

出國報告（出國類別：考察）

## 歐洲考察複合式軌道運輸系統

服務機關：交通部、臺南市政府、

基隆市政府、新竹市政府(等)

姓名職稱：范植谷常務次長、張政源副市長、

林永發副市長、沈慧虹副市長(等)

派赴國家：歐洲(德國、法國、英國、西班牙)

出國期間：民國 106 年 5 月 3 日至 5 月 14 日

報告日期：民國 106 年 7 月

## 摘要

歐洲許多國家興起推動複合式軌道運輸系統(Tram-Train)，藉由該系統可結合區域輕軌與城際傳統火車的特性，共享路線及維修設施，可望節省建設成本。為解決鐵路現況問題，將評估使用該系統之可行性，交通部刻正推動基隆輕軌捷運建設計畫，為更瞭解 Tram-Train 系統的技術以及營運狀況，以評估基隆輕軌建設的適用性，特邀集中央軌道相關機關及地方政府與產業界，共同赴歐洲考察。

本報告內容首先簡要敘述考察行程與重點，再分別就系統特性、車輛與設備維修、機電號誌系統、路線與場站設計等技術面進行介紹，並提出後續推動之建議；藉由本次考察，同時觀察歐洲地區如何將軌道運輸結合在地文化與周邊土地開發，以成就都市整體發展。另外，也介紹了歐洲推動軌道系統的政策與社會面，與各國推動軌道運輸政策的方法與執行步驟，以作為未來推動軌道建設的參考。

本次考察同時以基隆輕軌建設作為參考案例，針對基隆至南港的場站及路線股道的配置調整予以實作，並對於營運調度等方面提出初步建議。

本次赴歐考察成果，包括車輛、機電系統、技術面的資料蒐集、彙整與研析，軌道運輸與都市發展等政策面的實地觀察，希望能提供我國各縣市政府後續推動軌道建設時的參考。

# 目次

壹、 前言.....	1
貳、 考察過程.....	3
參、 考察成果介紹.....	11
一、 Tram-Train 系統特性 .....	11
二、 系統車輛、設備與維修介紹.....	15
三、 機電系統介紹.....	34
四、 營運調度方面.....	44
五、 路線線型及車站設計.....	56
六、 軌道系統周邊都市再生－與 TOD 及文化結合 .....	63
七、 政策及社會發展研析.....	74
肆、 複合式軌道運輸系統在臺灣的應用-以基隆南港間為例 .....	79
伍、 心得及建議.....	86
附表 考察人員名單.....	89
附錄 1 交通部新聞稿.....	90
附錄 2 參訪人員論壇發表/投書 – 新竹市副市長 .....	93
附錄 3 參訪人員論壇發表/投書 – 臺南市副市長 .....	95
附錄 4 參訪人員相關採訪報導 – 基隆市副市長.....	98
附錄 5 參訪人員觀點發表 – 社團法人中華軌道車輛工業發展協會.....	99
附錄 6 相關會議結論摘述.....	102
附錄 7 交通部日本考察簡報.....	104
參考資料.....	118

## 圖目次

圖 2.1 德國 Karlsruhe 德鐵參訪.....	6
圖 2.2 法國 Mulhouse 機廠參訪.....	7
圖 2.3 法國 T4 Tram-Train 工地參訪.....	7
圖 2.4 英國 RAILTEX 軌道博覽會.....	8
圖 2.5 英國 Sheffield Supertram 參訪.....	9
圖 2.6 拜會英國 Manchester MetroLink 公司.....	9
圖 2.7 參訪西班牙 Alicante 維修機廠.....	10
圖 2.8 拜會 STADLER 車輛製造廠.....	10
圖 3.1.1 Karlsruhe Tram-Train 模式概念.....	12
圖 3.2.1 Karlsruhe Tram-Train 列車.....	15
圖 3.2.2 Mulhouse 的 Tram-Train 電車.....	16
圖 3.2.3 Mulhouse 的 Tram-Train 電車轉向架.....	16
圖 3.2.4 Sheffield Tram-Train 電車之外觀.....	17
圖 3.2.5 Sheffield Tram-Train 內裝.....	17
圖 3.2.6 Alicante Tram-Train 列車.....	18
圖 3.2.7 Alicante Vossloh Tram-Train 車輛轉向架.....	18
圖 3.2.8 STADLER 公司生產之機車頭.....	19
圖 3.2.9 法國 Mulhouse Tram-Train 車門(紅色箭頭處為開門按鈕).....	20
圖 3.2.10 輕軌車輪輪筐內之緩衝橡膠.....	20
圖 3.2.11 低底盤轉向架無空氣彈簧支撐.....	21
圖 3.2.12 ALSTOM 輕軌轉向架外觀.....	21
圖 3.2.13 SIEMENS 輕軌轉向架外觀.....	21
圖 3.2.14 車輛煞車系統的碟盤.....	22
圖 3.2.15 電磁式軌道煞車柱.....	23
圖 3.2.16 牽引馬達.....	24
圖 3.2.17 牽引馬達(藍色箭頭)與齒輪箱(紅色箭頭).....	24
圖 3.2.18 每車輪各別獨立配置馬達 1(馬達設計配置圖/實際馬達配置圖).....	24
圖 3.2.19 每車輪各別獨立配置馬達 2(馬達設計配置圖/實際馬達配置圖).....	25
圖 3.2.20 集中型馬達配置.....	25
圖 3.2.21 轉向架左右邊各別配置一馬達.....	25

圖 3.2.22 轉向架車輪可做轉向控制.....	26
圖 3.2.23 (A)駕駛臺顯示器 (B)雙供電系統.....	27
圖 3.2.24 雙供電系統原理.....	28
圖 3.2.25 Tram-Train 雙重工作模式 .....	29
圖 3.2.26 扁平化的主變壓器.....	29
圖 3.2.27 司機員駕駛控制臺.....	30
圖 3.2.28 撒砂噴嘴.....	31
圖 3.2.29 車廠加砂設備.....	31
圖 3.2.30 Alicante 的 Tram-Train 列車維修廠.....	32
圖 3.3. 1 德國 Karlsruhe Tram-Train 電車線系統 .....	34
圖 3.3. 2 西班牙 STADLER 油電混合動力 Tram-Train.....	35
圖 3.3. 3 英國 Sheffield SurperTram DMI 電力切換.....	35
圖 3.3. 4 電車線分群開關.....	36
圖 3.3. 5 法國 Reims 採用 Alstom 第三軌供電系統 APS .....	36
圖 3.3. 6 軌道電路.....	37
圖 3.3. 7 計軸器.....	38
圖 3.3. 8 列車自動警告及停車裝置(ATW/ATS).....	38
圖 3.3. 9 彈簧式轉轍器.....	39
圖 3.3.10 法國 Mulhouse Tram-Train 路口號誌 .....	40
圖 3.3.11 德國 Karlsruhe Tram-Train 電車專用號誌.....	40
圖 3.3.12 法國 Mulhouse Tram-Train 切換開關 .....	40
圖 3.3.13 車上自動售票機.....	41
圖 3.3.14 西班牙 EI CAMPELLO 車站使用 EUROLOOP 優化 ATP 運轉曲線....	42
圖 3.3.15 西班牙 LUCEROS ATP EUROLOOP 安裝於月臺邊緣下方 .....	43
圖 3.3.16 英國 Sheffield SuperTram 緊急煞車塊貼近於軌面 .....	43
圖 3.4. 1 德國西南部 Karlsruhe 城市其輕軌網路於路面上標線.....	44
圖 3.4. 2 路面上輕軌運用較高之道碴或草坪阻隔其他車輛.....	45
圖 3.4. 3 輕軌列車的車廂門設計亦配合月臺的彈性使用.....	45
圖 3.4. 4 輕軌系統行車路線未能與其他平面交通工具隔離.....	46
圖 3.4. 5 輕軌系統一般採駕駛員目視方式節制列車運行速度.....	46
圖 3.4. 6 英國曼徹斯特輕軌系統列車班距.....	47
圖 3.4. 7 法國 Mulhouse 定型化班次.....	48

圖 3.4. 8 非定型化班表模式(以傳統火車臺鐵基隆站時刻表為例).....	48
圖 3.4. 9 非定型化班表模式(以傳統火車臺鐵百福站時刻表為例).....	49
圖 3.4.10 臺鐵局列車運行與調度顯示面板.....	49
圖 3.4.11 西班牙 Alicante 行車控制中心顯示面板.....	50
圖 3.4.12 法國 Mulhouse Tram-Train System 的行車控制中心.....	50
圖 3.4.13 臺鐵局列車即時資訊(TID).....	51
圖 3.4.14 CTC 列車運行模組顯示狀態.....	51
圖 3.4.15 輕軌營運支援系統.....	52
圖 3.4.16 列車班表與運行整合輔助模組.....	52
圖 3.4.17 西班牙 Alicante Metricgauge Tram-Train System 調度模組.....	52
圖 3.4.18 臺鐵局現行列車調度系統與值臺調度員工作平臺.....	53
圖 3.4.19 臺鐵局現行工務路線(邊坡、隧道)監控模組.....	53
圖 3.4.20 臺鐵局現行供電(電力調配)模組監控系統及地震預警告示模組.....	54
圖 3.5. 1 Karlsruhe (A)路線交會之軌道 (B)車站及植草式軌道.....	57
圖 3.5. 2 Mulhouse (A)市區軌道路線 (B)非市區軌道.....	57
圖 3.5. 3 Karlsruhe (A)市區無雨棚車站(B)市區雨棚車站.....	58
圖 3.5. 4 Mulhouse (A)市區車站(B)非市區車站.....	58
圖 3.5. 5 Alicante (A)路面車站(B)地下車站.....	59
圖 3.5. 6 Karlsruhe (A)月臺及車內踏階 (B)車輛活動踏板.....	59
圖 3.5. 7 Manchester (A)高月臺車站(B)高月臺車站長斜坡.....	60
圖 3.5. 8 Sheffield (A)Tram-Train 車輛內部(B)Tram-Train 車輛外觀.....	60
圖 3.5. 9 Sheffield (A)現有路線銜接示意圖(B)Tramway 路線出岔延伸.....	61
圖 3.5.10 Sheffield Tram-Train 路線延伸銜接 Train 路線.....	61
圖 3.5.11 Sheffield 現有月臺延伸示意圖.....	61
圖 3.5.12 Alicante (A)Tram-Train 車輛內部(B)車輛活動踏板.....	62
圖 3.6. 1 T4 及延伸線路線圖.....	64
圖 3.6. 2 T4 延伸線施工現況.....	65
圖 3.6. 3 曼徹斯特 Metrolink 路網圖.....	66
圖 3.6. 4 Manchester 市區輕軌與月臺.....	66
圖 3.6. 5 King Cross 車站與 St Pancras 車站.....	67
圖 3.6. 6 國王十字再生計畫都市設計平面圖.....	68
圖 3.6. 7 國王十字再生計畫示意圖.....	69

圖 3.6.8 法國 Reims 香檳造型輕軌行駛於市中心 .....	70
圖 3.6.9 法國 Reims 輕軌車廂顏色識別 .....	70
圖 3.6.10 西班牙 Alicante 地中海沿線輕軌路線 .....	71
圖 3.6.11 西班牙 Alicante 輕軌路線圖 .....	72
圖 3.7.1 軌道政策發展步驟 .....	74
圖 3.7.2 英國南約克郡謝菲爾德市(Sheffield)輕軌延伸計畫 .....	76
圖 3.7.3 法國米盧斯(Mulhouse)複合式軌道運輸路網圖 .....	78
圖 4.1 南港基隆間股道配置構想 .....	81
圖 4.2 基隆站 Tram-Train 列車時刻表(模擬) .....	82
圖 4.3 南展館站 Tram-Train 列車時刻表(模擬) .....	83
圖 4.4 基隆站 Tram-Train 及臺鐵營運列車整合時刻表(模擬) .....	83
圖 4.5 Tram-Train 營運初期，以單向每小時 3 班車的列車運行圖表(模擬) .....	84
圖 4.6 八堵＝七堵間現有貨物線(模擬) .....	84

## 表 目 次

表 2.1 106.5.3-14 赴歐考察複合式軌道運輸系統行程表 .....	3
表 3.2.1 軌道運輸系統車輛性能比較表.....	30

# 壹、 前言

## 一、計畫緣起

我國軌道運輸路網現由臺鐵、高鐵、捷運及輕軌系統所組成，除了環島鐵路路網以及幾個大都會區區域網絡，並也正在持續興建軌道新路線服務市區旅運需求及改善現況服務水準不佳之路段。

軌道運輸系統相較於其他公路運輸系統而言，建設成本較高，且有後續設備管養與營運的問題，因此，如何透過直通運轉，共享軌道資源並減少轉乘，成了各國軌道運輸的新課題。

軌道運輸的及戶性不如私人運具，若不能擴大軌道服務範圍，提升可及性，較不易移轉私人運具的旅行習慣，為解決這個問題，行政院正在推動中的「前瞻基礎建設」軌道建設，提出多項市區區內鐵道運輸系統，以健全軌道運輸服務提高可及性。例如，基隆輕軌捷運建設計畫，主要目的是為了改善現有樹林至七堵間，因同時服務花東及基隆路線，以致有容量不足的問題。希望透過善用臺鐵現有資源，不但在原有路廊上提供更多站點服務，並保留延伸建置基隆市區輕軌的可能性，將原有路廊容量之餘裕，供往花東班次使用。

歐洲近年來興起 **Tram-Train** 系統，屬於複合式軌道運輸系統的一種，同時具有市區輕軌(**Tramway**)系統以及城際傳統火車(**Train**)之特性。可同時運行於一般軌道路線與平面道路，服務郊區及市區，且因該系統可與現有傳統鐵路共享路線及維修設施，故也可節省各項鐵路建設計畫之興建成本。此外，因為可深入市區，故可降低旅客轉乘的不便。因為 **Tram-Train** 系統不論路線研選、營運調度及系統技術等各方面，均有較多彈性，故 **Tram-Train** 在歐洲正興未艾。

## 二、考察目的與預期效益

本考察團由交通部范次長率交通部所屬相關單位及產業界，包含機電、車輛、營運調度等專業人員，以及目前刻正規劃市區軌道運輸系統的城市，包含基隆市、新竹市以及臺南市政府等，共同組成。

考察及參訪重點了包含 Tram-Train 系統的營運廠商、在歐洲有豐富軌道運輸規劃經驗的顧問公司、Tram-Train 系統車輛製造商、以及實地參觀歐洲鐵路系統結合當地文化特色以及車站轉乘等案例。

希冀藉由吸取歐洲地區成功推動 Tram-Train 系統的經驗，了解當地選擇該系統的原因，思考是否合適作為臺灣未來在解決軌道運輸問題上的方案，並且了解 Tram-Train 系統在技術與實際執行面上可能面臨到的問題與解決方式，以利未來我國推動各項相關軌道系統之參考。

## 貳、 考察過程

### 一、考察行程

本次考察團係由本部范常務次長植谷率本部路政司及所屬機關鐵工局、臺鐵局、高鐵局等相關同仁，並邀請基隆市政府(由林副市長永發率交旅處)、新竹市政府(由沈副市長慧虹率交通處)、臺南市政府(由張副市長政源率交通局及工務局)、臺灣車輛公司(由蔡董事長煌瑯率業務處)、中華軌道車輛工業發展協會(史秘書長文虎)及中興工程顧問公司(由嚴副總經理率同仁)等單位(考察名單詳後附表)共同組團赴德國、法國、英國及西班牙等歐洲地區考察複合式軌道運輸(Tram-Train)系統，以作為國內推動複合式軌道運輸系統參考依據。相關行程如表 2.1。

表 2.1 106.5.3-14 赴歐考察複合式軌道運輸系統行程表

日期	時段	行程說明
5/3 (三)		桃園國際機場 搭乘華航 CI061 航班 23:30 直飛德國法蘭克福
5/4 (四)	上午	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ 06:50 抵達德國法蘭克福</li><li>➤ 搭乘巴士前往德國卡爾斯魯厄(Karlsruhe)</li><li>➤ 參訪 Karlsruhe 的 Tram-Train 系統<ul style="list-style-type: none"><li>✓ 由德鐵亞太地區技術總監 Jaeger 先生簡報 Karlsruhe 鐵路、輕軌及 Tram-Train 建設與營運經驗</li><li>✓ 搭乘 Tram-Train 至 Karlsruhe 車站現勘火車暨電車共用月臺、火車軌道及火車機廠設施</li><li>✓ 步行至 Albtalbahnhof 車站</li><li>✓ 搭乘輕軌至 Rastatt 車站，車廂聽取傳統火車與輕軌轉換區說明</li><li>✓ 搭乘巴士前往米魯斯(Mulhouse)</li></ul></li></ul>
	下午	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ 抵達米魯斯(Mulhouse)</li><li>➤ 參訪米魯斯的 Tram-Train 系統<ul style="list-style-type: none"><li>✓ 由曾任米魯斯市長 Jean-Marie Bocquel 參議員介紹米魯斯推動輕軌及 Tram-Train 成功經驗</li><li>✓ 聽取營運公司 Solea 簡報</li></ul></li></ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 參觀行控中心及機廠</li> <li>✓ 搭乘 Tram-Train (含鐵路與城市系統轉換區)</li> <li>➤ 搭乘輕軌前往米魯斯車站(Gare de Mulhouse)</li> </ul>
	晚上	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 搭乘法國高鐵 TGV 前往法國巴黎 Gare de Lyon 搭乘巴士至巴黎</li> <li>➤ 夜宿巴黎</li> </ul>
5/5 (五)	上午	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 參訪 Tangentielle Nord 的 Tram-Train 新線</li> <li>✓ 參觀 T4 與 T11 機廠</li> <li>✓ 搭乘巴士至 St.Denis 工地辦公室</li> <li>✓ 由 Mr. Christian HANRIOT 介紹施工中的 Tram-Train 系統</li> <li>✓ 參觀施工中的 T4 線路段</li> </ul>
	下午	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 搭乘巴士至 SYSTRA 公司</li> <li>➤ 拜會 SYSTRA 公司</li> <li>✓ 由 SYSTRA 公司 CEO, Pierre Verzat 簡報該公司營運現況</li> <li>✓ 聽取 Tram-Train 簡報</li> <li>✓ 綜合討論</li> </ul>
	晚上	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 臺灣駐法國張大使銘忠接待及討論法國政經狀況</li> <li>➤ 夜宿巴黎</li> </ul>
5/6 (六)	全日	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 搭乘巴士前往法國漢斯(Reims)</li> <li>➤ 參訪 Reims 輕軌車輛香檳造型、供電方式及如何與當地文化與都市景觀結合</li> <li>➤ 搭乘巴士返回巴黎</li> </ul>
	晚上	夜宿巴黎
5/7 (日)	全日	參觀巴黎市區鐵路軌道建設
	晚上	夜宿巴黎(適逢法國總統第二輪大選投票結果)
5/8 (一)	上午	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 搭乘巴士前往 Paris Gare du Nord 站</li> <li>➤ 搭乘歐洲之星(EUROSTAR)前往英國倫敦</li> <li>➤ 抵達倫敦聖潘克拉斯國際火車站，駐英國代表處程公使祥接待及交換意見</li> <li>➤ 參觀倫敦聖潘克拉斯國際火車站(St.PANCRAS)</li> <li>✓ 現勘聖潘克拉斯國際火車站之接駁轉乘設施</li> <li>✓ 現勘附近的倫敦國王十字火車站，與聖潘克拉斯國際火車站雙車站</li> </ul>
	下午	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 搭乘巴士至倫敦尤斯頓火車站(London Euston)</li> <li>➤ 參訪尤斯頓火車站接駁轉乘設施</li> <li>➤ 搭火車前往英國曼徹斯特 Manchester</li> </ul>

	晚上	夜宿曼徹斯特
5/9 (二)	上午	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 搭乘巴士前往伯明罕(Birmingham)</li> <li>➤ 參加 RAILTEX 鐵路設備博覽會</li> <li>✓ 參觀相關軌道車輛公司如 SIEMENS、STADLER、ALSTOM，及各項系統設備廠商 CAMLIN、RAIL alliance 等</li> </ul>
	下午	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 搭乘巴士前往雪菲爾德(Sheffield) 超級輕軌機廠(Depot of Stagecoach Supertram)</li> <li>➤ 參訪雪菲爾德 Tram Train 先導計畫</li> <li>✓ 聽取簡報</li> <li>✓ 參觀機廠</li> <li>✓ 綜合討論</li> </ul>
	晚上	夜宿曼徹斯特
5/10 (三)	全日	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 搭乘巴士前往 Transport for Greater Manchester</li> <li>➤ 拜會 MetroLink 公司</li> <li>✓ 聽取 Transport for Greater Manchester 及 MetroLink 簡報</li> <li>✓ 搭乘 Metrolink 至 St Peter's Square</li> <li>✓ 考察曼徹斯特 Tram-Tain 高地板列車營運實況</li> <li>➤ 搭乘巴士前往曼徹斯特機場</li> </ul>
	晚上	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 搭機前往西班牙阿里坎特(Alicante)</li> <li>➤ 23:20 抵達 Alicante</li> <li>➤ 夜宿西班牙 Alicante</li> </ul>
5/11 (四)	上午	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 搭乘巴士前往 Alicante 機廠</li> <li>➤ 參訪 Alicante 的窄軌(Metric gauge) Tram-Train</li> <li>✓ 參觀行控中心並聽取說明</li> <li>✓ 參觀機廠並聽取說明</li> </ul>
	下午	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 現勘 Alicante Tram-Train</li> <li>➤ 搭乘 Alicante Tram-Train</li> </ul>
	晚上	夜宿 Alicante
5/12 (五)	上午	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 搭乘巴士前往位於瓦倫西亞(Valencia)的 Stadler 公司機廠</li> <li>➤ 參訪 STADLER 公司</li> <li>✓ 聽取簡報</li> <li>✓ 參觀機廠</li> </ul>
	下午	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 搭乘巴士前往西班牙商務處瓦倫西亞辦事處</li> <li>➤ 拜會瓦倫西亞辦事處</li> <li>✓ 聽取 ALSTOM Espana、Ardanuy Ingenieria、Azvi、Danobat Group、Idom、Tyspa 等公司簡報</li> </ul>

	晚上	夜宿瓦倫西亞
5/13 (六)	上午	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 搭乘巴士前往瓦倫西亞機場</li> <li>➢ 06:55 搭機飛往羅馬轉機，另臺南市政府張副市長等 4 位團員 06:35 飛往法蘭克福轉機</li> </ul>
	下午	11:20 臺南市政府團員搭乘華航 CI062 航班自法蘭克福飛往臺北
	晚上	其餘團員 18:25 搭乘華航 CI076 航班自羅馬飛往臺北
5/14 (日)	-	抵達桃園國際機場

## 二、考察重點介紹

### 1. 德國卡爾斯魯厄(Karlsruhe) Tram-Train 系統

卡爾斯魯厄為德國第一個發展現代 Tram-Train 系統之地區，也是目前世界上 Tram-Train 路線最長的地區(達 400 公里)，以其 Tram-Train 經驗成功建立知名的卡爾斯魯厄模式(Karlsruhe Model)。



圖 2.1 德國 Karlsruhe 德鐵參訪

### 2. 法國米魯斯(Mulhouse) Tram-Train 系統

法國米魯斯 Tram-Train 系統係由二家不同的公司(法國國營鐵路 SNCF 及地方政府成立的 SOLEA 公司)，在一條單軌上，同時營運傳統

火車及 Tram-Train。該系統涉及的介面很多，須進一步瞭解人員操作及訓練、號誌整合、電力系統切換、轉換區控制權移轉、機廠維修能量及人力等。



圖 2.2 法國 Mulhouse 機廠參訪

### 3. 巴黎 T4 線及 Tangentielle Nord Tram-Train 新線

T4 線為連結都會區地鐵至區域快鐵(RER B 及 RER E)，在較少使用的傳統鐵路上增設車站方式，以連結至 RER，自 2006 年即開始營運，近期有延伸路線進市區之規劃。至於巴黎北郊 Tangentielle Nord Tram-Train 新線(T11)，輕軌路線多係利用現有道路鋪設，以重新規劃道路配置，並在兩旁設置人行道及植栽，採 Alstom 公司製造的車輛，預計 2017 年 7 月營運通車。



圖 2.3 法國 T4 Tram-Train 工地參訪

#### 4. 法國漢斯(Reims)輕軌系統

法國漢斯(Reims)輕軌車體採香檳杯造型，表現當地文化特色及都市景觀結合。

#### 5. 聖潘克拉斯國際車站、倫敦國王十字火車站和倫敦尤斯頓火車站之規劃設計

搭乘歐洲之星，瞭解歐洲高鐵銜接轉乘設施及車站設計規劃。另瞭解聖潘克拉斯國際車站附近倫敦國王十字火車站雙車站形式，及不同路線之 T 型端點車站規劃設計。

#### 6. 參加英國 RAILTEX 鐵道設備國際展覽會

2017 鐵道設備國際展覽會，包含各項鐵路相關設備、系統及營運之廠商參展，可瞭解最新軌道技術及資訊應用。



圖 2.4 英國 RAILTEX 軌道博覽會

#### 7. 英國雪菲爾德(Sheffield) SuperTram Tram-Train 先導計畫

為英國第一個發展 Tram-Train 的城市，刻正推動 Tram-Train 先導計畫，具示範性，預計 2018 年營運通車。另 SuperTram Tram-Train 系統有實際爬坡 10%之路段，且該路段長達約 1 公里。可實際瞭解列車於高爬坡之運用，及其維修等配套作法。



