

《封面故事》



淡海輕軌車輛動態測試，圖為行經濱海沙崙路口。

淡海輕軌 國車國造

李政安 新北市政府捷運工程局 副局長
凌建勳 新北市政府捷運工程局 總工程司
涂貫迪 新北市政府捷運工程局 淡海工務所主任

淡海輕軌綠山線 預定年底完工

淡海輕軌第一期統包工程銜接臺北捷運淡水線，服務淡海新市鎮（綠山線）及漁人碼頭（藍海線），總長度約 9.7 公里，設有 14 個車站（圖一）及 1 座機廠，此外藍海線已另於淡江大橋上規劃共構，預留八里方向延伸之輕軌系統，未來服務範圍將會擴及臺北港特定區，讓淡海輕軌不僅為有效率的大眾運輸工具，同時更兼具觀光功能。截至 107 年 5 月，大約完成 78% 進度，其中綠山線（紅樹林站—崁頂站）預計於 107 年底優先完工，以提早紓解淡金公路上下班交通壅塞情況，期減少私人運具使用以降低汙染排放。

《封面故事》



圖一 淡海輕軌整體路線

淡海輕軌並結合公共藝術，讓都市輕軌不只是交通建設，更營造輕軌電車成為移動的城市地標。車輛、車站與軌道佈設之美學設計可提升視覺促使城鎮美化，並與城市之整體發展緊密融合（圖二）。



圖二 淡海輕軌車輛發展概念圖

國車國造 成功技術移轉 提升設計整合能力

近 20 多年來因技術門檻及法令限制，台灣軌道車輛多向國外採購，主要採購對象包括美國、德國、日本及韓國等國。各國產品間系統無法完全相容，後續維修與備品亦受制國外原廠，產生相當多的社會成本。其實軌道車輛中有相當比例之組件、設備原產地為台灣，僅受限業界缺少系統整合、分析設計之實務經驗與能力。因此各界開始積極思考，台灣軌道車輛提升本土自製率之可能性。

國內車輛生產廠商正藉由各專案執行之機會，致力升級轉型。由早期人力組裝代工階段，逐漸朝向發展全方位之設計、製造、安裝、測試及驗證等全系列技術。以淡海輕軌車輛系統為例，首列輕軌列車關鍵子系統如煞車、動力、車門、集電、儲能等系統雖仍外購，但車廠已開始和國外車輛設計團隊合作及洽談技術移轉，提升國內軌道車輛之設計整合能力。國內本土廠商掌握設計能力後，供應鏈國產化才有後續發展的可能。也希望藉由淡海輕軌國車國造計畫，打破國內軌道產業長期受外商壟斷系統技術的現況，取得輕軌車輛製造的關鍵技術。以下分別就設計層面、軟體層面、硬體層面、測試認證、相關特色應用及軌道車輛國產化策略分析，說明淡海輕軌車輛於專案中的特色。

■設計層面—淡海輕軌車輛特色

淡海輕軌列車之視覺藝術設計委由德國柏林專業設計公司 IFS Design 團隊負責。IFS Design 在軌道車輛方面具備豐富的經驗，作品包括柏林輕軌、埃森輕軌、萊比錫輕軌、德國國鐵...等，分布於歐洲城市與鐵路營運機關。設計時依據淡海地區的環境量身打造，為台灣輕軌系統之首創。造型意象以感性為出發點，訴說著淡海的獨特美景：外型是以海為意象的流線型設計，車身彩繪的水藍色代表淡水河清流，白色象徵水面映射之日光，兩者交界處的漸層，像是淡水河面波光粼粼，其中穿插的一絲綠意，象徵觀音山的倒影。另外，車廂內部亦採用水藍色系的柔合搭配，讓人倍感放鬆，再搭配大型景觀車窗，淡水美景一覽無遺。為了讓在地民眾更有親切感，在設計完成階段藉由市民票選（圖三），讓淡海輕軌列車兼具新北地方智慧與歐系設計思維。

