

出國報告（出國類別：其他）

空調通勤電聯車 520 輛案車輛製造檢驗

服務機關：交通部臺灣鐵路管理局

姓名職稱：黎世俊 副工程司

孫春元 幫工程司

趙新興 幫工程司

派赴國家/地區：韓國/昌原

出國期間：112年4月11日~112年5月10日

報告日期：112年7月3日

目錄

壹.	購車案緣由	1
貳.	車輛製造檢驗目的	2
參.	摘要	3
肆.	檢驗週報表	4
一、	第一週工作事項(如表 1 所示).....	4
二、	第二週工作事項(如表 2 所示).....	5
三、	第三週工作事項(如表 3 所示).....	6
四、	第四週工作事項(如表 4 所示).....	7
五、	第五週工作事項(如表 5 所示).....	8
伍.	車輛製造廠及檢驗項目簡介	9
一、	現代 Rotem 簡介	9
二、	昌原工廠簡介	12
三、	出廠檢測事項.....	12
陸.	心得及建議	27
一、	心得	
(一)	要有一定的專業知識.....	27
(二)	要有較高的品質意識.....	28
(三)	養成好學的習慣，善於分析總結，持續改進.....	28
(四)	要具備現場發現問題的敏銳眼力.....	28
(五)	要有管理品質的手段和處理問題的能力.....	28
二、	建議	
(一)	設置轉向架測試設備(Bogie Running Tester；BRT)之研討	29
(二)	光電式量測儀器應用研討.....	40
柒.	附錄(專題報導).....	53
一、	鐵路車輛馳聘的過程.....	53
二、	節能環保鐵路車輛.....	62

圖目錄

圖 1 赴廠檢驗人員與製造廠品質部門會議.....	2
圖 2 現代 Rotem 鐵路車輛、軍事及廠房產品.....	3
圖 3 現代 Rotem 義王總部地理圖.....	9
圖 4 檢驗人員於現代 Rotem 義王總部合影.....	9
圖 5 現代 Rotem 經營理念.....	10
圖 6 現代 Rotem 核心價值.....	10
圖 7 ISO9001 證書.....	11
圖 8 IRIS 證書.....	11
圖 9 OHSAS 18001 證書.....	11
圖 10 車輛製造廠位置(google earth).....	11
圖 11 昌原工廠衛星影像(google earth).....	12
圖 12 滿水位綠燈顯示.....	13
圖 13 兩刷長間歇操作模式.....	13
圖 14 PIS 基本功能測試.....	14
圖 15 輔助通訊面板(ACP)測試.....	14
圖 16 使用維修電腦確認攝影機影像串流功能.....	14
圖 17 確認 TCMS 面板顯示各項訊息.....	16
圖 18 廁所真空控制盤測試.....	16
圖 19 小便斗 10 秒沖洗時間測試.....	17
圖 20 駕駛室操作各項設.....	17
圖 21 設備單元顯示相應燈號.....	17
圖 22 轉向架出廠測試前會議.....	18
圖 23 量測 W1 載重主懸吊之高度(DP).....	18
圖 24 量測 Cv 壓力值.....	19
圖 25 連結管路氣密性檢查.....	20
圖 26 量測集電弓升弓壓力為 $70\pm 10N$	20
圖 27 量測集電弓升弓靜止壓力為 $70\pm 15N$	20
圖 28 接地開關鎖匙切換功能檢查.....	21
圖 29 開機自動執行軀機測試.....	22
圖 30 測試手動輸入各項資訊.....	22
圖 31 CAU 纜線斷開.....	22
圖 32 MMI 螢幕顯示系統故障.....	22
圖 33 量測工具.....	23
圖 34 碼表量測開關門時間.....	23
圖 35 第 1 次量測車門關閉力在 150N 以下.....	23
圖 36 第 3 次量測車門關閉力在 200N 以下.....	23
圖 37 車門上部量測障礙物開門作用.....	24
圖 38 車門下部量測障礙物開門作用.....	24
圖 39 車門開關上方 EED 裝置.....	24

圖 40 量測 EED 操作力.....	24
圖 41 車外 EAD 裝置.....	24
圖 42 量測 EAD 操作力	24
圖 43 交貨前包裝作業.....	26
圖 44 C 級檢驗作業.....	26
圖 45 個人安全無事故宣導.....	27
圖 46 富岡基地設有兩台靜負荷測試台 1.....	29
圖 47 富岡基地設有兩台靜負荷測試台 2.....	30
圖 48 日本車輛(株)測試台處另架設 Air 供氣設備.....	30
圖 49 韓國現代 Rotem 車輛製造廠之靜負荷測試台.....	30
圖 50 韓國現代 Rotem 車輛製造廠之 Air 供氣測試台.....	31
圖 51 齒輪箱吊舉裝置.....	31
圖 52 撓性連結器燒損(1)(2)	31
圖 53 TEMU1000 型撓性連結器	33
圖 54 TEMU2000 型撓性連結器	33
圖 55 一次簧(圈簧)及軸簧.....	34
圖 56 可攜式、行進中動態列車秤量設備.....	34
圖 57 靜態軌道車輛獨立輪重秤量設備.....	34
圖 58 軌道車輛維修機廠 荷重元系統.....	35
圖 59 車輛輪重秤量設備外觀.....	34
圖 60 車輛輪重秤量設備(黃色部分).....	35
圖 61 車輛輪重秤量設備紀錄儀器(1).....	34
圖 62 車輛輪重秤量設備紀錄儀器(2).....	35
圖 63 測試設備.....	37
圖 64 富岡基地普悠瑪自強號(TEMU2000 型)KP151 集電弓專用試驗設備	40
圖 65 富岡基地普悠瑪自強號(TEMU2000 型)KP151 集電弓專用試驗設備圖	41
圖 66 國外車輛製造廠集電弓專用測試設備.....	41
圖 67 輪箍規(TYRE GAUGE)	43
圖 68 輪距測定規(BACK GAUGE).....	43
圖 69 TY-50S 車輪量測器	43
圖 70 輪箍規量測.....	44
圖 71 光電式雷射量測儀(輪廓量測儀).....	44
圖 72 光電式雷射量測儀量測輪箍厚度、輪緣高度、輪緣角度、輪緣角點至輪緣尖端之距離.....	45
圖 73 光電式雷射量測儀搭配其他模組量測使用.....	45
圖 74 韓國國家鐵道工團地下車輪銹削車床設備.....	46
圖 75 交流伺服數控系统.....	46
圖 76 韓國國家鐵道工團地下車輪床作業簡圖.....	46
圖 77 臺北機務段地下車輪銹削車床設備.....	47
圖 78 潮州基地之動態平衡測試設備.....	48

圖 79 馬達車車軸.....	48
圖 80 拖車車軸.....	48
圖 81 臺鐵路車輪規範.....	49
圖 82 靜不平衡機.....	49
圖 83 氣體檢測之液態氣體洩漏檢測劑.....	50
圖 84 聲學成像儀(超音波聲學相機)應用-車輛空氣煞車系統洩漏檢測.....	51
圖 85 聲學成像儀(超音波聲學相機)應用-高壓電纜、避雷器斷路器絕緣礙子等狀態監視.....	51
圖 86 聲學成像儀(超音波聲學相機).....	51
圖 87 現代 Rotem 車體製造場.....	52
圖 88 車體製造生產線.....	53
圖 89 鋁材銲接的頂板.....	54
圖 90 前端鋼化塑料結構與車身框架結合.....	54
圖 91 銲接而成的底板.....	54
圖 92 車身側板銲接區.....	54
圖 93 車身點銲銲點.....	55
圖 94 360 度迴轉銲接設備.....	55
圖 95 以固定式起重機將頂板吊運與車身結合.....	55
圖 96 現代 Rotem 塗裝工場.....	55
圖 97 大氣污染防制設施.....	56
圖 98 EMU900 前端非不銹鋼車身同色塗裝及車側色帶裝飾.....	57
圖 99 封閉式噴砂 ^[3-9]	57
圖 100 開放式噴砂 ^[3-9]	58
圖 101 補土作業前車身不平整.....	57
圖 102 補土作業後平整車身.....	58
圖 103 完成表面塗層後烘乾作業.....	59
圖 104 7 軸機器人進行塗裝作業.....	58
圖 105 遠紅外線烘乾設備.....	59
圖 106 車頂防滑塗裝.....	59
圖 107 車頂防滑塗層維護人員站立安全(EMU900).....	60
圖 108 不銹鋼車體進行車底防腐蝕及防噪塗裝.....	60
圖 109 完成塗裝後最美的電聯車(EMU900)首航典禮.....	61
圖 110 燃料電池 (Fuel Cell) (摘自台灣氢能與燃料電池夥伴聯盟).....	63
圖 111 現代 Rotem 氫燃料電池和一般電池混合動力路面電車.....	64
圖 112 德國氫燃料路面電車 (德國鐵路公司 LNVG).....	64
圖 113 臺灣 2050 淨零排放(行政院網站).....	65

表目錄

表 1 第一週工作報表.....	4
表 2 第二週工作報表.....	5
表 3 第三週工作報表.....	6
表 4 第四週工作報表.....	7
表 5 第五週工作報表.....	8
表 6 小齒輪與牽引馬達轉軸間之距離.....	33
表 7 設置 BRT 之優劣表.....	39

壹. 購車案緣由

交通部臺灣鐵路管理局(以下簡稱臺鐵局)目前提供多種服務等級之車種，在車種單一化之既定目標下，客運運輸型態分為城際運輸與通勤運輸兩類，分別提供城際客車與區間客車之鐵路運輸服務。

鐵路之路線容量係由運轉型態與路線設施所共同決定，並非單由路線設施所能完全決定之固定值。然而在運轉型態不易大幅改變，而路線設施升級不易之狀況下，臺鐵局之路線容量並不易大幅提升。因此，規劃購車需求係以售票紀錄為基礎推估未來運輸需求。由過去售票紀錄之分析，推估 113¹年之適當目標運能，再據以估算目標年期所需要之城際客車輛數及區間客車輛數。通勤運輸部分，售票紀錄分析顯示 94 年至 103 年之平均年成長率為 7.713 %，10 年來累積之成長量超過 90 %，亦即在過去 10 年中區間客車之售票量幾乎成為兩倍，顯示臺鐵捷運化所帶來之影響。

臺鐵局為適時提供充足運輸車輛，於 103 年度時規劃辦理臺鐵整體購置及汰換車輛計畫(104~113 年)，當時通勤電聯車計有 900 輛(EMU400、500、600、700、800)，於是整理未來區間客車之運轉計畫，統計至 113 年時，通勤電聯車總營運車輛需求數為 1,372 輛，扣除逾最低使用年限 48 輛(EMU400)，仍需採購空調通勤電聯車 520 輛($900-48+520=1,372$)。

¹ 113 年為預估計畫結束年

貳. 車輛製造檢驗目的

空調通勤電聯車 520 輛技術規範 5 檢驗與驗收、保固規定(5)，臺鐵局將於電聯車製造期間派遣檢驗人員至製造廠(含零配件製造廠)執行檢驗工作...。

為瞭解車輛製造進度以及生產品質，臺鐵局機務處派員赴製造廠辦理車輛製造檢驗，以瞭解車輛結構、組裝模式及後續維修作業方式。同時就已運交使用之車輛缺失與製造廠品質部門(QC)進行會議討論(如圖 1 所示)，確認車輛製造符合契約規範要求，減少車輛工藝或設備缺失，以高品質之車輛提供國人更優質的旅運服務。



圖 1 赴廠檢驗人員與製造廠品質部門會議

參. 摘要

臺鐵局空調通勤電聯車 520 輛案於 107 年 5 月 30 日決標，立約商為韓商現代樂鐵股份有限公司台灣分公司，車輛由現代樂鐵股份有限公司(Hyundai Rotem Co；以下簡稱現代 Rotem)進行設計、製造、測試及驗收等相關工作，所有車輛於韓國昌原工廠生產製造。

現代 Rotem 是南韓一家出產鐵路車輛、軍事及廠房產品之公司(如圖 2 所示)，為現代汽車集團成員之一，在韓國有逾 3,800 名員工。生產鐵路車輛部分包括高速列車、磁懸浮列車和地鐵列車，以及管理和改造鐵路系統，為鐵路車輛業務提供綜合解決方案。它是世界五大鐵路車輛生產商之一，鐵路車輛產品出口國家達 38 個²。(如附件 1)



圖 2 現代 Rotem 鐵路車輛、軍事及廠房產品

² [https://zh.wikipedia.org/zh-hant/現代 Rotem](https://zh.wikipedia.org/zh-hant/現代_Rotem)

肆. 檢驗週報表

依據製造廠時程表日期及項目進行各編組檢驗，各週工作事項報表如下：

一、 第一週工作事項(如表 1 所示)

表 1 第一週工作報表

表四

工 作 週 報 表

名稱：空調通勤電聯車 520 輛購案(EMU900)		
期間：自 112 年 4 月 11 日至 112 年 4 月 16 日止 韓國現代 Rotem 昌原廠		
年 月 日	星期	辦 理 事 項
112/4/11	二	移動日 桃園國際機場→韓國釜山機場→昌原市
112/4/12	三	1. 現代樂鐵昌原廠介紹負責本案各製程之主管人員，並就本案第 50、51 編組測試計畫提出說明。 2. 參觀牽引馬達組裝工廠、轉向架框架製作工廠、車體製作及組裝工場。
112/4/13	四	參觀噴漆工廠、組裝工場作業流程及作業設備(該生產線目前組裝韓國鐵道公社 KTX 新造城際電聯車之車體內裝、配線、車下設備)。
112/4/14	五	於試運轉停車線檢視第 50 編組(EMU950)車況，並就發現之缺失開立缺失改善通知單。
2012/4/15	六	例六假日
2012/4/16	日	例日假日
備註：		

二、 第二週工作事項(如表 2 所示)