圖 2.5 英國 Sheffield Supertram 參訪

## 8. 英國曼徹斯特高地板輕軌列車(MetroLink)

改造傳統火車站，供 MetroLink 高地板輕軌列車進入郊區傳統鐵路車站，以連結市中心及郊區各原有火車站及機場等重要旅次吸引點。同時可瞭解高地板輕軌列車於市區之車站設計。



圖 2.6 拜會英國 Manchester MetroLink 公司

## 9. 西班牙 Alicante 窄軌 Tram-Train 及維修機廠

阿里坎特 Tram-Train 為 1000mm 軌距之系統，且利用既有的傳統鐵路營運，列車上設置有 ATP 等行車保安系統，並搭配沿線濱海小鎮的開發，塑造 Alicante 為觀光城市。



圖 2.7 參訪西班牙 Alicante 維修機廠

### 10. STADLER Tram-Train 列車位於瓦倫西亞的製造廠

STADLER 公司具有規劃、設計、生產製造車輛能力，為德國 Karlsruhe 及 Chemnitz 二座城市的 Tram-Train 列車之製造商。可依業主需求生產製造不同軌距之車輛。



圖 2.8 拜會 STADLER 車輛製造廠

## 參、 考察成果介紹

本次考察目的主要是為了瞭解歐洲地區複合式軌道運輸系統(Tram-Train)的推動現況與未來發展，以提供我國未來推動該系統之參考。本章節將分別介紹 Tram-Train 系統的特性、車輛設計、機電系統、營運調度模式、以及路線與月臺配置等，並比較我國臺鐵或相關軌道運輸系統之差異，以分析與我國現有鐵路系統整合之方式，與進一步應用的可能性。

### 一、Tram-Train 系統特性

傳統鐵路(Train)因運量大及可服務的距離較長，所以可有效利用土地以達到節能減碳效益等優點，成為推動公共運輸建設之首選，但其資本密集且固定資產龐大，以及因為路線固定不易更改、調度編組耗時，致營運缺乏彈性、可及性低，所以通常以服務城際間旅次為主；而都會區的軌道運輸系統最常見的為捷運(MRT)、輕軌(LRT)或有軌電車(Tramway)系統等，但為了要服務人口密度高的地區，因此站間距離通常不大於 2 公里，尤其輕軌與有軌電車又屬於 B 或 C 型路權，在安全考量下，速率通常受限。另外，對民眾而言，從郊區進入市區需多次轉乘不同的公共運輸至目的地，便利性不佳，而對於整體營運上，不同系統亦或者不同營運單位間在轉乘銜接上不易配合，且地區也需更多的空間去解決各系統所需的設備資源。

因此歐洲近幾年興起的 Tram-Train 系統就可解決這樣的問題，藉由該系統將傳統火車與輕軌電車共軌的特性，乘客可利用 Tram-Train 系統直接由傳統鐵路進入市區的輕軌電車，不需轉乘，以減少轉乘所需的時間與不便，除此之外，Tram-Train 系統尚有以下優點：

1. 因車輛性能關係，具有良好的煞車和加速性能，且運行速度具彈性，最高速可達到 100km/h。

2. 車輛容量可隨旅運需求調整，快速的車廂摘掛連結以提供具有彈性的座位容量。
3. 可與傳統鐵路共用維修機廠及設備，降低建造成本及用地。

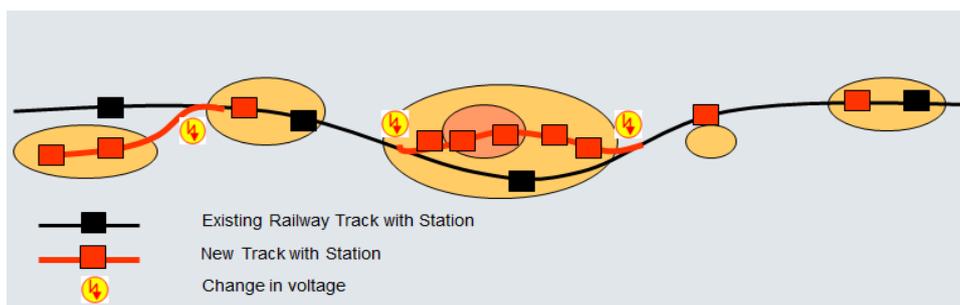
在本次考察拜會歐洲幾個成功推動 Tram-Train 系統的案例中，即是因為該系統具有上述的幾項特性，配合當地整體軌道運輸與城市發展，因而引進 Tram-Train 來解決當時的交通運輸問題，以下大致整理幾個推動該系統的主要原因：

1. 減少轉乘次數及新增服務站點

Karlsruhe 為德國第一個推動 Tram-Train 系統的地區，Karlsruhe 原本即擁有傳統鐵路與輕軌系統，然而傳統鐵路沿線上的居民要進入市中心，只能搭乘較少班次的傳統火車，進入市區的傳統火車站再轉乘其他交通工具，便利性不足，Karlsruhe 市政當局規劃在市中心新增輕軌路，並且增加車站據點，使更多的人能夠在郊區搭乘 Tram-Train 列車直接抵達市區目的地，無需轉乘，也因此提升了當地軌道運輸的運量。Karlsruhe 成功的 Tram-Train 建設經驗，稱為知名的” Karlsruhe Model”

Karlsruhe 當局即是利用 Tram-Train 系統可同時行駛於傳統鐵路及市區輕軌的特性，在市區密集地增設 Tram-Train 車站，以解決傳統鐵路可及性不佳的問題，且利用該系統也可避免乘客須不斷轉乘才可到達目的地的困擾，因此節省更多的旅行時間，(資料來源:德國德鐵 DB 簡報資料).

圖 3.1.1 為概念示意圖。



(資料來源:德國德鐵 DB 簡報資料).

圖 3.1.1 Karlsruhe Tram-Train 模式概念

而法國 Mulhouse 的 Tram-Train 系統是由原有營運市區輕軌電車的 Solea 公司以及原有傳統鐵路 SNCF 公司共同經營的，在同一條路線上同時運行 Tram-Train 及輕軌或是 Tram-Train 及傳統火車，而當時 Mulhouse 會引進 Tram-Train 系統主要為提升軌道運輸的便利性，讓郊區的旅次可不須轉乘直接到達市區，另外也在傳統鐵路路線上，新增通勤車站僅供 Tram-Train 系統服務，利用該系統高加減速性能的特性，服務短距離的車站間，達到傳統鐵路路線捷運化的效益，如同前述 Karlsruhe 的概念。

## 2. 舊鐵道重新營運

類似的案如西班牙 Alicante，Alicante 為西班牙鄰近地中海的城鎮，為西班牙重要的海港城，Alicante 的 Tram-Train 系統路線在過去為傳統鐵路運行，但隨著周圍輕軌電車的發展，漸漸被取代導致營運不佳，間接限制了周圍區域發展，因此藉由引進 Tram-Train 系統重新活化沿線區域開發，Alicante 為西班牙第一個擁有 Tram-Train 系統的地區，而為達到重新開發沿線區域的目標，Tram-Train 系統在行經居住密度高或是具有觀光特色的區域時，則改採地面輕軌形式行駛，以減少軌道系統對於兩側車輛及行人間的阻隔，也利用輕軌與行人同時共享路權的規劃，將地中海沿線沙灘打造成更適合旅遊度假環境，藉此帶動當地觀光發展。

另一個利用原有鐵道發展輕軌的案例是英國曼徹斯特 (Manchester)，Manchester 擁有英國目前最大的輕軌系統，該地區自 1990 年代即開始發展市區輕軌路網，而該輕軌路網是利用當地原本傳統鐵路的設施，包含車站及部分軌道，再延伸建置路面輕軌電車路線，保留原有設施以降低建照成本，為了符合原有傳統鐵路月臺高度，Manchester 的輕軌電車為高底盤設計，在市區的輕軌車站也為高月臺布設，並在前後端用斜坡設計進出。而 Manchester 更持續在規劃利用 Tram-Train 系統

衍伸至周圍現有傳統鐵路路網，同時帶動周圍城市發展。

### 3. 帶動商機與活化經濟發展

位於巴黎北邊郊區，於 2006 年開始營運的輕軌電車 T4 路線(含正在新建的延伸路線)以及即將完工的 Tangentielle Nord T11 路線均屬於 Tram-Train 系統，Line T4 原為傳統鐵路貨運路線，但後來路線營運不佳轉由 SNCF 公司接手，後來 SNCF 將 T4 路線轉型成 Tram-Train，連結法國區域快鐵 RER B 及 RER E，並沿線新增站點，活絡沿線經濟發展；另外 T11 路線位於巴黎北邊開發落後的小鎮，利用 Tram-Train 系統連結 RER 路線，重新活化當地經濟，藉由改善公共運輸使用不便，以解決當地貧窮落後的問題。

英國 Sheffield 為南約克郡(South Yorkshire)的市政中心，過去的傳統重工業產業沒落之後，英國政府為推動城市再造及產業轉型，而推動 Tram-Train 系統，因此稱為 Tram Train Pilot 計畫，為英國第一個規劃標準 Tram-Train 的地區，英國政府預計將 Sheffield 打造成為英國都市再造及 Tram-Train 系統的一個示範城市，另外對於當地政府而言，希望藉由系統能便利地串聯周邊其他的主要城市，Tram Train pilot 計畫是結合既有的電車路線與傳統鐵路，利用 Tram-Train 車輛從郊區的傳統鐵路路線運行至 Sheffield，預計 2018 年通車，藉此達到活化沿線或偏遠鄉鎮經濟為目標。

然而，雖然 Tram-Train 系統有上述的幾項特性，以及很多成功推動的案例，但也因為其系統設計較為複雜，在很多介面的銜接上需要更多的整合規劃，例如傳統火車與輕軌電車的月臺高度不同、號誌電力設計不同、營運調度如何與現有的火車相互配合以不影響目前排班與路線容量等，在接下來的章節將針對各主要的技術層面進行介紹。

## 二、系統車輛、設備與維修介紹

本小節介紹 Tram-Train 系統的車輛特性與相關設備，首先簡單介紹本次考察中所拜訪或觀察到的車輛系統，之後針對各不同的系統、設備、以及所需的維修基地作介紹。

### (一) Tram-Train 系統特性簡述

#### 1. 德國 Karlsruhe Tram-Train 列車

Karlsruhe 之 KVV(市區軌道 VBK 與城際鐵路 AVG)電車與主線服務之德鐵系統使用的系統相容，由於不同鐵路網絡的供電系統不同，因此雙電力系統供應的車輛，選擇了車載變壓器和整流器的直流交流系統，此兩種電力系統之間是自動切換進行，Karlsruhe 車輛地板高度較市區的月臺高度高，因此車輛設計也採活動式列車踏板，利用臺階供旅客上下車，如圖 3.2.1。



圖 3.2.1 Karlsruhe Tram-Train 列車

#### 2. 法國 Mulhouse 及巴黎 T4 Tram-Train 列車

Mulhouse 及巴黎 T4 所使用的 Tram-Train 車輛有 12 輛的西門子 Avanto S-70 列車，在法國 Alsace 省組裝。列車全長 36.95 公尺，2.65 公尺寬，一列車五節車廂，8 轉向架，總長 36.95 公尺，2.65 公尺寬，

78-80%車廂內地面為低地板，高度 365mm，適合低月臺使用。列車單側有 5 扇雙開門，最高容量 242 人，含 86 座位；156 站位(每平方公尺 4 人計)；車內配有空調、站位播報、CCTV 等系統，車輛可視運輸需求連結 2 列車以上併同營運。每輛車有 2 個配備電動機的轉向架(每轉向架具 2 電動機)，中央 2 個轉向架無電動機，每電動機功率 200kW，故列車總功率達 800kW。



圖 3.2. 2 Mulhouse 的 Tram-Train 電車



圖 3.2. 3 Mulhouse 的 Tram-Train 電車轉向架

### 3. 英國 Sheffield Tram-Train 列車

Sheffield 有 7 列的 Tram-Train 列車，為 Vossloh España 製造，並在西班牙 Valencia 組裝。列車全長 37.2 公尺，2.65 公尺寬，高度 3.6 公尺，1 列車 3 節車廂，4 個轉向架，至少 70%車廂內地面為低地板，列車

單側有 4 扇雙開門，最高容量 244 人，含 96 座位及 8 個折疊椅；140 站位，同樣也可以連結 2 列車併同營運。每列車有 3 個具動力轉向架(每 1 轉向架配置 2 個馬達)及 1 個無動力轉向架，每個馬達功率 145kW，故列車總功率達 870kW。



圖 3.2. 4 Sheffield Tram-Train 電車之外觀



圖 3.2. 5 Sheffield Tram-Train 內裝

#### 4. 西班牙 Alicante Tram-Train 列車

Alicante 採用 STADLER 系統，軌距 1000mm 是西班牙第 1 列窄軌電車，3 節 1 列長 42 公尺，寬 2.55 公尺，內有 96 個座位、216 站位，載客容量 312 人。最大時速為 100 公里，但一般限速為 70 公里，城市路段則限速 50 公里，十字路口更限速為 25 公里；配合系統轉換及旅客進

出；為了服務行動不便者，車廂地板靠近門出入口與月臺高度趨近同高之低地板約佔 70%，兩節車交接處配合轉向器及設備箱則為高地板區。



圖 3.2. 6 Alicante Tram-Train 列車



圖 3.2. 7 Alicante Vossloh Tram-Train 車輛轉向架

## 5. STADLER 瑞士鐵路車輛製造公司

STADLER RailValencia 為位於西班牙瓦倫西亞之分公司，該公司自 1879 年成立，經過多次經營者轉移後，並於 2016 年由 STADLER 併購，係為各分廠中規模最大者。該分公司主要提供之產品為輕軌電車、Tram-Train 列車及柴電機車，擁有 200 位設計工程師，廠房面積為 20 萬平方公尺，具備完整不鏽鋼車體製造、轉向架框製造、車輛組裝生產線，3 公里長之測試軌可提供標準軌與米軌車輛進行動態測試，可無需依賴母公司資源自主執行業務與獲利。



圖 3.2. 8 STADLER 公司生產之機車頭

## (二) Tram-Train 車輛系統與傳統列車特性比較

### 1. 列車外觀及設計

經觀察各個國家，均依當地民情設計出充滿著鮮艷的色彩並結合當地的文化，如 Reims 車輛外型就以香檳杯為造型、內裝之設計重點為色彩鮮明對比、握把的設計其方便性更是恰到好處、座椅著重舒適性、旅客資訊系統表現的科技感跟多樣性、駕駛室空間具全幅式的大面積視野。

### 2. 列車底盤

車輛外型皆屬低底盤車架設計，車門比一般傳統通勤電車面積大，開啓與關閉由上車及下車乘客自行操作。其車輛動力與車門啟閉仍然設計自動聯鎖功能，只要車門未關妥，牽引系統就失效。腳踏板可依月臺間隙及高度設計之伸縮板，可採水平延伸或及落差下移式。



圖 3.2.9 法國 Mulhouse Tram-Train 車門(紅色箭頭處為開門按鈕)

### 3. 車輛轉向架

為了降低底盤的高度車輛，轉向架就必須採完全扁平化設計，車輪必須牽就 360mm 高度踏板，車輪為獨立運轉設計，輪軸省略不用。一般傳統鐵道車輛車輪直徑為 860-760mm，但輕軌大約 650mm，車輪安裝方法係屬冷套高壓擠入方式且具有減震功能，其輪框內側鑲入緩衝橡膠(圖 3.2.10)。也因為轉向架受限於車廂空間狹小，因此捨棄安裝傳統車輛的減震用二次簧(空氣彈簧)(圖 3.2.11)，僅以一般卷簧作減振。



圖 3.2.10 輕軌車輪輪筐內之緩衝橡膠



圖 3.2.11 低底盤轉向架無空氣彈簧支撐

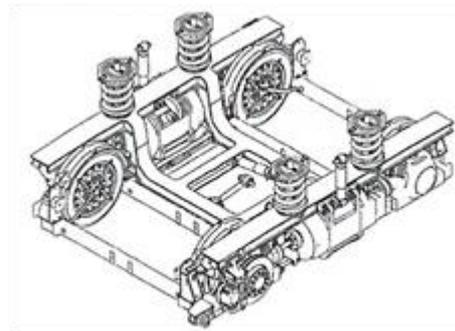


圖 3.2.12 ALSTOM 輕軌轉向架外觀



圖 3.2.13 SIEMENS 輕軌轉向架外觀

#### 4. 車輛煞車系統

車輛煞車系統的碟盤（圖 3.2.14）安裝在車輪的外側，與傳統車輛安裝在內側截然不同，而且碟盤還比一般傳統車輛小，可省去空氣壓縮機總成及複雜的空氣管路和必要的機械閥類，減少空間以滿足低底盤需求。另外相較於氣動式摩擦煞車，電子液壓摩擦煞車的主要優勢為相關

組件體積小及容易維修，且在全世界各地的輕軌列車系統上已有相當廣泛的應用實績，可符合一般運轉要求。目前鐵道車輛最新軔機系統也漸漸使用電空軔機取代自動減壓空氣軔機，對此可減少更多初期建購成本及未來可觀維護費用。



圖 3.2.14 車輛煞車系統的碟盤

煞車系統採用碟式軔機，碟盤設置於車輪軸外側，碟盤半徑約15cm，比一般傳統摩擦面積小，而為彌補緊急緊軔時軔力不足，在兩輪之間外側靠近軌道上方，增設柱狀軔塊供緊急緊軔時使用，此設備稱之為電磁式軌道煞車柱（圖 3.2.15 藍色箭頭處），每組轉向架(包含動力轉向架及非動力轉向架)皆配有兩組電磁式軌道煞，煞車力大小與輪軌間黏滯係數大小無關，其作動所需的相關力，由輔助電力系統之低壓直流電源供應，柱狀緊急煞車柱與軌道產生摩擦增加軔力，其原理是將合成條狀閘瓦安裝在柱狀體上，當緊急煞車時會往下壓，與軌道產生摩擦阻力，使軔力提升，達到停車目的，柱狀長度大約兩輪間距。而軌道煞車本體的側板上，煞車片間設有墊片可避免磨損後的金屬顆粒影響磁力作用。

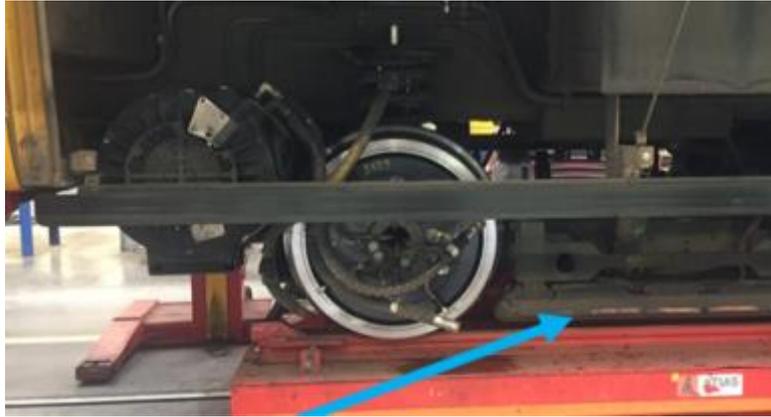


圖 3.2.15 電磁式軌道煞車柱

## 5. 車輛牽引馬達

車輛牽引馬達(圖 3.2.16)也與一般傳統車輛不同，其驅動方式為利用獨立動輪上的傘形齒輪，驅動馬達傳動軸上附有的小斜齒輪，其安裝方式將馬達懸吊在框架上，且在列車上安裝非同步感應馬達(牽引馬達)，將從架空線取得的電能轉換為機械能，提供列車所需的牽引及電軔煞車。每個動力轉向架將配置 4 個牽引馬達，兩兩牽引馬達各分別位於動力轉向架的同一側，並將 2 個牽引馬達固定在一起或個別配置在每一車輪(圖 3.2.18 及圖 3.2.19)，亦有一動力轉向架配置一牽引馬達(圖 3.2.20)，或一動力轉向架之左右側只配置一牽引馬達(圖 3.2.21)，與一般傳統電聯車將馬達置於兩車輪之間截然不同，體積也變小，因此輕軌電車的設計可為低轉速高扭力，起步加速力大約設在  $1.2\text{m}/\text{Sec}^2$ ，且此轉向架車輪做控制其轉向之設計(圖 3.2.22)，而且也提供再生電軔，將馬達牽引動能轉換為電能回歸至電車線，達到節能及降低碟盤與煞車塊磨耗以符合環保的理念。



圖 3.2.16 牽引馬達



圖 3.2.17 牽引馬達(藍色箭頭)與齒輪箱(紅色箭頭)

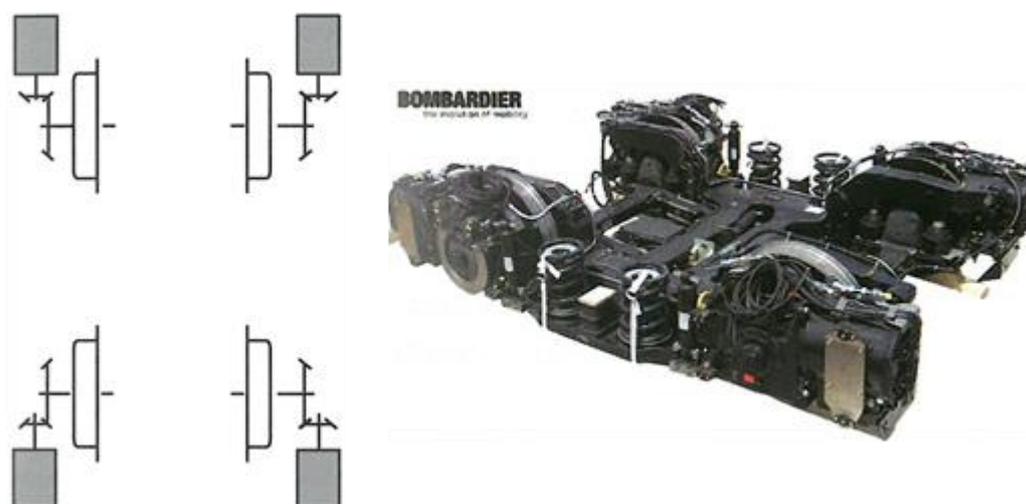


圖 3.2.18 每車輪各別獨立配置馬達 1(馬達設計配置圖/實際馬達配置圖)

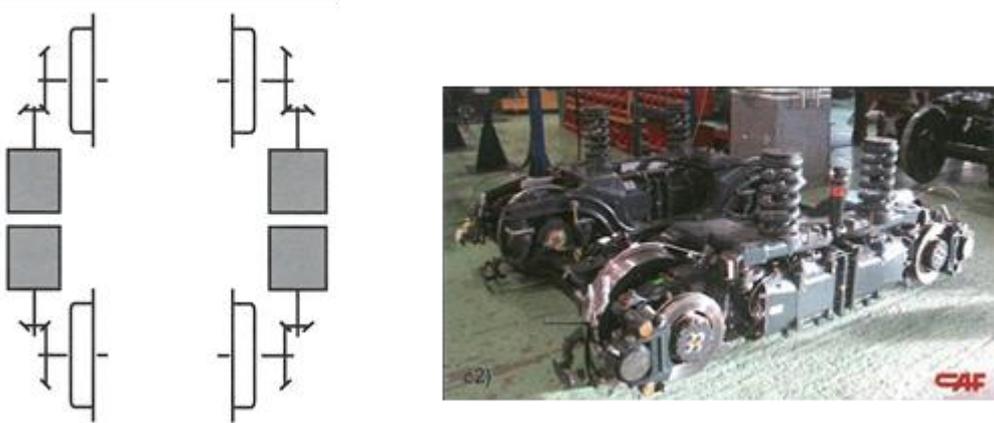


圖 3.2.19 每車輪各別獨立配置馬達 2 (馬達設計配置圖/實際馬達配置圖)

