



臺鐵電務智慧化 - 以 68 站號誌聯鎖系統更新案為例

中興工程顧問股份有限公司系電部技術經理 / 曾啟鵬
中興工程顧問股份有限公司副總經理 / 林根勝
交通部臺灣鐵路管理局電務處副處長 / 楊惇惠
交通部臺灣鐵路管理局電務處處長 / 周祖德

關鍵字：電務智慧化、號誌聯鎖裝置、計軸器系統、道旁號誌設備

摘要

臺鐵局近年積極推動導入資通訊技術，建立數位化、智慧化營運管理。電務系統智慧化是達成此目標的最重要的基礎工作之一。本文藉由目前辦理中的68站號誌聯鎖系統更新案分享號誌聯鎖系統由傳統的繼電聯鎖裝置更替為電子聯鎖系統過程中，一併將號誌聯鎖裝置及道旁號誌設備等導入數位化、智慧化的辦理經驗。

一、前言

隨著國際資通訊（ICT）技術的快速成熟發展，各個事業領域企業因應未來發展爭

相導入運用，作為提昇其企業經營管理效率及安全，已是現今重要趨勢。世界各鐵路運輸先進發達國家亦積極將鐵路運輸緊密結合資通訊技術，如數位化資訊收集、大數據分析、雲計算、人工智慧、物聯網（IoT）等的運用，建構其智慧化的鐵路運輸系統。

臺鐵局配合國家產業發展政策，將鐵路智慧化的推動納入前瞻基礎建設的軌道建設項目中，並就運務、工務、機務及電務等系統領域分別擬定了各項建設及改善計畫。特別是鐵路電務系統在鐵路運輸組成架構中所扮演的角色就如同人體中的大腦及神經系統，是攸關整個鐵路系統營運能夠維持正常、準確及安全的重要支柱。故臺鐵局自民



國106年起即訂定「臺鐵電務智慧化提升計畫（106年-113年）」滾動計畫（如表1所示）積極推動智慧化提升作業。

中興工程顧問公司（以下簡稱本公司）於民國108年4月承辦臺鐵西部幹線自蘇澳新站至九曲堂站之68站號誌聯鎖系統更新技術服務案（服務範圍，如圖1所示），為確保規劃設計及建置完成的成果能夠契合臺鐵路電務智慧化的設定目標，茲就本公司辦理本案所訂定執行策略與方式分享執行經驗如后。

表 1 臺鐵電務智慧化提升計畫項目一覽表

計畫名稱	系統更新或建置計畫
號誌基礎設施提升計畫	建置號誌遠端狀態監控系統
	計軸器雙重化
	號誌聯鎖系統更新
	平交道防護設備更新
	ATP 地上設備效能提升
電訊基礎設施提升計畫	96 芯光纜第二環佈放工程
	環島光纖傳輸網路系統更新
	行車調度無線電話系統優化
	有線調度電話系統更新
	區域網路傳輸設備光纖化
	環島自動電話系統更新
電力基礎設施提升計畫	電車線系統更新
	變電站容量擴增
	購置電車線工作車、電搖車與高速檢測儀器
中央行車控制系統新建計畫	中央行車控制及電力 SCADA 新建
	行車調度無線電話系統網管中心搬遷及緊急應變中心資訊整合

資料來源：106年7月臺鐵前瞻基礎建設-軌道建設臺鐵電務智慧化提升計畫

二、現況概述及需求分析

臺灣鐵路系統創建迄今已逾百年。號誌系統亦伴隨各階段相關鐵路運輸技術的發展，逐步汰換提升。號誌聯鎖系統自民國68年將人工操作的機械聯鎖系統升級為自動化的號誌繼電聯鎖系統（RI），接著於民國93年開始，北迴線引進第一套電子聯鎖系統（EI）取代繼電聯鎖系統（RI）。其後，隨著鐵路全線各小段區間或車站的改建，逐步將原先的繼電聯鎖系統更新為電子聯鎖系統。迄民國110年底，初步統計全線已完成82站更新為電子聯鎖系統，剩餘83站仍為繼電聯鎖系統。因此，在此不同等級號誌聯鎖系統新、舊並存的過渡之際，要推動電務系統智

