

ISSN 1011-6850

TAIWAN RAILWAY JOURNAL

TRJ 臺鐵資料

季刊

375

Dec.2020
Winter



交通部臺灣鐵路管理局

Taiwan Railways Administration, MOTC

目錄 Contents

臺鐵車站進出站設備服務量分析.....吳慧婷.洪靜茹 Analysis of Service Volume of the Inbound and Outbound Equipment of TRA Station.....Wu,Han-Ting. Hung,Ching-Ju	1
鋼軌防磨脂塗佈器減噪分析-以臺鐵高雄鳳山間噪音量測為例.....郭振銘.黃晟豪.林智強.曾惠文 An Analysis of Railway Noise Reduction by Rail Lubrication-A Case Study of Railway Noise Measurements at TRA's Kaohsiung-Fongshan Section.....Kuo,Chen-Ming. Huang,Cheng-Hao. Lin,Chih-Chiang. Tzu,Hui-Weng	31
嵌入式系統應用於軌道車輛之探討.....劉正彬 Study on The Application of Embedded System to Rail Vehicle.....Liu,Cheng-Pin	47
石碴軌道路堤段曲線外側軌框結構強化作為研究.....朱我帆.陳保先.楊欽全 A Study of Track Strengthen Measures on Embankment.....Chu,Wo-Fan. Chen,Pao-Hsien. Yang,Chin-Chuan	77
落實指認呼喚以維行車安全-臺日車長指認呼喚差異.....李兆平 Implement Pointing and Calling to Enhance Safety of Train Operation-The Difference of Pointing and Calling Between Taiwan and Japan Conductors.....Li,Zhao-Ping	93

臺鐵車站進出站設備服務量分析

Analysis of Service Volume of the Inbound and Outbound Equipment of TRA Station

吳慧婷 Wu, Han-Ting¹

洪靜茹 Hung, Ching-Ju²

聯絡地址：10041 臺北市北平西路 3 號

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

電話(Tel)：02-3815226#2357

電子信箱(E-mail)：0028050@railway.gov.tw

摘要

臺鐵 107 年旅客人數達 2 億 3 千萬人次，每日平均約 63.4 萬人次搭乘臺鐵，為高鐵(每日平均 17.5 萬人次)之 3.6 倍，惟本局車站人力常顯不足，故亟需自動化設備建置以補足人力之缺口，由於車站進出設備使用狀況及數量是否符合旅客需求攸關運輸服務品質，故適時掌握車站進出設備運用情形更顯重要。

本研究以統計方法之變異數分析(ANOVA)，探討各運務段車站之進出站設備服務量是否有顯著差異，主要結果如下：

整體進出站設備服務量檢定發現，臺北運務段之進出站設備服務量顯著高於其他運務段；西部之臺北運務段、臺中運務段及高雄運務段顯著高於東部之宜蘭運務段及花蓮運務段。

按等級別之進出站設備服務量檢定發現，三等站及簡易站之各運務段間設備服務量具有顯著不同，其中三等站之臺北運務段進出站設備服務量顯著高於臺中、高雄、宜蘭及花蓮運務段；臺中及高雄運務段顯著高於花蓮運務段；簡易站之臺北、臺中及高雄運務段進出站設

¹臺鐵局 主計室 科長

²臺鐵局 主計室 視察

備服務量顯著高於花蓮運務段。而二等以上車站之各運務段間設備服務量均不顯著。

關鍵字：臺鐵客運量、進出站設備服務量、運務段、單因子變異數分析、均等平均數檢定。

Abstract

The number of Taiwan Railways passengers in 2018 reached 230 million, with an average of about 634,000 passengers boarding the TRA each day, which is 3.6 times the number of Taiwan High Speed Rail (average of 175,000 daily passengers). The station manpower of TRA is often inadequate. Therefore, automation equipment is urgently needed to make up for the manpower gap. As the use and quantity of station access equipment meets the needs of passengers and is related to the quality of transportation services, it is more important to grasp the use of station access equipment in a timely manner.

This study uses statistical method analysis of variance (ANOVA) to explore whether there is a significant difference in the service volume of inbound and outbound equipment at stations in each transportation section. The main results are as follows:

The overall inspection of inbound and outbound equipment services found that the inbound and outbound equipment services in Taipei transportation section were significantly higher than those in other transportation sections; the Taipei, Taichung, and Kaohsiung Transportation Sections in the west were significantly higher than the Yilan and Hualien Transportation Sections in the east.

The inspection of the equipment service volume of the inbound and outbound equipment according to the same level found that the equipment service volume of the Third Class Station and the Simple Station is significantly different. The service volume of the inbound and outbound

equipment of the Third Class Station in Taipei Transportation Section is significantly higher than that of Taichung, Kaohsiung, Yilan, and Hualien Transportation Sections; the Taichung and Kaohsiung Transportation Sections are significantly higher than the Hualien Transportation Section; the Taipei, Taichung, and Kaohsiung Transportation Sections of the Simple Station have a significantly higher service volume than the Hualien Transportation Section. And the service volume of equipment between the Second Class Station and above stations is not significant.

Keywords :*Traffic Volume of TRA, Service Volume of the Inbound and Outbound Equipment, Transportation Section, Analysis of Variance (ANOVA), Tests of Equality of Means.*

一、前言

面臨運輸市場日益求新，各運具間彼此競爭且合作之關係，臺鐵除肩負東部疏運責任，西部路廊還得面對高鐵及公路客運等運具競爭之挑戰，為永續經營發展，提升車站旅運服務更是刻不容緩。

臺鐵 107 年旅客人數達 2 億 3 千萬人次，每日平均約 63.4 萬人次搭乘臺鐵，為高鐵(每日平均 17.5 萬人次)之 3.6 倍，惟本局車站人力常顯不足，故亟需自動化設備建置以補足人力之缺口，由於車站進出設備使用狀況及數量是否符合旅客需求攸關運輸服務品質，另當自動驗票閘門設備突然故障時將造成旅客進(出)口處阻塞，為疏解搭車人潮勢必開放人工通道(剪票口)，若人工通道無備援設備感應電子票證刷卡，則將發生無票進站及車上補票情形，恐增加補票引起糾紛之事件，故適時掌握車站進出設備運用情形更顯重要。本研究特針對本局車站人力配置、進出站設備、整體客運人數、重要站間客運人數、電子票證客運人數及車站設備服務量等資料進行統計分析。

本篇再輔以統計方法之變異數分析(ANOVA)，運用科學化數字以利客觀檢視未來業務措施之規劃，即探討各運務段車站之進出站設備服務量是否有顯著差異，進而找出差異較大之運務段別，俾利本局業務單位作為未來車站之進出站設備配置規劃參酌，達到強化統計支援決策之功能。

二、研究資料、方法與步驟

2.1 背景資料

本研究分析係以臺鐵局全線簡易站以上等級車站為研究對象，而研究資料來源係根據 107 年「臺鐵車站旅運服務概況調查表」之資料、臺灣鐵路統計年報及臺鐵局內部公務資料。鑑於前述之相關調查最近一次舉辦為 98 年，迄今約 10 年無再辦理，其時空背景已大幅變動，再因本局為提升服務品質及票務管理，107 年又完成臺中與高雄地區計 12 新增車站之票務設備自動化建置，故截至 107 年底站別硬體設備數量已與往年大相逕庭，亟需蒐集 107 年各站主要設備及旅次相關資料進行剖析，以發揮統計支援決策功能。

臺鐵車站等級之查定標準係根據各站業務量及其他等因素分別評分，按總得分數核定等級，計分特等站、一等站、二等站、三等站、簡易站及招呼站，惟特等站是由本局所屬分支機構組織通則明定者。由於三等站之枋野站及花蓮港站均不辦理客運，而招呼站雖有列車停靠但未派站員，且因該等車站(107 年底計 47 站)旅客人數極少，合計僅占總客運人數 1%，故本研究暫不將上述車站納入探討。

2.2 研究方法

2.2.1 敘述統計(Descriptive Statistics)

敘述統計即利用統計的程序，將資料進行計算、排序，以獲得一個統計量數，本研究使用敘述統計量數的包括：

1. 次數分配(frequency distribution)：包括長條圖、橫條圖、折線圖、環圈圖、箱型圖等。
2. 集中量數(measure of central tendency)：包括平均數、中位數等。

2.2.2 推論統計(Inferential Statistics)

2.2.2.1 單因子變異數分析

(1)統計模型

變異數分析主要為探討應變數與自變數的關係，當自變項因子類別大於或等於三個的情況下，檢定其各類別間平均數是否相等的統計模式。其總變量亦可分成三部分，即式中總變異=組間變異+組內變異

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.})^2$$

(2)檢定方法

H_0 ：自變數間之應變數無顯著差異

H_1 ：自變數間之應變數有顯著差異

(3)決策

檢定統計量： $F^* = \frac{MSTR}{MSE} \sim F(k-1, n-k)$ ，設顯著水準為 α ，當 $F^* > F_{1-\alpha}(k-1, n-k)$ ，拒絕虛無假設，即有顯著證據顯示自變數間之應變數有顯著差異。

(4)事後多重比較

變異數分析的結果若是顯著，僅能告訴我們自變數之不同處理間對應變數的反應有顯著差異，但無法告訴我們差異發生在哪些處理之間，此時須針對各處理進行多重比較。本研究採用 Scheffe's 法來分析已知有顯著差異因子的差異來源。

2.2.2.2 均等平均數檢定分析

當變異數不同質時，則不宜採用變異數分析模型，改以「均等平均數的 Robust 檢定」之 Welch 統計量進行檢定。

均等平均數的 Robust 檢定，檢定各運務段間平均數，是否相等：

$$\begin{cases} H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n \\ H_1 : \mu_i \neq \mu_j, \forall i, j=1,2,3\dots n \end{cases}$$

$$\text{Welch 檢定統計量} : F_{\text{welch}}^* = \frac{SSTR_{\text{welch}}/(r-1)}{1 + \frac{2\Lambda(r-2)}{3}} \sim F_{r-1,1/\Lambda}$$

$$\Lambda = \frac{3 \sum_{i=1}^r \frac{(1 - \frac{w_i}{\sum_{i=1}^r w_i})^2}{n_i - 1}}{r^2 - 1}$$

結果若是不顯著，表示各組間之平均值無顯著差異，亦無需再做事後比較；然若 Welch 統計量顯著，則可以 Games-Howell 法進行事後比較。

2.2.2.3 變數設定

- (1)自變數：各運務段別。
- (2)應變數：各車站進站及出站設備負擔量。

2.3 研究步驟

本研究在確定研究動機與目的後，利用敘述統計及推論統計之均等平均數檢定、單因子變異數方法分析。主要先瞭解敘述統計中資料之次數分配及集中量數程度，再進一步探討各等級車站在各運務段別之員工及設備負擔量是否有顯著差異，並對發生顯著差異之各運務段間作一分析比較。

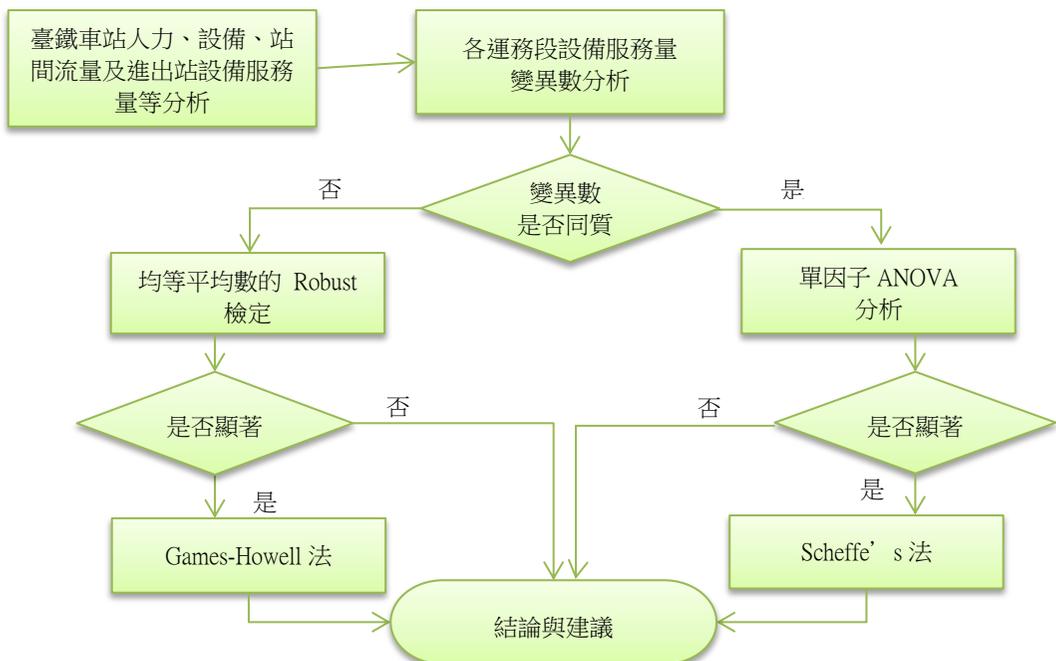


圖1 研究步驟流程圖

三、實證分析

3.1 車站人力配置與進出站設備情形

臺鐵 107 年底全線車站數 241 站中計特等站 4 站，一等站 28 站，占 11.6%，二等站 24 站，占 10.0%，三等站 74 站為最多，占 30.7%，簡易站 64 站(26.6%)次之，招呼站 47 站(19.5%)再次之，三等以下車站共計 185 站，占所有車站數 7 成 7。

依各運務段管轄車站數觀察，高雄運務段轄下共計 64 站最多，占 26.6%，其次是臺中運務段 53 站，占 22.0%；等級別分，一等站以臺北運務段管轄 10 站最多、高雄運務段管轄 8 站次之，二等站以高雄運務段管轄 7 站最多、臺中運務段管轄 6 站次之，各段管轄站數差異不大，三等站以花蓮運務段管轄 27 站最多，占三等站數 36.5%，與各段管轄站數明顯落差。

表1 各運務段管轄車站數

等級別	107 年底												單位：站；%	
	總計		臺北 運務段		臺中 運務段		高雄 運務段		宜蘭 運務段		花蓮 運務段			
		占比		占比		占比		占比		占比		占比		
總計	241	100.0	45	18.7	53	22.0	64	26.6	39	16.2	40	16.6		
特等站	4	100.0	1	25.0	1	25.0	1	25.0	-	-	1	25.0		
一等站	28	100.0	10	35.7	5	17.9	8	28.6	3	10.7	2	7.1		
二等站	24	100.0	4	16.7	6	25.0	7	29.2	5	20.8	2	8.3		
三等站	74	100.0	8	10.8	14	18.9	15	20.3	10	13.5	27	36.5		
簡易站	64	100.0	16	25.0	16	25.0	22	34.4	7	10.9	3	4.7		
招呼站	47	100.0	6	12.8	11	23.4	11	23.4	14	29.8	5	10.6		

3.1.1 車站人力配置

臺鐵各站人力配置，因受限於各站經營規模場地大小不一、設施標準不同、環境因素不同及客運及貨運站業務性質互異，依其業務量之多寡，作機動性的調節與運用。107 年底各車站員工人數計 3,549 人，以各運務段別觀察，臺北運務段轄下車站員工共計 1,192 人為最多，占 33.6%；高雄運務段車站員工 892 人次之，占 25.1%；而宜蘭運務段由於轄下招呼站多，且無特等站，故相較於

其他運務段員工人數最少，共 326 人，占 9.2%。(註：本節資料來源為人事薪工系統，另各運務段員工數只列計管轄車站之員工數，不包含段本部及車班組)。

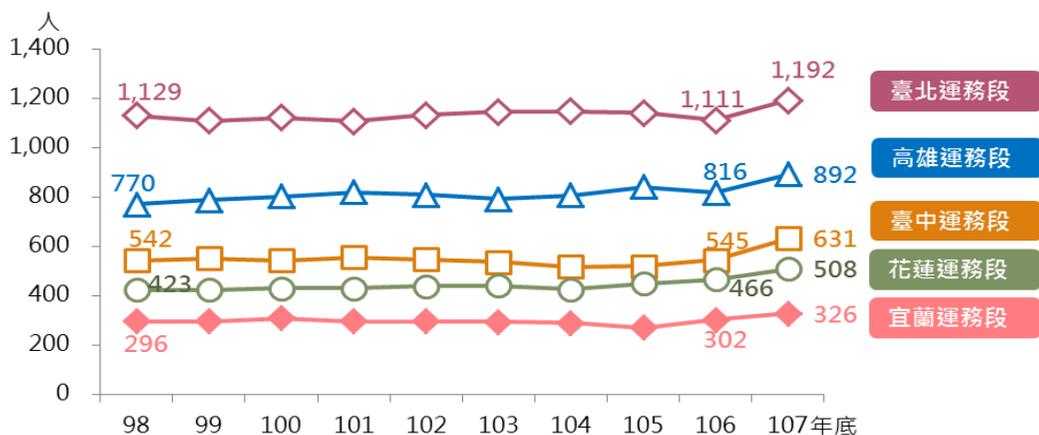


圖2 臺鐵近10年車站員工數概況

3.1.2 車站進出站設備

107 年臺鐵自動驗票閘門部分，特等站皆設有自動驗票閘門，一等站有 24 站(85.7%)設有自動驗票閘門，僅潮州站、玉里站、瑞芳站及蘇澳新站等 4 站未設有自動驗票閘門。二等站有 14 站(58.3%)設有自動驗票閘門，三等站及簡易站皆以多功能驗票機進出站為主，各僅約 2 成車站設有自動驗票閘門。另簡易站以上除浮洲站及千甲站僅設自動驗票閘門進出外，其餘各站皆設有立桿式多功能驗票機。

依各運務段別觀察，設有自動驗票閘門站數主要以臺北運務段最多，共 32 站，占 82.1%設有閘門，臺中及高雄運務段分別為 17 站及 14 站設有閘門，宜蘭及花蓮運務段車站更少，僅 4 及 2 站設有閘門。

表2 臺鐵107年底各等級別車站進出設備情形

項目別	特等站	一等站	二等站	三等站	簡易站
車站數	4	28	24	72	64
設有自動驗票閘門站數	4	24	14	14	13
有立桿式多功能驗票機站數	4	28	24	72	62

註：簡易站浮洲站及千甲站無立桿式驗票機。

3.2 臺鐵車站及站間客運量情形

3.2.1 整體客運量

107 年客運人數 2 億 3,127 萬人次，每日平均 63.4 萬人次，較上年 63.8 萬人次略減 0.7%，主要因花蓮地震、蘇花改蘇澳至東澳段通車致部分旅客以其他運具取代、觀光旅遊乘客減少等多重因素所致。以近 5 年觀察，103 年因來臺觀光客增加、持續推動捷運化、擴大電子票證使用範圍、普悠瑪及 EMU800 型列車加入營運等，為近年新高，每日平均約 63.8 萬人次。

按運務段別觀之，以臺北運務段車站之上車人數最多，計 1 億 1,100 萬人次(占 48.0%)；高雄運務段次之，計 5,417 萬人次(占 23.4%)；臺中運務段排名第 3，計 4,344 萬人次(占 18.8%)；宜蘭運務段排名第 4，計 1,169 萬人次(占 5.1%)，花蓮運務段最少，計 1,097 萬人次(占 4.7%)。

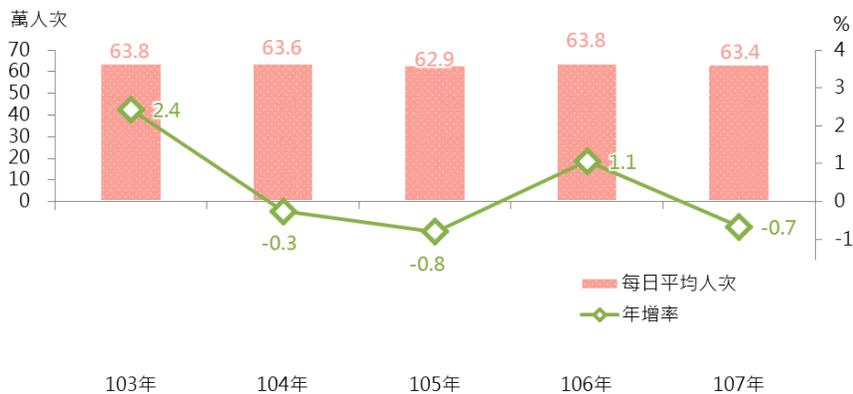


圖 3 臺鐵近年每日平均客運人數情形

3.2.2 客運人數前 10 名車站

107 年客運人數前 10 名車站，即有 7 個隸屬於臺北運務段，其中以臺北站排名第 1，計 2,218.6 萬人次上車、2,189.2 萬人次下車，每日平均各逾 6 萬人次上、下車；第 2 至 3 名為桃園站及中壢站，每日平均各逾 2.7 萬人上、下車；第 4 至第 5 名分別為臺南站及臺中站，每日平均超過 2.6 萬人次上、下車。

表 3 臺鐵 107 年客運人數前 10 名車站

排名	站名	運務段別	等級別	106 年上車人數		107 年上車人數		107 年較 106 年增加率(%)
				(萬人次)	平均每日(人次)	(萬人次)	平均每日(人次)	
1	臺北	臺北	特等站	2,312.5	63,357	2,218.6	60,783	-4.1
2	桃園	臺北	一等站	1,034.4	28,341	1,013.3	27,763	-2.0
3	中壢	臺北	一等站	1,007.1	27,592	981.7	26,896	-2.5
4	臺南	高雄	一等站	974.4	26,695	962.9	26,381	-1.2
5	臺中	臺中	特等站	975.4	26,723	949.1	26,003	-2.7
6	板橋	臺北	一等站	788.1	21,592	783.1	21,455	-0.6
7	新竹	臺北	一等站	745.0	20,411	735.5	20,150	-1.3
8	高雄	高雄	特等站	707.9	19,394	670.9	18,380	-5.2
9	松山	臺北	一等站	600.1	16,442	593.1	16,248	-1.2
10	樹林	臺北	一等站	566.5	15,519	549.4	15,052	-3.0

3.2.3 臺鐵北、中及南區站間熱區圖

基隆市、臺北市、新北市、桃園市及新竹縣市均屬於北部地區之生活圈，觀察北部地區站間熱區圖，以臺北⇌桃園搭乘人次最高，雙向 107 年高達 5 百萬人次，其次為臺北⇌樹林之 4 百萬人次，臺北⇌中壢、桃園⇌中壢再次之，全年超過 370 萬人次，另臺北⇌汐止、臺北⇌汐科及桃園⇌板橋，皆為全年超過 220 萬人次之熱門區間。

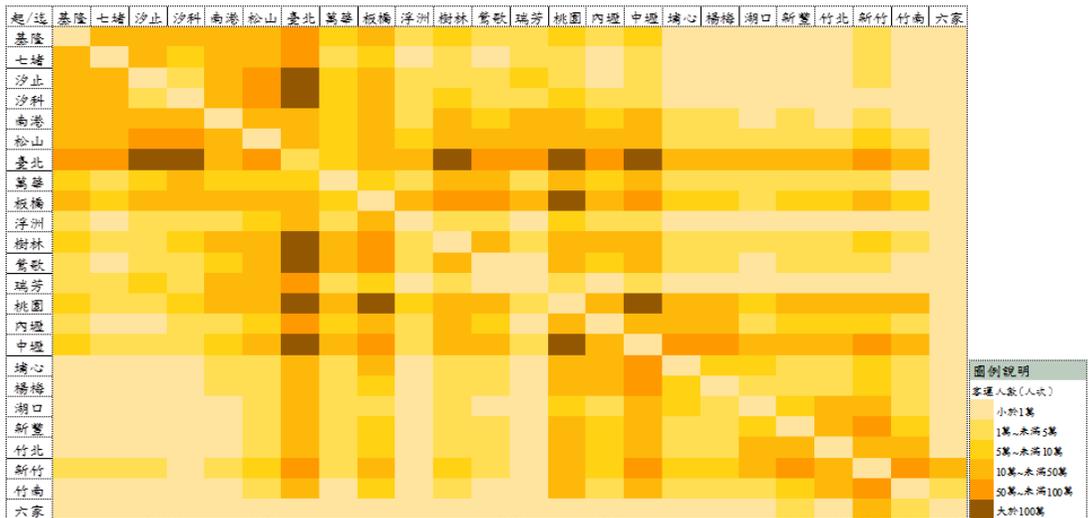


圖 4 臺鐵 107 年北部地區站間熱區圖

苗栗縣、臺中市、彰化縣、雲林縣、嘉義縣及嘉義市均屬於中部地區，觀察中部地區站間熱區圖，以臺中⇌彰化搭乘人次最高，雙向 107 年超過 260 萬人次，其次為臺中⇌豐原近 200 萬人次，臺中⇌新烏日及員林⇌彰化再次之，全年約 120 萬餘人次，另臺中⇌員林為百萬人次之熱門區間。

臺南市、高雄市及屏東縣均屬於南部地區，觀察南部地區站間熱區圖，以臺南⇌高雄搭乘人次最高，雙向 107 年超過 310 萬人次，其次為高雄⇌屏東 260 萬人次，臺南⇌新左營再次之，全年約 170 萬餘人次，另臺南⇌新營及新左營⇌屏東為百萬人次之熱門區間。

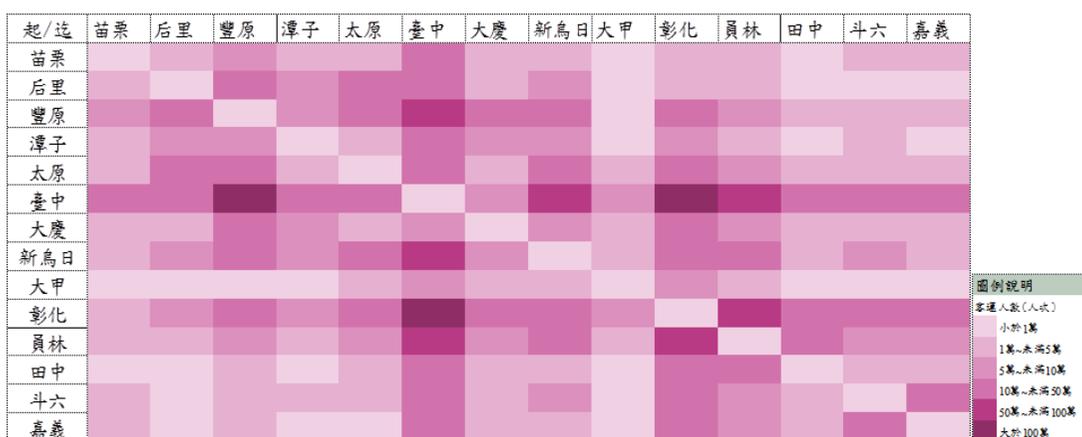


圖 5 臺鐵 107 年中部地區站間熱區圖

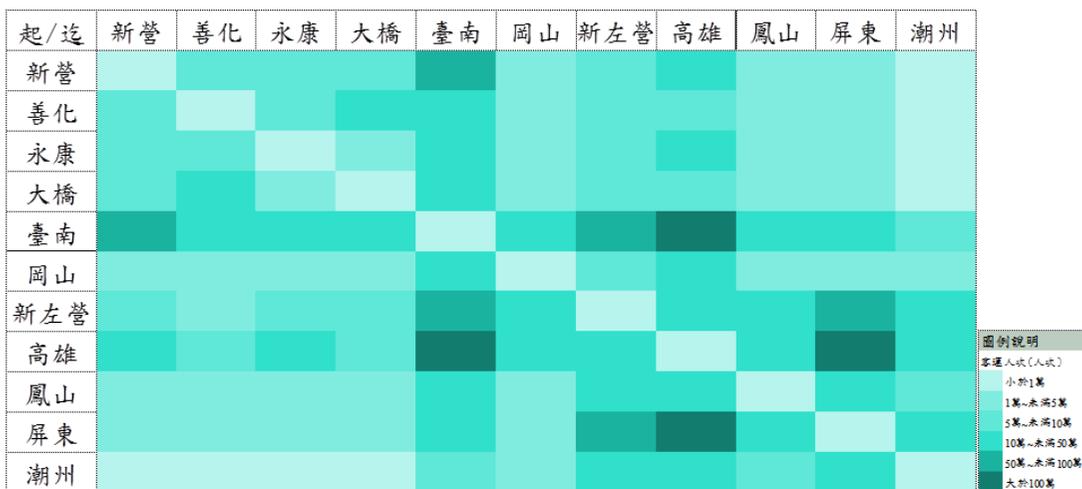


圖 6 臺鐵 107 年南部地區站間熱區圖

3.3 臺鐵電子票證客運人數分析

3.3.1 各站電子票證人數情形

本節討論之 107 年電子票證人數係以持悠遊卡、icash、一卡通及 happycash 等票證搭乘臺鐵進出站之統計。

以排名觀察，持電子票證客運人數前 10 名車站與整體前 10 名車站均相同，僅排名順序略有改變。其中板橋站、松山站及樹林站為電子票證客運人數排名之第 4、第 7 及第 9 名，較整體客運人數排名較為前進，係因板橋站、松山站及樹林站之旅客持電子票證比率(均逾 7 成)相較於臺中站、臺南站、新竹站及高雄站為高。另持電子票證上車人數部分，臺北站排名第 1，107 年每日平均約 4.1 萬人次上車；第 2 至 5 名分別為桃園站、中壢站、板橋站及臺中站。

