



# 國內首列載運行李的機場捷運電聯車

交通部鐵道局北部工程處處長 / 曹樂群  
交通部鐵道局北部工程處第五工程隊隊長 / 溫清霖  
中興工程顧問股份有限公司機場捷運監造工程處經理 / 魏德輝  
中興工程顧問股份有限公司機場捷運監造工程處副理 / 黃劉乾  
中興工程顧問股份有限公司機場捷運監造工程處系統保證組組長 / 李文杰

關鍵字：機場捷運、車載行李處理系統、行李處理設備、RAM 測試展現

## 一、摘要

桃園機場捷運線這條才通車不久的新路線，透過沿線的優美景色帶給國人全新的視野饗宴，出國搭機的旅客可選擇在 A1 台北車站辦理出國的登機手續包含行李的託運，辦理完成出國手續取得登機證後，此刻就可輕鬆搭乘直達車前往桃園國際機場，沿途經過 A2 三重站與 A3 新北產業園區站間，大台北都會公園大片綠油油的草地映入眼簾，尤其黃昏之際夕陽的餘暉穿過車窗的玻璃，金黃的光線灑入車廂內，勾勒出美麗的景象，列車續駛往 A3 站前有個大轉彎，車窗的另一側，映在遠方的俯仰處，觀音山的美景盡收眼前。剛經過 A6 泰山貴和站後，沿著青山路旁要開始翻越 4.92% 的長陡坡，接著來到林口台地的 A8 長庚醫院站，鋼軌跨越國道 1 號高速公路的上方，過了 A9 林口站之後列車將與國道 1 號高速公路平行並列而行，接著就

會經過兩側茂密翠綠的山巒，順著緩坡徐徐而下，當跨過南崁溪後列車就準備來到目的地桃園機場第一航廈與第二航廈。

機場捷運串起臺灣桃園國際機場與高鐵車站、台鐵車站及臺北捷運系統形成一個四通八達的複合運輸系統。直達車兼具機場快線的功能，沿途主要只停靠 A3 新北產業園區站與 A8 長庚醫院兩個車站，作為國內第一條機場捷運線，由 A1 台北車站至臺灣桃園國際機場，除可大幅縮短旅客往返機場的旅運時間，搭機旅客亦可藉由預辦登機服務，提早在市區車站託運行李，取得登機證，提供旅遊者一個完善與舒適的旅遊運輸服務。綜觀亞洲的鄰近國家，如香港國際機場快線、韓國仁川機場快線、曼谷與吉隆坡等地，台灣成為亞洲第 5 個提供市區預辦登機及行李託運服務的機場捷運。



另外為滿足服務區域性大眾運輸的捷運功能，機場捷運也提供服務通勤旅客之普通車，採每站皆停靠之營運模式，由 A1 台北車站經桃園國際機場，至目前最南端之終點站 A21 中壢環北站，沿途停靠 21 個車站，將來還會延伸銜接至改建後的 A23 中壢火車站。

機場捷運為國內捷運系統首次嘗試兼具機場快線與都會捷運服務功能之捷運系統，由交通部高速鐵路工程局委託中興工程顧問公司(以下簡稱中興顧問)辦理專案管理、招標選商、設計審查、監造管理及核心機電系統整合等服務，目前機場捷運已於 106 年 3 月 2 日順利通車營運，確實可滿足系統安全、穩定及快速之運輸目標。

文章將分享電聯車與車載行李處理系統(On Train Baggage Handling Equipment, OTBHE)的設計概念、駐廠經驗及最終透過可靠度、可用度與維修度(Reliability、Availability、Maintainability, RAM)測試展現驗證，確保電聯車製造及組裝的品質，以保障旅客乘車的安全。

## 二、前言

機場捷運須考量因應下列複雜與特殊的條件，也考驗著電聯車之設計及系統整合的能力。

(一) 兼具機場快線與都會捷運服務之功能，故有直達車(機場快線列車)與普通車(都會捷運列車)之分。直達車規劃較舒適的座位配置，以提供較高品質的服務；列車運轉時亦以直達車優先通行。由於

有直達車與普通車之分，因此有快慢車混合運轉及追越避車的運轉特性。

(二) 直達車須配合台北車站預辦登機功能，與設置於 A1 站、A13 站之行李處理系統(Baggage Handling System, BHE)，並提供預辦登機行李託運(In-Town Check-In)的服務，普通車則無此項服務。直達車設計須考量行李處理的需求，加掛行李車並配置相關的輸送設施。

(三) 直達車採停靠 A1(台北車站)、A3(新北產業園區)、A8(長庚醫院)、A12(機場第一航廈)、A13(機場第二航廈)及 A14(未來機場第三航廈，目前尚未開通)之機場快線模式營運；普通車則採每個車站皆須停車之都會捷運模式營運。

(四) 路線的最大坡度達 4.92%，連續坡長約 3.92 公里，而沿線坡度在 3% 以上的區間累計長達 12.11 公里。車輛系統的牽引及煞車性能必須讓直達車在最陡的坡度上完全喪失動力時，W0(空車載重)之普通車得以進行 W3(結構設計載重)直達車之救援作業。

(五) 全線線型條件嚴苛，正線最小轉彎半徑 100m，機廠最小轉彎半徑約 90m，契約規定最大設計速度為 110km/h，最大營運速度為 100km/h。

機場捷運直達車全部由日本川崎重工(Kawasaki Heavy Industry, KHI)生產製造，普通車除首列原型車由 KHI 承製外，其餘普通車則透過工業合作計畫(Industrial Cooperation



