frac{3370 - 3840}{3840} \times 100\% = -12.2\% \text{ (臺電減收)}$$

(五) T相無載時 (0A) :

$$I_B、I_C = \sqrt{(20A)^2 + (0A)^2} = 20A$$

$$I_A = 40A$$

$$W1 = 40A \times 69KV = 2760KW$$

$$W2 = 20A \times 69KV = 1380KW$$

$$W3 = 20A \times 69KV = 1380KW$$

雙瓦時表		三瓦時表
$P = (W1 + W2) \cos 30^\circ$ = 3585KW	$P' = (W2 + W3) \cos 30^\circ$ = 2390KW	$P = (W1 + W2 + W3) \div \sqrt{3}$ = 3187KW

雙瓦時表		三瓦時表
$P = (W1 + W2) \cos 30^\circ$ = 3585KW	$P' = (W2 + W3) \cos 30^\circ$ = 2390KW	$P = (W1 + W2 + W3) \div \sqrt{3}$ = 3187KW

1、(W1+W2) :

$$\frac{3585 - 3187}{3187} \times 100\% = 12.5\% \text{ (臺電增收)}$$

2、(W2+W3) :

$$\frac{2390 - 3187}{3187} \times 100\% = -25\% \text{ (臺電減收)}$$

四、T相滿載 (72A) , M相由滿載遞減至無載 :

(一) M相70%負載時 (83.6A×70%≐60A) :

$$I_B、I_C = \sqrt{(30A)^2 + (72A)^2} = 78A$$

$$I_A = 60A$$

$$W1 = 60A \times 69KV = 4140KW$$

$$W2 = 78A \times 69KV = 5382KW$$

$$W3 = 78A \times 69KV = 5382KW$$

雙瓦時表		三瓦時表
$P = (W1 + W2) \cos 30^\circ$ = 8246KW	$P' = (W2 + W3) \cos 30^\circ$ = 9321KW	$P = (W1 + W2 + W3) \div \sqrt{3}$ = 8604KW

雙瓦時表		三瓦時表
$P = (W1 + W2) \cos 30^\circ$ = 8246KW	$P' = (W2 + W3) \cos 30^\circ$ = 9321KW	$P = (W1 + W2 + W3) \div \sqrt{3}$ = 8604KW

1、(W1+W2) :

$$\frac{8246 - 8604}{8604} \times 100\% = -4.3\% \text{ (臺電減收)}$$

2、(W2+W3) :

$$\frac{9321 - 8604}{8604} \times 100\% = 8.3\% \text{ (臺電增收)}$$

如前公式可推導出 T 相滿載，M 相 50 %、30 %、0 % 負載；及 T 相半載，M 相 100 %、0 %、50 %、30 %、0 % 負載時電費差異百分比。

五、T 相半載 (36A)，M 相由滿載遞減至無載：

(一) M 相滿載時 (83.6A)：

$$I_B、I_C = \sqrt{(41.8A)^2 + (36A)^2} = 55.1A$$

$$I_A = 83.6A$$

$$W1 = 83.6A \times 69KV = 5768.4KW$$

$$W2 = 55.1A \times 69KV = 3802KW$$

$$W3 = 55.1A \times 69KV = 3802KW$$

雙瓦時表		三瓦時表
$P = (W1 + W2) \cos 30^\circ$ = 8288KW	$P' = (W2 + W3) \cos 30^\circ$ = 6585KW	$P = (W1 + W2 + W3) \div \sqrt{3}$ = 7720KW

雙瓦時表		三瓦時表
$P = (W1 + W2) \cos 30^\circ$ = 8288KW	$P' = (W2 + W3) \cos 30^\circ$ = 6585KW	$P = (W1 + W2 + W3) \div \sqrt{3}$ = 7720KW

1、(W1+W2)：

$$\frac{8288 - 7720}{7720} \times 100\% = 7.3\% \text{ (臺電增收)}$$

2、(W2+W3)：

$$\frac{6585 - 7720}{7720} \times 100\% = -14.7\% \text{ (臺電減收)}$$

電費增、減收綜合曲線圖，如圖 13、圖 14 所示：

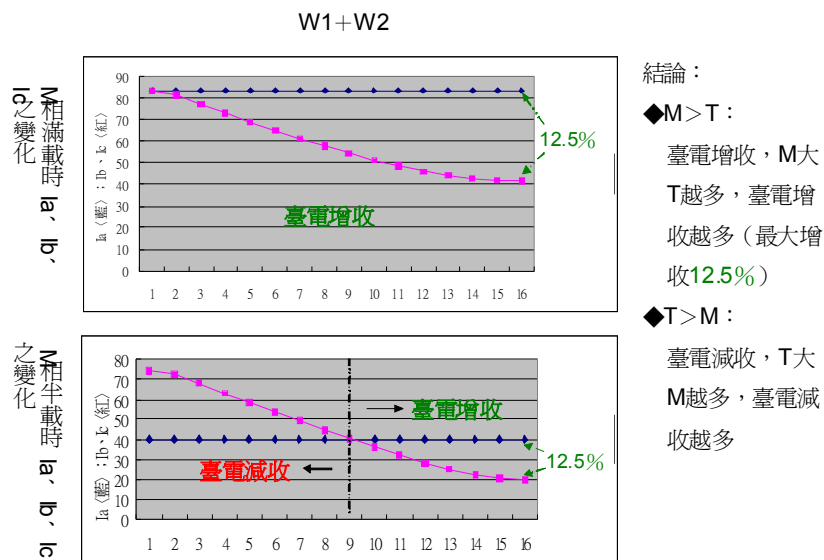


圖 13 M 相變化電費增、減收曲線圖

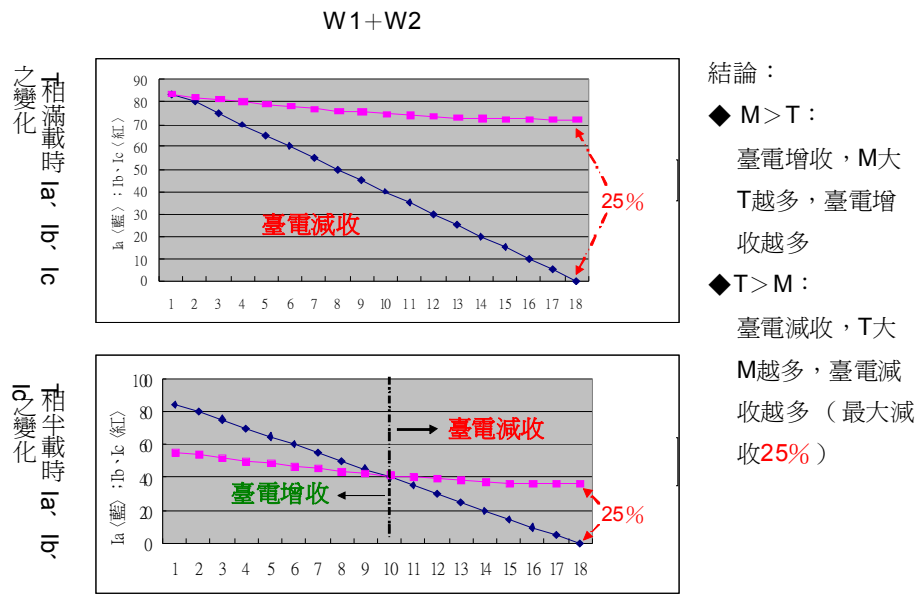


圖 14 T 相變化電費增、減收曲線圖

四、實務量測

臺北電力段轄區共有四處變電站（南港、樹林、內壢、新竹），每處變電站裝設 4 只瓦時表（M 相 2 只、T 相 2 只），該 4 只瓦時表反映真實耗電力，可與臺電每月電費單用電度數作比對，如表 1 所示，以瞭解理論分析和實務量測之誤差值。

表 1 臺北電力段轄區四處變電站 M、T 相負載輕重比較


變電站	M 相	T 相	M、T 比例	備註
南港	輕（往南）	重（往北）	M 約為 T 之 43 %	
樹林	M、T 大致相等			
內壢	重（往南）	輕（往北）	T 約為 M 之 31 %	
新竹	輕（往北）	重（往南）	M 約為 T 之 90 %	內灣(高鐵聯絡線)通車前
	輕（往北）	重（往南）	M 約為 T 之 73 %	內灣(高鐵聯絡線)通車後

因內壢變電站 M、T 相負載比例相差最懸殊（T 約為 M 之 31 %），及新竹變電站擴建完成後電費有異常增加情形，故選定內壢、新竹兩變電站進行量測分析。

4.1 新竹變電站（Y-Y 接瓦時表）量測及分析

- (1) 統計 99 年 1 月~101 年 9 月丙檢表（每月 2 次）瓦時表讀數，可獲得二次側量得之每月用電度數；從臺電公司每月電費單，可得知一次側量得之用電度數。
- (2) 因上述量測週期並不相同，須換算成同一週期加以比對，換算方式如下(以 101 年 6 月臺電電費單，如圖 15 所示)。

- (3)圖 14 用電計費期間：101 年 4 月 27 日~101 年 5 月 29 日（用電日數 33 天），用電度數（尖峰 248 萬 6,400 度+半尖峰 57 萬 4,000 度+離峰 142 萬 8,000 度）=448 萬 8,400 度。
- (4)101 年 4 月下旬~6 月上旬丙檢日期分別為 4/25、5/10、5/25、6/11。其中 5/10 丙檢抄得之瓦時表讀數係 4/26~ 5/10（15 天）之用電度數；5/25 丙檢抄得之瓦時表讀數係 5/11~5/25（15 天）之用電度數，「101 年 5 月」用電度數為 442 萬 6,000 度（15 天+15 天=30 天計費週期）。
- (5)臺電電費單 448 萬 8,400 度×30 天÷33 天=408 萬 363 度（442 萬 6,000 度-408 萬 363 度）÷408 萬 363 度=8.5%。
- (6)會產生 8.5 %之誤差，係因瓦時表與 PT 比值未正確匹配所致。PT：27.5 KV/110 V（250 倍），CT：800 A/1A（800 倍），250 倍×800 倍=200,000 倍；而瓦時表規格〔PT：27.5 KV/100V（275 倍），CT：800 A/1A（800 倍），275 倍×800 倍=220,000 倍〕，計費有虛增情形。101 年 9 月 12 日更換新瓦時表〔規格 PT：27.5 KV/110V，CT：800 A/1A，250 倍×800 倍=200,000 倍〕。
- (7)上述丙檢表瓦時表讀數（442 萬 6,000 度）須予修正：442 萬 6,000 度×200,000 倍÷220,000 倍=402 萬 3,636 度（408 萬 363 度-402 萬 3,636 度）÷402 萬 3,636 度=1.4%〔Y-Y 接瓦時表與本局瓦時表量測之「誤差因子」〕。



