



工程

孫震
激題



- 出席國際工程聯盟(IEAM)第11屆大會
- 本學會組團赴亞洲開發銀行舉辦演講
成功行銷我國工程實績
- 2018公共工程專案管理—公共工程邁向
金質獎精進作為經驗分享研討會
- 專題報導—「捷運工程建設與營運管理」



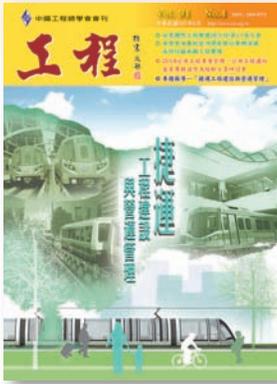
捷運 工程建設 與營運管理



你 不只是旅客
我 也不只是列車
二十多年來的喜怒哀樂 我們牽手走過

You are more than a passenger, and I am more than a train.

Together, we surmounted obstacles and created joyful memories over the past two decades.



封面介紹一 捷運工程建設與營運管理

國內目前大眾捷運系統已穿梭於各都會區且融入民眾的生活，成為每日密不可缺的交通工具，對旅客交通的便利性与生活區域的發展性，都產生相當重大的效益與影響。羅馬非一日造成，國內推展捷運工程已有30年了，本次「工程」期刊歷經規劃、邀稿與彙編，專題報導國內各捷運工程的專文，其內容涵括了規劃、設計、施工與營運等多元面向的文章介紹，更藉由國內各捷運從業單位所分享的實務經驗，讓人有如走入台灣發展捷運的時光隧道，光廊中充滿著從業先進與夥伴們，開疆闢土辛苦流汗與歡欣收穫豐美果實的斑斑痕跡。

特別報導

- 2 本學會組團赴亞洲開發銀行舉辦演講成功行銷我國工程實績
- 6 出席亞洲及太平洋工程組織聯盟 (FEIAP) 第 26 屆會員大會
- 8 出席國際工程聯盟 (IEAM) 第 11 屆大會

活動專區

- 10 出席施立委義芳主持公聽會讓專業領導專業—論公共工程委員會組織改造之影響
- 12 2018 軌道產業技術及鐵路號誌系統研討會
- 14 2018 公共工程專案管理—公共工程邁向金質獎精進作為經驗分享研討會
- 15 智慧空間資訊技術與應用研討會
- 16 第 36 次重大工程建設績效研討會
- 17 舉辦參訪活動「新店溪溯源之旅」

捷運工程建設與營運管理

專題指導及主編：曹樂群／交通部鐵道局北部工程處處長

專題報導

- 21 淡海輕軌國車國造創新特色與 BIM 技術運用／李政安、凌建勳、涂貫迪
- 33 捷運三鶯線建設計畫的推動歷程與精進作為／張壯習、蔡榮禎、陳幼華
- 61 臺北捷運 30 而立，傳承技術與永續經營再發展／張澤雄、王君惠、曾昭容
- 74 台北捷運經營策略與組織文化型塑歷程／顏邦傑、丁柏雅
- 83 機場捷運營運週年回顧及展望／黃志成、梁容禎、莊知謹、李騏、蕭雨潔
- 92 臺中捷運藍線規劃與工程經驗展望／王義川、馮輝昇
- 102 全線無架空線輕軌系統之營運特性／施嫩嫩、廖俊榮、黃世明
- 125 高雄捷運營運 10 週年／林誌銘、陳炯宗、黃美英
- 133 國內首列載運行李的機場捷運電聯車／曹樂群、溫清霖、魏德輝、黃劉乾、李文杰

工程與技術

- 149 台北市和平國小暨籃球運動館設計與施工特色／薛春明、周文彬、劉明均、費宗澄、林信忠、林明宗
- 159 2017 臺北世大運網球中心工程及管理策略經驗分享／薛春明、林勳杰
- 172 我國未來生活垃圾處理設施發展之淺析／張君偉、施瑞卿、紀茂樹、蘇敬智、林嫻好

理事長：邱琳濱

常務理事：李世光 翁朝棟 楊宗興 廖慶榮

理事：王昭烈 朱文成 朱登子 吳玉珍

吳清陽 周永暉 林秋豐 姚立德

胡湘麟 徐善慧 涂元光 高宗正

陳彥伯 陳哲生 陳寶郎 陳耀維

黃一平 楊偉甫 歐來成 歐善惠

薛文珍 薛富盛

常務監事：李建中

監事：谷家恆 陳振川 程慶鐘 楊正宏

秘書長：張武訓

副秘書長：杜俊

發行所：中國工程師學會出版委員會

主任委員：陳國慶

副主任委員：張龍均

委員：李明哲 林根勝 高宗正 張武訓

曹樂群 楊文輝 楊智斌 劉沈榮

蔡正雄 冀樹勇 鍾志成 鍾裕仁

總編輯：周頌安

編輯：林秀琴 梁愛倫 陳佳榕 黃志民

劉展宏 蔣雪芬

聯絡地址：10570 台北市南京東路五段 171 號 10 樓

電話：(02)2769-8388 轉 11038

傳真：(02)8761-1591

會址：10055 台北市仁愛路二段 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：承亞興圖文印刷有限公司

地址：11494 台北市內湖區瑞湖街 103 號 3 樓之 4

電話：(02)2799-5911

行政院新聞處出版事業登記證局版臺誌 0765 號

中華郵政台北誌字第 721 號執照登記為雜誌交寄

訂閱全年新台幣 800 元

入會申請手續請上本會網站查詢

※版權所有，本刊圖文未經同意，不得轉載。

本學會組團赴亞洲開發銀行舉辦演講 成功行銷我國工程實績

本學會在行政院公共工程委員會指導下，自 105 年起加強與亞洲開發銀行 (Asian Development Bank, ADB) 之往來，期間多次拜會亞銀表達希望透過亞銀官員將我國工程及管理技術介紹至其他會員國，以協助我國工程產業爭取 ADB 各項援助計畫衍生之龐大商機，同時亦擬配合政府新南向政策，進而協力發展我國工程產業邁向國際化之目標。

106 年 6 月，本學會首次在亞銀辦理以專業技術為導向的公開演講，亞銀官員對我

國在智慧水資源管理方面的成功經驗留下深刻的印象。代表團於會後拜會亞銀官員時，獲達初步共識，希望可持續與亞銀聯合規劃，由我國工程師提供各類基礎建設經驗分享的講座，以提供亞銀官員執行貸款計畫之參考。同年 12 月，本學會赴菲律賓出席台菲部長會議時，再次安排赴亞銀拜會，亞銀官員進一步建議本學會將我國自來水普及率及防漏管理，以及有關智慧城市及智慧交通等迫切符合亞銀會員國需求之議題等，列入下次演講會之內容。



▲朱曦公使（前排中）與代表團團員合影



▲我財政部駐亞銀代表曾欲朋參事介紹演講會主題



本學會於 107 年邀請相關單位多次召開協商會議，獲得各單位熱烈迴響及支持，包括水利署、台灣自來水公司、台北市政府交通局及工程會等單位均同意派員。同時，為使我國工程業者亦可參與以爭取類似計畫，在前述單位及新北市政府協調下，特邀請亞通利大能源公司、光寶科技、寶錄電子及美商傑明工程顧問公司等業界代表共同與會。另經數度與亞銀協商討論結果，於 7 月 4-7 日第二次組團赴亞銀舉辦「2018 Knowledge Sharing Seminars」，演講訂為「Development of Smart City and Smart Mobility (智慧城市及智慧交通)」及「Water Resources Development and Management (水資源開發及管理)」兩項主題，代表團成員共計 13 位。

7 月 5 日第一天演講會主題為智慧城市及智慧交通，除代表團成員外，另有近 30 位人員與會，我國駐菲律賓代表處朱曦公使及經濟組王韋文秘書亦蒞會給予肯定及支持。為擴大區域間之交流，本次本學會特邀請於去年 12 月與本學會簽署合作協議的菲律賓整合電子工程師協會 (Institute of Integrated Electrical Engineers of the Philippines, Inc. IIEE)，以及印尼工程顧問協會 (National Association of Indonesian Consultants, INKINDO) 派員出席與代表團成員進行交流，藉此難得機會擴大與東協國家工程專業組織間之交流管道，促進對本學會及我國工程技術發展之瞭解，進一步加強本次訪問的目的及落實南向政策之成果。

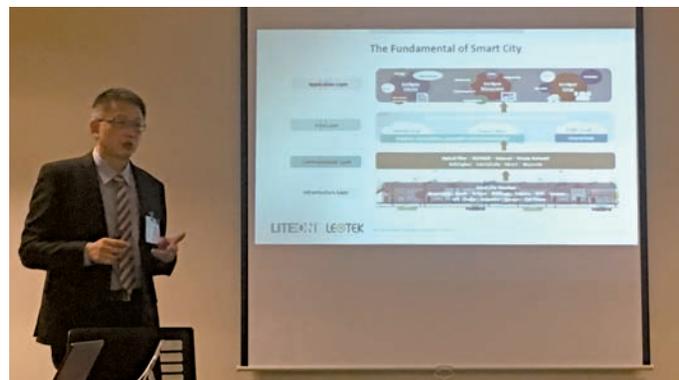
會議首先由我財政部駐亞銀代表曾欲朋參事說明演講會之目的及兩天活動的主題，希望可延續去年 6 月在亞銀舉辦的演



▲張學孔主任委員簡報



▲寶錄電子黃日耀副總簡報



▲光寶集團光林照明事業部葉耀中總經理簡報



▲台灣自來水公司樂育麟處長簡報



▲杜俊副秘書長於 Q&A 時補充回答



▲龔誠山博士進行簡報

講 -Taiwan's Success Stories，進一步介紹我國工程技術及實績，除善盡亞銀會員之責任，將我國成功之建設發展經驗提供其他會員國參考，並希望可讓亞銀官員認識台灣工程產業的能力和成就，進而提高參與亞銀會員國家工程建設之機會。

上午第一場由亞銀運輸專家 Mr. Ki-Joon Kim 主持，本場次分為兩部份，第一部份由張學孔主任委員（國立台灣大學教授 / 台北市政府交通顧問）簡報「Integrated Transportation System in Taipei」，介紹台灣都市交通問題之挑戰，如何擬訂整合性都市交通政策及台北市如何提高公共運輸之便利性，並介紹我國智慧運輸發展情形、多用途智慧卡之整合、即時路況監控、聰明巴士運輸、無人駕駛、公共自行車 YouBike 及摩托車管理等重要課題。

第二部份由寶錄電子黃日耀副總簡報「Experience on Smart Bus Operation in Taiwan」，說明我國先進公共運輸系統及服務 (Advanced Public Transportation System and Service, APTS) 發展過程、智慧巴士管理系統所帶給人民便利及安全的週邊效益，及未來發展 E-Vehicle 之規劃。

下午第二場由能源專家 Mr. Lee-Young Nam 主持，光寶集團光林照明事業部葉耀中總經理簡報「A Successful PFI & PPP Model of Smart Street Light Implementation」。亞銀官員針對新北市政府成功經驗提出許多問題，尤以對於經濟及財務效益之計算方式，以及執行 PFI & PPP 之成功關鍵問題與代表團有充分互動。



7月6日第二天演講會主題為水資源開發及管理，第一場演講由資深都市發展專家 Mr. Manoj Sharma 及 Ms. Jingmin Huang 共同主持，台灣自來水公司樂育麟處長簡報「Overview of Taiwan Water Corporation's Water Loss Management and Smart Water Management」。樂處長首先詳細介紹了台灣自來水公司的發展過程，再因應亞銀官員事先的要求，將自來水防漏管理之規劃方向、設備安裝、漏水偵測，以及防漏效果等均做完整的介紹。再將自來水如何依照其管理需求所建立之智慧水管理系統，以實例方式詳細解說。

第二場演講由水事業部門主管 Mr. Thomas Panella 主持，演講內容由水利署負責，邀請龔誠山博士代表簡報「Flood Control Management in Taiwan (Case of Yuan-Shan-Tsu Flood Diversion Project)」，說明員山子計畫防洪工程規劃及設計內容。亞銀官員對我國區域防洪治理以及都市排水設計準則之制定，以及對本案之規劃目標、監管及操作技術以及經濟效益等提出許多問題，亞銀副總裁 Dr. Bambang Susantono 亦親臨會場聆聽演講，提

出對工程規劃原則之具體意見，同時也希望這樣知識分享交流活動能夠一直持續下去。

本次代表團活動在財政部派駐亞銀的曾欲朋參事協助協調下，順利圓滿，代表團亦分別拜會多位亞銀官員，包括執行董事 Dr. In-chang Song、副總裁 Dr. Bambang Susantono 與都市發展資深官員 Mr. Manoj Sharma、東亞局長 Ms. Amy Leung、永續發展氣候變遷局長 Mr. Woonchong Um 及採購專家 Ms. C. Janyana Rhor。亞銀官員表示肯定本學會代表貢獻我國專業領域知識及協助會員國發展之熱忱，希望可與亞銀成為夥伴關係，將此經驗交流訂為每年固定辦理，除持續推動交通及水利之相關議題，並納入其他專業領域之交流，如環保及能源等，擴大介紹台灣在其他工程項目之經驗及實績，將台灣之成功經驗推廣至其他會員國。

在本學會推動交流下，近來我國與亞銀的實質合作關係得以再進一步提升。在推動新南向政策之際，擴大與亞銀之合作平臺，推廣我國工程優勢，應可協助我國廠商開拓更多商機。◆



▲「Knowledge Sharing Seminars」演講會場情形



▲亞銀副總裁 Dr. Bambang Susantono (右七) 與代表團團員合影

出席亞洲及太平洋工程組織聯盟 (FEIAP) 第 26 屆會員大會

本學會中華台北亞太工程師監督委員會李建中主任委員於 7 月 11-13 日率員出席假馬來西亞怡保召開 FEIAP 第 26 屆會員大會暨 WFEO 研討會。參與國除了東協會員國，也包括韓國、荷蘭、中國大陸等超過 50 位代表。李主任委員以 FEIAP 主席身分，於開幕典禮上致辭，歡迎來自各國 200 餘位工程組織領袖及學者參加，同時感謝主辦單位馬來西亞工程師學會 (IEM)。

FEIAP 是亞太地區重要的工程組織之一，今年成立 40 週年，各國成員代表出席踴躍。上午開幕儀式後，環境永續、工程教育、資通訊及天然災害預防等委員會分享工作成果。下午舉行正式會員大會，討論相關議案。會中通過盧安達 (IER)、尼泊爾 (NEA)、伊拉克 (IEU) 三國的工程師組織加入 FEIAP 成為正式會員。本學會藉參與該組織聯盟之活動，與東協各國工程組織領袖建立良好友誼，也成功爭取我國之國際能見度。◆



▲ FEIAP 李建中會長於晚宴致詞



▲ 頒贈 2018 年工程師得獎人獎狀



▲ FEIAP 李建中會長主持會議



▲ FEIAP 經濟體代表合影

出席國際工程聯盟 (IEAM) 第 11 屆大會

第 11 屆國際工程聯盟大會 (IEAM 2018) 於 6 月 24-29 日在英國倫敦千禧飯店熱烈展開，本學會中華台北亞太工程師暨國際工程師監督委員會李建中主委、孫以濬副主委、王華弘執行長，以及公共工程委員會江澎簡任技正代表本學會出席盛會。

本次會議的重點，除了將與澳洲 EA 代表針對雙邊工程師互許的合作協議進行會談之外，也將和印度工程師學會 IEI 初步磋商未來簽署工程師互許的議題。我方也將就專業工程師申請之資歷審查制度，應如何納入 competency based assessment 事，向大會的指導委員會及各協議主席徵詢意見，並向實施相關制度行之有年的香港工程師學會、英國工程師學會等取經。最後，也期待此次大會順利通過中華台北監督委員會在 2017 年接受國際審查的結果，並且歡迎我國支持的秘魯工程師學會通過審查，成為亞太工程師正式會員。

本次大會適逢主辦國的英國土木工程學會慶祝成立 200 週年，大會特別安排 IEAM 年會開議的前一晚，邀請所有與會貴賓前往英國工程暨技術學會總部大樓的頂樓，來自 33 個會員國、超過 190 位代表在享用輕食、以及遠眺倫敦美景的融洽氣氛下，與各國代表互動交流。



▲李建中主委出席 IEAM 大會



▲ IEAM 大會召開情形



▲ (右起) 李建中主委、呂良正教授、孫以濬副主委及江澎簡任技正合影

出席施立委義芳主持公聽會 讓專業領導專業 - 論公共工程委員會組織改造之影響

行政院會於5月3日通過組改最後部分之組織法草案。鑒於此草案在公共工程相關業務之切分與調整，不僅背離各界多年討論定案之組織調整計畫，且其內容在在無法為長期關注工程建設各界人士所接受。5月23日由工程界（中國土木水利工程學會、中國工程師學會、台灣營建研究院等）發起「健

全工程機關管理架構，落實工程專業管理專業」訴求與聯署活動。並提出以下具體要求：支持組織改造、維持事權統一；用專業人力、強化政府效能；專業管理專業、指導協調並重；重視工程產業、提升管理機關；落實專業管理、舉辦公聽會議。



▲邱琳濱理事長發言



▲沈景鵬前理事長發言



▲張武訓秘書長發言



▲施義芳立委主持公聽會



6月1日本學會邱琳濱理事長率領107年度優秀工程人員晉見蔡總統時，提出前述通過組改之疑慮，建議立法院應多舉辦公聽會凝聚共識，蔡總統當場同意交代總統府姚副秘書長協調辦公聽會。

6月22日立法院由立法委員施義芳主持「讓專業領導專業-論公共工程委員會組織改造之影響」公聽會，邀請與會單位包括產官學研約50個單位。會議由施義芳立委主持，莊瑞雄立委到場支持。本學會由邱琳濱理事長、歐善惠理事、歐來成理事、沈景鵬前理事長及張武訓秘書長代表出席，並優先都上台發言，經收集各理監事意見後綜合建議：

- 一、建議建立事權統一的一級工程專業部會，如果仍保留公共工程委員會或公共工程建設部，應更增加其權限推動工程產業和國際工程業務。
- 二、程序上建請立法院退請行政院修訂重報，至少將交通及建設部之主要業務重擬包括「各類交通政策和產業、營建產業、公共基礎建設及技術規範、通訊產業等」以符合101年1月1日開始施行之「行政院組織法」。

立法委員施義芳國會辦公室以107.6.22義字第107067號函將公聽會做成5點結論，函請原邀請單位鑒參惠辦。5點結論略為：

- 一、請公部門各單位應詳研讀101年8月14日由前行政院長陳冲主持「研商行政院公共工程委員會回應行政院組織改造協助工程產業發展之規劃事宜」所作之會議紀錄，及102年12月12日公共工程委員會顏副主委召開「政府採購業務回應組織改造之移撥執行事宜」會議紀錄兩份。本於政府施政之一致性，行政院組織改造應依上開兩次會議結論延續辦理。

二、工程業界強烈表達目前通過行政院會之政府組織改造內涵於交通及建設部看不到建設部門，也未延續101年8月14日行政院規劃組織改造之精神，請行政院人事行政總處、工程會、國發會、內政部、財政部及交通部等相關單位應重視各工程單位意見，讓政府組改更為健全。爰要求上述各單位於一個月內提出針對工程會分拆業務適合與否之建議報告。

三、從過去之震災復原經驗，如921地震及二次0206地震，行政院均能即刻啟動救災機制並指揮工程會及民間技師公會、團體全力救災，儘速復原；工程會畢竟是專業工程機構而此專業是其他部會沒有的功能，故拆分工程會業務，將來又不歸屬交通建設部，實有可議之處。

四、工程會組改涉及國家工程建設專業及人才培育的未來發展，本席建請行政院、國發會應更審慎評估，並應將本案移請國發會主辦，而非僅由人事行政總處規劃辦理。

五、工程界表示支持政府組改人事精簡計畫，惟此次行政院所提組改方案，事前皆未與業界溝通，建請行政院能再舉辦公聽會，傾聽業界聲音。組改其影響是未來幾十年，不可輕忽，工程界至盼行政院正視並慎思工程會存在之必要性。 ◆



▲公聽會情形

2018 軌道產業技術及鐵路號誌系統研討會 求知若渴，探索號誌

本學會於6月15日假交通部鐵道局國際會議廳主辦「2018 軌道產業技術及鐵路號誌系統研討會 (2018 Railway Industries Technology and Railway Signaling System Conference)」，活動順利成功。感謝奧地利 Frauscher Sensortechnik GmbH 等全力協辦，該公司 CEO Mr. Michael Thiel 率領 10 位專家到會場共同演講和實體示範解說，Frauscher

公司推廣的是計軸器研發中的新技術介紹，並非買賣產品。透過陶冶中教授演講德鐵先進的技術服務，邱偉銘組長報告國內桃捷號誌系統，呂新喜副總工介紹驗證中心推動現況，借鏡號誌先進技術的交流，啟發鐵路先進們更強烈的企圖心。讓簡章原限額 200 位的研討會報名人數衝到 325 位，實到約 300 位，會場爆滿，討論熱烈。



▲大會貴賓合影



▲邱琳濱理事長致歡迎詞



▲胡湘麟局長代表頒贈本學會紀念牌



▲與會人員合影



本學會邱理事長開場致詞時就明確表達中工會強力服務工程人員提升工程技術的熱忱和使命，將持續舉辦相關研討會嘉惠工程界。本學會理事鐵道局胡湘麟局長亦藉感謝活動機會，充分表示與轉達交通部部長對鐵道局的期許，要把國內的鐵道產業做起來。中工會是聯絡工程人員的社團，我們鼓勵所有會員一起為台灣的鐵道產業共同努力。◆



▲邱琳濱理事長與來台講師合影

議程：

Time 時間	Programme 活動內容	Speaker 演講者
09:00 ~ 09:30	Registration 來賓報到	
09:30 ~ 09:45	Welcome & Introduction 開幕致詞	
09:45 ~ 10:25	Opportunities and Challenges of Railway Industries towards Digital Transformation 軌道運輸產業面向數位轉型之機會與挑戰	Mr. Chi-Chung Tao Professor of Tamkang University 淡江大學 / 陶冶中教授
10:25 ~ 10:40	Networking drinks 茶敘 15 分鐘	
10:40 ~ 11:20	The Evolution of Track Signaling System and the Implementation Case of Taiwan Taoyuan Airport MRT 「軌道號誌系統的演進及桃園機場捷運的執行案例介紹」	Mr. W. M Chiou Section Chief, Sinotech Engineering Consultants, Ltd. 中興工程顧問股份有限公司 / 邱偉銘組長
11:20 ~ 12:00	Vision of Frauscher Frauscher 列車偵測系統之願景	Mr. Michael Thiel, CEO, Frauscher
12:00 ~ 13:30	Networking lunch Exhibition – Frauscher equipment 午餐及展示 Frauscher 公司產品設備	
13:30 ~ 14:00	Railway technology research and verification center project 軌道技術暨驗證中心計畫	Mr. Cheng-Chung Young, Deputy Director-General, Bureau of High Speed Rail, MOTC 交通部高速鐵路工程局 / 楊正君副局長
14:00 ~ 15:00	Modern axle counters – customized and reliable solutions 現代化之計軸器 – 可靠及客製化的解決方案	Mr. Mayank Tripathi, Director Business Development and/or Mr. Manfred Sommergruber, Technical Sales Manager at Frauscher
15:00 ~ 15:30	Networking drinks (with refreshments) 茶敘 30 分鐘	
15:30 ~ 16:50	Frauscher Tracking Solutions FTS – Frauscher 鐵路軌道偵測解決方案 Next generation of train tracking 新一代列車追蹤 Train detection 列車偵測 Fibre sensing 光纖感應 Asset condition monitoring 資產狀態監控	Mr. Mayank Tripathi, Director Business Development and/or Mr. Manfred Sommergruber, Technical Sales Manager at Frauscher

2018 公共工程專案管理 - 公共工程邁向金質獎精進作為經驗分享研討會

本學會主辦之「2018 公共工程專案管理 - 公共工程邁向金質獎精進作為經驗分享研討會」於 6 月 8 日假中興工程顧問股份有限公司 10 樓會議室舉辦，活動由本學會專案管理認證、中興工程顧問股份有限公司、中鼎工程股份有限公司、財團法人中興工程顧問社共同承辦，近 70 人與會。



▲邱琳濱理事長致詞



▲楊宗興主任委員引言介紹演講人

公共工程金質獎為國內公共工程施工品質最高榮譽，良好專案管理可提昇工程品質、掌握工程進度、降低工程成本，促進公共工程創新發展。本次專案管理研討會就特邀請金質獎得獎之產、官、學單位作經驗分享。

研討會開始由邱琳濱理事長致詞感謝大家的參與，楊宗興主任委員續說明本次活動探討的內容並一一介紹演講人，邀請演講人有台北市土木技師公會詹添全前理事長演講「公共工程金質獎土木類得獎因素分析」、交通部高速公路局黃裔炎副總工程師演講「金質獎工程推動執行之經驗分享」、皇昌營造公司林明照副總經理演講「金質獎的實行提升基礎建設品質」、臺灣大學土木系高健章榮譽教授演講「混凝土施工常見問題與改善意見」，會中與會人員討論熱絡，充分展現與會人員及參與單位對促進公共工程邁向金質獎精進之目標的企圖心及決心，研討會活動於下午 5 時順利完成。



▲與會貴賓合影



智慧空間資訊技術與應用研討會

邱琳濱理事長與張武訓秘書長參加並主持於6月27日舉辦之「智慧空間資訊技術與應用研討會 (Smart Geospatial Technology and Application Conference)」，活動出席踴躍，演講精采討論熱烈。

張武訓秘書長主持第二階段研討會，討論「空間資訊於環境永續與防災之加值應用」，三位講師為沈哲偉博士主講「先進城市全災害智慧監控平台應用」、鄧擇揚研發工程師主講「氣候變遷下物聯網智慧水管理之解決方案」、周立生研發工程師主講「天災潛勢圖於產險業之加值應用前景」。

本學會防災科技委員會鄭錦桐主任委員，也是興創知能股份有限公司總經理主講「UAV 於智慧營建 (i-Construction) 之最新應用」。研討會來賓有產官學研各界彥碩，會

場設在台北市京站君品酒店，出席踴躍座無虛席，演講精采討論熱烈。全部研討會於中興社曾參寶董事長、國際航業土方聰社長與全體講師及主持人史天元教授和張武訓秘書長合影後，於下午四點半圓滿成功結束。◆

2018 日亞智慧空間資訊技術與應用研討會

時間	活動	主講人
13:30	研討會報到	
13:30-13:40	公司代表致詞-日亞集團 國際航業	土方聰 社長
13:40	主持人：交通大學土木系 史天元 教授	
13:40-13:55	日本自動駕駛之 HD 地圖實生與開發經驗	車文龍 博士
13:55-14:10	UAV 於智慧營建(i-Construction)之最新應用	鄧錦桐 博士
14:10-14:25	物聯網技術於坡地社區監測應用	紀柏全 博士
14:25-14:40	空間資訊之智慧能源、農業與邊境監測應用	戶田真理子 研發工程師
14:40-15:00	綜合討論 I：空間資訊於交通、營建之能源之加值應用	
15:00-15:20	Coffee break	
15:20	主持人：中國工程師學會 張武訓 秘書長	
15:20-15:35	先進城市全災害智慧監控平台應用	沈哲偉 博士
15:35-15:50	氣候變遷下物聯網智慧水管理之解決方案	鄧擇揚 研發工程師
15:50-16:05	天災潛勢圖於產險業之加值應用前景	周立生 研發工程師
16:05-16:30	綜合討論 II：空間資訊於環境永續與防災之加值應用	
16:30	活動結束	

▲研討會議程



▲張武訓秘書長主持防救災科技解決方案 & 案例分享研討會



▲張武訓秘書長和與會貴賓合影

第 36 次重大工程建設績效研討會

由中國工程師學會、財團法人臺灣營建研究院主辦、中國工程師學會工程倫理委員會執行之第 36 次重大工程建設績效研討會已於 7 月 6 日（五）假台灣科技大學國際大樓一樓 IB101 會議室圓滿完成。

本次研討會特別邀請 107 年度「工程優良獎」評選獲獎工程，主講「環狀線 CF650 區段標 CF651A 施工標工程」之經驗分享及工程歷程、「CL212 標自強隧道土建工程」「中庄調整池工程計畫—調整池工程（第一期）」「CJ910 臺中捷運烏日文心北屯線北屯機廠、G0 車站及全線軌道區段標工程」「衛生福利部食品藥物管理署管制藥品製藥工廠

廠房新建暨整建工程」「曾文水庫防淤隧道工程」「環狀線 CF640 區段標之 CF643B 子施工標工程」等 7 個講題，均是近年來政府不遺餘力推動之重大工程建設，並已獲得顯著效益之建設成果，本次研討會由中國工程師學會邱琳濱理事長、桃機公司曾大仁董事長擔任主持人，針對討論題綱與主講人，向與會貴賓詳細介紹，並歡迎熱烈參與討論，期望社會各界瞭解政府積極推展公共工程建設之決心，凝聚共識，加強推動，以期達到國家整體建設目標。

本次研討會為本學會規劃辦理之系列活動，自 86 年 10 月至 107 年 9 月已舉辦 36 次，概以當前「重大工程建設績效」、「工程法律及實務」、「天然災害對工程之影響與防範」以及「工程倫理教育」等，為研討主題，分別邀請相關專業學者，各工程機構主管人士擔任主講人，並進行廣泛討論，已獲得顯著之效果，受到工程界人士共同認同及肯定。 ◆



▲高宗正主任委員主持



▲會場情形



▲邱琳濱理事長致詞



▲曾大仁董事長致詞



舉辦參訪活動「新店溪溯源之旅」

107年7月25日由中國工程師學會主辦，中國土木水利工程學會與日月光文教基金會協辦的得獎工程人員新店溪活水綠電溯源之旅知性閃亮成功。除參觀桂山電廠、翡翠水庫聽取桂山電廠歐平廠長和翡翠水庫管理局謝政道局長親自接待與剪報，感謝兩單位各級幹部的導覽，更感謝曾元一董事長用心構思完成拍攝的新店溪水力發電影片，除致贈桂山電廠外也播放給全體得獎工程人員欣賞，影中人更現身解說話當年，贏得滿堂彩。台電高齡92歲的前輩先進伉儷等一起參加全天活動以身作則，給了今天出

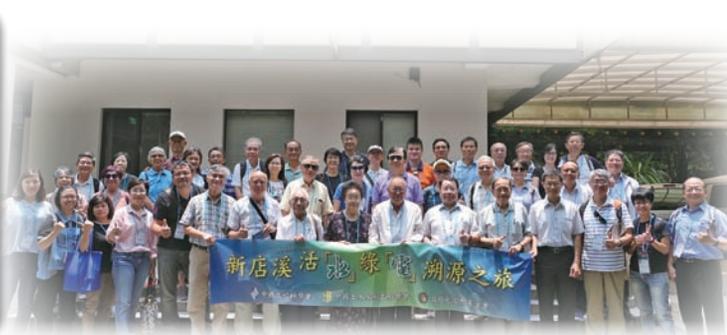
席的得獎工程人員莫大的鼓舞。三個單位的主管邱琳濱理事長、倪惠姝秘書長與曾元一董事長代表出席，領隊由本學會張武訓祕書長擔任，帶領秘書處同仁一路服務到底。

最敬佩的是參與活動的所有菁英的睿智互動，讓參訪不只參觀，還有知性的交流，如曾大仁董事長、歐善惠校長、朱旭執行長、廖銘洋大師等全體45位出席者深入的發言和互動。

今天成功的參訪模式與結果給了本學會具體的啟發，將更加強工程師的聯誼活動，也將會是學會的重點工作之一，期待各界響應。◆



▲邱琳濱理事長、曾元一董事長致贈新店溪發電光碟予桂山電廠歐平廠長



▲參訪人員於桂山電廠合影



▲參訪人員於翡翠水庫合影



▲翡翠水庫管理局謝政道局長親自接待與簡報

捷運工程建設與營運管理 —專輯序言

交通部鐵道局北部工程處處長 / 曹樂群

國內目前大眾捷運系統已穿梭於各都會區且融入民眾的生活，成為每日密不可缺的交通工具，對旅客交通的便利性及生活區域的發展性，都產生相當重大的效益與影響。羅馬非一日造成，國內推展捷運工程已有 30 年了，本次「工程」期刊歷經規劃、邀稿與彙編，專題報導國內各捷運工程的專文，其內容涵括了規劃、設計、施工與營運等多元面向的文章介紹，更藉由國內各捷運從業單位所分享的實務經驗，讓人有如走入台灣發展捷運的時光隧道，光廊中充滿著從業先進與夥伴們，開疆闢土辛苦流汗與歡欣收穫豐美果實的斑斑痕跡。

台北捷運是國內發展捷運的濫觴，歷數台北捷運 30 年來的成果，不只是在捷運工程技術與制度的建立，也帶來都會區生活文化的重大影響。當然成功絕非偶然，從其環境特質具備發展捷運系統條件、符合人性的台北捷運路網、總顧問及完整的整體規劃、完整的國際管理組織與制度、具使命的組織文化及高效的營維服務、民眾的參與等，逐一

回顧檢視台北捷運挑戰項目與成功因子。在此厚實基礎上，台北捷運為展望下個 30 年，再規劃發展更優質捷運路網、台北 TOD40+ 策略、企業社會責任 CSR 文化與交通整合等的永續發展策略。台北捷運公司肩負著台北捷運的經營責任，同時賦予「公共性」及「企業性」雙重特質，如何兼容並蓄並達成目標，一再考驗公司經營策略與執行。綜觀台北捷運發展歷程及角色定位，概分草創營運期、擴充深耕期、品牌延伸期、集團經營期，組織文化是影響企業品牌價值的關鍵，台北捷運公司組織文化型塑歷程歸納為（一）讓旅客安心，不屈不饒，永不放棄的組織文化、（二）讓員工認同，制度化管理，積極創新的組織文化、（三）讓台北驕傲，獨特的台北捷運搭乘文化。未來台北捷運公司將蓄積企業經營成長能量，建立符合台北捷運 2.0 的組織新文化，持續邁向公司「一流捷運、美好台北」發展願景。

雙北都會區為密不可分的生活圈，新北市亦陸續推動相關軌道建設計畫，包括淡海



輕軌、三鶯線與三環三線後續相關路線建設計畫。三鶯線建設願景為促進三峽鶯歌地區之可及性、開發觀光潛能並鼓勵使用大眾捷運系統，但為能克服其施工環境之三大難題：私地多、管線多、障礙多等挑戰，其辦理方式係採統包工程，文中介紹統包工程招標推動與精進、利用 BIM 軟體進行施工模擬、再以施工回饋及細設調整來改善傳統施工方法，充分發揮統包精神。淡海輕軌工程具有全生命週期成本最佳化之特點，規劃範疇淡海新市鎮（綠山線）及漁人碼頭（藍海線），其設計以運輸系統為規劃基礎的公共藝術及營造輕軌電車成為移動的城市地標意象，執行過程之國車國造創新與 BIM 技術運用，極具特色。

從規劃起歷經 20 年到完成通車，機場捷運終於 106 年 3 月正式通車。機場捷運與國內其他都會型捷運所面對的經營條件與興建過程有所不同，在營運面包含提供預辦登機行李運送服務、營運路線橫跨三個直轄市且一次營運開通長度超過 51 公里、直普列車追越待避混合運行等，在興建面包含長陡坡、

小曲率、高架結構等具挑戰的線形，但是經由興建與營運單位的不懈努力逐一克服。自機場捷運通車後首年，即締造準點率、營運可靠度指標 (MKBF)、無責任營運事故、旅客滿意度等優異指標，這些成果歸功於公司營運單位努力作為（一）國內首創預辦登機的服務、（二）機場聯外區域通勤的服務、（三）安全穩定優質創新的服務；維修單位努力作為，包括軌道電路、轉轍器、行包處理系統、車載號誌系統等因應改善。機場捷運屬於桃園地區形成三心六線的關鍵路線之一，故機場捷運將持續以「系統穩定、安全無虞、直達美好」，作為後續建設與營運發展之願景。承前，因著機場捷運讓台灣成為亞洲第 5 個具備車站預辦登機服務的機場聯外軌道系統，本期「國內首列載運行李的機場捷運電聯車」乙文，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，及經由可靠度、可用度與維修度 (RAM) 測試驗證，以確保車輛製造組裝品質並保障旅客乘車安全的實務執行經驗。



以「大台中 123」都市發展政策架構，提出 MR.B&B(Metro +Rail +Bus +Bike) 複合式交通運輸系統作為交通整體政策方針。在「台中捷運藍線規劃與工程經驗展望」乙文，介紹台中捷運藍線規劃連接雙港副都心及台中都會區，串連台中五大生活圈，包括城中城、市政特區、大學城區、海線副都心與台中港 2.0 等生活圈。台中捷運綠線已於 98 年開始動工，預計 107 年底開始試運轉與 109 年底全線通車，於台中捷運綠線設計與執行中較為特殊工程經驗介紹，如可動式岔心設計、通訊式列車控制技術 (CBTC)、車廂內裝設計連結車站建築理念等，可供各界借鏡參考。

高雄捷運營運迄今已 10 週年，公司於最短时间内完成興建任務、提供民眾便捷安全之優質綠色運輸服務，及展現高雄城市在地意象，同時致力提昇營運績效、拓展附屬事業及土地開發相關業務等，樹立 BOT 成功典範；並積極實現高雄捷運藝術化、企業識別標誌、核心價值、外部效益等目標，高雄捷

運將朝營運第 2 個 10 年邁進，持續以突破、創新、全方位服務，再創佳績。高雄環狀輕軌建設係為提升高雄地區民眾使用大眾運輸習慣，促進市區整體發展及建構完整市區交通網。在系統設計方面，高雄環狀輕軌系統採用 100% 低地板車廂、無架空線供電系統、優先號誌系統、節能減碳等作為，掌握符合輕軌硬體發展的世界潮流趨勢以充分發揮輕軌系統的優勢。藉由高雄環狀輕軌的建設與通車營運經驗，本文亦提出相關實務建議供各界參考。

最後，感謝台北市政府捷運工程局、台北捷運公司、新北市政府捷運工程局、桃園捷運公司、台中市政府交通局、高雄市政府捷運工程局、高雄捷運公司等單位，無私的經驗分享，讓大家能飽覽如此精彩的篇章。「回首來時路、山高無坦途」，歷經 30 年來大家努力付出，陸續完成與推動各項捷運工程，在此共同基礎上，讓我們展望下一個 30 年，讓台灣的捷運建設達到更穩健壯闊的新頁。◆



淡海輕軌國車國造創新特色與 BIM 技術運用

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

關鍵字：淡海軌輕、國車國造、輕軌創新特色

摘要

台灣軌道運輸系統自民國 85 年 3 月 28 日第一條木柵線捷運通車開始，已開始邁入軌道運輸系統的新紀元，經過 20 多年的各項重大軌道運輸工程建設，國內相關廠商已累積許多軌道運輸工程之規劃、設計、監造、施工之技術與經驗，逐漸累積以全生命週期考量的執行實力。

而在軌道系統部分，新北市在發包策略上採取全生命周期成本最佳化的思考模式，將相關路網所需之核心機電系統以一次性採購方式辦理，以利維修管理單純化，並降低相關成本，以期達成最有利標的效益最大化。

而長期以來國內軌道車輛與機電系統採購大都採取國際標，國內廠商皆因製造實績不足，標案大部分皆由國外廠商得標。過去

由於外商為避免產生未來的競爭者，不願充分移轉技術給我國廠商，致使工業合作始終未能取得核心技術，然經由新北市輕軌系統的採購策略，並以淡海輕軌專案為第一階段，後續配合發包策略，導入完整之設計體系以建立我國軌道工業獨立自主與解決人才不足的窘境，除落實國車國造政策外，還可提升車輛設計的能力，期盼能帶動國內零組件廠商之投入，形成一產品供應鏈，進而推動國內軌道車輛產業在地化。

淡海輕軌第一期統包工程行經淡海新市鎮（綠山線）及漁人碼頭（藍海線），讓淡海輕軌的列車系統不僅為有效率的大眾運輸工具，而是同時兼具交通及觀光的功能，經由 BIM 技術運用與管理及精巧之設計工藝結合地方特色，並配合國內首次以運輸系統為規劃基礎的公共藝術，讓都市輕軌不只是交通建設，更可營造輕軌電車成為移動的城市地



標。輕軌系統穿越都市之市中心，車輛、車站與軌道佈設之美學設計可提升視覺促使城鎮美化，並與城市之整體發展緊密融合。讓都市輕軌不只是交通建設，更希望塑造成移動的藝術作品，更希望可以為文明的都市交通習慣注入活力，鼓舞民眾多利用大眾運輸，其親和性與便利性使民眾樂於親近與使用。

一、前言

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

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

二、文獻回顧

輕軌系統之發展可追溯到 19 世紀末期，德國成功製造出第一台有軌電車。但隨著汽車工業的發展，有軌電車不論是駕駛速度或是乘坐舒適性，都比不上私人汽車，所以有軌電車逐漸被汽車所取代。

一直到了 1960 年代，因為工業化快速發展導致城市規模及人口數量迅速增加，導致城市交通狀況擁擠不堪。加上環保意識的提升，在 1970 年代各國就開始重新考慮發展新一代城市軌道交通系統。

輕軌運輸 Light Rail Transit (LRT)，主要由國際公共運輸聯盟 (UITP) 於 1978 年 3 月在比利時的布魯塞爾召開的第一次輕軌委員會中提出新型的軌道系統，在會議上正式定義為「輕軌交通」。

美國運輸研究學會 (TRB) 在 1989 年提出之定義，輕軌運輸係指「一種電力驅動之都區軌道運輸系統，可以以單節車廂或短列車行駛於地面、地下、高架之隔離式專用車道，或偶爾行駛於街道上。其車輛設計可允許以低月台在軌面平面上運送乘客，或高月台在車輛底板平面上運送乘客。」

經濟部自民國 88 年起推動工業合作計畫，藉軌道車輛及重要機電設備採購案執行工業合作互惠協定，截至民國 99 年，臺鐵通勤電聯車由台灣車輛公司得標，國產化比例約 52%；其中重要的移轉技術包括車體加工、內裝及照明、充電系統、空調系統、牽引馬達加工、轉向架加工組裝等。



圖 1 淡海輕軌第 1 期路網

依據交通部「輕軌系統建設及車輛技術標準規範」：「輕軌系統係指有人駕駛、使用導引、電力驅動之客運運輸系統，可因地制宜，同一路線可單獨或混合採用專用路權、隔離路權」；另依據大眾捷運法第 3 條略以：「大眾捷運系統為非完全獨立專用路權者，其共用車道長度，以不超過全部路線長度四分之一為限。」

淡海輕軌第一期統包工程包含綠山線與藍海線兩部份，路線全長約 9.7 公里，共設置 14 座車站，1 座機廠，路線及車站如圖 1。其中預計於 107 年底優先完工的綠山線由捷運淡水信義線紅樹林站起，沿中正東路、淡金路北上，經濱海路、沙崙路至新市六路止，全線長約 7.3 公里，其中約 5.1 公里為高架橋路段 (A 型路權)，其餘約 2.2 公里為平面路



圖 2 淡海輕軌車輛發展概念圖

段 (B 型路權)，沿線設有紅樹林、竿蓁林、淡金鄧公、淡江大學、淡金北新、新市一路、淡水行政中心等 7 座高架候車站，濱海義山、濱海沙崙、淡海新市鎮、崁頂等 4 座平面候車站，以及 1 座機廠。

另第一次國車國造的淡海輕軌列車已於 105 年 11 月 16 日正式對外亮相，是全國第一列國車國造的輕軌車輛，列車外型是採用 I-Voting 票選結果，以海為意象的流線型設計，材質部分配合淡水地區氣候及地理環境特別選用不銹鋼與耐候鋼，車廂內外都採用水藍色系設計，與淡水地區的藍天海景相呼應，發展概念如圖 2。該列車為五個車廂模組雙向駕駛，屬於輕運量有人駕駛的 100% 低底盤車輛，最高運行速度 70km/hr，相關列車參數如圖 3。

三、技術移轉 - 國車國造

淡海輕軌由統包商中鋼集團得標後，列車交由台灣車輛公司與德國福伊特公司 (Voith Engineering Service) 共同設計、製造、測試並取得德國第三公證單位南德公司的驗證，完整導入 3D 設計、分析模擬、圖文管理系統，自主產出各車輛系統模組 3D 繪圖、機械



型式	鋼軌、鋼輪						
電聯車列數	15 列車						
最小轉彎半徑(主線)	25m						
最大爬坡度(主線)	7%						
尺寸(列) 長×寬×高	34,450 mm×2,650mm×3,600mm						
從軌頂面至車廂地板面高度	350mm						
車體材質	不鏽鋼+耐候鋼						
載客容量	每列車載客量	265 人/列車					
	座位與立位人數	<table border="1"> <tr> <td>座位</td> <td>立位</td> <td>合計</td> </tr> <tr> <td>62 人</td> <td>203 人</td> <td>265 人</td> </tr> </table>	座位	立位	合計	62 人	203 人
座位	立位	合計					
62 人	203 人	265 人					
座椅配置	『縱向與橫向』混合排列						
煞車系統	電力煞車、油壓煞車及軌道煞車						
車內緊急逃生設備	緊急對講機、緊急開門裝置、緊急逃生窗						
最大營運速度	有架空線路段 70km/h						
	無架空線路段 50km/h						
供電方式	750 VDC 架空線/儲能系統(鋰電池)						
號誌系統	輕軌與平面交叉號誌系統						

圖 3 淡海輕軌列車諸元

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

圖 4 車輛使用之軟體說明

CATIA 3D繪圖設計	
模組名稱	數量(套)
1 基本模組	24
2 钣金模組	12
3 曲面模組	14
4 管路模組	7
5 電氣模組	8
6 檢測模組	4

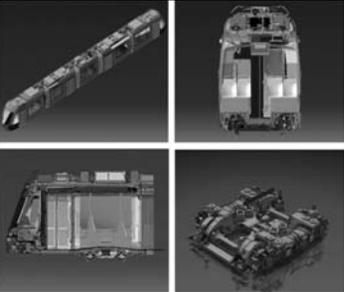


圖 5 設計軟體說明

與電氣施工圖、結構應力模擬分析、結構疲勞強度模擬分析、結構撞擊模擬分析(如圖 4、圖 5)，藉由上述軟體與系統投資，大幅強化設計與驗證能力，使得全車從設計、製造

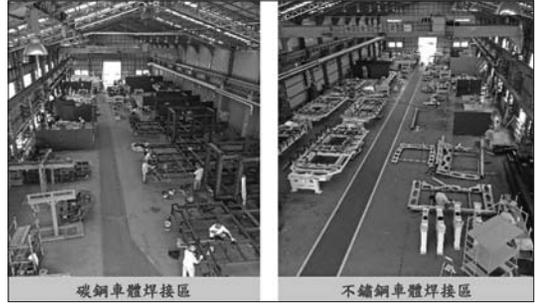


圖 6 車體生產線照片

到相關部分測試都在台灣進行。

於技術轉移、軟體環境、驗證認證、海外受訓、生產線建置及測試廠房與設備方面投資數億元(如圖 6)，掌握關鍵技術(Know How)，為「國車國造」之重要里程碑。

四、淡海輕軌列車組成構面

淡海輕軌於平面段是利用原淡海新市鎮道路之中央分隔島作為車站及路線線型考量的範圍，故在各橫交路口之平整面及車站硬體建設都需配合列車進行整合設計。

而輕軌系統在於強調以乘客舒適品質導向之設計，例如上下車之便利性，所以在系統上必須發展的關鍵技術包含：克服小轉彎半徑、增加便捷性、適應既有月臺設施、高制動能力、降低輪軌滾動的噪音、模組化結構、輕量化設計、節省能源等。

以下分別以車輛的設計層面、軟體層面、硬體層面、測試認證、軌道車輛國產化策略分析，說明淡海輕軌車輛於專案中的創新特色及科技應用。

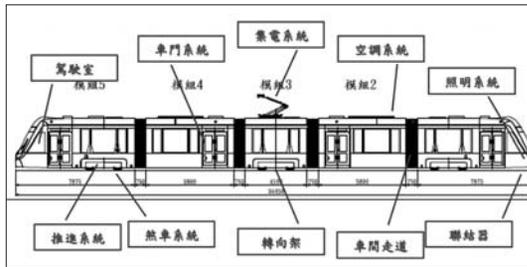


圖 7 列車架構圖

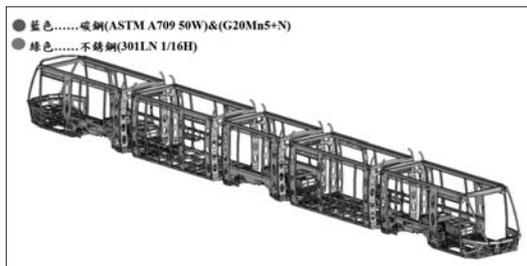


圖 8 列車材料圖



圖 9 有限元素分析車廂模組幾何模型

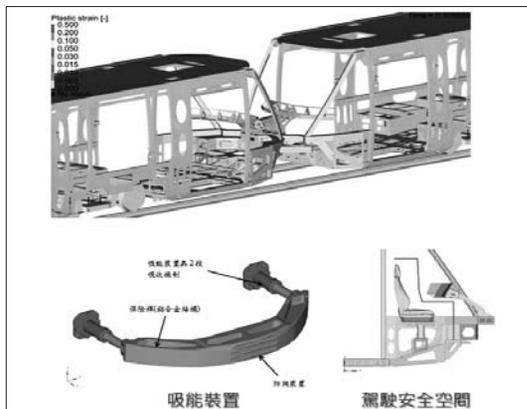


圖 10 抗撞分析幾何模型

(一) 車體結構系統

淡海輕軌列車為五組車廂，雙向駕駛模組的設計，而車輛工程的組成構面可分為推進系統、煞車系統、轉向架、車門系統、集電系統、空調系統、照明系統及聯結器系統所組成(如圖7)。

其中車體結構在 M3 模組因為底盤平整不易應力集中，採用不鏽鋼結構，與 M1/M5 相較又承受較少之撞擊力，另在轉向架上方底盤轉折多，應力易集中。

且此處底盤需承受轉向架所帶來之承載應力，所以採用碳鋼組成(如圖8)。

另透過 ANSYS FEM 的應力分析、疲勞強度、轉向架框及車體結構配合抗撞幾何模型的強度評估(如圖9、圖10)，並考量台灣的交通習慣後，將車頭的吸能裝置首度提昇具備 500kN 車端抗壓縮力之輕軌車輛(一般為 200 ~ 400kN)。可最小化碰撞時的損害與維修工序，超越 EN15227 標準。

(二) 聯結器系統

淡海輕軌車輛 1、5 模組車廂長度將近 8 公尺長，2、4 模組將近 6 公尺長，第 3 模組約為 4 公尺長，為了避免影響路人及鄰近建物並增加轉彎能力，列車針對小轉彎半徑，藉由改變車廂長度及配備鉸接裝置來達成車輛行駛時的動態包絡線範圍較小之目標(如圖11)。

而在關節式聯結器之設計強度與可撓範圍可承受正常營運、機廠調度、維修作業及緊急拖救下所發生之各方向作用力而不會產

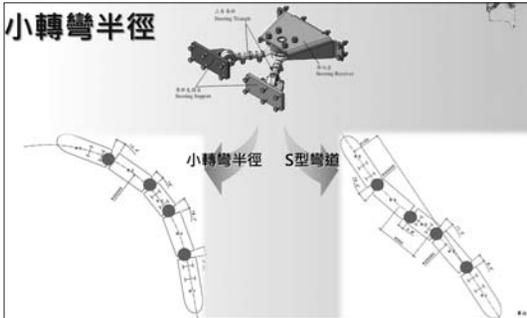


圖 11 鉸接裝置功能圖

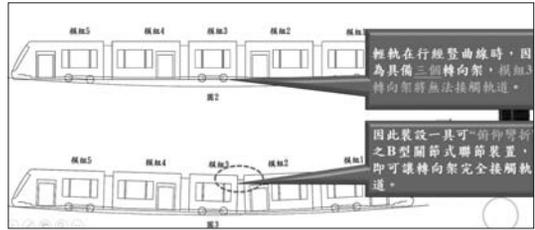


圖 13 豎曲線關節器作用示意圖

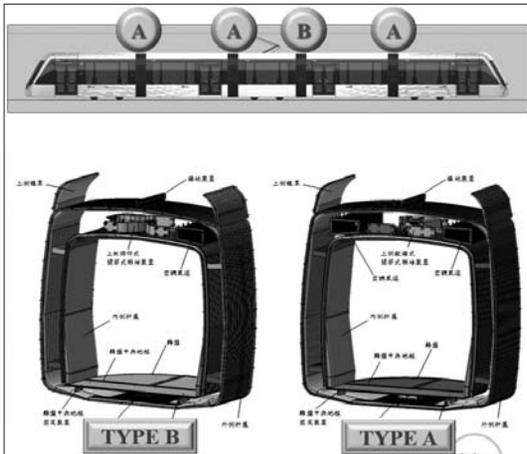


圖 12 關節式關節裝置



圖 14 轉向架框疲勞測試

生永久變形或導致車廂分離，並且能吸收列車加、減速所產生之縱向能量，而本身無橫向相對運動，乘客可安全站立在此空間(如圖 12)。

另在 M2 及 M3 模組間則採用上側俯仰彎折之 B 型關節式關節裝置(如圖 13)，其他採用上側鉸接式關節裝置，讓列車在行經豎曲線時轉向架可完全接觸軌道，增加列車營運安全。

(三) 轉向架系統

淡海輕軌的轉向架框為國產化的項目之一，並通過執行 600 萬次週期之疲勞測試(如圖 14)，且分別於測試 200 萬次、測試 400 萬次及測試 600 萬次時執行非破壞性檢測(MT)，並確認數據是否符合測試要求，以確保轉向架框之結構達到設計及規範之要求。

在配置上 M1/M5 模組下方為動力轉向架，M3 模組為非動力轉向架(如圖 15)，而轉向架之功能除了能將動力產生的車輪旋轉力轉換為推進力傳送提供為車輛前進外，為了達到低底盤設計，配合輪軸組及獨立車輪的設計，讓車內走道可以降低至 350mm 以達到 100% 低底盤，轉向架在設計同時，相關

