

ISSN 1011-6850

 交通部臺灣鐵路管理局
TAIWAN RAILWAYS ADMINISTRATION MOTC

臺灣鐵路

2009 98年臺鐵資料

TAIWAN Railway Journal



季 刊
Quarterly
第 339 期
N O : 339

中華民國 98 年 9 月出版
SEPTEMBER 2009

臺鐵資料季刊

發行人：范植谷

發行所：交通部臺灣鐵路管理局

編輯者：臺鐵資料編輯委員會

主任委員：范植谷

委員：徐亦南 黃民仁 張應輝 陳世昌
陳明海 高明鑒 鹿潔身 何進郊
陳憲頂 黃運傑 黃茂禎 吳世瑛
黃振聲 李傑松 陳瑞良 蔣東安
湯坤仁 賴秋金

總幹事：陳世昌

幹事：賴威舟 李忻瓊

總編輯：許文鑫

電話：23815226 轉 2302

電子信箱：tr393352@msa.tra.gov.tw

編輯：王宜達

電話：23815226 轉 3338

電子信箱：tr754604@msa.tra.gov.tw

地址：臺北市 10041 中正區北平西路 3 號 5 樓



DT561

目錄 CONTENTS

- 1 都會區鐵路車站以特種建築物研擬防災計畫之對策與案例研析
Strategy for the formulation of fire prevention plans for urban railway stations as special buildings and case study 陳鴻麟 呂志強
- 34 軌道車輛電子設備可靠性評價
Evaluation of the reliability of railway vehicle electronic equipment 劉康男
- 43 電力動力車推進系統故障改善研究
Research into improving the electric locomotive propulsion system 許調泰
- 69 再生電力對軌道車輛及供電系統之影響
The effect of regenerative brakes on railway vehicles and the power supply system 錢明鴻 王宜達 江耀宗
- 80 推動鐵路車輛改造與緩動料過程探討
Examination of the process of promoting railway vehicle remoulding and reducing unused material improvement 張簡坤國
- 91 日本 JR 東京車站一番街與鐵道博物館見學
Learning from JR's First Avenue Tokyo Station and railway museums 謝武昌
- 99 編後語
- 100 徵稿須知

都會區鐵路車站以特種建築物 研擬防災計畫之對策與案例研析

Strategy for the formulation of fire prevention plans for urban railway stations as special buildings and case study

陳鴻麟 CHEN, Hung-Lin¹
呂志強 LU, Chih-Chiang²

地址：10041 臺北市北平西路 3 號 5 樓
Address：5F., No.3, Beiping W. Rd., Zhongzheng Dist., Taipei City 10041, Taiwan (R.O.C.)

電話：(02) 2381-5226 EX 2161
Tel：(02) 2381-5226 EX 2161

電子信箱：tre91309@msa.tra.gov.tw
E-mail：tre91309@msa.tra.gov.tw

摘要

臺鐵局位處於精華地段的都會區車站，除了服務鐵路旅客，同時兼具交通轉運功能，甚至帶動觀光發展因此近年來配合都市整體發展，車站陸續改建成為立體化(地下或高架)複合用途大樓。鑑於此類車站大樓的用途及構造特殊，適用建築法確有困難，因此大多數車站都以「特種建築物」模式申請建造。

本研析報告將於分析建築法內有關「特種建築物」及「防災計畫」的相互關係及演進過程，概述「特種建築物防災計畫」在車站建築物生命週期內所需面臨的相關行政作業內容及注意事項。進而說明都會區鐵路車站發展暨「特種建築物防災計畫」未來趨勢與因應對策，文末提出結論及對於臺鐵局之建議事項，冀望本報告對於日後特種建築物車站相關管理及維護權責單位與同仁有所助益。

關鍵字：車站建築、經營管理、特種建築物、防災計畫

Abstract

TRA's urban stations in prime locations provide a transport service to railway travelers and also have a transport transfer function and can stimulate tourism. Because of this, in recent years stations have successively been rebuilt as vertical (underground or elevated) multiple use buildings. Because of the uses of train station buildings and the special structure, application of existing building law is difficult so many have been built after applying for and receiving "special building" building licenses.

This paper examines the interrelationship between "special buildings" and "fire prevention plan" in the building law and their evolution, describing the administrative work and points for attention for a "special building fire prevention

1.本局專案工程處處長
2.本局工務處助理工程師

plan”in the train station building life cycle and goes on to outline future train station development and special building fire prevention plan”trends and response strategy. The end of the paper has a conclusion and suggestions for TRA, the aim being that the paper will be of use to units and colleagues responsible for the future management and maintenance of special buildings in the future.

Key words: Station buildings, operating and management, special buildings, fire prevention plan.

一、前言

政府爲了對建築物作有效的管理，並維護公共安全、公共交通、公共衛生及增進市容觀瞻等，制定了「建築法」，對與「建築」相關之所有事項納入規範管理。惟一般的定型法條只能對一般性、通案性事項於條文內予以明訂，面對建築物的多樣性、獨特性，如想藉由定型化條文完全含括，事實上是具有條件上的限制。因此，於法令訂定技巧上便需採取某些手法以爲因應，方可使條文得以通案適用，而在「建築法」中，此一因應條文即制定於第九十八條中，以特種建築專案審查的方式，因應無法完全符合建築法令規定，但有必要興建之相關工程、建設，得以藉由該項條文規定，予以明確有效的規範。

內政部依據建築法第九十八條「特種建築物得經行政院之許可，不適用本法全部或一部之規定」，訂頒之「內政部審議行政院交議特種建築物申請案處理原則」第二點說明符合下列各項條件者，得建請行政院核定爲特種建築物，免適用建築法全部或一部之規定」：

- 一、 涉及國家機密之建築物。
- 二、 因用途特殊，適用建築法確有困難之建築物。
- 三、 因構造特殊，適用建築法確有困難之建築物。
- 四、 因應重大災難後復建需要，具急迫性之建築物。
- 五、 其他適用建築法確有困難之建築物。

臺鐵局臺北車站於民國 73 年改建起，迄今 20 餘年間，因社會環境變遷、建築科技創新及交通與居住環境的進步，促使位於都會區之車站紛紛配合環境需要而改採地下或高架化，同時亦趨向高層化、大型化及用途複合化方向發展。因地下及高架車站的設計無法完全符合「建築法」及「建築技術規則」定型式法條之規範，於是造成此類車站最後幾乎全被歸類爲「構造特殊」及「用途特殊」，適用建築法確有困難之特種建築物。

另依「內政部審議行政院交議特種建築物申請案處理原則」第三點第六目規定供公眾使用建築物應檢具「防災計畫」，並檢附中央目的事業主管機關會同使用單位審查確認之證明文件，始得申辦內政部審議行政院交議經直轄市（縣市）政府或中央目的事業主管機關報請行政院核定的特種建築物申請案。由此可知臺鐵局各車站申請「特種建築物」審議核可時，除了基本的審議報告書文件外，「防災計畫」也是不可或缺的文件。

每座特種建築物車站「審議報告書」及「防災計畫」均是量身訂製，獨一無二的文件，且最終必須獲得審議委員會各專家學者的共識及建築主管機關審議通過。它存在目的不僅是每座車站防救災系統的書面整合計畫，同時更是車站竣工後，從事防救災及日常營運的「標準作業程序手冊」與建築物管理的基礎文件，身爲特種建築物車站的產權管理單位、維護單位、使用管理單位及其相關人員對於「它」應該要有所了解。

本研析報告第二單元，將敘述「特種建築」與「防災計畫」之演進、內容要項及審議核可程序。第三單元將依臺鐵局各個不同時期申請的特種建築物車站為例，說明其「防災計畫」的申請及實施概況。第四單元為特種建築物變更及室內裝修申請作業概要，並舉臺北及板橋車站為例，報告目前辦理情形。第五單元探討未來趨勢與因應對策，第六單元為本報告的結論與建議。

二、特種建築物與防災計畫概要

2.1 特種建築物與防災計畫的演進

特種建築物與防災計畫的演進共分為二個階段；第一階段為「特種建築物審查階段」，第二階段為「防災計畫審查階段」。

第一階段「特種建築物審查階段」的實施日期始於民國 60 年 12 月 22 日，法源依據為建築法第九十八條「特種建築物得經行政院之許可，不適用本法全部或一部之規定」。此審查階段的重要性在於突破法規規格式之約束，且提供設計彈性與空間設備的機能性，當時大都適用於特殊空間；如發電廠、石化廠、車站站體等。此階段以委員會審議為主，但於民國 87 年 6 月 5 日內政部訂頒「特種建築物申請案處理原則」前，並無明確審查規定。

第二階段「防災計畫審查階段」的實施日期為民國 84 年 3 月 27 日，法源依據為建築技術規則建築設計施工編第一百九十四條之一規定「申請興建與地下公共運輸系統相連接之地下街或地下商場，應依本內容規定，檢附防災計畫書及管理維護計畫書送審」（本條文民國 92 年 8 月 19 日已修訂移至建築技術規則總則編第三條之四）。另，民國 87 年 6 月 5 日內政部訂頒「特種建築物申請案處理原則」第三點第六目亦規定供公眾使用建築物應檢具「防災計畫」，並檢附中央目的事業主管機關會同使用單位審查確認之證明文件，始得辦理特種建築物案件申請。此審查階段雖然仍以條文式法規內容為主，惟需綜合檢討建築物整體防火、避難之整合性並增加檢討建築物避難設計。此階段因導入性能式避難設計，故已具有性能法規及性能式設計的精神。

2.2 特種建築物防災計畫內容要項

依據內政部審議行政院交議特種建築物申請案處理原則第三點規定，特種建築物申請案，應先檢視起造人是否檢具申請書（如表 1）及下列文件圖說（特種建築物審議報告書）。因車站屬供公眾使用建築物，故另需檢具「特種建築物防災計畫」送審。

特種建築物審議報告書土地權利證明文件：

- 1、土地清冊：表列基地地段、地號、面積、權屬及土地使用分區或編定。並檢附土地登記簿謄本或土地使用分區證明文件。
- 2、工程興建計畫權責機關核定之相關證明文件。
- 3、列明現行建築法令無法適用之條文及事由。
- 4、經開業建築師簽證之相關工程圖說。但涉及國家機密之建築物，其相關工程圖說得免交由開業建築師簽證：
 - 4.1 基地位置圖。
 - 4.2 地盤圖。
 - 4.3 建築物之平面、立面、剖面圖。

- 5、供公眾使用建築物應檢具防災計畫（應記載事項如附表 2），具危險性建築物應檢具安全防護計畫，並檢附中央目的事業主管機關會同使用單位審查確認之證明文件。
- 6、依規定應辦理環境影響評估、水土保持計畫者，應檢附該管主管機關之同意文件。

表 1 特種建築物申請書

年 月 日

(工程名稱)因適用建築法確有困難，請准依建築法第九十八條指定為特種建築物。			
此 致 行政院			
起造人			(簽章)
1·起造人			
姓名(或名稱及其負責人姓名)			
出生年月日：民國 年 月 日 身分證統一編號 (或營利事業統一編號)			
地址			
通訊處			
聯絡電話		聯絡人	
2·設計人			
姓名		開業證書字號	
事務所名稱			
事務所地址			
聯絡電話			
(簽章)			
3·建築基地概要			
建築地址	縣(市)	鄉(鎮、市、區)	
建築地號	地段	小段	地號等共 筆
土地使用分區或編定用地：			
騎樓地面積：	m ²	法定建蔽率：	%
其他面積：	m ²	法定容積率：	%
基地面積合計：	m ²		
4·建築物概要			
建築物主要用途		設計建築物高度	m
建築面積	m ²	設計建蔽率：	%
樓地板面積	m ²	設計容積率：	%
5·建築物建築期限		個月	
6·雜項工作物概要			
7·申請免適用建築法全部或一部之範圍及原因			

表 2 供公眾使用特種建築物之防災計畫應記載事項表

應記載事項	備註
一、建築物之概要： <ul style="list-style-type: none"> (一) 建築概要表。 (二) 周圍現況圖。 (三) 建築計畫概要。 (四) 設備計畫概要。 (五) 相關附圖。 	相關附圖包含： <ul style="list-style-type: none"> 1. 相關樓層平面圖。 2. 各向立面圖。 3. 相關剖面圖。 4. 其他詳圖。
二、申請免適用之建築技術規則規定及理由，並應以圖面清楚標示申請免適用建築技術規則規定之位置。	
三、對應免適用條文採取之對策。	
四、性能驗證之條件、方法及結果。	性能驗證方法，得採下列方式進行： <ul style="list-style-type: none"> 1. 數值模擬。 2. 模型試驗。 3. 全尺寸試驗。 4. 其他。
五、經營管理計畫： <ul style="list-style-type: none"> (一) 各設備之作動程序。 (二) 維護管理體制。 (三) 維護管理方法。 	

供公眾使用之特種建築物，申請免適用建築技術規則建築設計施工編第三章（建築物之防火）、第四章（防火避難設施及消防設備）一部或全部，或第五章（特定建築物及其限制）、第十一章（地下建築物）、第十二章（高層建築物）有關建築防火避難一部或全部之規定者，應依（表 3）規定檢討指定的性能驗證項目：

供公眾使用特種建築物如屬下列各項者（建築技術規則總則編第三條之四各款所列），應增列補充記載事項如（表 4）：

- 1、 高度達 25 層或 90 公尺以上之高層建築物。但僅供建築物用途類組 H-2(住宅)組使用者，不受此限。
- 2、 供建築物使用類組 B-2(商場百貨)組使用之總樓地板面積達 3 萬平方公尺以上之建築物。
- 3、 與地下公共運輸系統相連接之地下街或地下商場。

表 3 申請免適用建築技術規則建築設計施工編相關規定之性能驗證項目表

項目	排除法規 (建築設計施工編)	規定概要	驗證項目
建築構造	第七十條	防火構造建築物主要構造部分之防火時效	(一)結構耐火性能驗證 (二)整棟避難安全性能驗證
防火區劃	第七十九條	防火構造建築物之面積防火區劃方法	(一)火災延燒防止性能驗證 (二)整棟避難安全性能驗證
	第七十九條之二第一項	防火構造建築物之垂直防火區劃方法	(一)火災延燒防止性能驗證 (二)整棟避難安全性能驗證
	第七十九條之三	防止上層延燒	(一)火災延燒防止性能驗證 (二)整棟避難安全性能驗證
	第八十三條	防火構造建築物之十一樓以上部分面積防火區劃方法	(一)火災延燒防止性能驗證 (二)整棟避難安全性能驗證
裝修材料限制	第八十八條	建築物之內部裝修材料	(一)火災延燒防止性能驗證 (二)樓層避難安全性能驗證
避難設施	第九十條	直通樓梯開向屋外出入口	整棟避難安全性能驗證
	第九十條之一	避難層開向屋外出入口寬度	整棟避難安全性能驗證
	第九十一條	避難層以外樓層出入口寬度	樓層避難安全性能驗證
	第九十二條	走廊寬度	樓層避難安全性能驗證
	第九十三條第二款	到達直通樓梯之步行距離	樓層避難安全性能驗證
	第九十四條	避難層步行距離	整棟避難安全性能驗證
	第九十八條	直通樓梯總寬度	整棟避難安全性能驗證

表 4 供公眾使用特種建築物應增列補充記載事項

應補充記載事項	細項
(一)防火避難計畫基本原則	<ol style="list-style-type: none"> 1.防火避難計畫上之特徵。 2.基地與道路之關係。 3.避難層之位置。 4.防火區劃及防煙區劃。 5.安全區劃。 6.各層區劃圖。 7.防災設備系統概要。 8.防災設備機器一覽表。 9.內裝計畫。 10.特定事項。
(二)火災感知、通報及避難誘導 (圖面應將各項設備合併 記入)	<ol style="list-style-type: none"> 1.火警自動警報設備。 2.緊急電話。 3.向消防機關通報之設備。 4.緊急廣播設備。 5.緊急照明設備及標示設備。 6.避難指示之方法。
(三)避難計畫	<ol style="list-style-type: none"> 1.避難計畫概要。 2.標準樓層之避難計畫。 3.特殊樓層之避難計畫。 4.避難安全性能驗證。
(四)排煙及消防活動	<ol style="list-style-type: none"> 1.排煙設備概要。 2.排煙系統說明圖。 3.排煙口位置圖。 4.緊急用進口位置。 5.緊急用昇降機。 6.室內消防栓設備。 7.各種滅火設備、其他。 8.消防車輛救災活動空間。 9.如設有屋頂直昇機停機坪者，並應包括屋頂直昇機停機坪。

2.3 特種建築物防災計畫審議核可程序

特種建築物防災計畫審議核可程序之法令依據為「建築法第九十八條」及「內政部審議行政院交議特種建築物申請案處理原則」，該原則第四點「為處理行政院交議之特種建築物申請案，得邀請本部建築技術審議委員會委員、相關中央目的事業主管機關及直轄市、縣（市）政府進行審議」。此部分審核認可的對象是新建「特種建築物」。

特種建築物有變更使用類組，增建、改建、修建等行為，建築法第九條以外之主要構造、防火區劃、防火避難設施、消防設備、停車空間變更，建築物室內裝修，或其他與原許可不合之變更者，依據上述處理原則第八點，該特種建築物之使用單位應報請該特種建築物之中央目的事業主管機關，審查其變更內容，並應取得工程興建計畫權責機關核定之相關證明文件，其變更之防災計畫或安全防護計畫，應由該中央目的事業主管機關會同使用單位審查確認，並於竣工時檢附修正後之竣工圖及防災計畫或安全防護計畫，依該處理原則第九點規定辦理。

由於特種建築物的主管單位及目的事業主管機關不同，其特種建築物防災計畫審核認可程序亦不盡相同，以直轄市或縣市政府為主管單位申請者（例如臺北或高雄捷運車站），審議核可程序詳內政部公布之特種建築物申請作業流程（如圖 1）。

高鐵系統各場站特種建築物防災計畫之審議核可程序，在內政部營建署審議高鐵是否為特種建築物的會議中合意，由高鐵局組成審查委員會，委員會審查通過後，防災計畫再以附件方式併同其他書類（特種建築物審議報告書），送建築主管機關進行特種建築物審議（如圖 2）。

臺鐵局目前所屬場站之防災計畫審議核可作業，除採取前述高鐵局所進行的行政程序之外，亦有直接採將防災計畫併同其他書類（特種建築物審議報告書）逕送建築主管機關（內政部營建署），由該機關組成的建築技術審議委員會進行實質技術審查。

目前「特種建築物防災計畫」僅就建築之部份或全部免適用建築法（建築技術規則）進行檢討，但消防部份仍須依消防法（各類場所消防安全設備設置標準）規定，於車站開工前向各縣市消防主管機關申請完成「建築物消防安全設備圖說審查」始能開工，並於車站竣工後通過「建築物消防安全設備竣工查驗」，才能獲得各縣市建築及消防主管機關之使用核可。

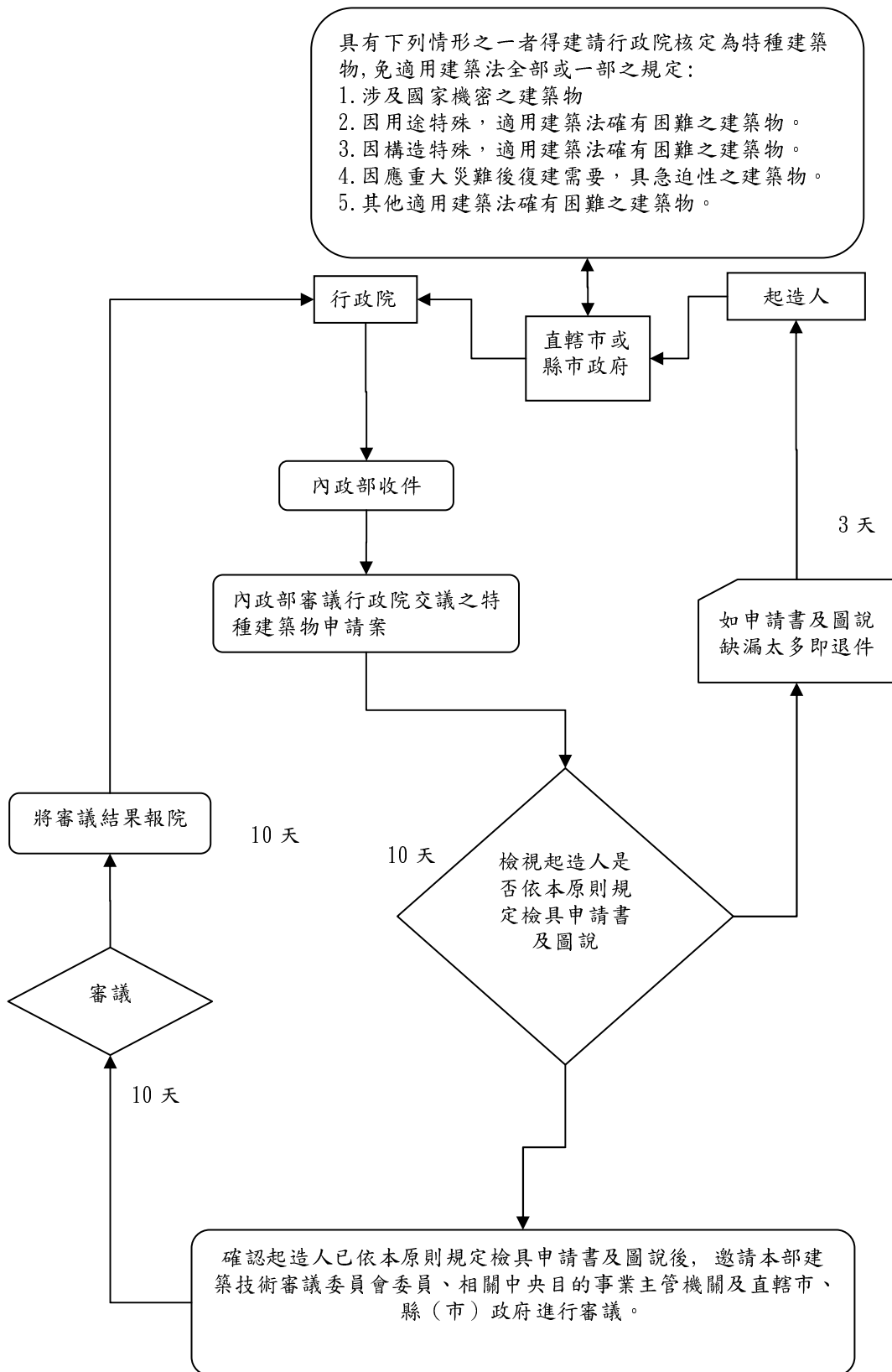


圖 1 內政部特種建築物申請作業流程圖

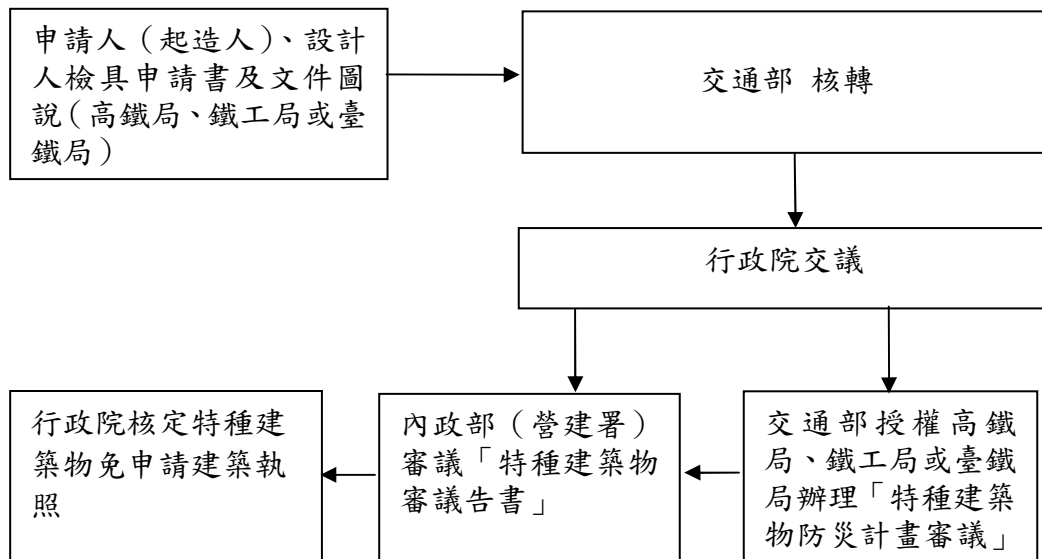


圖 2 鐵路場站特種建築物申請作業流程圖

三、 臺鐵局各車站特種建築物防災計畫申請及實施概要

第 2.1 節說明特種建築物與防災計畫的演進共分為二個階段；第一階段為「特種建築物審查階段」，第二階段為「防災計畫審查階段」。目前臺鐵局特種建築物車站「防災計畫」的審議又可區分為交通部授權交通部鐵路改建工程局組成審議委員會，或是直接將防災計畫併同其他書類（特種建築物審議報告書）逕送建築主管機關（內政部營建署）由該機關所組成的建築技術審議委員會進行實質技術審查方式二種。

臺鐵局各車站依其規模不同，可區分為特等站、一等站、二等站、三等站、簡易站及招呼站。從民國 60 年 12 月 22 日建築法第九十八條「特種建築物審查階段」之實施日起算，臺鐵局第一座特種建築物車站「臺北車站」係由當時臺北市地下鐵路工程處主辦，整體計畫於 68 年 7 月 26 日奉行政院核定，73 年 6 月 27 日由臺北市政府報行政院核准免申請建照興建，業經行政院於 73 年 8 月 29 日核復。車站本體新建工程於 80 年 11 月 14 日竣工後，交通部按照程序完成驗收，報行政院核備，經行政院於 81 年 5 月 5 日函復在案，完成特種建築物之申請行政程序；這是臺鐵局第一座特種建築物車站的誕生過程。

繼「臺北都會區鐵路地下化」完成後，交通部鐵路改建工程局接續推動「萬板專案（包含新建地下化之萬華及板橋特種建築物車站）」；萬板專案歷經可行性研究、整體規劃及分區設計，於 81 年 9 月 14 日奉行政院核定動工，88 年 7 月 20 日竣工。臺北、萬華及板橋車站均屬「特種建築物審查階段」之特種建築物，此階段因內政部尚未訂頒「特種建築物申請案處理原則」，故無明確審查規定，因而未具備「防災計畫」送審。

政府為提昇高速鐵路興建後的旅客轉運效率，於 91 年 4 月核撥經費由臺鐵局辦理烏日新站興建工程，另由鐵路改建工程局於 92 年動工辦理臺鐵局新左營車站。此二站肩負高鐵車站聯外的轉運功能，因而設計為複合用途共構車站，故均申請為特種建築物。屬於「防災計畫審查階段」之此二站，因內政部已訂頒「特種建築物申請案處理原則」，所以此二車站皆經由內政部審議行政院交議完成特種建築物審議報告書及「防災計畫」審議核可程序。

交通部鐵路改建工程局完成「萬板專案」後，持續辦理「南港專案」，專案內包括松山車站（地下車站）、南港車站（地下車站）、汐止車站（高架車站）、汐科車站（高架車站）、五堵車站（高架車站）及新七堵車站等。松山、南港、汐止、汐科、五堵及新七堵車站均陸續於 92 年起辦理特種建築物申請，並完成審議核可程序。

上述各站是目前臺鐵局獲行政院核定之「特種建築物」，惟因其申辦時間、車站特性（地下、高架、共構、複合用途）、規模不同等因素，致使申請過程及實施現況亦不盡相同，茲將各皆段代表性車站（臺北、新左營、南港三站）進一步分析說明如下（如表 5）。

表 5 臺鐵局臺北、新左營及南港站特種建築物審議申請內容及實施差異表

車站		臺北站	新左營站	南港站
申請及實施要項				
申請核准時間		73 年 8 月	92 年 2 月	95 年 1 月
申報竣工核准時間		81 年 5 月	95 年 11 月	(目前局部核准使用)
是否具備審議報告書(申請書及相關文件)		否	有	有
是否具備防災計畫		否	有	有
審議機關	審議報告書	-	內政部	內政部
	防災計畫	-	交通部	交通部
車站概述	特性	地下、共構、複合、特等站	平面、共構、複合、一等站	地下、共構、複合、二等站
	樓層	地下 3 層地面 7 層	地面 4 層	地下 3 層地面(14)層
	建築面積	約 18 萬 m ²	約 6 萬 2100 m ²	目前約 2 萬 1647.54 m ²
	建造單位	臺北市地鐵工程處	鐵工局	鐵工局
申請免適用之建築技術規則規定		-	1.防火區劃	1.防火區劃
		-	2.步行距離	2.步行距離
		-	3.自動樓梯構造(速度)	3.直通樓梯總寬度
		-	4.防排煙設備構造	4.自動樓梯
		-	5.自動灑水設備	5.欄杆
		-		6.直通樓梯淨寬
對應免適用條文採取之對策		-	1.裝修材料不燃化	1.防火時效規定;避難時間檢討
		-	2.另規劃安全走道	2.雙向逃生、符合車站設計準則之步行距離規定及避難時間檢討
		-	3. 速度符合 CNS 規定	3.避難時間檢討
		-	4.蓄煙煙控與自然排煙	4.速度依高鐵機電設計準則規定辦理

車站		臺北站	新左營站	南港站
申請及實施要項		-	5.大廳裝修採不燃材料、設置消防設備及滅火器替代	5.依 CNS12651 B1358 規定設置
				6.依規定檢附防災計畫書及管理維護計畫書；避難時間檢討
性能驗證之方法		-	CFD 火災煙控模擬與動態避難電腦模擬分析	日本避難安全檢証、CFD 火災煙控模擬與動態避難電腦模擬分析、NFPA130 規範
經營管理計畫	各設備之作動程序	臺灣鐵路管理局辦公大樓使用管理安全手冊草案	無	有
	維護管理體制		有	有
	維護管理方式		有	有
其它災害內容		-	防風、防洪、防震概要	防風、防洪、防震概要
臺鐵局經營管理單位		運務處臺北站	運務處新左營站	運務處南港站
建築物公共安全檢查簽證		臺北運務段辦理	高雄運務段辦理	尚未完成點交手續
消防安全設備檢修申報		防護團辦理	防護團辦理	

四、特種建築物變更及室內裝修申請

4.1 特種建築物變更程序—以臺北站為例

臺北車站大樓竣工啓用至今，因三鐵共構及地下商店街之連接，造成旅運流量、收容人數、通行及避難逃生動線皆已改變，再加上站區商業空間應用，與原核定的特種建築物使用形態不同，致使大樓相關之防火避難設施與消防安全設備具有重新檢討及改善的必要，基於保障旅客生命財產安全及符合消防法規要求，臺鐵局擬就臺北車站大樓現有防火避難設施與消防安全設備為基礎，重新檢討。並依實際現況辦理改善規劃及設計、特種建築物變更使用申請、編訂「防災計畫」等，以求合理、經濟之改善效益及符合公共安全之目標。

本計畫目標以提升臺北共構車站整體安全性能，做為政府持續推動「強化臺北車站特定區（臺鐵、高鐵、捷運與地下街共構）安全管理建議事項」之基礎，並依據「內政部審議行政院交議特種建築物申請案處理原則」與內政部營建署 97 年 3 月 12 日營署建管字第 0970012743 號函等辦理審議程序核可後，據以辦理後續相關工程改善事宜，全案計畫內容如下：

- 1、重新界定特種建築物範圍、用途。
- 2、辦理臺北車站大樓特種建築物變更使用申請。
- 3、驗證建築物防火避難安全自救性能。

- 4、改善既有防火避難設施及消防安全設備。
- 5、建構防災中心，預留監控系統整合之空間。

全案工程範圍包含臺鐵局臺北車站大樓（U-2~G+7 層含東西停車場、東輔大樓及緊急發電機機房）、高鐵區域、大樓既有管理之 U-3 捷運轉乘區及 U-1 地下街連通處之緩衝區連通銜接部份（如圖 3）。並考量建築物未來使用之可能演變，納入 U-1 及 G+1 層商業空間使用規劃、G+2 層連通臺北轉運站與機場捷運之人行天橋及 U-1 層連通桃園機場捷運預定連接口位置等整體規劃評估，著眼充分考慮整體防災之需要；並預定於 101 年 12 月完成全案，期能有效提昇共構車站安全強度，確保旅客生命財產安全。

臺鐵局目前與臺北車站同一時期申請的特種建築物車站有萬華站及板橋站，未來除了這二站有變更特種建築物申請，及重新製訂防災計畫的需求外，已完成的其他特種建築物車站，未來也都會面臨站體辦理變更之情事。另，辦理臺北車站特種建築物變更及製訂防災計畫案係受行政院災害防救委員會列管辦理，因此審議通過後的防災計畫具有指標性意義，有可能成為將來臺鐵局地下或高架共構車站的範例，故在此說明其需辦理之相關事項及防災計畫內容概要，俾供臺鐵局相關從業人員對特種建築物變更暨防災計畫有更深一層的瞭解。

