



建構智慧化統包工程技術 永續綠色工程管理

中鼎集團創研中心工程事業群助理總工程師 / 張泰源
中鼎集團創研中心工程事業群研發工程師 / 彭大倫

關鍵字：循環經濟、中鼎、崑鼎、淨零排放、焚化廠、整改、節能、減碳、廢溶劑、回收再利用、再生水、海水淡化、太陽光電、儲能、綠電

摘要

本文介紹了CTCI中鼎集團透過智慧物聯網（IoT）技術，推動統包工程智慧化管理的實踐與成果。IoT技術應用於工地管理，提升了人員定位、危險區域監控、車輛調度與器材保全等方面的安全性與管理效率。文章中詳述了IoT技術如何協助企業在環境（E）、社會（S）及公司治理（G）方面的進展，包括節能減碳、勞動條件改善與管理透明度提升等，並分享了具體應用案例，如人員定位管理系統（LMS）及危險區域人員管理，展示其對工安及ESG推動的助益。本文強調CTCI集團在智慧化工地管理中的技術創新及其對未來發展的影響，為實現永續綠色工程奠定了重要基礎。

前言

CTCI中鼎集團發展智慧化統包工程的關鍵在於導入資訊科技，而物聯網（Internet of Things，簡稱IoT）環境的建構則是第一步。IoT的建構，係將各種內建感測器的「物體」，藉由有線或無線技術串連起來，並透過網路來監控、處理並分析資訊，以推升工作效率。隨著大數據、區塊鏈、機器人（Robot）、RPA、工業無線技術、邊緣運算及雲端運算等新科技的發展與融合，進一步形成了智慧物聯網（Intelligence of Things）的概念。對企業而言，智慧物聯網無疑是蒐集經營過程中重要資訊的基礎應用工具，也是協助企業永續發展的關鍵技術。在經驗豐富的領導層作出最佳決策的支持下，推動

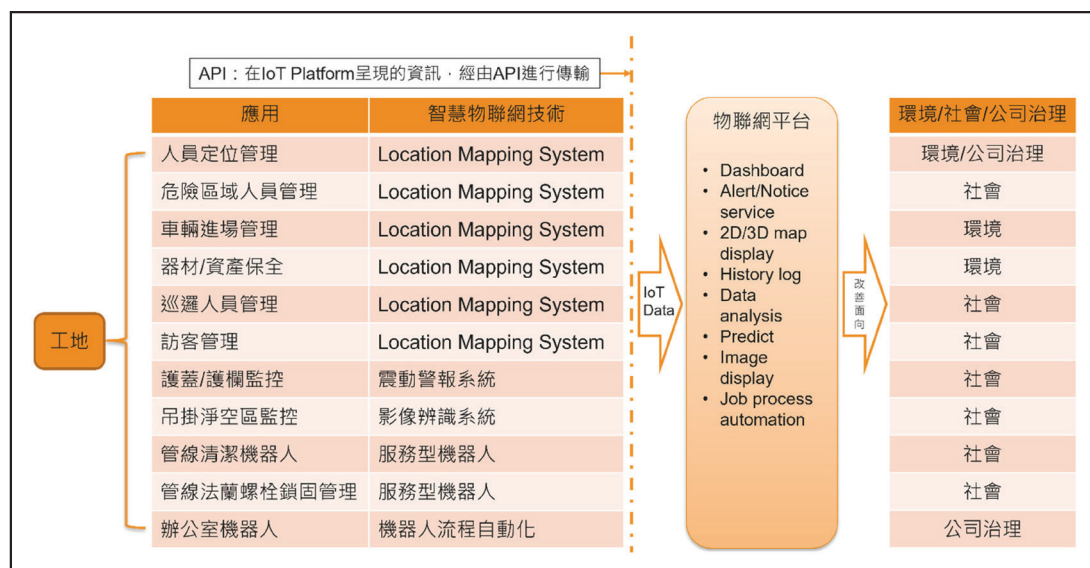


圖 1 工地管理議題對應 ESG 改善面向

ESG（環境、社會、公司治理）三方面的進步，並創造出安全且舒適的工作環境。本文將分享CTCI集團創研中心如何透過智慧物聯網技術，逐步實現工地的智慧化管理，實踐ESG。

