



國家運輸安全調查委員會

重大運輸事故 調查報告

中華民國 110 年 4 月 28 日

交通部臺灣鐵路管理局

第 4206 次車

新馬站正線火災事故

報告編號：TTSB-ROR-23-02-003

報告日期：民國 112 年 2 月

本頁空白

依據中華民國運輸事故調查法，本調查報告僅供改善鐵道運輸安全之用。

中華民國運輸事故調查法第 5 條：

運安會對於重大運輸事故之調查，旨在避免運輸事故之再發生，不以處分或追究責任為目的。

本頁空白

摘要報告

民國 110 年 4 月 28 日交通部臺灣鐵路管理局（以下簡稱臺鐵局）由宜蘭縣宜蘭站發車，目的地為花蓮縣花蓮站第 4206 次 EMU500 型（由 4 節車廂組成）電聯車（以下簡稱事故列車），約 1822:00 時，事故列車進入宜蘭縣新馬站前，行車方向第 4 節車底起火、冒煙，該事故無造成人員傷亡。

依據臺鐵局冬山站月台監視畫面顯示，事故列車進冬山站時，第 4 節車底已有火光，停妥後有冒煙但無火光，1817:28 時事故列車離開冬山站，該站值班站長聞到異味，以行調無線電通報事故列車司機員。依據臺鐵局新馬站月台監視畫面顯示，事故列車進入新馬站前，行車方向第 4 節車底持續有起火、燃燒、冒煙。列車停靠新馬站月台後，臺鐵人員持滅火器進行緊急滅火並疏散事故列車旅客。1830:00 時司機員隔離第 2 轉向架軔缸考克、牽引馬達後載客續駛。

1833:00 時，事故列車抵達宜蘭縣蘇澳新站，事故列車司機員會同宜蘭機務分段駐蘇澳新站列檢員進行事故列車故障排除、氣軔試驗等作業，1843:00 時，事故列車持續隔離該轉向架軔缸考克、牽引馬達至目的地花蓮縣花蓮站。

依運輸事故調查法，國家運輸安全調查委員會（以下簡稱運安會）成立專案調查小組進行事故調查，並邀請交通部鐵道局、臺鐵局共同參與。

本報告主要針對牽引馬達、齒輪箱等面向進行分析，內容包括：牽引馬達溫度偵測、牽引馬達溫度預警、齒輪箱維修分析、牽引馬達檢修等。

本事故調查經綜合事實資料及分析結果，獲得本事故影響安全之直接因素、間接因素及根源因素等結論共計 8 項，改善建議計 4 項，分述如後：

壹、調查發現

與可能肇因有關之調查發現

1. 事故列車因潤滑油更換頻率不足，造成油品質劣化且未確實清潔卸油孔，羅東站發車後，牽引馬達轉子 D 端軸承潤滑不足、摩擦力增加，造成牽引馬達運轉溫度升高，後因溫度偵測器未置於馬達定子繞組內，導致牽引控制裝置無法接收馬達實際運轉溫度，進行動力抑制、故障燈號顯示等預警措施，提醒列車司機員牽引馬達異常情形發生。
2. 事故列車離開冬山站後，因牽引馬達持續高溫運作，導致馬達發生起火、冒煙，造成附有油漬之軀缸調整桿防塵橡皮套燒毀及齒輪箱外殼燒毀。

與風險有關之調查發現

1. EMU500 齒輪箱上下蓋重新組裝密封時，臺鐵局從未就密封膠材料性能及施工等，訂有檢測、測試、施工方式等標準作業規定，並自行更換原廠建議密封膠，可能造成齒輪箱密合度、耐熱性不足，產生漏油之狀況。
2. 臺鐵局二級檢修項目未依原廠更換齒輪箱潤滑油期程辦理，造成油品質劣化不利於軸承潤滑，增加齒輪與馬達 D 端軸承因潤滑不足引發異常磨耗與高溫等現象等現象。
3. 臺鐵局 EMU500 型各級檢修工作項目所列齒輪箱潤滑油品型號與實際維修使用之油品型號不符，顯示檢修文件資料未能即時更新，不利確保維修品質。
4. 臺鐵局辦理牽引馬達轉子清潔時，未依原廠規定同步更換軸承，造成長時間運轉後，提高軸承損壞風險。

其他調查發現

1. 臺鐵局進行 EMU500 齒輪箱保養清潔，齒輪箱上下蓋接合面處存有少量髒污及箱內部存有油汙。
2. 臺鐵局牽引馬達檢修紀錄檢修項目與「交通部臺灣鐵路管理局

EMU500 型電聯車定期檢修項目」未具一致性，增加第一線維修人員認知疑義。

貳、改善建議

致交通部臺灣鐵路管理局

1. 重新檢視各型電聯車牽引馬達溫度偵測安裝位置，確保其符合原廠設計手冊。(TTSB-RSR-23-02-014)
2. 制定各型電聯車使用非原廠材料品項選用、性能檢測、施工之標準作業程序。(TTSB-RSR-23-02-015)
3. EMU500 型各級檢修工作項目納入齒輪箱潤滑油更換期程、馬達轉子 D 端清潔回流孔及卸油孔等、牽引馬達轉子軸承更換期程等及重新檢討各級檢修工作項目之齒輪箱潤滑油品項型號。(TTSB-RSR-23-02-016)

致交通部鐵道局

1. 請交通部鐵道局本於監理機關權責就本案致臺鐵局辦理之各項安全改善建議，依鐵路法納入定期及不定期檢查項目，監督臺鐵局確實改善並列管追蹤。(TTSB-RSR-23-02-017)

本頁空白

目錄

摘要報告	iii
目錄	vii
表目錄	ix
圖目錄	xi
英文縮寫對照簡表	xiii
第 1 章 事實資料	1
1.1 事故經過	1
1.2 車輛損害	2
1.3 現場測試	5
1.4 天氣資料	5
1.5 人員傷害	5
1.6 人員資料	5
1.6.1 經歷、訓練及考核	5
1.6.2 酒精檢測	6
1.7 車輛資料	7
1.7.1 列車基本資料	7
1.7.2 列車動力	8
1.7.3 牽引馬達	8
1.7.4 馬達高溫偵測	12
1.7.5 馬達齒輪箱	13
1.8 列車維修	15
1.8.1 相關規範	15
1.8.2 事故列車維修紀錄	20
1.8.3 馬達齒輪箱蓋組裝密封	21
1.9 行車調度	22
1.10 通聯紀錄	23
1.11 測試與研究	23
1.12 訪談摘要	24

1.12.1	司機員	24
1.12.2	車長	25
1.12.3	值班站長	25
1.12.4	列檢員	25
1.12.5	檢查主任	26
1.12.6	維修主任	27
1.13	事件序	28
第 2 章	分析	29
2.1	牽引馬達溫度偵測	29
2.2	牽引馬達溫度預警	32
2.3	齒輪箱維修分析	36
2.3.1	齒輪箱清潔	36
2.3.2	齒輪箱密封膠	37
2.3.3	齒輪箱潤滑油	40
2.4	牽引馬達檢修	44
第 3 章	結論	46
3.1	與可能肇因有關之調查發現	46
3.2	與風險有關之調查發現	47
3.3	其他調查發現	47
第 4 章	改善建議	48
4.1	安全改善建議	48
附錄 1	通聯抄件	49
附錄 2	事故牽引馬達檢修紀錄（三級檢修）	50
附錄 3	牽引馬達檢修紀錄（四級檢修）	51
附錄 4	EMU500 馬達齒輪箱保養作業程序	52
附錄 5	原廠維護手冊建議密封黏著劑	57
附錄 6	齒輪箱潤滑油資料	58

表目錄

表 1.7-1 事故列車組編成	7
表 1.7-2 EMU500 列車基本諸元.....	7
表 1.7-3 牽引馬達規格表	9
表 1.7-4 原廠維修手冊規範可使用潤滑油品項	14
表 1.8-1 EMU500 電聯車各級檢修項目週期表	15
表 1.8-2 各級檢修「傳動裝置」檢修項目內容及基準	15
表 1.8-3 四種齒輪箱密封黏著劑特性比較	22
表 1.9-1 列車運行資料.....	23
表 1.11-1 密封膠試驗結果.....	24
表 1.13-1 事件時序表.....	28
表 2.3-1 原廠維修手冊規範可使用潤滑油品項	41
表 2.4-1 3 級及 4 級對於馬達轉子及軸承檢修項目及內容表	44

本頁空白

圖目錄

圖 1.1-1 軋缸調整桿防塵橡皮套燒毀	2
圖 1.1-2 事故位置圖.....	2
圖 1.2-1 編號 1 車火災位置示意圖	3
圖 1.2-2 第 2 轉向架第 1 車軸設備損害情形-1.....	3
圖 1.2-3 第 2 轉向架第 1 車軸設備損害情形-2.....	4
圖 1.2-4 第 2 轉向架第 1 車軸設備損害情形-3.....	4
圖 1.2-5 第 2 轉向架第 1 車軸設備損害情形-4.....	4
圖 1.7-1 EMU500 型電聯車動力傳動裝置安裝方式（非事故車）	8
圖 1.7-2 牽引馬達定子、轉子及冷卻空氣流	10
圖 1.7-3 正常馬達電阻溫度計安裝位置與方式	11
圖 1.7-4 實際馬達電阻溫度計安裝位置與方式	11
圖 1.7-5 配電盤「B 故障」指示燈（非事故車輛）	12
圖 1.7-6 馬達齒輪箱示意圖	13
圖 1.7-7 馬達齒輪箱下部件孔位圖	14
圖 1.8-1 EMC580 馬達及齒輪箱外殼油漬.....	21
圖 2.1-1 溫度偵測器型式.....	30
圖 2.1-2 溫度偵測器與 TCU 接線圖-1.....	30
圖 2.1-3 溫度偵測器與 TCU 接線圖-2.....	31

圖 2.1-4 EMU500 型原廠牽引馬達與齒輪箱保養手冊內容	32
圖 2.2-1 馬達溫度與牽引動力輸出關聯圖	33
圖 2.2-2 馬達溫度與相關警示燈聯動圖	34
圖 2.2-3 事故列車牽引馬達端子盒內溫度感測器	35
圖 2.2-4 馬達溫度偵測器接線方式比較圖	35
圖 2.3-1 齒輪箱接合面髒汙（非事故車）	36
圖 2.3-2 齒輪箱內存有油汙（非事故車）	37
圖 2.3-3 EMU500 型其他編組漏油情形（非事故列車）	38
圖 2.3-4 臺鐵局齒輪箱密合膠之塗抹方法	39
圖 2.3-5 WÜRTH 公司示範塗抹密封膠影片	39
圖 2.3-6 LOCTITE 示範塗抹密封膠影片	40
圖 2.3-7 臺鐵局富岡機廠齒輪箱潤滑油	41
圖 2.3-8 潤滑油回流孔（事故車）	43
圖 2.3-9 馬達轉子 D 端餘油蒐集孔及卸油孔（非事故車）	44

英文縮寫對照簡表

EMU	Electric Multiple Unit	電聯車
TCU	Traction Control Unit	牽引控制裝置

本頁空白

第 1 章 事實資料

1.1 事故經過

民國 110 年 4 月 28 日交通部臺灣鐵路管理局(以下簡稱臺鐵局)由宜蘭縣宜蘭站發車，目的地為花蓮縣花蓮站第 4206 次 EMU500 型(由 4 節車廂組成)電聯車(以下簡稱事故列車)，約 1822:00 時，事故列車進入宜蘭縣新馬站前，行車方向第 4 節車底起火、冒煙，該事故無造成人員傷亡。

依據臺鐵局冬山站月台監視畫面顯示，1816:15 時事故列車進冬山站時，第 4 節車底已有火光，停妥後有冒煙但無火光，1817:28 時事故列車離開冬山站時，冬山站值班站長聞到異味，以行調無線電通報事故列車司機員。依據臺鐵局新馬站月台監視畫面顯示，1822:00 時事故列車進入新馬站前，行車方向第 4 節車底持續有起火、燃燒、冒煙。列車停靠新馬站月台後，臺鐵人員持滅火器進行緊急滅火並疏散事故列車旅客，1830:00 時司機員隔離第 2 轉向架軋缸考克¹、牽引馬達後載客續駛。

1833:00 時，事故列車抵達宜蘭縣蘇澳新站，司機員會同宜蘭機務分段駐蘇澳新站列檢員進行事故列車故障排除、氣軋試驗等作業，1843:00 時，事故列車持續隔離該轉向架軋缸考克、牽引馬達至目的地花蓮縣花蓮站。

依事故現場調查，事故列車發生第 2 轉向架第 1 車軸的牽引馬達、馬達齒輪箱燒損及軋缸調整桿防塵橡皮套燒毀，如圖 1.1-1，本事故無造成人員傷亡。事故位置如圖 1.1-2。

