

ISSN 1011-6850

TAIWAN RAILWAY JOURNAL

# TRJ 臺鐵資料

季刊

# 354

Sep. 2015  
Autumn

臺鐵資料季刊

第354期

TAIWAN RAILWAY JOURNAL

交通部臺灣鐵路管理局



ISSN 1011-6850



9 771011 685005

ISSN 1011-6850

定價:新台幣200元

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



交通部臺灣鐵路管理局

TAIWAN RAILWAYS ADMINISTRATION, MOTC

## 目錄 Contents

封包傳輸網路技術與應用..... 葉淳賢.洪坤男.周賢杰.傅義鴻.陳三旗 Packet Transport Network Technology & Application ..... Yeh, Elemen. Hung, Frunk. Chou, Hsien-Chieh. Fu, Yi-Hong. Chen, San-Chyi	1
傳統鐵路電車線系統風險評估之研究.....張瑋麟 A Study on Risk Assessment of Ordinary-Speed Railway Overhead Catenary System ..... Wei-Lin Chang	17
彰化機務段司機員「簡易工作壓力量表」之分析 .....林恚慵.蕭啟東.陳德發.任沛淳 Changhua Mechanical Engineering Depot of Train Engineer's "Simple work stress scale"to analysis.....Lin yui-Hung. Xiao Gi-Gong. Chen De-Fa. Ren Pei-Cuun	42
民眾對臺鐵服務滿意度之因素分析及邏吉斯迴歸模型之研究 .....吳慧婷.李孟峰.張淑美 The Research of Factor Analysis and Logistic Regression Model that Customers Service Satisfactions in TRA.....Wu, Han-Ting. Lee, Mong-Hong. Chang, Sue-Mei	61
北宜新線完成後舊線鐵路之再生活化研析 .....劉昭榮.上官慧珠.賴素珠.陳宗宏.鄭盛宏.劉益宏.許東成.羅亦婷. The Revitalization Analysis of Existed Yilan Rail Line after finishing the Taipei-Yilan New Rail Line .....Shang Kung, Hui-Chu. Lai, Shu-Chu. Chen, Chung-Hung. Cheng, Sheng-Hung. Liu, Yi-Hung. Hsu, Tung-Cheng. Luo, Yi-Ting. Liu, Jau-Rong	88

# 封包傳輸網路技術與應用

## Packet Transport Network Technology & Application

葉淳賢Yeh, Elemen<sup>1</sup>

洪坤男Hung, Frunk<sup>2</sup>

周賢杰Chou, Hsien-Chieh<sup>3</sup>

傅義鴻Fu, Yi-Hong<sup>4</sup>

陳三旗Chen, San-Chyi<sup>5</sup>

聯絡地址：10041臺北市中正區北平西路3號5樓

Address：5F., No.3, Beiping W. Rd., Jhongjheng District, Taipei City 10041,  
Taiwan

電話(Tel)：02-23815226#2462

電子信箱(E-mail)：0751461@railway.gov.tw

### 摘要

當終端用戶的移動服務及固接服務，再加上多媒體應用，甚至於最近熱門話題的雲端運用已經驅使營運商及服務供應商在第三代/第四代/LTE行動服務的部署上及互聯網接入上提供全封包的電信等級乙太網路。而營運商及服務供應商也開始考慮並轉換他們的核心網絡和匯聚網絡之基礎設施，便支援能用較少的成本卻能提供更快速的服務。

如同上述所說，營運商及服務供應商正經歷不斷升級的挑戰來因應終端用戶對新的需求呈現指數增長，並且市場上所有領域都已經慢慢走向全packet的服務。基於IP的服務和乙太網應用的不斷湧

---

<sup>1</sup>台灣國際標準電子股份有限公司 工程師

<sup>2</sup>台灣國際標準電子股份有限公司 技術經理

<sup>3</sup>臺鐵局 電務處 科長

<sup>4</sup>臺鐵局 電務處 副處長

<sup>5</sup>臺鐵局 電務處 處長

現，對於線上視頻服務，線上互動遊戲，高速上網和永遠在線的業務服務也僅僅是幾個例子。身處於一個充滿活力及不斷更新的市場，營運商及服務供應商面臨著：

- 網絡流量爆炸，導致降低每比特傳輸收入
- 面臨不同網路架構的融合，同時兼顧現有的MSPP基礎設施
- 擴展新的封包服務，特別是電信級乙太網點對點和多點服務傳播
- 因應日益複雜的網路多樣化服務和匯集
- 需要更靈活性和服務敏感度，同時也要確保像SONET/SDH網路有相同的可靠性和操作性
- 降低營運支出的挑戰(OPEX)同時又能增加收入

上述所提的這些挑戰，進而驅使需要一種新的方法，為營運商及服務提供商提供一個強大的工具且無縫式來轉換他們的傳輸網路到封包傳輸網路 (Packet Transport Network)<sup>7</sup>。

**關鍵詞：**長期演進技術、封包傳輸網路

## Abstract

*As end-user mobile and fixed services and multimedia applications are driven to become all-packet by Third-Generation/Fourth-Generation/Long Term Evolution (3G/4G/LTE) mobile deployments, Internet access and Carrier Ethernet business services, operators and service providers are starting to transform their backhaul and aggregation transport infrastructures to support overall packet traffic increases at the lowest cost per bit.*

*As mentioned above, operators and service providers are experiencing escalating challenges from the exponential increase in demand for new packet-oriented services from all segments of the market. IP-based services and Ethernet applications are emerging, video streaming, interactive gaming, high-speed Internet and always-on business services are just a few examples.*

*In addressing this dynamic market, service providers face:*

- *Network traffic explosion , resulting in lower revenue per bit transported*
- *Transition toward network convergence , while leveraging existing MSPP infrastructure*
- *Spread of new packet-based services , particularly Carrier Ethernet point-to-point and multipoint services*
- *Increasingly complex networks because of multiple services interacting and aggregating*
- *Need for flexibility and service awareness while ensuring the same reliability and operations as SONET/SDH networks*
- *Challenge of lowering operating expenditure (OPEX) while increasing revenues*

*These forces have driven the need for a new approach, offering service providers a powerful tool for seamlessly transforming their transport networks toward PTN (Packet Transport Network)<sup>7</sup>.*

**Keywords** : *LTE, Long Term Evolution, PTN, Packet Transport Network*

## 一、PTN 的演進

近幾年來，傳輸網路所承載業務已從單一的E1需求轉變成為多樣化的接入方式及封包化的業務。在加上傳統對於VC-12/VC-4高低階電路管理也慢慢趨向越來越多的IP業務和完全連接導向的專線業務，對於提供高可靠性和可管理性的電信等級乙太網業務也日趨增加<sup>6</sup>。如圖1所示為全IP網路架構。

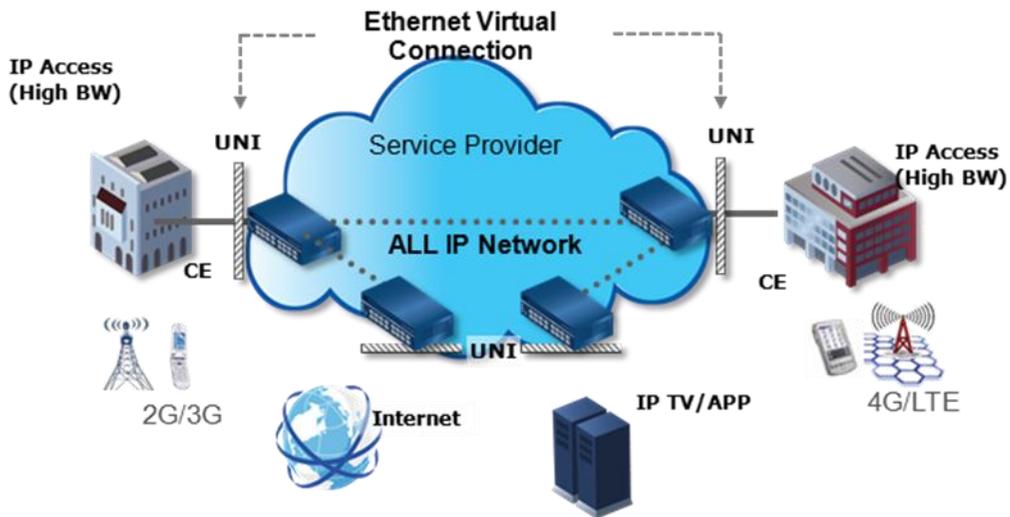


圖1 全IP網路架構<sup>6</sup>

但SDH相關技術最擅長的是對TDM類業務傳送，所以目前營運商仍有大規模部署的SDH於現有網路上。因而MSTP的出現，最初就是為了解決IP業務在傳送網的承載問題，很遺憾的是，這樣的演進無法完全符合營運商對業務的需求。當MSTP採用剛性管道承載IP封包業務，彙聚能力受限，使得乙太網業務複用效率也不高。

而使用Ethernet承載的方案也有其缺點是，QoS能力差、也難以提供多業務的介面，尤其是TDM介面。故Ethernet承載的方案並不適合於語音及視頻等高品質業務的承載；再加上無法實現電信級OAM和網路保護能力差、且網路故障恢復時間相對比較慢、所提供的業務也是無連接導向之特性，進而限制網路的可擴展性，也因此不適合建設電信等級的應用與封包承載網。

所以乙太網在電信級保護、多業務承載、QoS、OAM、網路管理等方面存在較明顯的缺陷，無法滿足全IP網路情況下對業務統一承載的要求。

綜和上述的原因，一種導向IP化的封包傳送技術PTN就在這樣的時空背景下應運而生。PTN不是對現網SDH的替換，而是以逐步引入的方式承接現網IP化業務，而新一代傳送網PTN對其網路的演進也較平滑性、並具備良好的前向、後向之兼容性。

總而言之，PTN是一種以封包作為傳送單位，承載電信等級的乙太網業務為主，相容TDM、ATM和FC等業務之綜合傳送技術。而PTN核心技術是基於封包的架構，繼承了MSTP的理念，融合了Ethernet和MPLS的優點，成為下一代封包承載的技術，如圖2所示為PTN的演進。

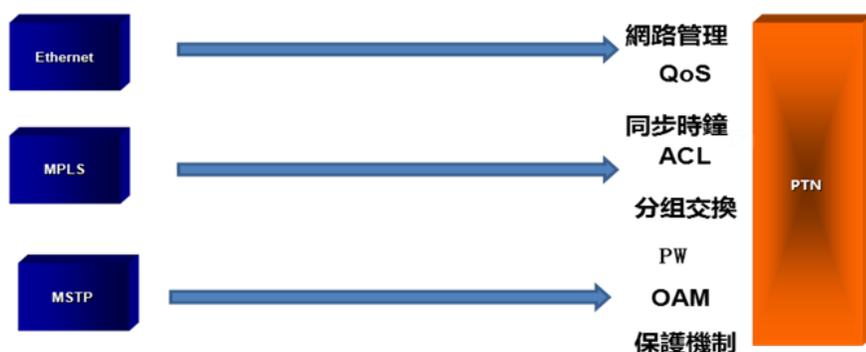


圖2 PTN的演進

就目前營運商對於PTN的架構應用大致分成兩個區塊：

### 1.1 純封包數據平面組網<sup>3</sup>

(核心匯聚層MPLS-TP，接入層MPLS-TP/ETH)，如圖3。適合快速湧現的大量乙太網業務承載需求。

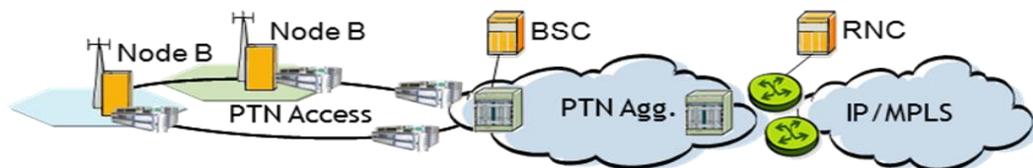


圖3 純封包數據平面組網<sup>3</sup>

### 1.2 MSTP/PTN混合型組網<sup>3</sup>

(核心匯聚層MPLS-TP+SDH管道，接入層MPLS-TP、MSTP、ETH可靈

活選擇)如圖4。適合綜合業務承載，與MSTP現網融合，可按業務需求擴展網絡，保證TDM業務承載經濟性和網絡演進平滑性。

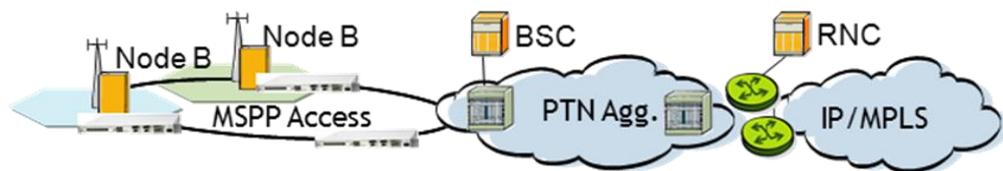


圖4 MSTP/PTN混合型組網<sup>3</sup>

混合型組網保證了整個網路從架構到維運能夠較平滑的演進，保護了之前設備投資，但其要求匯聚節點的PTN設備必須同時具備了SDH和PTN組網能力。

## 二、PTN 核心技術

PTN支援多種封包交換業務的雙向點對點連接導向通道，具有適合各種介面及速率業務、端到端的組網能力，並提供了更加適合于全IP業務特性的“柔性”傳輸管道，對於點對點連接通道的保護切換可以在小於50毫秒內完成，可以實現電信傳輸級別的業務保護及恢復機制<sup>2</sup>。

而PTN也繼承了SDH技術的操作、管理和維護機制，具有點對點連接的完整OAM，同時保證網路有具備保護切換、錯誤檢測和通道監控能力；完成了與IP/MPLS多種方式的互連機置，能在無縫的型式下完成承載核心IP業務；而網管系統也具備了可控制連接信息通道的建立和設置，完成了業務QoS的區分和保證，並靈活提供SLA等優點。另外，可利用各種實體介面來建立傳輸通道(如SDH/Ethernet/OTN)<sup>1</sup>。

總之，它具有完善的OAM機制，精確的故障定位和嚴格的業務隔離功能，最大限度地管理和利用光纖資源，保證了業務安全性，並在結合GMPLS後，可實現網路資源的自動配置及網狀架構的高可靠度，所以PTN主要的核心技術就是MPLS-TP。

何謂MPLS-TP？正當所有的主要營運商及服務提供商都已經佈建了以IP/MPLS為基礎的網路，進而來滿足新興的應用和龐大頻寬需求的服務時。

然而許多網路仍需使用底層的SONET/SDH加上WDM來傳輸。而在以IP/MPLS為基礎的封包模式及以光傳輸網路為基礎的電路模式相互營運的時代，他們所面臨的共通性問題都是很少利用多樣技術模式來管理，甚至缺少更彈性的好處，使得無法提供更統一的方法<sup>5</sup>。

在這時空背景之下，MPLS-TP允許網路有更好的封包傳送需求，並提供了收斂的能力和傳送乙太網的功能，另外也提供了IP多業務和MPLS的靈活性、再加上封包所具備的有效率頻寬管理和傳統SONET/SDH的可靠性<sup>5</sup>，圖5示出了MPLS-TP的技術演進。

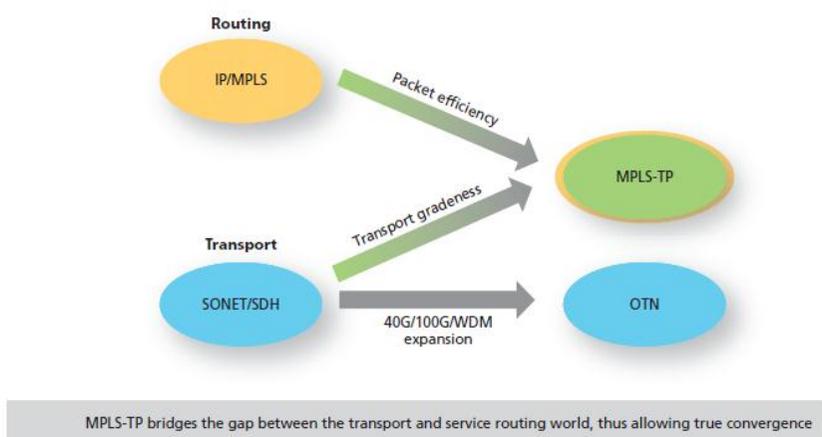


圖5 MPLS-TP的技術演進<sup>5</sup>

MPLS-TP提供一種跨越IP/MPLS和光傳送網路並具備了統一協調的能力，而MPLS-TP是以IP/MPLS為基礎來提供服務轉發能力，但它增強了OAM功能進而延伸IP/MPLS能提供電信等級的傳輸，就如同提供類似於傳統SONET/SDH的傳輸功能一樣。

MPLS-TP其主要目的是追求提供類似於SONET/SDH網路的彈性和OAM能力，同時又能保持提供以封包網路所有相關優點及益處。所以MPLS-TP有下列幾個特性<sup>4</sup>：

- 2.1 利用EVC乙太網虛擬電路來實現乙太網流的透明傳輸
- 2.2 嚴格的連接導向，可預知的傳送路徑
- 2.3 電信級乙太網業務－E-Line、E-LAN、E-Tree，仍然支持TDM業務

- 2.4 更加適合於IP業務特徵的“柔性”傳輸管道
- 2.5 傳輸級別的業務保護和恢復機制
- 2.6 繼承自SDH的操作、管理和維護機制(OA&M)
- 2.7 可利用各種底層傳輸通道：SDH/Ethernet/OTN
- 2.8 業務QoS的區分和保證，靈活提供SLA
- 2.9 增強的網路同步，可同時支持高性能的頻率與時間同步

圖6示出了MPLS-TP的特性<sup>4</sup>。

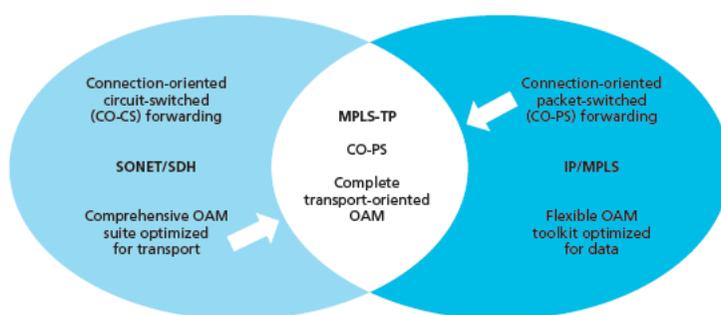


圖6 MPLS-TP的特性<sup>4</sup>

使用MPLS-TP為核心技術的PTN，其最終目的便是將封包業務得到最大效率的傳輸，且傳輸的規劃和操作維護習慣也被最大程度的保留，所以PTN是融合多種傳送層技術的設備。

### 三、PTN 特性及功能介紹

從上一章節的介紹說明，我們知道PTN最主要的特點是封包傳送，並提供可靠性高的連接導向之多業務傳送(如圖7所示)。可於各種實體介面來提供端到端有QoS保障的乙太網業務，如E-LINE、E-LAN或是E-TREE的服務。

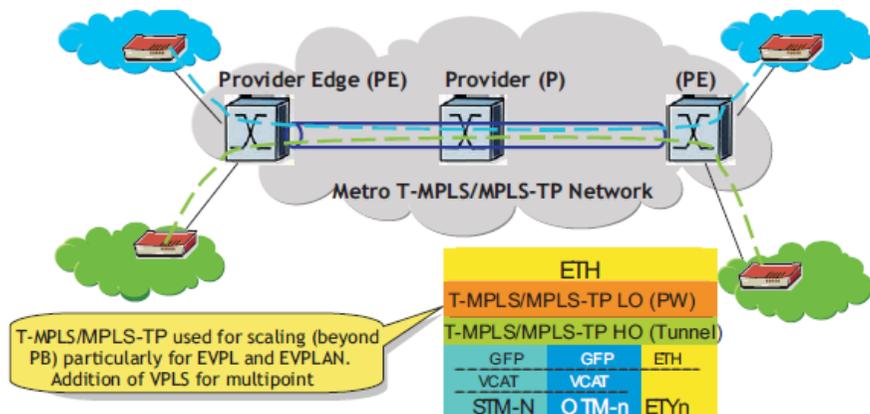


圖7 PTN封裝格式及服務傳送架構<sup>8</sup>

PTN系統架構，如圖8所示，其核心封包交換MPLS-TP是具備多業務、多介面的傳送能力，利用電信級的Link OAM、PW OAM和Tunnel OAM能力來確保業務的可靠度，進而使傳送單位成本降低，圖9所示為PTN系統架構(OAM)。

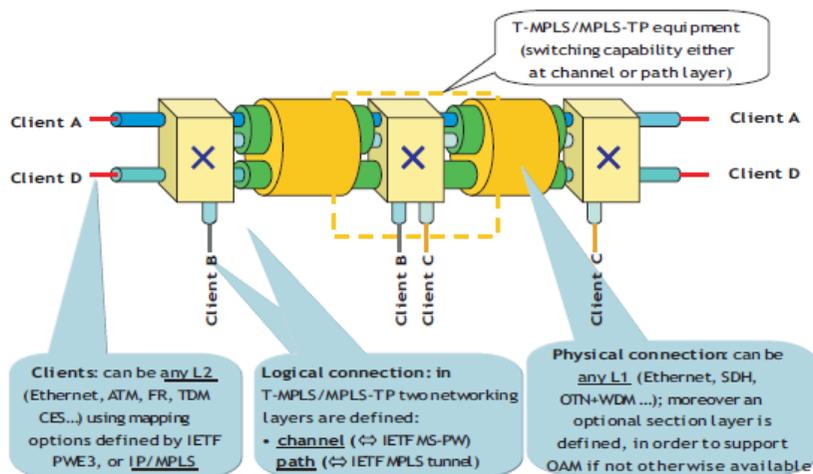


圖8 PTN系統架構(一)<sup>8</sup>

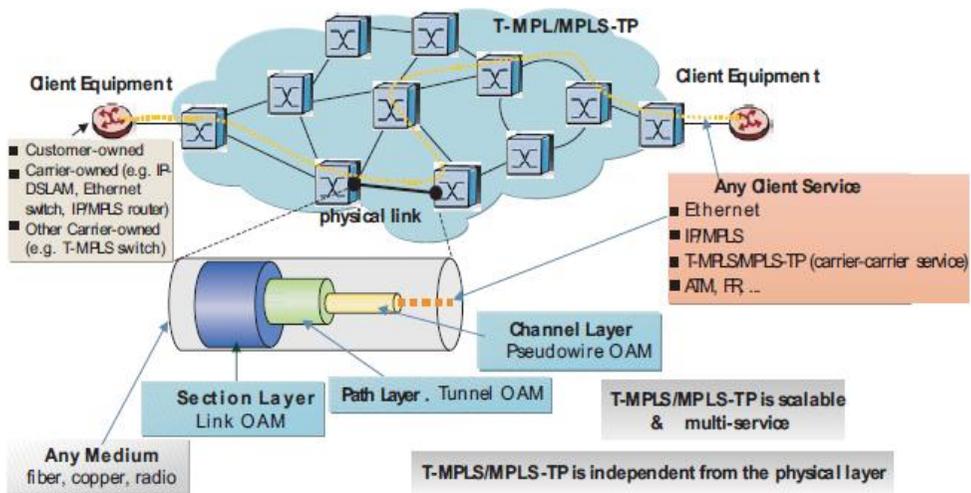


圖9 PTN系統架構(二)<sup>8</sup>

而MPLS-TP為了補足Ethernet網路對於業務可靠性差的缺點，進而使用IEEE 802.1ag的CFM來增強OAM。而該CFM所提供功能- 路徑發現、故障點檢測、故障點確認、故障點告警、故障點排除、再結合ITU-T G8031和G8032的APS來快速自動保護切換，便可提供一個完整的網路管理及保護。

另外PTN利用PWE3-業務仿真機制,以較少的資源來提供端到端的連接，並通過Tunnel隧道PW偽線來承載業務；經封裝為PW PDU之後傳送；於終端設備PE執行IWF功能將其PW業務的封裝/解封裝，客戶設備CE便感覺不到核心網路的存在；進而模擬專線業務。因為PW是用來封裝客戶的業務，不同的客戶業務可由不同的PW承載。故針對各類的業務可根據不同的優先順序採用合適的調度方式，如圖10所示為PTN業務封裝。如ATM業務，可基於VPI/VCI標識映射到不同PW處理，優先順序(含丟棄優先順序)可以映射到PW的EXP欄位。對於乙太網業務，可基於外層VLAN ID或IP DSCP作優先順序(含丟棄優先順序)。而對時間延遲有高度敏感性的TDM E1即時業務便可按固定速率來加速轉發處理。

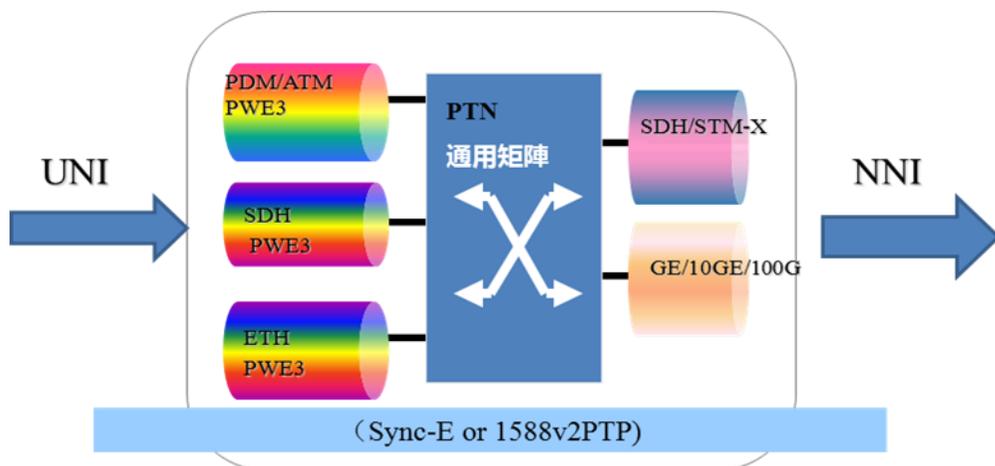


圖10 為PTN業務封裝

為了加速實現傳送單位成本降低這目標，同時結合MBH應用中可能會出現的需求，此時對於封包時鐘同步和設備互聯問題就必須詳細考慮。封包時鐘同步需求是3G等封包業務對於組網的客觀需求，時鐘同步包括時間同步、頻率同步兩類。在實現方式上，目前主要有如下三種：同步以太網、TOP(Timing Over Packet)方式、IEEE1588V2。互聯互通問題，PTN是從傳送角度提出的封包承載解決方案。技術可以革命，網路只能演進。營運商目前的現網都是使用龐大的MSTP網路，而MSTP端點都已延伸至本地城域各個角落。所以PTN網路就必須要考慮與現網MSTP的互通。就PTN的角色而言，這些需求都已被涵蓋到PTN的發展技術裏。

#### 四、PTN 業務應用

近年來,行動裝置的話題是最熱門及最為人所提起，目前幾乎人們日常生活都少不了它。無論是LINE或行動上網看影片，甚至雲端、互聯網，看起來都離不開行動裝置。而IP化也是行動網路發展的必然趨勢，面臨技術和網路轉型期的各營運商也正在積極引進相關技術。有鑑於此，各營運商及服務供應商就必須不斷提升設備容量，增加設備頻寬來因應終端用戶的需求。所以MBH的更新就變得更加重要。

簡單來說，行動裝置透過部署於各地的基地台(Base Stations)將其服務

需求傳送至後端的行動核心網路(Mobile Core)處理，而基地台與行動核心網路之間的傳輸網路便稱為是MBH<sup>6</sup>。圖11所示為PTN設備佈署於MBH架構。

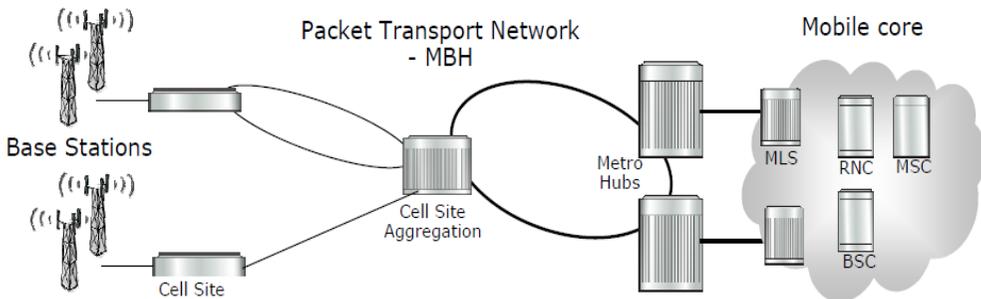


圖11 PTN於MBH架構<sup>6</sup>

也就是說當基地台所乘載的行動裝置越多，所需要的頻寬就越大，如圖12所示。在不同世代的行動網路技術，其所用的介面也有所不同，如2G/3G就是使用TDM E1介面來與MBH作連接。但到了4G/LTE世代,就需要更高速的ETH/GE、甚至10GE介面來做為與MBH的媒介<sup>6</sup>。

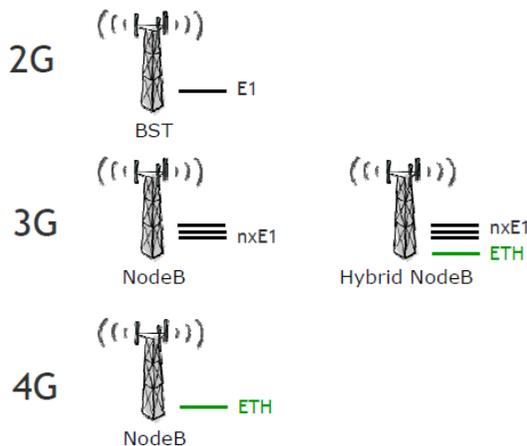


圖12 不同世代的基地台介面<sup>6</sup>

所以此刻，全IP化及封包化是光傳送網發展的必然方向，各營運商及服務供應商也需面臨多種業務共存、承載的業務多樣化、核心網路層對光纖資源相對增加等問題，在考慮PTN產品網路引入的過程中，需要注意引入策略和網路承接性的問題，在現有的網路中引入封包傳送技術和設備還是應該非常慎重，PTN在其MBH的角色就相形重要。PTN的設備通常被使用在Cell Site Aggregation接入點及進入行動核心網的Metro Hubs節點(包括提供

Distribution Node架構)。其所提供的服務便需要能同時兼容2G/3G/4G行動基地台所提供的TDM (CES) service和Ethernet service<sup>6</sup>，再加上PTN特有的端到端QoS保障及OAM的可靠度，已使得PTN設備佈建在MBH架構上取得重要的地位。

## 五、結論與未來發展

近年來，電信通訊網路所承載的業務產生了巨大的變化。數據寬頻業務發展非常迅速，特別是IP業務、視頻業務，乙太網業務的發展，使得電信通訊網路承載的業務類型正發生由TDM流量轉往向封包流量為主要業務的形態發展。也正因為如此，封包流量的業務傳送頻寬也已從早期的100Mb/s發展到目前的10Gb/s，並且由於乙太網技術的廣泛應用，加上其具有物美價廉的特質，目前相關的標準協定，如IEEE和ITU-T均已把40Gb/s和100Gb/s列為乙太網應用最重要媒介。在此同時，更高速的介面及相關技術也是被列為下一階段發展乙太網應用的研發重點。也因此PTN也正朝向更快速、更大容量及更高頻寬的技術發展下去<sup>9</sup>。

隨著傳統的TDM傳輸網向封包傳輸網的轉變，通訊網路的業務也開始對傳送頻寬的需求越來越大，基於SDH以VC-12/VC-4為調度容量的光傳輸網路對容量需求越來越大的封包業務已不能滿足其要求，例如對於路由器的GE或10GE的接口，若採用SDH光傳送網路傳送，則需要多個VC-12/VC-4通過連續或虛擬匯集的方式來映射、適配、傳送和交叉調度，這樣的過程使得效率會有顯著降低。基於VC-12/VC-4的帶寬容量的適配與調度方式顯然滿足不了目前封包業務對於大容量帶寬的傳送與調度的需求。因此，需要一種能提供大容量業務傳送和交叉調度的新型光傳送網路及技術，並且有大容量、高速率的交叉調度容量具有更高的交叉效率，使得設備更容易實現大的交叉連接能力，降低設備營運成本<sup>9</sup>。

對傳統的SDH光傳送網，由於受到電信號處理速率的限制，傳輸頻寬不超過40G，與早期的WDM光傳送網路結合後，信號通道傳輸頻寬得到擴展，但早期WDM光傳送網路只能提供點對點的光傳輸，對光業務傳輸的維護監測能力不足。為了克服上述所提的缺陷。國際電信聯盟(ITU-T)於1998

年左右開始提出了以大容量業務帶寬來進行組網、調度和傳送的新型技術——光傳送網(OTN)的概念。

OTN不是採用全光網的方式來實現，國際電信聯盟(ITU-T)提出的光傳送網(OTN)在與用戶業務連接的邊界處，仍採用光-電-光方式完成對業務的3R再生，這是由於在全光領域下來實現3R處理是很困難的。首先是放大、整形、時脈的提取、波長變換等技術在電層領域上是很容易實現，但是在光層領域上卻是十分困難的，有些功能雖然可經過複雜的技術在光層領域上能夠實現，但效果並不理想、且成本很高，不具實用價值。因此，OTN光傳送網技術就綜合了SDH和WDM的優勢並考慮了大容量業務傳送和端到端維護等新需求。並將業務信號的處理和傳送分別在電層領域上和光層領域上進行完成<sup>9</sup>。

