

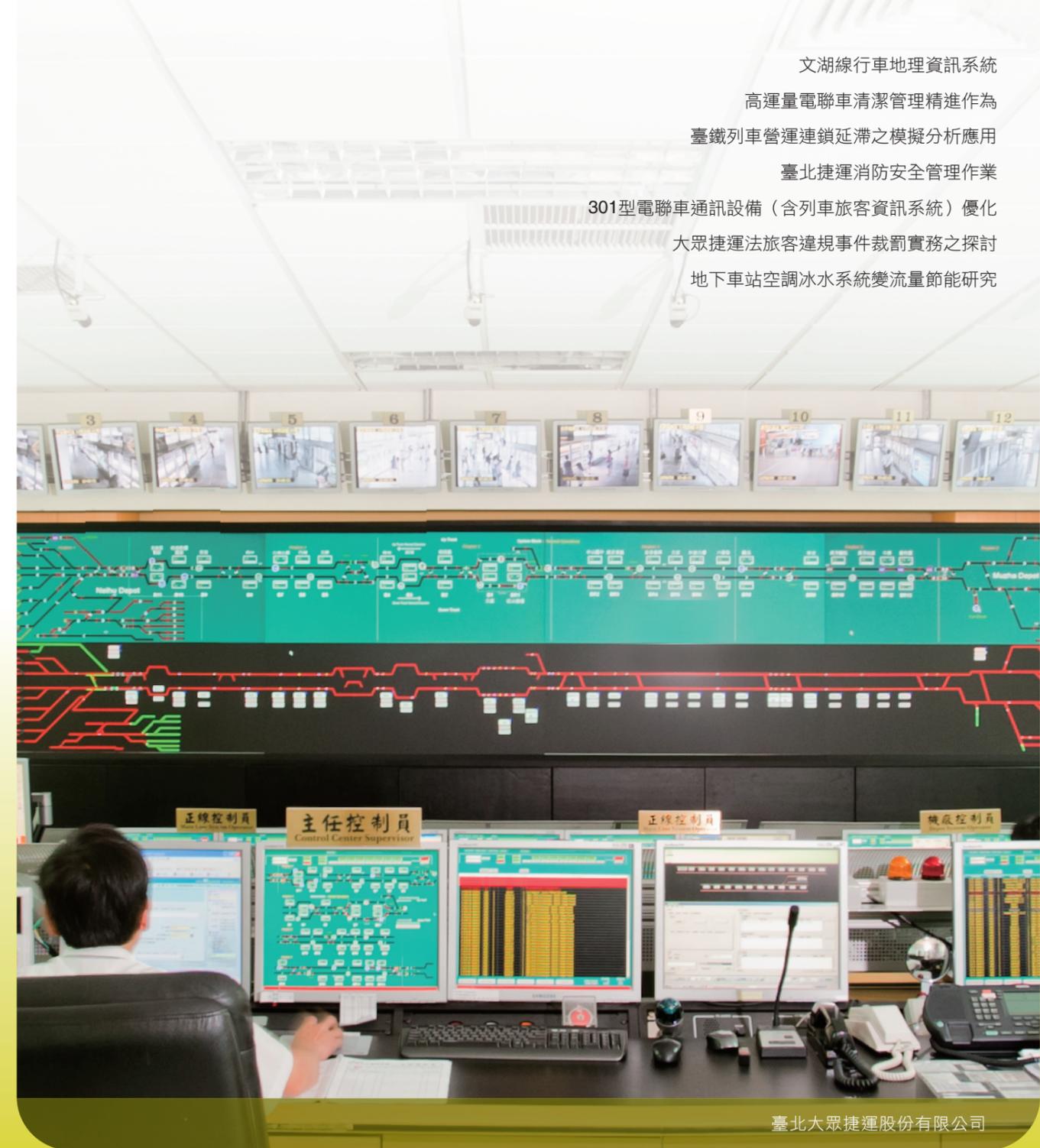
Railway 軌道

Operations & Management 經營與管理

11 JULY 2012

軌道經營與管理 Railway Operations & Management

台北大眾捷運股份有限公司 TAIPEI RAPID TRANSIT CORPORATION



- 文湖線行車地理資訊系統
- 高運量電聯車清潔管理精進作為
- 臺鐵列車營運連鎖延滯之模擬分析應用
- 臺北捷運消防安全管理作業
- 301型電聯車通訊設備(含列車旅客資訊系統)優化
- 大眾捷運法旅客違規事件裁罰實務之探討
- 地下車站空調冰水系統變流量節能研究

metro Taipei 台北大眾捷運股份有限公司
TAIPEI RAPID TRANSIT CORPORATION

10448 台北市中山北路2段48巷7號2樓
2F, 7, Lane 48, Sec. 2, Zhongshan N. Rd., Taipei, Taiwan, R.O.C.
<http://www.trtc.com.tw>

ISSN 1996319-X



GPN : 2009602351
定價 : NT\$450

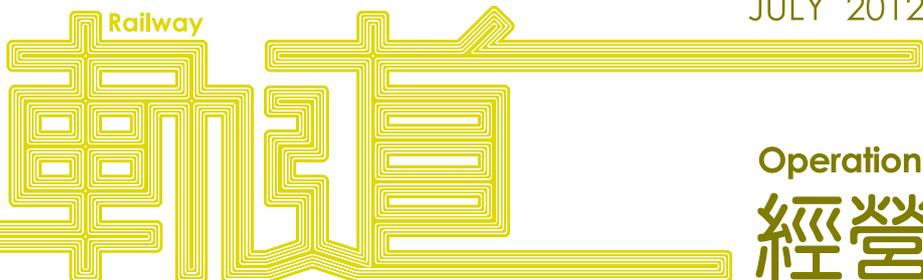
Railway

JULY 2012

11

Operations & Management

經營與管理



JULY 2012

11

Operations & Management
經營與管理

- 004** 編輯室報告
Editor's Words
- 006** 文湖線行車地理資訊系統
Wenhu Transit Mapping
Information Technology System
阮達仁、朱唯中、李健男、張國鴻
Daren Roan, Wei-joung Chu
Chien-nan Lee, Kuo-hong Chang
- 022** 高運量電聯車清潔管理精進作為
The Progress Management of
Train Cleaning Methods for High-Capacity System
林志宏、吳國群
Chih-hung Lin
Kuo-chun Wu
- 038** 臺鐵列車營運連鎖延滯之模擬分析應用
Simulation Analysis and Application
on Knock-on Delay of Taiwan Regional Railway
劉昭榮、黃承傳
Jau-rong Liu
Cherng-chwan Hwang
- 064** 臺北捷運消防安全管理作業
Fire Safety Management of Taipei Metro System
周銘德、楊明師
Min-te Chou, Ming-shih Yang
- 076** 301型電聯車通訊設備（含列車旅客資訊系統）優化
Optimization of Communication Equipment and
Train Passenger Information System of Type 301 EMU
蔡惟吉、謝育澤
吳鴻任、余柏楊
Wei-chi Tsai, Yu-tse Hsieh
Hung-jen Wu, Po-yang Yu

CONTENTS 目錄



- 100** 大眾捷運法旅客違規事件裁罰實務之探討
Case Study on Enforcement of
Penalty Standards under the Mass Rapid Transport Act

楊泰良、劉建業
Tai-liang Yang
Chien-yeh Liu

- 110** 地下車站空調冰水系統變流量節能研究
Air-Conditioning Variable Primary Flow Chilled Water System

詹榮裕
Rong-ju Chan

- 124** 軌道停看聽·徵稿須知
Notice about Contributions

Editor's Words

編輯室報告

軌道運輸解決交通壅塞問題，促進經濟及地區活絡，帶動商業、旅遊及文化活動蓬勃發展，對人們生活型態帶來重大改變，也因大眾運輸之推動緩減了許多污染及噪音等環保難題。是以，如何發揮軌道運輸角色，擴大綠色交通效能，於滿足旅客「安全的行」基本需求外，更須不斷自我鞭策，持續精進改善，實踐普及之公共運輸與推展環境永續之理念，為所有軌道運輸業者須共同努力的方向。《軌道經營與管理》半年刊提供軌道運輸業者一個交流平臺，將致力於提昇安全、運轉效能及服務品質之各項作法，以豐富圖文詳實紀錄，再透過刊物發行與各界分享，讓經驗得以留存，彼此相互學習，共同成長。

本期承蒙各界無私分享，共收錄7篇珍貴文章。「文湖線行車地理資訊系統」係分享為改善文湖線行車控制系統，針對實際運轉需求強化功能，自行開發文湖線行車地理資訊系統，減少事件處理時間、提昇營運效能；「高運量電聯車清潔管理精進作為」則講述電聯車清潔作業內容及管理方式，並以清潔管理及工法之精進作為提高清潔成效，提供旅客乾淨舒適之乘車空間。

而「臺鐵列車營運連鎖延滯之模擬分析應用」則依臺鐵系統運轉特性構建模擬模式推估連鎖延滯，並以實際路段為例，釐清連鎖延滯影響因素，作為相關改善策略及分析參考；「臺北捷運消防安全管理作業」則就系統地下場站消防安全之目的、法令依據、管理對象、消防管理責任區劃分等不同面向，闡述臺北捷運消防安全管理作業之運作方式，以確保系統安全可靠。

另「301型電聯車通訊設備（含列車旅客資訊系統）優化」敘述已上線服務近15年的第一代301型電聯車，因內部通訊與旅客資訊系統設備老舊、故障及功能限制等因素，將該款電聯車通訊設備進行優化，藉由多項設備改善及功能提昇，提供旅客更優質服務並滿足未來營運之需求；「大眾捷運法旅客違規事件裁罰實務之探討」則介紹大眾捷運法有關規範旅客乘車行為之規定，並陳述依法執行取締及裁罰之歷年經驗，以分享實務作法供執行違規取締參考；最後一篇「地下車站空調冰水系統變流量節能研究」，以捷運公館站試辦空調設備之性能與配置，對該站蒐集運轉監測數據加以整理、分析及判讀，研究顯示，可採降低一次泵冰水流量需求，以節省空調用電及提高車站環境舒適度，達到節能目的。

「軌道經營與管理」自2007年創刊以來，已發行10期，文稿內容類型多元，含括經營、營運及工程等面向，已吸引愈來愈多讀者之關注與興趣。為了持續提昇本刊價值，未來仍祈各位先進踴躍投稿，將珍貴之心得、經驗或研究成果轉化為實體文字及圖片，藉由廣泛交流分享，讓本刊內容更加豐富，造福更多讀者。

編輯室 謹識

2012年7月



文湖線行車 地理資訊系統

Wenhu Transit Mapping
Information
Technology System



阮達仁 Daren Roan¹、朱唯中 Wei-joung Chu²、
李健男 Chien-nan Lee³、張國鴻 Kuo-hong Chang⁴

¹ 臺北捷運公司中運量運輸處運務中心主任 darren@trtc.com.tw

² 臺北捷運公司中運量運輸處運務中心副主任 e00409@trtc.com.tw

³ 臺北捷運公司中運量運輸處運務中心行控中心控制員 nan@trtc.com.tw

⁴ 臺北捷運公司中運量運輸處運務中心行控中心控制員 ckh@trtc.com.tw

摘要

臺北捷運文湖線屬於無人駕駛之中運量捷運系統，原木柵線採用法國MATRA公司之VAL 256系統，因路網延伸為文湖線，2009年7月4日全線系統轉換為加拿大Bombardier公司CITYFLO 650控制系統。

2009年7月10日因中山國中站的不斷電系統斷電，造成整個文湖線號誌及通訊系統中斷，並導致行控電腦當機；當日約有700名乘客被迫由捷運公司人員從軌道上的列車引導至站內，全線自下午3時30分後停駛，直至7月11日早上6時才恢復正常營運。至2009年底陸續發生11次系統離線，致使搭乘民眾抱怨、媒體及議員責難，嚴重打擊公司及市府形象，故而自行開發文湖線行車地理資訊系統，彌補Bombardier行控系統缺憾，新增系統運轉所需功能，於故障發生時，可減少中斷營運時間，進而提昇服務品質，確保行車安全。

關鍵字：中運量捷運系統、VAL 256系統、CITYFLO 650控制系統、不斷電系統

Abstract

Taipei Metro Wenshan-Neihu Line is a medium-capacity transit system which is computerized, fully automated, and driverless. Originally, Muzha Line was operated by VAL 256 System, developed by MATRA in France. Due to the expansion of Wenshan-Neihu Line in July 4th, 2009, the whole system transferred to CITYFLO 650 Control System made by Bombardier in Canada.

Due to the outage of UPS (Uninterruptible Power Supply) at Zhongshan Junior High School Station on July 10th, 2009, the whole Traffic Light System crashed, which included the Communication System and computers at the Operation Control Center of Wenhu Line. Seven hundred passengers were forced to evacuate from the train to the nearest station, led by station staff. Wenhu Line went out of service from 3 : 30 pm to 6 : 00 am the next morning. During July 10th, 2009 till the end of the year, the operation system of Wenhu Line crashed eleven times. These incidents generated heavy media interest and reprimands from the city council, tarnishing the image of Taipei Rapid Transit Corporation, and the government as well. As a result, we developed the Wenhu Transit Mapping Information Technology System to enhance the Bombardier control system. The new enhanced transit system will reduce the downtime following an outage, thereby improving customer service and overall safety.

Keywords : Medium-capacity Transit System (MCTS) , VAL 256 System, CITYFLO 650 Control System, Uninterruptible Power Supply System

前言

臺北捷運文山內湖線屬中運量無人駕駛系統。路線東起南港經貿園區的南港展覽館站，穿過中山高速公路的汐止五股高架橋進入內湖後沿康寧路、成功路、文德路、內湖路、北安路至大直，往南穿越基隆河及松山機場後，沿民族東路北側、復興南北路、和平東路、福州山隧道、辛亥路、興隆路、萬芳路、木柵、新光路，至終點動物園站，全長25.2公里，共24個車站，除大直站及松山機場站為地下車站外，皆為高架車站，是全球最長的中運量系統，並由行車控制中心控制無人駕駛的四節車廂編組電聯車運行。原木柵線採用法國MATRA公司（現已為德國SIMEMS公司所併購）之VAL 256系統，因路網延伸為文山內湖線，2009年7月4日全線系統轉換為加拿大Bombardier公司CITYFLO 650系統。

2009年7月10日因中山國中站的不斷電系統斷電，造成整個文湖線號誌及通訊系統中斷，並導致網路風暴而當機，行控中心無法遙控與監測系統。當日約有700名乘客，被迫由捷運公司人員從軌道上的列車引導至站內。全線自下午3時30分後停駛，直至7月11日早上6時才恢復正常營運。之後，至2009年底陸續發生11次系統離線，最長影響營運時間達8小時13分，導致搭乘民眾抱怨、媒體及議員責難，嚴重打擊公司及市府形象。



Bombardier行車控制系統移入國內，確有其行之已久的運轉理念及操作特色，然而不同國家地區之法令規章、輿論民情及營運要求不盡相同，在系統本土化過程中，應滿足本國使用者之需求差異。對文湖線行控中心而言，Bombardier行車控制系統無法確實掌握號誌系統離線前之列車位置，亦不能提供即時列車運轉畫面供全線車站使用，且無當日營運報表輸出…等，此行車控制系統之功能並未能全部滿足使用者之需求。

文湖線行車控制中心同仁，以自行開發之文湖線行車地理資訊系統，彌補Bombardier行控系統缺憾，新增系統運轉所需功能，於故障發生時可減少中斷營運時間，進而提昇服務品質，確保行車安全。

面臨問題

- 一、文湖線之列車係由雙對車組成，每對車各有其車號，然Bombardier行控系統在文湖線行控電腦運轉畫面上，並未提供即時列車組成（如圖1），行控同仁於畫面上僅得知其中單一對車車號，若同一列車之另一對車發生緊急事件，行控中心將無法於第一時間掌握。
- 二、當全線列車失去通訊或號誌系統當機時（如圖2），須聯繫所有列車伴隨人員，了解列車位置，並進行緊急疏散作業。於旅客疏散後，每列失聯列車將進行初始化，以重建Bombardier行控系統。全部完成系統重建至少須耗費4小時以上，耗費時間太長，徒增民怨。



圖1 Bombardier行控電腦運轉畫面

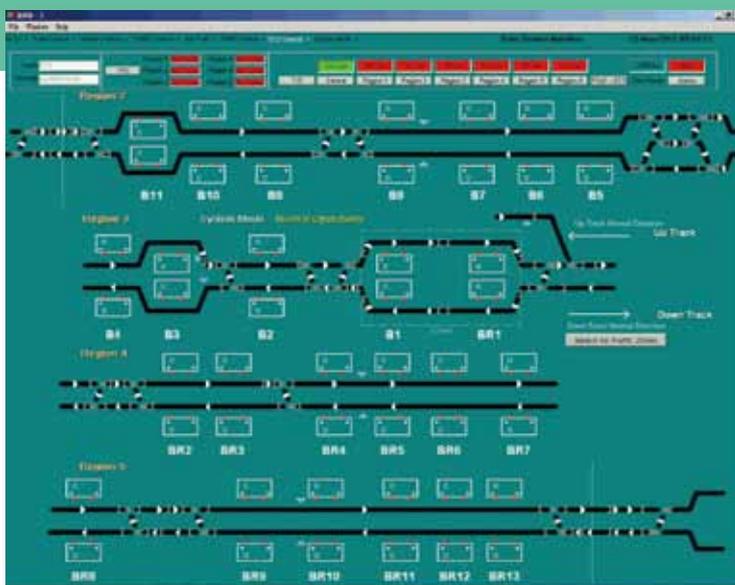


圖2 全線列車失聯時行控電腦畫面



三、Bombardier公司所建置之文湖線行控中心並無運行資料畫面存檔（錄影）、播放（Playback）及列印功能，於事件發生後進行之事故調查，不易釐清故障狀況與列車調度作業。

四、文湖線即時列車運轉畫面應能分享全線車站同仁使用，可大幅提昇旅客服務能力（例如：可明確告知站務同仁列車位置方便服務殘障人士）及事故應變處理。全線同仁對於各列車位置可自行得知，控制員也不須忙於向各車站人員聯絡告知列車所在地點。在處理事故時不但可有效減少時間的耗費，且可掌握排除問題的最佳時機。

五、於Bombardier行控中心系統上並未整合列車伴隨人員與車站人員等相關行車地理資訊，然而，這部份是文湖線行控中心迫切需要的；也就是說，於尖峰時段（全線48列車運行），列車上人員及全線車站（24車站）上人員不能因列車進出機廠、伴隨人員輪替與值班人員輪班而失去掌控，增加營運風險。

系統建立

一、為不影響文湖線行控中心運作，利用螢幕分接器將主任控制員席位工作站之正線列車調度畫面接至文湖線地理資訊系統主機，再於本系統主機上採用影像擷取卡接收輸出畫面訊號（如圖3）。也就是說，實際於文湖線上之列車運轉調度作業畫面，皆經由螢幕分接器接至文湖線地理資訊系統主機。

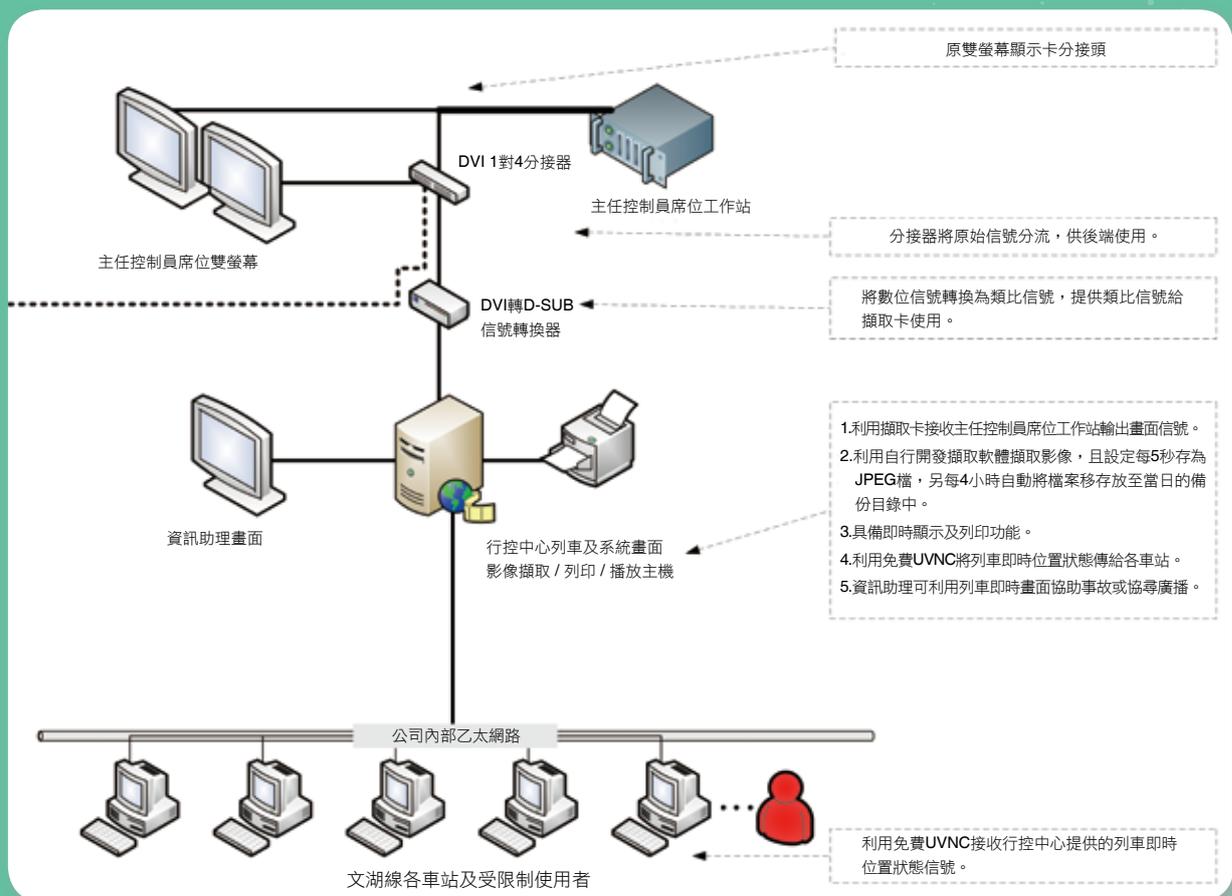


圖3 文湖線行車地理資訊系統架構

- 二、將擷取所得之畫面影像，設定每5秒存為JPEG檔，另每4小時自動將檔案移存放至當日的備份目錄中，如此一來，在網路風暴發生或全部列車失聯時，將可立即查到失聯前5秒內之列車位置，尤其在上午尖峰時段，全線列車共48部（上行班距為90秒，下行班距為2分15秒）運轉，可立即要求隨車人員進行手動駕駛，降低影響層面。
- 三、當立即查到失聯前5秒內之列車位置畫面，可迅速分享失聯前之列車運轉畫面，供所有行控人員進行初始化作業分工之依據。且本系統也建立了即時運轉畫面列印及歷史運轉畫面列印之功能，作為事故調查之佐證。
- 四、行控中心配置主任控制員及控制員於行控席位外，亦配置資訊助理席位，以協助線上之協尋廣播及設備事故處理。然而，資訊助理非屬行控席位，Bombardier行控系統並未建置即時列車運轉畫面供其操

作，而資訊助理於營運事件的發生與處理，卻又是急於獲知列車位置，才能快速協助通報與廣播。所以，本系統完成擷取之即時運轉影像提供資訊助理，彌補文湖線行控中心列車運行畫面（如圖1）之不足。

- 五、文湖線經常有需協助之旅客（如視障、輪椅旅客）搭乘，行控中心獲知旅客所需到達之目的車站後，立即通知目的車站之站務人員，以利該列車上之需協助旅客到至目的車站月臺時，即獲得服務。然而，目的車站之站務人員雖獲知該旅客上車之列車車號及確實位置，卻因站務人員無法獲知即時列車位置，也很難同步於旅客下車月臺及時將旅客接走，除非於月臺等候，或是行控中心於該列車到站前再度提醒。如此，徒增行控中心人員及站務人員作業困擾。故本系統也建置分享功能，將即時行車運轉畫面供給授權使用者（車站人員），以利旅客服務及事故應變等處理。

圖文辨識

由於Bombardier行車控制系統並未建立系統營運報表的產出，在議員向公司要求2009年12月31日列車發車記錄之系統運轉資料，並統計在excel上時，我們花了3個人力12小時Playback圖片，當時這3個人只好在公司跨年。

也因Bombardier行車控制系統功能不完善，逼迫我們進行後續的圖文辨識功能開發。但軟體開發也須建立在「不影響資安，不影響行車安全」下，做出符合使用者要求的系統。

本系統之圖文辨識工作站係使用者自行撰寫的圖文分析程式，開發出一系列的子程式，不但不侵犯智慧財產權，可完全得到客製化的服務，更重要的是沒有合約等外包形式，程式修改進度也非常之快，相關架構及主要功能如下：

- 一、再利用螢幕分接器將主任控制員席位工作站之正線調度畫面，接至本圖文辨識工作站。工作站內之影像擷取卡，接收螢幕分接器所輸出畫面訊號（如圖4）後，即獲取實際於文湖線上列車運轉調度之作業資料。
- 二、自行發展文湖線行控圖文辨識功能，將系統運轉畫面之圖形轉換為文字或數值（如圖5），再由行控同仁所開發之圖文辨識工作站獲得即時列車位置、月臺門開關門時間及列車旅行時間，藉以計算列車發車班次、準點率、平均班距、系統運能及延誤時間等。

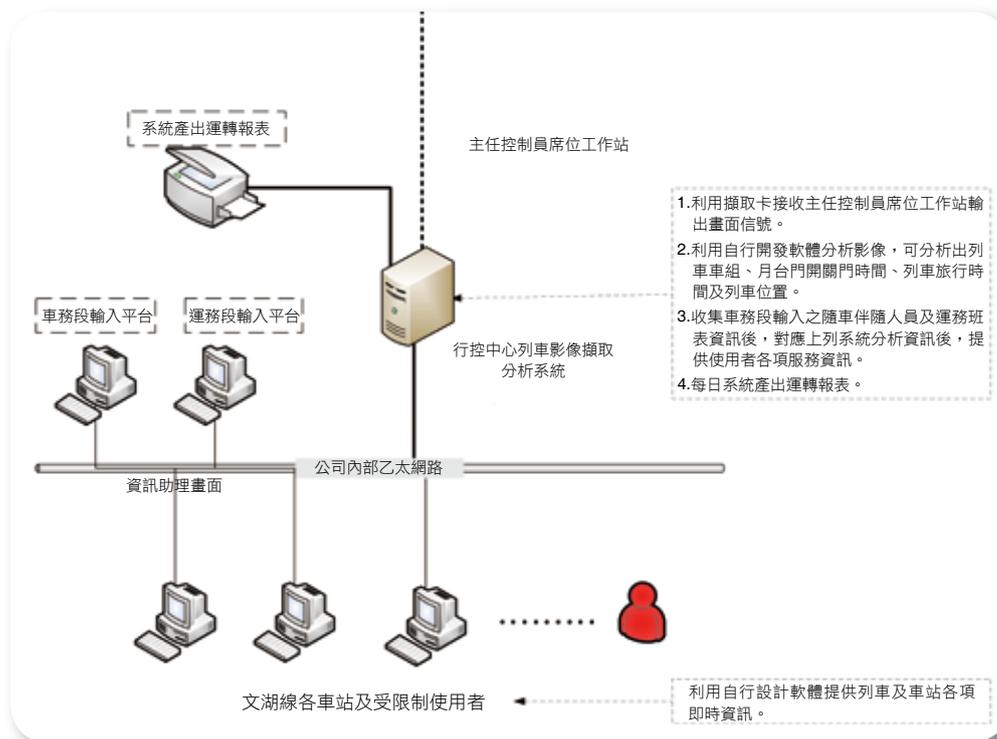


圖4 文湖線行車地理資訊系統圖文辨識工作站架

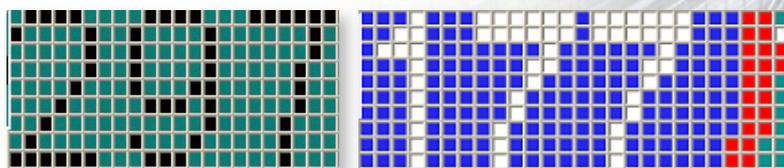


圖5 行車運轉畫面圖文辨識分析



三、由圖文辨識工作站所蒐集之即時列車運轉資料，直接儲存於每日文湖線行車地理資料庫，以供事件查詢及營運數據計算，此資料庫已擴展至文湖線歷史運轉資料查詢與輸出。

四、自動產出每日所需之文湖線行車運轉報表，彌補Bombardier行車控制系統報表產出的差異。

五、在文湖線任何時間，任一系列車，經過任一車站，停靠多久？何時出發？皆自動輸入文湖線行車地理資料庫，並完成網頁化。

列車運轉紀錄

147車從【BR13 方向一】至【B11 方向一】旅行時間表 - 2012/06/03

序號	列車	列車	車站	設定停站	到站時間	離站時間	旅行時間	停留時間
1	147	128	B08	2500		06:00:25		
2	147	128	B06	2500	06:00:38	06:00:54	00:00:03	356
3	147	128	B05	3500	06:00:25	06:01:27	00:01:21	222
4	147	128	B01	2500	06:01:59	06:02:06	00:00:22	33
5	147	128	B04	5000	05:07:52	05:07:59	00:05:46	7
6	147	128	B04	5000	05:05:56	05:06:13	05:00:01	7
7	147	128	B04	5000	05:08:20	05:08:27	05:00:07	7
8	147	128	B03	3500	06:00:49	06:01:19	00:00:35	90
9	147	128	B02	3000	06:01:27	06:00:16	00:01:08	2809
10	147	128	B03	2500	06:00:57	06:00:23	00:00:21	28
11	147	128	B01	2500	06:00:57	06:00:22	00:00:54	25
12	147	128	B02	2500	06:00:20	06:00:06	00:01:38	26
13	147	128	B03	3000	06:01:06	06:00:44	00:01:30	28
14	147	128	B04	2500	06:01:47	06:01:14	00:01:03	27
15	147	128	B05	2500	06:01:56	06:01:51	00:01:12	25
16	147	128	B06	2500	06:01:50	06:01:56	00:01:19	26
17	147	128	B07	2500	06:01:46	06:01:12	00:01:10	26
18	147	128	B08	2500	06:01:04	06:00:41	00:00:02	27
19	147	138	B09	2470	06:00:46	06:01:07	00:01:45	74

圖6 網頁化之即時列車運轉資料

發揚光大

文湖線行車地理資訊系統經由行控電腦螢幕畫面之影像擷取，獲得即時列車運行資訊，並分享全線24車站；再經由圖文辨識工作站，取得即時列車位置及月臺門運作時刻等，以計算列車運行數據。然而，前述系統僅發展到「行車」尚未到達「地理」之階段，系統友善度尚有空間，深度及廣度均可加強。

中運量文湖線行控中心屬中央集權式之操控形態，有關列車運轉之大大小小事，行控中心均須關心過問。而文湖線共有24個車站，116位站務員，120位線上控制員，126位列車伴隨人員，文湖線行控中心除了掌握列車正確位置外，列車之對車組成、列車上輪替之伴隨人員、車站上輪值之值班站長及站務員、各站緊急聯絡之警政消防單位，皆須快速而正確取得，以利事件處理。

為了到達「地理」的境界，除了「車」以外，也要結合「人」與「站」。考量車上有人，人在站上，車會到站，人會上車，車有尖離峰，人有早午班，系統整合確有一定之難度。此系統必須整合列車、伴隨人員、站務員及車站本身之資訊，也需運務中心各單位的配合，才能達成「即時」，而非「及時」的「行車地理」系統，其主要功能說明如下：