¹ 旋塞式閥門開關。



圖 1.1-1 軛缸調整桿防塵橡皮套燒毀

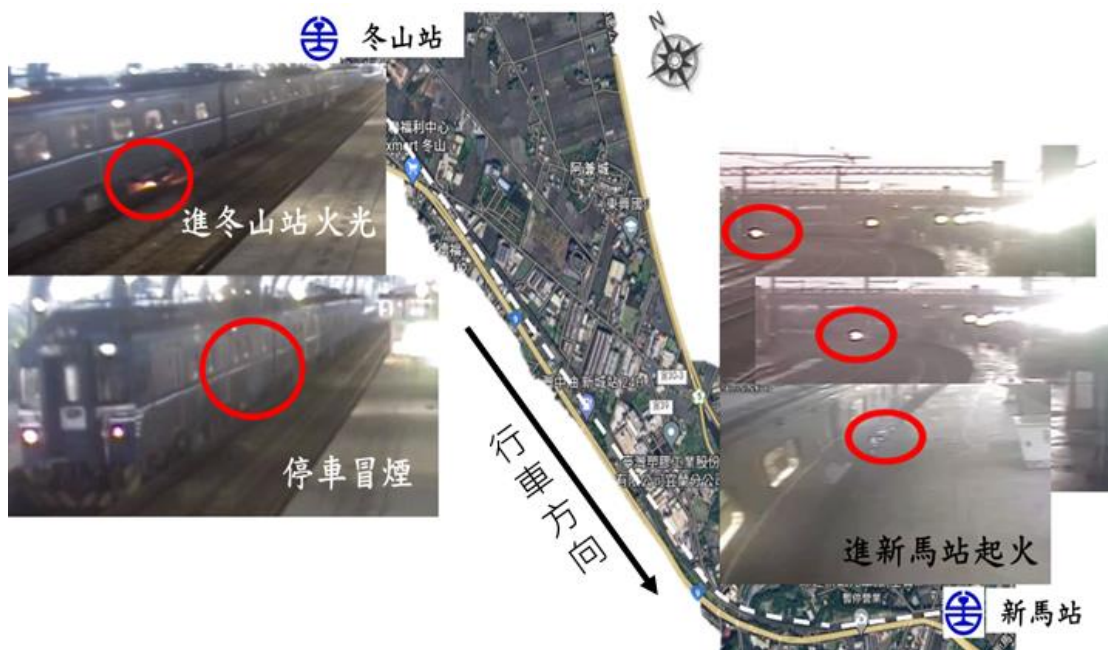


圖 1.1-2 事故位置圖

1.2 車輛損害

本次事故造成事故列車行車方向第 4 節 (EMC580, 編號 1 車) 發生火災情形 (圖 1.2-1), 以下針對 1 車第 2 轉向架第 1 車軸之牽引

馬達、馬達齒輪箱及軋缸調整桿防塵橡皮套受損部分進一步說明。

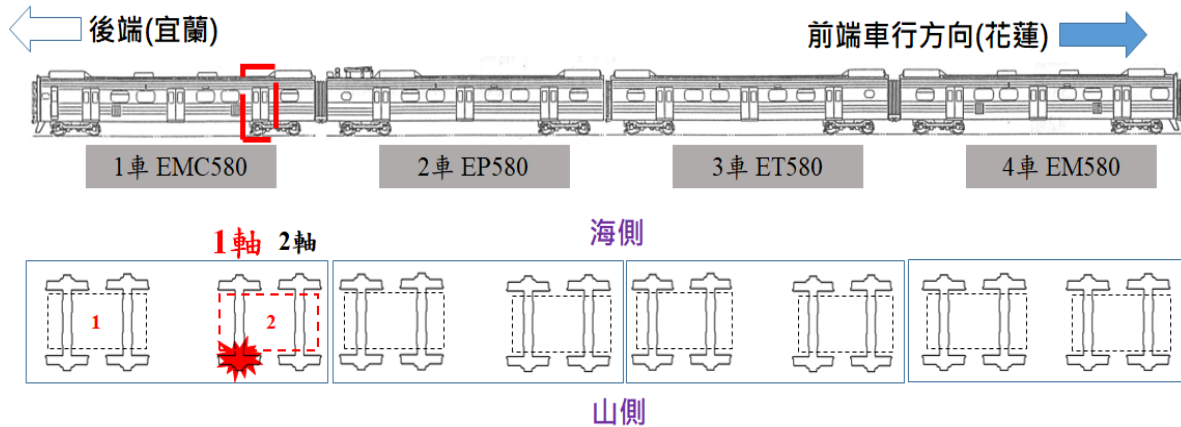


圖 1.2-1 編號 1 車火災位置示意圖

依 110 年 4 月 30 日於臺鐵局臺北機務段檢視事故列車結果，1 車第 2 轉向架第 1 車軸牽引馬達、馬達齒輪箱燒痕及軋缸調整桿防塵橡皮套燒毀，如圖 1.2-2 及圖 1.2-3。進一步對牽引馬達、馬達齒輪箱進行細部拆解，發現牽引馬達之散熱出風口燒損、定子繞組燒損、轉子之圓柱滾軸承崩陷及馬達齒輪箱外殼燒損等，如圖 1.2-4 及圖 1.2-5。



圖 1.2-2 第 2 轉向架第 1 車軸設備損害情形-1



圖 1.2-3 第 2 轉向架第 1 車軸設備損害情形-2

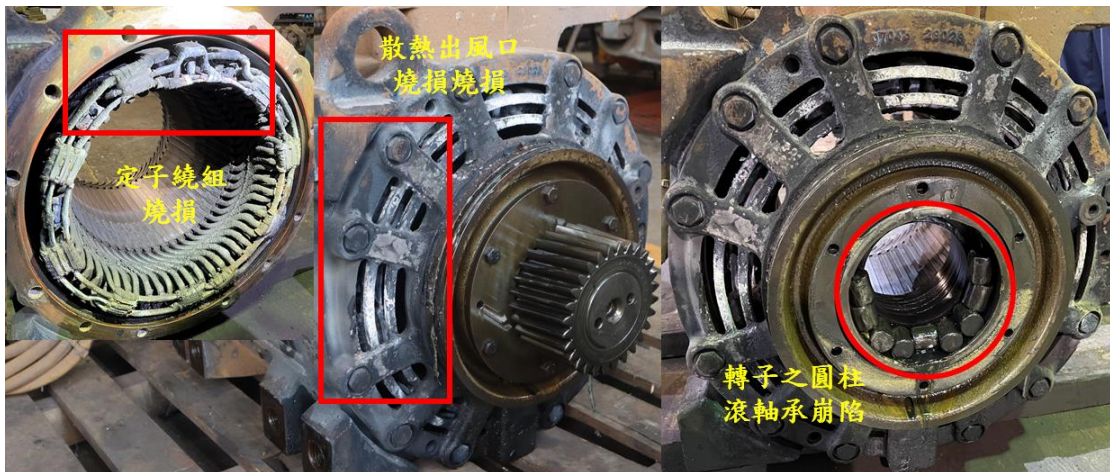


圖 1.2-4 第 2 轉向架第 1 車軸設備損害情形-3



圖 1.2-5 第 2 轉向架第 1 車軸設備損害情形-4

1.3 現場測試

依 110 年 4 月 29 日宜蘭站事故列車現場測試，EMU580 編組行車方向第 4 節（EMC580，編號 1 車）第 2 轉向架第 1 車軸氣軔試驗正常及該軸軔塊無燒損。

1.4 天氣資料

經據交通部中央氣象局宜蘭縣冬山測站資料，事故發生當時天氣無雨，氣溫約 22.3 度。

1.5 人員傷害

本事故無造成人員傷亡。

1.6 人員資料

1.6.1 經歷、訓練及考核

1.6.1.1 司機員

該員於民國 80 年進入臺鐵局，擔任技術助理、機車助理等職務，88 年接受司機員訓練及格，具柴電機車、電力機車、電車組、柴油客車、推拉式電車組及蒸汽機車乘務駕駛資格，最近一次（109）年行車人員技能檢定學科 100 分、術科 88 分。

1.6.1.2 車長

該員於民國 107 年進入臺鐵局，曾任站務佐理，自 108 年 10 月 25 日起擔任車長值乘。

該員最近一次（109 年）行車人員技能檢定成績學科 100 分、術

科 88 分；110 年接受四層防護、列車監視指認呼喚、莒光號簡易故障排除程序、EMU900 型設備操作、各型客車自動門故障排除、調車作業標準作業程序等在職教育訓練。上述訓練該員皆有簽到紀錄，但僅有四層防護教育訓練有測驗成績。

1.6.2 酒精檢測

1.6.2.1 司機員

該員於出勤前，由臺鐵宜蘭機務分段運轉值班人員對該員進行酒測，酒測合格。

1.6.2.2 車長

該員於出勤前，由臺鐵宜蘭運務段車班組人員對該員進行酒測，酒測合格。

1.7 車輛資料

1.7.1 列車基本資料

本次事故列車係臺鐵局 EMU500 型動力分散式電聯車，製造廠商為南韓大宇重工，臺鐵局於民國 82 年購入，民國 84 年投入營運。EMU500 型電聯車每 4 輛為一編組，每一編組有 2 輛駕駛馬達車（編號 EMC²、EM³）、1 輛非動力車（編號 ET⁴）與 1 輛電源動力車（編號 EP⁵）。事故當日第 4206 次車事故列車組編成資料及基本諸元，如表 1.7-1 及表 1.7-2。

表 1.7-1 事故列車組編成

#車廂	車廂編號	動力屬性	備註
4	EM580	駕駛馬達車	事故列車組行進時之先頭車
3	ET580	非動力車	拖車
2	EP580	電源動力車	
1	EMC580	駕駛馬達車	事故車廂

表 1.7-2 EMU500 列車基本諸元

	馬達車 EM	非動力車 ET	電源動力車 EP	馬達車 EMC
重量	42.26噸	37.86噸	39.78噸	42.32噸
車體長	20,330mm			
車體最大寬	2,853mm			
車頂高度	3,964mm	3,964mm	4,219mm	3,964mm

² EMC(Driving Motor Car with Conductor's Room)，為駕駛馬達車附設車長室。

³ EM(Driving Motor Car with Machine Room)，為駕駛馬達車附設機械室。

⁴ ET(Trailer Car)，為拖車。

⁵ EP(Power Car)，為電源動力車。

1.7.2 列車動力

EMU500 動力傳動裝置係以牽引馬達之旋轉動能透過齒輪箱機構運作將之傳至車輪軸之裝置。馬達之安裝方式為吊掛式，係將馬達之一端以鼻端墊上橡膠彈簧安裝於轉向架框上，另一端透過軸承懸掛於車軸之方式，如圖 1.7-1 所示。

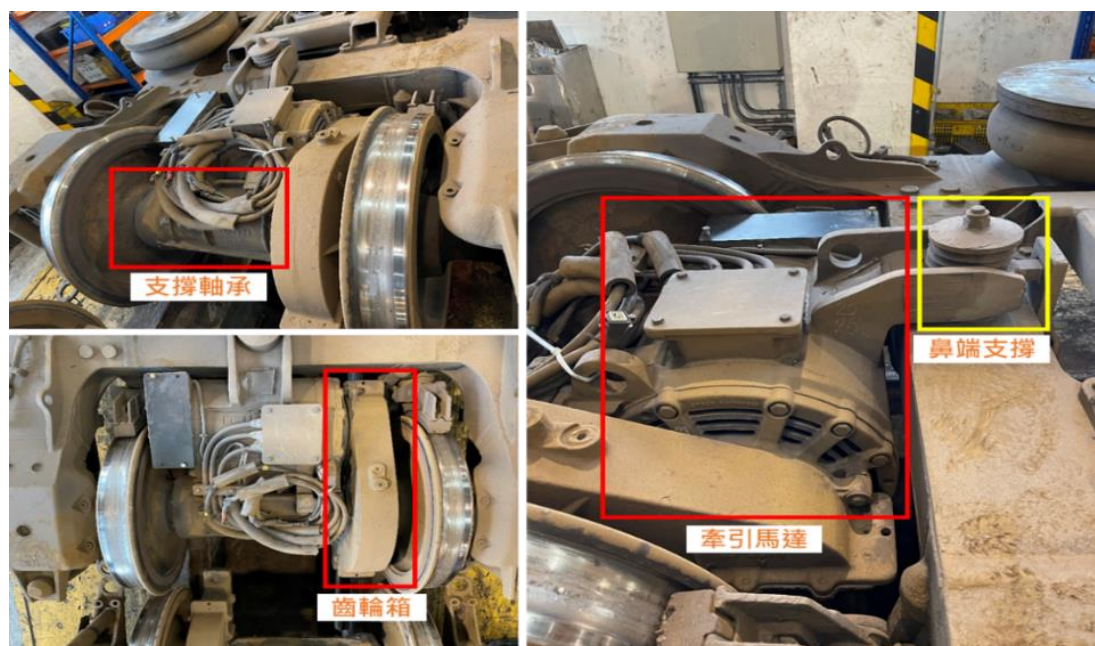


圖 1.7-1 EMU500 型電聯車動力傳動裝置安裝方式（非事故車）

1.7.3 牽引馬達

依原廠維修文件 EMU500 Vol.10 「Part V Propulsion System Section 4.1 Traction Motor and Drive⁶」內容，事故列車牽引馬達係德國西門子（SIEMENS）製造，型號 1 TB 2021 - OTAO3，為鼠籠式六極三相交流電無框架設計，安裝於車輛橫軸。相關規格摘錄如表 1.7-3。

⁶ Document No. : NMA 25052 E , Issue Date : 1995/09/21

表 1.7-3 牽引馬達規格表

轉子直徑	317mm
定子孔徑	320mm
空氣隙	1.5mm
額定電壓	841V
額定電流	223A
馬達功率	250KW
馬達轉速	1650 轉/分
馬達總重	780KG
馬達功率	250KW
額定轉速	1650 轉/分
冷卻方式	鼓風機強制冷卻 (0.5m ³ /s)
繞組溫度偵測	電阻溫度計 X3 (WIU 74122-WT-PT-100-K5)

馬達以敞開式電路冷卻並以分離的鼓風機強風冷卻。在定子及轉子間設有軸向冷卻空氣道，冷卻空氣由非動力端（簡稱 N 端）頂部吹入而於動力端（簡稱 D 端）軸排出，如圖 1.7-2 所示。馬達轉子兩端裝置軸承，其中 N 端為深槽球軸承（deep-groove ball bearing），而 D 端則為圓柱滾軸承（cylindrical roller bearing）；N 端軸承經錐形加油嘴添加油脂，D 端軸承則是透過齒輪箱油來潤滑。

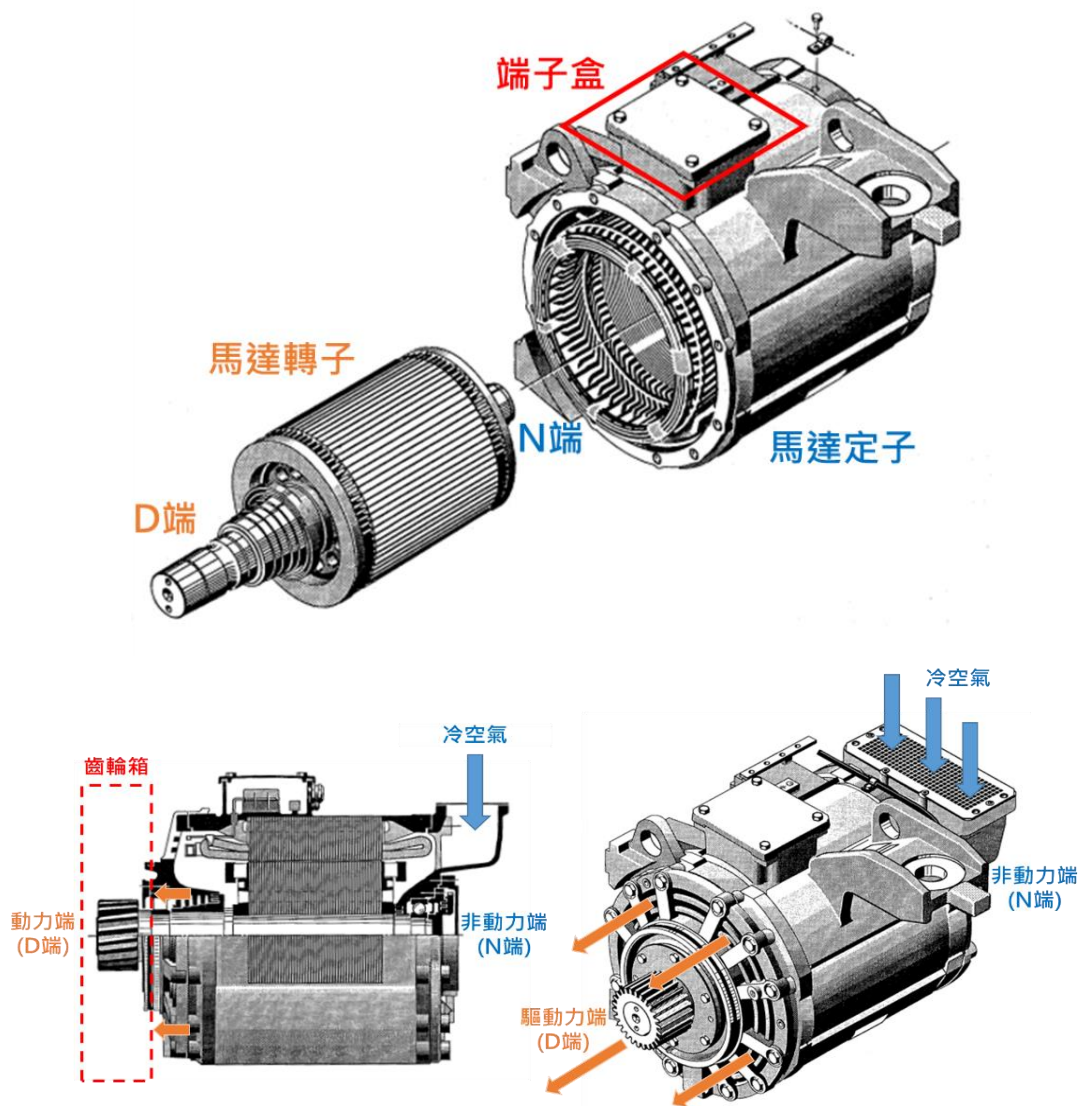


圖 1.7-2 牽引馬達定子、轉子及冷卻空氣流

原廠設計三個電阻溫度計裝在馬達定子繞組內，電阻溫度計端子應放在端子盒內，接線方式如圖 1.7-3。經至臺鐵路臺北機務段實地勘驗發現，事故列車馬達電阻溫度計端子位於端子盒內正確位置上，但電阻溫度計亦被移至端子盒內安裝，未安裝在馬達定子繞組內，如圖 1.7-4。