Program, ICP)，由國內廠商台灣車輛股份有限公司組裝製造生產。兩種車型其最大營運速度皆為 100 km/h，並設置車載號誌系統、自動列車控制 (Automatic Train Control, ATC) 系統、自動列車保護 (Automatic Train Protection, ATP) 系統及自動偵測設備等，並採配置司機員之自動列車運轉 (Automatic Train Operation, ATO) 方式營運，以確保列車行車安全。

營運初期電聯車的採購數量，共採購 11 列直達車 (含 2 列備用車) 及 17 列普通車 (含 2 列備用車)，車隊規模總計 28 列，車輛總數達 123 輛。直達車列車編組為 DM-M-M-M-DMB，普通車列車編組為 DM-M-M-DM，其中 M 表動力車 (Motor car)，DM 表駕駛動力車 (Driving Motor car)，DMB 係表具駕駛室之行李動力車 (Driving Motor car with Baggage)。不論直達車或普通車，每車軸均為動力軸。

### 三、電聯車設計概念

機場捷運基於上述之特殊因素，電聯車設計上的考量，就需要針對下列議題找出一個最佳化的方案：

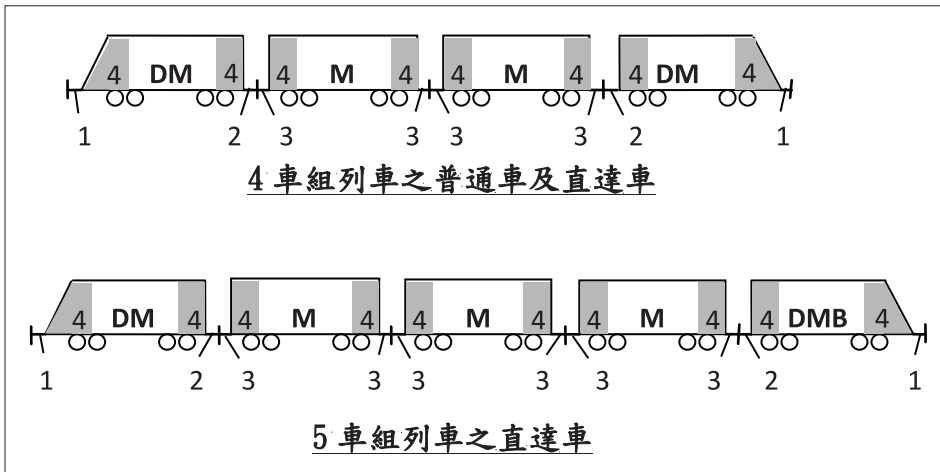
- (一) 車廂內部及駕駛室的配置需盡量減低車頭的前懸 (Front Overhang)，以控制車重及前後平衡。
- (二) 有效的防撞性設計，可藉由車輛間聯結器及車體結構塌潰區之配置，以吸收撞擊及衝擊的能量。車輛間配置的聯結器型式如圖 1 所示，裝置可復原緩衝器及 /

或不可回復變形管以吸收撞擊能量。強烈的衝擊能量，可被設置於所有車輛端部之車體結構塌潰區所吸收。

1. 當碰撞速度低於 10 km/h (像是調車聯結時之大力撞擊) 時，裝設於聯結器 (自動聯結器以及半永久聯結器) 中的可復原緩衝器便會吸收撞擊所產生的能量。
2. 當碰撞速度低於 25 km/h (例如輕微地碰撞) 時，裝設於聯結器 (自動聯結器以及半永久聯結器) 中的可復原緩衝器與不可回復變形管將會吸收撞擊所產生的能量。碰撞所造成的傷害只會被限制在聯結器這項設備。在這樣的撞擊速度下，前後兩車廂的防爬器並不會互相接觸。
3. 當撞擊速度達 40 km/h (例如強烈撞擊) 時，裝設於聯結器 (自動聯結器以及半永久聯結器) 中的可復原緩衝器與不可回復變形管以及位於車體結構尾端之塌潰區將會吸收撞擊所產生的能量。此時聯結器將會被完全地破壞。在發生撞擊之後，當固定聯結器的螺栓遭受剪力而斷裂時，聯結器便會從車底框架上掉落。接著，各車廂將會互相撞擊位於車底框架上的防爬器。為符合規範所規定之「結構變形須被控制於轉向架承梁之結構之外」要求，碰撞時車體兩端塌潰區長度大約 300 mm 至 500 mm，司機員仍可在事故發生時立即往駕駛室後方避難。

#### (三) 轉向架懸吊系統之優化設計

採用有承梁式轉向架 (如圖 2) 取代無承梁式轉向架，以減少使用無承梁式轉向架所



| 圖示標號 | 撞擊能量吸收元件 |         | 撞擊速度 (km/h) |    |    |
|------|----------|---------|-------------|----|----|
|      |          |         | 10          | 25 | 40 |
| 1    | 自動聯結器    | 可復原的緩衝器 | O           | O  | O  |
|      |          | 不可回復變形管 | x           | O  | O  |
| 2    | 半永久聯結器 1 | 可復原的緩衝器 | O           | O  | O  |
|      |          | 不可回復變形管 | x           | O  | O  |
| 3    | 半永久聯結器 2 | 可復原的緩衝器 | O           | O  | O  |
|      |          | 不可回復變形管 | x           | O  | O  |
| 4    | 車體       | 車體結構塌潰區 | x           | x  | O  |

