



# 鐵道車輛車門研發

智慧綠能載具推動策略辦公室主任 / 林福明  
工研院機械所軌道系統組組長 / 陳星壁  
工研院機械所軌道系統組副組長 / 簡士翔  
工研院機械所軌道系統組技術副組長 / 林宇洲  
工研院機械所軌道系統組專案副理 / 邱建齊  
工研院機械所軌道系統組工程師 / 許人權  
工研院機械所軌道系統組工程師 / 劉俊佑  
工研院機械所軌道系統組副工程師 / 徐鏐鋇  
工研院機械所軌道系統組助理工程師 / 黃至聖  
工研院機械所軌道系統組副管理師 / 徐佩茹  
工研院機械所軌道系統組計畫管理人員 / 彭亦甄

關鍵字：國產化、車門系統、雙扇外開電動滑塞式車門、車門機構、車門電控、車門門體、RAMS

## 一、開發背景

### (一) 緣起

根據歐洲鐵路工業協會（UNIFE）研究顯示，因應世界都市化、節能減碳等趨勢，到2023年，全球鐵道運輸建設年產值將達1,920億歐元（約新台幣6.9兆元）。其中，為了促進經濟發展和旅遊業，亞洲地區正大力

投資建設各類鐵路系統。為整合國內鐵道產業技術能量、投入鐵道建設，軌道產業的國產化和標準化，一直是政府努力的目標。不僅能提高國內鐵路運輸的效率和應急能力，還能帶動相關產業的升級，並培育國內企業走向全球市場。這對於台灣鐵道事業乃至整個亞洲鐵道市場的發展都具有極大的意義。

軌道列車車門作為乘客出入的通道，其可靠性和安全性對於整個列車系統的運行至

關重要。因此，列車車門系統產品必須遵守國際鐵路標準規範EN 14752，並且通過國際公認的EN 50126與EN 50128等安全認證。除此之外，列車車門系統安全等級(SIL, Safety Integrity Level))需達SIL2以上，才能允許安裝在列車上使用。

## (二) 現況分析

目前，國內列車大多整車向國外購買，車門等次系統也隨列車一起進口。雖然少數電聯車及輕軌車輛在國內組裝及生產，但車門等次系統仍需仰賴國外進口。此外，國外系統商掌控車輛整合技術，在軟體、通訊等介面技術上難以突破，導致維修過程的諸多困難。綜合上述因素，國內難以發展國產化

列車車門相關產業。

基於上述原因，國內各軌道運營單位在零件維修和更換上需依賴外國供應商，導致價格和供貨時程皆受制於人，嚴重時甚至影響到營運。因此，建立國產化車門技術以擺脫國外技術限制，達成「國車國造」之目標是一項重要且迫切的工作。

## (三) 研究概述

根據前述國內軌道產業的需求，本研究以開發符合國際安全規範標準的輕軌鐵道車門系統為目標，不但講求保障乘客最高安全性，同時亦兼顧可靠性和舒適性。依據鐵道局參考淡海輕軌技術所訂定的研發需求說明

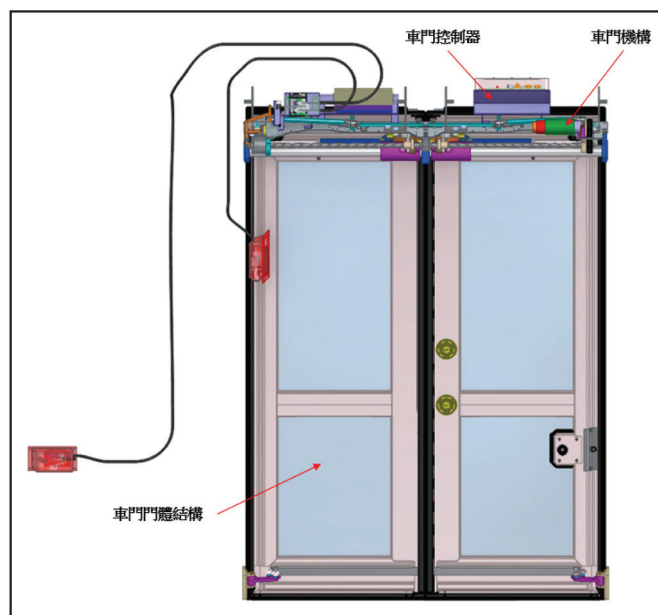


圖 1 雙扇外開電動滑塞式車門系統架構



書，進而提出「雙扇外開電動滑塞式車門」的產品開發方案。其系統架構包括車門機構、車門門體結構和車門控制器，如圖1。目標是開發出與淡海輕軌車門系統相容的國產化車門系統，其設計應符合EN 14752等國際標準規範。所開發的技術與設計可應用並相容於國內其他輕軌車輛。

## 二、開發目標

### (一) 開發總目標

旨在開發符合國際安全規範標準的鐵道車門系統。所設計、研發的車門系統不僅要能確保乘客的最高安全性，還須兼具舒適性與可靠性。目標建立在地化的鐵道車門設計、製造、生產、維修、保養等全方位供應能力，促進相關產業鏈的升級發展。

### (二) 全程工作目標

工作目標為在確認已完成之車門系統設計架構及初步設計基礎下，將車門系統展開到次系統及零組件，透過細部設計、試樣、驗證、比對等研發手法，完成車門系統設計展現階段任務，產出車門系統設計階段文件，以及將設計成果落實成為可製造生產之零組件、半成品，完成製造階段之任務，產出車門系統原型及製造階段所需規劃文件。綜合以上，可將年度工作目標概分為RAMS（Reliability 可靠性，availability 可用性，

maintainability可維護性，and safety 安全性，RAMS）任務、車門機構設計打樣、車門電控系統設計打樣、車門門體設計打樣、車門系統測試作業、車門系統製造生產規劃。

## 三、工作成果說明

### (一) RAMS 任務

本研發工作是以RAMS系統保證活動為主軸，依據EN50126生命週期各階段目標，以執行RAMS任務來串連全程車門研發事務，所有RAMS文件皆須通過第三方安全評估獨立機構（ISA）審查，本年度的RAMS工作目標，應延續先前之五階段工作任務，落實執行系統硬體設計及製造，下表描述已完成之RAMS各階段工作任務，其生命週期階段可分為車門系統概念階段、系統定義與開發階段、風險分析與評估階段、系統需求階段、系統架構配當與設計階段之任務、系統硬體設計階段及製造階段。

### (二) RAMS 任務達成情況

#### 1. 車門系統概念階段

- (1) 完成輕軌車門系統應用範圍及目的調查。
- (2) 完成輕軌車門系統使用環境調查。
- (3) 完成本專案RAMS任務目標制訂。
- (4) 完成車門系統概念階段任務，產出車







門概念/系統描述文件。

## 2. 系統定義與發展階段

- (1) 盤點車門需求，產出需求規範/系統設計規範文件。
- (2) 建立RAMS系統保證工作計畫書，完成安全計畫。
- (3) 建立查證與確證計畫，產出查證與確證計畫書。
- (4) 建立品質保證計畫，產出品質保證計畫書。
- (5) 建立型態管理計畫，產出型態管理計畫書。
- (6) 完成系統定義與計畫階段任務查證作業，產出驗證報告。

## 3. 風險分析與評估階段

- (1) 針對需求規範/系統設計規範所列之需求，盤點可能發生的危害分析，辨識包含來自於PHA、SHA、SSHA、IHA與OP/M的危害項目及辨識出火災/爆炸、中毒、觸電等危害類別，進行初始風險類別分類，在考慮所提出的風險減輕措施後，期望最終風險的風險分類皆為可接受之類別。
- (2) 執行初步危害分析(PHA)，完成初步危害分析(PHA)報告。
- (3) 執行系統危害分析(SHA)，完成系統危害分析(SHA)報告。
- (4) 執行子系統危害分析(SSHA)，完成子系統危害分析(SSHA)報告。
- (5) 執行界面危害分析(IHA)，完成界面

危害分析(IHA)報告。

- (6) 執行操作與維護危害分析(OP/M)，完成操作與維護危害分析(OP/M)報告。
- (7) 製作危害分析冊(Hazard Log)，完成危害登記冊 (Hazard Log)。
- (8) 完成風險分析與評估階段任務查證作業，產出風險分析與評估階段驗證報告。

## 4. 系統需求階段

- (1) 參考研發車門總體技術規範、EN 14752及危害登記冊，彙整出系統需求，完成系統需求規範。
- (2) 針對所彙整之系統需求，列出需求測試規範，完成系統需求測試規範。
- (3) 完成系統需求階段任務查證作業，產出系統需求階段驗證報告。

## 5. 系統架構配當與設計階段

- (1) 依據系統需求階段所產出之系統需求規範進行系統架構設計，定義所對應的設計要點，完成系統架構設計規範。
- (2) 依據系統架構設計規範進行展開，定義出相應之硬體需求，以提供系統設計階段之硬體設計依據，完成硬體需求規範。
- (3) 依據硬體需求規範之硬體需求，展開所對應之硬體測試規範，定義出相關硬體測試需求，以作為系統設計階段硬體測試之依據，完成硬體確認測試



規範。

- (4) 依據系統架構設計規範進行展開，定義出相關軟體需求，以提供系統設計階段之軟體設計依據，完成軟體需求規範。
- (5) 依據軟體需求規範之軟體需求，展開所對應之軟體測試規範，定義出相關軟體測試需求，以作為系統設計階段軟體測試之依據，完成軟體整體確認測試規範。
- (6) 依據系統需求系統架構設計規範展開所對應之測試規範，以做為系統整合階段系統整合測試之依據，完成系統整合測試規範。
- (7) 完成系統架構設計階段任務查證作業，產出系統架構設計階段驗證報告。

## 6. 系統硬體設計階段

- (1) 依據統架構設計規範將車門系統展開，設計子系統及主要組件，並依據硬體需求規範進行門機、門扇、門控等次系統硬體細部設計，產出硬體設計說明、硬體電路原理圖及硬體材料清單。
- (2) 依據硬體需求規範設計車門硬體，將車門硬體進行產品結構展開(PBS)至線上可換組件(LRU)，將每一個LRU進行功能辨識分析，依據安全計畫內RAM工作方法與IEC 60812標準失效模式、影響與嚴重分析

(FMECA)，共分析361個LRU(分屬於14個子系統)，並評估447個失效模式，失效發生時可能造成的安全與可靠度最終影響皆為824個。根據FMECA的分析結果提出了46個維修補償方法(44個矯正性維修工作與2個預防性維修工作)及3個設計行動，產出硬體失效分析FMECA報告。如圖4

- (3) 依據安全計畫之RAM作業方法、要求與規範，以FMECA分析結果為基礎，執行系統保證工作內的可靠度、可用度與維修度(RAM)分析，分析結果為無失效等級2~4的延誤，失效等級1的事件總失效率低於的可靠度目標值，可用度99.99978%高於目標值99.995%；90%的維修時間可由1人完成，以上結果符合本開發案RAM目標，產出硬體RAM分析報告。如圖5
- (4) 依據系統架構配當與設計階段所產出之硬體確認測試規範，對所設計的硬體進行測試，產出硬體測試報告。
- (5) 硬體測試過程中發生之硬體失效或測試不符合情況，記錄並檢討其改善方案實施之結果，使所研發之車門系統符合需求，其中門機有2個案例，門控有4個案例，門體有3個案例，以上失效案例皆已找到對策並完成改善，產出硬體失效測試報告。
- (6) 完成系統硬體設計階段查證與確證作業，確認子系統及組件設計符合RAMS需求、安全計畫符合無須更

