



勞安科技應用

IoT 物聯網 結合 BIM 元件模組化 在 勞安科技 應用

—— 興達電廠燃氣機組更新改建計畫 345/161 kV 開關場區土建及附屬機電工程

簡奉順／台灣電力公司綜合施工處 處長

姜振中／泛亞工程建設股份有限公司 董事長

黃德孝／泛亞工程建設股份有限公司 總經理

陳哲仲*／泛亞工程建設股份有限公司 BIM中心經理

營建智慧化是「數位轉型」的核心。除可以實現生產流程的自動化、數據化、可視化更可提高生產效率、降低成本、提升工程品質。例如 BIM 技術的應用，可將設計、施工、維運等環節進行整合，提昇現場施工流程的優化，確保工序順暢且如期、如質交付業主。而工地智慧化更可實踐施工現場科技化管理，提高施工效率、降低意外風險。藉由物聯網、大數據、雲端…等技術的加持，更可實現建築物全生命週期後端物業管理之維運績效，延長建築物使用壽命。

「減碳」目前正也是營建數位轉型的另一項重要指標。營建產業普遍被認為是排碳大戶。如今藉由「智慧工地管理系統」的開發，除有效控管營造過程產生之空污、噪音與大量無謂之能源浪費，是營建產業刻不容緩且必須積極面對的未來。藉由我們的經驗，以及近六年來不斷地嘗試與改善，而開發出一系列創新模組化的應用。為的是減少工安職災的發生，將傳統令人垢病的管理機制慢慢轉變由資訊甚至是 AI 技術來取代。

「數位轉型」是一項複雜且艱巨的任務，需要企業、政府、社會各界的共同努力。企業應積極制定數位轉型目標，強化數位技術的應用，培養數位人才。才能面對未來日趨嚴重之少子化、缺工、缺料與專業斷層危機。

前言

配合國家能源政策，台灣電力公司興達電廠為因應既有燃煤機組除役、滿足經濟增長所需電力需求及國家發展降低空氣污染之政策，增建三部共 3000 MW ~ 3900 MW 之燃氣複循環機組，不但有效減少二氧化

碳排放、增加供電量及穩定性，並減少對周邊環境之破壞。工區位於台灣南部西海岸的高雄市永安區與茄萣區交界處，北臨興達漁港，東側則以濱海公路台 17 號為界；燃氣機組更新改建計畫於既有廠區之東南側鹽灘地規劃新建三部燃氣機組。並於新廠區之東北側規劃 345/161 kV GIS 設備房、345/161 kV 開關場電氣設備房、連絡變壓器區、345/161 kV 電纜涵洞、345 kV

* 通訊作者，jejung.chen@gmail.com

連接站^[1]。本案於投標階段主動於服務建議書承諾無償建置 BIM 模型（圖 1 至圖 4），俾應用於施工階段之規劃與機、水電管路進行套疊暨干涉碰撞檢討使用。

除此之外；BIM 模型除常規之應用，若將模型用於取代傳統自動控制「資料採集與監視系統」SCADA（Supervisory Control And Data Acquisition，縮寫）之二維圖控頁面，改以實境三維模型來體現，則更能直觀顯示事件（Event）發生所在位置，提昇施工階段人員對即時危害因子的掌握。

本案新建廠區 345/161 kV 地下電纜涵洞（廠區電纜涵洞及 345/161 kV 電纜涵洞至連接站）、及與興達-路北 & 興達-龍崎新建 #4-2 電塔銜接之連接站結構，部分區域位處主要輸配電幹線區域下方（圖 5），施工稍有不慎接近線下 5 公尺危害範圍內（或更近）都有可能發生人員感電意外，甚至觸及輸配電特高壓電纜而造成停電事故，將影響民生或高科技廠房用電甚鉅，除引發大規模區域停電，影響所及絕非賠償所能解決之憾事。

