



邁向淨零排放的統包工程－淨零EPC 精進方案的推廣

中鼎工程公司助理總工程師 / 牛德育

關鍵字：綠色技術，精進方案，統包工程，節能減碳

壹、前言

隨著全球暖化升溫，如何以具體行動加速減碳，已然成為各界努力的目標。中鼎為「台灣第一、全球百大」的國際統包工程集團，承攬的工程層面由陽光、水、風等層面的相關產業，到與大眾日常生活相關的電力、資源循環再利用、捷運等之鉅大基建工程，在在影響這片土地的永續發展。面對氣候變遷所帶來的挑戰，中鼎訂下「地球永續的把關者」的ESG願景，帶動全員以核心本業實踐永續，並且積極攜手全球合作夥伴打造「低碳供應鏈」，實踐「淨零排放」，以兼顧經濟與環境的「綠色工程」著眼，推動整體的進步與永續發展。中鼎致力將永續理念融入公司文化，強化於經營治理（G）、社會參與（S）及環境保護（E）三大面向的

推動，使永續成為企業核心競爭力及 DNA。

貳、綠色技術精進方案的推動 [1]

中鼎集團秉持「全員ESG，實踐淨零EPC (統包工程)」的理念，為持續精進綠色工程成效，自2020年開始，推動綠色工程精進作為，鼓勵同仁突破合約框架，向業主提出精進方案，以創新技術，提升經濟及節碳效益，共創雙贏。集團高層為展現推動決心，定期召開精進會議，釐訂執行方向，檢討執行成效，並責成各單位主管督導，負完全責任。實施至今，各事業群每月提報精進方案，範圍涵蓋節電、節能、節水、省工省料、使用低碳材料等面向，具有激勵創新突破工程瓶頸之特色。（圖1）