所以未來封包傳輸網路PTN也會慢慢往大容量業務傳送及大容量交叉調度能力的光傳輸網路OTN靠攏。

## 參考文獻

1. 黃曉慶，唐劍峰，徐榮 (2009)，PTN-IP 化分組傳送，北京郵電大學出版社
2. 電力信息通訊百科 (2011)，PTN 技術。網站：  
<http://dlxxtx.h.baik.com/?m=article&id=97991>
3. Alcatel-Lucent University (2011)，PTN 原理簡介
4. Alcatel-Lucent Technology White Paper (2009)，MPLS-TP – The Road to Packet Transport Networks, Page 3 ~4
5. Alcatel-Lucent Technology White Paper (2010)，MPLS-TP – The Key Enabler of Converged Packet Transport Networks
6. Alcatel-Lucent Mobile Backhaul System Guideline (2011)，Packet-Optical Transport MBH architectures

7. Alcatel-Lucent 1850 Transport Service Switch Product Portfolio (2011) , Seamlessly migrate to a Packet Transport Network
8. Alcatel-Lucent 1850 Transport Service Switch R7.0 (2014) , Product Information and Planning Guide
9. Alcatel-Sbell (2011) , OTN (optical transport network) theory

## **Abbreviation**

PTN: Packet Transport Network

MSP: Multiservice Provisioning Platform

LTE: Long Term Evolution

OPEX: Operating Expenditure

SDH: Synchronous Digital Hierarchy

TDM: Time-division multiplexing

MSTP: Multiservice Transport Platform

QoS: Quality of Service

OAM: Operation Administration and Maintenance

FC: Fiber Channel

MPLS: Multiprotocol Label Switching

MPLS-TP: Multiprotocol Label Switching - Transport Profile

SLA: Service Level Agreement

CFM: Connectivity Fault Management

PWE3: Pseudo Wire Emulation Edge-to-Edge

IWF: Inter Working Function

PDU: Protocol Data Unit

IP DSCP: IP -Differentiated Services Code Point

TOP: Timing Over Packet

MBH: Mobile Backhaul

WDM: Wavelength-division multiplexing

CES: Circuit emulation service

OTN: Optical Transport Network

3R: Re-timing/Re-amplifying/Re-shaping

# 傳統鐵路電車線系統風險評估之研究

## A Study on Risk Assessment of Ordinary-Speed Railway Overhead Catenary System

張瑋麟 Wei-Lin Chang<sup>1</sup>

聯絡地址：臺北市中正區仁愛路一段 50 號

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

電話 (Tel) : 02-2349-2183

電子信箱 (E-mail) : mwl@motc.gov.tw

### 摘要

近年臺鐵西部幹線都會區鐵路捷運化之轉型，路線容量近趨飽和，設備故障所致之營運影響更顯重要，電車線系統可靠度直接影響營運安全與服務品質，故提高電車線系統可靠度是緊迫關鍵的問題。

本研究將傳統鐵路電車線系統的可靠度提升作為研究重點。應用系統安全理論於電車線系統，藉由初步危害分析(PHA)、失效模式及效應分析(FMEA)等技術，探討可能的系統失效情況，及失效發生之機率和嚴重程度，進而提出因應對策，以消除系統失效之發生和降低失效造成之後果，期能提升系統可靠度。

對電車線系統進行風險評估，得知主吊線、接觸線及電桿之風險等級較高，必須採取控制措施，設法降低其風險程度，並重新評估採取措施後之風險等級，至該風險程度降低到合理可接受的範圍為止。

**關鍵詞：**電車線系統、風險評估、系統安全、初步危害分析、失效模式及效應分析

### Abstract

*In recent years, the Western Lines of Taiwan Railway Administration*

---

<sup>1</sup>交通部 路政司 技術員

*(TRA) in the metropolitan areas have been rapid transit systematized. At the same time, the capacities of the lines are near saturation. Therefore, the impact from equipment failures on the operation is becoming more significant. The reliability of the overhead catenary system affects the operational safety and service quality directly, so the improvement of the overhead catenary system reliability is definitely an important and urgent issue.*

*The study was regarded to enhance the reliability of the overhead catenary system of ordinary-speed railway as research focus. And adopt the application of system safety to the overhead catenary system by the preliminary hazard analysis (PHA), and the failure mode and effects analysis (FMEA) to examine the possible system failure conditions, the incidence of failures, and the severity. Furthermore, proposes the countermeasures to remove the occurrences of system failures and reduce the damages of system failures in order to enhance the system's reliability.*

*The study analyzed the overhead catenary system of the Western Line of TRA for risk, and the risk level of the messenger wire, contact wire and poles are higher, must adopt controlling measures to reduce the risk to an acceptable and reasonable degree.*

**Keywords:** *Overhead Catenary System, Risk Assessment, System Safety, Preliminary Hazard Analysis, Failure Mode and Effects Analysis*

## 一、前言

### 1.1 臺鐵電車線系統安全問題

臺鐵西部幹線電車線系統，完工啟用至今，部分設備已達汰換之時限。又加以都會區鐵路捷運化之轉型，路線容量更是近趨飽和，機電設備使用頻度增加，機電設備故障所導致之營運影響將更顯重要。

電車線系統是電氣化鐵路的主要組成部分，為直接向電力機車供電的線路。電車線系統沿著軌道路線露天架設，工作環境惡劣，使用條件苛刻，在大自然的風雨和行駛列車之集電弓的作用力下，各種組件結構、狀態都處於動態變化中，牽涉面廣，也因而故障事件時有發生。電車線系統的可靠度若是不足，將是電氣化鐵路系統中最為薄弱的環節，現已成為制約電氣化鐵路發展的重要影響因素之一。

## 1.2 研究目的、範圍及方法

根據相關可靠度研究表明，鐵路電力系統 80% 以上的故障源自於電車線系統，其可靠度主要取決於電車線系統。更重要的是，電車線系統並無備援措施，類似串連系統，一旦發生故障將立即導致營運中斷，對於服務品質造成嚴重影響，因而提高電車線的可靠度是電氣化鐵路建設面臨的一個緊迫而關鍵的問題。

本研究選擇以行車密度較高的臺鐵西部幹線為範圍，並以臺鐵局 89 年~102 年間電力事故資料作為統計分析之基礎進行研究，進行傳統鐵路電車線系統之風險評估(Risk assessment)。

本研究應用系統安全理論於電車線系統，藉由初步危害分析(Preliminary hazard analysis, PHA)、失效模式及效應分析(Failure mode and effects analysis, FMEA)等技術，探討系統可能的失效情況，及失效發生之機率和嚴重程度，進而提出因應對策，以消除系統失效之發生和降低失效造成之後果，期能提升系統可靠度。

## 二、風險評估概述

### 2.1 安全的定義

歐洲標準 EN50126 將安全(Safety)定義為：「沒有不可接受風險的傷害(Freedom from unacceptable risk of harm)」。此即道出安全與風險(Risk)的關係，安全的定義過於抽象，且難以量化，國際上普遍皆以可量化的風險進行衡量。簡而言之，設法將風險降得越低，即表示越安全；將風險控制於合理可容忍之範圍內，即可確保一定程度的安全。

此外，安全尚有一些法律上、社會上及道德上的要求，例如勞工安全衛生、電器產品安全、核能安全、食品安全等，且皆以確保「人」的安全為優先目標，而非限於設備方面的安全。

### 2.2 風險的定義

依據歐洲標準 EN50126，將風險定義為：「引起傷害的危害發生機率以及傷害的嚴重程度(The probable rate of occurrence of a hazard causing harm and the degree of severity of the harm)」，風險的觀念為兩個要素的組合：

1. 一個事件(Event)或數個事件組合的發生機率，或這些事件的發生頻率，而這些事件會導致危害(Hazard)。
2. 危害的結果。

事件(Event)的普遍定義，係指不會造成實質損害，但會對軌道系統營運與安全造成影響的情事；事件本身未造成實質損害，但影響安全。例如高鐵列車鳥擊、列車誤點、列車門故障、捷運月台門故障、行人闖越平交道、號誌及中央監控系統之電子訊號中斷、行車調度無線電之通訊中斷、調度人員疏失事件等。至於事故(Accident)的定義，則為一連串的事件所導致的傷害，例如列車出軌、電車線斷線、列車對撞、列車火災、機車故障、路基塌陷事故等，已造成人員傷亡、財產損失或環境破壞，是屬於相當嚴重的。

危害(Hazard)具有危險之意，危害是一種潛在的、蓄勢待發的情況，有可能演變成為意外事故。本研究採用國際上普遍使用的定義，危害是一種潛在的情況，可能使人員傷亡、財產損失或環境破壞。簡而言之，危害經過某些條件觸發後，即演變成為事故。

事件的發生機率有兩種表示方法：(1)頻率(Frequency)：在某單位時間內，事故發生的預期平均次數，如每年多少次；(2)機率(Probability)：在某特定時間內，事故造成人員傷亡或財產損失的機率，其值介於 0 與 1 之間。

若將風險以量化方式描述，風險等於事故的預期發生頻率(或機率)與事故後果的乘積，其為頻率(或機率)與後果的函數，如式(1)所示。風險是財產損失、環境破壞或人員傷亡的數學期望值(Expected value)。

$$R(\text{風險}) = F(\text{機率}) \times C(\text{嚴重程度}) \quad (1)$$

德國在 20 世紀初第一次世界大戰結束後，為重建而提出風險管理的概念，其強調風險的管理、控制、移轉、分散、規避等。至於美國對風險管理概念的發展，在第二次世界大戰後，逐步擴展至全面性的風險管理。其餘歐洲國家則發展較晚，直到 70 年代中期始接受此一觀念；日本的風險管理發展雖然也是起步較晚，但其研究較為深入透徹，基本上繼承德國的風險管理的概念和精神。

## 2.3 風險評估與控制

在風險管理的流程中(如圖 1 所示)，風險評估的兩個重要因素：危害的發生機率和嚴重程度，在此基礎上可引入風險指標，以科學方法對系統的安全性進行定量評估，其評估目的在於建立揭示系統風險的指標。完整的風險指標是危害發生機率和嚴重程度的綜合展現，意即系統的風險評估不只是辨識失效事

件發生的可能性，而且要識別事件後果的嚴重程度，這也是風險評估與可靠度評估的相異之處。

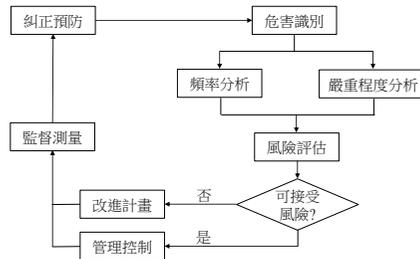


圖 1 風險管理流程

風險評估方法可分為定性和定量兩類，如下所述：

1. 定性評估：主要依據歷史經驗和專家所提供意見，對系統的組成設備、環境、人員及管理等方面進行評估，特色為便於操作，評估過程及結果易於直觀判斷。例如 What-If 分析、檢查表分析(Checklist)、初步危害分析(PHA)、失效模式及影響分析(FMEA)及危害與操作性研究(HAZOP)等方法。
2. 定量評估：以數學方法求得系統事故發生的機率，並就所得出事故的發生機率與規定的安全指標進行比較，以評估系統的安全等級是否滿足要求。

應用於系統安全(System safety)上，控制風險的方法主要有下列各項：

1. 規避風險(Risk avoidance)：規避危害是風險管理的最佳方法，此與災害防救之「防災重於救災，離災優於防災」觀念可相互借鏡。
2. 移轉風險(Risk transfer)：以程序、管理或工程等方法將危害移轉，可以有效降低風險。簡而言之，將危險的行為交由專業人士處理，以及事故發生後的損失移轉由他人承擔等皆屬之；於工程方面，例如超高層大樓必然面對強風威脅，必須將其產生之效應移轉，設置風阻尼器(Wind damper)即是一種移轉方法；於工程管理方面，保險、契約免責條款、履約保證等，亦是移轉風險之方法。
3. 分散風險(Risk sharing)：人員、資產和活動的集中，可以提高管理效率並節省成本，但單一事件對其的影響層面也相對較大，故應設法分散風險。例如台灣高鐵列車之動力分散系統，不易於隧道內發生無動力狀態，利於車輛駛離隧道(高鐵列車編組為 9 節動力車及 3 節無動力車，共 12 節車廂)。

在系統生命週期的各個階段都要進行風險分析(Risk analysis)，由負責各該階段的相關單位執行，並且製成文件保存。文件的內容至少包含：

1. 分析方法。
2. 所採行方法中的假設、限制及辨證。
3. 危害鑑識的結果。
4. 風險預估的結果及其可信度。
5. 擇優取捨研究的結果。
6. 數據資料、資料的來源及其可信度。
7. 參考文獻。

## 2.4 歐洲標準 EN50126 風險評估原則

歐洲標準 EN50126 提出風險的評估方法，對於危害事件的發生頻率分成 6 個等級，分別是：經常發生(Frequent)、偶爾發生(Probable)、不常發生(Occasional)、或許會發生(Remote)、不太可能發生(Improbable)、難以相信會發生(Incredible)。對於危害事件後果的嚴重程度，分成 4 個等級，分別是：重大的(Catastrpphic)、臨界的(Critical)、輕微的(Marginal)、不重要的(Insignificant)。進行風險評估時，要一併考慮危害事件的發生頻率及其後果的嚴重性，以建立危害事件所造成的風險等級。「頻率-影響結果」矩陣表如表 1 所示，係用以評估風險分析的結果、風險的等級分類。

表 1 「頻率-影響結果」矩陣表

危害事件的發生頻率	風險等級			
	經常發生 F1	無法滿意 (Undesirable)	無法容忍 (Intolerable)	無法容忍 (Intolerable)
偶爾發生 F2	可以容忍 (Tolerable)	無法滿意 (Undesirable)	無法容忍 (Intolerable)	無法容忍 (Intolerable)
不常發生 F3	可以容忍 (Tolerable)	無法滿意 (Undesirable)	無法滿意 (Undesirable)	無法容忍 (Intolerable)
或許會發生 F4	可以忽略 (Negligible)	可以容忍 (Tolerable)	無法滿意 (Undesirable)	無法滿意 (Undesirable)
不太可能會發生 F5	可以忽略 (Negligible)	可以忽略 (Negligible)	可以容忍 (Tolerable)	可以容忍 (Tolerable)
難以相信會發生 F6	可以忽略 (Negligible)	可以忽略 (Negligible)	可以忽略 (Negligible)	可以忽略 (Negligible)
	不重要的 C1	輕微的 C2	臨界的 C3	重大的 C4
	危害事件後果的嚴重等級			

在表 1 中，嚴重等級所對應的後果，要由鐵路營運單位來定義，而此種定義應該要適合於所考慮的應用領域。風險等級之評估，係以某特定期間內之危

害事件的發生頻率與危害事件後果的嚴重等級來衡量，採落點法而得到危害的風險值，但此法無法識別出落於同一風險值區域之不同危害確切的程度高低，以致於無法提供充分資訊作為降低風險優先順序之參考。

表 2 提出為了使無法容忍的風險降低其等級或消除時，所要採行的動作，以及可接受的風險。

表 2 風險評估及接受的點型範例

風險估計	風險降低/管控
無法容忍 R1	要消除
無法滿意 R2	只有當風險降低的努力是不可行時，並獲軌道業主同意，始可接受
可以容忍 R3	在適當管制及軌道業主同意下，便可接受
可以忽略 R4	不須任何同意即可接受

風險接受的準則應該以一般可接受的原則為依據，有很多適用的原則可以利用，國際上較常採用的原則為：只要合理可行，儘可能的降低。此為在英國實行的 ALARP (As Low As Reasonably Practicable) 原則，如圖 2 所示。

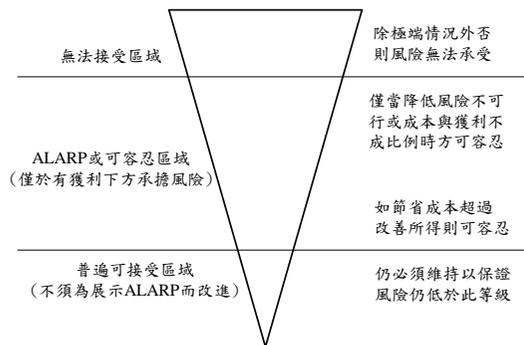


圖 2 合理可行地儘量降低(ALARP)原則

由於某些潛在風險可能導致之結果非常嚴重至無法接受之範圍，圖 2 上部區域定義之風險等級為不可接受區域，若此等級之風險無法減輕至下方區域時，需停止正常營運。圖 2 最下方區域定義為廣泛可接受區域，此區域之風險，不需利用任何 ALARP 原則減輕措施來達成降低風險之目標。圖 2 介於上部區域與下部區域之中間範圍稱為 ALARP 範圍，此區域之風險應採用盡可能降至可行情況下之原則，在此條件下，成本效益分析及生命週期價值概念可被引進此

原則中。

### 三、系統風險評估

臺鐵局近年來開始執行風險管理業務，成立風險管理推動小組，並將風險管理落實到基層第一線人員。臺鐵局將所關心的風險項目區分為「行車類」及「非行車類」二大類，共 24 個子項目，本研究所探討的電車線設備故障即歸類為其中之「行車類」風險項目。

由於傳統鐵路之行車環境及條件複雜，因此臺鐵局在行車類風險評估上採用 10×10 的風險矩陣，亦可視需要簡化為 5×5 的矩陣。此與歐洲標準 EN50126 所提供之示例雖有差異，但並不影響風險評估之進行。臺鐵局行車類之風險發生機率共分成 10 個等級，如表 3 所示。電車線設備故障之風險嚴重程度，是以電力搶修時間來衡量，如表 4 所示。

表 3 行車類風險發生頻率分級表

發生頻率	等級	說明
幾乎確定 F1	10	10 年發生 100 次以上
	9	10 年發生 50~99 次
非常可能 F2	8	10 年發生 31~49 次
	7	10 年發生 21~30 次
可能 F3	6	10 年發生 11~20 次
	5	10 年發生 4~10 次
不太可能 F4	4	10 年發生 3 次
	3	10 年發生 2 次
幾乎不可能 F5	2	10 年發生 1 次
	1	10 年從未發生

表 4 電車線設備故障之風險嚴重程度分級表

嚴重等級	等級	電力搶修時間(分鐘)
非常嚴重 C1	10	1081 以上
	9	841~1080
相當嚴重 C2	8	601~840
	7	421~600
嚴重 C3	6	241~420
	5	121~240
輕微 C4	4	61~120
	3	31~60
極輕微 C5	2	0~30
	1	不影響營運

EN50126 將安全定義為：沒有不可接受風險的傷害，為了對電車線系統在營運和維護過程中，可能對旅客、工作人員及公眾造成危害之不安全因素進行量化分析，臺鐵局的非行車類風險採用 5×5 的風險矩陣，非行車類風險發生機率共分為 5 個級別，如表 5 所示。在非行車類風險中，勞安事故及工安事故等人員死傷之風險嚴重程度，是以傷亡人數來衡量，同樣共分為 5 個級別，如表 6 所示。

表 5 非行車類風險發生頻率分級表

發生頻率	等級	說明
幾乎確定 F1	5	在絕大多數的情況下會發生
非常可能 F2	4	在許多情形下會發生
可能 F3	3	在有些情形下會發生
不太可能 F4	2	在少數情形下會發生
幾乎不可能 F5	1	只有在特殊的情況下會發生

表 6 人員死傷之風險嚴重程度分級表

嚴重等級	等級	人員
非常嚴重 C1	5	人員死亡(如 3 名以上)
相當嚴重 C2	4	人員死亡(如 1 名以上)
嚴重 C3	3	人員重傷(如 1 名以上)
輕微 C4	2	人員輕傷(如 1 名以上)
極輕微 C5	1	無人員傷亡

臺鐵局所訂之風險等級，係分為 5 個級別，如表 7 及表 8 所示。此與歐洲標準 EN50126 提供之示例有些許差異，但由於風險等級乃取決於營運者的安全目標與可用資源等，亦不影響風險評估之進行。

表 7 電車線設備故障之風險矩陣表

危害事件的發生頻率	風險等級				
	幾乎確定 F1	C	B	B	A
非常可能 F2	D	C	B	B	A
可能 F3	E	D	C	B	B
不太可能 F4	E	D	D	C	B
幾乎不可能 F5	E	E	D	D	C
	極輕微 C5	輕微 C4	嚴重 C3	相當嚴重 C2	非常嚴重 C1
	危害事件後果的嚴重等級				

表 8 臺鐵局風險等級

風險等級	說明	對每一個等級分類要採取的動作
A	不可忍受	必須消除該類風險
B	勉強忍受	沒有可行風險解決方法時方可接受
C	不理想	在一般情形下必須降低風險
D	可忍受	須有適當控制措施減輕其風險
E	可忽略	可接受

在本研究之統計期間內，全臺傳統鐵路路線共發生 264 件電車線系統事故，其中西部幹線即發生 217 件電車線系統事故，可得知臺鐵電車線系統事故主要發生於西部幹線。

由於表 3 行車類風險發生頻率分級表係臺鐵局針對全臺傳統鐵路的範圍所訂定，而本研究之研究範圍僅針對西部幹線，又經上述分析得知電車線設備故障之情形以西部幹線居多，因此，本研究忽略此部分之差異，直接引用臺鐵局行車類風險發生頻率分級表進行風險評估。

在統計期間內，臺鐵西部幹線各年之電車線系統事故數，及平均停電時間，如表 9 所示。可據以進行電車線系統事故的風險評估，得出各年電車線系統事故之風險等級，如表 10 所示。

表 9 電車線系統事故數及平均停電時間

年度	事故數(次/年)	平均停電時間(分鐘/(次·年))
89	32	333.25
90	24	513
91	20	534.5
92	19	317.421
93	18	304.5
96	13	414.6923
97	24	172.125
98	8	137
99	17	128.4112
100	10	218.1
101	16	265
102	16	197.125

表 10 電車線系統事故之風險等級

年度	危害事件的發生頻率	危害事件後果的嚴重等級	風險等級
89	幾乎確定 F1	嚴重 C3	勉強忍受 B
90	幾乎確定 F1	相當嚴重 C2	不可忍受 A
91	幾乎確定 F1	相當嚴重 C2	不可忍受 A
92	幾乎確定 F1	嚴重 C3	勉強忍受 B
93	幾乎確定 F1	嚴重 C3	勉強忍受 B
96	幾乎確定 F1	嚴重 C3	勉強忍受 B
97	幾乎確定 F1	嚴重 C3	勉強忍受 B
98	幾乎確定 F1	嚴重 C3	勉強忍受 B
99	幾乎確定 F1	嚴重 C3	勉強忍受 B
100	幾乎確定 F1	嚴重 C3	勉強忍受 B
101	幾乎確定 F1	嚴重 C3	勉強忍受 B
102	幾乎確定 F1	嚴重 C3	勉強忍受 B

電車線系統各組件之故障次數及平均故障停電時間，如表 11 所示。可據以進行電車線系統各組件故障的風險評估，得出各年電車線系統各組件故障之風險等級，如表 12 所示。

表 11 各組件故障次數及平均故障停電時間

組件	故障次數(次/年)	平均故障停電時間 (分鐘/(次·年))
主吊線	8.0833	232.7938
接觸線	2	396.375
吊掛線	0.25	497
中點錨	0.1667	212
跨越線	0.0833	542
交叉棒	0.1667	175
回流線	0.0833	118
饋電線	0.1667	114
跳線	0.5833	233.7143
接地連接線	0.0833	217
懸臂隔電子	1.4167	179.5882
頂管及斜管	1	234.1667
斜吊線	0.1667	322.5
止風線	0.0833	551
固定管及穩定臂	0.1667	128.5
自動平衡裝置	0.3333	216
盤型隔電子	0.1667	245
玻璃纖維絕緣棒	0.3333	232.25
電桿	1	1431.0833
避雷器	0.25	179.6667
開關	0.5	113.1667
真空隔離開關	0.0833	75
區分絕緣器	0.5	278
中性區間設備	0.4167	144.2

表 12 各組件故障之風險等級

組件	危害事件的發生頻率	危害事件後果的嚴重等級	風險等級
主吊線	幾乎確定 F1	嚴重 C3	勉強忍受 B
接觸線	可能 F3	嚴重 C3	不理想 C
吊掛線	不太可能 F4	相當嚴重 C2	不理想 C
中點錨	幾乎不可能 F5	嚴重 C3	可忍受 D
跨越線	幾乎不可能 F5	相當嚴重 C2	可忍受 D
交叉棒	幾乎不可能 F5	嚴重 C3	可忍受 D
回流線	幾乎不可能 F5	輕微 C4	可忽略 E
饋電線	幾乎不可能 F5	輕微 C4	可忽略 E
跳線	可能 F3	嚴重 C3	不理想 C
接地連接線	幾乎不可能 F5	嚴重 C3	可忍受 D
懸臂隔電子	可能 F3	嚴重 C3	不理想 C
頂管及斜管	可能 F3	嚴重 C3	不理想 C
斜吊線	幾乎不可能 F5	嚴重 C3	可忍受 D
止風線	幾乎不可能 F5	相當嚴重 C2	可忍受 D
固定管及穩定臂	幾乎不可能 F5	嚴重 C3	可忍受 D
自動平衡裝置	不太可能 F4	嚴重 C3	可忍受 D
盤型隔電子	幾乎不可能 F5	嚴重 C3	可忍受 D
玻璃纖維絕緣棒	不太可能 F4	嚴重 C3	可忍受 D
電桿	可能 F3	非常嚴重 C1	勉強忍受 B
避雷器	不太可能 F4	嚴重 C3	可忍受 D
開關	可能 F3	輕微 C4	可忍受 D
真空隔離開關	幾乎不可能 F5	輕微 C4	可忽略 E
區分絕緣器	可能 F3	嚴重 C3	不理想 C
中性區間設備	可能 F3	嚴重 C3	不理想 C

從表 12 之風險評估結果可得知，電車線系統中主吊線、接觸線及電桿之風險等級為 B，即勉強忍受，必須採取控制措施，設法降低其風險程度，並重新評估採取措施後之風險等級，直到該風險程度降低到合理可接受的範圍為止。

## 四、初步危害分析

初步危害分析(Preliminary hazard analysis, PHA)是系統安全分析的重要部分，也是系統風險分析的初期工作，透過對整個系統全面性地分析，找出系統中各種潛在影響安全的因素。初步危害分析係對系統作第一次危害分析研討，

此分析需列出某一系統之每一主要危害，予以評估控制，以達到合理可接受的安全標準(即 ALARP 原則)。

經由風險評估，能夠預估所設計系統中的危害因素，及其可能帶來的危害。對這些危害因素進行初步評估，從而在系統設計初期階段就能採取相應的對策，減輕或消除這些危害因素，降低系統風險等級，將其控制在合理可接受的範圍。

初步危害分析(PHA)是在系統設計階段實施的一種危害分析方法，其分析所得到的結果可應用於發展系統安全之所需條件，以及提供績效標準與設計規範之用。

一般而言，初步危害分析(PHA)主要是於鐵路系統規劃設計階段進行，如果於營運階段才執行初步危害分析，同樣對於系統可靠度及安全也能夠有所助益。此外，執行初步危害分析的目的並不在於對危害採取有效控制，而是在於識別危害狀況，及此危害與其他系統之關係。傳統鐵路電車線系統之初步危害分析(PHA)如表 13 所示。

表 13 電車線系統之初步危害分析(PHA)

組件	危害說明	主要原因	影響後果	原始風險			減緩措施	剩餘風險		
				F 發生 頻率	C 嚴重 等級	R 風險 等級		F 發生 頻率	C 嚴重 等級	R 風險 等級
25kV 饋線側母線	25kV 導體裸露	採用隔離開關等開放式設備	造成營運維護人員觸電	5	2	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>確實依據規範進行設計</li> <li>加裝危險警告標誌</li> <li>只允許專業人員進行維護</li> </ul>	5	2	D
25kV 高壓電纜	電纜內部損傷	維護造成損傷或絕緣破壞、擊穿	造成人員傷亡	4	4	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>制定相關營運維護規定，並嚴格執行</li> </ul>	5	4	E
25kV 高壓電纜	電纜絕緣層老化	電纜槽積水，浸泡電纜	造成人員傷亡	4	3	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用防水電纜</li> <li>改善排水設施</li> <li>制定相關營運維護規定，並嚴格執行</li> </ul>	5	3	D
25kV 饋線側母線	25kV 母線故障閃絡	汙染或高溫	電力中斷	5	5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供適當的空氣絕緣間隙</li> <li>安裝除濕設備</li> </ul>	5	5	E
25kV 高壓電纜	導線斷落，但仍保持帶電狀態	外力	造成人員觸電傷亡	5	2	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供電力系統保護裝置</li> <li>訂定維護工作規範</li> </ul>	5	2	D
主吊線	列車碰撞斷落主吊線	外力	造成司機受傷	5	4	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用高品質主吊線</li> <li>定期維護保養</li> </ul>	5	4	E
主吊線	主吊線斷落	短路熔斷	行車中斷	1	3	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用 95mm<sup>2</sup> 主吊線</li> <li>配置保護設備，縮短短路時間</li> </ul>	3	4	D
主吊線	主吊線斷落	材料疲勞	行車中斷	5	4	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用高品質主吊線</li> <li>定期維護保養</li> </ul>	5	5	E
接觸線	列車碰撞斷落接觸線	外力	造成司機受傷	5	4	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用高品質接觸線</li> <li>定期維護保養</li> </ul>	5	4	E
接觸線	接觸線損傷或斷落	強風颳起的異物落至接觸線上	列車晚點	3	5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期修剪沿線樹木</li> <li>增加巡檢頻率</li> </ul>	4	5	E
接觸線	接觸線斷落	集電弓於道岔處扯斷接觸線	行車中斷	5	4	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>確實依據規範進行設計，並須測試是否達成要求</li> </ul>	5	5	E
接觸線	接觸線斷落	短路熔斷	行車中斷	3	3	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>配置保護設備，縮短短路時間</li> </ul>	3	4	D

表 13 (續)

組件	危害說明	主要原因	影響後果	原始風險			減緩措施	剩餘風險		
				F 發生 頻率	C 嚴重 等級	R 風險 等級		F 發生 頻率	C 嚴重 等級	R 風險 等級
接觸線	接觸線斷落	材料疲勞	行車中斷	5	4	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用高品質接觸線</li> <li>定期維護保養</li> </ul>	5	4	E
接觸線	接觸線斷落	颱風或強風影響	行車中斷	5	4	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>確實依據規範進行設計</li> </ul>	5	4	E
接觸線	接觸線斷落	集電弓故障 扯斷接觸線	行車中斷	3	3	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>集電弓應定期維護保養</li> <li>制定相關營運維護規定，並嚴格執行</li> <li>對員工進行教育訓練</li> </ul>	4	3	D
接觸線	集電弓與接觸線間產生電弧	<ul style="list-style-type: none"> <li>接觸線振動</li> <li>接觸線設計不當</li> <li>集電弓張力設置不當</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>導致接觸線損傷或斷裂</li> <li>列車晚點</li> </ul>	5	4	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>制定相關營運維護規定，並嚴格執行</li> </ul>	5	5	E
接觸線	集電弓與接觸線間產生電弧，甚至離線	集電弓與接觸線不匹配	<ul style="list-style-type: none"> <li>長時間可能導致接觸線失效</li> <li>影響營運</li> </ul>	4	4	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>改善集電弓與接觸線之匹配情形</li> </ul>	5	5	E
回流線	電磁干擾	回流線與其他系統共線或緊臨其他系統	影響鐵路系統正常運轉	5	5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>土建提供接地板，設計綜合接地系統</li> </ul>	5	5	E
回流線	回流線脫落	固定裝置失效	行車中斷	5	5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計可靠的固定裝置</li> </ul>	5	5	E
饋電線	饋電線脫落	饋電線裸露	造成人員傷害	4	5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>安裝保護套</li> <li>定期維護保養</li> </ul>	5	5	E
跳線	跳線斷落	短路熔斷	行車中斷	5	5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>配置保護設備，縮短短路時間</li> </ul>	5	5	E
跳線	跳線斷落	材料疲勞	行車中斷	5	4	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用高品質零組件</li> <li>定期維護保養</li> </ul>	5	4	E

表 13 (續)

組件	危害說明	主要原因	影響後果	原始風險			減緩措施	剩餘風險		
				F 發生 頻率	C 嚴重 等級	R 風險 等級		F 發生 頻率	C 嚴重 等級	R 風險 等級
跳線	跳線斷落	振動	造成人員觸電	4	5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期維護保養</li> <li>人員活動頻繁區域設置多重接地裝置</li> </ul>	5	5	E
跳線	跳線脫落	外力	對員工造成人身傷害	4	5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>裝設保護套</li> </ul>	5	5	E
接地連接線	電纜線滑動、脫落，暴露在外	外力	造成人員傷亡	4	5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>確保人員行走通道內沒有地線</li> <li>地線穿越軌道時採穿管形式</li> </ul>	5	5	E
接地連接線	電磁干擾	接地連接線與其他系統共線或緊臨其他系統	影響鐵路系統正常運轉	5	5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>改善電磁防護措施</li> </ul>	5	5	E
懸臂隔電子	懸臂隔電子斷裂	外力	行車中斷	3	3	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用高品質零組件</li> <li>定期維護保養</li> </ul>	4	3	D
固定管及穩定臂	固定管及穩定臂斷裂	材料疲勞	行車中斷	4	4	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用高品質零組件</li> <li>定期維護保養</li> </ul>	5	4	E
自動平衡裝置	電車線張力不平衡	平衡錘失效	列車晚點	5	4	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>加裝平衡錘限制架</li> </ul>	5	5	E
自動平衡裝置	主吊線、接觸線斷落	平衡裝置維護不當	行車中斷	5	4	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>制定相關營運維護規定，並嚴格執行</li> </ul>	5	4	E
自動平衡裝置	平衡錘脫落	平衡錘限制架失效	平衡錘脫落進入軌道，可能造成列車出軌	5	3	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用高品質零組件</li> <li>定期維護保養</li> </ul>	5	4	E
自動平衡裝置	乘客碰觸平衡裝置	平衡裝置侵入救援疏散通道區域	乘客受傷	4	5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>裝設警示標誌提醒乘客注意</li> </ul>	5	5	E
避雷器	雷擊損壞電車線設備	雷擊	列車晚點	5	5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用高品質避雷器</li> <li>定期維護保養</li> </ul>	5	5	E