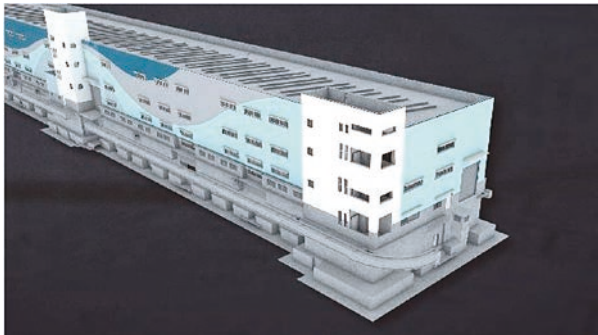


圖 1 345/161 kV GIS 設備房

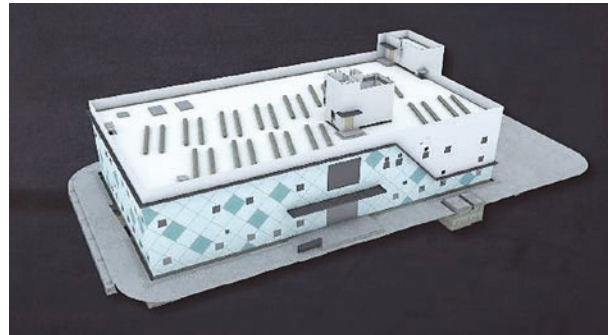


圖 2 345/161 kV 開關場電器設備房

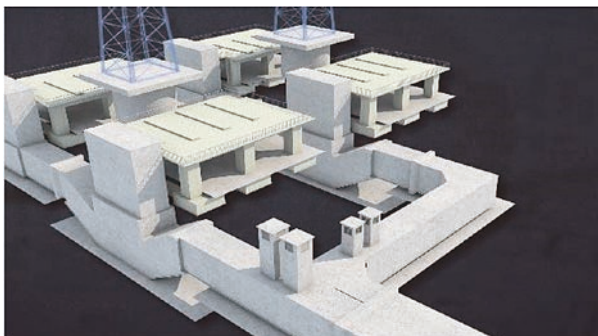


圖 3 地下電纜涵洞

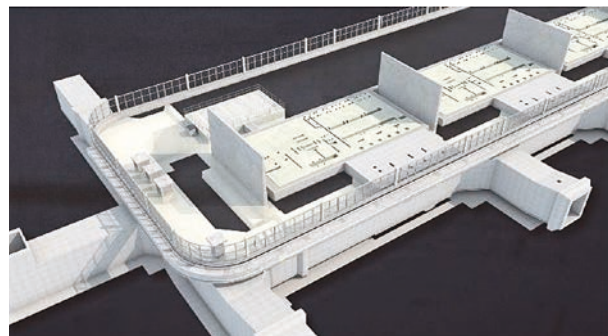


圖 4 聯絡變壓器區



圖 5 工區佈滿台既有 345 kV 特高壓電塔，施工易發生感電危害

先前案例

泛亞工程建設公司緣自民國 107 年承建營建署「台南北外環道路第三標工程」時，順應「工業 4.0」之時代浪潮主動積極投入物聯網技術於該標環境監測與施工安全等相關應用。隔年，延用「台南北外環道路工程」之成功經驗，投標交通部鐵道局「嘉義鐵路高架化前期工程 C602 標」再將物聯網與 BIM 技術進行整合，期盼利用 BIM 技術與 IoT 物聯網之結合，再創工程全新典範，並將 BIM 技術衍生應用與「工業 4.0」並駕齊驅。而該創新應用案例更於「2021 智慧城市創新應用獎」競賽，破除過往歷七屆獲獎單位盡是資通訊產業一級大廠之先例，為國內首家獲此殊榮之營造廠，成果非凡（圖 6）。自此泛亞工程再投入更多人力成本，導入光達掃描設備、透地雷達、MR 混合實境電子頭盔及空拍機與 AI 智能影像等多項創新科技於工程實務應用，經台電興達電廠 CV02 標 POC（Proof of concept）驗證成功後，將透地雷達與 MR 混合實境電子頭盔交互應用，於施工前精準探知電廠周邊主要道路（興達路）24 英吋液化天然氣管所在地位置、深度…並經 BIM 技術輔助建置地下 BIM 管線模型，將管線模型導入 MR 混合實境電子頭盔，時時於鋼板樁施打監看機

具施工狀況，有效避免施工不慎傷及天然氣管，造成無法彌補之重大工安意外事故發生。民國 110 年先後獲得中國土木水利工程學會—「工程數位創新應用獎」（圖 7）與「SGS/品質管理人協會—創新應用獎」（圖 8）、「2021 AUTODESK BIM AWARDS」優勝（圖 9）等獎項之肯定。