表 2 第二週工作報表

表四

工 作 週 報 表

名稱：空調通勤電聯車 520 輛購案(EMU900)		
期間：自 112 年 4 月 17 日至 112 年 4 月 23 日止 韓國現代樂鐵昌原廠		
年 月 日	星期	辦 理 事 項
112/4/17	一	1. 第 50 編組(EMU950)車廂內部檢查。 2. 現代樂鐵公司昌原廠品保人員介紹該廠使用之軸重測試設備，惟本局第 50、51 編組均已完成軸重量測，現況以該公司 MBTA 美國專案製造之車輛進行實測並據以說明該設備之操作方式。
112/4/18	二	第 48 編組(EMU948)裝船運送前車廂包裝作業，本日共包裝完成 6 個車廂。
112/4/19	三	1. 第 48 編組(EMU948)裝船運送前車廂包裝作業，本日包裝完成 4 個車廂。 2. 第 50 編組(EMU950)喇叭和雨刷(Horn and Wiper)出廠測試。
112/4/20	四	第 50 編組(EMU950) PA/PIS/CCTV 旅客資訊設備出廠測試。
112/4/21	五	1. 四級檢修備品採購研討。 2. 參觀樂鐵公司義王廠 SIV、VVVF、牽引馬達組裝及測試。 3. 參觀樂鐵公司義王廠 TCMS、PISC 研發部門。
112/4/22	六	週六例假日
112/4/23	日	週日例假日
備註：		

三、 第三週工作事項(如表 3 所示)

表 3 第三週工作報表

5 表四

工 作 週 報 表

名稱：空調通勤電聯車 520 輛購案(EMU900)		
期間：自 112 年 4 月 24 日至 112 年 4 月 30 日止 韓國現代樂鐵昌原廠		
年 月 日	星期	辦 理 事 項
112/4/24	一	1. 第 50 編組(EMU950)TCMS 出廠測試。
112/4/25	二	1. 改善事項會議。 2. 第 50 編組(EMU950)廁所出廠測試。 3. 通知改善事項編號 TRA520-00010、TRA520-00011、TRA520-00012，確認改善完成。
112/4/26	三	1. ED 車前轉向架(編號 T377)荷重及空氣管路洩漏測試。 2. 低速運轉出廠測試。
112/4/27	四	1. 供氣及軀機靜態出廠例行測試。
112/4/28	五	1. 第 49 編組(EMU949)裝船運送前車廂包裝作業。 2. 通知改善事項編號 TRA520-00013、TRA520-00014，改善完成確認。 3. 參觀車輛界限量測設備。
112/4/29	六	週六例假日
112/4/30	日	週日例假日
備註：		

四、第四週工作事項(如表 4 所示)

表 4 第四週工作報表

5 表四

工 作 週 報 表

名稱：空調通勤電聯車 520 輛購案(EMU900)		
期間：自 112 年 5 月 1 日至 112 年 5 月 7 日止		韓國現代樂鐵昌原廠
年 月 日	星期	辦 理 事 項
112/5/1	一	休假日(韓國勞動節)
112/5/2	二	第 51 編組(EMU951)集電弓出廠測試。
112/5/3	三	第 50 編組(EMU950)ATP 靜態出廠測試。
112/5/4	四	第 50 編組(EMU950)車門出廠測試。
112/5/5	五	休假日(韓國兒童節)
112/5/6	六	週六例假日
112/5/7	日	週日例假日
備註：		

五、第五週工作事項(如表 5 所示)

表 5 第五週工作報表

表四

工 作 週 報 表

名稱：空調通勤電聯車 520 輛購案(EMU900)		
期間：自 112 年 5 月 8 日至 112 年 5 月 10 日止		韓國現代樂鐵昌原廠
年 月 日	星期	辦 理 事 項
112/5/8	一	第 51 編組(EMU951)軟體序號紀錄檢視。
112/5/9	二	總結會議
112/5/10	三	移動日 韓國昌原市→韓國釜山金海機場→台灣桃園機場
備註：		

伍. 車輛製造廠及檢驗項目簡介

一、現代 Rotem 簡介

現代 Rotem 總部位於南韓京畿道義王市(如圖 3 所示)，前身為 1999 年 7 月由現代精工、大宇重工和韓進重工的鐵路車輛製造部門整合之韓國鐵路車輛公司 (Korea Rolling Stock Corporation, 縮寫: KOROS)。2001 年 10 月，韓國鐵路車輛公司被現代汽車集團收購，2002 年 1 月，韓國鐵路車輛公司更名為 Rotem (全稱 Railroading Technology System)，2007 年 11 月，Rotem 更名為現代 Rotem。

現代 Rotem 朝鐵路工、機、電系統整合發展，以高速列車及氫燃料路面電車向大眾展現鐵路事業的競爭力(如附件 2)。本次臺鐵局檢驗人員除於昌原工廠進行製造檢驗之外，亦受邀前往義王總部參觀 SIV、VVVF、TCMS、PISC 及牽引馬達組裝與測試。(如圖 4 所示)



圖 3 現代 Rotem 義王總部地理圖



圖 4 檢驗人員於現代 Rotem 義王總部合影

(一) 經營理念³

是管理者追求企業績效的根據，是顧客、競爭者以及職工價值觀與正確經營行為的確認，然後在此基礎上形成企業基本設想與科技優勢、發展方向、共同信念和企業追求的經營目標。現代 Rotem 經營理念。(如圖 5 所示)



圖 5 現代 Rotem 經營理念⁴

(二) 核心價值⁵

企業在經營過程中堅持不懈，努力使全體員工都必需信奉的信條。現代 Rotem 核心價值。(如圖 6 所示)



圖 6 現代 Rotem 核心價值⁶

(三) 品質要求

現代 Rotem 對於產品的品質、安全性與環境皆相當重視，獲得 ISO9001 品質管理體系(如圖 7 所示)及國際軌道行業標準(如圖 8 所示)針對設計、開發、製造、及維護活動之認證，以及國內外衛生安全標準的衛生安全管理制度，結合了一套持續改良與檢討的過程，並取得認證(如圖 9 所示)。

³ <https://wiki.mbalib.com> > zh-tw > 經營理念

⁴ <https://zh.wikipedia.org/zh-hant/現代Rotem>

⁵ <https://wiki.mbalib.com> > zh-tw > 核心價值觀

⁶ <https://zh.wikipedia.org/zh-hant/現代Rotem>



圖 7 ISO9001 證書



圖 8 IRIS 證書



圖 9 OHSAS 18001 證書

本梯次出國檢測地為現代 Rotem 昌原工廠(如圖 10 所示)，該廠區位於慶尚南道昌原市(如圖 11 所示)，主要生產鐵路車輛及軍事工業。

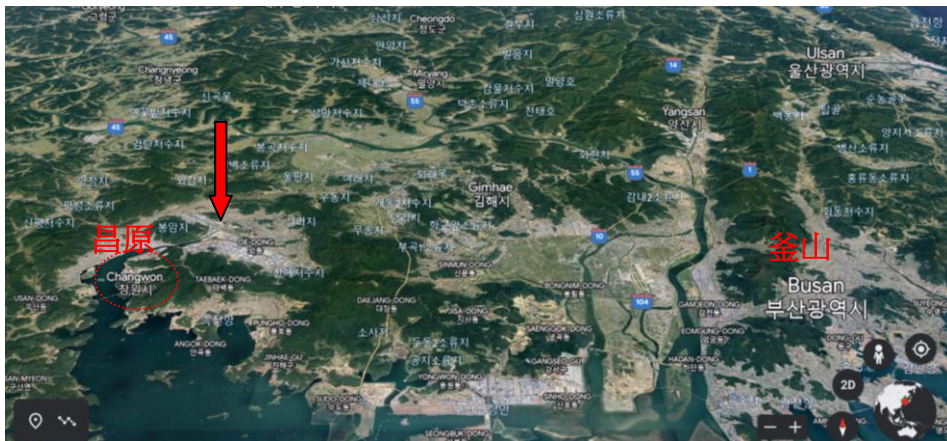


圖 10 車輛製造廠位置⁷(google earth)

⁷ 摘自 G00gle 地圖



圖 11 昌原工廠衛星影像(google earth)

二、昌原工廠簡介

- (一) 規模：約 290,295 平方公尺。
- (二) 年產能：約 900 輛車廂。
- (三) 鐵路車輛及軍事設備。
- (四) 製造廠設備：

鐵路車輛車廂製造主要由車體工場、裝配工場、塗裝工場、轉向架工場及檢測工場等組成。

三、出廠檢測事項

昌原工廠出廠前檢測事項概分為二部分，一為生產部門自主檢驗，二為測試部門辦理出廠測試：

- (一) 自主檢驗：自主例行性原材料、半成品、成品檢驗及測試。

EMU950 出廠前製造廠依契約及圖說規定，由各項主辦人員先行自主檢驗合格後由品管工程司複核及該項作業主管核定。

- (二) 出廠測試(Factory Test)

1. 喇叭(Horn)

- (1) 測試標準：汽笛及雨刷出廠測試程序(REDV214467)
- (2) 測試目的：確認汽笛與雨刷作動功能正常。
- (3) 列車組：EMU950
- (4) 車號：ED950 1、ED950 2
- (5) 高音氣笛：600 HZ ~700HZ，按下汽笛開關，確認功能正常。
- (6) 低音氣笛：300 HZ ~600HZ，按下汽笛開關，確認功能正常。

(7) 電喇叭：按下電喇叭開關，確認功能正常。

2. 雨刷(Wiper)

(1) 測試標準：汽笛及雨刷出廠測試程序(REDV214467)

(2) 列車組：EMU950

(3) 車號：ED950 1、ED950 2

(4) 水箱水位顯示：(雨刷開關 LED 燈號明滅)

A. 空(紅色)：清洗劑為 3 ± 0.5 升時，紅色 LED 燈亮。

B. 滿(綠色)：清洗劑為 9.5 ± 0.5 升時，綠色 LED 燈亮。(如圖 12 所示)

C. 無亮燈：清洗劑為 $3\pm 0.5\sim 9.5\pm 0.5$ 升範圍時，綠色 LED 燈亮及紅色 LED 燈均熄滅。

(5) 雨刷操作模式：

A. 長間歇操作：15~19 秒/次。(如圖 13 所示)

B. 短間歇操作：4~8 秒/次。

C. 低速：25~35CPM(Cycle Per Minute)。

D. 高速：47~57CPM(Cycle Per Minute)。



圖 12 滿水位綠燈顯示



圖 13 雨刷長間歇操作模式

3. 旅客資訊顯示系統(PIS)：

(1) 測試標準：旅客資訊設備出廠測試程序(REDV214401)

(2) 測試目的：測試整列車 PA/PIS/CCTV/Wi-Fi 系統的基本功能，以確保系統設定為正確且可使用。(如圖 14 所示)

(3) 列車組：EMU950

- (4) 車號：ED950 1、ED950 2
- (5) 控制面板(TOCP)主控控制切換：確認第 1、10 車 TOCP 面板主控、副控切換功能運作正常。
- (6) 控制面板(TOCP)即時廣播播報：按下主控車 TOCP 面板 PA 觸控鍵，確認話筒可對全列車廣播。
- (7) 輔助通訊面板(ACP)即時廣播播報：確認 ACP 麥克風可對全車廣播。(如圖 15 所示)
- (8) 控制面板(TOCP)與緊急對講機(PI)通訊：確認 TOCP 至 PI 通訊功能、警示音及燈號顯示正常。
- (9) 輔助通訊面板(ACP)與緊急對講機(PI)通訊：確認 ACP 至 PI 通訊功能、警示音及燈號顯示正常。
- (10) 攝影機影像串流測試：使用攜帶式 CCTV 維修電腦確認攝影機影像串流功能。(如圖 16 所示)



圖 14 PIS 基本功能測試



圖 15 輔助通訊面板(ACP)測試



圖 16 使用維修電腦確認攝影機影像串流功能

4. 列車控制監視系統(Train Control and Monitor System；TCMS)

- (1) 測試標準：TCMS 出廠測試程序(REDV214111)
- (2) 測試目的：確認 TCMS 主控制單元與各設備作用資訊及故障訊息連線正常。

(3) 測試車組：EMU950 2

(4) 項目：

- A. 操作介面測試：方向控制器(前進、後退)、司軔閥把手(鬆、緊軔)、電門把手(0~130km)，面板顯示操作結果(如圖 17 所示)。
- B. AC 電源轉供電路驗證：切開 ED1 SIV，EM1 ASK1 閉合轉供；切開 ED1、EM2 SIV，按壓顯示螢幕 ESK 轉供。
- C. 照明控制：按壓顯示螢幕車廂照明按鈕，全列車照明關閉或開啟。
- D. 牽引馬達切斷控制：按壓顯示螢幕馬達切斷按鈕，螢幕牽引輪變白色。
- E. 空氣壓縮機啟動：
 - a. 設定日期為奇數(偶數)天，空氣壓縮機分別自動啟動。
 - b. 設定緊軔將主風缸壓力降至 8.5bar 以下，空氣壓縮機自動啟動。
- F. TCU 主控手動變更：按壓顯示螢幕主控變更按鈕，螢幕顯示 TCU 主控狀態。
- G. APC 切斷與重置：按壓顯示螢幕 APC 切斷(重置)按鈕，螢幕 APC 狀態顯示紅色切斷(綠色開啟)。
- H. HVAC(空調系統)控制：顯示螢幕設定目標溫度、自動或其他模式。
- I. 通訊介面檢查：測試 TCMS 設備之間通信電纜連接之完整性。從 EP3 車的 ES1 中的 E1 埠到 ED2 車的 ES2 中的 E2 埠。測試結果在網路測試儀上顯示為 100BASE-TX。
- J. TDRS-防護無線電(TPRS)警告回報發送測試：
 - a. 觸發 TPRS 警報開關，檢查行調無線電主機 PCR 是否顯示列車防護已處於發報狀態的紅色。
 - b. 檢查 TCMS 的文字訊息區是否出現防護無線電警告的顯示。