表 13 (續)

組件	危害說明	主要原因	影響後果	原始風險			減緩措施	剩餘風險		
				F 發生 頻率	C 嚴重 等級	R 風險 等級		F 發生 頻率	C 嚴重 等級	R 風險 等級
開關	產生電弧	隧道內金屬粉塵、污垢	無法供電	5	5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用防汗絕緣礙子</li> <li>定期維護保養</li> </ul>	5	5	E
開關	電動開關接觸不良	安裝不當或維護不當	影響營運	4	5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>制定相關營運維護規定，並嚴格執行</li> </ul>	5	5	E
開關	接觸點產生電弧	隔離開關過負載	<ul style="list-style-type: none"> <li>電力中斷</li> <li>可能造成人員傷亡</li> </ul>	5	4	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用聯鎖裝置</li> <li>制定相關營運管理規定</li> <li>對工作人員進行教育訓練</li> </ul>	5	5	E
開關	誤動作	操作人員疏失	可能導致維修人員觸電傷亡	4	2	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>對操作人員進行教育訓練</li> </ul>	5	2	D
開關	接地故障	隧道漏水，滲入隔離開關	電力中斷	5	4	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期檢查隧道結構</li> <li>定期維護保養</li> </ul>	5	4	E
真空隔離開關	斷路器故障，造成閃絡	真空部分失效	<ul style="list-style-type: none"> <li>造成人員傷亡</li> <li>無法供電</li> </ul>	5	5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>制定相關營運維護規定，並嚴格執行</li> </ul>	5	5	E
電車線設備	車載或地面裝置誤動作	電磁干擾	可能引起列車晚點	5	5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>制定電磁防護計畫</li> </ul>	5	5	E
監控和通訊設備	監控和通訊設備故障	電磁干擾	行車中斷	4	5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>制定電磁防護計畫</li> </ul>	5	5	E
拉桿	拉桿斷裂	腐蝕	行車中斷	5	5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用防腐蝕之鍍鋅料件</li> <li>定期維護保養</li> </ul>	5	5	E
拉線	拉線基礎承載力不足	為拓寬救援通道，忽略拉線基礎結構安全	<ul style="list-style-type: none"> <li>懸臂組失效</li> <li>接觸線扭曲</li> </ul>	5	5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>由土建提出改善措施</li> </ul>	5	5	E
電車線設備	維修人員碰觸電車線帶電設備	絕緣距離不足	人員觸電，造成傷亡	4	3	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>設置防護柵欄</li> </ul>	5	3	D

危害分析(Hazard analysis)是從危害的認知(Identification and recognition)開始，進而分析事故發生的因果關係，最後估計事故造成後果(包含人員傷亡、財產損失、環境破壞等)的嚴重程度及事故發生的機率。本章所使用的初步危害分析(PHA)技術，為一種半量化的評估方法，下一章所使用的失效模式及效應分析(FMEA)同樣屬於半量化的評估方法。

初步危害分析(PHA)與危害紀錄簿(Hazard Log)之格式應一致。初步危害分析被併入危害紀錄簿中作為安全研究進度，並定義新的危害或更多的細部危害。初步危害分析係考量系統工作範圍內可能發生之各種潛在風險，藉由風險矩陣及 ALARP 原則，採取各種相對應之減緩措施，並於施行各項減緩措施後，將風險等級至少降至可接受範圍，若經過減緩措施仍無法降至可接受範圍之風險項目，則應另行註記於初步危害分析表中。

## 五、失效模式及效應分析

失效模式及效應分析(Failure mode and effects analysis, FMEA)是進行系統可靠度設計的一種分析方法，其目的在於預防和控制系統失效，以提高系統可靠度。

FMEA 是在產品、零組件之初始設計或變更設計階段進行的失效分析，透過 FMEA 分析後找出可能的失效模式，再運用魚骨圖進行各個失效模式的失效原因探討，將可列舉出造成每個失效模式的潛在失效原因，然後再將這些潛在失效原因依其嚴重度(Severity)、發生度(Detection)、難檢度(Occurrence)進行評分，依其重要順序來探討可能造成的失效結果，再預先採取修正或預防措施，以減少失效原因發生的機率，有效提高產品、零組件的可靠度。

故執行 FMEA 之目的在於降低產品、零組件失效的可能性，藉由問題發生前採取的修正及改善，以降低失效所帶來的成本。當新產品的概念設計或草圖階段、現有產品功能有所變更時，及現有產品被要求改善時，導入使用 FMEA 將充分發揮其功用。

國際電工委員會 (International Electrotechnical Commission, IEC) 於 1985 年參考美軍軍規 MIL-STD-1629A，加以修改而訂定 FMEA 系統可靠度的技術標準作業程序，其範圍包括電子、機械及油壓等製程設備或零件的說明，及軟體與人員功能的可靠度分析。歐盟市場的 CE 標誌認證，也於 1995 年訂定廠商需藉由 FMEA 實施產品安全風險分析。綜上所述，FMEA 已被廣泛應用於各行各業。

FMEA 係假定特定組件失效，依據設計參數，分析和評估組件失效發生對於整體系統所造成的影響，進而得到對於整體鐵路系統營運安全的影響。傳統鐵路電車線系統之失效模式及效應分析(FMEA)如表 14 所示。

表 14 電車線系統之失效模式及效應分析

組件	功能	失效模式	失效原因	失效影響		減緩措施	嚴重性
				局部影響	最終影響		
主吊線	支承接觸線並提供接觸線電源	主吊線斷股	外物侵入，碰觸主吊線，致主吊線熔斷	主吊線受力情況發生改變	主吊線斷線，影響營運	<ul style="list-style-type: none"> <li>針對沿線高莖樹木加強巡查，若有影響行車之虞，即協調砍伐</li> <li>對陸橋上異物，照相存檔，巡檢時比對有異狀，即通知管轄單位或立即處理</li> <li>陸橋下電氣淨空較小之處，可考慮主吊線更換為接觸線，或陸橋下之主吊線全部加裝保護套</li> </ul>	B
主吊線	支承接觸線並提供接觸線電源	主吊線斷裂	外物侵入，碰觸主吊線，致主吊線熔斷	主吊線斷線	主吊線斷線，影響營運	<ul style="list-style-type: none"> <li>針對沿線高莖樹木加強巡查，若有影響行車之虞，即協調砍伐</li> <li>對陸橋上異物，照相存檔，巡檢時比對有異狀，即通知管轄單位或立即處理</li> <li>陸橋下電氣淨空較小之處，可考慮主吊線更換為接觸線，或陸橋下之主吊線全部加裝保護套</li> <li>平交道裝設門型架，避免公路車輛超高扯斷電車線</li> <li>落實施工勤前教育宣導，防止施工機具不慎侵入電氣淨空，致電車線設備損壞</li> <li>落實主吊線夾體檢查</li> </ul>	B
接觸線	與集電弓直接接觸，供應電流	接觸線斷股	外物侵入，碰觸主吊線，致接觸線熔斷	接觸線受力情況發生改變	接觸線斷線，影響營運	<ul style="list-style-type: none"> <li>注意列車集電弓之檢修，避免因集電弓故障扯壞電車線</li> </ul>	C
接觸線	與集電弓直接接觸，供應電流	接觸線斷裂	外物侵入，扯斷接觸線	接觸線斷線	接觸線斷線，影響營運	<ul style="list-style-type: none"> <li>注意列車集電弓之檢修，避免因集電弓故障扯壞電車線</li> <li>平交道裝設門型架，避免公路車輛超高扯斷電車線</li> <li>落實施工勤前教育宣導，防止施工機具不慎侵入電氣淨空，致電車線設備損壞</li> </ul>	C
接觸線	與集電弓直接接觸，供應電流	接觸線磨損	與集電弓直接接觸產生之磨耗	接觸線受力情況發生改變	接觸線斷線，影響營運	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期磨耗檢查</li> </ul>	C
接觸線	與集電弓直接接觸，供應電流	接觸線燒損	高速行車時，集電弓與接觸線間產生電弧	接觸線受力情況發生改變	接觸線斷線，影響營運	<ul style="list-style-type: none"> <li>調整列車集電弓張力</li> </ul>	C

表 14 (續)

組件	功能	失效模式	失效原因	失效影響		減緩措施	嚴重性
				局部影響	最終影響		
吊掛線	將接觸線吊於主吊線下	吊掛線脫落	風力、鏽蝕、夾件鬆動	接觸線受力情況發生改變	接觸線斷線，影響營運	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用高品質零組件</li> <li>定期維護保養</li> </ul>	C
饋電線	供給電車線或電纜，及單線區間車站開關連接線	饋電線脫落	風力、夾件鬆動、鏽蝕	無法供電，影響營運	無法供電，影響營運	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用高品質零組件</li> <li>定期維護保養</li> </ul>	E
跳線	電力連接	跳線脫落	風力、夾件鬆動、鏽蝕	跳線垂落	集電弓碰觸垂落之跳線，致短路跳脫	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用高品質零組件</li> <li>定期維護保養</li> </ul>	D
懸臂隔電子	將電路各部份間或與接地部份隔離	懸臂隔電子斷裂	外力碰觸或撞擊	懸臂組脫落	電車線扭曲，或遭集電弓扯斷	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期維護保養</li> <li>落實施工前教育宣導，防止施工機具不慎侵入電氣淨空，致電車線設備損壞</li> </ul>	C
懸臂隔電子	將電路各部份間或與接地部份隔離	懸臂隔電子閃絡燒毀	材質不良	電車線短路	變電站跳脫	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用高品質零組件</li> <li>定期維護保養</li> <li>天候不佳時段或海線沿岸地區應加強保養</li> </ul>	C
頂管及斜管	支撐主吊線與接觸線	頂管及斜管斷裂	腐蝕、外力	懸臂組脫落	電車線扭曲，或遭集電弓扯斷	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期維護保養</li> <li>落實施工前教育宣導，防止施工機具不慎侵入電氣淨空</li> </ul>	C
自動平衡裝置	調整主吊線及接觸線張力	不鏽鋼索斷裂	材質不良、鏽蝕	電車線受力情況發生改變	電車線垂落，影響營運	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用高品質零組件</li> <li>定期維護保養</li> </ul>	D
盤型隔電子	將電路各部份間隔離	盤型隔電子損毀、斷裂	軸心鏽蝕、外力撞擊	電車線受力情況發生改變	電車線垂落，影響營運	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用高品質零組件</li> <li>定期維護保養</li> <li>更新沿海等鹽害汙染嚴重地區之盤型隔電子</li> </ul>	D
玻璃纖維絕緣棒	將電路各部份間隔離	絕緣棒脫落、斷裂	材質不良、外力撞擊、振動	電車線受力情況發生改變	電車線垂落，影響營運	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用高品質零組件</li> <li>定期清潔及調整</li> <li>天候不佳時段或海線沿岸地區應加強保養</li> </ul>	D

表 14 (續)

組件	功能	失效模式	失效原因	失效影響		減緩措施	嚴重性
				局部影響	最終影響		
電桿	電車線系統支持結構	電桿傾斜、斷裂	外力撞擊、基礎沉陷	電車線垂落,影響營運	電車線垂落,影響營運	<ul style="list-style-type: none"> <li>加強巡檢工作</li> <li>加強勤前教育宣導,避免列車出軌,致撞擊電桿</li> <li>鄰近電力設備施工時,應嚴格要求施工單位做好安全防護措施,方可進行挖掘施工</li> </ul>	B
開關	切斷或接通電路之裝置	開關連接板燒蝕熔斷	灰塵、鏽蝕	導線與連接板接觸不良	連接板燒蝕熔斷	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期檢查接觸點</li> <li>連動機件清潔上油</li> <li>加大連接板面積,增加電流容量</li> <li>跳線壓接端子改為雙孔端子,增加接觸面積,減少接觸電阻</li> <li>天候不佳時段或海線沿岸地區應加強保養</li> </ul>	D
區分絕緣器	兩分區電車線之接觸之絕緣裝置	滑板斷裂	材質不良	電車線受力情況發生改變	電車線垂落,影響營運	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用高品質零組件</li> <li>定期維護保養</li> </ul>	C
區分絕緣器	兩分區電車線之接觸之絕緣裝置	絕緣棒爆裂、斷裂	絕緣劣化	電車線受力情況發生改變	電車線垂落,影響營運	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用高品質零組件</li> <li>定期維護保養</li> <li>天候不佳時段或海線沿岸地區應加強保養</li> </ul>	C
中性區間設備	用以分隔兩區間之電車線設備	滑行板變形、下垂	外力撞擊、螺絲鬆脫	電車線受力情況發生改變	電車線垂落,影響營運	<ul style="list-style-type: none"> <li>採用高品質零組件</li> <li>定期維護保養</li> </ul>	C

推動 FMEA 的困擾乃在於執行調查系統失效問題的負責人,由於其經驗認定存在著固定不變的失效問題,某種程度上也制約 FMEA 的執行。假若某種已經被認定的失效模式無法加以確認,或找到解決方式,就需要尋求外部協助,例如聘請專家或是其它部門相關人員來瞭解許多不同類型系統失效問題,並提出解決方法。

## 六、結論

本研究對電車線系統進行風險評估，得到主吊線、接觸線及電桿之風險等級較高，必須採取控制措施，設法降低其風險程度，並重新評估採取措施後之風險等級，直到該風險程度降低到合理可接受的範圍為止。

主吊線之故障率最高，是電車線系統最薄弱的環節；電桿故障率雖然不高，但因其故障所引起之平均停電時間最長，對於運輸服務品質影響最為嚴重。主吊線相對於電車線系統其他組件，有較高的故障發生率，因此加強主吊線的改善工作，將是關鍵而緊迫的問題。

經過風險評估過程，且在危害減輕措施皆已確實完成之前提下，多數危害造成的剩餘風險等級為 D 或 E，亦即滿足 ALARP (As Low As Reasonably Practicable)原則。若於後續階段發生變更設計、外部環境改變，或任何足以影響現行設計系統風險等級的情況，後續營運、養護階段仍應繼續執行風險管理作業，才能確保設備因持續使用而增添的風險受到適切的管控。

## 參考文獻

1. 中興工程顧問股份有限公司(2014)，南迴線土建及一般機電工程設計暨配合工作技術服務-風險管理報告。
2. 台灣世曦工程顧問股份有限公司(2010)，電車線系統更新委託基本設計技術服務-95mm<sup>2</sup>主吊線電車線系統系統保證需求規劃。
3. 交通部臺灣鐵路管理局(2011)，交通部臺灣鐵路管理局 100 年度風險管理計畫。
4. 交通部臺灣鐵路管理局(2009)，交通部風險管理訪視簡報資料。
5. 交通部臺灣鐵路管理局電務處(2001)，電力事故彙篇(89 年)。
6. 交通部臺灣鐵路管理局電務處(2002)，電力事故彙篇(90 年)。
7. 交通部臺灣鐵路管理局電務處(2003)，電力事故彙篇(91 年)。
8. 交通部臺灣鐵路管理局電務處(2004)，電力事故彙篇(92 年)。
9. 交通部臺灣鐵路管理局電務處(2005)，電力事故彙篇(93 年)。
10. 交通部臺灣鐵路管理局電務處(2008)，電力事故彙篇(96 年)。
11. 交通部臺灣鐵路管理局電務處(2009)，電力事故彙篇(97 年)。
12. 交通部臺灣鐵路管理局電務處(2010)，電力事故彙篇(98 年)。

13. 交通部臺灣鐵路管理局電務處(2011)，電力事故彙篇(99年)。
14. 交通部臺灣鐵路管理局電務處(2012)，電力事故彙篇(100年)。
15. 交通部臺灣鐵路管理局電務處(2013)，電力事故彙篇(101年)。
16. 交通部臺灣鐵路管理局電務處(2014)，電力事故彙篇(102年)。
17. 宋郁德(2009)，危害與工程風險管理之探討，工業安全科技季刊，第六十九期，頁 37-45。
18. 李旻錡(2012)，台鐵風險管理之研究，碩士論文，逢甲大學運輸科技與管理學系碩士班。
19. 吳俊勇(2013)，高速鐵路供電系統 RAMS 評估理論及其應用，北京：北京交通大學。
20. 林宜信(2011)，IV&V 及 RAMS 概要，交通部鐵路改建工程局教育訓練簡報資料。
21. 林宜信(2012)，「臺南市區鐵路地下化計畫」中央監控系統及隧道通風系統獨立驗證與認證，交通部鐵路改建工程局教育訓練簡報資料。
22. 林宜信(2012)，淺談軌道工程系統機電之系統保證，台灣世曦工程顧問股份有限公司。
23. 林宜信(2013)，IV&V 及系統保證，交通部鐵路改建工程局教育訓練簡報資料。
24. 林宜信(2014)，系統保證 RAMS，交通部鐵路改建工程局教育訓練簡報資料。
25. 英商莫特麥克唐納工程顧問股份有限公司台灣分公司(2010)，「花東線鐵路電氣化電車線新建工程」(第六標)委託設計技術服務-系統保證作業文件初步災害分析及系統保證需求規劃。
26. 孫千山、鍾志成、李治綱、林杜寰、張仕龍、張恩輔、林綦、黃笙玟、黃宏仁、張開國、賴靜慧、吳熙仁(2012)，風險管理應用於鐵路運輸安全之初探-以臺鐵風險分析與評量為例，交通部運輸研究所。
27. 孫千山、鍾志成、李治綱、林杜寰、張仕龍、張恩輔、林綦、黃笙玟、黃宏仁、張開國、賴靜慧、吳熙仁(2013)，風險管理應用於鐵路運輸安全之初探-以臺鐵風險處理、管理監督、管理改善為例，交通部運輸研究所。

28. 孫千山(2014)，風險管理於鐵路運輸安全之應用，交通部鐵路改建工程局教育訓練簡報資料。
29. 戚廣楓(2012)，高速鐵路接觸網安全可靠性及可維修性研究，成都：西南交通大學。
30. 黃運傑、陳三旗、梁火南、周廷岳、李長澤、林朗焜、鄭猛巍(2009)，電車線主吊線 49.5mm<sup>2</sup>(鎳銅 7/3.0)變更為 95mm<sup>2</sup>(硬抽銅 19/2.5)之改善研究，臺北：交通部臺灣鐵路管理局。
31. 黃清賢(2009)，危害分析與風險評估，臺北市：三民書局股份有限公司。
32. 郭聖暉(2010)，台鐵機車風險管理之研究，碩士論文，逢甲大學運輸科技與管理學系碩士班。
33. 陳珂(2013)，高速鐵路接觸網主動維修策略研究，碩士論文，西南交通大學，成都。
34. 張燦明、吳英偉、何境峰、江瑞坤(2004)，「製程 FMEA」在汽車零件製造的實證研究，修平學報，第九期，頁 137-156。
35. 翁紹仁、林光甫(2011)，可靠度工程之失效模式與 效應分析(Failure Mode & Effect Analysis, FMEA)介紹，品質月刊，第四十七卷第二期，頁 32-34。
36. Chang, W. L. and Chou, C. J. (2015), A Study on Reliability of Ordinary-Speed Railway Overhead Catenary System, ICETA2015, Taipei.
37. EN50126 (1999), Railway applications- The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS), Brussels : European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC).
38. Railtrack PLC (2000), Engineering Safety Management ( The Yellow Book ), Volume 1 and 2 Fundamentals and Guidance, Issue 3.

# 彰化機務段司機員「簡易工作壓力量表」之分析

## Changhua Mechanical Engineering Depot of Train Engineer`s “Simple work stress scale” to analysis

林恚慵 Lin yui-Hung<sup>1</sup>

蕭啟東 Xiao Gi-Gong<sup>2</sup>

陳德發 Chen De-Fa<sup>3</sup>

任沛淳 Ren Pei-Cuun<sup>4</sup>

聯絡地址：500 彰化市進德路一號

Address：Jin-De Campus, Address: No.1, Jin-De Road, Changhua 500, Taiwan  
(R.O.C.)

電話 (Tel)：04-7232105#7203

電子信箱 (E-mail)：0754222@railway.gov.tw

### 摘要

臺灣鐵路管理局的軌道運輸具有高度專業化與邁向自動化並朝地下化及高架化改善，但司機員仍繫維持全列車，旅客生命安全及處理緊急事故的重要角色<sup>[1]</sup>。

回顧過去有關火車事故的紀錄，不外乎多從人為因素或安全設備的角度，加以探討人、車、路及環境等四大因素對事故的影響<sup>[2]</sup>，本研究著重於司機員在工作環境中的壓力影響，因此旨在找出本段司機員的壓力因素之相關性研究，進而提供管理者了解員工，使之能掌控管理方向與司機員間之互動行為，以防範事故於未然。

本研究以彰化機務段司機員之行為特質與生活習慣的相關性，進而決定駕駛壓力行為認知與構面並以驗證性統計進行分析，作為提供管理者適時關懷司機員時機之參考，以確保行車運轉安全無疑。

---

<sup>1</sup>國立彰化師範大學 工業教育與技術學系 技職行政管理碩士班研究生

<sup>2</sup>國立彰化師範大學 工業教育與技術學系 技職行政管理碩士班研究生

<sup>3</sup>國立彰化師範大學 工業教育與技術學系 教授兼主任

<sup>4</sup>交通部臺灣鐵路管理局 彰化機務段 勞安室護理師

**關鍵詞：**駕駛行為、工作壓力源、驗證性統計。

## Abstract

*Taiwan Railway Administration has high level professional in railway transportation and stride forward to automatic and A route priority, However train engineer's still play role with maintain security of whole train passengers safety and deal with Emergency.*

*Looking back the history records of train accidents, we find that most of them are studied in view of either human factor or safety equipments, and they are also investigated in the effect of Human, Vehicle, Route, Environment and so forth. The research looks to the effect of train engineers, pressure in the working environment. As the result, it aims at the relative research about the pressure of train engineer's in Changhua Mechanical Engineering Depot in order to provide the managers with an opportunity of realizing the staff, making them can control the direction of management and the interaction between them and train engineers so as to prevent the train accidents.*

*The research conducts a confirmatory statistical analysis in the recognition of the train engineer's pressure behaviors according to the correlation between the action attributes and the lifestyles of the train engineer's in Changhua Mechanical Engineering Depot. It can serve as a reference for managers to show loving care for the train engineers with a view to ensure the safety of driving operation.*

**Key word :** Driving behavior, job stress, confirmatory statistical.

## 一、前言

台灣鐵路管理局彰化機務段榮獲交通部 104 年金路獎第一名單位<sup>[3]</sup>，絕非空穴來風，司機員佔全段人數將近 1/2，共計 189 名，負責列車運轉業務，轄區：基隆＝高雄、集集線、台中港線；該段於 103 年通過臺灣職業安全衛生管理系統認證並於 103 年度依調度所指派本段擔任共 2,705 個臨時工作班，在人力短缺下，仍能盡力調整順利完成任務，主管上令下達指揮得宜，員工互信互諒共體時艱方能完成。

成功大學教授張有恆所著的「現代運輸學」<sup>[4]</sup> (Contemporary Transportation) 一書中提及鐵路運輸的安全管理因素：

(1)、硬體：穩定可靠的核心系統，如車輛 (rolling stock)、號誌 (signaling)、電力 (electric power)、通訊系統 (communication system)、路線 (track line) 與

場站設施。

- (2)、軟體：如列車自動防護系統 (Automatic Train Protection, ATP)、嚴謹完善的標準作業程序 (Standard Operating Procedures, SOP) 與緊急應變措施。
- (3)、人員：素質優良的從業人員，充分的訓練、演練與教育。
- (4)、維修與監督：完備的後勤維護與持續不斷的監督與改善。

可知人員的重要性，故本研究旨意在探討影響彰化機務段司機員工作壓力的主要因素，問卷回收期間：104.3.10~104.3.13，共發放問卷：185 份，問卷回收：148 份，回收率：80%。

## 二、管理

### 2.1、安全管理

歐洲的鐵路當局為維持鐵路安全管理的一致性<sup>[4]</sup>，特別針對可靠度 (Reliability, R)、妥善率 (Availability, A)、維護度 (Maintainability, M)、安全 (Safety, S) 訂定歐盟的標準 (European Standard)，簡稱為 RAMS。

上述四者關係如圖 1 所示 RAMS 組成單元的要素：

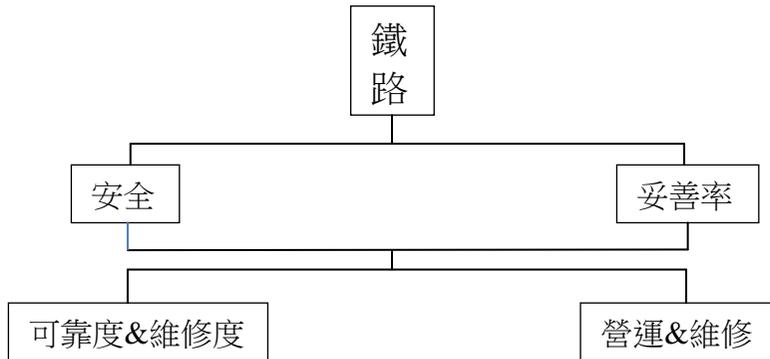


圖 1 RAMS 之組成單元

由此可知，「安全」即是要避免下述之風險：

- (1.1)在所有營運、維修、環境模式下，系統中所有可能的危險。
- (1.2)每一危險造成的後果嚴重性。
- (1.3)安全/與安全有關的失效( safe / safe fail )，包括：
  - (1.3.1)可導致危險產生的所有系統失效模式。
  - (1.3.2)每一與安全有關的系統失效模式發生的機率。

(1.3.3)可能導致意外事件發生的風險。

(1.3.4)危險發生前被偵測的難易度。

彰化機務段行車運轉工作之安全管理如下：

(1)機班上班時均依相關規定辦理酒測及血壓量測，確保行車安全。

(2)預備人員依規定施予管制與考核。

(3)聘請檢修專業人員擔任講師，加強機班人員故障應急處理能力。

(4)健康管理：每年機班人員健康檢查，並不定時抽驗機班人員尿液檢查於 103 年計 38 人及聘請職業醫師駐診適時輔導或轉介服務。

本段在勞工安全衛生方面，教育訓練共計 41 場次，訓練人數計 895 人次，訓練時數計 2,695 小時並積極推動 TOSHMS 活動於 103 年 10 月重新取得驗證。

## 2.2、風險管理

預知風險管理訂定<sup>[5]</sup>和執行使意外損失對組織的負面效應最小化的決策過程是有其必要性的（如圖2），故風險定義:(1)事故發生的不確定性，(2)事故遭受損失的機率；風險管理即是利用科學方法處理未來之不確定性以減少或規避風險所造成之損失。



圖2 危害分析與風險評估

例如：司機員工作中風險及壓力因子<sup>[6]</sup>：

(1)單獨作業之風險：精神須集中、自主性高、病痛時無及時求助。

(2)高架作業之風險：上下車攀爬、攜帶重物易造成跌落。

- (3)高壓電下（電磁波、觸電危險）之風險：出庫、事故處理。
- (4)外來因素(闖平交道、自殺、蓄意破壞)之壓力：頭前溪、大肚平交道、埔心平交道等事故。
- (5)天然災害造成事故之風險：颱風、地震等引發路線、橋樑、隧道損壞造成危險。
- (6)工作環境有些較狹隘易造成壓力。
- (7)列車於高速運轉下造成精神壓力。
- (8)車輛於站間故障時急需處理完畢產生之壓力。
- (9)出入庫時須於軌道進出人行走之風險。
- (10)任職教導師傅時須承擔學習者的成敗，責無旁貸需負完全責任之壓力。

本段司機員基本屬性分析：

### 2.2.1 年齡

表1 彰化機務段司機員年齡層統計（104.3.13）

年 齡	人 數	百分比	平均數	標準差
			46.58	9.09
30歲以下	8	5.4		
31~40歲	25	16.9		
41~40歲	53	35.8		
51~60歲	60	40.5		
60歲以上	1	0.7		
未填	1	0.7		

## 2.2.2 學歷

表2 彰化機務段司機員學歷統計（104.3.13）

年 齡	人 數	百分比
大 學	34	23.0
專 科	46	31.1
高 中	20	13.5
高 職	44	29.7
碩 士	4	2.7

## 2.2.3 工作年資

表3 彰化機務段司機員工作年資統計（104.3.13）

年 齡	人 數	百分比	平均數	標準差
			18.78	11.28
10年以下	44	29.7		
11~20歲	36	24.3		
21~30歲	51	34.5		
31年以上	17	11.5		

安全風險管理是通過識別生產經營活動中存在的危險有害的因素等運用

定性或定量的統計分析方法，確定其風險的嚴重性，進而控制風險的順序與措施，以達到改善及預防事故發生的目標。

### 三、統計

本段司機員「簡易工作壓力量表」<sup>[7]</sup>共發放問卷：185份，問卷回收：148份之各量表分析如下：

#### 3.2、各項分量表之統計與說明

##### 3.2.1 工作壓力分量表

表4 彰化機務段司機員工作壓力分量表（104.3.13）

分數	說明	人數	百分比
0分～40分	您認為工作沒有壓力，增加工作上的挑戰，給予自己一個鼓勵將會做的更好。	23	15.5
41分～60分	雖然工作有時會有壓力，但您對工作壓力能夠處理得宜，記得偶而也是要放鬆一下心情讓肌肉鬆弛一下。	67	45.3
61分～80分	您自覺工作的壓力不小，除了確定壓力源外，良好的休息以及橫向、縱向的溝通也是很重要的。	46	31.1
81分～100分	您自覺壓力很大，試著將壓力源尋找出來，可能來自環境或個人，先找到了問題的根源，才能夠解決。	10	6.8
	遺漏值	2	1.4
最小值：20；最大值：100；平均數：65.21；標準差：17.74			

說明：

- (1)67位司機員(45%)的對於【工作壓力】的說明為「雖然工作有時會有壓力，但您對工作壓力能夠處理得宜，記得偶而也是要放鬆一下心情讓肌肉鬆弛一下。」
- (2)10位司機員(6.8%)的對於【工作壓力】的說明為「您自覺壓力很大，試著將壓力源尋找出來，可能來自環境或個人，先找到了問題的根源，才能夠解決。」

##### 3.2.2 工作控制分量表

表5 彰化機務段司機員工作控制分量表 (104.3.13)

分數	說明	人數	百分比
0分~44分	您的工作雖然簡單，但小心缺乏挑戰性也會導致人員厭煩產生壓力。	1	0.7
45分~63分	您的工作自主性較低，重複性、較輕鬆的工作會使注意力降低，工作一段時間後，也要起來活動。	29	19.6
64分~81分	您的工作自主性適中，適當的壓力反而會造成工作的進步。	110	74.3
82分~100分	您的工作自主性極高，迎接挑戰較大，要注意目標的達成是否會增加心理壓力。	3	2.0
	遺漏	5	3.4
最小值：35.42；最大值：87.50；平均數：65.05；標準差：8.30			

說明：

- (1)110位司機員(74.3%)的對於【工作控制】的說明為「您的工作自主性適中，適當的壓力反而會造成工作的進步。」
- (2)3位司機員(2.0%)的對於【工作控制】的說明為「您的工作自主性極高，迎接挑戰較大，要注意目標的達成是否會增加心理壓力。」

### 3.2.3 工作負荷分量表

表6 彰化機務段司機員工作負荷分量表 (104.3.13)

分數	說明	人數	百分比
0分~43分	您的工作負荷量最輕微。	0	0.0
44分~64分	您的工作負荷量較輕，可以藉由自我目標的設立，適度提升工作量，並自我鼓勵，增加工作的信心。	74	50
65分~82分	您的工作負荷適中，記得偶而休息一下，做些伸展操，鬆弛緊繃的肌肉。	64	43.2
83分~100分	您覺得工作負荷極大，在緊張的工作中，容易產生疲勞、憂慮、腸胃不適等症狀，可以藉由靜坐、瑜珈、休息等獲得壓力舒解。	5	3.4
	遺漏	5	3.4
最小值：45.83；最大值：93.75；平均數：63.40；標準差：9.14			

說明：

- (1)74位司機員(50%)的對於【工作負荷】的說明為「您的工作負荷量較輕，

可以藉由自我目標的設立，適度提升工作量，並自我鼓勵，增加工作的信心。」

- (2) 5位司機員(3.4%)的對於【工作負荷】的說明為「您覺得工作負荷極大，在緊張的工作中，容易產生疲勞、憂慮、腸胃不適等症狀，可以藉由靜坐、瑜珈、休息等獲得壓力舒解。」將列入後續追蹤對象。

### 3.2.4 工作人際關係分量表

表7 彰化機務段司機員工作人際關係分量表（104.3.13）

分數	說明	人數	百分比
0分~42分	在工作當中，您得不到其他人的認同，靜心分析自己的個性及優缺點，試著改變與人相處的方式，尋求朋友支持並適時的宣洩負面的壓力。	0	0.0
43分~64分	您的職場人際關係為普通，以寬廣的角度來因應工作的挑戰，並積極的態度增進同事間的信任。	14	9.5
65分~82分	您的職場人際關係良好，保持與同事間的互動關係。	116	78.4
83分~100分	您對職場人際關係極為滿意，同事間的認同及幫助，會使您做事更順利。	14	9.5
	遺漏	4	2.7
最小值：43.75；最大值：100；平均數：71.96；標準差：8.65			

說明：

- (1)116位司機員(78.4%)的對於【工作人際關係】的說明為「您的職場人際關係良好，保持與同事間的互動關係。」

### 3.2.5 工作滿意度分量表

表8 彰化機務段司機員工作滿意度分量表（104.3.13）

分數	說明	人數	百分比
0分~40分	您對工作很不滿意，找出問題的癥結，試著與主管溝通，可藉由調職、或工作的彈性調整來解決。	13	8.8
41分~60分	您對工作不是很滿意，在工作之餘可以努力充實自我，藉由進修、學習新知識，來改善您對工作的認知。	71	48.0
61分~80分	您對工作的滿意度為普通，沒有什麼大起大落的感覺，試著在工作當中尋找樂趣、及興趣，提升對工作的專注力。	53	35.8
81分~100分	您對於目前的工作很滿意，在將事情都處理好之時，注意一下身邊的人，試著給予鼓勵與支持，加強他們對工作的信心。	8	5.4
	遺漏	3	2.0
最小值：20；最大值：100；平均數：67.59；標準差：14.92			

