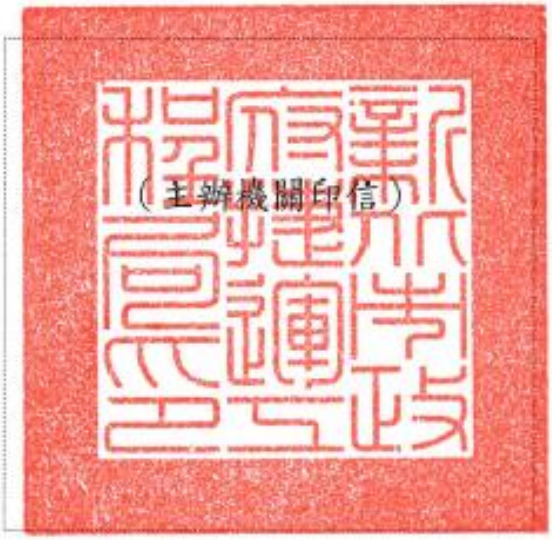
類別：考察

地區：德國、荷蘭

「捷運汐止東湖線統包工程」海外廠測計畫案出國報告



主辦機關：新北市政府捷運工程局

目次

第一章　目的……06
第二章　過程……06
第三章　心得……71
第四章　建議……73

圖次

圖 1 德國日立軌道斯圖加特合影……7
圖 2 日立軌道向本局說明繼電聯鎖控制盤與燈號模板……8
圖 3 日立軌道繼電聯鎖控制盤……9
圖 4 日立軌道繼電聯鎖燈號模擬板……9
圖 5 列車控制系統螢幕(BALISE-ANTENNA 應答器天線 ONBOARD-COMPUTER 車載電腦) 10
圖 6 日立軌道計軸器軟體操作介面呈現區段狀態及復歸相關設定 ……11
圖 7 示波器連接計軸器單元偵測信號畫面 ……12
圖 8 連鎖號誌的燈號由綠燈轉變為紅燈 ……12
圖 9 ZAGRO 集團總部合影 ……13
圖 10 ZAGRO 集團內員工依圖面設定自動化銑床 ……14
圖 11 實際查驗 ZAGRO 場內自主生產情形 ……14
圖 12 ZAGRO 集團內員工以折床生產零件……15
圖 13 ZAGRO 集團廠內路軌兩用電動牽引車組裝……15
圖 14 ZAGRO 路軌兩用電動牽引車-遙控進入軌道 ……16
圖 15 ZAGRO 路軌兩用電動牽引車-遙控導引輪及車輪於軌道上行駛 ……16
圖 16 ZAGRO 路軌兩用電動牽引車導引輪升起並離開軌道……17
圖 17 ZAGRO 路軌兩用電動牽引車遙控器，操作桿、功能按鈕……17
圖 18 既有站場的進路衝突示意-出站路線成立綠線/進站將受影響紅線 ……18
圖 19 終點站-頭端式車站將改建為地下貫穿式車站示意圖 ……19
圖 20 斯圖加特中央車站標示 14/15/16 月台……19
圖 21 斯圖加特中央車站標示 15/16 月台 ……20
圖 22 斯圖加特中央車站標示 9 月台……20
圖 23 斯圖加特中央車站 85 公頃土地都市計畫……21
圖 24 斯圖加特中央車站「柱之採光眼」(column of Light eyes)……22
圖 25 斯圖加特新站位於舊軌道下方 11 公尺深處設有 4 座島式月台（8 股軌道）…23
圖 26 斯圖加特新站位月台層設計電梯及電扶梯……23

圖 27 斯圖加特新站位月台層設計地下廊道……24
圖 28 斯圖加特新站位月台層設計地下廊道……24
圖 29 斯圖加特新站進出站由每側各 4 條（共 8 條）聯絡軌道軌道設置狀態……25
圖 30 斯圖加特新站計軸器安裝於道旁……25
圖 31 斯圖加特新站軌道上轉轍器及軌道間信標……26
圖 32 斯圖加特新站探勘合影……26
圖 33 烏特勒支 5 模組電車 ……28
圖 34 烏特勒支 7 模組電車 ……28
圖 35 烏特勒支故障量化統計系統……29
圖 36 烏特勒支車輛可用性狀態……29
圖 37 烏特勒支省政府代表與本局交流簡報……30
圖 38 烏特勒支營運車輛……30
圖 39 烏特勒支營運示意圖……31
圖 40 烏特勒支營運駕駛室司機員駕駛狀態……31
圖 41 烏特勒支營運駕駛室司機員控制面板……32
圖 42 烏特勒支營運車輛搭乘……32
圖 43 烏特勒支電車參訪合影……32
圖 44 InnoTrans 2026 本局團隊合影 ……34
圖 45 InnoTrans 2026 本局團隊合影 ……35
圖 46 TRAM FORCITY PLUS 有軌電車-斯柯達（ŠKODA）……36
圖 47 TRAM FORCITY PLUS 有軌電車-斯柯達（ŠKODA）……36
圖 48 TRAM FORCITY PLUS 有軌電車-斯柯達（ŠKODA）……37
圖 49 TRAM FORCITY PLUS 有軌電車-斯柯達（ŠKODA）……37
圖 50 Bozankaya 輕軌電池驅動電車……38
圖 51 Bozankaya 輕軌電池驅動電車……38
圖 52 Bozankaya 輕軌電池驅動電車內裝……39
圖 53 （Alstom）科隆 S-Bahn（S-Bahn Rheinland） ……40
圖 54 （Alstom）科隆 S-Bahn（S-Bahn Rheinland）……40

圖 55 （Alstom）科隆 S-Bahn（S-Bahn Rheinland） ……41
圖 56 （Alstom）科隆 S-Bahn（S-Bahn Rheinland） ……42
圖 57 （Alstom）科隆 S-Bahn（S-Bahn Rheinland） ……43
圖 58 （Alstom）科隆 S-Bahn（S-Bahn Rheinland） ……44
圖 59 CAF Civity BEMU 電池動力電聯車……45
圖 60 CAF Civity BEMU 電池動力電聯車……46
圖 61 CAF Civity BEMU 電池動力電聯車……46
圖 62 CAF Civity BEMU 電池動力電聯車……47
圖 63 CAF Civity BEMU 電池動力電聯車……47
圖 64 本局於 INNOTRAN 與 CAF 合影 ……48
圖 65 勃蘭登堡門 (Brandenburger Tor)月台看板……49
圖 66 U5 勃蘭登堡門 (Brandenburger Tor)地圖標示 ……50
圖 67 U6 勃蘭登堡門 (Brandenburger Tor)全線轉乘標示 ……51
圖 68 U5 勃蘭登堡門 (Brandenburger Tor)售票機 ……52
圖 69 U5 勃蘭登堡門 (Brandenburger Tor)旅客資訊系統顯示器 ……53
圖 70 U5 勃蘭登堡門 (Brandenburger Tor)標示 ……53
圖 71 U5 勃蘭登堡門 (Brandenburger Tor)往柏林總站 (Hauptbahnhof)列車……54
圖 72 U5 勃蘭登堡門 (Brandenburger Tor)車站內放置 CCTV 監視畫面……55
圖 73 U5 列車關門開門（紅色/綠色）狀態顯示……56
圖 74 U5 柏林火車總站車輛號誌及反射鏡 ……56
圖 75 U5 柏林火車總站車站內標示 ……57
圖 76 U5 柏林火車總站車站內標示……58
圖 77 穀物市場（Kornmarkt）山麓車站 ……59
圖 78 海德堡纜車各站路線標示……60
圖 79 海德堡纜車……61
圖 80 海德堡纜車歷史紀錄……62
圖 81 海德堡纜車歷史紀錄……63
圖 82 海德堡纜車歷史紀錄……64

圖 83 史特拉斯堡中央車站……65
圖 84 史特拉斯堡中央車站入口……66
圖 85 史特拉斯堡中央車站外觀……67
圖 86 史特拉斯堡車站旅客顯示器……67
圖 87 史特拉斯堡車站月台……68
圖 88 史特拉斯堡車站月台……68
圖 89 史特拉斯堡車站月台……69
圖 90 ICE 車票……70
圖 91 ICE9563 及 ICE691 車內誤點顯示……70
圖 92 ICE691 車內到站顯示 ……70

第一章 目的

「捷運系統汐止東湖線統包工程」，依政府採購法公開招標，以最有利標於113年10月 22 日決標，由馬來西亞商金務大工程股份有限公司-東丕營造股份有限公司-神通資訊科技股份有限公司承攬。汐止東湖捷運路線行經內湖蘆洲里，至社后設機廠及車站，往東至同興路至大同路一段向東北，沿大同路一段穿過北二高橋設置 SB14 站與臺鐵汐科站轉乘，南轉康誥坑溪東轉往新台五路至汐止區公所設置終點站，總長 5.56 公里，本市轄4.75公里，臺北市0.81公里，共計6站。

本工程號誌系統為通訊式行車控制系統(Communication Based Train Control, CBTC)及具備全自動無人駕駛功能，預計於 121 年完工，為確認車偵測系統符合 IEEE1474 之規定)及關鍵設備，爰於細部設計規劃原廠測試行程。

本次廠測重點：

一、確認列車在主要偵測方式故障時，採用計軸設備作為列車佔用檢測設備仍可偵測正確位置等相關重點檢核。

二、機廠 Zagro bahn 路軌兩用電動牽引車依本工程契約遙控於軌道及一般路面操作。

三、見證實際工程及營運案例，包含德國斯圖加特21大型軌道基礎設施改造計畫、荷蘭烏特勒支輕軌系統營運參訪。

四、2026 德國柏林國際軌道交通技術展（InnoTrans 2026）考察列車最新技術。

五、考察柏林地鐵U5線及海德堡纜車。

第二章 過程

本「捷運汐止東湖線統包工程」海外廠測計畫案，工作內容包含日立軌道計軸器、機廠 ZargroBahn 路軌兩用電動牽引車設備檢核，及德國斯圖加特21大型軌道基礎設施改造計畫、荷蘭烏特勒支輕軌系統營運參訪見證，第一節德國日立軌道斯圖加特計軸器廠驗，第二節 Zagro bahn 路軌兩用電動牽引車，第三節德國斯圖加特21大型軌道基礎設施改造計畫見證，第四節荷蘭烏特勒支輕軌系統營運參訪，第五節 InnoTrans 2026 德國柏林國際軌道交通技術展考察，第六節柏林地鐵U5線考察，第七節海德堡纜車考察。

第一節　德國日立軌道斯圖加特計軸器廠驗

本次「捷運汐止東湖線統包工程」海外廠測計畫案計軸器工廠驗證地點位於**德國日立軌道斯圖加特**，日立軌道公司說明德國「測試產線」以斯圖加特迪齊根(Ditzingen)為大宗，另一個地點為柏林(Berlin)，每年投資額約 100 萬歐元（柏林+迪齊根），每年以工業電腦約2000台執行專案數約250-300個，執行項目有產品開發／測試（硬體與軟體）、系統整合與系統測試、最終功能數據測試(Final Functional Data Tests (FFT))、客戶工廠驗收測試(Customer Factory Acceptance Tests (FAT))、現場問題重現／模擬。



圖 1 德國日立軌道斯圖加特合影

壹、列車自動監督系統(ATS)-繼電聯鎖控制

日立軌道公司說明列車自動監督系統監視並顯示所有路線上運行列車位置。亦可自動調整列車功能位階及月臺停留時間，列車時刻表與行車間距可完全由列車自動監督系統進行管理，列車自動監督子系統允許 ATS 使用者依據 ATS 路線模式狀態及指派給 ATS 使用者的區域，手動命令聯鎖系統及區域控制器，圖 2 至圖 4 顯示日立軌道公司說明在微電腦控制（電子聯鎖）普及前(1930 年代至 1980 年代)，繼電聯鎖（Relay Interlocking）控制盤與燈號模擬板，以燈號來確認路徑與防護列車安全的情況。