- 一、列車調度面板—配合列車維修之需求，於列車調度面板上將列車分為少跑車、次少跑車、無里程管制車、應多跑車、需求車、管制車、廣告車…等等，控制員一眼就能看出列車性質，以利調度維修上所需列車（如圖7）進入機廠。另此資訊也同步傳送至維修單位。



圖7 列車調度面板

- 二、列車組成一文湖線行控電腦之運轉畫面上，僅能得知其中單一對車車號，如同一列車之另一對車發生緊急事件，行控中心將無法於第一時間掌握。如今，系統上之正線運行列車，除顯示列車正確位置外，並顯示列車組成，且已與列車調度面板整合（如圖8），尖離峰轉換，輕鬆調度。
- 三、列車伴隨人員資訊—列車伴隨人員因尖離峰、排班及輪替等因素，每一趟列車其車上伴隨人員處於變動狀態，行控中心甚難確實掌握，尤其在尖峰時段（48列車）。目前，於系統上點選列車後，即獲得當時的伴隨人員資訊（如圖9），可立即建立聯絡管道。
- 四、車站人員及所屬機房資訊—車站上之站務人員（包含副站長及站務員）會因排班及支援伴隨而變化，行控中心於系統上點選車站代號後，即可獲得該站人員與所屬機房資訊（如圖10）。
- 五、車站緊急及週邊服務資訊—行控中心於緊急狀況下，很難立即而正確的獲得某一車站的轄區警局、消防分隊與送診醫院等資訊。進而該站聯開共構、周邊景點、平面圖、末六班車資訊及公車資訊…等等，也非隨時準備於側，翻閱可得。本項功能，僅利用一根手指頭點一下滑鼠，即可到達「地理」的境界、

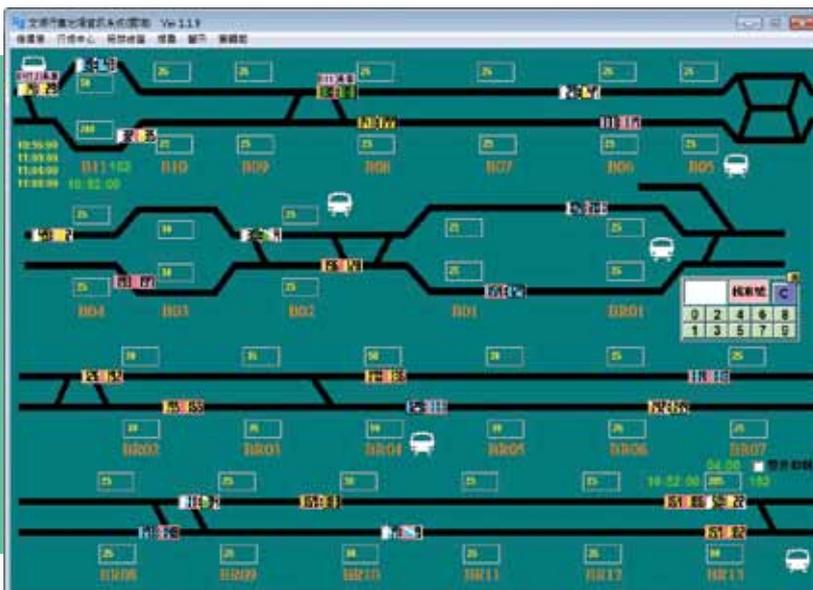


圖8 即時列車位置與列車組成

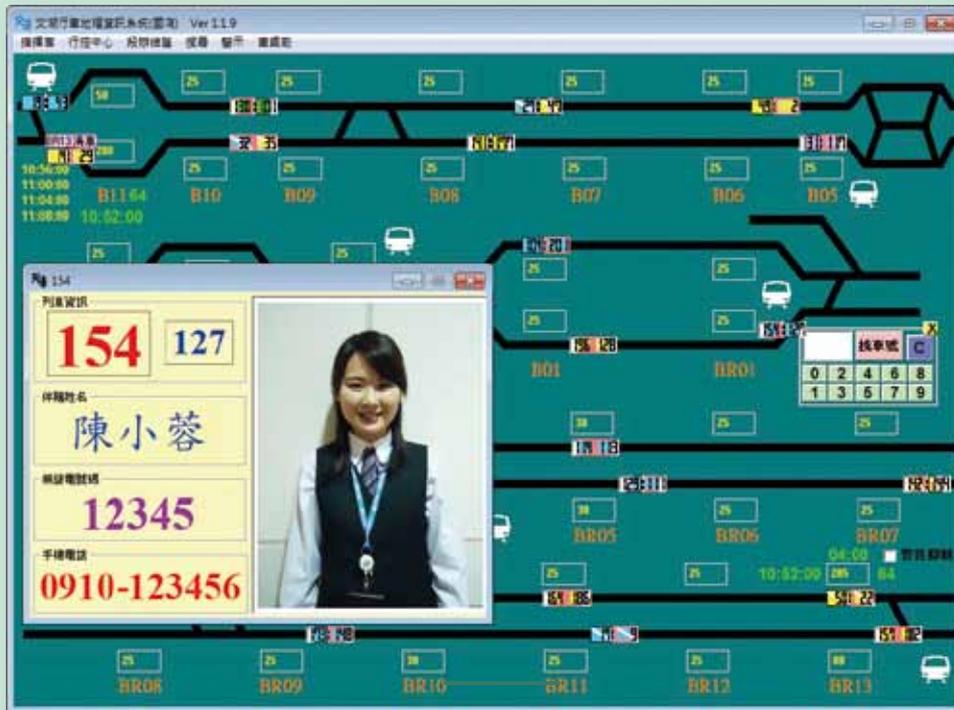


圖9 列車伴隨人員即時資訊



圖10 車站緊急及週邊服務資訊

更上層樓

文湖線上午尖峰時段（7至9時）需48列車，下午尖峰時段（17至19時）需44列車以輸運尖峰時段上下班旅客，維持穩定運轉；而離峰時段旅客量較少，僅需25列車，即可滿足旅運需求。然文湖線尖峰與離峰旅客量差異很大，除離峰時段由車務人員伴隨列車外，在上下午尖峰時段均需站務人員、幕僚及維修同仁協同伴隨。而前來支援伴隨列車同仁，皆是各單位以輪替支援方式至車務段報到後，再安排接車伴隨，其支援伴隨之時間、地點、伴隨趟數及接車順序皆有不同，容易造成混淆，而發生排班困擾。

中運量文湖線車務段將預排接車班表經由網路即時傳至行控中心、伴隨人員休息室或車站詢問處。相關人員可立即得知所需資訊，進而主動配合；管理人員也由紙筆作業進昇滑鼠操控；輪替資訊也因電腦化而公開透明，避免了同仁排班紛爭，增進團隊合作。

本系統確因實際需求而發展，發展過程皆與實際使用者充分溝通，並及時修正。主要程式撰寫人員也是系統使用者，對於不適合之作業方式，隨時修正並立即維護修改，以減少同仁處於資訊真空狀態。有關本系統「列車排班管理」部分，其主要功能說明如下：

- 一、預排接車班表—當班伴隨人員接車順序，以網路連線方式，即時呈現在使用「文湖線行車地理資訊系統」（如圖11）的使用者上，伴隨人員可於休息室獲知下次接車時刻，以利安排個人休息時段之行程。

列車號碼	伴隨人員	伴隨時間	接車地點	抵達時間	結束時間
0910-123456	李大明	10:52:00	...	...	...
019	李大仁	10:52:00	...	...	...
月台待命	王小明	10:56:00	...	...	...
月台待命	張小華	11:00:00	...	...	...
11:04:00	張小美	...	...	...	...
11:08:00	鄧小宏	12:28:00	...	...	...
11:12:00	鄧小宏	12:32:00	...	...	...
11:16:00	鄧小宏	12:36:00	...	...	...
11:20:00	鄧小宏	12:40:00	...	...	...
11:24:00	鄧小宏	12:44:00	...	...	...
11:28:00	鄧小宏	12:48:00	...	...	...
11:32:00	鄧小宏	12:52:00	...	...	...
11:36:00	鄧小宏	12:56:00	...	...	...
11:40:00	鄧小宏	13:00:00	...	...	...
11:44:00	鄧小宏	13:04:00	...	...	...
11:48:00	鄧小宏	13:08:00	...	...	...
11:52:00	鄧小宏	13:12:00	...	...	...
11:56:00	鄧小宏	13:16:00	...	...	...
12:00:00	鄧小宏	13:20:00	...	...	...
12:04:00	鄧小宏	13:24:00	...	...	...
12:08:00	鄧小宏	13:28:00	...	...	...
12:12:00	鄧小宏	13:32:00	...	...	...
12:16:00	鄧小宏	13:36:00	...	...	...
12:20:00	鄧小宏	13:40:00	...	...	...
12:24:00	鄧小宏	13:44:00	...	...	...

圖11 伴隨人員排班系統

- 二、顯示伴隨車號一列車係由雙對車組成，每對車各有其車號，然內湖行控系統車號僅能顯示一對車之車號，行控同仁統一設定內湖端對車車號，而接車位置處於木柵端，伴隨人員續再度確認列車車號，此系統可於列車停於月臺時，立即得知。
- 三、班表彈性調整一伴隨人員偶因其他事件（配合訓練、業務交接及臨時交辦任務等）而延後接車或需提前接車，指揮人員可用ICON牽引方式，調整列車接車順序（如圖12），即時顯示。
- 四、顏色管理一伴隨人員組成除文湖線車務段同仁外，亦於尖峰時段增加站務人員、幕僚及維修同仁協同伴隨，然支援伴隨之時間、地點、伴隨趟數及接車順序皆有不同，本系統採顏色管理方式，指揮人員一眼就能看出支援人員之性質，以避免發生排班誤差。
- 五、歷史資料查詢一凡是列於班表行列且確實伴隨列車之同仁，其伴隨之列車車號、上車時間、下車時間以及預估下次上車時均能立即顯示，並自動存於電腦之伴隨人員資料庫中，對於歷史資料或事件查詢可立即使用電腦快速得知。

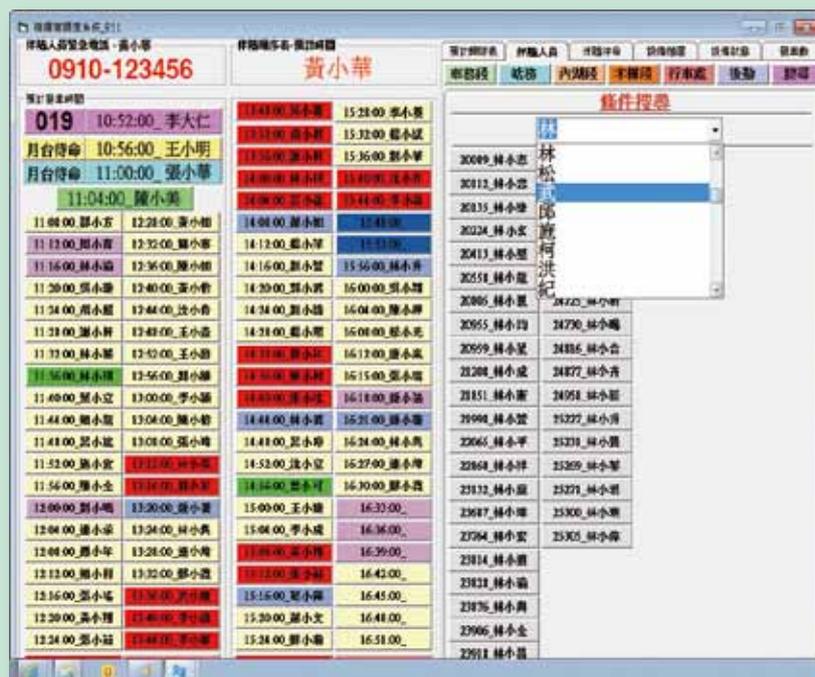


圖12 伴隨人員搜尋

效益分析

一、有形效益：

(一) 人時評估 (以一年為基準估算)：

1. 旅客引導作業省5分鐘/次*10次/天*365天=304人時/年。
2. 列車組成查詢省1分鐘/次*240次/天*365天=1,460人時/年。
3. 車站資訊查詢省1分鐘/次*60次/天*365天=365人時/年。
4. 隨人員通報省1分鐘/次*300次/天*365天=1,825人時/年。
5. 每日運轉報表省8小時*365天=2,920人時/年。
6. 列車運行報表省8小時*365天=2,920人時/年。

(二) 財務評估 (以一年為基準估算)：

以類似本系統功能之行車控監控設備 (CityFlo Monitor System) 向建置廠商詢價，約為美金600萬元 (約新臺幣1.8億元)，如加上每年軟、硬體之維護費 (以總價5%計)，約為美金30萬元 (約新臺幣900萬元)。

本系統為行控同仁自行開發，使用了2臺電腦及2張影像擷取卡及一些線材，約新臺幣18萬元，由於程式自行撰寫，軟體完全免費，後續之程式修改及設備維護費用，均可省下。



二、無形效益：

(一) 改善列車調度

使用資料庫方式管理，可讓行控中心、維修單位及車站同步取得正確而即時之列車狀態，當列車有需求或故障時，亦可標示其列車，立即讓使用單位瞭解，車站支援人員也可明確得知列車位置，在事故發生時，可早一步到達事故列車。

(二) 改善列車追蹤

可立即掌控伴隨人員資訊，本系統可在人員上車時將人員對應至列車，使用者及行控中心可立即得知伴隨人員基本資料及電話，以利人員調度。

(三) 提昇服務品質

車站服務人員可主動瞭解列車位置提供旅客協助服務，對於旅客需要全線任一車站之景點資訊，或是末六班車資訊皆可以利用本系統，快速服務。



(四) 保障行車安全

本系統除可供行控中心獲得運轉資訊，對於事件處理也可縮短處理時間，使用者及行控中心可立即得知車站人員人力、基本資料及電話，以利人員調度，另各車站機房、平面圖、管理計畫、附近消防單位、派出所及醫院等資訊，均可在需要時立即呈現。



2

高運量電聯車 清潔管理 精進作為

The Progress
Management of Train
Cleaning Methods for
High-Capacity System



林志宏 Chih-hung Lin¹、吳國群 Kuo-chun Wu²

¹ 臺北捷運公司行車處車務中心主任 chlin37@trtc.com.tw

² 臺北捷運公司行車處車務中心專員 e23816@trtc.com.tw

摘要

臺北捷運系統累計旅運量已突破50億人次，公司的品質政策以提供旅客「安全、可靠、舒適、便捷」的運輸服務為目標，提昇電聯車的清潔品質不僅能提供旅客舒適的乘車環境，更能塑造優質的企業形象。本文將介紹高運量電聯車清潔作業內容及管理方式，藉由清潔管理及工法的精進作為，一方面可提昇清潔品質及施作成效，另一方面亦可做為未來新訂清潔契約之參考。

關鍵字：電聯車清潔、日清潔、清潔工法

Abstract

Taipei Metro's accumulated ridership has exceeded 5 billion journeys with its quality policy of "Providing a Safe, Reliable, Comfortable, and Convenient Transportation Service." Continually upgrading train cleaning quality not only provides a comfortable traveling environment for travelers, but also shapes the high-quality corporate image for Taipei Metro. This article introduces train cleaning methods and management for the high-capacity system. Promoting and adjusting current cleaning methods enhance cleaning quality and work efficiency. In addition, improved methods will be included in reference for renewal of train cleaning contract.

Keywords : Train Cleaning, Daily Clean, Cleaning Methods

前言

目前臺北捷運系統高運量電聯車清潔工作係以公開招標方式外包予廠商，作業地點為高運量各機廠駐車區，本公司依電聯車清潔需求訂定相關清潔項目及施作週期，各機廠管理人員再依契約內容執行管理及驗收工作；另本公司亦參考每年辦理之旅客滿意度調查結果，以檢視電聯車清潔成效。本文將介紹高運量電聯車清潔作業方式，依長期觀察及檢討各清潔項目之施作成效，制定各清潔工法之標準化流程，以控管每列電聯車之清潔品質。

高運量電聯車簡介

高運量電聯車由6節車廂組成，其組成順序代號為DM1-T-M2-M2-T-DM1（另有支線營運專用DM1-T-DM2或DM1-T-M2所組成之3車組），6節車廂全長141公尺，車體材質為不鏽鋼，車窗玻璃材質為雙層強化膠合玻璃，各車廂內部之長度、寬度及高度如下：

DM1 車廂：22.995公尺 × 3.18公尺 × 2.05公尺

T 車廂：22.740公尺 × 3.18公尺 × 2.05公尺

M2 車廂：22.740公尺 × 3.18公尺 × 2.05公尺



高運量電聯車清潔方式

高運量電聯車清潔方式分為機器清洗及人工清洗二種，分述如下：

一、機器清洗

- (一) 利用各機廠廠區內設置之電聯車自動洗車設備（自動洗車機）清洗電聯車外部，洗車機使用清水而未添加任何清潔劑，並依各機廠自動洗車機入口位置之差異，分為出機廠（如南港機廠）或進機廠（如北投、新店、土城及蘆洲機廠）時進行。
- (二) 自動洗車機入口外設有偵測設備，當列車進入時即啟動洗車設備，再以5公里/小時慢速通過自動洗車設備進行外部清洗，自動沖洗設備之清潔流程為「沖水—刷洗（列車上下及兩側）—刷洗（列車兩側加強刷洗）—刷洗（列車上下及兩側）—沖水」。
- (三) 營運列車每週平均至少進行機器清洗二次，清洗頻率可視現場需求適度調整以維護列車清潔品質。



圖1 自動洗車機外觀



圖2 列車以5公里/小時慢速通過自動洗車設備



二、人工清洗

電聯車人工清洗由清潔廠商派員執行，並由各機廠之車場管理人員負責監督及查驗，以下針對人工清潔項目說明。

(一) 常態列車清潔

常態性列車清潔工作包含日清潔、雙週清潔[1]、雙週清潔[2]及車廂例行性消毒，工作時段原則於每日21:00至翌日05:00止，必要時可調整工作時段。清潔工作原則上須於04:00前完成，於04:00至05:00之間則針對未完善之部分執行改善，其工作內容如下：

1 日清潔

係針對翌日上線營運列車（含備用車）執行車廂內部之清潔作業，工作項目包括地板清潔、車廂屏風玻璃清潔擦拭、車窗玻璃內面清潔擦拭、車廂座椅清潔擦拭、扶手欄杆及空調迴風口清潔擦拭、車廂內壁清潔擦拭、車門內面清潔擦拭、駕駛室清潔及話筒消毒、廠區清潔。



圖3 車廂屏風玻璃清潔擦拭



圖4 車窗玻璃內面清潔擦拭

2 雙週清潔[1]

為車廂內部之加強清潔作業，每列車施作頻率以每14日施作1次為原則，工作項目包括空調出風口及迴風口清潔擦拭、天花板及燈罩清潔擦拭、車廂內壁積垢加強清除、車門內面加強清潔、地板及車廂（間）加強清潔、駕駛室加強清潔、扶手欄杆加強清潔、車廂座椅加強清潔。



圖5 空調出風口及迴風口清潔擦拭



圖6 車廂內壁積垢加強清除

3

雙週清潔[2]

分為車廂內部及車體外部清潔作業，每列車施作頻率以每14日施作1次為原則，工作項目包括車體及車門外部清潔及刮乾、車體外部配件清潔、車頭外罩、燈罩清潔及刮乾、車窗玻璃外部清潔及刮乾、地板清潔及光亮維護、車門踏板清潔亮光保養、車內滅火器表面及其支架清潔擦拭、車門內面加強清潔（本項係配合雙週清潔[2]施作，惟週期為半年）、車內不鏽鋼部分清潔亮光保養。



圖7 地板清潔及光亮維護



圖8 車頭外罩清潔

4

車廂例行性消毒

每月1日及16日廠商須以0.05%或本公司指定之濃度漂白水水溶液針對所有電聯車車廂內各項設備（含駕駛室、地板、屏風玻璃、座椅、扶手欄杆、拉環吊帶、內壁、迴風口、車門內面及車間通道側面）進行例行性消毒擦拭，除平時定期消毒作業外，本公司如因特殊疫情（如SARS疫情、禽流感或新型流感等）發生本公司須針對電聯車進行加強消毒時，廠商將依本公司通知之擦拭濃度、範圍、頻率及調製方式，配合提供相關設備及漂白水進行消毒作業。

(二) 專案性清潔

有關電聯車專案性清潔工作，區分為車窗玻璃除垢、車體外部除鏽、車頂除鏽及車體外部殘膠處理等清潔工作，每次施作前除應確認列車車身及玻璃表面狀況，俾利釐清施作後發現車身異常時之責任歸屬，另於施作完成後，應確保列車車身及玻璃表面於45天內不致因其施作工法或藥劑而有所損壞，如有應立即改善並恢復原狀，其工作內容、方法及查驗標準如下：

1. 車窗玻璃除垢

為電聯車外部車窗玻璃之專案清潔作業，每列車施作頻率以每年施作1次為原則，並視實際髒污狀況調整。

表1 車窗玻璃除垢工作內容及方法

工作內容	工作方法
全車車窗玻璃外部水垢之清除	<ul style="list-style-type: none"> ●先以清水沖除表面積塵後，再以本公司認可之車窗玻璃除垢工法及除垢清潔劑清潔車窗玻璃（含車頭擋風玻璃、目的地顯示器玻璃及頭燈玻璃）邊框及角落污垢，直到水垢去除為止。 ●再以白色菜瓜布配合清水將污垢及除垢清潔劑清除。 ●用橡膠刮刀將玻璃表面之水漬刮除，並使用不掉毛絮之乾淨抹布擦拭邊角。 ●將流至車窗玻璃下緣（含周邊車體）之污水、殘留之除垢清潔劑沖洗乾淨，並用不掉毛絮之乾淨抹布將其表面之水漬擦拭乾淨。 ●以徒手觸摸玻璃表面呈現光滑無水垢顆粒之粗糙感。



圖9 駕駛室玻璃施作前



圖10 駕駛室玻璃施作後



圖11 前擋玻璃施作前



圖12 前擋玻璃施作後

2.車體外部除鏽

為電聯車車體外部之專案除鏽清潔作業，每列車施作頻率以每3年施作1次為原則，並視實際髒污狀況調整。

表2 車體外部除鏽工作內容及方法

工作內容	工作方法
A. 車體外部 除鏽	<ul style="list-style-type: none"> ●先以清水沖除表面積塵後，再以本公司認可之車體外部除鏽工法及除鏽清潔劑清潔車體及車門外部（含其導槽及底座等）表面，而車體若有殘膠，請以除膠劑塗抹於相關殘膠位置，俟殘膠溶解後，再以白色菜瓜布配合清水水柱將除鏽清潔劑及除膠劑刷洗清除乾淨，並確認除鏽清潔劑及除膠劑均無殘留於車體。 ●以白色菜瓜布沾附清潔劑清潔各車廂間之防墜裝置，再以清水將清潔劑刷洗清除乾淨，並確認清潔劑均無殘留於防墜裝置。
B. 車體外部 配件清潔	<ul style="list-style-type: none"> ●以本公司認可之車體外部除鏽工法及除鏽清潔劑清潔車體外部配件表面，而車體殘膠，請以除膠劑塗抹於相關殘膠位置，俟殘膠溶解後，再以白色菜瓜布配合清水水柱將除鏽清潔劑及除膠劑刷洗清除乾淨，並確認除鏽清潔劑及除膠劑均無殘留於車體。 ●再次以清水沖洗，確認清潔劑及除膠劑均無殘留於表面。
C. 車頭外 罩、燈罩 清潔及刮 乾	<ul style="list-style-type: none"> ●先以清水沖除車頭外罩（含車頭擋風玻璃、目的地顯示器玻璃）及燈罩（含頭燈玻璃）表面積塵後，再以免毛刷或適當工具沾除垢清潔劑【應依施作之材質（玻璃纖維或玻璃）而區分清潔劑】清潔其表面污垢。 ●於清潔完畢後，再以清水將污垢及藥劑沖洗清除。 ●以不掉毛絮之乾淨擦拭布將表面水漬擦拭乾淨。 ●於確認車頭（玻璃纖維）表面完全乾燥後，再塗上水蠟或外觀保養液以保持亮麗。



圖13 車身不鏽鋼施作前

圖14 車身不鏽鋼施作後



圖15 車頭玻璃纖維施作前

圖16 車頭玻璃纖維施作後



3. 車頂除鏽

為電聯車車頂部分之專案除鏽清潔作業，每列車施作頻率依營運路線不同而有區別，行駛平面與高架路線之列車以每3年施作1次為原則，行駛於地下路線之列車則每7年施作1次，並視實際髒污狀況調整。

表3 車頂除鏽工作內容及方法

工作內容	工作方法
各車廂外車頂部分之除鏽	<ul style="list-style-type: none"> ● 清潔領班應先行完成高架作業防護措施之自主檢點（如雙掛勾安全子索、兩端防墜警示牌等）。 ● 兩端（DM1）聯結器、各車廂間聯結器（M2）端及各車廂間電、氣管路以塑膠袋包覆；車頂通風口及車間通道上方，以透明塑膠布覆蓋，防止清潔劑沾染，造成設備侵蝕、損害。 ● 以本公司認可之車頂除鏽工法及車頂除鏽清潔劑清潔車頂不鏽鋼波浪板每個區域。 ● 以長柄刷配合清水將車頂不鏽鋼波浪板每個區域之污垢及除鏽清潔劑刷洗清除。 ● 以白色菜瓜布配合清水將車頂通風口周邊之污垢及除鏽清潔劑清除。 ● 於施作完畢後，將人員及設備相關防護措施逐一撤除，並完成自主檢查。



圖17 車頂不鏽鋼施作前



圖18 車頂不鏽鋼施作後

4.車體外部殘膠處理

為電聯車車體外部殘膠之處理作業，係列車因車廂廣告下刊、廣告廠商完成初步除膠作業後，若有殘膠則視實際髒污狀況啟動本專案。

表4 車體外部殘膠處理工作內容及方法

工作內容	工作方法
A. 車體外部除膠及刮乾	先以清水沖除表面積塵後，再以本公司認可之車體外部除膠工法及除膠劑清潔車體及車門外部（含其導槽側面等）相關殘膠位置表面，將除膠劑刷洗清除乾淨，並確認除膠劑均無殘留於車體。
B. 車體外部配件除膠、清潔及刮乾	以本公司認可之車體外部除膠工法及除膠劑清潔車體外部配件相關殘膠位置表面，將除膠劑刷洗清除乾淨，並確認除膠劑均無殘留於車體。
C. 車頭外罩、燈罩除膠清潔及刮乾	以本公司認可之車體外部除膠工法及除膠劑清潔車頭外罩、燈罩相關殘膠位置表面，將除膠劑刷洗清除乾淨，並確認除膠劑均無殘留於車體。

5.廠區環境消毒

本專案作業係針對各機廠駐車區執行滅蟲消毒作業，避免蟑螂、跳蚤及其他害蟲侵入電聯車車廂，影響旅客搭乘品質。

表5 廠區環境消毒工作內容及方法

工作內容	工作方法
駐車區滅蟲消毒作業	<ul style="list-style-type: none"> ●以消毒藥劑執行駐車區周邊環境及廠區設備滅蟲消毒及蟑螂餌劑佈放作業，相關作業範圍如下： <ul style="list-style-type: none"> ※駐車區周邊通道、每一條駐車軌走道（含軌縫）、軌道面（含道碴區）、周邊牆面邊角、立柱、陰井、水溝、清潔器具存放區及駐車區易積水處等。 ※另依本公司指派之範圍執行。 ●本項目原則上消毒作業每2個月各機廠執行1次。蟑螂餌劑每2個月佈放及補充一次。另廠商應依本公司指示施作日期進行駐車區消毒及蟑螂餌劑佈放需求（含新增消毒、蟑螂餌劑佈放範圍或消毒、蟑螂餌劑佈放頻率）增加安排施作。

清潔作業現場管理方式

一、作業前人員出勤確認及安全宣導

清潔人員簽到時，車場值班管理人員應注意清潔公司應派人數是否足夠、有無簽到不實、遲到等，如有應填寫「電聯車清潔作業違規告發單」，並注意人員精神狀態，有無穿著反光背心及膠鞋，是否接受過安全講習及符合其他規定事項；並應對廠商現場工作負責人進行「危害防範及工作安全注意事項宣導」且做成紀錄，另督導清潔領班完成清潔人員勤前教育，清潔機具使用前完成檢查。



圖19 管理人員執行勤前宣導



圖20 清潔領班執行勤前教育



二、作業期間值班管理人員巡查

值班管理人員應至現場督導巡查，並登錄於工作日誌，確保清潔工作順利執行並注意相關安全規定，相關巡查頻度如下：

- (一) 午班管理人員應於清潔人員21：00報到至22：00間至工作現場巡查。
- (二) 夜班管理人員或領班應於00：00、02：00以及04：00等3個時段，至工作現場巡查。
- (三) 專案清潔工作於日間執行時，值班管理人員於施作期間，應每2小時至工作現場巡查。



三、清潔工作完成後之查驗

檢查人員應會同清潔人員檢查，檢查不合格立即要求改善，若未即時改善合格，則按契約罰則處理，檢查結果登錄於各清潔項目之驗收表單。

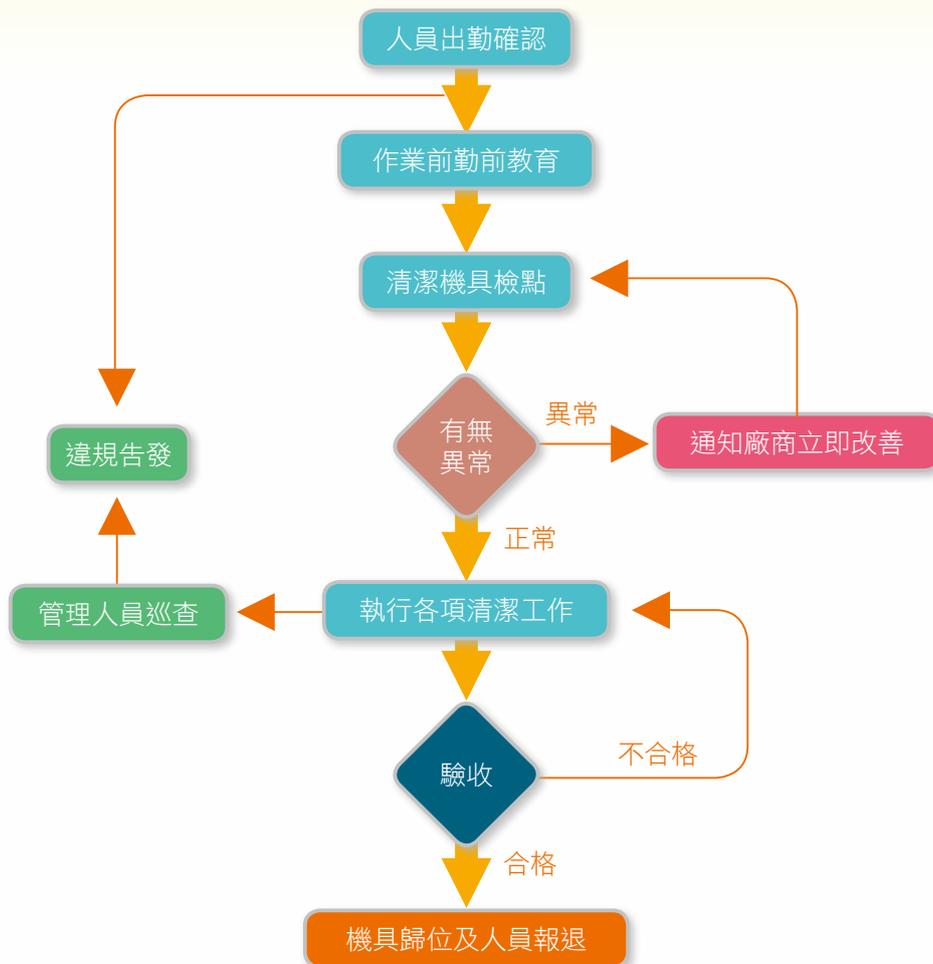


圖21 清潔控管流程圖

管理精進作為

隨著捷運運量逐年上昇、車隊規模擴大，相關清潔項目之施作週期、清潔之工法與作業之流程須適時調整，以增進工作效率及確保清潔品質，以下針對管理精進作為說明。

一、調整各清潔項目施作週期

各清潔項目依過去施作結果，調整適當之清潔週期，以維護清潔成效。

- (一) 雙週清潔[1]：2010年4月以前係每21天施作1次，由於旅運量增加致車廂清潔維護不易，自2010年5月起改為每14天施作1次。
- (二) 雙週清潔[2]：2010年4月以前係每21天施作1次，此項目重點在於地板清潔之上蠟維護，由於旅運量增加致地板被踩踏的次數較為頻繁，自2010年5月起改為每14天施作1次。
- (三) 車窗玻璃除垢：2010年4月以前係每2年施作1次，由於行駛於平面及高架路段之列車玻璃易受風雨影響，水垢生成速度較快，自2010年5月起調整為每年施作1次，提昇車窗玻璃之整體清潔度。
- (四) 車體外部除鏽：2010年4月以前係每2年施作1次，經長期觀察週期可適度拉長，故自2010年5月起調整為每3年施作1次。
- (五) 車體外部殘膠處理：此為2012年度新增之項目，由於列車車體廣告數量增加，下刊後處理附著於車體殘膠之時效更顯重要，故新增此項目。
- (六) 廠區環境消毒：此為2012年度新增之項目，為避免蟑螂、跳蚤等昆蟲侵入電聯車車廂後滯留，影響旅客搭乘品質，各機廠每2個月執行1次消毒。

