

出國報告（出國類別：其他）

城際電聯車 600 輛購案 出國專業訓練班第 1 梯次

服務機關：國營臺灣鐵路股份有限公司

姓名職稱：單文林 高級工程師

許涵育 工程師

施昌宏 工程師

吳龍平 助理工程師

蔡文斌 技術員

張浦紋 技術員

陳鴻翔 助理技術員

派赴國家/地區：日本

出國期間：113 年 1 月 17 日至 2 月 1 日

報告日期：113 年 4 月 12 日

目次

壹、 目的	2
一、 出國依據	2
二、 出國目的	2
貳、 受訓過程	3
一、 受訓日程	3
二、 受訓日誌	4
參、 專題報告	17
一、 空調機系統	17
二、 SIV 輔助供電	28
三、 集電弓設備	35
四、 牽引動力系統(CI)	43
五、 主變壓器	51
六、 牽引馬達與齒輪箱驅動裝置	57
肆、 心得及建議	71
一、 心得	71
二、 建議	71
伍、 參考資料	72

壹、目的

一、出國依據

臺鐵整體購置及汰換車輛計畫(104~113年)中購置城際電聯車600輛，由台灣日立亞太股份有限公司得標。本公司依據該購車合約內專業訓練，其技術規範之附錄-D訓練規定，立約商應免費提供運轉、維修技術之轉移訓練，以利臺鐵公司執行電聯車之試運轉及保養維修等工作。

二、出國目的

本次城際電聯車 600 輛車輛製造商為日本株式會社日立製作所，於本購案中規定有專業訓練班之訓練，對象為本公司機務處及廠、段對電聯車動力系統之檢修種子師資人員，訓練地點：車輛組裝廠或主要機電系統供應廠，包含日本及臺灣等地，目前辦理赴日出國專業訓練計有 113 年 1 月及 3 月各 1 梯次。

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、段等人員前往日立設備供應廠、車輛組裝廠及主要機電系統供應廠接受專業訓練。本批 7 人為 113 年度第 1 批次，赴日接受轉向架系統、輔助供電系統、牽引系統等為期 16 天國外訓練，自 113 年 1 月 17 日起至 113 年 2 月 1 日止。

此次安排機務處車輛保養檢修人員至日立車體組裝工廠、設備生產工廠及多家子系統設備商製造工廠接受教育訓練機會，由專業技師講解車輛設計概要及設備檢修程序，透過在教學過程中互動與應答，溝通交流彼此車輛維修技術與觀念，使本公司檢修保養人員對本案車輛系統設計能有更進一步的認識，並了解各零組件設備使用後續衍生之維護保養應注意事項。而藉由實地觀摩學習當地鐵路車輛維修技術，將所學內容知識與經驗攜回廠段，以期增進機務單位內檢修技術能力，達到降低車輛故障率、提供旅客安全良好服務品質。

貳、受訓過程

一、受訓日程

受訓日程簡介

名稱	城際電聯車 600 輛購案出國專業訓練班第 1 梯次	
期間	113 年 1 月 17 日至 113 年 2 月 1 日止	
日期	星期	行程內容
01/17	星期三	去程移動日：桃園機場→日本福岡→德山
01/18	星期四	日立笠戶工廠 上午：車輛概要 下午：實車設備艙裝
01/19	星期五	日立笠戶工廠 轉向架系統
01/20~21	星期六、日	休息日/例假日
01/22	星期一	日立笠戶工廠 空調系統 移動：德山→名古屋
01/23	星期二	富士電機 輔助供電系統
01/24	星期三	NTN 軸承 鐵路車輛軸承 移動：名古屋→橫濱
01/25	星期四	東洋電機 上午：集電弓 下午：齒輪箱 移動：橫濱→水戶
01/26	星期五	日立水戶工廠 CI 系統
01/27~28	星期六、日	休息日/例假日
01/29	星期一	日立水戶工廠 TCMS 測試機
01/30	星期二	日立國分工廠 主變壓器
01/31	星期三	日立山守工廠 牽引馬達
02/01	星期四	回程移動日：水戶→日本成田機場→桃園機場

二、受訓日誌

- 一月十七日（星期三）
去程移動日，由桃園機場搭乘中華航空公司 CI-116 班機抵達日本福岡機場，搭乘新幹線轉往日本德山。
- 一月十八日（星期四）
日立笠戶工廠
09：30 ~ 10：00 啟始會議、公司概要介紹
10：00 ~ 11：00 EMU3000 型車輛概要
11：00 ~ 12：00 EMU3000 型車輛組裝檢查說明
13：00 ~ 15：30 實車確認 車體構造組裝工程
 上下台門檢修蓋、扶手
 火災煙霧預警設備
 列車防護無線電系統
 直流成份控制箱檢查
15：30 ~ 16：30 測試及 Q&A
※講師 上午：三好紅大、澤田賢人
 下午：北迫大享、龍野圭佑



圖 1 日立笠戶工廠



圖 2 直流成份控制箱檢查



圖 3 火災預警煙霧偵測器測試

- 一月十九日（星期五）
日立笠戶工廠
10：00 ~ 12：00 轉向架概要及分解、再組裝、檢查流程說明
13：00 ~ 14：00 轉向架分解、再組裝・檢查流程及內容說明(續)
14：00 ~ 16：00 轉向架成品、各部件現車確認
負重測試・軋機測試的確認
治具(直向彈簧、軸臂防震橡膠)介紹
16：00 ~ 17：00 測試及 Q&A
※講師 上午：若林先生、富永啟太
下午：島裕士



圖 4 轉向架系統說明



圖 5 轉向架各部件實機確認

- 一月二十日（星期六）
休息日
- 一月二十一日（星期日）
例假日
- 一月二十二日（星期一）
日立笠戶工廠
09：00 ~ 11：00 空調機概要及組裝、分解、檢查說明
11：00 ~ 12：00 現場確認 空調機分解・組裝方法說明
車內送風機、車外送風機、新鮮空氣排風扇之拆卸

13:00 ~ 15:00 現場確認 空調機分解・組裝方法說明
從冷媒回收到冷媒封入的步驟
電磁接觸器的拆卸更換

15:00 ~ 16:00 測試及 Q&A

※講師 上午：田口友章
下午：山本公司



圖 6 空調機系統說明



圖 7 空調機各部件實機確認

移動：德山搭乘新幹線前往名古屋

- 一月二十三日（星期二）

富士電機

10：00 ~ 10：20 富士電機工廠介紹

10：20 ~ 11：00 輔助供電設備 SIV 概要說明

11：00 ~ 12：00 輔助供電設備 SIV 檢修項目說明

13：00 ~ 15：00 各部件拆卸安裝實機確認

15：00 ~ 16：00 產品技術展示廳介紹

16：00 ~ 17：00 測試及 Q&A

※講師 上午：中野淳一、清柳嘉木

下午：松尾富好



圖 8 富士電機鈴鹿工廠



圖 9 輔助供電設備 SIV 實機確認



圖 10 富士電機工廠大合照

● 一月二十四日（星期三）

NTN 軸承

09：00 ~ 09：30 公司介紹

09：30 ~ 10：30 鐵道車輛軸承與一般軸承之工程比較說明

10：30 ~ 11：30 熱處理工廠參觀

12：30 ~ 13：15 鐵路車輛軸承介紹

13：15 ~ 16：00 車軸軸承壓入、拔除示範

密封材壓入、拔除的示範

潤滑脂封入的示範及操作

尺寸量測的示範及操作

※講師

上午：藤原徹也、福田泰之、久野雅浩

下午：曾根克典



圖 11 車輛軸承說明



圖 12 軸承外徑尺寸量測操作



圖 13 NTN 桑名製作所合照

移動：名古屋搭乘新幹線前往橫濱

● 一月二十五日（星期四）

東洋電機

09：00 ~ 09：40 集電弓的構造說明

09：40 ~ 10：30 集電弓動作原理、檢修項目

10：30 ~ 12：00 現場實機確認說明

集電弓的構造、動作原理說明

檢修項目、確認方法說明
碳刷片、導線確認方法、更換限度
升弓力量測、調整方法
潤滑材使用部位、適用方法

13：00 ~ 14：45 齒輪箱驅動裝置的檢修項目、分解、組裝方法

14：45 ~ 15：55 現場說明
齒輪箱裝置構造、分解、檢查說明
撓性連結器、齒輪箱部件實機確認

16：00 ~ 17：00 測試及 Q&A

※講師 上午：小林隼人

下午：石井一彌



圖 14 東洋電機



圖 15 集電弓裝置實機確認



圖 16 齒輪箱驅動裝置概要說明



圖 17 齒輪箱驅動裝置部件構造實機確認

移動：橫濱搭乘特急列車前往水戶

● 一月二十六日（星期五）

日立水戶工廠

10：00 ~ 10：30 工廠介紹

10：30 ~ 12：15 CI 牽引系統概要及檢查項目說明

13：15 ~ 14：00 生產線參觀

14：00 ~ 16：00 實機確認

CI 各模組整流器、變流器、控制邏輯裝置拆裝檢修教學

16：00 ~ 17：00 測試及 Q&A

※講師 上午：永浦康弘、森岡正信

下午：谷口優



圖 18 日立水戶工廠



圖 19 CI 系統之控制邏輯裝置說明

- 一月二十七日（星期六）
休息日

- 一月二十八日（星期日）
例假日

- 一月二十九日（星期一）
日立水戶工廠
10：00 ~ 12：00 TCMS 測試機之操作說明及故障排除
13：00 ~ 16：00 實機操作
 使用測試機進行測試
16：00 ~ 17：00 測試及 Q&A

※講師 上午：新城和雄、徳田裕一郎
下午：山本直諒



圖 20 TCMS 測試機背面測試纜線連接說明



圖 21 TCMS 測試機實機操作

● 一月三十日（星期二）

日立國分工廠

10：00 ~ 10：45 工廠介紹

10：45 ~ 12：00 主變壓器概要說明

13：00 ~ 16：30 主變壓器檢修說明各部件實機確認
絕緣電阻量測、油位觀察、冷卻器清潔

16：30 ~ 17：00 測試及 Q&A

※講師 上午：定川浩達、齋藤泰智
下午：清和先生、橋本先生



圖 22 日立國分工廠



圖 23 主變壓器概要說明

- 一月三十一日（星期三）
日立山守工廠
10：00 ~ 12：00 工廠介紹
10：30 ~ 12：00 牽引馬達概要說明
13：00 ~ 14：00 馬達生產線介紹
14：00 ~ 16：00 馬達拆解檢修組裝示範
16：00 ~ 17：00 測試及 Q&A
※講師 上午：久米勇紀、玉置學
下午：高須先生、三澤先生



圖 24 日立山守工廠



圖 25 牽引馬達概要說明

- 二月一日（星期四）
回程移動日，由水戶車站乘坐高速巴士至日本成田機場，搭乘中華航空公司 CI-101 班機返抵桃園機場。

參、專題報告

一、空調機系統

(一)、系統概述

空調機是為了讓客室中維持舒適的溫濕度及乾淨空氣以提供乘客舒適的乘坐空間的設備。每個車廂於車頂上設置 2 台空調機，將從客室的回風空氣與大氣(新鮮空氣)的混合空氣以蒸發器進行冷卻後，並以天花板風道將冷空氣送入車廂中，達成車內的降溫及除濕。另外冬天則以電熱器達到車內的加溫。空調機的交流 440V 60Hz 電源來自於安裝於車下的電源裝置(SIV)。

空調機具有以下的特長：

- (1)安裝及檢查等維護很容易。
- (2)搭配天花板風道，可使客室內維持均勻的溫度。
- (3)空調控制器搭載微處理器，冷暖氣皆能夠按照熱負荷進行極細微的車內溫度控制。
- (4)空調機的運轉操作可以從駕駛室的螢幕簡單地操作。
- (5)空調機為模組化設計，可從車輛取下而不損壞冷媒配管或配線。

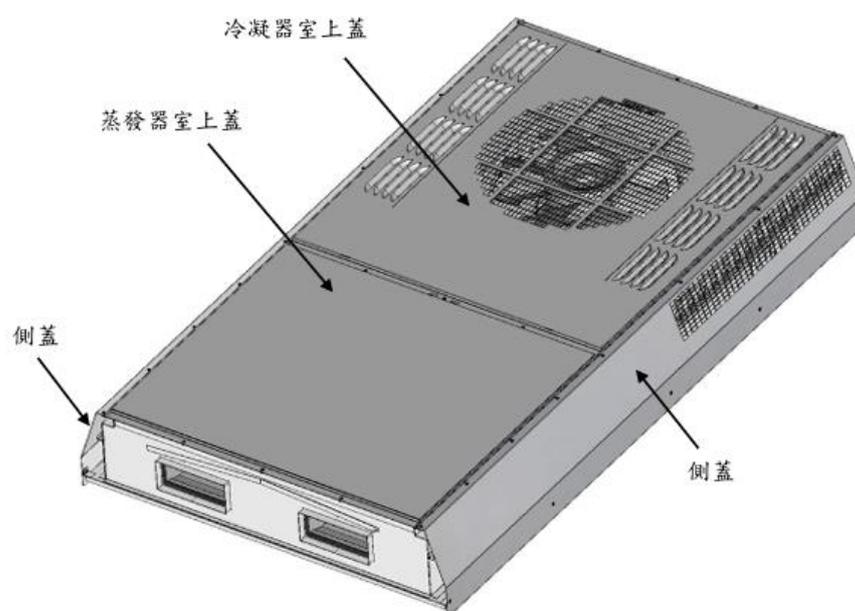


圖 26 空調機(安裝外蓋後的俯視圖)

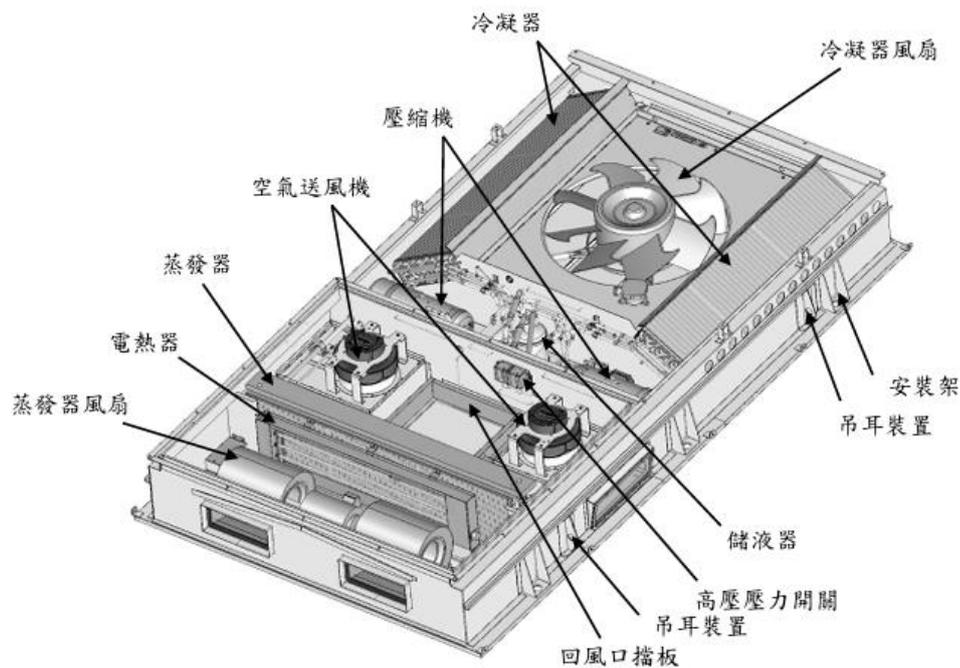


圖 27 空調機(拆卸外蓋後的俯視圖)

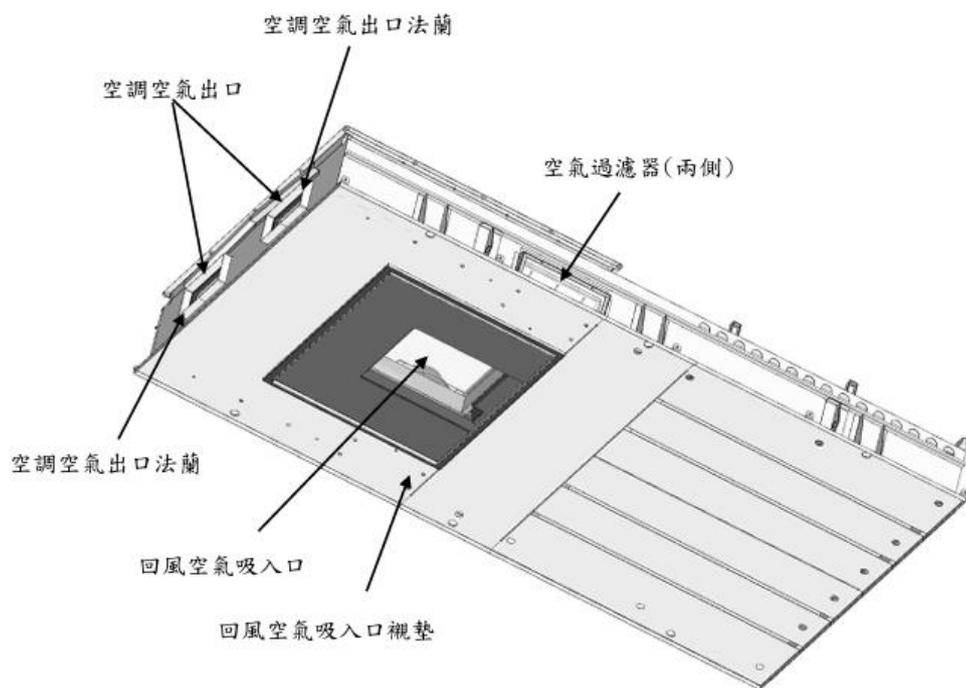


圖 28 空調機(拆卸外蓋後的仰視圖)

空調機系統構成是將壓縮機、蒸發器/冷凝器、蒸發器風扇/冷凝器風扇及空氣送風機等安裝於堅固的框架內，並包覆外蓋形成一個單元組件後，藉由防震橡膠固定於車輛上。圖 26、圖 27 為空調機的組裝圖各部件，考量到車輛的振動做穩固

的製造及安裝，圖 28 所示空調空氣出口設有法蘭，並經由風道與車輛相連接，且回風空氣吸入口設有襯墊，藉由襯墊與車輛相連接。空調機含有 2 組冷凍循環，所使用的冷媒 R407C。R407C 是符合中華民國行政院環境保護署最新規定的冷媒。

冷氣運轉時，經壓縮機壓縮的高溫高壓氣態冷媒和冷凝器風扇吸入的室外空氣在冷凝器內部進行熱交換而冷卻，冷媒變成液態通過冷媒除濕器(dryer)後進入減壓裝置(毛細管)而膨脹。從減壓裝置(毛細管)出來的低壓飽和狀態的霧化氣態冷媒進入蒸發器，與客室回風空氣和新鮮大氣做熱交換將空氣冷卻、除濕後，透過天花板風道送入客室。另一方面，由蒸發器所蒸發的冷媒將成為低壓飽和氣體或部分過熱氣體，再通過儲液器、過濾器後被吸入壓縮機後形成循環。此外，為了維持車內的正壓，配置了空氣送風機。另外，作為空調機控制用的空調控制器及空調配電盤不是配置於空調機內部，而是設置於車廂內。

(二)、空調機規格與性能參數

表 1 空調機規格

No.	項目		每組空調機 [/HVAC單元]	每節車廂 [/車廂]
1	冷凍能力 [kW](JRt)		26.0(6.73)以上	52.0(13.46)以上
2	冷氣輸入電源(主迴路) [kW]		12.0以下	24.0以下
3	暖氣能力 [kW]		4.0	8.0
4	暖氣輸入電源(主迴路) [kW]		4.6	9.2
5	風量 [m ³ /min]	混合空氣	55.0	110.0
6		新鮮空氣	13.4	26.7
7		回風空氣	41.6	83.2

(1) 電源：

a. 主迴路：

AC440V±5%、3φ、60Hz±1Hz

b. 控制迴路：

DC110V(-30~25%)

DC24V

(2) 空調機內的設備規格：

a. 壓縮機：2 台

種類：全密閉橫置式渦卷壓縮機

輸出功率：3.75kW 以下

電源：AC440V, 3 ϕ , 60Hz

極數：2 極

迴轉數：3470rpm

b. 冷凝器：2 台

種類：強制通風、凸片管式

線圈：9.53 ϕ 內側螺旋溝槽管

鰭片種類：波紋型鰭片

鰭片材質：銅

鰭片板厚：0.1mm

鰭片間距：2mm

c. 冷凝器風扇：1 台

種類：風扇送風機

風量：160m³/min/台

靜壓：130Pa

電源：AC440V、3 ϕ 、60Hz

輸出功率：0.8kW

極數：8 極

轉數：900rpm

d. 蒸發器：1 台

種類：強制通風、凸片管式

線圈：9.53 ϕ 內側螺旋溝槽管

鰭片種類：波紋型鰭片

鰭片材質：銅

鰭片板厚：0.1mm

鰭片間距：2mm

e. 蒸發器風扇：1 台

種類：兩端吸入式鼓風機

電源：AC440V, 3 ϕ , 60Hz

極數：	4 極	8 極
風量：	55m ³ /min/台	27.5m ³ /min/台
靜壓：	216Pa	54Pa
輸出功率：	0.75kW	0.1kW
轉數：	1800rpm	900rpm

f. 空氣送風機：2 台

種類：離心送風機

風量：6.7m³/min/台(一般)

