

出國報告（出國類別：其他）

支線節能環保客車 60 輛購案 第 1 梯次出國檢驗測試

服務機關：國營臺灣鐵路股份有限公司

姓名職稱：黎世俊 高級工程師

陳映廷 工程師

施昌宏 工程師

許謚緯 監工員

派赴國家/地區：德國萊比錫、漢堡

出國期間：114 年 2 月 4 日至 2 月 20 日

報告日期：114 年 4 月 28 日

目次

壹、 目的	2
一、 出國依據	2
二、 出國目的	2
貳、 檢測過程	3
一、 檢測日程	3
二、 檢測日誌	4
參、 專題報告	40
一、 支線 60 輛與 DR1000 動力系統比較	40
二、 KB 190 變速機內建減速機之減速能力分析	46
三、 節/潔能鐵路機車車輛	50
肆、 心得及建議	54
一、 心得—德國交通系統的體驗	54
二、 建議	57
伍、 附錄	59

壹、目的

一、出國依據

臺鐵整體購置及汰換車輛計畫(104~113 年)中購置支線節能環保客車 60 輛，由台灣車輛股份有限公司得標。本公司依據該購車合約內檢驗測試程序，其技術規範之第 6 章規定，於車輛製造期間派遣(檢驗)人員至製造廠(含零配件製造廠)現場執行檢視有關工作(包括製造、測試、修正)之進行。

二、出國目的

本次支線節能環保客車 60 輛製造商為台灣車輛股份有限公司，為確保立約商所設計及各階段生產、製造的設備零組件能符合技術規格和品質標準，分批指派機務處及廠、段等人員前往台灣車輛設備供應廠、車輛組裝廠及主要系統供應廠參與重要零件之檢查及測試。本批 4 人為 114 年度第 1 批次，赴德國執行連結器裝置、轉向架框架、動力包設備及一、二次懸吊裝置等為期 17 天國外檢驗測試，自 114 年 2 月 4 日起至 114 年 2 月 20 日止。

此次安排機務處車輛檢修人員親自前往工廠檢查並進行測試，一方面是為了檢驗這些系統設備的測試結果是否符合我方技術規範及品質標準，也透過在測試過程中互動與應答，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，衍生之維護保養應注意事項，另外也希望能將本公司現有柴聯車系中所發現的問題，以及檢修的經驗反饋予製造廠作為參考，以利後續支線客車之設計與製造更能符合實際使用需求，進而在未來營運時提供旅客更安全且優質之服務。

貳、檢測過程

一、檢測日程

檢測日程簡介

名稱	支線節能環保客車 60 輛購案第 1 梯次出國檢驗測試	
期間	114 年 2 月 4 日至 114 年 2 月 20 日止	
日期	星期	行程內容
02/04	星期二	啟程 桃園機場→法蘭克福機場
02/05	星期三	移動日 法蘭克福→萊比錫
02/06	星期四	IFF 實驗室 Voith 連結器檢驗與測試
02/07	星期五	IFF 實驗室 台灣車輛轉向架框檢驗與測試 移動：萊比錫→漢堡
02/08~09	星期六、日	休息日/例假日
02/10	星期一	赫爾穆特施密特大學實驗室 Voith 動力包設備檢驗與測試
02/11	星期二	赫爾穆特施密特大學實驗室 Voith 動力包設備檢驗與測試
02/12	星期三	赫爾穆特施密特大學實驗室 Voith 動力包設備檢驗與測試
02/13	星期四	赫爾穆特施密特大學實驗室 Voith 動力包設備檢驗與測試
02/14	星期五	赫爾穆特施密特大學實驗室 Voith 動力包設備檢驗與測試 移動：漢堡→喀斯魯
02/15~16	星期六、日	休息日/例假日
02/17	星期一	GMT 供應商工廠 主懸吊、次懸吊檢驗與查核
02/18	星期二	移動日 喀斯魯→法蘭克福
02/19~20	星期三、四	返程 法蘭克福機場→桃園機場

二、檢測日誌

- 二月四日（星期二）

啟程，由桃園機場搭乘中華航空公司 CI-61 班機飛往德國法蘭克福。

- 二月五日（星期三）

移動日，由法蘭克福機場轉乘漢莎航空公司 LH-156 班機抵達萊比錫機場。

- 二月六日（星期四）

IFF 實驗室

IFF Engineering & Consulting GmbH 總部位於德國，該公司在工程規劃、計算、軟體開發以及測量與測試技術方面具有深厚的技術實力，主要專注於物料搬運設備、特種起重機、軌道車輛、特種車輛、建築與特種機械等領域，為相關製造商與運營商提供專業技術服務，包括設計優化、結構分析、測試驗證及品質管理等全面性解決方案。本次台灣車輛公司的轉向架框總成及福伊特公司的連接器頭部（coupler heads）皆是委託這裡第三方實驗室（不同廠區）進行檢驗和測試服務。



圖 1 IFF 實驗室



圖 2 IFF 公司介紹

連結器頭疲勞測試

目標/驗收標準：

根據 AAR M-216 標準的要求，透過測試驗證連接器頭部（coupler heads）的疲勞強度，確保其在規定的負載循環數內運行時不發生斷裂或破裂。測試前，需先執行 DP 檢查（滲透探傷檢測），確認表面無裂痕，並記錄當下的表面結構狀態。隨後進行疲勞測試，測試結束後再次執行 DP 檢查，以比對測試前後的檢測結果，確保疲勞測試對連接器頭部的影響可被有效評估。

測試參數：

項次	週期數 (正弦形式)	總運轉週期	循環負載範圍 (單位:kN)		總週期數
			Min	Max	
1	4	4	82	566	16
2	2	6	82	530	12
3	7	13	82	490	91
4	10	23	82	454	230
5	31	54	82	418	1674
6	77	131	82	378	10087
7	65	196	82	342	12740
8	73	269	82	308	19637
9	89	358	77	266	31862
10	105	463	77	230	48615
11	129	592	77	194	76368
12	187	779	77	158	145673
13	279	1058	68	118	295182
					累計週期 642187

DP 檢查（滲透探傷檢測，Dye Penetrant Inspection, DPI）

DP 檢查(Dye Penetrant Inspection, DPI)，又稱滲透探傷檢測(Liquid Penetrant Testing, LPT)，是一種常見的無損檢測(NDT, Non-Destructive Testing)技術，主要用於檢測金屬或非金屬材料表面的裂紋、孔洞、夾層及其他開放性缺陷。如下圖 4 所示，粉紅色部分就是滲透劑。



圖 3 連結器頭疲勞測試



圖 4 測試連結器銘牌



圖 5 連結器測試設備

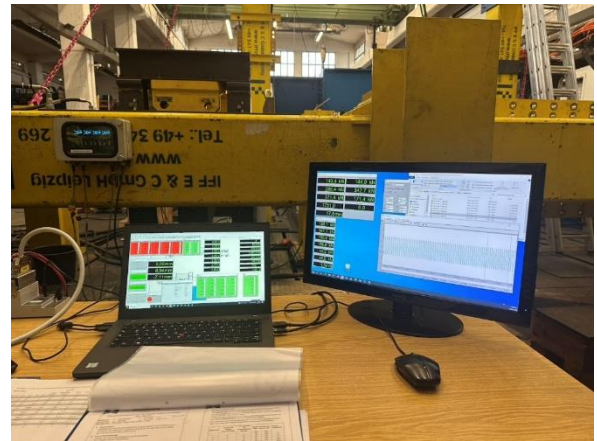


圖 6 測試進度(目前測試執行到項次 6)

測試見證紀錄表：



支線節能環保客車 60 輛 連結器型式測試見證紀錄表

TRC 60 Cars of Branch Line Coupler Test Witness Record

製造廠名稱 (Manufacture)：J.M. Voith SE & Co. KG, Salzgitter, Germany

供應商 (Supplier)：台灣車輛股份有限公司

檢查日期 (Date of Inspection)：2025. 2. 6

檢查結果 (Result of Inspection)：Pass

製造廠檢驗者 (Manufacture Inspector)：吳承暉

獨立驗證與認證商 (IV&V)：台灣德國萊因技術監護顧問股份有限公司

見證人 (Witnesser)：TRC: 蔡世俊 施昌宏 連映廷 許謹緯

TÜVR: 彭文德 吳利宇 張騰臻

次系統名稱 (Sub-system)：連結器 Coupler

組件編號 (Serial Number)：32552217
32552220

測試見證：依據 DMU-PRO-0103 連結器型式測試程序書 E 版(核定版)執行

1. 品質系統 Quality Management System

項目 Item	執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(1) 查證測試程序書版本是否與核定版一致	DMU-PRO-0103 連結器型式測試程序書 E 版(核定版)	+ / 現場確認台車公司版本、製造商與實驗室提供之測試程序書均為核定版本，經查證已符合需求。	
(2) 查證執行測試的實驗室資格文件	ISO/IEC 17025	+ / 實驗室已提供 ISO/IEC 17025 之相關證明文件，經查證已符合需求。	

項目 Item	執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(3) 查證測試設備及測試儀器之有效性	技術規範 6.3.1(2)、DMU-PRO-0103 連結器型式測試程序書 E 版(核定版) 8 測試設備清單	+ / 實驗室已提供測試平台之校正證明文件，經查證已符合需求。	
(4) 查證執行測試人員是否符合規定	技術規範 6.3.1(4)、ISO9001:2015 7.1.2 及 7.2	+ / 實驗室已提供本案測試單位執行測試人員之有效資格(人員資格管理表)，經查證已符合需求。	
(5) 查證所使用之測試紀錄表是否符合程序書	技術規範 6.3.1(2)、DMU-PRO-0103 連結器型式測試程序書 E 版(核定版)	N/A / 測試尚未完成	

2. 測試見證 Test Witness

疲勞測試

項目 Item	執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(1) 測試前 DP 檢查	無裂痕	+ / 製造商已提供測試前之 DP 檢查紀錄(相片)，已確認無裂痕。	
(2) 疲勞測試	依照 PRO-0103 連結器型式測試程序書 E 版(核定版)5.3 要求之週期與負載執行。	+ / 已於現場查證實驗室依照 PRO-0103 連結器型式測試程序書 E 版(核定版)5.3 要求之週期與負載執行。	
(3) 測試後 DP 檢查	無裂痕	N/A / 測試尚未完成	

- 二月七日（星期五）

IFF 實驗室

轉向架靜態、動態、疲勞測試

根據台灣車輛工作人員的說明，雖然轉向架框總成比我們早先出發空運至德國，但由於時間緊迫，實驗室現場人員尚未架設好測試臺進行測試，目前僅對框架進行了基本的 DP 檢查（滲透探傷檢測）。

因此，本次我們主要針對轉向架框總成進行了外觀檢查與基本狀況確認。另據實驗室人員說明，全程的測試程序預計執行至 2025 年 8 月方能完成全部測試與評估。

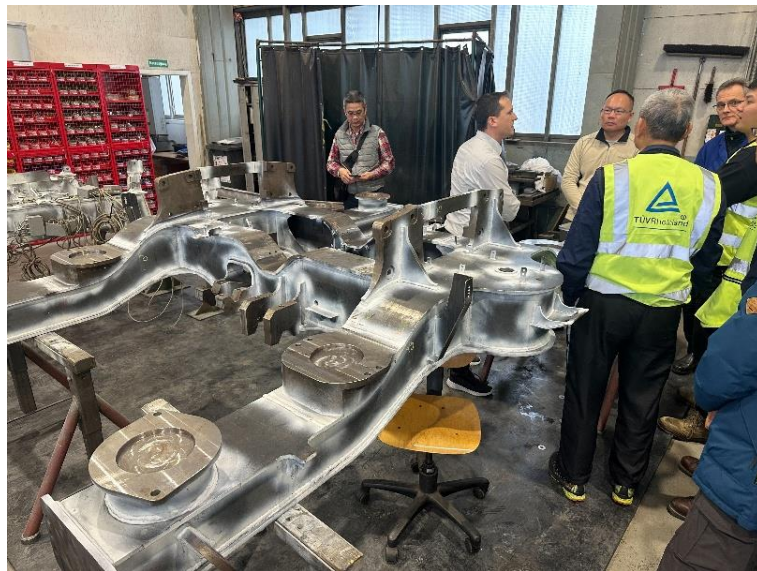


圖 7 轉向架框總成測試樣品確認



圖 8 轉向架框總成測試設備場地

應變規 (Strain Gauge)