台灣電力公司 101 年 06 月電費通知單(高壓需用用戶)

www.taipower.com.tw

貴用戶本期用電辦法 CO₂約 2746901
敬請節約用電，以減少 CO₂排放，降低地球暖化

100
 北市中正區北平西路3號5樓(機務處管理課)
 交通部臺灣鐵路管理局

先生/女士/寶號
R06K001

本單僅作通知用，付款時當另給收據，其他事項請參閱背面說明。

◎電號: 06-18-0403-51-5

◆繳費期限101年06月20日

◆用電計費期間101年04月27日至101年05月29日 (用電日數 33 天)

本月抄表日期101年05月30日
 下次抄表日期101年06月28日

收據月份: 101年06月 用電種類: 高壓需用電力非營業用電

用戶資料: 統一編號 07524729 電表號碼 010600466
 本公司營業統一編號 46616303 收據號碼 R00608397

輸送電組別: I 饋線代號 EC87

用電地址: 新竹市水溪里甘樂里 80 之 3 號

用電資料:	
經常(尖峰)契約容量(瓩)	6900
經常(尖峰)最高需量(瓩)	6900
備用契約容量(瓩)	6900
備用率	8
離峰最高需量(瓩)	6900
功率因數	91
尖峰用電度數	2486400
週六半尖峰用電度數	574000
週六半尖峰最高需量	6900
離峰用電度	1428000
去年同期用電度數	3967600
去年同期用電日數	32
較去年同期(度)	+520800

抄表指數:

表別	本月	上月	電表倍數	例外
1	01317.7	01228.5	14000	
2	01375.5	01287.1	14000	
3	00784.8	00733.4	14000	
4	00409.3	00332.9	14000	
5	00405.6	00332.9	14000	
6	009.118	008.434	14000	7
8	007.593	007.593	14000	7
11	00280.7	00260.1	14000	
12	006.288	006.288	14000	7

表別說明見背面

計費內容:

基本電費	1083206.8元
流動電費	8714441.4元
功率因數調整費	-161661.1元
電費金額	9177130.0元
營業稅	458857.0元
應繳總金額	9,635,987元
本期較前期(度)	+547400
去年下期用電度數	4043200
去年下期用電日數	30

圖 15 新竹變電站 101 年 6 月電費單

4.2 內壢變電站（V-V 接瓦時表）量測及分析

比照新竹變電站模式，統計 99 年 1 月~101 年 9 月內壢變電站丙檢表瓦時表讀數，並與臺電每月電費單作換算比對，可得到 100 年 1 月~101 年 9 月臺電超收電費統計資料：

(1)100 年 1 月電費單（計費期間：11/26~12/29→34 天）293 萬 7,600 度。

丙檢：11/24，12/10，12/27，1/10（合計 12/10、12/27→33 天用電度數 288 萬 2,000 度）。

$$293 \text{ 萬 } 7,600 \text{ 度} \times 33 \text{ 天} \div 34 \text{ 天} = 285 \text{ 萬 } 1,200 \text{ 度}。$$

$$(288 \text{ 萬 } 2,000 \text{ 度} - 285 \text{ 萬 } 1,200 \text{ 度}) \div 288 \text{ 萬 } 2,000 \text{ 度} = 1 \%。$$

(2)100 年 2 月電費單（計費期間：12/30~1/27→29 天）231 萬 8,400 度。

丙檢：12/27，1/10，1/31，2/10（合計 1/10、1/31→35 天用電度數 270 萬 2,000 度）。

$$231 \text{ 萬 } 8,400 \text{ 度} \times 35 \text{ 天} \div 29 \text{ 天} = 279 \text{ 萬 } 8,068 \text{ 度}。$$

$$(279 \text{ 萬 } 8,068 \text{ 度} - 270 \text{ 萬 } 2,000 \text{ 度}) \div 270 \text{ 萬 } 2,000 \text{ 度} = 3.5 \% \text{ (超收)}。$$

(3)100 年 3 月電費單（計費期間：1/28~2/23→27 天）208 萬 5,600 度。

丙檢：1/31，2/10，2/25，3/11（合計 2/10、2/25→25 天用電度數 187 萬 3,000 度）。

$$208 \text{ 萬 } 5,600 \text{ 度} \times 25 \text{ 天} \div 27 \text{ 天} = 193 \text{ 萬 } 1,111 \text{ 度}。$$

$$(193 \text{ 萬 } 1,111 \text{ 度} - 187 \text{ 萬 } 3,000 \text{ 度}) \div 187 \text{ 萬 } 3,000 \text{ 度} = 3.1 \% \text{ (超收)}。$$

(4)100 年 4 月電費單（計費期間：2/24~3/29→34 天）260 萬 6,400 度。

丙檢：2/25，3/11，3/28，4/11（合計 3/11、3/28→31 天用電度數 231 萬 5,000 度）。

$$260 \text{ 萬 } 6,400 \text{ 度} \times 31 \text{ 天} \div 34 \text{ 天} = 237 \text{ 萬 } 6,423 \text{ 度}。$$

$$(237 \text{ 萬 } 6,423 \text{ 度} - 231 \text{ 萬 } 5,000 \text{ 度}) \div 231 \text{ 萬 } 5,000 \text{ 度} = 2.6 \% \text{ (超收)}。$$

(5)100 年 5 月電費單（計費期間：3/30~4/27→29 天）227 萬 2,800 度。

丙檢：3/28，4/11，4/25，5/10（合計 4/11、4/25→28 天用電度數 212 萬 8,000 度）。

$$227 \text{ 萬 } 2,800 \text{ 度} \times 28 \text{ 天} \div 29 \text{ 天} = 219 \text{ 萬 } 4,427 \text{ 度}。$$

$$(219 \text{ 萬 } 4,427 \text{ 度} - 212 \text{ 萬 } 8,000 \text{ 度}) \div 212 \text{ 萬 } 8,000 \text{ 度} = 3.1 \% \text{ (超收)}。$$

(6)100 年 6 月電費單（計費期間：4/28~5/29→32 天）252 萬 7,200 度。

丙檢：4/25，5/10，5/25，6/10（合計 5/10、5/25→30 天用電度數 232 萬 5,000 度）。

$$252 \text{ 萬 } 7,200 \text{ 度} \times 30 \text{ 天} \div 32 \text{ 天} = 236 \text{ 萬 } 9,250 \text{ 度}。$$

$$(236 \text{ 萬 } 9,250 \text{ 度} - 232 \text{ 萬 } 5,000 \text{ 度}) \div 232 \text{ 萬 } 5,000 \text{ 度} = 1.9 \% \text{ (超收)}。$$

(7)100 年 7 月電費單（計費期間：5/30~6/28→30 天）246 萬 7,200 度。

丙檢：5/25，6/10，6/24，7/11（合計 6/10、6/24→29 天用電度數 239 萬 6,000 度）。

$$246 \text{ 萬 } 7,200 \text{ 度} \times 29 \text{ 天} \div 30 \text{ 天} = 238 \text{ 萬 } 4,960 \text{ 度}。$$

$$(239 \text{ 萬 } 6,000 \text{ 度} - 238 \text{ 萬 } 4,960 \text{ 度}) \div 239 \text{ 萬 } 6,000 \text{ 度} = 0.5 \%。$$

- (8)100年8月電費單(計費期間：6/29~7/27→29天) 238萬800度。
 丙檢：6/24, 7/11, 7/26, 8/10(合計7/11、7/26→32天用電度數256萬5,000度)。
 $238萬800度 \times 32天 \div 29天 = 262萬7,089度。$
 $(262萬7,089度 - 256萬5,000度) \div 256萬5,000度 = 2.4\% (超收)。$
- (9)100年9月電費單(計費期間：7/28~8/29→33天) 269萬5,200度。
 丙檢：7/26, 8/10, 8/25, 9/7(合計8/10、8/25→30天用電度數239萬9,000度)。
 $269萬5,200度 \times 30天 \div 33天 = 245萬181度。$
 $(245萬181度 - 239萬9,000度) \div 239萬9,000度 = 2.1\% (超收)。$
- (10)100年10月電費單(計費期間：8/30~9/28→30天) 244萬5,600度。
 丙檢：8/25, 9/7, 9/26, 10/7(合計9/7、9/26→32天用電度數255萬度)。
 $244萬5,600度 \times 32天 \div 30天 = 260萬8,640度。$
 $(260萬8,640度 - 255萬度) \div 255萬度 = 2.3\% (超收)。$
- (11)100年11月電費單(計費期間：9/29~10/27→29天) 230萬6,400度。
 丙檢：9/26, 10/7, 10/25, 11/9(合計10/7、10/25→30天用電度數227萬2,000度)。
 $230萬6,400度 \times 30天 \div 29天 = 238萬5,931度。$
 $(238萬5,931度 - 227萬2,000度) \div 227萬2,000度 = 5\% (超收)。$
- (12)100年12月電費單(計費期間：10/28~11/28→32天) 252萬度。
 丙檢：10/25, 11/9, 11/24, 12/9(合計11/9、11/24→30天用電度數231萬4,000度)。
 $252萬度 \times 30天 \div 32天 = 236萬2,500度。$
 $(236萬2,500度 - 231萬4,000度) \div 231萬4,000度 = 2\% (超收)。$
- (13)101年1月電費單(計費期間：11/29~12/28→30天) 227萬7,600度。
 丙檢：11/24, 12/9, 12/26, 1/9(合計12/9、12/26→32天用電度數237萬3,000度)。
 $227萬7,600度 \times 32天 \div 30天 = 242萬9,440度。$
 $(242萬9,440度 - 237萬3,000度) \div 237萬3,000度 = 2.4\% (超收)。$
- (14)101年2月電費單(計費期間：12/29~1/30→33天) 248萬1,600度。
 丙檢：12/26, 1/9, 1/30, 2/10(合計1/9、1/30→35天用電度數250萬3,000度)。
 $248萬1,600度 \times 35天 \div 33天 = 263萬2,000度。$
 $(263萬2,000度 - 250萬3,000度) \div 250萬3,000度 = 5.2\% (超收)。$
- (15)101年3月電費單(計費期間：1/31~2/23→24天) 182萬4,000度。
 丙檢：1/30, 2/10, 2/21, 3/9(合計2/10、2/21→22天用電度數161萬9,000度)。
 $182萬4,000度 \times 22天 \div 24天 = 167萬2,000度。$

$(167 \text{ 萬 } 2,000 \text{ 度} - 161 \text{ 萬 } 9,000 \text{ 度}) \div 161 \text{ 萬 } 9,000 \text{ 度} = 3.3 \% \text{ (超收)}$ 。

(16)101 年 4 月電費單 (計費期間：2/24~3/28→34 天) 260 萬 6,400 度。

丙檢：2/21, 3/9, 3/23, 4/10 (合計 3/9、3/23→31 天用電度數 230 萬 3,000 度)。

$260 \text{ 萬 } 6,400 \text{ 度} \times 31 \text{ 天} \div 34 \text{ 天} = 237 \text{ 萬 } 6,423 \text{ 度}$ 。

$(237 \text{ 萬 } 6,423 \text{ 度} - 230 \text{ 萬 } 3,000 \text{ 度}) \div 230 \text{ 萬 } 3,000 \text{ 度} = 3.2 \% \text{ (超收)}$ 。