民國 110 年泛亞工程再將此一概念導入「台北廣慈專案」之臨時電安全管理，將過往工地配電盤一般例行性巡檢之常規做法，無法有效落實電器管理人員是否確實進行工地配電盤之檢測與記錄，遂變更改以現地全區配電盤與既有 BIM 模型進行整合，運用專案既有 BIM 模型建置之配電盤元件與配電盤編碼專有之 QR CODE 進行綁定，工地專任電氣人員進行配電盤巡檢時，都必須掃描 QR CODE 並對該配電盤進行電壓、電流、絕緣、漏電斷路器功能…及接點紅外線熱顯像儀檢測等電氣資訊勾稽檢測並上傳照片至雲端資料庫備查之無紙化創新管理，亦獲該年度金安獎佳座之表揚。

綜觀前述四項專案都有其共通現象，即施工前都已完整建置全區 BIM 模型與工地門禁系統、勞安巡檢、CCTV、配電盤…等設施，但都必須被動由專屬人員至現地查核，而無法主動告知系統時時之狀態與缺陷。



圖 6 2021 智慧城市創新應用獎獲獎



圖 7 110 年工程數位創新獎



圖 8 2022 品質卓越創新獎



圖 9 2021 Autodesk BIM Awards 優勝

因而為降低人員疏漏造成意外事故發生而藉由 IoT 物聯網與 BIM 連動所形成的一套智慧化管理程序。目標明確且應用方式差異不大、主體架構雷同，但就是每換一個案場就必須請程式系統開發商為新案件改寫程式碼。除 UI/UX 有所變化外，主體程式架構及雲端資料庫資料取用類型幾近相同。為降低開發時間並減輕開發後系統除錯所衍生的時間浪費，對於營造廠來說只是不斷支出相同成本給科技廠商罷了！為扭轉此一幾近重工的態勢是必然的。泛亞工程 BIM 中心自主開發之「BIM 元件與 IoT 物聯網模組化」技術，將會是降低成本、減少重工、縮短開發期程與提昇系統靈活性的最佳方式，遂有此「模組化」概念之發想。

模組化概念與模組的開發^[2]

正如一開始所介紹的，過往的智慧工地系統多是為專屬工地量身訂做。或是單一感測元件對接固定群組之通訊軟體或簡訊進行告警訊息之推送。無法整併所有的告警訊息與事件發生位置等資訊。失去獲取資訊全貌與發生位置之取得。故能透過 BIM 技術將元件資訊與實體感測元件進行綁定，才能有效自 BIM 模型元件中獲取更多資訊與事件發生位置所在。打個比方；就像綜合感冒藥物膠囊包裹者各自不同功效藥劑粉末（此處類比各種屬性資料）經由膠囊投送至身體。而該膠囊正是我們所認知的「載體」（此處類比 BIM 元件屬性欄的資訊，經由元件；例如：柱、梁、版、牆封包組成為一個體。而該柱、梁、版、牆就是我們所稱的「載體」；如圖 3 所示）。此一概念正也跟物聯網的理論有所雷同，物聯網即是透過感測器偵測數據後，並將數據經由通訊裝置傳送至監控端。而 BIM 則是將每個獨立單元或個體（這邊我們稱做「元件」Element）的資訊藉由軟體或程式的撈取分析或統計模型

中所有獨立單元的資訊，以做為後續成本數量統計或材料採購之依據，以加速傳統作業模式之進化。

而物聯網最重要的一個環節就是如何把數據拋送至監控端？又是使用何種語言與監控端互聯？這個時候就需要機械與機械（簡稱：M2M）或機械與人之間的語言溝通，這邊我們叫「通訊協定」（Protocol）。

圖 10 所示的每一個感測元件旁邊都會有一個叫通訊模組的東西，它的主要的工作是將感測器所搜集到的資訊傳遞至雲端，當然與雲端伺服器間還是要有一定的通訊協定進行溝通，才能將訊息傳送至雲端進行發佈或儲存到事件資料庫中，以做為未來資料分析統計之使用。而我們所開發的模組不只如此，它還必須對應到 BIM 模型的元件，因為它還必須讀取元件特殊的編碼，才能有效查詢事件所發生的位置進行圖形顯示。而這個圖形顯示的動作在工業自動控制中的術語就叫「跳圖」。因此整個模組的開發會比工業自動化控制採用的方法稍微再複雜一些些。

