



軌道設備智慧化在運輸安全之應用

臺北大眾捷運股份有限公司副總經理 / 莊英震
臺北大眾捷運股份有限公司高級工程師 / 高榮崇
臺北大眾捷運股份有限公司正工程師 / 張相胤

關鍵字：物聯網（Internet of Things）、大數據（Big Data）、人工智慧（Artificial Intelligence）、安全關鍵項目（Safety Critical Items）、真因（Root Cause）

一、前言

「安全」是軌道運輸的最高考量，然而，為了要符合「運輸安全」的各項指標，我們可以透過檢修量測及IoT感測器，主動記錄蒐集各設備的靜態及動態資訊，建立分析大數據資料庫，了解設備過去曾經發生什麼事、現在的服務水準以及未來可能的劣化趨勢，並預先研擬維修或更新計畫，將故障維修轉化為預測維修，消弭設備設施可能發生的潛在故障，確保行車安全。

臺北捷運於1996年開始運營全臺第一條木柵線捷運系統，迄今已開通運營6條路線，合計達146公里，在新冠肺炎疫情前，每日運量可達216萬人次，109年的可靠度指標

MKBF為1248.6萬車廂公里。約相當於每12萬車次僅發生1次列車延誤5分鐘以上事件，意即可靠度高達99.999%，109年委託第三方調查全路網旅客滿意度更高達97.2%。如此高標準的營運績效除需系統的高度自動化，尚需配合營運維修人員的持續精進改善，方能達成。

本文說明臺北捷運設備設施維修智慧化的精進歷程，從導入ISO標準化、設施設備管理e化、IoT物聯網等方法及工具來蒐集設備設施資訊，再經由建置Metro PROMIS（預測性軌道營運管理資訊系統）提供線上單位的即時調度應變資訊，而營運過程累積的維修Big Data（大數據）則提供工法分析來設定系統的警戒值及告警值，作為邁向預測維修的

基礎，以增加系統設備設施整體可靠度。

二、軌道設備智慧化的方法

本節說明設備智慧化過程中所運用的科學方法及改善工具，分述如下：

(一) 實施 ISO 標準化

本公司自92年1月10日高運量捷運系統「檢修服務」通過ISO 9001品質驗證迄今，除將設備原廠維修手冊規範化為標準作業程序外，並透過維修經驗的累積與精進，陸續建置完成近一萬五千份不同位階及類別的標準化文件，包含系統文件、程序文件、工作說明書及表單等四階文件，如圖1；應用標準化品質文件，作為人員在執行維修作業之依據，要求說寫做的一致性，使不同人員在不

同時間面對不同設備機組，都能完成SOP的相同要求，包含該作業的目的、適用範圍、作業流程、作業方式、相關文件、參考資料及附件等。同時佐以組織內部外部的交叉稽查，缺失改善及矯正作業等，經由不斷的改善進版，方能完善設備的妥善率及可靠度。標準化的過程雖煞費苦心，卻是奠定整體維修作業品質的基石，有標準化才能彰顯數據資料的可信，因此，標準化可說是智慧化維修的第一道門檻。

(二) 導入 EFMS 設施設備管理 e 化

為有效管理捷運路網之設備設施，臺北捷運於2006年11月完成建置設備設施管理系統（EFMS，Equipment and Facilities Management System），包含各捷運路線、小巨蛋、貓纜及兒童新樂園等之設備設施維護

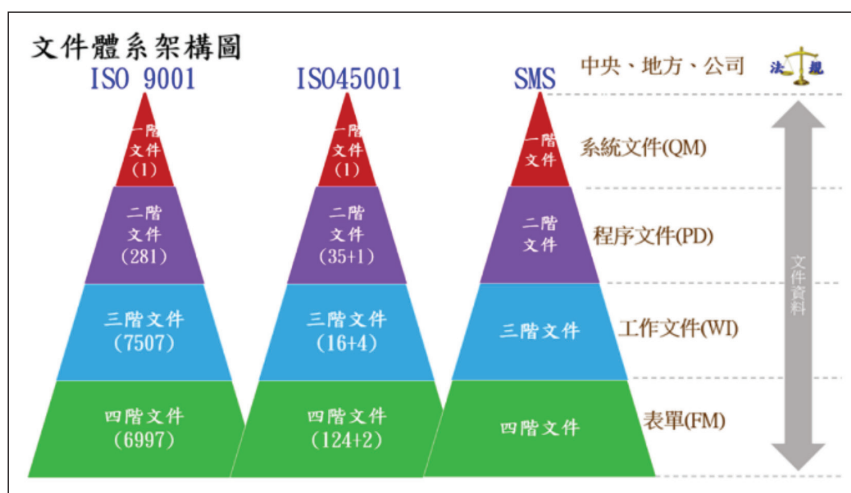


圖 1 臺北捷運公司 ISO 文件體系架構圖

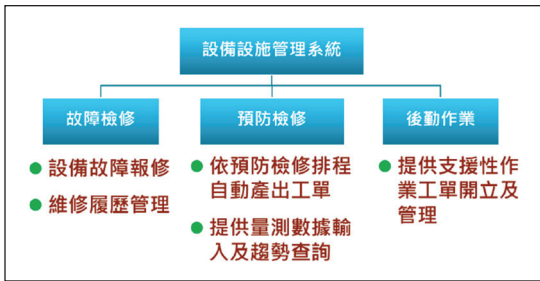


圖 2 EFMS 系統功能架構圖

管理，依維修作業型態，EFMS可分類為故障檢修、預防檢修及後勤作業等功能，如圖2。

EFMS系統將各類維修工作e化並全面控管，目前共計有51個子系統，管控設備及設施數量超過63萬個，可提供相關設備及設施基本資料、照片、維修履歷及統計報表等。各類統計分析資料有利進行工法分析、月報及稽催作業；同時依使用者權限，主動提供每日工作事項，俾能快速掌控報修及派工處理情形。EFMS也與其他相關的營運管理資訊串聯，建立（包括人事、物料備品、財產、成本、財會、權限管理等系統）不同資料庫體系間的動態資訊流之拋轉應用，如圖3。