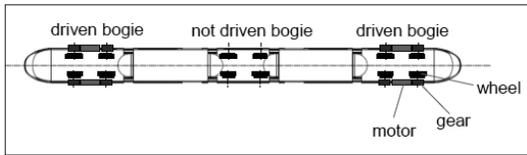


圖 15 轉向架配置圖

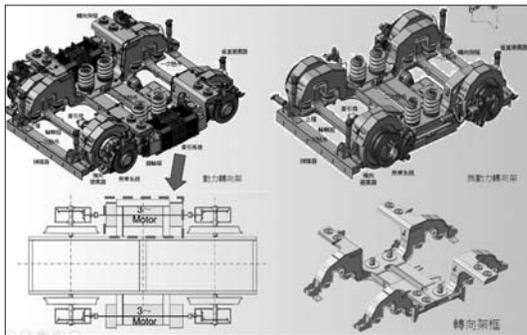


圖 16 轉向架設計系統

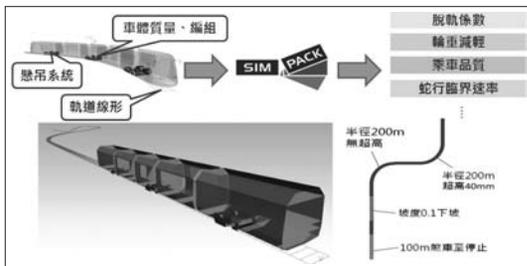


圖 17 SIMPACK 軟體進行動態分析

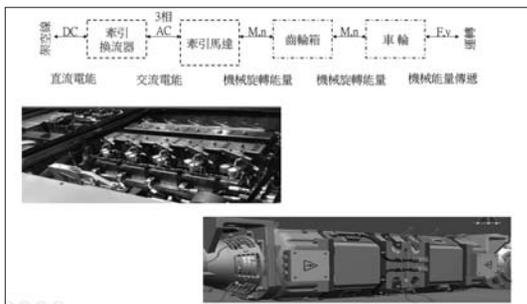


圖 18 推進系統圖

設備也需要向外側安裝，包含牽引設備和煞車設備等。

為瞭解車輛在實際運行中，通過各種軌道線形的能力以及其安全性，以驗證轉向架上彈性組件（彈簧、橡膠襯套與避震器，如圖 16）之特性是否正確，及評估乘車品質等動態特性，需進行多體模擬 (Multi-Body Simulation, MBS)，後續利用 SIMPACK 軟體進行動態分析，並搭配 Matlab 後處理完成設計 (如圖 17)。

(四) 推進系統

推進系統換流器是將架空線的能量從直流電轉換為可變電壓、頻率及電流的交流電給牽引馬達使用 (如圖 18)，並透過推進系統的控制單元來控制，而淡海輕軌之電力來源主要為架空線，行經部分無架空線路口段車輛需降弓改由儲能裝置供應電力 (如圖 19)，而其中之輔助電源供應器、高速斷路器、牽引系統整流器、牽引馬達、煞車電阻及牽引電池等設備係由 ABB 所提供，其中推進系統核心整流器係使用 CC400 Converter，該設備採用模組化設計之理念，目的在於發生故障或異常時得以於最短時間內完成維修作業，僅需針對發生故障或異常之模組予以更換，藉此達到提升營運之服務品質。

(五) 煞車系統

由於淡海輕軌系統路線包括了高架及平面路段，在高架路段之坡度在紅樹林站約 6.1%，在高架轉平面之橋台段及部分平面路段，因為淡水地形關係也有約 4.8%；而在平面道路汽、機車及行人併行，為了能夠即時反應各種突發狀況，輕軌系統煞車能力設



境分析、城市建設管理、城市公共資產管理等議題。

本計畫於設計階段及完工後共兩次建置全線空拍攝影測量三維模型，涵蓋路線外 250 公尺範圍內之地表及鄰近建物。施工階段 BIM 與 GIS 之結合可協助執行專案管理掌控進度與品質。

(二) BIM+VR

本次透過國車國造的技術移轉，將車輛以虛擬實境 VR(Virtual Reality) 提供沉浸式的體驗，能讓國產化後之業主、客戶或一般民眾不需具備專業知識，就能藉由 VR 技術和虛擬物件進行互動。淡海輕軌創新應用將 BIM 模型結合 VR 技術，建立淡海輕軌列車及候車站之 VR 場景，協助體驗者身歷其境，以人因工程之角度探討設計議題，展示設計成果 (如圖 27、28)。

BIM 技術是包含豐富的建築全生命週期 3D 模型資料庫，當 BIM 模型要轉換成 VR 時，首先須挑選出要展示的專案模型，匯入 3DMAX 軟體去除不需要展示的元件，留下將要在 VR 內呈現的部分即完成初步雛型；接著將模型匯入動畫軟體進行編輯，最後以 3D 場景匯出成 VR 的執行檔案，提供使用者身歷其境之效果 (如圖 29)，並可依需求呈現各種預想之設計，配合各組件國產化的目標，後續可以供客戶利用科技來做選擇 (如圖 30、31)。

六、結論

國車國造不僅為台灣軌道產業的亮點，在新北市整體輕軌路網機電系統單純化之願

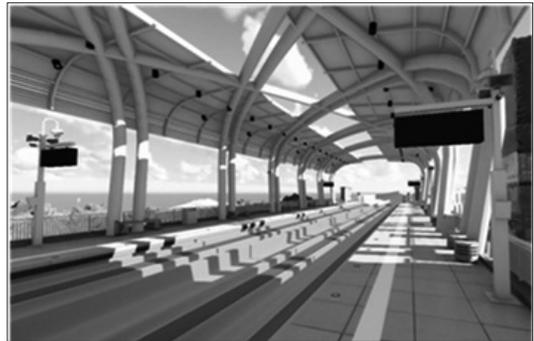


圖 27 高架車站設計整合



圖 28 列車與車站介面整合設計



圖 29 VR 技術討論設計成果



圖 30 客製化需求展示設計成果

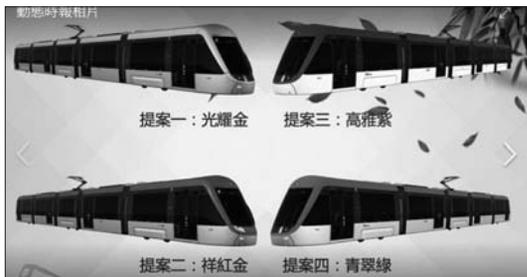


圖 31 客製化需求展示設計成果



圖 32 淡海輕軌實車及施工照片

景而言是一重要里程碑，對國車國造更是邁出一大步，從設計到製造都在台灣完成的輕軌列車，不但為輕軌產業立下重要里程碑，對未來國內推展輕軌系統亦能有效降低建

置、營運及維修成本，更可確保後續系統擴充的相容性，不再處處受制於國外廠商，奠定本國自行研發輕軌系統之基礎。

淡海輕軌列車全車在台灣設計、製造與測試（如圖 32），國內廠商逐步掌握關鍵技術與設備規範後，於國內挑選適合的零件供應商或配合國內研究單位協助廠商開發，協助國內建立自主的軌道車輛工業、零組件供應鏈，目標在民國 114 年將輕軌零組件國產化推展至 50% 以上；目前初步規劃國產化項目為車體結構、車內空調、客室玻璃、客室座椅、車上燈具、駕駛台、轉向架框等，預期可創造國產化產值至少新台幣 38 億，後續營運維修商機達 30 億元以上，若將其他縣市輕軌電車建設及後續維運費用納入，國產化商機將可達 144 億元，邁向規模經濟後，進而參與國外軌道工程標案，屆時可帶動上下游相關產業發展，預計創造 670 億元以上的產值。

七、未來展望

為了提升國內軌道產業技術及產值，需在相關法令及產業的經濟規模提升下，才可建立相關子系統完整的供應鏈，並增加國內就業機會與培養國內軌道車輛與機電系統設計、製造、驗證與維修人才，提出以下建議：

- (一) 由中央邀集相關部會召開軌道產業推動會報，並定期檢視相關法令、技術研發與產製等成果，建立良好的投資管道及環境。
- (二) 制定軌道國產化關鍵項目國家標準。提供符合採購法之國內廠商參與軌道建設機制，提昇廠商的投資意願。



- (三) 成立軌道技術研究驗證中心，協助測試認證環境與國際接軌。
- (四) 配合上述建議執行期程，整合政府部門及民間軌道相關產業公司團體的軟、硬資源建立相關軌道人才培育的短、中、長程計畫，以深耕及培養技術人才。 ◆

參考文獻

1. 新北市政府資訊網，<http://www.ntpc.gov.tw>。
2. 新北市政府捷運工程局資訊網，<http://www.dorts.ntpc.gov.tw>。
3. OPEN33! 三環三線進度公開專頁，<http://open33.ntpc.gov.tw/index>。
4. 淡海輕軌運輸系統綜合規劃(核定本)，交通部高速鐵路工程局(規劃主辦機關)及新北市政府(建設主管機關)，102年3月。
5. BIM於捷運車站生命週期應用，捷運技術半年刊第47期(P15-P22)，台北市政府捷運工程局，101年7月。
6. BIM運用於台北捷運之探討，捷運技術半年刊第47期(P159-P166)，台北市政府捷運工程局，101年7月。
7. 淺談國車國造，中國工程師學會會刊，工程 Vol.88 No.6，104年12月
8. 陳俊融，那些年我們一起迎接輕軌，高雄市。



捷運三鶯線建設計畫的推動歷程 與精進作為

新北市政府捷運工程局捷運三鶯線工務所主任 / 張壯習
台灣世曦工程顧問股份有限公司捷運三鶯線專案經理 / 蔡榮禎
台灣世曦工程顧問股份有限公司捷運三鶯線計畫主持人 / 陳幼華

關鍵字：捷運三鶯線、綜合規劃、基本設計、統包工程

摘要

新北市政府為促進三峽 / 鶯歌地區之可及性、開發三峽 / 鶯歌地區觀光潛能及鼓勵使用大眾捷運系統的政策，特規劃三鶯線捷運提供該等地區捷運系統服務，以提高三峽及鶯歌地區連外交通之可及性，降低私人運具之使用；配合地方政府重大開發計畫之推動，改善地區交通環境，加速地區產業及觀光之發展，另因應三峽、鶯歌之發展需要，三鶯線與台北都會區捷運現有路網之板南線之頂埔站銜接，以及保留與桃園都會區捷運路網銜接的可行性，以落實三環三線之願景。

捷運三鶯線綜合規劃報告於 104 年 6 月經行政院核定後，新北市政府如火如荼的展開興建計畫的推動，依序完成專案管理顧問、監造顧問及 IV&V 顧問發包，以及基本設計與整體工程之統包發包，現正進行統包工程

施工，由於團隊具堅實的能力，精進捷運興建的各項作業，歷經 3 年的努力，三鶯地區的民眾已可看到捷運橋墩矗立於周遭，捷運三鶯線雛形隱約可見，期望再接續 5 年的努力，屆時三鶯線就如同飛鳶翱翔於三峽 / 鶯歌地區，提供快速便捷的捷運營運服務。

政府於 106 年規劃軌道前瞻計畫，刻正陸續進行可行性研究、綜合規劃或設計，三鶯線建設計畫已執行 3 年，擬將過去 3 年的執行經驗提出以供參考，期能拋磚引玉，集眾人之智提出更為精進的措施，以利有效管控各大型捷運興建計畫的時程及成果。

一、前言

新北市已經發展為一個「多核心」的都市，三環三線（路線示意圖詳見圖 1）能夠串連新北市境內各核心及緊鄰的台北、桃園兩



圖 1 新北市捷運 3 環路線示意

直轄市，大台北都會區之捷運系統路網更趨完整，讓新北市民一起享受更便利的交通，也將改變每個人的生活型態。

近幾年三鶯沿線地區人口、產業發展快速，三峽地區人口年平均成長率為 2.3%，較新北市的 0.8% 地區人口年平均成長率高出許多，加上新北市政府為擘劃該等地區未來願景（土城地區為隸屬大新板之市政中樞及居住中心、三鶯地區為國際水岸文化雙城），刻正積極推動相關開發計畫，如「捷運土城線頂埔站周邊地區都市更新」、「新訂三峽麥仔園地區都市計畫」、「北大安置及青年住宅新建工程」及「三鶯陶瓷藝術主題園區整體開發計畫」等，故可預見未來人口將持續大幅成長。捷運三鶯線的規劃（路線如圖 2）即是配合地區發展、建設與人口之引入所衍生運量需求，以及促進前述開發計畫的推動與成功。

因應前述都市計畫發展的逐步推動，捷運三鶯線已於 105 年 7 月 21 日開始施工預定 112 年完工，完工通車後預計三鶯地區至臺北市通勤時間約可減少 20 分鐘，可促進新北市土城、三峽、鶯歌地區之都市發展，提升三

峽、鶯歌地區之可及性，帶動三鶯地區豐富之文化背景與觀光遊憩旅次，並擴大北桃都會生活圈範圍。針對捷運三鶯線的推動，本文將就可行性研究、綜合規劃、基本設計、工程發包、工程施工的精進作為提出說明以供各界參考。

二、綜合規劃、環差變更及都計變更的推動

（一）綜合規劃

為服務三峽及鶯歌地區市民大眾運輸使用需求及加速推動進度，新北市政府於民國 100 年 10 月提報「臺北都會區大眾捷運系統三鶯線暨周邊土地開發可行性研究報告書」至交通部審查，於民國 101 年 5 月獲交通部審查同意並函報行政院後，於民國 101 年 9 月 3 日獲行政院核定。隨即於民國 101 年 12 月啟動「綜合規劃」作業，延續「可行性研究」成果，依據政府相關審核規定完成報告書，行政院於 104 年 6 月 2 日核定捷運三鶯線綜合規劃報告。行政院核定的捷運三鶯線綜合規劃報告內容摘要如下：

1. 路線場站

- 長度：路線全長 14.29 公里，從土城頂埔站開始，經土城、三峽、鶯歌到福德一路終點站止，未來路線往桃園八德地區延伸。
- 場站：總計 12 座車站（土城 2 站、三峽 5 站、鶯歌 5 站）。
- 機廠：1 座，位於三峽河以西。

2. 系統型式

本計畫於目標年（130 年）的運量可達每小時 1.5 ~ 1.9 萬人次，考量中運量捷運系統為每小時單位方向運送 5,000 ~ 20,000 人次

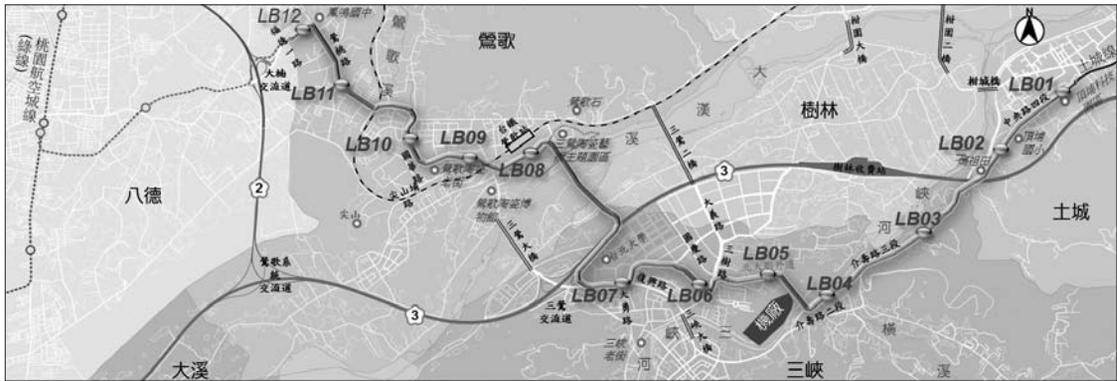


圖 2 捷運三鶯線路線示意

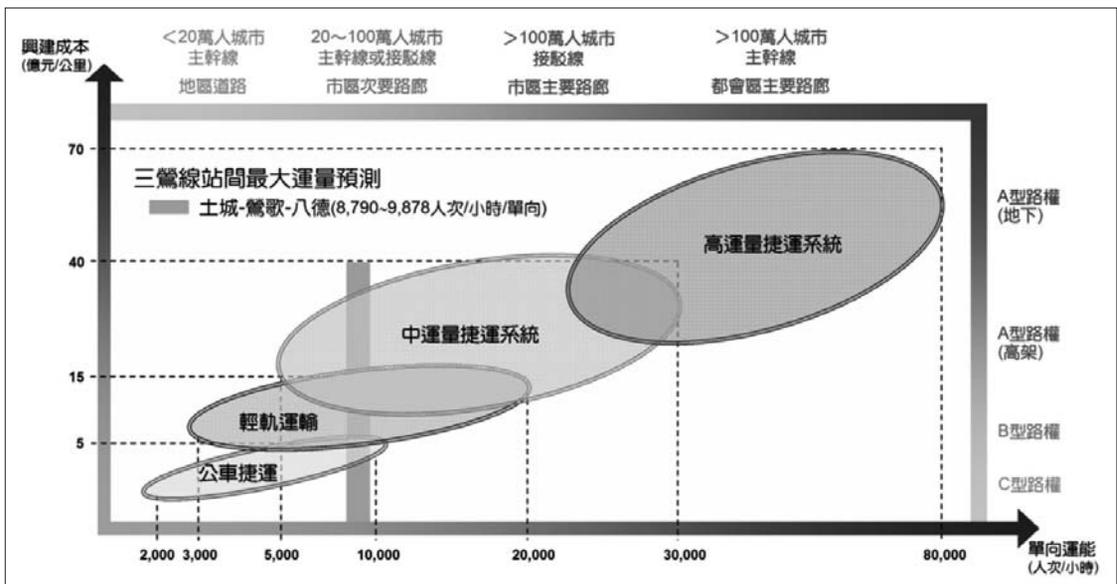


圖 3 捷運系統型式與旅運量關係

的運輸系統，因此建議本計畫車輛技術規格採用專用路權之中運量系統並採用高架方式興建（捷運系統型式與旅運量關係如圖 3）。

3. 建設時程

行政院核定本建設計畫於綜合規劃報告書（核定年期為 Y 年）後，接續完成都市計

畫變更程序、基本設計作業、用地取得、細部設計作業、土建工程、軌道與機電系統安裝與穩定測試，預計於 Y+9 年完工，並辦理初履勘後通車（建設時程如表 1）。

4. 財務計畫

捷運三鶯線納入開發效益（含場站土地



表 1 捷運三鶯線建設時程

項目	Y+1年	Y+2年	Y+3年	Y+4年	Y+5年	Y+6年	Y+7年	Y+8年	Y+9年	
都市計畫變更	[Timeline bar]									
行政院核定綜規報告	▼ Y年									
基本設計	[Timeline bar]									
用地取得	[Timeline bar]									
工程招標	5月									
土建工程施工	60月									
機廠施工	施工(51月)及試用調整期(15月)									
機電系統細部設計	30月									
軌道與機電系統安裝與穩定性測試	30月									
模擬演練與初履勘	9月									

開發、周邊土開效益 (TOD)、租稅增額收入 (TIF) 之自償率為 39.38%，已達「捷運自償率門檻及補助比例」之最低門檻 25% 要求，故建設經費來源由中央與地方政府共同負擔。依中央對直轄市及縣(市)政府補助辦法規定，以補助比例 78% 為本計畫中央對新北市政府之非自償性經費補助比例。相關項目預估費用如下：

- 工程經費：50,529.57 百萬元
- 營運成本：56,491.39 百萬元
- 重置成本：15,755.73 百萬元
- 場站開發效益：12,163.3 百萬元
- TOD 效益：3,197.08 百萬元
- TIF 效益：6,032.80 百萬元
- 營運期間現金淨流入現值 = 158.85 億元
- 計畫總經費現金淨流出現值 = 403.42 億元

(二) 環差變更

於 95 年 11 月 20 日行政院環保署備查「捷運三鶯線環境影響說明書」，由於綜合規劃報告內容與環境影響說明書有所差異，另提出環差報告更動捷運機廠位置、新增兩座捷運車站，於 105 年 7 月 13 日行政院環保署備查環境影響差異分析報告。

(三) 都計變更

為加速「捷運三鶯線」整體計畫推動，新北市政府捷運局於 102 年啟動都計變更工作，辦理 LB01 站、LB02 站、LB06 站、LB07 站、LB08 站、LB11 站、LB12 站及其相關設施所需用地之都市計畫變更，及 LB05 與機廠納入「三峽都市計畫第三次通盤檢討」



表 2 捷運三鶯線基本設計作業時程

工作項目	103 10 月	103 11 月	103 12 月	104 01 月	104 02 月	104 03 月	104 04 月	104 05 月	104 06 月	104 07 月	104 08 月	104 09 月	104 10 月	104 11 月	104 12 月		
行政院核定綜規報告									6.2								
工程會核定經費審議報告									6.29	提報交通部		9.15	審議		10.23	核定	
基本設計	103.10.02 NTP											7.20~7.30 期中		9.4 期末		10.23 期末修正版	

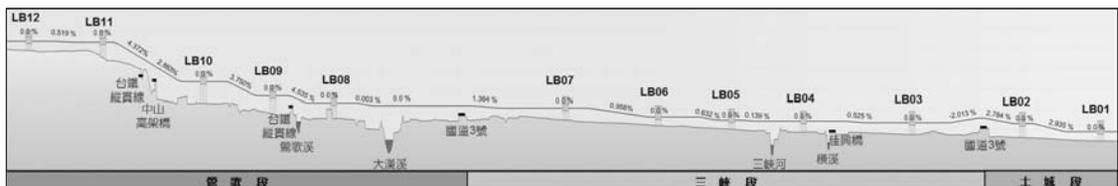


圖 4 三鶯線路線縱坡示意

非都市土地擴大計畫範圍辦理變更。並分別於 107 年初及年中獲內政部都市計畫委員會同意，新北市政府捷運局刻辦理用地取得工作，預定於 108 年 3 月提供給施工單位使用。

三、基本設計的推動與精進

為能加速本計畫的推動，新北市政府捷運局採基本設計與綜合規劃併行作業以爭取時效，於提送交通部、國發會審查綜規報告期間，全力進行基本設計並將期中設計成果提前發展至期末設計成果的成熟度，待行政院核定綜規報告後，隨即提出工程經費審議報告；於工程會核定經費審議報告後，提送基本設計期末設計成果及招標文件，以利進行下一階段的招標作業（基本設計作業時程如表 2）。

本計畫路線涵蓋土城、三峽、鶯歌等都市發展地區，計畫特性為跨越中央路四段、鶯桃路的特殊狹窄道路、跨越國道 3 號、台鐵、橫溪、三峽河、大漢溪、鶯歌溪等天然障礙多，無形中增加本計畫的施工時程及施工經費，唯有精進本計畫基本設計，方能符合行政院核定的綜規報告的需求，基本設計內容及相關精進作為如下所述。

(一) 線形及縱坡

捷運線形除契合都市發展、運輸需求、降低環境衝擊，以及符合民意期待外，主要秉持減少用地徵收及建物拆遷之原則。經多方分析比較，為減少用地徵收與建物拆遷影響，於路線轉彎處多選擇沿既有道路且採縮小曲線半徑方式設計線形，故全線最小轉彎半徑 $R=50$ 公尺，最大縱坡為 4.535%（如圖 4）。



(二) 工址地質

本計畫沿線於土城區路段大致屬大漢溪右岸山地及沖積平原，其地勢以東南較高漸向西北延伸而降低，至鶯歌向西至桃園台地始遇不同高程之河階台地，地形呈現逐階爬昇之趨勢。

路線鄰近之山地區域主要出露地層為中新世及上新世沉積岩，自古至新包括木山層、大寮層、石底層、南港層、南莊層以及桂竹林層，係由不同層厚之砂岩與頁岩組成，局部並夾有凝灰岩或煤層（如圖 5 所示）。而在山地與河流間之區域則為全新世之台地堆積層及現代沖積層，係由礫石、砂、泥等無膠結沉積形成。此外，自新北市鶯歌區以西則屬更新世之紅土礫石層（桃園層），係由淘選不良之礫石及砂質黃棕色紅土間夾組成。地表約 1.0 ~ 3.5 公尺間為回填及覆蓋土層，其標準貫入試驗 SPT-N 值約 10 ~ 24，其下方為厚度約 10.5 ~ 11.5 公尺之卵礫石層，卵礫石層下方即為岩層，岩層為砂岩、泥質砂岩、粉質砂岩及頁岩等，多數鑽孔岩層之 RQD 為 75 ~ 100 間，橫溪、大漢溪及鶯歌地區之岩層 RQD 較低（25 ~ 75 間）。地質分佈約為表土層（1 ~ 3.5m）、卵礫石層（10.5 ~ 11.5m）、15m 以下為岩盤，多數路段地下水 GL-3.4 ~ -13.7m。

斷層部份則包括新莊、臺北、成福等斷層，均非屬活動斷層。其中，臺北斷層與新莊斷層之推測延伸線與本計畫分別於三峽區、鶯歌區交會；成福斷層與臺北斷層兩條斷層之推測延伸線及本路線則於臺北大學與國道 3 號附近相交。屬第二類活動斷層之山腳斷層位於本計畫東北側，距本計畫區達 5 公里以上，對本計畫影響不大。

(三) 基礎施工工法

考量地質因素、土地使用、交通衝擊、工期及經濟性等條件，本計畫以「井式基礎為主，樁基礎為輔」為原則，基礎配置原則說明如下：

- 對地質條件佳（卵礫石層、岩盤）且抽降地下水容易之區域，建議採井式基礎。若於抽降地下水困難路段，建議採用樁基礎。
- 狹小道路路段，例如中央路四段、介壽路及鶯桃路等道路寬度約 18 ~ 20m，建議採用井式基礎，以減少交通衝擊。

井式基礎之施工彈性較差，若遇特殊工程條件時，建議改採樁基礎。例如：墩位處有重大地下管線無法遷移且與井式基礎衝突者（161kV 電纜、污水幹管、自來水主幹管…等），無法施作井式基礎時，基礎型式改採樁基礎或墩柱偏心避開（井基與樁基礎比較如表 3）。

(四) 橋梁工法

考量經濟、美觀及縮短工期等條件，本計畫以「U 型梁橋為主，其他橋型為輔」為原則，橋梁配置原則如下：

- 預力混凝土 U 型梁橋：適用於橋跨長度小於 35 公尺，施工中及吊裝均為簡支行為且安全可靠。
- 預力混凝土懸臂橋：適用於跨河川、高速公路等障礙物的長跨橋梁，施工過程結構為平衡狀態之靜定結構，完工時為超靜定結構系統，避免施工中進行橋梁場撐。
- 鋼箱型梁橋：適用於路口轉彎段，採連續鋼箱梁結構，墩柱採用鋼結構設計，結構完整且可處理 90 度轉彎的偏心，施工方便且施工品質掌握度高。
- 重要景觀點的特殊橋型。

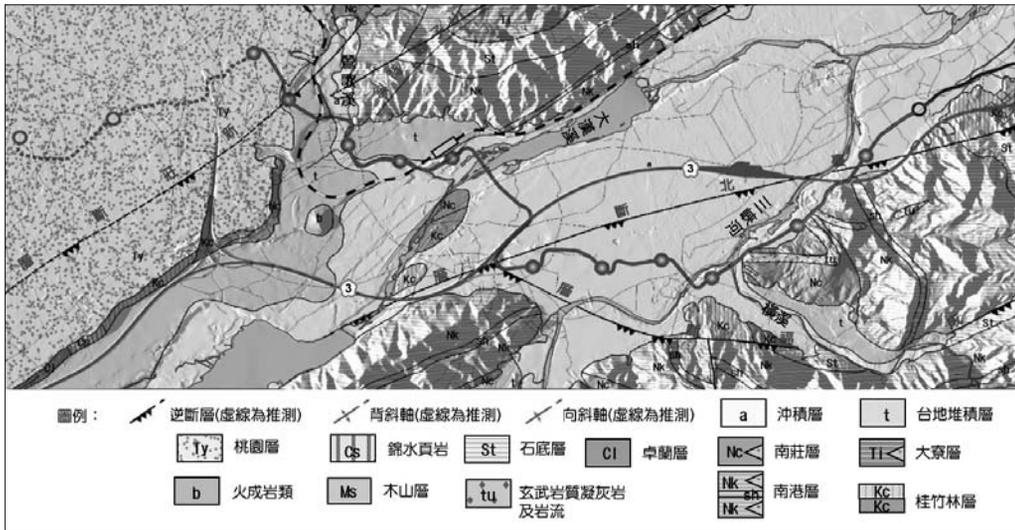


圖 5 捷運三鶯線路線地質示意

表 3 井式基礎與樁基礎比較

基礎型式	概述	綜合比較		工程示意圖
井式基礎	利用豎井施工方式將基礎版設置於更深之載承土層中，本計畫標準跨高架橋之井式基礎約為深 12m、直徑 5m。 • 開挖寬度小（至少 7m），施工時對交通衝擊小。 • 以噴凝土與鋼筋組成臨時擋土設施，施工噪音與振動小。 • 本計畫地質以卵礫石層為主，沿線地下水位多在 GL-3.7~13.7m±，開挖時抽降地下水難度較低。	用地	較少 (約 20m ² /處)	
		工期	短 (約 21 日/處)	
		交通衝擊	小 (雙向 4 車道)	
		土方量	小 (約 295m ³ /處)	
		施工安全	中	
樁基礎	以基樁將高架橋載重傳遞至更深土層，提高基礎承载力，本計畫標準跨之 4 支 1.5mφ、樁長約 25m、樁帽約 7.5×7.5m(埋深 2m)。 • 開挖寬度約 8.5m，施工時對交通衝擊屬中等。 • 全套管基樁及樁帽開挖時打設臨時擋土支撐時引發之噪音及震動對周遭環境影響較大。 • 基樁施工時不需要抽降地下水，地下水抽降困難區域，建議採用本工法。	用地	較高 (約 57m ² /處)	
		工期	長 (約 30 日/處)	
		交通衝擊	中 (雙向混合車道)	
		土方量	中 (約 465m ³ /處)	
		施工安全	較高	

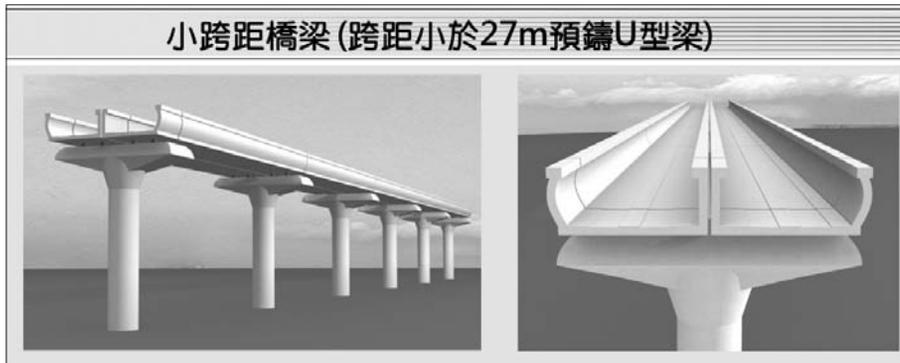
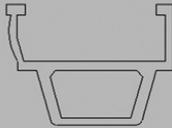


圖 6 U 型梁橋透視示意

表 4 箱型梁與 U 型梁比較

評估項目	箱型梁	U型梁
結構性	 結構性極佳，大梁重約7.76t/m，橋墩採用直徑2.2m圓柱，井基採D=5m，L=12m	 可符合安全要求，大梁重約5.10t/m，橋墩採用直徑2.0m圓柱，井基採D=5m，L=11m
最大跨度	30m	27m
橋面排水	可於橋面版佈置較多落水頭	僅可於橋面版兩端佈置落水頭
施工工期	須先完成箱型結構，再完成胸牆等結構，施工較費時	不須另外再施築胸牆，可節省施工工期
噪音	須額外設置護欄及隔音牆	腹版兼具隔音效果
工程經費	較高(每支約1百5拾4萬元)	較低(每支約1百2拾4萬元)
評估結果	可	最佳

1. U 型梁橋

依據內湖線的執行經驗，U 型梁(如圖 6)可降低高架段橋梁高度，減少整體工程費用及對景觀環境的衝擊，其腹版亦兼具隔音的效果，對解決令人詬病的噪音問題有很大的幫助。本計畫直線段、曲率半徑大於 800m，原則上採 27m 預鑄 U 型梁，曲率半徑小於

800m 之路段，採場鑄混凝土橋或鋼橋。

針對箱型梁與 U 型梁的比較，U 型梁不須另外再施築胸牆，可減少施工工期，箱型梁重量較 U 型梁重，橋墩及基礎所需之尺寸亦較 U 型梁大，經評估 27 公尺 U 型梁較 30 公尺箱型梁經濟，施工、吊裝更具優勢(詳表 4)。



表 5 混凝土橋與鋼橋比例分佈

	橋梁型式	橋梁類別與長度	長度 (公)	權重
1	預力混凝土 U 型梁橋	a. 預鑄 U 型梁：154 跨計 4,086 公尺 b. 場鑄 U 型梁：78 跨計 2,364 公尺	6,450	48%
2	預力混凝土懸臂橋	27 跨計 2,052 公尺	2,052	15%
3	鋼箱型梁橋	a. 簡支鋼箱：48 跨計 1,537 公尺 b. 連續鋼箱：66 跨計 2,838 公尺	4,375	33%
4	拱橋	a. 鋼拱橋：4 跨計 455 公尺 b. 混凝土拱橋：12 跨計 120 公尺	575	4%
	合 計		13,452	

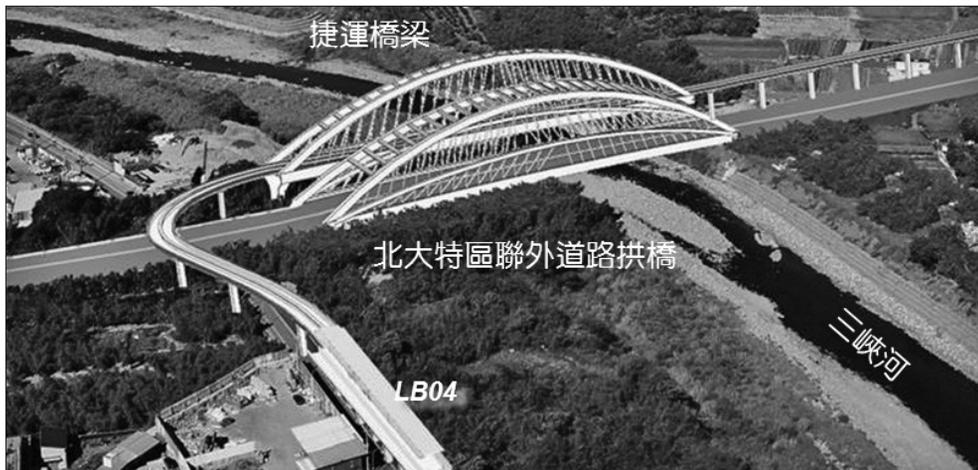


圖 7 跨越三峽河橋透視示意

2. 上構橋梁型式

本計畫以預力混凝土橋為主 (約 63%)，由於路線彎延曲折，鋼橋仍佔 33%，另拱橋占 4%，相關分佈比例詳如表 5 統計。

3. 特殊橋梁

(1) 跨越三峽河橋

橋梁區位：捷運橋與公路雙拱橋緊鄰並行，淨間距 6m。

環境特性：須跨越三峽河，河中不落墩，橋跨徑 180m。

建議橋型：採雙拱橋與公路拱橋併列，使當地景觀更具特色。

(2) 跨越大漢溪橋

橋梁區位：等距座落於三鶯大橋與三鶯二橋之間。

環境特性：三鶯陶花源新生地。

水理特性：位於大漢溪與鶯歌溪兩溪匯流，計畫堤線寬 520m，深槽區寬 100m。

建議橋型：採飛鷺造型拱橋 (如圖 8 所示)。



圖 8 跨越大漢溪橋透視示意



圖 9 台北大學臨飛鳶廣場橋透視示意

(3) 台北大學臨飛鳶廣場橋

橋梁區位：飛鳶為台北大學校徽，橋梁型式應與飛鳶廣場協調。

環境特性：與北大建築群融合，以減輕捷運對校區之衝擊。造型元素擷取北大校門之拱門意象，塑造迴廊之空間感。

建議橋型：採迴廊式拱橋，創造台北大學的另一景點，如圖 9 所示。

(4) 跨越鶯歌溪橋

橋梁區位：捷運橋梁連續跨越鶯歌溪、臺鐵路堤，且鶯歌溪不落墩。

環境特性：跨臺鐵有淨高限制，捷運橋梁

深最多 3m。

建議橋型：採外置預力懸臂橋（統包商改為魚鰭式懸臂橋，如圖 10 所示）。

(四) 車站

三鶯線沿途地區特色鮮明，人文景緻獨特，包括土城（頂埔）工業、科技產業園區；台北大學新興大學城社區；三峽老街、藍染、美食及街屋建築；鶯歌陶瓷博物館、陶瓷老街、陶瓷主題公園等。三鶯線除將大大改善區域交通可及性，快捷舒適的捷運線路更與山水風光、人文風采相得益彰，如圖 11 所示。

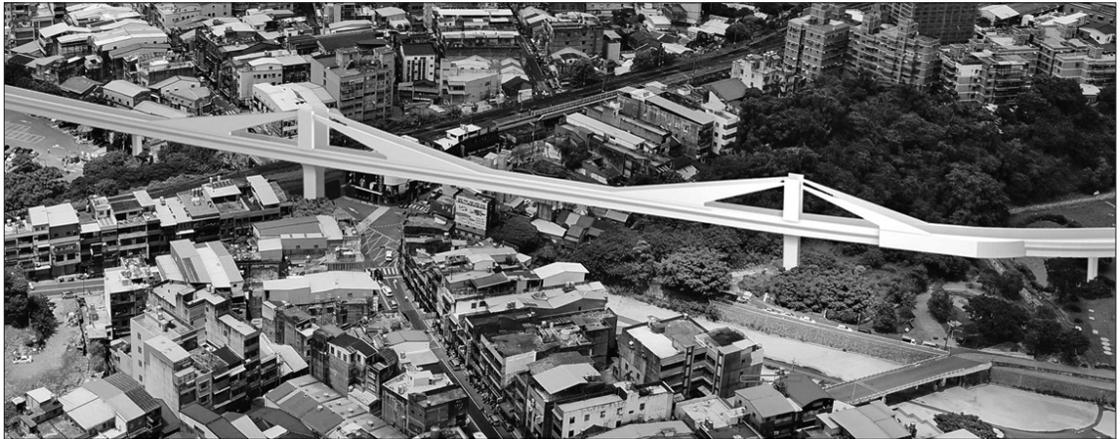


圖 10 跨越鶯歌溪橋透視示意

淡藍
觀光
捷運

打造三鶯線成為全國第一條「觀光捷運」

未來三鶯線將形成地區快捷舒適的運輸紐帶

結合高架觀景、列車活動與車站藝術，步入捷運就是旅行的開始



田園
山水
風光

行銷水美三鶯風情

站區整體開發，結合水岸與原住民文化
強化新北市宜居健康的城市形象



兩山
藝文
學研

營造文化體驗前店

站前廣場為前店，宣傳在地活動
呈現鶯歌山、鳶山間孕育的藝文學研氛圍



綠能
創新
櫥窗

設置創新展示櫥窗

站體採綠建築節能設計、透過櫥窗
展現臺灣的綠能產業技術與實力



青瓷
瑰寶
基地

感受陶瓷藝術活力

陶瓷結合公共藝術，形塑有趣的動線
讓乘客感受三鶯的文化與生活態度



圖 11 捷運三鶯線建築規劃構想

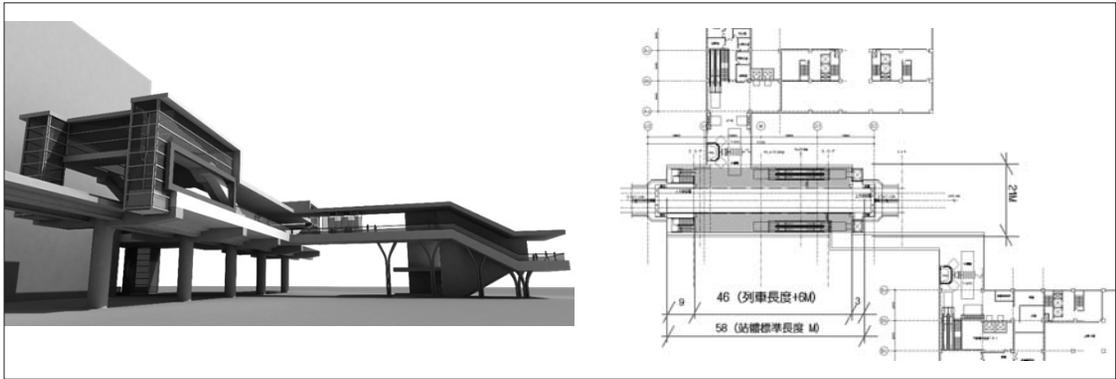


圖 12 標準型側式車站透視及出入口配置

車站的功能與造型與附近民眾息息相關，於進行基本設計之初，陸續至三鶯地區辦理民眾說明會，邀請選區民意代表、里長、社區代表列席參與，經由廣泛的討論，提供景觀、造型、噪音等意見，另依據運量、周圍環境因素及列車長度，進行 12 座高架車站(土城 2 站、三峽 5 站、鶯歌 5 站)減體減量配置，並發展出標準側式車站(如圖 12 所示)、標準島式車站及特色車站，其車站配置原則如下：



圖 13 特色車站透視

1. 標準型側式車站：車站站體均位於道路上方，為避免道路中央座落龐大量體，規劃輕量車站站體，車站長度 58 公尺、車站寬度 21 公尺，不僅符合旅運量需求，更可營造簡潔輕巧意象，增加附近居民的認同感。
2. 標準型島式車站：車站附近配置營運調度所需袋式儲車軌，故採島式月台車站，因車站週邊環境允許，站體均位於道路側方的路外公、私有土地，出入口配置於站體下方，強調出入口週邊環境的穿透性及提供鄰里活動空間，增加附近居民的認同感。

3. 特色車站：考量車站周邊特殊性、如毗鄰工業園區、大學、美術館、公園，車站造型與周邊產業及景觀相互融合，並應有特殊創新之建築設計(如圖 13 所示)。

車站建築風貌採開放方式由統包商提出構想，建築配置及功能規定於業主需求書，統包商依據其創意及業主需求書的規定提出車站配置，經評選後列為統包合約之一部分，於細設階段辦理都市設計審議並依都市設計審議結果修改，以符合新北市政府對當地城



表 6 捷運中運量機廠面積比較

機廠	面積	功能
(一) 早期中運量捷運機廠面積		
1. 台北文湖線木柵機廠	6.2 公頃	中運量等級之第五級機廠
2. 台北文湖線內湖機廠	7.11 公頃	中運量等級之第五級機廠
(二) 近期中運量捷運機廠面積		
1. 台北環狀線南機廠	14.33 公頃	中運量等級之第五級機廠
2. 台中捷運北屯機廠	約 20 公頃	中運量等級之第五級機廠 並預留捷運藍線擴充使用



圖 14 捷運三鶯線三峽機廠透視示意

鄉風貌、風土民俗的需求，車站功能與台北捷運營運中車站的功能類似，相關重要規定摘錄如下：

- 出入口：均於道路兩邊設計出入口方便道路兩側民眾使用，每座出入口均規定設置上下行電扶梯，提昇對乘客的服務水準，於車站區域規定設置轉乘機車及自行車車位的數量，鼓勵民眾使用大眾運輸系統。

- 特別要求車站防風雨入侵的功能及外牆設計避免影響民宅的私密性。
- 公共藝術：全線採淡藍色，與電聯車外觀搭配，配合廣義性之公共藝術設計主題，各車站有不同色彩變化。選定一車站的立面元素及室內裝修/空間的展現，配合原住民族意象及客家意象規劃。

有關車站配置另於業主需求書之設計規



表 7 捷運三鶯線系統機電功能參數

項目	規格內容
最小運轉曲率半徑	主線 50 公尺；機廠段 50 公尺
爬坡能力	≥ 5.5%
軌距	1,435 公釐軌距
輪軌型式	鋼軌鋼輪或膠輪
最大尖峰運量	≥ 9,878pphd，班距 2.2 分鐘，
列車運能	每列車乘載 330 人以上（以立位 6 人/m ² 旅客計算）
列車長度	≤ 40 公尺
車輛寬度	2.6 ~ 2.8 公尺
車輛高度	≤ 3.8 公尺
牽引電力	標稱電壓為 750V DC，第三軌供電系統
最大營運速度	≥ 70 公里 / 小時
系統最短運轉班距	90 秒或更小
列車控制	通訊式列車控制 (CBTC)，全自動無人駕駛 (GoA 4)

範規劃剛性及柔性兩類規定，以利統包商發揮專業規劃合適的機房空間。

- 剛性（統包商必需遵守）：車站設施數量及面積、電梯、電扶梯、PAO、驗票閘門、廁所、捷運警察室、職員室、清潔間…等
- 柔性（統包商可提出功能性更佳設施，以調整配置）：水環及系統機房面積（維修通道空間應符合規定）、月台長度。

(五) 機廠

捷運機廠提供捷運列車的停放、維修、調配及監控，維繫捷運順暢的運作，是捷運營運的重要命脈。早期中運量捷運機廠需求面積主要考量機廠的配置需求，近期中運量捷運機廠需求面積需增加考量機廠周邊設置隔離綠帶及機廠內配置滯洪池，以降低對環境的衝擊，因此機廠面積至少需 9 ~ 10 公頃以上，由於所需用地大取得不易，經勘查三鶯線沿線，僅臨三峽河側農業區符合條件，

方規劃機廠坐落位置。

為滿足三鶯線主機廠採全功能第五級機廠之需求，依據設施需求、考量基地條件、進出及維修動線後，規劃配置結果詳見圖 14，機廠用地約需 10 公頃（不含土地開發範圍），透過設計、建材、工法，有效運用天然資源、友善環境，實現對環境永續的尊重，機廠建築物及外圍 6 公尺綠帶廣植喬木、灌木，包括黑板樹、大葉山欖、光臘樹、榔榆、茄冬、樟樹及台灣欒樹等樹種，讓三峽機廠成為一座名符其實的綠色機廠。主要設施如圖 14。

(六) 系統機電

系統機電包含車輛、供電、號誌、通訊、自動收費等子系統，考量台北捷運自興建以來，吸取捷運實際營運經驗，並對系統機電各子系統進行優化及精進，已為國內系統機

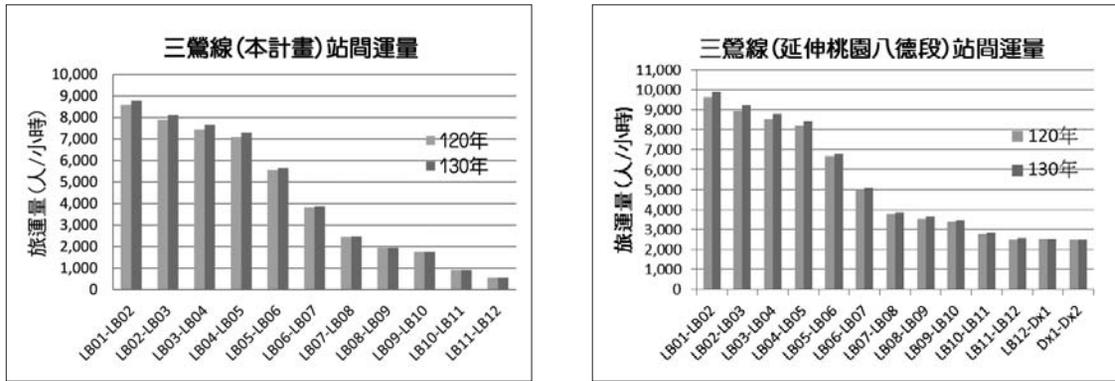


圖 15 捷運三鶯線計畫運量需求

表 8 捷運三鶯線列車運行規劃

年期	營運模式	本計畫路線				全線(含延伸段)			
		平日		假日		平日		假日	
		班距(分鐘)	頻率(列/時)	班距(分鐘)	頻率(列/時)	班距(分鐘)	頻率(列/時)	班距(分鐘)	頻率(列/時)
120	LB01 ~ 08	2.2	27	3.8	16	2	30	3.8	16
	LB08 ~ 12	4.4	13	7.6	8	4	15	7.6	8
	LB12 ~ 14	—	—	—	—	4	15	7.6	8
130	LB01 ~ 08	2.2	27	3.8	16	2	30	3.8	16
	LB08 ~ 12	4.4	13	7.6	8	4	15	7.6	8
	LB12 ~ 14	—	—	—	—	4	15	7.6	8

電的典範，故本計畫以「台北捷運系統機電執行經驗為綱本」，期得標廠商能提供優質的系統機電，滿足三鶯捷運線營運維修需求。

1. 系統機電功能需求

本計畫營運特性為尖離峰旅運量差距很大，系統機電採短列車、密班距方式以利符合旅運量需求，因此規劃列車長度小於 40 公尺，並需具備自動駕駛、90 秒班距、CBTC 列車控制的系統功能。另考量本計畫路線彎延曲折，列車必須具備 50 公尺轉彎半徑及

5.5% 爬坡的系統功能，以下是捷運三鶯線的系統機電參數。

2. 旅運量需求

本計畫採用中運量捷運系統，系統容量運能大於尖峰小時最大站間運量為 8,790 人次 / 時 / 單向進行營運與相關設施規劃。本計畫路線預定包含兩種營運模式：全線營運模式自 LB01 站經 LB08 站至 LB12 站，並於未來將延伸至桃園八德銜接桃園捷運綠線；區間營運模式自 LB01 站至 LB08 站。此外，考量



表 9 捷運三鶯線工程經費統計

路線	三鶯線	
土建 + 機電系統 + 軌道	費用	351.1 億元
	單價	24.55 億元 / 公里
車輛系統	車輛數及長度	車輛：29 列、每列長度 40 公尺 車輛總長：1160 公尺
	費用	53.74 億元
	單價	4.63 百萬元 / m
供電系統	費用	22.05 億元
	單價	1.54 億元 / 公里
號誌系統	費用	29.49 億元
	單價	2.06 億元 / 公里
通訊系統	費用	8.68 億元
	單價	0.60 億元 / 公里
自動收費系統	費用	4.23 億元
	單價	0.35 億元 / 車站
軌道工程	費用	18.45 億元
	單價	1.29 億元 / 公里

未來延伸段銜接桃園捷運綠線，民國 130 年本計畫（含延伸桃園八德段）尖峰小時單向最大站間運量為 9,878 人次 / 時 / 單向，預計運輸需求量成長約 12.4%，預估遠期運輸需求量仍持續成長，因此在維持現有路線、廠站固定設施下，機電系統應可經由增加列車數、調整列車營運模式、增加列車線上儲車位置、精進機廠維修能量等之擴充，滿足增加 33% 運量需求，如圖 15 所示。

3. 營運班距

本計畫各年期路線與全線（含延伸段）LB01 站至 LB08 站段之平日尖峰班距以 2.2 分鐘為原則，離峰班距則以 3.8 分鐘為原則（如表 8 所示）。系統設計班距最小應能達到單向班距 90 秒或更少之需求，以因應未來成長所需。車隊規模為營運所需至少 29 列之列車數。

(七) 工程經費

捷運三鶯線於 104 年完成基本設計，經統計施工預算為 24.55 億元 / 公里（直接工程費）各項工程經費統計如表 9 所示，參考交通部高鐵局的「大眾捷運系統路線及場站設施之經費編列與補助項目標準研究報告」，以佐證經費編列的合理性。

另參考台北捷運木柵線施工造價的公開參考文獻，於 85 年正式營運通車的木柵線全線長 11.3 公里（含 12 座高架車站、102 輛電聯車及系統機電、1 座機廠），其平均造價為 16.41 億元 / 公里（直接工程費）。若加計國內每年 2% 的物調至 104 年，平均造價為 24.38 億元 / 公里，與捷運三鶯線所編列施工預算 24.55 億元 / 公里相當，且捷運三鶯線於招標階段因投標廠商的競標考量，每公里施工費用再降低。



表 10 捷運三鶯線發包方式比較表

傳統招標： 機電(D&B)/ 土建(D→B)區段標		統包標: (D&B)		
A		B		
北捷環狀線 350標模式	北捷內湖線 410標模式	北捷木柵線 350標模式	高雄捷運 國外日銀貸款 捷運興建模式	杜拜捷運 高雄捷運 淡海輕軌
A1	A2	B1	B2	B3
土建細設 機電合併 3土建區段標	土建細設 機電土建合併 大區段標	機電合併 &全線土建細設 3土建區段標	機電 3土建統包標	大統包標 (機電土建合併)
<ul style="list-style-type: none"> ●土機介面整合困難 ●預算、時程較難掌控 ●國內案例、符合資格土建廠商多 	<ul style="list-style-type: none"> ●土機介面整合較易 ●預算、時程較易掌控 ●發包規模大，符合資格土建廠商少 	<ul style="list-style-type: none"> ●土機介面整合不易 ●預算、時程不易掌控 ●符合資格土建廠商多 	<ul style="list-style-type: none"> ●土機介面整合不易 ●整體時程不易掌控 ●土建設計與施工並行，有利縮短土建時程 ●符合資格土建廠商多 	<ul style="list-style-type: none"> ●土機介面整合易 ●整體時程易掌控 ●發包規模大，符合資格土建廠商少

表 11 捷運三鶯線決標方式比較表

	決標方式	開標方式	底價訂定	法源及參考資料
1	最有利標	資格標、技術(價格納入評選，比重 20% 至 50%) 二段開標	原則不訂底價(價格低於公告預算)	統包作業須知(民國 103 年 10 月 24 日修正) 最有利標評選辦法 最有利標作業手冊
2	異質性採購 最低標	資格標、技術規格標(評分項目不包含價格)、價格標三段開標	訂底價(採不超出底價最低價格決標) 不訂底價(採不超出預算最低價格決標)	統包作業須知(民國 103 年 10 月 24 日修正) 採購法施行細則第 64-2 條 採購法第五十二條第一項第一款或第二款

(八) 招標策略

本案規模(直接工程費約 340 億元)與台北捷運內湖線相近，參考台北捷運內湖線設計/施工經驗，總計需 10 年的時間方能完工通車：

- 內湖線的細部設計時程：89 年 1 月～ 92 年 4 月

- 內湖線的施工時程：91 年 5 月～ 98 年 6 月

由於大型捷運工程興建時程動輒 10 年，故欲透過研擬合適的招標方式，以有效縮減興建期程，捷運三鶯線發包方式及決標方式考量如下：



1. 發包方式

經初步市場土建廠商財力評估，全線土建工程（直接工程費約 160 億）以單一土建廠商投標，約有 11 家符合財力要求，尚能符合市場競爭機制、對於尚未招標決標之公共工程，而招標策略的研擬主要是縮短工期加速完工，故依據採購法相關規定研擬 5 種「縮短公共工程工期之招標決標策略」，並分為 A、B 兩大類（詳表 10），A 類為傳統招標、B 類為統包標，說明如下：