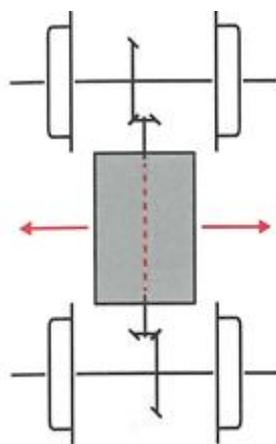


圖 3.2.20 集中型馬達配置

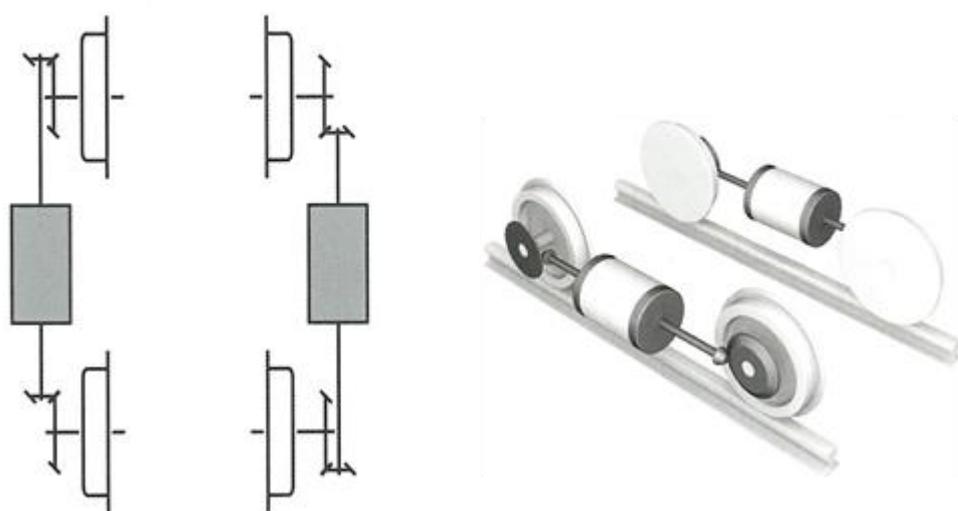


圖 3.2.21 轉向架左右邊各別配置一馬達

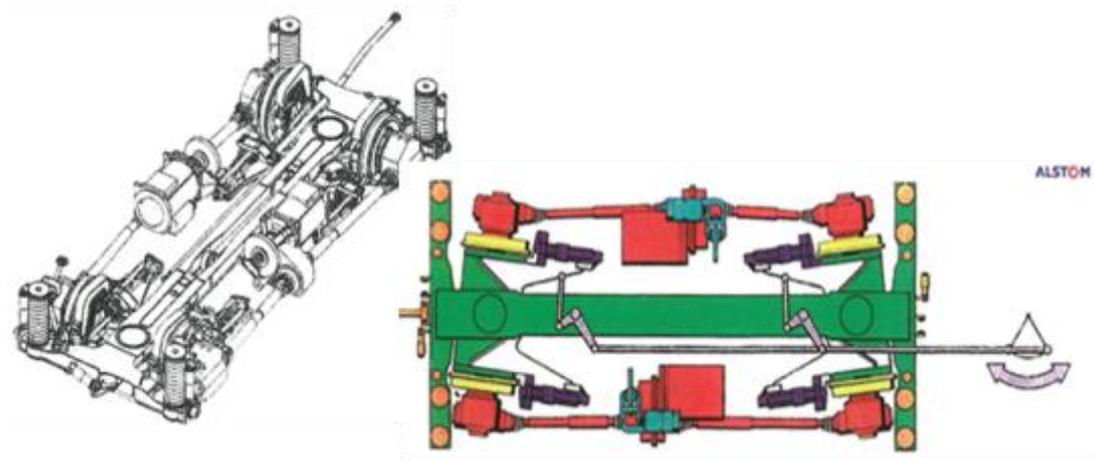


圖 3.2.22 轉向架車輪可做轉向控制

## 6. 車輛供電系統

目前 Tram-Train 供電系統可分類為下列三種:

- (1) 雙供電系統：複合式軌道運輸允許從市區行駛至傳統鐵道區域為了市區安全採用低電壓方式 750VDC 至 1500VDC。其授電方式又細分為架線方式及第三軌（軌道中間），架線電壓有高壓 25kVAC 及低壓 750VDC 至 1500VDC；但第三軌授電只限於低壓直流。所謂第三軌 APS，法文全稱為「Alimentation par Sol」，英文又稱為「Ground-level power supply」或「Surface current collection」，是一種創新的第三軌供電方式，於 2003 年啟用的首先採用此系統。

### APS 系統介紹

APS 系統的供電軌在外觀上像是兩條金屬片鑲在一長條絕緣片上，當列車行駛時，列車的號誌感應裝置會偵測並傳遞訊號給該區段的供電軌，此時在列車中間下方的供電軌才會依訊號提供電源，因此未有列車經過的供電軌並不會帶電，行人或車輛通過的時候不會有觸電的危險。簡單的比喻有如目前無線充電原理，透過感應線圈方可達到充電或感電的功能。

- (2) 單供電系統：一般使用於市區的路面電車，於人口擁擠且鼓勵使用公共交通工具，儘可能不讓私人運具進入的地方使用，其供電設備又區分為

架線方式及第三軌型式，一般在街道狹小人口集中的地方，為了市容觀瞻或特殊文化建物周邊會建議建設第三軌。

- (3) 另一雙供電系統供電方式為架線電壓 25kVAC 及 750VDC 附設超級電容，藉由搭載儲能設備超級電容:進入傳統鐵道使用集電弓接受 25kV，到了市區集電弓只於有車站的位置舉昇當作充電導路瞬間充電，車輛起動後自動降下，轉由電容供電給牽引系統及輔助供電系統。車輛安裝超級電容，利用其快速充電與放電至特性，只需於停車站架設充電站，利用停車時瞬間充電即可，唯一考量站距不能超過 1000 公尺。

而針對不同的供電方式，在 Tram-Train 車輛上駕駛臺顯示器的內容也有差異，如在雙供電系統下(圖 3.2.23A)，原理(圖 3.2.24)是利用電車行駛通過另一供電區間，其中性區間距離約 200 公尺，在此段區間內埋設兩個地上感應子，車廂另安裝天線接受器，當收到訊號後會激發 DC 斷流器或 AC 斷流器，而司機運轉臺面板內容則會顯示整個控制流程 (APC, Automatic Power Control system)，此系統功能作用正常否也一併顯示在螢幕上供運轉人員了解。而圖 3.2.23B 最下方的切換開關是司機員可根據 TCMS 內容顯示 APC 系統故障時，手動切換或保養車輛時供測試使用。

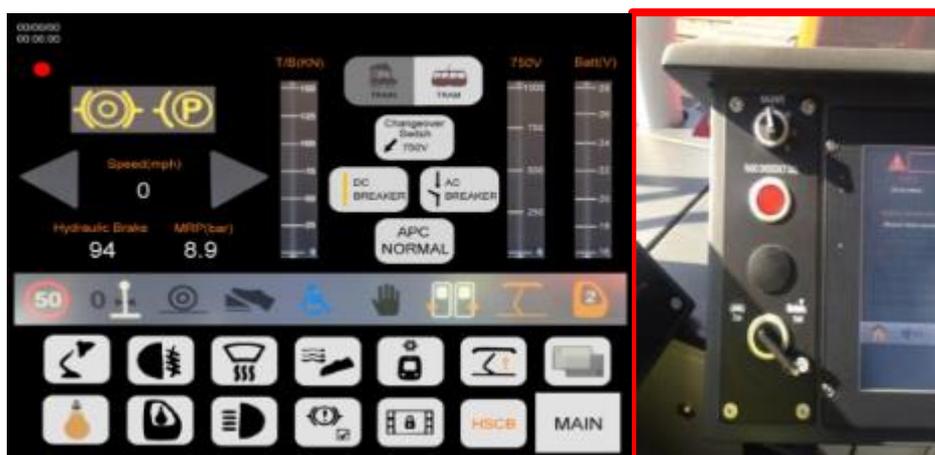


圖 3.2.23 (A)駕駛臺顯示器 (B)雙供電系統

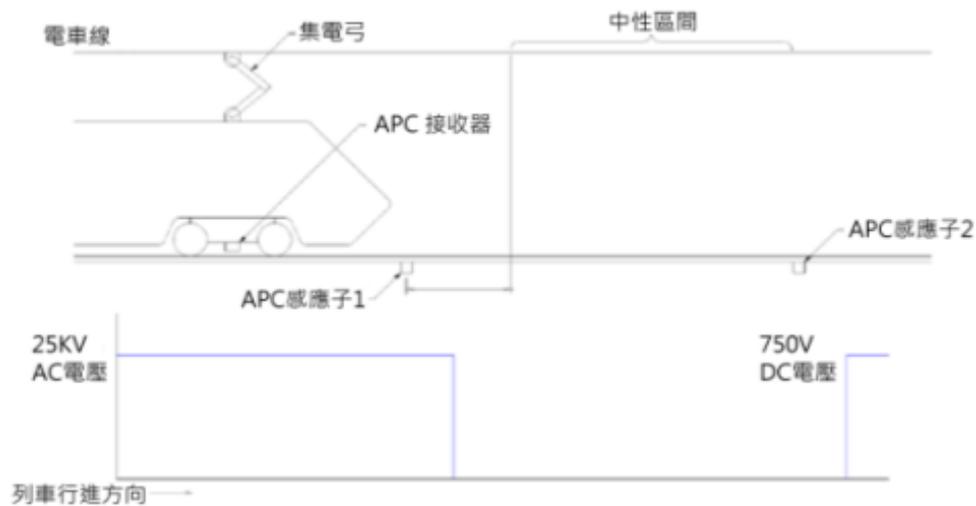


圖 3.2.24 雙供電系統原理

## 7. 高壓集電系統

25kVAC 高壓架空線經由集電弓導入至交流斷流開關，再傳入主變壓器將 25kVAC 降壓至 750VAC，經四象限整流模組產生 750VDC，再經變流器將直流變成交流電壓供牽引馬達出力及輔助系統用電。進入市區授電電壓直接導入 750VDC 電進入 DCLINK，再經變流器產生三相交流供馬達及輔助系統用電。

另一反相電路為再生電軔系統，由下飛輪代表牽引馬達出力電路切斷後，將馬達惰速運轉變為發電機發電，輸出交流電壓經變流器 2 反相經整流器回到主變器回升 25kVAC 至電車線以達到節能和減少閘瓦磨耗。倘若運轉在市區時直接由集電弓回升到電車線。

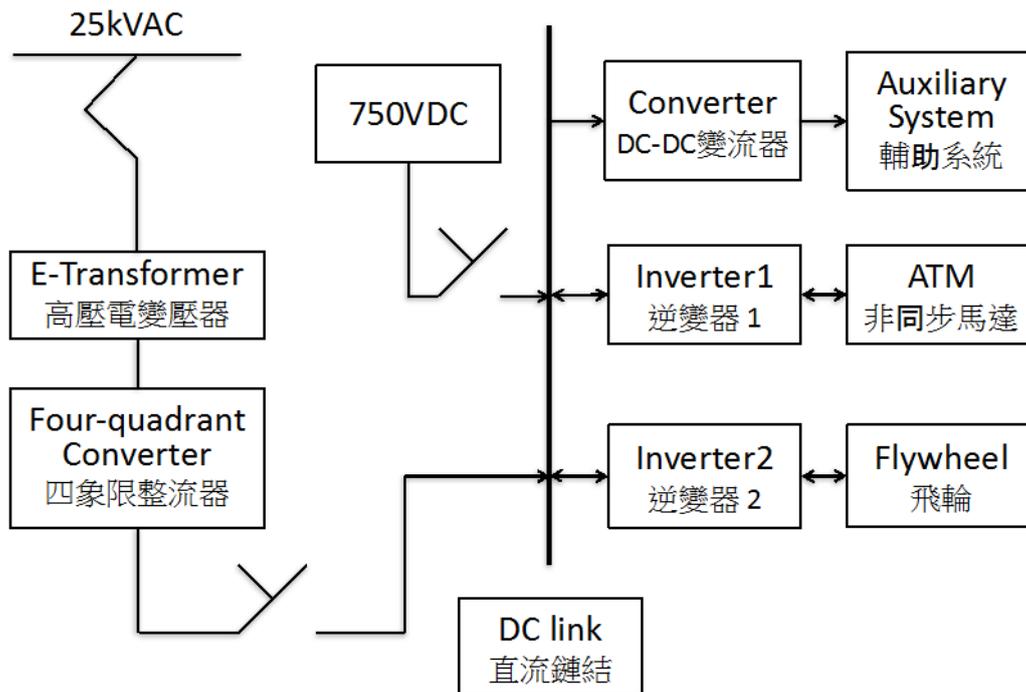


圖 3.2.25 Tram-Train 雙重工作模式

## 8. 車輛主變壓器

由於 Tram-Train 車輛多採低底盤的因素，主變壓器設計成扁平化，異於一般鐵道車輛，其冷卻系統組件分散至兩旁或置放於車廂屋頂。一般傳統車輛置則是安裝於車下，軛機系統的 BECU 也安裝在車上。



圖 3.2.26 扁平化的主變壓器

## 9. 司機員駕駛臺運作模式

一般臺鐵局目前的駕駛臺標準配置逆轉機，司軔閥掌控剎車，電門把手掌控出力，但輕軌電車只有逆轉機及電門把手兼軔機。圖 3.2.27 黃色箭頭逆轉機紅色為電門把手 T 方向出力 B 為煞車。



圖 3.2.27 司機員駕駛控制臺

## 10. 車輛性能比較

彙整 Tram-Train 系統與傳統鐵路(Train)以及輕軌(Tramway)如表 3.2.1，由表可觀察 Tram-Train 系統特性皆介於其他兩項軌道系統之間，可結合傳統鐵路及輕軌系統，以更為彈性的方式進行營運。

表 3.2.1 軌道運輸系統車輛性能比較表

	城際鐵路	市區輕軌	Tram-train
最高速度	140 km/h	70 km/h	100 km/h
最小轉彎半徑	>150m	25m	25m
軸重	16-20T	約 10T	10-12T
加速力	0.6m/sec <sup>2</sup>	1.2m/sec <sup>2</sup>	1.2m/sec <sup>2</sup>
車寬	3m	最長 2m65	最長 2m65

### (三) 其他設備

輕軌電車為因應下雨或下雪天氣使磨擦系數降低，容易造成空轉，且馬達為符合市區運轉，需設計成低轉速高扭力以防空轉，因此撒砂系統似乎成了標準配備，另外加砂設備成為未來廠房設計必須考慮的項目之一。

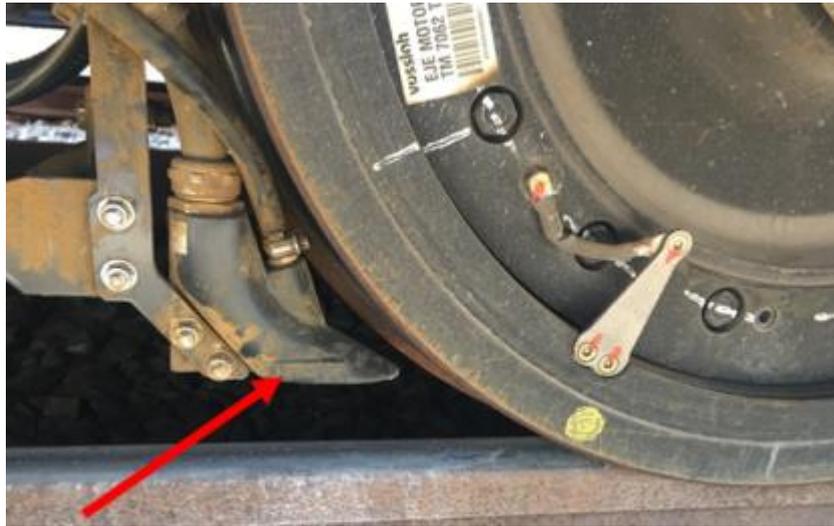


圖 3.2.28 撒砂噴嘴



圖 3.2.29 車廠加砂設備

#### (四) 維修系統

西班牙 Alicante 區內 Tram-Train 列車計 9 列、Tram 列車計 25 列、柴油列車計 6 列，共計 40 列車。以 10 年合約委託 STADLER 公司維護（修），維修廠佔地 10 公頃，維護（修）人員 20 人、行政人員 8 人，負責區內 40 列車維養（修）；行駛 15 年的列車必須全拆解後進行大修維護、部分零件更新後再組裝，評估全部拆解組裝約 2 星期可完成，而包括全拆解組裝，都是在此僅有 28 人維修車廠進行，效率極佳，未來在設置保修廠房應著重於以下重點：

1. 未來列車保養維修密度，應重新思考，設備購置與一般臺鐵局全然不同。
2. 大多數的模組幾乎放置車頂，表示工作重心已從傳統鐵路的車下轉移到車頂，因此屋頂的吊掛設備與一般更多，包括架線也要設計移動。保養線的高壓架線改成可移動式以供大組件及模組吊掛。



圖 3.2.30 Alicante 的 Tram-Train 列車維修廠

## (五) 小結

1. 目前全球已有穩定且營運多年之 Tram-Train 系統，唯臺灣尚無設計與製造經驗，且因本土市場規模較小，將相對提高開發投資成本，生產時程較長。可透過前瞻計劃一軌道建設落實國車國造政策帶動國內相關產業發展，以引進外商技術，深化供應鏈能量。
2. 經由參訪可知列車外觀車輛外型色彩鮮艷活潑生動，並參酌當地文化特性，車輛硬體外型多屬低底盤車架設計，車門比一般傳統車輛面積大，腳踏板可伸縮並有依月臺間隙及高度設計之伸縮板有水平延伸及落差下移式。內裝部分之設計色彩明顯對比，尤其握把的部分，其方便性更是設計恰到好處，並具有全幅式的駕駛臺。高壓集電系統之硬體方面車頂設備集電弓動作方式與一般車輛(TRA)無差異；但若進入人口密集區時，可以地面供電系統供電，避免架空線引發的景觀與安全問題，而其第三軌就設在兩軌之間的地面上。
3. 車輛皆屬低底盤(亦有二種不同高度之底盤的設計)，對進入臺鐵月臺必須重新定位及考量月臺高度是否配合修正。
4. 維修保養零組件與現有車輛重疊性低，若有採購列車應考量一併採購保養零組件或維修外包的可能性，或盡可能與目前臺鐵局的維修庫設備重疊使用；另保養工 1 至 4 級廠修於同一基地辦理執行廠段合一，且保修人力以一人一列車為原則。

### 三、機電系統介紹

藉由觀察各參訪地點 Tram-Train 機電系統運作情形，考察地點傳統鐵路的電力、號誌、通訊設備與臺鐵設備原理相似，只要輕軌電車與傳統鐵路軌距相同，相關介面系統技術上應可克服解決共軌使用，以下針對 Tram-Train 系統的電力、號誌、通訊設備做介紹。

#### (一) 電力設備

Tram-Train 電車線系統一般在傳統鐵路為 25KVAC，進入市區後輕軌電車可選用 600VDC、750VDC 等電壓較低之架空線(圖 3.3. 1 德國 Karlsruhe Tram-Train 電車線系統)。其中 600VDC 之電壓規格多屬傳統老舊電車使用，近來多已淘汰不用，750VDC 之電壓規格是目前現代化輕軌運輸系統之標準電壓規格，適用於平坦之都市地區或是路線坡度變化不大之輕軌運輸系統，如考量都市景觀亦可採用蓄電池、超級電容、第三軌供電等。在非電化區間亦有油電混合動力系統(圖 3.3. 2 西班牙 STADLER 油電混合動力 Tram-Train)可供選擇。



圖 3.3. 1 德國 Karlsruhe Tram-Train 電車線系統



圖 3.3.2 西班牙 STADLER 油電混合動力 Tram-Train

### 1. 電車線系統

可於轉換段設一中性區間，中性區間長度視車輛速度、長度而設計，其做法類似臺鐵兩變電站間所設之中性區間類似，電力切換方式可為手動/自動(圖 3.3.3)，電車線斷電、復電，分群開關分為自動與手動(圖 3.3.4)。其轉換段介面並無困難。



圖 3.3.3 英國 Sheffield SuperTram DMI 電力切換



圖 3.3. 4 電車線分群開關

## 2. 無架空線系統

目前輕軌電車製造商全世界約莫十幾家，但在無架空線研製廠商較為知名廠商為西班牙 CAF、德國 Siemens、法國 Alstom、義大利 Ansaldo。本次歐洲參訪法國 Reims 即為法國 Alstom 公司研製之地面第三軌供電系統 APS(圖 3.3. 5)，造價及維護費與架空線系統相比較為昂貴，但其具有地面平整、不造成都市天際線景觀衝擊之優點。



圖 3.3. 5 法國 Reims 採用 Alstom 第三軌供電系統 APS

## (二) 號誌設備

傳統鐵路與輕軌電車號誌聯鎖系統不相同，唯於交接點設置保安裝置加以聯鎖管制是可以共軌使用。

### 1. 傳統鐵路號誌系統

參訪歐洲傳統鐵路號誌聯鎖設備與臺灣聯鎖設備大同小異，採用固定閉塞方式有繼電聯鎖與電子聯鎖，偵測列車位置使用軌道電路(圖 3.3. 6)或計軸器(圖 3.3. 7)，聯鎖保安設施屬歐洲列車控制系統(ETCS)Level 0 或 Level 1，臺鐵於民國 96 年已全面使用 Level 1 列車自動防護系統(ATP)，歐洲傳統鐵路部份地區現今仍使用列車自動警告及停車裝置(ATW/ATS)(圖 3.3. 8)。



圖 3.3. 6 軌道電路



圖 3.3.7 計軸器



圖 3.3.8 列車自動警告及停車裝置(ATW/ATS)

## 2. 輕軌電車號誌控制

輕軌電車號誌於市區行駛無聯鎖設備利用電腦化控制使輕軌列車駕駛員與行控中心(OCC)相互聯繫與監視，並透過車輛定位系統(GPS)之輔助，使行控中心人員可以掌握列車之位置、運行速度、到離車站時間，列車之準點或延誤時間，並控制電車專用號誌與路口交通號誌管制，電車股道的轉換是透過彈簧式轉轍器來變換股道(圖 3.3.9)，司機員目視專用號誌決定行止，而在傳統鐵路段則是透過傳統鐵路的聯鎖保安設備的顯示燈號，來決定出發或停車。



圖 3.3.9 彈簧式轉轍器

### 3. 複合式軌道運輸號誌整合

歐洲各城市 Tram-Train 號誌系統，可發現此種複合型運輸系統，因在市區行駛時係與公路共用路權，設有路口號誌(圖 3.3.10)及電車專用號誌(圖 3.3.11)，並以輕軌電車模式行駛。電車司機依目視前方交通狀況手動控制電車之加、減速、開、停車等，與一般公車類似，當電車駛出市區進入傳統鐵路時路網時，雖各國鐵路號誌系統設施標準規格並不相同，但皆會採用與匯入路網相同之號誌系統，以利列車順利、安全匯入傳統鐵路路網，並接受傳統鐵路控制系統指揮運行。其電車/列車切換方式可為手動或自動(圖 3.3.12)，號誌介面處理並無困難。



圖 3.3.10 法國 Mulhouse Tram-Train 路口號誌

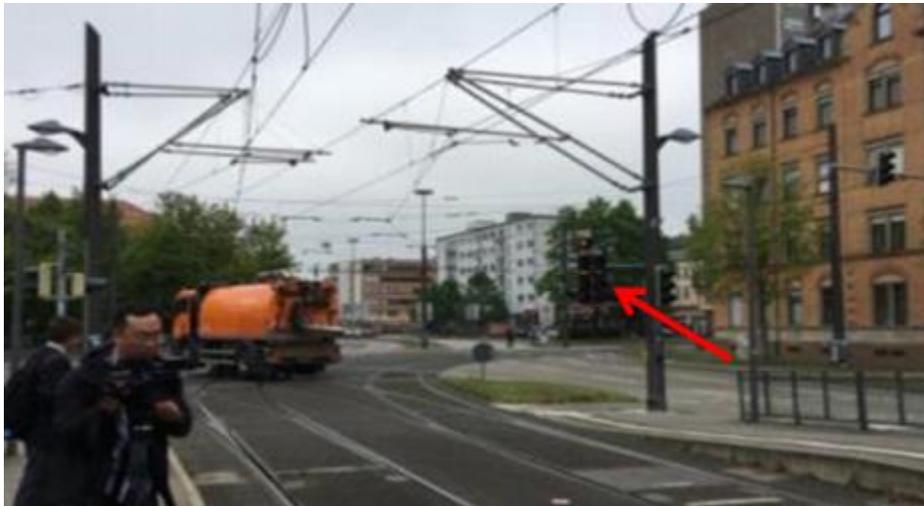


圖 3.3.11 德國 Karlsruhe Tram-Train 電車專用號誌



圖 3.3.12 法國 Mulhouse Tram-Train 切換開關

### (三) 通訊設備

考察地點 Tram-Train 列車在不同的行駛路，所使用的通訊設備也有不同，在市區路段通常採用 Tetra，而在傳統鐵路段採用 GSM-R 或 Tetra，臺鐵目前通訊使用 Tetra 可相容，其他附屬設備包括行車控制員用於觀察營運狀況之閉路電視、資料傳輸系統、不斷電系統、廣播系統及車上的自動售票機兼儲值(圖 3.3.13)等，以加強行車安全提昇營運效率。



圖 3.3.13 車上自動售票機

### (四) 小結

1. 因基隆南港間之輕軌路線大部分係利用臺鐵現有路線，其號誌系統僅需依線型調整部分做局部配合修改即可供 Tram-Train 繼續使用。
2. 未來各城市輕軌匯入臺鐵路線或匯出時亦可參考各國作法選定地點做轉換介面即可，可降低建設經費。
3. 本次參訪西班牙 Alicante 也發現其 Tram-Train 號誌系統亦有採用 ATP，但進入市區部分路線有增設 EURPLOOP(圖 3.3.14)、(圖 3.3.15)以優化

列車運轉曲線值得參考。

4. 參訪 STADLER 車廠時因為應付市區交通突發狀況設有緊急煞車塊(圖 3.3.16)，其安裝位置非常接近軌面可能對臺鐵現有計軸器產生干擾，車廠人員解釋在德國也有 Tram-Train 系統行駛在使用計軸器區間之案例，不過仍建議未來 Tram-Train 車輛採購時仍須將對計軸器、ATP 相關影響納入採購規範並做必要之現場測試。
5. Tram-Train 在市區與公路交錯會採行路口號誌，可採優先路權或非優先路權，因臺鐵基隆—南港間路線利用率較高，為免市區電車因交通擁塞造成匯入臺鐵路網發生誤點，而影響臺鐵行車調度，建議採用優先路權。