自此，臺北捷運進入e化管理時代，每一張工單，從報修、查料（領料）、派工、施工到完工，關聯的物料備品、工時成本、管控節點、檢修數據等都可在EFMS系統上一覽無遺，設備狀態的變化趨勢、歷史資料也都可以直接從遠端調閱分析，不再需要去工作現場找資料，EFMS的e化大幅提升維修作業效能，也奠定了邁向智慧化維修的基石。

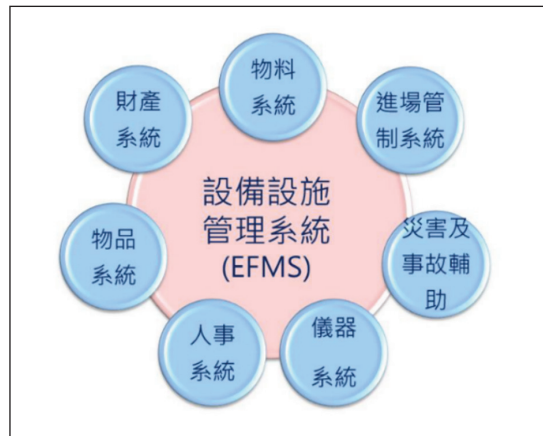


圖 3 EFMS 系統關聯圖

（三）建置 IoT 物聯網

隨著感測技術及通訊科技的快速發展，軌道設備狀態資訊除了製造商已提供之既有項目外，臺北捷運也從多年維修經驗中發現可以透過加裝各種感測器，傳送即時的設備狀態資訊，來建置捷運設備物聯網（IoT, Internet of Things），包括在電聯車、車站及道旁設備上增加各種溫度、濕度、壓力、電壓、電流、電阻、震動、影像、位移及噪音等感測器（如圖4），從中蒐集監控設備運轉的動態資訊數據並傳送至各終端設備主機。

各終端設備主機所蒐集的動態數據，經編碼加密後再以4G、藍芽、區域網路（Wi-Fi、光纖）等通訊網絡，回傳至系統數據平台（如圖5），再進行數據的解碼、紀錄、彙整，並提供後續設備狀況監視及工法分析所需數據資源。



圖 4 捷運物聯網 (IoT) 建置

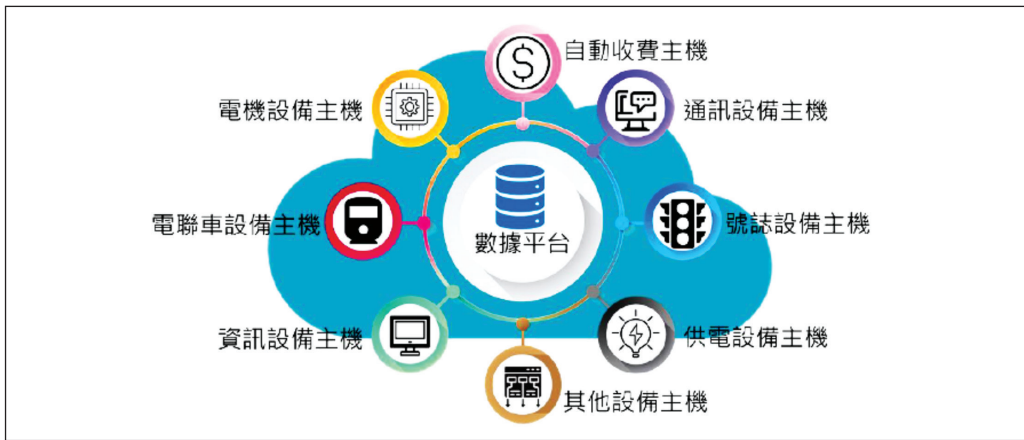


圖 5 建置數據平台

(四) Metro PROMIS 預測性軌道營運管理資訊系統

前述物聯網蒐集到的設備動態資訊，回傳到數據平台後，經過預測性軌道營運管理資訊系統 (Metro PROMIS, Predictive Rail

Operations Management Information System) 讀取特定的設備狀態指標，並經由預先設定的警戒值及告警值來評估判斷設備運轉即時狀態，提供給行控中心作為行車調度參考；線上維修站也據以派工檢修，排除潛在可能發生的故障；機廠調度室則據以安排正線換



車作業，避免高風險列車設備發生異常影響營運，如圖6。

Metro PROMIS可蒐集整合包括列車、號誌、通訊、供電、軌道、車站機電設備之維修檢測資料、運轉動態感測數據等，透過自行開發之拋轉軟體，克服不同的資料格式、通訊協定的存取，匯集傳輸至數據平台，並可定期自動上傳至雲端數據資料庫儲存，以提供各維修單位進行工法分析改善及加值應用。

Metro PROMIS架構依照相關應用可分為：即時監視、即時告警及分析模組等主要功能，對於即時發生的警訊、或未來可能發生的風險、設備劣化趨勢等，預先準備應對計畫，並安排必要的行車調度調整及設備檢修、大修、更新、重置等作業。

(五) 建構 Big Data 大數據生態系統

數據平台上的Big Data大數據資料，經由工法小組的統計分析，可以顯示出在垂直（系統設備上下游之間）、水平（同類設備不同機組間的差異比較）及時間（病歷表）上的運作狀態及變化程度，將其與實際的故障報修資料對照後，進行數據長期趨勢分析，可找出具顯著統計意義的管理指標，再經由敏感度分析來設定設備狀態指標的警戒值及告警值，透過分析預測模組，達到預測性維修之目標，並提升設備維修智慧化在運輸安全之應用。