表 4 臺鐵近 2 年電子票證前 10 名車站

排名	站名	等級別	106 年上車人數		107 年上車人數		107 年較 106 年增 減率(%)
			(萬人次)	平均每日 (人次)	(萬人次)	平均每日 (人次)	
1	臺北	特等站	1,509.2	41,348	1,497.3	41,023	-0.8
2	桃園	一等站	725.0	19,862	741.5	20,316	2.3
3	中壢	一等站	700.4	19,188	717.5	19,658	2.4
4	板橋	一等站	558.0	15,287	563.2	15,431	0.9
5	臺中	特等站	517.8	14,185	548.1	15,015	5.9
6	臺南	一等站	511.9	14,024	544.2	14,909	6.3
7	松山	一等站	467.9	12,820	469.6	12,866	0.4
8	新竹	一等站	431.8	11,830	458.0	12,548	6.1
9	樹林	一等站	427.1	11,703	426.2	11,678	-0.2
10	高雄	特等站	340.7	9,335	351.2	9,621	3.1

3.3.2 電子票證重要站間人數情形

107 年臺鐵車站持電子票證上車人數計 1 億 5,005 萬人次，按前 10 名站間觀之，以臺北→桃園 198.9 萬人次，每日平均 5,448 人次居冠，第 2 名為桃園→臺北 190.7 萬人次，每日平均 5,225 人次，第 3 名為臺北→樹林 185.8 萬人次，每日平均 5,091 人次，前 10 名持電子票證搭乘站間均為臺北桃園地區。

表 5 臺鐵近 2 年持電子票證重要站間人數情形

排名	起站	迄站	運程別	106 年客運人數 (萬人次)	107 年客運人數 (萬人次)	107 年較 106 年增減率(%)
1	臺北	桃園	短	205.5	198.9	-3.3
2	桃園	臺北	短	193.6	190.7	-1.5
3	臺北	樹林	短	191.6	185.8	-3.0
4	樹林	臺北	短	186.4	179.8	-3.5
5	中壢	桃園	短	156.7	156.5	-0.1
6	桃園	中壢	短	150.2	152.8	1.7
7	臺北	中壢	短	150.6	147.2	-2.3
8	中壢	臺北	短	146.3	143.8	-1.7
9	臺北	汐止	短	118.2	118.7	0.4
10	汐止	臺北	短	112.6	112.1	-0.4

3.3.3 北、中及南區電子票證站間熱區圖

觀察北部地區之電子票證站間熱區圖，以臺北⇌桃園搭乘人次最高，雙向 107 年達 390 萬人次搭乘，其次為臺北⇌樹林之 360 萬人次，桃園⇌中壢再次之，全年超過 300 萬人次，另臺北⇌中壢、臺北⇌汐止及臺北⇌汐科，皆為全年超過 200 萬人次之熱門區間。

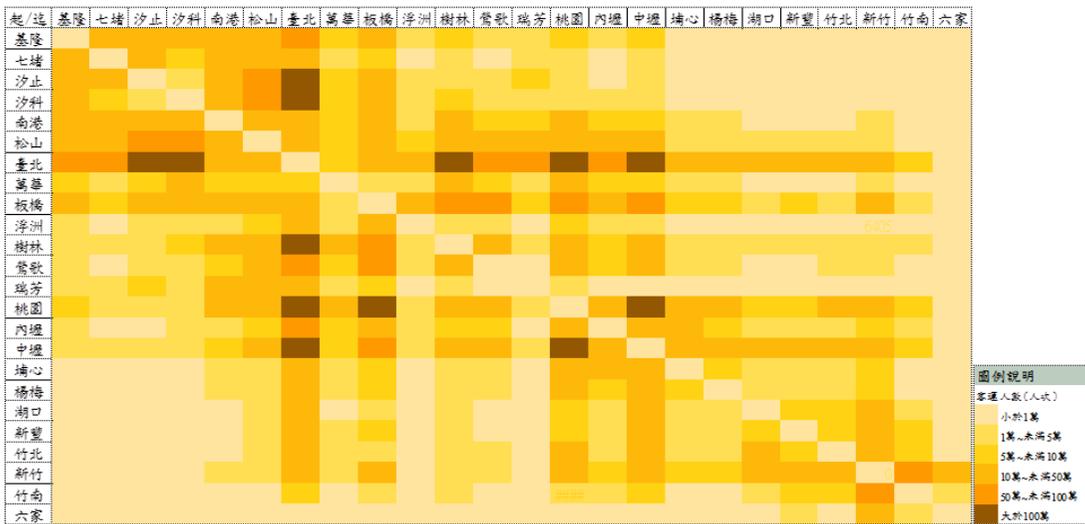


圖 7 臺鐵 107 年北部地區之電子票證站間熱區圖

觀察中部地區之電子票證站間熱區圖，以臺中⇌彰化搭乘人次最高，雙向 107 年達 200 萬人次，其次為臺中⇌豐原之 160 萬人次，員林⇌彰化再次之，

全年超過百萬人次，另臺中⇌新烏日亦為近百萬人次之熱門區間。

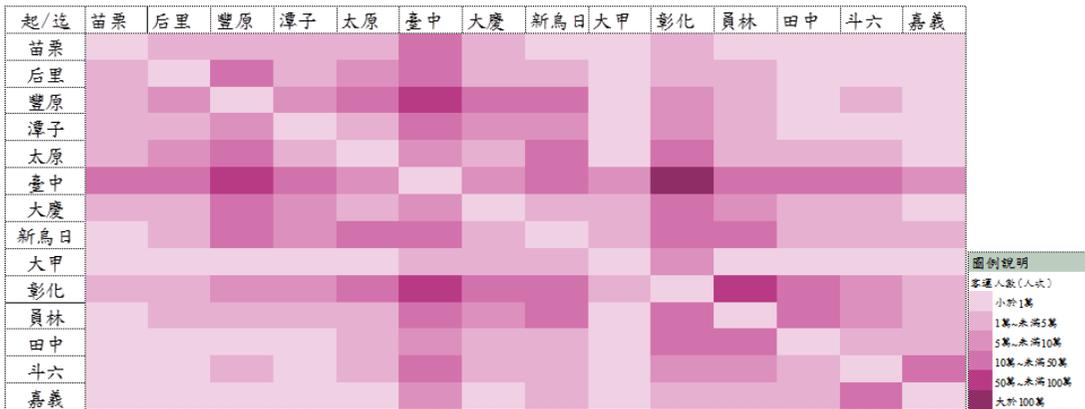


圖 8 臺鐵 107 年中部地區之電子票證站間熱區圖

觀察南部地區之電子票證站間熱區圖，以高雄⇌屏東搭乘人次最高，雙向 107 年達 200 萬人次，其次為臺南⇌高雄之 160 萬人次，臺南⇌新左營再次之，全年超過百萬人次。

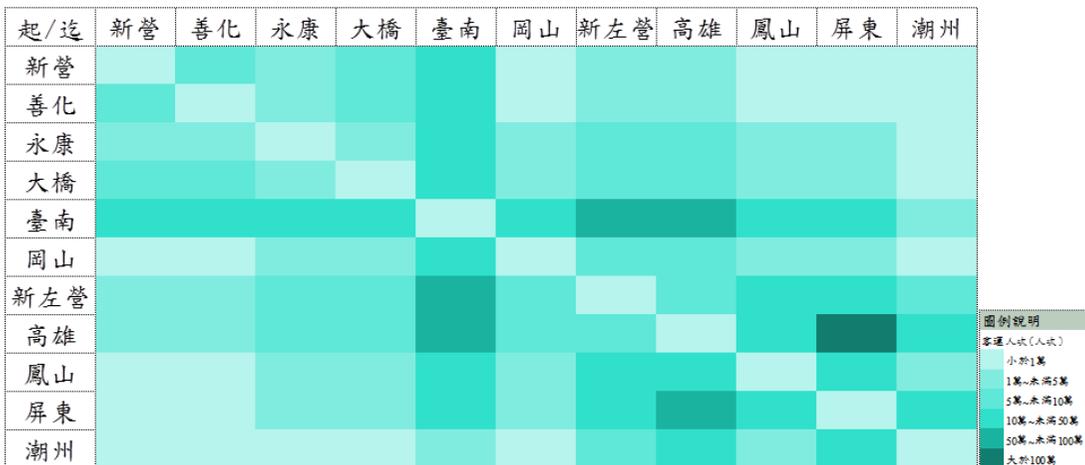


圖 9 臺鐵 107 年南部地區之電子票證站間熱區圖

3.3.4 各站持電子票證比率情形

3.3.4.1 各運務段別情形

107 年以臺北運務段之車站 76.1% 為最高，其次為臺中運務段之車站 63.2%，高雄運務段之車站 58.4% 居第 3 名，宜蘭運務段之車站 48.7%，而花蓮運務段

轄下之車站旅客持電子票證搭乘者僅 7.5% 為最少。

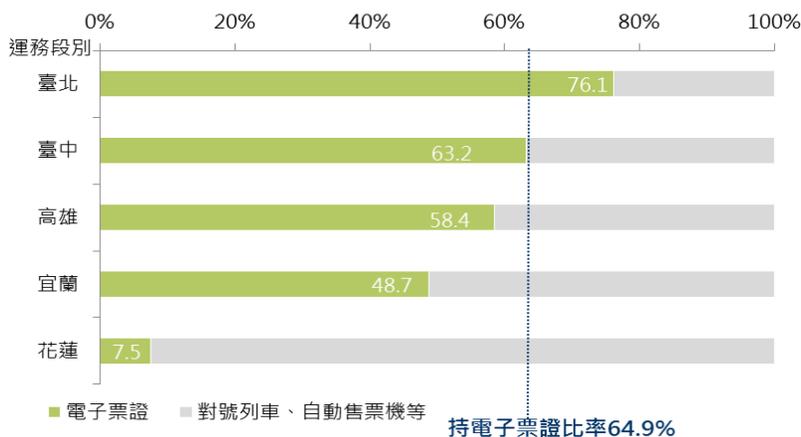


圖 10 臺鐵 107 年各運務段車站持電子票證上車比率情形

3.3.4.2 各車站比率排名

本節係以電子票證上車人數/該站整體上車人數*100 得之比率加以排序討論，僅分析全年上車 50 萬人次以上之車站計 77 站，其上車人數總計為 2 億 905 萬人次，已約占整體臺鐵上車人數 9 成。

持電子票證比率排名第 1 名為汐科站，107 年有 297.9 萬人持電子票證上車，全年上車總人次為 316.9 萬人次，其持電子票證上車比率高達 94.0%，第 2 名為五堵站持電子票證上車比率為 91.0%，第 3 名為浮洲站 90.9%，第 4 名為百福站 90.7%，第 5 名為汐止站 89.7%。

表 6 臺鐵 107 年持電子票證上車比率前 10 名車站

排名	站名	運務段	等級	電子票證上車人數(萬人次)	整體上車人數(萬人次)	持電子票證比率(%)
1	汐科	臺北	簡易站	297.9	316.9	94.0
2	五堵	臺北	簡易站	61.9	68.0	91.0
3	浮洲	臺北	簡易站	92.9	102.2	90.9
4	百福	臺北	簡易站	82.9	91.4	90.7
5	汐止	臺北	二等站	320.5	357.2	89.7
6	南港	臺北	一等站	319.9	363.9	87.9
7	內壢	臺北	三等站	280.2	321.3	87.2
8	鶯歌	臺北	二等站	265.4	309.0	85.9
9	北新竹	臺北	簡易站	60.7	72.2	84.1
10	山佳	臺北	三等站	49.0	58.4	83.9

3.3.5 北、中及南區持電子票證比率之站間熱區圖

觀察北部地區持電子票證比率之站間熱區圖，其中以汐科站為起站(如汐科→基隆、汐止、南港、松山、臺北、萬華、板橋、浮洲、中壢、竹南及六家等)多數站間持電子票證搭乘比率高達 9 成以上，又北部地區持電子票證比率較中、南部為高。北部地區主要站間持電子票證比率以 8 成以上最多，其次為 6-8 成。

中部地區持電子票證比率之站間熱區圖，其中僅大甲→苗栗持電子票證搭乘比率達 9 成，臺中⇔豐原、彰化⇔員林、新烏日→大慶、彰化→新烏日、苗栗→大甲等站間持電子票證比率為 8 成以上，其餘站間持電子票證比率以 6-8 成居多。南部地區持電子票證比率之站間熱區圖，其中僅新左營⇔大橋持電子票證搭乘比率達 8 成，南部地區主要站間持電子票證比率以 6-8 成居多，部分站間持電子票證比率為 4-6 成。

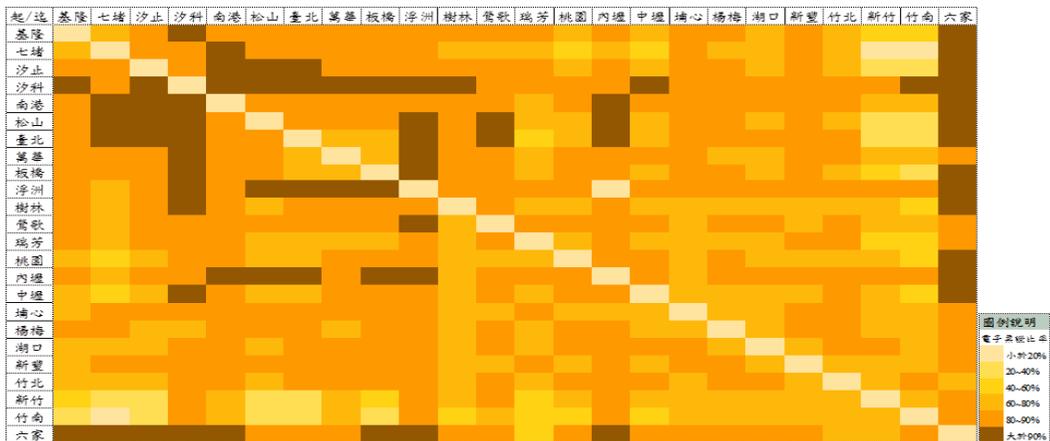


圖 11 臺鐵 107 年北部地區持電子票證比率之站間熱區圖

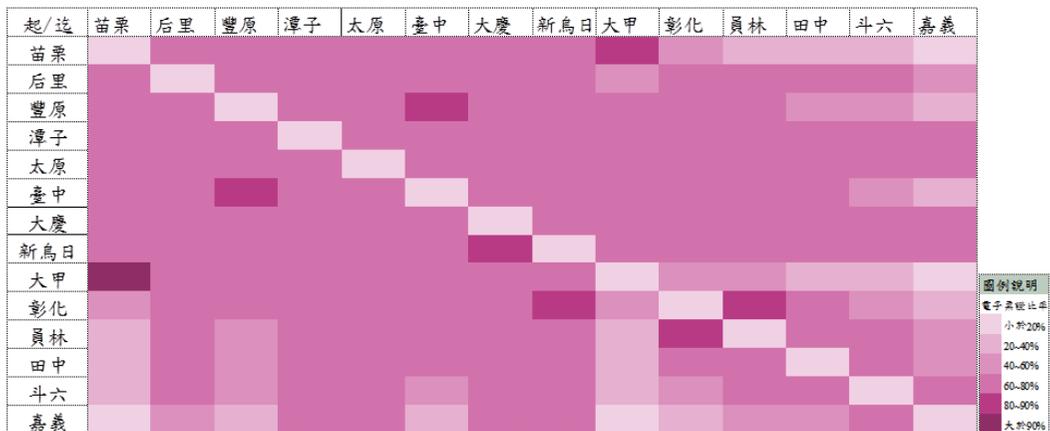


圖 12 臺鐵 107 年中部地區持電子票證比率之站間熱區圖

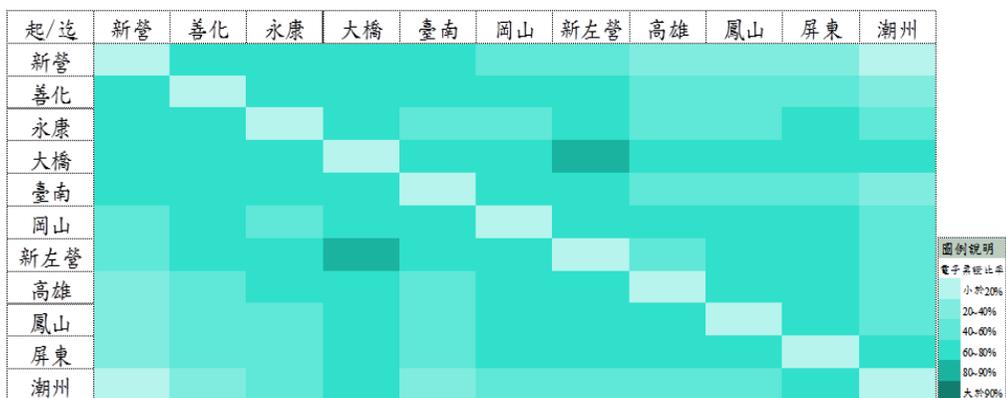


圖 13 臺鐵 107 年南部地區持電子票證比率之站間熱區圖

3.4 車站人力負荷量與進出站設備服務量分析

3.4.1 車站人力負荷量

107 年臺鐵旅客每日平均上下車人數計 126.7 萬人次，員工人數為扣除不辦理客運之花蓮港站及枋野站後共計 3,533 人，每員工每日平均服務旅客人次計 359 人。以各運務段別觀察，臺北運務段每員工每日平均服務旅客 510 人次為最多，其次為臺中運務段 378 人次，再依序為高雄運務段 332 人次，宜蘭運務段 204 人次，花蓮運務段 119 人次。與上年比較，由於臺鐵持續補充人力，降低員工負荷量以提升服務品質，107 年每員工每日平均服務旅客人數較上年減少 9.3%。

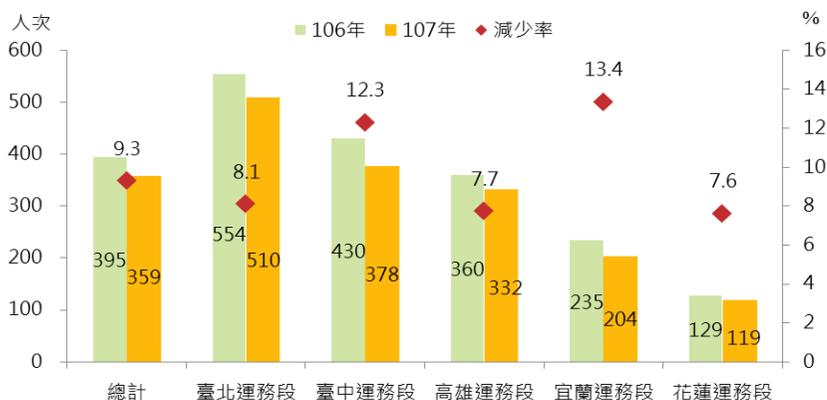


圖 14 臺鐵近 2 年各運務段別車站員工每日平均服務旅客情形

3.4.2 車站進出設備服務量

107 年臺鐵旅客數扣除人工通道進出人數後每日平均上、下車人數分別為 59.4 萬、59.3 萬人次，進站設備計 480 座、出站設備計 538 座，由於多數車站皆以出站設備較進站設備為多，故每進站設備每日平均服務旅客量為 1,237 人次，相對於出站設備每日服務量 1,102 人次則高出 135 人次(以下計算均不含人工通道及招呼站人數)。

以各運務段別觀察，臺北運務段車站每進、出站設備每日平均服務量分別為 1,930 人次、1,604 人次最多，其次為臺中運務段車站之 1,264 人次、1,108 人次，再次依序高雄運務段車站 1,015 人次、929 人次，宜蘭運務段車站 490 人次、519 人次，花蓮運務段車站 488 人次、434 人次。

表 7 臺鐵 107 年各運務段別車站進出設備服務量情形

運務段別	每日平均客運量(人次)		進出設備數(座)		每設備每日服務量(人次)	
	上車人數	下車人數	進站	出站	進站	出站
總計	593,621	593,023	480	538	1,237	1,102
臺北運務段	295,340	295,176	153	184	1,930	1,604
臺中運務段	109,957	109,681	87	99	1,264	1,108
高雄運務段	136,982	136,571	135	147	1,015	929
宜蘭運務段	26,949	29,037	55	56	490	519
花蓮運務段	24,393	22,558	50	52	488	434

按各運務段前 10 名進出設備服務量車站觀察，臺北運務段各車站中，以桃園站每進、出站設備每日平均服務量分別為 5,415 人次、3,939 人次最多，其次為中壢站之 3,288 人次、2,966 人次，新竹站排名第 3，分別為 3,220 人次、2,144 人次，臺北站居第 4，分別為 3,172 人次、2,181 人次，新豐站居第 5，分別為 2,660、2,664 人次，前 10 名車站之進站設備服務量每日皆達 2,100 人次，出站則逾 1,400 人次。

表 8 臺鐵 107 年臺北運務段前 10 名進出設備服務量車站

運務段別	等級別	進出設備數 (座)		每設備每日服務量 (人次)		每設備服務量 整體排名	
		進站	出站	進站	出站	進站	出站
臺北運務段		153	184	1,930	1,604		
桃園	一等站	5	7	5,415	3,939	1	1
中壢	一等站	8	9	3,288	2,966	4	2
新竹	一等站	6	9	3,220	2,144	5	8
臺北	特等站	18	26	3,172	2,181	6	7
新豐	三等站	2	2	2,660	2,664	10	4
楊梅	三等站	2	3	2,605	1,656	12	18
樹林	一等站	6	8	2,450	1,856	13	14
汐止	二等站	4	6	2,434	1,654	14	19
內壢	三等站	4	6	2,200	1,453	17	29
汐科	簡易站	4	4	2,166	2,233	18	6

臺中運務段各車站中，以彰化站每進、出站設備每日平均服務量分別為 4,689 人次、2,887 人次最多，其次為太原站之 3,556 人次、1,754 人次，臺中站排名第 3，分別為 2,682 人次、2,022 人次，員林站居第 4，分別為 2,668 人次、1,986 人次，豐原站居第 5，分別為 2,639、2,060 人次，前 10 名車站之進站設備服務量每日皆達 1,300 人次，出站則逾 1,100 人次。

表 9 臺鐵 107 年臺中運務段前 10 名進出設備服務量車站

運務段別	等級別	進出設備數 (座)		每設備每日服務量 (人次)		每設備服務量 整體排名	
		進站	出站	進站	出站	進站	出站
臺中運務段		87	99	1,264	1,108		
彰化	一等站	3	5	4,689	2,887	2	3
太原	簡易站	1	2	3,556	1,754	3	16
臺中	特等站	9	12	2,682	2,022	8	11
員林	一等站	3	4	2,668	1,986	9	12
豐原	一等站	3	4	2,639	2,060	11	10
新烏日	二等站	3	4	2,329	1,590	16	24
竹南	一等站	4	5	1,928	1,540	23	25
潭子	三等站	2	2	1,501	1,453	31	28
苗栗	一等站	4	5	1,439	1,118	33	43
大慶	簡易站	2	2	1,357	1,325	38	32

高雄運務段各車站中，以臺南站每進、出站設備每日平均服務量分別為 3,084 人次、2,537 人次最多，其次為屏東站之 2,431 人次、1,632 人次，高雄站

排名第 3，分別為 2,133 人次、1,897 人次，前 10 名車站之進站設備服務量每日皆達 1,100 人次，出站則逾 850 人次。

表 10 臺鐵 107 年高雄運務段前 10 名進出設備服務量車站

運務段別	等級別	進出設備數 (座)		每設備每日服務量 (人次)		每設備服務量 整體排名	
		進站	出站	進站	出站	進站	出站
高雄運務段		135	147	1,015	929		
臺南	一等站	8	10	3,084	2,537	7	5
屏東	一等站	4	6	2,431	1,632	15	22
高雄	特等站	8	9	2,133	1,897	19	13
潮州	一等站	2	2	1,633	1,633	27	21
善化	二等站	2	2	1,614	1,613	28	23
鳳山	二等站	3	3	1,554	1,492	30	27
永康	二等站	2	2	1,494	1,498	32	26
嘉義	一等站	7	9	1,404	1,085	36	45
新市	三等站	2	2	1,249	1,229	42	41
斗六	一等站	5	7	1,198	850	44	56

宜蘭運務段各車站中，以瑞芳站每進、出站設備每日平均服務量分別為 955 人次、1,266 人次最多，其次為礁溪站之 764 人次、778 人次，羅東站排名第 3，分別為 736 人次、724 人次，宜蘭運務段中，除瑞芳站進出設備服務量、蘇澳新站之出站設備服務量每日超過 900 人次外，其餘各站進出站設備每日服務量均低於 800 人次。

表 11 臺鐵 107 年宜蘭運務段前 10 名進出設備服務量車站

運務段別	等級別	進出設備數 (座)		每設備每日服務量 (人次)		每設備服務量 整體排名	
		進站	出站	進站	出站	進站	出站
宜蘭運務段		55	56	490	519		
瑞芳	一等站	6	5	955	1,266	53	37
礁溪	三等站	2	2	764	778	66	64
羅東	二等站	7	7	736	724	67	67
十分	簡易站	2	2	719	736	68	66
宜蘭	一等站	6	7	706	584	71	81
四腳亭	三等站	1	1	558	542	87	89
福隆	三等站	2	3	501	363	98	111
蘇澳新	一等站	2	2	460	1,266	100	36
南澳	三等站	2	2	412	414	103	102
猴硐	三等站	2	2	395	382	109	107

花蓮運務段各車站中，以花蓮站每進、出站設備每日平均服務量分別為 1,252 人次、955 人次最多，其次為新城站之 1,096 人次、653 人次，玉里站排名第 3，分別為 580 人次、548 人次，花蓮運務段中，除花蓮站、新城站之進站及出站服務量每日分別達千人次及 650 人次外，其餘各站進出站設備每日服務量均低於 600 人次。

表 12 臺鐵 107 年花蓮運務段前 10 名進出設備服務量車站

運務段別	等級別	進出設備數 (座)		每設備每日服務量 (人次)		每設備服務量 整體排名	
		進站	出站	進站	出站	進站	出站
花蓮運務段		50	52	488	434		
花蓮	特等站	9	11	1,252	955	40	50
新城	二等站	2	2	1,096	653	46	73
玉里	一等站	2	2	580	548	83	87
臺東	一等站	7	7	568	576	86	83
關山	三等站	1	1	555	506	89	95
瑞穗	三等站	1	1	554	532	90	91
知本	三等站	1	1	523	523	93	92
池上	三等站	1	1	463	466	99	97
光復	三等站	1	1	412	392	104	105
和平	二等站	1	1	411	425	105	99

3.5 設備服務量變異數分析

3.5.1 整體

3.5.1.1 變異數同質性

檢定結果 p-value 皆為 0.000 顯著，拒絕 H₀ 的假設，表示各運務段間之進站及出站設備服務量變異數不相等。

3.5.1.2 平均數檢定

檢定結果 p-value 為 0.000 顯著，拒絕 H₀ 的假設，表示各運務段間之進出站設備服務量具有顯著差異。

表 13 臺鐵各運務段別設備服務量變異數檢定

變異數同質性檢定			
應變數	自變數	Levene 統計量	顯著性(p-value)
各車站進站設備服務量	各運務段	11.299	0.000 *
各車站出站設備服務量	各運務段	9.100	0.000 *
均等平均數的 Robust 檢定			
應變數	自變數	Welch 統計量	顯著性(p-value)
各車站進站設備服務量	各運務段	16.035	0.000 *
各車站出站設備服務量	各運務段	17.771	0.000 *

註：*代表 5%的顯著水準。

3.5.1.3 事後比較

進站設備服務量檢定發現臺北運務段顯著高於高雄、宜蘭及花蓮運務段；臺中運務段顯著高於宜蘭、花蓮運務段；高雄運務段顯著高於宜蘭、花蓮運務段。出站設備服務量檢定發現臺北運務段顯著高於高雄、宜蘭及花蓮運務段；臺中運務段顯著高於宜蘭、花蓮運務段；高雄運務段顯著高於花蓮運務段。

表 14 各運務段進出站設備服務量事後比較結果

各運務段進站設備服務量-Games-Howell 檢定					
運務段別	臺北運務段	臺中運務段	高雄運務段	宜蘭運務段	花蓮運務段
臺北運務段		0.156	0.007 *	0.000 *	0.000 *
臺中運務段	0.156		0.890	0.011 *	0.003 *
高雄運務段	0.007 *	0.890		0.006 *	0.001 *
宜蘭運務段	0.000 *	0.011 *	0.006 *		0.813
花蓮運務段	0.000 *	0.003 *	0.001 *	0.813	

表 14 各運務段進出站設備服務量事後比較結果(續)

各運務段出站設備服務量-Games-Howell 檢定					
運務段別	臺北運務段	臺中運務段	高雄運務段	宜蘭運務段	花蓮運務段
臺北運務段		0.062	0.016 *	0.000 *	0.000 *
臺中運務段	0.062		0.992	0.032 *	0.000 *
高雄運務段	0.016 *	0.992		0.054	0.000 *
宜蘭運務段	0.000 *	0.032 *	0.054		0.407
花蓮運務段	0.000 *	0.000 *	0.000 *	0.407	

註：*代表 5%的顯著水準。

3.5.2 等級別

3.5.2.1 一等站以上

由於臺鐵車站之等級屬性會依客貨運等多項營運量值資料判定歸納，故本節進一步分析按不同等級別，觀其各運務段別所轄車站間之進、出站設備服務量是否有顯著差異。另特等站站數太少僅 4 站無法進行檢定，故結合一等站一併進行檢定。

(1)變異數同質性

分別以進站、出站設備服務量為應變數，各運務段間變異數同質性檢定 p-value 分別為 0.268 及 0.416，皆為不顯著，表示各運務段間一等站以上進站及出站設備服務量變異數同質，即符合 ANOVA 之基本假設，後續需觀察 ANOVA 表之顯著性。

(2)平均數檢定

檢定結果為以進站、出站設備服務量分別為應變數，各運務段間平均數 ANOVA 檢定 p-value 分別為 0.014 及 0.025，皆為顯著，表示各運務段間之進出站設備服務量具有顯著差異。表示該群組內至少有一組之平均值有差異，此時可再以 Scheffe 法進行事後比較，以了解各組間之差異情形。