圖 1 撞擊能量吸收系統之配置



圖 2 承樑式轉向架〔1〕





衍生之風險，諸如全線路線有許多急彎，會造成過度車輪凸緣、軌道磨耗及二次懸吊空氣彈簧膜片磨耗。另採用突出型輪緣潤滑裝置以減少急彎處之輪緣及軌道間磨耗。

#### (四) 長陡坡路段須考量之電聯車性能

##### 1. 牽引性能：

對於救援運轉列車而言，最壞條件為在長陡下坡路段，當 W0 (空車載重) 狀態之 4 車編組列車需要救援 W3(結構設計載重) 狀態之 5 車編組列車。當列車聯結後偵測信號將作動推進系統，以利實際車重為 W0 狀態之救援列車，允許提供超過 W0 荷重下之牽引力。

##### 2. 煞車性能：

機場捷運在 A6 泰山貴和站與 A7 體育大學站間，長陡坡路段區域設有兩座換流器電力變電站，在此區域電聯車電力煞車所產生的再生電流，可一直提供給第三軌使用。若第三軌因為變電站故障而無法接受再生電流時，則電力煞車將會轉換成電阻煞車，直到推進系統偵測到煞車電阻產生過熱之警告，此設計的目的，讓電力煞車能夠作最大限度的使用。一旦推進系統偵測到電阻過熱，就會停用電阻煞車，摩擦煞車將會補償所需要之煞車力。

有關摩擦煞車之性能設計，係根據自動列車運轉 ATO 之行車曲線圖，建議所使用之煞車塊與煞車碟，可允許車輛在只有摩擦煞車的情形下單程行駛，因此，煞車熱容已納入設計考量，並以型式測試加以驗證。

#### (五) 直達車加掛車載行李處理設備 (OTBHE) 配重平衡

具駕駛室之行李動力車 (DMB) 配置車載行李處理系統 (如圖 3)，由 5 台直角式輸送機、8 台滾輪式輸送機、1 個電氣主控制箱、2 個直角式馬達控制箱及 4 個滾輪式馬達控制箱所組成。行李車每側設有 5 車門，各對應 1 套車內行李櫃處理設備組。每輛行李車最多可載運 13 個行李櫃，每一行李櫃可裝載 20 件行李。

直達車規範規定行李輸送裝置包括 13 個空的行李櫃在內，其總重量不應超出 6,200kg，而此重量將會被分配於直達車內。故車體強度設計須考量，側牆結構具有傳送車載行李處理系統及其他設備的重量之剪應力至承梁的作用。側牆結構包括側柱、門柱及水平補強板，側柱及門柱的作用是抑止側牆板扭曲變形。車輛結構具有拱勢的設計，當車載行李處理系統荷重增加時會形成較小的拱勢，側梁及頂梁能承受側柱及門柱的彎曲力矩和剪應力。

行李動力車 (DMB) 之車載行李處理系統配置在左側，車體右側的側牆結構會加上補強板以比左側重，俾便與車載行李處理系統的重量保持平衡，以利行李櫃進出車廂及避免超出車輛動態包絡線。

機場捷運電聯車各子系統之設計優化成果及參數諸元，概要說明如表 1 所示。

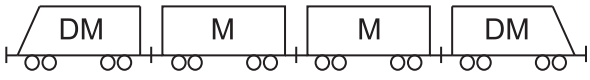
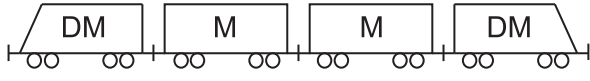
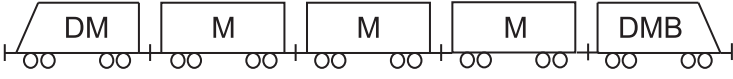
#### 四、電聯車駐廠經驗

日本川崎重工公司於電聯車最終設計



圖 3 車載行李處理系統 (OTBHE) (2)

表 1 技術項目與參數諸元

| 項目                 |            | 參數諸元   |
|--------------------|------------|--|
| 列車編組               | 4- 車列車之普通車 |  |
|                    | 4- 車列車之直達車 |  |
|                    | 5- 車列車之直達車 |  |
| 車輛長度 ( 連結器面之間的距離 ) |            | DM, DMB: 20780 mm / M: 20250 mm  |
| 車體寬度 ( 門檻 )        |            | 3030 mm  |
| 車體高度 ( 從軌面 )       |            | 3763 mm  |
| 標準之地板高度從軌道頂端 )     |            | 1133 mm  |
| 天花板高度 ( 從車廂地板面 )   |            | 2050 mm  |
| 轉向架中心距             |            | 13500 mm   |
| 轉向架軸距              |            | 2100 mm  |
| 車輪直徑 ( 新 / 磨耗 )    |            | 新 : 850 mm / 磨耗 : 775 mm   |