《封面故事》



圖三 市民網路票選車輛

與德國公司合作 從設計到製造 全程在台進行

■軟體層面—技術移轉

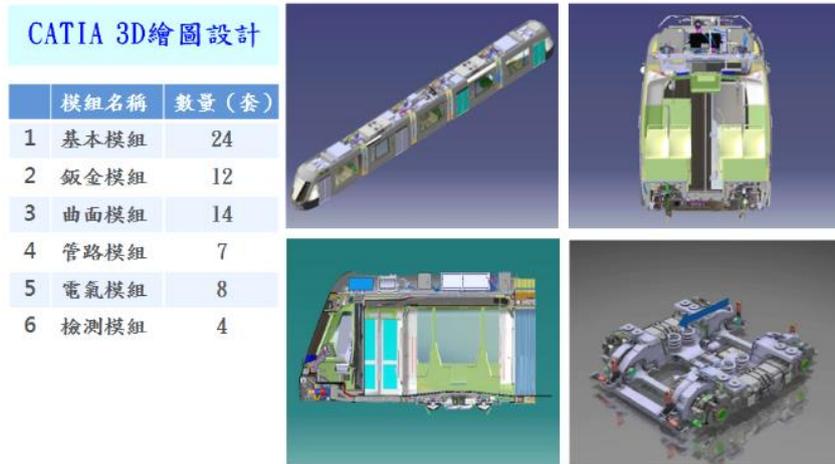
淡海輕軌列車為全國第一列國車國造的輕軌車輛，由台灣車輛公司與德國福伊特公司（Voith Engineering Service）共同設計、製造、測試（表一），並取得德國第三公證單位南德公司的驗證，完整導入 3D 設計、分析模擬、圖文管理系統，自主產出各車輛系統模組 3D 繪圖（圖四）、機械與電氣施工圖、結構應力模擬分析、結構疲勞強度模擬分析、結構撞擊模擬分析（圖五），藉由上述軟體與系統投資，大幅強化設計與驗證能力（表二），使得全車從設計、製造到測試都在台灣進行（圖六）。

表一 台德合作設計在台製造之 100%低底盤軌道車輛

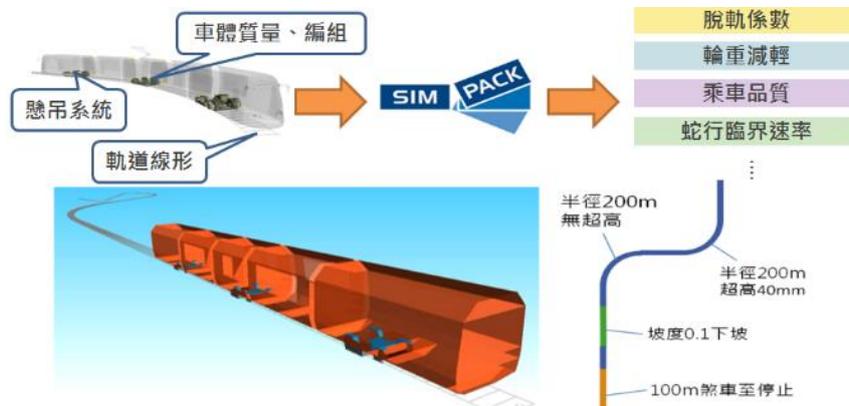
項目	內容
技術移轉	全車設計
軟體環境	3D 繪圖、動態模擬、應力分析與圖文管理系統
驗證與認證	設計、製造、測試之驗證及認證
海外受訓	派赴 VES 參與設計與關鍵系統測試與維修技術
生產線投資	L 廠及 M 廠產線建置、治夾具、翻轉機、增購同步起重機等設備
測試廠房與檢驗設備	新建天候模擬試驗廠房、新建鋼體雨漏廠等設施

