



工程發包策略與契約型態 對施工階段碳管理： 邁向 碳有價 的 預算管理 新紀元

呂斌豪*／中興工程顧問股份有限公司工程管理部 技術經理

黃琬淇／中興工程顧問股份有限公司研發及資訊部 副理

隨著淨零碳排目標的推進與永續發展要求的日益提升，工程發包策略與契約型態已成為營建產業鏈碳管理控制的核心工具：發包契約設計是確保碳管理責任在規劃設計階段至營建施工階段之責任分界銜接的重要關鍵。工程生命週期各階段間的責任交接必須有明確的機制與資訊傳遞標準，否則易造成碳管理斷層，影響整體減碳成效；國際間的工程碳管理標準 PAS2080 即強調此種制度連貫性的重要性。

公共工程委員會正在規劃 PCCES 系統結合碳排放係數的整合路徑，未來可望將工程預算編列與碳排放估算融為一體，使經費與碳排放成為互相影響的決策因素。此整合將為不同契約型態提供標準化的碳管理基礎，以強化碳績效指標的可量測性與可比較性。而契約設計落實至不同型態的發包條件時，更應明確規範各階段碳管理的責任邊界與成果交付標準，確保整個生命週期碳管理的連續性。結合智慧技術與資訊系統，可有效連結設計、施工與營運階段的碳管理，以為工程產業實現深度減碳，俾能達成國家永續發展目標。

關鍵字：工程發包策略、碳管理責任分工、跨階段碳管理、PCCES

前言

隨著全球積極推動「淨零碳排」的政策，營建工程在生命週期各階段所產生的碳排放已經逐漸受到重視，特別是施工階段的碳管理議題已成為提升工程永續性的重要關鍵。根據聯合國環境規劃署於 2020 年相關統計資料，建築與營建工程約占全球二氧化碳相關排放量的 37% [1]，如圖 1。

若分別以 AECOM 公司之案例及中興工程顧問股份

有限公司之桃園航空城調查資料為例，若以營建工程規劃、設計、施工、營運等階段之人均碳排放量進行估算，材料生產階段占 5 ~ 10%，施工階段占 10 ~ 15%，營運階段則高達 50 ~ 80%，拆除階段約 1 ~ 5% [2]，如圖 2。

2022 年全球總溫室氣體排放量達到歷史最高水準 538 億公噸二氧化碳當量，相較 2021 年增加 1.37% [3]；我國 2022 年碳排放總量約 2.86 億公噸之二氧化碳當量，較 2021 年逆勢減少了 3.78%，顯示近年來國內推動的低碳轉型、綠色成長策略已具成效 [4]。然欲維持減碳成效，仍應尋求更多元的減碳策略，也由此突顯了投入營建工程碳管理的重要性。

* 通訊作者，ahow@mail.sinotech.com.tw

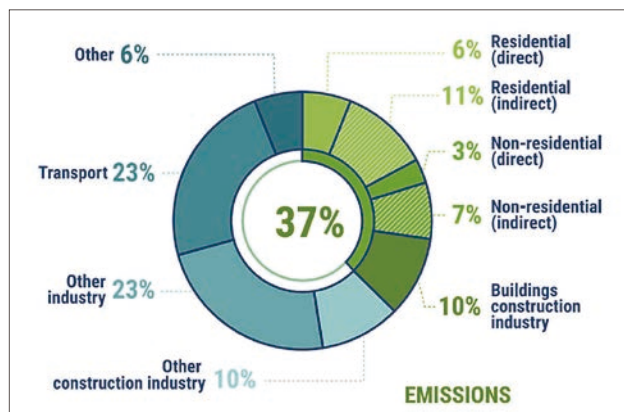


圖 1 營建工程產業相關碳排放比例 [1]

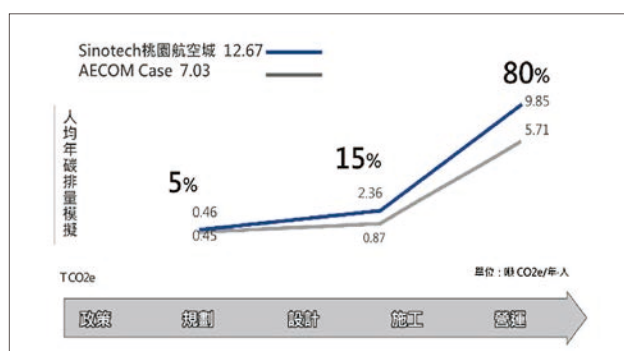


圖 2 營建工程各階段相關碳排放比例 [2]