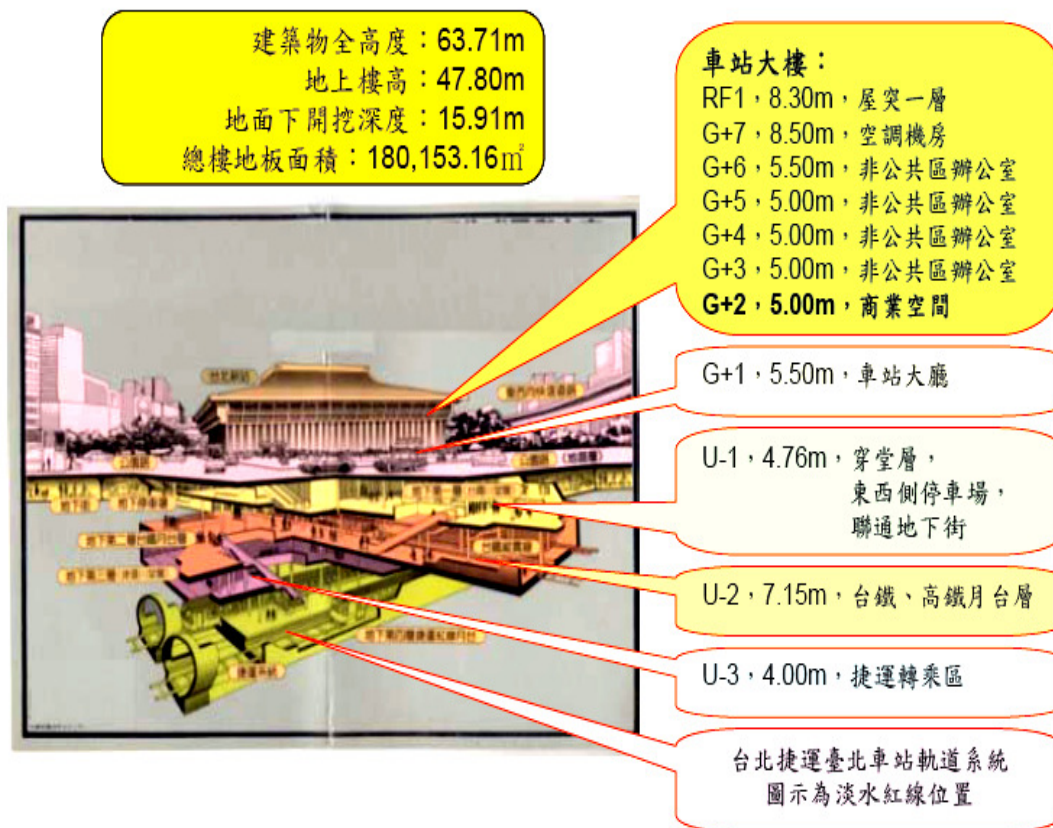


圖 3 臺北車站大樓使用示意圖

4.1.1 變更理由

臺北車站大樓特種建築物隨時代變遷與進步，建築物本身原來使用條件已有若干改變與調整，必須針對建築用途及結構開口改變部分提出變更申請核可，以確保建築物營運之適法性，其主要理由概述如下：

- 1、增加原有建築開口部分，防火區劃改變。
- 2、旅運流量、通行及避難逃生動線皆已改變。
- 3、車站內部設有商業空間，與原核定之特種建築物使用用途不符。

同時車站大樓內部所設置的防火避難設施及消防安全等機電設備壽齡均已超過 20 年，有必要全面進行重新調查、分析與評估，並研擬改善對策，才能確保建築物在使用管理上達到安全無虞之目的。

4.1.2 變更依據

依據「內政部審議行政院交議特種建築物申請案處理原則」第 8 點及行政院災害防救委員會發布「強化臺北車站特定區（臺鐵、高鐵、捷運與地下街共構）安全管理列管事項」第 1 點「修訂臺鐵臺北車站防災計畫」事項辦理。其執行重點如下：

- 1、有關臺北車站防災計畫範圍，除應包括臺鐵、高鐵所使用之地面層與地下 1~3 層，與臺北捷運及地下街等連接界面之檢討外，併將臺北車站 2~7 樓納入進行檢討與修訂。
- 2、研提臺北車站防災計畫細部作業事項、工作進度與預訂完成時限等資料，並予專案追蹤列管。
- 3、須依「內政部審議行政院交議特種建築物申請案處理原則」規定，修訂臺北車站防災計畫。如評估既存硬體空間及設備有困難時，應針對臺北車站 2~7 樓之使用用途、用途區劃等限制條件進行評估與檢討。

參考美國 NFPA130 規定，納入臺北車站目前營運現況、旅客運量、人群特性與潛在危險之分析調查、人員避難安全性能評估與驗證、防火避難設施（包括弱勢族群及二次避難據點設置需求）與消防安全設備之檢討與更新、民眾避難逃生與救災人員動線之規劃與檢討、室內裝修限制、防災監控系統、使用管理之檢討、緊急通報聯繫應變機制與救災指揮通訊界面整合等事項，進行整體性考量與修訂。

4.1.3 特種建築物審議報告及之防災計畫內容

臺北車站大樓防災計畫的訂定，鑑於行政院災害防救委員會所要求的執行重點及內容已超出「內政部審議行政院交議特種建築物申請案處理原則」的範疇，其整體內容概述如下：

- 4.1.3.1 防災計畫概要：應說明臺北車站大樓研擬防災計畫之緣由、計畫目的、計畫範圍等事項，且至少包含下列章節。
 - 1、計畫緣由
 - 2、計畫目的
 - 3、參考文件及相關法規
- 4.1.3.2 建築物概要：應說明臺北車站大樓建築物防災相關資訊，且至少包含下列章節。
 - 1、基地概要
 - 2、建築計畫概要

- 3、設備計畫概要
 - 4、臺北車站營運狀況
 - 5、人群特性與潛在危險分析
- 4.1.3.3 防災計畫基本原則：應說明臺北車站大樓防災規劃構想、防災計畫預定目標，且至少包含下列章節。
- 1、防災規劃構想
 - 2、外部災害搶救原則
 - 3、內部防火避難安全自救原則
 - 4、各類災害防救原則
- 4.1.3.4 建築消防防災相關設施設備計畫：應說明臺北車站大樓建築、消防及防災相關設施設備的設置計畫，且至少包含下列章節。
- 1、基地與道路之關係
 - 2、避難層之位置
 - 3、防火區劃
 - 4、防煙區劃及安全區劃
 - 5、內部裝修計畫
 - 6、內部防火計畫
 - 7、防災設備系統概要
 - 8、消防安全設備
 - 9、避難計畫
 - 10、排煙計畫
 - 11、全面滅火及搶救計畫
 - 12、緊急供電系統
 - 13、防災中心監控系統
- 4.1.3.5 經營與管理計畫：應說明臺北車站大樓防災之經營與維護管理計畫相關事項，且至少包含下列章節。
- 1、防災設備動作順序
 - 2、經營計畫
 - 3、防災管理體制
 - 4、維護管理方法
- 4.1.3.6 重大災害境況設定：應分析臺北車站大樓重大災害境況，研擬設定災害規模，以為建置災害防救措施之基礎，且至少包含下列章節。
- 1、臺北車站災害境況分析

- 2、臺北車站災害境況設定
 - 3、臺北車站災害境況設定說明
- 4.1.3.7 整體災害防救計畫：應說明臺北車站大樓研擬整體災害防救計畫的內容，且至少包含下列章節。
- 1、災害預防
 - 2、災害緊急應變
 - 3、災後復原重建
- 4.1.3.8 災害應變標準作業程序：應說明臺北車站大樓研擬災害應變標準作業程序之內容，且至少包含下列章節。
- 1、防救災管理體系與運作架構
 - 2、緊急應變標準作業程序
- 4.1.3.9 應變計畫救援指揮體系架構：應說明臺北車站大樓防災計畫研擬現場救援指揮計畫之內容，且至少包含下列章節。
- 1、救援現場指揮體系
 - 2、現場搶救指揮裝備
 - 3、臺北車站特定區共同防護編組
- 4.1.3.10 相關防救災業務：應說明臺北車站大樓防災計畫相關防救災業務辦理情形，且至少包含下列章節。
- 1、防救災演習：概要分析臺北車站特定區聯合防災演習成效
 - 2、防救災相互支援協定
 - 3、其他相關防救災業務

4.1.4 申請變更審議程序

臺北車站大樓辦理特種建築物變更審議程序，應依 96 年 7 月修正「內政部審議行政院交議特種建築物申請案處理原則」相關規定辦理，其摘錄如下：

- 4.1.4.1 增修第 8 點：特種建築物有變更使用類組，增建、改建、修建等行為，建築法第九條以外之主要構造、防火區劃、防火避難設施、消防設備、停車空間變更，建築物室內裝修，或其他與原許可不合之變更者，該特種建築物之使用單位應報請該特種建築物之中央目的事業主管機關，審查其變更內容，並應取得工程興建計畫權責機關核定之相關證明文件，其變更之防災計畫或安全防護計畫，應由該中央目的事業主管機關會同使用單位審查確認，並於竣工時檢附修正後之竣工圖及防災計畫或安全防護計畫，依第九點規定辦理。

4.1.4.2 增修第 9 點：起造人辦理竣工備查時，應同時副知行政院及本（內政）部，並將竣工圖說、防災計畫或安全防護計畫各一份送本（內政）部備查。本計劃申請變更審議程序，參考上述規定，研擬流程如（圖 4）。

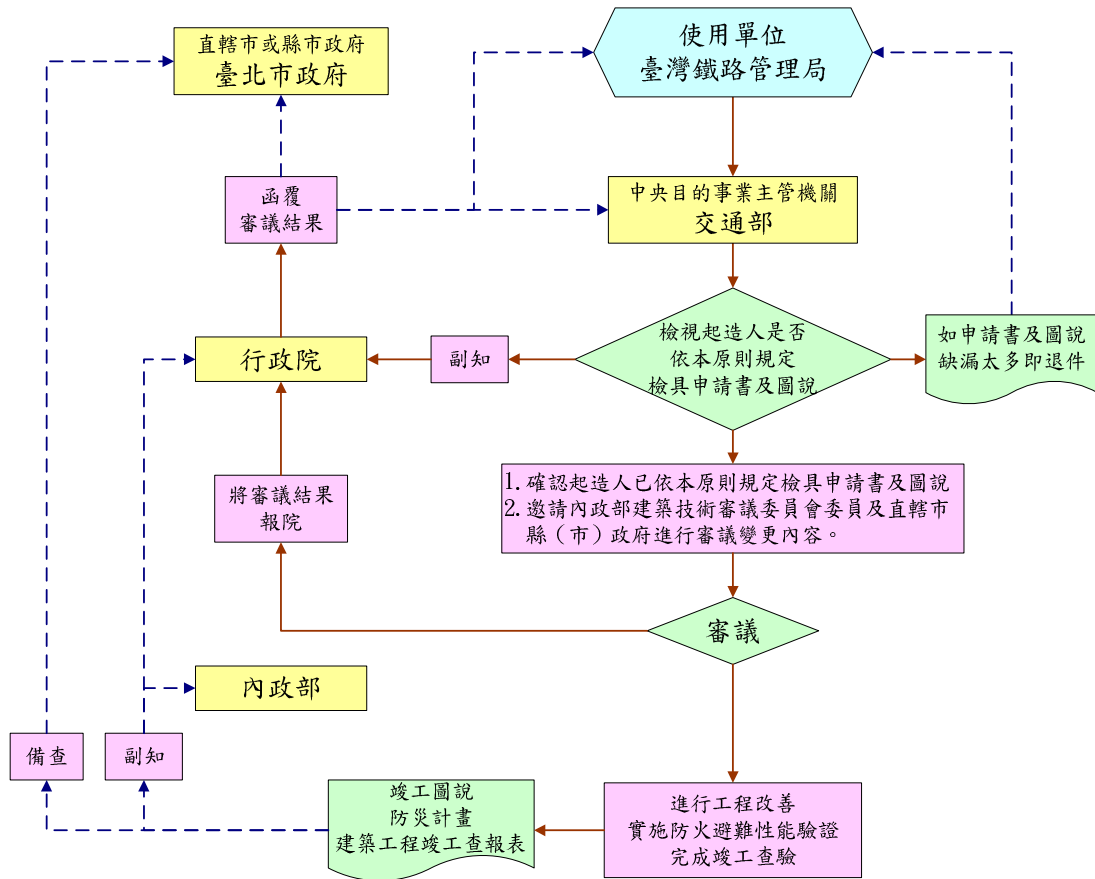


圖 4 特種建築物變更使用申請程序流程圖

4.1.5 目前辦理情形

「臺北車站大樓防火避難設施與消防安全設備改善工程」全案整體計畫執行架構，如（圖 5）所示。第一階段（規劃與可行性研究與基本設計）已於 97 年 8 月辦理完成，第二階段（細設監造及特種建築物變更申請）預定於 98 年 6 月簽約執行；屆時將銜接第一階段成果，並參酌相關專家學者建議與臺鐵局需求變化，由技術服務廠商執行特種建築物變更審議報告書與防災計畫編撰、圖說簽證、防火避難性能模擬驗證、變更申請審查、工程成本控制、工程品質管理與監造等事項，並配合專案管理之稽核服務，以滿足全案預定目標及進度。

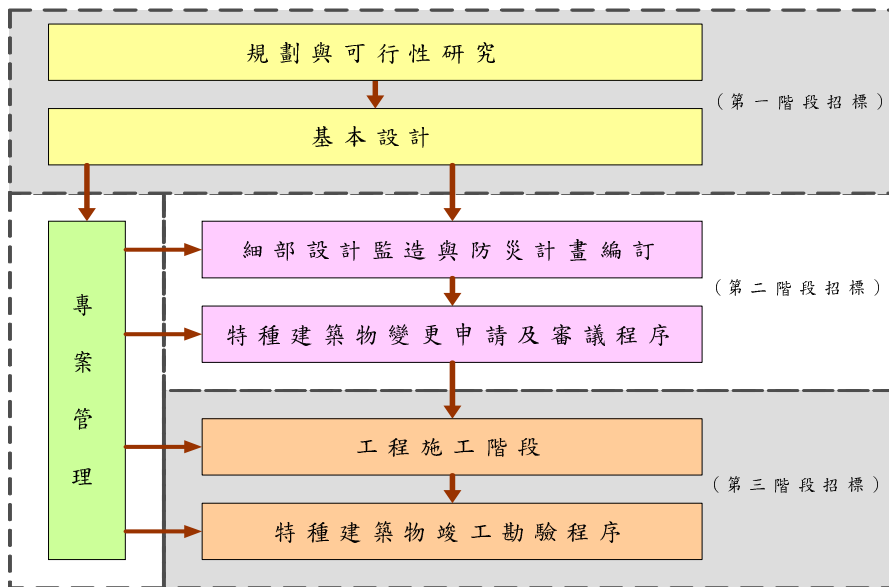


圖 5 臺北車站特種建物變更案整體計畫執行架構

4.2 特種建築物室內裝修作業程序－以板橋站為例

新建特種建築物車站得歷經特種建築物防災計畫申請暨審議核可程序，建築物使用過程中如果變更條件成立時，必須進行防災計畫變更申請暨審議認可程序，上述 2 項作業程序分別已於第 4 及第 6 單元說明。但當特種建築物進行室內裝修作業時（室內裝修定義請參考建築物室內裝修管理辦法），所適用的申請作業程序便不宜採用「審議」方式進行。

特種建築物室內裝修申請作業於 96 年 7 月 20 日內政部修正「內政部審議行政院交議特種建築物申請案處理原則」之前，係屬各地方縣市政府建築主管機關主管業務。但修正後，該處理原則增修第 8 點已將此權責業務轉為各特種建築物的中央目的事業主管機關。因此目前各地方縣市政府建築主管機關已不再受理臺鐵局特種建築物車站的室內裝修申請審查業務。

由於特種建築物車站所認定的範圍包括建築物內所有的樓層及空間，因此除了站區範圍，另包含出租辦公室或是商業空間，這些場所的裝修異動，在不涉及使用用途變更及改變既有避難逃生動線情形下，應以申請「室內裝修」方式進行局部空間的改變。例如板橋車站大樓 3~8 辦公室樓層，最近幾年來已經辦理過好幾次的室內裝修審查申請作業，此類申請作業未來將會更加頻繁的出現在臺鐵局各特種建築物車站內，其現階段的申請作業程序詳如（圖 6）。

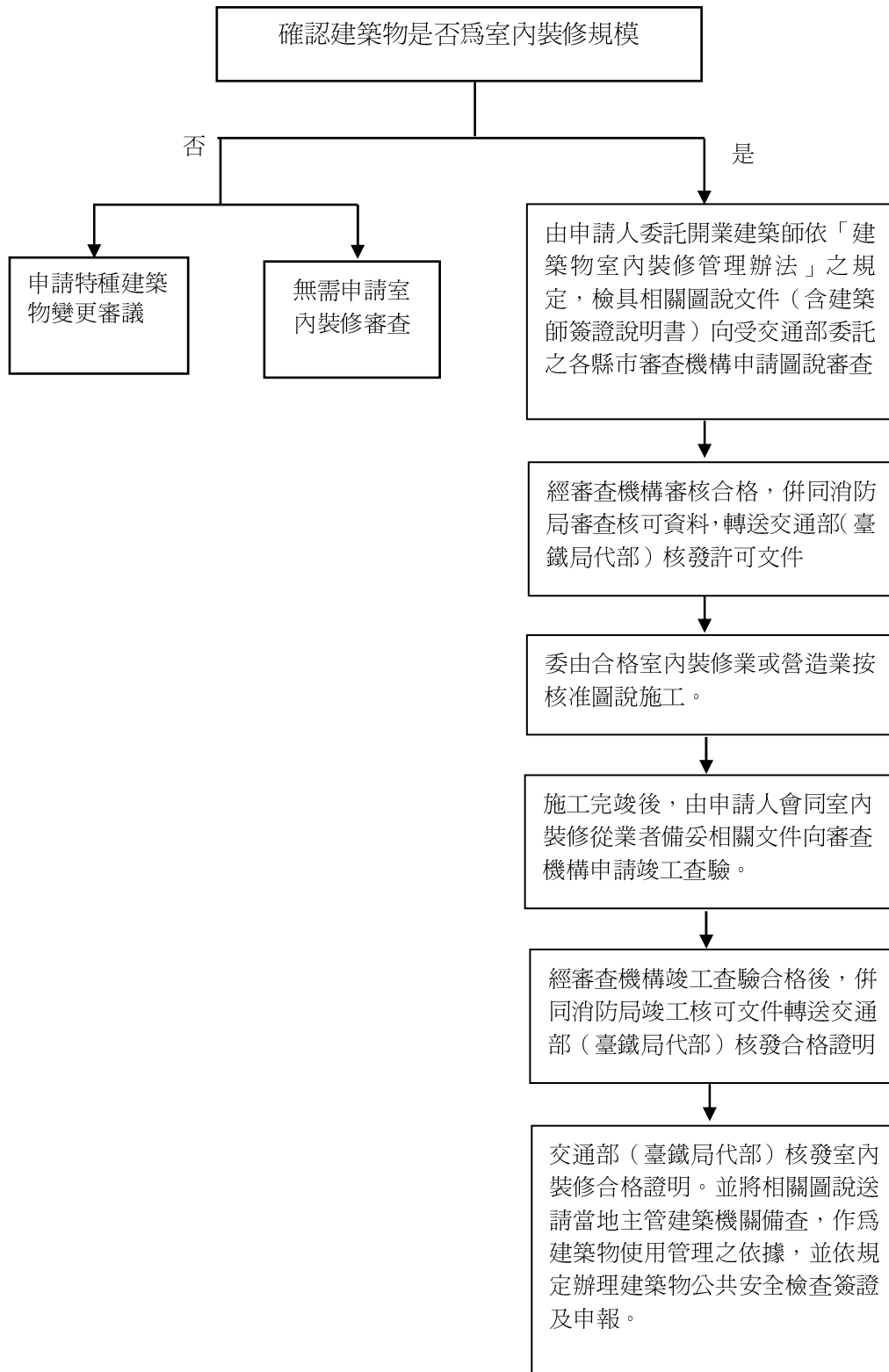


圖 6 特種建築物室內裝修申請作業程序圖

五、未來趨勢與因應對策

本單元針對未來趨勢及因應對策分別說明。

臺鐵局位於精華地段的都會區車站，一站接一站改建為特種建築物，此種趨勢，由它發展的速度來看，是難以抵擋的。經由下列說明，將可以進一步瞭解此一「趨勢」形成的原因及影響範圍，俾供臺鐵局擬定策略以為因應。

5.1 車站建築新趨勢

- 1、跨站式：早期鐵路車站造成居民生活的斷裂，前後站的配置方式，形成發展上的失衡。捷運化及跨站式的車站概念，目的在於消除這樣的不平衡，除了搭車，車站可以很親近居民的生活。
- 2、共構式：臺灣軌道運輸發展，從過去單一的臺鐵，至近年陸續增加的捷運、高鐵，再加上各縣市擬議中的輕軌電車等建設，已架構出迅捷、快速的軌道運輸網絡，藉以提昇都會區生活圈機能。而共構式車站的出現對原來車站的使用、站外廣場的管理，甚至是週邊的交通、商業等都影響甚鉅，需考量的層級及複雜性也相對提高。
- 3、車站立體化：為消除平交道並配合都市發展，近年來都會區內的鐵路已陸續改採地下化或高架化，故車站亦配合改為地下場站或是高架車站。
- 4、站體面積遼闊，並朝向高層化及地下化發展。
- 5、複合用途化：車站多為交通轉運中心，除提供民眾完整的大眾運輸服務，同時也需提供其他生活必要的服務機能。因此餐飲、便利商店、書店及其他相關商業活動的進駐勢不可免。
- 6、空調、昇降、特殊供電、廣告招牌、避雷、燃氣、消防、給排污水等大量機電維生設備系統的使用。

5.1.1 新增捷運化車站趨勢

高鐵通車搶走臺鐵局不少中長程客源，臺鐵局決定把西部幹線轉型為中短程區間運輸為主。其中，上下班、上下學尖峰時段捷運化，是臺鐵局重要轉型方向。未來將縮短班距、站距和行車時間，吸引更多鐵路通勤族。

- 5.1.1.1 近年內已經新完工啓用的捷運化通勤車站，包括三坑、太原、大橋、大村、嘉北、百福、汐科等七個站；最快今年底，南部也會增設南科站。
- 5.1.1.2 八堵到南港第三軌工程，將增設樟樹灣站。
- 5.1.1.3 桃園到中壢鐵路高架化工程，將增設中原大學、國際路口、鳳鳴、永豐路口四個通勤站，預定民國 106 年完工。
- 5.1.1.4 臺中市鐵路高架化工程，未來將增設豐南、松竹、精武、五權等四個通勤車站，預計民國 103 年完工。
- 5.1.1.5 高雄市鐵路地下化工程，共增設內惟、美術館、鼓山、三塊厝、民族、大順等六個通勤車站，預計民國 106 年完工。

除了高架和地下化工程新增的捷運化車站外，臺鐵局捷運化後續工程還會增設北部浮洲站(板橋—樹林間)、環南站(中壢—埔心間)、南新竹站(新竹—香山間)、豐富新站(高鐵苗栗站)等站，都預定民國 102 年完工通車。

5.1.2 車站經營模式暨申請特種建築趨勢

在政府興建一高、二高、高速鐵路、及闢建雪山隧道政策下，使得臺鐵局東、西幹線的經營產生嚴重影響。因此臺鐵局除自我改革與企業化經營外，現已仿照國外之例，活化資產收益，開發一塊塊閒置於市中心的黃金地段及發展附業經營，使其與運輸本業組成臺鐵雙核心業務。目前屬聯合開發案者即有南港、松山、萬華等站，未來基隆、桃園、中壢、新竹、苗栗、彰化、員林、嘉義、臺南、高雄、花蓮等站亦都有開發計畫。屬發展附業經營者；例如臺北車站與微風廣場合作的模式；汐止、板橋、新左營等站，招商作業不是已完成便是如火如荼進行中。

位處於各都會區或是鄉鎮市行政區域中心地段的臺鐵局各主要車站(特等站及一等站)，在積極活化資產及多角化經營策略，並受車站建築未來趨勢的影響下，使得以特種建築物手續申請建照將是大趨所勢，臺鐵局自民國 70 年代起，至 110 年止，已申請或是即將申請為「特種建築物」的各車站概況詳如(表 6)，所呈現的趨勢詳如(圖 7)。

表 6 臺鐵局車站申請特種建物概況表

年度	71~80	81~90	91~100	101~110
站數	1	2	17	27
站名	臺北	萬華、板橋	冬山、七堵、五堵、汐止、汐科、南港、松山、新烏日、新左營、員林、高雄、內惟、美術館、鼓山、三塊厝、民族、大順等	花蓮、壽豐、玉里、基隆、桃園、中壢、中原大學、國際路口、鳳鳴、永豐、新竹、苗栗、豐原、潭子、太原、臺中、大慶、豐南、頭家厝、松竹、精武、五權、彰化、嘉義、嘉北、北回、臺南等

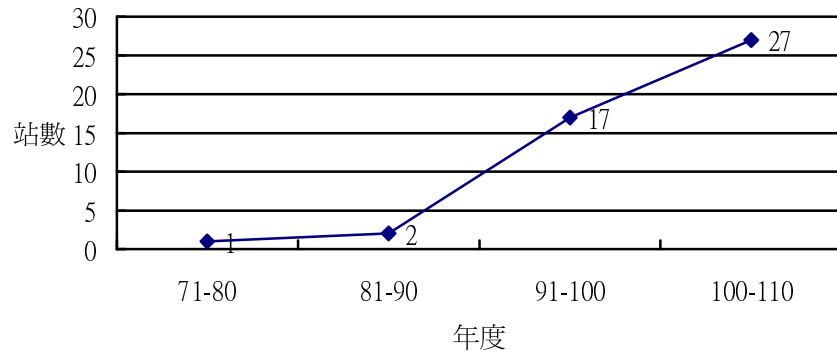


圖 7 臺鐵局車站申請特種建物趨勢圖

5.1.3 特種建築物防災計畫範圍擴大趨勢

5.1.3.1 防災計畫內容部分：

未來的防災計畫內容可能需要參考美國 NFPA130 規定，納入旅客運量、人群特性與潛在危險的分析調查、弱勢族群及二次避難據點設置需求說明、緊急通報聯繫、應變機制與救災指揮通訊界面整合等事項，進行整體性考量。

5.1.3.2 災害種類部分：

目前特種建築物的「防災計畫」主要對象災害為「火災」。根據行政院災害防救委員會對於臺北車站的要求，除了火災之外，尚需包含水災、地震、毒性化學物質災害、爆炸、重大列車事故等，故未來防災計畫所需面對的災害種類將會是全面性的。

5.1.4 單行法令由中央目的事業主管機關負責的趨勢

交通部於 97 年 7 月正式頒布「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」，針對地下場站及鐵路隧道空間，做出國內首見將原分散於建管及消防機關的防火避難設施及消防安全設備，合併編撰成一具有共同技術基礎的設計規範，此規範法令位階雖不及建築法（建築技術規則）與消防法（各類場所消防安全設備設置標準），但該規範於研究期間舉辦多次座談會討論，各單位代表及與會學者專家形成共識，朝向由交通部負責，針對所管轄的特殊空間，制定符合其工程技術及營建管理需求之專業法規，以符合並落實國家公共安全管理白皮書的精神。儘管現行架構中，建築及消防主管機關仍為內政部，惟此一趨勢衍然形成。

5.1.5 防災性能式設計趨勢

從歷史發展沿革與角度剖析，各國防火安全設計及法規執行，皆在互相觀摩學習後，配合國情需要，進而衍伸為國家法規並成為防災安全設計的最高準則。隨著環境變遷、防災科技創新，傳統條列式法規已面臨挑戰。因此，各國在防火安全設計方面亦逐漸發展為性能式設計導向，而法規解釋面則更傾向於開放，此已形成為世界防火安全設計的潮流。

依「建築技術規則」規定，地下公共運輸系統連接的地下街或地下商場興建時應檢附防災計畫，另特種建築物申請審議時亦要求申請單位提出防災計畫審議。然而防災計畫如何製訂，記載內容及記載事項認定基準目前尚乏規定。防災計畫不僅是防災系統的書面報告，同時應該是設計者防災觀念的表現，其配合防火安全工程發展趨勢，性能式的設計方法已獲得國際上防火安全專家的共識。性能式設計的替代方案，其可行性評估將可配合防災計畫共同製作，以達到推動目的，因此相關技術發展將成爲防火（防災）工程設計的趨勢。

5.1.6 特種建築物變更及室內裝修審核認可趨勢

新建特種建築物申請審議只需一次，主管機關爲內政部，但日後從事建築物管理之增建、改建、修建或建築法第九條以外之主要構造、防火區劃、防火避難設施、消防設備、停車空間變更，建築物室內裝修，或其他與原許可不合之變更者，該特種建築物之使用單位均應報請該特種建築物之中央目的事業主管機關審查其變更內容。臺鐵局日後將面對此類特種建築物變更及室內裝修審核認可申請案大量增加的趨勢。目前交通部尚無專責單位進行特種建築物變更審議及室內裝修審理作業，而採授權特種建築物使用主管機關代部審議（理）方式辦理。臺鐵局面對此一趨勢應提出策略以爲因應。

5.1.7 特種建築物防災專業與防災整合趨勢

5.1.7.1 防災走向專業趨勢：

我國防災科學發展軌跡早期傾向學習日本條列式基準，80年代以來則在保險公司及中生代防災專家與學者漸進式導向學理性較佳之NFPA 防災法規，形成執行多年法規條文的科學合理性遭受挑戰。過去防災安全執行層面只要能依法執行，無需耕耘理論基礎，長期以來墨守成規已爲常態。在缺乏專業素養激勵下，防災安全設計工作當然只能流於型式，業者更因不具有相關專業知識而盲目投資，淪爲妥協法規條文之產物或配合官方消檢及建物發照時討價還價的工具，導致防災與消防專業地位普遍不受重視。然而隨著防災知識的演變與累積教訓，與政府體認民眾在防災認知落差過大之錯誤思維下，新的防災法規不斷修正，且適時推動性能設計方法吸引更多高知識技術背景人力從事防災安全工作，如此永續發展之工程設計制度，以然成爲提升防災科技的新趨勢。

5.1.7.2 防災走向整合趨勢：

由近年來產官學界共同研討的「建築法規修正與防火安全設計」研討會中，建物安全防災體系已從設計、施工、延伸至維護管理階段，形成建物安全管理系統的生命週期。而就特種建築物審議報告書及防災計畫應記載事項亦可瞭解，防災整合包括硬體設施、設備整合（包含都市計畫、建築、消防、電力、機械、通訊、監視及資訊科技等），及軟體（各設備及人員之動作標準程序、維護管理體制、維護管理方法等）與人力資源之整合。

5.1.8 政府重視公共安全趨勢

臺灣人口結構愈趨高齡化、建築日益高層或地下化、生活大量電器化，以及老舊社區仍普遍存在，公共安全管理勢必是往後災害防救工作的首要課題。為提升國內公共安全管理效能，建立良好的災害預防與應變機制，行政院於92年5月12日核定「行政院維護公共安全專案會議」併入「行政院災害防救委員會」運作，並請各主管機關配合國內社經環境變遷，針對國人最關切的公共安全問題，以及災害防救業務計畫不足之處，調整重點工作，研訂「公共安全管理白皮書」，揭示施政目標、策略與措施，以降低重大公共安全事故發生風險以及對社會之衝擊，對民眾生命與財產提供更為妥善的保障。

為擬訂符合社會需要並具實效的公共安全管理施政計畫，行政院災害防救委員會於92年6月20日邀請各主管機關與專家學者召開專家諮詢座談會議，並責成行政院災害防救委員會與國家災害防救科技中心組成專案小組，協調相關單位，針對重大公共安全事項共同研議改善對策。

專案小組邀集數十位學者專家及相關部門代表共同研議「公共安全管理白皮書」擬訂事宜，基於我國社會環境發展情況，考量國內外已發生的嚴重災例、潛在風險、影響範圍、安全管理經驗、國際形象影響及現行法規政策等因素，鎖定老人及身心障礙社會福利機構、大型空間、高層建築物、大型活動、觀光地區遊樂設施、鐵路隧道及地下場站、長公路隧道、科技廠房、重石化廠區、陸上大眾運輸車輛、海上大眾運輸船舶、危險品運輸、重大海域污染防治、爆竹煙火、瓦斯儲存分裝輸送及短期補習班等16項具有高度潛在危險之重大公共安全項目，商請各業務主（協）辦機關，分析以往重大災例，配合境況模擬詳予檢討相關作業方式與管理制度，針對過去較為忽略且不完整的災害防救措施及標準作業程序，研訂管理對策，作為未來施政依據，藉以建立完善的安全管理與防救機制。期能藉由「公共安全管理白皮書」的頒布施行，加強推動教育宣導、法規增修、管理督考、預防整備、健全體制等工作，進而保障人民生命與財產之安全，為社會永續發展奠定良好基礎。

5.2 因應對策

整個大環境趨勢臺鐵局無力左右，但為了永續經營、為了績效，近年來臺鐵局擬定有「雙核心事業」策略、人事精實政策及種種安全宣示與計畫，且都全力推行，這些都是必要且有遠見。但針對臺鐵局各車站未來發展趨勢（新建、改建車站特種建築物化），截至目前為止尚未見相關處室提出較為具體的因應對策，這是一個刻不容緩的議題，涉及層面既深且廣，臺鐵局必須正視及檢討。底下將就臺鐵局組織結構、人力資源、維護管理及經費支出四個面向提出說明及對策。

5.2.1 組織結構

臺鐵局近年來持續進行著「組織簡併及扁平化」改革；因應業務需要，通盤檢討調整內部組織，裁併部分單位及縮減層級。人力運用則統籌檢討調配，以達用人合理化。

惟臺鐵局組織架構係為標準的垂直型控制模式，此種模式的領導具有對特定職能較易控制且可確實達到專業分工的優點，但缺點在於上層命令較難

貫徹到基層，而基層的意見也不易傳達至上層，致使上下之間形成溝通障礙。而各不同部門間形成的本位主義與相互推諉卸責情形，使得效能低落及整體目標達成率經常無法達到預期，且因部門之間缺乏橫向連繫，更是無法形成一個堅強團隊。