圖 17 確認 TCMS 面板顯示各項訊息

5. 廁所

- (1) 測試標準：廁所出廠測試程序(REDV214464)
- (2) 測試目的：驗證每個零件功能可符合設計需求。
- (3) 測試車組：EMU950
- (4) 測試項目：
 - A. 乾抽按鈕：
 - a. 按壓坐便器的抽乾按鈕，檢查抽乾功能是否正確運作(無沖水狀態)。
 - b. 檢查小便斗乾抽按鈕 LED 燈在乾抽期間是否會恆亮。
 - c. 確認真空控制盤的壓縮空氣 6-8bar(如圖 18 所示)。



圖 18 廁所真空控制盤測試

- B. 坐便器及小便斗 10 秒沖洗：(如圖 19 所示)按下沖水按鈕後應出水 10 秒。



圖 19 小便斗 10 秒沖洗時間測試

6. 低速運轉(Low Speed)

- (1) 測試標準：低速運轉出廠測試程序(REDV214392)
- (2) 測試目的：驗證與牽引系統相關的電路正確連接，以及相關的設備正常運行。
- (3) 測試車組：EMU950
- (4) 測試項目：
 - A. 來自駕駛室的信號：施加來自駕駛室的信號時，TCMS 螢幕相關 LED 燈號亮光。(如圖 20 所示)
 - B. 操作司軔閥把手信號：施加司軔閥把手置於 1~7 段位，BS71、BS72、BS73 相關 LED 燈號明滅。(如圖 21 所示)



圖 20 駕駛室操作各項設



圖 21 設備單元顯示相應燈號

7. 轉向架總成(Bogie Assembly)(如圖 22 所示)

(1) 測試標準：轉向架總成出廠測試程序(REDV214367)

(2) 測試目的：驗證每個部件可符合設計需求。

(3) 測試型式：拖車(ED)轉向架

(4) 測試項目：(抽測)

A. 間隙檢查：施加等同 W1 垂直負荷，目視檢驗所有組件(含軟管、電纜、管線及所有其他零件)之間無干涉。

B. 尺寸檢查：施加等同 W1 垂直負荷，量測主懸吊之高度(DP)應介於 58~60mm 之間(如圖 23 所示)。



圖 22 轉向架出廠測試前會議



圖 23 量測 W1 載重主懸吊之高度(DP)

C. 稱重：量測出廠轉向架重量。

D. 功能與洩漏檢驗：

i. 煞車卡鉗應作動正常。

ii. 空氣管路注入 6bar 空氣，5 分鐘內洩漏量應 \leq 2bar。

8. 供氣及軔機

(1) 測試標準：供氣及軔機靜態出廠測試程序(REDV214441)

(2) 測試項目：(抽測)

A. 常用軔機時的 Cv 壓力：司軔閥把手移至位置 7 來使用最大常用緊軔，檢查 Cv 壓力設定值為 3.8(0.2)。(如圖 24 所示)

B. 應用停留軔機：以脈衝閥 B18 施加停留軔機，應在 15 秒內完成作用。

C. 釋放停留軔機：以脈衝閥 B18 釋放停留軔機，應在 20 秒內完成作用。



圖 24 量測 Cv 壓力值

9. 集電弓

(1) 測試標準：集電弓出廠測試程序(REDV214448)

(2) 測試型式：電力車(EP)

(3) 測試項目：

A. 集電弓調適測試

- a. 氣密性：檢查管路組件兩側所有連結的氣密性。(如圖 25 所示)
- b. 靜力量測：遲滯曲線的接觸力特性，在延展 440mm 到 1,460mm 之間的範圍應為 $70\pm 10\text{N}$ (如圖 26 所示)。在延展 100mm 到 1,800mm 之間，接觸力的範圍應為 $70\pm 15\text{N}$ 。(如圖 27 所示)
- c. 檢查旋鎖功能：
 - i. 接地開關鎖匙插入切換至 ON 位置。切換集電弓上升。集電弓應上升。
 - ii. 接地開關鎖匙切換至 OFF 位置並拔出。切換集電弓上升。集電弓不應上升。(如圖 28 所示)



圖 25 連結管路氣密性檢查

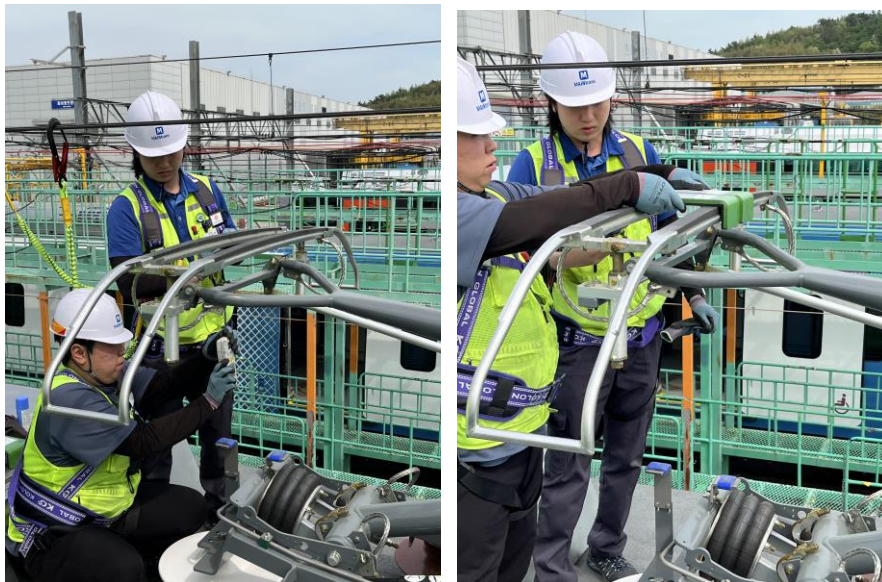


圖 26 量測集電弓升弓壓力為 $70\pm 10\text{N}$ 圖 27 量測集電弓升弓靜止壓力為 $70\pm 15\text{N}$

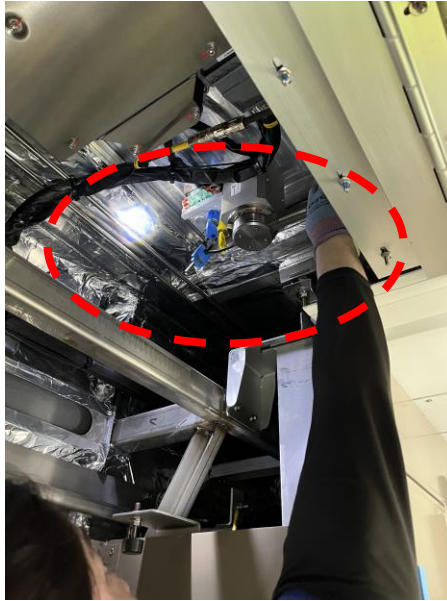


圖 28 接地開關鎖匙切換功能檢查

10. ATP

(1) 測試標準：ATP 出廠測試程序(REDV214344)

(2) 測試型式：EMU950 拖車(ED)

(3) 測試項目：駕駛室啟用(CABIN ACTIVATION)

- A. 啟用駕駛室：軔機自動執行測試緊軔及鬆軔，當軔機測試完成後。操作面盤顯示”緊軔測試成功”。(如圖 29 所示)
- B. 手動輸入司機員資料、ATP 區間及列車資料，確認各項訊息輸入完成。(如圖 30 所示)
- C. 方向測試：逆轉機設定為中立、前進、後退位，MMI 顯示允許速度應為 0 或 25km/h。
- D. 正常黏著力(調車)訊息確認：MMI 應顯示”100%黏著力”、“黏著力降低”、“調車模式”等訊息。
- E. BTM 端拔開 CAU 纜線(如圖 31 所示)：ATP 開關置於使用位，確認 MMI 螢幕顯示”BTM 故障”、“系統故障”。(如圖 32 所示)



圖 29 開機自動執行軀機測試



圖 30 測試手動輸入各項資訊



圖 31 CAU 纜線斷開



圖 32 MMI 螢幕顯示系統故障

11. 車門功能

- (1) 測試標準：車門功能出廠測試程序(REDV214416)
- (2) 測試型式：EMU950 拖車(ED)
- (3) 測試項目：(抽測)
 - A. 車門操作時間和開啟寬度量測：各項量測工具(如圖 33 所示)
 - a. 開啟及關閉時間為 3.0 ± 0.5 秒。(如圖 34 所示)
 - b. 車門淨開啟寬度大於 1,200mm。
 - B. 車門關閉力：車門開關 3 次(距地面 300mm、900mm、1,500mm)檢測到車門關閉力小於 150N(第 1 次)(如圖 35 所示)、200N(第 2 次)、200N(第 3 次)。(如圖 36 所示)
 - C. 障礙偵測和車門重開啟：車門開關 3 次(距地面 300mm、900mm、1,500mm)

檢測到障礙物(測試件 30*60*200mm)可自動開啟。(如圖 37、38 所示)

D. 車門緊急釋放：扳轉緊急出口裝置(EAD；EED)可手動打開車門，EAD(車外)操作力小於 10Nm(如圖 39、40 所示)；EED(車內)操作力小於 7.5Nm。(如圖 41、42 所示)

E. 手動開門力小於 150N。



圖 33 量測工具



圖 34 碼表量測開關門時間

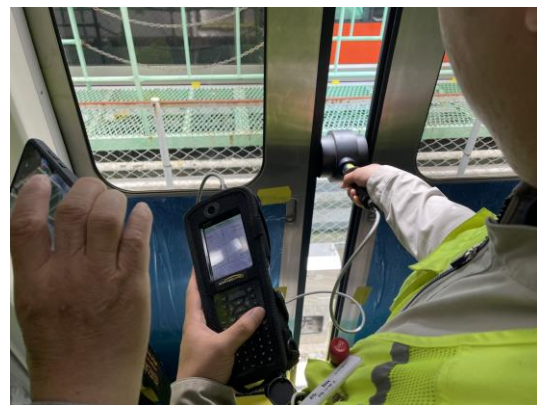
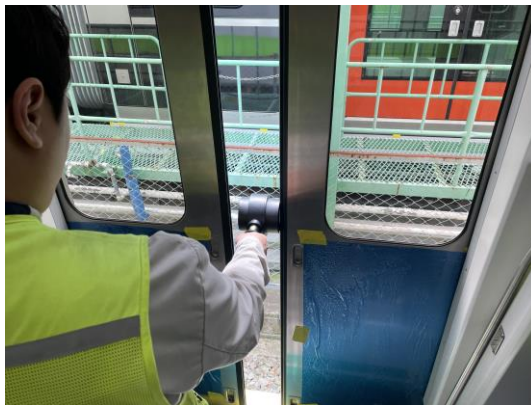


圖 35 第 1 次量測車門關閉力在 150N 以下 圖 36 第 3 次量測車門關閉力在 200N 以下

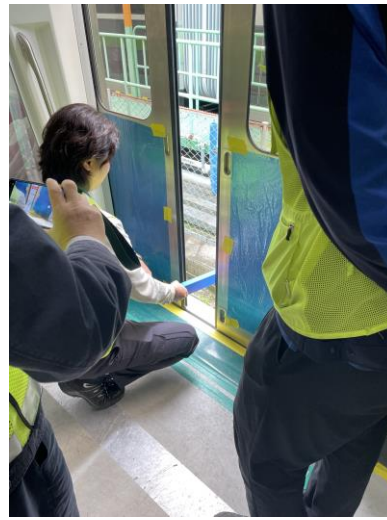


圖 37 車門上部量測障礙物開門作用 圖 38 車門下部量測障礙物開門作用



圖 39 車門開關上方 EED 裝置

圖 40 量測 EED 操作力



圖 41 車外 EAD 裝置

圖 42 量測 EAD 操作力

(三) C 級公證檢驗：

1. 檢驗目的：確定賣方所交貨物之品質、規格、數量、包裝及唛頭等是否與契約所約定者相等。
2. 檢驗分類：依公證檢驗等級分
 - (1) 甲級檢驗（Class A Inspection）A 級檢驗：
為公證中要求最嚴格的檢驗方式。
 - (2) 乙級檢驗（Class B Inspection）B 級檢驗：
嚴格程度僅次於 A 級的檢驗方式。
 - (3) 丙級檢驗（Class C Inspection）C 級檢驗：
為貿易上最常用之公證檢驗等級。
 - (4) 丁級檢驗（Class D Inspection）D 級檢驗：
做數量清點及外觀檢查的檢驗方式。

3. 依據：

「空調通勤電聯車 520 輛」採購案代辦機關(臺銀採購部)於契約備註條款規定，契約財物於交貨前須辦理獨立公正公司 C 級公證檢驗。即前述之丙級檢驗，一般未指定檢驗等級的檢驗均以此種檢驗為基準，亦即製造完成之後，裝船前一定時日，由公證公司派員赴指定地點就品質、數量、包裝進行檢驗。

4. 辦理情形：

EMU948 預定於 5 月上船運送至臺灣交貨，昌原工廠於 4 月 18 日及 19 日辦理交貨前包裝(如圖 43 所示)，同時公證公司派員至現場就品質、數量及包裝進行檢驗(如圖 44 所示)。



圖 43 交貨前包裝作業



圖 44 C 級檢驗作業

陸. 心得及建議

一、心得

現代 Rotem 對於產品的品質及安全性皆相當重視，獲得 ISO/KSA 國際品質管理機構認證與國際鐵路產業標準 IRIS 認證，具備相當之品質競爭力。昌原工廠占地幅員廣大，每個工場對於場區的整理整頓，教育員工遵守安全的工作守則，值得學習。(如圖 45 所示)