「創新」是中鼎的企業文化之一，精進

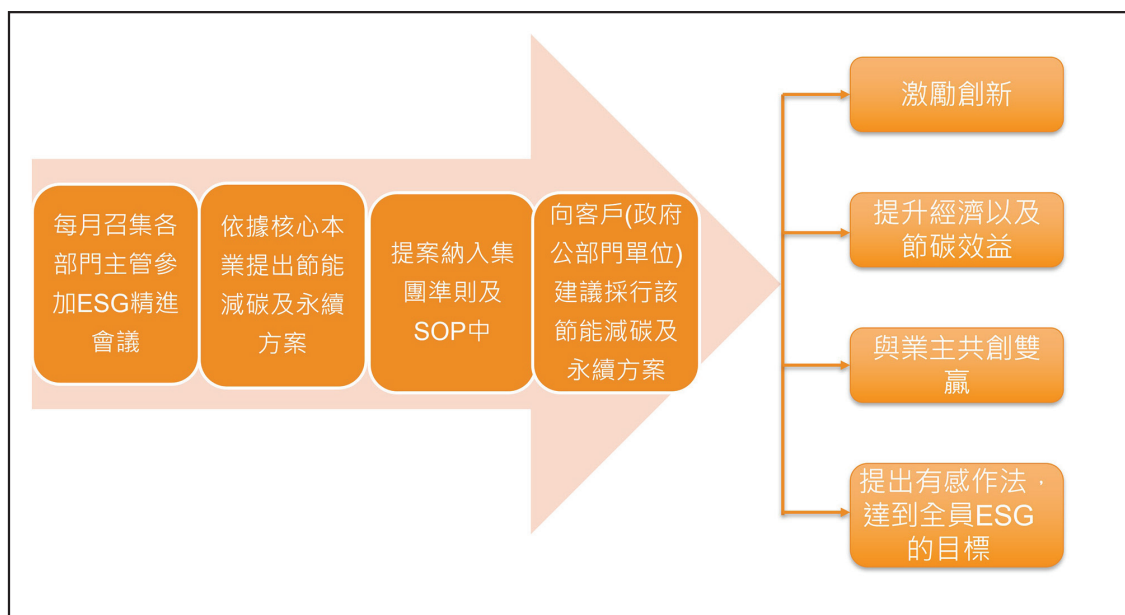


圖 1 中鼎帶動業主綠色工程意識的積極做法

方案就是為了突破綠色工程的瓶頸，以下就技術及流程兩大方向的創新做說明。

一、技術創新

在長期的工程實務中，中鼎已經累積了深厚的技術根基，但是面對日益劇烈的競爭環境，以及日益嚴苛的環保要求，運用創新技術提升工程執行成效已是不可避免的趨勢，舉例如下：

1. 運用價值工程技術：

價值工程，為在確保必要的機能前提下，考量精準化設計，獲得最大的價值，提供替代方案。歷年來中鼎運用價值工程技術，精進廠區布置，不但創造價值，更精準化材料與施工量，有效降低碳排放。

2. 運用新科技：

使用智能接線箱取代傳統現場的儀表接線箱，達成減少材料量、施工人力，以及減少CO₂當量的目標。

3. 使用低碳原料：

混凝土材料採用飛灰或爐石粉取代部分水泥，除可減少能源消耗，降低二氧化碳排放，節省材料成本外，亦可降低混凝土之水化熱、增加混凝土工作性及耐久性。

4. 運用新材料、新工法：

採用預製保溫管(Pre-insulated tubing)，及容易安裝的牙接施工，取代傳統碳鋼裸管於現場進行銲接及外層加保溫之工法，不但縮短施工時間，更減少材料量與施工量，提



升減碳效益。

5. 採用新製程：

結合廠商優化製程，將逆滲透系統排放水回收，用作次級用水及超級過濾器逆洗/藥洗用水，以節省用水，減少廢水，降低碳排放。

二、流程創新

統包工程生命週期，從可行性評估、基本設計、細部設計，再到採購、現場安裝，最後試車移交給業主，長達數年；且參與人

數眾多，包含：業主、製程專利商、統包商、供應商、下包商，作業流程繁複。為精進作業流程，提高效率，中鼎在流程創新的精進方案，舉例如下：

1. 工程餘料回收與回用：

報價（估計）量、設計（檢料）量、採購（施工）量與建造（實際）量之間，可能產生器材之差異量。為此，中鼎建立工程餘料管理系統，整合各專案工程餘料資訊，進行專案間工程餘料之媒合、申請、訂購、調撥、轉移、提領、成本轉移及出售等相關作業平台，可適時回收與回用工程餘料，並減少碳排。（圖2）