BIM 技術與 IoT 物聯網之關係

我們看到分解後的 BIM（建築資訊模型）是由數千甚至上萬個元件所組成（如圖 11）。而其中的每一個元件中又帶有諸多的資訊，在這些資訊中我們不但可以取得感測元件或配電盤的製造商資訊，甚至可以取得操作維護手冊、安裝圖 … 等資訊。再把這些資訊與感測器進行綁定後，這樣一旦因現場感知器探測到異常或原先所設定的條件，即會將感知器所得的資訊連同被綁定的 BIM 元件資料一併顯示到我們行動手持裝置的使用者介面中，讓我們可以在一個裝置中一目瞭然即時告警訊息，以便做相對應的處置。這也就是我們為什麼要將 BIM 元件與實際 IoT 感測元件進行綁定



圖 10 IoT 物聯網結合 BIM 模型元件模組化應用系統架構圖

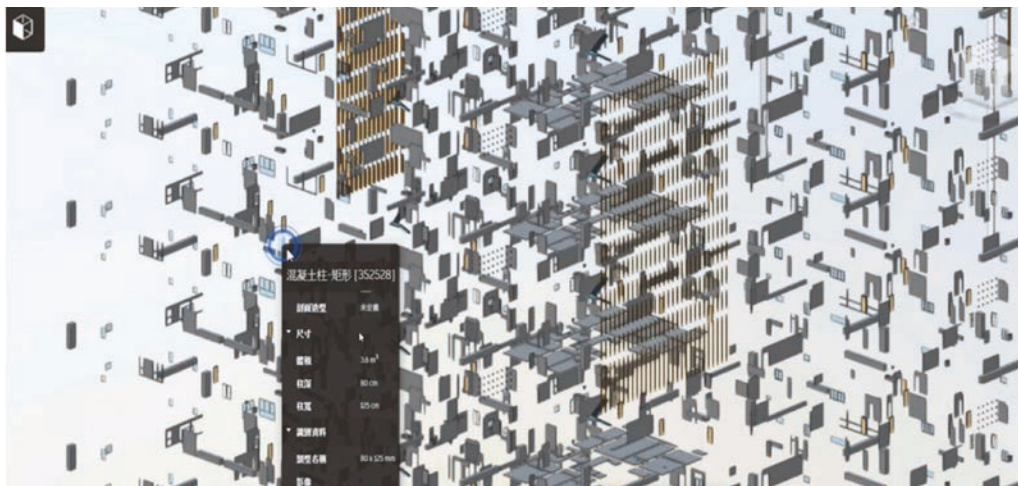


圖 11 建築物 BIM 模型分解後每一個元件都帶有詳細資料

模組型號									
對應感測器	五合一環境偵測器	配電盤漏電偵測(1)	配電盤漏電偵測(2)	LiDAR電子圍籬(1)	LiDAR電子圍籬(2)	LiDAR電子圍籬(3)	排水泵浦啟閉偵測	水位偵測器	自動水霧
感測器信號輸出	Modbus(RS-485)	Modbus(RS-485)	Modbus(RS-485)	Hi/Low(5V或12V)	Hi/Low(5V或12V)	Hi/Low(5V或12V)	繼電器(ON/OFF)	二段斷電器(ON/OFF)	繼電器(ON/OFF)
輸出/入模組訊號型式	AI	AI	AI	DI	DI	DI	DI	DI	DO
MQTT(Topic)	PA/ZONE1/1 (示例)	PA/ZONE1/2 (示例)	PA/ZONE1/3 (示例)	PA/ZONE1/4 (示例)	PA/ZONE1/5 (示例)	PA/ZONE1/6 (示例)	PA/ZONE1/7 (示例)	PA/ZONE1/8 (示例)	PA/ZONE1/9 (示例)
BIM ID	54321	54322	54323	54324	54325	54326	54327	54328	54329
模組編碼	IOT-01	IOT-02	IOT-03	IOT-04	IOT-05	IOT-06	IOT-07	IOT-08	IOT-09

圖 12 BIM 元件綁定 IoT 通訊模組的情況

的目的。圖 12 就是我們所開發出來的模組，其實表中的模組型號對應著是與它連結的感知器與 BIM 元件的組合。這樣就是我們所定義的模組。

成果與效益

「數位轉型」這個名詞近來在營建產業非常火紅。如何將傳統人力密集工作交由機械代勞？甚至近來一樣熱門的 ChatGPT 人工智慧聊天機械人，都可有效降低人力成本的支出，只不過營建同業或許大家不知道從何下手？