針對容易影響系統運轉的安全關鍵項目（Safety Critical Items），實施專案品管稽查及改善作業，找出故障真因（Root Cause），

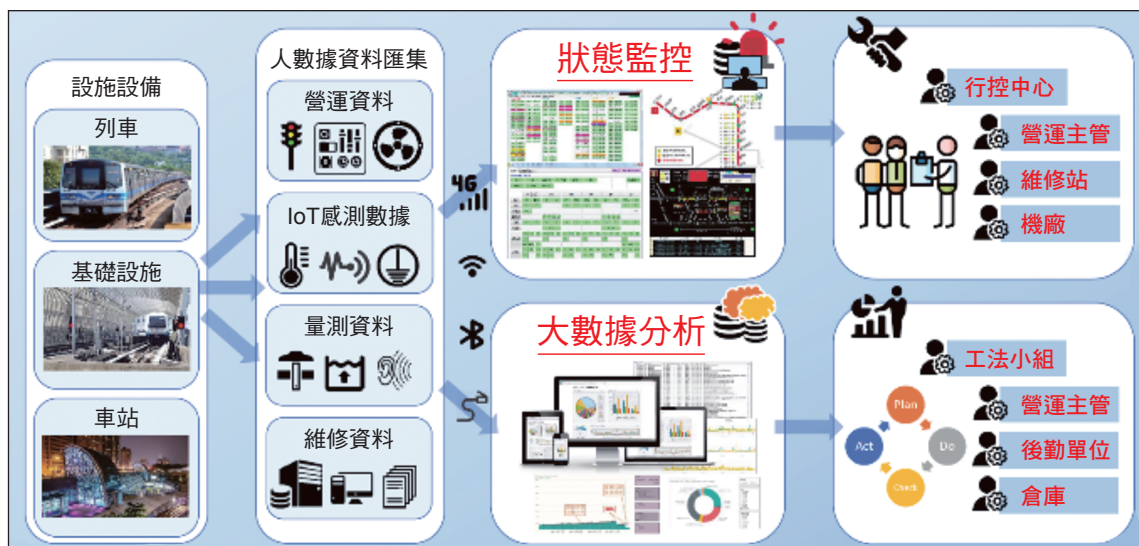


圖 6 數據資料應用架構

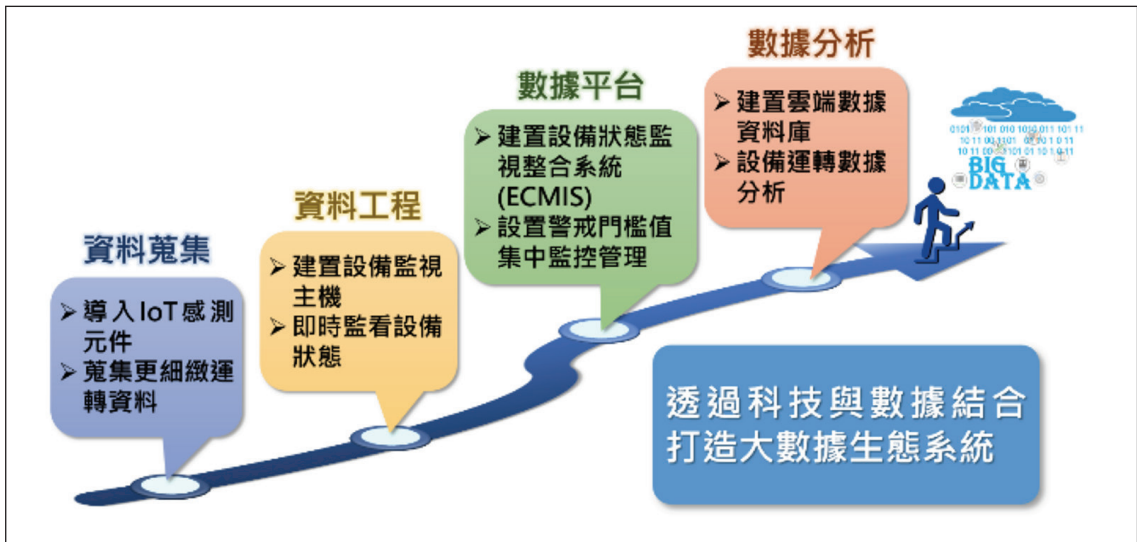


圖 7 Big Data 大數據生態系統

設法對症下藥，應用PDCA循環概念，在硬體、軟體、程序、訓練等各方面不斷的精進改善，以提昇系統設施設備整體可靠度及安全性。因此，建置Big Data大數據生態系統可說是推動軌道智慧化應用的必要基礎，如圖7。



圖 8 維修模式之演進

傳統的預防維修係依時間週期或行駛里程執行維護保養作業，來減少故障發生機率，而透過Metro PROMIS則可依設備運轉狀況或劣化趨勢執行維護保養作業，以消弭潛在可能發生的故障，達到預測性維修功效。

未來更計畫逐步將傳統上按時間週期或行駛里程执行的預防維修提升為按設備運轉狀況指標或劣化趨勢執行預測維修，如圖8，

將可大幅提升維修作業的精準度，降低設備維護成本，消弭潛在可能故障。

三、設備智慧化在運輸安全的應用實例

臺北捷運近年來致力於自主研發，導入IoT、資通訊技術及影像辨識等創新科技，提升設備的智慧化程度，本節摘要部分改善案例的實務應用成果，說明如下：



(一) 開發列車智能監督預警資訊系統 (TSIS)

列車智能監督預警資訊系統 (TSIS, Train Supervision Information System) 系統可提供列車設備動態的即時監控，包括：車門、空調、推進、主氣壓缸壓力、煞車壓力、鉛封開關、駕駛模式、速度碼、實際速度、超速警告、故障燈、斷路器及ATP與ATO的各項資訊。萬一列車發生如：車門意外開啟、設備故障、氣壓缸壓力不足、煞車異常、空壓機或冷凝器異常震動、鉛封開關被開啟、

ATP作動等異常狀況，TSIS系統皆會發出告警聲響及畫面（如圖9），提醒司機員及行控中心採取必要應急處置，避免發生影響行車安全事件。

臺北捷運初期路網之高運量電聯車（301/321/341型）早期並未配置可偵測電聯車重要設備運轉狀態之監督系統，導致電聯車於主線發生設備故障時，司機員及行控中心皆無法獲得即時完整列車訊息，以致增加故障排除時間。此外，電聯車因缺乏行車事