圖 45 個人安全無事故宣導

被尊稱為日本品質之父的戴明（William Edwards Deming）博士對品質的定義：「品質是一種以最經濟的手段，製造出市場最有用的產品」。精簡的對品質做定位應該是：「品質就是符合顧客需求」。檢驗人員是產品品質檢驗的支柱，檢驗結果的正確性直接影響產品品質，對於本次派駐韓國擔任空調通勤電聯車 520 輛案(EMU900 型)檢驗工作，以下說明工作心得體會。

(一) 要有一定的專業知識

品質是「檢驗」出來的，具備專業技術技能是開展品質檢驗工作的基礎。檢驗人員必須看懂工作圖面、熟悉規範標準、掌握品質管理要點。同時因需

要和生產工廠品質部門直接打交道，就一定要知道要做甚麼及該怎麼做，尺度標準是什麼，這樣才能夠真正去管理。

(二) 要有較高的品質意識

「意識決定態度，態度決定行動」。一個沒有品質意識的檢驗人員，不可能有積極的態度和行動去管理生產製程。

(三) 養成好學的習慣，善於分析總結，持續改進

社會在發展、技術在進步，新材料、新技術、新工藝不斷在應用，新的規範、標準都需要我們去學習去認知、契約規定等也需要我們熟悉。

施工過程出現問題在所難免，出現了問題不可怕，可怕的是問題的重複出現。某個環節沒有做好，分析是什麼原因，人、機、料、法、環五個要素哪個是主要影響因素。這就是通過分析總結做好品質的預控，持續改進。

(四) 要具備現場發現問題的敏銳眼力

現場品質控制不是紙上談兵，書本理論知識豐富了還不夠，到了現場沒發現問題是許多檢驗人員的缺憾。如電纜線沒有按規定做保護層，紮帶方向、順序不對、搭接接頭未錯開，熱熔不夠、收邊不嚴密等問題。而具備了敏銳眼力的還能捕捉到更細節的問題，例如隱蔽部分設備未標示品名、外購設備與接線線號不同步等，要練成這樣的“真功夫”，就要留心品質標準中涉及的每個關鍵細節，培養敏銳的觀察力。

(五) 要有管理品質的手段和處理問題的能力

品質是「管理」出來的，檢驗人員對品質管理要有預控手段、過程控制手段，這是品質的關鍵。品質預控可以通過對較容易出現之問題採取各種預防措施和每項工作開始前的現場會議進行，比如為避免鋼材接合不平整，可以預先繪製排版圖；為了控制纜線位移可以製作定位卡預控等。過程控制可以要求進行自檢、品質控制點和報檢以及巡檢進行。一定做到以理服人，避免出現不必要的糾紛。

出現品質問題有時候不是簡單的否決，要予以考慮分析，找到處理問題的辦法。通過採用有效手段對問題及時處理、補救和改進，才是體現一個品質檢驗的真正關鍵。

民國 83 年臺鐵局 E1000 型推拉式電車組，由韓商現代精工得標，於保固階

段韓商無預警撤回駐臺維修人員，當時交通部部長下令禁止南韓廠商參與國內列車採購案。惟 100 年政府採購協定(GPA)適用後即無法強制排除韓商參與標案。

因前案影響，國人對於韓國車輛製造廠皆不具信心，本次駐廠檢驗，針對在臺車輛運行及在廠車輛測試階段時發現的問題(如無障礙廁所頂部等隱蔽部分線路固定方式)即時向製造廠反應，現代 Rotem 品質團隊(QC)於檢討會議承諾用最嚴格的態度來把關，逐案管理，確保提供安全無虞的列車，可見現代 Rotem 對於派駐檢驗人員之意見皆相當重視。同時臺鐵局另有第三方獨立驗證與認證(IV&V)把關，確保列車的品質與安全。

製程改善透過事後的檢討及統計分析，於定期的品管會議中加以檢討，應用「QC 手法」與「問題分析與解決」模式，能夠不斷的持續改善。臺鐵局推動「價值工程」，提高現場人員的品質意識，促使大家能夠自日常營運及保養維修發掘問題，並以解決問題為目標，以收集思廣義之效，並促使同仁上下一心，共謀永續經營。

二、建議

(一) 設置轉向架測試設備(Bogie Running Tester；BRT)之研討

1. 現況分析

臺鐵局富岡基地設有 2 部負荷測試台(如圖 46、47 所示)，其目的係於轉向架組裝完修後，用於模擬車體的重量對轉向架進行加載，測試軸重、測量轉向架軸箱高度量測調整、齒輪箱吊舉裝置暨撓性連結器(或稱齒輪式聯軸器)高度調整及一次簧等相關組件之功能確認。

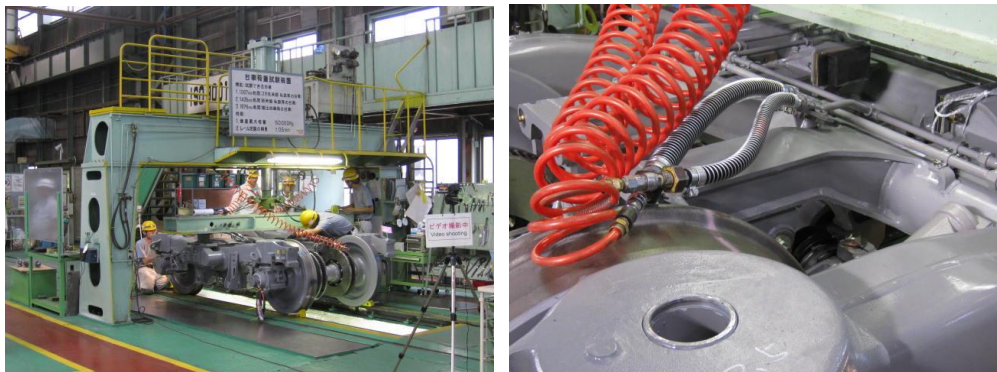


圖 46 富岡基地設有兩台靜負荷測試台 1



圖 47 富岡基地設有兩台靜負荷測試台 2

另國際上其他車輛製造廠則於測試台處另架設 Air 供氣設備，藉以測試於靜負荷時之煞車系統及踏面清掃裝置等功能和機構位移干涉等確認（如圖 48、49、50 所示）。



(1)測試台

(2)軔缸充氣管

圖 48 日本車輛(株)測試台處另架設 Air 供氣設備(1)(2)



(1) 測試台

(2)資料顯示器

圖 49 韓國現代 Rotem 車輛製造廠之靜負荷測試台(1)(2)



(1) 控制台



(2) 單一缸充氣測試

圖 50 韓國現代 Rotem 車輛製造廠之 Air 供氣測試台(1)(2)

轉向架組裝完修後之靜負荷測試如未確實執行，確認各項組裝及使用限度量測，即進行轉向架與車輛結合作業，後續因套裝車輛後受限於可工作空間再調整齒輪箱吊舉裝置(如圖 51 所示) 墊片抽換不便及其固定螺帽鎖固不易致鬆脫，進而影響撓性連結器移位，可能引發後續撓性連結器內部齒輪崩壞及燒損之事故(如圖 52 所示)。



圖 51 齒輪箱吊舉裝置



(1)

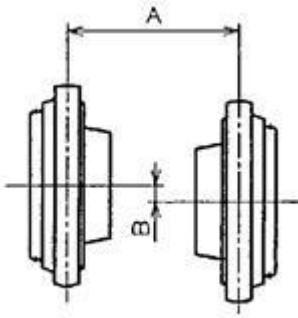


(2)

圖 52 撓性連結器燒損(1)(2)

牽引馬達與齒輪箱之撓性連結器(或稱齒輪式聯軸器)之安裝規定(如圖 53、54 所示)，主要為將齒輪式撓性連結器組裝到牽引馬達軸及齒輪裝置後，

需在轉向架狀態下施加空車負荷的狀態下進行撓性連結器移位調整。並於組裝到車輛之後，對空車狀態下撓性連結器的移位進行最後檢查，確認其符合規定值(如表 6 所示)。不符合規定值時，應當重新進行調整。(不符合規定值時，有可能造成撓性連結器損壞)



最小		標準		最大		B	移位量
A	移位量	A	移位量	A	移位量		
115	-10	125	0	135	+10	±12	靜態最大
						±10	動態最大

圖 53 TEMU1000 型撓性連結器

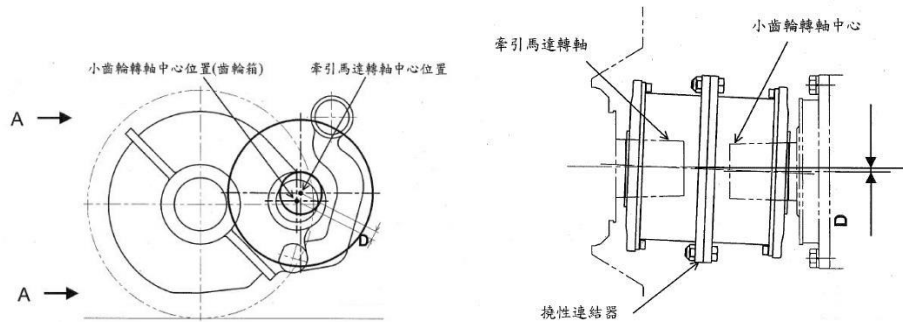


圖 54 TEMU2000 型撓性連結器

表 6 小齒輪與牽引馬達轉軸間之距離

條件狀況	與一次簧在空車狀態下 相對之位移量 (mm)	轉軸間之距離 ※1
轉向架吊升 ※2	-30.0	7.4
轉向架單體 ※3	-30.0	7.4
空車狀態	0	6.5
全載狀態	3.0	6.2
滿載狀態	7.3	6.1
滿載狀態 ×1.3G	13.5	6.0
滿載狀態 ×1.3G + 緊急緊軔	13.5 + 7.0 (縱向變位)	9.0

再則，轉向架組裝完修後，應經靜負荷測試或於直接落車安裝後，對其軸箱高度量測，並藉由一次簧(圈簧)進行墊片調整(如圖 55 所示)，惟因無購置列車秤量設備(如圖 56~58 所示)，故未進行軸重量測，而其軸重不均，即如同貨物偏裝，造成轉向架某軸軸承壓力不平均，除影響軸簧之使用壽命外，亦

可能導致車軸軸承溫昇甚而發生燒軸事故。

此次前往韓國現代 Rotem 昌原廠進行車輛檢測工作亦參觀該公司新建之標準軌(1,435 mm)和窄軌(1,067mm)共用的車輛輪重秤量設備(如圖 59~62 所示)，對於車輛軸重量測甚為方便。



圖 55 一次簧(圈簧)及軸簧



圖 56 可攜式、行進中動態列車秤量設備



圖 57 靜態軌道車輛獨立輪重秤量設備



圖 58 軌道車輛維修機廠 荷重元系統

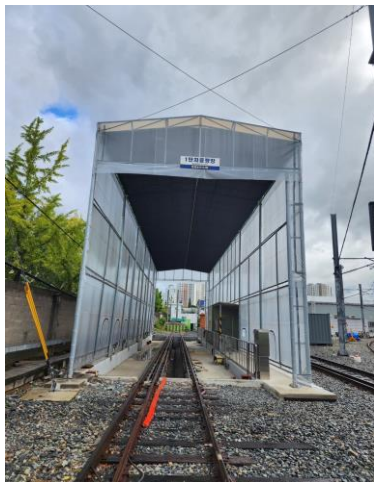


圖 59 車輛輪重秤量設備外觀 圖 60 車輛輪重秤量設備(黃色部分)



圖 61 車輛輪重秤量設備紀錄儀器(1) 圖 62 車輛輪重秤量設備紀錄儀器(2)

臺鐵路轉向架完修與車輛組裝後再以動態試運轉約 50 公里來回，進行走

行裝置及煞車裝置等功能測試，而動態試運轉完成隨即交所屬保養段運用追蹤，後續運用如有發生轉向架走行裝置及煞車裝置等模組重大異常時，可能以安排臨修再進廠(惟待臨修進廠常因機廠固定保修流程滿線而無法安排進廠)或由機廠提供其他轉向架由所屬保養段更換。

2. 轉向架測試設備(Bogie Running Tester；BRT) 簡介

轉向架測試設備(BRT)主要功能為實際模擬轉向架在正線上的運轉車速(最高可達 300KPH)，經過數據(振動，溫度)蒐集，來研判轉向架的運轉性能，以確保轉向架於實際正線運轉的安全性。

(1) BRT 設備功能:

A. BRT 靜態測試項目如下:

- a. 煞車卡鉗測試。
- b. 駐車煞車的作動狀況。
- c. 齒輪箱、空氣管、油管的洩漏狀況。
- d. TC (Tread Cleaner)踏面清潔器測試。

B. BRT 動態測試項目如下:

- a. 轉向架(輪軸箱，框架，齒輪箱及 BIDS)的震動情形。
- b. 輪軸箱及齒輪箱的溫升情形。
- c. M 車速度訊號的輸出。
- d. T 車速度訊號的輸出。

(2) 測試台分為機械結構以及電力/電控二大系統

A. 機械結構主要由 3 個主結構，龍門結構、動力軸組以及軌道結構，結合空壓、油壓、感測系統以及輔助系統構成完整測台機械結構。

B. 系統功能：

- a. 龍門結構：取代車廂提供代測轉向架所需荷重負載及固定轉向架。
- b. 動力軸組：模擬無限長的軌道，及提供待測轉向架車輪滾動所需動力。
- c. 軌道結構：連結廠房軌道與測試台軌條輪，讓待測轉向架可以進出。

3. 廠房與測試設備(如圖 63 所示)

- (1) 輔助系統：促使測試更順暢操作更便利。
- (2) 感測系統：提供控制系統所需訊號，使其能精確控制達到測試所需條件與安全。
- (3) 空壓系統：供應測試台作動所需空氣壓力源，如轉向架空氣彈簧、煞車、踏面清潔等。
- (4) 油壓系統：供應測試台作動壓缸所需壓力源，如主壓缸、側擠壓缸、輔助軌升降壓缸及矯正器壓缸。