一、智慧化工地管理 實踐永續發展

工地存在許多潛在危險，現場施工作業中，人員的出入、車輛進出、施工機具的分布及器材管理，工作性質各異，任何疏忽或分心都可能引發工安事件，這無論對當事者、家屬或公司而言，都是不希望看到的。因此，CTCI持續透過智慧科技的導入，蛻變為智慧化工地管理，進而提升工地安全。而除了工地安全，智慧科技對於ESG的推動，

亦有顯著助益。

在E面向，包含節能減碳、循環經濟、資源回收或再利用、廢棄物管理或減量、使用綠電、生態保育等；在S面向，則與勞動人權提升、勞動條件改善、性別平權、產品責任、隱私權維護、促進社會流動等相關；在G面向，則為可量化之績效與管理制度、法遵制度及架構、誠信及永續經營、風險管理、資訊安全、對外溝通與資訊揭露。因此，在工地善用AIoT技術，對ESG各面向的推動皆有顯著助益，如圖1所示。

二、智慧物聯網技術應用案例分享

結合圖1說明，以下試舉數例說明智慧物聯網技術對ESG推動的影響：

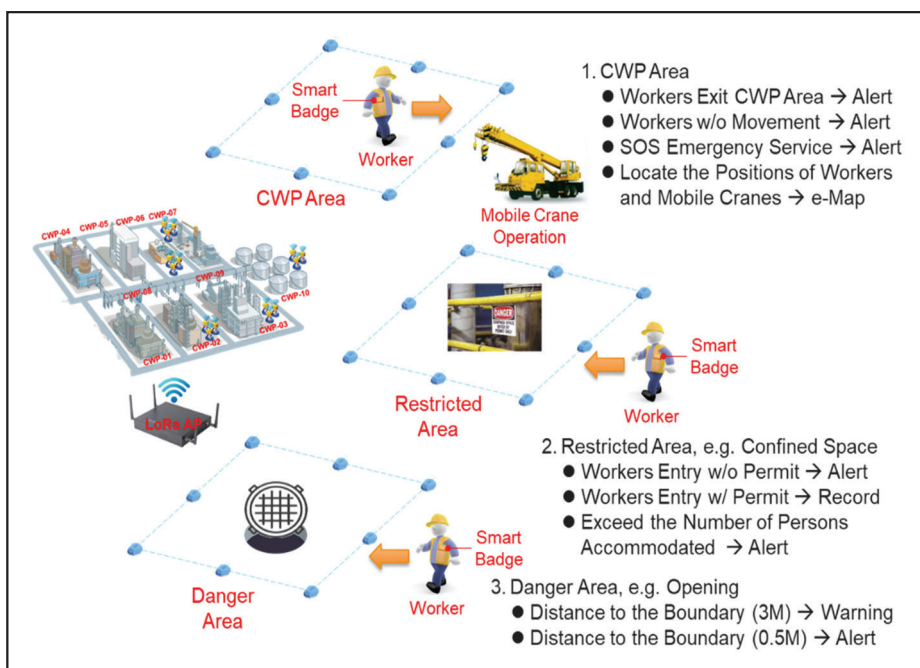


圖 2 工地危險區域管制

(一) Location Mapping System

為了實現工地智慧化管理，CTCI集團創研中心建立了LMS（Location Mapping System）系統。此系統採用了低功耗廣域網路技術LoRa（長距離無線通訊）和藍牙技術（短距離無線通訊）。使用者可以透過雲端平台獲取所需資訊，從而更有效地進行管理工作。

1. 工地人員定位管理（E面向-統計人員產出廢棄物；G面向-出缺勤可量化績效管理）：

利用人員隨身佩帶的定位識別證，及時掌控現場狀況，配合定點藍牙信標發送訊號

為定位基準，透過無線電回傳定位資訊，可掌握人員動態定位、建立電子圍籬、即時找尋特定人員、智慧考核出缺勤人數統計、工時統計、行為監測、發送求救訊號、鼓勵落實回收、歷史軌跡播放等功能，以維持工地秩序，使施工井然有序。

2. 危險區域人員管理（S面向-勞動條件改善）：

為避免人員誤入險境，如在工區地面有坑洞之處或進行重件吊裝區域，布置藍牙信標於外圍，透過後端平台進行安全距離設定，形成有如電子圍籬般的管制區域（如圖2）；工地人員一旦配戴定位識別證闖入管制區域，會觸發現場的聲光告警裝置，