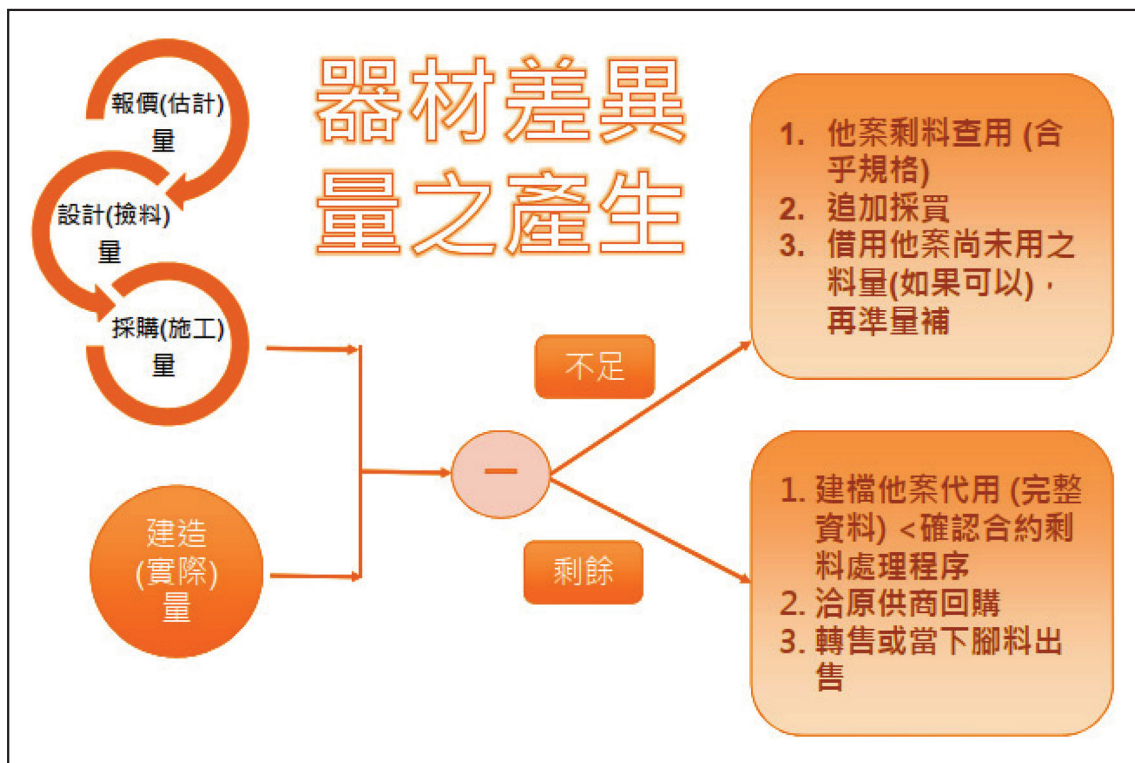


圖 2 工程餘料回收與回用



2. 虛實合一的開標室：

藉由虛實合一的開標方式，建議外國廠商視訊參加開標，以減少外國廠商搭乘飛機的次數，達到環保及減碳成效。

叁、精進方案的推廣 [2]

在執行面上，「綠色技術精進提案」由四個主要元素組成：精進提案、碳排係數、減碳效益計算平台、業主簡報，以結合統包工程，為業主提供節能減碳服務。（圖3）

結合了精進提案及碳排係數的應用，再透過減碳效益平台的統計，中鼎將建造階段

及營運週期納入整體減碳效益，並產製減碳報表向業主說明，進而協助業主於建造階段及營運周期達成節能減碳的目標；而上述的精進提案，皆來自於中鼎歷年來工程實績累積的成果，因此不但可取得業主對工程技術服務的信任、更可使工程符合綠色投資效益，並推動中鼎自身達到淨零 EPC的目標。