26.1m³/min/台(緊急通風時)

靜壓：150Pa(一般)

400Pa(緊急通風時)

電源：DC110V

g. 電熱器：1 台

容量：4kW

電源：AC440V、3 ϕ 、60Hz

用途：暖氣

h. 高壓壓力開關：2 台

種類：可調整式

用途：高壓壓力保護用

電路關閉：2.89 - 2.99 MPa

電路開啟：2.29 - 2.59 MPa

i. 排出口偵溫器：2 個(裝設於壓縮機外殼上)

設定值：動作 130°C \pm 5°C

復位 100°C \pm 15°C

j. 回風溫度感測器：1 個

用途：溫度控制用

設置位置：回風口

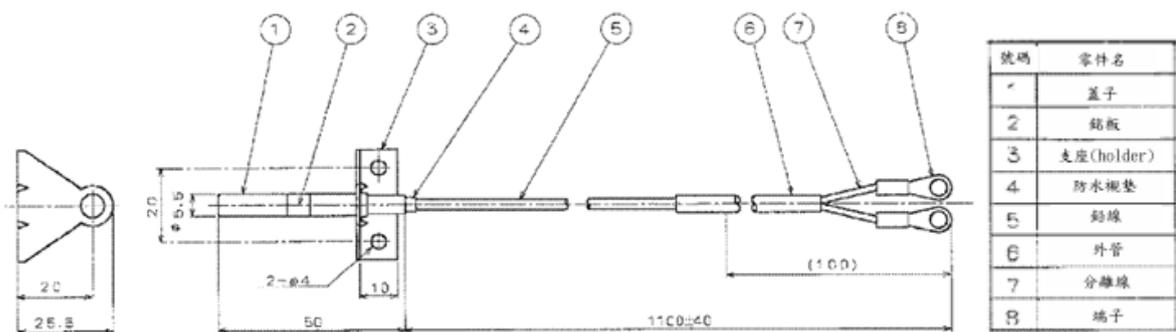


圖 29 回風溫度感測器外觀

表 2 回風溫度感測器的規格

No.	項目	回風溫度感測器					
1	使用溫度	-40~110℃					
2	保存溫度	-40~115℃					
3	測溫元件	DHT熱敏電阻(thermistor)					
4	電阻值	溫度[℃]	5	15	25	35	45
		電阻值[kΩ]	18.2	11.9	8.0	5.5	3.9

(3) 空調機相關設備規格：

a. 空調控制器：1 台/車廂

如圖 30 所示，空調控制器的顯示設定單元設置於車內上下車台，顯示客室溫度並能從車內上下車台確認之。從駕駛室可以藉由 TCMS 來監視、調整空調溫度。從列車長室及服務員室(第 6 車和第 7 車)可以藉由空調控制器的顯示設定單元來監視、調整空調溫度及相關設定。

不論從駕駛室、列車長室及服務員室都可以設定空調溫度於 18℃~28℃ 的範圍。

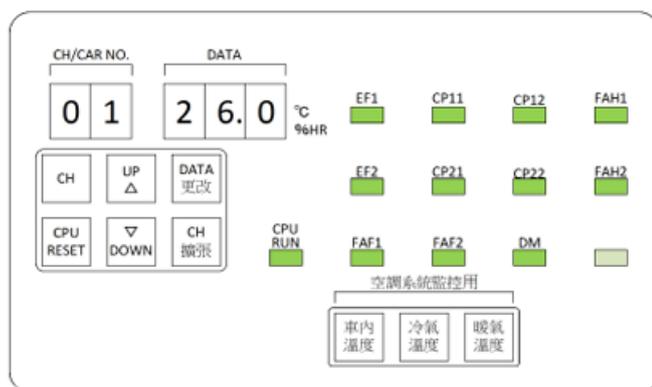


圖 30 空調控制器的顯示設定單元

b. 車內溫濕度感測器：1 個/車廂

用途：溫濕度控制用

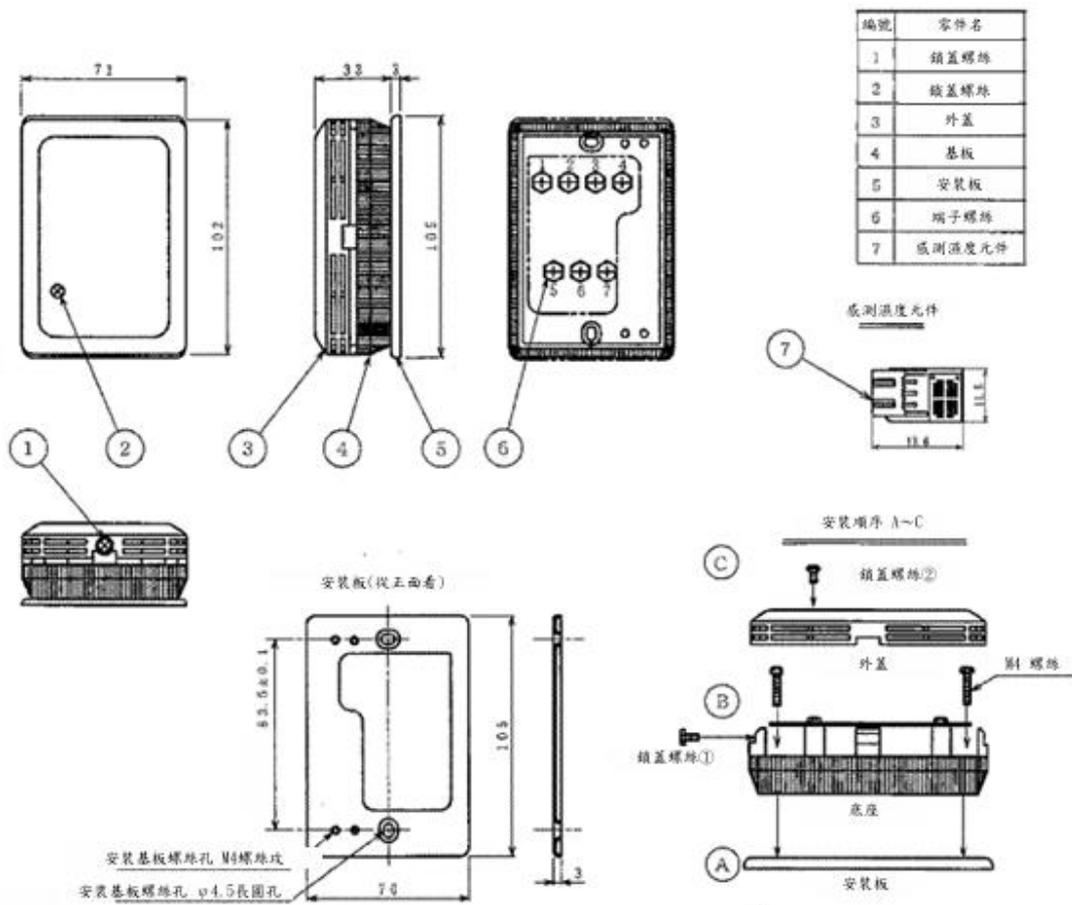


圖 31 車內溫濕度感測器外觀

表 3 車內溫濕度感測器的規格

No.	項目	車內溫濕度感測器					
1	使用溫濕度	0~50°C、30~90%RH					
2	保存溫濕度	-20~50°C、95%RH以下					
3	電源電壓	DC12~24V±10%					
4	消耗功率	0.3W以下					
5	輸出信號	0~5V					
6	感測濕度元件	IHK-F001(高分子薄膜濕度感測器)					
7	濕度檢測公差	±5%RH (於25°C)					
8	感測溫度元件	DHT熱敏電阻(thermistor)					
9	電阻值	溫度[°C]	5	15	25	35	45
		電阻值[kΩ]	18.2	11.9	8.0	5.5	3.9

c. 車外溫度感測器：1 個/車廂(兩端 ED 車)、2 個/編組

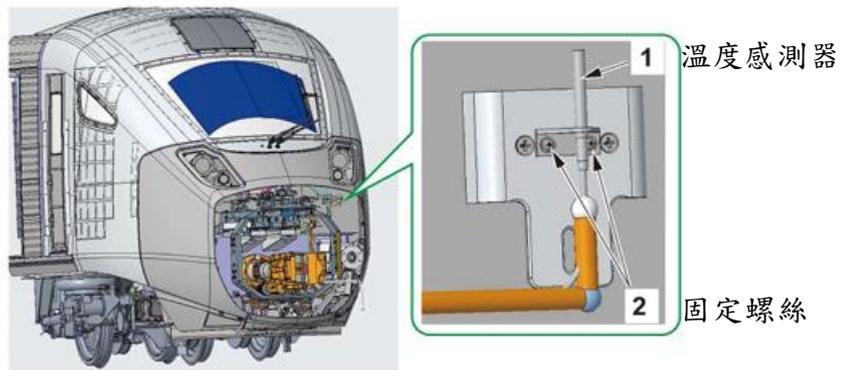


圖 32 車外溫度感測器

d. 防震橡膠：12 個/車廂、6 個/空調機

用途：空調機的衝擊緩衝、共振防止用

材質：氯丁橡膠

硬度：55°

設置位置：表示於圖 33

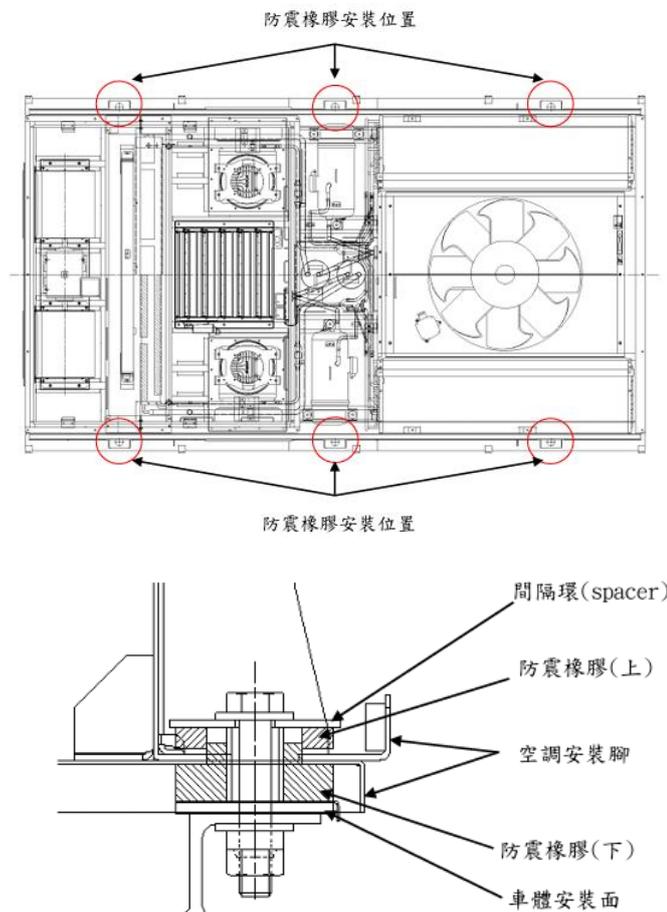


圖 33 防震橡膠安裝位置

(三)、空調機的運轉模式：

空調機運轉的車外溫度範圍為-15℃～45℃。溫度控制系統主要由空調機、空調控制器、回風溫度感測器、車內溫濕度感測器及車外溫度感測器所組成。為了控制車內溫濕度，設置回風溫度感測器在車頂空調機內的回風口，車內溫濕度感測器設置在客室。車外溫度感測器則在兩端車頭外部設置。

空調控制器會評估溫度感測器及濕度感測器的類比信號，根據電磁接觸器的控制來調整空調機的運作。各指令及動作一覽表如表 4 所示。

表 4 各指令動作一覽

No	指令來源	空調指令	運作模式	動作							空調機 2	壓縮機稼動率
				空調機 1								
				蒸發器風扇		冷凝器風扇	壓縮機		空調機內電熱器(註 1)			
				高速	低速		CP1	CP2				
1	顯示器	關	全停止	—	—	—	—	—	—	—	—	
2		送風	送風	●	—	—	—	—	—	—	—	
3		自動冷氣	強冷2	●	—	●	●	●	—	—	100%	
4			強冷1			●	○	○			75%	
5			弱冷2			●	○	○			50%	
6			弱冷1			◎	○	○			25%	
7			除濕①			◎	○	○			25%	
8			除濕②			◎	○	○			33%	25%
9			送風			—	—	—			—	—
10			自動暖氣			100%	—	●			—	—
11		67%		○								
12		33%		○								
13		送風		—								
14		停止		—								
17		強冷2	強冷2	●	—	●	●	●	—	100%		
18		弱冷2	弱冷2	●	—	●	○	○	—	50%		
19		除濕	弱冷1	●	—	◎	○	○	—	25%		
20			除濕①			◎	○	○	—	25%		
21			除濕②			◎	○	○	33%	25%		
22			送風			—	—	—	—	—		
23			100%暖氣			100%	—	●	—	—	—	●
24		67%暖氣	67%	—	●	—	—	—	○	—		

25		33%暖氣	33%	—	●	—	—	—	○		
26	空 調 控 制 器 的 顯 示 設 定 單 元	本車送風	與No.2相同								
27		本車自動冷氣	與No.3~9相同								
28		本車自動暖氣	與No.10~14相同								
29		本車強冷氣2	與No.3相同								
30		本車強冷氣1	與No.4相同								
31		本車弱冷氣2	與No.5相同								
32		本車弱冷氣1	與No.6相同								
33		本車除濕	與No.19~22相同								
34		本車100%暖氣	與No.23相同								
35		本車67%暖氣	與No.24相同								
36	本車33%暖氣	與No.25相同									
37	本車弱送風	與No.13相同									
—：停止					67%：空調機內電熱器的稼動率 67%間歇運轉 33%：空調機內電熱器的稼動率 33%間歇運轉 (註1)空調機內電熱器運轉時蒸發器風扇也一定會運轉。						
●：連續運轉											
○：循環間歇運轉											
◎：間歇運轉（配合壓縮機運轉）											

(四)、空調機的控制系統：

空調機由空調控制器所控制，空調控制器與 TCMS 通訊，並透過硬線來接收空調機控制用的信號。

空調機包含以下的功能。

- (1) 溫度控制系統
- (2) 緊急通風作動
- (3) 火災偵測作動
- (4) 故障偵測、其它

空調控制器在以下的狀況，將會向各設備傳送預先設定之作動指令。

- (1) 經由傳輸收到調速信號時 壓縮機不會同時作動下，使空調機開始運作。
- (2) 藉由硬線(hard wire)收到緊急通風信號時，空調機回風口擋板閉合，蒸發器風扇、壓縮機、冷凝器風扇及電熱器立即停止，空氣送風機為了提供必要的新鮮空氣給車內，轉速上升後持續運作。
- (3) 藉由硬線(hard wire)收到車內火災偵測信號、隧道火災偵測信號時空調機內所有設備停止運轉。

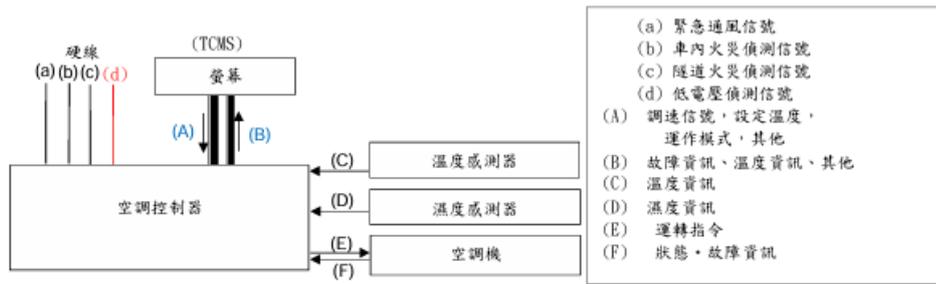


圖 34 空調機控制系統構造

平常狀態、緊急通風動作及火災偵測動作時的各指令動作一覽請參照表 5。

表 5 緊急通風動作、火災偵測動作時的各指令動作一覽

No	空調指令	動作							
		空調機 1・空調機 2							
		蒸發器風扇		冷凝器風扇	壓縮機		空調機內 電熱器	空氣送 風機	回風口 擋板
高速	低速	CP1	CP2						
1	平常狀態	依據表 4						● (低速)	開
2	緊急通風	—	—	—	—	—	—	● (高速)	閉
3	車內火災	—	—	—	—	—	—	—	—
4	隧道火災	—	—	—	—	—	—	—	—
—：停止					●：連續運轉				

透過空調機將十足新鮮的空氣向車輛供應。送風機平時為將新鮮空氣向車內供應而運轉，新鮮空氣由空調機的新鮮空氣吸入口吸入。空調控制器接收緊急通風訊號時，空調機回風空氣吸入口的空氣阻板將關閉，蒸發器風扇、壓縮機、冷凝器風扇、電熱器將立即停止。

此外，藉由列車電池所供給之電源(DC110V)將送風機的轉數提高而運轉，為向車內供應必須的新鮮空氣而持續進行緊急通風。(將 AC 電源之冷凝器風扇停機，而僅以送風機向車內供應新鮮空氣。)表 6 表示平常狀態、緊急通風狀態的新鮮空氣風量。

表 6 新鮮空氣風量

No.	項目	每組空調機 [/HVAC單元]	每節車廂 [/車廂]
1	新鮮空氣風量 [m3/min] (平常狀態、緊急通風狀態)	13.4	26.7

二、SIV 輔助供電

(一)、系統構成

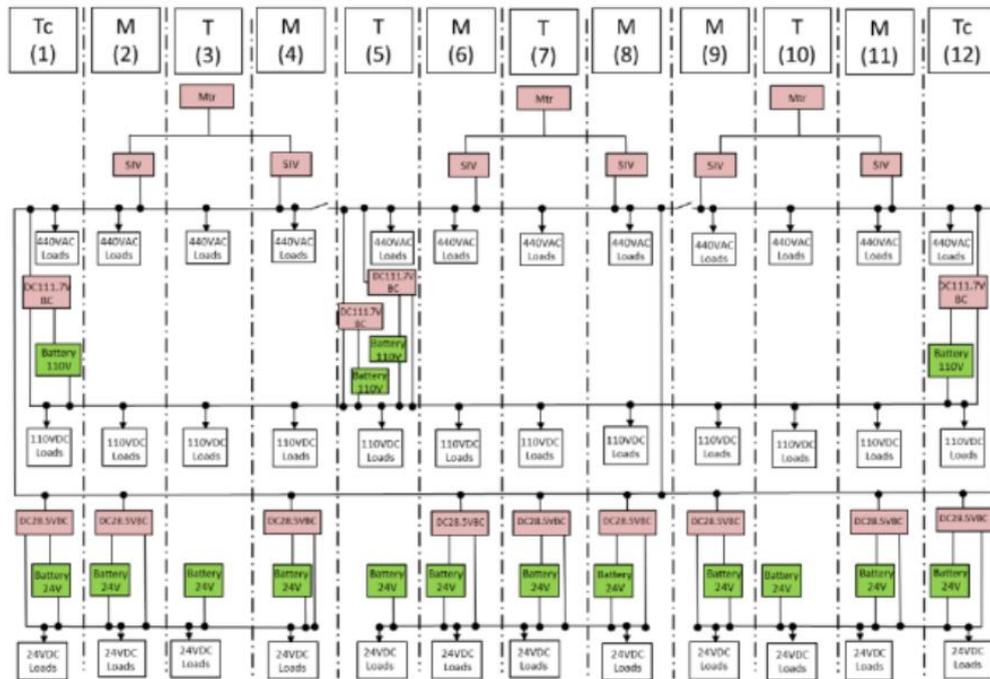


圖 35 輔助供電設備組成

(二)、系統概要

SIV 會將來自於車輛主變壓器之第三繞組 AC477V 1 ϕ 之電力輸入轉換為 AC440V 3 ϕ 加以輸出，對 440V 迴路供應電源。每個車輛單元之 SIV 容量為 360kVA(180kVA x 2 臺)，通常情況下之最大負載估算值為 194.2kVA，能夠穩定供電。此外，當 1 臺 SIV 故障時，剩餘之 1 臺 SIV 也能夠繼續給負載供電。SIV 由電容充電迴路、整流器迴路、DC 中間迴路、變流器迴路、AC 輸出迴路等 5 種主要迴路所構成。SIV 為成熟產品且在 TEMU1000 之實際供貨業績中得到驗證，其設計是沿襲了 TEMU1000 之設計。