圖 3.3.14 西班牙 EI CAMPELLO 車站使用 EUROLOOP 優化 ATP 運轉曲線



圖 3.3.15 西班牙 LUCEROS ATP EUROLOOP 安裝於月臺邊緣下方



圖 3.3.16 英國 Sheffield SuperTram 緊急煞車塊貼近於軌面

#### 四、營運調度方面

本小節針對 Tram-Train 系統以及與臺鐵現有的營運調度進行比較，包含行車、排班、以及調度系統，並對於該系統後續運用在基隆南港路段時，應注意的相關建議事項。

##### (一) 行車模式

1. 輕軌 (Tramway 或 Tram-Train System) 為軌道運輸的一種，主要適用於都會區域內的大眾運輸工具，運行於市區內平面道路，一般採共用路權並輔以優先號誌的模式營運，較能融入市區街道容貌。
2. 輕軌依行駛路權區分為 C 型路權及 B 型路權，這兩種型態的主要差異為行駛路段與其他車流的分隔方式；C 型路權的軌道沿著道路鋪設，嵌入在道路鋪面中，允許輕軌以外的其他車輛(如汽、機車)行駛在輕軌車道上，並透過地上標線區隔輕軌車道與一般車道(圖 3.4. 1)。



圖 3.4. 1 德國西南部 Karlsruhe 城市其輕軌網路於路面上標線

另 B 型路權的軌道，一部分鋪設則在輕軌專用道上，另一部分則嵌入在道路鋪面中並配合控制路口號誌，具有優先通行權，以提升運行效率及安全性；通常會使用較高之道碴或草坪，並配合控制路口號誌，以阻隔其他車輛行駛在該車道上(圖 3.4. 2)。



圖 3.4.2 路面上輕軌運用較高之道碴或草坪阻隔其他車輛

3. 旅客候車月臺通常依路線線型及旅客量等因素，採用 1 島、1 岸壁或 2 岸壁模式，供旅客於路線上乘車使用；因此，輕軌列車的車廂門設計亦配合月臺的彈性使用，兩側均配置等量的車廂門，以便利旅客上下車及列車運行調度。另外，因輕軌系統屬於城市內中運量的大眾運輸工具，通常採用司機 1 人的服務模式，並未再派遣列車長，為考量旅客於月臺間上下車的安全，系統均設有車門監控設備，並安置於駕駛端供司機員參酌。



圖 3.4.3 輕軌列車的車廂門設計亦配合月臺的彈性使用

4. 運轉安全方面因行車路線未能與其他平面交通工具隔離，易造成車輛或行人闖入運行淨空，而影響輕軌運輸，如高雄輕軌運輸系統即有類似的情形；除非將行駛路權絕對隔離採高架或地下化，否則難以避免平面路段的交通衝突。因此，造成輕軌列車的營運速度無法提升，一般市區內

輕軌列車最高行車速度為 25~30Km/hr，以確保司機員有足夠的反應時間，處理突發性的行車問題。



圖 3.4.4 輕軌系統行車路線未能與其他平面交通工具隔離

5. 行車號誌方面因輕軌列車與平面道路系統係使用同一路權，受市區道路號誌系統控制(交控中心)，一般採駕駛員目視方式節制列車運行速度；因共用路權有行人及汽機車等不確定干擾因素，因此，輕軌列車均設有列車緊急制軔系統，以防止突發狀況，並確保旅客安全。。



圖 3.4.5 輕軌系統一般採駕駛員目視方式節制列車運行速度

6. 若 Tram-Train 系統導入傳統鐵路(以臺鐵基隆＝南港間為例)營運，其行車區段主要以臺鐵現行八堵＝南港間第 3 軌運行，因臺鐵屬 A 型專用路權且部分路口均設置平交道控制，應無上述輕軌行車安全方面的問題；未來，這 Tram-Train 向兩端都市延伸營運，因城市建築、人口、車輛擁擠度等均較國外案例高出甚多，主管機關應妥為規劃因應並廣為宣導，以利後續 Tram-Train 系統於臺灣其他城市順利推行。

## (二) 排班模式

### 1. 定型化班距模式(固定行車班距)

- (1) 輕軌系統通常為單一車種等級，為配合旅運量較高的需求，規劃設計複線運轉區間，因具有較高路線容量及縮短列車班距等優勢，可有效提升整體運能及服務品質；此模式因不受列車會讓(單線運轉)的影響，較容易控制列車班距與密度，因此運轉調度上較為單純，一般均採用定型化班距的方式呈現班表。
- (2) 如英國曼徹斯特輕軌系統，其市中心車站(St Peter`s Square station)便有 8 條輕軌營運路線經過，平均該車站每小時便有 40 班車，其列車密度甚高。
- (3) 此種班表類似臺北捷運班表，可針對尖離峰運量的差異，調整列車班距，一般旅客較容易接受，且方便記憶；若逢列車略微延遲，乘車旅客較不易感受其差異。

Service	Monday to Thursday	Friday	Saturday	Sunday and public holidays	Service frequency
A Atricham Bury	07:15-11:30	07:15-19:30 At other times use  and	09:30-17:30	Use  and	12 mins
B Atricham Etihad Campus	06:00-23:30	06:00-00:30	06:00-00:30	07:00-22:30	12 mins
C Bury Piccadilly	06:00-23:30	06:00-00:30	06:00-00:30	07:00-22:30	12 mins
D MediaCityUK Piccadilly	07:15-20:00	07:15-20:00	09:00-18:00	Use	12 mins
E Ashton-under-Lyne Eccles	06:00-23:30	06:00-00:30	06:00-00:30	07:00-22:30	12 mins
F Deansgate-Castlefield Manchester Airport	03:19-06:00 06:00-23:30	03:19-06:00 06:00-00:30	03:19-06:00 06:00-00:20	03:19-07:00 07:00-22:30	20 mins 12 mins
G East Didsbury Rochdale Town Centre	06:00-23:30	06:00-00:30	06:00-00:30	07:00-22:30	12 mins
H East Didsbury Shaw and Crompton	07:15-19:30	07:15-19:30 At other times use	09:30-17:30	Use	12 mins

圖 3.4.6 英國曼徹斯特輕軌系統列車班距

### 2. 定型化開車模式(固定開車時間)

- (1) 輕軌系統為配合都市整體的交通規劃，部分區段因用地或路面狹窄關係，而設計單線運轉區間，此種模式因受限列車會讓的影響，較不容易控制列車班距與密度；另外，若運輸系統運具較為複雜且考量相互

轉乘需求時，亦會考量此種排法。因此，列車運轉調度上需較為謹慎，其班表呈現大部分採用定型化開車時間的模式。

- (2) 此種班表類似本局沙崙及六家支線的班表，主要是考量旅客轉乘需求及方便記憶而排定。

Lundi à vendredi																					
4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	0h	1h
	50	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	12	14	13	22			
		34	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	30	32	40			
		50	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	42	54	50	59			
			50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50						

Samedi																					
4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	0h	1h
			04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	12	14	13	22	36		
			34	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	30	32	40			
			50	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	42	54	50	59			
			50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50						

圖 3.4.7 法國 Mulhouse 定型化班表

### 3. 非定型化模式

臺鐵或一般傳統鐵路因車種等級、行駛路線、營運車站及列車密度等較為複雜，無法採取前揭定型化班表模式排班，通常需較複雜的排班作業，以滿足各種型態的需求；另一方面，旅客適應新班表也較不容易，易招惹民怨。

時 Hour	分鐘 minute										
5	12	33	58								
6	15	20	32	49	55						
7	00	13	23	35	40	54					
8	13	20	34	50							
9	07	18	38	58							

圖 3.4.8 非定型化班表模式(以傳統火車臺鐵基隆站時刻表為例)

 <b>百福站列車時刻表 Timetable of Baifu Station · TRA</b>	
往樹林、桃園、中壢、新竹方向 For Shulin, Taoyuan, Zhongli, Hsinchu	
時 Hour	分 minute
5	107 1107 29 1113 50 1117 <small>樹林 山線 樹林 山線 樹林 山線</small>
6	15 213 21 413 38 1123 50 1126 56 4107 <small>山線 樹林 山線 樹林 山線 樹林 山線 樹林 山線</small>
7	13 1127 18 1129 31 1133 36 4111 41 1131 <small>樹林 山線 樹林 山線 樹林 山線 樹林 山線 樹林 山線</small>
8	01 2133 08 4113 13 1139 35 1341 41 1343 53 1145 <small>山線 樹林 山線 樹林 山線 樹林 山線 樹林 山線 樹林 山線</small>
9	04 4123 13 1147 36 1153 56 1155 <small>樹林 山線 樹林 山線 樹林 山線 樹林 山線</small>

圖 3.4.9 非定型化班表模式(以傳統火車臺鐵百福站時刻表為例)

### (三) 調度模式

#### 1. 行控中心又稱 CTC (centralized traffic control 中央行車控制系統)

主要是負責控制列車運行(號誌)與行車調度作業等，如臺鐵局綜合調度所行車控制室(簡稱行控室)，即運用遠端監控(列車自動進路系統 ARS)及無線電通訊技術，進行全臺列車運行與調度，以提昇整體行車效率與安全性；通常傳統鐵路均有設置 CTC，而輕軌系統因控制條件的差異，也設有類似的行控中心。圖 3.4.10 臺鐵局綜合調度所行控室列車運行與調度顯示面板，圖 3.4.11 西班牙 Alicante Tram-Train System 的行車控制中心(該路段兼有傳統鐵路)列車運行與調度顯示面板。

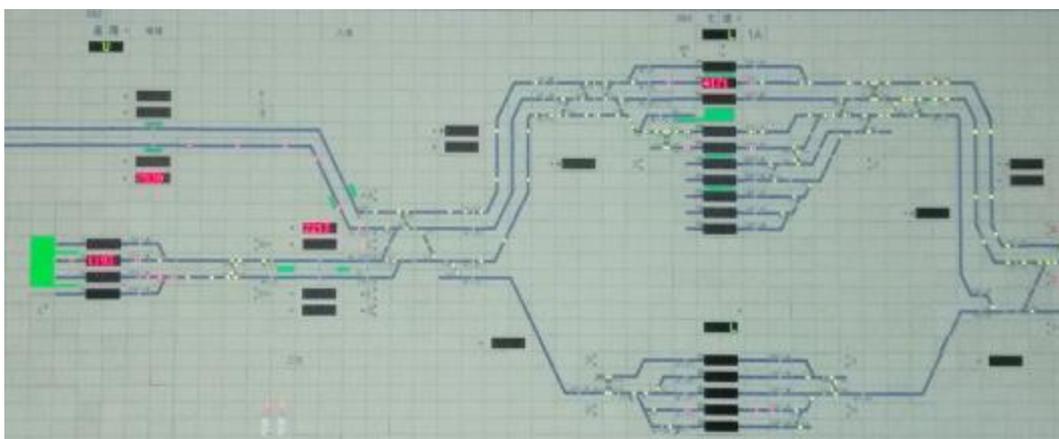


圖 3.4.10 臺鐵局列車運行與調度顯示面板

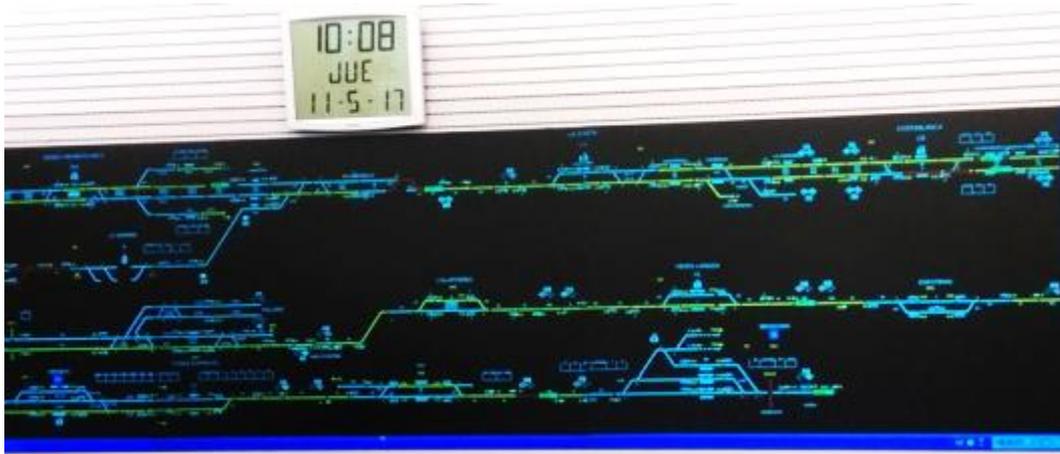


圖 3.4.11 西班牙 Alicante 行車控制中心顯示面板



圖 3.4.12 法國 Mulhouse Tram-Train System 的行車控制中心

## 2. 列車即時資訊(TID)

傳統鐵路因設置 CTC 及 ABS 軌道電路系統，其列車位置與即時資訊，可透過閉塞區間及軌道電路等進行確認；因此，值臺調度員與旅客可經由班表及 CTC 列車運行模組的交叉比對(TIDS)，瞭解列車最新運行狀況及延誤情形。



圖 3.4.13 臺鐵路列車即時資訊(TID)



圖 3.4.14 CTC 列車運行模組顯示狀態

另輕軌系統則採用車載 GPS 天線獲得列車 GPS 定位及車輛運行動態監視等，再透過無線電傳送至行控中心控制端，讓值臺調度員藉此資訊監控軌道沿線的列車；同時，其營運支援系統將列車位置訊息及營運班表等進行整合，以提供列車最新運行狀況及延誤情形。



圖 3.4.15 輕軌營運支援系統

### 3. 列車班表與運行整合模組

主要是將行車計畫(班表)與列車實際運行狀態進行整合，提供值臺調度員即時行車調度判斷與參考，藉以提升列車調度品質。如西班牙 Alicante Metricgauge Tram-Train System，因具有傳統鐵路及輕軌系統特性，且運行路線較複雜，因此，建置此一模組可輔助調度員進行即時調度，並降低調度員的工作壓力(圖 3.4.16)。



圖 3.4.16 列車班表與運行整合輔助模組

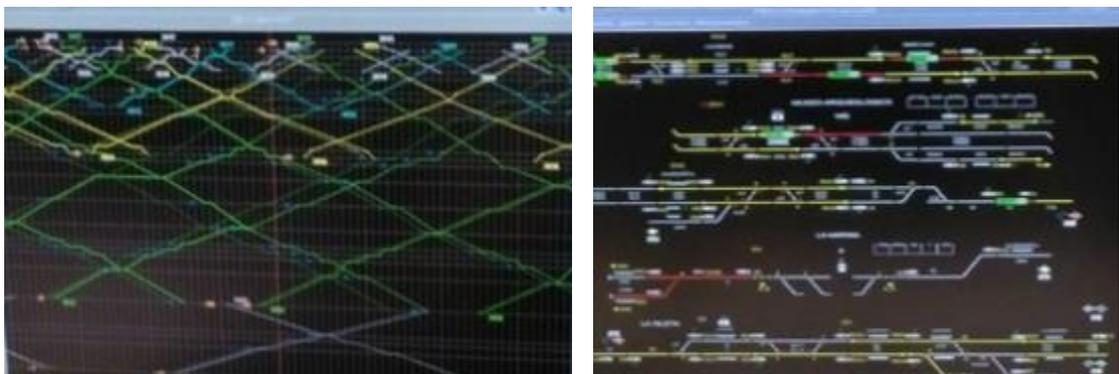


圖 3.4.17 西班牙 Alicante Metricgauge Tram-Train System 調度模組

若 Tram-Train 系統導入傳統鐵路(以臺鐵基隆＝南港間為例)營運，其行車調度區段班次將更顯擁擠，無形中將增加值臺調度員的臨場調度壓力，以目前臺鐵局調度人力編制而言，建議同步提升調度系統軟硬體設備，並導入此一運轉調度輔助模組，以提供值臺調度員即時行車調度判斷與參考，藉以提升列車調度品質。



圖 3.4.18 臺鐵局現行列車調度系統與值臺調度員工作平臺

#### 4. 調度輔助子系統

輕軌系統的行控中心 CTC，除了前揭各項模組外，各營運單位常依其不同需求，建置子系統以輔助調度；如營運支援系統、供電(電力調配)模組監控系統、行車通訊(無線電)監控系統、閉路電視監控系統(CCTV)及行車號誌聯鎖監控系統等等；就臺鐵局營運調度而言，則擴充工務路線(邊坡、隧道)監控模組、地震預警告示模組及旅客資訊通報模組等以輔助調度作業。

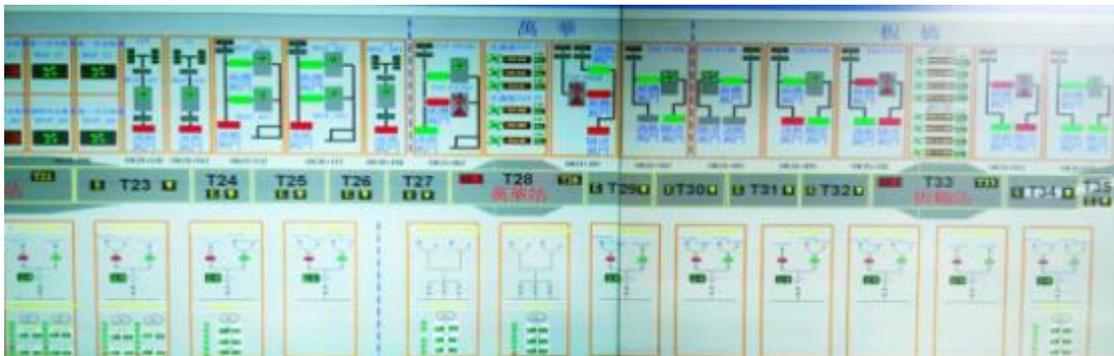


圖 3.4.19 臺鐵局現行工務路線(邊坡、隧道)監控模組

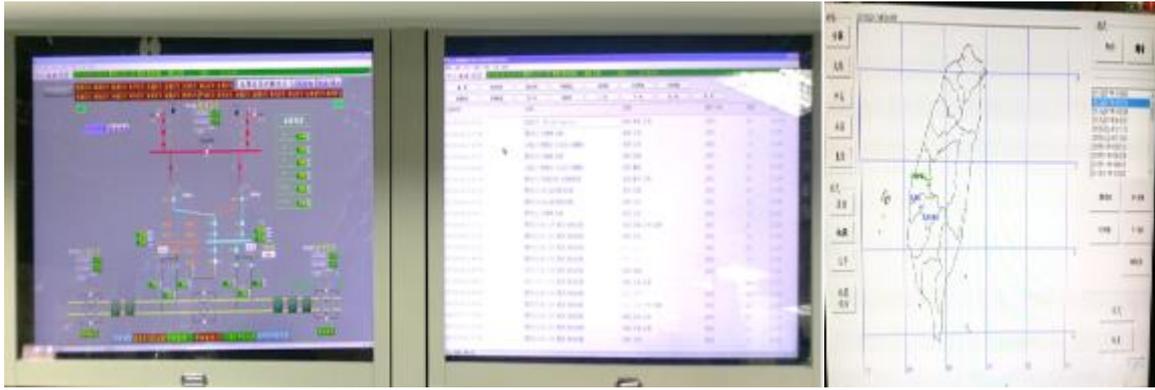


圖 3.4.20 臺鐵局現行供電(電力調配)模組監控系統及地震預警告示模組

#### (四) 小結

1. 此次考察歐洲地區輕軌系統建置規劃與營運概況，就 **Tram-Train System** 導入傳統鐵路(以臺鐵基隆＝南港間為例)營運為例，其行車區段主要以臺鐵現行八堵＝南港間第 3 軌運行，因臺鐵屬 A 型專用路權且部分路口均設置平交道控制，應無上述輕軌行車安全方面的問題；未來，這 **Tram-Train** 路網向兩端都市延伸營運，因城市建築、人口、車輛擁擠度等均較國外案例高出甚多，主管機關應妥為規劃因應並廣為宣導，以利後續 **Tram-Train System** 於臺灣其他城市順利推行。
2. 其次在營運班表部分，其排班模式應力求簡化，車站時刻表建議應朝向定型化開車時間的模式，以提供旅客新的服務與快速便捷的運輸；此一部分與路線容量及列車會讓點有絕對的關係。因此，建議基隆＝南展館之輕軌計畫於可行性分析時，應慎選路線並妥為規劃交會車站地點，以達到輕軌便捷的目的。
3. 另於行車調度方面，其行車區段主要以臺鐵現行基隆＝汐科站間第 3 軌運行(另外擴充延伸至南展館)，其調度作業方面納入現行綜合調度所行控室管理，應不致造成運轉及調度上的衝突；惟應解決並妥擬此一區段發生事故時，後續的緊急應變及列車運轉整理的 **SOP**，以避免事故效應擴散並影響鐵路局營運。

4. 另為提升行車調度與優化品質，建議臺鐵局配合行控中心遷移南港新建辦公大樓時，改善現有 CTC 調度系統的軟硬體設備，可參酌西班牙 Alicante Metricgauge Tram-Train System 建置的「運轉調度輔助模組」；此一模組是將行車計畫(排點系統)與列車實際運行狀態(TID)進行資料數據的整合，藉以提供值臺調度員即時行車調度的判斷與參考，換言之，即是現有 ARS 列車自動進路系統的再提升。

## 五、路線線型及車站設計

Tram-train 系統車輛基本上是具有能行駛於 Tramway(都市輕軌)及 Train(城際鐵路)兩種路線狀況下之軌道車輛系統，相較於在臺灣地區，目前臺鐵系統是扮演主要 Train(城際鐵路)運輸角色，而 Tramway(都市輕軌)則是臺灣剛起步之輕軌，例如已部分通車之高雄臨港輕軌(第二階段興建中)、興建中的淡海輕軌及安坑輕軌。所謂兩種路線狀況當然包含可能兩種路線線形、車站型式、供電系統、號誌控制系統及其他基礎設施條件等，本小節就本次考察所觀察到的路線及車站類型作介紹。

### (一) Tram-Train 系統路線線形設計

Train(城際鐵路)系統擔任中長距離的城際運輸，列車行駛設計速度通常在 110~160 km/hr，臺鐵除了傾斜列車外，列車行駛設計速度為 130 km/hr，為達到較穩定的行駛速度，路線線形之設計限制較大，路線線形設計最小曲線半徑為 300 公尺，但通常為大於 600 公尺，對於新路線則希望曲線半徑大於 1000 公尺；路線最大坡度一般為 1.5 %，只有在特殊狀況允許 2.5 %。Tramway(都市輕軌)則多擔任都會區內運輸，所以路線條件須配合市區道路狀況，線形變化較大，車輛必須有較佳的加減速能力，以應付路線上各種狀況；Tramway 列車行駛設計速度通常小於 70~80 km/hr，路線線形設計最小半徑則為 25~30 公尺，最大路線坡度一般為 6 %，但為了特殊路線狀況，亦可由車輛設計上提升爬坡及煞車能力，爭取更大坡度的可能，目前蒐集之案例有高達 8~10 % 的坡度。

Tram-Train 系統的發展是融合 Tramway 以及 Train 的運輸特性，在跨域城際運輸及都會輕軌的界線下，必須能在兩種路線特性下行駛，車輛具有與 Tramway 系統車輛相近的加速能力，而設計最高行駛速度則介於 Tramway 及 Train 之間，所以列車設計最高速度約為 100 km/hr，而在車型設計與轉向

架配置上能滿足在最小半徑 25~30 公尺，及最大路線坡度 6 % 行駛，亦可配合需求滿足 8~10 % 坡度的路線條件，使得列車能適合在都會區坡度變化大及站間距離小的路段行駛，亦能在站間距離大之城際間快速運輸。

## (二) 軌道形式設計

在軌道型式的設計上，傳統城際鐵路通常採用工字型鋼軌，搭配道碴或無道碴軌道型式，歐洲各國的傳統鐵路發展相當早，大多仍沿用道碴軌道。而 Tramway(都市輕軌)之軌道型式，在路權與行人及其他車輛共用路段，採用槽型鋼軌搭配埋入式軌道，鋪面則可與道路路面相同或植草綠化，在離開市區時，則可回復到工字型鋼軌之非埋入式軌道。Tram-Train 列車必須同時符合在兩種軌道型式上行駛，所以 Tram-Train 列車的車輪形狀必須符合兩種條件，而且對於在兩種軌道銜接轉換路段，軌道設施須考慮加裝防脫軌防護。



圖 3.5.1 Karlsruhe (A)路線交會之軌道 (B)車站及植草式軌道



圖 3.5.2 Mulhouse (A)市區軌道路線 (B)非市區軌道

### (三) Tram-Train 系統車站及月臺設計

Tram-Train 系統既然是結合都市輕軌及傳統鐵路路線的運輸工具，在車站設計上多為遷就兩種路線狀況之車站型式。Tramway(都市輕軌)系統之車站強調其便利性與可及性，新型車輛多為低底盤型式，單列車長度多為 40 公尺以下，所以車站月臺可盡量降低，方便旅客上下車。市區道路上車站設計以融入都市景觀及實用性為設計目標，所以在道路寬度受限區域，車站及月臺可為相當簡單，長度配合車輛長度，許多區域甚至以完全無雨棚型式，僅設簡易售票及座椅，一般的設計型式亦僅設小部分雨棚。Train(城際鐵路)車輛則多為傳統高底盤車輛，列車長度可超過 100 公尺以上，所以車站長度及月臺高度多配合列車型式，雨棚長度亦是盡可能配合列車長度設計。