圖 2 日立軌道向本局說明繼電聯鎖控制盤與燈號模擬板

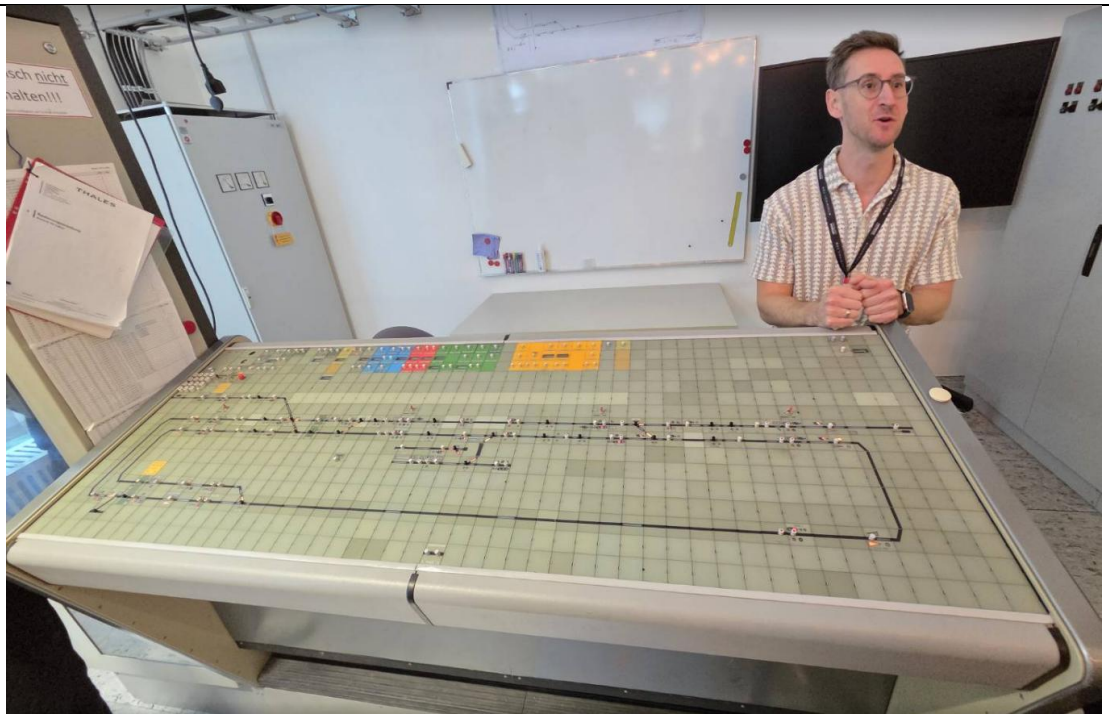


圖 3 日立軌道繼電聯鎖控制盤

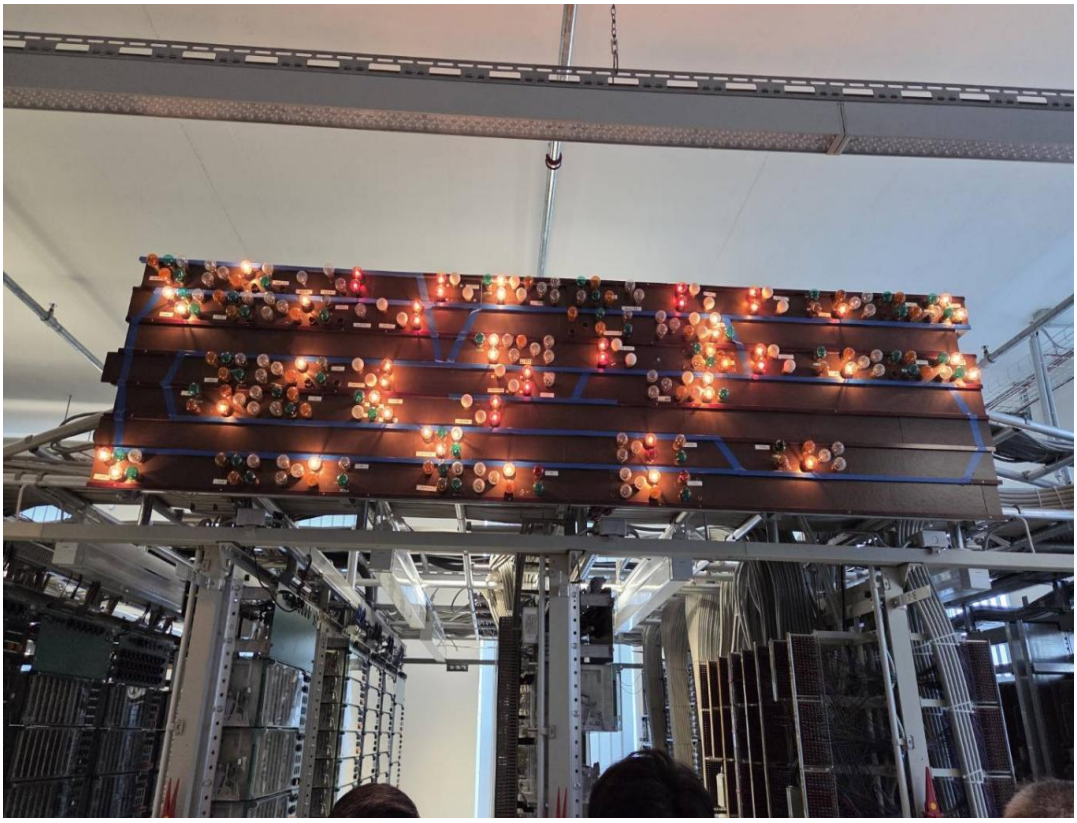


圖 4 日立軌道繼電聯鎖燈號模擬板

貳、列車自動保護系統（ATP)系統-列車追蹤與區段監測

CBTC 系統中最關鍵的安全防護機制。其主要功能是持續監控列車動態、監督列車速度、計算並確保安全的移動授權，從而防止列車追撞，並確保所有營運皆符合安全限制與號誌規定。主要硬體設備有車載號誌（VOBC）與區域控制器（ZC)。

1. 車載號誌（VOBC)：被視為列車的「大腦」，安裝於每列火車上。它負責利用車載設備確定列車位置，並持續與 ZC 通訊。VOBC 接收移動授權後，會監控車速以確保列車在安全範圍內運行。
2. 區域控制器（ZC)：負責管理特定區域。ZC 接收各列車 VOBC 回報的位置後，負責進行核心的 ATP 計算，決定各列車之間的安全間距與移動授權限制。

主要追蹤機制-CBTC 移動閉塞:在正常情況下，系統主要依據車載號誌（VOBC)透過無線電即時回報的動態位置進行列車追蹤。區域控制器（ZC)會計算通訊列車（CT)的延伸、收縮、可信與防護包絡線，並依據前方第一個障礙物計算並向列車發送移動授權(Movement Authority, MA)。

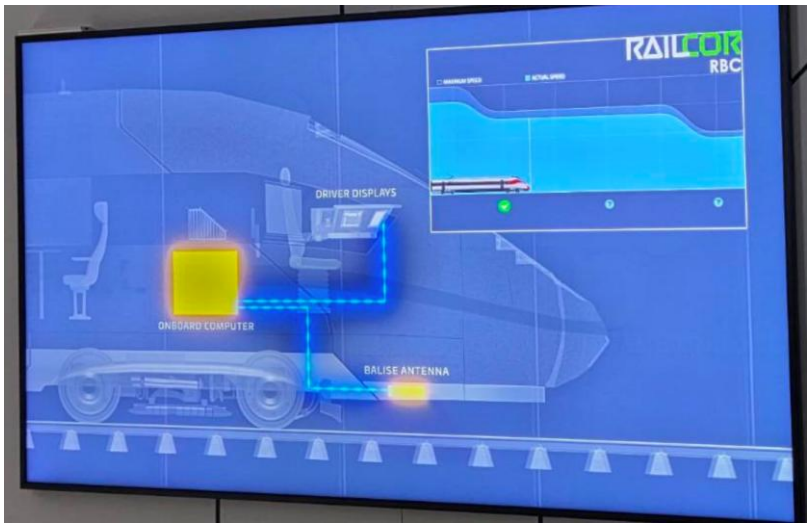


圖 5 列車控制系統螢幕(BALISE ANTENNA 應答器天線、ONBOARD COMPUTER 車載電腦)

次要追蹤機制-計軸器系統:當通訊失效、系統故障，或是軌道上有未配備 CBTC 設備的列車時，系統將啟用備用的計軸器追蹤機制。軌道沿線分段設置計軸區間，包含安裝於軌旁的計軸頭（Axle Counter Heads)用於偵測車輪，以及位於機房的計軸器評估單元(Axle Counter Evaluators, ACE）用於計算進出區間的車軸數量。區域控制器（ZC)會監測計軸區間的狀態（佔用、閒置、未知)。任何計軸器失效、資料無效或不一致，ZC 皆會

依據故障安全原則將該區段視為「已佔用 (Occupied)」，並拒絕核發經過該區段的移動授權。

以上就構成了雙重列車追蹤機制：以 CBTC 移動閉塞為主要追蹤；當車地通訊失效時，自動降級切換至備用之「計軸器區間 (Axle Counter Blocks)」進行次要列車佔用偵測與防護。

日立軌道將系統分為感測器、道旁電子單元及室內評估設備。感測器辨識車輪與通過方向，道旁電子單元處理訊號，室內設備據以判定區段淨空或佔用，再與聯鎖及安全系統介接。

IEEE 1474 是電機電子工程師學會（IEEE）針對通訊式列車控制（CBTC）系統所頒布的國際標準之一，其全名為 IEEE Recommended Practice for Functional Testing of a Communications-Based Train Control (CBTC) System（通訊式列車控制系統功能測試推薦實作），主要規範了 CBTC 號誌系統測試範圍、測試流程、執行方法與驗證，本次廠測針對 ATP（列車自動防護系統）及軌道計軸器功能，請日立軌道展現包含：

- 列車位置決定：對應 IEEE 1474 測試項目 6.1.2.2、6.1.3.1
- 安全路徑界限決定：對應 IEEE 1474 測試項目 6.2.2.1、6.3.1.2、6.2.1.1、6.2.1.4
- 移動授權監督：對應 IEEE 1474 測試項目 6.7.3.2

本次廠測計軸器操作軟體現場操作畫面呈現偵測點、區段狀態及復歸相關設定，對直接復歸要求事前確認區段無車輛，操作程序中需要交代淨空確認由誰執行、何時恢復移動，以及如何記錄處置結果如圖 6。

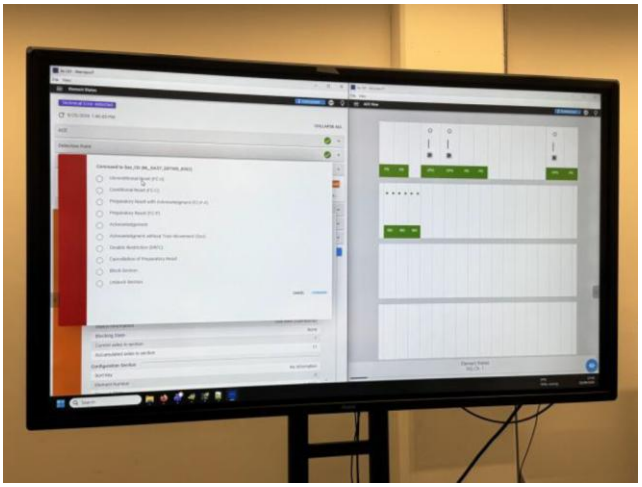


圖 6 日立軌道計軸器軟體操作介面，呈現區段狀態及復歸相關設定

本次廠測計軸器功能展現如圖 7 顯示以示波器連接計軸器單元直接顯示偵測信號，當軌道偵測到列車通過時信號產生電壓變化並顯示在視波器上。區域控制器 (ZC)監測計軸區間的狀態 (佔用)，連鎖號誌的燈號由綠燈轉變為紅燈如圖 8，各項技術資格均符合國際標準，並測試計軸器之軌道佔據狀態及號誌連鎖通訊等核心功能判定為合格。



圖 7 示波器連接計軸器單元偵測信號畫面



圖 8 連鎖號誌的燈號由綠燈轉變為紅燈

第二節　Zagro bahn 路軌兩用電動牽引車

ZAGRO 集團總部位於德國巴登-符騰堡邦 Bad Rappenau-Grombach，專門研發與生產雙用途車輛（兩棲路軌兩用車，Road-rail vehicles）與調車技術（Shunting technology），廣泛應用於地鐵、輕軌、鐵路維護、工業廠房、煉油廠、物流中心及港口調車。



圖 9 ZAGRO 集團總部合影

ZAGRO 零件和技術組件自主生產包括：車削和銑削、雷射切割、鈑金加工、焊接、噴漆、組件預組裝和最終組裝，本次實際查驗 ZAGRO 場內自主生產情形如圖。

路軌兩用車將道路車輛與軌道導向輪結合，升降機構使車輛能配合進出軌道。近距離觀察可看出導向輪、車體及機械連接的位置關係。



圖 10 ZAGRO 集團內員工依圖面設定自動化銑床



圖 11 實際查驗 ZAGRO 場內自主生產情形



圖 12 ZAGRO 集團內員工以折床生產零件



圖 13 ZAGRO 集團廠內路軌兩用電動牽引車組裝



圖 14 ZAGRO 路軌兩用電動牽引車-遙控進入軌道



圖 15 ZAGRO 路軌兩用電動牽引車-遙控導引輪及車輪於軌道上行駛

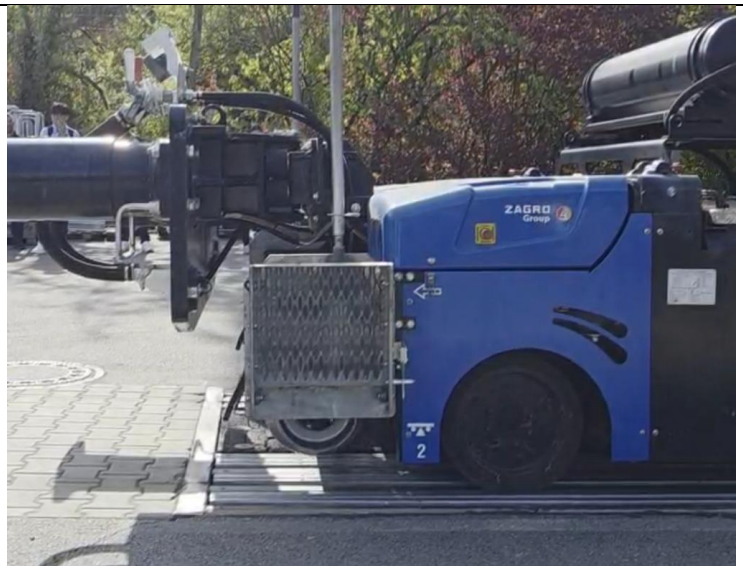


圖 16 ZAGRO 路軌兩用電動牽引車導引輪升起並離開軌道



圖 17 ZAGRO 路軌兩用電動牽引車遙控器，操作桿、功能按鈕

機廠 Zagro bahn 路軌兩用電動牽引車，借助軌道導引系統，由軌道輪安全地引導行駛，車輛的輪胎與鋼軌接觸，牽引和煞車均由輪胎完成如圖 14-16 導引輪及車輪，本局並查驗路軌兩用電動牽引車可依本工程契約遙控於軌道及一般路面操作。現場遙控器配置操作桿、功能按鈕及緊急停止按鈕。操作人員可依作業視野選擇位置，並由遙控端操控設備，符合契約規定範疇。

第三節　德國斯圖加特 21 大型軌道基礎設改造計畫見證

位於德國西南方的斯圖加特（Stuttgart）是德國第六大城，斯圖加特中央車站為歐洲高鐵網路（ICE、TGV）的重要節點，提供直達巴黎、蘇黎世、慕尼黑、法蘭克福及科隆等大城市的班次。斯圖加特 21 專案對整個斯圖加特鐵路樞紐進行重組與擴建，鋪設約 57 公里新軌道供長途、區域列車與 S-Bahn 使用，原有的終點站（頭端式車站(Kopf-/Terminus)）將改建為地下貫穿式車站(Durchgangs-/Through）。

原始列車行進方向由列車必須從同一端進出（折返運行），進出路線與衝突進路標示於同一張圖，呈現出站路線成立-綠線，其他進站將受影響-紅線之間的相互影響圖 18。

變更為列車可直接穿過，不需折返，月台數由 16 道變更為 8 道，進站/聯絡軌道數由 5 條聯絡軌道進出站，變更為每側各 4 條（共 8 條）聯絡軌道進出站如圖 19。