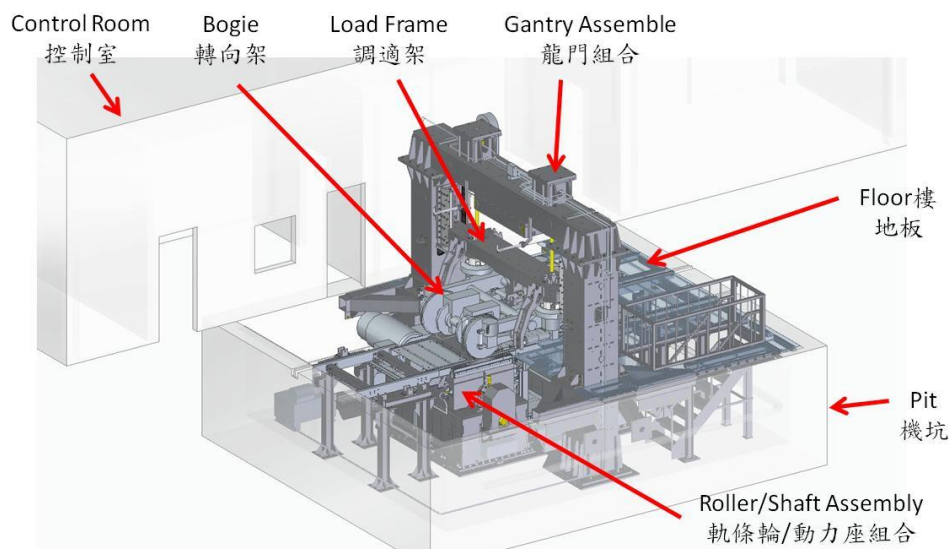


圖 63 測試設備

4. 設備空間需求

設備空間分為三大部份:機坑，轉向架測試室，控制及電控設備室，參考空間如下:

- (1) 機坑(內部)：寬 7m *長 8m*深 2m
- (2) 轉向架測試室(室內)：寬 7.5 m *長 9m *高 3.6m
- (3) 轉向架測試室(室外)：寬 8 m *長 10m *高 4.5m
- (4) 操作控制室及控制設備空間
- (5) 操作控制室(室內)：寬 3.9m*長 4.9m *高 4.8m
- (6) 控制設備空間(室內)：

(7) PLC 盤體室：寬 3.9m *長 7m *高 4.8m

(8) 高壓盤體室：寬 3.9m *長 7m *高 4.8m

5. 臺鐵局設置 BRT 之必要性

如列車在正線試運轉發生轉向架故障，將導致列車停於主線上，影響如下：

- (1) 造成營運列車班表延誤，造成營業損失。
- (2) 如嚴重故障可能導致列車出軌。
- (3) 降低民眾對臺鐵局之信任度。
- (4) 影響列車維修排程。

臺鐵局營運車輛種類眾多，而 BRT 設備大多依據車輛轉向架相關特性設計，若欲設置 BRT 設備，宜針對最必要車種及其維修廠域設置，以提高投資效益。

故短期改善可由富岡基地現已有之靜負荷測試台(兩台)進行妥善利用，並購置列車秤量設備輔以軸重量測，且建立各轉向架(橫樑有轉向架編號)之維修履歷，以提升轉向架維修後之可靠度、可用度及各項耗材(如軸簧、煞車模組(單元式軔缸)修理包、車輪等)購置規劃。

另從臺鐵局新購之車輛數及車輛編成(城際列車 EMU3000 型為 600 輛，12 輛為 1 編成、通勤空調電聯車 EMU900 型為 520 輛，10 輛為 1 編成)宜作長遠考量，目前潮州基地為三、四級維修廠，腹地遼闊，現正規劃二期工程進行各項保修機具設備建置，故可將 BRT 設備納入考量。以城際列車 EMU3000 型 1 編成為例，其進廠拆裝轉向架數量為 24 組，轉向架完修組裝後，若已設置 BRT 測台即可進行靜態測試及動態測試，無須待車輛編成連結後，再行動態試運轉確認，除可減少後續車輛再臨修進廠次數，也有助於邁向測試自動化及數據化，作為車輛故障檢修與精進設計之依據。

6. 臺鐵局設置轉向架測試設備(BRT)之優劣分析

由於臺鐵局營運之列車種類繁多，故僅以有限資訊初步評論其設置之優缺點，如表 7 所示：

表 7 設置轉向架測試設備(BRT)之優劣表

優點	缺點
<ol style="list-style-type: none"> 1. 突顯出臺鐵局重視行車安全之形象與具體承諾。 2. 確保轉向架檢修作業品質。 3. 有助釐清列車振動權責 (路線？車輛？)。 4. 降低列車營運時轉向架失效風險。 5. 國產化替代品之模擬測試 (如煞車片、踏面清掃子、軸簧等) 6. 可依臺鐵局之測試需求，客製化增加相關測試項目(如列車秤量、軸承溫度...等) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設備設置成本較一般測試設備高。 2. 臺鐵局車種多，該套 BRT 需要能符合所有臺鐵局之轉向架，設計是否會有困難，或是只針對必要之車種設計。 3. 依臺鐵局現有靜負荷測試台，疑似處於閒置狀態，使用率不佳。日後若設置 BRT，測試台操作人員之培訓需要更嚴謹，並且列入維修線之 SOP，但或許對轉向架履歷建置，及追蹤維修狀況，有實質之助益。人員對測台使用狀況，及維修之成效需長期列管追蹤。

(二) 光電式量測儀器應用研討

臺鐵局自民國 107 年陸續決標採購空調通勤電聯車 520 輛、城際電聯車 600 輛、柴電機車 34 輛、電力機車 68 輛及支線客車 60 輛等案，期間雖受嚴重特殊傳染性肺炎(Covid-19)疫情影響零件物料採購供應及人力調度，導致各車輛立約商延後交期。然空調通勤電聯車 520 輛案仍於 109 年 10 月開始陸續交車，並於完成試運轉測試後投入營運商轉。

為因應如此規模車隊，將來的維修保養勢必需要預先規劃期程，並完成各式維修設備建置，經規劃後續空調通勤電聯車 520 輛及城際電聯車 600 輛，其三級檢修、四級檢修將於潮州基地進行。由於這 1,120 輛皆為電聯車組，故其集電設備與走行裝置之測試相對重要，因其影響列車動力及服務設備外，甚而延伸至架空電車線之營運設施及正線營運之車輛安全維護。

1. 集電弓測試設備

目前臺鐵局僅富岡基地設有一組普悠瑪自強號 (TEMU2000 型)專用之集電弓測試設備(如圖 64、65 所示)。爰本次赴國外車輛製造檢測，收集國外之集電弓光電式測試設備(如圖 66 所示)，期能作為將來採購建置之參考，確保集電弓維修保養維護後之功能合乎運行條件。



圖 64 富岡基地普悠瑪自強號(TEMU2000 型)KP151 集電弓專用試驗設備

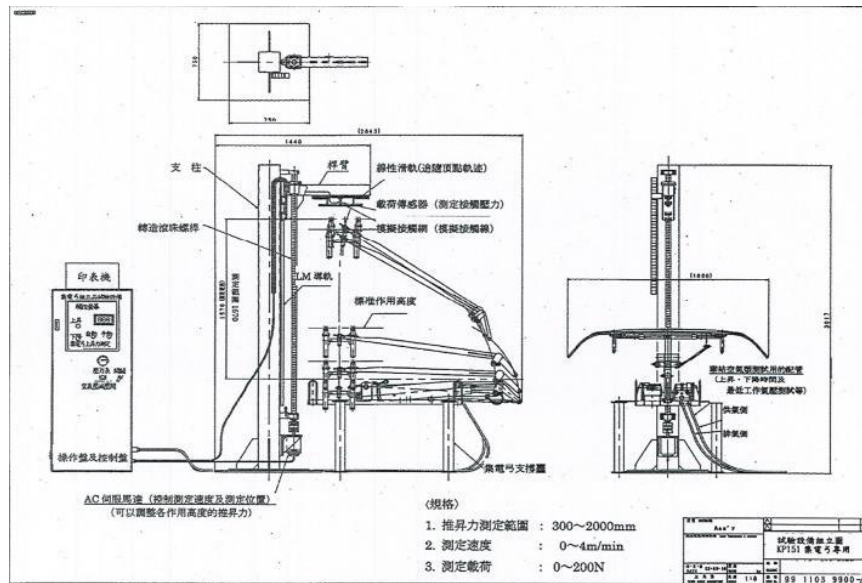


圖 65 富岡基地普悠瑪自強號(TEMU2000 型)KP151 集電弓專用試驗設備圖



圖 66 國外車輛製造廠集電弓專用測試設備
集電弓測試設備應有:

- (I) 功能
 - A. 收集和存儲測試數據
 - B. 測量顯示功能
 - C. 數量、零件判斷功能
 - D. 自診斷功能
 - E. 自動和手動測試功能 (包括測試項目選擇)
 - F. 測試參考值修正 (調整) 功能
 - G. 測試報告製作及列印功能

(2) 試驗項目及方法:

根據每個檢測項目和方法，應該可以檢測產品是否符合維修標準。

- A. 上升時間確認測試：應測量受電弓上升至解放高度所需時間，確認無異常。
- B. 下降時間確認試驗：應測量受電弓從解放高度下降到折疊高度所需時間，確認無異常。
- C. 壓力測試；由於集電弓供氣壓力使受電弓上升和下降，因此應可量測壓力以確認無異常。
- D. 最低工作氣壓試驗；應測量集電弓上升到最大工作高度所需的最低氣壓，確認無異常。
- E. 漏氣試驗；向集電弓供給 8.2kgf/cm^2 的壓縮空氣，確認無漏氣。
- F. 最大高度提升試驗；應測量集電弓的最大上升高度，確認無異常。（單臂集電弓最大標高測試法測量 OHP（防越升）裝置的工作高度。）⁸

(3) 符合標準

- A. 國際標準（ISO）
- B. 韓國工業標準（KS）
- C. 軌道車輛技術標準
- D. 電氣定律
- E. 鐵路車輛維修手冊
- F. 其他相關法規、標準⁹等

2. 走行裝置測試設備

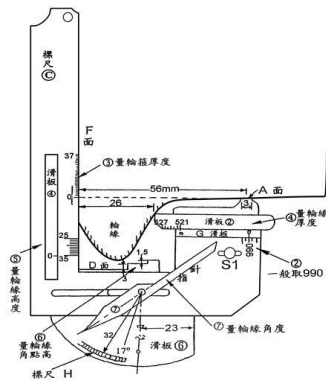
車輛走行部份之車輪攸關旅客乘坐舒適度及列車運轉安全及穩定度，因此在列車平日二級檢修或臨時檢修(踏面擦傷或發現行走異音時)皆會進行踏面檢查或量測。

目前臺鐵局量測車輪皆使用專用工具，如

- (1) 輪箍規(TYRE GAUGE)：量測車輪之輪箍厚度、輪緣高度、輪緣角度、輪緣角點至輪緣尖端之距離等五大功用，其結構相當特殊(如圖 67 所示)。
- (2) 輪距測定規(BACK GAUGE) 專門量測車輪內面距離，準確度可達到 $1/100\text{mm}$ ，這兩種皆為臺鐵局傳統車輪檢測工作不可或缺之量具(如圖 68 所示)。

⁸資料來源: <http://www.nstec.kr/>

⁹我國鐵路車輛集電弓特性和試驗 CNS60494:2019



輪箍規(Type Gauge)全圖

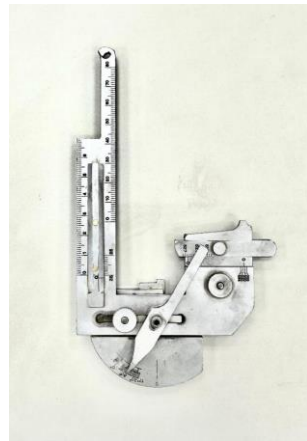


圖 67 輪箍規(TYRE GAUGE)



圖 68 輪距測定規(BACK GAUGE)

另外尚有車輪直徑量測規，因其使用幾何原理採用三點定圓之設計製作，且車輪量測直徑數據值經由一只雙面指示表顯示(另有數字顯示型設計)，易於讀取(如圖 69 所示)。另量具基準面裝設永久強力磁鐵可穩定吸附於車輪內側面增加量測精準度，因此操作較為簡便，惟僅適用於臺鐵局各種動力機車、客車及貨車等車輪之「直徑量測」。

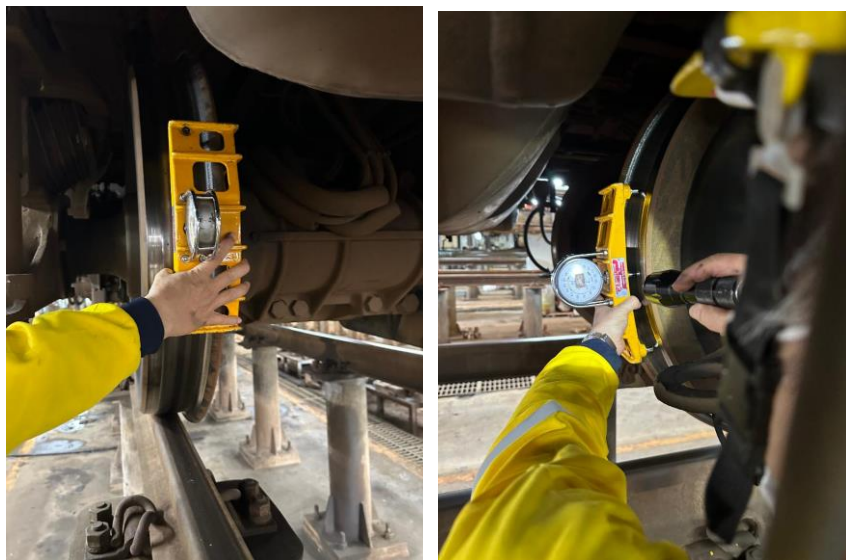


圖 69 TY-50S 車輪量測器

因輪箍規量測須經特別教學且須具專業經驗，實際量測時(如圖 70 所示)，因其測量必須將標尺內面貼緊車輪作為基準面，輪箍規之標尺對準車軸圓心，再經由標尺或各滑板推出、頂住後，再目視讀取量測之數據。