圖 3.5. 3 Karlsruhe (A)市區無雨棚車站(B)市區雨棚車站



圖 3.5. 4 Mulhouse (A)市區車站(B)非市區車站

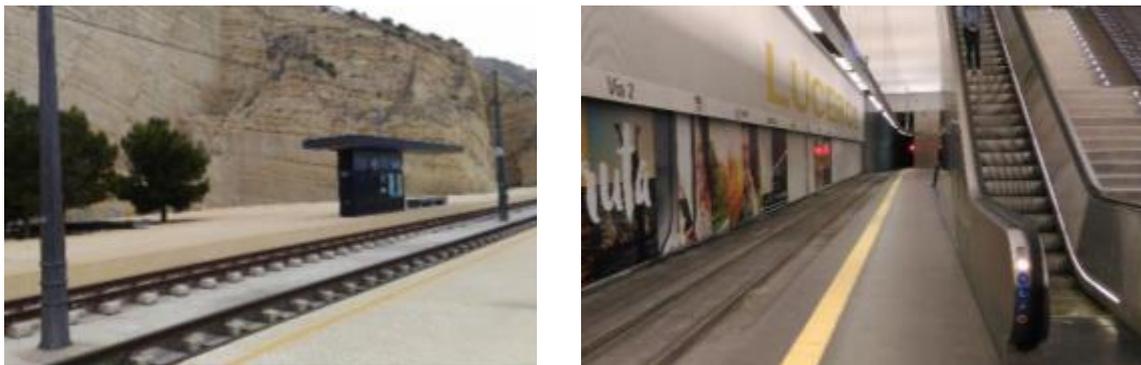


圖 3.5. 5 Alicante (A)路面車站(B)地下車站

當採用 Tram-Train 系統去聯繫既有兩系統之路線，車站之設置通常先維持既有車站繼續使用，再以車輛與月臺互相搭配處理，對於新設車站則配合車輛型式設計。所以 Tram-train 列車必須面對停靠兩種形式月臺，對於車輛寬度及底盤高度與月臺邊距及高度之相對關係，各地區的解決方式不同，以列車上設置可伸出之活動踏板，方便旅客上下，亦有在月臺加設踏階方式；列車寬度及底盤高度亦有不同型式。

Karlsruhe 地區有相當多型式之列車，行駛在相同的路線上，所以主要是以列車設置活動踏板及車廂設置階梯型式，解決月臺與車廂之距離與高差，亦有在既有月臺加設階梯方式，達成兩者間銜接。

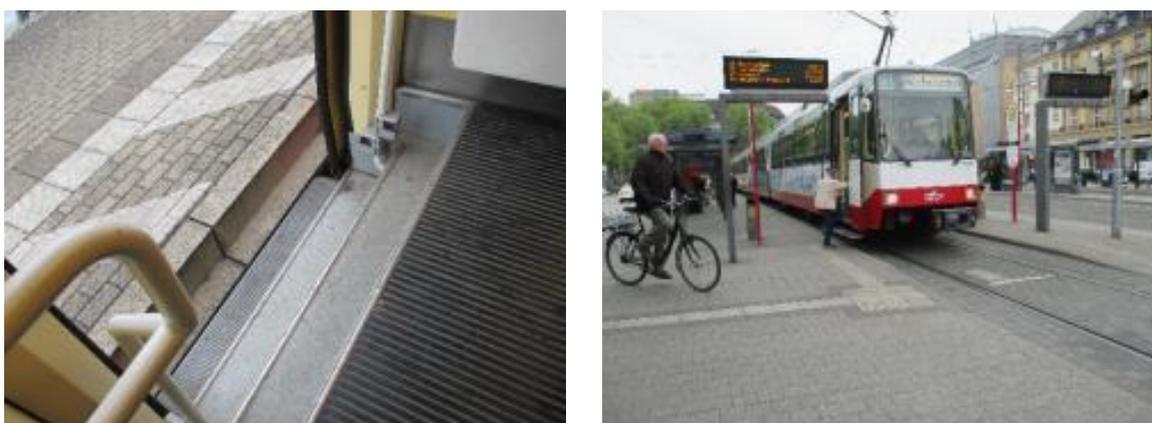


圖 3.5. 6 Karlsruhe (A)月臺及車內踏階 (B)車輛活動踏板

Manchester 之輕軌列車並未採用低底盤列車，所以列車底盤相較於一般 Tramway(都市輕軌)系統之車輛為高，而 Manchester 選擇採用較高之月

臺型式，搭配月臺兩端之坡道，是典型的由月臺配合車輛的做法，可減少車輛設計之複雜性。



圖 3.5. 7 Manchester (A)高月臺車站(B)高月臺車站長斜坡

Sheffield 地區計畫引進 Tram-Train 系統，同時將既有 Tramway(都市輕軌)路線及 Train(城際鐵路)路線進行銜接，使得 Tram-Train 系統可行駛於兩路線間，解決車輛月臺間高差是以兩個方式，第一個在車輛上是採用局部低底盤，使得車輛轉向架位置仍為高底盤，低底盤位置設置車門，符合輕軌路線低月臺車站旅客上下車，車輛轉向架能符合 Train(城際鐵路)路線行駛，另外在原 Train(城際鐵路)車站月臺末端，延伸另設低月臺，作為 Tram-Train 列車停靠用。



圖 3.5. 8 Sheffield (A)Tram-Train 車輛內部(B)Tram-Train 車輛外觀

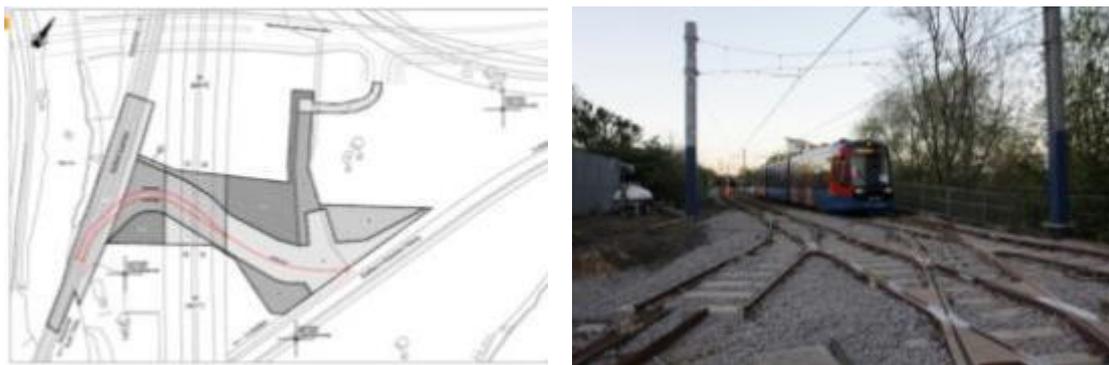


圖 3.5.9 Sheffield (A)現有路線銜接示意圖(B)Tramway 路線出岔延伸



圖 3.5.10 Sheffield Tram-Train 路線延伸銜接 Train 路線

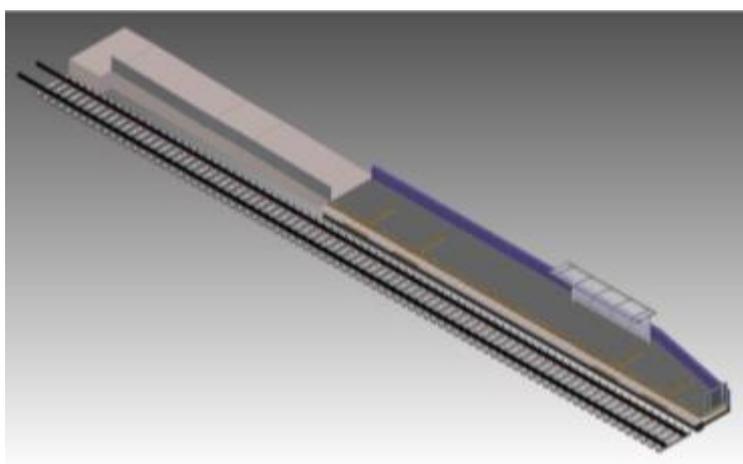


圖 3.5.11 Sheffield 現有月臺延伸示意圖

Alicante 的既有軌道系統是窄軌系統(軌距為 1000 mm)，所以 Tramway(都市輕軌)路線及 Train(城際鐵路)路線均沿用既有之窄軌系統，所以車輛就搭配既有的軌道系統，採用窄軌系統列車。營運上只有 Tram-Train 列車會同時行駛在市區路線及市區外的 Train(城際鐵路)路線。Alicante 都會區內之路線包含地面車站及地下車站，而且 Tram-Train 列車與 Tramway(都市輕軌)列車之寬度不同，所以寬度較小之列車，同樣是以活動式踏板減少列車與月臺間隙，而列車車廂內之設計與 Sheffield 相同採用局部低底盤，車門設置於低底盤位置，方便旅客進出。



圖 3.5.12 Alicante (A)Tram-Train 車輛內部(B)車輛活動踏板

#### (四) 小結

1. Tram-Train 列車在車型設計上，相較於傳統鐵路，可滿足較小的轉彎半徑及較大的坡度路線，使得系統能適合在都會區坡度變化大及市區道路較複雜的線型下行駛，亦能城際間快速運輸。
2. Tram-Train 列車為能同時符合在兩種軌道型式上行駛，所以 Tram-Train 列車的車輪形狀必須可同時滿足兩種條件，且建議在兩種軌道銜接轉換路段之軌道設施，考慮加裝防脫軌防護，以維持車輛行駛之安全性及穩定度。
3. Tram-Train 系統在車站設計上須同時配合一般鐵路與輕軌，包含車站長度及月臺高度均須整合，或另外採用適合的車輛型式，且在市區車站也應融入都市景觀及實用性，以避免在市區的車站與現有都市環境或交通產生衝擊。

## 六、 軌道系統周邊都市再生－與 TOD 及文化結合

軌道運輸系統可提供穩定、可靠及便捷的運輸服務，其運輸場站常為人口聚集、商業活絡地點，爰運輸系統與周邊區域之關係深深影響著都市發展型態，因而各城市雖發展背景、文化歷史、型態、規模及特性有所不同，惟利用軌道系統本身提供之運輸機能優勢，融合站區周邊社會經濟活動、土地使用及歷史文化等發展特性，為當地帶來更便捷的運輸服務、多樣性生活機能及豐富美觀的城市風貌，創造軌道系統及城市發展兩者最大效益，為一致的城市復甦交通策略，以下謹針對本次參訪軌道系統與周邊都市發展及文化結合相關案例介紹，以作為未來規劃時之借鏡。

### (一) 系統結合大眾運輸導向(TOD)發展

軌道運輸結合大眾運輸導向及緊密城市之都市發展規劃，可強化場站周邊社會、經濟等生活機能，進而活絡場站周邊經濟，而開發成功後所增加大眾運輸旅運需求，也適度反映在運輸本業營運收益的提升上，有利軌道系統永續經營；而場站規模、周邊區位條件與發展型態不同，未來發展潛能亦有差異，開發上應有適宜的定位及發展方向，如市中心商業區、外圍住商混合區及郊區開發潛力區等，可規劃適合當地發展的開發型態及規模，如法國巴黎 T4 線以軌道系統來帶動沿線地區發展，英國 Manchester 鼓勵民眾使用輕軌及大眾運輸，減少私人運具，改變市區交通型態並提升效率，刺激都市再發展，而英國國王十字車站 King' s Cross Station 則以站區都市更新計畫之整體開發，以大眾運輸導向及混合土地使用之規劃方向，建構多元完善的活動空間，強化該站區多樣性生活機能，提升就業、就學、購物、通勤及休閒等活動的便利性及可及性，因此藉由不同的開發型態及規模適度提高運輸系統周邊土地利用價值，可在資源有效運用及避免過度開發下，以有效創造最大經濟效益。

## 1. 法國巴黎 T4 線挹注東北郊發展契機

本次參訪巴黎東北郊輕軌 T4 線，於 2006 年 11 月完工營運，路線長度 7.9 公里，分別於南北兩端與 RER E 線及 B 線交會，T4 線是將一條舊有傳統鐵路整建為輕軌，改建工程包括車站設施整建、全線雙軌化，並增加班次頻率，以符合當地交通需求之服務特性，目前該路線運量已提升至每年 1300 萬人次，T4 線可與 RER E 線及 B 線串連，提升當地公共運輸之便利性及可及性，藉由其所帶來之運輸效益，進一步活絡沿線地區發展。



(資料來源: TRAM\_4\_zoom, available at: <http://www.design-futur-tram.fr/les-trams-en-ile-de-france/>),2017.

圖 3.6.1 T4 及延伸線路線圖

而在 T4 線投入營運成效良好，後續也於 T4 線新闢支線延伸計畫，延伸路線長度為 10.2 公里，將東側較為貧窮落後地區納入輕軌服務範圍，並規劃於延伸線東側與未來大巴黎快線 grand paris express M16 線交會，可望大量節省當地民眾聯外通勤時間，改善當地民眾公共運輸服務水準，延伸線除利用現有道路建置輕軌設施外，並透過都市設計適當將周邊市容加以改造，進而改變土地利用型態，可適度翻轉當地發展落後與貧窮之形象，並創造更多人行及休憩活動空間，擴大延伸線服務範圍，未來延伸線完工營運後，將使當地與巴黎市區間有更好的聯繫，刺激沿線土地有效運用，進而提升地區發展競爭力。



圖 3.6. 2 T4 延伸線施工現況

T4 線係改建原有傳統鐵路，提升軌道運輸服務品質，進而活絡沿線地區發展，而 T4 延伸線則是由新建路線為當地帶來便捷的聯外運輸系統，強化與周邊地區之連結，提供落後地區未來發展之能量，兩者皆是由軌道建設所帶來的運輸效益，增進開發中乃至未開發地區未來發展之契機。

## 2. 英國 Manchester 都市再造

Manchester 為英國英格蘭西北區域的社會及經濟中心，市中心人口約 43 萬 7,000 人，現在市中心只有 2 個主要幹線火車站－維多利亞火車站和皮卡迪利火車站，連接曼徹斯特和英國大部分地方；市內仍然有輕鐵系統連接市內各區，包圍著曼徹斯特的市中心。

1992 年起重啟的第一階段現代輕軌運輸系統，包含城際運輸及市區運輸系統，採用 DBOM(design build operate maintain)模式引入投資及技術，完成單一條 32 公里路線，2000 年採相同發展模式增設 6.5 公里路線，啟動第 2 階段軌道運輸發展，並同時改善整體軌道運輸，包含引進新列車提升可靠度、以及重新進行列車班次排點提供良好的旅運服務。



(資料來源: Danny Vaughan, Transport for Greater Manchester, “Development of Manchester Metrolink”), presentation, 2017.

圖 3.6.3 曼徹斯特 Metrolink 路網圖

曼徹斯特市區的輕軌路線選線原則：

- (1) 考量居住地及工作地的人口量，確保遊居住地送達工作地，以縮短通車往返，以提升工作機會，整合經濟成長。
- (2) 降低經濟貧富差距；原有 Tram-Train 路線高級住宅區，只有高收入才能使用，後續在貧民增加路線，讓弱勢地區也能享受 Tram-Train。
- (3) 以汽車密度考量，鼓勵使用輕軌及大眾運輸，以減少私人運具，降機停車位需求。



圖 3.6.4 Manchester 市區輕軌與月臺

目前正進行第 3 階段的 Metrolink 發展，改以 DCM(design construct maintain)及營運合約分開的方式推動，除了延續並提升第二階段的推動

項目外，更擴大路網服務範圍，吸引更多旅運量，使曼徹斯特區域擁有英國最大的輕軌路網。並將原有工業區透過捷運輕軌通過 10 個行政區，捷運交通促使都市再造，同時活化基地再利用，將原有停車場更新為綠地、廣場，改善都市景觀。

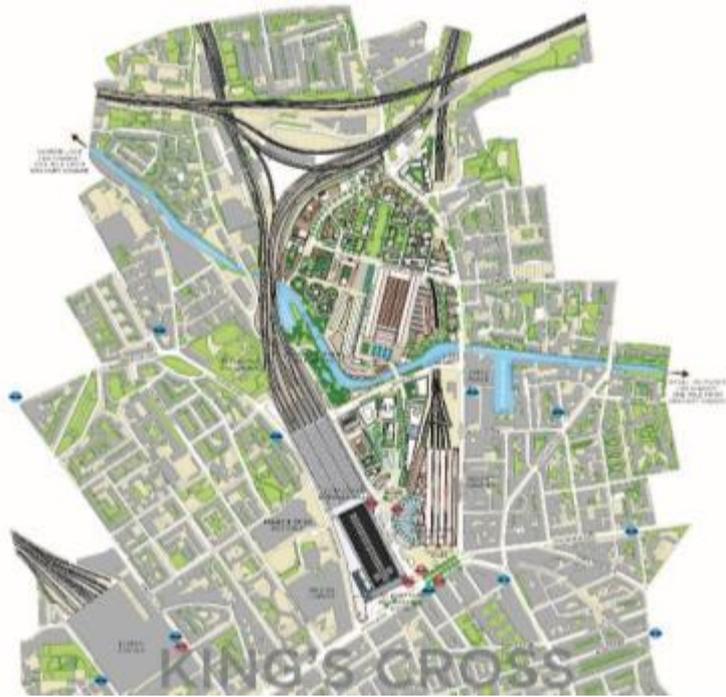
### 3. 英國王十字車站 King' s Cross Station 市區更新計畫

國王十字地區為鐵路、公路、運河的匯流處，擁有 150 年的歷史。但是從 20 世紀開始鐵路設施的老舊、倉庫廠房的廢棄、甚至土地的汙染等問題，整個國王十字鐵路產業地區成為倫敦的窳陋地區。英國政府藉由英法高速鐵路車站的遷移規劃，將英國端站點由滑鐵盧車站(Waterloo)遷移到聖潘克拉斯車站(St.Pancras)，自 1996 年開始，啟動國王十字地區的再生發展計畫，藉由其交通樞紐的重要地位，讓國王十字車站及聖潘克拉斯車站周邊區域再度蓬勃發展。



圖 3.6. 5 King's Cross 車站與 St.Pancras 車站

國王十字車站再生計畫的規劃原則為：「必須採用複合式土地使用(a mixture of of land uses)設計，且最接近鐵路車站的土地使用必須採用最高強度、及最商業化的使用。」並且「必須提供適當的住宅與社區設施，來支持整體社區的再發展，且每一個人都可以從再生計畫受益」。



(資料來源: Urban Land Institute, “ULI CASE STUDIES”, available at: <https://casestudies.uli.org/kings-cross/>),2017.

圖 3.6.6 國王十字再生計畫都市設計平面圖

再生計畫自 2001 年開始，歷經 6 年的討論與協商，於 2006 年取得初步都市計畫的許可，於 2008 年取得細部都市計畫的許可，開發計畫於 2008 年啟動，預計於 2020 年完成。整個再生計劃的土地總面積為 27 公頃，達成了複合式土地使用的要求，將住宅、公園、商辦、藝廊、餐廳、酒吧、旅館、學校、醫療設施、大學等複合式納入都市計畫，並以高達 40% 的公共設施空間，以「藝術、文化、傳承」的命題，交織串起整個新的高強度再生區域，且高強度開發並不以高樓作為操作訴求，形塑一個民眾樂於生活、居住與工作的都市空間。

國王十字車站區更新案占地約 27 公頃，公園及廣場有 10 處，共 10.5 公頃的公共開放空間，新建道路為 20 條，歷史建築設施活化共 20 處，2000 個住宅單元（其中 42% 為社會住宅），學生宿舍 650 單位，辦公空間為 316,000 平方公尺，商業休閒空間為 46,000 平方公尺。在文化傳承與環境的保護上，以都市設計手法，保留大量的歷史建築並給予活化利

用，並將歷史傳承的貨運運河，轉化成為親水空間，以及提供公園綠地等多元開放空間，提升交通環境之友善性，鼓勵民眾在大眾運輸及都市生活間能以步行取代機動車輛。



(資料來源:KPMG,David Ng,“Transit Oriented Developments”, available at:[https://www.austrade.gov.au/ArticleDocuments/1418/IABW\\_Infra\\_David-Ng.pdf.aspx](https://www.austrade.gov.au/ArticleDocuments/1418/IABW_Infra_David-Ng.pdf.aspx)),2015.

圖 3.6.7 國王十字再生計畫示意圖

國王十字站區開發屬都市核心級的更新計畫，藉由大眾運輸導向(TOD)及緊密城市(Compact City)的規劃理念，使大眾運輸與多元土地使用間密切結合，建構多元完善的活動空間，整合交通、居住、就業與休閒需求的便利性，強化該站區多樣化的複合性機能，進而鞏固國王十字地區交通樞紐的重要地位。

## (二) 系統結合文化景觀案例

軌道運輸系統融合都市發展背景、文化歷史及都市紋理等特性，如法國 Reims 以香檳酒杯為車體設計概念，車廂顏色也採用多種繽紛色彩，創造另一種都市景觀，而西班牙 Alicante 則藉由路線改善將土地無縫接軌，使民眾與海岸更為親近，將運輸服務、文化及觀光密切的連結。

## 1. 法國 Reims

Reims 位於法國東北部，距離巴黎約 130 公里，市內人口約有 18 萬人，為法國著名的文化古城及香檳主要產地，過多的觀光客湧入造成的交通壅擠，也造成了地方的經濟發展瓶頸。漢斯自 2003 年推動輕軌建設計畫，2011 年完工營運，目前該市有 21 條公車路線，及 2 條長 11.2 公里輕軌路線投入營運，車體型式以香檳酒杯為設計概念，車廂顏色也採用 8 種香檳繽紛色彩作為城市識別，吸引民眾及觀光客搭乘，打造城市移動地標。

另外配合輕軌之建置，道路街景配合歷史建築物改造，並增加友善環境的公共空間，提供寬敞的人行道及自行車道，周邊街廓除公車及輕軌外私人運具不得進入，提供予民眾步行休憩，將城市古蹟、街道市容及輕軌系統適度融合，塑造周邊歷史景觀、觀光及商業空間風貌，不僅提升大眾運輸服務水準，也提高城市觀光環境品質。



圖 3.6.8 法國 Reims 香檳造型輕軌行駛於市中心



(資料來源:溫代欣，2015，《觀光鐵道特性之研究》，交通部鐵路改建工程局出國報告)

圖 3.6.9 法國 Reims 輕軌車廂顏色識別

## 2. 西班牙 Alicante

Alicante 位於地中海沿岸，人口約 32 萬人，過去交通以傳統鐵路運輸為主，初期以運輸貨物、後期兼具民眾載乘；因沿岸地中海觀光勝地，原有傳統鐵路運輸已不符使用，因此以原有鐵路部分路段修改及引進 Tram-Train 系統，該路線輕軌電車及柴油火車可行駛共用該路權，以滿足載客需求；即原有路線可同時容納柴油火車及輕軌電車模式來營運的 Tram-Train 列車。

因 Tram-Train 經營成功，因此以 Alicante 為據點規劃完整的路網：以輸運觀光人潮 L1 線沿海岸線至 Benidorm 站、長 45 公里、約 4~5 公里停站；L3 線與 L1 線同軌道路線至 Benfe 站、長 14 公里、約 1 公里停站，與 L1 線短、長程搭配以分散觀光客源；L2 線串聯學校、醫院為社區服務路線；在 L1 線的端點站 Alicante 站及 Benidorm 站銜接 L9 線鐵軌火車可達區外長途路線；再加上位於商業機能的一社區的 Lucers 地下車站，使 Alicante 達到完整的路網。

Alicante 傳統鐵路係沿海岸線興設，沿線風景優美非常適合開闢度假旅遊區，在未改善傳統鐵軌前，土地被鐵軌切開，民眾很難穿越，經過鐵路改善後，海岸與旅客、社區民眾更為親近，使讓土地無縫接軌，相對助於土地整體開發。



圖 3.6.10 西班牙 Alicante 地中海沿線輕軌路線



(資料來源: “Archivo:TRAM Metropolitano de Alicante - Plano Zonal.png”, available at: [http://www.ferropedia.es/mediawiki/index.php/Archivo:TRAM\\_Metropolitano\\_de\\_Alicante\\_-\\_Plano\\_Zonal.png](http://www.ferropedia.es/mediawiki/index.php/Archivo:TRAM_Metropolitano_de_Alicante_-_Plano_Zonal.png)).