(3)事後比較

由於一等站以上單因子變異數顯著，但經由 Scheffe 法事後比較觀察結果均不顯著，探其原因可能為部分組別樣本數較少導致標準誤膨脹，使得事後檢定不顯著。

表 15 一等站以上各運務段別設備服務量變異數檢定

變異數同質性檢定			
應變數	自變數	Levene 統計量	顯著性(p-value)
各車站進站設備服務量	各運務段	1.376	0.268
各車站出站設備服務量	各運務段	1.017	0.416
單因子變異數分析			
應變數	自變數	F 統計量	顯著性(p-value)
各車站進站設備服務量	各運務段	3.795	0.014 *
各車站出站設備服務量	各運務段	3.301	0.025 *

表 16 一等站以上各運務段進出站設備服務量事後比較結果

一等站以上各運務段進站設備服務量-Scheffe 法					
運務段別	臺北運務段	臺中運務段	高雄運務段	宜蘭運務段	花蓮運務段
臺北運務段		0.995	0.506	0.169	0.213
臺中運務段	0.995		0.423	0.140	0.174
高雄運務段	0.506	0.423		0.774	0.835
宜蘭運務段	0.169	0.140	0.774		1.000
花蓮運務段	0.213	0.174	0.835	1.000	
一等站以上各運務段出站設備服務量-Scheffe 法					
運務段別	臺北運務段	臺中運務段	高雄運務段	宜蘭運務段	花蓮運務段
臺北運務段		1.000	0.382	0.388	0.119
臺中運務段	1.000		0.591	0.506	0.195
高雄運務段	0.382	0.591		0.983	0.755
宜蘭運務段	0.388	0.506	0.983		0.983
花蓮運務段	0.119	0.195	0.755	0.983	

3.5.2.2 二等站

(1)變異數同質性

分別以進站、出站設備服務量為應變數，各運務段間變異數同質性檢定 p-value 分別為 0.189 及 0.135，皆為不顯著，表示二等站進站及出站設備服務量於各運務段間變異數同質，即符合 ANOVA 之基本假設，後續需觀察 ANOVA 表之顯著性。

(2)平均數檢定

檢定結果為以進站、出站設備服務量分別為應變數，各運務段間平均數 ANOVA 檢定 p-value 分別為 0.258 及 0.235，皆為不顯著，表示各運務段間之進出站設備服務量不具有顯著差異。

表 17 二等站各運務段別設備服務量變異數檢定

變異數同質性檢定			
應變數	自變數	Levene 統計量	顯著性(p-value)
各車站進站設備服務量	各運務段	1.712	0.189
各車站出站設備服務量	各運務段	2.002	0.135
單因子變異數分析			
應變數	自變數	F 統計量	顯著性(p-value)
各車站進站設備服務量	各運務段	1.446	0.258
各車站出站設備服務量	各運務段	1.524	0.235

3.5.2.3 三等站

(1)變異數同質性

分別以進站、出站設備服務量為應變數，各運務段間變異數同質性檢定 p-value 分別為 0.000 及 0.003，皆為顯著，表示三等站進站及出站設備服務量於各運務段間變異數不相等。

(2)平均數檢定

檢定結果 p-value 為 0.000 顯著，拒絕 H0 的假設，表示三等站各運務段間之進出站設備服務量具有顯著差異。

表 18 三等站各運務段別設備服務量變異數檢定

變異數同質性檢定			
應變數	自變數	Levene 統計量	顯著性(p-value)
各車站進站設備服務量	各運務段	6.231	0.000 *
各車站出站設備服務量	各運務段	4.558	0.003 *
均等平均數的 Robust 檢定			
應變數	自變數	Welch 統計量	顯著性(p-value)
各車站進站設備服務量	各運務段	14.071	0.000 *
各車站出站設備服務量	各運務段	13.804	0.000 *

註：*代表 5%的顯著水準。

(3)事後比較

進站設備服務量檢定發現臺北運務段顯著高於臺中、高雄、宜蘭及花蓮運務段；臺中運務段顯著高於花蓮運務段；高雄運務段顯著高於花蓮運務段。出站設備服務量亦有相同情形。

表 19 三等站各運務段進出站設備服務量事後比較結果

三等站各運務段進出站設備服務量-Games-Howell 檢定					
運務段別	臺北運務段	臺中運務段	高雄運務段	宜蘭運務段	花蓮運務段
臺北運務段		0.007 *	0.013 *	0.003 *	0.002 *
臺中運務段	0.007 *		0.946	0.313	0.012 *
高雄運務段	0.013 *	0.946		0.170	0.018 *
宜蘭運務段	0.003 *	0.313	0.170		0.662
花蓮運務段	0.002 *	0.012 *	0.018 *	0.662	

三等站各運務段出站設備服務量-Games-Howell 檢定					
運務段別	臺北運務段	臺中運務段	高雄運務段	宜蘭運務段	花蓮運務段
臺北運務段		0.012 *	0.029 *	0.003 *	0.002 *
臺中運務段	0.012 *		0.946	0.256	0.009 *
高雄運務段	0.029 *	0.946		0.157	0.019 *
宜蘭運務段	0.003 *	0.256	0.157		0.659
花蓮運務段	0.002 *	0.009 *	0.019 *	0.659	

註：*代表 5%的顯著水準。

3.5.2.4 簡易站

(1)變異數同質性

結果顯示分別以進站、出站設備服務量為應變數，各運務段間變異數同質性檢定 p-value 分別為 0.012 及 0.002，皆為顯著，即為拒絕 H₀ 的假設，表示簡易站進站及出站設備服務量於各運務段間變異數不相等。

(2)平均數檢定

檢定結果 p-value 為 0.000 顯著，拒絕 H₀ 的假設，表示簡易站各運務段間之進出站設備服務量具有顯著差異。

表 20 簡易站各運務段別設備服務量變異數檢定

變異數同質性檢定			
應變數	自變數	Levene 統計量	顯著性(p-value)
各車站進站設備服務量	各運務段	3.539	0.012 *
各車站出站設備服務量	各運務段	4.69	0.002 *
均等平均數的 Robust 檢定			
應變數	自變數	Welch 統計量	顯著性(p-value)
各車站進站設備服務量	各運務段	14.77	0.000 *
各車站出站設備服務量	各運務段	14.738	0.000 *

註：*代表 5%的顯著水準。

(3)事後比較

進站設備服務量檢定發現臺北、臺中及高雄運務段皆顯著高於花蓮運務段，出站設備服務量亦有相同情形。

表 21 簡易站各運務段進出站設備服務量事後比較結果

簡易站各運務段進站設備服務量-Games-Howell 檢定					
運務段別	臺北運務段	臺中運務段	高雄運務段	宜蘭運務段	花蓮運務段
臺北運務段		0.999	0.166	0.089	0.002 *
臺中運務段	0.999		0.745	0.562	0.026 *
高雄運務段	0.166	0.745		0.911	0.000 *
宜蘭運務段	0.089	0.562	0.911		0.211
花蓮運務段	0.002 *	0.126	0.000 *	0.211	
簡易站各運務段出站設備服務量-Games-Howell 檢定					
運務段別	臺北運務段	臺中運務段	高雄運務段	宜蘭運務段	花蓮運務段
臺北運務段		0.971	0.287	0.168	0.006 *
臺中運務段	0.971		0.714	0.478	0.027 *
高雄運務段	0.287	0.714		0.912	0.000 *
宜蘭運務段	0.168	0.478	0.912		0.270
花蓮運務段	0.006 *	0.027 *	0.000 *	0.270	

註：*代表 5%的顯著水準。

四、結論與建議

4.1 結論

4.1.1 車站人力配置與進出站設備情形

107 年底車站員工數共計 3,549 人，以臺北運務段轄下車站員工計 1,192 人最多，占 33.6%；高雄運務段 892 人次之，占 25.1%；臺中運務段、花蓮運務段分別為 631 人、508 人，而宜蘭運務段最少，共 326 人，僅占 9.2%。

按車站自動閘門設置比率觀之，特等站 100%、一等站 85.7%、二等站 58.3% 設有自動驗票閘門，三等站及簡易站各僅 2 成設有閘門。依運務段分，以臺北運務段設自動驗票閘門站數(82.1%)最多，而宜蘭及花蓮運務段僅 4 及 2 站設有閘門。簡易站以上除浮洲站及千甲站，其餘各站皆設有立桿式多功能驗票機。

4.1.2 各車站及站間客運量情形

107 年臺鐵車站上車人數總計 2 億 3,127 萬人次，以臺北運務段車站之上車人數最多，占 48.0%；高雄運務段次之，占 23.4%；臺中運務段排名第 3，占

18.8%；宜蘭運務段排名第 4，占 5.1%，花蓮運務段最少，占 4.7%。

按客運人數前 5 名車站觀之，107 年以臺北站排名第 1，每日平均各逾 6 萬人次上、下車；第 2 至 3 名分別為桃園站及中壢站，每日平均皆逾 2.7 萬人次上、下車；第 4 至第 5 名分別為臺南站及臺中站，每日平均各 2.6 萬人次上、下車。

按北、中及南區站間熱區情形觀之，107 年北部地區以臺北⇌桃園雙向 5 百萬搭乘人次最多，其次為臺北⇌樹林，臺北⇌中壢再次之。中部地區以臺中⇌彰化雙向 260 萬人次搭乘人次最高，其次為臺中⇌豐原，臺中⇌新烏日再次之。南部地區以臺南⇌高雄雙向 310 萬人次搭乘人次最高，其次為高雄⇌屏東，臺南⇌新左營再次之。

4.1.3 電子票證客運人數分析

107 年電子票證前 10 名車站人數，與整體客運人數前 10 名車站均相同，僅排名順序略有改變。其中板橋站、松山站及樹林站為電子票證客運人數排名之第 4、第 7 及第 9 名，較整體客運人數名次較為前進。

按各站持電子票證比率觀之，107 年以臺北運務段之車站 76.1% 為最高，其次為臺中運務段之車站 63.2%，高雄運務段之車站 58.4% 居第 3 名，宜蘭運務段之車站 48.7%，而花蓮運務段轄下之車站旅客持電子票證搭乘者僅 7.5% 為最少。以全年上車逾 50 萬人次之車站加以分析，第 1 名為汐科站，其旅客持電子票證上車比率高達 94.0%，第 2 名為五堵站 91.0%，第 3 名為浮洲站 90.9%，第 4 名為百福站 90.7%，第 5 名為汐止站 89.7%。

4.1.4 車站人力負荷量與進出站設備服務量分析

107 年每員工每日平均服務旅客人次計 359 人。以各運務段別觀察，臺北運務段每員工每日平均服務旅客 510 人次為最多，其次為臺中運務段 378 人次，再依序為高雄運務段 332 人次，宜蘭運務段 204 人次，花蓮運務段 119 人次。

按進出設備服務量觀之，107 年臺鐵進站設備計 480 座、出站設備計 538 座，由於多數車站其進出站閘門及立桿式驗票機皆以出站設備較進站設備為多，故每進站設備每日平均服務旅客量為 1,237 人次，相較於出站 1,102 人次高出 135 人次。

按各運務段別觀之，以臺北運務段車站每進、出站設備每日平均服務量最高，分別為 1,930 人次、1,604 人次，其次為臺中運務段車站之進站 1,264 人次、出站 1,108 人次，再次依序高雄運務段車站進站 1,015 人次、出站 929 人次，宜蘭運務段車站進站 490 人次、出站 519 人次，花蓮運務段車站進站 488 人次、出站 434 人次。

4.1.5 設備服務量變異數分析

整體進出站設備服務量檢定發現，臺北運務段之進出站設備服務量顯著高於其他運務段；西部之臺北運務段、臺中運務段及高雄運務段顯著高於東部之宜蘭運務段及花蓮運務段。

按等級別之進出站設備服務量檢定發現，三等站及簡易站之各運務段間設備服務量具有顯著不同，其中三等站之臺北運務段進出站設備服務量顯著高於臺中、高雄、宜蘭及花蓮運務段；臺中及高雄運務段顯著高於花蓮運務段；簡易站之臺北、臺中及高雄運務段進出站設備服務量顯著高於花蓮運務段。而二等以上車站之各運務段間設備服務量差異均不顯著。

4.2 建議

4.2.1 增設儲值電子票證之相關設備，提升旅運之便利性

目前臺鐵旅客儲值電子票證方式仍需至臺鐵窗口、便利商店或捷運等進行儲值，甚不便利，建議各車站內可增設儲值電子票證之相關設備，除可減輕車站窗口服務人力負擔，並可提升旅運之便利性。

4.2.2 重新檢視目前進出站設備之適切性，俾使設備配置於最需要之站點

建請臺鐵局運務處重新檢視各運務段目前車站進出站設備使用狀況及數量之適切性，針對配置數量有不妥及設備常發生故障亟需汰換之車站，辦理有關進出站硬體設備招標案時，列入優先配置之車站，俾使該等設備配置於最需要之站點，以及尖峰時段擁擠人潮能得最佳分流。

4.2.3 未來規劃新購進出站設備時，宜考量服務量有顯著差異之段別因素

由於相同等級車站，因所隸屬之運務段別不同，其每日平均服務人次亦有

所差異，故站場機器設備配置之數量，宜考量所隸屬之運務段別，即依車站實際旅客人數情形及站場環境區域大小等狀況進行適切配置。另根據本研究變異數分析發現，三等站之臺北運務段進出設備服務量明顯高於其他 4 個運務段，而簡易站則是位於西部之臺北、臺中及高雄運務段進出設備服務量明顯高於東部花蓮運務段，故未來新購進出站設備於配置數量規劃上，亟需考量設備服務量有顯著差異之運務段別因素，以發揮站場硬體設備最大效能。

參考文獻

1. 吳明隆(2007)，SPSS 操作與應用-變異數分析實務 SPSS operation and application-practice & analysis of variance，五南圖書出版股份有限公司。
2. 吳慧婷(1997)，「臺鐵車站經營概況分析」，八十六年度臺灣省交通機構應用統計研討會。
3. Hangcheng Liu(2015)，Comparing Welch's ANOVA, a Kruskal-Wallis test and traditional ANOVA in case of Heterogeneity of Variance，Virginia Commonwealth University ,VCU Scholars Compass。

鋼軌防磨脂塗佈器減噪分析- 以臺鐵高雄鳳山間噪音量測為例

An Analysis of Railway Noise Reduction by Rail Lubrication - A Case Study of Railway Noise Measurements at TRA's Kaohsiung-Fongshan Section

郭振銘 Kuo, Chen-Ming¹

黃晟豪 Huang, Cheng-Hao²

林智強 Lin, Chih-Chiang³

曾惠文 Tzu, Hui-Weng⁴

聯絡地址：台南市大學路 1 號

Address : No.1, University Road, Tainan City 701, Taiwan

電話 (Tel) : (06)2757575#47348

電子信箱 (E-mail) : ckuo@mail.ncku.edu.tw

摘要

臺灣鐵路常常會穿越重要的都會區，使得鄰近鐵路的民宅長期受到列車通過時的噪音干擾，除了列車本身引擎所產生之噪音，另還有鋼軌與鋼輪間的高頻噪音。當鋼軌受到列車長期的反覆荷載下會產生磨耗，導致鋼軌本身有不整量產生，使得列車通過時會有明顯的尖銳噪音，這樣尖銳的噪音會使得居民有不舒服感。為了降低噪音所以在影響較大的地方裝設鋼軌防磨脂塗佈器，透過塗佈器的效用來降低噪音。為了瞭解是否能夠有效果，故挑選噪音較明顯的路段，透過兩種噪音量測設備進行量測，將結果進行比較，本研究發現鋼軌潤滑針對列車通過時所產生之最大噪音量，無顯著的降低；但對於輪軌間所產

¹國立成功大學 土木工程系 教授

²國立臺北科技大學 車輛工程系 助理教授

³國立高雄科技大學 土木工程系 助理教授

⁴臺鐵局 高雄工務段 助理工務員

生之高頻噪音，是具有顯著的成效。

關鍵字：高頻噪音、鋼軌潤滑、噪音量測設備

Abstract

The railroad of Taiwan often passes through important metropolitan areas, which makes the buildings near the railroad suffer from the noise when the train passes for a long time. In addition to the noise generated by the engine of the train, there is also the high-frequency noise between the rail and the wheel. When the rail is subjected to the repeated load of the train for a long time, it will produce abrasion, which will cause the rail to produce irregularities, and will make it obvious when the train passes rolling noise, such noise will make residents feel uncomfortable. To reduce the noise through the effectiveness of the rail lubrication, in order to know whether it can affect, the section with obvious noise is selected and measured by two kinds of noise measuring equipment. In this study, the rail lubrication is found no significant reduction in the maximum noise generated when the train passes through, but it has a significant effect on the high-frequency noise generated between the rail and the wheel.

Keyword: *high-frequency noise, rail lubrication, noise measuring equipment.*

一、前言

臺鐵路網發展甚早，後續隨都市的成長，使得鐵路臨近附近的民宅，造成列車通過時的噪音會影響到附近的民眾，近幾年來民眾對於環境的要求越來越注重，使得鐵路沿線的噪音越來越受到關注，在高雄鐵路地下化之前，於高雄站到鳳山站的區間，有一段緊鄰民宅，而南迴線列車都會經過此處，加上南迴線目前尚未完全電氣化，因此許多柴電列車會經過此處，噪音量相當的大，故使用在國外常見的鋼軌塗油器的方式來降低噪音。從許多研究^[1-3]說明鋼軌塗油器的最終目的是降低營運成本，藉由塗油使得機車頭通過特定路線，可以順利

的引導列車通過，降低鋼軌磨損，並有文獻^[4-6]提出，噪音的主要來源是鋼軌與鋼輪接觸所產生，例如滾動噪音、衝擊噪音、輪緣噪音以及地面和結構振動，且根據產生的噪聲和振動的類型，亦有許多文獻^[7-10]嘗試控制噪聲和振動，但以實際狀況常常有執行上的難度，這需要實用且合適的妥善控制機制。

鋼軌塗油器除了先前所述外，在國外網站^[11]也提到此技術，其實早在 1800 年代就開始使用，由 **Elijah McCoy** 所發明，其公司長期以來就致力於開發這項技術，且說到鋼軌塗油的最主要效益是降低鋼軌的養護成本，關鍵在於有潤滑的鋼軌在磨損上，可降低 100 倍的磨損，得以延長鋼軌的壽命，甚至對於列車本身可以降低平均 7.7% 的油耗量，因此成本效益上有許多貢獻。在 railsystem.net 的網站上^[12]有介紹到不同的鋼軌塗油器形式，基本上分為道旁潤滑系統、車載潤滑系統以及高速鐵路潤滑如圖 1，此次量測的亦為道旁潤滑系統。

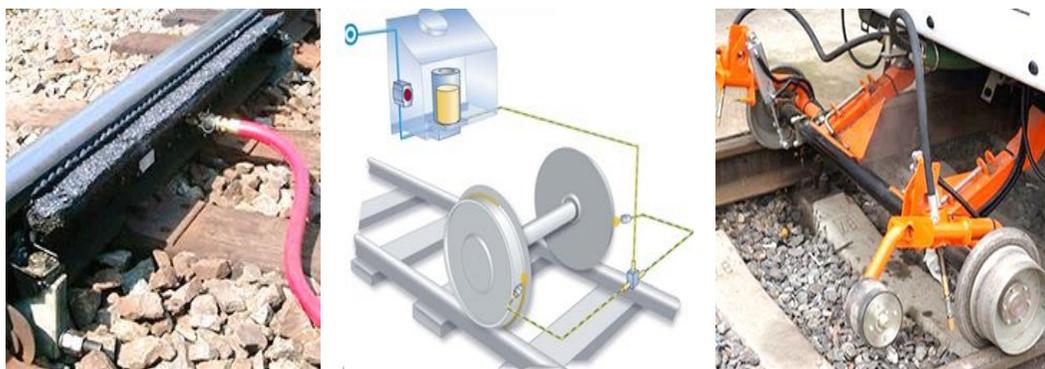


圖 1 三種鋼軌潤滑系統^[12]

在 2005 年^[13]學者 Eadie 等人，在一段貨運路線上進行塗油器的有無對於噪音的影響分析，其量測結果如圖 2，從圖中可看出，當重載的貨物列車通過時，確實在各個頻段上都會有顯著地噪音降低；然而這些噪音的變化量會隨列車載重大小、速度、形式與路段的環境條件會有所差異。本研究為了瞭解列車通過的噪音量大小，以及嘗試用鋼軌塗油器降低噪音量，故選定高雄至鳳山的區間進行本研究。原鳳山車站到高雄車站之間為地上段，後來因為高雄市區鐵路地下化計畫才改為全地下段，針對此路線進行類似的量測方式，嘗試了解其差異性。

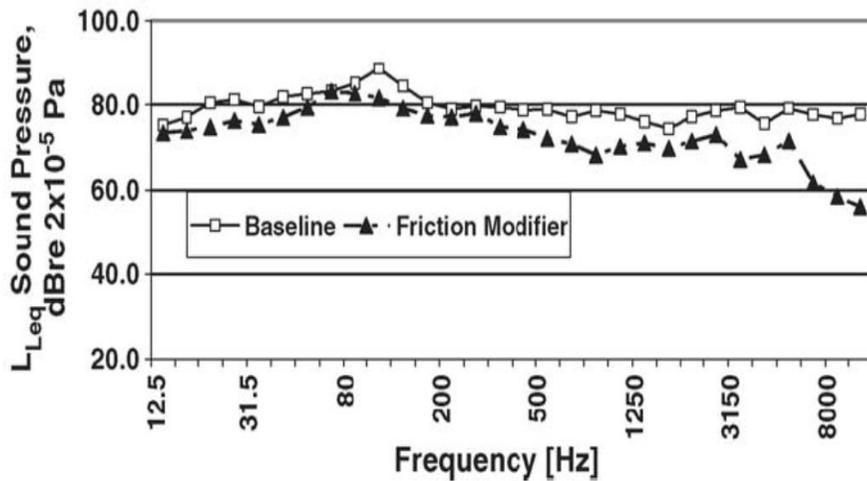


圖 2 現地量測噪音結果^[13]

二、鳳山高雄間噪音量測說明

為了量測鳳山車站至高雄車站間的噪音量，首先選定民宅反應噪音較大之位置，選定之位置位於正義路 311 巷旁，在中山高速公路東側如圖 3，如圖往 4 個方向的現地照片如圖 4，由於當時已在進行高雄地下化施工，對向是地下化施工的工地，且往西側即 4 的方向看過去，是高速公路橋梁的下方，亦可從 1 方向的照片看到其實軌道和旁邊的民宅距離相當的近。

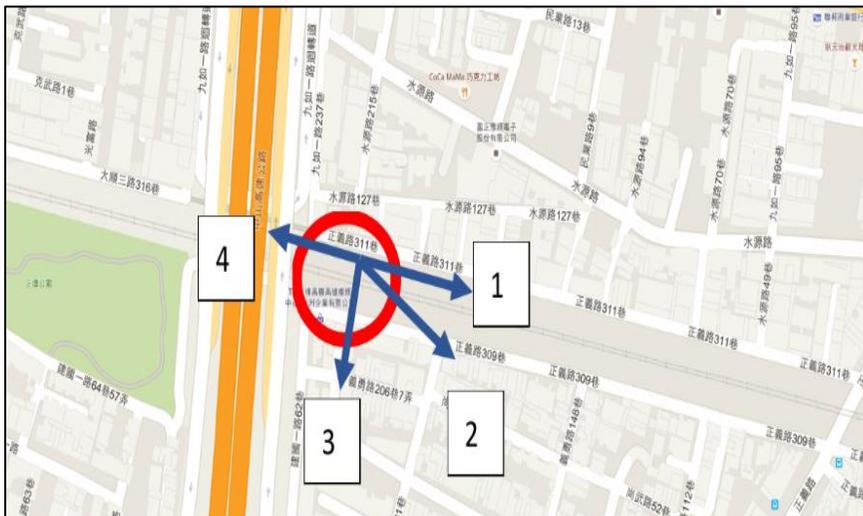


圖 3 噪音量測地點



圖 4 現地照片

由於要比較安裝鋼軌塗油器是否會影響，故需量測兩次，第一次量測是 104 年 12 月，此時並未安裝鋼軌塗油器；第二次量測是 105 年 5 月，此時鋼軌塗油器已經安裝。量測噪音使用設備有兩套，一套為專業級的汽車車輛噪音量測設備，另一為高精度之噪音計，兩者的差異在量測後的噪音分析，一般噪音計只能夠看到經過 A 加權後的噪音量，但對於噪音的內涵則是無法進行分析，但可協助了解整體噪音的狀況。將兩個噪音計架設於相同地點比較量測結果，量測的位置與現地的關係圖如圖 5 所示，由圖可知噪音計架設於軌道北端，和下行線距離較近，相對的上行線較遠，在量測時間內有許多列車通過，包含自強號、區間車、莒光號和一些調度車輛，其中比較特別的是有柴電機車頭，與一般的電聯車不同。由於現場正在施工中，有時會有其他的噪音產生，列車通過時會有笛音通知，加上鄰近高速公路陸橋，橋上車輛快速通過的交通噪音也不小，因此在量測的過程中也記錄了三段背景噪音值，現地噪音計架設如圖 6，圖中可看到噪音計的架設需要離地面一定高度，避免太接近反射面，且高度盡量與列車車輪高度水平面對齊。

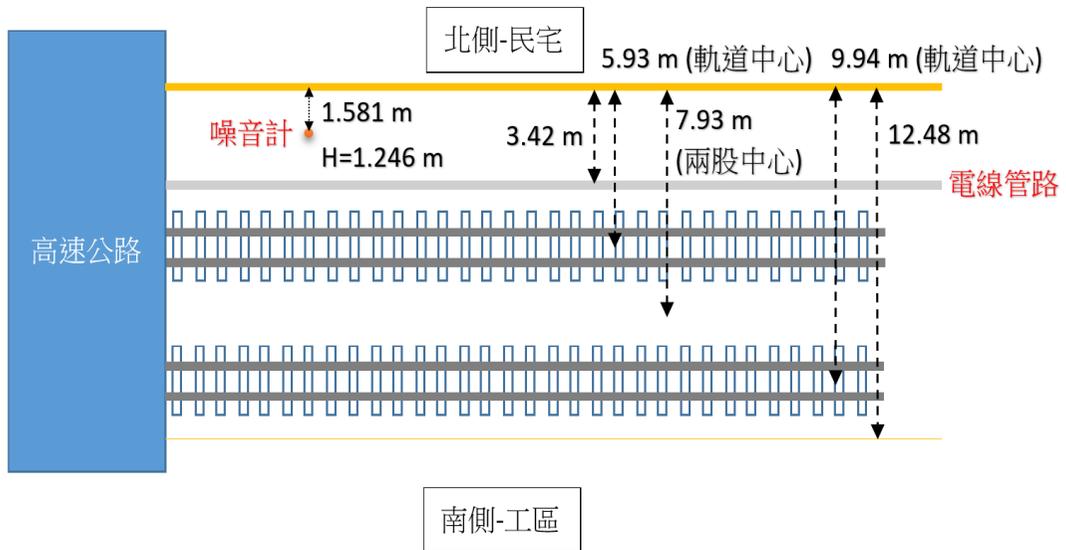


圖 5 現地噪音計與軌道之間的相關位置圖



圖 6 現地噪音計架設照片

三、量測結果分析

量測設備架設於下行線旁，故量測的結果下行線的噪音量較大，由於要比較鋼軌塗油器對於噪音的影響，共有兩次不同時間點的量測進行比較，以下分別對無鋼軌塗油器和有鋼軌塗油器的量測結果分別作一說明。

3.1 無鋼軌塗油器之噪音量測結果

由於量測有兩套設備，故先以簡單的噪音計作說明，總共量測 20 筆資料，其量測的結果如圖 7，從圖中可看到共有 20 筆數據，每一筆數據的橫座標皆為時間軸，單位為秒；縱座標為噪音量，單位為 dBA；每一次的量測時間長度都不一樣，與列車的車速有關，但均有量測到噪音的最大值，且量測的數據包含上行線與下行線的量測結果，將所有量測到的車種列表如表 1。

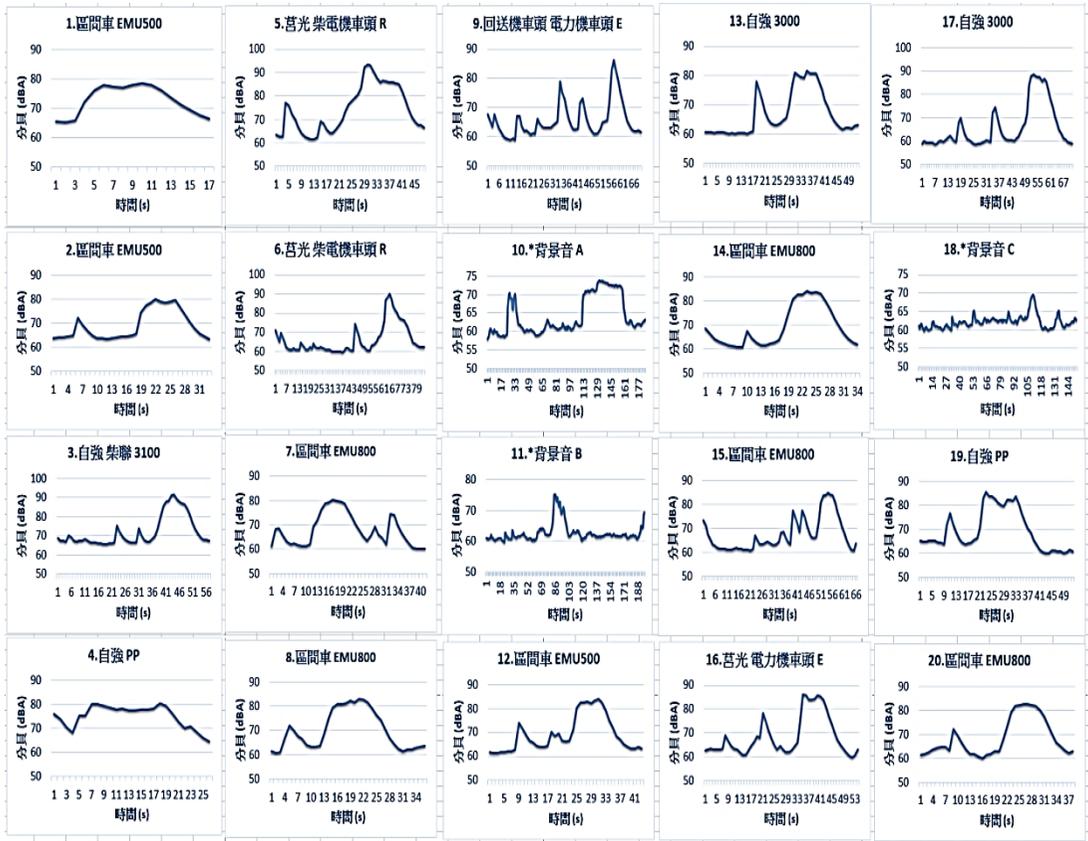


圖 7 未安裝塗油器前之噪音量測結果

從圖 7 中針對數據說明其現象，所有數據在列車通過前均有顯著的微小峰值，有時是一個峰值，有時會出現兩個，這都是現場瞭望員以哨音的方式通知施工區有列車通過，而背景噪音出現的峰值都是施工區域所產生之施工噪音，將所有量測的噪音依據最大分貝量排序，其結果如表 2。