| 項目                |             | 參數諸元   |      |     |     |                   |         |         |                   |          |          |
|-------------------|-------------|--|------|-----|-----|-------------------|---------|---------|-------------------|----------|----------|
| 供電                |             | 公稱電壓：750Vdc<br>最小工作電壓：600Vdc<br>最大工作電壓：900 V dc<br>最小異常電壓：525 V dc   |      |     |     |                   |         |         |                   |          |          |
| 集電                |             | 底部接觸第三軌  |      |     |     |                   |         |         |                   |          |          |
| 性能                |             | 最大設計速度：110 km/h<br>最大營運速度：100 km/h<br>起初加速度率 (達到 W3)：1.1 m/s <sup>2</sup><br>減速度 (煞車率) (達到 W3)：1.0 m/s <sup>2</sup><br>緊急煞車率：1.3 m/s <sup>2</sup><br>加速時間： <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>列車速度</th> <th>普通車</th> <th>直達車</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 km/h to 33 km/h</td> <td>8.2 sec</td> <td>8.2 sec</td> </tr> <tr> <td>0 km/h to 90 km/h</td> <td>31.0 sec</td> <td>29.5 sec</td> </tr> </tbody> </table> | 列車速度 | 普通車 | 直達車 | 0 km/h to 33 km/h | 8.2 sec | 8.2 sec | 0 km/h to 90 km/h | 31.0 sec | 29.5 sec |
| 列車速度              | 普通車         | 直達車  |      |     |     |                   |         |         |                   |          |          |
| 0 km/h to 33 km/h | 8.2 sec     | 8.2 sec  |      |     |     |                   |         |         |                   |          |          |
| 0 km/h to 90 km/h | 31.0 sec    | 29.5 sec   |      |     |     |                   |         |         |                   |          |          |
| 轉向架型式             |             | 有承樑轉向架   |      |     |     |                   |         |         |                   |          |          |
| 煞車系統              |             | 電力煞車 (再生及電阻) 摩擦煞車及駐車煞車   |      |     |     |                   |         |         |                   |          |          |
| 牽引系統              |             | 變壓變頻 (Variable Voltage Variable Frequency, VVVF) 型式，脈衝寬度調變 (Pulse Width Modulation, PWM) 型式使用絕緣柵雙極電晶體 (Insulated Gate Bipolar Transistor, IGBT)  |      |     |     |                   |         |         |                   |          |          |
| 驅動型式              |             | 單一轉換螺旋齒輪單元<br>齒輪比：6.31 (= 101/16)  |      |     |     |                   |         |         |                   |          |          |
| 牽引馬達              |             | 自行通風 3 相鼠籠式 Squirrel-Cage 感應馬達<br>185 kW 550 V 240 A 2665 rpm  |      |     |     |                   |         |         |                   |          |          |
| 輔助電力供應            |             | 靜態換流器 (IGBT)：180kVA (AC380V, 3-phase 60Hz)<br>電池充電器：DC110V 19kW<br>電池：額定電壓 DC91.2V (130Ah-76cells、1.2V/cell)   |      |     |     |                   |         |         |                   |          |          |
| 空壓機               |             | 單級迴轉螺旋式壓縮機 (720 liter/min)   |      |     |     |                   |         |         |                   |          |          |
| 空調系統性能要求          |             | 車廂：2 個頂裝式空調單元 (DMB 之行李區間沒有提供空調)<br>冷氣噸數要求 (在隧道條件下)：<br>-DM 車：40.4kW x 2 單元<br>-M 車：40.3kW x 2 單元<br>駕駛室：頂裝式空調單元<br>冷氣噸數要求 (在隧道條件下)：<br>-DM 與 DMB 車：4.0kW x 1 單元  |      |     |     |                   |         |         |                   |          |          |
| 車門                | 旅客車門        | 電動操作、可雙片同步開啟之滑塞式車門<br>每輛車每側三樁有窗戶車門   |      |     |     |                   |         |         |                   |          |          |
|                   | 駕駛室門        | 手動操作、滑動式側門<br>駕駛室前端逃生門、駕駛室 / 車廂隔門  |      |     |     |                   |         |         |                   |          |          |
|                   | 行李車車門 (DMB) | 電動操作、可雙片同步開啟之滑塞式車門<br>每輛車每側五樁無窗戶車門<br>車間走道門  |      |     |     |                   |         |         |                   |          |          |
| 控制及監視系統           |             | 監視狀態資訊、診斷子系統之運轉情況<br>- 子系統設備正常狀態<br>- 故障歷史記錄   |      |     |     |                   |         |         |                   |          |          |



| 項目     |         | 參數諸元  |
|--------|---------|---|
| ATC 系統 |         | ATC (ATO/ATP) 設備 (每列車一組)  |
| 通訊系統   |         | 列車無線電設備 (行控中心到列車)<br>列車廣播系統 (駕駛室至旅客)<br>駕駛室對駕駛室通訊 (電話聽筒)<br>旅客警報設備 (旅客至駕駛室)<br>飛航資訊顯示系統 (Flight Information Display System, FIDS) 僅限直達車<br>閉路電視監視系統   |
| 照明     | 車頭燈及車尾燈 | 頭燈：38Vdc 60W x 2<br>尾燈：110Vdc 發光二極體燈泡 (Light-emitting diode,LED)  |
|        | 駕駛室照明   | 駕駛室燈：110Vdc 17W<br>閱讀燈：110Vdc 50W<br>走道燈：110Vdc 75W   |
|        | 車廂照明    | 普通車：(DC110Vdc)<br>-DM 車：日光燈 32W x 18 + 6 (緊急)<br>-M 車：日光燈 32W x 20 + 6 (緊急)<br>直達車：(DC110Vdc)<br>-DM 車：日光燈 32W x 18 + 6 (緊急)<br>個人閱讀燈 12Vdc LED x 48<br>-M 車：日光燈 32W x 20 + 6 (緊急)<br>個人閱讀燈 12Vdc LED x 56<br>-DMB 車：日光燈 32W x 9 + 3 (緊急) |
|        | 外部指示燈   | 110Vdc LED  |
| 行李處理設備 |         | 行李櫃數量：13 個<br>行李櫃尺寸：1550 mm* 1500 mm* 1050 mm   |
| 輪緣潤滑   |         | 固態潤滑條型式   |

(Final Design) 結束，且各子系統 / 設備均順利完成其相關之型式測試後，隨即於民國 99 年底在其位於日本神戶之兵庫工場展開 5 列 4 車編組直達車及第一列 4 車編組普通列車 (原型車) 之量產作業，共計 24 輛電聯車。另有 16 列 4 車編組普通列車 (計 64 輛電聯車)，日本川崎重工係以工業合作模式委由台灣車輛公司量產製造車體與組裝，轉向架則委由中鋼機械公司量產製造。