以下將針對四個主要元素逐一介紹說明。

一、精進提案：

所謂的「精進提案」，就是中鼎長期以來在各地執行專案的過程所累積的減碳方案，再結合由同仁所提出的節能減碳好點



圖 3 「綠色技術精進提案」四大元素

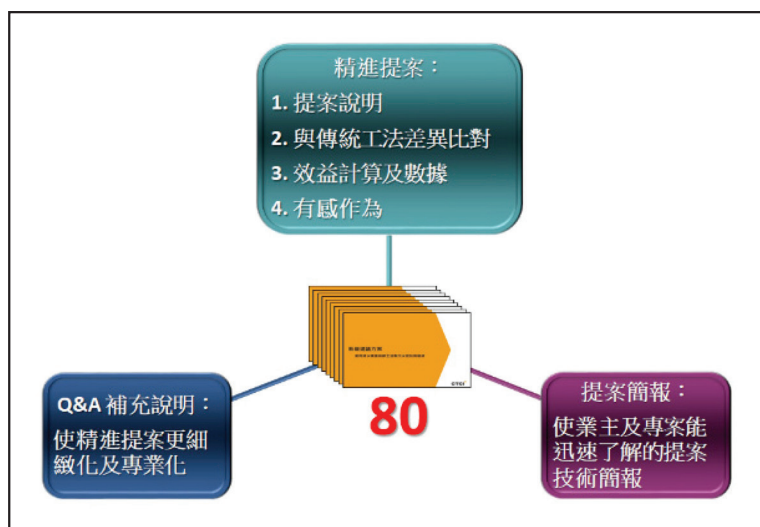


圖 4 精進提案內容

子。我們將這些方案統整並製作成精進提案資料庫，其內容大致上包括：「提案說明」、「與傳統工法差異比對」、「效益計算及數據」、「有感作為」等項目，目前已累積超過100個方案。此外，我們也針對個別專案的實際情形，另外製作提案簡報，使業主及專案部門對提案技術能迅速了解，最後再以精進提案為基礎增加Q&A 補充說明，使提案的專業技術更細緻化及專業化。（圖4）

二、碳排係數：

減碳效益的衡量，需經縝密的計算，始能完整呈現出具體的成效。我們建立中鼎集團的碳排係數資料庫做為計算基準；其中，碳排放係數總表分水、電、料、工四類，初步已建立碳排係數作為換算減碳量之計算基

準，並收集政府單位、學術團體等公布的數據，以作為參考依據，統一中鼎集團碳排係數標準，使減碳效益計算一致化。（圖5）

三、減碳效益平台：

此平台為中鼎分析減碳效益數據的主要工具。為讓效益分析簡易化，首要從減碳效益數據資料庫，擷取各統包工程綠色技術精進提案的節能數量，配合減碳排係數，可以得出該提案的減碳效益；同時整合專案所有提案的減碳效益數據，並產生報表，透過專案及業務向業主說明減碳效益方法依據，進而取得業主認同、並將提案應用於其專案中，替業主創造其淨零節能減碳效益，同時提升業主的品牌效益。（圖6）





四、業主簡報：

待完成節能減碳效益報表產製後，中鼎會將這些減碳數據，換算成如「相當於幾座大安森林公園」等方式呈現，讓減碳效益更平易化，且更具亮點。

目前中鼎已建置完成國內10個主要業主的減碳效益數據盤點，並提供簡報說明，中鼎在執行專案的過程中，所運用的綠色技術對減碳所做出的貢獻。藉此，我們也希望能讓業主能夠了解並認同、進而支持中鼎持續深化綠色工程，並攜手朝向淨零節能減碳而努力。這些數據的盤點，也將成為中鼎發展綠色技術的實績，成為我們未來發展相關業務的契機。（圖7）

肆、精進方案的應用與成效 [3]

中鼎在國際上領先的技術包括流程、供應鏈、建造與試車，讓公司在國際EPC（Engineering-Procurement-Construction）統包工程發展上，扮演了至關重要的一角。我們從設計、採購、建造、試車、操作及除役的全生命週期角度，提出各項綠色技術以因應各階段環境風險之作法，致力於降低環境衝擊風險，為客戶提供符合環保需求的各項綠色技術服務，列舉如表1。

四十多年走來，中鼎持續採用最先進的技術，致力降低污染物排放，減少能源和資源使用、降低環境影響及成本支出，目前所



圖7 國內歷年統包工程主要10個業主減碳效益

承包的工程均盡可能採用最先進環保製程。將各項綠色技術實際導入工程中，並維持技術研發動能，是永續經營最大的考驗之一。中鼎持續扮演綠色工程的前導破冰者，將環境保護的觀念融入企業永續經營中，長期致力於各項綠色技術的導入與研發，包括：提升能源效率、節約用水、愛護生態系統、營造安全的工作環境。在各國政府推動低碳經濟目標的氛圍下，我們開發各種高效環保設施和能源管理技術，應用於實際建設並獲得成效。於計畫提案時，我們積極向客戶提出最佳綠色方案，協助因應氣候變遷，與環境共存。為了突破當前綠色工程的創新瓶頸，我們努力尋找解決方案，同時擴大經營重點，從基本技術延伸至研究開發，再逐步引領工程行業發展以做出貢獻。我們積極因應氣候變遷並降低溫室氣體排放，邁向自然資源管理永續利用，各項綠色技術作法與案例成效如表2。