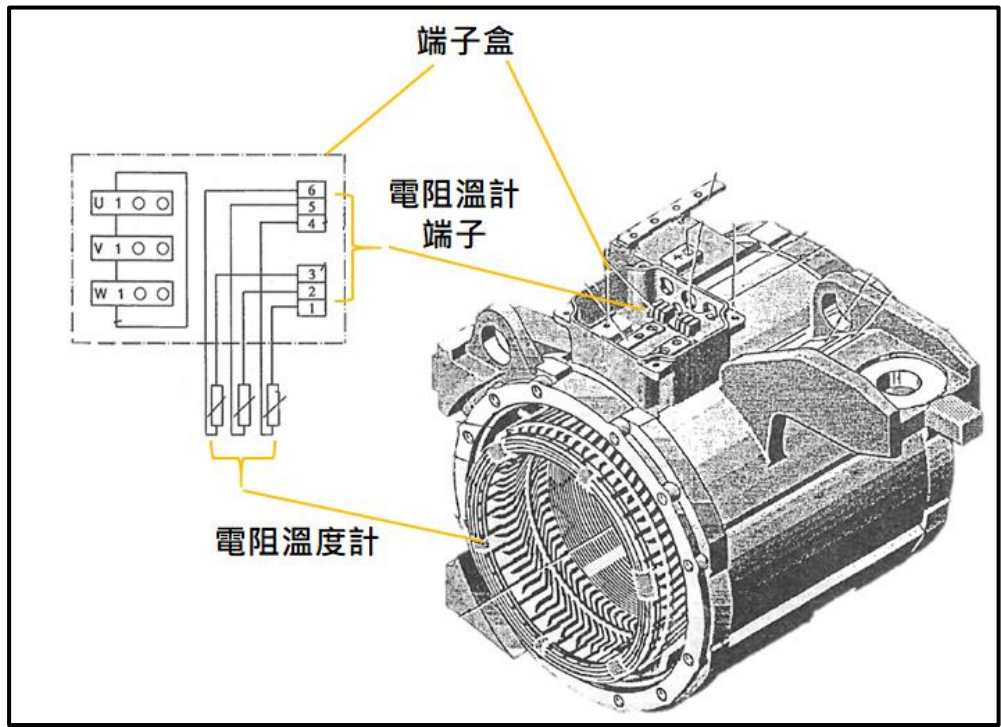


圖 1.7-3 正常馬達電阻溫度計安裝位置與方式

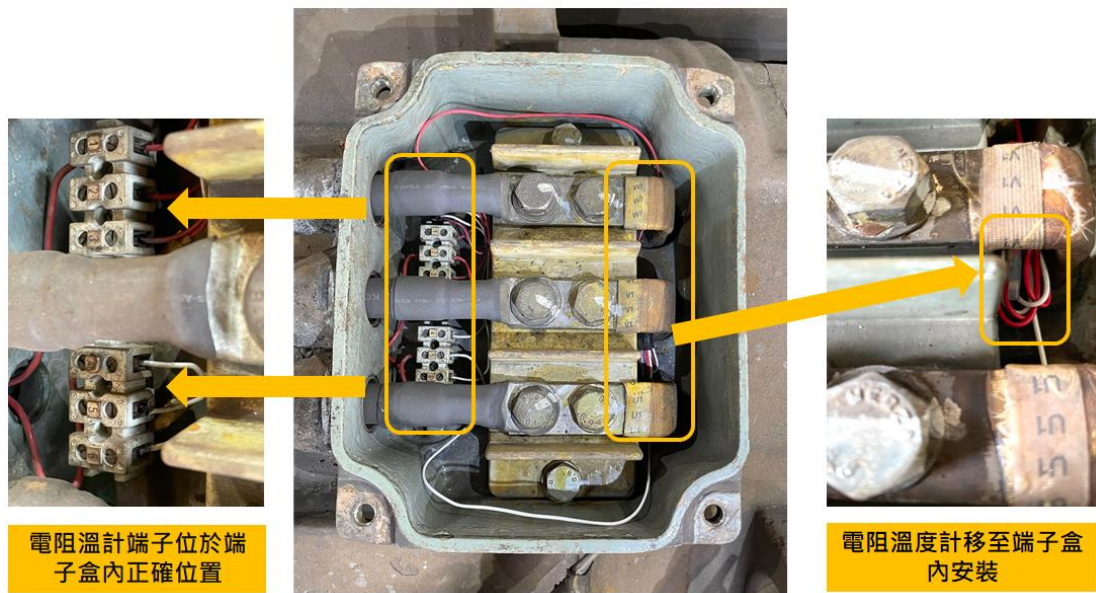


圖 1.7-4 實際馬達電阻溫度計安裝位置與方式

1.7.4 馬達高溫偵測

原廠設計三個電阻溫度計裝在馬達定子繞組內⁷，其端子鎖固在端子盒內。為避免馬達過熱運轉，當溫度偵測器偵測到溫度達 150°C 時，牽引控制裝置 (traction control unit, TCU) 逐步抑制馬達出力達最大值的 75%。若偵測到溫度超過 180°C 時，TCU 則會持續的抑制馬達出力，需等到溫度下降至 130°C 時，TCU 才會再次回復馬達正常出力。可能造成馬達過熱的原因包括轉動配件磨擦、軸承潤滑不足與軸承污染等，依原廠設計若電阻溫度計偵測到馬達溫度過熱，則駕駛室司機員座位後方配電盤上的「B 故障⁸」指示燈號會亮起，以提醒司機員動力系統故障，如圖 1.7-5 所示。

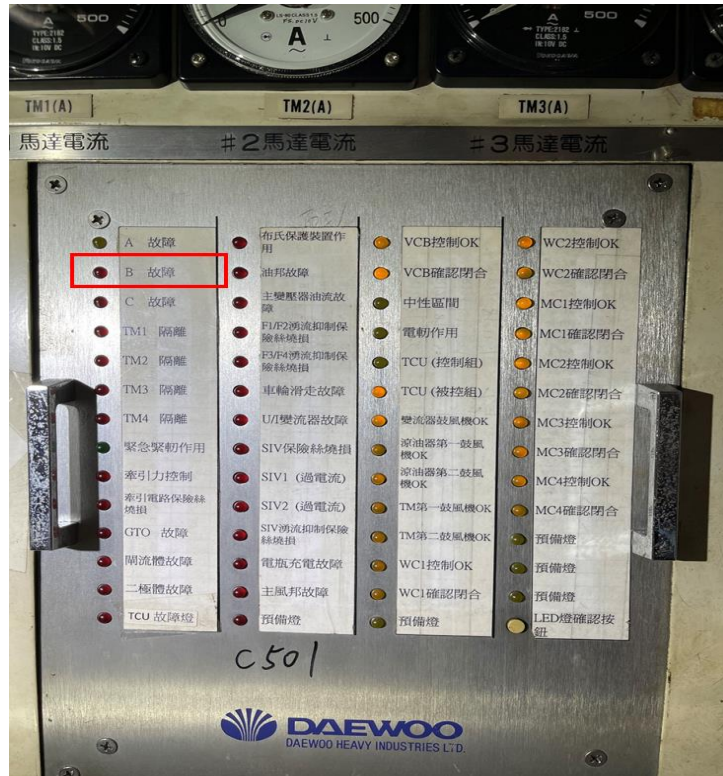


圖 1.7-5 配電盤「B 故障」指示燈 (非事故車輛)

⁷ 臺鐵局後續將電阻溫度計改裝至端子盒內進行馬達溫度偵測。

⁸ B 故障：中級故障，暫時性之動力減低。

1.7.5 馬達齒輪箱

齒輪箱為車輛的動力傳輸部件，事故列車之馬達採用 TA 16 型軸掛式齒輪箱，由上下兩件式構件組成，可將牽引馬達輸出端小齒輪及輪組大齒輪包覆其中，藉以達到部件保護及潤滑目的，如圖 1.7-6 所示。

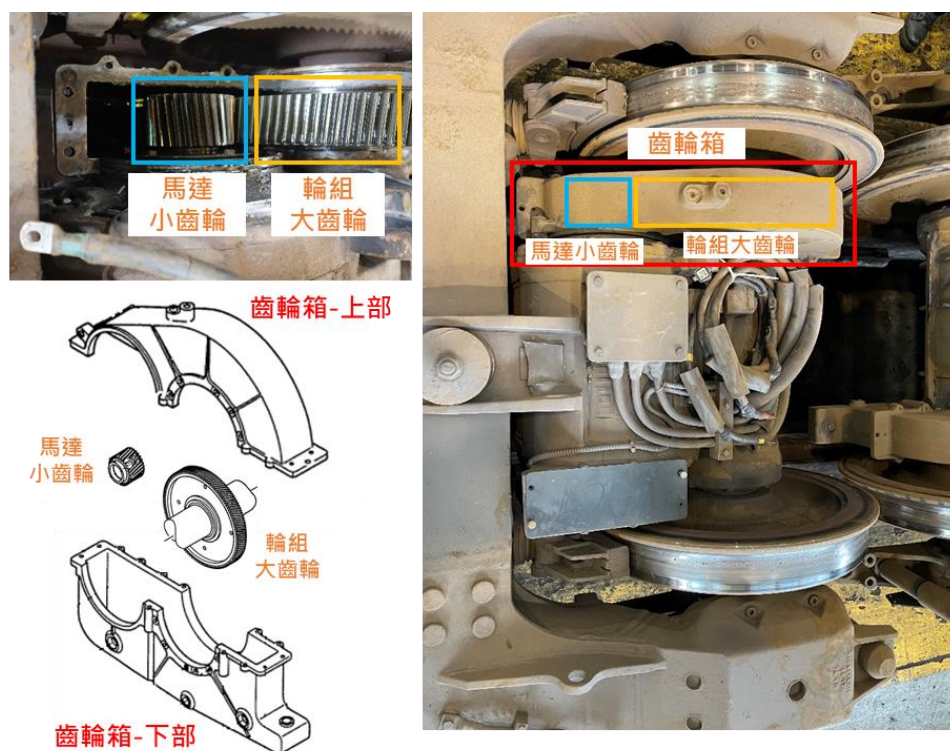


圖 1.7-6 馬達齒輪箱示意圖

齒輪箱下部件有洩放齒輪箱油的洩油孔、觀察齒輪箱油的視窗孔與量測機油液位及添加用的注油孔，如圖 1.7-7 所示。



圖 1.7-7 馬達齒輪箱下部件孔位圖

依臺鐵局提供 EMU500 型原廠齒輪箱維護手冊 Part V Section 4.1 第 5.2 節維修規定，齒輪箱潤滑油卸除更換依下列條件進行：

1. 新品投入運用或大修後首次運行里程達 7500 公里。
2. 每 1 年或運行里程達 20 萬公里。
3. 每 6 年或運行里程達 100 萬公里。

另外尚於 5.1.2 節規範齒輪箱潤滑油應使用下列品項之油料，不得使用其他任何同等品，如表 1.7-4：

表 1.7-4 原廠維修手冊規範可使用潤滑油品項

廠牌	Optimol	Shell	Mobile	DEA	Texaco
油料型號	Optigear 320	Omala 320	Gear 632	Falcon CLP 320	Meropa 320

1.8 列車維修

1.8.1 相關規範

1.8.1.1 臺鐵路各型機車檢修週期及級別表

依「交通部臺灣鐵路管理局各型機車檢修週期及級別表(961226)」,EMU500型電聯車一至四級檢修級別週期如表 1.8-1 所示。

表 1.8-1 EMU500 電聯車各級檢修項目週期表

檢修級別	檢修別	週期
一級檢修	1A	3 日或 1 千 8 百公里
二級檢修	2A	3 個月或 9 萬公里
三級檢修	3A	3 年或 100 萬公里
四級檢修	4A	6 年或 200 萬公里
	4B	12 年或 400 萬公里

有關牽引馬達及齒輪箱之檢修，臺鐵將其歸屬在「傳動裝置」檢修類別，以下節錄「交通部臺灣鐵路管理局 EMU500 型電聯車定期檢修項目」中各級檢修相關內容及基準，如表 1.8-2 所示。

表 1.8-2 各級檢修「傳動裝置」檢修項目內容及基準

檢修級別	裝置名稱	檢修項目	項目內容	檢修基準及限度
1A	1.牽引馬達	裝配狀態檢視	裝配狀態、溫度貼紙檢視	無鬆動、無破損、貼紙無變色
	2.牽引馬達齒輪箱	油量及裝配狀態檢視	齒輪箱油量及狀態檢視	無變形、無洩漏 油位：視窗上、下刻度間
	3.牽引馬達懸掛裝置	裝配狀態檢視	懸掛裝置檢視	無鬆動、無異狀
2A	1.牽引馬達	絕緣量測及裝配狀態檢視	安裝狀態及引線檢查	無鬆動、無異狀
			通風口、風道清潔、檢查	整潔、無破損
			絕緣測試	電阻值：5M Ω /1000V 以上
	2.牽引馬達齒輪箱	油量及裝配狀態檢視	安裝狀態檢查	無鬆動、無洩漏、無變形、無異狀

