

出國報告(出國類別：其他)

傾斜式電聯車(普悠瑪號)16 輛購案 監造檢驗及監督(第 4 梯次)

服務機關：交通部臺灣鐵路管理局

職稱姓名：助理工務員 蔡文斌

助理工務員 卓慶湖

派赴國家：日本

出國期間：104 年 11 月 9 日至 12 月 4 日

報告日期：105 年 1 月 30 日

摘要

台鐵局自民國 101 年陸續引進 TEMU2000 型普悠瑪自強號列車 136 輛，也是台鐵引進的第二款傾斜式列車。102 年 2 月起開始投入營運，初期只行駛宜蘭線北迴線到花蓮，103 年 7 月花東線電氣化後，再行駛到台東站。也是因過彎不須減速而大幅縮短行駛時間。相較於太魯閣號的傾斜樑設計，普悠瑪號是採用空氣彈簧充氣、排氣的傾斜設計。

依據行政院 103 年 7 月 10 日核定同意修正計畫「台鐵整體購置及汰換車輛計畫(2001-2015)」，於核定的計畫經費內再後續擴充增購 32 輛的城際列車，即分別採購 TEMU1000 型(太魯閣自強號)16 輛及 TEMU2000 型(普悠瑪自強號)16 輛。而所增購之 TEMU2000 型 16 輛，是由日本車輛製作株式會社(NIPPON SHARYO)製造，並於 2016 年為營運目標。本報告為確保施工品質與交車時效本次為第四梯次赴日車公司參與監造工作，共計 26 天。同時也到東芝府中事業所、日立公司及 Nabtesco 神戶工廠等之零組件設備商及生產線，了解其製作流程與製作原理，祈使新車能如期如質完成交車。

目次

壹、 出國目的.....	3
貳、 監造週報.....	4
參、 監造過程.....	8
一、 監造日誌.....	8
二、 車體傾斜系統說明	36
三、 東芝(Toshiba)府中事業所設備.....	44
肆、 專題報告	
TEMU2000 型牽引整流器(Converter)/變流器(Inverter).....	49
伍、 心得與建議.....	58
陸、 附錄.....	64
附錄一、 日本車輛製造株式會社(NIPPON SHARYO)的企業理念...	64
附錄二、 東芝公司使用在新幹線的 C/I 系統與交、直流機關車 及新一代永磁式同步馬達(PMSM)	65
附錄三、 日立公司各式油壓減振裝置(oil damper)	69
附錄四、 Nabtesco 軔機控制設備.....	72

壹、出國目的：

- 一、依據行政院 103 年 7 月 10 日核定同意修正計畫「台鐵整體購置及汰換車輛計畫(2001-2015)」，於核定的計畫經費內再擴充增購 32 輛的城際列車即太魯閣自強號(TEMU1000 型)16 輛、普悠瑪自強號(TEMU2000 型)16 輛，用以增加班次改善車隊的不足，以及提升營運服務品質，並兼顧大眾運輸服務之公共利益，除了可讓民眾更有意願搭乘大眾運輸工具，藉以響應節能減碳之國際趨勢。
- 二、再增購 TEMU2000 型 16 輛，是由日本車輛製作株式會社(NIPPON SHARYO，以下簡稱日車公司)製造，所以必須派遣相關人員赴日監造，以確保施工品質與交車時效。本次為第四梯次，由台北機廠助理工務員卓慶湖與台東機務分段助理工務員蔡文斌等兩員於 104 年 11 月 9 日至 12 月 4 日止，共計 26 天赴日車公司參與監造工作，俾使新車能如期如質完成交車。

貳、監造週報：

第四批第一週車輛監造週報表

工程名稱	104年傾斜式電聯車(普悠瑪自強號)16輛增購案	
期間	自104年11月09日至104年11月15日止	
日期	星期	辦理事項
11月09日	一	1.去程：桃園國際機場搭乘中華航空(CI150班機)抵達日本名古屋中部國際機場，並入住豐川 Comfort Hotel
11月10日	二	1.日車公司說明車輛製造工程及檢查，與日車豐川工廠位置介紹暨安全教育宣導事項。 2.豐川工廠及普悠瑪(TEMU2000系列)U18、U19編組生產線檢視。
11月11日	三	1.TEMB2076、TEP2038、TED2037、TED2036、TEP2036、TEMA2071、TED2035、TEMB2070車內與車下配線安裝。 2.TEP2035、TEMB2070車體與轉向架結合(套車)。 3.TEMA2069車廂安裝座椅與配線。
11月12日	四	1.TED2036轉向架中心盤阻尼安裝。 2.TED2035車體與轉向架結合(套車)。 3.TEP2037、TEMB2074車廂內踏板、上下台門板、機械室，門板安裝。 4.TEMB2074、TED2038、TEMB2076、TEMA2075、TEP2038車廂內兩側(窗側)蓋板安裝檢視。 5.TEP2076座位窗側蓋板安裝與108芯接線檢視。 6.TEP2035、TEMA2069、TEMB2070座椅安裝檢視。
11月13日	五	1.TEP2035、TEMB2070、TEMA2069通道門配線與燈座安裝、門機鎖安裝檢視。 2.TED2035座椅安裝檢視。 3.TEMB2072車體與轉向架結合(套車)。
11月14日	六	例假日
11月15日	日	例假日
備註： U18編組： TED2035+TEMA2069+TEP2035+TEMB2070+TEMB2072+TEP2036+TEMA2071+TED2036 U19編組： TED2037+TEMA2073+TEP2037+TEMB2074+TEMB2076+TEP2038+TEMA2075+TED2038		

第四批第二週車輛監造週報表

工程名稱	104年傾斜式電聯車(普悠瑪自強號)16輛增購案	
期間	自104年11月16日至104年11月22日止	
日期	星期	辦理事項
11月16日	一	1.TED2035 駕駛室、TEMB2072 配線與外裝噴漆檢視。 2.TEMA2069、TEP2035、TEMB2070 連掛與上下車門機控制配線。 3.TEP2036、TEMA2071 車體與轉向架結合(套車)檢視。 4.TEMB2074 客室配電盤零組件裝配與車下108芯接線。 5.TED2036、TED2038 駕駛台配線檢視。 6.TEMB2076、TEP2038、TEMA2075 車廂零組件內裝檢視。
11月17日	二	1.TED2035 駕駛室與客室配線與車下電瓶安裝。 2.TEP2035、TEMB2070 客室門機與終站指示器配線。 3.TEMB2072、TEMA2071 上下車門機與通道門膠條處理。 4.TED2036 車體與轉向架結合(套車)檢視。 5.TEP2037 主變壓器與接線盒接線、TEP2037、TEMB2076、TEMB2074、TEMA2073 車廂內車門蓋板安裝檢視。 6.TED2037 駕駛室與車下停留軔機控制裝置接線。
11月18日	三	1.移動日，豐川→豐橋→東京。
11月19日	四	1.由東京到東芝(TOSHIBA)府中事業所，該公司用於台鐵路設備之製造流程說明及工廠生產線監造。
11月20日	五	1.由東京到日立(HITACHI)AMS 辦公室，該公司產品簡介及用於台鐵路設備的設計、製造流程及監造。
11月21日	六	例假日
11月22日	日	例假日
備註：		
U18 編組：		
TED2035+TEMA2069+TEP2035+TEMB2070+TEMB2072+TEP2036+TEMA2071+TED2036		
U19 編組：		
TED2037+TEMA2073+TEP2037+TEMB2074+TEMB2076+TEP2038+TEMA2075+TED2038		

第四批第三週車輛監造週報表

工程名稱	104年傾斜式電聯車(普悠瑪自強號)16輛增購案	
期間	自104年11月23日至104年11月29日止	
日期	星期	辦理事項
11月23日	一	1.文件資料審查文書作業。
11月24日	二	1.TEMA2075 車體與轉向架結合(套車)檢視。 2.TED2036、TEMA2071，TEP2036、TEMB2072 配線導通檢查。 3.TEMA2073、TEP2037、TEMB2074 車廂內電裝作業檢視。
11月25日	三	1.TEP2036、TEMB2072、TEMA2071 配線導通測試檢視。 2.TED2035、TEMA2069、TEP2035、TEMB2070、TEMB2072 耐壓與絕緣測試檢視。 3. TED2037、TEMB2076 車廂噴漆。 4.TED2038 車體與轉向架結合(套車)檢視。
11月26日	四	1.移動日，豐川→豐橋→新神戶
11月27日	五	1.由新神戶到 Nabtesco 神戶工廠，該公司用於台鐵局設備之製造流程說明及工廠生產線監造。
11月28日	六	例假日
11月29日	日	例假日
備註： U18 編組： TED2035+TEMA2069+TEP2035+TEMB2070+TEMB2072+TEP2036+TEMA2071+TED2036 U19 編組： TED2037+TEMA2073+TEP2037+TEMB2074+TEMB2076+TEP2038+TEMA2075+TED2038		

第四批第四週車輛監造週報表

工程名稱	104年傾斜式電聯車(普悠瑪自強號)16輛增購案	
期間	自104年11月30日至104年12月4日止	
日期	星期	辦理事項
11月30日	一	1.TEMU2035 編組送電測試檢視。 2.TEMU2037 配線導通測試。
12月01日	二	1.TEMA2069、TEP2035、TEMB2070 真空式廁所及供水系統測試檢視。 2.TED2036、TEMA2071、TEP2036、TEMB2072 車輛界限測量檢視。
12月02日	三	1.TED2035 啟動與低速度行駛測試(P020)檢視。 2.TED2035、TEMA2069、TEP2035、TEMB2070 主變壓器與輔電系統測試 (R130)檢視。 3. TED2035、TEMA2069、TEP2035、TEMB2070 牽引動力系統測試(R140)檢視。
12月03日	四	1..TED2035、TEMA2069、TEP2035、TEMB2070 雨漏測試 (R250)檢視
12月04日	五	回程：由日本名古屋中部國際機場搭乘中華航空(CI151班機)抵達桃園國際機場。
備註： U18 編組： TED2035+TEMA2069+TEP2035+TEMB2070+TEMB2072+TEP2036+TEMA2071+TED2036 U19 編組： TED2037+TEMA2073+TEP2037+TEMB2074+TEMB2076+TEP2038+TEMA2075+TED2038		

參、監造過程：

一、監造日誌：

104年11月09日：

- 1.桃園國際機場 17:15 搭乘中華航空(CI150 班機)。
- 2.21:00 抵達日本名古屋中部國際機場。
- 3.23:50 入住豐川 Comfort Hotel。

104年11月10日：

- 1.早上日車公司說明車輛製造工程及檢查，與日車豐川工廠位置介紹暨安全教育宣導事項。如圖 1-1 所示。
- 2.豐川工廠及普悠瑪(TEMU2000 系列)U18、U19 編組生產線檢視，如圖 1-2。
由車體組裝作業→轉向架組裝作業→退火處理→內裝、天花板、車下配管、配線→車下機器裝設→車廂內裝及轉向架組裝作業→退火處理→內裝、天花板、車下配管、配線→車下機器裝設→車廂內裝設備組裝→車下接線→轉向架結合→油漆作業→電車檢查檢視與相關測試。



圖 1-1 日車公司介紹與進度說明



圖 1-2 工廠普悠瑪生產線

104年11月11日：

- 1.駕駛拖車(TED)、馬達車(TEMA、TEMP)與動力車(TEP)車內與車下配線安裝
如圖 1-3 所示。
- 2.TEMA2069 車廂安裝座椅與配線。
- 3.TEP2035、TEMB2070 車體與轉向架結合(套車)。如圖 1-4 所示。



圖 1-3 內裝配線



圖 1-4 套車作業

104年11月12日：

- 1.TED2036 轉向架中心盤阻尼安裝，如圖 1-5 所示。
- 2.TED2035 車體與轉向架結合(套車)。
- 3.TEP2037、TEMB2074 車廂內踏板、上下台門板、機械室門板安裝。如圖 1-6、
圖 1-7 所示。
- 4.TEP2076 座位窗側蓋板安裝與 108 芯接線檢視，如圖 1-8 所示。
- 5.TEP2035、TEMA2069、TEMB2070 座椅安裝檢視。如圖 1-9、圖 1-10 所示。



圖 1-5 轉向架阻尼安裝作業



圖 1-6 踏板與置物籃安裝



圖 1-7 門板安裝



圖 1-8. 108 芯跳線接線



圖 1-9 座椅安裝檢視

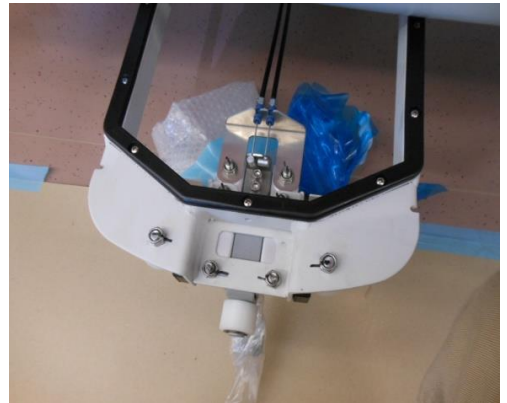


圖 1-10 座椅旋轉檢視

104 年 11 月 13 日：

- 1.TEP2035、TEMB2070、TEMA2069 通道門配線與燈座安裝、門機鎖安裝檢視。如圖 1-11 所示。
- 2.TED2035 座椅安裝檢視。
- 3.TEMB2072 車體與轉向架結合(套車)。如圖 1-12 所示。



圖 1-11 通道門配線



圖 1-12 套車前檢視

104年11月14日：例假日

104年11月15日：例假日

104年11月16日：

- 1.TED2035 駕駛室、TEMB2072 配線與外裝噴漆檢視。如圖 1-13~1-14 所示。
- 2.TEMA2069、TEP2035、TEMB2070 連掛與上下車門門機控制配線。如圖 1-15、圖 1-16 所示。
- 3.TEP2036、TEMA2071 車體與轉向架結合(套車)檢視。
- 4.客室配電盤零組件裝配與車下 108 芯接線。
- 5.TEMB2076、TEP2038、TEMA2075 車廂零組件內裝檢視。



圖 1-13 駕駛室配線



圖 1-14 噴漆前先行表面處理再上漆



圖 1-15 半固定式連結器



圖 1-16 上下車門門機控制配線

104 年 11 月 17 日：

1. TED2035 駕駛室與客室配線與車下電瓶安裝。如圖 1-17 所示。
2. TEP2035、TEMB2070 客室門機與終站指示器配線。
3. TEMB2072、TEMA2071 上下車門機與通道門膠條處理。
4. TED2036 車體與轉向架結合(套車)檢視。
5. TEP2037 主變壓器與接線盒接線、TEP2037、TEMB2076、TEMB2074、TEMA2073 車廂內車門蓋板安裝檢視。
6. TED2037 駕駛室與車下停留軌機控制裝置接線。如圖 1-18 所示。