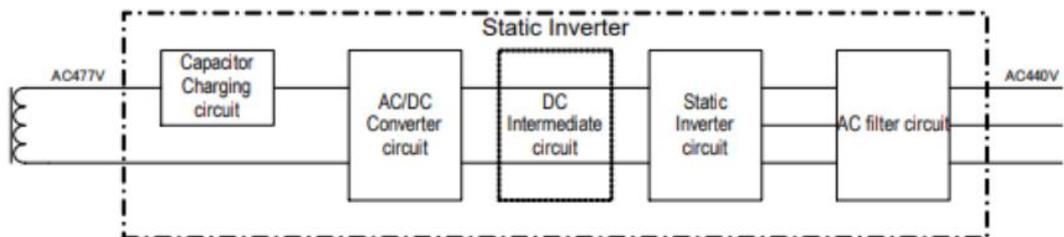


圖 36 SIV 之主迴路結構

電容充電迴路：當 DC 電容開始充電時，ACAK 會接通，來自 DC 電容的充電電流會流進充電電阻器 ACHRe。接下來，當 DC 電容充分充電後，ACK 就會接通，使 ACHRe 短路。

整流器迴路：為了對 DC/AC 靜式變流器迴路供應電力，整流器迴路會扮演升壓斬波電路的角色，透過 PWM 控制的方式將 AC 電力轉會為 DC 電力。

DC 中間迴路：DC 中間迴路會將整流器所產生的 DC 電壓透過濾波電容加以平滑化。此一迴路也具有接地偵測的功能。

變流器迴路：來自於整流器的 DC 電力(透過 DC 中間迴路)會被以開關方式轉換成方波。透過適當地調整脈衝振幅，就可以獲得所期望的正弦波波形。

AC 輸出迴路：AC 濾波器由 ACFL 與 ACFC 構成。AC 濾波器會將來自於變流器的方波加以平滑化，形成正弦波，由此可以降低雜訊與電力損失。此一迴路中也有在能確保輸出電壓穩定時對車輛供應輸出電壓之 AC 輸出接觸器 3phMK。

(三)、一般規格

輸入

- (1) 額定電壓 AC 477V 單相
- (2) 電壓變動
 - 性能保障 額定電壓+15%/-24%(連續)
 - 運作保障 額定電壓-30%(1 秒)額定電壓 +16%(瞬間)
 - 主變壓器之一次側電壓(額定 25.0kV)

控制電壓

- (1) 額定電壓 110V DC
- (2) 電壓變動 DC77V 至 121V (熱線圈的狀態) (DC66V-冷線圈的狀態)

輸出

項目	輸出值	
容量	180kVA	
額定電壓	440V+/-3%,3 相	
額定頻率	60Hz+/-1Hz	
功效因數	0.85	
過負載條件	150% 2 秒, 200% 30 毫秒	急速輸出電流限制時間 (過電流保護)>20msec

整流器類型

- (1) 輸入整流器 IGBT PWM rectifier
- (2) 輸出變流器 IGBT PWM inverter Constant Voltage Constant Frequency control

效率：90%以上(額定負載、額定輸入電壓條件下)

噪音

- (1) 額定負載條件下 70dB 以下(dBA 範圍為 1 公尺)
- (2) 100kVA 輸出條件下 67dB 以下(dBA 範圍為 1 公尺)

冷卻方式

採用使用熱導管的自然冷卻方式。構造概圖如下圖所示。當熱導管受熱，熱導管內的液體將會蒸發、汽化，並朝散熱區移動。當到達散熱區，則會透過液化將熱朝外部排出。這循環將不斷地重複將熱排出。

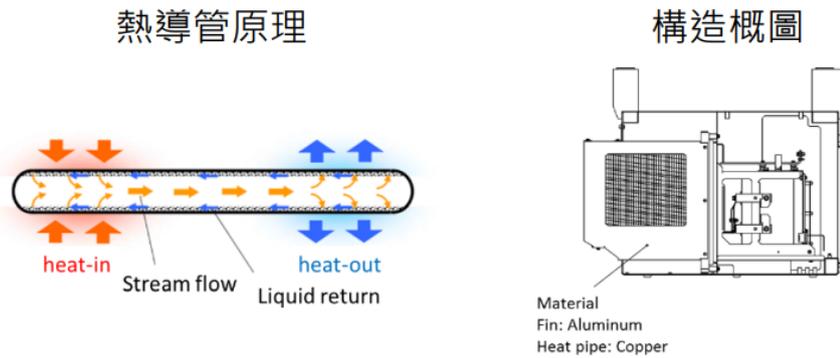


圖 37 熱導管構造循環圖

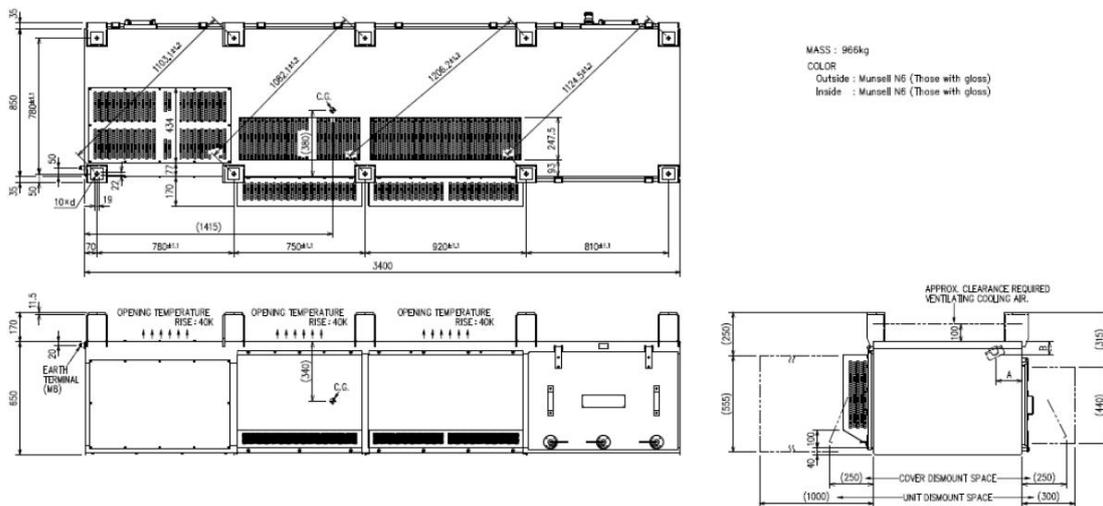
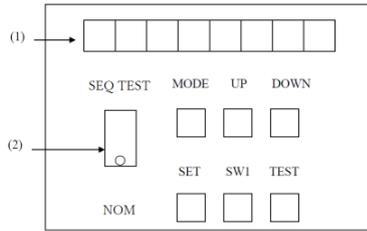


圖 38 SIV 輔助供電設備箱外觀

顯示面板外觀



記號	名稱	功能
(1)	LED顯示器	進行模式顯示及記憶體內部資料顯示 (點矩陣: 8位數)
(2)	控制測試 / 定位 切換開關	進行控制測試狀態(主迴路未供電狀態)或定位 狀態的切換
TEST	測試開關	實行強制故障、自我診斷
MODE	模式開關	實行模式切換
SET	設定·開關	由設定·開關進行資料設定
UP	UP開關	模式及設定的前進
DOWN	DOWN開關	模式及設定的後退
SW1	預備I開關	資料清空用

FUN C	模式	顯示內容	概要
0	狀態顯示	1. 輸入電壓 2. 交流輸出電壓 3. 交流輸出電流 4. 輸出頻率 5. 中壓電壓 6. 輸入電流 7. 整流器散熱片溫度 8. 變流器散熱片溫度	顯示控制狀態
1	故障資料顯示	1. 顯示器資料儲存件數 2. 顯示器資料儲存槽 3. 顯示器資料儲存時刻 4. 顯示器資料儲存槽編號 5. 顯示器資料儲存原因	有關故障資料的資訊顯示
2	故障資料刪除	1. 刪除前後的顯示器資料儲存故障件數及儲存槽編號	刪除故障資料
3	故障履歴顯示	1. 顯示器資料儲存件數 2. 顯示器資料儲存槽 3. 顯示器資料儲存時刻 4. 顯示器資料儲存槽編號 5. 顯示器資料儲存原因	有關故障資料的資訊顯示
4	故障履歴刪除	1. 刪除前後的顯示器資料儲存故障件數及儲存槽編號	刪除故障資料
5	強制故障	1. 強制使故障發生	計入故障資料
6	自我診斷	1. 自我診斷測試編號 2. 自我診斷實行結果	各種操縱動作確認 各種電壓狀態監視 記憶體檢查
7	時鐘 時計	1. 現在的時刻 2. 設定前的時刻 3. 設定後的時刻	現在的時刻的顯示及時 刻的再設定

圖 39 控制單元操作及顯示面板

(四)、檢修項目

整流器單元一更換

(1) 移除蓋子

(2) 移除整流器單元

- a. 移除將光纖電纜固定於定位的束線帶。
- b. 從閘驅動器印刷電路板移除光纖端子。
- c. 拉出塞子。
- d. 從接地端子移除接地線。只有一個到主體側。
- e. 斷開電纜。
- f. 從端子移除 2 個螺栓(M8)、2 個螺栓(M10)、鎖定墊片和平墊片。
- g. 移除 2 個螺栓(M8)、鎖定墊片和平墊片。

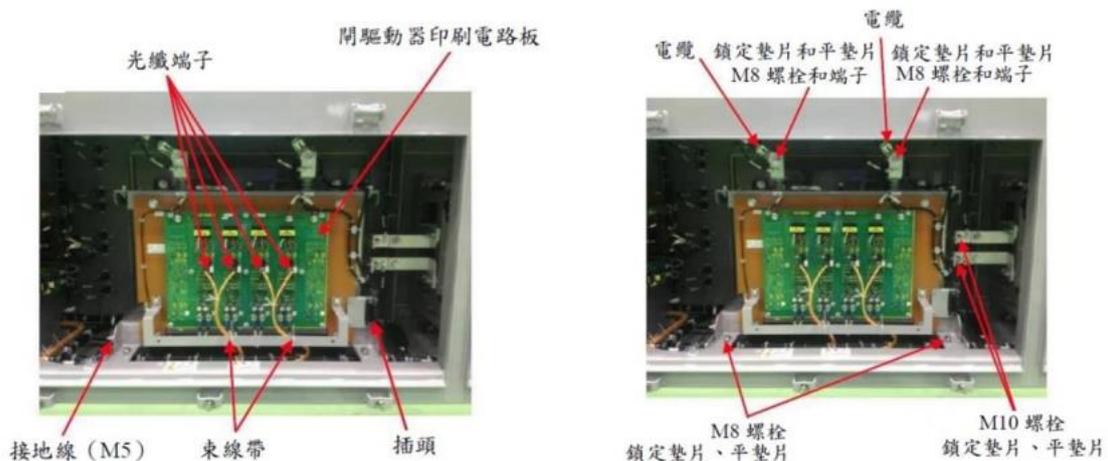


圖 40 移除電纜及螺栓

- h. 移除整流器單元 1，4 個螺栓(M8)、鎖定墊片和平墊片。
- i. 移除整流器單元 2，2 個螺栓(M5)、鎖定墊片和平墊片，然後移除固定托架。

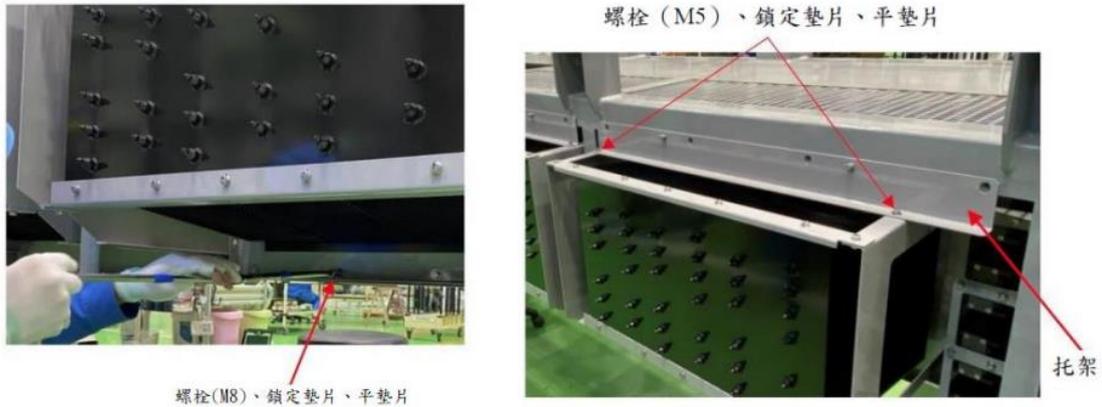


圖 41 移除整流器單元 1 及單元 2 的螺栓

- j. 移除整流器單元 3，4 個螺栓(M8)、鎖定墊片和平墊片。
- k. 將升舉器置於整流器單元下方。

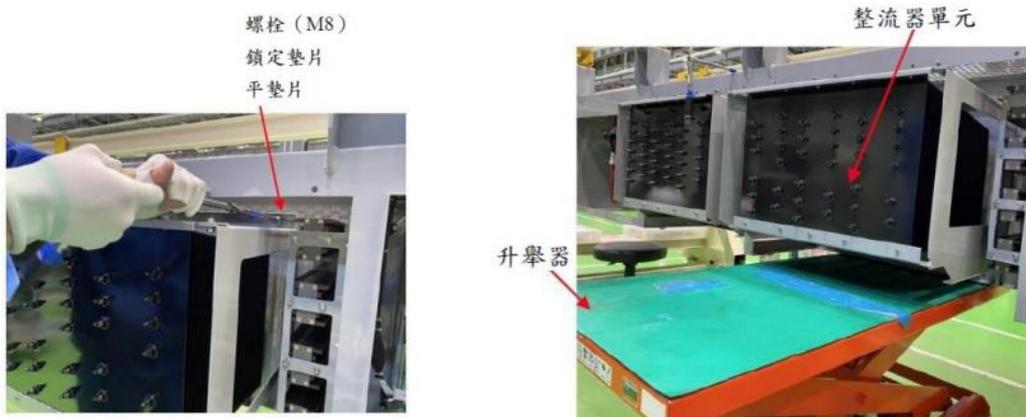


圖 42 移除整流器單元 3 的螺栓及使用升舉器拆裝

- l. 從靜式變流器拉出整流單元。
- m. 若要安裝整流器單元，請將移除程序反向。

變流器單元一更換

- (1) 移除蓋子
- (2) 移除整流器單元
 - a. 移除將光纖電纜固定於定位的束線帶。
 - b. 從閘驅動器印刷電路板移除光纖端子。
 - c. 拉出塞子。
 - d. 從接地端子移除接地線。只有一個到主體側。