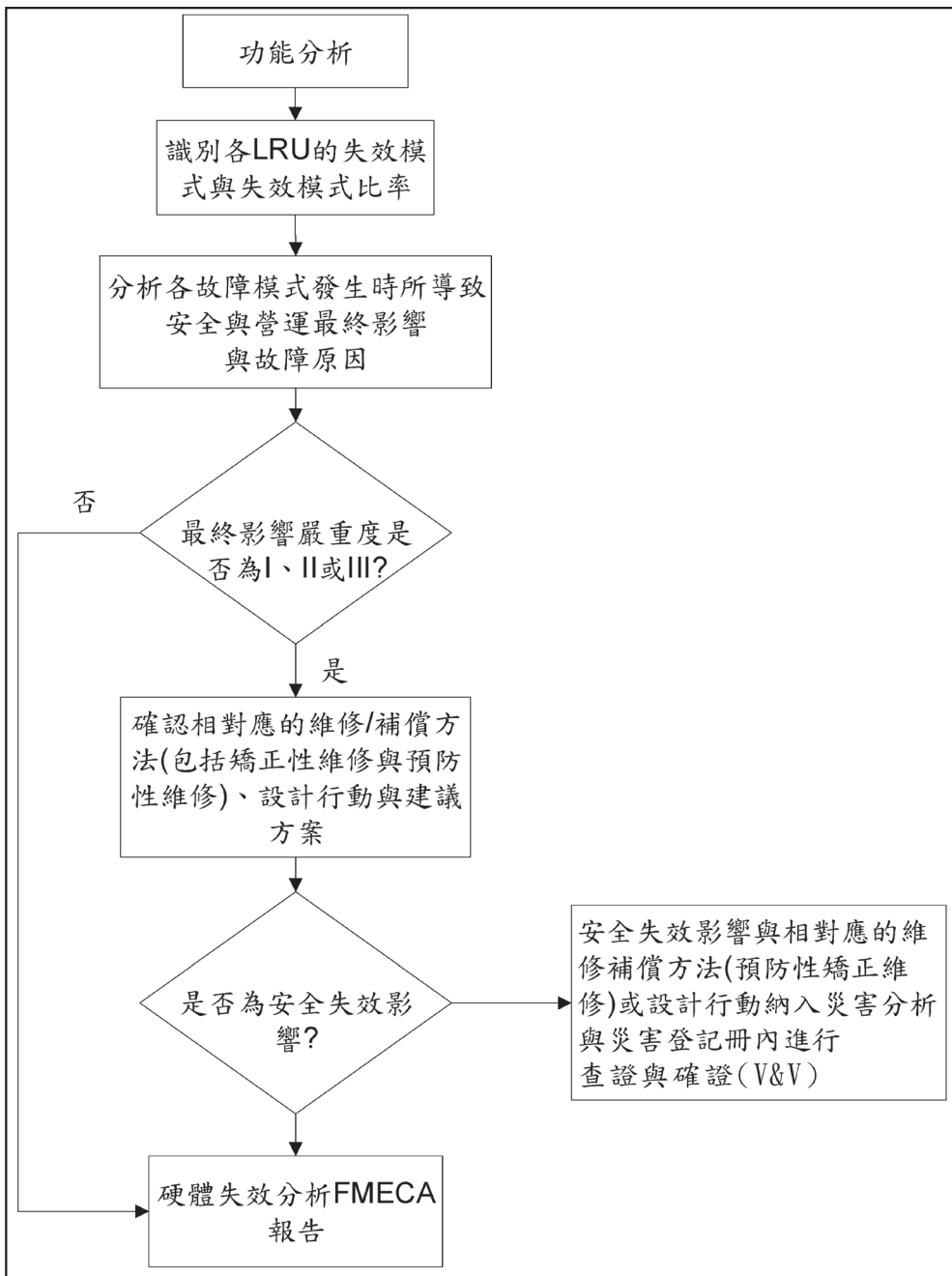


圖 4 硬體失效分析 FMECA 流程圖

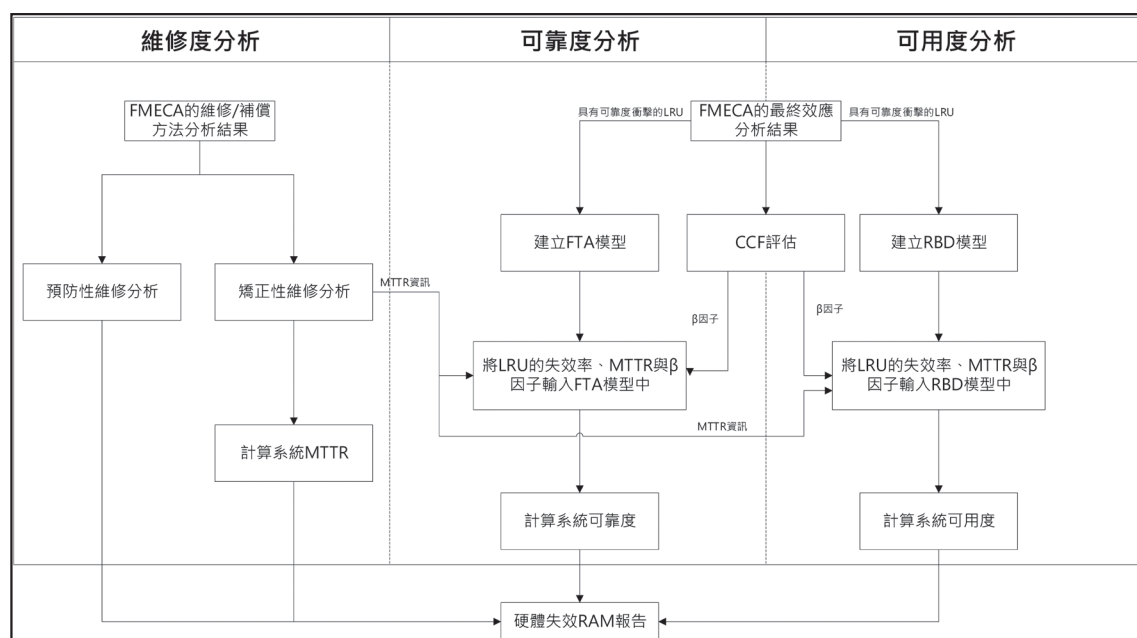


圖 5 硬體 RAM 分析流程圖

新、RAM分析已執行、危害分析已完成、SIL查證已完成。

- (7) 完成設計需求查證與確證，查證結果將所有識別出之系統需求規範、系統架構設計規範、硬體需求規範彙整於需求可追溯矩陣及需求符合性查核表。
- (8) 針對車門系統相關之安全功能項目進行SIL 查證，於生命週期第六階段(系統設計展現 - 硬體)完成系統性故障查證、架構限制查證及硬體隨機性故障率查證，所有結果皆符合配當之目標。

## 7. 製造階段

- (1) 依據型態管理計畫將車門系統展開到

子系統、組件及最小線上可換組件(LLRU)，做為控管硬體設計實施版本之管理機制，產出車門硬體型態清單。

- (2) 依據最終車門硬體型態，建立車門系統生產材料總表、車門系統生產組裝程序及品質檢驗方法，產出車門製造品質管理計畫。
- (3) 綜整合併以上文件，產出車門相關品保與型態管理文件。

## 四、開發成果說明

### (一) 車門機構設計打樣

1. 門機主結構設計

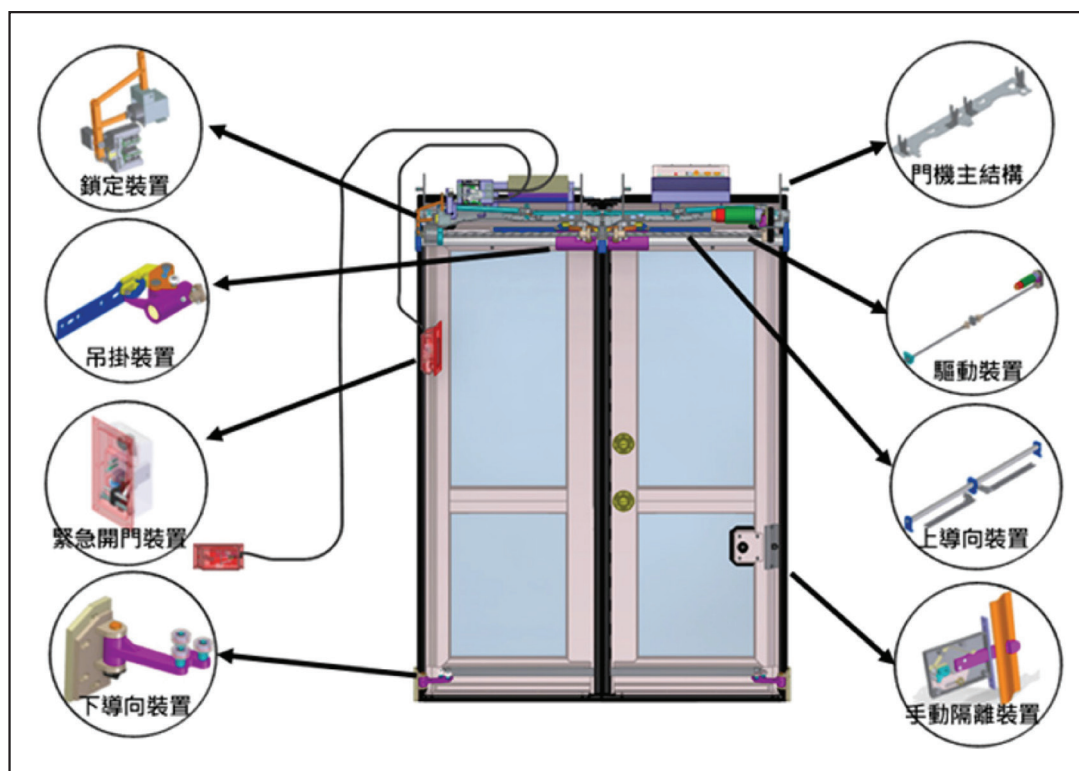


圖 6 車門系統設計圖

車門機構各模組的細部設計並列出設計重點，包括：門機主結構、驅動裝置、鎖定裝置、緊急開門裝置、手動隔離裝置、車門導向裝置、車門吊掛裝置。

(1) 整體車門機構系統設計圖：如圖 6

(2) 門機主結構設計

包括結構剛性及強度符合 EN14752 及 EN12663-1 規範、輕量化設計，去除不影響強度的結構及不會用到的多餘材料及配合淡海輕軌車廂鎖固點，考慮車廂鎖固點位置座標的誤差，懸掛支架鎖固孔可調整。

