

出國報告書（出國類別：其他）

傾斜式電聯車 136 輛購案 赴日本專業訓練

服務機關：交通部臺灣鐵路管理局

姓名職稱：廖海圖 工務員

劉崑炫 工務員

顏圳平 工務員

翁子謙 工務員

孫春元 助理工務員

杜冠衡 助理工務員

蔡佳洲 技術助理

派赴國家：日本

出國期間：103 年 3 月 31 日至 4 月 17 日

報告日期：103 年 7 月 1 日

公務出國報告摘要

報告名稱	傾斜式電聯車 136 輛購案專業訓練
主辦機關	交通部臺灣鐵路管理局
聯絡人/電話	蔡佳洲 02-23815226#3601
出國人員	<p>廖海圖 交通部臺灣鐵路管理局臺北機廠工務員</p> <p>劉崑炫 交通部臺灣鐵路管理局臺北機廠工務員</p> <p>顏圳平 交通部臺灣鐵路管理局臺東機務分段工務員</p> <p>翁子謙 交通部臺灣鐵路管理局花蓮機務段工務員</p> <p>孫春元 交通部臺灣鐵路管理局臺北機務段助理工務員</p> <p>杜冠衡 交通部臺灣鐵路管理局臺北機務段助理工務員</p> <p>蔡佳洲 交通部臺灣鐵路管理局機務處車輛科技術助理</p>
出國類別	其他
出國地區	日本
出國期間	民國 103 年 3 月 31 日至民國 103 年 4 月 17 日
報告日期	民國 103 年 7 月 1 日
分類號/目	H4/鐵路/
摘要	<p>臺鐵路整體購置及汰換車輛計畫（2001-2014年）中購置傾斜式電聯車136輛，由日本住友商事株式會社得標，交由日本車輛製造株式會社製造。本次傾斜式電聯車136輛案車輛製造廠商為日本車輛公司，本家中規定有專業訓練班之訓練，對象為本局機務處及廠段對電聯車動力系統之檢修種子師資人員，訓練地點：包含日本及臺灣兩地。目前辦理日本製造廠之專業訓練計有103年4月及5月各1梯次共計14員，後續仍有在臺灣本地專業訓練之時數（人員預定再增加數員）。</p> <p>依該購車合約辦理專業訓練，其技術規範之附錄-D訓練規定，立約商提供免費的運轉、維修技術之轉移訓練，以利臺鐵路執行電聯車之試運轉及保養維修等工作，立約商至少應辦理「專業訓練班」及提供如下訓練。</p> <p>專業訓練班：</p> <p>一、訓練對象：臺鐵路機務處及廠、段對電聯車動力系統之檢修種子師資人員。</p> <p>二、訓練地點：車輛組裝廠或主要機電系統供應廠。</p> <p>訓練梯次：2梯次，共14員，每一梯次至少4週計120小時。</p> <p>三、訓練內容：訓練內容至少包括以下各項：</p> <p>A. 牽引系統結構與功能。</p> <p>B. 牽引系統主要配件工作原理、工作特性。</p> <p>C. 牽引系統與其它系統間之界面與整合性設計。</p> <p>D. 車上主要動力高壓組件等維修。</p>

- E. 微處理機維修。
- F. 微處理電聯車上設備實體、輸出下載。
- G. 微處理電聯車上設備檢查與測試。
- H. 輔助供電設備檢查與測試。
- I. 軔機系統工作原理及維修。
- J. 維修需用之特殊工具、儀器之使用方法與步驟。
- K. 預防性維護、故障排除方法與步驟。
- L. 系統故障時可能喪失之功能與緊急處置的作業。
- M. 試驗臺（Test stand）與操作注意事項。

本局為培養專業電聯車動力系統之檢修種子師資人員，分批指派機務處及廠、段等人員前往日本車輛組裝廠、主要機電系統供應廠接受專業訓練。本批 7 人係臺北機廠技術組廖海圖工務員、臺北機廠劉崑炫工務員、臺東機務分段顏圳平工務員、花蓮機務段翁子謙工務員、臺北機務段孫春元助理工務員、臺北機務段杜冠衡助理工務員、機務處車輛科蔡佳洲技術助理，自 103 年 3 月 31 日起至 103 年 4 月 17 日止，赴日接受軔機系統、車輛製造、牽引系統等為期 18 天國外訓練。本次訓練期滿返國後，擬將赴日受訓過程及授課內容與相關見聞等整理付梓，以供培育維修、保養人員教育訓練教材製作；針對本局機務所屬單位、廠、段等之現場保養整備工作，訂定工作規範、確立標準作業流程以利經驗傳承提升維修品質；另提供設備操作工作流程參考依據，以達預防保養之成效。此次教育訓練安排 TRA 車輛保養檢修人員至車輛重要元件設計製造廠及組裝廠等接受教育訓練，除專業技術學習並經由上課雙向溝通與提問，有助於本局維修保養人員對車輛在系統設計思維及概念有進一步的瞭解，掌握車輛特性及操作所衍生之維護保養議題與預防；另經由工廠參訪及組裝廠實地觀摩，加深對工廠流程（如產銷購料、生產製造、品管檢驗、教育訓練、出貨運送等）概念及將 ISO 品質概念融入在車輛保養檢修、教育訓練、問題點追蹤與分析、改善與回饋等各層面與細節。本次專業受訓時數雖僅 10 日共計 60 小時，實為後續本局運轉、維修技術轉移與傳承之重要基石。

目 次

壹、目的	3
一、出國依據.....	3
二、出國目的.....	3
貳、受訓過程	4
一、受訓日程.....	4
二、受訓日誌.....	8
參、專題報告	27
一、 牽引系統.....	27
二、 靜式變流器	39
三、 牽引馬達.....	45
四、 主變壓器.....	52
五、 傾斜系統.....	68
肆、心得及建議：	74
一、 火車軔機系統的演進	74
二、 各型電聯車牽引系統設計之差異	76
三、 靜態變流器	77
四、 變壓器	78
五、 建議	80
伍、附件	82
附件一、TEMU2000 型傾斜控制結構概述	82

附件二、TEMU1000 型傾斜控制結構概述	120
附件三、48 輛 TEMU1000 型集電弓	139
附件四、鐵路車輛用屋頂設備監試測定裝置	140
附件五、車輪磨耗管理支援系統	141

壹、目的

一、出國依據

臺鐵局整體購置及汰換車輛計畫〔2001-2014年〕中購置傾斜式電聯車 136 輛，由日本住友商事株式會社得標，並交由日本車輛製造株式會社製造。本局依據購車合約內專業訓練項目，其技術規範附錄 D 訓練規定，立約商提供免費的運轉、維修技術之轉移訓練，以利臺鐵局執行電聯車之試運轉及保養維修等工作。

二、出國目的

本次傾斜式電聯車 136 輛案車輛製造廠商為日本車輛公司，本案中規定有專業訓練班之訓練，對象為本局機務處及廠段對電聯車動力系統之檢修種子師資人員，計 2 梯次，共 14 員，訓練地點：包含日本及臺灣兩地。目前辦理日本製造廠之專業訓練計有 103 年 4 月及 5 月各 1 梯次共計 14 員，後續仍有在臺灣本地專業訓練之時數（人員預定再增加數員）。

為培養專業電聯車動力系統之檢修種子師資人員，分批指派機務處及廠、段等人員前往日本車輛組裝廠、主要機電系統供應廠接受專業訓練。本批 7 人係本〔103〕年度第 1 批次奉派至日本自 103 年 3 月 31 日起至 103 年 4 月 17 日止，地點為日本神戶〔Nabtesco ナブテスコ〕、名古屋〔日本車輛〕、東京〔東芝府中〕。訓練內容為軀機系統、車輛製造、牽引系統為期 18 天。本次訓練期滿返國後，擬將赴日受訓過程及授課內容與相關見聞等整理付梓，以供培育維修、保養人員教育訓練教材製作；針對本局機務所屬單位、廠、段等之現場保養整備工作，訂定工作規範、確立標準作業流程以利經驗傳承提升維修品質；另提供設備操作工作流程參考依據，以達預防保養之成效。另經由工廠參訪及組裝廠實地觀摩，加深對工廠流程（如產銷購料、生產製造、品管檢驗、教育訓練、出貨運送等）概念及將 ISO 品質概念融入在車輛保養檢修、教育訓練、問題點追蹤與分析、改善與回饋等各層面與細節。本次專業受訓時數雖僅 10 日共計 60 小時，實為後續本局運轉、維修技術轉移與傳承之重要基石。

貳、受訓過程

一、受訓日程

受訓日程內容

名 稱	傾斜式電聯車136輛購案專業訓練		
期 間	自103年3月31日至103年4月17日止		
年 月 日	星 期	辦 理 事 項	項
2014/03/31	星期一	去程（桃園機場-關西機場）	
2014/04/01	星期二	1. 赴 Nabtesco ナブテスコ 受訓。 2. 空氣軔機系統訓練課程。	
2014/04/02	星期三	1. 赴 Nabtesco ナブテスコ 受訓。 2. 門機系統訓練課程。	
2014/04/03	星期四	1. 赴 Nabtesco ナブテスコ 受訓。 2. 新產品介紹。 3. 工場參觀	
2014/04/04	星期五	移動日：	
2014/04/05	星期六	例假日：	
2014/04/06	星期日	例假日：	
2014/04/07	星期一	1. 日本車輛豐川製造所-受訓 2. 傾斜系統介面與整合性設計技術探討（一） 3. 雙向溝通&問題點提問。	
2014/04/08	星期二	1. 日本車輛豐川製造所-受訓 2. 傾斜系統介面與整合性設計技術探討（二） 3. 集電弓技術探討。 4. 課程教學評量測驗與問卷調查填寫及雙向溝通	
2014/04/09	星期三	1. 東芝 TOSHIBA/三重工場受訓 2. 主變壓器系統、構造與維修、保養與檢點工廠見習、放油注油方法、理解度確認作業	
2014/04/10	星期四	移動日	
2014/04/11	星期五	1. 東芝 TOSHIBA/府中事業所-受訓 2. 系統介面與整合性設計技術探討。 3. 工場參觀	
2014/04/12	星期六	例假日：	

名 稱	傾斜式電聯車136輛購案專業訓練	
期 間	自103年3月31日至103年4月17日止	
年 月 日	星 期	辦 理 事 項
2014/04/13	星期日	例假日：
2014/04/14	星期一	<ol style="list-style-type: none"> 1. 東芝 TOSHIBA/府中事業所-受訓 2. 感應馬達介紹 VVVF 變流器的感應馬達控制系統 PMW 整流器原則 IGBT（絕緣閘雙極電晶體） 驅動電路規範 主整流器整體結構 1. 電路及其操作/功能和操作細節 2. 故障紀錄/TUC 及 TCMS 之間的傳輸
2014/04/15	星期二	<ol style="list-style-type: none"> 1. 東芝 TOSHIBA/府中事業所-受訓 2. 牽引整流/變流器移動可攜帶式診斷工具規範 故障記錄數據案例探討 牽引馬達概述 保養標準與內容 中間潤滑 拆卸與重新組裝 3. 工場參觀
2014/04/16	星期三	<ol style="list-style-type: none"> 1. 東芝 TOSHIBA/府中事業所-受訓 2. SIV 移動可攜帶式診斷工具規範 SIV 移動可攜帶式診斷工具規範 ch 6 數據表) TEMU2000 牽引整流/變流器 TEMU2000 靜式 8 變流器 3. 工場參觀
2014/04/17	星期四	回程（成田機場-桃園機場）

註：本次傾斜式 136 輛購車案--- 專業受訓第 1 梯次行程移動日及假日行程分別搭乘如下車輛、路線
體驗日本現行營運鐵道及車輛特性

鐵道 體驗總表	JR	JR 在來線特急列車
		JR 新幹線
		JR 在來線普通列車
	其他	近畿日本鐵道
		神戸市營地下鐵
		路面電車

JR 在來線特急列車			
	車種	路線	備註
1	381 系電車 (特急 Yakumo 八雲號)	山陽本線/伯備線/山陰本線	JR 西日本-自然傾斜式 DC1500
2	383 系電車 (特急 Shinano しのの)	東海道本線/中央西線	JR 東海-附控制自然傾斜式 DC1500
3	E351 系電車 (特急 SUPER AZUSA (スーパーあずさ) -	中央東線	JR 東日本-附控制自然傾斜式 DC1500
4	651 系 (特急草津)	東北本線/高崎線/上越線	JR 東日本 AC20kV50Hz/DC1500 交直兩用
5	253 系 (成田特快)	山手線/總武本線/成田線/成田機場線	JR 東日本 DC1500

JR 新幹線			
	車種	路線	備註
1	E4 系 (MAX TANIGAWA)	上越新幹線/東北新幹線	JR 東日本 AC25kV/50Hz
2	N700 系 (HIKARI, SAKURA)	山陽新幹線	JR 東海/西日本 AC25kV/60Hz
3	700 系 (KODAMA)	東海道新幹線	JR 東海/西日本 AC25kV/60Hz

JR 在來線普通列車			
	車種	路線	備註
1	113 系更新車	吳線	JR 西日本 DC1500

2	E231 系	山手線	JR 東日本 DC1500
3	E231/E233 系	中央本線	JR 東日本 DC1500
4	205/E231 系	武蔵野線	JR 東日本 DC1500
5	115 系	上越線	JR 東日本 DC1500
6	E231 系	總武本線	JR 東日本 DC1500
7	313 系	東海道本線/關西本 線	JR 東海 DC1500

近畿日本鐵道			
	車種	路線	備註
1		名古屋線	1435mm DC1500

神戸市營地下鐵			
	車種	路線	備註
1	川崎重工 1000 形 - 2000 形 - 3000 形電車（鐵道）	山手線	1435mm DC1500

路面電車			
	車種	路線	備註
1		廣島電鐵	DC600

二、受訓日誌

三月三十一日〈星期一〉

由臺北搭乘中華航空公司波音747抵達日本大阪關西機場。



圖（1） 桃園機場第二航站



圖（2） 關西機場轉運站

四月一日（星期二）

08：15 搭乘神戶市營地下鐵西神山手線， Seishin-Yamate-sen 從三宮車站至西神中央站，再搭乘當地計程車赴Nabtesco ナブテスコ 受訓。

09：00 空氣軔機系統說明

10：30 氣軔裝置控制概述/

13：00 緊軔裝置/供氣系統

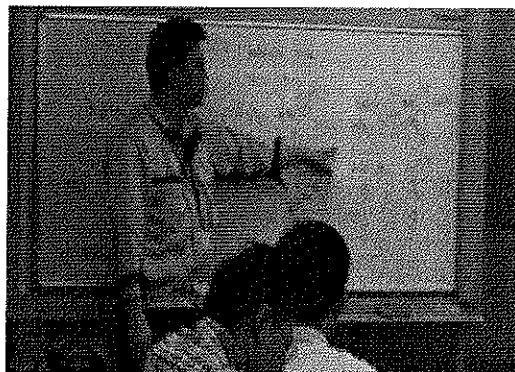
14：30 空壓機說明

17：40 搭乘 山手線，Seishin-Yamate-sen至三宮車站返回住宿飯店。

註：軔機系統講師：副課長 笠松正樹 先生



圖（1）三宮車站



圖（2）空氣軔機系統說明

四月二日〈星期三〉

08：15 搭乘神戶市營地下鐵西神 hands 線， Seishin-Yamate-sen 從三宮車站至西神中央站，再搭乘當地計程車赴Nabtesco ナブテスコ 受訓。

09：00 門機系統訓練說明

10：30 間隔門、通道門用自動門機概述說明

13：00 Nabtesco展示區實物講解門機裝置系統

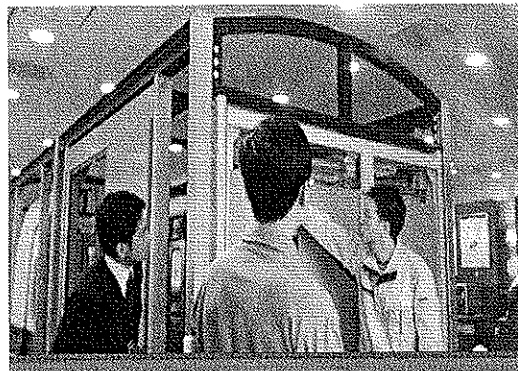
14：30 多功能廁所、育嬰室用自動門機說明

17：40 搭乘西神 hands 線， Seishin-Yamate-sen 搭乘車至西神中央站並搭乘西神 hands 線， Seishin-Yamate-sen至三宮車站返回住宿飯店。

20：00 辦理JR PASS開票作業及移動日車票訂票

註：1.門機系統 上下月台門 講師：井筒 先生

2.車廂通道門 講師：丁晨 先生



圖（1）門機介紹



圖（2）展示間新產品介紹

四月三日〈星期四〉

08：15 搭乘神戶市營地下鐵西神山手線， Seishin-Yamate-sen 從三の宮車站至西神中央站，再搭乘當地計程車赴Nabtesco ナブテスコ 受訓。

09：00 軋機系統閥類測試設備說明。

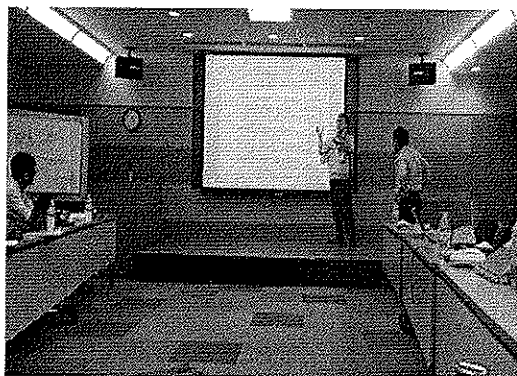
10：30 軋機控制單元既車輪空轉和滑走修正保護裝置（含電子電路基板模組）完整功能測試與故障元件偵測設備規格說明書概述

13：00 新產品介紹及工場參觀

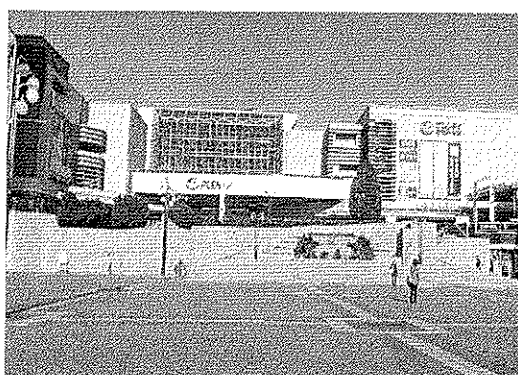
15：00 課程教學評量測驗與問卷調查填寫及雙向溝通

17：40 搭乘西神山手線， Seishin-Yamate-sen 搭乘車至西神中央站並搭乘西神山手線， Seishin-Yamate-sen至三宮車返回住宿飯店。

註：1.門機系統 測試台 講師：課長 林章夫 先生



圖（1）軋機系統閥類測試設備說明



圖（2）站前廣場

四月四日〈星期五〉

09：00 移動日（表訂計畫搭乘新幹線由新神戶SHIN-KOBE一名古屋NAGOYA）

日本鐵道體驗： JR -Sanyo Shinkansen 體驗Series 700



圖（1） JR -Sanyo Shinkansen 體驗Series 700

四月五日〈星期六〉

05：00 例假日：日本鐵道體驗

1. 體驗 Yakumo 381 系電車（八雲號列車 JR 西日本-自然傾斜式 DC1500）。
車站訊息顯示-因天候因素 am11：05 班次延誤，最後該班次（岡山-出雲）取消。改搭乘 Am12：20 班次，訊息顯示-因天候因素原終點站出雲停駛，列車只行駛至松江站（岡山-松江）。
2. 參訪松江城--搭乘 Yakumo 381 系電車返回岡山車站



圖（01） Yakumo 381系電車



圖（02） 岡山車站 資訊告示板
「因為強風Yakumo 381系電車遲延」

四月六日〈星期日〉

08:00 例假日：日本鐵道體驗

1. 廣島和平紀念公園參訪

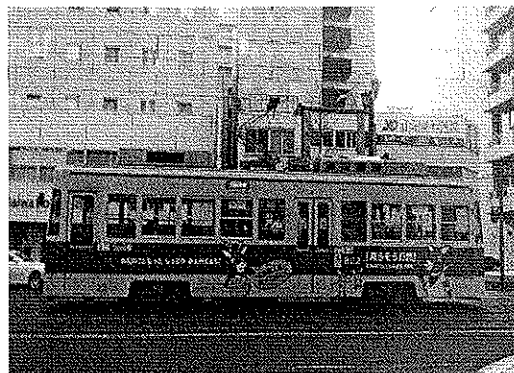
2. 廣島電鐵搭乘體驗

廣島車站~(比治山下)~廣島港→往江田島(渡輪)→海軍兵學校參訪→吳港(渡輪)
→大和博物館→廣島車站(鐵道 JR 吳線列車體驗)→廣島車站

3. JR -Sanyo Shinkansen 700 (廣島-豐橋) → 換乘(名鐵線)至 諏訪→飯店



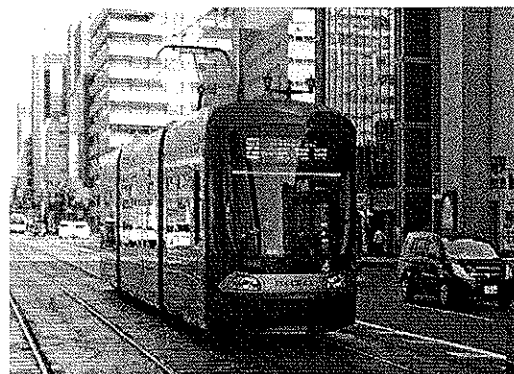
圖(01) 廣島 路面電車



圖(02) 廣島 路面電車



圖(03) 廣島 路面電車



圖(04) 廣島 路面電車



圖(05) 廣島 路面電車

四月七日〈星期一〉

08：30 日本車輛公司受訓

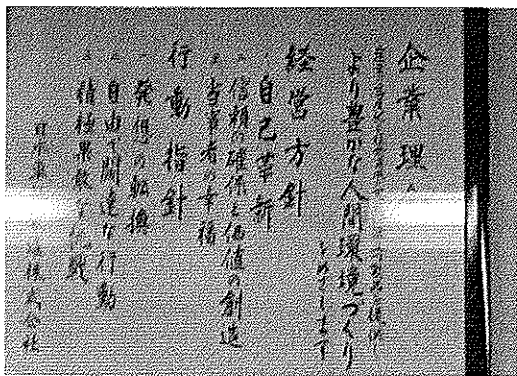
09：00 致詞介紹

10：00 傾斜系統介面與整合性設計技術探討（一）

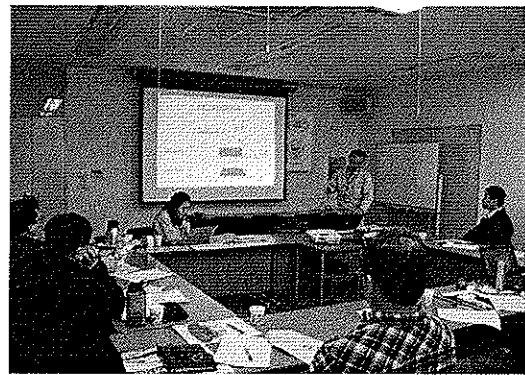
1. 雙向溝通&問題點提問

2. 日本車輛對於臺鐵受訓人員提出有關傾斜系統相關等問題回覆及討論，另對需查證項目予以確認擬於下次答覆

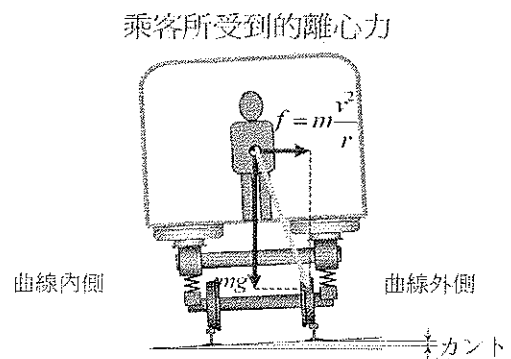
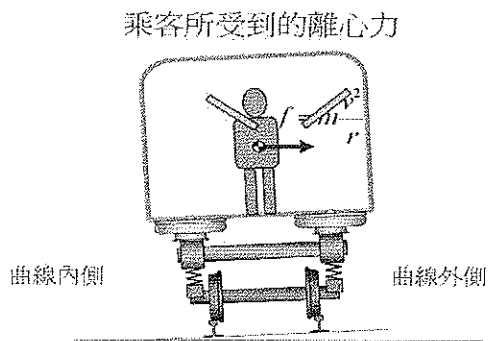
註：傾斜系統介面與整合性設計技術探討（一）單元- 講師：神川 先生



圖（1）日本車輛公司企業理念



圖（2）傾斜系統探討



四月八日〈星期二〉

08：30 前往日本車輛受訓

集電弓技術說明

13：00 傾斜系統介面與整合性設計技術探討（二）

15：00 傾斜系統探討---問題點回覆

16：00 集電弓技術探討---問題點回覆

17：00 課程教學評量測驗與問卷調查填寫及雙向溝通

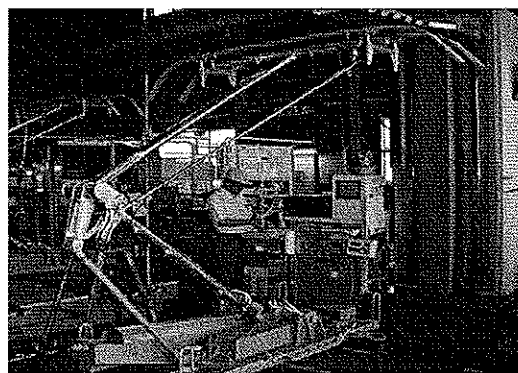
註：1.集電弓單元 1 講師：四釜 先生

2.傾斜系統介面與整合性設計技術探討（二）單元-講師：神川 先生

3.集電弓單元 2 -講師：東 先生



圖（1） 集電弓技術探討



圖（2） 集電弓總成

四月九日〈星期三〉

08：30 出發至 TOSHIBA 三重工場受訓

諏訪~豐川~豐橋~名古屋~伊勢朝日（TOSHIBA 三重）

11：30 主變壓器系統

13：00 主變壓器構造與維修

14：00 主變壓器保養與檢點

15：00 工廠見習

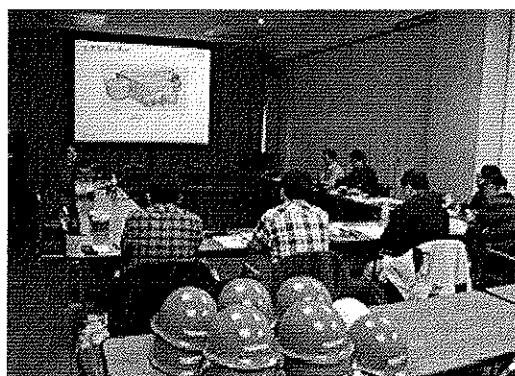
16：00 主變壓器放油、注油方法

16：30 理解度確認-課程教學評量測驗

註：講師：薦池 先生



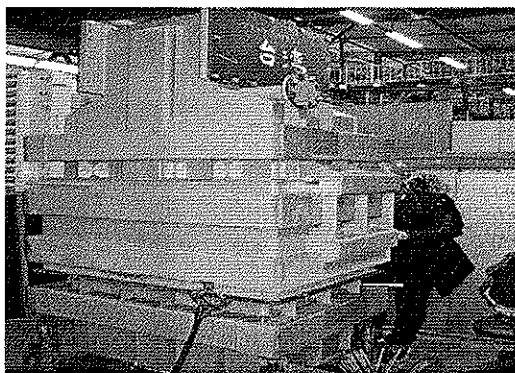
圖（1） 到達東芝三重工廠圖



圖（2） 主變壓器介紹



圖（3） 工廠見習-主變壓器



圖（4） 工廠見習-產線上待加工之部品

四月十日〈星期四〉

09：00 移動日

（表訂計畫搭乘新幹線由名古屋 NAGOYA-東京府中）。然為配合本次傾斜式 136 輛購車案受訓移動日及體驗日本現行營運之傾斜式車輛。變更列車搭乘計畫改由 JR 桑名車站乘電車至名古屋，換乘 shinano（383 系特急しなの）特急至塩尻站（長野），再轉乘 SUPER AZUSA 到立川站（東京），搭乘 JR 中央本線於西國分寺下車，換月台接武藏野線至東京北府中站步行至飯店。