圖 1-17 車下電瓶安裝



圖 1-18 駕駛室停留軌機控制接線

104 年 11 月 18 日：移動日，豐川搭名鐵到豐橋，再搭 JR 新幹線到東京。

104 年 11 月 19 日：

1. 由東京搭地鐵到東芝(TOSHIBA)府中事業所，東芝府中事業所介紹。動力模組、軌道事業主要在此生產。及油電混合(Hybrid)機關車介紹。如圖 1-19、圖 1-20 所示。
2. 永磁同步馬達介紹(Permanent Magnet Synchronous Motor；PMSM)，相較於傳統的非同步馬達(ASM)，最大可省約 39%的能源，目前日本已有鐵路營業單位在使用了。
3. C/I、TCMS、SIV、變壓器、馬達等設備生產線檢視。

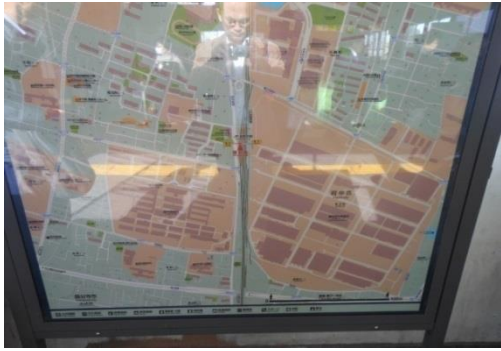


圖 1-19 東芝府中事業所位於 JR 北府中站旁



圖 1-20 站外事業所一隅，大樓 TOSHIBA 標誌

104 年 11 月 20 日：

- 1.由地鐵新小岩站搭車到東京站，到日立(Hitachi)辦公室，聽取油壓避震器(oil damper)說明。如圖 1-21 所示。
- 2.該公司事業部組織與產品介紹。
- 3.轉向架增加左右動橫向油壓避震器(橫向 O.D.)與直立油壓避震器(O.D.)，並解釋其結構與原理。如圖 1-22 所示。
- 4.阻尼安裝環境要乾淨，幾乎是無塵室等級。



圖 1-21 日立以模型說明阻尼原理



圖 1-22 日立說明阻尼原理與構造

104 年 11 月 21 日：例假日

104 年 11 月 22 日：例假日

104 年 11 月 23 日：

文件資料審查文書作業。

104年11月24日：

1. TEMA2075 車體與轉向架結合(套車)檢視。如圖 1-23。
2. TED2036、TEMA2071，TEP2036、TEMB2072 配線導通測試檢視。如圖 1-24~1-26。
3. TEMA2073、TEP2037、TEMB2074 車廂內電裝作業檢視。



圖 1-23 TEMA2075 車體與轉向架結合



圖 1-24 配線導通作業(車下端)



圖 1-25 配線導通作業(駕駛室)

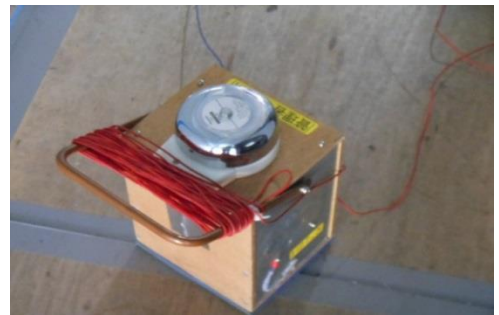


圖 1-26 導通時電鈴鳴叫

104年11月25日：

1. TEP2036、TEMB2072 配線導通測試檢視，如測試檢查表 1-1 所示。
2. TED2035、TEMA2069、TEP2035、TEMB2070、TEMB2072 耐壓與絕緣測試檢視。可分為(特高-接地端)、(高壓-接地端)、(低壓-接地端)、(高壓-低壓端) - (低壓-低壓端)等 5 種。如圖 1-27~圖 1-32 所示。
3. TEMA2073、TEP2037、TEMB2074 車廂內電裝作業檢視。
4. TED2036、TEMA2071 配線導通測試檢視。
5. TED2037、TEMB2076 車廂噴漆。如圖 1-33 所示。

6.TED2038 車體與轉向架結合(套車)檢視。如圖 1-34 所示。

附件1：線路導通測試 Train Line Test

車號 Car No: _____
 車輛種類 Car Type: TED/TEMA/TEP/TEMB
 檢驗實施日 Inspection date: _____
 檢驗員 Inspector (): _____
 (): _____

檢查結果 Inspection Record

No.	項目	檢查基準	檢查結果
1	啟動	• 集電弓可正常升降	合格 / 不合格
		• VCB可正常切換	
		• TCMS可正常顯示集電弓及VCB狀態	
		• TCMS傳輸狀態良好	
2	輔助電源	• 蓄電池功能正常	合格 / 不合格
		• SIV動作正常	
		• SIV能延長供電	
		• TCMS畫面可正常顯示蓄電池及SIV狀態	
3	照明	• 室內燈正常亮燈	合格 / 不合格
4	軔機	• 空壓機正常同步運作	合格 / 不合格
		• BC壓力可正常調整	
		• 停留軔機動作正常	
		• TCMS畫面可正常顯示軔機及停留軔機狀態	
5	門機	• 車門可正常開關	合格 / 不合格
		• TCMS畫面可正常顯示車門狀態	
6	廣播	• 可正常進行廣播	合格 / 不合格
		• 各車對講裝置可與控制台正常進行通話	
7	空調	• TCMS畫面可正常顯示空調狀態	合格 / 不合格
8	啟動功能確認	• MM電流正常上升	合格 / 不合格
		• 馬達聯軸器回轉方向正確	

表 1-1 線路導通測試表

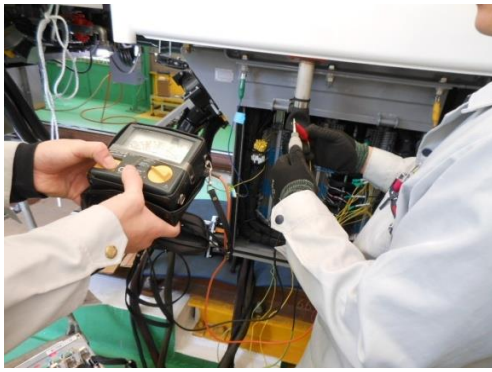


圖 1-27 TEMB2070 絕緣測試

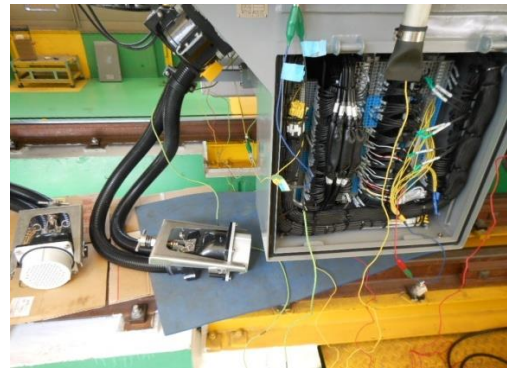


圖 1-28 TEMB2070 絕緣測試



圖 1-29 TEP2035 絕緣測試



圖 1-30 TEP2035 高壓耐壓測試



圖 1-31 TEP2035 高壓耐壓測試(1.9KV)



圖 1-32 TEP2035 高壓耐壓測試(3.5KV)



圖 1-33 TED2037 車體噴漆作業



圖 1-34 TED2038 套車作業

104 年 11 月 26 日：移動日，豐川搭名鐵到豐橋，再搭 JR 新幹線到新神戶。

104 年 11 月 27 日：

- 1.由新神戶到 Nabtesco 神戶工廠，該公司用於台鐵局設備之製造流程說明，如圖 1-35 所示。
- 2.門機生產線與產品說明。
- 3.軔機組件生產線與產品說明。
- 4.Nabtesco 重視員工教育訓練，也規定員工每個月提出三件生產改善，藉由員工主動發現其工作上人、事、時、地、物有改善之處，提出改善方法，除獎勵外，並協助優良改善(造)者，送件申請專利，很值得我們學習。



圖 1-35 公司簡介與製造流程說明

104 年 11 月 28 日：例假日

104 年 11 月 29 日：例假日

104 年 11 月 30 日：

- 1.TEMU2035、TEMU2036 編組外接三相 440V 送電測試檢視。如圖 1-36~38 所示。
- 2.TEMU2036 車下 bogie 與車體間尺寸量測，左右水平量測檢視，如圖 1-39~41 所示。
- 3.TED2037 配線導通測試檢視。
- 4.TEMA2073 BP 保壓測試，如圖 1-42、43 所示。

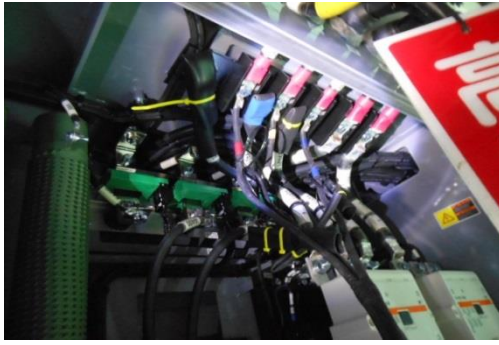


圖 1-36 TEMA2071 SIV 外接三相電源



圖 1-37 TEMA2071 SIV 外接三相電源

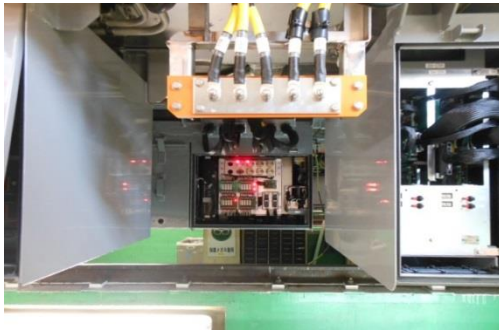


圖 1-38 TEMA2071 動力模組



圖 1-39 TEMB2072 車身長量測



圖 1-40 車廂與 bogie 水平間距量測

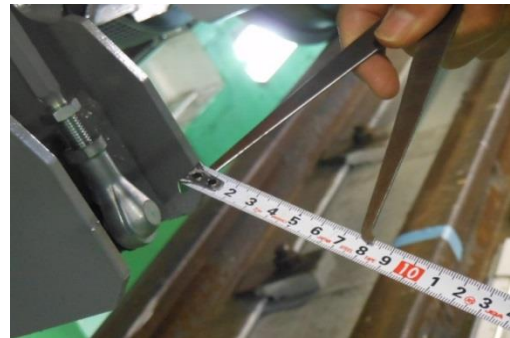


圖 1-41 車廂與 bogie 水平間距量測



圖 1-42 TEMA2073 BP 保壓測試

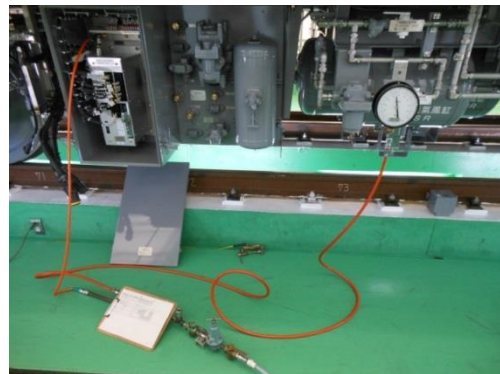


圖 1-43 BP 保壓測試 BOU 接管

104年12月01日：

1. TEMU2035 真空式廁所及供水系統測試檢視，如測試紀錄表 1-2 所示。

(1) 先測試水箱半滿是否會排水，驗水閥考克在水平位時注水，如圖 1-44、1-45 所示。

(2) 再把驗水閥考克切到正常位注水，測試全滿時是否會排水，如圖 1-46、1-47 所示。



圖 1-44 驗水閥考克隔離與注水

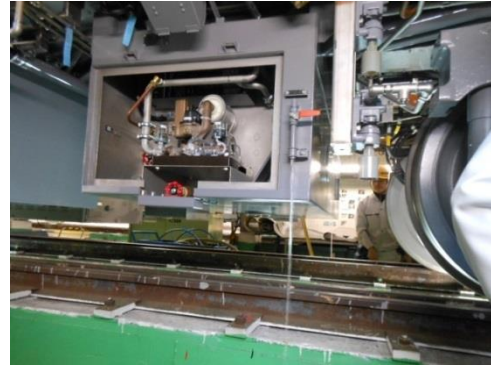


圖 1-45 水箱半滿時排水



圖 1-46 驗水閥考克正常位與注水到全滿

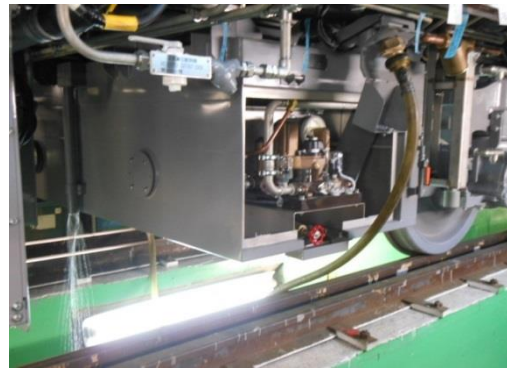


圖 1-47 水箱全滿時排水

(3)廁所供水測試，如圖 1-48~53 所示。



圖 1-48 洗手槽沖水檢視



圖 1-49 男/女廁便器沖水控制測試

(00/00；男女廁系統正常)

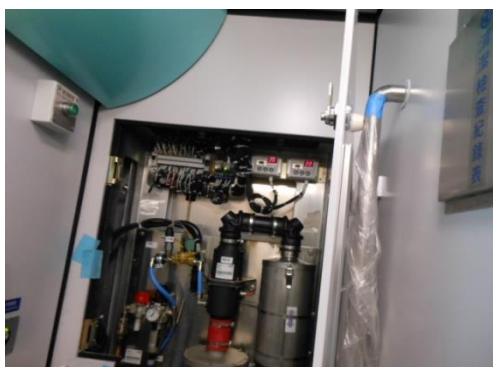


圖 1-50 男/女廁便器沖水控制測試

(06/00；男廁便器沒水/女廁正常)



圖 1-51 男/女廁便器沖水控制測試

(00/14；男廁正常/女廁污水槽達 80%)



圖 1-52 男/女廁便器沖水控制測試

(01/01；男女廁污水槽已達 95%)



圖 1-53 男/女廁便器沖水控制測試

(01/14；男女廁污水分別達 95%與 80%)

其中 00：系統正常

01：污水槽滿水已達 95%

06：便器沒水

14：污水槽已達 80%

附件1：真空式廁所及供水系統測試 Toilet system test

車號
Car No. : _____

檢驗實施日
Inspection date : _____

車輛種類
Car Type : _____

檢驗員
Inspector : () _____

() _____

測試結果

No.	項目		基準	結果
1	水箱 Water tank		•能夠供水並能達到滿水狀態 Water can be supplied and it shall be filled with water	合格 / 不合格 Pass / Fail
			•缺水時會顯示無水狀態 No water indication shall be displayed when the tank no water	
2	廁所 使用顯示 Use Indicator	坐式/蹲式 廁所 Western and Squatting	•廁所門上鎖後，各車輛的廁所使用顯燈亮燈。 Toilet use indicator shall be light up on each car when the door locked	合格 / 不合格 Pass / Fail
			•便所門開鎖後，各車輛的使用顯示燈滅燈。 Toilet use indicator shall be turn off on each car when the door unlocked	
3	洗手台 Faucet		•水龍頭能夠出水並自動止水。 Water shall come out from a faucet and stop automatically	合格 / 不合格 Pass / Fail
4	廁所功能 Function	坐式/蹲式 廁所 Western and Squatting	•能進行正常的清洗動作。 Usual washing operation shall be performed	合格 / 不合格 Pass / Fail
			•發生故障時能顯示出故障的狀態。 The failure of function shall be displayed when failure happens	
	小便斗 Urinal		•能進行正常的清洗動作。 Usual washing operation shall be performed	合格 / 不合格 Pass / Fail
			•發生故障時能顯示出故障的狀態。 The failure of function shall be displayed when failure happens	
5	污水箱 Waste water tank		•到達滿水位時能顯示其狀態。 Waste water tank full indication shall be displayed when ta	合格 / 不合格 Pass / Fail

