



中國工程師學會會刊

中華民國113年9月 Vol.97 No.3

<http://www.cie.org.tw>

ISSN:1015-0773

工程

- ▶ 中國工程師學會暨各專門工程學會113年聯合年會圓滿順利成功『工程領航 智造永續』
- ▶ 賴總統清德接見並嘉勉本學會113年得獎人
- ▶ 鐵道國產化政策及重要成果
- ▶ 輕軌號誌通用型聯鎖控制軟體開發實務
- ▶ 輕軌車輛轉向架國產化開發
- ▶ 鐵道車輛車門研發
- ▶ 平交道遮斷機國產化推動成果



鐵道產業國產化 之發展與挑戰



夢想和幸福

零距離的接軌

技術必須經得起考驗，專業來自於永不妥協的堅持，
夢想的城堡、幸福的家園，就座落在不遠的前方，
台灣世曦和您一起攜手而行，用築夢的心、關懷的情，
戮力建設出每一項希望的工程。



Creativity · Excellence · Conservation · Integrity



台灣世曦
工程顧問股份有限公司

台北市11491內湖區陽光街323號
Tel:(02) 8797 3567 Fax:(02) 8797 3568
<http://www.ceci.com.tw> E-mail:pr@ceci.com.tw



鐵道產業國產化之發展與挑戰

鐵道運輸設施是重要的基礎建設，惟我國鐵道系統多依賴國外產品與技術的支援。因此整合國內鐵道產業技術、投入建設，一直是政府努力的目標。本專題收錄5篇專業報導，其中由鐵道局說明鐵道產業國產化推動方向，包括完善法規標準、提升關鍵技術自主能力、優化招/投標機制及建立檢測能力；另，透過研究單位分享號誌通用型聯鎖控制軟體、車輛轉向架及車門等3項輕軌產品研發經驗；國營台鐵公司以招標策略引入國內廠商研發平交道遮斷機並完成上線等。相關內容與鐵道局推動方向作了印證，期供鐵道同業、愛好者了解與支持，引領產、官、學、研共同投入，以逐步建立產業自主性。

活動報導

- 02 中國工程師學會暨各專門工程學會113年聯合年會圓滿順利成功『工程領航 智造永續』
- 05 賴總統清德接見並嘉勉本學會113年得獎人
- 08 女性科技領導力圓桌論壇
- 10 本學會與台灣地球觀測學會簽訂合作協議
- 12 本學會與國際專案管理學會台灣分會簽訂合作協議
- 15 赴印度出席國際工程聯盟年會IEAM 2024

鐵道產業國產化之發展與挑戰-專輯序言

客座主編：王子安 / 台灣世曦工程顧問股份有限公司
系統及機電事業群副總經理

- 21 鐵道國產化政策及重要成果 / 楊正君、簡憲章、張祚昌
- 34 輕軌號誌通用型聯鎖控制軟體開發實務 / 商築新
- 40 輕軌車輛轉向架國產化開發 / 陳勇全、李開熙、張奕信
- 52 鐵道車輛車門研發 / 林福明、陳星壁、簡士翔、林宇洲、邱建齊、許人權、劉俊佑、徐鏗鏗、黃至聖、徐佩茹、彭亦甄
- 85 平交道遮斷機國產化推動成果 / 吳松儒、蔡文遠、張旭德、林育賢、陳俊傑

理 事 長：楊正宏

常務理事：李順欽 胡湘麟 陳仲賢 楊宗興
鄭光遠 賴建信

理 事：王宇睿 王錫福 伍勝園 江秀丹
余信遠 宋裕祺 李政安 李偉賢
周永暉 林聰利 莫仁維 許泰文
許鈺漳 陳守道 陳哲生 陳國隆
黃維焄 楊正君 楊慶煜 廖學瑞

常務監事：施義芳

監 事：高宗正 陳玫英 歐善惠 蘇玫心

秘 書 長：蔡榮禎

發 行 所：中國工程師學會出版委員會

主任委員：黃炳勳

委 員：方振仁 王子安 王宇睿 余信遠
林建華 洪文玲 徐 強 張人懿
莫仁維 陳守道 陳哲生 劉國慶
賴建信

總 編 輯：張鈺輝

客座主編：王子安

編 輯：李宥萱 李綺馨 林秀琴 袁雅玲
梁愛倫 許舜雅 蔣雪芬

聯絡地址：114710 臺北市內湖區陽光街323號

電 話：(02)8797-3567轉8215、8234

傳 真：(02)8797-4585

會 址：100026 臺北市仁愛路二段1號3樓

電 話：(02)2392-5128

傳 真：(02)2397-3003

網 址：<http://www.cie.org.tw>

郵政劃撥：00059892

戶 名：社團法人中國工程師學會

編 印：英杰企業有限公司

地 址：106411 臺北市大安區復興南路二段
293-3號10樓之1

電 話：(02)2732-1234

行政院新聞處出版事業登記證局版臺誌0765號
中華郵政臺北誌字第721號執照登記為雜誌交寄
入會申請手續請上本會網站查詢



中國工程師學會暨各專門工程學會 113年聯合年會圓滿順利成功

『工程領航 智造永續』

「中國工程師學會暨各專門工程學會113年聯合年會及慶祝工程師節大會」於6月6日假台北茹曦酒店2樓宴會廳舉行。蕭美琴副總統、交通部李孟諺部長、外交部林佳龍部長應邀出席，致詞表達祝賀與期勉。大會由中國工程師學會楊正宏理事長主持，計有貴賓、學者、專家、會員共五百多位共襄盛舉。

本次年會敦聘中鼎楊宗興董事長擔任主任委員。中鼎是「臺灣第一、全球百大」的國際統包工程集團，因應近年全球數位及綠色轉型趨勢，自許為「地球永續的把關者」，期能攜手工程業一起邁向智慧永續。鑑此，本次年會特以「工程領航 智造永續」為主題，展現工程界對環境保護、社會責任和公司治理的重視，並期呼應「前瞻未來 智慧永續」的政策目標，推動臺灣成為「人工智慧之島」、落實「2050淨零轉型」，致力以工程專業提升臺灣總體競爭力。

活動由台南應用科技大學表演舞蹈揭開序幕。主席楊正宏理事長致詞表示，中國工

程師學會成立至今已屆113年，在工程界前輩、歷任理事長的貢獻及領導下，不斷邁向新里程。為配合政府推動新南向政策，也與東協、南亞等民間學術團體進行交流互訪，提升臺灣在國際工程領域的能見度。近年中工會舉辦相當多活動，會員都非常踴躍參與，希望未來繼續給予學會支持，並感謝籌備委員會與中鼎同仁的大力協助，使本次年會順利召開。

今年大會特別邀請蕭美琴副總統親自頒發會士證書及本學會最高榮譽的「工程獎章」，並循例由楊理事長頒發其餘各得獎人獎章和獎牌。其中，工程獎章得獎人為國立臺北科技大學土木工程系特聘教授宋裕祺先生，宋先生具備產官學研全方位經驗，於112年榮獲教育部第6屆國家產學大師獎及遴選為本學會「會士」，並曾獲本學會「優秀青年工程師」、「傑出工程教授」及多個學會的年度論文獎。

此外，年會於6月7日安排工程建設參觀

活動，分別安排台北線參訪長興淨水場、淡江大橋願景館等建設；台南線參訪沙崙智慧綠能科學城、南科再生水等建設。行程結合工程建設、智慧永續及優質生活，為年會活動更添豐富精彩。

中國工程師學會每年透過聯合年會的舉

辦，結合國內32個不同領域專門工程學會的優秀人才及各產業會員，一同回顧過去一年的努力和成果，並給予國內優秀的工程人才表彰及鼓勵；更期許工程界能持續秉持對社會的責任，竭盡所能貢獻智慧和心力，不斷精進工程技術和實力，一同為臺灣的建設及經濟發展貢獻心力。



▲ 蕭美琴副總統蒞臨 113 年會致詞並頒獎



▲ 外交部林佳龍部長蒞會致詞



▲ 交通部李孟諺部長蒞會致詞



▲ 楊正宏理事長致詞



▲ 楊宗興主委進行籌備工作報告



▲ 蕭美琴副總統頒贈工程獎章予宋裕祺特聘教授



▲ 蕭美琴副總統 (中) 與楊正宏理事長 (右二) 與 113 年度會士合影



▲ 楊正宏理事長 (右五) 與 113 年度傑出工程教授合影

賴總統清德接見並嘉勉 本學會113年得獎人

113年6月6日上午賴總統於總統府接見中工會113年各項得獎人，並於一樓大廳與全體合影。

賴總統致詞時表示，很高興能夠和中工會113年度重要獎項得獎先進們見面，各位得獎人能夠在激烈的競爭中脫穎而出，非常的不容易。因此特別向獲得113年度「會士」、「工程獎章」、「傑出工程教授」、「傑出工程師」、「優秀青年工程師」、「詹天佑論文」及「產學合作績優單位」各類組得獎者，表達崇高的敬意與歡迎。

總統表示，新政府的目標是要打造智慧永續新臺灣，創造臺灣第二次經濟奇蹟；也會善用臺灣優勢，促成AI產業化、產業AI化，推動臺灣成為「人工智慧島」，引領臺灣在AI新時代的發展，繼續壯大國力，造福人民。期盼所有得獎人持續貢獻專業、提供寶貴意見，繼續與政府一起打拚，共同促進國家進步和繁榮。

總統指出，各位得獎人來自產官學研，涵蓋土木、資通訊、機械、海洋、生醫等各

領域，每一位都有卓越成就，是工程人員最佳表率。像兩位新任會士—臺灣海洋大學許泰文校長及中興大學蔡清標終身特聘教授，在離岸風電、海洋工程等領域的研究，表現非常傑出，都曾經獲得美國史丹佛大學列入「全球前2%頂尖科學家」榜單，是「臺灣之光」。未來，臺灣不僅要發揮海洋國家優勢，持續探索海洋，也要競逐太空，發展中低軌道衛星，進軍全球太空產業。同時讓臺灣在未來世界有強大競爭力，占有關鍵地位。因此，不論是量子電腦、機器人或精準醫療等各領域的前瞻科技，都要積極投入，帶動整體國家發展。

總統感謝本學會積極推動工程產業輸出，讓臺灣與世界接軌，透過國際交流合作，推動臺灣高科技發展。下午舉辦的年會也響應政府2050淨零轉型發展政策，將主題設為「工程領航·智造永續」，用行動協助臺灣產業發展，也相信所有得獎人會持續貢獻專業、提供寶貴意見，並祝福大家未來在各專業領域的耕耘，獲得豐碩成果。

楊理事長接著引言，感謝總統於百忙中



特別撥冗接見本學會113年度各獎項得獎人，這是各得獎人榮耀的一刻，也是本學會持續努力，協助促進國家進步的動能。工程獎章得主宋裕祺特聘教授致詞，施義芳常務監事接受總統贈禮，楊理事長致贈總統紀念品。

本次得獎人發言踴躍，分別就各自專業領域，對我國公共建設、教育、人才培養、等發展現況及政策，提出許多的建言，總統非常認真聆聽回覆，並請府方人員後續持續追蹤瞭解，並轉達相關部會研議。



▲ 賴清德總統致詞



▲ 楊正宏理事長引言



▲ 113 年工程獎章得獎人宋裕祺特聘教授代表致詞



▲ 施義芳常務監事代表接受總統贈禮



▲ 楊正宏理事長代表回贈總統紀念品



▲ 全體與會人員合影

女性科技領導力圓桌論壇

本學會女性工程師委員會與義守大學醫學科技學院於6月21-22日假義守大學共同舉辦「女性科技領導力圓桌論壇」，由義守大學醫學科技學院院長江青芬主持籌劃，目的為學術界女性高階主管創造交流與對話的平台，設定約15人之閉門互動，來自北中南之公私立大學現任與卸任女性主管，包括副校長、教務長、學務長、研發長、院長、系主任等，充分交流行政與教研心得、工作與生活平衡之道。

第一天由女委會薛文珍主委引言「從創新變革案例看女性在永續發展的角色」，談中工會如何策略性切入性別議題、掌握關鍵，從零開始推動UN SDGs之性別平等，並以國際科技研發與應用之變革案例，說明一個與眾不同的觀點如何創造機會與未來。

接著由義守大學副校長沈季燕、中山大學副校長蔡秀芬、高雄大學前副校長袁菁、屏東大學前副校長林曉雯、薛文珍主委(臺藝大前副校長)，共同與談「校園STEM教育面面觀」，分享各大學在STEM領域的執行面向與經驗，以及大學女性教師遇到的問題及可能的解決之道。

義守大學餐飲系師生特別安排了一場精緻而色香味俱全的午宴，為活動拉開溫馨與輕鬆的序幕。與會者更參觀科技示範場域：元宇宙科技藝術設計中心、影視LED攝影棚、VR體驗、智慧科技創新中心、智慧機械實習工廠等，體驗義守大學的教研實力。

第二天的圓桌論壇針對三個議題討論：

1. 資源：政府與大學對女性從事科研的支持措施與待改善之處。
2. 夥伴：推動 STEM 遭遇的挑戰——異同借鏡與對策，疑問與情境求解。
3. 人才：由被領導而領導；心態與行為；Mentoring/Partnering。



▲ 薛文珍主委引言



▲ 各位與談人



▲ 參觀科技示範場域



▲ 與會貴賓合影



本學會與台灣地球觀測學會簽訂合作協議

113年7月12日本學會與台灣地球觀測學會假本學會會議室簽訂合作協議，由楊正宏理事長與台灣地球觀測學會柳文成理事長分別代表簽署。

楊理事長表示，台灣地球觀測學會成立僅14年，已經發展為國內推動地球系統觀測資訊整合技術的重要學會組織。柳理事長現任國立聯合大學土木與工程防災學系特聘教授兼副校長，同時也是我們中工會台中分會本屆的理事長，專業知識相當豐富且深具領導力。台中分會的各項會務活動在柳理事長的熱心推動之下，為會員朋友主辦、協辦了多場精彩的研討會，頗受好評，也網羅了許多優秀的工程人才加入中工會這個大家庭。台灣地球觀測學會在柳理事長的卓越領導之下，會務活動也持續的蓬勃發展。

柳理事長續於致詞時表示，為因應防災減災與氣候變遷，結合了學術界共同成立「台灣地球觀測學會」，就相關議題提供良策溝通平台。為與地球觀測組織接軌，目前每年都在各公私立大學舉辦「地球觀測及社會衝擊國際研討會ICEO & SI」，並特別鼓勵年輕工程師參加建立國際網絡學習新知。今天與中工會簽署合作協議，具有相當重要的意義，未來，也將持續與不同領域的學會合作交流，擴大學會的角色及功能。

本學會包括王宇睿主任委員、李順欽常務理事、余信遠理事、蔡榮禎秘書長、台灣地球觀測學會黃偉哲秘書長及陳芳凌秘書，均在場觀禮見證。本學會目前已與33個專門工程學會訂有合作協議。



▲ 楊正宏理事長致詞



▲ 楊正宏理事長與柳文成理事長交換合作協議書



▲ 與會貴賓合影



▲ 全體與會人員合影



本學會與國際專案管理學會台灣分會 簽訂合作協議

本學會於113年7月23日（星期二）假本學會會議室與國際專案管理學會台灣分會（以下簡稱PMI-TW）簽訂合作協議。該學會成為第34個與本學會建立正式合作關係的學會，未來將與本學會合作共同舉辦聯合年會、研討會及推動各項工程學術研究之活動等，以齊力推展我國工程技術之提昇。

簽約儀式由本學會蔡榮禎秘書長主持，楊正宏理事長與PMI-TW高治中理事長分別代表兩會簽署了合作協議，本學會李順欽常務理事、蔡榮禎秘書長及PMI-TW林佳蓉副秘書長均在場觀禮見證。

楊理事長於致詞時首先表示很高興可以與PMI-TW能有更多的交流機會，並說明過去幾年我們兩會都固定合作舉辦專案管理相關的研討會，每次都廣獲好評，就在今年6月14日合作在台科大共同舉辦「第23屆公共工程金質獎專案管理得獎專案分享研討會」，約120多人出席與會，反應相當熱烈。因此中工會特地邀請PMI-TW與中工會結盟簽署合作協議，擴大各領域專門工程學會間的交流，進一步促進更多跨界技術應用與價值創新。

高理事長表示，國際專案管理學會PMI，於1969年在美國賓州成立，致力推動專案管理知識體之標準化與專業認證系統之建立，目前在200多個國家成立了300多個地區分會(Chapter)，擁有超過70萬個會員，協助約180萬人取得認證。

台灣分會於1999年成立，推廣國內專案管理專業知識體及提供國際專案管理師等相關專業認證與實務運用發展，目前已推動2萬多人取得認證，並獲總會頒贈全球第7的榮譽，對於國內專案管理專業領域發展貢獻卓著。高理事長表示，透過合作協議的簽署，對於強化彼此的會務推動經驗會有莫大的助益，相信兩會合作將可進一步推動PMI認證及技術有更快速的發展。



▲ 楊正宏理事長 (右) 致詞



▲ 楊正宏理事長與高治中理事長交換合作協議書



▲ 楊正宏理事長與高治中理事長交換會旗



▲ 兩會出席貴賓合影



▲ 楊正宏理事長(中)偕貴賓合影



赴印度出席國際工程聯盟 年會IEAM 2024

國際工程聯盟（International Engineering Alliance, IEA）年會（IEAM 2024）於6月9日至14日在印度新德里召開。中華台北亞太工程師暨國際工程師監督委員會主任委員王子安率領代表團，包括羅懷慶執行長、鐵摩爾組長及行政院公共工程委員會陳義昌簡任技正，在攝氏40度以上高溫的新德里市出席盛會，參與各項活動，並討論多項議案。今年的會議為期6天，共有來自45個工程組織的160餘位代表出席。

本學會的參與，使臺灣能夠在重要議題上表達立場，並與國際工程界積極互動，代表團也參加了亞太工程師協議（APECEA）和國際工程師協議（IPEA）的會員閉門會議，履行會員權利義務。

大會討論了攸關IEA未來走向的多項議題，包括IEA發展策略、畢業生核心能力及專業工程師能力標準更新版（GAPC V4）的推動與落實、專業工程師跨境流動及協議審查規則修訂等。特別是GAPC V4的討論，成為全球工程教育及產業界培養專業工程師的

重要指導，包含了聯合國永續發展目標、數位技術、跨界整合及溝通管理等新元素。

在行政院公共工程委員會的指導下，本學會代表我國參與IPEA及APECEA兩項協議，並辦理專業工程師國際認證事務。今年是本學會自入會以來第3度接受查核，結果獲得各會員國一致通過，支持我國延續兩項協議的正式會員資格（Authorized Member），並將資格再延長6年。

根據國際工程聯盟（IEA）憲章，會員每6年需接受來自其他會員的相互稽核。為此，本學會建立了定期內部稽核機制，在稽察組召集人呂良正博士及多位審查專家的協助下，順利完成各項準備工作。國際審查團成員包括來自美國NCEES、日本IPEJ、南非ECSA、澳洲EA四個工程組織的專家，他們對本學會的評審作業流程表示肯定。

國際工程聯盟（IEA）是一個全球性的工程機構聯盟，由3個國際工程教育協定及4個國際工程人員協議組成。我國工程教育相



關事宜由中華工程教育學會（IEET）代表參加，工程師資格認證則由本學會代表參加。本學會積極參與IEA的各項事務，推動工程

產業國際化及工程師國際認證，有助於我國專業技師與各國互動流通順暢。



▲ 本學會代表團成員



▲ 與各國代表交流



▲ 鐵摩爾組長報告 WG3 工作小組成果



▲ 全體出席代表合影



鐵道產業國產化之發展與挑戰 - 專輯序言

台灣世曦工程顧問股份有限公司系統及機電事業群副總經理 / 王子安

鐵道運輸是政府亦積極推動之重要基礎建設，因鐵道運輸能有效滿足大眾的出行需求與帶動區域經濟發展。惟國內鐵道系統大多依賴國外廠商之產品與技術支援，國內企業自主能力相對薄弱。而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，培育國內企業走向全球市場，一直是政府努力的目標。

由於國內鐵道工業市場規模較小，推動鐵道產業國產化需要從多個面向著手，包括完善法規標準、提升關鍵技術自主能力、優化招/投標機制，以及建立標準規範和檢測能力等。只有通過系統性的努力，才能夠真正實現鐵道產業的自主發展，為國內經濟社會的長遠發展注入新的動力。本次專題邀請鐵道局說明鐵道產業國產化推動方向，並請產品研究單位分享其作法與經驗，期供鐵道同業、愛好者了解與支持，引領產、官、學、研共同投入與發展。

第一篇專題是鐵道局楊正君局長等人編撰「鐵道國產化政策及重要成果」。鐵道機電各系統間技術差異大且須相容整合，雖然國際間對於鐵道系統設備之檢測標準，已訂有IEC、ISO、IRS、EN等規範，但國內缺少鐵道類國家標準供依循，也缺乏相關檢測驗證機構，無形之間成為一道門檻。另，我國為WTO會員國，並簽署政府採購協定（GPA）後，不得於採購案中要求得標廠商採購國內貨品比率或進行技術移轉等措施。交通部、經濟部與工程會等單位共同成立跨部會「軌道產業推動會報」，盤點鐵道採購需求及規格、投入技術研發資源及制定國家標準，設定「推動鐵道國車國造及機電系統國產化，帶動鐵道技術及關聯產業發展」、「提升國內廠商參與鐵道建設及維修市場之機會與意願」等發展策略。包含成立財團法人鐵道技術研究及驗證中心、辦理關鍵技術研發計畫、解決廠商參標問題，以整合擴大市場規模與採購需求等方案。期許未來鐵道



產業能達成立足國內市場並輸出海外之最終目標。

第二篇為中冠資訊公司商策新助理副總經理所撰「輕軌號誌通用型聯鎖控制軟體開發實務」專題。依商副總多年於產業界實務經驗，認為國內鐵道技術開發應將主力放在核心技術。至於重要性低、價格低的子系統則可多方詢商，擇優選商。唯有掌握核心技術及提升整合能力，才能更有效地建立國產化鐵道技術能量。軌道號誌聯鎖系統為鐵道系統機電之重要核心技術，硬體部分採商用市售產品，軟體部分則依歐盟標準，並開發連鎖通用性應用GA(General Application)邏輯控制程式。應用程式透過搭配每一場域專屬之配置檔案(Configuration File)，依場域內號誌種類、數量、特性、功能、連鎖邏輯等彙整成配置檔案，而連鎖控制器則以連鎖通用性應用程式參考配置檔案內容運行，無須每一場域開發場域專屬軟體。本軟體開發實務專題成果，可作為持續發展落地應用之基礎。

第三篇為屏東科技大學陳勇全教授等人所撰「輕軌車輛轉向架國產化開發」專題。國內軌道車輛轉向架均由國外進口，國內業者尚無設計分析能力。配合鐵道局國產化目

標，先投入輕軌轉向架框的結構設計，設計成果須符合車輛每年行駛80,000公里、連續使用至少25年、並確保生命週期內穩定可靠。本研究參考各大廠商主流作法，應用電腦輔助工程分析軟體以有限元素法進行結構強度分析。設計初始先建立轉向架結構模型並進行拓樸最佳化分析，取得轉向架框大致的材料分佈後，以結構的強度及重量為目標，進行參數最佳化分析。設計成果再以有限元素法進行模擬驗證，參照歐盟標準EN 13749，針對轉向架框結構於模擬時應滿足之條件及各負載計算公式，皆符合所訂標準及目標，其中包括特殊負載強度、疲勞循環負載壽命、軌道不平整疲勞壽命等分析結果。

第四篇為工研院林福明主任等人所撰「鐵道車輛車門研發」專題，因應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。國外系統商掌控車輛整合技術，導致維修過程面臨諸多困難。建立車門技術國產化以是達成「國車國造」重要項目。本案參考淡海輕軌技術所訂定的研發需求說明書，採「雙扇外開電動滑塞式車門」開發方案，包括車門機構、車門門體結構和車門控制器，開發出與淡海輕軌車門系統相容的國產化車門系統，設計符合EN 14752等國際標準規範。另開發過程以RAMS系統保



證活動為主軸，依據EN50126生命週期各階段目標，過程並須通過第三方安全評估獨立機構(ISA)審查。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，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之規劃。

最後一篇為台灣世曦顧問吳松儒副理與至鴻科技張旭德協理等人共同編撰「平交道遮斷機國產化」，平交道是鐵路運輸中相當危險的節點，遮斷機雖是一個相對簡單之產品，但透過採購策略設定，讓國內廠商有投入之意願及參與機會，包括強化維修功能、優化安裝設定及預防性保養等設計重點；訂定測試標準取代銷售實績；給予廠商合理開發期限及放寬參與資格。藉此機制，由國內廠商至鴻科技股份有限公司得標。產品研發將設備日後的運作、保養、維修、保固，納入整體開發設計考量，並通過獨立驗證之連續性測試，確保產品穩定可靠。為確保遮斷機與既有環境條件整合運作可靠，採分階段逐步導入，處理電源、抗干擾等改善，確認產品可於臺鐵現有運轉環境使用。期能供各界參卓，提升國內鐵道產業競爭力。



鐵道國產化政策及重要成果

交通部鐵道局局長 / 楊正君

交通部鐵道局機電技術組簡任正工程司 / 簡憲章

交通部鐵道局機電技術組正工程司 / 張祚昌

關鍵字：鐵道產業、交通科技產業政策白皮書、鐵道技術研究及驗證中心

摘要

鐵道建設多由政府出資辦理，為能將投入之建設經費轉換為國內之經濟產值並帶動產業升級，爰鐵道局依據交通部「2021交通科技產業政策白皮書」內容，推動鐵道產業發展。

綜觀整體產業政策，對於產業之供給方，藉由政府補助研發關鍵系統設備，以厚植國內產業技術實力；對於產業之需求方，藉由營造有助國產化採購環境及釋出維修商機，吸引國內廠商參標，以擴大鐵道市場商機；同時推動檢測驗證制度並訂定國家標準，藉由第三方檢測驗證機構查驗產品合規性，確保營運安全。