- e. 斷開電纜。
- f. 從端子移除 2 個螺栓(M8)、2 個螺栓(M10)、鎖定墊片和平墊片。
- g. 移除 2 個螺栓(M8)、鎖定墊片和平墊片。

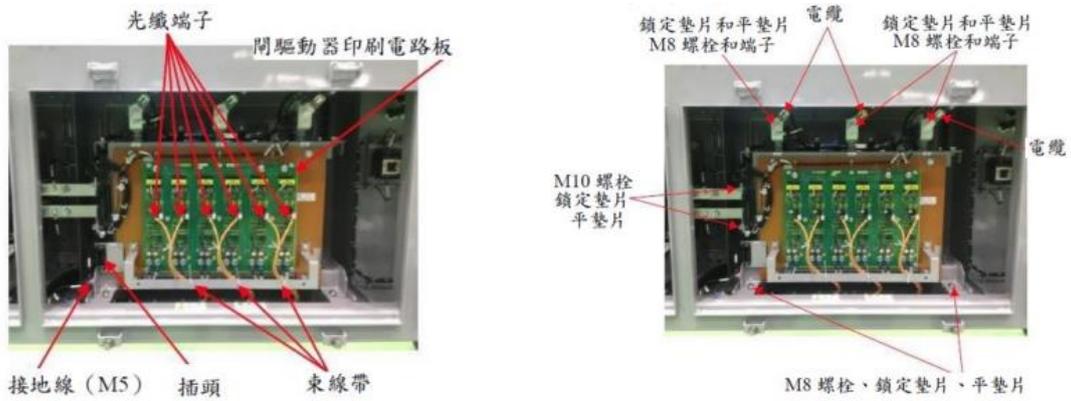


圖 43 移除電纜及螺栓

- h. 移除變流器單元 1，4 個螺栓(M8)、鎖定墊片和平墊片。
- i. 移除變流器單元 2，2 個螺栓(M5)、鎖定墊片和平墊片，然後移除固定托架。

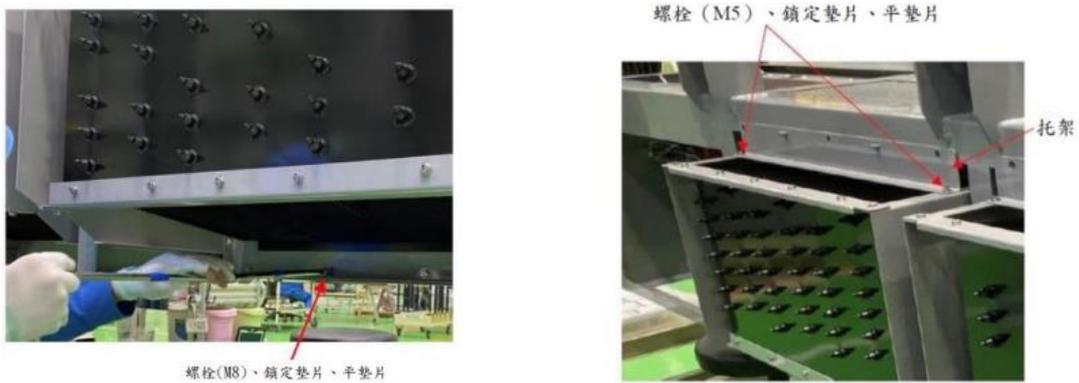


圖 44 移除變流器單元 1 及單元 2 的螺栓

- j. 移除變流器單元 3，4 個螺栓(M8)、鎖定墊片和平墊片。
- k. 將升舉器置於變流器單元下方。

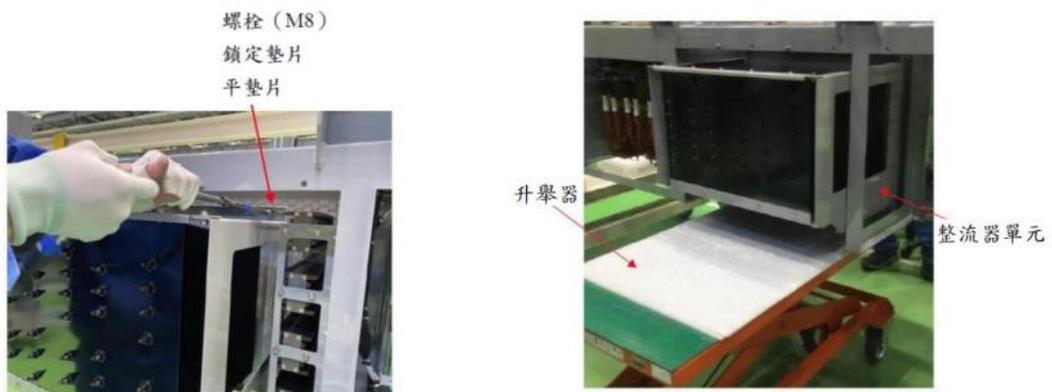


圖 45 移除變流器單元 3 的螺栓及使用升舉器拆裝

- l. 從靜式變流器拉出變流單元。
- m. 若要安裝變流器單元，請將移除程序反向。

控制邏輯單元—更換

(1) 移除控制邏輯

- a. 移除夾鉗握把，以開啟/關閉指示版指示的方向來旋轉它。
- b. 握住蓋子的握把，旋轉蓋子 30°，取起掛鉤，將蓋子朝自己拉動。

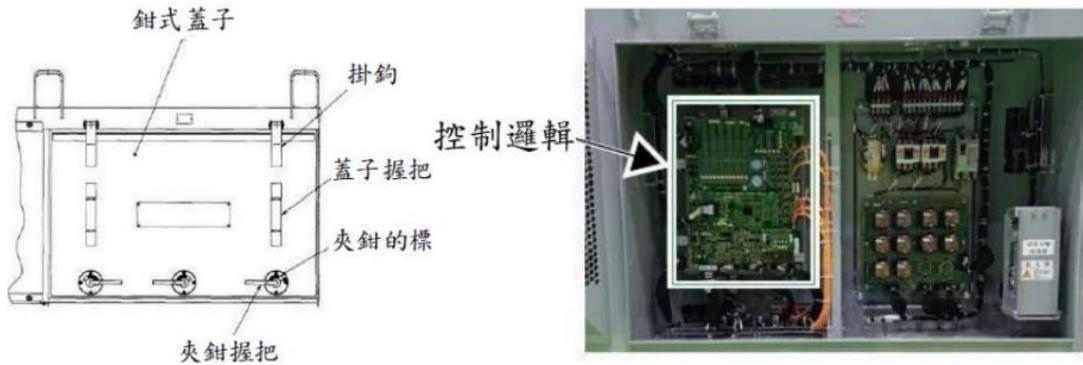


圖 46 控制邏輯單元前蓋

- c. 移除側檢查蓋。
- d. 移除 10 個光纖電纜、9 個動態聯接器、用於固定控制單元的 4 個 M8 螺栓。



圖 47 移除電纜、螺栓、光纖端子

三、集電弓設備

(一)、集電弓構造

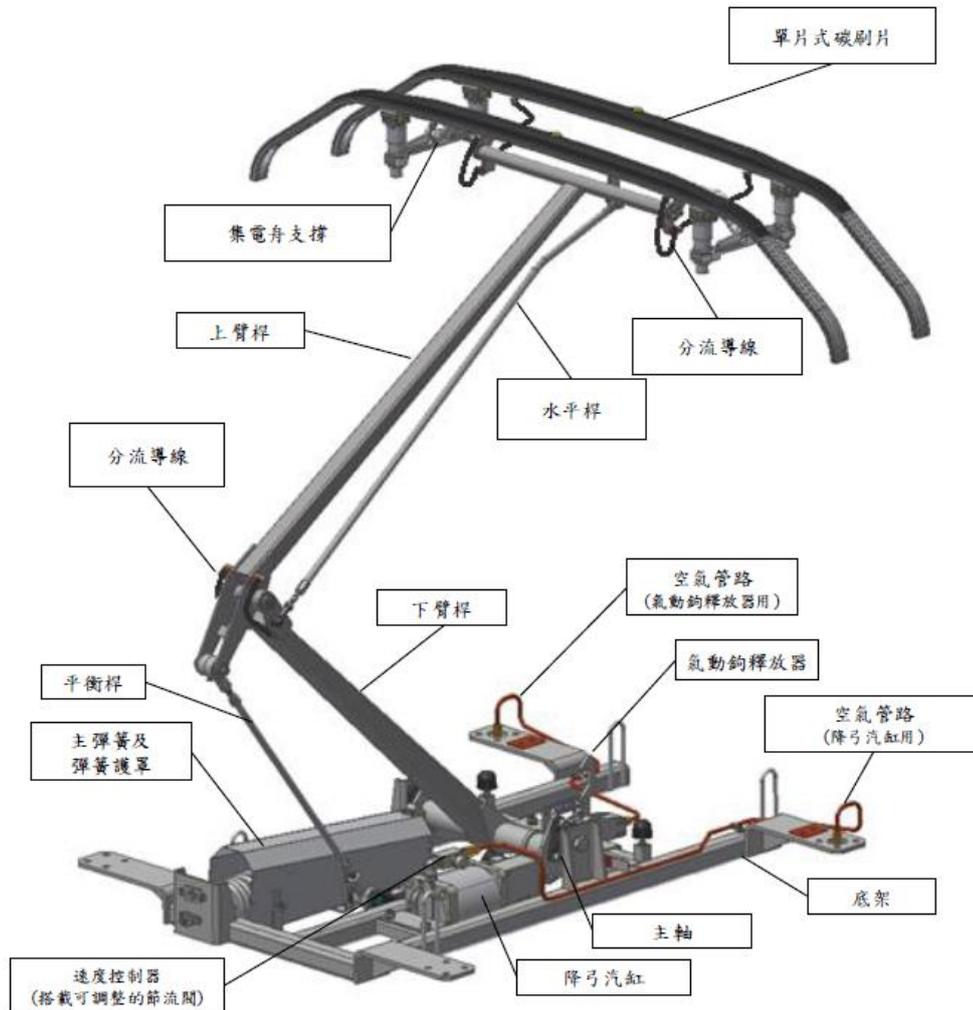


圖 48 集電弓構造圖

集電弓由一個上臂桿及一個支撐架體元件的下臂桿所組成。上下臂桿皆為獨立構件，外型為單臂式。下臂桿在轉軸上轉動，並由底架安裝 2 個主軸承支撐下臂桿的轉軸兩端。為降下集電弓，下臂桿的主轉軸設置成保持在集電弓頭部下方。主彈簧在下臂桿與底架間伸展。此彈簧會產生一舉升力。

集電舟由鋁型材所組成，單片式碳刷片係由金屬化碳所製造而成以降低電車線之磨耗。架體結構以上臂桿、下臂桿、平衡桿與底架所組成，降弓汽缸安裝在底架上，汽缸由鋁管和護罩組成，其兩端以貫穿螺栓固定。活塞桿安裝在護罩內，以防止受到上端碳刷片之磨耗粉末的直接影響。

(二)、集電弓之規格

表 7 集電弓之規格

項目	說明
電車線電壓	AC 25000V
摺疊	利用安全鉤維持摺疊狀態
釋放	利用氣動鉤釋放器放開安全鉤
升弓動作	利用彈簧上昇
降弓動作	利用降弓汽缸下降
標準接觸力	59±2N@標稱工作高度（升弓時）
操作氣壓	690 ~ 880 kPa
集電弓高度	自絕緣礙子安裝面起算
摺疊	190 ⁺⁰ ₋₁₀ mm
最小工作高度	290mm
標稱工作高度	1090mm
最大工作高度	1790mm
最大舉升高度	1890±30mm

(三)、集電弓動作原理

(1) 升弓動作：

- a. 當壓力空氣注入氣動鉤釋放器的汽缸中，氣動鉤釋放器就會放開安全鉤。
- b. 安全鉤放開後，主彈簧就會釋放讓集電弓升起。

(2) 降弓動作：

當壓力空氣注入降弓汽缸中，活塞桿就會轉動降弓水平桿，集電弓因此下降。

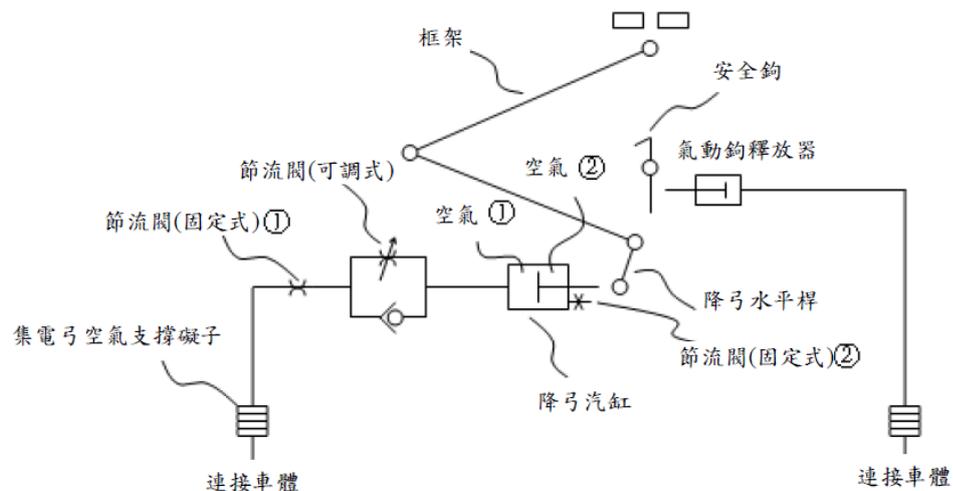


圖 49 集電弓動作示意圖

臺鐵之前大多集電弓上升是藉由壓縮空氣提供氣壓缸傳動原力，集電弓下降則是藉由氣壓缸彈簧(降弓彈簧)回行，以控制下臂轉軸產生轉動力矩，使集電弓成摺疊狀。同時使昇弓彈簧保持在伸張的狀態，本案 EMU3000 型摺疊利用安全鉤維持在摺疊狀態，釋放是利用氣動鉤釋放器放開安全鉤，升弓動作是利用彈簧上升，降弓動作利用降弓汽缸下降。

因為是利用彈簧上升，不是氣壓缸沒有積水排水問題；因為有最大舉升高度 1890mm 所以不會造成在沒有電車線情形下翻覆。此型只能調整升弓速度(節流閥可調式)，不能調整降弓速度。

(四)、檢修項目一性能檢查

(1) 接觸力測量方法

緩慢升/降弓，直到集電弓達到標稱工作高度再讀取彈簧秤上的測量值。



圖 50 他案集電弓測量示意圖

(2) 接觸力調整方法

須調整接觸力時，請轉動調整螺絲以調整接觸力。

提昇接觸力：順時針轉動調整螺絲。

降低接觸力：逆時針轉動調整螺絲。

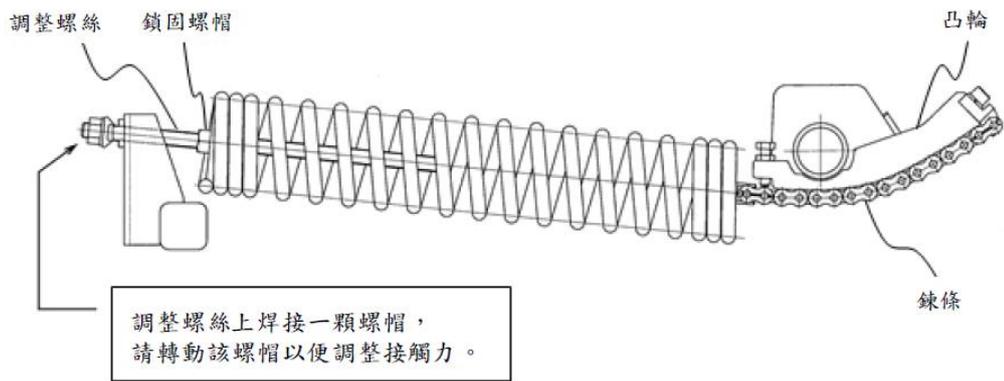


圖 51 接觸力調整方法

(3) 空氣洩漏：10 分鐘空氣洩漏量 $\leq 5\%$

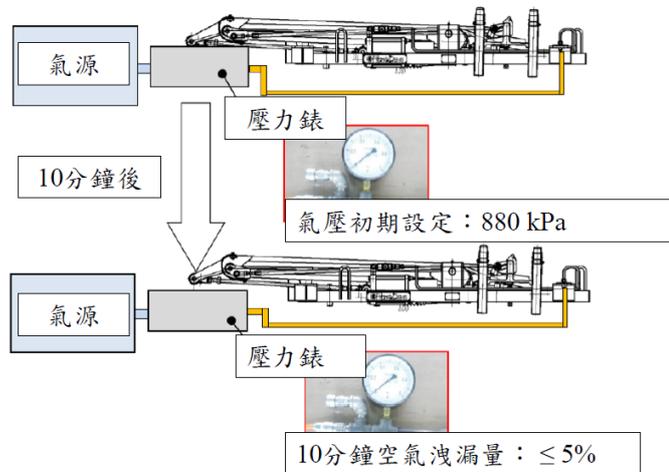


圖 52 空氣洩漏測試

(4) 單體試驗

升弓動作：摺疊 \Rightarrow 最大舉升的動作時間 ≤ 10 秒

降弓動作：最大舉升 \Rightarrow 摺疊的動作時間 ≤ 10 秒

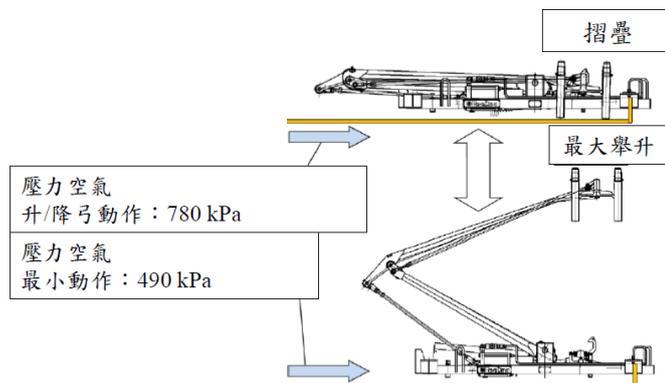


圖 53 集電弓單體動作試驗

(5) 車載試驗

升弓動作：按下升弓按鈕後，14 秒內完成升弓

降弓動作：按下降弓按鈕後，10 秒內完成降弓

集電弓接觸力：74±2N(7.34 ~ 7.75kgf)

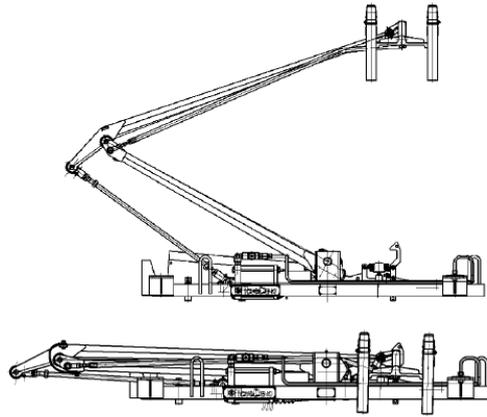


圖 54 車載動作試驗

(五)、檢修項目—注油

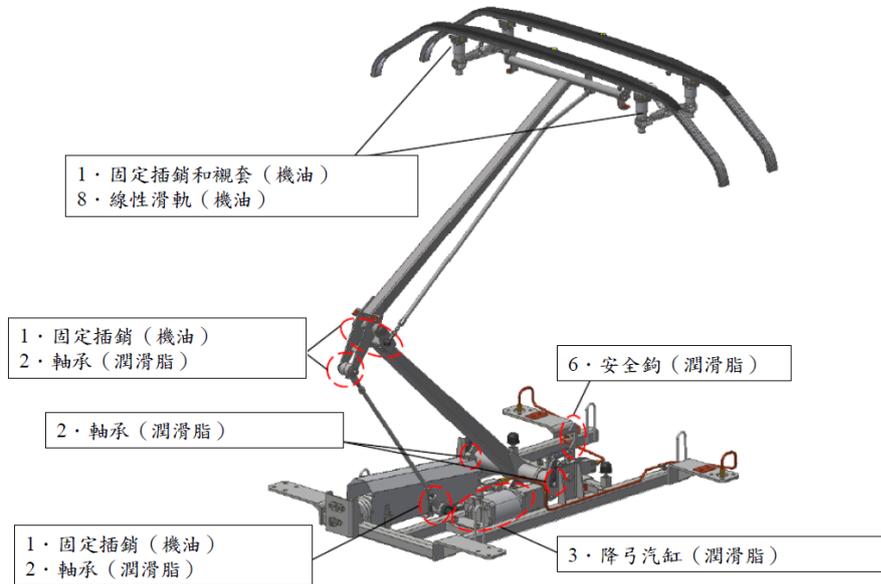


圖 55 集電弓注油位置(1)

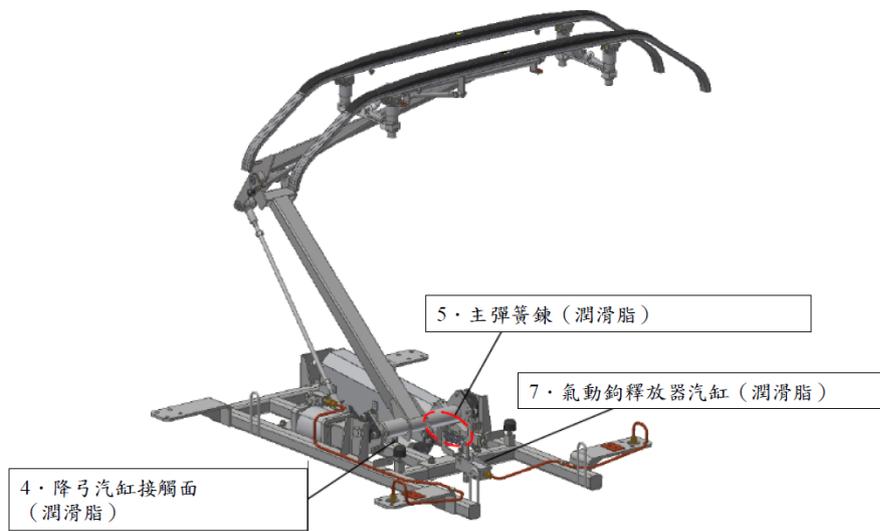


圖 56 集電弓注油位置(2)

