



▶ 先進工程設計

以 數位雙生 技術打造 多元舒適 車站空間

廖純璋 / 臺北市政府捷運工程局第二區工程處 副處長

莊建忠 / 臺北市政府捷運工程局建築景觀課 課長

洪晨瑋 / 中興工程顧問股份有限公司軌道二部 工程師

劉執敏 / 中興工程顧問股份有限公司軌道二部 工程師

薛宏毅* / 中興工程顧問股份有限公司軌道二部 工程師

過往進行車站機能設計時，採用二維平面 CAD 圖說，十分仰賴專業設計人員之機能配置經驗，且在垂直動線的檢視上，較難利用平面圖進行構思與檢視，往往造成營運時旅客使用不便的情形。此外，一般專案於轉乘時間係以平面圖設計為基礎，於圖上測量水平距離，搭配垂直方向載具移動速度及距離，以公式計算轉乘時間，僅能取得估算時間、距離，無法反映更多詳細與旅客行為有關的數據。

為使車站設計以及各項捷運工程界面能夠於施工前預先檢核並研擬因應對策，臺北市政府捷運工程局（以下簡稱本局）於環狀線東環段 DF118 設計標專案（以下簡稱本專案）契約中導入 BIM 設計（如圖 1 所示），透過 3D 立體模型進行全面性檢視，減少因 2D 平面作業造成之設計盲點，並要求以人流模擬分析檢視車站設計成果，確認轉乘車站可提供旅客清楚的轉乘路徑及舒適空間。

本專案的數位創新應用內容透過於營運中臺北捷運轉乘車站進行問卷訪談及調查，實地研究捷運站內旅客行為，運用 (1) 本土化的人流模擬參數及 (2) 建立轉乘舒適度因子以及擁擠密度感知系統，以反映真實旅客於車站內進、出站的行為及瞭解其舒適性。將前述本土化及可量化之人流模擬分析創新技術結合 BIM 模型（如圖 2 所示），優化 DF118 設計標三座轉乘車站，提供旅客「無障礙友善、轉乘便利性、空間舒適性及清楚的標誌導引」的捷運車站，藉此降低設計未能符合民眾期待之風險，亦減少後續因改善車站機能設計而產生的額外成本外，同時增加民眾對於捷運轉乘的滿意度，提高民眾搭乘環狀線東環段的意願，轉移私有旅次，紓解內湖地區塞車問題。

工程簡介

DF118 設計標路線全長約 13.25 公里，共 10 座地下車站及 1 座機廠。起自環狀線北環段劍南路站後尾軌，並與環狀線南環段動物園站銜接。於工程範圍中有三座轉乘車站，Y36 站與臺鐵及綠線松山站交會，Y37 站與藍線永春站交會，Y38 站與紅線象山站交會，如圖 3 所示。

本專案以 DF118 設計標中重要的三座轉乘車站作為應用優化場域。將前述本土化及可量化之人流模擬分析創新技術結合 BIM 模型，透過與車站配置調整的配合，提供一般旅客及無障礙旅客便捷的轉乘動線，並縮減轉乘時間，同時確保旅客於轉乘車站的舒適性及便利性，以提供旅客安全、便捷、優質之捷運系統。為拓展人流模擬分析結合 BIM 之創新技術，後續將應用於輔助進行標誌尋路系統之設計與檢視。