圖（1） shinano（383 系特急しなの）



圖（2） SUPER AZUSA

四月十一日〈星期五〉

08：30 出發至TOSHIBA府中工場受訓

09：00 TCMS簡介

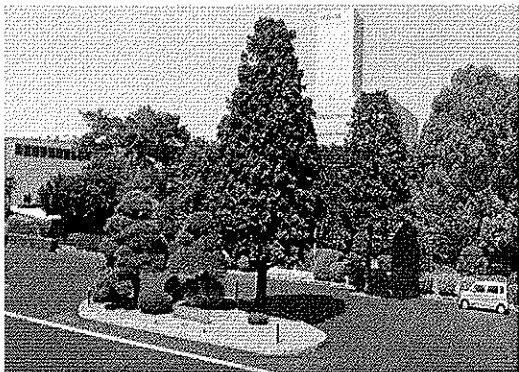
10：00 TCMS系統/單元硬體構成概述

13：00 TCMS故障偵測/紀錄規範 說明

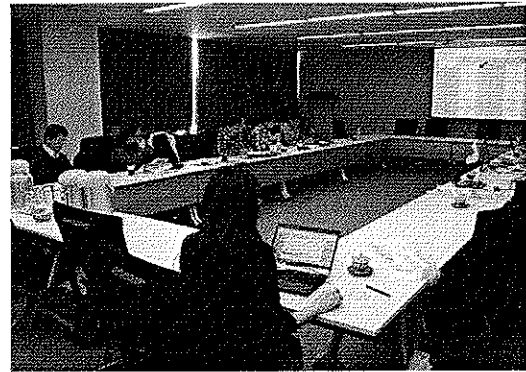
15：00 工廠見習

16：30 理解度確認-課程教學評量測驗

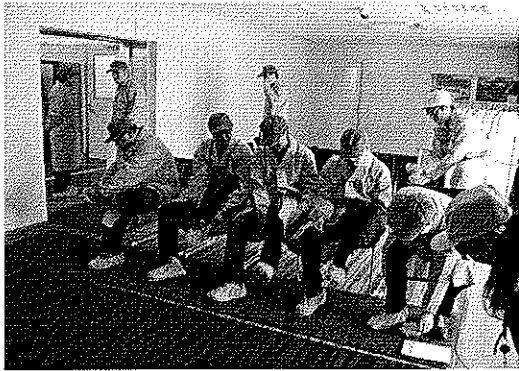
註：講師：向井 先生



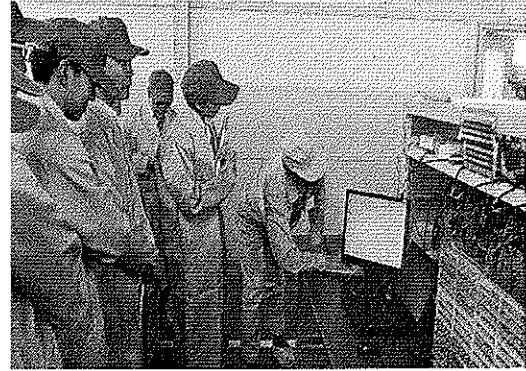
圖（1）東芝府中工廠



圖（2）TCMS簡介



圖（3）工廠見習（穿戴防靜電衣及鞋套）



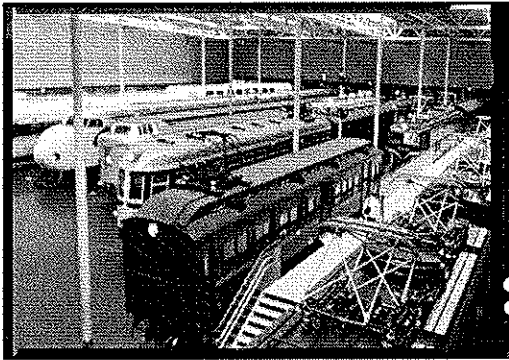
圖（4）工廠見習- TCMS操作說明

四月十二日〈星期六〉

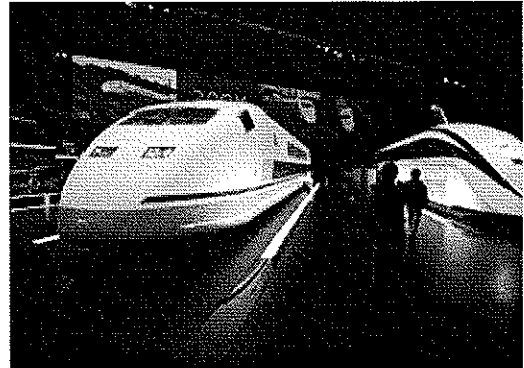
例假日-

參觀 名古屋的リニア鐵道館（磁浮列車鐵道館）

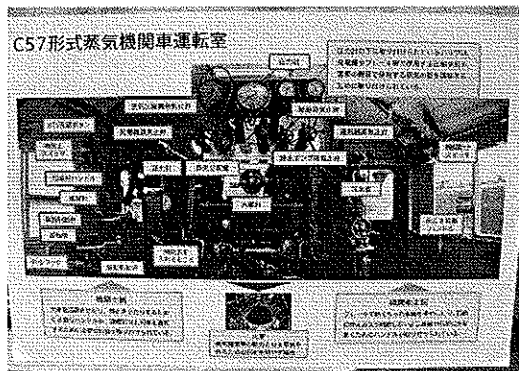
磁浮列車與鐵道館由東海旅客鐵道（JR東海）所設立的鐵道博物館，位於愛知縣名古屋市港區的金城埠頭，於2011年3月14日開館。收藏展示的車輛以JR東海及國鐵東海道地區所使用的為主。



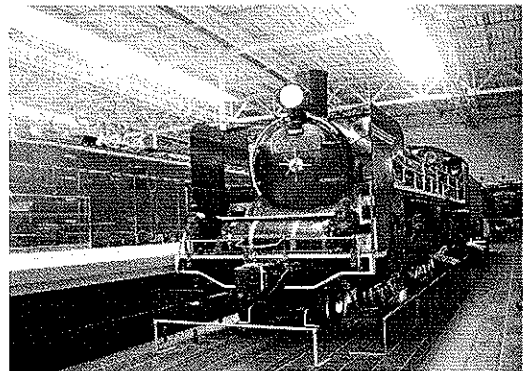
圖（1） 展示大廳



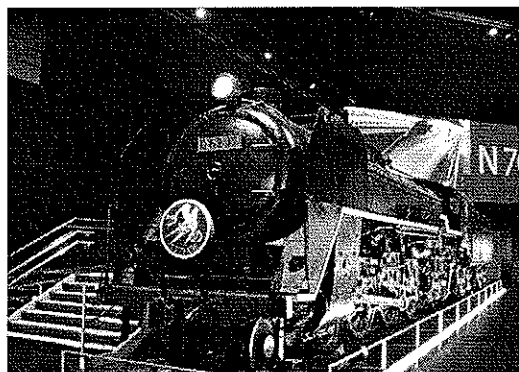
圖（2） 300X / ML X01-1展示



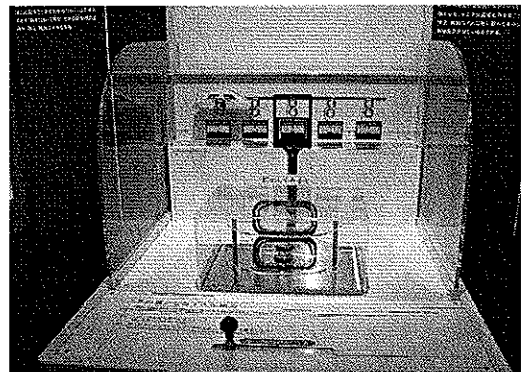
圖（3） C57 蒸汽機關車 運轉室示意圖



圖（4） C57 蒸汽機關車
與臺鐵CT270型蒸汽機車同型



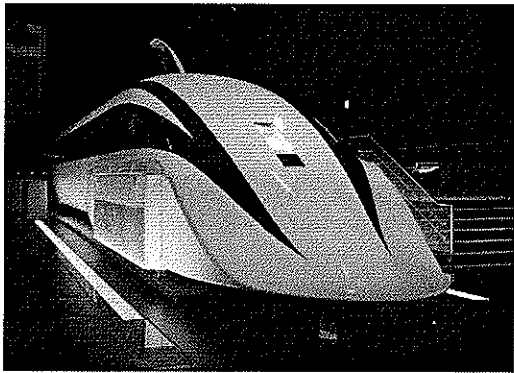
圖（4） C62 蒸汽機關車
（最高速度130Km/h）



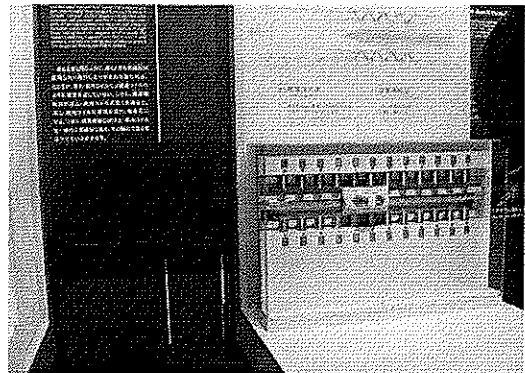
圖（6） 速度與線圈磁力模擬

註1：JR磁浮（JR-Maglev）簡介

JR磁浮（JR-Maglev）	
研發單位	東海旅客鐵道（JR東海）和鐵道綜合技術研究所（JR總研）主導研發。
研發時間	從1970年代開始研發，於日本山梨縣建造了五節車廂的實驗車和軌道。2003年12月2日，最高速達到581km/h。
實驗列車 JR-Maglev (MLX01-1)	MLX01重量約為30t，由三菱重工生產。車輛兩側配有由4個超導線圈組成的超導裝置。
由NbTi線材製成的超導裝置在液態氦和液態氮中冷卻至-269℃。	



圖（1） JR-Maglev（MLX01-1）



圖（2） 超電導磁石與推進線圈模擬

註2：名古屋のリニア鐵道館簡介

高速鐵道技術發展史を伝えるための施設を案内！ 最新鋭の技術や、在来線から新幹線への変遷の歴史を、また、建設中のリニア中央新幹線建設のしくみや最新鋭の技術をご紹介します。

The floor plan includes the following exhibits:

- 1F Exhibits:
 - 5 超電導リニア展示室
 - 6 在来線リニア展示室
 - 7 新幹線リニア展示室
 - 8 新幹線リニア展示室
 - 9 新幹線リニア展示室
 - 10 新幹線リニア展示室
 - 11 新幹線リニア展示室
 - 12 新幹線リニア展示室
 - 13 新幹線リニア展示室
 - 14 新幹線リニア展示室
 - 15 新幹線リニア展示室
 - 16 新幹線リニア展示室
 - 17 新幹線リニア展示室
 - 18 新幹線リニア展示室
 - 19 新幹線リニア展示室
 - 20 新幹線リニア展示室
 - 21 新幹線リニア展示室
 - 22 新幹線リニア展示室
 - 23 新幹線リニア展示室
 - 24 新幹線リニア展示室
 - 25 新幹線リニア展示室
 - 26 新幹線リニア展示室
 - 27 新幹線リニア展示室
 - 28 新幹線リニア展示室
 - 29 新幹線リニア展示室
 - 30 新幹線リニア展示室
 - 31 新幹線リニア展示室
 - 32 新幹線リニア展示室
 - 33 新幹線リニア展示室
 - 34 新幹線リニア展示室
 - 35 新幹線リニア展示室
 - 36 新幹線リニア展示室
 - 37 新幹線リニア展示室
 - 38 新幹線リニア展示室
 - 39 新幹線リニア展示室
 - 40 新幹線リニア展示室
 - 41 新幹線リニア展示室
 - 42 新幹線リニア展示室
 - 43 新幹線リニア展示室
 - 44 新幹線リニア展示室
 - 45 新幹線リニア展示室
 - 46 新幹線リニア展示室
 - 47 新幹線リニア展示室
 - 48 新幹線リニア展示室
 - 49 新幹線リニア展示室
 - 50 新幹線リニア展示室
 - 51 新幹線リニア展示室
 - 52 新幹線リニア展示室
 - 53 新幹線リニア展示室
 - 54 新幹線リニア展示室
 - 55 新幹線リニア展示室
 - 56 新幹線リニア展示室
 - 57 新幹線リニア展示室
 - 58 新幹線リニア展示室
 - 59 新幹線リニア展示室
 - 60 新幹線リニア展示室
- 2F Exhibits:
 - 1 新幹線リニア展示室
 - 2 新幹線リニア展示室
 - 3 新幹線リニア展示室
 - 4 新幹線リニア展示室
 - 5 新幹線リニア展示室
 - 6 新幹線リニア展示室
 - 7 新幹線リニア展示室
 - 8 新幹線リニア展示室
 - 9 新幹線リニア展示室
 - 10 新幹線リニア展示室
 - 11 新幹線リニア展示室
 - 12 新幹線リニア展示室
 - 13 新幹線リニア展示室
 - 14 新幹線リニア展示室
 - 15 新幹線リニア展示室
 - 16 新幹線リニア展示室
 - 17 新幹線リニア展示室
 - 18 新幹線リニア展示室
 - 19 新幹線リニア展示室
 - 20 新幹線リニア展示室
 - 21 新幹線リニア展示室
 - 22 新幹線リニア展示室
 - 23 新幹線リニア展示室
 - 24 新幹線リニア展示室
 - 25 新幹線リニア展示室
 - 26 新幹線リニア展示室
 - 27 新幹線リニア展示室
 - 28 新幹線リニア展示室
 - 29 新幹線リニア展示室
 - 30 新幹線リニア展示室
 - 31 新幹線リニア展示室
 - 32 新幹線リニア展示室
 - 33 新幹線リニア展示室
 - 34 新幹線リニア展示室
 - 35 新幹線リニア展示室
 - 36 新幹線リニア展示室
 - 37 新幹線リニア展示室
 - 38 新幹線リニア展示室
 - 39 新幹線リニア展示室
 - 40 新幹線リニア展示室
 - 41 新幹線リニア展示室
 - 42 新幹線リニア展示室
 - 43 新幹線リニア展示室
 - 44 新幹線リニア展示室
 - 45 新幹線リニア展示室
 - 46 新幹線リニア展示室
 - 47 新幹線リニア展示室
 - 48 新幹線リニア展示室
 - 49 新幹線リニア展示室
 - 50 新幹線リニア展示室
 - 51 新幹線リニア展示室
 - 52 新幹線リニア展示室
 - 53 新幹線リニア展示室
 - 54 新幹線リニア展示室
 - 55 新幹線リニア展示室
 - 56 新幹線リニア展示室
 - 57 新幹線リニア展示室
 - 58 新幹線リニア展示室
 - 59 新幹線リニア展示室
 - 60 新幹線リニア展示室

四月十三日〈星期日〉

例假日-

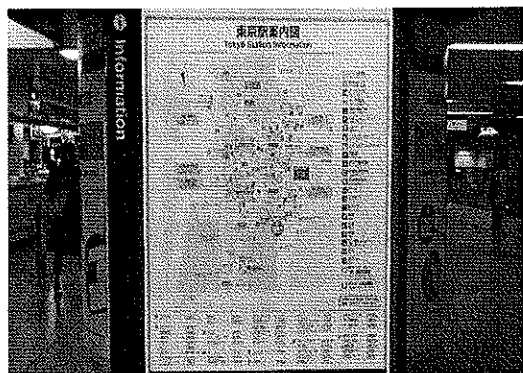
東京都鐵道體驗

武藏野線

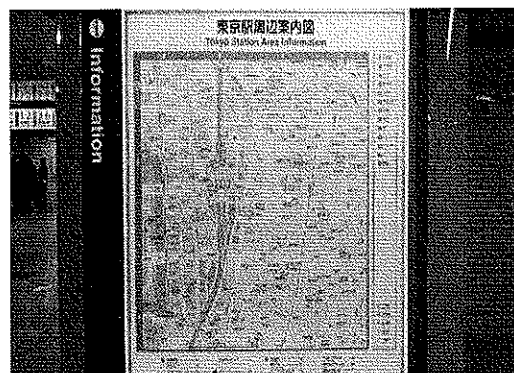
中央線快速

北府中

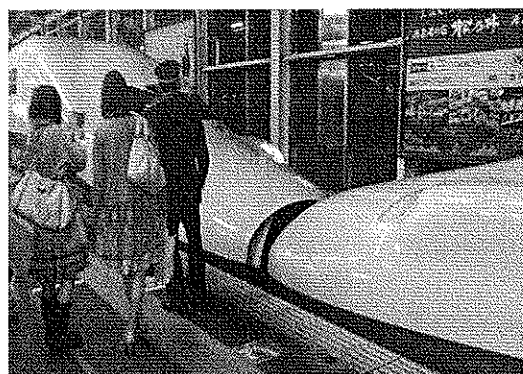
東京車站



圖（1）東京車站資訊導覽圖



圖（2）東京車站周邊資訊導覽圖



圖（3）E4系（MAX TANIGAWA）



圖（4）東京車站舊建築留影

四月十四日〈星期一〉

09：00 赴東芝府中工場受訓-東芝府中事業所介紹

09：30 感應馬達介紹

10：30 使用VVVF 變流器的感應馬達控制系統

13：00 PMW整流器原則/ IGBT（絕緣閘雙極電晶體）

14：00 驅動電路規範/主整流器整體結構

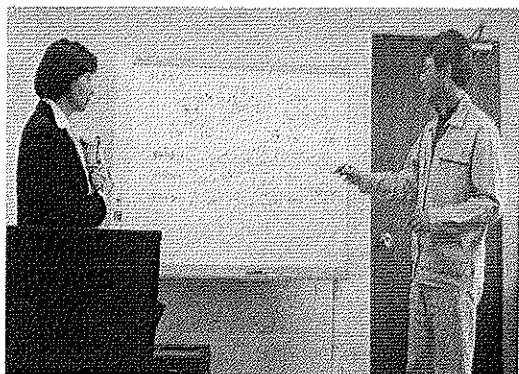
14：30 電路及其操作/功能和操作細節

15：30 故障紀錄/TUC及TCMS之間的傳輸

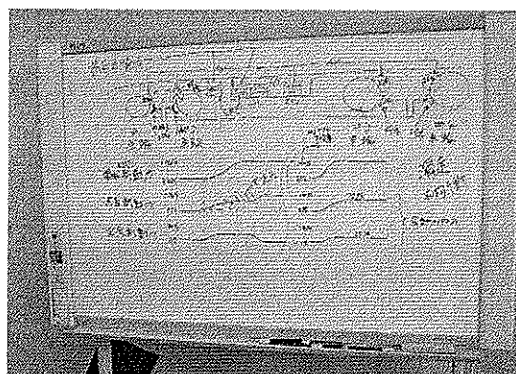
16：30 理解度確認-課程教學評量測驗

17：00 雙向溝通&問題點提問

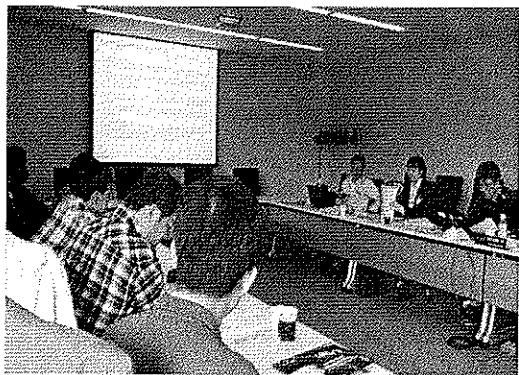
註： 講師：守屋 先生



圖（1）雙向溝通&問題點提問



圖（2）雙向溝通&問題點提問



圖（3）電路及其操作/功能說明



圖（4）變流器感應馬達控制系統介紹

四月十五日〈星期二〉

09：00 赴東芝府中工場受訓

09：10 牽引整流/變流器移動可攜帶式診斷工具規範

10：30 故障記錄數據案例探討

11：30 雙向溝通&問題點提問

13：00 牽引馬達概述/保養標準與內容/中間潤滑/拆卸與重新組裝/

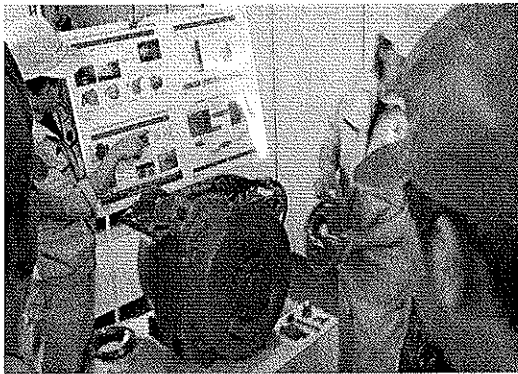
14：30 雙向溝通&問題點提問

15：00 工場參觀

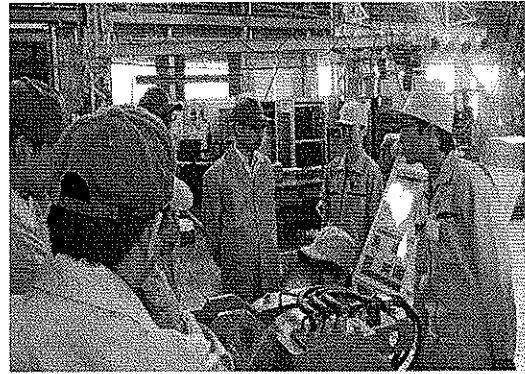
16：30 理解度確認-課程教學評量測驗

註： 講師：末永 先生

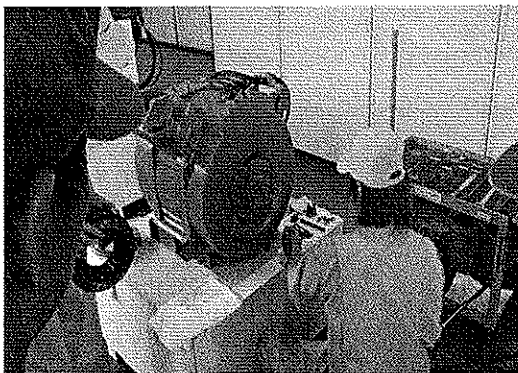
矢口 小姐



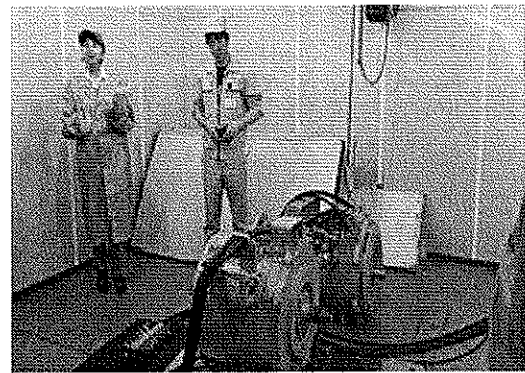
圖（1）牽引馬達拆卸與介紹



圖（2）牽引馬達拆卸與介紹



圖（3）牽引馬達拆卸示範



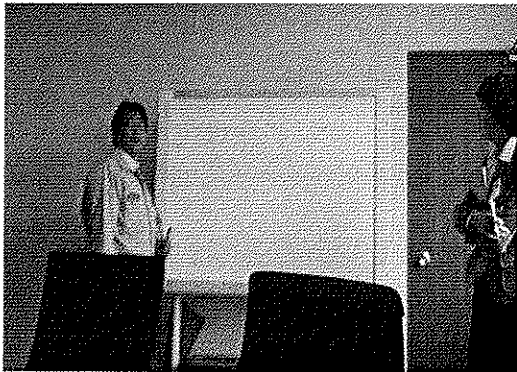
圖（4）牽引馬達噪音測試

四月十六日〈星期三〉

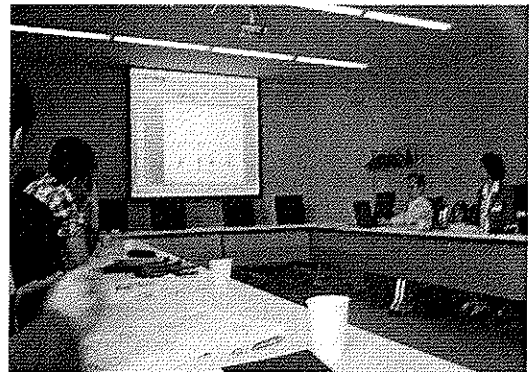
- 09：00 赴東芝府中工場受訓
- 09：10 SIV移動可攜帶式診斷工具規範
- 10：30 SIV移動可攜帶式診斷工具規範
- 11：30 雙向溝通&問題點提問
理解度確認-課程教學評量測驗
- 13：00 TEMU2000 牽引整流/變流器
- 14：30 TEMU2000 靜式變流器
理解度確認-課程教學評量測驗
- 15：00 工場參觀
- 16：30 理解度確認-課程教學評量測驗

註：講師 真木先生

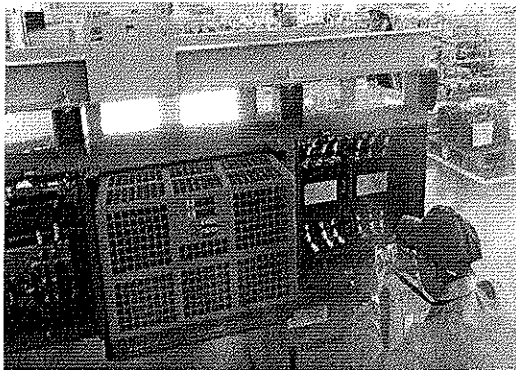
講師 磯崎先生



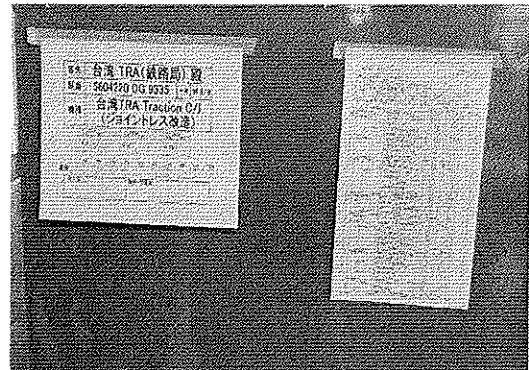
圖（1）SIV移動可攜帶式診斷工具規範介紹



圖（2）TEMU2000 靜式變流器介紹



圖（3）TEMU2000靜式變流器介紹



圖（4）TRA Traction C/I

四月十七日〈星期四〉

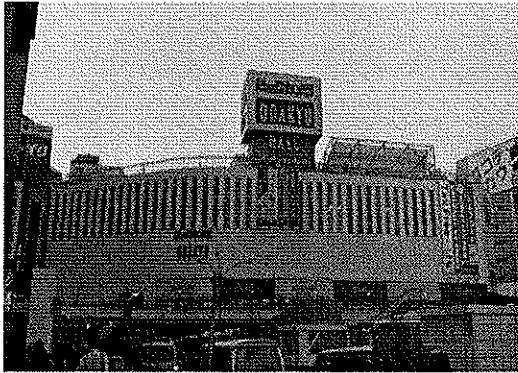
09：00 府中

10：00 新宿

10：30 山手線體驗

14：30 成田特快---成田機場

09：30 桃園機場



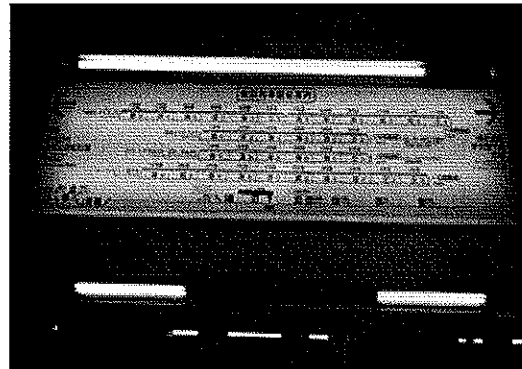
圖（1）新宿車站外商場大樓



圖（2）山手線 搭乘引導指示



圖（3）新宿搭乘成田特快



圖（4）特急列車編成介紹



圖（5）成田特快



圖（5）成田特快-內部訊息顯示
分別4種語言

參、專題報告

一、 牽引系統

(一) 台鐵局各型車種牽引系統概述

台鐵局電力動力車之動力來源，除柴電機車係由本身的引擎轉動主發電機供應600伏特電源給牽引馬達使用外，其他電力機車及電聯車組之動力來源皆係由台灣電力公司所供應之69KVac電源，經由本路各變電站轉換成單相、60Hz、25KVac交流電源，以供給各型電力車輛之使用。高壓電力進入車輛上主變壓器後，由二次側供應較低電壓至各整流裝置，經整流後再提供各交直流牽引馬達、交流發電機組（MA-set）、靜態變流器（SIV）、各鼓風機及充電系統等所需電源。有關各型機車及電聯車組牽引系統，茲概述如下：