就臺鐵局現有的組織架構要能順利因應特種建築物車站所需具備的「防災中心」管理體制是有困難的；以臺鐵大樓（臺北車站）為例，多達 30 幾種設施設備的維護及防災管理業務，分別由至少七個不同的處室單位主政（運務處、工務處、電務處、行政處、貨運服務總所、餐旅服務總所、防護團等），其處室下又設有段、站等執行單位，再加上臺鐵局「臺鐵大樓財產、管理及維修權責分項表」內又將各項設備劃分為財產管理單位、使用管理單位、維修單位及維修預算編列單位等。如此的組織結構及分工模式僅由目前行政處所主導的「臺鐵大樓管理中心」每個月開一次會議的方式要來處理、協商、整合所有防災暨設施維護管理業務。

營利事業組織欲提高效率，必須決策明快，流程簡短。若組織功能重疊，權責不清，易造成有功相爭，遇過推諉，破壞組織團結的情況，並延緩決策流程，增加人事成本，嚴重影響經營績效。臺鐵局目前的組織型態是一種行政體系的事業機構，受到繁瑣的法令管制與層層的行政監督，對內外環境的快速變遷，難以作出立即有效的反應，面對車站現代化的趨勢，實有必要儘速調整組織結構以因應特種建築物防災計畫所需求的「防災中心」管理體制。

5.2.2 人力資源

臺鐵局為減少用人成本，員工員額自民國 70 年 2 萬 5,000 餘人減至目前 1 萬 3,000 餘人，約減少 48%，但業務量卻逐年增加，例如每日平均承載的旅客人數則自 38 萬人增至目前 46 萬人，約增加 21%；已改建為特種建築物的現代化車站（例如七堵、汐止、南港、松山、萬華、板橋、新烏日、新左營等站）其車站管用的面積較原有平面車站呈現大幅度倍增，且為確保車站大樓安全及正常營運，各項車站營運設施（空調、昇降、特殊供電、廣告招牌、避雷、燃氣、消防、給排污水等大量機電維生設備系統）之更新、養護與防救災業務，亦日益繁重。在各車站人員無明顯增加且未配置專業維護管理與防救災人員的情況下，運務主管單位應該正視此一問題。

目前政府的人力資源政策為精減組織架構及員額，鼓勵各機關就單位內之勞務、技術、專業等服務工作以委外方式辦理為原則，臺鐵局自遵守此一政策賡續辦理有關業務，惟車站辦理委外業務仍需配置有專業人員辦理項各委外服務工作的採購及管理業務。就臺北、萬華、板橋等較具規模的特種建築物車站現況觀察，係將多數機電及土建設施委託電務處電訊中心及工務處臺北工務段分別辦理，然而清潔、保全等事務又歸責各車站自行辦理或委外處理。而有關災害防救業務，仍舊局限由編制內人員就現行法令規定，自行辦理有關例行性的自衛消防編組與防救災演練，而未能將各委外廠商的工作人員整編納入訓練及管理。故在臺鐵局目前的組織型態及專業分工模式下，將造成人力資源重疊、效率低落之情形。

未來臺鐵局特種建築物車站的管理，在人力資源策略上，首要之務是培養足夠的專職管理人員，並且進行各項委外工作的整合；包括人力資源、各項設施及跨站業務整合等，且由單一窗口統籌辦理，及加強相關人員的專業訓練，始能提高行政效率、經營績效及預防災害的發生。

5.2.3 經營管理

臺鐵局新建（改建）之「特種建築物」車站，其申請特種建築物暨防災計畫的審議程序，目前大部份係由交通部鐵路改建工程局承辦，但在該局建造完成移交臺鐵局管理後，臺鐵局在後續經營管理上將會面臨兩個主要業務：

5.2.3.1 特種建築物變更暨室內裝修審查：

臺鐵局特種建築物車站未來的經營模式，十之八九朝向多用途複合式型態，因而勢必衍生層出不窮的使用用途變化、面積異動、建築物室內裝修，或其他與原許可不合之變更情形。而此類案件臺鐵局均應報請交通部審查其變更內容，待核准後始得進行，且完工後尚需報請核備。目前交通部尚無專責單位承辦此一審理業務，而採授權臺鐵局代部辦理，面對此一新增特殊業務，臺鐵局應該成立專責單位統籌辦理較為恰當。

5.2.3.2 維護管理：

在特種建築物防災計畫內的維護管理單元，可分為「維護保養」與「防災管理」。「維護」的意義在於維護車站竣工當時的狀態及功能，故為維持車站的安全水準，必須對車站的使用提出維護保養計畫。「管理」的義意在於車站消防安全設備、緊急避難逃生設施及施設於車站內的電氣、燃氣、給水、排水、空調、昇降、污物處理等設備之平時維修檢查，再加上各車站編組的緊急應變訓練，以期達到預防災害發生及災害發生時能夠早期因應與避難誘導之目的。

特種建築物車站「防災計畫」內的維護管理計畫至少需具備下列事項：

1. 維護管理體制
 - 甲、 設施設備日常維護管理組織。
 - 乙、 防災管理組織。
 - 丙、 緊急災難之自衛消防組織。
2. 各設備的動作程序
3. 維護管理方法
 - 甲、 維護管理方法之原則。
 - 乙、 檢查、點檢之執行。
 - 丙、 訓練之執行。

完善設備及純熟的防災機制，必須仰賴「維護管理」作業的確實執行。要落實特種建築物車站「維護管理」工作；組織結構及人力資源亦是不可或缺的條件。臺鐵局於 89 年 8 月 15 日函頒「交通部臺灣鐵路管理局大樓管理

辦法」暨「交通部臺灣鐵路管理局大樓管理要點（範本）」。對於車站大樓的維護管理要點及權責均已明確訂定，此一辦法及管理要點的對象是臺鐵局各所屬「大樓」，目前臺鐵局已完成的各座特種建築物車站全部適用，臺鐵局各主政單位若能完全遵守此一「辦法」，並落實車站防災計畫的「維護管理」作業，必能因應臺鐵局車站特種建築物化的未來經營管理業務。

5.2.4 經費編列

臺鐵局各車站站務維持經費來源有運務處、工務處及電務處等單位，其中運務處所編列的經費專用於全省各車站站房的維護管理作業上，工務處及電務處等單位，僅有部份「一般房屋修護費」、「站場維持費」或「機械設備維持費」支援運務處辦理各重點車站站房的維護作業。

由表 6（臺鐵車站申請特種建物概況表）與（圖 7）（臺鐵車站申請特種建物趨勢圖）可以瞭解臺鐵局民國 90 前，只有臺北、萬華、板橋 3 座特種建築物車站，但至 100 年將會達到 20 站，到 110 年將會達到 47 站，且未來仍會持續成長。反觀運務處編列於車站站務維持的法定預算費用如（表 7），從民國 93 年至 98 年間，整體經費是往下降的趨勢，這與特種建築物車站成長趨勢無法匹配的現象。

表 7 運務處車站站務維持費用統計表

單位：仟元

修護費項目	年度法定預算					
	93	94	95	96	97	98
一般房屋	31,447	27,000	22,000	16,270	19,000	17,000
機械及設備 (總務部分)	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
站場維持	37,773	16,615	13,600	15,356	16,297	18,000
通訊設備維持	2,365	2,265	1,380	280	440	1,940
照明設備維持	3,000	2,700	1,800	1,240	1,600	1,300
什項設備	5,122	4,122	3,000	2,000	2,000	1,800
合計	91,707	64,702	53,780	47,146	51,337	52,040

另由臺北、萬華、板橋三站的站務維持經費支出情形觀察（詳表 8）；維持一座特種建築物車站能夠正常營運所需支出的年度經費是可觀的（臺北站一年約需 7,756 萬元、萬華站一年約需 1,310 萬元、板橋站一年約需 3,870 萬元），目前這三站的相關站務維持經費，部分是由行政處、電務處及工務處所支應，因此未能全部反應於運務處的車站站務維持相關費用上。但自民

國 96 年起，由於新左營及新烏日站陸續完工啓用，且交通部鐵路改建工程局亦陸續移交冬山、七堵、五堵、汐止、汐科、南港、松山等特種建築物車站由臺鐵局接管經營，故可預見運務處在相關車站站務維持費用未能適度調整的情況下，某些特種建築物車站的委外經營管理業務將無以為濟；影響所及除了設備使用年限縮短與整體服務品質下降外，最令人擔憂的應該是未能落實防災計畫內的「維護管理計畫」，導致災害的發生或是災害發生時應變能力的不足。

表 8 臺北、萬華、板橋三站站務維持經費 97 年度支出統計表

單位：仟元

維修契約分類	各站支出經費			經費編列單位
	臺北站	萬華站	板橋站	
空調設備	25,000	3,000	8,500	電務處
照明設備 (含隧道段)	6,000	4,000	9,500	電務處
廣播及電訊設備 (含隧道段)	3,000	500	4,500	電務處
中央監控設備 (含隧道段)	7,000	1,500	2,500	電務處
電梯電扶梯設備	5,560	400	1,200	運務處 電務處：臺北站電梯 佔 3,500
消防給排 污水設備 (含隧道段)	5,000	1,500	3,000	臺北：工務處 萬華、板橋：運務處
土木裝修	4,000	500	2,000	臺北：工務處、運務處 萬華、板橋：運務處
保全業務	9,000	0	1,000	臺北：行政處、運務 處、電務處 板橋：運務處
清潔業務	13,000	1,700	6,500	運務處
合計	77,560	13,100	38,700	

近年來臺鐵局都會區車站陸續藉由改建車站大樓來發展附業經營，這是車站申請特種建築物主要因素及目的之一，但也因而衍生出龐大的維護管理經費。反觀臺鐵局經營附業的貨運服務總所及餐旅服務總所，卻因特種建築物車站的增加致使營收倍增於以往。因此特種建築物車站的站務維護經費若

能由附業收入提撥一定比例的經費抑注，應較為合理。臺鐵局在有限的經費及人力資源下，應由組織結構、人力資源、維護管理及經費編列等方面適當調定，策略組合因應，若否恐將難以完善經營越來越多完工的特種建築物車站。

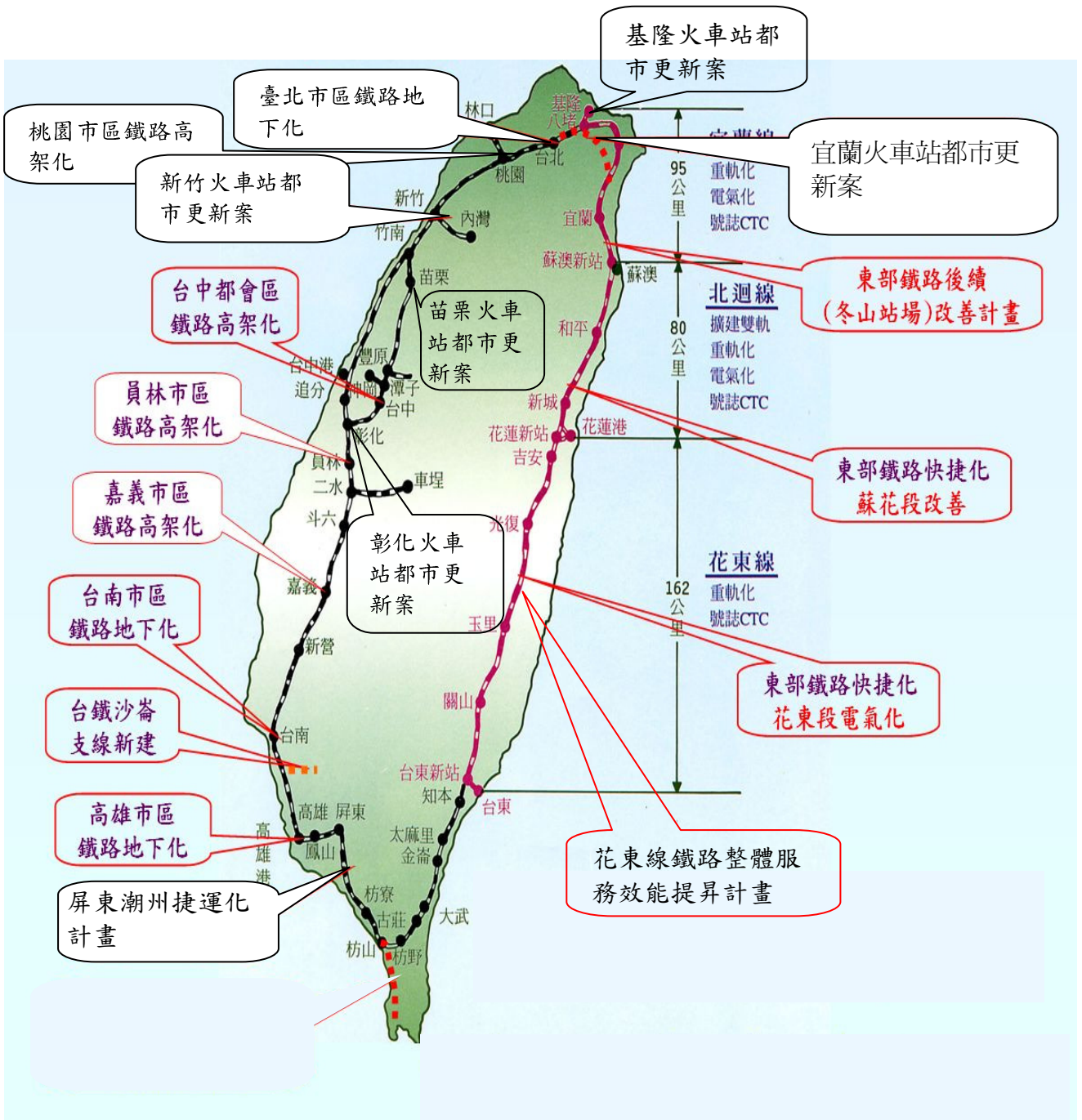


圖 7 臺鐵局鐵路整體改善暨開發計畫示意圖

六、結論與建議

6.1 結論

由交通部 97 年 7 月頒布「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」第 2.3 點宣示「安全應整合設施設備之各項軟硬體並透過良好的訓練管理，始能達有效維護乘客之生命安全」可知，未來車站防災、救災業務將會是一體的，並且將由落實日常的經營維護及訓練管理來達成，而這也就是「特種建築物防災計畫」的精神及目的。

臺鐵局現已完工且在營運之特種建築物車站計有七堵、五堵、汐止、汐科、南港、松山、臺北、萬華、板橋、新烏日、新左營等站。近期內更將有基隆、新竹、苗栗、彰化、嘉義、高雄、宜蘭等站整體開發計畫、桃園市區鐵路高架化（增設中原大學、國際路口、鳳鳴、永豐路口四個通勤站）、臺中都會區鐵路高架化（增設豐南、松竹、精武、五權等四個通勤車站）、員林市區鐵路高架化、嘉義市區鐵路高架化、臺南市區鐵路地下化、高雄市區鐵路地下化（增設內惟、美術館、鼓山、三塊厝、民族、大順等六個通勤車站）、花東線鐵路整體服務效能提昇（改建花蓮、壽豐、玉里等站）等計畫案陸續推動（如圖 8），其中涉及增設或改建的車站，絕大部份均將會是特種建築物呈現。

改建或是增建的特種建築物新車站，目前多數由交通部鐵路改建工程局主導，其申辦特種建物的過程，臺鐵局僅需協助辦理。然而臺鐵局必須面對的是有關特種建物後續的變更、室內裝修及經營管理等業務，這些「業務」與臺鐵局各單位息息相關，因此不只工務處；企劃處、運務處、電務處、行政處、貨運服務總所、餐旅服務總所及防護團等單位，對於「特種建築物」及「防災計畫」都應該要有明確的認知，且更需要有專責單位進行整合及研辦相關業務；因為不久的將來，此等業務將會大量湧現並且逐漸遭受到建管、消防等主管機關及民眾更加強烈的要求及重視。故臺鐵局在組織結構，人力資源、經營管理、經費編列等政策上有必要早日面對且提早因應。

6.2 建議事項

6.2.1 協辦新建特種建築物車站建議事項

雖然目前臺鐵局新建特種建築物車站絕大多數是由交通部鐵路改建工程局辦理，惟該局辦理特種建築物防災計畫的審議過程中，均會函請臺鐵局指派 1 員擔任審議委員，且於防災計畫審查會議上邀請臺鐵局相關單位列席。就目前臺鐵局的組織結構而言，無論推派那一處室的主管擔任審議委員，或是指派那一處室的人員列席，其助益都是有限的；因為防災計畫的內容是整合了土地、建築、機電、經營管理等綜合性的災害防救計畫，與臺鐵局企劃處、運務處、工務處、電務處、貨運服務總所、餐旅服務總所及防護團等單位都有密切關係，其臺鐵局參與的結果最終仍是象徵意義大於實質意義。

未來建議臺鐵局能夠在組織或是各處室權責劃分上予以調整，成立專責單位積極參與交通部鐵路改建工程局辦理各新建車站「防災計畫」的製訂工作及協助辦理審查事宜，俾利該單位後續接管及經營維護作業能夠更加順遂。

6.2.2 特種建築物車站變更及室內裝修建議事項

臺鐵局特種建築物車站的變更及室內裝修業務未來必定大量增長，申請原因大多數會是因為商業空間變動或是辦公室裝修所造成，其臺鐵局代部審核的因應建議方案如表 9。

表 9 特種建築物車站變更及室內裝修代部辦理審核建議方案表

方案	代部審核單位	優點	缺點
一	成立專責單位	從新建特種建築物起至經營管理均由同一專責單位辦理，效率高、權責合一，較不會有部門間的本位主義產生。	1、現階段專業人員及專業能力均無法滿足。 2、組織及人力資源調整阻力。
二	車站空間由工務處辦理 附業使用空間由貨運服務總所辦理	1、組織及人力資源不用大幅度調整。 2、承辦人員不需再接受其他訓練即可辦理。	1、車站及附業空間產生劃分不清之問題 2、工務處非使用管理之主管單位，易造成溝通不良、推諉、權責不分，及各部門間本位主義產生。
三	工務處	1、組織及人力資源不用大幅度調整。 2、承辦人員不需再接受其他訓練即可辦理。	1、工務處非使用管理之主管單位，易造成溝通不良、權責不分，及各部門間本位主義產生。 2、現階段承辦人員不足，將排擠其他業務。

6.2.3 特種建築物車站經營管理建議方案

防災甚於救災，落實特種建築物車站的維護管理，是確保旅客公共安全的不二法門。臺鐵局現行的運作模式，在組織、人力資源及經費編列上，顯然未經充份整合，且未獲得較佳效能，故提出之建議方案，詳如（表 10）。

表 10 特種建築物車站經營管理建議方案表

方案	經營管理事項	經營管理單位	優點	缺點
一	<p>A、空調、照明、監控、電訊、消防、給排水等機電設施</p> <p>B、室內裝修工程</p> <p>C、旅運、清潔、保全等業務</p> <p>D、災防搶救業務</p>	<p>A~D、運務處各運務段（或各車站）統籌辦理</p> <p>D、防護團督導</p>	<p>1、各系統設備委由一家物業管理公司統一辦理將可提高效率及節省人力與成本。</p> <p>2、權責合一，較不會有部門間的本位主義（產生溝通不良及相互推諉卸責）產生。</p>	<p>1、短期內專業管理人員不足，需培訓或是進用具有專業智能的管理人員。</p> <p>2、組織及人力資源的調整阻力。</p>
二	<p>A、空調、照明、監控、電訊、消防、給排水等機電設施</p> <p>B、建築、土木及裝修等工程</p> <p>C、旅運、清潔、保全等業務</p> <p>D、災防搶救業務</p>	<p>A、電務處各電務段（電訊中心）</p> <p>B、工務處各工務段</p> <p>C、運務處各運務段（各車站）</p> <p>D、運務處各運務段（各車站）</p> <p>防護團督導</p>	<p>1、電務處及工務處派專業人員接管，較為容易進入狀況。</p> <p>2、組織及人力資源不用大幅度調整。</p>	<p>1、各系統設備委由多家專業廠商分別辦理，造成溝通不良、浪費人力、效率低落及成本較高。</p> <p>2、權責不分，各部門間本位主義造成溝通不良及相互推諉卸責。</p> <p>3、電務處及工務處目前並未配合各車站編置專職維護或維護管理人員。</p>

參考文獻

- 1、行政院災害防救委員會，93年3月2日，「公共安全管理白皮書」。
- 2、內政部營建署，93年1月，「建築法」。
- 3、內政部營建署，96年4月，「建築技術規則」。
- 4、內政部營建署，96年7月，「內政部審議行政院交議特種建築物申請案處理原則」。
- 5、內政部消防署，96年1月，「消防法」。
- 6、內政部消防署，95年12月，「各類場所消防安全設備設置標準」。
- 7、交通部，97年7月，「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」。
- 8、清華大學材料科學中心，88年11月，「建築物防火及避難設施法規制度探討」。
- 9、中華技術電子書，92年7月，「建築物性能式防火安全工程設計與程序之探討」。
- 10、銘傳大學碩士論，93年8月，「組織變革、組織溝通與組織承諾之關聯性研究－臺鐵民營化為個案」。
- 11、交通部臺灣鐵路管理局，97年9月4日，「土地開發效益分析」。
- 12、交通部臺灣鐵路管理局，97年11月12日，「鐵路法部份條文修正草案」。
- 13、交通部臺灣鐵路管理局，97年2月，「臺北車站大樓防火避難設施與消防安全設備改善工程－全案規劃與可行性研究期末報告書」。
- 14、交通部臺灣鐵路管理局，97年8月，「臺北車站大樓防火避難設施與消防安全設備改善工程－基本設計期末報告書」。
- 15、內政部營建署網站。
- 16、交通部臺灣鐵路管理局網站。
- 17、交通部鐵路改建工程局網站。

軌道車輛電子設備可靠性之評價

Evaluation of the reliability of railway vehicle electronic equipment

劉康男 LIU, Kang-Nan¹

地址：10041 臺北市北平西路 3 號 5 樓
Address：5F., No.3, Beiping W. Rd., Zhongzheng Dist., Taipei City 10041, Taiwan (R.O.C.)

電話：(02) 2381-5226 EX 3338
Tel：(02) 2381-5226 EX 3338

電子信箱：tr752895@msa.tra.gov.tw
e-mail：tr752895@msa.tra.gov.tw

摘要

為提昇鐵道車輛機電系統之可靠度及維修省力化，現代化的車輛均以印刷電子版取代老式的機械組件，然而電子設備的增加，其故障率也增加，亞洲鄰國 JR 東日本公司為提昇列車控制系統之可靠性，針對車輛電子設備進行各種調查研究及驗證。鑑於臺鐵電聯車長期亦受電子設備故障所苦，本文將其整理後供有關同仁維修參考。

關鍵字：印刷電子版、可靠度、維修省力化。

Abstract

To increase the reliability of railway vehicle electrical engineering systems and reduce maintenance labor, modern vehicles have all replaced old-type mechanical components with printed circuit boards (PCB). However, the breakdown rate has increased with the increased use of PCB. To increase train control system reliability, JR EAST in Taiwan's Asian neighbor Japan has carried out various studies and tests of railway vehicle electronic equipment. In the light of the fact that TRA trains have been heavily affected by electronic equipment breakdown for a long time, in this paper this research is arranged and provided to colleagues for future reference.

Key words: Printed circuit board, reliability, maintenance labor-saving

一、JR 東日本 201、205 系電車之調查實例

首先以車齡達 20 年之 201 系電車主控裝置(Gate control unit)為對象，進行劣化調查，結果發現電子設備的弱點所在為銲接點裂損及電容器容量下降(圖 1)，其造成使用經常劣化的主因推測為溫度上昇。

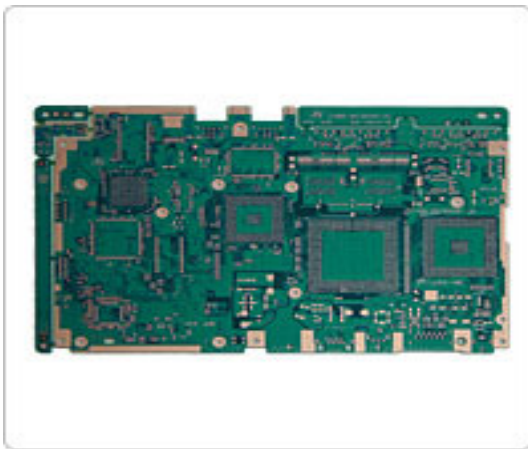
其次以 205 系電聯車的主控器(附加勵磁裝置)為調查對象，從事評價剩餘壽命之試驗，查 205 系電車自 1985 年新造完成投入營運以來已歷經 15 年，依據 201 系電車針對

1.本局前副總工程司

錫銲接點及電解電容器性能裂化調查的結果，推定溫度上昇為劣化主因，但為確認是否推定正確，而在各電子板加裝溫差電偶溫度計，以檢測發熱狀況，其結果顯示 AVR2 電子板之溫度上昇顯著點之溫度約為 45°K ，其他處所僅 20°K 以下，高溫點同時發現錫銲裂損現象，如（圖 2）（圖 3）所示，證明電子板劣化主因是溫度上昇所造成。

再查存於 JR 東日本東京總合車輛中心(舊大井工場)的維修紀錄，發現該車在製造後約 10 年左右，基於防止故障的發生，曾經將 AVR2 電子板再次錫銲維修(如同本局對 GE 機車電子板再錫銲補強處理)，然而有關電解電容器方面，由於 205 系電車所採用的電容器較 201 系電車新型，且為長壽命之型式，所以在電氣特性上未發現裂化的徵兆。

從以上結果得知，電子設備可能從錫銲接點的壽命從事評價加以推斷。有關錫銲接點的壽命。可從熱循環試驗及 Coffin-Manson 修正公式的評價方法推測而得，大約耐用年限在 15 年以上。



印刷電路板

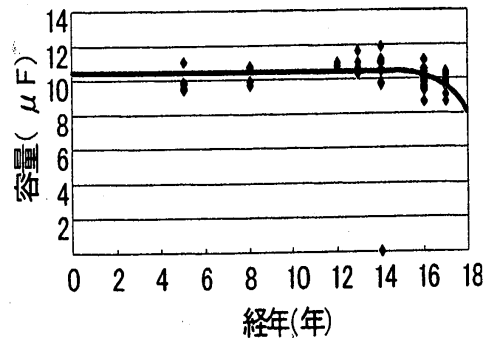


圖 1 電容器容量下降

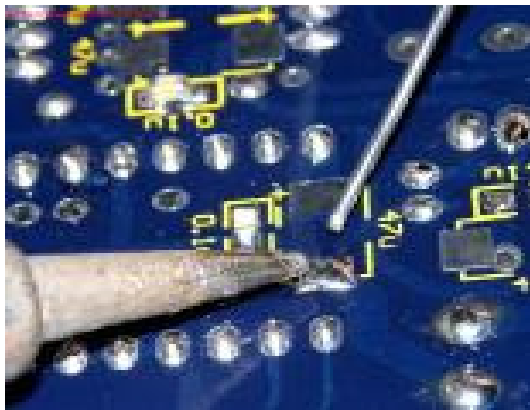


圖 2 錫銲裂損



圖 3 錫銲裂損

二、新型通勤電聯車用電子設備的可靠性評價

2.1 設備調查對象

2.1.1 動力主控裝置的VVVF控制裝置(無接點控制裝置)，因其安裝於車架下面氣密高的鐵箱內比較特殊。

2.1.2 門機控制電子板(LCU)，安裝於客室門袋內。

2.2 使用環境調查

2.2.1 VVVF 控制裝置

2.2.1.1 發熱狀況預備調查

功能調查電子板的發熱狀況，使用溫差電熱偶溫度計測定，其結果如(圖 4)；發現於 VVVF 控制裝置內溫度上昇最顯著的是 PWM 電子板，其溫度上昇達 25.8K。

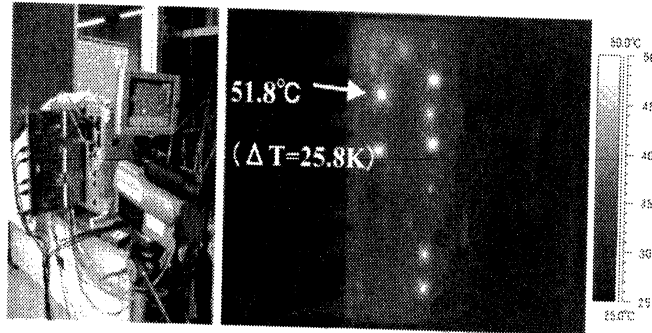


圖 4 電子板發熱狀況

2.2.1.2 現車測試

測試分冬夏舉行，每次在使用環境中連續測試 10 天，測試項目如下：

- 1、VVVF 安裝箱之溫度。
- 2、各電子板間的溫度。
- 3、試驗場之火氣溫度。

冬季測試結果的一部如(圖 5)所示

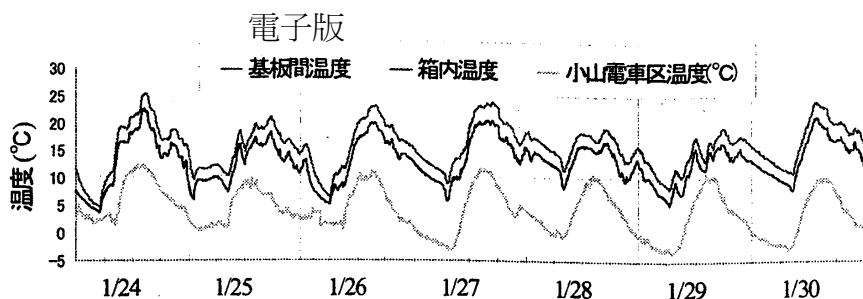


圖 5 溫度測定結果

現車測定結果如下：

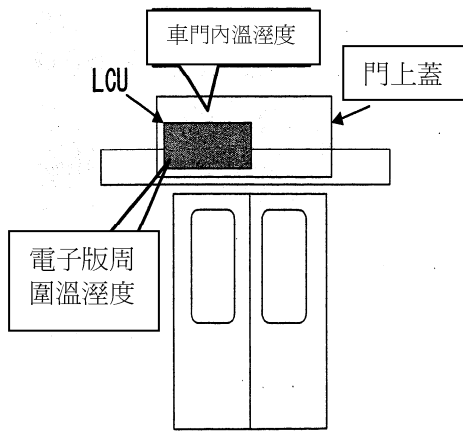
- 1、日間火器溫度變化約 10K。
- 2、現車的熱循環為 1 循環/日。
- 3、車架下 VVVF 安裝箱內溫度上昇(與外界火氣溫差)約 10K。
- 4、電子板間溫度上昇約 5K。
- 5、同一時間溫度與溼度測定時環境狀況：測定期中偶有下雨。
- 6、大氣溼度約在 45~95%RH。
- 7、VVVF 安裝箱內溼度約在 30~55%RH(平均 45%RH)，箱內無塵埃，電子設備所在環境良好。

2.2.2 自動門控制電子板(LCU)

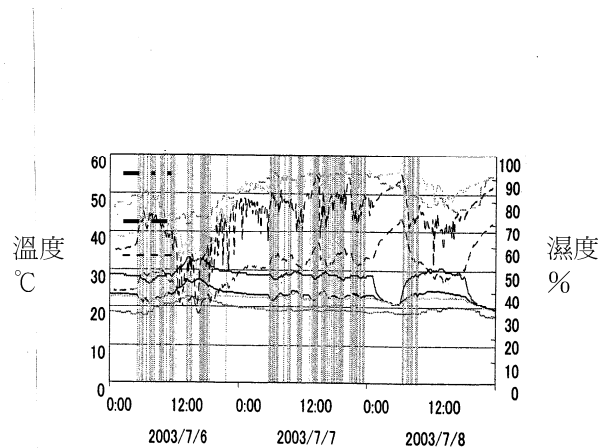
LCU 之測試就如 VVVF 控制裝置的測試一樣，施行電子板發熱狀況調查及現車溫溼度測定，測定時間為夏季，連續測定 10 天，測定處所在門機內電子板周圍如（圖 6）所示，其發熱狀況大致與 VVVF 控制裝置相同約 25K。測定結果的一部份如（圖 7）所示，相關數據如下：

1. LCU 溫度與車架下面 VVVF 控制箱內大致一樣。
2. 溫度：最高 83.1%RH，平均 50%RH。

在電子板周圍之溼度，由於空調的效果，比車內及門內要低，但車輛在停留中濕度有變高的傾向，從使用環境調查結果做基礎，再施行加速試驗，以評價電子設備的使用壽命。



（圖 6）溫溼度測定處所



（圖 7）溫溼度測定結果

2.3 加速試驗

從環境調查得知，因 VVVF 控制箱氣密性優良，故箱內濕度比大氣溼度明顯的低，而不用考慮高濕度所造成的影響。至於 LCU 則有必要考慮高濕度造成性能的影響，因此加速試驗針對 VVVF 控制裝置與 LCU 兩者所做的方式就有所不同：

- 1、VVVF 控制裝置：利用熱循環試驗觀察錫銲接點對耐熱壽命的影響。
- 2、LCU：從事高溫高濕試驗以資評價其壽命，一般濕度對電子設備的故障影響，可從鋁配線的腐蝕獲知。