二、充分溝通以提高廠商配合度

過去在清潔履約過程中，僅由各機廠管理人員負責督導清潔工作，廠商若有執行上的困難或建議無法適時反映，為確保清潔工作順利推動，本公司自2010年5月起每季定期召開協力廠商工作安全會議，除宣導工作安全注意事項，會中雙方針對清潔作業相關建議內容與想法進行交流，使廠商明瞭本公司所要求的清潔標準，雙方取得共識才能提高廠商的配合度，營造雙贏的局面。

三、提昇管理人員及清潔人員對於清潔工法及流程的熟悉度

(一) 設計檢核機制供管理人員於巡檢時確認

各機廠收發車時間不同，清潔工作時間安排需視現場狀況作調整，依實際狀況擬定檢核表，將各清潔工作流程以時間點區隔進行控管，管理人員於巡查時，依檢核項目進行比對，督導清潔人員掌握工作進度，確保清潔作業流程順暢及落實執行。

表6 雙週清潔[2]工作檢核表

車組：_____ 日期：_____

1.車體及車門外部清洗及刮乾

	是/否	預計檢查時間	檢查時間	檢查人	備註
除鏽水調配比例是否適當		21:05			
車頭外部清潔是否使用簡易平台		21:15			
是否斷電完成及防護警示		21:10			
施作時每塗佈1-2節車廂之車體後 是否有按步驟清洗避免污垢及清潔劑停留過久		21:20			

2.地板清洗及除蠟上蠟

	是/否	預計檢查時間	檢查時間	檢查人	備註
* 除蠟水調配比例是否適當		22:20			
滅火器是否有取出放置妥當位置		22:25			
* 車間門落鎖孔是否有確實使用阻水防護		22:30			
* 是否有確實使用阻水設施		22:30			
* 使用電器設備是否有使用漏電斷路器		22:35			
* 刷洗後的除蠟水是否有吸除乾淨		1:00			
* 吸除除蠟水後是否有用濕拖把將剩餘除蠟水清除乾淨		1:00			
* 清除剩餘除蠟水的濕拖把是否有每半節清洗一次		1:00			
* 接續是否有用乾拖把將地板拖乾 尤其是角落、地板接縫、車門五線譜、轉角處		1:00			
* 除蠟且清潔完成後是否有靜置一段時間 使地板乾燥後再行上蠟		1:30			
收集後的除蠟水是否有按規定集中處理		1:30			
上蠟前是否有移動列車檢查有無蠟水流出		1:30			
若有蠟水流出是否有按前述步驟請除乾淨後再上蠟		1:30			
* 上蠟拖把是否乾淨乾燥且沒有與除蠟用拖把混用		2:00			
* 是否有沾污地板周邊不鏽鋼接縫與欄杆接縫（喇叭座）		3:00			
上完第一層蠟後是否有等乾燥後再上第二層		3:00			
* 車間門落鎖孔阻水防護是否移除 (若有蠟水滲入請清潔及時處理)		3:30			
完成後滅火器是否有正確復歸妥當		4:00			
* 車門踏板與地板交接處積蠟是否有清除乾淨		4:00			

值班管理人員：_____ 段長：_____

- 註：1.請值班同仁盡量利用時間依此表單上檢核重點上車檢查。
2.*號註記為重點檢查項目。
3.檢查時間請依實際查核時間填入。

(二) 定期由廠商工作現場負責人向清潔人員進行清潔工法示範教學

每月選擇一項清潔項目由廠商清潔領班向所有清潔人員示範，作為清潔工法之經驗傳承。

四、訂定列車清潔指標進行控管

為確保列車清潔品質，本公司訂定「每日上線列車車廂清潔比率」及「列車車身清潔作業執行程度」須達訂定之目標值以上，以2011年為例，每月皆達成訂定之目標值。



圖22 2011年每日上線列車車廂清潔比率統計圖

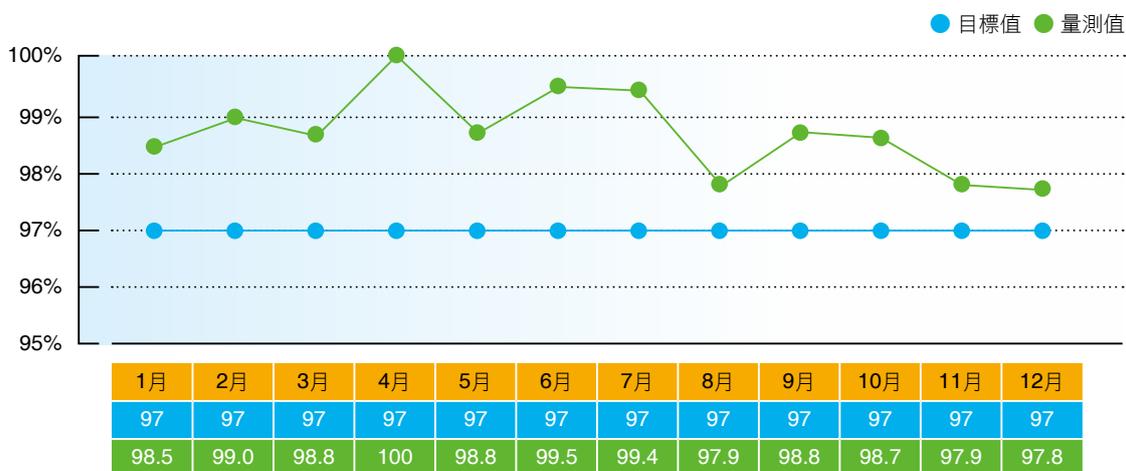


圖23 2011年列車車身清潔作業執行程度統計圖

旅客對電聯車清潔之滿意度

本公司針對旅客搭乘列車之感受進行問卷調查，藉由掌握旅客對列車搭乘感受滿意度，以滿足旅客真正需求，統計結果如圖24所示：



圖24 歷年旅客對車廂整體清潔之滿意度統計圖

由圖24可得知旅客對車廂整體清潔之滿意度甚高，顯見電聯車整體清潔最受旅客重視及肯定。

結論

臺北捷運系統之電聯車清潔成果備受旅客讚揚與肯定，儼然成為臺北人共同的驕傲，每年旅客滿意度居各指標之冠，顯見旅客對本公司電聯車清潔之感受甚佳，本公司本著「顧客至上，品質第一」的經營理念，持續精進各清潔項目的工法及管理方式，提供旅客乾淨舒適的乘車品質，營造更優質的企業形象。

參考文獻

- 1.2011年度臺北捷運旅客滿意度調查，臺北大眾捷運股份有限公司。
- 2.高運量電聯車清潔工作契約（2012），臺北大眾捷運股份有限公司。
- 3.高運量車務工作說明書-車務管理作業-電聯車清潔作業，臺北大眾捷運股份有限公司。



3

臺鐵列車 營運連鎖延滯 之模擬分析 應用

Simulation Analysis and
Application on Knock-
on Delay of Taiwan
Regional Railway



劉昭榮 Jau-rong Liu¹、黃承傳 Cherng-chwan Hwang²

¹ 國立交通大學交通運輸研究所博士、交通部運輸研究所研究員 felix@iot.gov.tw

² 國立交通大學交通運輸研究所教授 cch@mail.nctu.edu.tw

摘要

鐵路系統容量不足往往是導致列車延滯之主因，尤其在初始延滯（**first delay**）發生後，後續所引發的連鎖延滯（**knock-on delay**）擴散效應對列車正常營運之影響甚大。本研究依據臺鐵系統之運轉特性構建一模擬模式用以推估連鎖延滯，並經驗證模式的合理性後，續針對不同初始延滯程度衍生之連鎖延滯擴散，及不同運轉調度策略（**timetable recovery strategy**）對連鎖延滯降低進行系統分析；另亦分別針對列車密度、初始延滯及運轉調度策略對連鎖延滯之影響及其整體交互作用影響進行分析；此外，本研究也深入探討具隨機特性關鍵因素所產生連鎖延滯之班表穩定度問題。本研究所提出之分析架構及內容，除可有效釐清連鎖延滯關鍵影響因素及程度，構建之模擬模式更可作為相關改善策略之分析工具。

關鍵字：初始延滯、連鎖延滯、運轉調度策略、隨機特性

Abstract

Train delays of a railway system are affected by many factors and one of the most important factors is insufficient line capacity. Once a first delay occurs, the delay propagation (i.e., knock-on delay) always interrupts train operation. This research develops a comprehensive simulation model to estimate knock-on delays. This research first collects real data of Taiwan railway system to verify and validate the model. The impacts on knock-on delays of different first delays and timetable recovery strategies are then evaluated. Based on the simulation results of the case study, regression analysis is employed to calibrate the relationships between knock-on delays and three key factors, which are train density, first delay and timetable recovery strategy. To clarify the stochastic nature of the key factors affecting knock-on delays, this research also evaluates timetable stability of Taiwan railway system. In summary, this research proposes a framework and a simulation model which can be applied to analyze the impacts on knock-on delay by all kinds of changes in infrastructures, operational situations and controlling strategies.

Keywords : First Delay, Knock-on Delay, Timetable Recovery Strategy, Stochastic Nature

前言

列車延滯依其類型可分為「列車排班的交會待避延誤 (waiting time due to scheduled meeting and overtaking)」以及「列車實際運行的延滯 (delay in current operation)」兩類 (交通部運輸研究所, 2005), 前者係列車排班作業過程中, 列車因排除衝突所需額外增加的停等時間, 亦稱為排班延滯 (scheduled delay), 通常是用來分析時刻表容量; 而後者則是列車實際運行過程中所發生的延滯, 亦稱為非排班延滯 (unscheduled delay), 一般列車服務可靠度所討論的延滯通常是指後者。若細究延滯發生的原因, 則列車實際運行延滯又可分為初始延滯 (first delay/primary delay/exogenous delay) 和連鎖延滯 (secondary delay/knock-on delay) 兩類 (Olsson et al., 2004)。初始延滯是由於外在因素直接影響列車運行導致的延滯, 而連鎖延滯則是由於初始延滯的發生, 造成列車間相互影響所導致的延滯, 例如列車因旅客量過多導致停站時間過長, 或列車車輛故障及事故所導致之列車停等, 皆為初始延滯; 而因初始延滯導致其續行列車必須機外停車, 便是連鎖延滯。一般有關初始延滯問題, 有部分文獻係以安全績效觀點 (李治綱等人, 2009) 進行分析, 但有關連鎖延滯問題, 因其可能係容量不足、初始延滯及各項軟硬體設施條件之交互作用等複雜關係所導致之結果, 且其影響系統服務品質之程度及營運績效狀況通常最為直接也最嚴重, 故若欲探究軌道系統之服務品質改善課題, 則應特別針對連鎖延滯之影響因素及其影響程度進行深入分析。

有鑑於連鎖延滯擴散效應對於臺鐵系統正常營運之影響至為關鍵, 且連鎖延滯牽涉之影響因素又相當錯綜複雜, 而過去之相關研究主要著重在以平均延滯角度分析延滯影響因素, 或就特定路段 (如車站) 小範圍作各項延滯影響程度之解析式分析, 尚無就整體軌道系統影響連鎖延滯之各項條件因素進行綜合性分析, 即使探討連鎖延滯之研究亦僅就單一車站範圍構建解析模式進行影響因素之交互作用分析, 實難一窺連鎖延滯議題之全貌並完全反映實際列車運作及延滯之交互影響現象。故本研究除嘗試有效釐清影響連鎖延滯之關鍵因子、其交互作用及各種情境條件所產生連鎖延滯之影響程度, 更希望透過本研究建構連鎖延滯之分析推估模式, 以作為後續理論研究與實務應用之參考。

由於軌道列車運行延滯與可靠度之間存在抵換關係, 故在理論研究與實務應用上, 常藉由班表可靠度之探討來衡量延滯之衝擊影響, 而準點率則常用來評估列車服務可靠度之良窳, 但因影響延滯與可靠度之因素錯綜複雜, 故準點率並非唯一指標, 適用評估指標之選定常需視分析問題特性及研究方法類型而定。Middelkoop and Bouwman (2002) 曾應用 SIMONE 模擬軟體來比較兩個小型路網及時刻表之穩定度 (stability), 其中對可靠度的評估是採用延滯的列車數、恢復時間, 以及初始與最終延滯之比率等三個項目來作為評比的標準, 並進行荷蘭 Weesp 車站轉乘等待時間的案例分析。而 Briggs and Beck (2007) 則是發展更複雜的指標: 先統計在某一車站的列車實

際運行資料，找出一個最能夠代表其延誤時間和發生率關係的q-exponential函數（q-exponential functions），再透過該函數中的各項係數來評估該車站在可靠度上的表現。

Carey（1999）為評估複線列車運行之可靠度（reliability）及準點率（punctuality），以解析式方法構建連鎖延滯之機率密度函數計算公式，其係為給定班表之列車班距及外生初始延滯機率密度函數之函數關係，並透過該函數計算出連鎖延滯之擴散延滯量；另因為外生初始延滯之機率密度函數不易獲得，其亦應用一些啟發式求解方法進行問題之求解。而Carey and Carville（2000）則以模擬模式分析單線區間之交會待避或多月臺車站特定區位之延滯擾動暨班表可靠度。Barter（1998）即以RailPlan模擬模式之基本概念，分析討論容量與列車服務之間的關係以及可靠度規劃（planning for reliability）問題。另在EUROPE-TRIP計畫（2000）中則是利用VISION模式，探討時刻表每多排入不同列車數對整體路線延滯之影響情形，發現排入的列車數與整體的延滯時間，兩者之間存在著抵換（trade-off）關係。Hansen（2000）則利用了等候理論搭配Max-Plus代數法（max-plus algebra），來推估車站容量與列車服務的可靠度。

另Vromans et al.（2006）分析列車服務頻率與列車平均延滯之關係，並釐清列車服務頻率與延滯及列車異質性間之關係，更以最短班距倒數和（the sum of shortest headway reciprocals, SSHR）及抵達班距倒數和（the sum of arrival headway reciprocals, SAHR）等二項指標來評估列車之異質性，證實提昇列車營運可靠度最佳方法就是降低因列車異質性所導致之連鎖延滯效應。而Huisman and Boucherie（2001）藉由所蒐集之延滯資料構建一隨機模式來描述排班及非排班列車之移動情形，並藉由求解軌道系統之線性不等式得到每列車之行駛時間（running time）分布，研究亦發現影響行駛時間之關鍵因素包括列車數、列車異質性、初始延滯、列車行駛順序及運轉寬裕時間等。

參考國內外連鎖延滯之相關文獻後，由於傳統區域鐵路（如臺鐵系統）營運過程中列車彼此間之互動關係非常複雜，要以解析式方法具體分析釐清列車因外生延滯後連鎖延滯擴散效應之各種問題甚為困難，故本研究選擇採用適合分析列車複雜交互作用之模擬方法並自行構建模擬模式，以評估連鎖延滯之各項重要關鍵課題，茲分述如下。

臺鐵列車連鎖延滯模擬模式

本節首先將考量鐵路列車運行之路線、交通及控制等條件之複雜交互作用關係及延滯之各種特性，蒐集臺鐵系統各項軟、硬體基礎資料及模式所需之各項參數資料，構建適合臺鐵連鎖延滯模擬分析之模擬模式先進行初步之連鎖延滯模擬分析，並作為後續各項連鎖延滯相關問題分析之基礎工具。軌道系統之延滯主要係為路線容量不足所導致，而路線容量又受路線條件、交通條件及控制條件所影響，故延滯亦將受上述三大類條件之影響。而因列車運行延滯在軌道系統營運階段係扮演列車班距（train headway）及列車流量（traffic flow）之關鍵決定要素，故本研究所建構之模擬模式主要功能在於連鎖延滯之推估，其估算結果可作為後續營運可靠度（train reliability）分析及營運排班調度之參考。

模式架構

本模式之架構如圖1所示，主要輸入資料包括基本條件資料、計畫班表、初始延滯，輸出資料則為模擬之實際班表，並據以計算連鎖延滯。各部分內容茲分述如下：

- 一、基本條件資料：包括軌道容量相關的路線條件、交通條件與控制條件如表1。
- 二、計畫班表：包括各車次於每個車站的預定到/開時間、各車次之起迄點、列車順序及停站型態，故本模式可處理多種列車、不同列車等級、不同站間運轉時間、不同起迄站、不同停靠車站、不同停靠時間之情境。
- 三、初始延滯：本研究旨在處理連鎖延滯之影響，故模擬模式必須設定一項初始延滯的相關輸入資訊，初始延滯可設定在軌道路線之任一位置，延滯參數之設定如表2所示。

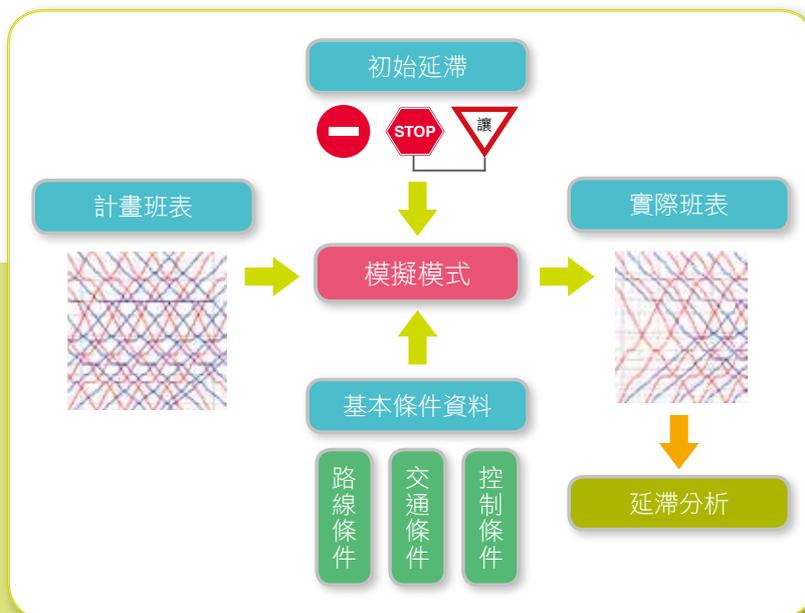


圖1 模式架構圖

四、模擬之實際班表：模擬後之班表為模式最後產出，其呈現列車受延滯影響後之實際到開時間，模擬班表與計畫班表中各列車到開時間之差距即為連鎖延滯。

模式假設與限制

本模式之假設與操作限制如下：

- 一、車站間均有兩股道同時以複線方式運轉。
- 二、臺鐵系統列車於北上、南下之站間股道係獨立運轉，但當產生延滯時為利運轉調度，可於站內之共用股道依營運需要，在既有之各項運轉時隔限制下，使同方向及不同方向之快、慢車進行追越待避彈性調度，以改變其列車既有順序，故雙向之列車運轉將會產生交互作用。
- 三、臺鐵區域鐵路系統之車站配置型態大致可歸納為5種型式，如圖2至圖6。
- 四、由於臺鐵系統號誌設置之限制，各站間依不同條件皆有允許駐留列車數之上限限制（為利模式操作本研究假設為2列車）。
- 五、運轉調度之站間趕點時間以站間運轉時間固定的縮減比率設定之（本研究假設為0.9）。

表1 基本輸入資料表

項目	條件	路線條件	交通條件	控制條件
輸入參數內容		-路線 -車站列表 -車站軌道佈設	-計畫班表各項列車資訊 -最短停站時分 -最短站間運轉時間	-同向時隔 -反向時隔 -站間容量 -趕點能力

表2 初始延滯之設定參數表

延滯參數	說明
延滯地點	若為站間軌道：需指定方向 若為站內軌道：需進一步指定股道
起始時間	該軌道資源開始無法被使用
解除時間	該軌道資源可再被使用之時間
延滯量	將「解除時間」減去「起始時間」即為延滯量（或連鎖延滯）



圖2 型I車站軌道佈設



圖3 型II車站軌道佈設



圖4 型III_R車站軌道佈設



圖5 型III_L車站軌道佈設

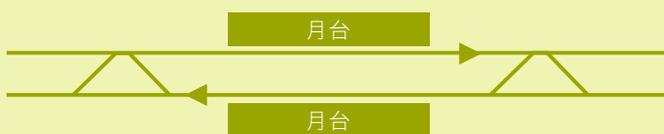


圖6 型VI車站軌道佈設

模擬機制

為準確推估連鎖延滯，本模擬模式必須考慮所有列車運行之影響因素，相關因素之處理方式彙整如下：

- 一、列車衝突解決：站間軌道之列車運行規則為先進先出，且不允許站間追越；另站間軌道有容量限制，不允許過多的列車滯留同一站間；站內每一股道只允許一列車佔用，而先行列車離開車站後，續行列車進入該股道必須符合離一到時隔限制，如圖7所示；二連續列車抵達同一車站之不同股道，必須符合到一到時隔限制，如圖8所示；至於二連續列車由同一車站之不同股道離開，則必須符合離一離時隔限制，如圖9所示；另假如二列車由不同方向通過平面交叉點，則必須符合平面交叉時隔限制，如圖10所示。
- 二、列車延滯排除：當模式執行時，若續行列車違反前述之運行規則而無法前進時，即產生延滯及可能之連鎖延滯現象；當模式偵測到此現象時，均統一將該事件的執行時間（系統時間）延後1秒執行，此方法可以使列車運行無限的往後遞延直到前方的事故（延滯）原因排除為止。

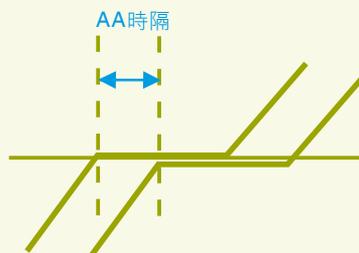
三、運轉調度策略：鐵路營運單位在列車延誤時，通常會啟動運轉調整機制，而本模式所考慮的「運轉調度策略」允許使用單一或多種策略同時搭配使用，包括：

- (一) 站內趕點：縮短停站時間，但是必須遵守停站時間最短限制，而且需依公開時刻表不可提早開車。
- (二) 站間趕點：縮短站間運轉時間，但仍需遵守趕點限制。
- (三) 同時採取站內趕點與站間趕點。



註：DA時隔 (departure-arrival headway)

圖7 同向列車離一到時隔示意圖



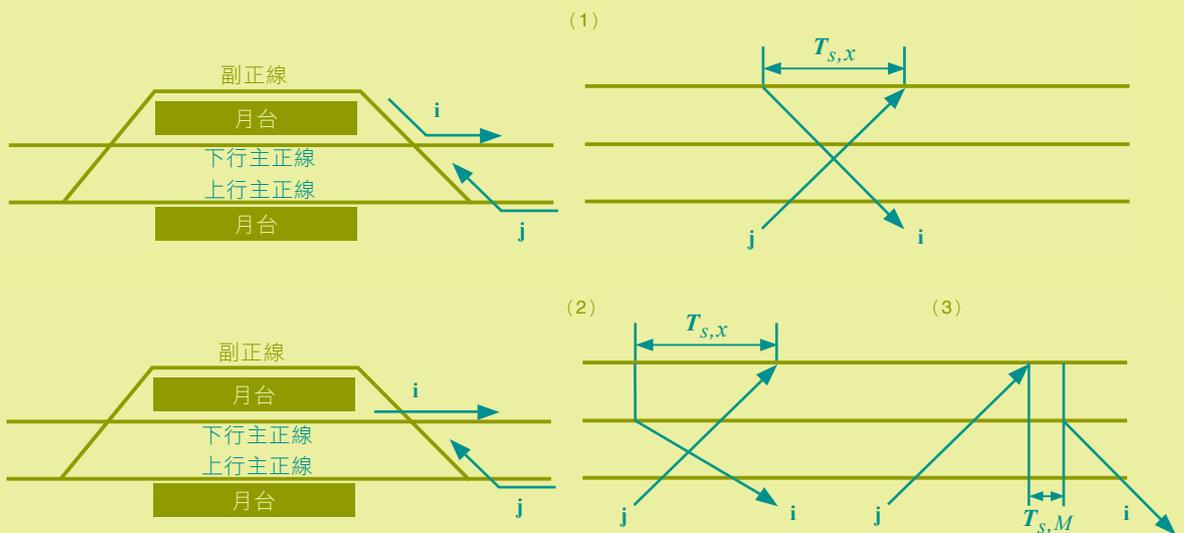
註：AA時隔 (arrival-arrival headway)

圖8 同向列車到一到時隔示意圖



註：DD時隔 (departure-departure headway)

圖9 同向列車離一離時隔示意圖



註： $T_{s,x}$ 為先行列車離站與續行列車進站之號誌安全時距； $T_{s,M}$ 為先行列車進站與續行列車離站之號誌安全時距。

資料來源：交通部運輸研究所 (2008)

圖10 型III月臺之平面交叉時隔示意圖



模擬程式設計

本研究模擬程式之設計與開發，旨在設計一套資料結構來描述整個軌道行車系統之各種狀態，包含列車、車站、軌道等，同時針對列車運轉邏輯設計對應的狀態改變，透過不斷更新電腦記憶體中的變數來達到系統模擬之目的，最後將本研究關注的變數（即列車延滯）匯出，以利後續的績效評析。以下將分別就物件類別及行車系統模擬流程等二項設計進行深入說明。

物件類別（Class）設計

類別設計為物件導向程式設計中最重要之基礎（周斯畏，2002），一般而言包括：（1）邊界類別（boundary class）、（2）實體類別（entity class）及（3）控制類別（control classes）三大類，其中第一類是用來處理使用者介面，第二類則是用來處理問題領域的核心資料，最後一類則是用來處理前兩類資料的協調與互動；本研究共設計了9個類別來描述整個軌道系統，包括RailSystem、Train、DwellPlan、Station、StationI、StationII、StationIII_R、StationIII_L、Tracks等。

行車系統模擬流程

本模擬模式估算連鎖延滯之整體流程如圖11所示，主要是以事件導向的方式進行，一開始將所有列車的第一個事件加入事件列表，經時間排序後每次依序執行第一個事件，共計有進站、通過與離站三種事件；若有列車衝突則都在延滯處理時把時間加計一秒後重新加回事件列表，當所有的事件均處理完成後，事件列表沒有任何事件，即完成模擬。至於衝突項目的檢查方式則視事件種類有所差異如表3所示。

至於本模式之程式語言選擇，因臺鐵之連鎖延滯推估問題錯綜複雜，經評估仍宜採模擬模式進行，但目前並無合適的商用軟體可供使用，故自行撰寫程式。考量類別庫之完整性及未來的擴充支援，本研究採用微軟.NET Framework類別庫；原則上只要符合CLI（Common Language Infrastructure）標準程式語言均可呼叫.NET Framework類別庫，且目前支援最完整也是主流的.NET語言即是C#，故本研究以C#撰寫之，同時IDE（Integrated Development Environment）整合開發平臺則選用Visual Studio 2005 Professional。

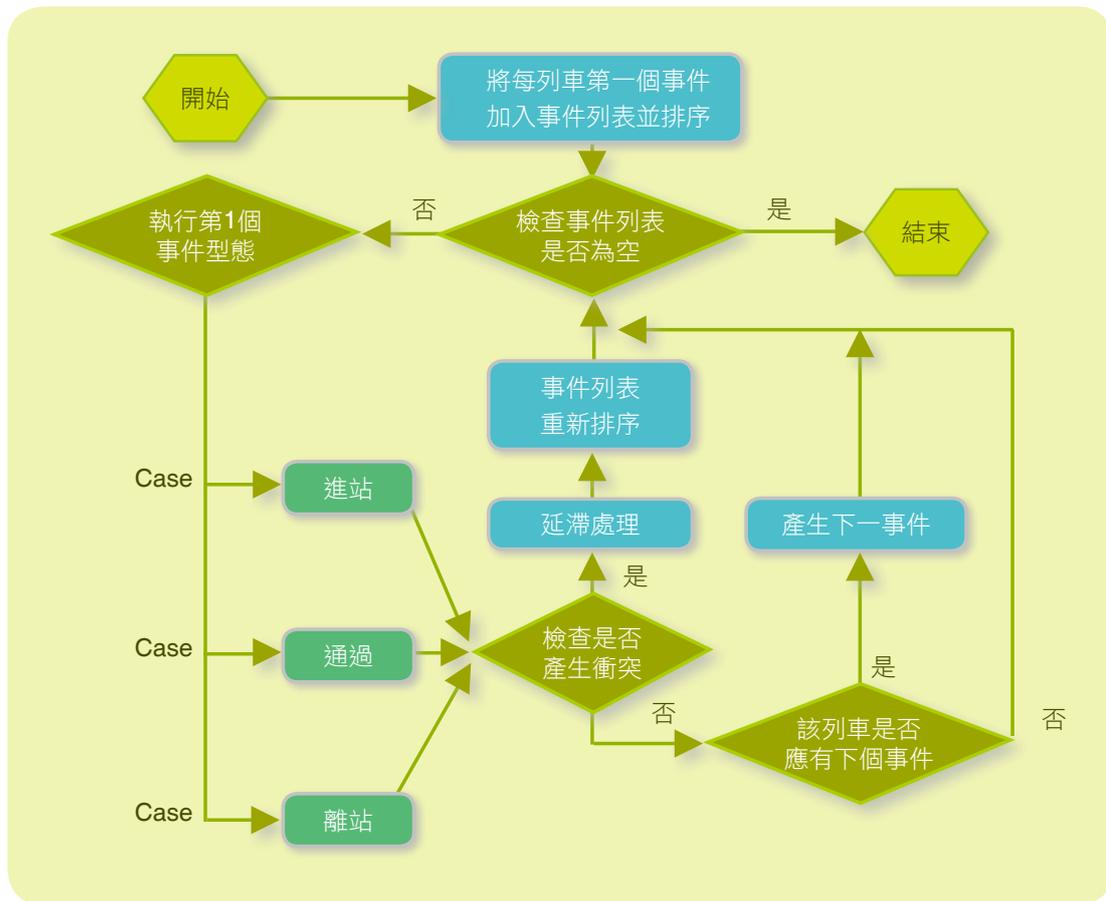


圖11 連鎖延滯之模擬流程圖

表3 各種不同事件的衝突檢查項目

事件種類	進站	通過	離站
檢查項目清單	是否存在站間追越 站內股道數是否足夠 進站時隔是否充足 反向時隔是否充足	是否存在站間追越 站內股道數是否足夠 進站時隔是否充足 反向時隔是否充足 離站時隔是否充足 股道容量是否充足	離站時隔是否充足 反向時隔是否充足 股道容量是否充足