表二 車輛技術移轉軟體

軟體	功能
CATIA	3D 繪圖設計
SIMPACK	動態模擬分析
ANSYS	車體結構、轉向架框 設計驗證、強度評估
ENOVIA	產品生命週期管理



圖四 CATIA 3D 繪圖設計



圖五 SIMPACK 動態模擬

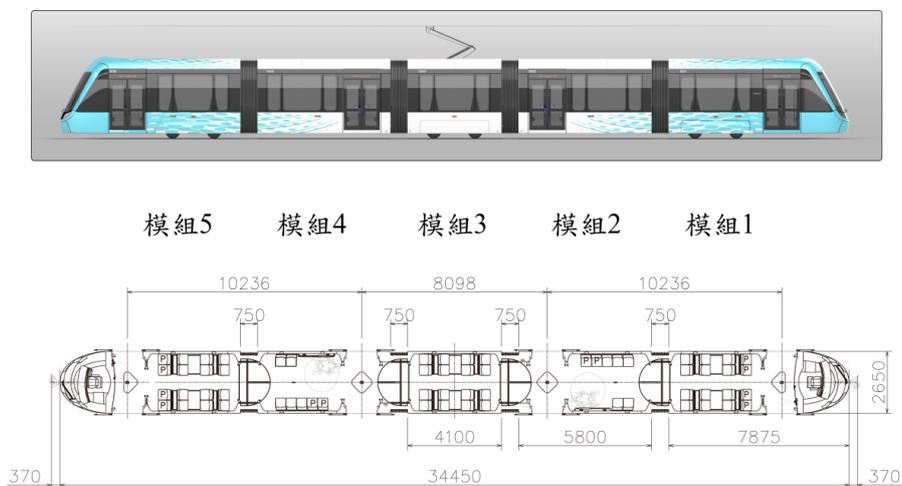
《封面故事》



圖六 列車組裝作業照片

■ 硬體層面—車輛系統組成及專屬產線

每列淡海輕軌列車車體各為五模組（圖七），車廂（含駕駛室）大小為一及五模組最大（兩端）、二及四模組次之、第三模組最小（中間），骨架由不鏽鋼及碳鋼交織而成；轉向架分別於一、三、五模組下，其中兩端為動力轉向架、中間則為非動力轉向架；集電弓為單臂式，坐落於第三模組上方。



圖七 淡海輕軌列車外觀側視圖及上視圖

《封面故事》

淡海輕軌列車，外型是採用 I-Voting 票選結果，以海為意象的流線型設計，材質部分配合淡水地區氣候及地理環境特別選用不銹鋼與耐候鋼，車廂內外都採用水藍色系設計，與淡水地區的藍天海景相呼應。該列車為五個車廂模組雙向駕駛，屬於輕運量有人駕駛的 100% 低底盤車輛，最高運行速度 70km/hr（表三）。

表三 車輛規格

車輛基本規格
型 式：五個車廂模組雙向駕駛
軌 距：1435 mm
車輛尺寸：34.5 x 2.65 x 3.75 公尺
低底盤/高度：100%/350 mm
載客容量 (5人/m²)：272人，含62個座位
空車重/軸重：約 49.5 噸 / 12 噸
路線坡度：7 %
最高運行速度：70 km/h

車端抗壓縮力 超越歐規標準

列車除了造型亮點之外，在車體材料及設計上都是台灣第一，包括以下 7 項：

1. 室內、室外燈具（包含頭燈、霧燈、標示燈、日行燈等）均使用 LED 光源，為國內首度全面採用 LED 燈具之軌道車輛。
2. 國內首度具備 500kN 車端抗壓縮力之輕軌車輛（一般為 200~400kN），可最小化碰撞時的損害與維修工序，且超越歐規 EN15227 標準。
3. 首度採用非金屬複材車體結構之輕軌車輛。
4. 首度依據「中華民國人因工程學會 台灣地區人體計測資料庫」設計之輕軌車輛。
5. 首度完全符合歐盟 EN45545 防火規範之軌道車輛。
6. 為國內首度每一扇門、窗均為緊急逃生出入口之軌道車輛。
7. 主動安全設計概念包含列車自動防護系統 ATP（圖八）以及備援電子式後視鏡為輕軌車輛創舉。

《封面故事》



圖八 駕駛操控介面

■ 測試認證層面—IRIS 國際認證及測試環

1、IRIS 國際認證

IRIS（國際鐵路工業標準）為 UNIFE（歐洲鐵路工業協會）所制定的認證制度，可確保通過認證之供應商產品具備國際水準之高品質與高安全性。目前淡海輕軌列車所採用之系統供應商中，共有 26 項已獲 IRIS 認證（表四），並且包含了車輛最重要之牽引系統、關節式聯結裝置、煞車系統、列車監控及控制系統與輪軸組。不只是視覺藝術上與歐系輕軌同步，淡海輕軌列車於安全與品質上同樣站在世界前列。

表四 具 IRIS 認證之淡海輕軌列車子系統

1	牽引系統	14	集電弓
2	複材車頂	15	一次簧、牽引桿及其他轉向架彈性組件
3	複材地板	16	撒沙裝置
4	複材外板	17	輪緣潤滑系統
5	車門系統	18	監視攝影系統
6	關節式聯結裝置	19	前端聯結器蓋板
7	側窗玻璃	20	電纜線
8	煞車系統	21	事件紀錄器
9	輪軸組	22	主控制器
10	內裝板	23	煙霧偵測系統
11	聯結器	24	橫向與垂向避震器
12	列車監控與控制系統	25	輔助電池與電池箱
13	能量吸收裝置	26	風道