## 2. 車門機構細部設計

根據競品分析及遵循鐵道安規，本研發需求彙整設計重點如下：

(1) 門機主結構

結合門機各系統零件固定在正確位置使其正常作動。車門機構跟車廂的結合介面，使門機可以固定在車廂結構。如圖 7

(2) 驅動裝置

接受 DCU 指令提供車門開關所需的驅動動力。如圖 8

(3) 鎖定裝置

車門於關門狀態時，可將車門鎖定於閉合位置，並一直保持上鎖狀態，避免車門被乘客打開，為必要之安全裝置。如圖 9



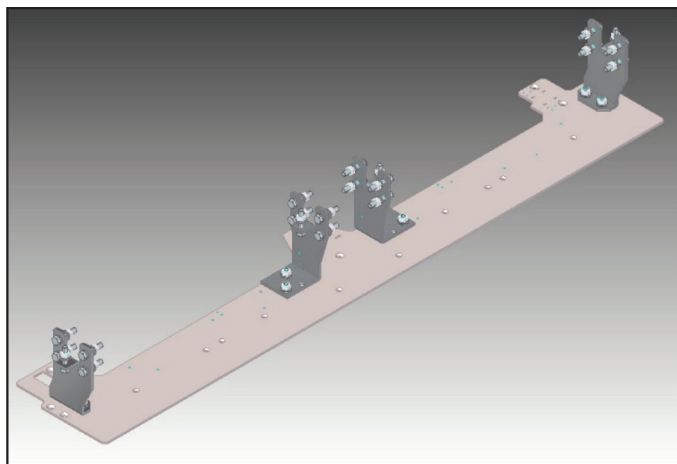


圖 7 門機主結構 3D 圖

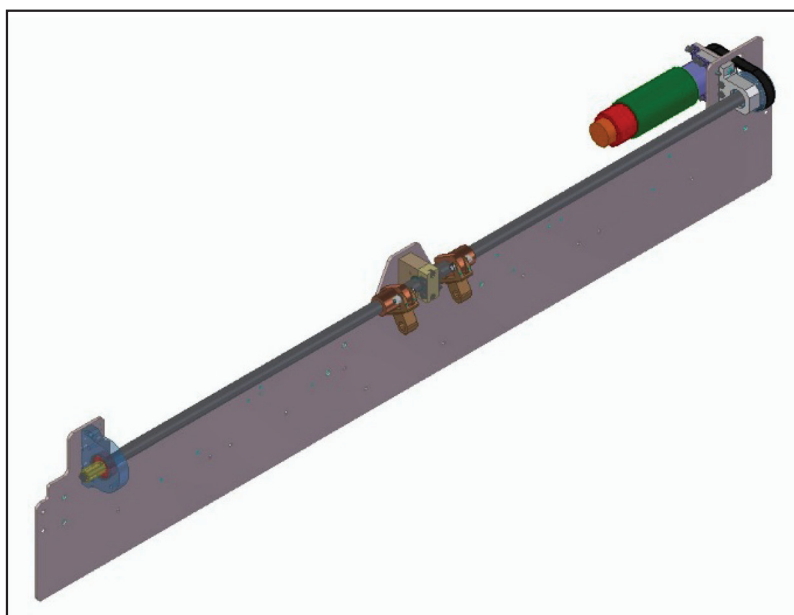


圖 8 驅動裝置 3D 圖

#### (4) 緊急開門裝置

發生緊急狀況，乘客拉動緊急開門裝置之拉柄可使鎖定裝置解除鎖定，即可手動開啟門扇，為必要之安全裝置。如圖 10

#### (5) 手動隔離裝置

當車門系統發生故障無法立即修復時，隔離裝置可斷開被隔離車門動力電源，讓車門保持停用關閉狀態以保障乘客安

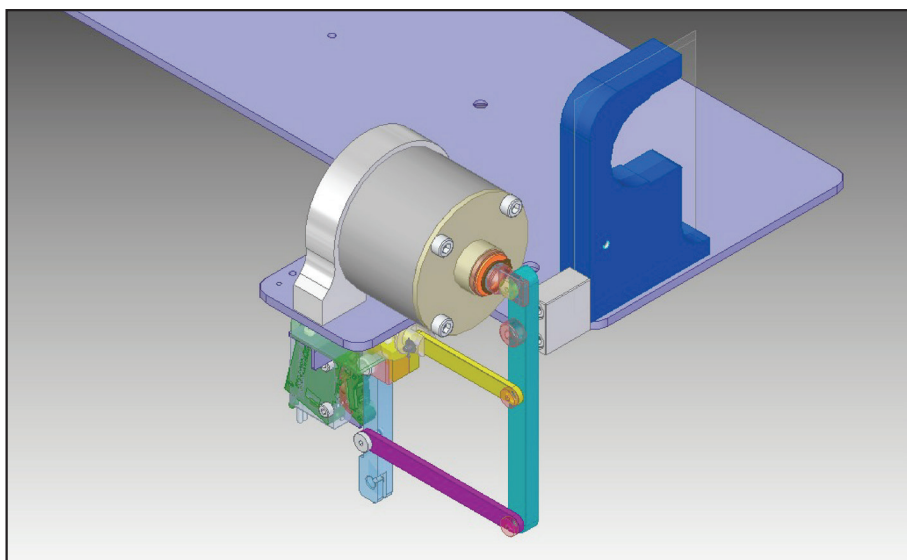


圖 9 鎖定裝置 3D 圖

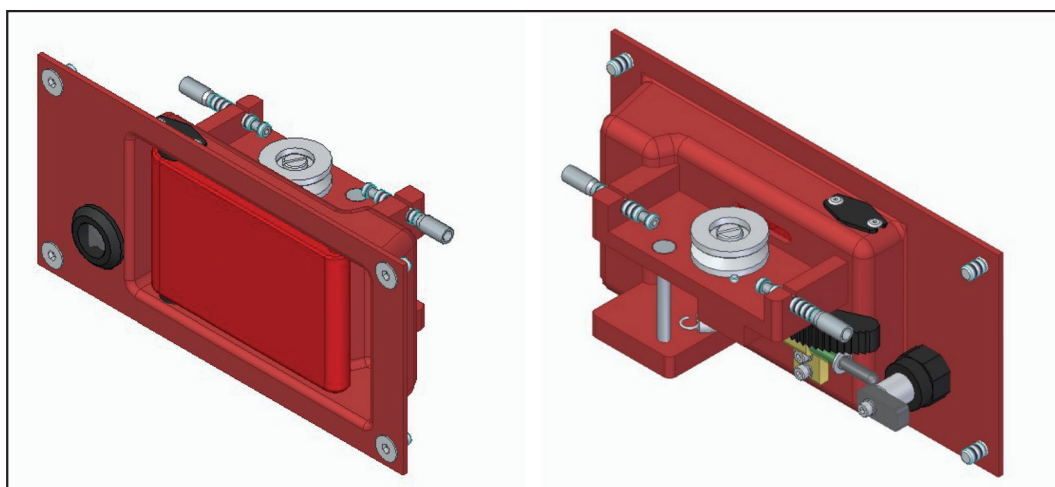


圖 10 緊急開門裝置 3D 圖 (正面與反面)

全，為必要之安全裝置。如圖 11

#### (6) 導向裝置

引導車門開關移動軌跡，本滑塞式機構導向裝置會引導門扇向外垂直移動再水平移動完成開門動作。如圖 12-13

#### (7) 吊掛裝置

提供車門主體的鎖固支撐結構，確保車門不會脫落，吊掛裝置可連結傳動裝置與導向裝置完成車門開關動作。如圖 14

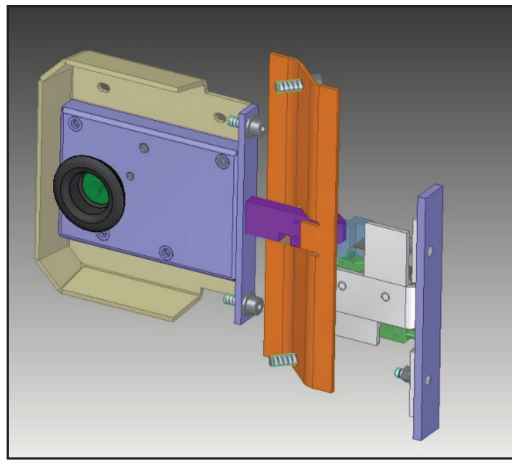


圖 11 手動隔離裝置 3D 圖

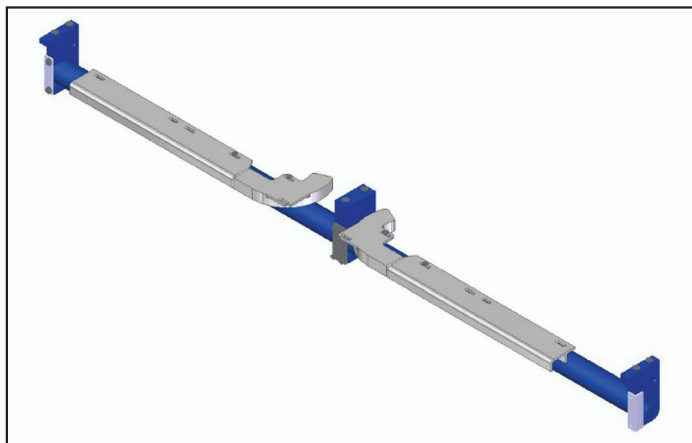


圖 12 導引裝置 3D 圖 -1

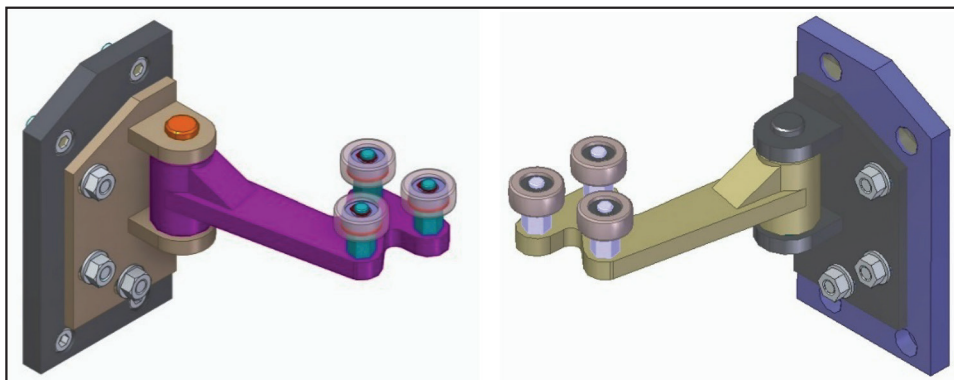


圖 13 導引裝置 3D 圖 -2

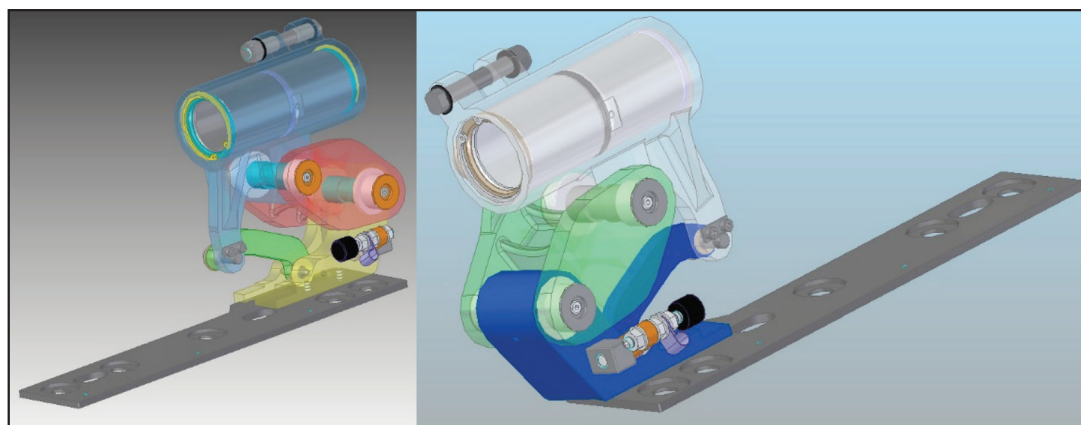


圖 14 吊掛裝置 3D 圖

### 3. 車門機構打樣製作及組裝測試

設計完成後進行打樣及組裝，並依據硬體需求規範之需求展開進行機構功能測試，彙整測試目標如下：

- ▶ 鎖定裝置需有電磁鐵、鎖定機構，並具有常駐鎖定功能，透過車門鎖控制訊號完成解鎖功能。
- ▶ 驅動裝置需具有馬達、傳動元件、車門極限開關，透過馬達控制訊號完成驅動車門功能。
- ▶ 車門內外皆須配置有緊急開門裝置，需具有手動拉柄、鋼索、解鎖機構、微動開關，並可連動至鎖定裝置完成純機構解鎖功能。
- ▶ 緊急開門裝置應為兩步驟開啟，第一步驟為開啟護蓋或其他具類似功能之裝置，第二步驟為扳動拉柄將門解鎖打開。
- ▶ 手動隔離裝置需具有鎖芯、鎖芯連接板、鎖舌、鎖舌固定板，微動開關，並

可透過鑰匙將車門鎖住，完成手動隔離車門功能。

- ▶ 導向裝置需具有上導軌、下導軌、下旋轉臂，可透過驅動裝置及吊掛裝置完成滑塞功能。
- ▶ 吊掛裝置需具有門扇鎖副板、滑台座、導向架，具連接驅動裝置及門扇之功能。

#### (1) 驅動裝置功能測試

- ▶ 測試描述：測試驅動裝置是否能透過馬達控制訊號完成驅動車門功能
- ▶ 測試步驟：
  - a. 車門組及門機系統架設在測試台架上，由電源供應器模擬
  - b. 馬達控制訊號驅動車門
  - c. 下達開門訊號命令，確認可正常開門；下達關門訊號命令，確認可正常關門。如圖 15
- ▶ 測試結果：控制器可正常控制馬達驅動車門開/關。