- A 類傳統招標：完成設計再施工，再分 A1 方案、A2 方案，均為目前國內捷運工程所熟悉，市場接受度較高
- B 類統包標：設計與施工並行，並依據計畫規模再分為小統包如 B1 方案、B2 方案或大統包如 B3 方案。

經評估 5 種招標策略後，考量統包工程可以有效控制經費及完工時程的優勢下，先排除 A 類傳統招標方式，基於減少土機介面整合的複雜度及國內土建廠商的施工能量下，最終採 B 類統包標 B3 方案。

2. 決標方式

統包工程決標方式可分為最有利標或異質性採購最低標（詳表 11），若採異質性最低標，雖有利政府預算擲節，但廠商技術規格僅為合格與否，無法取得技術最優之廠商，仍建議以最有利標決標，採價格及技術綜合評選模式，以徵得最優廠商。

四、統包工程招標推動與精進

三鶯線屬中運量系統且為高科技工業產

品，綜整本標案特色如下：

- 本標案包含土建 / 軌道 / 系統機電等工作範疇，採統包工程最有利標評選方式決標。
- 採土木及機電系統廠商共同投標方式，並規定成員若有破產由其他成員繼受。
- 系統機電得為鋼輪或膠輪系統的開放系統。
- 投標廠商的企劃書為契約的一部分，針對本標特性詳列企畫書要求內容。
- 後續擴充需求為 8 年的代操作維修工作及三鶯線捷運系統延伸至八德段系統機電。

由於本標工程規模大，且採土建 / 軌道 / 系統機電合而為一的統包工程，土建廠商及系統廠商能否認同招標文件內容至為關鍵，本計畫於行政院核定綜規報告之後及正式招標公告前，辦理 2 次公開徵求及廠商說明會及 1 次公開閱覽，就招標文件內容的投標須知公平性、需求書適宜性及功能規範合理性，透過公開的諮詢程序，讓有意投標廠商瞭解招標文件的內容並提出意見，收集各界意見以降低招標文件缺失。經統計：

- 第一次公開徵求及廠商說明會：22 家廠商提出意見共 502 條
- 第二次公開徵求及廠商說明會：10 家廠商提出意見共 235 條
- 公開閱覽：17 家廠商提出意見共 431 條

本計畫蒐集廠商意見後，於工程會的工程費審議通過之前，澄清廠商所提系統機電、軌道工程、代操作維修、土建工程等功能規範內容，以臻招標文件的完備。

統包工程招標推動歷程詳如表 12，於 104.11.26 第一次公告招標至 105.03.24 截止投標，僅一組廠商投標，未達法定家數而廢標。



表 12 捷運三鶯線統包工程招標時程

工作項目	104 05 月	104 06 月	104 07 月	104 08 月	104 09 月	104 10 月	104 11 月	104 12 月	105 01 月	105 02 月	105 03 月	105 04 月	105 05 月	105 06 月	105 07 月									
招標前應完成報核程序	6.2行政院核定綜規報告			10.23工程會核定工程經費審議報告																				
1. 第一次公開徵求及廠商說明會	6.22公開徵求 ◆6.30廠商提出意見 6.23廠商說明會																							
2. 第二次公開徵求及廠商說明會	7.15公開徵求 ◆7.22廠商提出高意見 7.17廠商說明會																							
3. 公開閱覽	7.21-7.27 公開閱覽 ◆7.30廠商提出意見																							
4. 統包工程招標				104.11.26公告			統包標第1次招標			105.3.24截止投標			統包標第2次招標			105.3.28公告			105.4.12截止投標			◆105.5.16決標		

另於 104.03.28 第二次公告招標至 105.04.12 截止投標，共三組廠商投標，順利決標。招標過程屬工程推動的前置作業項目，應於招標前投注人力進行公開的諮詢、意見溝通、問題的研析與解決，方能奠定工程建設的堅實基礎。

五、統包工程的推動與精進

就施工特性及環境而言，統包商開工即面臨 3 大難題，私地多（路線通過三峽 / 鶯歌非都私地、機廠私地、車站出入口私地）、管線多（大型排水箱涵、高壓電塔、自來水管、電力管、電信管、瓦斯管）、障礙多（路線跨越台鐵、國道 3 號、橫溪、大漢溪、鶯歌溪），由於私地、管線、障礙的協調費時，統包商施工僅能先行避開，造成無法連續性施工。施工工區採跳島方式進行開設，因為工作面零碎，所以井式基礎、橋墩柱、場鑄 U 型橋

梁的施工工法，需將傳統施工方式改為更輕便、更機動方式，方能符合工區特性，更能增加統包商施工調度的彈性。

藉此，統包廠商利用 BIM 軟體進行施工模擬（如圖 16），再以施工回饋及細設調整來改善傳統施工方式，讓井式基礎、橋墩柱、場鑄 U 型橋梁的施工方式更為精進，實已發揮統包精神。

（一）井式基礎的施工與精進

本計畫先於龍埔路（路寬 30 公尺）進行井式基礎施工，井式基礎直徑為 6 公尺，施工空間為 8 公尺，並以 BIM 軟體進行施工模擬，以確認施工機具的施作空間及施作動線。

井式基礎採用噴凝土工法，首先以波浪型鋼板作為地表安全圍籬及淺層開挖的保護工，井式基礎開挖作業採輪進施工，每一輪

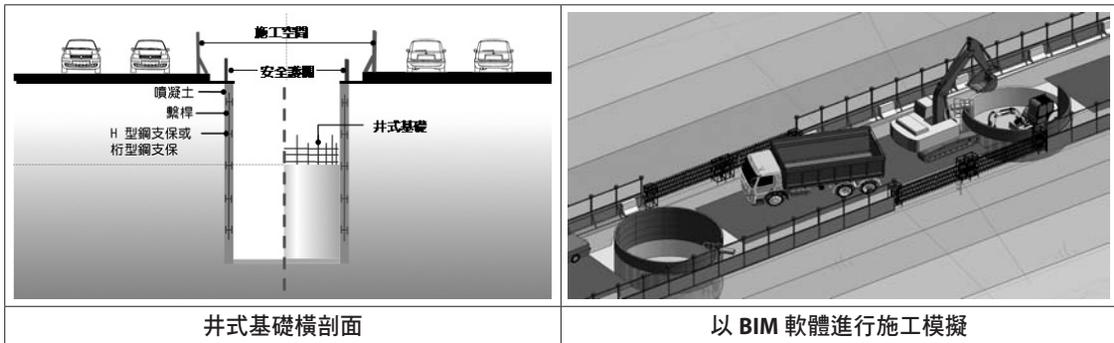


圖 16 施工視覺化模擬

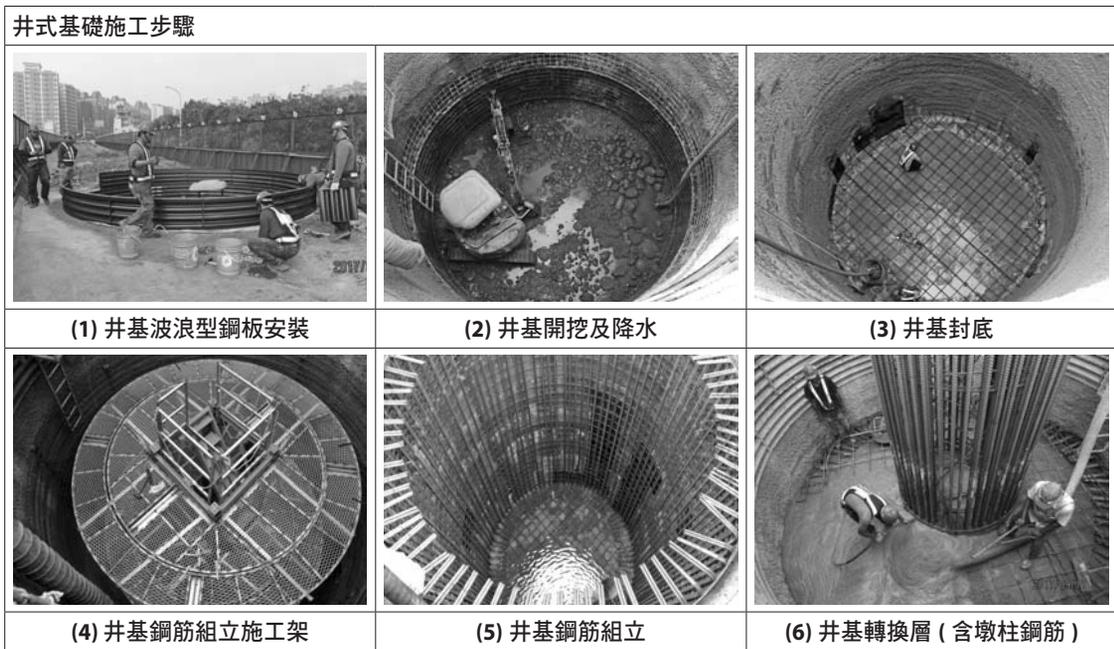


圖 17 井式基礎施工步驟

進約 1.2 公尺向下挖掘，並輔以臨時抽降水，以保持開挖面的乾燥，到達預定開挖深度封底後，採用飛碟盤（鋼筋組立施工架）進行井式基礎鋼筋施工作業，施工步驟詳如圖 17 所示。

本計畫採用飛碟盤（鋼筋組立施工架）進行井式基礎鋼筋施工作業，並以 BIM 軟體進行施工模擬，以確認施工機具的施作空間及施作動線，施工步驟詳如圖 18 所示，飛碟盤每座高度 5 公尺且可依現場需要疊加，飛碟盤邊與井式基礎噴凝土面保持 30 ~ 40 公



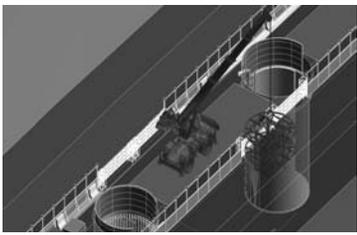
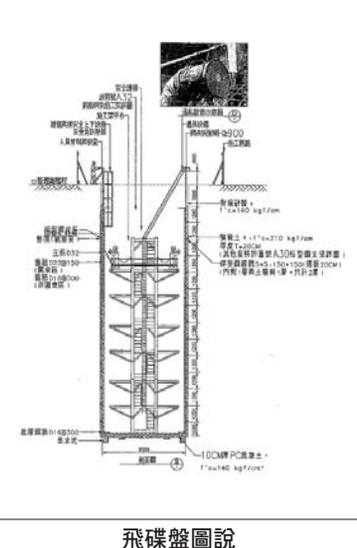
飛碟盤 (鋼筋組立施工架)				
				
飛碟盤樣式	飛碟盤吊運模擬			
				
飛碟盤吊運	飛碟盤就位			

圖 18 井式基礎鋼筋施工作業步驟



圖 19

分距離，提供良好的鋼筋綁紮工作空間。

本計畫更精進井式基礎的施工如下：

1. 縮小施工圍籬寬度進行施工

針對三峽區復興路的道路寬度為雙向各 2 個車道，考量道路交通流量需求，統包商精進施工，井式基礎直徑仍維持 6 公尺，將施工空間由 8 公尺縮減為 7 公尺，保持施工

圍籬兩側各 2 個車道通行，讓兩側居民瞭解統包商施工用心，並將交通衝擊減至最低。

2. 大漢溪河道深槽區施工

座落於大漢溪河道之橋墩基礎高程，需位於歷年河道冲刷線以下，經計算需降挖 22 公尺方符合需求，統包商原規劃採用樁基礎，考量樁基礎及臨水面地形，採大面積 (60 公尺 × 60 公尺) 的階梯式開挖並於區域內進行 20 公尺 × 20 公尺的擋土設施，以提供橋墩基礎所需空間，統包商精進施工工法，將直徑 6 公尺的井式基礎施工法應用於直徑 10 公尺的井式基礎，實為統包工程最佳施工案例。

(二) 橋墩柱的施工與精進

本計畫採圓形墩柱，墩柱直徑分別為 2.0、2.2、2.4、2.6、2.8、3.0 公尺，柱高約 6 ~ 8 公尺，橋墩柱 (含帽梁) 透視圖及現場完成

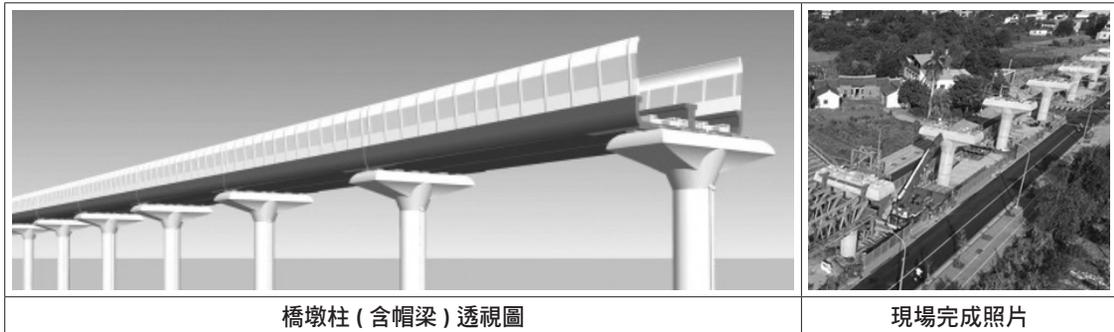


圖 20 橋墩柱透視圖與完成照片

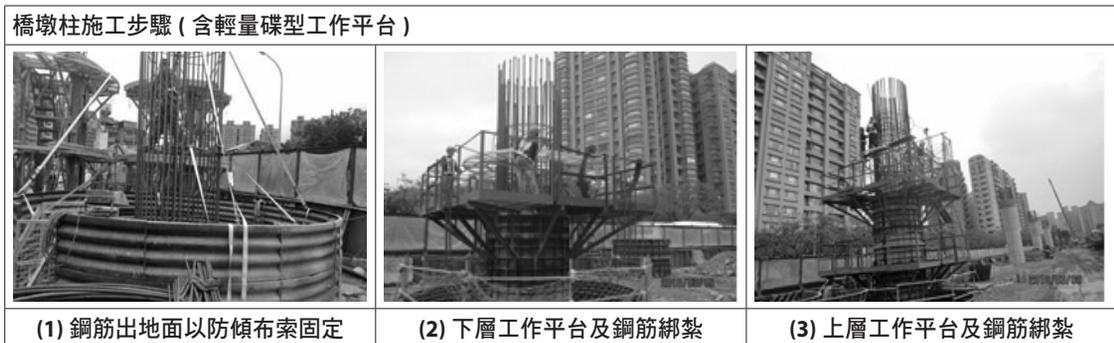


圖 21 墩柱施工步驟

照片，如圖 20 所示。

墩柱施工需搭設施工平台及上下設備進行墩柱鋼筋綁紮工作，兩個工作平台間距為 3 公尺，統包商於其間搭設輕量碟型工作平台增加鋼筋綁紮工作性，施工步驟詳如圖 21 所示。

輕量碟型工作平台與傳統墩柱施工架比較如圖 22 所示，輕量碟型工作平台可增加墩柱鋼筋綁紮工作性。

本計畫輕量碟型工作平台的支架固定於橋墩主向鋼筋，相關固定方式經研析後繪製於施工圖，並經審核確認，統包商將施工需求，經由細設分析計算及納入施工圖，精進施工 (詳圖 23)。

另本計畫柱高平均約 8 ~ 10 公尺，另於柱高 12 公尺路段的鋼筋綁紮，採用輕量碟型工作平台，已可發揮輕量化的優點，未來於特殊路段柱高達 20 公尺處，更可充分發揮輕量化的優點 (如圖 24 所示)。

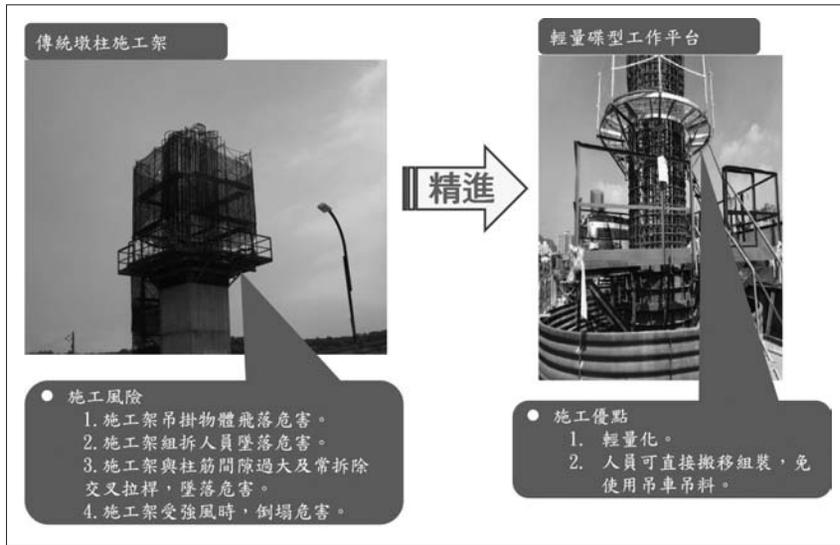


圖 22 輕量碟型工作平台與傳統墩柱施工架比較

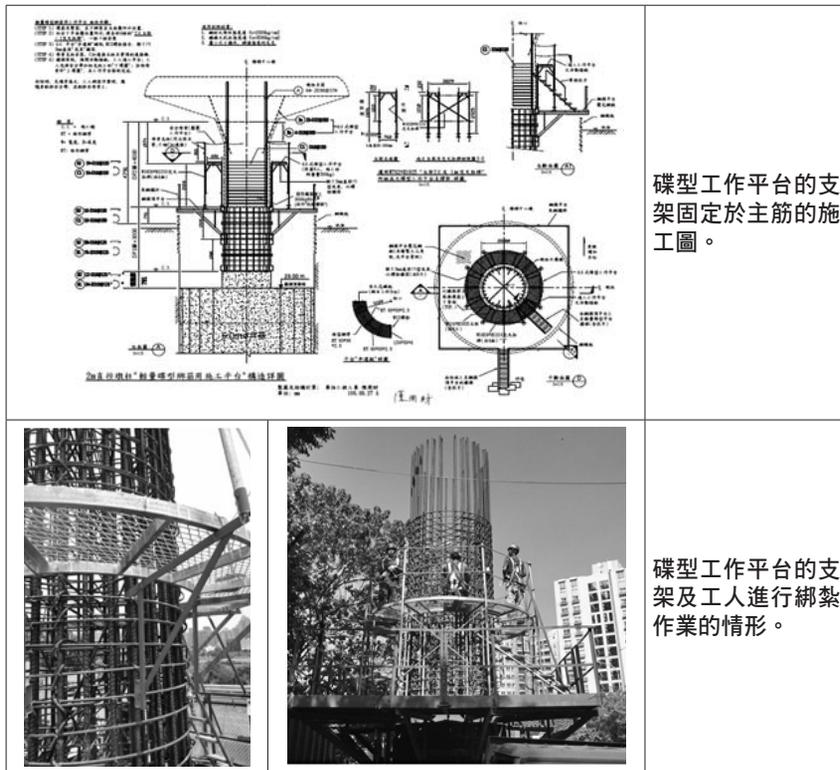


圖 23 輕量碟型工作平台施工圖與現場作業狀況



(三) 場鑄 U 型橋梁的施工與精進

為使捷運高架橋朝量體輕薄化設計，橋梁斷面延續基本設計採用 U 型梁設計，若於直線段或轉彎半徑較大路段採用 2 支預鑄 U 型梁，並採工廠預鑄現場吊裝方式進行，若於轉彎半徑較小路段採用單 U 型場鑄梁，以利縮小結構量體並符合車輛淨空需求 (如圖 25 所示)。

場鑄 U 型橋梁的經濟長度於 25 公尺~35 公尺之間，本計畫預估採用 78 跨場鑄 U 型梁，船型桁架場撐工法剖面如圖 26。

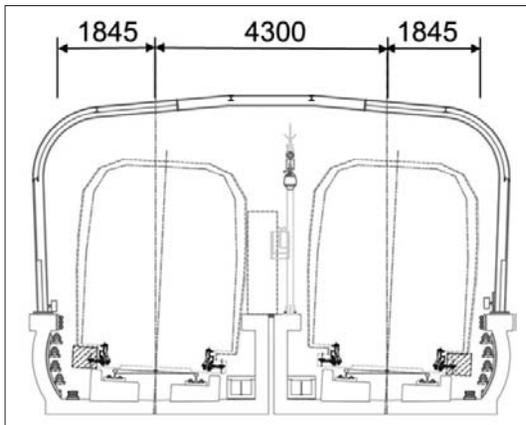
本計畫場鑄 U 型橋梁原規劃採用傳統就地支撐工法，考量於都市狹窄道路施工的限制，統包商以價工手法提出精進施工工法，改採用船型桁架場撐工法，施工優缺點詳如圖 27 所示。

考量船型桁架場撐工法的工序 (詳圖 28)，採用 BIM 軟體進行施工模擬如圖 29。

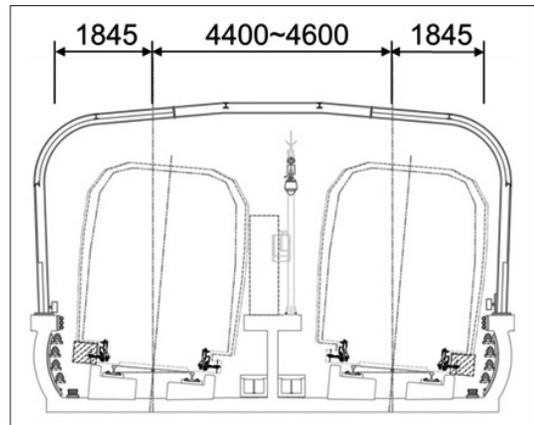
本計畫針對較小轉彎半徑及跨度小於 30 公尺之橋跨採用場鑄 U 型梁，並以船型桁架場撐工法進行施工，施工照片詳如下圖所示。



圖 24 墩柱鋼筋綁紮輕量碟型工作平台



曲線段 ($R \geq 800m$)



曲線段 ($300m < R < 800m$)

圖 25 U 型梁設計與施工取決於高架橋轉彎半徑

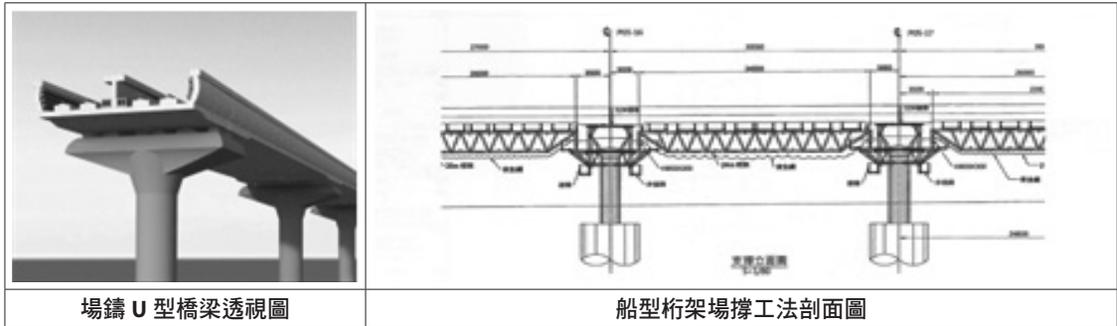


圖 26 船型桁架場撐工法剖面圖

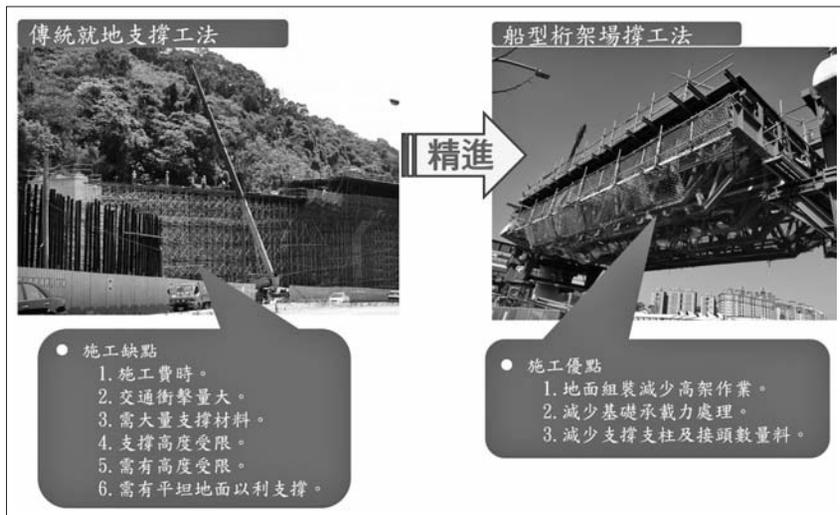


圖 27 場鑄 U 型橋梁施工工法優缺點比較

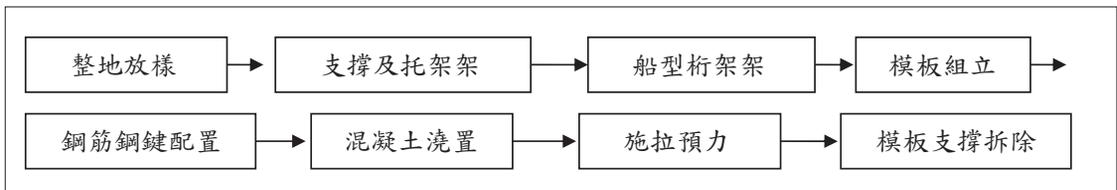


圖 28 船型桁架場撐工法工序

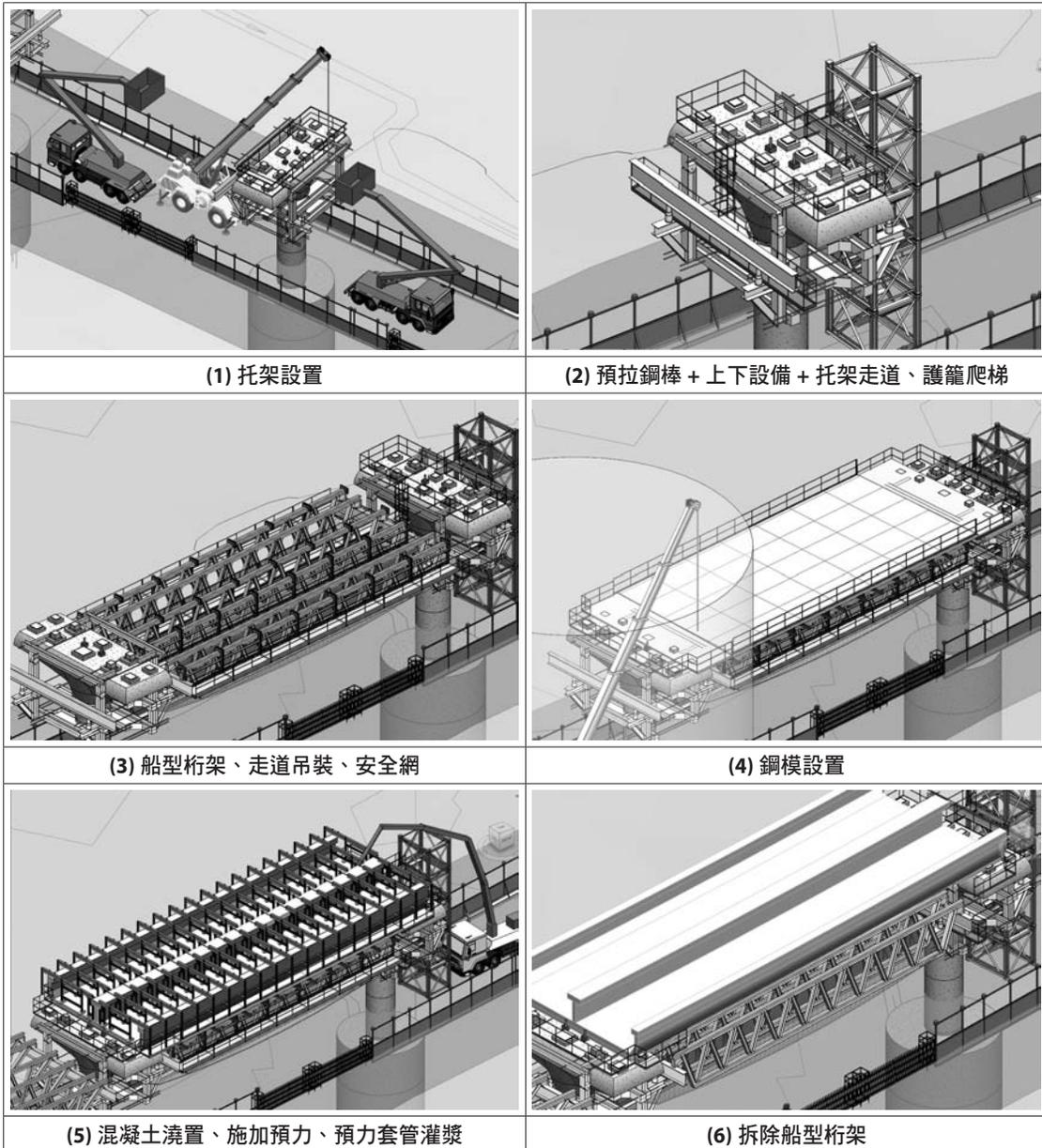


圖 29 船型桁架場撐工法施工模擬

另本計畫仍有跨徑為 32 公尺、35 公尺的橋梁，由於船型桁架場撐工法適用於小於 30 公尺的橋跨（如圖 30），現階段採橋跨中央設暫撐塔架（如圖 31），為能發揮船型桁架場

撐工法優勢，統包商正研究 U 型橋澆置跨度由 30 公尺再加長至 32 公尺，將可避免於中央處架設暫撐塔架，更可充分發揮輕量化的優點。



船型桁架場撐工法施工照片



圖 30 船型桁架場撐工法施工實況

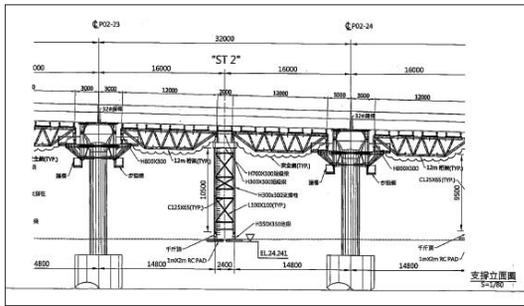


圖 31 大橋跨採中央設暫撐塔架方式施工

六、結語

行政院於 104 年 6 月 2 日核定捷運三鶯線綜合規劃報告，規定 9 年後(113 年 6 月 1 日)完工，考量近期完工的捷運路線均需費時 10 年以上，故於 103 年執行三鶯線興建計畫時，已體認整個捷運興建作業流程及發包作業實需精進必要，方能有效縮短興建時程及控制預算。

政府於 106 年所規劃的軌道前瞻計畫正陸續進行可行性研究及綜合規劃，三鶯線建設計畫已執行 3 年，擬將過去 3 年的執行經驗提出供各界參考，期能拋磚引玉，集眾人之智提出更為精進的措施，以利有效管控每個大型捷運興建計畫的時程，三鶯線相關經驗回饋如下：

1. 基本設計的精進

- 綜合規劃、基本設計及統包工程招標文件準備等 3 項作業的併行，從行政院 104 年 6 月核定到統包工程 105 年 7 月開工，共計使用 14 個月，與原定時程 17 個月比較，縮短 3 個月。
- 以價值工程手法提出優化設計節省施工費用，本計畫原提報金額為 550 億元，因費用稍高，再以價值工程手法提出短列車、密班距的營運策略，配合縮短車站長度，以及研提節省施工費用的井式基礎、U 型梁橋，將興建費用控制於 505 億元，順利通過工程會的經費審議，且因工程預算編製合理，順利完成統包工程招標。

2. 統包工程招標的精進

- 提出細部設計、土建水環工程、系統機電工程及軌道工程合而為一大統包，並採最有利標決標。
- 提供投標廠商較長的備標時間(從 104 年 6 月公開徵求~ 105 年 3 月截止投標共 9 個月)，以利投標廠商有充裕時間研析標案內容，降低投標風險。

3. 統包工程的推動與精進

統包廠商以精益求精的態度精進施工，



利用 BIM 軟體進行施工模擬，再以施工回饋及細設調整來改善傳統施工方式，讓井式基礎、橋墩柱、場鑄 U 型橋梁的施工更為順利，實已發揮統包精神。 ◆

參考文獻

1. 新北市捷運局，104 年，捷運三鶯線綜合規劃報告
2. 新北市捷運局，105 年，捷運三鶯線基本設計報告
3. 新北市捷運局，106 年，捷運三鶯線第一階段危評施工圖
4. 交通部高鐵局，102 年，大眾捷運系統路線及場站設施之經費編列與補助項目標準研究報告



臺北捷運 30 而立，傳承技術與永續經營再發展

臺北市捷運工程局局長 / 張澤雄
臺北市捷運工程局綜合規劃處處長 / 王君惠
臺北市捷運工程局綜合規劃處正工程司 / 曾昭容

關鍵字：臺北捷運、臺北 TOD、旅行負效用

摘要

臺北捷運 30 年，從無到有而優，是因建置大眾運輸系統而成功改變城市風貌的世界典範城市之一，成為國際觀摩取經的對象，希望了解其成功關鍵因子，借鏡臺北捷運經驗，利用本次專文的機會，茲將臺北捷運 30 年成果、關鍵因子及永續發展的作法加以分享及傳承。展望下一個 30 年，臺北捷運 2.0 不只建的好，透過更完整優質的捷運路網、臺北 TOD (Transit Oriented Development) 40+ 戰略及捷運企業社會責任的文化，一定會建得更好、管得好且養得好。

一、前言

捷運系統是現代化都市的表徵，臺北是臺灣的首善之都，一個跨時代的交通計畫，改變臺北交通的面貌，帶動了都市的繁榮與

發展。1986 年 6 月 27 日籌備處成立的那一天起，改變臺北地表面貌已成為捷運人的使命。30 年來，我們不僅成功地扭轉了臺北的都市外觀，更改變了臺北人「行」的文化，臺北有如波爾多、史特拉斯堡及庫里提巴等因建置大眾運輸系統而成功改變城市風貌的世界典範城市之一。

首任局長齊寶錚先生，帶領捷運同仁披荊斬棘，擘劃典章制度、建立法令規章、爭取建設預算、訂定策略目標及營運理念等，在同仁群策群力，排除艱難後，讓捷運六線齊發，才能成就後面「一年一條」、「五年六條」的捷運美夢，也在後繼領導者的接力及捷運團隊的辛勤耕耘下，逐線成真，為臺北交通創造了劃時代的新頁。

30 年來，已完工營運之路線長度達 136.6 公里，117 個車站，如圖 1。

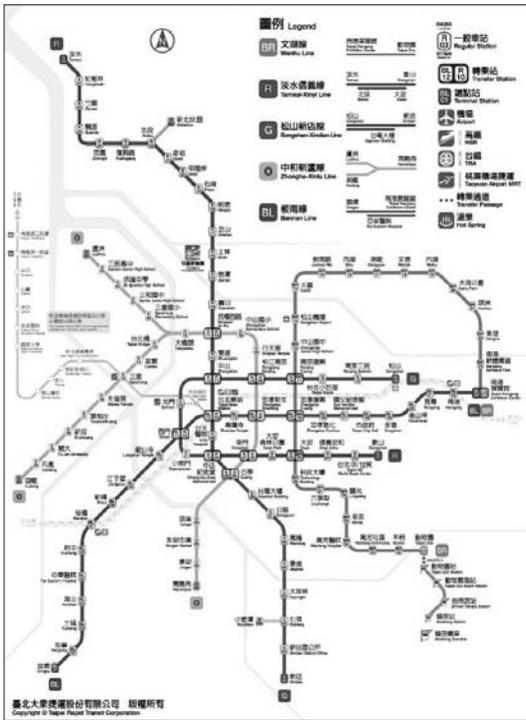


圖 1 臺北捷運目前營運路網

雖然臺北捷運歷經種種困頓與考驗，然而在時間的淬煉下，臺北捷運同仁融合路線規劃、細部設計審查、發包策略調整、土木與機電施工監造及土地開發等各階段之經驗，施工品質不斷提昇，且屢獲外界肯定，更樹立工程界之典範，這些臺北捷運路網建設營運的具體成果，表現名列世界前茅，見證了投資大眾運輸建設，是可以改變城市風貌、民眾生活、發展環境品質的範例，並成為民眾每日生活不可或缺的交通工具，雖然只有短短的 30 年發展歷程，但有完整的生命週期成果可資研究驗證，成為國際觀摩的對象，多國前來取經，尋求臺北捷運為何在短短的 30 年建置過程中得以成功的方程式，希

望了解其成功關鍵因子、推動機制，借鏡臺北捷運經驗，作為他們城市建置捷運系統的參考經驗與 knowhow，或前進東南亞城市規劃大眾運輸系統時，成為極具價值的重要參考資源，例如，這兩年星國捷運人員至北捷受訓與簽訂備忘錄改善新加坡地鐵系統穩定性，日本研究機構教授透過學術交流，蒐集研究臺北捷運的發展歷程關鍵細節…等。

利用本次專文的機會，茲將臺北捷運 30 年成果、關鍵因子及永續發展的作法，分別以「臺北捷運 30 年的成果」、「回顧檢討關鍵因子與挑戰項目」、「資源整合再發展 - 臺北 TOD 40+ 策略的永續發展」、「臺北捷運未來的展望」之說明，加以分享及傳承。更期盼各界持續給予捷運工程建設支持與鼓勵。

二、臺北捷運 30 年的成果

臺北捷運 30 年改變了臺北交通運輸型態，奠定可持續發展的契機，如前工程會主委陳振川教授 2014 年 11 月 13 日在聯合報發表的「北捷，改變臺北文化、臺灣軟實力」一文所提，臺北捷運是我國的驕傲，也是我們工程師的驕傲！臺北捷運不只是交通運輸系統的成就，也改變了臺北人文素養，改變了我國的軟實力。而臺北的經驗告訴全世界，有了綿密的綠色路網，加上友善貼心、有效率的服務，交通也可以是城市的驕傲，讓臺北好行、快樂移動。

臺北捷運局、捷運公司與所有的市民朋友，在過去的 30 年期間共同參與及見證了這個持續的改變，從無到有而優，包括了有形與



無形的改變，不光是交通運輸的行為，更包括了相關衍生的文化藝術、經濟、技術、產業、都市景觀、空間、工程技術，甚至與我們息息相關的空氣品質、精神愉悅、空間領域尺度、等時生活圈、信賴與安全…等都有了長足改變，謹將臺北捷運兢兢業業 30 年對你我的貢獻分生活文化與工程技術兩類，臚列如下：

(一) 生活文化

1. 運量快速成長超過 54 倍，全球地鐵城市運量排名 21、路網長度排名 30

在全球近 170 個地鐵城市中，臺北捷運 30 年的發展，在全球捷運發展史中，算是一個年輕的路網系統，在 20 次的分段通車，21 年的營運服務下，建設路網長度達 136.6 公里，營運服務路網則有 131.1 公里，共有 117 個站，捷運日平均運量達 217.3 萬人 (2017/03) 次以上，根據維基百科 List of metro systems 2018 年 4 月資料顯示，臺北捷運路網長度排名全球第 30，日均運量全球排名第 21，日均旅次由通車元年 -1996 年的 4 萬成長為 217.3 萬以上，成長超過 54 倍，2017 年運量超過 7.46 億旅次，總累積旅次已超過 93.6 億旅次。

2. 配合都會發展，L 型路網設計轉乘方便，營維效率高

臺北捷運路網，配合都會發展型態由數個 L 型路線環環相扣，使得 L 型的紅線、綠線與橘線相互之間都有二次交會，路網核心區 12 個交會轉乘站，臺北由單核心轉變為多核心的都會區，多元轉乘、均衡運量，紓解臺北車站過度集中擁擠的人潮。大臺北地區大多數民眾要前往臺北車站、臺北市政府、新北市政府等主要都會節點，1 次轉乘就可抵達，換言之，在臺北市中心格狀路網區，

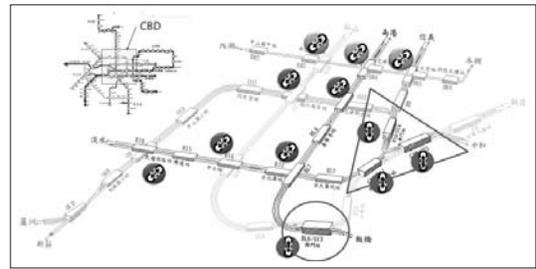


圖 2 市中心路網轉乘站位透視示意

多數旅次每步行約 500 公尺就有捷運車站可以搭乘，公共運輸路網之可及性大幅提高，也滿足都會區多元運輸的需求。

5 線 136.6 公里 117 站中，在臺北市中心區 12 個轉乘站透過整體共構規劃設計，不須出站即可站內轉乘，水平轉乘月臺站，甚至可以達到下車、上車換線零等待的高效旅程轉乘銜接；東門站、中正紀念堂站及古亭站所構成的黃金三角，提供三路線連續兩站水平跨月臺、同向及反向的轉乘服務，達到旅客轉乘最方便、設施量體最少，再加上西門站，在 2 公里半徑範圍內，4 個相鄰連續的水平轉乘站所組成路網轉乘的核心 (如圖 2)，所有 (4 條) 高運量路線，以最短路徑轉乘，滿足了各階段性通車服務及路線調度的需求，並且提供機廠資源共享的要件，為全球少有的設計。

3. 擴大等時生活圈域，改變城市風貌，把臺北生活變豐富了

從前無捷運時代，早上尖峰時段由新北市進入臺北市就要花費半小時以上，從新店搭客運到臺北，就得花上一、二個鐘頭；現在以臺北車站為中心，30 分鐘內即可達臺北市及新北市主要的行政區，臺北成為 30 分鐘可及



的生活圈域。如今透過捷運，不但輕鬆方便，更大幅節省時間，不管到北投泡溫泉、逛士林夜市；或從士林到東區購物、遊動物園貓纜；無論東西南北那個角落，搭捷運頂多半個多小時內，就能抵達臺北市區任何地點。捷運 12 分鐘的生活圈域，早上尖峰時間搭乘公車約需花費 25-40 分鐘，捷運 20 分鐘的圈域公車則需花費約 45-70 分鐘，由於臺北捷運使得旅行的時間縮短，活動的範圍變大了，民眾可以節省更多的額外時間，到達更多的景點，使生活更多樣而豐富，城市的旅行變得更有意思。因為有了便捷的交通服務及公共設施，提供都市得以持續再發展的基礎與契機。

4. 優質的路網系統及經營服務，讓可靠度名列世界前茅，特有捷運文化改變城市文明

臺北捷運在市民共同的參與、捷運局的整體規劃整合及臺北捷運公司精緻認真的經營，各項營運指標都很傑出，系統可靠度全球名列前茅，2004 ~ 2008 年及 2015 ~ 2017 年在 Nova 及 CoMET 所有系統會員中排名第一，每發生一件行車延誤 5 分鐘以上事件之平均行駛車廂公里數為 486.3 萬車廂公里 (2017 年)，系統可靠度較新加坡捷運路網高 5 倍，旅客整體滿意度自 2006 年起 (除 2009 年受文湖線通車初期系統不穩定影響) 整體滿意度均超過 90%，系統平均準點率超過 99.5%，列車妥善率超過 93.6%。用心推廣捷運獨特的優質文化，車站內不飲食、有序、熱心及禮讓，透過 30 年來的努力及超過 93.6 億人次的捷運旅客，捷運優質文化已成為一種社會普遍接受的價值觀，慢慢從捷運內蔓延到大臺北都會區各個角落，禮讓、有序、排隊不僅是捷運的文化，也是臺北的文明，使臺北捷運成為國際人士來臺一定體驗參訪

的景點，甚至昔日臺北捷運觀摩學習的典範城市系統，今日都到臺北捷運來取經。

5. 把藝術帶入公共空間，融入你我的生活

臺北捷運致力於推動捷運公共藝術設置計畫，其中新店線小碧潭站、文湖線高架段及松山機場站、蘆洲線蘆洲站、信義線臺北 101/ 世貿站及大安森林公園站... 等站所設置之公共藝術，均榮獲多項「公共藝術獎」之肯定，包括：「最佳策劃獎」、「卓越獎」、「創意表現獎」、「藝術創作獎」、「網路票選人氣作品」及「最佳興辦單位獎」等。

6. 遇見捷運，擁抱幸福臺北，臺北成為全球宜居城市之一

臺北因捷運建設的同時，把捷運、公車、市民小巴和腳踏車，連結成一個緊密的路網，連到家門口的最後一哩路都能輕鬆達到，構成以捷運為骨幹的無縫大眾運輸環境，建立臺北大眾運輸系統多模聯運 (Multi-mode) 的模式，2016 年公車及捷運全日旅次超過 410 萬以上，大眾運輸比例持續提升，已達 45.1% 以上，綠運輸比例更達 54% 以上，因為公共運具整合，而提供臺北巨大的流通能量，不但交通更順暢，影響所及，臺北的空氣品質也達到 30 年來最佳狀態，2014 年 10 月還得到全球城市氣候領導獎空氣品質項目全球票選最佳城市獎，民調顯示高達 9 成 5 的臺北市民因為「交通便利」而喜歡臺北，也被評定為亞洲最適宜居住及旅遊城市之一。

(二) 工程技術，建立制度，永續經營

1. 導入國外捷運技術，培育捷運人才，持續創建技術平臺辦理捷運技術傳承與交流，提供技轉服務與捷運專業叢書



臺北捷運成立時即聘請國際顧問公司擔任臺北捷運總顧問，將捷運計畫的推動方式、計畫程序、土建細設、機電整合技術透過合署辦公方式完整移轉給臺北捷運與國內顧問公司，藉由推動捷運建設之餘，同時進行捷運人才培育，並持續創建技術平臺辦理捷運技術分享，包括：(1) 每年至少辦理 50 場、150 小時以上的專業技術訓練課程，對臺北、新北及桃園捷運單位開放；(2) 透過事先規劃相關專輯或主題，並就相關主題邀稿，以整合方式呈現撰寫專業論文，籌編捷運建設經驗技術知識文獻，至少計有捷運技術期刊 52 期、捷運工程叢書系列 60 冊及相關技術文獻專刊等。

臺北捷運的經驗除了與國際其他城市分享觀摩外，我們也與美國達拉斯捷運局締結為姐妹局，將捷運觸角延伸至國際，除此之外，透過經驗的傳遞及移轉，分別擔任其他縣市捷運計畫的諮詢顧問、機電系統審查顧問、代辦路網規劃及興建工程等工作，臺北捷運也逐步提昇了高雄、臺中及桃園等都會區交通的便利性。並將這份完整的活教科書資源，持續深化，傳承國內學子，2017 年與國內五所相關科系大學簽約，進行經驗與技術交流傳承，並提供學生實習的機會。

2. 設立中央實驗室為捷運工程品質把關，大幅提高國內營建技術水準，為國內工程主辦機關中認證項目最多的自設實驗室

1993 年臺北捷運中央實驗室首次通過「中華民國實驗室認證體系」(CNLA) 認證，為國內首家通過該體系認可之營建工程試驗機構 (認證編號 0088)；2007 年中央實驗室持續擴大規模並新增認證試驗項目，跨足土木、

機械及化學測試領域，新增全國認證基金會 (TAF) 測試領域證書 (編號 1806)，至今認證項目達 39 項，持續維持國內工程主辦機關自設實驗室中認證項目最多之優良傳統。

3. 研發全中文化工程管理資訊系統，持續推動國內工程資訊技術產業升級

自 1989 年以來，臺北捷運自行研發完成了全世界第一套中文工程管理系統，並不斷研發精進改良。於 2010 年首創運用自然人憑證於工程文件線上審查簽核，並於 2012 年獲得內政部「自然人憑證應用系統評比優良獎」。臺北捷運於成立之初即推動工程電腦繪圖應用，在標案契約中要求納入 AutoCAD；於 2010 年訂定「BIM 建置規定」規範，納入萬大線設計標及施工標契約中，正式將 BIM 服務範疇放入合約中，明確要求捷運車站設計必須採用 BIM 做為設計工具，開啟公務機關推動 BIM 之先驅，促使國內工程顧問及營建廠商脫胎換骨技術升級。

4. 致力環保，首創公共工程先例，在環評法之前就引進環評制度並落實執行

有關環境影響評估及綠建築業務之推行，臺北捷運曾獲得：2008 年度臺北市空氣污染防治 5S 潔淨營建工地公共工程組特優第 1、2 名及優等獎、交通部 2009 年度交通工程環境影響評估第一名、2009 年度臺北市空氣污染防治 5S 潔淨營建工地公共工程組特優第 2、3 名及優等獎、臺北市政府環境保護局臺北市公共工程圍籬綠美化評選佳作、2010 年度臺北市空氣污染防治 5S 潔淨營建工地公共工程組特優第 3 名及優等獎、2011 年度臺北市空氣污染防治 5S 潔淨營建工地公共工程組特優第 1、3 名及優等獎、臺北市政府環境



保護局舉辦之臺北市空氣污染防治公共工程組特優第2名、2012年度臺北市空氣污染防治5S潔淨營建工地公共工程組特優第2、3名及優等獎；上述所列獎項，足見臺北捷運對於環境影響評估及綠建築等工作具有一定程度之重視。

5. 建設成果獲得世界肯定，工程卓越獲頒諸多獎項，是國內工程界少數經過國際標準認證的模範

2001年12月捷運局暨所屬五個工程處經由SGS驗證，同時通過ISO-9001:2000年版國際標準，工程品質獲最佳肯定與保證，是國內工程界少數經過國際標準認證的模範。除此之外，臺北捷運亦獲頒諸多獎項，過去10年幾乎年年獲獎，包括各級政府、學會之工程優良獎、金質獎、工程卓越建設獎等，工程品質已受各界肯定。

6. 全球少數不靠補貼可以營收平衡的地鐵系統

臺北捷運之營運支出除負擔營運、維修及租金外，並需負擔一些交通政策的成本，包括鼓勵轉乘大眾運輸系統-提高大眾運輸搭乘比率的公車與捷運轉乘優惠，15年支付超過142億，以及大眾運輸智慧卡折扣短收超過150億，在票價21年從未調整、沒有票收保證及補貼的情況下，歷年稅後營運純益均有結餘，在2016年總收入為192.6億元，運輸收入佔83.5%、其他營業收入佔12.8%，營業外收入佔3.7%，稅後的純益仍有12.5億，依據維基百科統計全球地鐵Fare box recovery ratio文獻顯示，全球僅7個城市系統票收比大於1，臺北捷運是其中之一。另截至2017年，累計總租金收入超過516.6億以上，為維持系統品質的重要重置財源。

7. 建立捷運固定資產重置基金及相關管理系統，活化資產管理並維持系統安全永續營運

「捷運固定資產重置基金」之設立，係為有效推展臺北都會區大眾捷運系統設備及土建設施重置，透過租金收入籌措因捷運系統設備汰舊換新之財源，以促進大眾捷運系統穩定健全之發展，提升捷運服務水準及效能，至2017年底累計收入541.5億、支出150.7億餘元，臺北捷運依據重置原則在以捷運系統安全、舒適之考量下，辦理重置業務，係基於臺北捷運的系統特性、服務等級、營運維修與資產管理能力等，滾動檢討重置計畫，根據2019~2048的重置計畫顯示，臺北捷運至2048年時，累計提撥重置經費約為1840億，累計重置支出約1242億，累計提撥金額大於重置支出，重置財源無虞，提供系統得以維持永續營運。

另基於政府投入鉅資興建捷運系統，捷運財產的妥善維管與否，攸關捷運系統之永續經營，為有效管理捷運財產，配合實際業務需要，藉由管理與監督機制確實掌控捷運財產，遂建立捷運財產管理系統，以發揮財產使用之最佳效能，累計目前包括土地、房屋建築、機械設備等約6.5萬筆，約4,602億餘元，每年定期財產檢查、造冊，提出改善措施，以確保設施、設備使用狀況，並積極管理土地開發物業出租業務，報酬率達約4%以上，持續增加資產財務能力，以償還已營運通車路網計畫累計舉借之自償性經費522.6億餘元。臺北捷運為國內捷運財管理之先驅，所建立之捷運財產管理制度，為國內各軌道相關單位取經觀摩的對象。



8. 創造公共設施除徵收以外的雙贏聯合開發制度

臺北捷運聯合開發制度之推行至目前合計 89 基地，其中 60 基地已完工交屋、4 基地施工中、25 基地在徵求投資人或前置作業，聯合開發制度旨在建立公共設施用地，除徵收以外另一個用地取得的選項，以公私合建的精神，讓地主可以參與共享公共建設效益的雙贏模式，以減少工程推動阻力，順利取得捷運建設設施所需用地，縮短計畫建設時程，儘早通車服務實現捷運及相關計畫之社會經濟效益。節省土地徵收費用達 400 億元以上，且帶動地區發展，繁榮地方經濟，促進土地利用及增加地方稅收，透過整體開發提供公共設施，發揮都市更新的效果，健全都市機能質與量。凡是到臺北捷運參訪觀摩的國外代表團，聯合開發必是觀摩的重點之一。

三、回顧檢討關鍵成功因子與挑戰項目

臺北捷運能夠達成前述成果的因素眾多，簡言之，是因為天時、地利及人和，為能夠分享這 30 年的經驗，茲將關鍵的成功因子整理彙整如下，供各界賢達參考。

(一) 環境特質具備發展捷運系統的條件

因臺北都會區之地理環境為盆地地形、受河川與丘陵圍繞，呈現 CBD (Central Business District) 及衛星城市之都市型態交通行為特質，主要六大交通運輸走廊明顯，密集的都市發展及高密度人口的土地使用，部分地區為全球人口密度最高的城市之一，平均接近每平方公里 1 萬人的程度，具有道路面積有限，成長速度遠不及需求的情況，造成道路運

具低速、旅行時間長、無法掌控、停車空間有限、交通效用 (Utility) 阻力大，在地理及都市環境上，構成發展 A 型路權運具服務的先天優勢，且臺北在 1981 年還沒有捷運系統服務之前大眾運輸的使用比率就曾達 42% 的數值，是一個已有使用大眾運輸習慣的城市。

臺北為台灣的首都，集經濟、文化與政治於一身，在決策是否要引入捷運系統的當時，正值台灣經濟快速發展、轉型、未來成長需求明顯的高速成長期，且都會區的土地使用形態多為住商混合，產業也逐步發展以三級產業為主，平均每人旅次產生率大於 2，旅次尖離峰比小，旅次特性符合捷運系統大量、快速、設施高效利用的特性。