並將相關事件訊息發送至後端平台和管理人員的行動裝置。同時，系統可在人員進入或離開該區時發出警示，以實現對安全區和危險區人員的管理。

3. 車輛進場管理（E面向-車輛進離場最佳路線規劃，避免因大型車輛移動堵塞等待/繞行時間）：

統計各類車輛應到實到數量與進離場時間、車輛與區域以及到位關係可配置規劃路線、登錄車號/型式與使用廠商等資訊於系統，於電子地圖顯示大型車輛的到位狀況，以及提供當日大型車輛管理報表。

4. 器材/資產保全（S面向-降低失竊及遺失，避免重複採購/製造/碳排放）：

貴重器材於收料儲放時配置定位卡，並登錄於後台系統。貴重器材發料前回收定位卡；若器材沒有回收定位卡而離開儲放區域，系統立即警示提醒倉庫人員。

（二）震動警報系統

透過感應器與物聯網（IoT）的部署，實現實時監控，進一步提高施工管理的安全性。

1. 護蓋/護欄監控（S面向-勞動條件改善）

我國重大職災的資料顯示，大多數的重大職災都屬於營造業墜落職災，雖然樓板開口或屋頂邊緣墜落的比例已大幅降低，仍有兩成左右的墜落地點是樓板開口。在施

工現場管理中，施工現場的穩健性安全及安全系統十分重要，因此本系統在護欄上裝設感應器，藉由感應器來掌握護欄之穩健性及護蓋口之偵測。然後再由感應器與物聯網（IoT）的部署做到實時監控，亦可透過數據的搜集，協助對於施工現場不熟悉之新員工或訪客，更加注意各個開口。萬一意外發生，系統也能即時通報，減少不安全開口之墜落事故、提高施工管理中的安全。（圖3）

（三）影像辨識系統

以物體偵測模型辨識人員的進出和管制範圍，違反警示規則，即發出警報，防止工安意外發生。

1. 吊掛淨空區監控（S面向-勞動條件改善）

本系統結合智慧影像辨識技術，提供物件影像識別與警示功能。將深度學習網路轉移至嵌入式邊緣平台，依據影像辨識之物件（如交通錐或警示牌），定義工程警示區域，並辨識警示區域內人員裝備是否符合規範。即時辨識的結果可根據需求設定發出聲音、燈光閃爍或簡訊的方式警示現場管理與工作人員，提供施工現場人工智慧技術輔助，降低職災風險，避免傷亡。（圖4）