模擬模式驗證

為測試模擬模式之準確適用性，本模式選用臺鐵系統交通量最繁忙之七堵—樹林路段，擷取2009年7月29日（週三）一般日之中央列車控制CTC（centralized train control）資料庫，選定北上萬華—臺北路段於上午10：10北上42車次有18.2分鐘之初始延滯所產生實際列車到一開之延滯資料進行驗證分析，結果顯示計有臺北、松山、南港、汐止及七堵等5個站共40部列車受該初始延滯影響，相關驗證分析討論茲述如下：

一、模式驗證結果分析

應用上述模擬模式之精確度評估指標，經彙整本案例40筆受影響列車樣本之模式推估延滯與實際延滯資料，其差異分布及其差異絕對值之統計分如圖12及表4所示，結果顯示有30%之模擬延滯時間與實際延滯時間幾近相同，有90%之列車樣本模擬延滯時間與實際資料差距在5分鐘之內，故整體而言顯示本模擬模式估算結果之準確度可被接受。

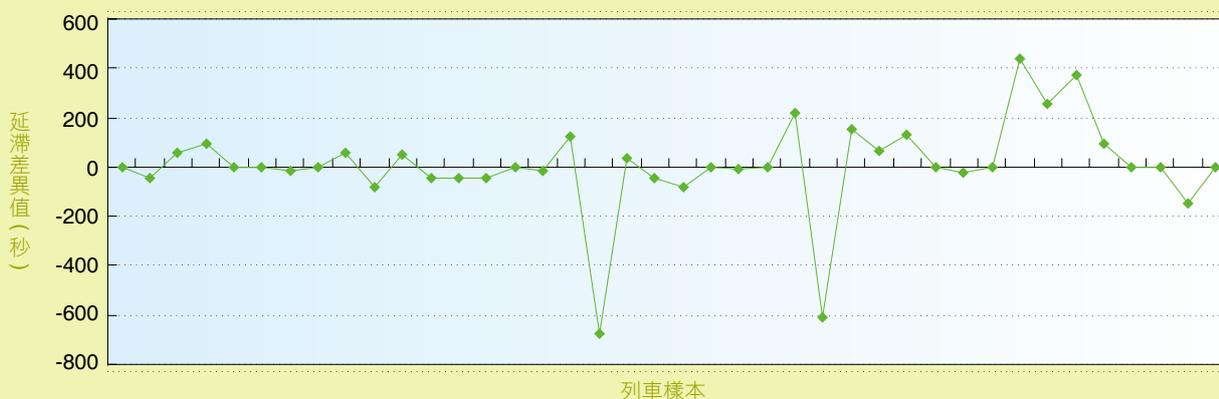


圖12 受影響列車樣本之模擬延滯與實際延滯差異分布圖

表4 受影響列車樣本之模擬延滯與實際延滯差異統計表

延滯差異之絕對值 (秒)	列車樣本數	樣本百分比 (%)	累積百分比 (%)
diff.=0	12	30.0%	30.0%
0<diff.<=60	13	32.5%	62.5%
60<diff.<=120	6	15.0%	77.5%
120<diff.<=180	3	7.5%	85.0%
180<diff.<=240	1	2.5%	87.5%
240<diff.<=300	1	2.5%	90.0%
diff.>300	4	10.0%	100.0%
	合計 = 40	100.0%	

連鎖延滯影響因素之關聯分析

本節主要目的即欲進一步探討不同列車密度（train density，列車數/小時）對連鎖延滯之影響關係程度，及其與路線、交通及控制等條件之交互作用關係，並建構連鎖延滯推估之模擬模式以作為後續實務應用之參考。

考量前述研究係選用七堵—樹林路段之資料進行模式驗證，故本節引用該路段2009年10月20日一般日（週二）之CTC資料進行列車密度、初始延滯與連鎖延滯關聯分析。有關本模擬模式所需之輸入資料，包括車站里程、列車特性、班表趕點規則、營運參數、停站類型、股道配置及全域參數（如班距、路段容量及站間趕點率）等。

不同列車密度對連鎖延滯之影響分析

國內外許多相關研究（Huisman and Boucherie, 2001、Olsson et al., 2004、交通部運輸研究所, 2005、Hwang and Liu, 2010、黃承傳及劉昭榮, 2011）均已指出連鎖延滯隨列車流量密度增加而呈非線性指數函數遞增之趨勢，本節假設在硬體路線條件及系統設施不變前提下，運用本模擬模式逐一測試分析初始延滯與列車流量密度（屬交通條件）對連鎖延滯之影響情形，相關分析步驟如下：

班表製作

本研究依據七堵—樹林路段2009年10月20日（週二）之CTC資料，採用該日該路段雙向256列車次作為分析基礎，另為分析發生初始延滯時每小時不同列車密度對連鎖延滯之影響有何不同，經以列車離站時間搜尋本路段各站間時空條件，因南下松山→臺北路段於上午07：15至08：15有最高尖峰小時流量密度11列次，故本研究選定作為後續不同列車密度模擬分析之基礎。



實驗設計

為控制各種條件一致下進行列車密度對連鎖延滯之影響分析，本研究於找出尖峰小時最高列車密度之路段，以其作為設定初始延滯之時間與空間基礎後，依前述之時空條件得到其在無初始延滯情況下之可行班表時空圖如圖13所示，若設定松山→臺北路段於上午07：15有60分鐘之初始延滯，則其模擬班表時空圖如圖14所示，該圖顯示下游路段及後續列車之連鎖延滯擴散現象相當明顯。至於不同列車密度之實驗設計，本研究則以該日上午07：15至08：15通過松山→臺北路段最高之11列次逐步刪減1列次作為不同之分析情境，以11列次刪減任一系列次為每小時10列車為例，即共有11種情境組合，依此類推；故窮舉各種列車密度所刪減列車之可能情境，經加總所有列車密度之列車組合情境共有2,048組。

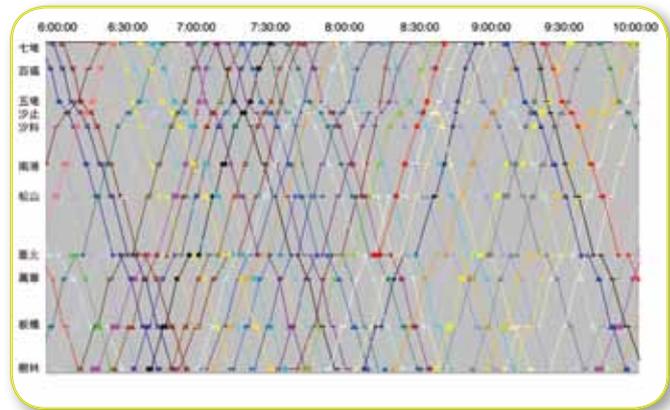


圖13 七堵—樹林路段無初始延滯之時空圖

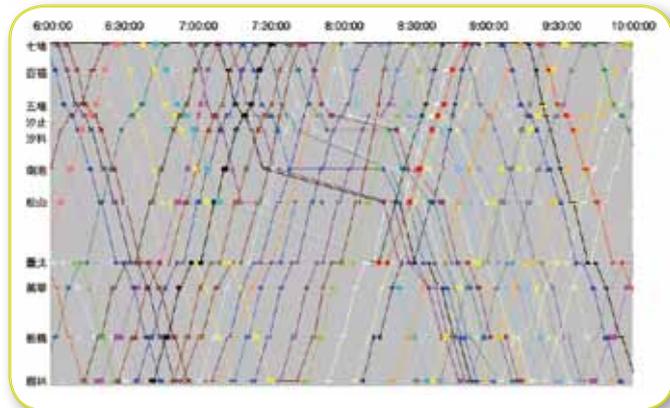


圖14 七堵—樹林路段於松山→臺北路段有60分鐘初始延滯之模擬時空圖

連鎖延滯資料

有關列車延滯之相關分析，多以分析路段之最末站（本案例即為七堵站及樹林站）作為量測基準來計算列車的延滯，故本研究之連鎖延滯分析亦採計最末站之延滯；為利逐步釐清列車密度與初始延滯對連鎖延滯之影響，本研究針對列車密度之2,048種情境及初始延滯之61種情境（0至60分鐘每次增加1分鐘為一種情境），以模擬模式產生124,928筆不同情境之連鎖延滯資料，作為後續分析之基礎。

無調度策略下列車密度、初始延滯與連鎖延滯之關聯分析

為了解列車密度與初始延滯對連鎖延滯之關聯關係暨其影響程度，以及列車密度或初始延滯單獨對連鎖延滯之影響關係，本節除針對特定初始延滯情境下列車密度與連鎖延滯，及特定列車密度情境下初始延滯與連鎖延滯等二個面向進行其關聯分析外，亦以3D圖同時呈現各情境下三者之關係。

- 一、列車密度與連鎖延滯之關聯分析：為利比較不同初始延滯下之連鎖延滯是否有顯著差異，本研究擴充設定11種初始延滯（0至60分鐘每次增加6分鐘）情境，以X軸設定為列車密度（0至11列車），Y軸設定為最末站之連鎖延滯，將各種初始延滯下之2,048樣本點依各列車密度下之連鎖延滯加以平均後，分別畫出列車密度與連鎖延滯關係曲線如圖15所示，而由圖中曲線趨勢顯示，因初始延滯愈大其連鎖延滯擴散效應愈明顯，故其連鎖延滯隨列車密度增加而呈非線性陡昇之趨勢亦愈明顯。
- 二、初始延滯與連鎖延滯之關聯分析：為利比較不同列車密度下之連鎖延滯是否有顯著差異，本研究擴充設定12種列車密度（0至11列車）情境，以X軸設定為初始延滯（0至60分鐘每次增加6分鐘），Y軸設定為每種列車密度之最末站連鎖延滯，將每種列車密度情境組合於各種初始延滯下之連鎖延滯取其平均值作為樣本點，畫出各種列車密度下初始延滯與連鎖延滯關係曲線如圖16所示，而由圖中曲線趨勢亦顯示，因列車密度愈大其連鎖延滯擴散效應愈明顯，故其連鎖延滯隨初始延滯增加而呈非線性陡昇之趨勢亦會愈明顯。
- 三、列車密度/初始延滯/連鎖延滯之3D圖分析：為利呈現無任何趕點調度策略下列車密度/初始延滯/連鎖延滯之交互關係分佈情形，以每一種列車密度所對應之連鎖延滯取平均為樣本點，X軸設定為列車密度（0至11列車），Y軸設定為初始延滯（0至60分鐘每隔1分鐘取一樣本點），Z軸設定為最末站之連鎖延滯，則其3D關係如圖17所示，由曲面走向可發現，確存在列車密度/初始延滯愈大則連鎖延滯愈大之現象。

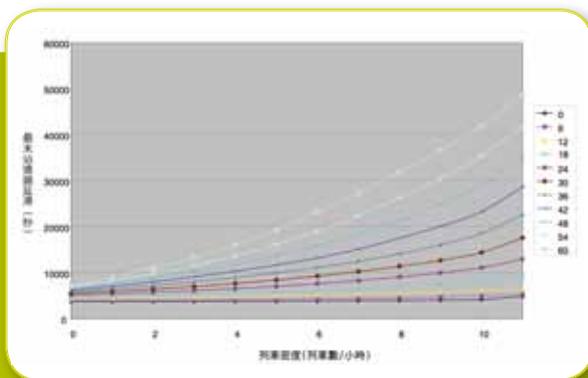


圖15 各種初始延滯情境下列車密度與連鎖延滯關係圖

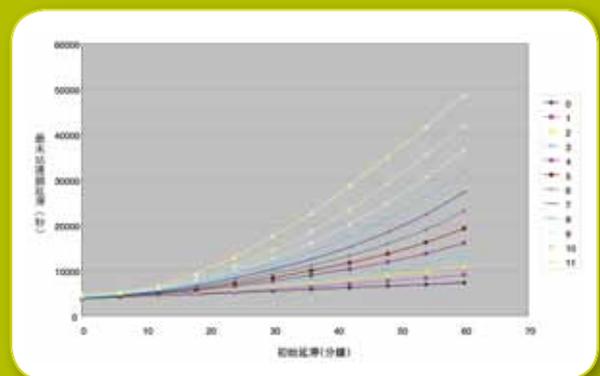


圖16 各種列車密度情境下初始延滯與連鎖延滯關係圖

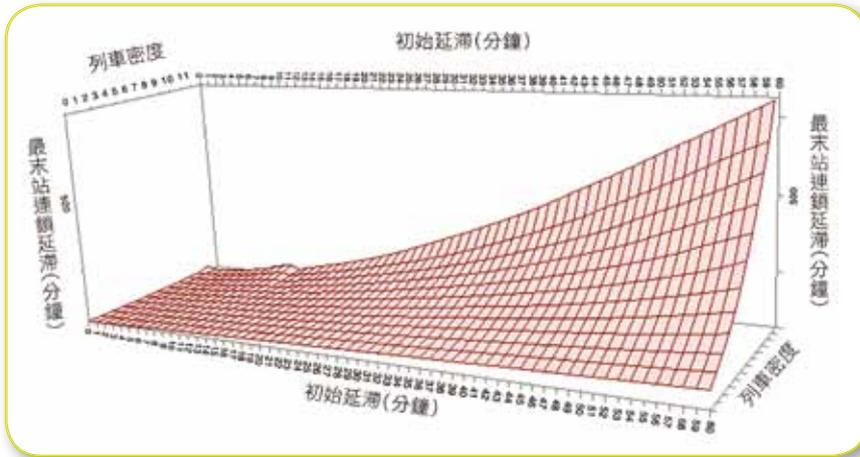


圖17 列車密度、初始延滯與連鎖延滯之3D關係圖

採取調度策略下列車密度、初始延滯與連鎖延滯之關聯分析

為利比較不同調度策略對連鎖延滯之影響情形，本研究選定初始延滯較大之60分鐘情境，比較四種不同調度策略下之結果，其中策略A為站間趕點，策略B則為站內趕點，策略A+B為同時採用二種調度策略，每一種策略組合情境為一條曲線。

另本研究針對不同調度策略組合情境下列車密度/初始延滯/連鎖延滯之3D圖進行分析，為利瞭解不同調度策略組下列車密度/初始延滯/連鎖延滯之交互關係分佈，每一種列車密度所對應之連鎖延滯取平均為樣本點，將X軸設定為列車密度（0至11列車），Y軸設定為初始延滯（0至60分鐘每隔1分鐘取一樣本點），Z軸設定為最末站之連鎖延滯，依無任何調度策略、站間趕點（策略A）、站內趕點（策略B）及採用二種調度策略（策略A+B）等四種組合情境分別繪製，則其3D關係如圖18所示。由曲面走向亦可發現在三度空間之連鎖延滯隨列車密度/初始延滯增加而增高之現象，及各策略組合之差異狀況。

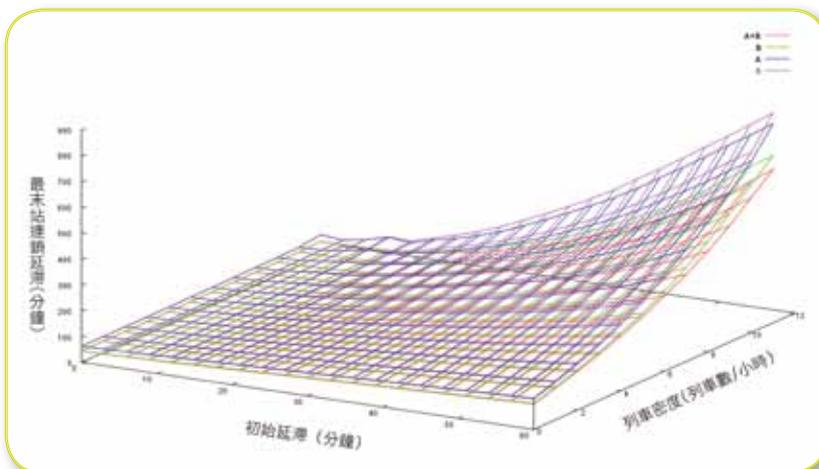


圖18 不同調度策略組合情境下列車密度/初始延滯/連鎖延滯之關係圖

初始延滯區位及運轉調度策略對連鎖延滯關聯分析

為利瞭解外生初始延滯發生之區位、持續時間及運轉調度策略對連鎖延滯之影響，本節繼續以先前建立之連鎖延滯模擬模式及七堵—樹林路段案例資料為基礎，更進一步分析營運單位關切之外生初始延滯發生區位、持續時間及運轉調度策略對連鎖延滯之影響程度，以便更能掌握運轉調度策略對連鎖延滯降低及營運班表恢復之能力，俾利營運單位參考因應。

若從初始延滯發生於站間區位之觀點，本研究係假設於分析路段七堵—樹林之10個站間區位皆有可能發生初始延滯，而初始延滯之持續時間則假設由0秒至1小時，至於分析之結果則以每小時之平均連鎖延滯呈現。此外，除了探討不同初始延滯發生區位、持續時間對連鎖延滯之影響程度外，本研究亦分析同時採取站間趕點及站內趕點等二種運轉調度策略對連鎖延滯之影響，並針對初始延滯發生於分析路段之上、下游站間區位對於連鎖延滯之影響差異進行分析。

基本資料蒐集

有關本研究之模擬模式需要輸入許多資料，包括車站里程、列車運轉特性、班表回復規則、營運參數、列車停站型態、車站股道配置、班距、路段容量、最小站間運轉時間與表訂站間運轉時間比值及表訂班表等。有關列車站間運轉時間之最大趕點比例係依據實務臺鐵系統規定設定為0.9，至於列車型式係考量推拉式自強號（PP）及通勤電聯車（EMU）兩種類型列車，計雙向共256列次。

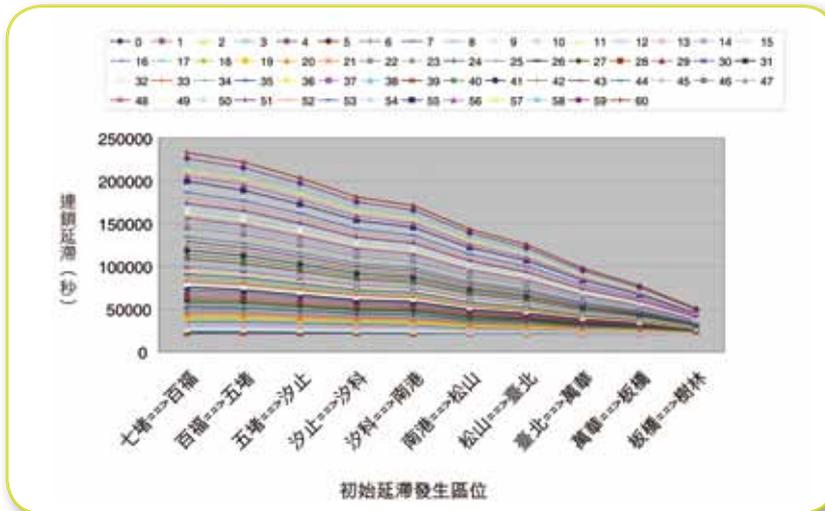
所有車站之連鎖延滯模擬分析

本節先假設有一初始延滯發生於上午7：00南下之松山—臺北站段、持續時間為1小時之案例進行模擬，為利進一步分析不同初始延滯發生區位對連鎖延滯之影響，本研究以南下各站間發生初始延滯之情境進行連鎖延滯分析，相關模擬結果分述如下。



無運轉調度策略下初始延滯區位之連鎖延滯分析

圖19顯示無運轉調度策略下不同初始延滯發生之區位、持續時間情境下所有車站之連鎖延滯模擬分析結果，很明顯地，結果顯示當初始延滯發生在愈上游路段、初始延滯之持續時間愈長，其連鎖延滯愈大。

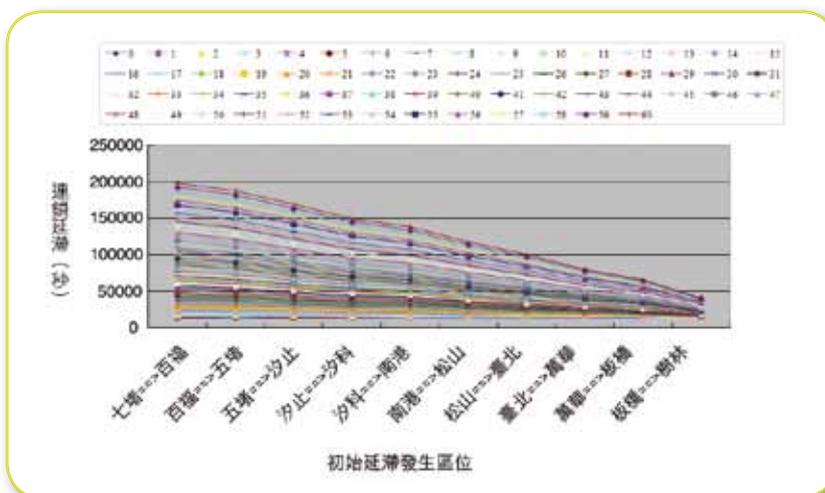


註：初始延滯持續時間之情境為0至60分鐘(間隔1分鐘)。

圖19 無運轉調度策略下所有車站之連鎖延滯

同時採取二運轉調度策略下初始延滯區位之連鎖延滯分析

圖20顯示同時採取站間趕點及站內趕點二運轉調度策略下，不同初始延滯發生區位、持續時間情境下所有車站之連鎖延滯模擬分析結果，與圖19之結果比較，同時採取上述二運轉調度策略時，其連鎖延滯已明顯降低許多。



註：初始延滯持續時間之情境為0至60分鐘(間隔1分鐘)。

圖20 同時採取二運轉調度策略下所有車站之連鎖延滯

初始延滯發生區位、持續時間與連鎖延滯降低之關聯分析

圖22顯示初始延滯發生區位、持續時間，與同時採取站間趕點及站內趕點二運轉調度策略下所有車站連鎖延滯降低之3D關係，圖中顯示若初始延滯之持續時間較長且初始延滯發生區位靠近上游路段（例如七堵—南港段），則同時採取二運轉調度策略後對連鎖延滯降低之程度就愈大，其亦顯示當初始延滯發生愈靠近上游路段，則運轉調度策略對營運班表恢復至原訂班表之效果也愈好。

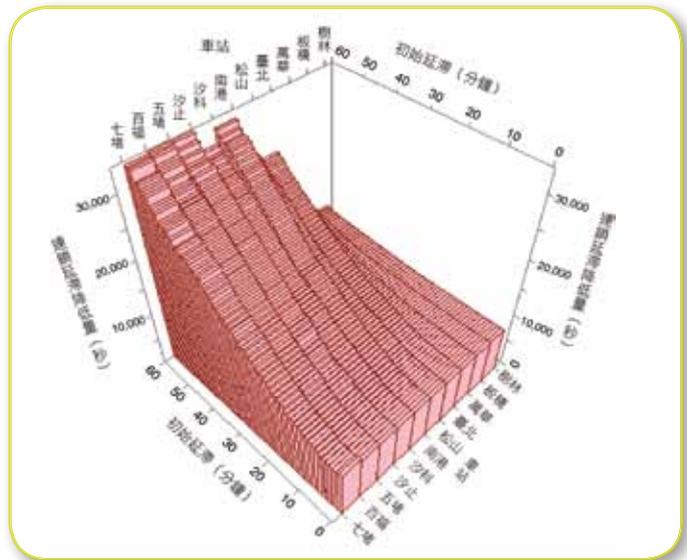


圖22 初始延滯發生區位、持續時間與所有車站連鎖延滯降低之3D關係

小結

由分析結果顯示，本研究所構建之模擬模式可合理模擬臺鐵系統複雜的連鎖延滯相關問題，及探索各種初始延滯情境對連鎖延滯之影響，本節案例分析亦得到許多豐碩結果，例如初始延滯發生之區位愈靠近上游路段，則所有車站之連鎖延滯亦將愈大；另當初始延滯發生區位愈靠近上游路段，則運轉調度策略對於連鎖延滯降低之程度就愈大，亦即其恢復至原訂班表之效果也愈好。上述分析結果，除可對於初始延滯與連鎖延滯之複雜交互作用關係有更深入之了解，亦可作為營運單位後續列車營運及運轉調度之參考。



關鍵影響因素隨機特性之模擬分析

本研究所建構之模擬模式主要分為確定性（**deterministic**）及隨機性（**stochastic**）二階段，其中有關列車連鎖延滯與其影響因素（包括外生初始延滯地點、持續時間及不同運轉調度策略等）之關聯分析部分，因涉及運轉調度策略及各項軟、硬體條件交互作用複雜關係，為釐清其彼此間之因果關係，故較適合採用確定性模擬模式評估分析，前述各節已就其各項關鍵參數以給定班表及各項軟、硬體設施資料輸入進行模擬分析。惟由確定性模擬分析過程可發現，影響連鎖延滯結果之部分關鍵參數確具有隨機特性，故若欲深入探討有初始延滯發生後產生連鎖延滯之班表穩定度問題，則應較適合採用隨機性模擬模式進行評估分析，以真實反映列車之實際交互作用狀況。

為確實反映部分參數資料於實際營運之隨機特性，本節進一步針對列車延滯影響最鉅之站間運轉時間及停站時間等二項參數進行隨機特性分析，並將其隨機資料納入模擬模式推估連鎖延滯。由於臺鐵系統之列車種類甚多且特性各異，為利分析本節將其概分為對號列車及通勤電聯車（**EMU**）二類進行研究路段延滯資料之蒐集分析，再進行二類列車之各別站間運轉時間及停站時間的隨機資料分佈分析；而為使隨機參數之分佈資料具有一致性及代表性，資料處理過程中先將共計16天之特性異常樣本（**outliers**）先予去除外，再針對分佈變異較大之停站時間資料依尖、離峰進行分群後分別分析。

基本資料蒐集

本節所需之臺鐵系統列車延滯資料來源為2009年12月1日到2010年3月25日期間臺鐵CTC所記錄的列車到離站延滯時間，至於空間範圍為臺鐵西部幹線北部區域之七堵站至新竹站，共計蒐集18個車站、17個站區間資料（部分車站及站間資料缺漏）；而為利延滯分析，本節針對站間運轉時間及停站時間二項參數進行分析，共計蒐集421,869筆站間運轉時間及372,327筆停站時間資料，並將其與表訂班表時間比較即可得到列車延滯資料。

延滯特性參數分佈分析

本研究所選用之延滯特性參數之觀測方式為觀測「站間運轉時間實際值與表定值比值」與「停站時間實際值與表定值比值」之分佈，以作為後續連鎖延滯模擬分析之參數資料輸入基礎。

對號列車之站間運轉時間分佈

此項資料為實際通過17個站間之對號列車共計149,231筆站間運轉時間資料，分別計算其與該站間運轉時間表定值之比值後並進行排序加總，再將各站間之「站間運轉時間實際值與表定值比值」作為x軸數值、其累計機率作為y軸數值，繪製其分佈情形如圖23。任一隨機站間運轉時間值只要透過亂數種子產生之亂數，對應該站間運轉時間分佈曲線，即可透過該站間運轉時間表訂值還原得其隨機值。

另由該圖各曲線分佈可知，由於各站間之運轉時間分佈尚稱一致且未有特別異常之趨勢，故為利後續可直接運用泛用站間運轉時間而無需由原站間曲線擷取，故本研究即以所有站間運轉時間樣本繪得之「總計」曲線，直接進行「站間運轉時間實際值與表定值比值」之分佈分析，其隨機資料之獲取亦如上述方式。

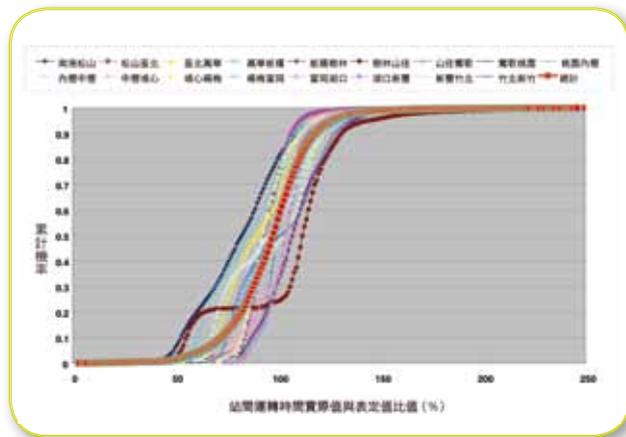


圖23 對號列車之站間運轉時間分佈圖

通勤電聯車之站間運轉時間分佈

此項資料為實際通過17個站間之通勤電聯車共計211,778筆站間運轉時間資料，如同圖23之作法可繪製其分佈如圖24，再以亂數種子產生之亂數，即可透過該站間運轉時間之表訂值還原得其隨機值。

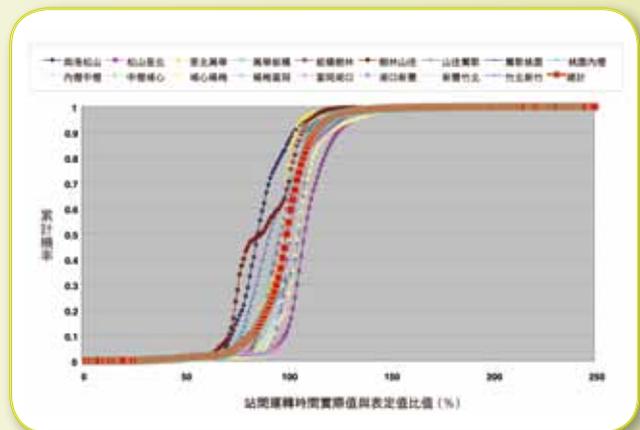


圖24 通勤電聯車之站間運轉時間分佈圖

對號列車於尖峰時段之停站時間分佈

此項資料為實際所有對號列車於18個車站之尖峰時段共計26,983筆停站時間資料，分別計算各站所有列車每筆實際停站時間與表定值之比值後，再分別將各站之比值先排序後累加，並以「停站時間實際值與表定值比值」作為x軸數值、其累計機率作為y軸數值，分別繪製各站之停站時間分佈如圖25。

對號列車於離峰時段之停站時間分佈

此項資料為實際所有對號列車於18個車站之離峰時段共計51,680筆停站時間資料，如同圖25之作法可繪製其分佈如圖26，再以亂數種子產生之亂數，即可透過該站停站時間之表訂值還原得其隨機值。