應變規 (Strain Gauge)，又稱應變計或應變片，是一種用來測量材料變形（應變）的感測器，主要由金屬導線構成。使用時，應變規會黏貼在待測物體上，並隨著物體的伸長或縮短發生形變。當應變規發生形變時，其電阻值也會隨之變化。透過測量電阻變化，便可計算出對應的應變 (Strain) 數值，進一步分析物體的應力與受力狀態。

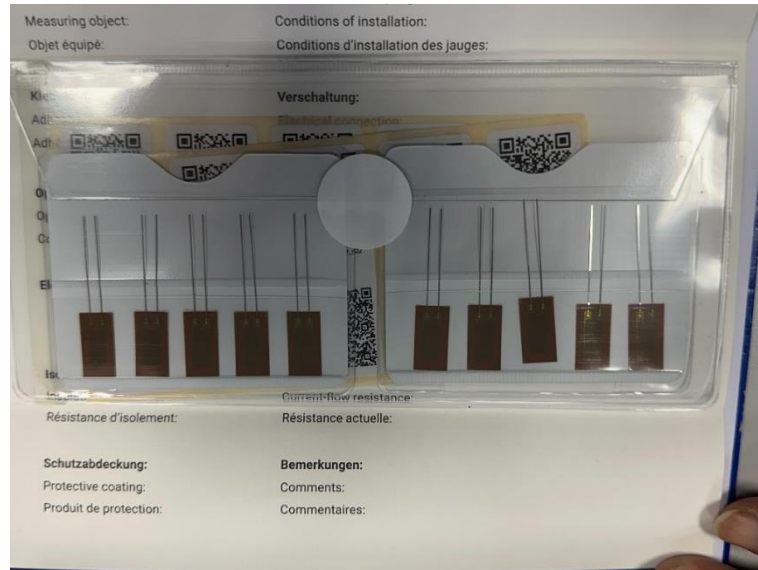


圖 9 單向應變規



圖 10 三向應變規

測試見證紀錄表：



支線節能環保客車 60 輛 轉向架結構強度型式測試見證紀錄表

TRC 60 Cars of Branch Line Bogie Frame loading Test Witness Record

製造廠名稱 (Manufacture)：台灣車輛股份有限公司

供應商 (Supplier)：台灣車輛股份有限公司

檢查日期 (Date of Inspection)：2025. 2. 7

檢查結果 (Result of Inspection)：Pass

製造廠檢驗者 (Manufacture Inspector)：

獨立驗證與認證商 (IV&V)：台灣德國萊因技術監護顧問股份有限公司

見證人 (Witnesser)：

次系統名稱 (Sub-system)：轉向架框 Bogie Frame

組件編號 (Serial Number)：試 M-03

測試見證：依據 DMU-PRO-0127 連結器型式測試程序書 A 版執行，目前測試樣本已運抵實驗室，尚未開始進行測試，本次採測試前稽核方式執行。

1. 品質系統 Quality Management System

項目 Item	執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(1) 查證測試程序書版本是否與核定版一致	DMU-PRO-0127 轉向架結構(靜動態負荷)型式測試程序書 A 版	+ / 現場確認台車公司版本與實驗室提供之測試程序書均為最新版本，經查證已符合需求。	

項目 Item	執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(2) 查證執行測試的實驗室資格文件	ISO/IEC 17025	+ / 實驗室已提供 ISO/IEC 17025 之相關證明文件，經查證已符合需求。	
(3) 查證測試設備及測試儀器之有效性	技術規範 6.3.1(2)、DMU-PRO-0127 轉向架結構(靜動態負荷)型式測試程序書 A 版 8 測試設備清單	+ / 實驗室已提供測試平台之校正證明文件，經查證已符合需求。	
(4) 查證執行測試人員是否符合規定	ISO 9001:2015 7.1.2 及 7.2 ISO 9712	+ / 實驗室已提供本案測試單位執行測試人員之有效資格(人員資格管理表)，經查證已符合需求。	
(5) 查證所使用之測試紀錄表是否符合程序書	技術規範 6.3.1(2)、DMU-PRO-0127 轉向架結構(靜動態負荷)型式測試程序書 A 版	N/A / 測試尚未開始	

2. 測試見證 Test Witness

項目 Item	執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(1) 負載步驟 1 (600 萬累計循環) 之後，不應該出現疲勞裂紋。這應當通過非破壞性測試方法來證明，例如磁粉檢測等	不應該出現疲勞裂紋	N/A / 測試尚未開始	

TRC: 黎世俊 施品宏 陳映人 許護緯
 TÜVR: 張騰蒙 劉子、彭文楷
 TRSC: 張子同

項目 Item		執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(2)	在負載步驟3期間，如果出現小的疲勞裂紋，只要這些裂紋在實際服役中也會出現並不需要立即修復。在所有調查步驟中所選應變計點的伸長和應力必須進行監測和記錄。		N/A / 測試尚未開始	

TRC: 黎世俊 施昌宏 陳映心 許詠輝
 TÜVR: 張騰濤 黃利、鄭文楷
 TRSC: 張志國

移動：萊比錫搭乘德鐵 ICE 前往漢堡

- 二月八、九日（星期六、日）

休息日/例假日

- 二月十日（星期一）

赫爾穆特施密特大學實驗室

位於德國漢堡的赫爾穆特·施密特大學/德國聯邦國防軍大學（Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg）是一所軍事研究型大學。該校於 1973 年在時任聯邦國防部長赫爾穆特·施密特的倡議下成立，主要目標是為現役及未來的軍官提供高等教育與專業培訓。在此工作期間人員管理制度較一般大學更加嚴謹，校園內也隨處可見軍方車牌的車輛及身著軍裝的學生，展現出濃厚的軍事色彩。本次動力包型式測試由設備商福伊特負責執行，並租借大學實驗室作為測試場地，實驗室僅提供環境場地支持，使用赫爾穆特施密特大學既有之 PAISI(Power and Inertia Simulator)試驗台，實際的測試操作與執行皆由福伊特負責。

由於福伊特測試團隊的專案經理從德國南部海登海姆（福伊特總部）趕來會合，因此我們於週一接近中午才前往大學。一方面是為了熟悉實驗室場地配置，另一方面則由專案經理說明未來四天的時程規劃與測試進度安排，以確保測試工作能夠順利推進。



圖 11 赫爾穆特施密特大學

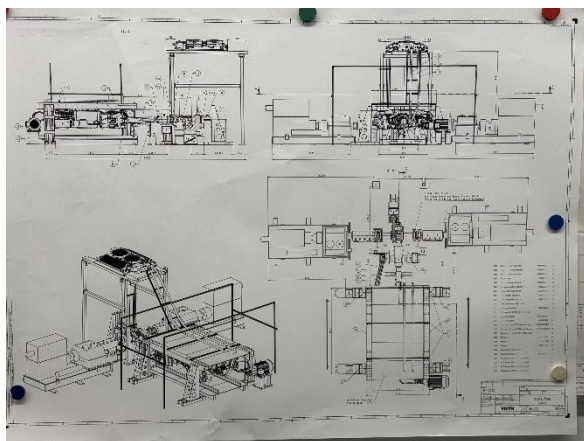


圖 12 測試設備設計圖

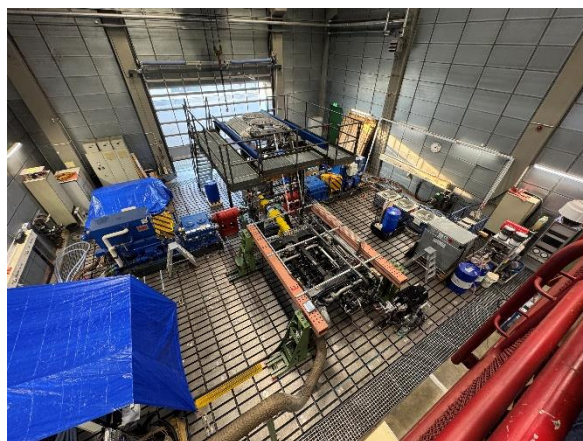


圖 13 動力包測試設備



圖 14 測試說明會議

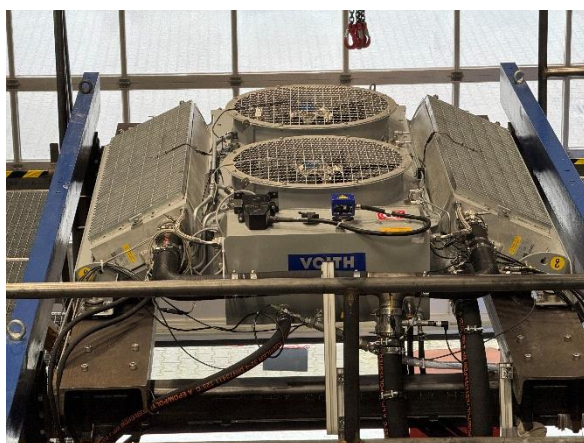


圖 15 車頂冷卻系統

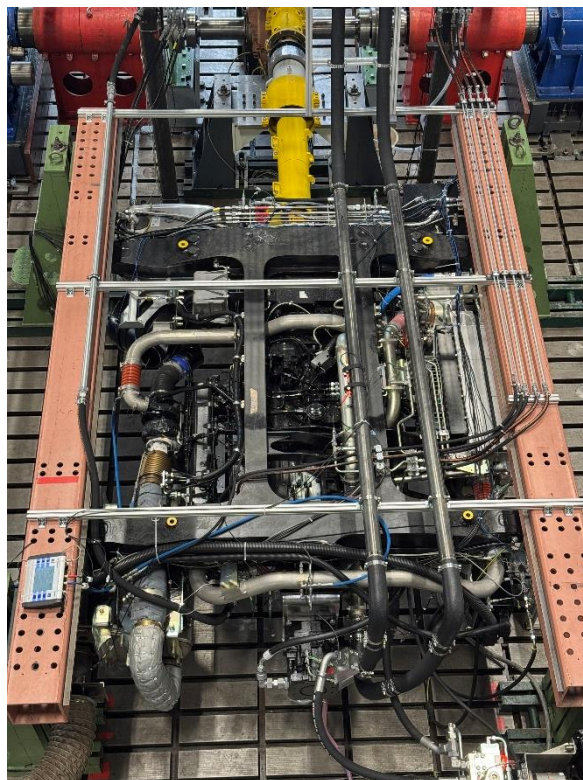


圖 16 福伊特動力包

● 二月十一日（星期二）
赫爾穆特施密特大學實驗室

一、變速機(具逆轉機功能)牽引力測試—驗證牽引力曲線

前提條件：

- RailPack 已組裝至接近量產狀態，並處於可運行狀態。
- RailPack 已達到操作溫度。

測試模式：

1. 將測試台上的負載機設置為最低可能速度。
2. 將驅動桿設置為 100%驅動水平。
3. 發電機負載 50 kW (63 kVA)。
4. 在 300 秒內將負載機運行至測試台的最大傳動輸出速度。
5. 在短暫的穩態時間後，於 300 秒內將測試台速度返回至最低可能速度。

編號	檢查項目	目標值
1	測試的所有前提條件均已滿足	測試的所有前提條件均已滿足
2	傳輸升檔和降檔點與傳輸特性數據相對應	升檔 n2/n1: 1657/1842 降檔 n2/n1: 1557/1177
3	渦輪增壓變速箱的換檔品質沒有出現異常	渦輪增壓變速箱的換檔品質沒有出現異常
4	變速器輸出端的牽引力已達到預計值（假定最終傳動效率為 97%）	變速器輸出端的牽引力已達到預計值（假定最終傳動效率為 97%）



圖 17 測試控制台—遠端監控

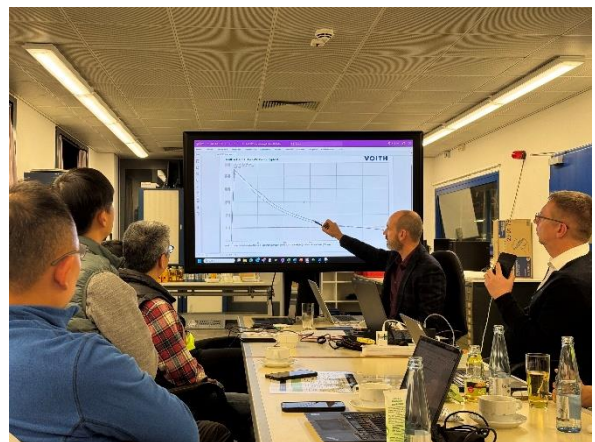


圖 18 牽引力曲線說明

二、變速機(具逆轉機功能)瞬間煞車力測試—驗證最大制動功率

前提條件：

- RailPack 已組裝至接近量產狀態，並處於可運行狀態。
- RailPack 處於允許的最低操作溫度。

測試模式：

1. 將 RailPack 運行至最大傳動輸出 ($n_2 = 2907\text{rpm}$)。
2. 確保最大可能的冷卻 (RailPack 處於低運行溫度，恆溫器被鎖定為全開，冷卻系統設置為最大)。
3. 在將減速器設置為 100%制動等級後，將測試台制動至最低可能速度。