(二) 符合人性的臺北捷運路網

在一個符合臺北都會空間架構型態的捷運路網結構下，提供一個安全、省時、便捷的運具系統，可讓旅行之總價值成本 (含步行、等車、車上時間及車資費，透過時間價值的換算與使用私人運具所耗費的行車時間、折舊保養、停車費、油資、尋車位等支成本相較) 較低，使旅行負效用 (disutility) 達到最低，即公共運輸運具之旅行效用總阻力較其他私人運具更小，讓大眾運輸系統具備競爭力，符合人性及原理，吸引旅次並產生運具移轉的效果，成為民眾日常生活的必要工具，旅次不斷穩定的成長。

除此之外，臺北捷運系統更透過系統的安全、舒適、優雅、準點、方便、高可及性、空間節點多樣有趣、多模聯運的無縫運輸、多種優質營運增值服務及民眾參與即是做環保、公益的趨勢價值，將旅行所生的負效用



質變轉換，產生邊際效益。臺北捷運，使旅程不僅是 A 到 B 點低廉成本的旅程，更是創造多元附加價值感受的有趣生活。

(三) 總顧問及完整的整體規劃

總顧問的技術服務及完整的整體路網規劃，採用需求而非供給導向為主的捷運路網規劃，才能有成功不虧損的經營成果，是奠定臺北捷運路網發揮預期效能及長遠發展的關鍵基礎之一，其根據臺北都會區整體運輸研究之結果，確定都市特性與發展需求，選擇引用合宜的運具系統型式，提出多種型態的路網組合方案，考量都市發展計畫、重大政策、交通運輸、土地開發與財務間的關聯性，對路網中路線間進行整合性規劃，考量線與線的相互關聯性、進行整體性綜效規劃，包括，

1. 找出雙向運能需求相當的走廊、選擇相同系統，使系統設施單純化，共用機廠及設備資源，電網提供相互備援，提供高營運效能與彈性的路網。
2. 初期路線建設時即整體規劃轉乘車站，預留轉乘設施構造所需空間，使後續路線可以順利銜接施工，不影響已通車路線營運安全，做到站內轉乘，銜接轉乘便利，發揮路網綜效，方便旅客使用，旅行負效用降至最小。
3. 路網所需的營運調度設施整體考量，並規劃列車服務策略計畫，使路網在建構時，即可以滿足各階段性通車的營運服務需求，亦可提供整體路網完成後的營運型態，儘早通車發揮計畫效益。
4. 具備都會區整體路網運輸行為需求及運量預測的能力，持續更新模式，提供生命週

期各階段運輸需求的檢討與回饋，持續規劃發展捷運路網。

(四) 完整的國際管理組織與制度

總顧問建立及歷年實務作業經驗發展出全生命週期規範準則系統與制度，從計畫策略、規劃手冊、設計準則、規範到管理程序，系統性完整而層級分明，質量定準明確，整合界面複雜的捷運計畫，達成計畫效益與功能品級。

系統性的制度提供捷運計畫系統性的管理與思維，融入組織及日常作業，包括與國際接軌的品質系統 (QA systems)、價值工程 (VE)、回饋機制 (PDCA)、界面整合程序、工程管理、系統保證 & RAMS、風險管理、聯合開發、工程檢查初履勘制度、點移交作業與資產管理重置基金等，提供符合品質與具備永續營運的捷運系統與設施，如圖 3。

(五) 具使命的組織文化及高效的營維服務

臺北捷運局組織的任務為捷運計畫的專案管理，招集國內外優秀專業人員，透過與國際總顧問的合署作業與技術移轉，自 1990 年代即開始自行作業，具備捷運計畫生命週期各作業階段所需的完整專業人才與能力，為國內首次捷運工程，具備高度的使命感與理想性，藉由捷運計畫整合的特性與國際的管理制度，建立團隊作業 (Team work) 的文化，實際參與實務作業，建立完整的捷運技術能量與經驗，持續創新提升計畫與團隊價值，是建置優質捷運路網品質的重要關鍵。

除了捷運局的工程品質外，臺北捷運公司以旅客服務導向的專業營運服務，與追求



圖 3 臺北捷運永續營運的關鍵示意

卓越的積極管理制度、作為與企業文化，更是讓系統發揮優異效能的實踐者，另建營分離的捷運制度，避免營運單位負擔龐大建設成本，使捷運局與公司成為房東房客關係，在共同的使命目標下，分別扮演建設與營運的角色，構成暨監督又合作的機制，對於全生命週期的成本效益發揮管理的效果。

(六) 民眾的參與

臺北特有的捷運文化及旅次成長，都是廣大市民使用者所貢獻的不凡成就，而臺北捷運從初期路網的跨線營運，逐漸轉換到整體路網的專線營運，每次的路網路徑的改變，都會造成民眾使用習慣的衝擊，也是端賴民眾的配合與支持，方能順利依計畫成就路網規劃的藍圖，故臺北捷運局與捷運公司，對於民眾的公共運具使用習慣養成、宣導教育、政策誘導、認同感與榮譽感的營造，均係藉由謹慎的事前規劃、縝密的設計與負責任高品質的施工，事後認真經營，方能與市民朋友共創，與眾不同、廣為全球讚譽的捷運搭乘環境與文化。

臺北捷運發展的過程是臺灣發展捷運大眾運輸的首部曲，從無到有，雖留下了彌足珍貴的本土產業實力與資產，不過，同時也遭遇一些挑戰與未盡事宜，相信也是每個城市在捷運系統發展過程中必然會面臨的課題，非常值得借鏡，更是臺北捷運再發展時必要面對的挑戰，受限於篇幅，僅重點摘錄如下。

1. 計畫推動過程最常被疑問的議題，包括：社經資料是否合理預測？運量是否低估或高估？運量預測假設與參數是否合理？捷運計畫是應需求還是供給導向？系統選擇要選擇先進的還是傳統的？成本低估還是高估？時程預估是否合理？效益是否高估？都計變更、用地取得困難嚴重影響時程，如何解決？大型公共重要計畫界面整合困難如何解決？計畫推動應以營運財務永續為考量，還是公共服務為優先？
2. 擔心營運財政負擔，捷運商業化不足，資源未充分發揮。
3. 投入巨額政府資金資源，對於國內產業化發展相對不足。
4. 系統選擇因地制宜，產生系統多樣，資源分散，對於長期營維成本不利。
5. 工期多次展延、預算額度多次變更。
6. 地方紛紛成立捷運建設與營運單位，資源不足且分散，中央與地方捷運組織與權責再造。
7. 已通車捷運車站周邊，因都市發展管理配套未配合誘導，捷運帶動城市改造緩慢，都市發展配套緩不濟急，運量及票收成長受限，衍生潛在營運財務風險。



四、資源整合再發展 - 臺北 TOD 40+ 策略的永續發展

(一) 資源整合的聲浪，危機往往是轉機

隨著臺北捷運路網由都市核心地區向外延伸至外圍市鎮、路線長度延伸後，路網單位公里之旅次效益產生遞減的現象，2015年起臺北市府基於路網營運及未來財政風險考量，捷運路網的政策，轉以營運管理為主軸，對臺北捷運路網建設資源的投入更為審慎，中央也以資源分配為由，對於臺北捷運路網規劃送審中的計畫並未列入優先考量，甚至連臺北捷運局的組織角色與存續定位都面臨衡酌。藉由2016年舉辦2050臺北願景及首都圈捷運資源整合再發展的論壇，與中央進行一連串的捷運政策檢討回顧與議題討論。似乎臺北捷運路網的發展在30而立之時，面臨政策思維停看聽的轉折點。

(二) 下一個30年臺灣與北臺的軌道願景

2016年臺北市政府提出2050臺北願景，而中央也在擘劃2046年我國軌道運輸發展願景前瞻計畫，地方與中央莫不努力擘畫未來30年的願景，作為施政計畫的長期目標，其均以提供區域資源整合、擴大均衡發展、便捷綿密的軌道交通路網銜接，為未來發展願景的主軸。

在臺北2050願景的指導綱領下，要達到區域資源整合，就必需提供一個高流動性的都市動能，串連產業發展，滿足臺北城市向東發展、解決內科交通壅塞、帶動都市更新、共享綠運輸，整合區域整體的發展，帶動提升臺北的競爭力。為了達成臺北2050願景，現有營運的臺北捷運路網結構仍有未逮

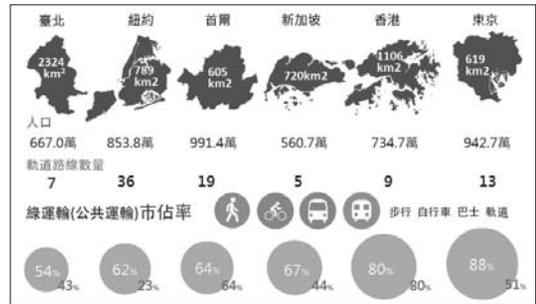


圖 4 重要城市綠色運輸市佔率

之處，臺北東側欠缺南北向串聯的骨幹運輸，軌道路網結構中欠缺環線串聯暨有輻射捷運路網。由國際具有競爭力的城市如新加坡、東京、巴黎、雪梨、上海、北京可以得知，其為了都市的發展及城市競爭力，持續推動軌道路網建設，尤其外環路網的鍊結，無一不有，且臺北的大眾運輸使用及綠運輸市佔率僅有54%，仍低於世界主要城市，如紐約62%、首爾64%、新加坡67%、香港80%、東京88% (如圖4)，臺北大眾運輸發展仍有相當大的提升空間，故大臺北地區的軌道路網密度因應地區發展特性需求仍應持續增加，更精進路網結構功能，完成環狀線完整串聯各路線，把都會區生活圈域擴及到北臺區域。

(三) 臺北捷運路網已由計畫目標轉換為北臺區域再發展的手段

臺北捷運過去30年的努力，傾全國之力，以捷運建設為主導，5線136.6公里的路網，解決都市發展所衍生的交通問題，同步建立了捷運建設的國家能力，將臺北市中心由以臺北車站為單核心擴大為多核心的都市型態，捷運路網800m服務可及範圍市中心覆蓋率高達64.5%，都會區的8大主要走廊

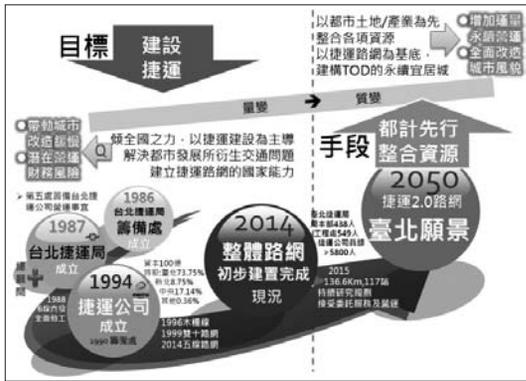


圖 5 捷運在都市發展角色轉變示意

等的缺失與挑戰，當透過 TOD 的落實，可以將都計、開發、財務與交通之跨域界面充分整合，發揮整體的效果，解決捷運發展 30 年所遭遇的議題，以 TOD 的都市型態，透過產業活動與土地使用的規劃，引導車站週邊更多人使用捷運系統，擴大捷運計畫效益，增加使用率與運量，創造臺北捷運得以財務永續營運關鍵機會，綠運輸提供臺北再發展所需的高流動效能，帶動臺北正向循環發展。捷運在都市發展中角色轉變的過程，如圖 5 所示。

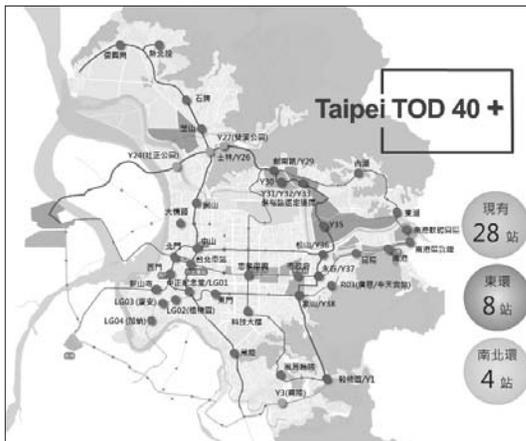


圖 6 臺北市 TOD 全市戰略計畫

(四) 臺北 TOD40+ 計畫，不是狼來了

臺北長久以來已是一個高密度 (high Density) 及混合多元使用 (Diversity) 的都會區，具備以 TOD 大眾運輸導向發展 3D (Density、Diversity and Design) 中的 2D 要件，現在臺北市政府已依聯合國 ITDP (Institute for Transportation and Development Policy) 的 TOD 國際標準 3.0，建立臺北市 TOD 全市戰略計畫，利用臺北捷運 2.0 路網 (含捷運軌道 + 公車構成公共運輸系統) 所提供的便捷、大量、高流動、重要空間節點、緊密串聯都市空間結構等特性，作為驅動首都圈空間再結構及再發展的基礎，建立了臺北 TOD 規劃綱領。其中包括 4 面向、10 策略及 32 個規劃檢討原則，落實在都市計畫、都市設計、都市更新及交通運輸的領域，優先選定 40 個捷運車站進行捷運站周邊之地區計畫 (如圖 6)，把 TOD 中的另外一個 D (Design 都市設計) 做好，調整站區節點空間機能，使各捷運節點週邊，因為便捷的公共運輸、高密度、多元混合使用、納入環境補償公共設施，成為具有特色的地區節點、行人友善的空間場域、良好的最初及最後一哩接駁及共享的停車，

均已提供服務，串連都會空間結構，透過一次轉乘可達都會區主要地區，無縫的公共運輸路網，創造都會區巨大流通能量，便捷流動的特質，帶動市中心區整體更新的動能，構成了臺北落實以 TOD (大眾運輸導向發展) 永續再發展的最佳大眾運輸基礎。

而由發展經驗得知，因管理與配套的誘導不足，使得捷運系統帶動沿線都市整體改造發展的成效緩慢、整體商業化效益不足…



提供多樣性的生活功能及活動走廊，因為有
有高低的多樣都市意象，提昇城市魅力，帶
動地區再生、土地多元使用、人本交通環境、
公設機能調節並帶動產業發展。

2017 年臺北 TOD 策略及 40 個捷運車站
周邊地區計畫行動計畫啟動，將都計及產業
先行，整合綠色人本智慧交通、都市更新、
工務等資源，這樣的改變下發揮了整合的綜
效。於首都環狀線南北環段計畫時，在市長
支持副市長積極有效地督導整合推動下，從
2018 年 3 月都計變更公開展覽到市都委會審
議通過，僅花費 3 個月又 5 天的時間，大幅
縮短都市計畫變更的時程，減少捷運計畫的
變數與風險；另於東環段可行性研究時，即
同步展開車站周邊的臺北 TOD40+ 地區計畫，
對於捷運計畫效益的整合及設施用地方案，
都有莫大的助益，改善臺北捷運 30 年發展所
面臨的議題與挑戰。

五、臺北捷運未來的展望

臺北捷運 30 而立，建立起台灣捷運產業
技術能力與經驗，也建立了臺北都會區交通
與都市發展的骨幹基礎，下一個 30 年，站在
既有的基礎上展望未來，臺北捷運 2.0 不只
建的好，透過下列三箭，會建得更好、管得
好且養得好。不只為了臺北都會區，更為北
臺區域生活圈，如圖 7。

(一) 更完整優質捷運路網

除持續完成正在興建的萬大線、信義東
延，共 24.3 公里外，並利用 2019 年即將通
車的環一、南北環與東環計畫串聯構成 49.2
公里的首都環狀線，一車到底，全環 14 個交

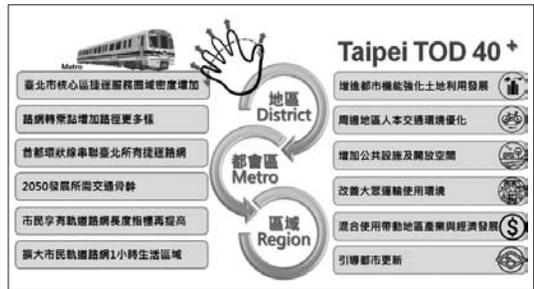


圖 7 臺北市 TOD 整體發展戰略



圖 8 臺北捷運 2.0 路網示意

會轉乘站與 16 條軌道路線銜接串聯，精進軌
道骨幹路網結構、增加軌道路線長度，營運
路網長度計畫 2035 年達到 197.6 公里以上 (不
含非北捷公司營運之軌道路網，如圖 8)，擴
大服務範圍，縮短旅程時間，同時達成系統
簡化、資源整合、規模提效的效果，不只是
交通，系統設施更符合全齡化通用設計，健
康而具特色的都會公共車站空間節點及智慧
化的運輸場站。

(二) 臺北 TOD40+ 戰略

找到適宜臺北城市再發展的方程式，由
永續都市發展理念，利用捷運路網所構成
的高效率大眾運輸系統為主幹，透過至少 40 個

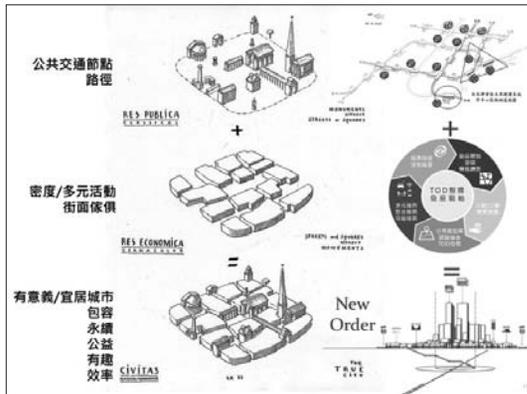


圖 9 臺北 TOD40+ 構成示意

捷運車站週邊的地區計畫，1. 調節車站周邊 500 ~ 800 公尺的土地混合使用、開發強度、公共設施與公共住宅，提昇城市的競爭力；2. 規劃人本街道環境與開放空間，地區微血管與骨幹捷運銜接，提高大眾運輸使用率，提昇城市流動；3. 利用地區風貌更新、增加城市自明性的開放空間，提供多元性的都市活動，提昇城市魅力。

(三) 臺北捷運企業社會責任 CSR 文化與交通整合管理

將現有的臺北捷運文化與精緻營運服務的企業文化，擴大轉換為臺北捷運企業社會責任 CSR(Corporate Social Responsibility) 文化，以運輸本業為基礎，發展多元服務，善盡企業社會責任，以開放智慧創新之觀念與服務，並善用行動數位科技，支持城市居住、工作、休閒及運輸等機能發展，同時融合在地精神，型塑更美好的城市生活與文化。

運用 IOT 物聯網及 ITS 智慧運輸系統技術，整合提供無縫的公共運輸、流暢可控的旅程、創新的生活運用及安全的交通環境，

將道路停車空間轉換人行使用，誘導共享經濟行為，進行票證整合及多元票種提高大眾運輸使用率。

如圖 9 所示，參考 Leon Krier 對一個永續城市的構成概念，對照臺北 TOD 戰略的構成，將可導引臺北都會區成為一個具有多元特色的宜居城市，兼具包容、效率、有趣、公益及永續。

捷運工程是國家重大建設，持續精進品質，提供民眾最優質的交通運輸，邁向更幸福城市，我們準備好了，更是我們肩負共創榮景的使命。臺北是台灣與國際接軌的櫥窗，具備良好的大眾運輸基礎、豐沛多元人才、堅實產業基礎、產業支持完備，當臺北具備國際競爭力，定可以帶動台灣前進，下一個 30 年定可再創改變城市的另一個典範。 ◆

參考文獻

1. 臺北市政府捷運工程局著，「臺北捷運 30 年工程技術文獻回顧專刊」，2017 年。
2. 臺北市政府著，「臺北市大眾運輸導向都市發展 TOD 戰略論壇手冊」，2018 年。
3. 臺北市政府著，「臺北市大眾運輸導向都市發展 TOD 戰略論壇實錄」，2018 年。
4. 臺北捷運公司著，「台北捷運公司 2016 企業社會責任報告書」，2017 年。
5. 臺北捷運公司著，「台北捷運公司 2016 年報」，2017 年。
6. https://en.wikipedia.org/wiki/Farebox_recovery_ratio
Fare box recovery ratio



台北捷運經營策略與組織文化型塑歷程

台北捷運公司總經理 / 顏邦傑
台北捷運公司企劃處助理工程師 / 丁柏雅

一、前言

2014年11月15日台北捷運松山線通車後，路網回歸原設計架構，各路線依顏色銜接整併為5條，分別為文湖線、淡水信義線、松山新店線、中和新蘆線以及板南線，分散轉乘人潮不再集中於台北車站，增加旅客搭乘便利性。至2017年底總營運車站數達117站、營運里程為131.1公里，每日載運超過204萬人，累積運量更突破90億人次。

在全體同仁持續精進之下，2017年系統可靠度指標「每發生一件行車延誤5分鐘以上事件之平均行駛車廂公里數」(MKBF)為486.3萬車廂公里，相當於可靠度99.998%，代表著平均每發車10萬班次，僅有2.1件5分鐘以上延誤事件，系統可靠度維持高水準表現。

由於公營公司身負公共福祉重任，雖常

年維持大眾運輸低票價、負擔電子票證8折及雙向轉乘優惠等政策性支出，惟力求突破困局的各項策略奏效，包括電聯車延壽、商業極大化等計畫成效斐然，2017年稅前純益達18.06億元，財務表現堪稱亮眼。

除系統服務水準以及財務上之優異表現外，台北捷運更多次榮獲外界評比的肯定，如2015年天下雜誌舉辦金牌服務業調查，獲得「陸上運輸業」第一名及「跨行業」第三名之殊榮，2016年榮獲台灣永續能源研究基金會(TAISE)舉辦之台灣企業永續獎「運輸業金獎」。持續超過95%的高滿意度成績，亦象徵公司對服務品質的精進與用心獲得旅客的肯定。

未來幾年，台北捷運將面臨另一階段之挑戰，除大台北都會區捷運路網持續建設，大幅改變都會區生活型態，運輸本業將面臨更嚴峻之競爭情況外，面對公司型公營事業

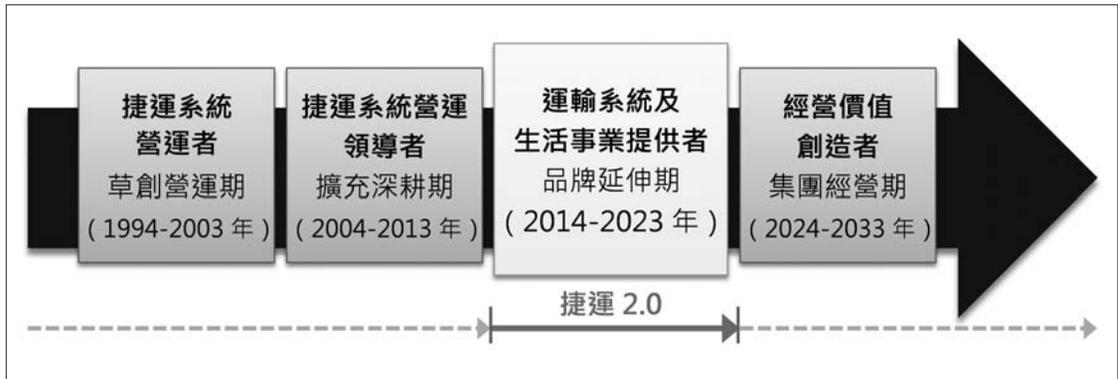


圖 1 台北捷運發展歷程及角色定位

之「公共性」及「企業性」雙重特質，如何達成提供大台北都會區民眾安全、可靠、親切運輸服務之使命，同時兼顧公司經營效能之提升，是面對未來挑戰亟需克服之課題。

面臨內外部環境挑戰更加艱鉅，公司應思考更具前瞻性、可改善經營狀況之突破性作為，以深耕、創新及永續的力量，為基業蓄積長青的動能。因此，台北捷運以「一流捷運 美好臺北」的發展願景為依歸，訂定各項經營策略，以創新的思維、開放的態度，對內深耕本業、拓展附業、活化委管事業，對外融合在地文化走入社區，善盡企業社會責任，帶動都市整體綠運輸發展，往宜居永續的城市願景邁進。

二、經營策略分析

(一) 公營事業特性

「公營大眾捷運股份有限公司設置管理條例」第 1 條：「為確保大眾捷運系統之公營營運機構在明確經營責任，財務自主，盈虧平衡下，以企業化經營管理，提昇服務

品質，符合民眾需要。同法第 4 條：「捷運公司應以安全、快速、舒適及便利之服務水準，提供大眾運輸服務，以增進公共福利」。故台北捷運除依公司法企業化經營外，依法亦須「財務自主、盈虧平衡」並兼顧「公共福利」。

面對公司型公營事業「公共性」及「企業性」雙重特質，公司需持續於「公共福利」與「企業目標」兩者間追求平衡。因此，於擘劃藍圖彰顯未來企圖心及追求卓越經營的同時，仍須於強化成本管控及財務永續的前提下，實踐企業社會責任，融入周邊社區，友善環境，推動綠色運輸，成就北市府「成為宜居永續城市」的發展願景。

(二) 公司角色與定位

綜觀公司發展歷程，建構與擘劃公司角色與定位（如圖 1）：

1. 捷運系統營運者-草創營運期(1994-2003年)
經營初期路網之首要目標為建立營運及維修自主技術。



2. 捷運系統營運領導者 – 擴充深耕期 (2004-2013 年)

路網持續擴張，累積豐富營運經驗，並建立優質品牌形象，強化自主技術與企業永續，創造旅客價值，成為最佳之捷運系統營運領導者。

3. 運輸系統及生活事業提供者 – 「捷運 2.0」品牌延伸期 (2014-2023 年)

建立營運能量，延伸經營優勢，擴展經營範圍，善用新興科技，跨足創新智慧生活產業，除運輸系統外，更進一步成為生活事業提供者。

4. 經營價值創造者 – 集團經營期 (2024-2033 年)

實現集團化經營模式，發揮資源共享及優勢互補，提升管理綜效，並引領城市永續理念，帶動城市綠色運輸發展，成為經營價值創造者。

歷經草創營運期及擴充深耕期，公司逐漸跨入品牌延伸期階段 (2014-2023 年)，經營能量進入成熟期。2016 年適逢捷運通車 20 週年，是營運成長的重要里程碑，更是企業發展的轉捩點。公司自此正式邁入「捷運 2.0」，除本業持續深耕、追求卓越外，尚需思考如何運用資源有效分配，並以「創新」為動能，推動企業轉型與改革，加值現有服務。同時掌握電子商務與行動科技的新趨勢，利用車站場域優勢導入數位應用，開拓新型態服務事業，進一步整合經營模式，實踐企業社會責任，奠定企業永續根基。故此階段公司之定位，即以「捷運 2.0- 創新卓越 永續台北」作為未來經營策略發展的主題及方向。

(三) 使命及願景重塑

台北捷運於 1994 年成立之初，即訂下「台北捷運，世界一流」之願景，惟歷經 20 年營運實務經驗，捷運系統多項營運績效已與國際接軌，除運輸本業達到原本設定之服務多元與卓越品質目標外，公司經營廣告、地下街等附屬事業、貓空纜車、台北小巨蛋及兒童新樂園等委管事業，及其他轉投資事業，亦有良好營運成果，近年更大力推廣捷運文化、街舞、出口音樂節等行銷活動，已超越過去僅針對運輸本業達到世界等級卓越品質之期許。

在北市府推動策略地圖的政策下，公司重新審視使命及願景之適切性與發展性，於 2016 年 7 月 28 日完成公司願景與使命之重塑，作為未來努力及依循之方向，並納入作為公司策略地圖基礎，期許公司未來能以企業永續經營為目標，打造捷運品牌以拓展事業版圖，並善盡企業社會責任，關懷員工、顧客、股東及廠商等所有利害關係人，以捷運文化重新塑造城市生活，為居住於台北的民眾帶來更美好的未來。

1. 願景「一流捷運，美好台北」

台北捷運將以開放創新之觀念與服務，支持城市居住、工作、休閒及運輸等機能發展，同時融和在地精神，型塑更美好的城市生活與文化。

2. 使命「提供安全、可靠、親切的運輸服務，追求永續發展」

以運輸本業為基礎，發展多元服務，善盡企業社會責任，與顧客、社區、員工、股東及供應商共同成長與發展。



表 1 外部分析

機會 Opportunity	威脅 Threat
<ul style="list-style-type: none"> ■ 政府前瞻基礎建設計畫及新南向政策推動計畫，有助於技術輸出業務之拓展 ■ 政府提振觀光，開拓多元市場，並活絡國內旅遊，有助於國內外觀光人潮之提升 ■ 經濟復甦及民間消費力成長，潛在顧客及附業拓展機會增加 ■ 政府推動綠色運輸政策，發展公共運輸行動服務(MaaS)，有助於大眾運輸提升及整合 ■ 社區意識活絡，強化捷運與周邊社區連結與合作之機會 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 勞動基準法修法，對公司用人成本產生衝擊 ■ 其他縣市軌道運輸發展，將面臨人才流失及出走之難題 ■ 少子化及人口結構老化，運量成長趨緩 ■ 油電雙漲趨勢，用電成本提升

表 2 內部分析

優勢 Strength	劣勢 Weakness
<ul style="list-style-type: none"> ■ 累積豐富的營運與維修經驗，掌握關鍵技術 ■ 持續推出創新且貼心之服務措施、服務品質獲旅客滿意肯定，及優質捷運文化推廣活動，建立優良品牌資產 ■ 捷運站具有人流及場域優勢，擁有龐大商機 ■ 手持行動裝置普及及全系統免費新 Wifi 建置，具發展行動廣告之潛力 ■ 路網擴增，將吸引新客群 ■ 新路線通車及新轉乘車站，附業具發展機會 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 公營事業需配合市府政策，營運自主受限，難以落實企業化經營 ■ 負擔重置費用，且新增自償經費重大財務支出 ■ 用人成本逐漸提高 ■ 車站商業空間有限，廣告空間飽和，商業推動效果受限 ■ 系統節能空間有限，電力成本不易降低 ■ 既有設備逐漸趨近汰換期，故障率呈現波動，環狀線第一階段加入營運，運轉可靠度面臨挑戰

3. 核心價值「正直誠信、團隊合作、創新卓越、開放共享」

- (1) 正直誠信：對於合作夥伴秉持公正、堅守承諾；對於公司同仁講求公平合理，建立真誠互信的企業文化。
- (2) 團隊合作：發揮全員參與、全員服務的團體合作精神，主動關懷與協助，成為共同成長的強力後盾。
- (3) 創新卓越：以務實的態度、前瞻的視野及創新的思維，掌握市場趨勢及社會脈動，追求進步與卓越。
- (4) 開放共享：鼓勵開放多元，落實共享理念，凝聚社區共好、城市共榮的推進力量。

(四) SWOT 分析

運輸服務業之經營與外在社經環境息息相關，為因應未來環境趨勢發展，以 SWOT 分析台北捷運外部環境機會、威脅 (如表 1) 及內部環境優勢、劣勢 (如表 2)，作為研擬經營策略目標之依循方針。

(五) 經營策略目標

台北捷運「捷運 2.0」品牌延伸期之經營策略，於檢視內外部環境各項經營條件，綜整 SWOT 分析後，將聚焦於「精進系統效能」、「精緻化貼心服務」、「落實企業化經營」及「善盡企業社會責任」等 4 大方向，並具體發展出 21 項策略性目標，如表 3 所示。



表 3 經營策略目標

經營策略	A 精進系統效能	B 精緻化貼心服務	C 落實企業化經營	D 善盡企業社會責任
策略目標	AF1 提高預算執行效能	BF1 開發新客源	CF1 整合本業與附業	DF1 創造合理盈餘
	AC1 強化系統安全 AC2 提升服務能量	BC1 提升服務滿意度 BC2 掌握新服務需求	CC1 拓展對外發展業務	DC1 推廣優質捷運文化 DC2 結合社區參與及發展
	AP1 落實風險管理機制	BP1 精實作業流程	CP1 提升組織效能	DP1 推動空間再造 DP2 提升環保節能績效
	AL1 強化專業職能	BL1 鼓勵創新能力	CL1 活化人才管理 CL2 強化人才育留	DL1 厚植管理及行銷能力

為確保經營策略之達成，台北捷運將各項策略目標落實為具體作為，訂定行動方案與工作計畫，並以公司重要績效指標衡量整體達成效果，結合責任中心制度評量各部門執行狀況，每年滾動式檢討執行情形，使台北捷運員工由上至下均能秉持一致的信念，朝相同的願景目標努力邁進。

三、組織文化型塑歷程

組織文化是影響企業品牌價值的關鍵，而組織文化的形成，與經營者的經營理念及管理風格息息相關，並可展現於企業之外部社會形象、對社會之具體貢獻以及所產生之社會價值。

台北捷運現有成就並非一蹴可幾。回顧過去 20 餘年，台北捷運由專注系統營運安全及穩定性，進而發展貼心優質服務及獨特文化。其中，歷經許多重大事件，包括木柵線通車、納莉風災、SARS 疫情、票證使用異常、文湖線通車及鄭捷隨機殺人事件等，一再考驗台北捷運危機處理能力，而台北捷運亦不負眾望，總能克服困難並轉化為成長動力。主要是透過各項事件的檢討改善後，訂定完

善內部制度，建構不斷學習的組織文化，強化員工向心力而成。因此，員工逐漸養成良好的工作態度並能自我提升，以創造旅客價值為依歸，激發創新思維，自發性推出各項滿足甚或超過旅客需求之貼心服務。

(一) 讓旅客安心，不屈不撓、永不放棄的組織文化

1. 馬特拉不拉，我們自己拉

1996 年全台第一條捷運路線木柵線通車，開啟都會區大眾運輸的新里程碑。通車前試運轉，一連串的火燒車及爆胎事件等意外，引發外界疑慮。通車後初期，又遇上馬特拉公司無預警全面撤離，台北捷運營運面臨重大考驗。在著手建立自主研發與修復能力後，實現「馬特拉不拉，我們自己拉」的艱鉅任務，讓木柵線逐步穩定運轉。

在外界普遍不看好的壓力下，我們逐漸強化自主營運及維修能力，建立不懼艱難、勇於面對的文化特性。

2. 納莉颱風，捷運水淹成河

2001 年納莉颱風重創北台灣，超過 200 年防洪水位高程的豪雨，讓台北捷運 16 座車



站及行控中心滿目瘡痍、營運停擺。災後復原工作千頭萬緒、百廢待舉。從旅客的角度而言，儘早通車、減低通勤不便是第一要務。當時公司成立緊急採購小組，不分平假日聯合辦公，所有程序依法辦理，縮短作業時間，總計發包近 200 個工程案件及多項行政採購。此外，整個搶通過程緊盯廠商趕工，沒人立即加入、沒貨要求趕貨。在全員投入、全時趕工的搶救下，原本預估半年方能恢復之路網營運，分階段在短短 3 個月內迅速完成。

經由本次防洪救災經驗的詳實記錄與各項 SOP 制度建立，若未來面對類似破壞力強大的天災，才有足夠經驗能力於可控範圍內，及時進行災害管控，同時培養員工遇到緊急或困難關頭的感知及應變能力，以提供更穩定與安全的系統服務。

3. SARS 疫情肆虐

2003 年上半年一場史無前例、突如其來的 SARS 風暴，讓台灣民眾驟然籠罩在不安與恐懼之中，不但影響民眾日常生活，亦嚴重影響了民眾搭乘大眾運輸工具之意願。面對此一外力變化因素，公司全力落實執行各項防疫工作，包含加強執行車站及列車清潔、服務同仁佩戴口罩與健康追蹤、提供旅客體溫量測服務、執行旅客搭捷運全程佩戴口罩之防疫管制、販賣口罩及愛心溫度計、發送宣導防疫包等，以積極之作為防範 SARS 疫情蔓延，確保旅客健康安全及系統正常運作。SARS 疫情使捷運系統運量大幅下滑，隨著疫情趨緩，公司推出「六月假期捷運遊」一日票及團體票促銷措施與心動列車系列等行銷措施後，捷運旅客於 2003 年 7 月份起開始陸續回流，至年底才完全脫離 SARS 疫情的影響。

SARS 事件影響到的不僅僅是旅客，更包括員工本身的安全，但全體員工仍以旅客安全為己任，不畏性命受到疫情威脅，共體時艱，建立團隊合作的革命情感與核心價值，及員工對公司使命的認同感。

4. 票證異常使用衝擊

2003 年底為追查電聯車座椅多次被旅客以銳器刻劃事件，查核特定時段與車站之可疑悠遊卡進出站及相關使用資料時，發現其中一張票卡之使用紀錄異常，隨即主動進行調查，發現有部分車站員工自行以更改進出碼之方式，讓其上、下班時免費進出站。在發生部分站務人員異常使用票證事件後，隨即引起社會大眾、媒體的關注及批評，也傷害了公司長期以來建立的優良社會形象。

面對部分員工之違規行為，公司秉持「虛心、透明、深入」之原則，逐一進行檢討與反省，並提出內部管理改進具體措施，由各相關部門全力落實推動，進行專案列管，訂定更周詳之內稽內控制度、加強訓練以養成同仁法治觀念，建立公平、誠實且不徇私的組織文化。

5. 文湖線通車面臨之挑戰及改善

2009 年 7 月 4 日內湖線連接文山線（原木柵線）正式通車營運，並更名為文湖線。文湖線通車初期，因系統較不穩定發生數起停駛事件，造成旅客產生不信任感，公司再次面臨嚴峻的考驗。除配合北市府捷運工程局進行各項系統檢討及改善，並持續執行階段性、臨時性之營運措施，包括全時段派遣隨車人員伴隨列車、重要設備房派員駐點、自行開發能回溯列車失聯前 2 秒最接近位置



之應用程式，縮短故障事件之排除時間，建立旅客搭乘信心。經過各項路網優化措施後，整體系統穩定度顯著提昇，且隔年旅客整體滿意度亦回復原有水準達 94.7%(2009 年略降為 89.7%)，顯示旅客對於台北捷運長年所建立之形象以及服務態度，仍具有高度評價。

6. 板南線旅客持刀隨機傷人事件

2014 年 5 月 21 日，板南線發生旅客持刀隨機傷人之事件，為台灣社會帶來極大衝擊。除了對不幸遇難之旅客表達哀悼、對傷者及家屬表達關懷之外，為善盡企業責任，提升旅客乘車安全，透過增加巡查人力及見警率、加強工作人員防護配備、提升警消單位無線通訊功能、強化維安處理訓練以及演練等精進作為，為所有旅客安全做最嚴格的把關，提升全民對台北捷運及社會治安之信心。

文湖線通車面臨之挑戰及改善以及板南線旅客持刀隨機傷人事件，建立起公司常保不安於現狀的危機意識，隨時具有危機感，在面臨突如其來的環境劇變，才能沉穩面對、研擬最佳應對策略。

(二) 讓員工認同，制度化管理、積極創新的組織文化

台北捷運歷經各時期所發生之營運困境，在潛移默化中，養成員工自主研發、修復能力，以及追根究底、永不放棄精神，而高階主管則經由各項事件之應變作為與檢討改善，內化為管理手段，達成制度化管理目標，並將前人經驗、做事原則與處理態度建立為共同語言，進而型塑成為全體員工共同遵循之核心價值「正直誠信、團隊合作、創新卓越、開放共享」。

1. 技術會報控管檢討，達成行車事件次數減半目標

自 2004 年起啟動可靠度 (MKBF) 目標管理，訂定「事故減半」的明確目標，由高層主管主持技術會報控管檢討，讓可靠度自當年度起躍升。台北捷運透過高階診斷建立安全管理機制的經驗一路傳承，始締造迄今系統 99.99% 的高可靠度表現，近 3 年更屢創新高，也吸引國內外同業前來取經。

2. 積極傳承捷運經驗，推動顧問業務

如何將台北捷運堅實的營運經驗轉化成可延續傳承的能量，回饋至台北捷運以外的軌道同業，讓整體軌道產業可共同前進，甚或藉以增加捷運業外效益，產生互利共榮效益，一直是公司努力的目標。

2005 年台北捷運以轉投資方式，結合工程顧問、機電、營建、金融、智慧卡科技業者共同投資成立捷邦顧問公司。初時業務開發，除爭取台灣南北軌道運輸顧問業務外，適逢中國產業崛起，為前進大陸、進一步拓展海外市場，從重慶軌道交通公司開始，爭取如南京、上海、武漢等城市地鐵培訓服務。經過多年耕耘，台北捷運及捷邦公司技術輸出業務範疇已囊括國內如高鐵、台鐵、高捷、桃捷及桃園航空城綠線等，國際市場除中國城市地鐵外，也承接新加坡地鐵、馬尼拉捷運、馬來西亞輕軌，及莫斯科、烏克蘭基輔及羅馬尼亞 Pitesti 市等電子票證技術顧問服務，讓北捷經驗成功打入國際市場，掌握軌道運輸的永續商機。

3. 推展 ISO 9001 品質認證，堅守值得旅客信賴的服務品質



自 2007 年起開始推展 ISO 9002 品質管理制度，由公司自力推動且無外聘顧問輔導，全體同仁仍上下齊心，努力不懈，在不到一年的時間，取得經濟部標檢局『木柵線旅客運送服務 ISO 9002』驗證，使台北捷運公司成為國內公營運輸服務業第一家通過 ISO 9002 國際品質認證的公司，不但激發全體同仁的信心，也提昇公司形象，讓旅客獲得更高一層的保障。

(三) 讓台北驕傲，獨特的台北捷運搭乘文化

早期民眾搭乘大眾運輸時，排隊候車及先下車後上車的觀念並不普及，常出現爭先恐後或上車搶位情形。為建立禮讓有序的搭乘文化，並維持乾淨舒適的搭乘環境，台北捷運堅持捷運禁煙禁食、倡導候車排隊禮讓與電扶梯靠右站立等乘車規定，初期採傳統做法，透過大量告示、輔以人力違規勸導進行制式宣導，2001 年起，逐步走向以創意宣導、互動性主題活動及名人代言等方式提升民眾自覺，達到深植人心的效果，讓民眾對捷運文化產生共鳴，進而認同與內化，更外顯於日常生活。

而今台北捷運的優質文化，不但是國人的驕傲，很多國內外旅客對於捷運站內乾淨、秩序、彼此尊重禮讓的氛圍，都有深刻的印象，這樣的氛圍更從捷運站內向外擴散，為台北塑造出獨特的都會生活文化，更成為國內外旅客津津樂道的台北印象。

1. 「全員參與」計畫

營運初期即推動「全員參與」計畫，鼓勵車站同仁隨時抬頭看、彎腰撿垃圾，從日常營運當中做到全員參與、即時服務。2015

年進階推展「全員服務」，鼓勵搭乘捷運通勤或線上巡查同仁，主動佩掛識別證，隨時注意車廂內旅客動態，適時主動協助；此外，制定主管認養車站機制，實行走動管理，讓主管於公務或通勤搭乘捷運時，不僅檢視車站管理面問題，並主動關懷及提供旅客服務，即時反映狀況協助解決，發揮全員參與、全員服務的企業文化精神。

2. 禁煙禁食運動

考量捷運系統以服務短、中程旅次為主，旅客停留於車站時間較短。因此，準時、安全和迅速之要求遠超過飲食的需求，於是台北捷運於營運初期即合理規範「捷運系統內禁止飲食」為顧及安全、衛生及運輸品質的必要措施。藉由宣導「捨一己之私，共同塑造優質與受尊重的人性化乘車環境」係每個人的責任，讓旅客也擔負起維護捷運系統清潔之責，進而建立台北捷運乾淨、清潔的文化。

另藉由全體員工親力親為嚴格執法，讓旅客了解在車站不得飲食或吸煙，也大多能夠理解配合，使得捷運車站或電聯車車廂內可保持乾淨。如果與東京、香港、華盛頓或紐約捷運比較，台北捷運系統之清潔與乾淨均有過之而無不及，也成為國內公共運輸維持高服務水準之具體代表。

3. 建立排隊禮讓、電扶梯靠右站立等優良乘車秩序

「大家搭車時都很有秩序！」不少外國旅客到台北，最讚賞的就是民眾搭乘捷運時的乘車秩序，排隊候車、依序下車、禮讓老弱婦孺以及電扶梯靠右站立，這些歷經 20 餘



年營造出來的文化特色，都在外國人心中留下極佳印象。但是這些優良乘車秩序的養成並非憑空出現，是經過營運初期劃線、標示、宣導，以及不斷勸導、提醒、志工的協助後才逐漸形成，亦成為紓解站內人潮瓶頸的重要措施。而國際間著名的捷運系統（如東京地鐵等），亦向台北捷運看齊，將「電扶梯靠右站立」作為提升電扶梯服務效能的重要方法。優良乘車秩序的形成，除引導民眾養成良好習慣外，並能降低意外傷害的發生率，展現台北捷運以旅客乘車安全為己任的文化。

4. 夜間婦女候車區

為維護女性旅客安全，運用夜間婦女候車區、車廂內及月臺對講機、廁所反針孔偵測等實施「體貼婦女安心措施」，讓搭乘捷運婦女「夜間候車安心」、「搭車安心」、「如廁安心」，2012年起再增加「離站安心」措施，提供計程車叫車資訊服務，除於各捷運車站提供「計程車叫車電話資訊」小卡片外，如有特殊情況，在車站人力許可下，亦可派員陪同旅客至車站出口候車，並協助記錄計程車號資訊，建立台北捷運關懷弱勢族群的文化特色。

5. 視障旅客導引服務再升級

為確實且準時執行視障旅客引導、年長者攙扶、輪椅旅客協助等旅客進出站引導服務，同仁自行撰寫程式，建立全國軌道業第一套旅客引導服務提醒系統，將旅客引導資訊藉由網路即時傳遞，取代以往使用電話聯繫，不但節省撥號、等候接聽時間，還能持續確認人員引導工作直到完成為止，建立台北捷運勇於創新與創造旅客精緻化貼心服務的文化特質。

四、未來挑戰與展望

捷運不僅是便捷的交通工具，台北捷運進一步追求的是建立捷運與市民、旅客、社區及城市的新關係與新價值。

未來，台北捷運將持續以提供安全、可靠、親切的運輸服務理念，與城市共創捷運文化，達成「精進系統效能」、「精緻化貼心服務」、「落實企業化經營」及「善盡企業社會責任」等各項經營策略，並鼓勵員工積極突破既有框架、掌握時代脈動，追求工作上創新的思考與超越，期待透過內部組織與管理制度的再造，由上而下進行觀念的革新，向外擴散到營運及服務品質的提升，蓄積企業經營成長的能量，建立符合台北捷運2.0的組織新文化。

台北捷運將用心凝聚、串聯每個台北人的心，遵循著相同的價值觀，成為驅策台北生活更美好的原動力，讓台北成為宜居永續城市。





機場捷運營運週年回顧及展望

桃園捷運公司維修處經理 / 黃志成
桃園捷運公司運務處經理 / 梁容禎
桃園捷運公司企劃處經理 / 莊知謹
桃園捷運公司運務處助理工程師 / 李騏
桃園捷運公司企劃處專員 / 蕭雨潔

關鍵字：機場捷運、桃園捷運、通車營運

摘要

2017年臺灣軌道運輸發展的大事，就必須提及「臺灣桃園機場捷運系統」正式通車營運，機場捷運與國內其他都會型捷運所面對的經營條件、興建過程皆不同，考驗著興建與營運單位克服工程困難及營運維護的能力，在營運屆滿一年，持續對於系統及技術的精進改善後，已逐步累積不少工程及營運經驗，為後續軌道運輸項目奠定厚實之根基，本文將予以進一步說明與回顧，並介紹機場捷運的未來展望。

一、前言

臺灣桃園國際機場（原名為中正國際機場，以下簡稱桃園機場）為國家門戶，為改善國際機場聯外交通，提供臺灣地區民眾及訪臺國際人士往來桃園機場之便利，使國際航線與國內交通網路得以緊密連結，政府自

1996年起推動「臺灣桃園國際機場聯外捷運系統建設計畫」（以下簡稱機場捷運），興建一條自桃園機場至臺北市區之捷運路線，以提供機場出入境旅客及沿線民眾安全、便利、快速、舒適、準點、高水準的運輸服務。

機場捷運的起點為桃園機場第二航廈，往東北經林口、新莊、三重至臺北車站；往東南經高鐵桃園車站至中壢中豐路與環北路交叉口，全長約51.03公里，共設置22座車站，2座維修機廠，現正辦理延伸臺鐵中壢車站建設工程。機場捷運路線行經臺北市中正區、大同區，新北市三重區、新莊區、泰山區、林口區，桃園市龜山區、蘆竹區、大園區、中壢區。

機場捷運在2017年營運通車前，經歷長達20年的規劃與興建過程，其建設計畫於1996年起完成初步規劃，原訂於1998年動工，2003年完工通車，未料途中卻爆發當時



得標的建設公司財務危機，導致建設計畫必須重新審議，後續改由政府自行興建，由交通部高速鐵路工程局擔任興建單位，實際動工時程亦往後推延，在2006年6月正式動工，然而興建過程中也發生工程進度落後、原物料成本上漲、機電設備整合及測試進度落後等問題，導致原訂於2013年完工通車日期一延再延。

而有關機場捷運營運單位，起初，交通部於2007年時係規劃由臺灣鐵路管理局經營，然而考量機場捷運行駛路線三縣市的實際需求及地理因素，桃園市政府（時為桃園縣政府）、臺北市政府及臺灣鐵路管理局都有意爭取經營。交通部遂針對機場捷運的經營重啟評估，在2009年9月正式決定由桃園市政府擔任機場捷運計畫之地方主管機關，再由桃園市政府、新北市政府及臺北市政府共同出資，於2010年10月設立「桃園大眾捷運股份有限公司」（以下簡稱桃捷公司），負責桃園機場捷運的管理維護工作，路線行經之三直轄市政府，共同監督機場捷運系統營運情形。

在營運準備期間，桃捷公司自主招募與培訓專業行車及維修人員外，並積極參與興建單位之各項工程測試、逐步進駐及接管沿線各車站、進行設備操作及相關訓練、熟悉各車站之配置，各項營運規章文件亦依實際需求擬訂完成並持續辦理演練及優化。

並於2015年8月由中央（交通部、高鐵路）與地方（桃園市政府、桃捷公司）共同協商，簽署機場捷運營運合作備忘錄，以釐清興建相關測試及營運前準備事宜之合作事

表 1 2017 年各項系統服務水準指標

項目	目標值	執行成果
重大事故率	0 件 / 百萬人次	0 件
一般事故率	小於 0.04 件 / 百萬人旅次	0 件
傷亡率	死亡及重傷率： 0 人 / 百萬人旅次	0 人
	輕傷率：1.46 人 / 百萬人旅次	0.76 人
班距	直達車低於 16 分 00 秒	15 分 01 秒
	普通車低於 16 分 00 秒	15 分 02 秒
行車速率	直達車高於 50 公里 / 小時	59.89 公里 / 小時
	普通車高於 35 公里 / 小時	38.63 公里 / 小時
延滯時間	平均低於 30 秒 / 每列車	4.11 秒 / 每列車
準點率	高於 95%	直達車：99.05% 普通車：99.07%
平均乘載率	平均低於 3.95 人 / 平方公尺	0.37 人 / 平方公尺

項，並同步辦理營運前運轉測試，以加快測試進程。交通部於2016年6月成立「機場捷運監理調查委員會」，透過國內外專家學者檢視機場捷運系統面、合約面等相關問題，機場捷運系統陸續於2016年10月完成營運前運轉測試、11月達到7天系統穩定性測試99%標準、12月獲國際專業驗證公司安全性認證、完成初履勘作業及相關營運前應改善措施。

2017年1月22日，機場捷運正式獲交通部頒發營運許可，並於2月2日試營運，107年3月2日正式營運，自此只需35分鐘，即可從桃園機場搭乘捷運快速抵達臺北市



圖 1 中華航空 A1 車站預辦登機櫃台

區，而臺灣亦成為亞洲第 5 個俱備車站預辦登機服務的機場聯外軌道系統（繼馬來西亞、香港、韓國及泰國後），如圖 1 所示。

而在中央、地方及各界協助下，機場捷運自 2017 年 3 月營運至 2018 年 2 月已服務超過 2 千萬人次，總計營運首年機場捷運總旅次量達 1,734 萬人次，總延人公里達 3.47 億延人公里，日均運量約 5.6 萬人次，於通車首年締造了準點率 99.06%、營運可靠度指標 (MKBF, Mean Kilometer Between Failure) 達 22.3 萬車廂公里、無責任營運事故、亦達成各項系統服務水準及財務結算盈餘的優秀成績，2017 年機場捷運旅客滿意度達 96.3%，多數搭乘旅客都給予正面評價，桃園捷運服務於通車初年逐漸獲得民眾認同，首年表現亦獲得多數國內外旅客給予讚賞，建立了優質的運輸服務形象，詳表 1。

從規劃到完成通車，前後歷經 20 年，此段漫長歲月，桃園機場航空旅客量持續增加，機場聯外道路車流量負擔持續加重，突顯出對於機場捷運服務的迫切需求。機場捷運不但是臺灣首條以提供機場聯外交通為主要目

的興建之捷運路線，也是首條於桃園市境內營運的路線，將帶動了北北桃一日生活圈及桃園軌道路網的發展，使大眾運輸更加便捷，亦提升與國際化交流發展。機場捷運順利通車不但是臺灣的進步，也是全臺灣人共同的驕傲，桃園市政府與桃捷公司團隊，將續以追求卓越的精神，迎接營運的各項挑戰。

二、營運單位的努力作為

機場捷運雖然不是國內第一條連接機場的捷運線，但有著不同於其他捷運系統的服務特性，包含提供預辦登機行李運送服務、營運路線長度橫跨三直轄市、直普車種混合運行等，都是國內捷運系統首創，因而面對了更為艱難的營運挑戰。

(一) 國內首創 預辦登機

機場捷運為全球第五個提供預辦登機的機場聯外系統；預辦登機係為市區航廈的概念，旅客於 A1 台北車站內，即可事先託運行李、預劃機位，同時取得登機證，以降低機場櫃檯工作量。而這項便利服務係由桃園機場公司與桃捷公司緊密共同合作下，才能順利提供給旅客。

託運行李在 A1 台北車站即經過航警局 X 光機的安全檢驗，並依據航空保安規範之標準，由地勤人員將行李裝入專用的行李櫃並封籤，裝載至機場捷運直達車第五節行李車廂，透過捷運列車運送到 A13 第二航廈站，再進入桃園機場的行李分揀系統（如圖 2），以將行李分裝至正確的航班內。前述預辦登機基本作業流程約需 2.5 小時，故預辦登機服務可提供旅客於各班機起飛 3 小時前辦理，