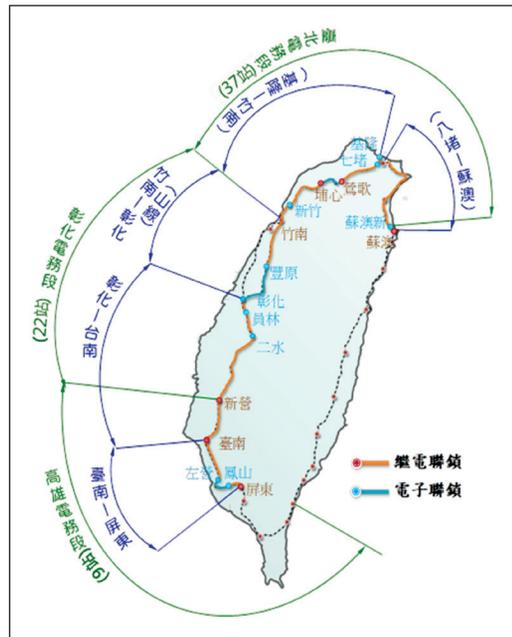


圖 1 臺鐵號誌聯鎖系統更新範圍

慧化所面臨的問題及擬定解決方案的思慮需要為更周延。

經整理，臺鐵號誌聯鎖系統推動智慧化面臨的問題，包括：

- (一) 既有法令規章及技術規範造成導入新系統架構或技術運用的約束或限制。
- (二) 部分使用中之系統設備技術老舊，多採機械、類比式繼電器元件，無法滿足數位化、智慧化等新技術的應用需求及擴充彈性。
- (三) 既有系統設備之軟、硬體、作業系統、伺服器等種類繁多，規格及傳輸標準不統一，開放性差，易導致系統間相互界面溝通困難及造成重覆投資問題。
- (四) 非模組化的系統、設備在配合施工需要或遭遇設備故障時，受到衝擊影響的範圍大。
- (五) 既有系統設備具有智慧偵測感知偵測裝置配置不足且覆蓋範圍不全面，致使系統設備之數位化、智慧化程度不足，侷限了維護保養自動化、預知化功能及營運輔助決策功能的運用。
- (六) 列車控制系統和聯鎖系統相對獨立，增加了設備建置和介面需求，增加系統建

置和維護成本，亦降低系統可靠度。

- (七) 系統設備數位化、智慧化需要電訊、號誌兩種系統專業整合，目前電訊系統、號誌系統均分屬各自垂直獨立單位營運、維護及管理，易造成大量資訊盲點。

臺鐵局推動電務智慧化目標，除營運、維護及管理等組織調整議題，已另案研議辦理，以下僅就68站號誌聯鎖案系統設備執行數位化、智慧化之規劃設計及整合的執行策略及具體作法，概述如后。

三、智慧化執行策略及具體作法

(一) 擬定臺鐵電務智慧化整體架構

為釐清號誌聯鎖裝置在電務智慧化中扮演的角色及在臺鐵電務智慧化提升計畫與其他各個計畫間之相互作用關聯及應具備功能，初步整合擬定臺鐵整體電務系統設備關係架構圖（如圖2所示），並提出具有可擴充發展整體電務智慧化架構圖（如圖3所示）。

號誌聯鎖裝置設置於各車站繼電器室，其功能係發送由中央行車控制系統（以下簡稱CTC）下達經由環島光纖骨幹迴路傳遞之指令至號誌機、計軸器、轉轍器、ATP及平交道防護設施等道旁號誌設施，並將所蒐集之道旁號誌設施的即時狀態資訊，經光纖骨