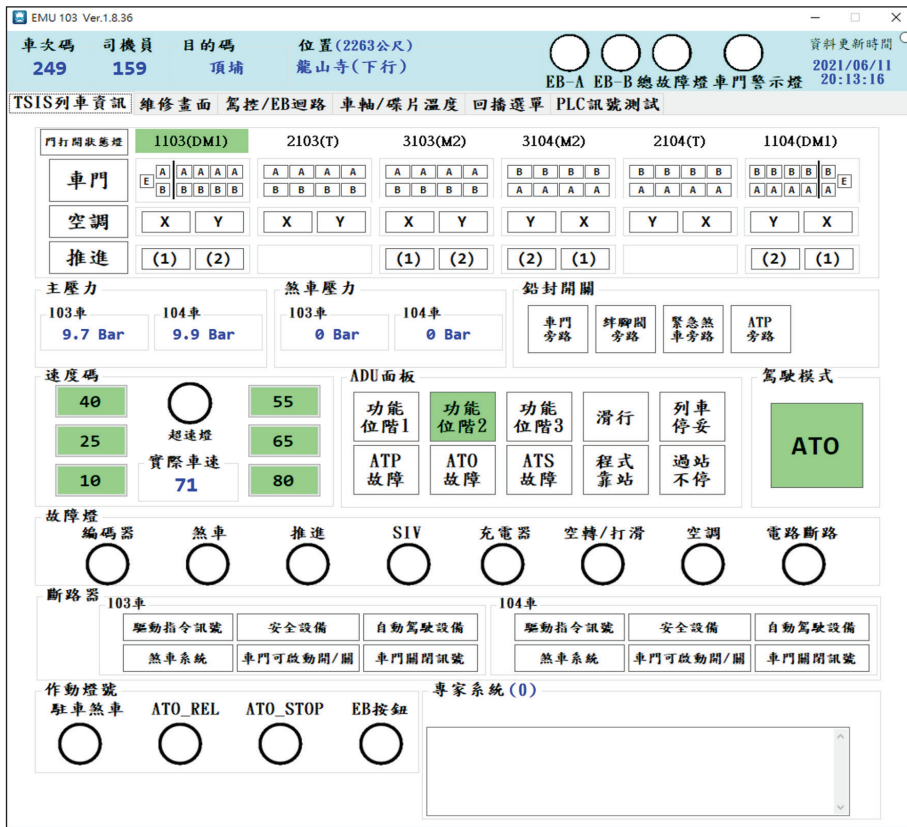


圖 9 TSIS 監控設備狀態畫面

件記錄功能（即俗稱黑盒子），無法得知故障當時之動態資訊，造成設備查修或事故調查的困難，為改善此狀況及減少列車故障延誤時間，因此本公司針對高運量301/321/341型電聯車（共計64列車）研發一套列車監督資訊系統，並於2007年底完成全車隊裝設。後續並提昇為列車智能監督預警系統（TSIS 2.0），透過電聯車增設TSIS機上盒、電信網路、可程式邏輯控制器（PLC）及感測器（例如：溫度、壓力、振動感測器等），蒐集列車動態資訊並透過電信網路回傳至行控中心，以達到即時告警、資料紀錄及預測性維修等目的，升級後之TSIS 2.0系統架構詳如圖10。

本公司TSIS 2.0列車智能監督預警系統已蒐集近10萬組各型電聯車偵測訊號，並客製化即時監控畫面及即時告警項目，用以

提供即時列車設備異常告警，以利於行控中心及早因應處理，降低列車設備發生故障時對系統營運之影響。TSIS 2.0係由本公司同仁自購設備安裝及自行撰寫監控軟體，相較於委託專業廠商建置，可節省大筆費用，且後續維護不再受制於廠商，擴增修改均能迅速完成。運用TSIS自動監控設備運轉狀態取代維修人員執行電聯車之預防檢修量測作業項目，目前，每年可節省數百萬元之維修費用。

透過自行開發的監控軟體，現場行控中心及各機廠調度班人員可即時監控線上各列車位置（如圖11）及設備運轉狀態。行控中心應用上述行車監控資訊，經由團隊腦力激盪，分工合作，自行開發列車線上故障排除專家系統，可迅速指引人員對應之緊急故障排除程序。2020年該專家系統已有效將2件