1. 柴電機車

臺鐵局自 49 年購入四輛 R20 型柴油電氣機車加入縱貫線運轉，便開啓鐵路正式由蒸汽動力時代進入到柴電動力時代。柴電機車系以柴油機為動力，而用電氣方式傳動的機車，所謂電氣傳動，即先將柴油機產生的機械能先轉變為電能，然後再用馬達以驅動車輪之傳動方式。經由變速繼電器的作用，把原先為串聯的馬達變為串並聯，或是串並聯的馬達變為並聯，以減少電流增加電壓，達到變速的作用。

2. 電力機車

民國 66 年為了應付能源危機，符合環保意識之曰漸高漲及列車高速化所需，因此開始實施鐵路電氣化，期能配合政府能源多源化的政策。台鐵電氣化後所採購電力機車共計有 E100~400 型，此為直流馬達系統，推拉式電力機車（P-P 電力機車）則為交流馬達系統。GE 機車之控制係總控制器電門把手接受司機具要求而移至選定之位置後，送出所要求之動力訊號至激磁電子板，經與牽引馬達電樞電流訊號互相對照，指示閘極脈波發生器送出適當之閘極脈波到整控電橋，控制閘流晶體，另一方面，激磁電子盤視當時負荷，牽引力及速度狀況。指示變段繼電器作用，使各段開關（TS₁，TS₂，TS₃）作適當之作用，將變壓器二次繞組與整控電橋及整流電橋互相接通，並將起伏不平的脈動直流經平滑線圈平滑後送至牽引馬達。

推拉式電力機車（P-P 電力機車）85 年 5 月 1 日起陸續運抵本局，此型電力機車係採用 3 ϕ 交流馬達，每一馬達之功率為 550KW，而 3 相交流電源之供給係由變壓器將一次側轉換至二次側之單向交流後，經整流電橋成直流電壓，再經直流鏈結（DC-Link）濾成平穩之直流，再送至變流器（Inverter）後，即輸出 3 相交流電源，以供應交流馬達使用，另外推拉式電力機車採用靜態變流器（SIV）供應機車本身之鼓風機及空調機之 3 ϕ 440Vac 電源，有別於直流馬達系統一使用馬達發電機組（M-Aset）供電。

3. 直流電聯車組

直流電聯車計有 EMU100、EMU1200 (EMU200)、EMU300、EMU400 型。此類型車種其在車頂上有集電弓系統，車下有主變壓器、整流器及馬達發電機組 (MA-set) 以供 440Vac 電源用等設備，直流馬達裝在馬達車 (EM) 車軸上，車下吊有一主風泵供該組之壓力空氣源。

4. 交流電聯車組

臺鐵局長期以來，電車系統如 EMU100~400 型及電力機車 E100~400 型皆採用直流馬達，直到 84 年 6 月 EMU501 及 EMU502 進入臺灣後，才開始使用三相非同步鼠籠式感應馬達，因其性能及維修皆較直流馬達優異，故其後進來之 PP 機車亦使用三相非同步鼠籠式感應馬達，此後本局所採購之電車系統全面使用三相非同步鼠籠式感應馬達。

EMU600 型共有 14 組 56 輛，由韓國 KOROS 公司及日本東芝公司共同合作承造，90 年 10 月起陸續運抵本局，本型車編組上與 EMU500 型完全一樣，其編組車輛之排列方式為 EMC-EP-ET-EM。唯馬達車之牽引動力系統上之整流器，係採用可四象限控制之 IGBT 模組，因此可作再生電軔回饋動作，回饋至變電站，變流器部分也採用 IGBT 模組。(原 EMU500 型整流器部分因其採用閘流體控制，則無法作再生電軔回饋動作，變流器部分則採用 GTO 模組控制。)ET 拖車有 2 組靜態變流器 (SIV)，其整流器部分則採用閘流體控制，而變流器部分則採用 IGBT 模組控制，而其後來之 EMU700、EMU800、TEMU1000、TEMU2000 之變流器也皆使用 IGBT 模組控制，而且牽引動力系統之整流器與變流器的 IGBT 模組，電軔具有再生回饋的功能。

(二) TEMU2000 牽引動力系統

本次傾斜式電聯車 136 輛普悠瑪號列車，其牽引系統係採用日本東芝牽引控制系統，牽引整流/變流器控制裝置採用脈衝寬度調變 (PWM) 及可變電壓可變頻率 (VVVF) 的方式操作，而主要變換裝置採用絕緣閘雙極性電晶體 (IGBT)，茲就有關之說明分述如下：

1. 系統特徵

本牽引變流器由 2 相式整流器電路及 3 相式變流器電路共同所組成，具有能夠控制 4 台 190KW (1400 Vac, 109 A) 牽引馬達的功能。同時具有下述特徵

- (1) 主電路半導體元件採用 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)，具有低熱電阻、耐高壓、低感應等優點。
- (2) 採用 PWM 整流器，VVVF 變流器的電路方式，在牽引或再生時都能夠在整流器功率因數為 1 的效率下進行，降低電力消耗。
- (3) 整流器採用 3 階整流，從而降低流出到電車綫的諧波電流。同時，變流器採用 2 階整流，實現動力單元的小型輕量化。
- (4) 通過開關頻率的高頻率化，減低牽引馬達以及主變壓器等主電路設備之噪聲。
- (5) 主電路元件的冷卻方式採用通過熱管散熱器的自然空冷方式。

2. 系統說明

(1) 整流器動力單元

使用 1.7 kV 2400 A 的 IGBT 並聯的 3 階 PWM 整流器。

(2) 變流器動力單元

使用 3.3 kV 1200A 的 IGBT 並聯的 2 階 VVVF 變流器。

(3) 主要零件：

表 1.1 主要零件列表

不	數量	功能
整流器 單元	1	將交流電轉換成直流電供電
變流器 單元	1	驅動 4 組牽引馬達.
OVT 單元	1	當 DC 連結發生過電壓時，經由電阻器 (OVRe) 短路限制過電壓。
DCPT 單元	2	監視 DC 連結 (濾波電容器) 電壓.
ACPT 單元	1	監視受電弓懸垂線電壓和其相位。
TCU (牽引 控制 單元)	1	TCU 控制 PWM 整流器和 VVVF 變流器。此單元控制整流器輸出電壓與變流器輸出電壓、電流、頻率、系統保護電路之開/閉。
介面單元	1	此單元具有順序控制功能。
AC 輸入接觸器	2	開啓/關閉主變壓器二次側繞線、主整流器之間的 AC 電路或預充電電路
放電接觸器	1	控制電源切斷時，經由放電電阻，對濾波電容器電壓放電。
馬達接觸器	4	開啓/關閉 VVVF 變流器、個別馬達之間的 AC 電路
GCT 單元	1	此單元具有感應接地電流之設備。

(4) 動作說明

由電車線電壓至主變壓器供應電力，在轉換至牽引變流器以產生 3 相 VVVF 電壓，來提供牽引馬達動力及各組件之功能。

A. 一次側電路

圖 1.1 在說明主電路系統之構成概略

- (A) 單相交流 25kV 60Hz 由集電弓集電，通過 VCB 傳送給主變壓器。
 - (B) 接地開關“EAS”在 VCB 之輸入及輸出點把主電路接地。
 - (C) 真空電路斷路器“VCB”通過空氣操作之真空閥式電路斷路器，與動力電路做切換隔離工作並避免電弧造成電路設備傷害。
 - (D) 避雷器“SA”設置在 VCB 旁邊，保護設備免受雷電衝擊。
 - (E) 高壓電壓變壓器“HVT”檢出電車線電壓傳送給動車，用於驅動控制以及輔助電源控制。
 - (F) 1 次電流檢出器“CT1”1 次電流之檢出。
 - (G) 透過監測變壓器一次側電流直流分量的電流變壓器（DCCT）、浪湧電流限制電阻（PERE）（如果變壓器的浪湧電流被檢測出時）或接地返回電流接觸器（SK）的橋接觸點（在正常操作中，積聚旁路到電流限制電阻），變壓器一次側配線連接到接地返回線刷（GB1 -4）上。
 - (H) 電湧放電器（EAS）並聯連接至 PERe，保護此電阻防止危險的高電壓發生。安裝 EAS 和接地之間的電流互感器（ECT）偵測到 EAS 被開啓。主變壓器 2 次繞組接續牽引變流器。
 - (I) 接地刷“GB”使轉向架等固定部分與軸等轉動部分之間能夠進行必要的連接，作為電車線電流的回路使用。
 - (J) GB1、GB2、GB3 和 GB4 於固定零件（轉向架，盒）、旋轉零件（車軸，車輪）之間建立必要連接，做為返回電流路徑。在主電路中，變壓器的一次側電流通過 GB1~4 與車輪，被送入軌道（接地）。
 - (K) 主變壓器包含兩個二次側繞線組及兩個三次側繞線組。
 - (L) 牽引的二次側繞組與在馬達驅動車輛（EMA，EMB）的 PWM 整流器中的 IGBT 橋連接。二次側繞線組有三個保護裝置，例如，由 CT2（CT21，CT22）用 CT-BOX 的 NFB 產生的短路保護，主整流器上的 GCT 產生的接地保護，和通過主整流器上的 ACCT 產生的過載保護。
 - (M) 三次側繞線組與輔助電源的靜態變流器連接。防止這些連接不讓所需的電纜產生短路，由在 CT-BOX 的熔斷器（SIVF1，SIVF2）提供此保護。為了顯示保險絲被燒斷，SIVF1 和 SIVF2 包含有一個微型開關。
- B. 二次側電路
- (A) 裝置在馬達驅動車輛的每個轉向架的主整流器箱設置有一組獨立的 PWM 整流器-VVVF 變流器組。
 - (B) 裝配在馬達驅動的車輛上每一個轉向架的主整流器箱各有一組輔助接觸器（AK）和充電電阻（Cre）建立的預充電電路，由真空接觸器（K）和電流互感器（ACCT）建立的交流輸入電路，

- (C) 由 IGBT 橋單元 (COV) 建立的電壓源 PWM 整流器, 由整流器的濾波電容器、變流器的濾波電容器、放電接觸器 (DCHK)、放電電阻 (DCHRe)、過電壓抑制電阻 (OVRE)、過電壓抑制單元 (包括 OVT 和 OVCT) 和直流連結電壓傳感器單元 (DCPT) 建立的電壓源直流連結電路。
- (D) 由 IGBT 橋單元 (COV) 建立的電壓源 PWM 整流器, 由整流器的濾波電容器、變流器的濾波電容器、放電接觸器 (DCHK)、放電電阻 (DCHRe)、過電壓抑制電阻 (OVRE)、過電壓抑制單元 (包括 OVT 和 OVCT) 和直流連結電壓傳感器單元 (DCPT) 建立的電壓源直流連結電路。
- (E) 由 IGBT 三相橋式單元 (INV) 建立的電壓源變流器, 和由馬達切斷真空接觸器 (MCOK1、MCOK2、MCOK3、MCOK4) 和六個電流互感器 (CTU、CTU21、CTU22、CTU23、CTU24、CTW) 建立的交流輸出三相電路。
- (F) PWM 整流器採用 IGBT 橋式整流, 調節交流電源為直流電源, 輸送到直流連結電路。此時 PWM 整流器控制一次側電流, 使用 ACPT 信號, 使其與接觸網電壓在相同的相位。濾波電容器以穩定直流電壓 (1800VDC) 充電。

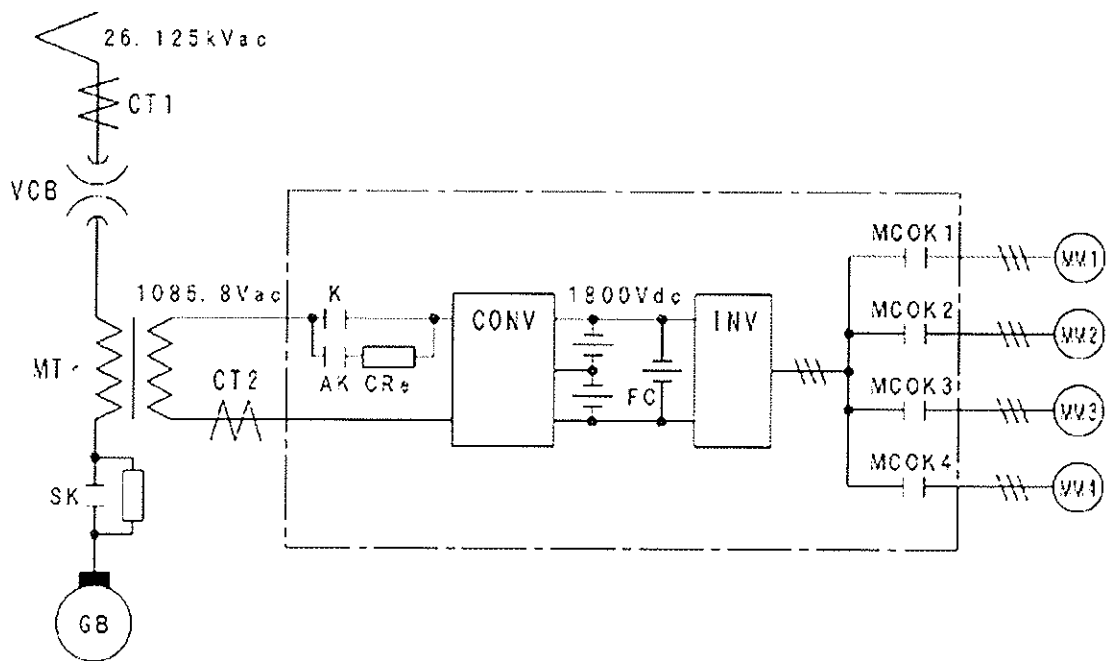


圖 1.1 主電路系統之構成概略

3. 牽引變流器的構成與功能

牽引變流器由從主變壓器二次側之單相交流電，經整流器得到直流電源後，再經變流器將直流電源轉換成3相交流。

整流器、變流器之間，設有一吸收電壓突波以得到一直流定電壓的濾波電容器（FC）。

圖 1.2 說明牽引變流器之構成。以整流器及變流器作為電力轉換用，具有自我消弧功能，通過 PWM 控制，對輸出電壓進行精確的控制，大幅降低牽引馬達以及主變壓器的電磁噪聲以及扭矩波動。

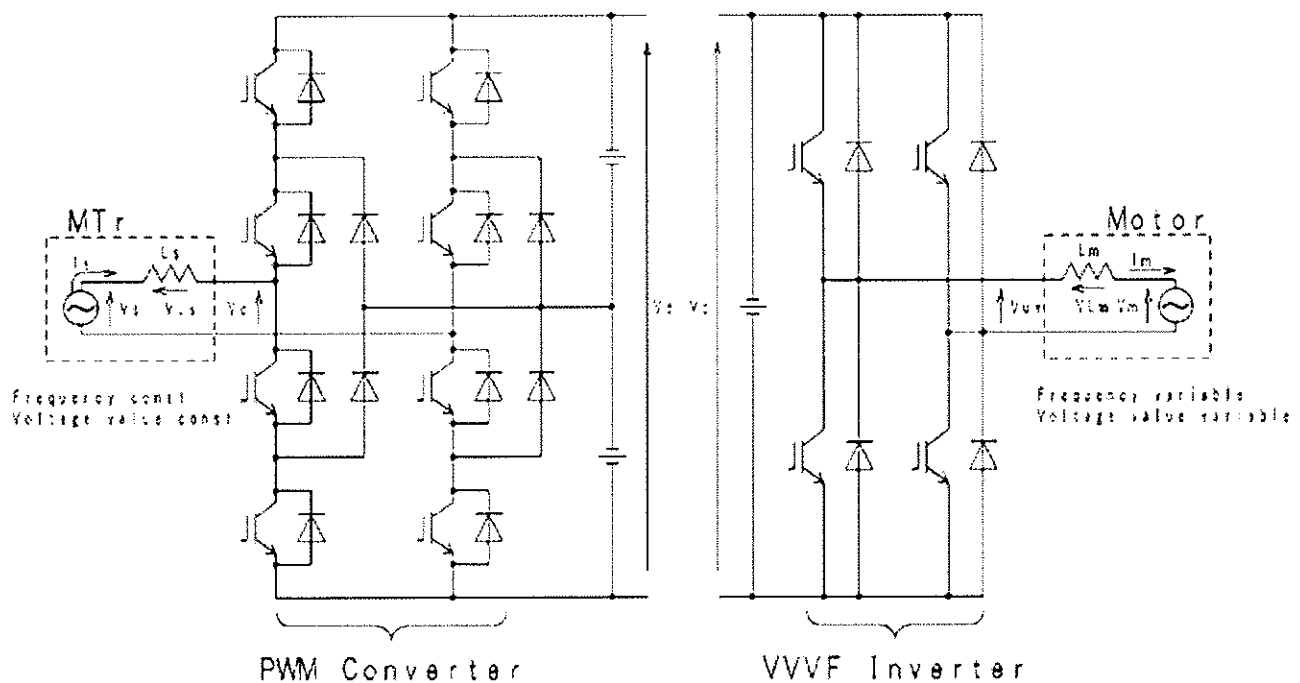


圖 1.2 牽引變流器之構成

A. PWM 整流器 (Converter) :

PWM 整流器之 Gate Signal 是由 Operation Command 經 FC Voltage Pattern Generation (Filter Capacitor 電壓 Pattern 產生器) 產生所需之模擬電壓信號 (Ecfp) 再與實際 FC Voltage (Ecf) 回授信號比較後經自動電壓調整器 (AVR) 再與 HPT-ACPT 取得之 FundamentalWave 同步, 之後再與主變壓器二次測 AC 電流回授比較, 經自動電流調整器 (ACR) 後調變為 PWM Gate Signal 以驅動 IGBT。

B. PWM 變流器 (Inverter) :

是採轉差頻率向量控制, Gate Signal 是由 Operation Command 要求之牽引扭力分為 I_d (勵磁電流) 及 I_q (扭矩電流), I_q 與三相輸出電流回授轉換成之 I_q 、 I_d 、轉差頻率 (f_s) 調變為 PWM Gate Signal 以驅動 IGBT。

C. PWM 變流器 (Inverter) 控制方式如下

- (A) 向量控制—可快速控制感應馬達輸出扭力
- (B) 轉差頻率控制—轉差頻率 F_s 與變流器輸出電壓的大小是隨扭力命令的改變而改變
- (C) 轉差頻率型向量控制—當轉差頻率 F_s 與變流器輸出電壓的大小改變時電壓相位也立即作改變, 與轉差頻率控制作比較其扭力回應顯的非常快速。

4. 整流器的構成與功能

整流器部分以主變壓器 2 次側輸出 AC940V 60Hz 作為輸入, 由 3 階 PWM 整流器、交流接觸器 K、AK 等構成採升壓方式輸出為 DC1800V。整流器電路採用 3300V 耐壓 IGBT 與 1700V 耐壓 IGBT 組合之電路構成。

在圖 1.4 中說明整流器電路構成 (分為 U、V 兩相, 此處僅以一相說明)。連同表在圖 2.6.2 說明動作。

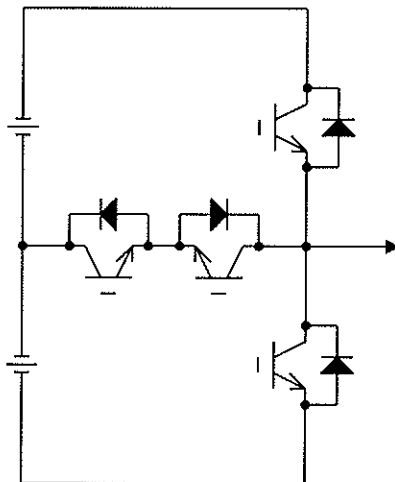


圖 1.4 整流器電路構成之比較 (說明 1 相的)

採用低損失之 3 階轉換器 (LOW LOSS 3-Level CONVERTER)，爲了減少 IGBT 的切換損失及在 AC 電流之諧波成份，現代化技術之低損失之 3 階轉換器 (Low Loss 3-Level Converter) 取代了傳統之 2 階轉換器 (2-Level converter) 系統間之比較

- (1) 表 1.2 爲功率半導體 IGBT 及二極體之切換損失比較表.
- (2) 低損失之 3 階轉換器與傳統之 2 階轉換器約可減少 40%之損失
- (3) 所以，低損失之 3 階轉換器較適合應用在多脈波模式之連續切換，如轉換器

表 1.2 爲切換損失比較表

項目	2-Level	3-Level	Low Loss 3-Level
轉換器系統 (單相)			
IGBT 損失 (與2階比較 之相對值)	100%	65%	60%

5. 傳統之 2 階轉換器與低損失之 3 階轉換器作用比較

圖 1.6.a 表示在每一電流點之電壓與電流之切換波形，2 階電路重複輸出 +E 電壓，和交互輸出 -E 電壓，且由控制時間比率來產生正弦波，當考慮到在輸出正半波作用時，負載電流在 +E 電壓輸出流向 IGBT1，此將被設定在自由飛輪模式，在 -E 電壓輸出時，因 IGBT4 不導通，因而流經 DF4.在此，如以 2 階電路與低損失之 3 階電路作比較，在 2 階電路時，負載電流將交互流經 IGBT1 和 DF 此兩元件，但在低損失之 3 階電路時，負載電流則流經 IGBT1、IGBT2 和 DF3 三元件，雖然無法簡單比較從 2 階電路與低損失之 3 階電路的每一元件導通時間不可變成相同，在此，如以 2 階電路與低損失之 3 階電路作比較，在 2 階電路時，負載電流將交互流經 IGBT1 和 DF 此兩元件，但在低損失之 3 階電路時，負載電流則流經 IGBT1、IGBT2 和 DF3 三元件，雖然無法簡單比較從 2 階電路與低損失之 3 階電路的每一元件導通時間不可變成相同，就每一元件順向電流所產生的損失而言，低損失 3 階電路傾向於會有較大的損失。

另一方面，IGBT 及二極體在切換操作時會產生切換損失，例如 IGBT 的導通與截止操作及二極體的恢復操作。這類切換損失會隨著供應在 IGBT 及二極體上直流電壓加大而使損失增加。如比較 2 階電路及低損失 3 階電路的切換損失，可看出 2 階電路的每一元件切換的電壓爲 2E，而低損失 3 階電路的每一元件切換的電壓僅爲 E。

根據上述，低損失 3 階電路可降低切換損失，由此可知，經常須多脈衝操作的轉換器比操作於極少脈衝如單一脈衝者，更適於使用低損失 3 階電路。

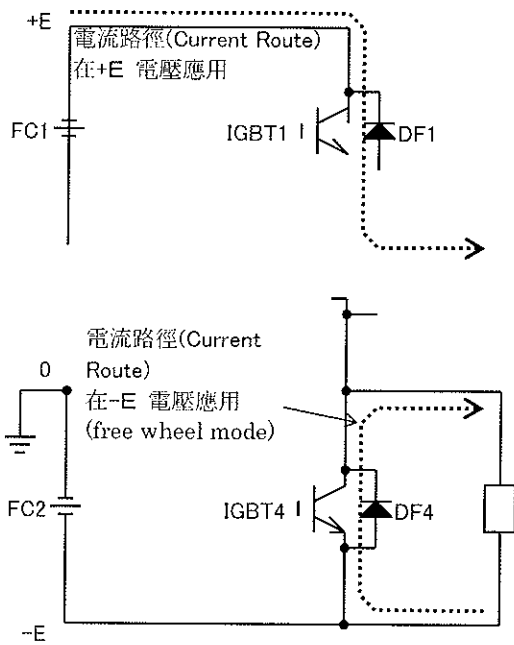


圖1.5-a 2階整流電路示意圖

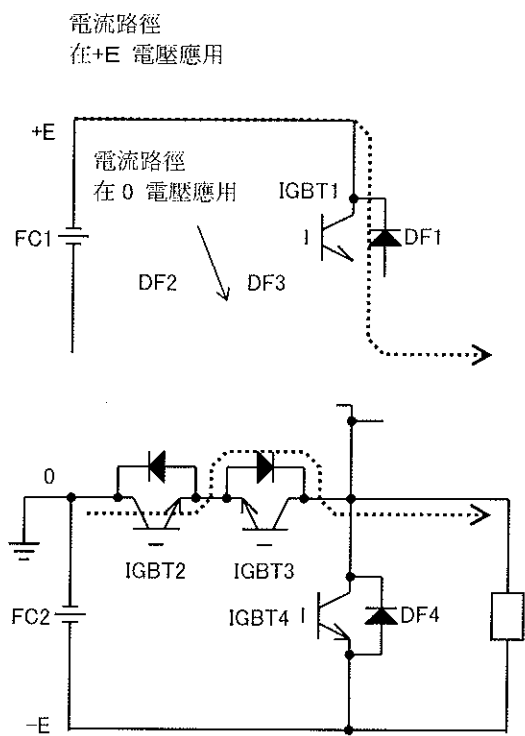
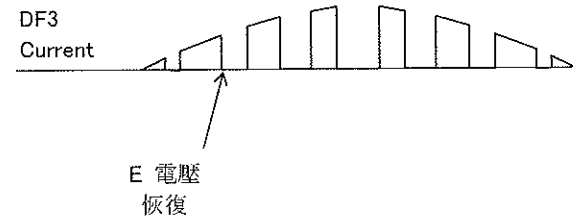
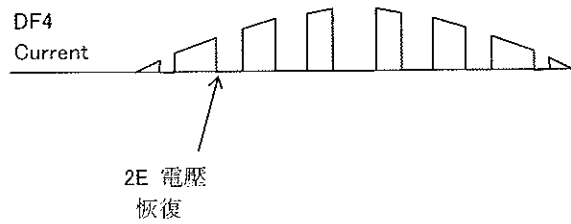
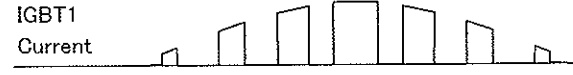
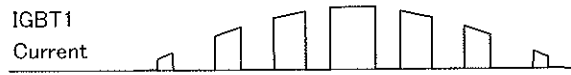
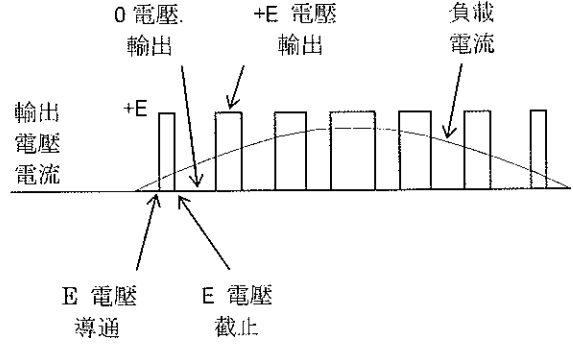
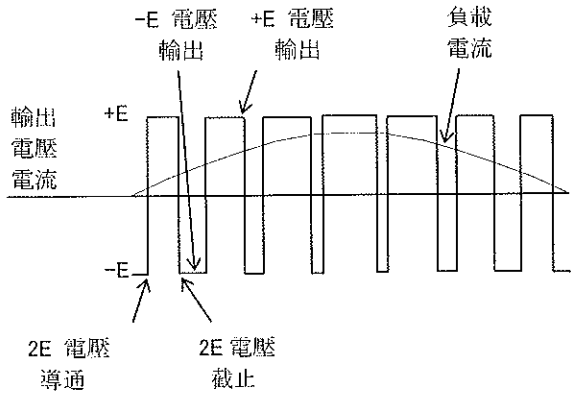