最後，交通部成立財團法人鐵道技術研究及驗證中心，專責鐵道技術研發及提供檢

測驗證服務，協助政府落實產業政策。

壹、前言

鐵道運輸相較於其他交通運具，具有節能、減碳、低汙染等優點，符合全球淨零排放之發展趨勢，爰政府持續推動鐵路、捷運、輕軌路線，完善全國鐵道網建設，提供國人舒適便利之乘車環境。

依據「2021交通科技產業政策白皮書」揭示，國內興建中及規劃研究階段之鐵路、捷運及輕軌建設計畫，在未來10年商機達2兆元，但回顧過去經驗，鐵道建設初期多由外商承攬，因系統相容之故，後續路線延伸、車輛增購、系統重置、備品維修都須尋求原廠供應核心機電設備，導致鐵道全生命週期之整體建設成本居高不下。因此，如何在規劃鐵道建設之初同時推動核心機電系統國產



化，以降低營運成本、推動產業升級，並因應國內鐵道環境需求提供客製化服務等，將產值及技術根留臺灣，為目前重要課題。

貳、鐵道產業國產化面臨之挑戰

過去政府推動工業合作計畫，藉由鐵道車輛及重要機電設備採購，要求外商採購國內貨品比率或進行技術移轉以提升產業能量，但我國加入世界貿易組織（WTO）並簽署政府採購協定（GPA）後，中央機關及臺北市、高雄市政府自101年起，不得於採購案中要求得標廠商採購國內貨品比率或進行技術移轉等措施，導致國產化技術難以持續成長。

鐵道機電系統由車輛、供電、號誌、通訊、軌道、自動收費等所組成，各系統間技術差異大且須相容整合，雖然國際間對於鐵道系統設備之檢測標準，已訂有IEC、ISO、IRS、EN等規範，但國內缺少鐵道類國家標準供依循，也缺乏相關檢測驗證機構，無形之間成為一道門檻，讓無產製經驗及供應實績之國內廠商難以跨入鐵道產業。另國內缺少鐵道技術研究之專責機構，亦難以輔導廠商蓄積並提升技術能量。

為此，交通部與經濟部、工程會等單位共同成立跨部會「軌道產業推動會報」，對於盤點鐵道採購需求及規格、投入技術研發資源及制定國家標準、協調鐵道興建營運機

構納入國產化採購措施等議題，設定「推動鐵道國產化及機電系統國產化，帶動鐵道技術及關聯產業發展」、「提升國內廠商參與鐵道建設及維修市場之機會與意願」等發展策略，並進一步提出具體推動措施據以執行，期逐步掌握鐵道系統技術能量、擴大國內鐵道商機。

參、各項推動措施及辦理成果

一、推動鐵道技術研發

掌握系統關鍵技術是產業發展之基礎，爰鐵道局推動將「高速鐵路相關建設基金」轉型為「鐵道發展基金」，以挹注補助資源輔導鐵道產業發展，並藉由「交通部鐵道局鐵道產業發展補助作業要點」所定補助機制，評選研發團隊投入鐵道機電系統研發。在選定優先發展項目部分，經綜合評估國內產業技術能量、技術發展關鍵產品、技術層次及附加價值等因素，並考量國內於供電、通訊、軌道、自動收費等系統之國產化比例較高，爰最終選定車輛、號誌系統及所屬設備作為優先發展項目，並於跨部會「軌道產業推動會報」討論確認作為發展方向。

發展車輛系統之緣由，係因在鐵道核心機電系統採購金額中，車輛系統占比最重（以桃園機場捷運為例，占比約28%）。過往藉由工業合作計畫，國內已初步具有車體加工、內裝照明、充電系統、空調系統、牽



引馬達加工、轉向架加工組裝等技術能量，但因後續車輛採購多由外商供應並於國外產製，國內廠商難以進入其供應鏈，導致無法延續國產化經驗並持續精進。爰在推動集電弓、車門、轉向架等車輛關鍵設備國產化之餘，將推動鐵道車輛設計及整合自主技術提升計畫，期國內逐步掌握整車設計、制定車輛所屬設備規格、系統整合等技術能力，藉以相容國內產製設備，奠定國產化基礎。另列車控制及監視系統（TCMS）具有列車內部設備之功能控制、運作狀態資訊收集記錄與診斷、通信及操作管理等功能，對於整合列車機電設備及導入智慧鐵道至關重要，爰未來將優先推動鐵道車輛設計及整合、列車控制及監視系統等核心技術。

另號誌系統係以形、色、音、電訊等方式，指示列車在一定區域內運行，無論高速鐵路、一般鐵路、捷運或輕軌，皆須依賴號誌系統負責偵測軌道區間之淨空狀態，以利列車安全運行且有效率運轉，對於營運安全及穩定至關重要。目前國內鐵道號誌系統皆由外商供應，基於維護系統安全完整性因素，導致備品無法以同等品替代、軟體未開放、通訊介面無法突破，任何修改或擴充皆須由原廠執行。為能突破前述限制，爰選定輕軌號誌、轉轍器、計軸器等作為國產化優先發展項目。

鐵道局自110年起已陸續推動輕軌號誌系統、轉轍器系統、車門系統、轉向架系統、集電弓系統及計軸器系統等6項研發項目（詳

圖1），謹就相關辦理情形說明如下。

- （一）輕軌號誌系統：共分為2階段執行。第1階段研發期程為110年10月至111年9月，補助（團隊1）中冠資訊股份有限公司、高雄捷運股份有限公司及（團隊2）緯創資通股份有限公司等2個團隊，參考鐵道局軌道號誌系統國產化技術規範及國內輕軌系統指標案例，產出規劃設計階段技術文件。第2階段研發期程為112年8月至114年10月，補助（團隊1）中冠資訊股份有限公司、財團法人工業技術研究院及（團隊2）神通資訊科技股份有限公司等2個團隊，辦理聯鎖系統設計及原型開發，並符合相關系統安全性標準及取得 SIL 4 之安全證明文件，且藉由2家團隊所發展之系統互連驗證，展現國產化號誌系統之相容互通性，奠定發展其他鐵道號誌系統之基礎。
- （二）轉轍器系統：研發期程為110年11月至113年10月，補助國立高雄科技大學研發適用於標準軌軌距（1435 mm）工型軌及槽型軌軌道之電動轉轍器，可安裝於道碴及無道碴軌道環境，並取得轉轍器自主設計及整合能力，符合防水防塵 IP 67 等級及相關 IEC 標準（含環測、絕緣耐壓、電磁相容等），確保產品品質，並通過轉轍器百萬次耐久測試。
- （三）車門系統：研發期程為110年12月至114年2月，補助財團法人工業技術



圖 1 鐵道產業技術研發項目

研究院，設計符合 EN 14752 之車門系統，並採用中央驅動電動滑塞式車門型式，其車門結構設計、障礙物偵測要求、防火特性、車門控制器設計、功能安全軟體、RAMS 品質要求，應符合相關標準規定，並通過百萬次開 / 關週期測試，車門安全保護功能必須符合 SIL 2 等級。

- (四) 轉向架系統：研發期程為 111 年 7 月至 114 年 6 月，補助國立屏東科技大學、台灣國際造船股份有限公司、國立臺灣科技大學、高雄捷運股份有限公司、凱銳光電股份有限公司等 1 個團隊，以國內既有輕軌轉向架系統為參考系統，依據輕軌系統建設及車輛技術標準規範及

相關標準發展轉向架設計能力，完成轉向架框製造與測試，並組裝為功能完整之轉向架，其中轉向架框設計應符合 EN 13749，轉向架及走行裝置需求應符合 EN 15827，轉向架框及相關元件之銲接加工品質、設計製造需求、檢驗 / 測試與建檔。

- (五) 集電弓系統：研發期程為 111 年 9 月至 113 年 12 月，補助國立臺北科技大學、廣運機械工程股份有限公司等 1 個團隊，研發可使用於輕軌系統架空線供電區間（OCS）之單臂式集電弓。在進行集電弓系統設計分析及材料分析，須包含應力模擬分析、結構強度分析、材料成份及機械性質分析等項目，以評估



設計之結構弱點及材料選用是否恰當，並進行設計驗證以符合 IEC 60494-2、CNS 60494 或 EN 50206-2 相關標準。

- (六) 計軸器系統：研發期程為 112 年 7 月至 115 年 9 月，補助國立高雄科技大學研發安全完整性等級符合 SIL 4 要求之計軸器，並辦理防水防塵、電磁相容性、高溫 / 低溫 / 溫差、鹽霧、振動、衝擊及絕緣耐壓等環境試驗及相關安全驗證，應符合相關標準規定。

二、建立檢測驗證制度

在鐵道系統設備研發完成後，即須藉由檢測驗證作業確保產品品質，且鐵道興建營運機構採購鐵道系統設備，亦須執行檢測驗證作業，但受限國內鐵道類國家標準及相關檢測驗證能量尚未完備，爰需求單位多引用國外或區域標準，並採用國外檢測驗證機構之證明文件以查驗產品合規性，導致在標準規範、產品、檢測驗證技術等皆未如國外成熟之情形下，國內廠商難以進入市場，不利產業發展自主供應鏈，爰鐵道局逐步推動將檢測驗證制度納入法規中執行。

為授權中央主管機關訂定鐵道產品之技術法規，並監督管理檢測驗證作業品質，交通部於 109 年 5 月 19 日增訂鐵路法第 19-1 條規定：「鐵路使用之產品，經交通部指定者，應向交通部認可之檢測驗證機構申請檢測或驗證合格後，方得使用」，另於 112 年 2 月 21

日訂定「鐵路使用產品檢測驗證機構認可及監督管理辦法」，提供國內有意申請擔任鐵路指定產品檢測或驗證機構之作業依循。

鐵道局依據前述規定，於 112 年 8 月 1 日公告「鐵路指定產品之車輛設備衝擊及振動檢測程序」，並於 113 年 8 月 1 日生效，指定項目包含網路交換器、不斷電系統、閉路監視系統、列車控制及監視系統等 4 項，要求其檢測程序必須符合 CNS 61373（108 年版）或 IEC 61373（2010 年版）之功能隨機試驗、模擬長壽期試驗、衝擊測試等內容。鐵道局已認可財團法人台灣商品檢測驗證中心、國立高雄科技大學等 2 家檢測機構，執行前述檢測驗證作業。

後續為逐步增加「鐵路指定產品」項目，鐵道局將依循國家標準、檢測驗證能量、國內產製能力皆已具備及現行採購已有要求等指標，評估規劃將車輛零組件防火、軌道扣件系統、車門、集電弓、轉向架等，列為鐵路指定產品項目。

三、制定國家標準

為執行檢測驗證作業所衍生國家標準需求，並達成引導國內廠商依循一致化標準生產製造鐵道系統設備，及提升鐵道系統營運安全與可靠性等目標，鐵道局優先針對國產化研發項目、鐵研中心建置檢測設備、鐵路法第 19-1 條鐵路指定產品之技術法規、智慧

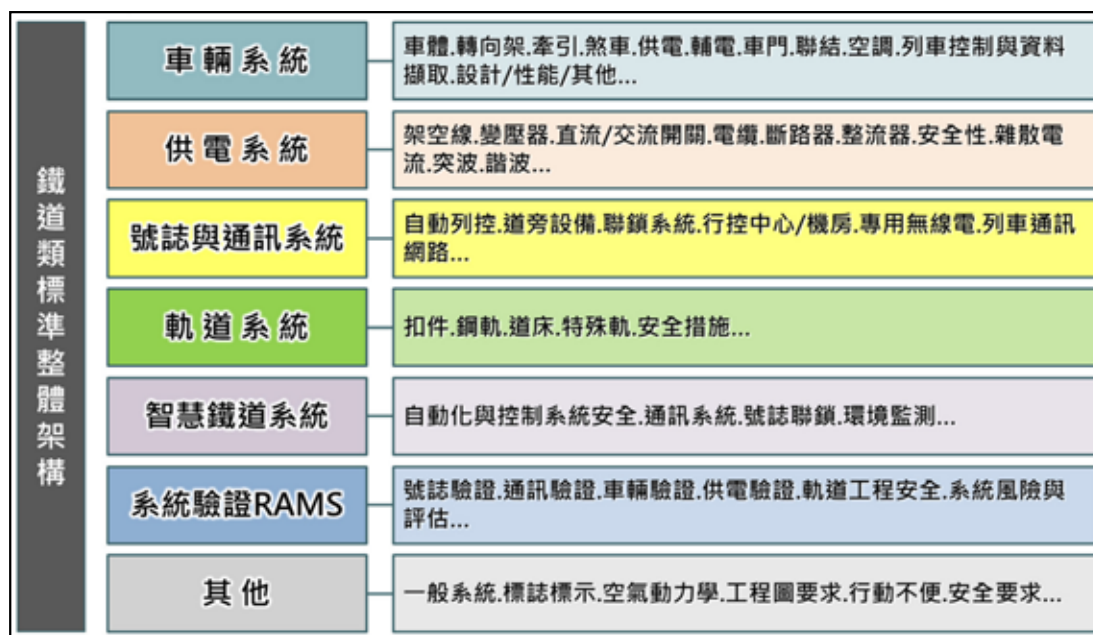


圖 2 鐵道類標準整體架構

鐵道發展趨勢、鐵道安全等需求，並參考主流國際標準及區域標準（如：IEC、ISO、IRS、EN等），研擬國家標準草案，以符合國際鐵道供應鏈要求，進而接軌國際市場，擴大產業經濟規模。

考量近年積極推動前瞻基礎建設與鐵道國產化，預期未來國內鐵道產業將有大量鐵道相關之CNS國家標準需求，急須加速國家標準研訂作業，但制定國家標準之作業程序較為嚴謹，爰研擬國家標準同時，鐵道局整合鐵道興建營運機構、顧問公司、產業界、工（協、學）會等相關單位意見，於111年5月17日頒布「我國鐵道類標準整體架構（含參考標準）」，並將鐵道類標準區分為車輛系統、供電系統、號誌與通訊系統、軌道系

統、智慧鐵道系統、系統驗證、其他系統等7類（詳圖2），作為國家標準未完備前之配套措施，提供各界於辦理採購、研發、製造、檢測驗證及後續維修等作業之依循。

截至113年6月底，鐵道局已研擬包含車輛系統17項、供電系統3項、號誌與通訊系統6項、軌道系統9項、涉及2個系統以上19項，共計54項國家標準草案並送請標準檢驗局審議，其中40項已公告。預計於115年底前再研擬36項國家標準草案並送請標準檢驗局審議。

四、成立鐵道技術研究及驗證中心

為就現有產業基礎上，持續提升鐵道產



圖3 鐵研中心場區配置

業技術自主能力，爰仿效鄰近鐵道工業國家如日本成立鐵道總合技術研究所（RTRI）、韓國成立鐵道研究所(KRRI)等經驗，鐵道局於106年起推動「鐵道技術研究及驗證中心計畫」（以下簡稱鐵研中心計畫），成立鐵道技術專責機構，集結技術專業人力，協助國內廠商投入產品研發以突破技術瓶頸，並提供鐵道產品檢測驗證服務以確保產品安全性，促進國內鐵道產業提升並掌握關鍵自主技術，爰訂定主要計畫目標如下：

（一）整合國內鐵道產業技術，發展適合國內強項之鐵道自主技術，降低國外技術進口依賴：設置鐵道技術研究及驗證中心，針對鐵道系統發展需求進行評估，整合國內鐵道產業技術，同時引進國外或自行研發技術，培植國內鐵道工業研發基礎及自製能力，進而發展關鍵技術

之研發能力，逐步達成國內技術自主，逐年降低國外技術之依賴，提升鐵道工程技術水準。

- （二）建立國內鐵道相關產品、測試、檢驗及認證能力：以非營利之認證機構，接受交通部監督之財團法人，提供經濟與社會發展需求之公正、客觀、獨立及符合國際規範之鐵道運輸產業第三者認證服務。
- （三）協助交通部及鐵道興建營運機構辦理鐵道營運安全業務技術相關事宜：協助政府機關及營運機構辦理鐵道行車事故調查所需技術分析及專業諮詢，以及協助制訂鐵道相關技術規範、標準。

在工程建設方面，行政院於106年3月22日核定鐵研中心計畫，計畫期程至116年1月



圖 4 轉向架負載測試設備 (鐵研中心)

完工。目前已完成行政大樓、C1機械測試研發實驗室及C2電子測試研發實驗室，其中C1實驗室主要作為轉向架、集電弓、車門、轉轍器、軌道基鈹等設備之靜態強度及動態疲勞試驗；C2實驗室主要作為牽引系統動力試驗及車輛、號誌等電子設備之環境試驗，共計20項儀器設備。另興建中之C3土建與軌道測試研發實驗室，及測試軌工程預計於114年完成。（詳圖3~7）

在法人籌設方面，財團法人鐵道技術研究及驗證中心於110年6月9日完成設立登記，

並於112年12月28日取得ISO/IEC 17025環境與可靠度測試實驗室認證，並取得22項測試項目認可。鐵研中心於113年2月向TAF提出第2梯次認證申請（共申請22項測試項目），預計於10月取得認可。（詳表1）

五、研訂鐵道系統採購作業指引與國產化配套措施

為引導鐵道興建機關在符合政府採購法及我國締結條約或協定之規定下，於鐵道建設採購案中導入各項有助於國內廠商參與之



圖 5 車門門框框架與轉接介面模組 (鐵研中心)



圖 6 油壓六軸振動與衝擊設備 (鐵研中心)



表 1 44 項測試項目

申請梯次	測試項目
第 1 梯次 22 項	1. 通用性環境測試 8 項：溫度變化試驗、濕熱穩態試驗、低溫試驗、乾熱試驗、防水試驗、防塵試驗、陽光模擬試驗、溫度驟變試驗 2. 集電弓 11 項：耐候操作試驗、氣密性耐候試驗、靜態接觸力試驗、自然橫向頻率試驗、耐衝擊試驗、橫向剛性試驗、安裝氣動設備之氣密性試驗、落弓維持力試驗、集電舟懸承試驗、橫向振動試驗、衝擊試驗 3. 轉轍器 2 項：轉轍器致動力試驗、轉轍器疲勞試驗 4. 列車自動防護 1 項：電磁抗擾力試驗
第 2 梯次 22 項	1. 軌道複合基鈑 7 項：鋼軌縱向束制力之測定試驗、抗扭力之測定試驗、重複負載之效應試驗、扣壓力與上舉勁度之測定試驗、勁度之測定試驗、抗拉保證負載試驗、衝擊負荷衰減試驗 2. 車門 6 項：支撐乘客力試驗、車輛傾覆情況試驗、障礙物移除之力試驗、手動開門之力試驗、車門閉合力試驗、振動試驗 3. 牽引馬達 4 項：轉矩特性試驗、過速試驗、短時間過載試驗、振動試驗 4. 轉向架 3 項：靜態強度試驗、疲勞試驗、靜態試驗 5. 環境測試 2 項：濕熱循環試驗、鹽霧腐蝕試驗



圖 7 軌道複合基鈑負載與疲勞測試設備 (鐵研中心)



國產化措施，交通部於108年9月3日訂定「輕軌系統採購作業指引」，內容主要為採購配套措施及產製標準化措施等2項，說明如下：

(一) 採購配套措施：為解決國內廠商參標障礙與營造有助國產化採購環境，配合最有利標決標方式，建議將廠商經驗或實績納入評選項目，不列為資格條件，允許2家以上廠商共同投標，創造國內外廠商合作機會；另指引亦規定不受GPA等採購限制之地方政府，於辦理鐵道建設採購案時，於招標文件訂定國產化占比下限（輕軌機電系統及軌道工程至少50%），並將鐵道系統全生命週期成本、有利增進技術自主能力或國產化比例（如：降低維修成本之措施、落實可維修度要求之措施、結合或提升國內產業技術之措施）等納入評選項目。

(二) 產製標準化措施：經考量輕軌營運需求，結合國內產業技術能力及接軌國際主流標準，指引對於車輛、供電、號誌、通訊、軌道、自動收費等系統所屬設備，訂定通用規格及標準要求，期藉由擴大產業經濟規模，提高國內廠商參與鐵道建設意願與機會。

鐵道局已協調新北市政府於「捷運汐止東湖線統包工程」招標文件中，要求投標廠商須提出不低於50%之國產化計畫（機電系統及軌道工程部分），及指定轉轍器、集電弓、車門、軌道基鈹等4項研發項目，須由我國或新加坡產製（新北市政府受臺星經濟夥

伴協定規範），前述國產化措施將納入契約中執行，另新北市政府將基隆捷運、捷運民生線之機電系統及軌道工程納為後續擴充工程，期延續前案國產化成果，並擴大採購商機。未來鐵道局將持續協調其他不受GPA限制之鐵道建設計畫主辦機關，須納入相關國產化措施，藉由國內鐵道建設逐步提升產業規模。

六、釋出維修商機

除鐵道建設商機外，後續營運階段之維修備品採購需求亦具規模，為促進國內廠商與鐵道營運機構間之供需媒合，鐵道局建置「鐵道設備零組件資料平台」（以下簡稱資料平台，網址：<https://red.rb.gov.tw/rb/>），資料平台內容包含國內產製之鐵道產品資料（詳圖8~9），及國內營運機構之維修備品採購資訊。其中鐵道產品資料來源係由國內廠商展示自有產品，或由營運機構提供自有供應商資訊，以利營運機構參考同業國產化經驗洽商合作，亦有利國內廠商擴大商機。另維修備品採購資訊，係由資料平台自動介接政府電子採購網、高鐵採購網、高雄捷運公司採購系統等所有營運機構之採購資訊，以利國內廠商於單一平台查詢各營運機構即時之採購需求，達成維修商機資訊釋出之目的。

截至113年6月底，資料平台約有2,900筆鐵道產品資料包含車輛系統、供電系統、號



首頁 / 已國產項目 / 查詢已國產項目

「查詢已國產項目」功能：供設備廠商用於檢選設備零件國產品，以利營運機構查詢使用

系統： 次系統：

類別： 關鍵字：

顯示： 條結果

顯示第 1 至 10 項結果，共 11 項

營運系統類別	系統	次系統	類別	品名	供應商	瀏覽次數	詳細資料
捷運	供電系統	UPS		MO型急發電機UPS電池	敏巧有限公司	1	檢視
捷運	供電系統	UPS		SO型急發電機UPS電池	敏巧有限公司	0	檢視
捷運	供電系統	UPS		UPS B板產品設備	謙昂科技有限公司	0	檢視
捷運	供電系統	UPS		UPS C板產品設備	謙昂科技有限公司	0	檢視

圖 8 已國產項目查詢 -1

詳細資料

系統 次系統 類別 品名	軌道系統 扣件 e2007鋼軌扣夾
規格及標準	台灣TRAS(E)60KG用鋼軌扣夾規範[TRAS(E)0077](財團法人金屬工業研究發展中心檢測單位)
供應經驗	營運機構使用實績(供應年度)：交通部鐵道局(91,92,94,96,98,100,102,104,109,110)
採購金額	
產品圖片	
產品型錄	
聯絡資料	公司名稱：泰元鋼鐵股份有限公司

圖 9 已國產項目查詢 -2



誌通訊系統、軌道系統、機廠設備、一般機電設備等所屬設備零組件，分別屬於約540家國內廠商所有。資料平台已請鐵研中心營運維護。

肆、結語

交通部「2021交通科技產業政策白皮書」揭示之鐵道產業推動措施，包含推動技術研發及檢測驗證以建立產業自主能力、解決廠商參標問題以整合擴大市場規模與採購需求等方案，須相關政府機關、鐵道興建營運機構、產業界、學術機構、研究機構共同努力推動，爰交通部成立跨部會「軌道產業推動會報」以協商解決問題，及成立財團法人鐵道技術研究及驗證中心，協助政府落實各項產業政策。期許未來鐵道產業能達成立足國內市場並輸出海外之最終目標。

參考文獻

1. 交通部，2021 交通科技產業政策白皮書，110 年。



輕軌號誌通用型聯鎖控制 軟體開發實務

中冠資訊股份有限公司助理副總 / 商築新

關鍵字：鐵道產業、交通科技產業政策白皮書、鐵道技術研究及驗證中心

摘要

本人40餘年的職場生涯一直從事於工業自動化系統整合的工作，有幸於數年前開始參與國內高雄輕軌、淡海輕軌、安坑輕軌三個輕軌號誌系統及供電系統之建設，之後又參與交通部鐵道局輕軌號誌系統自主技術提升計畫第一、二階段，在這個過程當中經歷了不少挑戰與成長，也了解了工業與鐵道業之間的差異，在此藉由本文提供個人淺見供未來有志於鐵道產業國產化人士策略制定之參考。

一、前言

比起工業界在鐵道業界因為安全的理由有太多的標準必需遵守，更有多方面的認證

需被滿足，而這些標準及認證需求大多為軌道技術十分成熟的歐盟組織所制定。比較美國的軌道以貨運為主要，日本以其極優的內部品管客製化封閉產品，鐵道界若要發展自我技術提升，唯有向歐盟組織所制定的各種軌道標準及軌道認證對齊，學習沿襲此一成熟可行的技術，方能事半功倍，國內針對這些標準及認證的技術資源並不多，建議可以鼓勵國內學界在這方面積極參與這些組織，將這些標準及認證技術本土化，引進到國內軌道業，提升國內軌道業對於軌道標準及軌道認證的認知，並與這些組織技術同步。

傳統工業一般均由機械、化工、電機分工合作而成，而鐵道產業除了機械、電機外，土木技術佔了極大的比重，而土木技術



在鐵道產業國產化幾乎已經十分成熟，沒有國產化的問題，由於在鐵道新建過程中，土木預算占了整體興建預算大部分，因此忽略了核心機電技術資料的取得，造成目前鐵道產業中核心機電一直是由國外廠商所把持的現象，一直無法獲得核心機電的技術，系統建置、更新時也只能任由國外廠商予取予求，因此鐵道產業核心機電國產化已是刻不容緩，急待解決的問題。在國內傳統工業機電技術國產化，已有相當成熟的經驗與成果，其作法實可作為鐵道產業核心機電國產化的參考。