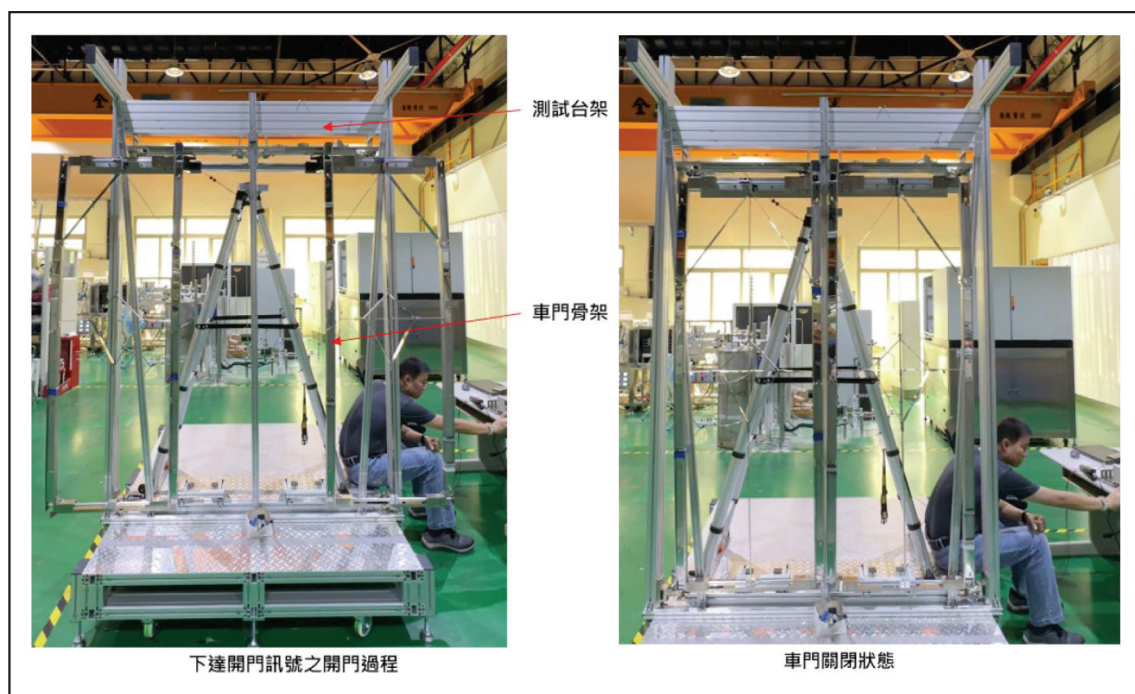


圖 15 驅動裝置功能測試

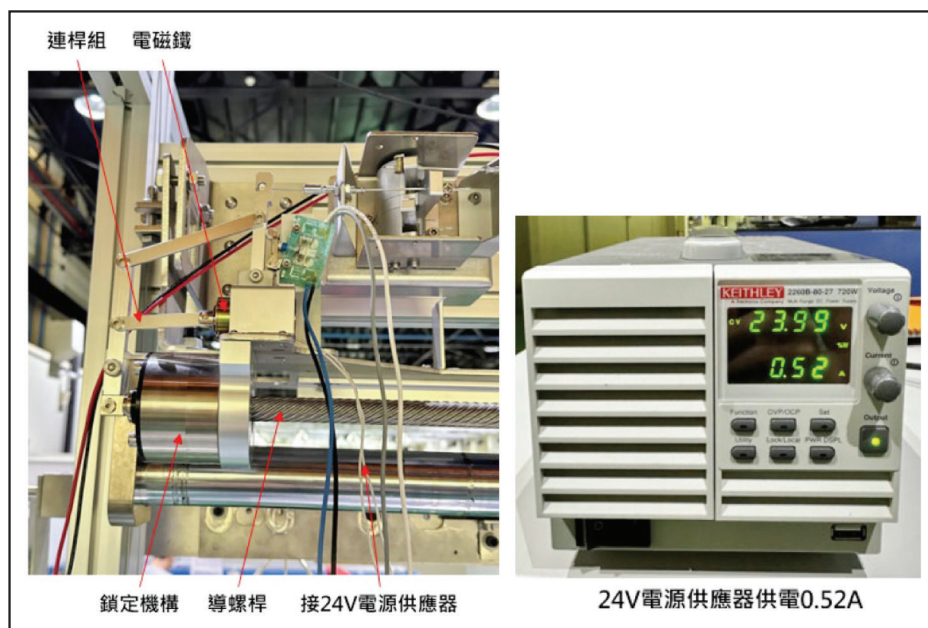


圖 16 鎖定裝置功能測試



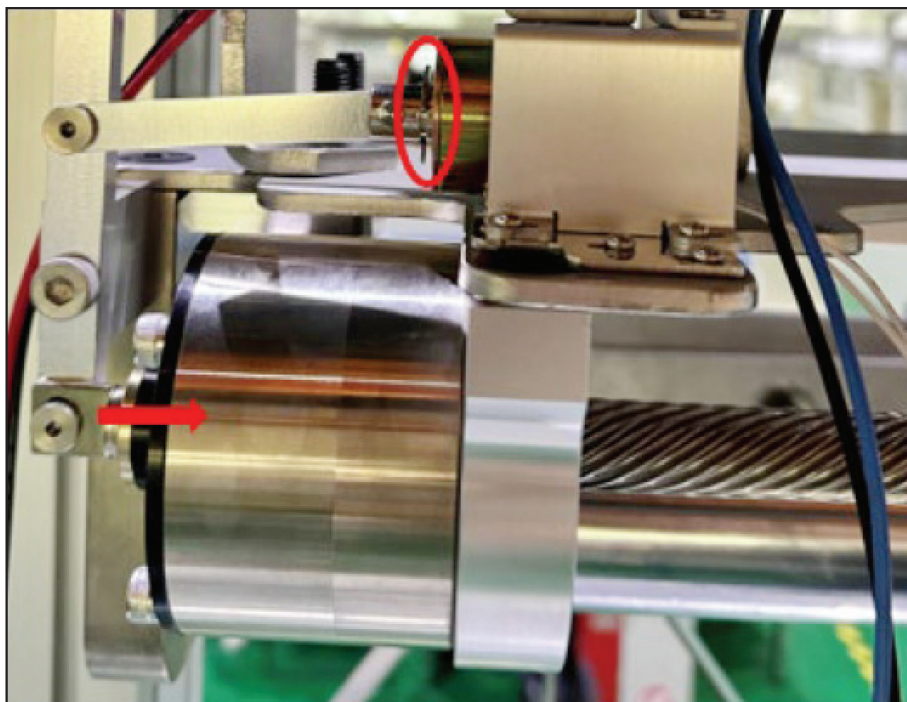


圖 17 鎖定裝置電磁鐵 (不供電)

## (2) 鎖定裝置功能測試

► 測試描述: 測試鎖定裝置功能是否滿足下述功能。

- 不供電 (常駐狀態) 時, 車門鎖定, 無法開門。
- 供電狀態時, 鎖定裝置解鎖, 車門可以開啟。

► 測試步驟:

- 鎖定裝置架設在測試台架上, 電磁鐵連接電源供應器。如圖 16
- 不供電狀態下, 鎖定裝置因內部彈簧力使棘齒嚙合, 導螺桿正轉方向 (開門) 被鎖定無法轉動。如圖 17
- 電源供應器對電磁鐵供電, 電磁鐵

磁力拉動連桿及棘輪, 確認正轉方向已經解鎖可以轉動。如圖 18

► 測試結果: 鎖定裝置機構功能正常, 可以達到常駐鎖定及解鎖功能。

## (3) 導向裝置功能測試

► 測試描述: 測試導向裝置可偕同驅動裝置及吊掛裝置完成開/關門滑塞功能

► 測試步驟:

- 檢查導向裝置是否有上導軌、下導軌、下旋轉臂
- 將導向裝置(含上下導軌)、驅動裝置及吊掛裝置架設在測試台架上, 驅動馬達連接電源供應器。如圖 19

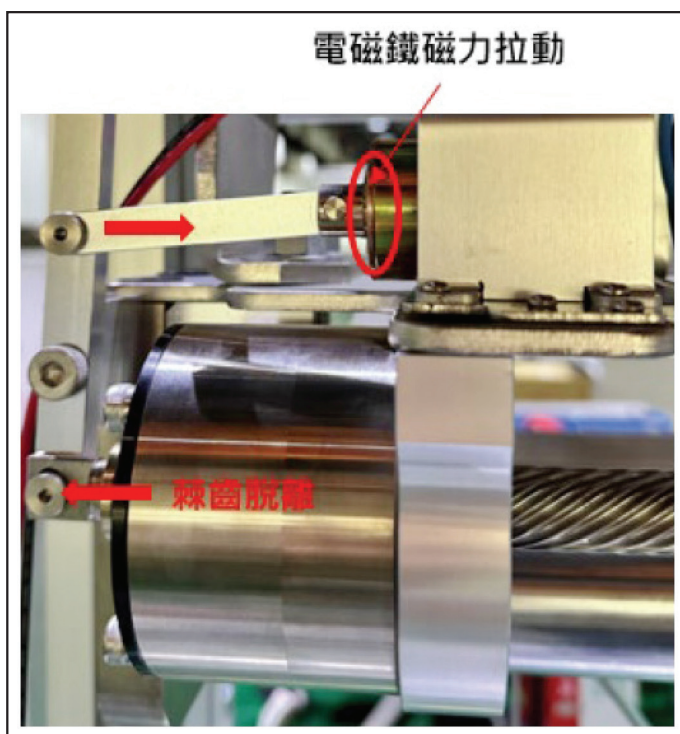


圖 18 鎖定裝置電磁鐵 ( 供電 )

c. 確認鎖定裝置在解鎖狀態

d. 供應24V電源給馬達，開/關門可順暢正常開關

► 測試結果:

a. 確認開關門有滑塞動作且順暢(無卡住現象)。

b. 確認可順暢正常開關門，開關門過程電流符合要求。

#### (4) 緊急開門裝置功能測試

► 測試描述: 測試車門內外緊急開門裝置可連動至鎖定裝置完成純機構解鎖功能。

► 測試步驟:

a. 緊急開門裝置(內外緊急開門裝置相同機構)、鎖定裝置、連桿組、纜線及驅動裝置架設在測試台架上。

如圖 20

b. 用手轉動導螺桿，確認正轉方向不會轉動

c. 用手拉下緊急開門裝置拉把，連桿組被拉動，鎖定裝置解鎖，導螺桿可以轉動

d. 內外緊急開門裝置機構相同，放置位置不同，不需分內外重複做測試

► 測試結果:內外緊急開門裝置可連動至

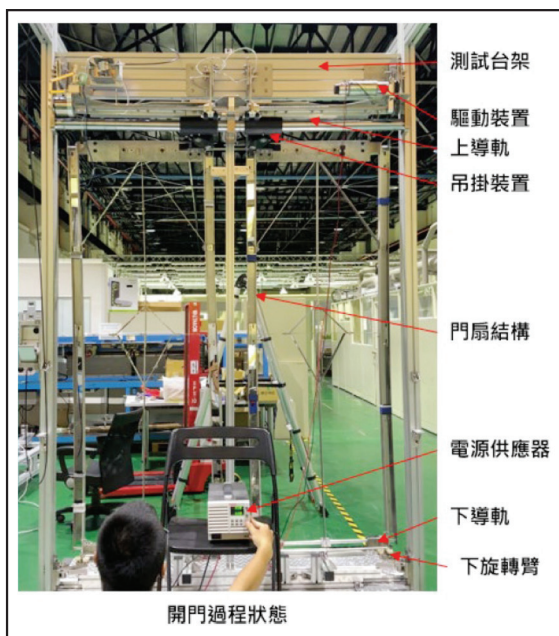


圖 19 導向裝置功能測試

鎖定裝置完成解鎖

#### (5) 手動隔離裝置功能測試

- ▶ 測試描述: 測試手動隔離裝置可透過鑰匙將車門鎖住，完成隔離車門
- ▶ 測試步驟:
  - a. 手動隔離裝置鎖固在測試台架上，微動開關固定在設計的位置上，此時三用電表顯示開路狀態。如圖 21
  - b. 用鑰匙轉動隔離裝置，檢查微動開關是否作動，三用電表偵測為短路狀態(電阻為0)
- ▶ 測試結果: 可透過三角鑰匙將車門鎖住，完成隔離車門

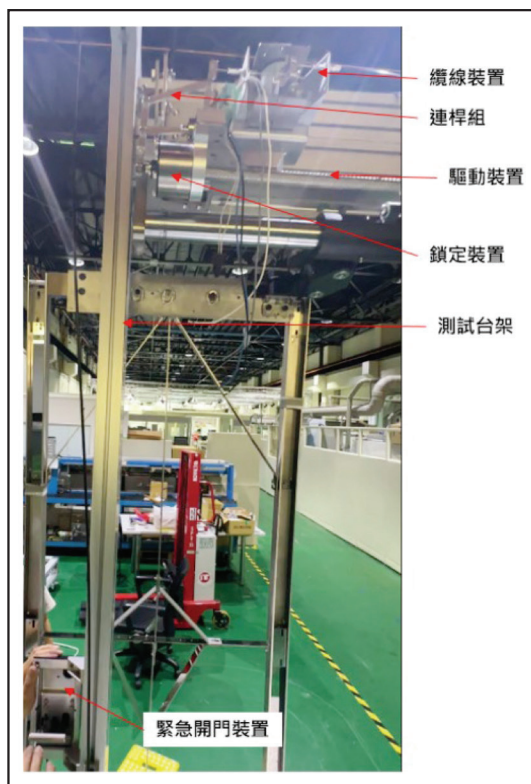


圖 20 緊急開門裝置功能測試

#### (二) 車門電控開發 如圖 22

##### 1. 車門控制器硬體細部設計

延續初步設計成果，並完成車門控制器各電路模組之細部設計，包括：

- (1) MCU控制核心電路
- (2) 通訊隔離電路
- (3) 馬達驅動電路
- (4) 邏輯控制電路
- (5) 電源控制電路
- (6) 壓條感測電路及網路通訊電路
- (7) 輸出隔離電路
- (8) 輸入隔離電路