2.3.1 熱循環試驗

為評價錫銲接點之壽命，其熱循環試驗的加速率(α)可由公式(1) Coffin-Manson 修正式計算獲得。

$$\alpha = \left(\frac{f_1}{f_2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right)^n \times \exp \left\{ \frac{Q}{K_B} \left(\frac{1}{T_{1max}} - \frac{1}{T_{2max}} \right) \right\} \dots (1)$$

式中 f：溫度循環數/日

ΔT ：溫差幅度

Tmax：最高溫度

添字 1.2：表示在不同場合條件所做的加速試驗

Q：活化能

KB：波茲曼常數(Boltzmann constant)為普通氣體常數與亞佛加厥數之比值。(亞佛加厥 (Count Amedeo Avogadro, 1776 - 1856))

指數 n：取 2~2.4，但評價結果會依 n 的數字不同而有所差異，因此為推定適當的 n 值，而從事二種熱循環試驗。

加速率為現場試驗時間與加速試驗的熱循環數的比值，因此可從每個試驗結果比較以推定 n 值熱循環試驗結果如(圖 8)(圖 9)所示。

因為該二種熱循環試驗都沒發生錫銲接點裂損，所以假設試了 600 次熱循環的試驗 1，與試了 2200 次熱循環的試驗 2，其劣化狀態相同，是故 n 值就推定了，根據測試結果確定車輛用電子設備之壽命評價，n 值採用 2.4。

加速率之計算採用 n=2.4 及 20 年以上的熱循環數，因此計算結果確認了 E231 系 VVVF 控制裝置的耐熱壽命可達 16 年以上。

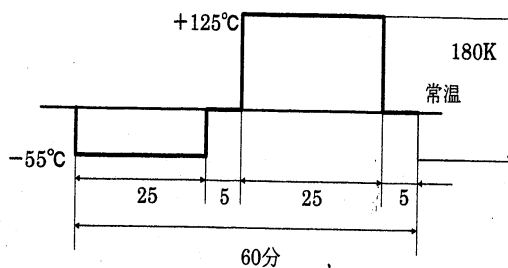


圖 8 熱循環試驗條件 1

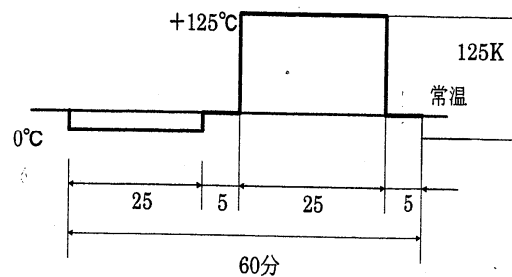


圖 9 熱循環試驗條件 2

2.3.2 高溫高濕動作試驗

2.3.2.1 試驗概要

本研究以二種廠牌的 LCU 做耐濕性評價，一般電子設備之高溫、高濕動作試驗，其環境背景為溫度 85°C，溼度 85%RH。然依據 LCU 型錄上所載的保證動作溫度範圍，將樣品試驗的環境背景訂為 75°C，85%RH。試驗裝置的外觀如(圖 10)。

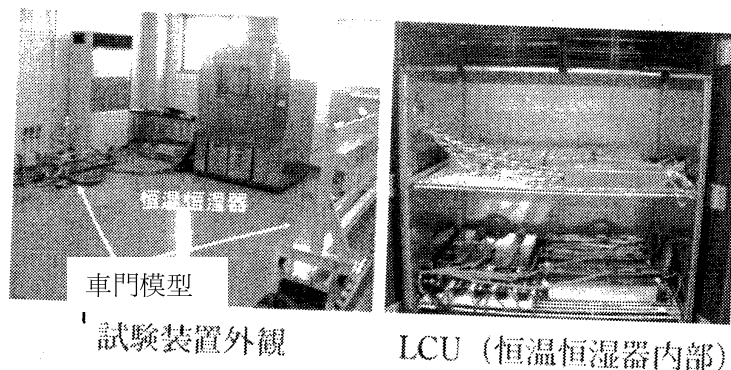


圖 10 高溫高濕動作試驗

以 5 臺恆溫恆濕器分別置入一個試驗用 LCU 電子板，環境背景是模擬行駛中的環境，只有控制電源在通電狀態，並以車門實物模擬(mock-up) 做每 100 小時的開閉動作試驗，已確認其性能，進而試驗達 2000 小時。

2.3.2.2 試驗結果

試驗開始後約經過 675~770 小時其中 1 個 LCU 發生不能檢知的故障，同樣的故障發生在同一家產品，陸續在 842~910 小時然而另一家產品則始終未發生故障。

2.3.2.3 故障解析

外觀檢查發生故障之電子板，發現膜片電容器已破損，試將已壞之電容器更換為新合格品，然後重新做性能試驗，一切恢復正常，確認故障原因為膜片電容器破損所造成。

膜片電容器破損原因的探究：

主要原因為電容器連續在高濕環境下運作，過度吸濕造成腐蝕，膨脹將外部樹脂破壞所致，或許會認為在溼潤與乾燥反覆情形的現車環境下，難予認定會發生問題，但在同樣情形下，其他電子組件為何沒發生故障，而只有電容器發生，這就是他的弱點所在，因此今後對電容器的對策是抽樣作故障尋找。

2.3.3 溼度造成影響的評價

加速試驗 2000 小時，實用上相當壽命多少年，為了能以計算評估，引用 Arrhenius 的活化能公式（如下列公式 2）

可推估加速率（ α ）

$$\alpha = \exp\left(QH(H_2^2 - H_1^2) + \frac{QT}{K_B} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \right) \dots (2)$$

H=溼度 H2、H1 表示加速試驗時，不同場合的溼度值。

T=溫度 T2、T1 表示加速試驗時，不同場合的溫度值。

KB=波茲曼常數。

QH、QT=各種溼度及溫度的活化能

利用公式(2)計算時，假設現車的平均溫度為 30°C (303K) 55%RH 計算得 $\alpha = 111$ ，因此得到的結果是加速試驗 2000 小時，實用上相當壽命為 25 年以上。從試驗結果得知，鐵道車輛電子設備的使用環境，濕度對使用壽命並無特別的影響。

三、結論

本研究的成果為對新通勤電車設備的使用環境(溫溼度)更有把握，且壽命可達到 16 年以上。臺鐵車輛使用電子板的數量很大，列車營運中往往因為電子板的故障造成列車晚分或需要救援，影響服務品質，如能參考其他營運業者發展出來的技術經驗，定期檢修電子板，則提高信賴性及準點率，應指日可期。

四、附錄

摘錄 JIS 鐵道車輛電子機器試驗通則 E5006(2005 版)有關溫溼度試驗部份。

4.1 定義

- (1) 動作保證溫度：保證電子設備正常動作的周圍溫度。
- (2) 性能保證溫度：保證電子設備正常性能的周圍溫度。
- (3) 保存溫度：在無通電狀態下，能夠保存電子設備於正常狀態的溫度。
- (4) 周圍溫度：電子設備安裝周圍的空氣溫度。
- (5) 常溫、常濕：溫度 5°C~35°C，溼度 45%~85%範圍內。

4.2 使用條件

4.2.1 周圍溫度

電子設備周圍的溫度，除非使用者另有規定者外，一般依照 JIS E5004 的規定，年平均溫度不得超過 25°C，但動力車車內電子設備所在鄰近範圍的溫度應在-10°C~+70°C範圍內。

4.2.2 溼度

電子設備的周圍外氣溼度，除非使用者另有規定者外，氣溫 40°C 以下之相對溼度上限應在 90%~95%範圍內。

4.2.3 特殊使用條件

- (1) 使用高度在海拔 1200 公尺以上。
- (2) 周圍溫度在 40°C 以上。
- (3) 周圍的內部及外氣溫在-25°C 及-10°C 以下。
- (4) 車內最高溫度在 70°C 上下。
- (5) 年平均氣溫高、溼度高。

4.2.4 試驗場地之共通條件

- (1) 室溫標準狀態為 20°C，容許公差為±15°C。
- (2) 濕度標準狀態為 65%，容許公差為±20%。
- (3) 氣壓標準狀態為 86KPa~106KPa。

4.3 溫度試驗的種別

溫度試驗的種別如（表 1）所示。

種別(2)適用於電子設備保存溫度之最低值在-10°C。

種別(3)適用於電子設備保存溫度之最低值在-25°C。

又 a 種適用於室內設備

b 種適用於室外設備

c 種適用於室外設備但有另外的裝置收納。

表 1 溫度試驗的種別 單位°C

試驗種別		低溫試驗		高溫試驗		溫度循環試驗
		動作保證溫度	性能保證溫度	動作保證溫度	性能保證溫度	
種別 1		-25		70(高溫試驗) 55(高溫高濕試驗)		-25~70
種別 2	a	0	5	55	40	-10~70
	b	-10	-10			
	c			60	55	
種別 3	a	-20	5	55	40	-25~70
	b		-10			
	c			60	55	

4.4 試驗方法

4.4.1 溫度上昇試驗

從事溫度上昇試驗時，電子設備應盡可能使之接近於實際使用狀態，在通電狀態於溫度上昇平衡後予以放置，然後測定各部之溫度。

4.4.2 低溫試驗

從事低溫試驗時，電子設備在無通電狀態下，周圍溫度從常溫在 30 分鐘左右徐徐下降至表 3 規定動作保證最低溫度，然後在規定溫度的 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 範圍內置放 2 小時，再通電確認動作是否正常。

再次將電子設備在無通電狀態下，周圍溫度在 30 分鐘左右徐徐上昇至表 3 規定之性能保證之最低溫度。然後在規定溫度 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 範圍內置放 2 小時再通電從事性能試驗。

4.4.3 高溫試驗

從事高溫試驗時，電子設備在通電狀態下，周圍溫度從常溫在 30 分鐘左右徐徐上昇至表 3 規定動作保證最高溫度，然後在規定溫度的 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 範圍內置放 1 小時再通電動作是否正常。

再次將周圍溫度在 30 分鐘左右，徐徐下降至表 3 規定之性能保證最高溫度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 範圍內置放 6 小時，再作性能試驗。

4.4.4 高溫高濕試驗

從事高溫高濕試驗時，電子設備在無通電狀態下，周圍溫度從常溫在 1.5~2.5 小時內徐徐上升至表 3 規定動作保證最高溫度，此時相對濕度維持在 80%~100% 各部之溫度平衡後保持此溫度在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 範圍內達 10 小時同時相對濕度維持在 95%~100%，而後相對濕度改為 80%~100%，周圍濕度則在 3 小時內徐徐下降至常溫當各部溫度平衡後馬上施行性能試驗。

4.4.5 溫度循環試驗

從事溫度循環試驗時，將電子設備在無通電狀態下，其周圍溫度依表 3 規定保存溫度最高值保持 30 分鐘以上，然後再依最低溫度保持 30 分鐘以上，如此循環 5 次，最後回復至常溫後馬上施行性能試驗。

4.4.6 防水試驗

一般電子設備安裝在車內或車外之箱子內，如使用者無特別規定要求，可以免施行防水試驗。

如果必須施行防水試驗時，電子設備必須在使用狀態或同等狀態下施行，防水試驗後馬上施行性能試驗。

4.4.7 耐塵試驗

電子設備於動作狀態放置於密閉箱內，箱內溫度容許公差為 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，從常溫開始在 1.5~2.5 小時內上升至 70°C 或雙方協議之溫度，相對濕度保持在 80%~100% 範圍內，箱內噴入所規定的塵埃或實際使用環境的塵埃，噴入塵埃量由購買者與製造商雙方協議之。塵埃試驗終了，即刻施行性能試驗及耐電壓試驗。

4.4.8 連續通電試驗

連續通電試驗的周圍溫度及連續通電時間參考（表 2）選擇。
連續通電試驗須確認電子設備在連續通電時動作無異常。

（表 2）連續通電試驗條件

項目	a	b
周圍溫度	常溫	表 3 所規定之動作保證溫度最高值
連續通電時間	48 小時以上	20 小時以上

參考文獻

1. 鐵道車輛用電子機器の信賴性評價の研究 Rolling Stock & Machinery 2004.Oct。
2. JIS 鐵道車輛－電子機器－試驗通則 E5006(2005 版)。

電力動力車推進系統故障改善研究

Research into improving the electric locomotive propulsion system

許調泰 HSU, Tiao-Tai¹

地址：10041 臺北市北平西路 3 號 5 樓
Address：5F., No.3, Beiping W. Rd., Zhongzheng Dist., Taipei City 10041, Taiwan

電話：(02) 2381-5226 EX 3601
Tel：(02) 2381-5226 EX 3601

電子信箱：tr389950@msa.tra.gov.tw
E-mail：tr389950@msa.tra.gov.tw

摘要

臺灣鐵路管理局於民國 83 年間辦理採購推拉式列車，其中機車 64 輛、客車 336 輛，總計 400 輛。主承商韓國現代精工公司（現已更名爲現代 MOBIS 公司）負責製造客車，南非 U.C.W 公司製造機車車體，而列車動力及控制系統則由英、法跨公司 GEC ALSTHOM（現已更名爲 ALSTOM 公司）負責。推拉式（PUSH-PULL）列車（簡稱 P-P 列車）爲臺灣鐵路管理局長途客運之主力車種，營運編組方式爲前後各一輛機車（動力車），中間配置無動力客車 12 輛；前後機車相互搭配「出力」，牽引客車行駛；後方機車（後連機車）負責「推」（PUSH），前方機車（本務機車）負責「拉」（PULL）。

P-P 列車自民國 85 年加入臺鐵路營運，即因原廠設計不良、工藝及材質不佳，肇致列車頻生故障，嚴重影響臺鐵路形象。本研究係針對推拉式列車動力系統之平滑電抗器（FL/TFL）所發生之故障進行探討；並研擬可行之改善方案，以期降低推拉式列車推進系統之故障件數。本方案首先針對過去幾年故障型態做分析，找出發生推進系統故障之主要原因，以此作爲改善依據，此即本次自行研究改善之原由。

Abstract

TRA purchased push-pull trains in 1994, buying 64 locomotives and 336 carriages. *Hyundai* precision & Ind. Co., Ltd. (Now called Hyundai Mobis) was responsible for manufacturing the passenger carriages and U.C.W of South Africa was responsible for making the locomotive bodies. The power systems and control systems were made by Anglo-French company GEC ALSTHOM (now called ALSTHOM). Push-Pull trains (P-P trains) are TRA's main force long-distance passenger trains. Used in operations by TRA, they are made up of 12 non-powered passenger carriages with an electric locomotive at the front and back. The front and back locomotives haul the carriages. The locomotive at the back pushes while the front locomotive (the main engine) pulls.

The P-P trains have been in service since 1996, however because of design faults, poor workmanship and inferior materials used, the responsibility of the

1. 本局機務處行車技術科正工程師

manufacturers, the trains frequently break down, seriously affecting TRA's image. In this paper the break down of FL/TFL in the train power system is examined and a feasible plan to reduce P-P train propulsion system malfunctions is put forward. Firstly the type of fault over the last few years are analyzed to identify the main reasons for propulsion system malfunction and this is used as the basic for improvement.

一、前言

P-P 列車因原廠設計不良、工藝及材質不佳，自民國 85 年加入臺鐵局營運後，故障頻生。立約商依契約規定，於保固期間陸續進行列車故障改善，直到 P-P 列車採購代辦機關因履約保證金到期未促商展延而逾期失效，最終導致立約商於民國 92 年底未完成履約保固責任即撤離，遺留待改善故障項目共 10 項，包括：牽引馬達吊耳龜裂、齒輪箱龜裂及漏油、監視軟體無法下載故障訊息、平滑電抗器 (FL/TFL) 燒損、主變壓器漏油、電軔電阻鏽蝕、自動動力控制系統訊號不良、變流器模組電容器、牽引馬達端蓋安螺折斷及直流鏈電容器外殼變形等。臺鐵局自承商撤離後，即針對推拉式列車之故障自力研擬並進行治標之改善方案，以維列車基本運能。本研究特別針對佔 P-P 機車故障件數 50% 以上之平滑電抗器 (FL/TFL) 燒損及絕緣劣化之故障原因與改善措施進行探討；以有效降低 P-P 機車推進系統之故障件數。

本局七堵、高雄機務段最近 3 年因平滑電抗器燒損及絕緣不良之更換紀錄摘錄於附件 1。

二、現況說明

2.1 改善因由

P-P 電力機車故障最多且又有迫切性者則屬電抗器(FL & TFL)。牽引動力電路電抗器(FL)及濾波電抗器(TFL)，是由 ALSTOM 公司提供技術需求由德國 NIEKE 公司製造，疑因設計與使用環境考慮未竟周延，造成電氣絕緣破壞燒損，此現象於 P-P 機車開始運轉後即不斷發生，ALSTOM 公司初期認為事故為個案，後因事故激增，不得已送回德國重新整修，惟仍無法降低故障率。

ALSTOM 公司於民國 93 年撤離在臺人員後，高雄機務段為免無料可換，緊急採購 8 只 FL，然於 93 年 5 月即再無料可更換，P-P 機車面臨停駛命運，當時臺北機廠即研析整修規範，並於 93 年 5 月 7 日招商整修 3 只，其間臺北機廠提供技術協助與經驗，將 FL 內部線圈絕緣等級提高為 CLASS 200，線圈間之絕緣棒穿孔，以絕緣線綁緊固定，並更換支撐絕緣棒，同時於外圍鐵框加固，除提高電氣之絕緣等級外，並抑止電氣特性所造成之機械振動，整修品於 93 年 8 月 9 日順利完成。

經第一次完成整修及裝車試用一個月後，即明確的訂定維修計畫，逐步將臺北機廠內燒損之 FL、TFL 委外維修，累計至 96 年底，委外維修之數量共 FL 79 只、TFL 13 只，其中曾送回 2 只，經查修為 FL 之引線及引線端子絕緣過低，該兩部份皆為原廠之設計，非歸屬整修廠商之責，因此後續之整修規格，即重新訂定引線及引線端子新製規格，力求整體維修案能完全徹底的改善。

2.2 改善對象

P-P 機車平滑電抗器 (FL/TFL) 在每輛機車上安裝 2 只，分別為第一、第二轉

向架電抗器，而電抗器的故障又佔機車整體故障率的 50%以上，依照統計資料這些故障原因可分為：

- 2.2.1 繞組線圈間支撐絕緣棒脫落及線圈層間短路跳火而燒損，約佔所有 (FL/TFL) 的故障 30%左右。
- 2.2.2 繞組剛性線圈端頭與外接撓性電纜之銲接界面處斷裂燒損，約佔所有 (FL/TFL) 的故障 25%左右。
- 2.2.3 繞組最內層線圈與矽鋼片鐵心間跳火燒損，約佔所有 (FL/TFL) 的故障 30%左右。
- 2.2.4 繞組最外層線圈與矽鋼片固定框架間跳火燒損，約佔所有 (FL/TFL) 的故障 15% 左右。

如何避免因(FL/TFL)的故障，而衍生其他的問題，一直是臺鐵局極待克服的課題。

三、改善研究分析

3.1 電路說明

平滑電抗器 (FL/TFL) 安裝於動力電路 (如圖 2) 直流鏈 (DC Link)，用以保護變流器 (Inverter)；FL 與電容器 (FK) 並接，將電路干擾減至最低，確保變流器運作穩定並保護變流器免受電路突壓而損壞；TFL 與電容器 (TFK) 串接，降低 120Hz 之諧波電流成分。

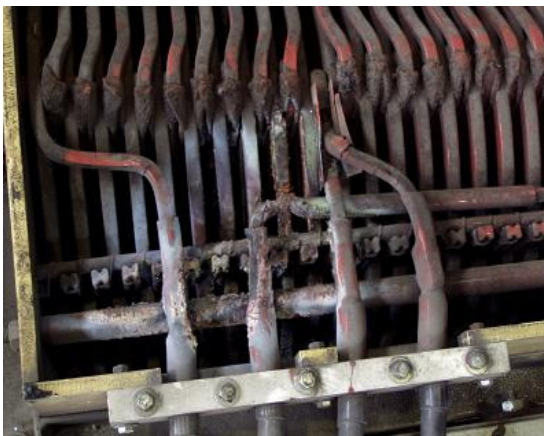


圖 1 FL 電氣絕緣破壞燒損

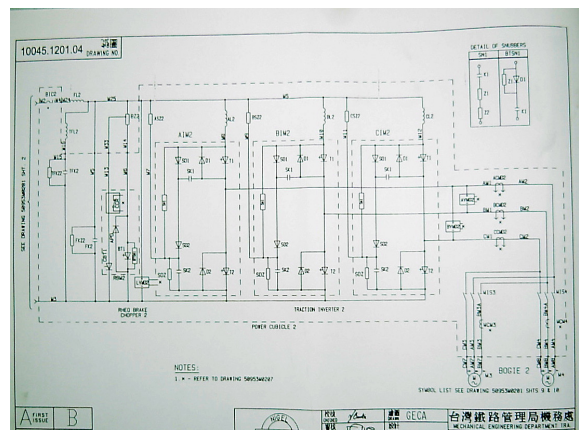


圖 2 動力電路圖

3.2 故障改善

初期針對 FL/TFL 的故障現象進行整修以期改善故障率

- 3.2.1 FL 線圈更新重繞，並將被覆之絕緣等級提高為 CLASS200。
- 3.2.2 線圈間之支撐絕緣棒將其兩端穿孔以絕緣線綁緊固定，以防脫落確實達成支撐線圈之功能。
- 3.2.3 矽鋼片外圍鐵框加固並提高電器之絕緣等級，以抑制因電器特性所造成之電

氣震動，並提高整體 FL 的絕緣強度。改造後（如圖 3）

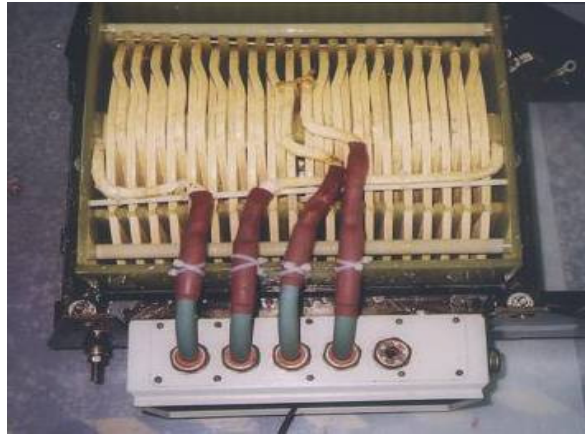


圖 3 FL 改善成品

3.3 故障分析

但在 FL/TFL 整修後其故障現象還是持續發生，經研究小組深入探討後，發現 FL/TFL 的絕緣容易破壞是因原設計為強迫通風氣冷式，其冷卻系統藉由鼓風機從車側進氣口吸入外部空氣，經蜂巢式排水濾網過濾後直接吹向 FL/TFL，再經風道引至牽引馬達後排出大氣。為提高冷卻能力 ALSTOM 公司將鼓風機馬達的供電頻率從原設計之 60HZ 提高為 66HZ 後，使得進氣速率同步提高遠大於原設計的 14M/S，一般而言，風速達 4M/s 以上時，雨水即可被進氣口吸入。實驗時以 1 公升的水，直接由車頂鼓風機上方倒下，進氣排水濾塵器(圖 4)，並無法完全將水排出，且部份水直接從牽引馬達出風口排出，表示於車輛行駛中，如遇下雨，雨水即可經由進氣口流入電抗器 (FL/TFL) 及牽引馬達 (TM)，造成上述電氣組件絕緣破壞而燒損。因此當車輛行駛於下雨天時鼓風機易將外部水分帶進 FL/TFL 與牽引馬達，加速 FL/TFL 絕緣的劣化。經研究小組之研討後認為進氣口吸入水氣是導致 FL/TFL 故障之直接原因，故冷卻空氣的進氣由車外直接吸入改造成由機械室內間接吸入之方式，將可減少吸入水氣大幅改善 FL/TFL 絕緣的破壞及其他的故障。

四、改造測試過程

4.1 改造過程

水分會對 FL/TFL 造成重大的傷害，但本系統使用的蜂巢式排水濾網其排水與濾塵效果不甚理想，研究初期以如何減少雨水進入為主題，設計一阻水導槽(圖 5)，實驗時可完全阻絕車頂所直接流下的雨水，但仍無法克服大雨時雨水從上方持續流下及車輛煞車時，車頂的雨水因慣性作用，衝向前被司機室屋頂擋下後所造成的大量雨水從車壁流下以致被進氣口吸入。在未徹底完全解決進氣口進水問題前，暫時治標方式為由臺北機廠採購雨水擋水槽後，分送七堵、高雄機務段安裝於電抗器與馬達之鼓風機進氣口上方(圖 6)，以防止鼓風機吸入大量雨水。

但長期使用下來 FL/TFL 表面仍易沾附灰塵，加上臺灣潮濕的氣候與自動洗車機的清洗車輛，使得 FL/TFL 雖未燒損，但每使用一段時間後，絕緣即會劣化需頻

頻更換，除耗費人力外更降低機車運用率。因此經組成專案研究小組針對改變 P-P 列車 FL/TFL 之散熱方式進行研討，經多次開會研究咸認為改變 FL/TFL 之車側直接進氣方式，改由其他間接方式吸入散熱空氣，避免吸入過多之水分，應可降低 FL/TFL 因絕緣破壞所帶來之推進系統故障。

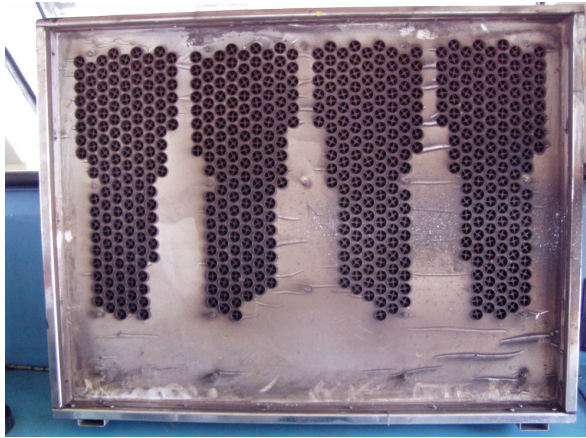


圖 4 蜂巢式濾塵器

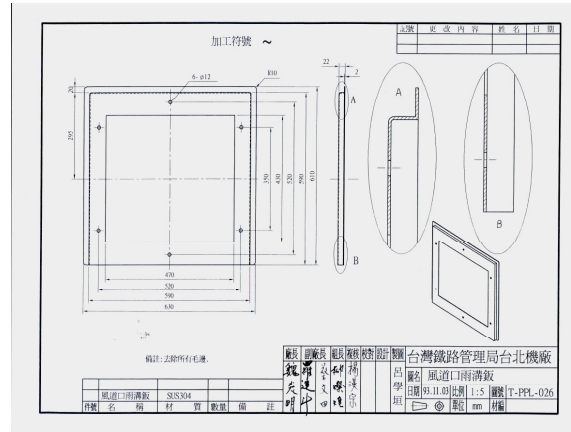


圖 5 阻水導槽設計圖



圖 6 鼓風機進氣口阻水導槽安裝實圖

4.2 改造方式

為徹底解決雨水流入馬達與電抗器問題，及考慮機械室零組件工作溫度，研究改善鼓風機進氣口方式，由車體外進氣改為機械室內進氣，此部份須優先考量機械室的空氣正、負壓關係，原廠設計為求機械室能保持乾淨，特將機械室內之壓力，設計為正壓(縱然主風泵旁有二個進氣口，其壓力仍能保持在正壓狀態)。

為此當進氣方式改為室內直接進氣時，如何保持機械室乾淨，是一大挑戰，另進氣口改變，鼓風機安裝位置勢必要配合移位，於此同時亦考量配合本局向國內廠商採購的 60 個鼓風機馬達尺寸，實際量測車輛空間，約尚可後移 24 公分左右，並與國內鼓風機製造商(曾協助臺鐵局改造 EMU1200 風機改善及 GE 機車鼓風機製造)共同研究，確定不致造成風壓不足現象後，即著手研擬試製一臺機車用料，並改造一輛機車之鼓風機進氣系統。

4.3 改造測試

為減少改造成本及考量最小的改造範圍，故以整個更換鼓風機底座及主風泵拆裝的側板為原則，本案分為兩部份分別委由承商製造鼓風機、進氣濾網，並安排裝於 E1064 機車。初期工程規格書如(附件三、四)，此期間歷經多次與廠商技術討論機械設計修正、與實體變更、施工、測試等等(圖 7) (圖 8)(圖 9)，終於 96 年 10 月 28 日完成試車，相關測試報告如下 (表 1) (表 2) (表 3)。

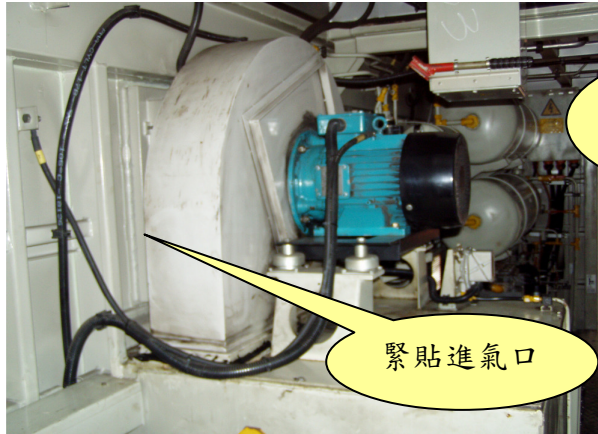


圖 7 鼓風機改造前



圖 7-1 改造前的進氣口



圖 7-2 風泵側板改造前

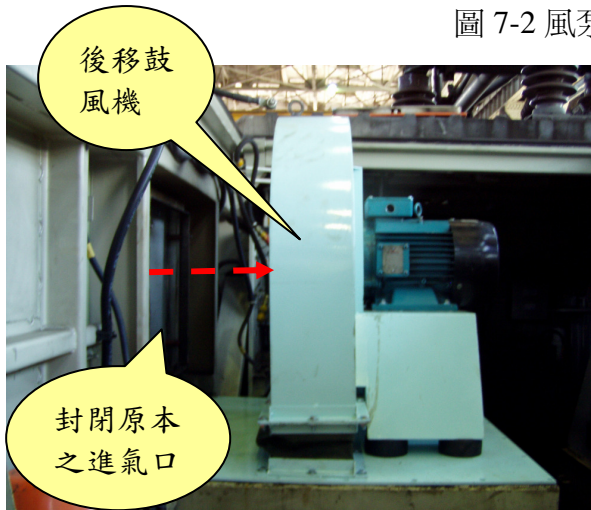


圖 8 鼓風機改造後



圖 8-1 風泵側板改造後

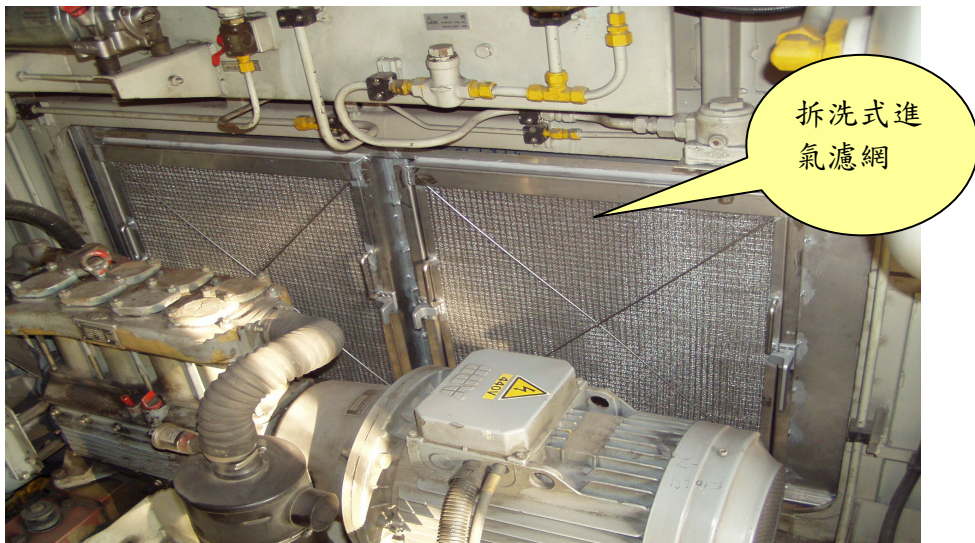


圖 8-2 進氣濾網改造後

4.3.1 新製鐵風輪鼓風機測試結果：

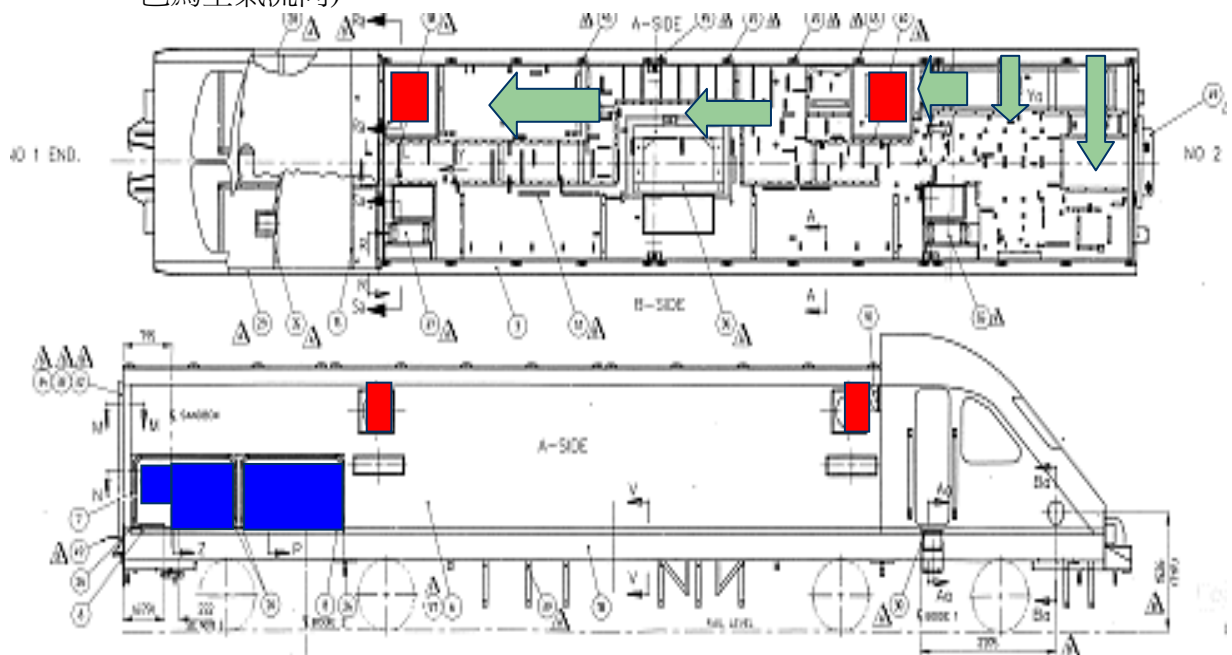
在 1800PA 壓力下，風量值為 1.95 CMS，運轉電流為 11A。

4.3.2 原鼓風機在相同的額定點測試結果：

在 1800PA 壓力下，風量值為 1.85 CMS，運轉電流為 10.3A。

4.3.3 新、舊風機之測試結果相近；原有風機為鋁鑄型式，其風輪材質較厚，相對的風輪的空氣容積略小；新風輪採用鋼製，風量略大，運轉電流值略為升高。

4.3.4 風道系統之改善—進風系統流向。(紅色為風機，藍色為進風濾網及百葉、綠色為空氣流向)