說明：

- (1)71位司機員(48%)的對於【工作滿意度】的說明為「您對工作不是很滿意，在工作之餘可以努力充實自我，藉由進修、學習新知識，來改善您對工作的認知。您對工作不是很滿意，在工作之餘可以努力充實自我，藉由進修、學習新知識，來改善您對工作的認知。」
- (2)13位司機員(8.8%)的對於【工作滿意度】的說明為「您對工作很不滿意，找出問題的癥結，試著與主管溝通，可藉由調職、或工作的彈性調整來解決。」

### 3.2.6 心理健康指標

表9 彰化機務段司機員心理健康指標表（104.3.13）

分數	說明	人數	百分比
0分~40分	您對於工作，經常心理感到沈重、喘不過氣來，避免出現過度抽煙、飲酒、及逃避工作狀況，試著與您的主管或同事溝通，尋求解決的方法。	11	7.4
41分~60分	您對於工作提不起勁、情緒低落，可以藉由運動、興趣的培養、以及自我目標的設立來提高工作情緒。	61	41.2
61分~80分	您對於工作是勝任的，雖然偶有壓力影響心情，但自我調適的狀況良好，繼續保持好的心情是重要的。	61	41.2
81分~100分	您的情緒管理極佳，認為工作是愉快的，對主管的要求您可以迎刃而解。	11	7.4
	遺漏	4	2.7
最小值：12；最大值：100；平均數：62.41；標準差：14.88			

說明：

- (1)41位司機員(61%)的對於【心理健康指標】的說明為「您對於工作提不起勁、情緒低落，可以藉由運動、興趣的培養、以及自我目標的設立來提高工作情緒。」及「您對於工作是勝任的，雖然偶有壓力影響心情，但自我調適的狀況良好，繼續保持好的心情是重要的。」
- (2)11位司機員(7.4%)的對於【心理健康指標】的說明為「您對於工作，經常心理感到沈重、喘不過氣來，避免出現過度抽煙、飲酒、及逃避工作狀況，試著與您的主管或同事溝通，尋求解決的方法。」

### 3.2.7 活力指數

表10 彰化機務段司機員活力指數表（104.3.13）

分數	說明	人數	百分比
0分~40分	您認為會經常焦慮、不安、悶悶不樂、可能還會有失眠現象，應多找朋友聊天，舒緩壓力，休假日多往戶外或養成運動的習慣，都是不錯的解決方式。	31	20.9
41分~60分	工作會讓您容易疲倦、覺得不快樂以及對健康的不確定感，應減少抱怨、戒掉抽煙、喝酒等習慣，除了保持運動外，飲食及營養攝取也是很重要的，牛奶、豆漿、穀類食品都是不錯的選擇。	73	49.3
61分~80分	工作會輕微影響您對健康感受，偶而會有點累的感覺，回家泡個熱水澡，水溫高約在37到39度左右，可有效的放鬆繃緊的肌肉與神經。	32	21.6
81分~100分	工作並不會影響您的工作情緒，相反的會使您對工作有著積極的態度，永遠保有您充沛的精力吧。	9	6.1
	遺漏	3	2.0
最小值：20；最大值：100；平均數：55.41；標準差：15.65			

說明：

- (1)73位司機員(49.3%)的對於【活力指數】的說明為「工作會讓您容易疲倦、覺得不快樂以及對健康的不確定感，應減少抱怨、戒掉抽煙、喝酒等習慣，除了保持運動外，飲食及營養攝取也是很重要的，牛奶、豆漿、穀類食品都是不錯的選擇。」
- (2)31位司機員(20.9%)的對於【活力指數】的說明為「您認為會經常焦慮、不安、悶悶不樂、可能還會有失眠現象，應多找朋友聊天，舒緩壓力，休假日多往戶外或養成運動的習慣，都是不錯的解決方式。」

### 3.2.8 一般健康指數

表11 彰化機務段司機員一般健康指數表（104.3.13）

分數	說明	人數	百分比
0分~40分	您認為身體很不健康，若有不適一定要及時做身體檢查，飲食的攝取盡量清淡，多徵詢專家的意見作身體的保養。	2	1.4
41分~60分	您認為身體狀況不佳，定時的身體檢查外，保持愉快的心情，多運動是不錯的方法。	51	34.5
61分~80分	您認為身體狀況普通，除了保持運動多喝水，平時多獲取健康相關資訊，以及增加休閒活動，對身心健康都有幫助。	76	51.4
81分~100分	您認為目前身體狀況很好，記得將身體健康的觀念影響身邊的朋友，身體力行。	15	10.1
	遺漏	4	2.7
最小值：28；最大值：100；平均數：66.61；標準差：11.90			

說明：

(1)76位司機員(51.4%)的對於【一般健康指標】的說明為「您認為身體狀況普通，除了保持運動多喝水，平時多獲取健康相關資訊，以及增加休閒活動，對身心健康都有幫助。」

(2)2位司機員(1.4%)的對於【一般健康指標】的說明為「您認為身體很不健康，若有不適一定要及時做身體檢查，飲食的攝取盡量清淡，多徵詢專家的意見作身體的保養。」

## 四、分析

本研究報告以本段司機員為施測對象進行問卷調查工作模式壓力量表共分為四部分(工作壓力、工作控制、工作負荷、活力指數)，其項目的發展原則主要考量現有具有信、效度的量表，以直接採用或適當修改後使用的方式納入量表中，將工作量表完成後，以 SPSS 統計程式進行單因子變異數分析(one-way ANOVA)及皮爾森積差相關係數(Pearson Contingency Coefficient)，對司機員之差異比較及相關性分析，其結果如下。

### 4.1、不同的學歷與工作壓力差異比較

表 12 彰化機務段司機員學歷與工作壓力表 (104.3.13)

變項	學歷	人數	平均數	標準差	F值	差異比較
工作壓力	(1) 大學	34	57.06	17.15	2.75 (.03)	(2)>(1)
	(2) 專科	46	69.13	18.72		
	(3) 高中	19	64.21	21.68		
	(4) 高職	43	67.91	13.19		
	(5) 碩士	4	65.00	19.15		

說明：

(1)司機員的學歷對於【工作壓力】會有影響，尤其是專科學歷會大於大學學歷。

### 4.2、不同年齡與工作壓力及工作控制差異比較

表 13 彰化機務段司機員學歷與工作壓力表 (104.3.13)

變項	年齡	人數	平均數	標準差	F值
工作壓力	(1) 30歲以下	8	50.00	21.38	2.739 (.031)
	(2) 31-40歲	25	61.60	12.81	
	(3) 41-50歲	51	64.31	19.72	
	(4) 51-60歲	60	69.00	16.23	
	(5) 60歲以上	1	80.00		
工作控制	(1) 30歲以下	8	71.61	6.86	3.392 (.020)
	(2) 31-40歲	24	64.93	10.62	
	(3) 41-50歲	52	62.86	7.50	
	(4) 51-60歲	58	66.20	7.62	
	(5) 60歲以上	0			

說明：

(1)司機員的年齡對於【工作壓力】及【工作控制】會有影響。

由平均數分析發現【年齡】越高；【工作壓力】平均數越高。

### 4.3、不同工作年資與工作壓力差異比較

表 14 彰化機務段司機員工作年資與工作壓力表 (104.3.13)

變項	年齡	人數	平均數	標準差	F值	差異比較
工作壓力	(1) 10年以下	44	60.00	17.253	3.12 (.028)	(3)>(1)
	(2) 11-20年	35	64.57	18.840		
	(3) 21-30年	50	70.80	17.243		
	(4) 30年以上	17	63.53	14.552		

說明：

(1)司機員的工作年資對於【工作壓力】會有影響，尤其是 21-30 年工作年資的司機員會高於，10 年以下工作年資的司機員。

### 4.4、司機員各變項的相關性

#### 4.4.1 基本變相

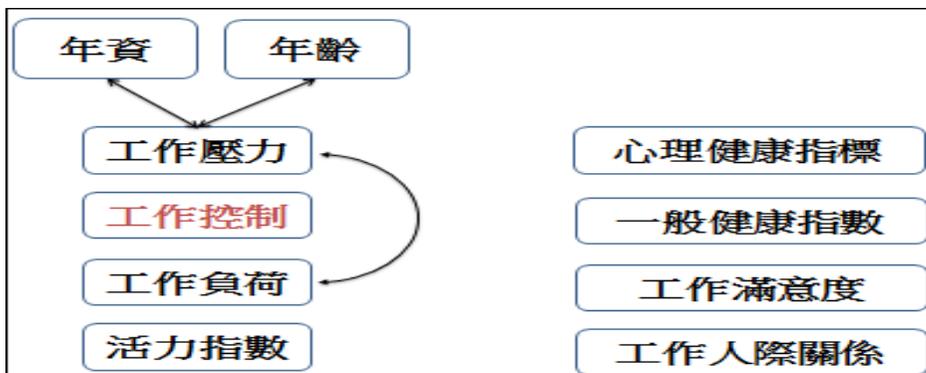


圖 3 彰化機務段司機員基本變相

說明：

- (1) 【工作壓力】越大；【年資】越高
- (2) 【工作壓力】越大；【年齡】越高。
- (3) 【工作壓力】越大；【工作負荷】越高。

#### 4.4.2 工作壓力變相

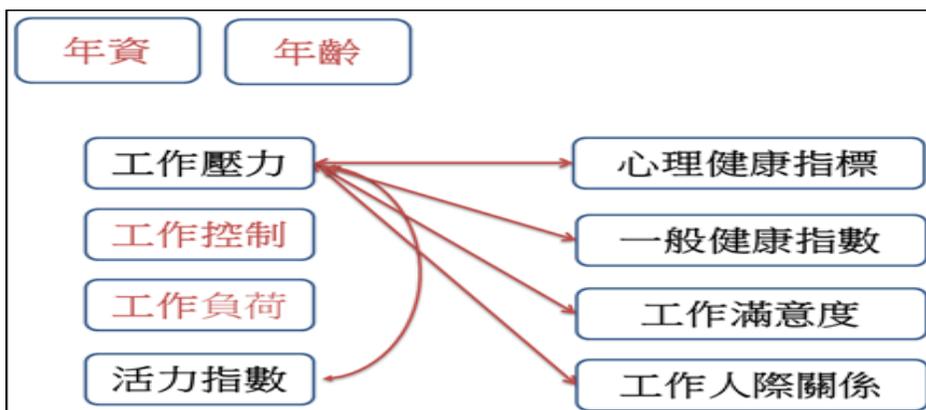


圖 4 彰化機務段司機員工作壓力變相

說明：

- (1) 【工作壓力】越大；【活力指數越低】越低
- (2) 【工作壓力】越大；【心理健康】越低。
- (3) 【工作壓力】越大；【一般健康】越低。
- (4) 【工作壓力】越大；【工作滿意度】越低。
- (5) 【工作壓力】越大；【工作人際】越低。

#### 4.4.3 工作控制變相

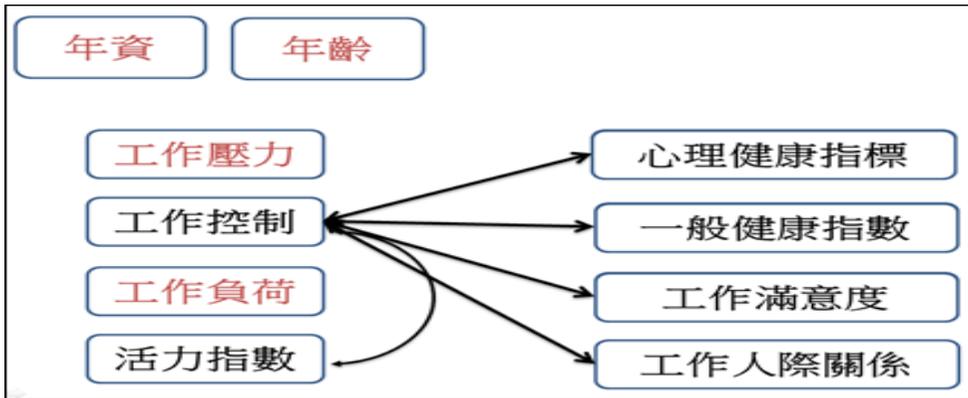


圖 5 彰化機務段司機員工作控制變相

說明：

- (1) 【工作控制】越大；【活力指數越低】越高
- (2) 【工作控制】越大；【心理健康】越高。
- (3) 【工作控制】越大；【一般健康】越高。
- (4) 【工作控制】越大；【工作滿意度】越高。
- (5) 【工作控制】越大；【工作人際】越高。

#### 4.4.4 工作負荷變相

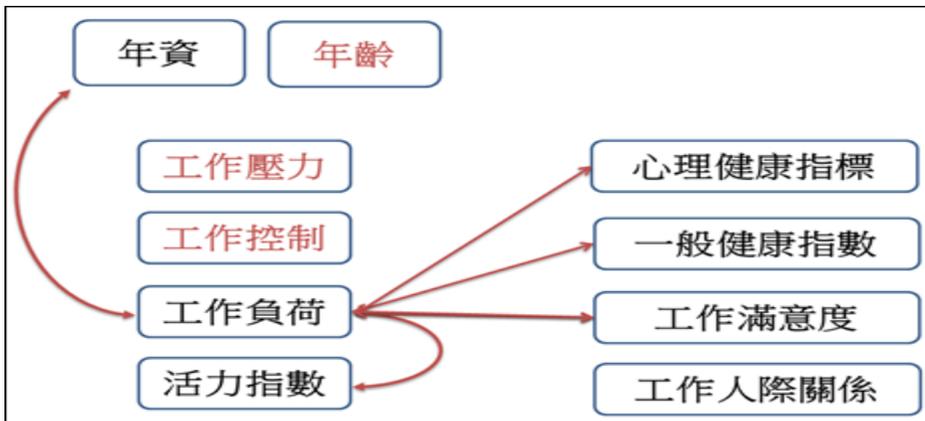


圖 6 彰化機務段司機員工作負荷變相

說明：

- (1) 【工作負荷】越大；【年資】越低
- (2) 【工作負荷】越大；【心理健康】越低。
- (3) 【工作負荷】越大；【一般健康】越低。

- (4) 【工作負荷】越大；【工作滿意度】越低。
- (5) 【工作負荷】越大；【活力指數】越低。

#### 4.4.5 活力指數變相

##### A. 心理健康指標:

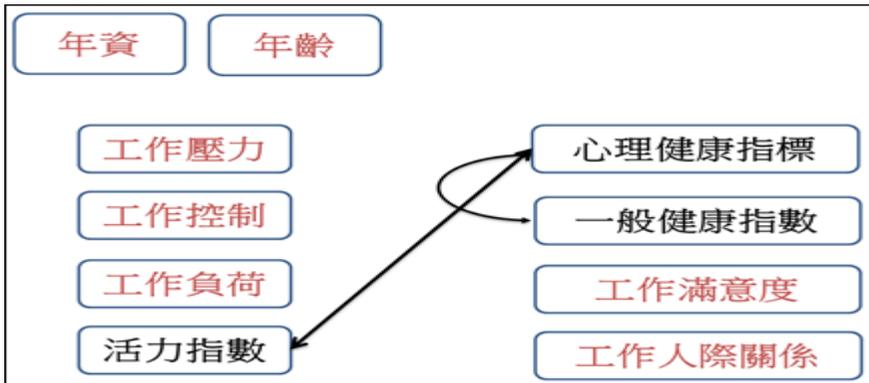


圖 7 彰化機務段司機員心理健康指標

說明：

- (1) 【心理健康指數】越大；【活力指數】越高
- (2) 【心理健康指數】越大；【一般健康指數】越高。

##### B. 一般健康指標

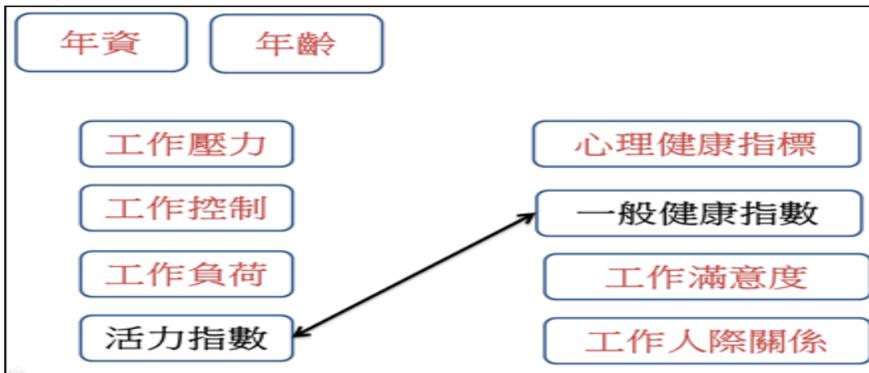


圖 8 彰化機務段司機員一般健康指標

說明：

- (1) 【活力指數】越大；【一般健康指數】越高。

### C. 工作滿意度

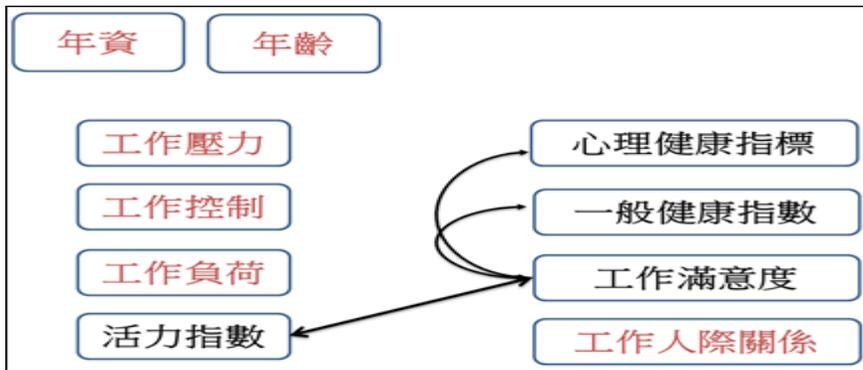


圖 9 彰化機務段司機員工作滿意度

說明：

- (1) 【工作滿意度】越大；【活力指數】越高
- (2) 【工作滿意度】越大；【一般健康指數】越高。
- (3) 【工作滿意度】越大；【心理健康指數】越高。

### D. 工作人際關係

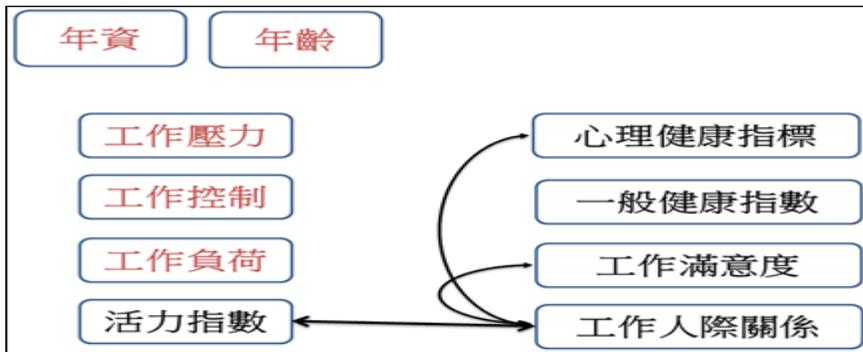


圖 10 彰化機務段司機員工作人際關係

說明：

- (1) 【工作人際關係】越大；【活力指數】越高
- (2) 【工作人際關係】越大；【工作滿意度】越高。
- (3) 【工作人際關係】越大；【心理健康】越高。

## 五、結論

臺灣鐵路管理局自改隸屬交通部後，一直秉持關懷員工身心健康，更成立關懷小組上至局、處長下至段長、主任，尤其是司機員創傷關懷部份(死、傷事

故)，亦由專屬指導員陪同至警所製作筆錄、法醫相驗、檢察官傳喚出庭與法官判決等均有完整的 SOP 程序及適時懷關成員的情緒安撫，如需轉介亦立即上報由專業心理醫師看診服務，如今彰化機務段在法定員額之上成立專業護理師，每月請專業醫師在段住診半天，及早發現問題並解決之，亦每年會請各大醫院醫師辦理健康講座，讓員工知其然更能知其所以然，無形中提升自我健康認知達到預防重於治療之效。

上節依勞動部勞工紓壓健康網內「簡易工作壓力量表」分析內容得知發現：

1. 鐵路司機員的【年齡】越高其【工作壓力】平均數亦越高。
2. 鐵路司機員長期在高的【工作壓力】下會影響身體健康狀況，進而造成生活上的困擾，必須透過運動及人際關係的互動來紓壓。
3. 對工作滿意度不高者，在工作之餘可以努力充實自我，藉由進修、學習新知識，來改善您對工作的認知。
4. 對於年齡或年資較高的司機員受工作壓力的影響時，其活力指數及一般健康指數較低，需多加注意身心健康狀況並定期追蹤。

一個企業要「提振員工績效：短中長期策略」<sup>[8]</sup>；欲提升員工績效，必須同時關照員工工作動機、工作能力與工作環境，以創造績效；不過，在實際推行上，可劃分為短中長期：短期可先改善員工的工作環境(如新車種駕駛室的寬敞)；中期設法強化員工的工作動機(如員工訓練所的回訓機制)；長期則應將重點放在培育和發展員工的工作能力上(如員工在職進修碩、博班)，因為人才是公司重要的資產，惟有員工身心靈的健康輔導，才能創造家庭幸福美滿，進而提升企業的競爭力。

希望藉由此次研究彰化機務段司機員「簡易工作壓力量表」分析，進而能提供管理人員關懷人力資源，即是希望能運用創新管理策略，了解員工並強化人力素質，為臺鐵培塑更具競爭力、知識力及回應力的高素質公務人力團隊，進而提升臺鐵服務品質及政府競爭力與整體施政績效。

## 參考文獻

1. 張新立、朱來順(2008)，鐵路司機員適應影響行車安全壓力源之能力量測，運輸計劃季刊。
2. 楊雅筑(2006)，臺鐵司機員工作壓力與影響因素之研究，國立交通大學運輸工程與管理學系碩士論文。
3. 交通部臺灣鐵路管理局彰化機務段 (2015)，交通部104年金路獎簡報。
4. 張有恆(2005)，「現代運輸學」(Contemporary Transportation)，華泰出版社。

5. 吳政宏(2014)，臺灣鐵路管理局員工訓練所，風險分析與管控。
6. 司機員工作風險因子(2015)，交通部臺灣鐵路管理局彰化機務段指導股。
7. 簡易工作壓力量表(2015)，交通部臺灣鐵路管理局彰化機務段勞安室。
8. 林文政(2012)，「提振員工績效：短中長期策略」專欄，經理人雜誌。
9. 朱來順(2008)，Exploring the Perception of Job Stress and the Effect of Consecutive Driving on Accident Risk for Train Drivers，國立交通大學運輸工程與管理學系博士論文。
10. 勞動部(2014)，「簡易工作壓力量表」，勞工紓壓健康網。

# 民眾對臺鐵服務滿意度之因素分析 及邏吉斯迴歸模型之研究

## The Research of Factor Analysis and Logistic Regression Model that Customers Service Satisfactions in TRA

吳慧婷 Wu, Han-Ting<sup>1</sup>

李孟峰 Lee, Mong-Hong<sup>2</sup>

張淑美 Chang, Sue-Mei<sup>3</sup>

聯絡地址：10041 臺北市北平西路 3 號

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

電話(Tel)：02-3815226#3446

電子信箱(E-mail)：0028050@railway.gov.tw

### 摘要

交通部於 89 年第 964 次部務會報決議事項中，訂定「加強交通部統計支援決策情報蒐集計畫」，主要是為能快速確實提供施政決策資料，作為服務績效評量之參據，故自 89 年起交通部每年均會委外辦理「民眾對交通部施政措施滿意度調查」。以往該調查之分析方式為採用四個象限之「重要度-滿意度模型分析」，而近二年改採決策樹之 CHAID 分析，找出之關鍵因素均為個別變項。

本研究首次針對該調查之十幾個問項變數進行因素分析，以找到具有共通性的變數，用此較少的變數(構面)儘可能解釋最多的變異，並進一步利用邏吉斯迴歸模型，找出影響臺鐵整體服務滿意之關聯強度最大的因素構面，俾於瞭解臺鐵改善之主要方向，作為措施政策改

---

<sup>1</sup>臺鐵局 主計室 視察

<sup>2</sup>國立臺北大學 統計學系 副教授

<sup>3</sup>臺鐵局 主計室 副主任

進之參酌。

**關鍵詞：**因素分析、信度、負荷、共同因素、獨特因素、特徵值、  
邏吉斯迴歸、勝算、顧客滿意度

---

## Abstract

*In the Year 2000, the 964th ministry meeting's resolution, Ministry of Transportation set "The Decision – Making Information -Gathering Plan for Strengthening Ministry of Transportation's Statistical Support", mainly for quickly providing information for policy-making, as a reference for service performance assessment. Therefore, since 2000, Ministry of Transportation would outsource "Survey of Public Satisfaction for Ministry of Transportation's Policy" in every year. Before, the analytical methods about the survey would adopt "importance - satisfaction model" of the four quadrants. In recent two years, using CHAID decision tree analysis discovered that the key factors were individual variables.*

*This study was firstly adopting factor analysis for more than a dozen variable of the survey to find the variables having commonality. Using less variables (dimensions) explained most of the variation as possible. and further using logistic regression model identified the dimension of most significant impact in the Taiwan Railway Administration overall service satisfaction, serving to understand the main improving directions of the Taiwan Railway Administration, as a reference for making policy.*

**Keywords** : *Factor Analysis · Reliability · Loading · Common Factor · Specific Factor · Eigenvalue · Logistic Regression · Odds · Customer Satisfaction*

## 一、前言

民國 89 年 9 月交通部為推動「提升為民服務行動方案」，蒐集臺灣地區民眾對交通部施政之看法，特辦理「民眾對交通部施政措施滿意度調查」，調查對象包括臺鐵、氣象、郵局...等交通所屬業別，至今仍每年持續委外辦理，主要為落實「加強交通部統計支援決策情報蒐集計畫」，俾作為相關單位施政之重要參據。

交通部辦理該項調查迄今已有 15 年，而民眾對臺鐵的滿意度評價從約 70 分一路逐漸上升至目前 76 分，從此數字明顯看出這 15 年來民眾給予臺鐵的評價僅進步 6 分，而近三年的評價均為 76 分，呈現停滯現象。臺鐵每年工作考成實施要點中，在業務經營面向之第 5 項顧客滿意度評估指標中，即以本項調查結果為評量計算標準，而 104 年工作考成實施要點已修正此項評量計算基準，由以往 75 分調升至 80 分，可見臺鐵仍有很大改善努力空間。

臺鐵服務的面向相當廣泛，舉凡車站、車上、票務、列車運轉、餐旅等等，每一面向均包含很多細項服務，而交通部該項調查近 10 年來有關臺鐵之問項約維持在 15 項以上，其內容含蓋面廣，故如何從此多個變項中整理出可以解釋這些變項的主要構面，便於迅速掌握措施改善之重點方向。本研究有鑑於此，首次針對「民眾對交通部施政措施滿意度調查」中有關臺鐵部分來進行因素分析，找出相關構面，進而利用邏吉斯迴歸模型來探究各因素構面對臺鐵整體滿意之關聯強度。

## 二、文獻探討

臺鐵的顧客即為旅客，而旅客滿意度可謂臺鐵永續創造利益之來源，以及作為臺鐵經營績效之重要衡量指標。

### 2.1 顧客滿意度的定義

Howard & Sheth(1969)<sup>[13]</sup>首先將滿意度應用於消費者理論上，他們認為顧客滿意度是購買者對於其因購買某一產品而做的犧牲（如時間、金錢...）所得到的補償是否適當的一種認知狀態。

Lovelock（1996）<sup>[15]</sup>認為顧客滿意度，主要乃基於使用者對此產品或

服務的使用效能與期望之比較。同時，顧客滿意度為顧客忠誠度的重要動力，兩者呈現明顯的正向關係。亦即顧客滿意度越高的產品或服務，顧客忠誠度與顧客維持均會較佳。

Kotler(2000)<sup>[14]</sup>認為顧客滿意度是來自對產品功能特性(結果)的知覺與個人對產品的期望，兩者相較後所產生之愉悅或失望的程度，即如果功能性符合或高於預期，顧客則會感到滿意，反之顧客會產生不滿意。即滿意度是知覺功能與期望兩者差異的函數。

Zeithaml and Bitner (2002)<sup>[17]</sup>認為顧客對品質的認知以服務、產品及價格等為衡量構面外，對顧客滿意的認知尚包括情境因素與個人因素。

柯火烈(1996)<sup>[8]</sup>認為，廣義的顧客定義包括企業內部顧客及外部顧客，一般企業通常忽略內部顧客的需求及滿意，使工作流程產生不完整，除影響企業內部顧客的運作效率，更進一步影響外部顧客的服務品質。

## 2.2 因素分析之研究

陳昱樹(2005 年)<sup>[8]</sup>有關智慧資本對企業績效之關聯性研究中，對智慧資本的定義為企業除了實體資產外，對企業績效有貢獻的無形資產與能力。為了探討智慧資本與企業績效的關係，將智慧資本分為人力資本、創新資本、顧客資本與結構資本等四大類。使用因素分析萃取各個變數主要的因素構面；其次，利用路徑分析探討變數對企業績效影響之研究。本研究發現：創新資本方面，對顧客資本有直接且正向的影響；人力資本方面，對創新資本、顧客資本與結構資本有直接且正向的影響；在顧客資本方面，對結構資本有直接且正向的影響；另智慧資本對企業績效的關係上，本研究只發現顧客資本對企業績效有直接且正向的影響，而其他三個資本皆對企業績效無顯著影響。

陳瓊華(2005 年)<sup>[9]</sup>關於來台旅客對台觀感與消費行為之線性結構模式之研究中，呈現來台旅遊各項因素之關聯性。即主要了解影響來台觀光旅客之結構、特性、旅遊情況、動向、消費情形、對台觀感及再訪意願等各特性間之潛在因素及影響程度，並建構整體模式以觀察各項潛在因素對於觀光外匯收入之貢獻程度。研究結果發現來台旅客的「對台觀感」以「人

民友善」與「菜餚」最令人讚賞；來台旅客對「觀光便利性」的「來台交通」及「通訊設備」感到最滿意，以「入關驗證」與「旅遊資訊」的滿意比率最低。來台旅客對「環境友善度」的「態度友善」感到最滿意，對於「衛生良好」的滿意比率最低，顯示台灣的衛生條件有待加強。來台旅客對環境國際化的滿意度相較其他各項為低，顯示台灣的外語軟硬體環境尚未提昇至國際化水準。

楊惠婷(2012年)<sup>[5]</sup>在有關來臺觀光亞洲旅客之特性分析中，發現來台觀光旅客中有97%為亞洲國家之旅客。旅客在臺觀光期間之滿意度，以因素分析法萃取出便利性、國際化程度、環境安全、與衛生安全四個構面，分析不同國家旅客在四個構面的滿意度。結果發現未來在擬定行銷策略時可將來臺觀光之主要亞洲國家旅客區分為「中國、港澳」與「日本、韓國」兩類；針對目標市場，風光景色為主要吸引中國、港澳、韓國旅客來臺觀光的主要因素，菜餚為主要吸引日本旅客的觀光因素；中國、港澳旅客對於台灣旅遊環境的國際化、環境安全與衛生安全有較高的肯定與滿意，日本、韓國旅客則在便利性、國際化、環境安全上有較高的肯定與滿意度。

## 2.3 邏輯斯回歸模型之研究

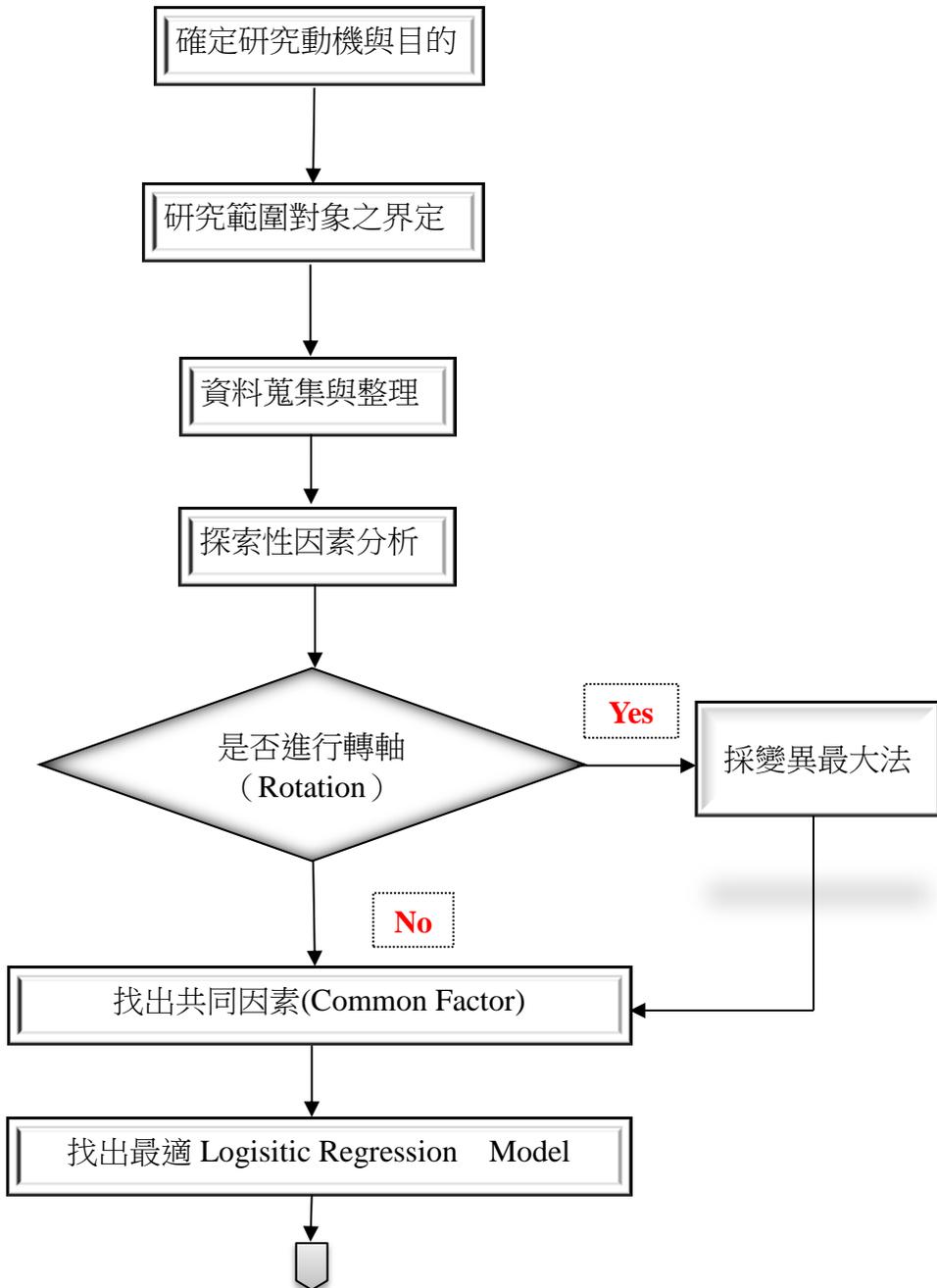
賴郁晴(2005年)<sup>[10]</sup>有關商品屬性建立顧客分類之新商品預測模型研究中，採用國內著名電視購物頻道E公司的顧客資料做為分析樣本，打破企業以商品功能及相關資訊進行商品屬性分類的方式，改採用消費者購買商品的動機因素，跨商品別進行商品屬性分類，並重新將消費者分群，推測其可能的購買預測。即根據此新商品預測模型的實證結果提供企業在推出新商品進行銷售前，先針對核心顧客進行購買預測的重要參考，利用此預測結果將商品推出給主要客戶族群，達到最大效益。