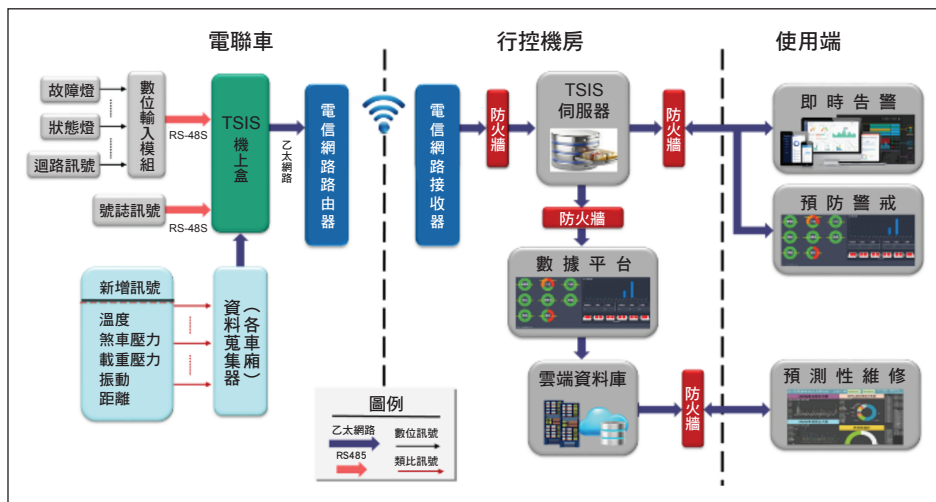


圖 10 TSIS 系統架構圖



列車智能監督預警系統 Ver 2.13.0_M 【2021/06/11 20:11:05】

全車組 告警畫面 歷史查詢 預警/警戒 專家系統告警

線別	板南線					
<input type="checkbox"/> R	234	101/102	新埔(下行)	992	147/148	機廠列車
<input type="checkbox"/> G	249	103/104	龍山寺(下行)	247	149/150	板橋(上行)
<input checked="" type="checkbox"/> B	237	105/106	忠孝復興(上行)	210	151/152	機廠列車
<input type="checkbox"/> O	200	107/108	機廠列車		153/154	
<input type="checkbox"/>	245	109/110	機廠列車	246	155/156	機廠列車
<input type="checkbox"/>	200	111/112	機廠列車	216	157/158	永春(下行)
<input type="checkbox"/>	221	113/114	江子翠(上行)	219	159/160	後山埤(上行)
<input type="checkbox"/>	640	115/116	土城(上行)	248	161/162	善導寺(下行)
<input type="checkbox"/>	239	119/120	海山(上行)	204	163/164	海山(下行)
<input type="checkbox"/>	241	121/122	永寧-頂埔	212	165/166	龍山寺(上行)
<input type="checkbox"/>	206	123/124	昆陽(下行)	224	167/168	機廠列車
<input type="checkbox"/>	213	125/126	頂埔(上行)	289	169/170	江子翠(下行)
<input type="checkbox"/>	244	127/128	西門(下行)		171/172	
<input type="checkbox"/>	223	129/130	南港展覽館(下行)		175/176	
<input type="checkbox"/>	238	131/132	台北車站(B)(上行)	251	201/202	國父紀念館(下行)
<input type="checkbox"/>	242	133/134	機廠列車		203/204	
<input type="checkbox"/>		135/136			205/206	
<input type="checkbox"/>	233	137/138	國父紀念館(上行)	288	207/208	機廠列車
<input type="checkbox"/>	218	139/140	忠孝復興(下行)	236	209/210	昆陽(上行)
<input type="checkbox"/>	243	141/142	亞東醫院(下行)		211/212	
<input type="checkbox"/>	635	143/144	南港展覽館(下行)			
<input type="checkbox"/>	287	145/146	機廠列車			

: 超過 1 分鐘無資料更新

圖 11 TSIS 監控列車位置畫面

5分鐘以上延誤事件降級為5分以下事件。

應變措施，可避免發生嚴重行車意外延滯，提升行車安全。

(二) 偵測車軸及煞車碟片溫度

列車在運行中，軸承異常產生燒軸現象，將造成行車安全高度風險。

因此，在各路線軌道旁安裝溫度感測器，自動化測量並回傳經過該位置各電聯車組的車軸及煞車碟片溫度，如圖12；監控其溫度變化情形，掌握軸承運轉品質，若偵測到異常值，可對行控中心及機廠調度室提出即時預警，以便安排線上檢修或更換列車等

(三) 號誌監測及預警系統

號誌系統是臺北捷運路網的重要設備，其中又以道旁之轉轍器及軌道電路設備更為重中之重，其故障影響對營運衝擊非常巨大。

轉轍器能變換軌道號誌路徑，使列車前往不同的目的地，如轉轍器無法扳轉，可能嚴重影響列車運行，導致延誤事件。軌道電



EMU 159 Ver.1.8.36											
車次碼	司機員	目的碼	位置(994公尺)	資料更新時間							
223	496	亞東醫院	台北車站(B)下行(已離站)	2021/07/12 17:49:25							
EB-A EB-B總故障燈車門警示燈											
TSIS列車資訊 維修畫面 駕控/EB迴路 車軸/碟片溫度 回播選單 PLC訊號測試											
1159(DM1)		2159(CT)		3159(M2)		3160(M2)		2160(CT)		1160(DM1)	
資料接收時間: 2021/07/12 17:47:06											
車軸溫度											
34	36	36	34	35	35	37	36	36	36	38	37
X	A		Y	X	A		Y	X	A		Y
	(DM1)				(T)				(M2)		
	B				B				B		
32	33	33	33	32	32	34	34	35	35	36	36
平均:	33.9	平均:	34.4	平均:	36.1	平均:	36.2	平均:	35	平均:	36.6
資料接收時間: 2021/07/12 17:47:06											
碟片溫度											
34	34	36	34	32	33	35	34	35	36	36	36
X	A		Y	X	A		Y	X	A		Y
	(DM1)				(T)				(M2)		
	B				B				B		
34	35	37	37	34	35	36	37	38	38	39	40
平均:	35.1	平均:	34.5	平均:	37.2	平均:	36.2	平均:	34.4	平均:	33.2

圖 12 車軸及煞車碟片溫度監測

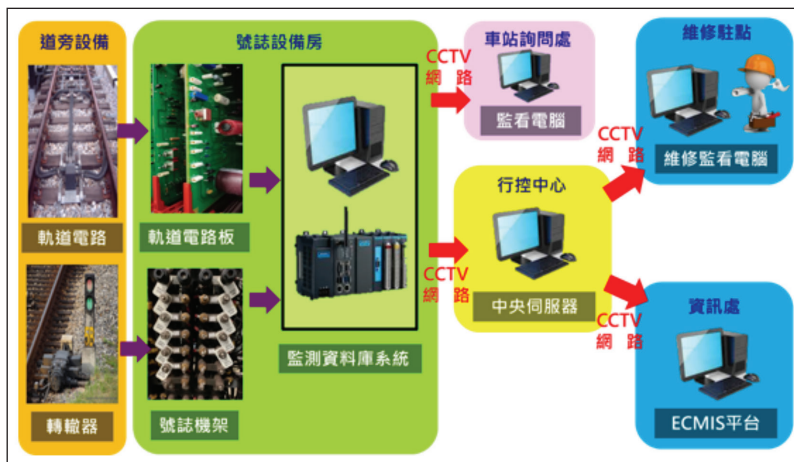


圖 13 號誌監測系統架構圖

路則是偵測列車行進位置，如果故障而發生誤佔據，列車將無法正常以全自動模式依速度碼行駛，須改採限制手動模式（RM, Restricted Manual Mode）限速25km/h行車，亦將嚴重影響列車運行，造成營運延誤事件，及增加行車安全上的風險。

因此，為維持系統營運正常，建置號誌監測系統乃成必要作為，透過IoT設備監測重要號誌設備，例如：記錄轉轍器之電壓、電流、定位訊號、呼叫訊號及軌道電路之發射電壓、接收電壓、電流、佔據等運轉數據，系統架構如圖13。



號誌監測系統可有效掌握號誌設備運轉狀況，即時監測設備動態，針對設備運轉即時數據逾越管理值項目可預先發出警報，提供行控中心及號誌維修站前置時間，進行必要行車調度及搶修作業。後續對大數據資料進行工法分析，亦可找出設備劣化趨勢，作為預防性檢查或故障檢修時，掌握釐清異常設備及故障真因，並研訂改善維修計畫，俾利提升號誌設備系統可靠度及安全性。