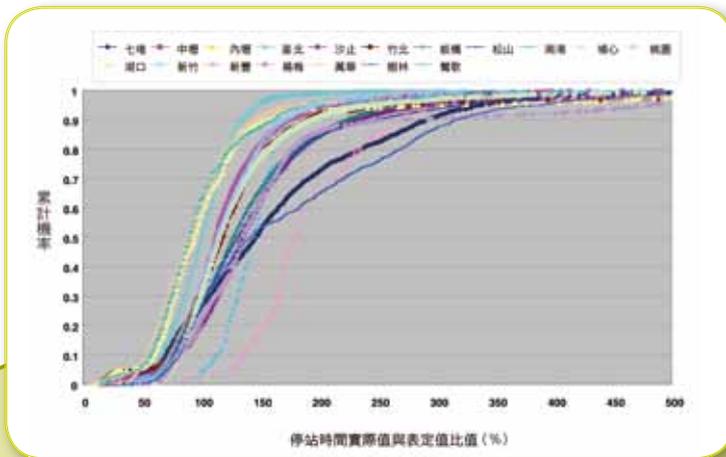


圖25 對號列車於尖峰時段之停站時間分佈圖

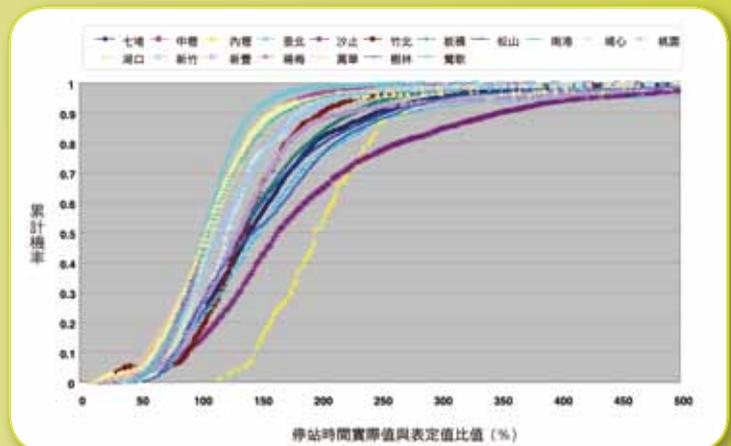


圖26 對號列車於離峰時段之停站時間分佈圖

通勤電聯車於尖峰時段之停站時間分佈

此項資料為實際所有通勤電聯車於20個車站之尖峰時段共計91,764筆停站時間資料，如同圖25之作法可繪製其分佈如圖27，再以亂數種子產生之亂數，即可透過該站停站時間之表訂值還原得其隨機值。

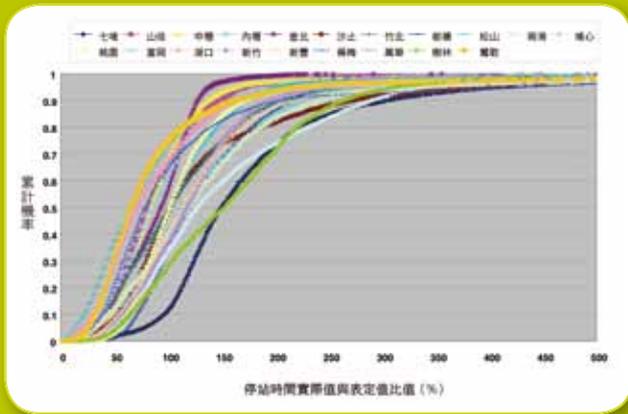


圖27 通勤電聯車於尖峰時段之停站時間分佈圖

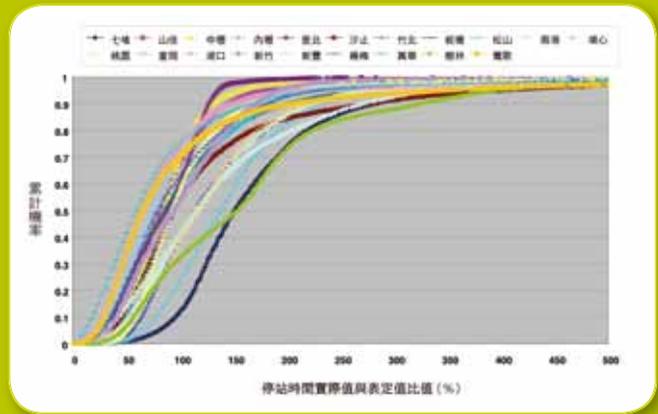


圖28 通勤電聯車於離峰時段之停站時間分佈圖

通勤電聯車於離峰時段之停站時間分佈

此項資料為實際所有通勤電聯車於20個車站之離峰時段共計148,892筆停站時間資料，如同圖25之作法可繪製其分佈如圖28，再以亂數種子產生之亂數，即可透過該站停站時間之表訂值還原得其隨機值。

隨機特性連鎖延滯模擬結果

本研究以去除16天異常事件日之延滯特性分佈資料進行後續連鎖延滯模擬分析，並依據站間運轉時間與停站時間之關鍵延滯參數分佈特性，依對號列車及通勤電聯車等二種車種、及尖、離峰等二種時段進行區分，針對研究案例臺鐵西部幹線七堵站至新竹站區間所有車站之連鎖延滯進行分析。

有關前述連鎖延滯分析之情境假設包括：尖峰時段定義為每日上午6至9點及下午4至7點，其餘則為離峰時段；另尖峰情境之連鎖延滯分析係假設於上午7：15於南下松山—臺北站間有1小時之初始延滯，而離峰情境之連鎖延滯分析則假設於上午10：15於南下松山—臺北站間有1小時之初始延滯。

另由於隨機模擬結果具有擾動震盪之特性，故本研究由系統亂數種子所產生的1,000組亂數進

行連鎖延滯模擬推估，並透過連鎖延滯推估量逐次累計再取單次模擬平均值之作法，嘗試尋找連鎖延滯之模擬穩定值，經彙整七堵—新竹區間於尖、離峰時段有1小時初始延滯所有20個車站之連鎖延滯模擬結果。

由彙整結果可發現，當南下松山—臺北站間於尖峰時段有1小時之初始延滯發生時，其所有20個車站之連鎖延滯值約經過100次模擬後，平均值即會穩定接近至約173小時。另當同樣南下松山—臺北站間於離峰時段有1小時之初始延滯發生時，其所有20個車站之連鎖延滯值約經過123次模擬後，平均值即會穩定接近至約153小時，其平均連鎖延滯模擬值與模擬次數關係如圖29所示；而由圖中模擬值亦可發現，尖峰之連鎖延滯模擬值始終大於離峰之連鎖延滯模擬值，可見模擬結果亦符合先驗知識。

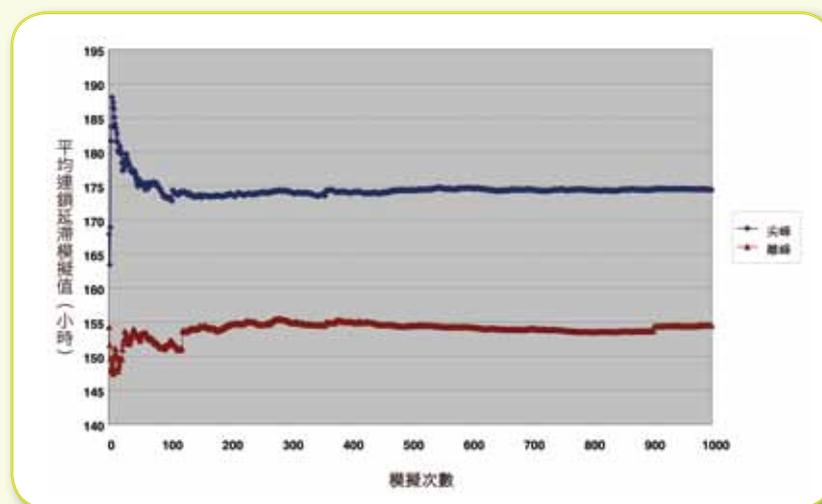


圖29 所有車站之平均連鎖延滯模擬值與模擬次數關係



結論與建議

軌道系統容量不足往往是導致列車延滯之主因，尤其在初始延滯（first delay）發生後，後續所引發的連鎖延滯（knock-on delay）擴散效應對列車正常營運之影響甚大，因此欲確保系統之可靠度及服務品質，快速有效地降低連鎖延滯一直是重要課題。為有效釐清造成連鎖延滯之複雜因素及其交互作用，本研究依據臺鐵系統之運轉特性構建一模擬模式用以推估連鎖延滯，並以臺鐵西部幹線北部路段為案例，分析連鎖延滯之各種相關問題。依列車運行條件交互作用及延滯分析關係顯示，軌道路線容量之決定係由複雜之路線、交通、控制等三大條件共同決定，而容量關鍵要素之運轉時隔又受列車間之運轉性能交互影響，尤其包含多車種、複線運轉及多類型月臺型式之傳統臺鐵系統更為錯綜複雜，而因容量不足產生路段瓶頸所導致之「延滯」結果及衍生之「連鎖延滯」擴散效應（delay propagation）影響，更是營運單位最急於克服解決之問題。

由前述之各項分析結果可知，本研究所構建的臺鐵列車連鎖延滯模擬模式可綜合分析複雜之連鎖延滯問題，亦可有效釐清列車密度/初始延滯/調度策略等關鍵因素對連鎖延滯之影響情形，基本上連鎖延滯會隨初始延滯及列車密度之增加而呈非線性陡昇之趨勢。此外，由初始延滯區位及運轉調度策略對連鎖延滯之關聯分析結果得知，若初始延滯發生之區位愈靠近上游路段，則所有車站之連鎖延滯亦將愈大。另

由關鍵影響因素隨機特性之連鎖延滯模擬分析可發現，分析路段所有車站之連鎖延滯模擬其平均值皆會穩定接近於一定值，且於尖、離峰有初始延滯情境下，其離峰平均模擬值小於尖峰，相關分析結果皆符合先驗知識，應可作為營運單位實際運轉調度之參考。

由於臺鐵傳統區域鐵路系統之連鎖延滯所牽涉問題錯綜複雜，故進行相關研究時皆需依據詳盡正確之營運及延滯資料作為分析基礎。由於目前相關營運資料皆需由中央列車控制CTC（centralized train control）資料庫擷取，但因CTC僅可偵測列車實際通過進站號誌機與出發號誌機之時間，故為利臺鐵營運單位之服務可靠度掌握提昇及後續延滯相關研究之分析所需，亟需臺鐵系統完整營運資料庫之建立。另有關複雜隨機特性資料之蒐集處理，及本研究其他影響連鎖延滯之關鍵因子逐步釐清，皆是未來值得探討的重要課題。

最後，本研究雖已針對營運單位最常採用之站間趕點及站內趕點等運轉調度策略模擬分析其對連鎖延滯改善之程度，惟有關連鎖延滯降低之議題，仍有許多運轉整理策略（如減班、變換列車順序、改變列車交通組成等）、單線雙向運轉調度策略、初始延滯發生於站內股道之列車行駛股道選擇及運轉時隔等相關問題，值得後續研究進一步分析，以使連鎖延滯各面向議題之研究更為周延完整。

參考文獻

1. 李治綱、鍾志成、林杜寰、張仕龍、張恩輔、陳一昌、張開國、吳熙仁（2009），「公共運輸之安全績效：臺灣鐵管理局之個案分析」，運輸計劃季刊，第38卷第4期，頁381-406。
2. 交通部運輸研究所（2005），軌道容量研究－臺鐵系統容量模式之建構分析（一）。
3. 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）。
4. 周斯畏（2002），物件導向系統分析與設計使用UML與C++，臺北市：全華科技圖書股份有限公司。
5. 黃承傳、劉昭榮（2011），「鐵路列車密度與初始延滯以及調度策略對連鎖延滯之影響分析」，運輸計劃季刊，第40卷第1期，頁63-98。
6. Barter, W. M. (1998), "Application of Computer Simulation to Rail Capacity Planning," Computers in Railways VI, p. 199-211.
7. Briggs, K. and Beck, C. (2007), "Modeling Train Delays with Q-exponential Functions," Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Vol. 378, Issue 2, p. 498-504.
8. Carey, M. (1999), "Ex ante Heuristic Measures of Schedule Reliability," Transportation Research Part B, Vol. 33, p. 473-494.
9. Carey, M. and Carville, S. (2000), "Testing Schedule Performance and Reliability for Train Stations," Journal of the Operational Research Society, Vol. 51, p. 666-682.
10. EuROPE-TRIP (2000), Ferrovie dello Stato Spa - Divisione Infrastruttura, European Railways Optimisation Planning Environment - Transportation Railways Integrated Planning, Final Report, Roma Italy.
11. Hansen, I. A. (2000), "Station Capacity and Stability of Train Operations," Computers in Railways VII, p. 809-816.
12. Huisman, T. and Boucherie, R. J. (2001), "Running Times on Railway Sections with Heterogeneous Train Traffic," Transportation Research Part B, Vol. 35, p. 271-292.
13. Hwang, C. C. and Liu, J. R. (2010), "A Simulation Model for Estimating Knock-on Delay of Taiwan Regional Railway," Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 8, p. 1082-1097.
14. Middelkoop, D. and Bouwman, M. (2002), "Testing the Stability of the Rail Network," Computers in Railways VIII, p. 995-1002.
15. Olsson, Nils, O.E. and Haugland, H. (2004), "Influencing Factors on Train Punctuality—Results from Some Norwegian Studies," Transport Policy 11, p. 387-397.
16. Vromans, M. J., Dekker, R. and Kroon, L. G. (2006), "Reliability and Heterogeneity of Railway Services," European Journal of Operational Research, Vol. 172, p. 647-665.



4

臺北捷運 消防安全 管理作業

Fire Safety
Management of Taipei
Metro System



周銘德 Min-te Chou¹、楊明師 Ming-shih Yang²

¹臺北捷運公司工安處處長 hopeeyehand@yahoo.com.tw

²臺北捷運公司工安處副工程師 e01750@trtc.com.tw

摘要

臺北市人口及車輛成長快速，為紓解都市交通之壅塞，提昇捷運運輸服務已成為重要交通課題。然而，臺北市捷運運輸系統路線行經人口密集的都市地區，旅客運量龐大，車站具有大量且不特定乘客出入之使用特性，車站基地需求廣大，用地取得不易，因此多朝地下設計規劃，造成深廣、密閉之空間特性，若加上與地下街、百貨商場、聯開大樓等多重複合使用建築物，在型態上呈現多元化及複雜化之性質，更突顯其消防安全管理作業之重要性。

本文對於臺北捷運系統地下場站消防安全作業進行闡述，諸如：消防安全管理之目的、法令依據、管理之對象、消防管理責任區之劃分、消防管理人員之遴派、消防管理人員之職責及消防管理作業辦理方式，進行各面向之介紹，以期對於臺北捷運消防安全管理整體有較完整之呈現，並作為精進消防安全管理作業之參考。

關鍵字：消防管理責任區、消防防護計畫、消防安全管理會議

Abstract

Base on the fact of Taipei's rapid growth of population and vehicles in Taipei Metro Area a solution to ease urban traffic congestion, improve the public transportation services has become an important transportation topic. However, the characteristics of Taipei Rapid Transit System include: routes passing through densely populated urban areas, large passenger traffic, station use by non specific passengers. Other than that, vast land for station base, difficult land acquisition, and underground facilities design and planning, all result in broad and deep, confined space features for structures. Furthermore, the combined use of buildings and underground shopping malls, department stores, associated open buildings multiple, create a complex and diversified pattern of use. It also emphasizes the importance of fire safety management operations. This article focuses on the fire safety operations for the Taipei mass rapid transit system Underground Stations, such as: fire safety management priorities, legal requirement, the objectives of management, division of the area of responsibility of fire management, fire management personnel selection and assignment of fire management duties and fire management operations. These various aspects are introduced in relation to Taipei Metro fire safety management as a whole. This will serve as a sophisticated fire safety management reference.

Keywords : Area of Responsibility of Fire Management, Fire Protection Plan, Fire Safety Management Meetings



消防安全管理之目的

臺北捷運場站規劃建造之初，考量其營運場所及運輸特性，建構完善的消防安全設備與防火避難設施，以早期偵知火災發生、預防場站初期火災擴大延燒、爭取時間早期應變及疏散人群，是為降低災害損失的最佳手段。

然除了消防硬體建設，亦需搭配合宜之消防安全管理作業機制，規範消防安全管理之必要事務，以達到預防火災、減輕災害、保障人命安全及減少消防設備損壞之目的，使臺北捷運成為安全、可靠、舒適及便捷之大眾運輸工具。

法令依據

臺北捷運場站屬特種建築物，並無專屬法規可茲依循，建造之初以授權臺北市政府工務局會同捷運工程局，自行負責各案地下場站有關防火避難設施及消防安全設備設計施工之審查認可作業，並責成訂定「臺北市大眾捷運系統路權範圍內建築物管理要點」施行。

當前設計施工規範，臺北市政府捷運工程局訂有「臺北都會區大眾捷運系統規劃手冊」以為整體規劃之依循，針對防火避難設施及消防安全設備，則有「臺北都會區大眾捷運系統消防設計指南」可為參考。

至於營運中場站消防安全管理及作業方式，則係依據「災害防救法」、「消防法」、「消防法施行細則」及「各類場所消防安全設備設置標準」等法令，以及臺北捷運公司內部規定辦理。

消防管理之對象

臺北捷運消防管理工作主要針對消防防護場所內從業人員、廠商及其從業人員，相關消防管理工作尚不涉及旅客，惟應宣導旅客平時了解場站消防火警報知、排煙啟動、滅火器等消防設備操作，以及避難逃生標識和動線之規劃，於發生消防火警事故時，依防救災人員引導進行疏散避難。

消防管理責任區之劃分

臺北捷運負責中高運量場站、地下街商場、小巨蛋、纜車系統、交九行控中心及捷運行政大樓部份樓層之營運管理，各場所有其特定地域及功能屬性，如以消防防護場所劃分權管單位，較便於消防安全管理作業之辦理。

依臺北捷運公司組織架構涉及各場所消防管理之一級單位包括：系統處、工務處、車輛處、站務處、行車處、中運量運輸處、行政處及事業處，其責任區定義如後：

一、系統處消防管理責任區

獨立於站外之變電站、過河段通風豎井、過河段隧道、站間隧道及隧道上下行軌連通道。

二、工務處消防管理責任區

高運量之北投機廠及線形公園。

三、車輛處消防管理責任區

高運量各機廠（不含北投機廠）、高運量電聯車及纜車車站、轉角站之主體與共構或消防設備共用區域。

四、站務處消防管理責任區

高運量車站、車站主體與共構或消防設備共用區域、西門地下街及臺北小巨蛋。

五、行車處消防管理責任區

交九行控大樓。

六、中運量運輸處消防管理責任區

中運量之機廠、站間隧道、獨立於站外之變電站、中運量電聯車、中運量車站、車站主體與共構或消防設備共用區域。

七、事業處消防管理責任區

東區地下街、中山地下街及獨立出租或非屬車站共構或消防設備共用區域之出租店舖。

八、行政處消防管理責任區

捷運行政大樓。

九、其他消防管理責任區

其他非屬上述管理之區域或有共同使用之區域，由業務管理單位或共同使用區域之單位協調產生該區域之消防管理責任單位。

消防管理人員之遴派

為加強消防安全管理，其他非屬消防防護計畫所涵蓋之消防管理責任區，由消防管理責任區之部門主管遴派人員，執行有關防火管理上必要之業務。

依據「消防法」第13條之規定，一定規模以上供公眾使用建築物，應由管理權人，遴用防火管理人，責其製定消防防護計畫，報請消防機關核備，並依該計畫執行有關防火管理上必要之業務。



一、管理權人

由前述消防管理責任區之管理單位一級主管擔任管理權人，一級主管之任命或異動銜接不及，則以該單位之職務代理人暫代管理權人。管理權人異動時，由該單位填具「消防防護計畫製定（變更）提報表」並檢附「消防防護計畫及消防防護計畫自行檢查表」於3日內向轄區消防分隊提報。

二、防火管理人

由各消防管理責任區之管理權人指派。防火管理人遴用或解任時，應於3日內填寫消防防護計畫之防火管理人員遴派（解任）提報表向轄區消防分隊提報。

三、保安監督人

凡消防管理責任區內製造、儲存或處理公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法所稱六類物品達管制量30倍以上場所，應由消防管理責任區之管理權人指派保安監督人。保安監督人遴用或解任時，應於3日內填寫消防防災計畫之危險物品保安監督人遴派提報表報請當地消防機關備查。

四、防火責任者

管理權人或防火管理人得依各消防管理責任區內部不同性質或不同管理分屬之個別區域指派防火責任者。防火責任者由防火管理人遴用或解任時，應報知管理權人。

消防管理人員之職責

一、管理權人職責

- (一) 遴選防火管理人、保安監督人及防火責任者。
- (二) 防火管理制度推行。
- (三) 督導防火管理人製定或變更消防防護計畫。
- (四) 督導保安監督人製定或變更消防防災計畫。
- (五) 指導監督防火管理、保安監督人業務之推動。
- (六) 管理權區分時，協同製定共同消防防護計畫。



二、防火管理人職責

- (一) 遴選防火責任者。
- (二) 消防防護計畫之製作、檢討、變更及執行。
- (三) 防火避難設施、用火用電設備器具及危險物品設施之檢查實施。
- (四) 消防安全設備檢查維護之實施。
- (五) 施工中之防火管理。
- (六) 防止縱火之預防措施。
- (七) 實施防災教育訓練。
- (八) 管理權區分時，制定共同消防防護計畫。
- (九) 執行其他防火管理上之必要業務。

三、保安監督人職責

- (一) 遴選防火責任者。
- (二) 消防防災計畫之製作、檢討、變更及執行。
- (三) 搬運、製程、儲存及處理作業之指導及監督。
- (四) 製造、儲存、處理場所用火、用電之監督管理。
- (五) 場所施工安全之監督。
- (六) 電器配線、電器、機械等用電及用火設備之安全監督管理。
- (七) 消防安全設備檢修、維護之實施及監督。
- (八) 通報、滅火及避難訓練之實施。
- (九) 防火避難設施自主檢查及管理。
- (十) 防止縱火之預防措施。
- (十一) 發現設施異常之處置。
- (十二) 火災等災害發生時之緊急應變處置，以及消防單位之通報連繫。
- (十三) 其他防災管理上必要之事項。

四、防火責任者職責

- (一) 消防安全設備與防火避難設施之日常檢查。
- (二) 巡檢管理區域之逃生路線及防火區劃之確保。
- (三) 用火用電之初級管理。
- (四) 火災發生之初期滅火、緊急通報及避難引導等緊急應變事項。





消防管理作業辦理方式

一、消防防護計畫之執行

(一) 防火避難設施、用火用電設備器具及危險物品設施之檢查。

1、定期巡視

防火管理人定期巡視所轄防護場所，執行走動式巡查與監督防火避難設施、用火用電設備器具、管道間使用管制、管路貫穿部之防火填塞、危險物品設施及消防安全設備之檢查維護是否依規定實施。

2、自行檢查

由各區域防火責任者依「防火避難設施自行檢查紀錄表」及「用電、火、瓦斯自行檢查紀錄表」進行每月二次檢查，再由防火管理人複閱彙整送管理權人核閱。若消防防護場所內包括其他單位時，由各防火責任者檢查核章後送防火管理人複閱，再彙整送管理權人核閱。

(二) 防止縱火措施

- 1、由防火管理人或其指派人員定期巡視所轄防護場所，對於可疑人員徘徊於機廠週遭或車站範圍內應加以監視，必要時予以盤問。
- 2、廠區或車站內應嚴禁攜帶危險或易燃物品，承包廠商若因作業之需要，應先徵求契約管理單位同意，並主動告知現場管理單位後始得攜入。
- 3、對於防護場所內之可燃、易燃物品、廢料…等，契約管理單位或現場管理單位應定期移除與控管。

(三) 施工中之防火管理

- 1、依「消防法施行細則」第15條所稱一定規模以上供公眾使用建築物，遇有增建、改建、修建、室內裝修施工時，應由履約管理單位，製定施工中消防防護計畫，以監督施工單位用火、用電情形。
- 2、施工中消防防護計畫經管理權人、防火管理人核章後，申報轄區消防分隊備查。
- 3、各場所消防設施設備有增設、移設或改設等作業，致該設備停用或功能上有顯著影響者，該場所應派員加強巡檢並增設滅火器因應。

(四) 自衛消防編組模擬演練之分級

依消防法規定，消防防護場所每半年至少應舉辦一次。為加強人員之應變能力及時效，避免或減輕災害之損失，每年年度結束前應研訂次年之「年度消防演練預定時程表」，將演練依支援人力與演練項目分為綜合消防演練（A級）、擴大消防演練（B級）及一般消防演練（C級）三級，所有演練計畫均須依現場實際人力作規劃安排，演練完成後須召開檢討會議，以為後續演練之參考。

1、綜合消防演練（A級）

- (1) 演練計畫中需規劃衛生局、消防局等外單位人員、裝備及消防車輛全部到齊配合本公司演練項目。
- (2) 演練項目需包含火災確認、通報、滅火、避難引導、安全防護及引導消防人員並提供其相關資訊、傷患緊急救護及公司後續支援等訓練項目。

2、擴大消防演練（B級）

- (1) 演練計畫中需規劃消防局人員、裝備到齊，配合本公司演練或指導演練項目。
- (2) 演練項目需包含火災確認、通報、滅火、避難引導、安全防護及引導消防人員並提供其相關資訊等訓練項目。

3、一般消防演練（C級）

演練計畫中僅規劃本公司人員自行演練，演練項目需包含火災確認、通報聯絡及避難引導等訓練項目。

(五) 強化民眾參與車站消防訓練

定期辦理民眾參與車站消防宣導，讓民眾瞭解：

- 1、車站消防設備，於災害發生時可迅速協同車站人員引導其他旅客逃生。
- 2、捷運車站逃生動線、捷運電聯車及車站消防相關設施，並經由與民眾互動，強化並改善公司消防管理。

(六) 施工中消防系統隔離之管理

凡進行可能造成灰塵、火光、有機溶劑或其他可能異常觸發消防系統設備之施工，應依「消防系統暫時隔離作業規定」，申請核可並執行相關防護措施後始可進行現場施工。

(七) 共同消防防護計畫之制定

依「消防法」第十三條規定，地面層達11層以上建築物、地下建築物或中央主管機關指定之建築物（鐵路與捷運共構車站），其管理權有分屬時，各管理權人應協議製定共同消防防護計畫，並報請消防機關核備。



二、消防設施、設備維護保養

(一) 預防檢修、故障檢修

依維修計畫之年度維修排程，委託消防廠商或自辦執行消防設施、設備預防維修保養（包括日檢、月檢、季檢、半年檢、年檢）及故障檢修。

(二) 消防安全設備定期檢修申報

各消防防護場所均依消防法規，每年定期委託消防專業檢修機構檢修消防安全設備，其檢修結果經該消防防護場所之防火管理人與管理權人核章，報請消防機關備查。

(三) 年度消防安全設備維護檢查

- 1、每年依臺北捷運營運法規之規定，執行捷運系統機電設施設備安全總檢查，由捷運中、高運量機電維護人員相互檢查。
- 2、每年依臺北捷運營運法規之規定，由市府邀請專家學者及有關機關共同派員組成查核小組，執行臺北大眾捷運系統經營維護與安全監督檢查。

三、消防安全稽查

為防杜不符法規或程序之作業發生，掌控消防設施設備之可用度，促使消防管理作業及消防設備維持正常運作。

(一) 消防防護區自行檢查

防火管理人定期將稽查內容與缺失改善情形提報消防管理責任區之管理權人。

(二) 線上巡查

由工安處至各消防防護場所進行消防安全設施、設備與消防防護計畫執行情形及消防管理業務檢查，檢查結果填入勞安消防稽核系統，由改善單位立即改善，各防火管理人定期將檢查與改善情形提報於各管理權人所召開之消防安全管理會議中列管追蹤改善。

(三) 定期專案稽核檢查

由工安處定期辦理專案稽查，進行各消防防護場所消防安全設施、設備與消防防護計畫執行情形及消防管理業務查核，檢查結果提報改善單位立即改善，工安處定期將檢查與改善情形提報於公司消防安全管理會議列管追蹤改善。

四、防災教育訓練與宣導

(一) 教育訓練

1、自衛消防編組教育訓練

為落實消防防護計畫之自衛消防編組，各防火管理人依自衛消防編組之班別（通報班、滅火班、避難引導班、安全防護班、緊急救護班）定期辦理個別編組講習與訓練。

2、消防知能補充訓練

人力處訓練中心與工安處參照各管理權人之訓練需求，於每年底擬定隔年度之防火管理人訓練、消防安全講習、消防專業講習等消防相關教育訓練課程，以增進消防專業知能。

(二) 消防安全宣導

為提昇全體從業人員消防安全意識，加強旅客消防安全宣導，定期製作消防安全通告。

五、消防安全管理會議之運作

(一) 消防安全管理會議

- 1、為消防管理體系最高階者，由督導工安處業務之副總經理於每季邀集各管理權人與消防安全管理業務及消防設備維護相關人員召開。
- 2、本會議主要負責處理各層消防安全管理會議窒礙難行事項、綜理不同消防管理責任區之衝突及修定、同意消防安全管理程序及工作說明書等。

(二) 管理權人消防安全管理會議

- 1、為各消防管理責任區之管理權人綜理所轄責任區之消防安全管理事務之會議，由各消防管理責任區管理權人固定每月邀集所轄責任區消防安全管理業務與消防設備維護相關人員召開。
- 2、本會議主要負責消防安全管理策略之擬定、區域內消防設備檢修與巡查及消防管理業務等事項。

(三) 防火管理人消防安全管理會議

- 1、為防火管理人依各自區域不同性質，視需要邀集區域內防火責任者與消防安全設備相關人員自行召開。
- 2、本會議主要負責防火管理等相關事務之研商。

六、事故之通報及搶救

(一) 事故通報

由現場人員確認火災地點及事故狀況後，立即通報行控中心及廣播疏散人員（依預先製作之火災緊急廣播詞），行控中心在接獲通報後，依嚴重性通知相關單位及人員。

(二) 事故搶救

1、初期搶救

火災事故現場員工依自衛消防編組之任務分工執行相關搶救作業，附近廠、站員工由行控中心視狀況通知前往現場支援。另由熟悉現場之人員及提供相關配置圖、安全程序等必要協助，以利搶救人員迅速進入災害現場，進行救災及搶救傷患工作。

2、後續搶修

搶救進行期間，由維修人員進行搶修，如有人力不足應相互支援。若部分搶修工作，非屬公司人員能力所能勝任者，儘速通知協力廠商或承包廠商進行搶修或技術指導。



七、事故調查與分析

發生火災及火警造成財損之事故時，執行事故調查、檢討作業及調查報告之撰寫、陳核，以建立完整之事故調查報告及經驗之傳承。

- (一) 火災及火警財損之非行車事故發生後，各權責單位派員調查、拍照、紀錄及撰寫「火災或火警財損非行車初步事故調查報告」。
- (二) 各權責單位每季將事故報告與改善事項之辦理情形，摘要提報於公司消防安全管理會議中檢討及追蹤列管。

結語

臺北捷運系統除初期路網外，隨著蘆洲線、新莊線加入營運，現在每天平均使用的旅次數已成長到160萬以上，而且持續穩定的成長中，開始營運至今使用人次已超過50億，後續信義線、松山線、環狀線及規劃中之延伸路網，亦將陸續加入營運行列，臺北捷運系統已成為都會區間轉乘及都會區內客運之軌道運輸骨幹，是市民日常生活及經濟活動必要之大眾交通工具。

為不負市民期望，臺北捷運無不以達成安全、可靠、舒適、便捷之品質政策為職志，而消防安全的提昇與鞏固正是提供安全與可靠之基石，臺北捷運消防安全作業經多年發展已有一定之運作模式，未來將隨社會型態與環境變遷持續進行消防硬體設備及消防管理技術之精進，向著捷運系統消防零事故之最終目標邁進。

參考文獻

- 1.簡賢文、林慶元、沈子勝、許文勝、吳貫遠、李婉菁（2007），「軌道系統地下場站消防安全設計之探討」，第六屆海峽兩岸隧道與地下工程學術及技術研討會論文集。
- 2.簡賢文（2008），「由『鐵路隧道及地下場站防火避難設施及消防安全設備設置規範』之頒佈一談我國特殊空間防火避難及消防安全設計規範之推進」，災害防救電子報，第39期，災害防救科技與知識專欄。





5

301型電聯車 通訊設備（含 列車旅客資訊 系統）優化

Optimization of
Communication
Equipment and Train
Passenger Information
System of Type 301 EMU



蔡惟吉 Wei-chi Tsai¹、謝育澤 Yu-tse Hsieh²
吳鴻任 Hung-jen Wu³、余柏楊 Po-yang Yu⁴

¹ 臺北捷運公司車輛處場長 e20369@trtc.com.tw

² 臺北捷運公司車輛處股長 songla@trtc.com.tw

³ 臺北捷運公司車輛處助理工程師 e22365@trtc.com.tw

⁴ 臺北捷運公司車輛處技術員 e23693@trtc.com.tw

摘要

301型電聯車為高運量最早期加入營運之電聯車，自1997年3月即於淡水線馳騁，迄今將近15年。因其通訊設備已漸老舊造成品質不佳，且因應捷運路線增加/重疊，旅客對列車資訊需求日益增加，故本次就本公司多年營運經驗、業界交流及參考旅客意見進行該款電聯車通訊設備優化。

301型電聯車優化內容包含車廂廣播音量均量化（重新配置及更新喇叭）、列車旅客資訊多元化（於車廂內增設時間、目的地顯示）、顯示訊息辨識度提昇（將顯示器由單色改為三色、增加動畫顯示功能）、無障礙設施貼心設計（如於輪椅專屬停靠區增設緊急對講機、點字銘板）…等，藉由多項設備改善/功能提昇，以提供旅客優質服務。

關鍵字：音量均量化、無障礙設施貼心設計、顯示訊息辨識度提昇、列車旅客資訊多元化

Abstract

The type 301 EMU was the first one to join our operation lines in the high-capacity transit system since its first debut in May, 1997. The communication equipment was getting old, resulting in poor quality. In response to the MRT network increase/overlap, passengers' requests for passenger information were getting more. TRTC optimized our type 301 EMU communication equipment base on our operation experience, the experience interchange with other related companies, and passengers' suggestion.