表 1-2 真空式廁所及供水系統測試表

2. TEMU 2036 車輛界限測量(如測試紀錄表 1-3~1-5 所示)

(1)前、後轉向架中心高度量測，如圖 1-54、1-55 所示。

(2)側樑底部中間、前、後端到軌面之高度，如圖 1-56~59 所示。

(3)APC 接收器高度，如圖 1-60 所示。

(4)coupler 連結器高度，如圖 1-61~63 所示。

(5)每一車門到軌面高度，如圖 1-64、65 所示。



圖 1-54 TEMB 前端 bogie1 高度量測



圖 1-55 TEMB 後端 bogie2 高度量測



圖 1-56 TEMB 車身中間高度量測



圖 1-57 TEMB 前端車身高度量測



圖 1-58 TEMB2072 前端車身高度量測



圖 1-59 TEMA2071 後端車身高度量測



圖 1-60 TEP2036 之 APC 高度量測

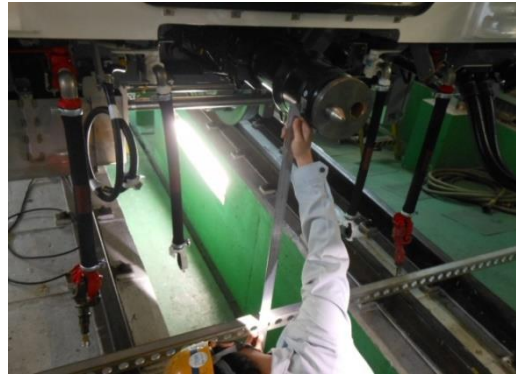


圖 1-61 TEMB2072 後端連結器高度量測



圖 1-62 TEMB2072 前端連結器高度量測



圖 1-63 TEP2036 前連結器端高度量測



圖 1-64 TEMB2072 後端車門高度量測



圖 1-65 TEMB2072 前端車門高度量測

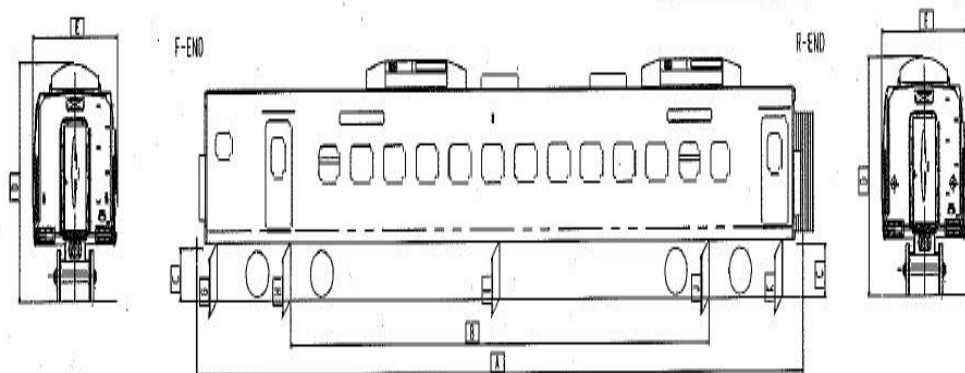
完成車尺寸測定 Dimension Inspection of Completed Car

檢查結果		Inspection Record		單位：mm	
No.	項目 Item	判定基準 Criteria	部位 Location	檢查結果 Result	
1	車輛地板高度	1200以下	1		
			2		
			3		
			4		
2	車頂邊緣高度	限界4300以內	1		
			2		
			3		
			4		

表 1-3 TEMU 車廂車身量測表

完成車尺寸測定 Dimension Inspection of Completed Car

車號 Car No: _____ 檢查實施日 Inspection date: _____
 車輛種類 Car Type: TEMB 檢查員 (): _____
 Inspector (): _____



檢查結果 Inspection Record

單位: mm

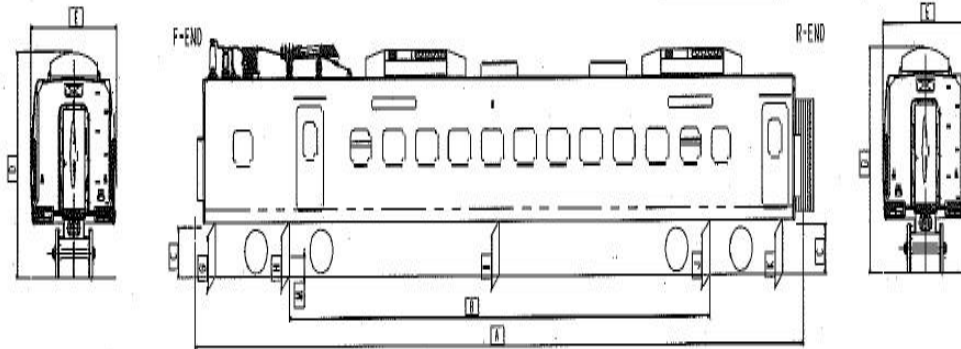
No.	項目 Item	判定基準 Criteria	部位 Location	檢查結果 Result
1	連結面間距離	中間車: 20700	A	
2	轉向架中心間距離	14300	B	
3	轉向架中心高度	890 -10 ~ +0	C-F	
			C-R	
			前後差 20 以內	
4	空調機上面高度	限界 4300 以內	D-F	
			D-R	
5	車體寬幅	限界 3000 以內	E-F	
			E-R	
6	車下機器最低高度	限界 172.5 以上	尺寸	
			機器名	

No.	項目 Item	判定基準 Criteria	部位 Location	檢查結果 Result
7	側樑下面高度	I-H(J) = 0 以上 (參考高度 980)	G-1	
			G-2	
			H-1	
			H-2	
			I-1	
			I-2	
			J-1	
			J-2	
8	車輛限界通過		K-1	
			K-2	
				是 · 否

表 1-4 TEMB 車廂量測

完成車尺寸測定 Dimension Inspection of Completed Car

車號 _____ 檢查實施日 _____
 Car No: _____ Inspection date: _____
 車輛種類 _____ 檢查員 (): _____
 Car Type: TEP Inspector (): _____



檢查結果 Inspection Record

單位: mm

No.	項目 Item	判定基準 Criteria	部位 Location	檢查結果 Result
1	連結面間距離	中間車: 20700	A	
2	轉向架中心間距離	14300	B	
3	轉向架中心高度	890 -10 ~ +0	C-F	
			C-R	
	前後差 20 以內			
4	空調機上面高度	限界 4300 以內	D-F	
			D-R	
5	車體寬幅	限界 3000 以內	E-F	
			E-R	
6	車下機器最低高度	限界 172.5 以上	尺寸	
			機器名	

No.	項目 Item	判定基準 Criteria	部位 Location	檢查結果 Result
7	側梁下面高度	I-H(J) = 0 以上 (參考高度 980)	G-1	
			G-2	
			H-1	
			H-2	
			I-1	
			I-2	
			J-1	
			J-2	
			K-1	
			K-2	
8	APC接收器高度	187.5 ± 4	M	
9	車輛限界通過			良 · 否

表 1-5 TEP 車廂量測

104年12月02日：

1. TEMU2035 於試運轉線” 啟動與低速行駛測試(P020)” 檢視，如測試紀錄表 1-6 所示。

(1) DDU(Drivers Display Unit)畫面與儀表顯示檢視，如圖 1-66、67 所示。

(2) 零速度關門測試，如圖 1-68~73 所示。



圖 1-66 TED2035 DDU 畫面與儀表檢視



圖 1-67 TED2035 啟動與低速行駛測試



圖 1-68 TED2035 零速度關門測試



圖 1-69 低速行駛



圖 1-70 零速度關門測試考克隔離測試



圖 1-71 行駛中門無法開啟



圖 1-72 全列車開門(紅燈亮)



圖 1-73 TED2035 啟動與低速行駛測試

附件1：啟動測試紀錄 Star Up Test Record

車號
Car No. : _____

檢驗實施日
inspection date : _____

檢驗員
Inspector : () _____

() _____

測試結果

No.	項目	基準	結果
1	車輛電源 (蓄電池) 投入回路	蓄電池正常投入	合格/不合格
2	輔助空氣壓縮機	輔助空氣壓縮機能正常動作	合格/不合格
		輔助空氣壓縮機的動作壓力沒有異常 (動作：約5.0bar、停止：約6.0bar)	
		輔助空氣壓縮機沒有漏氣發生	
3	集電弓及VCB	集電弓正常上升及下降	合格/不合格
		VCB正常閉合及切開	
4	接地保護裝置	接地保護裝置時集電弓沒有發生上升的情況	合格/不合格

表 1-6 啟動測試表

2. TEMU2035”主變壓器與靜態變流器 SIV 輔電測試(R130)”檢視，如測試紀錄表 1-7 所示

- (1)主變壓器測試檢視，如圖 1-74、75 所示。
- (2)SIV 輔電測試檢視，如圖 1-76~81 所示。
- (3)電瓶與充電器檢視，如圖 1-82、83 所示。



圖 1-74 主變壓器測試



圖 1-75 涼油器鼓風機風量測試



圖 1-76 電瓶充電電壓/電流與 SIV 電壓



圖 1-77 SIV1& SIV2 正常



圖 1-78 SIV2 轉供給 SIV1 測試



圖 1-79 SIV1 三相電壓 440Vac 量測



圖 1-80 SIV 三相電壓頻率 60Hz 量測



圖 1-81 SIV 電壓相序檢測



圖 1-82 TEMU2035 電瓶電壓檢視



圖 1-83 TEMU2035 電瓶與接線檢視

附件1：主變壓器及輔助電源系統測試紀錄 **MTr & Auxiliary Power System Test**

車號
Car No: _____

檢驗實施日
Inspection date: ____/____/____

檢驗員 (): _____
Inspector

(): _____

檢查結果 Inspection Record

No.	項目	檢查基準	檢查結果
1	蓄電池及充電器	<ul style="list-style-type: none"> • Batk可正常動作 • 充電器的輸出電壓為29VDC±10% 	合格 / 不合格
2	SIV	<ul style="list-style-type: none"> • SIV可正常動作 • ASK1、ASK2可正常動作 • 接送電可正常動作 • 輸出電壓為440VAC±10% • 輸出頻率為60Hz±1Hz • 三相電的回轉為U→V→W 	合格 / 不合格
3	主變壓器	<ul style="list-style-type: none"> • 主變壓器可正常動作 • 冷卻風機可正常動作 	合格 / 不合格

表 1-7 主變壓器與輔助電源測試表

3.TEMU2035 於北留置線”牽引動力系統(含 APC)測試檢視(R140)” 測試檢視，
如圖 1-84、85 與表 1-8 測試紀錄表所示。

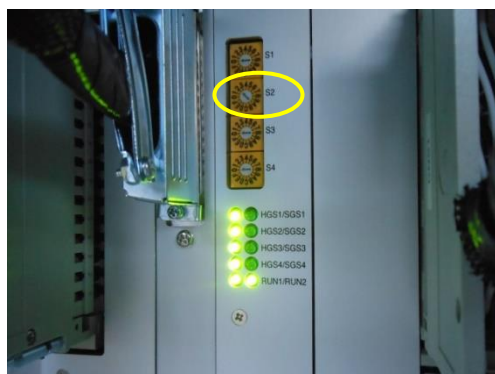


圖 1-84 PUZ102 卡 S2 依程序調整



圖 1-85 PUZ102 卡 LED 燈號依次確認

附件1：牽引動力系統測試紀錄 Propulsion Test

車號 Car No: _____

檢驗實施日 Inspection date: _____

檢驗員 Inspector (): _____

(): _____

檢查結果 Inspection Record

No.	項目	檢查基準	檢查結果
1	控制回路 (動力系統運轉 條件確認)	• MR約5.5Bar以下時無法對牽引動力系統輸入指令	合格 / 不合格
		• 停留軔機動作時無法對牽引動力系統輸入指令	
		• 上下車門開啟時，無法對牽引動力系統輸入指令	
2	控制回路 (指令確認)	• TCU能正確辨識輸入的指令。	合格 / 不合格
3	控制回路 (處理程序確認)	• 「AK」、「K」、「Converter」、「Inverter」 的處理程序正常	合格 / 不合格
4	APC控制回路	• APC控制可中斷動力系統動作	合格 / 不合格

表 1-8 牽引動力系統測試表

104年12月03日：

1. TEMU2035” 雨漏測試(R250)” 檢視，如圖 1-86~93 與表 1-8 測試紀錄表所示

測試條件如下：

(1) 噴嘴水壓 200KPa

(2) 水量 500L/min

(3) 持續 15 分鐘，試驗進行時門、窗需全部封閉，另外乘客上下車門用的滑動式自動門應滑動後再扣緊開關後實施。



圖 1-86 雨漏試驗裝置



圖 1-87 車窗雨漏檢視



圖 1-88 風檔雨漏檢視



圖 1-89 車廂頂雨漏檢視



圖 1-90 DI 與行李架雨漏檢視



圖 1-91 走道門雨漏檢視

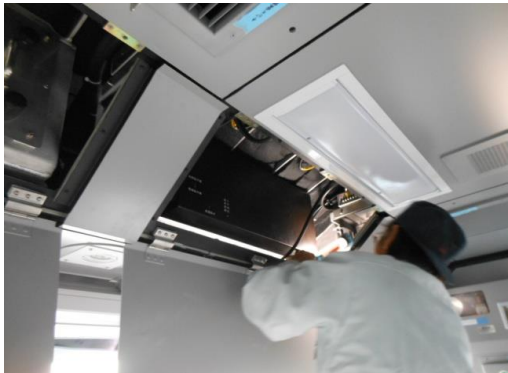


圖 1-92 駕駛室雨漏檢視



圖 1-93 車長室雨漏檢視

附件1：雨漏測試 Rain Leakage Test

車輛形式 Car type: Tilting EMU 檢驗實施日 Inspection date: _____

車號 Car No: _____ 檢驗員 (): _____

車輛種類 Car Type: TED Inspector (): _____

20130810

The diagram shows three views of a train car: a side view at the top, a top-down view in the middle, and a front view at the bottom left. Labels include 'F-END' on the left, 'R-END' on the right, and 'TED' at the front. Specific components are labeled: 'AIR-CONDITIONING UNIT', 'AIR-CONDITIONING UNIT', 'GPS RECEIVER', and 'TRAIN DISPATCHING RADIO ANTENNA'.