表 1 以綠色技術因應各階段環境風險之作法

	設計階段		採購階段	建造階段	試車、操作階段	除役階段
	設計	材料	運輸	施工	使用	拆除
環境風險	方法、大地工程、建築、電機、管線、儀控、設備等的設計方法造成不同的環境衝擊	自然資源開採、能源消耗、建材製造	運輸過程之溫室氣體排放	溫室氣體排放量、空水廢毒相關污染物的產生與處理方式	溫室氣體排放、期限長短、維護保養	廢棄物之分類、暫存與後續處置方式
減緩作法	<ul style="list-style-type: none"> 標準化設計 模組化設計 統包工程智能化 	<ul style="list-style-type: none"> 多功能 高效能 低污染 低碳 	<ul style="list-style-type: none"> 採購當地化，降低運輸費用 貨物合併運輸 	<ul style="list-style-type: none"> 發展自動化，降低現場工作量 提高廢水回收使用效率，降低對環境的衝擊 管線半自動鐸接機 管內清潔機器人 發展工業管線法蘭螺栓自動鎖固技術 工地臨時沉沙池水資源再利用 推行工地施工機具取得環保署自主管理標章 工地倉庫使用電動堆高機 	<ul style="list-style-type: none"> 應用高效能設備 應用有機材料 	<ul style="list-style-type: none"> 資源回收與再利用
案例 / 改善績效	<ul style="list-style-type: none"> 2023 年設計階段應用節電、節水綠色技術，產生之減碳效益為 15,786 公噸二氧化碳當量。 	<ul style="list-style-type: none"> 2023 年設計階段選用綠色替代材料產生之減碳效益為 26,520 公噸二氧化碳當量。 	<ul style="list-style-type: none"> 2023 年台灣的在地採購比例為 96.9%，印度為 95.2%，馬來西亞為 82.8%。 	<ul style="list-style-type: none"> 2023 年使用管線半自動鐸接機節省 20,242 工時 2023 年工地臨時沉沙池水資源再利用 120.1 千噸 	<ul style="list-style-type: none"> 2023 年應用空調系統 & 設備節能之綠色技術，於營運階段產生之節電預估效益 31,274 千度。 	<ul style="list-style-type: none"> 2023 年全球工地廢鐵資源回收 635 公噸。 2023 年全球工地廢木材資源回收 22.6 公噸。 2023 年全球工地使用再生 / 回收材料之比率(%)，鋼管 11.15%，混凝土 6%，水泥 23.73%。 工程餘料回收再利用，產生減碳效益 151 公噸碳當量。