（四）服務型機器人

開發應用於工地作業中的機器人，減少

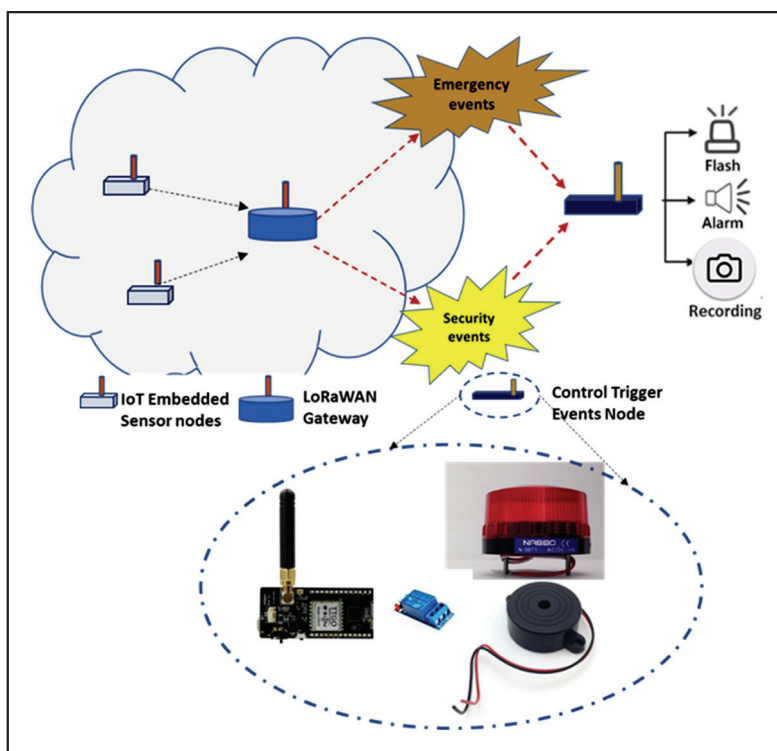


圖 3 觸發報警事件的 IoT 架構

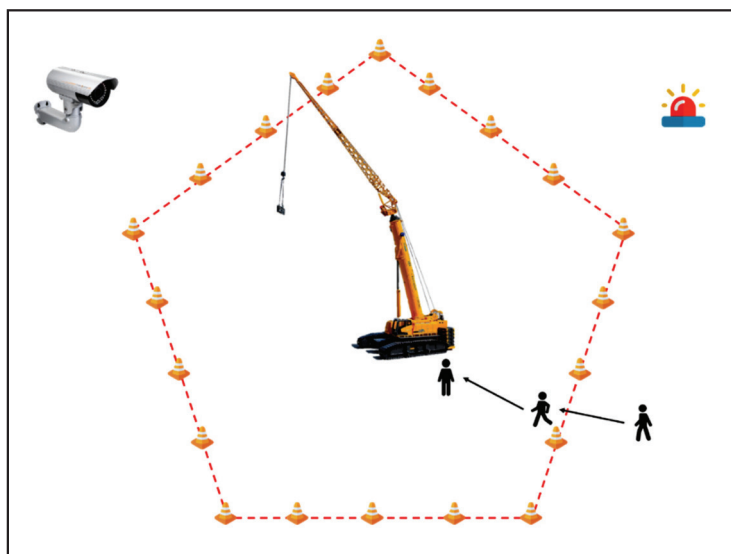


圖 4 施工警示系統之概念場景



圖 5 管線清潔機器人拍攝影像

人力作業，大幅降低職災風險。

1. 管線清潔機器人（S面向-勞動條件改善）

運用管線內部清潔機器人的影像系統功能，可直接看到管線內壁、閥內開合接縫處及銲道上殘留的銲渣影像，並利用毛刷/吹驅器/吸塵器，完成銲渣清除工作，即「看得到即清得到」。相較於傳統的工作模式中，因無法得知殘留銲渣之多寡，須由人員循管線路徑，以不會傷及管線表面之器械，敲擊接合處銲道使銲渣掉落，再吹出管線外，因此人員就必須穿梭於密集分布的管線區域，如遇垂直管線，更要搭設施工架以爬高作業，潛藏身體碰撞管線及高處墜落的風險。此機器人的開發，可降低上述風險，大幅提升工作環境的安全性。（圖 5）

2. 管線法蘭螺栓鎖固管理（S面向-勞動條件改善）

工廠的新建或擴建工程（如煉油石化工廠、燃煤與燃氣發電廠…等），現場的管線法蘭銜接是工人耗時耗體力的以手工具進行管線法蘭螺栓鎖固，而為數眾多的法蘭螺栓鎖固工作，會因人員疲累導致作業誤失，造成管內液體或氣體洩漏，因此工安意外事件層出不窮，經常導致嚴重死傷和財產損失；為此，管線法蘭螺栓鎖固工作，所要求的施工速度與鎖固品質是非常重要的，倘若因鎖固不全（如旋緊方式不正確與磅數不足），往往會降低管線的可靠度，造成管線在高壓輸送流體時的洩漏危險。若將法蘭螺栓鎖固作業，以自動化機械進行，一方面可確保螺栓鎖固的扭矩值均在標準值內，不會產生扭矩值不足或超過的問題；另一方面搭配電子儀器，在鎖固法蘭螺栓當下可同時記錄該扭矩值，並有電子紀錄上傳雲端形成數據資料庫，做為工程品質精確檢驗的依據，降低以傳統扭力扳手檢驗扭矩值並以手寫紀錄的誤失，且伴隨 QR