編號	檢查項目	目標值
1	測試的所有前提條件均已滿足	測試的所有前提條件均已滿足
2	瞬間煞車力	300±15% kW
3	測試期間沒有出現油壓差過高、煞車力中斷或煞車扭矩振盪	測試期間沒有出現油壓差過高、煞車力中斷或煞車扭矩振盪

三、變速機(具逆轉機功能)連續煞車力測試—驗證持續制動功率

前提條件：

- RailPack 已組裝至接近量產狀態，並處於可運行狀態。
- RailPack 已達到操作溫度。

測試模式：

1. 以牽引模式運行 RailPack 至最大傳動輸出 ($n_2 = 2907\text{rpm}$)。
2. 在傳動控制的數據集中關閉短時間制動曲線。
3. 在將減速器設置為 100%制動等級後，將測試台制動至最低可能速度。

編號	檢查項目	目標值
1	測試的所有前提條件均已滿足	測試的所有前提條件均已滿足
2	連續煞車力	225 kW
3	測試期間沒有出現油壓差過高、煞車力中斷或煞車扭矩振盪	測試期間沒有出現油壓差過高、煞車力中斷或煞車扭矩振盪

● 二月十二日（星期三）
赫爾穆特施密特大學實驗室

一、冷卻迴路中的流量與壓力損失測試—驗證冷卻迴路內計算出的流量是否符合規定的冷卻能力

前提條件：

- RailPack 已組裝至接近量產狀態，並處於可運行狀態。
- RailPack 已達到操作溫度。
- 節溫器維持開啟。
- 標稱超壓已調整完成。
- 冷卻系統已填充冷卻液。

測試模式：

1. 記錄並評估壓力和流量（在空轉和滿載運行下），直到 $n_{eng} = 1800\text{rpm}$ 。

編號	檢查項目	目標值
1	測試的所有前提條件均已滿足	測試的所有前提條件均已滿足
2	冷卻液循環 HT 迴路 $n_{eng} = 1800\text{rpm}$	$Q_{HT} = 30 \text{ m}^3/\text{h}$ $Q_{HT} = 500 \text{ l/min}$
3	冷卻液循環 HT 迴路 $n_{eng} = 1200\text{rpm}$	$Q_{HT} = 20 \text{ m}^3/\text{h}$ $Q_{HT} = 333 \text{ l/min}$
4	特性曲線評估	根據目標曲線評估

二、溫度控制閥功能測試—測試溫度控制閥的開啟功能

前提條件：

- RailPack 及冷卻裝置已組裝至接近量產狀態，並處於可運行狀態。
- 節溫器處於自動控制模式（Auto-Mode）。
- 冷卻器完全覆蓋，或冷卻風扇設定於低速模式。
- 冷卻系統已填充規定的冷卻液。

測試模式：

1. 將引擎運行至額定轉速 $n_{eng} = 1800\text{rpm}$ 或 $n_{li} = 1995\text{rpm}$ 。
2. 依定義的方式施加負載，並將系統加熱至節溫器完全開啟。
3. 記錄溫控閥的開啟特性 $V=f(T)$ ，範圍為 79°C 至 88°C 的溫度區間。

編號	檢查項目	目標值
1	測試的所有前提條件均已滿足	測試的所有前提條件均已滿足
2	溫度控制閥開始打開	$T_{HTeng\ out} = 79 \pm 2^{\circ}C$ $Q_{HT} > 0\ m^3/h$
3	溫度控制閥完全打開	$T_{HTeng\ out} = 88 \pm 2^{\circ}C$ $Q_{HT} = 30\ m^3/h$ $Q_{HT} = 500\ l/min$
4	評估水泵前壓力	根據目標曲線評估

三、冷卻性能測試—評估冷卻系統的控制行為及驗證冷卻系統是否具備足夠的冷卻能力

前提條件：

- RailPack 已組裝至接近量產狀態，並處於可運行狀態。
- 冷卻系統已填充規定的冷卻液。
- 節溫器處於自動控制模式（Auto-Mode）。
- 高溫冷卻器（HT Cooler）與增壓空氣冷卻器（Charge Air Cooler）之冷卻表面有 10% 覆蓋。
- 環境溫度設定為 $45^{\circ}C$ （HT 冷卻器與空氣濾清器的進氣溫度）。
- 增壓空氣冷卻器的平均進氣溫度應為 $45^{\circ}C$ 。

測試模式：

1. 傳動速率的輸出設置為 $n_2 = 705\text{rpm}$ ，對應的傳動效率為 76%，所需的散熱功率為 $Q = 65\text{kW}$ 。
2. 負載設置為 100% 牽引力，發電機以最大額定功率運行，冷卻系統處於標準控制模式。
3. 測試運行至所有相關溫度達到穩定狀態。

編號	檢查項目	目標值
1	測試的所有前提條件均已滿足	測試的所有前提條件均已滿足
2	增壓空氣溫度引擎進氣口 = 增壓空氣溫度散熱器出口	$\leq 65^{\circ}C$
3	增壓空氣溫度散熱器入口	$\leq 193^{\circ}C$
4	HT 冷卻劑溫度散熱器出口平均值	$\leq 82^{\circ}C$
5	HT 冷卻劑溫度引擎出口	$\leq 90^{\circ}C$

	= HT 冷卻劑溫度散熱器入口	
6	周圍溫度 45°C	45±2°C
7	增壓空氣冷卻系統 MTD 評估	≤86 K
8	增壓空氣冷卻系統 ETD 評估	≤20 K
9	HT 冷卻系統 MTD 評估	≤41 K



圖 19 確認冷卻液水量

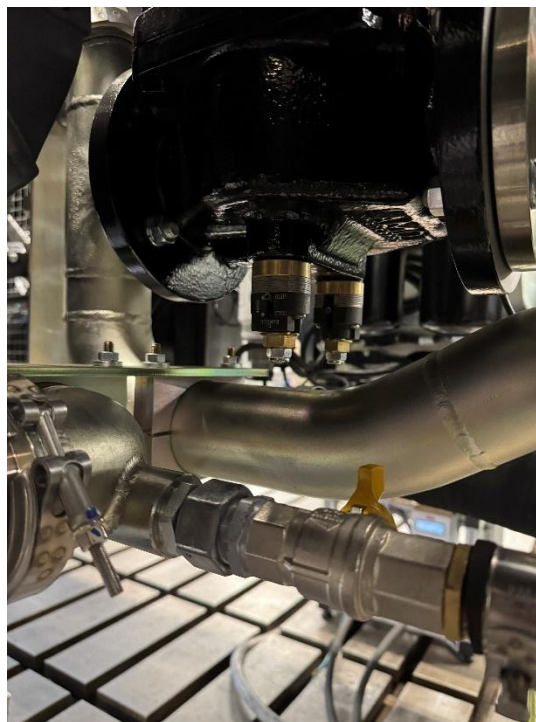


圖 20 節溫器

四、驅動風扇測試—評估冷卻系統的控制行為及驗證冷卻系統是否具備足夠的冷卻能力

前提條件：

- RailPack 已組裝至接近量產狀態，並處於可運行狀態。
- 冷卻系統已填充規定的冷卻液。
- 節溫器處於自動控制模式（Auto-Mode）。
- 高溫冷卻器（HT Cooler）與增壓空氣冷卻器（Charge Air Cooler）之冷卻表面有 10% 覆蓋。
- 環境溫度設定為 45°C（HT 冷卻器與空氣濾清器的進氣溫度）。
- 增壓空氣冷卻器的平均進氣溫度應為 45°C。

測試模式：

1. 在冷油或熱油條件下，記錄引擎轉速 1100 和 2100 min^{-1} 時控制電流或工作壓力對風扇轉速的特性曲線。

編號	檢查項目	目標值
1	測試的所有前提條件均已滿足	測試的所有前提條件均已滿足
2	HT 冷卻系統風機組額定轉速 $n_1 = 1100\text{rpm}$	$n_{\text{fan HT1}} \approx 1960 \text{ min}^{-1}$ $n_{\text{fan HT2}} \approx 1960 \text{ min}^{-1}$
3	HT 冷卻系統風機組額定轉速 $n_1 = 1300\text{-}2100\text{rpm}$	$n_{\text{fan HT1}} \approx 3100 \text{ min}^{-1}$ $n_{\text{fan HT2}} \approx 3100 \text{ min}^{-1}$
4	HT 冷卻系統風扇之間的速度偏差	$\Delta n = \pm 155 (\pm 5\%)$
5	增壓空氣冷卻系統風機組額定轉速 $n_1 = 1100\text{rpm}$	$n_{\text{fan_CA}} = 3100 \text{ min}^{-1}$
6	增壓空氣冷卻系統風機組額定轉速 $n_1 = 1300\text{-}2100\text{rpm}$	$n_{\text{fan_CA}} = 3100 \text{ min}^{-1}$

● 二月十三日（星期四）

赫爾穆特施密特大學實驗室

一、發電機靜態穩定性能測試—驗證發電機電流在低溫環境下啟動 RailPack 時的頻率與電壓穩定性

前提條件：

- RailPack 已組裝至接近量產狀態，並處於可運行狀態。
- RailPack 各元件處於低溫狀態（依現場條件決定）。

測試模式：

1. 引擎在冷態下啟動，符合現場的操作條件。
2. 經控制器釋放後，啟動約 35 kW 的平均負載（ $P_{Gen\ e} \approx 35\text{ kW}$ ）。
3. 在以下情況下切換：
 - 從 $P_{Gen\ e} \approx 35\text{ kW}$ 變為 16 kW，持續 10 秒；
 - 從 $P_{Gen\ e} \approx 16\text{ kW}$ 變為 35 kW，持續 10 秒。
4. 模擬緩慢的調車行駛，持續 2 分鐘。

編號	檢查項目	目標值
1	測試的所有前提條件均已滿足	測試的所有前提條件均已滿足
2	發電機額定頻率在允許的偏差範圍內	$f_{Gen_dyn_max} : 60 \pm 10\% \text{ Hz}$ $f_{Gen_t > 2000ms} : 60 \pm 6\% \text{ Hz}$
3	發電機額定電壓在允許的偏差範圍內	$U_{Gen_dyn_max} : 440 \pm 15\% \text{ V}$ $U_{Gen_t < 500ms} : 440 \pm 10\% \text{ V}$ $U_{Gen_t > 2000ms} : 440 \pm 5\% \text{ V}$
4	發電機不能關閉	發電機不能關閉

二、發電機靜態穩定性能測試—驗證發電機電流在不同負載範圍內，隨引擎轉速及冷卻液溫度變化的頻率與電壓穩定性

前提條件：

- RailPack 已組裝至接近量產狀態，並處於可運行狀態。
- RailPack 各元件已達到正常操作溫度。

測試模式：

1. 引擎的準靜態加速，速度梯度 $\leq 15\text{ rpm/s}$ ，從空轉轉速加速至額定轉速：
 - 無負載運行

- 中等負載運行（約為額定功率的 50%，考慮發電機的溫度反應）
- 最大電負載運行（考慮發電機的溫度反應）

編號	檢查項目	目標值
1	測試的所有前提條件均已滿足	測試的所有前提條件均已滿足
2	發電機額定頻率負載變化後速度處於規定的範圍內	60±6% Hz
3	發電機額定電壓負載變化後電壓處於規定的範圍內	440±5% V