表 2 綠色技術作法與案例成效

技術名稱	作法	實際應用案例或成效	歐盟永續金融分類標準
製程節能與節水	<ul style="list-style-type: none"> 更新製程技術或採用製程最佳化設計 製程廢熱回收再利用，產生蒸汽再利用。 	<ul style="list-style-type: none"> 將熱回收鍋爐系統節能技術導入天然氣電廠，產生的減碳效益 462,383 公噸碳當量 / 年。 	<ul style="list-style-type: none"> 4.25 Production of Heat/Cool using Waste Heat
轉動機械節能	<ul style="list-style-type: none"> 轉動機械系統的優化，改善傳動效率。 	<ul style="list-style-type: none"> 搭配變頻器：使製程系統得到較佳的控制、較低的機械設備維修費用、低噪音輸出與增進系統變化的適應性。 	<ul style="list-style-type: none"> 3.1 Manufacture of low carbon technologies
電機技術節能	<ul style="list-style-type: none"> 高效能變壓器：應用高效率矽鋼片製變壓器，達到降低無載損（鐵損）及有載損（銅損）。 高效能照明：使用 LED 節能燈具，並輔以智慧控制點滅，提高能源效率。 再生能源：使用太陽能、風能等，轉化自然界的能量成為能源。 	<ul style="list-style-type: none"> 變壓器：提高效能延長使用壽命，減少溫室氣體的排放量。材料在生產過程中，亦可節省大量耗用之能源，且可以回收再製。 照明：可降低環境光污染，減少溫室氣體的排放。 再生能源：充分利用自然力，減少對傳統非再生能源電力的依賴，有效降低碳排放量。 	<ul style="list-style-type: none"> 3.1 Manufacture of low carbon technologies
設備設計規範 / 材質規格選用	<ul style="list-style-type: none"> 壓力容器規範優化設計。 冷卻水塔塔體材質構造變更。 常壓儲槽內浮頂裝置優化設計。 優化風機選型。 	<ul style="list-style-type: none"> 大型 / 高壓容器 / 塔槽加入設計製造可選擇採用 ASME Sec VIII Div.2 規範，以降低殼體厚度，可減少鋼材用量產生之碳排放量。實際應用於 ExxonMobil 美國 GCGV MEG 專案。 以 FRP 取代 RC 作為冷卻水塔塔體材質結構，可減少塔體材料產生之碳排放量，亦可縮短現場施工時程及施工碳排放量。實際應用於阿曼 LPIC EPC 1 專案。 常壓儲槽內浮頂以全接液鋁浮頂取代傳統式碳鋼浮艙設計，可大幅減輕使用材料重量並縮短施工時間。實際應用於馬來西亞 RAPID P28 專案。 以扭葉轉子風機取代魯式風機，提高風機效率進而降低風機馬力，達到節電減碳效益。實際應用於奇美 101LA 專案。 	<ul style="list-style-type: none"> 3.1 Manufacture of low carbon technologies
空污防制	<ul style="list-style-type: none"> 加氫脫硫及選擇性觸媒還原法 (SCR) ^{註 1} 選用脫硝、脫硫、除塵等單元，綜合處理自廢氣排放口到煙囪之間所有的污染物排放。 	<ul style="list-style-type: none"> 降低各項空氣污染物及細懸浮微粒 (PM2.5) 排放 使排出廢氣 (SO_x、NO_x 及粒狀物) 的濃度可較傳統尾氣處理方法更低 達到符合最佳可行控制技術之標準 每年可削減 NO_x 排放量超過 24.6 萬公噸 	<ul style="list-style-type: none"> N/A