技術開發方面，應該將主力放在核心部分，唯有掌握住核心技術，方能將系統整合，系統在整合過程中部分重要性低的子系統，價值低的子系統均可多方詢商，貨比三家，擇優選商，不必糾結在每樣子系統均需本土化，所有技術都要自己來。

核心技術的開發，往往會碰到一個很大的障礙，就是要求廠商提供原始程式碼，這幾乎是無法跨過的鴻溝，而這也是技術生根必經的路程，因此只能在系統採購時強烈堅持將提供原始程式碼列入選商條件，方能奏效。

為掌握軌道號誌聯鎖系統之核心技術，鐵道局輕軌號誌系統自主技術提升計畫採用商用化之控制器，並開發一套通用型之聯鎖控制軟體，作為可持續發展落地應用之基礎。

二、計畫執行

鐵道局輕軌號誌系統自主技術提升計畫執行過程中，值得其他鐵道界系統開發者參考作法說明如下：

（一）聯鎖系統控制器開發

硬體部分採 COTS(Commercial off-the-shelf)產品，軟體部分則以歐盟標準為依歸。本聯鎖系統控制器開發案一開始即規劃，硬體部分採市售 COTS 產品，軟體部分則以歐盟標準為依歸，開發號誌系統聯鎖通用性應用GA（General Application）邏輯控制程式。此聯鎖通用性應用程式GA必須搭配一專屬Configuration File 聯鎖系統配置檔案，而此系統配置檔案，乃依各種不同場域製作該場域內所有號誌系統設備種類、數量、特性、功能、聯鎖邏輯、控制邏輯...等彙整成一個或多個Configuration File 聯鎖系統配置檔案，並將該場域的聯鎖系統配置檔案匯入聯鎖控制器，聯鎖控制器以GA 聯鎖通用性應用程式依照此一聯鎖系統配置檔案內容，將該場域所有聯鎖控制實現。各個不同場域專屬的Configuration File 聯鎖系統配置檔案，除了將該場域內所有號誌系統設備種類、數量、特性、功能、聯鎖邏輯、控制邏輯、路徑控制表(control table)、route table、路徑衝突表（CompatibilityMatrix Table）...等彙整成Configuration File 聯鎖系統配置檔案，詳如圖1路徑控制表（control table）以及圖2路

[illegible]

圖 1 路徑控制表 (control table)

徑衝突表（CompatibilityMatrix Table）兩個 Configuration File 聯鎖系統配置檔案。

(二) GA 通用性應用程式

此GA 聯鎖通用性應用程式可謂萬用程式，不同場域會有不同的聯鎖系統配置檔

案，而此一GA 聯鎖通用性應用程式，則依照不同的聯鎖系統配置檔案，將不同場域一一完成該場域的不同聯鎖控制邏輯，因此此一GA 聯鎖通用性應用程式極為重要，可謂號誌系統中重中之重，而此GA 聯鎖通用性應用程式即是要爭取安全認證的標的物。GA 聯鎖通用性應用程式的開發以ANSYS

[illegible]

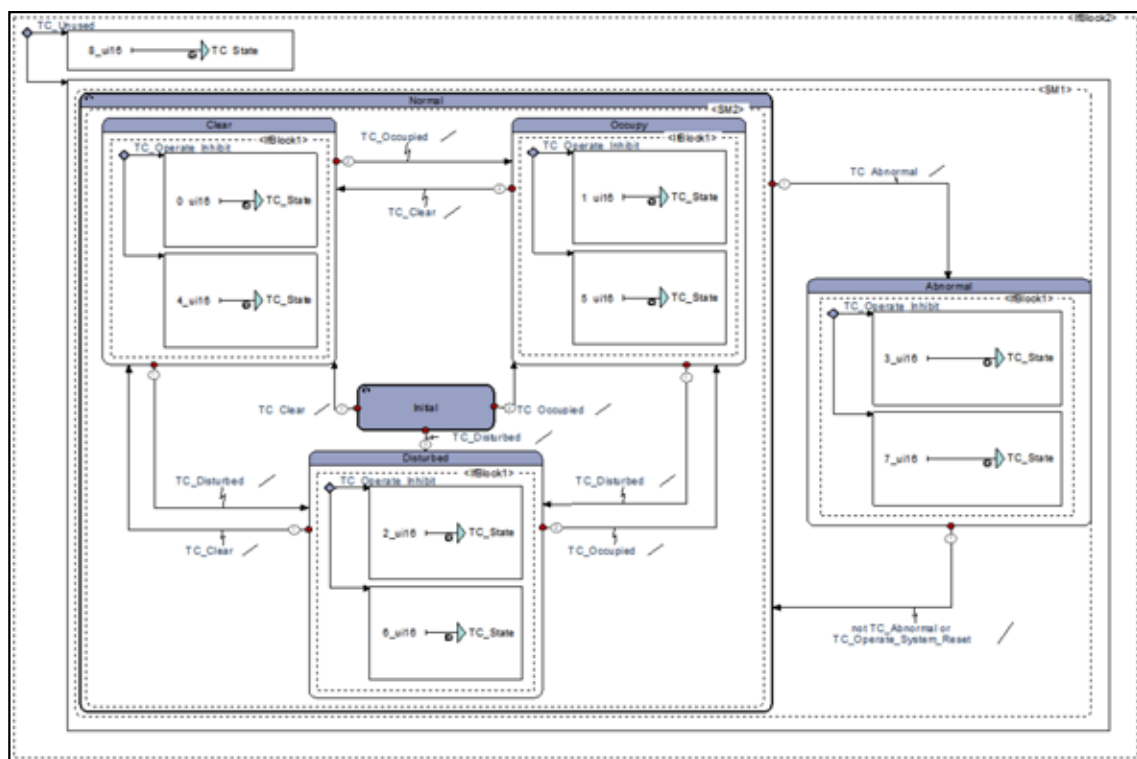


圖 5 計軸區間狀態機

三、結論

系統開發應先行，先有一完整雛型系統後再開始作系統認證。本案在GA 聯鎖通用性應用程式的認證過程中，為滿足標準及認證需求，與ISA獨立認證單位協商後約需完成107份文件，才有可能滿足標準急認證要求。文件數量龐大是當初目標設定時，設定目標較高為SIL-4，比起輕軌號誌需求僅需SIL-2高出許多，原因為輕軌號誌與捷運號誌聯鎖邏輯差異不大，若不談捷運有的而且是輕軌所欠缺的ATO、ATP、ATS，兩者幾乎相同，若將計軸區間改為軌道電路，則未來可以考

慮共用本號誌聯鎖系統。

本案系統開發與系統認證採同時並行，因為兩者同時並行，常常因為開發修改造成認證文件必須隨之修正，尤其在開發修改追溯時，所必須對應追溯修改認證文件的工作量尤為可觀，若是一而再再而三地反覆進行追溯修改，則所需耗用人力是十分可觀，兩者相互疊代造成開發與認證費時費工、事倍功半。因此強烈建議系統開發與系統認證，系統開發應先行，先有一完整雛型系統後再開始執行系統認證工作。



輕軌車輛轉向架國產化開發

國立屏東科技大學特聘教授 / 陳勇全
交通部鐵道局副組長 / 李開熙
國立屏東科技大學計畫研究員 / 張奕信

關鍵字：軌道車輛、轉向架框、EN 13749、有限元素分析、疲勞壽命

摘要

交通部鐵道局為建立鐵道系統自主技術能力及完善產業發展，因此提出了鐵道產業發展補助計畫，本研究即是轉向架系統自主技術提升計畫之研究成果。輕軌車輛之轉向架系統主要包括：轉向架框架本體、動力系統、懸吊系統、煞車系統及軸橋。其中動力系統包含馬達、齒輪箱、軸承箱及鋼輪。本文主要是探討輕軌轉向架框的結構設計。

轉向架框的結構設計主要是依據EN 13749標準，本研究之設計流程是結合拓樸最佳化、參數最佳化以及有限元素分析。設計目標是要符合標準規定的強度及疲勞壽命，在強度方面要通過標準規定的特殊負載及營運負載強度分析，而壽命方面則是通過 10^7 次的疲勞循環負載壽命分析。經以上設計分析

流程，本研究所提出的轉向架框在特殊負載情況下，其最大von-Mises應力均低於材料之容許應力，滿足強度需求。疲勞循環負載之疲勞壽命分析也滿足 10^7 次之要求，另外在實際軌道行駛壽命也大於使用年限25年。

一、軌道車輛產業現況

（一）軌道車輛的發展

鐵道運輸發展至今已成為最便捷的陸上交通方式之一，與一般公路交通相比，其載重量大、耗能低而且安全性高，是兼具環保、安全、便利的一種交通方式。除了高運量的傳統鐵路系統，現今也發展出可以直接在路面或街道旁行走的輕軌運輸系統。除了具有原本軌道運輸的優點外，由於行駛速度較慢，因此路線規劃曲率半徑可以較小，軌



道的鋪設較為靈活，乘坐平穩且舒適性高，還有美觀、環保等優點。

（二）軌道車輛技術瓶頸

目前國內軌道車輛的轉向架均由國外進口，國內業者並沒有轉向架設計分析之能力。由於電腦科技快速發展，驅使各大廠商漸漸使用電腦輔助工程分析軟體（CAE）來進行結構強度分析，以減少開發成本與時間。而隨著CAE的發展，有限元素法已成為結構強度分析之主要方法。軌道車輛的發展迅速加上結構強度之安全性要求高，歐盟標準EN 13749 [1]針對轉向架框結構，訂定了許多在模擬時所需要之條件及各負載之計算公式。本文也是利用有限元素分析的方式配合相關標準，來進行轉向架框之設計。

二、轉向架框結構設計

（一）分析流程

本文之分析流程如圖1所示，首先對轉向架結構進行空間規劃，確定初始模型的尺寸後，建立轉向架結構之有限元素模型並進行拓樸最佳化分析，得到轉向架框大致的材料分佈後，進行參數最佳化分析。

最佳化分析主要是以結構的強度及重量為目標，分析時所使用的負載皆是依據相關標準計算。當最佳化分析皆完成後，會進行最終

的靜態強度及疲勞壽命分析，確保在不同的負載條件下，結構的設計皆有符合標準規定。

（二）拓樸最佳化分析

拓樸最佳化的目的是在特定的目標函數及限制函數下，找出最佳的材料分佈。這個函數可以是重量、應力或是位移等，本文是利用拓樸最佳化的方式來找出轉向架結構的大致雛形。圖2為轉向架框結構多次拓樸的過程，拓樸的初始模型是一個經過空間規劃的轉向架框雛型，在空間規劃時已經考慮了動力系統、懸吊系統、煞車系統、車廂等設備的空間需求。拓樸分析主要的分析目標是轉向架框本身，因此與其他設備連接的部分都會設為非設計區。本文拓樸分析分為多次進行，好處在於可以透過多次拓樸的結果來確認同一個位置的材料分佈趨勢。最終經過多次拓樸分析後的最終模型如圖3所示，此模型整體皆是由板組成，接下來將使用此模型進行參數最佳化分析。

（三）參數最佳化分析

參數最佳化分析的基本概念是在已知結構材料分佈的前提下，給定邊界、負載條件及材料參數，並且滿足限制條件及設計目標，透過參數最佳化分析找到結構的最佳參數組合。本文主要使用Isight Design Gateway軟體，針對轉向架結構的板厚及尺寸進行參數最佳化分析。這一過程將結合電腦輔

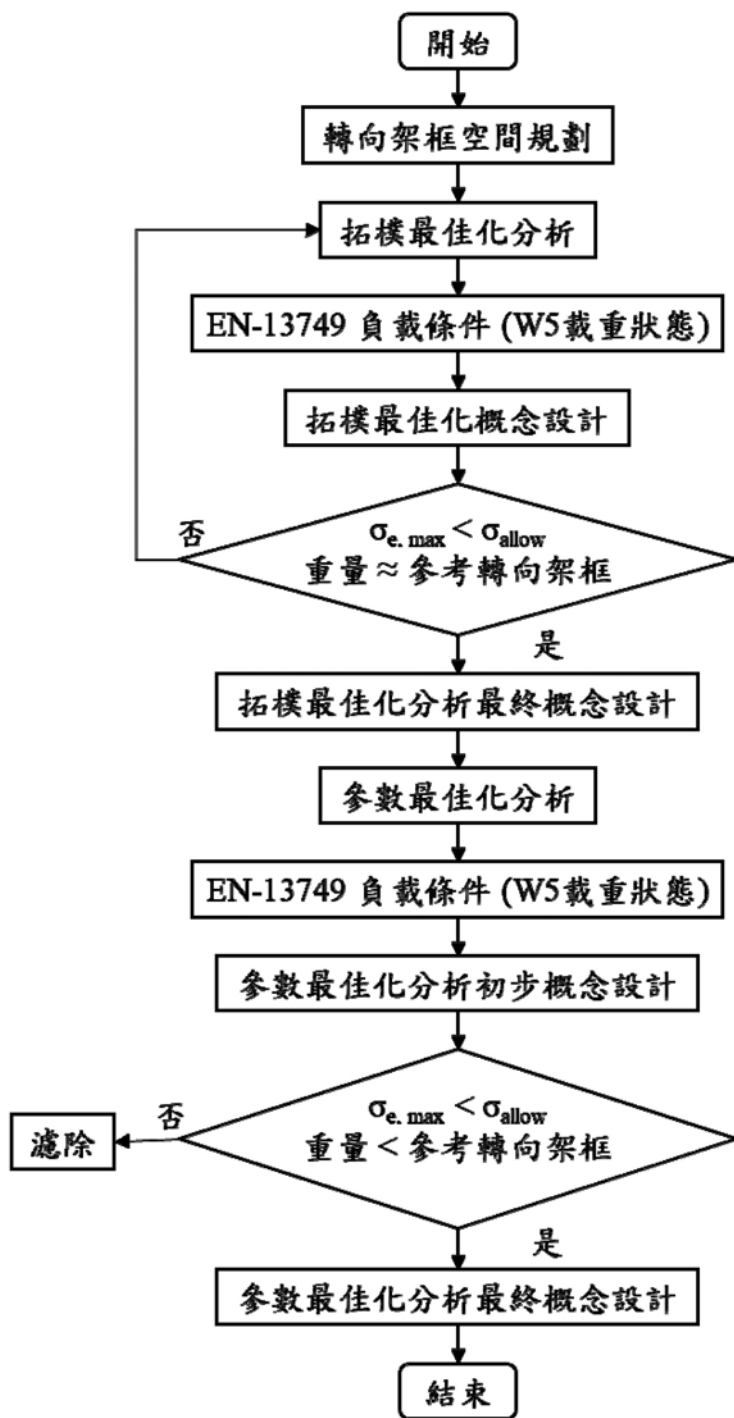


圖 1 轉向架框結構設計流程

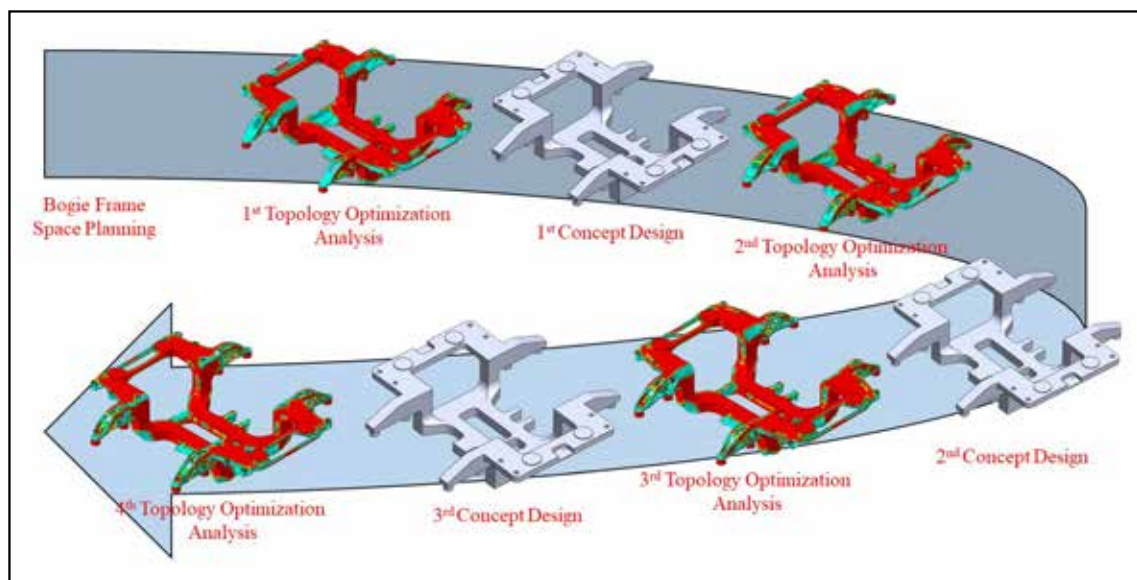


圖 2 轉向架結構拓樸最佳化分析流程

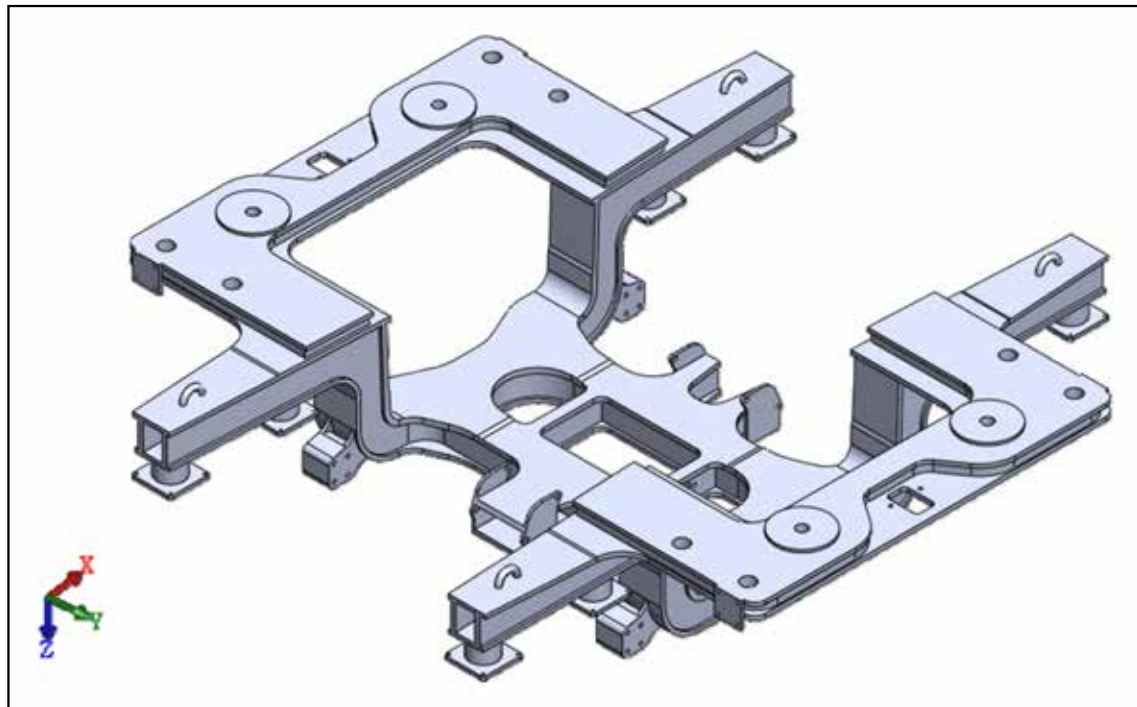


圖 3 拓樸最佳化分析所得轉向架框之概念設計圖



助設計軟體SolidWorks、有限元素分析軟體ABAQUS及疲勞壽命分析軟體fe-safe，來進

行串聯分析，圖4是各軟體串聯的示意圖。圖5是經過參數最佳化分析後的轉向架框結

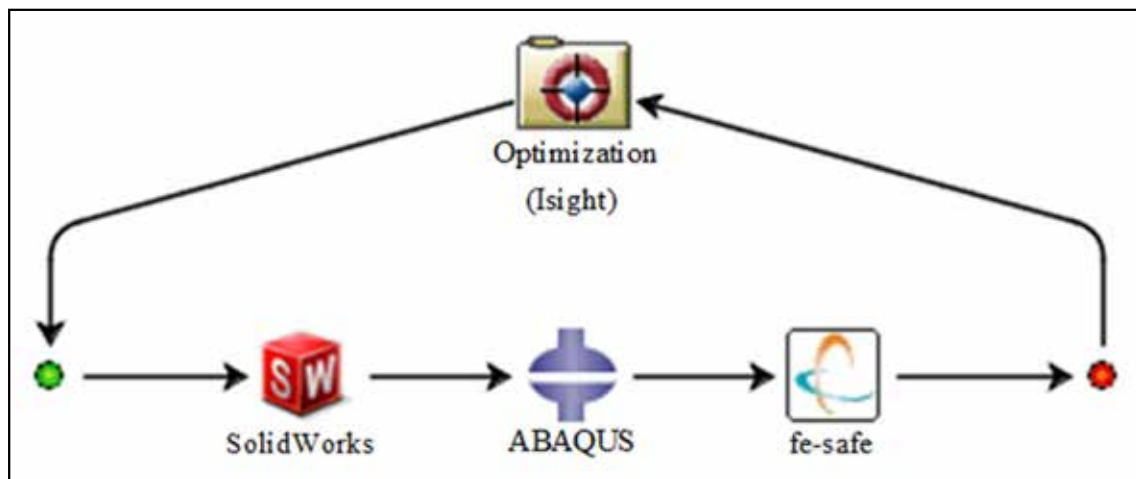


圖 4 參數最佳化分析各軟體串聯分析示意圖

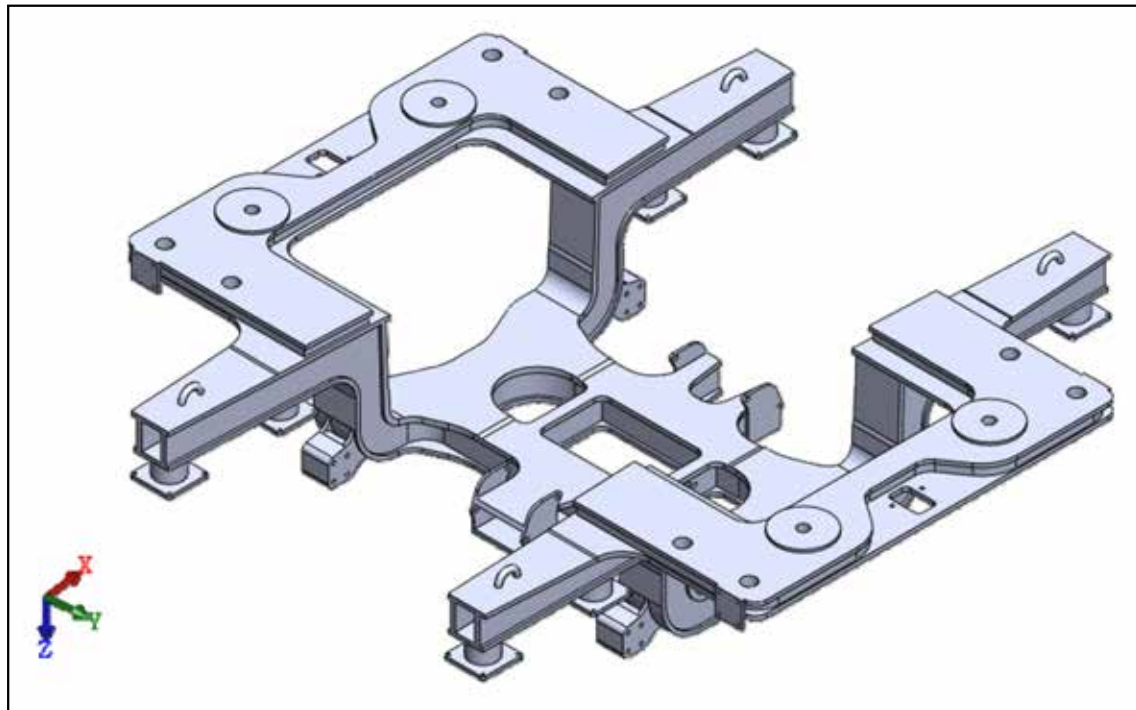


圖 5 參數最佳化分析所得轉向架框之概念設計圖

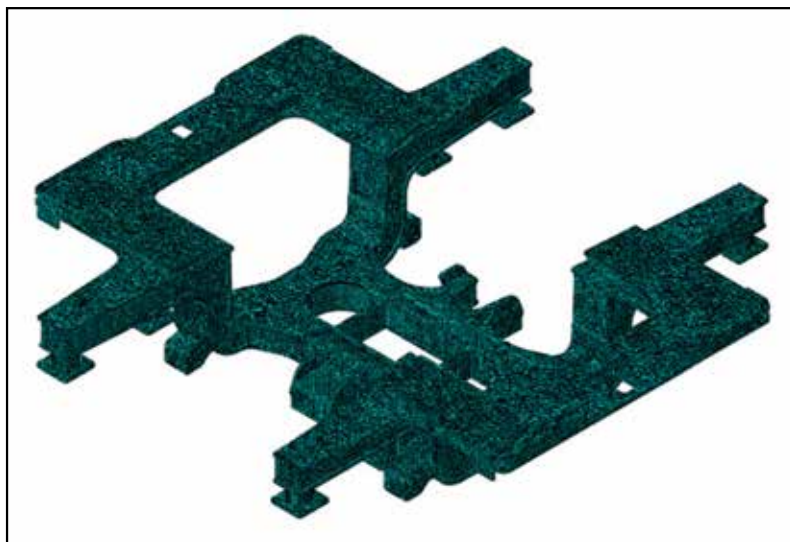


圖 6 轉向架框之有限元素模型

構，在外型上不會有太明顯的差異，因為是細部尺寸的調整。

三、轉向架結構有限元素分析

(一) 分析模型

圖6本文分析採用的三維彈塑性有限元素模型，元素型式為三維六面體八節點元素。經收斂分析後，模型之元素數量為355,778個，節點數量547,040個。材料是採用SM490YB，其降伏強度約為400 MPa。

(二) 特殊負載強度分析

EN 13749中的靜態強度分析，分為特殊負載強度分析以及營運負載強度分析[2,3,4]。前者是模擬轉向架結構於嚴苛情況

下的受力情況，目的是要確認轉向架在嚴苛的條件下仍能維持其正常功能，後者則是模擬一般營運狀態下的受力情況。模擬分析時，轉向架框結構所承受的負載，主要是依據EN 13749規定的公式及加速度來進行計算。表1為EN 13749所規定之特殊負載加速度表。

(三) 疲勞循環負載壽命分析

疲勞循環負載分析，是模擬轉向架框於疲勞測試機台上之實際測試情形[5,6]。其負載是由靜態負載 F_s 、準靜態負載 F_{qs} 以及動態負載 F_d 所組成。第一階段承受負載循環共600萬次；第二階段是將負載 F_{qs} 、 F_d 乘以1.2倍，並承受此循環負載200萬次；第三階段則是將負載 F_{qs} 、 F_d 乘以1.4倍，並承受此循環負載200萬次。



表 1 EN 13749 所規定之特殊負載加速度表 [1]

Load case	Vehicle body masses					Bogie masses			
	a_{zc} (m/s ²)	a_{yc} (m/s ²)	a_{ycc} (m/s ²)	a_{xc} (m/s ²)	q (N/m ²)	a_{zb} (m/s ²)	a_{yb} (m/s ²)	a_{ycb} (m/s ²)	a_{xb} (m/s ²)
Switches	3,2	2,2	—	Emergency braking rate	600 ^a	30	16	—	Emergency braking rate
Running through Curves	1,6	1,3	2,0	Emergency braking rate	600 ^a	12	6,5	2	Emergency braking rate

^a Wind speed of 105 km/h.