(六)、檢修項目—檢查更換

(1) 碳刷更換

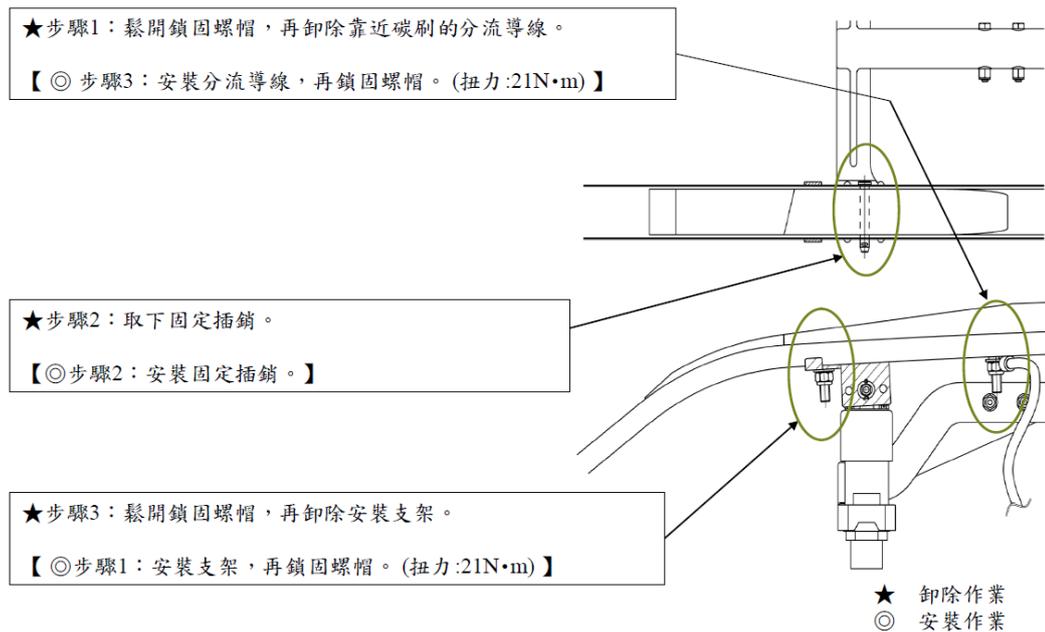


圖 57 碳刷更換

(2) 分流導線更換

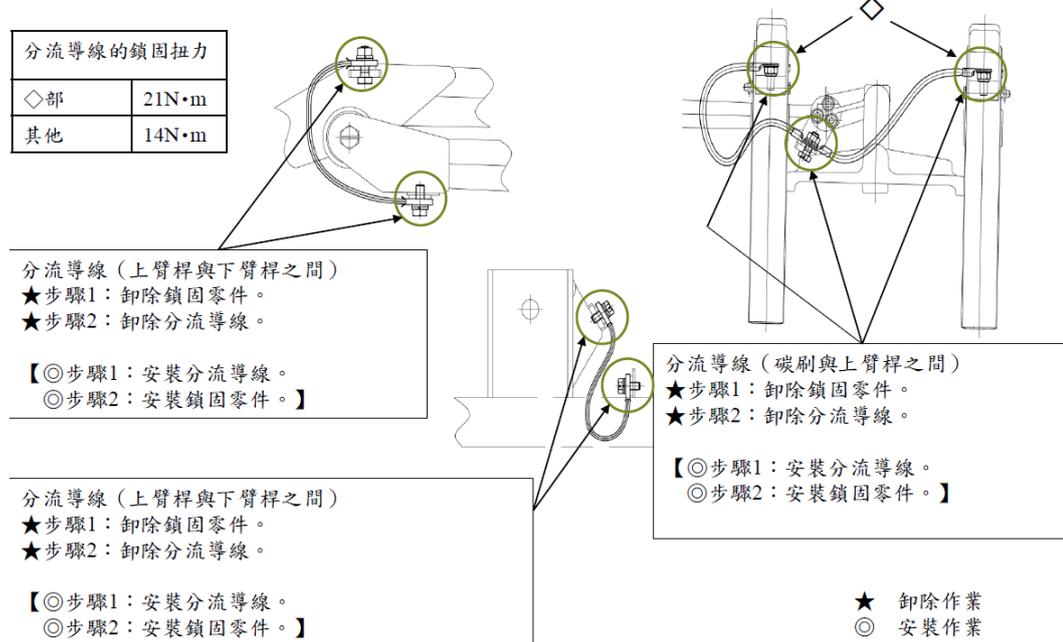


圖 58 分流導線更換

(3) 固定插銷及襯套(線性滑軌)更換

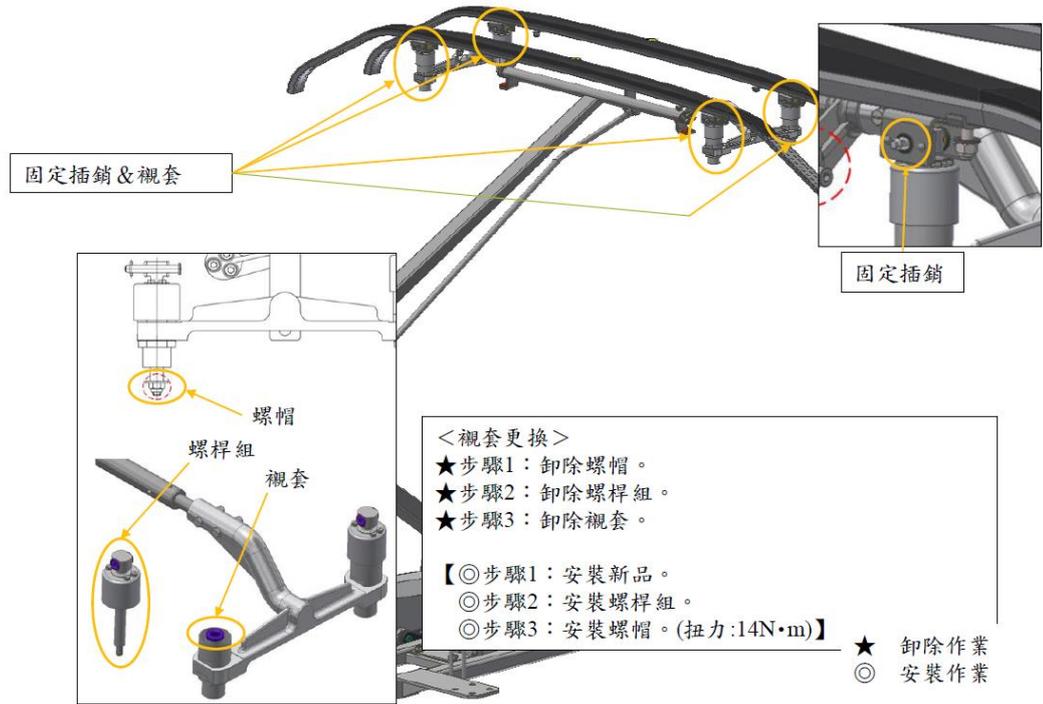


圖 59 固定插銷及襯套(線性滑軌)更換

(4) 固定插銷及襯套(線性滑軌以外)更換

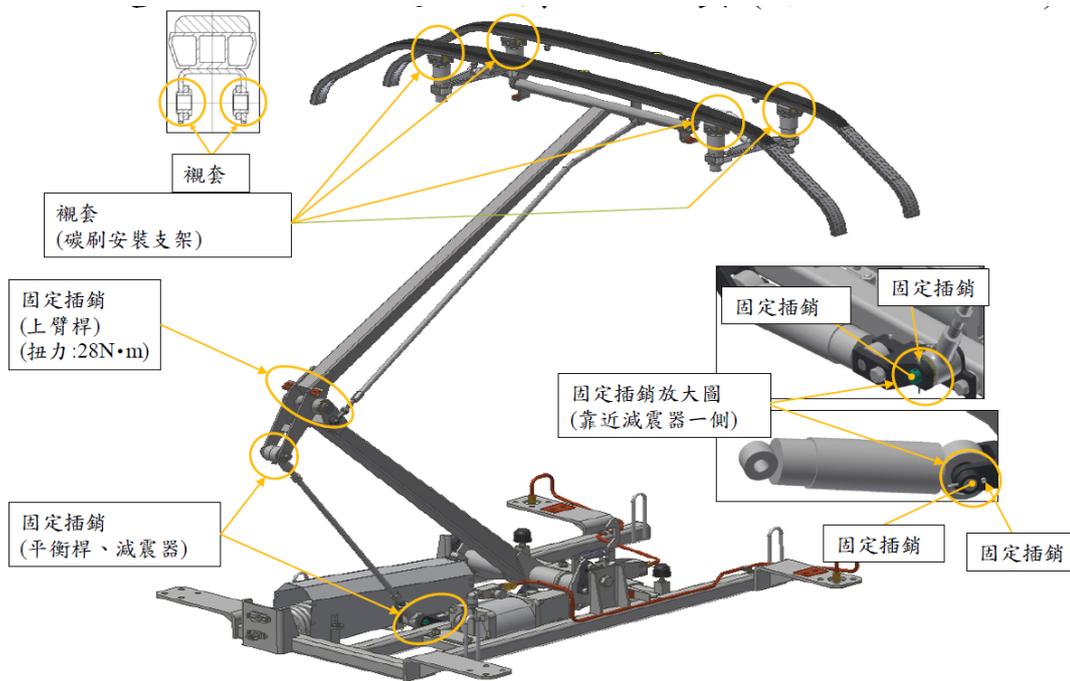
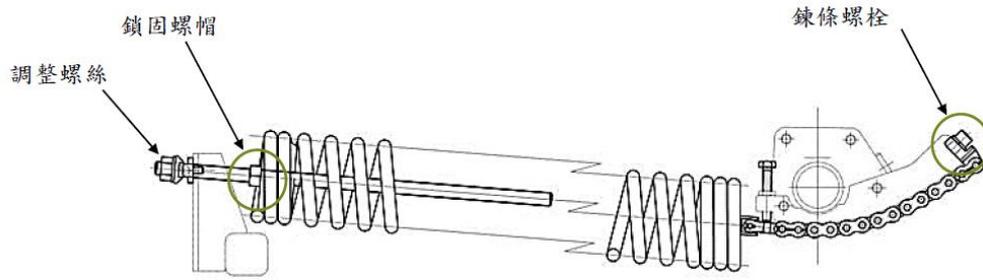


圖 60 固定插銷及襯套(線性滑軌以外)更換

(5) 主彈簧鍊更換



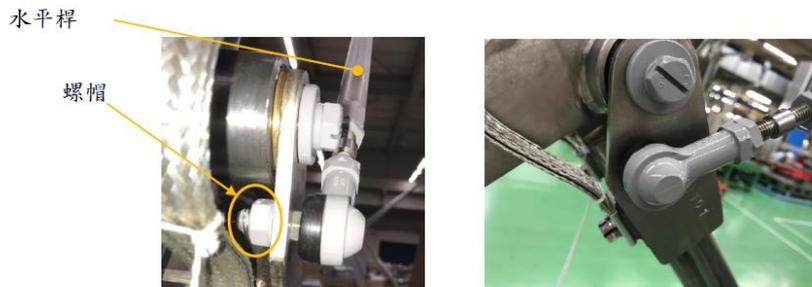
- ★步驟1：鬆開鎖固螺帽。
- ★步驟2：鬆開調整螺絲，讓主彈簧恢復自然長度。
- ★步驟3：卸除鍊條螺栓，再卸除主彈簧鍊。

- 【◎步驟1：安裝新品，再安裝鍊條螺栓。
- ◎步驟2：鎖固調整螺絲，再調整接觸力。
- ◎步驟3：安裝鎖固螺帽。】

★ 卸除作業
◎ 安裝作業

圖 61 主彈簧鍊更換

(6) L型軸承更換



- ★步驟1：鬆開螺帽。
- ★步驟2：將L型軸承(仍裝設於水平桿的狀態)從下臂桿卸除。
- ★步驟3：鬆開L型軸承的鎖固螺帽。

- 【◎步驟1：將新的L型軸承安裝於水平桿上，再裝上鎖固螺帽。
- ◎步驟2：將L型軸承(仍裝設於水平桿的狀態)裝設至下臂桿。
- ◎步驟3：重新鎖固螺帽。】

★ 卸除作業
◎ 安裝作業

圖 62 L型軸承更換

四、牽引動力系統(CI)

(一)、功能概要

EMU3000 型牽引系統是 4 輛車為 1 電聯車組之結構，12 輛編成由獨立的 3 個電聯車組所組成。下圖為 1 電聯車組的 4 輛車之主迴路相關設備所對應關係的說明圖。AC25kV 60Hz 架空線之電力，藉由各電聯車組所搭載的 1 台集電弓進入車輛，經真空斷路器(VCB)供電到主變壓器一次側。一次側電壓透過安裝於車頂上的高壓比壓器量測；一次側電流則透過比流器量測。主變壓器一次側輸入端裝設避雷器，做為突波高壓偶發時之保護。主變壓器具有 4 組的二次繞組，供電給 2 台整流器/變流器。主變壓器一次側，經由接地電流回流裝置連接至車軸。每部馬達車搭載一個整流器/變流器，由於各馬達車的整流器/變流器為各自獨立的架構，即使編成中的部分馬達車或部分電聯車組因故障而無法出力，也可由其餘正常的整流器/變流器繼續行駛。

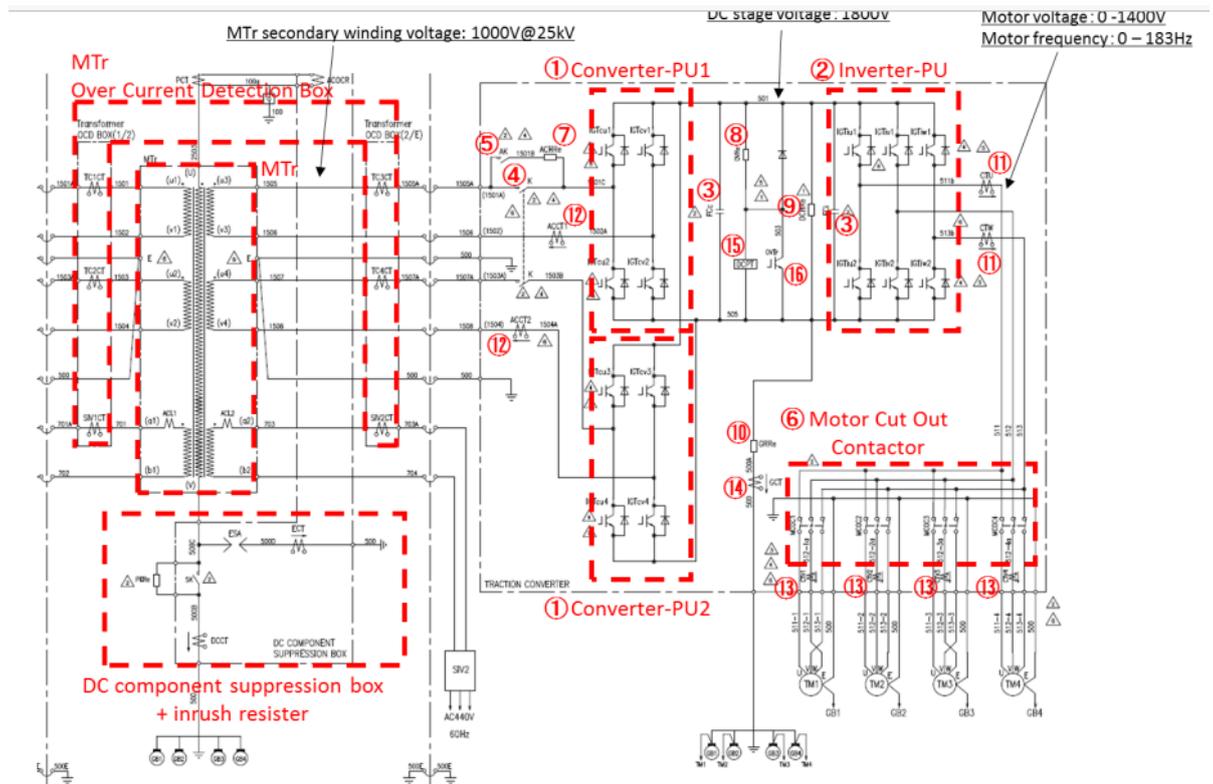


圖 63 主迴路圖

(二)、硬體規格

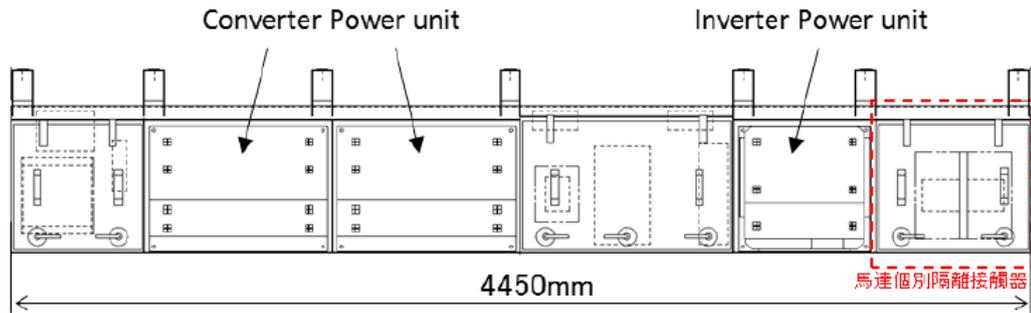


圖 64 整流器/變流器外形圖

整流器/變流器主要由整流器動力單元(U 相、V 相、IGBT 閘極驅動)、變流器動力單元 (U 相、V 相、W 相、IGBT 閘極驅動)、濾波電容器、交流接觸器構成。IGBT 等的動力元件之冷卻採用自冷式熱導管方式，依據設備特性，分為為了冷卻需要通風部分，即開放部，直接暴露於大氣中，以及為了絕緣方面等需要防污部分，即密閉部，密閉在箱體中存放。交流接觸器為電磁式，電阻器有充電電阻器、過電壓抑制電阻器和接地電阻器共三種。表 8 所示為整流器/變流器的硬體規格。

表 8 硬體規格

No.	項目	規格	
0	型號	CII-HR1420F	
1	外形尺寸	4450(L)x380(D)x650(H)mm	
2	計劃質量	1250 kg	
3	箱體、蓋板的材質	不銹鋼	
4	蓋板緊固金屬件	檢查側	
5		非檢查側	
6	箱體結構	密閉構造(IP54)	
7	塗裝	Munsell N6	
8	整流器動力單元 (CNV-PU)	構成	2級、2相(U、V相)x 2臺
9		元件	IGBT:Si 3.3kV 1200A x 2並聯 二極體:混合型SiC 3.3kV 1200A x 2並聯
10		冷卻方式	自冷式熱導管
11	變流器動力單元 (INV-PU)	構成	2級、3相(U、V、W相)x 1臺
12		元件	IGBT:Si 3.3kV 1800A x 1並聯 二極體:混合型SiC 3.3kV 1800A x 1並聯
13		冷卻方式	自冷式熱導管
14	控制邏輯裝置	數字控制方式(32bit MPU)	

			電氣閘極信號傳送方式 帶保護動作分析用監視器功能
15	濾波電容器		乾式電容器 CNV-PU (整流器動力單元) : 1890V, 2000 μ F x 2並聯x 2臺 INV-PU (變流器動力單元) : 1890V, 2400 μ F x 2並聯x 1臺 總容量 : 12800 μ F/整流器變流器
16	接觸器		電磁式 交流接觸器 : AC1800V, 1400A 充電用接觸器 : AC1800V, 200A 馬達個別隔離接觸器 : AC1800V, 200A
17	電阻器		充電電阻器 : 9 Ω (3 Ω , 500W x 3串聯) 過電壓抑制電阻器 : 9 Ω (3 Ω , 500W x 3串聯) 放電電阻器 : 20k Ω , 400W 主迴路接地電阻器 : 93.3 Ω , 300W
18	主電路連接		線夾(cleat)方式
19	連接器	控制	圓形連接器(3個) 型號 : JK06AK37PN1/JK06DK37SN1 插針數 : 37個插針 IP 代碼 : IP67 材質 : 樹脂、合金、橡膠 各CN(連接器)通過顏色識別防誤插
20		乙太網路	圓形連接器(1個) 型號 : JK06AL20PN1-F0/JK06DL20SN1-F0 插針數 : 20個插針 IP 代碼 : IP67 材質 : 樹脂、合金、橡膠
21	霍爾CT (比流器)		CTU, CTW : 3000A / 10V ACCT1, ACCT2 : 3000A / 10V CTV1~4 : 1000A / 10V GCT : 25A / 10V
22	DCPT (比壓器)		DCPT : 2000V / 10V
23	OVT _r (過電壓抑制單元)		IGBT : 3.3.kV 400A x 1並聯

(三)、混合型 SiC

本案的整流器/變流器(型號：CII-HR1420F)採用最新技術的混合型 SiC 模組。日立製作所自 2013 年起製作、供應採用混合型 SiC 的主迴路裝置，於日本國內、海外案件均有充分的運轉實績。整流器動力裝置使用混合型 SiC 3.3kV/1200A 元件；變流器動力裝置使用混合型 SiC 3.3kV /1800A 元件。混合型 SiC 模組，將先前 IGBT 模組使用的矽二極體更換為碳化矽蕭特基二極體(SiC-SBD)，以此減低運作時的損失。透過減少損失來抑制模組溫度上升，可做到冷卻裝置小型化。

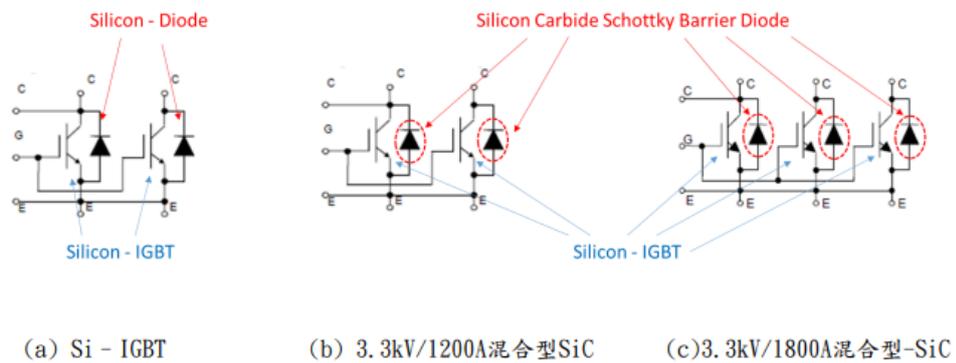


圖 65 Hybrid-SiC(混合型碳化矽)構成簡圖

(四)、熱導管構造

熱導管構造簡圖如下圖所示。利用了封入熱導管內冷媒之氣化，使用熱導管將產生的熱量傳導到冷卻部後，冷媒被冷卻再次液化。利用這一氣化⇒液化之循環，進行有效地散熱。

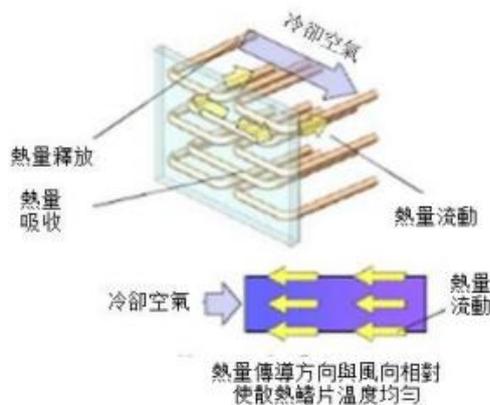


圖 66 熱導管構造簡圖

(五)、邏輯裝置

邏輯裝置的參考圖如下圖所示。邏輯裝置由多片按功能分割之插入式印刷電路板 (PCB) 組成，為避免將各 PCB 誤插入插槽，背面插槽部分設有“誤插入防止裝置”。另外，考量腐蝕等問題，插槽針腳採用鍍金處理；防塵、防潮部分，有先前的實績，加上本案的整流器/變流器為密閉箱，故不會有問題。



圖 67 邏輯裝置參考圖

(六)、控制方式

EMU3000 車輛用整流器/變流器的控制方式如表 9 所示。

表 9 控制方式

No.	項目	規格	
1	整流器控制	單相電壓型PWM整流器	
2	變流器控制	三相電壓型PWM變流器 向量控制	
3	牽引馬達連接	4個馬達連接 搭載馬達個別隔離接觸器	
4	啟動方式	通過扭矩電流、勵磁電流控制的軟啟動方式	
5	迴路遮斷方式	通過變流器的漸進式遮斷、通過保護的直接遮斷	
6	運轉方式	主控制器、通過TCMS的定速運轉	
7	制軔控制	方式	再生制軔併用的電氣指令式空氣制軔
8		常用緊軔	電氣制軔優先帶空氣補充的制軔
9		緊急緊軔	空氣制軔

(七)、運轉模式判別

以主控制器及 TCMS 的運轉指令為基礎，按照表 10 的邏輯，決定運轉控制模式。通常所執行的是使車輛速度與主控制器的設定速度一致的定速控制，由 TCMS 發出出力及電軔指令(速度控制模式)。若速度控制模式發生故障時，可通過操作駕駛台背面的緊急模式開關，變更為因應主控制器把手位置做出力指令的牽引力控制模式。由於牽引力模式須將主控制器把手的操作幅度以 TCMS 傳送至牽引整流器/變流器，因此需在 TCMS 正常條件下才有作用。當具 2 重系統的 TCMS 的 2 個系統都故障時緊急模式就不具功能，必須仰賴救援。