(17)101 年 5 月電費單 (計費期間：3/29~4/26→29 天) 230 萬 1,600 度。

丙檢：3/23, 4/10, 4/25, 5/10 (合計 4/10、4/25→33 天用電度數 256 萬 8,000 度)。

$230 \text{ 萬 } 1,600 \text{ 度} \times 33 \text{ 天} \div 29 \text{ 天} = 261 \text{ 萬 } 9,062 \text{ 度}$ 。

$(261 \text{ 萬 } 9,062 \text{ 度} - 256 \text{ 萬 } 8,000 \text{ 度}) \div 256 \text{ 萬 } 8,000 \text{ 度} = 2 \% \text{ (超收)}$ 。

(18)101 年 6 月電費單 (計費期間：4/27~5/29→33 天) 267 萬 6,000 度。

丙檢：4/25, 5/10, 5/25, 6/11 (合計 5/10、5/25→30 天用電度數 236 萬 9,000 度)。

$267 \text{ 萬 } 6,000 \text{ 度} \times 30 \text{ 天} \div 33 \text{ 天} = 243 \text{ 萬 } 2,727 \text{ 度}$ 。

$(243 \text{ 萬 } 2,727 \text{ 度} - 236 \text{ 萬 } 9,000 \text{ 度}) \div 236 \text{ 萬 } 9,000 \text{ 度} = 2.7 \% \text{ (超收)}$ 。

(19)101 年 7 月電費單 (計費期間：5/30~6/27→29 天) 231 萬 8,400 度。

丙檢：5/25, 6/11, 6/25, 7/10 (合計 6/11、6/25→31 天用電度數 242 萬 8,000 度)。

$231 \text{ 萬 } 8,400 \text{ 度} \times 31 \text{ 天} \div 29 \text{ 天} = 247 \text{ 萬 } 8,289 \text{ 度}$ 。

$(247 \text{ 萬 } 8,289 \text{ 度} - 242 \text{ 萬 } 8,000 \text{ 度}) \div 242 \text{ 萬 } 8,000 \text{ 度} = 2 \% \text{ (超收)}$ 。

(20)101 年 8 月電費單 (計費期間：6/28~7/29→32 天) 265 萬 6,800 度。

丙檢：6/25, 7/10, 7/24, 8/8 (合計 7/10、7/24→29 天用電度數 236 萬 8,000 度)。

$265 \text{ 萬 } 6,800 \text{ 度} \times 29 \text{ 天} \div 32 \text{ 天} = 240 \text{ 萬 } 7,725 \text{ 度}$ 。

$(240 \text{ 萬 } 7,725 \text{ 度} - 236 \text{ 萬 } 8,000 \text{ 度}) \div 236 \text{ 萬 } 8,000 \text{ 度} = 1.7 \% \text{ (超收)}$ 。

(21)101 年 9 月電費單 (計費期間：7/30~8/29→31 天) 248 萬 4,000 度。

丙檢：7/24, 8/8, 8/24, 9/10 (合計 8/8、8/24→31 天用電度數 243 萬 3,000 度)。

$(248 \text{ 萬 } 4,000 \text{ 度} - 243 \text{ 萬 } 3,000 \text{ 度}) \div 243 \text{ 萬 } 3,000 \text{ 度} = 2.1 \% \text{ (超收)}$ 。

因內壢變電站為 $M > T$ (T 約為 M 之 31%)，依理論推估臺電計費約超收 10.6 %，惟實際量測 (換算) 臺電超收約 2 %~5 %。本理論推導建基於：「 M 、 T 相均滿載時， Y - Y 接瓦時表 9,991 KW； V - V 接瓦時表 9,991 KW；主變壓器二次側滿載功率 9,980 KW」(三者約相等)。惟當「 M 相滿載、 T 相無載」情況下，本理論推導須加入「修正因數：75 %」：因 M 相滿載、 T 相無載時， Y - Y 接瓦時表 6,660 KW，而主變壓器二次側功率 $191 \text{ A} \times 26,125 \text{ V} = 4,990 \text{ KW}$ ，二者不符， $4,990 \text{ KW} \div 6,660 \text{ KW} = 75 \% \text{ (修正因數)}$ 。內壢變電站臺電超收電費，須將上述 (1) 誤差因子 1.4 % (2) 修正因數 75 % 納入合併考量： $(10.6 \% - 1.4 \%) \times 75 \% = 6.9 \%$ 。

M、T相均滿載時：

$$W1 = 83.6A \times 69KV = 5768.4KW$$

$$W2 = 83.6A \times 69KV = 5768.4KW$$

$$W3 = 83.6A \times 69KV = 5768.4KW$$

雙瓦時表	三瓦時表
$P = (W1 + W2) \cos 30^\circ$ $= (5768.4 + 5768.4) \cos 30^\circ$ $= 9991KW$	$P = (W1 + W2 + W3) \div \sqrt{3}$ $= (5768.4 + 5768.4 + 5768.4) \div \sqrt{3}$ $= 9991KW$
主變壓器二次側：191A × 26125V × 2相 = 9980KW	

M、T相均滿載時主變壓器一二次側瓦時表計費無誤差

T相無載時 (0A)：

$$I_B、I_C = \sqrt{(41.8A)^2 + (0A)^2} = 41.8A$$

$$I_A = 83.6A$$

$$W1 = 83.6A \times 69KV = 5768.4KW$$

$$W2 = 41.8A \times 69KV = 2884.2KW$$

$$W3 = 41.8A \times 69KV = 2884.2KW$$

$$191A \times 26125V = 4990KW$$

$$4990KW \div 6660KW = 75\% \text{ (修正因數)}$$

雙瓦時表	三瓦時表
$P = (W1 + W2) \cos 30^\circ$ $= 7493KW$	$P' = (W2 + W3) \cos 30^\circ$ $= 4995KW$
	$P = (W1 + W2 + W3) \div \sqrt{3}$ $= 6660KW$

M相滿載 T相無載理論推導之修正因數 75%

五、結論

1. 內壢變電站臺電「超收」2 %~5 % (理論計算值超收 6.9 %), 二者差異主因：瓦時表量測值為『平均效應』；而理論計算值為『瞬間效應』(以電壓和電流某一瞬間的角度為計算基準)。
2. 臺北電力段轄區四處變電站，其中二處(樹林、新竹)計費無誤差，內壢變電站(M > T)臺電「超收」電費；南港變電站(T > M)臺電「減收」電費。
3. 本局 19 處變電站，部份變電站 M > T，部份變電站 T > M，基於 Le Blanc 變壓器繞組特性會造成三相不平衡。邇後變電站陸續更新，配合新設絕緣氣體開關(GIS)設備將 V-V 接瓦時表更換為 Y-Y 接瓦時表，將可消除計費誤差。

參考文獻

1. 交通部臺灣鐵路管理局(1998)，臺鐵電化路線電力供應概要。
2. 中華民國職業訓練研究發展中心(2001)，變壓器的接線(編號 PEW-EIW0814)，頁 18-23。
3. 臺灣電力股份有限公司 V-V 結線 MOF 電路圖及臺電公司南港一次變電所 V-V 結線 MOF 實體拍攝照片。
4. 臺灣電力股份有限公司電費單。
5. 交通部臺灣鐵路管理局電務處變電站三種保養表。

臺鐵知識平台-以機務為例

The TRA Knowledge Platform – The Example of Maintenance

蕭國文 HSIAO, Kuo-Wen¹

地址：臺北市北平西路 3 號

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

聯絡電話：(02)23815226-3308

Tel : (02)23815226-3308

電子信箱：tr335830@msa.tra.gov.tw

Email : tr335830@msa.tra.gov.tw

摘要

臺灣鐵路管理局機務運轉、維修知識傳承常以師徒制為最主要方式。機務知識平台建置與導入，期望於使用最少人力、時間成本，設置一個可將內隱知識轉化為外顯知識的溝通平台。

關鍵字：知識管理、臺鐵、機務處。

Abstract

Knowledge of maintenance rotation and repairs in the Taiwan Railways Administration is often passed on mainly from mentors to apprentices. It is hoped that with the establishment and introduction of the Maintenance Knowledge Platform, a platform for communication can be set up to transform implicit knowledge to explicit knowledge at a minimum cost of manpower and time.

Keywords: knowledge management, TRA, Maintenance Division

一、緒論

1.1 研究動機與目的

交通部臺灣鐵路管理局知識平台建置起始於 98 年 6 月。與相同時期的「KPI 績效」、「公文流程核考」、「差勤考核」等管理系統變革不同，知識管理平台建置並非以製程導向(Process-oriented)方式，而是使用「專案導向」(Project-oriented)方式進行¹⁾。另外，因為有別於績效、公文或差勤制度變革皆有相對應正式法規強制使用及規範，知識平台參與度顯遠不如其他資訊平台。

本研究以臺鐵機務知識為對象，描述臺鐵知識管理平台起始、計畫、執行、監控與結案後的平台應用現況。希本研究有利於臺鐵知識管理平台的推廣及參與度。

1.2 研究範圍與限制

(1)本研究係以臺鐵知識平台建置為研究對象，並以「導入過程」、「資料整理」為探討主體。平台程式設計、硬體需求、數位整合等等資訊相關議題均不予分析。

¹臺鐵局機務處 科員

(2)提供機務知識單位涵蓋機務處、各機廠、各機務段及各檢車段。

二、知識平台發起

2.1 知識平台起始與計畫

確認臺鐵知識平台建置後，其專案分為兩部分，一為軟體導入、知識目錄建置，二則為硬體招商。軟體導入部分歷經合約、工作條款確定及企業組織環境與流程核定後，正式邁入計畫程序。

於知識導入方面，於 98 年 7 月 17 日「知識平台管理啓動會議」討論後，表列出「知識管理輔導流程」，如圖 1 所示、「輔導計畫」及「導入工作小組名單」等。以機務為例，所轄機廠、機務段、檢車段的單位主管、主任及指定承辦人等均為成員。



圖 1 知識管理需求輔導訓練

經過討論後，機務處內定義了知識導入過程與制定重要里程碑名稱、完成日期與注意事項並確定平台版面草稿，重點為：「使用第二類型知識需求表」、「不以分支單位為類別、次類別或次次類別項目」、「類別名稱簡化為六字以內」及「初期需求項目初訂 160 項目」等，初期機務知識整理流程，如圖 2 所示。