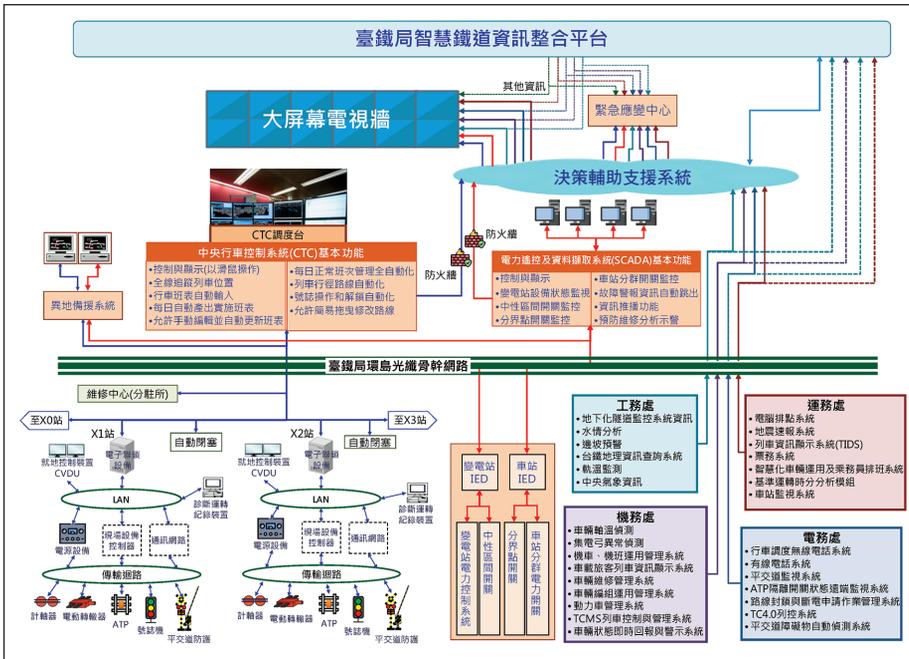


圖 2 臺鐵整體電務系統設備關係架構圖

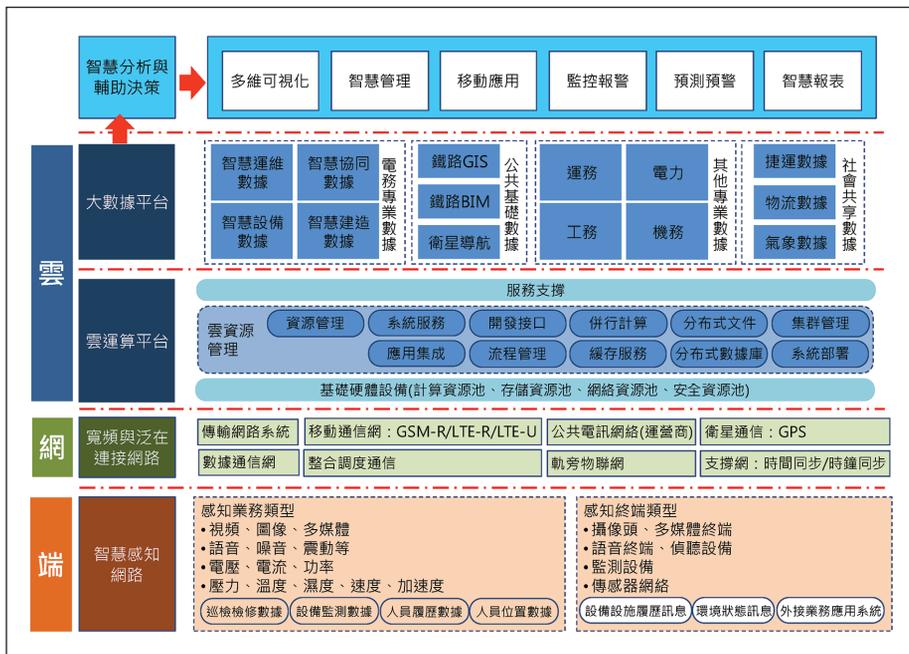


圖 3 整體電務智慧化架構圖



幹迴路傳送並顯示於CTC系統調度台螢幕，提供調度員掌握列車即時運行狀況及執行列車調度作業。

此外，運務、工務、機務及電務等各單位建置之智慧化維運模組或設施蒐集、分析所產生與列車運行調度作業相關之全線基礎設施、環境狀態的參數或監視收錄的影像資訊均可透過光纖骨幹迴路傳送至設置於中央行車控制中心（OCC）的決策輔助支援系統，再依需要可分別傳送並呈現於CTC系統調度台螢幕、緊急應變中心螢幕，提供即時現況及資訊。