以轉轆器為例，實務經驗發現轉轆器扳轉電流值會因基板、桿件磨耗及外部環境等影響而上升，當工作電流有逐漸上升趨勢時，若瞬間電流過大容易造成轉轆器扳轉定位的失敗。

據此，我們在每一部轉轆器對應的設備機架擷取相關運轉訊號，傳至監測系統，並建立資料庫，紀錄整個扳轉過程變化，經過統計分析後，針對不同的轉轆器分別訂定警戒值及維修告警值。日後，每次扳轉時，就可即時比較其消耗電流差異及耗時，並在逾越管理值時，產生警戒或維修告警（如圖14）。經由此一改善，就可在設備即將故障前，先行派員維修，以避免潛在的行車延滯問題。

（四）電聯車載重監測及車廂擁擠度之應用

為提供旅客於列車進站前即可得知車廂擁擠程度資訊，讓旅客可以預先選擇乘客較少的車廂搭乘，以降低車廂載客不均勻之擁

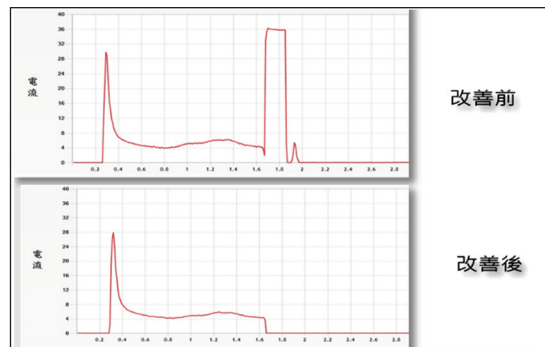


圖 14 轉轆器改善前後波形圖



圖 15 月台電子看板顯示車廂擁擠度

擠情形，避免發生互相推擠等安全問題；臺北捷運公司運用車廂載重資訊，轉換為車廂擁擠指標資訊，提供予旅客辨識及行控中心調度參考，旅客可透過車站月台上電視之電子多媒體顯示系統（Electronic Multimedia Display System，簡稱EMDS）或旅客手機APP得知車廂擁擠資訊，如圖15，並在候車時先行移動到適當車廂位置，可達到人潮分流效果，有效提升列車服務品質。

其運作係利用電聯車懸吊系統空氣彈簧氣路之載重壓力感測器，擷取即時列車載重



壓力值，經運算後，由電信網路回傳後端伺服器，再把運算後的壓力資料配合列車到站資料以及列車位置訊號彙整後，傳送至月台電視（EMDS）及手機的「台北捷運Go」App顯示，功能架構如圖16。

本功能除讓旅客掌握列車內的人潮狀況外，本公司也將此數據蒐集開發特有的板南線防疫管制分析模組，透過大數據分析平台，幫助行控中心掌控列車行經沿途各站分時載客人數及擁擠程度，適時調度列車，紓解擁擠人潮。板南線已於2020年5月啟用，文湖線已於2021年3月啟用，其餘路線預計2022年3月前啟用。

（五）導電軌沉陷自動監測系統

導電軌沉陷可能導致列車行經該路段時撞擊拉扯而發生行車事故，為提升臺北捷運營運可靠度，故我們開發了導電軌沉陷監測系統，希能藉由監測系統之即時監測及收集資料進行分析比對等功能，不僅能即時發現導電軌高程異常，更可藉由收集資料建立數據分析模組，預先發現異常發展趨勢並及早進行導電軌調整修復作業，以提升捷運系統可靠度。