當電聯車進入量產階段時，中興顧問依合約規定遴選 2 名監造人員進駐電聯車之量產製造工廠，於電聯車製程前段 (轉向架製

造 / 組裝、車體結構製造以及相關製程檢測作業) 與製程後段 (車體內外裝以及相關出廠前檢測作業) 辦理監造業務。藉由駐廠的監造品管程序，於各製程中檢視其施作品質，同時參與各項製程測試之見證作業，期能發現相關缺失 / 瑕疵，俾據以簽發「改正行動通知表」要求廠商即時改正，以確保電聯車之製造、組裝與測試品質，並進而確保未來電聯車營運時之可靠度與安全性。

製造過程工作內容主要針對電聯車於製程的前段、製程後段與出廠前的廠測作業，能確實要求廠商依其內部品質程序辦理，並參與





表 2 電聯車製程前段主要的監造檢視項目

| 項目  | 檢視項目內容                                  |
|-----|---|
| (一) | 車體結構製程電銲、螺栓鎖固以及噴漆作業                     |
| (二) | 車體 (Carbody Shell) 尺寸量測作業               |
| (三) | 車體水密測試 (Water tightness Test) 作業 (詳圖 4) |
| (四) | 轉向架框 (Bogie Frame) 製程電銲及噴漆作業            |
| (五) | 轉向架框尺寸量測作業 (詳圖 5)                       |
| (六) | 轉向架組裝作業                                 |
| (七) | 轉向架上各設備下緣高程量測、螺栓鎖固檢查及空壓管線試漏等檢測作業        |

表 3 電聯車製程後段主要的監造檢視項目

| 項目  | 檢視項目內容  |
|-----|---|
| (一) | 車體內裝作業 (含隔熱棉、隔音材、內裝襯板、座椅、握桿、扶手、車門、車窗、空調風管、照明燈具以及駕駛室設備等) |
| (二) | 車體外裝作業 (含捷運標誌/飾帶、車號銘板、聯結器、車間走道以及車外燈具等)                  |
| (三) | 車體內外配管作業 (含空壓管線以及排水管線等)                                 |
| (四) | 車體內外高低壓纜線佈設及拉線作業  |
| (五) | 車頂/車底設備安裝 (含螺栓鎖固與相關接管、接線作業等)                            |
| (六) | 車體承梁與轉向架承梁對準後，螺栓鎖固與相關管線接裝作業                             |

表 4 電聯車出廠前的廠測作業

| 項目  | 廠測作業內容           |     |           |
|-----|------------------|-----|-----------|
| (一) | 靜態界限及尺寸檢測 (詳圖 6) | (二) | 車重量測      |
| (三) | 電路連續性測試          | (四) | 絕緣及高壓測試   |
| (五) | 功能測試 - 空壓        | (六) | 功能測試 - 電氣 |
| (七) | 低速行駛測試           | (八) | 車體水密測試    |

見證主要的例行測試，檢視項目如表 2、3、4。

出廠運交業主。

電聯車經過一系列繁瑣且嚴謹的製造過程後，於出廠前的檢測作業，原則上須確認各量產電聯車以及由其編組而成之列車，均已滿足相關性能及/或功能需求。當順利通過各項「出廠前檢測作業」之電聯車，始可

為確保運交業主之電聯車的相關製程檢測作業均已順利完成、各相關製程中所發現之缺失/瑕疵項目均已獲得改正，且無新增之碰損、缺件瑕疵，同時，各出廠前電聯車之車廂內外均經妥適整理與清潔，且有適切



圖 4 車體水密測試



圖 5 轉向架框尺寸量測作業



圖 6 靜態界限及尺寸檢測

之海 / 陸運輸保護措施。因此，將「啟運前檢視作業 (Pre-shipment Inspection, PSI)」乙項，納入駐廠監造人員會同參與之檢測項目，以便檢視與確認其電聯車之出廠狀態以及相關之運輸保護措施。

### 五、電聯車運抵現場之測試

電聯車運抵青埔機廠後，將針對運送期間可能的損傷實施檢查。單節車廂經現場組裝為完整列車 (電聯車) 後，將實施靜態與動態測試。靜態測試係檢查車輛復原工作是否完成良好，動態測試係電聯車行駛性能的展示。

電聯車工地測試區分為型式測試及例行測試兩類，其測試項目分列如表 5 所示。

### 六、車載行李處理設備的設計概念與營運期間所產生的問題及解決方式

機場捷運行李處理設備的建置規劃分為兩個不同的標別，「ME01 標車載行李處理設備 (OTBHE)」與「ME03 標行李處理設備 (Baggage Handling Equipment, BHE)」，旅客在 A1 預辦登機時，行李經過航空公司報到櫃台完成報到後，透過「ME03 標行李處理設備」所建置的輸送帶、分流器 (擺臂器)、X 光機，螺旋滑槽等，送達 A1 站 B3 層的行李轉盤，再經由人工將託運行李裝入「行李櫃」，以便送入行李動力車 (DMB)，當抵達 A13 站機場二航廈時，再由人工將「行李櫃」內之行李取出，託運的行李將被送入原機場內的行李處理系統，留下的「行李空櫃」將