由於臺鐵局屬於特定非公務機關，對於工程採購標案及預算的編列均須遵循工程會採購法及政府相關法令辦理，無法一次同時辦理完成整體規劃及更新建置，為確保將如此龐雜的系統設備在分年分標方式辦理下，仍可達成建置的系統設備規格一致、資訊交換溝通可無縫銜接的整體電務智慧化目的，本公司擬定了系統設備應具備電子化、模組化、節能化、數位化、光纖化、標準化，及智慧化設計規劃執行原則，茲針對具體作法及預期成效，簡述如后。

（二）編修既有號誌技術規範

號誌設備規範編修的項目，包括號誌聯鎖系統、號誌機、轉轍器、計軸器等道旁號誌設施。由於上述號誌設備係屬整個號誌系

統的最基層之設備，故在辦理編修作業時，除修訂規範，提升系統設備整體功能需求外，仍須考量全線尚在營運之既有系統設備之過渡性及兼容性。

技術規範修訂作業歷經臺鐵的段、處及局的各層級多次檢討研議，迄108年12月完成約計239項規範條文增修。規範增修的重點，除將原規範中部分文字定義或辭意不夠精準，易造成不同解讀或錯誤解讀及在實務上執行困難或不符現場環境條件及實際需求者外，針對推動數位化、智慧化需求增修之重點，包括：

1. 刪除原僅適用繼電聯鎖系統或限制數位化電子聯鎖系統功能者之相關條文。
2. 新增各系統設備之操作參數紀錄、趨勢分析、即時監測、故障預警等規定，以符合電子聯鎖系統設備智慧化、數位化需求及具有預知保養功能。
3. 增修簡化作業程序、便利人員操作及具有即時預警、即時通知處置等數位化運用的人機介面功能。

（三）訂定統一通訊協定標準

為達成臺鐵局未來可於不同時間、不同標案建置系統的相容性及互通性，除要求建置的系統設備須具有相同等級功能外，並應制定可供系統設備間相互溝通之統一通訊協定及格式。為因應臺鐵局未來新建中央行車



控制系統（CTC）的設置，號誌聯鎖系統已預先訂定與新建CTC系統之介面軟、硬體應具備工業用乙太網路（Ethernet）TCP/UDP/IP通訊協定和IEEE 802.3標準相容，並至少符合安全完整性等級SIL3的要求。

另外，配合未來臺鐵智慧平台建置已預先訂定資料傳輸的統一標準格式，即一般圖說、文件資料採Json格式、影音資訊採ONVIF格式、天災警訊資料，如氣象、颱風、地震、河川水情等，則配合採用中央主管機關所訂定的Cap格式。

（四）號誌系統設備數位化、模組化

要達成號誌系統智慧化目標，首要是要先做到號誌系統數位化。另外，現場之號誌設備須儘可能做到型式、構造簡單化及規格功能一致化，才能充分發會操作營運簡單、安全，維修保養人力及成本大幅降低的目的。具體作法，包括：

1. 各階層設備普遍設置運轉狀態感知偵測設施

於各階層的號誌設備、道旁設施裝設設備狀態感知偵測功能，並將偵測之即時運轉狀態，以數位化形式傳回管理系統進行儲存、分析。臺鐵局針對號誌聯鎖系統及道旁號誌新修訂技術規範中，明確規定各設備應裝設之偵測項目，彙整如下表所示。又規定於系統設備主機或號誌聯鎖系統之運轉診斷