圖 3.6.11 西班牙 Alicante 輕軌路線圖

### (三) 其他國家案例－日本軌道運輸與 Compact City

複合式軌道運輸系統除了在歐洲許多國家陸續推動中之外，在日本也有類似概念的運轉模式，當地稱之為直通運轉，其發展的形式眾多，包含路面電車與傳統鐵路、兩條傳統鐵路或傳統鐵路與地下鐵間，主要為解決民眾因為需轉乘不同業者經營的軌道系統，而帶來的不便及安全問題，因此不同業者間透過協調整合，以直通轉方式滿足跨業者營運區間的大量旅次需求。而交通部也為此另由王政務次長率路政司及鐵工局至日本考察京都京阪京津線、福井鐵道福武線以及富地方鐵道(相關考察簡述詳附錄 7)。

另外，日本富山縣及福井縣利用複合式軌道運輸系統配合社區開發，除了解決民眾跨區轉乘的問題外，也同時達到 Compact City 的概念。日本目前有許多中小型的都市因為高齡少子化的關係，使得都市的產業

結構正在改變，除了部分路線逐漸失去了原有的功能，使得運量大幅減少，都市發展也因此面臨到停滯的問題，而當地政府藉由引進輕軌電車，將路線與各項公共設施或商業活動緊密結合，利用社區間增設車站、加密站間距離及班次以帶動周邊發展，提供更便捷的運輸服務改變在地居民的生活型態，並利用複合式軌道運輸的模式，將市區輕軌延伸至地方鐵道，擴大服務範圍以提高乘客的便利性，成為軌道運輸沿線集中緊密發展的成功案例之一。

#### (四) 小結

1. 軌道運輸系統可匯集大量人潮，且車站主要集中於人口及商業活動密集區域，透過完善的土地開發，將交通運輸服務與住宅、商業及觀光等活動結合，使軌道運輸整體經濟效益最大化，進而帶動城市繁榮發展。透過大眾運輸導向(TOD)及緊密城市(Compact City)的規劃概念，使大眾運輸與混合土地使用間緊密結合，可成為軌道運輸系統融合潛力發展區或舊城區再更新的開發方式，提升交通、居住、就業與休閒需求等多元活動的便利性，提高土地利用價值及機能，引領地區周邊的繁榮發展。
2. 軌道運輸對於都市發展之影響，初期先由場站為節點開始發展，再往周邊區域延伸，逐漸發展成帶狀，配合未來路網規模擴張，再由線擴展成面。而臺灣土地資源有限，人口密度高，因應不同區位土地使用特性及強度，如市中心商業區、外圍住商混合區及郊區開發潛力區等，可規劃適合當地發展的開發類型及量體，適度提高土地利用價值，在資源有效運用及避免過度開發下，以有效創造最大經濟效益。
3. 臺灣目前所面臨的問題，大眾運輸無法滿足民眾需求，私人運具成長過快速等；透過歐洲 Tram-Train 及輕軌經驗，減少停車位開闢，創造城市景觀；車體可以依地方文化或民眾參與，設計符合特色需求；結合產業、文化及旅遊整體開發，有效的土地再利用。

## 七、 政策及社會發展研析

「政策發展與溝通」為各國政府施政之起點，攸關政策之成敗。於參訪歐洲四國(德國、法國、英國、及西班牙)城市軌道建設之同時，得以見學各國政府於軌道「政策發展與溝通」之理念與經驗，整理觀察所得摘述如下。

### (一) 軌道政策發展軌跡

軌道的發展建設並非只有單一影響交通層面，通常是需要從城市或地區整體發展發展的角度下進行，確認有軌道發展需求進而實施，推動步驟如下簡述：

1. 發掘課題：首先先觀察城市的現況，包含社會、交通、環保或經濟等，了解現況要解決的發展課題。
2. 課題根源：深入探討問題本質及原因，以確認後續提出適合及有效之解決對策。
3. 目標及願景：針對上述課題，訂定未來發展及問題解決之目標與願景。
4. 提出對策：提出軌道建設作為達成目標之手段。
5. 前期溝通及住民參與：軌道運輸推動前期階段需加強住民參與及長期溝通。
6. 規劃與實施：經溝通確認後進行計畫的規劃與實施推動。

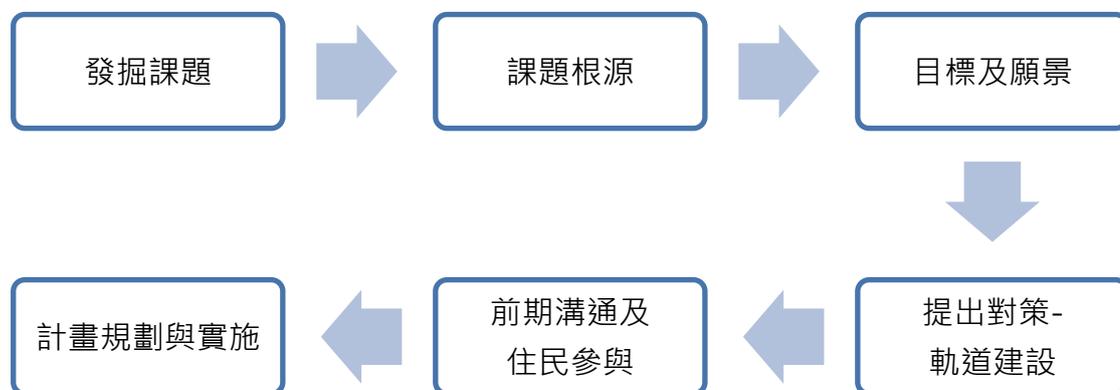


圖 3.7.1 軌道政策發展步驟

## (二) 參訪案例說明

### 1. 英國 South Yorkshire, Sheffield Supertram -Tram-train pilot project

South Yorkshire, Sheffield 的輕軌運輸系統，路網由 3 條路線組成，總長度 29 公里，48 座車站，自 1994 年開始營運，15/16 年旅運量達 1,100 萬旅次。而 Sheffield Supertram -Tram-train pilot project (南約克郡謝菲爾德市超級輕軌的複合式軌道運輸先導計畫)的政策發展軌跡如下：

#### (1) 課題發掘

對於英國中央政府而言，會決定推動 Tram-train pilot project，主要原因有二：英國高速鐵路建設計畫(HS2)，預計於 2033 年完成，路線將通過南約克郡謝菲爾德市(Sheffield)到里茲市(Leeds)，且當時南約克郡謝菲爾德市聯外區域鐵路營運虧損嚴重。

而對於英國 Sheffield 地方政府，當時南約克郡都會區生活圈，人口約 130 萬人，Sheffield 周邊城鎮(例如 Rotherham 羅瑟勒姆自治鎮)居民開車進出市區，造成都會區塞車、市區空氣品質低下等問題，且南約克郡謝菲爾德市周邊城鎮鐵路廊道沿線社區、經濟發展落後，衍生社會問題。

#### (2) 課題探討

I. 區域鐵路的建設，造就 South Yorkshire 的發展。隨著系統設施的老舊，服務的侷限性(站距長、班次少)，區域鐵路沿線變成社區發展的瓶頸，使用區域鐵路作為交通工具的比例下降，造成營運虧損。

II. Sheffield 周邊自治鎮區區域鐵路沿線，因鐵路設施老舊，營運績效不彰，沿線成為羸陋地區，造成社區、經濟發展落後，衍生社會問題。

III. South Yorkshire 居民往來 Sheffield 大量使用私人運具，雖然 Sheffield Supertram 系統於部分車站提供 park and ride 的解決方案，但仍無法改變居民的開車習慣，造成都會區塞車、空氣品質低落。

IV. 以上課題本質，普遍存在於區域鐵路沿線與都會區之間，是一個全



## **(5) 示範或先導計畫**

選擇謝菲爾德市(Sheffield)的超級輕軌與羅瑟勒姆鎮(Rotherham)的區域鐵路的聯通運轉(Tram-Train)，作為全國複合式軌道運輸的先導示範計畫，預計於 2018 年完成。

## **2. 法國 Mulhouse — Tram Train 系統**

法國 Mulhouse 生活都會區人口約 38 萬人，市區人口約 11 萬人，市區自 1882 年建傳統電車，惟都會區交通運輸仍以私人運具為主。複合式軌道運輸建設發展軌跡如下：

### **(1) 課題發掘**

過去法國 Mulhouse 因為民眾大量使用私人運具來往社區與商業區，導致市區空氣品質不佳，且當時 Mulhouse 生活都會區的區域鐵路營運效能低下，讓當地政府認為有改善交通的必要，利用軌道運輸取代私人運具。

### **(2) 課題探討**

- I. 社區及商業區分散，無主要交通運輸系統串聯，缺乏城市競爭力。
- II. 區域鐵路無法串聯社區與商業區，班次少，服務品質不佳，民眾無搭乘意願。

### **(3) 訂定目標**

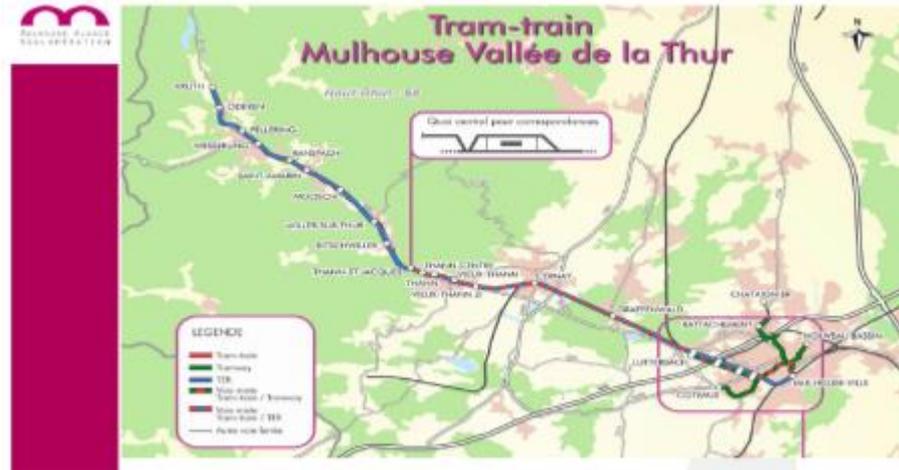
- I. 創造城市競爭力
- II. 改善市區空氣品質，提增公共空間
- III. 改善區域鐵路效能與服務

### **(4) 達標手段**

- I. 興建軌道運輸系統，串聯社區與商業區，提升城市競爭力
- II. 第一階段興建輕軌運輸系統，路網計 3 路線，長度 19 公里，29 座車站。2006 年通車啟用，16 年每日旅運次 7.2 萬人。

III. 第二階段興建複合式軌道運輸系統，利用區域鐵路，並增設車站，路線服務總長度 22 公里，車站 18 座。2010 年通車啟用。

IV. 複合式軌道運輸路網如下圖 4.7.2。



(資料來源:法國營運公司 Solea 簡報資料).

圖 3.7.3 法國米盧斯(Mulhouse)複合式軌道運輸路網圖

### (5) 住民參與

- I. Mulhouse 前市長在任超過 20 年，以長達 10 年的時間發展政策與溝通。
- II. 民眾自規劃階段即參與建設，提供意見，讓建設、社區、商業區發展緊密結合。

### (三) 小結

1. 歐洲地區發展複合式軌道運輸系統(Tram-Train)，是由共享的概念出發，Tram 這種適合於都會區的軌道運輸系統，與 Train 這種適合於城際間的運輸系統，共同分享軌道路線開始。Tram 與 Train 的發展原是從不同的方向，所以通常是不同營運方式及個別經營單位，因此在推動的過程中，必須整合不同的決策者，發揮更高的路廊使用效能，同時克服各種可能的問題與質疑。
2. 在歐洲各地發展複合式軌道運輸系統(Tram-Train)，政策方向不完全相同，所採用的作法及衍生的效果也不同，並非所有成功的案例都可以完全複製適用於所有的城市，仍須依據城市本身的特性選擇適合的執行方式，以利我國未來推動該系統。

## 肆、 複合式軌道運輸系統在臺灣的應用-以基隆南港間為例

臺鐵在基隆南港間擔任軌道運輸角色已經超過 120 年，臺鐵以往的運輸模式是採用城際運輸作為主要運輸概念，所以所有系統功能都是定位在中長程為主要運輸距離，臺鐵在臺灣北部地區服務區間，已經逐漸發展成人口集中之都會型態，尤其在臺北都會區都市人口集中的現象相當明顯，所以近年來導入臺鐵捷運化觀念，在基隆南港間增設通勤車站，以服務沿線旅次，使得臺鐵的服務型態轉變為兼具短程通勤功能。然而，在臺鐵主線上增設通勤車站，會造成臺鐵容量下降，影響主線列車運轉。因此，將基隆南港間使用率較低的第三軌，獨立供複合式運具運行，同時調整主線原有運行於第三軌之班次，以降低對主線列車的影響。若能新增第三軌複合式運具的班次，又不會對主線班次造成影響，即可增加基隆南港間整體運能，造成基隆宜花進出臺北班次均增加，雙贏的目標。

### 一、基隆南港間軌道現況問題研析

臺鐵樹林至七堵區間同時服務往基隆以及往宜花東之列車，且該路段同時提供區間慢車及長途快車，致現有路線容量不足，造成一票難求的現象，成為臺鐵北部地區營運瓶頸所在，且原有該區段的第三軌對於改善路段容量的成效不彰，因此可藉由重新思考如何運用現有軌道，將基隆與宜花東列車進行分流，而除了解決容量問題已增加宜花東服務班次外，也希望能達成基隆臺北間軌道運輸服務水準之目標。

對於基隆至臺北路段而言，臺鐵同時具有傳統火車及都會通勤的運輸型態，與本次考察德國 Karlsruhe 的 Tram-Train 模式類似，因此可藉由參考 Karlsruhe Model 的概念，評析是否合適引入複合式軌道運輸系統應用在基隆南港間，達到改善臺鐵路段瓶頸的問題。

## 二、基隆河谷廊帶開發構想

基隆南港輕軌計畫除了是要解決區段鐵路容量不足問題之外，因目前臺北市政府、新北市政府及基隆市政府正在推動基隆河谷廊帶開發，基隆至南港間雖設有許多科學園區及工業區，但仍有很多閒置土地尚未開發，而地方政府預計重新整體整個河谷廊帶，藉由開發引進社會住宅、帶動產業轉型，創造更多的就業機會，帶動整體發展。而目前所推動的基隆南港間軌道建設，則被視為整個開發計畫中最重要的配套措施之一，藉由提供便利的運輸服務，串聯整體北北基桃的大臺北生活圈，重新活化基隆河谷廊帶，帶動人流與物流來創造發展。

## 三、基隆南港間系統應用初步構想

Tram-Train 車輛可提供較臺鐵列車更佳有加減速性能，藉由這個特性，可服務短程通勤站之旅次需求，並且如果利用現有臺鐵第三股道，可將基隆路線與臺鐵宜蘭路線在此區間獨立開來，同時加強此路線短程營運功能，而且減少對臺鐵路線容量的干擾，類似 Karlsruhe Model 另設一條路線(可參考(資料來源:德國德鐵 DB 簡報資料).

圖 3.1. 1)，在路線前後銜接回臺鐵路線，將原此區間之短程通勤運輸，導入新線。

然而研究臺灣鐵路運輸及歐洲複合式軌道運輸系統會發現，全臺的鐵路路線使用率均相當高，尤其是臺北至七堵路段，而歐洲複合式軌道運輸系統，通常是運用於傳統鐵路路線利用率較低路段，所以即使新增路線引導短程另行新線，對於前後端銜接進臺鐵仍會造成路線雍塞。所以在引用複合式軌道運輸系統時，仍須確實了解路線使用狀況，採取適合的作法。

由路線使用狀況來看，基隆至八堵間目前非尖峰時間單向每小時約 3 班

次列車，路線容量仍有餘裕，但七堵以南至南港間，雖設置 3 股道，但在接近南港車站附近，又縮為僅有二股，路線容量並無餘裕，所以可利用基隆至八堵間路線，八堵至南港間則需透過路線整理，將 3 股道路線型態的功能充分發揮，達到更好利用率，而且在基隆端，則可保持與 Tramway 輕軌的功能結合，參考圖 4.1 示意之作法。

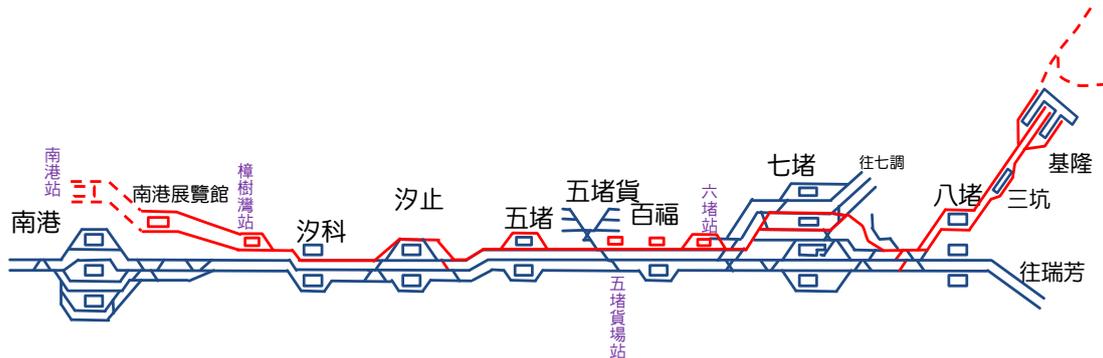


圖 4.1 南港基隆間股道配置初步構想(未核定，僅為示意提供參考)

將第三軌改為供 Tram-Train 系統行駛時，在路線及車站之考量上，可適度增設車站，縮短區域服務供給距離，將捷運化功能加強。同時引用適當性能的列車，能在短距離提供良好加減速效能，展現類似 Tramway 的服務優勢，更進一步吸引旅客搭乘，再延伸基隆市區時，亦能延續此功能，整體而言，這是符合 Tram-Train 系統特性。

#### 四、基隆南港間系統車輛與技術建議

由上述設站之作法而言，當第 3 軌列車所停靠之月臺，有些是現有月臺，可能與臺鐵共用，有些是新設月臺，所以在選擇車輛時需一併考量月臺之型式，月臺配合車廂適度調整，可引用 Sheffield 現有月臺延伸低月臺，採用 Manchester 之高底盤輕軌列車及高月臺，或是如 Karlsruhe 以伸出踏板減少高差問題。

基隆南港間之路線線形，現況是符合臺鐵列車行駛型態，所以一般

Tramway 或 Tram-Train 車輛均能行駛，並不需殊修改調整，唯一需考慮因素是臺鐵軌距為 1067mm 之窄軌系統，需以此條件作為列車之採購限制。

另外為確保 Tram-Train 系統可與現有臺鐵整合，針對未來在思考系統間轉換的過程時，可在轉換點增設中性區間、列車自動防護系統(ATP)等級轉換設備、電車加裝列車自動防護系統(ATP)車上設備，並建議在南港展覽館增加一處號誌站號誌保安設備。

## 五、基隆南港間臺鐵營運調度建議

依據前面有提到基隆至南港間目前容量趨近飽和，而未來在既有的第三軌營運 Tram-Train 系統，臺鐵的營運調度應如何配套以符合營運的可行性並滿足旅次需求，以下簡述調度排班的規劃建議：

### (一) 列車班表規劃(與實際未來站位或有出入，僅以現有資料試排模擬)

1. Tram-Train 營運班表：單向每小時 3 班輕軌列車，並朝向定型化模式規劃。

基隆站時刻表						
時	分					
6	00		20		40	
7	00		20		40	
8	00		20		40	
9	00		20		40	
10	00		20		40	
11	00		20		40	

圖 4.2 基隆站 Tram-Train 列車時刻表(模擬)

南展館站時刻表						
時	分					
6	10		30		50	
7	10		30		50	
8	10		30		50	
9	10		30		50	
10	10		30		50	
11	10		30		50	

圖 4.3 南展館站 Tram-Train 列車時刻表(模擬)

- Tram-Train 及臺鐵營運班表整合：單向每小時 3 班輕軌列車，再加上 3 班臺鐵區間車(以 106.06.30 班表)，共 6 班列車運行。

基隆站時刻表						
時	分					
6	00	15	20	32	40	55
7	00	13	20	35	40	54
8	00	13	20	34	40	50
9	00	07	20	38	40	58

圖 4.4 基隆站 Tram-Train 及臺鐵營運列車整合時刻表(模擬)

## (二) 營運調度需求

- Tram-Train 列車運行圖表：以單向每小時 3 班車進行規劃

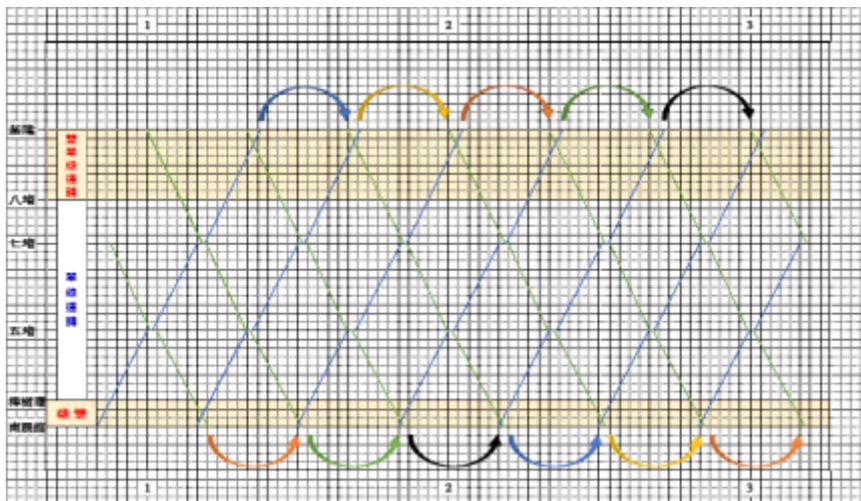


圖 4.5 Tram-Train 營運初期，以單向每小時 3 班車的列車運行圖表(模擬)

2. 行車運轉與列車調度需求(建議調整)：

(1) 基隆＝南展館間導入 Tram-Train System 的營運調度，為符合單向每小時 3 班車，其基本線型須具備(基本路線容量需求)以下條件：

- I. 基隆＝八堵及樟樹灣＝南展館間須設置雙單線運轉。
- II. 單線區間交會站須盡量縮小，如七堵、五堵等站須設置交會站。
- III. 八堵＝七堵間設置第 4 軌，即運用八堵＝七堵間現有貨物線連通銜接八堵第 3 月臺第 4 股道，以分流臺鐵及輕軌列車。

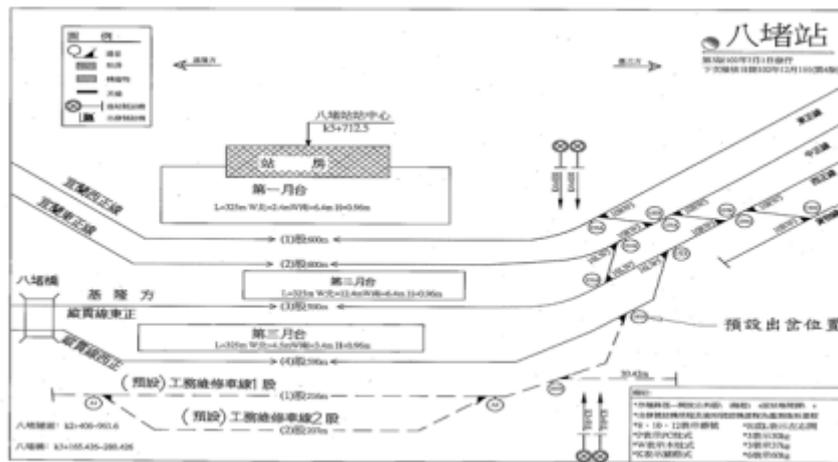


圖 4.6 八堵＝七堵間現有貨物線(模擬)

- (2) 營運車輛及編組運用：車輛需求至少 6 編 12 組(每編 2 組 6 車)，若考量維修保養及客運量成長加掛需求，需再酌增。
- (3) 列車事故應變處理：輕軌列車發生緊急事故時，為考量其處理時效，建議能與臺鐵既有路線整合應變運用，方可限縮事故影響層面；惟其配套措施為輕軌列車須採高底盤車型，以避免月臺高低差過大，影響旅客安全。

六、小結

- 1. 臺鐵目前最大瓶頸路段在樹林至七堵間，若依本章節的分析建議，將 Tram-Train 系統引入，藉由利用現有資源，以較少的成本，減少大量工

程建設來改善鐵路容量不足的問題，進而解決花東地區一票難求並提升基隆通勤的軌道運輸服務水準，是值得進一步評估的課題。

2. 因應未來河谷開發計畫，將在基隆南港軌道沿線增設通勤車站，以擴大服務更多的旅次需求，而若未來有機會引入 Tram-Train 系統，則可保留利用輕軌方式衍伸基隆市區或進入沿線周邊社區，更提高的軌道運輸的可及性，並減少民眾轉乘之不便。
3. 本案就基隆＝南展館間輕軌列車運行，提出營運調度與排班分析，其前提是「單向每小時 3 班輕軌列車，再加上 3 班臺鐵區間車，共 6 班列車運行」；因此，部分輕軌路段採單線運行即可滿足此規劃。未來，此路線旅運量提升時，輕軌班距已無法再縮減，其運能的提升只能靠車輛編組的加掛，才能勉強且有限度的提高運能，因此，基隆河谷的軌道服務，並非單獨以輕軌，或是單獨以傳統鐵路可以達成，而是要「整合」以上兩種服務，充分發揮各自系統特性，才能相輔相成，綜效倍增。
4. 綜上所述，建議本案於可行性分析時，規劃單位應綜合評估與分析基隆至臺北間，各項運具的旅運 OD 資料，以確切掌握未來旅運量成長潛勢，並慎選適當的運輸系統或預留未來擴充機制，才能滿足基隆地區乘車旅客的需求。

## 伍、 心得及建議

### 一、心得

本次考察歐洲各城市 Tram-Train 及輕軌運輸系統，並拜會營運單位、規劃公司及製造商等軌道運輸相關機構，對歐洲各地 Tram-Train、輕軌系統、技術及營運模式等特性已有初步瞭解，本次參訪心得說明如下。