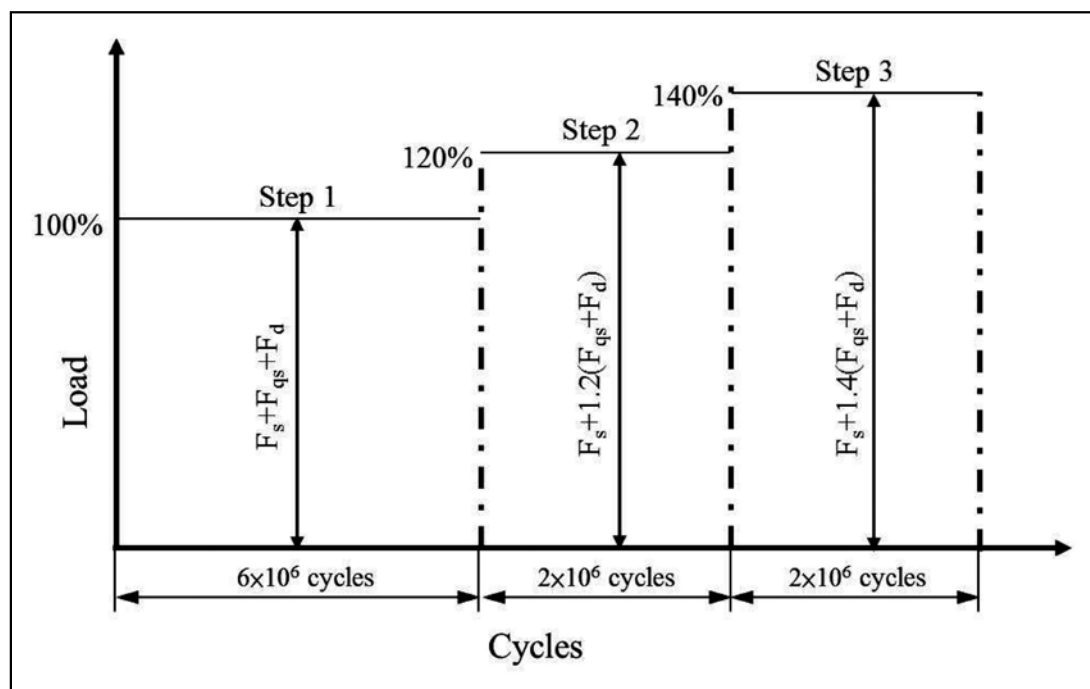


圖 7 疲勞循環負載壽命分析之三階段示意圖 [1]

圖7為三階段負載之示意圖，圖中之負載僅包含垂向及橫向負載，軌道扭曲負載施加之次數在EN 13749標準中另有說明，其次數較少。第一階段負載循環60萬次，第二及第三階段各20萬次，並且同樣加入1.2及1.4

之安全係數。疲勞壽命分析是模擬結構長時間受力的情況，因此計算完成的負載也非定值，而是會依照特定規律變化的，本文以曲線的形式呈現，其中一部分的負載曲線如圖8所示。

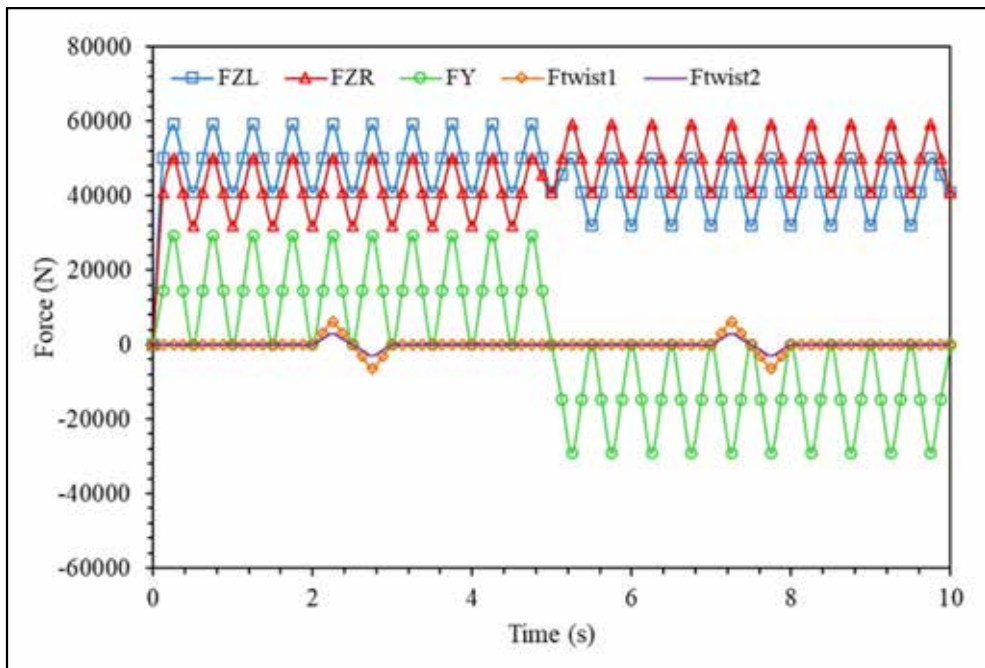


圖 8 第一階段疲勞循環負載前 10 秒示意圖

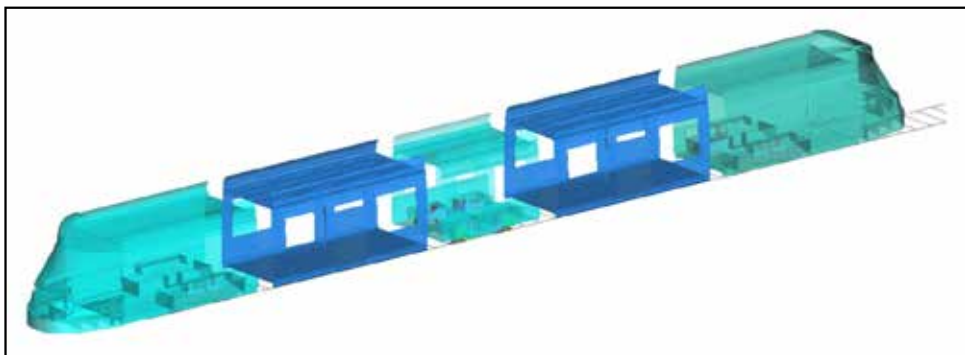


圖 9 輕軌整列車多體動力學模型

(四) 軌道不平整疲勞壽命分析

軌道不平整疲勞壽命分析是模擬轉向架行駛於輕軌路線時的疲勞壽命，主要是為了確認其壽命是否符合研發需求的使用年限 25 年。本文是利用多體動力學模擬軟體

Simpack，來模擬輕軌列車依照理想速度曲線行駛輕軌路線時[7~10]，擷取動力轉向架上懸吊系統和各項零組件鎖點的受力情況，作為其疲勞分析時的負載條件。圖9為多體動力學模擬時所使用的輕軌整列車模型，圖10是進行軌道不平整疲勞壽命分析時，負

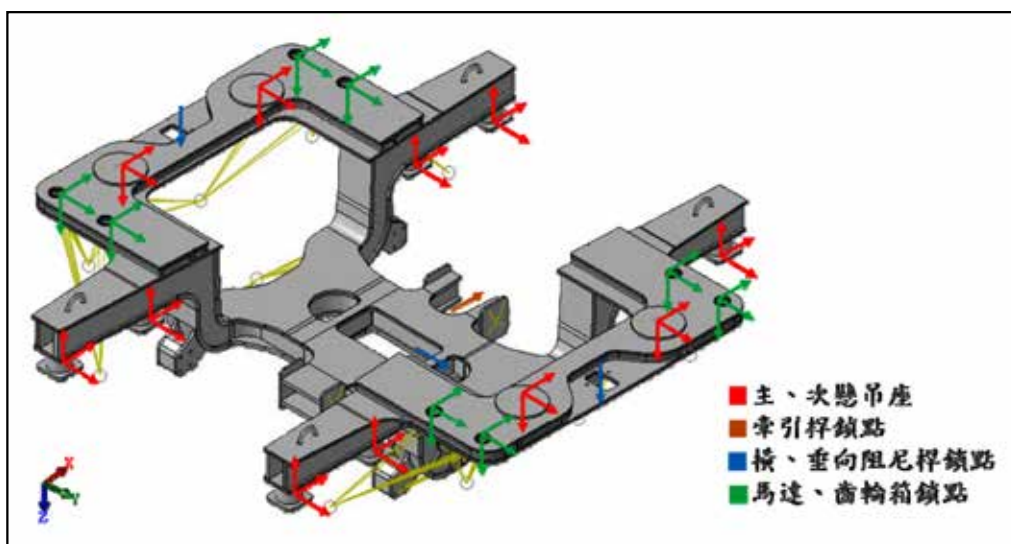


圖 10 軌道不平整疲勞壽命分析之負載施加位置示意圖

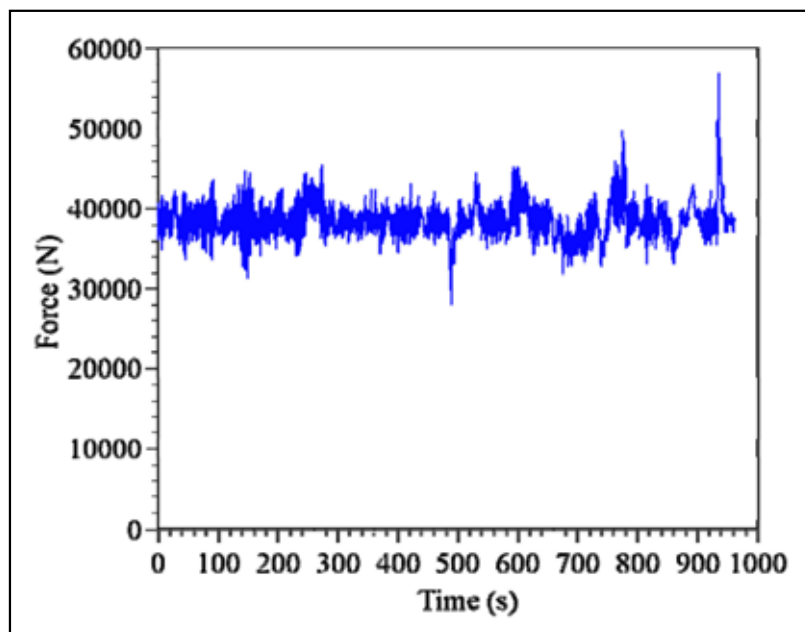


圖 11 單一次懸吊座施加之垂向負載訊號

載的施加位置，包含了主、次懸吊的位置、牽引桿、阻尼桿以及馬達齒輪箱等零組件的位置。以上零組件都是與轉向架框有直接連

接的零件，每一個位置所施加的負載都不一樣。圖11是施加軌道不平整之訊號後，模擬所得其中一支次懸吊位置的垂向負載訊號。

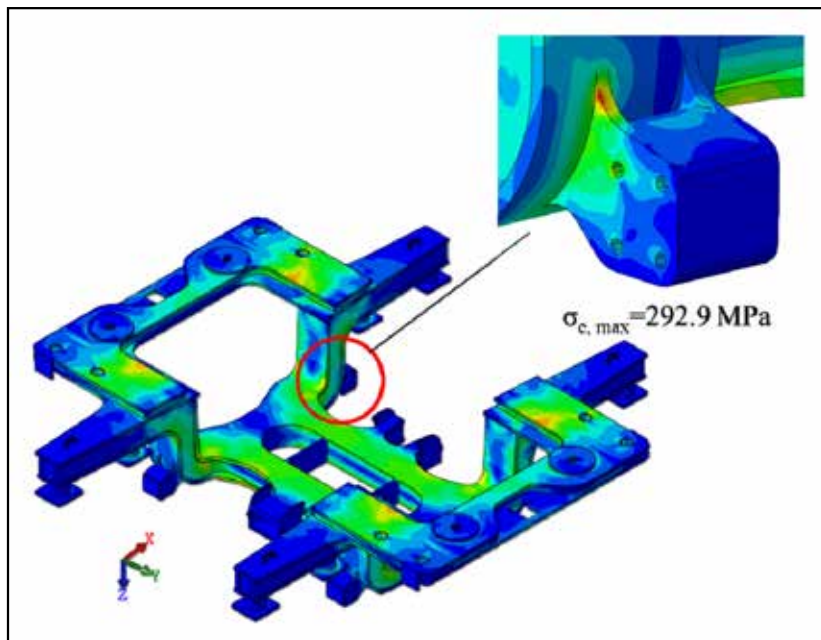


圖 12 特殊負載工况最大 von-Mises 應力位置

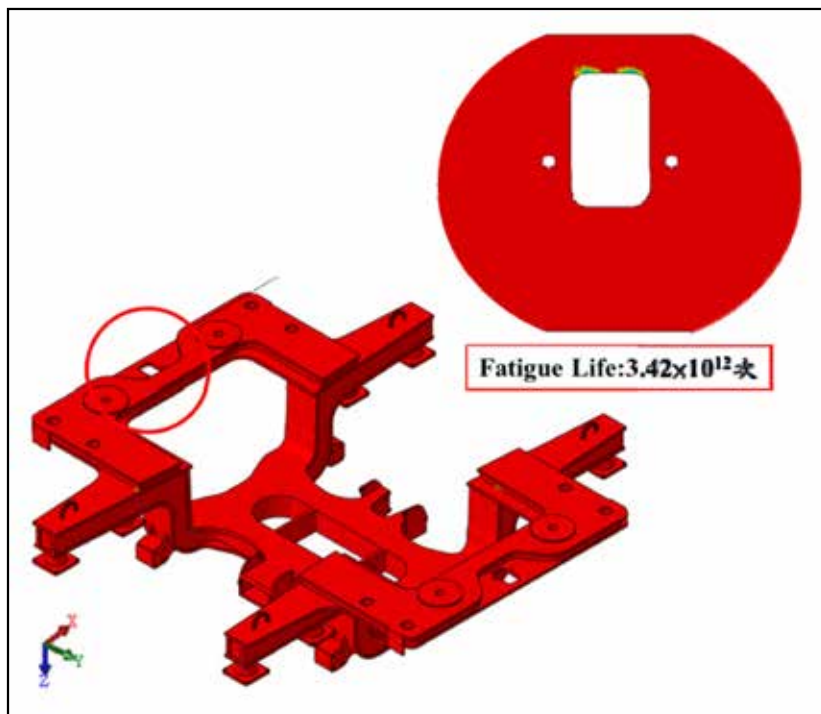


圖 13 轉向架承受疲勞循環負載之疲勞壽命分佈圖

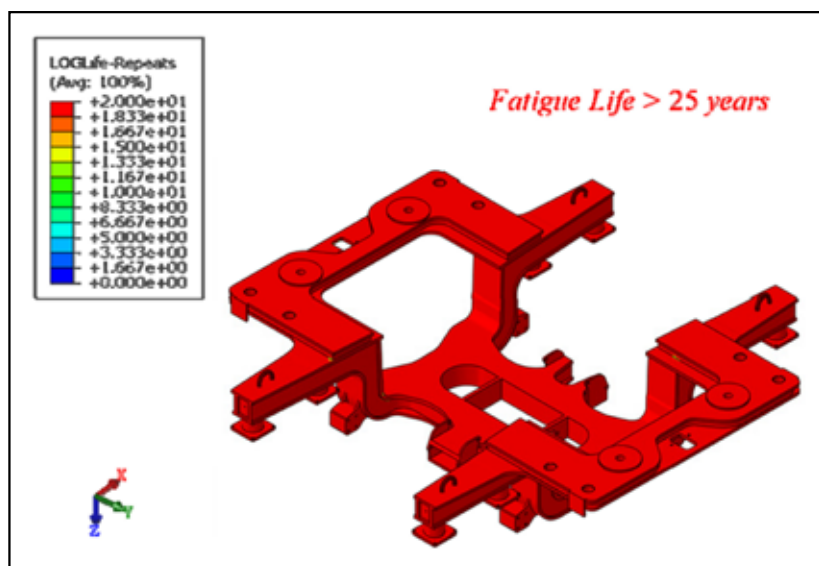


圖 14 轉向架框承受軌道不平整負載之疲勞壽命分佈圖

四、結果與討論

大於 10^7 次，符合標準之規定。

(一) 特殊負載強度分析

依照EN 13749標準，本研究所提之轉向架框經特殊負載與營運負載之強度分析，其所有工況的安全係數皆大於1.3。最小安全係數是發生在特殊負載過轉轍器之工況，發生於電磁式軌道煞車座的位置，最大von-Mises應力為292.9 MPa，如圖12所示。

(二) 疲勞循環負載壽命分析

圖13為經EN 13749所規定之1000萬次疲勞循環負載分析所得之壽命結果，由圖13可得知疲勞壽命為 3.42×10^{12} 次，最小壽命處為垂向阻尼鎖點。整體轉向架框之疲勞壽命均

(三) 軌道不平整疲勞壽命分析

依照研發需求，轉向架框是每年行駛80,000公里，連續使用至少25年，所以總壽命要求是200萬公里。圖14是轉向架框承受軌道不平整之負載條件下，模擬分析所得之疲勞壽命分佈。由於模擬所使用之路線其一次行駛的距離為8.46 km，經計算其行駛壽命大於25年。因此，所提轉向架框的設計也滿足研發需求書之要求。

謝誌：本文於交通部鐵道局計畫「輕軌車輛轉向架系統自主技術提升計畫」支持下完成。



參考文獻

1. EN 13749, 2021, "Railway Applications-Wheelsets and Bogies-Method of Specifying the Structural Requirements of Bogie Frames" .
2. M. Kassner, "Fatigue strength analysis of a welded railway vehicle structure by different methods," *International Journal of Fatigue*, Vol. 34, pp. 103-111, 2012.
3. D.Y. Chen, S.G. Sun, Q. Li, " Strength evaluation of a bogie frame by different methods," *Mechanical Engineering Science*, Vol. 1, No.1, pp. 54-64, 2019.
4. D. W. Karmiadji, B. Haryanto, O. Ivano, M. Perkasa, A. R. Farid, "Bogie frame structure evaluation for light-rail transit (LRT) train: A static testing," *Automotive Experiences*, Volume 4, pp. 36-43, 2021.
5. J. W. Seo, H. M. Hur, H. K. Jun, S. J. Kwon, D. H. Lee, "Fatigue design evaluation of railway bogie with full-scale fatigue test," *Advances in Materials Science and Engineering*, Vol. 2017, Article ID 5656497, 2017.
6. G. B. Richard, J. N. Keith, "Shigley' s Mechanical Engineering Design 11/e," chapter 6, 2020.
7. ERRI B176 PR1, Bogies with steered or steering wheelsets. Report No. 1, Volume 1: Preliminary studies and specifications Volume 2: Specification for a bogie with improved curving characteristics Volume 3: Specifications for a bogie with improved curving characteristics designed for body tilt. Tech. rep., ERRI. 1989.
8. P. Kurowski, A. Martowicz, T. Uhl, G. Lasko, "Analysis of the rail roughness influence on vehicle dynamic behavior by means of multibody simulation. " *Archives of Transport*, Vol. 23, No. 1, pp. 23-35, 2011.
9. N. Kuka, C. Ariaudo, R. Verardi, J. Pombo, "Impact of rail infrastructure maintenance conditions on the vehicle-track interaction loads. " *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, Vol. 235, pp. 2952-2967, 2021.
10. A. Haigermoser, B. Lubert, J. Rauh, G. Gräfe, "Road and track irregularities: Measurement, assessment and simulation. " *Vehicle System Dynamics*, Vol. 53, No. 7, pp. 878-957, 2015.



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 / 徐鏐鋆
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