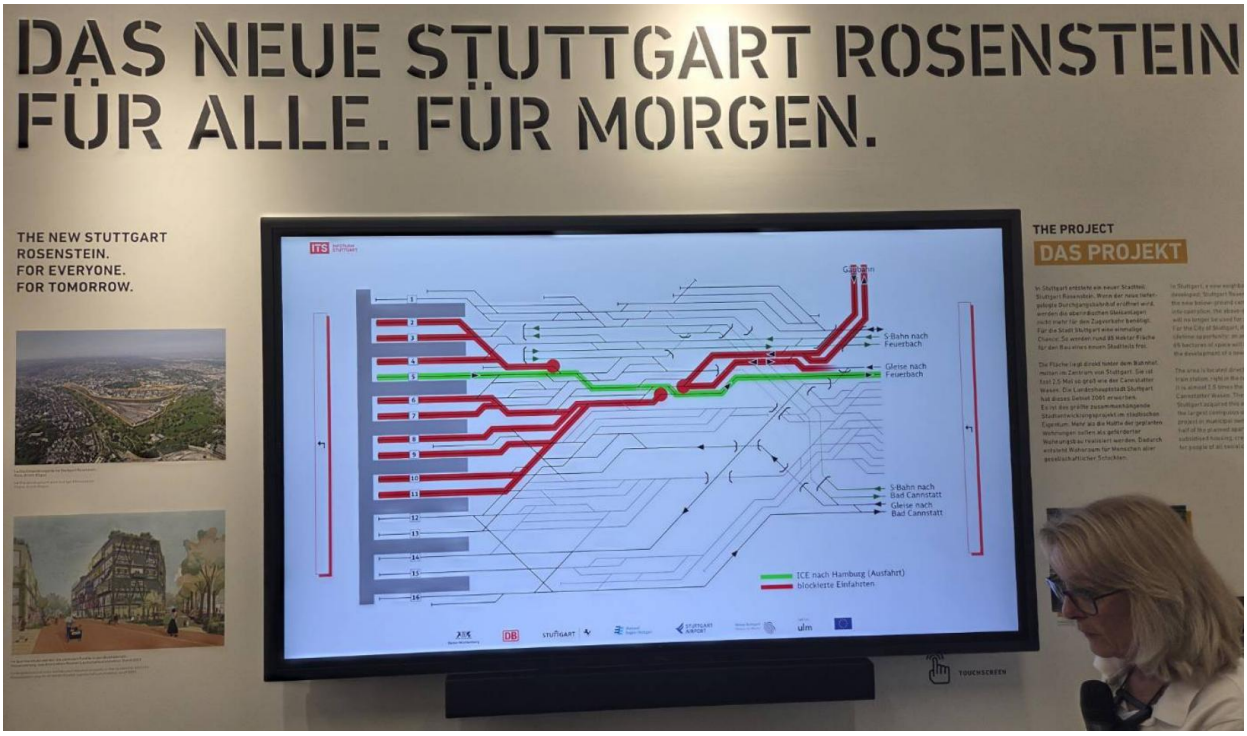


圖 18 既有站場的進路衝突示意-出站路線成立綠線/進站將受影響紅線

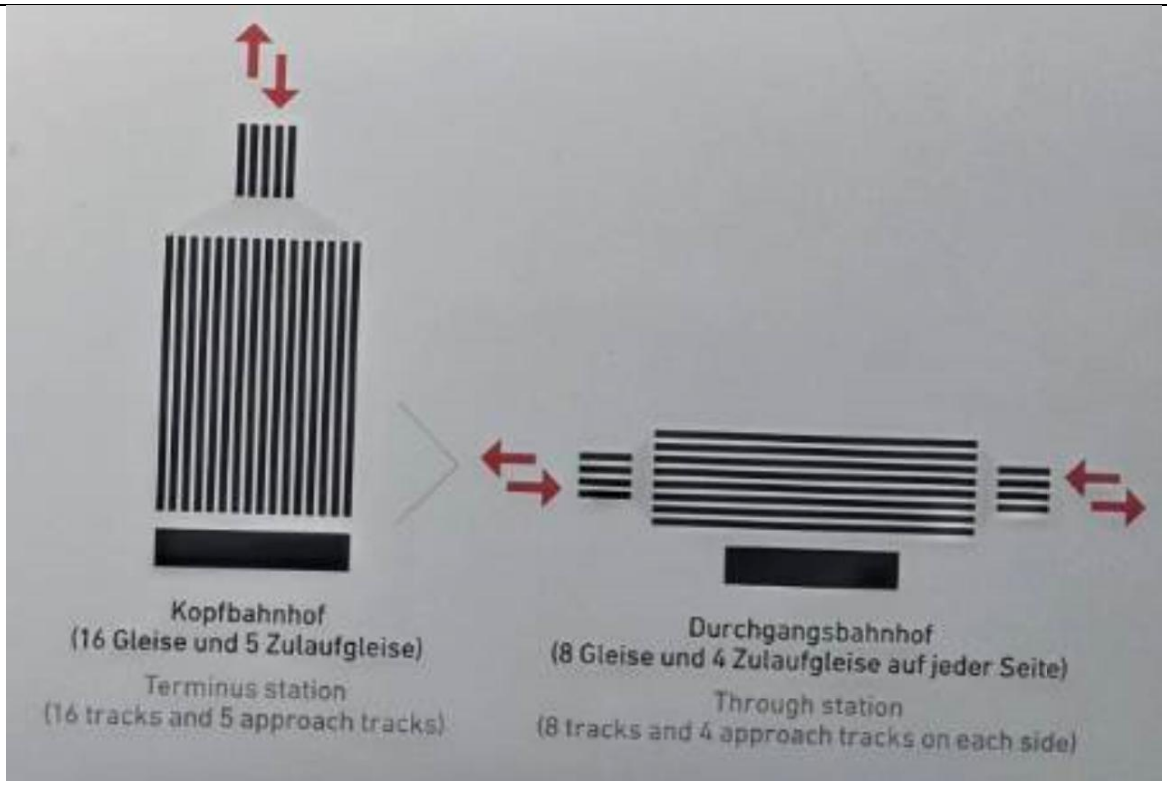


圖 19 終點站-頭端式車站將改建為地下貫穿式車站示意圖



圖 20 斯圖加特中央車站標示 14/15/16 月台



圖 21 斯圖加特中央車站標示 15/16 月台



圖 22 斯圖加特中央車站標示 9 月台

新主車站位於舊軌道下方約 11 公尺深處，設有 4 座島式月台（8 股軌道），每座月台長 420 公尺，鐵路地下化後將釋出 85 公頃土地，規劃 歐洲區（Europaquartier）、羅森斯坦區（Rosensteinquartier）與 創客城（Maker City）三大區域，由綠帶公園（Gleisbogenpark）串聯，並包含 20 公頃的公園擴建。

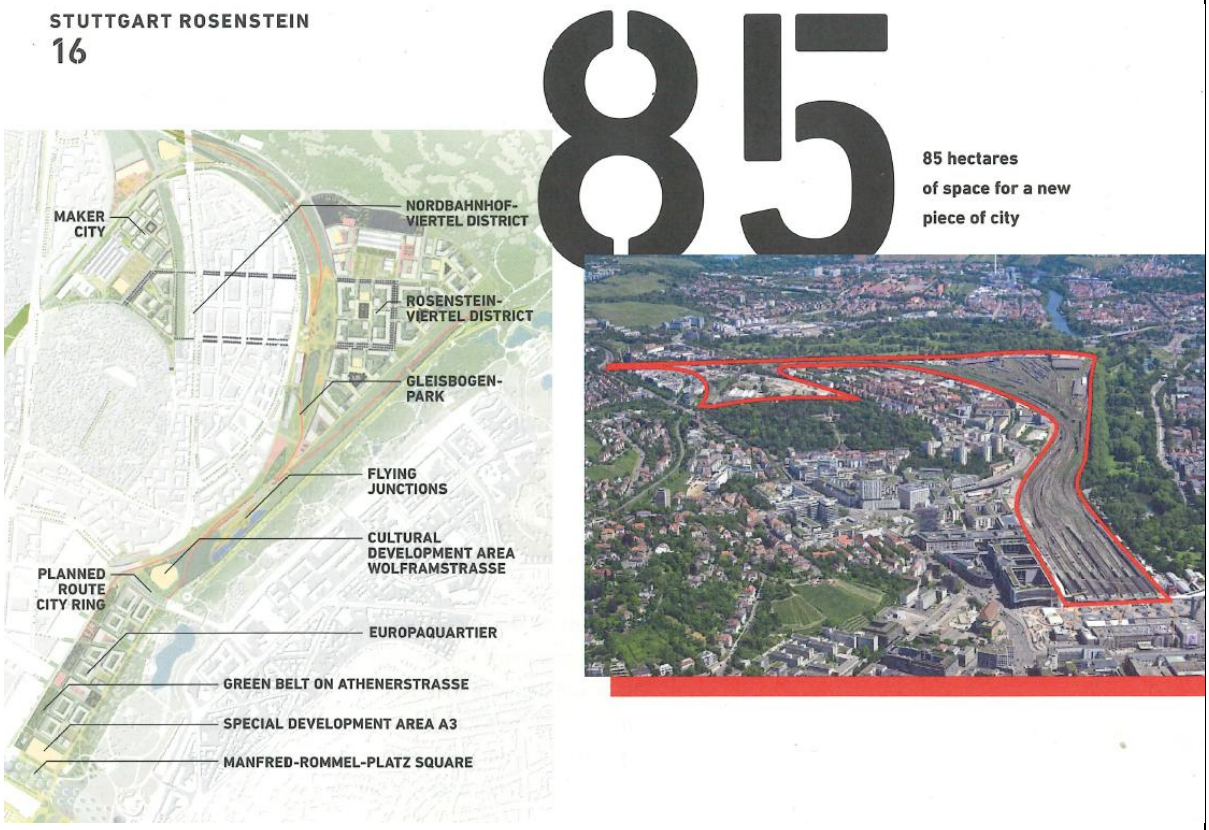


圖 23 斯圖加特中央車站 85 公頃土地都市計畫

新貫穿式車站的月台軌道數雖減半，卻能提升處理量並減少延誤，主因包括：

1. 進出站列車不再互相干擾。
2. 長途與區域列車的進出站軌道由 5 條增至 8 條。
3. 列車進出站速限由原先的 30–40 km/h 提高至 60–100 km/h。
4. 斯圖加特主站行車時間改善成效評估：

斯圖加特主站 ↔ 烏爾姆主站（ICE）：43 分鐘 ➔ 28 分鐘

斯圖加特主站 ↔ 烏爾姆主站（RE）：64 分鐘 ➔ 41 分鐘

斯圖加特主站 ↔ 斯圖加特機場/展覽中心：27 分鐘 ➔ 6 分鐘

斯圖加特主站 ↔ 慕尼黑主站：118 分鐘 ➔ 100 分鐘

本次規劃斯圖加特中央車站地下車站施工場域探勘，見證土木建築亮點-「柱之採光眼」(column of Light eyes)，設計理念為採光與節能，其中 27 根柱頂設有 200 平方公尺的圓形「採光眼」(Light eyes)，白天將自然光引入地下月台，大幅節省照明能源。月台大廳利用自然通風與上覆土層隔熱，全年維持舒適溫度。

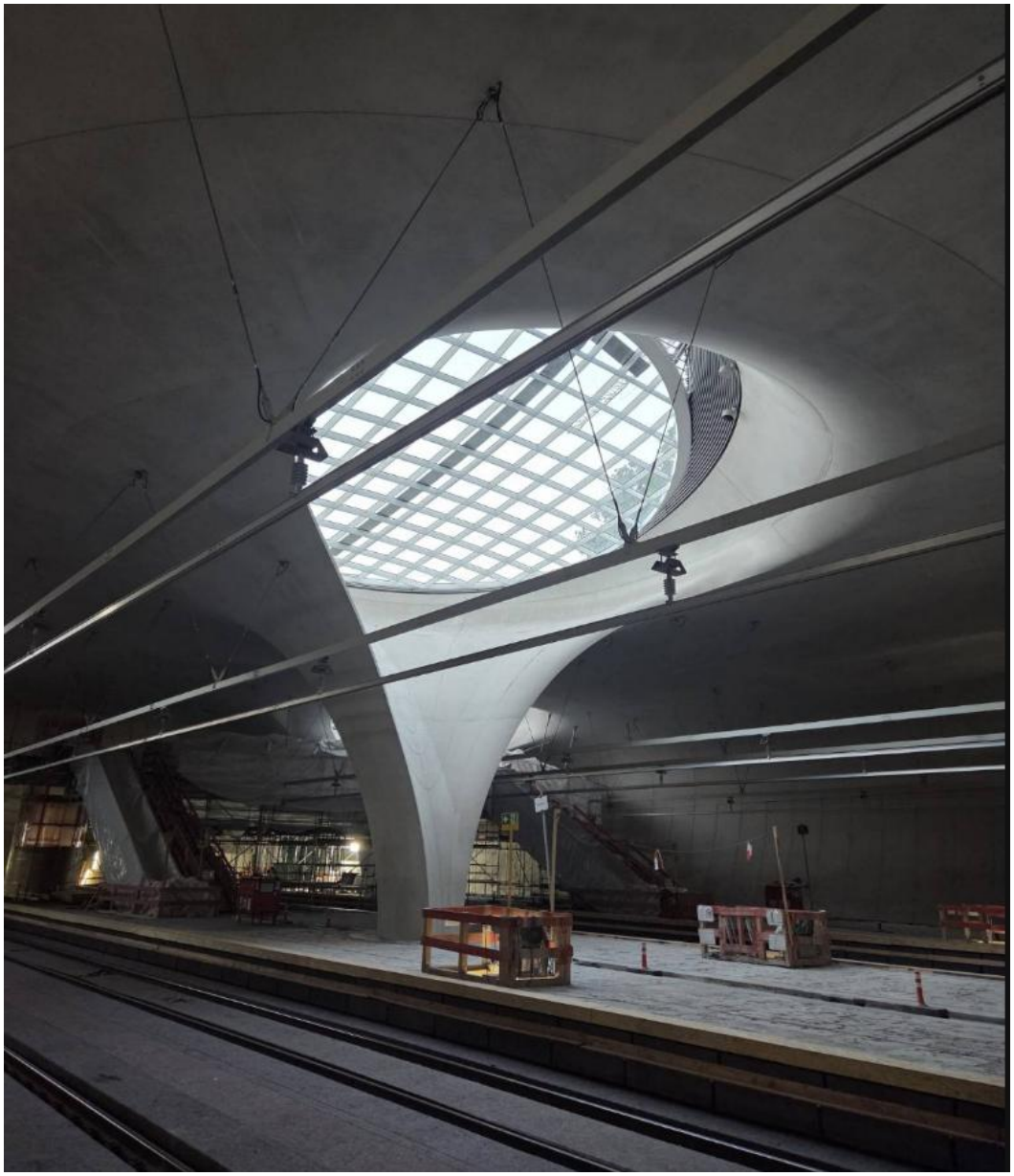


圖 24 斯圖加特中央車站「柱之採光眼」(column of Light eyes)