圖1.5-b 低損失3階整流電路示意圖



(a) 2 階電路

(b) 低損失之 3 階電路

圖1.6 2階電路與低損失3階電路之半波比較

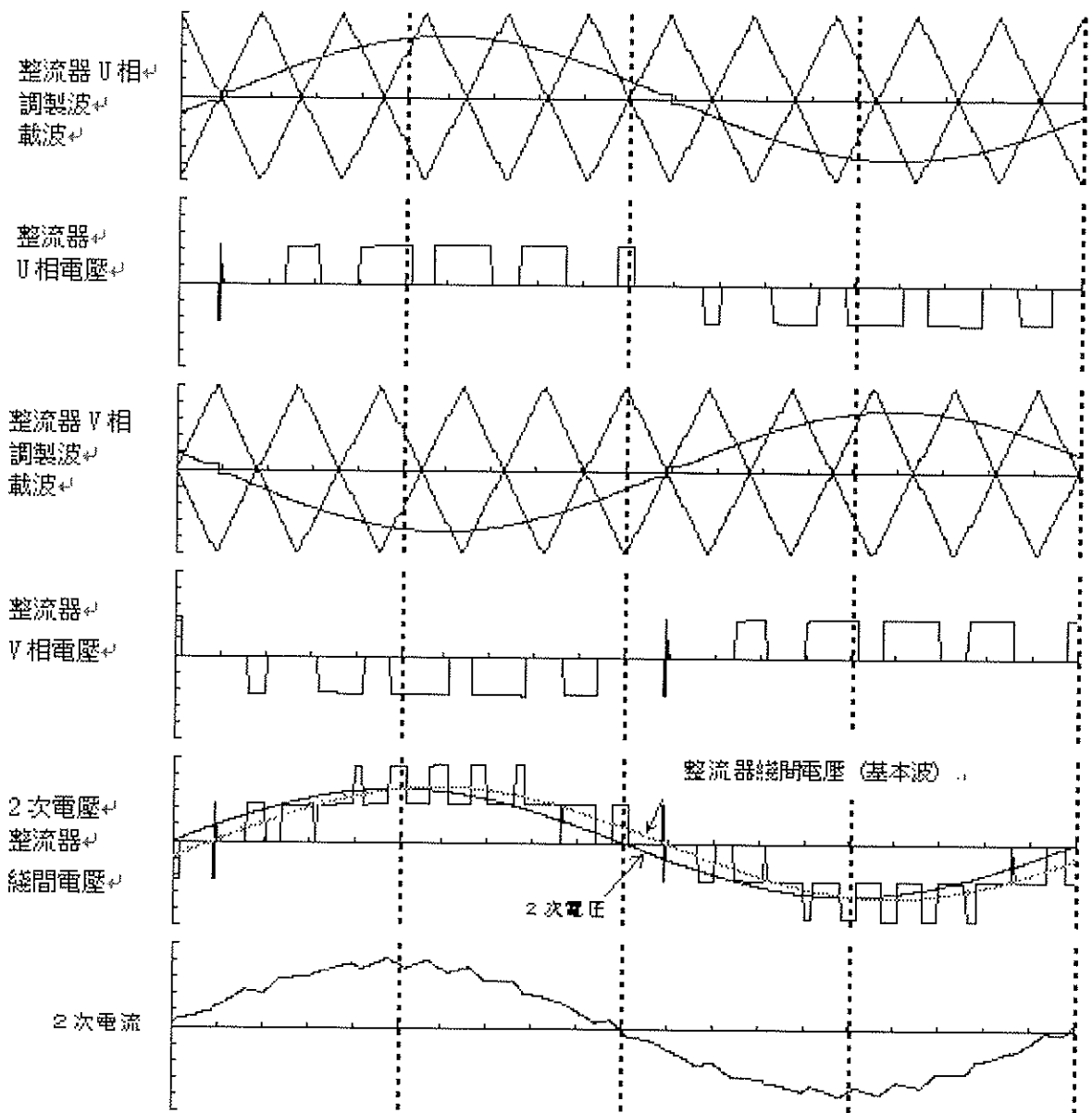


圖.1.8 P W M 整流器的動作波形圖

6. 變流器之構成與功能

- (1) U、V 兩相分別調變（相差 180° ）相加而產生 3 階整流器輸出電壓（基本波），再經整流濾波而成為 DC1800V。
- (2) 變流器部分，以濾波電容器電壓為輸入，輸出電壓、頻率可變的 3 相交流電壓，控制 4 台並聯接續的感應馬達的速度、扭矩。再生電軔時在功能上變為逆轉換，以感應馬達發電的 3 相交流作為輸入，向濾波電容器側輸出直流電壓。
- (3) 變流器之電路構成採用了使用 3300V 耐壓及 800A 電流 IGBT 的 2 階 (2 level) 電路。
- (4) 通過 U, V, W 各相的一體化，實現了動力單元的小型輕量化。
- (5) 感應馬達之控制採用了向量控制方式，獨立控制扭矩電流及激磁電流，實現了扭矩控制之高精度化，扭矩應答之高速化，提高了電流控制性能。
- (6) 當電車線電壓過高時停止再生電軔改為氣軔以免更加提高電車線電壓。
- (7) IGBT 與 GTO 在設計上有所差異，如表 1.3 所示

表 1.3 IGBT 與 GTO 設計上之差異

	IGBT	GTO
通則	IGBT 具有 MOSFET 的高阻抗及雙極電晶體低飽和電壓的特性。	GTO 具有自我關斷功能，當閘極電流向前進方向流動 或自閘極向陰極流動時，GTO 會自關斷狀態改為開啟導通狀態；當閘極電流反向自陰極朝向閘極流動時，GTO 會自開啟導通狀態改為關斷狀態。
特色	1.電壓驅動 2.驅動電流：小 3.功率損失：低 4.切換頻率：高 5.具有自行關閉功能 6.承受電壓：高	1.電流驅動 2.驅動電流：大 3.功率損失：高 4.切換頻率：低 5.具有自行關閉功能 6.承受電壓：高

二、靜式變流器

(一) 概述

1. 製造商及型號

(1) 日本 東芝 TOSHIBA INV195-A0

2. 輸入特性

(2) 大氣溫度：啓動溫度：0 ~ +45°C

3. 輸入電壓

(1) 標稱：469 Vac 60Hz

(2) 範圍：341 ~ 516 Vac (無負載時)

(3) 短時間限度：314 Vac (1 秒鐘無負載時) 521 Vac (短時間)

4. 控制電壓

(1) 標稱：110 Vdc

(2) 最大值：121 Vdc

(3) 最小值：72 Vdc

5. 輸出特性

(1) 電壓/容量：440 Vac +/-3% 3 ϕ 195 KVA pf=0.85

(2) 頻率：60Hz +/- 1 Hz

(3) 過載：於額定輸入電壓下可承受 150 %負載 10 秒鐘

6. 車輛的配置：靜式變流器位於 TEMA 與 TEMB 車

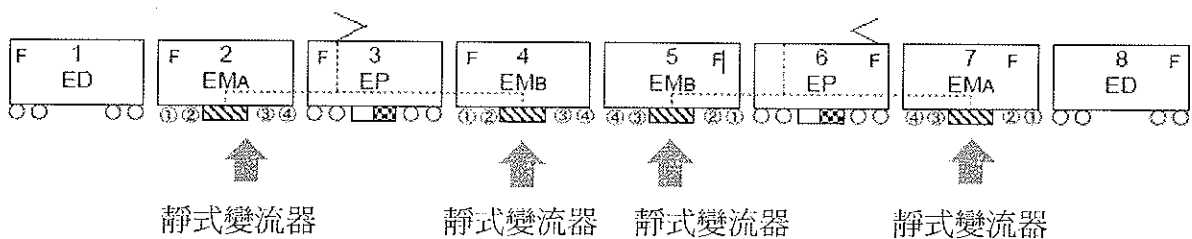


圖 2.1 TEMU2000 型靜式變流器配置圖

(二) 系統介紹

1. 系統結構概要

TEMU2000 靜式變流器，電路設置有兩組電磁接觸器及電阻器；於 PWM 整流器運轉前，AK 接觸器與電阻器執行對 FC1 和 FC2 濾波電容器之預充電。預充電結束前，K 接觸器閉合。

PWM 整流器為使用 IGBT 的功率轉換系統；PWM 整流器將交流電源轉換成直流電源提供變流器使用。

變流器電壓是從 750V 直流變成 440V 交流電壓，此時的基本頻率是 60Hz，與元件的輸出電壓相同，IGBT 的開關頻率為 1.26kHz。

由於從變流器輸出的交流電壓為鋸齒波，其頻率和 IGBT 的開關的頻率相同，因此要透過濾波電路塑造成一個平滑的正弦波，頻率為 60Hz；濾波電路是由交流電抗器和交流電容器所組成。

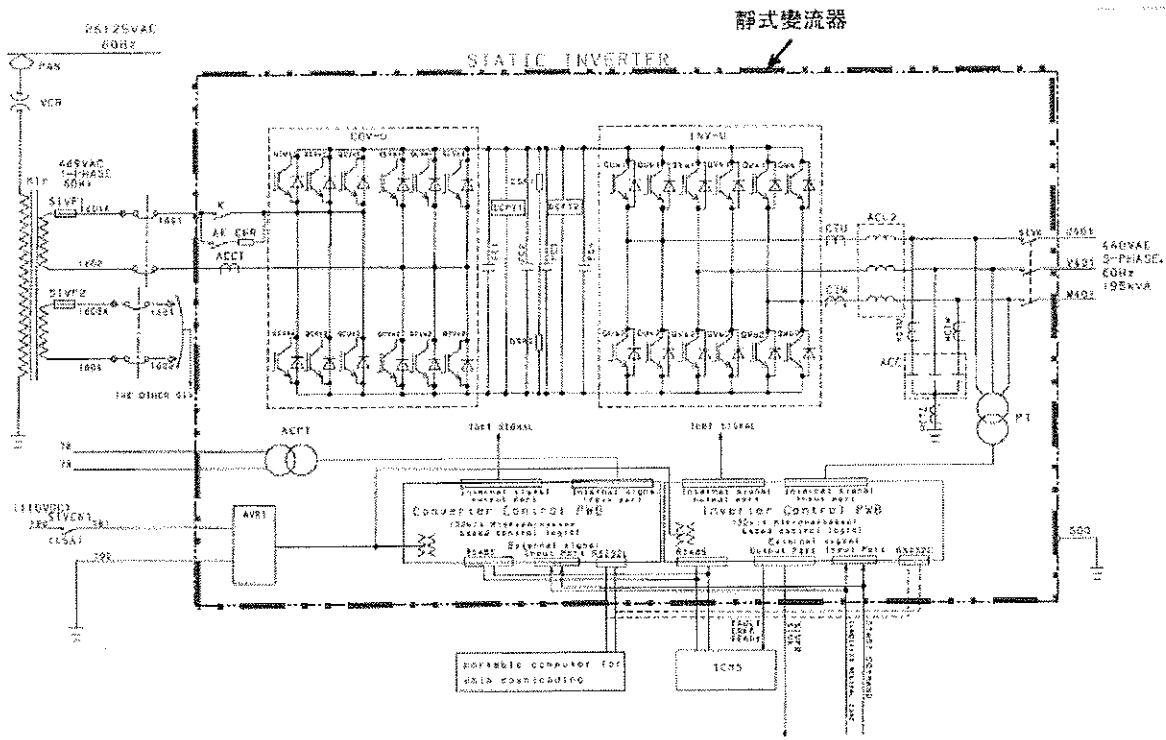


圖2.2 靜式變流器電路圖

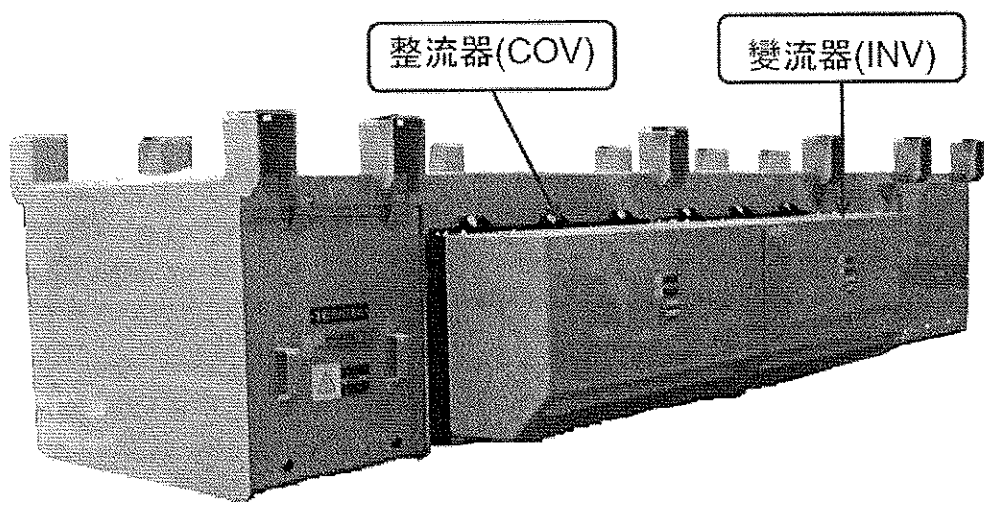


圖 2.3 靜式變流器外觀圖

此系統配備 IGBT 的兩臂式單元（一組整流器與一組變流器）。主要電路設備包括有接觸器、交流電容器（ACC），電阻器（CHR），交流電抗器（ACL）與輔助板（AUB1，2）；控制電路部分包在控制單元內。因此，主電路設備、控制電路設備都以組式安排，以利於測試及維修。

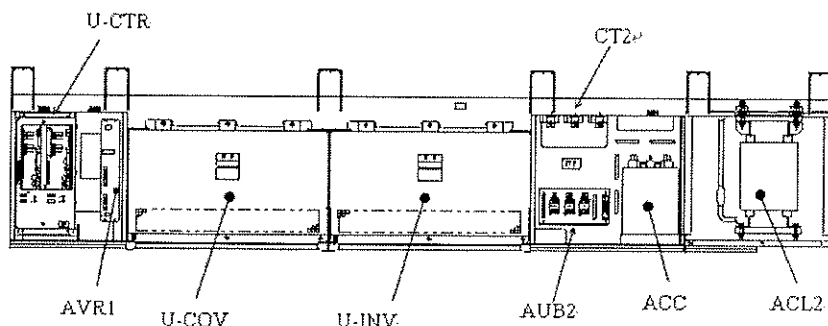


圖 2.4 靜式變流器正視圖

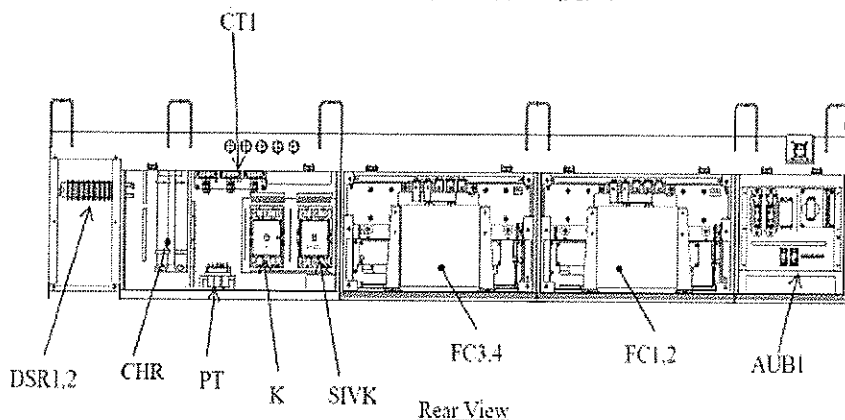


圖 2.5 靜式變流器背面圖

2. 正常狀態下的 SIV 負載

表 2.1 SIV 負載項目

車種	SIV1		SIV2	
	TED	TEMA	TEP	TEMB
1	空調 1	空調 1	空調 1	空調 1
2	空調 2	空調 2	空調 2	空調 2
3	AC440/110V 變壓器	AC440/110V 變壓器	AC440/110V 變壓器	AC440/110V 變壓器
4	24V 蓄電池充電器	24V 蓄電池充電器	24V 蓄電池充電器	24V 蓄電池充電器
5	110V 蓄電池充電器	傾斜增速風泵	主變壓器油泵	傾斜增速風泵
6	主風泵		主變壓器冷卻風扇	
7	傾斜增速風泵		主風泵	
8			傾斜增速風泵	

3. 運作原理

(1) PWM 整流器運作原理

比較直流轉交流的基本電路，一個為使用 PWM 整流另一個則為使用整流器 (rectifier)。即使當使用 PWM 整流器時，因於 IGBT 閘極未開始輸出前的濾波電容器前置充電時，IGBT 並不會工作，於此期間 PWM 整流器如同整流器 (rectifier)。使用整流器 (rectifier) 進行能量轉換之交流電源供應。如相同回路中並無電抗，當正向電壓施加至陰陽級時，個別的二集體會導通。則加於負載的電壓 V_d 為全波整流之直流電。因此整流電壓 V_d 無法大於供應電壓。所以當 IGBT QV 供應電壓為正半周期間導通，交流電壓供應主變壓器內部電感 L_s 短路，且能量也累積於 L_s 。當 IGBT 於此狀況關掉時，累積於 L_s 的能量，如電流般流進直流電路的濾波電容 FC 且直流電壓也會增加，IGBT 會重複進行此運作，所以直流電壓超過交流電壓之振幅。 1ϕ AC 465V 經 IGBT 整流器後 FC 得到 DC 825V；能量轉換 $1/2LI^2 = 1/2CU^2$ 的結果。

(2) PWM 變流器運作原理

變流器會盡量保持輸出電壓穩定於設定值。若 SIV 輸入電壓 825Vdc 出現上升或下降之現象，因為變流器部分之切換頻率接近 2.1kHz，其電壓可快速跟隨，趨於穩定。經變流器切換過程後電壓最初的波形於此刻呈現交流方波，因輸出波形含有高頻諧波的失真波，藉通過 AC 濾波器使之接近正弦波。若 on/off 之切換時間維持穩定，輸入電壓之變化將同樣呈現於其輸出端。因此本系統採用 PWM (pulse width modulation control system) 控制信號。以作為控制 on/off 之切換時間的方式。

變流器在轉換成 3 ϕ 波形的過程，PWM 控制切割方波成為較小的方波並控制他們的時間寬度，藉減少方波中較高之諧波成份使之接近正弦波。伴隨著 PWM 控制，當輸入電壓變高時，利用減少脈波寬度以保持輸出電壓穩定；而當輸入電壓變低時，利用增加脈波寬度之方式進行。

(三) 重要組成單元

1. U-CTR 控制單元：

變流器與整流器的輸出控制單元。

2. AVR1 電源供應單元：

控制電路電源。額定輸入電壓為 110VDC (電壓變動範圍：72VDC~121VDC)。

3. U-COV 整流器單元：

PWM 整流器為使用 IGBT 的電源轉換系統；PWM 整流器將交流電轉換成直流電。即整流器對應於變流器再生之供電操作。PWM 整流器的特點有：與橋式二極體電路相比較，即使 IGBT 之方向為反向，PWM 整流器仍可將交流電轉換成直流電。

4. U-INV 變流器單元：

此電路將 825VDC 電壓轉換成 440VAC。此時之基本頻率為 60Hz，與裝置輸出電壓相同。IGBT 的開關頻率為 1.26kHz。

5. AUB2、ACC

AUB2 輔助盤：輸入、輸出部分為絕緣。不同之輸出信號由輸入一小信號來控制。

ACC：ACC 和 ACL2 使變流器 PWM 波形變平滑。

6. K、SIVK 接觸器

接觸器（K）開/閉牽引整流/變流器之交流輸入。對於嚴重性較低時所執行的保護，變流器、整流器的閘極會停止；對於可能對主電路設備有不良影響時所執行的保護，接觸器會開啓，以確實切離牽引整流/變流器與交流電源供應。

7. FC 濾波電容器

穩定自整流器單元輸出之電壓，供應變流器單元脈衝電流

8. AUB1 輔助盤

AUB1 包含有 DCPT、NF、ACPT、RY。

9. PT 比壓器

當偵測到變流器單元的輸出電壓後，電壓被依比例轉換、供應到控制電路單元；電壓轉換比率：440V/5V。

10. DCPT

偵測到整流器單元的輸出電壓後，將此電壓轉換、供應給控制電路單元；電壓轉換比：750V/5V。

11. ACPT

偵測到整流器單元的輸入電壓後，將此電壓轉換、供應給控制電路單元；電壓轉換比：100V/15V。

（四）絕緣電阻測量

1. 注意：

充分釋放靜式變流器（SIV）累積的電荷需要大約 5 分鐘；直到電荷完全放電完畢前，請勿觸摸靜式變流器（SIV）。

2. 絕緣電阻測量項目：

- (1) 主電路、控制電路間：最低 20MΩ、直流 1000V
- (2) 主電路、框架間：最低 20MΩ、直流 1000V
- (3) 控制電路、接地間：最低 10MΩ、直流 500V

（五）EMU 輔助電源之演變

EMU300、400、1200 採用 MA-SET 是通過電動機先將電能量轉換為機械能，然後通過發電機轉換為電能，經車間跳線送往各車之負載。換言之發電機組的工作原理就是發電機在電動機的帶動下不斷地運轉，從而達到發電的目的。又因保養上的難度及世界潮流的趨勢而逐漸被 SIV 所取代。但在機車方面仍然有在使用。

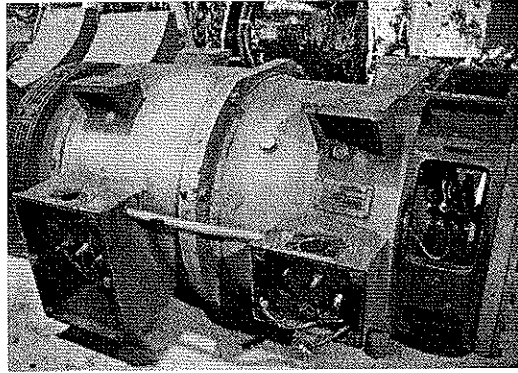


圖 2.6 MA- SET

EMU500 採用 SIV 靜式變流器、其變流器部分採用 GTO（Gate Turn-off Thyristor）為電流控制元件，透過 PWM 的方式來調變輸出電壓，因散熱不易、在箱體後側組裝一台鼓風機，經過風道的設計強迫散熱，來提升效率，保護元件的壽命。

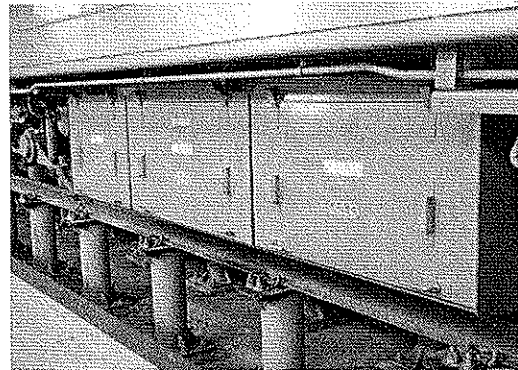


圖 2.7 EMU500、600 SIV 靜式變流器

EMU600、700 採用 SIV 靜式變流器、其變流器部分採用 IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor），為電壓控制元件散熱較 GTO 小、但箱體設計與 500 相同，鼓風機在後側位置。

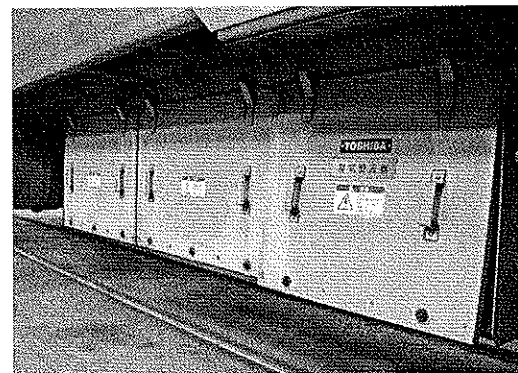


圖 2.8 EMU600、700 SIV 靜式變流器

EMU800、TEMU1000、2000 則採用 SIV 靜式變流器，整流器與變流器皆採用 IGBT 為壓控元件散熱更為單純，利用箱體外側組裝散熱鰭片來散熱，鰭片一側附著 IGBT 本體，靠管路內的純水，吸熱後透過鰭片來排熱。

三、 牽引馬達

TEMU2000 型普悠瑪列車的機電系統採用日本東芝所製造的鼠籠式三相非同步電動機，。主電動機單組的連續靜態輸出功率為 220kW，每輛動力車均安裝四台電動機，即每單組可提供 880kW 動力，而列車的總輸出功率為 3, 520kW 動力。齒輪比為 5.60 (84/15)。其機械配置及動作原理，茲分述如下：

(一) 機器配置

主電動機（馬達）位於 TEMA 與 TEMB 車，裝配於轉向架前後二個單位，每一個動力車共有 4 個單位。

(二) 動作原理

三相感應電動機的定子接上三相電源時，如同阿拉哥圓盤原理，在定子繞組產生三相旋轉磁場，而使轉子產生感應電流依其磁場旋轉方向而轉動。

(三) 主體結構

牽引馬達主要由定子、轉子、軸承、速度感測器組成。各部構造的特徵如下：

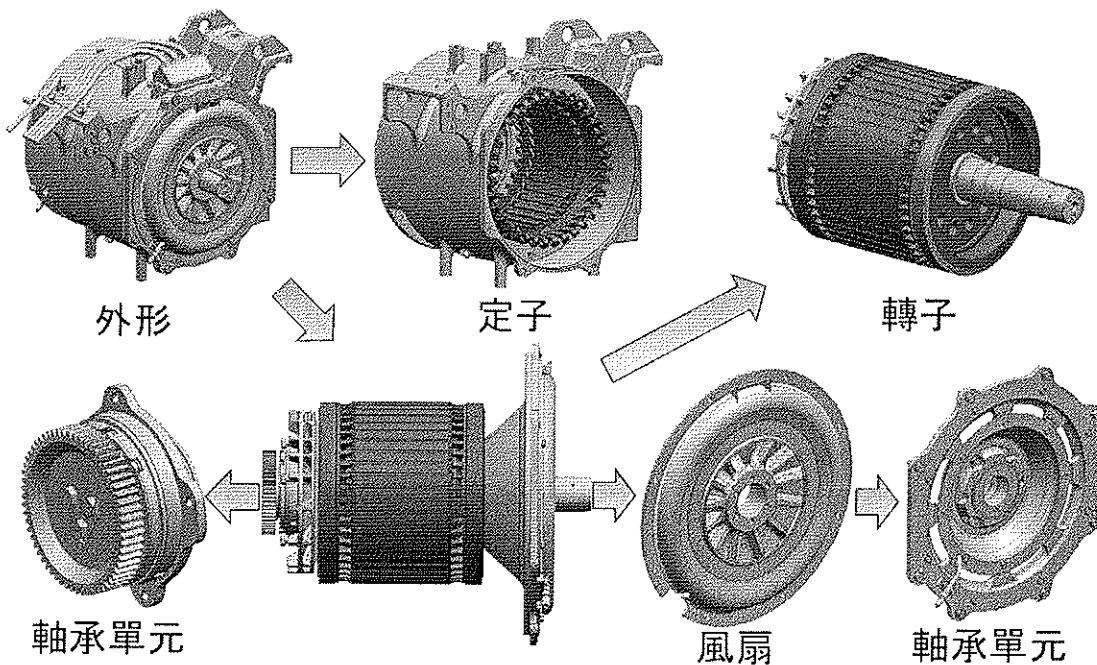


圖 3.1 牽引馬達各部構造的特徵

1. 定子

為了使線圈端部能抵抗振動而加強固定。子槽形狀成後退槽，在槽開口部設置通風的空間以提高冷卻效果。將空氣間隙設計得比一般產業用的還要寬廣，成為不易附著塵埃的構造。定子鐵心以矽鋼片疊成，以減渦流損及磁滯損。繞組通常採用雙層分佈繞。