表 1 量測噪音之列車紀錄表-未安裝鋼軌塗油器

編號	車種	車次	上行 or 下行
1	區間車 EMU500	<u>3142</u>	上行
2	區間車 EMU500	<u>3314</u>	上行
3	自強 柴聯 3100	<u>371</u>	下行
4	自強 PP	<u>118</u>	上行
5	莒光 柴電機車頭 R	<u>751</u>	下行
6	莒光 柴電機車頭 R		下行
7	區間車 EMU800	<u>3144</u>	上行
8	區間車 EMU800	<u>3131</u>	下行
9	回送機車頭 電力機車頭 E		下行
10	*背景音 A		
11	*背景音 B		
12	區間車 EMU500	<u>3317</u>	下行
13	自強 3000	<u>304</u>	上行
14	區間車 EMU800	<u>3133</u>	下行
15	區間車 EMU800	<u>3148</u>	上行
16	莒光 電力機車頭 E	<u>562</u>	上行
17	自強 3000	<u>307</u>	下行
18	*背景音 C		
19	自強 PP	<u>172</u>	上行
20	區間車 EMU800	<u>3137</u>	下行

表 2 依最大分貝量排序-未安裝鋼軌塗油器

編號	車種	最大分貝量
5	莒光 柴電機車頭 R	93.3
3	自強 柴聯 3100	91.7
6	莒光 柴電機車頭 R	90
17	自強 3000	88.4
9	回送機車頭 電力機車頭 E	86.3
16	莒光 電力機車頭 E	86
19	自強 PP	85.5
15	區間車 EMU800	84.8
12	區間車 EMU500	84.1
14	區間車 EMU800	83.9
8	區間車 EMU800	82.8
20	區間車 EMU800	82.6
13	自強 3000	81.7
4	自強 PP	80.3
7	區間車 EMU800	80.1
2	區間車 EMU500	80
1	區間車 EMU500	78.7
11	*背景音 B	75.2
10	*背景音 A	73.8
18	*背景音 C	69.5

由表 2 可知，噪音量最大的前三名是柴電機車頭、自強號柴聯 3100 及柴電機車頭，共通性就在於皆為柴電機車。其噪音量相對於電聯車大很多，均可超過 90 dBA 以上；相對於背景噪音，約超過 20 dBA，故當此列車通過時會對居民產生巨大噪音量。若仔細思考柴電機車頭的噪音其實只有在車頭的部分，而電聯車的噪音則是持續較久的。以輪軌噪音來說，撇開車頭僅考慮車廂部分則是自強號 > 莒光號 > 區間電車。接著透過能夠看出噪音頻率特性的設備，針對編號 3 的 371 次柴油自強號進行細部分析，其分析結果如圖 8。圖中共有三張圖由上而下分別說明，第一張圖橫座標軸為聲音頻率，單位為 Hz，縱座標軸為時間，單位為秒，而圖的顏色為噪音量值，單位為 dBA，大小可參考右邊的長條圖。由圖可知在時間為 3.43 秒時記錄到的一個峰值，就是列車通過前的哨音，單純將此時刻的頻譜圖畫出，即為第三張圖，可看出在約 2500 Hz 處有顯著的峰值。在 18.95 秒處即為列車通過時的噪音量，將其頻譜圖畫出即為第二張圖，可看出在 500 Hz 到 1500 Hz 有顯著的峰值，再由塗上綠色線，此線為 1/3 八音倍頻，可知最大的能量落在約 1250 Hz，推估此高頻音為輪軌摩擦音。後續將未安裝塗油器的量測資料，與有安裝塗油器的量測結果進行比較，以了解裝設鋼軌塗油器是否有所差異。

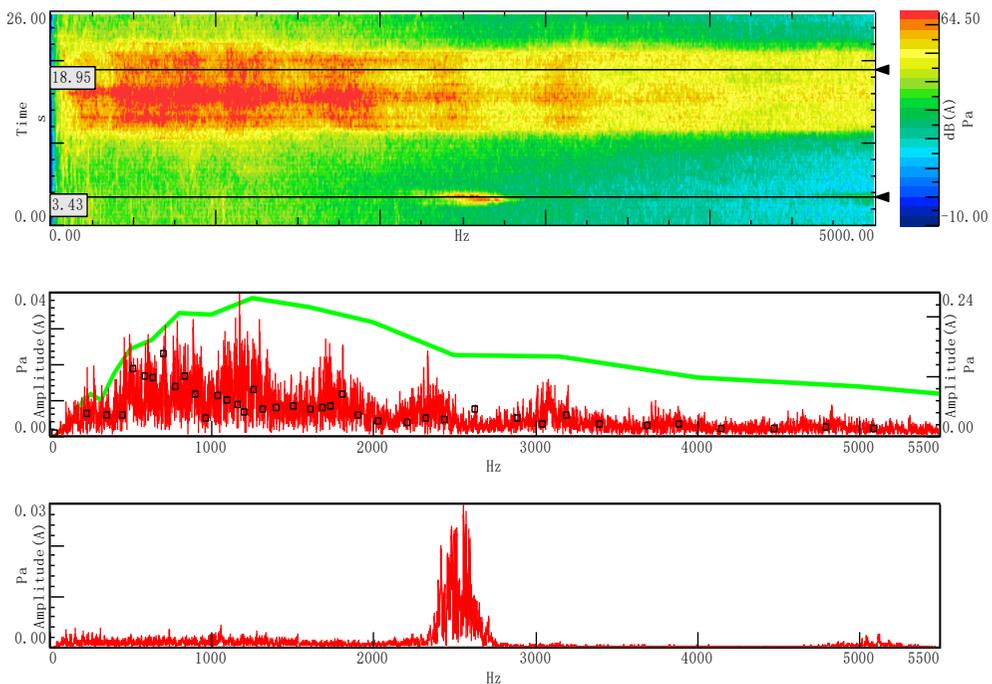


圖 8 柴油自強號 371 次-噪音分析結果

3.2 有鋼軌塗油器之噪音量測結果

安裝鋼軌塗油器後，再次於同一地點相同位置，使用相同的設備進行量測，其安裝方式也完全相同，量測的結果依據所量測到的列車種類進行分類比較，其結果如圖 9。圖上標示各次量測的最大噪音值，藍色線為安裝塗油器後的量測結果，紅色線為先前未安裝塗油器之量測資料。前 4 筆資料為下行線的量測，由於量測位置距離下行線較近，故下行線量測的噪音相對於上行線較大，但整體而言從各車種來看，最大噪音量的差異量都不顯著。

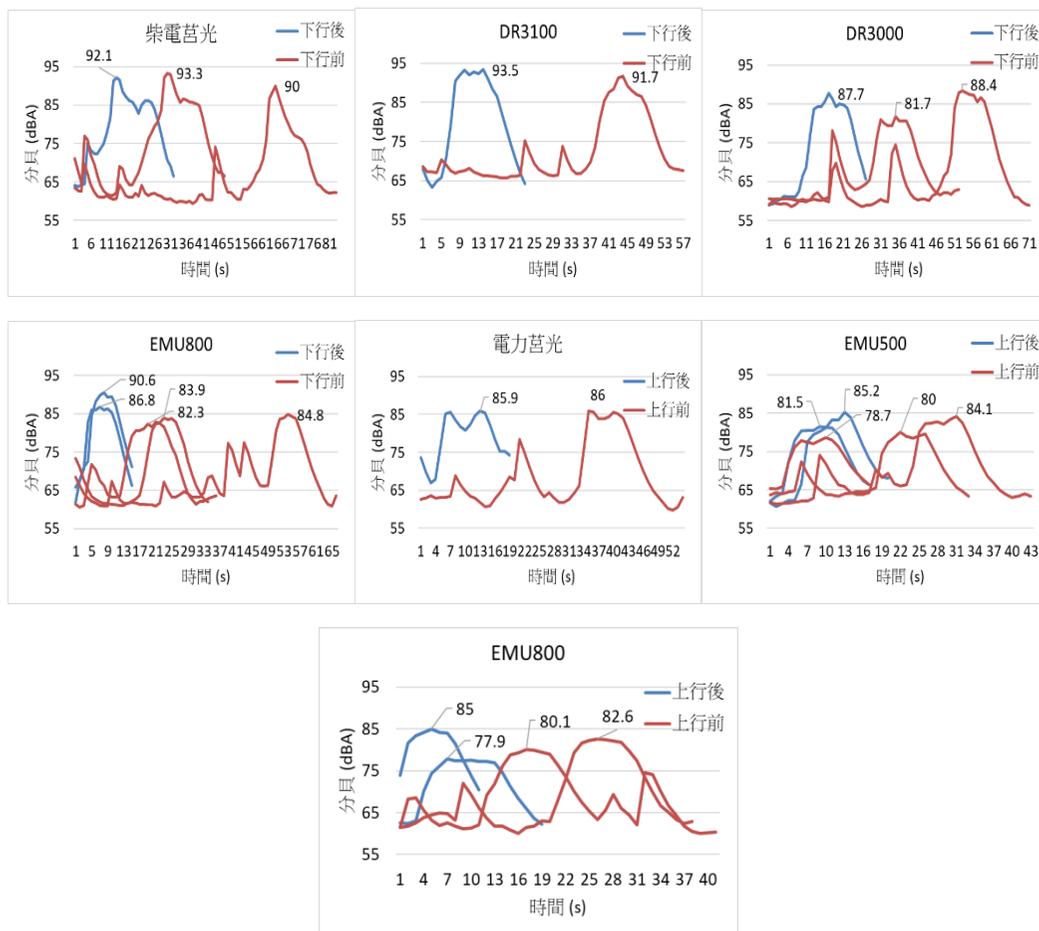


圖 9 塗油前後量測相同車種比較

由噪音量測結果比較，需要考慮儘量相同的車況，包含列車種類、車輛速度、行車方向...等等，故安裝塗油器後，量測的數據單純以最大噪音量來看，

並沒有降低噪音的效果，甚至有些比較可看出，安裝塗油器後的噪音還要更大，其可能來自於當天量測的條件，以及列車速度等等的影響。詳細找一組列車的噪音歷時做比較，以柴電莒光南下為例進行詳盡分析比較，數據採用專業級的量測結果進行分析，其量測結果如圖 10。圖中的上圖為第一次量測，即無安裝塗油器，下圖為第二次量測，即有安裝塗油器，橫座標為時間軸，單位為秒；縱座標為聲壓，單位為 Pa。

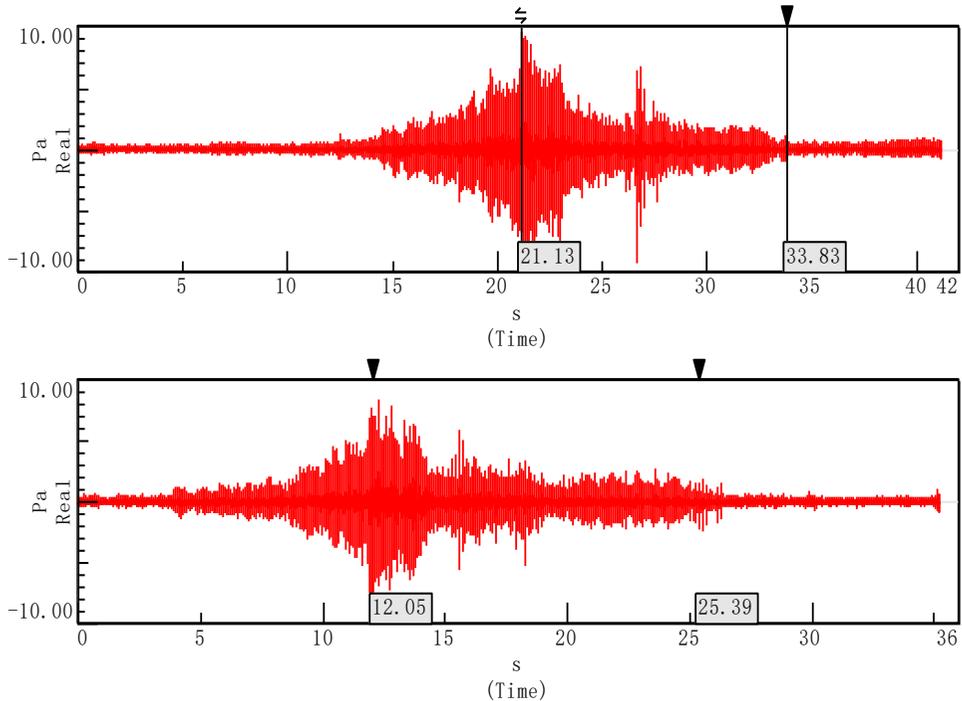


圖 10 柴油莒光南下兩次量測結果比較

由圖可知，將列車通過的時間劃出，經過的時間約為 12.7 秒和 13.3 秒，表示列車通過的時間大約相同，也就是列車速度差異不大，但兩次的噪音量卻相差不大，將兩次量測的結果進行進階分析，其結果如圖 11，如同先前，上圖為未安裝鋼軌塗油器，下圖為有安裝鋼軌塗油器。由塗上紅色框框處可看出，安裝鋼軌塗油器後，約 3000 Hz 以上的噪音量降低很多；但在無安裝鋼軌塗油器的卻可看出從 3000 Hz 一直到 6000 Hz 均有顯著的噪音量，故可推斷鋼軌塗油器雖對整體的噪音量最大值無顯著的影響，但確實可以降低高頻率的噪音。依據文獻可知此區域的噪音量為輪軌摩擦噪音，但整體還是受列車車頭的噪音影響，無法降低整體噪音量。

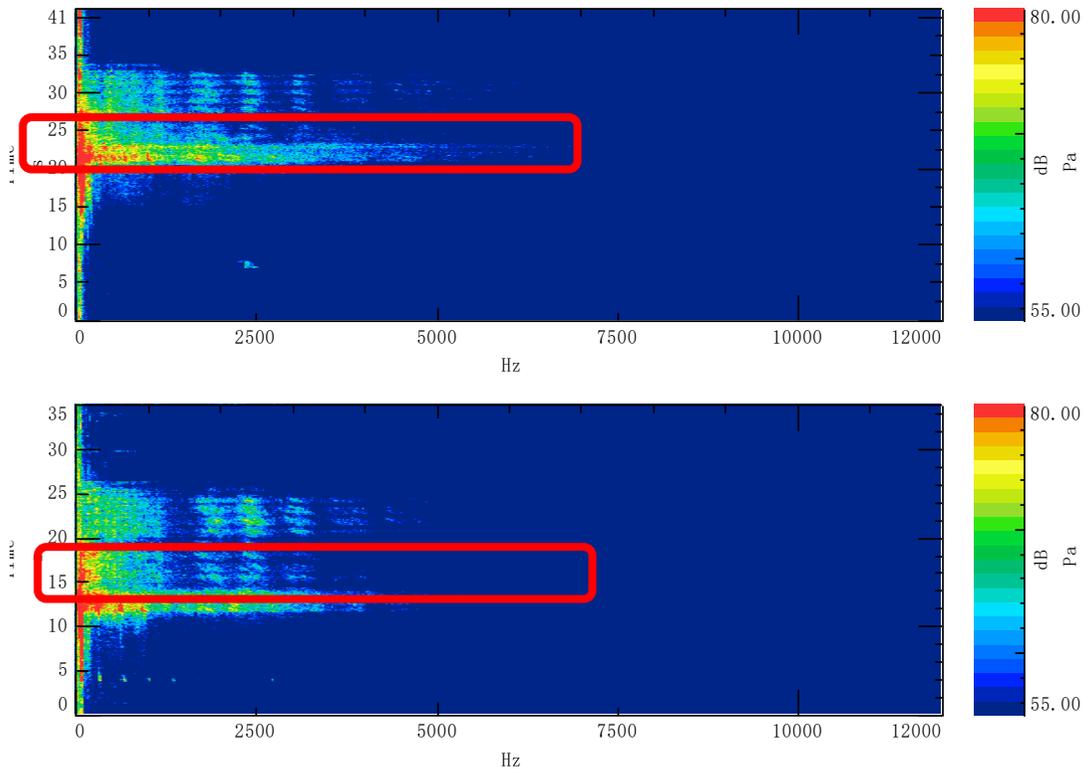


圖 11 柴油莒光南下時頻分析結果

四、結論

本研究嘗試了解鋼軌塗油器對於噪音的成效，透過現地量測結果進行分析，但本研究成果僅限於特定區域，其受環境的諸多因素影響，故本結論僅針對此區域以及當下量測資料的結果進行論述，將結果表列如下：

1. 軌道塗油器確實可降低輪軌摩擦噪音，特別在高頻(3000Hz 以上)效果最佳，300~3000Hz 間則亦有效，但不像高頻如此顯著。
2. 列車通過過程中，車頭整體噪音影響很大，主導整體噪音量，而此區域使用之鋼軌塗油器，只降低輪軌摩擦音，無法改善整體噪音量值。
3. 車種以柴電機車頭、自強號柴聯 3100 產生之噪音量較大，而一般常見之電車車種，相對噪音量較低。

參考文獻

1. Sawley, R. and R. Reiff (1999), *Prodlenije sroka sluzhbi reljsov i koles*. Railway Age, **6**: pp. 44.
2. Barteneva, L. and V. Nikitin (2004), *Tehnologija kompleksnogo snizhenija iznosa grebnja kolesa i reljsa s pomoschju peredvizhnih reljsosmazivatelej*. Zheleznije dorogi mira, **1**: pp. 62-68.
3. Strautmanis, G., M. Mezitis, and V. Strautmane (2016), *Model of a vertical rotor with a ball-type automatic balancer*. Vibroengineering Procedia, **8**: pp. 57-62.
4. Thompson, D. (2008), *Railway noise and vibration: mechanisms, modelling and means of control*. Elsevier.
5. DB, F.G., et al. *RAILWAY NOISE TECHNICAL MEASURES CATALOGUE*.
6. Kaewunruen, S. and A. Remennikov (2016), *Current state of practice in railway track vibration isolation: an Australian overview*. Australian Journal of Civil Engineering, **14**: pp. 63-71.
7. Fahy, F. (1998), *Fundamentals of noise and vibration control*. Fundamentals of noise and vibration: pp. 225-309.
8. Setsobhonkul, S. *Life cycle analysis of railway noise and vibration mitigation methodologies with respect to curve squeal noises*. in *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*. Institute of Noise Control Engineering.
9. Binti Sa'adin, S.L., S. Kaewunruen, and D. Jaroszweski (2016), *Risks of Climate Change with Respect to the Singapore-Malaysia High Speed Rail System*. Climate, **4**(4): pp. 65.
10. Binti Sa'adin, S.L., S. Kaewunruen, and D. Jaroszweski (2016), *Operational readiness for climate change of Malaysia high-speed rail*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Transport, **169**(5): pp. 308-320.

11. Vantiegham, E. *Why Rail Lubrication Is Vital*. (2017); Available from: <https://blog.midwestind.com/why-rail-lubrication-is-vital/>.
12. railsystem.net. *Rail-wheel Lubrication*. (2015); Available from: <http://www.railsystem.net/rail-wheel-lubrication/>.
13. Eadie, D.T., M. Santoro, and J. Kalousek (2005), *Railway noise and the effect of top of rail liquid friction modifiers: changes in sound and vibration spectral distributions in curves*. *Wear*, **258**(7-8): pp. 1148-1155.

嵌入式系統應用於軌道車輛之探討

Study on The Application of Embedded System to Rail Vehicles

劉正彬 Liu,Cheng-Pin¹

聯絡地址：23872 新北市樹林區東佳路 7 號

Address: No.7, Dongjia Rd., Shulin Dist., New Taipei City 23872, Taiwan (R.O.C.)

電話 (Tel) : (02) 23815226 轉 3969

電子信箱 (E-mail) : 0555106@railway.gov.tw

摘要

嵌入式系統廣泛應用於工業控制、醫療設備、家用電器、教育、多媒體娛樂等等領域，然而隨著半導體微製程技術發展進步，其積體電路所用的運算、記憶單元及各項功能模組等，可以被設計成較小尺寸與低功耗、高效能來足以應付客戶端之需求，並可為了專用任務需求打造而生，產品被最佳化的同時可以有降低成本、提升效能、可靠度及縮小體積等優點，時至今日，已隨處可見，成為人類不可或缺的角色。近年因網際網路頻寬與速度大幅提升，嵌入式系統連結網際網路產生新型態元素為「物聯網」，連結實體物件與虛擬數據，進行各項雲端控制、辨識、感測、資料收集。因此本文介紹嵌入式系統架構及應用於軌道車輛之探討，包含臺鐵局普悠瑪號門機控制器自製測試平台、列車旅客資訊系統之應用，透過嵌入式系統的優勢，使得鐵路車輛能夠智慧化，以期達到提升旅客服務品質之目的。

關鍵字：嵌入式系統、旅客資訊系統、智慧化

¹臺鐵局 臺北機務段 助理工務員

Abstract

Embedded systems can be widely used in industrial control, medical equipment, household appliances, education, multimedia entertainment, etc. However, with the development of semiconductor micro-process technology, the computing, memory unit and various functional modules used in integrated circuits Etc., can be designed to be smaller in size and low in power, high in efficiency to meet the needs of the client, and can be built for specific task requirements, the product can be optimized while reducing costs, improving efficiency, and reliability. The advantages of degree and volume reduction have been seen everywhere and become an indispensable role for human beings. In recent years, due to the significant increase in the bandwidth and speed of the Internet, the embedded system links the Internet to create a new state of the art as the "Internet of Things", linking physical objects and virtual data, and performing cloud control, identification, sensing, and data collection. . Therefore, this paper introduces the embedded system architecture and its application to rail vehicles, including the self-testing platform of the platform of the TRA's Puyuma door controller and the application of the train passenger information system. Through the advantages of the embedded system, the railway vehicle can be intelligentized. In order to achieve the purpose of improving the quality of passenger service.

Keywords : *Embedded System , Passenger Information System , Intelligent*

一、前言

1.1 研究動機與目的

嵌入式系統發展至今隨處可見於各領域當中，對人類生活而言已有相當的貢獻，其中在交通運輸當中也帶來智慧化的應用，如：汽車防鎖死煞車系統（ABS）、車道偏移警示系統（LDWS）、盲點偵測系統（BSM）等等，就是利用嵌入式裝置來達成目標並輔助駕駛能夠更安全及可靠地行駛道路。然而本篇將探討嵌入式系統於鐵路車輛車門控制器檢測、旅客資訊系統之應用，並期許透過本文，包含：故障品檢測、旅客服務設備探討，使得車輛營運相關事項能獲得具效益之方案與不同型態思維。

1.2 積體電路製程簡介與發展

隨著半導體製程技術的進步，嵌入式所用的積體電路（integrated circuit，縮寫 IC）晶片性能也越來越強，不但體積尺寸縮小、運算處理能力變強、低功率消耗等進步發展，而半導體領域在 1965 年由英特爾（Intel）創辦人—戈登·莫耳（Gordon E. Moore）提出著名的經驗法則—摩爾定律（Moore's law），其理論為每隔大約兩年，積體電路的電晶體（transistor）數目會增加一倍且性能也會增加一倍及 1970 年之後，IBM 科學家—丹納德（Robert Dennard）所研究的金屬氧化半導體場效電晶體（MOSFET）微縮方程式（scaling equations），其理論為電晶體尺寸縮小下，功率延遲乘積（power-delay product, PDP）之變化，其理論代表著尺寸密度雖縮小，但所需之功率卻下降。由近代半導體製程技術發展趨勢如圖 1^[1]所示，積體電路所可容納之電晶體數目呈線性關係，大致符合摩爾定律之趨勢，然而近年半導體 EUV（極紫外線，Extreme Ultraviolet）微影技術發展成熟，電晶體閘極（Gate）長度更可製造到 5 奈米(5nm)之下，一般通稱：「5 奈米」製程技術，如圖 2^[2]所示，製程技術上，改變堆疊結構進而有效縮小電晶體尺寸，但因為物理極限關係，摩爾定律未來可能將逐漸趨於緩和。

微處理器製程技術發展近35年數據趨勢

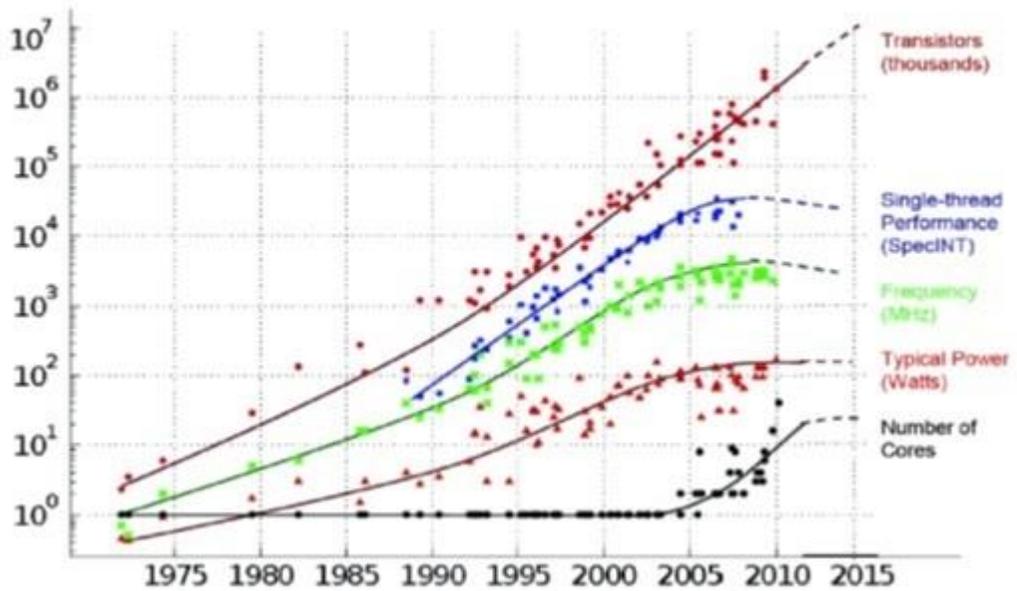


圖 1 微處理器製程技術發展近 35 年數據趨勢^[1]

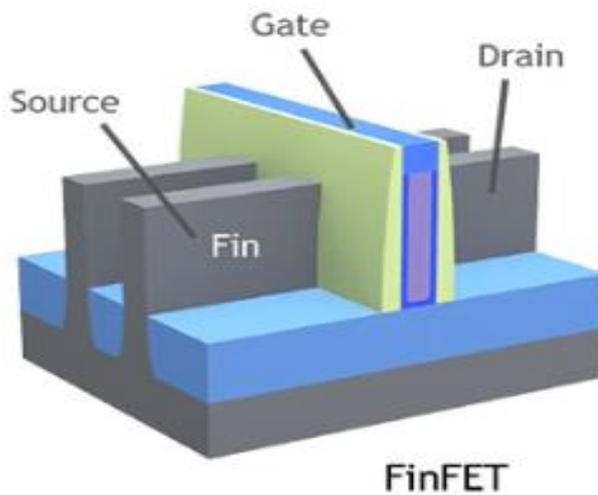


圖 2 鰭式場效電晶體 (Fin Field Effect Transistor, FinFET) ^[2]

1.2 嵌入式系統硬體架構介紹

嵌入式系統發展與半導體製程技術、電腦科學息息相關，與個人電腦架構相比如圖 3^[3]所示，有相似的地方也有不同的特性，嵌入式系統可以簡化到處理單一專案，硬體資源管理較為簡單，然而隨著硬體技術演進也可以使用作業系統來管理硬體資源，跟個人電腦或工作伺服器一樣，也可以處理較為複雜的應用程式或專案。其硬體架構如圖 4^[3]所示，嵌入式系統可把 CPU、記憶體(ROM 和 RAM)、peripheral interface(I2C, SPI, UART, USB, GPIO, Ethernet, etc)等等整合到硬體系統上，並且可自行編譯程式並驅動週邊設備，此時可以稱為 MCU (microcontroller)，早期 MCU 由英特爾 (Intel) 公司開發 8 位元 8051 單晶片系列受市場歡迎，但隨著功能要求與網際網路發展，8051 系列逐漸不符合需求，此時嵌入式系統市場推出低功耗、高效能、高性價比的產品來取代其不足之處，並且在市場上逐漸大放異彩，其著名為 ARM Cortex 系列之 MCU 並採用 RISC (精簡指令集)，現已多使用於消費性電子產品 (智慧型手機、電玩、個人電腦、平板、車用裝置等)、教育 (Raspberry pi 系列、Cubieboard 系列)，甚至 ARM 也將嘗試出現在伺服器與超級電腦市場上，ARM 晶片系統架構如圖 5^[4]所示。