#### 1. 因地制宜發展複合式軌道運輸系統之新思維

複合式軌道運輸系統(Tram-Train)因具有因地制宜、可及性高、減少轉乘次數，使鐵路及輕軌緊密串聯，並可以較低建設經費延伸軌道路網，帶動區域開發，活化經濟，提高民眾搭乘意願，重新定位城市及與都市景觀結合等特性，於歐洲各國城市均已成功且持續推動，可做為國內推動複合式軌道運輸系統之參考。

#### 2. 解決都市交通問題

Tram-Train 或輕軌系統可因應不同路權型式，提供穩定、可靠及便捷的大眾運輸服務，未來可依各地區實質交通環境及特性進行調整，再透過各運具整合，藉以擴大公共運輸路網，增加民眾使用意願，進而減少私人運具使用以解決都市交通問題。

#### 3. 軌道建設帶動城市發展

軌道建設對都市發展來說是一項契機，透過軌道建設結合都市計畫與都市更新，可讓車站周邊的土地因此而得到重生。像倫敦國王十字車站及聖潘克拉斯國際車站，利用歐洲之星終點站移往聖潘克拉斯國際車站的機會，重新規劃車站週邊土地，除提供了住宅、商辦、商業設施外，還提供了高達 40%的公共設施空間，可說是相當成功的案例。因此，在臺灣的重要節點車站建設時，確實需要引進 TOD 的概念，結合都市計畫及都市更新，將整體軌道建設效益最大化。

#### 4. 追求軌道系統永續經營

軌道運輸系統土地開發導入大眾運輸導向(TOD)及緊密城市(Compact City)之規劃概念，結合都市計畫及都市更新，透過高密度、混合土地使用及都市設計手法，將交通運輸與住宅、商業及觀光等活動結合並增進其可及性，強化場站周邊社會、經濟等生活機能，開發成功後將帶來可觀的交通成長，衍生新的旅次產生點及吸引點，公共運輸需求隨之增加，可充實運輸本業票箱收益，有利軌道系統永續經營。

#### 5. 軌道運輸與其他運具的整合

近期發展軌道建設成為各地推動公共運輸的首選，本次考察軌道運輸路網，各項運具之間的轉乘都是相當便利的，因為現有軌道運輸的可及性本不及私人運具，推動各項軌道運輸系統也需要同時做好聯外接駁整合，包含場站、班次或票證，增加民眾轉移使用公共運具的意願，達到推動軌道運輸的效益。

## 二、建議

在本次考察歐洲各城市複合式軌道運輸系統及輕軌運輸系統，對系統型式、車輛特性、機電系統、營運調度及場站設計等面向已有初步瞭解，惟考量國內尚無複合式軌道運輸系統營運前例，因此針對未來實際執行及技術運用等方面提供建議，以作為國內未來規劃推動複合式軌道運輸系統之參考。

#### 1. 國內既有交通環境影響

鑒於國內各城市不同於歐洲城市的交通特性，未來若引進 Tram-Train 或輕軌系統，對於目前我國民眾而言，須給予時間去習慣及接受 Tram-Train 或輕軌系統行駛於一般道路，建議應由主管單位加以宣導及教育等方式加以防範，或者利用交通管理或工程手段，將軌道列車與其他私人運具或行人進行空間或時間的路權隔離，以確保原有用路人

的安全性。

## 2. 相關法規、技術規範及設計準則配合修訂

國內軌道建設捷運與鐵路之規劃，設計，興建及營運監督等，其母法分屬大眾捷運法及鐵路法，因國內尚無複合式軌道運輸系統法源適用之依據，爰後續宜就該系統特性，檢討相關子法源，俾為推動遵循依據。而 Tram-Train 系統兼具傳統鐵路與輕軌特性，Tram-Train 車輛須同時符合傳統火車及輕軌的規範，其安全風險亦須特別考量，建議後續宜就複合式軌道運輸系統訂定相關技術規範。

## 3. 車輛維修作業整合

目前 Tram-Train 車輛製造廠商多可依據各地需求作客製化車輛，且 Tram-Train 系統是可與其他軌道系統列車共用維修基地，藉以省下大批人力與設備，惟未來 Tram-Train 車輛在寬度、車輪大小等可能不同於臺鐵現有列車，因此如何與臺鐵車輛維修設備進行整合以共用維修資源，而減少建置成本，為未來須考量重點之一。

## 4. 提升系統穩定度及安全性

Tram-Train 系統因為需同時行駛於傳統鐵路以及市區輕軌路線，電力系統須可在一般鐵道及輕軌系統的高低電壓之間進行轉換調整，因此路線轉換段的介面整合以及駕駛員的訓練都將影響整體系統的穩定度與安全性，應加以克服。

## 5. 營運調度複雜程度提高

輕軌系統通常以固定班距的排班模式行駛，但因我國臺鐵排班模式較為複雜，因此未來引進 Tram-Train 系統，建議應先重新檢視現有班表並調整區段行車營運計畫，且因為營運模式的複雜，行控中心則扮演相當重要的角色去解決 Tram-Train 系統兩區段間轉換調度的問題。

附表 考察人員名單

序號	單位	職稱	姓名
1	交通部	常務次長	范植谷
2	交通部	路政司科長	魏瑜
3	交通部鐵路改建工程局	主任秘書	溫代欣
4	交通部鐵路改建工程局	正工程司	溫志輝
5	交通部鐵路改建工程局	技術員	張韶容
6	交通部高速鐵路工程局	組長	范揚材
7	交通部臺灣鐵路管理局	機務處副處長	賴隨金
8	交通部臺灣鐵路管理局	彰化電務段長	葉世銀
9	交通部臺灣鐵路管理局	站長	李西武
10	臺南市政府	副市長	張政源
11	臺南市政府	工務局 總工程司	陳世仁
12	臺南市政府	副局長	熊萬銀
13	臺南市政府	技士	鄭人瑋
14	基隆市政府	副市長	林永發
15	基隆市政府	交旅處科長	黃秀萍
16	新竹市政府	副市長	沈慧虹
17	新竹市政府	交通處科長	許子建
18	臺灣車輛公司	董事長	蔡煌瑯
19	臺灣車輛公司	業務處組長	李志豪
20	中興工程顧問公司	副總	嚴世傑
21	中興工程顧問公司	經理	陳則銘
22	中華軌道車輛工業發展協會	秘書長	史文虎

## 附錄 1 交通部新聞稿

### 【為推動複合式軌道運輸系統，交通部及地方政府赴歐取經】

106/05/09

為推動複合式軌道運輸系統，交通部范植谷次長率所屬相關單位與基隆市、新竹市與臺南市等地方政府，已於 5 月 4 日上午抵達德國法蘭克福機場，隨即馳赴目前世界上 Tram-Train 路線最長的卡爾斯魯厄（Karlsruhe）參訪，由德鐵亞太區技術總監 Jaeger 先生簡報說明卡爾斯魯厄的鐵路、輕軌與 Tram-Train 建設與營運作法。

卡爾斯魯厄人口約 30 萬人，為德國西南部的工業與科技產業中心。境內有 500 公里的區域輕軌網路，其中約 400 公里有 Tram-Train 列車行駛。卡爾斯魯厄所建置的 Tram-Train 系統，係利用傳統鐵路的基礎設施，節省建設經費，並且在市區內、或郊區新開發區新增車站，增加可及性，減少轉乘次數，降低旅行時間，提高民眾搭乘的意願，讓郊區鐵路服務的區域與市區更緊密地結合。整體運量由每年 5 千萬人次，藉由引進 Tram-Train 系統，目前已提升到 1 億八千萬人次。

卡爾斯魯厄原本即擁有傳統鐵路與輕軌系統，然而傳統鐵路沿線上的居民要進入市中心，只能搭乘較少班次的傳統火車，進入市區唯一的傳統火車站。而傳統火車站未必是多數民眾的目的地，因此仍需再轉乘其他交通工具。因此，卡爾斯魯厄市政當局規劃在市區內，新增輕軌路線、加密車站，使更多的人能夠搭乘在郊區搭乘 Tram-Train 列車，行駛在傳統火車軌道上；搭乘同一部 Tram-Train 列車，即可進入市區輕軌路線，選擇在市區內新增的輕軌各個車站下車，直接抵達目的地，無需轉乘，大幅提升了民眾使用輕軌做為日常生活交通工具的意願。

考察團同時參訪了卡爾斯魯厄車站，車站內外有高速鐵路、傳統火車、輕軌、Tram-Train 停靠，每日進出旅次超過六萬人。提供了時間、空間與資訊上的無縫

轉乘接駁，擴大軌道系統綜效。

卡爾斯魯厄成功的 **Tram-Train** 建設經驗，稱為知名的「卡爾斯魯厄模式」。另於同日下午抵達法國米魯斯(Mulhouse)，由曾任米魯斯市長 21 年的 Jean-Marie Bocquel 參議員，介紹米魯斯在推動輕軌與 **Tram-Train** 的成功經驗。

米魯斯位於法、德、瑞士等國的交界處的圖爾河谷(Vallée de la Thur)，總人口近 30 萬，地理位置優越，風景優美，不但是各國貨物的集散中心，也具有工業與科技產業，更具有動物園、火車博物館等，吸引許多人來此旅遊。

米魯斯的 **Tram-Train** 建設計畫，於 2004 年 10 月 11 日核定；經過 6 年的興建與營運整備與測試，在 2010 年 12 月 12 日正式營運，是法國的第三條 **Tram-Train** 路線。有傳統鐵路列車與 **Tram-Train** 列車在同一段傳統鐵道上營運，同時該 **Tram-Train** 列車還在市區以輕軌電車方式營運。連結傳統火車沿線區域與市中心，使旅客可以不經轉乘，即來回穿梭於市區輕軌可及的區域與傳統鐵路服務的郊區。

**Tram-Train** 路線營運路線長 20 公里，除了僅在輕軌與傳統鐵路的轉換段新設 4 公里的軌道外，大部分路線係利用既有的傳統鐵路設施。建設計畫由 Alsace 省投資 7200 萬歐元；米魯斯生活圈市鎮組織籌資投資 3100 萬歐元；法國中央政府投資 2700 萬歐元；市級政府投資 1100 萬歐元；法鐵投資 900 萬歐元整修傳統鐵路車站月臺為適合 **Tram-Train** 使用的車站月臺，總計投資額計 1 億 5000 萬歐元。Jean-Marie Bocquel 強調，推動 **Tram-Train** 涉及的界面很多，除了與市民溝通日常重要之外，與相關行政與鐵路專業單位的協調，也需要付出很大的心力。

在米魯斯市區也訪問多位居民與商家，均表示輕軌推動之初，許多反對輕軌在市區建置的聲音，隨著輕軌建置完成之後所帶來更好的居住環境及生意，都轉換為支持輕軌繼續延伸的動力。

藉由參訪卡爾斯魯厄及米魯斯推動 **Tram-Train** 的成功案例，將可做為交通部

後續推動複合式軌道運輸系統之參考。

媒體相關報導連結如下：

1. 聯合報 <https://udn.com/news/story/7266/2451583>
2. 蘋果新聞  
[http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/new/20170509/1114661/?utm\\_source=Line&utm\\_medium=MWeb\\_Share&utm\\_campaign=http%3A%2F%2Fwww.appledaily.com.tw%2Frealtime%2Farticle%2Fnew%2F20170509%2F1114661%2F](http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/new/20170509/1114661/?utm_source=Line&utm_medium=MWeb_Share&utm_campaign=http%3A%2F%2Fwww.appledaily.com.tw%2Frealtime%2Farticle%2Fnew%2F20170509%2F1114661%2F)
3. 今日新聞 NowNews <https://www.nownews.com/news/20170509/2515040>
4. 大紀元時報  
<http://www.epochtimes.com.tw/n210085/%E6%8E%A8%E8%A4%87%E5%90%88%E5%BC%8F%E8%BB%8C%E9%81%93%E9%81%8B%E8%BC%B8-%E4%BA%A4%E9%83%A8%E8%B5%B4%E6%AD%90%E5%8F%96%E7%B6%93.html>

## 附錄 2 參訪人員論壇發表/投書 – 新竹市副市長

### 【新竹副市長：輕軌計劃已在起跑點上 等待開跑鳴槍響起】

2017/05/13 12:22

沈慧虹／新竹市副市長

行政院「前瞻基礎建設計劃」中，各縣市政府均積極爭取軌道，筆者隨交通部在本月 3 日赴歐洲考察軌道運輸，至 11 日止，已參訪德國卡爾斯魯厄(Karlsruhe)、法國米魯斯(Mulhouse)、巴黎(Paris)、漢斯(Reims)、英國謝菲爾德(Sheffield)以及西班牙阿里坎特(Alicante)等地輕軌系統，汲取不少經驗，可作為新竹市發展輕軌運輸的借鏡。

除巴黎外，其它幾個城市的人口約在 12-55 萬之間，屬於中小型城市，新竹市人口 43 萬，城市規模相仿，輕軌發展經驗相當值得借鏡，同時也證實了，中小型城市是適合輕軌發揮的舞臺。

以德國卡爾斯魯厄為例，城市人口約 30 萬人，境內輕軌的長度約有 500 公里，輕軌的準時與便利，讓居民願意使用軌道系統，整體年運量甚至高達 1.8 億人次。

法國漢斯以香檳聞名，為提高居民對於輕軌的認同感，車輛車頭設計為香檳杯造型，也成為當地特色景觀，不僅是居民的交通工具，也成為發展觀光的一大助力。法國巴黎的 T4 原為鐵路路廊，經改造為輕軌路線，並配合沿線都市發展，運量亦逐漸成長至每年 1300 萬人次。

70、80 年代，歐洲各國一度因航空與汽車的便利，造成鐵路交通沒落。1980 年代之後，輕軌重新受到重視，發展新一代系統，在歐洲快速成長，不但改變人們搭乘習慣，也改變了城市發展的輪廓。

近年來綠色運輸興起，軌道運輸為準時準時、安全、舒適的綠色大眾運具，

歐洲等先進國家更大力發展軌道運輸，而輕軌又相當適合在中小型城市發展。站在新竹市未來整體發展的高度下規劃輕軌，結合交通、產業、觀光、通勤等複合功能，成為都市發展的新契機。

透過考察參訪，不難發現歐洲先進國家的輕軌在建設後，已經有效地抑制私人運具的使用。回頭看看臺灣這五十年來的交通運輸發展，因汽機車過度使用，造成空氣污染、噪音、能源消耗、交通事故頻傳，更造成了交通壅塞，嚴重影響都市發展。

新竹市同樣屬於中小型城市，可向歐洲先進國家取經，利用建設輕軌，提供更舒適、準點、安全的大眾運輸，提高民眾對大眾運輸使用的信任感，減少私人運具；同時，也可以仿效歐洲城市，將輕軌結合當地特色、產業，變成推動新竹市觀光及城市景觀的推手。

經這次歐洲軌道考察，筆者更加確信，輕軌對於城市的發展的重要性。行政院推出前瞻基礎建設計劃，新竹市在過去二十多年、四次規劃的基礎上，積極爭取輕軌建設，我們可以說，新竹輕軌計劃已在起跑點上，等待開跑鳴槍響起。

<http://m.appledaily.com.tw/realtimenews/article/forum/20170513/1117824>

### 附錄 3 參訪人員論壇發表/投書 – 臺南市副市長

#### 【張政源觀點：師法歐洲 前瞻臺灣 發展軌道運輸】

2017/05/19 06:40

張政源/臺南市副市長

筆者這次參加交通部歐洲軌道運輸考察，自 5 月 4 日至 5 月 12 日期間共參訪了德國卡爾斯魯厄(Karlsruhe)、法國米魯斯(Mulhouse)、巴黎(Paris)、漢斯(Reims)、英國曼徹斯特(Manchester)、謝菲爾德(Sheffield)以及西班牙阿里坎特(Alicante)、瓦倫西亞 (Valencia) 等 4 個國家 8 個城市的輕軌及複合式軌道運輸系統，汲取了許多寶貴經驗，可作為臺南市推動前瞻計畫-軌道建設的參考。

本次考察的城市有人口超過 100 萬的大型城市，也有 50-80 萬人口的中型城市，以及 30 萬人口以下的中小型城市，這些城市不論規模大小皆以軌道運輸來解決都市公共運輸需求。歐洲 1960 年代以前，因汽車工業發展快速，都市發展過度依賴私人運具，許多城市輕軌電車不敵機動車輛成長，功能逐漸式微甚至消失殆盡。然而因為私人運具過度使用也衍生都市交通壅塞、空氣汙染、肇事增加、停車位不足等諸多問題。因此，為解決這些問題，歐洲許多都市皆興起一股回到軌道(Back to Rail)的風潮，積極推動輕軌及捷運建設，更結合傳統鐵路及輕軌引入 Tram Train 複合運輸系統，提供穩定、便捷的軌道運輸系統，來解決都市交通問題。同時也構築了一個結合高鐵、傳統鐵路、捷運、輕軌、Tram Train 以及市區公車的完整便捷的公共運輸服務路網。

這些路網的興建有些以開發落後地區為目的，例如巴黎大區 T4 Tram-Train，為了連接巴黎北郊，市政府除將現有軌道全線改造，提昇班次頻率以增加運能及運量外，現正推動延伸計畫，以平面輕軌方式將鄰近較為貧窮落後的區域皆納入服務範圍，T4 帶來的不單只有服務居民的旅運需求，所帶來的經濟效益更解決地方落後的問題，用以促進整體區域的都市發展。

有些以服務大量湧入的觀光客為目的，例如法國漢斯（Reims），漢斯為法國香檳省（Champagne-Ardenne）的社會與經濟中心，人口僅約 22 萬，但因為市著名的文化古城及香檳主要產地，過多的觀光客湧入造成的交通壅擠也造成了地方的經濟發展瓶頸。漢斯自 2003 年推動輕軌建設計畫，2011 年完成營運，路線結合古蹟、車站、市中心、醫院、大學及住宅區，車身強調與市區景觀搭配與具香檳杯造型的擋風玻璃，除吸引市民觀光客搭乘，更帶動經濟發展並解決地方交通需求。又例如西班牙阿里坎特（Alicante），人口數僅約 30 萬人左右，在這個羅馬人喻為光之都，充滿地中海風情的小城裡，旅遊旺季觀光人口可達 200 萬，為解決龐大觀光人口的旅運需求，西班牙政府以阿里坎特為據點規劃完整軌道路網，除串聯輸運觀光人潮 L1 線沿海岸線外，另以 L2 線串聯學校、醫院為社區服務路線，整體路網架構除可服務觀光旅客之需求，更可滿足居民生活。

有些則以促進都市未來發展為目的，例英國謝菲爾德（Sheffield），謝菲爾德是一座位於英國英格蘭約克郡-亨伯區域南約克郡的城市，人口約有 52 萬人，是倫敦以外英格蘭最大的八座城市之一。從 19 世紀起，謝菲爾德市開始以鋼鐵工業聞名於世，之後受困於工業式微，近年來開始復甦，重新定位為一座體育與科技之城。謝菲爾德發展輕軌電車極早，1984 年重新為了城市的城新定位及發展，開始重新建設現代都市輕軌系統（Modern Tramway，多以低地板現代化列車型式營運，以區隔 20 世紀初所建置的市區電車），1994 年起陸續通車。由於跨區域有傳統鐵路提供城際運輸，在傳統鐵路的路線利用率不高的情況下，雪菲爾德地區正引進 Tram Train 系統，同時將原有都市內輕軌電車（Super Tram）的路線，與傳統鐵路路線進行銜接，使得 TT 系統可行駛於兩路線間，預計初期 TT 系統行駛路段約 13 公里，預計 2018 年通車營運。未來通車之後上可連接規劃興建中的倫敦-曼徹斯特的高鐵系統。

看看歐洲各個城市的發展實例，印證本次納入前瞻基礎建設提出之軌道建設，交通部是在建構臺灣未來 30 年的發展願景的前提下提出來的，其目的是為

臺灣提出了完整且足以改善現有運輸環境之前瞻規劃，計畫從臺鐵轉型出發，再整合地方捷運及觀光發展，並進一步扶植軌道產業。其內容符合臺灣未來 30 年的公共運輸發展需求，同時可以達到促進都市發展、縮短區域落差、擴大觀光規模、提昇國人生活品質的目標。他山之石可以攻錯，借鏡歐洲，證實軌道建設不單只解決城市交通問題，更可促進城市觀光及帶動整體經濟發展，證明了本次前瞻基礎建設-軌道建設計畫的必要性及合理性。

此外，本次歐洲參訪，也見到了許多國外軌道產業相關廠商，這些廠商對於臺灣即將推出大規模的軌道投資，莫不表達高度興趣及參與意願。過去因為臺灣的軌道產業能量不足以支撐整體軌道產業發展，不管是車輛、設備、或是整體系統設計及營運均需仰賴外國公司。為了不讓軌道建設龐大預算再度淪於國外軌道相關產業之囊中利益，筆者也呼籲應透過前瞻計劃軌道建設大量投資，一方面能徹底落實國車國造政策帶動國內相關產業發展，增進國內軌道相關產業的自製率，一方面也可引進外商技術，深化軌道相關產業供應鏈能量。

呼應國際城市建設的 **back to rail**，臺灣的前瞻建設-軌道計劃可以說是 **forward-looking to modern rail**，將為都市再發展，提供新的動能和方向。透過建設環保的現代軌道運輸將為都會區創造宜居的有機發展環境。而固定的現代軌道及車站建設將為都會區提供最佳的永續發展軌跡。筆者曾經投書表達公共運輸是解決都市交通問題的王道，軌道運輸就是王道中的王道。經過這次歐洲軌道運輸考察，我們更加深信軌道建設對於城市的發展的必須性與重要性。「坐而言不如起而行」，筆者衷心盼望大家能不分藍綠、不分南北，停止無謂的爭議，全力支持這項足以翻轉臺灣未來 30 年發展的重要交通建設計畫！推動軌道建設，臺南市準備好了。臺南市民值得更好的生活，臺灣人民也值得更好的生活！

(<http://www.storm.mg/article/267356>)

#### 附錄 4 參訪人員相關採訪報導 – 基隆市副市長



中嘉新聞 5月17日 · 說這專頁讚

赴歐洲取經-參訪德法英西 基隆市副市長談Tram-Train輕軌  
(中嘉基隆新聞記者張啟騰/基隆報導) 為了在台灣推動複合式軌道運輸系統，交通部方面日前邀請基隆市副市長林永發等地方政府代表組團到歐洲國家取經，隨著參訪團走訪了德法英西等國家的林永發實地觀察使用 Tram-Train輕軌系統的這幾個歐洲城市，他表示能與傳統鐵路共用軌道又可深入市區的輕軌的確提供民眾更便捷的搭乘環境，至於輕軌運輸還有哪些特色？一起來關心。

#Tram-Train #歐洲輕軌 #複合式軌道運輸 #交通部 #林永發 #參訪團 #基隆輕軌

(<https://www.facebook.com/newscns/videos/1781826568796450/>)

## 附錄 5 參訪人員觀點發表 – 社團法人中華軌道車輛工業發展協會

### 【不只是 TT 訪歐 Tram-train 的第三方產業與民間觀點】

前言：社團法人中華軌道車輛工業發展協會有幸於今年 5 月上旬隨交通部考察德國卡爾斯盧厄，米巴黎 T4 路線及西班牙阿利坎特等地區 Tram-train (以下簡稱 TT) 成功案例，除具體交通建設可行性外，我們想要提供另一種視野。

#### 通勤與轉乘

在眾家針對 4241 億軌道建設或基隆 81 億 TT 系統是否有其需要爭論不休的同時，我們想要回歸通勤族的基本需求來提供圖像。

你有沒有這樣的經驗。搭乘快速又舒適的高鐵前往其他城市，要轉乘臺鐵進入市中心卻因班次稀少要等 15 至 30 分鐘?

因為徵地困難，除高雄外，許多高鐵站都設置在離市中心較偏遠之處。所以，即便電子票證卡卡通現在極為便利，無須另行買票，從高鐵到臺鐵的月臺也相距不遠，還有臺車藉由日本技術組裝的 EMU 通勤電聯車也乾淨舒適。但，銜接班次總是要看運氣，搭臺鐵可節省接送、租車或計程車費用，卻總要犧牲等候的時間。我恰巧是一個居住在基隆的人，跟整個北北基桃整個大通勤族一樣，居住在郊區，卻每天需要通勤到大臺北來上班。因此，對我們這樣的「通勤族」來說 TT 的改變究竟是甚麼?