## 三、研究方法

本研究係運用 SAS 統計電腦軟體來進行資料分析工作。

### 3.1 研究流程

主要研究步驟之流程列述如后：



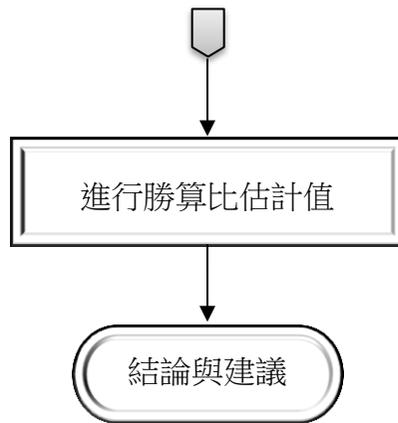


圖 1 研究流程圖

### 3.2 問卷信度

信度 (Reliability) 指的是問項的可靠度 (或稱穩定度)，即問卷經多次測量會得到一致的結果，因此信度是用來測量問項一致性的工具。信度重視的是測量本身應有高的穩定度。而效度 (Validity) 是衡量測驗結果與實際能力的差異，即與事實的差異性，必需要能測出真正的能力或實力，才能稱為有效度，一份有效度的問卷必須先具有信度的基礎。

假設在衡量潛在變數時，量測後的測驗分數  $\chi$  與真實分數  $T$  不相等，其差異為誤差分數  $E$ 。三者間關係可以線性關係表示如下： $\chi = T + E$ ，誤差愈小信度愈高。故信度可稱為測驗分數  $\chi$  與真實分數  $T$  之相關係數的平方，即  $\rho_{\chi,T}^2$ ，及真實分數  $T$  之變異數占測驗分數  $\chi$  之變異數的比例，即  $\sigma_T^2/\sigma_\chi^2$ 。

信度係數的種類及衡量方式，主要計有再測信度、複本信度、折半信度及 Cronbach  $\alpha$ 。一般以 Cronbach  $\alpha$  係數來表示信度情形較多，此係數由 Cronbach 於 1951 年所提出，簡稱  $\alpha$  係數，其擁有再測信度、折半信度的優點，且克服了折半信度的缺點。

惟折半法對問項項次要多，以及問項內容要相近等要求較高，故目前

仍是以 Cronbach  $\alpha$  為最常用的信度指標，本研究即以 Cronbach  $\alpha$  做為判定本次問卷之信度。Cronbach  $\alpha$  的計算方式為：

$$\text{Cronbach } \alpha = \frac{n}{n-1} \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \text{var}(X_i)}{\text{var}(\sum_{i=1}^n X_i)} \right]$$

在探索性研究中，信度若低於 0.35 則表示低信度，0.35 至 0.70 之間表示中信度，大於 0.70 至 0.98 間為高信度，但實務上此係數只要  $\geq 0.6$ ，則可稱該測量工作的信度是可被接受的。

### 3.3 因素分析

因素分析 (Factor Analysis) 可區分為探索性因素分析 (Exploratory Factor Analysis, EFA) 與驗證性因素分析 (Confirmatory Factor Analysis, CFA) 兩種。探索性因素分析主要用在模式的建立；驗證性因素分析則用在模式的驗證。

因素分析 (Factor Analysis) 主要希望能將許多個變數所形成的相關係數矩陣，以少數因素來解釋，換言之，即在探討影響多個可測量變數的共同因素 (Common Factor)，而這些因素是無法直接觀測到的。在問卷建構效度 (Construct Validity) 研究上，因素分析亦是最有效方法之一。

假設找到  $F_1, F_2, \dots, F_q$  等因素，則因素模型如下：

$$x_1 = l_{11}F_1 + l_{12}F_2 + \dots + l_{1q}F_q + \varepsilon_1$$

$$x_2 = l_{21}F_1 + l_{22}F_2 + \dots + l_{2q}F_q + \varepsilon_2$$

$$x_3 = l_{31}F_1 + l_{32}F_2 + \dots + l_{3q}F_q + \varepsilon_3$$

...

$$x_p = l_{p1}F_1 + l_{p2}F_2 + \dots + l_{pq}F_q + \varepsilon_p$$

式中  $x_i$  為原始資料變數， $l_{ij}$  為因素負荷 (Loading)，即為第  $j$  個共同因

素 $F_j$ 在第 $i$ 個變數下的權重， $F_i$ 為共同因素（Common Factor）， $\varepsilon_i$ 為獨特因素（Specific Factor）， $l \leq p$ ， $q$ 為因素個數， $p$ 為變數個數。另因素模型的假設前提為：

- ①共同因素 $F_i$ 間互為獨立，即因素間是直交的， $Cov(F_i, F_j)=0$ ，其中 $i \neq j$ 。
- ② $\varepsilon_i$ 間互為獨立，且 $\varepsilon_i$ 平均數為0，變異數為 $\varphi_i$ ， $\varphi_i$ 為因素唯一性(unique factor)。
- ③共同因素與因素獨特性間亦是獨立，即 $Cov(F_j, \varepsilon_i)=0$ ，其中 $i \neq j$ 。
- ④ $Var(x_i)=1$ ， $Var(F_i)=1$ ， $E(x_i)=0$ ， $E(F_i)=0$

要在可直接測量的變數中找尋其背後影響因素的過程，稱之為因素萃取(factor extraction)<sup>[9]</sup>，亦即對因素負荷 $l_{ij}$ 與獨特因素 $\varepsilon_i$ 進行參數估計，常用方法計有主成份法(PCA; Principal Components Analysis)、主軸因素法(PAF; Principal Axis Factoring Analysis)及最大概似法(MLE; Maximum Likelihood Factor)，本研究係採主軸因素法來進行分析。主軸因素法(PAF)分析方式與主成份法相似，通常假設共同性之估計值為每個變數 $x_i$ 與其他變數的複相關係數平方(SMC; Square Multiple Correlation)。主軸因素法的因素抽取是以疊代(Iterative)程序來進行，起始值需將相關矩陣的對角線元素1，置換為 $x_i$ 的複相關係數平方，反覆帶入共同性直到無改善，此法能夠產生最理想的重製矩陣<sup>[9]</sup>。

因素愈多解釋變異量雖愈大，但模式亦趨於複雜，即無法達到資料縮減，以少數因素來代表眾多變項之目的之目的。因素分析在因素數目的決定上一般以特徵值大於1與陡坡圖的準則之外，尚有因素數目合理範圍大約為變項數除以3至除以5之間<sup>[9]</sup>，或檢驗不同因素數目下，殘差矩陣中的數值，儘量少於.05或.10以下等。

因素分析是希望個別因素負荷量 $l_{ij}$ 能夠很大或很少，每一橫列中只有1個元素接近1，其它元素接近0，則每個變數才能歸屬到較關聯之因素，每個因素亦能包含較少變數，以方便因素命名。若 $l_{ij}$ 未符合上述情形，則須透過轉軸(Rotation)才能接著進行分析。常用轉軸方式為：變異最大旋轉(Varimax)、四方最大旋轉(Quartimax)及一般直交旋轉(Orthomax)等。本研究係採變異最大旋轉法來進行分析，茲列述如下：

變異最大旋轉(Varimax)目的在使因素負荷表中每行 $l_{ij}^2$ 變異最大，通常因各因素之共通性(Communiality)不同，需再除以個別共通性 $h_i^2$ 予以

單位化，其公式為：

$$Max \left\langle \sum_{j=1}^q \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p \left( \frac{l_{ij}^2}{h_i^2} \right)^2}{p} - \left[ \frac{\sum_{i=1}^p \left( \frac{l_{ij}^2}{h_i^2} \right)}{p} \right]^2 \right\} \right\rangle$$

式中 $l_{ij}^2$ 為第j個共同因素 $F_j$ 在第i個變數下的權重平方值， $h_i^2$ 為第i個變數的共通性，p為變數個數，q為因素個數。

由於因素負荷量通常指變項與因素間之相關，根據轉軸後因素負荷量矩陣可清楚得知，每一變項應歸屬於哪一個因素，再依照每一因素構面之各變項的因素負荷量高低，作為給予因素適當名稱之準則。另一般負荷量臨界值為0.4。

當萃取出q因素之後，需檢驗模式之適合性，以瞭解模式是否適用於所分析之資料，常用的檢定方法有殘差分析（RMSR）、偏相關及複相關係數平方等。

### 3.4 多元邏吉斯回歸模型

多元邏吉斯迴歸模型主要包含一個依變數及多個自變數。其中應變數一般為類別型之二項式(binomial)，亦可推廣至應變數為多項式時使用。將二元反應變數Y之一組預測元記為 $X_1, X_2, \dots, X_k$ ，當Y=1的機率 $\pi$ 的邏吉斯回歸模型為： $\logit(\pi) = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$ 。

參數 $\beta_i$ 表示在控制其他X後， $X_i$ 對Y=1之對數勝算的效應。

勝算(odds):代表某一事件出現之機率與不出現機率之比值，即 $\frac{\pi(\chi)}{1-\pi(\chi)}$ 。

勝算比是指當X=1時之勝算與X=0時之勝算的比值。即勝算比

$\theta = \frac{\pi_1/1-\pi_1}{\pi_2/1-\pi_2}$ ，勝算比愈強代表自變數與應變數之關聯愈強。

邏吉斯迴歸的一個替代公式直接指定成功機率，即 $\pi(\chi) = \frac{e^{\alpha+\beta\chi}}{1+e^{\alpha+\beta\chi}}$ 。

## 四、實證分析

103年「民眾對交通部施政措施滿意度調查」有關臺鐵部分之問項共計18項，茲先針對本次調查概述簡要說明。其次，進行探索性因素分析 (Exploratory Factor Analysis)，藉由因素分析以找出變項間的共同潛在結構，以達到變數縮減目的；即在保有原來最多的資訊情況下，從此18個項目中探詢民眾對臺鐵滿意度之共同潛在因素，俾利掌握影響臺鐵服務品質之主要面向。最後，以「對臺鐵整體滿意度」為反應變數，經由因素分析找出的共同因素作為自變數，進行邏吉斯迴歸分析，俾瞭解上述共同因素對影響臺鐵整體滿意之關聯強度，作為措施改進重點之參酌。

### 4.1 調查概述

103年「交通部施政措施滿意度調查」係交通部統計處招標委託全國意向顧問股份有限公司辦理，本次調查期間為103年12月1日至12月21日，共計21天。此項調查有關「民眾對交通部施政措施滿意度調查」部分，以臺灣地區住宅電話用戶名冊作為抽樣母體。採「分層隨機抽樣法」，將臺灣地區分為五直轄市及臺灣省北、中、南、東部共9個副母體，各副母體再以隨機抽樣法抽出樣本「戶」，並利用合格成人法隨機選取戶中曾搭乘台鐵之民眾進行訪問。調查採用電腦輔助電話訪問系統 (CATI) 進行訪查。臺鐵合格樣本部分係針對過去一年有搭乘過臺鐵者。本次臺鐵有效樣本計1,075人，在95%信賴水準下，抽樣誤差為在正負3個百分點以內。

本次調查之樣本結構分析如下：受訪民眾女性占 53.8%，男性占 46.2%。年齡層以 20 以上、未滿 30 歲為最多，占 22.2%；其次 30 以上、~未滿 40 歲占 19.8%；再次依序 40 以上、未滿 50 歲，及 50 以上、未滿 60 歲，分別占 18.7% 及 18.3%。教育程度則以大學最多，占 39.6%，其次高中(職)，占 27.4%，再次為專科，占 13.8%。本次問卷調查，滿意度方面共有「很滿意」、「還算滿意」、「不太滿意」、「很不滿意」、「不知道/無意見」、及「沒有接觸」六個選項。在本研究中僅選取「很滿意」、「還算滿意」、「不太滿意」、「很不滿意」四點量尺來分析，分別給予 4 分、3 分、2 分、及 1 分，分數愈高表示對臺鐵整體滿意愈高。

### 4.3 問卷之信度分析

關於問卷之信度，本研究計算內部一致性信度之「 $\alpha$  係數」，即整體 Cronbach's  $\alpha$  係數，其值為 0.9，已大於 0.7，屬於高信度。再探究刪除各別變數後之信度係數，發現所得各別之 Cronbach's  $\alpha$  係數均小於整體 Cronbach's  $\alpha$  係數 0.9，顯示刪除任一問項亦不能提高整體信度，因此本問卷18個問項均被保留。

表 1 信度分析

刪除變數	變數代號	帶有總計的相關係數	刪除該變數之 Alpha
服務人員服務態度	newc1	0.619	0.891
車站窗口售票服務	newc2	0.615	0.891
民眾等候空間設計	newc3	0.585	0.892
站內引導指標	newc4	0.560	0.892

表 2 信度分析(續)

刪除變數	變數代號	帶有總計的相關係數	刪除該變數之 Alpha
站內環境整潔	newc5	0.624	0.890
車站內廁所清潔	newc6	0.512	0.895
聯外公共運輸工具便利性	newc7	0.549	0.893
列車時刻安排	newc8	0.598	0.891
列車準點情形	newc9	0.513	0.895
行車平穩度	newc10	0.560	0.893
電子票證搭乘臺鐵便利性	newc11	0.469	0.895
車廂清潔程度	newc12	0.566	0.893
車上廁所清潔	newc13	0.553	0.893

刪除變數	變數代號	帶有總計的相關係數	刪除該變數之 Alpha
網路訂票情形	newc14	0.453	0.897
推出臺鐵 e 訂通軟體 APP	newc15	0.489	0.895
郵局取票措施	newc16	0.538	0.893
四大超商訂取票措施	newc17	0.533	0.893
上下班(學)提供短程運輸服務品質	newc18	0.543	0.893

#### 4.4 施政措施滿意度之因素分析

進行因素分析前，先利用 Kaiser-Meyer-Olkin 的取樣適當性衡量量數 KMO，驗證本問卷之問項是否適合進行因素分析。本問卷之 KMO 值為 0.91，已接近「極佳」的標準。表示變項間的共同因素多，適合進行因素分析。觀察各問項之 KMO 值亦均甚高，最低者為 0.872，表示本調查之問項所有變數間之共同因素甚多，均屬於「佳」以上的標準。

表 3 問項因素分析之 KMO 值

Kaiser 取樣適當性量數: 整體 MSA = 0.90908256								
newc1	newc2	newc3	newc4	newc5	newc6	newc7	newc8	newc9
0.886	0.888	0.919	0.920	0.929	0.879	0.922	0.932	0.915
newc10	newc11	newc12	newc13	newc14	newc15	newc16	newc17	newc18
0.920	0.935	0.9390	0.881	0.933	0.872	0.875	0.915	0.925

接著利用主軸因素法(PAF)進行因素分析，若以特徵值 (Eigenvalue) 大於1為標準，則會選出3個共同因素，即  $\lambda_1 = 6.77$ ， $\lambda_2 = 1.82$ ， $\lambda_3 = 1.12$ ，其

中第一個因素解釋了37.6% 的變異。從因素陡坡圖亦可看出在第3個點有明顯轉折點。惟在解釋變異程度上，選取3個因素時，僅能解釋18個變數總變異的53.9%。若選取4個因素時，解釋總變異可提高為59.4%，接近六成，且若以變項數除以3至5間為因素數目合理範圍，則本問卷之合理因素數目為4至6個，故綜合考量以選擇4個共同因素。

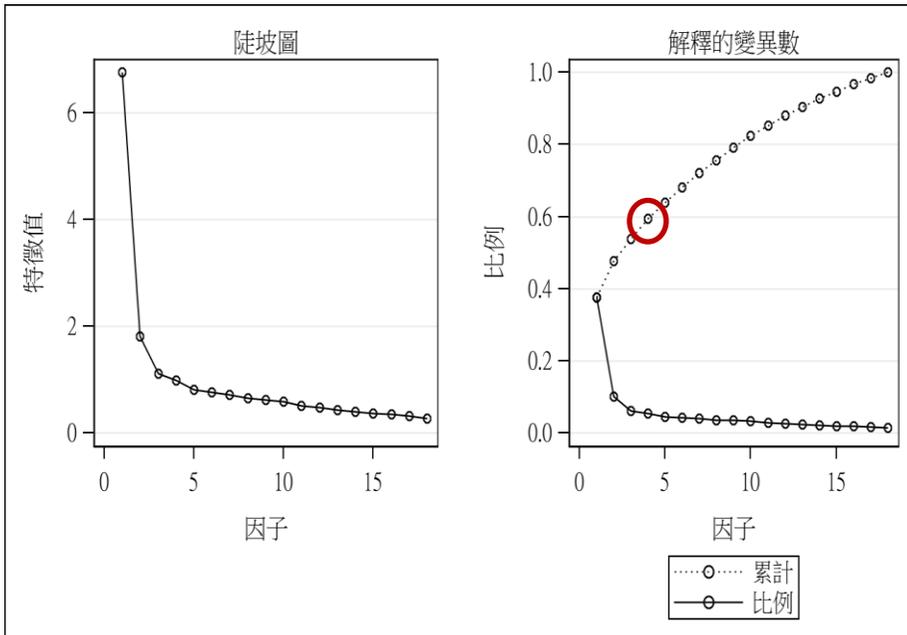


圖 2 因素分析陡坡圖

表 4 因素分析之原始特徵值

原始特徵值: 總計 = 18 平均 = 1									
	特徵值	差異	比例	累積		特徵值	差異	比例	累積
1	<b>6.765</b>	4.945	0.376	0.376	10	0.593	0.085	0.033	0.825
2	<b>1.820</b>	0.705	0.101	0.477	11	0.508	0.019	0.028	0.853
3	<b>1.116</b>	0.132	0.062	0.539	12	0.488	0.051	0.027	0.880
4	<b>0.984</b>	0.176	0.055	<b>0.594</b>	13	0.437	0.034	0.024	0.904
5	0.808	0.049	0.045	0.639	14	0.403	0.032	0.022	0.927
6	0.759	0.047	0.042	0.681	15	0.370	0.011	0.021	0.947
7	0.713	0.056	0.040	0.720	16	0.359	0.044	0.020	0.967
8	0.656	0.029	0.037	0.757	17	0.315	0.037	0.018	0.985
9	0.627	0.034	0.035	0.792	18	0.278	-	0.015	1.000

表4為前4個特徵值所對應的特徵向量，亦即前四個共同因素之因素負荷。由表4可知因素負荷較大者明顯均集中在Factor1，顯示建構因素不佳，無法凸顯各因素之意涵。選取4個共同因素時之整體共通性 (Final Communality Estimates)為8.768，各別變數與4個共同因素之整體共通性詳見表5，其中僅電子票證搭乘臺鐵便利性(newc11)之共通性較低不及0.3。

表6顯示整體殘差均方根 (RMSR)則為0.029，低於0.05，屬「佳」情形。就各變數觀之，全部變數均小於0.05，表示這些變項已大部分解釋到因素解。

表 5 原始模型之因素負荷

變數名稱		Factor1	Factor2	Factor3	Factor4
newc1	服務人員服務態度	0.68581	-0.20863	-0.36330	-0.31011
newc5	站內環境整潔	0.67271	-0.35774	0.06069	0.07790
newc2	車站窗口售票服務	0.66528	-0.20980	-0.26008	-0.17302
newc8	列車時刻安排	0.62956	0.06142	0.33924	-0.07081
newc3	民眾等候空間設計	0.61962	-0.26302	0.06491	-0.10156
newc13	車上廁所清潔	0.61016	-0.27863	-0.00375	0.38656
newc12	車廂清潔程度	0.60065	-0.17480	-0.01496	0.20329
newc4	站內引導指標	0.59034	-0.11284	-0.00570	-0.13531
newc16	郵局取票措施	0.58851	0.48763	-0.18642	0.20040
newc10	行車平穩度	0.58783	0.09282	0.18916	-0.07108
newc7	聯外公共運輸工具便利性	0.57848	0.04562	0.07862	-0.20882
newc17	四大超商訂取票措施	0.57205	0.39110	-0.14943	0.10698
newc18	上下班(學)提供之短程運輸服務品質	0.57010	0.19688	0.23653	-0.03016
newc6	車站內廁所清潔	0.56702	-0.38546	-0.05189	0.23716
newc9	列車準點情形	0.54391	0.03633	0.33462	-0.04093
newc15	推出臺鐵 e 訂通軟體 APP	0.52019	0.45847	-0.10695	0.09961
newc11	電子票證搭乘臺鐵便利性	0.49167	0.19322	-0.11819	-0.00551
newc14	網路訂票情形	0.47884	0.31457	0.01471	-0.11671

表 6 各問項之因素共通性

最終公因子變異數估計值: 總計 = 8.768424								
newc1	newc2	newc3	newc4	newc5	newc6	newc7	newc8	newc9
0.742	0.584	0.468	0.380	0.590	0.529	0.387	0.520	0.411
newc10	newc11	newc12	newc13	newc14	newc15	newc16	newc17	newc18
0.395	0.293	0.433	0.599	0.342	0.502	0.659	0.514	0.421

表 7 殘差均方根

均方根非對角殘差: 整體 = 0.02933847								
newc1	newc2	newc3	newc4	newc5	newc6	newc7	newc8	newc9
0.017	0.026	0.038	0.039	0.027	0.031	0.035	0.023	0.027
newc10	newc11	newc12	newc13	newc14	newc15	newc16	newc17	newc18
0.042	0.033	0.022	0.029	0.023	0.032	0.020	0.020	0.028

由於原始模型所有變數之因素負荷均以 Factor1 為最高，無法有效區別所屬的因素，故採最大變異法 (Varimax) 進行正交轉軸。旋轉後每個變數都能歸屬到適合的因素 (Factor) 中，即每個因素所代表的意義已能適當地解釋，且已達到區別效度及收斂效度。

轉軸後的因素模型為：

$$\text{newc1} = 0.229F_1 + 0.288F_2 + 0.141F_3 + 0.766F_4 + \varepsilon_1$$

$$\text{newc2} = 0.217F_1 + 0.363F_2 + 0.170F_3 + 0.613F_4 + \varepsilon_2$$

$$\text{newc3} = 0.063F_1 + 0.406F_2 + 0.377F_3 + 0.396F_4 + \varepsilon_3$$

.....

$$\text{newc18} = 0.348F_1 + 0.162F_2 + 0.513F_3 + 0.097F_4 + \varepsilon_{18}$$

另由Rotated Factor Pattern圖，在Factor1及Factor2圖上可明顯找到此兩組；在Factor3及Factor4圖上亦可明顯找到此兩組。

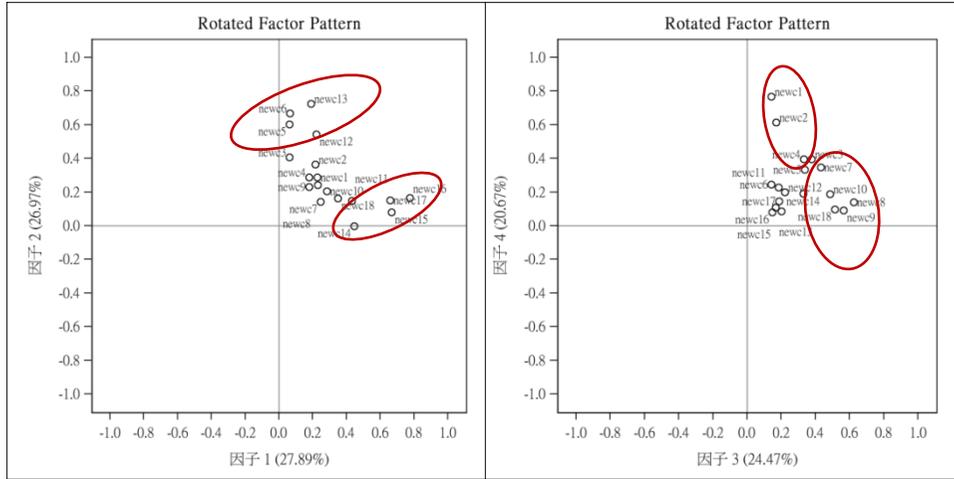


圖 3 Rotated Factor Pattern 圖

表 8 轉軸後之因素負荷

旋轉後的因子模型					
		Factor1	Factor2	Factor3	Factor4
newc16	郵局取票措施	0.77657	0.16615	0.14840	0.07966
newc15	推出臺鐵 e 訂通軟體 APP	0.66883	0.08037	0.20324	0.08390
newc17	四大超商訂取票措施	0.65955	0.15131	0.18735	0.14485
newc14	網路訂票情形	0.44475	-0.00151	0.32855	0.19061
newc11	電子票證搭乘臺鐵便利性	0.43072	0.14809	0.18377	0.22771
newc13	車上廁所清潔	0.19006	0.72335	0.16867	0.10754
newc6	車站內廁所清潔	0.06641	0.66685	0.14216	0.24439
newc5	站內環境整潔	0.06342	0.60188	0.33729	0.33198
newc12	車廂清潔程度	0.22267	0.54313	0.22098	0.19870
newc3	民眾等候空間設計	0.06310	0.40602	0.37706	0.39576

表 9 轉軸後之因素負荷(續)

旋轉後的因子模型		Factor1	Factor2	Factor3	Factor4
newc8	列車時刻安排	0.23082	0.24078	0.62389	0.14041
newc9	列車準點情形	0.17786	0.22929	0.56407	0.09179
newc18	上下班(學)提供短程運輸服務品質	0.34835	0.16198	0.51338	0.09741
newc10	行車平穩度	0.28379	0.20503	0.48664	0.18866
newc7	聯外公共運輸工具便利性	0.24605	0.14171	0.43093	0.34667
newc1	服務人員服務態度	0.22876	0.28815	0.14092	0.76603
newc2	車站窗口售票服務	0.21707	0.36288	0.17047	0.61345
newc4	站內引導指標	0.17782	0.28638	0.33167	0.39489

表8顯示4個共同因素之複相關係數平方值均大於一般要求標準至少0.6，即表示此4個因子是解釋性足夠的因素。

表 10 臺鐵問項各因子之複相關係數平方

含有每個因子之變數的平方複相關			
Factor1	Factor2	Factor3	Factor4
0.768	0.717	0.645	0.708

最後針對萃取轉軸後之因素予以命名，由於因素負荷量通常指變項與因素間之相關，故以因素負荷量較大的變項之共同現象為因素構面之命名重點。有學者認為一般負荷量為±0.5及以上者，可視為非常重要的變項。故本研究按上述原則對因素命名如下：

### Rotate Factor1-票務便利

newc11:電子票證搭乘臺鐵便利性(負荷：0.43)

newc14:網路訂票情形(負荷：0.44)

newc15:推出臺鐵e訂通軟體APP(負荷：0.67)

newc16:郵局取票措施(負荷：0.78)

newc17:四大超商訂取票措施(負荷：0.66)

### Rotate Factor2-站車清潔

newc3:民眾等候空間設計(負荷：0.41)

newc5:站內環境整潔(負荷：0.60)

newc6:車站內廁所清潔(負荷：0.67)

newc12:車廂清潔程度(負荷：0.54)

newc13:車上廁所清潔(負荷：0.72)

### Rotate Factor3-列車運轉

newc7:聯外公共運輸工具便利性(負荷：0.43)

newc8:列車時刻安排(負荷：0.62)

newc9:列車準點情形(負荷：0.56)

newc10:行車平穩度(負荷：0.49)

newc18:上下班(學)時間所提供之短程運輸服務品質(負荷：0.51)

### Rotate Factor4-人員服務

newc1:服務人員服務態度(負荷：0.77)

newc2:車站窗口售票服務(負荷：0.61)

newc4:站內引導指標(負荷：0.39)

本節綜合分析如下，根據因素分析結果得知：KMO值0.91為甚佳，表示適合進行因素分析；整體 Cronbach's  $\alpha$  係數為0.9，已屬於高信度。根據因素解及最大變異法 (Varimax) 進行正交轉軸後，萃取出4個共同因素構

面，可解釋總變異達六成。其整體殘差均方根 (RMSR) 甚低僅 0.029；複相關係數平方值均大於 0.6，即表示此4個因子 (Factor) 是解釋性足夠的因素。

18個變數分別觀其與4個因子之負荷量，其中負荷量最大的因子即為該變項所歸屬的因素構面，表示此變項與該因素構面相關性較大。各因素構面之名稱係以負荷量大於0.5之變項 (即相關性較大，屬非常重要變項者)內容為主要命名重點。4個因素構面分別命名為：第一因素構面「票務便利」，第二因素構面「站車清潔」，第三因素構面「列車運轉」，第四因素構面「人員服務」。

## 4.5 邏吉斯迴歸分析

本節係利用上節因素分析所萃取之四個因素 Factor1~ Factor4 當作自變數，來探討對反應變數「整體而言，您對臺鐵之服務滿不滿意」的影響。在進行邏吉斯迴歸分析前需先將反應變數資料轉成二元反應變數(Binary response)，即將選項合併為「1=滿意」、「0=不滿意」。

由於因素模型的假設前提知上節找出之4個因素 Factor1~ Factor4 已具備彼此間獨立相關的條件，故邏吉斯迴歸模型之選擇可排除交互作用。首先，初步模型建立如下：

$$\log \frac{\hat{\pi}}{1 - \hat{\pi}} = \hat{\alpha} + \hat{\beta}_1 F1 + \hat{\beta}_2 F2 + \hat{\beta}_3 F3 + \hat{\beta}_4 \times F4$$

本研究採用向後消去程序 (backward elimination) 來進行最佳模式選擇，其結果為 4 個主效果 (即4個因素Factor1~ Factor4) 均為顯著，故不必從模型中予以剔除。又 AIC 為 129.95， $-2\log \ell = 119.95$ ，即初步模型亦是最終模型，茲臚列如下：

$$\begin{aligned} \log \frac{\hat{\pi}}{1 - \hat{\pi}} &= \hat{\alpha} + \hat{\beta}_1 F1 + \hat{\beta}_2 F2 + \hat{\beta}_3 F3 + \hat{\beta}_4 \times F4 \\ &= 3.25 + 0.81F1 + 1.16F2 + 1.47F3 + 1.60 \times F4 \end{aligned}$$

此模型依 Hosmer and Lemeshow Test 檢定模型配適度，P-value=0.28>0.05，表示模型配適度良好。

表 11 邏吉斯迴歸最終模型估計值

最大概度估計值的分析					
參數	DF	估計值	標準誤差	Wald 卡方	Pr > ChiSq
Intercept	1	3.2544	0.4048	64.6252	<.0001
Factor1	1	0.8096	0.2853	8.0540	0.0045
Factor2	1	1.1601	0.3057	14.4027	0.0001
Factor3	1	1.4740	0.3219	20.9660	<.0001
Factor4	1	1.5958	0.3106	26.4001	<.0001

表 12 邏吉斯迴歸最終模型估計值

Hosmer 及 Lemeshow 配適度檢定		
卡方	DF	Pr > ChiSq
9.7749	8	0.2812

由此最終模式可得知：

- ①  $\widehat{\beta}_1$ ：表示 Factor1 (票務便利構面) 因素每增加1單位，則民眾對臺鐵整體滿意的對數勝算 (log odds) 會增加 0.81。
- ②  $\widehat{\beta}_2$ ：表示 Factor2 (站車清潔構面) 因素每增加1單位，則民眾對臺鐵整體滿意的對數勝算 (log odds) 會增加 1.16。
- ③  $\widehat{\beta}_3$ ：表示 Factor3 (列車運轉構面) 因素每增加1單位，則民眾對臺鐵整體滿意的對數勝算 (log odds) 會增加 1.47。
- ④  $\widehat{\beta}_4$ ：表示 Factor4 (人員服務構面) 因素每增加1單位，則民眾對臺鐵

整體滿意的對數勝算 (log odds) 會增加 1.60。

就 4 個因素之勝算 (odds) 分析：

Factor1 (票務便利構面) 之勝算為 2.25，表示若在票務便利措施方面著手改善，則提升民眾對臺鐵整體滿意的比例為 2.25 倍。此值信賴信區為 (1.29, 3.93)，因此區間不包含 1，表示顯著，即我們有 95%信心此倍數在母體的真实值介於 1.29 至 3.93 間。