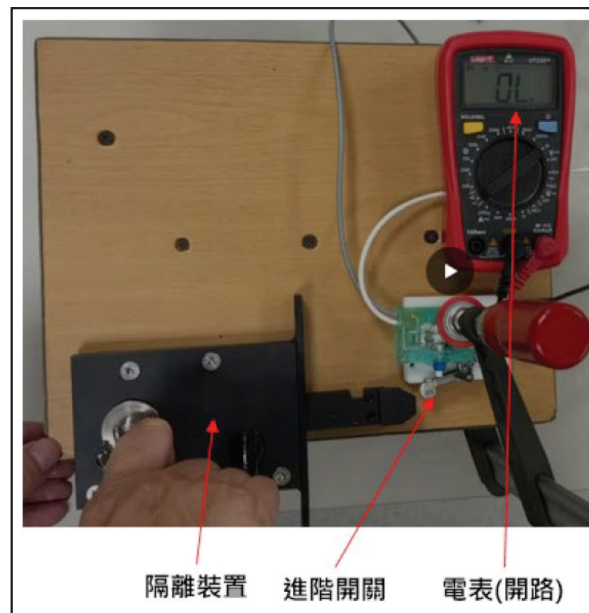


圖 21 手動隔離裝置功能測試

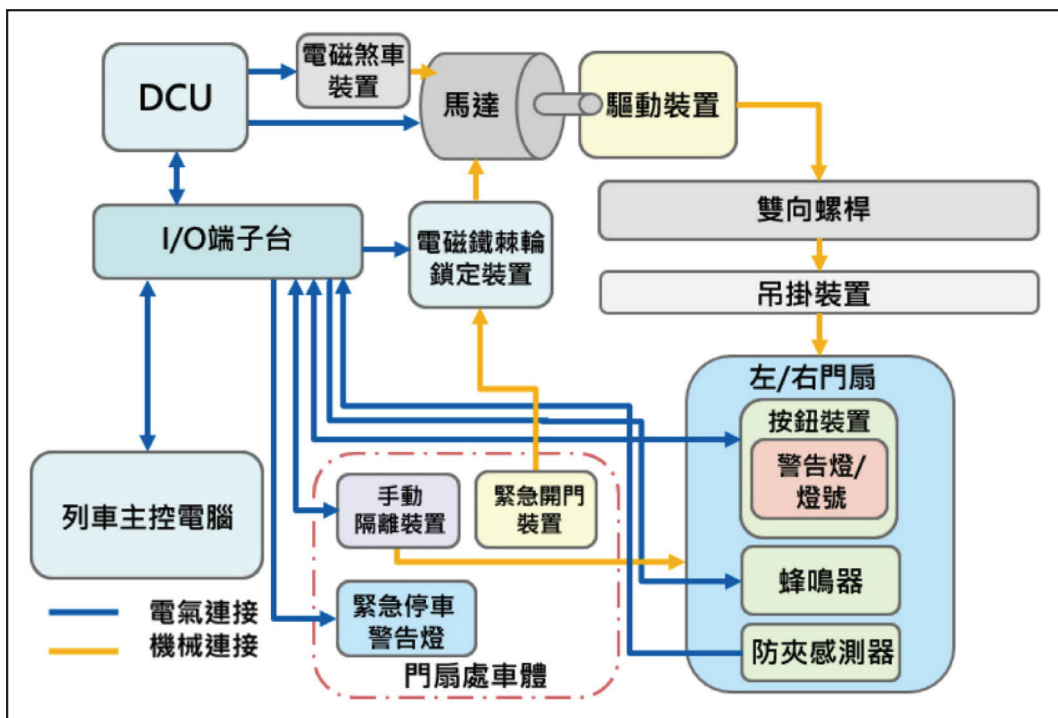


圖 22 車門電控系統架構圖



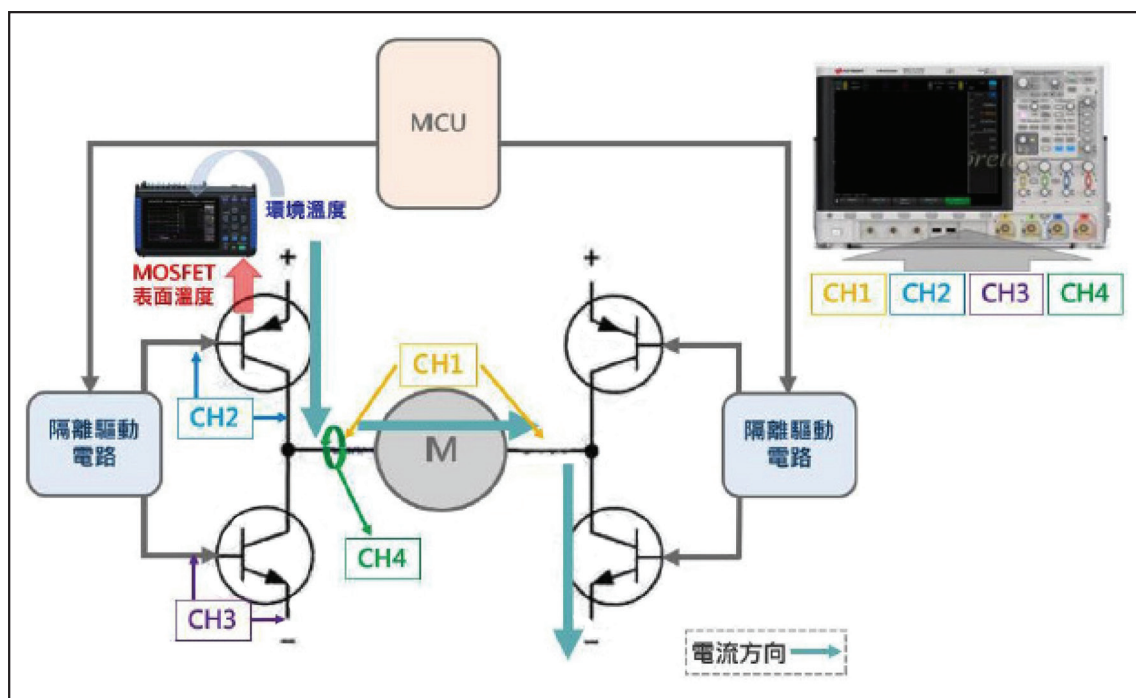


圖 23 安全迴路硬體細部設計圖

2. 車門控制系統安全迴路硬體細部設計，如圖 23

依據車門系統安全需求，對車門控制系統硬體進行優化設計，包括：

- (1) 安全迴路
- (2) 障礙物防夾
- (3) 過載保護

3. 車門系統配線細部設計

依據車門控制系統架構設計，對所有車門電控組件進行配線設計，包括：

- (1) 車門控制器連接器
- (2) 門機系統配線圖連接器一覽表與裝置一覽表

(3) 門機系統配線圖

(4) 系統端子台配置表

4. 建置車門控制系統整合測試平台

建立一個全面滿足硬體測試、軟體開發以及軟硬體整合需求的測試平台，透過此平台可實現車門門機系統軟體、硬體，以及電控配線的有效整合實驗。如圖 24

5. 車門控制器型式測試

將DCU送具有TAF認證的測試實驗室進行EN50155測試，包括：

- (1) 電磁干擾(EMC)試驗

► 傳導雜訊測試(CE) EN 50121-3-2



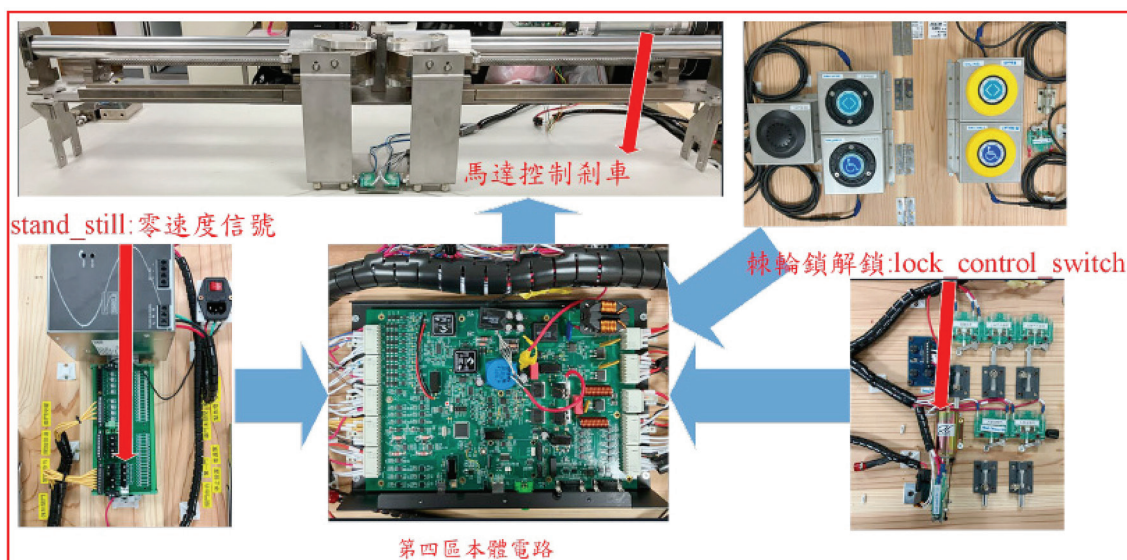


圖 24 電控配線整合實驗

- ▶ 輻射雜訊測試(RE) EN 50121-3-2
- ▶ 射頻電磁場輻射測試(RS) EN 50121-3-2
- ▶ 電場快速暫態測試(EFT) EN 50121-3-2
- ▶ 射頻傳導測試(CS) EN 50121-3-2
- ▶ 靜電測試(ESD) EN 50121-3-2
- ▶ 電源變動測試EN 50155-13.4.3.2 (電源輸入電壓變動範圍16.8V~30V，輸出電壓+15V、+12V、+5V變動量 $\leq 1\%$ 。)

## (2) 環境型式試驗

- ▶ 低溫啟動測試EN 50155
- ▶ 高溫測試EN 50155
- ▶ 乾熱驗證測試EN 50155
- ▶ 濕熱循環測試EN 50155
- ▶ 振動測試EN 61373
- ▶ 衝擊測試EN 61373

## 6. 車門控制系統硬體測試

針對車門控制系統各硬體模組進行測試驗證，以符合設計需求。

- (1) 完成車門控制系統各硬體模組測試驗證，以確認符合設計需求，詳細記錄於硬體測試報告。
- (2) 確認控制器硬體具備TCMS通訊之CAN發送及接收電路，功能正常。
  - a. 將具備有燒錄CAN通訊驅動程式的車門控制器硬體接上直流電源供應器。
  - b. 將示波器分別連接於MUC輸出端及CAN轉換電路輸出端。
  - c. 啟動CAN通訊測試程式，觀察CAN轉換電路輸出端波型。
- (3) 確認車門控制器具備偵測車門位置的編碼器接收電路，且功能正常。