表 5 電聯車工地測試

| 測試類別 | 測試項目                         | 測試地點 | 測試列車           |
|------|------------------------------|------|----------------|
| 型式測試 | DT01- 牽引及煞車性能與能量消耗           | 正線   | 首列普通車<br>首列直達車 |
|      | DT02- 車輛及列車乘坐性能、轉向架穩定性及振動量測  | 正線   | 首列普通車<br>首列直達車 |
|      | DT03- 噪音性能測試                 | 正線   | 首列普通車<br>首列直達車 |
|      | DT04- 電磁相容                   | 正線   | 首列直達車          |
| 例行測試 | DR01- 交付時之接收檢測               | 青埔機廠 | 每一列車           |
|      | DR02- 靜態測試 ( 工地功能測試含例行功能檢查 ) | 青埔機廠 | 每一列車           |
|      | DR03- 動態測試 ( 試運轉及性能展示 )      | 正線   | 每一列車           |

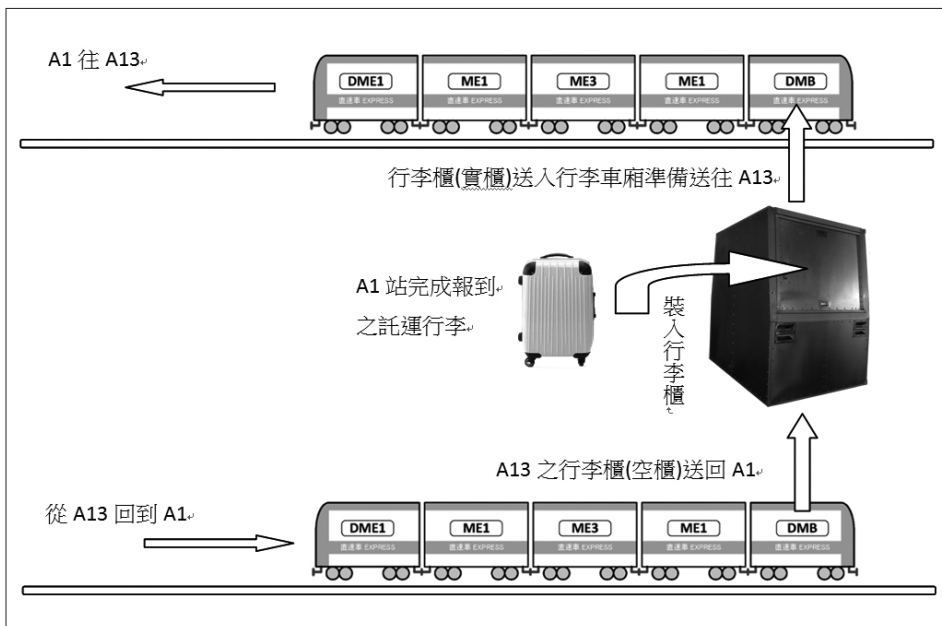


圖 7 A1 站託運行李裝入行李櫃及 A13 站行李櫃 (空櫃) 送回 A1 站情形

再次被送回 A1 站，繼續運載下一回的行李作業，如圖 7。整個行李運送過程包含旅客完成報到後開始託運，至行李送抵機場，行李所經區域均為管制區，故人員進出行李動力車之錄影、區隔及管制均須比照航空保安計畫規定辦理。

行李動力車內共可裝入 13 個行李櫃，行李託運僅提供台北車 A1 站單方向往機場第二航廈 A13 站的運送，不包括入境桃園機場之旅客行李運送回 A1 站之服務，且系統保留了新北產業園區 A3 站的擴充功能。目前營運初期，依機場公司評估的行李託運數量，採每



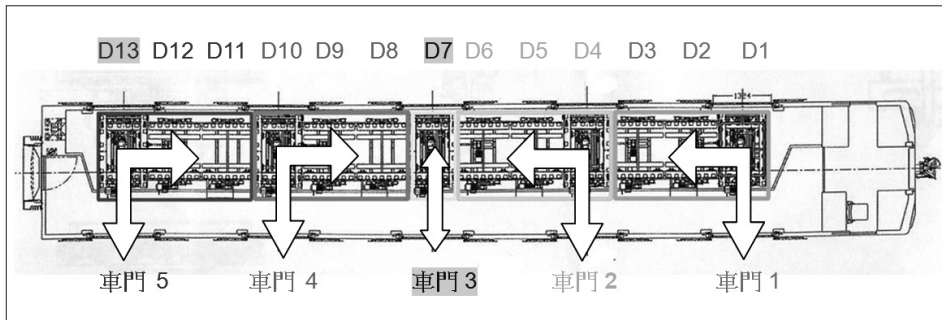


圖 8 行李車內 13 個載台之分組及進出車門關係

趟次運送 5 個行李櫃，原規劃 A1 站之運送容量，最多可運送 7 個行李櫃。

由圖 8 可知，行李動力車內 13 個載台分為：D1-D3、D4-D6、D7、D8-D10 及 D11-D13 共 5 組，分別由車門 1 至車門 5 進出，分組同時進出可縮短時效以符合合約規定的 90 秒內完成上下行李櫃。在 A1 站裝入行李櫃的原則為優先車門 3、其次車門 2、最後車門 1，因 A1 站之行李轉盤靠近車門 1 且輸送行李櫃之輸送帶在同一條線上，行李櫃從車門 1 方向往車門 3 運送時，優先送往車門 3，以免阻塞在後面排隊的行李櫃。而每個車門則優先放在靠近門口的載台以縮短上下櫃時間，例如：在 A1 站運送 5 個行李實櫃（行李櫃內放置託運行李）時，則放置在 D7、D6、D5、D4 及 D1。當行李實櫃被送至 A13 站第 1 月台下櫃時，將移置 A13 站之 B2 層，再由人工取出行李，行李空櫃（行李櫃內無託運行李）則由 A13 站第 2 月台裝入行李動力車，以便送回 A1 車站。A13 站之空櫃亦受制於動線，優先從車門 5 裝入、其次車門 4、最後才裝在車門 3。因考量行李櫃的調度平衡，即 A1 站裝入 5 個行李實櫃，A13 站亦須送回 5 個行李空櫃回 A1 站。比較特別的是，在 A1