新的風口面積計算：因為新的風口內側有發熱源，會增高入風溫度，必須要增加散熱風量才能達到原有效果。

臺鐵局 PP 機車牽引馬達電抗器散熱風機改造	
1.每小時排熱量	30KW
通風量 $Qh=30KW*860/(0.29*(40-25)*3600)=1.6CMS$	
2.每小時排熱量	30KW
通風量 $Qh=30KW*860/(0.29*(40-29)*3600)=2.2CMS$	
3.空氣之定壓比熱 $Cp=1.0035Kj/Kg-K=0.24Kcal/Kg-K$	
4.發熱量 $H(Kcal/Hr)=MCp \Delta T=pQCp \Delta T$	
5.通風量: $Q(CMM)=H/pQCp \Delta T*60=H/0.29* \Delta T*60$	

新的風口面積計算:

風量需求 $2.2CMS \times 2$ 臺= $4.4CMS$ ；開口面積: $1.653 \times 0.955 + 1.69 \times 0.955 - 0.319 \times 0.35 = 3.08M^2$ ；開口位置加裝不銹鋼可洗式濾網及 60%開口率之百葉，故計算出淨開口風速為 $2.4 M/S$ 符合使用，進風風速若可控制在 $2.5M/S$ 以內，可防止水分被吸入。新風機的壓損，因系統入風口放大及蜂巢式濾網的拆除，預計可降低 $1100PA$ 的壓力，而新增入口濾網，多增加 $50PA$ 的壓力。故新風機的性能需 $750PA$ 、 $2.2 CMS$ 。以新製風機的性能，約在 $55HZ$ 的轉速則可達到。

故整體而言轉速比原先減低，約 $3200RPM$ ，電流量也可減低至 $9A$ 噪音值也預估可降 2 分貝左右。

4.3.5 實際安裝後性能測試：

在實際安裝後，需要現場測試調整風量大小，調整的重點如下：

- 4.3.5.1 散熱需求之風量值，調整變頻器的頻率以控制風機轉速，達到實際需求值。(風量與風機轉速的一次方成正比---風機定律)
- 4.3.5.2 風量不可過大，以防止進風口的水分吸入，一般需控制在面風速 $2.5-2.7M/S$ 則水分不會被吸入。

改造後廠內靜態測試：



圖 9 空氣流量測試



圖 9-1 噪音測試



圖 9-2 吸入水量測試

表 1 未改造前鼓風機的實測結果

測試轉速:	3500	RPM	60HZ運轉	測試電壓:	440V
測試點	靜壓 PA	出口風速 m/s	風量 CMS	電流 Amp	消耗功 KW
1	2400	16.20	1.36	9.60	5.26
2	2100	17.73	1.49	10.20	5.58
3	1840	21.80	1.83	10.30	5.64
4	1510	23.69	1.99	10.00	5.47
5	1200	29.34	2.46	9.90	5.42
6	800	35.19	2.96	10.30	5.64
7	550	39.69	3.33	10.20	5.58

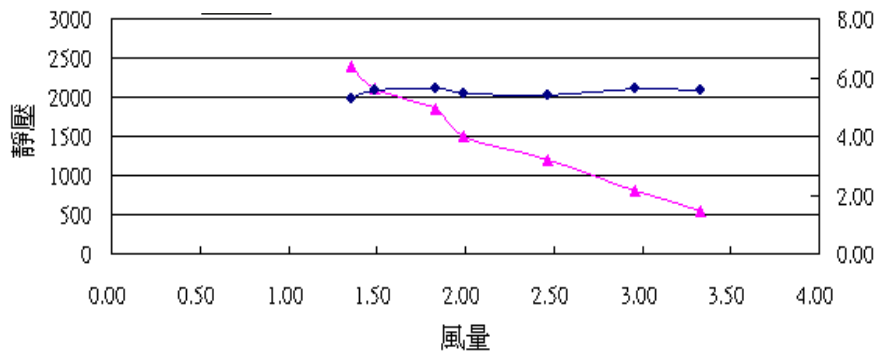


圖 10 風量對靜壓及消耗功之曲線圖

表 2 改造前測試數據

測試項目		E1064				
		第 1 鼓風機		第 2 鼓風機		
進氣口風速 (m/s)	轉速(Hz)					
	<u>30(1800RPM)</u>	5.3		5.7		
	<u>50(3000RPM)</u>	9.6		9.5		
	<u>60(3600RPM)</u>	12.1		13.0		
	<u>66(3960RPM)</u>	14.0		13.2		
	<u>30(1800RPM)</u>	5.4		5.6		
	<u>50(3000RPM)</u>	9.6		9.6		
	<u>66(3960RPM)</u>	14.0		13.3		
電流 (A)	轉速(Hz)	<u>30(1800RPM)</u>	<u>50(3000RPM)</u>	<u>60(3600RPM)</u>	<u>66(3960RPM)</u>	
	<u>#1BM</u>	6.5	8.8	12	15.7	
	<u>#2BM</u>	5.5	9.2	12	16.2	
噪音值 (dba)	<u>#1BM</u>		91	94	88	99
		<u>#2BM</u>	84	85	87	95
	司機室	司機側	68	69	75(門未關)	71
		中間	68	68	77(門未關)	72
		助理側	67	68	76(門未關)	70
	室外	<u>1</u>	82.3	93.1	95	102
<u>2</u>		82	92.3	95	101	
TM 出風口 (m/s)	<u>#1</u>	7.4	12.1	14.9	16.5	
	<u>#2</u>	7.1	12.2	14.9	16.4	
	<u>#3</u>	7.4	12.8	15.7	18.4	
	<u>#4</u>	6.9	12.2	15.1	16.3	

改造前吸氣量高達 14 (CMS)，室外噪音高達 102 (dba)，TM 出風口頻率 66hz 時最低風速為 16.3 (M/S。)

表 3 改造後測試數據

測試項目		E1064				
		第 1 鼓風機		第 2 鼓風機		
進氣口風速 (m/s)	轉速(Hz)					
	30(1800RPM)	0.8		0.7		
	50(3000RPM)	1.5		1.4		
	60(3600RPM)	1.6		1.6		
	66(3960RPM)	2.4		1.9		
	30(1800RPM)	0.9		0.9		
	50(3000RPM)	1.6		1.7		
	66(3960RPM)	2.4		2.0		
電流 (A)	轉速(Hz)	30(1800RPM)	50(3000RPM)	60(3600RPM)	66(3960RPM)	
	#1BM	6.4	8.9	12	15.5	
	#2BM	6.4	9.1	12	15.8	
噪音測試 (dba)	#1BM		90	97	100	113
		#2BM	85	94	97	102
	司機室	司機側	69	71.4	71	75.4
		中間	69	71.4	72	75.4
		助理側	68	70	71	74.4
	室外	1	74	77	78	86.6
2		74	79	82	83	
TM 出風口 (m/s)	#1	7.1	11.9	16	17.6	
	#2	7.9	13.7	17.4	18.6	
	#3	7.3	12.5	15.6	17.9	
	#4	7.4	12.9	15.7	17.6	

改造後吸氣風速為 2.4(CMS)。噪音值改造後 86.6(dba)。TM 出風速改造後最低 17.6 (M/S)，其靜態測試數據優於改造前。

靜態測試後之數據呈現改造後成效優於改造前，研究小組決定施行動態測試以更進一步了解改造後之成效。

P-P 機車鼓風機進氣口改造後第一次測試報告(動態測試)

1、改造緣由

第 1、2 轉向架電抗器及牽引馬達之散熱鼓風機由車側直接進氣，其進氣流量達 14CMS，在下雨天時，雨水直接由車側進氣口導入電抗器及牽引馬達，造成電抗器及牽引馬達絕緣破壞故障，為改善此一嚴重設計缺失，擬重新規劃設計由車體室內進氣，並改造相關車體設備。

2、測試目的

為瞭解及比較改造前、後之散熱風量(含風泵拆裝側板之進氣口、牽引馬達散熱出風口量)、鼓風機馬達電氣特性，施行本測試。

3、測試項目：如表 4~10 所示。

4、測試儀器：

- 1、電流鉤錶：TES 3050
- 2、噪音計：Lutron SL-4001
- 3、風量錶：PROVA AVM-03
- 4、溼度計：溼度指示錶
- 5、溫度計：水銀溫度計

5、測試日期：96 年 10 月 22 日

6、測試人員：楊漢宗、呂和雋

7、測試結果：如表 4~10 所示。

表 4 P-P 機車 E1064 鼓風進氣口改造溫溼度記錄 96.10.23 南下

狀況	未起動	運轉中	運轉中	運轉中	運轉中	運轉中	運轉中	運轉中	備註
測試時間 測試位置	12:30	13:24	14:30	15:00	15:26	16:10	17:30	18:35	
室外大氣溫度	28.8								
ACE 前走道	28	34	37	37	37	36.5	36.5	34.5	
主變壓器前走道	27.5	34	35	34	35	33.5	34	31	
# 2 動力箱前	27	34	34	33	34	33	32.5	30	
# 1 風泵進氣口	28	34	34	34	34	31	32	30	
機械室後空間	28	34	34	35	35	33	33.5	30	
ACE 前溼度	64	46	38.5	41	40	42.5	46	52	
ACE 前溫度	29	34	37	36	36	36	36	33	
# 1 風泵位濾網進氣溼度	66.5	45	42.5	48	46	52.5	54	62.5	
# 1 風泵位濾網進氣溫度	28	36	37	34	36	33.5	34	31	
機械室溼度	62	44	40	42	43	50	53.5	61.5	
機械室溫度	29.5	34	35	34	36	33	33.5	31	
測試地點	七堵	松山	桃園	竹北	苗栗	豐原	田中	嘉義	

表 5 P-P 機車 E1064 進氣口溫溼度記錄 94.10.24 北上

狀況	未起動	運轉中	運轉中	運轉中	運轉中	運轉中	運轉中
測試時間 測試位置	8.50	9.32	10.30	11.28	12.27	13.32	14.30
室外大氣溫度	27.8						
ACE 前走道	33	38	41	44	46	43	45
主變壓器前走道	35	38	43	45	45	45	45
# 2 動力箱前	33	37	41	44	44.5	43	43
# 1 風泵進氣口	31	40	42	45	48	46	45
機械室後空間	35	42	44	46	50	48	45
ACE 前溼度	59	48	39	34	34	37	33
ACE 前溫度	29	34	37	36	36	36	36
# 1 風泵位濾網進氣 溼度	63	45	42.5	48	46	52.5	54
# 1 風泵位濾網進氣 溫度	28	36	37	34	36	33.5	34
機械室溼度	59	44	40	42	43	50	53.5
機械室溫度	30	33	35	35	36	34	33.5
測試地點	高雄	路竹	新營前	林內前	烏日前	苗栗	中壢

表 6 P-P 機車 E1064 進氣口改造流量及電流記錄 94.10.23 南下

測試情況		30Hz				50Hz				66Hz				單位
時速 KPH		0	50	100	120	0	50	100	120	0	50	100	120	
牽引馬達	#1		1.9	3.0		1.7	1.7	1.6			1.8	3.0		m/s
	#2		1.8	3.0		1.8	1.8	1.6			1.9	3.0		m/s
	#3		1.8	2.5		1.7	1.8	1.6			1.8	2.5		m/s
	#4		1.8	3.0		1.8	1.8	1.8			1.9	3.0		m/s
鼓風機	#1 BM	5.7					8.5					15.2		A
	#2 BM	6.0					8.5					15		A

表 7 P-P 機車 E1064 進氣口改造流量及電流記錄 96.10.24 北上

測試情況		30Hz				50Hz				66Hz				單位
時速 KPH		0	50	100	120	0	50	100	120	0	50	100	120	
牽引馬達	#1		1.9	3.0		1.8	1.8	1.6			1.9	2.5		m/s
	#2		1.8	2.5		1.8	1.8	1.8			1.9	3.0		m/s
	#3		1.8	2.5		1.7	1.8	1.6			1.8	2.5		m/s
	#4		1.9	3.0		1.8	1.8	1.8			1.8	3.0		m/s
鼓風機	#1 BM	6.5					9.0					15.9		A
	#2 BM	6.1					8.8					16.8		A

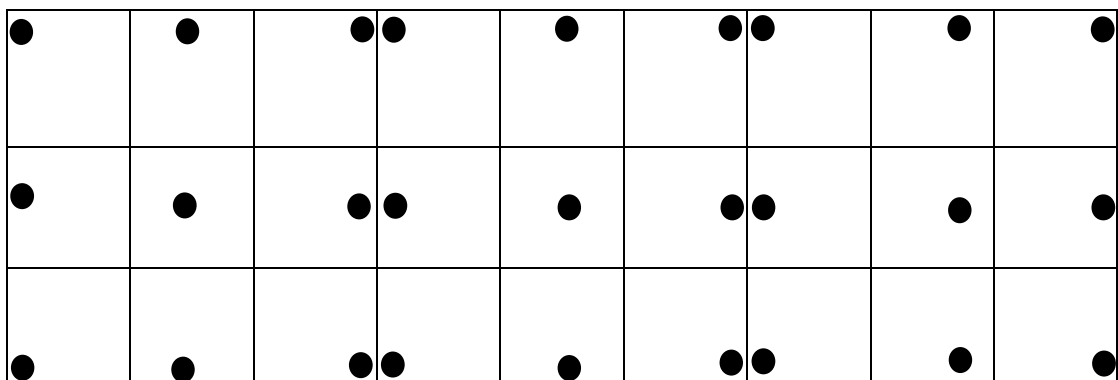
表 8 噪音測試 南下

位置 車速	第 1 鼓風機馬達後 方走道			第 2 鼓風機馬達後 方走道			司機員位置				
	50	100	120	50	100	120	50	100	120	dba	
車號 1064	30	97.5	97	95	94	95	98	74	73	77	dba
	50	96	97.4	97	94.2	95	97	74	73	74	dba
	66	97	97	99	94	103	99	75.6	75.4	80	dba
噪音測試 北上											
車號 1064	30	97	97	97	94	95	98	73	74	77	dba
	50	95	98	98	96	96.5	98	74	73	79.6	dba
	66	96	97	103	97	97	102	75.6	77	79	dba

表 9 E1064 濾網進氣分佈

南下 後連車 96.10.23						北上 牽引車 96.10.24					
編號	臺北端	位置	高雄端	時速	轉速	編號	臺北端	位置	高雄端	時速	轉速
# 1	8.7	4.8	0.9	112	66 Hz	# 2	0	4.4	9.7	120	66 Hz
	7.0	2.5	0.3				0.6	2.0	8.4		
	5.5	1.0	0.3				0.6	2.2	7.6		
# 2	8.1	4.4	1.3	112	66 Hz	# 1	0	3.2	8.9	120	66 Hz
	5.4	2.4	0.1				0.5	1.2	7.7		
	5.2	1.7	0.2				0.5	1.4	7.0		
# 3	6.5	4.0	1.3	112	66 Hz	# 4	0.1	4.6	10.0	120	66 Hz
	5.4	2.0	0.4				0.2	1.9	7.8		
	1.6	1.3	0.1				0.4	0.7	7.4		
# 2	7.1	2.7	0	112	50 Hz	# 2	0.1	4.6	9.1	120	50 Hz
	5.7	1.4	0.3				0.6	2.0	8.1		
	4.7	1.0	0.2				0.1	2.0	6.7		
# 1	5.3	3.5	0.8	112	50 Hz	# 1	0.1	3.1	8.5	120	50 Hz
	4.6	1.7	0				0.3	0.5	7.3		
	4.6	1.4	0				0.1	0.7	7.1		
# 4	5.6	2.8	0.1	112	50 Hz	# 4	0.1	3.4	9.1	120	50 Hz
	5.3	1.7	0				0.9	1.7	8.8		
	5.0	0.9	0				1.1	0.6	8.3		

表 10 測量位置



P-P 機車鼓風機進氣口改造後第二次測試報告(動態測試)

- 1、**測試日期**：96 年 10 月 27、28 日
- 2、**測試單位**：技術組
- 3、**測試地點**：七堵~高雄
- 4、**測試儀器**：
 - 1、流量計：PROVA AVM-03
 - 2、溫度計：水銀溫度計
 - 3、電流鉤錶：TES 3050
 - 4、溼度計：溼度指示錶
 - 5、噪音計：Lutron SL-4001、KANOMAX 4001
- 5、**測試車號**：E1064(基隆端)、E1049(高雄端)； 牽引 15 輛客車
- 6、**測試結果**：如表 11~23 所示。

風泵百葉窗進氣口風量及鼓風機馬達電流

表 11 南下

測試情況		30Hz				50Hz				66Hz				備註
時速 KPH		0	50	100	120	0	50	100	120	0	50	100	120	單位
E1064	#1 風泵口	1.2	3.4					6.5				7.3		M/s
	#2 風泵口	1.2	3.0					6.6				5.4		M/s
E1064	#1BM	5.7	5.8					8.5		8.9	15.3	15.2		A
	#2BM	6.0	6.1					8.5		8.6	15.8	15		A

表 12 北上

測試情況		30Hz				50Hz				66Hz				備註
時速 KPH		0	50	100	120	0	50	100	120	0	50	100	120	單位
E1064	#1 風泵口	1.2	3.4					6.4				7.2		M/s
	#2 風泵口	1.2	3.0					6.5				5.3		M/s
E1064	#1BM	6.5	6.6					9.0		8.9	15.9	15.3		A
	#2BM	6.1	6.2					8.8		8.9	16.8	16		A

表 13 電抗器 FL 最高溫度值：

測試位置		第 1 轉向架 FL	第 2 轉向架 FL	備註
E1064	最高溫度	48.5	44.5	℃
	最高溫時間	北上 13:04	北上 13:03	
E1049	最高溫度	40	47.5	℃
	最高溫時間	北上 13:08	北上 13:08	

機械室溫度及溼度-E1064

表 14 南下

測試時間 測試位置	12:30	13:34	14:30	15:00	15:36	16:10	17:30	18:35	單位
室外大氣溫度	33								°C
ACE 前走道	34	34	37	37	37	36.5	36.5	34.5	°C
主變壓器前走道	33	34	35	34	35	33.5	34	31	°C
#2 動力箱前	32	34	34	33	34	33	32.5	30	°C
#1 風泵進風口	33	34	34	34	34	31	32	30	°C
機械室後空間	32	34	34	35	35	33	33.5	30	°C
ACE 前溼度	64	46	38.5	41	40	42.5	46	52	°C
#1 風泵位濾網進氣溼度	66.5	45	44.5	48	46	52.5	54	62.5	%
機械室溼度	62	44	40	45	43	50	53.5	61.5	%
測試地點	七堵	松山	桃園	竹北	苗栗	豐原	田中	嘉義	

表 15 北上

測試時間 測試位置	09:00	09:35	10:30	11:30	12:40	13:35	14:35	備註
室外大氣溫度	34	33						°C
ACE 前走道	33	35	37	38	38.5	37	38	°C
主變壓器前走道	32.5	34	34.5	36	36	35	35	°C
#2 動力箱前	32	33	33.5	35	35	34.5	33.5	°C
#1 風泵進風口	32.5	33	34	34	34	33	33	°C
機械室後空間	33.5	33	34	35	35	34	34	°C
ACE 前溼度	60.5	54	48.5	46	46	57.5	44	°C
#1 風泵位濾網進氣溼度	65	52	50	49	46.5	53.5	46	%
機械室溼度	56	52.54	50	48	47	52.5	46	%
測試地點	高雄	路竹	新營前	林內前	烏日	苗栗	中壢	

噪音量測
表 16 南下

車號	位置	第 1 鼓風機馬達 後方走道			第 2 鼓風機馬達後 方走道			司機員位置			備註
	車速 轉速	50	100	120	50	100	120	50	100	120	kph
E1064	30	97.5	96	98	94	95	97	73	74	76	dba
	50	96	97.4	99	94.2	95	97	74	73	75	dba
	66	97.5	104	103	94	103	102	75.6	75.4	76	dba

表 17 北上

車號	位置	第 1 鼓風機馬達後 方走道			第 2 鼓風機馬達後 方走道			司機員位置			單位
	車速 轉速	50	100	120	50	100	120	50	100	120	kph
E1064	30	96	97	99	94	96	99	73	74	74	dba
	50	95	98	97	94	96.5	98	72	73	73	dba
	66	97	99	103	98	100	102	74	77.2	75	dba

表 18 牽引馬達溫度 (°C)

車號	位置	1	2	3	4	備註
E1064	感測器 異常		63.5 (13:04 北上)	60 (13:04 北上)	59.5 (13:04 北上)	°C
E1049	感測器 異常		56.5 (13:08 北上)	56.5 (13:08 北上)	59 (13:08 北上)	°C

E1064 濾網進氣口風量量測值 (cms)

表 19 頻率 66Hz，時速 112kph-南下

#1			#2			#3		
8.1	4.4	1.3	8.7	4.8	0.9	6.5	4.0	1.3
5.4	2.4	0.1	7.0	2.5	0.3	5.4	2.0	0.4
5.2	1.7	0.2	5.5	1.0	0.3	1.6	1.3	0.1

表 20 頻率 50Hz

#1			#2			#3		
6.0	3.3	0.8	7.1	2.7	0	5.6	2.8	0.1
4.6	1.7	0	5.7	1.4	0.3	5.3	1.7	0
4.6	1.4	0	4.7	1.0	1.2	5.0	0.9	0

表 21 頻率 66Hz，時速 120KPH-北上

#1			#2			#3		
0	3.2	8.9		4.4	9.7	0.1	4.6	10
0.5	1.2	7.7	0.6	2.0	8.4		1.9	7.8
0.5	1.4	7.0	0.6	2.2	7.6	0.4	0.7	7.4

表 22 頻率 50Hz

#1			#2			#3		
0.1	3.1	8.5	0.1	4.6	9.1	0.1	3.4	9.1
0.3	0.5	7.7	0.6	2.0	8.1	0.9	1.7	8.8
0.1	0.17	7.1	0.1	2.0	6.7	1.1	0.6	8.3

表 23 測量位置

●	●	● ●	●	● ●	●	●	●	●
●	●	● ●	●	● ●	●	●	●	●
●	●	● ●	●	● ●	●	●	●	●

五、結果分析（效益評估）

5.1 改造成果

電抗器的絕緣不良不但是直接造成各項器材拆裝、送修、測試、等待時間、人工...等有形之費用損失，如因 FL/TFL 的故障所造成之誤點或停駛對服務品質、旅客所感受的服務價值、路譽等更是造成無形的重大損失。

5.1.1 進氣方式的改變，很明顯的降低了車外因鼓風機運作時所造成的噪音污染，由 102 (dba) 降到了 86.6 (dba)，達到了環保的要求。

5.1.2 進氣濾網的加大，使單位面積的進氣量由 14m/s 降到 2.4m/s，連帶吸入的水氣量減少，因水氣引發的絕緣不良故障也消除。

5.1.3 改造後鼓風機吸入的是經濾網過濾再進入機械室的乾淨空氣，吹入 FL/TFL 可保持清潔，不因雜質沾附過多而造成絕緣不良。

5.1.4 鼓風機吸入的是機械室內的空氣，可加速機械室內的空氣流動，而降低室內的溫度，減少零組件因高溫而造成故障。

E1064 號機車於改造之後經過試用，FL/TFL 的絕緣降低發生過一次，經研討其原因為灰塵附著，並無因水氣造成絕緣不良。相較於其他車輛常因水氣造成絕緣不良所發生的故障機率，相對的是較低的，證明鼓風機進氣口的改造對降低 FL/TFL 故障是有正面效果。

5.2 改造效益

5.2.1 鼓風機未改造前 94~96 年 FL/TFL 平均故障率為 79 件，以臺鐵局零星修繕工程費用計算：

表 24 未改造前工程費用

項目	單位	人數	件數	單價	總價	備註
人工費用	工/日	3	79	2,628	622,836	員級人工
人工費用	工/日	7	79	1,930	152,470	佐級人工
FL/TFL 廠修	只		40	6,500	260,000	材料費
FL/TFL 外修	只		39	200,000	7,800,000	
				共	8,835,306	

改造後每年將可節省此項費用支出共 8,835,306 元

5.2.2 改造本局所有 P-P 機車費用計算：

表 25 改造費用

項目	單位	數量	單價	總價	備註
鼓風機改造	組	64	200,000	12,800,000	

64 輛機車的改造費用以未改造前的一年半的支出費用即可支應，如改造完成後，其長久效益將更大。

- 5.2.3 有形效益為節省故障修理之人工、物料費用、降低維修人力工時、減少組件拆裝之磨耗損壞、降低維修成本、提高機車運用效率、增加營業收入。無形效益上因事故減少、安全送達、列車準點，提高鐵路運輸服務價值、增加市場競爭力也大幅提升路局之良好企業形象。

六、結論與建議

人類的經濟活動都需要運輸的配合來達成，運輸愈發達，工商經濟愈繁榮。現今運輸市場日益競爭，鐵道車輛不只單純提供載送服務，還必須提供良好的運輸工具，使具備安全結構、舒適、故障少、容易維修、能源耗用少、污染性低等條件。

本研究經小組深入探究之後，FL/TFL 之故障 80%是經由進氣口所吸入之水分沾附在表面，日積月累後造成絕緣故障的發生。若此故障源的構造沒有進行全面的改造，則 FL/TFL 絕緣故障的發生則無斷除的可能。經 E1064 改造前後之比較，可看出改造後的 FL/TFL 使用期限比未改造時長，亦即故障的頻率較小，且改造後各項數據大部分也比改造前優良。

本小組所進行之平滑電抗器故障改造方案，雖僅係治標之方式，非根本解決之道，但在原廠無法就設計上之缺失，提出適當解決方案之前，小組成員建議經過一年運轉測試，成效能保持則證明本項改造實屬有效。屆時應積極推動全面改造以鼓風機進氣方式來降低 FL/TFL 的故障發生，以提供安全性及可靠性高之鐵路運輸工具。

參考文獻

- 1.原廠維修手冊(編號 166122)所載:
此平滑電抗器係設計用於抑制動力電路所產生之突波及暫態電流。
This inductor is designed to limit current surges and transients in the power circuit in which it is connected.。
此平滑線圈不需作定期大修，僅當發生持續性之損害時才需維修。
This inductor does not require a scheduled overhaul; it need only overhauled if it has sustained damaged.。
- 2.臺灣鐵路管理局機務處編，1999・03・01，“E1000 型推拉式電車組機車電路圖”，修訂版，第 2、6、27 頁。
- 3.臺灣鐵路管理局機務處編，1998・03，“E1000 型推拉式機車檢修人員訓練資料”，第 6 及 22~31 頁。

附件 1

高雄機務段 FL/TFL 燒損更換紀錄

編號	車號	電抗器類別	損壞日期	編號	車號	電抗器類別	損壞日期
1	E1006	FL2	94.01.10	31	E1011	TFL2	95.06.16
2	E1006	AFL1	94.02.21	32	E1009	AFL1	95.06.21
3	E1008	FL1	94.02.21	33	E1006	FL2	95.07.20
4	E1016	TFL2	94.04.06	34	E1020	FL1	95.07.22
5	E1001	FL2	94.04.07	35	E1020	ACIT	95.08.05
6	E1013	AFL1	94.04.08	36	E1018	AFL3	95.08.16
7	E1004	FL2	94.05.10	37	E1028	AFL3	95.10.21
8	E1009	FL2	94.05.11	38	E1008	FL2	95.10.31
9	E1012	FL1	94.05.13	39	E1020	ACIT	95.11.16
10	E1005	FL1	94.06.07	40	E1008	AFL3	95.11.17
11	E1026	FL1	94.06.07	41	E1004	FL1	96.01.21
12	E1005	FL2	94.06.07	42	E1011	FL2	96.03.10
13	E1026	FL2	94.06.07	43	E1016	FL2	96.05.01
14	E1005	TFL1	94.06.07	44	E1004	AFL1	96.05.15
15	E1026	TFL1	94.06.07	45	E1003	FL2	96.05.23
16	E1005	TFL2	94.06.07	46	E1003	TFL	96.05.23
17	E1026	TFL2	94.06.07	47	E1005	FL2,TFL2	96.05.24
18	E1006	FL2	94.06.08	48	E1031	TFL2	96.08.08
19	E1019	FL1	94.06.18	49	E1018	TFL2	96.08.09
20	E1031	TFL2	94.07.29	50	E1009	TFL2	96.08.14
21	E1008	FL2	94.08.01	51	E1011	TFL2	96.08.14
22	E1011	FL1	94.12.31	52	E1021	FL2	96.08.14
23	E1007	FL1	95.01.14	53	E1031	FL2	96.08.14
24	E1007	FL1、TFL1	95.03.09	54	E1010	AFL1	96.08.24
25	E1004	FL1、TFL1	95.03.11	55	E1009	AFL1	96.08.26
26	E1004	FL1、TFL1	95.03.23	56	E1003	FL2	96.08.26
27	E1007	FL1、TFL1	95.03.24	57	E1005	AFL2	96.10.14
28	E1016	FL2	95.04.21	58	E1008	FL2、TFL2	96.11.09
29	E1027	FL1	95.05.17	59	E1018	AFL3	96.11.30
30	E1009	FL1	95.06.04	60	E1003	FL2	96.12.06
61	E1030	FL1	95.06.12	64	E1005	FL2	96.12.15
62	E1030	TFL1	95.06.12	65	E1009	AFL2	96.12.22
63	E1011	FL2	95.06.16				

自 94~96 年共 65 件

七堵機務段 FL-TFL 裝用記錄表

製表：97 年 01 月 10 日

編號	車號	序號	日期	編號	車號	序號	日期
1	E1046-2	118	93.12.17	51	E1035-1	99+32	95.03.23
2	E1051-1	147	94.02.23	52	E1054-2	35+	95.03.25
3	E1035-2	30	94.03.19	53	E1047-1	89+37	95.03.28
4	E1046-1	58	94.03.23	54	E1047-2	62+12-1	95.03.28
5	E1043-1	22	94.04.02	55	E1056-2	142+142	95.03.30
6	E1043-2	07	94.04.02	56	E1063-2		95.03.31
7	E1060-2	137-79	94.04.08	57	E1035-1	R19	95.04.05
8	E1040-1	129-144	94.04.22	58	E1040-1	112+	95.04.17
9	E1063-1	133-	94.04.28	59	E1040-2	100+	95.04.17
10	E1056-1	25R1-	94.04.29	60	E1059-2	47R+	95.04.19
11	E1034-1	70-1+72-1	94.05.11	61	E1046-2	113+60	95.04.27
12	E1034-2	70-3+72-3	94.05.11	62	E1035-1	31+31	95.04.30
13	E1051-2	71-1+73-1	94.05.15	63	E1045-2	49+137	95.05.06
14	E1042-1	71-4+73-4	94.05.16	64	E1056-2	128+142	95.05.18
15	E1045-1	142+142	94.05.16	65	E1035-2	99+99	95.05.31
16	E1045-2	47R+70	94.05.16	66	E1063-1	R19+131	95.06.02
17	E1055-1	48R+77	94.05.20	67	E1038-1	118+122	95.06.03
18	E1049-2	44+66 高調	94.05.25	68	E1038-2	66+92	95.06.07
19	E1050-2	64+64 士林	94.06.03	69	E1035-1	31+88	95.06.07
20	E1045-1	143+143	94.06.12	70	E1035-2	106R+144	95.06.07
21	E1042-1	56+150	94.06.16	71	E1050-2	30+36	95.06.21
22	E1042-2	135+135	94.06.29	72	E1043-1	117+98	95.06.27
23	E1049-1	70+2	94.07.06	73	E1060-2	22+R1.11	95.06.28
24	E1049-2	+36R	94.07.06	74	E1060-2	105+	95.07.09
25	E1041-2	6	94.07.09	75	E1038-2	63R+74R	95.07.18
26	E1064-1	115+115	94.07.14	76	E1042-1	90+	95.07.25
27	E1041-1	105+105	94.07.15	77	E1033-2	137+79	95.07.26
28	E1044-1	42+83 (111+111)	94.07.17	78	E1046-2	99+	95.08.01
29	E1047-1	49+137	94.07.20	79	E1062-2	64+64	95.08.22
30	E1047-2	112+112	94.07.20	80	E1063-2		95.08.31
31	E1056-1	11+149	94.07.24	81	E1061-2	131+96	95.09.13
32	E1037-1	S1+147R	94.08.16	82	E1038-1	24+47	95.09.22
33	E1037-2	50+155	94.08.16	83	E1038-2	135+135	95.09.22
34	E1059-2	17+20	94.08.17	84	E1043-1	113+	95.09.25
35	E1053-2	87+53R	94.09.02	85	E1038-2		95.09.30
36	E1060-1		94.09.08	86	E1056-1	144+	95.10.04
37	E1056-2	113	94.09.13	87	E1056-2	150+	95.10.04
38	E1041-1	77+	94.09.14	88	E1033-1	63R+	95.10.19
39	E1055-2	34+8	94.09.19	89	E1035-2	128+	95.10.25
40	E1040-2	100 (5)	94.09.27	90	E1043-1	135+	95.10.26
41	E1033-2	67R	94.09.27	91	E1034-1	25R1+	95.10.27
42	E1033-1	40	94.09.28	92	E1035-2	105+105	95.11.09
43	E1036-2	42	94.10.05	93	E1060-2	70-1+	95.11.13
44	E1040-1	128+128	94.10.14	94	E1056-2	66+92	95.11.17
45	E1051-2	114+114	94.10.20	95	E1056-1	113+	95.11.21
46	E1035-1	20+20 東洽	95.02.17	96	E1053-2	117+98	95.11.23
47	E1060-1	02+02 東洽	95.02.23	97	E1031-2		95.11.25
48	E1056-2	66+66	95.03.07	98	E1053-1	128+	95.12.05
49	E1042-1	93+55	95.03.13	99	E1034-1	22+R11	95.12.06
50	E1060-1	65+75	95.03.21	100	E1042-2	106R+144	95.12.09