然而如作業期間發生任何的系統故障，僅有 30 分鐘的餘裕時間供故障排除或緊急維修，因此，對於現場突發事件的緊急應變處置能力更為一大考驗。

提供行李運送的服務，讓機場捷運比其他捷運系統面臨更大的挑戰，就是當列車故障甚至是營運中斷時，已載運於列車上的行李應如何處置？因應這項議題，桃捷公司在營運準備期間即擬定各種類型的行李運送接駁方式，包含原車運送、列車接駁、公路接駁等，並透過實地模擬演練加強人員熟悉度及驗證各項做法之可行性；而於正式營運後，亦持續辦理各項實務模擬演演，確保當發生設備故障時，仍能順利將行李運送至機場，讓旅客能不受影響，繼續他們的旅程。

(二) 機場聯外 區域通勤

有別於臺北捷運及高雄捷運，桃園捷運雖為國內第三個捷運系統，卻是第一個以機場出入境旅客為主要服務對象的路線，路線全長約 51 公里，串連北北桃三個直轄市，設置共 21 個車站，包含兩個機場航廈車站，以提供快速、準點的桃園機場聯外大眾運輸服務。

然而，大眾運輸系統不僅只服務單一客群，亦有沿線居民的通學及通勤旅運需求，因此，為服務兩大不同需求的旅客，機場捷運分別提供了直達車及普通車兩種不同的車種。欲前往桃園機場的旅客，目的為商務及觀光，其時間效益較高，直達車提供 35 分鐘由台北車站抵達桃園機場航廈的快速輸運服務；通學及通勤旅客，需要的是服務範圍較廣、旅行時間較短的點對點服務，普通車提



圖 2 行包處理系統 @A13 航廈站

供每站皆停的服務，可供旅客選擇於距目的地較近車站進出或轉乘其他運具。

在兩種不同的列車服務下，機場捷運的列車運行模式規劃，相較於過去單一車種每站皆停的捷運模式，顯得更為複雜且困難，需參考鐵路快車、慢車的思維，去規劃兩種的運行方式，在列車運行途中，必須讓普通車於車站待避，以使後至的直達車追越，以提供差異性的車種服務。

機場捷運正式營運已屆滿一年，這段期間透過不斷優化列車運行時刻，變更追越待避車站等作為，累積列車調度排班的經驗，桃捷公司經過縝密的規劃，於 2018 年 3 月 1 日起，尖峰時段的直達車部份班次增停 A18 站、A21 站，以加強高鐵及中壢地區至機場的運輸接駁服務，期能提供更符合民眾通勤需求的服務；同時桃捷公司也積極向交通部爭取列車增購之經費補助，以達到未來能更加縮短班距、提升服務運能，進而增加民眾搭乘機場捷運意願。



圖 3 機場捷運車廂無線充電座

(三) 安全穩定 優質創新

「安全無虞、系統穩定」是營運通車前的最高原則，也是正式營運後，桃園捷運對旅客的承諾，然而安全、穩定只能說是捷運系統最基本的及格標準，提供更優質、創新的服務，才能使桃園捷運達到卓越。身為國家門戶、機場捷運系統不僅提供了預辦登機行李運送服務，更提供全線免費 Wi-Fi、列車無線充電設備（如圖 3）及愛心高爾夫接駁車等項目，期以提升旅客使用體驗，打造新一代的捷運服務標竿。

1. 4G Free Wi-Fi

配合經濟部工業局推動構建 4G 智慧寬頻應用城市計畫，中華電信協助機場捷運於沿線布建 4G 寬頻網路及無線 Wi-Fi，民眾在桃園捷運沿線 21 個車站、每節車廂，只要透過智慧型手機或其他行動裝置，選擇無線網路存取點「TyMetro」，登入後無需輸入任何資料，就可使用 4G Wi-Fi 無線上網服務，且全線所有站點及車廂都可無線寬頻上網。

2. 無線充電設備

機場捷運乘客包含通勤族、國際旅客與

國內遊客，現今旅客均習慣使用手機辦公、查詢旅遊資訊或拍照打卡，故最擔心旅途中手機沒電的問題，桃捷公司為體貼民眾，優化服務，在捷運列車上及各車站設置無線充電設備，民眾不需攜帶自己的充電線，任何型號的手機只要接上無線充電接收器，置於充電座上即可免費充電。

3. 愛心高爾夫接駁車

桃捷公司考量機場捷運旅客多攜帶大型行李或年長者可能行走不便，須設有接駁車因應，並獲頂湖企業及冠品綠能科技贊助及改裝車輛，讓國內外旅客在需要時，都能享受到這項貼心的服務。目前於 A1 台北車站備妥兩輛愛心高爾夫接駁車投入旅客服務的行列，希望國內外旅客對臺灣捷運優質服務留下好印象，同時建立桃園捷運體貼專業的企業形象。

三、維修單位的努力作為

機場捷運為國內第一條具有預辦登機服務的機場聯外捷運，除了預辦登機所需之行李處理系統為國內捷運系統首次設置外，營運路線亦有坡度最大 4.92% 的長陡坡及同時使用 CBTC（通訊式列車控制系統）跟軌道電路的號誌系統，這些獨特的系統，不單單為營運調度帶來難度，對設備維修保養複雜度來說，也是重大的挑戰。

機場捷運在營運首年運量表現，超出預期，並持續穩定成長，但其系統獨特性亦如預測般的在營運初期為維修單位帶來了重大的課題，統計營運首年常發生問題的設備主要是軌道電路、轉轍器、行李處理系統、車



載號誌系統及月台門，以下將說明桃捷公司各項因應作為及改善經驗。

(一) 軌道電路

機場捷運的號誌系統是以軌道電路作為區間控制，用無線傳輸傳送行車資訊及列車控制指令的系統，由於大部份為露天段的特性，容易受桃園多雨潮濕的天候影響，營運初期即時常有軌道電路誤估據的情形產生，造成營運延誤，也不時讓行控中心人員心驚膽跳，維修人員亦疲於奔命排除故障。面對一再出現的通訊訊號異常 (RSF 及 WSF)，桃捷公司同仁經過不斷的觀察及嘗試，發現水氣是最大的影響原因，故調整了電纜螺栓的鎖固工法、更換軌道電路纜線並加強設備防潮後，使軌道電路的問題明顯得到改善。

(二) 轉轍器

列車在通過道岔時，需要轉轍器協助決定列車行進方向，尤其在有直達車及普通車兩種車種，為了列車追越需要在追越站月台前，頻繁作動轉轍器的機場捷運來說，維持轉轍器的穩定性更是相形重要。機場捷運以高架站為主的軌道線形，讓天候對營運順利的影響大大增高，不僅僅是雨水，溫度變化帶來的熱脹冷縮更突顯號誌跟軌道的介面問題。為提高轉轍器的穩定性，桃捷公司就使用頻率及故障率不同的轉轍器，實施了差異化保養，同時為了降低系統介面的差異，每次轉轍器故障檢修均與軌道維修人員共同合作，以找出真正的故障原因並共同改善。

(三) 行包處理系統

機場捷運開通之時，預辦登機及行李處理系統即備受期待，此項專屬機場捷運旅客

服務是全國首創，故對於桃捷公司肩負的營運責任也更重，行李處理系統在營運準備期間為維修單位帶來了許多課題。機場捷運行李處理系統是以 2.4G 的無線網路作為傳輸的基礎，但是由於硬體設備的效能不足及捷運車站內的存在太多信號干擾源，所以對行包處理系統運作的穩定性一直造成影響，桃捷公司同仁從故障分析中探討改善的方式，目前已更新軌道旁設備的軟體，也在捷運車站月台門上設置屏蔽裝置，以降低旅客使用手機網路造成的影響。目前行李處理系統仍有感應器的問題仍在處理改善中，桃捷公司也持續在軟硬體設備上精進，也尋求從 PLC(程式控制) 方面改善。

(四) 車載號誌系統

機場捷運列車藉由車載號誌系統作為與號誌系統溝通之媒介，列車運轉中的各項相關資訊，即是利用車載號誌系統傳送回營運調度工作的大腦 - 行控中心，反之號誌系統也可以透過車載號誌系統傳送指令給電聯車執行自動控制、設定目標行駛速度。為確保無線傳輸可以確實的傳到車上，每列車上均有兩個天線接收並互為備援，以維持訊號穩定。當車載號誌系統出現異常時，列車會因自趨安全的設計而啟動緊急剎車，司機員必須以 RM(限制手動) 模式移動車輛，而造成行車時間的延誤。

在經過長時間的觀察後，桃捷公司整理出 RTS(號誌無線電傳輸系統) 四項設備的主要故障比例，包含了車載設備 (53%)、軌道旁設備 (19%)、機房設備 (2%) 及其他 (13%)。在適當分析後，桃捷公司從網路展頻無線電 (ESSR, Ethernet spread spectrum radio) 軟體更



圖 4 2017 年跨年營運情形 @A19 站

新開始，在機房端跟車載號誌系統完成更新後，故障的次數明顯下降，也更新了電聯車的車載天線，強化訊號接收。雖然車載號誌系統仍佔故障原因前幾大，但相較初期已經下降 40%，相信持續的改善作為，能讓 RTS 更趨於穩定。

捷運系統的設備繁多且系統間亦有各自介面，除了上述的幾項改進重點，月台門、消防系統等，就像不願讓維修人員稍有放鬆似的，也時常會出來提醒他們的存在。除了硬體的問題外，在機場捷運營運初期，其他捷運系統也曾面對過的狀況，如維修人員培養不易、人員流動性大，實務經驗尚待累積等，維修同仁常在得到故障的訊息後，抓起工具就第一時間往前衝，要直到設備恢復運作、系統正常後，才能停下來喘一口氣，回到辦公室後，則是接著整理故障資料，比對過去的故障情形，再逐一討論個案，並且檢視、優化維修的工法，透過不斷的檢討累積經驗，同時降低故障發生情形。

系統的安全及穩定，一直是桃捷公司掛念在心的事情，在全體同仁的努力之下，整體營運可靠度將藉由通車營運初期的經驗，持續穩定提升，桃捷公司並不滿足於目前表現，相信在維修人員的積極努力跟熱情下，未來鐵定還有更亮眼的成績。

四、營運展望

正式營運以來，機場捷運最高日運量紀錄 10.1 萬人次 (101,020 人次)，係於 2017 年跨年夜 (五月天演唱會) 時創下 (如圖 4)，顯示桃捷公司營運越趨穩定，團隊越趨熟練，即便面對跨年期間大量人潮輸運，亦有安全穩定的營運表現，故已達成「系統穩定、安全無虞」營運目標。

而在營運周年後，將朝向「運量成長、多元服務」目標邁進，期盼擴大 3 個主要客群 (機場旅客、通勤旅客、休閒旅遊) 來源，增加機場捷運忠誠旅客，以提升中長期整體運量及附屬事業收入等，期望於營運 6 年內穩健公司財務，穩定達成每年收支損益平衡目標。

桃捷公司將依據四大營運主軸 (系統穩定、安全無虞、運量提升、財務穩健)，持續推動各項營運業務，累積充足營運經驗，以提供旅客更安全、便捷、優質的捷運服務。

(一) 優質服務

在優質服務方面，將持續提高服務水準及旅客滿意度，依據實際營運狀況及旅客意見，檢討各類服務流程、訓練教材、績效指標，並落實營運人員的專業訓練與溫故加強，



圖 5 PIDS 畫面改善情形



圖 6 官網車站資訊頁面

以確保整體服務品質，並將積極強化轉乘服務品質，改善車站轉乘指引標誌 (PIDS 等，圖 5)，提供完整轉乘資訊查詢管道 (網頁、APP 等，圖 6)，協助民眾快速找到最佳的轉乘方式。

(二) 營運安全

在營運安全方面，將累積營運及維護經驗，辦理各項預防演練 (如圖 7)，強化應變效率，以持續改善系統設備、提升營運效能，與興建單位 (高鐵局) 共同合作系統改善及優化事項，提昇系統安全可靠度，並藉由各類維修技術交流機會，啟動電聯車大修作業因應準備。



圖 7 毒物攻擊演練 - 旅客移送



圖 8 電聯車軸承組裝及檢查

(三) 開源節流

在開源節流方面，優先就用電量高之車站設施設備，規劃節能措施，亦成立研發工廠，期提高維修物料本土化、國產化比例，以降低營運成本 (如圖 8)。

在運輸本業及附屬開發事業相輔相成下，將持續推出多元票種行銷優惠，尋求與國內外軌道同業或異業合作交流、拓展事業範疇，分享營運服務及宣傳資源，依據各類旅客需求調整，共同聯合行銷，以吸引更多旅客使用機場捷運往來桃園國際機場、通勤、購物或參加各類活動 (如圖 9、10)。



圖 9 桃捷與職棒球隊合作行銷活動



圖 10 四社聯合紀念套票



圖 11 桃園捷運系統路網規劃圖

五、結語

近年來，桃園市將發展成大眾運輸城市，除營運中的機場捷運及興建中的機場捷運延伸線外，亦規劃有桃捷綠線、桃捷棕線、三鶯線延伸八德段、桃捷綠線中壢延伸線及桃園鐵路地下化等軌道建設，以此串連中壢區、桃園區、航空城等三大都會核心，於桃園地區形成三心六線之口字型路網，連結北北桃各軌道系統（臺鐵、臺灣高鐵、臺北捷運及新北捷運等），形成北北桃 1 小時軌道生活圈（如圖 11）。

桃捷公司為桃園都會區捷運路網的營運單位，將培養充足軌道技術人才及優秀營運人員，以營運維護各桃園捷運路線，持續秉持「運輸安全、科技創新、信賴服務」的經營理念，為旅客提供優質、舒適的捷運服務，直達美好的旅程體驗，讓全世界旅客感受到臺灣及桃園的熱情及活力，安全、舒適、穩定的機場捷運，期盼成為國內外旅客民眾往來桃園國際機場大眾運輸運具的第一選擇，並且逐步落實「永續經營、世界典範」的發展願景。

參考文獻

1. 桃園大眾捷運股份有限公司官網，<http://www.tymetro.com.tw>
2. 交通部高速鐵路工程局資訊網，<http://www.hsr.gov.tw>
3. 交通部鐵道局資訊網，<http://www.rb.gov.tw>
4. 桃園捷運紀實專書，107 年 3 月



臺中捷運藍線規劃與工程經驗展望

臺中市政府交通局局长 / 王義川
臺中市政府交通局副局长 / 馮輝昇

關鍵字：大臺中 123、複合式運輸系統 (MR.B&B)、臺中捷運藍線、綠線、可動式岔心、通訊式列車控制技術 (CBTC)

摘要

臺中市人口已超越高雄市成為臺灣地區第二大都市，但相較於雙北、桃園、高雄等都會區而言，捷運建設正處於起步階段，市府先透過臺中市區域計畫的指認，確立「大臺中 123」的都市發展政策，並規劃整體軌道路網，串連山海屯及都心區，均衡城鄉發展，並企圖延伸至鄰近的彰投苗，以帶動中臺灣區域發展共榮的生活圈。

臺中市具有得天獨厚的台鐵山海線，造就山海屯區沿線的發展，但在東西向的連結部分顯得相當不足，特別是在市政府提出雙港副都心及台中港 2.0 各項建設陸續到位後，串連至台中港更顯得迫切。因此市府提出大臺中火車站到臺中港的捷運藍線計畫，除了解決現有交通壅塞問題外，更是帶動產業與經濟發展的重要契機，未來更可串連大臺中山手線，並與興建中的捷運綠線形成十字路網，建構大臺中地區的整體軌道網絡的基本架構。

由於捷運藍線尚屬規劃階段，而捷運綠線相關工程已如火如荼展開，並期待 107 年底進行試運轉，109 年底全線通車。因此市府透過捷運綠線目前進行的工程經驗，提出較具特色的施作模式作為分享與回饋，供諸位先進指正。

一、前言

臺中市於 99 年 12 月 25 日升格為直轄市，面積為 2,214.9 平方公里，為六都中面積第二大城市，人口約 279.5 萬人 (107 年 6 月底)，亦為全國人口第二多之直轄市。由於升格前資源分配多集中於原臺中市區，造成經濟發展及人口多集中於原市區之現象，因此升格後當務之急即為縮短城鄉差距，均衡區域整體城市發展，因此市府提出「大臺中 123」作為的都市發展政策，即 1 條山手線，連結臺中特有的山線與海線鐵路，建立大臺中環城鐵路；2 個國際海空港，規劃本市成為中部經濟自由城；3 個副都心，即市中心向外擴大，

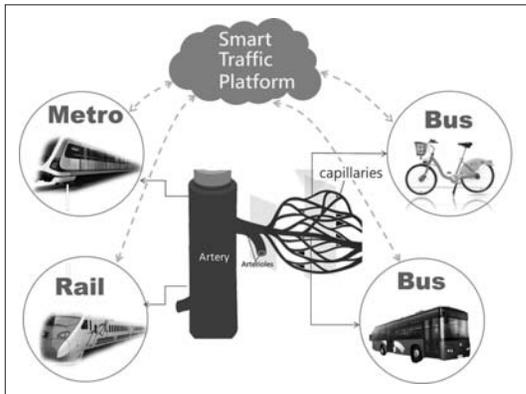


圖 1 複合式運輸系統 (MR.B&B)

做為交通整體政策方針，企圖以「Metro」捷運加上「Rail」鐵道做為骨幹，結合普及的「Bus」公車路網，搭配「Bike」公共自行車，再利用智慧交通技術強化彼此連結，如圖 1。讓複合式的大眾運輸網的建構以人為本，建立起安全方便以及綠色環保兼顧的運輸系統，並讓整個運輸網延伸到市民生活中的街頭巷尾。

二、大臺中區域發展願景

在縣市合併後臺中市以「大臺中 123」作為未來邁向「生活首都」的奠基工程，將打造 1 條山手線、2 大國際港、3 個副都心，透過良好的交通建設，帶動區域發展解決邊緣化問題，從交通、產業、居住等面向多管齊下，如圖 2。「1」為一條山手線，係透過既有之台鐵路網為基礎，輔以上環彩虹甲后線（后里至大甲）、下環微笑成追線（成功至追分雙軌化）及台鐵海線雙軌化等措施，將台鐵路網形成一個大環，並以大眾運輸發展為導向 (TOD)，串聯臺中市發展相對密集之區域；「2」為兩大國際海空港，本府將持續努力推動市港合作及港市合一，並創造海線新興產業區域，結合軌道運輸形塑完整生活圈，打造中臺灣國際門戶；「3」為三個副都心，臺中市未來除原市區與屯區外，將以 3 副都心作為平衡城鄉差距、集約發展之佈局：以臺中都心（以原市區整合大里、太平、霧峰）、豐原副都心（后里、豐原、潭子、大雅、神岡）、海線雙港副都心（清水、沙鹿、梧棲、龍井）及烏日副都心（烏日、大肚）等，藉由一條山手線（環狀鐵路）串起，打造便利生活圈。



圖 2 「大臺中 123」政策方針示意圖

分別以烏日高鐵副都心、海線雙港副都心及豐原山城副都心做為重點發展區，全面打造山海屯共榮生活圈。

在「大臺中 123」整體空間架構下，市府團隊研提 MR.B&B 的複合式交通運輸系統



三、臺中市軌道運輸路網整體規劃

捷運與鐵道建設是複合式交通運輸系統(MR.B&B)中的骨幹，不僅是未來臺中大眾運輸路網最重要的一環，也是帶動都市及區域均衡發展的重要關鍵。因此，臺中軌道整體規劃同時考量臺中市各區重大建設計畫、社會經濟發展以及人口旅次起訖調查，來進行未來運輸需求預測，發現未來旅運需求將以沙鹿海線地區、大里霧峰地區、烏日彰化地區、台中都心地區及豐原潭子地區等五核心為主體，作緊密串連，相關旅次起訖分布，如圖3。

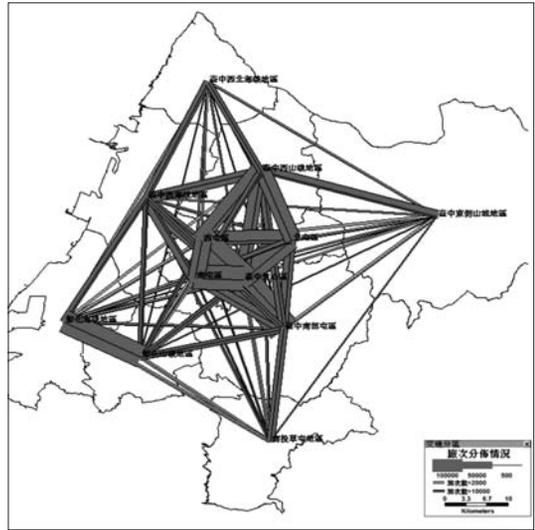


圖3 旅次需求分布圖

為符合未來運輸需求及區域均衡發展，並配合現有規劃中的捷運路廊，分析出山、海、屯區串聯台中都心不同軸線之軌道路廊網，分別為「大台中火車站-東海-沙鹿-台中港」、「大台中火車站-北屯-潭子-豐原」、「大台中火車站-大慶-烏日」、「大台中火車站-水湳-中科-台中國際機場-沙鹿-臺中港」、「大台中火車站-大里-霧峰」、「大台中火車站-太平-大坑」、「大里-太平-霧峰」、「豐原-神岡-大雅-西屯」等八大運輸軸線，如圖4。

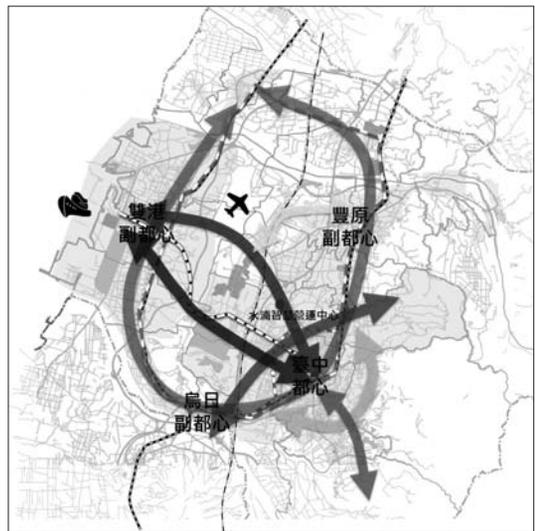


圖4 旅運軸線示意圖

目前旅運軸線上除了臺中都會區鐵路高架捷運化計畫將於107年底完工通車外，大臺中山手線環城鐵路、捷運藍線及捷運綠線延伸彰化等，也已納入行政院前瞻基礎建設計畫；在捷運建設部分，身為中部地區第一條捷運的臺中捷運綠線目前工程進度已達77.12%(107年4月底)，穩定朝109年全線通車目標邁進，捷運藍線也已獲得行政院支持，預計今年啟動綜合規劃作業，而捷運綠

線延伸大坑及彰化段、雙港捷運、屯區捷運也已展開可行性研究規劃，中部地區軌道運輸路網已然成形，值得期待。

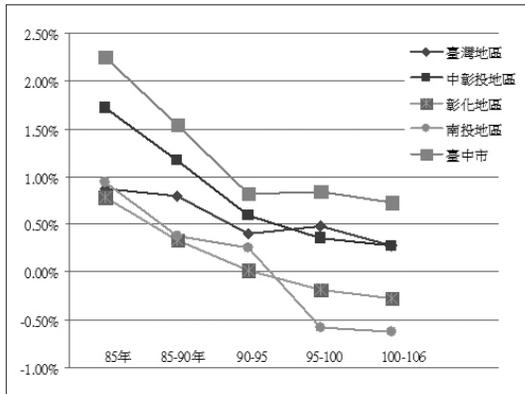


圖 5 臺中都會區人口成長率變化圖



圖 6 捷運藍線沿線 500 公尺服務人口圖

四、臺中捷運藍線沿線人口及大眾運輸現況分析

(一) 人口分析

1. 人口成長現況

臺中都會區為中部區域發展之精華地帶，人口成長快速，臺灣地區從民國 95 ~ 106 年間，人口增加約 78 萬人，平均年成長率為 0.29%；而臺中市即增加 21.02 萬人，平均年成長率為 0.68%，可知臺中市人口成長率較全國成長率為高。而就人口成長狀況而

言，臺灣地區人口成長趨緩，然臺中市人口成長趨勢則相對穩定，如圖 5。

另以本都會區 49 鄉鎮區近年人口成長率，成長率較為快速的城鎮分別為西屯區 (1.42%)、南屯區 (1.30%) 及北屯區 (1.28%)，本都會區內各地區之人口成長因都市化程度不同而有差異，聚落與人口的分布亦不平均。

2. 沿線人口分布

本捷運路線沿線人口分布，如圖 6 所示，以本捷運路線未來路線為軸心，左右各涵蓋 500 公尺時，全線將可服務約 22.6 萬人，尤其以東段 (東海大學~臺糖園區)，此段將可服務達 19.0 萬人；若以沿線範圍左右各 1,000 公尺，全線將可服務 41.3 萬人，亦以東海大學~臺糖園區站間服務人數最多，達 34.9 萬人。

(二) 沿線產業人口分析

中彰投都會區二、三級及業人口預估至民國 130 年成長總量約為 76.6 萬及 90.9 萬人，如表 1 所示，年平均成長率則因人口成長幅度逐漸下降，民國 102-130 年之二、三級及業人口成長率分別為 -0.24% 及 0.01%，顯示本都會區產業結構之及業人口變化有往三級產業偏移之現象，如表 1。

捷運藍線路線沿線為軸心向外延伸 500 公尺範圍之及業人口統計預測 (如表 2) 與臺中市整體分析比較。110 年至 120 年藍線沿線二級產業人口年均成長為 0.53% 高於全市平均 0.03%；三級產業人口部分，藍線沿線年均成長為 0.79% 高於全市平均 0.4%。120 年至 130 年藍線沿線二級產業人口年均成長為



表 1 中彰投都會區產業人口預測彙整表

產業人數						
年期	110年		120年		130年	
產業別	二級及業	三級及業	二級及業	三級及業	二級及業	三級及業
臺中市	511,071	627,814	512,483	653,679	504,914	659,916
彰化地區	224,879	203,925	230,435	216,989	221,442	212,422
南投地區	37,979	35,520	41,914	36,974	40,176	36,663
中彰投都會區	773,929	867,259	784,832	907,642	766,532	909,001
年均成長率						
產業別	二級及業	三級及業	二級及業	三級及業	二級及業	三級及業
臺中市	0.61%	0.82%	0.03%	0.40%	-0.15%	0.10%
彰化地區	0.02%	0.93%	0.24%	0.62%	-0.40%	-0.21%
南投地區	0.75%	0.93%	0.99%	0.40%	-0.42%	-0.08%
中彰投都會區	0.44%	0.85%	0.14%	0.46%	-0.24%	0.01%

表 2 藍線沿線 500 公尺及業人口預測值

預測資料	單位	110年	120年	130年	年均成長率	
					110~120	120~130
人口		250.1	263.3	272.6	0.52%	0.35%
及業	二級及業	41.4	43.6	50.1	0.53%	1.49%
人口	三級及業	101.2	109.2	119.0	0.79%	0.89%

1.49% 高於全市平均 -0.15%；三級產業人口部分，藍線沿線年均成長為 0.89% 高於全市平均 0.1%。以臺中發展來看，臺灣大道沿線產業十分發達，也影響中長期的人口分佈與產業發展。

(三) 大眾運輸現況分析

臺中捷運藍線以臺灣大道為主要行駛路線，服務沿線公車路線共 32 條，其中包含 11 條優化公車路線、A2 機場快捷公車、20 條一般市區公車路線。

優化公車為路線 300 號至路線 310 號公車，共 11 條路線。優化公車主要行經臺灣大道且總行駛班次倍增，平均每日載客數最多

之路線為 304 號公車，發車時間為尖峰 5-15 分鐘 / 離峰 10-30 分鐘，每日尖峰一小時雙向班次約為 8 班；而發車間距最短之路線為 300 號公車，由臺中客運、統聯客運、巨業客運聯合營運，全線行經臺灣大道，發車時間為尖峰 4-8 分鐘 / 離峰 9-10 分鐘，每日尖峰一小時雙向班次約為 15 班。優化公車以外之一般公車路線，以路線 73 號公車之平均每日載客數最多，其發車時間為尖峰 5-10 分鐘 / 離峰 15-25 分鐘，每日尖峰一小時雙向班次約為 12 班。由此可知，主要行經臺灣大道之優化公車皆具有多載客數，與捷運藍線具有相同客源。

而優化公車專用道不僅解決了慢車道擁

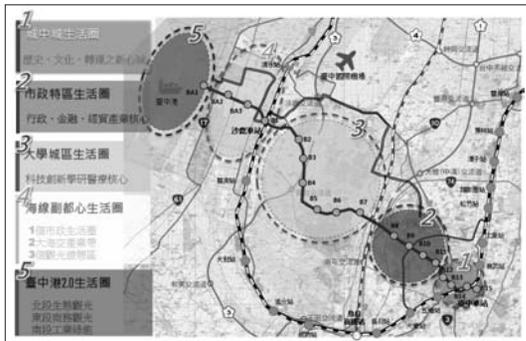


圖 7 沿線 5 大生活圈示意圖

塞的問題，也將路線數提升至 11 條，同時班次及載運人次也跟著成長 30% 以上。107 年已從原來 426 班公車行駛專用道提升到 1,212 班，整體的績效提升了 20%，搭乘人數也從每日 5 萬人提升到 8 萬多人，有效地讓民眾養成搭乘公共運輸的習慣，落實捷運藍線運量培養計畫及營運配套措施，以充實未來之運量及收益，使得臺中捷運系統得以永續經營。

四、臺中捷運藍線規劃

捷運藍線路線規劃西起臺中港，行經臺灣大道，經沙鹿車站、市政府至臺中大車站，串聯雙港副都心及臺中都會區，全線設有 18 處車站，高架段設有 9 處車站、地下段設有 9 處車站，並在沙鹿火車站、臺中火車站及臺灣大道與文心路口分別與台鐵山海線及捷運綠線形成共站，工程長度約 26.2 公里。

經「大臺中 123」及「臺中市區域計畫」指認，原臺中市為中部都會核心，與海線副都心之間以大肚山科技走廊相隔，透過捷運藍線可將其串聯，除提升市民生活品質外，

亦將改變臺中城市的運作，進而帶動中部區域發展。

(一) 串連五大生活圈

捷運藍線捷運貫穿臺中東西部，聯結新、舊市政中心與海線副都心，就如同臺北捷運板南線串聯雙北市政中心及南港東區門戶地區一般，除平衡區域發展外，便捷的生活圈更有望帶動沿線蓬勃發展。就都市發展面向而言，捷運藍線位屬臺中市發展重要軸帶臺灣大道，無論從歷史或都市發展演變，臺灣大道均扮演重要角色，從藍線 B15 至 BA1 站依其都市發展結構及地區發展願景，共可分為 5 大生活圈，如圖 7。分別為城中城生活圈、市政特區生活圈、大學城區生活圈、海線副都心生活圈、臺中港 2.0 生活圈等，透過捷運藍線形塑串連「山、海、屯、都」生活與聯繫命脈之弓型路線，展望臺中旭日東昇發展新氣象。

1. 城中城生活圈

結合歷史、文化、轉運之新心城，包括大車站計畫、綠川水岸及柳川營造、綠空計畫、文化再生等計畫，未來與藍線結合將可提供中區經濟廊帶復甦。

2. 市政特區生活圈

結合行政、金融、經貿產業核心，包括水滴智慧城、第二行政園區等，未來藍線將可擴大建設效益展望大臺中新願景。

3. 大學城區生活圈

結合科技創新學研醫療核心，包括大肚山創新研發軸線、科技工業走廊、東海、弘光、靜宜等大學，未來與藍線結合加速推動



創新研發聚落及中臺灣產業轉型。

4. 海線副都心生活圈

串連 1 個市政生活圈、2 大空產業帶、3 個觀光遊憩區，包括市鎮中心商業區發展、沙鹿車站生活圈、社會住宅、臺中國際機場門戶、大安、高美濱海遊憩、大肚山自然遊憩等，未來與藍線連結將打造交通便捷的宜居生活環境。

5. 臺中港 2.0 生活圈

發展北段生態觀光、東段商務觀光、南段工業綠能，包括三井 OUTLET、門戶行政核心、高美濕地至梧棲漁港整體發展、遊艇碼頭、臨海路以西農業區轉型活化、臨港路周邊商業發展軸帶，未來透過藍線連結發展臨港產業、總部經濟及國際觀光旅遊。

(二) 初步定線規劃

捷運藍線路線全長約 26.2 公里，依 4 個區段進行初步定線規劃，如圖 8。

1. 臺中港至沙鹿區

本路段西起臺中港以高架型式沿臺灣大道向東行進，待穿越文華街 194 巷後開始下地，並於民和路正式轉為地下型式，接著南沿中華路一段再轉東，沿青年路銜接沙鹿轉運站與沙鹿火車站，路段長度約 4.9 公里。

2. 沙鹿區至東海大學

本路段西起沙鹿區火車站以地下型式左轉穿越台鐵後，銜接鎮南路二段，於過光華路後左轉穿越沙鹿公園，在中山路前右彎銜接臺灣大道七段向東南延伸經靜宜大學及弘光科技大學後跨越國道 3 號至東大路，路段

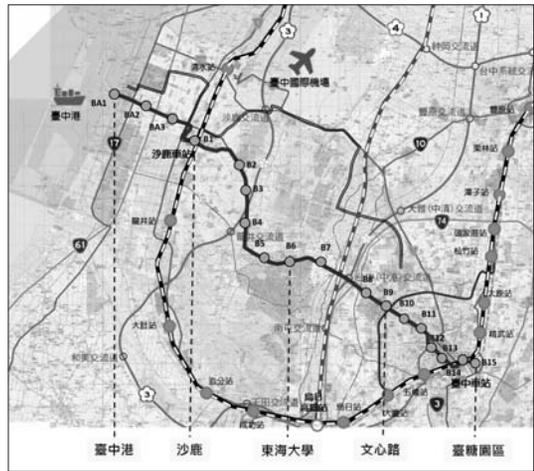


圖 8 初步定線規劃

長度約 9.6 公里。全段除臺灣大道上採用高架型式其餘為地下型式。

3. 東海大學至文心路

本路段起自臺灣大道東大路口，以高架型式沿臺灣大道東行，至福安路及安和路間進入地下段，穿越高速鐵路、東海橋、中山高速公路、中彰快速公路及光明陸橋後至文心路，路段長度約 5.5 公里。本路段行經道路為臺灣大道，計畫寬度介於 50 至 60 公尺，主要橫交道路包含東大路、安和路、環中路、黎明路、河南路及文心路，規劃路線兩側禁建範圍皆在計畫道路範圍內。

4. 文心路至臺糖園區站

本路段起自文心路，以地下型式沿臺灣大道東行，經忠明南路後右轉民權路至建國路，經台鐵臺中車站後端點止於台糖園區站，路段長度約 6.2 公里。捷運路線於民權路上路口及民權路轉建國路處佈設 160 公尺之曲率半徑，將地下穿越部分私地，穿越長度



圖 9 固定式岔心 (Fixed Nose Crossing)



圖 10 可動式岔心 (Swing Nose Crossing)

共約 110 公尺，穿越面積約 1,400 平方公尺，包含鋼筋混凝土造建物 12 層 5 棟、8 層 4 棟、7 層 5 棟、5 層 1 棟及 2 層 6 棟。本路段全段採地下型式，行經道路之計畫寬度介於 25 至 60 公尺，除前述地下穿越路段外，捷運兩側禁建範圍皆在計畫道路範圍內。

五、延續捷運工程經驗與設計理念

由於臺中捷運藍線尚屬可行性研究階段，預計 107 年行政院核定後即可展開綜合規劃作業，而捷運綠線已於 98 年開始動工，預計 107 年底開始試運轉，109 年底全線通

車，期未來可累積捷運綠線工程施作之相關經驗，做為提供後續施工參考外，並能延續設計理念。

臺中捷運綠線全長 16.71 公里，高架段 15.94 公里、地面段 0.77 公里；全線設高架車站十六座 (G3 ~ G16 站)、地面車站兩座 (G0、G17 站)，共十八座車站，並於松竹路一段北側、旱溪西路三段西側設置具五級維修功能之北屯機廠一座。其工程施作較為特殊可供參考之特色，包括：

(一) 可動式岔心

臺中捷運綠線位於人口密集、工商活動頻繁之都心區域，沿線交通路網密集，以高架捷運系統列車通過道岔時造成的聲響，對周邊民眾有持續性的影響，不過，道岔系統是捷運系統運轉調度的必要運作設施，如何有效降低列車通過道岔產生的噪音，是所有捷運系統的重要課題。

為降低捷運電聯車行駛產生的噪音，捷運綠線高架段沿線除設有隔音牆外，軌道兩側也增設吸音板，軌道工程施作採用「連續長焊鋼軌」，以有效減震、提升乘坐舒適度，也首度將「可動式岔心」納入捷運軌道工程，進一步減低車輪通過岔心時的衝擊與噪音。

以圖 9 固定式岔心設計的道岔 [1]，因其道岔設計產生軌距線不連續段，使鋼輪通過此不連續線時造成震動與噪音。而道岔使用圖 10 可動式岔心，利用可移動的岔心組件，如可動式鼻軌 (Swing Nose) 或可動式翼軌 (Moveable Wing)，經轉轍器推動岔心靠合左翼軌或右翼軌，使道岔處軌距線不造成中斷。



目前臺灣初次使用於高速鐵路系統，因高鐵列車速度快、道岔距離較長，規劃採用可動式岔心來降低列車高速通過岔心所產生的碰撞、噪音，並可減少道岔受損機會。

臺中捷運綠線使用的可動式岔心已有 20 年實績，因此引用至臺中捷運系統，惟可動式岔心應用於捷運系統為初次使用，並屬機電標下工程，其與土建標工程之發包與執行程序為能完善結合，在各施工內容與項目之整合落差，可作為後續捷運路網建設之經驗。

(二) 通訊式列車控制技術 (CBTC)

捷運綠線採用目前軌道運輸最先進的通訊式列車控制技術 (CBTC)，讓電聯車行進時，藉由無線通訊方式依預定班表行進及停靠，並利用軌道信標自動定位座標系統，將電聯車控制於移動式閉塞區間，維持安全的行車間距，形成移動式保護網，另透過智慧化控制管理，更可縮短出車班距，提供市民更安全及便利的軌道運輸服務。

通訊式列車控制系統也稱為移動閉塞信號系統，依據電機電子工程師學會定義為「連續、獨立於軌道電路、利用高解析列車位置判定的列車自動控制系統；連續、大容量、雙向的列車對路端數據通訊；並且裝載於列車和路端的處理器有能力嵌入列車自動保護 (ATP) 功能，和非必須的列車自動運行 (ATO) 與列車自動監督 (ATS) 功能 [2]」，設備是由列車與軌道旁的自動列車控制系統、自動列車監視系統、電腦聯鎖系統與資料通訊系統組成。

全臺灣首次採用通訊式列車控制 CBTC 之捷運系統為臺北捷運文湖線，而臺中捷運

綠線是第 2 條採用通訊式列車控制的捷運系統，全車採全自動無人駕駛，行駛過程是透過行控中心與車輛通訊、車輛與車站通訊、車站與行控中心通訊等 3 方即時通訊傳輸，以有效地縮短列車間距、提升服務品質，並可減少道旁設備，有利安裝施作及減少維護成本，旅客於軌道之緊急疏散亦較容易 [3]。未來期持續累積相關經驗，接軌國際通訊控制技術潮流。

(三) 車箱內裝設計連結車站建築理念

臺中捷運綠線為降低高架車站對周邊景觀衝擊，以「輕、簡、透」之概念設計各站外觀 [7]。而列車車箱內裝也連貫外觀理念採輕簡設計，座椅以粉綠色結合粉紅色，象徵城市的活力與溫暖。

臺中捷運綠線全線 18 車站採高架型式，有整體工程造价相對較低、建設期程較短的優勢，但對於周邊環境視覺上之影響較大，故輕、簡、透做為車站站體設計原則。包含輕巧美觀的量體結構、簡潔明外的外觀與通透寬敞的空間視野貫穿沿線車站設計。

為體現臺中物質與文化上持續豐富的內涵，及臺中捷運的出生，顏色以綠芽做為代表，座椅為粉綠、粉紅，並以光亮處理座椅表面，強化其輕巧活力的象徵。內裝的硬體線條簡要的以曲線與區面軟化平面與直線交會的生硬，以拱型扶手與屏風創造萌芽景象，車門入口天花板以 S 型規劃水平扶手，以平順圖像做為銜接車箱的出與入 [4]，如圖 11。整體車箱即由輕巧、簡明展現新生命的成長能量與美麗。



圖 11 臺中捷運綠線電聯車內部設計圖



圖 12 臺中捷運綠線電聯車車箱勘查

六、未來展望

臺中市已躍居全國第二大都市，也是中臺灣區域發展的領頭羊，軌道建設更是串連起中部區域均衡發展的重要關鍵。因此，市府規劃大臺中山手線連結山海屯區，苗栗海線地區也透過台鐵路網快速連結臺中都心，市府也陸續規劃捷運路網延伸彰化、南投，讓中彰投苗 540 萬人口透過便捷安全的軌道路網，促進經濟與觀光的繁榮發展。展望未來，短期目標將是積極爭取中央核定大臺中山手線、捷運藍線以及綠線延伸段，建構環狀以及十字的軌道路網，長期目標將持續投入規劃，建構中臺灣的整體軌道路網，便捷

中部地區的交通，帶動都市發展，促進經濟繁榮。

參考文獻

1. 鄭國雄、魏道佳、根成，「臺北捷運軌道工程發展過程中的器具」，捷運技術半年刊，第 37 期，第 129 頁至第 148 頁，2007。
2. IEEE Standard for CBTC Performance and Functional Requirements (1474.1-1999). IEEE Rail Transit Vehicle Interface Standards Committee of the IEEE Vehicular Technology Society, 1999. Accessed January 2011.
3. 劉秋樑、蕭永豐，「臺北捷運機電系統精進軌跡尋蹤機電規設之蛻變、創新與成長」，捷運技術半年刊，第 48 期，第 129 頁至第 156 頁，2014。
4. 川崎重工業株式會社、法商阿爾斯通運輸股份有限公司、中鼎工程股份有限公司，「機電系統工程、自動收費系統工程 CJ900/CJ907 標 - 概念設計車輛內裝」，臺中都會區捷運系統工程烏日文心北屯線，2014，5 月。
5. 洪詠傑、張思、梁志全、劉安德、陳俊宏，「臺中捷運軌道工程可動式岔心施工探討」，臺中捷運烏日文心北屯線成果發表 - 規劃設計施工，2017，6 月。
6. 臺中市政府，「臺中市區域計畫」，2017，12 月。
7. 陳俊宏、李立渠，「臺中捷運綠線之特色與施工創新」，土木水利，第 45 卷，第 1 期，第 87 頁至第 94 頁，2018，2 月。
8. 臺中市政府交通局，「臺中都會區大眾捷運系統藍線可行性研究」，2018，5 月。



全線無架空線輕軌系統之營運特性

高雄市政府捷運工程局總工程司 / 施嫩嫩
高雄市政府捷運工程局系統工程科股長 / 廖俊榮
高雄市政府捷運工程局綜合規劃科副工程司 / 黃世明

摘要

高雄環狀輕軌建設，提昇高雄地區民眾使用大眾運輸習慣，使紅、橘兩線捷運系統充分發揮效益，強化大眾運輸系統整體路網及接駁運輸服務，促進市區整體都市發展，配合台鐵高雄港站及臨港線沿線鐵路用地跨區更新計畫，建構完整市區交通網絡。

高雄環狀輕軌平均站間距離約 614 公尺，主要行駛人口集中核心區，採平面興建，平均營運速率約 17-20 公里 / 小時；在高齡化時代的到來，無障礙空間需求殷切需求下，參考國際趨勢，引進現代化、友善、便利、100% 低地板車輛、車輛地板與月台同高、車廂內平順無階梯，提供無障礙乘車空間，方便年長者、孕婦、小孩及行動不便乘客上下車之輕軌運具。

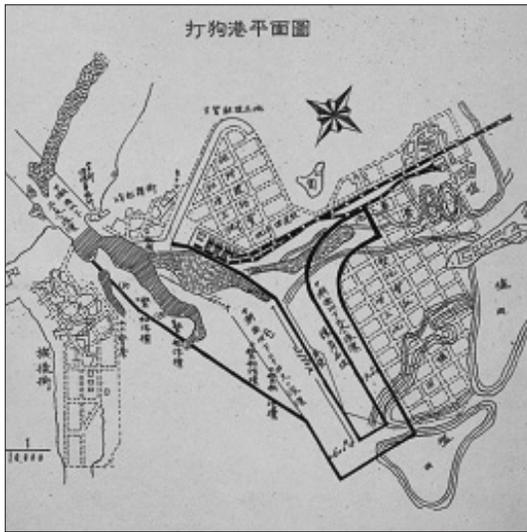
高雄環狀輕軌系統建置，採用 100% 低地板車廂、無架空線供電系統、優先號誌系

統、節能減碳等作為，掌握符合目前輕軌硬體發展的世界潮流趨勢，以充分發揮輕軌系統的優勢。

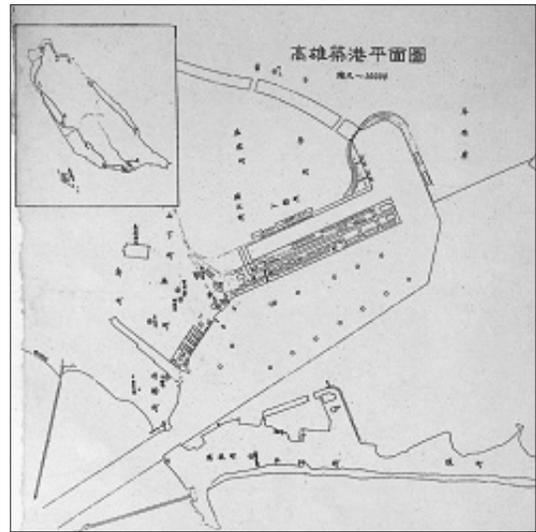
自我供電系統 (Acumulador de Carga Rápida, ACR 系統) 為裝設在列車上之裝置，該系統包括 2 組電力儲存模組箱，可使輕軌列車增加 2 項功能：增加再生電力、使列車行駛於無架空線路段。

每一候車站均設置一套設備模組 - 快速充電電源供應系統 (SCSE)，於列車抵達車站時，對列車之車載儲能系統充電，並於列車離站時停止通電，俾列車利用超級電容所儲存之能量從一車站駛往下一車站，無須傳統的架空線。

智慧能源管理系統，因為全程無架空線，僅靠列車停站時間充電，有限的電力容量，必須做最佳化的使用。依照列車到站距離、監控電能存量，調節車上電力負載如空調設



高雄港平面圖，1912 年



高雄港平面圖，1912 年

資料來源：高雄港紀事，高雄市立中正文化中心，民國 85 年

圖 1 西元 1912 與 1938 年間之高雄市臨港線鐵路

備等，進行智慧管理能源。

高雄輕軌為平面、開放式之捷運系統，由司機員目視駕駛，雖規劃路口優先號誌，然道路交通狀況瞬息萬變，行駛時仍須隨時注意用路人、汽機車的交通行為，因平面道路狀況因素，對輕軌營運是大挑戰。

友善、親和、便利的高雄環狀輕軌，塑造城市新印象，為都市移動的地標，改造都市空間，一個讓都市居民不分年齡層都可以出得了門的運具，一個親近「人」的交通工具，「綠色運具－高雄輕軌」啟動人與都市的對話，漫遊高雄，感動最深。

一、前言

西元 1898 年，台灣總督府鐵道部開始鋪

設打狗（今之鼓山南區）至台南、打狗至九曲堂間之鐵路工程以及打狗哨船頭間的輕便鐵，開始了台灣鐵路西部幹線的高雄支線，從此打狗逐漸蛻變成高雄大都會區，成為台灣南部第一座現代化都會。

1900 年 12 月 29 日，打狗驛（高雄驛、現高雄港站）通車，1930 年從哈瑪星延伸至鹽埕區及苓雅寮，為現今的臨港西線，如圖 1 所示。

1941 年，為配合高雄 40 萬人口之都市計畫目標，於大港莊新建現代化鋼筋水泥之新式車站－今之高雄車站，同時新築鐵路環繞市區，此即現今之高雄第一臨港線東段路線，至此形成環繞高雄市主要中心區之臨港線鐵路，如圖 2 所示。



一直以來，隨著小汽車無限制發展，對都市地區所帶來之空氣污染、交通壅塞、環境惡化等問題，迫使重新思考發展軌道運輸系統對都市環境的重要性。

藉著臨港線鐵路之貨運功能逐漸式微，臨港線鐵路廊帶改以輕軌運輸系統，一方面去除現有圍籬所導致空間之阻隔及景觀之破壞，一方面促進沿線地區都市再發展。

綠色運具「輕軌」，具有快速、舒適、無污染、低噪音、能源消耗少等特性，結合高雄臨港輕軌釋出之路廊，成為都市移動地標，創造人與都市間對話，為漫遊都市街景、啟動新生活的首選。

二、無架空線輕軌系統之介紹

輕軌系統之牽引動力集電方式一般採用傳統架空線傳輸方式，架空電線之電力傳輸方式可確保電力供應不中斷。電力線佈設必須距離地面至少 5.1 公尺以上之淨高，方不致對一般車輛或行人產生安全上之疑慮。而用來支撐架空電線之電桿柱，其間距一般介於 40 ~ 50 公尺。為提供輕軌車輛安全、有效率及連續不斷的運轉，電車線系統必須安裝維護簡易，且適合本地氣候條件如高溫、潮溼、地震、颱風及多雨等。然而，高雄環狀輕軌若採用架空電車線系統須考量鐵電桿與配件防蝕問題，尤其在水岸輕軌路段更須考量鹽害。配件與非鐵金屬之接觸點，應防止不同金屬之電蝕作用。

輕軌系統之設計，除考量安全耐用外，尚須注意造型美觀及避免對當地景觀環境衝

擊。高雄環狀輕軌為保留水岸段亞洲新灣區完整天際線以及顧及景觀環境，保留自大順一路 / 自由路至大順路二路 / 九如路全長約 3 km 長中央分隔島所種植之路樹（雨豆樹），引進創新集電技術作為高雄環狀輕軌捷運供電的系統架構。

國際上輕軌系統電聯車製造廠商約十幾家，惟投入無架空線供電系統研發製造廠商計有法國 Alstom Transport、義大利 Ansaldo-Breda、德國 Siemens、西班牙 CAF、加拿大 Bombardier 等，評估高雄環狀輕軌是否採用無架空線供電技術時，曾於 100 年 12 月 14、15 兩天邀請上述廠商介紹無架空線供電系統。亦於 101 年委請「高雄環狀輕軌捷運建設」基本設計顧問台灣世曦工程顧問股份有限公司提出牽引動力集電方式分析報告，從技術、營運、可用性及成本的角度，蒐集輕軌工程經驗審議各項技術，確認相關的替代集供電技術，可適用於高雄環狀輕軌建設計畫。

基本上，無架空線供電系統型式，分為兩大類，(1) 連續供電系統：用嵌埋式第三軌的技術連續提供列車行駛的電力，(2) 非連續供電系統：於車上設置能源儲存裝置以提供列車行駛的電力。

各家系統型式概述如下：

(一) 法國 Alstom

Alstom 公司研發之地面三軌供電方式稱為 APS，為將兩條金屬片嵌在一長條絕緣片上（稱為供電軌），平整鋪設於兩條鋼軌間，當列車行駛至該供電軌區域時，經由列車號

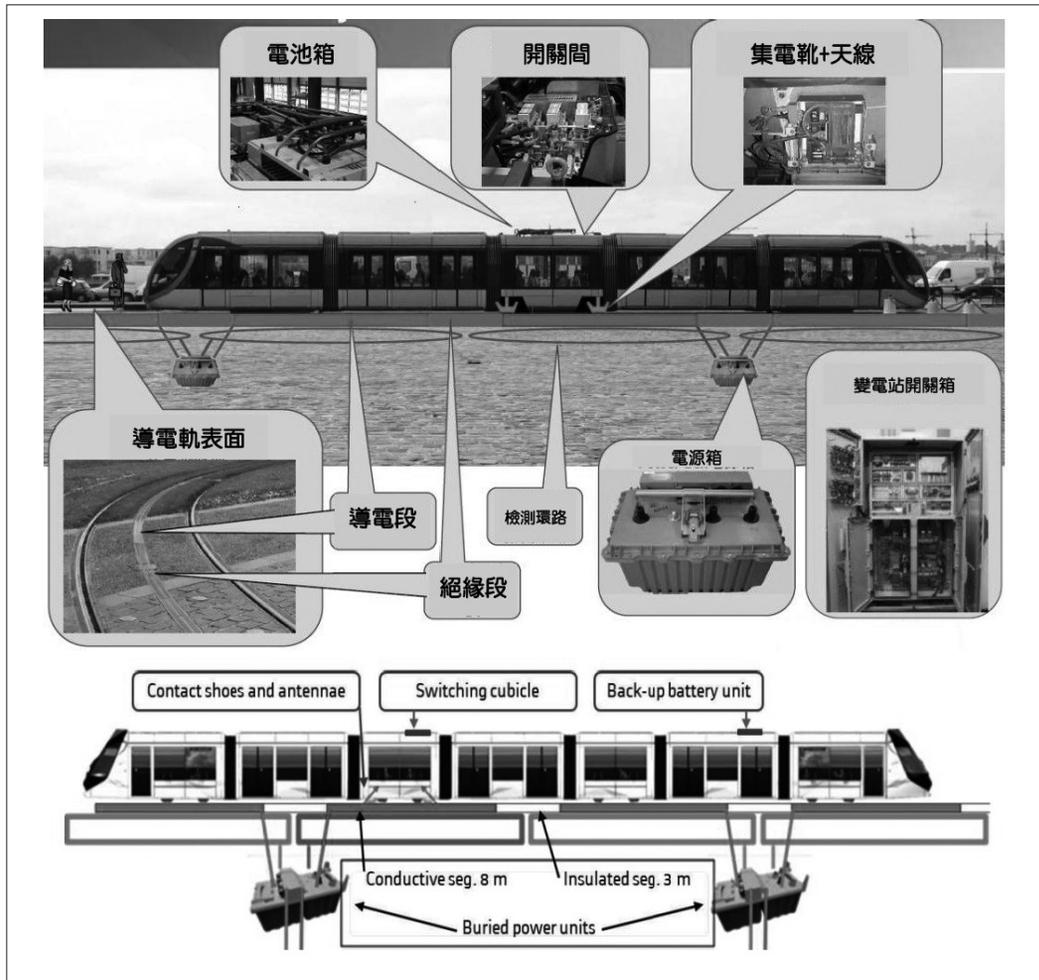


圖 3 APS 系統供電原理

誌感應線圈偵測並傳遞訊號給該區段的供電軌，此時列車下方的供電軌依訊號指示提供 750 伏特直流電源，而其他區段的供電軌則未帶電。為了避免供電系統故障導致列車喪失動力，列車上亦安裝備用電池，可供列車行駛 50 公尺距離的故障路段。