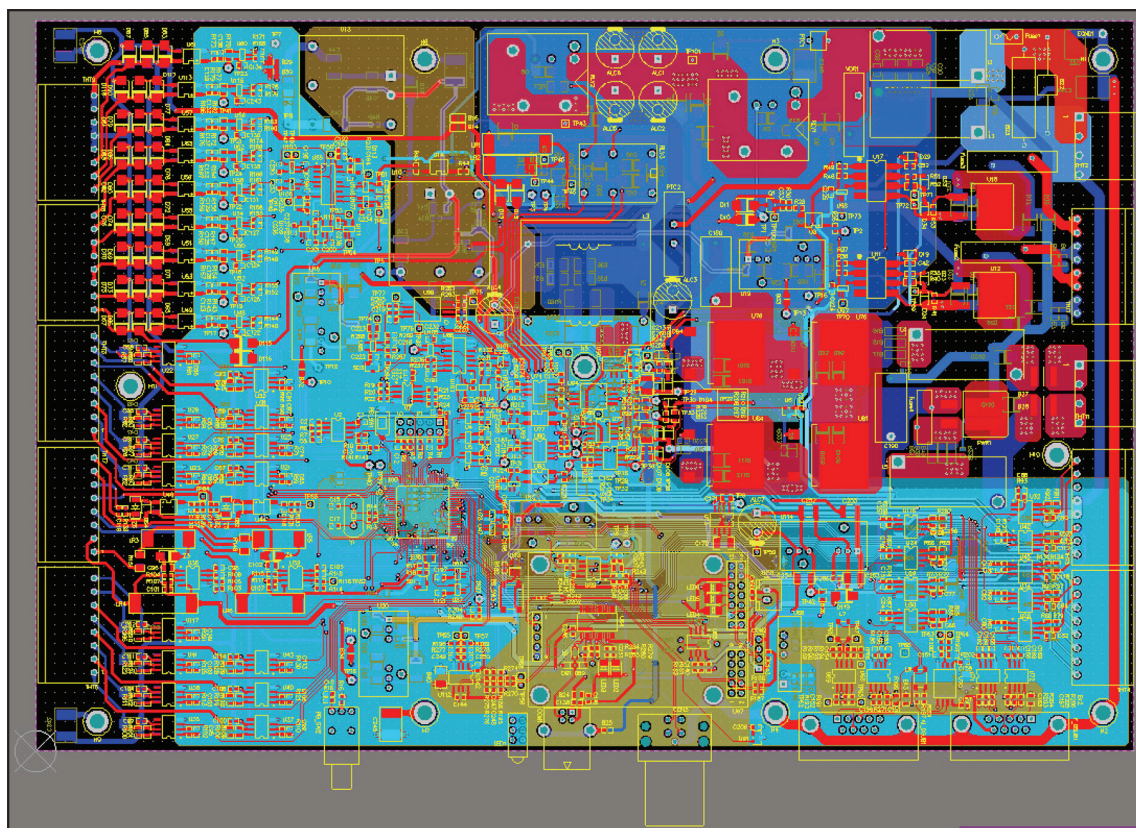


圖 25 車門控制器電線布局

- a. 將車門控制器連接 24VDC 電源。
- b. 將車門控制器連接編碼器，包括供應 12V 電源，及接收 A 訊號、B 訊號方波。
- c. 順時針轉動編碼器，觀察示波器應可看到如下圖上方 A 領先 B 的方波波形。
- d. 逆時針轉動編碼器，觀察示波器應可看到如下圖下方 B 領先 A 的方波波形。

驗證後，打樣產出。如圖 25-27

### (三) 車門車體設計打樣

車門門體設計打樣之工作目標可分為門體細部設計、門體加工打樣、門扇測試、門體製造組裝與門體原型驗證。

#### 1. 門體細部設計

延續初步設計的成果，進行車門門體各個模組的細部設計，包括鋁擠門框設計、玻

#### 7. 車門控制器打樣

將車門控制器依據測試結果進行修正、



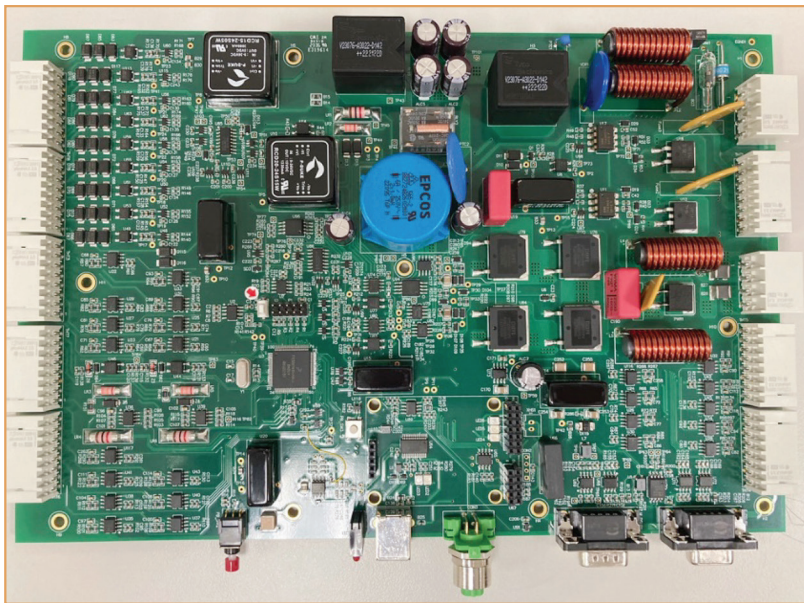


圖 26 車門控制器電路成品



圖 27 車門控制器組裝成品

璃製成設計、膠條設計、防夾感測條設計及隔熱膜選用。如圖 28

## 2. 鋁擠門框設計

採用5款鋁擠型結構進行鋁合金面板之製作，以三軸CNC加工取得端角拼接之斷面形狀，部分鋁擠型結構先行彎弧工法取得合乎

規格之R角形狀，再透過三軸CNC加工之。門扇以氬焊工法組合5件鋁擠型，採用活動式夾治具固定鋁擠型素材，並且依據門扇功能劃分成左、右、閉合狀態的治具平台，分階段進行點焊、對角線與翻面滿焊接縫處，為使焊接熱量得以分散，減少熱點促使變形問題。功能性鎖孔部位則採用防鬆襯套鑲嵌

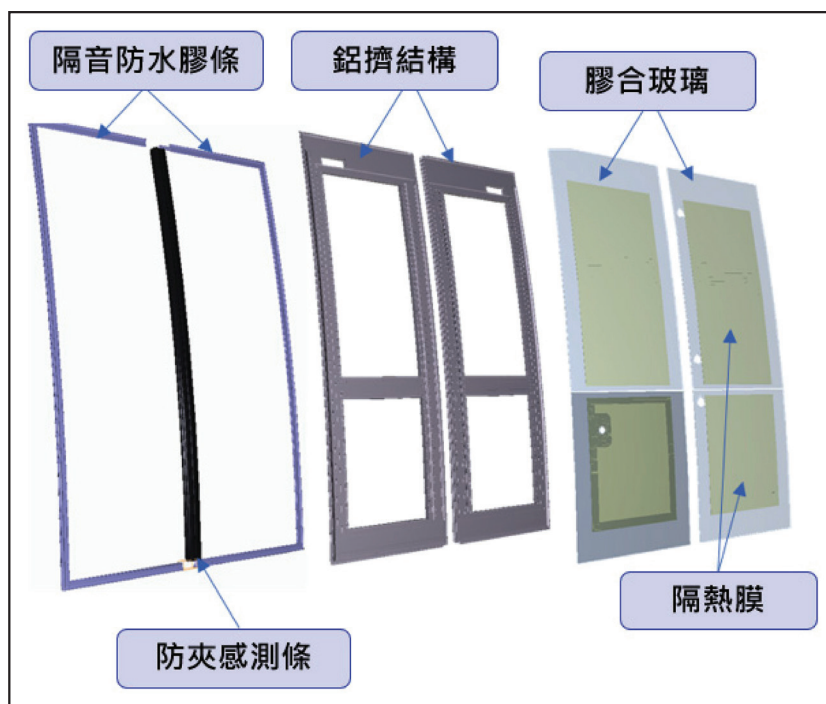


圖 28 門體開發說明圖

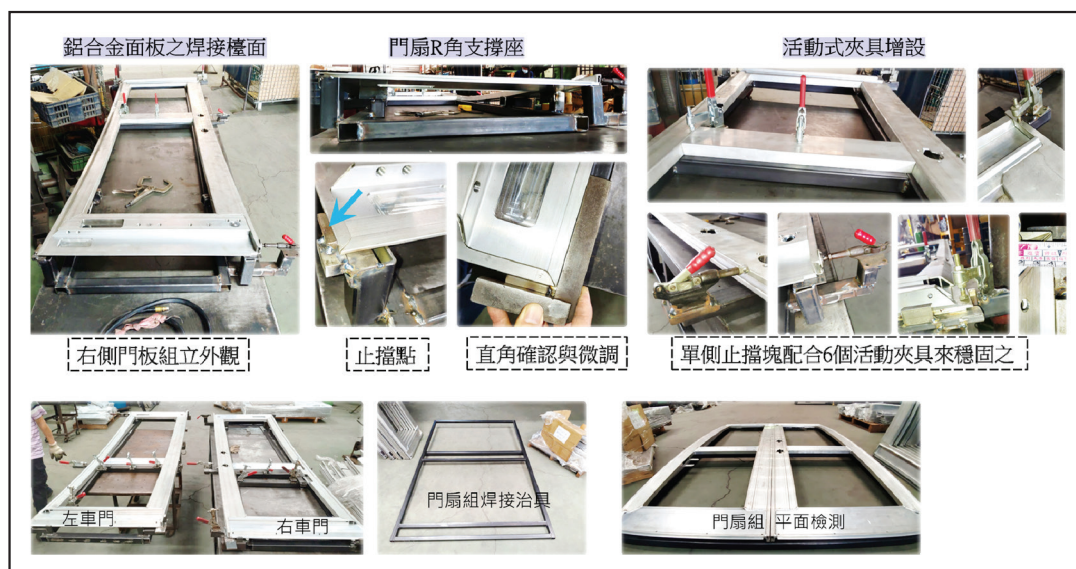


圖 29 鋁擠門框設計說明圖

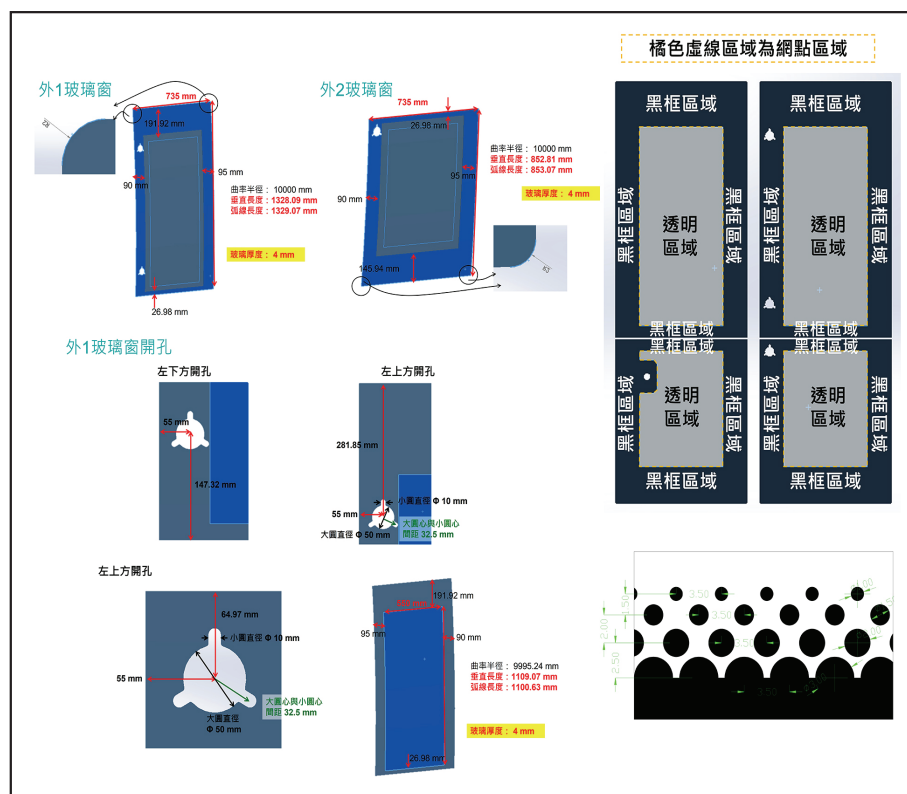


圖 30 玻璃製成設計說明圖

之，並且全面性以防蝕塗料進行刷塗保護，以利達到C5等級。如圖 29

### 3. 玻璃製程

採用三層膠合強化玻璃，3+4 mm厚度設計之下以膠合方式製作。端角採圓角修邊，聲響裝置與按鈕孔以水刀與研磨處理。除了灰色色料的膠合層之外，門扇開口四周以黑色網點塗裝，取得美觀與散熱優點。如圖 30

### 4. 膠條設計

選用EPDM材質，閉合膠條採用較低硬

度shore A60，方能鑲嵌防夾感測條，而防塵防水部分以較高硬度shore A70為主。門扇端角方面均採用L型膠條包覆之，根據不同部位採用不同的斷面結構，再透過膠著方式黏合。防夾感測條設計在閉合膠條一側，對於壓力感測方面較有高的靈敏度，有效的力量傳遞可獲得較佳的安全係數。如圖 31