Factor2 (站車清潔構面) 之勝算為 3.19，表示若在廁所環境清潔方面著手改善，則提升民眾對臺鐵整體滿意的比例為 3.19 倍。此值信賴信區為 (1.75, 5.81)，因此區間不包含 1，表示顯著，即我們有 95%信心此倍數在母體的真实值介於 1.75 至 5.81 間。

Factor3 (列車運轉構面) 之勝算為 4.37，表示若在列車排點運轉方面著手改善，則提升民眾對臺鐵整體滿意的比例為 4.37 倍。此值信賴信區為 (2.32, 8.21)，因此區間不包含 1，表示顯著，即我們有 95%信心此倍數在母體的真实值介於 2.32 至 8.21 間。

Factor4 (人員服務構面) 之勝算為 4.93，表示若在人員售票服務方面著手改善，則提升民眾對臺鐵整體滿意的比例為 4.93 倍。此值信賴信區為 (2.68, 9.07)，因此區間不包含 1，表示顯著，即我們有 95%信心此倍數在母體的真实值介於 2.68 至 9.07 間。

表 13 四個因素對臺鐵整體滿意之勝算比估計值

勝算比估計值			
效果	點估計值	95% Wald 信賴界限	
Factor1 票務便利	2.247	1.285	3.931
Factor2 站車清潔	3.190	1.752	5.808
Factor3 列車運轉	4.367	2.323	8.206
Factor4 人員服務	4.932	2.683	9.066

本節綜合分析如下，根據邏吉斯迴歸分析結果得最終模式為：

$$\log \frac{\hat{\pi}}{1 - \hat{\pi}} = 3.25 + 0.81F1 + 1.16F2 + 1.47F3 + 1.60 \times F4$$

其中以F4「人員服務」因素構面每增加1單位，則民眾對臺鐵整體滿意的對數勝算會增加 1.60，較其他構面的對數勝算 (log odds) 來得大。以勝算比觀之，若在人員售票服務方面著手改善，則提升民眾對臺鐵整體滿意的比例 (即勝算odds) 為4.93倍，較其他構面倍數來得大。

## 五、結論建議

### 5.1 結論

#### 5.1.1 因素分析部分

本研究採探索性因素分析來進行，其共同因素數目之選取係按特徵值大於 1，並參採以變項數除以3至5間為合理數目範圍來綜合考量，故決定選擇4個共同因素來解釋18個眾多變數。

18個變數分別觀其與4個因素之負荷量，其中負荷量最大者即為該變數所應歸屬的因素構面，表示此變項與該因素構面相關性最大。而各因素構面之名稱係以負荷量大於0.5之變項 (即相關性較大，屬非常重要變項者) 內容為命名重點。本研究4個因素構面分別命名為：第一因素構面「票務便利」，第二因素構面「站車清潔」，第三因素構面「列車運轉」，第四因素構面「人員服務」。

#### 5.1.2 邏吉斯迴歸分析部分

接著，係利用因素分析所萃取之四個共同因素Factor1~ Factor4當作自變數，來探討對反應變數「您對臺鐵整體服務滿不滿意」的影響。由下面結果彙整表得知：第四因素構面「人員服務」之勝算比為 4.93 最高，表示若在人員售票服務方面著手改善，則可最大幅度提升民眾對臺鐵整體滿

意的比例(勝算比)為 4.93 倍，其次為第三因素構面「列車運轉」之勝算比為 4.37 倍。

另根據交通部該調查之摘要分析中得知，CHAID分析法發掘影響臺鐵整體滿意度的最關鍵影響因子為「服務人員服務態度」，此結果可與本分析互相呼應。

表 14 本研究結果彙整表

因素構面	內容	勝算比估計值
第一	票務便利	2.25
第二	站車清潔	3.19
第三	列車運轉	4.37
第四	人員服務	4.93

## 5.2 建議

由結論得知，臺鐵為了能明顯大幅提升整體服務滿意度之評價，宜首重人員、售票窗口服務面向之改善。根據臺鐵自 85 年以來自辦大規模之旅客意向調查結果，旅客建議事項中「旅客服務部分」，20 年來每次建議人次最多者均為「售票員服務態度欠佳」，由此更可知滿意度評價無法大幅提升之要因。

臺鐵是屬於運輸服務事業，由於服務業之員工與顧客有著高度接觸的特性，故臺鐵為永續經營及提升經營績效，必須重新檢視一線服務人員的服務品質及態度，而此亦牽連到所謂內部顧客的滿意情形，即企業將員工視為內部顧客，旅客視為外部顧客，透過適切有效的瞭解，以及滿足或解決員工在工作上的需求，俾能提升員工滿意度，促使具備顧客導向能力之員工能提供更佳的服務品質，進而增加外部顧客滿意度，故臺鐵宜針企業員工尤其一線人員，加以瞭解工作流程是否適宜或其困難點，期使良好的員工(內部顧客)關係帶動旅客(外部顧客)的滿意，落實感動之服務，創造臺鐵、旅客雙贏局面。

## 參考文獻

- 1.王保進(2008)，多變量分析，高等教育文化事業有限公司
- 2.吳東霖、林傑斌、劉明德(2001)，SAS 與統計模式建構，文魁資訊股份有限公司
- 3.柯火烈(1996)，臺灣 IBM 顧客滿意的經營與管理－滿足顧客，創造顧客需求，中衛簡訊，第 140 卷，頁 6-11。
- 4.彭昭英(1999)，SAS 與統計分析，儒林圖書有限公司
- 5.楊惠婷(2012 年)，來臺觀光亞洲旅客之特性分析，國立臺北大學統計學研究所碩士論文，臺北。
- 6.劉應興(2013)，類別資料分析導論，華泰文化事業公司。
- 7.呂金河(2012)，多變量分析，滄海書局。
- 8.陳昱樹(2005 年)，智慧資本對企業績效之關聯性研究，國立臺北大學企業管理學研究所碩士論文，臺北
- 9.陳瓊華(2005 年)，來台旅客對台觀感與消費行為之線性結構模式之研究，國立臺北大學統計學研究所碩士論文，臺北。
- 10.賴郁晴(2005 年)，以商品屬性建立顧客分類之新商品預測模型，國立臺灣大學商學研究所碩士論文，臺北。
11. <http://www.motc.gov.tw/ch/home.jsp?id=56&parentpath=0,6>，104 年交通部施政措施滿意度調查摘要分析
12. Alan Agresti (2002), Categorical Data Analysis , Second Edition
13. Howard & Sheth(1969).The Theory of Buyer Behavior. New York: John Willy and Sons,29-44
14. Kotler , P. (2000).Marketing management: Millennium edition. Prentice Hall .
15. Lovelock , C.H.(1996).” Service Marketing, 1996 , Prentice Hall, Englewood

Cliffs ”,NT.

16. Richarda. Johnson Dean W. Wichern (2002),Applied Multivariate Statistical Analysis, Fifth Edition.
17. Zeithaml , V.A., & Bitner , M. J. (2002). Service marketing: integrating customer focus across the firm, 3rd edition , McGraw-Hill, New York, pp.85-86.

# 北宜新線完成後舊線鐵路之再生活化研析

## The Revitalization Analysis of Existed Yilan Rail Line after finishing the Taipei-Yilan New Rail Line

劉昭榮 Liu, Jau-Rong<sup>1</sup>

上官慧珠 Shang Kung, Hui-Chu<sup>2</sup>

賴素珠 Lai, Shu-Chu<sup>3</sup>

陳宗宏 Chen, Chung-Hung<sup>4</sup>

鄭盛宏 Cheng, Sheng-Hung<sup>5</sup>

劉益宏 Liu, Yi-Hung<sup>6</sup>

許東成 Hsu, Tung-Cheng<sup>7</sup>

羅亦婷 Luo, Yi-Ting<sup>8</sup>

聯絡地址：10041 台北市中正區北平西路 3 號

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

電話(Tel)：02-23815226#2622

電子信箱(E-mail)：0008103@railway.gov.tw

---

<sup>1</sup>臺鐵局 資訊處 第二科 代科長

<sup>2</sup>臺鐵局 運務處 高雄站 站長

<sup>3</sup>臺鐵局 貨運服務總所 業務課長

<sup>4</sup>臺鐵局 工務處 橋隧科 科長

<sup>5</sup>臺鐵局 工務處 嘉義工務段 副段長

<sup>6</sup>臺鐵局 運務處 七堵站 站長

<sup>7</sup>臺鐵局 運務處 花蓮運務段 花蓮車班 主任

<sup>8</sup>臺鐵局 運務處 松山站 副站長

## 摘要

為了紓緩國內城際及都會交通，並鼓勵提升大眾運輸系統之使用率，發展軌道運輸系統係交通部門之長期施政重點，故交通部關注到本島東部及東西部連繫軌道服務的質與量均待提升，並自 2002 年即開始辦理北宜新線之相關規劃研究。而北宜新線之興建目的即是為了健全城際軌道服務系統，並貫徹延展升級臺鐵運輸服務之政策主軸，落實消除臺鐵運輸系統路線容量瓶頸、提升營運效率、補足城際軌道路網健全性之政策方向。

基於邁向上述願景之需要，本研究除就未來舊線路廊營運關鍵問題及改善方案進行分析，亦就沿線土地開發暨資產活化、舊線營運轉型暨異業結盟之可行性、及北宜新線完成後臺鐵營運轉型等關鍵課題進行分析，期能對北宜新線完成後臺鐵舊線及沿線地區之相關重要議題提早因應。

**關鍵詞：**北宜新線、路線容量瓶頸、資產活化。

## Abstract

*In order to mitigate inter-city and urban traffic congestion and boost public transportation system usage, the governmental transportation sector has been actively promoting the development of railway system over a long period of time. So, the Ministry of Transportation and Communications (MOTC) concerns to the topics of the rail services in eastern Taiwan and the east-west links shall be upgraded qualitatively and quantitatively. Since 2002, MOTC started basic research related to the Taipei-Yilan New Rail Line. The construction goal of new line is to enhance intercity rail services and extend and upgrade TRA services. And it also expected that the new line can remove line capacity bottlenecks, to complete the intercity network and to increase the speed of the Taipei-Yilan Line and North Link Line. According to what mentioned above, this study regarded meeting the operation problems of the existing*

*rail line corridor, rail-related land development and revitalization of the existing TRA land business, the feasibility of operation transformation and horizontal alliances, and the critical topics analysis of existing Yilan rail Line after the Taipei-Yilan New Rail Line is built.*

*Keywords : Taipei-Yilan New Rail Line, Line Capacity Bottlenecks, Revitalization of Business*

## 一、前言

### 1.1 研究緣起

為提升東部鐵路運輸水準、大幅縮短鐵路旅運時間及滿足未來東部地區快速運輸需求，交通部鐵路改建工程局（以下簡稱鐵工局）前已著手進行「東部鐵路快速化之研究規劃」，並於民國 93 年 9 月奉行政院同意。惟其中為興建北宜新線鐵路所研擬之「東部鐵路快捷化計畫－北宜直線鐵路(含礁溪車站東移段)初步綜合規劃」報告書送環保署審議後，於 95 年 1 月 20 日第 138 次委員大會作成「不應開發」之結論，需另提替代方案。鐵工局遂於 98 年 9 月開始進行「臺鐵宜蘭線及北迴線改善方案先期規劃」工作，除將宜蘭線及北迴線整體改善納入考量，並就 95 年環境影響評估審查委員審查認定「不應開發」之 4 項疑義，進一步評估改善方案，而前述計畫名稱並經核示調整為「臺鐵南港至花蓮提速改善計畫可行性研究」，並於 100 年 11 月由行政院核定通過，後於民國 102 年 8 月開始辦理「臺鐵南港至花蓮提速改善計畫綜合規劃暨基本設計工作」。

公共運輸發展一直以來為政府施政重點，聯外鐵路是「線」、地區公共運輸是「面」，兩者缺一不可。相對於公路，鐵路帶來的是人潮而非車潮，在具競爭力的公共運輸服務下，方能提供用路人移轉使用鐵路等綠運具的可能，降低地區交通衝擊。北宜新線著眼於健全環島鐵路建設整體發展藍圖，打開東部路廊鐵路瓶頸，落實東部以「鐵路為主、公路為輔」之上位政策，並促成環島一日生活圈之願景。由於東部與基隆、東北角地區列車班次共用南港至七堵間

鐵路路線，所造成的容量瓶頸問題必須予以改善；透過興建北宜新線將東部與基隆、東北角地區班次分流，有效解決一票難求的問題，為東部提供更好的綠運輸與地區發展基礎。

本研究即欲以鐵工局辦理之「臺鐵南港至花蓮提速改善計畫綜合規劃暨基本設計工作」為基礎，進一步就北宜新線完成後臺鐵舊線鐵路之再生活化暨整體發展課題進行研析，俾作為臺鐵局後續營運政策之參考。

## 1.2 研究目的及流程

本研究之研析主軸包括：(一)檢討臺鐵南港站至頭城站間舊線路廊營運瓶頸點，研提改善策略及改善建議，期減少舊線運行時間並提升營運效率。(二)規劃臺鐵南港站至頭城站間，重點站區及周邊地區再生願景、場站機能定位及土地開發計畫，提升現有宜蘭線行經地區之發展潛力，促進鐵路運輸與土地使用之互動。(三)針對重點站區及其周邊土地未來發展願景，研提鐵路局營運發展模式，提升票箱收入及附屬事業收入。故結合上述研究主軸及關鍵研究課題，本研究之研究流程如圖 1 所示。

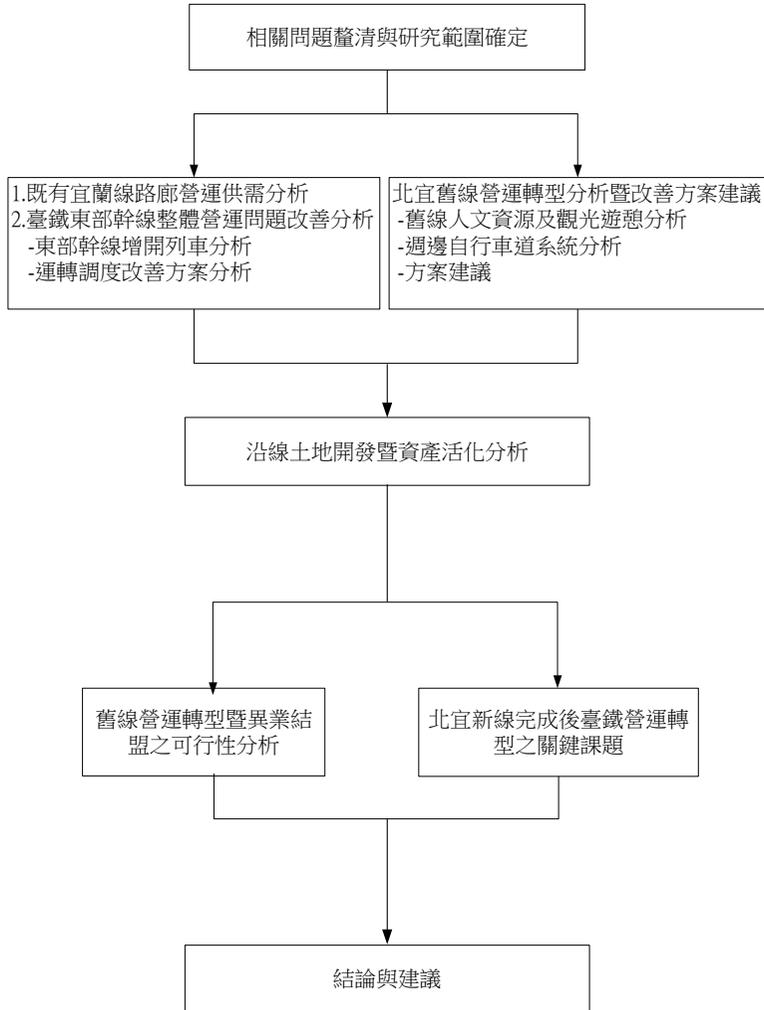


圖 1 研究流程圖

## 二、舊線路廊營運關鍵問題及改善方案

### 2.1 既有宜蘭線路廊營運供需分析

未來北宜新線通車後，由臺北至宜蘭之行車時間平均將可縮短約 35 分鐘，且由於未來北宜新線臺北宜蘭間之行車距離縮短，其票價亦將有所調整，可提

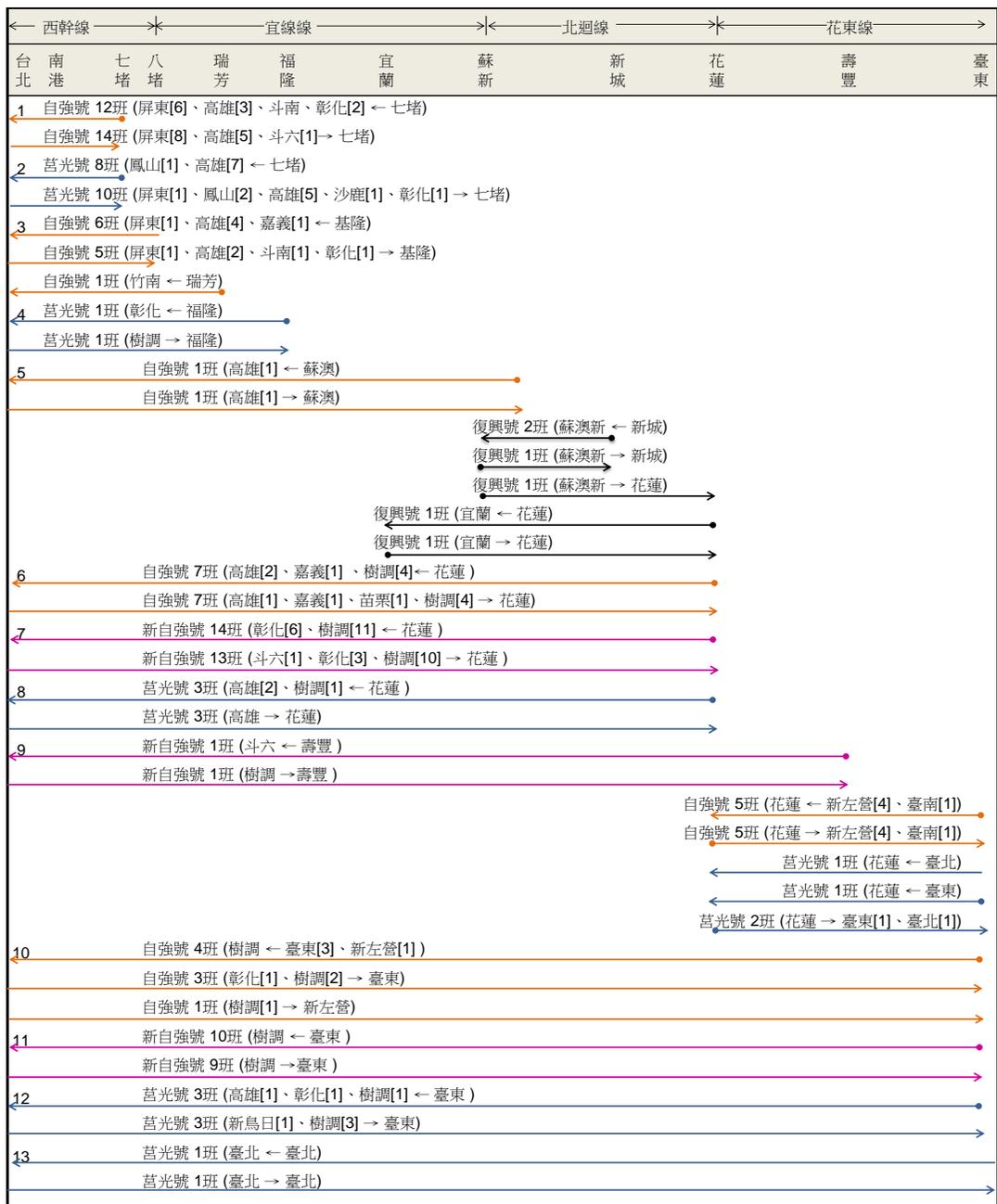
高鐵路系統競爭能力。因此，未來北宜新線通車後，應可吸引旅客使用臺鐵往來於臺北宜蘭間，而舊線在北宜新線完成並分流後，因對號列車多行駛新線，騰空之鐵路容量可利用區間車填補，並達到促進區域發展之目標。

### 2.1.1 既有路廊臺鐵營運供給現況

現況假日行經南港-花蓮間區段之城際(對號)列車營運起迄及列車次數示意如圖 2 所示，以尖峰 2 小時檢視，尖峰時間順行列車每小時約 10 班車行經南港-七堵區段，其中 5 班車往基隆，另 5 班車往宜、花、東方向。往宜、花、東方向分別為 4 班對號車與 1 班區間車。由於往東幹線列車以直達宜蘭、花蓮及臺東之對號車為主，尖峰時刻宜蘭線其餘小站每小時均僅有 1~2 班區間車停靠，如圖 3 所示，對小站旅客服務性較差。

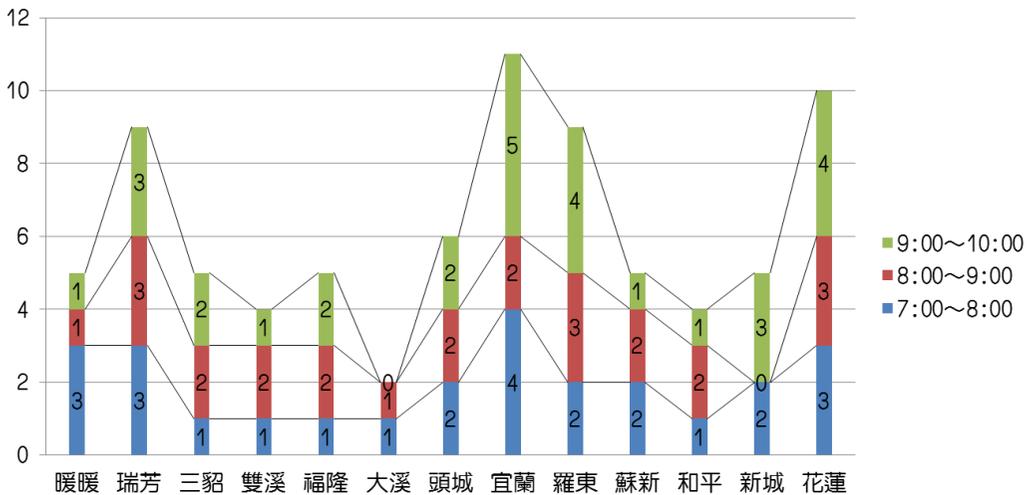
### 2.1.2 既有路廊臺鐵營運需求分析

臺鐵宜蘭線之起迄站為八堵站、蘇澳站，基隆站是縱貫線之起點站雖不在宜蘭線之營運範圍內，惟鑑於樹林—七堵係為上述二路線之重疊路段，將會對彼此營運產生影響，且本路廊亦為臺鐵全系統負荷最重區段，故有關營運供需相關分析亦將縱貫線北部路段納入。以目前班表狀況觀之，樹林—七堵路段行車密度已幾近路線容量，將有運轉效率下降及誤點延滯擴散之傾向，此路段若仍維持既有之營運模式，除闢建北宜新線外將很難增加車次，亦難以提高班表穩定度及列車準點率，有必要進行調整。因此，若能於基隆—七堵開行往返區間車(shuttle)，提供旅客至七堵站轉乘對號列車或宜蘭線區間車，除可達成基隆地區往返臺北間班距 8 分鐘內之捷運化政策目標，更可稍舒緩短期東部幹線班次不足之現狀。茲就相關面向議題研析如下：



資料來源：「舊線鐵路再生發展及站區開發計畫專題研究」，交通部鐵路改建工程局(2015)。

圖 2 臺北站至臺東站間現況對號列車營運起迄模式及列車次數



資料來源：「舊線鐵路再生發展及站區開發計畫專題研究」，交通部鐵路改建工程局(2015)。

圖 3 尖峰時間宜蘭線各站停靠班次

### (一)本路段臺鐵現況營運分析

現有班表中，行經七堵站之上下行列車中，約有半數進入基隆站，其餘為七堵發車往西幹線、樹林發車往宜蘭線及少數跨線列車。以既有班表為例，行經七堵站之下行列車共有 119 列次，其中 59 列次由基隆站開出，亦即另 60 列次係由宜蘭經七堵至臺北，無法供基隆地區乘客搭乘。若在基隆站與七堵站間密集開行往返區間車，並配合各式列車增停七堵站，應可增加基隆—臺北之列車服務密度。

### (二)瓶頸區間分析

臺鐵目前北部區域之路線容量瓶頸，主要在東部幹線與西部縱貫線重疊之八堵與樹林站間，其中尤以臺北—七堵區間為甚。依臺鐵局目前之運轉排班，臺北—七堵區間於上下行尖峰小時包含東、西部幹線列車之單向最大容量 11~12 列次/小時，應已屬極限。故有關基隆—臺北區間班次提升之各種措施，皆需以臺北—七堵區間單向最大容量 11~12 列次/小時為前提進行研析，今藉由基隆—七堵開行往返區間車(shuttle)之作法，應係為提升基隆—臺北區間容量之可行作法，惟各項改善方案最終

仍需依該路段之各項路線、交通及控制條件進行運轉調度排班確認，始能付諸執行。

### (三)基隆—七堵開行往返區間車(shuttle)轉運之考量因素

1. 基隆站發車能力：基隆站目前僅有三股道可用，若所有列車均為區間車，或可達到 8 分鐘發車班距之目標。若其中有對號列車，則站內停留時間恐不足供列車整備。故未來基隆站僅能在離峰時段，發車間距較大時始能開行對號列車；發車間距 8 分鐘時，僅能開行區間車。
2. 八堵—七堵間之路段容量：此路段係與宜蘭線共用，該路段雖為三軌運行，但三軌運行效率遠低於四軌，即使七堵站之折返能力無虞，仍需確認此路段是否能同時支持宜蘭線及大量之往返區間車。初步研析，八堵—七堵間若其中一軌提供給基隆—七堵往返區間車作為單線運轉(如圖 4)，必須有以下措施才能達成班距 8 分鐘以內。

#### (1)調整列車運轉方向分布

目前區間車於八堵—七堵間的運轉時間為下行 3 分鐘，上行 3.5 分鐘，若一來一回往返開行，勢必無法達成班距在 8 分鐘以內。因此可配合尖峰時段通勤方向安排列車，例如上午尖峰時間，下行列車與上行列車的比為 2:1，則下行方向的列車平均班距可達到 7 分鐘以內。

#### (2)利用其它站間軌作調度

在八堵—七堵一來一回單線往返開行的情況下，每小時上下行分別可開行 7 列車，若利用其他站間軌上下行再各開一列車，便能達到班距在 8 分鐘以內的目標，然而缺點便是會影響到其他路線的容量。

#### (3)縮短八堵—七堵運轉時間

若八堵—七堵運轉時間可以縮短至 3 分鐘以內，則可達成班距在 8 分鐘以內。

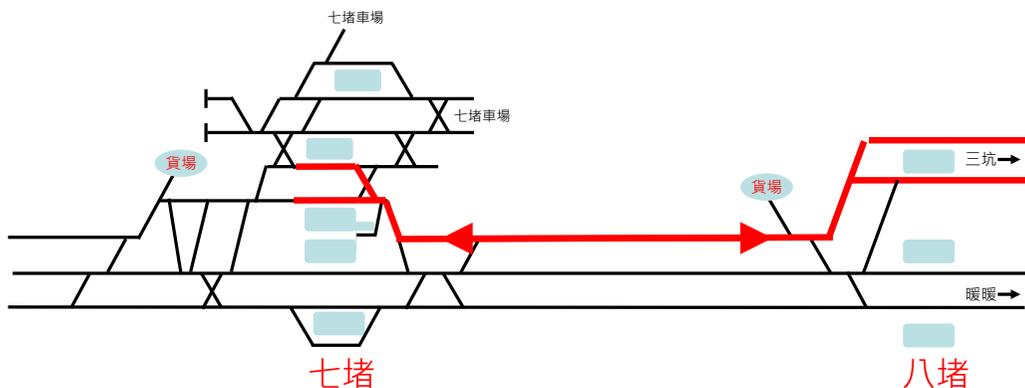


圖 4 七堵－八堵間軌道佈置圖

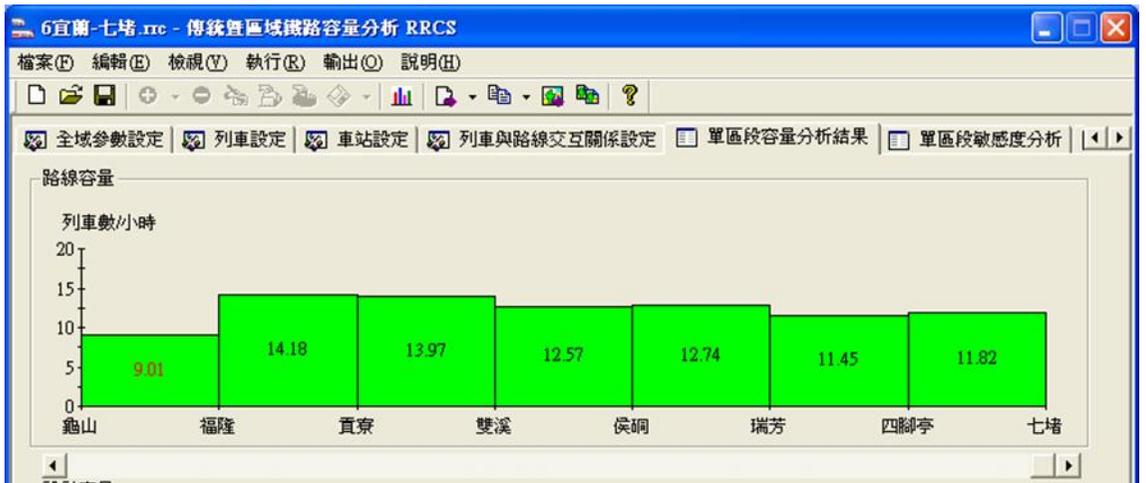
## 2.2 臺鐵東部幹線整體營運問題改善分析

### 2.2.1 東部幹線增開列車分析

依臺鐵目前班表資料顯示（如表 1），現行在上午尖峰基隆－臺北開行 6～7 列車、下午尖峰臺北－基隆開行 6 列車，若基隆－七堵開行往返區間車，原則上原本臺北基隆間的列車皆可改往東部幹線，但仍要考量東部幹線是否有足夠容量。惟依據交通部運輸研究所軌道容量軟體初步分析結果顯示，受限於福隆－龜山容量限制（詳見圖 5 及圖 6），東部幹線列車最多可增加至每小時 8~9 列車。

表 1 北宜路段現有尖峰時列車組成

逆行(尖峰)	基隆→臺北	七堵→臺北	宜蘭線→臺北	花蓮/臺東→臺北	總計
06:20~07:20	7 列	1 列	3 列	0 列	11 列
07:20~08:20	6 列	1 列	2 列	2 列	11 列
順行(尖峰)	臺北→基隆	臺北→七堵	臺北→宜蘭線	臺北→花蓮/臺東	總計
17:25~18:25	6 列	0 列	3 列	3 列	12 列
18:25~19:25	6 列	0 列	2 列	3 列	11 列



資料來源：「運輸系統容量分析暨應用研究—軌道系統(2/4)」，交通部運輸研究所(2011)。

圖 5 宜蘭線逆行方向路線容量分析



資料來源：「運輸系統容量分析暨應用研究—軌道系統(2/4)」，交通部運輸研究所(2011)。

圖 6 宜蘭線順行方向路線容量分析

### 2.2.2 運轉調度改善方案分析

經查現況基隆—臺北區間於下行上午尖峰 06:20~07:20 開行 7 列(含 2 列自強號、5 列區間車)、07:20~08:20 開行 6 列(含 2 列自強號、4 列區間車)，上行下午尖峰 17:25~18:25 開行 6 列(含 1 列自強號、5 列區間車)、18:25~19:25 開行 6 列(含 2 列自強號、4 列區間車)，故應可在臺北—七堵區間容量 11~12 列次/小時(含基隆—臺北區間 6~7 列次/小時、臺北—宜花東區間 4~6 列次/小時)之限制下，研析開行基隆—七堵往返區間車(shuttle)後，在不降低基隆—臺北區間現有整體尖峰班次前提下，是否有可能藉由七堵站之無縫轉乘，一方面增加基隆—臺北區間之整體尖峰班次，提升尖峰服務水準；另一方面可將臺北—七堵區間釋放出之容量轉移(Shift)至東部幹線，舒緩尖峰時段一票難求之現狀。相關可能改善方案茲述如下：

(一) 方案 1：臺北—七堵區間及臺北—宜花東區間之單向尖峰班次維持不變，另增加基隆—七堵區間車(shuttle)班次各方向至少 2~3 列次/小時。

臺北—七堵區間維持上下行單向原尖峰班次 6~7 列次/小時，另增加基隆—七堵區間車(shuttle)班次各方向至少 2~3 列次/小時；臺北—宜花東區間維持單向尖峰班次 4~6 列次/小時不變。

(二) 方案 2：基隆—臺北區間原尖峰班次酌減並搭配增加基隆—七堵區間車(shuttle)班次，使基隆—臺北區間整體班次增加；另將臺北—七堵區間空出之容量增駛東部幹線班次，以舒緩一票難求之現況。

原基隆—臺北區間尖峰班次 6~7 列次/小時，建議可考量酌減 2~3 列次/小時，另增加基隆—七堵區間車(shuttle)班次各方向至少 3~4 列次/小時，使整體基隆—臺北區間單向尖峰班次可增至 8~9 列次/小時；另空出之臺北—七堵區間容量 2~3 列次/小時，可使臺北—宜花東區間單向尖峰班次增駛至約 6~8 列次/小時。