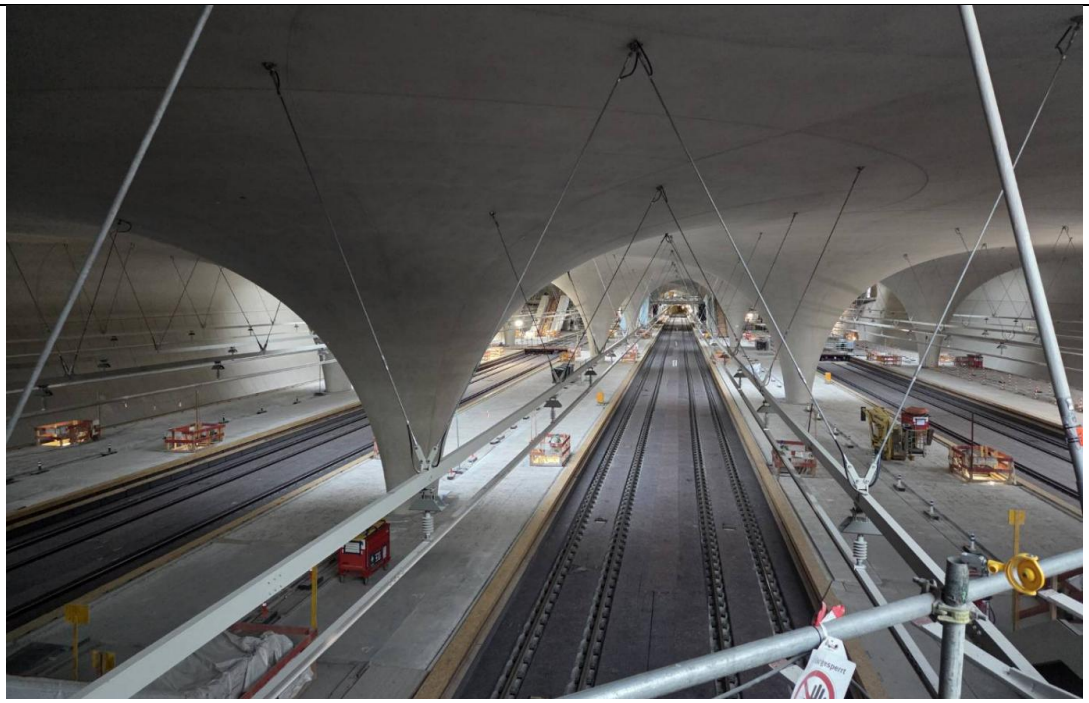


圖 25 斯圖加特新站位於舊軌道下方約 11 公尺深處設有 4 座島式月台（8 股軌道）

斯圖加特中央車站地下車站月台層設計往上之電梯及電扶梯及往下之地下廊道供旅客可快速換車如圖 26-圖 27，大幅改善頭端式車站旅客由月台端來回折返的時間如圖 20-圖 22。



圖 26 斯圖加特新站位月台層設計電梯及電扶梯

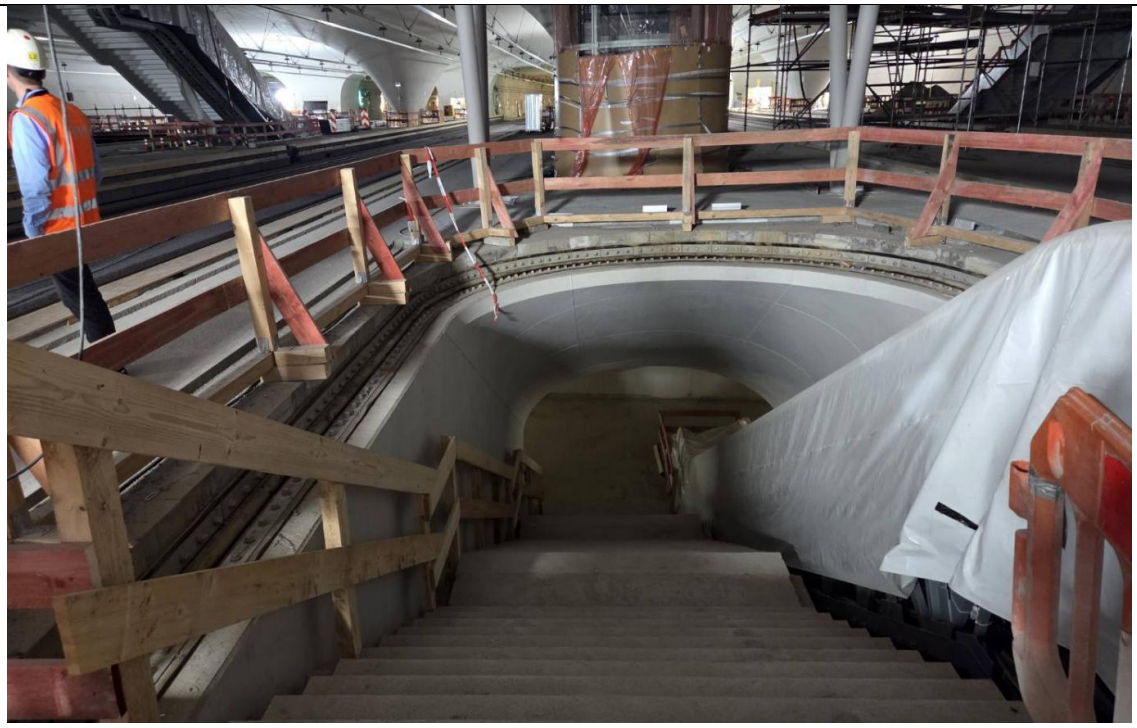


圖 27 斯圖加特新站位月台層設計地下廊道



圖 28 斯圖加特新站位月台層設計地下廊道



圖 29 斯圖加特新站進出站由每側各 4 條（共 8 條）聯絡軌道軌道設置狀態

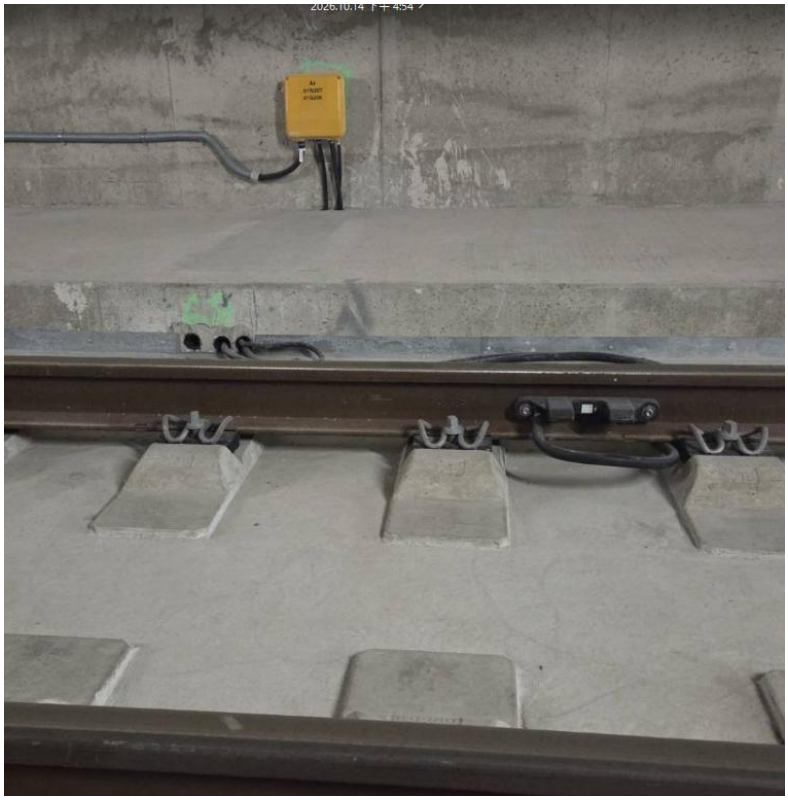


圖 30 斯圖加特新站計軸器安裝於道旁

本次規劃斯圖加特中央車站地下車站施工場域探勘，並查斯圖加特中央車站地下車站亦使用日立軌道承攬之計軸器系統，計軸器安裝於道旁狀態可參考圖 30，並查看軌道上轉轍器及軌道間信標參考圖 31。

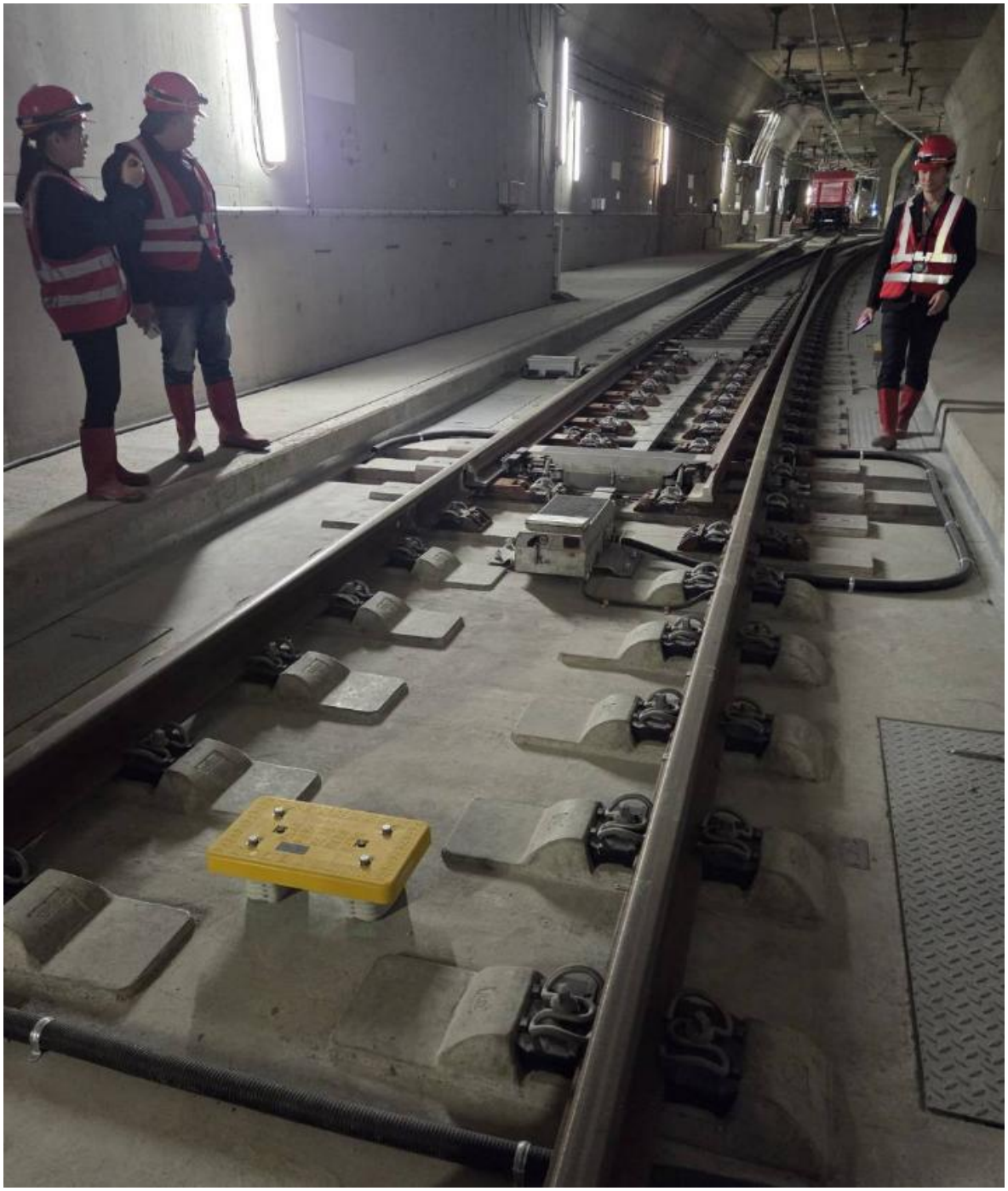


圖 31 斯圖加特新站軌道上轉轍器及軌道間信標





圖 32 斯圖加特新站探勘合影

第四節　荷蘭烏特勒支輕軌系統營運參訪

烏特勒支電車公司隸屬於省政府的「移動/交通部門」（Domein Mobiliteit），底下核心業務分為電車專案管理部（Trambedrijf Projectmanagement）與電車營運維護管理部（Trambedrijf Beheer en Onderhoud），營運模式政府為唯一股東，核心資產涵蓋 27 列車長 33 米的 CAF Urbos 電車，以及 27 列車長 41 米的 CAF Urbos 電車，軌道設施有 65 公里營運軌道、79 個道岔、32 個電車站，場站及附屬設施：電車機廠、公車機廠、Breukelen 轉乘停車場，以及覆蓋全省的 DRIS 乘客即時動態資訊顯示面板。

電車車隊編組模式：常態以 33 米（5 模組）與 41 米（7 模組）兩列車雙機重聯併結營運，33 米車款可載 216 人，41 米車款可載 350 人，營運速度：最高時速達 70 km/h。



圖 33 烏特勒支 5 模組電車



圖 34 烏特勒支 7 模組電車

烏特勒支電車公司維修採外包承包商，電車系統與資產維護共由 6～7 家專業外包承商配合執行，合作廠商：包含 Transdev、BAM infra、CSU（Scherp op schoon）、CAF、Alstom、IVU Traffic Technologies、Alstom Bombardier 以及 Strukton 等。

烏特勒支電車公司運用資產數據儀表板（Dashboarding assets）監控：

1. 車輛可用性儀表板與天氣預報數據。
2. 故障量化統計：追蹤每週故障數（如 27 起）、每月故障數（176 起）、每年故障數（1072 起），並針對各車號、系統（如煞車、車門、CCTV、HVAC 等）與每千公里故障率進行交叉分析。