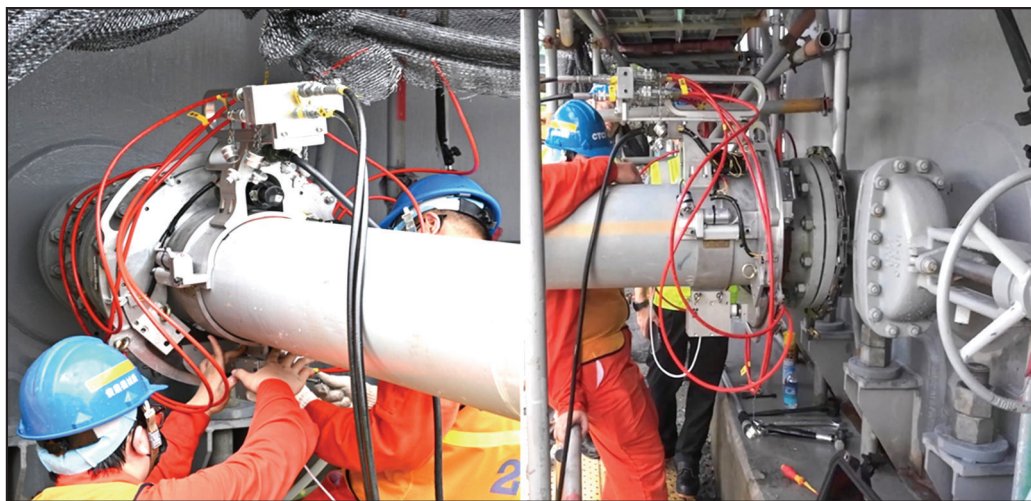


圖 6 管線法蘭螺栓鎖固管理

CODE 產生，可貼於已完成螺栓鎖固之法蘭上，供現場品管人員掃碼查核，有效地降低人為誤失，如此可以大幅加快現場施工速度，提高工程品質與執行工程效率。（圖 6）

（五）機器人流程自動化

使用軟體機器人來模仿和整合人類與資訊系統互動的技術，以執行高重複性或規則驅動的任務，減少人為錯誤和提高操作效率。

1. 辦公室機器人（G面向-勞動條件改善）

機器人流程自動化（RPA）可以自動化各種業務流程，包括資料輸入、資料處理、合規性檢查等。降低人為錯誤發生率、提高操作效能和釋放員工的創造力，RPA 可協助企業顯著提升運營效率和品質，強

化公司治理績效。而良好的公司治理績效，不僅可以確保公司運營的透明度和合規性，還能提高企業的信譽和永續經營的能力。中鼎身為工程服務業，有效的治理對於管理複雜的專案、協調多方利益相關者、以及應對潛在風險尤為重要。為此，中鼎近年來積極於設計、採購、施工等各階段，為相關部門設計並開發 RPA 機器人，從而改善並優化原有的工作流程，提高員工的工作效率。在當前快速變化的工程環境和人力資源有限的情況下，目前中鼎已在各部門導入多款 RPA，以下介紹一範例。