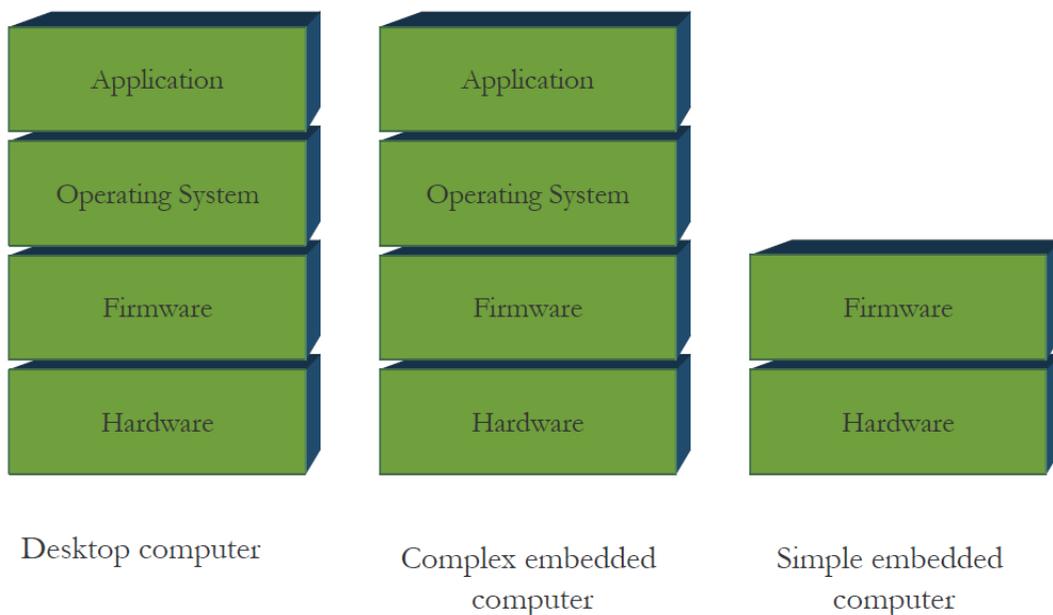


圖 3 個人電腦與嵌入式系統比較^[3]

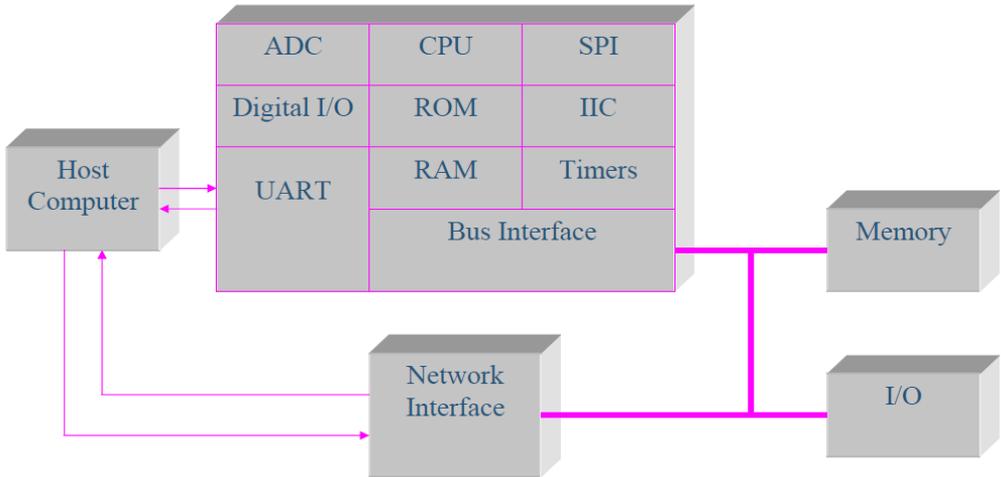


圖 4 嵌入式系統硬體架構圖^[3]

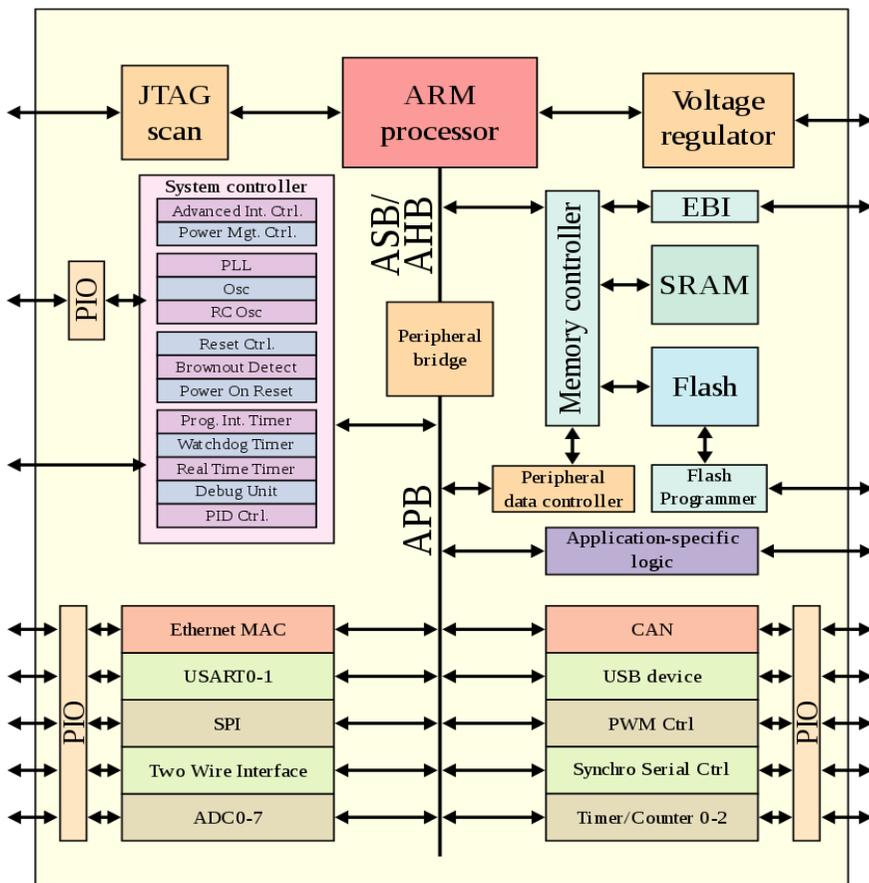


圖 5 基於 ARM 微控制器晶片上之系統方塊圖^[4]

1.3 Linux 於嵌入式系統開發

市場常見使用 Linux 當作嵌入式系統開發，初期在 1984 年 Richard Mathew Stallman（史托曼）所發起 GNU 計畫中，目的是建立自由、開放原始碼之 Unix（美國 AT&T-貝爾實驗室開發並廣泛應用於伺服器上）作業系統，並打造自由的環境讓工程師或怪客（cracker）們能夠學習並改良對方程式碼，但在 GNU 計畫下打造出來的開放原始碼軟體，避免被他人剽竊成為專利軟體，都必須宣告通用公共許可證 GPL（GNU General Public License），而在 GNU 開放原始碼風氣下 Linux kernel 由當時芬蘭大學生林納斯-托瓦茲（Linus Torvalds）所發表，並且開放原始碼（open source code）成為自由軟體，Linux kernel 具有跨平台、所需容量小之特性，且因開放原始碼的關係，早期只能用於 x86 架構平台，如今在許多人奉獻下，Linux 平台已建立許多軟、硬體及硬體上的支援下成為完整的作業系統，在高自由度下，人們也可以依專案需求量身訂做專屬系統，所以 Linux kernel 在各硬體平台上也處處可以見到它的蹤跡，譬如：Mobile phone、車載系統、Ethernet 路由器、電視盒、多媒體播放裝置、IP CAM、電玩等等，如圖 6^[5]所示：

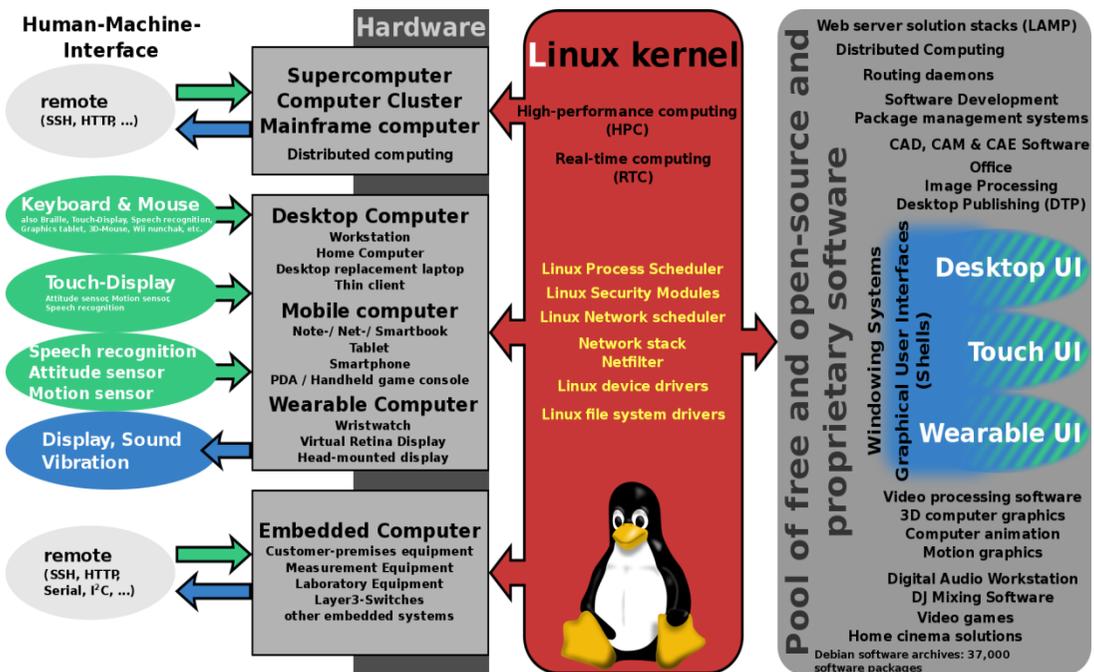


圖 6 Linux kernel 應用於各硬體平台^[5]

二、 嵌入式系統應用於車門控制器故障檢測開發

臺鐵局相關列車設備故障品不乏自製測試平台來進行檢測，藉以排除假性故障或輔助故障品維修，其中以太魯閣廁所 PLC 控制器測試平台為例，如圖 7 所示，在了解控制器原理後並透過開關與按鈕、燈號、繼電器等電子元件模擬訊號給 PLC 控制器，故此檢測 PLC 控制器各項動作正常與否，而測台所組成的元件單純化下，可避免測台產生額外的故障情形，干擾故障品測試。本研究在訊號傳遞的方式，選擇嘗試使用嵌入式系統來建立一套可程式、自動化及遠端控制之測試平台，故此建立臺鐵局普悠瑪自強號門機控制器的測試平台，來探討不同檢測模式。

2.1 普悠瑪自強號自動門機系統架構

臺鐵列車之車門常見使用門機控制器進行控制，如圖 8 所示車門控制器於車廂左側與右側配置圖，其設備主要組成有下列幾種，如圖 9 與圖 10 所示：

- ◆ SJ-2P 電磁閥 (SJ-2P MV)
- ◆ WPM-42 開關門電磁閥組合 (WPM-42 MV)
- ◆ 上下車門考克切斷開關 (Door Cock Open Switch)
- ◆ 電子鎖電磁閥 (Lock MV)
- ◆ 車門旁路開關 (Bypass switch)
- ◆ LED 故障指示燈
- ◆ 聲音合成器 (Speaker)
- ◆ 雜訊濾波器 (Noise Filter)
- ◆ 壓力開關 (Pressure Switch, PS)
- ◆ 車門控制器 (Door Control Unit, DCU)



圖 7 太魯閣自強號廁所 PLC 控制器測試平台

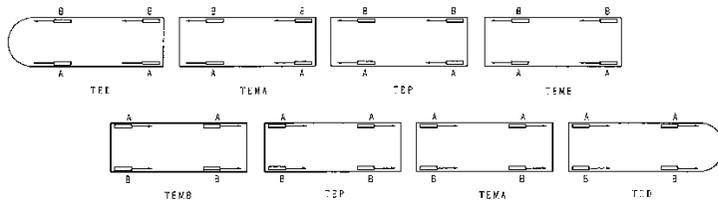


圖 8 普悠瑪自強號車門控制器車廂配置

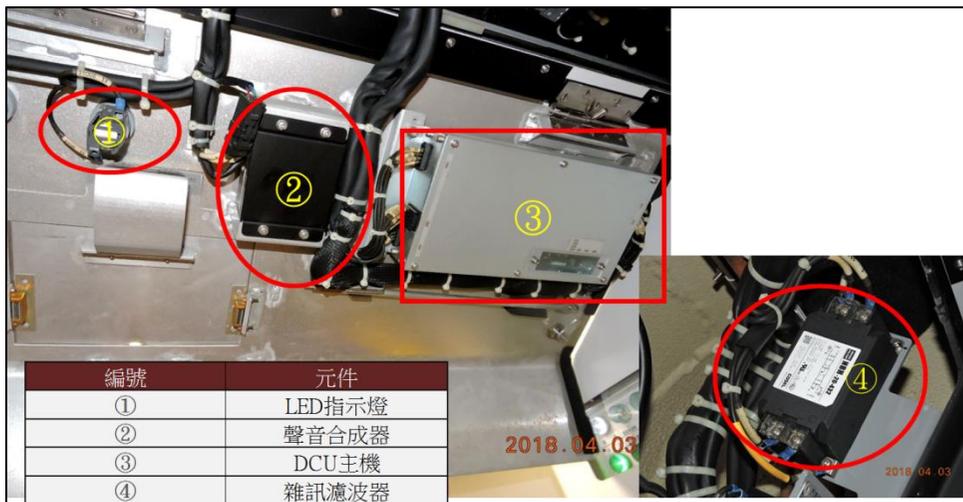


圖 9 普悠瑪自強號車門系統組成設備

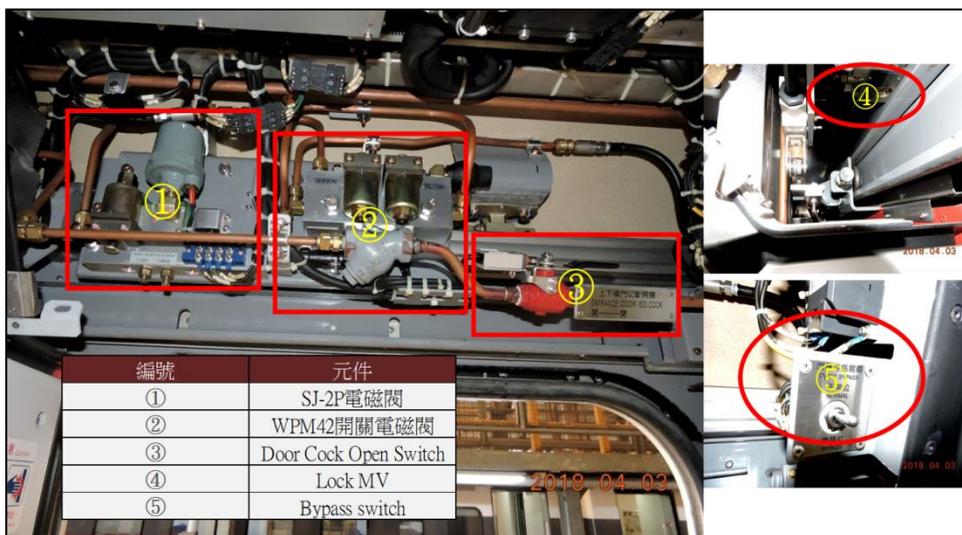


圖 10 普悠瑪自強號車門系統組成設備

臺鐵普悠瑪號出入台車門系統使用 Nabtesco 公司系統架構，於開關門機構上採用直線運動式雙作用氣缸，並透過 DCU 控制指令驅使車門開啟、車門關閉、各車廂之車門連動，另控制器也能偵測空氣壓力變化，讓自動門可再度開啟之旅客防夾功能。

控制器其主要作用接收車門開/關指令，使 WPM-42 型開門/關門電磁閥處於自保持狀態。對電磁鎖裝置的解鎖/上鎖進行控制。車門夾人夾物時，則接收壓力感應器的觸點信號，使車門再次開啓。偵測到車門夾人、夾物後，過 1.0 ~ 5.0 秒(可調)，車門將自動關閉。若接到開門指令(包括維修時的開門指令)，則控制電磁鎖裝置略早於(約 0.3 秒)開門電磁閥解鎖。此外還進行壓緊電磁閥、聲音合成器、故障指示燈進行控制^[6]。

2.2 普悠瑪自強號門機控制工作原理

控制器測台的建立需了解車門的工作原理與電路，如圖 11 所示訊號輸入與輸出方塊圖及車門工作狀態，進一步模擬輸入訊號與響應輸出狀態。由圖 12 門機控制器電路圖中可理解，控制器週邊設備相依之關係，清楚了解到觸發 DCU 是由哪些元件設備所產生，和觸發後哪些設備會產生響應，從電路圖中可了解 DCU 週邊由電磁閥帶動氣缸與極限開關、繼電器、LED 燈號、聲音合成

器等設備組成及連結器（connector）相對應之腳位，但只知道輸入與輸出還不夠，控制器週邊設備的動作控制時序影響車門開關和防夾啟用時機，如圖 13 所示的工作時序圖，唯有完整模擬車上的輸入訊號，才可有正確的輸出響應來判別控制器正常是否正常。為了簡化時序圖與分類車門工作狀態，大致上可分為全關緊壓、開門鬆弛、車門開啟、車門關閉、關門鬆弛等，並將時序圖化為工作狀態表，如圖 14 所示，由此開始建立嵌入式系統之測試平台。

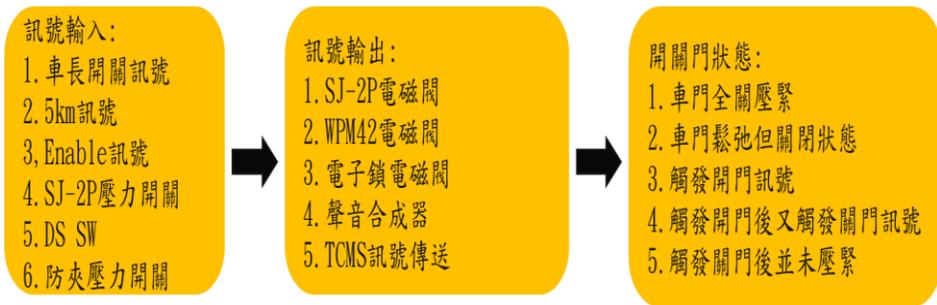


圖 11 普悠瑪自強號車門控制器動作方塊圖

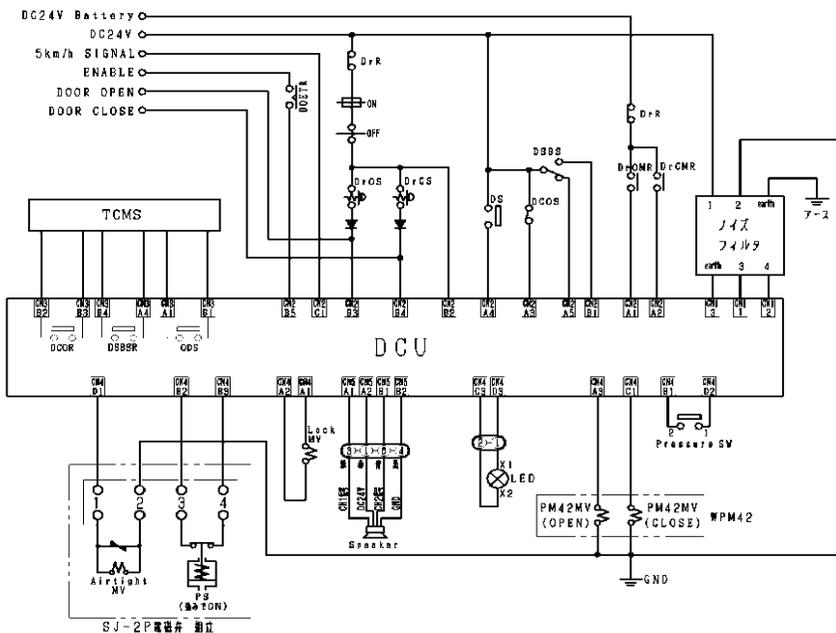


圖 12 門機控制器電路圖^[6]

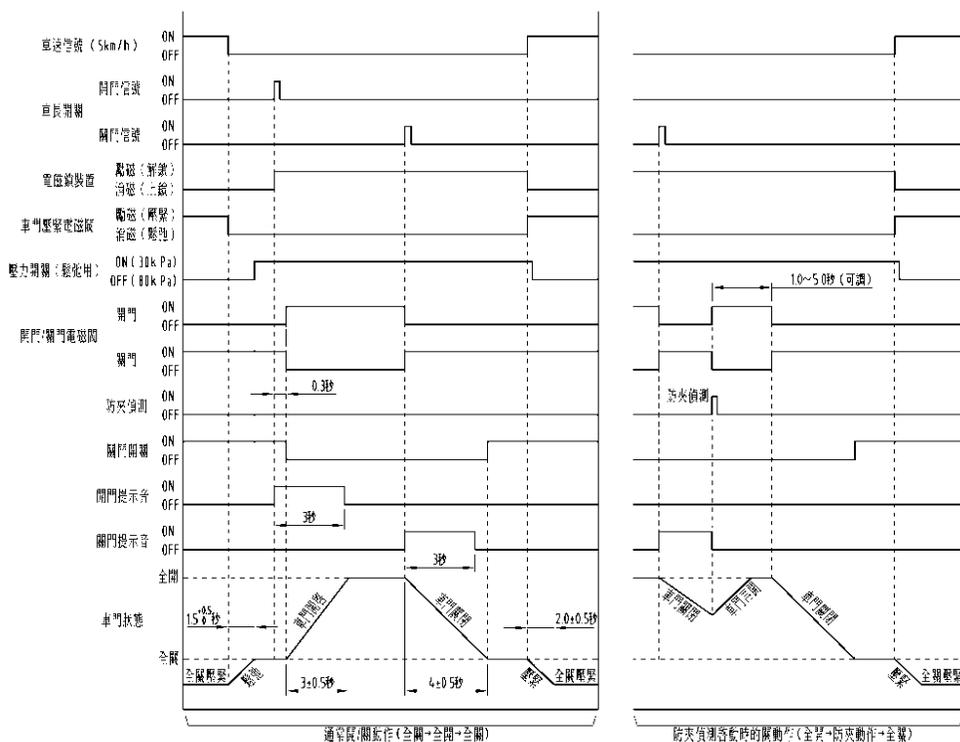


圖 13 門機工作時序圖^[6]

輸入訊號	全關壓緊	開門鬆弛	車門開啟	車門關閉	關門鬆弛	說明
5km/h	H	L	L	L	L	
車長開關	L	L	H	H	L	
電磁鎖裝置	L	L	H	H	H	H:勵磁 L:消磁
壓緊電磁閥 (SJ-2P)	H	L	L	L	L	H:勵磁 L:消磁
壓力開關 (鬆弛用)	L	H	H	H	H	H:30kpa L:80kpa
開門電磁閥 (WPM42)	L	L	H	L	L	
關門電磁閥 (WPM42)	H	H	L	H	H	
防夾偵測	L	L	L	L	L	
關門開關	H	H	L	L	H	
開關門提示音	L	L	H	H	L	

圖 14 普悠瑪自強號車門控制器工作狀態表

2.3 Raspberry Pi 3 Model B 嵌入式系統平台簡介

Raspberry Pi 系列目的是期望以低成本並促進電腦科學教育之嵌入式系統開發板，由 2012 年英國樹莓派基金會所開發及推出，初代機僅以 25 美元價格販售，即便現今已經推出第四代，仍維持低價策略，高性價比在開發板市場上大受歡迎，許多創客（Maker）利用樹莓派、Python、C 語言打造屬於自己的嵌入式系統。Raspberry Pi 3 所搭載之 MCU 採用博通（Broadcom）公司所推出之 64 位元四核心之 ARM Cortex 架構處理器，提供時脈 1.2GHz 處理器、內建 1GB RAM 等，如圖 15^[7]所示及硬體規格，如圖 16^[7]所示：

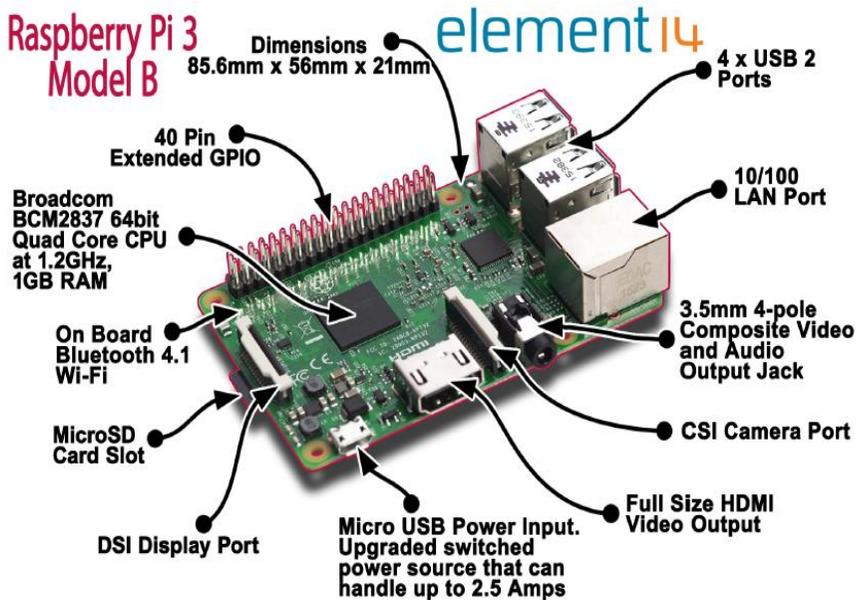


圖 15 Raspberry Pi 3 Model B 系統架構^[7]

	Raspberry Pi 3 Model B
Processor Chipset	Broadcom BCM2837 64Bit ARMv7 Quad Core Processor powered Single Board Computer running at 1250MHz
GPU	Videocore IV
Processor Speed	QUAD Core @1250 MHz
RAM	1GB SDRAM @ 400 MHz
Storage	MicroSD
USB 2.0	4x USB Ports
Power Draw / voltage	2.5A @ 5V
GPIO	40 pin
Ethernet Port	Yes
Wi-Fi	Built in
Bluetooth LE	Built in

圖 16 Raspberry Pi 3 Model B 硬體規格^[7]

2.3 測試平台設計規劃

測台建置初期完全採用傳統開關來控制輸入訊號並使用 WAGO 端子台連結門機控制器輸入端與輸出響應燈號，設計流程如圖 17、圖 18 所示，再開發使用 Raspberry Pi 3 當系統控制平台，本實驗採用樹莓派專用 Linux 作業系統：Raspbian 進行硬體資源管理，並使用 C 語言來驅動開發板上 GPIO 介面與其直流繼電器模組當作訊號控制。因 Raspberry Pi 3 內建網路 WiFi 模組，如圖 19 所示可與手機遠端連動測試，雖開關都能使用直流繼電器取代並可自撰程式自動化，但實驗版本還是先保留列車長鑰匙開關、開門開關、關門開關、防夾開關當作測試，進一步思考能朝全自動化方向邁進。

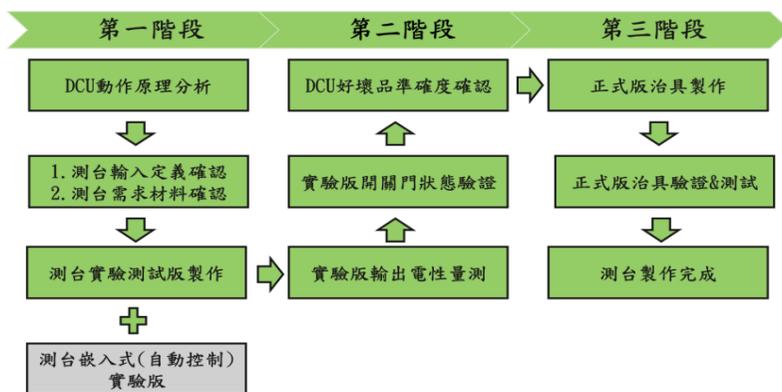


圖 17 測試平台設計規劃

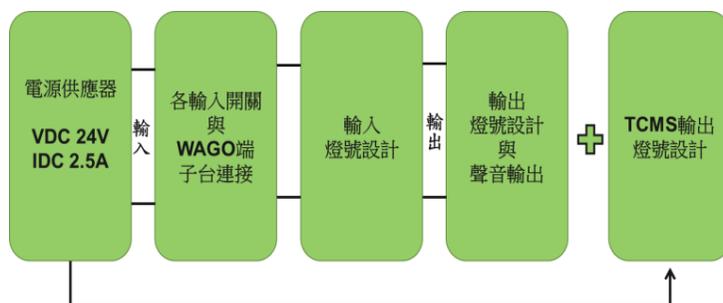


圖 18 測試平台電路設計

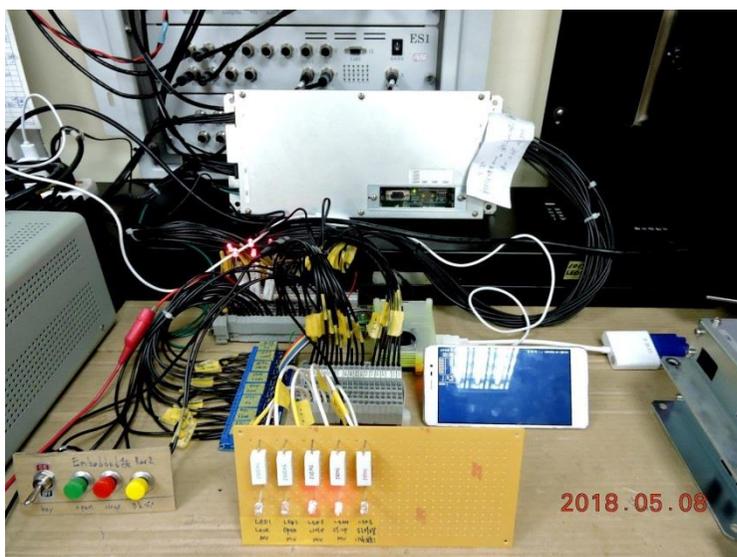


圖 19 嵌入式系統測試平台實驗版與手機遠端連線檢測故障品

2.4 測試平台驗證程序

為確保車門控制器必須符合列車上之工作條件，測台使用直流電源供應器輸入約 DC 24V/2.5A 供給控制器工作電源（現車電源供給條件約 DC 18V 至 32V），並依控制器工作狀態表於測試平台上進行車門開關的六種狀態驗證，包括：車門全關壓緊、車門鬆弛但關閉狀態、觸發開門訊號、觸發開門後又觸發關門訊號、觸發關門後尚未壓緊、防夾測試，之門機單控與連控開關門狀態。建立一套門機控制器（DCU）驗證標準程序，依序由：