### 5. 門體加工打樣。如圖 32

### 6. 門扇測試

將打樣結果進行測試驗證與特性分析，



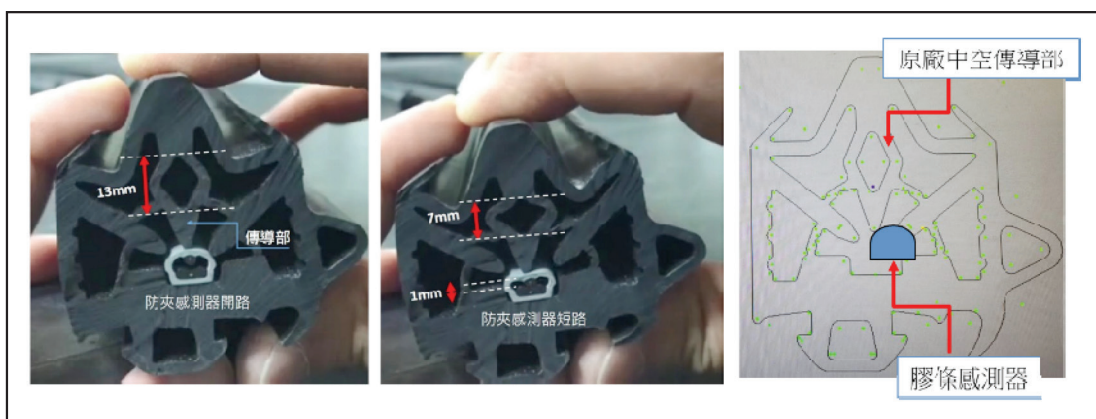


圖 31 膠條設計說明圖

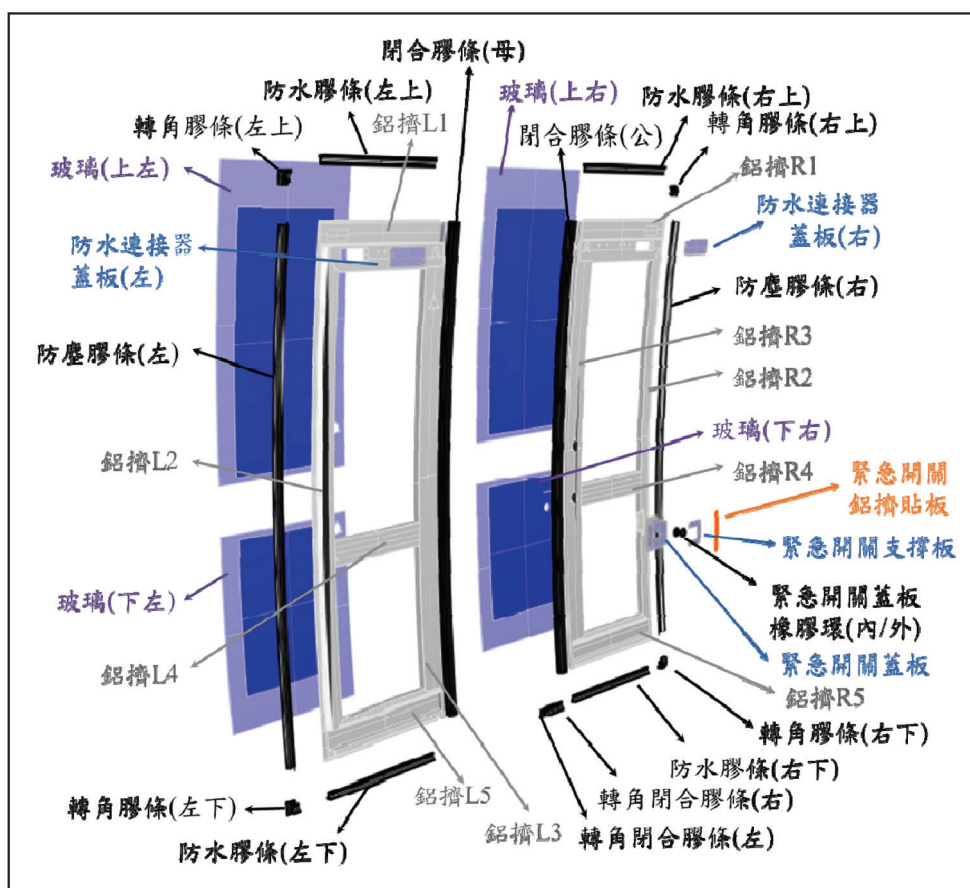


圖 32 門體之諸零組件構成組合圖示

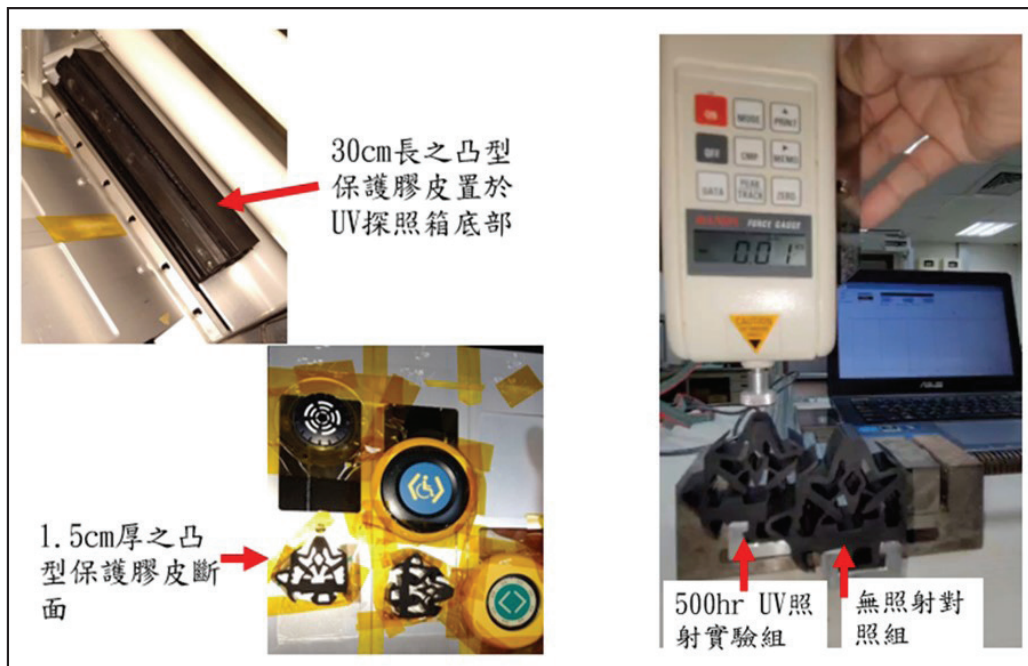


圖 33 膠條老化測試圖

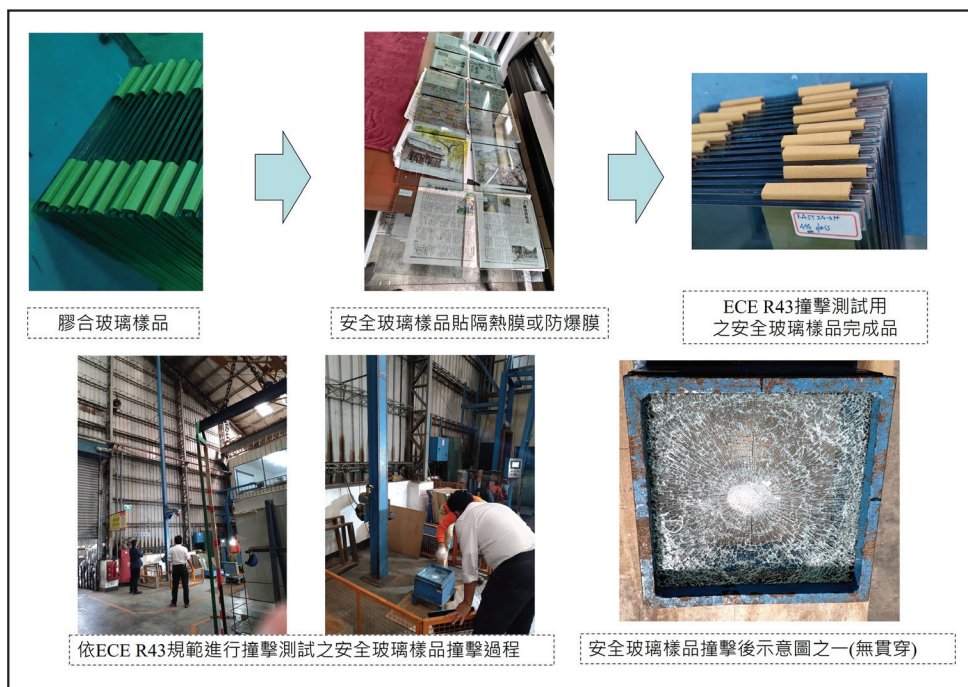


圖 34 玻璃撞擊測試圖

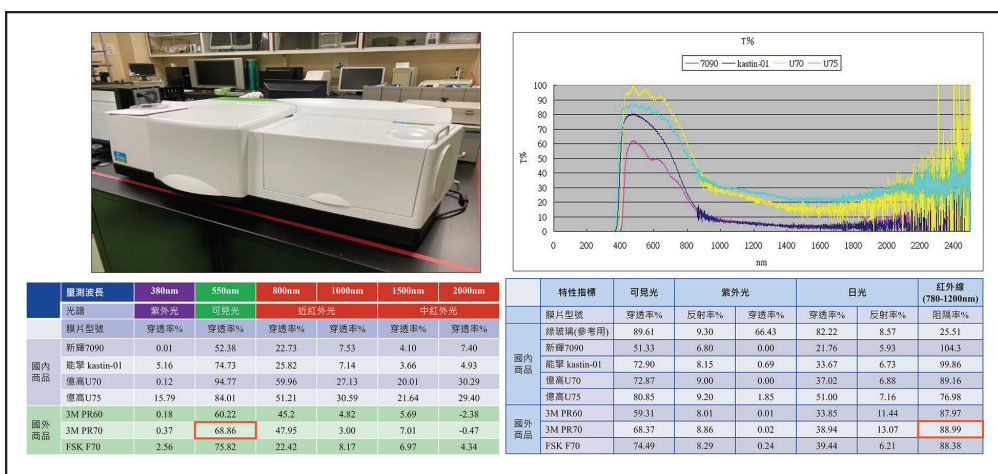


圖 35 玻璃隔熱測試圖

包括：

- (1) 完成膠條老化測試，以永久壓縮變形與UV照射處理來評估使用壽命。如圖 33
- (2) 完成玻璃撞擊測試，參照CNS1183 或 ANSI Z26.1 或 ECE R43進行之，由待測品外觀破壞情況、碎片散落量來評價玻璃差異。如圖 34
- (3) 完成玻璃隔熱測試，評價車門玻璃的太陽輻射熱之遮蔽效果，須能阻斷50~70%的太陽輻射熱並且保有60%可見光穿透度。如圖 35

## 7. 門體製造組裝

- (1) 流程說明：完成測試驗證之零配件進行組合，膠著玻璃與鋁合金面板à機械鉚合膠條à鎖附板螺絲à防夾感測條。
- (2) 組合已經完成測試驗證的零配件。
  - ▶ 將玻璃與鋁合金面板以膠著的方式黏合固定

- ▶ 玻璃封邊膠條和閉合膠條透過機械鉚接的方式來嵌入玻璃與鋁合金面板之間。
- ▶ 使用5顆M8螺絲固定鎖附板，並使用2顆M6螺絲進行微調，以調整門扇上下左右的位置。
- (3) 防夾感測條先鑲嵌於閉合膠條(公)內，再嵌入鋁合金面板。如圖 36

## 8. 門體原型驗證

- (1) 對已完成組裝的車門門體原型獨立測試，並在安裝所有零部件後，檢查其累積公差是否超出原設計規範。
- (2) 確認各個部位和零件在門扇上的功能性與適配性。
- (3) 完成之車門門體原型安裝上淡海門機進行獨立測試，安裝後確定無干涉，開關門順暢不卡頓。