	3.牽引馬達懸掛裝置	裝配狀態檢視	安裝狀態檢查	無鬆動、無異狀
3A	1.牽引馬達	吹塵檢測及試運轉狀態檢修	1.馬達拆卸	總成無異狀
			2.馬達組裝	安螺無鬆動
			3.牽引馬達清潔、測試	整潔、作用正常
			4.塔盤潤滑油道清潔	整潔、暢通
			5.速度偵測裝置整修	波形正常
			6.溫度偵測裝置檢查量測	電阻值：100Ω/20℃ (參照熱敏電阻參考值附表)
			7.運轉測試(無負載正、反轉 20 分鐘)	1.無異音、無漏油 2.正、反轉作用正常 3.車軸軸溫:大氣溫度+5℃以下
			8.定子 (1) 清潔、檢修 (2) 乾燥後絕緣值量測(以 110℃烘烤 12 小時) (3) 噴絕緣漆 (4) 注油嘴清潔、檢修 (5) 加注油脂	(1) 整潔、無異狀 (2) 電阻值: 10MΩ /1000V 以上 (溫度 50℃) (3) 均勻光滑 (4) 整潔、暢通 (5) 動力端:105g 非動力端:110g
			9.乾燥後絕緣值量測(以 110℃烘烤 12 小時)	電阻值: 10MΩ/1000V 以上 (溫度 50℃)
			10.轉子清潔、短路環檢查	整潔、無異狀
			11.軸承檢修	無異音
			12.油脂更新	新品 油量: 170g 黏度: Shell Gadus S2 V100 3
			13.馬達絕緣值量測、運轉測試(變頻測試 20 分鐘)	1.電阻值: 10MΩ /1000V 以上 2.無異音、軸承溫度:70℃以下
	2.牽引馬達齒輪箱	密封件分解檢修	密封件更新	新品、密合
齒輪箱油更換檢修			齒輪箱油更新 油位:油尺上下刻度間 油量:7 公升 黏度: SHELL OMALA S2 (G90)	
3.牽引馬達懸掛裝置	裝配狀態檢修	U 型管檢修	無異狀	
		軸承檢查、注油	作用正常 黏度:Shell Gadus S2 V100 3	
4.牽引馬達齒	拆卸、清洗及裝	牽引齒輪清潔、檢查	整潔、無異狀	

	輪組	配狀態檢修	斜滾柱軸承清潔、檢查	整潔、無異狀
4A	1. 牽引馬達	1. 本體及安裝設備全盤檢修	馬達拆卸	總成無異狀
			馬達組裝	安螺無鬆動
			牽引馬達清潔、測試	整潔、作用正常
			塔盤潤滑油道清潔	整潔、暢通
			溫度偵測裝置整修	波形正常
			溫度偵測裝置檢查量測	電阻值: 100Ω/20°C (參照熱敏電阻參考值附表)
			運轉測試(無負載正、反轉 20 分鐘)	1. 無異音、無漏油 2. 正、反轉作用正常 3. 車軸軸溫: 大氣溫度+5°C 以下
		2. 定子總成重整檢修	定子清潔、檢修	整潔、無異狀
			乾燥後絕緣值量測(以 110°C 烘烤 12 小時)	電阻值: 10MΩ/1000V 以上 (溫度 50°C)
			噴漆	均勻光滑
			注油嘴清、檢修	整潔、暢通
			加注油脂	動力端: 105g 非動力端: 110g
		3. 轉子總成重整檢修	轉子清潔、短路環檢查	整潔、無異狀
		4. 軸承重整檢修及油脂更換	軸承更新	新品
			油脂更新	新品 油量: 170g 黏度: Shell Gadus S2 V100 3
	5. 絕緣耐壓功能檢測	馬達絕緣值量測	電阻值: 10MΩ/1000V 以上	
		運轉測試(變頻測試 20 分鐘)	無異音、軸承溫度: 70°C 以下	
	2. 牽引馬達齒輪箱	齒輪箱密封件全盤檢修	拆卸、組裝	1. 安螺無鬆動 2. 上下齒輪箱密合、無漏油
			清洗、檢修	1. 整潔 2. 無變形、無破損
			密封件更新	新品、密合
			齒輪箱油更新	油位: 油尺上下刻度間 油量: 7 公升 黏度: SHELL OMALA S2 (G90)
	3. 牽引馬達懸掛裝置	本體及安裝設備重整檢修	U 型管檢修	無異狀
			軸承檢查、注油	作用正常 黏度: Shell Gadus S2 V100 3
4. 牽引馬達齒輪組	齒輪重整檢修	牽引齒輪清潔、檢查	整潔、無異狀	
		斜滾柱軸承清潔、檢查	整潔、無異狀	
4B	1. 牽引馬達	1. 本體及安裝設備全盤檢修	馬達拆卸	總成無異狀
			馬達組裝	安螺無鬆動

			牽引馬達清潔、測試	整潔、作用正常	
			塔盤潤滑油道清潔	整潔、暢通	
			溫度偵測裝置整修	波形正常	
			溫度偵測裝置檢查量測	電阻值：100Ω/20℃ (參照熱敏電阻參考值附表)	
			運轉測試(無負載正、反轉 20 分鐘)	1.無異音、無漏油 2.正、反轉作用正常 3.車軸軸溫:大氣溫度+5℃以下	
		2.定子總成重整檢修		定子清潔、檢修	整潔、無異狀
				乾燥後絕緣值量測(以110℃烘烤12小時)	電阻值: 10MΩ/1000V以上(溫度50℃)
				噴漆	均勻光滑
				注油嘴清、檢修	整潔、暢通
				加注油脂	動力端:105g 非動力端:110g
		3.轉子總成重整檢修		轉子清潔、短路環檢查	整潔、無異狀
		4.軸承重整檢修及油脂更換		軸承更新	新品
				油脂更新	新品 油量: 170g 黏度: Shell Gadus S2 V100 3
		5.絕緣耐壓功能檢測		馬達絕緣值量測	電阻值: 10MΩ/1000V以上
				運轉測試(變頻測試20分鐘)	無異音、軸承溫度:70℃以下
		2.牽引馬達齒輪箱	齒輪箱密封件全盤檢修	拆卸、組裝	1.安螺無鬆動 2.上下齒輪箱密合、無漏油
				清洗、檢修	1.整潔 2.無變形、無破損
				密封件更新	新品、密合
				齒輪箱油更新	油位:油尺上下刻度間 油量: 7 公升 黏度: SHELL OMALA S2 (G90)
		3.牽引馬達懸掛裝置	本體及安裝設備重整檢修	U型管檢修	無異狀
軸承更新、注油	新品、作用正常 黏度: Shell Gadus S2 V100 3				
4.牽引馬達齒輪組	齒輪重整檢修	牽引齒輪清潔、檢查	整潔、無異狀		
		斜滾柱軸承更新	新品		

1.8.1.2 西門子原廠手冊

茲摘錄原廠 SIEMENS 維修文件有關牽引馬達保養部分內容如下：

“5.2 Maintenance Intervals (週期保養)

Normal intervals (平常週期保養)：

- *Every 200,000 km, or after one year in each case, carry out all the maintenance described in Chapter 5.3 for the purpose of a partial inspection (每 20 萬公里或滿 1 年應依照 5.3 章之保養規定施行局部檢查)*
- *Every 1,000,000 km or after 6 years, carry out the maintenance work described in Chapter 5.4 on the removed and dismantled motor for the purposes of a main inspection (每 100 萬公里或滿 6 年應依照 5.4 章之保養規定拆卸馬達全盤檢查)*

5.3 Maintenance Work on Assembled Motor (組裝後馬達保養)

5.3.1 *Checking for external Damage (外部損壞檢查)*

5.3.2 *Checking the Connections (接頭檢查)*

5.3.3 *Regreasing the N-end Bearing (N 端軸承油脂添加)*

5.5 Maintenance Work on Dismantled Motor (拆卸後馬達保養)

5.5.5 *Work on the Bearing (軸承處理)*

Replace the bearings in the course of a general inspection after 1,000,000 km, but at the latest after 6 years. It is recommended to replace the bearings after every removal of the rotor, even after a brief operating distance of only a few thousand kilometres. (一般檢修期限，使用 100 萬公里後，至少 6 年，需更換軸承。建議在每次卸下轉子後更換軸承，即使是在僅幾千公里的短暫運行距離後。)

If bearings, e.g. following corrective dismantling, are to be re-used

after having been in operation for an extremely short duration, they should not be pressed out of the bearing shields and the inner race of the D-end bearing should not be removed from the shaft. In this case, thoroughly clean the bearing concerned with one of the agents (H1.1 to H1.5) mentioned in Chapter 5.7 and then dry it at 100 °C. Lightly oil the roller bearing and sideways. Re-use a bearing only if it has been found with certainty to be in a perfect condition. (如軸承需在運行極短時間後重新使用，如矯正性拆卸後。此時軸承不可從軸承罩中壓出，且 D 端軸承的內圈不可從軸上拆下。在這種情況下，須依第 5.7 章所述之清潔劑徹底清潔軸承，並在 100°C 溫度下乾燥。另需在軸承滾柱和側面輕輕塗油。在確定軸承處於完好狀態後才能重新使用。)

有關馬達齒輪箱保養部分內容請參考附錄 4。

1.8.2 事故列車維修紀錄

有關事故列車一級至四級檢修級別，其中對「傳動裝置」系統的檢修紀錄如下：

1. 一級檢修：

經檢視臺鐵局提供民國 110 年 3 月 27 日至 111 年 4 月 27 日之檢修紀錄，均顯示正常良好。

2. 二級檢修：

經檢視臺鐵局提供民國 109 年 9 月 29 日至 111 年 3 月 22 日之檢修紀錄，均顯示正常良好。

3. 三級檢修：

事故列車最近一次三級檢修日期為民國 108 年 01 月 16 日至 04 月 17 日。臺鐵局臺北機廠於民國 108 年 02 月 13 日至 02 月 20 日間，進行牽引馬達拆卸、翻修、組裝等重整作業，經試車後檢修紀錄顯示正常良好，如附錄 2。

4. 四級檢修：

事故列車最近一次四級檢修日期為民國 104 年 08 月 14 日至 09 月 23 日。臺鐵局臺北機廠對於牽引馬達保養如同三級檢修，進行牽引馬達拆卸、翻修、組裝等重整作業。同三級檢修所述位置之牽引馬達（非事故）檢修紀錄顯示正常良好，如附錄 3。

民國 110 年 4 月 30 日於臺鐵局臺北機務段檢視事故列車後，發現 EMC580 車底馬達及齒輪箱外殼有油漬，如圖 1.8-1；檢視事故列車民國 107 年至 110 年檢修紀錄，EMC580 曾於民國 109 年 7 月齒輪箱漏油檢修及馬達進油冒煙，更換馬達等。



圖 1.8-1 EMC580 馬達及齒輪箱外殼油漬

1.8.3 馬達齒輪箱蓋組裝密封

列車編組進行第三級及第四級保養時，「交通部臺灣鐵路管理局 EMU500 型電聯車定期檢修項目」訂有牽引馬達齒輪箱組拆解、清洗、檢修、密封等項目。

臺鐵局臺北機務段進行 EMU500 型馬達齒輪箱漏油檢修時，發

現齒輪箱上下蓋膠合處之黏膠有脫落漏油情形，並以臺鐵局臺北機廠第三級及第四級檢修出廠後 1 至 3 年期間容發生機率最高。

依 EMU500 原廠維護手冊 Part V 第 4.3.3 節內容，原廠建議使用 Elring 公司出品之 Curil K2 密封黏著劑進行齒輪箱上下組裝時之密封膠，事故發生時該型號密封黏著劑已停產，而以新型號 Curil T2 產品取代。

臺鐵局對於 EMU500 型之馬達齒輪箱密封黏著劑使用之替代廠牌，臺北機廠採 WÜRTH 公司出品之 SUPER RTV SILICONE(Gray)；臺北機務段採 Loctite No.518 廠牌。馬達齒輪箱使用之密封黏著劑特性比較整理如表 1.8-3。

表 1.8-3 四種齒輪箱密封黏著劑特性比較

廠牌 型號	Elring Curil K2	Elring Curil T2	WÜRTH SUPER RTV SILICONE (Gray)	Loctite No. 518
適用溫度 範圍	-40°C 至 +200°C	-55°C 至 +250°C	-60°C 至 +260°C	-55°C 至 +150°C
建議使用 方式	先清潔表面 後，使用刷子 或類似定量點 膠裝置塗抹薄 薄塗層，等候 約 5 到 10 分 鐘，再組裝並 壓緊。	先清潔表面 後，再均勻塗 抹密封劑即可 進行組裝。	在乾燥、清潔 和無塵表面上 具有最佳附著 力。必須從表 面上完全去除 殘膠	手動方式以連 續珠狀、流動 狀薄層或絲網 印刷形式塗抹 在表面後，即 可進行組裝。
備註	原廠建議使用 (已停產)	原廠取代 Curil K2 之新品	臺北機廠	臺北機務段

1.9 行車調度

摘錄民國 110 年 4 月 28 日事故發生時，宜蘭站-新馬站間事故列車運轉資料，如表 1.9-1。

表 1.9-1 列車運行資料

車行方向	車次	編組運用
下行	第 4206 次電聯車	起訖站：宜蘭站 1800:00-花蓮站 1942:00 羅東站表定停靠時間：1812:00 冬山站表定停靠時間：1816:00 新馬站表定停靠時間：1821:00

1.10 通聯紀錄

事故列車、臺鐵車站等通訊抄件詳附錄 1。

1.11 測試與研究

調查小組為瞭解齒輪箱密封膠耐熱性，於 111 年 8 月 3 日至 8 月 15 日委託台灣檢驗科技股份有限公司進行試驗，相關檢測條件如下：

1. 密封膠廠牌：使用臺鐵局提供 WÜRTH 公司 SUPER RTV SILICONE (Gray) 及 Loctite No.518 兩款。
2. 試驗溫度：180 度 (TCU 抑制動力)、150 度 (TCU 降低動力輸出至 75%與 Loctite 該款密封膠適用溫度上限)、260 度 (WÜRTH 該款密封膠適用溫度上限)。
3. 試驗時間：連續 168 小時。
4. 試體樣品採金屬材質，接合處為光滑、平坦。

試驗樣品經 168 小時持續高溫後，透過注水方式，檢查試驗樣品接合處是否漏水或是密封膠脫落情況，相關試驗結果，如表 1.11-1。

表 1.11-1 密封膠試驗結果

密封膠	溫度（度）	試驗結果
WÜRTH	180	無漏水
	260	無漏水
Loctite	150	接合處脫落
	180	接合處脫落

1.12 訪談摘要

1.12.1 司機員

該員民國 80 年進入臺鐵局後，擔任技術助理、司機員等職務，年資 29 年，駕駛經驗 23 年。

該員表示，當天傍晚由宜蘭站接車後，開往花蓮。離開冬山站後，接獲冬山值班站長行調無線電告知，列車駛離時有聞到異味。以過往經驗判斷，可能是鬆軔不良導致，預計到新馬站時再下車確認。新馬站停車後，接獲車長通知，最後一節車底有冒煙、火花情形，做完列車防護後，立即往最後一車協助車長進行緊急滅火處理及考克隔離、鬆軔等動作。

事故當天，宜蘭站開車後，值勤過程中都沒有總故障燈顯示，亦無告警訊息，駕駛座後方配電盤面板也沒有燈號亮起，到蘇新站會同列檢員下到車底檢視後，發現閘瓦有變黑及作用桿防塵套有燃燒等情形，續把轉向架煞車隔離，續駛至花蓮都沒有再發生冒煙情形。後續由花蓮開往宜蘭也都沒有發生冒煙情形。

該員表示，過往值乘 EMU500 有遇過鬆軔不良約 4~5 次，最嚴重是閘瓦熱到變黑，但防塵套沒有燒，處置方式就隔離轉向架煞車，將熱源移除，就不會有燒軸情形；如果是軸承馬達過熱，總故障燈會亮，依駕駛座後面面板顯示燈號進行處置。