2000 年 APS 最先安裝在法國波爾多 (Bordeaux) 路面電車，除了波爾多之外，於

2011 年通車之法國 Reims 與 Angers 輕軌，以及 2013 年通車之法國 Tours 輕軌，其中部分路段亦採用 APS 無架空線供電系統。APS 無架空線技術為具有實際商業運轉實績中，行駛里程最多的供電技術。2014 年 11 月通車的杜拜輕軌系統，則是第一條全線採用 APS 無架空線供電技術的輕軌系統，APS 系統供電原理，如圖 3 所示。

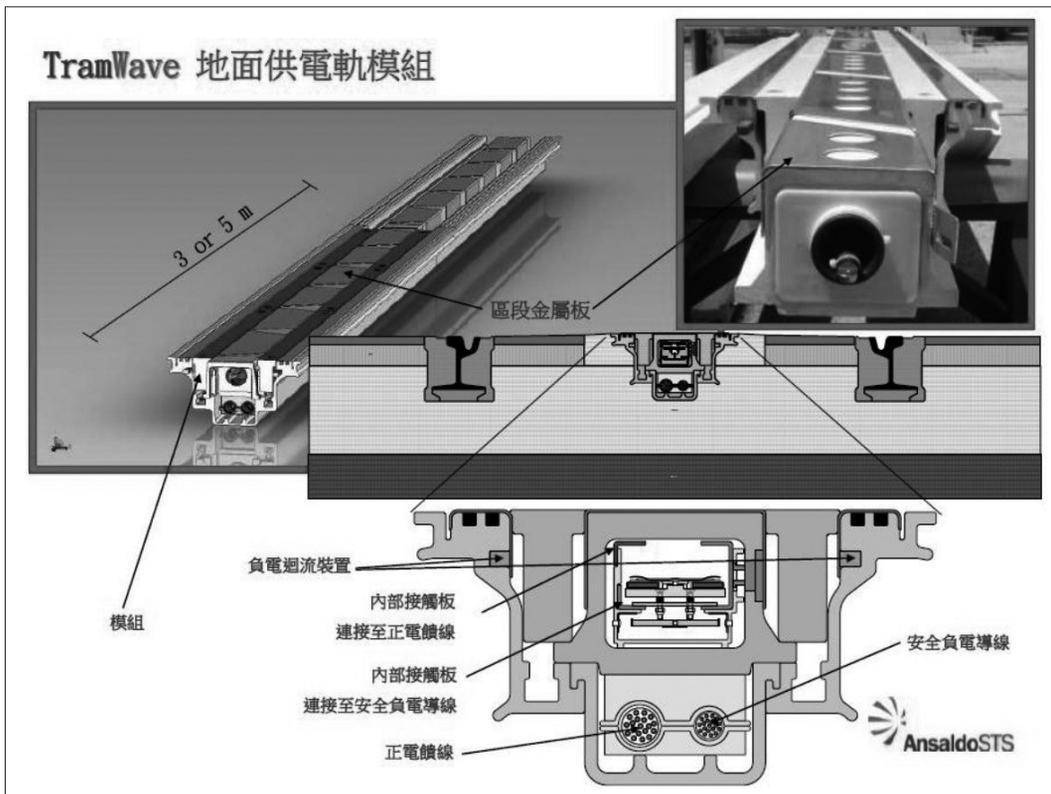


圖 4 TramWave 系統導電軌圖示

Alstom 公司亦積極發展超級電容供電技術，2009 年 STEEM 於巴黎 T3 線測試取得驗證，目前法國 Nice 輕軌系統採用此系統技術。

(二) 義大利 Ansaldo STS

Ansaldo 無架空線技術稱為 TramWave(創威供電系統)，係一接觸型激磁地面供電系統，地面供電軌是由連續的模組串接而成，每個模組依序排列數個 50cm 長之金屬板，各區段彼此隔離，僅當列車轉向架位於區段正上方時才會導電。

Ansaldo 公司 2011 年在義大利那不勒斯(Naples)裝有 600 公尺的測試軌道，其加減

速性能與一般電車線供電的系統無異，Tram Wave 系統導電軌圖示，如圖 4 所示。

(三) 加拿大 Bombardier

Bombardier 無架空線技術為 PRIMOVE (連續式感應供電系統)。該系統為一非接觸型電源供應轉換系統，利用感應原理，將變電設備鐵心、一次側與二次側線圈拆分，分裝於兩條鋼軌間與車上，當列車車底覆蓋軌道上的一次感應線圈時，經確認訊號無誤時，才能與車上二次感應線圈產生激磁，提供列車動力，電車牽引電力感應如圖 5 所示，Primove 系統供電架構，如圖 6 所示。

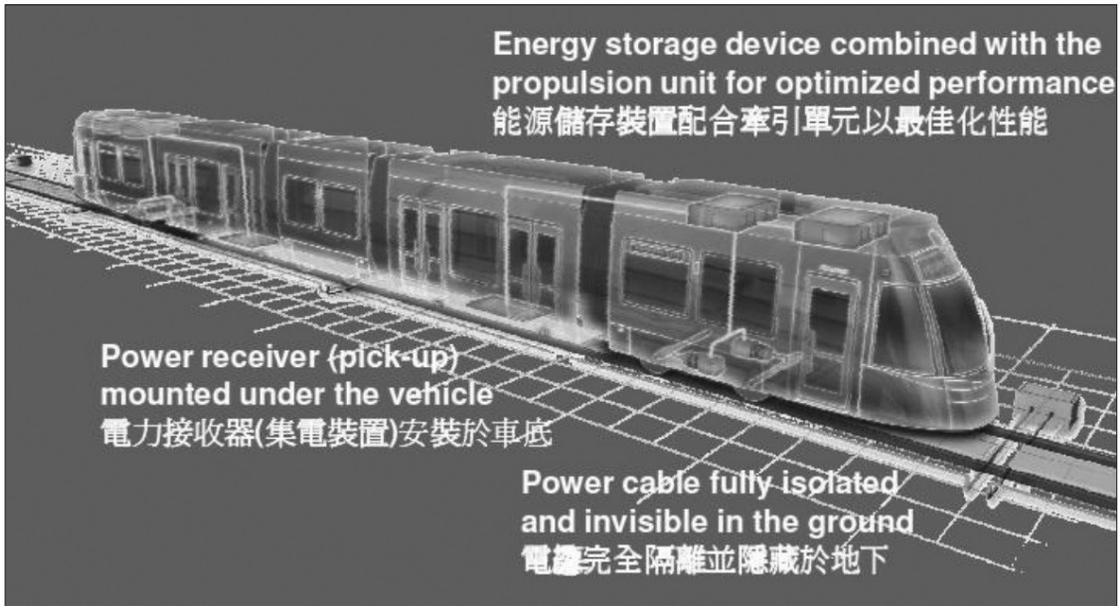


圖 5 電車牽引電力感應

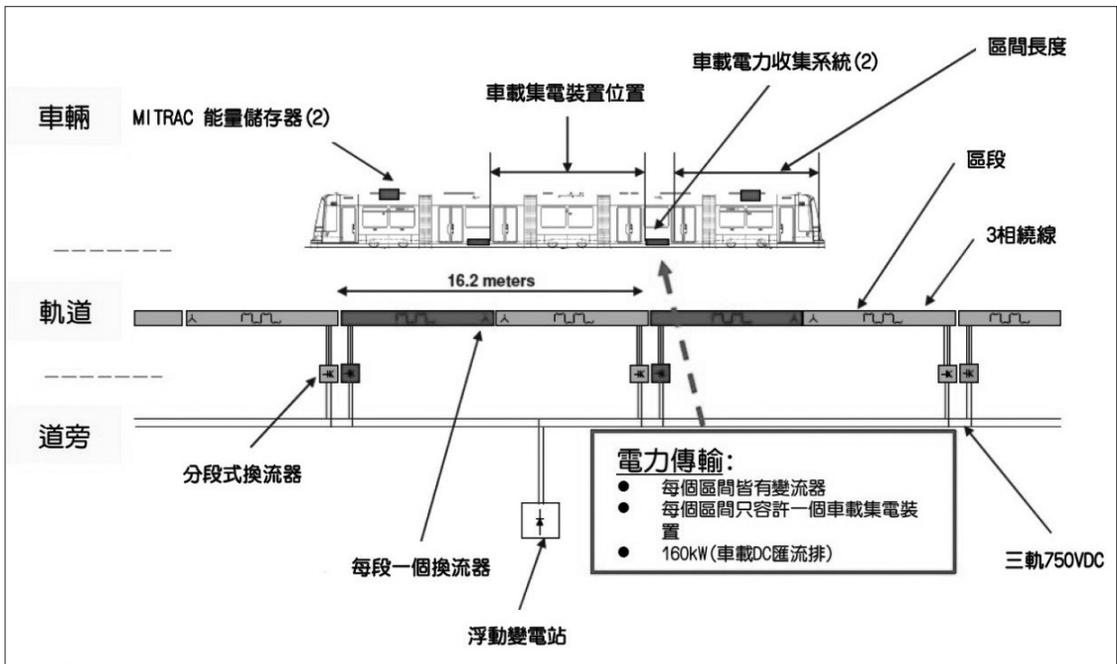


圖 6 Primove 系統供電架構

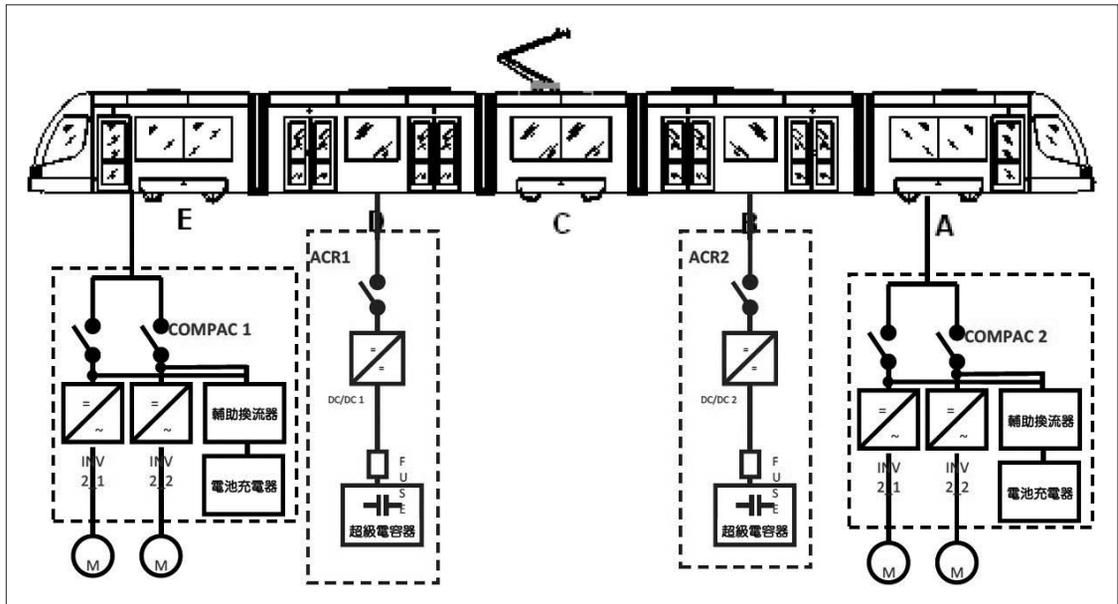


圖 7 ACR 系統供電原理

2010 年 Bombardier 在德國奧德斯堡 (Augsburg) 安裝 800 公尺長的測試路段，利用 Primove 供電技術提供電車動力，惟截至目前為止，仍無商業運轉的實績。

除此之外，Bombardier 亦投入較小容量超級電容研發 MITRAC，搭配 Primove 系統，作為系統失效時之備援電力。

(四) 西班牙 CAF

CAF 公司發展快速充電蓄電系統稱為 ACR，ACR 是一種以超級電容為基礎的車載能量儲存系統，每個 ACR 模組配置有超級電容及電池。這套系統可以對煞車產生的所有多餘能量進行重新利用，配備 ACR 系統的輕軌車在出發前需要將系統充滿電，牽引動力及輔助系統的電力都由 ACR 提供。當列車煞車時產生的動能可對安裝在車頂的 ACR 模塊

進行充電，ACR 系統供電原理，如圖 7 所示。

該系統於 2011 年應用於西班牙 Seville 的輕軌系統試驗。2013 年正式於 Zaragoza 輕軌系統部分路段運用。

(五) 德國 Siemens

西門子研發無架空線系統 "Non Visual Catenary (NVC) System" 是利用車上裝置 Sitras HES 混合式能量儲存系統 (結合超級電容與鎳氫蓄電池)，該能源系統可將煞車能源有效儲存再利用，可節省 30% 的能源消耗，Avenio 系統供電原理，如圖 8 所示。

本系統 2010 年於葡萄牙 Lisbon 測試，卡達 Doha 採用本技術建置全線無架空線輕軌系統，惟截至目前為止，尚無通車訊息。

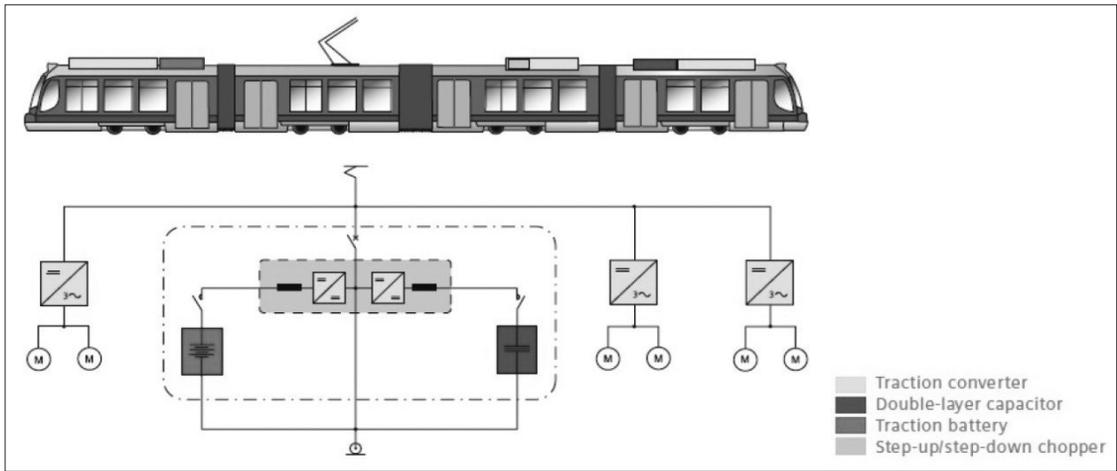


圖 8 Avenio 系統供電原理

(六) 採用何種無架空線方式營運

究竟採用何種無架空線方式營運，除涉及建造、營運及維修等成本外，亦涉及營運安全、系統可靠度、完工時程與未來路線相容性等因素。目前無架空線技術以車上裝置超級電容與蓄電池設備或地面三軌供電兩種方式均可適合高雄環狀輕軌優先路段採用之無架空線車輛供電技術。

在引進創新技術時，須評估可能發生最大風險是否能被管控。存在的風險，基本上可由四大類面向（安全性、可負擔性、可靠性、永續性）來評量。

1. 安全性 Safe

- 安全 Safety

2. 可負擔性 Affordable

- 建置成本 Capital Cost
- 營運維修成本 O&M Cost

3. 可靠性 Reliable

- 營運實績 Proven Reliability
- 性能限度 Performance

4. 永續性 Sustainable

- 專利技術 Proprietary
- 再生能源 Regenerative
- 發展成長性 Evolution

技術上，無架空線供電技術的選擇，與路線線形特性與限制條件具有強烈依賴性，包括幾何坡度、專有路權擁有優先等級等。正確選擇何種無架空線供電技術，主要關鍵考量因素在於，最大無架空線行駛路段長度，若以車載儲能系統與地面連續供電系統來作比較，前者系統技術受限更大。同樣地，若採用共享路權，預期將會增加輕軌列車行駛時間，這對於車載儲能系統亦是相當不利的。另外，列車行駛太大的坡度（超過 7%），不論採用何種無架空線供電技術均是一種艱困的挑戰。



若採用涉及特定專有技術之無架空線供電系統，將影響未來營運維修成本。地面連續供電系統，因安全考量，列車行駛佔據的路段才會通電，此一原則能確保現場的電源軌絕不會被行人所接觸，但使用特殊編碼與列車偵測技術，無庸置疑係為特定專利技術。另，雖然車載儲能系統市場技術較為普遍，相同地，考量月台候車乘客安全，充電電力來源，通常亦被要求在列車進站停妥時，車站充電軌才會送電，每家廠商仍有其獨特的設計，專利技術問題依舊無法避免。

就系統相容性、建造成本、可靠度、維修、施工時程及對環境影響等因素考量，似乎以車上裝置超級電容混合電池裝置較適合高雄環狀輕軌優先路段採用之無架空線供電方式。然而，高雄環狀輕軌統包工程第一階段招標，採開放態度，只要廠商提出之技術方案，(1) 該無架空線技術具有營運實績，或(2) 該無架空線技術已在既有營運線上通過系統綜合測試，經相關營運單位認證，或(3) 該無架空線技術需經具公信力之驗證單位提出證明文件建議該技術符合安全規定或建議該技術已達載客營運之條件，均可採用納入評比。

三、高雄之無架空線輕軌系統

高雄環狀輕軌系統建置，採用 100% 低地板車廂、無架空線供電系統、優先號誌系統、節能減碳等作為，掌握符合目前輕軌硬體發展的世界潮流趨勢，以充分發揮輕軌系統的優勢。

舊式輕軌車輛為高地板設計，月台高度

約 100 公分，乘客須踩階梯上月台進入車廂，上下車極不方便。如今技術進步，改變輕軌車輛地板的結構設計，由高地板演變為 70% 低地板，到今日 100% 低地板。100% 低地板車廂內平順無階梯，方便推嬰兒車乘客或行動不便乘客使用，創造友善、幸福城市，提升城市形象。高雄環狀輕軌車輛全車採用 100% 低地板設計，車內地板距離路面高度僅 35 公分，乘客可以從月台直接上車。

輕軌列車推進動力來源主要係電力，一般傳統架空線在安全上或景觀上造成疑慮，近年來輕軌技術發展日新月異，已發展採用無架空線方式供電設計，如前文所述，有地面軌連續供電方式或車載儲能設備超級電容於車站充電方式。為維護都市景觀，維持海洋都市廣闊碧藍天空，高雄環狀輕軌系統採無架空線方式提供電力予車輛行駛。

高雄環狀輕軌第一階段工程於 102 年 1 月順利完成評選，車輛由西班牙廠商 CAF 公司承造，屬 CAF 所發展 URBOS 3 系列低地板車輛，目前使用於全球各大都市。URBOS 3 採用車載儲能設備超級電容 + 電池無架空線技術，可搭配車輛使用再生煞車來回收電力供後續車輛行駛動力，在西班牙城市具實際營運實績，高雄則為亞洲第一條引進全線採無架空線供電之輕軌系統。

平面建造型式之高雄環狀輕軌系統，採隔離路權之 B 型路權型態，於交叉路口採用優先號誌通行，並整合平面道路交通號誌，讓輕軌車優先穿越路口，使其行駛不受其他地面交通干擾。交叉路口除提供輕軌優先外，同時設置警告燈號、警告音響、列車接近偵



測裝置，預先淨空路口，透過有效的號誌設計，降低輕軌系統引進後對路口的交通衝擊。

高雄環狀輕軌除高架路段外，皆為嵌埋式植草軌道，輕軌路廊範圍內，除了路口外，都會舖上透水的綠草地，較現有汽車行駛的柏油路面，更具環保、節能、減碳，與降低都市熱島效應的效益。

軌道工程採用彈性包覆材，將鋼軌兩側及底部進行支承及包覆，對於噪音及振動有良好的抑制效果（約可降低 8-12dBv）減少對沿線居民的影響。

高雄環狀輕軌系統為節能減碳綠色運輸系統，尤以引進全線無架空線供電系統、超級電容車載儲能技術，不僅全國首見，亞洲第一，更是領先世界各大城市輕軌系統，為一創新技術。概述如下：

（一）達成無架空線技術所需設備

自我供電系統（ACR 系統）為裝設在列車上之裝置。該系統包括 2 組電力儲存模組箱，可使傳統輕軌車輛增加 2 項功能：

- 可增加再生電力，因該系統可在煞車操作時回收並儲存列車之動能，如此可大幅提升車輛之能源效率，因煞車時動能轉換儲存之電力稍後可再被使用。
- 使列車能行駛於無架空線路段，此項功能可減少對市中心或古蹟區的視覺衝擊，並可使用於無法裝設架空線之區域。

自我供電系統之設計目的，能應付環狀輕軌路線中無架空線之路段，高雄環狀輕軌

所使用之設備包括 2 個 ACR 箱，每個箱包含數串超級電容模組及 1 套電池模組。

每列車 5 車廂的輕軌電車自我供電系統有 2 個 ACR 箱。使用於每個 ACR 設備中的儲能模組，基本上由兩個區塊組成，如圖 9 所示：

- 一個由數個超級電容串及電池構成的儲能模組。
- 一個 DC/DC 裝置和相關的電子控制裝置。

ACR 上所使用之儲能模組由超級電容及電池構成，如圖 10 所示。儲能模組依照超級電容及電池技術進行設計，用於高雄環狀輕軌之系統最大特色為，超級電容所儲存之容量（4.1kwh/ 模組箱）比其他類似系統高出很多（以 2012 年招標當時而言）。因此該系統可提供極高之動力能力，亦即具備更高之無架空線行駛性能，以及更強之煞車動能回收能力。

超級電容技術目前正在蓬勃發展，並使用於許多應用中。較之其他類似儲能系統（全使用電池），超級電容可提供更高之能量儲存密度以及特別強大之操作功率，讓車輛的行駛性能未因採用無架空線技術而有所折扣。

在無架空線供電區域，ACR 設備可以供應列車運行所需要的能量，由於 ACR 系統與集電弓為並聯，ACR 設備在有或無架空線運行時都有能力回收煞車能量。

超級電容器 / 電池模組無直接與架空線連接；因此，需設置 DC/DC 轉換器以控制超

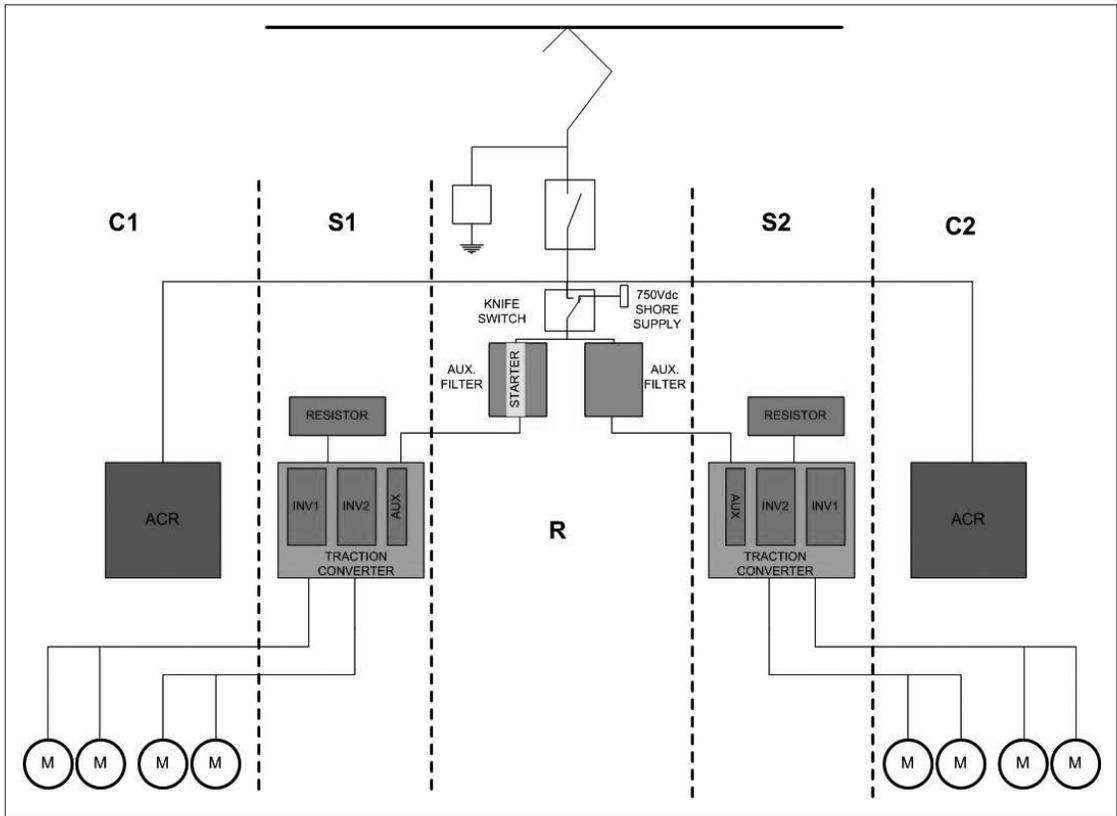


圖 9 列車電力架構圖

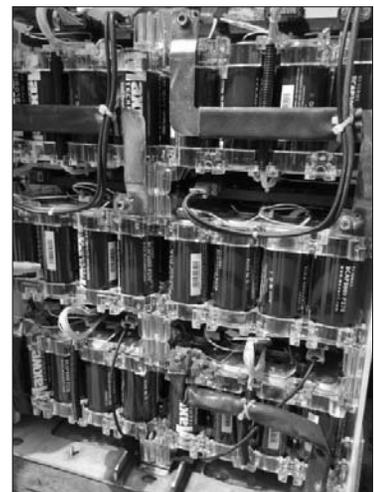
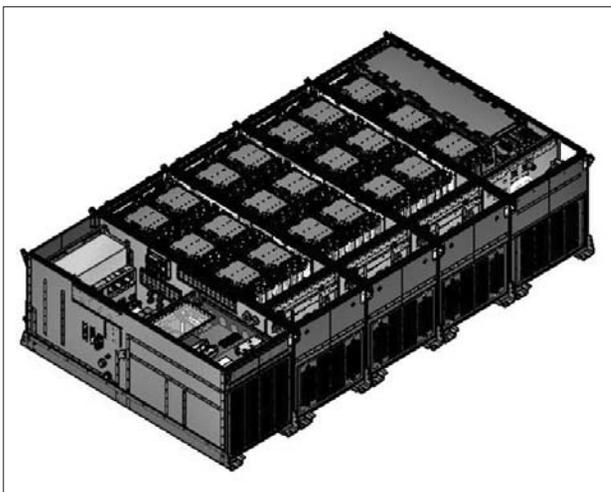


圖 10 ACR 超級電容及電池之儲能模組

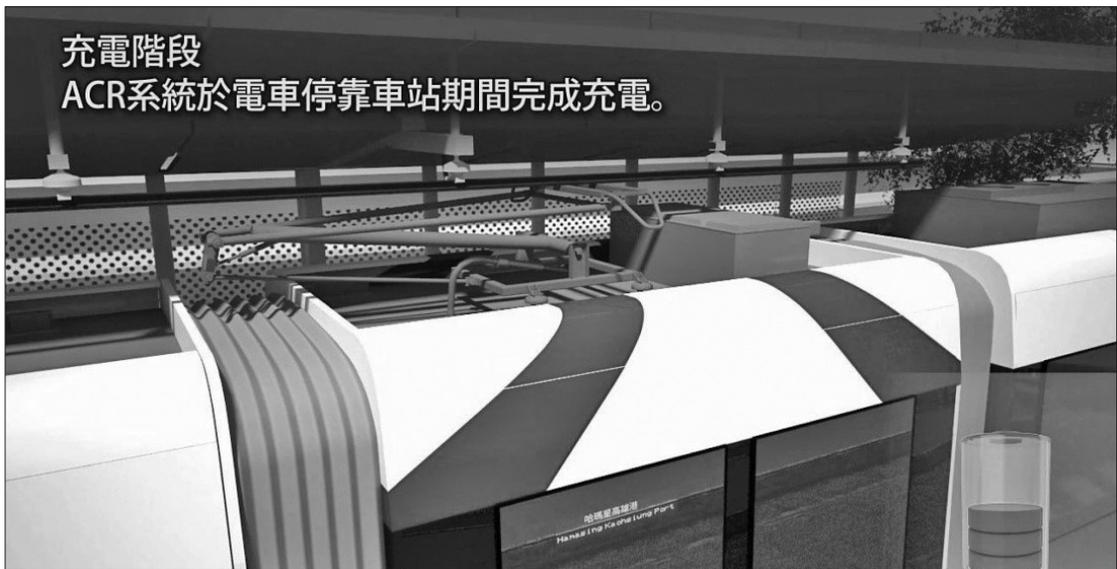


圖 11 利用列車停靠車站期間完成充電

級電容器中的能量流量，為一個雙向轉換器，即可以回收能量並且執行充電運作，再將電力供應給列車。

為保證最大的效率和性能，ACR 系統係從 ACR 控制單元利用先進之控制演算法進行管控，因此，在節能路段的無架空線運作期間，來自輔助變流器和牽引設備的需求情況下，可以保證與電力供應設備間之完美協調，也就是搭配智慧能源管理系統，以達到節能效果。

● 超級電容器

超級電容器允許以供應軌道系統牽引設備所需的極高瞬間功率需求。在雙層電氣化學結構電容器的超級電容器 (EDLC, 雙層電氣化學結構電容器) 中，雙層電極使電容組件之容量可增加至現今其他電流技術所無法達到的值。這些裝置的能量密度與容量較電解液電容器的能力密度和容量高出數千倍。

由於這些裝置在能量儲存期間，沒有任何化學反應，所有的程序純屬物理性。其機制可完全逆轉，並且可以加載卸載百萬次。

● 電池組

ACR 系統中的電池組是基於 NiMH 的技術，其特色為具備大能量容量，適合作為備援電力。由於其大容量特性結合超級電容器的高功率特性，使每個應用方案得以達到最佳能量 / 功率比率。

(二) 快速充電電源模組設計

每一候車站均設置一套設備模組 - 快速充電電源供應系統 (SCSE)，可在列車抵達車站時，使充電區通電，以便對列車之車載儲能系統 (超級電容所組成之自我電源供應系統 ACR) 充電，並於列車離站時停止通電，俾利列車利用超級電容所儲存之能量從一車站駛往下一車站，無須傳統的架空線，如圖 11 所示。



為確保安全，此項送電 / 停止送電之操作，係依據安全完整性等級 (Safety Integrity Level) SIL 2 發展。

此 SCSE 操作模式為靜態模式，列車在停止狀態下升起及降下集電弓。快速充電電源供應系統包含於車站一條鋁製導電軌，裝設高度為 3.85 公尺，該導電軌之通電與斷電，係由高流量充電控制器 (CCS) 自動控制饋電。

快速充電電源供應系統依據下列操作程序於各車站對無架空線之營運車輛供應電力：

1. 列車駛入車站充電區定位點 (位於導電軌下方)。
2. 列車自動升起集電弓，並與導電軌接觸。
3. 裝在列車頂上之編碼訊息發送器 (TMC) 透過集電弓發出編碼訊息傳給鎖碼訊息解碼器 (AMC)。
4. 鎖碼訊息解碼器 (AMC) 裝置解碼後傳給高流量充電控制器 (CCS) 裝置。
5. CCS 裝置檢查 TMC 訊息與 Wheel Evaluator 訊號比對是否正確 (安全狀態)。正確時，CCS 裝置送出「送電要求」給電流接觸器。
6. 電流接觸器開啟導電軌成為帶電，從而啟動充電程序。
7. 列車充電結束時，駕駛員按下關門指令，集電弓開始降弓。
8. 列車駛離車站，車輪駛過車輪偵測器 (Wheel Sensor)，送出列車離站訊息。
9. CCS 裝置收到列車駛離車站訊息，對電流接觸器送出「關機請求」。
10. 電流接觸器使電路開路，導電軌關閉電源，完成整個斷電程序。

以上快速充電電源供應系統 (SCSE)，為統包商 CAF 針對高雄環狀輕軌工程第一階段專案特性，開發設置的一套獨有系統，具高度專利技術性。

(三) 智慧能源管理系統

在無架空線系統中，電力煞車期間，牽引馬達所產生的能量被儲存在 ACR 系統中供後續使用。

在牽引和巡行階段期間，列車由 ACR 系統饋電，在煞車期間，牽引馬達所產生的能量又被儲存在 ACR 系統中，如圖 12 所示，係因系統設計使用超級電容技術，利用超級電容快速充電的特性，讓系統擁有極高的能量回收率。

ACR 模組可回收 27% ~ 32% 的能量，扣掉 ACR 設備的重量影響多耗能 5%，約可節省 22% ~ 27% 的能源，整體而言，雖然裝置 ACR 設備多花了一些建置成本，但以節能與降低營運成本的角度而言，是一種既環保且經濟的有效作法。

ACR 系統容量與架構依照旅程需求 (無架空線站間距離長度) 來設計決定。每一列車 2 組 ACR 模組，每一 ACR 模組 4.1kwh，充一次電可行駛 1.4 公里以上。若將每次無架空線行駛所需消耗的電力記錄，呈現自然分配曲線，可用系統設計容量的決定，盡可能極大化涵蓋所有的旅次，不足的例外，以預防或備援矯正措施來彌補，達到硬體重量之最適化，如圖 13 所示。

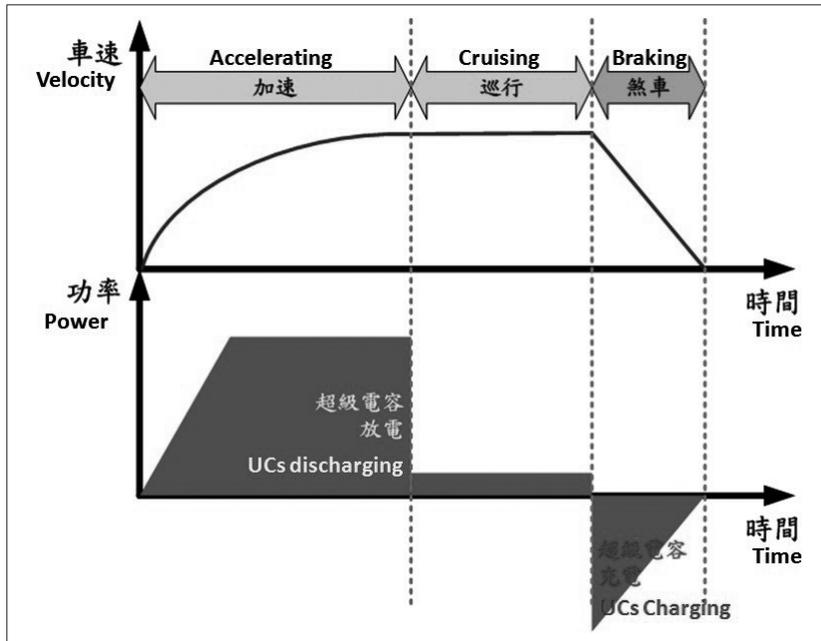


圖 12 列車減速回收煞車電力

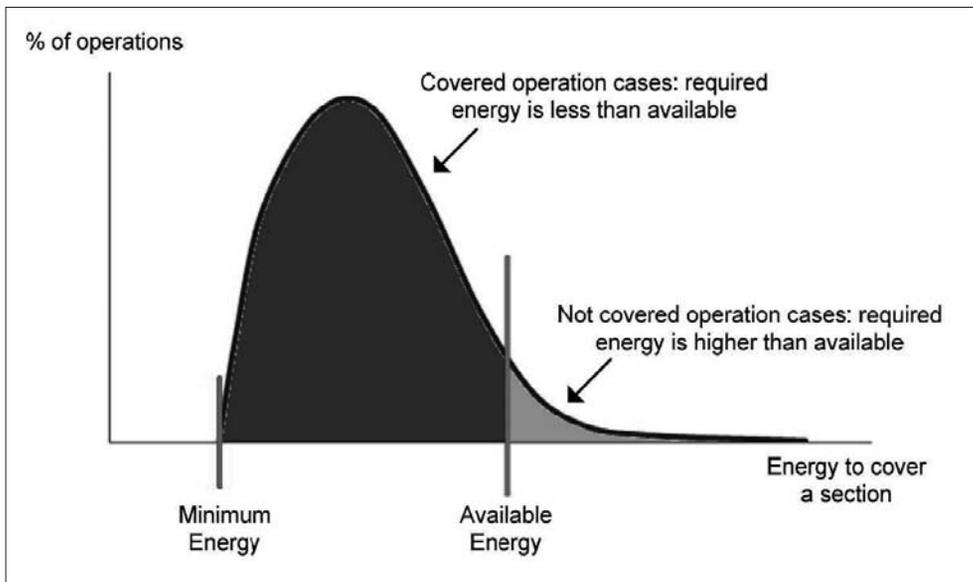


圖 13 能量使用之機率分佈曲線

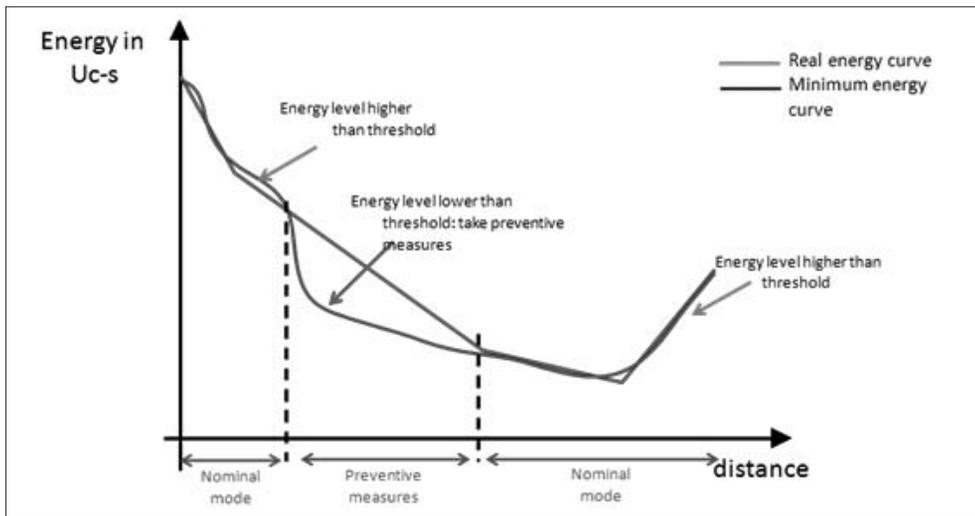


圖 14 車輛行駛到站距離與電能存量變化示意圖

以廠商於西班牙 Seville 實際量測顯示，1 個 ACR 4.1 kwh，在無架空線站間 (約 483m) 絕大部分消耗 0.8 ~ 1.9 kwh 完成行駛，包含不預期的停等。

因全程無架空線，只靠進入車站停站時間充電，有限的電力容量，必須做最佳化的使用，依照 (1) 車輛到站距離，與 (2) 監控電能存量，來調節車上電力負載如空調設備等，進行智慧管理能源。

為將可用能源程度水準盡可能提升，必須採用幾種措施與管理模式。於是將能源管理分為下列三種管理模式層次，如圖 14 所示：

1. 正常模式：即正常行駛速度、及空調運轉下，提供乘客舒適的搭乘條件。
2. 預防模式：即在不減損列車行駛性能下，預防性降低能源的使用情形，例如降低空調設備的運轉，以增加列車行至下一個充

電站之機率。

3. 救援模式：即降低列車行駛性能，關閉客車廂空調系統，車輛以慢速運行駛離正線或啟動備援電池電力，進入下一車站充電。

四、高雄環狀輕軌營運

(一) 計畫說明

為提昇高雄地區民眾使用大眾運輸習慣，使紅、橘兩線捷運系統充分發揮效益，強化大眾運輸系統整體路網及接駁運輸服務，以及基於市區整體都市發展，配合台鐵高雄站及臨港線沿線鐵路用地跨區更新計畫，將高雄市區既有台鐵臨港線鐵路，規劃成輕軌路線，並配合高鐵、台鐵、公車等轉運站與轉乘設施規劃，建構完整市區交通網路。

高雄環狀輕軌路線貫穿市區 7 個行政區域，連結高密度住商中心、醫療、文教、商業購物中心、多功能經貿園區、亞洲新灣區、



圖 15 高雄環狀輕軌路線示意圖

駁二藝術特區、哈瑪星、愛河、壽山、柴山、美術館園區等，是一條通勤兼具觀光路線。

亞洲新灣區內重大建設，包括高雄軟體科學園區、中鋼總部、高雄展覽館、高雄市立圖書館總館、高雄港埠旅運中心、海洋文化及流行音樂中心等，輕軌進入亞洲新灣區內，串連高雄多元化的港灣建築，打造兼具港都特色與交通便利的高雄新核心。這項計畫的完成，將開創大高雄城市軌道運輸服務新里程碑，並有效吸引會展、流行音樂、文創、觀光等新興產業進駐，帶動都市整體發

展，經濟成長。

本建設計畫行政院 101 年 11 月 26 日核定同意興建，總經費 165.37 億元，路線自凱旋二路旁台鐵臨港線路廊往南佈設至凱旋四路後，右轉進入成功二路西側台鐵路廊續往北行，至新光路口，進入高雄港區腹地，沿海邊路、第三船渠旁計畫道路、蓬萊路、臨海新路、西臨港線鐵路廊帶、美術館路、大順一～三路後，再銜接凱旋二路，形成一環狀路線，全長 22.1 公里，設置 37 座候車站，一座機廠，採平面型式設置，如圖 15 所示。



環狀輕軌平均站間距離約為 614 公尺，主要行駛人口集中都會區內，採平面興建，平均營運速率約 17 ~ 20 公里 / 小時；在近年人口結構逐漸老化，無障礙空間需求更形重要下，參考歐洲德法等先進國家，引進現代化友善、便利之 100% 低地板車輛，車輛地板距軌道面僅約 35 公分並與月台高度同高，車廂內平順無階梯，提供無障礙乘車空間，方便老人、孕婦、小孩及行動不便乘客上下車。

(二) 法規修訂

1. 大眾捷運法修訂

配合輕軌運輸系統具有因地制宜特性，可以混合使用專用、隔離及共用等路權等型式，因其功能與捷運系統相當，交通部於 102 年 5 月修訂「大眾捷運法」，以符合平面輕軌特性。

本次大捷法修訂(第 3 條)，依大眾捷運系統使用路權型態，重新定義為完全獨立專用路權及非完全獨立專用路權二類，並增列非完全獨立專用路權者，其共用車道路線長度，以不超過全部路線長度四分之一為限，以及為提高非完全獨立專用路權大眾捷運系統之準點率，以及考量路口行車安全、行人與車行交通狀況、路口號誌等因素下，增列須設置優先通行或聲光號誌。

另為明定共用車道路線維護責任之歸屬，明確規範非完全獨立專用路權之大眾捷運系統地面路線之設置標準、規劃、管理養護及費用分擔原則(大眾捷運法第 24-1 條)。

大眾捷運法第三條所稱非完全獨立專用

路權之大眾捷運系統以下文章簡稱為平面輕軌系統。

2. 道路交通法規修訂

鑑於平面輕軌系統行經路段與現行行駛道路之各類用路人共用道路情形，為明確輕軌列車及汽、機車駕駛人行駛或行人使用共用道路時應遵守或禁止之行車秩序規定，爰將道路交通安全規則、道路交通管理處罰條例，以及違反道路管理事件統一裁罰基準及處理細則等法令配合檢討修正，並已於 104 年 8 月 15 日公佈實施，法令修訂簡述如下，相關法規修訂彙整如表 1 所示。

(1) 道路交通安全規則

- 增訂駕駛輕軌列車司機員應持有小型車以上職業駕駛執照(第 61 條之 1)。
- 增訂汽車、慢車行駛於輕軌共用車道時(C 型路權)，聞或見輕軌列車臨近警號時，應即依規定變換車道，禮讓其優先通行，並不得在後跟隨迫近。(第 94 條、第 126 條)
- 增訂汽車、慢車及行人通過輕軌共用通行之交岔路口應注意遵守之行車秩序規範。(第 104 條之 1、第 130 條之 1 及第 135 條之 1)
- 為確保維護輕軌之營運效率與安全，增列汽車在輕軌共用通行之交岔路口不得倒車之規定。(第 110 條)

(2) 道路交通管理處罰條例

- 增訂汽車、慢車駕駛人聞或見輕軌列車之聲號或燈光，不依規定避讓或在後跟隨迫近之處罰規定，汽車處以 600 至 1800 元罰鍰，慢車處以 300 至 600 元罰



表 1 道路交通法規修訂彙整表

項次	法規名稱	修訂條文
1	道路交通安全規則	修正條文第 3 條、第 45 條、第 50 條、第 61 條之一、第 74 條、第 76 條第 94 條、第 110 條、第 104 條之 1、第 126 條、第 130 條之 1 及第 135 條之 1
2	道路交通管理處罰條例	修正條文第 45 條、第 50 條、第 50 條之一、第 63 條、第 74 條
3	違反道路交通管理事件統一裁罰基準及處理細則	修正條文第 7 條之 2、第 7 條之 3、第 8 條之 1、第 45 條、第 50 條、第 53 條之 1、第 63 條、第 74 條、第 76 條、第 80 條
4	道路交通駕駛人違規記點及汽車違規紀錄作業處理要點	修正條文第 8 條之 1
5	高雄市妨礙交通車輛處理自治條例	修正條文第 85 條之 5
6	道路交通事故處理辦法	修正條文第 3 條
7	道路交通安全講習辦法	修正條文第 8 條之 1

本計畫整理

緩。(第 45 條、第 74 條)

- 增訂汽車駕駛人在輕軌共用通行交岔路口上倒車之處罰規定(600 至 1200 元罰鍰)。(第 50 條)
- 增訂汽車駕駛人在輕軌共用通行交岔路口違規闖紅燈及紅燈右轉之處罰規定，以及記予違規點數三點，闖紅燈處以 3600 至 10,800 元罰鍰，紅燈右轉處以 1200 至 3600 元罰鍰。(第 53 條之 1，63 條)

(三) 初、履勘

輕軌運輸系統屬大眾捷運法規範非完全獨立專用路權，營運前依照「大眾捷運系統履勘作業要點」辦理初履勘作業。

對平面輕軌而言，「大眾捷運系統履勘作業要點」所訂之可用度及妥善率目標，是大挑戰。

1. 作業要點規定系統可用度

- (1)需達 99% 以上。
- (2)系統或列車延誤超過 90 秒之異常事件或事故，就必須列入紀錄。
- (3)5 分鐘以上事件不得超過 2 件。
- (4)系統可用度

$$= \left(\frac{\text{系統試運轉時間} - \text{系統延誤影響時間}}{\text{系統試運轉時間}} \right)$$

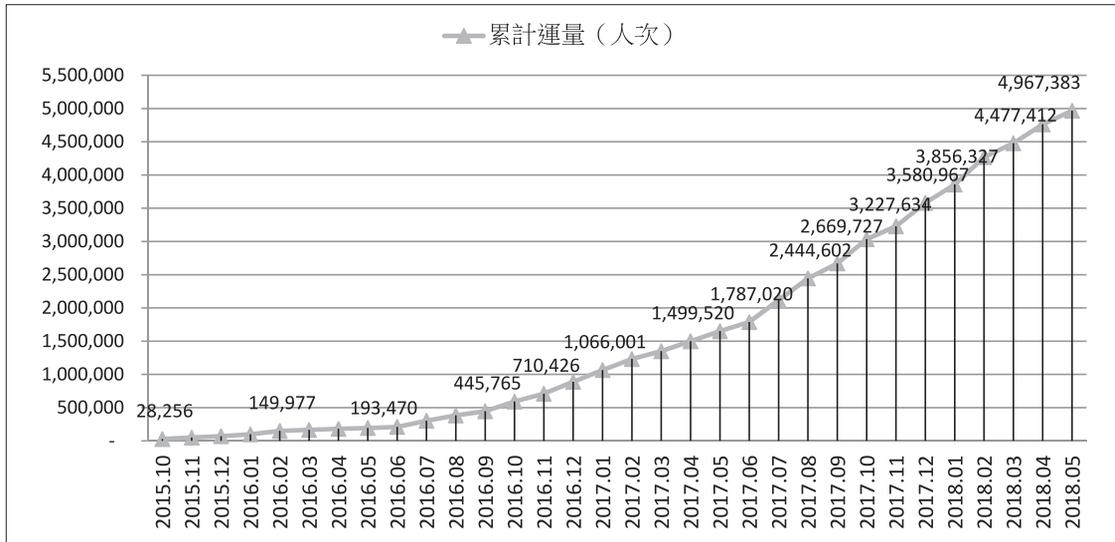
2. 作業要點規定系統妥善率

- (1)須達 90% 以上。
- (2)平均列車妥善率 = 平均每日(尖峰)可用車組數 / 平均每日全車隊車組數。

高雄輕軌為一平面型式，有別於封閉型式捷運系統，輕軌由司機員目視駕駛，雖規劃路口優先號誌，然道路交通狀況瞬息萬變，行駛時仍須隨時注意用路人、汽機車的交通行為，因平面道路狀況因素，列車延誤超過 90 秒機率大，對輕軌進行系統穩定性測試，是大挑戰。



表 2 環狀輕軌運量累計圖表



另在實施系統穩定性測試時，亦發現備用列車多寡影響測試時系統妥善率能否達到 90%。

高雄環狀輕軌 101 年規劃車隊規模時，考量道路交通狀況，班距設計以 6 分鐘發車密度，以免干擾橫向道路交通，備用列車數亦參照封閉型式捷運系統，採尖峰所需列車數 10%，故第一階段尖峰 7.5 分鐘班距，車隊規模為 9 列車(8 車上線，1 備用車)，全線營運時尖峰 6 分鐘下，車隊規模為 24 列車(21 車上線，3 備用車)。

考量平面輕軌特性，高雄環狀輕軌第一階段系統穩定性測試，採 6 列車上線、3 列車備用、班距 15 分鐘之營運模式，通過初、履勘測試。

(四) 輕軌營運

高雄環狀輕軌 104 年 10 月 16 日部分路段先行通車營運，讓民眾熟悉新型運具運作模式，由籬仔內站(C1)至凱旋中華站(C4)，106 年 10 月 1 日第一階段 8.7 公里 14 座候車站正式全線通車營運。

輕軌營運迄今(107 年 5 月)，搭乘人數已累積達 500 萬人次，如表 2 所示，營運時段由早上 7 點至晚上 10 點，班距 15 分鐘，從開始每天 800 人次，至今約 7,000 人次，單日最多搭乘人數達 3 萬人次。

統計民眾搭乘特性，無論平日、假日乘坐高峰集中在中午至下午 6 點時段，如表 3 所示，顯示目前營運路段，對通勤族尚無法有效吸引搭乘，仍以觀光旅遊為主，待服務範圍擴大後，才能兼具發揮運輸服務及觀光旅遊。另一方面藉由時運量分析，作為日後營運機



表 3 高雄環狀輕軌各時段平均運量趨勢



構遇大型活動列車調度規劃之參考依據，如每年 12 月份舉辦大氣球遊行活動、跨年等。

輕軌收費系統屬開放型式，民眾搭乘可於月台售票機購票，或持電子票證票卡於月台上或列車上刷卡，無封閉式捷運系統閘門設計，初期查票以補票為主，不處以票價五十倍之違約金(大眾捷運法第 49 條)，畢竟輕軌在國外近 200 年歷史，民眾對輕軌運行模式習以為常，生活作息早已習慣，然高雄輕軌是台灣第一條、為新型運具，須給予民眾時間了解這新運具的營運模式。

統計 106 年 11 月正式收費後，一開始補票率 15.35% 至今(107)年 5 月下降至 2%，如表 4 所示，顯示民眾漸習慣輕軌收費模式。

國內 4 家電子票證公司票卡(一卡通、悠遊卡、有錢卡、愛金卡)均可於高雄環狀

輕軌上使用，統計民眾搭乘方式，約 84% 持電子票證搭乘、14% 於月台售票機購買單程票，2% 為團體購票(10 人以上搭乘)，如表 5 所示。

五、結論與建議

為避免道路壅塞，減少平面車流，留給城市乾淨少污染的空氣，復以民眾保留都市天際線意識的抬頭，伴隨科技的演變，超級電容技術的興起，無架空線輕軌系統是為城市大眾運具的另一選項。

配合都市結構改變，民眾旅運需求增加，軌道運輸為未來發展趨勢，高雄整合既有鐵路資源，引進低成本、短工期、高效益之輕軌系統，同時整合捷運系統，構成具規模之軌道路網，有益於高雄都會區整體大眾運輸系統之發展。