號誌設備	監測項目
號誌機	1. 電壓值。 2. 電流值。
電源設備	1. 輸出電壓、電流值、均衡充電狀態顯示。 2. 負載開關跳脫或熔絲熔斷、蓄電池開關開路。 3. 電池充電限流、直流電源輸出異常。 4. 過高溫或通風扇故障告警 5. 輸出低電壓告警、輸出過電壓停機告警、交流輸入中斷告警、接地告警。
電動轉轍器	1. 電壓、電流值 2. 轉轍方位 3. 扳轉次數紀錄 4. 轉換時間
通訊網路	1. 纜線故障告警。
就地控制裝置 CVDU	1. 軌道佔用、號誌顯示。 2. 轉轍位置、進路設定與取消。 3. 故障監視、開關切換紀錄。
計軸器	1. 列車速度、輪軸行進方向 2. 設備故障告警

紀錄裝置應具有紀錄資料分析及狀態變化預警功能。

2. 號誌聯鎖設備電子化、模組化、雙重備援化

為建置構造簡單、安全及可減輕維修作業人力，降低設備維護成本。更新之新式號誌聯鎖設備，明確規定在設計及供應上應符合下列原則。

- (1) 號誌聯鎖系統應採用全電子聯鎖的設計，減少安全繼電器使用。另設備應採用模組式電子卡板及熱插拔設計且配置須具有擴充彈性，如圖4所示。此外，號誌系統設計必須符合「失效自趨安全（Fail-to-Safe）」原則及國際上通用標準，並應符合臺鐵局頒定之相關規章及



圖 4 號誌繼電聯鎖裝置更新為電子聯鎖裝置

設備規範要求。

- (2) 系統設計應具有高可靠度、可維修度及妥善率，其核心運算單元應至少為2 out of 2 (2oo2) 架構且執行保安功能之單元與設備應至少為 2 out of 2安全架構。
 - (3) 號誌聯鎖系統之聯鎖設備、現場設備控制裝置應符合SIL4等級，就地控制裝置CVDU則應符合SIL2等級。
 - (4) 通訊網路採雙重光纖迴路設計，具有多重備援控制、管理功能。
 - (5) 無關行車安全之監測訊號傳輸，經由固定網路部分設計採用TCP/IP/Ethernet協議，並預留未來升級號誌無線通訊傳輸的硬體介面。
3. 具有智慧化管理之雙計軸器系統
- (1) 計軸設備符合SIL4最高安全等級。
 - (2) 計軸主機與聯鎖裝置傳輸不須再透過繼電器介面，以達到計軸頭偵測之數位化
- 資訊可完整傳輸。
- (3) 採用雙計軸器並聯系統設計架構，即採用兩組計軸器並聯使用，取代原有之軌道電路搭配單計軸器並聯設計之列車偵測方式，可設計採專置屬處理器模組進行監督、檢查、比對和確認雙計軸系統各自獨立輸出的信號之正確性外，亦可採將兩系計軸系統之輪軸偵測結果傳送至號誌聯鎖設備，藉由比對軌道路線連續閉塞區間佔用之方向性及連續性，達到判斷該區間為占用或非占用目的，確保列車營運安全性。
 - (4) 設計計軸系統可將每個計軸頭偵測到之軸數、列車行進方向及速度傳送至電子聯鎖裝置。當任一計軸頭故障時，系統可準確將發生故障之計軸頭所在位置及故障資訊傳送至電子聯鎖系統，完全消除維修人員沿線查找故障點之人力及成本消耗。