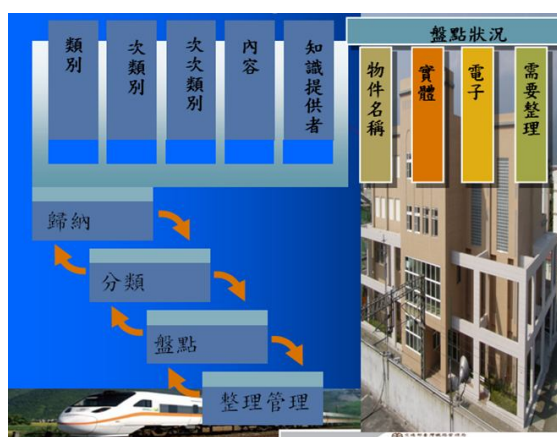


圖 2 初期機務知識整理流程

2.2 機務知識需求

知識需求重要性，除了讓學習者可以立即運用於實務外，同時也能精進其知識客製化的能力^[2]。

經過各單位提出及篩選後，訂出需求項目及內容，如表 1 所示。

表 1 機務需求項目及內容

需求項目	內容
計畫	動力車、客車、機班編組運用計畫範例、應注意事項
心理關懷	運轉乘務員平日心理諮詢、事故發生後追蹤輔導治療轉介
心理創傷	動力車乘務員遭遇行車事故後，心理創傷追蹤輔導治療轉介之標準作業程序
機班運用	動力車、客貨車車輛及人力編組運用與調配計畫。
客貨車保養	客貨車運用保養之研究及參考資料管理
中途檢查	動力車駛至中途站，動力車乘務員及機務員中途檢查應注意事項
行車命令	行車命令發布應注意事項及範例
運轉	動力車經濟運轉法之研究及用電 (油)之考核
局外委託	局外單位租用機車、機班之核辦注意事項
段修	動力車、客車、貨車段修督導考核應注意事項
檢修技術	動力車、客車、貨車檢修技術研究
廠修	機廠修理迴送、試車應注意事項
重點整備	動力車、客車、貨車重點整備工作研擬考核事項
維修日報	動力車、客車、貨車維修日報範例、應注意事項
臨修專案	動力車、客車、貨車臨時修理應注意事項及範例
停用	動力車、客車、貨車停用標準制定、流程及應注意事項
檢修競賽	動力車、客車、貨車檢修競賽評分標準、流程及應注意事項
包工合約	動力車、客車洗車合約制定、流程及應注意事項
清掃計畫	動力車、客車洗車清掃考核、換算輛計算等應注意事項
延誤調查	行車事故延誤原因分析、防止對策、調查、處理
客貨車	客貨車事故調查統計及處理

動力車	動力車事故調查統計及處理
車上無線電話	車上無線電話及攜帶電話等設備之管理、使用、考核
酒精測試	行車人員乘務工作酒精濃度測定器使用之管理須知
油電考核	動力車經濟運轉法之研究及用電用油考核
變電站用電	經濟部能源管理各變電站用電審辦
修訂	運轉規章、細則編訂、修改、研擬、測驗
榮譽乘務員	榮譽乘務員選審辦法、流程、應注意事項
競賽考核	行車工作競賽辦法擬訂、執行及考核
技術資料	技術資料編審、規劃、考核
人力需求	機廠、機務段、檢車段技術人力需求規劃
列車防護	自動列車防護裝置維修、使用、考核
行車號誌保安	行車號誌保安設備相關事項調查研究
機班運用	每日機車機班運用情形及相關報表
人員訓練	檢修人員訓練計畫制訂及相關注意事項
證照	檢修人員證照發放、管理
協辦	行車檢修人員勞安協辦應注意事項
車籍表報	車籍管理相關表報
報廢	車籍報廢相關規定
淘汰計畫	車籍管理淘汰計畫
用料核發	機料用料核發處理
呆廢料處理	呆廢料處理相關流程規定
緩動料處理	緩動料認定處理及改善
機料統計分析	機料處理統計分析處理
自購料	自購料數量統計及處理

規劃	機務人力規劃協辦
輔導	心理諮商、人文素養
行車	行車人員規劃及協訓規定
維修	維修人力規畫及協辦應注意事項
在職人員訓練	在職人員訓練相關流程及注意事項
費用審撥	訓練費用審撥控管及執行計畫
預算	預算編擬依據及應注意事項
決算	決算編擬依據及應注意事項
統計報表	年報、月報統計表報處理
帳務處理	帳務處理應注意事項
印信	印信新購、作廢及管理應注意事項
出納管理	收支、保留款項應注意事項
員工宿舍	員工宿舍管理協辦
財產管理	財產管理流程及應注意事項
事務用品	事務用品核發管理添置
文書流程	文書流程控管及應注意事項

此需求成型，並非僅從上而下，多項來源乃從基層經由「知識需求調查表」匯集往上。以機務段運轉調配所提「編組運用與調配計畫」為例，需求調查表擇析如下：

(1) 需求名稱與現有瓶頸或問題，如表 2 所示。

表 2 需求名稱與現有瓶頸或問題

需求名稱	現有知識瓶頸(問題)
編組運用與調配計畫	由於動力車、客貨車編組運用與調配之計畫做成方法或應考量之原則尚未完全界定及明示於文件,造成傳承有困難

(2) 所需知識範圍，如表 3 所示。

表 3 知識範圍

作業程序知識	
所需知識內容	重要度
動力車、客貨車編組運用與調配計畫作成的方法或應考量之原則	中

(3) 知識內容，如表 4 所示。

表 4 知識內容

知識來源或提供者	知識物件名稱
檢車員陳○○	動力車、客貨車編組計畫
機車長賴○○	編定方法 (或 SOP)

(4) 知識盤點狀況，如表 5 所示。

表 5 知識盤點狀況

知識初判：外顯>內顯 20 %			
盤點狀況	實體	電子	需要整理
1. MAFTP 資料			
2. 履歷表單		V	V
3. ...	V		
4. ...	V		

三、知識地圖建置

3.1 機務知識分類樹

知識地圖 (KM-map) 為非定型定式的繪製工具，其目的為了協助企業體建立核心知識庫；讓知識有效地 儲存、擴散、分享、應用及學習^[3]。機務知識管理首次應用到的指引地圖是由顧問公司輔助；屬於「知識分類樹」的「機務知識分類體系」如圖 3 所示。



圖 3 機務知識分類體系

3.2 機務盤點 SWOT

知識盤點是指經由計畫性作業流程、設計與核查，目的是瞭解單位既有知識、正流失知識、知識需求性及如何應用相關知識^[4]。為了解知識盤點，避免效果不佳，盤點前依據行銷管理學者 Albert Humphrey 所提出之強弱危機分析(SWOT)工具(市場營銷的基礎分析方法之一，通過評價企業的優勢(S)、劣勢(W)、競爭市場上的機會(O)和威脅(T)，用以在製定企業的發展戰略前對企業進行深入全面的分析以及競爭優勢的定位。)分析盤點狀況，目的為確實提升盤點工作效率^[5]。分析後，機務知識的強勢、弱勢、機會與威脅狀況，除一一羅列外，並依析後情形，繪製相關圖表示意，如圖 4 所示。

S：人力充沛、知識來源不虞匱乏	W：種類眾多、內顯知識不易顯現
O：知識資訊整合	T：機務系統擴充



圖 4 機務盤點 SWOT(S)

機務知識地圖除以上兩範例外，尚有實際盤點狀況圖、物件名稱來源、次分類。分析等，建置方式、目的及最終效果大致相同。

四、平台建置與執行

4.1 機務知識專家

「專家黃頁」為知識平台重要部分，如何發掘具有機務專業能力豐富處內員工，擔任機務組織內部解決問題及知識分享的專家，是本工作的議題。經由了解、掌握、連結、分享及教導，讓專家擁有知識得以快速移轉、複製及發展，降低組織因人才

的流動而使知識隨之流失的風險，是本工作的目的與預期效果^[3]。

與需求相同，專家人員調查仍由基層核報。初期來源分為「三年內即將退休」的工員以及「廠段推薦」兩部分。為便於彙整，機務處轄各單位陳報人員表格格式一致，經由整理後，添加專家照片等資料，以便平台建置所需，如表 6、圖 5 所示。

表 6 彰化機務段段專家資料表

姓名	陳○華
專長項目	管理 心理健康及諮商輔導 資訊運用 機械維修 基本採購專業人員 材料管理知能 機車運轉 人力運用
單位(組、股、工區等)	段長室
Email	tr3xxxx2@msa.tra.gov.tw
專長介紹	動力車維修、管理 動力車運轉、指導 行政業務督導、考核 材料管理、採購 心理健康及諮商輔導
電話	04-2X92

資料來源：本研究整理

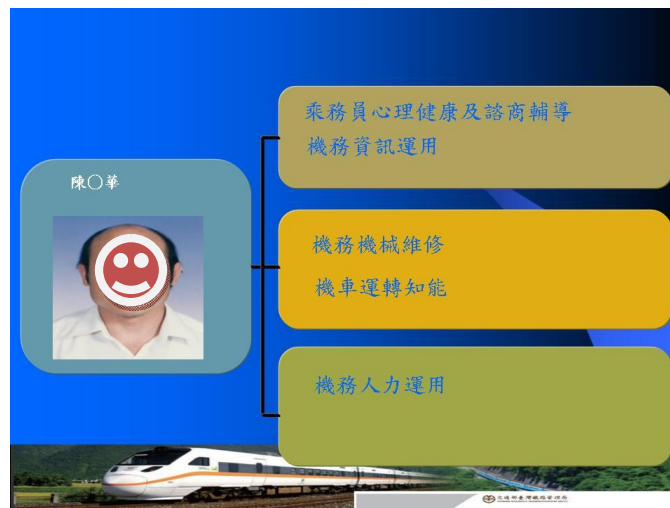


圖 5 機務專家黃頁草圖

4.2 初期知識目錄

將需求轉化成知識平台頁面目錄，為初期知識管理重點工作。經討論後，知識「類別」仍以機務處各科職掌為定名，次類別、次次類別則依需求彈性設置，如圖 6 所示。



圖 6 知識平台類別

平台目錄內文定案前，仍與顧問公司等進行多次磋商。經研討後，訂立目錄制定校修原則，其釋例如下：

- (1) 機務處核心業務為主
- (2) 廠、段次類別劃分於行車技術科轄下
- (3) 廠、段知識內文初期可與行車技術科所提重複
- (4) 招標規範納入知識需求
- (5) 經常性知識導向
- (6) 檢修程序確定外顯知識
- (7) 平日料管知識納入

初期機務知識來源廣徵博引，如圖 7 所示。

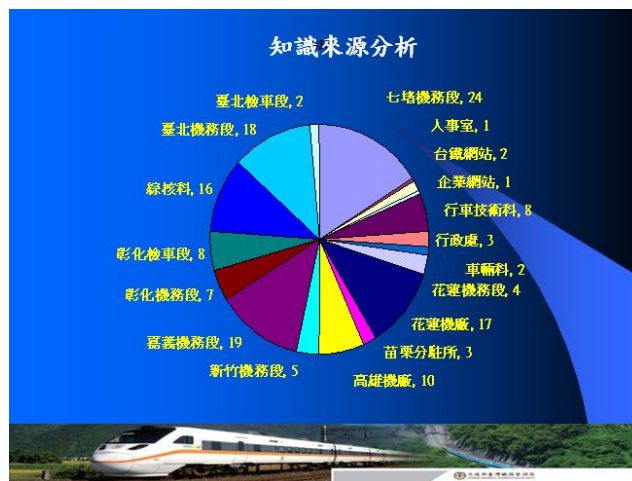


圖 7 初期機務知識來源分析

五、知識平台使用現況擇析

5.1 專家黃頁

99年6月29日知識管理正式上線後，本局含機務知識之知識專家黃頁共設有內部專家209頁面；外部專家3頁面。根據101年8月27日統計，含訓練課程之測試頁面，專家黃頁共有22文件，平均0.11件/每專家，如圖8所示。