To offer high quality service, our type 301 EMU optimization includes equalization of the broadcasting volume such as renewing and relocation of speakers, multiplicity of the passenger information displays such as clocks and destination displays, easier recognition of information displays through multi-color and animation displays, and considerate designs of the barrier-free facilities such as brail signage at the emergency intercom near the wheelchair park area. By improving equipment/upgrading functions, TRTC provides a quality service to passengers.

Keywords : Equalization of the Broadcasting Volume, Considerate Designs of Barrier-free Facilities, Easy Recognition of Information Displays, Multiplicity of the Passenger Information Displays

概述

301型電聯車為高運量最早期加入營運之第一代電聯車，自1997年3月即於淡水線馳騁，迄今將近15年。列車內部的通訊設備和旅客資訊系統設備（以下稱TPIS）已漸老舊，故障率逐年攀昇，且多數電路板件已停產，造成無料可用的情形；另該車型電聯車TPIS受限其硬體功能限制，最多僅能顯示5字中文站名，無法滿足未來6字中文站名需求等，為有效解決上述種種問題，故本公司依多年營運經驗、業界交流及參考旅客意見後進行該款電聯車通訊設備優化，藉由多項設備改善及功能提昇，以提供旅客更優質服務並滿足未來營運需求。

現況/優化過程

本次301型電聯車通訊設備優化主要包含車廂廣播音量均量化、列車旅客資訊多元化、顯示訊息辨識度提昇、緊急對講機功能提昇及無障礙設施貼心設計，各項分述如下。

車廂廣播音量均量化

高運量301型電聯車於正線營運時，會使用車廂廣播喇叭，播放預錄廣播等各項已預錄好的

數位化語音，進行包含路線、到站、離站、轉乘、宣導和特殊訊息等各式語音訊息之播報，使旅客獲得各項乘車所需的資訊，因此車廂喇叭為電聯車語音訊息之主要輸出設備。

一、現況說明：

目前301型電聯車車廂喇叭僅配置於各個車廂門上方（如圖1所示），若旅客站立於車門邊時，因靠近喇叭而感覺車廂廣播音量較為大聲，易造成旅客不舒服；另人潮眾多時位於車間通道及車廂前後兩端之旅客，易因音量較小聽不清廣播內容，而抱怨車廂廣播音量太小聲。

二、優化過程：

綜整過去各方旅客反應的意見，大多為車廂內語音音量大小、噪音、雜音及音質清晰度等問題，經評估調整喇叭的配置，將有助於改善車廂內廣播分佈不均問題，故參考高鐵與高捷車廂喇叭之配置方式，並於車廂測量音場分佈情形後，於車廂天花板上方適當位置再新增車廂喇叭（如圖2、3所示），以使車廂各喇叭播放聲音達到平衡。



圖1 列車內預錄廣播喇叭

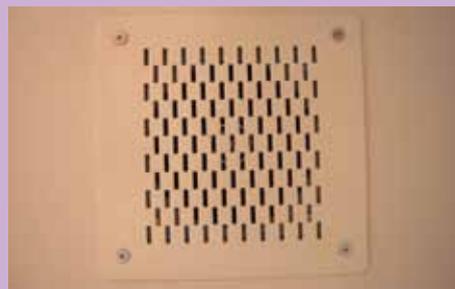


圖2 車廂新增天花板喇叭



圖3 車廂加裝喇叭使廣播音量均量化

另在車廂喇叭線路設計上亦重新作了調整，將車廂門上方喇叭規劃為A迴路，新增的車廂天花板喇叭規劃為B迴路，利用喇叭雙迴路設計，能夠在第一時間內立刻啟動備份的語音播放迴路，維持列車部分的廣播功能正常運作，避免因廣播放大單元或任一喇叭迴路故障，造成整個車廂無語音廣播，使旅客因設備故障而喪失相關的乘車資訊。

列車旅客資訊多元化

列車旅客資訊系統係包含到站顯示器、車側目的地顯示器、車次顯示器、列車目的地顯示器等，利用LED顯示器以字幕顯示方式，提供車廂旅客有關列車目的地、到站、離站、轉乘及乘車宣導事項等相關訊息。

到站顯示器

到站顯示器裝設於車廂車門上方（如圖4所示），1列車共有48組，主要提供旅客經由LED模組顯示字幕，以文字顯示方式告知旅客停靠站名、前後站提示、轉乘訊息及告知旅客該站的開門側，以利旅客提前準備下車等重要訊息。

一、現況說明：

目前301列車車廂內到站顯示器顯示的內容上最多僅能顯示5個字的中文站名，僅有到站、宣導與特殊訊息，無其他功能（如圖5所示）。

二、優化過程：

- （一）到站顯示器加寬其顯示的範圍，提高文字顯示數量，顯示「6字」中文站名，以因應未來站名需求。
- （二）提供旅客資訊部分，除原有到站顯示功能外，亦額外提供旅客「時間」、「目的地」及「開門位置提醒」等功能。



圖4 到站顯示器可顯示6字中文站名



圖5 原到站顯示器最多僅能顯示5個中文字



車側目的地顯示器

車側目的地顯示器裝設於捷運列車的車側玻璃窗上（如圖6所示），1列車共24組，經由LED顯示字幕以文字顯示方式告知月臺上旅客線別、終點站名及不提供載客等訊息。

一、現況說明：

車側目的地顯示器分上、下兩區塊顯示，上區塊顯示目的地站名，且僅能顯示5個字站名，下區塊顯示路線顏色（如圖7所示）。

二、優化過程：

為符合未來線營運需求，顯示文字需可隨路線顏色進行變化，且具有內建字庫，可選擇文字字體大小、粗細、符號等功能外，另亦可以「圖形造字顯示方式」呈現。



圖6 車側目的地顯示器



圖7 原車側目的地顯示器

車頭目的地顯示器

車頭目的地顯示器於每列車兩端駕駛室右側擋風玻璃門上方各設置1組，1列車共2組，提供月臺上旅客列車行駛目的地之資訊，以方便旅客識別搭乘路線（如圖8所示）。

一、現況說明：

原301型電聯車車頭顯示器，分為上、下兩區塊顯示，分別為目的地及路線別顏色，需以人工方式按所行駛的路線調整指撥開關，進行目的地設定（如圖9所示）。

二、優化過程：

為符合未來線營運需求，顯示文字需可隨路線顏色進行變化，且具有內建字庫，可選擇文字字體大小、粗細、符號等功能外，另亦可以「圖形造字顯示方式」呈現。



圖8 車頭目的地顯示器



圖9 原車頭目的地顯示器



顯示訊息辨識度提昇

為方便旅客更容易清楚、明確地識別列車行駛路線別、目的地及列車到離站等相關資訊，本公司將列車旅客資訊顯示系統（主要為到站顯示器及車頭/車側目的地顯示器及車次顯示器）進行訊息辨識度提昇。

一、現況說明：

- (一) 301型電聯車原到站顯示器、車頭及車側目的地顯示器在顯示顏色上僅為單色顯示，顏色顯示上較單調。
- (二) 原到站顯示器在車廂內並無目的地顯示功能，僅以車門上方到站顯示器兩旁的綠色LED燈泡於列車進站開門時閃爍顯示，因該訊息以燈泡亮滅及文字貼紙來表示開門方向，開門側辨識度較低。
- (三) 301型電聯車車次顯示係以手動翻轉數字牌方式進行車次調整設定，易因人為因素而發生設定錯誤情形，另若於夜間或光線昏暗區段，車次有辨識度低之情形。

二、優化過程：

- (一) 車頭、車側目的地顯示器成功地整合文字和路線兩種燈號，並提昇LED的解析度，顏色由原來單色更改為三色（紅色、綠色與琥珀色，即現行路線北投-新北投線為紅色，淡水-新店線為綠色，北投-南勢角線為琥珀色）（如圖10、11所示），使旅客更容易一眼就辨識出列車目的地及路線別。



圖10 車頭目的地顯示器各路線顯示方式



圖11 車側目的地顯示器各路線顯示方式

(二) 加長到站顯示器之顯示範圍，增加目的地顯示區塊，使旅客能於車廂內就能得知列車行駛之目的地，另到站顯示器之目的地顯示會依路線識別顏色顯示紅色、綠色與琥珀色共3種顏色（如圖12所示）。



圖12 到站顯示器各路線顯示方式

(三) 到站顯示器，在開門顯示的部分新增「開門文字提示」和「開門動畫」二項功能輪流播放（如圖13所示），其中開門文字提示除了原有中文顯示外，亦提供英文顯示，再加上開門動畫，使旅客能清楚了解該側車門即將或正在進行開啟，藉以提昇旅客對開門方向之辨識度。



圖13 開門位置提醒

(四) 在開門動畫方面，考量提高旅客的接受度，參考世界各國在交通號誌的使用趨勢，在顯示上進一步提昇該項功能，將原有的開門指示燈改成進站以LED動畫來顯示（如表1所示），取代現有的燈泡閃爍，讓開門這個動作能透過動畫的顯示「動」起來，利用人眼視覺暫留的特性，讓人們一眼可就看出該側車門即將或正在執行開門動作，進一步提醒旅客留意該側車門即將開門，並引導車上旅客走向正確之開門側。

表1 開門指示燈更新前/後功能比較



以綠色LED燈泡閃爍方式，表示列車本側即將或正在執行開門動作。

以開門動畫取代原有的LED燈泡，顯得更生動。

- (五) 在到站顯示器上新增時間顯示功能（如圖14所示），方便車廂旅客能利用到站顯示器來獲知現在正確的時間，另該時間係透過列車上的接收器利用全球衛星定位系統（GPS）來接收校準時間。
- (六) 將車頭車次碼的顯示改成電子數位式（如圖15所示），以LED發光的方式顯示車次碼，使人員在黑暗中也能辨認出該車車次，且車次碼經由車載號誌PTI面盤設定，經主通訊控制面盤連線自動同步設定車次碼，可減少以人工方式設定可能產生錯誤之機會。車次顯示器於每列車兩端駕駛室右側擋風玻璃前下方各設置1組，1列車共2組，用以顯示列車車次訊息。



圖14 新增時間資訊於到站顯示器上



圖15 車頭車次碼以LED燈泡顯示



列車緊急對講機功能提昇

緊急對講機係提供旅客遇有特殊、緊急狀況，必須聯繫司機員時使用。只要按下緊急通話按鈕，司機員收到旅客呼叫時，啟動旅客緊急通話模式與司機員建立對話之通訊介面。

一、現況說明：

- (一) 緊急對講機是車廂內旅客與司機員之間溝通的管道，若緊急對講機發生問題，旅客將無法和司機員取得連繫，對於營運的列車是有危險性的。目前301型電聯車之緊急對講機無「通話建立燈號」顯示功能，故當旅客按壓「緊急對講機」按鈕時，無法明確得知通話是否建立；另未設有CCTV連動功能，司機員無法透過CCTV了解車廂內旅客狀態。
- (二) 緊急對講機未配置「擴音喇叭」，該設備按鈕遭按壓後，司機員僅可透過列車公共廣播對旅客廣播，旅客較無隱私權。
- (三) 無「通話錄音」功能，後續有查證需求時，則無法提供相關通話訊息。

二、優化過程：

- (一) 改變「緊急對講機」訊號觸發方式後，設有「通話建立燈號」顯示功能，按下緊急通話按鈕後，指示燈立即顯示亮起，可供旅客辨識通話是否建立；另主通訊控制面盤（MCCP）和車廂CCTV攝影機亦會隨該觸發訊號自動鎖定位置（如圖16所示），讓司機員可透過CCTV了解旅客之狀態。

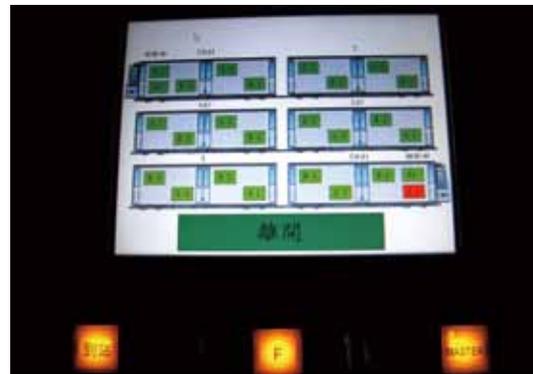


圖16 MCCP鎖定緊急對講機觸發的位置

- (二) 於每個緊急對講機增設「擴音喇叭」，使司機員可透過單一緊急對講機與旅客通話，以確保旅客的權益及隱私權，無需整列車廣播，此外緊急對講機具有抑制環境背景噪音功能，可提昇通話品質。
- (三) 增設「通話錄音」功能，可對司機員與旅客談話內容進行錄音，以供後續查證使用。另外針對營運時發生背景噪音過大與講話內容不清晰等問題，本次進行緊急對講機靈敏度的提昇，使緊急對講機的通話品質更清晰、完整，以維護旅客乘車權益。

無障礙設施貼心設計

為了擴大對旅客的服務範圍，新增幾項無障礙設施。

一、現況說明：

- (一) 電聯車前後之第一節車廂輪椅專屬停靠區無設置「緊急對講機」提供身障人士（坐輪椅者）旅客使用。
- (二) 各緊急對講機上無設置「點字銘板」功能，無法供視障人士辨識得知該項設備。

二、優化過程：

- (一) 為了提供更貼心的服務，於列車前後的第一節車廂輪椅專屬停靠區位置，新增1組「緊急對講機」，主要提供行動不便和乘坐輪椅之旅客，於發生緊急事件時，也能在第一時間利用緊急對講機和司機員取得連繫。除此之外，本公司亦考量到旅客乘坐輪椅時使用之高度，將安裝位置設計為以通話按鈕中心點距離車廂地板高度約85至100公分（如圖17所示）。
- (二) 考量視障旅客的需求，在車廂內每一緊急對講機按鈕下緣，設置視障旅客所使用之點字銘板，透過觸摸的方式確認按鈕位置，以方便視障旅客操作緊急對講機（如圖18所示）。
- (三) 另外緊急對講機之通話按鈕加裝護蓋，防止旅客因誤觸按鈕而造成緊急對講機作動之情況（如圖18所示）。



圖17 輪椅專屬停靠區增設1組緊急對講機



圖18 緊急對講機上加裝保護蓋及點字銘板

優化前後差異及效益

車廂廣播音量均量化

一、優化前後差異：

更新前設備狀況（如圖19所示）：

- （一）每一車廂內僅於車門設置喇叭。
- （二）無法依列車營運時間（尖峰、離峰）設定自動調整廣播音量功能。

更新後設備狀況（如圖20所示）：

- （一）除原有車門喇叭外，另新增喇叭於車廂天花板上。
- （二）新增依列車營運時間（尖峰、離峰）設定自動調整廣播音量功能。

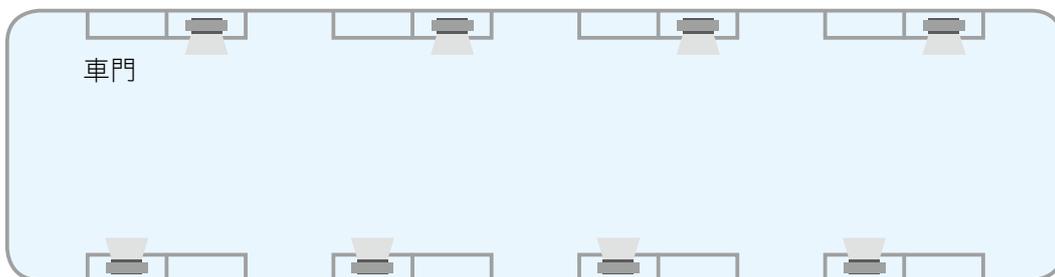


圖19 301型車廂原有喇叭配置情形

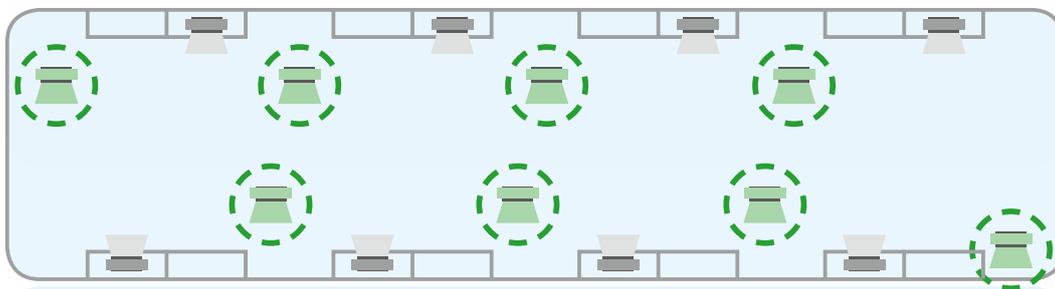


圖20 301型車廂增設喇叭後配置情形

- 備註：
-  車廂原有廣播喇叭（置於每車廂門上方蓋板）。
 -  增設之車廂廣播喇叭（增設於車廂天花板上方）。



二、優化效益：

捷運列車車廂廣播語音音量的標準，主要係依據本公司多年營運經驗，綜合蒐集旅客對車廂音量大小意見，及考量大多數旅客的需求及感受訂定而成，新增設8組車廂廣播喇叭，可減少每顆喇叭輸出之音量與車廂中心點之音量差距，達成車廂廣播音量均量化的目標，使旅客不再因所處的車廂位置，而有音量大小不一的情形。

另外新增能依列車營運時間（尖峰、離峰）調整音量之功能，依據各車廂背景環境的不同機動調整廣播音量大小功能，以克服列車營運時因不同背景噪音程度（車廂人數的多寡等），產生音量衰減之現象，進而影響廣播品質。

更新廣播通訊設備，採用數位語音信號以編碼的方式傳遞，可避免於播放的過程中受到各種雜訊、噪音的干擾，使所播放的語音內容可清晰、正確地傳達給每位旅客，提升車廂廣播品質，營造更舒適的語音環境。

列車旅客資訊多元化

到站顯示器

一、優化前後差異：

更新前設備狀況（如表2所示）：

- （一）無提供旅客標準時間、目的地。
- （二）綠色燈號閃爍，代表「本側開門」位置提醒。

更新後設備狀況（如表2所示）：

- （一）採全球衛星定位系統，提供旅客GPS標準時間，增加顯示目的地。
- （二）動畫顯示「本側開門」位置提醒。

二、優化效益：

除原到站顯示功能外，增加提供旅客「時間」、「目的地」、「開門位置提醒」等訊息。

表2 到站顯示器更新前/後比較



車側目的地顯示器

一、優化前後差異：

更新前設備狀況（如表3所示）：

車側目的地顯示器無法使用圖形造字顯示功能。

更新後設備狀況（如表3所示）：

顯示文字可隨路線顏色進行變化，且具有內建字庫，可選擇文字字體大小、粗細、符號等功能外，另亦可以「圖形造字之顯示方式」呈現。

二、優化效益：

在文字的顯示上具未來擴充性，可調整字體大小，無字數限制，且可顯示路線別數字等，可供相關機關修改顯示內容、字型、字體大小、符號。

表3 車側目的地顯示器更新前/後功能比較



車頭目的地顯示器

一、優化前後差異：

更新前設備狀況（如表4所示）：

- （一）車頭目的地顯示器無法使用圖形造字顯示功能。
- （二）車頭目的地顯示器需手動調整指撥開關，輸入目的地碼。

更新後設備狀況（如表4所示）：

- （一）顯示文字可隨路線顏色進行變化，且具有內建字庫，可選擇文字字體大小、粗細、符號等功能外，另亦可以以「圖形造字顯示方式」呈現。
- （二）由主通訊控制面盤設定營運路線後，可連動列車目的地顯示站名，亦可手動調整。

二、優化效益：

車頭目的地顯示器在文字的顯示上，可調整字體大小，無字數限制，且可顯示路線別數字等，提供修改顯示內容、字型、字體大小、符號等功能，提高系統的多樣性。由列車主控制面盤設定營運路線後，可連動列車目的地顯示站名，可避免人為操作錯誤，提高營運品質。

表4 車頭目的地顯示器更新前/後功能比較



顯示訊息辨識度提昇

到站顯示器

一、優化前後差異：

更新前設備狀況（如表2所示）：

- （一）目前車廂內到站顯示器僅為單色（紅色）顯示。
- （二）到站顯示器顯示的中文站名字數最多只能顯示5個字。

更新後設備狀況（如表2所示）：

- （一）顯示色彩由「單色」改為「三色」（紅色、綠色、琥珀色）
- （二）增加中文站名文字顯示數量，顯示「6字」中文站名

二、優化效益：

到站顯示器以三色顯示（紅色、綠色、琥珀色），藉以使用不同顏色區別路線及目的地，方便旅客識別顯示訊息，擴大顯示器的尺寸，中文站名字數由5字增加為6字，以因應未來信義線通車時顯示站名之需求。

車側目的地顯示器

一、優化前後差異：

更新前設備狀況（如表3所示）：

- （一）車側目的地顯示器文字顯示上僅為單色（紅色）顯示。
- （二）車側目的地顯示器與路線識別燈分成上下兩區顯示。
- （三）LED模組為燈泡（LAMP）型式，可視角較小，眼睛正視時容易感到刺眼。

更新後設備狀況（如表3所示）：

- （一）車側目的地顯示器顯示色彩由「單色」改為「三色」（紅色、綠色、琥珀色）。
- （二）車側目的地顯示器與路線識別燈整合為一。
- （三）LED模組為表面黏著式（SMD）型式，可視角較大，眼睛正視時不易感到刺眼。

二、優化效益：

車側目的地顯示器與路線識別燈整合為一，可依據行駛路線的不同，使用不同顏色的文字區別路線及目的地，增加旅客的識別度並具亮度調整功能。LED模組採用表面黏著式（SMD）型式，可視角較大，亦提高其解析度，眼睛正視時較不容易感到刺眼，車頭與車側目的地顯示器使用相同的LED模組，備品共用可減少庫存量，增加維修便利性。



車頭目的地顯示器

一、優化前後差異：

更新前設備狀況（如表4所示）：

- （一）車頭目的地顯示器文字顯示上僅為單色（琥珀色）顯示。
- （二）車頭目的地顯示器與路線識別燈分成上下兩區顯示
- （三）LED模組為燈泡（LAMP）型式，可視角較小，眼睛正視時容易感到刺眼。

更新後設備狀況（如表4所示）：

- （一）車頭目的地顯示器顯示色彩由「單色」改為「三色」（紅色、綠色、琥珀色）。
- （二）車頭目的地顯示器與路線識別燈整合為一。
- （三）LED模組為表面黏著式（SMD）型式，可視角較大，眼睛正視時不易感到刺眼。

二、優化效益：

車頭目的地顯示器與路線識別燈整合為一，同車側目的地顯示器可依據行駛路線的不同，使用不同顏色文字來區別路線及目的地，增加旅客的識別度並具亮度調整功能。LED模組也採用表面黏著式（SMD）型式，其可視角較大，解析度較好，眼睛正視時較不容易感到刺眼。車頭與車側目的地顯示器使用相同的LED模組，備品可共用減少庫存量，增加維修便利性。



車次顯示器

一、優化前後差異：

更新前設備狀況（如表5所示）：

- （一）原301型電聯車車次採用數字牌顯示車次號碼，需以手動進行翻牌調整。
- （二）夜間時段或燈光不足時，人員不易辨識車次碼。

更新後設備狀況（如表5所示）：

- （一）可藉由號誌PTI面盤或主通訊控制面盤輸入車次碼，車次顯示器會跟著連動修改。
- （二）改採LED顯示器來顯示車次碼，夜間時段或燈光不足時，人員仍可清楚辨識車次碼。

二、優化效益：

更新後可藉由號誌PTI面盤或主通訊控制面盤輸入車次碼，車次顯示器會跟著連動修改，方便司機員設定車次碼，另使用LED燈泡顯示於夜間時段或燈光不足時，人員較容易辨識車次碼。

表5 車次顯示器更新前/後功能比較



列車緊急對講機功能提昇

一、優化前後差異：

更新前設備狀況（如表6所示）：

- (一) 各緊急對講機無「通話建立燈號」顯示功能，故當車廂裡的旅客按壓「緊急對講機」按鈕時，無法明確得知通話是否建立。
- (二) 未配置「擴音喇叭」，該設備按鈕遭按壓後，司機員僅能透過列車公共廣播對全列車車廂的旅客廣播，可能對其他旅客造成干擾。
- (三) 無「通話錄音」功能，後續如有查證需求時，將無法提供相關設備的通話內容。
- (四) 更新前之緊急對講機對環境背景所產生的噪音的抑制能力較差，若處於吵雜環境下，便容易影響旅客和司機的對話內容，使得對話不容易傳達或使對話的內容產生誤解。

更新後設備狀況（如表6所示）：

- (一) 改變「緊急對講機」訊號觸發方式後，設有「通話建立燈號」顯示功能。
- (二) 於每個緊急對講機增設「擴音喇叭」，司機員與旅客可一對一通話，保障旅客隱私權且不會影響其他旅客乘車品質。
- (三) 增設「通話錄音」功能，可對司機員與旅客談話內容進行錄音。
- (四) 更新後的緊急對講機有效降低背景噪音，使對話的內容更清晰，節省雙方對話的時間，迅速的反應旅客的需求。

表6 緊急對講機更新前/後功能比較

更新前	更新後
	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 無「播音喇叭」。 2. 無「通話建立燈號」。 3. 無「通話錄音功能」。 4. 無「點字銘板」。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 新增「播音喇叭」。 2. 新增「通話建立燈號」。 3. 新增「通話錄音功能」。 4. 新增「點字銘板」。

二、優化效益：

- (一) 增設「通話建立燈號」，當旅客按下緊急對講機後，指示燈立即亮起，旅客便馬上能得知對話建立；另主通訊控制面盤和車廂CCTV攝影機亦會隨該觸發訊號自動鎖定觸發的位置(如圖21、22所示)，讓司機員可在第一時間透過CCTV了解車廂狀態。
- (二) 增設「擴音喇叭」，讓司機員可透過單一緊急對講機與旅客聯繫，可機動調整對話範圍(1對1、1對多)，無需像過去對整列車進行廣播，且為全雙工模式通話，雙方通話不遺漏，以確保旅客的權益及隱私權。
- (三) 「通話錄音」功能可還原當時司機員與旅客對話內容，有利事後查證工作。



圖21 緊急對講機觸發時會顯示位置



圖22 緊急對講機觸動後CCTV攝影機會鎖定目標



無障礙設施貼心設計

一、優化前後差異：

更新前設備狀況（如表7所示）：

- （一）緊急對講機未設置「點字銘板」，視障人士使用較為不便。
- （二）「輪椅專屬停靠區」未設置「緊急對講機」，身障人士須到車門邊，操作較為不便。

更新後設備狀況（如表7所示）：

- （一）於每一組緊急對講機增設「點字銘板」，以供視障人士使用。
- （二）於「輪椅專屬停靠區」增設「緊急對講機」，供身障人士使用。

二、優化效益：

關懷弱勢族群，提高服務品質，新增「點字銘板」功能，並增設輪椅專屬停靠區緊急對講機，貼心提供一般及身障旅客緊急使用，尤其第1節及第6節車廂輪椅專屬停靠區增設的對講機為國內電聯車唯一僅有。

表7 輪椅專屬停靠區增設緊急對講機前/後比較



結語

提供旅客更貼心、更多元的服務一直是我們努力的目標，重視旅客的意見以及對未來營運需求預作準備，經過本次301型電聯車通訊設備優化後：

一、降低設備故障率：

301型電聯車車載通訊故障率逐年升高，分析其原因為設備老舊，造成故障件數增加，故預定期可由本次設備重置大幅降低故障率，提高設備妥善率。

二、提昇設備功能：

301型電聯車之緊急對講機作動時並無任何燈號顯示，而本次更新將比照現行新購之371型電聯車及未來路線之381型電聯車規劃，於緊急對講機作動時，指示燈將以紅色發亮顯示方便旅客識別，另緊急對講機作動時，司機員可將原「公共廣播模式」改採「一對一模式」與旅客進行通話，可維護旅客隱私及避免干擾其他旅客。

三、提昇服務品質：

（一）DM1車廂輪椅專屬停靠區增設緊急對講機，以提供身障旅客緊急使用。

（二）重新配置喇叭位置，除原車廂門上方喇叭外，於「車廂天花板」上方增設喇叭，使音量均量化。

（三）將旅客資訊顯示系統之到站顯示器，由單色顯示改為三色顯示，其顯示訊息透過顏色區分，增加旅客識別，提昇服務品質。

參考文獻

1. 臺北大眾捷運股份有限公司（2011），「高運量301型電聯車控制器（車載通訊設備）採購」，財物契約（C00B01594）。
2. 臺北大眾捷運股份有限公司（2012），「臺北捷運第一代淡水線高運量電聯車重新整裝上線三色LED旅客資訊顯示器看得更清楚」新聞稿。



6

大眾捷運法 旅客違規事件 裁罰實務之探討

Case Study on
Enforcement of Penalty
Standards under the
Mass Rapid Transport
Act



楊泰良 Tai-liang Yang¹、劉建業 Chien-yeh Liu²

¹ 臺北捷運公司站務處處長 e00048@trtc.com.tw

² 臺北捷運公司站務處專員 paul@trtc.com.tw

摘要

為維護捷運系統運行順暢及維持良好之乘車秩序，以提供旅客一個優質之乘車環境，於大眾捷運法立法之初，即參考歐、美、日本及新加坡等國之立法先例，於大眾捷運法中明訂相關罰則，即大眾捷運法第50條及第50條之1，以規範旅客乘車行為，包括：禁食區內禁止飲食、進出車站須經正常驗票程序、不得影響車門關閉或擅自開啟、禁止站區內從事商業行為，及禁止任意操控或妨礙行車、電力或安全系統設備之正常運作等事項，上述規定，亦轉載於旅客定型化契約內，即旅客須知，並公告張貼於各捷運車站之明顯處所，方便過往旅客閱讀及遵守。

自1997年7月1日至2012年4月30日取締2萬4,066件，取締金額約新臺幣4,025萬，多年來，在捷運警察隊及臺北捷運公司全體同仁之努力下，大幅提昇了旅客乘車品質，捷運相關禁止規定更融入一般市井小民生活習慣中，成為其生活經驗中，不可或缺的一部分，因此創造捷運今日優質之乘車環境，形成大臺北都會區之新文化、新價值，進而形塑臺北捷運世界一流之國際新形象，其成功要素除了臺北捷運公司面對各項挑戰時，不斷地進行內部組織變革及外部之積極創新其經營模式外，同時不斷接受及回應社會各界批評與指教，並將其內化成企業文化中之一部分，故在與旅客共同協力下，營造出都市新文化，打造一個有秩序、健康環保及節能減碳之國際城市。

關鍵字：處罰、裁罰實務、營運管理

Abstract

To maintain good order and smooth operation of Taipei Metro and ensure that it can provide a high quality service to passengers, reference was made to similar regulations used in European countries, the United States, Japan and Singapore when drawing up the penalty standards for the Mass Rapid Transport Act. These standards are listed under Article 50 and Article 50-1 of the Act, and are intended to regulate passenger behavior. Penalties apply to the following: eating and drinking within the paid area of the metro system; use of improper methods to enter and exit stations; intentionally obstructing train doors from closing, or unauthorized opening of train doors; unauthorized commercial activity within Taipei Metro premises; tampering with station or train facilities; and hindering the normal operation of trains, and the power or security systems. The above penalty standards are incorporated into the standardized contract for passengers, and the relevant sections of the regulations are bulletined at all metro stations to enable passengers to have easy access to the regulations.