站會同時間進行上下行李實櫃及行李空櫃的作業，即 D7-D13 下櫃的同時，D1-D7 同時上櫃，故 D7 需先下空櫃再上實櫃。

位於每個車門的載台（D1、D4、D7、D10、D13）稱為直角式輸送機（Right Angle Deck, RAD），具有縱向與橫向移動功能，其他載台稱為滾輪式輸送機（Roller Deck, RD）。RAD 可允許左右兩側車門進出行李櫃，每個移動方向均具有減速感應器、定位感應器、止檔器、上下感應器、架橋定位（車門開啟）偵測器、夾爪（鎖定裝置）打開及鎖定感應器；RD 則有縱向減速感應器、定位感應器及夾爪打開及鎖定感應器，因此一台行李車共有 221 個感應器，在營運初期由於大量的行李櫃進出後，常出現感應器異常告警，常見的故障態樣主要可分為三大類：

（一）鎖定裝置：因偵測公差極小，因此需統計故障次數及位置，再逐一微調放大偵測範圍，初期軌輪與行李櫃底部摩擦力較大，也是造成鎖定裝置夾固後，產生些微歪斜的原因。鎖定裝置為固定行李櫃之重要元件，若行李櫃未能夾固，可能因列車加減速而造成行李櫃在車廂內





衝撞，因此須確認偵測行李櫃已鎖固，方能允許列車移動。

(二) 前進及後退感應器：因受感應器位置調整的因素，或受無線區域網路 Wi-Fi 瞬間連線中斷後的再恢復連線，常造成行李櫃超出感應器位置，而須進行人工移動行李櫃，因此須調整啟動偵測位置、馬達啟動速度及持續優化 Wi-Fi 連線。

(三) 架橋定位 (車門開啟) 感應器：道旁行李處理設備利用架橋擺入行李車內之方式，與 RAD 連接，架橋會自動對準車上之定位反光片，同時 RAD 亦會偵測架橋在上升或放下的位置。營運初期行李車經常出現車門開啟感應器異常告警的訊息，主要是 OTBHE 設置在架橋上的圓形反光片太小，行李車稍微晃動即使紅外線偵測器超出反光片所致，因此加大 OTBHE 反光片以減少不必要之告警。

行李動力車與號誌系統間的重要界面，營運至今所產生之問題及解決方式如下：

(一) 停準度：行李動力車與架橋之停準度為  $\pm 30$  cm，營運初期 A13 站上下行月台常發生行李動力車停準度未到位的情形，雖然號誌系統在旅客區之停準要求已符合規範，但仍經常超出行李動力車與架橋停準度的規定範圍 ( $\pm 30$  cm)，以至於道旁之架橋無法對準 RAD，造成無法上下櫃。針對此潛在的問題，研析號誌系統之停準條件係依據軌道上絕對位置參考點 (Absolute Position Reference, APR) 作為基準，同時針對所收集運轉中

車輛超出停準度範圍的數據加以研判，終將 APR 的裝置位置略作調整後，此問題終獲改善。

(二) 無自動列車運轉 (Automatic Train Operation, ATO) 到站訊號：由於號誌系統在營運初期曾偶發性未傳送 ATO 到站訊號，致使 ME03 標行李處理系統無法作動。為改善此異常現象，增設 ME03 標手動輸入車號之降級功能。106 年 4 月 8 日至 11 日期間曾發生號誌系統因光纖接觸不良造成自動列車監視 (Automatic Train Supervision, ATS) 交換機故障，造成無法接收列車到站訊號的異常事件，所幸因增設此降級功能而不致影響行李櫃的運送作業。

行李動力車與道旁行李處理系統之可程式邏輯控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 因採 Wi-Fi 連線，連線問題一直是營運至今最大的挑戰。因架橋的作動及行李櫃的進出均會產生實體上的接觸界面，雙方若有任何訊號傳輸異常，則須立即停止作動以防衝撞。此運轉條件比號誌系統喪失無線電傳輸 (Radio Transmission System, RTS) 5 秒後列車始緊急煞車還更為嚴苛。惟現階段連線問題已大幅收斂，先前每月約有 2 至 7 次斷線之情形，目前僅剩 T205 車仍在調整中，針對連線問題之改善情形分述如下：

(一) 調整網際網路協定 (Internet Protocol, IP) 子網路遮罩：原設定為 Class A，造成搜尋 IP 範圍太大，經調整為 Class B 後，縮短列車到站後搜尋時間。



- (二) 韌體：未能即時更新最新版本，恐為造成連線不穩定的主因。
- (三) PLC 輪詢時間：縮短 PLC 輪詢 4 個月台的時間。

行李櫃處理系統雖為全自動化運轉，但當系統產生異常時，須快速調派人力介入排除，以免造成列車的營運延誤。行李櫃處理系統的道旁設備由桃園機場公司負責營運，操作人數需求較低，系統操作上較易熟練。而車載上的行李處理系統則由桃園捷運公司負責營運，由於司機員人數眾多訓練時間較長，且於 A13 站第一月台直達車停靠位置，司機員位於前端的駕駛室 (DM) 而非後端的 DMB 駕駛室，因此營運初期桃園捷運公司另委託金怡合公司，分別於 A1 站及 A13 站共四個月台負責操作車載行李處理設備，後期隨著故障次數逐漸減少且司機員及行控中心人員的應變更熟練後，目前僅剩 A13 站第一月台無司機員的位置才由金怡合公司負責操作。