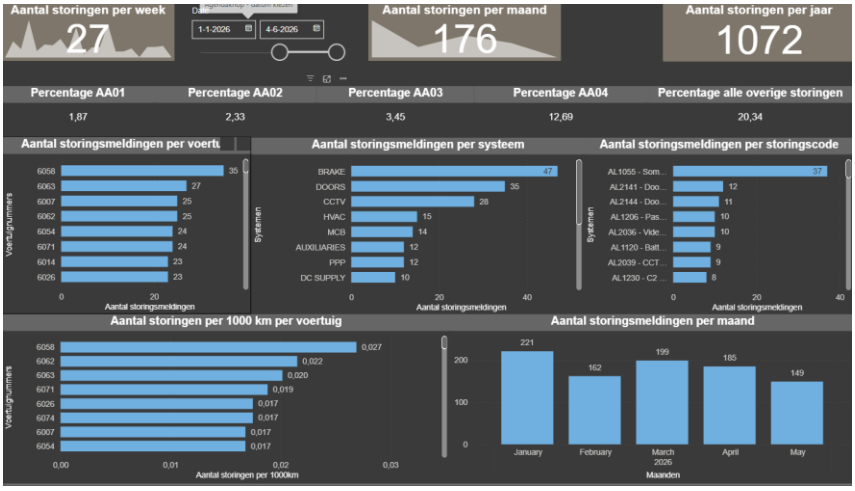


圖 35 烏特勒支故障量化統計系統

3. 車輛可用性狀態：實時呈現 CAF-33（25 列可用、2 列不可用）與 CAF-41（26 列可用、1 列不可用）的車隊即時調度狀態。



圖 36 烏特勒支車輛可用性狀態



圖 37 烏特勒支省政府代表與本局交流簡報

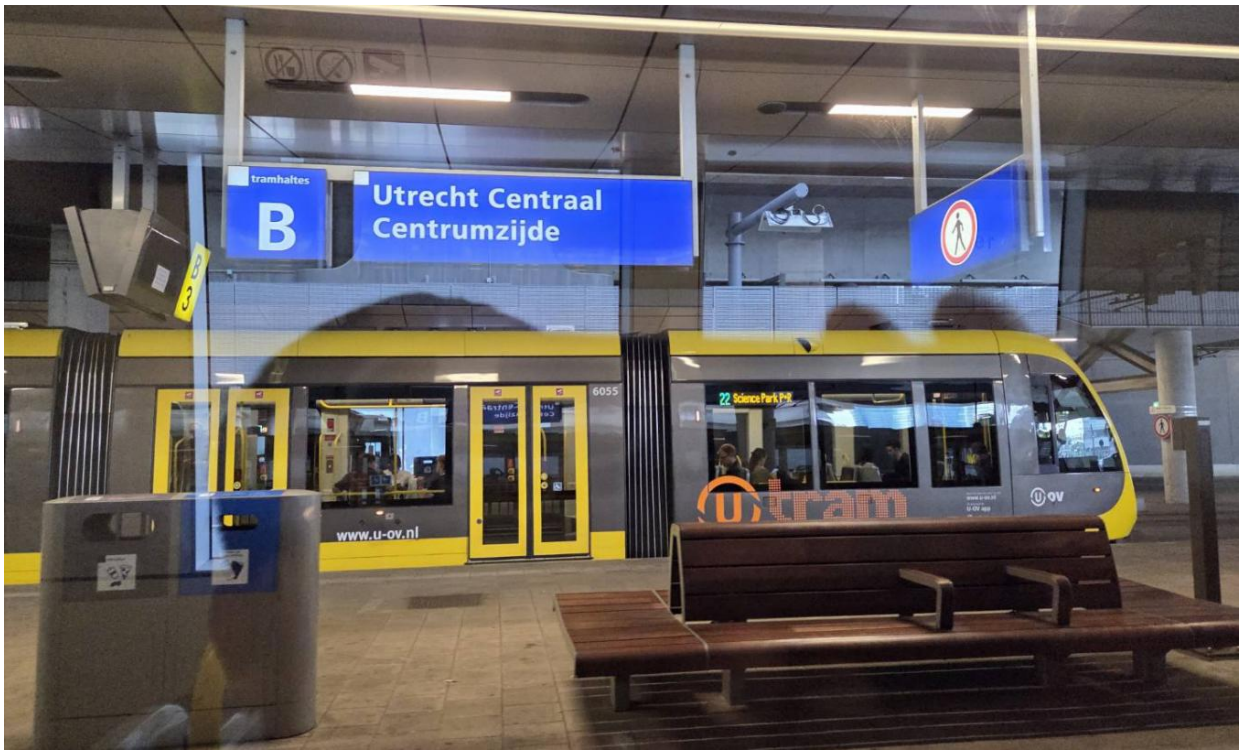


圖 38 烏特勒支營運車輛



圖 39 烏特勒支營運示意圖

本局並實際訪查營運車輛及駕駛室司機員駕駛狀態。

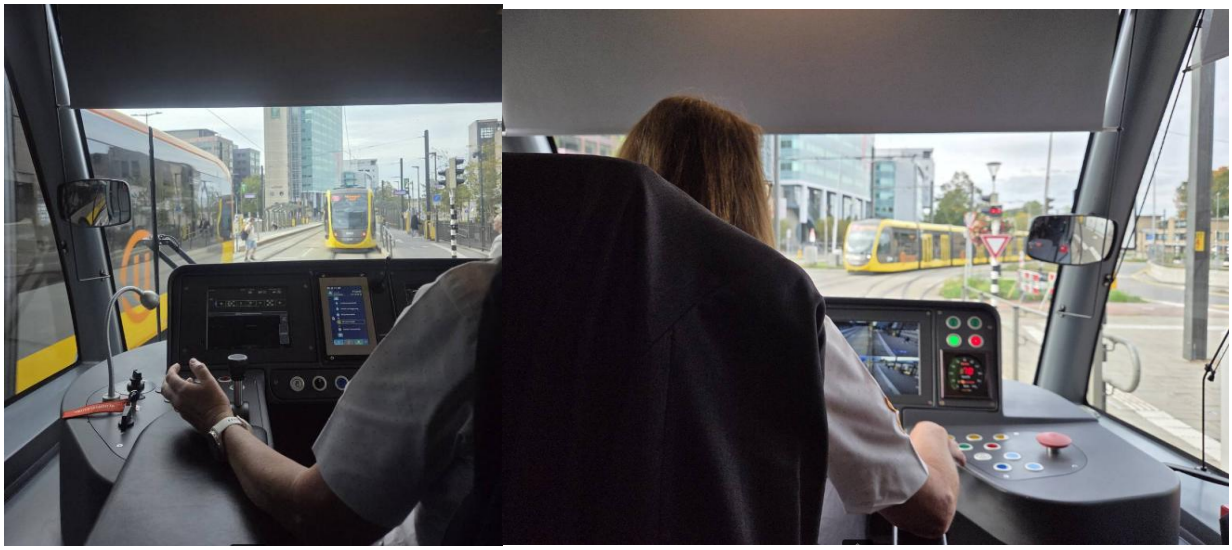


圖 40 烏特勒支營運駕駛室司機員駕駛狀態



圖 41 烏特勒支營運駕駛室司機員控制面板



圖 42 烏特勒支營運車輛搭乘



圖 43 烏特勒支電車參訪合影

第五節　InnoTrans 2026 德國柏林國際軌道交通技術展考察

InnoTrans 是全球領先交通運輸技術國際展覽會，每兩年在柏林舉辦一次。後續將於 2027 年 9 月 7 日至 9 日於新加坡世博中心舉辦亞洲市場的 InnoTrans Asia。本次第十五屆 InnoTrans 於 2026 年 9 月 22 日至 25 日在柏林展覽中心舉行，包含五大核心展區：

1. 鐵路技術（Railway Technology）

主要範疇： 客運與貨運軌道車輛、組件與配件（驅動系統、電氣工程、連結器、煞車等）、車輛維修服務等

2. 鐵路基礎設施（Railway Infrastructure）

主要範疇： 施工工程、號誌與控制系統、施工規劃與監控、高架電車線系統等。

3. 大眾運輸（Public Transport）

主要範疇： 資通訊技術、交通管理與數據處理、票務與乘客資訊系統、Mobility+服務、AI Mobility Lab 智慧移動實驗室等。



圖 44 InnoTrans 2026 本局團隊合影



圖 45 InnoTrans 2026 本局團隊合影

4. 車廂內裝（Interiors）

主要範疇： 車輛裝備與內裝、照明與玻璃、空調系統、安全設施、Travel Catering & Comfort Services（餐飲與舒適服務）等。

5. 隧道建設（Tunnel Construction）

主要範疇： 隧道鑽掘機械與技術、建築材料與組件、安全與內修系統、通訊維護與諮詢等。

InnoTrans 擁有廣闊戶外與軌道展示區，展區緊鄰展覽館，現場將展出 110 多輛車輛，涵蓋電聯車/柴聯車、高速列車、雙頭路軌車及貨運車廂，本局戶外展場查看狀況：

1. 布拉格設計的 TRAM FORCITY PLUS 有軌電車-斯柯達（ŠKODA），特色有

（1）適合布拉格歷史中心急彎與具挑戰性上坡軌道行駛。

（2）雙向行駛的五節車廂有軌電車，5 扇雙開車門。

（3）站立與座位區皆為 100% 低底盤，適合所有乘客的無障礙（無階梯）解決方案。

（4）採用天然環保冷媒 R290 的空調系統。

(5) 電磁煞車（EM-brake），無油管理。

(6) 防碰撞輔助系統。

(7) 全新資訊與攝影機系統，提供更佳的安全性。



圖 46 TRAM FORCITY PLUS 有軌電車-斯柯達（ŠKODA）



圖 47 TRAM FORCITY PLUS 有軌電車-斯柯達（ŠKODA）

參數（Parameters）	數據（Values）
車廂節數（Number of sections）	5
總載客量（Total number of passengers） （每平方公尺 5 人／座位數）	243 （70）
車長（Length）	31,950 毫米（mm）
車寬（Width）	2,500 毫米（mm）
軌距（Gauge）	1,435 毫米（mm）
最高時速（Max. speed）	70 公里/小時（km/h）
電氣化規格（Electrification）	600 V DC（直流電）
低底盤比例（Low floor）	100%

圖 48 TRAM FORCITY PLUS 有軌電車-斯柯達（ŠKODA）

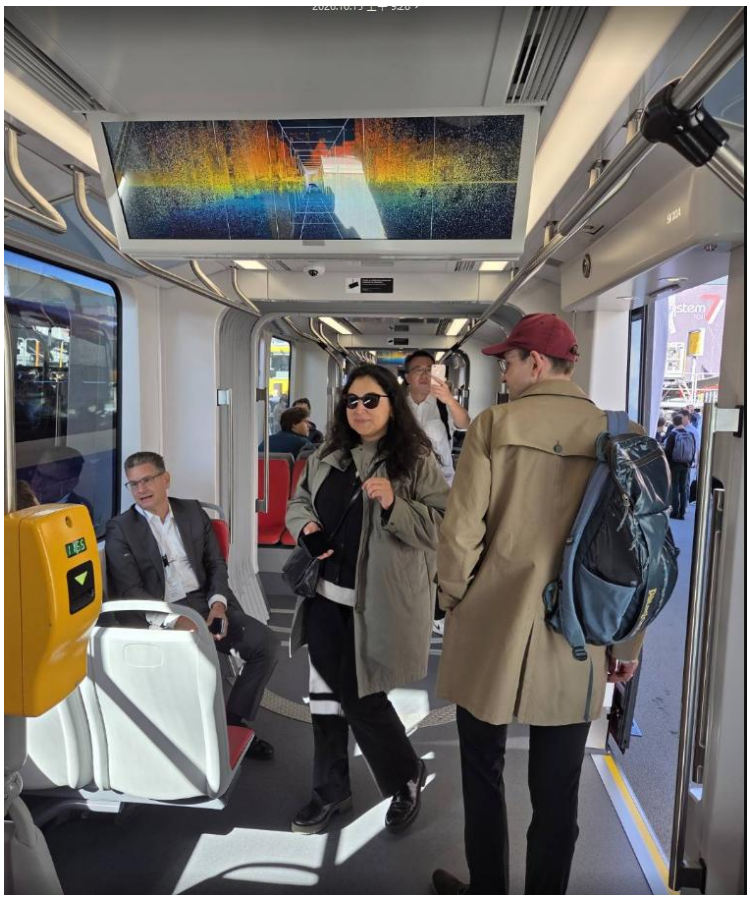


圖 49 TRAM FORCITY PLUS 有軌電車-斯柯達（ŠKODA）

2. Bozankaya 輕軌電池驅動電車 100% 低底盤、寬敞、環保、節能的電車。



圖 50 Bozankaya 輕軌電池驅動電車



圖 51 Bozankaya 輕軌電池驅動電車



圖 52 Bozankaya 輕軌電池驅動電車內裝

3. 阿爾斯通（Alstom）科隆 S-Bahn（S-Bahn Rheinland）預計於 2029 年夏季展開首批新車的實地路線測試，在 2026 年柏林國際軌道交通技術展（InnoTrans 2026）上展出：

(1) 短款列車由 9 節車廂組成，長度近 150 公尺；長列車由 11 節車廂組成，長度近 170 公尺，分別可容納超過 1150 名和 1340 名乘客，節能解決方案。