表 10 運轉控制模式

No.	控制模式		前進	後進	主控制器-起動	出力運轉	牽引力控制模式	軔機	ATP制軔	緊急緊軔
1	前進	速度控制模式	○	×	○	○	×	×	×	×
2		牽引力控制模式	○	×	○	×	○	×	×	×
3	後進	速度控制模式	×	○	○	○	×	×	×	×
4		牽引力控制模式	×	○	○	×	○	×	×	×
5	電軔		-	-	-	-	-	○	×	×
6	ATP制軔		-	-	-	-	-	-	○	×
7	緊急緊軔		-	-	-	-	-	-	-	○
8	關閉		-	-	-	-	-	-	-	-

○：ON ×：OFF -：與 ON/OFF 狀態無關

- 1) 電軔在再生頻率、電流偵測關閉時不成立，控制模式會判定為停止加速。
- 2) 同時輸入制軔指令(電軔，ATP制軔)與出力運轉指令時，將會判定為制軔(控制以軔機優先)。
- 3) 由司軔閥把手輸入制軔指令時，司軔閥把手回到行駛位置，直到電門把手拉至關閉位置前，都不會執行出力運轉、再生電軔。
- 4) 緊急制軔指令為最優先，不依存其他信號輸入狀態。
- 5) 緊急軔機後、主控制器把手(電門把手)若沒有拉至關閉位置，將不執行出力運轉、再生電軔。

(八)、低定速控制

主控制器轉換到” INCH” 位置時，會執行低定速控制。在低定速控制下，只會依照實際速度執行扭矩指令。此控制如圖 68 所示，該控制只在出力運轉側有效，扭矩是 2kN/馬達、度在 4km/h 到 6km/h 之間呈衰減的特性。

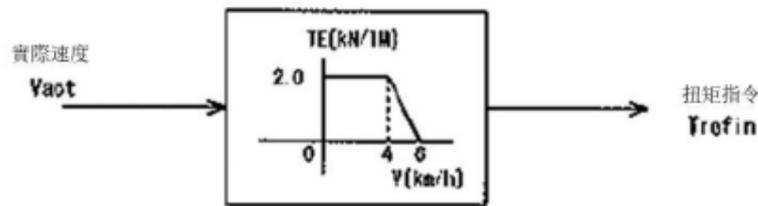


圖 68 低定速扭矩特性

(九)、再生電軔控制

速度控制模式下，軔機控制單元(BCU)接收來自 TCMS 的制軔指令，配合黏着、應荷重，傳送電軔力指令到整流器/變流器。整流器/變流器會以來自 BCU 的電軔力指令為準進行控制，將實際輸出的電軔力回饋到 BCU。

為了減低牽引系統的熱負荷，在以下條件下，隔離再生回饋。

- 編組中有一台以上的整流器/變流器處於隔離狀態
- 偵測到主變壓器、整流器/變流器、馬達過熱保護時

(十)、功率限制控制

整流器/變流器在再生電軔時，為了避免電車線電壓偏離適當範圍，具備依電壓來控制再生回饋功率的功能。電車線電壓低於 25.0kV 時，執行再生回饋功率限制控制。依電車線電壓，縮減扭矩電流模式，控制主變壓器二次側電流低於電車線電壓 25.0kV 時的最大電流。

(十一)、高電壓限制控制

由於電車線電壓高時的再生電軔動作，為了抑制電車線電壓再度上升，將執行高電壓限制控制。電車線電壓一旦超過 28.0kV 則開始限制再生電軔，在 28.5kV 時，將再生回饋制軔控制為” 0”。

(十二)、 向量控制

整流器/變流器以出力運轉、再生回饋指令、扭矩指令為基礎，透過馬達向量控制，控制可變電壓、可變頻率(VVVF：Variable Voltage Variable Frequency)。向量控制概略結構如圖 69 所示。向量控制是藉由實際馬達電流的座標轉換，分割成勵磁電流、扭矩電流，追蹤以扭矩指令為基礎演算出的勵磁電流指令、扭矩電流指令，執行控制，因此，可以實現高精度、迅速的應答。將演算出可達到要求的輸出扭矩的電壓指令、變流器頻率並將之輸出到 PWM 控制單元。

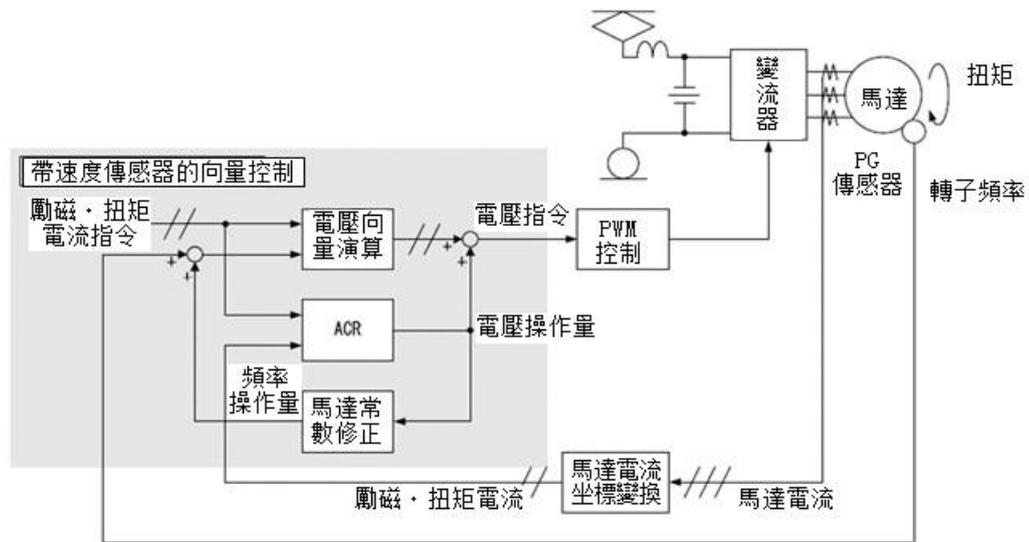


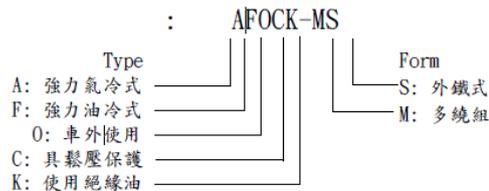
圖 69 向量控制概略圖

五、主變壓器

(一)、硬體規格

主變壓器是由架空線接收一次側特高壓的電力，轉換成適當電壓並提供電力給二次側的主變流器(介於主變壓器與馬達之間)，還有給三次側的交流輔助迴路之設備。

(1) 形式



(2) 冷卻方式 : KDAF(強制送油強制風冷式)

(3) 額定頻率 : 單相, AC, 60Hz

(4) 額定規格 :

表 11 主變壓器額定規格

額定類型		連續額定		
變壓器	額定容量	一次	2,320 kVA	
		二次	4 × 490 kVA	牽引用
		三次	2 × 180 kVA	交流輔助迴路用
	額定電壓	一次	25,000 V AC	
		二次	4 × 1,000 V AC	牽引用
		三次	2 × 477 V AC	交流輔助迴路用
	額定電流	一次	92.8 A	
		二次	4 × 490 A	牽引用
		三次	2 × 377 A	交流輔助迴路用
AC 電抗器	裝設位置	裝設於主變壓器油槽內	交流輔助迴路用	
	額定電壓	477 V AC		
	額定電流	377 A		

(二)、冷卻方式

主變壓器的冷卻方式為送油風冷式，主變壓器的絕緣油循環概圖如圖 70 所示，電動鼓風機的冷卻空氣送至油冷卻器內，在油冷卻器進行熱交換後往冷卻器外排出。

另一方面，主變壓器內的絕緣油在油冷卻器內冷卻後，往油槽內流動，將電抗器線圈所產生的熱帶走。絕緣油吸收了繞組和鐵心的熱量後被電動泵浦吸入，接著

在油冷卻器進行熱交換。絕緣油依照此方式於變壓器內循環。泵浦等的故障所造成的絕緣油循環停止，會造成線圈過熱，因此為偵測油循環停止，在油循環處裝設油流繼電器以保護變壓器。

變壓器線圈冷卻方法概要如圖 71 所示。該變壓器線圈構造為線圈及絕緣物相互交疊而成。線圈與絕緣物間設有墊片，線圈與絕緣物間形成油流路徑。藉由此油流路徑所流的油來冷卻線圈。

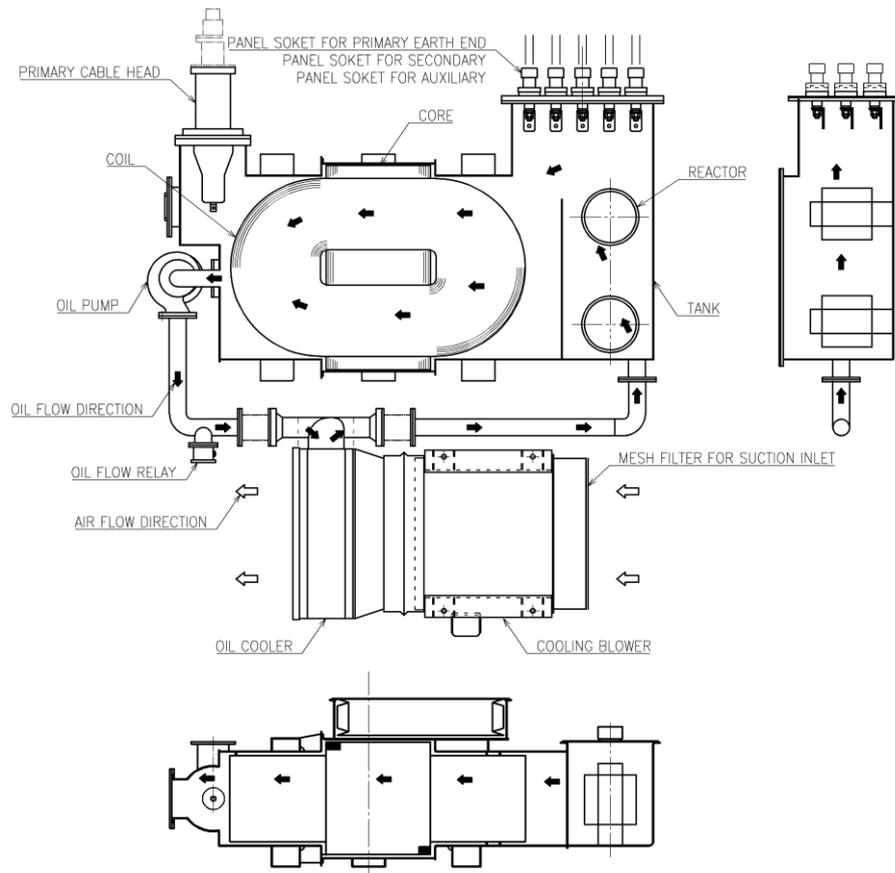


圖 70 絕緣油循環概圖

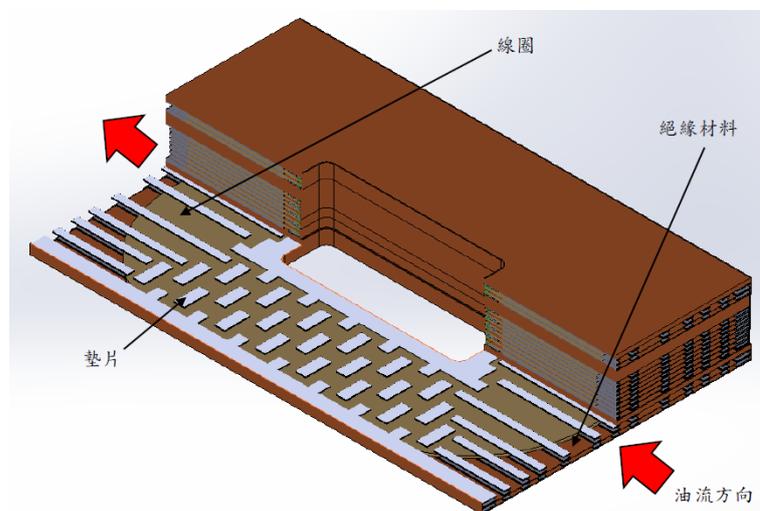


圖 71 變壓器線圈冷卻方法概要

(三)、警報和故障

表 12 主變壓器徵候和故障處理

問題	原因	補救措施
油溫到達 95°C 時, MTThR1 發出警告訊號。油溫到達 105°C 時, MTThR2 被啟動, 電路截斷。	(一) 過負荷 (二) 油冷卻器堵住(鱗片) (三) 電動送風機故障 (四) 溫度繼電器自體故障	更換溫度繼電器
循環油量約降低到 120 L/min 以下時, 馬達被啟動, 電路截斷。	(一) 油泵故障 (二) 漏油 (三) 油泵電源迴路故障 (四) 異常低溫循環油量不足 (五) 油流繼電器自體故障	更換油流繼電器
主變壓器內的壓力超過 0.1 MPa 時, 噴出油或分解的氣體。	(一) 內部異常過熱 (二) 內部放電 (三) 呼吸器堵住 (四) 外部短路	更換洩壓閥

(四)、檢修項目

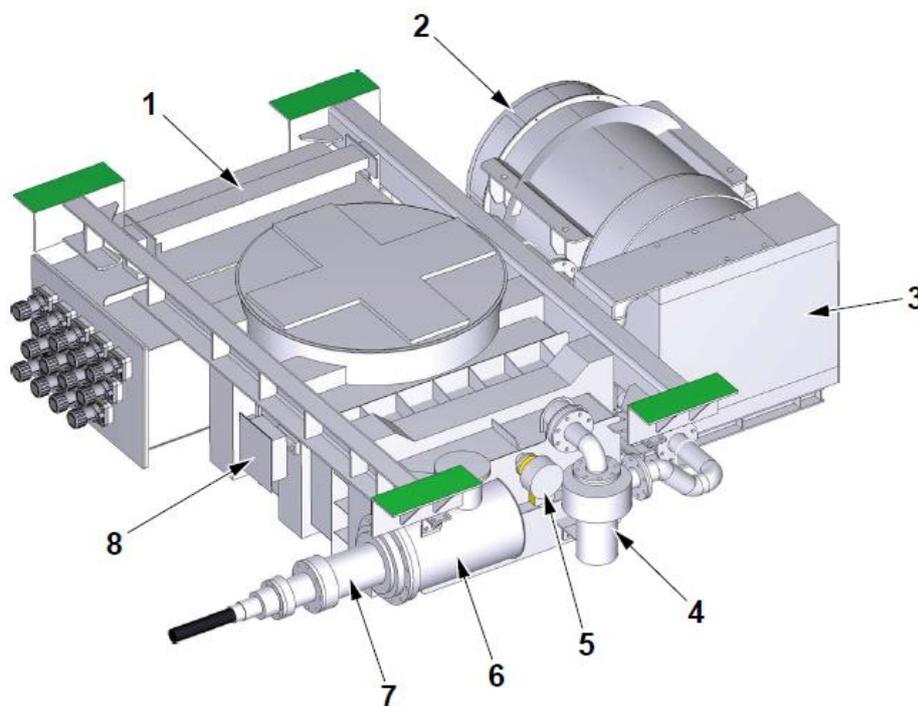


圖 72 主變壓器 — 目視檢查

- | | |
|-----------|----------|
| 1. 電抗器油槽 | 2. 冷卻鼓風機 |
| 3. 油冷卻器 | 4. 油泵浦 |
| 5. 溫度繼電器 | 6. 鬆壓保護 |
| 7. 一次側電纜頭 | 8. 接線箱 |

(1) 日檢

- a. 目視檢查鼓風機，確保沒有變形或鬆脫的零件。
- b. 檢查鼓風機是否發出異常噪音及/或震動。
- c. 檢查過濾器通氣孔髒污程度。
- d. 以矽油來清洗吸收劑，必要時換新。

(2) 月檢

金屬網過濾器清潔

- a. 移除用於連接金屬網過濾器和電氣鼓風機主體的 M8 螺栓(8)，並取下金屬網過濾器。

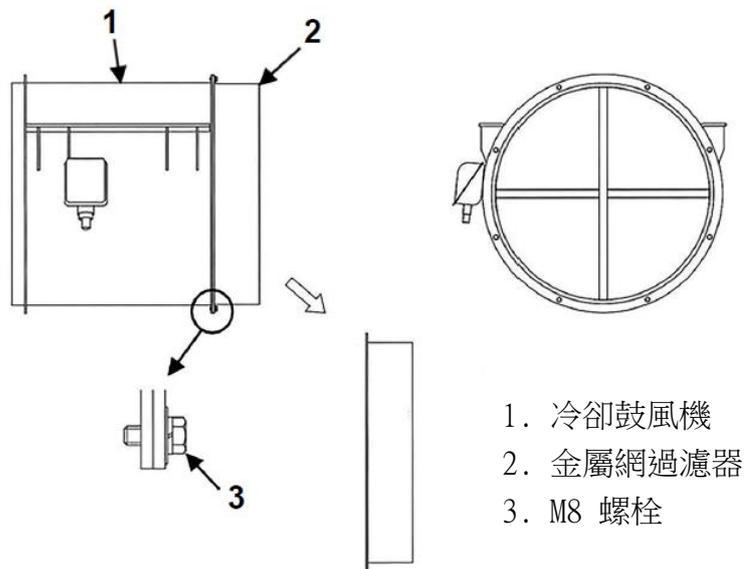


圖 73 金屬網過濾器 — 清潔

- b. 移除的金屬網過濾器可使用尼龍刷、真空吸塵器等來清潔。
- c. 清除在冷卻鼓風機內累積的污染物、雪等。
- d. 安裝金屬網過濾器。

油冷卻器清潔

- a. 鬆開油冷卻器和冷卻鼓風機之間的彈性空氣導管的快拆收束帶，移除彈性空氣導管。
- b. 移除用於連接金屬網和油冷卻器的螺栓，以取下保護金屬網。
- c. 以尼龍刷或真空吸塵器(不允許使用金屬刷)，來清除油冷卻器空氣入口側上鰭片區域累積的污染物。油冷卻器空氣入口側的壓縮空氣能吹走污染物。

- d. 清潔彈性空氣導管和保護金屬網。
- e. 清潔完成後，重新安裝彈性空氣導管和保護金屬網。

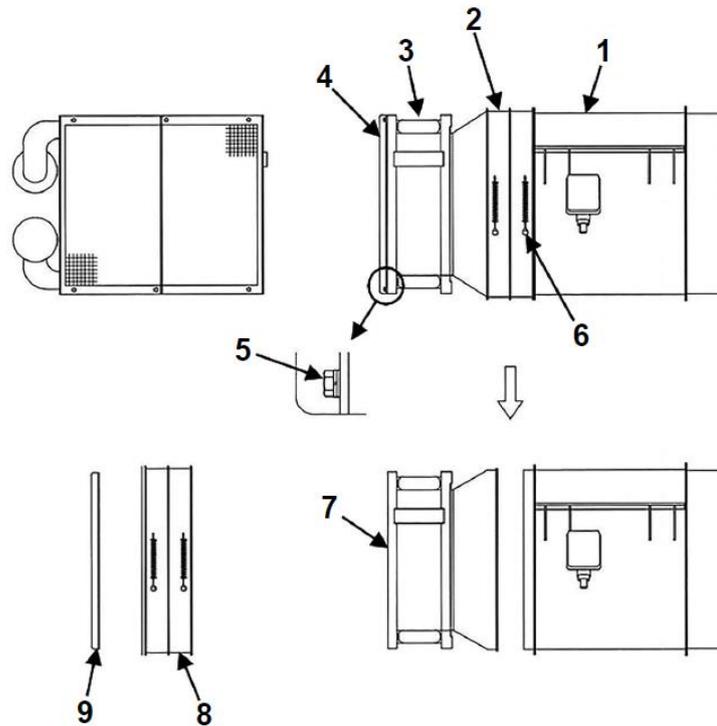


圖 74 油冷卻器 — 清潔

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| 1. 冷卻鼓風機 | 2. 彈性空氣導管 | 3. 油冷卻器 |
| 4. 金屬網過濾器 | 5. M8 螺栓 | 6. 快拆收束帶 |
| 7. 鰭片 | 8. 彈性空氣導管 | 9. 金屬網過濾器 |

油冷卻器風道清潔

- a. 依據上述程序來清潔鰭片區域。
- b. 使用高壓水，例如溫水水刀來徹底清潔風道的內側。
- c. 以化學品來清潔時，請徹底沖洗，讓風道內沒有留存化學成分。
- d. 沖洗後，以壓縮空氣等快速吹風，並使風道內側的每一角落都完全乾燥。