• MRR Automation

材料驗收單（Material Received Report, MRR）或稱收料單，開立 MRR 是工地倉儲檢驗材料至財會認列出帳過程中的關鍵

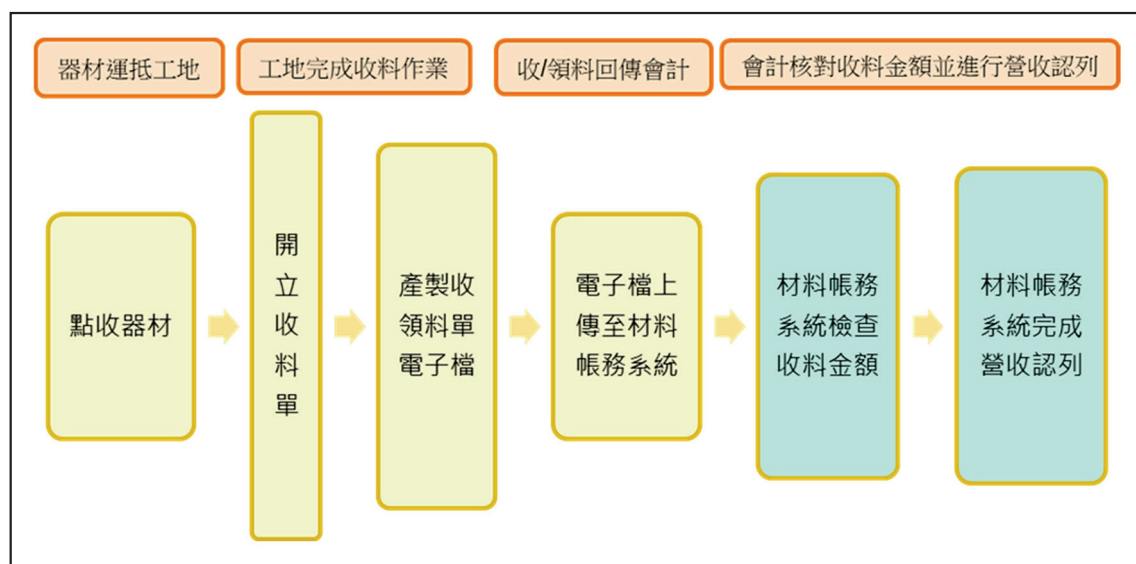


圖 7 MRR 流程

環節。原先的MRR流程如下，工地倉儲同仁點收材料後，至材料系統開立收料單（MRR），此單電子檔案再上傳至材料帳務系統，由財務同仁檢查，檢查無誤後再由材料系統完成認列。（圖7）

RPA技術結合網站式介面，可將材料驗收單（MRR）流程系統化。每當工地同仁點收材料並登錄至材料系統後，RPA系統會自動完成後續步驟，僅需財務同仁在最後進行認列。系統化的改善主要包括以下幾點：

- ▶ 全面自動化操作：原先的流程需跨越多個系統，現在由 RPA 自動模擬操作，實現各系統間的無縫連接，避免了人工操作的繁瑣和錯誤。
- ▶ 金額及人員確認：在流程發起時，系

統會自動檢查 MRR 的金額，一旦發現問題會立即通知相關人員。負責人也由 RPA 自動輸入，便於後續的追蹤和管理。

- ▶ MRR 流程進度查詢：使用者可以在 MRR Automation 網站上查看每筆 MRR 在系統中的當前階段，例如處於下載 MRR 檔案階段或已上傳至財會系統，實現流程的透明化。
- ▶ 結果通知與報告生成：上傳完成後，RPA 系統會自動以電子郵件通知使用者。（圖 8）

在MRR流程中，引入RPA技術和網站式介面後，流程得到了顯著改善，不僅提高了工作效率和準確性，還增強了流程的透明度和協作性，為材料驗收和財務認列提供了



MRR Automation							
Hello, [REDACTED]							
Project: M23_H2_C - RPA Record							
PO NUMBER	MRR NO	CURRENCY	RECEIVED PRICE	STATUS	CREATED TIME (M/D/Y H:M UTC+8)	UPDATED TIME (M/D/Y H:M UTC+8)	VOUCHER NO
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	Upload_IT_Folder	05-31-2024 12:02	05-31-2024 17:04	None
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	Upload_IT_Folder	05-10-2024 06:02	05-10-2024 17:04	None
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	Upload_IT_Folder	05-10-2024 06:02	05-10-2024 17:04	None
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	Upload_IT_Folder	05-07-2024 06:02	05-07-2024 17:04	None
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	Upload_IT_Folder	04-13-2024 06:02	04-17-2024 17:04	None
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	User_Uploaded	04-10-2024 06:02	04-11-2024 17:04	None
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	User_Uploaded	04-10-2024 06:02	04-11-2024 17:04	None
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	User_Uploaded	04-08-2024 12:02	04-09-2024 17:04	None

圖 8 MRR 報告

更高效、可靠的系統。導入現行專案為例，累計自動處理上傳200多筆MRR，使以往列印、簽名、掃描、上傳的人工作業，藉由MRR Automation全自動加速材料認列的流程，並主動通知處理結果，大幅減少工地同仁作業時間，同時使用者還可以在網站上查看流程進度，進一步增加了流程的透明度方便相關人員追蹤進度。

結語

展望未來，智慧物聯網技術將全面應用於工地管理，持續解決現有管理中的各種挑戰與盲點。CTCI集團創研中心開發的智慧物聯網技術應用，已在現階段取得顯著成果，

所產生的數據與記錄可用於大數據分析，優化工程進度與人力調度，進一步提高工程效率與品質。這些成果為智慧化工程管理提供了明確的發展方向，推動綠色工程願景的實現，守護地球的永續未來。