(2) 最高時速為 140 公里/小時。

(3) 為德國首批配備衛生間的 S-Bahn 列車。

(4) 乘客艙和駕駛室的整合式空調系統可提供溫度在 -25°C 至 45°C，配備環保丙烷（propane）冷媒的強力空調系統。

(5) 全車配備無線網路、電源插座。



圖 53 （Alstom）科隆 S-Bahn（S-Bahn Rheinland）



圖 54 （Alstom）科隆 S-Bahn（S-Bahn Rheinland）

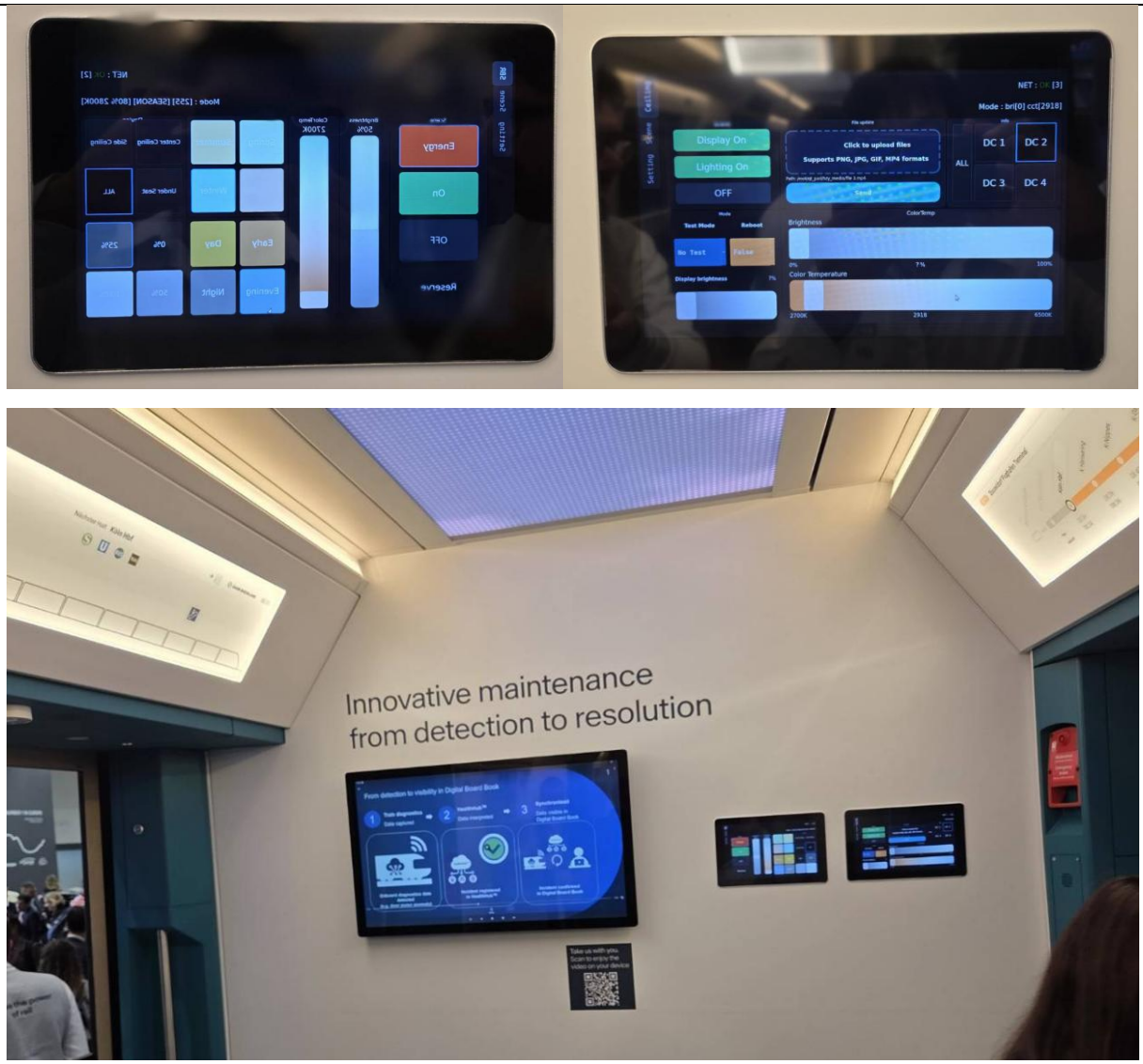


圖 55 （Alstom）科隆 S-Bahn（S-Bahn Rheinland）

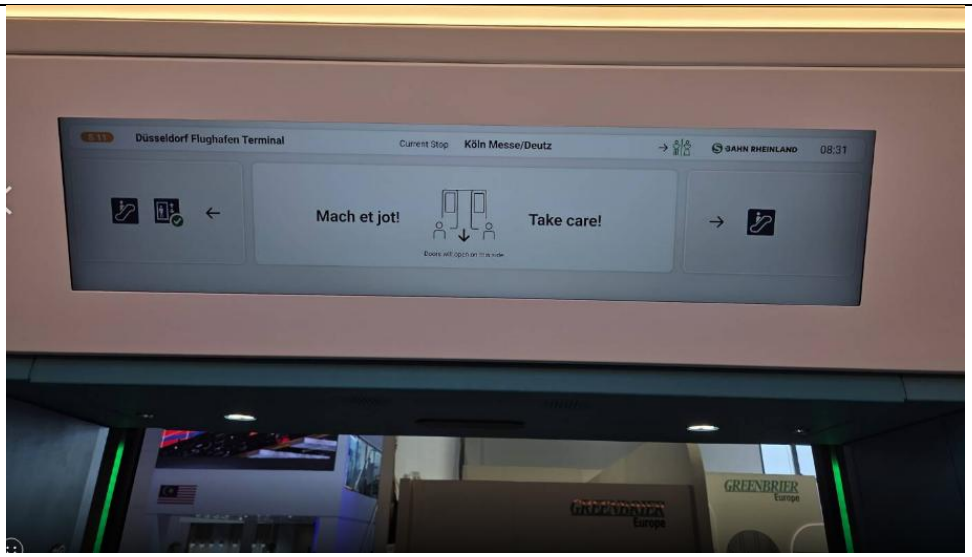




圖 56 （Alstom）科隆 S-Bahn（S-Bahn Rheinland）





圖 57 （Alstom）科隆 S-Bahn（S-Bahn Rheinland）



圖 58（Alstom）科隆 S-Bahn（S-Bahn Rheinland）

4. CAF Civity BEMU 電池動力電聯車（Battery Electric Multiple Unit）557 型列車在 2026 年柏林國際軌道交通技術展（InnoTrans 2026）上展出：

（1）雙模動力運作：列車配備車載能量儲存系統技術（TBat / OESS 牽引電池系統），使車輛能於無架空線的純電池行駛，並可透過集電弓在架空電車線下進行行駛中動態充電或靜止時充電。

（2）FASEM / DASEM 系統（駕駛輔助與能源管理系統）能進一步最佳化能源消耗，進而延長電池的使用壽命。

（3）超長電池續航：在續航力測試中，純電池模式下達成了 273 公里 的行駛紀錄。

（4）服務區域：將投入於萊茵-魯爾運輸聯盟（VRR）與威斯特法倫-利珀地方交通聯合會（NWL）的鐵路網路。

設計參數項目	規格細節
車輛編組（Composition）	Mc-Mc（雙動力駕駛車編組）
供電電壓（Power Supply Voltage）	15 kV AC（交流電）
軌距（Track Gauge）	1,435 mm（標準軌距）
最高營運速度（Maximum Speed）	140 km/h
車輛長度（Length）	44,900 mm / 55,480 mm（兩種車長版本）
車外寬度（Outer Width）	2,790 mm
車廂地板高度（Floor Height）	800 mm
總座位數（Total Capacity）	122 席 / 160 席（依車長配置）
輪椅專用區（Wheelchair Areas）	2 處
設備與系統項目	配置與說明
動力與能源管理系統	配備車載能量儲存系統（OESS / TBat 牽引電池），並搭配駕駛輔助與能源管理系統（DAS-EM / FASEM）以最佳化能耗與電池壽命
列車控制與診斷	列車控制與管理系統（TCMS），具備可程式邏輯控制與診斷功能
列車連結與貫通	配備自動連結器與車廂間貫通道
客室舒適與服務設施	車室空調系統、旅客資訊系統（PIS）、電源插座及 Wi-Fi 連線
安全與行車紀錄	閉路電視監視系統（CCTV）、行車紀錄器（事件記錄器）

圖 59 CAF Civity BEMU 電池動力電聯車



圖 60 CAF Civity BEMU 電池動力電聯車

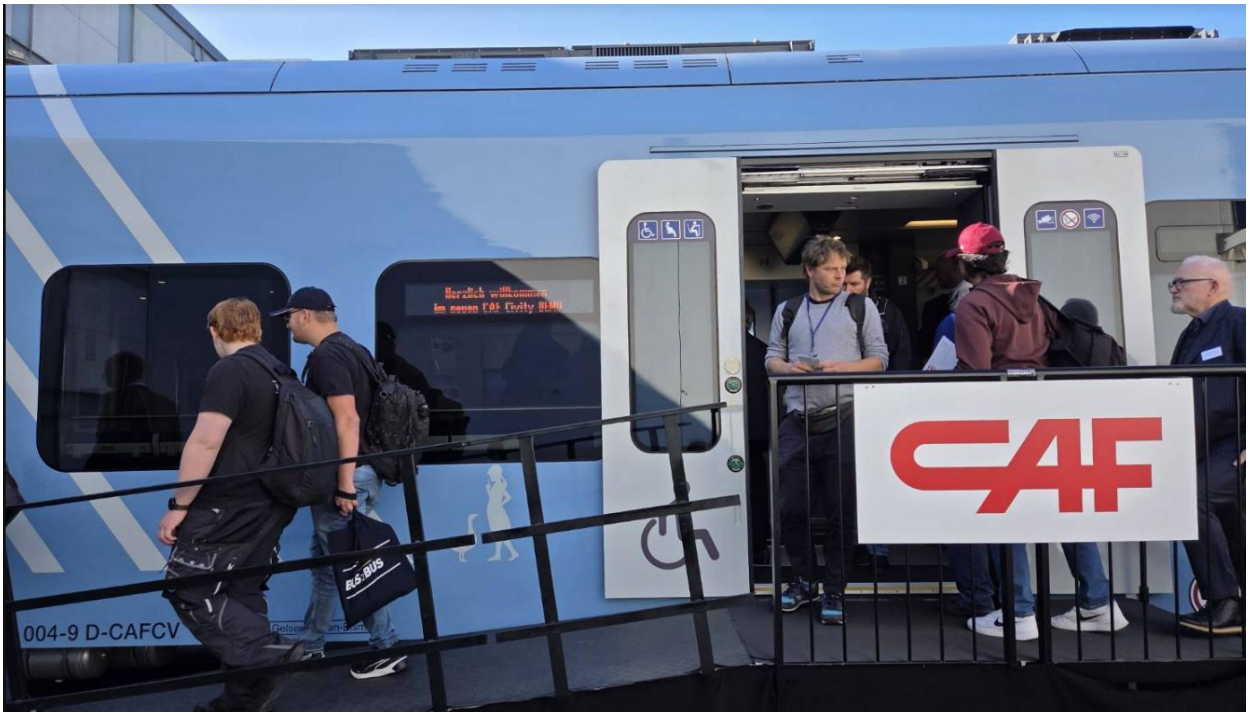


圖 61 CAF Civity BEMU 電池動力電聯車



圖 62 CAF Civity BEMU 電池動力電聯車



圖 63 CAF Civity BEMU 電池動力電聯車



圖 64 本局於 INNOTRAN 與 CAF 合影

第六節　柏林地鐵 U5 線考察

柏林地鐵 U5 號線（U-Bahn-Linie 5）橫跨柏林市中心，連接了西側的柏林火車總站（Hauptbahnhof）與東側邊界的霍瑙（Hönow），全長約 22.4 公里。車站皆位於重要景點下方：

- 柏林火車總站（Hauptbahnhof）： 德國重要的鐵路樞紐。
- 勃蘭登堡門（Brandenburger Tor）： 柏林最具代表性的歷史地標。
- 菩提樹下大街（Unter den Linden）： 與 U6 線交會，周邊歷史建築林立。
- 博物館島（Museumsinsel）： 直通世界文化遺產博物館群。
- 紅色市政廳（Rotes Rathaus）： 柏林市政府所在地。
- 亞歷山大廣場（Alexanderplatz）： 著名的電視塔與大型轉乘樞紐。



圖 65 勃蘭登堡門（Brandenburger Tor)月台看板

本次參訪由勃蘭登堡門（Brandenburger Tor)乘車至柏林火車總站（Hauptbahnhof）並詳細記錄柏林地鐵 U5 號線車站標示、旅客資訊看板、自動售票機、CCTV 及監視資訊影像等。



圖 66 U5 勃蘭登堡門（Brandenburger Tor)地圖標示



圖 67 U6 勃蘭登堡門 (Brandenburger Tor)全線轉乘標示



圖 68 U5 勃蘭登堡門 (Brandenburger Tor)售票機



圖 69 U5 勃蘭登堡門 (Brandenburger Tor)旅客資訊系統顯示器



圖 70 U5 勃蘭登堡門 (Brandenburger Tor)標示

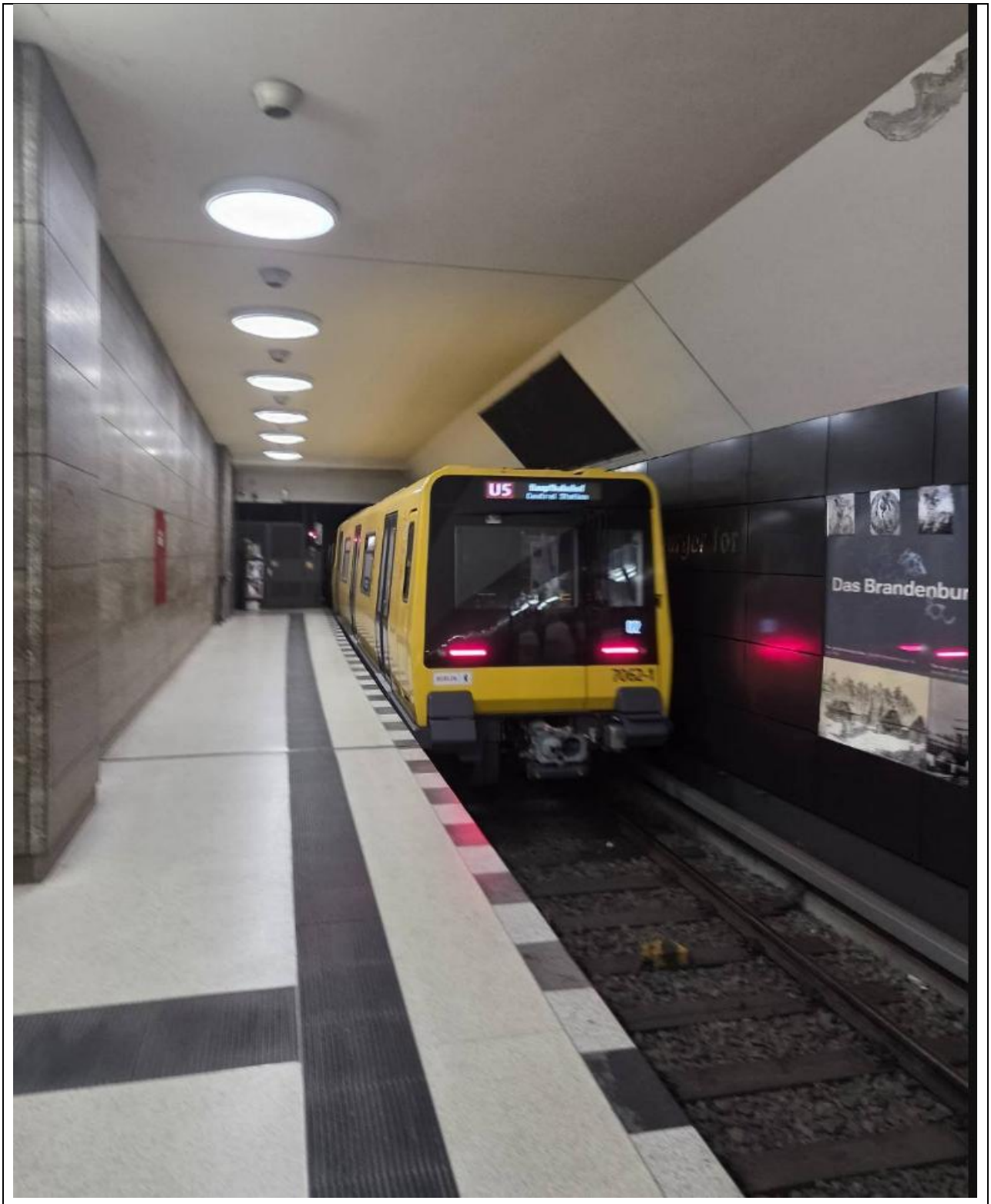


圖 71 U5 勃蘭登堡門 (Brandenburger Tor)開往柏林火車總站 (Hauptbahnhof)列車





圖 72 U5 勃蘭登堡門 (Brandenburger Tor)車站內放置 CCTV 監視畫面



圖 73 U5 列車關門開門（紅色/綠色）狀態顯示



圖 74 U5 柏林火車總站車輛號誌及反射鏡



圖 75 U5 柏林火車總站車站內標示



圖 76 U5 柏林火車總站車站內標示

第七節　海德堡纜車考察

海德堡纜車（Heidelberger Bergbahnen）建造歷史

● 1890 年—第一段從穀物市場（Kornmarkt）經城堡（Schloss）至莫肯庫爾（Molkenkur）、長 489 公尺且最陡處坡度達 43% ，車輛呈階梯狀構造的車廂各可容納 50 人，運行速度約為每秒 2 公尺，車速由車長透過咬合齒軌的煞車系統來進行調節。

● 1907 年—開通第二段從莫肯庫爾（Molkenkur）至國王寶座（Königstuhl）路線段全長 1020 公尺，在快到國王寶座車站的最陡處，坡度達 41%，第二段纜車為純粹的地面纜車（Standseilbahn），採用電力驅動，此時第一段纜車也改為電力驅動，動力來源不再是水，機械工程師在與纜車隨車人員保持持續聯繫(電鈴訊號)，並透過按鈕控制纜車速度，車廂的運行速度約為每秒 2 公尺。