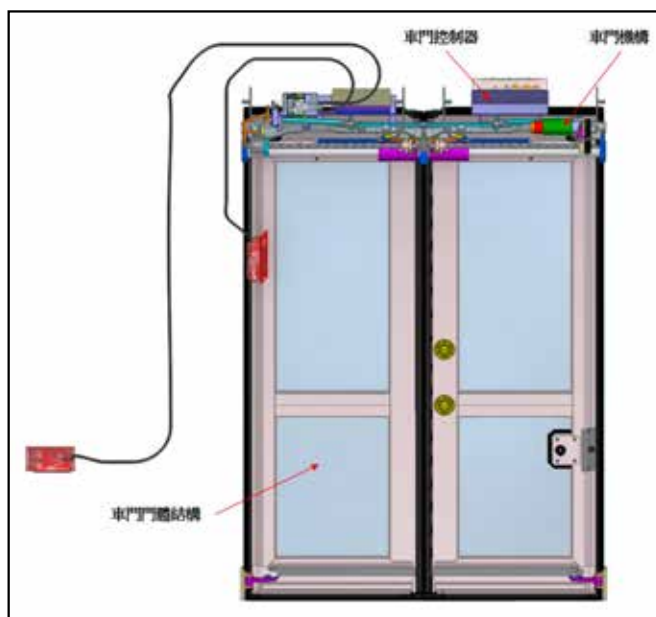


圖 1 雙扇外開電動滑塞式車門系統架構



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

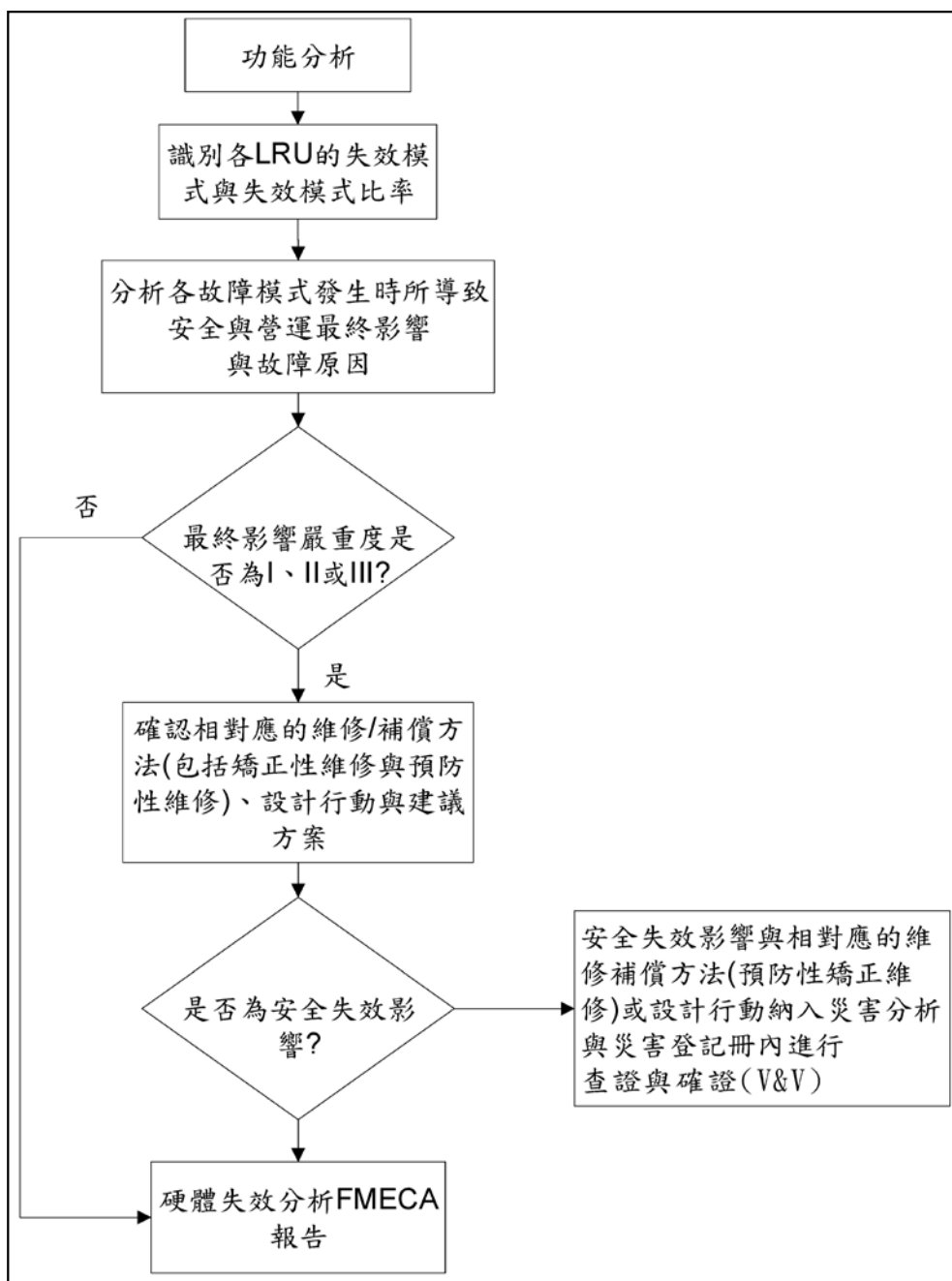


圖 4 硬體失效分析 FMECA 流程圖

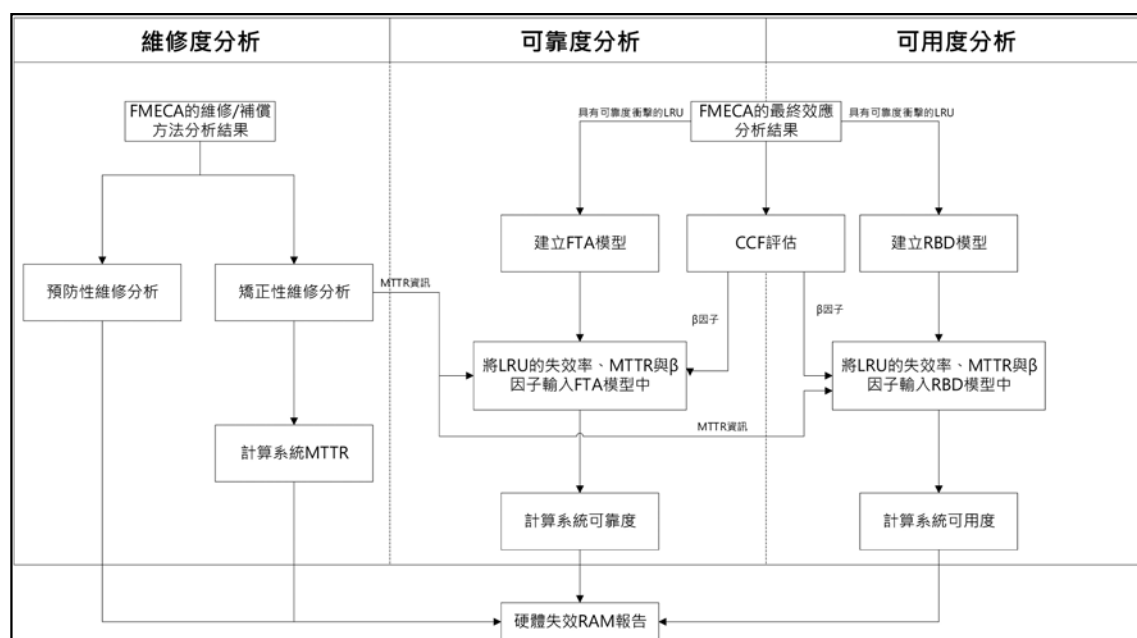


圖 5 硬體 RAM 分析流程圖

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

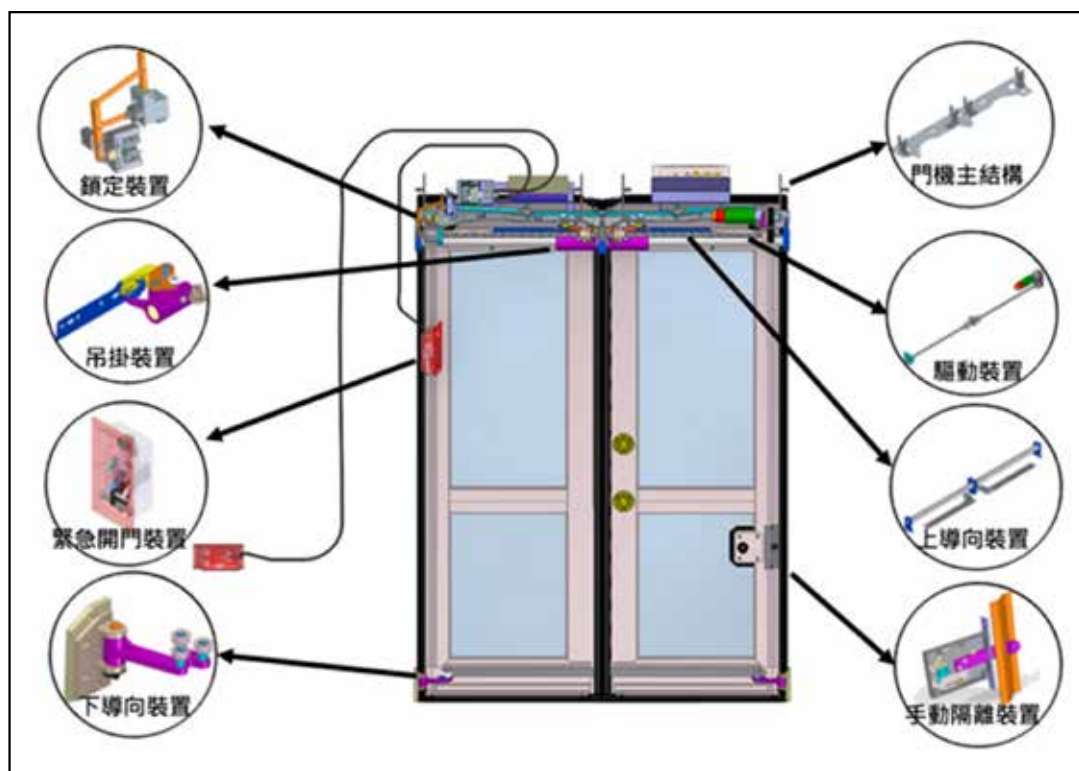


圖 6 車門系統設計圖

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

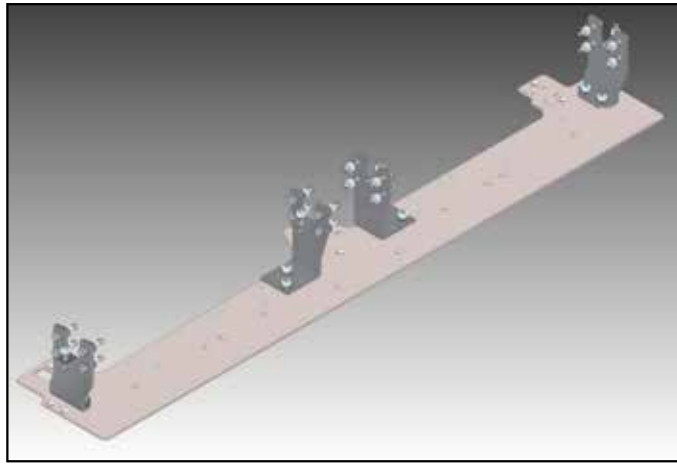


圖 7 門機主結構 3D 圖

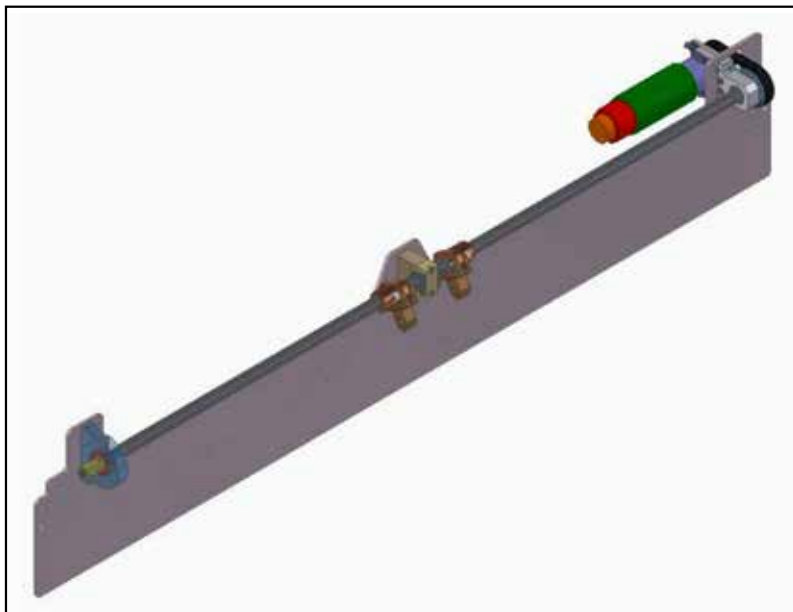


圖 8 驅動裝置 3D 圖

(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

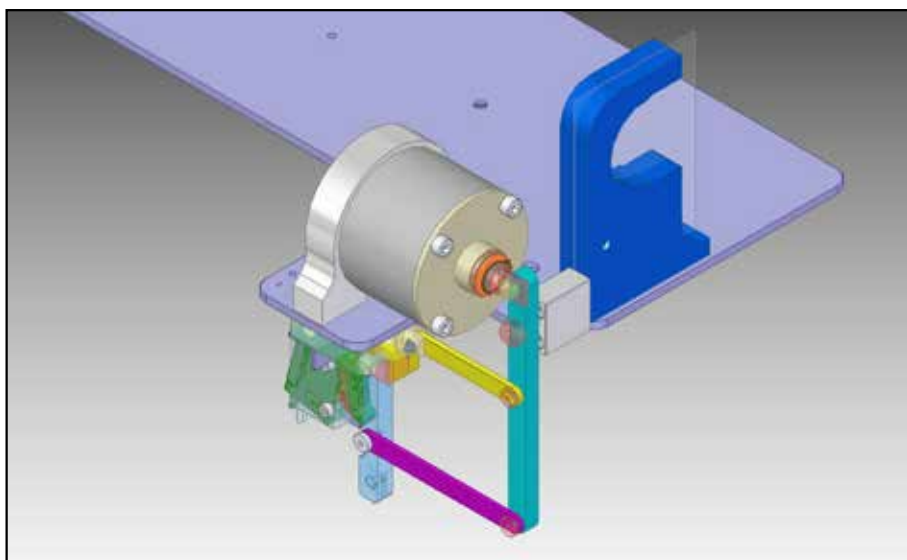


圖 9 鎖定裝置 3D 圖

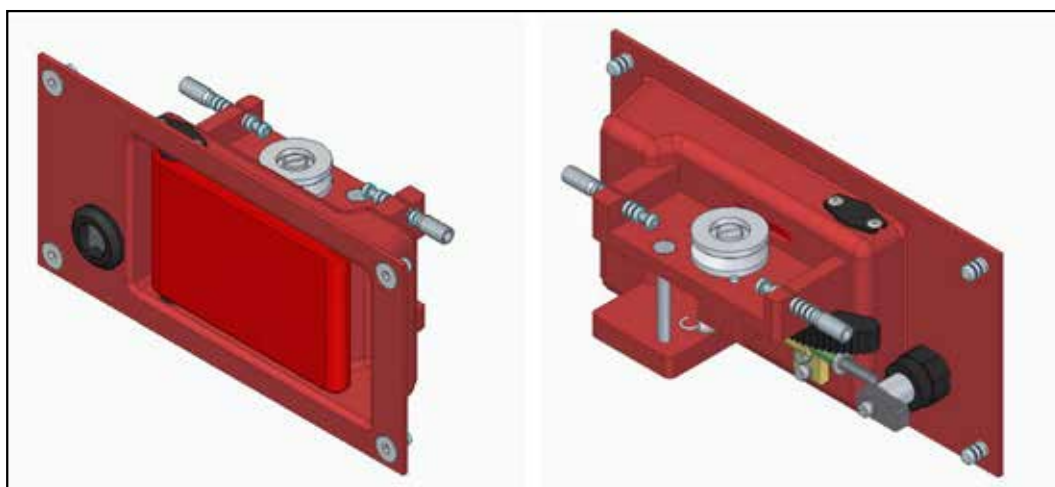


圖 10 緊急開門裝置 3D 圖 (正面與反面)

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

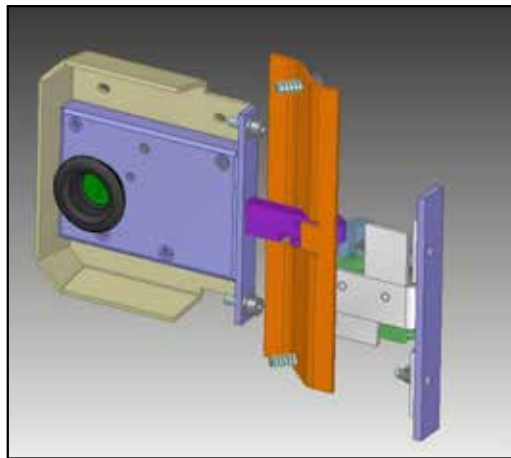


圖 11 手動隔離裝置 3D 圖

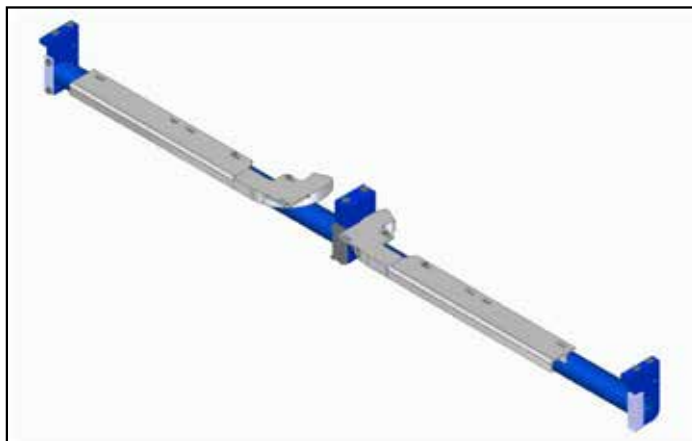


圖 12 導引裝置 3D 圖 -1

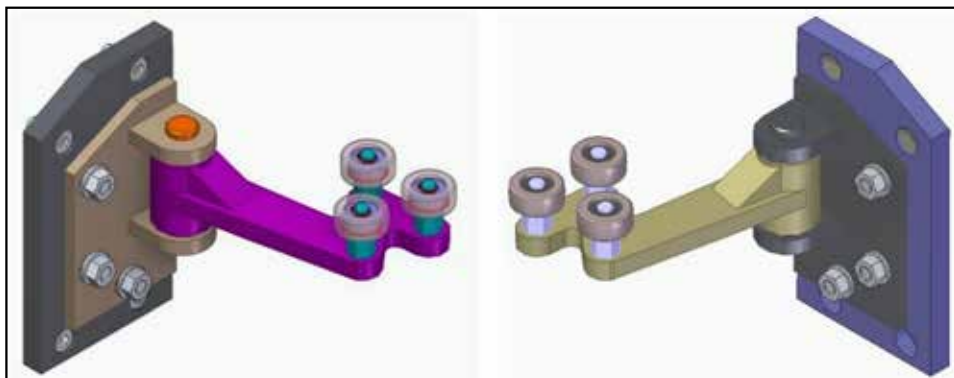


圖 13 導引裝置 3D 圖 -2

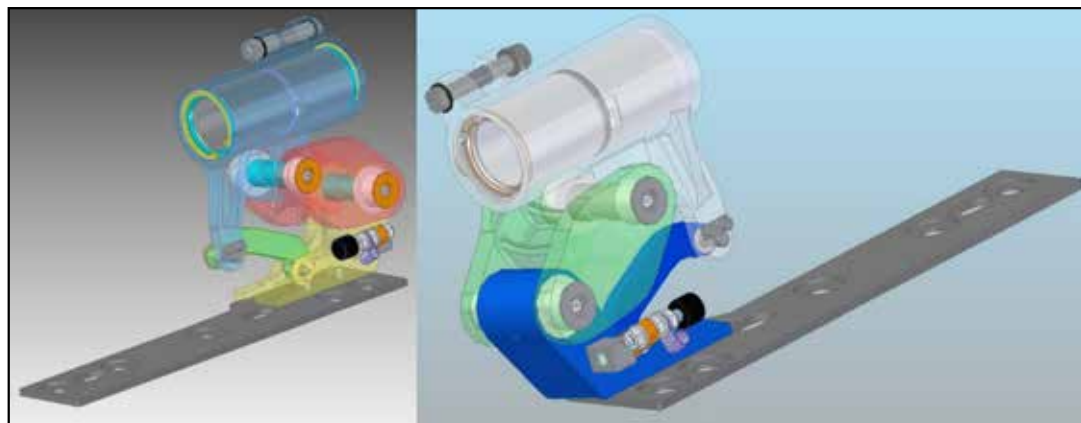


圖 14 吊掛裝置 3D 圖

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

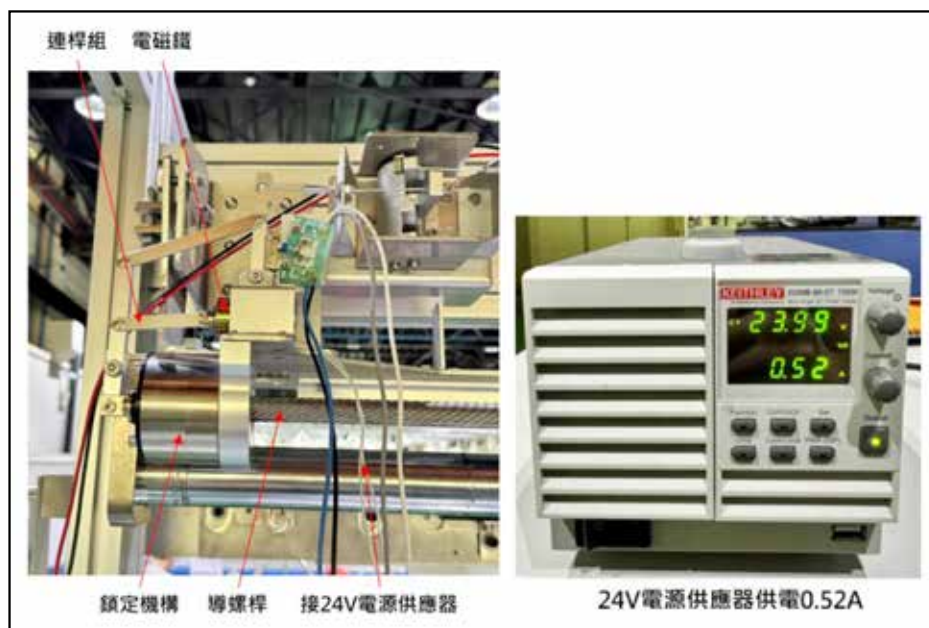


圖 16 鎖定裝置功能測試

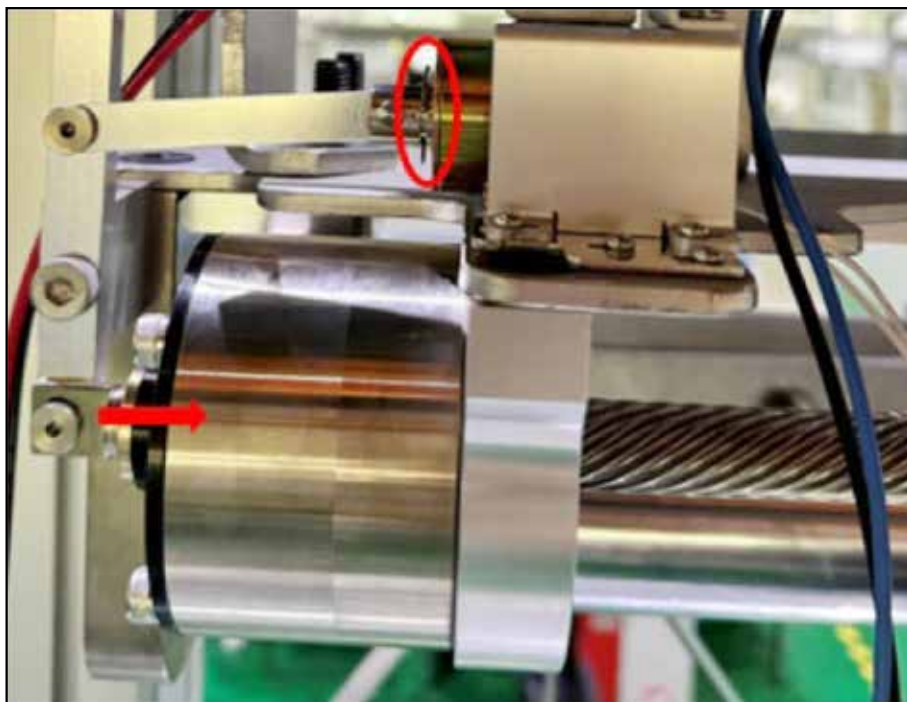


圖 17 鎖定裝置電磁鐵 (不供電)

(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

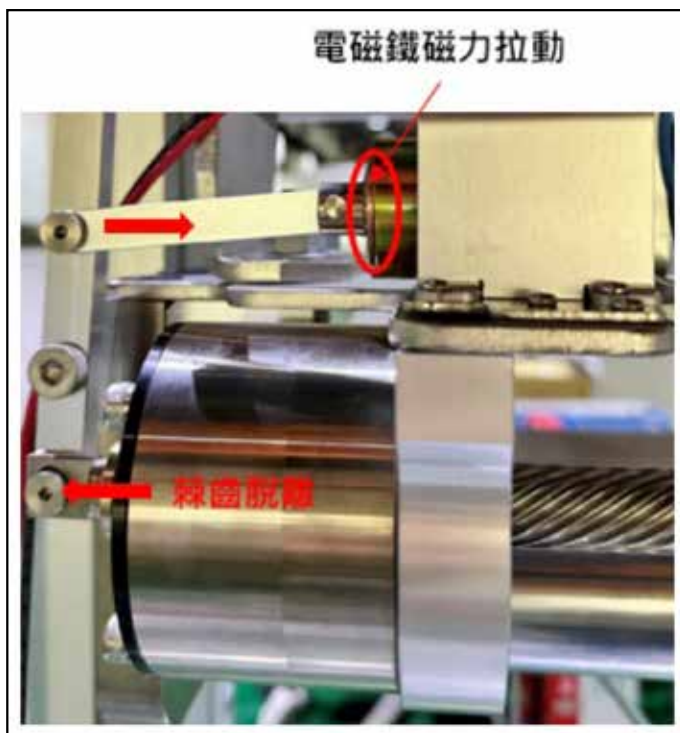


圖 18 鎖定裝置電磁鐵 (供電)