三、發電機靜態穩定性能測試—驗證發電機電流在電負載突變時的頻率與電壓穩定性

前提條件：

- RailPack 已組裝至接近量產狀態，並處於可運行狀態。
- RailPack 各元件已達到正常操作溫度。

測試模式：

- 執行指定的最大負載跳變（19 kW）於空轉轉速、中速和額定轉速：
 - 從 $P_{Gen\ e} \approx 0$ 跳至 19 kW，
 - 從 $P_{Gen\ e} \approx 26$ kW 跳至 45 kW
 （大約對應發電機溫度反應下的最大電負載）。
- 模擬空調壓縮機啟動（28 kVA 或 22.4 kW），透過測試台上的感應負載開關進行（依現場條件最佳化）：
 - 從 $P_{Gen\ e} \approx 56$ kVA 跳至 86 kVA。
- 檢查在整個轉速範圍內最大負載跳變是否符合規定允許範圍。

編號	檢查項目	目標值
1	測試的所有前提條件均已滿足	測試的所有前提條件均已滿足
2	發電機額定頻率在允許的偏差範圍內	$f_{Gen_dyn_max} : 60 \pm 10\% \text{ Hz}$ $f_{Gen_t > 2000ms} : 60 \pm 6\% \text{ Hz}$
3	發電機額定電壓在允許的偏差範圍內	$U_{Gen_dyn_max} : 440 \pm 15\% \text{ V}$ $U_{Gen_t < 500ms} : 440 \pm 10\% \text{ V}$ $U_{Gen_t > 2000ms} : 440 \pm 5\% \text{ V}$
4	發電機負載不停機	發電機負載不停機

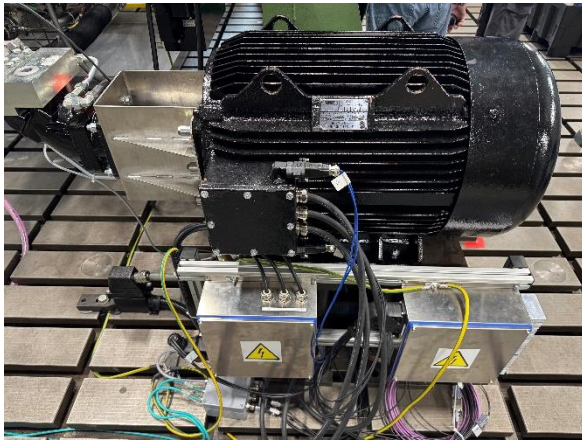


圖 21 EMIT 發電機



圖 22 測試發電機銘牌

- 二月十四日（星期五）

赫爾穆特施密特大學實驗室

針對本次為期一週的部分動力包測試見證，召開了一場總結會議，會議中我們回顧了已完成的測試項目，並針對測試過程中的數據表現、設備運行狀況及潛在問題進行了討論與分析。

由於型式測試仍未全部完成，後續測試將由福伊特團隊持續進行，並依照測試程序書進行數據驗證與結果分析，我們將密切關注測試進展，確保最終測試結果符合規範與預期性能標準。



圖 23 測試見證總結會議

測試見證紀錄表：



支線節能環保客車 60 輛 動力包型式測試見證紀錄表
TRC 60 Cars of Branch Line Rail Pack Test Witness Record

製造廠名稱 (Manufacture)：J.M. Voith SE & Co. KG Heidenheim, Germany

供應商 (Supplier)：台灣車輛股份有限公司

檢查日期 (Date of Inspection)：2025. 2. 10 ~ 2025. 2. 13

檢查結果 (Result of Inspection)：詳以下各項結果判定

製造廠檢驗者 (Manufacture Inspector)：吳承暉 E. Hant J. Penn

獨立驗證與認證商 (IV&V)：台灣德國萊因技術監護顧問股份有限公司

見證人 (Witnesser)：TRC：張世俊 許港輝 歐映廷 施昌宏
TÜV：吳新宇 張勝源

次系統名稱 (Sub-system)：動力包 Rail Pack

組件編號 (Serial Number)：01374592

測試見證：依據 DMU-PRO-0101 連結器型式測試程序書 B 版執行

1. 品質系統 Quality Management System

項目 Item	執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(1) 查證測試程序書版本是否與核定版一致	DMU-PRO-0101 柴油引擎型式測試程序書 (B 版)	+ / 現場確認台車公司版本、製造商與實驗室提供之測試程序書均為最新版本 (B 版)，經查證已符合需求。	

項目 Item	執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(2) 查證執行測試的實驗室資格文件	ISO/IEC 17025	+ / 經查證，本專案動力包測試均由製造商(J.M. Voith SE & Co. KG) 於第三方實驗室自行執行，製造商已提供過去動力包之實績佐證，經查證已符合需求。	
(3) 查證測試設備及測試儀器之有效性	技術規範 6.3.1(2)、DMU-PRO-0101 柴油引擎型式測試程序書(B版) 8 測試設備清單	+ / 經查證，本專案動力包測試均由製造商(J.M. Voith SE & Co. KG) 於第三方實驗室自行執行，製造商已提供壓力計之校正證明文件，經查證已符合需求。	
(4) 查證執行測試人員是否符合規定	技術規範 6.3.1(4)、 ISO9001:2015 7.1.2 及 7.2	+ / 經查證，本專案動力包測試均由製造商(J.M. Voith SE & Co. KG) 自行執行，製造商已提供本案測試單位執行測試人員之資格(人員資格管理表)，經查證已符合需求。	
(5) 查證所使用之測試紀錄表是否符合程序書	技術規範 6.3.1(2)、DMU-PRO-0101 柴油引擎型式測試程序書	N/A / 測試尚未完成	

2. 測試見證 Test Witness

壓力特性曲線評估(5.2.2 Volume flow and pressure losses in the HT coolant circuit)

項目 Item	執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(1) 所有前提條件均已滿足	1. 動力包已妥善安裝於測試臺 2. 節溫器已開啟 3. 動力包所有組件已達到正常運作溫度 4. 已調整至定義上的加壓狀態 5. 冷卻系統已確實填充冷卻液	+ / 已達成所有前提條件，如下： 1. 動力包已妥善安裝於測試臺 2. 節溫器已開啟 3. 動力包所有組件已達到正常運作溫度 4. 已調整至定義上的加壓狀態 5. 冷卻系統已確實填充冷卻液	
(2) 冷卻液循環 HT 迴路，在 $n_{eng}=1800rpm$ 時	$Q_{HT}=30 \text{ m}^3/h$ $Q_{HT}=500 \text{ l/min}$	+ / 已達成目標需求 $Q_{HT}=30 \text{ m}^3/h$	
(3) 冷卻液循環 HT 迴路，在 $n_{eng}=1200rpm$ 時	$Q_{HT}=20 \text{ m}^3/h$ $Q_{HT}=333 \text{ l/min}$	+ / 已達成目標需求 $Q_{HT}=20 \text{ m}^3/h$	
(4) 評估特性曲線	根據曲線評估	Q / 目前尚未能夠提供測試曲線，台車公司將於日後提供。	

TRC: 嚴世俊 許鴻輝 陳建宏 施昌宏
 TRSC: 張志剛
 TÜVR: 吳利行 張勝治
 Voith: 吳承暉 E. Kaut^{3/13} J. Ramm

溫度控制閥測試(5.2.3 Temperature control valve function in the HT coolant circuit)

項目 Item	執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(1) 所有前提條件均已滿足	1. 動力包已妥善安裝於測試臺 2. 節溫器已切換至自動模式 3. 冷卻系統已覆蓋或是將冷卻風扇調至低速模式 4. 冷卻系統已確實填充冷卻液	+ / 已達成所有前提條件，如下： 1. 動力包已妥善安裝於測試臺 2. 節溫器已切換至自動模式 3. 冷卻風扇已調至低速模式(約490~590rpm) 4. 冷卻系統已確實填充冷卻液	
(2) 溫度控制閥開始打開	$T_{HTeng\ out}=79\pm2^{\circ}C$ $Q_{HT}>0\ m^3/h$	+ / 已達成目標需求 $T_{HTeng\ out}=79\pm2^{\circ}C$ $Q_{HT}>0\ m^3/h$	
(3) 溫度控制閥完全打開	$T_{HTeng\ out}=88\pm2^{\circ}C$ $Q_{HT}=30\ m^3/h$	+ / 已達成目標需求 $T_{HTeng\ out}=88\pm2^{\circ}C$ $Q_{HT}=30\ m^3/h$	
(4) 評估水泵前壓力	根據目標曲線	Q / 目前尚未能夠提供目標曲線，台車公司將於日後提供。	

冷卻性能測試(5.2.4 Cooling capacity test - regular operation)

項目 Item	執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(1) 增壓空氣溫度引擎進氣口 = 增壓空氣溫度散熱器出口	$\leq 65^{\circ}\text{C}$	N/A / 由於季節溫度影響，實驗室氣溫太低，台車公司表示本次測試無法進行。未來當氣溫較高時，測試將會執行。	
(2) 增壓空氣溫度散熱器入口	$\leq 193^{\circ}\text{C}$		
(3) HT 冷卻劑溫度散熱器出口平均值	$\leq 82^{\circ}\text{C}$		
(4) HT 冷卻劑溫度引擎出口 = HT 冷卻劑溫度散熱器入口	$\leq 90^{\circ}\text{C}$		
(5) 周圍溫度 45°C	$45 \pm 2^{\circ}\text{C}$		
(6) 增壓空氣冷卻系統 MTD 評估	$\leq 86\text{ K}$		
(7) 增壓空氣冷卻系統 ETD 評估	$\leq 20\text{ K}$		
(8) HT 冷卻系統 MTD 評估	$\leq 41\text{ K}$		

TRC: 梁世俊 許湛輝 張明 施昌宏

TRSC: 張志剛

TÜVR: 吳新宇 張明

Voith: 吳承暉 E. Kaut J. Pann

5/13

驅動風扇測試

項目 Item	執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(1) 所有前提條件均已滿足	1. 動力包已妥善安裝於測試臺，並已進入運轉模式 2. 動力包周圍環境溫度已達到 20~30 攝氏度 3. 動力包各部件為冷機狀態	+ / 已達成所有前提條件，如下： 1. 動力包已妥善安裝於測試臺，並已進入運轉模式 2. 動力包周圍環境溫度已達到 20~30 攝氏度 3. 動力包各部件為冷機狀態	
(2) HT 冷卻系統 風機組額定轉速 n1=1100 rpm	n _{fan HT1} ≈1960 rpm n _{fan HT2} ≈1960 rpm	B / 測試失敗，由於風扇轉速皆大於 1960rpm(約 2700~2800rpm)，台車公司表示本項測試通過標準應為大於或等於 1960rpm，日後將於本項測試程序書進版後再進行檢視。 n _{fan HT1} ≈1960 rpm n _{fan HT2} ≈1960 rpm	
(3) HT 冷卻系統 風機組額定轉速 n1=1300-2100 rpm	n _{fan HT1} ≈3100 rpm n _{fan HT2} ≈3100 rpm	Q / 因海拔高度影響，台車公司解釋於德國漢堡之理想測試結果應為 2730~300rpm 滿足目標條件(3000rpm，實際測試轉速僅 2800-2900 rpm。請台車公司公司提供有關海拔高度影響測試結果之公式與詳解。	

項目 Item		執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(4)	HT 冷卻系統 風扇之間的速度偏差	$\Delta n = \pm 155 \text{ rpm}$	NA / 上一測項尚未滿足環境需求，待台車公司提供本測試有關海拔高度影響測試結果之公式與詳解後，再進行本測項之判定。	
(5)	增壓空氣冷卻系統 風機組額定轉速 $n_1 = 1100 \text{ rpm}$	$n_{fan_CA} = 3100 \text{ rpm}$	Q / 因海拔高度影響，台車公司解釋於德國漢堡之理想測試結果應為 2730~3000rpm，實際測試轉速僅 2800-2900 rpm。請台車公司提供有關海拔高度影響測試結果之公式與詳解。	
(6)	增壓空氣冷卻系統 風機組額定轉速 $n_1 = 1300-2100 \text{ rpm}$	$n_{fan_CA} = 3100 \text{ rpm}$	Q / 因海拔高度影響，台車公司解釋於德國漢堡之理想測試結果應為 2730~3000rpm，實際測試轉速僅 2800-2900 rpm。請台車公司提供有關海拔高度影響測試結果之公式與詳解。	

TRC: 黎世俊 許建緯 連映廷 苑昌宏

TRSC: 張志剛

TÜVR: 吳利亨 鍾耀華

Voith: 吳承時 E. Hardt J. Ramm

發電機啟動測試(5.4.1 Generator – Activation at cold conditions)