導電軌高程異常雖可以人工方式逐線逐路段進行檢查，惟曠日廢時且耗費過多人

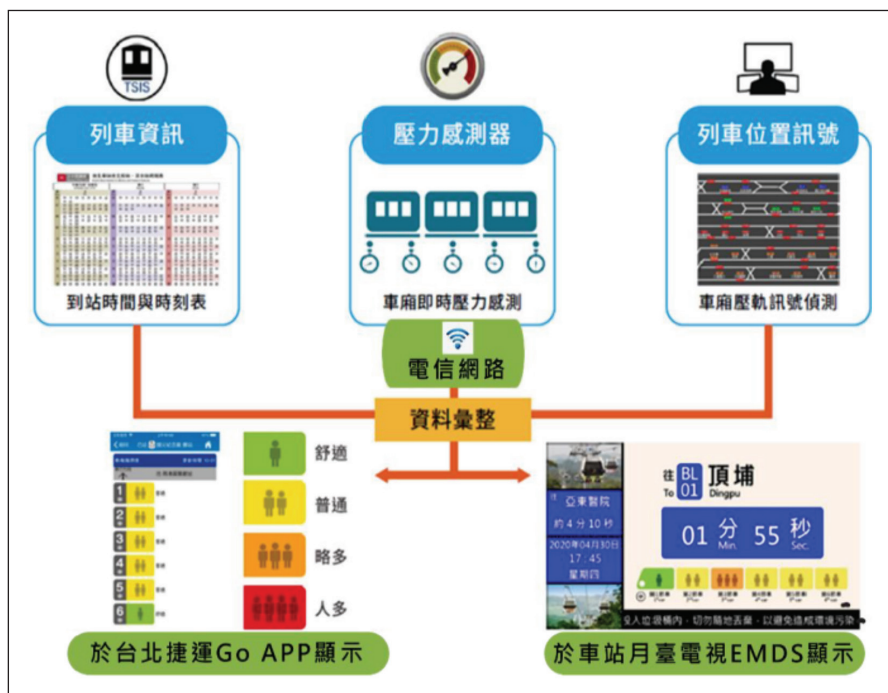


圖 16 車廂擁擠度系統功能架構

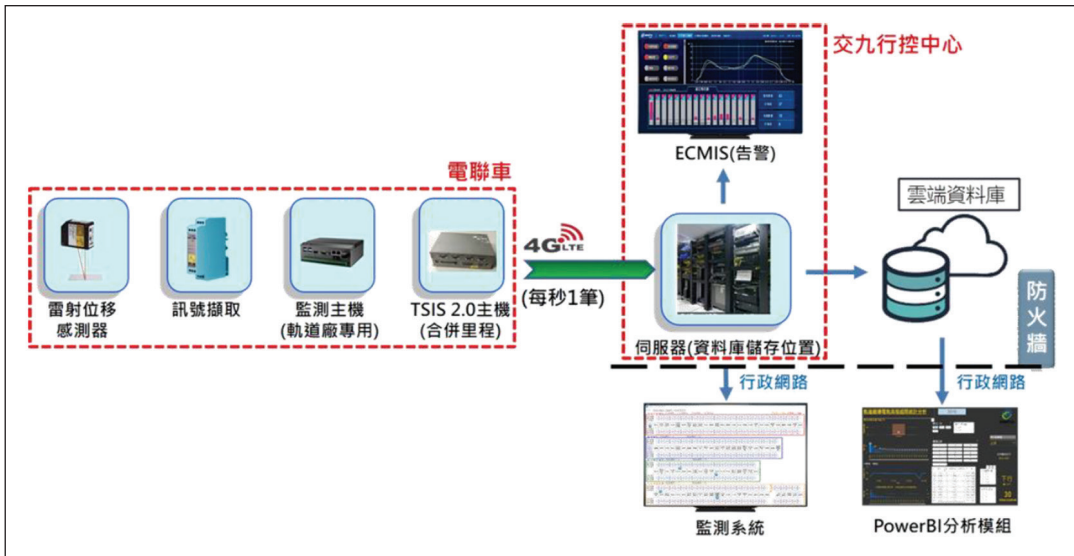


圖 17 導電軌沉陷監測系統架構

力，無法有效解決問題；若使用軌道檢查車每2個月檢查一次，雖較人工檢查有效率，但亦須受限於檢查時間須於非營運時段執行，以避免影響行車，且檢查完後仍需以人工方式進行數值與里程位置確認。為解決此問題，故規劃建置導電軌沉陷自動監測系統，包括：(1) 導電軌沉陷監測須能於營運時間執行檢測。(2) 導電軌沉陷監測異常時，須能即時發現並獲知異常位置，無需另行後製及人工比對。

為滿足上述需求，故藉由IoT技術，將感測元件安裝於電聯車上，進行營運時間檢測，以達到營運時間亦可即時量測之目的，另透過列車之電信網路可即時回傳導電軌高程量測數值及相對應量測位置之里程，其系統設計架構如圖17所示，詳細執行方式說明如下：

導電軌沉陷監測系統可於維修站透過有安裝感測器之列車行駛，即時監視目前導電軌高程量測數據（如圖18），並藉由列車號誌系統獲得列車行駛里程，將感測器量測之數值與里程數結合，即可隨時掌控導電軌沉陷狀況，並於發現異常時提供即時告警。

「導電軌沉陷監測系統」為近年內開發之預警系統，結合IoT與無線通訊技術，並導入預測性維修及大數據分析之概念，後續可藉由告警訊息及歷史紀錄製作數據分析模組，依量測數據篩選出可能超限點位之趨勢、分佈站間及時間履歷等，藉此評估最佳導電軌調整及更換時機，並搭配Metro PROMIS數據平台即時告警，有效提升系統可靠性及安全性。

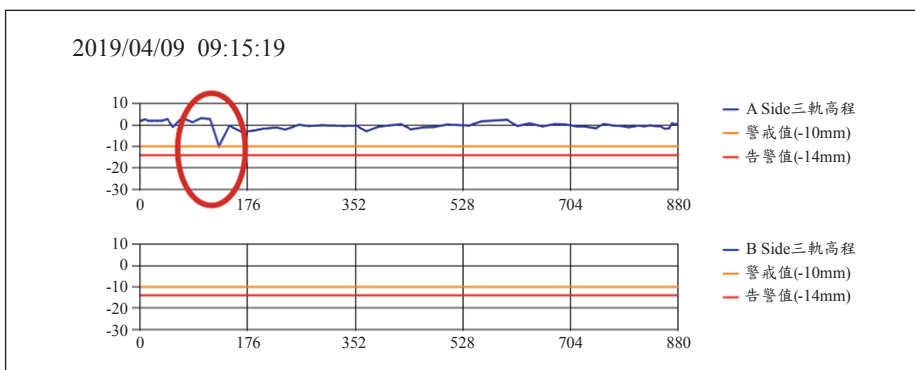


圖 18 導電軌沉陷量測數據實例

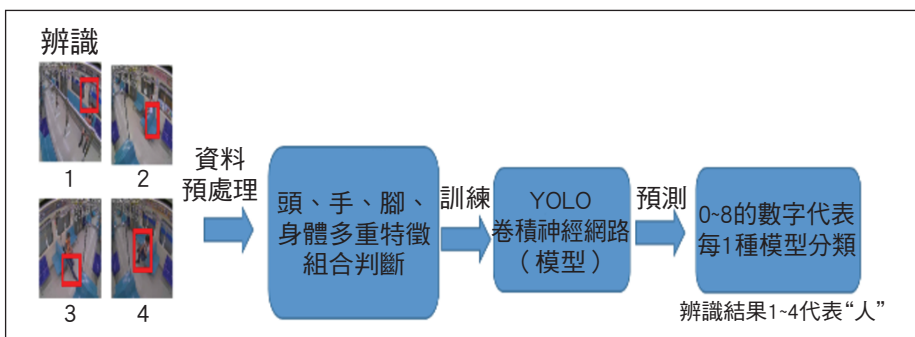


圖 19 列車旅客清車影像辨識系統

(六) 發展中影像辨識技術應用

近年影像辨識技術快速發展，藉由深度學習類神經網路達成人工智慧（AI；Artificial Intelligence）的境界，臺北捷運公司也陸續試著引進影像辨識技術來解決各項軌道問題與需求，如：（1）列車終端旅客清車，藉由車廂內攝影機影像辨識是否還有旅客、（2）捷運列車出車設備外觀檢查，確認列車外各設備箱是否關閉妥當、（3）捷運列車內旅客異常行為奔跑、移動影像辨識偵測、

（4）軌道扣件影像辨識應用等，以下將陸續說明。

首先是列車終端旅客清車部分，因捷運列車在部分終點站要先進行旅客清車後，再將列車回送機廠收車，藉由車內攝影機及影像辨識AI軟體，可自動辨識車廂內是否還有旅客逗留，若有旅客逗留即發出報警提示司機員，立即派保全勸導旅客下車，避免意外將旅客載入機廠，產生安全疑慮，系統示意圖如圖19所示。