* 通訊作者，jchsueh@mail.sinotech.com.tw

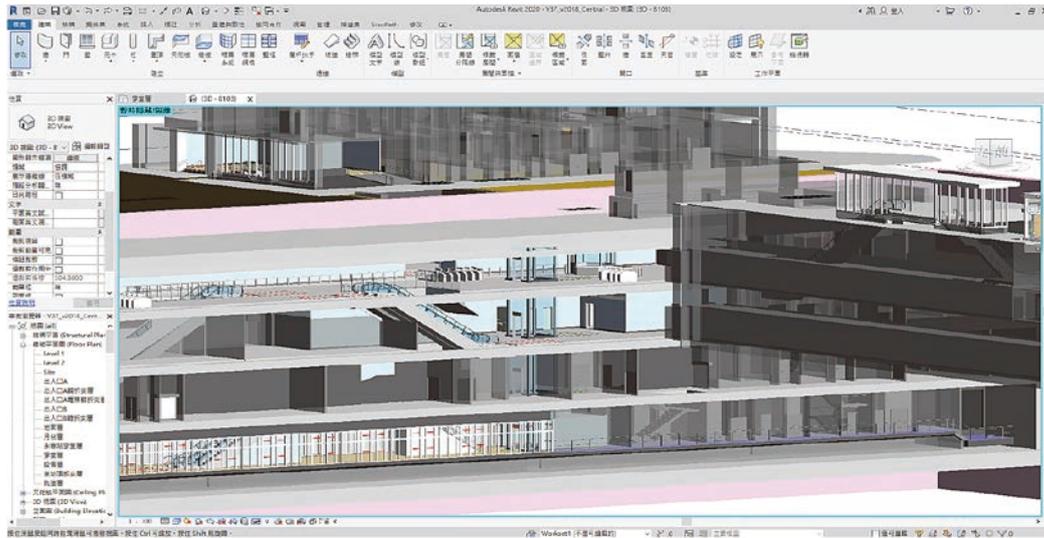


圖 1 BIM 模型示意圖



圖 2 BIM 結合人流模擬分析示意圖

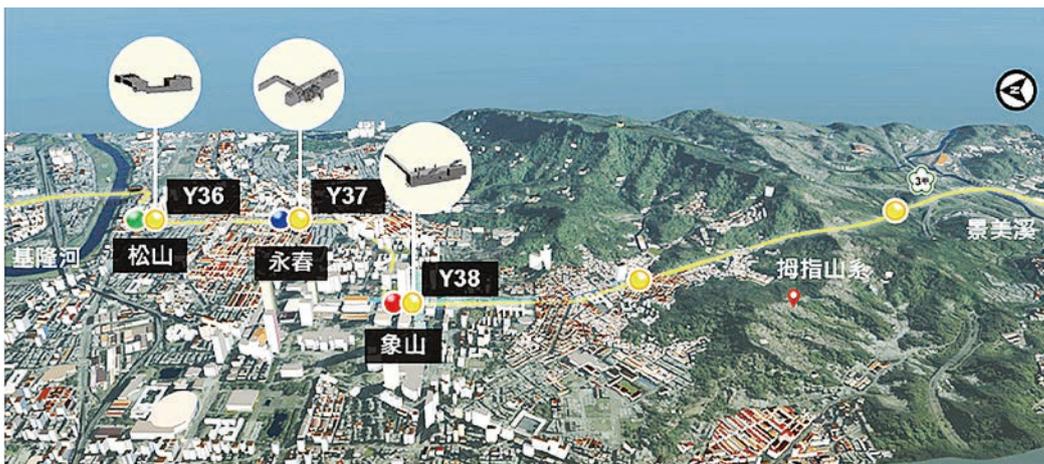


圖 3 應用場域位置介紹

數位創新成果—人流模擬分析

本專案結合產、官、學界攜手完成，由本局提供 DF118 標作為執行場域，由中興工程顧問公司（以下簡稱協力單位）進行設計方法創新。於合作期間，協

力單位為使得人流模擬分析可真實反映車站內旅客使用情形，邀請國立臺灣大學人流專家許聿廷教授與其團隊，在本局協助下針對營運中臺北捷運轉乘車站人流進行深入研究，以建立本土化人流模擬參數，又為

使車站設計成果透過人流模擬分析能有量化數據輔助設計，協力單位與許聿廷教授團隊，建立轉乘舒適度因子以及旅客擁擠密度感知系統，以量化的數據及視覺化模擬成果，回饋車站機能設計。