然常因場地或轉向架構造，導致肢體動作受限(量規未確實平貼靠緊)或目

測不夠準確(表尺未對準車軸圓心)，某些微差異即會讓某基準點稍微偏移、或因讀取時手指不慎鬆動(反手讀取時更易發生)而影響數據正確性，即便是同一人進行重復量測，亦可能發生人為誤差，且量測後之數據需進行人工填寫，亦可能發生登載錯誤。



圖 70 輪箍規量測

因此如能建置「光電式雷射量測儀(輪廓量測儀)」(如圖 71 所示)應用於鐵路車輛量測將可縮短人員訓練時間及日後實際量測工時，並能確保數據量測及登載之正確性。



圖 71 光電式雷射量測儀(輪廓量測儀)

「光電式雷射量測儀(輪廓量測儀)」除能測量車輪之輪箍厚度、輪緣高度、輪緣角度、輪緣角點至輪緣尖端之距離外，尚可搭配其他模組量測車輪內面距離、踏面擦傷或剝離、碟式煞車盤、鋼軌、軌槽、道岔等形狀繪製和尺寸標示(如圖 72 所示)。甚至可以用輪、軌的幾何形狀和輪廓，精確評價輪軌接觸的幾何狀態即「等效錐度」(如圖 73 所示)，由此推斷出列車行

駛的舒適性和安全性，檢測後如需對車輪進行維護即交由地下車輪床施作。

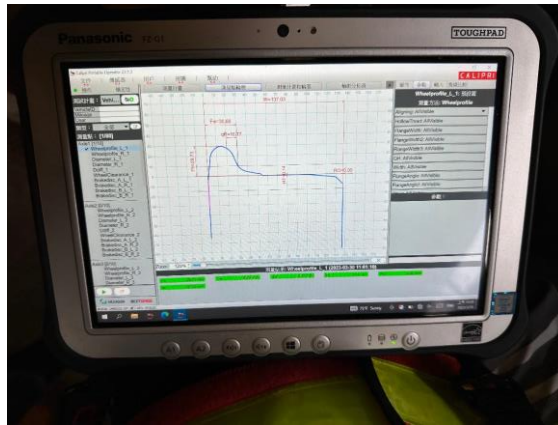


圖 72 光電式雷射量測儀量測輪箍厚度、輪緣高度、輪緣角度、輪緣角點至輪緣尖端之距離

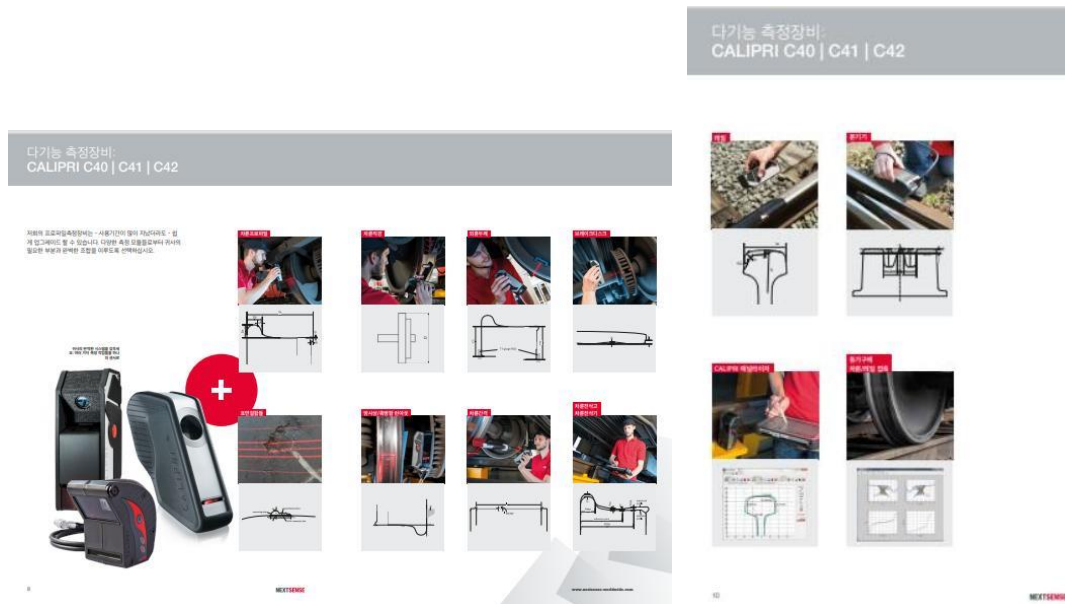


圖 73 光電式雷射量測儀搭配其他模組量測使用

3. 地下車輪銹削車床設備

列車在軌道上行駛一段時間之後，車輪的踏面及輪緣會產生磨耗現象，需要將車輪銹削，以恢復車輪之正常形狀及功能，維持列車行駛安全及穩定性。

據了解韓國目前亦無生產地下車輪銹削車床設備，而是使用中國製產品(如圖 74 所示)，其機械結構為中國自製，車床之電子電氣控制系統由高壓動力控制系統和交流伺服數控系統兩部分組成，但也和大部分機床一樣採用德國西門子 (SIEMENS) 交流伺服數控系統(如圖 75 所示)，作業方式(如圖 76 所示)。



圖 74 韓國國家鐵道工團地下車輪銼削車床設備



圖 75 交流伺服數控系統

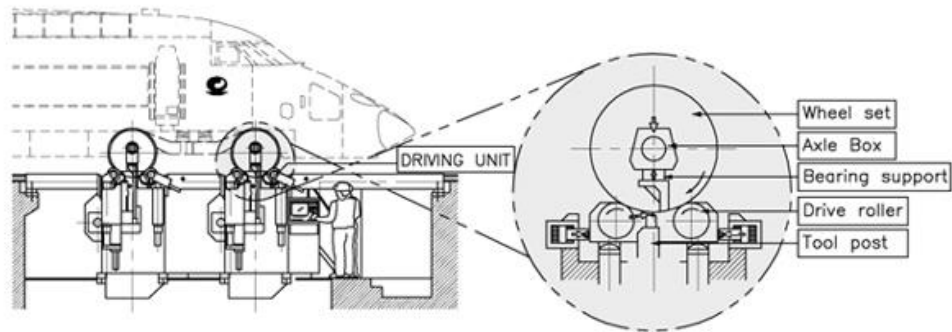


圖 76 韓國國家鐵道工團地下車輪床作業簡圖

臺鐵局臺北機務段亦設置有地下車輪床(如圖 77 所示),地下車輪車床裝設於機坑內,在不需將轉向架從車輛拆解之情形下銼削車輪,以節省車輛維修作業時間。車輛進入車床定位後,即量測其輪徑、踏面及輪緣磨耗情形,以決定車輪應銼削之厚度;地下車輪車床又可分為對一輪組或對一個轉向架(兩個輪組)同

時進行車削之兩種車床¹⁰。



(1) 地下車輪床

(2) 控制台

圖 77 臺北機務段地下車輪銹削車床設備(1)(2)

鑑於臺鐵局新購車輛已逐一到位，為旅客乘坐舒適度及行車安全，對於如此龐大車隊之行走裝置(車輪)，實應再進行設備更新或優化，惟若進行設備汰換，依現有設備商所提，皆為國外製品，其購價高昂，且日後維護成本較高，而若碰上故障維修待料往往曠日廢時，且臺灣工具機產業之出口表現亮眼，顯相關設計製造等技術與國外相比毫不遜色，為符合國車國造之政策，實應扶植國內軌道車輛相關維修機具產業之發展。

故以臺北機務段現有之地下車輪銹削車床設備業已使用二十年有餘為例，其數控系統(Siemens 840C)使用至今已屬舊產品，其原廠也已經不再生產，且機床機構部分亦須進行校正評估(如進給軸/主軸驅動器和馬達是否需進行汰舊更新)，為不影響該設備未來之運作，應及早規劃。據聞工業技術研究院已與其他軌道業者合作，執行類似的數控系統更新改善案，數控系統將更新為 Siemens SINUMERIK840D solution line。爰此，為確保該設備正常運轉，故應計畫將針對地下車床數控系統進行更新，預防機床老舊故障頻繁、維修待料費時導致停機待修風險，提升地下車輪銹削車床設備之可靠度及可用度。

再則，於車輪平衡方面，目前除推拉式客車 TR55 型轉向架之車輪，於銹削後會進行動態平衡測試(如圖 78 所示)，並利用車輪之消音孔進行配重。然電聯車組之馬達車車輪組(如圖 79 所示)，則因其車軸單側需設有傳動齒輪安裝基座與拖車車軸(如圖 80 所示)兩端平衡對稱不同，無法利用上述之動態平衡設備進行測試。

而於各型車輛一體式車輪採購時，皆已制定製造廠須依據本局規定之車輪不平衡值(如圖 81 所示)進行交貨，惟因無相關設備進行驗證檢測。爰此，

¹⁰ 交通部鐵道局 facebook

建議採購「靜不平衡測試設備」¹¹，俾利進行交貨後之驗收測試，且依其設備設置與動態平衡測試設備相比，有以下優點:

- (1) 節能和低維護：由於移動部件的數量極少，該設備幾乎沒有磨損，可確保長期運用和維護成本低廉。
- (2) 高效節能:由於其工作原理，無須馬達驅動，故可節約能源。
- (3) 安全且節省空間：由於利用靜態測量原理，因此與動態平衡測試設備需設安全防護裝置，因此相較之下更為安全，且設置所需空間較小。
- (4) 「靜不平衡測試設備」(如圖 82 所示)除可以快速確定各型車輛一體式車輪之不平衡和重量，亦可檢測煞車碟盤之平衡測試。



圖 78 潮州基地之動態平衡測試設備

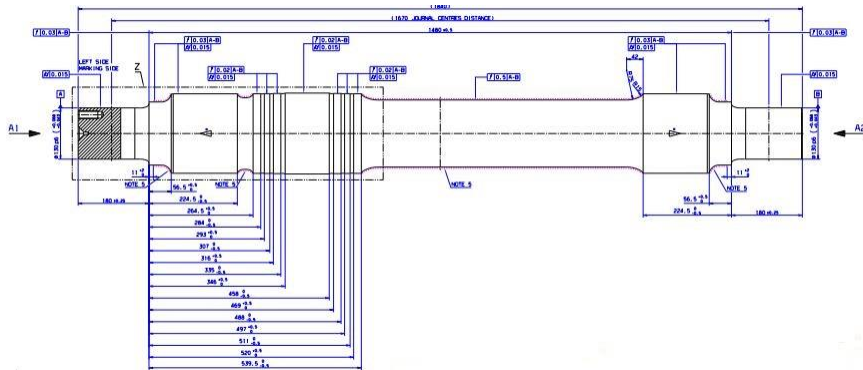


圖 79 馬達車車軸

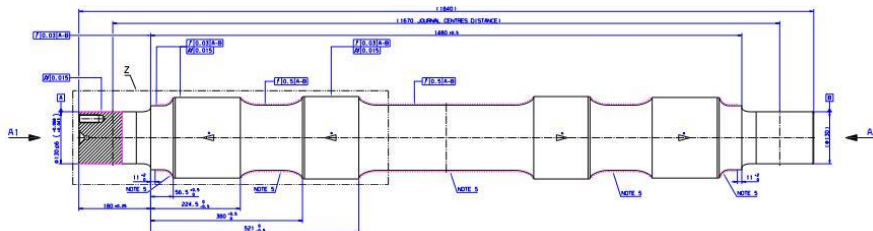


圖 80 拖車車軸

¹¹ 資料來源:<https://schenck-rotec.com/products/product-finder/product-detail-page/en-taro.html>

臺灣鐵路財物規範	名稱	總號	
機務處	車輛規範	TRAS (K) -870525-107	
1 規格:本規範適用於交通部臺灣鐵路管理局(以下簡稱本局)所用車輛之製造及檢驗。			
1.1 車輛規格依本局圖面,種類如下:			
項次	圖號	使用之車型或轉向架	靜不平衡量 (kg·cm)
1	FD-690925(J)	各型貨車	20
2	FD-680301(B)	TK30、33、35、36、37、38、40型 機車	12.5
3	FD-760214(A)	TK50、51、52、53、54、55型轉向架	5
4	EC-4010(A)	EM1100型電聯車	12.5
5	LC-4348(A)	EM2200、500、600及EM4400(T軸)型 電聯車	12.5
6	FC-1186126	EM3300型電聯車	12.5
7	FC-810424(A)	EM4400(W軸)型電聯車	12.5
8	EW12588	EM7700型電聯車	12.5
9	EW12238-T	TEMU1000型傾斜式電聯車(T軸)	7.5
10	EW12235-M	TEMU1000型傾斜式電聯車(M軸)	7.5
11	EW161108-I	EM6800型電聯車	12.5
12	EW161108-I	TEMU2000型傾斜式電聯車	7.5
13	DC-66104(A)	DM12700、2800、2850型柴油客車	12.5
14	DC-760413(A)	DM12900、3000、3100、DR11000型 柴油客車	12.5
15	EC-204011	E200、300、400型電力機車	12.5
16	TRA-8296820-P-84	R20、100、150、180型電力機車	12.5
17	TRAR296827	S300、400型電力機車	20
18	TRAR296828	R20、100、S200型電力機車	20
19	432-1-005501(DCA)	推拉式電聯車組機車	7.5
20	PD-950601	H.S自轉轉臂轉向架	20
21	DHL-980610	DHL機車	20