油位測量

列車車輛停在水平位置時，請讀取油溫和油位值，並對照下列油溫和油位曲線來檢查，以確認關係。

標準：

- a. 油位應位於「零」或更高。
- b. 應符合油溫和油位曲線的許可範圍。

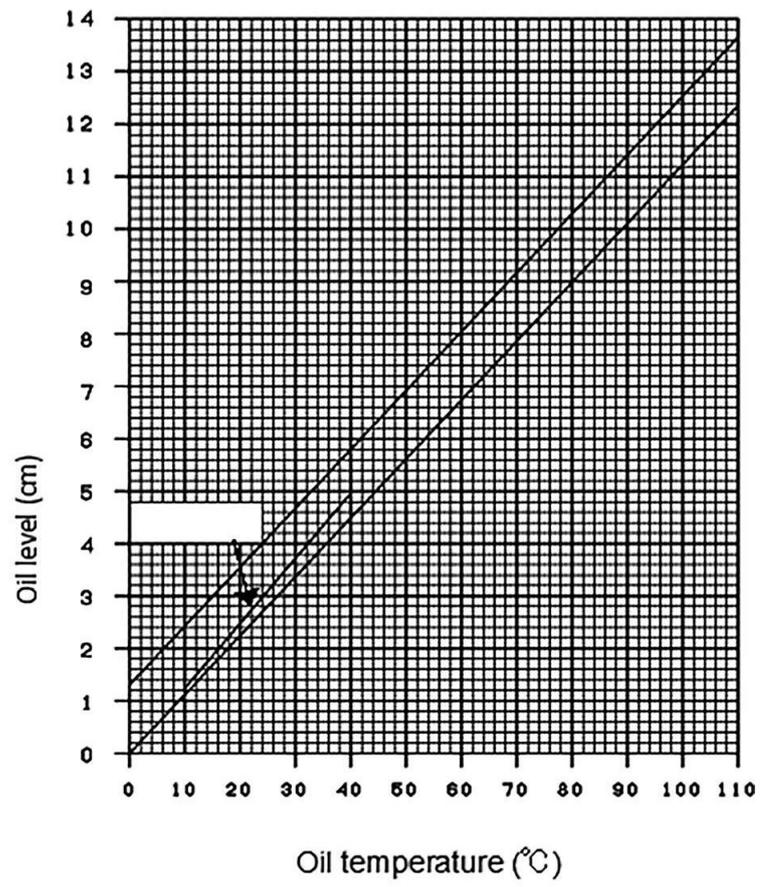


圖 75 油溫和油位曲線



圖 76 油位計及油溫表

六、牽引馬達與齒輪箱驅動裝置

(一)、牽引馬達

結構簡易的三相鼠籠式非同步牽引馬達，係運用於列車營運。此牽引馬達為自通風式，可透過一組固定於轉軸的風扇進行通風。



圖 77 牽引馬達概覽圖

規格及額定

- (1) 型號 HS32532-10RB
- (2) 類型 EFO-K
- (3) 系統
 - 型式 三相鼠籠式感應馬達
 - 極數 4 極
 - 通風方式 自通風式
 - 安裝方式 轉向架安裝型
 - 啟動方式 向量控制式
- (4) 額定
 - 輸出 190 [kW]
 - 電壓 1400 [V]
 - 頻率 110 [Hz]
 - 電流 102 [A]
- (5) 規格
 - 絕緣等級 200 級

介電測試電壓 2,760 [V]，每 1 分鐘（檢修時）（交流 50[Hz]至 60[Hz]）

最高工作轉速 5,761 [min⁻¹]

最高測試轉速 6,913 [min⁻¹]

重量 515 [kg]

(6) 運轉限制值

本牽引馬達應運轉於下列限制值內：

- a. 周溫 23 [C] 至 45 [C]
- b. 電壓 1,400 [V] 或更低（牽引馬達之線電壓）
- c. 電流 214 [A/1 組馬達] 或更低
- d. 轉速 5,761 [min⁻¹] 或更低

牽引馬達構造

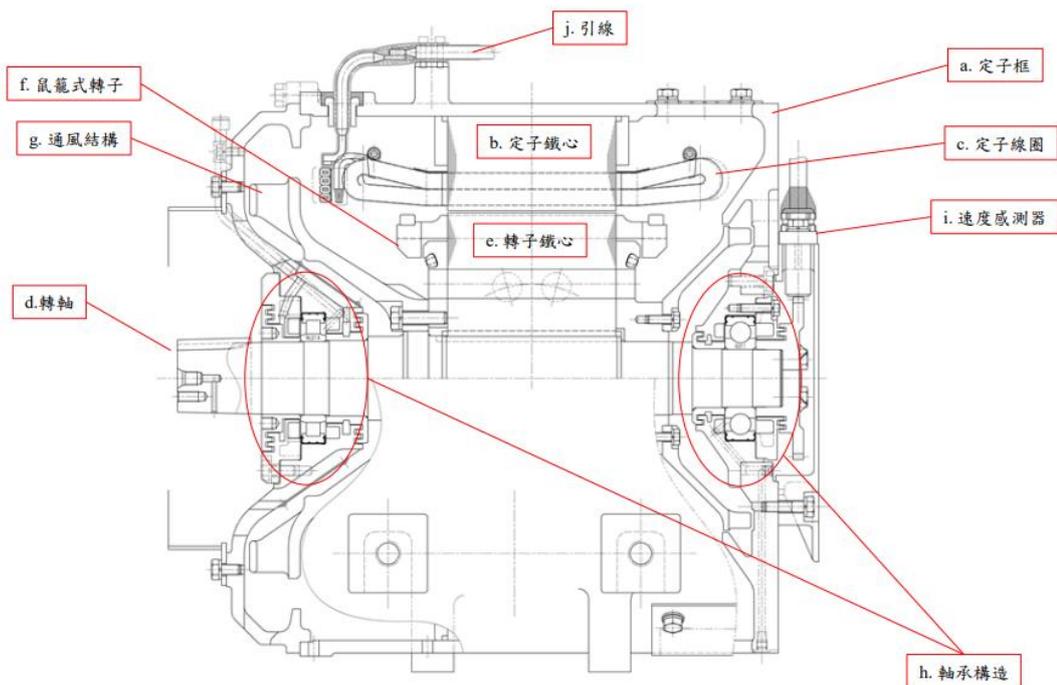


圖 78 牽引馬達縱截面

a. 定子框

定子框為鑄造型。

b. 定子鐵心

由無機塗層絕緣的矽鋼片層堆疊而成。

c. 定子線圈

矩形截面的銅線由絕緣材料包覆，並由楔固定在槽中。

整個定子真空浸漬於 200 級無溶劑樹脂，之後烘烤處理。

d. 轉軸

在轉軸每個截面變化處均使用最大可能倒角半徑值。

整個轉軸表面除了螺紋部位外均施作精細加工

e. 轉子鐵心

以無機塗層進行絕緣的矽鋼片層在轉軸上以干涉配合堆疊而成。

設置軸向氣流通道以利冷卻。

f. 鼠籠式轉子

本馬達轉子屬鼠籠式轉子結構，短路環及導電條互相焊接在一起，以承受高速旋轉。

短路環採用非磁性材料，可確保轉子導電條的強度能承受離心力及熱應力。

在轉子導電條和槽之間的空間塗上清漆以提升轉子的冷卻能力。

g. 通風結構

馬達透過安裝在轉軸上的風扇以自行通風。

冷卻空氣經由齒輪端的進氣口進入馬達，再由齒輪端的對面側排出。

h. 軸承構造

反驅動側 滾珠軸承(6311)

驅動側 滾子軸承(NU214)

潤滑脂 Limax HS-2

軸承呈密封狀，每個軸承座都設有潤滑脂蓋。設有中間補充潤滑結構供定期檢修時用。

i. 速度感測器

型號 TS2862N2207E252

廠商 多摩川精機

速度感測器包含一組速度感測器及 PG 齒輪。其可偵測出輸入至變流器控制單元之脈衝波 A 及 B 的轉速。速度感測器本身不須額外提供電源。

j. 引線

型號 3.6KV-HF-WP(TYPE-S)-35mm²

牽引馬達特性曲線

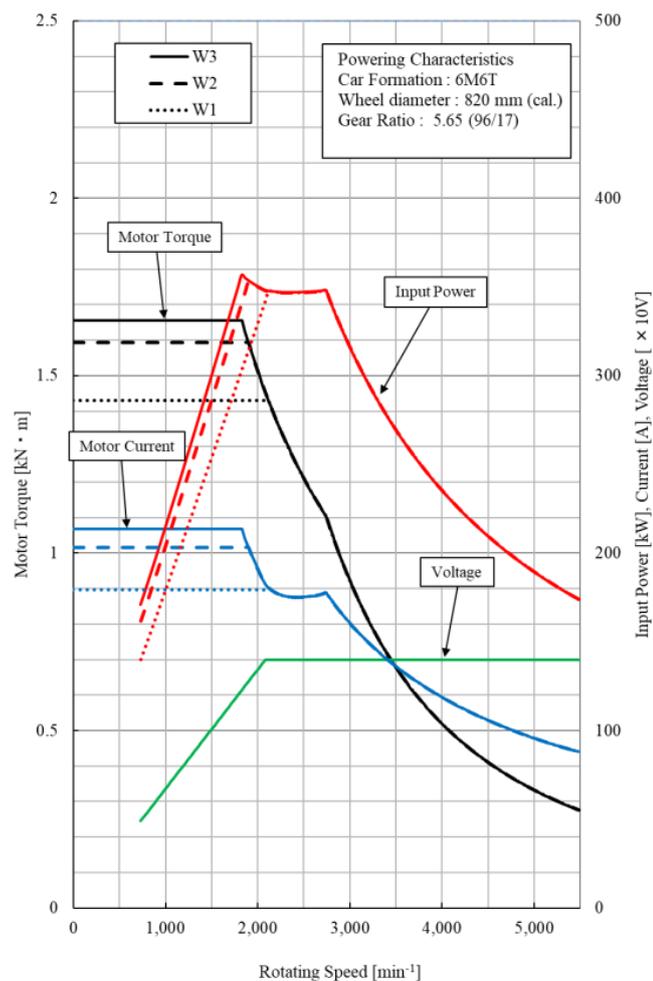


圖 79 牽引馬達特性圖

低轉速域的馬達扭力為定值。

在中轉速域，扭力隨轉速增加呈比例下降。在該速域，馬達輸入保持定值。

在高轉速域，扭力隨著轉速的平方呈比例下降。

此扭力特性係根據所需列車性能所算出。

牽引馬達係由牽引變流器適切地控制，以產生滿足營運需求的扭力。

牽引馬達拆解

- (1) 從轉向架移除牽引馬達組件
- (2) 移除速度感測器
- (3) 移除感測器框

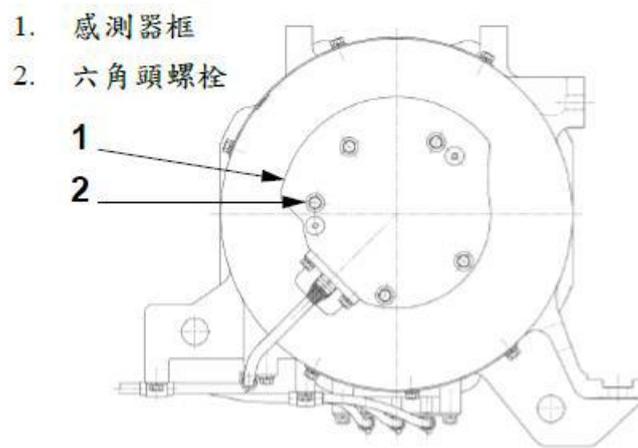


圖 80 牽引馬達拆解(1)

- (4) 移除六角頭螺栓
- (5) 在 180° 對稱位置將螺椿栓鎖入軸承框的螺紋孔內
- (6) 連接吊架和管路到驅動側的軸端部份上

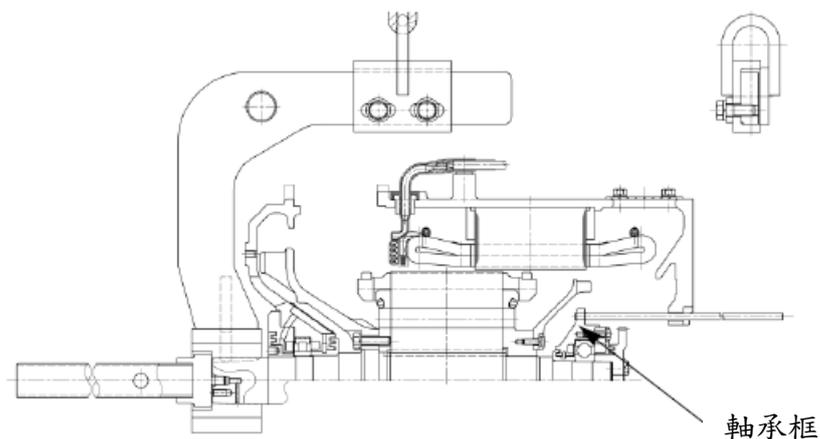


圖 81 牽引馬達拆解(2)

- (7) 從定子框的接合面拉離軸承托架和軸承框

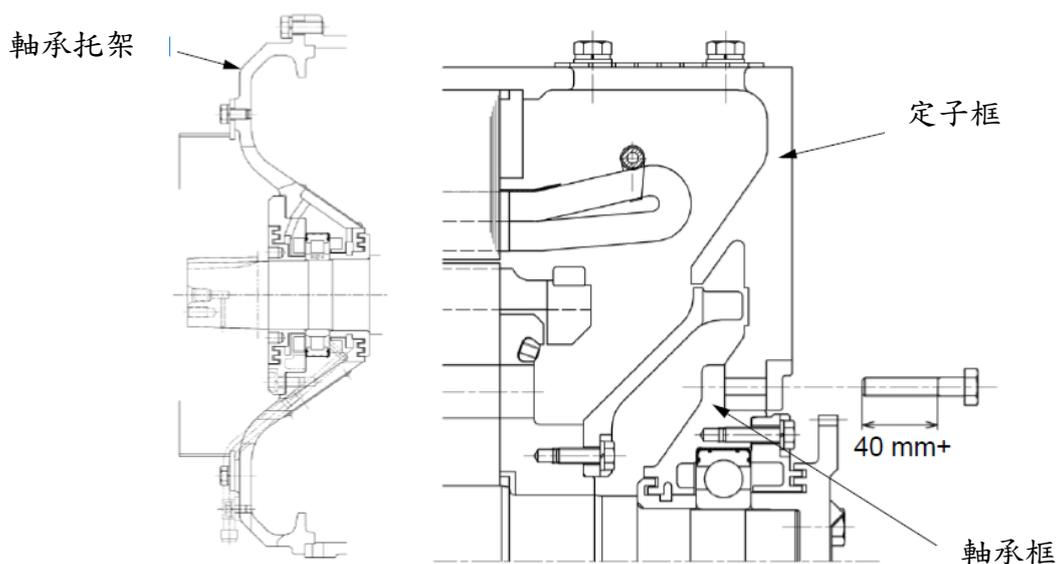


圖 82 牽引馬達拆解(3)

(8) 拉出轉子

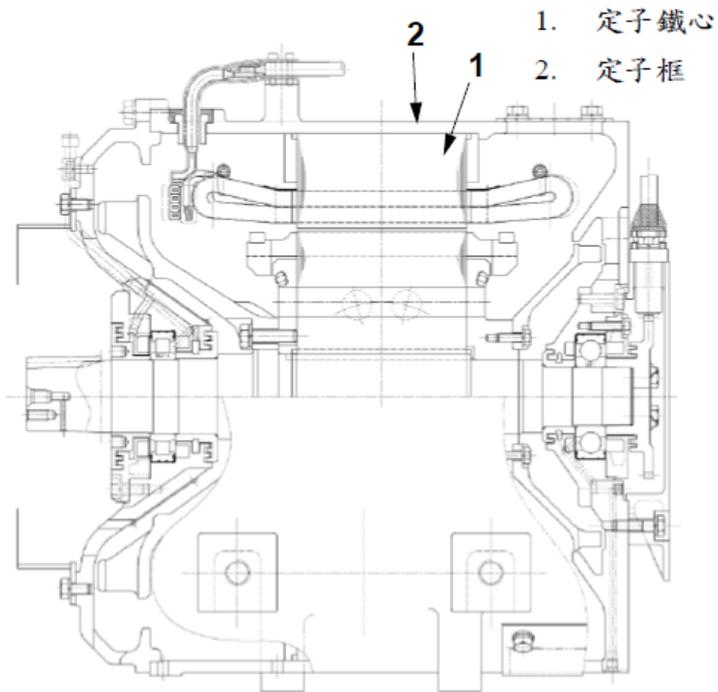


圖 83 牽引馬達拆解(4)

牽引馬達組裝

(1) 安裝軸承零件

(2) 將轉子組裝到定子框

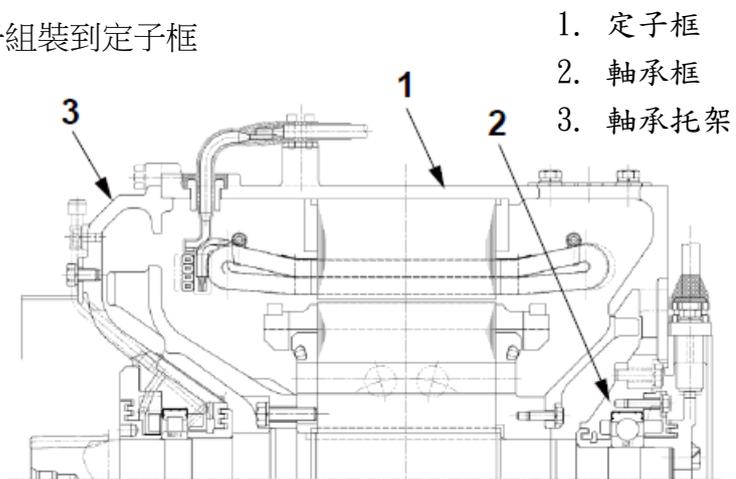


圖 84 牽引馬達組裝

(3) 安裝速度感測器

(4) 組裝後檢查牽引馬達

(5) 組裝後，依據檢修後的測試程序來測試牽引馬達，以確認特性

速度感測器更換

- (1) 移除夾的六角頭螺栓和保護橡膠
- (2) 移除速度感測器的 2 個六角頭螺栓，然後移除速度感測器及其電纜

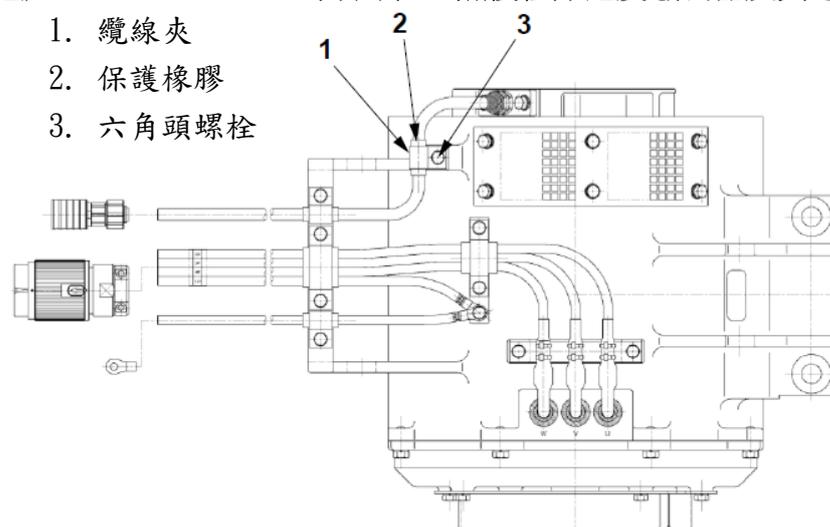


圖 85 速度感測器移除

速度感測器安裝

- (1) 以 2 個六角頭螺栓將感測器框安裝到轉子框上
- (2) 以 5 個六角頭螺栓將速度感測器安裝到感測器框上
- (3) 調整夾的保護橡膠，然後鎖緊夾的六角頭螺栓