1.12.2 車長

該員民國 107 年進入臺鐵局，108 年起擔任車長職務至今，平常值乘區間為樹林站到鳳林站。事故當天工作班從宜蘭站到花蓮站往返。

該員表示，事故當天，宜蘭站到新馬站都待在最後一節車廂，沿途都沒有聞到異味。冬山站開車後，接獲冬山副站長行調無線電通報有異味，列車到新馬站停妥後開門後，發現最後一節車底燒起來，有明火、冒煙現象，隨即從車上取滅火器進行滅火、疏散旅客、通報前方蘇澳新站並通知司機員。後續接獲綜調所調度員指示，待司機員初步處置後，先進入蘇澳新站會同列檢人員處理，後續經司機員隔離考克後，列車運行過程沒有異常亦沒有異味。

該員表示，以過往經驗，聞到異味多為燒軸或鬆軔不良，運務段每個月都會辦理教育訓練，但目前沒參加過實際事故演練。

1.12.3 值班站長

該員民國 104 年 10 月起擔任冬山副站長，平時負責月台監視及行車室工作等。

該員表示，事故當日該列車離開冬山站後，有聞到臭臭開瓦味道，據過往經驗，研判可能是鬆軔不良，隨即以行調無線電通知事故列車司機員，並通報綜合調度所調度員及蘇澳新站。

目前 EMU500 型使用合成開瓦，在下雨天或是列車快速進站時，月台監視人員常會聞到臭臭開瓦味道，事故當天列車駛離後，味道很重，故先通報事故列車司機員及列車長。

1.12.4 列檢員

該員民國 88 年進入臺鐵局，擔任維修工作，民國 100 年起至宜蘭機務分段蘇澳新站擔任檢修工作迄今，年資約 15 年。蘇澳新站平常有 3 個人輪值，工作內容大致包括：與旅客服務設備相關檢修、列車聯掛確認、氣軔測試、手軔機確認及確認貨車軸溫貼紙等。

事故當天接獲綜合調度所機車調度員以行調無線電通知，協助處理事故列車鬆軔不良事件，並未有相關電話紀錄。該員於列車進來後，因當日已接近傍晚，天色已暗，經下軌道查看，發現閘瓦打開但有碳化、燒痕及防塵套燒焦，但沒有確認軸溫貼紙。經司機員表示，新馬站都已將 BC 考克隔離、馬達關掉處置。之後，有協助司機員進行列車氣軔試驗，結果良好。

以過往列檢經驗，接獲綜合調度所指示列車異常情形後，後續會就通報內容予以確認或協助司機員排除故障，如：常常處理列車鬆軔不良事件，就會觀察列車進站狀況，有沒有閘瓦異味、冒煙、閘瓦狀態及協助施作氣軔試驗。該員表示，這次事件是上線以來第一次遇到防塵套燒毀，認為鬆軔不良與防塵套燒毀應無相關聯性。

1.12.5 檢查主任

該員民國 84 年進臺鐵局，擔任技術人員，民國 108 年起擔任臺北機務段檢查主任職務。機務段檢查業務主辦理車輛動力方面，目前機務段辦理車輛 1A 到 3A 維修保養，列車 3B 及 4A、4B 維修保養由臺鐵台北機廠辦理。

本次事故車輛 EMU500 平時由臺北機務段負責保養維修，於事故後拆解馬達初步檢視，該員認為主因係馬達軸承出問題，軸承滾柱崩裂，在馬達高溫持續運轉下，原軸承潤滑油產生油煙，藉由馬達散熱孔向外排出，可能散布到鄰近軔缸防塵套，導致本次事故。

EMU500 型馬達軸承維修保養或更換放在 3B、4A 及 4B 維修項目，機務段平日檢修無法發現。以過往經驗，該車型馬達軸承一般使用年限 6 年，但自 109 年起陸續出現問題，可能是料件耐用程度無法使用到 6 年之緣故；一般馬達軸溫大約 77 度到 82 度，機務段檢查員必須在維修坑才能檢查馬達軸溫貼紙是否異常，該貼紙是不可逆，如果軸溫貼紙有異常，該編組就會進廠檢修。

EMU500 型於臺北機廠進行第三級及第四級保養時，會針對齒輪

箱進行上下拆開保養，再用封膠固定。近期發現從臺北機廠檢修完車輛，齒輪箱漏油情形比較嚴重，車底下方都是油漬，有反映給臺北機廠。經機務段發現，疑似齒輪箱上下黏合之封膠問題。近期機務段會針對臺北機廠出廠後 1 年半到 2 年之車輛，進行齒輪箱二次維修保養，工作內容包括：除膠、另上自購別家廠牌膠進行黏合。本次事故列車編組齒輪箱尚未進行二次維修。

1.12.6 維修主任

該員民國 80 年進臺鐵局臺北機廠，分別車件工廠、電力廠區、客車工廠服務、目前在轉向架工廠督導轉向架維修保養作業。

臺北機廠進行 500 型齒輪箱保養時，先拆除上下蓋，進行齒輪箱清潔保養工作，內容包括：表面除塵、除密合處殘膠及濾油等工作。齒輪箱清潔完後，配合馬達、軛缸維修保養時程進行組合作業，依臺鐵局 500 型維修手冊規定，齒輪箱上下蓋接合面處採 LOCTITE 518 密封膠，塗抹方式採 S 型交岔方式進行。臺北機廠早期使用 LOCTITE 518 密封膠，後幾年使用同等級 WÜRTH 公司 SUPER RTV SILICONE (Gray) 進行密封，後因外段反映齒輪箱頻發生漏油情形，110 年 8 月後，各段廠改回 LOCTITE 518 密封膠進行密合作業。

目前 500 型齒輪箱還是多多少少會漏油情形，個人研判是外段進行一、二級保養時，沒有檢查或清潔馬達下方卸油孔內汙泥，導致堵塞，後來在外段進行卸油、清潔後，近期比較少聽到有漏油情形。

1.13 事件序

本次事故之事件時序如表 1.13-1。

表 1.13-1 事件時序表

時間	事件	資料來源
1800:00	第 4206 次宜蘭站始發。	時刻表
1812:00	第 4206 次羅東站開車。	時刻表
1816:15	第 4206 次進冬山站，行車方向第 4 車有火光、冒煙。	影像紀錄
1817:28	冬山站通知第 4206 次開車後有異味。	通聯紀錄
1822:00	第 4206 次進新馬站前，第 4 車有明火，持續至列車停妥。 第 4206 次車長疏散車上旅客，並通知司機員。 第 4206 次臺鐵人員滅火器進行緊急滅火。	影像紀錄、訪談紀錄
1830:00	第 4206 次司機員於新馬站隔離 EMC580 編組第 2 轉向架軔缸考克後續駛。	訪談紀錄
1833:00	第 4206 次抵達蘇澳新站	訪談紀錄
1843:00	經蘇澳新站列檢員協助排除故障後，第 4206 次司機員隔離該轉向架軔缸考克至目的地花蓮站。	訪談紀錄

第 2 章分析

第 2 章係依據第 1 章事實資料進行分析⁹，本事故發生失火處為牽引馬達，以下就牽引馬達之設計與維修分析計有 4 項議題，敘述如 2.1 節牽引馬達溫度偵測；2.2 節牽引馬達溫度預警；2.3 節齒輪箱維修分析，包括：齒輪箱清潔、密封膠、潤滑油更換；2.4 節牽引馬達檢修等。

2.1 牽引馬達溫度偵測

依事故列車 EMU500 原廠文件，牽引馬達為三相交流非同步馬達，為偵測牽引馬達運行狀態下之溫度，於馬達定子繞組中安裝三組溫度偵測器，型式如圖 2.1-1。溫度偵測器以接線方式連至端子盒內端子座。

經檢視 EMU500 型控制線路圖，端子座三組溫度偵測器之一組，以接線方式與列車牽引控制裝置（traction control unit, TCU）連線傳遞馬達運作溫度，供 TCU 判斷是否啟動抑制動力輸出；若檢修時發現連接 TCU 之溫度偵測器組有故障情事，可改由端子座內其他組溫度偵測器連接 TCU，以維持其原有之功能，如圖 2.1-2、2.1-3。

⁹ 本報告係使用事件序與安全因素分析方法，係本會整合澳洲與加拿大運輸事故調查機關之安全調查方法而成之結構化分析工具。事件序分析係依據時間順序，整理運具、系統、或第一線人員所發生之安全事件或狀況；安全因素分析則包含識別與檢驗事故相關安全因素之存在，並找出相互影響因素，進而產出調查發現與改善建議之分析步驟，以及藉由異常事件、個人作為/技術性失效、局部條件、風險控管機制與組織影響等五項安全因素類別所產出安全因素關係圖（稱 safety factors map 或 accident map）。

3 Temperature Detector WIU-74122-WT-PT100-K5

3.1 Construction

Winding overhang thermister: WT-PT100-K5 (ceramic sensor)

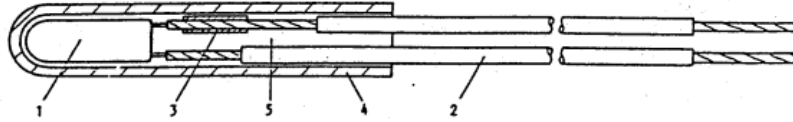


Figure 1: Temperature Sensor

- | | |
|-----------------------|---|
| Sensor (1): | Platinum resistor (2,75Ø x 10 mm) enclosed in a glass housing.
Measuring resistor of type: M-5S/1-GL
Supplied by: EPHY-Mess, Daimlerring 1, D-65205 Wiesbaden |
| Connecting Leads (2): | Flexible conductors
Colour: white and red
Length: 4 m |

圖 2.1-1 溫度偵測器型式

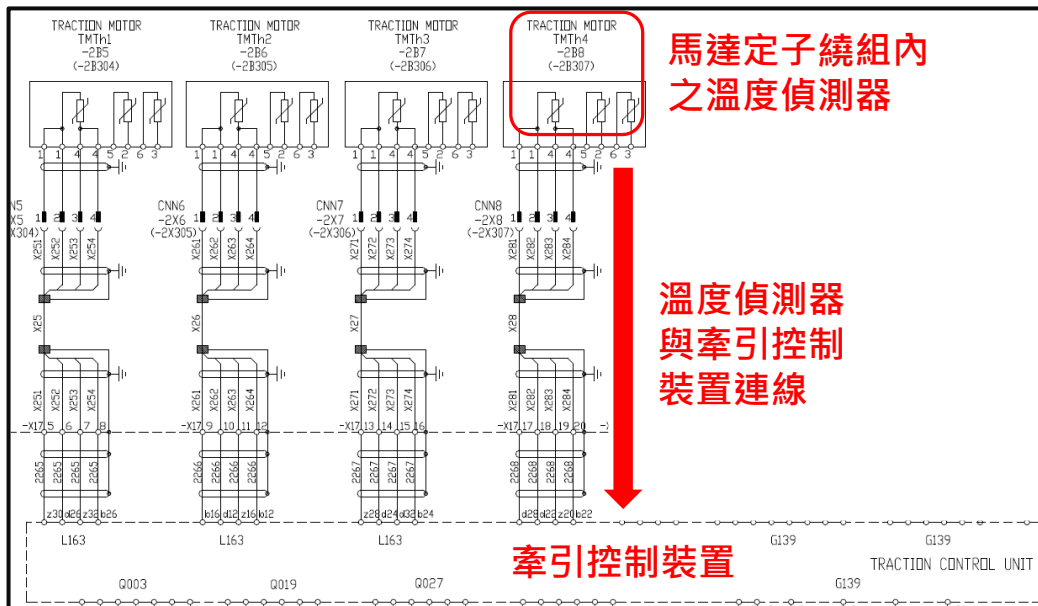


圖 2.1-2 溫度偵測器與 TCU 接線圖-1

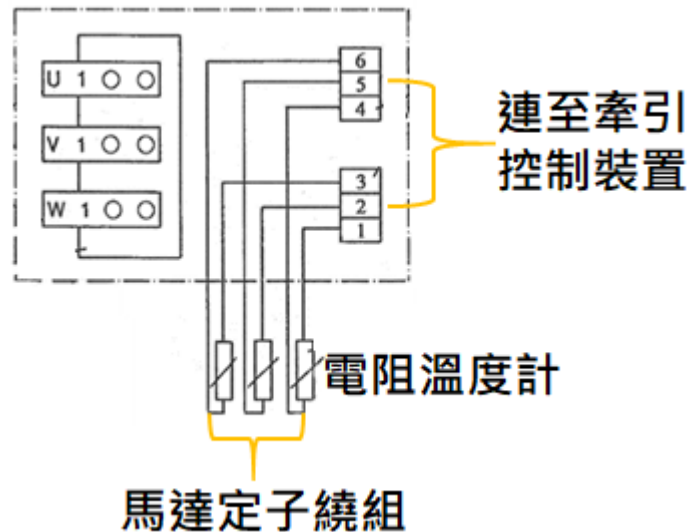


圖 2.1-3 溫度偵測器與 TCU 接線圖-2

依「交通部臺灣鐵路管理局 EMU500 型電聯車定期檢修項目」，牽引馬達於三級或四級檢修時，需拆解各零部件進行保養。經檢視 EMU500 型設計廠商西門子公司之維修手冊 4.1 節牽引馬達與齒輪箱保養手冊相關內容，三組溫度偵測器應裝設在馬達定子繞組內，但手冊未詳述或細部指引溫度偵測器及接線於馬達定子繞組內之安裝方式，如圖 2.1-4。

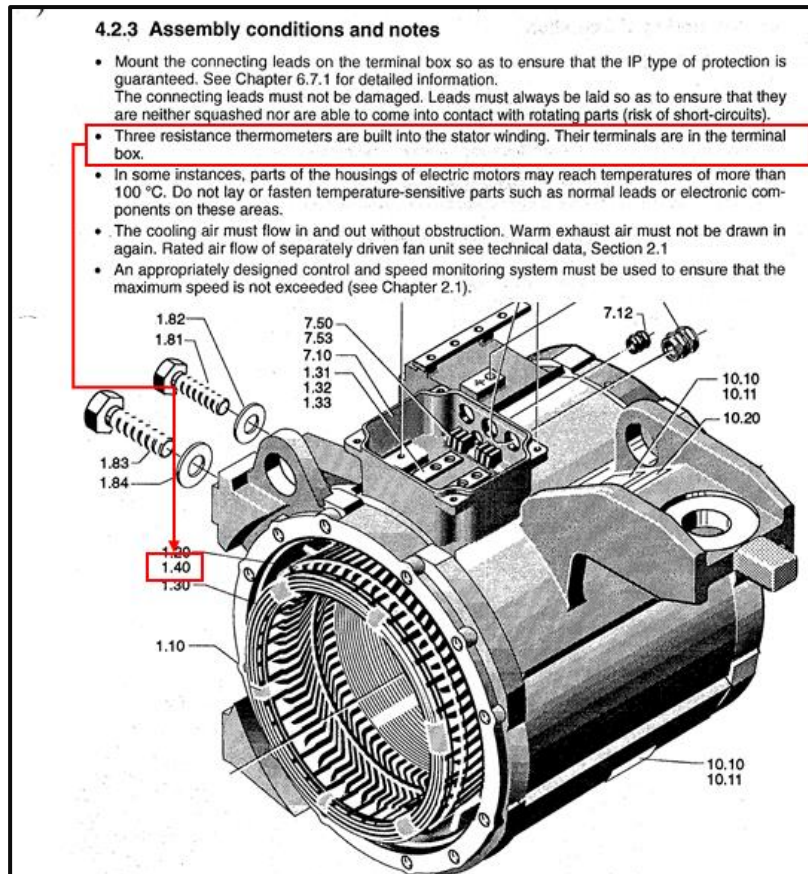


圖 2.1-4 EMU500 型原廠牽引馬達與齒輪箱保養手冊內容

調查發現：原廠保養手冊未明確說明溫度偵測器重新安裝作業方式、安裝位置、使用工具等資訊，衍生臺鐵局後續進行三級或四級檢修馬達及拆卸保養後，將溫度偵測器重新組裝回馬達原始出廠狀態之一定困難性。