第 3 頁

臺灣鐵路財物規範	名稱	總號
機務處	車輛規範	TRAS (K) -870525-107
1.2 車輪材質與製程檢驗:		
1.2.1 依本規範第 1.1 節各種類之車輪材質圖面之規定,並應符合 AAR M-107(最新版) class B 或同等級之 UIC、BS、JIS 等規格標準製造,其輪踏面硬度應為 HB300~341。		
1.2.2 製程、檢驗及安全等按甲級公證之要求辦理,投標商投標時應將適選之公證公司名單報送本局,公證公司所提供之服務事項詳如附件,甲級公證檢驗所行之相關費用概由立約商負擔。		
1.2.3 每一車輪除輪外側面應明顯刻製製造廠標識、製造批號及序號。		
1.2.4 每一車輪應進行靜平衡測試,不平衡量一方應於輪踏面側面位		
置明顯打印不平衡量數值,不平衡量不得超過 1.1 節表列值。		
1.2.5 每一車輪除輪心內孔及踏面外,其餘部分應施以防腐處理。		
2 投標商投標時應提出下列資料:		
2.1 車輪材質之文件。		
2.2 超音波及磁粉探傷檢驗程序及設備規格等說明文件。		
2.3 按甲級公證檢驗之承諾書及公證公司名單(至少三家,依優先序排位)。		
2.4 投標文件除證明/核可文件、規格書外,應為正確中文或檢附經公證之中文譯本。		
3 文件審核:		
3.1 立約商應於決標次日起 20 天內提供詳細車輪尺寸圖面與製造廠檢 AAR 認證種可之有說明文件(或其等同等級規格之認證種)有說明文件如 BS 認證標識、JIS MARK 等),依本局審核(審核期間不計入履約期限),如審查不合者,應於本局通知次日起 10 天內重新送審或澄清,覆審以 1 次為限,未如期送審或送審不合者,以無法履約論處。		
3.2 公證公司於製送期間應逐月將月報報送本局審查。		
4 驗收:		
4.1 立約商應於交貨時提出下列檢驗紀錄報告:		
(1) 每只車輪之主要尺寸(均應按車輪序號編號,包含車輪直徑、車輪寬度)。		
(2) 每只車輪處理後之車輪踏面硬度紀錄(均應按車輪序號編號)。		
(3) 車輪材質(包含物理性質、化學成份)。		
(4) 每只車輪超音波和磁粉探傷檢驗之紀錄(均應按車輪序號編號)。		

第 3 頁

圖 81 臺鐵路車輪規範



(1)

(2)

(3)

圖 82 靜不平衡機(1)(2)(3)

綜上,在即將邁入公司化的新紀元,迅速提升檢修同仁之專業技能及檢測維修經驗,將是一大重要課題,因此如能利用各項先進科學技術,方可準確高效的對於車輛設備進行檢測維修,除可迅速確認故障部位,亦有預防故障之效,藉以提升維修效率及質量,縮短車輛檢修時間及各項維護成本。

4. 聲波量測儀

臺鐵路目前現有和陸續交付投入營運之車輛,雖已有部分車輛之上下台車門已改為電動式,然仍有廁所服務設備及剎車系統、集電設備係使用空氣控制。為此車上、車下仍保有大量管路,因此,管路的氣密性與服務設備提供及車輛運轉息息相關。

本次藉由出國檢測時,委請車輛製造商安排參觀儀裝工廠,以了解對於

其新製之車輛，車上、車下大量的空氣配管、管路接頭，如何進行氣密性檢查測試。按其自主檢測標準，係以主風缸(MR)充氣 10 bar 和軔缸(B P)充氣 5bar 後，暫壓 5 分鐘，確認壓力表漏氣量少於 0.1bar 為合格。但如發生洩漏超過 0.1bar 時，即需查漏，而為避免塗抹一般肥皂水發生腐蝕現象，故係以專用之 S-detec 液態氣體洩漏檢測劑¹²(如圖 83 所示)逐一檢查接頭或考克有無鬆弛，並予以鎖緊。



圖 83 氣體檢測之液態氣體洩漏檢測劑

- (1) 液態氣體洩漏檢測劑成分為蒸餾水、甘油等，簡略說明如下：
- (2) 可檢測難以到達區域的氣體洩漏。
- (3) 柔性管延伸到難以到達的區域。
- (4) 即使在非常小的洩漏和垂直表面上也能檢測到。
- (5) 使用方便、無毒、無腐蝕性、不易燃且不含氯。
- (6) S-detec 液體在測試後會乾淨地蒸發。
- (7) 溫度範圍：-2°C 至 93°C (27°F 至 200°F)

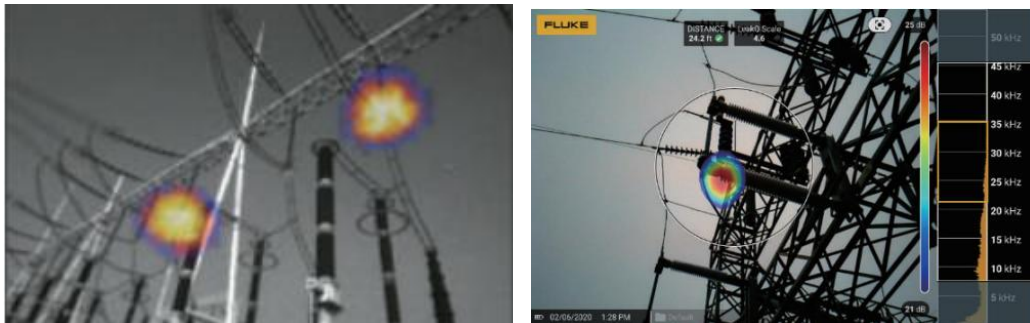
惟漏氣量若洩漏較大時，尚有洩漏聲響可供縮小檢測範圍，倘若發生微量洩漏時其測漏將較費時費工，尤其是集電設備及煞車系統，其現場檢修之時效性攸關車輛運用，因此若能佐以聲波量測儀器(如圖 84 所示)，對空氣制動系統的管線進行掃描，通過超聲波陣列傳感器接收洩漏點的輻射能量和可見光背景，即可快速發現、準確定位到壓縮空氣的洩漏位置，為及時維護空氣煞車設備提供了依據，將可事倍功半完成修復。

¹²資料來源: (S-detec 液態氣體洩漏檢測劑 https://www.slok.co.kr/product/viewpartdetail_ch.do?partno=S-detec)



圖 84 聲學成像儀(超音波聲學相機)應用-車輛空氣煞車系統洩漏檢測

另外此聲波儀器對於高壓電纜局部放電(如圖 85 所示)、電弧電暈放電、電路板異音和機械異音(如圖 86 所示)與無塵室氣密性，亦能提供檢測，預防故障災害發生。



(1)高壓電纜

(2)避雷器

圖 85 聲學成像儀(超音波聲學相機)應用-高壓電纜、避雷器斷路器絕緣礙子等狀態監視
(1)(2)



圖 86 聲學成像儀(超音波聲學相機)¹³

爰此，在臺鐵局即將轉型公司化之際，為因應維修專業人才流失及加快新進人員訓練，如何利用各種先進專業之儀器進行標準化維修保養減少人為疏失發生，並將各項量測數據自動上傳雲端系統，建置大數據，藉以分析生命週期(life cycle)，並進行物料採購之管理、期程規劃，甚至可作為後續世代

¹³資料來源:FLUKE 及 SoundCam Ultra

車輛採購建置之規範制定參考依據。

柒. 附錄(專題報導)

一、 鐵路車輛馳聘的過程¹⁴

(一) 車體篇~採多種類小量生產

一輛鐵路車輛之生產工序大致由車體工場開始(如圖 87 所示)，分為車身骨架(六面體)的車體(銲接)製作、外觀色彩的塗裝作業、主要設備裝置的組立、車室內裝裝配、車體和轉向架組裝及各項設備檢驗及車輛完成測試。

一般汽車生產除駕駛座位左右不同及款式選擇外，車身結構基礎相同，故可同時量產多種車型。但鐵路車輛需反應不同之鐵路環境及客戶需求，生產符合規格要求的訂製產品，以致無法量產。(如圖 88 所示)



圖 87 現代 Rotem 車體製造場¹⁵

圖 88 車體製造生產線

車體材質概分為碳鋼、不銹鋼及鋁合金，一般電聯車(如通勤電聯車)採不銹鋼或碳鋼為車身，高速化車輛(如城際客車)則採不銹鋼或鋁合金製造而成。因高速車輛需重量輕，鋁合金較符合此項條件，但目前通勤電聯車為提高運轉效能，須加速快及車速高，部分車輛亦有採鋁合金為車身材質。

鋁合金板材以鋁擠型或鋁板銲接而成(如圖 89 所示)，板材中間是空的，可減輕車體重輻及加強車體強度。部分車輛駕駛端設計為突出或其他造型，此時也需要結合鋼化塑料(FRP)製成的罩子。(如圖 90 所示)

¹⁴ 摘錄自現代 Rotem 部落格--- <https://hyundairotem.pixnet.net/blog>

¹⁵ 翻攝自現代 Rotem 部落格--- <https://hyundairotem.pixnet.net/blog>



圖 89 鋁材銲接的頂板



圖 90 前端鋼化塑料結構與車身框架結合

車體六面結構中，每個部分都很重要，但最重要的還是底板(如圖 91 所示)，因底板是與轉向架連結的主要部分，也是直接承受旅客重量的地方。底板可以採全鋁合金(不銹鋼)板材銲接製作，亦可以是基本骨架採鋁合金或不銹鋼，承重部分如轉向中心盤上方或端樑連結器位置採高碳鋼材質混合銲接而成。



圖 91 銲接而成的底板

銲接為機械裁縫，負責將鈹件連接在一起，在製造業中被廣泛利用。車輛六面體結構分別製作，最後在車體工場組裝銲接成一輛車，銲接方式有電弧銲接(如圖 92 所示)及摩擦銲接等方式。

特別的是車身牆板的銲接，一般採點銲方式就會在車身上留下鈕扣般大

的銲點(如圖 93 所示)，為車身表面光滑美觀，採雷射銲接方式就不會留下銲點。銲接場地的溫度與環境及銲接人員的技術與姿勢，在在皆會影響銲接的品質(如圖 94 所示)。構造看似簡單的車體外觀亦需要眾多的科學原理、技術及努力方可完成(如圖 95 所示)。



圖 92 車身側板銲接區

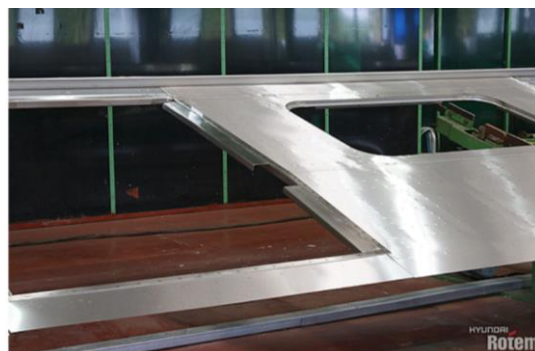


圖 93 車身點銲銲點

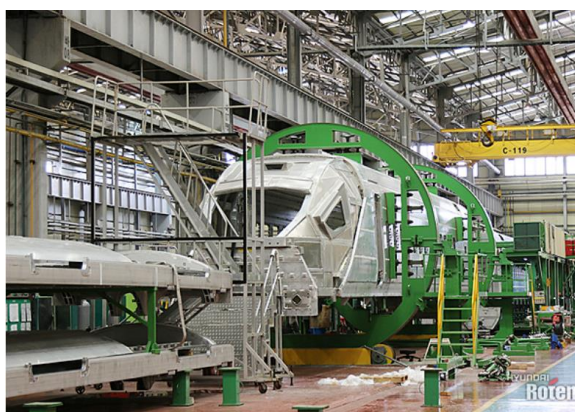


圖 94 360 度迴轉銲接設備



圖 95 以固定式起重機將頂板吊運與車身結合

(二) 塗裝篇~人要衣裝，佛要金裝¹⁶

車體經製造過程完成後，還須先進行外觀的美化程序，就是塗裝作業。塗裝除了展現車輛的個性，讓乘客對車輛的美發出驚嘆外，塗裝還能減少車體腐蝕、降低車輛噪音及避免材質氧化等效果。

塗裝是一個系統工程，包括塗裝前對被塗物表面的處理、塗佈工藝和乾燥等三個基本工序和塗層設計，選擇適宜的塗料，確定良好作業環境(如圖 96 所示)，進行品質、工藝管理及技術等步驟，還須注意不對大氣環境造成汙染。(如圖 97 所示)

相對於不太需要面對惡劣酸鹼氣候與紫外線的內部車體結構，暴露在外的鍍金車漆，所需要的噴塗方式就顯得更加複雜，如此才能抵抗嚴苛考驗。以常見的車體外烤漆來說，由於面對的使用環境惡劣，如雨天、日曬及沙塵摩擦等考驗，外表看起來又需平整光亮，因此噴塗時不是只單純噴上色漆就好。要用補土先打底，讓鍍金表面平整又可增加漆面的附著力，之後才是噴上色漆，也就是車輛外表看起來的顏色，最後再噴上金油，目的讓車漆看起來可以光亮無比，又能延長使用壽命。



圖 96 現代 Rotem 塗裝工場¹⁷



圖 97 大氣污染防制設施

現代 Rotem 應用現代化的塗裝設備(如圖 55 所示)將原本粗造的車身變裝換上帥氣發光的外觀。六面車體銲接完成進入內裝階段前，先將車輛外觀進行塗裝的程序，塗裝主要就是展現車輛的設計美及個性，除此之外塗裝還能降低車輛噪音、減少車體腐蝕以及金屬氧化等功能。一般易腐蝕的碳鋼或鋁合金車身會設計整體的塗裝，而不銹鋼的車身則僅做部分的塗裝或以色帶黏