表 4 高雄環狀輕軌補票率統計表

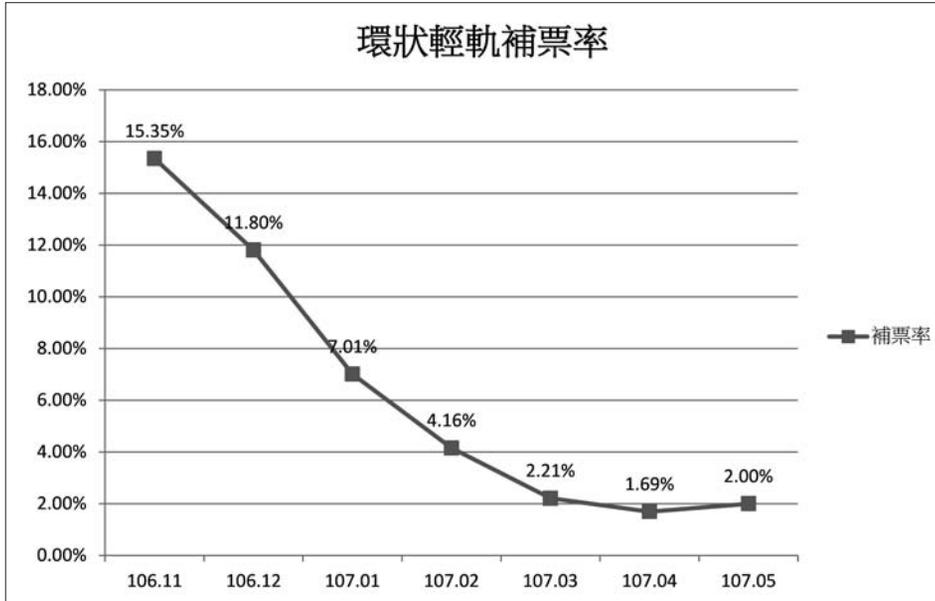
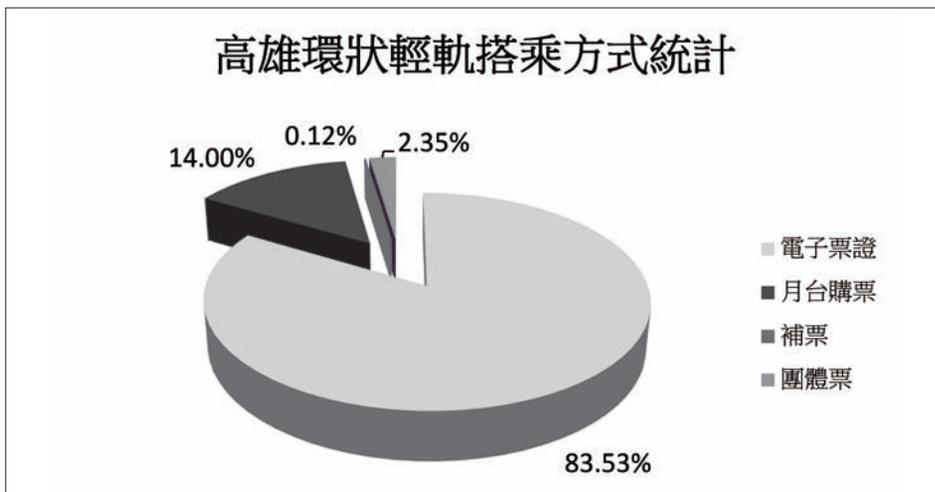


表 5 高雄環狀輕軌搭乘方式統計表



高雄環狀輕軌 C1(籬仔內站)～C14(哈瑪星站)已通車營運，尤以引進全線無架空線供電系統，超級電容車載儲能技術，不僅全國首見，亞洲第一，更是領先世界各大城

市輕軌系統之一創新技術。惟高雄環狀輕軌路線，自規劃至營運，於實務過程，仍有下列建議，提供各界參考：



- (一) 大眾捷運法、道路交通標誌標線號誌設置規則、道路交通安全規則、大眾捷運系統履勘作業要點等，雖配合輕軌予以修法，但仍以封閉型之捷運系統觀念為出發點，致開放型之輕軌系統於營運上仍有其掣肘難行之處。建議國內已有高雄輕軌實際營運之經驗，滾動檢討相關法令規範，必更臻周全。
- (二) 多元之大眾運輸工具係互補而非相斥，建議應充分整合成完善的運輸網絡，以提供民眾多重選項，建構民眾搭乘大眾運具的環境及習性。
- (三) 參考國際估列輕軌車隊時，有鑑於輕軌採平面型式，路口為 C 型共用路權，均採取高備用列車數以因應營運所需，建議國內各都會輕軌系統規劃估算輕軌列車數時，宜考量輕軌特性，妥為評估核列。
- (四) 輕軌為平面道路運具之一環，以其具載運量大之特性，賦予道路行使優先權，但仍應與平面交通相容，建議營運機構對司機員之教育，適時加入尊重道路不同使用者之訓練。
- (五) 民眾守法態度之建立，有待「3E」—教育 (Education)、工程 (Engineering)、執法 (Enforcement) 三途徑；建議教育從學校開始並回饋至家庭；工程應規劃周延並兼顧人性化，使用路人配合並減少違規行為；執法應切實並提高違規之成本，以減少違規行為，各權責單位並應適時辦理，以全方位地建立民眾守法習慣。◆

參考文獻

1. 高雄市政府捷運工程局，臨港線發展為輕軌捷運之規劃報告，2001年3月。
2. 「高雄環狀輕軌捷運建設」基本設計，台灣世曦工程顧問股份有限公司，牽引動力集電方式分析報告，2012.6.12
3. 「高雄環狀輕軌捷運建設統包工程第一階段」，車輛系統設計技術文件，西班牙卡夫股份有限公司，2014.6.24



高雄捷運營運 10 週年

高雄捷運股份有限公司副總經理 / 林誌銘
高雄捷運股份有限公司處長 / 陳炯宗
高雄捷運股份有限公司工程師 / 黃美英

關鍵字：高雄捷運十週年、路網服務範圍、企業識別、挑戰、多角化經營

摘要

高雄捷運為大高雄地區大眾運輸之優質發展及城市提升做出貢獻。高雄捷運公司本業是交通運輸事業，但帶給民眾的不單是便捷的運輸，亦是都市型態的塑造者及優質生活的推手。高雄捷運公司將憑藉民間企業的經營創意與活力，提供優質的捷運服務，並培育卓越人才，與公司共同進步與成長，為大高雄地區大眾運輸系統之發展及城市提升做出貢獻。塑造高雄捷運為城市新地標，並成為世界一流的捷運系統。

高雄捷運公司將致力提昇營運績效、拓展附屬事業及土地開發相關業務，以成為世界一流的捷運系統，並發揮建築及藝術特色，塑造高雄捷運為城市新地標。樹立 BOT 成功典範，於最短時間內完成興建任務，提供民眾便捷安全之優質綠色運輸服務，並營造出

活潑優質之在地文化，展現高雄城市之意象，更增進公眾利益之提升，同時帶動都會發展與更新，大幅提升城市形象。[1]。

一、前言

高雄都會區大眾捷運系統紅、橘路網建設案是高雄歷年來最大的公共建設，也是一件艱鉅複雜的工程。民國 90 年 10 月 24 日開工，歷經多年的施工，施工期間共挖掘 66 條潛盾隧道，使用 28 部潛盾機，車站開挖深度最深為 27.1 公尺。終於 97 年紅橘線通車營運，紅、橘十字路網正式宣告高雄捷運進入全線通車新紀元。

二、文獻回顧

本節針對高雄捷運相關議題進行文獻回顧。



(一) 高雄捷運緣起

民國 88 年 2 月 1 日，高雄市政府公告「徵求民間參與高雄都會區大眾捷運系統紅橘線路網建設案」，中國鋼鐵股份有限公司隨即邀集其它公司成立「高雄捷運股份有限公司籌備處」，開始籌備投資高雄捷運系統。民國 89 年 5 月 10 日「高雄捷運股份有限公司籌備處」由高雄市政府成立之甄審委員會評定為最優申請人，經與高雄市政府議約完成後籌組公司，89 年 12 月 28 日取得公司執照，並於 90 年 1 月 12 日與高雄市政府簽訂「興建營運合約」與「開發合約」，90 年 10 月開始動工興建，正式啟動高雄捷運工程，經過六年多之興建期，高雄捷運紅橘兩線於 97 年通車營運。高雄捷運興建與營運之特許期間合計為 36 年，自民國 90 年 10 月底開工日起算，特許期間至民國 126 年 10 月底止。

高雄捷運公司投資成員包括中國鋼鐵股份有限公司、榮民工程股份有限公司、遠東集團、行政院國家發展基金、統一集團、東南水泥股份有限公司...等國內外知名企業與機構，秉持著「立足高雄、回饋高雄、發展高雄」的精神，興建及營運高雄捷運系統。民間參與公共建設，其基本效益如縮短工期，降低政府資本支出，確保品質，精簡主辦機關人力等，而且民眾一樣享受公共建設成果，共創政府、民間機構及民眾三贏局面。就高雄捷運系統而言，中央政府原核定興建預算為 1952 億元，以民間參與公共建設 BOT 方式辦理，透過公開競標機制，政府出資經費減為 1508 億元，節省了 444 億元。依台北捷運興建之經驗，在設計完成後，自發包到完工約需 8-10 年，而高雄捷運自設計、發包到完工僅 6 年，若沿用傳統作業方式，決難達成。高雄捷運採 BOT 方式，充分發揮民間企

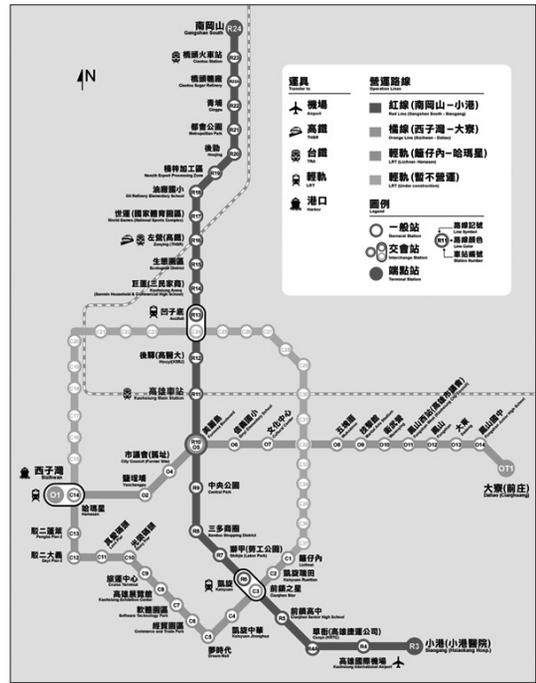


圖 1 高雄捷運營運系統圖

業之效率優勢。[1]

(二) 高雄捷運路網服務範圍

高雄捷運營運路線為紅、橘線交叉之十字型路網，計畫路網長 42.7 公里，美麗島站為轉運站，營運里程自紅線南岡山站於 2012 年 12 月 23 日通車後，延長為 44.695 公里，共 38 座車站、3 座機廠。「紅線」由岡山至臨海工業區，全線長約 28.3 公里，設有

24 座車站，並設有兩座機廠。「橘線」由中山大學附近至大寮機廠，全線長約 14.4 公里，設有 14 座車站，並設有一座機廠。高雄捷運均採傳統鋼輪鋼軌式之高運量捷運系統，大幅縮短民眾通勤旅行時間，擴大都市居民的生活版圖，讓民眾感受到安全、可靠、便捷、舒適的運輸服務。[1][2]



(三) 高雄捷運的特色

國外捷運系統的發展已超過 140 年的歷史，身為都會區捷運系統的高雄捷運公司開通至今已 10 年，起步雖然比較晚，但也因此掌握新的科技，可說是站在巨人的肩膀上。高雄捷運於地下車站，考量旅客在月台候車時的安全及舒適，皆設有月台門，維持月台恆溫及節省能源等功用外，另可降低噪音。此外，車廂內部的座位設計不僅符合人體工學，也極為寬敞、明亮，而特有的三叉式立柱則讓旅客能抓到扶手，有較佳的穩定度與安全感。在票證系統方面，高雄捷運採用的是非接觸式 IC 票證系統，具有資料容量大、使用壽命長、安全性與可靠度高、易於使用等優點，亦為國內外捷運系統所採用。

(四) 高雄捷運藝術化

高雄捷運特殊車站，結合高雄地區特色、人文歷史、文化傳承與經濟脈動等風貌主題所打造而成，藉由與國際級大師合作及在地藝術家的創作，共同塑造大高雄地區全新特色風情，在融合地方與國際文化思考與觀點後，結合多方的美感設計，將藝術融入捷運空間。

1. 光之穹頂 (O5/R10 美麗島站)：紅線與橘線的交會點美麗島站 (O5/R10)，由國際知名藝術家水仙大師 (MaestroNarcissus Quagliata) 創作的「光之穹頂」，直徑達 30 公尺，面積為 660 平方公尺，設置在全球市中心最大的圓型地下車站建築內，依創作主題分成水、土、風、火四大區塊 (quadrant)，是全球最大一體成型的公共藝術作品。
2. 祈禱 (O5/R10 美麗島站)：由日本籍國際知名建築師高松伸 (Shin Takamatsu) 擔任設計建築師，充分運用地理環境特性與歷史人文背景，以雙手合掌之捷運出入口造型意象運用在中山路與中正路交叉口，心手相連意含和平「祈禱」的願景。
3. 飛揚 (R9 中央公園站)：由英國籍國際知名建築師 Richard Rogers 擔任設計建築師，名為「飛揚 Flying」設計象徵高雄大鵬展翅振翅高飛。
4. 懷古 (R23 橋頭火車站)：採蔗糖結晶體表現出高架車站屋頂造型，並以出入口通廊作為展示走廊以傳達思古緬懷之情境。
5. 凝聚的綠寶石 (R4 高雄國際機場站)：由玻璃藝術家樂子大師為其量身訂做「凝聚的綠寶石」，為世界上最大的玻璃雕塑 3D 公共藝術，分成 A、B 兩道牆，由翠綠玻璃堆砌組成，A 牆「生命之樹」(Tree of life)；B 牆「無窮無盡」(Infinity)，展現海洋首都精神之美，營造出宛如海浪與傾洩的瀑布意象，把玻璃柔中帶剛的特質徹底呈現。
6. 半屏山之魂 (R17 世運站)：世運站 (R17) 主題是半屏山之魂，由 WJI 團隊朗伍德及克里斯丁卡爾傑生原創，這個作品將世運站龐大的站體，轉換成宛如浮在空中的雨林，將過往曾經及目前尚存於南台灣的昆蟲、植物、重現在雨林中，編織南台灣人與土地的故事。[2]



(五) 高雄捷運企業識別標誌

以高雄的英文 KAOHSIUNG 字母「K」為主體，延續代表高雄捷運在地精神的「雙箭頭 K」標誌，斜向拉長的字體意喻高雄捷運現代化運輸系統的速度感；中心空白位置以國際語言—雙箭頭，表現捷運雙向奔馳、便捷安全的運輸效能。

天地連結兩組圓弧，象徵高雄捷運營運圓滿、融洽、傳動高雄新未來；由粗至細的天地圓弧自然產生的速度感，象徵高雄捷運安全、可靠、便捷、舒適的服務精神。

標誌的藍色象徵高雄水岸城市的意象，代表科技、理性、速度的藍給予乘客快速、便捷愉悅的乘車印象；高雄捷運和市民一起傳動高雄新未來，追求優質新生活。[2]

(六) 高雄捷運之核心價值

誠心服務 (Keeness)：期許所有的高捷人都能以客為尊，竭誠為旅客提供最好的服務，並以高水準的表現達到客戶最高滿意度，成為民眾最信賴的大眾運輸工具。

迅速精確 (Rapidty)：掌握時程、落實品質與安全，同時注重營運績效，鼓勵決策明快、行動果敢，分享資訊，使員工得以主動改善績效。

團隊合作 (Teamwork)：重視員工的自尊與能力，發揮團隊的力量，同仁間互以誠信、坦率、合作相待，共同為一個卓越的目標全力以赴，讓所有的成員都能從中得到成就感並享受工作。



圖 2 高雄捷運企業識別標誌

創新積極 (Creativity)：延續使命「憑藉民間企業的經營創意與活力」的精神，鼓勵全體從業人員創新、開朗、包容及不斷學習、持續精進，常保公司充滿蓬勃朝氣與活力，隨時秉持積極進取、高效率的處事態度。

四大核心價值英譯之首位字母組成「KRTC」，為高雄捷運股份有限公司 (Kaohsiung Rapid Transit Corporation) 的英文簡稱，為企業文化的重要基石。[2]

(七) 獲獎實績

本公司為國內唯一同時具有興建及營運經驗的軌道交通業，亦充分展現民間企業的經營效率與活力，在營運穩定度及服務品質方面已能與國際一流捷運系統並駕齊驅，實為南台灣珍貴的資產與進步的象徵，並進一步深耕品牌價值及企業形象。獲獎事蹟如下 [2][3]：

1. 2009 年 05 月美麗島站榮獲高雄市建築經營協會舉辦「2009 年建築園治獎」— 優質公共景觀特別獎。



2. 2009年05月美麗島站、世運站分別榮獲世界不動產聯合會台灣分會舉辦「2009年國家卓越建設獎」－優良環境文化類卓越獎、金質獎。
3. 2009年05月中央公園站巨型雨庇榮獲世界不動產聯合會舉辦「2009年全年卓越建設獎」－環境類金質獎銀牌。
4. 2009年05月美麗島站榮獲中國工程師學會「工程優良獎」。
5. 2009年08月中央公園站與美麗島站榮獲高雄市都市發展局舉辦「第4屆景觀評選大獎」－優質公共建設類。
6. 2009年11月獲東亞運輸學會(EASTS)頒發傑出運輸建設獎，是台灣首次有公共工程榮獲此一殊榮，工程品質受到國際上的高度肯定。
7. 2010年06月「第61屆世界不動產大會」於印尼舉行，美麗島站榮獲2010年全球卓越建設獎公共建設類銀獎，繼中央公園站於2009年獲得該獎項後，再次對高雄捷運建築美學的肯定。
8. 2010年12月高雄捷運系統品質通過ISO9001驗證。
9. 2011年06月國家卓越獎-優良環境類「金質獎」：油廠國小站(R18)榮獲。
10. 2011年通過評鑑取得TTQS訓練系統評鑑銀牌獎。
11. 2012年04月美國旅遊網「BootsnAll」，評選出全世界最美的15座地鐵站，高雄捷運美麗島站(O5/R10)和中央公園站(R9)分別高居第2、4名，是榜上唯一單一城市獲選兩名的捷運系統。
12. 2012年07月「台灣服務業大評鑑-金牌獎」：榮獲工商時報舉辦之「2012台灣服務業大評鑑」軌道運輸類(捷運)金牌獎，其中於服務台人員態度及客服信箱回覆速度方面，獲得評審高度讚許。
13. 2012年07月「交通部金路獎-站場環境維護類(一等站)第1、2名」：O5/R10美麗島站及R9中央公園站分別榮獲交通部舉辦之2012年度金路獎「站場環境維護類(一等站)」第1名及第2名。
14. 2012年09月文化部第三屆公共藝術獎之「最佳教育推廣獎」：文化部舉辦「第三屆公共藝術獎」頒獎典禮，全國130案作品參選，22件作品入圍，高雄捷運以「高雄捷運高雄縣區案公共藝術設置案」榮獲「最佳教育推廣獎」，肯定本公司長期對公共藝術教育之投入與耕耘。
15. 2012.11 高雄市優良無障礙公共建築選拔活動-優等獎
16. 2012.12 高雄市哺(集)乳室競賽-最佳創意獎
17. 2013年「交通部金路獎」：O2鹽埕埔站獲「站場環境維護類」捷運一等站第二名、R13凹子底站獲「站場環境維護類」



捷運一等站第三名，R4 高雄國際機場站獲「站場環境維護類」捷運二等站第一名、O12 鳳山站獲「站場環境維護類」捷運二等站第二名。

18. 2015 年 6 月職業安全衛生管理系統 (TOSHMS) 經台灣檢驗科技股份有限公司正式評鑑驗證合格並獲其推薦。
19. 2017 年 7 月通過 ISO9001：2015 版驗證之企業，為全國軌道業公司首例。
20. 2017 年 8 月通過 ISO27001：2013 資訊安全管理制度認證書。

(八) 高雄捷運 - 外部效益

綜觀高雄捷運為高雄都會區創造之公眾利益，就環境、經濟與社會三大面向述之：

1. 環境效益

直接減少汽機車使用率，除具備減碳節能的效益外亦減少油料耗用所產生的硫化物、氮化物等有毒氣體，達成減少空氣污染的效果，亦降低噪音對人體的危害，為民眾帶來更清淨舒適的生活環境，民眾因為減少吸收二氧化碳，更可減少呼吸系統及其他疾病之產生，因此降低醫療資源之消費。

2. 經濟效益

高雄捷運營運後，有效改善連結市中心與郊區的可及性，進而帶動沿線土地、房產價值增漲。汽、機車之減量亦促進道路交通流暢及降低道路肇事傷亡。高雄捷運並以國際級公共藝術與特色站體設計，結合行銷策略、土地開發與附屬事業，促進觀光與消費，

同時有效提供就業機會，創造區域經濟發展。以哈瑪星為例，捷運通車及設站為哈瑪星地區及鄰近的西子灣等地區解決遊客停車問題，其可及性及便利性皆大幅增加，對於地區的發展有很大的助益。而鹽埕區大勇路上更因為設置捷運車站及結合徒步街區的規劃，建立新的商業空間及都市環境，而為地區活動帶來新的生機，捷運沿線房地產的增值，亦可增加政府稅收。

3. 社會效益

高雄捷運優良的工程品質及別具創意的車站建築造型，已榮獲國家卓越建設獎，及世界不動產聯合會全球卓越建設獎之肯定，美麗島站及中央公園站亦獲美國知名旅遊網站評選為全球最美地鐵站第 2、第 4 名，不僅提升國際能見度，亦是高雄城市進步的象徵。[2]

三、高雄捷運公司面臨的挑戰及多角化經營

本公司自營運以來，高雄捷運系統安全穩定，服務品質優良，讓捷運成功與民眾生活結合，並帶動城市蓬勃發展。雖然面對艱鉅的財務困境，公司全體同仁依然以「安全、可靠、便捷、舒適」履行對旅客的承諾。本公司將專注提升運量及票收，以及附屬事業及土地開發收入挹注改善財務結構，彌補累積虧損、實質轉虧為盈，邁向獲利穩定成長之新局面。[2]

(一) 發展各項公共運具轉乘規劃

持續學生票價優惠及捷運與公車、捷運與公共腳踏車之轉乘優惠，亦與交通局、觀光局、文化局及其他運輸業者合作發行旅遊



套票，並以捷運週邊熱門景點或流行話題為發行主軸，結合各項交通運具、以優惠包套價格吸引民眾購買，期藉豐富超值的套裝行程，提供各地旅客優質公共交通整合服務。

(二) 拓展附屬事業及土地開發商機

持續附屬事業的開發與創新，透過目標客群之需求分析與物業資源管理，提升附屬事業競爭力。積極持續開發捷運車站、列車廣告、車站販賣店、紀念商品、車站金融、行動通訊、多媒體服務與自助服務設施經營外，亦持續商品開發與創新，及多元化推出高捷少女相關周邊及獨家商品，滿足不同族群的需求。

除經營大眾運輸本業外，轉投資一卡通票證股份有限公司，該公司持續於全台灣擴展小額消費通路、與銀行異業合作，亦積極規劃跨足電子支付經營業務，大幅提升一卡通便利性，營運持續穩定成長。

土地開發亦是增加營業收入的重要來源之一，已營運之開發案包含 1535、1431、169 號基地、及南、北、大寮機廠開發案，有效增加捷運系統旅運人潮。大寮及北機廠尚有部分開發用地尚未完成招商，本公司積極與潛在開發商洽談，期能順利招商，完成全區開發，增進捷運系統旅運效益，帶動周邊區域發展，創造捷運生活圈。

(三) 拓展對外服務

為及早達成損益兩平的目標，高雄捷運公司積極拓展對外服務收入，將既有人力資源作最大化運用，並多方開創公司財源，不僅承接高雄輕軌營運維修業務、與中鋼團隊

合作淡海輕軌統包工程，並持續維運高雄/屏東公共腳踏車租賃系統，且已完成高鐵輕軌及桃園機場捷運顧問諮詢服務工作案。

四、車站便利服務措施

(一) 遺失物處理中心

於美麗島站設置遺失物處理中心，提供旅客遺失物登記、查詢及領取服務，另於網站提供「遺失物查詢系統」，協助旅客找回遺失物。

(二) 博愛接駁專車

於美麗島站及高雄國際機場站站內設置博愛接駁專車，讓有需要服務的乘客搭乘捷運更便利。

(三) 集哺乳室

落實國家「公共場所母乳哺育條例」政策，高雄捷運提供友善的集哺乳環境，於美麗島站設置完備的集哺乳室；其餘車站設置簡易型集哺乳場所，以建立友善的婦幼環境。

(四) 免費充電專區

全線車站設置免費充電專區，提供旅客手機、電動輪椅等臨時或緊急充電服務。

(五) 置物櫃

部份車站設立置物櫃服務，不同尺寸提供旅客不同使用需求，讓旅客輕鬆暢遊高雄。

五、回饋社會

(一) 企業志工

秉持實踐企業社會責任的理念，號召同



仁投身公益辦理企業志工活動，由公司出錢、同仁出力，與同仁共同打造幸福城市，並將歷年活動成果於捷運美麗島車站，辦理成果發表會，期盼更多企業一同投入公益活動。

(二) 社區清潔運動

為增進與鄰近社區互動，舉辦社區清潔運動，展現對社區之認同與愛護，發揮敦親睦鄰的精神，達到捷運社區化目標。

(三) 公益路跑

與創世基金會合作，舉辦「希望、愛高雄捷運公益路跑」，並將活動公益款捐贈。

六、旅客滿意度調查

為使服務更貼近旅客需求，於高雄捷運紅、橘線各車站，對年滿 16 歲以上旅客進行旅客滿意度調查。經統計，受訪者對高雄捷運整體滿意度自 2009 年度起連續多年達 85% 以上，顯示多數旅客對高雄捷運之整體服務品質持正面評價。[4]

七、結論

高雄捷運是高雄地區最重要的交通骨幹，涵蓋高雄市商圈及遊憩場所，隨著環狀輕軌 C1-C14 通車，服務範圍日益擴大；在土地開發及附屬事業方面，及對外服務項目亦有突破性的發展，並持續改革及創新，提升運量及增加票箱收入，戮力達到盈餘及運量持續穩定成長目標。

八、未來展望

未來高雄捷運公司將致力提供安全、可靠、便捷、舒適的高品質運輸服務，並貫徹服務顧客、追求品質的經營理念，持續積極爭取政府協助支持，配合高雄市政府之大眾運輸發展趨向政策，以民間企業型態永續經營，致力提升服務品質與軟硬體設施改善，全體同仁也將以積極的工作態度努力完成各項預訂目標，持續以最高品質及最高效率，提供民眾優質綠色運輸服務，充分發揮減輕政府財政負擔及增進公眾利益之效益，共創多贏，永續為高雄都會區綠色運輸環境貢獻心力。

高雄捷運將朝營運第 2 個 10 年邁進，本公司將秉持使命及核心價值，戮力經營，持續以突破、創新的態度，提供旅客全方位服務，讓高雄捷運再創佳績！ [4] ◆

參考文獻

1. 高雄捷運全球資訊網 - 關於我們。
2. 高雄捷運企業社會責任報告書。
3. KRTC 高雄捷運公司簡介。
4. 高雄捷運公司年報資料。



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：

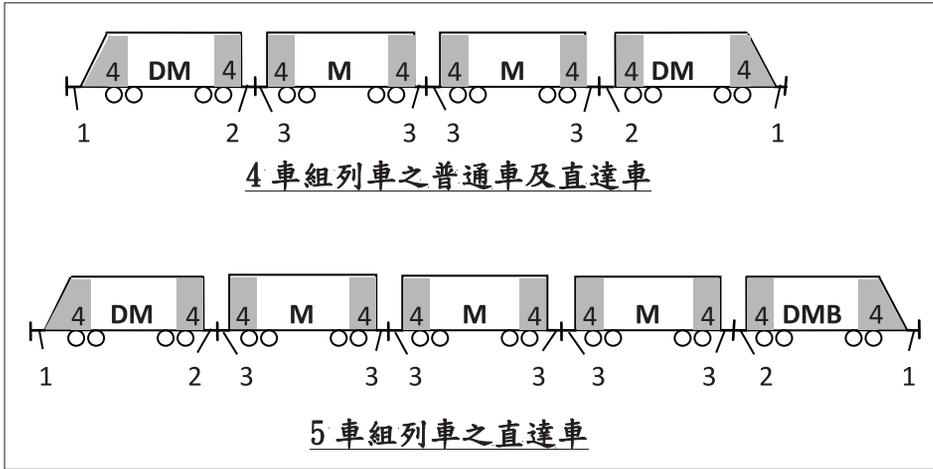
- (一) 車廂內部及駕駛室的配置需盡量減低車頭的前懸 (Front Overhang)，以控制車重及前後平衡。
- (二) 有效的防撞性設計，可藉由車輛間聯結器及車體結構塌潰區之配置，以吸收撞擊及衝擊的能量。車輛間配置的聯結器型式如圖 1 所示，裝置可復原緩衝器及 /

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。

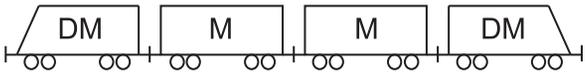
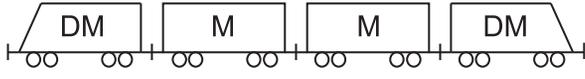
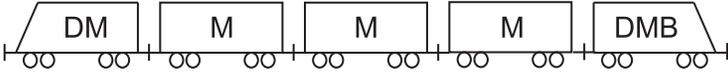
四、電聯車駐廠經驗

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 (聯結器面之間的距離)		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 最小工作電壓：600Vdc 最大工作電壓：900 V dc 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 最大營運速度：100 km/h 起初加速度率 (達到 W3)：1.1 m/s ² 減速度 (煞車率) (達到 W3)：1.0 m/s ² 緊急煞車率：1.3 m/s ² 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 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 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) 電池充電器：DC110V 19kW 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) 冷氣噸數要求 (在隧道條件下)： -DM 車：40.4kW x 2 單元 -M 車：40.3kW x 2 單元 駕駛室：頂裝式空調單元 冷氣噸數要求 (在隧道條件下)： -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 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 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 每輛車每側五樁無窗戶車門 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 - 子系統設備正常狀態 - 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) 列車廣播系統 (駕駛室至旅客) 駕駛室對駕駛室通訊 (電話聽筒) 旅客警報設備 (旅客至駕駛室) 飛航資訊顯示系統 (Flight Information Display System, FIDS) 僅限直達車 閉路電視監視系統
照明	車頭燈及車尾燈	頭燈：38Vdc 60W x 2 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 閱讀燈：110Vdc 50W 走道燈：110Vdc 75W
	車廂照明	普通車：(DC110Vdc) -DM 車：日光燈 32W x 18 + 6 (緊急) -M 車：日光燈 32W x 20 + 6 (緊急) 直達車：(DC110Vdc) -DM 車：日光燈 32W x 18 + 6 (緊急) 個人閱讀燈 12Vdc LED x 48 -M 車：日光燈 32W x 20 + 6 (緊急) 個人閱讀燈 12Vdc LED x 56 -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 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性與安全性。

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 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 首列直達車
	DT03- 噪音性能測試	正線	首列普通車 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

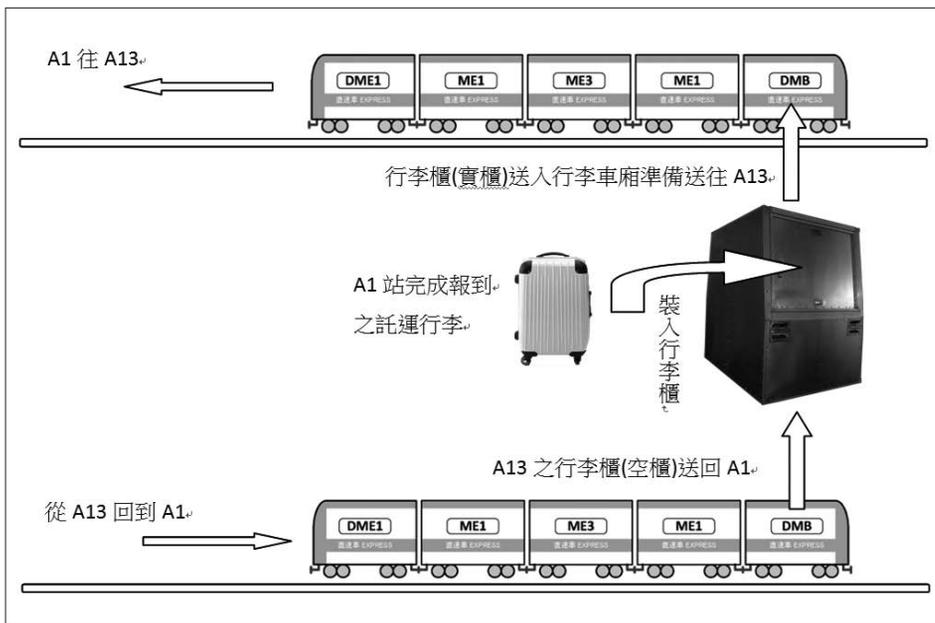


圖 7 A1 站託運行李裝入行李櫃及 A13 站行李櫃 (空櫃) 送回 A1 站情形

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

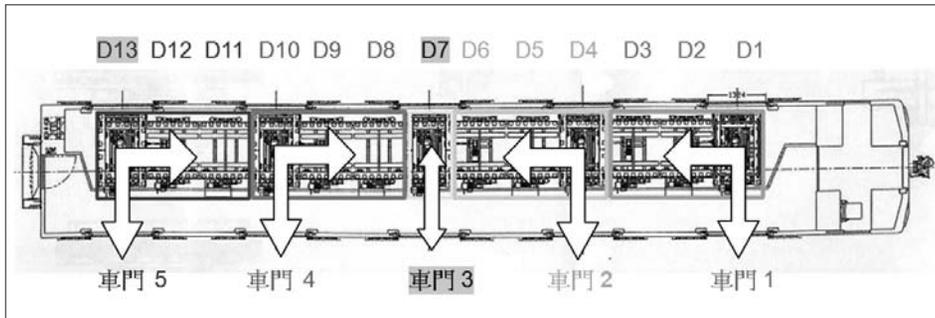


圖 8 行李車內 13 個載台之分組及進出車門關係

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 ± 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 (± 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



台北市和平國小暨籃球運動館設計 與施工特色

臺北市府 / 副秘書長 / 薛春明
臺北市府捷運工程局第二區工程處 / 處長 / 周文彬
臺北市府捷運工程局第二區工程處 / 技正兼工務所主任 / 劉明均
宗邁建築師事務所 / 主持建築師 / 費宗澄
台灣世曦工程顧問股份有限公司 / 建築部 / 協理 / 林信忠
台灣世曦工程顧問股份有限公司 / 建築部 / 計畫經理 / 林明宗

關鍵字：2017 台北世大運、籃球運動館、設計、施工、綠建築

摘要

本工程由臺北市府教育局委託捷運工程局第二區工程處代辦，設計監造廠商為台灣世曦工程顧問股份有限公司 / 宗邁建築師事務所聯合承攬，施工廠商為瑞助營造股份有限公司。本文介紹籃球運動館之設計理念，設計及施工主要特點，包括：多元化體育及教學之活動園區、符合國際賽事標準之競賽場館、具有當代城市美學之節能建築、樹木保護及移植、歷史建築之保護、綠建築及智慧建築、BIM 發揮的效益及施工特色等不同面向，讓讀者更瞭解本工程之設計及施工歷程，本場館提供臺灣選手在本次 2017 世界大學運動會籃球競賽項目之最佳場地，並加強臺北市與國際的交流，增加國際能見度，進而提升國際形象與地位。

一、設計理念

建築坐落於多面向基地紋理，面前主要道路為辛亥路三段，其他三側臨辛亥路三段 21 巷、敦南街、敦南街 76 巷以及大安運動中心。考量整體環境及籃球運動館之特性，設計是以傳統圓形競技場概念發想，強而有力圓筒造型在面對多面向且複雜的環境紋理上，提供緩和了整體環境可能造成的視覺衝擊，人們在辛亥路上可感受退縮建築量體的低調與沉穩，而多種自然色系搭配以低彩度玻璃帷幕外牆亦帶給人們鮮明又簡潔視覺律動（詳圖 1）。

二、多元化體育及教學之活動園區

本建物地上六層、地下一層之建築物，



圖 1 籃球館外觀

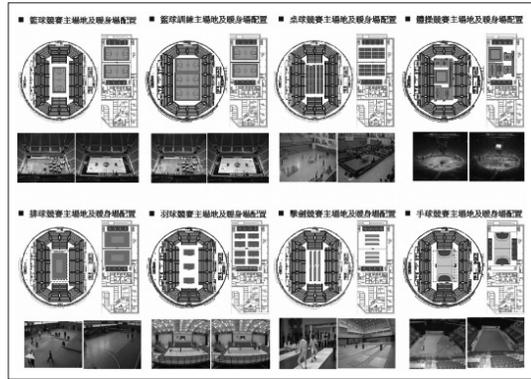


圖 2 籃球館多功能配置示意圖

總樓地板面積約 61,488 平方公尺，總工程費約 20.7 億元。建物之空間規劃如圖 2，可供排球、羽球等多項賽事綜合使用。

- (一) 籃球運動館：為 4 層樓建物，共 7,000 個觀眾席。
- (二) 教學暨行政大樓：為 6 層建物，供 1 ~ 6 年級 (共 12 班) 及幼兒園 2 班之教學及行政空間。
- (三) 暖身館：為 4 層建物，供學生教學、體育活動等使用，有 800 個觀眾席。
- (四) 戶外互動設施：包括大自然探索區、創造性戶外教室、冒險遊戲設施、食農地與飼養區及戶外炊煮區等。
- (五) 停車場：位於地下 1 樓，共 195 個停車位及 347 個機車位。

三、符合國際賽事標準之競賽場館

- (一) 本工程之籃球館為 2017 世界大學運動會 (下稱 2017 世大運) 二座新建場館之一。相關設施均符合國際籃球總會 (FIBA) 及世界大學運動總會 (FISU) 標準 (詳圖 3)。



圖 3 籃球館內部鳥瞰



圖 4 籃球館主要入口及玻璃帷幕外觀



圖 5 檢疫犬於基地進行褐根病檢疫

(二) 供 2017 世大運籃球項目主要競賽場館及練習場館外，世大運後可做為國際及國內各級籃球賽如 SBL、UBA、HBL 之場館。

- (三) 可同時容納三座國際比賽標準籃球場之規模及賽事。寬敞的空間足供市民舉辦活動之多元的場所。
- (四) 可依和平國小教育及市民需求，做多元並充分的使用此一場館，提供學校師生優良的教學與學習空間。

四、具有當代城市美學之節能建築

- (一) 本案建物外觀採玻璃帷幕，藉由玻璃輕量通透特性將基地紋理之藍天樹影意象，融入外觀立面(詳圖 4)。
- (二) 玻璃以藍、黃、橙、綠等自然色系以低彩度之 Double Low-E 網印玻璃，融合於都市環境中，並呈現出季節變化之城市風貌。
- (三) 搭配照明、空調、中央監控、系統整合等多項智慧系統設計，取得黃金級綠建築標章及合格級智慧建築標章。

五、樹木保護及移植

受保護樹木除依規定提送文化局審查外，並依規定進行褐根病救治(詳圖 5)、移植及防治。另一般樹木優先移植至台北市西湖國小等八處國中小及山豬窟復育園區，總計超過 200 棵以上樹木原地保留或移植。

六、歷史建築之保護

尊重基地內歷史建築群原有佈局及朝向，以同方位移設至原位置附近，以維持原有空間組織之相互關係，並且活化再生其原有機能與意涵，轉化為進入和平國小籃球運動館之空間。過去「入口大門之雙柱」(詳圖



6a) 為居民進入眷村之主要入口，轉化為選手主要進入運動館之專屬通道 (詳圖 6b)。

七、綠建築及智慧建築

在南向及朝西南的帷幕牆外設置固定鋼材遮陽板，全高度並距牆面約 2M 設鋼架，然後在其外緣安置對角的 40cm 寬金屬遮陽板，有效地阻擋夏日最烈之日照，同時也創造有趣而生動的視覺效果。

本場館周圍環境透明且開放，可充分自然採光，另如有控制日間光線需求，可由涵蓋周邊的電動捲簾來控制不需要的日光，在夜間則從四周可見場館內一些活動，透過彩色玻璃以及 LED 燈更可獲得精彩的視覺效果。

本案通過綠化量、基地保水、日常節能、二氧化碳減量、廢棄物減量、室內環境、水資源、污水垃圾改善等八項指標，取得黃金級綠建築標章及包括綜合佈線、資訊通信、系統整合、設施管理及安全防災等五項指標之合格級智慧建築標章 (詳圖 7)。

八、BIM 發揮的效益

為因應本專案多重複雜介面整合、並結合施工特性，專案執行過程中用 BIM 模型檢視檢討衝突 (詳圖 8)，除有效解決建築、結構及機電等施工問題外，並克服施工困難、達到節省成本和時間之效益。



圖 6a 原眷村入口大門雙柱



圖 6b 歷史建築入口大門之雙柱



圖 7 黃金級綠建築標章及合格級智慧建築標章

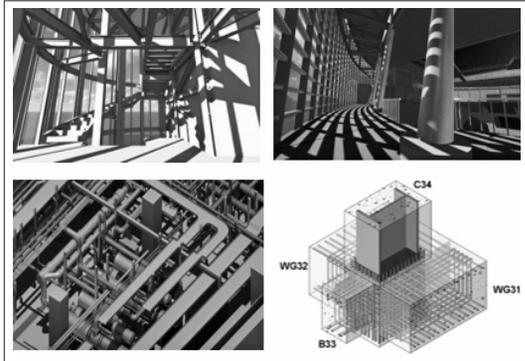


圖 8 BIM 模型技術整合

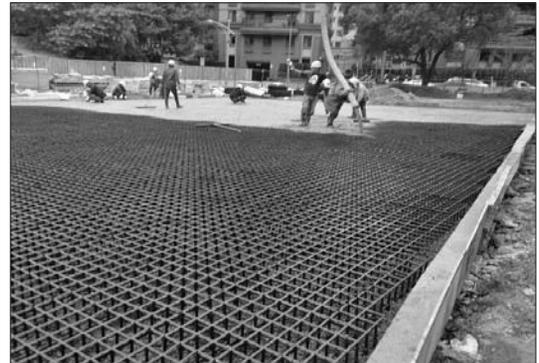


圖 10 管式透水鋪面施工過程



圖 9 水撲滿施工過程



圖 11 籃球館鋼構桁架吊裝過程

同時運用 BIM 技術與營運維護管理系統相結合，對建築的空間、設備資產等進行科學管理，對可能發生的災害進行預防，降低運營維護成本。

九、施工特色

(一) 蓄水及滯洪設施 (Reservoir facilities)

設置 680 噸以上水撲滿 (詳圖 9)，有效基地保水、水資源再利用及符合基地開發逕流排放量與保水量標準。

(二) 管式透水鋪面地坪，符合使用需求及基地保水。

JW 工法之管式透水鋪面 (詳圖 10)，可達良好透水效果；另亦可滿足不同車輛通行所需之載重需求。

(三) 鋼構桁架吊裝

籃球館鋼構桁架跨距達 65 公尺、高度 7.2 公尺、重量達約 70 公噸，採用 200 噸主吊車 2 部、120 噸吊車 1 部及 60 噸吊車 1 部，透過測量儀器檢測將鋼構桁架精準與鋼構柱安裝 (詳圖 11)。



(四) 鈦鋅版屋頂

與旁邊大安運動中心採同樣低反射且耐候性佳之鈦鋅版屋頂(詳圖 12)，七道以上工序除提供極佳之隔熱與降噪效果外，更可避免反射光線對周邊環境建築造成干擾。

十、生態與環境數據

本建物外觀採玻璃帷幕，藉玻璃輕量通透特性將基地紋理藍天樹影融入外觀立面。玻璃以藍、白、黃、灰、綠等自然色系低彩度之 Double Low-E 網印玻璃，融合於都市環境，並呈現季節變化之光影綠蔭。另有關臺北和平籃球館生態與環境數據概述如下：

- (一) 432 株就地保留(含受保護樹木)與基地內移植喬木、新植喬木。
- (二) 原生或誘蝶誘鳥植物採用比例達 95%。
- (三) 二氧化碳固定量 9,377,603kg。
- (四) 680 噸水撲滿及 2400 噸筏基儲水量，有效基地保水、水資源再利用及符合基地開發逕流排放量與保水量標準。
- (五) 管式透水鋪面地坪 1,645 m²，可供消防車使用及基地保水。
- (六) 41% 太陽熱能透過率自然色系低彩度 Double Low-E 網印玻璃 6,457 片。
- (七) 70% 居室設新鮮外氣供應中央空調。
- (八) 雙層帷幕外牆降低 35db 以上，有效阻絕場館內部活動產生噪音。
- (九) 7,950 m² 鈦鋅金屬屋頂板，有效降低對周邊環境光線反射之干擾。
- (十) 零外牆夜間照明，減少對外部環境之光害。



圖 12 鈦鋅版屋頂施工過程



圖 13 106 年 6 月 24 日台北市柯市長及市府長官與計畫團隊於完工記者會合影

十一、完工後測試調整

本案係 106 年 8 月 19 日至 30 日之 2017 世大運籃球競賽場地之一，106 年 6 月 24 日舉行完工記者會並旋即進行相關場地及設備測試(詳圖 13)。世大運場館處、中華民國籃球協會、台北市政府體育局等相關單位及中華隊選手亦於 106 年 7 月 11 日至場館進行總檢驗及熱身賽(詳圖 14 及 15)，同時調整相關細節。106 年 7 月 15 日至 22 日舉行威廉瓊斯盃國際籃球邀請賽並測試賽場地(詳圖 16)，以提供臺灣世大運選手們第一次回家比賽的最佳場地。



圖 14 106 年 7 月 11 日中華藍及中華白熱身賽



圖 16 2017 年第 39 屆威廉瓊斯盃國際籃球邀請賽比賽滿座情形



圖 15 燈光測試及調整

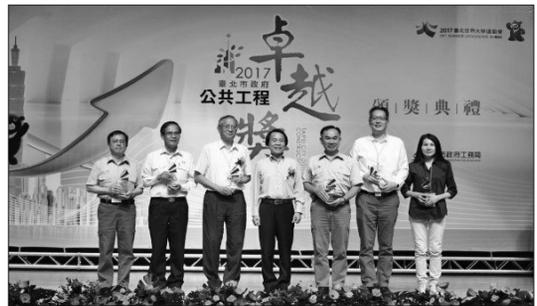


圖 17 106 年度臺北市政府公共工程卓越獎頒獎典禮

十二、獎項與肯定

(一) 「106 年度臺北市政府公共工程卓越獎」

臺北市和平國小暨籃球運動館新建工程乙案，包括主辦單位、施工單位、設計單位及監造單位均榮獲建築工程類第一級工程獎項。本獎項於 106 年 8 月 16 日假臺灣中油股份有限公司-國光會議廳舉行舉辦頒獎活動，由臺北市副市長林欽榮頒發，公共工程委員會何育興處長及許多工程相關公會理事長獲邀出席（詳圖 17）。

林副市長致詞表示，象徵臺北市政府公

共工程最高榮譽之公共工程卓越獎，106 年度辦理約 1,388 件公共工程，通過複評階段的獲獎工程計 13 件，入選機率僅 0.93%，足見卓越獎評選之嚴格、獲獎工程之傑出。

林副市長並提到本工程管理層面的精進，諸如在工程的設計、施工及使用階段，運用 BIM 系統來模擬分析各階段可能遭遇的衝突，改良工程品質，這是一個運用新科技提昇傳統產業管理模式的成功案例。

(二) 「106 年度工程環境與美化獎」

「106 年工程環境與美化獎」於 12 月 2 日假台北花園大酒店-國光會議廳 2F 國際廳舉行舉辦頒獎活動，台灣世曦工程顧問股份



有限公司以臺北市和平國小暨籃球運動館新建工程乙案，榮獲工程生態與環境類特優獎項（詳圖 18）。

本次獎項由社團法人中國土木水利工程學會環境景觀暨工程美化委員會張主任委員武訓頒發，前經濟部長李世光先生及許多工程界貴賓獲邀出席。臺北市和平國小暨籃球運動館新建工程為工程生態與環境類唯一榮獲特優之案件。

十三、賽後營運管理

（一）籃球館部分

2017 世大運已於 2017 年 8 月 30 日順利落幕，臺北和平籃球館有幸共襄盛舉並做為台灣首次舉辦世界大學運動會之場館之一。同時，台北市政府教育局亦透過 OT 招商程序，於 106 年 11 月由長佳機電工程股份有限公司取得場館經營管理權，朝永續經營努力。

除以第三十九屆威廉·瓊斯盃國際籃球邀請賽作為壓力測試賽外，世大運結束後亦陸續舉辦 2018WTA 台灣公開賽、2019 年世界盃籃球賽資格賽等體育活動及多項活動供公眾使用（詳圖 19）。

臺北和平籃球館亦為 106 年 12 月 2 日第 15 屆職籃 (SBL) 開幕賽場地，且經達欣隊認養為其主場。另本場館亦持續舉辦多樣且豐富體育相關活動，以帶動全民運動風氣。並且透過設施多樣化使用，豐富藝文休閒資源，進而提升都市文化涵養。暖身館部分，平日除提供作為和平國小教學活動及集會使用外，假日亦交由 OT 廠商統籌運用，以提升其使用率。



圖 18 106 年度工程環境與美化獎頒獎典禮



圖 19 活動前民眾等候進場情形

另設有公益檔期，以全市性大型活動為主，由教育局進行審議，比照小巨蛋，提交府級的公益檔期審議委員會審理把關，讓更多民眾有機會使用本場館。



圖 20 教室分組上課情形



圖 21 活動中心(暖身館)上課情形

(二) 和平國小部分

台北市和平實驗國民小學於 2017 年 9 月開始招收第一屆(一至三年級)學生，為台北市第一所實驗小學，採「4 學季」制度，六年內二十四個主題課程的串聯，帶給孩子國民教育階段應該具備的能力。

為了培養自主學習精神，中年級以上學生都會有選修課，規劃有「桌遊數學」、「廚房裡的科學」等活潑、生活化課程，學生還可以進一步提出開課申請，老師負責從旁協助與提供資源。為配合學校彈性多元的

教學，校園空間亦可配合彈性調整，為學校永續及環境永續提供最好的基礎(詳圖 20 至圖 21)。

十四、結語

本案由臺灣世曦工程顧問股份有限公司與宗邁建築師事務所共同投標執行設計及監造作業，期間承蒙臺北市政府府級長官多次指導並親臨工地主持視察會議，使工地進度得以順利進行。另臺北市政府各相關單位協助與捷運工程局第二區工程處督工及費心協調下始得圓滿順利完成。本計畫自開始籌備至完工至少花費六年以上，六萬以上人次參與投入，謹一併誌謝。

謹摘述下列心得供後續類似計畫卓參：

1. 具豐富之優良履約經驗

本團隊具 2009 台北聽障奧運會主場館、2009 高雄世運會主場館、新莊體育館、新竹縣體育館、台北市南港運動中心等相關計畫執行經驗，相關設計、監造或專案管理上的經驗，均落實於本計畫，使計畫可按既定進度順利執行。

2. 設計與工期確實掌握

本案於投標階段即積極評估施工方式與工期評估，提出連續壁先行施工之建議，並配合雜照申請，使工程可順利於 2017 年 5 月竣工，並於 2017 年 8 月 19 日 2017 世大運開始前，能有足夠時間進行相關調整及舉辦第三十九屆威廉·瓊斯盃國際籃球邀請賽等壓力測試賽之時間。



3. 相關顧問適時提供必要協助

設計團隊聘有體育顧問，於設計及施工時間，配合 FISU 相關執委會行程，多次提供簡報及答詢，直接了解問題並解決其疑慮。另公共藝術部分，亦委請專業策展顧問，全程協助包括：委員名單建議、工作執行小組成立、設置計畫書審查、藝術家徵選及成果報告審查等。

4. 需求確認與變更

設計及施工過程，需多次配合各項審查、和平國小籌備處及世大運籌備會各相關部處 (FA, Functional Areas) 提送需求或施工中配合實際工地需求辦理設計變更。正式提送變更設計圖說前，需確實了解需求並充分溝通，以利快速精準提供所需服務。 ◆

參考文獻

1. 薛春明，「淺談 2017 臺北世大運運動場館之規劃設計」，國民體育季刊，第 192 期 (第 46 卷第 4 期)，P.13 ~ 18，2017 年 12 月。
2. 周文彬、劉明均、費宗澄、林信忠、林明宗、莊焜育等，「回家比賽-臺北和平籃球館新建工程」，中華技術，第 115 期，P.270 ~ 273，2017 年 7 月。
3. 台灣世曦工程顧問股份有限公司/宗邁建築師事務所，「臺北市和平國小暨籃球運動館新建工程都市設計審議報告書」，P.5-9 ~ 5-17，102 年 10 月。



2017 臺北世大運網球中心工程 及管理策略經驗分享

臺北市政府 / 副秘書長 / 薛春明
臺北市政府捷運工程局第一區工程處 / 副處長 / 林勳杰

關鍵字：2017 世大運、網球中心、風險、管理策略、全面品質管理

摘要

臺北市網球中心係 2107 臺北世界大學運動會唯一之網球競賽及決賽場館，新建工程時程緊迫，業主、設計及施工團隊迎接挑戰，面對時程、設計、招標、施工、賽事等諸多風險，積極提出對策，團隊齊心協力、全力合作，卒不負眾望，完成鑽石級綠建築之國際級場館，順利完成賽事，並榮獲「2017 中華民國國家卓越建設獎」及「2017 臺灣建築獎」首獎。本文特針對工程特色、各階段風險管理與策略予以探討，並提出日後類似新辦工程之建議。

一、前言

臺北市網球中心係 2107 臺北世界大學運動會唯一之網球（含決賽與練習）場館，新建工程時程緊迫，設計及施工團隊迎接挑戰，

面對國家重要工程，務必成功。面對時程、設計、招標、施工及賽事諸多風險，必須積極提出對策，方能完成我國首座鑽石級綠建築之國際級賽事場館，順利提供賽事使用。謹針對各階段風險管理與管理策略提供各界參考。

二、計畫需求與工程特色

（一）計畫緣起

第二十九屆夏季世界大學運動會 (the XXIX Summer Universiade)，簡稱 2017 臺北世大運（下稱世大運，Universiade Taipei 2017），於 106 年 8 月 19 日至 30 日在臺北市順利舉辦，係臺灣首度舉辦世界大學運動會，亦為臺灣歷年來獲得主辦層級最高之國際體育賽事。世大運比賽項目計有：游泳、網球等 21 項目。網球向為我國在亞洲地區強項之運動，然臺北市並無適當之硬體設施。爰臺北市政

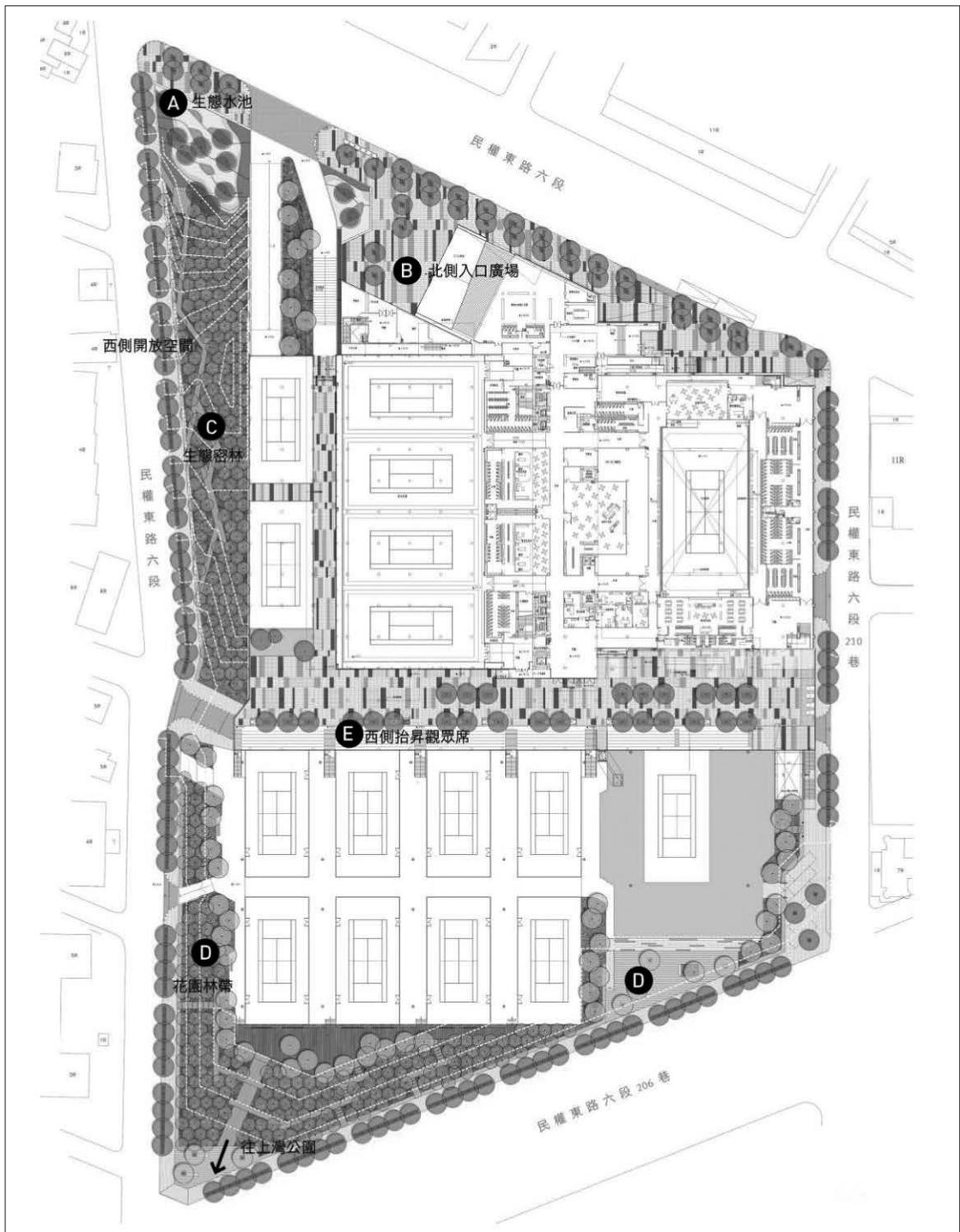


圖 1 臺北市網球中心配置圖



表 1 前三屆世大運網球比賽場地一覽表

網球比賽場館	主要比賽場地	年分	主辦國家或地區	主辦城市	比賽日期
		2011 	中國	深圳	8月12日 - 8月23日
		2013 	俄羅斯	喀山	7月6日 - 7月17日
		2015 	韓國	光州	7月3日 - 7月14日

府配合世大運之舉辦，提出興辦網球中心之需求計畫，並預期達到以下目標：(1) 舉辦國際賽事。(2) 培養頂尖選手。(3) 提升運動實質量。(4) 民間參與營運。

(二) 賽事需求

臺北市網球中心基地坐落內湖區民權東路六段，面積約 4.98 公頃。設有主球場 1 面 4,008 固定席，副球場 (戶外露天球場) 1 面 1 千固定席，另保留可增設 6 千席之空間。室內球場包括：4 面球場 1,341 固定席及 3,036 席伸縮活動座椅，可提供雨天賽事及球員練習場地使用；另戶外球場 10 面，中央服務大樓 1 棟，場地設施符合國際網球總會 (International Tennis Federation, ITF) 規定，可提供舉辦世大運及國際賽事。(詳圖 1 及表 1)

(三) 工程特色

依永續建築與生態健康環境進行整體規

劃，以「綠建築」朝「生態永續」邁進，注重自然通風、採光，符合環境生物多樣性、生態綠化、水資源維護、基地保水、節能環境等綠建築指標進行建築設計，工程特色如下：

1. 「運動建築」與機能結構美學：

本網球中心，除滿足運動建築機能外，其懸吊式結構設計亦彰顯結構力學之美，期為臺北市打造一座地標建築。

2. 鑽石級綠建築：

建築將具體落實臺北市綠建築推動的四大核心：「智能生活」、「生態永續」、「生命健康」、「都市再生」的內涵，以「永續建築」為目標，藉由照顧建築物物理條件、環境微氣候的敏感對應，達到「低耗能」與「減碳」的設計。



圖 2-1 鳥瞰圖 (北側)



圖 2-4 建築夜間照明 (北側)



圖 2-2 鳥瞰圖 (南側)



圖 2-5 建築外觀 (南側)



圖 2-3 建築外觀 (北側)



圖 2-6 戶外球場 (南側)

3. 運動設施公園化：

本中心西側及南側規劃大面積綠化空間，並銜接南側既有上灣公園。

另於綠帶內設置步道，除為運動場館，也是一座休閒公園。

4. 全區自來水直飲：

本中心規劃全區自來水直飲，打開水龍頭即可直接飲用，合乎環保趨勢。

5. 停車場指引智慧系統：

增加停車便利性。(詳圖 2 照片輯)



圖 2-7 中央塔樓入口通廊



圖 2-11 基地中央聯絡通道



圖 2-8 主球場 (一)



圖 2-12 建築外觀 (南側)



圖 2-9 主球場 (二)



圖 2-13 鋼構懸吊系統 (一)



圖 2-10 室內球場



圖 2-15 基地西北側景觀生態池



圖 2-16 中央階梯觀眾席景觀



圖 2-17 主球場女雙冠軍賽況



圖 2-18 世大運網球比賽頒獎典禮

三、工程興建風險及管理對策

(一) 工期緊迫

臺北市網球中心工程(下稱本工程)務需如期於106年6月提供測試賽及同年8月正式賽事使用。工程需求計畫由台北市政府體育局提供,續由台北市政府捷運工程局受託代辦並指定北區工程處(註:因組織修編,自107/6/1起合併東區工程處變更為「捷運工程局第一區工程處」)負責辦理建築師公開甄選(101年8月-102年4月)、細部設計(102年4月-103年5月)、工程公開招標(103年8月起)及執行施工合約管理(104年01月15日起)等事宜。

本工程施工標係103年12月17日決標,104年01月15日開工。施工之履約工程里程碑(milestones)主體工程工期原訂為NTP(Notice to Proceed)+919天(即106年7月21日),嗣因颱風、除夕與春節等依規定免計工期,則展延至106年8月14日,並於完成驗收前取得鑽石級綠建築標章,106年6月7日取得使用執照、接水接電,並於106年6月11日展開測試賽,亦即開工後僅29個月即需完成,挑戰及壓力委實鉅大!