圖8 機務專家黃頁系統

5.2 知識創造、查詢及應用

機務知識創造主要分為兩部分，一者為舊外顯知識彙整；放置目錄項次為「單位知識庫」，例如：「機務處/SOP/臺北機廠/M1/柴電機車」的規範圖。雖未放置在知識主平台上，但仍可藉由平台的「全文檢索」查知。經統計，該知識項目中，有關機務部份約500筆，以SOP資料為主。

另外，知識平台的主功能－創造知識仍繼續補充。民國101年8月28日造訪網頁核計，機務知識約共有200筆，如圖9所示。



圖9 知識創造頁面系統

5.3 知識分析

知識平台的分析功能分為文件審核、調查及分析。在審核方面，應用系統的「連結」功能，版主有新文件待審核時，會透過網頁通知。

另外在分析方面，分為「依分享者分析」、「依文件分享」等多面向。在分析結果出現後，也可有其統計圖表於線上核列，如圖10所示。

版面名稱	文件標題	分享者	版本	製作日期	點閱次數	計分人數	平均分數
KM系統訓練「練習專區」/練習專區	時刻表上傳NEW	李祥源	1	2012/6/1	19	1	10
KM系統訓練「練習專區」/練習專區	中控器NEW	董哲榕	1	2012/4/23	12	0	0

圖 10 知識分析頁面系統

六、結論與建議

6.1 結論

- (1) 知識平台系統自 99 年 6 月上線後，機務方面知識持續登錄，筆數為全局之冠，約達 600 筆以上。
- (2) 比較公文或差勤制度，知識平台應用顯然不活躍，例如本局含機務知識之知識專家黃頁僅有 0.11 件/每專家。筆數也約僅達 0.155 件/每機務處員工(700 筆/4500 人)
- (3) 知識文件的種類仍以文字資料為主，其他媒體文件闕如。
- (4) 循公文查詢，100 年 8 月—101 年 8 月整年度內，本局公文附件或所提及注意事項、工作技能等，以知識平台為媒介的僅為兩件。

6.2 建議事項

- (1) 為提高知識平台使用量，建議將已實施之績效（平衡卡）之「知識」項目，增加應用知識平台機率。例如：限定最低件數、最低點閱率等，並定期由版主核定分析。
- (2) 知識傳送，應增加如：影片、圖像等媒體，以增加使用者閱覽興趣。
- (3) 鼓勵於公文內文提及知識平台使用，以提高點閱及使用率
- (4) 員工利用機務 MA-FTP 傳送資料習慣，改由知識平台登錄
- (5) 擴充知識平台規模為雲端資料存取模式。

參考文獻

1. 彭元熙(2005)，僑光技術學院科技學院院長，《專案管理基礎知識與應用實務》推薦序，中華專案管理學會。
2. 陳柏村 (2008)，《知識管理實務聖經》，書泉出版社。
3. 中國生產力中心(2011)，《經營智慧再現：知識管理企業操作手冊》，中國生產力中心。
4. 陳永隆(2003)，知識盤點與分享機制之建立。
5. 吳嘉玲等(2008)，《工作，分析了再做》，易博士出版社。

服務創新對服務品質與再惠顧意願之影響-以臺鐵為例

The Effects of Service Innovations on Service Quality and Repeat Patronage—the Example of the TRA

陳方元 CHEN, Fang-Yuan¹

蔡秉宏 TSAI, Ping-Hung²

張秩綱 CHANG, Chih-Kang³

陳瑩霜 CHEN, Ying-Shuang⁴

聯絡地址：40724 臺中市西屯區文華路 100 號

Address: No.100, Wenhua Rd., Xitun Dist., Taichung City 40724, Taiwan (R.O.C.)

電話：(04)24513062

Tel：(04)24513062

電子信箱：fychen@fcu.edu.tw

E-Mail：fychen@fcu.edu.tw

摘要

本研究藉由訪談臺鐵官員及回顧相關文獻瞭解臺鐵近年來之服務創新，並藉由結構方程模式(SEM)進行分析，探討臺鐵服務創新對服務品質以及再惠顧意願之相互影響之關係，以檢視服務創新對上述變數之影響。本研究之主要發現為服務創新對服務品質以及再惠顧意願皆有正向顯著的直接影響，最後，針對研究結果進行管理意涵的探討。

關鍵詞：臺鐵、服務創新、服務品質、再惠顧意願。

Abstract

This paper uses interviews with TRA officials and a review of related literature to examine the service innovations of the TRA in recent years, and utilizes structural equation modeling to perform analysis to examine relationship between the TRA's service innovations and service quality and repeat patronage in order to examine the influence of service innovations on these variables. The major finding of this study is that service innovation has a direct positive correlation with service quality and repeat patronage. Lastly, this paper discusses the implications for management.

Keywords: TRA, service innovation, service quality, repeat patronage

一、緒論

民國95年北宜高速公路通車，便利臺北至宜蘭間之公路交通運輸，對臺鐵北迴線而言則是一大衝擊；民國96年臺灣高鐵通車，擴大臺灣西部成爲一日生活圈，對臺鐵西部幹線是另一重大打擊。面對運輸結構改變之衝擊以及在如此競爭的環境下，臺鐵爲求生存則應力求創新轉型。

Zahra and George (2002)^[1]認爲創新能力已被視爲是維持企業維持競爭優勢的重要

¹逢甲大學 運輸科技與管理學系 專任助理教授

²逢甲大學 運輸科技與管理學系 碩士

³逢甲大學 運輸科技與管理學系 碩士班研究生

⁴逢甲大學 運輸科技與管理學系 碩士班研究生

因素，亦有學者認為企業若想永續生存則必須持續不斷的創新，並創造出能符合顧客需求的產品或服務(Robbins and Judge, 2006)^[2]，以獲得民眾認同與持續消費。此外伴隨著消費者服務意識的高漲，為顧客提供良好的服務是企業在競爭的環境中賴以生存與成功的重要要素(Dawkins and Reichheld, 1990)^[3]，企業如果想要獲得顧客持續消費，則應瞭解服務的重要性並提升服務品質。

此外，過去有許多文獻皆證實服務創新與服務品質之間有正向顯著影響，另有相關文獻指出服務創新對顧客再惠顧意願有正向顯著影響。因此本研究將探討臺鐵近年來所提出之創新服務對其服務品質與再惠顧意願之影響，以檢視臺鐵之服務創新是否達成臺鐵以「全面提升服務品質」之「營運目標」以及服務創新是否能獲得民眾再惠顧以維持其競爭力(臺鐵年鑑，2008)^[4]。

二、文獻回顧

2.1 服務創新

Tekes (2006)^[5]認為服務創新可以是一項新的解決方案，以解決顧客的問題；Menor et al. (2002)^[6]認為服務創新為企業提供一個之前所沒有的服務或對既有的服務進行改善，Drejer (2004)^[7]亦認為服務創新是開發新服務以及修正或改善現有的服務及其服務傳遞系統的流程。綜合上述，服務創新可定義為：企業提供一個過去所沒有的全新服務或是運用科技提升或改良既有的服務，能為顧客解決問題或提供更便利的服務以提升服務品質與顧客滿意；以臺鐵為例，臺鐵會員訂票媒合系統改善民眾訂不到票之不便、超商購票(含訂票取票)提供民眾更便利之取票方式、電子票證系統免除民眾排隊購票之不便、客服中心提供為民眾一個即時解決問題之平台。

Pim den Hertog (1999)^[8]將服務創新分成四大類，分別為：「新的服務概念」(New Service Concept)、「新的顧客介面」(New Client Interface)、「新的服務傳遞系統」(New Service Delivery System)以及「科技選擇」(Technological Options)，另Avlonitis et al. (2001)則將服務創新分為「遞送流程之新穎程度」(Delivery process newness)、「服務修正」(Service modification)、「服務對市場之新穎程度」(Service newness to the market)、「服務對公司本身之新穎程度」(Service newness to the company)等四大類型。

2.2 服務品質

關於服務品質之定義，Crosby (1979)^[9]認為服務品質為企業所提供之服務能夠符合顧客之期望；Gronroos, Lewis and Booms (1983)^[10]延伸 Crosby (1979)的觀點，定義服務品質為顧客對服務之結果與其對服務之期望比較評估後所產生的感受；Bateson and Hoffinan (2002)^[11]認為服務品質為顧客對於企業所提供的服務之整體評價；Andrew (2002)^[12]則定義服務品質企業所提供之服務能滿足顧客的需求和期望之程度。綜合上述不同學者對服務品質的定義，良好的服務品質取決於企業是否能提供符合顧客期望的服務，因此服務品質可以定義為民眾對企業所提供的服務之評估。

而關於服務品質的衡量，其中以 Parasuraman et al. (1988)^[13]提出之服務品質 SERVQUAL 量表最被廣泛運用，Parasuraman et al. (1988)以顧客預期的服務水準(expectation)與顧客實際感受的服務水準(perception)間之差異針對服務品質提出服務品質 SERVQUAL 量表，共分為五大構面最為問卷設計的基礎，分別為：

- (1) 有形性(tangibility)：包括顧客所可以感受到的實體部份，例如軟硬體設備；服務人員的服裝儀表等；
- (2) 可靠性(reliability)：顧客相信公司能提供確實的服務；
- (3) 反應性(responsiveness)：公司所提供的服務能迅速服務或協助顧客；
- (4) 保證性(assurance)：服務人員具有專業能力，並進而得到顧客信任；
- (5) 同理心(empathy)：服務提供者能提供親切的服務或關心顧客以致於能使顧客感受到尊重，或是提供符合顧客需求的服務。

任維廉、胡凱傑(2001)^[14]則依據 Parasuraman et al. (1988)之服務品質 SERVQUAL 量表針對大眾運輸發展出大眾運輸服務品質量表，共可分為「與乘客互動」、「有形服務設備」、「服務便利性」、「營運管理資源」等四大衡量構面及 20 項衡量問項。

2.3 再惠顧意願

Selnes (1993)^[15]定義再惠顧意願為顧客依據過去對企業提供之產品或服務之消費經驗，以產生想要再次惠顧之意願，Kotler (2003)^[16]認為再惠顧意願顧客購買企業所提供之商品或服務後倘若滿意，則將可能會再次消費；Jones and Sasser (1995)^[17]則認為企業能提供令顧客滿意的商品或服務，而顧客再消費只是一種基本行為，此外還會衍生其他行為，例如公開推薦。

三、研究方法

在研究方法的部分，本研究首先藉由深度訪談法以瞭解臺鐵近年來之服務創新，接下來依據相關文獻建立本研究之研究架構與研究假說，並針對研究變數設計衡量問項進行資料統計分析以及驗證本研究之假說，最後依據分析之結果，提出結論與建議。