101	E1038-1	150+150	95.12.12	151	E1033-2	140+140	96.09.15
102	E1039-1	87+53R1	95.12.22	152	E1038-1	128+	96.09.28
103	E1039-2	67R+147	95.12.22	153	E1038-2	118+	96.09.28
104	E1038-2	24+47	95.12.30	154	E1060-2	22+R11	96.10.01
105	E1046-2		96.01.06	155	E1057-1		96.10.04
106	E1056-1	122+	96.01.08	156	E1017-2	63R+74R	96.10.10
107	E1056-2	25R+	96.01.08	157	E1051-2	F93110070-3+ 10072-3	96.10.17
108	E1043-1	81R+	96.01.11	158	E1026-1	F93110072-4	96.10.19
109	E1037-1		96.01.19	159	E1038-1	101+142	96.10.20
110	E1037-2		96.01.19	160	E1049-2	R4+3R	96.10.27
111	E1033-1		96.01.25	161	E1036-2	37+F9304008 1/IL	96.11.07
112	E1035-2	50+155	96.02.02	162	E1034-2	90+32	96.11.08
113	E1038-1	144+67R	96.02.05	163	E1062-1	148	96.11.14
114	E1060-2	70-1+72-1	96.02.12	164	E1054-2	83+12	96.11.22
115	E1038-1	99+	96.02.16	165	E1062-2	52+149	96.12.12
116	E1062-2	S1+147R	96.02.20	166	E1060-2	91+112	96.12.16
117	E1059-2	66+92	96.03.02	167	E1035-1	22+R111	96.12.22
118	E1047-2	62+43	96.03.03	168	E1035-2	140+140	96.12.22
119	E1056-1	150+	96.03.16	169	E1033-1	34+88	96.12.26
120	E1056-2	70-1+	96.03.16	170	E1033-2	140+TF02	96.12.27
121	E1059-1	62+	96.03.18	171	E1040-1	76+156	96.12.29
122	E1038-2	63R+74R	96.03.25	172	E1040-2	55+128	96.12.29
123	E1033-2	144+67R	96.03.25				
124	E1058-2		96.03.28				
125	E1040-2	5+	96.04.04				
126	E1055-1	24+47	96.04.07				
127	E1064-1	137+79	96.04.10				
128	E1064-2	122+132	96.04.10				
129	E1040-1	92+118	96.04.17				
130	E1063-1	93+55	96.04.18				
131	E1063-1	48R+77	96.04.28				
132	E1042-2	106R+114	96.05.17				
133	E1058-2	100+	96.05.21				
134	E1045-2	11+115	96.05.23				
135	E1058-1	R19+131	96.05.26				
136	E1035-1	140+TF02	96.06.06				
137	E1035-2	97R+TF15	96.06.06				
138	E1063-2	93+	96.06.08				
139	E1058-2	49+97R	96.06.09				
140	E1033-1	31+88	96.06.22				
141	E1033-2		96.06.22				
142	E1039-1	113+	96.07.03				
143	E1042-2	144+67R	96.07.26				
144	E1063-2	65+	96.07.29				
145	E1062-1	52+49	96.08.23				
146	E1053-1	37+	96.08.30				
147	E1056-2	100+100	96.08.30				
148	E1062-2	11+162	96.09.03				
149	E1034-1	F93110070-1	96.09.13				
150	E1034-2	F93110072-2	96.09.13				

共 172 件

再生電力對軌道車輛及供電系統之影響

The effect of regenerative brakes on railway vehicles and the power supply system

錢明鴻 CHIEN, Ming-Hung¹

王宜達 WANG, Yi-Ta²

江耀宗 JIANG, Yao-Zong³

地址：臺北市 106 大安區基隆路 4 段 43 號

Address : No.43, Sec. 4, Keelung Rd., Da-an Dist., Taipei City 10607

電話：02-2733-3141 EX7281

Tel : 02-2733-3141 EX7281

電子信箱：M9703505@mail.ntust.edu.tw

E-mail：M9703505@mail.ntust.edu.tw

摘要

電動馬達制動，一般採機械制動之方式，其雖可靠度高，但捷運電聯車之制動作用頻繁，故若只採用機械制動，消耗之成本十分可觀。

本文主要在探討捷運電聯車電力再生煞車之電路，首先介紹捷運供電系統的架構，說明其功能與設計理念；並以捷運系統負載為例，可分為靜態的車站負載與隨列車運轉之動態負載，其中車站負載較為固定且容易估測，但電聯車負載隨著路網特性與班距的不同而有所變化，耗電量佔捷運全部總耗電量的60%至70%左右。依照電聯車從啟動、加速、滑行到煞車的整個運轉過程，紀錄電力煞車系統及純粹採用摩擦煞車之功率消耗，並且探討再生式電力回收，對供電系統及車輛所產生之影響，確實達到分析電動機制動情形與電力再生電壓之利用；並提出多種配套系統，提高再生式電力之回收率，減少能源消耗。

關鍵字：再生煞車、負載、電力回收。

Abstract

Electric motors often use mechanical braking, a method that is highly reliable. However, subway carriages brake frequently and using a mechanical braking method alone results in high costs.

This paper is mainly an examination of the subway carriage regenerative brake circuit, first introducing the structure of the subway power supply system and explaining its functions and design principles. MRT system load is divided into stationary station load and dynamic load as the train moves. The former is fixed and easy to measure, however, the carriage load changes according to the properties of the network and difference in headway and consumes 60-70% of the total power consumed by the subway system. The power consumption of the electric braking system and pure friction braking during start up, acceleration, coasting and braking

1.國立臺灣科技大學機械工程（系）所研究生

2.國立臺灣科技大學機械工程（系）所研究生

3.國立臺灣科技大學機械工程（系）所教授

were measured, the effect of regenerative power consumption on the power supply system and vehicle were examined and electric braking situation and power regenerative voltage analyzed. Various complementary systems are proposed to increase the regenerative power recycling rate and reduce energy waste.

Key words: Regenerative brake, load, power recycling.

一、供電系統

供電系統在捷運系統中扮演著重要的角色，本章進行供電系統重要的五個子系統功能及相互關係說明，另外針對電力系統之直流分析、交流分析、諧波分析及特殊的導電軌等功能做清楚介紹。

1.1. 供電系統基本架構

供電系統共包含交流系統、直流系統、保護系統、緊急供電系統、電力遙控系統等五個子系統，如圖2-1所示，並採用雙回路供電以提高系統的可靠度。五個子系統分項說明如下：

- (一) 交流系統為提供各個機電設備用電之來源。
- (二) 直流系統是將交流電源經整流設備轉換成直流電源後做為電聯車之動力電源。
- (三) 保護系統則是由不同功能的保護電驛(Protection Relay)所組成，以便快速將故障隔離，避免設備損壞與防止系統崩潰。
- (四) 緊急供電系統則是在台電或捷運主變電站無法正常供電時，提供維生系統之用電。
- (五) 電力遙控系統則是提供行控中心以遠端遙控方式來切換開關設備。

在負載方面則可分為靜態負載與動態負載，所謂靜態負載係指一般機電設備的負載，即車站內之水電、環控、通訊設施、電梯、及電扶梯等電氣設備，其所佔總電能的30%左右，而動態負載則是電動機與電聯車之動力負載，隨時間及地點瞬息變化，約佔總電能的70%左右。

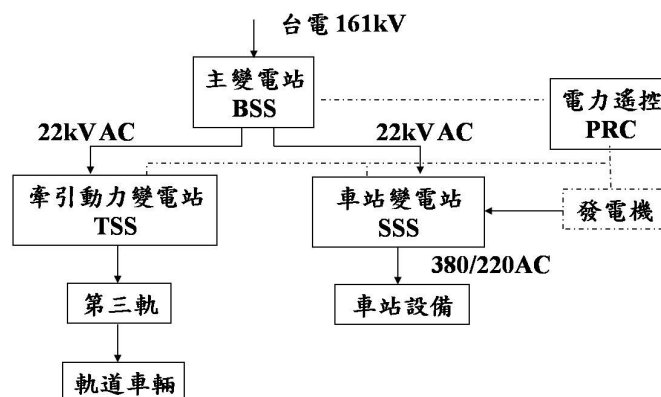


圖 1-1 捷運供電系統^[3-9]

1.2. 交流系統

捷運供電系統是由台電以特高壓（161 kV）供電，並經捷運主變電站（Bulk Supply Substation，BSS）內161/22 kV 的主變壓器降壓至22 kV以做為牽引|動力變電站（Traction Substation，TSS）與車站變電站（Station Substation，SSS）之電源。

1.2.1. 主變電站 (Bulk Supply Substation, BSS)

捷運主變電站係由台電引進兩饋線之 161 kv 三相 60 Hz 電源，經可調度電力之氣體絕緣開關 (Gas Insulation Switch, GIS) 將兩饋線 (經常回路及備用回路) 之 161 kv 電力分別引入兩台 161 kv/22.8 kv 變壓器。為限制網路諧波(Network Harmonic Wave)之發生，每台變壓器之一、二次線圈各有兩組，其額定容量分別為 25 MVA 及 15 MVA，分別經牽引動力 22 kv 交流開關盤及車站用電 22 kv 交流開關盤，引出主變電站至各牽引動力變電站及車站用電變電站。

1.2.2. 牽引動力變電站 (Traction Substation, TSS)

牽引動力變電站 (Traction Substation, TSS) 之功能是将來自主變電站 (Bulk Supply Substation, BSS) 之交流 22 kV 的電壓先經整流變壓器 (Rectifier Transformer) 降壓至交流 589 V，再由整流器組 (Rectifier) 整流成直流 750V 後，傳送至導電軌以做為電聯車之動力來源。一般牽引動力變電站最好保持相等的距離，設置數目及彼此之間隔距離必得恰到好處 (約每隔一個車站設置一個)。間隔距離太短或設置密度太高形成浪費，設置密度太低或間隔距離配置不當，則動力變電站恐有過載之顧慮，或造成某些地方電壓降過大而無法驅動列車，影響行車安全。

檢視動力變電站的輸出端可發現，每列電聯車的供電饋線長度隨著電聯車的進、出站而不斷地變化。每列車的電力需求也因而隨著起動、加速、滑行、煞車而不斷變化。各車間距 (Headway)、上行軌 (UPTRACK)、下行軌 (DOWN TRACK)、及起站發車的時間間隔等因素，也影響了列車在路線上的分佈機率。這些變動因素皆直接地影響了動力變電站的負載估測及導電軌直流供電系統上所有設備的電壓電流值。因影響因素頗多，故欲精確估算動力變電站的負載估及導電軌直流供電系統上之所有設備的電壓電流值，需藉助電腦模擬分析，方為最佳之解決途徑。

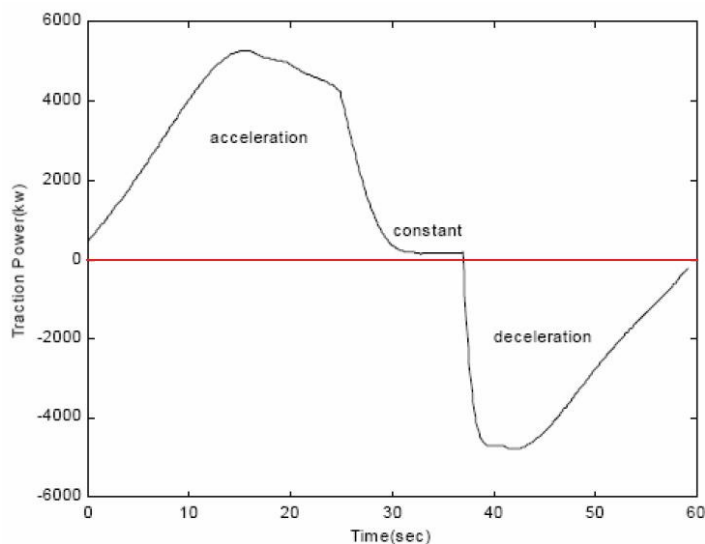


圖 1-2 電聯車進出站之耗電量^[3-9]

1.2.3. 車站電力配電室 (Station Substation, SSS)

每個車站均設有兩個車站變電站，將主變電站引入之 22 kv 電力，經環路開關 (Ring Main Unit, RMU) 至 22 kv/380-220 v 低壓變壓器轉換成低壓

電力，以提供該車站內機電設備負載之用電，其供電架構是將每一座車站變電站（Station Substation，SSS）分成 A、B 二回路以提供車站內各負載所需之電力，而每一座車站變電站（Station Substation，SSS）的 A、B 二回路則是相互串聯，且由主變電站（Bulk Supply Substation，BSS）內的兩台 161/22 kV 車站變壓器獨立供電給各車站變電站（StationSubstation，SSS）。

1.3. 直流系統

直流電力是由牽引動力變電站（Traction Substation，TSS）提供，整體供電架構係將主變電站（Bulk Supply Substation，BSS）之 22 kV 電壓經 22 kV 開關箱（Switchgear）傳送至牽引動力變電站（Traction Substation，TSS），再由牽引動力變電站（Traction Substation，TSS）內的 22 kV/589 V 整流變壓器降壓後經整流器組（Rectifier）將交流電壓整流成直流電壓，最後由四台高速饋線斷路器分別供電至上行及下行之供電軌。而每一座牽引動力變電站（Traction Substation，TSS）均有兩台 12 脈波整流-變壓器組，每一台整流變壓器有兩個二次繞組，接線方式一為 Δ 接；另一為 Y 接（圖 2-5），使得兩個二次繞組的電壓相位差為 30 度，每一個二次繞組經整流器組做三相全波整流後可得六脈波電壓，其輸出方式採用並聯模式，因此傳送至第三軌即是平穩之 24 脈波之直流電力，並可降低整體系統之諧波量。直流 750 V 牽引動力經由電聯車之集電靴（Current Collector Shoe）引接至電聯車內供應牽引馬達所需之電力，其負極經電聯車鋼輪與行車軌回流至整流器之負回流裝置。在供電可靠度的考量上，每一供電區間均以雙回路供電，且由相鄰的牽引動力變電站（Traction Substation，TSS）供電，以避免牽引動力變電站（TractionSubstation，TSS）因突然故障無法正常供電時影響列車營運。

1.4. 緊急供電系統

緊急供電系統設置之目的在於因應當同時有二座以上主變電站無法正常供電，或台電系統發生事故而無法提供捷運系統用電時，就必須啟動緊急供電系統以維持車站內維生負載（隧道通風系統、消防系統、緊急照明、緊急插座電源及通訊系統）所需之電力、確保旅客及工作人員之安全。在台北捷運緊急供電系統是由柴油發電機組（Diesel GeneratorSet）來擔負此重任。由於柴油發電機（Diesel Generator）輸出電壓為 380V，而車站變電站（Station Substation，SSS）電壓等級為 22 kV，故必須先經 380 V/22 kV 升壓變壓器將電壓提升至 22 kV 後饋送至車站變電站（Station Substation，SSS），再經 22 kV/380 V 變壓器降壓後以供車站負載使用。

1.5. 電力遙控系統

所謂電力遙控系統（Power Remote Control System，PRC）乃是藉由中央電腦、通訊傳輸系統、與外站遙控單元（Remote Terminal Unit，RTU）等設備所組成的監控系統。於行控中心內的電力控制員可透過此監控系統快速、可靠地對供電設備進行遙控與監視。

二、供電系統分析

軌道運輸系統電力負載與一般用戶不同，包含動態負載與靜態負載二種，其中靜態負載為一般機電設施，其佔總電能約三至四成，動態負載為電聯車的動力負載，隨時間與車廂位置等而變化，約佔總電能的六至七成，於進行供電系統分析時會將電聯車特性、路軌資料、營運需求、供電設備特性等重要因素納入考量。供電系統分析包括直流

分析、交流分析、及諧波分析，進行分析作業前須先規劃供電系統之單線圖，再根據單線圖依序進行直流分析、交流分析、諧波分析，最後再根據分析結果來修正調整單線圖。

2.1 直流分析(DC Study)

此分析為系統設計時的第一項分析，主要功能為確認既有動力變電站及直流電力設備是否能提供足夠的電力給電聯車維持正常運轉。並分析是否有壓降過大之情形，同時決定TSS 之位置、數量、與容量大小，欲進行系統直流分析首先須掌握動態負載電聯車運行狀態與電力需求，而電聯車之運行狀態是受號誌系統之列車自動控制（ATC – Automatic Train Control）系統所控制，故列車自動控制為重要的分析資料之一。

2.2 交流分析(AC Study)

特高壓供電161 kV 之電力必須穩定而可靠，避免因電聯車運行影響各匯流排電壓，交流分析的目的為計算設備容量、故障分析、保護協調、三相平衡、壓降、損失、及轉供時應有之電力與穩定度，並規劃合理系統容量與架構。交流分析可分為負載流分析(Load Flow)及故障分析(Fault Analysis)。

- (1) 負載流分析的目的在確認各設備容量是否足夠(如變壓器)並處於設計之安全運轉下及確定設備大小、等級、電纜線徑等等。
- (2) 故障分析(Fault Analysis)乃依據設計完成之供電系統架構與負載形式，來計算各種故障發生時，各保護裝置所需之容量大小。

2.3. 諧波分析(Harmonic Analysis)

台電為確保供電品質，故管制諧波電流流回量，因此制定諧波管制標準，諧波分析的目的為找出諧波源並評估所引起之不良影響，進一步抑制諧波或採取因應措施。諧波發生原因主要為變壓器、馬達、電容等非線性負載所產生，交流系統經電力電子之切換後會使系統波形畸變產生諧波，這也是系統最主要的諧波來源之一。捷運系統中，經整流器切換而得之直流電源會於交流側產生諧波，若諧波含量太大，則會對系統之設備造成危害、降低功率因素、干擾鄰近通訊線路。通常以加裝濾波器的方式來抑制。一般而言，整流器之脈波數愈高則諧波含量愈小。台北捷運採用24 脈波之整流器，國外通常採用6 至12 脈波之整流器。

三、電力煞車系統

電力煞車是指推進馬達於高速運轉(列車車速需大於 44KM/HR 時)，此時當列車下達煞車命令時，馬達由原本的外加電力使馬達運轉(佛萊明左手定則)換成因列車慣性帶動推動馬達運轉，使磁場切割定子此時馬達將轉為發電機產生電力，同時會產生與電動機相反之力矩，而達到動力煞車之功能。而機械煞車則是以氣動方式由煞車碟盤與碟片互相摩擦所產生的摩擦煞車，又稱為氣動煞車。一般車輛之煞車力便是由上述兩種煞車力所組成的，這樣的組合是為了減少摩擦煞車時碟片與碟盤的損耗，同時當電力煞車時所產生之再生電力可回饋至第三軌供其他列車使用以達到節省電力的功用。

電能的處理方式取決於直流聯結電壓是否超過線電壓限制，其處理方式分為以下兩種：

(1)再生煞車：

如果直流聯結電壓沒有超過線電壓，此時，電源供應器能吸收煞車能量，使之再

生並供給相關系統。

(2)電阻煞車：

若直流聯結電壓超過線電壓，此時，電源供應器不能再吸收更多能量，則此煞車閘流體瞬間以開、關(Pulse)交替，以便連接煞車電阻器(關)，而可以將煞車能量轉換成熱能，如此一來，將可使直流聯結電壓保持在一定值，另外，只要機械煞車能量可足夠彌補馬達和電壓開關轉換器消耗之電能(電氣損失)，則電阻煞車即可維持運作，但若驅動系統能量損失大於可用之煞車能量(電能)，則直流聯結器將放電造成煞車能力之降低導致喪失煞車能力，因此，電阻煞車不能被應用於將車完成停止。

表 1 電力煞車及機械煞車的不同

	電力煞車	機械煞車
控制單元	由動力車的推進邏輯依當時車廂的載重與車速計算煞車力需求。(只有動力車廂才有電力煞車)。	由煞車控制單元依當時車廂的載重，車速與電力煞車所產生之扭力做計算煞車力需求(每一節車廂均有機械煞車)。
產生方式	當列車車速高於 44km/hr 且下達煞車命令時才會啟動電力煞車，而列車在煞車至車速低於 8km/hr 時則關閉電力煞車。	列車下達煞車命令時且電力煞車無法達到列車所需之煞車力時，則以機械煞車補償之，若無電力煞車時則完全採用機械煞車。
控制方法	當推進邏輯計算出電力煞車所能輸出之最大扭力時會以 PWM 訊號告知煞車控制單元並由煞車控制單元來控制煞車力的輸出。	以 EMU 為單位，動力車廂之煞車控制單元會將各車廂所須之煞車扭力與電力煞車所能輸出之最大扭力以 PWM 訊號傳給 T 車(無動力車廂)由 T 車之煞車控制單元計算，再由 T 車的煞車控制單元來告知動力車的電力煞車應輸出的扭力以及 3 節車廂的機械煞車應輸出的扭力。
限制	當列車車速達 80km/hr 時電力煞車所能輸出之最大煞車力為 $0.76m/s^2$ 。列車車速在 80~44km/hr 時所能輸出之最大煞車力介於 $1\sim 0.76m/s^2$ 間。列車車速再 44~8km/hr 時所能輸出之最大煞車力為 $1m/s^2$ 。	為顧及運轉安全及旅客的舒適度，故對列車煞車力有所限制，也就是列車的電力煞車與機械煞車的合力必須符合下列煞車力的規範內。 一般煞車最大為 $1.0m/s^2$ 緊急煞車為 $1.3\sim 1.7m/s^2$

當交流馬達輸入三相平衡電壓，定子線圈感應產生一旋轉磁場，此磁場轉速即為同步轉速。而磁場感應轉子，產生正轉矩，使轉子加速轉動，轉子轉速低於同步轉速，則產生加速力；而使用電力制車時，降低頻率，使同步轉速降低，轉子因慣性作用轉速高於同步轉速，轉變為發電機模式，產生的制車轉矩正比於轉差 (Slip)，而達到制車目的。發電機模式所產生之電能回送供電系統，供線上其他電聯車使用，即所謂「再生式電力制車」(Regenerative Braking)。

實際上交流電動機有其效率上的限制，當速度降到一定範圍之下時，其所產生的轉差遞減，制車轉矩亦遞減，很難在限定的制車距離內使電聯車完全停止。

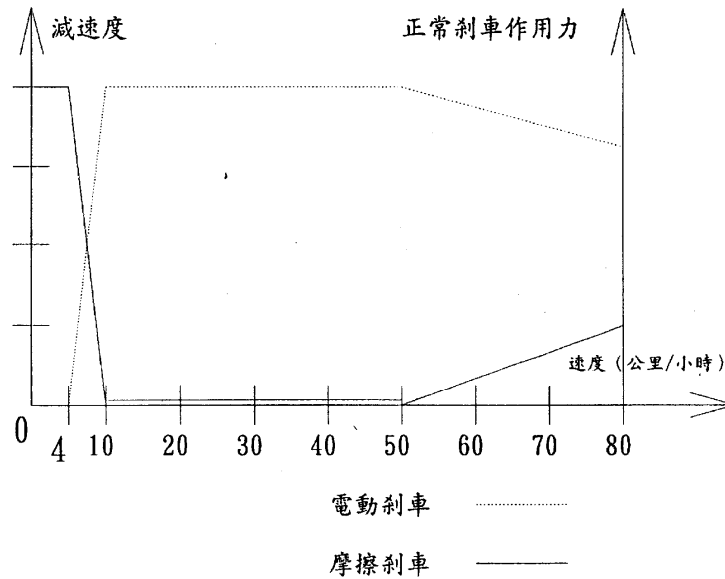


圖 3-1 混合式煞車^[3-9]

3.1 再生式電力特性

由牽引動力變電站（TSS）AC 22 KV 電源經三繞組整流變壓器降壓為 DC 750 V，經由四組高速饋線斷路器分別供至供電軌，經電聯車之電刷引接至電聯車內供應牽引馬達，其負回流經行車軌接回至整流器之負回流裝置。其中為防止因某段導電軌故障，而導致全線電力跳脫，故將導電軌分成若干區段，通常每個供電區段，均由相鄰二牽引動力變電站供應，由於每一區段之用電狀況彼此不同，有可能於某一區段，因電聯車正加速前進，第三軌之電壓可低至600 伏特，而其相鄰供電軌區段很可能因電聯車煞車，再生能源（電力）回收，使其電壓高達900 伏特，此時若有一電聯車正駛過該交界處，如果同時二區段引入電力，則因彼此電壓差距甚大，將在電聯車內部產生甚大之電流，而造成電氣設備故障，為避免此情況發生，二區段之間須有一足夠長之導電軌為無電軌，其最適長度則須視電聯車之設計而定，而低壓電部份，則全車連通，並不會因一車之短暫停止供電而造成瞬間停電。

導電軌之供電區段不能太短，否則電聯車因煞車而得之能源回收，將因在同一區段內無其他電聯車須用電力而無法利用，導致導電軌電壓過高，而須以電聯車上之電阻器來將之消耗掉，供電區間若太長，則萬一故障時，牽引配電室將會發生多座同時跳脫，造成電力調配之困難，故供電區段之長度，須視電聯車之電力需求與行車間隔來決定。

3.2 再生式電力回收之影響

若是在動態煞車時，動能轉換成電能後，並不將之浪費在功率電阻上，而是回送至電源端的作法，則為再生煞車。當煞車訊號產生時，電樞電壓和場組電壓均反向，電樞此時為發電端，故電樞電流方向不變，而場電流方向瞬間改變，而使場電壓瞬間高達約四百五十伏特，而一般的電源端並沒有儲存能量的能力，此時必須靠此電源所連接的其它負載消耗；所以再生煞車比動態煞車複雜許多，在回送電能至電源端時，要先將再生之電能經降壓或升壓後，穩定在電源端的電壓值，而且在實際運用下，如果再生電能回送時，電源端並沒有其它負載消耗，亦或其負載消耗的功率低於再生之電能時，能量無法正常釋放，會造成再生電壓不可預期的上升，進而使相連接硬體損毀，使整個系統發生故障。

再生式電力所造成之損傷，如下列所示：

- (1) 電磁干擾 (EMI)
- (2) 過電壓&低電壓 (Under/Over Voltage)
- (3) 瞬間斷電 (Power Interruption)
- (4) 停電 (Power Outage)
- (5) 功率因數 (Power Factor)
- (6) 諧波 (Harmonic)
- (7) 電壓瞬降 (Voltage Dip)
- (8) 電壓驟昇&驟降 (Swell & Sag)
- (9) 突波 (Surge)

如此一來就必須考慮在整體電路設計上，藉由電力保護裝置來保護其他重要系統，避免在營運之過程中造成系統之損傷。

四、電路保護設備

4.1 保護電驛(Protection Relay)

為減少電力系統之各項設備因故障而受損之主要角色，當系統某部份發生故障時，裝設於該處之電驛，利用故障時發生之異常狀態，判定應行跳脫之斷路器，迅速將故障自系統中隔離。此外保護電驛更可以顯示各項故障資訊給予系統維護人員，表明故障發生於系統某處及屬於何種事故，使設備維護人員易於操作及檢修，且可做為設計人員決定預防故障之各項措施，與研討減少各項設備故障之效果。因此系統裝置保護電驛之目的為迅速檢出系統或設備之異常狀態，並快速將故障隔離，以保護人員安全、減少設備受損及防止災害擴大，以提高供電系統可靠度。一個完整的保護系統組成三要件為一轉換單元、檢知單元、與動作單元，其中轉換單元由比壓器 (Potential Transformer, PT) 與比流器 (Current Transformer, CT) 構成，目的在於將大故障電流或電壓轉換成較小的電流及電壓以做為檢知單元判斷故障之依據，檢知單元則是由各種不同功能的電驛 (Relay) 所構成，其功能在於判斷系統是否發生故障與故障類型，然後將跳脫訊號傳送至動作單元，而一般的斷路器 (Circuit Breaker, CB) 則構成動作單元用以跳脫線路將故障切離系統。

其主要功能如下：

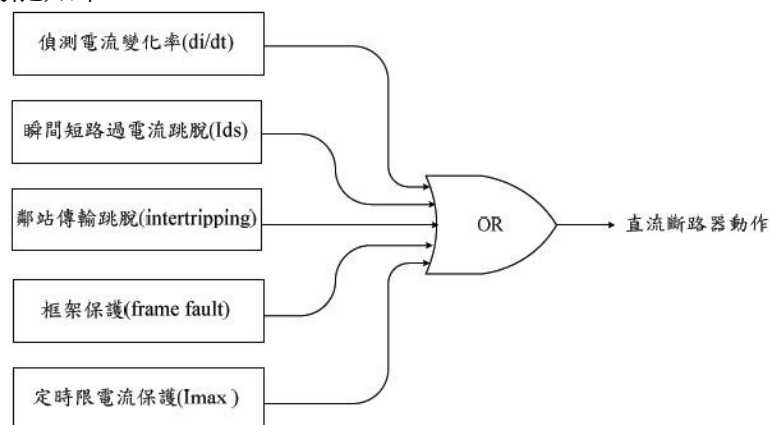


圖 4.1 數位電驛之功能^[3-9]

1. 偵測電流變化率(di/dt)

主要用於故障電流偵測，當電流變化斜率超過20kA/s 時，則保護電驛開始進行偵測判斷作業，若此時電流於1ms 內電流增量超過2,510A或100ms 內電流

變化斜率未低於 10kA/s 時，則電驛保護跳脫動作。但若於電流偵測時間內電流變化斜率低於 10kA/s 時則保護電驛停止偵測，並視為一正常狀態，待電流變化斜率又超過 20kA/s 時才開始再重新偵測。此保護為小電流故障偵測之主保護，保護方式又可為延時跳脫保護(DDL)及瞬時跳脫保護(ΔI)，只要其中一個先達到跳脫條件直流斷路器即動作跳脫。其中瞬時跳脫保護，是可以較快速偵測出故障現象並迅速將故障區域隔離，它主要是用於偵測遠端線路短路故障及中端線路短路故障。延時跳脫保護可以偵測區分較低的短路故障電流及較大的負載電流，適用於遠端線路短路故障偵測。

2. 瞬間短路過電流跳脫(I_{ds})

此保護為大電流故障偵測之主保護，通常此處故障電流是指動力變電站內之整流器內部故障或發生遠端線路短路故障，此時故障電流值通常會很大，為了避免大故障電流造成設備破壞，因此當電流一超過 I_{ds} 設定值時，直流斷路器即立刻動作跳脫，經5秒時間後會自行復歸。當故障為一暫時性故障，直流斷路器跳脫5秒後會自動復歸並正常供電，若斷路器自動復歸4次後仍無法順利投入，則該斷路器會閉鎖並視為一永久性故障。

3. 鄰站傳輸跳脫(intertripping)

目前每一個供電區段皆由二個獨立的動力變電站並聯供電，當發生一故障現象使其中一個動力變電站內直流斷路器跳脫不供電，亦即靠近故障點較近的動力變電站先偵測到故障電流並跳脫不供電後，隨即會有傳輸跳脫訊號傳到同一供電區段的另一個動力變電站內之直流開關盤，當該直流開關盤接收到此一跳脫訊號後直流斷路器馬上跳脫不供電，此時該同一區段之二個獨立的直流開關盤皆跳脫不供電所以該供電區段為無帶電狀態；其主要目的是加強故障完全被隔離之可靠性。

4. 框架保護

此保護為主保護之輔助保護，最主要是用於保護維修人員的人身安全，當有設備故障產生漏電現象時，為避免維修人員觸碰關開盤箱體產生感電危險，因此會裝設電壓及電流偵測器，當洩漏電流超過設定值時，直流斷路器即立刻動作跳脫。