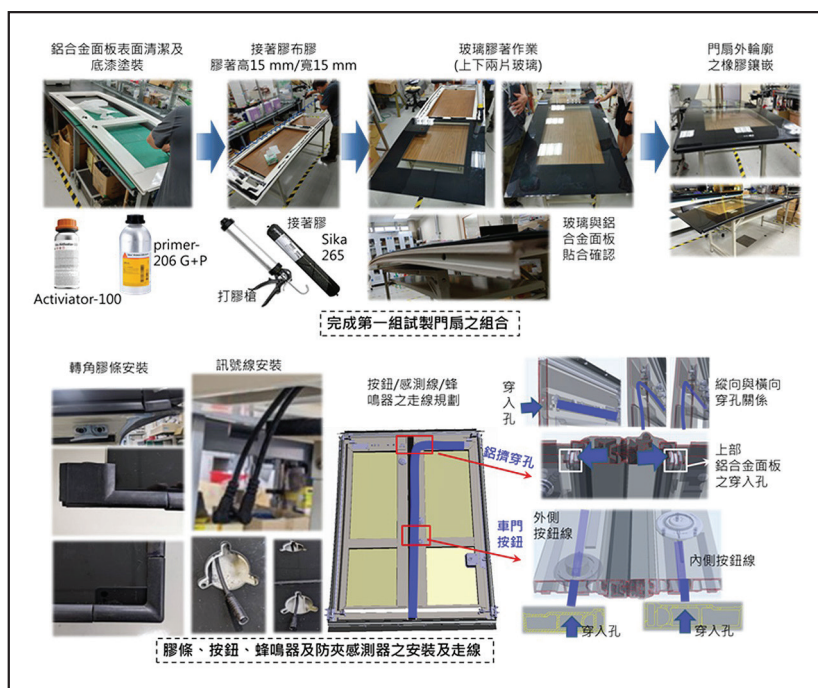


圖 36 門體組裝示意圖

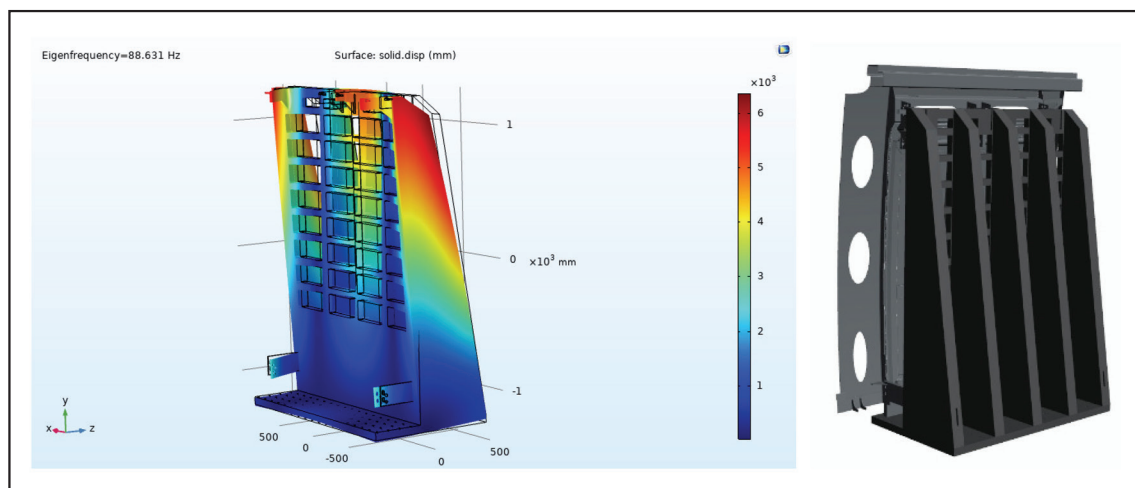


圖 37 震動衝擊測試治具設計圖

#### (四) 車門系統測試作業

完成涵蓋本開發案所有車門測試項目之測試程序規劃文件，做為後續車門測試執行規範文件的基礎，已完成：

## 1. 車門測試程序規劃文件



圖 38 乘客支撐力測試治具設計圖及完成品

- ▶ 低溫啟動測試EN 50155
- ▶ 輕軌車門型式測試程序書-機械性能
- ▶ 輕軌車門型式測試程序書-車門控制
- ▶ 輕軌車門型式測試程序書-緊急操作
- ▶ 輕軌車門型式測試程序書-特殊工程
- ▶ 車門原型首件檢驗程序書
- ▶ 車門百萬次開關週期測試程序規劃書
- ▶ 車門十萬次障礙物偵測測試程序規劃書
- ▶ 車門靜態功能安全驗證工作書
- ▶ 車門動態功能安全驗證工作書

## 2. 車門測試治具設計

- (1) 需要明確定義各測試項目與相應測試設備之間的界面規範與規格。
- (2) 需要為不同的測試項目和其測試環境設施設計特定的車門測試治具。
- (3) 訪查各測試執行單位，調查車門測試設備，溝通測試手法、受測車門安裝方式，釐清各測試項目車門與測試設備間

的介面規格，完成測試治具需求調查。

- (4) 針對不同測試項目及其測試環境設施設計專用車門測試治具，目前已完成部分機械力測試治具初步設計：

- ▶ 振動衝擊測試治具設計，如圖 37
- ▶ 乘客支撐力測試治具設計設計，如圖 38
- ▶ 車門傾覆力測試治具設計，如圖 39

## 3. 車門通用測試台設備開發

- (1) 完成可模擬列車信號且可符合EN14752測試規範之車門通用測試台原型機，包括測台電控系統、車門支撐機構、障礙物模擬機構。

- ▶ 測台電控系統原型機，如圖40
- ▶ 車門支撐機構原型機，如圖41
- ▶ 障礙物模擬機構原型機，如圖42

- (2) 完成車門診斷及列車信號模擬系統軟體開發，包括以下功能：

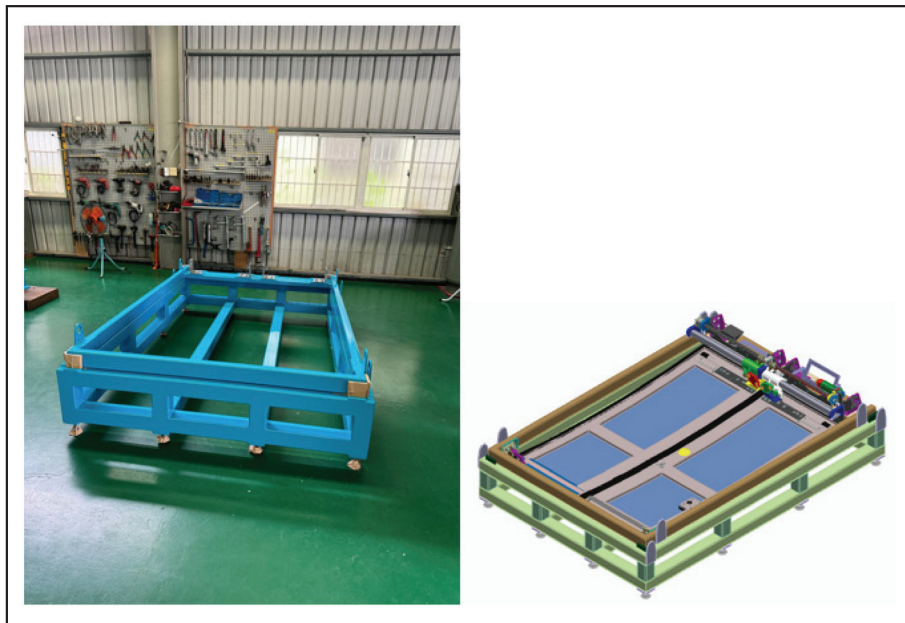


圖 39 車門傾覆力測試治具設計圖及成品



圖 40 測台電控系統原型機





圖 41 車門支撐機構原型機

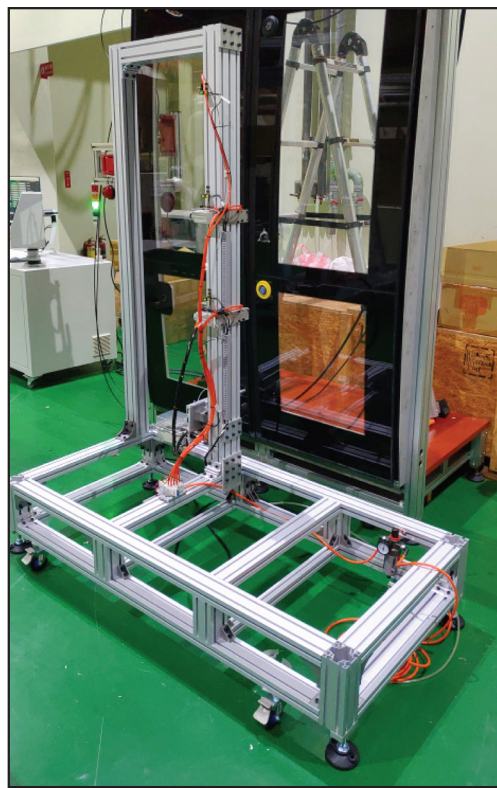


圖 42 障礙物模擬機構原型機



圖 43 軟硬體成功整合結果



- ▶ 測台系統狀態監視
- ▶ 車門控制器狀態監視
- ▶ 列車情境模擬導引測試
- ▶ 列車司機面板監控模擬
- ▶ 連續開關門測試
- ▶ 連續障礙物偵測測試

(3) 完成測試台與淡海車門連線軟硬體整合系統運轉測試。如圖43

#### 4. 車門測試執行規範文件前置作業

- (1) 針對車門測試項目，比對他案車門測試內容，檢討修正測試執行規範文件，持續進行中，已修訂乘客支撐垂直力施力位置等測試內容，完成輕軌車門型式測試程序書-機械性能文件修訂進版。
- (2) 持續檢討所有車門測試項目之測試程序規劃文件，與執行單位確認測試手法，補充測試執行細節資訊，預定於第三年度進行所有車門測試執行規範。

### 五、車門系統製造生產

#### (一) 車門系統製造生產規劃

車門系統製造生產規劃之工作目標一共分為以下四點：

##### 1. 組建車門系統生產製造團隊

- (1) 尋求具有鐵道車門產品組裝生產經驗且有承接車門技術未來產品化意願之業者，協助本開發之車門系統生產組裝製造。

- (2) 選擇國內具有品質口碑能力的廠商為本開發案之零組件供應商。

##### 2. 盤點車門零組件材料建立 BOM

- (1) 盤點車門各模組零組件。
- (2) 建立車門零組件材料表。

##### 3. 建立車門零組件供應鏈

- (1) 建立國產客製化加工件供應鏈。
- (2) 建立國外市購件供應鏈。

##### 4. 生產組裝及品保規劃

- (1) 建立品質管理人員組織。
- (2) 訂定車門各次系統製造要領。
- (3) 建立車門各次系統組裝流程及品質管理標準。
- (4) 建立車門進料及製造檢驗程序。
- (5) 建立車門系統運轉測試檢測程序。

#### (二) 車門系統製造生產規畫執行狀況

##### 1. 組建車門系統生產製造團隊

- (1) 由具有鐵道車門產品組裝生產經驗的量產承接廠商，將協助本車門系統之生產製造工作，透過建立車門自主化生產技術，充分掌握生產供應鏈有效降低成本，並能穩定維持生產品質，最終能完成樣品試產及小批量生產能量建置。
- (2) 透過訪廠、詢價、比價、試樣等手法選擇國內具有品質口碑能力的廠商為本開發案之零組件供應商，並嘗試採用國產



替代品，將陸續評估馬達、導螺桿、電磁離合器等關鍵零組件。

## 2. 盤點車門零組件材料建立 BOM

- (1) 依據車門系統硬體型態清單，完成車門各模組零組件盤點。
- (2) 建立車門零組件材料表，列於車門相關品保與型態管理文件之附件。

## 3. 建立車門零組件供應鏈

- (1) 依據車門系統硬體型態清單，盤點車門加工件，建立國產客製化加工件供應鏈。
- (2) 依據車門系統硬體型態清單，盤點車門標準市購件，透過訪廠、詢價、比價、試樣等手法選擇具有品質口碑能力的廠商為市購件供應商，建立市購件供應鏈。
- (3) 依據車門系統硬體型態清單，盤點車門半成品次系統，透過深入訪廠、試樣等手法，與半成品供應商共同建立上下游供應鏈，包括玻璃加工廠、鋁門框加工廠等。

## 4. 生產組裝及品保規劃

- (1) 與量產承接廠商共同建立車門生產品質管理人員組織。
- (2) 與量產承接廠商技術人員共同討論，訂定車門各次系統製造要領。
- (3) 與量產承接廠商品保人員共同討論，建立車門各次系統組裝流程及品質管理

標準。

- (4) 與量產承接廠商品保人員共同討論，建立車門進料及製造檢驗程序。
- (5) 與量產承接廠商品保人員共同討論，建立車門系統運轉測試檢測程序。
- (6) 以上成果皆列於本開發案產出之車門相關品保與型態管理文件。