前述轉乘舒適度因子係以問卷調查及統計迴歸方式取得旅客選擇轉乘路徑考量之重點因素，研究指出轉乘層數、轉折次數（轉乘便利性）及是否為無障礙人士（無障礙友善）影響最為顯著，而後者旅客擁擠密度感知系統則係結合影像分析及問卷調查結果，將旅客對擁擠的程度分為五個等級（空間舒適性），如圖 4 所示。旅客擁擠密度感知系統於人流模擬中之呈現則如圖 5 所示。此外，本局因研究需要，亦協助研究團隊向臺北捷運公司取得轉乘站閘門使用數據，作為研究資料，加速研究進程。

數位創新成果—於實際場域之應用

本專案以 Y36、Y37 及 Y38 轉乘站作為執行場域，透過車站機能設計與人流模擬分析，多次交互回饋的創新設計流程，以及在人流模擬分析結合 BIM 的創新方法下，希冀提供一般旅客及無障礙旅客於轉乘站便捷的動線及舒適的空間。以下分別就各站精進設計處簡要說明：

Y36 站：精進無障礙友善設計

捷運松山站 4 號出入口緊鄰公車停靠站，且未設有電梯，無障礙旅客無法從 4 號出入口直接進入捷運松

山站。考量 Y36 站與捷運松山站及臺鐵松山站共站，故於設計時，提出將捷運松山站 4 號出入口優化，增設電梯，提供無障礙旅客較佳的進、出站動線，方便其轉乘公車，如圖 6 所示。

改善前 Y36 站轉乘臺鐵動線彎繞，且需轉換兩次電扶梯。本專案調整車站機能配置，將南側穿堂層由原 B2 層調整至 B1 層，縮減與臺鐵松山站高差至 1 m，可採 1/20 緩坡順平連通臺鐵，如圖 7 所示。共縮短轉乘距離 59.7 m，縮短轉乘時間 51 秒。

Y37 站：提升轉乘便利性

改善前穿堂層與連通層同一層，旅客需由 Y37 站刷卡出站後，由非付費區轉乘藍線永春站，轉乘動線轉折 1 次，轉乘距離 307 m，轉乘時間 5.1 分鐘。優化後，將穿堂層上移至 B1 層，與連通層分流，旅客可於 Y37 站付費區內轉乘藍線永春站，如圖 8 所示。共縮短轉乘距離 31 m，縮短轉乘時間 30 秒。

Y38 站：提升空間舒適性

透過機房空間整併，將原改善前兩層設備層，優化為一層設備層，可創造穿堂層挑空夾層，讓旅客於車站內感受開闊空間，如圖 9 和圖 10 所示。亦將穿堂層空間調整為方正，旅客可使用公共空間增加，增加舒適度，擁擠密度由等級 2~3 降至等級 1，如圖 11 所示。

Fruin 服務指標	等級 B	等級 C	等級 D	等級 D、E 平均	等級 E
中興本土化服務指標	等級 1	等級 2	等級 3	等級 4	等級 5
密度(m ² /人)	>2.32	2.32~1.39	1.39~0.93	0.93~0.695	<0.695
問卷調查示意圖					
國人可接受程度	舒適			不舒適	

圖 4 旅客擁擠密度感知系統五等級



圖 5 旅客擁擠密度感知系統於人流模擬中呈現示意圖

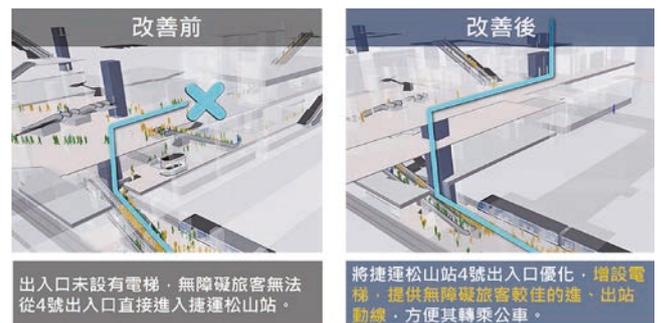


圖 6 Y36 站改善前後（無障礙友善）



圖 7 Y36 站改善前後 (轉乘便利性)