## 2.3 北宜舊線營運轉型分析暨改善方案建議

近幾年來為因應地球暖化、世界性能源危機及環保意識抬頭，有關民眾對自行車友善規劃需求等相關議題，較受關注，因政府政策積極推動臺灣成為自行車島，故利用北宜新線完成後的舊線鐵路打造為自行車路網將是極佳構想。一般自行車路網規劃方式包括：(1)環島主幹路線；(2)區域路線；(3)地方性自行車路線等 3 種。

透過鐵路建設之契機，利用車站周邊空間及原有路廊調整汽、機車、自行車及步行之道路使用空間，改善道路斷面設計，可確保車站周邊之綠色通行動線連結性。此外，開放空間系統、動線規劃、景觀及環境塑造可以行人活動為主軸，透過適度建築退縮及人行空間設計規範，改善街道景觀，提高綠色通行環境品質，逐步建立人行與自行車友善之生活環境。

利用都市設計相關規範打造車站周邊環境及景觀，並適度串連鐵路車站及周邊重要活動節點，凸顯地方活動軸線，如水金九發展核、十分平溪發展核、烏石龜山發展核等。並透過改善車站周邊各種大眾運輸系統間之轉乘動線，讓民眾可便利的使用多種大眾運輸工具，進而轉變民眾交通運輸習慣，提高大眾運輸使用比例。並可結合區域內住宿、旅客服務中心、餐廳及自行車租賃、維護等服務據點，形成完整觀光遊憩服務系統。

### 2.3.1 舊線人文資源及觀光遊憩分析

基北宜東北角地區土地使用現況以住宅及商業為主，其中可分為基隆河谷山城地區及東北角海岸漁村地區。舊線周邊遊憩景點資源豐富，瑞芳、平溪及雙溪皆與礦業發展有密切關聯，形成獨特之礦業地景觀光資源；平溪另有天燈故鄉之稱，每年元宵節舉辦盛大的天燈施放活動，吸引眾多遊客前往。福隆站所在之貢寮區，沿海地區之觀光資源包含燈塔、海岸地景公園、海水浴場等，靠山地區則有水梯田之獨特人文景觀，而舊時通往宜蘭之草嶺古道也位於此區，自 2000 年起舉辦之貢寮國際海洋音樂祭，每年 7 月均吸引大批觀光人潮。

### 2.3.2 週邊自行車道系統分析

依據行政院環保署之全國綠色路網資料，本計畫地區之自行車道系統如表 2 及圖 7 所示，貢寮區之自行車道系統建置最為完整，且福隆站規劃設置有自行車補給站。自行車道類型規劃，僅鹽寮-福隆濱海自行車道規劃有自行車專用道；舊草嶺隧道自行車道及臺 2 線自行車道路網為與行人共用道；東北角海岸自行車道、平溪瑞芳自行車道、東興宮自行車道、虎子山路線及貢寮-望遠坑路線則為與汽機車混合道。

表 2 區域自行車道系統一覽表

縣市	行政區	路線名稱	車道長度	車道類型
新北市	瑞芳區	東北角海岸自行車道	34 公里	自行車與汽機車混合道
	平溪區	平溪瑞芳自行車道	35 公里	自行車與汽機車混合道
	貢寮區	鹽寮-福隆濱海自行車道	5 公里	自行車專用道
		舊草嶺隧道自行車道	4.5 公里	自行車與行人共用道
		東興宮自行車道	1.5 公里	自行車與汽機車混合道
		虎子山路線	2.6 公里	自行車與汽機車混合道
	貢寮-遠望坑路線	4.07 公里	自行車與汽機車混合道	
宜蘭縣	頭城鎮	臺 2 線自行車道路網	1.22 公里	自行車與行人共用道

資料來源：行政院環境保護署，全國綠色路網。



資料來源：行政院環境保護署，全國綠色路網。

圖 7 自行車道分布示意圖

### 2.3.3 方案建議

雙北市及基隆地區往來宜花東之旅客，可藉由臺鐵、捷運、公車、國道客運等地區公共運輸至南港站轉乘新線，另高鐵南港站於民國 104 年通車後，西部地區往來宜蘭及花蓮之旅客，更可藉由高鐵至南港站於站內轉乘新線至宜花東地區。未來北宜新線通車後，臺北端由南港分流出岔，而往來東北角以及深澳支線、平溪支線之旅客，可藉由區間車或將西幹線對號車延駛的方式，改善目前假日東北角各站雖有車停靠但滿載無座的困境，如利用舊線改造為自行車道，除可讓民眾欣賞鐵路沿線風景及建設，亦可東接平溪~瑞芳自行車道。另西接舊草嶺自行車道，於東北角濱海旅遊帶提供雙鐵旅遊行程，享受慢活環境。

## 三、沿線土地開發暨資產活化

### 3.1 沿線土地開發暨資產活化

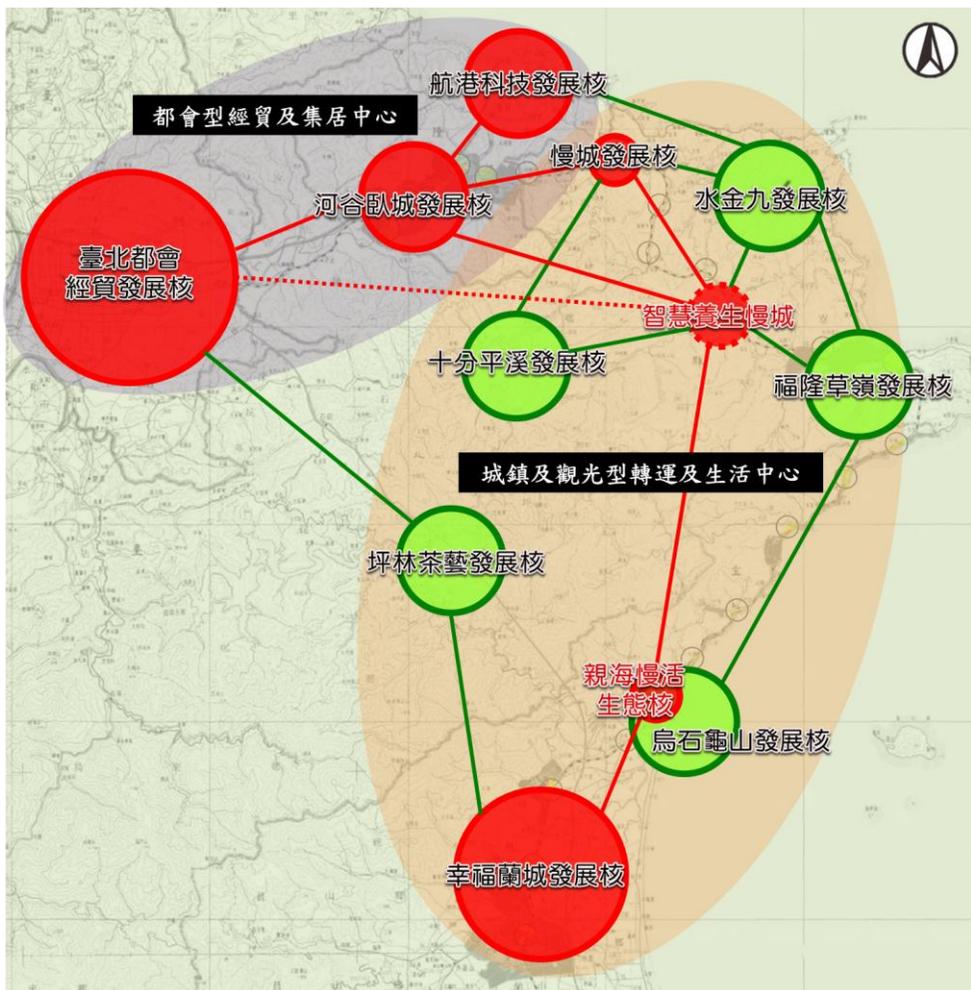
基北宜東北角地區定位，分屬都會型經貿及集居中心與城鎮及觀光型轉運及生活中心，其中基隆河谷屬臺北都會發展之延伸，新北市各車站周邊市鎮則為宜居宜遊的國際慢城，宜蘭周邊鄉鎮則為蘭城低碳樂活示範。本區除結合北宜新線建設，更強化臺北都會區與東北角區域之聯繫，位居中心樞紐之雙溪車站周邊地區，其區域定位更顯重要。

考量北宜新線計畫將增設烏石港站，該港站周邊區段徵收新城規劃，平日及假日人潮聚集，具有龜山島戰地文化資源、賞鯨體驗資源、海洋生態資源及緊鄰外澳沙灘衝浪親水資源，故新闢烏石港周邊定位為「親海慢活生態核」(詳圖 8 所示)。

另配合各車站現況發展、周邊重要景點分布與現況運量資料，爬梳各站區機能定位，其中北宜新線途經之雙溪地區，地方特色屬河谷山城，發展定位為城市活動核，但因其介於基北宜東北角地區重要四大景點之交會處，建議可結合其城市地位及轉運節點功能，作為基北宜東北角地區之重要「集散節點」，並針對周邊區域設置「交通攔截圈」，減少過去以汽車為導向的景點運輸模式，

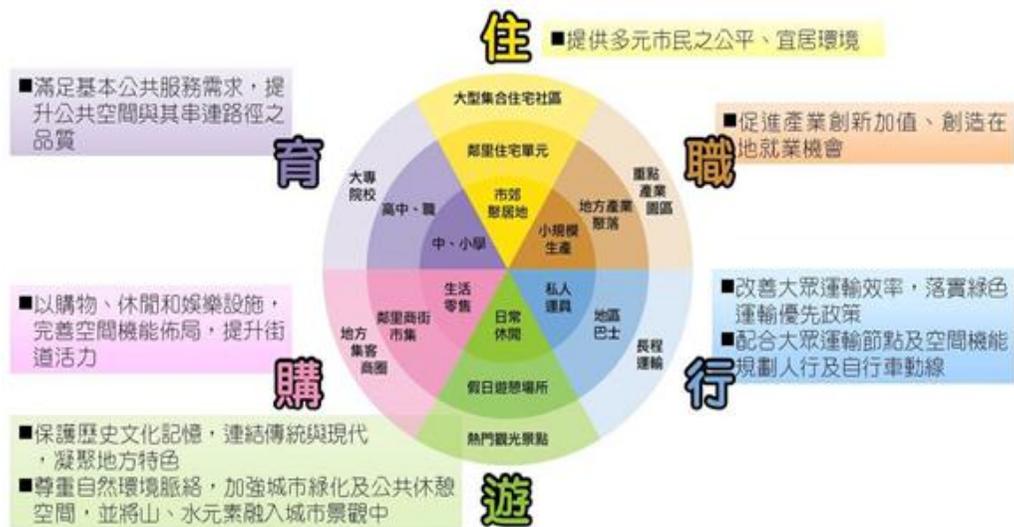
推廣以人行及大眾運輸為主之「慢城、漫遊」規劃，並符合區域機能定位。

另透過各車站周邊空間機能與車站間生活圈之相互依存關係剖析，進行地區發展定位。在健全大眾運輸系統發展基礎下，以車站為區域發展節點，在可接受的步行距離內提供民眾多元型態的居住、工作、教育、消費、休閒、交通轉運選擇，並強化地區既有文化脈絡，使車站周邊成為地方居民的多元活動中樞及在地生活文化展示舞臺。而不同特性的鄰里與地區節點則透過完善的綠色通行系統加以串聯，進而減少耗能且排碳量高的私人運具，維持生活環境品質，促進都市永續發展，詳圖 9。



資料來源：「舊線鐵路再生發展及站區開發計畫專題研究」，交通部鐵路改建工程局(2015)。

圖 8 基北宜東北角地區區域機能定位示意圖



資料來源：「舊線鐵路再生發展及站區開發計畫專題研究」，交通部鐵路改建工程局(2015)。

圖 9 車站周邊六大空間機能

### 3.2 北宜舊線資產活化分析

北宜舊線車站周邊具備發展 TOD 潛力之站區，分別為八堵站、烏石港站、頭城站、瑞芳站、暖暖站及雙溪站，配合北宜新線建設路權範圍，後續主要工程施作及改善重點為路權範圍途經且具備 TOD 發展潛力之雙溪站及烏石港站，故本研究之論述將以雙溪站作為北宜舊線資產活化分析之主要標的。

茲考量雙溪半市半郊、依山傍水、地價低廉且環境品質優異，加上近年全臺人口老化、退休養生需求及有機食安樂活的追求，建議配合北宜新線建設規劃及基福公路建設竣工，結合都市科技與鄉村樂活，並針對車站周邊後站新區 VS.前站舊城學區的新舊交會特性、金九峽谷 VS.福隆古道之中介節點，將雙溪定位規劃為「智慧養生慢城」，透過車站北宜舊線及北宜新線交會，鐵馬、鐵路及鐵道轉乘巴士三鐵共構及設置跨站景觀平臺，建立居民停等休憩廊帶、站體及緊鄰周邊土地共構作為養生會館、醫療照護服務核、商旅服務機能、巴士轉乘及有機能生推廣中心，活化雙溪豐沛的土地及水資源，推展有機農業、養

生樂活會館及食安有機生活展演，將雙溪帶向智慧養生、慢城樂活的生活型態(詳圖 10 所示)。



資料來源：「舊線鐵路再生發展及站區開發計畫專題研究」，交通部鐵路改建工程局(2015)。

圖 10 雙溪車站周邊發展定位示意圖

## 四、舊線營運轉型暨異業結盟之可行性分析

### 4.1 北宜舊線再生願景及機能定位

#### 4.1.1 北宜舊線願景

北宜舊線是一段引人入勝的驚奇之旅，除了山、河、海景目不暇給，路線從汐止站沿著基隆河溯源上行，行經東南亞最大調度車站，自八堵接宜蘭線，沿路鑽山渡河經過昔日的煤礦遺跡，經過草嶺隧道，視野豁然開朗，太平洋、龜山島及奇岩走廊的海景一路相伴，直到頭城進入蘭陽平原，悠然壯闊的田園景致讓人心曠神怡，還有豐富的人文景觀適合尋幽訪勝。沿途每個車站、聚落、景觀，都有耐人尋味的故事！集合歷史人文及山河海景於一身，可謂好戲連

臺、站站精彩，隨時出發都能滿載而歸。隨著北宜新線鐵路通車後，宜蘭、花東旅次的轉移，打造『大東北角鐵道之旅』可謂勢在必行，以車站為中心點，結合地方人文、景觀、生態及特色，與觀光局、地方政府及藝術、生態業者組成『大東北角鐵道之旅』策略聯盟，運用北宜舊線作為連貫，開創及行銷舊線沿途各站地方之特色，帶動區域整體觀光發展，營造北宜舊線『自然巧手的奇岩走廊、永續生態的觀景櫥窗、灣澳村落的文化探索』新三寶。

#### 4.1.2 北宜舊線定位

未來新線營運後，舊線容量騰空，可增加班次並縮短班距，提供較密集班次，改善暖暖、瑞芳地區聯外交通品質，進而增進居住、消費之生活機能。

##### (一)區域鐵路(Regional Rail，RGR)

服務範圍為臺北—南港—八堵—基隆/瑞芳(平溪/雙溪—福隆)，主要提供市郊往返市區的通勤旅次，站距與旅次長度較長，尖峰方向明顯，其次則可做為貨運服務主要路線，以紓解公路運輸所衍生之環境問題。

##### (二)鐵路捷運(Rail Rapid Transit，RRT)

營運範圍為樹林—臺北—汐止—基隆，屬都會區軌道系統，主要提供都會區大量、短程、密集的快捷運輸服務，因此有站距小、班距密的營運特性。

##### (三)觀光鐵路(Tourist Railroad)

瑞芳、平溪、雙溪、貢寮地區、東北角海岸車站主要為遊憩旅次，集中於週休假日或特定節慶（如平溪天燈節貢寮海洋音樂祭、七堵煙火節），將臺鐵現有蒸汽火車行駛於舊線，帶動大東北角懷舊旅程，吸引觀光人潮，如圖 11 所示。

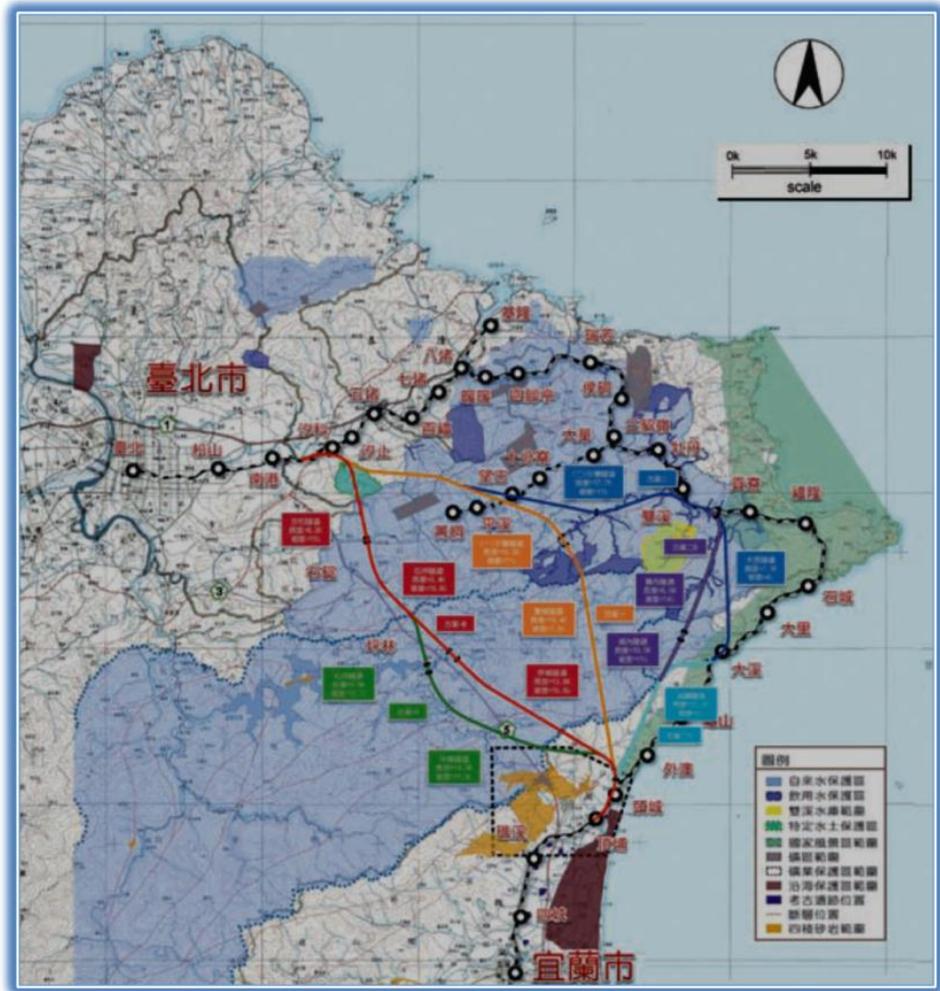


圖 11 東北角海岸各主要遊憩車站分布

## 4.2 北宜舊線觀光產業之可行性分析

### 4.2.1 環境資源特色

未來新線營運後，舊線容量騰空，可增加班次並縮短班距，提供較密集班次，改善暖暖、瑞芳地區聯外交通品質，進而增進居住、消費之生活機能。

## (一)東北角海岸的地質地形【自然巧手的奇岩走廊】

包括：九份的煤礦地層、南雅的豆腐岩及霜淇淋岩、鼻頭的海蝕溝及生痕化石、龍洞的厚層砂岩、萊萊的火龍岩及群石、北關的單面山及一線天。

## (二)宜蘭沿海溼地及保護區【永續生態的觀景櫥窗】

包括：竹安溼地、五十二甲溼地、蘭陽溪口溼地、無尾港溼地、蘭陽海岸保護區、蘭陽溪口水鳥保護區、無尾港水鳥保護區。

## (三)濱海地區【灣澳村落的文化探索】

包括：鼻頭漁港、龍洞漁港、和美漁港、澳底漁港、龍門漁港、福隆漁港、桂安漁港、卯澳漁港、石城漁港、桶盤嶼漁港、大里漁港、蕃薯寮漁港、大溪漁港、梗枋漁港、烏石漁港。

### 4.2.2 遊憩系統資源與特色

本區之遊憩系統資源主要包括九份(九份老街、金瓜石)、平溪(平溪天燈、十分瀑布)、草嶺古道(草嶺古道、遠望坑親水公園)、福隆(福隆自行車、三貂角燈塔)、大里(大里天公廟、北關海潮公園)、龜山島(龜山島、龜山湖)、宜蘭濱海(永鎮海濱公園、烏石港旅遊中心)及龍洞(龍洞灣公園、南雅地質步道)等八大遊憩系統。

### 4.2.3 發展觀光產業可行性分析

#### (一)北宜舊線各站每日旅客上下車人數

鑑於北宜舊線各站之上下車人數差異頗大，為利分析比較，本研究將其區分為一~二等站、三等站及招呼站等 3 群組。102~103 年度每日上下車人數統計，其中一、二等站以基隆站最多約 18,000~19,000 人，雙溪站最少約 2,000 人左右，如圖 12 所示。三等站及簡易站則以汐科站最多約 12,500 人左右，如圖 13 所示。招呼站則以暖暖站最多約 550 人，

如圖 14 所示。

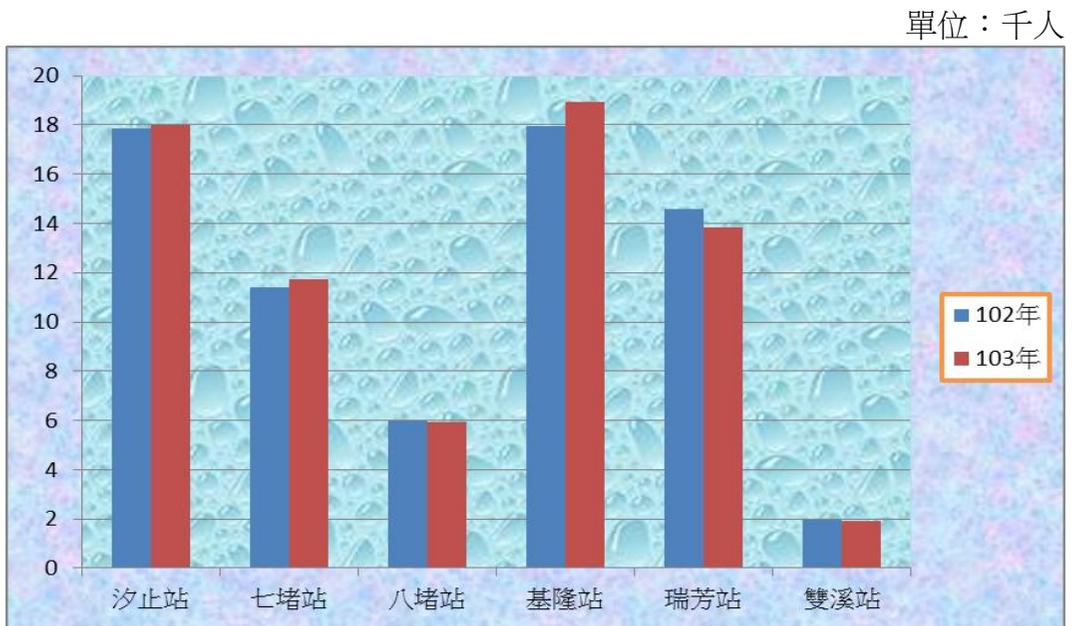


圖 12 北宜舊線一、二等站每日上下車人數

單位：千人

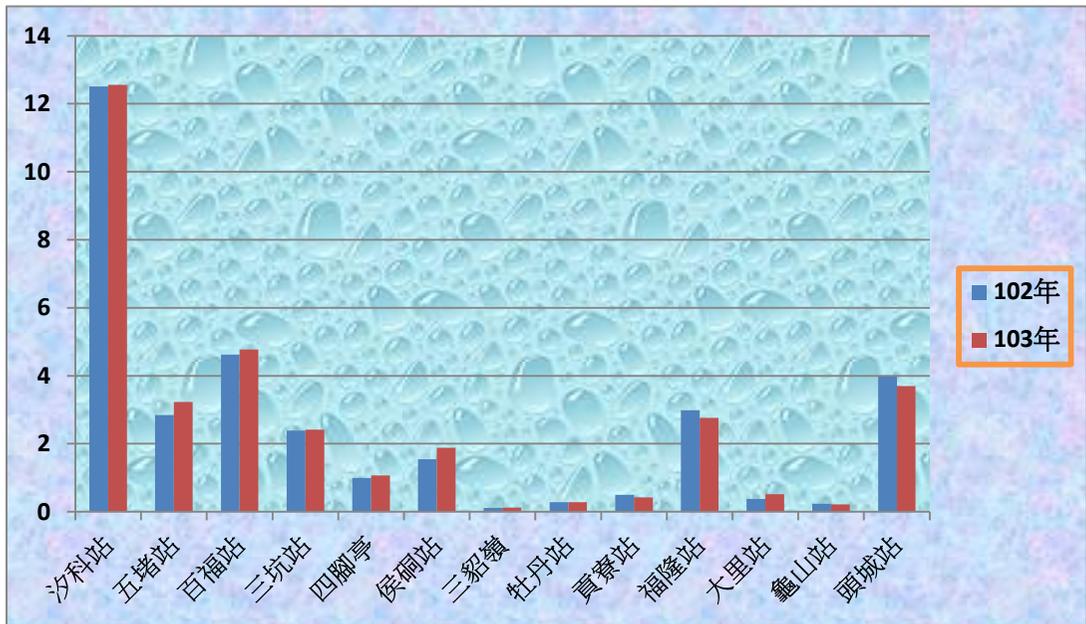


圖 13 北宜舊線三等站、簡易站每日上下車人數

單位：百人

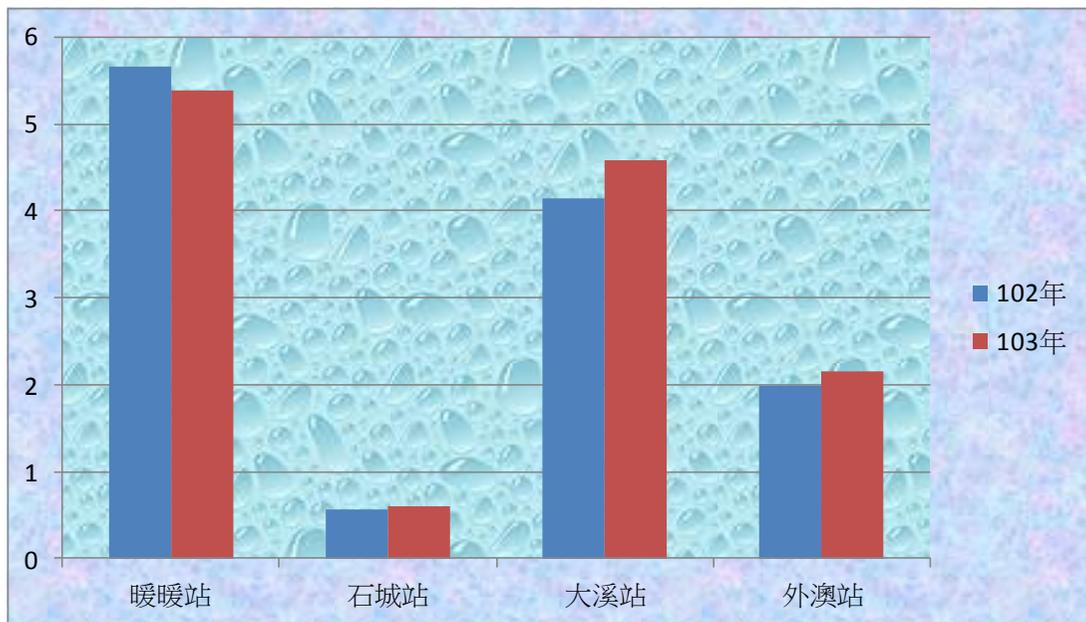


圖14 北宜舊線招呼站每日上下車人數

## (二)北宜舊線發展觀光產業 SWOT 分析

- 1.優勢 (Strength)：北宜舊線沿線自然景觀及人文風貌多元豐富，觀光魅力不遑多讓。交通及觀光基礎設施齊全，沿線重要鄉鎮均以鐵路為中心，且地形多為環山臨海，公路運輸不及鐵路便利，有利於推展觀光旅遊。鐵路可與當地住宿業、旅遊業、農漁會合作，開發大東北角套裝旅遊套餐，吸引旅客觀光、消費。舊線起點為基隆八堵站，可開發國外郵輪體驗之旅，郵輪旅客以日、韓旅客為主，利用臺鐵蒸汽火車行駛於北宜舊線，配合東北角自然巧手的奇岩走廊，可吸引國際旅客前往舊線旅遊，具有得天獨厚發展優勢。
- 2.劣勢 (Weakness)：鐵路旅遊需求有明顯的尖離峰現象，不利於產業的投資與經營。投資、營運成本提高，造成產品價格相對提高，削弱競爭力。且北宜舊線屬多雨地帶，沿線緊鄰山脈與大海，遇有地震及颱風，易造成路線中斷，影響旅客觀光意願，另鐵路維護成本年年增加，收入不符成本，虧損日益嚴重。
- 3.機會(Opportunity)：臺灣觀光產業已列為國家發展重要產業，發展契機良好，新北市、基隆市、宜蘭縣政府經常與鐵路合作，積極推動當地人文、景觀、生態觀光。大陸市場之開放，陸客自由行日益增加，基隆、九份、福隆、東北角海岸為必遊之處，加上東北角新三寶必能使北宜舊線觀光國際化。
- 4.威脅 (Threaten)：北宜舊線沿線鄉鎮因觀光發展，大量開發造成原始風貌改變，影響水土保持，易形成天然災害，造成生態損害。天災、疫情、食安風波之負面報導，會造成短期間之不利影響。

## (三)北宜舊線觀光效益

- 1.大量創造就業機會：觀光屬於勞力密集產業，必須雇用相當的人力提供服務，因此可以創造出許多新的工作機會。
- 2.帶動資本投資：經由觀光設施建設而吸引資本投資於當地，並間接帶動

相關的資本投資，諸如觀光區附近的高級旅館與餐廳、附屬商品及相關觀光景點的投資，產生許多商機。

3. 社區再開發，增加許多高品質的道路、公園、公廁等公共設施，增加更新更現代化的都市建築等等，促使當地社區重新以更現代化面貌出現。
4. 發展產業合作模式，作為臺鐵永續經營策略。
5. 開創臺灣特有觀光模式，提升臺鐵競爭力。

### 4.3 舊線營運轉型與相關異業結盟行銷策略分析

#### 4.3.1 北宜舊線營運轉型

##### (一) 開發東北角雙鐵旅遊系統

藉由雙鐵合作營造東北角自行車友善空間環境氛圍，以節能、環保等綠色扎根形象躍升為國際綠都。結合東北角區域特色資源與產業，強化雙鐵旅遊系統的多元功能及加值服務。並深化異業結盟策略等，擴大投資效益，提升臺鐵競爭力。

##### (二) 慢活北宜舊線時空隧道系統

藉由古老蒸汽火車帶領、沿著宜蘭線緩緩行駛，型塑在地人文風貌、推動觀光旅遊及生態景色之旅，打造全新休閒旅遊型態，行銷北宜舊線及大東北角旅遊之美。

##### (三) 鐵路文物館

臺鐵已有 128 年悠久歷史，可利用北宜舊線車站，打造成鐵路文物車站，讓旅客於前來觀光旅遊時，同時了解臺鐵歷史與現況，亦可融合地方特色，辦理一日站長體驗營，藉由臺鐵服務工作與旅客互動，使車站成為親子旅遊、學校教學、懷舊之旅必到之處，不再只是提供單純的行旅服務機能。

#### (四)生態探索之旅系統

北宜舊線沿途擁有全國最豐富奇岩走廊，結合旅遊業或機關、團體、學校，以郵輪式、專列、到站報名方式辦理東北角生態之旅，藉由鐵路運輸來認識大自然奧妙，促進知識學習成長，富有教育意義之旅遊。

#### 4.3.2 異業結盟行銷策略可行性分析

##### (一)旅遊業、住宿業、飲食業

觀光產業為國家目前重要產業，藉由與旅行業者合作，規劃北宜舊線旅遊套餐，讓旅客遊玩北宜舊線食、衣、住、行沒煩惱，盡情暢遊，亦可將特色車站規劃納入旅遊套餐內，如侯硐貓村及煤炭遺跡、福隆自行車、大里天公廟、基隆港口等，另搭配平溪線、深澳線觀光，全面提升北宜舊線為觀光旅遊路線，可吸引中、北部民眾前往旅遊。

##### (二)運輸業

東北角景點並非全依靠鐵路運輸，亦可藉由臺灣好行觀光巴士或公路客運業者，配合鐵路班表實施公路轉乘運送，使旅遊運輸無縫接軌，除鼓勵旅客搭乘大眾運輸，打造低碳觀光之旅，亦符合北宜舊線之轉型規劃與趨勢。

##### (三)文創業

平溪天燈製作、侯硐煤礦博物園區、菁桐礦業生活館、金瓜石生活美學體驗坊、黃金博物園區等與鐵道旅行結合，將車站可用空間，美化成在地文創天堂，展覽當地獨一無二作品，推展地方文化特色，以吸引觀光客。