5. 積熱過載保護

主要用於過載保護偵測，當電聯車啟動或加速時之負載電流值超過 $+6,023\text{A}$ 且持續時間超過40 秒時，或電聯車煞車產生再生電流值超過 $-6,023\text{A}$ 且持續時間超過40秒時，則保護電驛跳脫動作。此保護為主保護之輔助保護，有時過載電流不至於大於主保護跳脫設定值，也不會立即引發設備破壞，但當過載電流長時間流過某些設備元件時，其熱量可能造成有老化破壞的現象，此時可藉由一積熱過載保護功能來做為輔助保護。

4.2 線開關

本元件架構於第三軌電力與主電力電路間，其前端並有線開關箱 LS1 所控制，充電電阻主要的功能為抑制三軌電力送入預充電容時產生所產生的強大電流，以保護電容組不會因此而損傷。

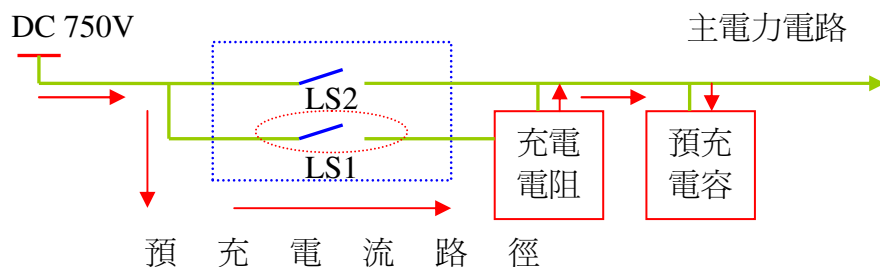


圖 4.2 線開關

4.3 剎車電阻

此元件為電力煞車作動時不可獲缺的一個放電迴路橋樑，當電力煞車換流器作動時，推進馬達上的電流即會經由二極體回授到電力煞車換流器的閘流體上，而閘流體的另一端即是連接煞車電阻器形成放電迴路。

大於 VDC 870

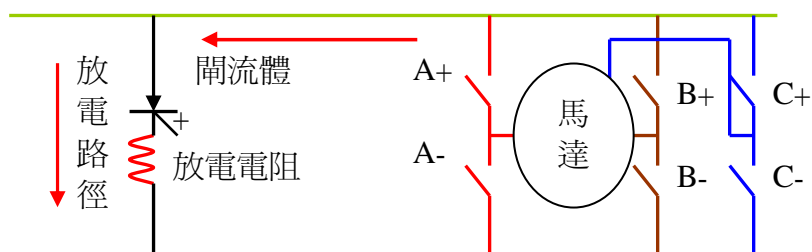


圖 4.3 過電壓之煞車電阻

推進系統提供由 80 km/h 到剎車停止之間所有速度的電力剎車功能。然而，在高速和低速時均需要補助之磨擦剎車。最大之馬達剎車扭力是 0.76mps/s（在 80 km/h 時）而在全負載剎車要求（1.0m/s²，當操縱桿設在 B6 時）速度為高於 44 km/h 時需要磨擦剎車。此電力剎車速率之減少在 44 和 80 km/h 之間是呈線性變化的。

電力剎車是用推進邏輯所控制，當電流自馬達流出而能量回到線路上時，假如線路並不是完全可接收，則通過充電電容的電壓開始上升。此邏輯儘可能允許大量的能量回到線路。然而，假如通過的電壓大於 870 伏特，邏輯會藉由打開電力煞車換流器的閘流體方式把電流轉向至煞車電阻器此一作動週期為 5 微秒。

小於 VDC 870

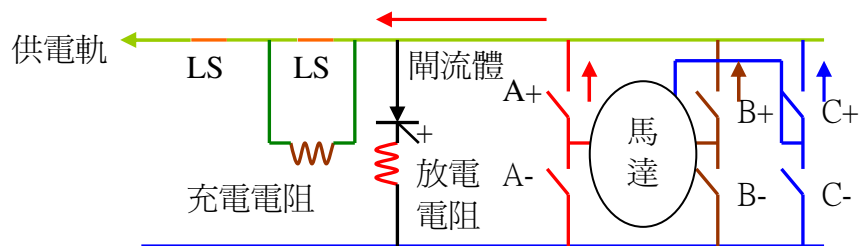


圖 4.4 正常電壓之煞車電阻

五、結論

具有自然回收之再生煞車為各國捷運單位最常採用，此方式受限線上列車營運數量影響最大；在下坡段動能被轉換成電能，推進電動馬達所產生的電壓高於供電軌電壓時，則經由供電軌供給最近之列車，倘若再有多餘的再生電源，則將電能饋回車上其他用電設施，而形成自然回收；而當再生電壓超過最大允許電壓時，系統將由再生煞車模式轉換至動態煞車模式，利用列車之煞車電阻消耗再生能源，因此再生能源受煞車時之動能所影響，另再生時之允許最大電壓易影響能源回收量；為了確保再生能量回收，利用列車上或道旁之儲能裝置或換向變電站之設立，改變再生能量完全依靠線上列車營運數量的影響。

再生之電力必須經由多道安全措施，將其整流、變頻及去除諧波後，方能饋回至電車線供給其他列車或設備使用；但其增加之設備與電路之安全設計複雜且安全度高，於實際營運時，是否符合實際之經濟效益（購置成本大於回收成本），可能是後續必須研究之重點。

參考文獻

1. 電聯車電力再生式煞車電路之研究，吳彰智，碩士論文，國立成功大學電機工程學系。
2. 再生煞車系統之強健控制，謝孝樑，碩士論文，國立臺灣海洋大學機械與輪機工程學系。
3. 捷運直流供電系統故障偵測與保護之研究，李育燊，碩士論文，國立臺灣科技大學電機工程系。
4. 台北捷運電聯車再生電力利用評估研究，蕭永豐，碩士論文，國立臺灣科技大學電機工程系。
5. 捷運推進系統精確模型之建立與電力潮流分析，廖榮庭，碩士論文，國立中山大學電機工程學系。
6. 直流牽引動力之短路測試分析與保護協調設定，高義炫，碩士論文，華梵大學機電工程學系。
7. 以有限元素法探討電力系統三相電壓不平衡之成因及其對感應電動機之影響，劉士傑，碩士論文，國立雲林科技大學電機工程系。
8. 軌道車輛煞車系統教材，蔡文田。
9. 軌道機電系統概論講義，吳翼貽。
10. 軌道車輛學講義，江耀宗。
11. 軌道機電系統講義，廖崑亮。
12. 電力機械煞車原理 5 版。

推動鐵路車輛改造與緩動料過程之探討

Examination of the process of promoting railway vehicle remoulding and reducing unused material improvement

張簡坤國 CHANG Chien, Kun-Kuo¹

地址：83081 高雄縣鳳山市武慶二路 221 號
Address：No.221, Wuqing 2nd Rd., Fengshan City, Kaohsiung County 83081, Taiwan (R.O.C.)

電話：07-7712577 EX 57

Tel：07-7712577 EX 57

電子信箱：tr301791@msa.tra.gov.tw

E-mail：tr301791@msa.tra.gov.tw

摘要

傳統上，企業對於價值鏈的做法是能垂直整合就垂直整合，將價值的創造全部囊括所有。但在核心能耐（Core Competency）的觀念普遍化之後，企業發現其核心能耐並不在垂直整合的產業，垂直整合帶來的利益有限，在管理上，隔行如隔山，喪失了專業的經濟（Economies of specialization），再加上市場效率逐漸加強，交易成本降低，垂直整合不再受青睞，降低垂直整合反成爲風尚。垂直分工大行其道。目前思維是能不垂直整合就不垂直整合。

內控檢討與開源節流、降低成本等問題，若嚴格檢視再加上推動持之以恆，「正其宜不謀其利，明其道不計其功。」只要動腦筋，緩動料、呆廢料亦會變黃金！各種客貨車輛詳加利用其剩餘價值，研究配合改造時勢潮流之需求車種，爲臺鐵開創新契機與營收利益！

關鍵字：價值鏈、核心能耐、緩動料、剩餘價值

Abstract

Traditionally the enterprise approach to value chains has been to vertically integrate whatever could be vertically integrated, including all value creation within the value chain. However, after the core competency became widespread enterprise found that their core capability was not in a vertically integrated industry suited and the benefits of vertical integration are limited. In management, industries are as separate as if there were mountains between them. With the loss of “Economies of specialization”, plus the increased efficiency of the market and lowering of trading costs, the result is that vertical integration is no longer popular and reducing the level of vertical integration has become the fashion. Vertical division of labor is popular. Today’s thinking is don’t vertically integrate when it is possibly to not vertically integrate.

If internal control review, and cost lowering measures are strictly and permanently implemented, then unused idle and waste materials can also become gold. The residual value of all kinds of freight and passenger cars can be effectively utilized to develop improved cars that meet TRA’s requirements, creating new

1.高雄機廠副工程司兼工作組長

opportunities and revenue for TRA!

Key words: Value chain, core competence, unused material, residual value

一、前言

價值（Value）的創造是企業最重要的使命。企業要能夠獲利，其產品或服務在消費者心目中所創造的價值必須超過其價格，而價格又必須超過其成本。如何提高價值，降低成本就是企業經營的要務。但價值的創造要經過一連串繁複的活動所達成，這一連串的活動就構成了價值鏈，價值鏈的分析和管理的目標就是達到價值創造目標的利器。

一般企業公司在主要的市場已經出現飽和或瓶頸，即便從提升既有業績營收、開源節流、降低成本等都只能解決短期的問題；好比說市場的餅就那麼大一塊，今天資訊那麼開通，沒有任何一家買主會一直忠心不二向固定廠商買貨，尤其是規模愈大的(可作業績較多的)愈是如此。再來採購的問題，一分錢絕對是一分貨，買低價的商品，不是說不好，但是仍能確保品質不變甚至更好否，既然成本降低了，也應該賣便宜些才對。

當然問題不是一天兩天造成，一般企業公司的問題多半來自阻礙改變的障礙，開源節流、成本等都是外顯的表徵。雖說是如此，但也許不是問題的核心所在，企業公司有權的主管，能夠試著想要突破，就應該先把公司整個檢視過，也許不同的病徵都來自相同的源頭。

〔凡事都應力求簡單，但不能過簡。〕--（愛因斯坦）。問題有繁簡，運用尋解導向法(Solution Focus)能化繁為簡。SIMPLE 原則融合了無數實務經驗與突破性觀點。Solution-尋解導向而非問題導向、Inbetween-關鍵在互動、Make use-善用既有資源、Possibilities-發揮過去、現在與未來的各種可能性、Language-用語簡潔、Every case is different-個案處理。

我們要如何看待一個組織？其實並沒有所謂〔正確〕的角度，不同的角度可能都符合事實。要在複雜的領域裡找出有效的作法，最好抱持初學者的心態，才能廣納各種不同的觀點。改變不同的作法或看法，找出切合人們需要的解決方案。不論是什麼方案，總之都必須改變現狀。就像很多具爭議性的概念一樣，談到改變時很容易因語言而使問題複雜化。我們應該先為改變下一個清楚的定義，才能判斷是否已發生改變。所謂改變，就是某人表現出不同的作法或採取不同的觀點。

要找出特定情況下適用特定對象的方法，最直接的路徑是先定義想要的結果，然後以最快的速度找出結果。通往解決方案的路取決於解決方案，而非取決於問題。力求簡單可收事半功倍之效。盡可能減少改變可避免混亂，最好善用現有的趨勢與資源往前走，至多稍做一點修正。

上述之內控檢討與開源節流、降低成本等，雖都只能解決短期的問題，若嚴格檢視再加上推動持之以恆，正所謂的「正其宜不謀其利，明其道不計其功也！」。有關緩動物料之長年積壓資金，為有效降低維修材料庫存值，未來計畫降低目標值為：

- (1) 加強緩動料之推動領用。
- (2) 加強老舊車輛維修預防保養，汰舊換新零組件。
- (3) 加速呆廢料處理。

如何來開源節流、降低成本呢！只要動腦筋，緩動料、呆廢料亦會變黃金！

相同的各種客貨車輛種類甚眾，若是運用率不普及之時，亦應一併檢討其存廢與它

途利用，避免浪費其維修成本與人力之配置，若能詳加利用其剩餘價值，研究配合時勢潮流之需求車種，為臺鐵開創新契機與營收利益！

二、鐵路車輛改造過程

目前臺鐵機客貨車輛多係聯合國車種，計有臺、美、英、日、韓、南非、印度、德等國製造。目前普遍車齡老舊、多樣車種，相對的在各種配件用料之積壓庫存、籌供方面困難度增加，且物料其互換性、時效性、功能性等皆差。在維修過程當中，有時為了應付車輛之正常運用，技術人員絞盡腦汁，秉持著經年累月之維修經驗，尋覓各種能替代之用料，其窘境可見一斑，可謂「如人飲水，冷暖自知也！」。

臺鐵高雄機廠成立於 1900 年，迄今已有百年歷史，原係維修臺鐵部分機、客、貨車之小型工廠。1966 年起臺鐵增購貨車 2,200 餘輛，較原有輛數增加 39.5%，致工作量日益增加，原有廠房設備無法負擔定期維修工作。旋在高雄縣鳳山市新甲段購地 27 公頃，於 1970 年 10 月破土建廠。1975 年 11 月正式開工維修鐵路各種貨車車輛。1987 年 7 月環島鐵路配合計畫，辦理高雄機廠擴建工程，計新建客車、油漆工場各 2 棟，轉向架、車輪、裝配工場、客車材料倉庫、電池室、廢水處理場及工會醫務室等各 1 棟，至 1993 年 10 月竣工，對於增進鐵路客車之修理，助益良多。主要業務有各種客、貨車的三級檢修，合計共 4,364 輛及臨時檢修之保養工作，各檢車段送修配件之修理、彰化以南各段機電設備之維修、局外委修之工事、上級交辦事項等。

2.1 貨車改造部分

2.1.1 15G8000 型改造全落扇門 450 輛

15G8000 型貨車係 1959 至 1963 年日本製造，1980 年代臺鐵貨物運輸尚是鼎盛時期，大宗貨物運輸臺鐵仍是主角。高雄機廠主要負責維修鐵路各種貨車車輛，地位舉足輕重。然而貨物運輸亦隨著時勢潮流之需求面，貨車車輛之改造亦是常有之任務。例如 15G8000 型貨車車輛，此型車合計 1000 輛左右，原車設計有車體端板前後組裝，側樑中間左右以扇門柱固定於側樑上，扇門柱上之絞鍊與戶扇門組裝而成；側樑左右扇門柱與端板上方設計 4 片側板固定，其下方則設計有 4 片落扇門，每片落扇門組裝 3 只絞鍊固定於側樑上，落扇門卸貨使用時放下，與側樑上之落扇門拖簧抵觸，其主要貨物以石渣為主。

1983 年配合花東線採收甘蔗，加以高邊敞車種之運用需求孔急，機務處函示以 15G8000 型貨車車輛，比照 35G20000 型敞車（設計 8 片落扇門）改造 500 輛。35G20000 型敞車，1969 年日本製造，其落扇門係以耐候性鋼板製造，強度與使用年限皆優；15G8000 型改造全落扇門式（4 片）之初設計，落扇門邊框係以 0.3 cm×5 呎×10 呎之鋼板裁剪壓制成型，其長度不足之處以對接來組裝。貨車每三年作一次三級檢修（甲修），此批改造車之全落扇門，門板外觀扭曲變形與損壞慘不忍睹！經洽詢保養之檢車段，方知各貨物主之裝卸，係以落扇門放置月臺上當渡板，利用推高機裝卸貨物，造成門板損傷。因而影響廠段之保養，直接增加高雄機廠車輛的維修成本與減少路局營收。

1986 年 7 月上下班開車途中，適巧跟隨在大貨車之後，目睹其車斗門板係以槽型鐵製造而成，此靈感勾勒改造之思維；在是年之 8 月嘗試，利用 75 mm×6 mm 之槽型鐵製造落扇門，運用在 15G8000 型改造全落扇門式（4 片）之改變設計，使其強度能媲美耐候性鋼板。陸續改造 450 輛出廠，直接使保養段與本廠大大的減輕維修成本與人力，間接的縮短車輛的維修停留日數，增加出

廠車輛之運用與營收。

15G8000 型改造全落扇門式（4 片）之改變設計，1986 年時每輛車之工料費成本約 10 萬左右，此型改造車每三年（1989.1992.1995.1998）進廠作三檢（甲修），每次三檢期平均約 350 輛，車況極佳減少維修工料費，每次三檢期維修成本平均約節省 3000 餘萬元，歷經 3 次餘之三檢期，維修成本節省金額亦相當可觀！相對的 15G2000、25G11000、35G6000 及 35G20000 同型車之門板，亦一併循此模式施作改造。



圖 1 15G8000 型原有設計



圖 2 15G8000 型改造全落扇門



圖 3 35G6000 型原有設計



圖 4 35G6000 型改造全落扇門



圖 5 25G11000 型改造全落扇門



圖 6 35G20000 型改造全落扇門

2.1.2 30C20000 型改造 P30ECK1000 型 11 輛與 P30ECF1000 型 12 輛

30C20000 型貨車係 1970 年印度製造，此型車於 1995 年除役停用。1992 年南迴鐵路通車、花東線拓寬後成立東部線路改善局，為改善線路工務與電務單位提出裝載長鋼軌及線路、設備改善用之車輛需求，1996 年 8 月著手利用此型車來進行改造與設備安裝。其中 P30ECK1000 型 11 輛，將其原先設計在端板外之手軔機改裝於車內端板，以利工程車之操作需要；另 P30ECF1000 型 12 輛，先將此型車之車體蓬部分切割除去，進而整修地板部分，同時將制軔系統比照

35F20000 型之模式進行改造安裝。此二種不同用途車輛車體改造設計規劃由高雄機廠執行；而由東部線路改善局辦理招標，由民間廠商施作。

2.1.3 30N22000 型改造 30H2000 型 11 輛與 25BH2000 型 46 輛

30N22000 型貨車係 1968 年日本製造，其中 30N22001 至 30N22007 等 7 輛，係由臺糖公司租用，裝載糖砂輸運用途，於 2001 年解約停用；另外，30N22008 至 30N22057 等 50 輛，係由亞洲水泥公司租用，裝載熟水泥輸運用途。此蓬斗車車頂係以普通鋼板製作，耐候防銹性能較差使得車頂腐蝕嚴重漏雨，導致承載之水泥造成結塊之現象，經估算水泥結塊之重量高達 10 餘噸至 30 噸不等，清除人力與蓬斗車頂之復修成本，經核算每輛高達 30 餘萬元，加上車齡老舊之因素等，於 2001 年全部解約停用。

當時各煤礦場尚在開採，35H 各型煤斗車運用率之需求孔急，煤是近代工業最重要燃料之一，其主要成分為碳、氫、氧和少量的氮、硫或其他元素。35H 各型煤斗車之車體結構，與煤礦接觸之面板部分容易腐蝕，因此進廠作三檢(甲修)時，往往車況極差且使維修施工進度落後，波及車輛運用與廠段保養。因此經評估分析其利弊後，於是年以 30N22000 型辦理改造 30H2000 型 11 輛，以最少工料費達到最大之經濟價值，間接的使車輛之運用率提昇，增加本局營收。

在 30H2000 型 11 輛完成之後，政府在東砂西運之政策下，於是年比照 25BH2000 型 46 輛改造計畫積極進行，於 2004 年全數改造完成加入營運，直接的使車輛之運用率提昇，增加本局營收。

2.1.4 35H210000 型改造 30BH3000 型 50 輛

35H210000 型貨車係 1981 年臺灣機械公司製造。近年來，因臺灣各地煤礦區已停止開採，間接的 35H 各型煤斗車車輛之運用率降低，部分車輛利用裝載石渣輸運，但是其重車噸數無法有效管控，亦造成貨主與本局負責監督人員之困擾糾紛。2007 年 12 月比照 25BH2000 型改造，計畫 50 輛改造 30BH3000 型，主因在於此批車況佳、車齡較輕等因素，由高雄機廠負責進行改造，整批車輛由民間水泥公司全數租用，使車輛之運用率提昇，增加本局營收。



圖 7 35H210000 型未改造前



圖 8 30BH3000 型改造後

2.2 客車改造部分

2.2.1 普通客車 TPK32700、32800、32850、32200 型改造代用行李車

普通客車 TPK32700、32800、32850、32200 等車，係 1966 年至 1969 年由日本及印度製造，早期除了 BK32350.32400.MBK80000 型等郵政行李車外，車源不足之部分，曾經以貨車 25C10000 替代，此型車 1930 年日本製造，轉向架 TR-76.77 型式。在 1986 年曾以臺灣機械公司製造之轉向架 TR-204 替換，且在此型車上加裝客車用之六芯連結座，以利與客車列車聯掛使用，1998 年後因

25C10000 車齡老舊、文物保留等因素，逐漸除役報廢只保留部分文物車。而後亦因運務單位車輛運用之需求，遂於是年擬定以 TPK32700、32800、32850、32200 型改造代用行李車之計畫，當時之普通客車運轉之車次已大部分停開，因而利用車況較差之上述普通客車改造，使車輛之運用率提昇，增加本局營收。



圖 9 TP32200 型改造代用行李車 圖 10 TP32850 型改造代用行李車

2.2.2 BK32400；TPK32850、32200 型改造兩鐵共乘專車 10 輛

2008 年 5 月因國際油價飛漲、政府節能減碳之政策推動等因素，因時勢潮流與民眾之需求，進行「兩鐵共乘」車輛改造事宜，積極推動專車運轉。「工欲善其事，必先利其器」，高雄機廠利用廢料與緩動料，先行改造專車腳踏車置放架，再評估其可行性，以最少花費來達成任務。目前此兩鐵共乘專車，可說是最夯、最熱門之列車，營業績效持續成長，且車次供不應求，機務、運務兩單位，正緊鑼密鼓在尋求車種品質之提昇與改造。2009 年 2 月高雄運務段之統計，兩鐵共乘專車營業績效（2008 年 5—12 月），統計共有 6,575 車次，營業績效合計 1,155,916 元。



圖 11 輪盤固定架舊料，改裝腳踏車置放架 圖 12 BK32400 改造兩鐵共乘專車施工



圖 13 TPK32850 兩鐵共乘專車施工 圖 14 兩鐵共乘專車完成全貌



圖 15 兩鐵共乘專車完成全貌



圖 16 兩鐵共乘彩繪專車。

三、推動鐵路車輛緩動料（廢料）過程

通常庫存週轉率、車輛數有絕對的關係。積壓庫存過多也是等於積壓資金，目前在各區供應廠發生庫存過多的情形大概有幾種原因：

- (1) 臺灣光復之後，為防備戰爭未雨綢繆，向國外採購之戰備材料及各種鋼材。
- (2) 20 多年前鼎盛時期車輛之運用率高，為應付貨主與增加本局營收考量，所採購之配件物料。例如：35H 各型之扇門開關軸、各種 15C.25C.30C.35C 蓬車之內幕板；15G.25G.35G 敞車所用之各型槽鐵、板簧、扁鐵、圓柱鐵、角鐵用料等等；35H 斗門開關軸、開關軸臂、撐桿用料等等；客貨車輪盤與車軸、軀機系統配件、電氣設備配件用料等等。
- (3) 車輛報廢所產生之各種用料。

3.1 緩動料部分

3.1.1 鑄鐵閘瓦 DR2500 型研究利用於普通客車

鑄鐵閘瓦 DR2500 型，係花東線柴油客車使用，早期由高雄機廠翻砂工場生產製造。此型車於 1976 年除役停用，該鑄鐵閘瓦放置於高雄材料廠，總數量高達 3473 PCS，逾 10 年未動用。1987 年 4 月適逢前機務處長金正良訪察高雄檢車段之際，目睹在料庫旁堆放一批合成閘瓦軀塊套頭 135 PCS，交代侯前段長崑炳與高雄機廠處理，經過深思研究，其與鑄鐵閘瓦 DR2500 型組合具可行性。

首先，將合成閘瓦軀塊套頭劃線，進而在刨、銑床機械上加工，發覺每塊加工曠日費時，不符經濟效益。因此改變由氧氣乙炔來加工，由技術熟稔之黃金元老師傅操作。原本每塊經由工具機需兩工作天，提議將合成閘瓦軀塊套頭切割加工後，與鑄鐵閘瓦、軀塊變調銷三項來逐一組裝配合，合成閘瓦軀塊套頭 135 PCS，竟然花費兩工作天就全數完工。前機務處長金正良指示高雄檢車段，將此批用料安裝在高雄至枋寮的普通客車使用，亦為本局節省可觀的物料成本。

3.1.2 戰備材料鋼板 11×1700×10000 mm、角鐵 5" ×3 1/2×3/8×24 (44) ft，80-97 年利用於 35H 煤斗車隔板與設備用料

1988 年解嚴之後，此批戰備材料隨即變成緩動料，為數相當可觀，松山、高雄材料廠皆有，各種工字型樑、角鐵（等邊與不等邊皆有）、鋼板等。當時貨車運用率相當高，相對的維修用料亦增加，1990 年在高雄材料廠會勘各種

用料狀況，目睹戰備材料鋼板 11×1700×10000 mm、角鐵 5" ×3 1/2×3/8×24 (44) ft 等料堆積。經過慎思後，35H 煤斗車隔板用料，原設計係以 6 mm 鋼板×75 mm 角鐵安裝，但因煤之腐蝕性嚴重，約 2 個三檢期 (6 年) 就汰舊換新，光工料費就相當驚人；因此向陳前副處長兆東提議，嘗試以戰備材料鋼板 11×1700×10000 mm、角鐵 5" ×3 1/2×3/8×24 (44) ft 來替代，於是在 1991.10.23 機務處來函同意辦理。光陰荏苒已 15 載餘，消化此緩動料鋼板 11×1700×10000 mm、角鐵 5" ×3 1/2×3/8×24 (44) ft 超過 2000 多噸，論市價以每kg×20 元核計，節省金額亦是相當龐大，且目前亦持續在規劃推動利用！



圖 17 35H 煤斗車隔板利用緩動料。

3.1.3 木材部分貝殼杉、柳安木、拇木、柳安九夾板 94 年至 97 年推動用於修車與工程設備

貝殼杉、柳安木、拇木、柳安九夾板總數量合計 492 PCS，分別放置於松山、高雄材料廠，在修車過程中如 3AK.CK.35C 各型與部分客車 (木板車底板)，可以此木料來替代，節省自購料之維修成本支出，又可消化緩動料之資金積壓。集集線的最後站車埕車站，日月潭國家公園風景管理處，指定進駐之鐵道文物車之復修用料，與木造客車 TPK2053.SPK2502 翻修之用料，皆是利用緩動木材施工，節省成本支出。

3.2 呆廢料再生利用部分

3.2.1 TR-204 轉向架上搖枕 (bolster) 之再生利用

早期 TR-204 轉向架係由日本製造，後於 1988 年臺灣機械公司開始生產製造，惟其材料熱處理技術限制，造成轉向架上搖枕 (bolster) 與側架 (side frame) 配合之導滑槽部分磨損嚴重超過 15 mm 以上，且有使車輛脫軌之虞須汰舊換新。當時每支單價 7 萬餘元，無論本局與廠商自備貨車，汰舊換新之數量相當龐大，而且臺灣機械公司亦供不應求，已經波及車輛之維修進度。

1989 年 8 月經報備機務處，以高張力鉸條施工轉向架上搖枕 (bolster) 之導滑槽部分，由黃金元與邱羅通兩位老師傅負責施工，再用手提砂輪研磨與設計圖規格一致，先試辦一輛出廠運轉 (35C24026)，再函請機務處函文各檢車段注意追蹤 (35C24026) 其轉向架上搖枕 (bolster) 之狀況，經過半年後其情況良好，因此於 1990 年機務處函文繼續再生利用，是年共完成 200 餘 PCS，節省金額超過 1400 餘萬元，使本局繼續受惠使用。



圖 18 TR-204 轉向架。

3.2.2 TR-204 轉向架 (bogie) 輪盤之再生利用

近年來因貨車車齡老舊加速報廢，每年報廢車輛數量相當龐大，有些報廢車輛之輪盤厚度超過 50 mm 以上，若是不替換當廢鐵售出，只有幾千元而已，甚為可惜！近年來，高雄機廠積極推動報廢車輛輪盤汰換，將報廢車輛之輪盤厚度超過 50 mm 以上留用，與進廠施修之汰換車輪之轉向架調換，至目前為止已超過 130 餘輛，利用輪盤厚度超過 50 mm 以上，可節省工料費甚鉅，讓車輛提早出廠加入營運。換輪盤步驟：首先卸下 bearing，其次經由 400 噸壓輪機再退掉輪盤，再來加工新輪盤孔徑，而後經由 400 噸壓輪機再施予輪盤與車軸組裝，最後完成 bearing 組裝。

2008 年 12 月輪盤單價@30,243 元，每輛 8 pcs，130 輛×8×30,243 元=31,452,720 元。汰換之 TR-204 轉向架輪盤與 bearing，若是 bearing 是新換裝的，每套一萬餘元，更可減少其維修成本。(bearing 每三年檢修：第一次注油，端蓋漆白色；第二次注油，端蓋漆黃色；第三次注油，端蓋漆紅色。)

1983 年至 1991 年，高雄機廠材料庫的呆料與報廢車輛卸下之橡皮緩衝器後檔等等，再生利用於維修車輛之配件，累計節省金額超過 2000 餘萬元。(配件名稱：計有橡皮緩衝器後檔 (高度 187 mm)、踏軔槓桿、踏軔槓桿導架、垂直槓桿、落扇門插銷檔、35H 煤斗車扇門開關軸臂等等。)

四、鐵路車輛維修用料改善過程

早期本局鐵路車輛大都是日本製造，其用料設計並非全然是品質一流，例如，貨車車輛有轉向架之部分，轉向架其中央上心盤 (center plate)，原設計上下心盤組裝位置高度 (分別有 35.45.60.89 mm 等)，與上心盤面板處，日本製造原設計係 90 度直角；按鑄造學之理論，其毛坯料應鑄造成圓弧狀，工件才不致產生應力集中，否則容易裂損，當時光上心盤 (center plate) 裂損汰換之程度相當多，自 1984 年至 1992 年，汰換數量超過 1000 餘 PCS，當時單價每 PC 近 3000 餘元。而後經過客貨車檢修會議提案，建請將其毛坯料直角改為鑄造成圓弧狀 R15 之後，此裂損之原因就已經明顯改善，節省維修工料費亦相當可觀。

1979 年鐵路電氣化之後，鐵路車輛大都有標示電車線有高壓電之警告牌，早期係以壓克力製造，若使用在客車上其毀損率不高，但是在貨車上數量卻高的嚇人，經統計每年使用量竟高達近 8000 餘 PCS；壓克力製品在貨車上，因裝貨之故，造成毀損、標示不清易釀職災；於 1981 年曾用 3 mm×5 呎×10 呎鋼板，其高壓電之警告牌裁製噴漆，外段

亦備有噴漆銅模，以應付毀損不清補齊之應對。就其成本作一比較，壓克力製造單價每 PC35 元左右，但是施工需要鑽孔攻螺牙，準備工具與費工時是其缺點；另外，鋼板製造單價每 PC68.5 元左右，成本高易毀損、標示不清是其缺點，但是技術人員易施工是其優點；案經參考電線桿上之自粘性貼紙廣告，雖經風吹日曬雨打仍然那麼亮麗，因此將高壓電之警告牌以自粘性貼紙替代，自粘性貼紙單價每 PC 2.5—5.5 元左右，本局鐵路車輛自 1987 年迄今，高壓電之警告牌以自粘性貼紙替代，每年為臺鐵節省近 40 餘萬元，目前仍繼續受惠中。



圖 19 高壓電警告牌壓克力製造

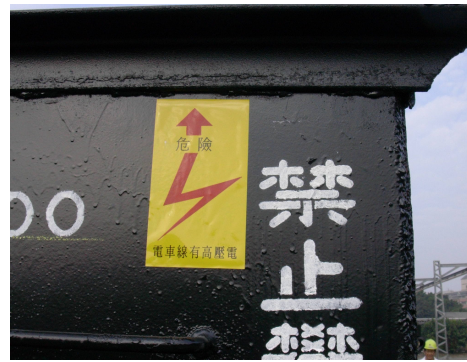


圖 20 高壓電警告牌以自粘性貼紙替代

然而在車輛上之維修料作改變的有，35H 煤斗車底板上之中央蓋板，原設計係以鋼板 9 mm 在壓床上壓制成型，壓床模具容易毀損，且成品加工不易，在 35H 煤斗車上施工需以特殊機具輔助才能進行，光工期就超過 3 工作天。此型車近千餘輛，為節省工期，於 2002 年以角鐵 75 mm 兩支來替代中央蓋板用料，讓工期縮短增加車輛運用率。35N 各型之卸料開關軸端柄，因磨損嚴重不易打開卸料，1986 年客貨車技術檢討會決議，三檢進廠高雄機廠需全面汰換，光其單價每 PC1500 餘元；此型車總數近千輛，裝卸費工料施工不易，於當時提議以 40 mm 方型鋼棒當材料，以 40 mm×100 mm 之尺寸，然後將原車磨損之卸料開關軸端柄，切除 100 mm 之尺寸長度，再與導角至可銲接之加工裕度，既省工亦省料，卸料開關軸之開關作用正常，使車輛能提早出廠營運。

其他已改善與替代之方案，不勝枚舉，在各種車輛之維修過程之施工方法與配件，若有更好之替代方案，唯一要遵守的原則是不影響行車安全為第一考量，降低維修成本與提昇車輛運用率，增加路局營收績效是每位員工應有之本分。

五、結論

丁迪將軍在其「靜思一得」著作中提及：做有興趣的事，不怕勞。做有益處的事，不怕苦；「道之所在財方聚，義以為歸利倍長。」。鐵路局高雄機廠，負責貨車各種配件之籌供，車輛種類繁多，相同配件名稱亦多如牛毛，沒有互換性；加強倉儲管理，採購修車配件種類能針對車輛多寡，作有效之經濟評估與管控，供料不致青黃不接，避免呆料產生為其策略。勿時過境遷用少存多，就變成緩動料。

1983 年高雄機廠之緩動料積壓甚多，將庫存之緩動料改造利用，再生利用於現有之車種，以最少之花費加工來達到最大之經濟效益！然而在執行之過程當中，甘苦皆有之！有部分技術人員心態較高傲，執行呆廢料改造再生利用會有阻力；有部分技術人員深知呆廢料改造再生利用，對於其自身之工作息息相關，對於路局財務有助益，反而積極投入創造價值的改造工作，彼此相輔相成。

推動鐵路車輛改造與緩動料過程能夠如期完成，需要上級長官之支持，與跨部門之通力合作，負責執行單位之貫徹始終，才能有績效與成果，當然基層員工士氣之提昇與適度的嘉勉是必需的。推動鐵路車輛改造與緩動料，是臺鐵相關業務每位員工之義務與權利，資金積壓過多，企業經營績效不佳，予外界不良之觀感，員工在社會之地位低落，無法與人品頭論足，應教養員工為大家庭設想之同理心。

參考文獻

- 1、丁迪（1979），靜思一得，臺北市：正中書局。
- 2、交通部臺灣鐵路管理局材料管理須知，臺北市：臺灣鐵路管理局。
- 3、車輛檢修程序。
- 4、巫宗融 譯（2001），Carliss Y. Baldwin 等著（2000），價值鏈管理（Harvard Business Review on Managing the Value Chain），臺北市：天下遠見。
- 5、林坤旺（1976），客貨車概要，臺北市：臺灣鐵路管理局。
- 6、徐景福 譯（1978），岩浪繁藏 著（1975），機械設計（演習），臺北市：正文書局。
- 7、張美惠 譯（2004），Paul Z Jackson 著（2002），跳過問題找方法（The solution focus），臺北市：商智文化。
- 8、張兆豐譯（1978），小栗富士雄 著（1969），機械設計圖表便覽，臺北市：臺隆書店。
- 9、劉鼎嶽（2001），機械元件設計（二），臺北縣：新文京開發。
- 10、臺灣鐵路管理局機務處（2006），車輛檢修程序，臺北市：臺灣鐵路管理局。
- 11、龔肇鑄（2002），鑄造學，臺北縣：新文京開發。

日本 JR 東京車站一番街與鐵道博物館見學

Learning from JR's First Avenue Tokyo Station and railway museums

謝武昌 Hsieh, Wu-Chang¹

地址：臺北市北平西路 3 號 6 樓

Address : 6F, No.3, Beiping West Road, Taipei City.