《封面故事》

車輛生產線、設備、認證 投資逾 6 億元

2、建置車輛測試環境、推動國內認證制度

台灣車輛公司於技術移轉、軟體環境、驗證認證、海外受訓、生產線建置及測試廠房（圖九）與設備方面投資超過 6 億元，從設計、製造、測試至驗證為國內建立完整之體系，為軌道車輛掌握關鍵技術（Know How），為「國車國造」之重要里程碑。



圖九 車輛測試廠房

與插畫家幾米合作 創作整體性公共藝術

淡海輕軌運輸系統作為新北市發展城市意象的重要元素，為使公共藝術與交通設施串連人與城市，並成為遊玩淡水時必經之藝術巡禮，新北市捷運局與知名插畫家幾米合作，針對綠山線全線以淡水地區在地多元文化特色為主題，創作全新繪本—「閉上眼睛一下下」，將觀音山、梯田與暮色等淡水在地風情繪入圖本（圖十），並將故事中插圖，使用大型鑄銅雕塑與彩繪玻璃妝點於各車站，讓各車站皆有其故事性並相輔相成，使淡海輕軌成為台灣在國際觀光上的全新亮點。



圖十 綠山線公共藝術創作

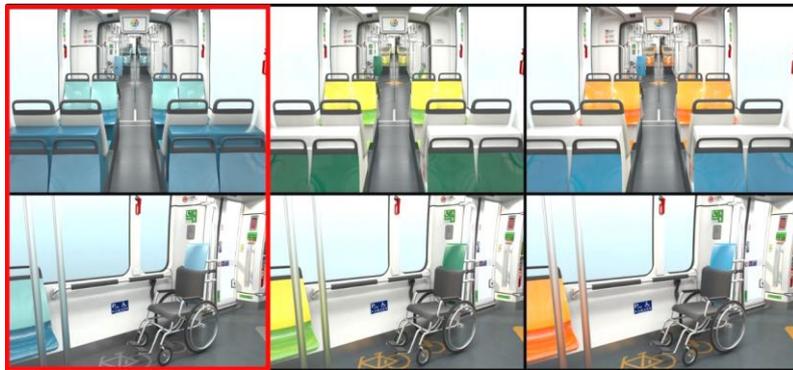
BIM+VR 技術應用 身歷其境體驗

目前國內應用建築資訊模型 (Building Information Modeling, BIM) 技術，大都為建築物或車站，為「點」的概念，本次透過國車國造的技术移轉，將車輛以虛擬實境 VR (Virtual Reality) 提供沉浸式的體驗，讓一般民眾不需具備專業知識，就能藉由 VR 技術和虛擬物件進行互動。淡海輕軌創新應用將 BIM 模型結合 VR 技術，建立淡海輕軌列車及候車站之 VR 場景，協助體驗者身歷其境，以人因工程之角度探討設計議題，展示設計成果 (圖十一)。



圖十一 VR 技術討論設計成果

BIM 技術是包含豐富的建築全生命週期 3D 模型資料庫，當 BIM 模型要轉換成 VR 時，統包團隊首先須挑選出要展示的專案模型，匯入 3DMAX 軟體，留下在 VR 內呈現的部分即完成雛型；接著將模型匯入動畫軟體進行編輯，最後以 3D 場景匯出成 VR 的執行檔案，提供使用者身歷其境之效果，並可依需求呈現各種預想之設計，配合組件國產化，後續可供客戶利用科技來做選擇 (圖十二)。



圖十二 客製化需求展示設計成果

帶頭發展軌道供應鏈 增加競爭力壯大產業

輕軌車輛與系統之發源地為歐洲，現代低底盤輕軌之各式相關標準（EN、VDV...等等）亦以歐洲馬首是瞻，同時為美洲、日系現代輕軌車輛之技術來源。淡海輕軌列車引入歐洲最新 100% 低底盤車輛設計，且與在地特色及需求整合，創下多項國內首見之先進機能。不論在節能減碳、工業設計、安全性能及防火特性方面均為國內的軌道產業界擴展了視野。

藉著本案的契機，新北市與統包團隊除了提供新北市民與歐洲同步之大眾運輸體驗外，也期盼同步推動並提升國內軌道產業界之能量，發展出具競爭力之供應鏈、鞏固並壯大相關產業，將淡海輕軌之經驗發展為提升全台軌道產業之典範，最終走向國際、拓展全球商機。