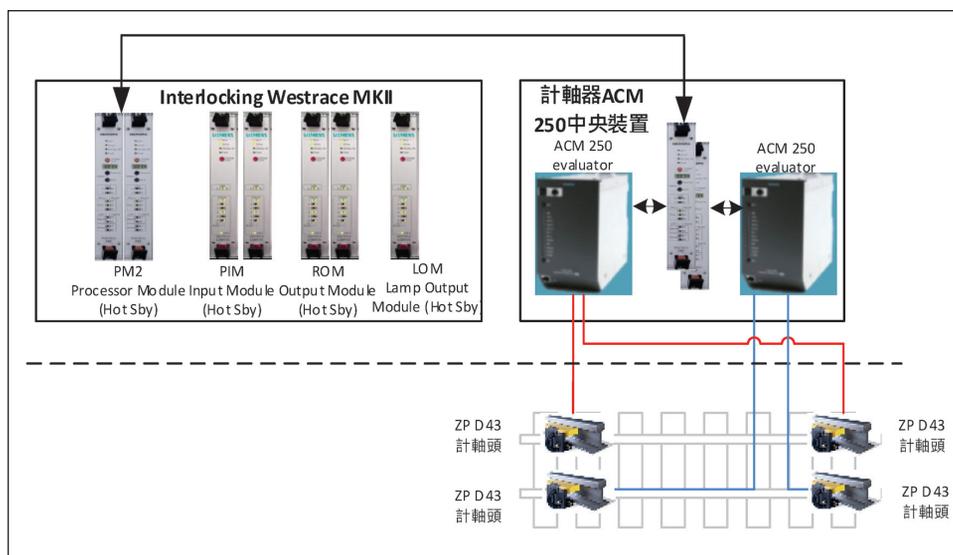


圖 5 雙計軸器系統（西門子公司提供）

4. 具有狀態監測功能之轉轍器

轉轍器新增設計之功能重點，包括

- (1) 使用設備重量更輕、體積更小，維護保養方便設備且符合SIL4最高安全等級。
- (2) 規範使用直流110V電動馬達驅動尖軌的位置，動作桿之動程條件為160 mm，推力600 kg以上且應能適用60 kg道岔，建立轉轍器規格一致性及增加操作穩定性。
- (3) 導入智慧化預知維修監視功能，以監視電動轉轍器之即時監測電壓、電流、轉轍方位、扳轉次數、轉換時間等數值資訊，建立預知保養功能。

5. 增加平交道警報延時功能

為解決臺鐵路線之平交道路段常因運輸尖峰時刻，上、下行車班會車通過密集，產

生遮斷機升起、落下間隔時間，造成平面道路用路人、車未能即時通過發生受困情事。號誌更新案改善平交道延時警報控制功能，其設計原理，概述如下：

- (1) 目前列車觸發啟動點至平交道時間30~42秒。期間，遮斷桿落下至水平約4~6秒；遮斷桿升起約2秒。
- (2) 改善為平交道之路線上之列車經過後，若偵測到現任一方向，即上行或下行方向於5秒內有列車即將經過警報啟動點，則系統會自動延長平交道警報，不升起遮斷桿，直到列車完全通過後，才解除警報，升起遮斷桿，開放人車通過，如圖7所示。
- (3) 此功能除可避免因運輸尖峰時段，發生平面道路人、車因通過時間不足，發生受困情事外，當列車班次不會發生連