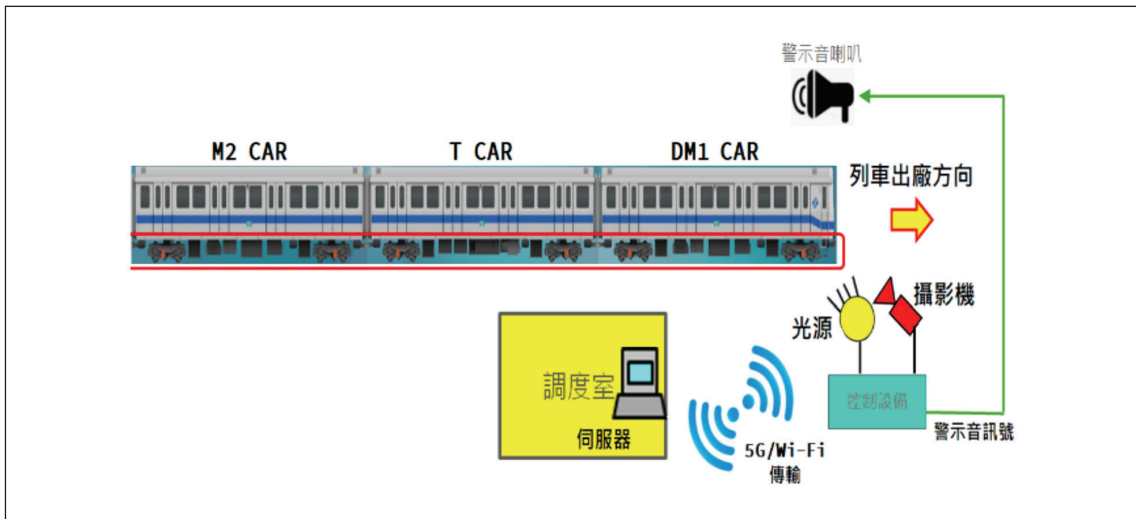


圖 20 列車外觀檢測影像辨識應用

其次是在工作人員完成出車檢查後，當列車駛出維修廠時，影像辨識系統輔助系統會自動重複比對檢查列車外觀，以避免人工檢查不確實之風險；捷運列車出車前的設備外觀檢視，其影像辨識需應用3D建模技術，建立捷運列車外觀模型標準，再透過影像辨識技術，比對各設備外觀特徵輪廓，當列車各設備外觀輪廓符合標準時方可出車；若檢測出不符標準時，代表有設備箱未關妥或其他問題，須再派工檢查以排除異常，系統檢視示意圖詳如圖20。

另外，針對捷運列車內旅客異常行為為奔跑、異常移動影像辨識偵測之應用，因捷運列車車廂內為半密閉空間，所以發生旅客異常行為，常引發其他旅客慌張，造成人群傷害等，故臺北捷運公司針對列車內緊急求

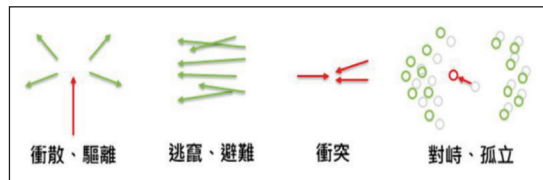


圖 21 旅客異常行為影像辨識示意圖

救按鈕已陸續建置完成，現透過影像辨識技術，針對旅客可能的逃竄、避難、沖散、驅離、衝突、對峙行為進行影像辯視，盼能藉由AI深度學習機制達到影像辨識效果，能再發生事件當下，由車內攝影機進行影像辨識，對旅客行為影像辯視偵測，提供更完善安全列車搭乘環境，防止各種可能擴大危害。人群行為移動在影像辨識可能轉換為箭頭、圓圈去表示各種可能的行為，如圖21，為旅客可能發生之異常行為。



最後，有關軌道扣件影像辨識應用部分，臺北捷運公司也希望透過影像辨識技術，藉由車下攝影機經過軌道扣件上標誌箭頭時，將影像進行快速比對檢測，當軌道扣件上標誌箭頭有偏移狀況、角度變化等鬆動特徵時，將發出相關告警，期望能達到早期預警效果，避免可能的軌道異常事件。

上述影像辨識技術應用皆為解決客製化需求，從現行各既有行為透過影像標記、資料學習過程達到影像辨識應用；而可用影像辨識應用準確率應在9成5以上，才是可以進入實戰應用之影像辨識技術。

四、結論

本文歸納臺北捷運公司自83年7月成立迄今，全體從業人員筆路藍縷，披荊斬棘，運用創新科技，精進改善系統設備，藉由逐步導入ISO標準化、EFMS設施設備管理e化、IoT物聯網等方法工具，蒐集儲存設備動靜態資訊，再經由建置Metro PROMIS預測性軌道營運管理資訊系統，提供行控中心即時行車調度應變資訊，營運維修過程所累積的Big Data大數據，則可經由工法分析來設定管理指標的警戒值及告警值，作為設備劣化趨勢的管理指標，奠定邁向預測維修的基礎，藉由軌道系統設備的智慧化，來增加系統可靠度，並提升軌道運輸安全。

There is always a better way. 新科技的應

用導入一直是臺北捷運公司長期努力追求的方向，在穩定的系統營運下，我們不斷地求新求變，檢討再檢討，精進再精進，在一萬五千餘份SOP文件不斷改版進化的背後，是無數同仁的智慧結晶，冀求以最經濟的營運維修成本，提供民眾最安全便捷的服務，符合環境保護、社會責任及公司治理的永續經營理念。

五、未來展望

每一座城市都有它獨特DNA及文化底蘊，其所能供給的資源或有差異，但對軌道運輸的殷切期盼則沒有不同；藉由本文的探討與說明，希望對各城市未來發展軌道運輸，在規劃、建設、營運、維修等各階段作業，提供一些參考。

本公司未來將持續發展IoT物聯網、Big Data大數據、影像辨識及AI人工智慧等新創科技應用，朝智慧化車站、智慧化維修及智慧化行車監控方向前進，讓我們共同努力，提供市民旅客們多一些安全、多一點人性，多一份感動，共同邁向智慧化軌道運輸的嶄新時代。

參考文獻

1. 莊英震、黃家仁、李吉忠、施志龍、李儀禹，「臺北捷運文湖線的技術改善紀實 - 營運初期至今可靠度躍昇之行動案例」，捷運技術半年刊第49期，103年7月。
2. 方俊翔，「臺北捷運高運量電聯車營運故障改善之研究」，國立交通大學碩士論文 - 99年7月。