謹就本工程於設計、招標、施工及賽事之風險管控及因應對策及全面品質管理(TQM)等事宜,摘要敘述如後。

(二) 工程各階段之風險管控與對策

1. 整體時程風險與對策:

承上,本工程時程首需面臨之設計及施工二階段風險,概述如下:

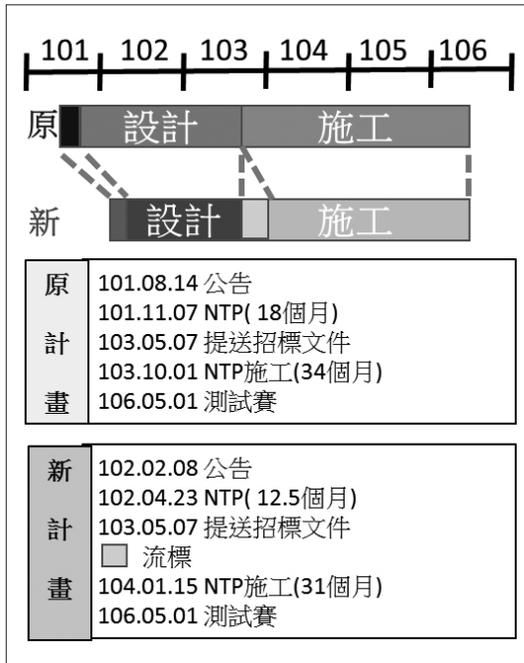


圖 3 網球中心設計期限壓縮情形

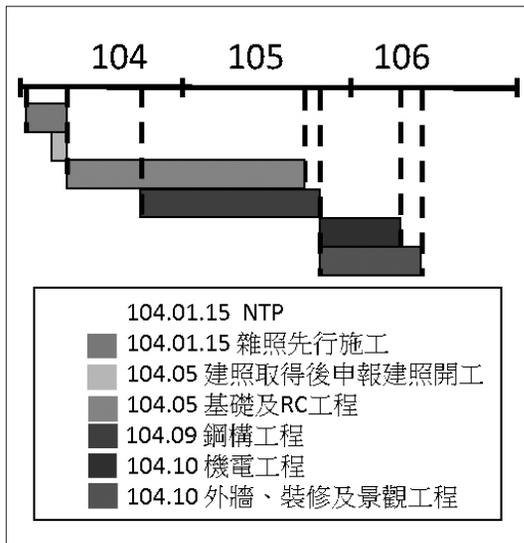


圖 4 網球中心工期風險管理對策示意

(1)設計階段：

設計監造標原訂 101 年 8 月 14 日辦理公告，因應本工程修改設計需求、減少量體等諸多因素，改於 102 年 2 月 8 日公開招標，設計期程自 18 個月，大幅縮短至 12.5 個月 (詳圖 3)。

(2)施工階段：

原估計於 103 年 10 月 1 日展開施工至 106 年 5 月 1 日完工辦理測試賽，工期係 31 個月 (同圖 3)。

嗣因施工標公開招標多次流標，迄第四次招標共 5 家投標，卒於 103 年 12 月 17 日順利決標，工期愈發緊湊。其因應對策如下：

1. 先取得雜項執照，並立即動工：

因工程招標作業期間，都審尚進行中。策略先取得雜項執照，再依雜照先行施工。俟假設工程、擋土設施等雜項工作物取得先期成果，再同步申請建造執照。復以雜併建照合辦，節省雜項工作物之使用執照取得時間，以免因而停工，使工進得以提前。

2. 多面展開施工：

廠商在平面上採分四區同時施工，且採上層之鋼構及地表下 RC 同時分別施作，其中又以先行完成中央塔樓以供懸吊兩側鋼構屋頂 (詳圖 4 及圖 5)。

2. 設計風險與對策：

(1)設計品質應符合賽事標準

運動設施標準是場館之靈魂。本中心之場館場地設施尺寸、球場面鋪面、球場照明之標準與賽事附屬設施，均需符合 FISU



(International University Sports Federation, 國際大學運動總會) 基本需求與取得 ITF (國際網球總會) 認證。對策係規劃、細部設計時，與體育局及體育顧問再三確認，例如主球場上方觀眾席遮陽屋頂所生陰影，是否影響比賽，均以時相模擬之，再經體育局協商 FISU TD (Technical Delegate) 回應確認，卒場地完成後亦均達賽事標準。

(2) 價值工程 (VE)

建築師競圖階段所提構想，仍需進一步檢驗經費與實用等課題，經以價值工程檢討重要項目如下：

- A. 室內球場屋頂空中花園構想恐易漏水，維修不易，經檢討取消。
- B. 懸吊式結構系統合併場館之結構系統檢討，以減少載重：

網球中心屋頂原單純採用「懸吊式結構」設計，造價高，且有抗風升力之虞慮，經價值工程檢討，於屋頂側邊增設垂直立柱（包覆在外牆內）、結合主球場遮陽屋頂 V 型柱，分擔垂直力及抗風力，可減少彎矩載重，既降低經費，復使整體結構更為簡潔、美觀（調整後詳圖 6-1、6-2、6-3）。

C. 節能設計：

- (a) 室內球場西側外牆原為密閉式，熱負荷 (Heat gain) 較高，增加營運期間之空調費用。經檢討以活動式鐵捲門加上百葉窗，引入春、秋、冬及晨晚低氣溫，利用自然通風促進對流，降低熱負荷。此節能設計巧思於 FISU 委員會勘及臺灣建築獎評審委員現勘時，均給予讚賞與肯定。

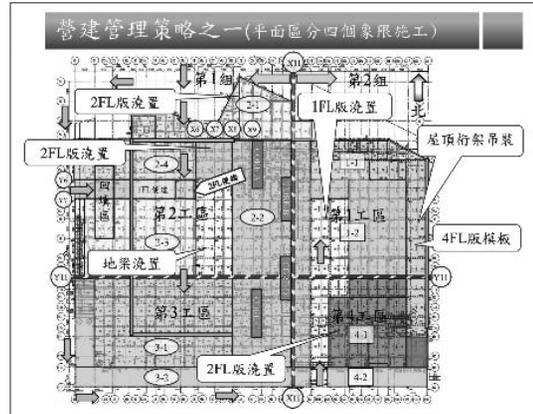


圖 5 分四區同時施工之平面分區圖

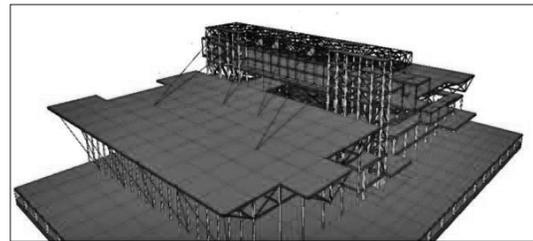


圖 6-1 調整後鋼構懸吊系統模擬圖

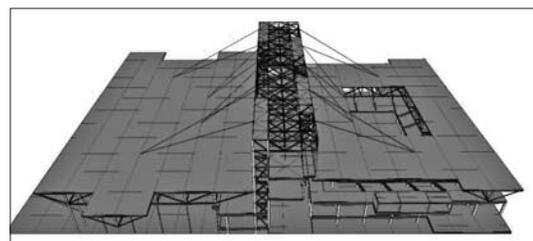


圖 6-2 調整後之鋼構懸吊系統模擬圖

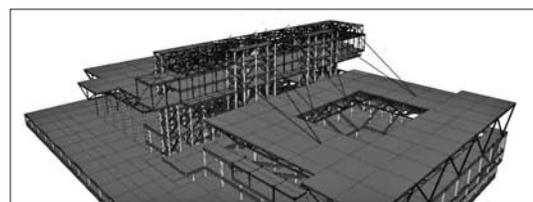


圖 6-3 調整後之鋼構懸吊系統模擬圖



(b)原始汽車坡道係封閉式，基於節能、通風、採光，經檢討改採用隧道設計，以節能通風，並節省經費。

D. 基地南側景觀採融合上灣公園整體設計：原設計採用鐵木木棧板，經檢討以順應地形草坡，融合上灣公園，更為簡樸實用。

E. 減少過度設計：例如戶外球場圍籬以一般常見設計形態取代繁複型態及其他節約設計方案。

(3)改善綠建築與半開放空間之界面：

半開放空間是綠建築之重要因子，雖有利於通風、採光，惟難免有飄雨之憾，亦經通盤改善。

(4)控制設計預算：

囿於設計時程緊迫、諸多外部審議速度慢，影響預算編製及精度，對策以檢討大宗工項，例如建築主體、結構系統、機電系統，務求其合理性，降低審議意見之影響，並依據市府規定單價編列預算。

(5)建管程序與施工之配合：

囿於都審、環評審議時程之不確定性，影響建造執照之取得。為加速施工，經採取先取得雜項執照對策，同步積極通過相關審議，嗣亦確實完成每一環節無縫接軌，奠定本工程趕工基礎。

3. 工程招標與時程有關之風險與對策：

本工程工期需於 106 年 6 月 11 日舉辦測試賽及 106 年 8 月 19 日舉行世大運網球賽事，如以限期完工，對甲方有利，對廠商風險則

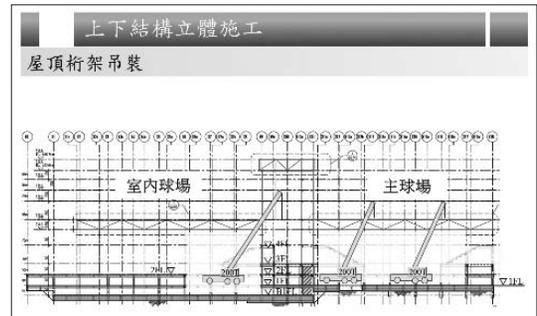


圖 7 上下結構立體施工圖

太高(江俊謀, 2017), 依前三次招標均流標, 顯示因工期緊湊, 為本工程數次流標主因, 復於第 4 次招標前再檢討流標原因。修正以 NTP+919 天竣工, 即係屬日曆天完成, 對甲乙雙方較公平合理, 第 4 次即順利招標。

4. 施工風險與對策：

(1)最大風險為時程緊湊

本工程營建管理策略, 除前述運用雜照先行施工, 再雜併建, 免除雜照使照之勘驗時間、分區及立體施工外, 工作推動除一般工程業務由北工處推動外, 市府亦成立 2017 臺北世大運場館跨局處會議定期(每雙週)召開。主要工項採目標導向, 以里程碑列管, 務求提早達成(詳表 2、3)。

(2)鋼構立體施工

鋼構吊裝計畫之鋼構重量約 3959 噸, 分布於塔樓區 2459 噸, 主球場區 600 噸, 室內球場 900 噸。鋼構高度: 塔樓區樓高 7 樓 + 屋突後為 46.34m, 主球場區樓高 5 樓 (25.39m), 室內球場區樓高 5 樓 (25.39m)。吊裝順序為: 1. 塔樓區 2. 主球場區 3. 室內球場區, 上下結構立體施工及屋頂桁架吊裝(詳圖 7、8、9、10、11)。



表 2 世大運場館跨局處雙週會議管制重要工項列管表案例之一

進度		預定累計進度		實際累計進度		差異	
		19.40%		29.40%			
		要徑天396天		要徑天416天		20天	
工程項目	單位	設計數量	預計完成數量	實際完成數量	完成百分比	備註	
基礎結構工程	地梁及筏基	區	14	12	12	85.7%	施作塔樓區東西側(鋼構吊裝區)
	東側樓地板(鋼構區)	樓	4	2	2	50.0%	第1區4樓版及第4區2樓版。
	西側樓地板	樓	2	1.5	2	75.0%	第2-3區2樓版施作中,第3區2樓版完成。
	塔樓區樓地板	樓	7	1	1	14.3%	1樓版完成。
鋼構吊裝工程	塔樓區	區	4	4	4	100.0%	目前進行次構建吊裝。
	主球場桁架	組	9	4	4	44.4%	目前進行次構建吊裝。
	室內球場桁架	組	11	2	2	18.2%	目前進行次構建吊裝。

表 3 世大運場館跨局處雙週會議管制重要工項列管表案例之二

項次	項目	預定時程	備註
1	基礎開挖申報勘驗完成。	2015/7/16	
2	地下一樓版申報勘驗完成。	2015/8/7	
3	塔樓區鋼構柱開始吊裝。	2015/9/2	
4	機電工程	2015/10-2017/5	
5	外牆裝修及景觀工程	2015/10/	
6	一樓版：第一區、第三區樓版申報勘驗完成。	2015/11/20	
7	一樓版：第二區、第四區樓版申報勘驗完成。	2015/12/24	
8	七樓版申報勘驗完成。	2016/6/15	
9	屋頂版申報勘驗完成。	2016/7/28	

因工期緊迫，屋頂桁架採創新之推進工法。其優點可節省工期，下部同時施工，亦兼顧安全，即採推進工法，減少高架作業，人員只在工作平臺上作業，同時可提升營建技術。

5. 賽事風險與對策：

賽事及世大運組委會各部處(FA, Functional Areas) 人員運作雖非關工程人員之職權，惟2017 臺北世大運之時程緊迫，施工期間，賽事人員即需進入工地提早檢驗所需空間、設備是否足夠，難免造成工程執行困擾。為解



圖 8 屋頂桁架吊裝照片輯

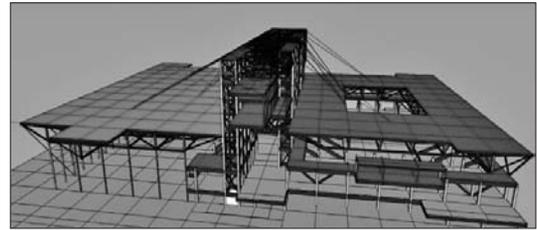


圖 11 球場屋面鋼索安裝拉設模擬圖



圖 12 「2017 國家卓越建設獎」頒獎

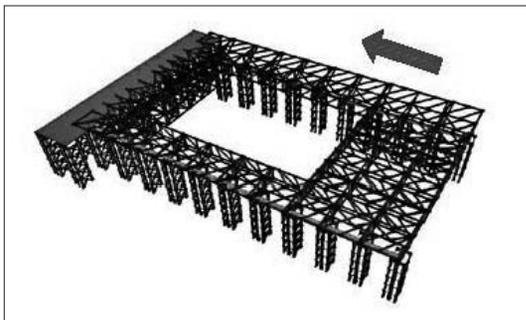


圖 9 屋頂桁架推進工法模擬圖

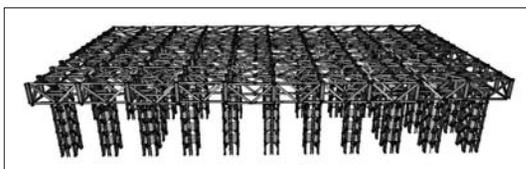


圖 10 屋頂桁架推進完成模擬圖

決問題，在工程管理上，捷運局第一區工程處主動召開與 FA 之定期工作會議，同時也將各單位意見回饋在工程檢討上，預先整合介面衝突與料想之狀況發生，即時改善，以符賽事需求，整體執行結果尚稱圓滿。

四、榮譽與肯定

「臺北市網球中心」是國內第一座符合 FISU 及 ITF 認證的國際級網球場館。本工程除榮獲社團法人中華民國不動產協進會頒發之「2017 國家卓越建設獎」(最佳規劃設計類)(FIABCI-Taiwan Real Estate Excellence Awards)外(圖 12)，亦獲中華民國全國建築師公會雜誌社舉辦之「2017 臺灣建築獎」，堪為國內建築界最高獎項(圖 13)。本屆臺灣建築獎共



有 213 件作品參選，經評選入圍的 12 件作品經現地實勘決選，由「臺北市網球中心」摘下首獎。評審們認為「臺北市網球中心」之色調、材料選用細緻用心，懸吊式屋頂設計精緻、自然通風換氣考慮得宜，除了符合國際賽事標準外，更與民眾生活緊密結合，能夠眺望城市風景的頂樓開放空間，也打破傳統運動中心之封閉感，是精準度及完成度皆高的一座運動型綠建築。

建築作品的興辦完工，須充分結合業主、設計、施工專業團隊的合作。設計團隊能將創意落實，需有業主的鼎力支持和營造廠商專業施工技術配合。因此自 2017 年之評選活動起，臺灣建築獎同時頒發給建築師、業主與營造廠商，以肯定及表彰三位一體的共同努力成果。

五、賽後營運管理

為順利銜接後世大運時代，台北市政府體育局在 2016 年 10 月即完成 OT 招商程序，由匯揚百貨股份有限公司取得場館經營管理權，以提早了解場館運作，並朝永續經營努力。

世大運結束後即順利移轉由 OT 廠商營運，陸續舉辦相關體育及多項活動供公眾使用，並且透過設施多樣化使用，豐富休閒資源，帶動全民運動風氣（詳圖 14）。

六、結語

本中心由柯市長（圖 15）、薛春明副秘書長等府級長官率領市府各局處與團隊包括：竹間聯合建築師事務所 / 奧雅納工程顧問公



圖 13 「2017 臺灣建築獎」首獎頒獎



圖 14 OT 營運體適能中心一角



圖 15 柯文哲市長慰勉世大運工作人員



司台北分公司聯合承攬商、春原營造股份有限公司及市府各機關齊心協力，共同完成艱鉅挑戰，團隊成員功不可沒，特表深摯謝意，更謝謝各界給予之肯定。

未來辦理類似工程，謹就「規劃」、「設計」、「施工」等三階段，建議措施如下：

(一) 規劃階段

1. 設計需求計畫書應力求完備合理。
2. 需求計畫書應由主辦單位洽專業之顧問公司或建築師訂定，以使細設建築師有所遵循。
3. 工程總預算應力求合理，並預留適當準備金。

(二) 設計階段

1. 甄選最佳設計廠商：

設計標評選，除考慮建築美感外，其業績、施工可行性、工程經費之合理性等，均應納為評選重點。

2. 合理之設計時程：

通常目標時間前幾年已定，時間仍應掌控，賦予設計標廠商合理作業時程，不宜緊迫。

3. 專業項目請專業單位提早參與：

對於專業度極高之工程，建議專業項目宜請專業單位提早參與，可使設計更為周全。

4. 採價值工程：

以價值工程精神進行設計，追求合理有效能之設計。

(三) 施工階段

1. 甄選最佳廠商：

目前已規定 2 億元以上工程招標應採最有利標辦理。

2. 檢討節約方案：

了解設計是否合理妥當，必要時，要求建築師提出節約方案變更，可減少經費支出。

3. 隨時掌控工程進度：

專業性質強、複雜程度高且辦理經驗少之時效性工程，不免有需釐清或確認之情形，均待各方包括：業務單位、建築師或廠商檢討或說明，亦應注意時效。

4. 必要時亦考量採用 PCM 於設計、監造階段即由專業廠商協助管理。 ◆

參考文獻

1. 薛春明，淺談 2017 臺北世大運運動場館之規劃設計，國民體育季刊第 46 卷第 4 期，2017，12 月。
2. 林勳杰等，2017 臺北世大運場館跨局處會議歷次臺北市網球中心工程簡報，2014-2017。
3. 臺北市政府體育局，臺北世大運網球中心需求計畫，2012，10 月。
4. 竹間聯合建築師事務所 / 英商奧雅納工程顧問公司臺北分公司聯合承攬商，臺北市網球中心建築圖說，2014，5 月。
5. 江俊謀，限期完工工程展延工期爭議探討，技師報第 0802 期，2017，4 月 6 日。
6. 粘進發、林文德等，春原營造公司，臺北市網球中心鋼結構施工計畫簡報，2014，6 月。
7. 王勝輝等，英商奧雅納工程顧問公司臺北分公司，臺北市網球中心結構系統檢討簡報，2013，11 月。
8. 林勳杰等 11 人，「政府部門實施全面品質管理之研究」，八十七年度行政院中高層主管培訓班之出國專題研究報告，1998，7 月。



我國未來生活垃圾處理設施發展之淺析

信鼎技術服務股份有限公司企劃室技術經理 / 張君偉
信鼎技術服務股份有限公司專案一部資深經理 / 施瑞卿
信鼎技術服務股份有限公司技術開發部資深經理 / 紀茂樹
信鼎技術服務股份有限公司台南廠工程師 / 蘇敬智
信鼎技術服務股份有限公司企劃室經理 / 林珮好

關鍵字：焚化處理、氣化處理、能源效率、多元化垃圾處理

摘要

我國廢棄物採焚化處理已超過 26 年時間，全國垃圾焚化廠開始陸續進入延役及整改的時程。對於國內一般垃圾之處理，政府於多元化垃圾處理政策中，規劃焚化廠升級整備及提升環保設施效能等面向。其中焚化處理設施及氣化處理設施同時具備能源回收的功能，被列為重點的執行項目。

隨著近年來焚化技術的進步，已大幅降低焚化過程中衍生的污染物排放如戴奧辛、氮氧化物等，同時藉由提升鍋爐熱回收效率以及改善廠內發電設施效率，焚化處理設施的發電效率已可提升至 25% 以上，可符合我國「再生能源發電設備設置辦法」中對於廢

棄物發電設備發電效率之規定。惟鍋爐效率的提升牽涉到鍋爐及焚化爐床的變更，對於老舊廠的升級有一定的困難度。

垃圾氣化處理設施雖然污染排放低於焚化處理技術，但受限於氣化處理設施對於廢棄物性質穩定度及投料入爐均質性要求很高，目前多用於處理穩定性較高的生質燃料，單獨用於處理垃圾的大型成功案例不多，其整體的經濟效益仍較焚化處理技術為差。但由於其合成氣有較高的能源利用價值，各國近年來仍積極地推動該項技術。而本土技術與國外差距有限，於政府扶持產業發展的角度，建議可試行於無焚化處理設施且廢棄物性質單純地區或用於處理性質相對單純的事業廢棄物上。



一、前言

我國垃圾焚化處理從台北市內湖焚化廠商轉開始至今已超過 26 個年頭，最新的苗栗廠及永康廠商轉也已經超過 10 年。根據日本的操作經驗顯示，焚化廠主要設備的平均壽命約在 15 ~ 20 年左右【1】，進入這個週期的焚化處理設施需透過一定程度的整改，以維持其操作效能。表 1 顯示我國有 19 座焚化廠營運時間已超過 15 年，顯示未來幾年，全國有多座焚化廠將陸續因屆齡而進入延役及整改的高峰期。

隨著各縣市焚化廠逐漸老化，加上廢棄物熱值提升的影響，近年來全台焚化廠每年總垃圾處理量以 2% 速度下降，全國焚化廠垃圾處理餘裕量逐漸吃緊，使得許久未出現的垃圾處理議題又開始佔據新聞版面。

政府為因應我國未來的廢棄物處理需求，遂於 106 年 7 月提出多元的廢棄物處理政策，其中針對一般家戶垃圾的處理，除計畫提升既有焚化處理設施的效能（處理量及能源回收率），對無焚化處理設施地區擬試行引進能源利用效能更高的氣化處理設施。

由於近來循環經濟逐漸成為世界的潮流，垃圾發電扮演循環經濟最末端的能源循環角色，其能源轉換效能逐漸被各國所重視，近年各國在廢棄物熱處理發電技術上有了明顯的突破，其中以垃圾焚化及氣化為發展主流。本文針對我國一般都市垃圾性質，依據崑鼎投資旗下信鼎技術服務股份有限公司在此領域 20 多年的實務經驗，探討焚化處理設施效能提升的可行方向以及氣化處理設施於我國發展潛力。

表 1 我國各焚化廠商轉時間概況^[2]

商轉時間	廠別
11 ~ 15 年	包含基隆、苗栗、利澤、烏日、永康廠共 5 廠。
16 ~ 20 年	包含北投、八里、桃園市、新竹市、后里、溪州、嘉義市、鹿草、城西、高雄中區、高雄南區、仁武廠、岡山、崁頂廠，共 14 廠。
21 ~ 25 年	包含木柵、新店、樹林、文山廠共 4 廠。
> 25 年	內湖 1 廠。

二、台灣地區廢棄物處理現況

根據環保署民國 106 年的統計資料，全台灣垃圾焚化處理噸數為 624.9 萬噸。其中一般廢棄物約 508.8 萬噸（佔總進廠量 81.4%），事業廢棄物約 116.0 萬噸（佔總進廠量 18.6%）。24 座焚化廠平均負載率約 92%，扣除因設備效能不佳的廠別後，各廠平均負載率已超過 95%，顯示各廠的負載均已接近滿負荷狀態。而岡山廠及崁頂廠於 106 年底完成效能提升後，預期於 107 年兩廠可以增加約 10 ~ 15 萬噸的處理量。

依據 106 年環保署統計資料，每噸垃圾平均發電量為 509 度，以垃圾平均熱值 2,300kcal/kg 計算，全國焚化廠平均發電效率為 19%，低於 ISWA (International Solid Waste Association) 於 2013 年發行的垃圾發電指南【3】，如圖 1 所示。其效率最高的是桃園市廠，發電效率可達 23.2%，最低的為台北市內湖廠。依據我國「再生能源發電設備設置辦法」中對於廢棄物發電設備發電效率規定需大於 25%，顯示我國焚化廠發電效率能有不少的提升空間。尤其是早期設計的焚化廠，不論在鍋爐設計效率、氣冷式冷凝器設計效率及蒸汽品質上，都有很大的改善空間。

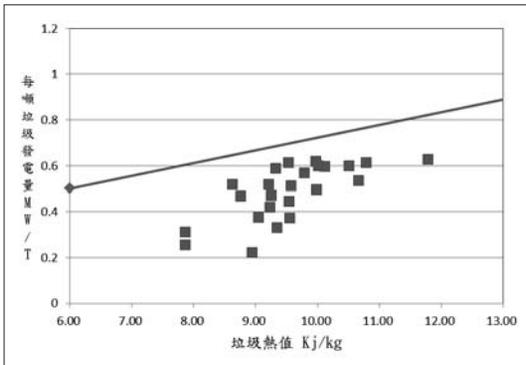


圖 1 我國各焚化廠單位垃圾發電效率分布圖

三、焚化處理技術近年發展介紹

焚化處理技術目前在市場上有超過 1,300 項實績(機械式爐床),已是十分成熟的技術。以往,焚化處理設施較為人擔心的是諸如戴奧辛等空氣污染排放問題,不過近年來各家焚化爐製造商已持續改善燃燒控制技術,透過更精準的燃燒空氣量控制,可有效地抑制戴奧辛及氮氧化物排放,如鍋爐出口戴奧辛排放濃度已可控制在 $2\text{ng-TEQ}/\text{Nm}^3$ 以下,較以往技術降低 50% 以上;氮氧化物部分,新

式的燃燒控制技術搭配 SNCR 加藥控制技術的改良,可將氮氧化物排放濃度操作在 $70 \sim 80\text{ppm}$ 以下,較目前台灣主流技術減少約 20% 的排放量(圖 2)【4】。

於能源回收議題方面,近期焚化處理設施發電效率已大幅提升,歐美新設置的焚化廠其發電效率多已超過 25%,甚至可達 30% 以上。其主要技術突破點在於提升廢熱回收鍋爐效率以及提升廠內發電效率兩個部分,並詳述如下:

(一) 提升鍋爐效率

影響焚化處理設施鍋爐效率的因子包含過剩空氣比的設計以及鍋爐出口廢氣溫度兩個部分並詳述如下:

1. 降低過剩空氣比設計值

早期焚化處理設施為確保廢棄物燃燒完全,於燃燒過程中會供給較高燃燒空氣量,其過剩空氣供給量需為理論空氣用量的 $1.8 \sim 2.0$ 倍,遠高於一般燃煤電廠的 1.2 倍。過高

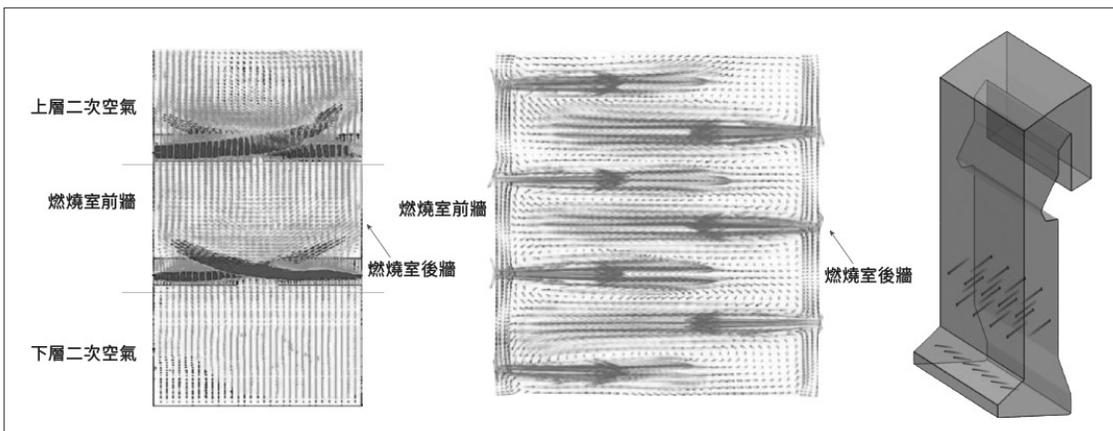


圖 2 新式的燃燒模擬有助於風量的分配設計,藉以提升焚化效率,減少污染排放。【4】



的燃燒空氣量，除增加了焚化廢氣排放量，導致下游空氣污染防治設備負荷的增加外，也會降低鍋爐的熱回收效率，使得早期焚化處理設施鍋爐效率多低於 80%。隨著燃燒控制技術的改善，以及爐床冷卻方式由風冷改為水冷式爐床，燃燒空氣需求大幅下降，目前焚化所需過剩空氣供給量已大幅降低到約 1.4 倍左右【4,5,6,7】。低燃燒空氣量需求可同時降低廢氣排放量，減少下游防治設備負荷及能源消耗，同時提升鍋爐效率，增加蒸汽產量。

惟我國受限於戴奧辛排放法規中規定鍋爐出口濕基廢氣含氧量須高於 6%，相較國外控制技術已可將廢氣含氧量控制在 4 ~ 5%，該限制無形中也抑制了鍋爐效率提升的空間。但該法規中也提及，若可證明污染控制可達該法令相同處理效果者，可另檢具證明文件，向主管機管申請依不同條件操作運轉。

2. 降低鍋爐出口廢氣溫度

以往焚化廠為了避免節熱器水管的腐蝕，鍋爐出口廢氣溫度得控制在 220 ~ 260°C 之間；新型焚化廠因節熱器管材質改善，其操作溫度已可逐步降低到 180 ~ 200°C。

透過前述的降低燃燒空氣量及鍋爐出口廢氣溫度，新式焚化廠鍋爐效率已可由 78% 提升至 85% 以上。惟此一部份牽涉到爐床冷卻方式及鍋爐的設計變更，需同時考量焚化爐區空間及停爐施工、安檢時程對垃圾調度的影響。其所需施工時程往往需超過半年，對於既有焚化廠而言，有一定的困難度，需政府政策的支持。

(二) 提升發電效率

目前焚化處理設施常見提升發電效率的方式包含提升蒸汽溫度與壓力、降低汽輪發電機出口蒸汽溫度及乾度以及蒸汽再加熱技術，分述如下：

1. 提升蒸汽溫度及壓力

蒸汽溫度及壓力越高，於汽輪機回收的電能也越高。惟由於垃圾焚化後廢氣中含有高濃度的酸性氣體，蒸汽溫度提升會大幅增加爐管的熱腐蝕速度，目前新的焚化處理技術多控制在 420 ~ 440°C 之間，並搭配高合金爐管。部分廠商結合其他發電設施，利用較乾淨的尾氣餘熱提升過熱蒸汽溫度至 500°C 以上，以提升發電效率，成功避免高溫腐蝕的問題。惟蒸汽溫度及壓力的提升，除須確認鍋爐修改所需的空間及工期外，須同步確認汽輪發電機的設計參數，以確認是否須同步更換發電機。

2. 降低汽輪發電機出口蒸汽溫度及壓力

目前常見的技術可將真空度提升至 $-0.85\text{kg/cm}^2\text{G}$ 以下。由於國內焚化廠多採氣冷式冷凝器，該設備設計的大氣溫度對於發電效率影響很大。早期設置的焚化廠因設計大氣溫度偏低，導致熱交換能力不足，以至於實務操作上汽機出口蒸汽溫度及壓力偏高，發電效率較差。適度的提升氣冷式冷凝器的設置容量，將有助於整體發電效率的提升。

隨著氣冷式冷凝器工藝的進步，多數廠可於既有的設置空間內修改設備，達到效能提升的目的。



3. 使用蒸汽再加熱技術

此技術一般用於大型的電廠，將做功後蒸汽再加熱，進入第二段汽輪發電機發電以提升發電效率。荷蘭第四代焚化廠也採用了本項技術，使得其整廠發電效能高達 30% 以上 (圖 3)，其單位垃圾發電量可達 830 度以上 (以垃圾熱質 2,300 kcal/kg 計算)【8】。

四、氣化處理技術近年發展介紹

氣化技術的原理係在限量供應氧氣及高溫的條件下，將有機質與水蒸汽進行反應，把有機質轉換成合成氣 (一氧化碳、氫氣及甲烷氣)，主要優點在於製造比原來燃料使用效率高的合成氣，除了可用於發電外，經加工處理可成為合成燃料。由於合成氣經過純化處理去除造成設備腐蝕的酸性氣體及導致設備阻塞的焦油等雜質後，可應用於效率較高之燃氣鍋爐、內燃機或燃氣渦輪機以回收電力。故此，氣化處理技術已廣泛的應用於燃煤電廠、生質能發電等燃料性質單純的發電設施。

除合成氣的使用效率較原燃料高的優點外，合成氣經適當的處理後，於後續利用上較無戴奧辛的再合成問題。文獻顯示，在相同的戴奧辛處理技術下，廢棄物氣化處理設施戴奧辛排放濃度 (約介於 0.002 ~ 0.01 ng-TEQ/Nm³) 較焚化處理設施為低【9】。故近年來氣化技術也逐漸應用於廢棄物處理的領域。

由於氣化反應含括上百種複雜的氧化、還原反應，為確保合成氣的產量與品質，對於操作溫度、空氣供給、燃料性質 (組成及

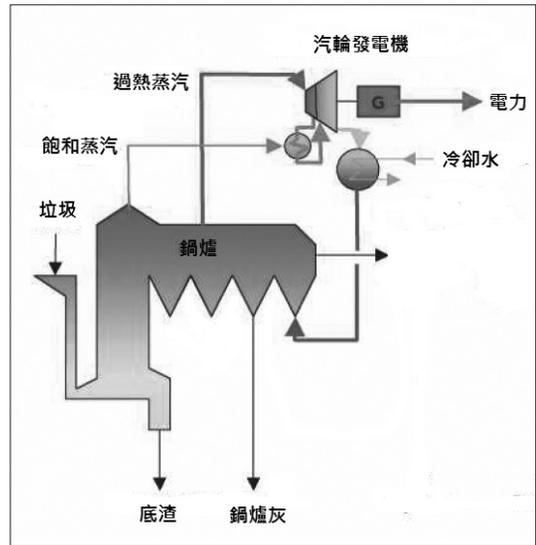


圖 3 荷蘭第四代焚化廠蒸汽發電流程【8】

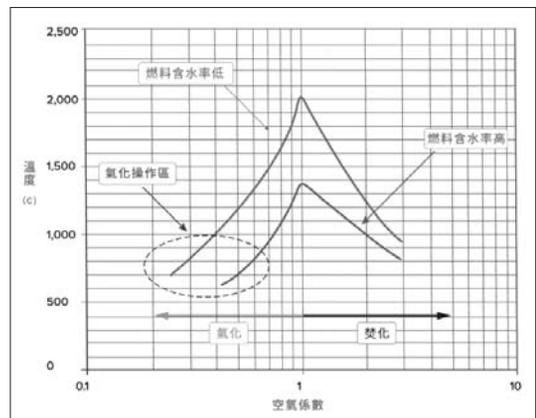


圖 4 空氣量與氣化反應溫度關係圖。【9】

含水率) 都有著嚴格的限制，圖 4 顯示當空氣供給量越高，氣化反應溫度也越高，當空氣供給量到達理論量時，即變成焚化處理。圖 5 顯示了反應溫度對於合成氣熱值、焦油產量、焦炭轉換率及氣化操作穩定性的影響，從圖中可看出，反應溫度越高，氣化的副產物焦油會降低，但對應的合成氣熱值下降，

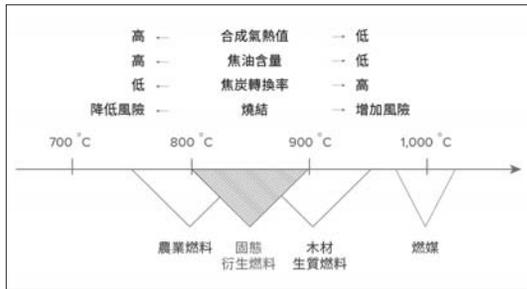


圖 5 氣化反應溫度對於氣化產物的影響圖。【10】

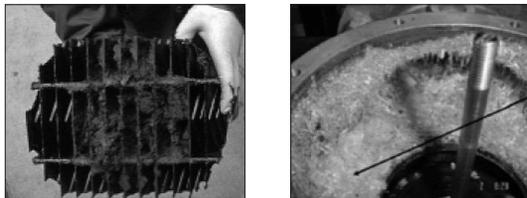


圖 6 焦油於設備上凝結狀態【11】

利用性降低。故氣化處理對供氣及反應溫度要求十分嚴格，不同的氣化原料有著各自的最適氣化反應溫度範圍，其意謂著氣化技術用於廢棄物處理時，對於入爐廢棄物穩定性要求很高，入爐廢棄物性質波動過大時，將不利於系統操作及合成氣品質的穩定，廢棄物需透過一定程度的前處理如破碎、分選、乾燥處理後，才能進入氣化爐處理。部分氣化爐型（如流體化床氣化爐）更要求入爐的金屬物含量需低於 2%。

此外，氣化過程中所產生副產物「焦油」對於後端的空氣污染防治設備以及燃氣渦輪發電機操作有很大的影響。由於焦油的性質十分複雜，包含多種有機化合物，通常由多個芳香環所組成，可簡易的分為重質焦油跟輕質焦油。重質焦油會隨著廢氣溫度下降而凝結，導致設備嚴重的結垢問題，如圖 6；

而輕質焦油有些具有水溶性及毒性，將增加水處理的難度，有些輕質焦油如萘，可能會在燃氣發電機產生結晶，降低效率。目前較常見的焦油處理方式分為冷凝洗滌及採燃燒法方式，將合成氣直接燃燒回收熱值。冷凝洗滌的好處是經處理後的合成氣可用於發電效率較高的內燃機或燃氣渦輪機，其缺點為焦油性質過於複雜，設備操作技術高，且有廢水處理的問題；而採用熱處理方式，將合成氣直接焚燒回收熱能，雖可避免處理焦油的問題，但其發電效能較焚化處理設施提升有限，同時須考量其嚴格的前處理需求所衍生的額外的操作成本。

目前市面上氣化技術之反應溫度區分為「氣化熔融」及「氣化燃燒」兩類。

氣化熔融實績廠大多位於日本，有近百座設置實績，其單爐每日最大的處理能力為 265 公噸，但受限於操作成本高及高溫操作的影響，設備故障率較焚化設施高出許多，年運轉率通常低於 80%，近年來新設施成長趨於保守【7】。

氣化燃燒操作溫度較氣化熔融為低，其產生的合成氣熱值較高，近期在歐美有許多案例在推動，不過實際在商轉的大型設施（每日處理量大於 300 公噸的單爐）僅有一座，整體發電效率逾 30%，該廠利用高溫過濾除酸技術，於高溫下去除合成氣中酸性氣體及粒狀污染物後，進入燃氣鍋爐回收熱能。而依據 104 年的操作資料顯示，該座廠年運轉時數仍低於 7,000 小時，其主要瓶頸也在於合成氣純化處理設施，顯示在合成氣的純化處理設施上仍有不小改善空間。



五、結論

焚化處理技術經過長期的發展與改善，其能源回收效率已大幅提升，同時在污染物抑制方面亦有顯著的進步。由於其對於廢棄物性質的波動性忍受度較高，可同時處理多種廢棄物（固體廢棄物、污泥、廢液等）且操作技術成熟，為許多國家對於廢棄物處理優先評估的主流處理設施。

另一方面，氣化燃燒技術發電效率雖略高於焚化處理設施，但其對於廢棄物性質波動性忍受度低，廢棄物需經嚴格的前處理後才能投料，對於前處理設施的能源損耗需再評估。除此之外，氣化技術也較不適用於處理含水率過高之廢棄物（水分過高合成氣熱值將過低，不利於使用），其對於進料廢棄物高均質性的要求，無法像焚化處理設施可同時混和處理多種廢棄物，國外廢棄物氣化處理實績多集中在小型的廢棄物處理設施，大型化的處理設施仍有相當的努力空間。◆

參考文獻

1. 環境省大臣官房廢棄物・リサイクル対策部廢棄物対策課，「廢棄物處理施設長壽命化計畫作成の手引き」，2010。
2. 行政院環境保護署焚化廠營運管理資訊系統統計資料。
3. ISWA GUIDELINES, "WASTE TO ENERGY IN LOW AND MEDIUM INCOME COUNTRIES.",2013.
4. J.B. Kitto, "World-Class Technology for the Newest Waste-to-Energy Plant in the United States-Palm Beach Renewable Energy Facility No. 2", Renewable Energy World International, December,2016.
5. Hitachi Zosen 公司技術簡介。
6. Martin 公司技術簡介 (Global Use and Future Prospects of Waste to Energy Technologies.)
7. 林信一，「固體廢棄物先進能源化技術之探討」，2016「海峽兩岸四地固體廢物管理論壇」，Nov. 2016, pp.56-66，澳門。
8. AEB 公司技術簡介。
9. Juhani Isaksson, Valmet Technologies, "Commercial CFB Gasification of Waste and Biofuels – Operational Experiences in Large Scale" 2015 Gasification Technologies Conference.
10. Anouk BOSMANS, Shivanand WASAN and Lieve HELSEN, "WASTE TO CLEAN SYNGAS: AVOIDING TAR PROBLEMS" 2nd International Enhanced Landfill Mining Symposium,2013.
11. Jan-Willem Könemann, Dahlman, "OLGA Tar removal-4 MWt commercial demonstration biomass gasification in France", Gasification Technology Conference San Francisco 2007.

歡迎投稿

- 一、本刊宗旨為配合政府各項國家建設及科技發展政策之推動，報導科技新知，以提昇工程技術及產業競爭力。
- 二、本刊為一綜合性刊物，內容以知識性、報導性及聯誼性為主要取向，包括：電機、通信、土木，機械、化工、材料、運輸、生技、環保及能源等工程領域之新技術、產業資訊、國家建設計畫、工程建設、工程論壇、研討會、工程展覽會、傑出工程人才、本會及各分會會務報導等。
- 三、本刊文體以綜合性、通俗性，且為雅俗共賞、富可讀性為原則，不接受純理論之研究論文。
- 四、本刊文稿以中文為主，撰稿(含圖表)每篇文章請在壹萬字以內。文稿請列「前言」與「結論」，摘要則由作者斟酌，並請提供文稿之「關鍵字」，以利讀者上網搜尋。文章之年代應統一表示，西元年或民國年皆可。圖表請加註說明，並於本文中標示圖號。
- 五、文章如引用參考文獻，應依其出現之次序，排列於文末，並於文內以中括號〔〕附註編號。文獻之書寫方式，依序為作者、期刊或雜誌名稱、期號、卷數、頁數及年份。如屬書本、研討會論文或報告，則應加列出版人及地點，會議名稱及地點，或出版機構名稱及地點。
- 六、來稿請註明作者真實姓名、服務單位、職稱、通訊地址、電子郵件地址、傳真、電話等聯絡方式。
- 七、稿件一律先送專家審閱，通過後依順序發表並薄致稿酬；惟具有時效性之文章及報導，則由總編輯審核後優先刊登，不通過者，恕不退稿。本刊對來稿有修改或刪減權，不願被修改或刪減者請事先聲明。
- 八、來稿應包括原稿一份及 WORD 檔案之光碟片，請寄 105 台北市松山區南京東路五段 171 號 10 樓／研發及資訊部(中國工程師學會出版委員會)收，或 cmhuang@mail.sinotech.com.tw 註明「工程雙月刊稿」即可(黃志民先生 電話：02-2769-8388 轉 11038)。
- 九、來稿一經刊登，版權將歸本學會所有，文責並由作者自負。

致力資源永續及創新價值 成為綠色產業的卓越企業

高爐水泥、高爐石粉、飛灰爐石粉、HSC處理劑
廢棄物污染場址清理、土壤及地下水污染整治
有害事業廢棄物固化處理、氣冷轉爐石及高爐石
資源回收利用



國家品質獎
NATIONAL QUALITY AWARD

中聯資源股份有限公司

總公司：高雄市前鎮區成功二路88號22樓 TEL：07-336-8377 FAX：07-336-8433 <http://www.chc.com.tw/>

歡迎惠賜廣告



位置	<input type="checkbox"/> 封底	<input type="checkbox"/> 封面裡	<input type="checkbox"/> 封底裡	<input type="checkbox"/> 內頁 彩色全頁	<input type="checkbox"/> 內頁 彩色半頁
費用	100,000 元	70,000 元	60,000 元	30,000 元	15,000 元

註 1：全頁版面大小：19 公分×26 公分；半頁版面大小：19 公分×13 公分
註 2：廣告稿請提供 pdf、tif、ai 檔(文字轉 outline)

單位名稱：_____ (請蓋大章)

負責人：_____

廣告聯絡人：_____

地址：_____

電話：_____ Email：_____

如蒙惠賜廣告，請填寫本表傳真本會(02)2397-3003 或 Email:cie@cie.org.tw



縱橫四界的願景擘劃者

鐵路捷運大眾運輸 SINOTECH



溝通兩地的交通，聯繫著家人的情感，促發著經濟的繁盛。中興工程顧問公司以全方位的服務，串起臺灣交通建設網絡，在縱橫阡陌的路網與軌道之中，構築出臺灣的發展動脈，為每個角落延伸無限的可能。



CTCI 中鼎集團

CTCI 中鼎集團 (TWSE: 9933、TPEX: 5209、TPEX: 6803) 為國際級工程統包公司，承攬多元化重大工程。創立於 1979 年，總部位於台灣台北市，業務範圍包括煉油石化、電力、環境、交通、一般工業等工程領域，致力提供全球最值得信賴的工程設計、採購、製造、建造施工、試車操作及專案管理等服務項目。於全球設立數十家子公司，集團員工總數約 7,400 人，並入選道瓊永續指數 (The Dow Jones Sustainability Indices, DJSI)。



業務領域

- 煉油石化
- 電力
- 環境
- 交通
- 一般工業

服務內容

- 專案管理
- 可行性研究及前端工程設計
- 工程設計
- 工程採購
- 設備製造
- 工程建造與維修
- 工廠試車
- 智能解決方案
- 自動化控制
- 無塵室與機電配管工程
- 智能頂進工法
- 地盤冷凍工法
- 操作及維護

產品項目

- 設備製造
- 化學添加劑
- 智慧化能源管理系統

CTCI
中鼎集團

11155 台北市中山北路六段89號

Tel: (886)2-2833-9999

Fax: (886)2-2833-8833

www.ctci.com

CTCI EF

財團法人中鼎教育基金會

10571 台北市南京東路五段188號2樓之2

Tel: (886)2-2769-8599

Fax: (886)2-2769-9299

www.ctcief.org