¹⁶ 摘錄自現代 Rotem 部落格--- <https://hyundairotet.pixnet.net/blog>

¹⁷ 翻攝自現代 Rotem 部落格--- <https://hyundairotet.pixnet.net/blog>

貼。(如圖 98 所示)



圖 98 EMU900 前端非不銹鋼車身同色塗裝及車側色帶裝飾

塗裝作業概分為液體塗裝或粉體塗裝，液體塗裝主要使用於公車、卡車及鐵路等大型車輛，是將液態油漆與溶劑混合後以毛筆、滾筒或噴槍等工具將塗料刷於車身。鐵路車輛塗裝作業大致分為 5 個階段：

1. 粗磨與清潔

表面處理是防銹塗裝的重要工序之一，塗層壽命受 3 方面因素影響：

- (1) 表面處理占 60%；
- (2) 塗裝施工占 25%；
- (3) 塗料本身品質占 15%。

機械清理可有效去除工件上的鐵銹、焊渣、氧化皮及消除焊接應力，增加防銹塗膜與金屬基體的結合力，從而大大提高防銹品質。

組裝完成之車輛會因切割、沖壓、銲接等製程作業產生髒污，為了去除銲渣和油汙等汙染，小物件可使用水(酸)洗方式，大型或鐵路車輛等物件則採用噴砂(Short Ball)方式(如圖 99、100 所示)。噴砂是以 10bar 以上的氣體將細小鋼珠自噴槍噴於車身表面，不僅可去除異物，同時可將金屬表面噴出細小刮痕，有利塗裝材料更易於吸附在金屬表面而不易脫落。



圖 99 封閉式噴砂 [3-9]



圖 100 開放式噴砂[3-9]

2. 底塗

清潔完成的車身還會塗上薄薄的底漆以方便後續的基礎塗裝作業。

3. 補土與打磨

車體金屬在製造過程中會產生不平整現象(如圖 101 所示)，如未加以整理而直接塗刷油漆，車體表面將產生坑洞或彎曲，為外觀完美，在塗裝前須進行補土(Putty)作業。補土作業一般須 4~5 次，最後再對完成補土的表面進行打磨，直至車體表面平整。(如圖 102 所示)



圖 101 補土作業前車身不平整 圖 102 補土作業後平整車身

4. 表面塗層

補土完成後並不是直接塗刷油漆，為填補補土作業時產生的微小氣孔，會先進行表面塗層(Surface Coating)作業，在補土上再噴塗一層底漆，就像底妝一樣，達到均一模厚與完善功能的高品質成品。(如圖 103 所示)



圖 103 完成表面塗層後烘乾作業

5. 面漆

表面塗層作業完成乾燥後即進行面漆(Top Coating)作業，通常需要兩道以上，讓色彩更飽和，厚薄也更均勻。

機車車輛範圍廣、規格多、整車重及零部件大，一般採用噴塗方式進行塗裝，現代 Rotem 昌原工廠的塗裝工場由 7 軸機器人(如圖 104 所示)在密閉的空間進行大部分的塗裝作業，以避免由人工作業而產生塗裝不均勻、黏附作業時產生的灰塵或異物而須重新作業，以機器人作業可大幅降低塗裝的不良率及成本，塗裝品質可提高。噴塗完成的車輛再移動至乾燥場，由遠紅外線的烘乾設備予以烘乾上色。(如圖 105 所示)

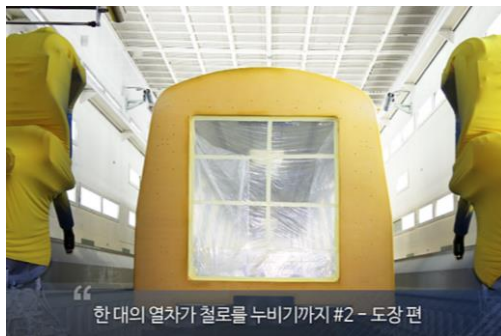


圖 104 7 軸機器人進行塗裝作業



圖 105 遠紅外線烘乾設備

除了旅客較容易看見的車體的立面會進行塗裝外，看不見的車頂及車底也會進行塗裝，車頂的塗裝除了前面所述的塗裝作業外，為保護車輛維修工作人員的安全，還會在車頂施加特殊工法，在有需要的地方塗上第一層防滑的塗料後，撒上細沙或橡膠粒(如圖 106 所示)，凝固後再塗上第二層塗料，此種作業稱作”塗膜”。完成後車頂表面會粗糙，不只可讓人員站立更安全(如圖 107 所示)，也能防止外部聲音進入內部達到降噪的功能。



圖 106 車頂防滑塗裝 圖 107 車頂防滑塗層維護人員站立安全(EMU900)

不只車頂會施作塗層，車底也同樣會在完成塗裝後再進行防音塗料作業，不進行單獨上色的不銹鋼車輛也會進行車頂和車底的塗裝作業(如圖 108 所示)。至此，經過大約 26 天的繁複的施作工序，外觀色彩鮮艷的鐵路車輛就此完成，後續將再進行更為精細的內裝作業及繁雜的測試，一輛安全吸睛的鐵路車輛將運行於鐵軌上。(如圖 109 所示)

近年來因工業發展的結果，酸雨與污染日益嚴重，再加上臺灣為海島氣候，所處環境是高溫炎熱又易海風侵蝕，金屬材料容易加速劣化。臺鐵局三座機廠(富岡、潮州及花蓮)擔負數千輛機車、客車及貨車之養護重任，對於機車車輛維修的塗裝作業亦需要先進的塗裝設備加以協助，透過最新設備及技術資訊，能有效延長車體鋼材(或鋁合金)的使用壽命，提高車輛的服務品質。



圖 108 不銹鋼車體進行車底防腐蝕及防噪塗裝



圖 109 完成塗裝後最美的電聯車(EMU900)首航典禮

二、 節能環保鐵路車輛

火車，自 1807 年在英國威爾斯開始出現以來，動力來源從 19 世紀早期的蒸汽火車，到 1910 年代發展以柴油為動力，至目前更發展以電力為主。這個舊時代的產物或許可以帶來新時代的環保構想，它比一般陸地車輛運輸的廢氣排放少三分之一，負擔了地球百分之七的交通，但只排放百分之 0.2 的一氧化碳，百分之二的氮氧化物以及百分之一的有機化合物。目前世界上大多數火車都靠柴油引擎或電能牽動，但是未來可望使用更乾淨與節能的機種¹⁸。

一般聽到大眾運輸工具，應該會有比自用車更節能減碳的印象吧¹⁹？

由乘客碳排放量來看確實如此，根據日本國土交通省的統計，大眾運輸工具每公里每名乘客的碳排放量，飛機是 98 克、巴士是 57 克、而鐵路只有 17 克²⁰，相比之下，自用車卻要 130 克。

要說鐵路是最低碳的大眾運輸工具一點也不為過。再加上多數鐵路已經電氣化，相對來說，電車是能源轉換效率很高的交通工具。因環保意識抬頭，能源的節約是各國努力提倡的議題，鐵路運輸系統是常見的交通設備，也是所有運具中能源使用效率最高的系統之一，他如何達到節約能約？

同時環保趨勢已逐漸蔓延到大眾運輸工具，各國無不希望自家交通系統可朝零碳邁進。為達到前述之各項目標，各車輛製造廠亦加強研發各項技術，例如運用鋰離子電池或是氫燃料動力技術之鐵路車輛，以下僅就氫燃料電池車輛微作介紹。

燃料電池（Fuel Cell）是一種發電裝置(如圖 110 所示)，但不像一般非充電電池一樣用完就丟棄，也不像充電電池一樣，用完須繼續充電，燃料電池是繼續添加燃料以維持其電力，所需的燃料是「氫」，其之所以被歸類為新能源，原因就在此²¹。

¹⁸ 原載於【知識通訊評論月刊七十二期】2008.10.01

¹⁹ 台達電子文教基金會，下一站「碳中和」 鐵道大國日本的鐵路零碳挑戰。

²⁰ 資料來源：日本國土交通省鐵道局（2022 年 3 月 4 日），鐵道分野のカーボンニュートラル加速化検討会

²¹ 台灣氫能與燃料電池夥伴聯盟

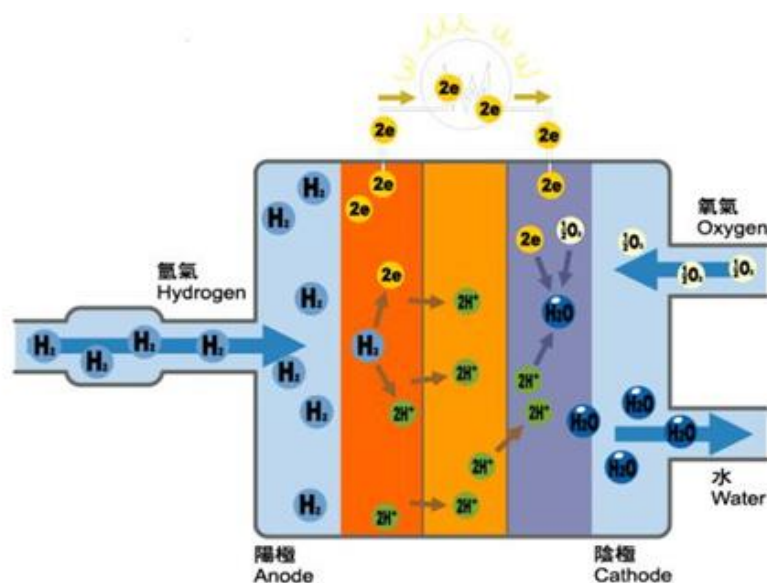


圖 110 燃料電池 (Fuel Cell) (摘自台灣氫能與燃料電池夥伴聯盟)

氫能載具 (Hydrogen vehicle)，是使用氫燃料作為動力的載具，這類載具把氫的化學能轉換為機械能，是通過燃燒的內燃機中的氫或通過在燃料電池中的氧與氫反應來運行電動機。

截至目前已有多家公司投入提供火車動力的「氫燃料電池」開發，氫燃料電池列車行駛中不會有柴油列車的空氣污染問題，它只釋放蒸汽和冷凝水，而且除了輪子和風聲外，幾乎沒什麼噪音。這款列車的配置同柴油列車一樣，但完全基於氫燃料電池技術。推動列車前行的能量由位於列車上方的大量燃料電池產生。這些電池讓氫氣和氧氣結合後產生電，然後將電存儲在蓄電池中。

(一) 氫燃料車輛分為以下兩種技術²²：

1. 氫內燃機車輛(Hydrogen internal combustion engine vehicle, HICEV)：

係指以氫氣代替傳統燃油，透過內燃機燃燒氫氣及空氣中的氧產生動力來推動車輛。先前 BMW 等車廠已有發展此項技術，然受限於引擎造價成本高昂等因素，故現已暫停發展。

2. 氫燃料電池車輛(Hydrogen fuel cell vehicle, HFCV)：

氫或含氫物質及空氣中的氧通過燃料電池以產生電力與水，再以電力使電動機作動，接著電動機推動車輛。此項技術為目前氫燃料車輛的發展主軸，

²² 財團法人 車輛安全審驗中心 車安通訊季刊

多數車廠均有開發此項技術。

(二) 使用氫燃料電池鐵路車輛略述如下:

1. 混合電池

為積極應對日益增長的全球需求和不斷變化的市場環境，現代 Rotem 公司於 2019 年開始推動開發氫電路面電車²³(如圖 111 所示)，以氫燃料電池和一般電池組成，以混合動力運行。(如附件 3)



圖 111 現代 Rotem 氫燃料電池和一般電池混合動力路面電車²⁴

2. 氫燃料電池

德國下薩克森州(Lower Saxony)所使用之 14 列氫燃料列車²⁵(如圖 112 所示)為例，續航距離為 1,000 公里，時速最快可達 140 公里，通過使用可再生能源生產的氫氣，列車每年將節省 160 萬升的柴油燃料，能明顯減少二氧化碳對環境的負擔。



圖 112 德國氫燃料路面電車(德國鐵路公司 LNVG)

氫動力火車開發現階段面臨的較大問題為，大部分氫氣仍須產自甲烷這種非永續資源，因此未來努力目標是利用可再生能源製造氫氣，例如利用風力渦輪動

²³ <https://hyundairotem.pixnet.net/blog>

²⁴ 翻攝自現代 Rotem/blog

²⁵ 原文網址: 德國耗資 27 億打造氫燃料列車 州長: 期望成為全球潔淨能源典範 | ETtoday 國際新聞 | ETtoday 新聞雲

力來電解水，將氫氣分離出來。

氫燃料車輛目前仍處於發展階段，在市場的接受度上，受限於造價成本昂貴，以致於該車輛在售價上較無競爭力，故先前於國際上發表的氫燃料車輛多透過租賃或提供公部門使用等方式讓大眾接觸。此外氫燃料車輛仍存在著尚待克服的問題，例如加氫站的普及度(公路用車輛)、氫燃料取得技術等問題，這些問題都是氫燃料車輛能否成為未來新能源車輛主流的關鍵²⁶。

相對臺灣鄰近的日本、韓國都在積極建置本土化氫能產業鏈及相關法令，並看好氫燃料電池車商業化效益，積極推動氫燃料電池車輛，尤其韓國於 2021 年時在全球氫燃料電池車銷量占比已達 55%²⁷。國內目前也朝淨零碳排的理想邁進(如圖 113 所示)，也在積極構劃國車國造願景，先進國家（如歐、美、日、澳等國）已將氫能相關應用作為減碳的手段之一，政府是否訂定長期發展目標，促成國內氫燃料電池車更進一步成長。



圖 113 臺灣 2050 淨零排放(行政院網站)

²⁶ 財團法人 車輛安全審驗中心 車安通訊季刊

²⁷ 財團法人車輛研究測試中心 國際氫燃料電池車市場發展概況