3.1 訪談結果

本文獻藉由訪談臺灣鐵路管理局運務處林副處長竣曜及沈專員憶芬 (2012)以及參考相關文獻後整理臺鐵近年來之服務創新如下：

3.1.1 鐵路捷運化

民國 96 年臺灣高鐵通車之後對臺鐵之中、長途旅次客運市場之衝擊尤其明顯(張有恆, 2010)^[18]；因此臺鐵將透過「鐵路捷運化」策略以服務短途以及通勤旅次並增加區間車班次以改善通勤尖峰時段之運輸問題以及提供與高鐵轉乘接駁之便民服務等措施，積極開發短途以及通勤旅次以帶動經營績效(卡優新聞網, 2011)^[19]。

此外，根據臺鐵相關統計資料顯示，臺鐵近年來之客運收入與客運人數皆有成長之趨勢；以 100 年度為例，100 年(1 月至 12 月)客運收入較上年增加 6.5%，平均客運人數及延人公里數分別較 99 年增加 8.47 %及 8.01 %；臺鐵認為主要原因為：持續推動捷運化、強化花東運輸、推動觀光客製化創新服務以及加強短途(通勤)運輸，進而使各項指標增加(資料來源：交通部臺灣鐵路管理局統計資料)^[20]。因此，臺鐵規劃未來朝此方向繼續經營以提供民眾更便民之服務，並增加臺鐵本身之收益。

3.1.2 郵輪式觀光列車

伴隨著國人對休閒旅遊活動之重視，故臺鐵亦致力於發展觀光事業，並於民
臺鐵資料季刊

國 97 年 8 月初開辦「郵輪式觀光列車」業務，郵輪式觀光列車為臺鐵藉由鐵道運輸與各地之觀光特色結合之套裝旅遊行程，即打破臺鐵過去以旅客或貨物運輸為主之本業，而改以類似遠洋郵輪停泊於各港口一段時間後再繼續開往下一港口之方式開行之特定觀光列車，並選定數個可以停留賞景或具有人文或歷史意義之車站作一段時間之停留，讓乘客下車瞭解不同車站之人文及歷史意義以及欣賞車站周邊風光後再開往下一目的地，以提供民眾另一種新的鐵道旅遊方式(胡雅芳, 2011)^[21]。

臺鐵自民國 97 年 8 月開辦郵輪式觀光列車以來，至今仍深受民眾好評，現今郵輪式觀光列車已成為臺鐵之主要業務之一；郵輪式觀光列車除了提供民眾一個於休閒旅遊之新選擇外，郵輪式觀光列車之推動亦增加臺鐵之營收以減少臺鐵之虧損(交通部臺灣鐵路管理局，2011)^[22]。

3.1.3 TR-PASS 周遊券

臺灣鐵路路網具有環島之特色，爰此臺鐵藉由鐵路路網環島之優勢以結合鐵道旅遊與觀光，參酌日、韓鐵路 PASS 概念並於民國 99 年發行 TR-PASS，在有效期間內旅客得可持 TR-PASS 不限次數、區間、方向及車種搭乘臺鐵各級列車，期望藉由結合鐵路環島之優勢以及各沿線車站之歷史、文化等特色結合觀光，如此民眾可自行安排行程以達到休閒旅遊的目的。

3.1.4 客服中心

臺鐵指出：過去臺鐵客服專線都轉到各車站，常因為通勤尖峰時間常沒人接聽，因此臺鐵特別於民國 99 年成立廿四個人且全天候廿四小時輪班接聽專線的旅客客服中心，專線不經語音，民眾一撥就是專人服務，並且強調「專業」及「效率」；服務項目包括一般查詢、建議和申訴、報怨及輪椅旅客訂位等服務，提供能為民眾提供即時反應及解決問題之平台(訪談資料，2012)。

3.1.5 臺鐵會員訂票媒合系統

臺鐵於民國 100 年 3 月推出臺鐵會員訂票媒合系統，當會員於網路訂票系統無法訂到所需班次時，可透過會員服務系統於夜間將剩餘可售座位（即旅客逾期未取及退票後之剩餘座位）進行媒合，並於媒合成功時以電子郵件方式通知會員媒合成功之訊息，以改善民眾訂不到票之不便。

3.1.6 電子票證系統

為了減少短程旅客排隊購票之不便，目前民眾持悠遊卡、臺灣通或遠傳 ETC 卡可直接通過臺鐵之驗票閘門搭乘臺鐵各級列車(太魯閣號及團體列車除外)；目前可使用之區間為：福隆-基隆-新竹間、內灣支線、六家支線以及南科-臺南-中洲及沙崙支線，其他區間亦正在規劃中。

使用電子票證除了可免除旅客排隊購票之不便外，對臺鐵而言亦可減少票紙及人力等成本之支出，因此對臺鐵和民眾而言皆具有相當之利益。

3.1.7 超商購票(含訂票取票)

過去臺鐵除各連線車站外亦可於郵局辦理訂票取票之手續，但郵局取票相對於超商取票而言不論是營業時間及營業據點等皆較連鎖超商不便；故臺鐵為了更便利民眾訂票取票之方便，於民國 100 年 12 月開放四大超商提供旅客現金取票或已網路付款之取票服務，旅客亦可在超商辦理退票手續，全臺近萬個超商據點加入代售臺鐵車票之行列；期望藉由便利超商之眾多營業據點以提高旅客取票之便

利性。

另臺鐵已於民國 101 年 8 月 22 日起開放超商可直接購買臺鐵車票之服務；對民眾而言，民眾可不需透過網路訂票後再至超商取票，而可直接於超商購買欲搭乘之列車車票。

3.1.8 兩鐵環保列車

為響應節能減碳之議題，臺鐵於民國 97 年 3 月推出「兩鐵環保列車」業務，現在亦開放可以攜帶自行車搭乘臺鐵之部分對號列車及區間車；透過臺鐵列車與自行車結合而成之一種複合運輸，民眾與自行車藉由火車的載運，可以在一天內到達更遠或更多的旅遊景點，並利用自行車之可及性以增加休閒旅遊方面之效益(胡雅芳，2011)^[21]。

3.1.9 服務人員年輕化

吳國安(2006)^[23]指出：民眾對於臺鐵服務人員所提供之服務的滿意度普遍不高；但近年來臺鐵招募不少年輕員工，希望藉由年輕、活力提升服務品質及旅客對臺鐵之形象，為旅客提供親切服務。

3.1.10 可訂當日車票服務

臺鐵自民國 101 年 6 月 27 日起提供可訂當日車票服務，民眾可在乘車日當天預訂當日開車前一小時以上之班次車票，並於訂票完成後在開車時刻前半小時完成付款取票手續。過去當日票須至現場購買，但現場購無法確保欲搭乘之車次是否尚有座位票；因此當日訂票服務可讓欲購買當日車票之民眾事先預訂想搭乘之班次，增加民眾之便利性。

3.2 研究假說與研究架構

綜合上述文獻探討後，本研究之研究假說如下：

3.2.1 服務創新與服務品質

有學者認為重視服務創新的企業可藉此提升服務品質進而與顧客建立良好的關係(Drejer, 2004^[7]; Kotler, 2003^[16])；Elfring (2002)^[24]認為服務創新在服務傳遞的過程中能增進服務效率與服務品質。綜合上述文獻，本研究提出以下假設：

H1：臺鐵之服務創新對臺鐵之服務品質具有正向顯著影響。

3.2.2 服務品質與再惠顧意願

Parasuraman, Zeithaml and Berry (1996)^[13]指出：服務品質會影響消費者的購買行為，且透過提升顧客再惠顧意願能使顧客願意持續消費。綜合上述文獻，本研究提出以下假設：

H2：臺鐵之服務品質會影響乘客再次搭乘臺鐵之意願。

3.2.3 服務創新與再惠顧意願

龔祐德(2009)^[25]探討連鎖咖啡服務創新對再購意願之影響，其研究結果顯示服務創新對再購意願有正向顯著影響，亦即服務創新會正向顯著提升顧客再次惠顧之意願，如圖 1 所示。綜合上述文獻，本研究提出以下假設：

H3：臺鐵之服務創新會影響民眾再次搭乘臺鐵之意願。

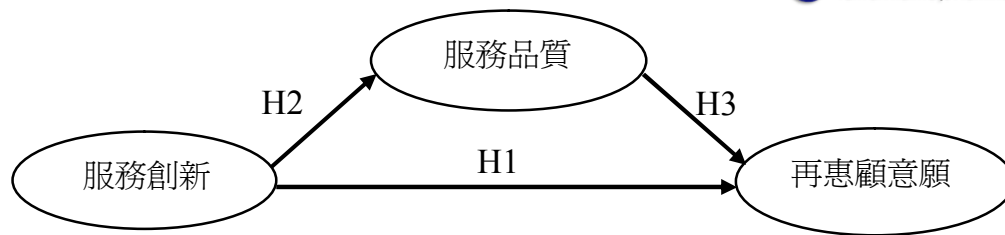


圖 1 研究架構圖

3.3 問卷設計

本文獻問卷問項如下表 1 所示；在服務創新之衡量問項方面，依據 Avlonitis et al. (2001) [26]之服務創新量表，並根據臺鐵創新服務之特性共設計出 17 題衡量問項；在服務品質之衡量問項方面，依據 Parasuraman et al. (1988) [13]及任維廉、胡凱傑(2001) [14]之服務品質衡量構面為基礎，並根據臺鐵創新服務之特性共設計出 20 題衡量問項；而在再惠顧意願之衡量問項方面，本研究參考胡凱傑、任維廉、陳建元(2009) [27]對再購意願之問項為基礎並根據臺鐵創新服務之特性，共設計出 4 題問項。

而在於衡量方法上，以李克特(Likert)五點尺度作為衡量方式，並以「非常不同意」、「不同意」、「普通」、「同意」與「非常同意」5 個尺度的選項，依「非常不同意」為 1 分、「不同意」為 2 分、「普通」為 3 分、「同意」為 4 分、「非常同意」為 5 分，讓受訪者勾選適當的同意程度，問卷內容皆以正向敘述，如表 1 所示。

表 1 衡量變數與問項

變數	衡量構面與衡量問項	
服務創新	遞送流程之新穎程度	1. 臺鐵具有新穎的硬體設備
		2. 臺鐵具有新穎的軟體設備
		3. 臺鐵會藉由新科技開發創新服務
		4. 臺鐵會根據乘客需求提供符合乘客需求之創新服務
	服務修正	5. 網路訂票取票可於超商取票比郵局取票更加便利
		6. 網路訂票可訂當日車票，比過去當日車票需至現場購票更方便
		7. 成立客服中心可增加旅客諮詢服務之管道
		8. 使用悠遊卡搭乘臺鐵能節省排隊購票之時間
		9. 臺鐵捷運化，可增加短途運輸之服務效率
	服務對市場之新穎程度	10. 臺鐵成立客服中心是項創新的服務
		11. 臺鐵捷運化，是項新穎的服務