2. 轉子

轉子主體由矽鋼片疊成，直接將銅條壓入線槽內，兩端再以端環短路，由於構造簡單，堅固耐用，目前以成為感應電動機的主流。為了確保轉子轉差率 (slip)，使用比電阻較大強度也較

充分的鋅銅合金，而且，爲了使轉子端環盡可能抑制熱膨脹，因此由電阻較低的純銅所構成。轉子線棒與轉子端環利用銀焊強固地進行接合，在轉子端環上以安裝非磁性的固定環成爲更能抵抗高速旋轉的構造，並使信賴性能得以提升。

3. 軸承

爲防止軸承的電蝕，會採用比一般軸承可延長潤滑壽命的 P P S 絕緣軸承。在非齒輪箱側採用徑向深溝槽的滾珠軸承，而齒輪箱側則採用徑向滾柱軸承，並考量軸承負重選擇最適合之軸承大小。滾柱軸承採用可抵抗高速旋轉的導引滾輪式。滾珠軸承箱 (housing) 採用卡式 (cartridge) 構造，不需分解軸承部就可一體地將轉子與軸承箱從定子框取出。本牽引馬達的軸承周圍的構造採用迷宮式 (labyrinth) 構造，可進一步利用壓力差防止空氣的流動，並在防止軸承內的塵埃進入之負壓緩和穴設置軸承箱。軸承的構造爲了對應高速化，增加初期潤滑油的填充量，而且成爲可有效應用基礎油的構造。另外，也採用了可延長保修週期的中間上油 (interim grease supply) 方式。而且，還具備了可將積蓄在端蓋的廢油室的舊潤滑油基礎油還元再利用的機構。

4. 速度感測器

感測旋轉速度與旋轉方向的速度感測器，是採用電磁誘導型 (無電源方式)，且安裝在非齒輪箱側。其特點：

- (1) 構造上非常簡單：一個感測器組包含一個感測器單元。
- (2) 從速度感測器安裝到牽引馬達上後，他不需要再調整馬達與齒輪間の間細等。間細設定在 0.4 到 0.8mm。
- (3) 齒輪的外徑是 155mm，25mm 的面寬是很堅固、不易彎曲及容易調整的。

(四) 技術資料以及規格

1. 技術資料

- (1) 型式：S E A - 4 3 1 型牽引馬達
- (2) 種類：三相鼠籠型感應電動機
- (3) 極數：4 極
- (4) 冷卻方式：自行通風冷卻方式
- (5) 裝架方式：轉向架 3 點固定式

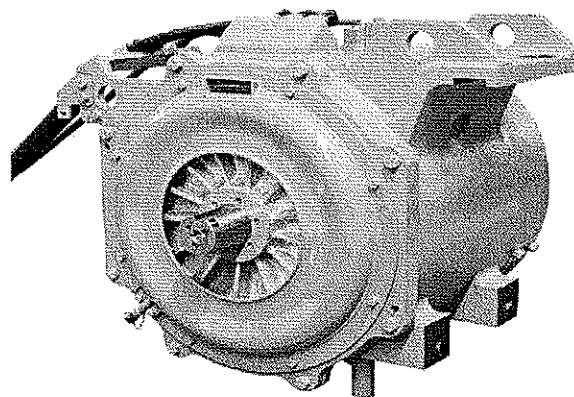


圖3.2牽引馬達

2. 規格

- (1) 輸出 ： 220 (kW)
- (2) 線間電壓 ： 1370 (V)
- (3) 相電流 ： 113 (A)

- (4) 額定轉速 : 3100 (RPM)
- (5) 效率 : 92.5 (%)
- (6) 功率因數 : 89 (%)
- (7) 滑差 : 1.6 (%)
- (8) 絕緣級別 : H級
- (9) 重量 : 580 kg
- (10) 齒輪比 : 6.07 (85 : 14)
- (11) 介電(絕緣) 強度測試電壓 : AC 3, 240 V, 一分鐘
- (12) 最高工作速度 : 5, 368min-1 (130 km/h)
- (13) 最高測試速度 : 6, 450 min-1

(五) 保養及其內容

1. 一般

為了實現車輛的安全、穩定的運行，針對牽引馬達進行性能維持管理非常重要。為了要讓重要機器的牽引馬達一直保持健全的狀態，針對各個部分進行定期檢查使其能發揮功能，並確認各個部分是否完好，同時適當地將磨損部分的消耗品等進行交換、補充，是很重要的。而且，關於保修周期以及方法雖然如建議案所示，但由於每輛車輛的使用狀態不可能完全一樣，所以必須充分了解構造且掌握實際的狀態，針對實際狀態實施檢查並依照保修基準有計畫地加以實施。

因此，若與以下所示之保修周期案或保修方法有大幅度的差異時，請聯絡原廠並與原廠商量。另外，由於以下的保修周期案也會因使用狀態、行駛路線環境狀況而影響保修周期(變短)，因此在使用初期階段，絕對要實施追蹤調查，在確保沒有任何問題的情況下，決定保修週期。(由於牽引馬達是重要機器，為了確保車輛的安全、穩定。

在檢查馬達時需注意以下每個環結：

- (1) 牽引馬達要保持乾燥禁止接觸灰塵。
- (2) 加油要確實，轉動部分必須圓滑運作。
- (3) 注意磨耗・劣化部分的使用限度。
- (4) 運轉期間有無聲響或振動。
- (5) 檢查及修理的情形過程，清楚記錄。

2. 保養與檢查

關於重要部位檢查，請在將牽引馬達由轉向架拆卸的狀態下以 3、4 級檢修為基準來實施。為了進行全體(分解)檢查，將由轉向架拆卸下來的牽引馬達搬入既定的位置，在實施分解清掃、檢查後，進行各種修理。在第一次重要零件的檢查、拆卸牽引馬達及檢查在轉子中冷卻導管(轉子換氣扇)積塵的狀況。積塵的量，大多是由維修週期長短決定。請確保在下次保養前，積塵量不會造成轉子風扇功能失效。嚴重的積塵可能會造成冷卻效果下降。

(1) 重要部分檢查

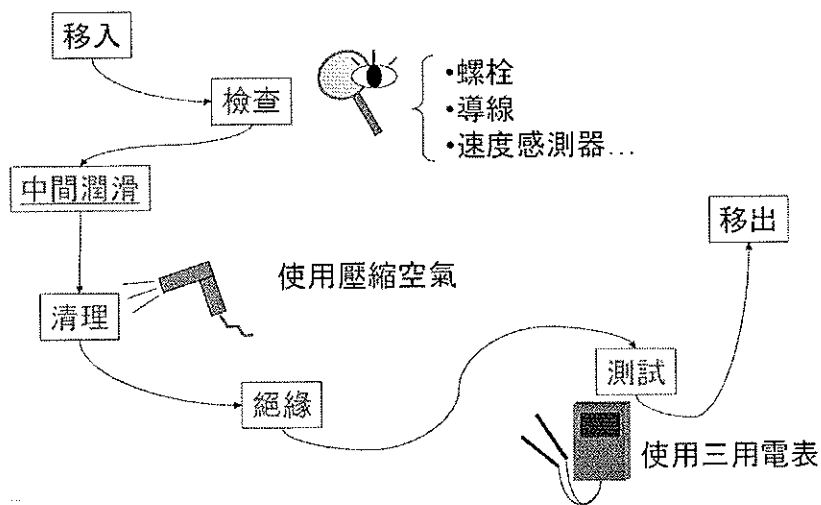


圖 3.3 牽引馬達檢查、保養流程圖

- A. 轉子
 - (A) 確認聯結器嵌合面的接觸是否良好
 - (B) 清潔
- B. 定子
 - (A) 骨架不得有損傷
 - (B) 前端與前端的鍵槽不得有損傷
 - (C) 連接線的金屬線不得有斷線的情形
 - (D) 絕緣電阻值必須良好
 - (E) 清潔
- (2) 軸承部
 - A. 在軸承間上潤滑油
 - B. 軸承在旋轉中不得產生不正常聲響
 - C. 沒有油滲出
 - D. 潤滑油有使用正確的種類與規格
- (3) 速度感測器
 - A. 引線、連接插頭不得有損傷及鬆弛的情形。
 - B. 安裝螺絲不得有鬆弛的情形。
 - C. 檢出部不得有生鏽或污損的情形。
- (4) 通風口
 - A. 進氣口、排氣口不得有附著紙屑等情形
- (5) 牽引馬達

- A. 牽引馬達與轉向架間安裝沒有異常
- B. 牽引馬達・連接插頭的狀態不得有異常
- C. U、V、W連接線不得有異常
- D. 沒有螺栓鬆動或遺失
- E. 沒有水或髒汙進入
- F. 馬達沒發出不正常聲音、運轉震動及不好的味道。
- G. 檢視外蓋正常
- H. 利用噴氣進行清掃
- I. 絕緣電阻值必須良好
- J. 耐電壓測試不得有異常
- K. 旋轉聲不得有異常
- L. 軸承的溫度上昇必須正常

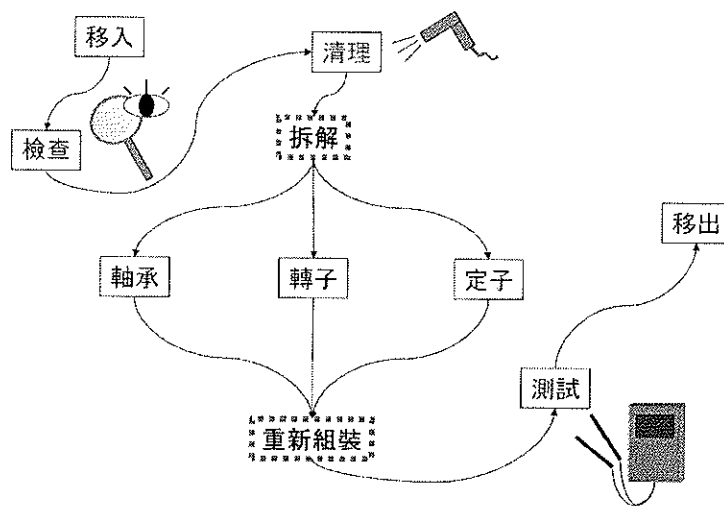


圖 3.4 全新拆解組裝之檢查流程圖

3. 絕緣與測試

每次檢查時，執行下述之測試。

1. 測量絕緣電阻。
2. 以交流3,240V、商用頻率之電壓，檢查介電（絕緣）強度。
3. 於無載、30-40 Hz條件下，以變流器暖機
-> 再於無載、60-67 Hz條件下，連續運轉，測量、紀錄軸承之溫升值。
4. 聆聽軸承轉動聲音。

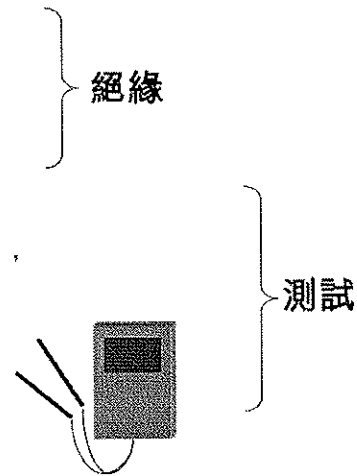


圖 3.5 測試流程

- (1) 絕緣組抗量測 1000V 時須在 $5M\Omega$ 以上。
- (2) 電源接頭注意卡榫是否正常動作，接點是否吻合。

(六) EMU 牽引馬達的演進及不同

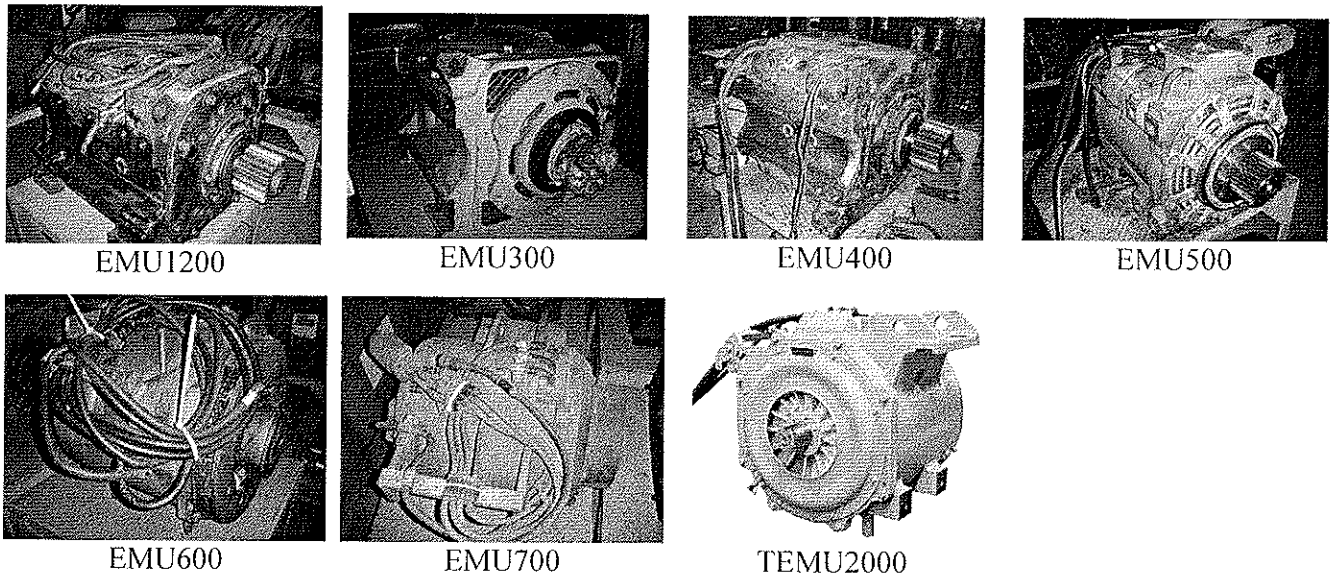


表 3.1 各型馬達之間的不同

供電系統	直流(EMU1200、300、400)	交流(EMU500、600、700)	交流(TEMU1000、2000)
散熱方式	鼓風機強迫式(EMU1200、300、400、500)	扇葉排風式(EMU600、700)	自然冷卻式(TEMU1000、2000)
安裝形式	車軸(EMU1200、300、400、500)	轉向架(EMU600、700)	轉向架(TEMU1000、2000)
電源接續	固定在接線盒(EMU1200、300、400、500、600)	快速接頭連接(EMU700)	快速接頭連接(TEMU1000、2000)
動輪耦合	齒輪(EMU1200、300、400、500)	撓性接頭(EMU600、700)	撓性接頭(TEMU1000、2000)
溫度探針	無(EMU1200、300、400、600、700)	有(EMU500)	無(TEMU1000、2000)
速度探針	無(EMU1200、300、400)	有(EMU500、600、700)	有(TEMU1000、2000)

四、主變壓器

(一) 主變壓器規格

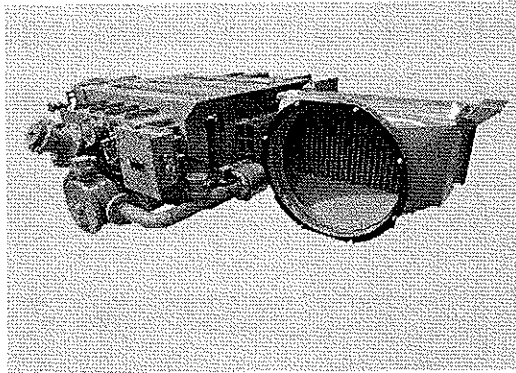


圖 4.1. 金屬伸縮囊外觀

1. 概述

主變壓器安裝在臺灣鐵路管理局交流電動軌道車輛上。一列電聯車操作兩個 4 車單位的 8 車列車；一列電聯車單元是由 2M2T 組成的，即由 4 車單位（固定四輛車）所組成，其中兩個 M 車由一台主變壓器提供所需的電力。一組 PWM（脈衝寬度模式）系統的整流器連接到主變壓器的二次側；PWM 整流器以 2 繞組和 2 單元之間的相位差操作以減少感應危險。為能更好地控制 PWM 整流器，必須加以限制二次側線圈之間的干擾。出於這個原因，一次側線圈分為兩組，對應之二次側線圈會彼此分開，減少相互干擾。此外，以 IGBT（絕緣閘雙極性電晶體）的電流斷開特性而言，主變壓器的閘流體式整流器的阻抗大誠屬必要。用降低每繞組電壓來增加阻抗。

由於使用交流電軌系統，在電軌過程中，電流會流入主變壓器，熱工作條件對主變壓器而言相當的嚴苛。由於這些條件，因此必須考慮加強冷卻系統。第三繞組提供電力給靜式變流器（SIV）、主變壓器冷卻風機和油泵。減少主變壓器油的體積和質量對主變壓器而言相當不恰當，使用合適的形式配合結構降低外形尺寸，使其匹配所含配件的形式，並可減少鋁質機油冷卻器的使用需求。此外，採用隔震橡膠支座結構，以減少振動和噪音。

表 4.1 主變壓器規格表

特點	說明
型式	單項、強制油冷（KDAF）、護殼室、常壓型式
頻率	60HZ
溫昇極限	溫昇極限：A 級（使用熱安定性紙） 繞組之溫昇：80K（電阻方法） 油料之溫昇：60K（溫度計方法）
繞組連接	圖 4.2 所示繞組之連接方式
絕緣油	矽油

(1) 大氣溫度

最高空氣溫度為攝氏 45 度，最低為攝氏 0 度。

(2) 電車線電壓

表 4.2 電車線電壓

項次	項目	說明	規格
1	一般操作情況之電車線電壓	額定	26.125kV ac (60Hz)
		最低	19.0kV ac
		最高	28.07kVac

(3) 額定值

表 4.3 額定值

繞組	一次側	二次側	三次側
電源 (KVA)	1980	1590	390
電壓 (V)	26125	2x1087	2x469
電流 (A)	75.8	731	416

(4) 極數/ 繞組

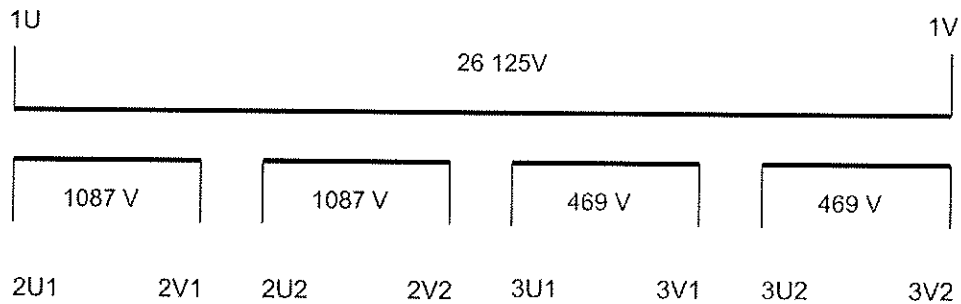


圖 4.2 繞組的架構圖

(5) 電感度：

一次側及二次側之間(對角線的數值)的電感度,保證位於還 5 %公差範圍內。
表 4.4 所列為主變壓器的電感度。

表 4.4 主變壓器的電感度

1U-1V / 2U1-2V1	0.89mH
1U-1V / 2U2-2V2	0.89mH

註：電感度換算成二次側。

(6) 接觸網電壓

A. 型式：SIFP8

B. 方法：單相、60 赫茲 (Hz)、殼式、空氣強制冷卻、定壓型、使用矽油

C. 額定等級

表 4.5 額定等級

繞組 \ 額定等級	容量 (kVA)	電壓 (V)	電流 (A)
一次側	1980	26125	75.8
二次側	1590	2x1087	731
三次側	390	2x469	416

D. 絕緣等級與測試電壓

表 4.6 絕緣等級與測試電壓

繞組	分開源電壓	抗電感電壓	衝擊測試電壓
一次側接觸電網側	—	60kV, 1 分鐘	FW : 150 kV
一次側接地側	6.5kV, 1 分鐘	—	—
二次側	4.7kV, 1 分鐘	—	—
三次側	4.0kV, 1 分鐘	—	—

E. 保溫材料溫度等級：A 級（使用熱穩定的紙張）

F. 溫昇限制：

(A) 繞組：85K（電阻法）

(B) 油：65K（溫度計法）

G. 整流方法：PWM 法

H. 導體：鋼

I. 絕緣油的種類及體積

(A) 矽油（Dimethyl-polysiloxance）約 440 公升

(B) 50cst 於 25°C

J. 槽體：鋼

K. 冷卻系統

(A) 循環油流率：0.7 m³/分，總揚程 7 公尺

(B) 風量 150 m³/分

(C) 毛重 3450 公斤（包括送風機）

(二) 主變壓器結構

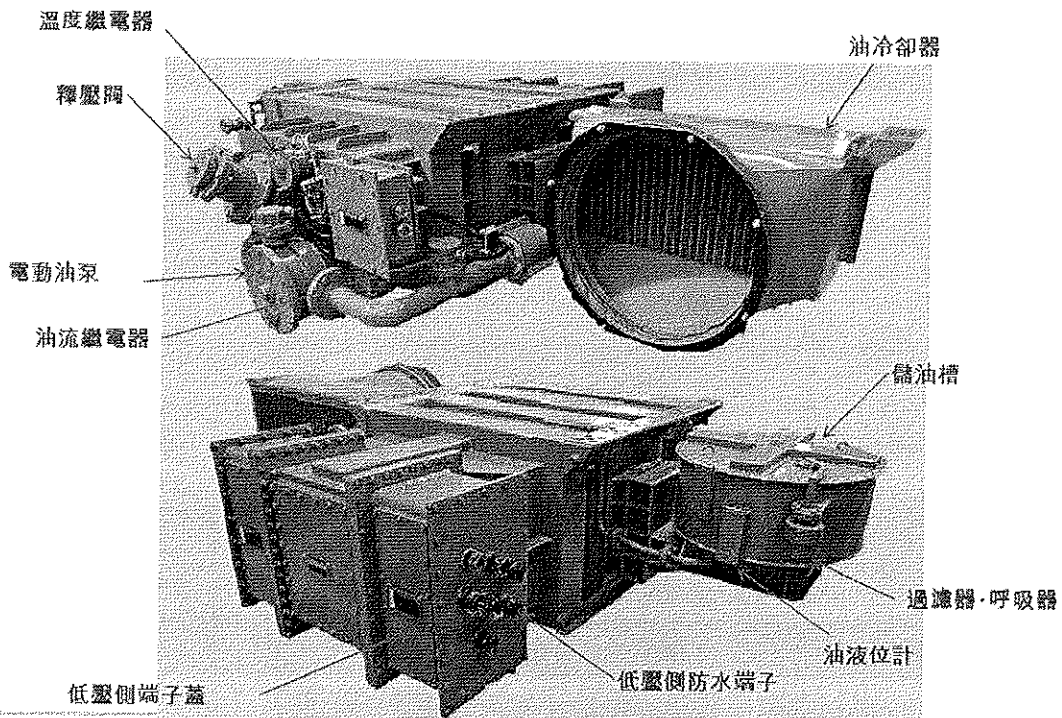


圖 4.3 主變壓器結構說明

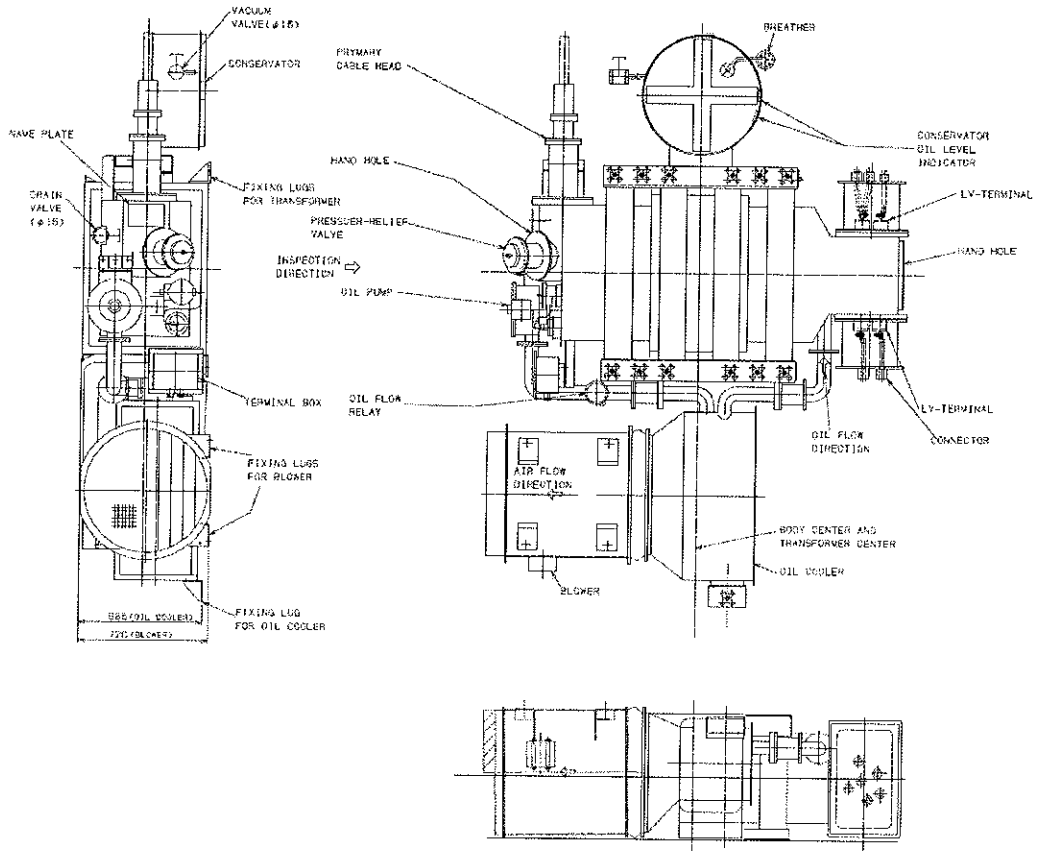


圖 4.4 主變壓器俯視圖、側視圖

因為是殼式的類和形式配合結構，油箱被分為上側、下側兩部分。堆積式繞組，繞組間存在一個指定大小的絕緣油縫隙，組合成指定的尺寸。

底側油箱上面放置一個組裝用線圈基礎，在線圈底座上豎立此繞線組於垂直位置；然後在外部堆放芯部形成框架型式。把稱為舌楔的環氧樹脂複合材料楔型嵌入到芯部頂邊和線圈之間的空間，從而牢牢固定線圈的芯部。

接著逐漸配合裝設上側的油箱，最後焊接上、下部油箱上的法蘭的四邊；此時，芯部被下部油箱法蘭和上部油箱側板緊固地鎖緊。由於稱為撐片的木墊片插入芯部和上部油箱之間，在主變壓器的完成狀態，內部重量經由此撐片作用在上部油箱的側板與下部油箱上。