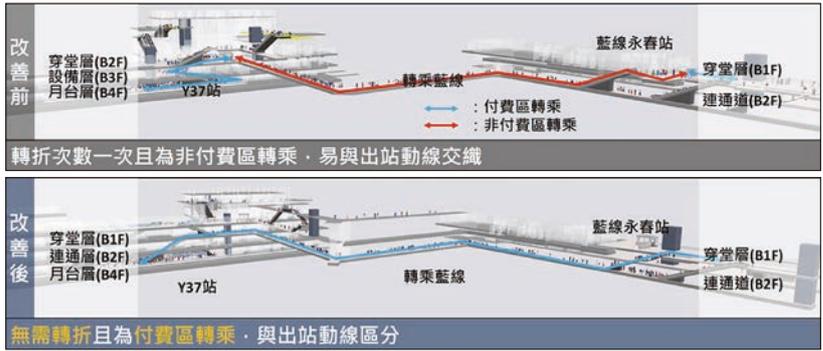


圖 8 Y37 站改善前後 (轉乘便利性)

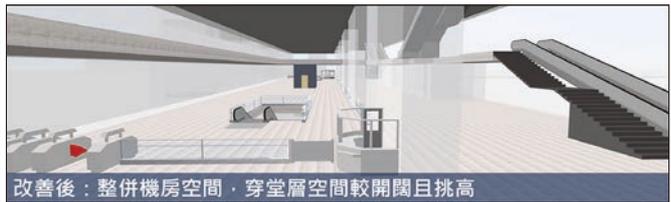
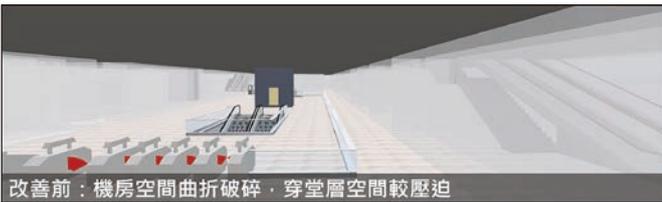


圖 9 Y38 站改善前後 (空間舒適性)



圖 10 Y38 站改善後穿堂層挑高透視圖

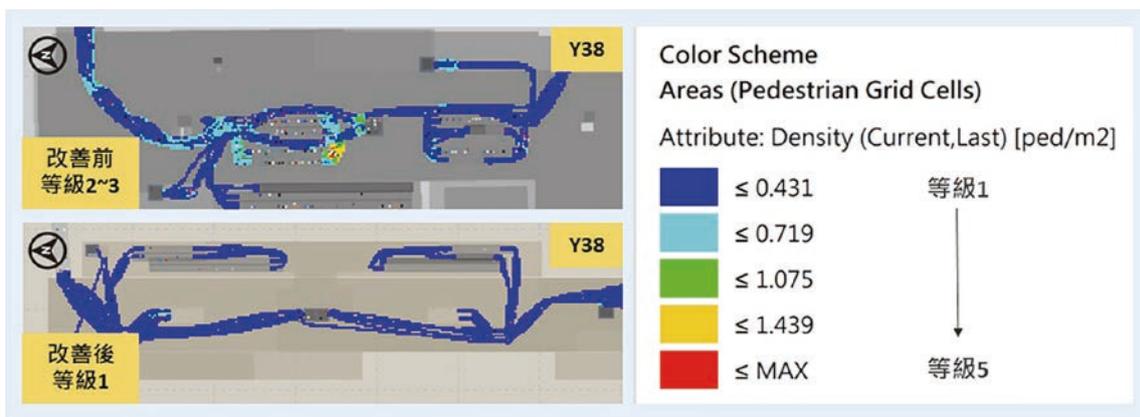


圖 11 Y38 站改善前後 (擁擠密度)