No.	位置 Location	水壓 Pressure kPa	判定基準 Criteria	檢查結果 Result	記事 Remark
		開始 Start ~ 終了 End			
1	屋頂 Roof	~	以1分鐘500L的水量撒水15分鐘，確認沒有漏水之情事。 ※以IEC-61133為基準 No water leakage shall be observed after 15 minutes from spraying the water of 500l in one minute. ※Based on IEC-61133.	合格 / 不合格 Pass / Fail	
2	側牆 Side			合格 / 不合格 Pass / Fail	
3	端牆 End, Cab			合格 / 不合格 Pass / Fail	
4	側窗、門、玻璃 Window、Door、Glass			合格 / 不合格 Pass / Fail	
5	機器裝設部位 Mounting the Equipment			合格 / 不合格 Pass / Fail	

表 1-9 雨漏測試紀錄

104年12月04日：

由名古屋中部國際機場搭乘中華航空(CI151 班機)抵達桃園國際機場。

二、車體傾斜系統說明：

(一)概要：

為了要使行駛在山區多彎處(如東部幹線)的列車，縮短其開車時間，除了可在直線段提高速度之外，如何能使得列車通過彎道時不減速而維持速度甚至提高速度也是必要的。但是列車若高速通過彎道時，會使乘客受到向外拉扯的離心力作用，反倒影響乘客的搭乘舒適度。所以我們必須要有一種車體傾斜系統，可以讓車體向內側傾斜用來抵銷過彎時的離心力。如圖 2-1 所示，根據物理計算，列車通過彎道時，離心力 F 是與速度平方成正比，與半徑成反比。所以乘客會因此離心作用力而感到不舒適感，更遑論通過彎道時加速。

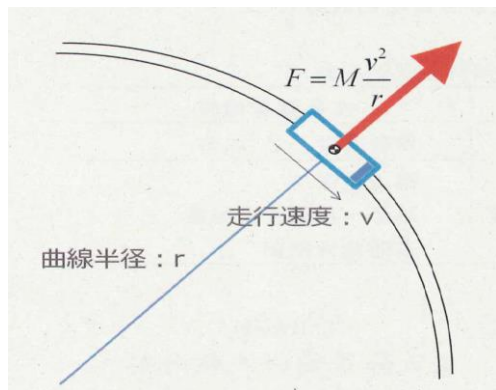


圖 2-1 作用於車輛的離心力

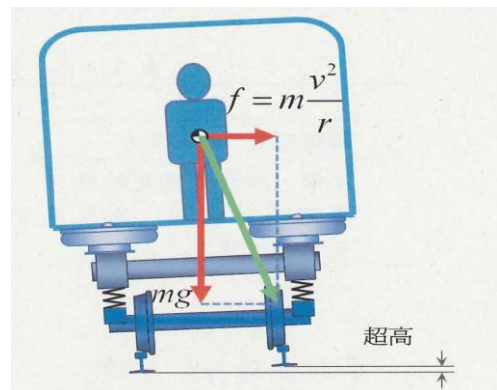


圖 2-2 作用於乘客的離心力

為了改善乘坐的舒適度，如圖 2-2 所示，吾人可以看到乘客之所以受到此作用力是因為離心力 F 與車身重量 mg 的合力所影響，若合力與車身呈垂直，乘客就較能有乘坐舒適感，這也就是車體傾斜系統設計的目的。值得注意的是，雖然乘客與乘務員不會再感受到離心力，但是車輪對鋼軌橫向的推移力與傾斜與否無關，而與車身重、行車速度和彎道線半徑有關。

(二)目前本路使用傾斜系統(日文稱振子式)的分類：

1.鐘擺式(或滾筒式)與空簧傾斜兩種。

(1)鐘擺式：轉向架上設有傾斜樑(搖擺樑)、滾筒、軸承導架等搖擺機構，其作用原理是利用過彎的離心力來推動汽缸使車身傾斜。TEMU1000型太魯閣號。

(2)空簧式：轉向架上左右兩側各有一個空氣彈簧，利用空簧的充氣、排氣來改變車身高，於過彎時產生的傾斜角度。如 TEMU2000 型普悠瑪號。前述兩者之差別在於搖擺式的傾斜角度較大，不過其構成組件較多，維修、保養較耗時而空簧式的傾斜角度較小，但構造較簡單與可靠度高，車體斷面設計自由度也較彈性。

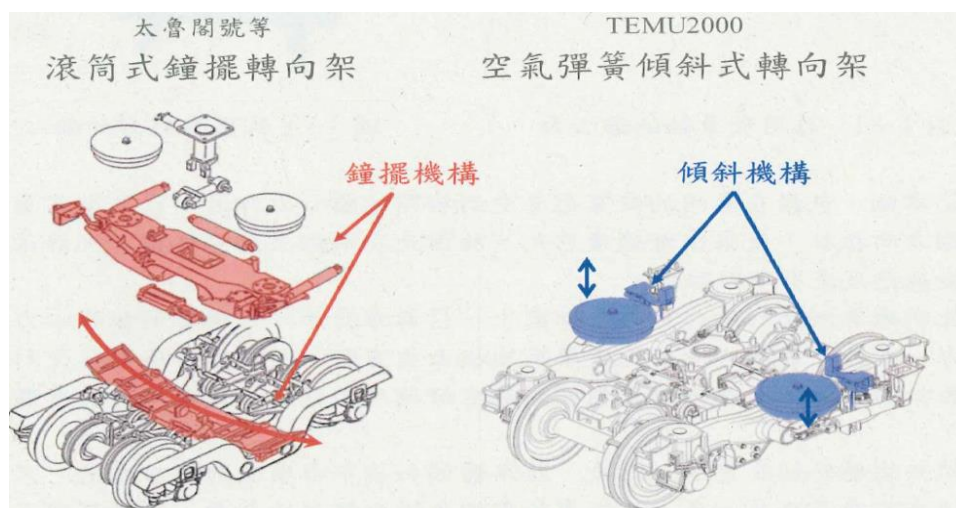


圖 2-3 鐘擺式與空簧式的構造比較

	鐘擺式	空簧式
傾斜角度	太魯閣號 5 度	普悠瑪號 2 度
構造與維修容易度	檢修作業較耗時，車體設計(如集電弓)限制較大	構造簡單，檢修構造較易，車體設計限制較小。

表 2-1 傾斜系統比較

2.日本目前使用的傾斜式列車(舉例)：

(1)JR 東海線 N700 系，利用空簧傾斜，傾斜角度 1 度。

(2)JR キハ(kiha)285 系，搖擺式 6 度加空簧傾斜 2 度等於 8 度

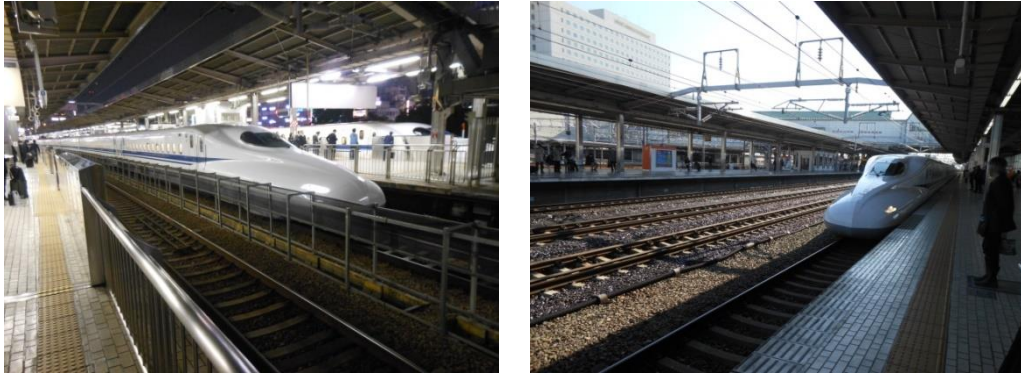


圖 2-4 JR 名古屋車站內的 N700 列車

(三)TEMU2000 型普悠瑪號的傾斜系統構造：

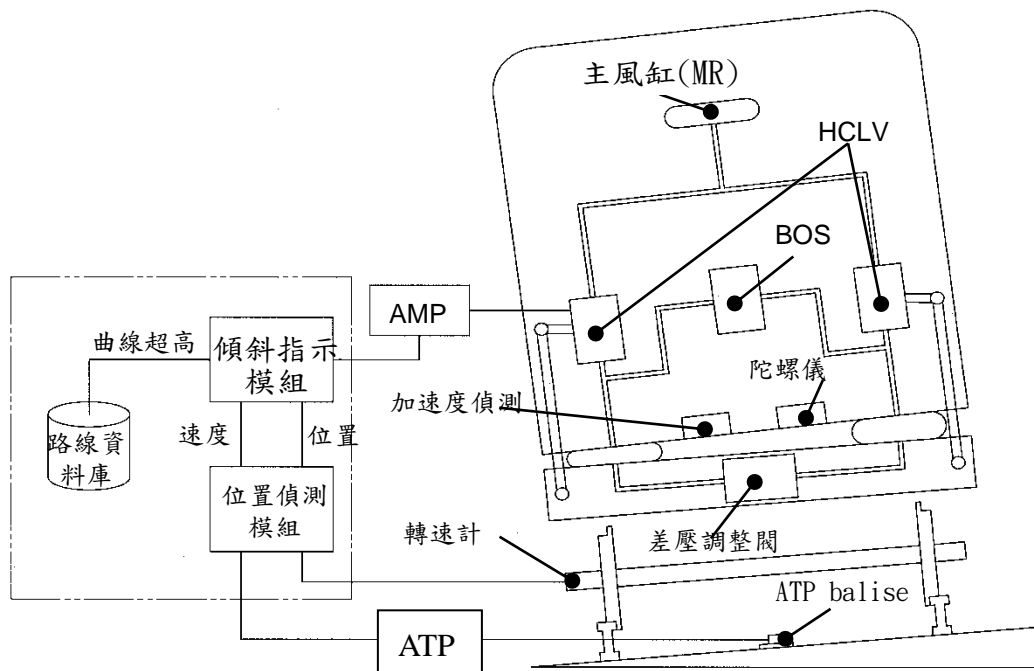


圖 2-5 系統構成圖(一輛)

如圖 2-5 所示，為一輛車的傾斜系統示意圖，圖 2-6 則是每一編組系統構成圖。可以得知傾斜系統包含許多組件搭配而成，如 BOS(booster 增速風泵)、

HCLV(高度控制水平閥)、加速度偵測器、差壓閥、TC 傾斜控制裝置、MC 傾斜控制裝置、BULV(備援水平閥)等等。以下就針對相關組件一一簡單介紹。

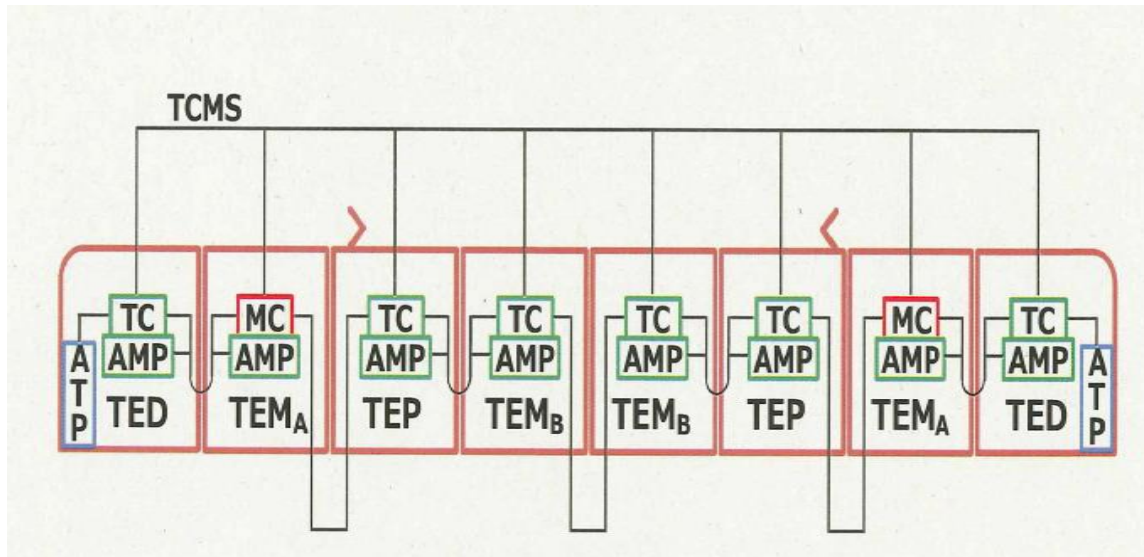


圖 2-6 系統構成圖(一編組)

1.TC(Tilting controller)傾斜控制裝置，如圖 2-7 所示：

(1)安裝在 TED 車，有兩種功能，第一種是”地點偵測功能”，除了可由 ATP 地上子來感應做為位置校正外，也可由 MC 上的”偏搖陀螺儀”位置資訊來校正。第二種功能就是”傾斜指令運算”，亦即再由偵測地點與路線數據比對後，經增幅放大器(AMP)驅動 HCLV(車高度控制水平閥)。

(2)安裝在 TEP 與 TEMB 車，則無地點偵測功能，而是透過 TCMS 將 TED 的地點資訊，執行”傾斜指令運算”，經增幅放大器(AMP)，而驅動 HCLV(車高度控制水平閥)。



圖 2-7 左為 TC 控制裝置(TTC-12)，右為 AMP
 增幅放大器(Tilting Controller Amplifier；TTA-12)

2.MC(Master Tilting Controller)傾斜控制裝置，如圖 2-8、圖 2-9 所示：
 僅安裝在 TEMA 車，與 TC 唯一的不同在於 MC 裝有”偏搖陀螺儀”，其他
 功能與構造則與 TEP、TEMB 車的 TC 一樣。



圖 2-8 左為 MC 控制裝置(TMC-12)，
 右為 AMP 增幅放大器(TTA-12；
 Tilting Controller Amplifier)



圖 2-9 MC 傾斜控制裝置銘牌

3. 增速風泵(Bootser；簡稱 BOS)，如圖 2-10、2-11 所示：



圖 2-10 增速風泵裝置



圖 2-11 增速風泵 BOS 內部(無油往復式)

每個轉向架均安裝一組增速風泵，其功能是将內側空簧壓力強制送到外側空簧壓力，也就是說，當過彎提速之時，曲線內側會與低壓風缸接通，而曲線外側與高壓風缸接通，如此的切換動作就是為了要加速傾斜，另一好處就是減少主風缸 MR 的空氣耗損。

4. 高度控制水平閥(Leveling Valve with Heiget Changer；簡稱 HCLV)，如圖 2-12、2-13 所示。

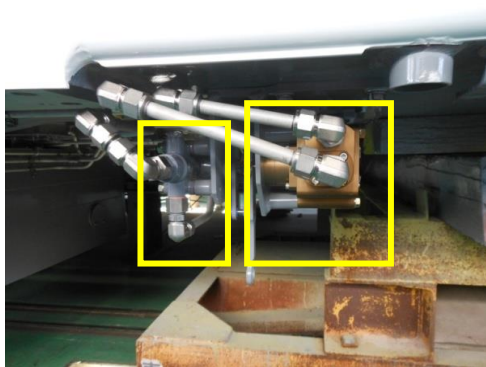


圖 2-12 TEP2035 車下，右為 HCLV
左為備援 BULV(KSL160)