項目 Item	執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(1) 所有前提條件均已滿足	1. 動力包已妥善安裝於測試臺，並已進入運轉模式 2. 動力包各部件為冷機狀態	+ / 已達成所有前提條件，如下： 1. 動力包已妥善安裝於測試臺，並已進入運轉模式 2. 動力包各部件為冷機狀態	
(2) 發電機額定頻率在允許的偏差範圍內	$f_{Gen_dyn_max} = 60 \pm 10\% \text{ Hz}$ $f_{Gen_t > 2000ms} = 60 \pm 6\% \text{ Hz}$	+ / 已達成目標需求 $f_{Gen_dyn_max} = 60 \pm 10\% \text{ Hz}$ $f_{Gen_t > 2000ms} = 60 \pm 6\% \text{ Hz}$	
(3) 發電機額定電壓在允許的偏差範圍內	$U_{Gen_dyn_max} = 440 \pm 15\% \text{ V}$ $U_{Gen_t < 500ms} = 440 \pm 10\% \text{ V}$ $U_{Gen_t > 2000ms} = 440 \pm 5\% \text{ V}$	+ / 已達成目標需求 $U_{Gen_dyn_max} = 440 \pm 15\% \text{ V}$ $U_{Gen_t < 500ms} = 440 \pm 10\% \text{ V}$ $U_{Gen_t > 2000ms} = 440 \pm 5\% \text{ V}$	
(4) 發電機不能關閉	發電機不能關閉	+ / 已達成目標需求，發電機無關閉	

發電機靜態穩定性能測試(5.4.2 Generator Static behaviour)

項目 Item		執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(1)	所有前提條件均已滿足	1. 動力包已妥善安裝於測試臺，並已進入運轉模式 2. 動力包已到達工作溫度	+ / 已達成所有前提條件，如下： 1. 動力包已妥善安裝於測試臺，並已進入運轉模式 2. 動力包已到達工作溫度	
(2)	發電機額定頻率 負載變化後速度處於規定的範圍內	60±6% Hz	+ / 已達成目標需求，包含無負載、半載與滿載 60±6% Hz	
(3)	發電機額定電壓 負載變化後電壓處於規定的範圍內	440±5% V	+ / 已達成目標需求，包含無負載、半載與滿載 440±5% V	

TEC: 黎世俊 許溫緯 陳永興 施昌宏
 TRSC: 廖志剛
 TÜVR: 吳明宇 張勝強
 Voith: 吳承輝 C. Yau^{9/13} J. Ramm

發電機極限負載性能測試(5.4.3 Generator Dynamic behaviour due to load jump)

項目 Item	執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(1) 所有前提條件均已滿足	1. 動力包已妥善安裝於測試臺，並已進入運轉模式 2. 動力包已到達工作溫度	+ / 已達成所有前提條件，如下： 1. 動力包已妥善安裝於測試臺，並已進入運轉模式 2. 動力包已到達工作溫度	
(2) 發電機額定頻率在允許的偏差範圍內	$f_{Gen\ dyn\ max} = 60 \pm 10\% \text{ Hz}$ $f_{Gen\ t>2000ms} = 60 \pm 6\% \text{ Hz}$	+ / 已達成目標需求，包含 $P_{Gen\ e} \approx 0 \text{ to } 19\text{kW}$ 、 $P_{Gen\ e} \approx 26 \text{ to } 45\text{kW}$ 與 $P_{Gen\ e} \approx 56\text{kVA to } 86\text{kVA}$ $f_{Gen\ dyn\ max} = 60 \pm 10\% \text{ Hz}$ $f_{Gen\ t>2000ms} = 60 \pm 6\% \text{ Hz}$	
(3) 發電機額定電壓在允許的偏差範圍內	$U_{Gen\ dyn\ max} = 440 \pm 15\% \text{ V}$ $U_{Gen\ t<500ms} = 440 \pm 10\% \text{ V}$ $U_{Gen\ t>2000ms} = 440 \pm 5\% \text{ V}$	+ / 已達成目標需求，包含 $P_{Gen\ e} \approx 0 \text{ to } 19\text{kW}$ 、 $P_{Gen\ e} \approx 26 \text{ to } 45\text{kW}$ 與 $P_{Gen\ e} \approx 56\text{kVA to } 86\text{kVA}$ $U_{Gen\ dyn\ max} = 440 \pm 15\% \text{ V}$ $U_{Gen\ t<500ms} = 440 \pm 10\% \text{ V}$ $U_{Gen\ t>2000ms} = 440 \pm 5\% \text{ V}$	
(4) 發電機負載不停機	發電機負載不停機	+ / 已達成目標需求，發電機無關閉	

變速機(具逆轉機功能)牽引力測試(5.6.1 Tractive effort curve)

項目 Item	執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(1) 測試的所有前提條件均已滿足	1. 動力包已妥善安裝於測試臺，並已進入運轉模式 2. 動力包已到達工作溫度	+ / 已達成所有前提條件，如下： 1. 動力包已妥善安裝於測試臺，並已進入運轉模式 2. 動力包已到達工作溫度	
(2) 傳輸升檔和降檔點與傳輸特性數據相對應	升檔 n2/n1: 1657/1842 降檔 n2/n1: 1557/1177	Q / 台車公司表示測試結果目前無法判定通過與否，尚需和製造商討論詳細情形。	
(3) 渦輪增壓變速箱的換檔品質沒有出現異常	渦輪增壓變速箱的換檔品質沒有出現異常	+ / 已達成目標需求	
(4) 變速器輸出端的牽引力已達到預計值（假定最終傳動效率為97%）	變速器輸出端的牽引力已達到預計值（假定最終傳動效率為97%）	+ / 已達成目標需求，台車公司已提供計算後之牽引力曲線圖。	

TRC: 蔡世俊 許湛輝 陳映光 施昌宏
 TRSC: 張志偉
 TÜVR: 吳利亨 張勝之
 Voith: 吳承暉 C. Kersch J. Ramm

變速機(具逆轉機功能)瞬間煞車力測試(5.6.2 Short time braking effort (retarder operation))

項目 Item		執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(1)	測試的所有前提條件均已滿足	1. 動力包已妥善安裝於測試臺，並已進入運轉模式 2. 動力包已到達最低允許運轉溫度	+ / 已達成所有前提條件，如下： 1. 動力包已妥善安裝於測試臺，並已進入運轉模式 2. 動力包已到達最低允許運轉溫度	
(2)	瞬間煞車力	300 ±15% kW	+ / 已達成目標需求	
(3)	測試期間沒有出現油壓差過高、煞車力中斷或煞車扭矩振盪	測試期間沒有出現油壓差過高、煞車力中斷或煞車扭矩振盪	+ / 已達成目標需求	

變速機(具逆轉機功能)連續煞車力測試(5.6.3 Continuous braking power (Retarder operation))

項目 Item		執行標準 Standard	結果判定 Judgement	備註 Remark
(1)	測試的所有前提條件均已滿足	1. 動力包已妥善安裝於測試臺，並已進入運轉模式 2. 動力包已到達運轉溫度	+ / 已達成所有前提條件，如下： 1. 動力包已妥善安裝於測試臺，並已進入運轉模式 2. 動力包已到達運轉溫度	
(2)	連續煞車力	225kW	+ / 已達成目標需求	
(3)	測試期間沒有出現油壓差過高、煞車力中斷或煞車扭矩振盪	測試期間沒有出現油壓差過高、煞車力中斷或煞車扭矩振盪	+ / 已達成目標需求	

TRC: 黎世俊 許湛輝 連映如 苑昌宏
 TRSC: 張志偉
 TÜV: 劉宇 王國華
 Voith: 吳永輝 C. Kaulke J. Ramm

13/13

移動：漢堡搭乘德鐵 ICE 前往喀斯魯

- 二月十五、十六日（星期六、日）
休息日/例假日

- 二月十七日（星期一）

GMT 工廠

GMT GmbH (Gummi-Metall-Technik, 簡稱 GMT) 總部位於德國巴登-符騰堡邦比赫爾(Bühl), 鄰近喀斯魯(Karlsruhe)。該公司專注於橡膠-金屬組件的研發與製造, 致力於提供高性能的懸吊與減振解決方案, 其產品廣泛應用於軌道交通、汽車工業、工業機械及國防領域, 為各類車輛與設備提供卓越的減振與噪音控制技術。GMT 已成為國際軌道業界備受信賴的減振與懸吊系統供應商, 亦為本案車輛「一次簧」與「二次簧」設備供應商。

此次前往 GMT 公司, 我們進行工廠參訪, 目前工廠內已有少量本案所使用的一次簧產品試製中, 在會議期間廠商也提供了本案使用的一次簧實品, 並向我們詳細說明製造流程及品管程序。隨後, 廠商帶領我們參觀生產線, 逐步介紹各項製程, 包括材料準備、成型、加工、噴漆處理等環節, 在參訪過程中, 專案經理特別說明 GMT 積極拓展應用領域, 除交通運輸與工業設備外, 亦為半導體產業的精密儀器提供高性能減振橡膠產品, 以確保設備運行的穩定性與精度。接著, 下午前往二次簧的製造工廠, 首先參觀氣密測試的示範過程, 之後進一步了解二次簧橡膠氣囊的生產方式, 該製程是先將橡膠層與金屬線疊合, 再進行後續的加工與壓製成型, 透過本次參訪讓我們對懸吊系統的生產與測試程序有了更深入的認識, 也獲得了許多寶貴的专业知識。



圖 24 GMT 總部



圖 25 一次簧試做樣品



圖 26 GMT 品管說明



圖 27 二次簧氣密測試



圖 28 橡膠氣囊壓制成形設備

- 二月十八日（星期二）
移動日，喀斯魯搭乘德鐵 ICE 前往法蘭克福。
- 二月十九、二十日（星期三、四）
返程，由德國法蘭克福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、支線 60 輛與 DR1000 動力系統比較

支線 60 輛動力系統係採用 VOITH RailPack，是一款集成式柴油動力模組，專為柴油動車組(DMU)、城際列車、區域鐵路車輛設計。該系統將柴油引擎、液力變速機、冷卻系統、輔助設備整合為單一模組，以降低油耗、提升效率與減少維護成本。

臺鐵 DR1000 是一款由日本東急車輛製造的柴油客車，採用 Cummins NTA855-R1 柴油引擎搭配新瀉 DBSF-100C 液體變速機，並使用獨立柴油發電引擎（Cummins 4BT 3.9L GR2）提供車上電力。

以下將針對動力系統、變速機、發電系統與其他關鍵特色進行詳細比較。

(一)、兩種動力系統規格介紹

1. VOITH RailPack (MAN D2876 LUE 631 + Voith T211re.4)



圖 29 MAN 動力引擎

■ 動力引擎

- 製造商：MAN（德國）
- 型號：MAN D2876 LUE 631
- 類型：直列 6 缸、四衝程柴油引擎
- 最大功率：390 kW（530 馬力）@1800rpm

- 轉速範圍：最高 2,100 rpm
- 排氣量：12.8L
- 排放標準：符合歐盟 Stage IIIB（低污染、低油耗）
- 燃油供應：高壓共軌燃油直噴（Common Rail）



圖 30 VOITH 變速機

■ 變速箱

- 製造商：VOITH（德國）
- 型號：T211re.4
- 類型：液力-機械變速箱（Hydro-mechanical Transmission）
- 檔位：2 段變速
- 內建功能：
 - ◆ 高速鎖定機械變速，提高燃油效率
 - ◆ 內建 KB 190 液力緩速器（Hydrodynamic Brake），減少機械制動器磨損
 - ◆ 當車輪空轉產生，變速機將通過壓力釋放而快速降低輸出之牽引力，此為通過快速傳輸脫離的方式進行，快速脫離之反應時間非常短，牽引力的降低僅在變速機中起作用。

■ 發電系統

- 發電方式：由主引擎直接液壓泵驅動發電機液壓馬達
- 發電機類型：三相同步交流發電機
- 容量：63kVA
- 頻率：60Hz
- 轉速：1,800rpm

2. 臺鐵 DR1000 (Cummins NTA855-R1 + 新瀧 DBSF-100C)

臺鐵 DR1000 為柴油客車，使用獨立柴油引擎驅動發電機，並搭配純液力變速機進行動力傳輸。

■ 動力引擎

- 製造商：Cummins (美國)
- 型號：NTA855-R1
- 類型：直列 6 缸、四衝程柴油引擎
- 最大功率：287KW(385HP / 2100rpm)
- 轉速範圍：最高 2450rpm(2500rpm 超速保護熄火)
- 排氣量：14L
- 排放標準：較舊標準 (未達 StageIIIB, Tier II 排放標準)
- 燃油供應：傳統噴油系統，低壓分油式 PTG 搭配 AFC(Air/Fuel Control)(空氣燃油控制器)防止排放黑煙