2.2 牽引馬達溫度預警

事故當日 1818:45 時，司機員接獲冬山站行調無線電告知，事故列車有鬆軔不良情形；1822:00 時，新馬站停車後，車長以行調無線電通知司機員事故列車第四節車底有明火、冒煙情形；依司機員訪談，事故當日 EMU500 駕駛臺、配電盤面板指示燈均無故障顯示及車側警示燈無亮。

檢視事故列車原廠設計，事故列車 TCU 透過與牽引馬達定子繞組內三組溫度偵測器連結，以即時偵測運行中之馬達溫度。並以下列三階段溫度作為牽引馬達動力輸出之條件，如圖 2.2-1：

1. 馬達溫度未達 150 度，馬達動力 100% 輸出。
2. 馬達溫度達 150 度，TCU 逐步抑制馬達動力輸出達最大動力之 75 %；持續升溫超過 180 度，TCU 切斷馬達動力輸出。
3. 馬達溫度降至 130 度，TCU 回復馬達動力 100% 輸出。

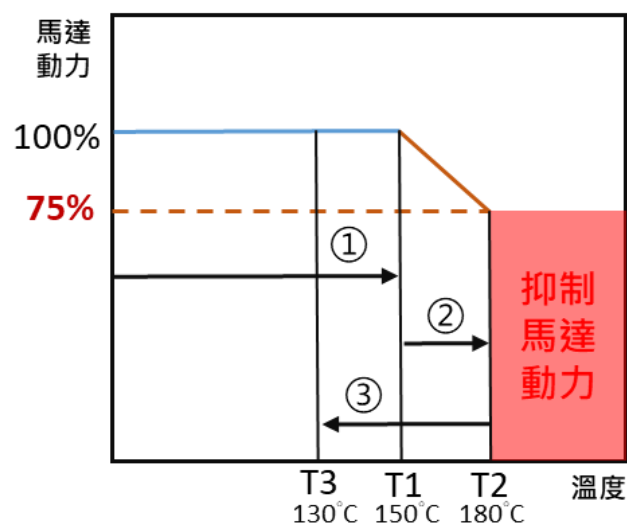


圖 2.2-1 馬達溫度與牽引動力輸出關聯圖

依 1.7.4 節，EMU500 型技術文件 10.10 控制迴路功能說明第 3.12 節內容與 EMU500 型控制線路圖（圖號：EC020129），TCU 收到馬達溫度達 150°C 時，除抑制馬達動力輸出外，為能達到預警司機員及車長機制，亦會讓駕駛室之配電盤指示燈 B 燈亮起，預警牽引馬達有動力輸出降低狀態，此外亦會透過硬體線路讓該車廂外之車側警示燈與司機員所在車廂駕駛台總故障燈同步亮起，足以提供告警給予列車司機員與列車長留意。馬達溫度與相關警示燈聯動圖，如圖 2.2-2。

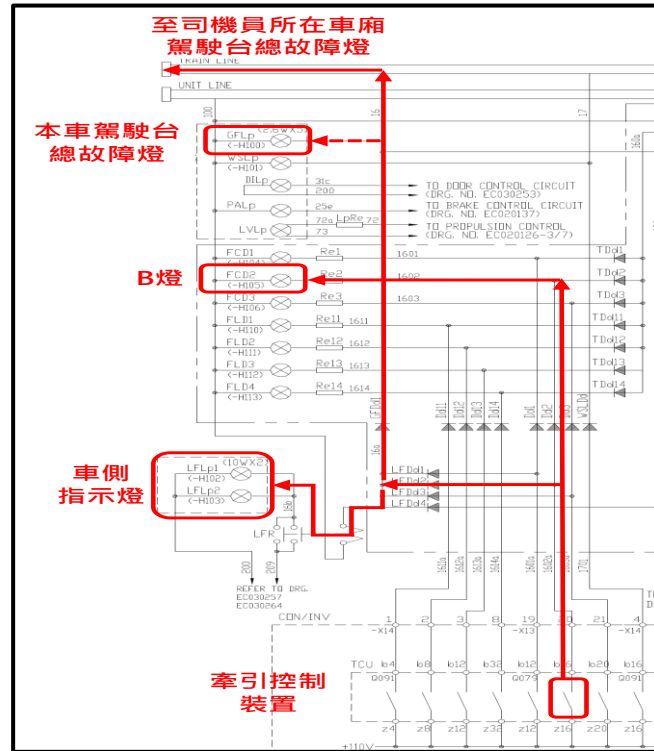


圖 2.2-2 馬達溫度與相關警示燈聯動圖

調查小組現場勘檢事故列車失火處之牽引馬達，發現臺鐵局未依原廠馬達設計及維修手冊規定，將 3 組溫度偵測器安裝於牽引馬達定子繞組內，而將溫度偵測器置於端子盒內，如圖 2.2-3；調查小組現檢視其他正常之牽引馬達，發現未有前述情形，如圖 2.2-4。

本會認為臺鐵局在未經原廠西門子公司研析或指引下，自行調整牽引馬達溫度偵測器之位置，導致馬達定子繞組喪失原有之溫度偵測功能，衍生 TCU 無法正確偵測馬達定子繞組之運轉實際溫度狀態及啟動對應之預警、防護機制，造成第一線營運人員及列檢人員無法即

時察覺異常並針對該等故障態樣進行排除，增加營運安全之風險。

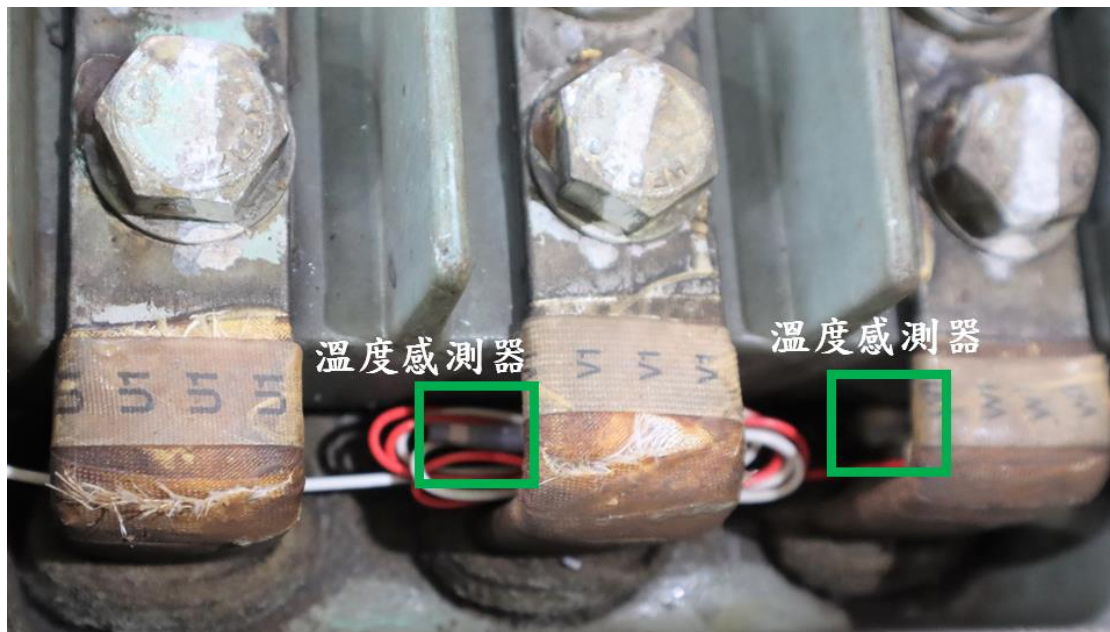


圖 2.2-3 事故列車牽引馬達端子盒內溫度感測器

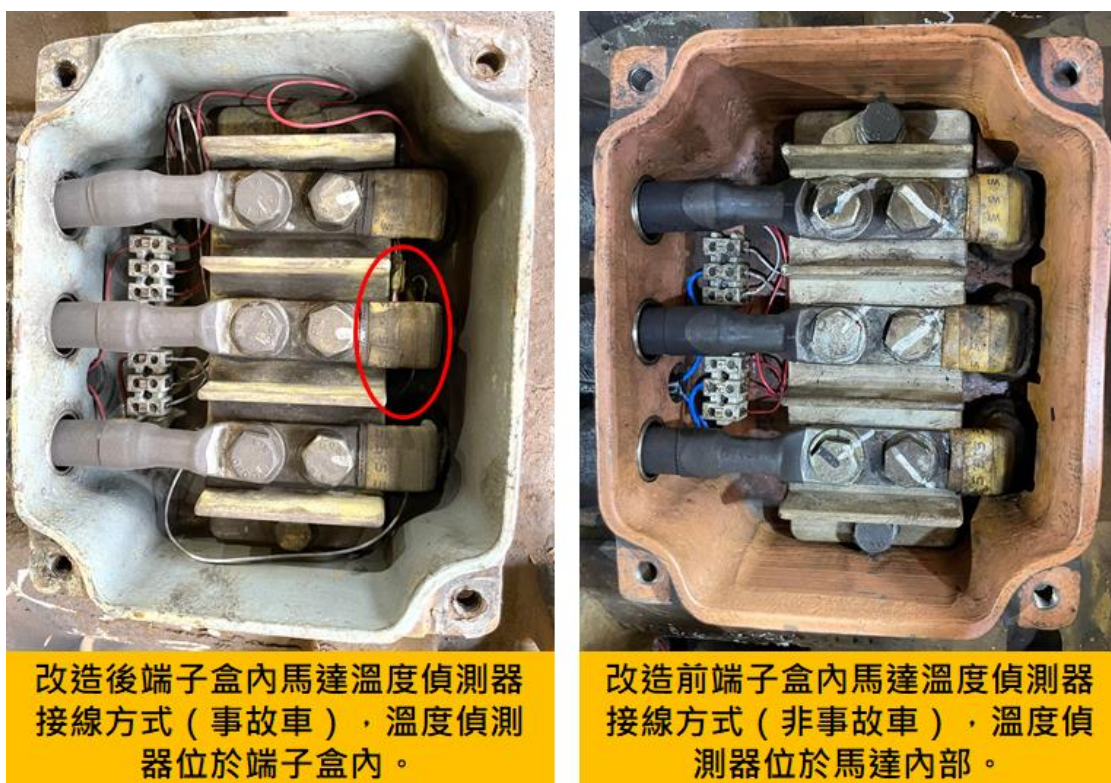


圖 2.2-4 馬達溫度偵測器接線方式比較圖

2.3 齒輪箱維修分析

2.3.1 齒輪箱清潔

依「交通部臺灣鐵路管理局 EMU500 型電聯車定期檢修項目」規定，第三級及第四級保養時，需將牽引馬達齒輪箱組分解檢修、清潔、重新密封。

檢視臺鐵局富岡機廠提供「EMU500 齒輪箱拆卸及安裝 SOP」，齒輪箱上下蓋接合面、齒輪箱蓋座及螺栓孔等進行清潔至無任何髒污及異物，且上下蓋進行研磨重整作業。調查小組於富岡機廠檢視同型車之齒輪箱檢修作業時，發現待組裝之齒輪箱上下蓋部分接合面處，顯示臺鐵局未採用保護設施，安裝作業未能符合無任何髒汙級義務之規定，如圖 2.3-1、2.3-2。



圖 2.3-1 齒輪箱接合面髒汙（非事故車）



圖 2.3-2 齒輪箱內存有油汙（非事故車）

2.3.2 齒輪箱密封膠

EMU500 型進行第三級及第四級檢修時，將牽引馬達齒輪箱組上下蓋進行拆解、內部清潔、重新塗膠密封，以確保齒輪箱油不會有外漏情形。調查小組於民國 110 年 4 月 30 日於臺鐵路臺北機務段檢視事故列車，發現 EMC580 車底牽引馬達及齒輪箱外殼有油漬。後續經檢視該車型其他編組亦有同樣情形，如圖 2.3-3；依訪談紀錄，EMU500 型之齒輪箱經三級或四級維修保養後之 1~3 年間，齒輪箱存有漏油之事實，負責一級及二級保養之機務段初步認為，漏油現象與更換密封膠之廠商級塗抹方式有關。

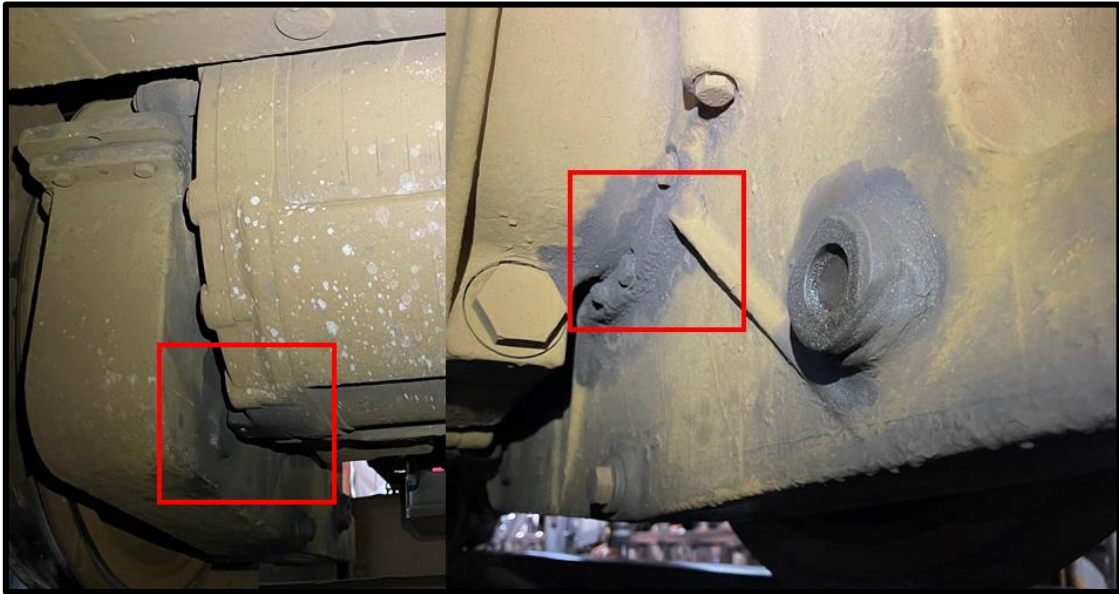


圖 2.3-3 EMU500 型其他編組漏油情形（非事故列車）

經檢視臺鐵局民國 85 年 6 月 21 日翻譯原廠之 EMU500 保養指導手冊齒輪箱篇 4.3 節「齒輪箱以 *Curil K2* 為封劑」；民國 85 年 11 月由臺鐵局牽引馬達維修班編譯「EMU500 型通勤電車三相交流牽引馬達及 U 型管與齒輪箱拆卸維修資料」第參部分指出「用 *LOCTITE 518* 接合膠塗在下齒輪箱須接合部位」，並以波浪型之方式塗抹在表面，如圖 2.3-4。