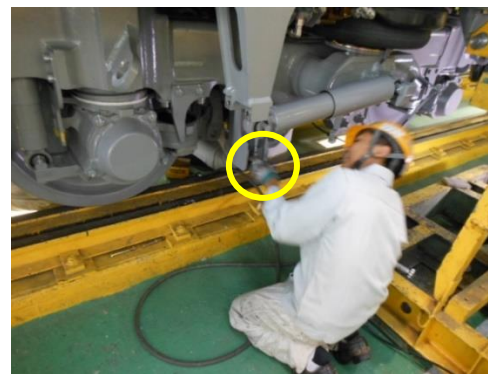


圖 2-13 套車後鎖高度水平閥 HCLV
(TLV-12)

主要功用是用來保持車身的水平，藉由主風缸(MR)與空簧連通，利用空簧的自動開/關功能，使空簧充氣或是排氣來調整車身高度。每個轉向架都安裝兩個 HCLV 閥，可由每一車廂內的 TC 或是 MC 傾斜控制裝置，由

增幅放大器(AMP)驅動 HCLV。

所以前述的 TC/MC 傾斜控制裝置、增速風泵(BOS)、.高度控制水平閥(HCLV)可說是傾斜系統的主要三大元件。

5.增幅放大器(Tilting Controller Amplifier；TTA-12)：

TC 或 MC 傾斜控制裝置，藉由 RS-485 序列傳輸指令，轉換為驅動 HCLV 的電流。每輛車廂都有配備一台。如前圖 2-7、2-8 所示。

6.備援水平閥(Leveling Valve of Backup；簡稱 BULV)：

如圖 2-12 所示，安裝在 HCLV 旁。顧名思義，當 HCLV 發生故障無法執行傾斜功能時，當通過彎道曲線時，會由 TC 或 MC 傾斜裝置操作切換閥，令 BULV 的迴路開通，車身便會以 2 度傾斜。BULV 不需要用到電源，僅使用機械元件控制。

7.加速度 sensor：

如圖 2-14 所示、2-15 所示，每輛車車下(bogie-2)均裝有一個，其功能在於監視車體的前後、左右、上下的加速度。可藉由 RS-485 與 TC/MC 傾斜控制裝置資訊傳輸。

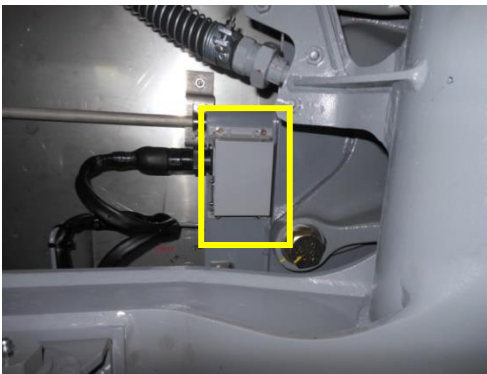


圖 2-14 TED2036 車下加速度 sensor

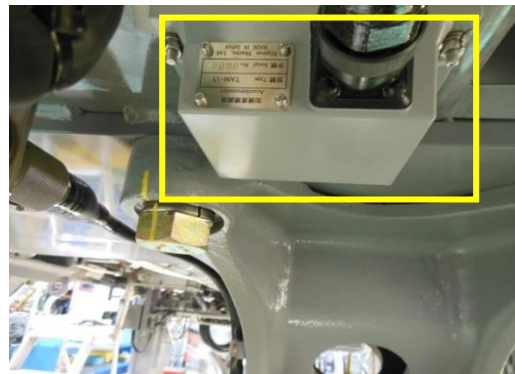


圖 2-15 銘牌與接頭安裝

綜合以上 1~7 點構成設備所述，其各車裝置數量如表 2-2 所示。

裝置名稱	製造型號	裝置或組件之數量			
		TED	TEMA	TEP	TEMB
TC 傾斜控制裝置	TTC-12	1	0	1	1
MC 傾斜控制裝置	TMC-12	0	1	0	0
增速風泵(BOS)	BC600	2	2	2	2
高度控制水平閥(HCLV)	TLV-12	4	4	4	4
增幅放大器	TTA-12	1	1	1	1
備援水平閥(BULV)	KSL160	4	4	4	4
加速度 sensor	TAM-15	1	1	1	1

表 2-2 傾斜控制裝置數量

三、東芝(Toshiba)府中事業所設備：

(一)牽引馬達：為 SEA-431 型、三相 4 極鼠籠式感應電動機、自然通風與三點固定式安裝。如圖 3--1 所示。

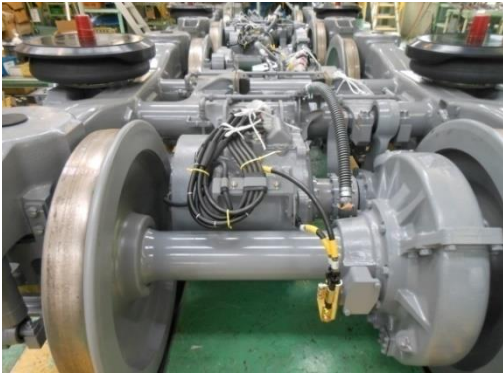


圖 3-1 轉向架內的 SEA-431 外觀

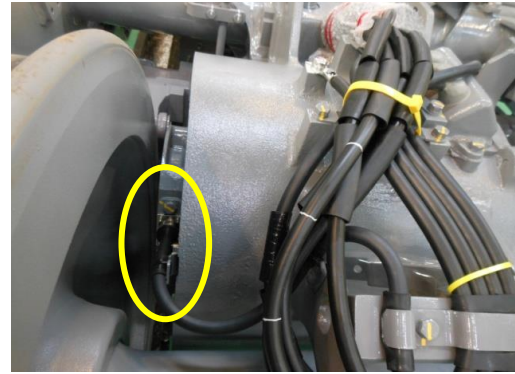


圖 3-2 馬達速度探針安裝位置

額定值(連續)	1 小時
輸出 (KW)	220
線間電壓(V)	1370
相電流(A)	113
頻率(Hz)	105
額定轉速(min ⁻¹ 或 rpm)	3100
效率 η (%)	92.5
功率因數 PF(%)	89
轉差率(%)	1.6

表 3-1 SEA-431 牽引馬達基本額定數據

1.規範

絕緣類別：H 類

絕緣耐力電壓：1680V/分鐘(新製造時 2800V/分鐘)，AC 50Hz 或 60Hz

最高測試轉速：6450rpm，持續 2 分鐘(新製造之)

最高使用轉速：5332rpm(時速 130 公里、車輪直徑 780mm 的條件下)

總重量：580Kg

齒輪比：5.60(84/15)

2.各部構造特徵

- (1)定子：藉由 inverter 運轉時的諧波電流的表面效果現象增大交流電阻，為了抑制溫度上昇而增加定子線圈的並聯數。定子槽設計成後退槽，開口部設置通風空間增加冷卻效果。另外設計比較寬廣的空氣間隙，比較不易附著塵埃。
- (2)轉子：為了要適應高速旋轉，將轉子設計成堅固的鼠籠型，以及強化核心冷卻管道。轉子線棒也是使用電阻較大與高強度的鋅銅合金設計，以確保其轉差(slip)。
- (3)軸承：軸承的周圍構造是採用迷宮式(labyrinth)構造，利用壓力差的方式防止空氣流動，以及負壓的緩和，達到防止塵埃進入軸承內。另外為了對應高速運轉，增加初期潤滑油的填充量，免除長時間運轉必須拆卸軸承保養的需求，藉此延長保養周期。還有採用比一般軸承可延長潤滑壽命的 P P S 絕緣軸承，防止軸承因反向電流的電蝕。

3.馬達速度探針，如圖 3-2 所示，安裝在外側軸承框架的端部，其動作原理是為雙脈衝齒輪式，其一對感測器合併一個成一個感測器單元。他可以簡單的安裝到牽引馬達上，也不需要調整馬達與齒輪間間隙，間隙被設定為 0.4~0.8mm 寬。

(二)牽引整流器(converter)/變流器(inverter)，簡稱 C/I，如圖 3-3 所示：由於是使用在交流電化區間，所以是以 8 輛車連結(4M4T)的方式運轉；以一輛馬達車為例，其主電路設置有一組三階 PWM 整流器，兩階變流器、四組牽引馬達(車輛控制系統)，以及 OVT(過電壓偵測)的主電路。針對 C/I 系統，兩臂式單元的配置，設有模組式的 IGBT(一組整流器主要設備有電磁接觸器、OVT、電阻器等，都安裝在中央部分；控制單元、介面單元、加一組變流器)，馬達接觸器(MCOK-~4) 等都安裝在箱尾部份。另外主電路

設備與控制設備皆以模組化設計，方便測試與維修。

Traction Control Unit(牽引控制單元，簡稱 TCU)，微控制整流器與變流器的相位，驅動牽引馬達，藉此控制馬達轉速。另外也控制 VCB 序列、CI 的其他周邊裝置、APC 以及其他不同的保護。



圖 3-3 牽引整流器(converter)/變流器(inverter)外觀及箱蓋銘版

(三)靜態變流器(Static Inverter)，簡稱 SIV，如圖 3-4 所示：靜態變流器(SIV)之功能為將主變壓器三繞組單相 469Vac 轉成穩定三相 440Vac，並提供 195KVA 電力負載。也是配置 IGBT 的兩臂式單元(一組為 converter，一組為 inverter)，主電路設備有電磁接觸器、ACC(交流電容組)、電阻器(CHR)、交流電抗器(ACL)與輔助電路板(AUB1、2)；控制電路部分包在控制單元內，所以主電路與控制電路設備也是採用模組化設計，方便測試與維修。



圖 3-4 靜態變流器(Static Inverter) 外觀

(四)列車控制監視系統，簡稱 TCMS，如圖 3-5 所示：

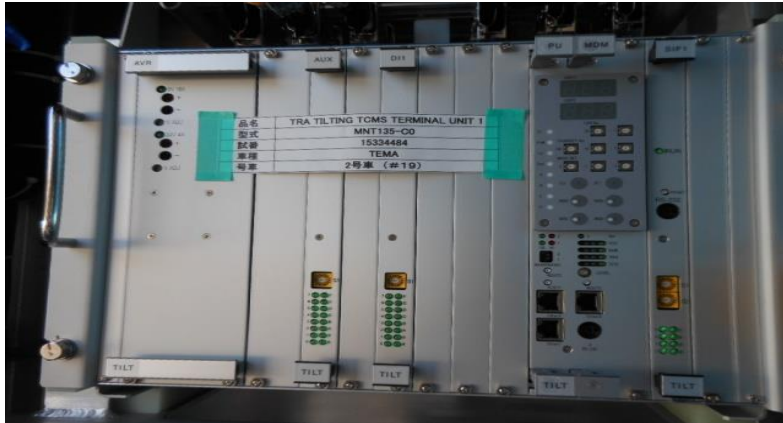


圖 3-5 安裝在車廂內的 TCMS，攝自 TEMA2069

1. TEMU2000 型是以 2 組四輛車聯掛而成的電聯車組，也就是以 8 輛車為編組營運的車種，編排方式如下表所示。高雄端開始算為第 1 車廂，基隆端為第 8 車廂。

車廂編號	8	7	6	5	4	3	2	1
車廂型式	TED	TEMA	TEP	TEMA	TEMA	TEP	TEMA	TED

表 3-2 TEMU2000 型車輛編組方式

TCMS 是由中央單元(Central Unit, CU)、駕駛員顯示器(Driver Display Unit, DDU)及終端單元(Terminal Unit, TU)所組成，DDU 及 CU 是裝在 TED 車，TU 則是裝在 TEMA 車 TEP 與 TEMB 車。CU 與 TU 間是以 BUS line(TCMS Lan)連結做為資訊傳遞，而且 DDU 與中央單元透過一些通訊連結。所以 CU 與 TU 透過各車廂的設備取得資料，在 DDU 顯示器上，顯示所有車輛的狀況，若發生故障，也可存在 USB 隨身碟內。

項目	TED 車廂	TEMA 車廂	TEP 車廂	TEMA 車廂
DDU	1	--	--	--
中央單元(CU)	1	--	--	--
終端單元(TU)	--	1	1	1

表 3-3 TCMS 各單元數量與位列車廂

2.TCMS 的資訊監視與顯示有以下狀態：集電弓狀態、VCB 狀態、主變壓器油溫、牽引 C/I 狀態、牽引馬達出力電流與扭力、軀機系統狀態、氣軀壓力、停留軀機狀態、主風泵/輔助風泵狀態、防滑系統、門機狀態、SIV 狀態、電瓶電壓與充電器電壓、自動電力系統(APC)狀態、ATP 車上裝置、空調系統、真空廁所系統、揚水裝置狀態、車內/車外溫度顯示、PISC、終站顯示器、站名顯示器、車內顯示器、終站顯示器、列車防護無線電狀態、行調無線電狀態、主要開關及 MCB 狀態、列車速度及行駛距離、水銀電池電量。

3.TCMS 一旦檢測出車內有故障發生時，會從駕駛台螢幕(DDU)發出聲響警告，並將故障訊息顯示在 DDU。

肆、專題報告：

TEMU2000 型牽引轉換器(Converter)/變流器(Inverter)

每一輛 TEM 車都有配置牽引轉換器(Converter)/變流器(Inverter)，簡稱 C/I，是利用 IGBT(絕緣閘極電晶體)來做為 C/I 的電力電子開關切換，有別於電流控制型的 GTO(Gate turn off)元件，由於是電壓控制型電力電子元件，控制電路板就可以小型化設計，除了可設計成相量控制與模組化，並且有高性能的 TCU(牽引控制單元)，所以在小型化與維修更換來說，是有其便利性的。

如圖 6-1 所示，為主電路的基本結構。電車線電壓(單相 25~27KV，60Hz)，由集電弓經過真空斷路器(VCB)到主變壓器，再由主變壓器二次側轉換適當電壓，最終傳到牽引馬達，使之出力運轉。因為牽引馬達是三相交流感應馬達，要如何將單相 25KV 的電力轉換成三相，就必須先將單相交流電整流後，之後經過變流器(inverter)轉換為三相交流電驅動牽引馬達，而這就是轉換器的基本功能。