廢水處理	<ul style="list-style-type: none"> 先進雙層集氣上流式厭氧污泥床法 流程技術及薄膜生物反應器 (MBR) ^{註2} 倒極式電透析技術於工業廢水回收技術 (EDR) ^{註3} 	<ul style="list-style-type: none"> 超過 COD 70% 的去除率，生質氣體中包含有 60% 的甲烷送至廠內鍋爐當作燃料。 提升廢水處理效能 降低缺水時的風險 	<ul style="list-style-type: none"> 5.2 Centralized wastewater treatment
振動控制	<ul style="list-style-type: none"> 依任務導向設立振動小組，包含製程、設備、管線、土建等各領域專家，協助專案及客戶處理各種振動現象。 	<ul style="list-style-type: none"> 設備、管線及結構皆能符合振動規範，提升工廠的可靠度與操作壽命。 	<ul style="list-style-type: none"> N/A
設備噪音防制	<ul style="list-style-type: none"> 使用消音器、隔音罩、廠房隔音牆、設備管線防音包覆。 低噪音風扇設計。 要求設備供應商在出貨前施行噪音測試，並提供報告書。 應用噪音分析軟體進行全廠音量擴散模擬，並將噪音分布做視覺化處理。 壓力安全閥噪音防制。 	<ul style="list-style-type: none"> 廠房的整體噪音在容許值之內，有效降低工作環境對操作人員的不良影響，使勞工噪音暴露劑量符合 OSHA 標準。 整廠周界符合環保噪音標準。 確認主要噪音源設備及所需減音量，達到最佳化控制設計。 對於設計上非必要之壓力安全閥釋壓噪音，以劃定噪音限制區及採用聽力保護裝置取代安裝消音器，可減少消音器及支撐鋼構材料。實際應用於印度 LNG (液化天然氣) 專案。 	<ul style="list-style-type: none"> N/A
低逸散閥的應用	<ul style="list-style-type: none"> 閥門選用洩漏量規格為 100 ppm 的低逸散閥取代 1,000 ppm 以上的一般閥門。 	<ul style="list-style-type: none"> 有效降低閥門操作所產的逸散性排放，減少 VOCs ^{註4} 對人員與環境的破壞。 	<ul style="list-style-type: none"> N/A
綠建築 ^{註5}	<ul style="list-style-type: none"> 綠化設計、透水鋪面和綠地披覆設計、綠建材使用。 	<ul style="list-style-type: none"> 中鼎打造「中鼎集團第二總部大樓」綠色工程，取得美國黃金級「LEED 綠建築」、台灣鑽石級「IGB 智慧建築」、台灣鑽石級「EEWH 綠建築」等三大標章認證，並獲「國家建築金質獎」「規劃設計類」、「施工品質類」雙組別全國首獎最高殊榮。此棟大樓導入綠建築設計，綠覆率高達 266.15%，節能量高達 24% 左右（一般智慧大樓節能量約 16% 左右），並透過雲端、物聯網、大數據及人工智慧等新科技，開發出涵括智慧空調、照明、安防、能管、維運等智慧監控及應用技術，為一棟兼具節能、永續與環境共生的綠色總部大樓。 	<ul style="list-style-type: none"> 8.1 Construction of new buildings
廠區佈置價值工程 (VE) 應用 ^{註6}	<ul style="list-style-type: none"> 設備、結構、管線等物件進行最佳化配置，縮短設備之間的距離。 	<ul style="list-style-type: none"> 有效地節省鋼構與水泥的數量，減少能資源使用量與溫室氣體排放。 	<ul style="list-style-type: none"> 3.1 Manufacture of low carbon technologies
生命週期成本分析應用	<ul style="list-style-type: none"> 引進生命週期成本分析軟體 (EEA) ^{註7} 	<ul style="list-style-type: none"> 增強提案的科學根據與永續概念 	<ul style="list-style-type: none"> N/A