- 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

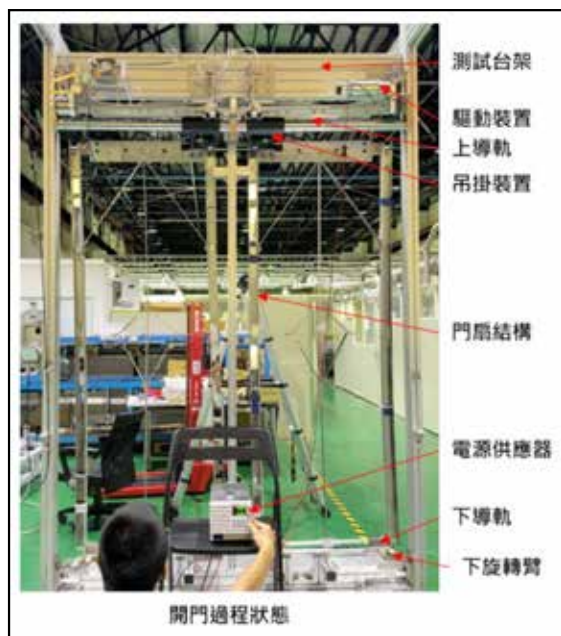


圖 19 導向裝置功能測試

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

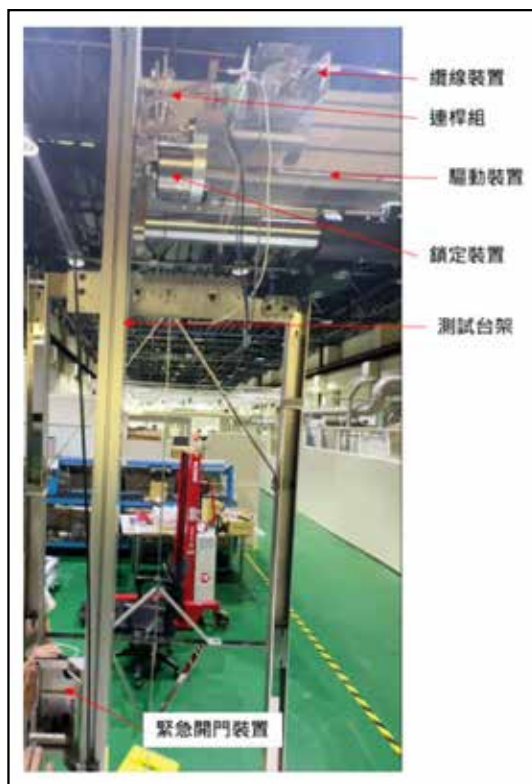


圖 20 緊急開門裝置功能測試

(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

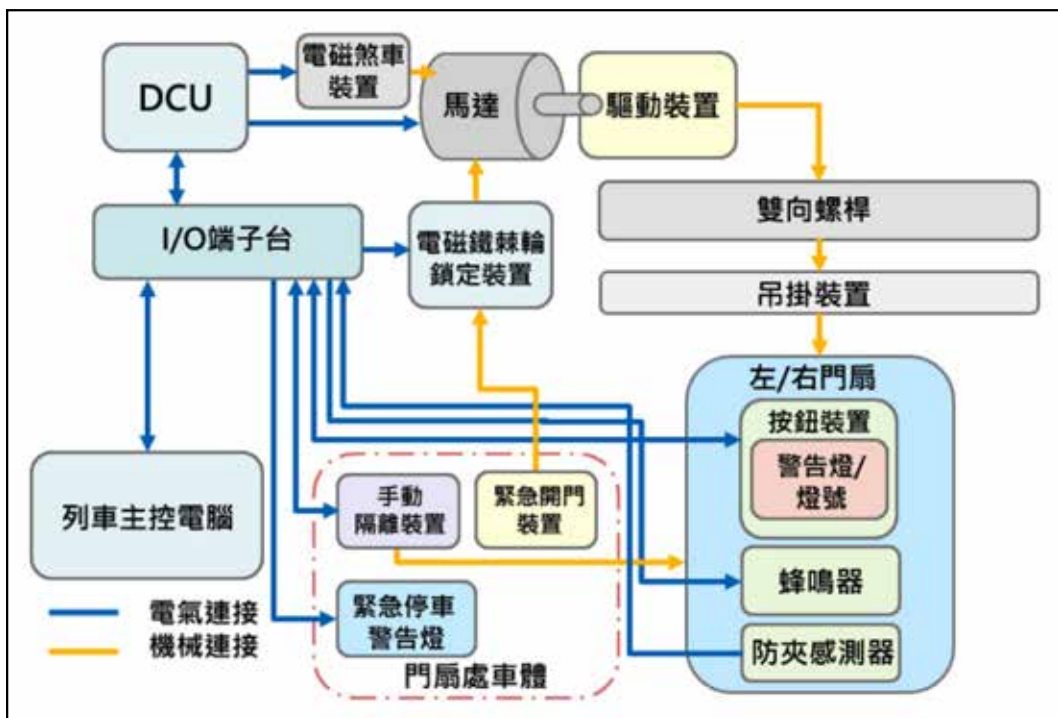


圖 22 車門電控系統架構圖

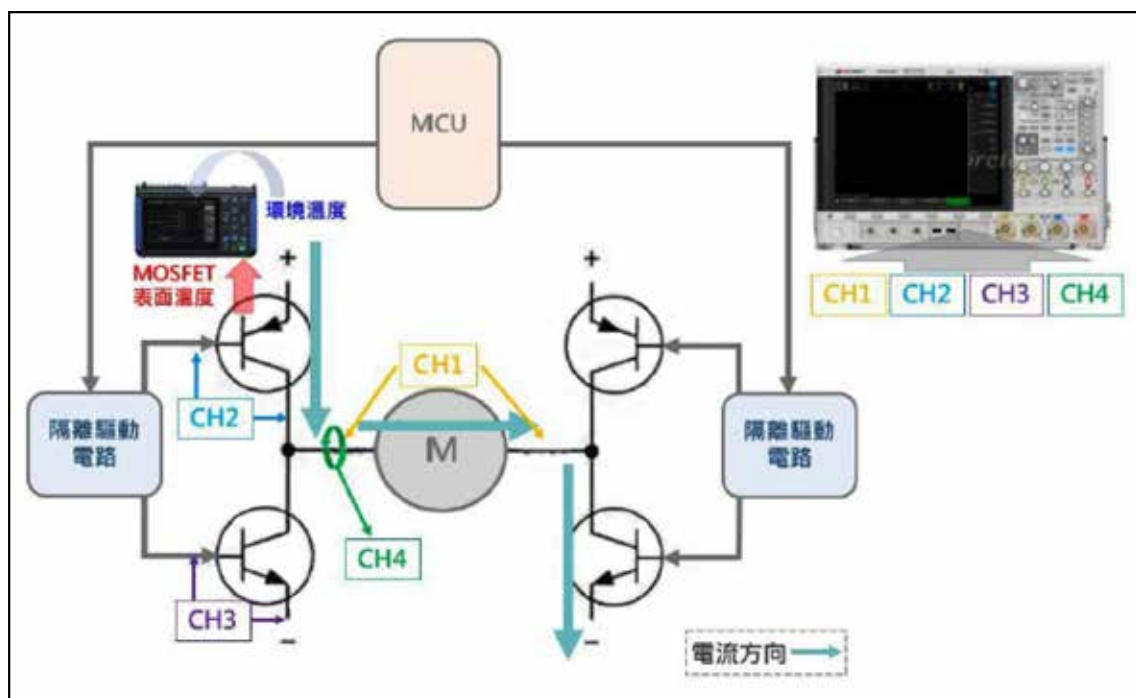


圖 23 安全迴路硬體細部設計圖

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

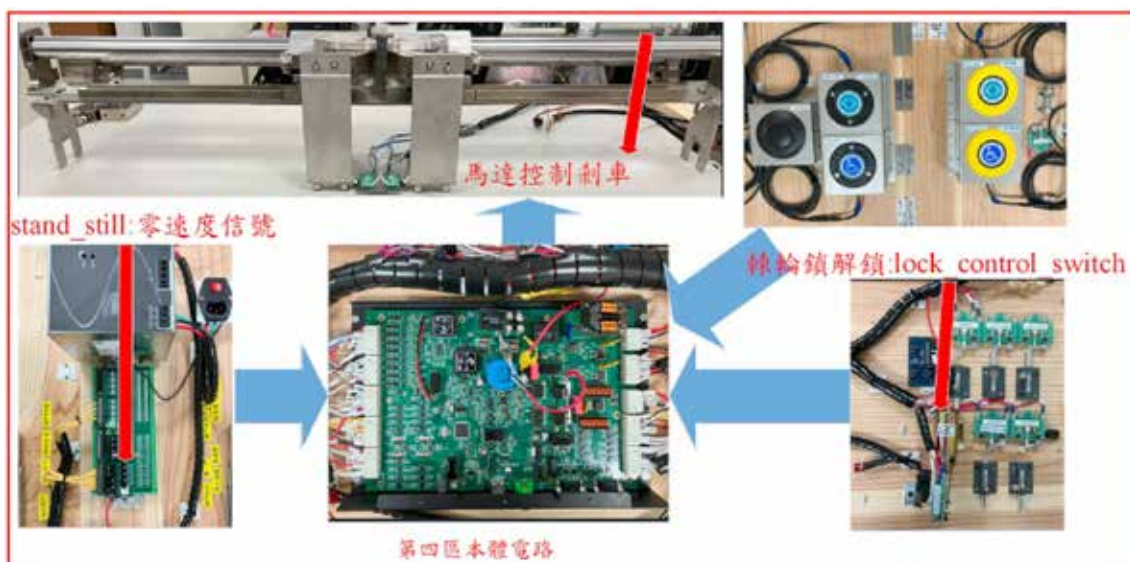


圖 24 電控配線整合實驗

- ▶ 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。

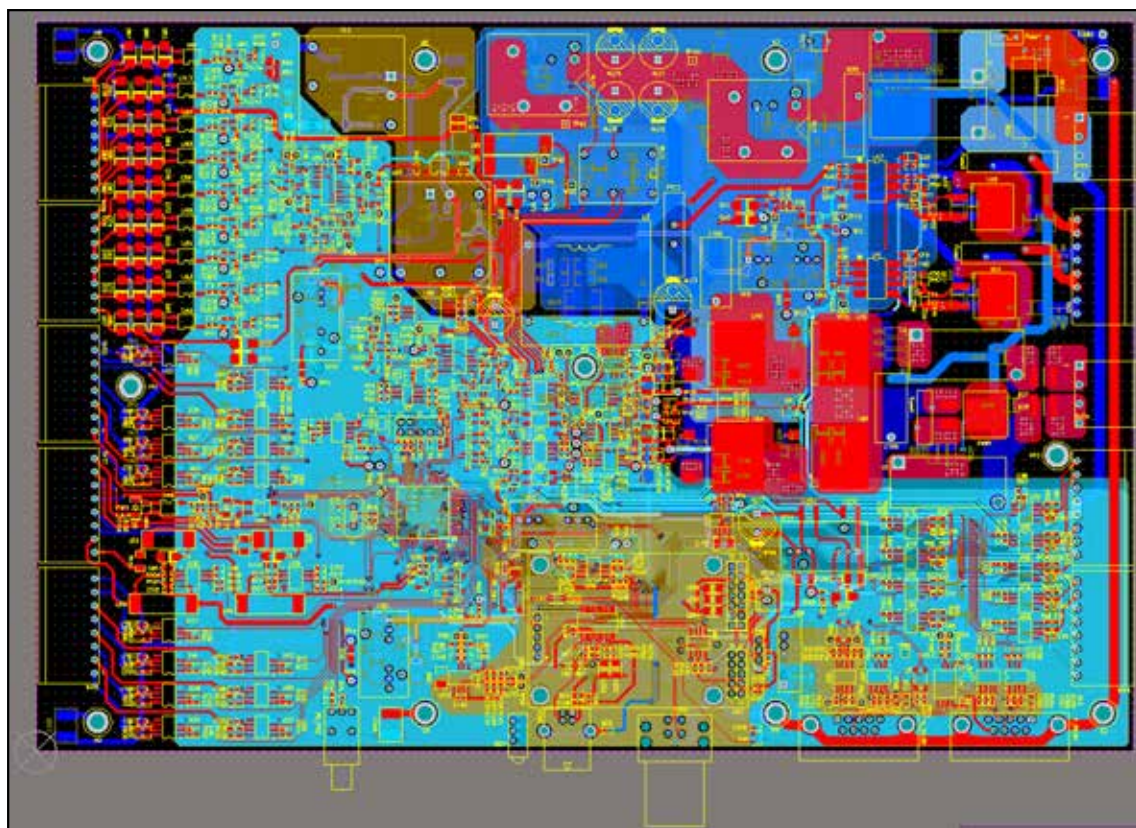


圖 25 車門控制器電線布局

- 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

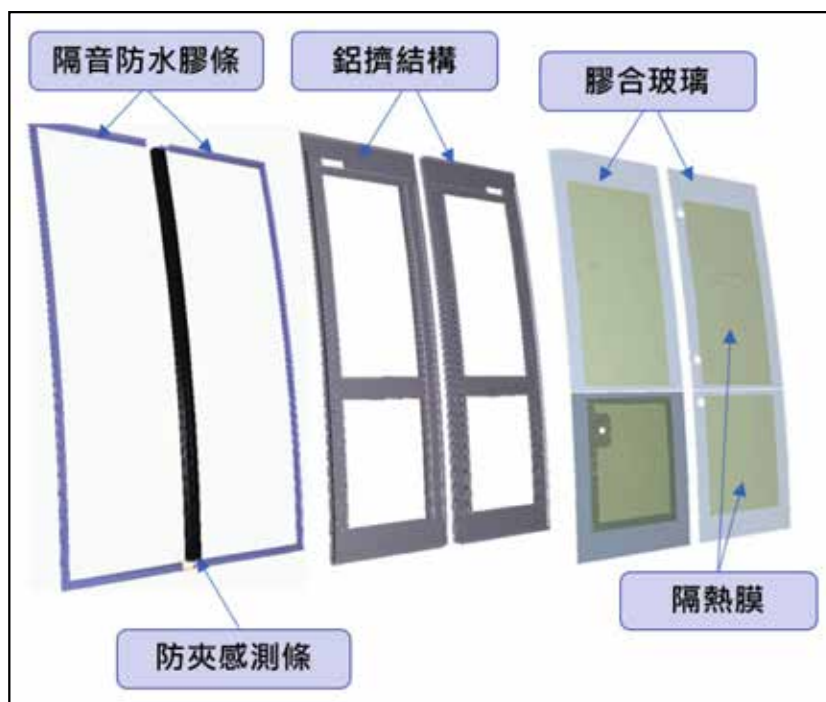


圖 28 門體開發說明圖

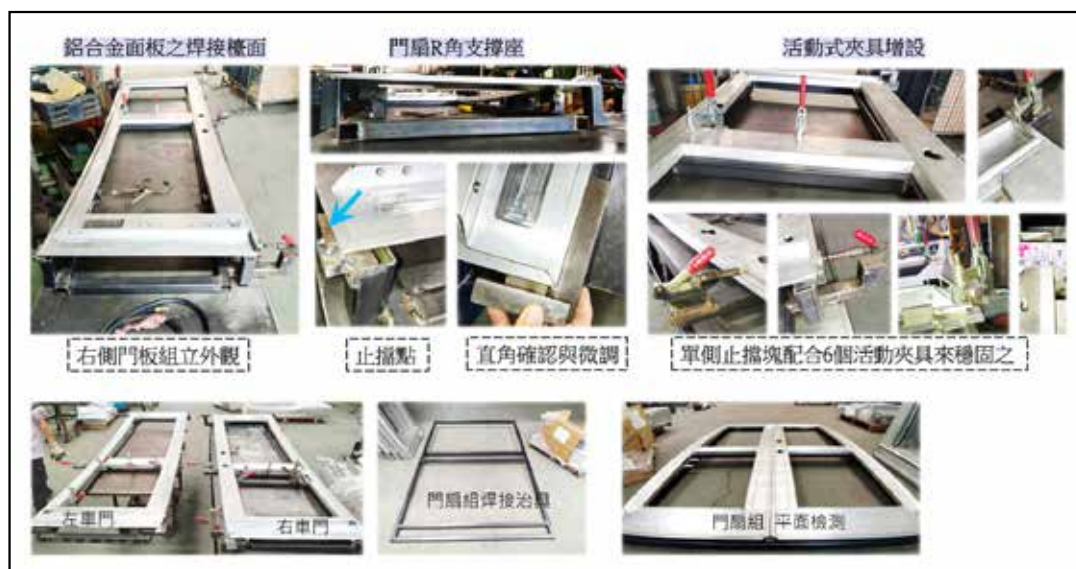


圖 29 鋁擠門框設計說明圖

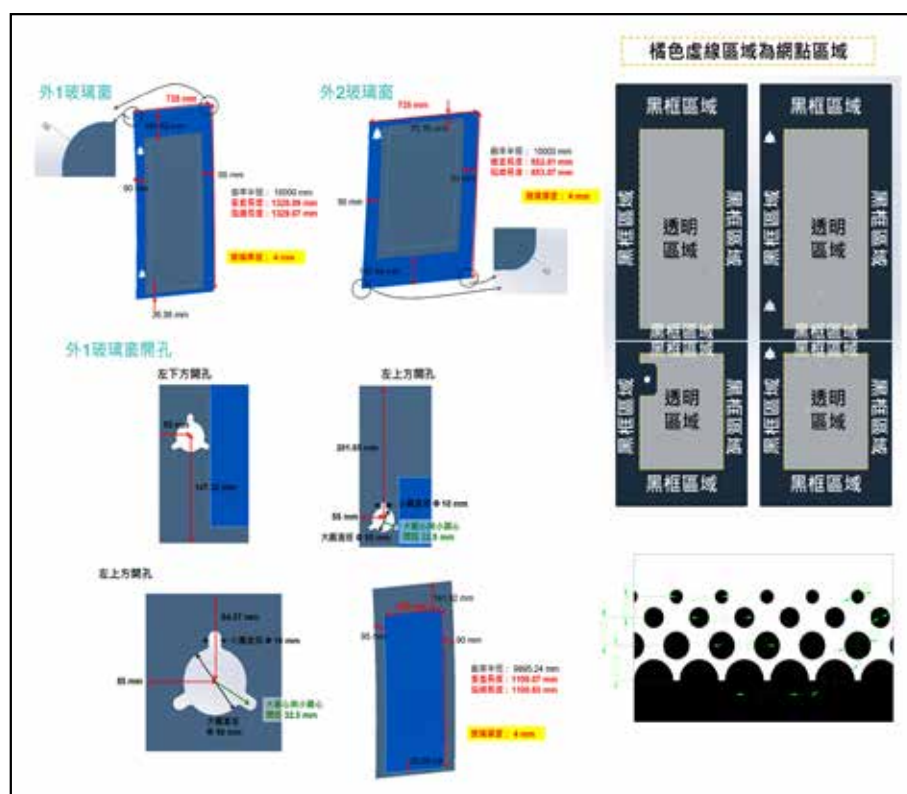


圖 30 玻璃製成設計說明圖

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，

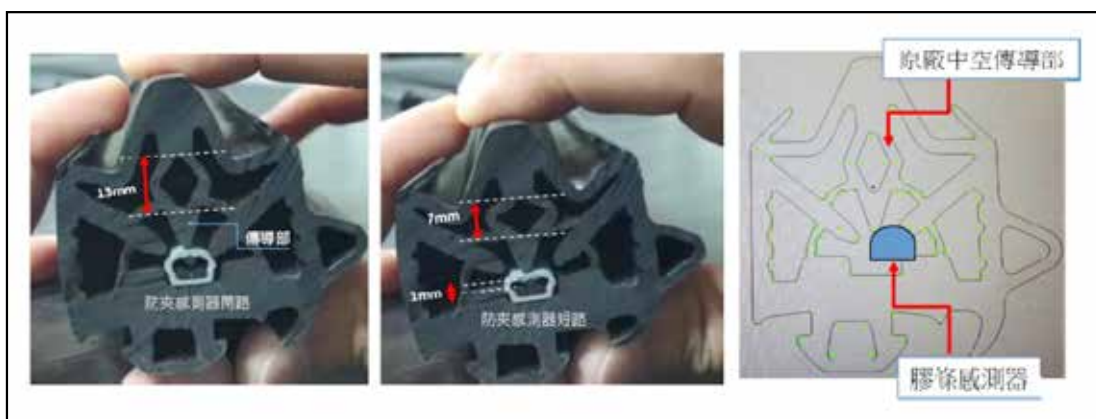


圖 31 膠條設計說明圖

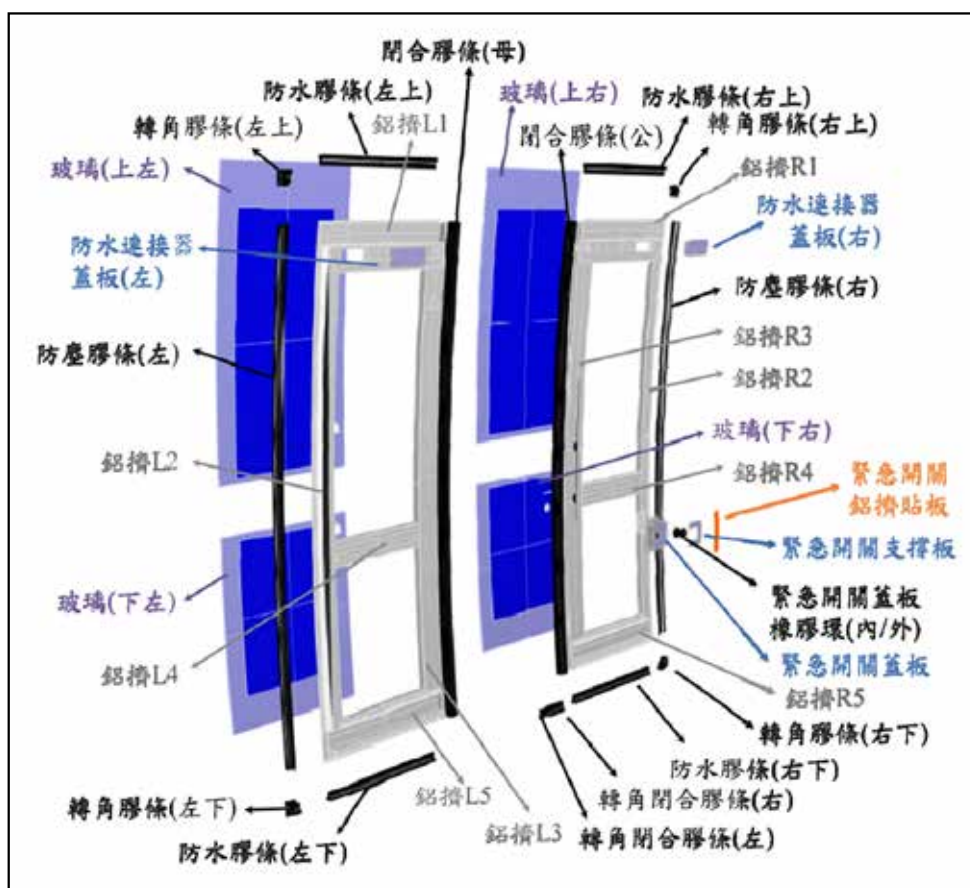


圖 32 門體之諸零組件構成組合圖示



圖 33 膠條老化測試圖

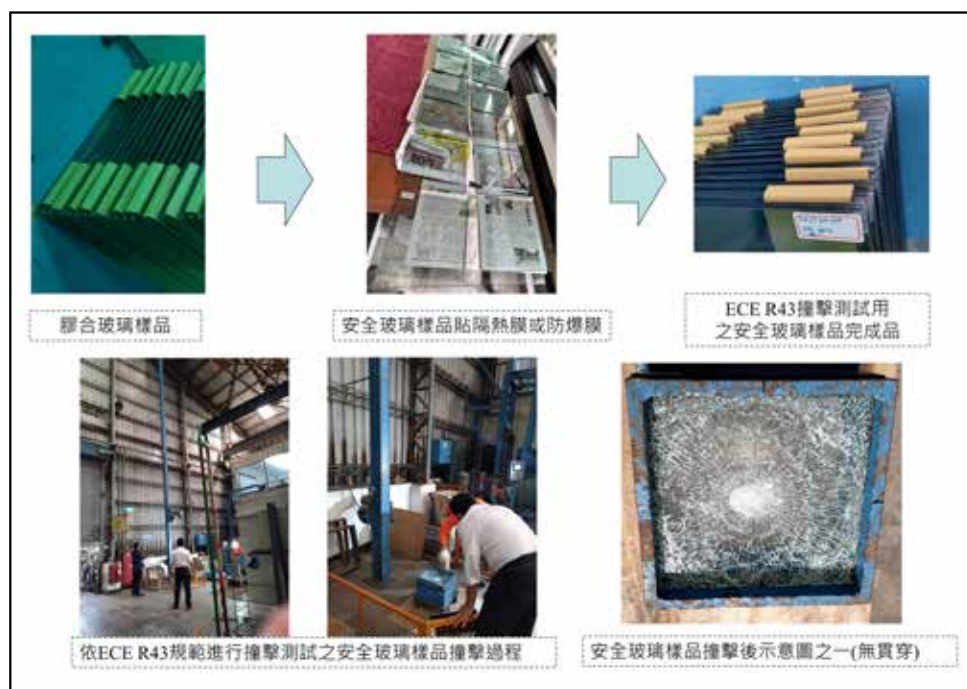


圖 34 玻璃撞擊測試圖

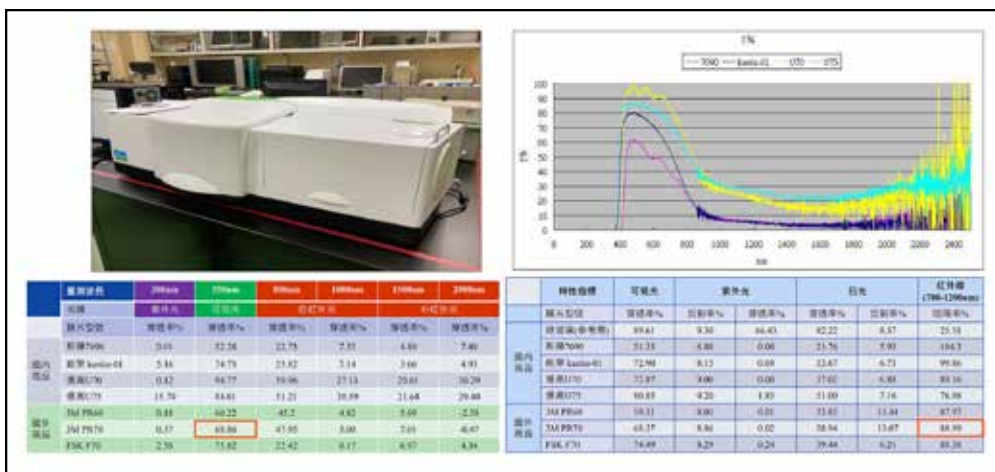


圖 35 玻璃隔熱測試圖

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。



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：

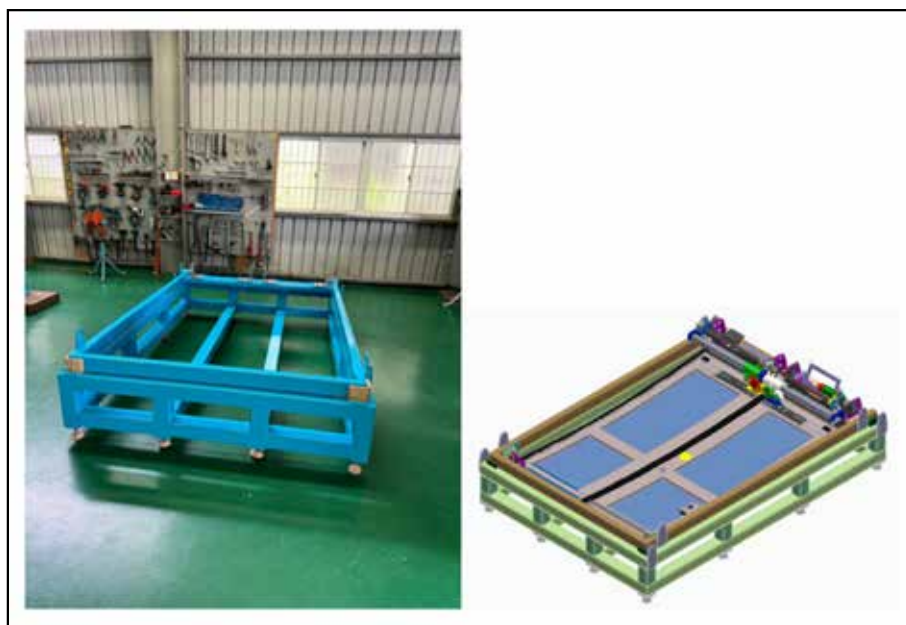


圖 39 車門傾覆力測試治具設計圖及成品



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。



平交道遮斷機國產化推動成果

台灣世曦工程顧問股份有限公司電機部副理 / 吳松儒
台灣世曦工程顧問股份有限公司電機部計畫經理 / 蔡文遠
至鴻科技股份有限公司開發處協理 / 張旭德
至鴻科技股份有限公司開發處經理 / 林育賢
至鴻科技股份有限公司總經理特助 / 陳俊傑

關鍵字：國產化、遮斷機、臺鐵、鐵道、軌道

一、前言

平交道是鐵路運輸中相當危險的節點，隨著交通量增加，對安全的挑戰也日益提高，近年臺鐵死傷事件雖有下降趨勢，然於平交道之死傷事故件數並未下降，除積極宣導期加強用路人經過平交道前之應注意事項及安全觀念外，藉由鐵路行車安全改善六年計畫以實際作為來提升鐵路營運安全，減少列車運行之突發事故。臺鐵自 107 年積極推動「臺鐵電務智慧化提升計畫」，其中平交道設備更新與智慧化亦為重要之一環。