關於油箱的強度，除了上述的內部重量的負載外，亦應考慮到作用於車身的振動。如上所述，上部油箱和下部油箱於法蘭部位焊接。要承受作用於車身的振動，在油箱側面提供連接樑，經焊接後此兩油箱能結成一體，提高剛性。這些連接橫梁也可以作為對車身夾持的夾具裝置。

儲油器位於主變壓器的一側面上，並經由連接管連接油箱內部。一個焊接在外蓋上的金屬波紋管被封裝在儲油器上。金屬波紋管的功能為吸收由溫度變化引起的絕緣油膨脹和收縮，金屬波紋管能回應伴隨的油溫的變化。

經由儲油器側面上的油位指示器，可以觀察到金屬波紋管的反應狀態。另外，儲油器的側面上裝設有一組真空閥門。

一次側接地端及二次側、三次側的套管集中位於一批車身側面的同一處。

一次側為電纜頭結構和天線安裝/拆卸類型。在連接電纜到車身時，安裝在變壓器主要單位的電纜頭內側絕不可受到損壞。若電纜頭內側被損壞，將使絕緣層被擊穿。為方便執行檢查工作，洩壓閥、油泵、溫度繼電器、油流繼電器集中裝置在車身的側面。

一組接線盒安裝在車身側面，可容納溫度繼電器、油流繼電器的端子。

1. 一次側電纜頭

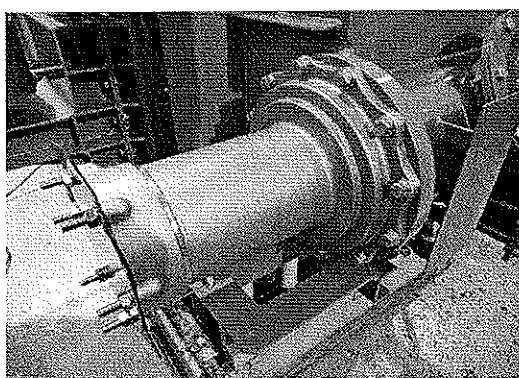


圖 4.5-a 一次側電纜頭的外觀

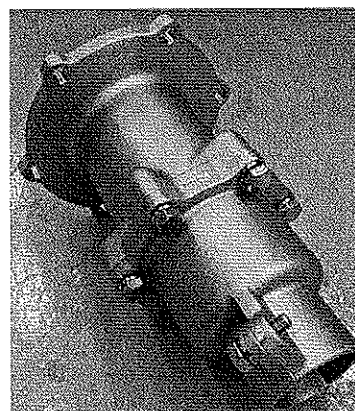


圖 4.5-b 一次側電纜頭的外觀

2. LV-套管

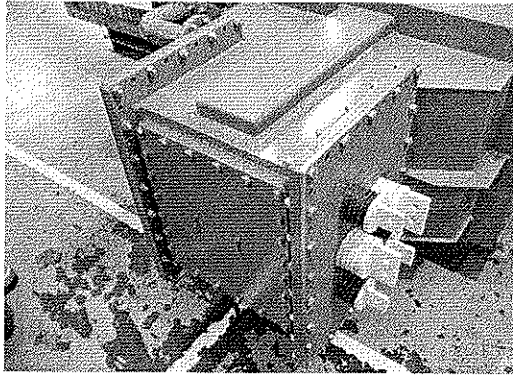


圖 4.6-a LV-套管的外觀

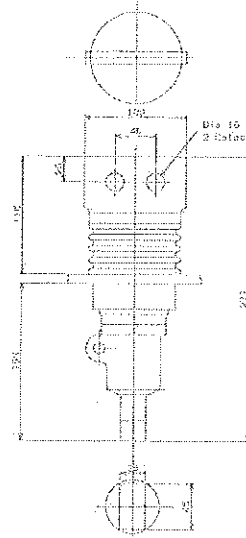


圖 4.6-b LV-套管

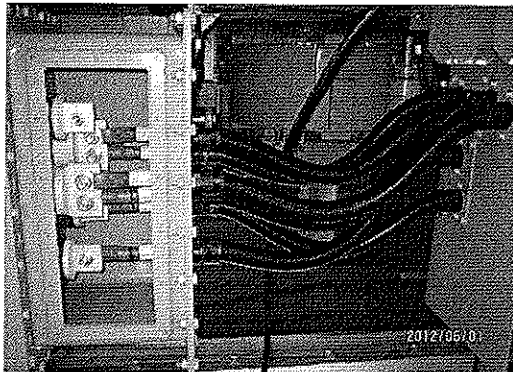


圖 4.7 低壓端子

這些套管被一個防護罩覆蓋，防護罩也用以支撐引線，以防止雨水和灰塵的污染，也防止電纜線重量加諸終端設備上。

3. 油冷卻器

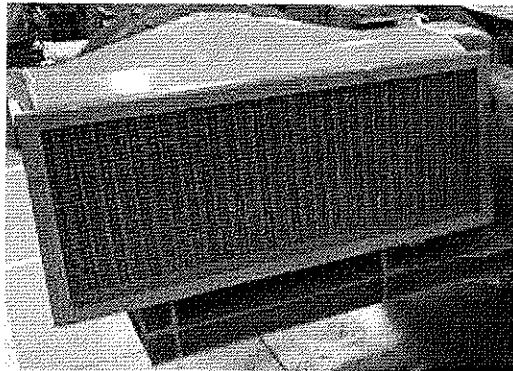


圖 4.8 油冷卻器的外觀。

油冷卻器完全由鋁製成，它採用波紋鱗片。配備波紋鱗片的油冷卻器每單位面積具有大容量熱傳熱面積，設計成實現性能高、尺寸小和重量輕等特點。為了確保冷卻器的性能，鱗片表面應清洗乾淨，灰塵蒙蔽鱗片的面積將不會超過在吸油側的面積約 19%。

表 4.1油冷卻器規格

	高溫側	低溫側
熱交換率	83 kW *2	
流體	矽油	空氣
流率	700 l/分	150 m ³ /分 *1
入口溫度	90°C	35°C
*1 表內數據為出口空氣溫度於 (66.7°C) 時。		
*2 表內數據為處於約 19% 面積蒙蔽情形 (於 122m ³ /分)		

4. 油泵

圖 4.9 說明內部結構，圖 4.10 顯示油泵的外觀。本油泵葉輪直接連接到電機轉子；另外，它的馬達是“軸向氣隙型”，即屬於在軸向方向上互相對立的轉子和定子。

由於本油泵電磁吸力的工作方向會消除泵的推力，因此可以減少軸承的軸向負荷。此外，由於可完全利用泵和馬達，變壓器油可以直接循環來冷卻馬達和潤滑軸承，油泵可以無潤滑使用很長一段時間。

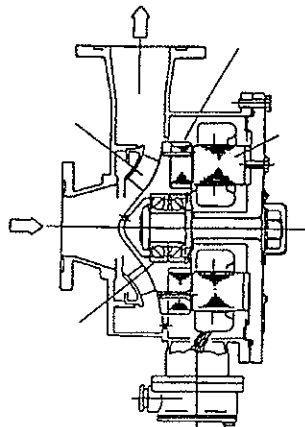


圖 4.9 油泵結構

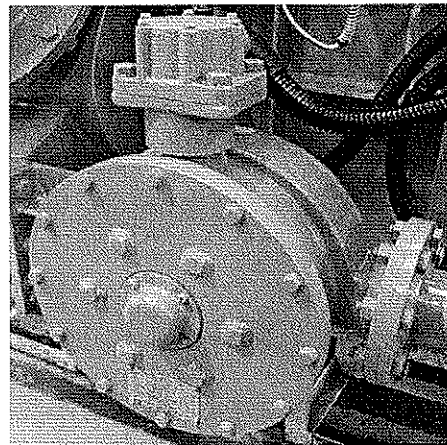


圖 4.10 油泵的外觀

表 4.2油泵的額定數據資料

油泵馬達		油泵	
型式	3 相鼠籠式軸向氣隙型	型式	離心式
輸出	2.2 kW	傳送流率	700 公升/分
電壓	440 V	絕緣油	矽油
電流	5.6 A		
頻率	60 Hz		
極數	4		

5. 送風機

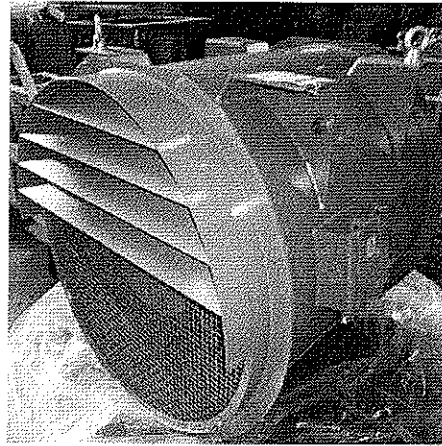


圖 4.11 送風機的外觀

送風機的結構為直接連接到三相異步感應式馬達電動機。它自車身被懸吊，使用防振橡膠，用於主變壓器的油冷卻器。送風機為離心軸流式，縮小尺寸以對應低地板車箱的安排。在列車停止時，送風機用八電極運行以減少噪音水平。

表 4.7 為送風機的額定數據資料。

馬達		送風機	
相數	3	空氣流率	150 m ³ /分
極數	4 / 8	靜壓	588 Pa
電壓	440 V		
輸出	4.0 / 0.5kW		
頻率	60 z		

6. 油流繼電器

此油流繼電器安裝有油管來檢查循環油流量與油泵是正常運轉。作用於油流葉輪的旋轉力能克服彈簧的回復力和讓油中磁鐵旋轉。另一個位於內部磁鐵反方向、以隔板隔開的外部磁鐵隨著葉輪的旋轉而轉動，並打開微動開關。

當油流動停止時，葉輪產生的旋轉力消失，彈簧藉由其返回彈力返回到原來的位置，微動開關接觸點閉合，通知系統發生異常。

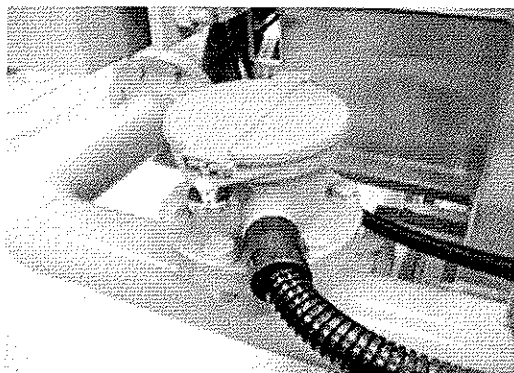


圖 4.12-a 油流繼電器外觀

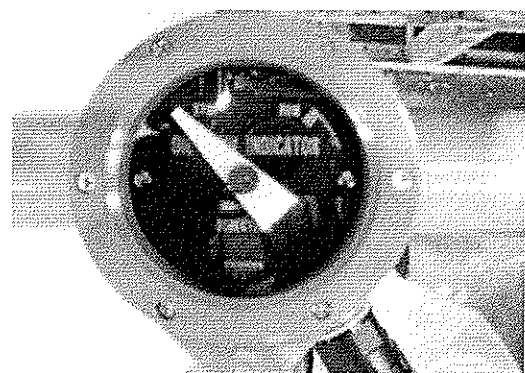


圖 4.12-b 油流繼電器外觀

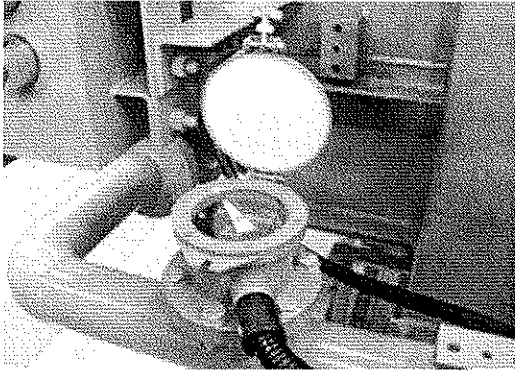


圖 4.12-c 油流繼電器外觀

7. 溫度繼電器

溫度繼電器安裝在運行過程中油溫升易於維護和檢查的位置，觀察變壓器中的油溫度。溫度感應元件由一玻璃管組成，轉換溫度變化成軸的旋轉。

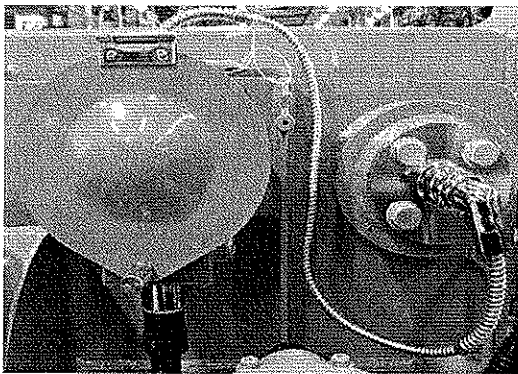


圖 4.13-a 溫度繼電器外觀



圖 4.13-b 溫度繼電器外觀

溫度繼電器配備的最高溫度指示燈（藍色針）。要重設指示的位置，需打開壓力表前的調整軸，用螺絲刀輕輕地定位溫度指示針（黃色針）的位置。指示範圍-30 - +120°C，當油溫上升至 90°C 和 100°C 時，每個接觸點閉合，告知發生的異常。

8. 釋壓閥：

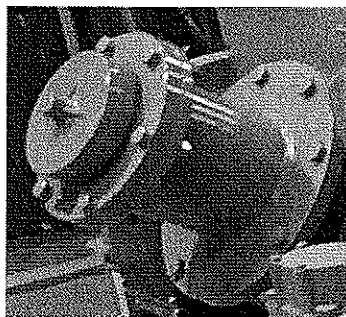


圖 4.19 釋壓閥

動作壓力：100±15kPa 動作後為了防止漏油會自動復位。

釋壓閥藉由釋放由於變壓器故障發生電弧所產生的氣體壓力，防止變壓器爆炸，油內設置有一組閥和彈簧。當變壓器產生異常壓力時，閥以一行程作動，迅速釋放變壓器內部的油

和油氣。當內部壓力下降後，閥自動復歸，防止油的繼續流出。

9. 儲油器

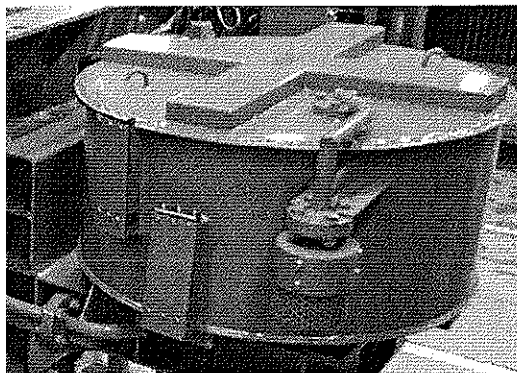


圖 4.20 顯示儲油器的外觀

變壓器採用完全密封的除氧和脫水矽油。因此，必需防止油溫的變化引發的體積變化造成內部壓力的變化。儲油器用可伸縮的金屬波紋管吸收油的膨脹和收縮，藉以不斷保持變壓器內部壓力與大氣壓力相同。絕緣油從主要單元到達金屬波紋管的周圍，空氣到達其內部。

一組油位計裝設於儲油器的側面；當絕緣油填入變壓器時和須檢查油位時，用此油位計觀看油位的高度，通常用外蓋封住。

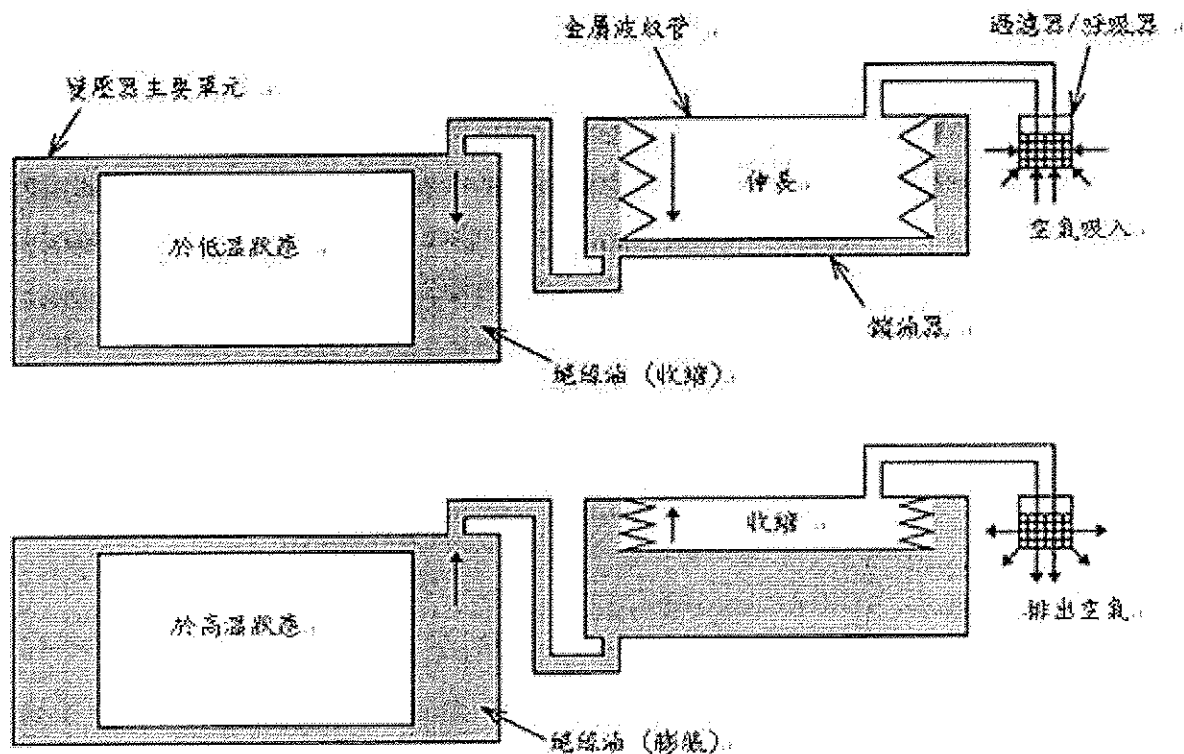


圖 4.21 儲油器動作說明

10. 呼吸器



圖 4.22 呼吸器的外觀

呼吸器是安裝在金屬波紋管儲油器空氣側的尖端位置，此玻璃容器包含有吸附劑。進入金屬波紋管的空氣是送入的清潔空氣，灰塵已被呼吸器濾除去；因為吸附劑會吸附污染的粉塵，因此必需定期維護更換吸附劑。

11. 真空閥與排放閥

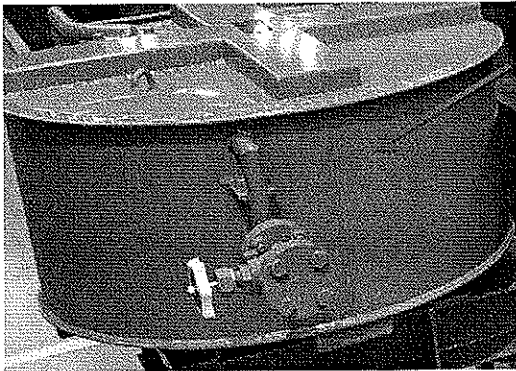


圖 4.23 真空閥

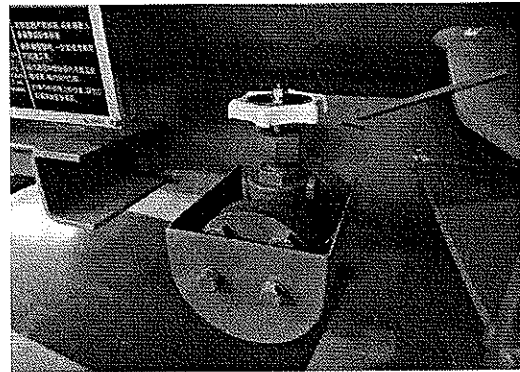


圖 4.24 排放閥

真空閥與排放閥使用於絕緣油注入/流出主變壓器及更換油泵和油流繼電器時。

12. 撓性接頭

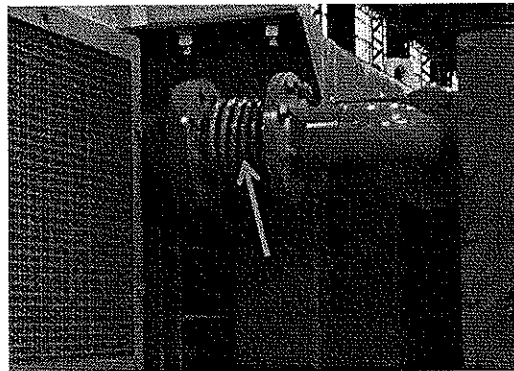


圖 4.25 顯示撓性接頭的外觀。

每一組油冷卻器的進油口和出口都裝設有一個撓性接頭。冷卻器完全由鋁合金製成，主變壓器主要單元由鋼所組成，由於溫度的變化，油冷卻器會產生熱應力。因此用撓性接頭來

吸收這種熱應力和振動引起的位移。每個撓性接頭的結構是用不銹鋼板製成波紋管形式，兩端以鋼材製成固定法蘭。

13. 撓性空氣管

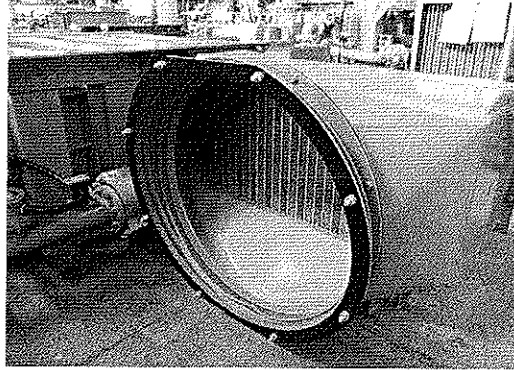


圖 4.26 撓性空氣管的外觀。

撓性空氣管是用來作為送風機和油冷卻器之間的管道，目標為吸收的裝配尺寸的誤差及吸收振動引起的相對位移。

14. 油位計

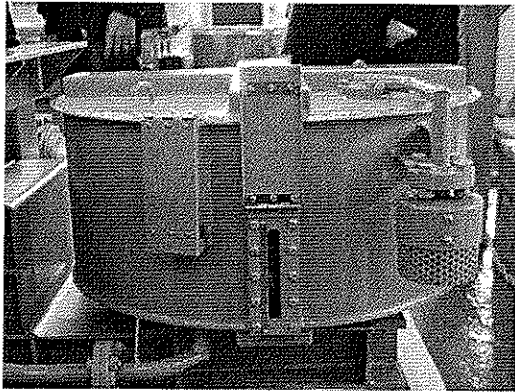


圖 4.27-a 油位計的油位圖

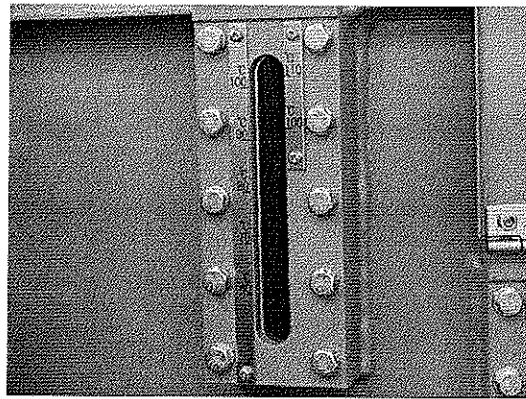


圖 4.27-a 油位計的油位圖

油位計是利用位於儲油器金屬波紋管的底面板的藍色標誌和紅色標記來檢查油位。

15. 隔震橡膠

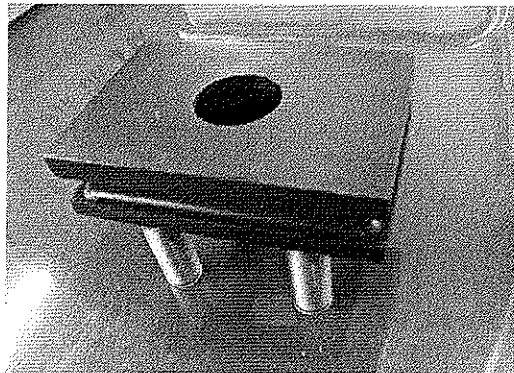


圖 4.28 隔震橡膠的外觀

變壓器主要單元用隔震橡膠支撐以減少振動和噪音。

16. 主變壓器的內部構造

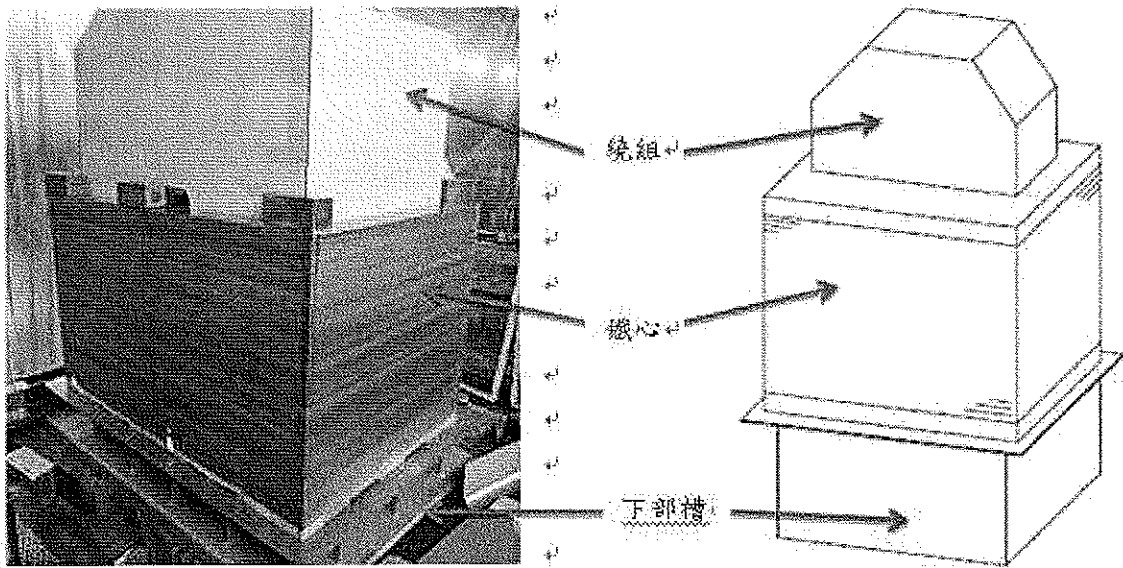


圖 4.29 主變壓器內部構造圖

(三) 主變壓器油的冷卻方式

關於本主變壓器的油冷卻方式，說明如下。

冷卻風，是由電動送風機提供給油冷卻器使用。在油冷卻器進行熱交換後的空氣，會通過撓性風管（Flexible Air Duct），從電動送風機的排氣風洞排放出去。而另一邊，變壓器裡的絕緣油，在油冷卻器裡被冷卻了之後，送回變壓器內，在通過線圈的表面以及鐵心側面時，把熱給吸收起來。當吸收了線圈、鐵心的熱成爲熱的油後，又被電動油泵浦給吸出來，送回到油冷卻器再進行熱交換油，就是這樣在變壓器的內部循環，但是如果發生油泵浦故障等狀況，油的流動就會停下來，這會造成線圈過熱，甚至有燒毀的危險，因此要在循環迴路的一部分裝設油流繼電器，這樣就能感測到油流的停止。