Between July 1, 1997 and April 30, 2012, there were 24,066 cases of passengers violating the regulations, with penalties totaling NT\$40.25 million. We believe that these penalties effectively restrain passengers from violating regulations, significantly enhancing the metro environment and directing passenger behavior toward better practices and new values, to burnish Taipei Metro's image as a transport system of the highest international standard.

Keywords : Punishment, Penalty in Practice, Operation Management

前言

1987年，行政院於研擬制定大眾捷運法草案之初，即就如何維護捷運系統之運行順暢、確保場站之設施設備安全、維持站車內之安寧秩序及保障旅客乘車權益等方面進行全盤性之研議及考量，並參考當時國外之先例、本國之固有民情及國內目前相關法規規定（如鐵路法第71條規定等），制定大眾捷運法第50條及第50條之1之處罰規定，以明確規範旅客乘車行為，進而達到提昇運輸效能及維護旅客乘車品質之目的（詳參立法院公報1988年第77卷第17期第127-137頁）。



透過歸納及分析發現，旅客違規事件發生之特性，通常是即時、隨機、多樣且有時較為複雜，此等事件發生時，常需要相關人員立即介入處理及有效地排除狀況，以防事端擴大，危及系統安全或影響其他大多數旅客之搭乘權益，惟有鑑於行政機關之公務人力有限，對於立即性之旅客違規事件，無法時時仰賴行政機關之有限人力調度支援，為有效且即時處理旅客違規事件，仍需依靠營運機構之第一線之站、車人員主動前往處理，才能確保系統安全、行車品質及旅客權益（詳參立法院公報1997年第86卷第24期第217、252頁）。依前述理由，立法院於1997年5月9日三讀通過修正大眾捷運法第52條規定，於該條增訂第2項「第50條及第50條之1規定之處罰，地方主管機關得委託大眾捷運系統營運機構人員執行之」。

臺北市政府依1997年5月28日大眾捷運法第52條修正案，委託本公司（臺北大眾捷運股份有限公司），執行大眾捷運法第50條第1項、第50條之1違規事件之處罰。而本公司自1997年7月1日起，即嚴格執行違反大眾捷運法行為之取締作業。

執行裁罰之經驗

就執法目的而言，為維護臺北都會區大眾捷運系統路線、場、站及行車秩序、保障旅客安全，對於民眾搭乘捷運或進出捷運系統範圍應注意及遵守之相關法規規定，除須加強宣導外，對於欠缺注意義務或屢勸不聽者，施以取締並科處罰鍰，以貫徹公權力之執行並收警惕之效，實乃為維護旅客最佳搭乘品質之良方。

本公司於接辦本項業務前，即先擬訂臺北大眾捷運股份有限公司受託處理大眾捷運法違規事件作業程序報請市府核定，作為未來接辦本項業務之辦理依據，而本作業程序規範內容，主要明定執行人員之範圍、執行作業方式、執行作業程序、罰鍰收繳暨執行程序、行政救濟及後勤作業等相關事項。

執行初期，取締人員係以行政幕僚人員臨時任務指派至各營運車站或列車內會同捷運保安之員警，於每日尖峰時段執行取締工作。

1998年起，由於外來遊客增多，旅客違規事件亦逐步增加，而單靠早晚兩班之取締人員是無法及時處理旅客違規事件，故1998年7月起，授權各車站站務人員執行本項稽查取締工作，並至1999年7月1日，臺北市政府警察局捷運警察隊成立，加入旅客違規取締作業。

一、違規型態之改變

通車初期，違規案件係以旅客於站區內或列車車廂內之違規飲食居多，違規案件造高達每月400餘件，在此時期，本公司亦不斷地加強各式宣導，包括利用車站、車廂內之廣播系統，月臺旅客資訊顯示器跑馬燈方式，進站閘門前劃設黃色醒目之雙語禁食標線及於站區內適當位置張貼宣導海報或標誌等，另配合取締人員嚴格取締違規，致使違規飲食件數，呈現直線下降趨勢，其減少件數達9成以上。惟於1999年底初期路網建構完成後，由於交通之便利，搭乘人數與日俱增，隨之而來的是大量的攤販，攤販違規件數則呈直線上升，累計至2002年1月，每月違規商業行為約有500餘件，其中亦包含擺攤、散發傳單、邀約從事商業問卷等違規類型。

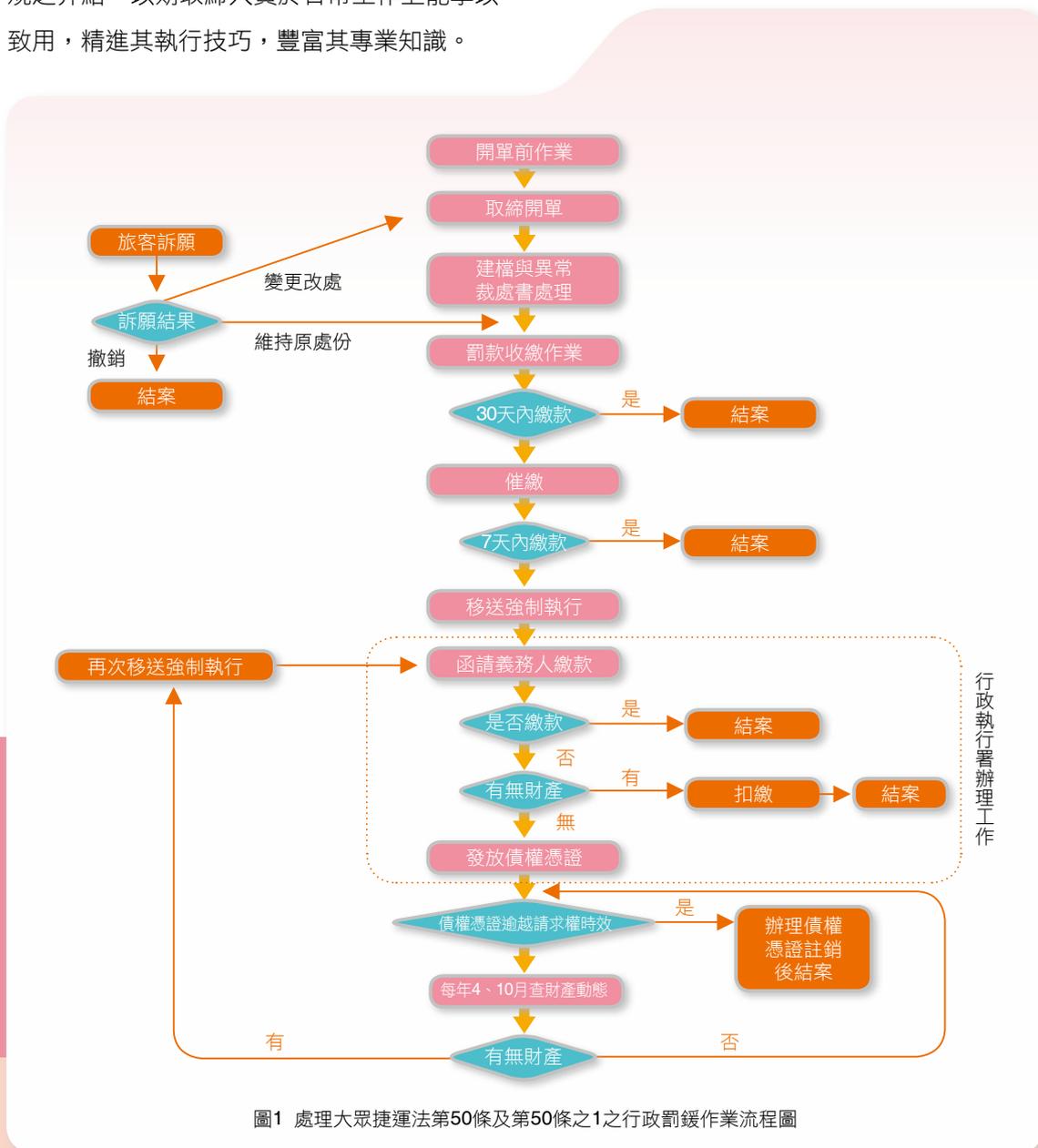
二、違規取締再精進

由於捷運旅運量不斷的攀昇，而捷運系統內之旅客違規事件發生常是隨機突發且須立即處理，又捷運警察隊將每日勤務工作重點放在捷運系統內治安之維護、各項犯罪之偵防、肅竊、捷運場站間安全之防護、設施設備安全之維護及重大突發事件之處理，對於一般旅客違規事件，則轉由各站站務人員加強處理，如遇有困難，再轉報捷運警察隊勤務指揮中心統一調派員警前往現場協助理。本公司於2005年1月1日成立稽查小組（現提昇為稽查課），以加強處理站區內各項旅客違規事件，維護車站乘車秩序及維護良好的搭乘環境品質。

為兼顧旅客權益及提昇取締人員執行稽查取締之裁罰作業品質，本公司自2006年起，每年均舉辦取締人員法制訓練，從第1年3梯次至目前每年固定5梯次，分次調訓稽查人員及副站長以上人員參與訓練，並於訓練結束後，統一安排測驗，測驗成績須滿80分為及格，而上述受訓人員須訓練成績合格始取得取締人員資格，測驗不及格者給予補考機會，目前該項訓練係敦聘臺北市政府法規會學有專業之法制人員至本公司授課，並講授相關法律課程及取締技巧與程序，同時亦著重實務案例之講解及相關法規之介紹，以期取締人員於日常工作上能學以致用，精進其執行技巧，豐富其專業知識。

由於取締違規案件數遽增，旅客不滿及抱怨之案件數亦隨之增加，除對第一線取締人員抱怨外，亦透過市長信箱、1999市民熱線、電子媒體、本公司客服系統及電子郵件信箱或親至本公司進行陳情，均增加後勤行政人員時間及精力處理，另對未到繳案件亦要辦理催繳及強制執行等作業，以提昇罰鍰收繳率。

為精進違規取締、催繳與強制執行等作業，並提昇行政效率，臺北捷運公司訂定一套標準作業程序，如圖1，以有效控管執法過程中各階段作業。

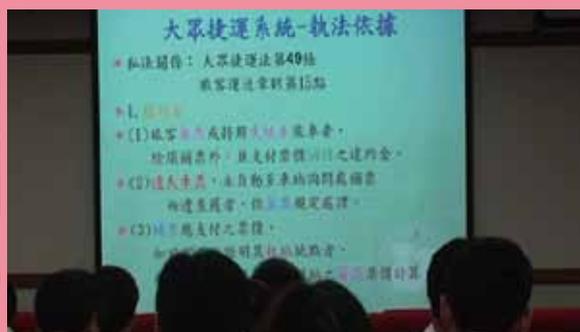


行政執行署辦理工作

三、經驗傳承

歷經多年執行取締之經驗，在對違規事項之認定，取締之術語與技巧，以及相關法規之適用等方面，皆有相當之執行經驗，可供執行違規取締之參考。

- (一) 旅客於搭乘捷運過程中，因身體不適而須及時且一次性之服用藥物時，取締人員是不會前往取締。
- (二) 對於旅客單純喝水行為（不含茶飲，因茶與純水不同），取締人員需踐行勸導程序後，始得開單取締。
- (三) 對於嚼食口香糖或檳榔者，取締人員需踐行勸導程序後，始得開單取締。
- (四) 捷運站、車人員遇有旅客哺乳行為時，將不會前往打擾，如旅客有向站、車人員請求協助時，本公司人員將很樂意提供一個安寧舒適之環境供其使用。
- (五) 對於旅客攜帶寵物搭乘捷運時，應置於寵物箱、小籠或小容器內，且包裝完固，無糞便及液體流出之虞，其頭及四肢不得露出，始得搭乘。
- (六) 依行政罰法第9條第1項，關於行為人責任能力之規定，未滿14歲人之行為不予處罰；另對於年滿14歲未滿18歲旅客或年滿65歲旅客違規行為，試行先以開立勸導單為主，如其違規行為屬情節重大（如妨礙系統運作）或經勸導不聽者，再依法開立處分書。
- (七) 舉發民眾違規時，必須以行為人為受處分人，不得以陪伴者或同行者為受處分人（如女朋友違規，因未帶身分證件，即以男朋友為受處分人等）。
- (八) 取締人員於捷運系統內取締民眾或旅客違規事件時，除取締人員親自目睹並依程序開單告發外，對於民眾即時檢舉之違規事件，亦會主動前往現場處理，惟取締人員處理時，仍須親眼目睹違規過程或檢舉人能舉證證明違規人有違規行為，且願意具結（對所證之事實，出具切結書並簽名認可）所證之事實，取締人員始能依法取締。再者，對旅客於事後之檢舉事件，檢舉人除提供時間、地點及物證外，須同時檢附違規人個人之基本資料（姓名、出生年月日、身分證字號及戶籍地址），且檢舉人對於上述資料須擔負舉證真實責任，本公司始能依規定處理。





- (九) 外籍勞工違規時，請查明在臺雇主資料及在臺居所，並影印其旅行證件（護照及工作證），外籍配偶違規時，請查明臺籍配偶身分資料，並影印居留證或護照。
- (十) 外籍觀光客違規時（含陸客），如團進團出者，請導遊告知其違規項目，並請其立即繳款，並同時由車站開立裁處書，如自由行者，通知捷運警察協助取得身分資料。
- (十一) 依大眾捷運法第50條第1項第9款及菸害防制法第15條規定，捷運系統禁菸區為列車內、站內及車站鐵捲門向外延伸至10公尺處，如10公尺區域已超過路權範圍，則以路權範圍為界，車站人員如有發現或經人檢舉有旅客或民眾於該區域內吸菸時，應主動前往處理。
- (十二) 有關旅客票證違規事件，處理原則如表1：

表1 票證違規類型及處理原則

違規類型	適用法條 (大眾捷運法)	處理原則	
		進站	出站
冒用敬老、愛心悠遊卡或無票乘車	第49條	處罰旅客50倍違約金，請其重新購票進站	除處罰旅客50倍違約金外，並補收當趟車資差額。
未經驗票程序、跟隨他人進出車站	第50條第1項第4款	依法開立裁處書，並請旅客重新購票進站	除依法開立裁處書外，並加收當趟車資

(十三) 常見違規行為態樣及適法依據之差異，如表2：

項次	行為態樣	法條依據及法定處罰金額
一	1.旅客跳下軌道撿拾任何物品。 2.旅客不慎跌落軌道。 3.旅客進入軌道區行走。 4.旅客坐於月臺邊緣，並把腳懸於軌道區上方。	大眾捷運法第50條第1項第3款，處罰新臺幣1千5百元至7千5百元。
	旅客下軌道後，跨越第三軌至對向月臺搭車或出站。	大眾捷運法第50條之1第1項第3款，處罰新臺幣1萬元至5萬元。
二	1.旅客破壞消防栓或其他安全系統設備。 2.旅客於月臺上玩球，並把它拋入軌道內。 3.旅客於列車進站前，進入軌道區，意圖妨害列車運行。 4.旅客酒醉走到黃線外之月臺邊緣，不聽勸離，致列車無法發車或進站。 5.旅客任意操控火災報知機、排煙閘門、緊急停車按鈕、車旁釋壓閥及其他影響行車安全之設備。 6.旅客疏忽於照料隨身攜帶之物品，以致其掉落軌道，影響行車。 7.列車行進中，任意打開車門，造成列車停駛。	大眾捷運法第50條之1第1項第2款，處罰新臺幣1萬元至5萬元。
三	1.旅客以異物或身體任一部位，阻擋車門、月臺門關閉或擅自開啟車門、月臺門。 2.列車關門時，旅客於車廂內，用手拉車門，以方便同行友人進入搭車。	大眾捷運法第50條第1項第2款，處罰新臺幣1千5百元至7千5百元。
	旅客於列車啟動時，於車外拍打車門、車窗或攀附隨行等行為。	大眾捷運法第50條第1項第2款，處罰新臺幣1千5百元至7千5百元。
四	1.旅客雖持有車票，但跳躍闖門進入。 2.旅客持單程票搭車，為保留車票，與他人擠身出站。 3.旅客無故推開緊急逃生門，並進入遊蕩。 4.外包承商違規進出車站。	大眾捷運法第50條第1項第4款，處罰新臺幣1千5百元至7千5百元。
五	1.散發有商業性質之傳單。 2.賣愛盲鉛筆或原子筆募款。 3.未經公司許可之募款活動。 4.坐輪椅賣公益彩券或口香糖。 5.網拍交易（有現金物品相互交付）	大眾捷運法第50條第1項第7款，處罰新臺幣1千5百元至7千5百元。
	於捷運系統內從事商業行為，且有固定攤架者，包括：鋪一塊布於地面上或擺幾個紙箱，再放上銷售商品等。	大眾捷運法第50條第1項第13款，處罰新臺幣1千5百元至7千5百元。

四、取締實績

近3年臺北捷運旅客違反大眾捷運法之取締件數，統計如表3，其中以違規飲食，未經驗票程序進出車站及銷售物品與設攤等行為前三高取締件數，為維持臺北捷運乾淨、整潔及有秩序的乘車環境品質，仍是臺北捷運公司及捷運警察隊持續執行取締作業之重要項目。

表3 旅客違反大眾捷運法事件統計（統計期間：2009至2011年）

法令依據	違規項目	年度			法定處罰金額 (元)	
		2009年	2010年	2011年		
大眾捷運法第50條第1項	第1款	行駛中攀登、跳車或攀附隨行者	0	0	0	1,500-7,500
	第2款	妨礙車門開關或擅自開啟	1	3	4	1,500-7,500
	第3款	入侵軌道	28	15	26	1,500-7,500
		未經許可進入機房及管制區	18	14	4	1,500-7,500
	第4款	未經驗票程序進出車站	370	524	345	1,500-7,500
	第5款	妨害執行職務	17	16	6	1,500-7,500
	第6款	滯留不供載客服務車廂	0	0	0	1,500-7,500
	第7及第13款	商業行為（銷售物品、設攤）	316	407	245	1,500-7,500
	第8款	攜帶動物進入站區或車輛內	3	1	2	1,500-7,500
	第9款	吸菸	9	41	39	1,500-7,500
		吃東西	75	167	195	1,500-7,500
		喝飲料	139	321	545	1,500-7,500
		嚼口香糖	1	4	2	1,500-7,500
嚼檳榔		0	5	1	1,500-7,500	
	亂丟垃圾或吐痰	3	4	3	1,500-7,500	
第10款	妨礙旅客通行及使用設備	0	1	1	1,500-7,500	
第11款	於車站及月臺遊蕩	0	0	0	1,500-7,500	
第12款	躺臥座椅不聽勸阻	0	0	1	1,500-7,500	
第50條之1第1項	第1款	攜帶危險或易燃物	0	0	1	10,000-50,000
	第2款	任意操控站車設備或妨害系統運作	17	19	29	10,000-50,000
	第3款	跨越軌道	6	0	3	10,000-50,000

困難與建議

面對取締不盡之違規攤販，實為一大困擾。依大眾捷運法於2004年5月修法，於第50條第1項增列第13款「未經許可在捷運系統路權範圍內設攤、搭棚架或擺設筵席」處罰規定，對於捷運內之攤販取締，即依大眾捷運法處理，因此取締違規件數大量增加，但攤販違規案件到繳率偏低，須一再強制執行且常名下無財產可供執行，對違規人並無足夠嚇阻效用，因此違規設攤行為仍持續存在。

為有效處理攤販違規行為，可從加強取締及驅離，以及加強強制執行著手，由於對攤販開立再多處分書，仍無法嚇阻其違規行為，但為確保車站內外搭乘環境秩序及優良品質，營運機構及警察機關仍有義務持續取締違規行為。現行對於違規攤販處理，原則上以加強驅離致其無法營業為主，開立處分書為輔，希望使違規攤販無法在捷運範圍內繼續營業，以達到減少違規件數，但對新增攤販，為及時嚇阻其違規行為，以收警惕之效，則以開立處分書方式處理。

結語

古語有云：徒善不足以為政，徒法不足以自行。相關禁止規定是否得以落實，端視執法機關之決心及效力，臺北捷運公司以提供旅客一個安全、可靠、舒適及便捷之搭乘環境為經營目標，努力執行政府委託執行依據，確保優質之搭乘環境，努力成果為國內外旅客及民眾有目共睹。在長期努力與旅客守法道德提昇，站內旅客違規事件已有逐年降低之趨勢，這正是臺北捷運公司不斷地執行取締及進行普遍性宣導之成效。

參考文獻

- 1.立法院公報（1988），第77卷第17期，立法院。
- 2.立法院公報（1997），第86卷第24期，立法院。
- 3.臺北捷運營運法規彙編輯要（2011），臺北大眾捷運股份有限公司。



7

地下車站空調 冰水系統 變流量節能研究

Air-Conditioning
Variable Primary Flow
Chilled Water System



詹榮裕 Rong-ju Chan¹

¹臺北捷運公司工務處工程中心助理工程師 e00521@trtc.com.tw

摘要

本文首先說明新店線公館站試辦空調設備一次側變流量冰水系統之建置經過，並介紹相關設備之規格性能與配置，接著針對該站所蒐集之運轉監測數據加以整理、分析與判讀，當車站公共區空調負載減少時，於允許條件下，可降低一次泵冰水流量需求，進而減少主冰水泵浦用電量及提高車站環境空調冷卻除溼能力，以達到節省空調用電能源及提高車站環境舒適度之目的。

關鍵字：捷運車站、變流量冰水系統

Abstract

This article introduces the trial installation of an air-conditioning variable primary flow chilled water system (VPF) and specifications of related equipment. When air conditioning of station public area gets decrease of load, it will reduce the demand for ice water, reducing the main ice water pump electricity consumption and improving the station's air conditioning cooling capacity. This will save power used for air conditioning and enhance the stations comfort level.

Keywords : Train Station, Variable Primary Flow Chilled Water System (VPF)

緒論

一、研究動機

- (一) 捷運地下車站公共區空調冰水系統，係由主冰水機、冰水盤管及2臺主冰水泵浦組交互運轉循環所組成，藉由主送風機供給車站大廳區及月臺區等公共區空調。
- (二) 目前捷運系統主冰水主機重置，皆以雙臺螺旋壓縮機組設計為主，其會依照現場負載狀況，可做單臺啟動或雙臺啟動的控制模式，惟冰水泵均採以單臺全速運轉供水，易造成設備及能源消耗。
- (三) 本研究空調泵浦可藉由馬達調速控制，利用馬達軸功率與轉速立方正比的關係而獲得具體的節能效果。流量Q、揚程H、馬力HP之間的關係如下：

1. $Q_1/Q_2 = N_1/N_2$ ，水量與轉速 (N) 成正比。

2. $H_1/H_2 = (N_1/N_2)^2$ ，揚程與轉速 (N) 平方成正比。

3. $HP_1/HP_2 = (N_1/N_2)^3$ ，馬力與轉速 (N) 3次方成正比。

4. 由圖1可知，量測水側系統實際用電量與相似定律計算非常接近，本系統應用冰水側水泵變頻節能，於空調部分負載下，節能量大。

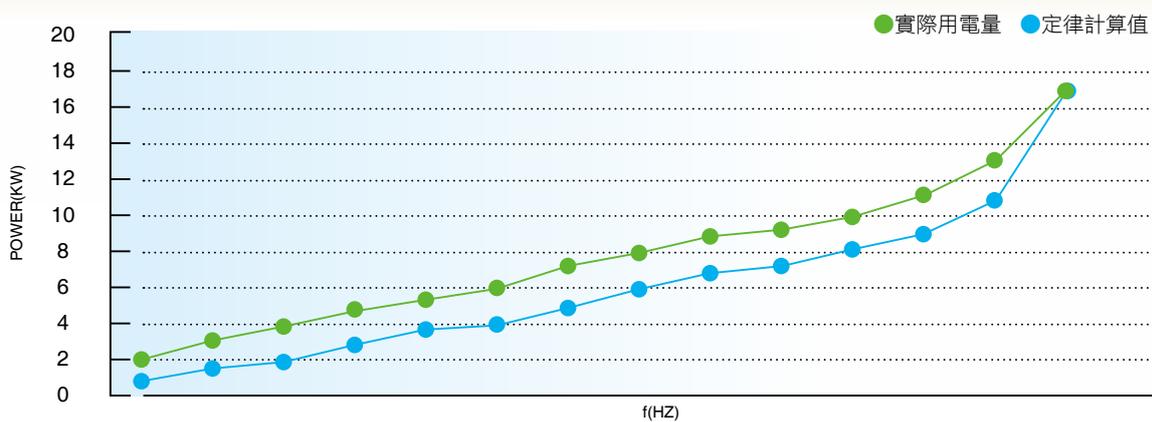


圖1 冰水泵實際用電量 (綠線) 與定律計算值 (藍線) 比較圖

二、研究目的

- (一) 因捷運地下車站供應公共區空調設備 (如冰水機、空調泵、冰水盤等) 置於同一機房區內，其管路配置較短，建議將主冰水泵浦馬達加裝變頻器，依冰水回水恆溫，進出水差溫控制調變改變冰水流量，可提高冰水器效率，若空調冰水機負載增加時，其則冰水泵加載運轉，反之則減載運轉，如此將可有效減少系統耗電。



圖2 變頻冰水泵馬達用電設置流程圖

(二) 在冰水主機單壓運轉時，應使用變頻方式降低水量，使回水溫度提高，並控制於 $12^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 的設定值，以此為首要控制條件。然後再實際量測主機出水溫度及耗電量，尋找出主機最佳運轉效率，來做進出水差溫的設定值。此串級控制方式，不僅可以因為變頻來節省冰水泵的耗電量，更可提高主機效率達到節能的功效。

(三) 目標設定：

表1 現況值與預估目標值比較說明表

項目	定頻控制現況值	變頻控制目標值
權重馬力KW (A)	15.373KW	9.822KW
每年運轉時數 (B)	14H*270D=3,780H	14H*270D=3,780H
每年耗電量 (度) KWH (A*B)	58,101度	37,127度
每度電單價 (元)	2.3元	2.3元
每年耗電金額 (元)	133,632元/臺 (C)	85,392元/臺 (D)
每年節省金額 (元) (C) - (D)	—	48,240元/臺

表2 變頻控制預估權重馬達計算表(14H/日)

冰水流量 %	運轉時數 H	責任週期 (A) = H/3,780	需求馬力 (B) KW	權重馬力 (C) KW=A*B
90-100% (6、7、8月份)	1,260	0.33	13.77	4.54
80% (5、9月份)	840	0.22	9.08	1.99
70% (4、10月份)	840	0.22	8.242	1.813
60% (3、11月份)	840	0.22	6.722	1.479
合計	3,780H/年	—	—	9.822

三、研究範圍及方法

(一) 擇捷運系統新店線公館站南側主冰水機房及主冰泵為主要研究範圍；研究方法藉由改善設備安裝、測試、案例實證與數據資料分析得到具體研究成果。

(二) 相關改善設備安裝測試元件說明如下：

1. 控制系統功能：

- (1) 系統節能控制器在變頻控制規劃下，能依據負載，以比例積分微分之模糊控制 (Fuzzy PID Control) 方式，自動調整泵浦最佳運轉頻率。
- (2) 以冰水主機冰水器進、出水溫度之溫差及最低回水溫度做串級控制，使系統依據負載變化作無段變水量的變頻節能控制，達到節能效果。

2. 軟體程式功能：

- (1) 具恆 (差) 溫、恆 (差) 壓與水位、流量之串級控制功能。
- (2) 具獨立運作及分散式模組化網路擴充功能。
- (3) 具備緩起動馬達保護功能。
- (4) 各種訊號值及運轉顯示。
- (5) 可設定感測器上下限值。
- (6) 可設定模糊區之範圍。
- (7) 可選擇正/負邏輯之控制模式。
- (8) 可設定溫度設定點。
- (9) 配合中央監控系統，具備開放式 RS-485 (Modbus-RTU) 網路通訊控制功能。
- (10) 可設定系統反應之時間。

3. DDC 節能控制器硬體規格：

- (1) 中央運算處理器 (CPU)：16 bits 40MHz RAM64K。
- (2) 輸入訊號：1~5V；4~20mA。
- (3) 輸入/輸出接點：數位輸入 DIx8，數位輸出 DOx8，類比輸入 AIx4，類比輸出 AOx2。
- (4) 電源供應：DC24V/0.5A。
- (5) 顯示幕：單色藍光 LCD，20 字元x4 行，可顯示系統控制模式、馬達運轉臺數、運轉頻率輸出百分比、感測器數值、參數設定值等。
- (6) 網路架構：RS-485。
- (7) 通訊協定：Modbus-RTU。
- (8) 認證：符合 CE、FCC。

4. 系統跳脫保護模式：

每一組馬達均有裝置 MANUAL/AUTO 手動/自動系統切換於 MANUAL 運轉模式時，則採一般直接正常手動方式，無變頻控制運轉。

5. 變頻器 (INVERTER)：控制泵浦馬力數：15 HP 1臺。

- (1) 容量及型式：
 - a. 應為 PWM 控制或電壓向量控制方式。
 - b. 可使 380V 鼠籠式感應馬達在額定轉速之 10%~110% 下運轉。
 - c. 須內建 2 組 DC 電抗器，以降低諧波及保護濾波電容。

- d.須採用內置式RFI濾波器，符合歐盟E.M.C規範EN55011標準。
 - e.面板上有操作鍵盤，以及4行LCD繁體中文顯示器畫面。
- (2) 輸入電源：380V~440V±10%，三相，50/60Hz±1%。
- (3) 速度範圍：0.1~500Hz，可視需要將最高頻率設限於0.1Hz~500Hz範圍內的任意值，也可任意將最低壓頻率設限。
- (4) 額定過負載：110% 1分鐘。
- (5) 輸出頻率：0~120 Hz可調。
- (6) 加速時間：加速時間1~3,600秒。
- (7) 減速時間：減速時間1~3,600秒。
- (8) 環境條件：IP20 (-10°C~+40°C) 95% 以下，不容許結露現象。
- (9) 保護裝置：
- a. 過高/低電壓的保護。
 - b. 起動/運轉電流過高的保護。
 - c. 瞬間斷電的保護。
 - d. 漏電保護。
 - e. 電子式過載熱保護。
 - f. 相序檢知（相序或欠相保護）。
 - g. 電源突波保護。
 - h. 飛輪啟動功能（Flying Start）。
- (10) 操作要求：
- a.可設定輸出電力頻率變動範圍的高限與低限。
 - b.可設定運轉電流的高限。
 - c.內建LCD顯示操作器含獨立之手動鍵及自動鍵。
 - d.變頻器能於馬達運轉中手動調節載波頻率，並具備自動調變功能。
 - e.可偵測、記憶以及顯示最近10次跳脫的原因。其記憶不因斷電而喪失。
 - f.應有電腦RS485通訊及USB介面，以供監控系統之遙控與監視用途。
- (11) 其他：
- a.顯示器可顯示輸出的頻率、電流、電壓、功率及異常狀態。
 - b.符合UL及 CE認證。
 - c.禁用有害物質認證（RoHS）及廢電機電子設備指令規範（WEEE）。