交通部、經濟部及工程會 107 年組成「軌道產業推動會報」藉由前瞻基礎建設計

畫帶動鐵道產業發展，檢討國產化現況與課題，並以輕軌系統為發展重點。進而在「2021 交通科技產業政策白皮書」中，提出鐵道科技產業政策，包含國車國造及機電國產化、提升國內廠商參與建設、發展智慧鐵道等3策略。因應國產化計畫及平交道安全性提升，於建設新平交道時亦採「平交道遮斷機」納入國產化項目，期能擁有穩定可靠之產品支援及安全運作外，更因國產化而有高效之管養支援。

二、系統設計與招標策略

臺鐵平交道遮斷機已使用相當長時間，迄待辦理更新，配合國產化議題，特予設計



階段研析達成國產化之方案。

遮斷機於國外係屬成熟產品，且台灣為WTO會員國，簽署WTO政府採購協定（GPA），政府採購必須符合相關規定，並無法於採購標案內限定由國內廠商製作生產遮斷機。因此於遮斷機採購案設計階段，特別予以考量，強化國內廠商投入之意願及參與機會。相關設計及招標策略之研析重點如下：

（一）系統設計重點

遮斷機更新，除滿足既設產品功能外，為達國產化目標，須強化國內廠商競爭力，並提升功能性。基此，遮斷機於設計時，特收集使用單位意見及未來智慧化應用需求，新增部分功能。而此新功能研發，不論國內外設備商，皆須重新研發，另台灣為資通訊大國，對於智慧化功能研發具完整供應鏈與開發能力，大幅提升國內廠商參與意願及機會。

「平交道遮斷機」之系統功能優化重點如下：

1. 維修功能強化：提供遮斷機故障診斷及記錄儲存功能，包括日期、時間、電壓、電流、桿件位置(停放水平或垂直)、桿件斷桿狀況(是否發生斷桿)。並提供異物阻擋遮斷桿升降及遮斷桿折損等偵測功能，讓維修人員可以快速判斷故障，有效進行維修。
2. 安裝設定優化：為加速故障修復及降低維

保人員經驗需求，使用伺服馬達，可精確進行位置定位控制和動作速度控制，再搭配無配重化遮斷機，設備更換後，無須再配合調整配重，減少安裝調整作業，縮短現場作業時間。

（二）招標策略

依據109年08月20日「R-TEAM 109年第1次會議」研討需求，考量現有具備實績之廠商皆非國內廠商，國內廠商無擔任主標商之機會，為推動國產化之阻力。基此，本次平交道遮斷機採購策略，特別作了下列考量，設定國內廠商有參與之機制：

1. 訂定完整之「原型機測試標準」，測試通過可進行量產。以縱貫線俊英街平交道為例，每日南上北下平均300多班，因有部分為上下行同時放下，因此平均每日放下次數為280次， $280\text{次}/\text{天} \times 30\text{天}/\text{月} \times 12\text{月}/\text{年} = 100,800\text{次}/\text{年}$ ，約計10萬次據此規劃100,000次為「原型機測試標準」檢驗次數。經研討後訂定採100,000次連續上升、下降動作試驗，測試過程應予記錄動作及錄影，並由第三方驗證機構開立試驗通過認證。
2. 考量新產品之研發及測試，若無經驗，於有限工期內並無法達成，亦造成國內廠商參與標案之重大阻礙。因此於招標時特別增加產品研發及原型機測試時程，廠商可於12個月內完成，不計列工期內。給予



表 1 遮斷機功能優化設計

既設	新設計
DC 馬達 • 電刷定期維修 • 須定期保養各式機構	DC 伺服馬達 • 精確進行位置定位控制和動作速度 (機能提升、機器小型化) • 電磁制動器或鎖定裝置或相同功能之裝置，採用密封型軸承不需注油保養。
遮斷桿有配重設計  每部配合現場調整其配重塊，增加施工安裝及維護時間，且其配重塊不可有被阻擋或物件附掛，會造成遮斷桿下降或舉起位置不佳，影響實際功能。	遮斷桿無配重設計  利用其內部機構調整，無需另外配重塊之設定，加速安裝與維護，且不會有被阻擋或物件附掛問題。
無內建記錄裝置 • 僅偵測外部阻力、異物阻擋無異常，並具遮斷桿角度偵測輸出，惟無記錄功能，無法分析故障原因，進行預防性保養分析。	內建記錄裝置 • 具故障診斷及記錄儲存功能，包括：日期、時間、電壓、電流、桿件位置 (停放水平或垂直)、桿件斷桿狀況 (是否發生斷桿)。 • 控制器具自我學習功能，通電後，在正常環境下，操作上升及下降 5 次後，能學習紀錄桿件重量，當多節式遮斷桿發生事故造成斷桿 (斷損只剩 2 節) 時，能自動偵測判斷。

無遮斷機經驗但有實力之廠商，合理開發期限。

- 依採購法本案產品非一般商品化產品，投標廠商以具備製造、供應或承做能力

為宜。而台灣廠商並無實績及相關經驗，故於招標資格予以增訂，讓有意參與之廠商，只要符合下列條件中之 1 項即可參與：

- 製造或承做之證明文件：「軌道用遮



斷機」製造商證明文件（如契約封面及採購明細或驗收合格佐證資料）。

- B. 現有可取得履約所需設備、技術之證明文件：「軌道用遮斷機」製造商出具之技術或製造授權文件。

（三）招標結果

依上述策略，本案投標共有3家，除2家為日本廠商（臺鐵既有遮斷機設備供應商），另有1家台灣本土廠商參與，依本案在即，最低價格標決標予至鴻公司。

三、遮斷機國產化開發實務

有關產品的開發，至鴻科技公司依據「遮斷機1424套(含安裝)採購案之相關規範功能需求、既有遮斷機設備及市面上相關產品進行研究，與臺鐵既有遮斷機設備之使用經驗，以實用性高、可靠度高及耐用度佳，作為遮斷機國產化開發之設計理念。

在開發方法及流程，採PDCA(Plan、Do、Check、Act)之品管循環模式，逐步執行計畫、執行、檢核、改善行動之流程，依據所得結果進行滾動式調整，從設計的需求分析到正式量產過程說明如下：

（一）需求分析

秉持設計理念的前提，納入臺鐵平交道

實地環境特性、養護作業規則及營運路線運作模式，進行細部需求分析及對應，透過至鴻之專案履約經驗，逐層架構及堆疊開展設計細節與精確計算，以確保設計理念符合實務的開發、生產、維護、運轉至保固，整體生命週期之成本。

（二）設計研發

以需求分析結果進行初步規劃，提出多樣式設計方案，包含材料、機構、機械、電氣、控制…等，並逐項進行方案細節討論並評估技術、成本和時間方面的可行性，配合現行市面上各IC或流通性高之既有物料，選擇並設計各可行性方案後，開始進行細部設計，包括架構、機構、電氣、控制系統等區塊化設計，以下以電源模組為例說明：

- 1.計算遮斷機可能之負載，包括各型式遮斷桿及其固定座之長度/重量、再加上舉升/下降角度、速度及時間等參數，計算各動作樣態之消耗功率需求約為738Watt，假設以常態運作之消耗功率佔電源輸出70%，再加上損失、消耗及冗餘量，以確保電源供應的穩定，最終整體電源輸出功率達1200Watt。
- 2.為提供上述電源之供應需求，既有平交道現場電源電壓DC24V條件下，供應勢必為大電流；因設備內空間限制無法使用太大線徑，故設計以分段升壓方式達到此功率需求：

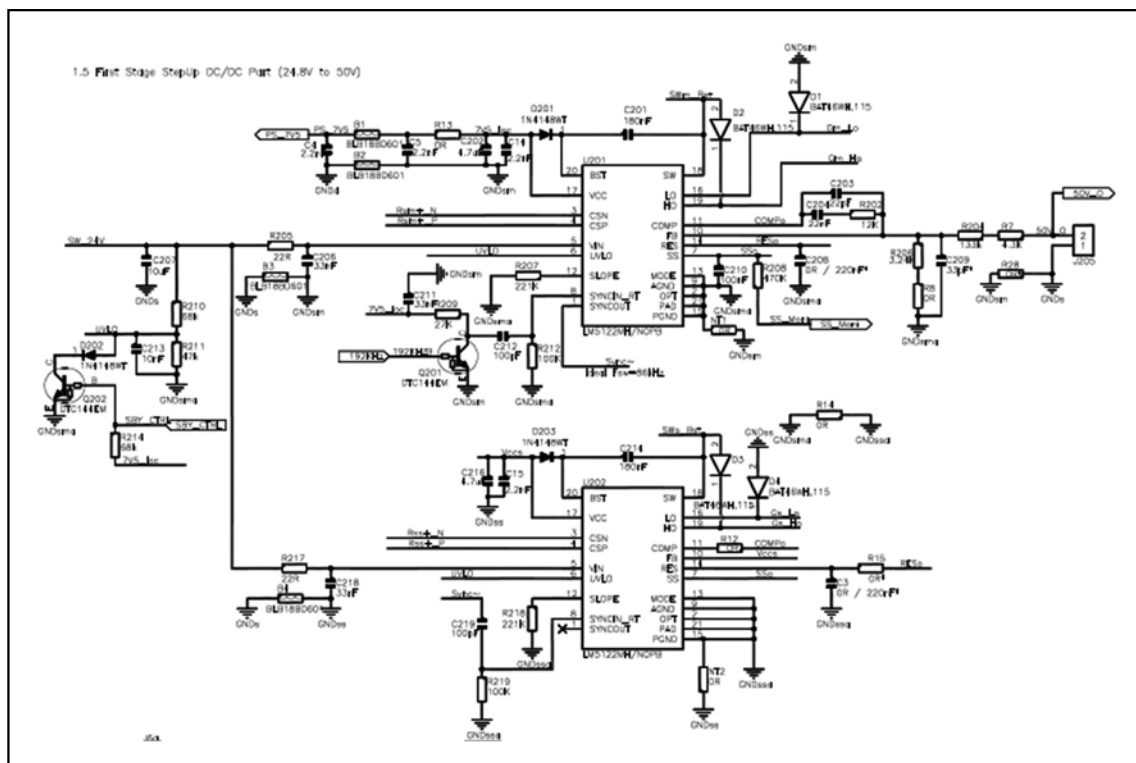


圖 1 電源模組第一階段升壓電路

- A. DC24V升壓至DC50V，詳圖1。
B. DC50V升壓至DC300V。
C. 整體升壓轉換效率達到95%以上。

(三) 模擬驗證

依據設計研發成果製作模擬原型，包括測試電路板、3D列印、簡易模組、軟硬體模組程式等，分項進行實驗室模擬測試，執行不同測試流程反覆驗證，以取得最真實之運轉情況，並檢驗設計的合理性和可靠性，通過後開始改以小批量製作模擬原型，再重複進行驗證，所得驗證結果為後續生產之重要指標。

(四) 製造組裝(原型機)

依據模擬驗證成果，制定明確的材料需求、製造工法和檢核流程，進行原型機的各部件生產，並確保所生產的質量是否與設計內容相符；分項及組裝後的反覆測試，此為開發過程中最重要之環節，故部分必要之測試驗證程序，交付第三方公正單位辦理。

（五）再測試再驗證再改善

對於廠內完成生產組裝的原型機進行再測試，測試項目除功能性能外，並增加實際

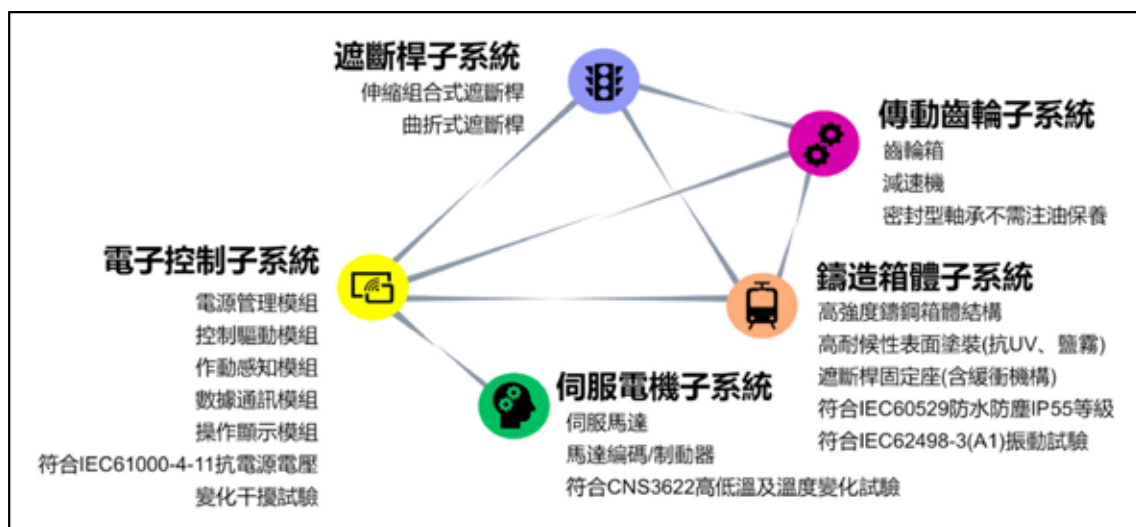


圖 2 遮斷機系統區塊圖

環境之設備壽命週期測試；再檢驗各項料件、軟硬體及性能是否達標，實際面對測試及驗證結果並提出對策，為量產建立踏實的基礎。

(六) 遮斷機架構

遮斷機開發主要關鍵技術有：高強度耐用之材料技術、機械機構、電源升壓及邏輯控制等，硬體設計及軟體之邏輯均可配合達成Fail-to-Safe之目的，並考量後續維護維修之便利性，以模組區塊方式區分為鑄造箱體子系统、伺服電機子系统(含制動器)、傳動齒輪子系统、電子控制子系统、遮斷桿子系统等5大子系统所構成。

1.鑄造箱體子系统：應能克服平交道環境的曝曬/高濕/溫差/粉塵惡劣特性，設計優先

考量高耐用度與高堅固性，相關組成如下：

- A.箱體為SC系列之中碳鑄鋼材質，螺栓及螺帽均使用不鏽鋼材質及防鬆脫設計。
- B.耐候性表面塗裝：箱體內部使用「高耐候型聚酯樹脂系粉末塗料Polyester」之防鏽底漆；外部再以聚酯樹脂系粉末塗料黃色螢光漆，耐候黑色PU漆斜對相間隔；其餘機械機構金屬件均做防鏽處理，塗黑色面漆或鍍層。
- C.遮斷桿固定座：除可調性更可安裝其他桿件型式外，遮斷桿鎖附固定座模組可通用臺鐵各式遮斷桿相容性高；另具有遮斷桿支承裝置，可於維修作業時，手動固定遮斷桿保持於垂直位，方便維修人員作業。

2.伺服電機子系统(含制動器)：國內首創第

一部採用直流伺服馬達(感應式、無碳刷裝置)與電磁制動器之平交道遮斷機：

- A. 伺服馬達：外殼採用強度佳、散熱良好之鋁擠製型材質，並使用CNC精密加工後，於縝密精細組裝下，可有效防堵外部異物及灰塵的入侵，而內部使用高精密長壽命免注油保養之滾珠軸承，確保馬達運轉時的準確及穩定性。
 - B. 電磁制動器：其作動時工作電壓24VDC可鎖住馬達軸心，斷電時放開馬達軸心，使遮斷桿自重緩降。
3. 傳動齒輪子系統：包括齒輪箱、即減速機及無須保養之滾珠軸承等相關零配件精密

的組裝，再搭配伺服電機子系統，即可使遮斷機精確穩定的運轉。

4. 電子控制子系統：新型遮斷機具有自動學習功能，使用者可運用遮斷機自動記錄儲存之遮斷桿升/降時，馬達驅動的平均電流值做為障礙查修的基準參考。其組成包括電源管理模組、控制驅動模組、作動感知模組、數據通訊模組及操作顯示模組，本維修人員可於平交道現場進行設定與調整。
5. 遮斷桿子系統採用符合臺灣鐵路財物規範-FRP遮斷桿規範(總號TRAS(K)-S10013)之遮斷桿型式，包含伸縮組合式(如圖3)及曲折式(如圖4)。

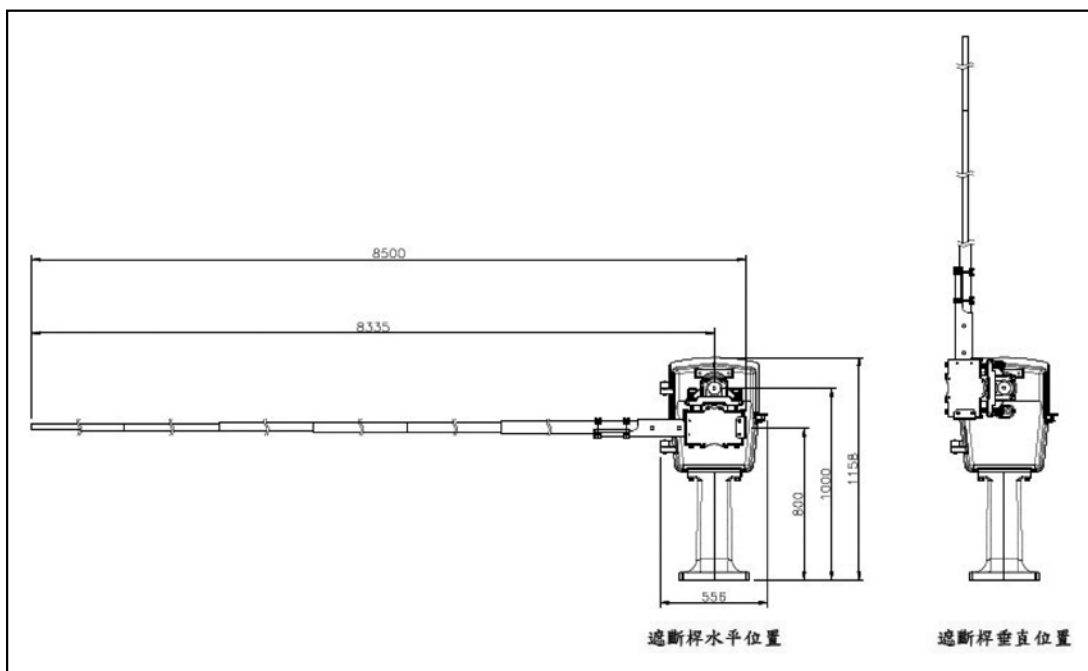


圖3 遮斷機伸縮式遮斷桿示意圖

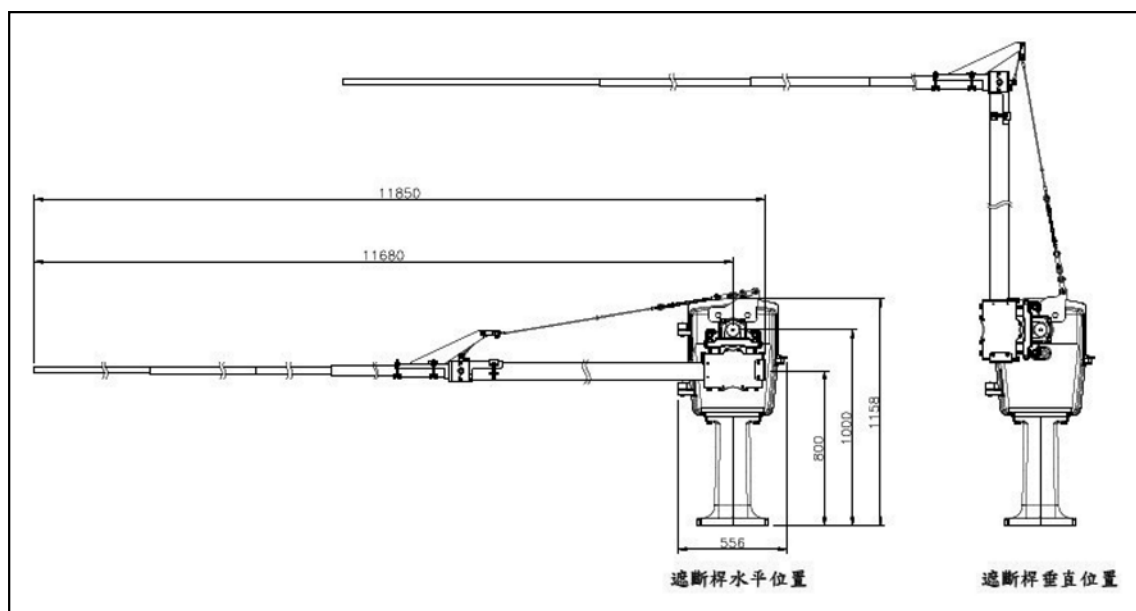


圖 4 遮斷機曲折式遮斷桿示意圖

(七) 原型機整體檢測

完成研發生產之原型機，依照規範分別進行「設備組件與規格」、「功能」及「可靠性測試」等三大檢測項目，會同業主、監造及委託第三方TAF實驗室，共同參與及認證，經過長時間努力，終於達成首座國產化遮斷機的重要里程碑，讓臺灣軌道產業邁出重要的一大步。

- 1.設備組件與規格檢測：測試內容主要為主體機械機構、電源、伺服馬達、控制器等共23個檢測內容，重點摘要詳表2。
- 2.功能檢測：本項測試內容主要為正常運轉、異常及遮斷桿動作設定等共11個主要檢測內容，重點摘要詳表3。

- 3.可靠性檢測：執行可靠性檢測時，以安裝最長及最大荷重之遮斷桿(6節伸縮組合式遮斷桿、曲折式遮斷桿直桿)進行100,000次連續上升、下降動作。測試過程皆進行記錄動作及錄影，並由第三方驗證機構開立試驗通過認證；另測試過程全程提供網路視訊連線供機關或監造單位遠端即時查核，整個不中斷測試時間耗時長達26天。

(八) 正式量產

依據國產化規範，量產時仍應辦理「工廠測試」與「工地測試」。工廠測試於各批次交貨前，至鴻公司會同業主及監造辦理工廠測試，工廠檢測項目包含：自主品管測試、例行測試、可靠性測試、型式測試、



表 2 設備組件與規格檢測摘要表

規範內容	檢測內容概述
輸入電壓及控制訊號電壓於變動範圍內，設備功能應能運作正常。	1. 變動範圍內，設備功能皆能運作正常，檢測結果符合。 2. 動態輸入電源電壓大於或小於遮斷機所設定之告警範圍並且超過設定秒數後，發出異常告警且桿件自動緩降。
具遮斷桿升降測試開關，可手動操作遮斷桿升降。	手動操作升降測試開關，遮斷桿升降作動正常，檢測結果符合
於正常運轉時，應能承受 20m/s 之風速仍能運作正常。	分別以「6 節伸縮組合式遮斷桿」及「曲折式遮斷桿直桿部分 +6 節伸縮組合式遮斷桿」進行風速 (21m/s) 下連續 30 次 (完成上升 / 下降為 1 次) 檢測結果符合。
	
遮斷桿升降遇阻及遮斷桿折損等偵測功能。	1. 遮斷機進行自動學習作業 (自動升降 5 次並自動記錄其運作標準值)。 2. 進行異物阻擋遮斷桿升降遇阻擋 2 秒以上，遮斷機顯示模組 LCD 即顯示「上升逾時異常」或「下降逾時異常」並記錄於 Log。
應具有遮斷桿支承裝置，可於維修作業時，手動固定遮斷桿保持於垂直位。	設定於維修模式，可手動固定遮斷桿保持於垂直位。
可利用筆記型電腦連接本設備的通訊埠，設定與調整遮斷桿升降時間、角度及即時監視本設備的操作狀況，如監視遮斷桿升降時間及角度、伺服馬達之電壓及電流等。	可以筆電分別連接網路通訊埠 (RJ-45) 或 Serial port (RS-232)，設定與調整操作前述功能正常，並可即時監視本設備之前述操作狀況。
應具遮斷桿規格之上升與下降所需之扭力，並能於最大遮斷桿荷重下，連續運作上升與下降各 500 次，不能有過電流或過熱情形。	最大遮斷桿荷重 (搭配曲折式遮斷桿直桿部分 + 伸縮組合式遮斷桿)，連續升降達 500 次以上時，檢視無出現伺服馬達「過電流」或「過溫」告警。
控制器應具備自我學習功能，通電後，在正常環境下，操作上升及下降 5 次後，控制器必須能學習紀錄桿件重量，當多節式遮斷桿發生事故造成斷桿 (斷損只剩 2 節) 時，應能自動偵測判斷，並可由 RJ-45 網路通訊送至 CMT 後再送出告警訊息。	1. 遮斷機進行自我學習作業 (自動升降 5 次並自動記錄其運作標準值)。 2. 將 6 節遮斷桿取下 4 節，留 2 節於遮斷機上進行作動，遮斷機啟動異常監視乾接點 (遮斷桿斷桿) 及 RJ-45 (網路) 傳送告警資訊並記錄於事件記錄 Log。 3. 另可進行遮斷機斷桿敏感度測試 (依不同遮斷桿節數進行確認並記錄)。
當桿件逾時未定位於垂直位或水平位時，應能提供所有診斷資訊，經由 RJ-45 網路通訊送出告警訊息。	1. 設定上升 / 下降時間與誤差時間，遮斷機於上升 / 下降時使用異物阻擋桿件升降。 2. 阻擋時間大於等於前述設定時，遮斷機顯示模組 LCD 螢幕顯示升降逾時告警，且於「位置乾接點」測量告警訊號，並由 RJ-45 傳送告警資訊與記錄於事件記錄 Log。