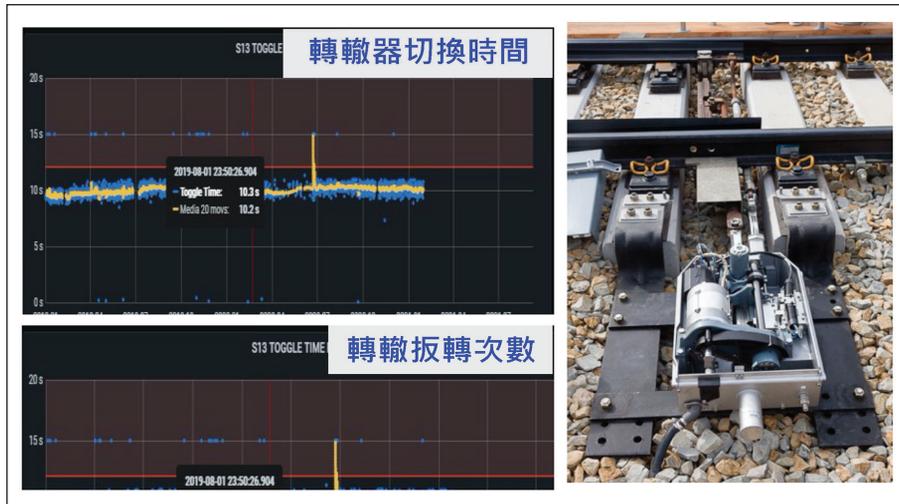


圖 6 具狀態偵測功能的轉轍器

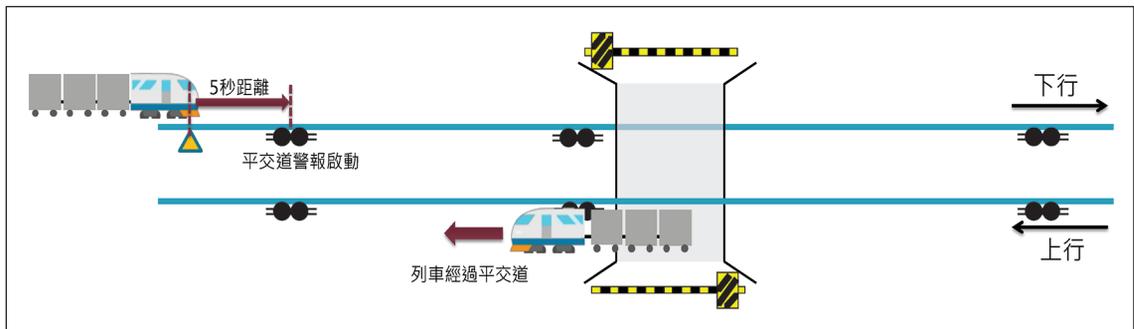


圖 7 平交道警報延時功能示意圖

續通過平交道時，平交道可依其既有設定，落下或升起平交道遮斷機，減少平面用路人、車等待時間。

(五) 智慧化、數位化、電腦化號誌維修管理系統

建立臺鐵號誌系統具有自動維修、預知維修功能亦係68站號誌聯鎖更新案重要目

標之一。在協助臺鐵局修訂完成的技術規範中，有明確規定系統設備須具有自我診斷功能，以執行確保安全繼續運轉、切換他系運轉或停止運轉，並應將診斷故障資訊及運轉狀態資訊傳送至維修中心（分駐所）顯示於監控伺服器，以通報及指引維修人員進行查修。

68站號誌聯鎖更新案現已由西門子公



司統包承攬，該公司依據規範要求已提出具有可擴充站數符合臺鐵局號誌設備維修管理自動化、智慧化的維修管理系統建置架構（如圖8所示）。此系統由數位預防維護系統（OMNES）及自動維護管理系統（HERMES）兩套軟體組成，茲就其功能概述如下：

1. 數位預防維護系統（OMNES）

數位預防維護系統（OMNES）主要功能，包括：

- (1) 可藉由設備所裝設的感知裝置監測並紀錄設備之狀態資料，提供系統執行智慧化故障和狀態數據資料，進行預測分析。
- (2) 可透過大數據分析及機器學習，早期預

知故障告警，協助維修人員執行預防性維護。

- (3) 可以視覺化方式呈現分析成果並產出報告。
- (4) 可提供維護管理系統警報資訊，設備產生故障趨勢時，可自動告警，自動安排維修作業。

2. 自動維護管理系統（HERMES）

自動維護管理系統（HERMES）主要功能，包括：

- (1) 具有資產、備品材料庫存控制管理及追蹤功能，並自動提醒採購。
- (2) 具自動安排維護作業功能，並自動產出維修工單。
- (3) 具有計畫管理及維修工作進度追蹤