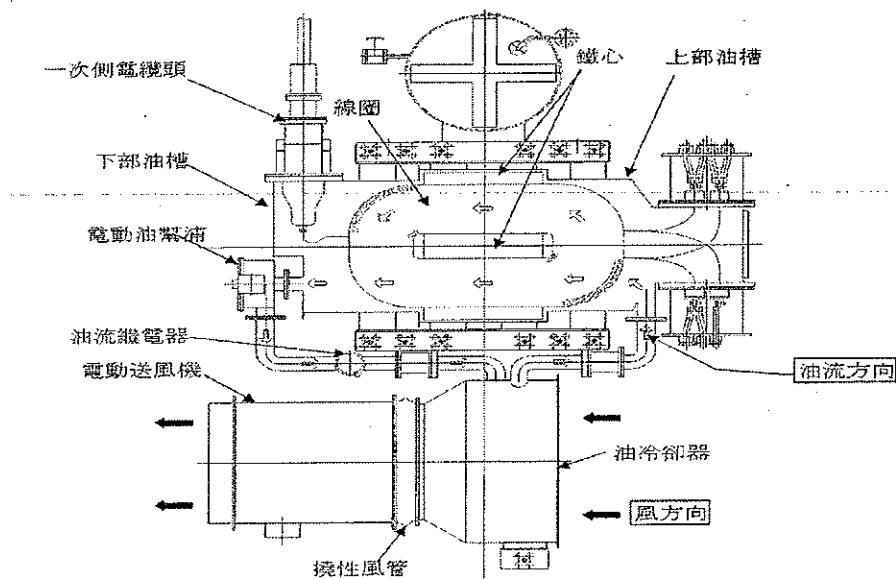


圖 4.30 主變壓器油的冷卻方式

(四) 主變壓器注油、排油方法

1. 一般注意事項

如果在戶外執行這項工作，不應該在雨天或濕度高時執行；此外，必須在一個環境良好、沒有灰塵進入變壓器內部的地方工作。

矽油容易吸附水分，可能使絕緣強度下降。因此，打開暴露變壓器的內部的時間應盡量減少。

2. 換油方法

(1) 準備油處理設備，如除氧器、油箱（或空桶）和油軟管。

使用適用於矽油的油處理設備、使用無洩漏的油軟管；保證於使用前，灰塵和水分未進入油箱內部。

(2) 如圖 4.31 所示安裝油處理設備，連接油軟管。在變壓器排放閥（2）和除氧器入口閥（3）之間連接一條油軟管，並在除氧器出口閥（4）和油箱釋閥（5）之間連接另一條油軟管。

(3) 自變壓器儲油器拆下呼吸器。

(4) 轉動除氧器的真空泵和自除氧油箱抽水。

(5) 依序打開閥（6）、（5）、（4）、（3）、（1）和（2）。

(6) 轉動過濾泵和除氧器抽油泵，自變壓器排放矽油。

(7) 停止轉動除氧器，並關閉所有閥，完成矽油排放作業。

3. 供應矽油的方法

(1) 泵抽與供應矽油

(2) 準備，油處理設備如除氧器、臚槽、真空泵、油軟管、真空軟管以及矽油。注意使用絕緣擊穿電壓為 30kV 或更高的矽油。（使用指定品牌的矽油。）

(3) 使用油處理設備，讓矽油不被污染。另外，使用無洩漏和剩餘油的油軟管和真空軟管。

(4) 如圖 27 所示安裝油處理設備，並連接油軟管。

(5) 於變壓器排放閥（2）和除氧器的入口閥（3）之間連接一條油軟管，並於除氧器的出口閥（4）和油箱釋閥（5）之間連接另一條油軟管。

(6) 接著，於變壓器的真空閥（1）和臚槽低閥（7）之間連接另一條油軟管。

(7) 於臚槽上部之閥（8）上安裝一支 3 路接頭。使用一條真空軟管將此接頭的一開口連接到真空泵，並使用一條真空軟管將連接的另一開口連接到變壓器儲油器的呼吸器配管。

(8) 變壓器儲油器上的金屬波紋管不是耐真空結構；因此，裝置管路使金屬波紋內部和外部之間壓力相同。

(9) 打開閥（1）、（7）、（8）和（9）並且轉動真空泵。然後打開閥（10），於 1 Torr 或更低真空度下連續抽油兩個小時。

- (10) 移動除氧器的真空泵和執行的除氧油箱抽油作業。
- (11) 打開閥（6）、（5）和（4）；轉動篩選泵。打開閥（2）、（3）；轉動抽油泵供應油。
- (12) 油溫保持在 50°C 或更高的溫度，矽油供應率保持在約 10 公升/分鐘。
- (13) 當油位出現在連接變壓器（1）真空閥的油軟管時，關閉閥（2）、（3），停止除氧器的抽油泵和過濾泵，然後關閉閥（4）、（5）。
- (14) 關閉閥（1）和（10）和停止真空泵。關閉真空軟管，逐步打開閥（9）和（8），並去除對金屬波紋管外部和腔槽內部的真空。
- (15) 收集殘餘的油，並移除油處理設備。
- (16) 加壓設備和洩漏試驗
- (17) 連接氮氣軟管至呼吸器配管。
- (18) 對金屬波紋管的外部施加壓力，從而間接對變壓器內部施加壓力，增加氮氣壓力至 34.3 千帕（0.35 kg/cm²），並保持此壓力兩個小時或更長時間。
- (19) 自各不同點目視檢查洩漏情況。
- (20) 油位調整和耐油壓試驗
- (21) 降低氮氣壓力至約 4.9 千帕（0.55 kg/cm²），並通過變壓器的排放閥（2）抽取指定的油。
- (22) 通過變壓器的排放閥（2）（b）進行油取樣及執行矽油之絕緣擊穿試驗。絕緣擊穿電壓應不小於 40kV/2.5 毫米（mm）。

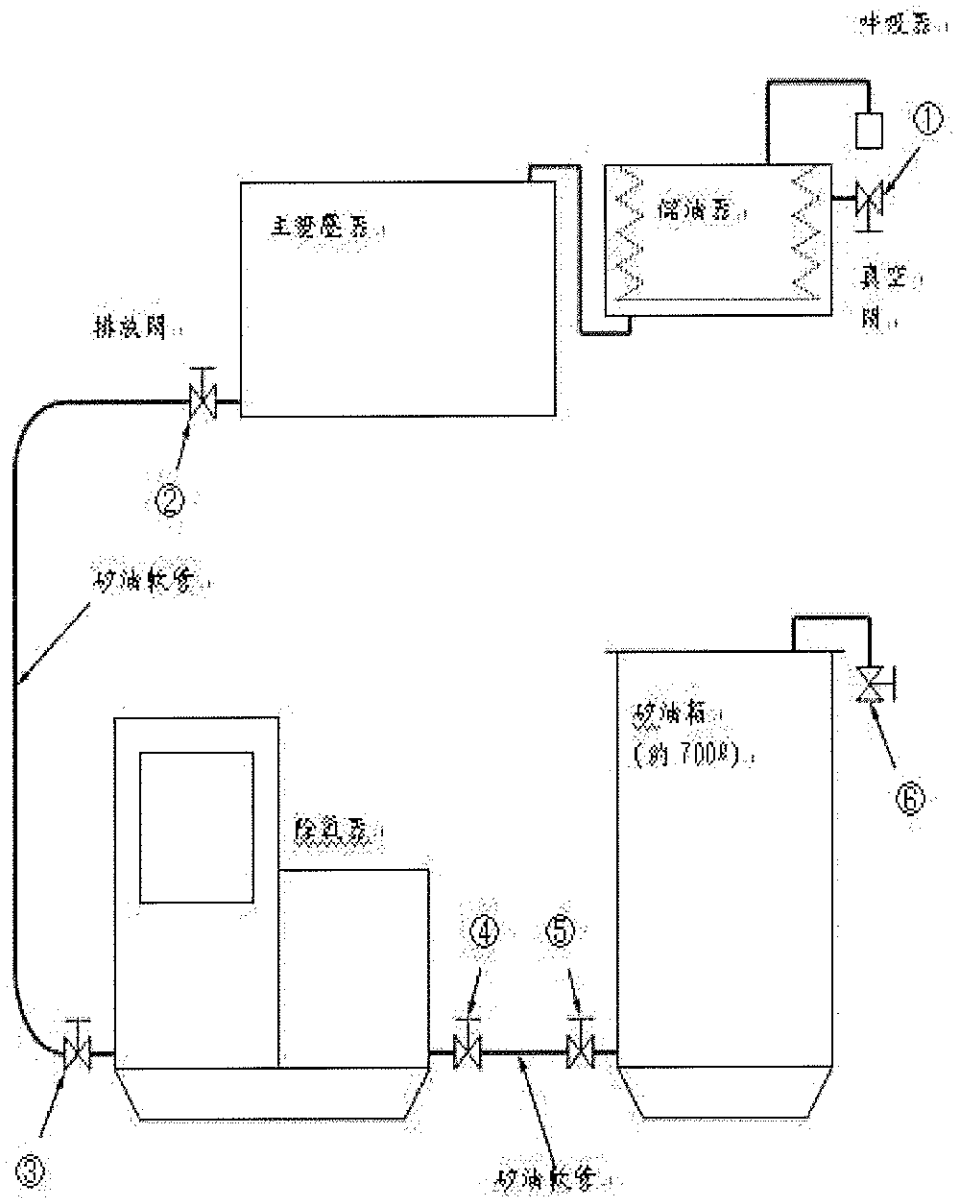


圖 4.31 排油方法

五、 傾斜系統

為配合行政院列管之重大案件「臺鐵東線購置城際及區間客車計畫案」，本路應如何提升城際營運功能，且強化東部幹線觀光便捷化，即為營運計畫之重點。

原本之車輛運行，受限於路線、彎道、轉轍器等各方面之影響，而延長行駛時間。為此，在不改變現有路線及站場設施之情況下，遂利用傾斜式電聯車來提高列車通過彎道時之行駛速度及縮短行駛時間，用以提升競爭力，因此 92 年起，開始採購傾斜式電聯車。

而第一批採購的 TEMU1000 型傾斜式電聯車共 48 輛陸續於 97 年春節前投入大運輸行列，且頗受旅客好評。本次為配合花東線鐵路整體服務效能提升計畫，再次採購傾斜式電聯車共 136 輛。惟因本次決標之傾斜式電聯車 TEMU2000 型其傾斜系統與前 TEMU1000 型係為截然不同之設計理念及結構，因此本次專業訓練重點即著重於傾斜系統。

(一) 依本次專業訓練課程所學及假日試乘的日本 381 系やくも號，將三種傾斜系統比較分析如下：

1. 傾斜式電聯車 TEMU2000 型（如附件一）

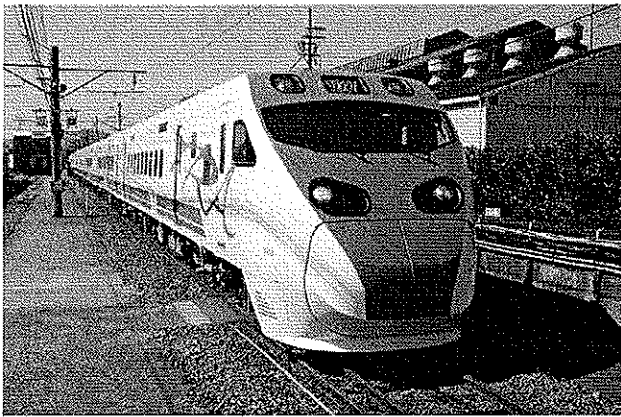


圖 5.1 TEMU2000 型

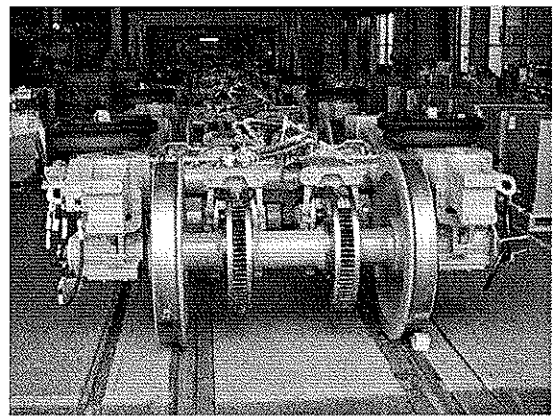


圖 5.2 TEMU2000 型轉向架

- (1) 利用控制支持車體之轉向架左右兩側空氣彈簧的進排氣量，改變其高度，使車體傾斜。
- (2) 傾斜角度為 2° 。
- (3) 傾斜角速度為 $2^\circ/\text{sec}$ （即自傾斜開始到完成之所需時間為 1 秒）。
- (4) TEMA 車之主傾斜控制器（Master Tilt Controller、以下簡稱為“MC 裝置”）/TED、TEP、TEMB 車輛之傾斜控制器（Tilt Controller、以下簡稱為“TC 裝置”）儲存路線資料庫、依據地點資訊做出傾斜時機判斷。TC/MC 將傾斜指令演算部所輸出的指令訊號至增幅放大器（Amplifier 以下簡稱為“AMP 裝置”），變換為驅動車高控制水平閥（LV with height changer 以下簡稱為“HCLV 裝置”）的電流，HCLV 接收 AMP 驅動後，使外軌側空氣彈簧充氣及排氣內軌側空氣彈簧排氣，以達車身傾斜之目的。且為提高傾斜作動速度利用增速風泵（Boost 以下簡稱為“Bos 裝置”）將內軌側空氣彈簧空氣強制送到外側空氣彈簧。
- (5) TEMA 車之主傾斜控制器（MC）備有陀螺儀為備援偵測彎道方向用。

- (6) 安裝於車體之加速度偵測器，為監視傾斜狀態用。
- (7) 故障時可使用備援功能傾斜運轉。
- (8) 集電弓因裝設於車頂隨車身一同傾斜，故探刷長度予以加長。
- (9) 特點：機構簡單（無鐘擺樑、傾斜控制缸等機構），但必須提供正確的曲線開始位置及其靈敏的感測，且空氣消耗量較大，最大傾斜角只有 2° ，另因傾斜角度只有 2° ，故集電弓僅需將集電舟碳刷加長並架設於車頂且設有集電弓自動降落裝置。

2. 傾斜式電聯車 TEMU1000 型（如附件二）

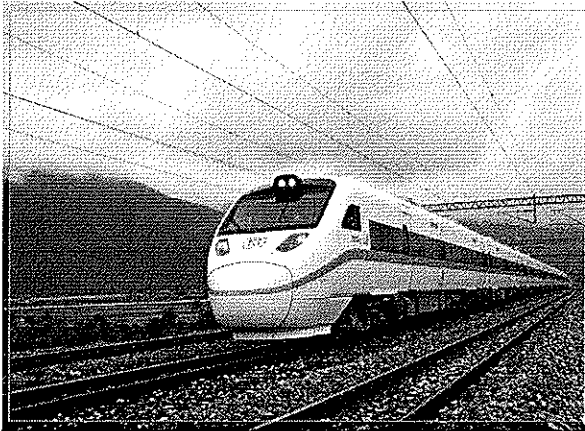


圖 5.3 TEMU1000 型

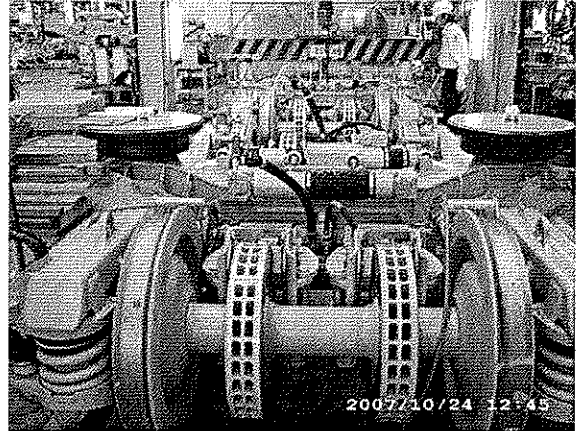


圖 5.4 TEMU1000 型轉向架

- (1) 48 輛預控傾斜為電器驅動系統及傾斜慣性機械機構合併同時運轉。
- (2) 傾斜裝置為安裝在轉向架與車體間，其由搖擺樑、傾斜控制缸裝置等組成。
- (3) 傾斜角度最大為 5° 。
- (4) 傾斜角速度因所需傾斜角度不同 $1^\circ\sim 5^\circ$ ，故 $\leq 5^\circ/\text{sec}$ 。
- (5) 駕駛車上設有存儲行駛路線區之曲線數據的主控制裝置（Command Controller、以下簡稱為“CC 裝置”）。於車輛行進速度達 60 公里以上時，抑制缸開放，依 CC 裝置儲存行駛線區曲線數據及 ATP 地上子位置數據的部分、根據這些數據並接受安裝在車軸上的速度發電機的脈衝信號及 ATP 地上子的通過信號，對車輛行駛位置和曲線位置進行計算，並輸出至編組各車輛的傾斜控制器（Tilt Controller、以下簡稱為“TC 裝置”），TC 裝置將曲線數據和距離脈衝信號傳送至直動伺服閥驅動傾斜控制缸來推動傾斜樑執行傾斜動作。
- (6) 當發生“地點檢測錯誤”時，自動將傾斜控制模式切換至自然傾斜。
- (7) 集電弓利用支撐架裝設於轉向架上，車身傾斜時電車線仍在集電舟中心位置。
- (8) 特點：滾子磨擦可使震動延遲，無突然搖擺。且當無法控制傾斜時（如地點偵測錯誤），能自動轉換為自然搖擺（無逆方向搖擺）。需提供正確曲線始末位置，並經人工計算後將數據輸入主控制裝置 CC。因此須有曲線開始、終了位置檢知，並藉由傾斜控制缸輔助車體傾斜，另因傾斜角度有 5° ，因此集電弓經門形架穿過車體安裝於轉向架上（附件三）。

3. 日本 381 系やくも號：



圖 5.5 日本 381 系やくも號

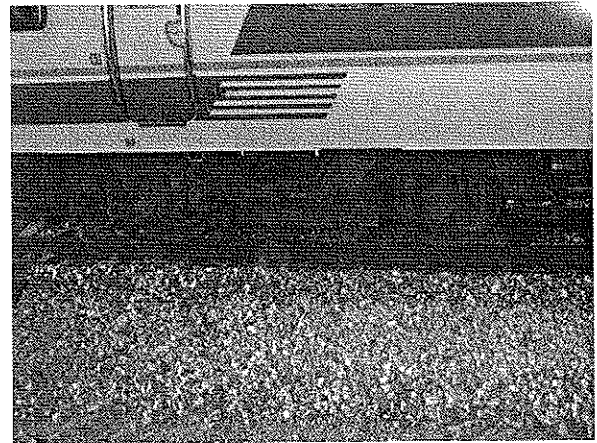


圖 5.6 日本 381 系やくも號轉向架

- (1) 381 系為傾斜慣性機械方式。
- (2) 傾斜角度最大 5°
- (3) 特點：無須外力支撐即可藉由離心力形成自然搖擺。在過彎進行車體傾斜時仍然有離心力所產生的延遲傾斜以及持續搖晃或突然搖晃的感覺，且無法由超高度來底消離心力。且受限天候影響，在風速過大時因有安全及舒適性上之疑慮，而需停駛。

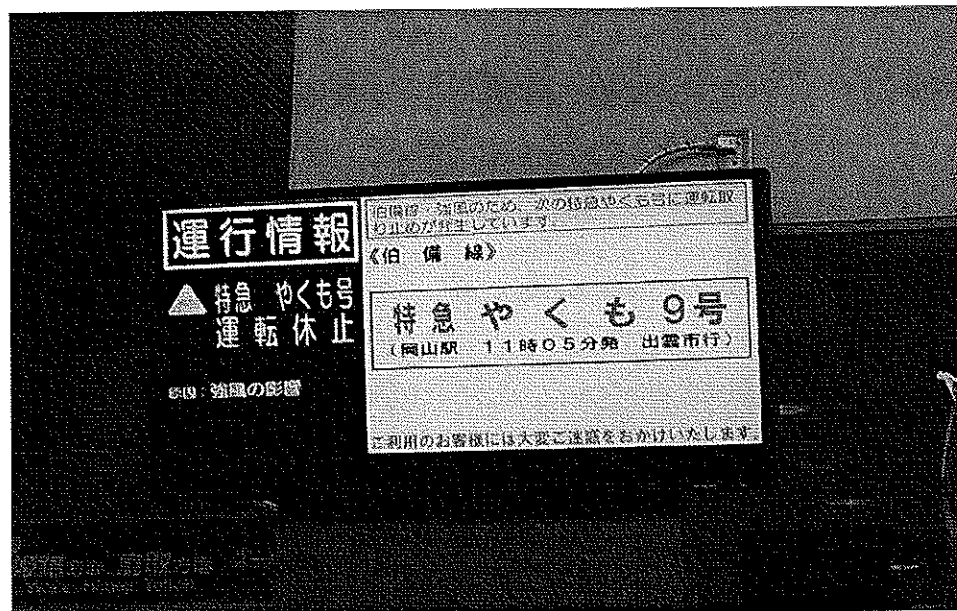


圖 5.7 日本 381 系やくも號停駛資訊看板

(二) TEMU1000 型和 TEMU2000 型傾斜系統路線設定說明、及傾斜系統比較

TEMU1000、2000 型的傾斜系統，在控制傾斜模式下，皆是依靠事先輸入的路線資料和 ATP 系統傳輸的“地上感應子”（以下簡稱“地上子”）代號比對，確認車輛所在位置，再依彎道位置、彎道半徑、軌道超高、彎道方向決定傾斜方向、相關時機。以下就 TEMU1000 型和 TEMU2000 型原理說明。

A. TEMU1000 型的傾斜系統分為四種模式：

- (A) 控制傾斜：時速 60 公里以上，抑制缸不再作用，車身由傾斜控制缸和離心力控制傾斜角度。
- (B) 自然傾斜：時速 60 公里以上，抑制缸不再作用，車身利用離心力傾斜。
- (C) 部分傾斜：在控制傾斜模式下，若有 TC 裝置故障或是無法接受 CC 裝置傳送的資料時，該車進入自然傾斜模式，其它車保持控制傾斜模式。
- (D) 抑制傾斜：抑制缸作用強制保持車身水平；時速低於 60 公里即選擇此模式，亦可強迫使用此模式。

在列車開始運轉前，CC 裝置接受司機員在 TCMS 上“始發站”、“目前站”、“終點站”、“山/海線”的設定資訊後，CC 裝置選擇這次運轉所使用的路線資料並預設目前位置，並開始偵測。CC 裝置接受地上子代號後，核對設定的路線資料，並依距離脈衝訊號計算行走距離；到達下一地上感應子的偵測區間後，CC 裝置會再次接受地上子代號，並與路線資料確認、修正列車位置及重新計算行走距離；若有一次偵測地上子失敗，則在偵測區間結束時按資料修正列車位置；連續兩次偵測失敗則進入“自然傾斜”模式。

距離彎道入口緩和曲線前 100 公尺以上，會有一設定的地上子代號針對彎道控制作參考，CC 裝置接收此地上子代號後，在距離彎道入口緩和曲線前 50 公尺會發出傾斜時機、彎道資訊給各車 TC 裝置，TC 裝置會依據 CC 裝置傳送的距離脈衝訊號計算進入入口緩和曲線前約 1 秒，要求傾斜控制缸動作，並依列車速度改變傾斜速度，直到計算的要求角度，此時列車正好進入彎道；在結束彎道前約 1 秒，TC 裝置要求傾斜控制缸動作，在彎道出口緩和曲線結束時車身回復水平。

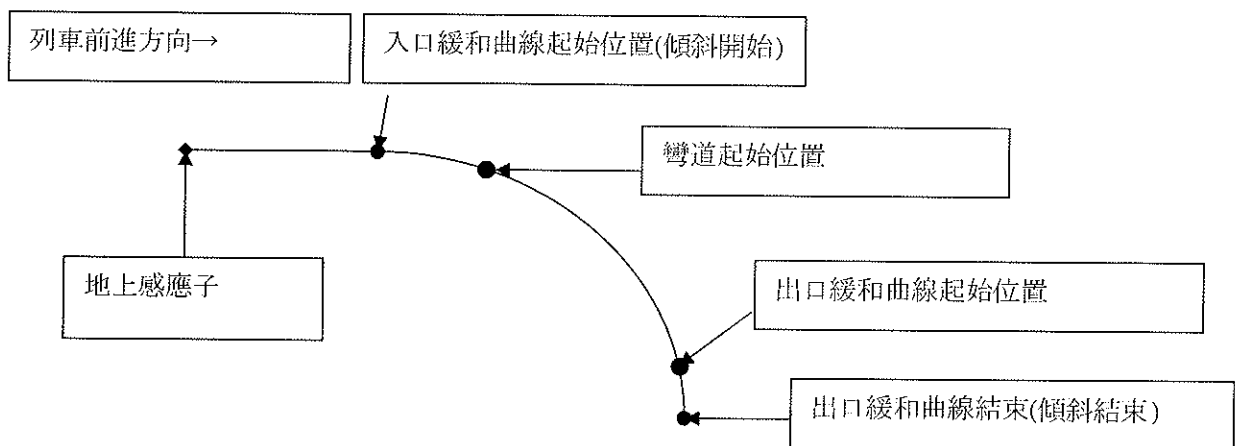


圖 5.8 TEMU1000 型傾斜時機示意圖

TEMU1000 型路線資料設定需要下列路線及地上子資料：

- (A) 地上感應子代號
- (B) 地上感應子位置
- (C) 彎道入口緩和曲線起始位置
- (D) 彎道起始位置
- (E) 彎道出口緩和曲線起始位置

- (F) 彎道出口緩和曲線結束位置
- (G) 彎道半徑
- (H) 軌道超高
- (I) 彎道方向

以下就 TEMU1000 型路線資料設定條件說明：

- (A) 1~2 公里設定一地上子資訊，過長會導致誤差加大。
- (B) 由於傳輸延遲約 1 秒左右，即時速 130 公里時有 36 公尺的延遲距離，加上入口緩和曲線前 50 公尺的控制，觸發彎道控制的地上子位置在入口緩和曲線前 100 公尺以上較為妥當。
- (C) 緩和曲線、彎道長度均需有一節車廂 20 公尺以上。
- (D) 避免旅客因承受每秒 5° 的角速度感受到不舒適，緩和曲線長度需超過 $(\tan^{-1}(\frac{V^2}{9.8R}))\frac{V}{5}$ 。(V：列車速度 m/s；R：曲率半徑 m)

(E) 根據前後彎道條件進行彎道資料修正。

B. TEMU2000 型傾斜系統有下列三種狀態：

- (A) 傾斜狀態：時速達到 60 公里，列車按照設定資料進行傾斜控制，左、右“空氣彈簧”（以下簡稱空簧）高度各加減 35 mm 達到傾斜。
- (B) 待機狀態：加速超過時速 30 公里或減速低於 50 公里時，左、右空簧僅保持提高 35 mm 的狀態。
- (C) 標準狀態：加速未超過時速 30 公里或減速低於 10 公里，左、右空簧高度維持標準高度。在列車開始營運時，駕駛車的傾斜控制器（Tilting Controller，以下簡稱 TC）會接收 ATP 傳送的地上子資料並傳送給各車 TC 或 MC；TC 會比對設定好的路線資料，判斷出目前列車所在的路線，並且透過距離脈衝訊號計算目前所在位置，由下一地上子進行校正；若行駛 5 公里後，皆沒有讀到設定的地上子資料，就會進入備援傾斜。在彎道傾斜控制方面，車輛傾斜判定是由 TC 判定，基準是由車速、路線資料的曲率半徑、超高來計算旅客的舒適度，若超出 $0.8m/s^2$ ，則進入該彎道時傾斜。因為空氣彈簧充氣完成時間需 1 秒，TC 依照列車運行速度計算出彎道前開始傾斜的距離，離開彎道時開始復原的距離。