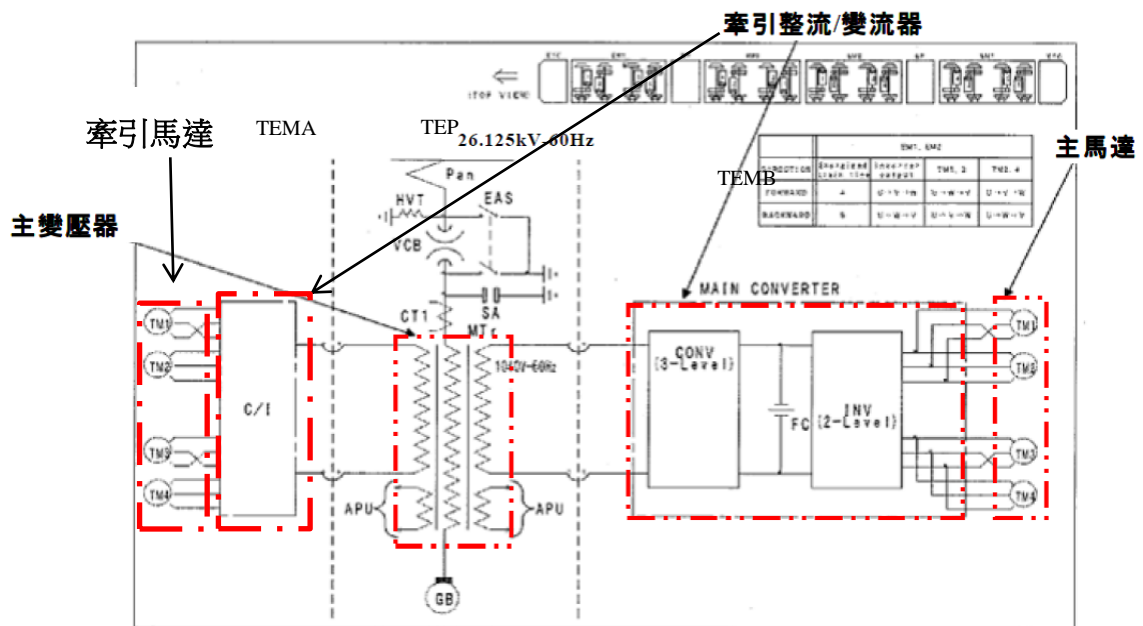


圖 6-1 TEMU2000 主電路基本結構

一、主變壓器：

採用單相、強迫由冷的方式，除一次側外，二次側有兩個 1087V 繞組分別供應 TEMA 與 TEMB 的 C/I，尚有兩個三次側 469V 繞組供應給 APU(輔助供電單元)。如圖 6-2 所示。在 TEP 車身側面裝有涼油器鼓風機，空氣從前表面吸入，冷卻絕緣油與繞組上的熱量後，再從鼓風機背面排熱。如圖 6-3 所示。要特別注意的是，安裝在變壓器內側的電纜頭內側絕對不能有損傷，否則會使絕緣層被打穿的危險。如圖 6-4 所示。

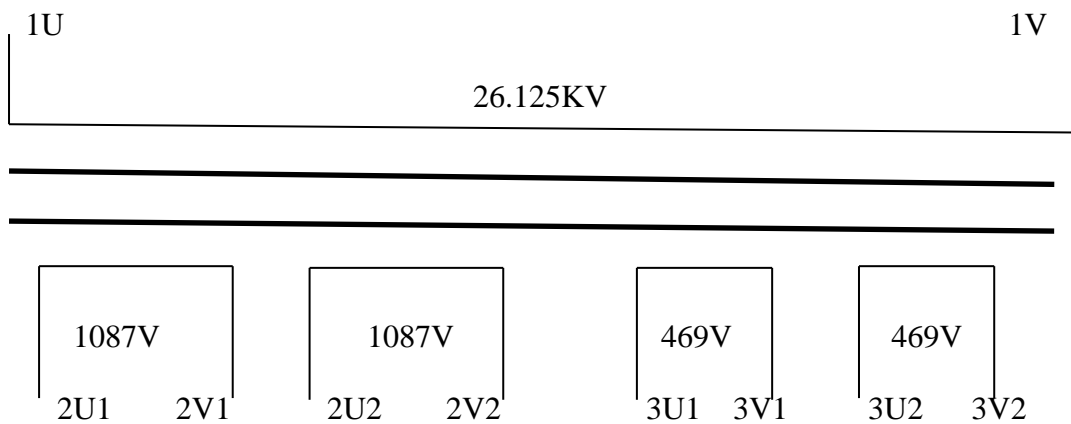


圖 6-2 主變壓器高低壓側之繞組結構圖



圖 6-3 TEP2035 涼油器鼓風機



圖 6-4 主變壓器內電纜接線

二、牽引轉換器/變流器(Converter/Inverter)：

其形式為 COV098-A0，由 3 階單相電壓 PWM 整流器(converter)與 2 階三相電壓 VVVF 變流器(inverter)所構成，來推動牽引馬達，出力電流的大小也可由 TCU 來控制 IGBT 的點弧角度，而 C/I 無冷卻風扇，皆由空氣自然對流冷卻，相對也降低了維修需求。

除了整流器(converter)單元與變流器(inverter)單元的 IGBT 電子點弧單元之外，還可分兩部份主電路設備(安裝在矽通的中心部)與控制電路設備(安裝在 C/I 單元的末端)，主電路包含有馬達接觸器(MCOK1~4)，過電壓/過電流單元(OVT)和一些電阻器單元等。而控制電路則有控制單元與 TCU 邏輯介面單元。在整個 C/I 單元設計裡，主電路與控制電路是以模組化方式排列，此舉是有易於拆修與測試維護的。

(一)馬達接觸器(MCOK1~4)，操作牽引馬達的運轉與隔離，每一個馬達都有電流偵測器。

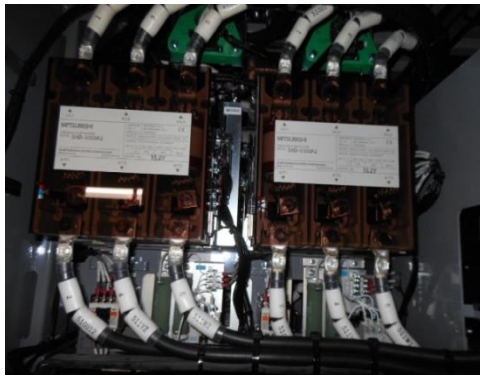


圖 6-5 TEMA2071 馬達接觸器



圖 6-6 TEMA2071 馬達電流偵測
(CTU21/22)

(一)直流比壓器盤(DCPT panel；2000V/10V)

DCPT-1、DCPT-2 目的是偵測 DC-Link 電壓，轉換成 10V 的輸出電壓到控制單元。

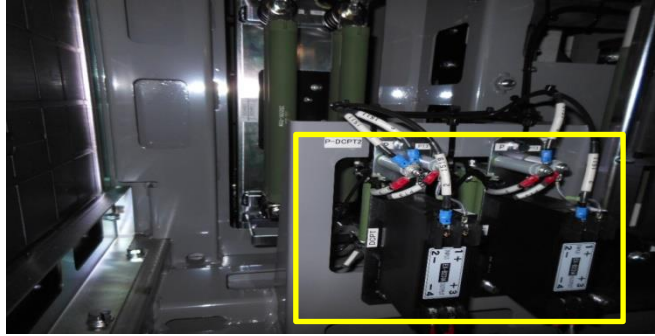


圖 6-7 TEMA2071 DCPT panel

(三)接地電流比流器(GCT)：

目的是在偵測 C/I 是否有接地故障，可藉由 GCT 來偵測接地電流。

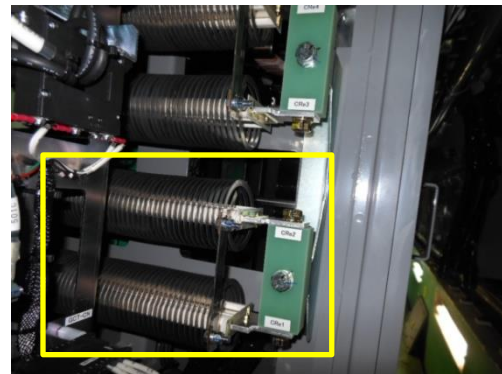
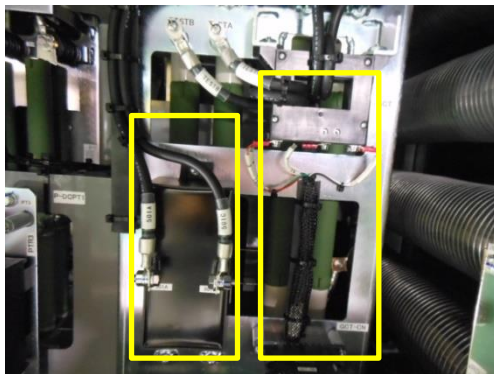


圖 6-8 左為 GRC(1 μ F)，右為 GCT

圖 6-9 充電電阻器(CRe1、CRe2)

(四)充電電阻 CRe(1~2)：

型式為 $2.23\Omega \pm 5\%$ ，目的在預充後，K 接觸器在閉合前，避免大的湧浪電流直接灌入濾波電容(FC)，使湧浪電流得以抑制。如圖 6-9 所示。

(五)整流器(U-COV)單元：

透過電力電子 IGBT 當作電子切換開關，目的是將主變壓器二次側的交流電壓轉換成約 1000V 的直流電壓。

(六)變流器(U-INV)單元：

也是透過 IGBT 的電子切換，可將整流單元的直流電壓(PWM)轉換為可變電壓、可變頻率(VVVF)的三相電壓，以達到可控制牽引馬達的出力電流與轉矩。

(七)TCU 牽引邏輯控制單元：

主要的功能就是控制 converter 與 inverter 的相位，達到讓牽引馬達出力運轉，以及控制牽引馬達轉速。另外 VCB 切斷與閉合的順序、APC 作用後保護，皆靠 TCU 控制，可謂是列車運轉的心臟。

卡箱內的電子卡片，也是採用模組化設計，方便維修測試與抽換。

所以 TCU 在此的主要功能有：

- 1.整流器(converter)PWM 閘極信號控制
- 2.變流器(inverter)VVVF 閘極信號控制
- 3.順序控制
- 4.主電路保護



圖 6-10 TCU 與卡片外觀



圖 6-11 TCU 燈號之 APC 信號確認

(八)介面單元(U I/F)：

目的在使 TCU 與外部裝置(如 C/I)間，數位信號的介面。

(九)PWM 整流器(converter)的 AC/DC 電源轉換與馬達出力/電軔作用關係：

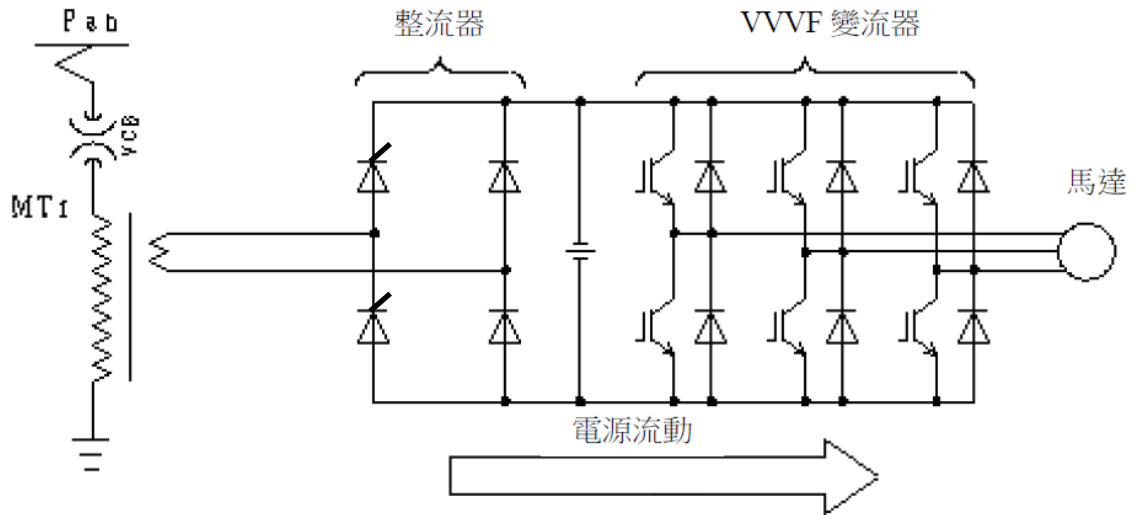


圖 6-12 基本整流器示意圖

傳統的整流器觀念就是利用 SCR(或 GTO)電力電子元件將主變壓器二次側交流電壓整流為直流電給變流器，馬達電軔時，電流無法回饋給電車線。如圖 6-12 所示。而 PWM 整流器(converter)除了整流由主變壓器二次側的電壓(V_s)經 dc-link(直流鍊; V_d)給 VVVF 變流器(inverter)產生三相電壓以驅動牽引馬達，所以馬達出力時 $V_s > V_c$ 。當電軔作用時，牽引馬達轉為發電機作用，經 C/I 將電力回饋給電力線，謂知再生電軔。所以此時 $V_c > V_s$ 。
(V_c ：整流器輸入電壓)

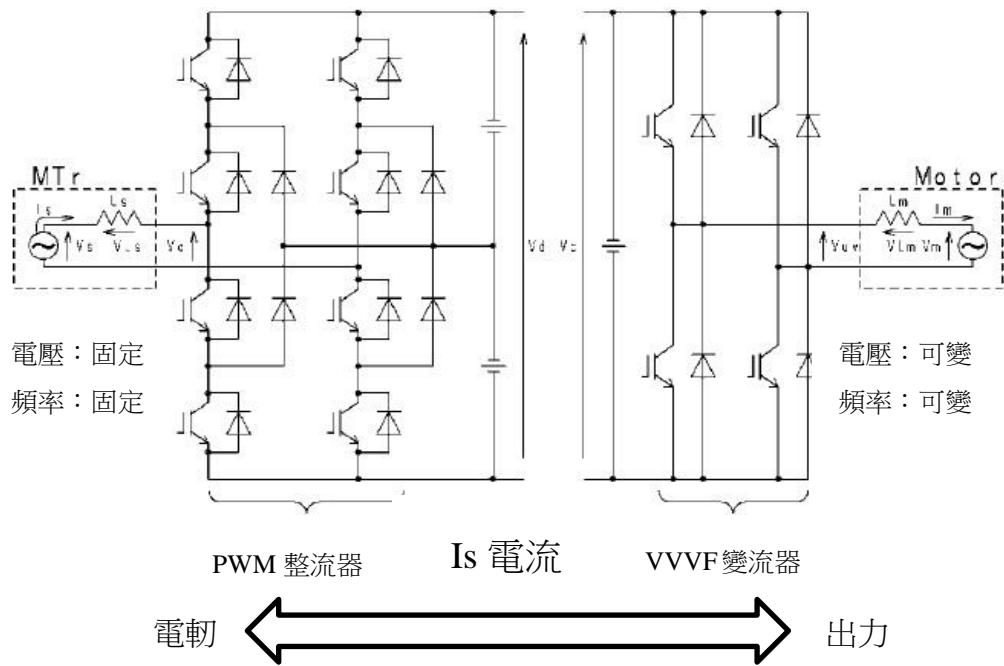


圖 6-13 PWM 整流器示意圖

若以向量圖來解釋，如圖 6-14 所示，就可以很明白地看出 V_s 、 I_s 、 V_c 間的關係。

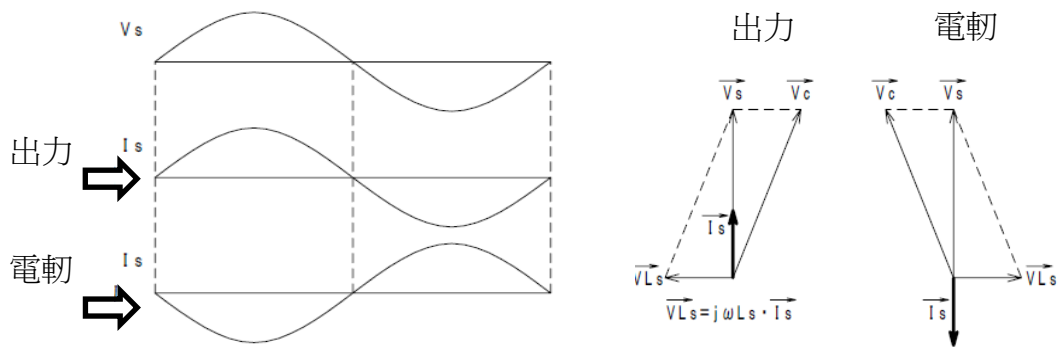


圖 6-14 PWM 整流器 V_s 、 V_c 、 I_s 的向量圖

綜上所述，PWM 整流器的功能有四：1.隨時保持輸出直流準位恆定、2.把電軛時的能量送回電源、3.減少電源電流 I_s 的諧波失真、4.使 I_s 與 V_s 同相位或反相位。其中後兩項的方式也可改善 PF(功率因數)。