■ 變速箱

- 製造商：新瀧鐵工所 (日本)
- 型號：DBSF-100C
- 類型：液聯、直聯變速箱
- 檔位：2 段變速
- 特殊功能：
 - ◆ 無內建緩速器，完全依賴機械制動，而 DR1000 採用合成閘瓦，減速煞車時間較長時，閘瓦發熱會降低煞車效果。

■ 發電系統

- 發電方式：獨立柴油發電引擎
- 發電引擎：Cummins 4BT 3.9L GR2
- 發電機類型：三相同步交流發電機
- 頻率：60±5% Hz(引擎惰速經油門馬達拉動鋼索高速，高速油門開度由手動設定 62.5HZ 負載垂降至 58HZ 間為可供電範圍、開迴路控制、無自動調整轉速功能)
- 轉速：1800±5%rpm

規格與性能比較表：

比較項目	VOITH RailPack (MAN D2876 LUE 631)	臺鐵 DR1000 (Cummins NTA855-R1)
動力引擎	直列 6 缸柴油引擎 (Stage IIIB)	直列 6 缸柴油引擎 (無 Stage IIIB)
最大功率	390 kW (530 馬力)	287KW (385 馬力)
變速箱型式	液力-機械變速 (T211re.4)	液聯、直聯變速 (DBSF-100C)
變速箱換檔方式	自動變速	手動切換液聯位/直聯位
內建緩速器	有 (KB 190 液力緩速器)	無，完全依賴機械制動
發電系統驅動	主引擎直接驅動發電機 (需調高主引擎惰速至 1100rpm)	獨立柴油發電引擎
維護需求	較少 (少一具發電引擎需維修)	較高 (需維護額外發電引擎)
排放標準	符合歐盟 Stage IIIB (環保)	舊排放標準 (污染較高)

(二)、現行 DR1000、DMU3100 變速機手動切換與 VOITH RailPack 自動變速

目前臺鐵 DR1000、DMU3100 的純液力變速機 (DBSF-100C) 需要手動切換「液聯位」與「直聯位」，操作方式如下：

- 起步 (0~60 km/h)：需保持在液聯位確保平穩起步，避免引擎熄火或損害變速箱。
- 高速 (60 km/h 以上)：司機需手動切換至直聯位，讓引擎動力直接傳輸至動輪，提高效率。
- DR1000、DMU3100 變速機手動切換常發生問題

- ◆ 不熟悉操作的司機可能忘記切回液聯位
車輛停車後未切回液聯位，下次起步時變速箱仍處於直聯位，可能導致引擎熄火。
- ◆ 回送列車時，司機容易忽略變速箱設定
回送時常由較少駕駛這類車型的司機操作，可能因為未及時察覺熄火而造成運行延誤，甚至影響行車安全。
- ◆ 運轉檢查員故障排除時間長
如果司機未察覺熄火原因，且運轉檢查員無法即時排除問題，可能造成更大的營運影響。

而 VOITH RailPack 自動變速的優勢在於採用液力-機械變速箱（T211re.4），可自動切換液聯位與直聯位，解決 DR1000 需要手動切換變速箱的問題。

■ 自動變速功能

- 起步時自動使用液力變速，低速平穩運行，避免熄火問題。
- 達到適當車速後，自動切換至直聯位，提高效率，無需司機手動操作。
- 減少司機操作負擔，降低誤操作風險，提升行車安全性。
- 減少動輪空轉，提升行車安全性。

■ 內建 KB 190 液力緩速器

- 減少機械煞車負擔，延長煞車壽命。
- 提高下坡與高速行駛安全性，降低煞車過熱風險。

■ 整合式發電系統

- 主引擎經由液壓驅動發電機，無需獨立柴油發電引擎，減少維護需求與油耗。

(三)、可能的維修問題與解決方案

雖然 VOITH RailPack 具備燃油效率高、環保標準佳、自動變速等優勢，但也需考量維修與後勤支援問題：

■ 整合式發電系統，主引擎經由液壓驅動發電機

- 無需獨立柴油發電引擎，但需提高主引擎惰速運轉轉速至 1100rpm，以提供足夠液壓驅動發電機至 1800rpm
- 整體油耗表現必須待實車運轉驗證

- 引擎檢修週期因惰速提高是否必須縮短待實車運轉驗證
- 內建 KB 190 液力緩速器
 - 變速機過熱為支線客車低速運轉情況下，長期存在問題，長坡道運用功效及臺灣氣候問題影響必須待實車運轉驗證
- 動力包發生故障時，原廠建議送回維修
 - 若需送回原廠，可能影響車輛可用性，導致運行中斷。
 - 維修廠段應具備基本檢修能力，原廠應給予基本教育訓練。
- 備品與後勤管理需完善
 - 若選擇由原廠維修，則應有足夠的備品與後備動力模組，確保車輛能夠及時修復，不影響運用。

(四)、總結 VOITH RailPack 更具優勢

VOITH RailPack 的優勢

- 變速箱自動換檔，避免 DR1000 因手動切換不當導致的熄火與行車風險。
- 內建液力緩速器，減少機械煞車負擔，提升安全性。
- 符合歐盟 Stage IIIB 標準，排放更環保，燃油效率更高。
- 發電系統整合主引擎，減少維護需求與營運成本。

適用於現代化柴油動車組，提升行車安全與運行效率，符合未來發展需求！但需考量動力包故障維修問題，建議維修廠段應提升維修能力及準備充足備品，以免影響車輛運用。

二、KB 190 變速機內建減速機之減速能力分析

(一)、液力緩速器基本說明

VOITH T211re.4 變速機內建的減速機 - KB 190 液力緩速器，是列車制動系統中不可或缺的重要輔助裝置。其透過液力阻尼作用產生減速力，不依靠摩擦式煞車元件，可有效延長制動系統壽命，尤其適用於長坡道下行或區間速度控制等場景。

■ 運作條件與性能：

1. 啟動方式：

KB 190 液力緩速器啟動時，需透過油泵將變速機油注入內部，以建立液力回路。此過程約需 20 秒，因此無法即時參與緊急煞車，必須預先判斷與啟動。

2. 最大瞬時煞車功率：

在冷卻系統良好條件下，KB 190 液力緩速器可提供高達 300kW 的瞬間煞車功率，適用於短時間強力減速需求。

3. 連續煞車功率：

在長時間穩定作動與有效散熱下，可穩定輸出 225kW 煞車功率，非常適合用於長坡段行駛時的等速控制或減速操作。

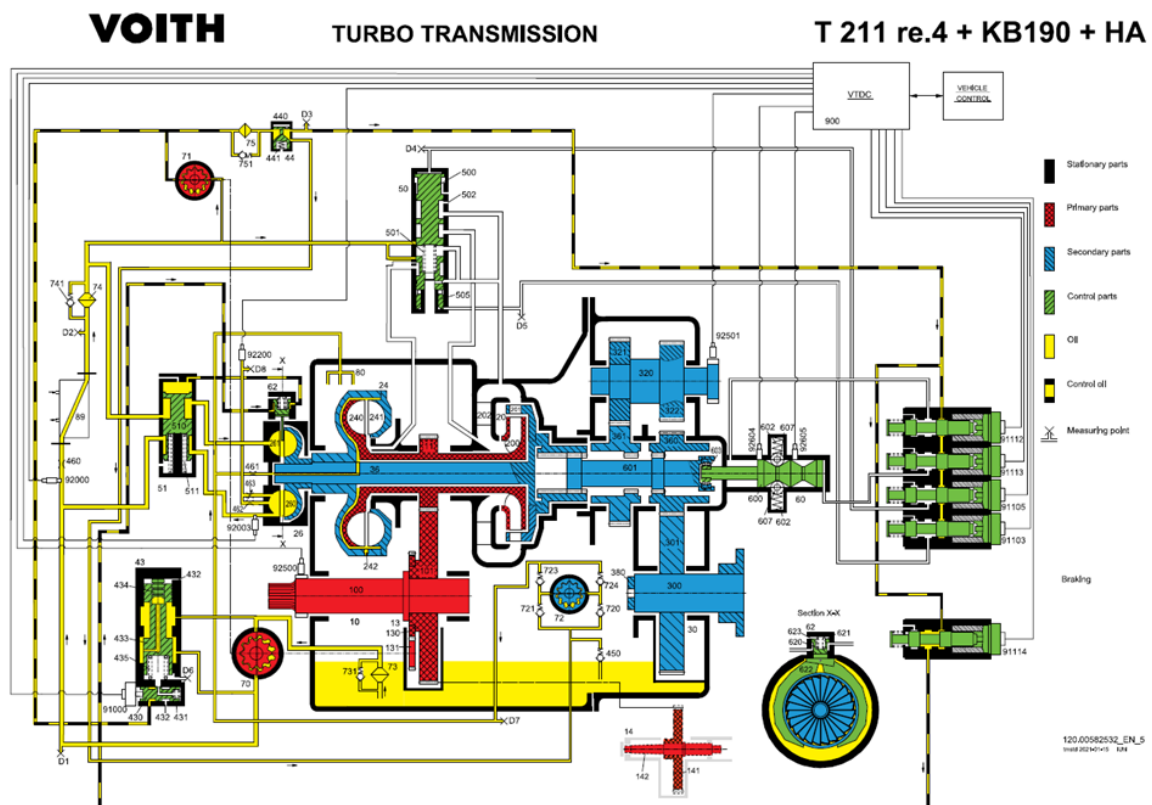


圖 31 變速機示意圖

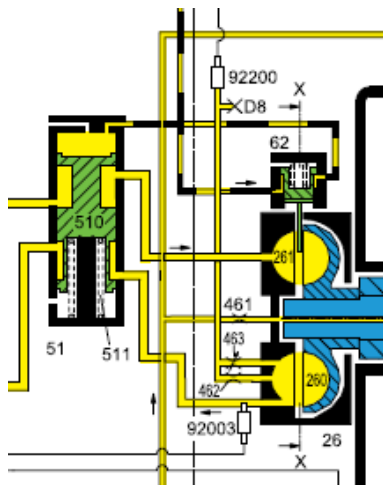


圖 32 KB 190 液力緩速器

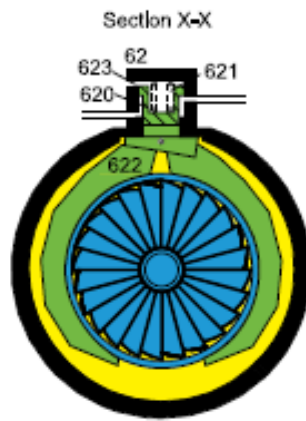


圖 33 KB 190 剖面圖

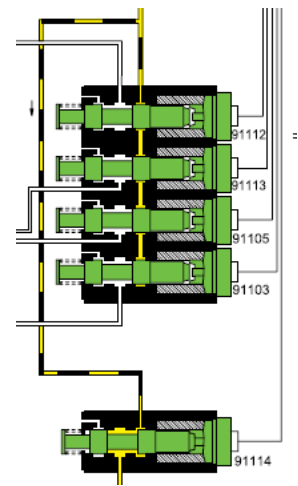


圖 34 電磁控制閥群

■ 煞車（Braking）減速機作用流程：

1. 車輛控制單元發出煞車指令、動力包控制單元（VTDC）依指令判定發送指令至電磁控制閥群。
2. 電磁控制閥群中，電磁控制閥（91114）、電磁控制閥（91105）、電磁控制閥（91103）接收指令並做動，發送控制油路訊號至減速機控制閥（51）並關閉控制油路訊號至主控制閥（50）。
3. 主控制閥（50）關閉變換器（20）及耦合器（24）驅動油路使驅動油中止進入變換器（20）及耦合器（24），中止傳動。
4. 壓力控制閥（43）、減速機控制閥（51）做動，使驅動油進入減速機（26），產生減速作用。
5. 動力路徑：輸出軸（300）- 輸出軸正齒輪（301）- 正轉方向耦合齒輪（360）- 滑動軸（601）- 從動軸（36）- 減速機（26）