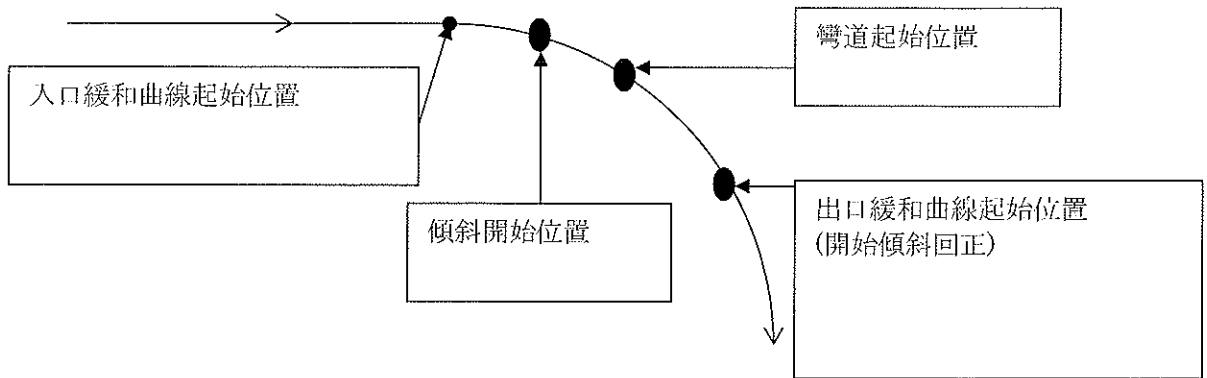


圖 5.9 TEMU2000 型傾斜時機示意圖

TEMU2000 型路線資料所需與 TEMU1000 型相同，且只輸入下列資料即可：

- (A) 地上感應子代號
- (B) 地上感應子位置
- (C) 彎道入口緩和曲線起始位置
- (D) 彎道起始位置
- (E) 彎道出口緩和曲線起始位置
- (F) 彎道出口緩和曲線結束位置
- (G) 彎道半徑
- (H) 軌道超高
- (I) 彎道方向

由路線資料設定來看，TEMU1000 型較為複雜，其傾斜的部份由人工設定控制參數，因此需要詳細計算及考慮；TEMU2000 型較簡易，是因只需要輸入正確的路線參數後，TC 自行計算有無需要傾斜、傾斜的時機，相對維護簡易。

判斷列車所在位置，兩種車型使用的方式皆是 ATP 地上子資訊和事先建好的資料比對，並透過距離脈波訊號計算位置。計算時需考慮到車輪直徑的大小；TEMU1000 型在進行保養時，皆會針對車輪直徑校正，確保進行傾斜的地點正確；TEMU2000 型則無設計車輪直徑校正功能，因此在位置誤差會隨著車輪磨耗而加大。目前車輪直徑預設值為 860 mm，若磨耗至最低限度 780 mm、地上子資訊遺失將無法根據路線資料進行校正時，每走 $2450.44 (780\pi)$ mm 時，TC 則認定已走 $2701.77 (860\pi)$ mm；所以 TC 認定行走 5 公里時，實際上只行走 4.53 公里，TC 認定已到下一右彎道，實際上還在左彎道，則有可能發生逆傾斜，故利用陀螺儀偵測彎道之方向予以校正。

肆、心得及建議：

一、 火車軔機系統的演進

日本是一個先進的工業大國，全國鐵道主要路線曾經由國家來經營，經過國鐵分割民營化後，國鐵解散，由 JR 集團 7 公司繼承。JR 集團之外、各地區還存在多家民營鐵道公司。因全國火車運輸網路四通八達，且國營鐵路、私營鐵路地方性鐵路公司眾多，高鐵新幹線、傳統鐵路甚至地面電車，因此火車工業非常發達且多元。也因為如此多元且須應付各地區及個公司的不同需求，加上先進的工業技術，造就日本成爲一個鐵道先進國家。

這次因公得以到日本受訓，見識到各式各樣的火車形式及各式各樣的操控系統，因具有司機員背景會特別注意運轉室設備及司機員操作，其中一項特別吸引我注意的是：他們很多車輛駕駛室的操控系統中是沒有司軔閥把手的。

(一) 舒適整潔的駕駛平台--將電門把手及司軔閥把手整合成單一把手。

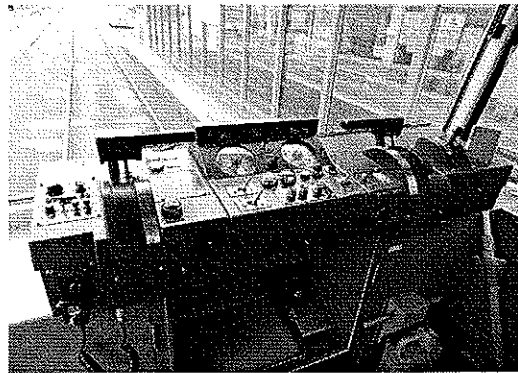


圖 1 駕駛平台



圖 2 駕駛平台

能夠達到這種進步其中需有軔機被動元件的進步，由早期的三動閥、M 行控制閥、E 型控制閥、單元式軔缸、碟盤式軔機，進步到完全不需使用空氣的全電磁式單元式軔缸。才有可能將電門把手及司軔閥把手整合成單一把手。

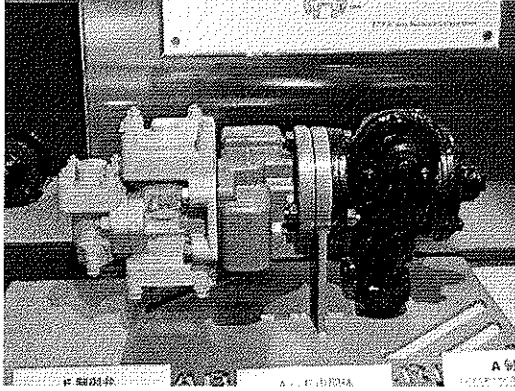


圖 3 左側為 E 控制閥，右側為 A 動作閥

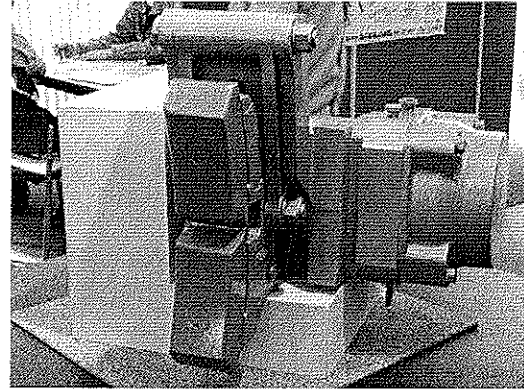


圖 4 單元式軔缸附有停留軔機

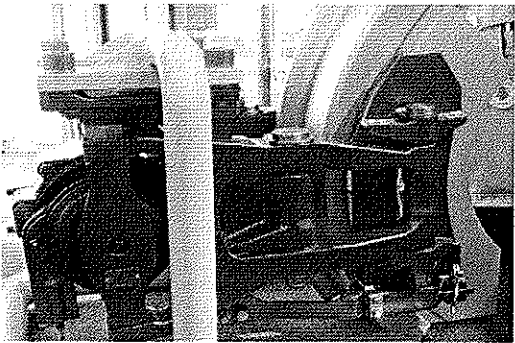


圖 5 輪盤式碟式剎車

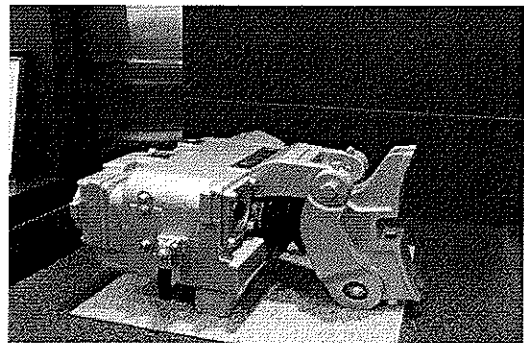


圖 6 完全不用空氣的全電磁式單元軔機

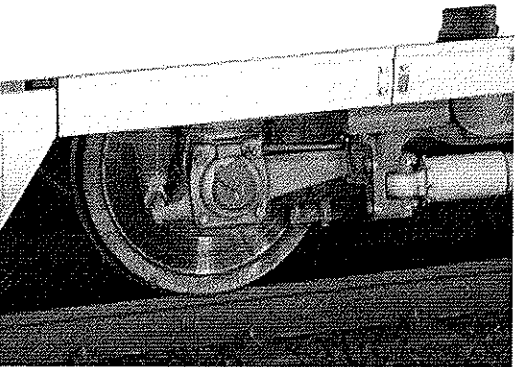


圖 7 實際使用中的輪盤式碟型煞車

(二) 駕駛室簡單化、操作容易、反應敏捷：日本的火車停靠站絕大部分是靠司機員對準停車位置，此段其間遇有乘坐火車可以看到司機員操作的機會都會就近觀察，何以單靠人為操作能夠如此精準的對準停車位置，而且不太會造成衝動現象。觀察結果為除了司機員的從業態度外，擁有一套操作容易、反應敏捷的軔機系統抑是關鍵之一，一套能讓司機員能隨意緊、鬆軔調整停車位置且不會造成衝動的軔機系統。

司機員皆能依月台上標示的停車位置停車，前後位差不超過 50 公分。

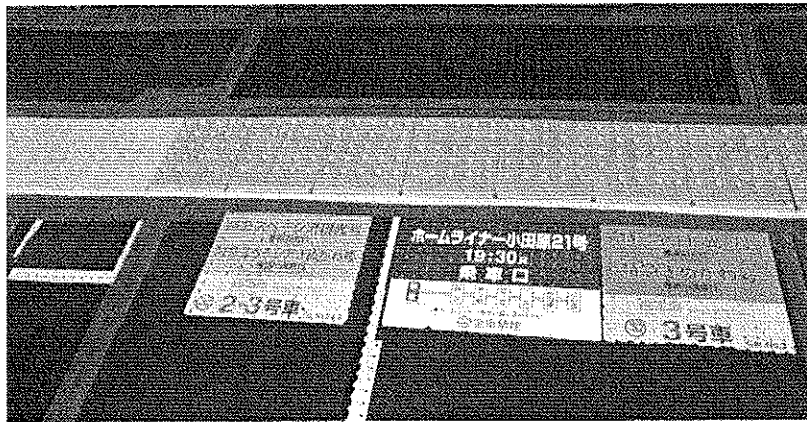


圖 7 成田機場等候月台地上標線

(三) 結構簡單化，被動元件相對減少，保養簡易：傳統空氣式軔機，有相當多的閥體各司其職，例如：司軔閥中的控制部、繼動部；被控元件中有 E 控制閥、26D、J1...等等，其閥體都必須在指定的保養週期分解、清掃、潤滑、更換另件，且是空氣直接驅動，空氣品質直接影響到元件的靈敏性，影響司機員的操作。

壓縮空氣在現行的火車工業中，佔有非常重要的地位，舉凡服務系統（車側門、通道門、廁所馬桶、揚水裝置）、車身避震（空簧）、尤其制軔系統。使得每列車輛中皆須配備一至二部大型的空壓機，不但體積大、重量重，而且耗損大量能源，運轉中產生高噪音增加乘坐不舒適性，且壓縮空氣的過程中會混合機油，軔機動作時也會排放混合機油之空氣及噪音，若能使用電控軔機甚至是使用全電磁式單元式軔缸及電動馬達式車門不僅能減輕對壓縮空氣的依賴，如此就不用搭載大型的空壓機，減少很多閥類、空氣管路、甚至連 BP 管或 EP 管也可由電氣接線取代，不但車身重量減輕，結構更簡單、降低噪音、維修也更簡單。

二、 各型電聯車牽引系統設計之差異

有關臺鐵局各型電聯車牽引系統設計之差異，茲以下列表格比較說明其差異性：

車型	整流器型式	變流器型式	開流體型式	DC-LINK	再生型式	牽引馬達型式
EMU400	相位推移	無	SCR	無	電軔電阻	直流牽引馬達
EMU500	相位推移	PWM 變頻	SCR GTO	截波器 過電壓保護	電軔電阻	交流感應馬達
EMU600	2階PWM整流（升壓）	2階VVVF變頻	IGBT	過電壓保護	再生饋電至電車線	交流感應馬達
EMU700	2階PWM整流（升壓）	2階VVVF變頻	IGBT	過電壓保護	再生饋電至電車線	交流感應馬達

車型	整流器型式	變流器型式	開流體型式	DC-LINK	再生型式	牽引馬達型式
TEMU1000	低損失 3 階 PWM 整流 (升壓)	2 階 VVVF 變頻	IGBT	過電壓保護	再生饋電 至電車線	交流感應馬達
TEMU2000	低損失 3 階 PWM 整流 (升壓)	2 階 VVVF 變頻	IGBT	過電壓保護	再生饋電 至電車線	交流感應馬達

TEMU2000 採用之整流器電路與以往之 3 階 (3 level) 電路比較，能夠減少電流路綫上 I G B T 的個數，能夠降低由於 I G B T 通電發生的損失。

進行作為輸出的直流電壓的 1800V 定電壓控制和主變壓器 1 次側電壓電流的功率因數 1.0 控制。

再生電軔時在功能上變為逆轉換，輸入電源的主變壓器替換為牽引馬達，以濾波電容器之 DC 1800V 為輸入，為向主變壓器側輸出 AC940V 60Hz。

三、 靜態變流器

TEMU2000 在外觀上 藉散熱鰭片的功能，透過管路內的純水，把熱源帶至箱體外部，以自然發散方式，排除 IGBT 及內部產生的熱源；有異於以往使用鼓風機強迫的方式，在箱體內，設計一風道，以吸風排風的方式，形成循環來把箱體內部的熱排出；如此設計既然少了鼓風機當然也就少掉鼓風機造成的故障及所產生的噪音、震動等，使得運作更加順暢。

在元件上 從早期使用 GTO、SCR 等，及利用平滑線圈，穩定電路；而今使用 IGBT，在整流部份藉 PWM 作用，能量不滅的原理 $1/2LI^2 = 1/2CU^2$ 讓 DC-LINK 電壓能達到 2 倍的輸入電壓，因此相較於以往 IGBT 不再產生大量的熱，也少了線圈；相對的在熱源的議題上也就減少很多；更對於箱體的負擔也減輕不少重量。

在組裝上 有鑑於以往在保養組裝時產生的錯誤及耗時，在元件間的連接固定上，採用快速連接器並有防呆功能；如此，既使工作再忙碌或是粗心大意，錯接或誤裝的情形也就可以避免，無形中效率可提升，缺失可降到最低。

在監控上 全列車採 TCMS 監控，可傳輸各種訊息至司機室前的 DDU 顯示單元，提供最詳盡的資訊；檢修人員亦可透過故障顯示得到最新的內容，適切的提供最快速的處理。

在保養上 整個箱體採密閉設計，對散熱影響甚大的灰塵，完全阻隔。平時若非有需要，幾乎可以不需去把箱蓋打開，相對在保養時更能減少工作時數。

綜觀現今 SIV 的議題不外有散熱不良造成的故障為大宗，而 2000 型的 SIV 卻也有針對以往的問題做出相對的改善，無論在元件材料的設計選購，整體設計的配置，今後檢修工作的順利，保養工時的縮短，都得到相當的回應。當然好的產品要經的起考驗，相信如此新穎的設計及配備能重啓爾後的開端。

四、 變壓器

本次新購 136 輛傾斜式列車之變壓器是一新型無壓密封式變壓器，其特點為內部裝設有一金屬伸縮囊，利用其伸縮性藉以吸收矽油因為熱脹冷縮之壓力，藉金屬伸縮囊的伸縮性達到內部保持與大氣壓力相同之特性。因與空氣完全隔絕，所以能使矽油不變質，達到免保養之特性，甚至不用更換矽油，是一個非常實用的變壓器。

在加上其外殼是適形構造 (FORM-FIT)，外觀能隨內部結構變化而改變，所以體積小，重量相對也較輕。因車下廂體間空間之高度不夠容納儲油槽以致變壓器外觀看起來更大。金屬伸縮囊肩負隔絕空氣與保持恆壓的雙重功能。

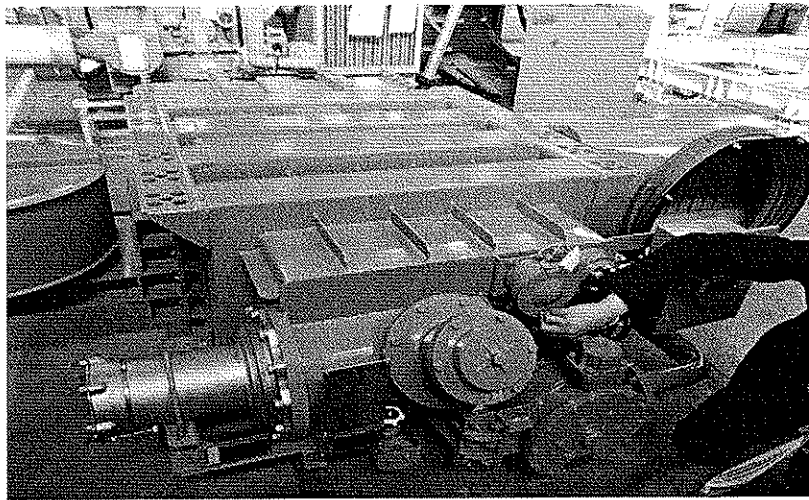


圖 8 變壓器

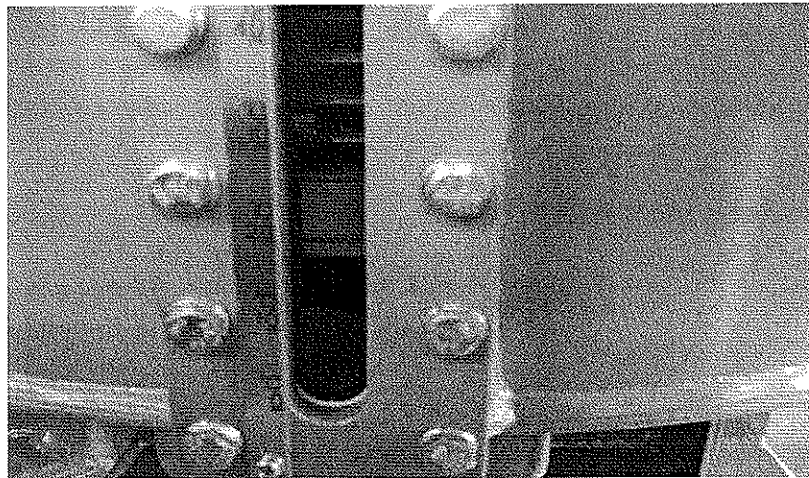


圖 9 金屬伸縮囊外觀

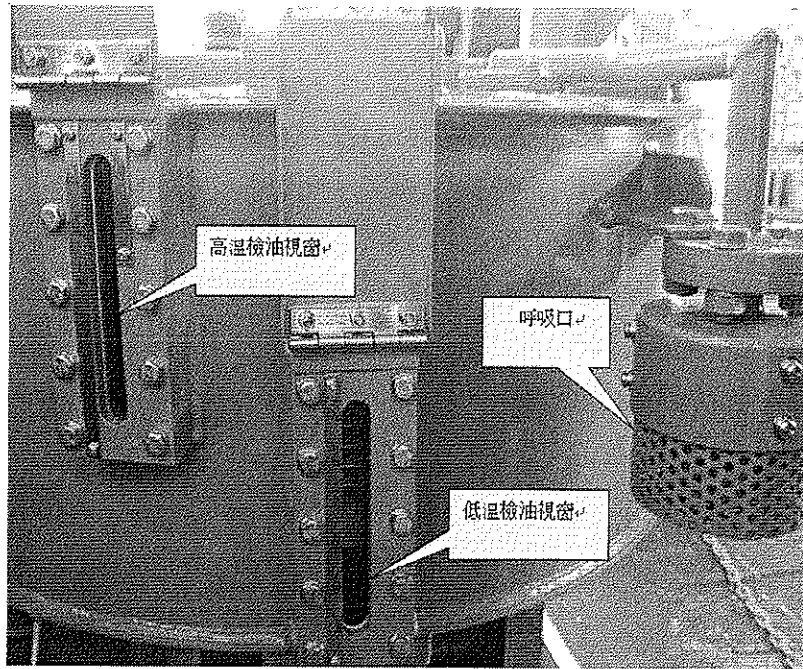


圖 10 呼吸口及檢油視窗

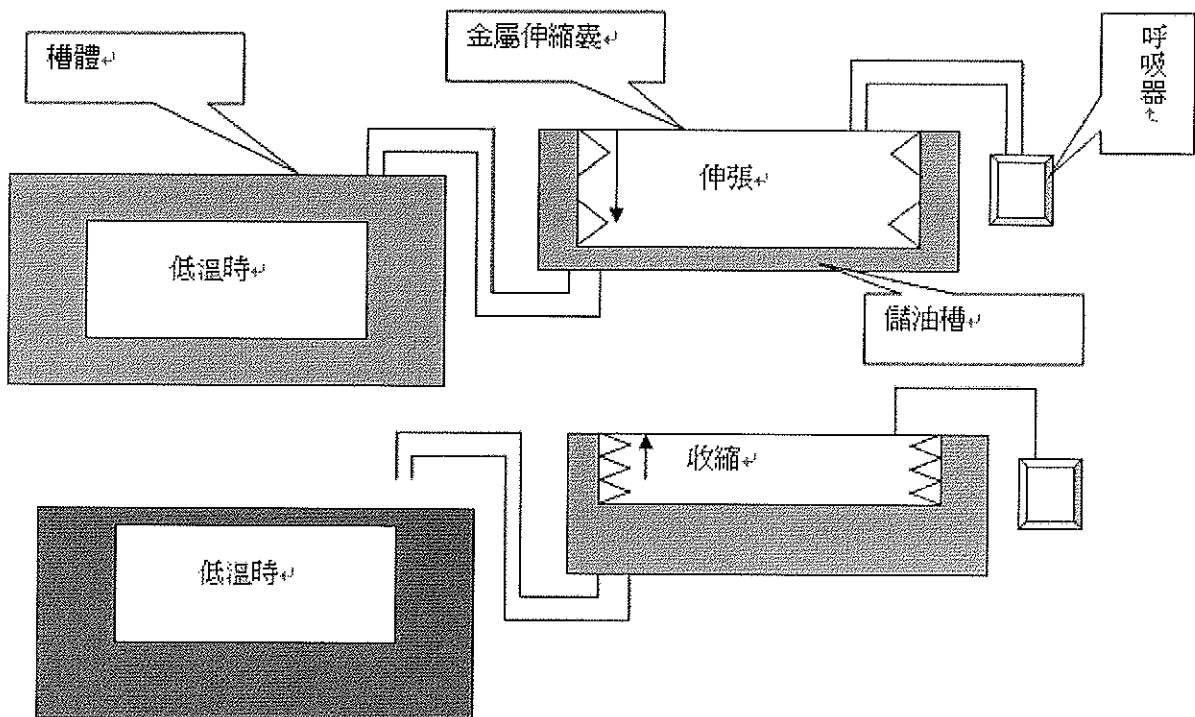


圖 11 呼吸口及檢油視窗示意圖

五、 建議

(一) 善用各種機械設備提升維修品質

在科技日新月異的今日，如何善用各種機械設備促進修品質，以提升各項營運設備之可靠度、可用度來提供社會大眾準時、安全、迅速的服務品質，且符合世界潮流，藉以提高臺鐵局競爭力，建立臺鐵局新形象。

因此建議增購各項檢修用特殊機具設備，利用列車營運返段進入檢修廠之同時，即予以檢查。如鐵道車輛用屋頂設備監視測定裝置「Pandergraph_Checking-System」（附件四）利用攝影機及各偵測器檢測屋頂上固定之設備及集電弓（舟）的狀態（檢測之項目有碳刷厚度、集電靴平衡度及絕緣礙子狀態等）和該車輛編成編號並予以記錄或車輪磨耗管理支援「Wheels_Checking-System」（附件五）利用雷射可精密量測車輪踏面各項數據和該車輛編成編號並予以記錄追蹤，將其運用於日常檢查，除提早發現車輛之異常，防範事故於未然，亦可輔助車輛檢修人力運用上之不足。

(二) 車體焊接專業技術訓練

本次臺鐵局再度採購之傾斜式電聯車 136 輛案及先前採購之傾斜式電聯車 48 輛案，皆採用鋁合金製車體之新技術及工法，因此將來維修車體所必需之機具設備、材料和維修人員銲接技術之培訓工作，應有完善之規畫，才能使車輛能發揮最佳營運狀況。建議儘快進行銲接人才技術之培訓，除可以在車輛保固期間請製造商技術移轉外，廠段應甄選一些有銲接基礎技術之人員，派到國內訓練機構或學校，接受 MIG 銲接、TIG 銲接等專業技術訓練。另外鋁合金溶接之機具設備，如 MIG 電銲機、TIG 電銲機及鋁合金銲條等，應儘速採購以備不時之需。而相關維修鋁合金製車體，所需之各種鋁擠型材料，因需向原製造廠採購，交貨期冗長，因此必須預先適當備料，以利受撞擊時能立即修復、以防缺料造成車輛無法營運之窘境。

(三) 運用『繼電器測試儀器』檢測各類繼電器

車輛控制用機電設備及軀機系統皆須使用各型式繼電器，而往往因一個繼電器故障，即造成車輛誤點事故，因此如能利用『繼電器測試儀器』繼電器特性測試項目包括：

1. 線圈直流阻抗 Coil DC resistance(DC Relay)
2. 線圈交流阻抗 Coil AC resistance(AC Relay)
3. 空載接點接觸阻抗 Contact resistance
4. 有載接點接觸阻抗 Contact resistance(Load)
5. 激磁電壓/電流 Pickup voltage/current of coil.
6. 失磁電壓/電流 Drop away voltage/current of coil.
7. 接點導通動作驗證 Contact operation verification.
8. 計時器延遲時間量測 Timer Delay Time Measurement (Timer) 」
9. 進行新購材料檢測其良率或於現車保養時，將量測合格品換裝於營運車輛上，必可將繼電器引起之異常故障降低或進行持續檢測監控分析其使用壽齡，以提升車輛可靠度及可用度，

且符合預防保養之宗旨。

(四) 電子卡維修新思維

藉由本次專業訓練，參觀了國際知名製造廠 TOSHIBA 三重及府中工廠，其中生產製造到 QC 皆有嚴格之標準作業流程。而該公司對於本次專業訓練相當的重視並展現誠意，課程中除詳細解說 C/I 牽引整流/變流器、牽引馬達、SIV 靜式變流器、主變壓器以及 TCMS 列車狀態監視系統等設計邏輯及維修方法外，為了讓本次學員更了解各項設備內部構造，特別開放其生產線，讓我們實地參觀檢視，了解各製程與成品測試結果。

過程中對於 TCMS 系統之電子卡於製造後，利用各式專業儀器進行反覆的縝密量測並詳細記錄等流程，方可確保產品良率之標準作業流程。也因此，對於本局電子卡維修業務有了新思維，過去動力車輛用各種電子卡大都為邏輯控制用，然科技日新月異，以傾斜式列車為例，其傾斜控制用電子卡 TC/MC 除邏輯控制尚有計算及自我診斷之功能，而其核心更為該公司之設計機密，再則電子產品推陳出新，各式元件有些需特別製程或販售管道方可取得，將來對於電子卡維修實為艱困，如能以模組更換模式，而採取購買時，即要求保固 6-8 年，如此不但可精減購買昂貴的維修設備亦可減少工時之浪費，更可維持車輛維修後等同新車般之可靠度及可用度。

(五) 成立鐵道文物博物館

日本對於鐵路歷史文物及鐵路的文化推廣非常重視，除保存歷史文物及鐵路車輛發展相片外，並以多媒體介紹創業以來的發展過程。且不定期舉辦敦親睦鄰活動，以推廣大眾對鐵路運輸認識，進而喜愛搭乘鐵路運輸工具。因此建議成立鐵道文物博物館，妥善規劃整理、修復現有古文物，有系統給予保管及計畫性安排展示，可吸引社會大眾對鐵道發展史之了解，進而關心鐵路並帶動民眾搭乘鐵路運輸。對外可開放展示（進場收費），一方面可藉由門票收入能自給自足用於保存各項鐵路文物各項雜費支出，另一方面可辦理各項宣導活動，吸引乘客搭乘鐵路運輸，以增加臺鐵局營業收入，創造雙贏局面。