專案即時資訊看板	• 建立共同資訊平台系統	• 即時、同步檢視專案設計、採購、建造、試車的執行狀況，並使專案執行資訊變得更透明、更容易被管理。	N/A
工程器材資訊整合與應用	• 制訂標準的器材管控作業流程及功能強大的器材管控系統	• 適當器材能在符合品質及建造時程的要求下及時運抵工地，以滿足工地施工的需要。	• N/A
建築資訊模型技術應用 ^{註10}	• 依據專案需求，於Navisworks、SP3D、BIM360等平台軟體中整合各專業工項之模型，以及相關的建材資料，並開發介面程式。	• 於設計階段完成現場碰撞排除，避免現場工程打除修正與減少廢料產生。 • 提升工程設計的品質，提供準確的圖、工、料，並能延伸應用於營建管理上。使供應鏈準確度提高，避免反覆變更料量，同時有效的掌控工期。	• 3.1 Manufacture of low carbon technologies
自動化配管 / 配電線管設計	• 開發自動化設計系統進行儀控配管配線路徑的規劃與設計	• 提升工作效率，減少人為設計錯誤，縮短作業時程，增加圖件的品質，節省人工成本。	• N/A
3D雷射掃描應用	• 在數位模型中建立點雲 (Point Cloud)，將實體的物體或環境重新建置成精確的3D模型。	• 實際應用於泰國煉油廠及沙烏地阿拉伯石化廠擴建工程。	• N/A
行動裝置在工地應用	• 將工地的建造作業帶進走動式工程管理	• 加速建造管理的審核、輸入、查詢等作業流程。 • 實際應用於硫磺 (Sulfur) 廠、電廠、燃燒塔廢氣回收系統廠、EVA 廠 ^{註8} 。	• N/A
預鑄混凝土技術	• 鋼筋混凝土樁件在工廠內經嚴格控管下先行澆製完成	• 具備耐久性、低維修需求、短施工時程、高經濟效益、更安靜整潔的工地、高耐火分級等優勢。	• N/A
建造模組化應用	• 施工細項以模組化方式設計，並配合中鼎創新之4D程式，動態模擬模組化施工之吊裝過程。	• 訂定安全和可行之安裝順序，縮短安裝時程，並提高施工品質，減少高空作業，避免工安事件，減低現場焊接人力需求。 • 已應用於輕油裂解 (Naphtha Cracker) 及硫磺 (Sulfur) 廠。	• N/A
管線預製及安裝應用	• 以管段預製系統制訂管線的施工計畫，加入條碼標籤功能取得製作、倉儲管理及安裝數據等資訊。	• 與遠端專案團隊即時分享設計圖面與討論內容，提升工地管理效率，減少現場施工錯誤，節省建造成本。	• N/A
無線式儀器的技術應用	• 導入無線式儀器取代傳統有線式儀器	• 減少材料用量與施工量，達到減少溫室氣體排放以及降低建廠成本之成效。 • 將腐蝕偵測無線儀器成功導入到國外RFCC廠 ^{註9} • 將無線溫度測量儀器導入到國外LNG廠，應用於海上Trestle Pipeline。	• 3.1 Manufacture of low carbon technologies
<p>註 1：SCR = Selective Catalytic Reduction 註 2：MBR = Membrane Bioreactor 註 3：EDR = Electrodialysis Reversal</p>			



註 4：VOCs = Volatile Organic Compounds/ 揮發性有機物
註 5：數據係根據「綠建築設計技術規範」計算
註 6：VE = Value Engineering
註 7：EEA = Carrier Engineering Economic Analysis
註 8：EVA = Ethylene Vinyl Acetate
註 9：RFCC = Residue Fluid Catalytic Cracker
註 10：中鼎通過 BIM (Building Information Modeling, 建築資訊模型) 國際品質管理標準 ISO 19650-2 及 -5 的查證。

應用相關綠色技術，自2021 - 2023年，
產生之綠色效益如下：

1. 綠色工程累計節省用電量 7.6 億度電，相當於約 2.18 天的台電火力發電總量，亦相當於 205,205 戶家庭全年的用電量。
2. 綠色工程累計 CO₂e 減量 18.9 百萬公噸，相當於約 48,810 座台北市大安森林公園一年的碳吸附量。
3. 綠色工程累計節省水量 15,255 萬噸，相當於約台北市 182 天用水量。
4. 綠色工程累計揮發性有機物質的總減排量 6,259 公噸。

參考文獻

1. 牛德育，中鼎創新綠色工程攜手合作夥伴實踐淨零排放，中鼎集團 ESG 電子報 No.3_202205
2. 李家莉，用綠色技術創造節能減碳效益，中鼎集團 ESG 電子報 No.9_202305
3. 2023 年中鼎永續報告書，P.67~71

伍、結論

中鼎與客戶攜手並進，在製程採用先進環保節能技術，以綠色建築概念為廠區內的中央控制中心進行設計，降低廠區營運活動對土地、空氣、水及自然生態系統的衝擊。中鼎長久以來是全球綠色工程技術的領導者，透過將聯合國永續發展目標列入發展綠色技術考量，能夠確保中鼎在未來保持競爭優勢。憑藉著專業服務和經驗，藉由工程創新技術的引進與研發，努力與客戶共同創造