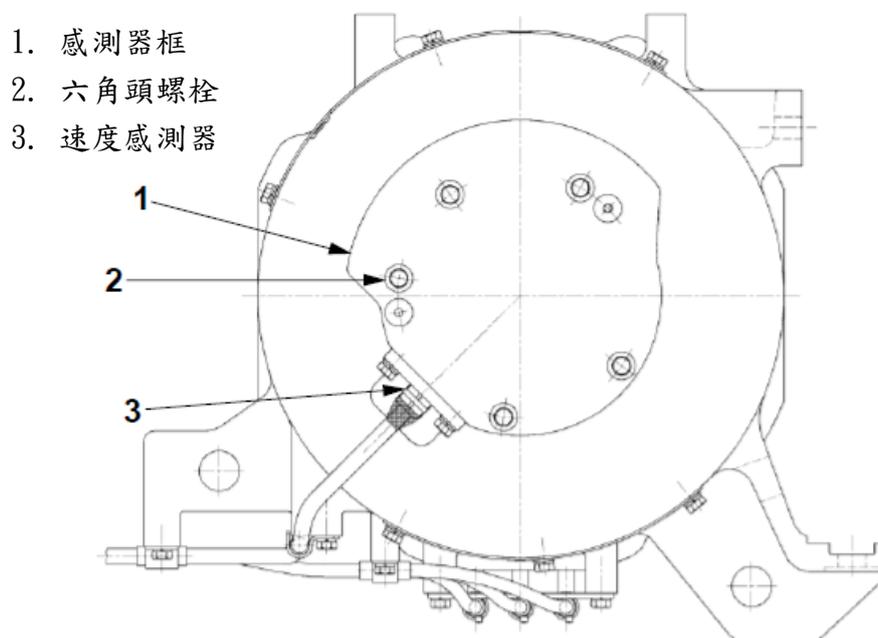


圖 86 速度感測器安裝

(二)、齒輪箱驅動裝置

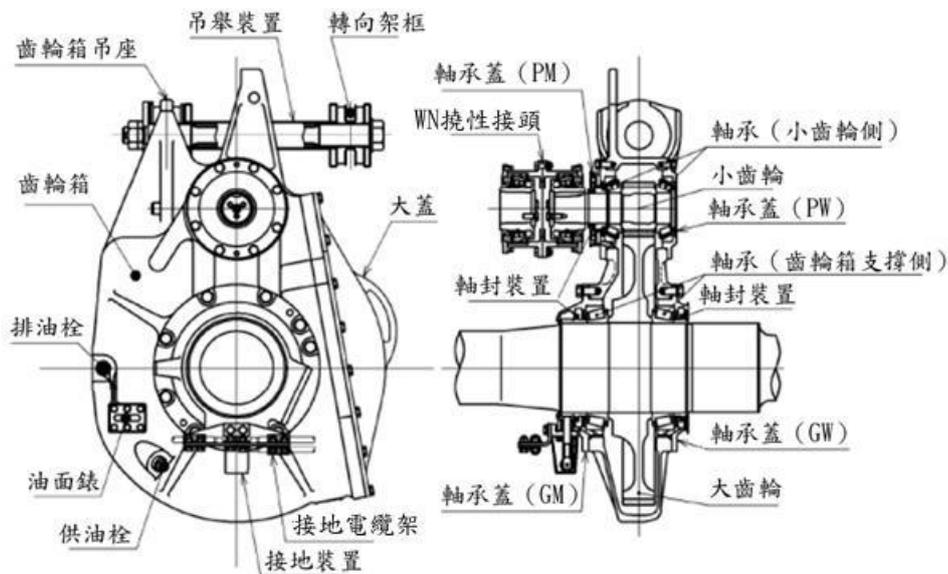


圖 87 驅動裝置各部位名稱及構造

(1) 齒輪

藉由螺絲齒輪進行單段減速，小齒輪以鎳鉻鉬鋼製成，在滲碳淬火後進行磨削完成，大齒輪以碳鋼製成，在高頻淬火後進行磨削完成。

(2) 軸承

小齒輪及齒輪箱支撐側都是藉由圓錐滾子軸承來支撐。齒輪箱支撐側的支撐方式係為雙邊支撐方式。

(3) 齒輪箱

齒輪箱為一體成形，其上側附有大蓋的構造，材質為具減低噪音效果的球墨鑄鐵 (FCD)。齒輪箱下部設有排油栓及供油栓。栓的前端設有磁鐵，可吸附著潤滑油內的鐵片或磨耗的鐵粉，以供判斷齒輪或軸承等是否有之異常。

(4) 潤滑構造

齒輪及各軸承以齒輪箱內共通的潤滑油進行潤滑，齒輪採用浸油潤滑方式，軸承則採用藉助於大齒輪旋轉的飛濺潤滑方式。

(5) 軸封裝置

為防止潤滑油洩漏，旋轉部 (小齒輪軸、車軸) 及固定部 (齒輪箱) 之間設有軸封裝置，其為容易保養的非接觸式迷宮構造。

(6) 接合面的密封構造

圓筒部 (軸承蓋與齒輪箱間) 的密封使用 O 型環，平面部 (齒輪箱和大蓋及

油面錶之間)的密封則使用密封劑(液態墊圈)。

(7) 油面錶

油面錶上標有兩條紅線以表示潤滑油量的最高線及最低線，而潤滑油量要管理在此範圍內。

(8) 懸吊裝置

懸吊裝置以防震橡膠為中介，從轉向架框支撐齒輪箱。懸吊方式為垂直懸吊，除分解及組裝作業容易外，藉由將齒輪箱吊舉座上下襯墊交換可調整馬達軸中心與小齒輪軸中心的上下方向位置。

齒輪箱的防震橡膠一般為 6~10 年做更換。更換的基準為針對於新品厚度 26.5mm，當磨耗程度達到 25mm 以下時，或是當有龜裂發生時則須更換。

(9) 接地裝置

為防止齒輪齒面及軸承轉動面等發生電蝕，在齒輪箱上設有 1 組接地裝置。其構造係藉由恆壓彈簧使金屬化碳製的碳刷和壓入車軸的拋油環接觸。接地裝置設有電線支架可固定來自車體或馬達之接地線。

(10) 撓性連結器

行駛時所產生的馬達軸及小齒輪軸的中心相對位移能由撓性連結器補償。

齒輪裝置檢查項目

(1) 外觀檢查：

a. 潤滑油量確認：

在空車且停止狀態下確認油面位於上限線~下限線之間

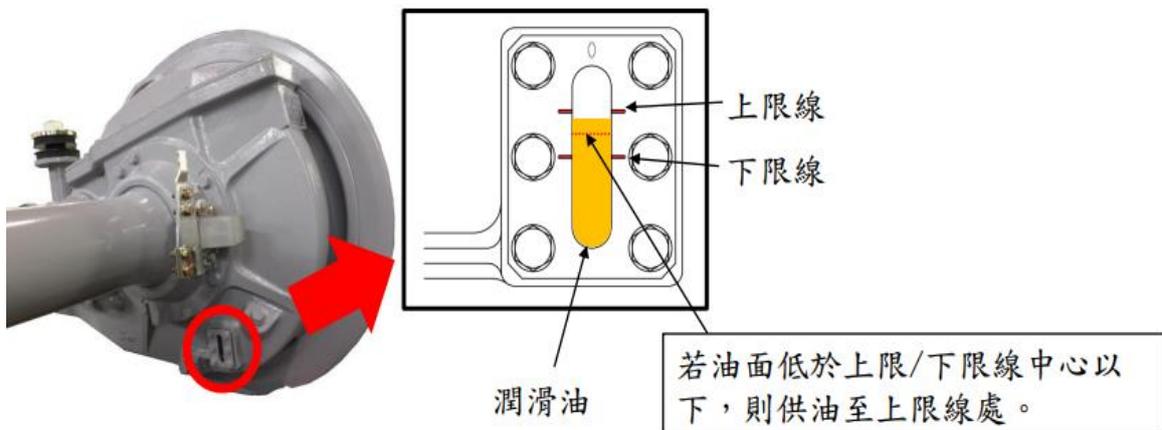


圖 88 潤滑油量確認

b. 確認潤滑油是否有乳化·劣化情況：

在空車且停車狀態下確認油面位於上限線~下限線之間



圖 89 潤滑油劣化確認

(2) 磁性栓（供油栓）檢查：

在供油栓頂端設有磁鐵，根據附著物的狀態確認軸承等是否出現異常狀態

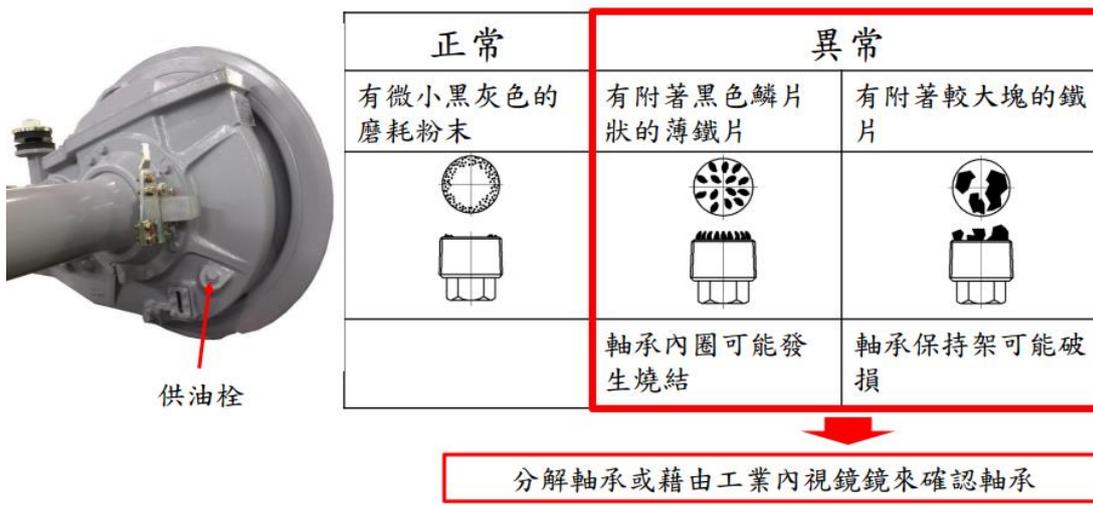


圖 90 供油栓檢查

(3) 潤滑油更換：

排油方法

- 將容量可供裝填規定油量(約 2.2ℓ)潤滑油的容器預備放置於排油栓底下
- 將排油栓拆除
- 經過 10 分鐘左右後，擦拭排油栓的周圍
- 排油栓螺紋處纏繞止洩帶四圈，將密封劑塗覆在整圈後鎖緊(扭力:100N·m)



圖 91 潤滑油排油方法

供油方法

- a. 將供油栓取下
- b. 將潤滑油從注油口加油至油面計刻度上限線為止
- c. 擦拭注油口周圍
- d. 對供油栓螺紋部整圈施作密封劑後鎖緊(扭力:100N·m)



供加油用量杯

圖 92 潤滑油供油方法

(4) 接地碳刷檢查：

- a. 鬆開 4 根螺栓 A 與固定金屬座，並移除接地裝置的外蓋
- b. 鬆開下圖紅圈所標示之螺栓，並取出接地碳刷。(再組裝時的扭力:5.8N·m、螺栓類需更換為新品)

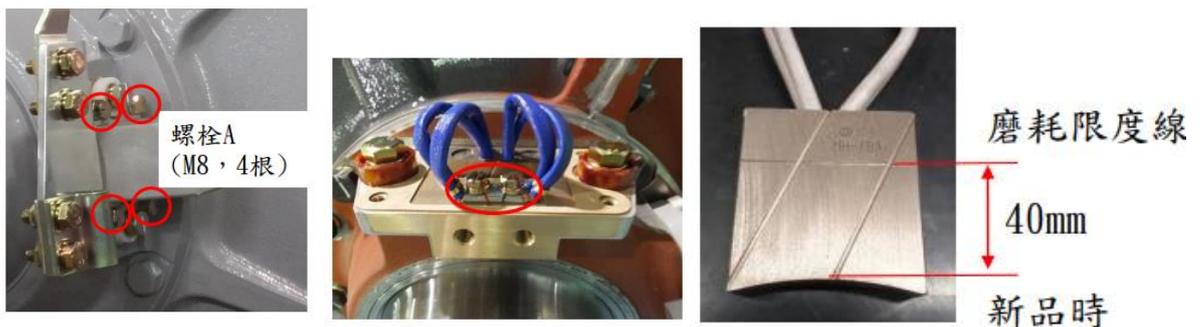


圖 93 接地碳刷檢查

檢查項目

- 是否有斷裂或變色
- 電線或端子是否有變色或斷線狀況
- 碳刷是否可滑順移動
- 碳刷滑動面上是否有生鏽或異常磨耗現象
- 碳刷磨耗量確認

(5) 齒輪檢查：

取下齒輪箱蓋後，以目視確認齒輪面。

剝離	龜裂	點蝕
		

※僅對龜裂照片進行磁粉探傷偵測。

⇒若出現如照片之情況則需更換大齒輪。

圖 94 齒輪檢查

(6) 吊掛螺栓檢查：

- a. 螺紋部確認以目視檢查及磁粉探傷來確認螺紋部是否有損傷

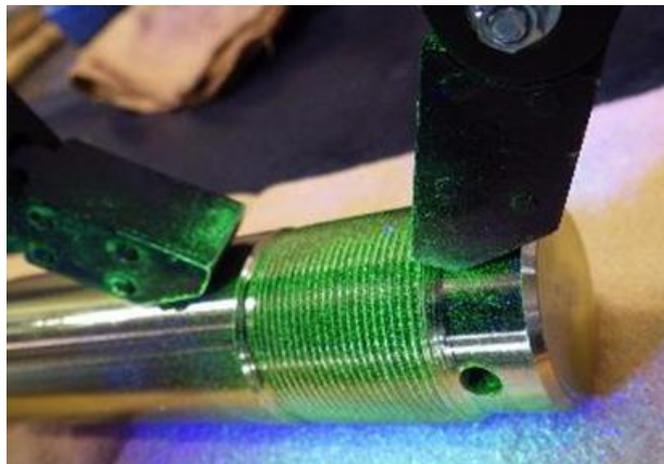


圖 95 吊掛螺栓螺紋部確認

- b. 尺寸量測：量測以下所示 A、B 處尺寸，並確認與新製造時的尺寸差異，尺差異超過 0.5mm 時將更換成新製品

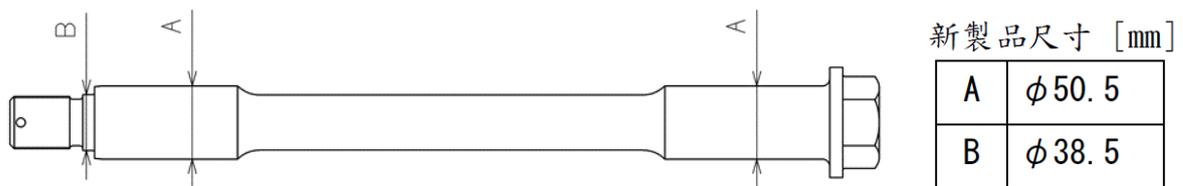


圖 96 吊掛螺栓尺寸量測

(7) 撓性聯軸器的安裝/拔除方法

拔除方式：

- 拆下軸端的螺栓(M10、3根)後，再將托板跟特殊承座從轉軸上取下。
- 安裝高壓幫浦的高壓軟管、托板、固定螺絲。
- 與高壓幫浦連接後，持續加壓到聯軸器拔除為止。最大壓力約為 132MPa。
- 一旦聯軸器拔除下來後，請將安裝在轉軸上的所有治工具都拆下，並卸下聯軸器。
- 確認下圖中在★周圍是否有潤滑脂漏出的狀況。



圖 97 撓性聯軸器

安裝方法：

- 預先用脫脂劑來清潔轉軸錐形部及聯軸器輪轂內徑部。將規定量之潤滑脂封入聯軸器內部。
- 在轉軸錐形部塗覆安裝油。
- 將鍵插入鍵槽內。
- 用手將半聯軸器單元插入轉軸內，輕輕靠上即可。
- 確認從聯軸器端面到轉軸端部的尺寸為 $3.6 \pm 0.38\text{mm}$ 。

- f. 安裝特殊螺栓、固定螺絲、間隔片、聯軸器壓入用壓力缸及固定螺帽。
- g. 設置轉軸及治具，讓間隔片安裝油排油槽能朝下。
- h. 連接高壓幫浦，並緩慢加壓，使間隔片貼到轉軸端面。此時軸向受力約 64kN 左右。
- i. 間隔片一旦貼到轉軸端面後，就使高壓幫浦維持最少 15 分鐘以上的加壓狀態。
- j. 經過 15 分鐘以上後，解除幫浦壓力並拆卸所有的治工具。
- k. 確認從聯軸器端面到轉軸端部的尺寸為 $2\pm 0.2\text{mm}$ 。
- l. 用螺栓(M10、3 根)將托板及特殊承座安裝至轉軸上。
- m. 將特殊承座的 3 處折彎以貼合螺栓頭。

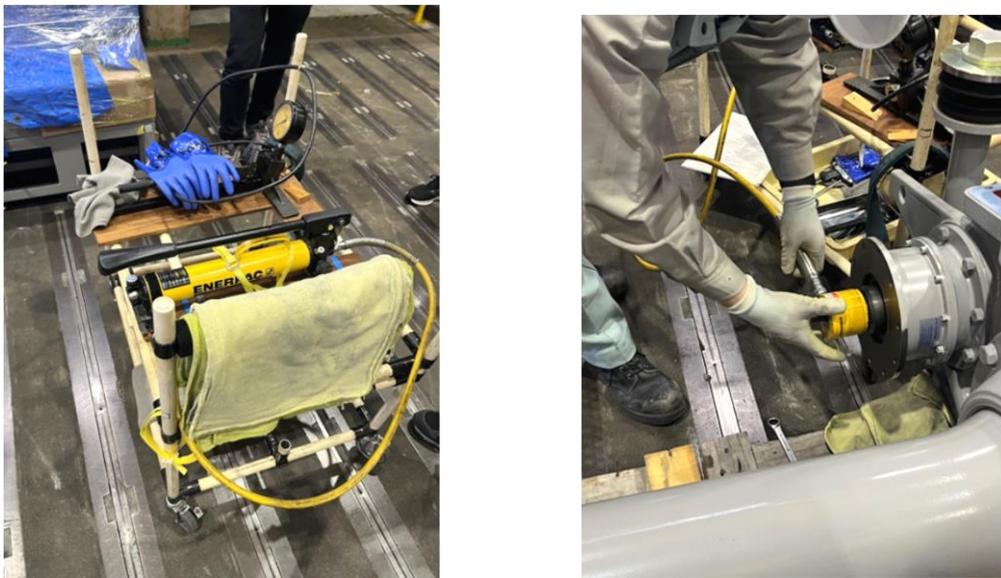


圖 98 高壓幫浦設備及加壓狀態

肆、心得及建議

一、心得

這次的教育訓練安排到日本國內組裝廠與設備廠觀摩學習，從最早原物料的進場、再加工，零組件的製作與成型，車體的框架六面體接合，艙裝設備組裝與配線配管，到最後的QC品質試驗，雖然只是參觀導覽，卻也實際見識到電聯車從無到有生產、組裝、測試過程，實開眼界。

在車輛組裝廠參觀生產線流程中，我們看到了其他車體如捷運、新幹線、單軌列車，其外觀設計非常新穎，且塗裝用色大膽活潑各相異其趣；而在例假日時，我們也前往北九州的九州鐵道紀念館，見識到日本鐵道的發展歷史及對舊有鐵路車輛、文物保存的用心。

二、建議

(一)、組裝產線規劃

參觀日立笠戶車廂組立工廠、零組件配管配線工廠，對物料配發及管理做法，如各式用料明確標示、排列，使用數量清點以模板、膠板、發泡板刻畫圖樣、規格方式逐一排列，非常有效率。各式電線配管、氣源管及水管，亦以分段預先組立方式置放於料架，供組裝人員依序拿取。安裝電纜、線束、佈線，以熱縮帶先纏繞後再加熱固定，繁中有序。置料架、供料車、工具車均按地面標線標示位置擺放，作業時須使用氣動工具氣源管線、電動工具用電源、工作燈電源線，均以架空方式導入作業位置，使得走道、通道均無任何障礙物影響通行，於職場安全擺在第一，充分保障作業人員通行安全等等，均非常值得效仿學習。

(二)、電腦工具管理系統

對於富士電機施作品質要求及施作者責任管理，建構「RFID 工具管理系統」非常值得參考。例如扭力扳手起子等個人手工具管理使用，從領用登記到使用完返還，期間於工具使用過程中，均能將螺栓之鎖固扭力值透過晶片紀錄即時上傳至管理系統詳實紀錄，迫使作業必須按照標準作業程序按步就班完成，並由作業者即時透過手邊之平板電腦隨時紀錄並上傳至管理系統，透過大螢幕展現工作紀錄，以確保組裝完工品

質及建立自主施工責任要求。電氣箱內設備組裝時設計有箱體翻轉設備，可依作業需求調整工作件或箱體角度、高度，讓作業人員可以最適當姿勢，甚至坐姿來進行電氣箱體零組件安裝，避免因需安裝或鎖固零組件高度或角度過高或低造成不便，而衍生職業傷害，也能夠充分確保完工品質，值得效仿參考學習。

伍、參考資料

- (一)、 EMU3000 型城際電聯車專業訓練班教材講義
- (二)、 EMU3000 型城際電聯車檢修保養手冊
- (三)、 EMU3000 型城際電聯車設計規格文件