## 七、可靠度、可用度與維修度 (RAM) 測試展現驗證

### (一) 可靠度 (Reliability) 與可用度 (Availability) 驗證展現說明

桃園機場捷運於民國 106 年 2 月進行一個月的試營運後，接著於民國 106 年 3 月 2 日正式通車營運，並於民國 106 年 3 月 6 日正式啟動 RAM 測試展現驗證。除驗證核心機電系統外，也針對電聯車與車載行李處理系統 (OTBHE) 可靠度與可用度的關鍵績效指標 (Key Performance Indicators, KPI) 進行測試展現的驗證。

### 1. 可靠度 (Reliability)：

- (1) 直達列車總體性能之 KPI：直達車連續 3 個月可用度，包括備用車只容許 2 部列車失效。
- (2) 普通列車總體性能之 KPI：普通車連續 3 個月可用度，包括備用車只容許 5 部列車失效。
- (3) RAM 測試展現驗證期間，電聯車連續 7 天不能使用備用車。

### 2. 可用度 (Availability)：

電聯車整體車隊可靠度之 KPI：整體車隊的可靠度應達到平均每一商業運轉平均兩故障間隔距離 (Mean Distance Between Failure, MDBF) 應大於等於 120,000 列車公里。MDBF 的計算方式：電聯車總行車距離 / 列車到站延誤 5 分鐘以上的電聯車故障次數。

### (二) KPI 展現方法

利用中央服務處理器 (Central Services Processor, CSP) 下載的 log，同時比對桃園捷運公司每日行車運轉狀況〔3〕及工單〔4〕等資料，確認直達車、普通車之更換紀錄，與確認因電聯車、OTBHE 所造成超過 5 分鐘之延誤事件等，以作為 KPI 之計算依據。

### (三) KPI 測試展現結果

- 1. 直達列車總體性能：展現期自 106 年 3 月 6 日至 106 年 6 月 5 日，期間有兩筆事件屬直達列車失效紀錄，已符合直達車連續 3 個月可用度，包括備用車只容許 2 部列車失效。
- 2. 普通列車總體性能：展現期自 106 年 3 月 6 日至 106 年 6 月 5 日，期間並無普通車失



效的紀錄，已符合普通車連續 3 個月可用度，包括備用車只容許 5 部列車失效。

3. 電聯車連續 7 天不能使用備用車：展示期自 106 年 3 月 6 日至 106 年 7 月 16 日，期間於 106 年 7 月 8 日至 106 年 7 月 16 日連續 9 天未使用備用車。已符合 RAM 測試展現驗證期間，電聯車連續 7 天不能使用備用車，最終於 106 年 7 月 16 日通過符合此 KPI 之標準。

4. 電聯車整體車隊可靠度：商業運轉列車公里數係包含列車於營運時段及非營運時段所行駛之列車公里數，統計自 106 年 3 月 6 日至 106 年 7 月 16 日電聯車車隊累計商業運轉列車公里，統計如下：

- (1) 11 列直達車總累計為：490,642 列車公里
- (2) 17 列普通車總累計為：632,830 列車公里
- (3) 全部電聯車總累計為：1,123,472 列車公里

測試展現期間共發生 5 次因電聯車故障造成營運誤點超過 5 分鐘以上，整體車隊的可靠度  $MDBF = 1,123,472$  列車公里 / 5 次故障 =  $224,694$  列車公里大於 120,000 列車公里，判定符合此 KPI 之標準。

## 八、結論

作為兼具機場快線的直達車及服務區域性大眾捷運的普通車，必須通過層層嚴謹的品質把關，除能提供載運旅客既舒適且便捷的運輸服務外，直達車作為首列加掛車載行李處理設備的捷運車廂，也兼具著託運行李的重要任務。但不可諱言的，當旅客舒適坐上直達列車時，在列車的另一端，車載行

李處理設備正忙於進行託運行李的上櫃或下櫃，全新的系統運作，偶爾仍會產生因車載行李處理系統 (OTBHE) 與道旁行李處理系統 (BHE) 間連線異常的現象，而造成須由全自動改為降級的運轉模式，目前端賴新建單位與營運單位藉由營運經驗的累積逐步克服，同時進行系統上的優化改善，以期能提供更佳的運轉模式。

當直達車緩緩駛入終點站 A13 機場第二航廈站，無論您是已於 A1 台北車站辦完登機手續，還是自行托運著行李，回想這趟機捷之行，除飽覽沿路的風光景色外，也可感受車廂所帶給您的明亮空間與穩定的舒適感。羅馬非一日造成，要提供一輛完整的電聯車，必須透過嚴謹的設計考量，從旅客的安全性、舒適性與方便性的角度出發，再經由製造過程縝密的品管程序與手段，最終藉由不同型式的測試驗證，按部就班一點一滴的打造出機場捷運電聯車的風貌。下回如您有機會坐在機捷上，享受與別人閒話家常的同時，也請您不要吝於給機場捷運電聯車與所有的幕後人員一個掌聲。 ◆

## 參考文獻

- 1. 機場捷運電聯車轉向架簡介，交通部高速鐵路工程局網站。
- 2. 車載行李處理系統 (OTBHE) 簡介，交通部高速鐵路工程局網站。
- 3. 桃園大眾捷運股份有限公司營運單位每日行車運轉狀況，2017
- 4. 桃園大眾捷運股份有限公司營運單位工單清單，2017