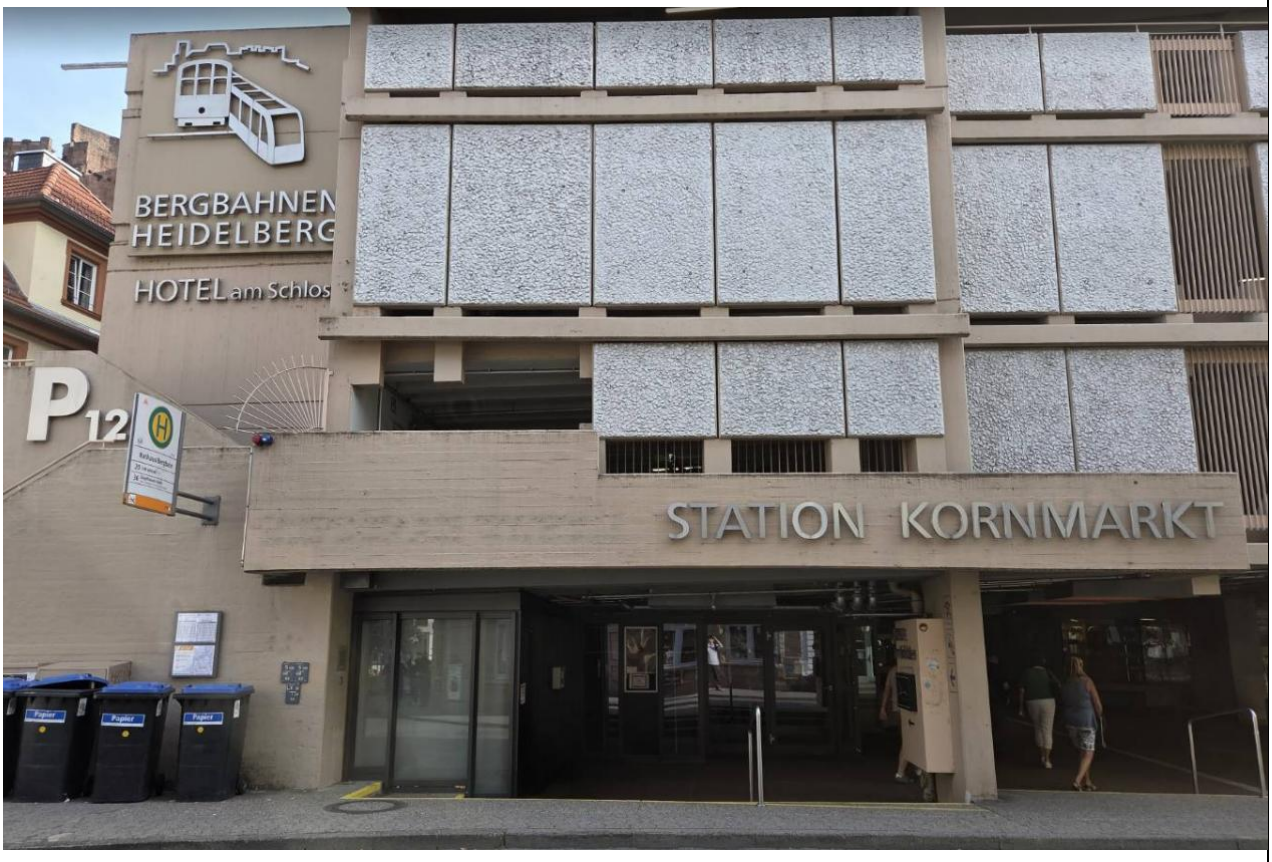


圖 77 穀物市場（Kornmarkt）山麓車站

● 1961 年—穀物市場（Kornmarkt）山麓車站與莫肯庫爾（Molkenkur）車站之間進行第一段改造，9 月中旬該路段暫停營運重新鋪設了軌道更換全自動控制纜車車廂、全新的機械設備以穀物市場和城堡的新車站建築，改造工程持續至次年 4 月隨後重新開通，為純粹的地面纜車運行，不再使用齒軌系統。全新的機械設備，莫肯庫爾纜車的速度達到每秒 4 公尺。國王寶座纜車路段(第二段)未受到本次改造工程的影響。



圖 78 海德堡纜車各站路線標示

● 1997 年—兩條纜車路線進行現代化工程：拆除了經常結冰的高架電車線，車廂改由新型能源供電。在每個車站充電，儲存足夠行駛至下一站的電力，並由集電器接收與儲存

能量，及煞車與設備升級使進站和煞車過程更加平順，更換了軌枕並重新鋪設電纜，車廂內安裝了發射器與接收器、車門控制裝置、控制台以及更佳的暖氣設備。

● 2002–2005 年—基於安全技術原因有必要對海德堡纜車進行整修。國王寶座纜車於 2003 年 5 月 1 日停運，莫肯庫爾纜車則運行至 2003 年 10 月 31 日。防火、安全以及無障礙改造為重點，穀物市場站和城堡站進行了部分拆除與重建。2004 年 11 月 23 日，莫肯庫爾纜車的新車廂運抵，分為五個乘客廂與一個駕駛室，全景玻璃車頂提供面向內卡河（Neckar）無遮蔽視野。翻修後的國王寶座纜車車廂則於 2004 年 12 月 13 日及 16 日運抵，外觀並恢復至 1907 年的原始狀態。

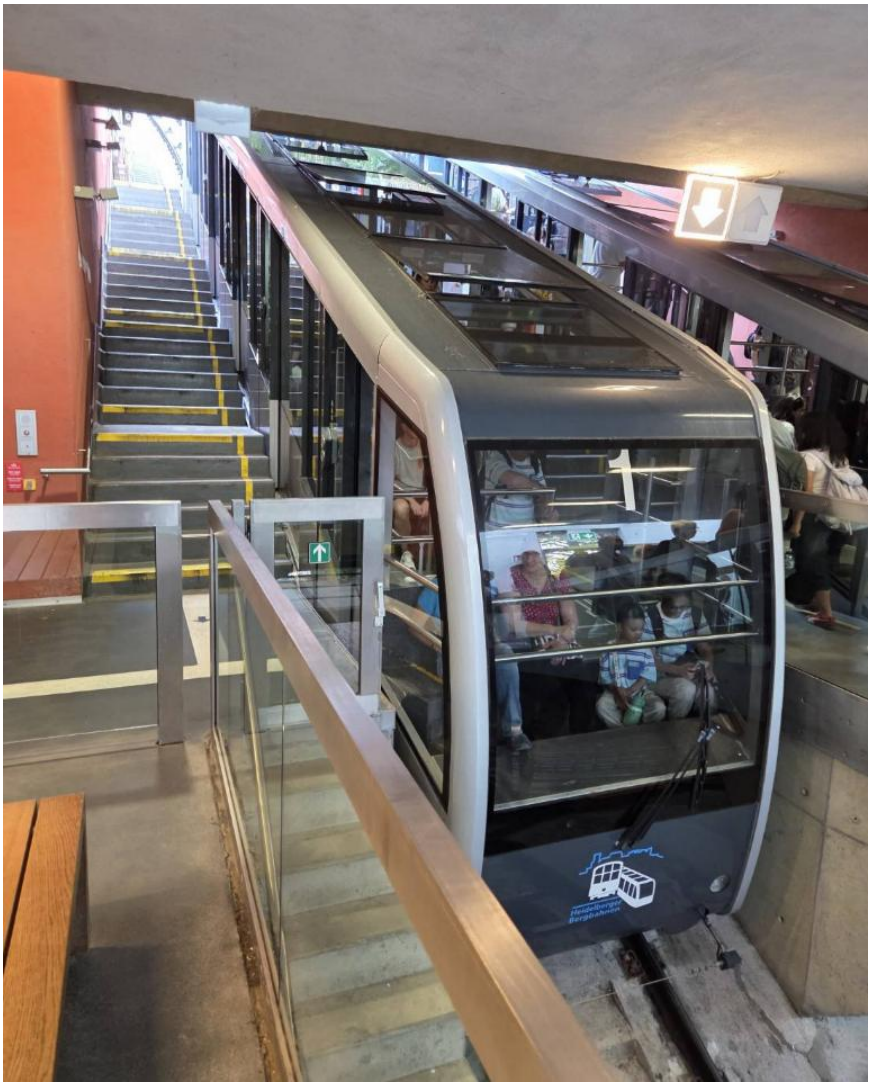


圖 79 海德堡纜車



圖 80 海德堡纜車歷史紀錄

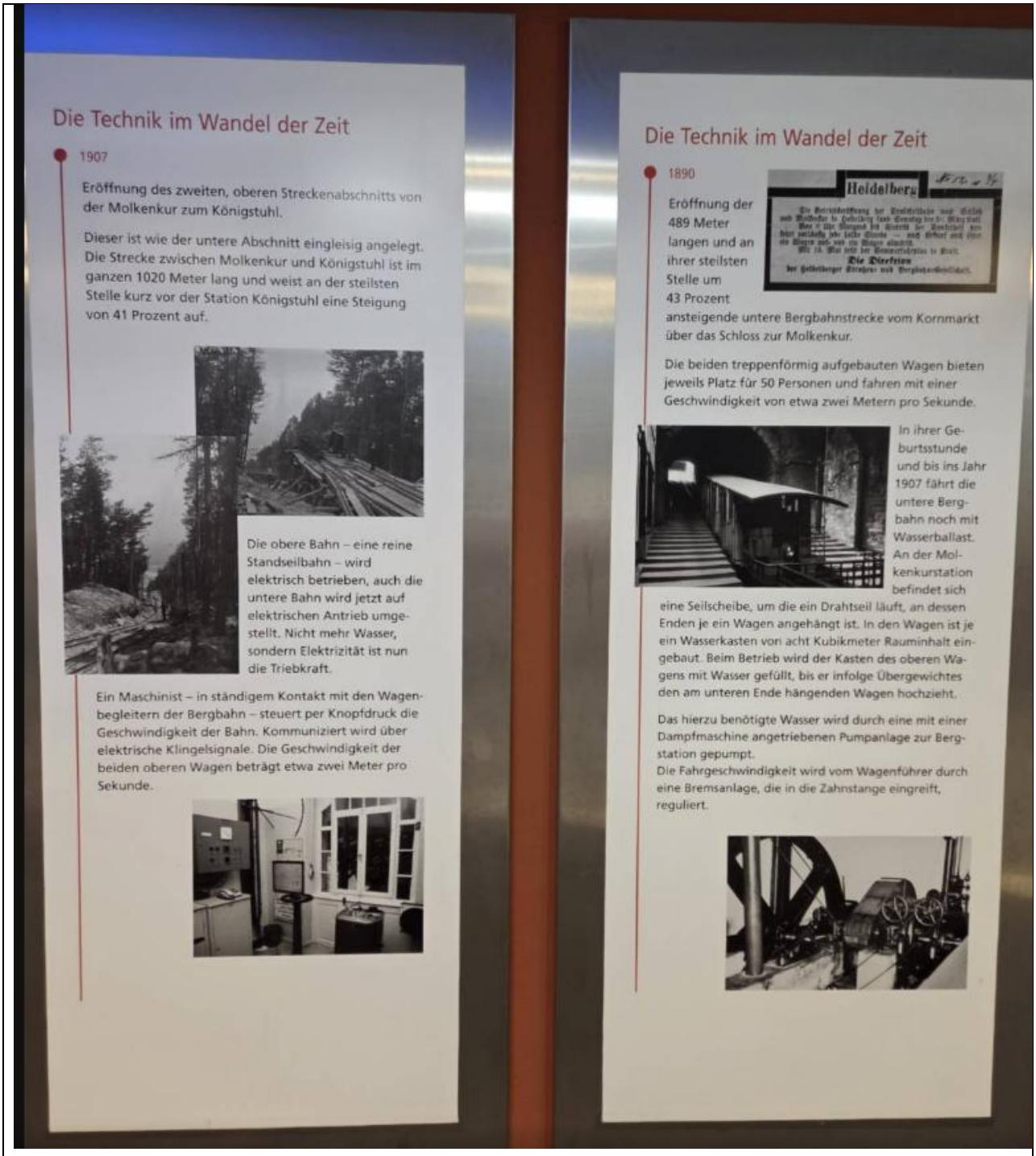


圖 81 海德堡纜車歷史紀錄

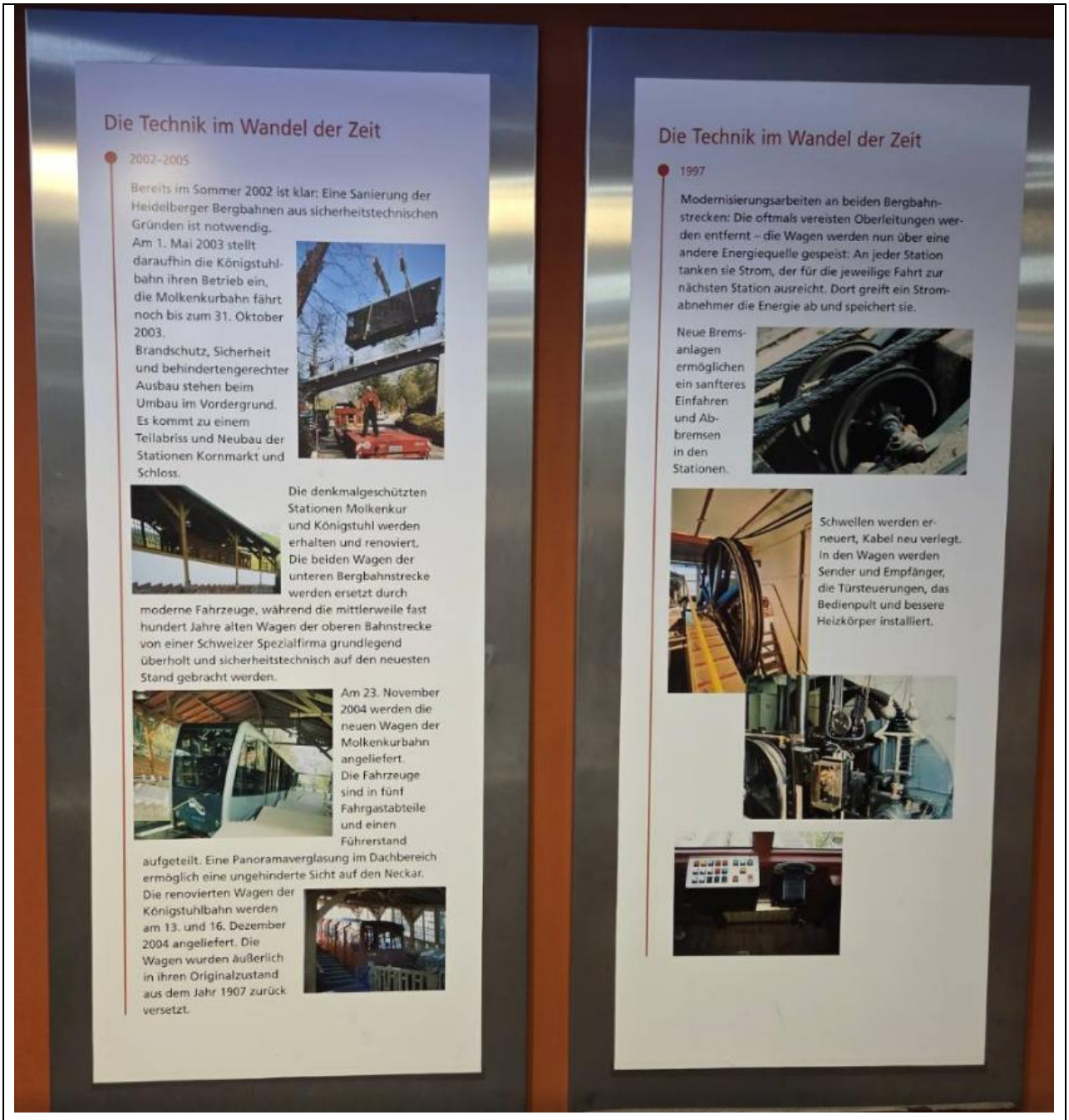


圖 82 海德堡纜車歷史紀錄

第八節　史特拉斯堡中央車站考察

史特拉斯堡中央車站是法國東部的樞紐車站。車站在 2007 年加蓋了一個長達 120 公尺的巨大圓弧玻璃帷幕，完整地將內部建於 1883 年的舊車站包裹其中，形成了極具衝擊感的「新舊共生」視覺景觀。本次也記錄史特拉斯堡中央車站月台、車輛及旅客顯示器呈現的狀況。