CASE1 → CASE2 → CASE3 → CASE4 → CASE5 → CASE6 測試。

- CASE1：車門全關壓緊之燈號，如表 1 所示。
- CASE2：車門鬆弛但關閉狀態之燈號，如表 2 所示。
- CASE3：觸發開門訊號之燈號，如表 3 所示。
- CASE4：觸發開門後又觸發關門訊號之燈號，如表 4 所示。
- CASE5：觸發關門後尚未壓緊之燈號，如表 5 所示。
- CASE6：防夾（開門狀態下）之燈號，如表 6 所示。

表 1 車門全關壓緊

輸入								
開門	關門	防夾開關	5KM	ENABLE	SJ-2P PS	DS	DCOS	DSBS
			•			•	•	•
輸出								
電子(磁)鎖	OPEN電磁閥	CLOSE電磁閥	壓緊電磁閥	故障隔離燈	DCOR	DSBSR	ODS	
		•	•					For TCMS

表 2 車門鬆弛但關閉狀態

輸入								
開門	關門	防夾開關	5KM	ENABLE	SJ-2P PS	DS	DCOS	DSBS
					•	•	•	•
輸出								
電子(磁)鎖	OPEN電磁閥	CLOSE電磁閥	壓緊電磁閥	故障隔離燈	DCOR	DSBSR	ODS	
		•						For TCMS

表 3 車門鬆弛但關閉狀態

輸入								
開門	關門	防夾開關	5KM	ENABLE	SJ-2P PS	DS	DCOS	DSBS
•					•		•	•
輸出								
電子(磁)鎖	OPEN電磁閥	CLOSE電磁閥	壓緊電磁閥	故障隔離燈	DCOR	DSBSR	ODS	
•	•							For TCMS

表 4 觸發開門後又觸發關門訊號

輸入								
開門	關門	防夾開關	5KM	ENABLE	SJ-2P PS	DS	DCOS	DSBS
	•				•		•	•
輸出								
電子(磁)鎖	OPEN電磁閥	CLOSE電磁閥	壓緊電磁閥	故障隔離燈	DCOR	DSBSR	ODS	
•	◦	•						For TCMS

表 5 觸發關門後尚未壓緊

輸入								
開門	關門	防夾開關	5KM	ENABLE	SJ-2P PS	DS	DCOS	DSBS
					•	•	•	•
輸出								
電子(磁)鎖	OPEN電磁閥	CLOSE電磁閥	壓緊電磁閥	故障隔離燈	DCOR	DSBSR	ODS	
•		•						For TCMS

表 6 防夾 (開門狀態下)

輸入								
開門	關門	防夾開關	5KM	ENABLE	SJ-2P PS	DS	DCOS	DSBS
	•	•			•		•	•
輸出								
電子(磁)鎖	OPEN電磁閥	CLOSE電磁閥	壓緊電磁閥	故障隔離燈	DCOR	DSBSR	ODS	
•	◦	•						For TCMS

防夾秒數
1.0~5.0秒 (可調)

依據驗證程序驗證輸入與輸出狀態電性是否正確，如表 7、表 8 所示：

表 7 DCU 輸入狀態電性量測

輸入/輸出	CAN BUS	連接元件	電壓	電流
輸入	CN1, 1	雜訊濾波器	24V	2.5A
輸入	CN1, 2	雜訊濾波器	24V	2.5A
輸入	CN1, 3	雜訊濾波器	24V	2.5A
輸入	CN2, A1	DC 24 Battery	24V	2.5A
輸入	CN2, A2	DC 24 Battery	24V	2.5A
輸入	CN2, C1	5km signal	24V	2.5A
輸入	CN2, B3	Door Open (連控)	24V	2.5A
輸入	CN2, B4	Door Close (連控)	24V	2.5A
輸入	CN2, B5	Enable (DOETR)	24V	2.5A
輸入	CN2, A4	DS	24V	2.5A
輸入	CN2, A3	DCOS	24V	2.5A
輸入	CN2, B1, A5	DSBS	24V	2.5A
輸入	CN4, B1	Pressure SW	—	—
輸入	CN4, D2	Pressure SW	—	—
輸入	CN4, B2	SJ-2P	—	—
輸入	CN4, B3	SJ-2P	—	—

表 8 DCU 輸出狀態電性量測

輸入/輸出	CAN BUS	連接元件	電壓	電流
輸出	CN3 , A1	TCMS (ODS)	—	—
輸出	CN3 , B1	TCMS (ODS)	—	—
輸出	CN3 , B2	TCMS (DCOR)	—	—
輸出	CN3 , B3	TCMS (DCOR)	—	—
輸出	CN3 , A4	TCMS (DSBSR)	—	—
輸出	CN3 , B4	TCMS (DSBSR)	—	—
輸出	CN4 , A1	LockMV	~24V	—
輸出	CN4 , A2	LockMV		—
輸出	CN4 , C1	WPM42 (CLOSE)	~24V	—
輸出	CN4 , A3	WPM42 (OPEN)		—
輸出	CN4 , D1	SJ-2P MV (D1)	~24V	—
輸出	CN4 , C3	LED	~24V	—
輸出	CN4 , D3	LED		—
輸出	CN5 , A1	Speaker,CH1	~1.5V	—
輸出	CN5 , B1	Speaker,CH2	~1.5V	—
輸出	CN5 , A2	Speaker,24V	~24V	—
輸出	CN5 , B2	Speaker,GND		—

2.5 良品與故障品驗證測試實驗

針對出入台門 DCU 不良品和良品由測台進行交叉驗證，並設定 3 組實驗條件每組 3 次間隔 30 分鐘以上，並按照驗證程序進行操作，結果如表 9 所示：

- 一、VDC:36V；IDC:2.5A
- 二、VDC:24V；IDC:2A
- 三、VDC:18V；IDC:1.25A

表 9 DCU 良品與故障品依據標準驗證程序測試結果

開關門狀態 門機狀態	實驗條件	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	CASE5	CASE6
新5 2車 自動門故障 TEM2017	VDC 24V IDC 2A	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	VDC 36V IDC 2.5A	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	VDC 18V IDC 1.25A	OK	OK	OK	OK	OK	OK
新6 逆 3位門 控制器有時候會有誤關門 情形發生 TEM2022	VDC 24V IDC 2A	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	VDC 36V IDC 2.5A	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	VDC 18V IDC 1.25A	OK	OK	OK	OK	OK	OK
良品	VDC 24V IDC 2A	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	VDC 36V IDC 2.5A	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	VDC 18V IDC 1.25A	OK	OK	OK	OK	OK	OK

藉由測試平台測試控制器可得輸入、輸出訊號與開、關門單控、連控之相關性，可進一步探討出現假性故障的可能原因，在檢修保養上或許得以預防，如表 10 所示：

表 10 DCU 車門開關與輸入、輸出訊號關連性明細表

輸入				輸出				
Enable	5KM	DSBS	SJ-2P PS		單控	說明	連控	說明
				OPEN	None	異常	None	異常
				CLOSE	Close MV	異常	Close MV	異常
			●	OPEN	隔離指示燈	異常	Close MV 隔離指示燈	連控不作用
			●	CLOSE	Close MV 隔離指示燈	異常	Close MV 隔離指示燈	連控不作用
		●		OPEN	None	異常	None	異常
		●		CLOSE	Close MV	異常	Close MV	異常
		●	●	OPEN	Lock MV、Open MV	正常動作	Lock MV、Open MV	正常動作
		●	●	CLOSE	Lock MV、Close MV	正常動作	Lock MV、Close MV	正常動作
	●			OPEN	隔離指示燈	異常	Close MV 隔離指示燈	連控不作用
	●			CLOSE	Close MV 隔離指示燈	異常	Close MV 隔離指示燈	連控不作用
	●		●	OPEN	隔離指示燈	異常	Close MV 隔離指示燈	連控不作用
	●		●	CLOSE	Close MV 隔離指示燈	異常	Close MV 隔離指示燈	連控不作用
	●	●		OPEN	SJ-2P MV	異常	SJ-2P MV	異常
	●	●		CLOSE	Close MV SJ-2P MV	正常	Close MV SJ-2P MV	正常
	●	●	●	OPEN	Lock MV、Open MV SJ-2P MV	異常	Lock MV、Open MV SJ-2P MV	異常
	●	●	●	CLOSE	Lock MV、Close MV SJ-2P MV	異常	Lock MV、Close MV SJ-2P MV	異常
●				OPEN	隔離指示燈	異常	Close MV 隔離指示燈	連控不作用
●				CLOSE	Close MV 隔離指示燈	異常	Close MV 隔離指示燈	連控不作用
●			●	OPEN	隔離指示燈	異常	Close MV 隔離指示燈	連控不作用
●			●	CLOSE	Close MV 隔離指示燈	異常	Close MV 隔離指示燈	連控不作用
●		●		OPEN	None	異常	Close MV	連控不作用
●		●		CLOSE	Close MV	異常	Close MV	連控不作用
●		●	●	OPEN	Lock MV、Open MV	正常	Close MV	連控不作用
●		●	●	CLOSE	Close MV	異常	Close MV	連控不作用
●	●			OPEN	隔離指示燈	異常	Close MV 隔離指示燈	連控不作用
●	●			CLOSE	Close MV 隔離指示燈	異常	Close MV 隔離指示燈	連控不作用
●	●		●	OPEN	隔離指示燈	異常	Close MV 隔離指示燈	連控不作用
●	●		●	CLOSE	Close MV 隔離指示燈	異常	Close MV 隔離指示燈	連控不作用
●	●	●		OPEN	SJ-2P MV	異常	close MV SJ-2P	連控不作用
●	●	●		CLOSE	SJ-2P MV Close MV	正常	Close MV SJ-2P MV	連控不作用
●	●	●	●	OPEN	Lock MV、Open MV SJ-2P MV	異常	Close MV SJ-2P MV	連控不作用
●	●	●	●	CLOSE	Close MV SJ-2P MV	正常	Close MV SJ-2P MV	連控不作用

2.6 送測品於測試平台上追蹤結果

如表 11 所示，普悠瑪號車門控制器被檢查員判定故障品後，送至測試平台追蹤測試之結果統計：

表 11 普悠瑪門機 DCU 送測品由測台檢測之測試追蹤表

車號	型號	序號	出廠日期	故障模式	故障日期	測台驗證結果
TEMa2022	NSD-19	120282	10.2012	單門正常、無法運動	2018.03.23	測試正常
TEM2017	NSD-19	120334	10.2012	出入台門故障	2018.03.23	測試正常
TEM2022	NSD-19	120305	10.2012	誤開門	2018.03.24	測試正常
新10編組	NSD-19	120112	7.2012	門不開	2018.07.28	測試正常
TEP2008	NSD-19	120025	5.2012	門不開	2018.07.24	測試正常
TEP2003	NSD-19	120166	9.2012	無法運動	2018.07.28	測試正常
TEM2002	NSD-19	120235	10.2012	車門故障	2018.08.07	運動無法關
TED2019	NSD-19	120185	7.2012	出入台門故障	2018.09.18	測試正常
TEMb2030	NSD-19	120247	10.2012	無法運動	2018.10.01	運動無法關
TED2003	NSD-19	120027	5.2012	無法關門	2018.10.08	測試正常
TEM2025	NSD-19	120270	10.2012	運動無法關	2018.10.21	測試正常
TED2019	NSD-19	120032	5.2012	運動無法關	2019.02.21	測試正常
TEP2005	NSD-19	120204	9.2012	車門故障	2019.02.21	測試正常
新6編組	NSD-19	120315	10.2012	無法運動	2019.02.22	測試正常
TEP2016	NSD-19	120075	7.2012	車門故障	2019.03.17	測試正常
TED2035	NSD-19	120313	10.2012	車門故障	2019.03.24	測試正常
TEP2002	NSD-19	120216	9.2012	車門故障	2019.04.17	測試正常
TEP2005	NSD-19	120326	10.2012	車門不開	2019.06.03	測試正常

三、嵌入式系統應用於旅客資訊系統探討

3.1 旅客資訊系統架構介紹

軌道車輛載客量龐大，因常需反應列車資訊給旅客知悉，如：車次資訊、車種、列車停靠站、臨時停靠訊息及播音等等，給予旅客基本的列車資訊，譬如：臺鐵電聯車組就曾使用布幕捲簾式終站指示器，如圖 20 所示：



圖 20 EMU500 型捲簾式終站指示器

而今隨著科技日新月異，為了提高旅客服務品質，能給予旅客的資訊也越來越豐富，並要具備多樣性與及時性，此時旅客資訊系統的需求孕育而生，朝向電子控制和自動化邁進，如：到站自動播音、左右側開車門自動提示、轉乘訊息播報、氣象資訊連結、即時訊息及乘客緊急對講機、車內外監視系統 CCTV 等等服務。車上旅客資訊系統大致上可分類為顯示系統、播音、播報系統、緊急對講系統為主，如臺鐵局電聯車組 EMU800 型就採用 LED 字幕機給予旅客列車資訊，其架構如圖 21^[8]所示，由 PISC 控制器、LCD 顯示器、LED 字幕機所組成，其設備資料傳輸採用 RS485 與 TCP/IP 通訊協定。

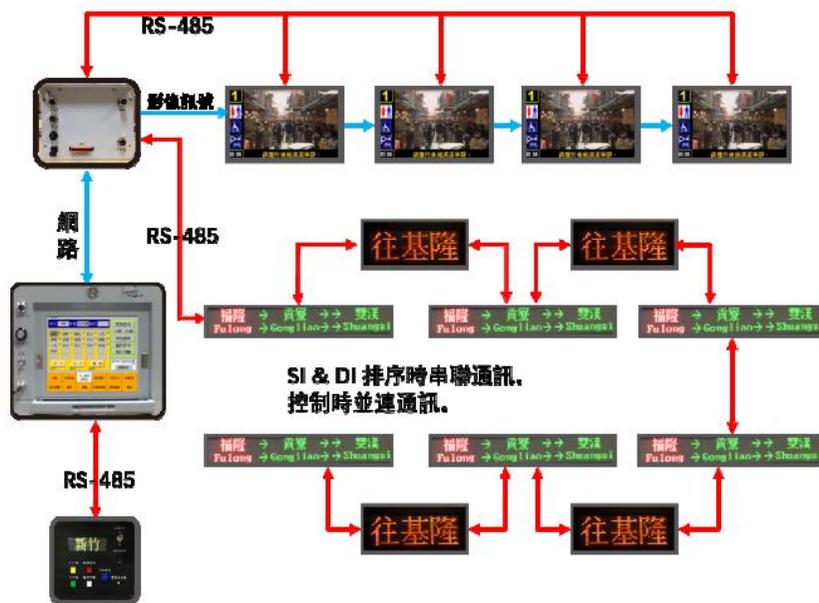
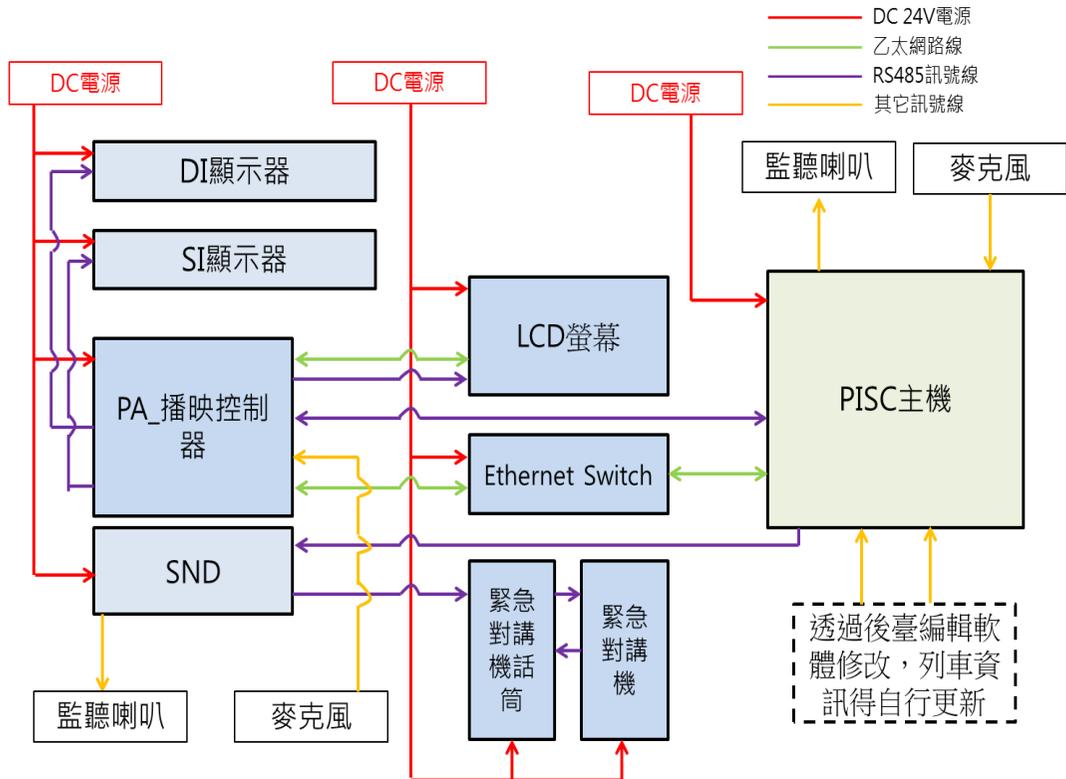


圖 21 EMU800 型 LED 顯示系統架構^[8]

新型旅客資訊系統架構設備多採用工業電腦（Industrial PC）級 PISC 控制器、緊急對講機、LED 字幕機、LCD 顯示器（含觸控螢幕）、IP CAM、IP PHONE 等設備組成，而旅客資訊系統通訊方式大多採用 RS485 及 TCP/IP 通訊協定，所以需要乙太網路交換器（Ethernet Switch）或者 RS485 串列傳輸界面設備處理通訊傳輸，如圖 22 所示，EMU800 型 PISC 設備通訊架構。旅客資訊系統通常也與 ATP（Automatic Train Protection，列車自動防護系統）設備有所連動，需透過擷取 ATP 地上設備之感應子傳輸行車路線資料（Bailse），以取得自動播音與左右側開門等所需資訊。

- ◆ PISC 旅客資訊系統主機 (Passenger Information System Controller)
- ◆ PA 廣播系統 (Public address)
- ◆ DI 終站顯示器 (Destination Information)
- ◆ SI 車內資訊顯示器 (Station Information)
- ◆ SND 站名稱顯示器 (Station Name Display)



3.2 列車乙太網路通訊架構介紹

現今列車旅客資訊系統為反應即時性與多樣性，列車上不乏有影像、語音等多媒體資料傳遞需求，常使用乙太網路作為傳輸骨幹，如圖 23^[9]所示：

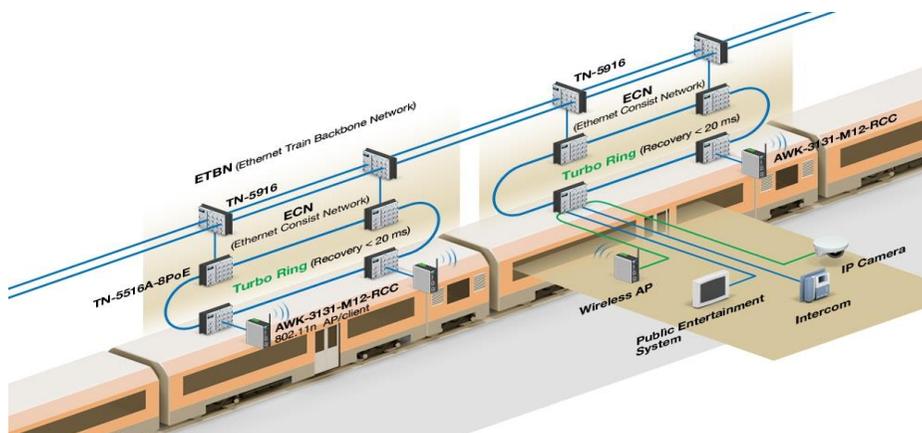


圖 23 軌道車輛乙太網路傳輸骨幹^[9]

其 TCP/IP 通訊協定訊框架構與說明，如表 12^[10]所示：

表 12 TCP/IP 通訊協定訊框格式說明^[10]

Preambles	SFD	DA	SA	T	IP Header	TCP Header	Application Text Data	FCS
(8)	(1)	(6)	(6)	(2)	(20)	(20)	(Maximum 1024)	(4)

Item	Description
Preambles Frame	前言
SFD	訊框開始 (starting frame delimiter)
DA (Destination Address)	訊框被送達的目的位址 (destination address)
SA (Source Address)	訊框發送端的位址 (source address)
T (Upper Protocol Type)	顯示 IP 的上層 (TCP 或 UDP 等) 協定的代碼
IP Header	IP 表頭
TCP Header	TCP 表頭
Application Text Data	欲傳送的原始資料
FCS	用在傳送時檢查錯誤的數值 (frame check sequence) CRC code

2013 年由臺鐵局引進普悠瑪號是第一款採用乙太網路架構為主的旅客資訊系統列車，其主要旅客服務設施，如表 13 所示，各控制器採用嵌入式工控主機板，搭載 Intel Atom 雙核心 1.8GHz 處理器、2GB 記憶體並採用 Ubuntu Linux 10.04 版本作業系統、主程式操作介面（GUI）由 Qt Library 與 C++ 開發，如圖 24 所示，而旅客資訊系統架構如圖 25 所示，網路架構是依照 ANSI 所制定之光纖分散數據界面（Fiber Distributed Data Interface, FDDI）雙環（dual ring）網路標準，代號為 ASCX3T9.5。列車設備所組成之區域網路以「中樞器」（Concentrator）為基礎，設備連線架構分為「主環」、「次環」，當設備節點故障時，具有某種程度的備援（redundancy）特性，FDDI 網路架構如圖 26 所示^[11]。

表 13 TEMU2000 型旅客資訊系統設備一覽表

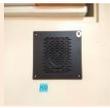
名稱	圖示	名稱	圖示
車外終站顯示器	DI 	播音喇叭	BS 
前端顯示器	FI 	駕駛室監聽喇叭	MSD 
LCD 車內顯示器	SI 	控制螢幕	CM 
控制面板	CP 	數位攝影機	CAM 
名稱	圖示	名稱	圖示
駕駛台站名顯示器暨控制鍵盤	SND 	客室緊急對講裝置	EIP 
隱藏式麥克風	MPA 	車長室緊急對講裝置	EIC 
聲音感應器	VS 	緊急蜂鳴器	BZ 
CCU 機櫃	圖示	PIS機櫃	圖示
車廂通訊單元	CU 	數位式錄影機	DVR 
功率放大器	PA	播音控制器	VCU
乙太網路交換器1	ES1	旅客資訊系統控制器	PISC
乙太網路交換器2	ES2	影像伺服器	VSR
		乙太網路交換器	ES



圖 24 TEMU2000 型旅客資訊系統控制螢幕（CP）操作介面

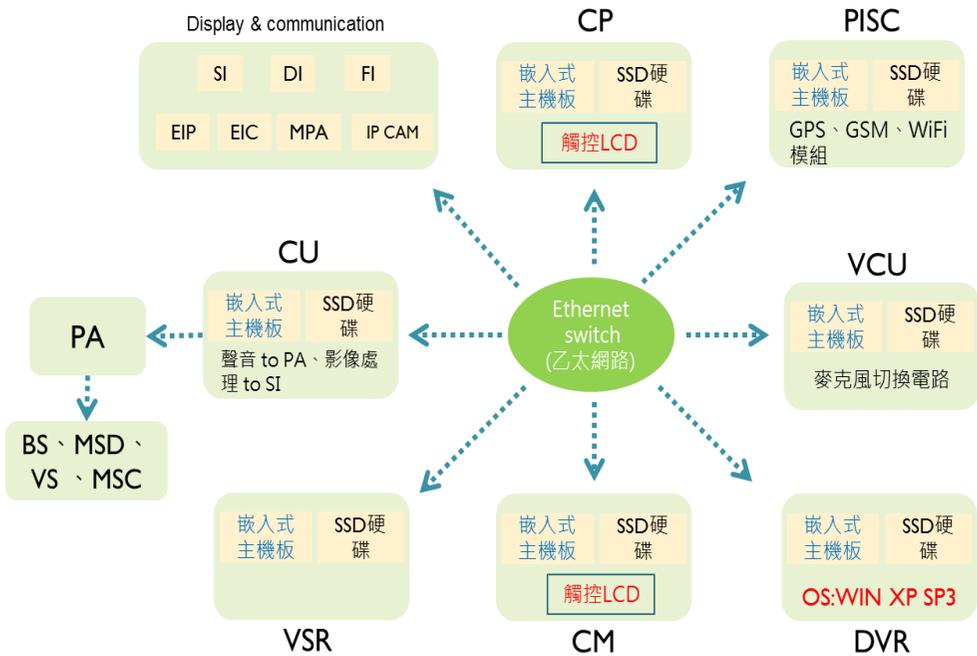


圖 25 TEMU2000 型旅客資訊系統架構示意圖

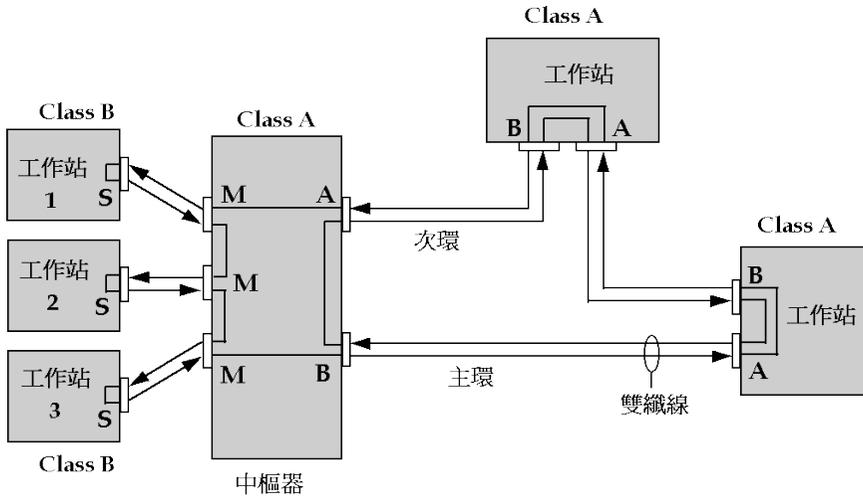


圖 26 FDDI 網路架構範例^[11]

3.3 旅客資訊系統於嵌入式系統應用

隨著半導體 SoC (System On Chip) 技術發展，ARM Cortex 架構下的嵌入式系統核心角色之微控制器 (MCU) 與網際網路結合，所能做的事情越來越多元、運算處理功能也能做到人工智慧 (AI)、機械學習 (Machine Learning) 等級的運算處理，以車用市場最新發展為例，ARM Cortex-M、ARM Cortex-R、ARM Cortex-A 系列在自動駕駛、感測、動力傳動控制等都有各種應用，如表 14^[12]所示：

表 14 ARM Cortex 架構 MCU 於自動駕駛車的應用^[12]

Automotive Application	IP Cores Adoption	Remark
Autonomous Driving	Cortex-A76 + Mali G76 + Mali C71 + Cortex-R52	<ul style="list-style-type: none"> High performance multi-cluster Machine Learning Functional Safety
ADAS (Sensor and Vision)	Cortex-A55 + Cortex-R52	<ul style="list-style-type: none"> Heterogeneous multi-cores Computer vision control
IVI (GPS and Infotainment)	Cortex-A76 + Cortex-A55 + Mali G52	<ul style="list-style-type: none"> Energy-aware scheduling Rich Operation System Security
Powertrain	Cortex-R52	<ul style="list-style-type: none"> Real-time control Homogenous multi-core
Central Body Control	Cortex-M7, Cortex-M0+	<ul style="list-style-type: none"> Low power consumption Efficient performance