電話：02-23815226 轉 3664

TEL : 02-23815226ext3664

電子信箱：tr702861@msa.tra.gov.tw

E-mail : tr702861@msa.tra.gov.tw

摘要

本文以日本 JR 東京車站一番街、小樽市綜合博物館、大宮鐵路博物館、梅小路蒸汽機關車館之實地參訪經驗，歸納出土地開發之關鍵成功因素及可供借鏡之處，可作為未來臺鐵車站土地開發與鐵道博物館設置之芻議，以利臺鐵開拓未來資產管理策略參考。

關鍵詞：東京車站一番街、鐵道博物館、土地開發

Abstract

Based on visits to First Avenue Tokyo Station, Otaru Museum, Omiya Railway Museum and Umekoji Steam Locomotive Museum this paper sums up the key success factors and useful points in land development for use as reference when TRA develops station land, railway museums and established and TRA formulates asset management strategy in the future.

Key words : First Avenue Tokyo Station, Railway Museum, land development

一、前言

隨著知識經濟與文化創意思潮的激盪，鐵路事業經營管理之觀念與作法也不斷地演變，創新與學習將是企業永續經營的不二法則。

臺灣鐵路事業與建設，伊始於清光緒 13 年（西元 1887 年）劉銘傳上奏試辦，並成立「臺灣鐵路商務總局」，共歷經清朝、日治及國民政府遷臺等三個時期，因此孕育出獨特的時代精神與豐富的文化資產，如何善用此一得天獨厚的歷史文化資源，並與觀光產業發展結合，並拓展鐵道產業之觀光化及文化化之領域，將是臺鐵未來附業發展與轉型再生的一大契機。

1. 本局企劃處開發科正工程師

二、日本 JR 東京車站一番街之土地開發

東京可說是全世界軌道運輸路網最密集之地區，常看高架或地面軌道與沿線建物比鄰而處，但是密集班次行駛的列車，因得以有效降低環境衝擊，並未遭逢周邊民眾之負面批評，反而車站大樓因提供各種商業機能及休閒設施的開發，使得車站與當地都市發展形成更緊密的結合，讓車站不只是乘客上下車的地方，也可以是一般民眾從事餐飲、消費、觀賞藝文與休閒娛樂的地方，JR 東日本車站素有「車站的文藝復興」之美稱。

2.1 簡介

東京車站是東京都內重要的鐵路輻湊，新幹線、在來線、捷運系統、地下鐵均在此交會，站內各項旅客導引設施十分明確，利用不同顏色區分動線，並再輔以地面導引，此外更設置觸控式導覽系統，旅客碰觸螢幕即可顯示現在位置及各出口方向指引，採液晶顯示方式，經實際操作後，其資訊明確，方便旅客利用。

龐大的旅客量，對於以多角化經營的鐵路公司，賣場經營應運而生。2005 年隨著八重洲出口工程完工，以「東京站一番街」為名開業，除了一般傳統的餐飲、服飾、紀念品類型賣場外，2008 年新規劃開幕的東京人物造型街「Tokyo Character Street」，更蒐集了哆啦 A 夢、kitty 貓、snoopy、樂高等 15 家著名玩偶造型店進駐，全賣場粉紅色系的色調，彷彿引領顧客進入童話世界中，於車站內設立主題式商場，並有各電視公司駐點，從川流不息的人潮來看，已是新興的觀光客朝勝地，亦是日本人展現創意的代表作。從其他區域尚在進行裝修來看，其他主題式商場將陸續推出。

鐵路車站是 365 天全年無休的營業狀態，各城鎮經由鐵路之串聯，使車站成為各城市、鄉鎮之交通及商業樞紐中心，日本這種成功的聯合開發模式，主要關鍵還是在於鐵路公司的全程規劃參與，並且對於效益作徹底評估，確保其對鐵路事業的利益與發展；本局目前因受鐵路法之限制，無法作多角化經營，期待立法機關之協助，早日完成立法，以開創鐵路事業第二春，彌補臺鐵之虧損。

2.2 土地開發之關鍵成功因素

東京是日本的政治、經濟和文化的中心，東京車站可說是日本的首都東京市的「玄關口」，因此車站需塑造自我風格，並進行街道更新與環境改善。JR 東日本公司與車站周邊土地所有權人取得共識，在公家機關與民間企業的協助之下，於 2000 年提出「東京車站周邊再開發計畫」，徹底解決車站廣場和周邊道路的交通繁忙及改善行人步行的空間狹隘，並於 2002 年適用特別容積率，目前再開發案正在進行中。

日本 JR 東京車站一番街土地開發上之關鍵成功因素(Key Successful Factors) 歸納如下：

1. 車站的開發同時兼顧文化資產的保存與商業空間的經營；東京站舊站建築物經日本政府於 2003 年 5 月指定為重要文化財產，因此改建後外觀仍保持原有「仿歐洲文藝復興時期巴洛克型式建築」風貌；站區聯合開發興建大樓，則可收取租金及獲得營業利益，為鐵路經營挹注財源。
2. 東京車站開發計畫包括東京車站舊站保存、復舊及東京車站八重洲口開發與 JR 東日本東京站日本橋口開發等三部分，其中八重洲廣場開闢與道路時相的控制，對車站的交通順暢有莫大的助益。

3. 車站站區的聯合開發與綜合改建，把車站改造成兼具交通轉運、歷史文化、休閒娛樂、商業消費等多功能的公共場所。

2.3 可供借鏡之處

茲參照考察東京車站一番街之開發經驗，提出下列二點建議，以供未來車站改建與新建之參考：

2.3.1. 車站內部空間應以服務旅客為主要考量

車站內部空間除提供適當的商業空間外，應針對消費者求新求變的需求，檢討引進新的業種業態，例如為迎合動漫發展與吸引年輕族群而規劃「Tokyo Character Street」，展現創意規劃的思考。



圖 1 JR 東京車站一番街入口處



圖 2 Character Street 玩偶專賣店

2.3.2. 交通建設、土地開發與附業經營應相輔相成

臺鐵局經管之土地資產計約 42,500 筆，總面積約 5,280 公頃，97 年公告現值總值約 5,400 億元，其中部分位處都市更新範圍及車站特定專用區等土地，得引用「都市更新條例」及「促進民間參與公共建設法」推動土地開發利用外，餘大部分土地因受限於「國有財產法」第 28 條規定，僅循出租、出售之途徑處理。

鑒於東京車站一番街開發成功的經驗，交通建設結合土地活化利用及多角化事業經營，帶動都市發展，塑造完善公共機能等多重外部效應，已為先進國家車站之發展趨勢。如同日本鐵路以車站提供了民眾優質之商業與生活機能，臺灣鐵路亦應建構多元化服務事業體，提升經營效能並帶動周邊地區塑造地標及新景象。

三、日本鐵道博物館之經營管理

鐵道博物館的設置可說是國家的工業實力展示，是國家運輸歷史與科技教育的櫥窗。日本的鐵道營運伊始於 1872 年，隨後於 1921 年即在東京秋葉原車站成立鐵道博物館（東京交通博物館的前身），2007 年東京交通博物館擴大規模，於大宮大成車站擴大規模成立鐵道博物館；日本從最初鐵道的出現，到鐵道博物館的成立，不超過 50 年；反觀臺灣自 1887 年劉銘傳開辦鐵路建設至今已逾 122 年，卻未曾出現第一座正式的國家鐵道博物館；日本成立鐵道博物館的過程與經驗，值得效法。

3.1 小樽市總合博物館

1873 年幌內發現煤炭後，小樽市即扮演札幌外港的角色，成為煤炭輸出港的小樽，從此位居繁榮的商業都市。由於小樽地勢多為山地，平地較少，在 1989 年時展開填海工程，並在新形成的海岸線外著手興建人工島，為了取得填海的土方，1914 年在小樽內地開始開鑿一條寬 40 公尺，長 1324 公尺的小樽運河，並在 1923 年完工，運河二側成為小樽裝卸貨物的重要運輸碼頭。

小樽運河邊的石造鋪面散步道上，明治到昭和時期興建的石造倉庫群與華麗的西洋樣式建築，在文化資產保存與活化計畫下，石造倉庫群搖身一變成為藝術家的工作坊、食堂、藝品店與玻璃工坊，百年紅磚日式建築、西洋樣式建築或是和洋折衷式建築，則變成博物館或市民會堂。社區營造、運河保存與文化資產活化成為小樽市的代表形象，再加上近年來電影取景的行銷與觀光產業的發展，使得小樽市轉變成一大觀光都市。

小樽市原有小樽市博物館、小樽交通紀念館和小樽市青少年科學技術館 3 家市立展館，因市府財政狀況不佳而進行了合併，位於日本北海道小樽市手宮地區的“小樽市總合博物館”在裝修後重新於 2007 年 7 月 14 日重新開館，主要以鐵路、歷史和科學為主題。

原小樽交通紀念館，是北海道鐵路的發源地，紀念館也是全日本交通紀念館規模最大的一間（全區面積約 58,000 平方公尺），館內展出了近五十輛的經典蒸汽火車，充分的展示出日本海陸空交通的發展過程，以及其他貴重資料等。此外，遊客除能親自乘坐蒸汽機車並目睹日本國內現存最古老的管風琴。新館內鋪設了一段長約 200 米的鐵軌，建造於 1909 年的“鐵馬號”蒸汽機車將載著遊客以 20 公里的時速往返其間。同時館內還將展出曾在手宮和札幌首條鐵路上行駛的“靜號”火車。

小樽市博物館原建於明治 26 年（西元 1893 年），原為小樽的舊倉庫，現在則被指定為小樽的歷史建築物之一（市指定歷史的建造物第 13 号）。博物館外牆是由小樽及札幌的卵石所建造的，利用位在運河旁俱有悠久歷史的舊小樽倉庫改造而成，裝飾在屋頂銀瓦上的魚虎神獸是一大特徵，因此懷舊的風味相當濃厚。

由於日本土地昂貴取得不易，如本州之東京、京都及大阪的鐵道博物館的設置，都是部份利用現有鐵道設施土地所闢，因此不可能有廣大的露天展示區及公共設施。而小樽因得地利之便，所以成為佔地最大的交通博物館。不過，仍然沿襲東京、大阪兩館的特徵，雖然名為「交通」博物館，其實都是以鐵道為主，其他交通工具少之又少。這也是日本交通博物館的一大特色。



圖 3 小樽市總合博物館



圖 4 運河旁倉庫活化後成為觀光景點

3.2 大宮鐵道博物館

大宮鐵道博物館在 2007 年 10 月 14 日於大成車站旁隆重開幕，開館第一個月入館人數就突破 24 萬人次，2008 年 1 月 18 日突破 60 萬人次，館內許多文物是承繼自東京秋葉原車站的交通博物館，主要設施內容包含「主體展示館」、「博物館北棟」、「戶外」及「企劃活動」等四部分。基地面積為 41,600 平方公尺，其中建築面積為 28,200 平方公尺，投資金額達 124 億日圓，目前由東日本鐵道文化財團經營。

JR 東北上越新幹線、JR 宇都宮線或 JR 高崎線大宮站，然後轉乘站外的 New Shuttle 至「鐵道博物館站」，步行一分鐘，爲了讓旅客更容易抵達這裡，博物館開幕同時，JR 東日本大成車站也改名成「鐵道博物館車站」。



圖 5 1871 年英國出廠的日本第一輛蒸



圖 6 轉車盤動態模擬

3.3 梅小路蒸汽機關車館

「梅小路蒸氣機關車館」成立於 1972 年 10 月 10 日，是日本唯一的蒸氣機關車專業博物館；當年正逢日本鐵道開業 100 週年，爲了動態保存列爲重要文化資產的蒸氣火車，於是有此博物館的成立。1987 年 4 月 1 日日本國有鐵道民營化分割之後，此博物館由西日本旅客鐵道株式會社繼續管理。主要設施內容包含「資料展示館—舊二条車站」、「機關車展示場—扇形車庫」及「蒸汽機關車群」等三部分。基地面積為 43,000 平方公尺，其中建築面積為 4,946 平方公尺。

機關車展示場—扇形車庫興建於大正 3 年（西元 1914 年），原本爲京都車站的機車調度場所，爲鋼筋混凝土構造建築，是日本僅存的扇形車庫。平成 16（西元 2004 年）扇型車庫、裝置在 1 號線的電動頂棚起重機（西元 1915 年製造）、支線入選爲國家重要文化資產（国の重要文化財），動態保存蒸氣火車的檢修均在此進行。目前車庫內共有 20 股的軌道，可同時供 20 部火車停進，其中 1 至 7 股可實際進行維修保養，8 至 20 股則爲貯車展示之用，日本著名的蒸汽火車「SL 蒸汽號」在除役後即停放在此。車庫中，一整排的蒸汽火車並列的景象相當壯觀。



圖 7 梅小路蒸汽機關車館



圖 8 C622 蒸汽機關車復駛

3.4 過程與經驗

曾有學者提出，「從小樽交通記念館的成功經驗中，令人不禁聯想到臺灣苗栗鐵道公園。如果能就現有機務段及車站後方廣大停車場土地增闢展覽空間，除現有的十三部車以外，將各縣市無力保存的蒸汽火車（如 CT273），甚至索取回各縣市保存不佳的蒸汽火車（如 CT259、DT652），以及具有重大紀念意義的明治時期火車（如 BK24、CK58），加上有系統地展示未來可能淘汰的車輛；柴油化的歷程主題區（增加 S200、S300、R20），電氣化主題（E100、E300），以及紀念客車主題（DR2300 型、DR2700 型等等），以總數三十餘輛的規模，相信一定可以創造出極具代表性的「臺灣鐵道車輛博物館」，必可吸引中外人士前來參觀。另外再闢建一間室內主題文物展示館，並鋪設一段 762 公厘軌道「動態運行」，包含已修復的 LDR2204，可以升火的 LDK59，甚至淘汰的阿里山鐵道 DL 及 SP 客車，或復活臺糖蒸汽火車，以付費乘座的方式經營。由於臺灣輕便鐵道聞名國際—全世界最快的輕軌花東線、登山鐵道阿里山線，相信會在全球鐵道文物保存界掀起轟動，更可以創造可觀營收。」

茲將小樽市總合博物館、大宮鐵道博物館、梅小路蒸汽機關車館之經營管理上之特色歸納如下：

1. 小樽市總合博物館的特色在於「經典」，大宮鐵道博物館的特色在於「內容」，梅小路蒸汽機關車館的特色在於「建築」。
2. 利用現有鐵道用地興闢博物館，鐵道運輸是共同的主題，館內並配置有商業設施。
3. 日本相當重視其鐵道博物館的設置與展示內容，擁有十餘處鐵道博物館，詳實記錄歷史與保存文物，並提供模擬展示、構造解剖、科學教育、運轉操作與乘坐體驗等動態功能。
4. 鐵道博物館將「客貨物流的經營」提升為「鐵道產業的發展」、將「鐵路設施的保存」提升為「文化資產的活化」，並結合觀光企劃行銷，朝「產業觀光」與「文化觀光」的模式發展。
5. 在經營主體方面，除小樽市總合博物館尚屬小樽市公立經營外，大宮鐵道博物館與梅小路蒸汽機關車館則分別由東日本鐵道文化財團與交通文化振興財團經營管理。鐵道博物館以非營利組織（Nonprofit Organizations）型態經營，係因以文化法人取得補助與民間捐款較不具爭議性，另外博物館的虧損亦不致影響鐵路機構的財務表現。

3.5 可供借鏡之處

如果說日本鐵道博物館保存鐵道文化與產業，那麼臺灣設置鐵道博物館更有其迫切理由，因為臺灣的鐵路車站不僅詳實紀錄時代的迭替，更與城鎮發展、聚落紋理與歷史事件交融結合，是都市的集體記憶。茲以參照小樽市綜合博物館、大宮鐵道博物館、梅小路蒸汽機關車館之經驗，提下列三點建議：

3.5.1 國家鐵道博物館的催生

目前臺鐵雖然已經成立苗栗鐵道文化展示館與花蓮鐵道文物展示館，然未達博物館規模，且尚缺制度化管理與計畫性發展，只是靜態的火車陳列。日本鐵道博物館雖然館藏豐富，但臺灣的鐵道文化資產亦不輸日本，如興建於 1919 年的彰化扇型車庫，是深具特殊性、稀少性的現存鐵道文化資產¹；如日本皇太子「花車」，堪為國寶級的珍貴文化資產；又如 1908 年完工的「舊山線」，曾創造出臺灣鐵路工程技術上最大坡度、最大灣道、最長花樑鋼橋、最長隧道群之偉大經典之作，已符合世界文化遺產認定標準第一項。倘「國家鐵道博物館」能提報行政院列入國家建設計畫，再配合「文化創意產業發展法」的適用，以非營利性法人或團體型態來營運，不論內在條件與外在情勢，應是具有樂觀與積極的可待性。

3.5.2 鐵路法部分條文修正草案的推動

臺鐵版的「鐵路法部分條文修正草案」的重點在於增加土地開發與附業經營的自主性機制，倘「鐵路法部分條文修正草案」能順利通過，不論對國家鐵道博物館的催生或觀光行銷企劃能力的提升均能有正面的意義。

為賦予臺鐵局管有資產有效利用之機制及健全鐵路事業財務，除應積極賡續推動「鐵路法」修正案外，為因應鐵路法修正通過後對管有資產開發建立準則，臺鐵局已草擬完成「鐵路系統土地開發辦法」，以作為鐵路資產開發之作業依循。

四、結論

東京車站一番街開發成功的經驗再於交通建設結合土地活化利用及多角化事業經營，並同時帶動周邊地區整體發展；臺鐵土地開發因具有特殊之區位優勢與開發潛力，因此負有帶動都市發展之政策任務。是以臺鐵未來應建構多元化服務事業體，以提升土地開發與附業經營之效能。

博物館的設置可以保存與活化具體而微的鐵道文化與鐵道產業，除了社會價值與經濟價值外，也是為了在歷史的洪流中，留下幾個錠錨之處；能把「事業經營」轉型為「文化產業」，也正好能反應臺鐵有開創未來的能力。倘「國家鐵道博物館」能列入「愛臺 12 建設」或國家建設計畫，再配合「文化創意產業發展法」的適用，不論內在條件與外在情勢，應是具有樂觀與積極的可待性。

¹彰化機務段扇形車庫，創建於 1922 年，創建初期架構是三、四、五、六、七、八股道，每股只能容納一輛蒸汽機車，後因應海岸線通車而再依這六股道雛型加以延伸擴建，先後蓋了一、二股，次為九、十股，最後十一、十二股道完工時為 1933 年。車庫位在臺灣西部幹線山海線交會處，是日據時期蒸汽火車庫「機關庫」，擔負火車之維修、保養、調度以及緊急搶修任務。而該車庫最大的特點就是在高空鳥瞰時，其彷彿一把張開的扇子，所以又稱為「扇形車庫」。扇形車庫可以說是蒸汽機車時期鐵道建築的結晶，利用有限的土地，使其發揮最大的效用。把扇形車庫功能發揮到淋漓盡致，是一個可供 360 度旋轉之轉盤（轉車臺），以及沿著轉盤中心向外輻射線狀之軌道，供火車進入車庫或轉向。車庫原為蒸汽機車而建，因此每一股道屋頂上均設有兩支排氣煙函，為車庫另一特色。（以上資料由彰化機務段提供）

參考文獻

1. 范植谷等（2009.4.27），「赴日本洽談傾斜式列車採購及考察鐵路營運管理」，交通部臺灣鐵路管理局出國報告。
2. 蘇昭旭（2007.8），「鐵道博物館的國際視野與臺灣鐵道的保存現況」，捷運技術半年刊第37期。
3. 陳麗君（2006.1），「臺灣鐵道文化資產整合發展之探討」，國立成功大學建築研究所博士論文。
4. 陳智勝（2001.5），「以大眾運輸導向發展理念進行車站地區都市再發展之探討」，國立成功大學都市計劃研究所博士論文。
5. 楊石明（2004.6），「歷史建築保存再利用之研究－以高雄車站為例」，南華大學管理科學研究所碩士論文。
6. 施國隆（2009.2.12），「文化資產保存與再利用政策」，交通部臺灣鐵路管理局主辦，「2009文化資產及古蹟保存修護活化再利用教育訓練計畫」課程講義。
7. 黃俊銘（2009.2.12），「鐵道文化資產再利用案例」，交通部臺灣鐵路管理局主辦，「2009文化資產及古蹟保存修護活化再利用教育訓練計畫」課程講義。
8. 洪志文（2009.2.12），「臺灣的鐵道文化資產保存」，交通部臺灣鐵路管理局主辦，「2009文化資產及古蹟保存修護活化再利用教育訓練計畫」課程講義。
9. 蔡龍保（2009.2.12），「日治時期臺灣總督府鐵道部的觀光經營」，交通部臺灣鐵路管理局主辦，「2009文化資產及古蹟保存修護活化再利用教育訓練計畫」課程講義。
10. 劉舜仁（2009.2.12），「從鐵道藝術到藝術鐵道－臺灣鐵道文化再利用之可行性探討：邁向不斷流動的臺灣文化網路，建構鐵道藝術網絡之回顧與幾項思考」2009文化資產及古蹟保存修護活化再利用教育訓練計畫」課程講義。
11. 交通部臺灣鐵路管理局委託，宣保工程顧問股份有限公司規劃（2008.12），「民間參與彰化扇形車庫古蹟保存區及周邊地區興建營運前置作業－鐵道文化及周邊鐵路站區建設營運規劃」。
12. 交通部臺灣鐵路管理局委託，林同棧工程顧問股份有限公司、天開規劃設計顧問公司規劃（2001.10），「臺灣鐵路古蹟博物館設置暨基地開發可行性研究評估作業」。
13. 交通部臺灣鐵路管理局委託，中華徵信所規劃（2006.2），「彰化車站北側扇形車庫古蹟保存區及站前北側商業區促進民間參與建設、營運委託可行性評估作業」。
14. 小樽市網頁
(<http://www.city.otaru.hokkaido.jp/kyouiku/museum/museum.htm>)，擷取日期：2009.3.22。
15. 大宮鐵道博物館網頁(www.railway-museum.jp/top.html)，擷取日期：2009.3.29。
16. 梅小路蒸汽機關車館網頁(<http://www.mtm.or.jp/uslm>)，擷取日期：2009.3.22。

編後語

秋高氣爽的秋季，臺北的天空顯得分外的藍，火車站前的街道亦如常忙碌，忠孝東路熙攘的人潮裡，過往的行人匆匆趕路，忙碌的人依然忙碌，腳步未曾停歇，而悠哉的文人雅士在忙碌中找到一抹清閒；莫拉克颱風重創南臺灣，八八水災帶來豪雨與山崩，也帶走了離情與悲傷，在山河變色、橋樑斷裂、土石流恆竄的年代，人們是該充分省思文明與現代，富裕與繁榮的忙與盲。

臺北火車站旁東北角的臺北轉運站落成啓用了，所有的國道客運路線進出臺北將於此轉運，帶來人潮也帶來臺北車站的繁忙，而隨著臺鐵沿線鐵路立體化車站的增長增加，本 339 期首以介紹「都會區鐵路車站以特種建築物研擬防災計畫之對策與案例研析」，冀望能提出防災看法供參考，而「軌道車輛電子設備可靠性評析」，藉徑他山之石經驗提出車輛電子設備檢修實務，提升車輛設備可靠性；並以高雄機廠「推動鐵路車輛改造與緩動料過程探討」與鐵路附屬事業發展「日本 JR 東京車站一番街與鐵道博物館見學」介紹。

「臺鐵資料」內容編纂上雖力求各面向平衡，惟礙於稿源短促，惟仍期盼能提供讀者更豐富完整資料。宗喀巴大師說，聚集資糧，依次一步一步往前邁進，是往前增上的不二法；我等努力兢業向前，再次感謝各位給我們支持與鼓勵。

徵稿須知

臺鐵資料約稿

1. 為將軌道運輸寶貴的實務經驗及心得紀錄保存，並提供經驗交換及心得交流的平臺，以使各項成果得以具體展現，歡迎國內外軌道界人士、學術研究單位及本局相關人員踴躍投稿。
2. 本資料刊載未曾在國內外其他刊物發表之實務性論著，並以中文或英文撰寫為主。著重軌道業界各單位於營運時或因應特殊事件之資料及處理經驗，並兼顧研究發展未來領域，將寶貴的實務經驗或心得透過本刊物完整記錄保存及分享。來稿若僅有部分內容曾在國內外研討會議發表亦可接受，惟請註明該部分內容佔原著之比例。內容如屬接受公私機關團體委託研究出版之報告書之全文或一部份或經重新編稿者，惠請提附該委託單位之同意書，並請於文章中加註說明。
3. 來稿請力求精簡，另請提供包括中文與英文摘要各一篇。中、英文摘要除扼要說明主旨、因應作為結果外，並請說明其主要貢獻。
4. 本刊稿件將送請委員評審建議，經查核通過後，即予刊登。
5. 來稿文責由作者自負，且不得侵害他人之著作權，如有涉及抄襲重製或任何侵權情形，悉由作者自負法律責任。
6. 文章定稿刊登前，將請作者先行校對後提送完整稿件及其電腦檔案乙份(請使用 Microsoft Word97 以上中文版軟體)，以利編輯作業。
7. 所有來稿(函)請逕寄「10041 臺北市中正區北平西路三號五樓，臺鐵資料編輯委員會」收。電話：02-23815226 轉 3338；傳真：02-23831367；E-mail：tr752895@msa.tra.gov.tw。

「臺鐵資料」撰寫格式

中文題目

(中文標題字型大小為 18 點字粗體，置中對齊，與前段距離 1.5 列，與後段距離 0.5 列，單行間距。)

TITLE

(英文標題字型大小為 16 點字粗體，置中對齊，與前後段距離 1 列，單行間距。)

中文姓名 English Name²

中文姓名 English Name³

聯絡地址

電話

電子信箱

摘要 (字型大小為 16 點字粗體，置中對齊，與前段距離 1 列，與後段距離 0.5 列，單行間距。)

摘要內容 (中文字型大小為 12 點字；英文字型大小為 12 點字斜體，左右縮排各 2 個字元，第一行縮排 2 個字元。與前、後段距離 0.5 列，左右對齊，單行間距。)

關鍵詞 (字型為中黑體為粗體 12 點字)：關鍵詞 (字型為中黑體 12 點字，關鍵詞 3 至 5 組。)

Abstract

Abstract

Keywords (*Times New Roman* 粗體): *Keyword* (關鍵詞字型為 *Times New Roman*，關鍵詞 3 至 5 組。)

標題 1 (字型為 16 點字粗體，與前、後段距離 1 列，置中對齊，單行間距，以國字數字編號【一、二】。)

內文 (字型大小為 12 點字。第一行縮排 2 個字元，與前、後段距離為 0.25 列，左右對齊，單行間距。文中數學公式，請依序予以編號如：(1)、(2)。)

標題 2 (字型為 14 點字粗體，與前、後段距離 1 列，左右對齊，單行間距，以數字編號【1.1、1.2】。)

內文 (字型大小為 12 點字，左右對齊，與前、後段距離為 3 點，單行間距。第一行

².中央大學土木系教授 (聯絡地址：320 桃園縣中壢市五權里 2 鄰中大路 300 號，電話：03-4227151，E-mail:author@cc.ncu.edu.tw)。

³.中央大學土木系碩士。

縮排 0.85 公分 (兩字)。文中數學公式，請依序予以編號如：(1)、(2)。

圖片標示：

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

標題 3 (字型為中黑體 12 點字**粗體**，與前、後段距離 0.75 列，左右對齊，單行間距，以數字編號 (1.1.1、1.1.2))

內文 (字型大小為 12 點字，左右對齊，與前、後段距離為 3 點，單行間距。第一行縮排 0.85 公分 (兩字)。文中數學公式，請依序予以編號如：(1)、(2)。

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

內文^[1] (引用資料，註明出處來源，以大引號標註參考文獻項次，字型大小為 12 點字，上標)

參考文獻

1. 王永剛、李楠 (2007)，「機組原因導致事故徵候的預測研究」，中國民航學院學報，第廿五卷第一期，頁25-28。
2. 交通部統計處 (2006)，民用航空國內客運概況分析，擷取日期：2007年7月27日，網站：
3. http://www.motc.gov.tw/ana/20061220173350_951220.wdl。
4. 交通部臺灣鐵路管理局 (2007)，工程品質管理手冊。
5. 汪進財 (2003)，我國航空保安發展策略之研究，交通部科技顧問室委託研究。
6. 林淑姬、黃櫻美 (2006)，關係資本之衡量與管理，收錄於智慧資本管理，鄭丁旺 (編)，頁249-271，臺北：華泰文化。
7. 洪怡君、劉祐興、周榮昌、邱靜淑 (2005)，「高速鐵路接駁運具選擇行為之研究—以臺中烏日站為例」，中華民國運輸學會第二十屆學術論文研討會光碟。
8. Duckham, M. and Worboys, M. (2007), Automated Geographical Information Fusion and Ontology Alignment, In Belussi, A. et al. (Eds.), Spatial Data on the Web: Modeling and Management, New York: Springer, pp. 109-132.
9. FHWA (2006), Safety Applications of Intelligent Transportation Systems in Europe and Japan, FHWA-PL-06-001, Federal Highway Administration, Department of Transportation, Washington, D.C.
10. Lan, L. W. and Huang, Y. S. (2005), "A Refined Parsimony Procedure to Investigating Nonlinear Traffic Dynamics," Proceedings, 10th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies, pp. 23-32.
11. Menendez, M. and Daganzo, C. F. (2007), "Effects of HOV Lanes on Freeway Bottlenecks," Transportation Research Part B, Vol. 41, No. 8, pp. 809-822.

刊 名：臺鐵資料

刊期頻率：季刊

出版機關：交通部臺灣鐵路管理局

機關地址：10041 臺北市中正區北平西路 3 號 5 樓

機關電話：(02)23899854

網 址：<http://www.railway.gov.tw>

編 者：臺鐵資料編輯委員會

出版日期：中華民國 98 年 09 月

創刊日期：中華民國 52 年 10 月

版 次：初版(電子全文同步登載於臺鐵網站)

定 價：新臺幣 200 元

展售門市：

(1) 國家書店松江門市

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

國家網路書店：<http://www.govbooks.com.tw>

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

地址：40042 臺中市區中山路 6 號 TEL：(04)22260330

GPN：2005200020

ISSN：1011-6850

著作財產權人：交通部臺灣鐵路管理局

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

中華郵政臺字第 1776 號登記第一類新聞紙類
行政院新聞局出版事業登記局版臺字第 1081 號

ISSN : 1011-6850



9 771011 685005

GPN : 2005200020

定價：新臺幣 200 元

臺鐵資料季刊 第三三九期 TAIWAN RAILWAY JOURNAL NO 339 中華民國 98 年 9 月出版