對於密封膠塗抹方式部分，WÜRTH 公司提供技術支援影片¹⁰，指示使用者於 *SUPER RTV SILICONE (Gray)* 塗抹方式採均勻塗抹於乾淨、光滑接合面上，如圖 2.3-5；*LOCTITE 518*¹¹則以薄層、印刷形式塗抹，如圖 2.3-6。因此，兩家公司塗抹方式均非臺鐵局目前使用波浪型方式。

依訪談得知，負責三級及四級檢修臺鐵局富岡機廠（原臺北機廠）約 3~4 年前將 *LOCTITE 518* 改成 WÜRTH 公司出品之 *SUPER RTV*

¹⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=DMfaeP6AWqY>

¹¹ <https://www.youtube.com/watch?v=gKMqJqGrj5k>

SILICONE (Gray)，以作為齒輪箱密封膠。目前富岡機廠則改回 LOCTITE 518，作為齒輪箱密封膠。

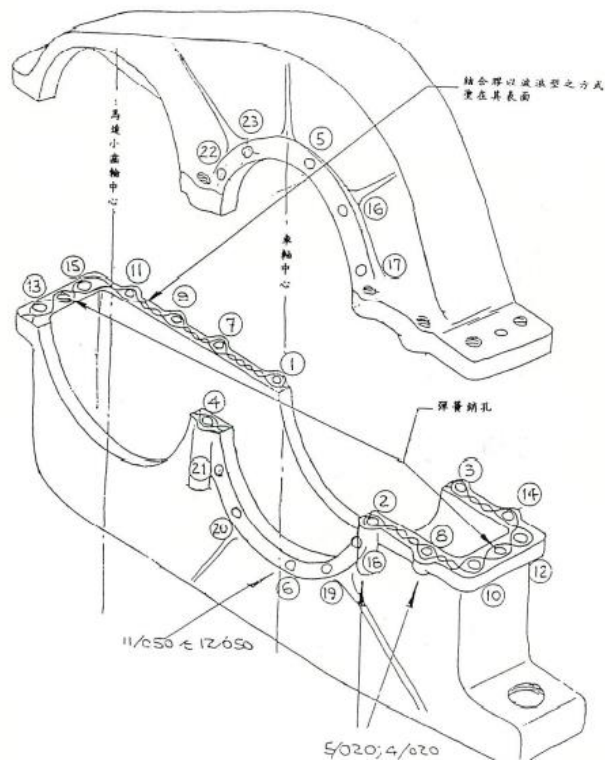


圖 2.3-4 臺鐵局齒輪箱密合膠之塗抹方法



圖 2.3-5 WÜRTH 公司示範塗抹密封膠影片



圖 2.3-6 LOCTITE 示範塗抹密封膠影片

調查發現：依 1.11 節試驗結果，LOCTITE 518 經 168 小時高溫後，密封膠已有脫落情況，顯見臺鐵局對於密封膠使用廠牌之決策，從局、廠、段等階層從未將原設計廠商建議廠牌納入。臺鐵局後續使用非原廠建議之密封膠廠牌，但卻未對欲使用廠牌之塗抹方式、材料性質等進行分析、測試、檢驗。顯示臺鐵局對於非原廠材料之使用，未能建立一套檢討或委託第三方測試機制，無法確保使用非原廠材料後之維修品質。

2.3.3 齒輪箱潤滑油

油品型號

依本文 1.7.3 內容，牽引馬達 D 端軸承亦由齒輪箱潤滑油進行潤滑，故其選用油品之黏度應同時兼顧齒輪與軸承兩者之需求，經確認上表 1.7-4 所列原廠規範齒輪箱適用潤滑油品，其黏度與閃點如表 2.3-1。

表 2.3-1 原廠維修手冊規範可使用潤滑油品項

廠牌	Optimol	Shell	Mobile	DEA	Texaco
油料型號	Optigear 320	Omala 320	Gear 632	Falcon CLP 320	Meropa 320
40°C 黏度	330	320	320	320	320
100°C 黏度	33	25	38.5	N/A	24
閃點溫度	220°C	250°C	225°C	>210°C	242°C

EMU500 型各級檢修工作項目所列齒輪箱潤滑油品：Shell Omala S2 G90，惟 Shell 公司臺灣代理商表示，過往無該油品販售。

臺鐵局富岡機廠：Shell Omala S2 GX（舊名稱 G）320；另富岡機廠現場存有 Shell Spirax S2 G90¹² 油品（如圖 2.3-7），經 Shell 公司臺灣代理商表示，該油品與 EMU500 型各級檢修工作項目所列齒輪箱潤滑油 Shell Omala S2 G90 均屬同一等級。



圖 2.3-7 臺鐵局富岡機廠齒輪箱潤滑油

臺鐵局 EMU500 型各級檢修工作項目為指引現場維修人員之重要文件，然工作項目所列齒輪箱潤滑油品名稱與富岡機廠實際使用油

¹² Shell Spirax S2 G90 油品資料如附錄 6。

品名稱不一致，顯示臺鐵局對於檢修文件所列資料正確性有待檢討之處。

另臺鐵局現場存有附錄 6 Shell Spirax S2 G90 空桶，該油品適用於輕型商用車輛、客車和摩托車等，目前為 EMU600 型齒輪箱潤滑油品，其等級同於 EMU500 型各級檢修工作項目所列潤滑油品等級，易造成第一線維修人員疑義及誤用。

使用期限

依 1.7.5 節，原廠建議列車每 1 年或運行里程達 20 萬公里須更換齒輪箱潤滑油；依 1.8.1 節，臺鐵局於每 3 年或運行里程達 100 萬公里的 3A 級，與每 6 年或運行里程達 200 萬公里的 4A 級及每 12 年或運行里程達 400 萬公里的 4B 級檢修，才會進行 EMU500 型齒輪箱潤滑油卸除更換作業。

本會調查認為，臺鐵局未依循原廠手冊規範之更換期程辦理卸除更換作業，在未經原廠技術支援及相關測試下，以維修週期計算為延長潤滑油使用時間達 3 倍，若以運行里程計算則至少延長使用里程達 5 倍。

雜質及油泥之清除

齒輪箱潤滑油除供齒輪潤滑外，亦供牽引馬達轉子 D 端軸承潤滑，經實地檢視後，設計廠商於馬達轉子 D 端設孔洞，以利潤滑餘油透過下方回流孔回流齒輪箱內，並於馬達下方設一卸油孔，以利一級或二級檢修時清除潤滑油雜質或油泥，如圖 2.3-8、2.3-9。惟臺鐵局一級至二級檢修工作項目，均未要求檢修人員確實做到清潔、卸油等作業。

綜上，潤滑油兼具牽引馬達 D 端軸承及齒輪箱內齒輪潤滑之功用，在牽引馬達持續運作下，軸承因潤滑不足、摩擦力增加，並因軸承部件崩壞，造成馬達溫度持續升高及油封破裂，最終可能造成馬達高溫起火現象。依 1.3 節事故列車牽引馬達 D 端軸承崩落，本會調查認為係軸承潤滑不足所致，其原因潤滑油卸油期程增加，造成油品質

劣化、黏度不足。又油品質劣化產生雜質、油泥堵塞馬達轉子回流孔、餘油蒐集孔及卸油孔未進行清潔。



圖 2.3-8 潤滑油回流孔 (事故車)

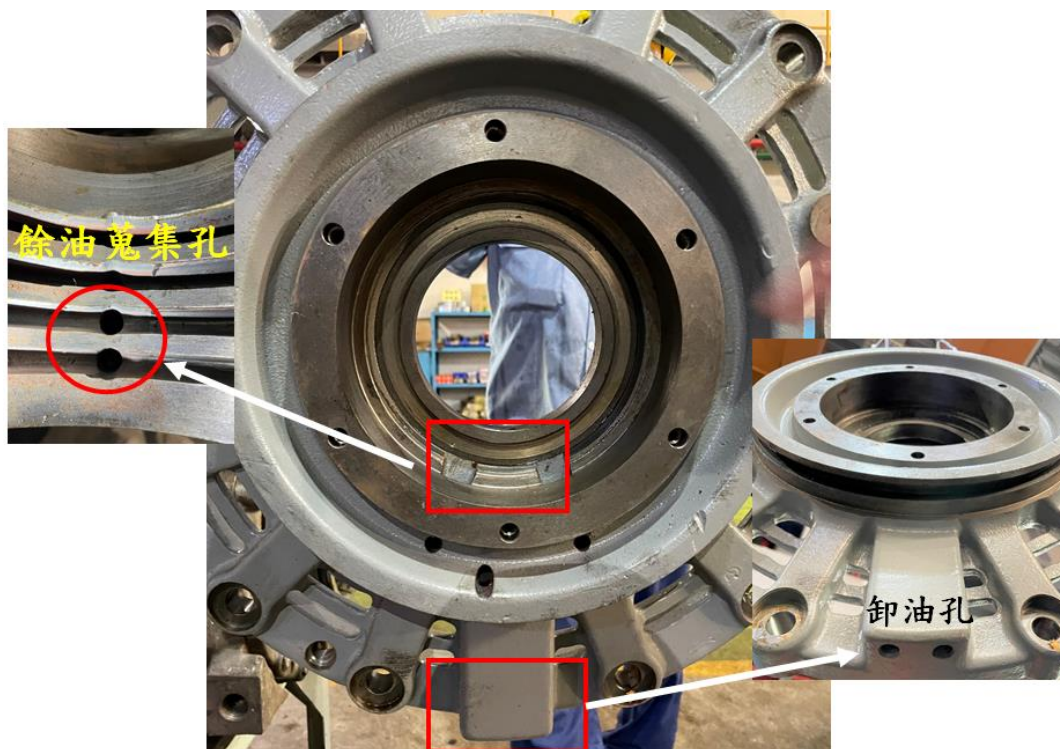


圖 2.3-9 馬達轉子 D 端餘油蒐集孔及卸油孔（非事故車）

2.4 牽引馬達檢修

依「交通部臺灣鐵路管理局 EMU500 型電聯車定期檢修項目」3 級及 4 級保養對於馬達轉子及軸承檢修項目與事故列車檢修紀錄後，發現維修人員於 108 年 2 月進行 3A 級檢修時，進行馬達轉子清潔及 D 端軸承更換作業；104 年 8 月進行 4A 檢修時，進行馬達轉子清潔及 D 端軸承清潔作業，如表 2.4-1：

表 2.4-1 3 級及 4 級對於馬達轉子及軸承檢修項目及內容表

級別	轉子		D 端軸承	
	檢修項目	實際檢修	檢修項目	實際檢修
3A	清潔	清潔	檢修	更換
4A	清潔	清潔	更換	清潔

本會調查發現，臺鐵局以 6 年為更換軸承之期程及每 3 年需進行轉子清潔，以律定轉子各部件檢修工項。臺鐵局未考量轉子清潔須從

牽引馬達卸下進行，故未依牽引馬達原廠 SIEMENS 維修文件建議事項：「建議在每次卸下轉子後更換軸承...。」而調整軸承更換期程。

另附錄 2 及附錄 3 為第一線檢修人員於檢修時應辦理工作項目，應符合「交通部臺灣鐵路管理局 EMU500 型電聯車定期檢修項目」規定，惟經比對後，發現部分工作項目有所不同，例如：定子檢修後乾燥後絕緣值量測（以 110°C 烘烤 12 小時），與附錄二及附錄三所列定子檢修項目內容（以 110°C 烘烤 10 小時）不符，顯示臺鐵局對於相關維修文件內容規定不一致，不易第一線維修人員依正確規定進行作業，無法確保維修品質。

第 3 章 結論

調查報告依據調查期間所蒐集之事實資料以及綜合分析，總結以下三類之調查發現：「與可能肇因有關之調查發現」、「與風險有關之調查發現」、「其他調查發現」。

與可能肇因有關之調查發現

此類調查發現係屬已經顯示或幾乎可以確定為與本次事故發生有關之重要因素，包括不安全行為、不安全狀況，或與造成本次事故發生息息相關之安全缺失。

與風險有關之調查發現

此類調查發現係涉及影響鐵道運輸安全之潛在風險因素，包括可能間接導致本次事故發生之不安全作為、不安全條件、以及關乎組織與系統性風險之安全缺失，該等因素本身非事故之肇因，但提升事故發生之機率。此外，此類調查發現亦包括與本次事故發生雖無直接關聯，但基於確保未來鐵道安全之故，所應指出之安全缺失。

其他調查發現

此類調查發現係屬具有促進鐵道安全、解決爭議或澄清待決疑慮之作用者。其中部分調查發現係屬大眾所關切，以作為資料分享、安全警示、教育及改善鐵道安全目的之用。

3.1 與可能肇因有關之調查發現

1. 事故列車因潤滑油更換頻率不足，造成油品質劣化且未確實清潔卸油孔，羅東站發車後，牽引馬達轉子 D 端軸承潤滑不足、摩擦力增加，造成牽引馬達運轉溫度升高，後因溫度偵測器未置於馬達定子繞組內，導致牽引控制裝置無法接收馬達實際運轉溫度，進行動力抑制、故障燈號顯示等預警措施，提醒列車司機員牽引馬達異常情形發生。(2.1、2.2、2.3.3)
2. 事故列車離開冬山站後，因牽引馬達持續高溫運作，導致馬達發生

起火、冒煙，造成附有油漬之軋缸調整桿防塵橡皮套燒毀及齒輪箱外殼燒毀。(2.2.、2.3.2)

3.2 與風險有關之調查發現

1. EMU500 齒輪箱上下蓋重新組裝密封時，臺鐵局從未就密封膠材料性能及施工等，訂有檢測、測試、施工方式等標準作業規定，並自行更換原廠建議密封膠，可能造成齒輪箱密合度、耐熱性不足，產生漏油之狀況。(2.3.2)
2. 臺鐵局二級檢修項目未依原廠更換齒輪箱潤滑油期程辦理，造成油品質劣化不利於軸承潤滑，增加齒輪與馬達 D 端軸承因潤滑不足引發異常磨耗與高溫等現象等現象。(2.3.3)
3. 臺鐵局 EMU500 型各級檢修工作項目所列齒輪箱潤滑油品型號與實際維修使用之油品型號不符，顯示檢修文件資料未能即時更新，不利確保維修品質。(2.3.3)
4. 臺鐵局辦理牽引馬達轉子清潔時，未依原廠規定同步更換軸承，造成長時間運轉後，提高軸承損壞風險。(2.4)

3.3 其他調查發現

1. 臺鐵局進行 EMU500 齒輪箱保養清潔，齒輪箱上下蓋接合面處存有少量髒污及箱內部存有油污。(2.3.1)
2. 臺鐵局牽引馬達檢修紀錄檢修項目與「交通部臺灣鐵路管理局 EMU500 型電聯車定期檢修項目」未具一致性，增加第一線維修人員認知疑義。(2.4)