	度	12.郵輪式列車，是項在休閒旅遊方面的新選擇
		13.臺鐵服務人員有年輕化之趨勢能為臺鐵帶來新氣象
		14.超商可直接購買臺鐵車票是項全新的服務
		15.可持悠遊卡搭乘臺鐵是項新穎的服務
		16.臺鐵會員訂票媒合系統是項全新的服務
		17.網路訂票可訂當日車票是項創新的服務
		服務品質
2.臺鐵列車上的環境與設施舒適、乾淨		
3.臺鐵年輕的服務人員穿著整潔得宜		
可靠性	4.乘客遭遇問題時，臺鐵年輕的服務人員能正確地解決	
	5.臺鐵客服中心能有效地幫乘客解決問題	
	6.搭乘臺鐵的列車是安全的	
	7.會員訂票媒合系統可改善訂不到票的問題	
反應性	8.使用悠遊卡搭乘臺鐵可快速進出站	
	9.臺鐵年輕的服務人員在忙碌時也能迅速地回應乘客	
	10.乘客遭遇問題時，年輕的服務人員能提供即時地協助	
保證性	11.年輕的服務人員是有禮貌的	
	12.年輕的服務人員具有回答乘客問題的專業知識	
	13.列車行駛時平穩舒適	
同理心	14.年輕的服務人員會主動協助乘客	
	15.使用悠遊卡乘車可不必為了購票而大排長龍	
	16.臺鐵班次間距的時間安排是恰當的	
服務便利性	17.臺鐵捷運化對短途旅客而言是項便利的服務	
	18.臺鐵會員訂票媒合系統是項便利的服務	
	19.使用悠遊卡搭乘臺鐵是方便的	

	20.超商購票(含訂票取票)之地點是方便的
再惠 願意 願	1.您願意再次搭乘臺鐵。
	2.在選擇運輸工具時，您會優先選擇臺鐵
	3.您會向他人推薦臺鐵之創新服務
	4.您會向他人推薦搭乘臺鐵

四、研究結果

4.1 敘述性統計分析

4.1.1 服務創新之敘述性統計

服務創新總平均為 3.78，顯示民眾對於臺鐵近年來之服務創新同意程度為普通趨向於同意，而服務創新中分數最高的是「網路訂票取票可於超商取票比郵局取票更加便利」(4.06)，次高的則是「使用悠遊卡搭乘臺鐵能節省排隊購票之時間」(4.00)，因此超商購票及取票、悠遊卡搭乘臺鐵之創新服務獲得民眾之認同；而分數最低的是「具有新穎的硬體設備」(3.39)，分數次低的則是「具有新穎的軟體設備」(3.40)，因此臺鐵在軟硬體設備方面之創新可再加強。此外，所有問項的標準差均在 1.00 以下，表示乘客間的看法相當一致，如表 2 所示。

表 2 服務創新各問項之平均數與標準差

衡量構面	問項內容	平均數	標準差
遞送流程之 新穎程度	1.臺鐵具有新穎的硬體設備	3.39	0.873
	2.臺鐵具有新穎的軟體設備	3.40	0.947
	3.臺鐵會藉由新科技開發創新服務	3.83	0.907
	4.會根據乘客需求提供符合乘客需求之創新服務	3.59	0.903
	遞送流程之新穎程度之整體平均數及標準差	3.55	0.720
服務修正	5.網路訂票取票可於超商取票比郵局取票更加便利	4.06	0.863
	6.網路訂票可訂當日車票並於開車前 30 分鐘取票，比過去當日車票需至現場購票更加方便	3.93	0.881
	7.成立客服中心可增加旅客諮詢服務之管道	3.81	0.730
	8.使用悠遊卡搭乘臺鐵能節省排隊購票之時間	4.00	0.858
	9.增加區間車班次密度及增設通勤車站可增加臺鐵短途運輸之服務效率	3.97	0.840

	服務修正之整體平均數及標準差	3.95	0.647
服務對市場之新穎程度	10.臺鐵成立客服中心是項創新的服務	3.56	0.837
	11.臺鐵捷運化，是項新穎的服務	3.75	0.941
	12.郵輪式列車，是項在休閒旅遊方面的新選擇	3.87	0.825
	13.服務人員有年輕化趨勢能為臺鐵帶來新氣象	3.86	0.877
	14.超商可直接購買臺鐵車票是項全新的服務	3.94	0.847
	15.可持悠遊卡搭乘臺鐵是項新穎的服務	3.88	0.892
	16.臺鐵會員訂票媒合系統是項全新的服務	3.66	0.835
	17.網路訂票可訂當日車票是項創新的服務	3.82	0.894
	服務對市場的新穎度之整體平均數及標準差	3.79	0.628
服務創新之整體平均數及標準差		3.78	0.786

4.1.2 服務品質之敘述性統計

服務品質總平均為 3.63，顯示民眾對於臺鐵之服務品質同意程度為普通趨向於同意，而服務品質中分數最高的是「超商購票(含訂票取票)之地點是方便的」(4.09)，次高的則是「認為使用悠遊卡搭乘臺鐵是方便的」(4.05)，因此民眾認為超商購票及取票、悠遊卡搭乘臺鐵可提升臺鐵之服務品質；而分數最低的是「臺鐵班次間距的時間安排是恰當的」(3.22)，次低的則是「臺鐵車站內的環境與設施舒適、乾淨」(3.29)，因此臺鐵在班次間距的時間安排以及車站內的環境與設施可再加強。此外，所有問項的標準差均在 1.00 以下，表示乘客間的看法相當一致，如表 3 所示。

表 3 服務品質各問項之平均數與標準差

衡量構面	問項內容	平均數	標準差
有形性	1.臺鐵車站內的環境與設施舒適、乾淨	3.29	0.815
	2.臺鐵列車上的環境與設施舒適、乾淨	3.41	0.777
	3.臺鐵年輕的服務人員穿著整潔得宜	3.79	0.738
	有形性之整體平均數及標準差	3.50	0.623
可靠性	4.乘客遭遇問題時，年輕的服務人員能正確地解決	3.51	0.785
	5.臺鐵客服中心能有效地幫乘客解決問題	3.50	0.829
	6.搭乘臺鐵的列車是安全的	3.82	0.807

	7.會員訂票媒合系統可改善訂不到票的問題	3.43	0.945
	可靠性之整體平均數及標準差	3.57	0.610
反應性	8.使用悠遊卡搭乘臺鐵可快速進出站	4.04	0.875
	9.年輕的服務人員在忙碌時也能迅速地回應乘客	3.33	0.795
	10.當乘客遭遇問題時，年輕的服務人員能提供即時地協助	3.51	0.815
	反應性之整體平均數及標準差	3.63	0.655
保證性	11.臺鐵年輕的服務人員是有禮貌的	3.62	0.793
	12.年輕的服務人員具有回答乘客問題的專業知識	3.45	0.760
	13.臺鐵列車行駛時平穩舒適	3.35	0.843
	保證性之整體平均數及標準差	3.47	0.613
同理心	14.臺鐵年輕的服務人員會主動協助乘客	3.45	0.830
	15.使用悠遊卡乘車可不必爲了購票而大排長龍	4.00	0.902
	16.臺鐵班次間距的時間安排是恰當的	3.22	0.944
	同理心之整體平均數及標準差	3.56	0.614
服務 便利性	17.增加區間車班次密度對短途旅客而言是項便利的服務	3.89	0.906
	18.臺鐵會員訂票媒合系統是項便利的服務	3.78	0.848
	19.使用悠遊卡搭乘臺鐵是方便的	4.05	0.891
	20.超商購票(含訂票取票)之地點是方便的	4.09	0.843
	服務便利性之整體平均數及標準差	3.95	0.684
服務品質之整體平均數及標準差		3.63	0.536

4.1.3 再惠顧意願之敘述性統計

再惠顧意願總平均爲 3.70，顯示民眾對於臺鐵之再惠顧意願同意程度爲普通趨向於同意，而再惠顧意願中分數最高的是「願意再次搭乘臺鐵」(4.03)，可見多數民眾願意再次搭乘臺鐵；而分數最低的是「會向他人推薦臺鐵之創新服務」(3.20)。此外，所有問項的標準差均在 1.00 以下，表示乘客間的看法相當一致，如表 4 所示。

表4 再惠顧意願各問項之平均數與標準差

衡量構面	問項內容	平均數	標準差
再惠顧 意願	1.您願意再次搭乘臺鐵。	4.03	0.775
	2.在選擇運輸工具時，您會優先選擇臺鐵	3.60	0.941
	3.您會向他人推薦臺鐵之創新服務	3.56	0.870
	4.您會向他人推薦搭乘臺鐵	3.60	0.862
再惠顧意願之整體平均數及標準差		3.70	0.722

4.2 驗證性因素分析

在進行路徑分析前，必須先檢驗變數之衡量問題，當變數能夠有效地被衡量之後，才能進行路徑分析；驗證性因素分析之目的即在確認所衡量問項是否能夠將所有變數準確地衡量出來。

在模式適配度方面，Scott (1994)認為衡量模式的 GFI 之配適度配指標值需大於 0.9，AGFI 值需大於 0.8；Bagozzi and Yi (1988)認為 CFI 值需大於 0.9；Bentler and Bonett (1980)則認為 NFI 值需大於 0.9；Hu and Bentler (1999)認為 SRMR 值需小於 0.1。由表 5 之結果可得知，本研究衡量模式之各項適配指標除 GFI 質之外均已達到要求的標準；但 Hair et al. (1998)認為 GFI 值應越接近 1 越好但無接受門檻，故本研究之 GFI 值仍可接受，故可以進行路徑分析以檢定研究假說，如表 5 所示。

表 5 驗證性因素分析結果

GFI	AGFI	CFI	NFI	SRMR
0.89	0.83	0.97	0.96	0.055

4.3 假說檢定

本文獻藉由 LISREL 8.80 進行路徑分析驗證本研究之研究假說，本研究之整體結構模式之路徑係數與研究假說驗證結果整理，如表 6 所示，整體結構模式路徑，如圖 2 所示。

服務創新與服務品質間之標準化路徑係數為 0.90，且達顯著水準($t > 1.96$)，支持研究假說 H1，亦即服務創新對服務品質有顯著影響；服務品質與再惠顧意願間之標準化路徑係數為 0.39，且達顯著水準($t > 1.96$)，支持研究假說 H2，亦即服務品質對再惠顧意願有顯著影響；服務創新與再惠顧意願間之標準化路徑係數為 0.49，且達顯著水準($t > 1.96$)，支持研究假說 H3，亦即服務創新對再惠顧意願有顯著影響。

表6 研究假說之檢定結果

變數間關係	標準化路徑係數	t-value	對應假說	檢定結果
服務創新→服務品質	0.90	18.86***	H1	支持
服務品質→再惠顧意願	0.39	2.09*	H2	支持
服務創新→再惠顧意願	0.49	2.64**	H3	支持

註：*表 $t > 1.96$ ($P < 0.05$)；**表 $t > 2.58$ ($P < 0.01$)；***表 $t > 3.29$ ($P < 0.001$)。