(二)、煞車功率與車輛減速度的關係推導

■ 基本公式

已知：

- 煞車功率： $P = 225 \text{ kW} = 225,000 \text{ W}$
- 車輛質量： $m \approx 50,000 \text{ kg}$
- 減速作用力： F （牛頓）
- 車速： v （單位： m/s ）
- 減速度： a （單位： m/s^2 ）

煞車功率 P 與減速作用力 F 、車速 v 之間的關係：

$$P = F \cdot v \rightarrow F = \frac{P}{v}$$

牛頓第二定律：

$$F = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F}{m}$$

將 $F = \frac{P}{v}$ 代入：

$$a = \frac{P}{m \cdot v} = \frac{225000}{50000 \cdot v} = \frac{4.5}{v} \quad (\text{m/s}^2)$$

換算為 km/h/s

1 m/s² = 3.6 km/h/s，因此：

$$A = 3.6 \cdot a = 3.6 \times \frac{4.5}{v} = \frac{16.2}{v} \quad (\text{km/h/s})$$

以時速 V (km/h) 表示速度：

$$v = \frac{V}{3.6} \quad \text{代入：}$$

$$A = \frac{58.32}{V} \quad (\text{km/h/s})$$

(三)、實際速度與最大減速度對照表（理論值 225KW）

車速 (km/h)	減速度 A (km/h/s)	說明
100	0.583	長坡穩速控制
80	0.729	平緩減速
40	1.458	明顯減速效果
10	5.832	低速強力減速，快速降速效果明顯

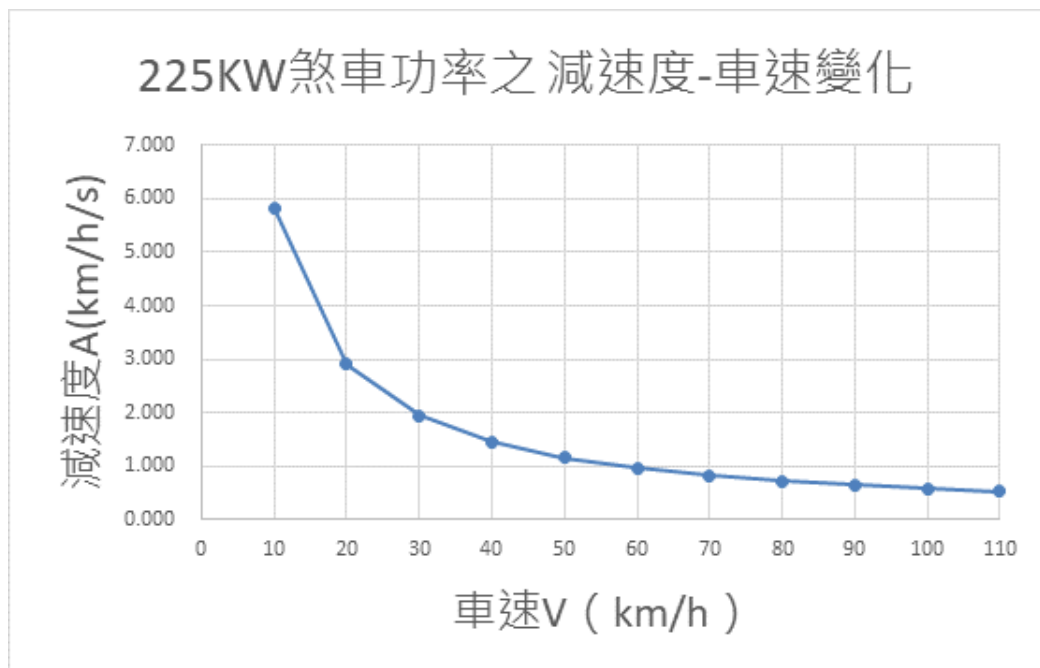


圖 35 車速變化圖

(四)、實務運行與動態功率調整

上述為理論最大減速度，實際運行中緩速器輸出功率會依情況調整，並不會固定輸出最大功率。

實際調節情境包含：

- 下坡等速控制：輸出剛好平衡重力即可
- 低速進站減速：避免過快減速，提升舒適性
- 高溫限制：當冷卻溫度過高，自動降低功率
- 與氣軔協調作動：共同組成列車完整制動策略

因此實際減速度會小於理論值，並依行車系統判斷調節輸出。

(五)、液力緩速器的應用優勢與限制

優勢

- 延長閘瓦與車輪壽命，降低磨耗
- 提供穩定無摩擦的減速力量
- 節省機械制動器維修成本
- 減少煞車熱衰退風險，提升安全性

限制

- 啟動需約 20 秒驅動時間，無法即時煞車
- 高速行駛下，減速效果相對有限
- 須配合氣壓煞車系統整體運作

(六)、結論

KB 190 液力緩速器具備穩定、持續且可控的煞車能力，是列車在非緊急狀況下理想的減速工具。其以液力傳動方式提供抗力，並大幅降低對傳統氣軔與摩擦煞車系統的依賴。雖無法即時用於緊急煞車，但在日常運行中的效益顯著，特別適合長坡道、高維護成本車型使用。

三、節/潔能鐵路機車車輛

火車¹負擔 70%之交通，卻較一般陸地車輛運輸的廢氣排放少 1/3，0.2%的一氧化碳，2%的氮氧化物以及 1%的有機化合物。火車是古老的稱呼，那是以燃燒煤炭的蒸汽火車為代表。

現今的鐵路動力車(Power car)指承載酬載，且自身帶有動力的鐵路車輛，除採用電力線及內燃機(引擎)提供動力外(如下圖所示)，近年來因應環保與節能等議題下，國際鐵路車輛大廠目前亦積極發展其他模式動力源之機動車輛，如油電混合或燃料電池動力。



圖 36 電力動力



圖 37 內燃機動力

一、雙動力源鐵路車輛

是指具備電力和內燃兩套動力系統的鐵路機車車輛，既可以使用車上搭載的柴油發電機組作為動力源，亦可以從牽引供電系統提供的外部電源獲得電能，同時結合了電力機車和電力傳動內燃機車的特點，如下圖所示。



圖 38 東日本旅客鐵道 E001 型



圖 39 龐巴迪 ALP-45DP 型

¹ Copyright © 2025 CASE 報科學. All rights reserved. °

二、混合動力鐵路車輛

具有可充電儲能裝置，可利用柴油發電機組、大容量蓄電池組單獨或兩者混合提供動力，但無法從電氣化鐵路的牽引供電系統獲得外部電源，如 JR 東日本 KiHa E200 型柴聯車。另一型式的柴油-電力混合動力科技鐵路車輛，儲存足夠電能以便在停靠車站的長時間中關掉柴油引擎，當火車離站時，一開始完全靠電力馬達推動，離站後再啟動柴油引擎繼續行駛。依據北海道旅客鐵道株式會社資料，與傳統的柴油-電力混合動力鐵路機車相較，此新種運作方式下，燃料消耗及廢氣排放均可降低 20%²。



圖 40 JR 東日本キハ E200 形氣動車



圖 41 綠山羊

三、零碳革命

油電混合車在制軔時將動能轉換成電能存入電池，加速時則使用先前儲存的電能，故可以節省燃料；現在也應用於鐵路車輛，除了日本在此領域領先群雄外，德國的 Voith Turbo 則與 MAN³ 合作，共同開發混合動力引擎組。臺鐵公司新購支線客車 60 輛案之動力包(如下圖所示)即由 Voith Turbo 所提供，藉由符合環保法規之引擎及牽引系統之整合，相較現有車輛可提升引擎之燃油效率及減少碳排放。

鐵路未來有無可能使用更為乾淨與節能的車輛？答案是肯定的。除了混合動力車輛外，亦有公司開發氫燃料電池作為動力，藉由電化學反應，使環境中的氧與電池中的氫混合後轉化為動能，唯一排放的廢棄物為水。但這類動力目前面臨氫氣仍須借助其他產物(如甲烷)產出，非永續資源，如可利用再生能源製造氫氣，將可大幅提高利用率。

² 【環保運輸】火車的未來科技

³ MAN 公司：邁向零碳之路

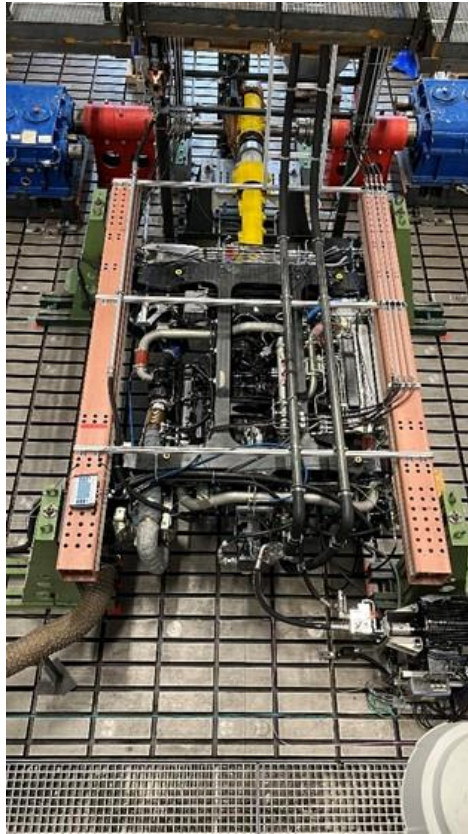


圖 42 動力包測試(德國修密特大學)

四、這對鐵路車輛發展意味著什麼？

商業運輸正處於關鍵變革時期的開始，鐵路車輛包括機車、客車和貨車。根據國際能源總署(IEA)的數據，到 2050 年，世界各國鐵路貨運量和客運量預計將加倍，這將進一步增加能源需求並可能導致碳排放增加，對環境造成影響。各國政府越來越重視永續性，從而增加對旨在減少碳排放的鐵路系統的投資⁴。

2025 年的我國陸上運輸節能情境分析，客運與貨運兩類共可節能 2,931 千公秉油當量，節能幅度高達 27%，此一節能量占全國總耗能 2.43%。相當於減少溫氣體排放為 5.91 百萬噸二氧化碳，此量占全國總排碳的 2.40%，充分達到國家運輸部門的 2025 年減碳目標（5.2 百萬公噸二氧化碳）⁵。

發展運具電動化為政府因應環境變遷之重要轉型策略，為減少消費行為對環境之破壞，諸多國家皆致力於推動綠色消費，但目前尚無任何文獻探討綠色消費風潮是否有助於公共運輸(包含鐵路)之推廣。鐵路車輛具備節能減碳的綠色產品屬性，如能以對環境衝擊更小的運具提供更友善及便民的搭乘服務，即符合綠色消費之定義。

⁴ 鐵路車輛市場-2025 年至 2030 年預測

⁵ 我國陸上運輸節能分析與評估

五、小結

隨著全球氣候驟變、地球暖化問題日益嚴重的狀況下，交通運輸中所造成碳排放污染的主要原因是來自交通工具，故節能減碳的運輸型態是未來趨勢。由於臺灣環島鐵路網的完成，低碳運輸是世界潮流，鐵路更是未來推動環境永續發展所運用的大眾運輸工具。

能源生成不易，又臺灣能源供應多仰賴進口，目前政府致力於減少碳汙染，以減少氣候變化產生的嚴重影響。提升能源轉換效率及推動節/潔能運具發展是鐵路運輸業者重要課題。國內運輸部門節能減碳策略包含建置綠色運具導向之交通環境，而新車能效之提升為重要措施，臺鐵公司新購支線客車 60 輛淘汰老舊車輛，有助於實現政府推動永續綠色運輸，落實節能減碳政策之施政方針。

肆、心得及建議

一、心得—德國交通系統的體驗

本次參與設備測試的所有行程皆於德國境內進行，前往各地城市及實驗室多依賴當地發展成熟的大眾運輸系統，使我們有機會體驗不同城市的交通系統，並觀察當地公共運輸的運作方式。在搭乘 EC 城際列車返回漢堡車站時，在顧問公司的協助下，我們得以參觀 DSB 電力機車的駕駛室，並與現場司機進行簡短交流，這是一次難得的實地體驗。