第 4 章改善建議

4.1 安全改善建議

致交通部臺灣鐵路管理局

1. 重新檢視各型電聯車牽引馬達溫度偵測安裝位置，確保其符合原廠設計手冊。(TTSB-RSR-23-02-014)
2. 制定各型電聯車使用非原廠材料品項選用、性能檢測、施工之標準作業程序。(TTSB-RSR-23-02-015)
3. EMU500 型各級檢修工作項目納入齒輪箱潤滑油更換期程、馬達轉子 D 端清潔回流孔及卸油孔等、牽引馬達轉子軸承更換期程等及重新檢討各級檢修工作項目之齒輪箱潤滑油品項型號。(TTSB-RSR-23-02-016)

致交通部鐵道局

1. 請交通部鐵道局本於監理機關權責就本案致臺鐵局辦理之各項安全改善建議，依鐵路法納入定期及不定期檢查項目，監督臺鐵局確實改善並列管追蹤。(TTSB-RSR-23-02-017)

附錄 1 通聯抄件

司機員：○○次車司機員

值班站長：○○車站副站長

時間	發話人	通話內容
1818:13	值班站長	○○次司機員，○○站呼叫聽到請回答。
1818:20	司機員	……
1818:24	值班站長	○○次司機員，○○站呼叫聽到請回答。
1818:31	司機員	……
1818:37	值班站長	○○次司機員，○○站呼叫聽到請回答。
1818:42	司機員	聽到請講。
1818:45	值班站長	你那個最後一車，好像有點鬆韌不良喔。
1818:53	司機員	麻煩情形再重複一遍，謝謝。
1818:57	值班站長	你最後一車，好像有點鬆韌不良喔。
1819:03	司機員	好，了解，謝謝。

附錄 2 事故牽引馬達檢修紀錄 (三級檢修)

交通部臺灣鐵路管理局臺北機廠 EMU500型牽引馬達 檢修紀錄表(迴轉機)

車號: EMc580 修別: 3A 開工日期: 108年 2月 17日 完工日期: 108年 2月 20日

檢修項目	檢修方法				備註
	清潔	重整	更換	檢測	
1 馬達定子序號: 915416					
2 馬達轉子序號: 6580					
3 馬達定子	✓				
4 馬達轉子	✓				
5 驅動小齒輪	✓			✓	
6 絕緣電阻檢測: > 5MΩ				✓	2000MΩ
7 乾燥紀錄 (110°C 烘烤10hr以上)				✓	
8 動力端軸承油脂			✓		
9 非動力端軸承油脂			✓		
10 D端齒輪箱O環			✓		
11 溫度探針電阻計			✓		
12 D端軸承			✓		SKF
13 N端軸承			✓		SKF
14 D端軸承蓋板	✓				
15 D端軸承蓋	✓				
16 塔盤	✓				
17 N端軸承護圈	✓				
18 N端軸承蓋	✓				
19 指示器輪	✓				
20 無載運轉測試: 正轉反轉各20分鐘以上				✓	
21 動力電纜線		✓			

附錄 3 牽引馬達檢修紀錄 (四級檢修)

交通部臺灣鐵路管理局臺北機廠 EMU500型牽引馬達 檢修紀錄表(迴轉機)

車號: EM580 修別: 4A 開工日期: 104年8月17日 完工日期: 104年8月24日

檢修項目	檢修方法				備註
	清潔	重整	更換	檢測	
1 馬達定子序號: 900925					
2 馬達轉子序號: 45					
3 馬達定子	✓				
4 馬達轉子	✓				
5 驅動小齒輪	✓				
6 絕緣電阻檢測: >5MΩ				✓	
7 乾燥紀錄 (110°C 烘烤10Hr以上)				✓	
8 動力端軸承機油			✓		
9 非動力端軸承油脂			✓		
10 D端齒輪箱O環			✓		
11 溫度探針電阻計		✓		✓	
12 D端軸承	✓				102.1
13 N端軸承	✓				102.1
14 D端軸承蓋板	✓				
15 D端軸承蓋	✓				
16 塔盤	✓				
17 N端軸承護圈	✓				
18 N端軸承蓋	✓				
19 指示器輪	✓				
20 無載運轉測試: 正轉反轉各20分鐘以上				✓	

附錄 4 EMU500 馬達齒輪箱保養作業程序

SIEMENS

Transportation Systems

5 Commissioning and Maintenance

5.1 Commissioning

5.1.1 Condition on Delivery

NOTE:

The axle-hung gearbox is supplied without oil filling and without grease for the bearings on the wheelset shaft. Fill in one of the recommended brands of oil and grease before commissioning the vehicle(see section 3.8 "Preparing preservation-treated axle gearboxes for commissioning").

5.1.2 Approved lubricants

NOTE:

Only use one of the oil or grease types mentioned below for filling the gearbox. The use of other types claimed to be of equivalent quality is not permissible.

Manufacturer	Optimol	Shell	Mobil	DEA	Texaco
Oil type	Optigear 320	Omala 320	Gear 632	Falcon CLP 320	Meropa 320

Manufacturer	Optimol	Shell	Mobil	DEA	Texaco
Grease type	Olista Longtime 3 EP	Alvania G 3 (or R3)	Mobilgrease HP 222	Glissendo 30	Hytex EP2

5.1.3 Filling the Axle Gearbox

NOTE:

Clean the area around the dipstick thoroughly before removing. Dirt in the gearbox will damage the unit. Only use oil that is perfectly clean.

The quantity to be filled in depends on the marks on the dipstick. Fill the gearbox up to the mark for the maximum level (see under 5.2.2 Filling in oil). Check the oil level as described under 5.2.

Lubricate the tapered roller bearings on the wheelset shaft using clean grease of an approved type. This is done by pressing 0.55 kg of grease into the bearing on the gearbox side and 0.7 kg into the bearing on the driving wheel side through the corresponding grease nipples. Do not forget to remove the venting plugs first (see Chapter 11.0 fig. 7).

5.2 Maintenance

Taiwan Railway Administration
EMU 500

Traction Drive

Doc. No.: 3325118

Issue: 12.04.95

Part	Section	Page
V	4.1	90 of 118

5.2.1 Weekly

Oil level check

Check oil level weekly at oil dipstick.

The oil level should be checked after the vehicle has been standing horizontally for about 20 minutes.

The oil dipstick is designed as a plug screw and is located laterally at the gearbox housing, see fig. 5 in Chapter 11.0.

If the indicator drops below the "minimum" mark on the dipstick, oil must be refilled.

- Clean surroundings of the dipstick.
- Unscrew dipstick, remove sealing ring and clean the dipstick. If necessary, refill with gear oil (see 5.1.2 Approved lubricants) through the dipstick opening.
- Check oil level after a few minutes using the dipstick. For this purpose the dipstick must be screwed in or out up to the stop.

■ **NOTE:** Overfilling with oil is just as harmful as too low an oil level.

- When the oil level check has been terminated, mount the dipstick with a new sealing ring.

▲ **Caution:** No impurities must get into the oil filling opening.

5.2.2 Once only after 7500 km

Oil change

The 7,500 km maintenance is carried out only once in each case after commissioning or after a major overhaul.

Repair gearboxes whose toothing parts have been exchanged are to be treated like new gearboxes as regards oil change.

Draining oil

- Clean surroundings of the dipstick and the oil drain plug.
- Unscrew dipstick and remove with sealing ring.
- In warm operating condition, unscrew oil drain plug (see under 11.0 fig. 5) and remove with sealing ring, allow oil to drain off and catch it in a suitable container.

Taiwan Railway Administration
EMU 500

Traction Drive

Doc. No.: 3325118

Issue: 12.04.95

Part	Section	Page
V	4.1	91 of 118

▲ DANGER: due to hot gear oil

■ NOTE: If oil at operating temperature is drained off, it can be assumed that the floating impurities have not yet sunk. The oil which is thinner because of the high temperature runs off well and flushes impurities out of the gear sump.

The magnetic oil drain plug must be checked for abrasion. A slimy substance is normal and harmless. However, if fairly large metal chips or metal pieces adhere to the oil drain plugs, the gearbox must be examined more closely.

- Clean oil drain plug.
- Screw oil drain plug with new sealing ring into the lower part of the gearbox housing.

Fill in oil

- Fill approx. 7 litres of approved gear oil (see 5.1.2) into the oil filling opening in the lower part of the gearbox housing.
- Check oil level after a few minutes as under 5.2.1.
- Clean oil filling plug.
- Screw in oil filling plug and new sealing ring into the lower part of the gearbox housing.

▲ Caution: No impurities must get into the oil filling opening.

5.2.3 Yearly or after 200,000 km

Oil change

- Carry out oil change as described under 5.2.2

Grease change

- Only one of the greases listed under para 5.1.2 may be used to lubricate the tapered roller bearings.

■ NOTE: It is essential to use clean grease. Therefore use only grease from original containers.

- Clean surroundings of the lubricating nipples and grease venting plugs.

**Taiwan Railway Administration
EMU 500**

Traction Drive

Doc. No.: 3325118

Issue: 12.04.95

Part	Section	Page
V	4.1	92 of 118

- Unscrew grease venting plugs (see fig. 7, Chapter 11.0) and remove with sealing rings.
- Using a grease gun, fill the tapered roller bearing assembly of the gearset shaft with grease through the flat lubricating nipple (see fig. 7 Chapter 11.0) until fresh grease emerges at the grease venting boreholes.
- Clean grease venting boreholes of excess grease and screw in grease venting plugs with new sealing rings into the suspension tube or into the lower part of the housing.

Intermediate examination

- Examine gearbox for external damage due to the effect of force (visual check as far as accessible).
- Check tightening torques of the connecting bolts to the electric motor.
- Renew coat of paint on damaged areas, irrespective of how deep the coat or paint is damaged.

Prime coat: Alkyd resin metal primer, RAL 3012 Red *)
 Dilution: Indolit K 100 **)
 Coat thickness: 1x30 µm

Intermediate coat: Filling primer RAL 1013 pearl white ***)
 Dilution: Indolit K 100 **)
 Coat thickness: 2x30 µm

Top coat: Alkyd resin lacquer paint, RAL 7005 grey/high gloss **)
 Dilution: Indolit K 100 **)
 Coat thickness: 1x30 µm

- *) Source of supply: e.g. Fa. Herberts GmbH, Wuppertal
- **) Source of supply: e.g. Fa. Johannes Haas GmbH, 73257 Köngen
- ***) Source of supply: e.g. Fa. Gross & Perthun, Mannheim

Taiwan Railway Administration
EMU 500

Traction Drive

Doc. No.: 3325118

Issue: 12.04.95

Part	Section	Page
V	4.1	93 of 118

5.2.4 Every 6 Years or after 1,000,000 km**Major overhaul**

After having covered about 1,000,000 km the axle-hung gearbox should be subjected to a major overhaul by our specialists or by specially trained staff on site.

- The gearbox has to be removed from the vehicle. After thorough external cleaning and pressing off of the wheels from the axle shaft the gearbox is dismantled as far as necessary. All parts are cleaned and inspected. Damaged or worn parts are replaced by new ones.

- The special tools needed for proper dismantling and assembly of the axle-hung gearbox are listed in Chapter 9.8 Parts List/Special Tools.

Taiwan Railway Administration
EMU 500

Traction Drive

Doc. No.: 3325118

Issue: 12.04.95

Part	Section	Page
V	4.1	94 of 118

附錄 5 原廠維護手冊建議密封黏著劑

SIEMENS

Transportation Systems

Cleaning of the tapered roll bearing grease feed device.

- Unscrew flat lubricating nipples and grease venting plug.
- Empty lubricating channels and clean (blow through with compressed air).

Cleaning of sealing surfaces

- Clean joint on gearbox housing of old remnants of fluid sealant (mechanically or by using solvents).
- Clean flange surfaces of the gearbox housing and of the suspension tube of old remnants of fluid sealant (mechanically or by using solvents).

4.3.3 How to use the Assembly and Dismantling Instructions

The description corresponds to the order of assembly or dismantling operations. The Parts List/Spare Parts Catalogue 39.9074.10 for the gearbox must be consulted as well while reading the assembly and dismantling instructions.

All the assembly and part numbers found in the instructions refer to the Parts List/Spare Parts Catalogue and the explosion view drawing 32.0790.10 contained in Chapter 8.1.

The tightening torque of bolts, the use of liquid plastic, the backlash of gears, bearing cap pressure, drive-up distances, and maximum pressure of oil press fits are shown on longitudinal section 32.0766.10 in Chapter 8.1.

We recommend Curil K2 as sealing compound for the axle gearboxes.

**Taiwan Railway Administration
EMU 500**

Traction Drive

Doc. No.: 3325118

Issue: 12.04.95


Part	Section	Page
V	4.1	82 of 118

Copyright © Siemens AG 1994. All rights reserved.

V-4-94

GEAR.DOC/82

附錄 6 齒輪箱潤滑油資料



Technical Data Sheet

Previous Name: Shell Spirax G 90

Shell Spirax S2 G 90

High Quality API GL-4 Oil for Manual Transmissions and Gear Sets

Shell Spirax S2 G 90 is an automotive gear lubricant containing multi-functional additives required for mild extreme pressure conditions.

DESIGNED TO MEET CHALLENGES

Performance, Features & Benefits

- **Comprehensive components**
Specially selected additives impart good anti-wear, anti-rust characteristics and oxidation stability.

Main Applications



- **Manual gearboxes**
Shell Spirax S2 G 90 provides excellent lubrication of manual gearboxes of motorcycles, passenger cars and commercial vehicles (on and off road) operating under high speed/low torque and low speed/high torque conditions. Suitable for gearboxes fitted with synchromesh.

- **Rear axles**
Suitable for applications presenting conditions of medium severity, such as some light duty commercial vehicles, passenger cars and motorcycles. Not suitable for heavy duty hypoid axles.
- **Gear sets**
Suitable for applications presenting conditions of medium severity, such as lightly loaded gear sets of ancillary equipment in commercial vehicles.

Specifications, Approvals & Recommendations

- **API Service Classification : GL-4**
For a full listing of equipment approvals and recommendations, please consult your local Shell Technical Helpdesk.

Typical Physical Characteristics

Properties			Method	Shell Spirax S2 G 90
SAE Viscosity Grade			SAE J 306	90
Kinematic Viscosity	@40°C	mm ² /s	ISO 3104	145
Kinematic Viscosity	@100°C	mm ² /s	ISO 3104	14.3
Viscosity Index			ISO 2909	96
Density	@15°C	kg/m ³	ISO 12185	904
Flash Point (COC)			ISO 2592	191
Pour Point			ISO 3016	-18

These characteristics are typical of current production. Whilst future production will conform to Shell's specification, variations in these characteristics may occur.

Health, Safety & Environment

- **Health and Safety**
Shell Spirax S2 G 90 is unlikely to present any significant health or safety hazard when properly used in the recommended application and good standards of personal hygiene are maintained.
Avoid contact with skin. Use impervious gloves with used oil. After skin contact, wash immediately with soap and water.
Guidance on Health and Safety is available on the appropriate Material Safety Data Sheet, which can be obtained from <http://www.epc.shell.com/>