##### (四)航海業

東北角海岸沿海景色優美、多數漁港僅以從事漁業為主，可結合航海業者開創東北角藍色公路旅遊，欣賞東北角沿海、鯨、豚悠遊在大海

之美、亦可觀賞龜山島壯觀景色，另在石城、大里、大溪、龜山、外澳站建設景觀樓，讓遊客在車站悠閒享受太平洋風光，以吸引觀光客前往這些小站旅遊駐足。

## (五)自行車業

鐵路與車站旁自行車出租業者合作，火車車票包含自行車費用或憑車票打折租借費用，提升慢活東北角旅遊水準及便利性。

## 五、北宜新線完成後臺鐵營運轉型之關鍵課題

未來北宜新線通車後，由臺北至宜蘭之行車時間將可縮短約 35 分鐘，且由於未來北宜新線臺北宜蘭間之行車距離縮短，其票價亦將有所調整，可提高鐵路系統競爭能力。

以北宜公路為例，沿線景觀呈現多段變化，在新北市境內為丘陵景觀，其中坪林路段還可見到臺北盆地水源地的北勢溪，所經新北市各區境內有許多生產包種茶的茶園。從坪林往新北市、宜蘭縣界行進，因地勢攀高，可以見到針葉樹林，過了市縣界之後開始下山，蘭陽平原倏然出現眼前，天氣晴朗而空氣濕度低時連外海的龜山島亦清晰可見，不論白日的田畦房舍或是夜晚星點燈火，皆是鳥瞰蘭陽平原的好地點。但雪隧通車後，改變用路人習慣，造成車潮轉移，人潮流失。觀光人潮驅車蘭陽平原，國 5 的快速便利使得用路人紛紛轉移路線，車潮不再經過坪林老街，商家頓失觀光人潮，商機流失。北宜新線通車後，舊線車站營收可能也會重蹈覆轍，如無妥善規劃應變，殷鑑不遠。因此，未來北宜新線通車後，應可吸引旅客搭乘臺鐵往來於臺北宜蘭間，而舊線在北宜新線完成後，對號列車將多行駛北宜新線，所釋放之路線容量，可規劃新的營運模式。

本研究主要目的係為建立一個適合宜蘭線(舊線)八堵、暖暖、四腳亭、瑞芳、猴硐、三貂嶺、牡丹、雙溪、貢寮、福隆、石城、大里、大溪、龜山、外澳、頭城等 16 站的營運模式，俾作為後續複合客運場站改善策略研究，提供相關主管與營運機關研議與執行之參考，使場站能提供完整之公共運輸服務，提高民眾使用滿意度，進而提升公共運輸使用率，減少私人運具使用。

## 5.1 整體營運模式供需及運用分析

### 5.1.1 主題列車

外星鐵道迷進駐臺鐵！臺鐵日前發表「進化 1001 號」科幻主題專車，104 年 1 月 27 日起載著外星鐵道迷 Mr. ten 和 Miss one 與旅客一同行駛在臺鐵各支線，將成為臺鐵最新的觀光賣點。臺鐵配合元宵節燈會，今年特別將復興號車廂改裝打造為閃亮賞燈列車，火車頭前方有個大大的福字，車廂上成串的閃亮燈籠花燈，充滿濃濃的中國元宵味。

### 5.1.2 郵輪式列車再進化

最近幾年臺鐵推出郵輪式列車，雖然倍受歡迎，但深究其客群幾乎是以銀髮族為主。隨著全球人口老化，臺灣也無法避免此一趨勢，故郵輪式列車應可再進化，打造適合銀髮族搭乘之列車，行駛在宜蘭線各小站，帶領從職場退休的銀髮族悠遊臺鐵具有歷史文化小站。

### 5.1.3 慢活列車

為配合臺東縣政府三鐵樂活漫遊路網，99 年 7 月 3 日起推出的莒光號慢遊列車，每周五、六、日以及周一共 4 天，每天固定 3 班莒光號區間列車，往返台東縣大武鄉至池上鄉，並附掛可裝載 25 輛自行車的雙鐵共乘行李車一節。雖然構想極佳，但在 99 年開行慢活列車卻無法吸引許多遊客使用，最終淪為蚊子列車，停駛收場。究其失敗原因，應係僅有慢活列車，缺乏適合景點搭配供遊客漫遊，難以發揮魚幫水、水幫魚之功效所致。宜蘭線小站加上老街觀光景點，讓遊客車上欣賞蘭陽平原依山傍海的美好風光，下車悠遊老街。今日的老街，隱藏於街鎮之中，很容易被忽略掉，其實它仍保存了不少昔日的遺跡，可藉以回顧早年的發展。此外，還可看到清代及日治時代的老建築，非常難得。當遊客漫步其中，彷彿走入時光隧道。

無論是主題列車、郵輪式列車再進化或是慢活列車，皆需打造適合營運模式。臺鐵近幾年每逢連續假期，一票難求的問題總是無法解決，追根究底是無車可用。南迴線鐵路電氣化計畫預定於 111 年 3 月完工，屆時為提升列車速度，

期以 90 分鐘從高雄直達臺東為願景，添購電車組達成。淘汰 DMU 編組勢在必行，DMU3100 型 10 組 30 輛剛好移轉使用，87 年購入之 DMU3100 型柴聯自強號其內裝對行動不便旅客較友善，改裝後重新再出發，應是適合運用的編組。

## 5.2 整體車站營運管理之檢討與革新

### 5.2.1 車站不再只是車站

早期公路不發達時期，人們仰賴鐵路的運輸，車站的設立繁榮了鄉鎮，亦幾乎成為出入的唯一門戶。如今公路路網發達，火車站的重要性不如往昔。宜蘭線車站是通勤、通學候車的地方，人來人往熙熙攘攘，多數的人總很少注意到車站的變化。尤其這幾年智慧型手機流行，滑手機幾乎是全民運動，到了車站趕緊找個地方坐下，人手一機開始滑。為了創造車站新生命，應讓它豐富化，讓它會說故事，讓車站不再只是車站。

### 5.2.2 結合社區共同經營車站

營收清淡的小站，可結合地方社區共同營造新面貌，既保留車站功能，又可賦予地方特色。善用社會資源，創造車站新面貌，讓車站不僅是臺鐵的車站，同時也是地方的車站。利用在地人才、元素，賦予幾乎荒廢小站新生命，共同經營創造雙贏。車站效能提升創造營收，不是一味改建新車站，保留車站原有味道，讓老車站為大家說故事；加入在地元素，整體打造宜蘭線車站，重新再出發。北宜新線通車後，宜蘭線舊瓶新裝，賦予新生命，再創營收高峰。

## 5.3 臺鐵整體營運體質轉型分析及改善方案建議

未來北宜新線通車後，由臺北至宜蘭之行車時間將可縮短約 35 分鐘，應可吸引旅客使用臺鐵往來於臺北宜蘭間。而舊線在北宜新線完成並分流後，因對號列車多行駛新線，騰空之鐵路容量可開行區間車，達到促進區域發展之目標。未來北宜新線通車後，臺北端由南港分流出岔，東幹線直達車改線後，可疏解八堵至南港間軌道容量供彈性運用，茲說明如下：

### 5.3.1 基隆地區臺鐵服務不減班，紓解大量通勤旅客

基隆站仍為區間車起迄站，除滿足北基間通勤及就學需求外，亦有機會將西幹線對號車自七堵延駛基隆，提高基隆站鐵路競爭力。

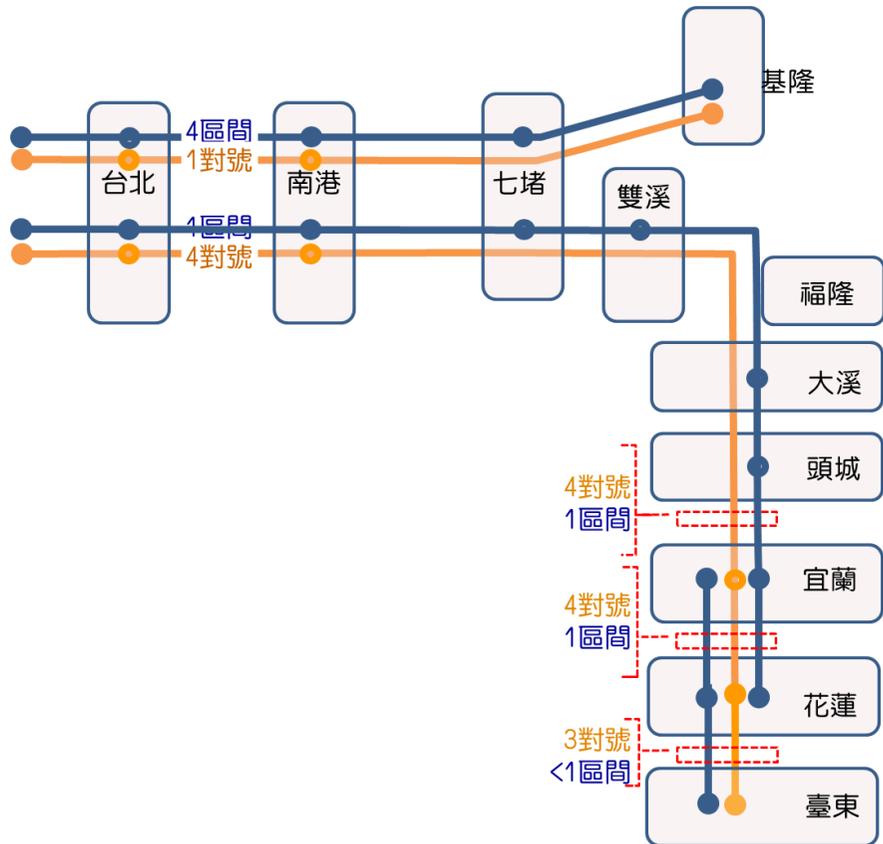
### 5.3.2 東北角增開班次服務平日通勤及假日觀光旅客

往來東北角以及深澳支線、平溪支線之旅客可藉由增加區間車或將西幹線對號車延駛的方式，改善目前假日東北角各站雖有車停靠但滿載無座的困境，並可常態性於東北角濱海旅遊帶提供雙鐵旅遊行程，享受慢活環境。又鐵路容量提升後能提供更完善的輸運計畫，有效的輸運海洋音樂祭、平溪天燈節等特定節慶之龐大數量旅客。

### 5.3.3 利用南港車站轉乘新線至宜花東地區

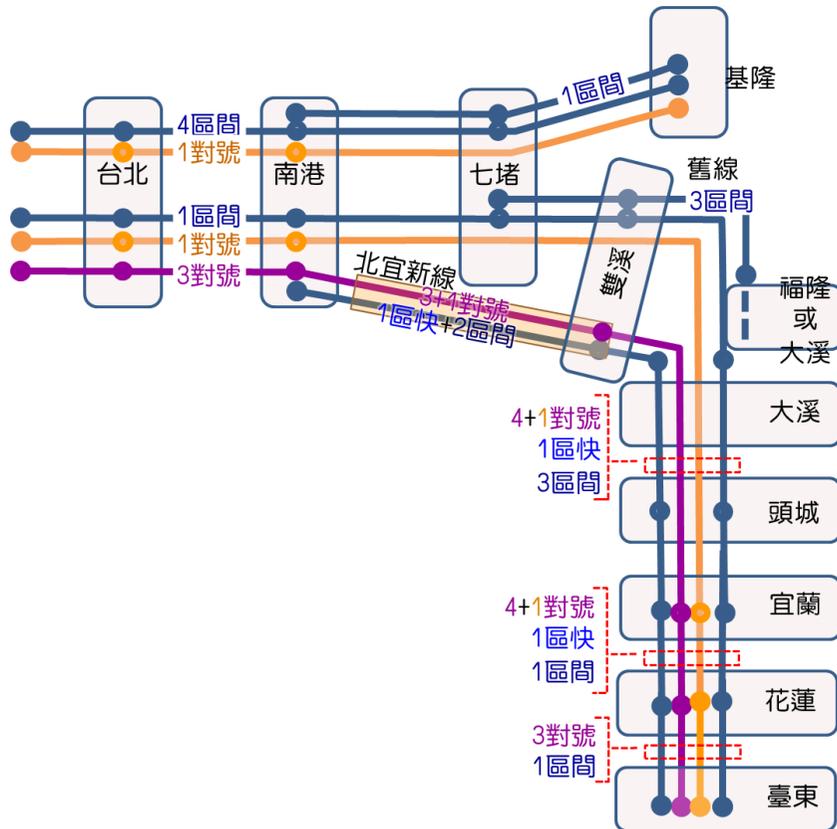
雙北市及基隆地區往來宜花東之旅客，可藉由臺鐵、捷運、公車、國道客運等地區之公共運輸至南港站轉乘新線，另高鐵南港站於民國 104 年通車後，西部地區往來宜蘭及花蓮之旅客更可藉由高鐵至南港站，於站內轉乘新線至宜花東地區，使往宜、花、東方向之班次，由目前 4 班對號車與 1 班區間車之班次組成(如圖 15 所示)，提升至未來南港至宜蘭達 4 對號 6 區間之班次組成(如圖 16 所示)。

鐵路服務常具有無法儲存之特性，必須要有完善的供給及行銷規劃，才能滿足旅客之服務需求，營運者與使用者對於服務之落差，必須尋求雙贏及平衡，才能讓整體效用最大化。鐵路的運輸規劃係一系列複雜作業，其目的在於透過適當的資源運用，來滿足旅運的需求，一旦服務的內涵確定，營運者必須透過行銷規劃（收益管理）來善用運能提升收益水準，而鐵路建設及工程改善之目的即在支援營運，各項鐵路工程及營運規劃，仍需回歸路線容量及列車運轉之分析，始能提供旅客足夠之運能及最佳之服務品質。



資料來源：「舊線鐵路再生發展及站區開發計畫專題研究」，交通部鐵路改建工程局(2015)。

圖 15 北宜新線完成前尖峰時間東幹線班次組成示意圖



資料來源：「舊線鐵路再生發展及站區開發計畫專題研究」，交通部鐵路改建工程局(2015)。

圖 16 北宜新線完成後尖峰時間東幹線班次組成示意圖

至於臺鐵整體營運轉型未來應如何進行，臺鐵的營運車種是否適當？產品定位是否明確？營運服務之起迄規劃是否適當？是否滿足旅客需求？旅客搭車之各項資訊是否充分公開等，皆是目前臺鐵整體營運體質轉型亟需面對和解決之課題，也是臺鐵能否重拾旅客信任之關鍵。然營運複雜性是臺鐵及一般大眾運輸系統普遍面臨之難題，為了有效提升營運效率，在停站、速度、時刻之列車服務型態應可適度簡化，茲建議如下：

### (一)同等級列車車身塗裝及內裝應盡量一致

臺鐵的營運車種過於複雜，臺北捷運雖有中、高運量系統之別，但其車身內外裝幾乎一致；另高鐵雖有不同停站類型，但列車車身僅有一種，在在顯示其為使旅客容易辨別車種之構思與用心。

## (二)同等級列車的停站型態盡量一致

臺鐵目前列車停站型態複雜，相同起迄區間，有不同等級列車及不同停站模式(如圖 17)，常令旅客混淆困擾。

樹林<>花蓮			樹林<>臺東			屏東<>七堵			高雄<>七堵		
停站數	順時針	逆時針									
5	1	0	22	0	1	13	1	0	21	1	1
7	3	4	23	1	1	22	0	2	23	2	0
10	1	0	24	3	4	34	1	1	38	1	1
11	0	1	25	3	0	39	1	2	40	1	0
12	2	2	27	1	0	43	1	1			
15	1	0	41	1	0						
18	1	1									
24	0	1									
25	1	0									
27	1	1									
40	0	1									
42	1	0									

圖 17 臺鐵列車停站之複雜型態

## (三)不同等級列車採階級化停站模式

為有效區隔旅客市場，應依據車站等級，建立各級列車之固定停站模式(如圖 18)，除可簡化營運模式，亦可方便旅客記憶。

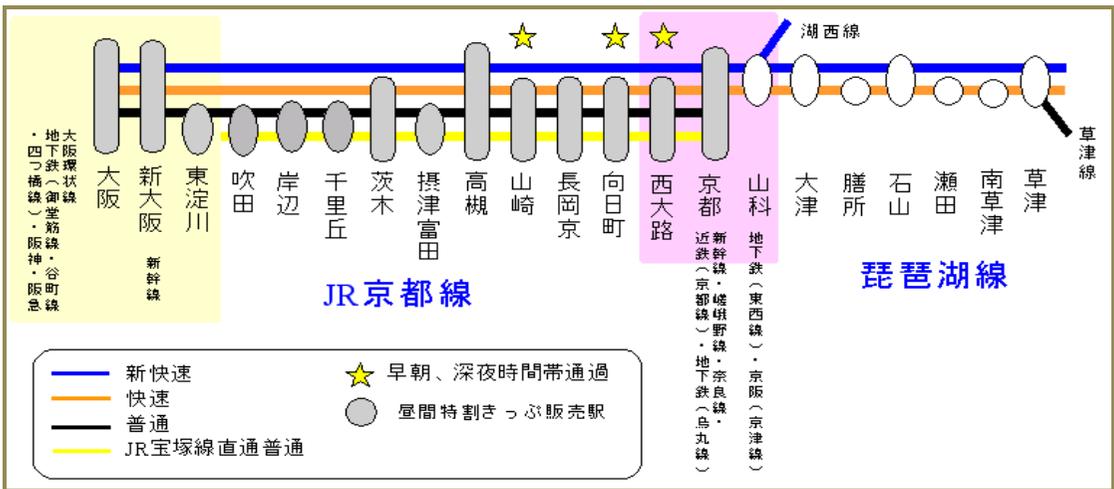
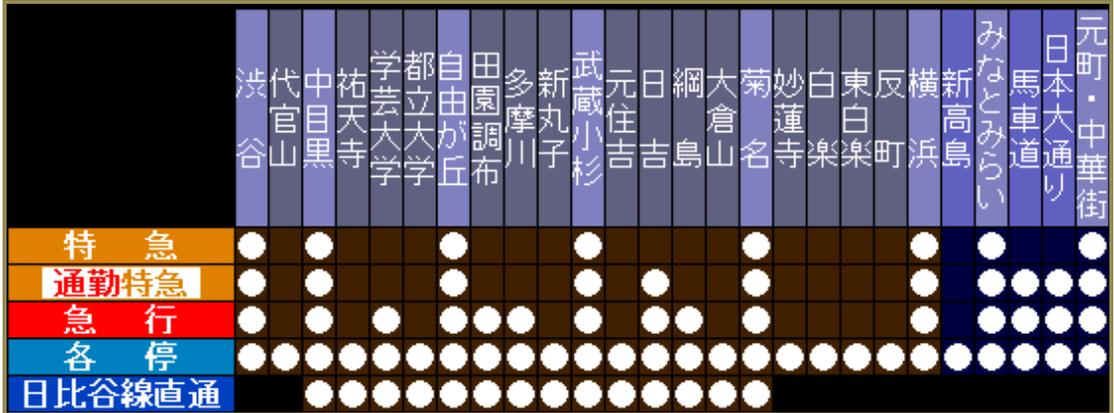


圖 18 日本都會區各級車站及各級車種固定停站模式

#### (四)高級列車之運轉速度及行駛時間應高於次級列車

列車營運之定位要明確，且需符合民眾的期許與認知，例如自強號停站少速度快，莒光號停站及速度次之，復興號則停站多速度慢，通勤車站站停速度最慢。但目前卻有同等級列車停站位置不同之不合理現象，如車次 401 vs. 412(普悠瑪)、301 vs. 407(自強號)，另高級列車停站數較次級車多，如 782(復興號) vs. 314(自強號)。

#### (五)服務起迄點的變化不應太複雜

目前臺鐵列車服務起迄點變化太多，每個自強號服務起迄都不同，

容易造成旅客搭乘混淆，如圖 19 所示。

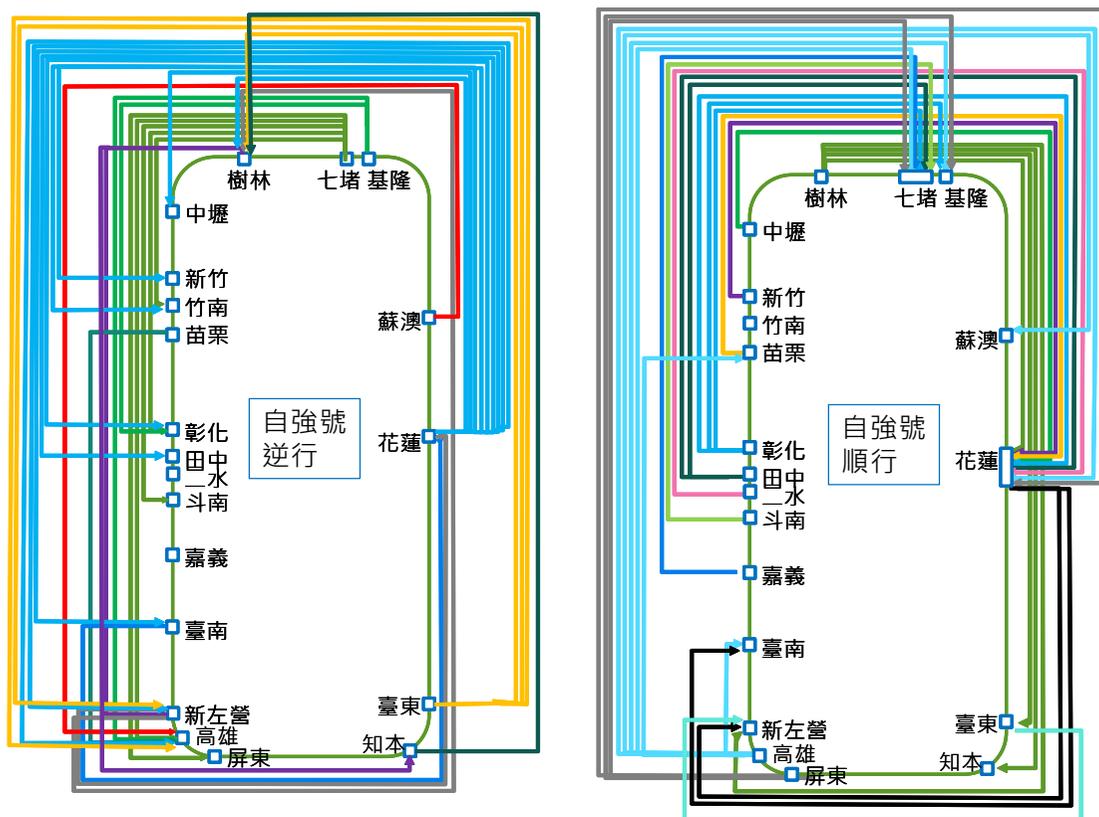


圖 19 目前臺鐵自強號起迄及停站型態繁多

#### (六)以特定編組或車型提供特定路線列車服務

為使臺鐵各型列車營運模式之運用效益極大化，目前已有觀光列車、主題列車、郵輪式列車再進化、慢活列車等不同列車營運型態，未來更應以特定編組或車型提供特定路線列車服務，規劃適合營運模式。

#### (七)採規格化班表班距盡可能平均

規格化班表除可使營運更有效率，亦可使民眾更容易記憶，例如特等站之自強號列車始發時間可訂在整點或半點，一等站或次級列車之始發時間則可訂在 10、20 分等，如此將可建立高級列車之獨特性及優先性，另亦可加深旅客對於高級列車發車時間之記憶，如圖 20。

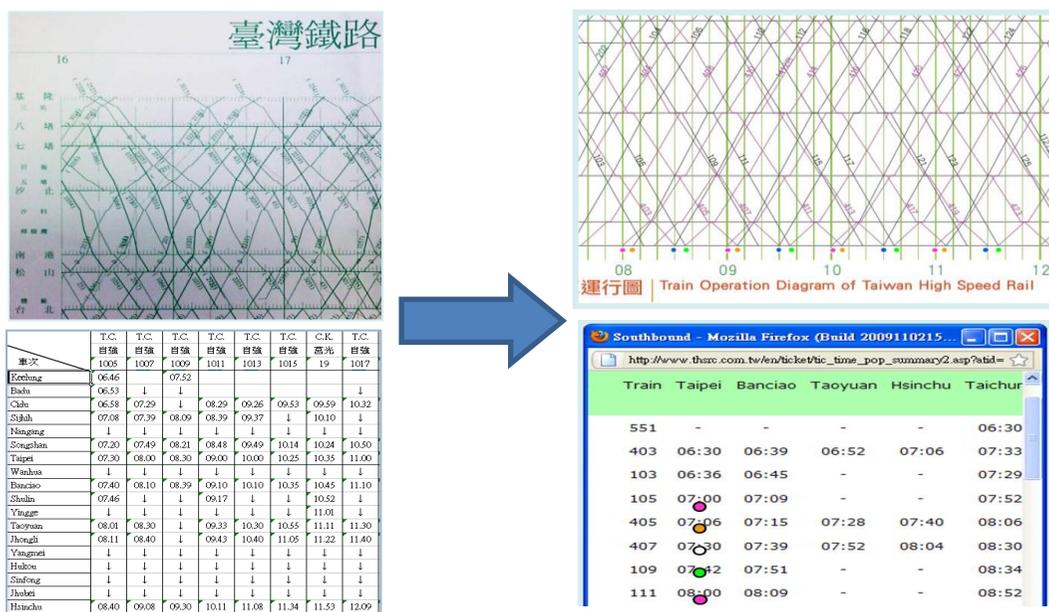


圖 20 臺鐵列車班表規格化示意

## 六、結論與建議

北宜舊線鐵路再生活化及站區開發計畫，係北宜新線鐵路完成後之關鍵議題，亦是臺鐵北部與東部區域營運體質轉型之一大契機。相關計畫若能順利執行，除可藉由北宜舊線場站周邊土地整體開發計畫，以增額容積機制與租稅增額融資方式，使相關效益挹注鐵路建設以提高自償率，減輕政府負擔之外，最大效益仍在於能根本解決臺鐵北宜路段之路線容量瓶頸，及帶動北北基和東部地區之整體發展。

為利達成北宜新線完成後舊線鐵路之再生活化整體發展目的，本研究已就舊線路廊營運關鍵問題及改善方案、沿線土地開發暨資產活化、舊線營運轉型暨異業結盟可行性分析、北宜新線完成後臺鐵營運轉型關鍵課題等項目，進行深入分析。相關研究結論及建議茲彙整如下。

## 6.1 結論

1. 依據既有宜蘭線路廊營運供需分析結果顯示，未來北宜新線通車後，由臺北至宜蘭之行車時間將可縮短約 35 分鐘，且由於未來北宜新線臺北宜蘭間之行車距離縮短，其票價亦將有所調整，可提高鐵路運輸競爭能力。因此，未來北宜新線通車後，應可吸引旅客使用臺鐵往來於臺北宜蘭間，而舊線在北宜新線完成並分流後，因對號列車多行駛新線，騰空之鐵路容量可多開行區間車，促進區域發展。
2. 臺鐵北部區域之路線容量瓶頸主要在東部幹線與西部縱貫線重疊之八堵—樹林站間及福隆—龜山區間，其中尤以臺北—七堵區間為甚，基於同時增加臺北—基隆及臺北—宜花東之東部幹線現有尖峰班次考量，若能採行基隆—七堵開行往返區間車(shuttle)之捷運化模式，依本研究建議方案：「基隆—臺北區間原尖峰班次酌減並搭配增加基隆—七堵區間車(shuttle)班次，使基隆—臺北區間整體班次增加；另將臺北—七堵區間空出之容量增駛東部幹線班次」，將可紓緩東部路線一票難求之現況。
3. 有關北宜舊線營運轉型分析暨改善方案，未來北宜新線通車後臺北端由南港分流出岔，而往來東北角以及深澳支線、平溪支線之旅客可藉由區間車或將西幹線對號車延駛的方式，改善目前假日東北角各站雖有車停靠但一票難求的困境。另如利用舊線改造為自行車道，除可讓民眾欣賞鐵路沿線風景及建設，並可東接平溪~瑞芳自行車道；西接舊草嶺自行車道，於東北角濱海旅遊帶提供雙鐵旅遊行程，享受慢活環境。
4. 在沿線土地開發暨資產活化方面，未來北宜舊線周邊地區發展，可以 TOD 大眾運輸導向概念來進行開發及推動，為落實 TOD-Design 概念，以車站為發展中心，利用都市設計及相關管制，改善周邊都市環境，同時減少私人運具使用，提高大眾運輸使用率，建構完善之人行活動網絡及轉乘環境。因此，

未來應可分別從開放空間、街道設計、人行空間及車行空間等四大面向制訂都市設計原則。主要策略為指定留設帶狀式及廣場式開放空間、配合鐵路設置建議改善主要道路斷面設計、建物高度管制、規範指定留設開放空間及人行步道型式、配合自行車動線規劃，建議設置自行車停放空間等。

- 5.在舊線營運轉型暨異業結盟之可行性方面，就舊線之願景、定位及發展觀光產業進行分析後，未來北宜新線完成後，舊線確實深具發展觀光產業之潛力。且可透過舊線營運之轉型，與旅遊業、住宿業、飲食業、文創業及自行等相關產業進行異業結盟，並善用產品(Products)、訂價(Pricing)、通路(Place)及促銷(Promotion)之行銷 4P 組合策略，有效推展行銷舊線之觀光產業。
- 6.臺鐵可藉由北宜新線完成之契機進行營運轉型，包括整體營運模式之供需運用，及車站營運之管理檢討與革新。未來北宜新線通車後，應可吸引旅客使用臺鐵往來於臺北宜蘭間，而舊線在北宜新線完成並分流後，因對號列車多行駛新線，騰空之鐵路容量可利用區間車填補，並達到促進區域發展之目標，可疏解八堵至南港間軌道容量供彈性運用，並達到利用南港車站轉乘新線至宜花東地區，及東北角增開班次服務平日通勤旅客及假日觀光旅客之營運調度目的。

## 6.2 建議

- 1.基於同時增加臺北—基隆及臺北—宜花東之東部幹線現有尖峰班次數考量，有關基隆—七堵開行往返區間車(shuttle)之捷運化政策，建議採行本研究方案：「基隆—臺北區間原尖峰班次酌減並搭配增加基隆—七堵區間車(shuttle)班次，使基隆—臺北區間整體班次增加；另將臺北—七堵區間空出之容量增駛東部幹線班次，以紓緩一票難求之現況。」以為因應，然為顧及原有基隆—新竹間旅客的權益，則原有七堵—新竹間之通勤需求仍需獲得滿足，因此

新增的東部幹線列車若只行駛至樹林站，建議仍需考量加開樹林－新竹之區間車。另各項改善措施若已致運能接近容量上限，建議應注意其對班表可靠度降低之衝擊，且遇延誤時亦可能將無餘裕供運轉整理，仍宜確實檢視評估可行後實施。

2. 土地使用構想與管制計畫及其推動方式應精進，未來北宜新線完成後舊線車站周邊土地開發應充分結合 TOD-3D 概念，於都市計畫土地以農業區調整分區、增額容積、促參開發等方式辦理，才可有效管理地區發展，選定區位良好之公有土地辦理促參開發。另可藉由執行將有關土地開發效益及管理制度探討提升，土地開發使用項目改變及放寬容積策略產生之土地開發效益，應以社會成本內部化觀點，要求開發者負擔開發義務，由基地內部解決以降低衝擊之方式。所以財務分配應維持各土地開發方式中回饋公共設施的比例或公有地開發之公益性，僅將地方政府取得之開發效益用以挹注鐵路建設。
3. 臺鐵整體營運體質轉型是本計畫執行後之最大契機，惟如何克服仍需就臺鐵的營運產品服務定位、服務起迄適當規劃、旅客服務滿意度及列車停站規劃等諸多面向妥予規劃，因此建議未來應能達到：同等級列車塗裝及內裝盡量一致、同等級列車的停站型態盡量一致、不同等級列車採階級化停站模式、高級列車的速率要高於低級列車、服務起迄的變化不要太複雜、以特定編組或車型提供特定路線列車服務、採規格化班表班距儘可能均勻，如此營運體質始可徹底轉型。
4. 北宜舊線應有其願景及定位，故未來新線營運後，舊線容量騰空，除可增加班次並縮短班距，提供較密集班次，更可改善暖暖、瑞芳地區聯外交通品質，進而增進居住、消費之生活機能。另外如何落實北宜舊線發展觀光產業之 SWOT 分析結果，確實將舊線營運轉型與相關異業結盟行銷之元素納入，才能使北宜新線完成後舊線鐵路再生活化真正實現。

## 參考文獻

- 1.交通部運輸研究所(2008)，運輸系統容量分析暨應用研究—軌道系統 (2/4)，交通部運輸研究所與財團法人中興工程顧問社合作研究。
- 2.交通部運輸研究所(2011)，軌道系統容量與可靠度分析研究 (1/3)，交通部運輸研究所與財團法人中興工程顧問社合作研究。
- 3.財團法人臺灣世曦公司 (2015)，「舊線鐵路再生發展及站區開發計畫專題研究」，交通部鐵路改建工程局委託研究。

## 約稿

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

## 臺鐵資料季刊撰寫格式

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

## 參考文獻

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

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

# 臺鐵資料季刊論文授權書

本授權書所授權之論文全文與電子檔，為本人撰寫之

論文。

(以下請擇一勾選)

同意 (立即開放)

同意 (一年後開放)，原因是：

同意 (二年後開放)，原因是：

不同意，原因是：

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

簽名：

中華民國      年      月      日

備註：

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

# 臺鐵 資料

季刊 第 354 期

---

發行人	周永暉
編輯者	臺鐵資料季刊編輯委員會
審查者	臺鐵資料季刊審查委員會
主任委員	周永暉
副主任委員	鹿潔身、何獻霖、鐘清達
總編輯	朱來順
副總編輯	林竣曜
主編	劉嘉倫
編輯	王智平
出版者	交通部臺灣鐵路管理局 地址：10041 臺北市北平西路 3 號 電話：02-23899854 網址： <a href="http://www.railway.gov.tw">http://www.railway.gov.tw</a>
出版日期	中華民國 104 年 9 月
創刊日期	中華民國 52 年 10 月
印刷者	文名文具印刷有限公司 地址：206 基隆市七堵區崇禮街 23 號 電話：02-24566075
展售門市	國家書店松江門市 地址：10485 臺北市松江路 209 號 1 樓 電話：02-25180207 網址： <a href="http://www.govbooks.com.tw">http://www.govbooks.com.tw</a> 五南文化廣場 地址：40042 臺中市區中山路 6 號 電話：TEL：(04)22260330 網址： <a href="http://www.wunanbooks.com.tw">http://www.wunanbooks.com.tw</a>

電子全文同步登載於臺鐵網站

GPN：2005200020

ISSN：1011-6850

著作財產權人：交通部臺灣鐵路管理局

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

---