勞動部職業安全衛生署近年來積極在「數位轉型」的願景下賣力推銷「營建四化」與「科技減災」等技術的落實。無非就是想藉由科技的手段來降低營建業居高不下的工安意外事故發生率。

以「嘉義鐵路高架化前期工程 C602 標」為例；工期僅 800 天（實際僅 765 天就已報竣）在施工前評估主要拆除橋梁（博愛陸橋）I 型梁底緣最近台鐵架空纜線距離僅 45 ~ 65 公分（圖 13；依台鐵局施工規範要求

至少維持 1.5 米之淨空），而該橋梁係屬省道台 1 線之交通繁忙要道，距嘉義火車站僅 9 百餘公尺，經實際統計；每日通行於橋下之各型列車共計 176 班次（尚未含加班車、調度車與道班巡軌車等車次），施工風險甚高。經導入智慧工地管理系統（包含 AI 人員穿戴辨識、RFID 人員追蹤定位、人臉辨識與 RFID 雙重進場管制與 AI 電子圍籬等多重防護機制下，七佰多個工作天從未發生過任何人員死傷意外。



圖 13 嘉義鐵路高架化前期工程 C602 標施工前點雲模型檢測成果

再以台灣電力公司核火工程處之高雄興達電廠 CV02 標為例，因汲取嘉義鐵路高架化之經驗；一般傳統 AI 攝影機之電子圍籬較容易因視角不同等因素，經常發生誤報之困擾。經本團隊研究後改以光達技術於空中防護區域產出一道虛擬網面，一旦吊車機具臂桿過高碰觸到虛擬網面後即發出告警，同時吊車操作手、指揮手、工程師身上所佩帶之警鈴振動器亦隨之振動並發出警報聲響。此外；藉由泛亞工程獨自開發之 IoT 與 BIM 模組化之智慧工地管理系統，會即時將發生事故之位置（利用全區 BIM 模型直接跳顯事故發生位置），即時傳送至全區工作人員手機 APP 藉以即時處置與追蹤事態後續。

今年；甫獲得 112 年中國土木水利工程學會「工程數位創新獎」（圖 14）之興達電廠新場區關建之開關場（標別編號：CV04 標）結合上述兩項優點，以全新概念開發之模組化智慧工地管理系統。尤以光達電子圍籬一項，系統架設完成至今尚無發生一起因吊臂臂桿誤觸 345 kV 特高壓電纜或距離過近造成電弧閃絡（Arc flash hazard）等危害。再再證明發展新技術防範意外的



圖 14 台灣電力公司綜合施工處 CV04 標獲 112 年工程數位創新獎

最佳典範，未來泛亞工程將持續秉持創新之精神，持續精進在工安意外事故之防範，以最少的人力成本創造企業永續的未來。

參考文獻

1. 台灣電力公司綜合施工處，「興達電廠燃氣機組更新改建計畫 345/161kV 開關場區土建及附屬機電工程」，招標文件第一冊，特定條款 3.1，第 1、2 頁。
2. 陳哲仲，「IoT 物聯網結合 BIM 模型元件模組化應用」，土木水利，第四十九卷，第 6 期，第 105、106 頁。

義力營造股份有限公司
EARTHPOWER CONSTRUCTION CO., LTD.

義呈實諾 力呈卓越

創立於民國八十三年，甲等綜合營造業

深耕台灣，致力鑽研土木、環境、建築、區段徵收、開發工程，秉持追求全員工安、品質提升的精神，在誠信踏實的經營態度之下，堅守營建道德崗位，各項工程實績屢獲優良工程金安獎、公共工程金質獎

土木工程

整地、道路、排水橋梁、隧道、護坡、植生景觀、管線工程

建築工程

辦公大樓、廠辦新建、特殊建築、集合住宅

環境工程

掩埋廢棄物分類清除、土壤污染改良、污水處理、復育工程、廢棄物分類機械製造

區段徵收

區段徵收工程、土地重劃、公設工程施工

開發工程

工業園區開發、社區開發、租售管理

卓越
誠信
安全
技術
品質

優良廠商 / 優良營造業
金安獎、金質獎 雙獎特優

TEL: (04) 2435-0568
FAX: (04) 2435-0569

公司地址：
臺中市北屯區軍福11路553號1樓

郵箱：earth.powerld@msa.hinet.net
網址：www.earthpower.com.tw