表 3 功能檢測摘要

規範內容	檢查方式
若遮斷桿不在垂直位，遮斷機應解除制動器或鎖定裝置或相同功能之裝置後，啟動伺服馬達，將遮斷桿往上升方向運轉，直到遮斷桿到達垂直位後，停止伺服馬達運轉，並啟動制動器、相同功能之裝置或鎖定裝置，使遮斷桿保持在垂直位。	1. 遮斷桿設定在 0~75 度之間 (不在垂直位) 2. 輸入控制信號 DC24V，目視遮斷機將遮斷桿上升到垂直位後 (設定角度 75~90 度)，遮斷機停止伺服馬達運轉，並啟動制動器，使遮斷桿保持在垂直位。
若遮斷桿不在水平位，本設備應解除制動器、相同功能之裝置或鎖定裝置後，啟動伺服馬達，將遮斷桿往下降方向運轉，直到遮斷桿到達水平位後，停止伺服馬達運轉，並啟動制動器、相同功能之裝置或鎖定裝置，使遮斷桿保持在水平位。	1. 遮斷桿設定在 10~90 度之間 (不在水平位) 2. 輸入控制信號 DC0V，目視遮斷機將遮斷桿下降到水平位後 (設定角度 0~10 度)，遮斷機停止伺服馬達運轉，並啟動制動器，使遮斷桿保持在設定之水平位。
電源斷電或本設備異常時，利用遮斷桿之自重，降下遮斷桿，並應有緩降之設計。當電源恢復供電，或設備異常排除後，本設備應恢復為正常運轉模式。	1. 自趨安保設計驗證： (1) 輸入電壓異常：將輸入電壓設定超過 / 低於 10% 時，遮斷桿自重緩降。 (2) 停電、斷電：將遮斷機電源電壓設定為 DC0V 時，遮斷桿自重緩降。 (3) 逾時未定位：以異物輔助阻擋遮斷桿上升或下降，啟動逾時告警，並使遮斷桿自重緩降。 (4) 過電流：調整限電流參數 (以現場遮斷機數值減少 10%)，使遮斷桿自重緩降。 (5) 過熱：調整高溫參數 (以現場遮斷機數值減少 10%)，使遮斷桿自重緩降。 (6) 設備異常：將主控板或電源板任 1 條接線拔除 (斷路)，使遮斷桿自重緩降。 (7) 以上自重緩降時間均為 5~12 秒範圍內 (8) 以「異常動作流程圖」檢查表作為輔助，檢核流程圖之正確性。 2. 將遮斷機電源電壓提供 24VDC $\pm$ 10% 內，立即恢復為正常運轉模式。
應能設定與調整遮斷桿升降時間及角度，並可監測遮斷桿升降日期、時間、角度、伺服馬達之電壓及電流。	1. 以遮斷機顯示模組 LCD 螢幕設定與顯示遮斷桿升降日期、升降時間 (4~10 秒)、垂直角度 (75~90 度)、列車續行上升角度 (75~90 度)、水平角度 (0~10 度)。 2. 可監看「遮斷桿升降日期」、「時間」、「升降角度」、「伺服馬達電壓」、「伺服馬達電流」。
遮斷桿之水平與垂直角度，應可於 0~90 度間設定與調整，並應有機械機構可限制最大與最小運作角度。	手動設定遮斷桿之水平與垂直角度 (0~90 度)。 調整凸輪限制最大 (90 度) 與最小 (0 度) 運作角度。
遮斷桿之水平與垂直間之作用時間，應可於 4~10 秒間設定與調整。	手動設定上升或下降時間 (4~10 秒) 後進行上升或下降動作。
斷電或故障時之自重下降時間：5~12 秒。	將遮斷機電源電壓調整為 0VDC，確認遮斷機立即執行自重緩降功能 5~12 秒範圍內。
前述功能於遮斷桿規格 (TRAS(K)-S10013_FRP 遮斷桿規範) 最小~最大負荷下，皆應能符合規定。	以「6 節伸縮組合式遮斷桿」及「6 節伸縮組合式遮斷桿 + 曲折式遮斷桿直桿部分」確認斷電或故障之自重下降時間 5~12 秒範圍內。



表 4 型式測試

項次	檢查項目	標準	檢試驗內容	第三方
1	防水試驗	JIS E 3017 S 或 IEC 60529 之 IPX5 或 CNS 14165 X5		暉誠國際驗證 (股)
2	振動試驗	IEC 62498-3(A1 級) 或 JIS E 3014 (第 2 種) 或 EN50125-3(L.3 級)	以震動數範圍 10~500Hz，加速度幅度 9.81m/s ² (1G) 的條件下使遮斷機連續上升下降，試驗後確認動作測沒有異常。	暉誠國際驗證 (股)
3	高低溫試驗	CNS3622 或 JIS E 3019(第四種)	高溫 60° C±2，低溫 -10° C±3 的最高溫及最低溫環境下連續 2 小時進行動試驗，此時確認動作沒有異常。	暉誠國際驗證 (股)
4	溫度變化試驗	CNS3622 或 JIS E 3020(第三種)	高溫 60° C±2，低溫 -10° C±3 的各溫度環境下，放置各三個小時為一輪後立刻進行動態測試，共五輪實施之後，確認動作沒有異常。	暉誠國際驗證 (股)
5	抗電源電壓變化干擾試驗	JIS C 61000-4-11 或 IEC 61000-4-11	動作中的供應電壓在 24VDC，在瞬間變化最大 +10% 至最小 -10%，電源電壓變化發生時確認動作沒有異常。	德凱國際驗證 (股)

表 5 例行測試

項次	檢查項目	檢試驗內容	第三方檢測單位
1	可靠性測試	1. 100,000 次連續上升、下降動作試驗，測試過程應予記錄動作及錄影，並由第三方驗證機構開立試驗通過認證 (本設備由本局與立約商共同抽取 1 件)，包含於契約交貨總數量內)。 2. 應裝設最長及最大荷重之遮斷桿執行測試。	測試單位： 律頻科技 (股) 監測單位： ETC 財團法人台灣商品檢驗中心
2	遮斷桿斷桿	安裝 6 節遮斷桿，連續作動 10 次以後取下 4 節，再重新作動時，設備應能自動辨識遮斷桿斷損，並輸出警告訊息。	
3	正常運轉	檢測運功能	
4	停電或本設備異常	裝設 2 支節遮桿測試。	

工廠測試。型式測試及例行測試項目，詳表 4~5。

四、遮斷機上線運轉

當原型機/量產機接連通過一連串嚴苛檢測流程之後，首次國產化遮斷機正式投入臺鐵平交道運轉前，考量平交道涉及鐵道與公

路交會，如何確保鐵公路行車安全，並考量既有遮斷機之運轉維運現況，因此設備相容性與臺鐵人員技術能量之盤點與制定計畫，皆應於導入前完成。故計畫採逐步漸進汰換方式導入，必要時並延長各階段之觀察期，以利確認新遮斷機與既有介面之相容性與整合性。

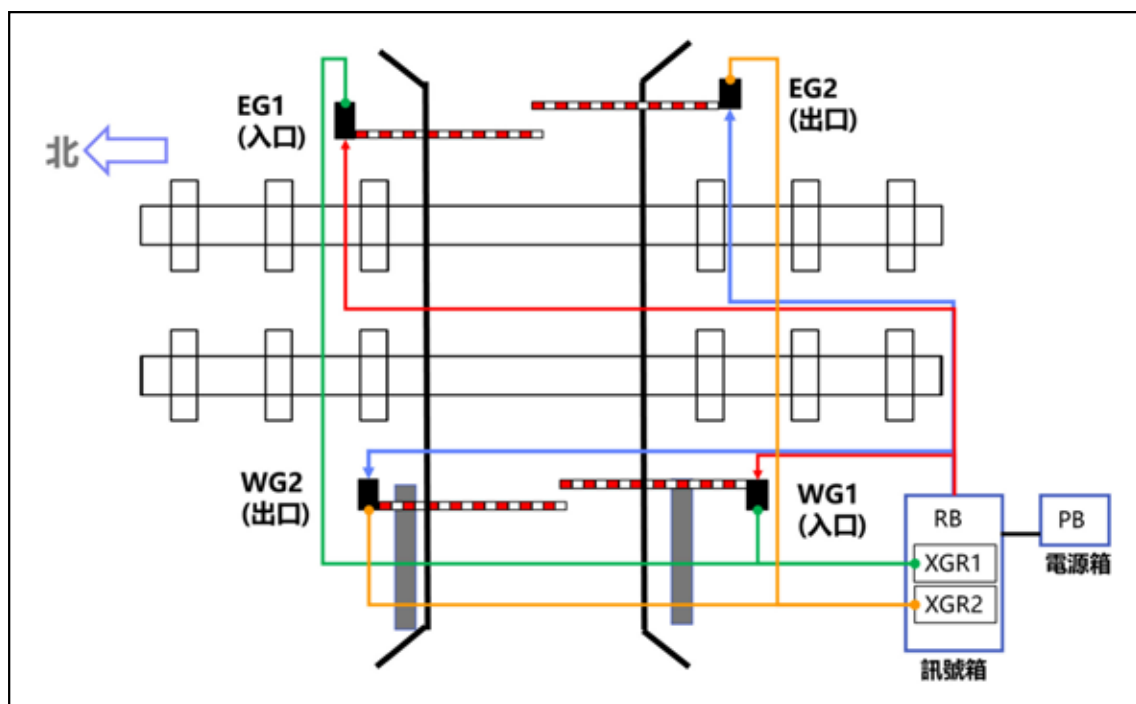


圖 5 五號碼頭平交道 - 線路配置圖示

(一) 試安裝與試運轉計畫 - 第一階段

為確保鐵公路用路人之安全，首先擇定以列車班次較少之花蓮港支線五號碼頭平交道(花蓮港支線K06+847)，作為新式遮斷機上線運轉觀測檢驗位置，該處為公路14.8公尺寬雙向4車道，提供進出港口大型貨車之平交道，具有4套曲折式遮斷桿之遮斷機，詳圖5，具有屬大型路口，可有效完成測試實用上之問題。DC24V電源由PB箱分接至RB箱，4套遮斷機由無熔絲開關(10A)分別引接，沿用既有電源纜線；控制訊號由RB箱之繼電器，以號誌電纜分接至遮斷機。

有關安裝後運轉遭遇之問題，分述如下：

1.4套遮斷桿無法同時舉升

- A. 原因分析：既設遮斷機運轉電流(約17A)，既有電源系統無法滿足新式遮斷機之起動電流(約24A)。
- B. 原因說明：新式遮斷機作動採伺服馬達控制驅動無配重之遮斷桿，故遮斷機要將遮斷桿舉升瞬間起動電流相對較大，而既設遮斷機係採配重設計，故起動電流相對低，平交道既有電源系統(充電機/蓄電池/饋線)，供電時可能出現遮斷桿無法同時舉升的問題。
- C. 改善方案：當平交道距供電點遠，導

致壓降大時，以1：1變壓器提升二次側電壓至穩定110V。另因應瞬間起動大電流需求，須電池具良好放電能力，當電池老化時，將不足以供電，必須一併辦理更新。

2. 遮斷桿異常舉升

當列車經過時，遮斷機正常作動，放下遮斷桿後，兩端出口處 (WG2、EG2) 遮斷桿 7 秒內自行舉升、降下後再自行舉升，嚴重違反遮斷機運轉機制。

A. 原因分析：讀取控制器之log檔，經檢視後發現EG2與WG2(出口處遮斷機)，出現異常控制訊號，造成遮斷機誤判遮斷桿異常舉升。

B. 原因說明：異常舉升出現於每個月24日早上，皆會出現1~2次的誤作動(落下後不當舉升)，且此時間過後就又皆運作正常，檢視事件發生時之遮斷機

作動記錄log檔，確實發現控制訊號處於不穩定之狀況(高準位/低準位連續變動)，如圖6、圖7控制訊號時序圖。

由於此異常舉升事件發生時，入口處遮斷機(EG1/WG1)運作皆正常(降下/水平位定點/舉升)，異常舉升皆為出口處遮斷機(EG2/WG2)，研判應為出口處遮斷機控制訊號受到不明訊號干擾；故以監控儀器長期記錄、控制訊號變動，確實發現其於作動過程中，控制訊號於高/低電位發現雜訊，如圖8、圖9。

C. 解決方案：此雜訊雖為單一事件且於定期(每月24日上午)出現，惟平交道皆為開放空間，為防範往後遭受異常訊號干擾，可能出現各種不同雜訊，遮斷機出現誤動作，致影響行車安全，故採取改善方案作為此風險對策，如表6。

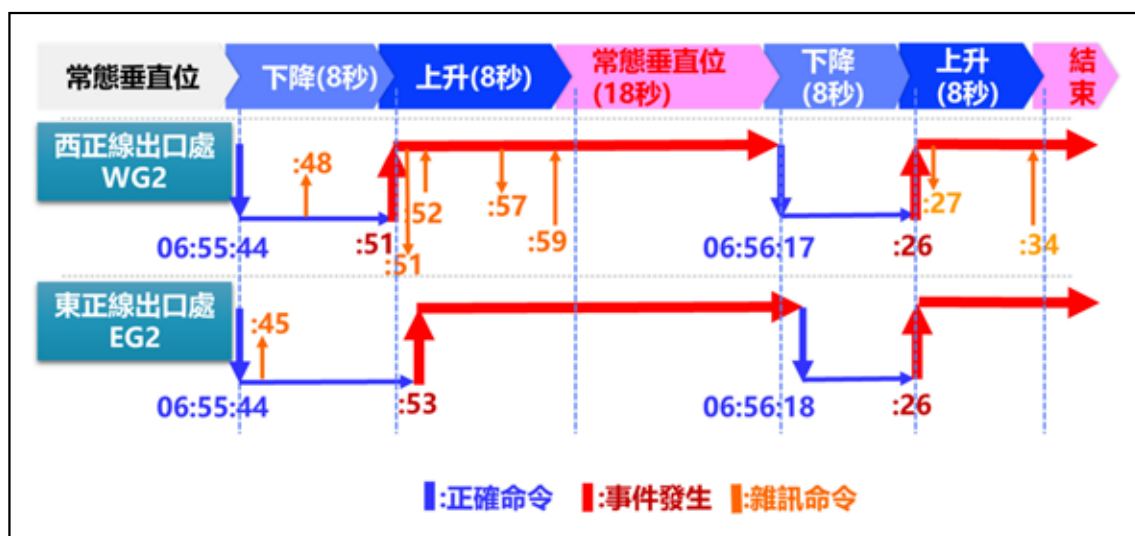


圖 6 控制訊號時序表 (異常記錄 1)

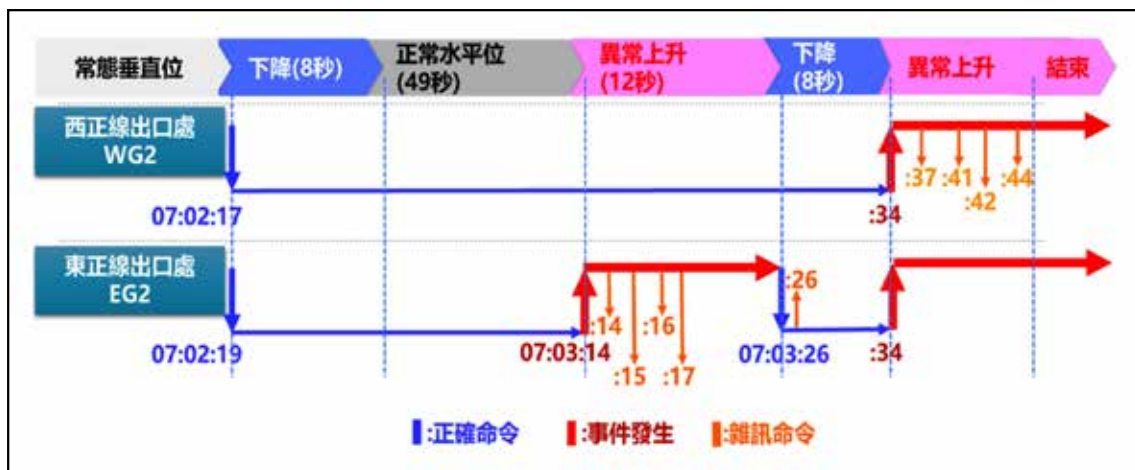


圖 7 控制訊號時序表 (異常記錄 2)

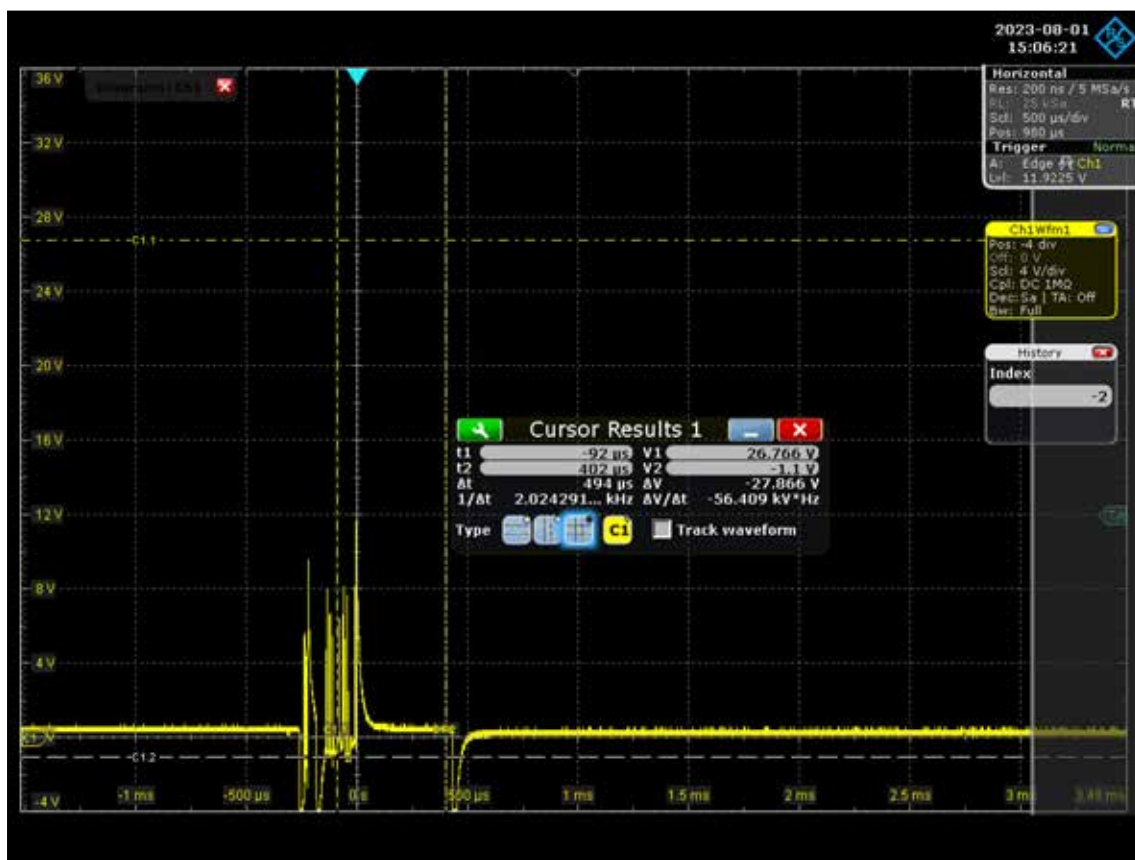


圖 8 低電位雜訊 (異常 1)

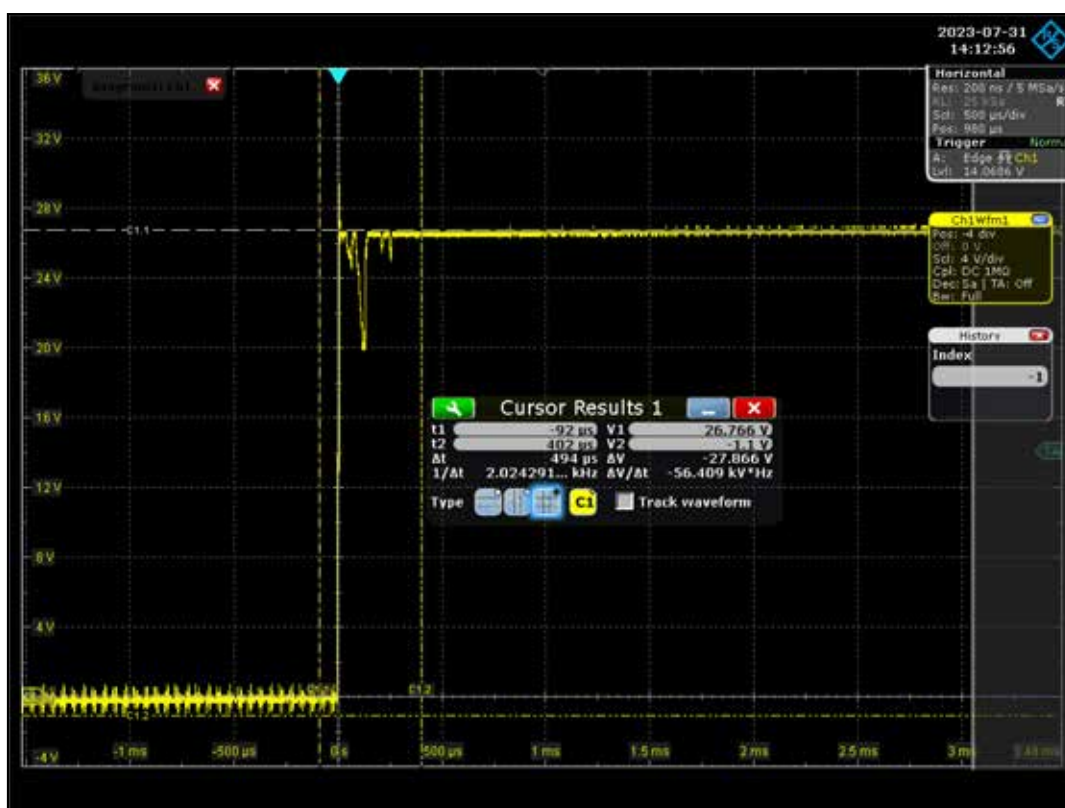


圖 9 高電位雜訊（異常 2）

表 6 雜訊課題分析與防範改善方案

問題分析	分析說明	防範作為	精進方式
控制訊號之雜訊	控制訊號受干擾，電壓出現準位變化率不一致	加裝濾波電路如圖	以 RC 濾波電路降低雜訊干擾
控制訊號之位準	避免因雜訊干擾或電壓問題造成控制位準不一	加裝強制位準提升電路，以控制訊號高位準約 21V 以上作為辨識基準	增加穩壓二極體電路作控制訊號位準再確認機制
控制訊號之辨識	遮斷機為被動設備，受控制訊號變化而作動，增加控制訊號變動之辨識邏輯	1. 延長控制訊號辨識之偵測時間，且必須為相同位準數次後才認定，以避免短時間位準變化造成誤判 2. 遮斷桿下降至水平位定點後，延長不辨識時間，避免錯誤訊號造成誤作動	改善軟體辨識機制 1. 主循環控制訊號偵測間隔時間改為 4ms 且連續偵測 4 次為相同準位時才判定為真 2. 考量遮斷桿下降後無立即上升的工作模式，修改為水平定位 5 秒後，才開始進行控制訊號偵測



（二）試安裝與試運轉計畫 - 第二階段

經由第一階段之試安裝與試運轉作業，遮斷機趨於穩定，惟為確保臺鐵沿線既設電源系統，滿足新式遮斷機需求，增加4處平交道進入第二階段試運轉計畫。

第二階段試運轉計畫之遮斷機，經由五號碼頭平交道之實務經驗及相關測試結果，增補相關措施及精進方案後，遮斷機皆正常持續運作，確認此新式遮斷機符合規範功能、運轉需求及平交道現場環境，正式啟動全面換裝作業。

五、結語

鐵道產業發展國產化係許多鐵道產業人員的期待，而平交道遮斷機以往皆由國外進口，維修支援不易，藉此國產化契機，臺鐵公司將其納入國產化項目之一。因此本案初期擬定採購策略時，特別設定國內廠商有投入之意願及參與機會，包括強化維修功能、優化安裝設定及預防性保養等設計重點；訂定測試標準取代銷售實績；給予廠商合理開發期限及放寬參與資格。藉此機制，本採購確實吸引國內外廠商之參與投標，並由國內廠商至鴻科技股份有限公司得標。

至鴻公司於得標後，積極進行產品之研發，除了掌握契約規範之功能/規格，尚需瞭解臺鐵的鐵道環境、養護作業規則、系統運

作模式，將設備日後的運作、保養、維修、保固，納入整體開發設計考量。包括機構、電氣、控制、零件、材料、驗證、製程到生產，並通過獨立驗證之連續性測試，確保產品穩定可靠。

為確保遮斷機與既有環境條件整合運作可靠，採分階段逐步導入，並分別面臨無法同時舉升及異常舉升之課題，研析既有電源強化；及強化抗干擾等改善方向，已確認產品可於臺鐵現有運轉環境使用。

本案由功能設計、採購策略、研發製造至上線運轉等經驗，已確認為國產化設備可行作法之一。期能供各界參卓，提升國內鐵道產業競爭力。

參考文獻

1. 臺灣鐵路財物規範-平交道遮斷機-總號 TRAS(K)-S20024
2. 臺灣鐵路財物規範-FRP遮斷桿規範-總號 TRAS(K)-S10013
3. 臺鐵公司-遮斷機1424套(含安裝)案-設計文件(核定版)
4. 臺鐵公司-遮斷機1424套(含安裝)案-原型機測試計畫(核定版)
5. 臺鐵公司-遮斷機1424套(含安裝)案-測試計畫(核定版)
6. 臺鐵公司-遮斷機1424套(含安裝)財物採購規範
7. 臺鐵公司-遮斷機1424套(含安裝)案-新設遮斷機起動電流、耗電量測試計畫(核定版)
8. 臺鐵公司-遮斷機1424套(含安裝)案-5號碼頭平交道-試運轉測試報告(核定版)
9. 臺鐵公司-遮斷機1424套(含安裝)案-秀林路、民享路、康樂村與志學村平交道-試運轉測試報告(核定版)



亞太工程師 & 國際工程師

113年9.16-10.16受理申請

申請科別：

- 土木工程
- 結構工程
- 大地工程
- 水利工程
- 環境工程
- 機械工程
- 機械工程
- 電機工程
- 水土保持
- 應用地質
- 測量
- 造船工程

國際認可的專業工程師資格
等你挑戰！

APPLY NOW



歡迎洽詢中國工程師學會秘書處

02-23925128分機16

apecengineer@cie.org.tw

<https://www.apec-ipea.org.tw/>



眼前美好 T-Shopping 入手

高鐵線上購 全新開站



入手更多美好