在車用認證上與汽車駕駛進步相比，軌道車輛發展中的自動駕駛目前未臻完善，但若嵌入式系統用以提升旅客服務品質，尤其在處理感測的部分，是目前比較可被執行的方案。首先，CCTV 系統已普遍出現在軌道車輛當中，用於車內外影像監控，譬如：圖 27 所示，用於臺北捷運緊急對講機當中、普悠瑪號車外影像監視系統介面。隨著圖像辨識（Pattern recognition）演算法技術發展趨於成熟，可用於旅客人數計算、車外危險辨識、號誌機燈號警示輔助等，進一步若能連結網際網路，可形成車用物聯網（IoT），配合車上旅客資訊系統與顯示裝置，提供旅客與列車長相關列車資訊，相信能提升旅客服務品質，如圖 29^[13]、30^[14]所示。



圖 27 北捷緊急對講機



圖 28 TEMU2000 型監視系統介面

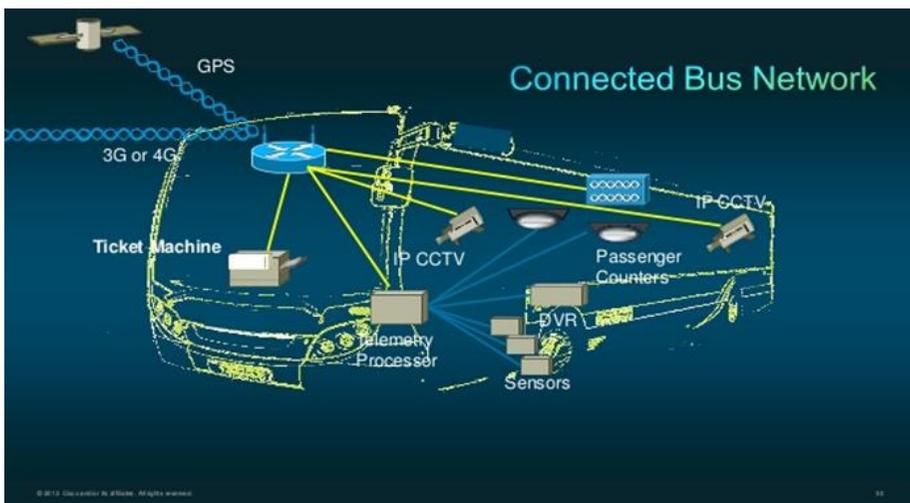


圖 29 車用物聯網監視設備^[13]

Flexible Deployment Models Industrial IoT-enabled Framework

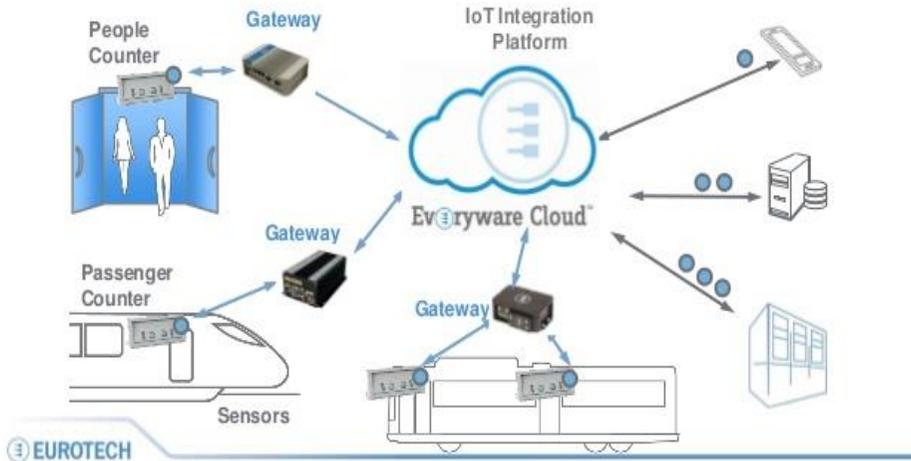


圖 30 軌道車輛物聯網 (IoT) [14]

軌道車輛自動化之前，重點在於利用嵌入式系統與感測器作連動，感測器可以包括：影像感測器、溫（濕）度感測、氣體感測器等等，透過與網際網路連結，提供旅客最即時（Real-Time）之旅客資訊，才能有效提升服務品質，如：透過人數計算可顯示每節車廂擁擠程度，進行人群分散或透過大數據收集，計算開放對號列車自由座數量以及自由座所在車廂即時訊息顯示等智慧化運用。

四、結論

嵌入式系統已成新電子科技，從消費性電子產品、工業控制、人工智慧等等，跨平台的特性已廣泛應用於各領域當中，其低功耗與高性能、體積小的特性，產生了許多可能應用。本篇闡述了台鐵路車輛設備檢修與旅客資訊系統的探討，對於軌道車輛而言，期望新的電子科技的出現，能有不同的思維。

參考文獻

1. Mustak E. Yalcin (2018), Introduction to Embedded Systems Lectures, Istanbul Technical University.
2. Mark LaPedus (2018), Big Trouble At 3nm, Semiconductor Engineering.
3. ANDESTECH (2009), Embedded System Introduction, Department of Electronics Engineering, Institute of Electronics National Chiao Tung University.
4. ARM 架構-Wikipedia:
<https://zh.m.wikipedia.org/wiki/ARM%E6%9E%B6%E6%A7%8B>
5. Linux kernel-Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Linux_kernel
6. Nabtesco 株式會社鐵道公司車門技術部 (2014), 臺灣鐵路管理局傾斜式列車側拉門裝置訓練講義資料。
7. RASPBERRY PI 3 MODEL B- Farnell element14:
https://www.terraelectronica.ru/pdf/show?pdf_file=%252Fds%252Fpdf%252F%252FTechicRP3.pdf
8. 臺灣松下電器股份有限公司 (2018), 旅客資訊系統_通信協定 PA – LCD 資料。
9. Building Partnerships for Smart Rail Success-MOXA:
<https://www.moxa.com/en/spotlight/integrated-solutions/rail/railway-ethernet/index>
10. 臺灣松下電器股份有限公司 (2018), 800-PIS 參考用
11. 光纖分散數據界面-清華大學資訊工程系:
<http://www.cs.nthu.edu.tw/~nfhuang/chap08.htm>
12. ARM 能否保有車用處理器 IP 市場的獨占地位, 端看 RISC-V 陣營發展:
<https://technews.tw/2019/07/08/arm-vs-risc-v-in-car-cpu-ip/>
13. Cisco Internet of Things (IoT)-SlideShare:
<https://www.slideshare.net/CiscoPublicSector/cisco-internet-of-things-iot>
14. Passenger counting by the numbers-SlideShare:
<https://www.slideshare.net/Eurotechchannel/passenger-counting-by-the-numbers>

石碴軌道路堤段曲線外側軌框結構強化作為研究

A Study of Track Strengthen Measures on Embankment

朱我帆 Chu, Wo-Fan¹

陳保先 Chen, Pao-Hsien²

楊欽全 Yang, Chin-Chuan³

聯絡地址：苗栗市三西街 53 號

Address：No. 53, Sanxi St., Miaoli City

電話 (Tel)：037-272347

電子信箱 (E-mail)：0460293@railway.gov.tw

摘要

臺鐵局中部地區(臺中線)為臺中工務段所轄，基於苗栗工務分駐所轄區路段因多屬丘陵地帶，高路堤併同曲線段之比例甚高，為提高軌框整體強度及穩定性，故研議於曲線高路堤段外側路基石作擋碴牆以為因應。

另則，因高路堤段人員軌道巡檢時，受限於行走空間狹小且列車行駛頻繁，人員巡檢移動時往往無多餘通行空間而致行走於列車運轉淨空內，非惟不符職安相關規定，對本局同仁的作業安全更是造成威脅。

關鍵詞：路堤、曲線、擋牆、車輛界限、職業安全衛生法

Abstract

Taichung Line (known as Mountain Line) is located in the central

¹ 臺鐵局 臺中工務段 段長

² 臺鐵局 臺中工務段 副段長

³ 臺鐵局 臺中工務段 幫工程司

west part of Taiwan in TRA's route classification and it is under the jurisdiction of Taichung Construction Branch. Due to the natural environment, the jurisdiction area of Miaoli Construction Work Station are mostly hills. It is therefore, the proportion of embankment with curves on the railway routes is high. In order to promote the strength and stability of the integral rail track for traffic safety, the retaining wall for the ballast in the outer side of curves on the embankment is constructed.

Additionally, when carrying out track inspection in embankment sections, the narrow space and frequent trains on routes raise safety issues towards track inspectors. Furthermore, without extra walking space which results in working within dynamic envelope is a violation of relevant regulations on occupational safety and health act, it also causes tremendous threat towards maintenance staff working along the trackside .

Keywords: *Embankment, Curve, Retaining wall, dynamic envelope, occupational safety and health act*

一、前言

曲線為軌道上的 3 大弱點之一，身為鐵路養護工作之一份子，維持鐵路行車安全，乃為應盡責任。

再者因列車行駛速度日益增快，由於列車性能的提升，目前電力列車行駛於軌道上幾乎無聲響，因此有必要對於侷促的高路堤段，在其有限空間增闢一條安全的巡檢步道，俾便增加巡檢人員的工作安全。

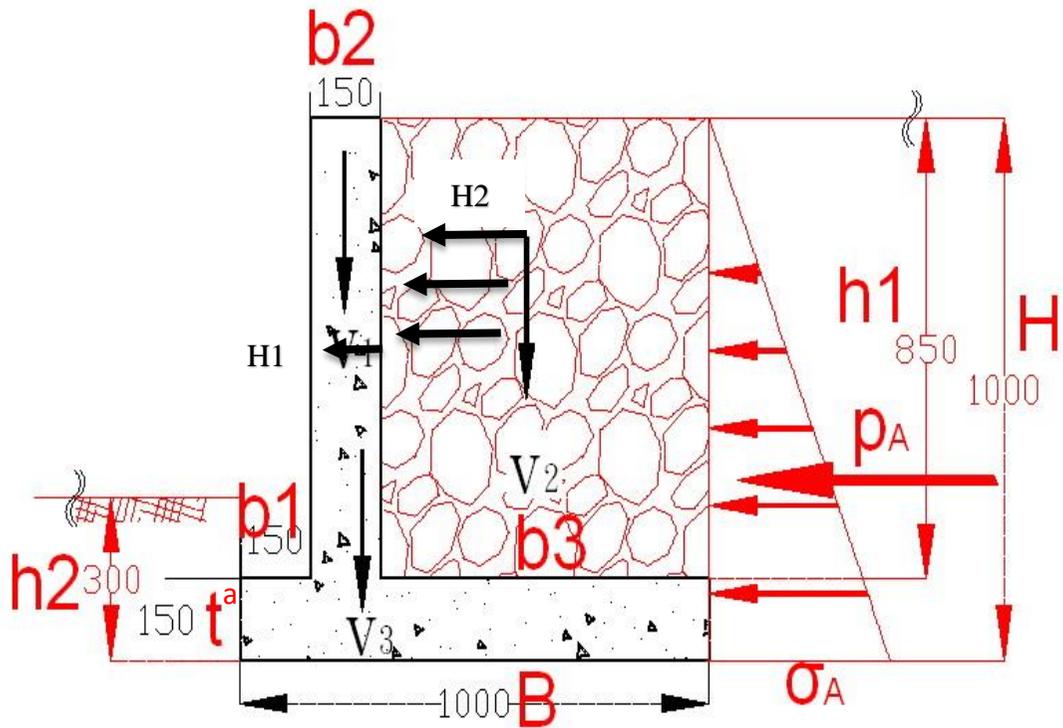
二、車輪施加於曲線的橫壓

由於車輪踏面略呈圓錐形，靜止時即可對鋼軌產生若干橫壓；行駛時車輛，更因車輛於曲線上轉向而對鋼軌產生橫向滑動，以及車輛通過曲線時的不平衡離心力，加上車輛動搖、車體振動及車輛蛇行時所產生慣性力的橫向分量等因

素造成比直線段更顯著的鋼軌橫壓力。

三、擋碴牆設計概念

設計擋碴牆基本型式依軌道高程及路基高差決定擋碴牆高度，檢討最少需滿足條件，並儘可能考量各受力方式定出各部分尺寸，並計算其受力狀況再進行檢算後據以修正如下圖，最後於現地施作以確認成效。



石碴單位重 $\gamma_m=1.7 \text{ t/m}^3$ ，石碴內摩擦角 $=40^\circ$ ，材料之 $f'c=210\text{kgf/cm}^2$ ， $f_y=2800\text{kgf/cm}^2$ ，基礎版與路基摩擦係數 $\mu=0.6$ ，鋼筋混凝土單位重 2.4 t/m^3 基礎土壤承載力 24.5tf-m ，路基與基礎混凝土間摩擦角為 $2\phi/3$ ，地震時最大地表加速度 $0.23g$

設計條件： $b_1=0.15 \text{ m}$ $b_2=0.15 \text{ m}$ $b_3=0.7\text{m}$

$t=0.15 \text{ m}$ $h_1=0.85 \text{ m}$ $h_2=0.3 \text{ m}$ $B=1.0\text{m}$ $H=1.0 \text{ m}$ $y=0.33\text{m}$

擋渣牆滿足條件如下：

3.1 擋渣牆自重 G

$$G = 2.4 \times (0.15 \times 1 + 0.85 \times 0.15) = 0.67 \text{ t/m}$$

$$V_1 = G$$

$$\text{石渣重 } 0.85 \times 0.7 \times 1 \times 1.7 = 1.01 \text{ t/m}$$

$$V_2 = 1.01 \text{ t/m}$$

$$H_2 = 0.15 \times 1.01 = 0.15 \text{ t/m}$$

3.2 作用石渣壓力計算：

$$\text{主動石渣壓力係數 } K_A = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) = 0.217$$

$$\text{被動石渣壓力係數 } K_P = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) = 4.6$$

$$\text{覆載之側向石渣壓力 } P_1 = 1.7 \times 1 \times 0.217 = 0.369 \text{ t/m}^2$$

$$P_A = \frac{1}{2} \times P_1 \times H = 0.184 \text{ t/m}$$

假設條件：牆背石渣之內摩擦角 $\phi = 40$ 度

3.3 決定基礎版寬度 L

$$\text{公式 } \frac{L}{H} = \sqrt{\frac{K_A}{3\beta^2}} \quad \text{取 } \beta=1/3 \text{ (基礎版前伸 } 2/3) \text{, 則 } L = \sqrt{\frac{0.217}{3\left(\frac{1}{3}\right)^2}} \times H$$

$$= 0.81H$$

$$L = 0.81m$$

取 1m

3.4 決定基礎板厚度

$$t_f = (0.07 \sim 0.1) \times H = (0.07 \sim 0.1) \times (0.85 + 0.15) \\ = 0.07 \sim 0.1$$

取 $t_f = 15\text{cm}$ (另外加上混凝土保護層，所以用 15cm)

3.5 決定牆身厚度 t_s

牆頂使用 15cm

$$\text{牆底 } t_s = (0.07 \sim 0.10)H = 0.07 \sim 0.1$$

取 $t_s = 15\text{cm}$

3.6 撓曲臨界斷面在擋碇牆與基礎版交界處

設石碇壓力放大載重係數 = 1.6

假設張力控制斷面 $\phi = 0.85$

$$P' = 1.7 \times 0.85 \times 0.217 = 0.31 \text{ t/m}^2$$

$$M_U = 1.6 \times \left[\frac{1}{2} \times 0.31 \times 0.85 \times \left(\frac{1}{3} \times 0.85 \right) \right] = 0.6 \text{ t-m/m}$$

3.7 剪力臨界斷面在擋碇牆與基礎版交界處

$$V_u = 1.6 \times \left(\frac{1}{2} \times 0.31 \times 0.85 \right) = 0.21 \text{ t/m}$$

$$\text{道碇橫向阻力} \quad 0.6 \text{ t/m}$$

$$V'u = 0.21 + 0.6 = 0.81 \text{ t/m}$$

$$V_d = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'_c} b d$$

$$= 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 70 \times 8 = 3.66 \text{ t/m} > V'u \quad \text{OK}$$

3.8 抵抗傾倒之安全係數

抵抗傾倒力矩必須超過傾倒力矩，而使得抵抗擋碇牆傾倒有安全係數；長期載重狀況時之安全係數 F.S. ≥ 2.0 ，地震時 F.S. ≥ 1.5 安全係數之計算為：

$$\text{安全係數 F.S.} = \frac{\text{抵抗力矩(Resisting Moment)}}{\text{傾覆力矩(Overturning Moment)}}$$

對 a 點計算彎矩

面積	重量(tf)	X 軸力臂(m)	Mr(tf-m)
	$0.3 \times 0.85 \times 2.4 = 0.306$	$0.15 + 0.15 \times 1/2 = 0.225$	0.07
	$0.15 \times 1.0 \times 2.4 = 0.36$	$1/2 \times 1 = 0.5$	0.18
	$0.7 \times 0.85 \times 2.4 = 2.2$	$0.15 + 0.15 + 0.7/2 = 0.65$	1.43
Σ	2.866		1.68

$$\Sigma M_{\text{抗傾}} = Mr = 1.68 \text{ tf} - m$$

$$\Sigma M_{\text{傾倒}} = P_1 \left(\frac{H}{3} \right) + P_A \left(\frac{H}{2} \right) = 0.246 \text{ tf} - m$$

$$F.S._{\text{傾倒}} = \frac{M_r}{\Sigma M_{\text{傾倒}}} = \frac{1.68}{0.246} = 2.76 > 2.0 \text{ (OK)}$$

3.9 抵抗滑動之安全係數

摩擦阻力與前趾版的被動土壓必須有足夠安全係數，以阻止側向推力所產生的滑動；長期載重狀況時之安全係數 $F.S. \geq 1.5$ ，地震時 $F.S. \geq 1.2$ 安全係數之計算為：

$$\text{安全係數 } F.S. = \frac{\text{滑動抵抗力}}{\text{滑動作用力}}$$

設擋土牆基礎與路基間摩擦角為 $\frac{2}{3}\phi$ 及牆趾被動土壓 $P_p = 0$

$$F.S._{\text{滑動}} = \frac{\Sigma W \times \tan\left(\frac{2}{3}\phi\right)}{P_1 + P_A} = \frac{1.44}{0.554} = 2.6 \geq 1.5 \text{ (OK)}$$

如果抗滑動安全係數不足，可以加設鋼棒止滑。

3.10 趾部及踵部之路基反力

石碇必需有足夠承載力，基礎版必須有足夠寬度所產生壓應力不超過底下土壤的承載力，基礎支承力之安全係數，於長期載重狀態應大於 3.0，短期載重狀態應大於 2.0。

擋碇牆底之寬度應盡量使作用力平均分布在基礎土壤上，不致產生過度沉陷或轉動。

$$e = \frac{B}{2} - \frac{Mr - \Sigma M_{\text{傾倒}}}{\Sigma W} = \frac{1}{2} - \frac{1.68 - 0.246}{2.866} \cong 0 < \frac{B}{6} \approx 0.167$$

$$q_{\text{趾部}} = \frac{\Sigma W}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right) = \begin{cases} 0.96 \\ 0.96 \end{cases} < 24.5 \text{ t/m}^2$$

踵部

3.11 地震力作用下牆體穩定性

一般考慮地震水平加速度， $K_H = \frac{0.23}{2} = 0.115g$ ， $K_V = 0$ 因地表近似水平面，牆背為垂直且不考慮牆面摩擦；即 $\alpha = \theta = 0$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{K_H}{1 - K_V} = \tan^{-1} 0.115 = 6.6^\circ$$

$$K_{EA} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \varphi)}{\cos \phi \cos^2 \theta \cos(\phi + \theta + \varphi) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \varphi - \alpha)}{\cos(\delta + \varphi + \theta) \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2}$$

$$= \frac{\cos^2(40 - 6.6 - 0)}{\cos 6.6 \cos^2 0 \cos(26 + 0 + 6.6) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(40 + 26) \sin(40 - 6.6 - 0)}{\cos(26 + 0 + 6.6) \cos(0)}} \right]^2}$$

$$= 0.35$$

$$P_{EA} = (1 - K_V) \frac{1}{2} \gamma H^2 K_{EA} = 0.298 \text{ tf/m}$$

3.11.1 抵抗傾倒安全係數

對 a 點計算彎矩

面積	重量(tf)	Y 軸力臂(m)	Mr(tf-m)
	$0.3 \times 0.85 \times 2.4 = 0.306$	$0.4 + 0.85 \times 1/2 = 0.575$	0.176
	$0.15 \times 1.0 \times 2.4 = 0.36$	$1/2 \times 0.15 = 0.075$	0.03
	$0.7 \times 0.85 \times 2.4 = 2.2$	$0.4 + 0.85 \times 1/2 = 0.575$	1.265
Σ	2.866		1.471

$$\bar{X} = \frac{\Sigma M_X}{\Sigma W} = \frac{1.68}{2.866} = 0.586$$

$$\bar{Y} = \frac{\Sigma M_Y}{\Sigma W} = \frac{1.471}{2.866} = 0.513$$

$$\Delta P_{EA} = P_{EA} - P_A = 0.114$$

$$\bar{H} = \frac{\frac{H}{3} P_A + 0.6H(\Delta P_{EA})}{P_{EA}} = 0.43\text{m}$$

$$\Sigma M_{\text{抗傾}} = \Sigma W(1 + K_V)\bar{X} = 1.691$$

$$\Sigma M_{\text{傾倒}} = (K_H \Sigma W)\bar{Y} + P_{EA}\bar{H} = 0.297$$

$$F.S._{\text{傾倒}} = \frac{1.691}{0.297} = 5.698 > 1.5(\text{OK})$$

3.11.2 抵抗滑動安全係數

設擋碇牆基礎與石碇間摩擦角為 $\frac{2}{3}\phi$

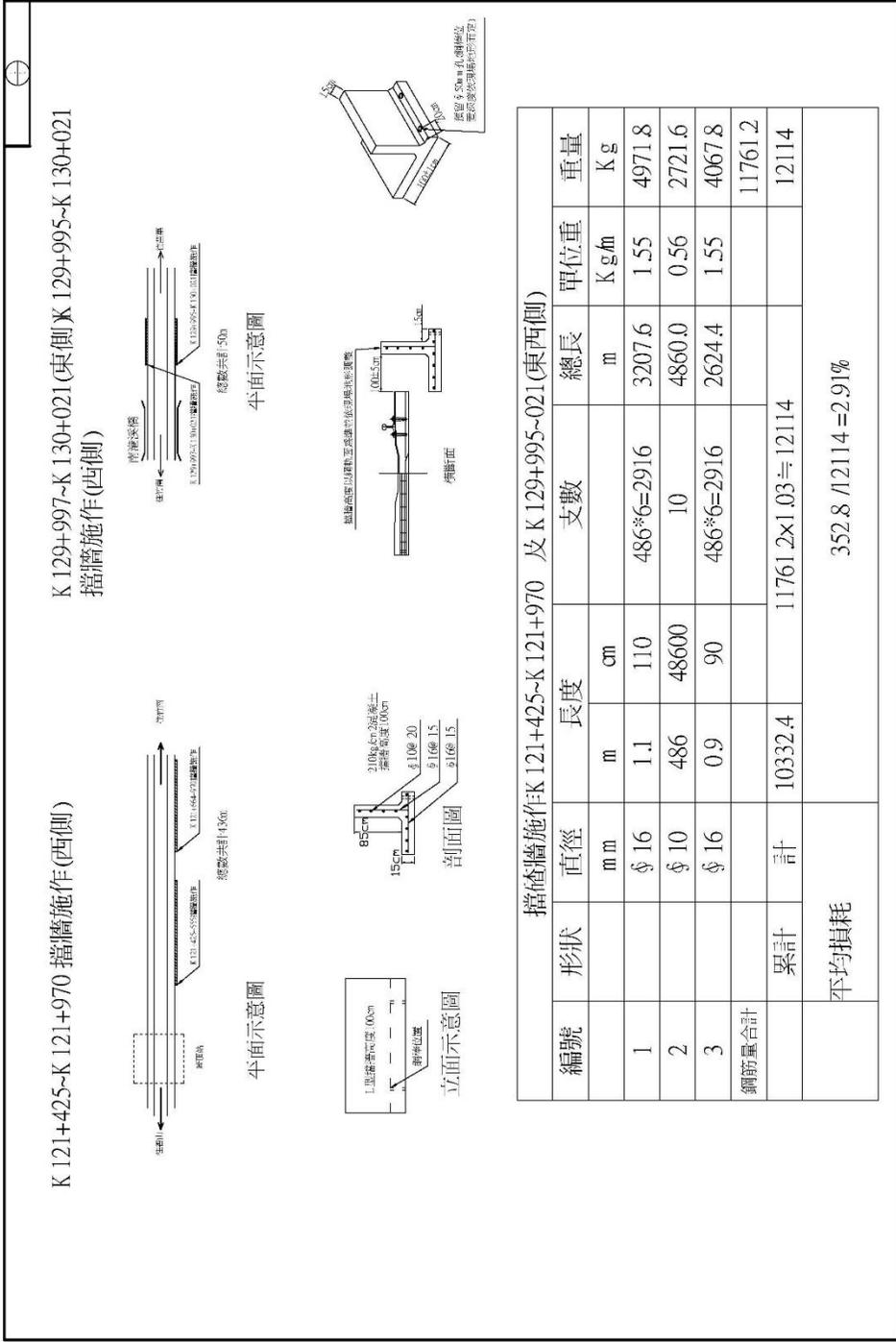
$$F.S._{\text{滑動}} = \frac{(1 + K_V)\Sigma W \times \tan\left(\frac{2}{3}\phi\right)}{K_H \Sigma W + P_{EA}} = 2.294 > 1.2(\text{OK})$$

四、 施工路段選擇

施工路段選定以高路堤及曲線外軌段優先考慮，尤其是兩者疊加的路段，軌道巡檢人員行走於該路段隨時都有可能滑落於路堤下方，更遑說要做維護自身安全以外的事情。選擇地段之初由各責任區技術員於現場踏勘，並拍照紀錄後將最迫切急需要地點回報，經彙整如照片一。接著偕同所內工程司再次瞭解現地情況後，經討論施作長度決定以整個曲線為一單元，至於擋牆高度則以鋼軌面為基準加上曲線超高量。由於車體隨著超高度傾斜，所以不會有侵入車輛界線問題，如此一來對整體路線而言更增加其美觀，決定後即開始繪圖設計所需樣式，選定所需混凝土強度及配筋方式如圖一。



照片一 軌道巡檢空間不足(施工前)



五、施工步驟

為了不影響行車運轉，擋碴牆無法於現場澆鑄混凝土，所以採預鑄的方式，將擋碴牆找一施作機具(如混擬土預拌車之類)容易出入地點，且需鄰軌道邊，如照片二。俟將預鑄完成的成品集中後，申請鐵路車輛叉口裝載後運至現場暫放，如照片三。現場施工前先將工作計畫列入工電聯合封鎖施工計畫，經交付協調會 排定路線封鎖及電車線斷電時程。施工區段行車採慢行 80km/hr(特殊情形者得簽報核准酌量降低慢行速度)行駛，兩端慢行號誌依規定豎立，如照片四。

施工機具為挖土機一部、施工人員 3 名(含挖土機司機)，道班配合封鎖、斷電人員 3 名，施工第一天約施作 25m、第二天已經熟悉工作態樣，故每日逐漸增加施作長度可達每日 50m。施工過程如照片五。



照片二 預鑄擋碴牆施工



照片三 擋碴牆運送過程



照片四 現場置放及豎立慢行速度標





照片五 現場施工過程

六、 施工完成效益如下

1. 因軌道整體強度之提升，長焊鋼軌區間道碴橫向阻力對於阻止軌道挫屈效果最大，擋碴牆本身自重及石碴壓力經計算後遠大於相關規定，大幅提高軌道抵抗挫屈強度，由於軌道強度增加長期而言可節省現場人力及維修費用支出，如照片六-1。
2. 在提高軌道強度之際，藉由擋碴牆整體連結鋪設，同時提供道班同仁軌道巡檢及路局其他單位人員行走的空間，進而減少行走於軌道上之風險，於維修經費及工作安全方面俱增長效，如照片六-1。
3. 與電纜槽作一區隔，擋碴牆還未施作時軌道上的石碴，經常將號誌電纜槽埋沒，施工完成後軌道與電纜槽有一區隔，號誌人員對於其設備維修更容易，如照片六-2。

4. 另對鐵路沿線之整體景觀提供視野整齊及一致性，從而提升本局旅運形象，如照片六-3，因本案執行成效良好並提供設計圖檔給臺北工務段八堵分駐所參考。
5. 避免石碴滑落，增加用路人安全，由於高路堤段石碴經列車行駛震動後，容易滑落於路堤下方，若路堤下方恰巧是一條道路，當用路人行經該處地點時，騎機車不小心輾壓到石碴，將造成道路行車事故，如照片六-4。



照片六-1 軌道整體強度之提升



照片六-2 與電纜槽區隔



照片六-3 路線整體景觀整齊及一致性



照片六-4 擋碴牆施作完成後迄今軌道狀況現場情形

參考文獻

1. 張欽亮，2018 年 1 月，「新世紀鐵路工程學」，臺北：文笙書局。
2. 「護坡工程設計護坡工程 - 公共工程技術資料庫」
3. 李錫霖、陳炳煌，2010 年 10 月「鋼筋混凝土學」，臺北：五南書局。

落實指認呼喚以維行車安全-臺日車長指認呼喚差異

Implement Pointing and Calling to Enhance Safety of Train Operation-The Difference of Pointing and Calling Between Taiwan and Japan Conductors

李兆平 Li, Zhao-Ping¹

聯絡地址：彰化市三民路 1 號

Address : No. 1, Sanmin Rd., Changhua City, Changhua County 500, Taiwan (R.O.C.)