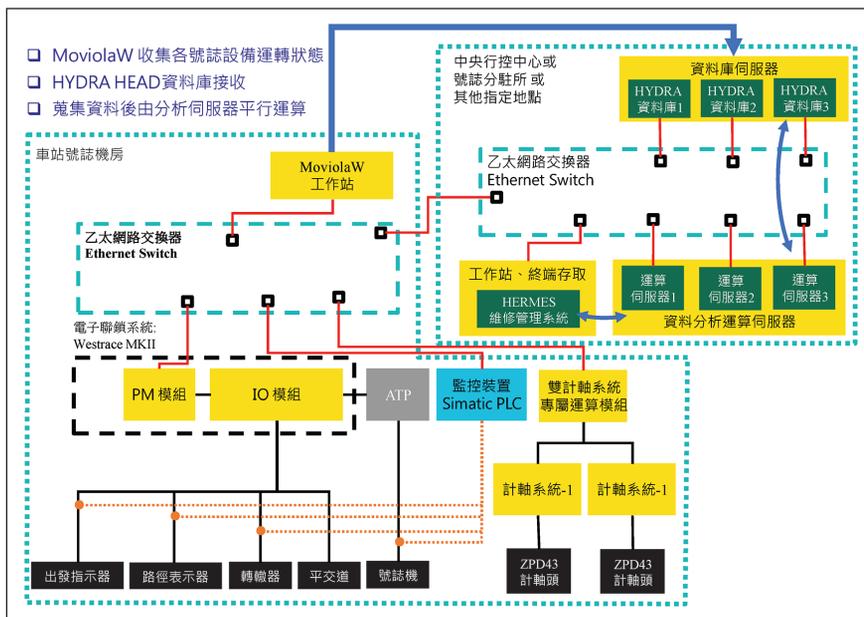


圖 8 自動化、智慧化號誌維修管理系統（西門子公司提供）



功能。

(4) 具有自動產出維修成果分析報告。

3. 系統具可擴充性

數位預防維護系統 (OMNES) 及自動維護管理系統 (HERMES) 具有開放性及擴充性，除整合68站號誌聯鎖更新案範圍內之號誌設備維修作業以外，俟全線其餘站場完成一致化傳輸資料格式及通訊協定調整及更新，以及設備狀態感知設施裝設後，均可納入此數位化、智慧化之維修管理系統，執行臺鐵局全線號誌系統的預知、自動的維修管理作業。

四、結論

推動臺鐵電務智慧化應先要建立有完整的電務智慧化架構體系，再依達成此架構的設定目標及需求條件為基準，辦理號誌、電力、電訊等各個專業項目的系統、設備規劃設計及建置。如此，即便主辦機關在不同時間、不同標案推出規劃設計或興建標案時，承辦單位均能遵循相同、相容及互通的基準執行。本公司辦理的68站號誌聯鎖系統更新技術服務案正處於臺鐵局號誌聯鎖系統的新、舊系統及觀念交替之際，幸賴臺鐵局各級長官的大力支持及多位號誌專家的鼎力協助，始能完成規範修訂及招標文件的制定，並順利招標，辦理設計及興建作業。相信在不久將來，俟臺鐵局逐步完成具備電子化、模組化、數位化及標準化的號誌聯鎖系統及道

旁號誌設施，以及具有預知維修與自動管理功能的號誌維修系統更新作業後，除可大幅提升臺鐵營運安全及減輕維修人力負擔及維護成本外，並藉由建置完成之號誌基礎設施的運行數據、狀態的蒐集、貯存及傳輸，提供臺鐵局各級營運管理單位及學術單位進行彙整、分析、計算等運用，以達成臺鐵整體營運管理智慧化的目標。

參考文獻

1. 交通部臺灣鐵路管理局「臺鐵電務智慧化提升計畫(106年-113年)」，中華民國106年4月
2. 黃靜如等，「智能電務研究與探索」，中國鐵路期刊，2018年12月，P.73-P.79
3. 交通部臺灣鐵路管理局電務處「TRAS(K)-S20013電子聯鎖系統規範」，109年3月
4. 陶冶中教授，「智慧鐵路發展」與談人簡報，中華民國運輸學會2021年會暨學術論文國際研討會，2021.12