TEMU2000 的 3 階 PWM 整流器相較於 EMU700 型的 2 階型式，是有些不同。如圖 6-15 所示，在 PWM 整流器端可明顯看出 IGBT 模組接線方式略有不同，如圖 6-13 所示，普悠瑪自強號的每相 IGBT 模組是多了一組串聯之，再並聯飛輪二極體(freewheeling diode)。另外，在變流器(Inverter)部份，是利用”具電壓源變流器(Inverter)”的方式，與”具電流源變流器(Inverter)”的最大不同在於直流鍊(DC-Link)的除能元件不同，具電壓源變流器(inverter)是利用濾波電容儲能，而具電流源變流器 (Inverter)是利用電抗器除能，所以採用電壓源的方式就可以減少元件的體積與重量。

另一個好處就是在可變頻率和可變電壓下，變流器(inverter)可以驅動四個並聯連接的牽引馬達。

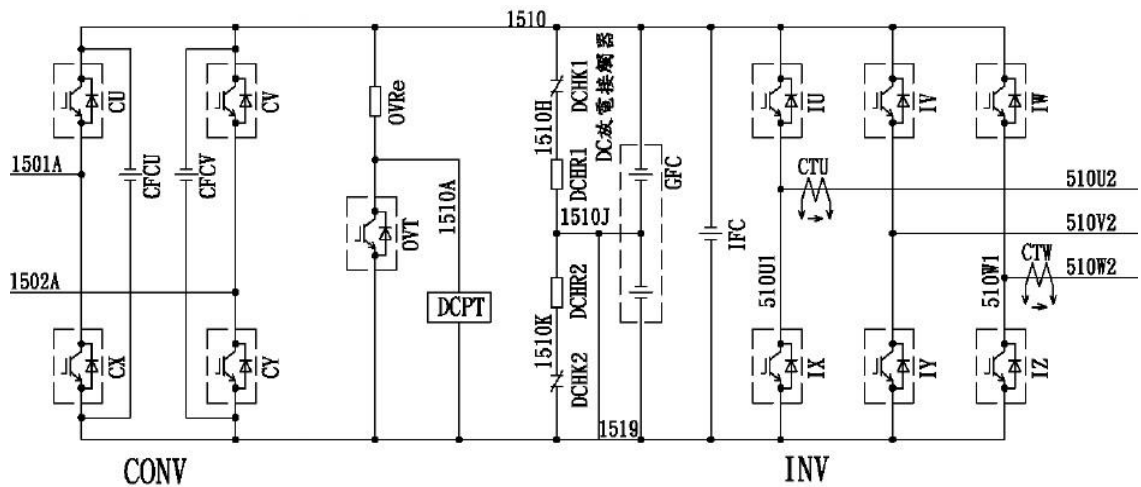


圖 6-15 EMU700 型牽引轉換器圖

當牽引馬達的轉速或出力是由電源的頻率變化來控制時，電源電壓就必須改變，以直流輸入電壓的變流器(inverter)控制也是必須的。在變流器(inverter)的輸出變化時，PWM 控制整流器同時也會改變 inverter 的直流輸入電壓。由圖 6-13 所示，PWM 整流器是被動換向，變流器(inverter)電軔作用時是強迫換向，直流鍊(DC-Link)的重要元件是(濾波)電容器，它可將輸入到變流器(inverter)直流電壓濾為接近平滑的定值電壓。因為需要 I_s 電流的反向，且系統需要再 (re-generate)的話，就需要對偶轉換器來得到。

有別於 EMU700 型的 IGBT 模組設計的規格(4500V/900A)，普悠瑪自強號的設計規格電壓只需要 1700A，但電流規格卻要提升到 2400A；濾波電容規格也是會有所差異，EMU700 型是 2800V/770 μ F，普悠瑪自強號為 945V/4000 μ F；而在系統的冷卻方式，兩者在整流器與變流器都是採自然對流的冷卻方式。

伍、心得與建議：

此次監造，特別利用假日實地去搭乘名鐵與新幹線(JR 東海線)，以及地鐵去參觀名古屋「リニア鐵道館」與「大宮鐵道博物館」，也搭乘藤カ丘到八草間的磁浮列車，除了實地參觀國外的鐵道文化與保存，體驗各型車輛搭乘之舒適度外，還有各場站軟硬體設施比較看看，有些地方是值得我們去學習的。

一、心得：

(一)無柵欄式車站進出閘門口：

名鐵諏訪町站為一無站務員車站，且車站內為側式月台，所以列車無論是東行或西行，為同一月台等待。不過列車到站前，只能靠站內廣播和列車的車頭與車側終站指示器顯示欲搭乘的車種與車次，如下圖 5-1 所示。

另外感到特別的是，其進出閘門(gate)，與其他大部份車站和台灣的车站不同的地方在於其閘門是”常開”設計，與一般常見的”常閉”型設計不同，一般常閉型設計必須將票插入票口後，電腦判讀正確後即打開讓乘客通行，所以乘客必須停下插票等門打開，所以會讓通行時間變慢。而此常開型的閘門，只要票插入後，即可向前行，然後不須特意停下腳步取票，除非是票根有問題，或是無票通過，閘門才會關閉，否則大部分的情況都是通行無阻。而且進站與出站可調整都共用走道，更特別的是進出閘門口也是無人化作業，很值得參考。



圖 5-1 名鐵諏訪町車站往國府的列車



圖 5-2 名鐵諏訪町車站進出閘門口

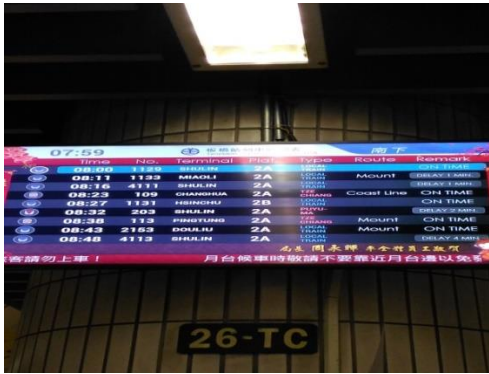


圖 5-3 台鐵板橋站的時刻表看板



圖 5-4 JR 米原站月台候車室，旅客免受風吹雨寒

(二)透明桶身垃圾桶：

JR 豐橋車站內的垃圾桶，桶口除了是依照回收物的形狀設計，方便辨識之外，其桶身採用透明設計，除可方便知道是何類回收物，其實最主要的地方是知道桶內有無危險物品或爆裂物，畢竟車站是屬於人潮湧擠之處，萬一發生危害事故，是會發生重大的傷害，尤其現在反恐的氛圍下，除了被動的預防之外，我們也應該事先主動預防，讓有心人士無處下手。



圖 5-5 JR 豐橋車站內的透明垃圾桶與地鐵新神戶站內的垃圾桶

(三)上下台門寬敞的動線：

在 JR 豐川開往豐橋的列車，發現上下台門兩旁並沒有固定式座椅與透明靠板，這是相當不錯的設計。一般而言，會有乘客靠在上下台門旁，當乘客上下車時，不但會影響動線，甚至會造成發車時間延後，所以將座位往內縮少一格一該可以讓上下車動線更順暢些，另外該空位也是有設計安裝折疊椅，實際上也是可以彈性運用。



圖 5-6 上下車門旁的座椅設計



圖 5-7 月台上告示板會告知自由席車廂

(四)名古屋「リニア鐵道館」與埼玉縣「大宮鐵道博物館」參訪：

看到這兩座鐵道博物館內的設施與陳列的車輛，其不僅是將除役後與目前仍在營運的車輛安置其中，供人參觀，也將車站的進出閘門、行車調度設備、鐵軌與軌距及道岔、電車線與號誌等相關設備，包含了運、工、機、電相關設備，並以許多動態的方式與聲光效果，寓教於樂，再加上一些現場模型製作與商品店(類似台鐵夢工廠)，大大的增加其附加價值，很值得我們參考。



圖 5-8 リニア鐵道館



圖 5-9 磁浮列車運轉原理

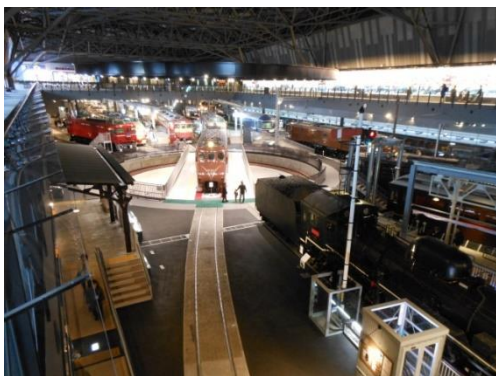


圖 5-10 大宮鐵道博物館內一覽



圖 5-11 駕駛模擬器免費供遊客體驗

二、建議事項：

(一)整潔的生產線與取用方便的工具架：

整個日車豐川製作所的工場格局，其實與舊台北機廠的格局其實有幾分相似，但是看到他們的工作區其實都保持得相當整潔，頗令人佩服，不可諱言的，畢竟豐川製作所看到的都是在新車製造，不像機廠還有維修的業務，當然會比較乾淨，而且每位技工也會遵守工作紀律，如此才會使人為失誤降到最低。另外，看到旁邊的工具架，架上的所有使用工具都井然有序的擺放著，要拿來用時非常快速與方便，看起來就很專業。

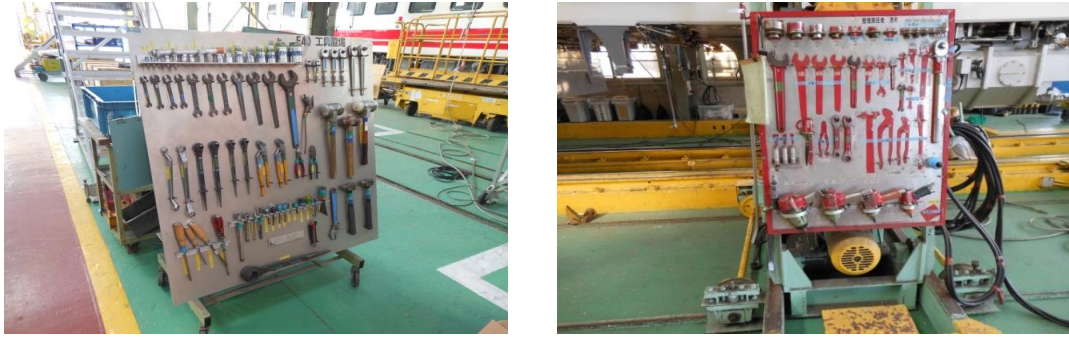


圖 5-12 井然有序的工架，一目了然與取用方便

(二)完善的教育訓練與提案改善制度：

在 Nabtesco 神戶工廠介紹台鐵局的軔機與門機設備製造時，除了具備完善的教育訓練，也規定員工在規定的時間內取得公司的認證後，方可獨立作業，在一系統下的學習正確的操作與裝配 SOP，最後經過認證，以確保員工可以正確無誤的製造與維修手法，使得到客戶端的設備在規範下，不能也不會有一絲的出錯。另外我們也發現該公司也規定員工在一段時間內提出與自己工作相關的改善提案，舉凡治具的製作或修改，安裝中、大型設備的起落架等，結合 QCC 品管手法。這些創意都代表員工能專注在自身的本業上並精進，也是對自己工作負責任的表現，很值得學習。

(三)安裝在走道門上方的感應器

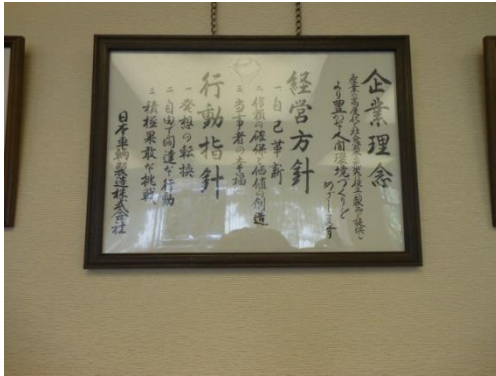
為了要加快旅客通過走道門，不須停下腳步按開門開關，所以將走道門感應器安裝在門機的上方，有別於台鐵路都安裝在走道門的側端，使得乘客在快接近走道門時，走道門即可自動感應打開，對於車上推販賣車或是行李箱通過時毋需伸長身子開門，不過這項設計不適合無座位乘客的自強號，否則車門會一直開開關關造成乘客的不便。



圖 5-13 走道門上方的開門感測器

陸、附錄：

附錄一、日本車輛製造株式會社(NIPPON SHARYO)的企業理念、經營方針與行動指針。



附圖 1-1 攝於會議室內的企業理念



附圖 1-2 第四梯次監造人員於大門前留影

企業理念：

提高產業格局，並提供充實與有益於社會的製品，讓生活環境更加豐富為目標。

經營方針：

- (一)自己革新
- (二)不辜負信賴，創造價值
- (三)客戶與員工等從業人員的幸福

行動指針：

- (一)以不同的角度思考
- (二)不侷限於固有的觀念
- (三)積極果敢的迎接挑戰

附錄二、東芝公司使用在新幹線的 C/I 系統與交、直流機關車及新一代永磁式同步馬達(PMSM)：

(一)



附圖 2-1 電車用主動力系統與輔助電力系統相關設備

1.空調系統：

- (1)乘車舒適性，最佳空調控制，除溼與新鮮空氣導入。
- (2)維護環境，替代冷媒與低噪音。
- (3)輕量薄型與省能源。

2.輔助電源供電系統：

- (1)高性能與效率。
- (2)小型、輕量與低噪音。
- (3)容易維護與省能源。

3.交流電車用驅動系統：

- (1)高性能與最佳附著控制。
- (2)維護較易、與節省能源。
- (3)輕量、小型與低噪音。

4. 交流、直流與交直流兩用機關車(Electric-Locomotive；EL)：

Toshiba 有很長製作歷史的柴電機車(DEL)外，目前有不少業界採用交流、直流機車(EL)，如附圖 2-2 所示，為 EH-500 型交直流兩用機車，8 軸型，也是該公司新技術所開發。