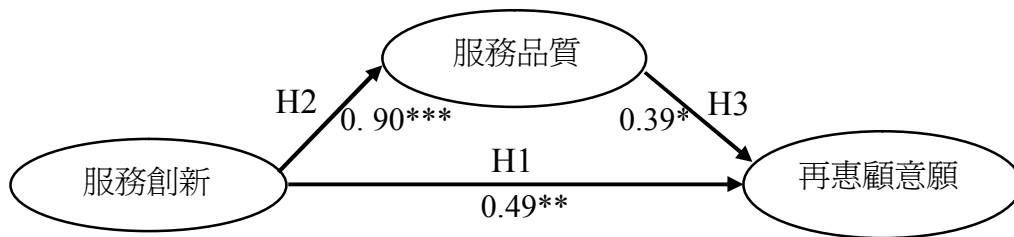


圖2 結構模式標準化路徑圖

註：*表 $t > 1.96$ ($P < 0.05$)，**表 $t > 2.58$ ($P < 0.01$)，***表 $t > 3.29$ ($P < 0.001$)。

4.4 影響效果分析

除了以標準化路徑係數探討研究假說外，自變數亦可能經由中介變數產生間接影響，因此除了以路徑分析法探討各構面間直接效果外，結構方程模式尚需進一步探討中介變數所產生之間接效果及總效果(直接效果加間接效果)。本文獻依據分析結果將標準化之直接效果、間接效果與總效果整理，如表 7 所示；由下表 7 可知，服務創新除了對再惠顧意願有直接效果存在之外，服務創新對再惠顧意願亦有間接效果存在，如表 7 所示。

表 7 各構面間影響效果整理表

依變數	自變數	直接效果	間接效果	總效果
服務品質	服務創新	0.90*** (18.86)	--	0.90*** (18.86)
再惠顧意願	服務創新	0.49** (2.64)	0.35* (2.10)	0.84*** (13.27)
	服務品質	0.39* (2.09)	--	0.39* (2.09)

註：*表 $t > 1.96$ ($P < 0.05$)，**表 $t > 2.58$ ($P < 0.01$)，***表 $t > 3.29$ ($P < 0.001$)；()內為t值

五、結論與建議

5.1 結論

本研究參考過去相關理論，探討臺鐵服務創新對其服務品質與顧客再惠顧意願之影響，依據模式驗證結果可得知以下結論：服務創新對服務品質有正向顯著影響，故臺鐵之服務創新可以提升其服務品質，以達成臺鐵「全面提升服務品質」之營運目標(臺鐵年鑑，2008)^[4]。服務品質對再惠顧意願亦有正向顯著影響，亦即當民眾獲得較好的服務品質時則會傾向再次搭乘臺鐵。因此，想獲得民眾持續消費以維持競爭力，提升服務品質亦是一項策略作法。最後，臺鐵之服務創新除了可提升其服務品質之外，亦會直接影響民眾之再惠顧意願，因此臺鐵雖然面對高鐵通車及國道客運之衝擊，但臺鐵之服務創新如能獲得民眾之認同，消費者選擇臺鐵的可能性將增加。

5.2 管理意涵

由研究結果驗證出服務創新對服務品質與再惠顧意願皆存在著顯著的直接關係，顯示藉由服務創新以提升服務品質與再惠顧意願對臺鐵而言是相當重要的，因此臺鐵面對運輸結構的改變，若想提升其服務品質以達成「全面提升服務品質」之「營運目標」以及獲得民眾持續消費以維持其競爭力，可由服務創新方面著手；換言之，持續開發服務創新為臺鐵之重要工作之一。

參考文獻

1. Zahra, A. S. and George, G. (2002), "Absorptive Capacity :A Review Reconceptualization and Extention," *Academy of Management Review*, Vol. 27, No. 2, pp. 185-203.
2. Robbins, S. P., and Judge, T. A. (2006). *Organizational Behavior* (11th edition), New Jersey: Pearson Prentice Hall.
3. Dawkins, P., and Reichheld, F. (1990), "Customer retention as a competitive weapon," *Directors and Boards*, Vol. 14, No. 4.
4. 交通部臺灣鐵路管理局 (2008)，臺鐵年鑑。
5. Tekes (2006). *Serve - Innovative Services Technology Programme*, Finnish Funding Agency for Technology and Innovation.
6. Menor, LJ, MV Tatikonda and SE Sampson (2002), "New service development: Areas for exploitation and exploration," *Journal of Operations Management*, Vol. 20, No. 2, pp. 135-157.
7. Drejer, I. (2004) , "Identifying innovation in surveys of services: a schumpeterian perspective. *Research Policy*, Vol. 33, No. 3, pp. 551-562.
8. Pim den Hertog and Rob Bilderbeek (1999). *Conceptualising Service Innovation and Service Innovation Patterns*, Research Program on Innovation in Service (SIID) for the Ministry of Economic Affairs, Dialogic, Utrecht.
9. Crosby, P. B. (1979). *Quality is free*. New York: McGraw Hill.
10. Gronroos, C. (1983). *Service quality: The six criteria of good perceived service quality* . *Review of Business*, Vol. 190, pp. 10-13.

11. Bateson and Hoffman (2002). *Essential of Service Marketing : Concepts, Strategy, and Cases*. Harcourt Inc.
12. Andrew, J.D., Clayton, F. W., and Charles, P. D. (2002), "The Relationship Between Counselor Satisfaction and Extrinsic Job Factors in State Rehabilitation Agencies," *Rehabilitation Counseling Bulletin*, Vol. 45, No. 4, pp. 223-232.
13. Parasuraman, A., Zeithaml, A. V. and Berry, L. L. (1988). A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research, *Journal of Marketing*, 49, 41-50.
14. 任維廉、胡凱傑 (2001), 「大眾運輸服務品質量表之發展與評估—以臺北市公車系統為例」, *運輸計劃季刊*, 第 30 卷第 2 期, 頁 371-407。
15. Selnes, F. (1993), "An examination of effect of product performance on brand reputation, satisfaction and loyalty," *European Journal of Marketing*, Vol. 27, No. 9, pp. 19-35.
16. Kotler, P. (2003). *Marketing Management*, Prentice Hall, New Jersey.
17. Sasser, W. E., R.P. Olsen, Jr., and D.D. Wyckoff (1978). *Management of Service Operations. Text and Cases*, Boston : Allyn and Bacon, pp. 33-54.
18. 張有恆(2010), *現代運輸學*, 華泰文化。
19. http://www.cardu.com.tw/news/detail.htm?nt_pk=27&dns_pk=13328。
20. <http://service.tra.gov.tw/Upload/intro/file/ana3.doc>。
21. 胡雅芳(2011), *公部門創新服務與其效益之研究—以臺鐵局郵輪式列車為例*, 臺灣大學政治學研究所碩士論文。
22. 交通部臺灣鐵路管理局(2011), *第三屆政府服務品質獎規劃機關類參獎申請書*。
23. 吳國安(2006), *因應高鐵通車後臺鐵局轉型策略之研究*, 佛光人文社會學院公共事務學系碩士論文。
24. Elfring, T and W. Hulsink (2007). Networking by entrepreneurs: Patterns of tie formation in emerging organizations. *Organization Studie*, Vol. 280 No. 12, pp. 1849-1872.
25. 龔祐德(2009), *連鎖咖啡服務創新對再購意願之研究*, 真理大學管理科學研究所碩士論文。
26. Avlonitis, G. J., Papastathopoulou, P. G., and Gounaris, S. P. (2001). An empirically-based typology of product innovativeness for new financial services: success and failure scenarios. *Journal of Product Innovation Management*, 18(5), 324-342.
27. 胡凱傑、任維廉、陳建元(2009), *服務保證與知覺等候經驗對旅客滿意度與再購意願之影響：以臺鐵為例*, *運輸學刊*, 第二十一卷第四期, 頁 355-384。

徵稿須知

臺鐵資料約稿

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「10041 臺北市中正區北平西路 3 號 5 樓，臺鐵資料編輯委員會」收。電話：(02)2381-5226 轉 3146；**傳真：02-23831396**；E-mail：tr752895@msa.tra.gov.tw。

「臺鐵資料」撰寫格式

中文題目

(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。)

TITLE

(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。)

中文姓名 English Name¹

中文姓名 English Name²

聯絡地址

電話

電子信箱

摘要 (標楷體 16 點字**粗體**，置中對齊，前、後段距離 1 列，單行間距)

摘要內容 (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 (新細明體 12 點字**粗體**): 關鍵詞 (新細明體 12 點字，關鍵詞 3 至 5 組)

Abstract(Times New Roman 16 點字**粗體**，置中對齊，前段距離 1 列，後段距離 0.5 列，單行間距)

Abstract(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。)

Keywords (Times New Roman **粗斜體**): *Keyword* (Times New Roman 12 點字**斜體**，關鍵詞 3 至 5 組)

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】**。)

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))

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】**)。)

¹臺鐵局機務處正工程司兼科長

²中央大學土木系碩士

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))

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：

圖 1 圖名 (新細明體 12 點字，置中對齊，圖之說明文字置於圖之下方，並依序以阿拉伯數字編號 (圖 1、圖 2)。)

表 1 表名 (表名字型大小為 12 點字，置中對齊，表之說明文字置於表之上方，並依序以阿拉伯數字編號 (表 1、表 2)。)

內文^[1] (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

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. http://www.motc.gov.tw/ana/20061220173350_951220.wdl。
4. 交通部臺灣鐵路管理局 (2007)，工程品質管理手冊。
5. 汪進財 (2003)，我國航空保安發展策略之研究，交通部科技顧問室委託研究。
6. 林淑姬、黃櫻美 (2006)，關係資本之衡量與管理，收錄於智慧資本管理，鄭丁旺 (編)，頁249-271，臺北：華泰文化。
7. 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。
8. 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.
9. 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.
10. Lan, L. W. and Huang, Y. S. (2005), "A Refined Parsimony Procedure to Investigating Nonlinear Traffic Dynamics," Proceedings, 10th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies, pp. 23-32.
11. Menendez, M. and Daganzo, C. F. (2007), "Effects of HOV Lanes on Freeway Bottlenecks," Transportation Research Part B, Vol. 41, No. 8, pp. 809-822.

刊 名：臺鐵資料

刊期頻率：季刊

出版機關：交通部臺灣鐵路管理局

機關地址：10041 臺北市中正區北平西路 3 號

機關電話：(02)23899854

網 址：<http://www.railway.gov.tw>

編 者：臺鐵資料編輯委員會

出版日期：中華民國 102 年 10 月

創刊日期：中華民國 52 年 10 月

版 次：初版(電子全文同步登載於臺鐵網站)

定 價：新臺幣 200 元

展售門市：

(1) 國家書店松江門市

地址 10485 臺北市松江路 209 號 1 樓 TEL：(02)25180207

國家網路書店：<http://www.govbooks.com.tw>

(2) 五南文化廣場(<http://www.wunanbooks.com.tw>)

地址：40042 臺中市區中山路 6 號 TEL：(04)22260330

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。

中華郵政臺字第 1776 號登記第一類新聞紙類

行政院新聞局出版事業登記局版臺字第 1081 號

ISSN : 1011-6850



9 771011 685005

GPN : 2005200020

定價：新臺幣 200 元

臺鐵資料 季刊 第三四八期

TAIWAN RAILWAY JOURNAL NO 348 中華民國

102年 12月出版