圖 83 史特拉斯堡中央車站



圖 84 史特拉斯堡中央車站入口

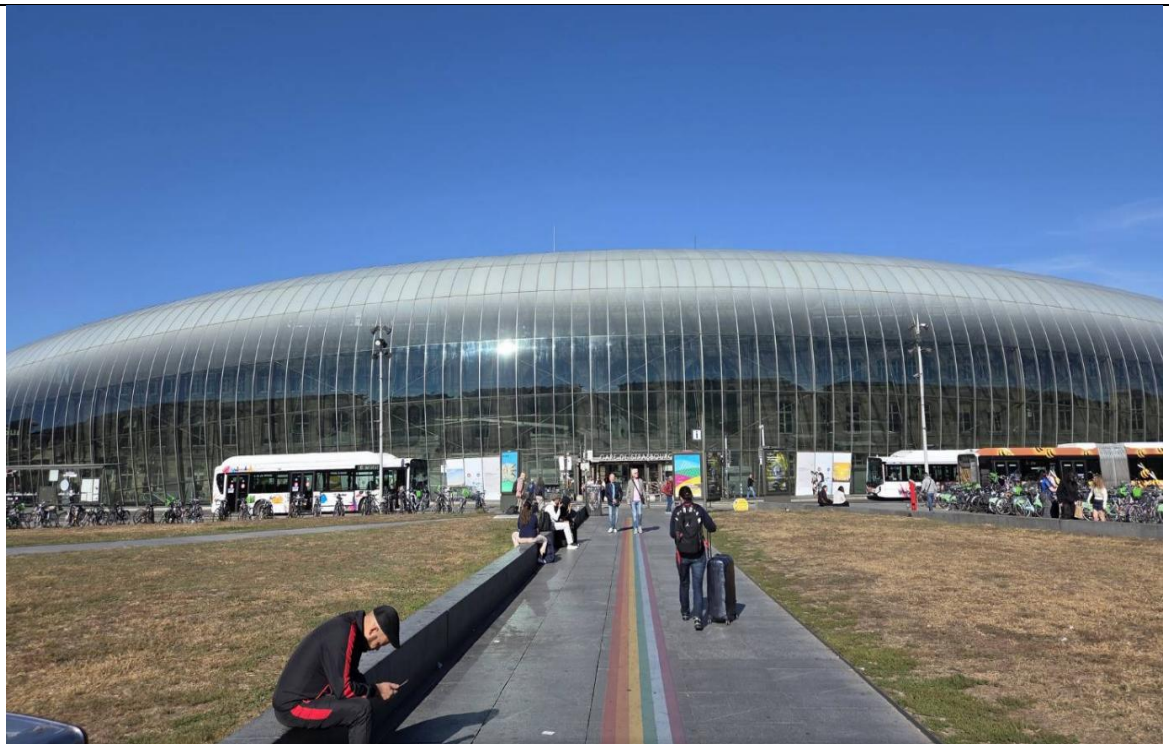


圖 85 史特拉斯堡中央車站外觀



圖 86 史特拉斯堡車站旅客顯示器



圖 87 史特拉斯堡車站月台

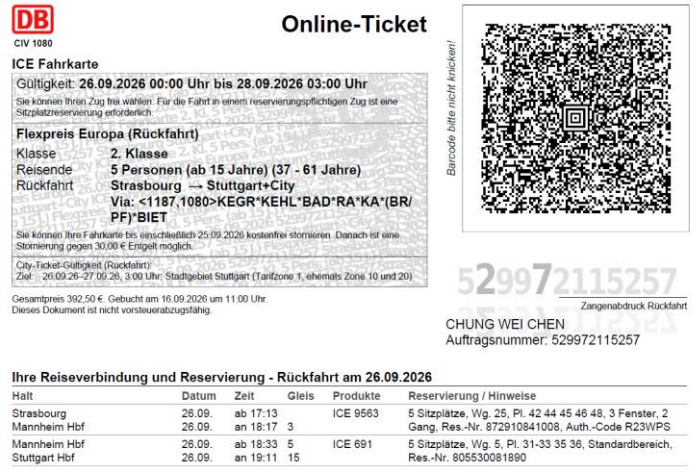


圖 88 史特拉斯堡車站月台

本局團隊於史特拉斯堡(Strasbourg)搭乘 17:13 之 ICE9563，至曼海姆火車總站（Mannheim Hauptbahnhof）轉乘 18:33 之 ICE 691 至斯圖加特（Stuttgart），本次 ICE9563 誤點至 18:41 到達曼海姆火車總站，很幸運地 18:33 之 ICE 691 也誤點至 18:48 到達曼海姆火車總站，使本局團隊可以順利轉乘，因此也達到寶貴的經驗，轉乘需要靠運氣，盡可能於規劃中有直達列車就預定直達車票。



圖 89 史特拉斯堡車站月台



DB
CIV 1080

Online-Ticket

ICE Fahrkarte

Gültigkeit: **26.09.2026 00:00 Uhr bis 28.09.2026 03:00 Uhr**
Sie können Ihren Zug frei wählen. Für die Fahrt in einem reservierungspflichtigen Zug ist eine Sitzplatzreservierung erforderlich.

Flexpreis Europa (Rückfahrt)

Klasse	**2. Klasse**
Reisende	**5 Personen (ab 15 Jahre) (37 - 61 Jahre)**
Rückfahrt	**Strasbourg → Stuttgart+City**
	Via: <1187,1080>KEGR*KEHL*BAD*RA*KA*(BR/PF)*BIET

Sie können Ihre Fahrkarte bis einschließlich 25.09.2026 kostenfrei stornieren. Danach ist eine Stornierung gegen 30,00 € Entgelt möglich.

City-Ticket-Gültigkeit (Rückfahrt):
Ziel: 26.09.26–27.09.26, 3:00 Uhr, Stadtgebiet Stuttgart (Tarifzone 1, ehemals Zone 10 und 20)

Gesamtpreis 392,50 €. Gebucht am 16.09.2026 um 11:00 Uhr.
Dieses Dokument ist nicht vorsteuerabzugsfähig.

Barcode bitte nicht knicken!

5299721152 57

Zangenabdruck Rückfahrt

CHUNG WEI CHEN
Auftragsnummer: 529972115257

Ihre Reiseverbindung und Reservierung - Rückfahrt am 26.09.2026

Halt	Datum	Zeit	Gleis	Produkte	Reservierung / Hinweise
Strasbourg	26.09.	ab 17:13		ICE 9563	5 Sitzplätze, Wg. 25, Pl. 42 44 45 46 48, 3 Fenster, 2 Gang, Res.-Nr. 872910841008, Auth.-Code R23WPS
Mannheim Hbf	26.09.	an 18:17	3		
Mannheim Hbf	26.09.	ab 18:33	5	ICE 691	5 Sitzplätze, Wg. 5, Pl. 31-33 35 36, Standardbereich, Res.-Nr. 805530081890
Stuttgart Hbf	26.09.	an 19:11	15		

圖 90 ICE 車票



圖 91 ICE9563 及 ICE691 車內誤點顯示



圖 92 ICE691 車內到站顯示

第三章 心得

本次奉派執行「捷運汐止東湖線統包工程」海外廠測計畫案(9 月份)，深入實地查核，並實地考察捷運交通建設獲益良多。謹將相關成果及心得歸納陳述如下：

一、關鍵機電設備廠驗符合契約規定：

1. 日立軌道計軸器：於德國斯圖加特（Ditzingen），確認符合 IEEE1474 規範；當 CBTC 號誌系統故障或車載設備異常時，計軸器等設備能精確作為備用之列車佔用檢測與防護機制。
2. Zagro bahn 路軌兩用電動牽引車：於德國 ZAGRO 總部，確認無線遙控操作與軌道/一般路面切換行駛功能均符合契約規定。

二、軌道工程與智慧營運借鏡：

1. 德國斯圖加特 21（Stuttgart 21）計畫：見證列車原有的終點站（頭端式車站(Kopf-/ Terminus)）從同一端進出（折返運行）改造為將改建為地下貫穿式車站(Durchgangs-/Through)，改造後將提升列車進站效率，縮短斯圖加特主站 ↔ 慕尼黑主站：118 分鐘➔ 100 分鐘，通車時間近 20 分鐘，並了解建築「柱之採光眼」自然採光節能設計與都市更新與藝術完美整合。
2. 荷蘭烏特勒支輕軌：參訪電車雙機重聯營運模式、外包維修機制，以及運用「資產數據儀表板」（Dashboarding assets）進行故障量化統計分析之經驗。

三、前瞻技術與捷運交通車輛考察：

1. 針對阿爾斯通（Alstom）為科隆 S-Bahn（S-Bahn Rheinland） 所設計之新型電聯車，關鍵技術特色與亮點：
   (1) 車輛編組與高容量彈性設計，提供兩種編組型式，短款列車：由 9 節車廂組成，車長近 150 公尺，可載運超過 1,150 名乘客。長款列車：由 11 節車廂組成，車長近 170 公尺，可載運超過 1,340 名乘客，兼顧高運量需求與節能解決方案。
   (2) 人性化服務與乘客舒適度，為德國首批配備衛生間（洗手洗手間）的城際列車（S-Bahn）列車，全車配置無線網路（Wi-Fi）與電源插座，完善資訊與充電服務。

(3) 寬廣空調環境：乘客艙與駕駛室採用整合式空調系統並搭配環保丙烷（propane）冷媒，兼具強力製冷效能與環境友善減碳效益，調節-25°C 至45°C 室溫。

2. 針對CAF Civity BEMU（557 型）列車將投入德國萊茵-魯爾交通集團（VRR）與威斯特法倫-利普區域交通目的聯合會（NWL）之交通網路營運，並展現了前瞻的綠色鐵道技術：

(1) 車輛編組2 節車廂小型編組（Mc-Mc），長度為44.9 公尺/55.48 公尺兩種版本，並設有2 處輪椅專用區，可載運超122 或160 名乘客。

(2) 彈性充電機制：列車於有電車線區段可透過集電弓進行行駛中動態充電，亦可在停靠靜止時進行充電，大幅提升路線調度彈性。在實際續航力測試中，純電池模式下達成了 273 公里 的連續行駛紀錄。

(3) 舒適與安全配備：全車配置車室空調及Wi-Fi 連線與電源插座。

(4) FASEM / DASEM 系統：配備駕駛輔助與能源管理系統（DAS-EM / FASEM），能動態最佳化能耗並有效延長電池使用壽命。

根據本次赴德國及荷蘭除廠測本局關鍵設備符合國際標準與契約外，更實際體驗當地捷運設施及捷運車輛，及因為InnoTrans 軌道展知道各家車廠於未來推動的相關車型及特色，並因本次行程時間寶貴仍有很多地區未踏及，尚有許多設計中捷運車輛及捷運營運的站場未涉及，本次廠測參訪行程非常豐富及密集仍有些遺憾，茲將期許敘於建議章節。

第四章 建議

根據本次赴廠測查核發現，以及多元軌道、觀光鐵道之參訪心得，提出以下建議，作為後續廠測規劃之參考：

有關廠測查核日立軌道計軸器設備，本次不僅單單查核一個設備而是列車通訊及號誌系統 CBTC 系統的部分功能展現，可使非主辦機電系統業務的同事更為了解列車運作時整個系統的功能及機制與設計要點，進而一同確認相關設備功能符合需求及契約規定，是非常具有價值的一點，並建議本局廠測時一定需要各科室的同仁參與了解。

有關的 InnoTrans Asia，後續將於 2027 年 9 月 7 日至 9 日於新加坡世博中心舉辦，及 InnoTrans 2028 將於 2028 年 9 月 19 日至 22 日在德國柏林展覽中心（Messe Berlin）登場，建議後續廠測時段如逢相關展期可多停留幾天了解新車型及技術。

柏林地鐵 U5 線（U-Bahn-Linie 5）是德國柏林重要的地鐵路線之一，西起柏林中央車站（S+U Hauptbahnhof），東至赫諾站（U Hönow），全長約 22.4 公里，串聯市中心精華區與東部住宅區，延伸段的「博物館島站」（Museumsinsel）天花板鑲嵌數千個點光源，呈現如星空般的深藍色穹頂，靈感來自歌劇《魔笛》，是本次未到達的地方，後續可依照參訪地區，妥為規劃相關極具文藝之車站，一併參訪及體驗特色捷運建築。

有關本次考察德國斯圖加特 21（Stuttgart 21）最大特點「柱之採光眼」(column of Light eyes)涉及土木建築工程建設及城市開發，建議本局相關單位如土木建築科及土地開發科亦可應業務需求辦理海外參訪計畫，將國外寶貴經驗納入本局工作場域。

有關本次計畫鑒於時間過於短暫，計畫規劃之初除參考實際廠測地點外，建議可深入了解國外人文特色、歷史及藝術，正如同法國作家泰奧菲爾·哥提耶（Théophile Gautier）筆下地延續「一座偉大的車站，是現代工業的宮殿，是新人類的大教堂，應當像城市的巨型大門一樣被建造。它不僅迎接肉體的抵達，更在空間的線條中，重塑人們對這座城市的第一眼想像」。

最後以 E·M·佛斯特(E. M. Forster)「歐洲的鐵道終點站從來就不是普通的建築，它們是一座座通往未知與冒險的偉大藝術之門。」("Railway termini. They are our gates to the glorious and the unknown."）勉勵後續計劃推動。