6. 瓦時表：

- (1) 16位元微處理器，全數位化量測、顯示、校正、輸出。
- (2) 通訊輸出：RS-485標準通訊介面輸出，Modbus-RTU通訊協定。
- (3) 瓦特/小時資料儲存時限：1,000小時。

7. 壓力感測器：

- (1) 輸出訊號：4~20 mA輸出訊號。
- (2) 量測範圍：0~10 kg/cm²。
- (3) 電壓：24 VDC。

8. 溫度感測器：

- (1) 輸出訊號：4~20 mA輸出訊號。
- (2) 量測範圍：0~10°C。
- (3) 電壓：24 VDC。

(三) 控制原理說明：以回水恆溫，進出水差溫控制之變流量設計，當系統啟動時，差溫值低於設定值以下時，控制系統降低負載馬達頻率變速控制，減少供水。反之，當系統啟動時，差溫值高於設定值以上時，控制系統提高負載馬達頻率，增加供水。變水量控制系統，除了節省耗電費用之外，並可提供適當且足夠冰水量。

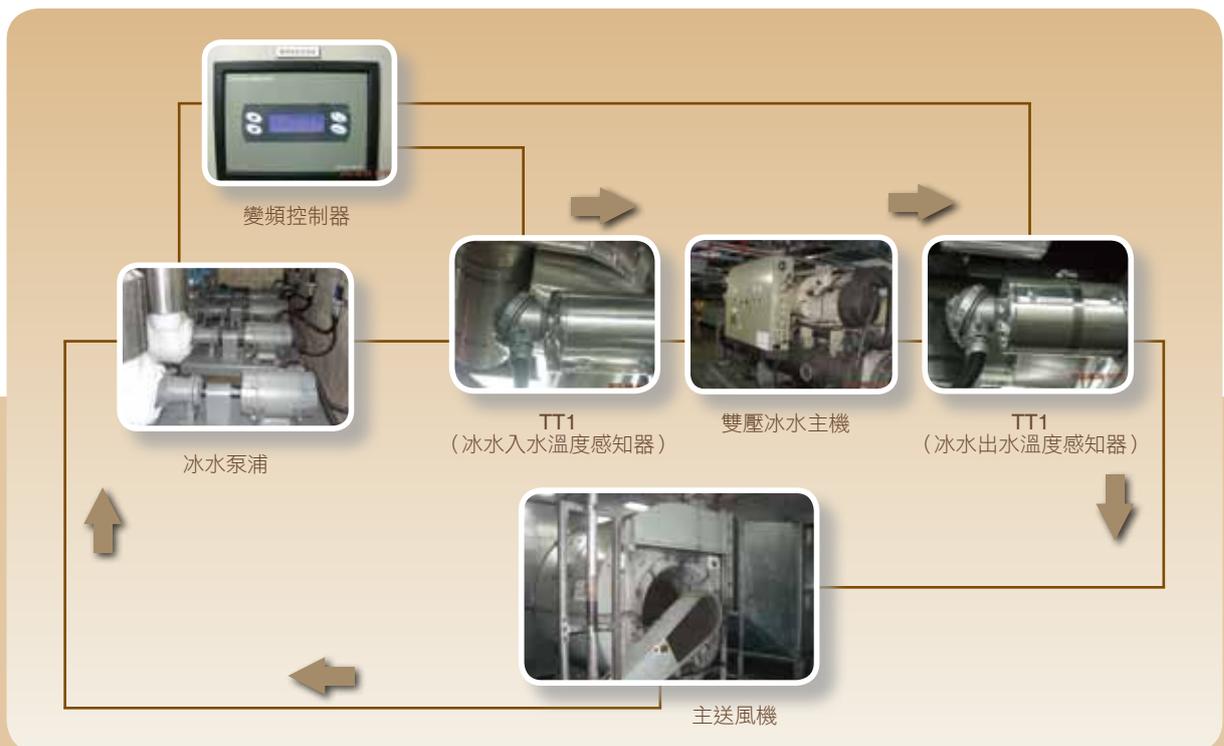


圖3 變頻控制冰水流量系統圖

1. 無段Fuzzy PID調整功能：本控制系統內建恆溫、恆壓、差溫、差壓、流量和水位等6種控制功能，可依照系統需求自行選擇所適合之控制功能。
2. 控制器內建韌體程式包括：
 - (1) 馬達緩起動保護程式延長馬達使用壽命。
 - (2) 系統效率最佳化啟動執行程式，達到最佳省電控制模式。
 - (3) 電腦程式（網路變數）設定輸出/輸入及工程感測值網路監控功能。
 - (4) RS-485網路架構及Modbus-RTU資料通訊協定。
3. 控制軟體功能：採數位、類比混合訊號之PID FUZZY數位網路演算控制模式，自動回溯運轉功能，控制軟體根據系統負載實際變化反應到壓力、溫度或流量感測值和設定值參數比較或並聯銜接點，計算、傳輸、通訊後作最佳節能效率運轉之輸出控制，使系統達到無段變水量控制功能。

(四) 現場設備照片

1. 變頻器
2. 電力紀錄器
3. 冰水溫度感知器
4. 變頻控制盤



圖4 變頻器運作情形



圖5 電力紀錄器運作情形



圖6 冰水溫度感知器安裝位置



圖7 變頻控制盤安裝位置

實施案例與資料分析

一、案例說明：

本研究以捷運系統新店線公館站試辦為例，當車站公共區空調負載減少時，於允許條件下，可降低一次泵冰水流量需求，進而減少主冰水泵浦用電量，以達到節能目的，改善主冰水機冰水流量過大，所造成冰水溫差過小問題，同時降低主冰水機冰水出水溫度，以提高車站環境空調冷卻除溼能力，進而提昇地下車站環境舒適度。

二、資料分析

(一) 依2010年12月27日量測數據紀錄(詳表3)分析說明如下：

- 1.變頻前11:35冰水泵100%運轉，其運轉電流為26.3安培/臺，冰水主機冰水出水溫度為9.8℃，冰水入水溫度為12.1℃，兩者溫差為2.3℃。
- 2.變頻後13:03冰水泵60%運轉，其運轉電流為11.5安培/臺，冰水主機冰水出水溫度為7.9℃，冰水入水溫度為11.8℃，兩者溫差為3.9℃。
- 3.以上變頻前後比較結果，冰水泵節省(26.3-11.5=14.8安培)/臺，冰水出水溫度下降(9.8-7.9=1.9℃)，壓縮機運轉電流變化不多。
- 4.本次測試結果：冰水泵運轉電流節省14.8安培/臺，冰水出水溫度下降1.9℃。

表3 2010年12月27日量測數據紀錄-為改善前後變頻器運作紀錄情形

2010年12月27日公館站南側冰水機房紀錄	第1台壓縮機電流(A)	第2台壓縮機電流(A)	冰水泵頻率(F)	冰水泵頻率百分比(%)	冰水泵電流(F)	冰水泵電流百分比(%)	冰機冰水出水溫(°C)	冰機冰水入水溫(°C)	溫差(°C)	
變頻前	11:35	148	0	80	100.00%	28.3	100.00%	9.8	12.1	2.3
變頻後	12:25	147	0	48	80.00%	17	64.64%	9	11.9	2.9
	12:30	144	0	48	80.00%	17	64.64%	8.7	11.6	2.9
	12:30	143	0	45	75.00%	15.5	58.94%	8.5	11.6	3.1
	12:31	145	0	45	75.00%	15.5	58.94%	8.4	11.5	3.1
	12:40	146	0	45	75.00%	15.5	58.94%	8.6	11.6	3.0
	12:40	146	0	42	70.00%	14.1	53.61%	8.5	11.7	3.2
	12:43	146	0	42	70.00%	14.1	53.61%	8.4	11.7	3.3
	12:46	146	0	42	70.00%	14.1	53.61%	8.5	11.8	3.3
	12:52	146	0	42	70.00%	14.1	53.61%	8.5	11.8	3.3
	12:55	147	0	39	65.00%	12.7	48.29%	8.4	11.9	3.5
	13:00	145	0	39	65.00%	12.7	48.29%	8.4	11.9	3.5
	13:02	143	0	36	60.00%	11.5	43.73%	8	11.8	3.8
	13:03	142	0	36	60.00%	11.5	43.73%	7.9	11.8	3.9



(二) 依2011年4月29日量測數據紀錄(詳表4)分析說明如下：

1. 變頻前13:59冰水泵100%運轉，其運轉電流為24安培/臺，冰水主機冰水出水溫度為10.5℃，冰水入水溫度為12.6℃，兩者溫差為2.1℃。
2. 變頻後16:20冰水泵60%運轉，其運轉電流為11.3安培/臺，冰水主機冰水出水溫度為9.1℃，冰水入水溫度為12.7℃，兩者溫差為3.6℃。
3. 以上變頻前後比較結果，冰水泵節省(24-11.3=12.7安培)/臺，冰水出水溫度下降(10.5-9.1=1.4℃)，壓縮機運轉電流變化不多。
4. 本次測試結果：冰水泵運轉電流節省12.7安培/臺，冰水出水溫度下降1.4℃。

表4 2011年4月29日量測數據紀錄

2011年4月29日 公館站南側冰水機房紀錄		第1臺壓縮機 電流 (A)	第2臺壓 縮機電流 (A)	冰水泵 頻率百分比 (%)	冰水泵電流 (A)	冰機冰水 出水溫 (℃)	冰機冰水 入水溫 (℃)	溫差 (℃)
變頻前	12:51	0	136.4	100	24	10.2	12.4	2.2
	13:59	0	127	100	24	10.5	12.6	2.1
變頻後 (外氣溫度 27.4~26.7℃)	15:49	142	0	89	17.5	10	12.6	2.6
	15:51	142	0	85	17	9.8	12.6	2.8
	15:54	141	0	82	16.4	9.8	12.6	2.8
	15:56	141	0	78	15.6	9.7	12.6	2.9
	15:58	141	0	75	15	9.6	12.6	3.0
	16:03	140	0	70	14	9.6	12.8	3.27
	16:05	140	0	67	13.4	9.4	12.7	3.3
	16:07	140	0	64	12.7	9.3	12.7	3.4
	16:09	140	0	61	12.2	9.3	12.8	3.5
	16:10	140	0	60	11.3	9.2	12.8	3.6
	16:12	139	0	60	11.3	9.1	12.7	3.6
	16:20	140	0	60	11.3	9.1	12.7	3.6

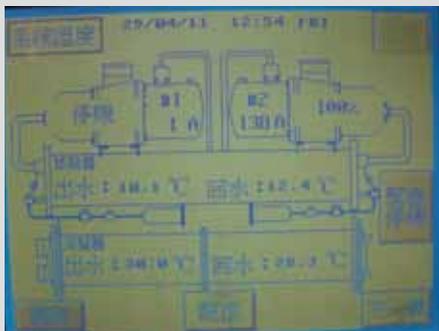


圖8 2011年4月29日冰水主機運轉資料顯示圖

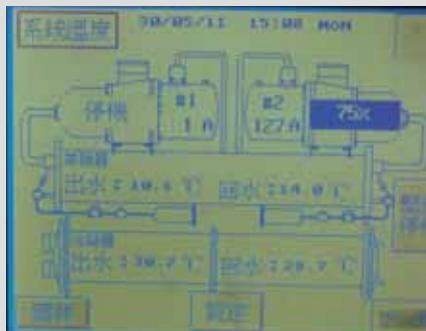


圖9 2011年5月30日冰水主機運轉資料顯示圖

(三) 依2011年5月30日量測數據紀錄(詳表5)分析說明如下：

1. 變頻前13:42冰水泵100%運轉，其運轉電流為24安培/臺，冰水主機冰水出水溫度為11.8℃，冰水入水溫度為13.9℃，兩者溫差為2.1℃。
2. 變頻後14:56冰水泵60%運轉，其運轉電流為11.3安培/臺，冰水主機冰水出水溫度為10.5℃，冰水入水溫度為13.9℃，兩者溫差為3.4℃。
3. 以上變頻前後比較結果，冰水泵節省(24-11.3=12.7安培)/臺，冰水出水溫度下降(11.8-10.5=1.3℃)，壓縮機運轉電流變化不多。
4. 本次測試結果：冰水泵運轉電流節省12.7安培/臺，冰水出水溫度下降1.3℃。

表5 2011年5月30日量測數據紀錄

2011年5月30日 公館站南側冰水機房紀錄		第1臺壓縮機 電流 (A)	第2臺壓縮機 電流 (A)	冰水泵頻率 百分比 (%)	冰水泵電流 (A)	冰機冰水 出水溫 (°C)	冰機冰水 入水溫 (°C)	溫差 (°C)
變頻前	13:42	134	0	100	24	11.5	13.6	2.1
	15:25	136	0	100	24	11.8	13.9	2.1
變頻後 (外氣溫度 26.6~30.2℃)	14:30	0	140	95	20	12	14.4	2.4
	14:40	0	129	93	18.6	11.6	13.8	2.2
	14:41	0	127	91	18.2	11.6	13.9	2.3
	14:43	0	128	88	17.6	11.5	13.9	2.4
	14:44	0	127	85	17	11.4	13.9	2.5
	14:46	0	127	80	16	11.3	13.9	2.6
	14:48	0	126	75	15	11.1	13.9	2.8
	14:50	0	126	70	14	11	13.9	2.9
	14:52	0	125	65	13	10.9	13.9	3.0
	14:54	0	125	63	12.6	10.7	13.9	3.2
14:56	0	124	60	11.3	10.5	13.9	3.4	

本日公館站南側主冰水機回水控制溫度15℃，單機運轉，車站以半閉通風模式運作，故冰水泵變頻以60%流量為下限。

(四) 2011年6月28日量測數據紀錄(詳表6)分析說明如下：

1. 變頻前14:30冰水泵100%運轉，其運轉電流為24安培/臺，冰水主機雙臺壓縮機運轉，冰水出水溫度為7.9℃，冰水入水溫度為11.2℃，兩者溫差為3.3℃。
2. 變頻後15:51冰水泵80%運轉，其運轉電流為16安培/臺，冰水主機冰水出水溫度為7.2℃，冰水入水溫度為11℃，兩者溫差為3.8℃。
3. 以上變頻前後比較結果，冰水泵節省(24-16=8安培)/臺，冰水出水溫度下降(7.9-7.2=0.7℃)，壓縮機運轉電流變化不多。
4. 本次測試結果：冰水泵運轉電流節省8安培/臺，冰水出水溫度下降0.7℃。

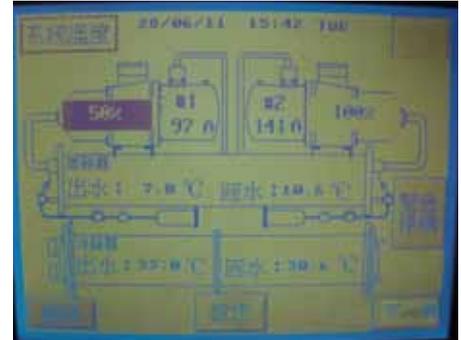


圖10 2011年6月28日冰水主機運轉資料顯示圖

表6 2011年6月28日量測數據紀錄

2011年6月28日 公館站南側冰水機房紀錄		第1臺壓縮機 電流 (A)	第2臺壓 縮機電流 (A)	冰水泵頻率 百分比 (%)	冰水泵電流 (A)	冰機冰水 出水溫 (°C)	冰機冰水 入水溫 (°C)	溫差 (°C)
變頻前	14:00	151	94	100	24	9	12.2	3.2
	14:20	151	133	100	24	9	12.5	3.5
	14:21	151	95	100	24	8	11.7	3.7
	14:25	152	134	100	24	8.4	12.7	4.3
	14:30	152	95	100	24	7.9	11.2	3.3
	16:20	146	99	100	24	7.6	10.9	3.3
變頻後 (外氣溫度 28.9~25.6℃)	15:20	138	144	95	20	9	12.5	3.5
	15:23	137	144	91	18.2	7.7	11.9	4.2
	15:24	138	143	91	18.2	7.6	11.7	4.1
	15:25	99	144	91	18.2	7.8	11.6	4.2
	15:26	99	144	91	18.2	8.2	11.7	3.5
	15:27	99	144	91	18.2	8.6	12.2	3.6
	15:28	134	144	91	18.2	7.4	11.4	4.0
	15:30	98	143	88	17.6	7.4	11.4	4.0
	15:31	98	144	88	17.6	7.3	10.8	3.5
	15:33	98	143	87	17.4	7.2	10.7	3.5
	15:36	97	142	86	17.2	7.3	10.7	3.4
	15:37	97	141	85	17	7.2	10.7	3.5
	15:39	97	141	84	16.8	7.1	10.6	3.5
	15:41	97	141	83	16.6	7.1	10.7	3.4
	15:44	97	140	82	16.4	7.2	10.8	3.6
15:47	97	141	81	16.2	7.2	10.9	3.7	
15:51	97	141	80	16	7.2	11	3.8	
15:53	97	141	79	15.8	7.0	10.9	3.9	

本日公館站南側主冰水機回水控制溫度10.5℃，雙機運轉，車站以全閉通風模式運作，故冰水泵變頻須以80%流量為下限，避免冰機出水溫度過低(7℃以下)。

研究結論

- 一、依2010年3月12日臺大醫院站現場冰水主機以回水溫度 $12 \pm 2^\circ\text{C}$ 為控制依據，冰水主機單機運轉時，其負載75%~50%間來回運作，冰水系統回水溫度約為 10°C ，出水溫度約為 9°C ，進出冰水溫差僅 1°C ，顯示冰水系統提供過多的冰水量。
- 二、目前地下車站雙臺螺旋壓縮機組主冰水主機單臺壓縮機運轉時，冰水流量有過大現象，於該冰水機熱交換器冰水進出水溫之溫差值可知，相較於正常值約 $3 \sim 5^\circ\text{C}$ ，實際之溫差值為 $1 \sim 2^\circ\text{C}$ ，有相對偏低之現象，溫差小則流量大，溫差大則流量小。
- 三、依上述量測結果，綜整如下：
 - (一) 依2011年4月29日量測數據紀錄，其測試結果：冰水泵運轉電流節省12.7安培/臺，冰水出水溫度下降 1.4°C 。
 - (二) 依2011年5月30日量測數據紀錄，其測試結果：冰水泵運轉電流節省12.7安培/臺，冰水出水溫度下降 1.3°C 。
 - (三) 依2011年6月28日量測數據紀錄，其測試結果：冰水泵運轉電流節省8安培/臺，冰水出水溫度下降 0.7°C 。
 - (四) 依2010年12月27日量測數據紀錄，其測試結果：冰水泵運轉電流節省14.8安培/臺，冰水出水溫度下降 1.9°C 。
 - (五) 以上共通點，其變頻前後壓縮機電流及冰水回水溫度，均變化不多。可顯示，經變頻後冰水泵節省運轉電流，而冰水出水溫下降，進而可降低車站公共區域空調出風溫度，提高車站環境舒適度，尤其當春秋時節，可維持單臺壓縮機運轉，不必啟動第2臺壓縮機（省能更多），可維持符合規定之車站空調環境溫度。

經驗分享

- (一) 為達到節能目的，適當的控制冰水主機的蒸發器內冰水流量，得依主機負載率等比例的調降。這一控制行為據文獻報載基本上並不影響主機單機的效率及操作的穩定性。
- (二) 當蒸發器內冰水流量降到設計量的50%下限時，基本上並不改變主機的耗電率仟瓦/冷凍噸 (KW / ton) 值。這裡指的是固定冰水，進出蒸發器的冰水溫度差，讓冰水流量隨主機負載率比例調整。
- (三) 在任何一種負載條件下，急速的改變冰水流量均會不利於主機運轉，故蒸發器內冰水流量每分鐘不得減量超過2%的變化量。

(四) 一次側冰水變頻 (VPF) 技術在美、歐、日等國早已普遍運用，綜合初設成本、省電、省機房空間等因素，不失為新的、好的空調技術。在國際油價日漸高漲，而工業與商業建築物中，空調系統的使用占建築物總耗能的60%以上，使用有效、可靠的節能方式來降低能源使用費，已成為建築物所有者之要務。採取在美、歐、日等國早已普遍的一次側冰水變頻 (variable primary flow chilled water) 技術於空調系統，已成為新系統與舊系統改建不可忽視之節能方式。

參考文獻

1. 蔡尤溪 (2007)，「空調水泵變流量設計之要點」，能源與冷凍空調學術研討會。
2. 劉中哲、劉家宏 (2007)，「變頻螺旋式冰水機於一次側變水量系統之節能應用」，冷凍與空調季刊，第47期，頁37-43。

附錄

流量率Q、揚程H及制動馬力BHP定律計算分析說明：

冰水泵浦的出水溫度常年都定在18°C，與一般冰水主機設定11°C高出許多，用意在於減少壓縮機運轉時間，減少耗電，但冰水泵浦是不會隨壓縮機起停，耗電仍很大，因此泵浦有較大的卸載空間。在一次側冰水泵加裝變頻系統，以溫差控制，依現場實際負載需求的冰水流量，供應適量的冰水，以節省冰水泵耗電量。

在正常的狀況下，空調系統大部份的時間都可以部份負載運轉，尖峰負載時數低於20%以下，因此有80%的時間是有節能的空間。依照定律流量率Q、揚程H，以及制動馬力BHP之間的關係如下：

$Q1/Q2 = N1/N2$ ，水量與轉速 (N) 成正比。

$H1/H2 = (N1/N2)^2$ ，揚程與轉速 (N) 平方成正比。

$BHP1/BHP2 = (N1/N2)^3$ ，制動馬力與轉速3次方成正比。

改變一次側冰水泵的轉速既可降低動揚程及流量，更可大量的降低耗電量，流量與耗電成3次方成正比的關係，因此省能的效益是非常可觀的。而以變頻系統直接驅動控制泵的馬達，可以很精確平順地控制馬達轉速而且能量損失極少。

軌道停看聽

學術團體名稱	公共交通國際聯會 (UITP)
官方網站	http://www.uitp.org
介紹	<p>總部位於比利時，擁有世界90多個國家、3,400多名會員，成員涵蓋亞太、非洲、歐洲、拉丁美洲、中東與北非、北美等地之大眾運輸業者、政府部門、供應商及學術研究單位。每年藉由舉辦會議、展覽與訓練課程等方式，討論最新大眾運輸之熱門話題與發展，形成重要資訊交換與共享的重要平臺。</p>
重要活動 行事曆	<ul style="list-style-type: none"> ● Metro Assembly October 17-19, 2012, Montreal, Canada ● Asia-Pacific Seminar - Arts in Transit November 12-13, 2012, Hong Kong, China ● Asia-Pacific Assembly November 14-16, 2012, Perth, Australia
學術團體名稱	美國大眾運輸協會 (APTA)
官方網站	http://www.apta.com
介紹	<p>1882年於美國華盛頓成立，其願景在於成為推動大眾運輸之領導者，致力發展各項多樣化、具創意性的政策。</p> <p>該協會目前會員包括公車、捷運、通勤軌道系統、運輸組織、系統供應商、政府機構、學術組織及貿易商等，並以辦理會議、教育訓練、會員聯繫、資訊提供、頒獎及認證等方式，確保世界各地的大眾運輸均可獲得相關權益，持續朝向永續運輸邁進。</p>
重要活動 行事曆	<ul style="list-style-type: none"> ● Sustainability & Public Transportation Workshop August 5-8, 2012, Philadelphia, PA, USA ● Annual Meeting September 30-October 3, 2012, Seattle, WA, USA

學術團體名稱	中華民國運輸學會
官方網站	http://www.cit.org.tw
介紹	結合從事有關運輸工作之個人及公私機構，透過專業知識與經驗之交換，致力於推動研究運輸系統之規劃、設計及經營管理等學術活動，並協助政府及運輸業者發展運輸系統，提高營運效率及服務水準。
重要活動 行事曆	<ul style="list-style-type: none"> ● 中華民國運輸學會2012年年會暨學術論文國際研討會 December 6-7, 2012 國立成功大學 ● 東亞運輸學會第10屆研討會 September 9-12, 2013 財團法人張榮發基金會國際會議中心
學術團體名稱	中華智慧型運輸系統協會
官方網站	http://www.its-taiwan.org.tw
介紹	整合產、官、學、研各部門之資源，成功推廣以資訊、通信、自動化、運輸、車輛與環境等科技所結合陸、海、空完整之智慧型運輸系統，期能達到促進交通安全、減少擁擠、提高機動性、減少環境衝擊、增進能源使用效率及經濟生產力之目標。
重要活動 行事曆	<ul style="list-style-type: none"> ● 第19屆ITS世界大會 (The 19th ITS World Congress, 2012) October 22-26, 2012 奧地利維也納 Vienna, Austria ● 第20屆ITS世界大會 (The 20th ITS World Congress, 2013) October 14-18, 2013 日本東京 Tokyo, Japan

軌道經營與管理 稿約

- 一、為將營運上寶貴的實務經驗及心得記錄保存，並提供經驗交換及心得交流的平臺，以使各項成果得以具體展現，特發行「軌道經營與管理」。
- 二、本刊僅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心路歷程及處理經驗，將寶貴的實務經驗或心得透過本刊完整記錄保存及分享。來稿若僅有部份內容曾在國內外研討會議發表亦可接受，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分或經重新編稿者，作者應提附該委託單位之同意書，並須於文章中加註說明。
- 三、來稿請力求精簡，全文以不超過1萬字為原則，另必須包括中文與英文摘要各一篇（300字為原則）。中、英文摘要除扼要說明主旨、因應作為與結果外，並應說明其主要貢獻。
- 四、本刊稿件將送請二位至三位專家評審，審查委員之評審建議，原則上依下表列方式處理。經審查通過後，即依序予以刊登。所有稿件評審意見之處理方式與程序如下：

處理方式		第二位委員評審意見			
		採納刊登	修改後刊登	修改後再審查	不採納刊登
第一位委員評審	採納刊登	刊登	修改後刊登	修改後再審查	送第三位委員評審
	修改後刊登	修改後刊登	修改後刊登	修改後再審查	送第三位委員評審
	修改後再審查	修改後再審查	修改後再審查	修改後再審查	退稿
	不採納刊登	送第三位委員評審	送第三位委員評審	退稿	退稿

- 五、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。
- 六、來稿凡經審查通過採納刊登，作者另須簽署「保證及授權書」一份，以保證無違反本稿約約定情事。本單位對來稿在不變更其論點之原則下有刪改權，如不願修改請特別註明。一經本刊加以刊登，版權即歸臺北捷運公司所有，本公司擁有無限次重製發行權及結集發行專刊之權利。
- 七、文章定稿刊登前，將請作者提送完整稿件及其電腦檔案乙份（請使用Microsoft Word 97以上中文版軟體），以利編輯作業；文章校對由作者自行負責。
- 八、經採納刊登者將致贈稿費，單篇稿費以1萬字為限，每千字新臺幣725元計，圖片製作每張新臺幣143元，字數以MS WORD工具字數統計為準。
- 九、所有來稿（函）請逕寄「臺北市10448中山北路2段48巷7號6樓，軌道經營與管理半年刊」收。電話：02-25363001轉8627；傳真：02-25117945；E-mail:hmwry@trtc.com.tw。

軌道經營與管理撰寫格式

- 一、來稿每篇以不超過1萬字為原則，來稿請附中、英文摘要，本刊對來稿有刪改權，如不同意，請先註明。如需轉載，應先徵得本刊同意。
- 二、文章格式：由作者自行打印至A4紙張（21.0公分×29.7公分），以使用Microsoft Word。邊界設定：上邊界2.54公分、下邊界2.54公分、左邊界3.1公分、右邊界3.1公分。頁首邊界1.5公分、頁尾邊界1.75公分。中文字體以標楷體，英文字體以Times New Roman為準。
- 三、首頁：
 - （一）中、英文章題目：標題字型大小為18點字粗體，與前、後段距離1列。置中對齊，單行間距。
 - （二）中、英作者姓名：字型大小為14點字，與前、後段距離0.5列，置中對齊，單行間距。
 - （三）摘要標題：字型大小為14點字粗體，與前、後段距離1列，置中對齊，單行間距。
 - （四）摘要：字型大小為12點字；第一行縮排2個字，摘要本身150字至300字左右對齊，與前、後段距離0.5列，單行間距。
 - （五）關鍵字：中、英文摘要後個別附上中、英關鍵字2至5組。關鍵字字型為12點字。關鍵字標題為粗體，與前、後段距離0.25列，單行間距。
 - （六）作者工作單位職稱：以註腳方式註於首頁頁尾，標楷體10點字，靠左對齊。
- 四、主文：主文自第2頁起開始撰寫。
 - （一）章標題：字型為18點字粗體，與前、後段距離1列，置中對齊，單行間距，以數字編號（1、2）。
 - （二）節標題：字型為16點字粗體，與前、後段距離0.5列，靠左對齊，單行間距，以數字編號（如1.1、1.2）。
 - （三）次標題：字型為14點字粗體，與前、後段距離0.5列，靠左對齊，單行間距，以數字編號（1.1.1、1.1.2）。
 - （四）內文：字型大小為12點字。第一行縮排2個字元，與前、後段距離為0.5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）。
 - （五）圖表說明：圖、表名字型大小為12點字，與前、後段距離為0.25列，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），置中對齊，單行間距。
 - （六）頁碼：字型為Times New Roman 10點字，依序排列，頁尾置中。
 - （七）文獻引用：文中若有引用參考文獻部份，請以（）表之。（）內註明以作者姓氏與發表年份，如（Wardrop, 1952）。
- 五、數字：年份統一以西元紀元，日期及數字均以阿拉伯數字表示，超過4位時除西元紀元外，每3位數加一撇，如：1,653,799元，西元2006年12月29日。
- 六、參考文獻：參考文獻以文中引述者為限，並請以中文列於前、英文列於後，中文按姓氏筆劃，英文按姓氏字母先後排列。左右對齊，前、後段距離為0.5列，單行間距。如：
 1. 李治綱、何志宏、傅介棠、方仁鳳（1992），「可測試行車路徑導引效果之交通流模擬模式」，運輸計劃季刊，第二十一卷第二期，頁163-188。
 2. Babakus, E. and Boller, G. W.（1992），“An Empirical Assessment of the SERVQUAL Scale,” Journal of Business Research, Vol. 24, No. 3, p. 253-268.

刊名：軌道經營與管理

發行人：楊錫安

總編輯：譚國光

副總編輯：莊稚驊、郭財明、沈志藏、莊明聰、
高文祥

執行編輯：詹仕聰

編輯小組：黃雅芬、葉嘉文、楊欣穎

期刊頻率：每半年出版

出版機關：臺北大眾捷運股份有限公司

地址：10448臺北市中山北路2段48巷7號2樓

創刊：2007年8月

出版：2012年7月

電話：02-2536-3001轉8627

傳真：02-2511-7945

設計製作：唐潮文創設計事業有限公司

地址：10054臺北市杭州南路1段27號8樓

電話：02-2322-5882

GPN：2009602351

ISSN：1996319X

定價：新臺幣450元整

國家書店

臺北市松江路209號1樓

02-2518-0207

<http://www.govbooks.com.tw/>

展
售
處

五南文化廣場

臺中市北屯區軍福七路600號

04-2437-8010

<http://www.wunan.com.tw/index.asp>

臺北市政府出版品紀念品展售中心

臺北市市府路1號1樓

02-2720-8889轉3391

本刊同時登載於臺北大眾捷運股份有限公司網站，

網址：<http://www.trtc.com.tw>

著作財產權人保留對本書依法所享有之所有著作權利，欲重製、改作、
編輯或公開口述本刊全部或部分內容者，須先徵得臺北大眾捷運股份有
限公司之同意或授權（請洽臺北大眾捷運股份有限公司企劃處）