圖 43 丹麥國鐵機車駕駛台



圖 44 DSB 機車

在假日期間，我們前往德國烏帕塔（Wuppertal），搭乘至今世界上最早投入營運且仍持續使用的懸掛式單軌列車（Die Wuppertaler Schwebebahn）。藉由此次搭乘，深刻感受到該系統獨特的魅力，雖然是歷史最悠久的單軌列車，但現行使用的列車車廂都經過現代化翻新，展現出結合傳統與現代的成果。這種設計理念也引發我們對臺灣舊有列車或路線再利用的思考，若能保留原有具有歷史或觀光價值的元素，透過適度重新包裝與設計，賦予其新的定位，不僅能延續其文化意義，更可作為地方特色，亦能轉化為吸引旅客的觀光資源。

烏帕塔單軌電車的設計特色也提供了可供參考的應用場景，該型電車適合設置於鄰近河岸、天然地形受限且交通路線無法擴建、河道亦無法進行船舶運輸，卻需紓解陸地

交通壓力的地區。透過在一般道路及鄰近河道上方設置立體架空軌道，不僅能實現交通功能，同時也能發展觀光資源，相較於公路及船舶運輸，架空單軌系統不受車流及水流限制，可提升乘客視野，俯瞰城市與河流景觀，進一步提升路線吸引力。在路線端點設置交通轉運功能，亦可串聯各主要景點，作為鐵公路運輸系統的替代與延伸，由於架空軌道可減少對環境的干擾與衝擊，並可靈活運用河床空間，減少佔用一般道路用地，有效分散交通流量。

目前臺灣除了纜車系統外，尚無類似的交通景觀設施，若能引進，將有效吸引觀光客及鐵道迷前往搭乘，進而帶動周邊聯絡道路的運量及整體收益。同時，我們也對未來臺南捷運計畫中預定採用的跨座式單軌列車充滿期待，期盼未來能在本地乘坐屬於自己臺灣的單軌列車系統。



圖 45 烏帕塔單軌電車-1



圖 46 烏帕塔單軌電車-2

德國的交通制度在驗票方式、車站設計及票價制度上，與生活於臺灣所習慣的運作模式有明顯差異，實際體驗後更能深入理解兩者間的制度運作邏輯。

在德國，大多數車站未設置閘票口，乘客可自由進出月台，車票驗證則依靠隨機查票進行，查票人員會於車廂內不定期執行抽查，乘客需隨時備妥有效票券或電子票證。若遭查獲無票乘車，將面臨高額罰款（60 歐元或倍數票價），此措施具有相當程度的嚇阻效果，這種「開放式信任制」的設計，雖能提升搭車流暢性與空間彈性，但也須仰賴民眾自律與具備良好的查票管理機制；另一方面，臺灣的捷運與鐵路系統普遍設有閘門，進出站皆需刷卡或插票進行驗票，此種方式可有效掌控進出人流，降低逃票風

險，同時便於票價自動計算與乘車區間控管，然而，在尖峰時段可能產生排隊與進出瓶頸，且需要負擔閘門設施的建置與維護成本。

德國高鐵（ICE）票價採浮動制，會隨著預訂時間與搭乘時段不同而有所變動，類似航空票價，越早購票票價通常越優惠，越接近搭乘日則票價提高，此機制增加了票務彈性，也讓旅客有更多選擇空間，與臺灣以區間距離計算票價的方式形成鮮明對比。此外，搭乘法國當地的大眾運輸系統如地鐵與 TGV 高鐵則重新回到有驗票口的設計，進出站時必須通過閘門驗票，與德國採自由進出的方式又明顯不同，這種制度上的轉換，也反映出歐洲各國即便交通相通，在管理思維與執行層面仍有不同策略。

經過此次在德國與法國的實際觀察與比較，無論是臺灣的閘門制，抑或德國的開放式驗票制度，其實並無絕對的優劣之分，每種制度背後展現的理念，是對應當地城市規模、乘客習慣、社會文化與執行成本的不同選擇與調適，這些制度差異確實值得作為他山之石，不只可以作為交通規劃的參考，也讓人對制度設計跟公民參與之間的關係有更多反思。

二、建議

(一)、車廂出入口門增設資訊顯示器

在德國期間，我們搭乘大眾運輸工具時觀察到，無論是城際列車（ICE）或地方通勤列車（如 S-Bahn），車廂出入口處普遍設置了「資訊顯示器」。這些顯示器以 LCD 螢幕形式呈現，能即時提供乘客目前所在站點、下一站站名，以及列車的到達與離站時間（包含實際與預估時間）等詳細資訊。如此設計，不僅方便旅客在上車時迅速判斷列車是否前往目的地，也能在即將下車時確認站點資訊，減少因資訊不足而導致的誤下車或錯過下車時機等情況。

因此，若能參考德國鐵路系統的設計，於每組車廂出入口處增設多功能 LCD 到站顯示螢幕，不僅能即時呈現完整的列車行駛資訊與車廂空間配置，還可整合 GPS 定位、行車速度、轉乘提示等多元功能，讓乘客在列車行進過程中隨時掌握旅程動態，顯著提升乘車的便利性與安心感。此外，這些顯示器亦可於列車行駛途中或車門關閉時，切換為數位看板，用於播放政令宣導、即時動態訊息及公共服務資訊，不僅增加乘車資訊的多樣性，也進一步提升乘客服務品質。

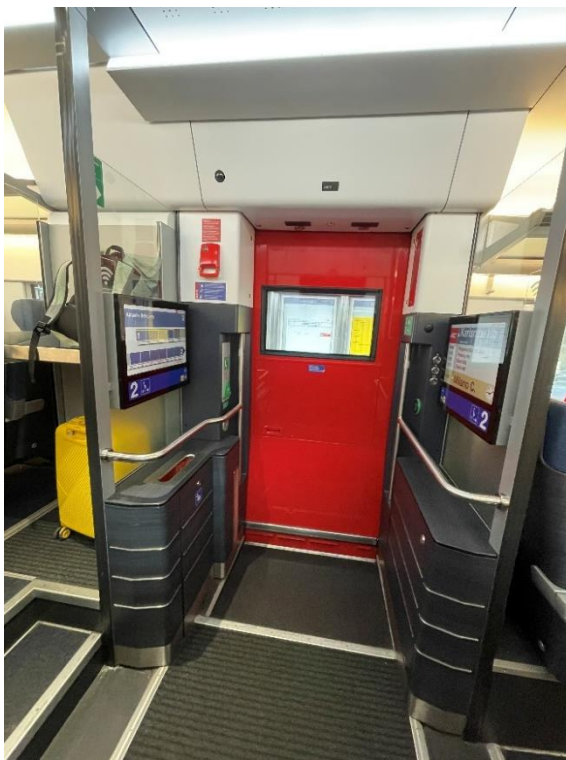


圖 47 EC 城際列車上下車門處



圖 48 ICE 高鐵上下車門處

(二)、車站月台無階化設計

在搭乘德國地鐵(U-Bahn)系統時，有注意到月台地面並非完全平面，藉由設置「長緩坡」的月台形式，來實現車廂與月台之間的無障礙銜接，一種無階化設計，相較於傳統以全面墊高月臺或改裝車廂地板的做法，這種以結構緩升方式銜接車廂與月臺的設計，更加簡潔實用，施工相對容易，也保留了較大的彈性空間。

實際觀察中可見，德國地鐵月台在無障礙通道區段採用長達約一節車廂長的緩坡設計，使輪椅、嬰兒車或行動不便者能夠順暢進出該車廂，且不影響月台整體結構配置。然而，這類設計通常需搭配特定無障礙車廂停靠點與相對單一的車型，較適合地鐵系統應用，但相較大規模改造工程，或許也是一種具體可行、兼顧成本與實用性的改善方案。



圖 49 漢堡地鐵月台地板-1

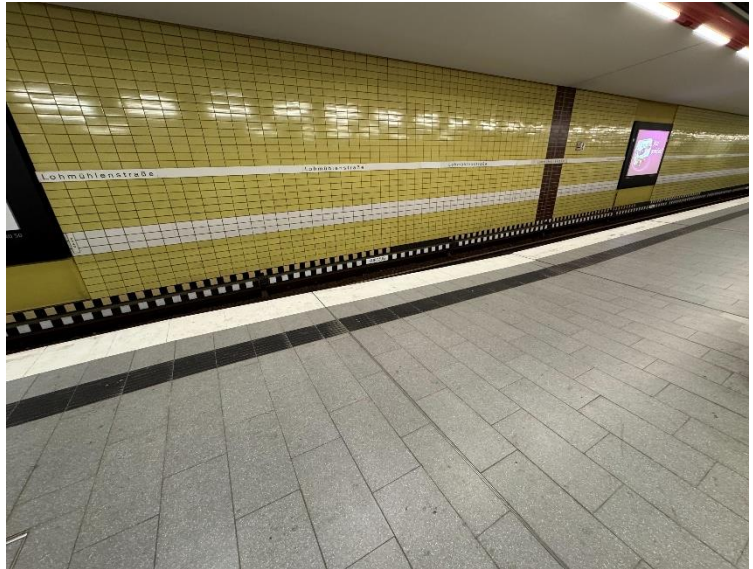


圖 50 漢堡地鐵月台地板-2

伍、附錄

一、 IFF 輸送與車輛技術工程公司介紹簡報

**Ingenieurgesellschaft für
Fördertechnik und Fahrzeugtechnik**

IFF ENGINEERING & CONSULTING GmbH

Anton-Zickmantel-Straße 50 T: + 49 341 4 87 52-269 info@ifec.de
04249 Leipzig F: + 49 341 4 87 52-236 www.ifec.de

Structure

- History, General
- Overview of activities
- Division Testing
 - Fatigue tests
 - Static tests
 - Impact tests
 - Further tests

IFF ENGINEERING & CONSULTING GmbH

1995 Founded as the Institute for Materials Handling Technology

1975-1990 Research center of the DLR/DFVLR agency engineering activities

1990-1992 DLR/DFVLR project, Institute for Materials Handling and Production Technology

since 1993 Promotion of the Ingenieurgesellschaft für Fördertechnik und Fahrzeugtechnik engineering company for Materials Handling and vehicle technology

IFF ENGINEERING & CONSULTING GmbH

Office "Leipzig" Office "Leipzig"

Test site 1 static tests and fatigue tests

Test site 2 static tests and production of fatigue paths for the test benches

Test site 3 testing of bogie frames and car bodies

Arbeitsbereiche

- Cranes
- Machines for mining and transporting bulk goods
- Railroad vehicles
- Transportation systems
- Special machinery
- Special technological equipment

Dienstleistungen

- PLANUNG Studies, analyses, concepts for transportation design
- DEVELOPMENT / DESIGN Steel construction, mechanical engineering
- CALCULATION Static and technical calculations, dynamic analyses
- SOFTWARE Software for dimensioning conveyor technology machines
- MEASURING / TESTING Experimental testing of components and assemblies
- EXPERT OPINIONS Experts for cranes and conveyor technology

Test center

- ... for mining and conveyor technology
- ... for cranes
- ... for railroad vehicles

Accredited test laboratory according to

- for coupling and buffer devices according to DIN EN 15551 and DIN EN 15566

Accredited test laboratory according to

- For bogie frame tests according to DIN EN 13749

akkreditierte Prüfstelle nach ISO 17025

- für Wagenkastenprüfungen nach DIN EN 12663

Accredited test laboratory according to

- for impact tests according to DIN EN 12663

Accredited test laboratory according to

- for torsion tests ct* according to DIN EN 14363

Accredited test laboratory according to

- for driving noise measuring according to DIN EN ISO 3095 and DIN EN ISO 3381

Evaluation

Test report as a summary of all results

Test drives

- Measuring accelerations, displacements, stresses, forces

Statistical evaluation (rainflow classification) as a basis for service life calculations



二、 GMT 車輛懸吊與減振技術說明簡報

GMT
Schienenfahrzeugtechnologie
Railway Vehicle Technology

GMT Gruppe
DIT Group

DIE GMT GRUPPE

Die GMT Gruppe ist ein weltweit anerkannter Partner in der Schienenfahrzeugtechnik.

Die GMT Gruppe ist ein weltweit anerkannter Partner in der Schienenfahrzeugtechnik.

THE GMT GROUP

The GMT Group is a well known partner in railway vehicle technology.

REFERENZEN
REFERENCES

Als Spezial-, Schweiß-, Montage- und Montagebetriebe sind wir in der Lage, alle Arten von Schienenfahrzeugen zu reparieren und zu warten. Wir sind für eine schnelle, wirtschaftliche und zuverlässige Reparatur.

Our main business is to repair and maintain all types of railway vehicles. We are able to repair and maintain all types of railway vehicles. We are able to repair and maintain all types of railway vehicles.