結語

本專案非屬自行開發新式軟體或平台，係以結合現有商用軟體創造新的設計流程之技術創新應用，採用之策略為利用人流模擬分析軟體與 BIM 模型的可相容性，

以 BIM 車站模型作為人流模擬場域之基礎，並加入協力單位與國立臺灣大學許聿廷教授團隊所發展之本土化參數進行模擬，展現車站於營運期間旅客使用情形之仿真模擬回饋車站機能設計，茲歸納本專案特色如下：



圖 12 一般及無障礙旅客動線區分示意圖（綠色：一般、藍色：無障礙）

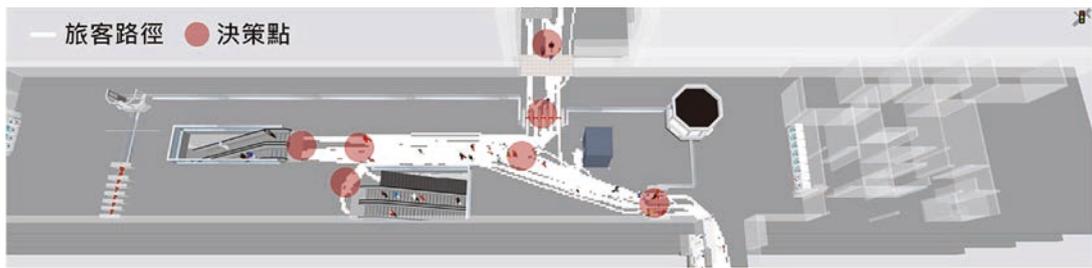


圖 13 旅客路徑及決策點示意圖



圖 14 旅客尋路系統（標誌設計檢核）

1. 空間可視性：本案可於人流模擬分析中，以旅客視角檢視整體車站立體空間設計，檢視是否造成空間壓迫感或動線是否順暢，使設計人員能即時反應精進。
2. 模擬仿真性：本專案與學界專家合作，建立本土化人流模擬參數，包含旅客於月台候車行為、旅客搭乘電扶梯靠左或靠右比例、人與人之間的社會力、不同旅客族群的步行速率等，貼近未來實際旅客於車站內使用情況。
3. 即時回饋性：本專案與學界專家合作，建立轉乘舒適性參數及旅客擁擠感知程度模型將其區分為五個等級，以人流模擬分析成果呈現擁擠密度感知程度。透過人流模擬分析成果，可立即取得未來營運階段可能之運作情況及站內擁擠密度，設計人員能夠根據逐次模擬結果進行立即性的修正，藉以加快收斂速度，提升設計效率及準確性。
4. 設定自由性：人流模擬分析中有多項參數具備可調整性，因此專案人員可根據不同情境條件設定所需參數組合，包括旅客路徑、閘門使用比例、電扶梯運轉速度、列車進站時間、旅次量…等，本專案為了解無障礙旅客動線，設定參數區分一般及無障礙旅客動線，以不同顏色呈現作為檢視設計之參考依據，如圖 12 所示。
本專案除應用於人流轉乘動線及舒適度檢視外，於未來擬應用於旅客尋路系統，透過與車站內標誌牌面設計結合，將標誌牌面以 3D 靜態物件匯入人流模擬分析中進行設置擺放，由人流模擬中以旅客第一人稱視角檢視各標誌擺放位置是否可符合旅客尋路需求，亦可透過路徑軌跡檢查旅客路徑選擇決策點（圖 13），根據決策點設置適當牌面指示方向，同時檢視各牌面內容設計是否得宜，預先檢討標誌設計是否完善妥適，如圖 14 所示。