其實，TT 建置的目的，是在整合現有的運輸路網、城鄉與觀光發展計畫及通勤通學的綜合需求，從既有傳統鐵路系統導入輕軌化捷運模式，讓一種運具 (TT) 串聯兩套系統，並減少城鄉間不同運具的轉乘困擾。基隆人口 37 萬，正好與我們這次參訪幾個擁有 TT 系統的小鎮(如德國的 Karlsruhe 與 Mulhouse)人口規模相仿，都是 30 萬上下，政府建設 TT 系統，正為了讓大基隆地區通勤族在最少建設成本下，提供逼近捷運班次的通勤效益。未來 TT 如何真正落實，有效減少轉乘次數，提高民眾搭乘意願及與都市景觀結合等，才是國內推動複合式軌道運輸系統的重要參考與依據。

不只是功能性也緊密融合文化與地景

我們遊走幾個歐洲小鎮見到地輕軌建設，還有一個很強烈深刻的印象，就是 TT 車輛的外觀依當地民俗文化特性設計，車輛外型色彩鮮艷活潑生動。如法國 Mulhouse 米魯斯的輕軌列車乃亮黃色，還有法國 Reims 漢斯的香檳色車輛，搭配地景與該城市文化特色，都使人眼睛為之一亮。

事實上，臺灣已經亮相的淡海輕軌列車，也不落於後，「行武者號」經過市民票選參與，最終出爐的造型流線，藍白兩色以海的意象呼應淡水特來設計，交界處的漸層更是代表淡水河波光粼粼，使人充滿期待。不僅將兼顧通勤，也能帶來符合當地特色的觀光效益與文化意涵。更何況將於 2019 通車的淡海輕軌，與德國福伊特公司(VES)跨國合作，從設計、製造到測試全車跨國合作，從設計、製造到測試全車在臺灣車輛公司完成，國車造的里程碑意涵不言可喻。

### 系統相容與安全性疑慮釋疑

就我們訪問西班牙的 Valencia 車廠所得到的經驗來看，該公司主要提供之產品為輕軌電車、TT 列車及柴電機，擁有列車及柴電機，擁有 200 位設計工程師，廠房面積為 20 萬平方公尺，具備完整不鏽鋼車體製造、轉向架框組裝生產線 3 公里長之測試軌可提供標準與米車輛進行動態。而據其製造輕軌的豐碩經驗我們得知，TT 系統的車輛硬體外型多屬低底盤架設計，門比一般傳統車輛面積大，具可伸縮並有依月臺間隙及高度設計之板水平延落差下移式。而基隆 TT 車輛系統車輛系統未來的製造組裝與臺鐵系統的相容性，必定能在前述國內組裝淡海輕軌列車獲取實績與經驗。

此外，號誌在市區行駛 TT 時，係與公路共用權並以電車模式行駛時，係與公路共用權並以電車模式行駛。當電車駛出市區進入傳統鐵路網時，雖因各國、地區鐵路號誌系統設施標準並不相同，但皆會採用欲匯入路網相容之號誌系統，以利列車順、安全鐵路網，並接受傳統鐵控制系指揮運行。而電車/列車切換方式可為手動或自動，號誌界面處理並無困難。因基隆-南港間之輕軌路線與臺鐵現有高度重疊，其號誌系統並不需要大幅修改僅因線型調整做局部即可配合 TT 系統運行。

### 軌道車輛與產業發展的契機

目前全球已有穩定且營運多年之 TT 系統，雖臺灣尚無設計與製造經驗系統，雖臺灣尚無設計與製造經驗但我們不應該妄自菲薄。以下為發展國內軌

道產業之建議方向：

在車輛模組化方面，車體製造和安裝轉向架一垂直式取代水平化設計一滿足軌距需求，並將淡海輕軌組裝車輛經驗直接應用在未來基隆 TT 的車輛系統的車輛系統。此外，於營運層面：以國家和地方為營運公司整合(如 SNCF 和 Solea)；觀光層面：針對捷運建設與市區規劃，帶動經濟發展；資訊層面則應公開透明；最後，在文化層面：城市可與車輛顏色完美結合，並納入市民意見。

未來，我們建請 TT 軌道系統提昇國產化可立即採取的策略有如下：

- 1.維修方式採專業分工以降低人事成本。
- 2.強化供應鏈能量，降低業主庫存量。
- 3.強化車輛、轉向架模組化之設計能力，提升市場競爭力。
- 4.系統單一化，拉大市場經濟規模。

種種考察與分析都是其次，至此，我們可以大聲疾呼，前瞻基礎建設計畫及臺鐵汰換購車計畫將是國內軌道車輛產業練兵最佳機會，同時，透過在地化發展可大幅降低維修成本同時可擴大就業機會。據此，我們再次強調政府應落實國車國造政策、深化供應鏈能量比例及在國內軌道標案採最有利標機制，協助廠商創造市場經濟規模。

以上淺見 供各界做參考

社團法人中華軌道車輛工業發展協會

理事長蔡煌瑯

秘書長史文虎

## 附錄 6 相關會議結論摘述

### 一、106.5.18 交通部部務會報-赴歐考察成果簡報

部長裁示

(一)首先感謝范次長安排鐵工局進行本案簡報，並邀請基隆市副市長與會交流意見，本次赴歐考察複合式軌道運輸系統，主要是為了落實應用於國內的軌道建設，期許這次的考察後續能透過以下二項作為深化成果：

1. 本次考察有許多地方政府派員參加，對於考察過程大家提出的問題，已及目前地方政府對於前瞻基礎軌道建設反應的規劃意見涉及因地制宜部分，應予先行彙整，並請與這次考察的軌道運輸系統相關單位保持聯繫，以利後續請教問題。
2. 未來視需要可邀請參與考察的本部單位共同至地方政府進行成果分享及意見交流，以增進地方政府對於複合軌道運輸系統的認識以及答覆相關問題。

(二)軌道建設技術日益進步下，現今已克服行車安全、底盤過高及適應地形三大問題，這些問題克服後，有利取得地方政府認同輕軌運輸系統與地方建設結合的效益，但同時對於管線規劃整理、市容美化及車道配置等地方政府配合事項也須取得共識，才能順利進行。輕軌運輸系統是打造都市友善環境的利器，尤其基隆市因多山地形影響公共運輸發展，輕軌運輸系統是一個適合的公共運具，且藉由行車動線的妥適規劃，完成後的輕軌運輸系統更可讓搭乘旅客觀賞當地地形起伏呈現的特殊視野景致，未來基隆市政府相關推動工作本部將盡力協助，其中改善七堵調車場設施以方便民眾出入乙節，請鐵工局與臺鐵局積極辦理，期能從各方面不斷的努力，順利引進發展複合式軌道運輸系統。

### 二、106.6.20 歐洲複合式軌道運輸考察成果交流暨報告檢討會

(一)國發會曾副主委旭正

1. 希望交通部能就一般民眾針對系統質疑的部分，利用影像圖片等說明，加強宣傳釐清。
2. 基隆河谷計畫目前由基隆市、臺北市及新北市刻正做規劃，針對軌道部分，加

入基隆南港所提的增加車站服務的構想，建議納入基隆河谷規劃內，提供更具體的想像。

3. 依據不同城市特性，合適的系統就不同，且後續各地區的輕軌捷運在營運面上如何運作，都應該納入考量。

#### (二)內政部花次長敬群

1. 基隆河谷除了涉及到社會住宅面，還包含產業與交通等整體的構思，除了現在的火車外，再加上未來可能增加 Tram-Train 的車站，讓整體構想更為明確，但後續要思考要用甚麼方式，才讓社會能更進一步的了解前瞻各建設的願景及內涵。
2. Tram-Train 未來保留進入道路的可能性，應思考臺灣的道路品質是否維持路廊鋪面能保持穩定。

#### (三)基隆市林市長右昌

1. 基隆輕軌在民調上顯示有超過 6 成的基隆民眾支持，百分之 18 的民眾反對，對基隆市而言，將基隆輕軌視為基隆河谷廊帶及基隆市港再生的重要配套措施計畫。
2. 北北基桃的生活圈如何透過重大建設，讓產業發展或土地利用，達到最有效及合理的配置，未來應藉由縣市間的區域合作及整合規劃，落實整體發展，以提高都市及國家競爭力。
3. 希望基隆的發展可以作為一個成功的案例，來消除民眾對於相關公共建設的質疑。
4. 基隆市目前推動的基隆市港再生標竿計畫，以及與新北市合作的北五堵國際研發新鎮計畫，如何能藉由基隆南港輕軌計畫做整體的規劃改善，也希望中央能協助與新北市進行溝通整合，以及其他超過地方職權的部分，也期望中央能全力支持。
5. 前瞻計畫的軌道建設，有些涉及新的技術，地方政府也將努力推動並召開公開說明會，加強與市民溝通減少質疑。

## 複合式軌道運輸、人工平台車站 開發及觀光鐵道考察報告



交通部鐵路改建工程局

106年6月15日

1

## 簡報內容

- 一、複合式軌道運輸
- 二、人工平台車站開發
- 三、觀光鐵道
- 四、結論與建議

2

# 考察紀要

複合式軌道運輸

京阪京津線



福井鐵道



越前鐵道



# 考察紀要

複合式軌道運輸

富山LRT



人工平台車站開發

京都車站



大阪車站



# 考察紀要

人工平台車站開發

品川車站



丹後天橋立

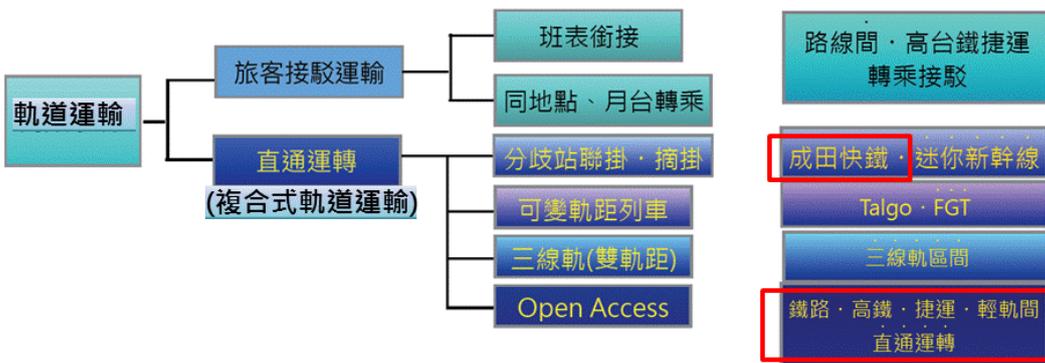


觀光鐵道

東武世界廣場



## 一、複合式軌道運輸



接駁轉乘 → 旅客配合增加路網效率

直通運轉 → 營運業者整合增加路網效率

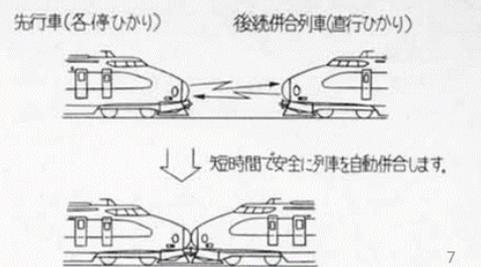
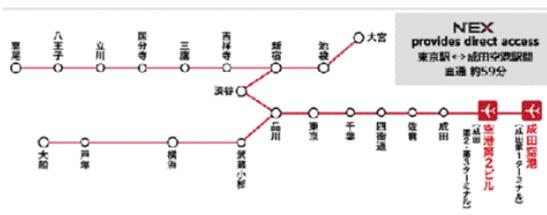
6

## 成田快鐵分歧站聯掛・摘掛

- 成田快鐵12輛編組，受限於成田線路線容量，橫濱出發之7-12車先到東京車站1番線，等候大宮出發的1-6車聯掛完成後，發車至成田機場。
- 從成田機場出發的成田快鐵則同樣在1番線摘掛之後，各自分流出發。



7-12號車抵達



## 軌道業者間直通運轉

歐美及中韓等國軌距屬標準軌，傳統鐵路及高鐵皆可直通運轉。日本則由迷你新幹線及FGT實現。



日本傳統鐵路業者間為提高旅客方便性，長期以來都以實現直通運轉為目標。案例不勝枚舉。



傳統鐵路及路面電車間直通案例亦多，京都的京阪京津線更是實現從路面電車—傳統鐵路—地下鐵的直通運轉。坡度達61%。



德法等歐洲實現LRT與傳統鐵路的直通運轉，稱為Tram Train系統。日本亦在福井實現日本版Tram Train系統。



## 路面電車・鐵路・地下鐵間直通運轉 —京阪京津線



## 路面電車・鐵路・地下鐵間直通運轉 —京阪京津線

- 電壓 → 直流600v配合地下鐵改成1500v
- 號誌・通訊 → 車輛搭載2套通訊及號誌系統，CTC直通熱線
- 駕駛員 → 在御陵站交接駕駛員

車輛單價  
全日本最高

京阪電車線 (地下鐵開通前)											
京	東	阪	九	日	御	京	四	堀	大	上	浜
津	山	三	條	上	山	間	陵	科	富	分	谷
↓											大
											津

京都市交通局 (地下鉄) 東西線										京阪電車線									
二	京	三	東	堀	御	京	四	堀	大	上	浜								
力	都	條	條	條	市	市	山	山	山	山	山								
車	市	市	市	市	市	市	市	市	市	市	市								
場	市	市	市	市	市	市	市	市	市	市	市								
↓																			



# 路面電車・鐵路・地下鐵間直通運轉 —京阪京津線

## 搭乘體驗影片



11

# 中小型都市困境的處方籤—Compact City

- 少子化高齡化人口減少
- 都市郊區擴大
- 小汽車成長，公共運輸難以為繼
- 地方財源稅金減少
- 公共設施維護費用增加

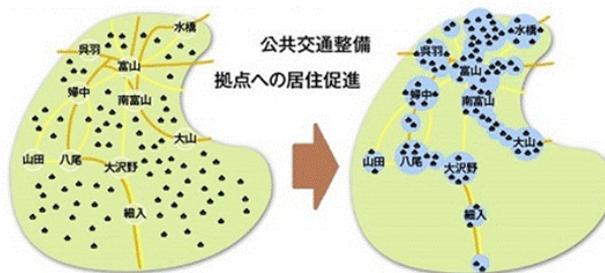
## Compact City



- ① 公共運輸的活化
- ② 促進公共運輸沿線居住人口
- ③ 地方中心街道的活化

- 縮短市內移動距離
- 公共運輸服務效率提升
- 降低小汽車使用,CO2排放
- 釋放農地恢復綠地
- 地方財源有效運用
- 公共設施服務效率提升

### 富山市が目指す「コンパクトなまちづくり」



「コンパクトシティ政策」のイメージ。「富山市都市マスタープラン」より作成

12



## 路面電車・鐵路間直通運轉 —福井鐵道及越前鐵道

### 經營不善

- 福井鐵道
  - 經營傳統鐵路及路面電車路線
- 京福鐵道
  - 傳統鐵路路線

### Compact City

- ① 公共運輸的活化
- ② 促進公共運輸沿線居住人口
- ③ 地方中心街道的活化

### 沿線地方政府及企業 資金挹注

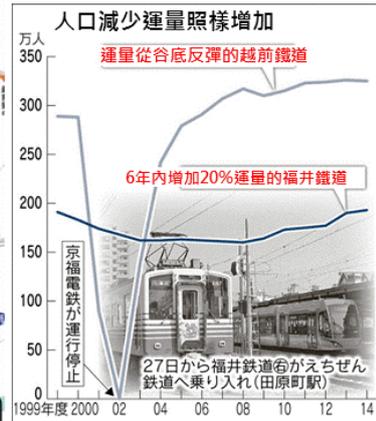
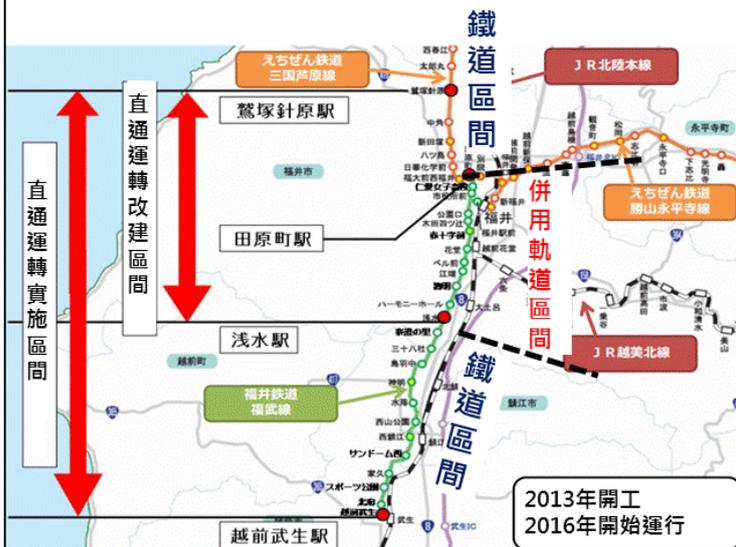
- 民營福井鐵道
  - 經營傳統鐵路及路面電車路線
- 第三部門公司 越前鐵道
  - 傳統鐵路路線

### 增加便利性

- 實施直通運轉
- 增設車站
- 發行老年優待券
- 增開接駁公車
- 縮短時間
- 增開班次
- 結合觀光
- 結合生活
- 引進低底盤LRT車輛(4+2編組)

15

## 路面電車・鐵路間直通運轉 —福井鐵道及越前鐵道



16

# 路面電車・鐵路間直通運轉 —福井鐵道及越前鐵道



高低月台  
3種改建型式

**危険です!**

- ①軌道敷境界（白線）ぎりぎりでの走行、停車はしないでください
- ②右折待ちをする際、軌道敷内で停車をしないでください

※右折車道分離信号では、右折を待ちの時は青矢印が出るまで停止線で待機してください

**待たない!**  
軌道敷内で停車をしない

**はみ出さない!**  
右折待ちの時、白線からはみ出さない!

白線に寄りすぎると電車と接触する恐れが生じます

車線内を走行

良い例!  
線の内側で待っている

悪い例!  
線の内側にはみ出し、電車が通れない

電車と接触の恐れ

## 路面電車・鐵路間直通運轉 —福井鐵道及越前鐵道



號誌通訊切換



駕駛員交接



重要設備移設車頂以降低底盤



19

## 路面電車・鐵路間直通運轉 —福井鐵道及越前鐵道

電壓	➔	2家業者皆直流600v，鐵路及傳統鐵路區間皆為600v
號誌・通訊	➔	車輛搭載2套通訊及號誌系統，CTC直通熱線
車輛	➔	考慮工期及日本車輛廠商無心生產LRV，向購買龐巴第德國公司技術之新潟Transys採購，每車組3.5億日元。
駕駛員	➔	在田原町站交接駕駛員
月台高度	➔	鐵路區間改建增設低地板月台
交通號誌	➔	引進優先號誌及右轉限制號誌

### 問題點

交通事故	➔	平均1年發生1-2次
班表延遲	➔	道路交通干擾導致發車班次無法更密集
鐵路舒適度	➔	行駛鐵路區間之乘車舒適度較差

20

## 路面電車・鐵路間直通運轉 —JR富山港線→富山LRT

### 富山市面臨問題

① 人口減少及超高齡社會

⑤ CO<sub>2</sub>排放量增加

② 過度依賴小汽車導致  
公共運輸衰退

⑥ 縣市整併衍生重複  
公共設施

③ 市中心失去原有吸引力

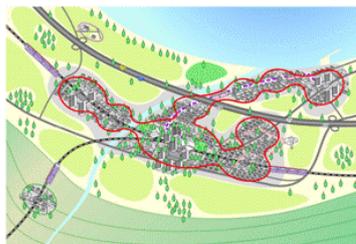
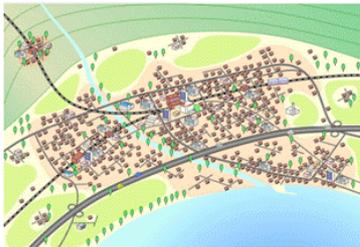
⑦ 需負擔增多的社會  
資本的維護管理

④ 都市管理所耗行政支出  
擴大

⑧ 平均壽命與健康壽命的  
落差

21

## 路面電車・鐵路間直通運轉 —JR富山港線→富山LRT



### Compact City

① 公共運輸的活化

② 促進公共運輸沿線居住人口

③ 地方中心街道的活化



22

# 路面電車・鐵路間直通運轉 —JR富山港線→富山LRT

富山輕軌的建設 ~ JR富山港線的LRT化 ~

運量持續減少之JR富山港線引進公設民營的想法，變身為日本第一個真正LRT系統。

<路線概要>

- 通車日：2006年4月29日
- 里程長：7.6km  
(鐵道區間6.5km、軌道區間1.1km)
- 車站數：13
- 車輛數：7編成(2兩1編成)
- 所需時間：約25分(富山駅北—岩瀨浜)

<運輸服務之提升等>

- 班距改善、新站設置、低底盤車輛引進、無障礙化、智慧卡引進、服務人員配置等

日本初の本格的LRTとして再生



▲舊JR富山港線



▲富山LRT (Portram)



# 路面電車・鐵路間直通運轉 —JR富山港線→富山LRT

■運輸服務的提升

	舊JR富山港線		富山LRT
運行間隔	30~60分	→	15分(尖峰時10分)
首班·末班車	5時至22時止	→	5時至24時止
車站數	9站(富山車站以外)	→	13站
車輛	鐵路車輛	→	全低底盤車輛 <small>運賃は200円均一制に。</small>

■車輛低底盤化以及車站的無障礙化



■車上服務人員的配置



■接駁公車的運行



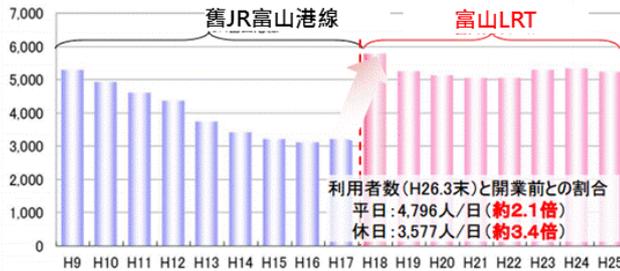
## 路面電車・鐵路間直通運轉 —JR富山港線→富山LRT

富山LRT(Portram)的整備效益

2006.4.29通車

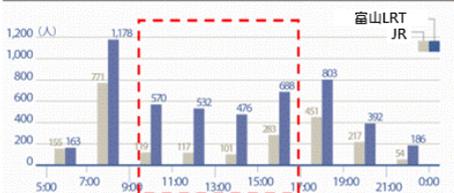


■與通車前比較，運量在平日約2.1倍、假日約3.4倍，大幅增加

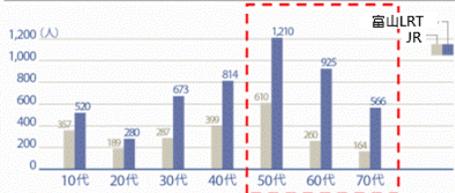


■白天高齡者的搭乘明顯增加(生活型態出現變化)

1日あたり 時間帯別の利用者数の変化(平日)



1日あたり 年代別の利用者数の変化(平日)



25

## 路面電車・鐵路間直通運轉 —JR富山港線→富山LRT

電壓



原為直流1500v，改為600v以利將來與地方鐵道直通運轉

號誌・通訊



將來與地方鐵道直通運轉後車輛需搭載2套通訊及號誌系統，CTC直通熱線

車輛



考慮工期及日本車輛廠商無心生產LRV，向購買龐巴第德國公司技術之新瀉Transys採購，每車組3億日元。

駕駛員



具備鐵道與軌道駕照

月台高度



鐵路區間改建為低地板月台

交通號誌



引進優先號誌及右轉限制號誌

問題點

交通事故



平均1年發生1-2次

班表延遲



道路交通干擾導致發車班次無法更密集

鐵路舒適度



行駛鐵路區間之乘車舒適度較差

26

## 複合式軌道運輸小結

- 透過業者間直通運轉可改善沿線發車頻率並減少轉乘，同時獎勵居民搬遷至沿線居住，發行離峰時段優惠票價，成功吸引高齡者回流公共運輸。
- 日本原本即已制訂適用併用軌道區間的軌道法及適用鐵路區間的鐵道事業法，法源完備。我國尚無推動複合式軌道運輸案例，尚須通盤檢討鐵路法及大眾捷運法等相關法規。
- 複合式軌道運輸系統通訊及號誌系統整合較複雜，代價較高具挑戰性，另Tram-train列車於平面道路軌道行駛時平穩舒適，惟在傳統鐵路速度較高的區間行駛時，其搖晃程度明顯，在車輛速度與舒適度上尚有課題待解決。
- Tram-train列車具工程造價低及工期較短等優勢，惟購車成本、介面整合及後續維修成本較高。
- 對於平面道路之干擾及維持輕軌班表服務品質上，應視該地區交通狀況通盤考量。通常只能在班次不多地區，以較多運轉餘裕來吸收道路交通干擾的影響。

27

## 複合式軌道運輸小結

- 無論是福井鐵道、越前鐵道及富山LRT，新增購之LRT車輛，一般檢修、維修作業，以既有之維修技術可充分因應。
- 福井鐵道及越前鐵道之LRT車輛部分重要組件之檢修作業，則由原廠派員到廠執行，福井鐵路派員跟隨學習。
- 福井鐵道之LRT車輛採用國產設備只佔一半，越前鐵道之LRT車輛採用國產設備佔2/3以上，未來朝100%國產設備努力，以利維修之迅速確實，不必苦等國外原廠零件或派員維修。
- 富山LRT車輛部分重要組件之故障維修，則是委由原廠派員處理或送回原廠修理。

28

## 參考資料

1. 德國德鐵 DB 公司簡報資料。
2. 法國營運公司 Solea 簡報資料。
3. 法國 SYSTRA 公司簡報資料。
4. 英國 Transport for Greater Manchester 簡報資料。
5. 英國 Sheffield Tram Train Pilot 簡報資料。
6. 維基百科 <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/>。
7. GOOGLE 搜尋引擎 <https://www.google.com.tw>。
8. 新北市政府城鄉發展局，「赴英國等歐洲國家都市更新推動經驗考察計畫報告」，民國 102 年。
9. 溫代欣，「觀光鐵道特性之研究」，交通部鐵路改建工程局出國報告，民國 104 年。