EH500形式交直流電氣機關車（日本貨物鉄道株式会社殿）

附圖 2-2 EH-500 型交、直流兩用機車

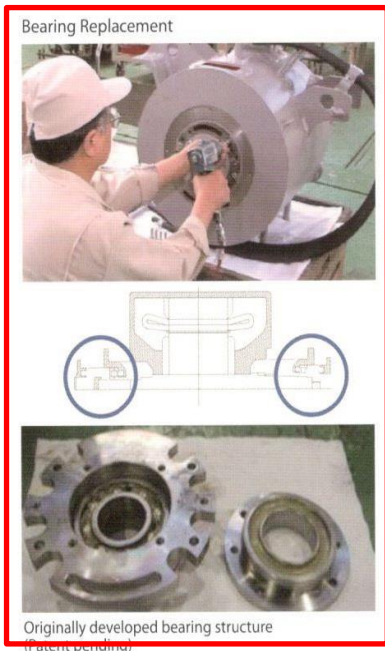
並有以下特點：

- (1)馬力大、高效率。
- (2)高黏著性能與易維護保養。
- (3)高運用性，與低噪音。
- (4)低燃料消耗、省能源。

(二)永磁式同步馬達(Permanent Magnet Synchronous Motor ; PMSM)



附圖 2-3 TOSHIBA 公司 PMSM 介紹

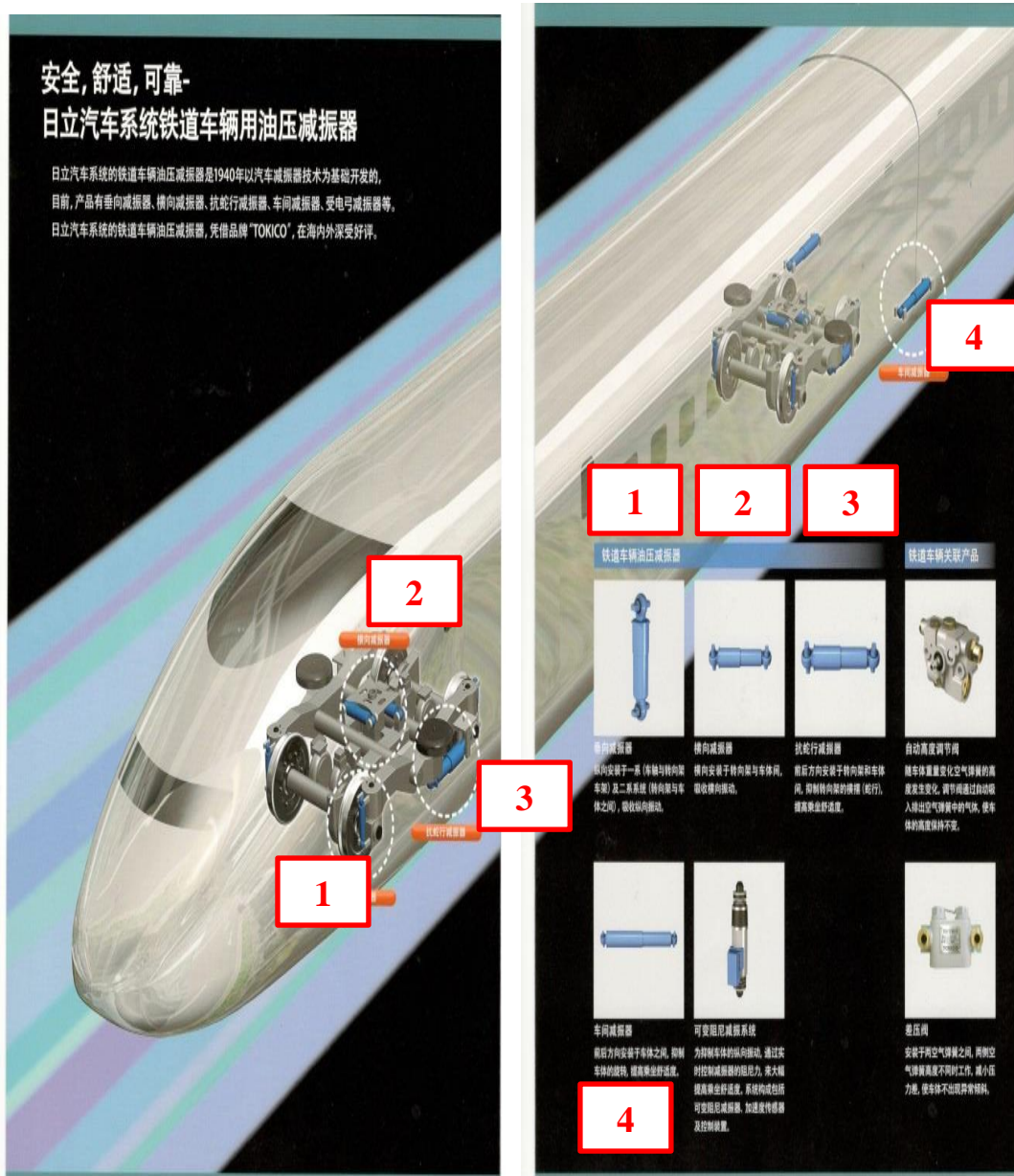


附圖 2-3 PMSM 內部組件與結構

1. PMSM 馬達不需過多的分解即可快速更換軸承與相關組件，只須拆換前後兩端軸承。
2. 內部組件為密封式結構，與一般感應馬達(IM)比較，內部仍可維持乾淨，減少保養次數。

附錄三、日立公司各式油壓減振裝置(oil damper ; O.D.) :

(一)



附圖 3-1 各式油壓減振裝置與安裝位置

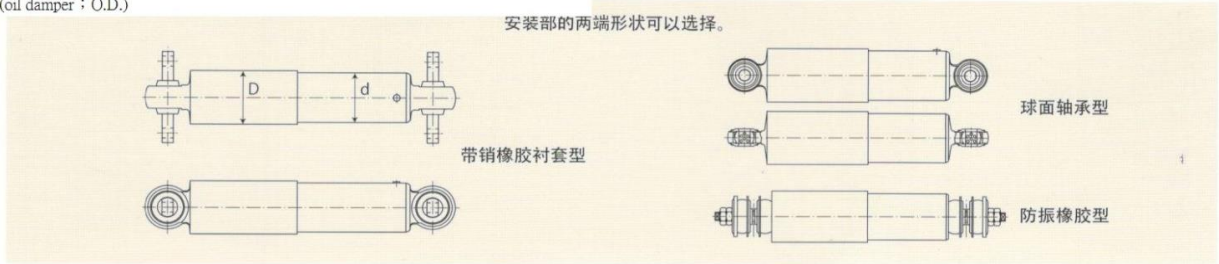
1. 直立減振器 O.D. : 縱向安裝在車軸與轉向架間或轉向架與車體間, 吸收縱向振動。
2. 橫向 O.D. : 橫向安裝在轉向架和車體間, 吸收橫向振動。

3.抗蛇行 O.D.：前後方向安裝在轉向架和車體間，抑制轉向架橫擺蛇行動，可提高乘車舒適度。

4.車間 O.D.：前後安裝在車體間，抑制車體旋轉，亦可提高乘車舒適度。

(二)

(oil damper : O.D.)



垂向减振器

No	外筒外径 [mm]	外管外径 [mm]	最大阻尼力 [kN]
	d	D	
1	76	83	5
2	90	98	10
3	102	110	20

横向减振器

No	外筒外径 [mm]	外管外径 [mm]	最大阻尼力 [kN]
	d	D	
1	90	98	12
2	102	115	15

抗蛇行减振器

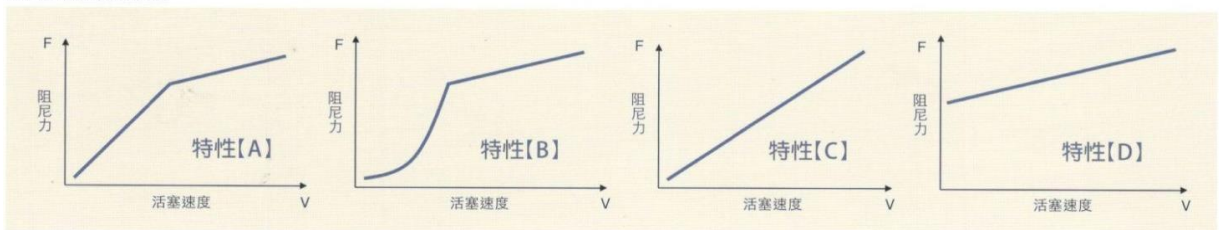
No	外筒外径 [mm]	外管外径 [mm]	最大阻尼力 [kN]
	d	D	
1	90	106	12
2	102	115	15
3	112	127	18
4	127	144	20

车间减振器

No	外筒外径 [mm]	外管外径 [mm]	最大阻尼力 [kN]
	d	D	
1	148	164	22
2	156	174	22

*如需具体数据, 请联系我们。
*如有其他尺寸要求, 请联系我们。

阻尼力特性的代表例



X 軸為活塞推進速度，Y 軸為阻尼力(或衰減力)

日立汽车系统株式会社

营业统括本部 产业机器部
邮编 100-0004 东京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号
电话: +81 03-4232-5440

<http://www.hitachi-automotive.co.jp/>

附圖 3-2 各式油壓減振裝置與阻尼特性

附錄四、Nabtesco 軋機控制設備：

Motion Control Report

在高速行驶中控制转弯和刹车的重要技术

随着铁路、地铁、有轨电车等轨道交通系统的快速发展，城市轨道交通系统正从传统的单一交通工具，向着更加安全、可靠、环保、节能的方向发展。在高速行驶中控制转弯和刹车的重要技术，对于保障城市轨道交通系统的运营安全至关重要。Nabtesco 作为一家全球领先的轨道交通设备制造商，一直致力于为城市轨道交通系统提供高品质的产品和服务。

在高速行驶中控制转弯和刹车的重要技术，主要体现在以下几个方面：

- 转向控制技术**：通过精确控制转向架的转向角度，确保列车在高速行驶时的稳定性和舒适性。
- 制动控制技术**：采用先进的制动系统，实现精准、安全的制动控制，缩短制动距离，提高运营效率。
- 悬挂系统**：优化悬挂系统的性能，减少列车在高速行驶时的振动和噪音，提升乘客的乘坐体验。

Nabtesco 的产品广泛应用于全球各地的城市轨道交通系统，包括中国、日本、欧洲、北美等地。我们的产品以其卓越的性能、可靠的品质和完善的售后服务赢得了客户的广泛认可和好评。

未来，我们将继续加大研发投入，不断创新，为城市轨道交通系统提供更加先进、更加智能的解决方案，助力城市轨道交通事业的蓬勃发展。

Market Share

全球市场占有率：约 15%

中国市场占有率：约 20%

日本市场占有率：约 10%

欧洲市场占有率：约 5%

北美市场占有率：约 3%

其他地区市场占有率：约 1%

Products

- 转向架**：提供高精度、高可靠性的转向架产品，适用于各种城市轨道交通系统。
- 制动系统**：采用先进的制动技术，实现精准、安全的制动控制。
- 悬挂系统**：优化悬挂系统的性能，减少列车在高速行驶时的振动和噪音。

联系方式：Nabtesco (China) Co., Ltd. | 401-5215-1184 | E-mail: info@nabtesco.com

技术 以独到的技术印证高速化发展的历史

高速化的技术

伴随不断追求高速化的新干线开发，我们也在日益成长。更快、更舒适——用我们的技术承载未来的梦想。

年份	车型	最高速度 (km/h)	主要技术特点
1964	0系	210	首款新干线车型
1984	100系	270	首次实现270km/h
1994	E1系	240	首次实现240km/h
2004	700系	285	首次实现285km/h
2011	300系	300	首次实现300km/h
2019	500系	320	首次实现320km/h

小型化的技术

近年来轨道交通发展不仅追求高速化，更开始着眼于宽大的客室、及对环境的保护。我公司为对应这种需求，开始致力于小型、轻量化技术的研究。例如右图所示的TBU（转向架）就是一种代表产品。它原有的汽缸、杆及杆座、制动闸瓦分别安装在转向架的构造，改造为一体化的小型构造。因TBU是安装在转向架的轻量化部件，这种改进为车辆整体的小型、轻量化带来明显的效果。我们已经将小型化技术用于世界最小级电动机门装置及电动空气压缩机装置。

Nabtesco Technical Products Company 07

附圖 4-1 用於台鐵局與各國軌道車輛使用的軋機控制元件

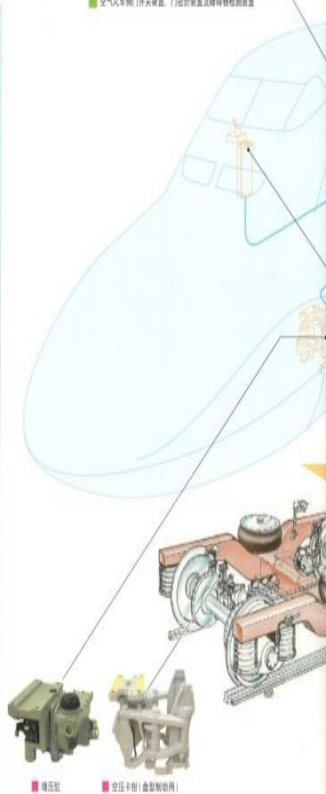
产品介绍

助力世界铁道界的纳博斯克的产品

从制动系统、车门系统到维护装置，以系统控制技术为铁道的安全、可靠、环保和舒适提供全面支持。

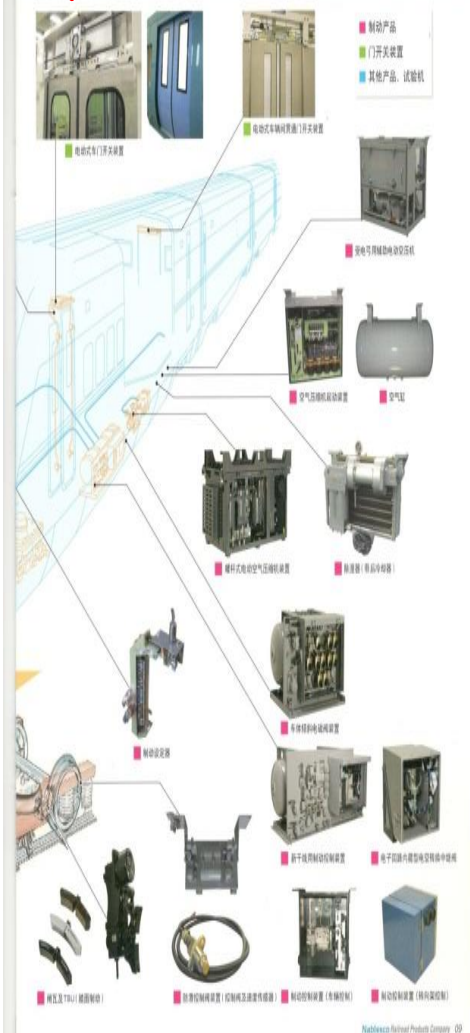


空气式车辆门开关装置、门控制装置及障碍物检测装置



上下門機控制裝置

走道門機控制裝置



© Nabtesco Railroad Products Company

Nabtesco Railroad Products Company ©

附圖 4-2 用於台鐵路與各國軌道車輛使用的軀機控制元件與門機控制設備