電話 (Tel) : 04-7274218

電子信箱 (E-mail) : 0273725@railway.gov.tw

摘要

「指認呼喚」一詞來自於日文之「指差喚呼」(しさかくにん)，有許多不同類似的名稱。雖然指認呼喚起始於鐵路運輸事業，但卻廣泛並全面應用在日本人的各行各業甚至於生活中，其目的是透過確實的實施指認呼喚，有效確認各項狀況，期以減少人為疏失，防範意外發生，達成零災害的目標。

行車運轉作業的安全有賴於全體從業人員的同心努力，而最快速又簡單就能達成目標的方式之一，就是確實的實施指認呼喚。如同信仰般，全體行車運轉人員應相信實施指認呼喚能帶來行車運轉安全，並奉為圭臬，致力貫徹施行。

本文先簡短介紹指認呼喚的發源地日本目前施行的狀況，尤其是鐵路機構實施的現況，接著比較臺灣與日本在實施指認呼喚上的差異：動作、軟硬體設備等，以討論導致其差異之原因，進而提出修正車輛設計、調整(列)車長業務的建議。

關鍵字：指認呼喚、行車運轉安全、臺鐵、車長

¹ 臺鐵局 彰化站 站長

Abstract

Pointing and calling, which is named 「Shisa kakunin」 in Japan, is known as the standard operation procedures to enhance the safety of train operation among Japan railway companies. Although pointing and calling was invented and applied first in railway industry, it is now popularized to many other industries and even becomes a SOP of department of labor safety and health. Japanese believe that implementation of pointing and calling is the way to eliminate man-made negligence, concentrate in work, and prevent disaster from happening in railway.

Pointing and calling is a simple and easy motion but very effective to improve concentration, and is verified for many years in Japan, Many other countries in Asia, such as China, Hong Kong, South Korea and Taiwan study this motion and even become a SOP to their own.

This article briefly introduces what the pointing and calling is and the situation in Japan now first, especially in railway companies. Second, we make discussions of the difference to implementation between Taiwan railway conductors and Japan railway ones. Based on those discussions, we would like to give recommendations to implement pointing and calling exactly, such as redesign of the door of conductor room, release the task of finding lost property of passengers.

Keyword : Pointing and calling, Train operation, Conductor, Taiwan railway.

一、前言

「指認呼喚」一詞來自於日文之「指差確認」(しさかくにん, Shisa kakunin)，對鐵路從業人員而言，不論是在臺鐵、捷運或是高鐵服務，對於「指認呼喚」一詞必然不陌生，甚至於耳熟能詳，尤其是在行車及運轉的崗位上。

「指認呼喚」在臺鐵實施已久，據稱是在某次考察團由日本鐵道取經返國後，納入臺鐵的規範並開始實施，其名稱為「乘務員呼喚應答」^[1]，實施的時間應有 20 年左右。民國 92 年，臺鐵機務處針對駕駛動力車輛之乘務人員製作並發布「機班人員指認呼喚應答工作基準」^[2]影像檔案，供各機務段做為教學基準。臺鐵運務處於民國 108 年公布「交通部臺灣鐵路管理局運務處行車人員指認呼喚動作說明」，詳載指認呼喚之使用對象、時機及實施細節。

不論是稱為「指認呼喚」或是「呼喚應答」亦或是日文之「指差確認」，其內容、目標及精神皆一致，都是希望透過確切實施該動作，達成防範事故的發生、維護行車及運轉安全的目標，進而提升從業人員之專業性與單位形象。本文之主要目的，在於比較臺日雙方其實施細節上之差異，以及針對實施過程中，所面臨的問題，期盼能拋磚引玉、集思廣益，使行車運轉業務能更順利安全有品質。

二、日本實施狀況概述

2.1 由來與意義

「指差確認」(しさかくにん, Shisa kakunin) 一詞為日文漢字，亦有「指差喚呼」、「指差呼喚」、「手指呼喚」、「指認呼喚」、「指差呼稱」、「指差確認呼稱」、「指認呼喚應答」等不同的稱謂^[3]。

日本鐵路沿用這種做法時間由來已久，但來源已不可考，其一說法是始自 20 世紀初蒸汽火車時代，名叫堀川八十一的火車司機員發覺自己視力日差，為避免自己漏看了鐵道上訊號，於是每看到一個訊號就唸出來，他身邊的司爐工就會回應確認。後來有人發覺這種方法有效減低出錯，於是加以推廣。1913 年編印的火車操作手冊更加入了「對答」(kanko oto 或 call and response)，於 1925 年更加入了手號^[4]。另一個有趣的說法是：日本在明治維新後開始引進火車，

然而在操作的不熟悉和對民眾的宣導不足，常發生許多意外事故，於是便順勢將歐洲的「指差確認」制度一併帶入日本。如今這套制度在歐洲已經失傳，但日本卻加以發揚光大，成為獨樹一格的行前確認，最後影響到周遭的台灣、韓國、中國等亞洲國家^[5]。

不論說法如何，指認呼喚始於鐵路運輸事業是肯定的，然而在今日已廣泛並全面應用在日本人的各行各業甚至於生活中。由於日本是三大鐵路國家之一（編按：另外二國為中國及印度），加上其文化與經濟優勢，「指差確認」這個動作影響了許多擁有鐵路運輸的亞洲國家，甚至成為亞洲國家鐵路文化的一環。日本鐵路從業人員以皆能確實的執行指認呼喚的動作聞名於世，甚至於內化為自己日常生活中之一。

指認呼喚的精神在於確實的確認，透過實施者的手指向目標，以眼觀看狀態，以口呼喚狀態，等同於再次以口確認狀態，甚至再以實施者旁邊的人員一同確認，等同於再三確認目標狀態，也就是我們常說的「一而再，再而三」的反覆確認，其目的即為消除並防範因人為作業造成的疏忽或疏失，達成百分之百的安全。

2.2 標準與動作

從前述可知，指認呼喚需要實施者手、眼、口甚指耳互相配合，並透過確切的實施，有效確認各項狀況，減少人為疏失，防範意外發生，達成零災害的目標^[6]。維基百科資料^[3]中列舉了日本、臺灣、中國鐵路從業人員實施指認呼喚的動作，而日本國際安全與衛生中心(JICOSH, Japan International Center of Safety and Health)詳細製作說明的圖片，如下圖 1 至 3 所示。這個標準動作圖與筆者參訪日本九州鐵道博物館時，所看見九州鐵道公司所公布的指差確認與交接班標準圖是一致，如圖 4，而且與筆者及本局其他從業人員於參訪日本時所見相同，如圖 5，6，7，8。可見得指認呼喚這個動作始於日本鐵路公司，深植於其從業人員心中，或是說其從業人員以落實這個動作為執勤的標準，或許每個人動作與標準有些許差異，但不論何時何地皆能確實執行，且落實確切執行的態度，儼然成為日本鐵路從業人員之文化象徵。

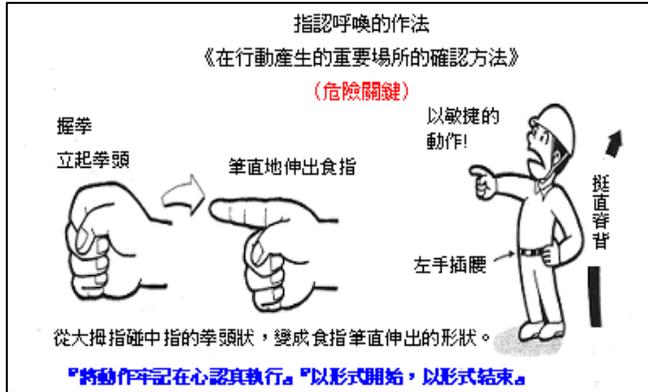


圖 1 指認呼喚的做法，JICOSH 零災害正體中文版

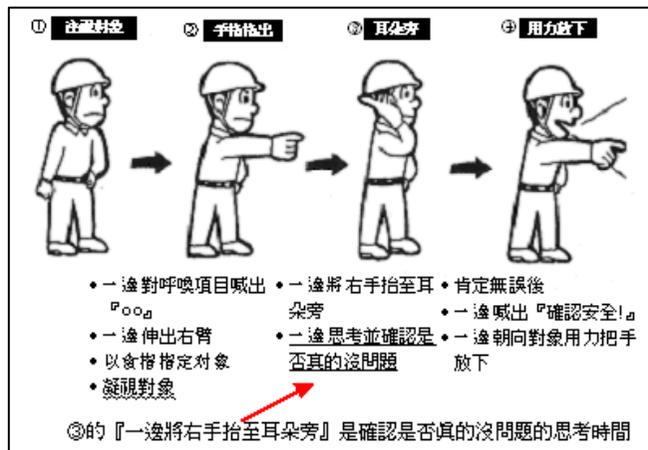


圖 2 指認呼喚動作圖解，JICOSH 零災害正體中文版

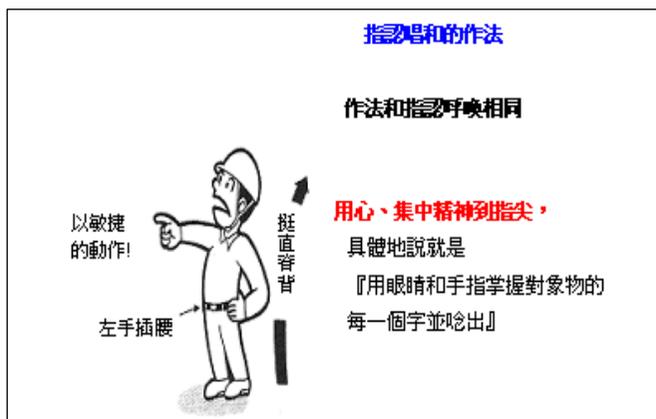


圖 3 指認呼喚動作的精神與要領，JIOSH 零災害正體中文版



圖 4 日本九州鐵路公司的指差確認與交接班標準，作者翻攝

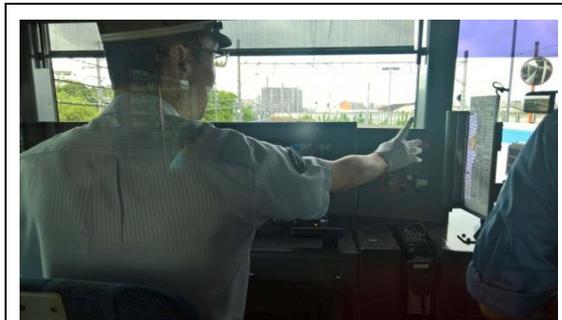


圖 5 指認呼喚



圖 6 指認呼喚



圖 7 指認呼喚



圖 8 指認呼喚

註：圖 5 作者攝，圖 6-8 高雄車班列車長莊文軒提供

就 JICOSH 的標準動作來看，其主要的要求是將「標準動作牢記於心，以形式開始，以形式結束」，而就動作分解圖推敲其義，其要求應為牢記動作要領，從以指尖指向目標開始，確認目標後，再收回指尖至耳朵旁，趁機思考目標狀態或狀況是否正確無誤後，再次伸出指尖指向目標喊出目標狀態或狀況。例如司機員伸出指尖確認出發號誌機顯示平安號誌(綠燈)後，再收回指尖思考是否可開車，確定無誤後，並再次伸出指尖確認號誌機顯示平安號誌後，喊出：「出發，又一勿刃」。

2.3 其他方面的運用(客運、勞安)

在 1994 年日本鐵道綜合技術研究所的一項研究顯示，即使一項最簡單的工序，每 100 次平均會出錯 2.38 次，但當實行了「指差喚呼」後，出錯減少至 0.38 次^[6]。另一個針對司機員做與不做指認呼喚所做的試驗結果，也再次驗證了前述的研究成果，即該實驗按照號誌條件設計五個燈號，分別由許多受測的司機員們依據燈號顯示，在不同的要求下分別實施或不實施指認及呼喚並在 1.5 秒內確認燈號條件，其結果顯示如表一所示，也證明了確實的執行指認呼喚可以有效的降低錯誤率，亦即大幅度的提升正確率，達成安全的目標。

表 1 日本司機員指認呼喚試驗結果表^[2]

是否指認	是否呼喚	錯誤率
否	否	3.0%
是	否	1.6%
否	是	1.3%
是	是	0.8%

雖然指認呼喚來始於鐵路運輸事業，但由於該動作於鐵路運輸事業獲得良好的成效，也成為日本職業安全衛生協會的一個標準，甚至於將指認呼喚這個標準動作編譯成數國語言版本^[6]，並努力的在各行各業中推動，例如公車運輸業。目前台灣亦有公車業者仿效日本公車業者實施指認呼喚^[7]，確認轉彎時是否有行人，進而減少因公車轉彎時，視線死角所引發的事故。另，機電工程業之電梯業者亦引用指認呼喚動作，指著需要加強警覺的工序（例如正要切斷電源，便指向電源開關），高聲呼叫「小心觸電，OK!」等口號，可將員工的安全意識水準，提升至極清醒的狀態，從而減少發生意外的可能性^[3]。

三、 臺鐵實施的概況

如前言中所提及，「指認呼喚」在臺鐵實施由來已久，在臺鐵行車規章^[3]內明文規定乘務員須實施呼喚應答，此外，機務處及運務處分別於民國 92 年及 108 年針對指認呼喚應答等頒訂教學基準與圖解說明，顯示臺鐵對於指認呼喚的重視。以下就針對其規定簡略說明。

3.1 規章

臺鐵行車實施要點第二百九十五條(第四章號誌、號訊標誌)：司機員與機車助理認明號誌時，應互相將號誌顯示狀態呼喚應答之。發現前方障礙時，最先發現者應即呼喚，對方應即應答之。又，僅有司機員一人值乘之列車或推進運轉之列車車長於認明號誌顯示時，應將其顯示狀態呼喚之。此外，認明號誌顯示狀態及確認行車有關各項之呼喚應答方式另定之。而行車特定事項第一六〇條(第四章號誌、號訊標誌之第六節乘務員呼喚應答)則依行車實施要點第二九五條訂定動力車乘務員呼喚應答，應依該條所列表之內容為之^[3]，檢附該表部分內容如下表 2 所示：

表 2 動力車乘務員呼喚應答表

呼 喚 時 機		呼 喚 方 式	應 答 方 式	執 行 基 準
1	接取次區間路牌後，確認路牌時。	呼喚前方站站名及路牌形狀（如圓形、四角、三角、橢圓）。	如同呼喚	1.停車列車在停車後呼喚應答之。 2.駕駛司機員應對照時刻表之規定形狀後，始作應答。
2	接取次區間嚮導證，確認各項記載： (1)無錯誤時。 (2)有錯誤時。	(1)嚮導證，又－ㄉㄞ。 (2)嚮導證，不對。	如同呼喚	
以下略...				

以上為規章內容所規定之事項，是乘務員所需遵循，但其內容絕大部份僅侷限於司機員遵守，少部分與(列)車長相關，甚至無列舉值班站長所需指認呼喚之項目。此外，機務處針對司機員實施指認呼喚應答拍攝教學影片^[8]，供各機務段指導股進行指認呼喚應答的教學基準，期望能落實指認呼喚的動作。

3.2 須知與說明

民國 56 年，臺灣鐵路管理局針對轉轍器操作人員頒布「交通部臺灣鐵路管理局轉轍器人員呼喚應答確認須知^[9]」(56.08.09 鐵運轉字第一六九六五號函)，可見呼喚應答一詞及相關規定已存在臺鐵規範中，做為操作轉轍器人員之遵循標準。

肩負管理(列)車長及值班站長之責的運務處於 108 年頒布「交通部臺灣鐵路管理局運務處行車人員指認呼喚動作說明」，其目的為加強該處各部門行車人員安全意識，增進指認呼喚動作之一致，並提振員工士氣與榮譽。其所針對規範之對象包含擔任乘務員之車長及列車長、值班站長（含適任人員，俗稱運轉員）以及辦理號誌人員(號誌員、號控員)、手動扳轉轉轍器之人員(轉轍工)。該說明中明定指認呼喚實施的時機，包含執行列車監視(到達、出發、停車)時、操作自動車門開關時、顯示出發號訊時、辦理轉轍器手動扳轉時。除了文字之外，行車人員指認呼喚動作說明尚包含有圖解照片，明白揭示指認呼喚的動作要領及標準。

雖然該說明尚未明訂於規章之中，但頒布後辦理相關考核作業，皆將指認呼喚列為考核重點，並由高雄運務段辦理指認呼喚演練，邀集各相關單位進行觀摩，108 年度年終考核也舉辦指認呼喚競賽。顯見臺鐵運務處高度重視所屬行車人員對指認呼喚之實施與確切執行。

四、 差異之處

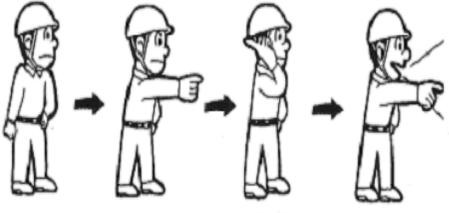
4.1 動作差異

首先比較臺日兩方鐵路從業人員在指認呼喚動作上的差異。依據臺鐵運務處頒布的指認呼喚動作分解說明：(一)指認呼喚前及(二)指認動作，如同日本國際安全衛生中心(JICOSH)的動作分解圖第①注視對象及第③耳朵旁，動作及要求內容是一致的，惟 JICOSH 多了一個第②手指指出的動作，如下表 3 所示。

再細看在這分解動作的差異處，JICOSH 要求實施指認呼喚的人員分成三個部分，第一指認，第二思考，第三再指認並呼喚。而臺鐵運務處頒布的說明只有兩個動作；即注視目標物與實施指認並呼喚。JICOSH 要求實施的內容，可確

保一而再，再而三地確認目標，而臺鐵運務處似乎簡化為兩個動作，也缺乏再三確認的過程，這個是雙方在動作上主要差異之處。

表 3 臺日雙方動作差異表

臺鐵運務處	日本國際安全衛生中心， JICOSH
<p>(一) 指認呼喚前，應確實注視應確認之標的（如號誌機顯示、車門開關情形、其他行車人員所作之號訊等）。</p> <p>(二) 指認動作：</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 手肘彎曲、手掌握拳舉至約耳朵部位，作為預備指認之動作。 ✓ 確認標的物時，手臂迅速前伸，手肘、手腕打直不彎曲，以食指指向應確認之標的（此時其餘指仍保持握拳），指尖高度應齊於眼睛視線。 ✓ 同時另一手臂或自然垂下、或執持必要之器具（如行調電話、號誌旗等）。 	<div style="text-align: center;"> <p>① 注視對象 ② 手肘伸出 ③ 耳朵旁 ④ 用力放下</p>  </div> <ul style="list-style-type: none"> • 一邊對呼喚項目喊出「○○○」 • 一邊伸出右臂 • 以食指指定對象 • 凝視對象 • 一邊將右手抬至耳朵旁 • 一邊思考並確認是「否真的沒問題」 • 肯定無誤後 • 一邊喊出「確認安全！」 • 一邊朝向對象用力把手放下 <p>◎的「一邊將右手抬至耳朵旁」是確認是否真的沒問題的思考時間</p>

4.2 硬體(車輛差異)

雖然都是乘務員，但臺日雙方所肩負的業務內容卻不盡然相同，例如日本鐵路電車(區間車)的車長不辦理查驗車票業務，因此影響車輛的設計，連帶影響了指認呼喚的實施。以下就雙方在業務上與車輛設計上的差異，探討雙方在實施指認呼喚時不同之處。

臺日雙方因車輛硬體上差異導致指認呼喚實施的關鍵在於車長室的設計。臺灣鐵路電車的車長室對外上下月臺車門原本僅設計在左側，僅供司機員使用，如圖 9。自 800 型開始，對外車門雖設計在兩側，但車門與窗戶卻分開設計，因此無法如日本鐵路的乘務員，可於車長室內透過開啟的窗戶，實施指認呼喚與列車監視的業務，如圖 10。又，日本鐵路許多區域已實施車本位制，在車長確認旅客下上車完畢，車門關閉妥當後，透過位於車長室內的燈號按鈕，給予駕駛端之司機員開車燈號，經司機員確認燈號、號誌條件、開車時間無誤後，

即逕行開車，而車長固守車長室可監控月臺動態執行列車出發監視(甚至與站方一同執行)，不會發生漏乘，也能在列車到站確認停車位置是否得當。



圖 9 臺灣鐵路車長室(門窗分離，EMU800)



圖 10 日本鐵路車長室(門窗合併)

4.3 軟體(業務差異)

臺鐵乘務員包含司機員、(列)車長、服務員等，或與日本鐵路相同，但本質上存有差異。首先，日本鐵路並無司機員與車長等職稱上的差別，其司機員與車長工作可互換，意即去程為司機員，駕駛動力車輛；回程則為車長，負責確認車門開關，旅客上下車安全、播音等服務項目。兩者統稱為乘務員。

日本鐵路的車長，其核心業務為實施指認呼喚以維護旅客安全，以及播音嚮導旅客(到站及轉乘)，任務單純。臺鐵(列)車長除指認呼喚外，尚須負責巡查車廂、補票、愛心服務、尋找遺失品等業務，也因此臺鐵必須在各車廂裝設自動門操作開關，方便車長能在各車廂內走動或執行業務時，能同時兼顧開關列車自動門，不同日本鐵路的車長僅駐守在車長室內，專責於執行指認呼喚及播音嚮導服務。又臺鐵(列)車長在巡走於各車廂或從事相關業務(如愛心服務或尋找遺失品)時，或於尖峰時段操作開關門後，除了在最前或最後端車廂外，在實施指認呼喚時易與旅客上下車動線發生衝突(如圖 11)，彼此互相干擾，且加上部分站場條件不佳僅能憑藉有限的視線監看旅客動態，在實施指認呼喚上難度遠高於日本。



圖 11 臺鐵(列)車長實施指認呼喚與旅客動線衝突

五、 結語

雖指認呼喚擁有諸多名稱，其精神皆在於透過反覆確認目標物的狀態，確保工作狀態的安全，在鐵路當然主要針對的項目就是行車運轉的安全，是所有鐵路機構與人員最重要的核心工作項目，也是鐵路運送最重要的目標：平安的將客貨運送到達目的地。所以，行車安全是鐵路運送服務的基礎，沒有安全，其他服務都是空談。

臺日鐵路機構在實施指認呼喚上，確實存在部分差異處。首先就動作上而言，臺灣鐵路僅針對目標實施一次指認，一次呼喚；而日本鐵路則針對目標實施兩次指認，一次呼喚。就確認上來說，日本鐵路的實施方法，可以達到一而再，再而三的確認，建議臺鐵納入參考，修訂規章。第二，就軟硬體上來說，日本鐵路車輛設計時，車長室內車門上附掛窗戶的設計，以及電車乘務之車長駐守車長室，使車長能更專注於指認呼喚的實施；而臺鐵車長業務項目之雜，較難以每次確切實施指認呼喚。第三，就精神上來說，因為日本鐵路機構實施指認呼喚由來已久，其機構與從業人員深信確實的實施指認呼喚可以確保行車運轉的安全，雖然每一位人員在動作上或有些微差異，但在執行的層面與精神

上，莫不務求確切執行，其眼神之專注、動作之確實，好比實施指認呼喚如第二生命般的要緊，其原由在於從業人員深信確實的反覆實施指認呼喚就能確保安全，並深深引以為榮。

以日本鐵路過往數十年甚至上百年實施指認呼喚的經驗，應可證明確切的執行指認呼喚有助於維護行車運轉的安全，是以亞洲許多國家，如中國、韓國、香港以及臺灣的諸多鐵路機構，莫不仿效日本鐵路實施指認呼喚，期以達成行車運轉安全的目標。相較於歐美各國採用硬體，如列車自動防護(ATP, Automatic Train Protection)確保行車安全，實施指認呼喚具有成本低廉、快速導入、容易執行等優點，但再多維護行車運轉安全的設備，仍然必須仰賴從業人員專注、確實的執行其業務項目、監看設備狀態，方能使得整體行車運轉系統的安全無虞，達成安全運輸的目標。

為能落實行車運轉安全，達成安全運輸的目標，個人建議如下：

1. 針對業務需求，確認各作業中必須實施指認呼喚的標的物，例如行車作業中，車長必須針對號誌機、車門開關指示燈實施指認呼喚以確認該設備之狀態。
2. 參照日本國際勞工安全衛生中心之指認呼喚標準版本，修訂本局行車運轉規章規定，將指認呼喚之標準動作列入規章內容，肯定指認呼喚有助於行車運轉作業安全。
3. 力行指認呼喚。如同運務處即將實施之指認呼喚競賽，以及過去針對指認呼喚舉辦教學觀摩活動，並輔以各項獎勵措施，以彰顯本局對於實施指認呼喚之重視。
4. 不斷透過教育訓練或勤前教育，一而再再而三的訓練與宣導，貫徹實施，使其成為從業人員之反射動作，並奉為達成行車運轉安全之圭臬。
5. (列)車長之工作身兼行車安全及旅客服務，唯相關指認呼喚確保安全事務仍應落實辦理。
6. 重新考量車長室設計，仿造日本車輛之車長室，採取門與窗戶並同設計，並將車門開關設計於車長室內，與司機員之電門連動(安全設計)。

惟有全體從業人員相信徹底實施指認呼喚能保障行車運轉安全，並落實指認呼喚，方能同心協力達成安全運輸的目標，進一步提升本局形象，恢復往昔榮耀。

參考資料

1. 交通部臺灣鐵路管理局，交通部臺灣鐵路管理局行車實施要點及交通部臺灣鐵路管理局行車特定事項。
2. 交通部臺灣鐵路管理局機務處，機班人員指認呼喚應答工作基準，https://www.youtube.com/watch?v=oUVu_VIQsFg
3. 維基百科，指差確認，<https://reurl.cc/Yld9ao>
4. 為甚麼日本鐵路站務員總是手在比劃，口在唸誦？正念和管理之妙都在於此！ <https://reurl.cc/zyrMje>
5. 林敬旻，【哇潮】為何電車駕駛的手勢這麼多？專業就藏在細節裡，<https://www.setn.com/News.aspx?NewsID=92064>
6. JICOSH，全員參加零災害運動，https://www.jniosh.johas.go.jp/icpro/jicosh-old/english/zero-sai/chn_traditional/index.html
7. 防死角 公車轉彎指差確認，中時電子報，<https://www.chinatimes.com/newspapers/20190417000644-260107?chdtv>
8. 交通部臺灣鐵路管理局，交通部臺灣鐵路管理局運務處行車人員指認呼喚動作說明。
9. 交通部臺灣鐵路管理局，交通部臺灣鐵路管理局運轉規章(下冊)之 36-轉轍器人員呼喚應答確認須知。

約稿

1. 為將軌道運輸寶貴的實務經驗及心得紀錄保存，並提供經驗交換及心得交流的平台，以使各項成果得以具體展現，歡迎國內外軌道界人士、學術研究單位及臺鐵路相關人員踴躍投稿。
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. 本刊為政府出版品，投稿文章同時授權予主管機關—文化部以及文化部所授權他人流通利用
4. 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。
5. 本刊稿件將送請委員評審建議，經查核通過後，即予刊登。
6. 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。
7. 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 Word 2003 以上中文版軟體)，以利編輯作業。
8. 所有來稿(函)請逕寄「11244 臺北市北投區公館路 83 號，臺鐵資料編輯委員會」收。電話：02-28916250 轉 217；傳真：02-28919584；E-mail：0951044@railway.gov.tw。

更正啟事

本刊第 374 期「軌道經濟與鐵道觀光專刊」特刊(2020 秋季版)中刊登〈淺談鐵道旅館由委外經營轉為自營品牌可行性研析〉一文，查因作者疏漏未載明該文係輯錄自「交通部臺灣鐵路管理局(2018)『淺談鐵道旅館由委外經營轉為自營品牌可行性研析』委託技術服務採購案定案報告書」，爰特此更正。

臺鐵資料季刊撰寫格式

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

參考文獻

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

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

臺鐵資料季刊論文授權書

本授權書所授權之論文全文與電子檔，為本人撰寫之

論文。

(以下請擇一勾選)

同意 (立即開放)

同意 (一年後開放)，原因是：

同意 (二年後開放)，原因是：

不同意，原因是：

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

簽名：

中華民國 年 月 日

備註：

1. 本授權書親筆填寫後（電子檔論文可用電腦打字），請影印裝訂於紙本論文书名頁之次頁，未附本授權書，編輯委員會將不予驗收。
2. 上述同意與不同意之欄位若未勾選，本人同意視同授權立即開放。
3. 若論文全文有使用他人文章之部份，著作者本人擔保已取得著作權人版權所有者一切相關合法之授權與同意，且無抄襲剽竊侵害他人智慧財產權或不當引用之情事。

臺鐵 資料

季刊 第 375 期

發行人	祁文中
編輯者	臺鐵資料季刊編輯委員會
審查者	臺鐵資料季刊審查委員會
主任委員	祁文中
副主任委員	杜微、馮輝昇、朱來順
總編輯	顏文忠
副總編輯	劉建良
主編	劉淑芬
編輯	劉英宗
出版者	交通部臺灣鐵路管理局 地址：10041 臺北市北平西路 3 號 電話：02-23899854 網址： http://www.railway.gov.tw
出版日期	中華民國 109 年 12 月
創刊日期	中華民國 52 年 10 月
封面圖片說明	清水斷崖金牌鳴日
封面圖片攝影者	林佳燕
印刷者	柏采實業有限公司 地址：222 新北市深坑區北深路三段 111 號 電話：02-26626535
展售門市	國家書店松江門市 地址：10485 臺北市松江路 209 號 1 樓 電話：02-25180207 網址： http://www.govbooks.com.tw 五南文化廣場 地址：40042 臺中市區中山路 6 號 電話：TEL：(04)22260330 網址： http://www.wunanbooks.com.tw

電子全文登載於臺鐵網站

GPN：2005200020

ISSN：1011-6850

著作財產權人：交通部臺灣鐵路管理局

臺鐵核心價值

安全 準確 服務 創新 團結 榮譽

ISSN1011-6850



9 771011 685005

ISSN1011-6850

定價:新台幣200元

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