工程發包策略與契約型態對施工階段碳管理的影響乃基於以下三個關鍵因素：首先，施工階段是實踐設計階段減碳構想的關鍵執行期，若缺乏適當契約機制，再完善的設計減碳規劃也可能無法落實。其次，不同契約型態在設計、施工責任分配與資訊傳遞上存在結構性差異，將直接影響碳管理的連續性與執行效率。最後，隨著碳管理實務逐漸納入工程評估指標，發包策略已演變為減碳目標與經費控制間的平衡機制，契約條款設計將決定減碳責任是否能有效轉化為具體行動。透過系統性分析不同契約型態對碳管理的影響，可為工程實務提供更具操作性的碳管理框架。

契約型態與碳管理責任影響

由於不同契約模式建立不同的契約利害關係人之責任劃分與協作框架，這些差異造就了截然不同的碳管理環境，將影響碳管理責任的銜接與執行。以下將先就主要的契約型態進行摘要說明及評估，以釐清設計階段的減碳構想如何透過相關契約型態機制，將規劃設計階段的碳管理方案與策略規畫有效傳遞至施工階段，並據以進行碳管理方案的實踐。

統包契約 (Design-Build, DB)

特性

統包契約由同一團隊負責設計與施工，形成一體化的責任架構。團隊從專案初期即參與規劃，持續負責至施工完成，責任明確且連貫。

碳管理優勢

- 形成完整的「碳管理閉環」，設計階段的減碳構想可直接轉化為施工方案。
- 團隊可在設計階段即考量施工階段的碳管理實務，進行整體最佳化。
- 避免設計與施工間的碳管理資訊斷層，責任轉移清晰。
- 同一團隊全程參與，減碳目標一致，降低協調成本與績效落差。

碳管理劣勢

- 若統包團隊內部缺乏碳管理專業知識，則全程將減少外部專業介入的機會。
- 責任集中可能導致內部缺乏相互制衡，降低碳管理監督效能。
- 統包團隊因商業導向，由採購與執行成本壓力可能導致減碳方案被妥協。

契約建議

統包契約應於業主發包之招標文件的需求書或特訂條款中即明確規範對於統包商之碳管理要求、設定具體碳排目標與回報機制，並建立設計與施工階段的碳排基準值交接標準，以確保既有之減碳策略能有效落實。

傳統發包 (Design-Bid-Build, DBB)

特性

設計與施工由不同單位負責，業主先委託設計單位完成設計，再另外發包施工。各單位間職責明確分立，契約結構清晰。

碳管理優勢

- 設計階段即可納入專業碳管理顧問意見，提升設計階段之減碳方案專業度。
- 施工發包時可將碳管理之績效方案納入評選的要素，以提高執行標準。
- 相對較有機會進行階段性碳管理成效檢核，可在過程中調整碳管理策略。

碳管理劣勢

- 設計與施工間形成明顯的碳管理斷層，資訊與責任交接易形成不連貫的認知。
- 施工單位未參與設計，對減碳規劃理解不足，導致執行時將產生偏差。
- 設計方案可能未充分考量施工階段之碳管理上之實務執行配套作業的可行性。

契約建議

傳統發包模式需特別著重「設計 - 施工」的碳資訊交接機制，建立詳細的碳估算文件與檢核程序，在對施工廠商的發包合約中即應明確規範碳管理執行標準與驗證方法，以建立設計意圖與施工實踐間的連貫性。

計價型態與碳管理責任影響

不同計價型態對施工階段碳管理有著各自的優劣點。選擇合適的計價方式並設計相應的碳管理條款，對於確保碳減量目標的實現至關重要。適當的做法是根據工程特性選擇基本計價型態，再通過契約條款設計的機制以彌補該型態在碳管理方面的潛在風險。

總價契約 (Lump-Sum Price)

特性

業主與承包商約定固定總價，承包商依此完成全部契約工作。風險主要由承包商承擔，成本控制責任明確，業主款項支付確定，預算成本控制將可以較精確控管。

碳管理優勢

- 可將碳排放總量上限納入契約履約條件，並與總價綁定，形成整體專案策略。
- 承包廠商有動機尋求更具成本效益的減碳方案，以促進技術創新及優化作為。
- 碳管理目標明確，便於設定統一標準與評估，使業主對碳管理成本易於預測評估。

碳管理劣勢

- 承包商面對成本壓力將犧牲碳管理品質。
- 缺乏彈性應對機制辦理工程變更所導致的碳管理調整需求。
- 總價合約若基於最低價決標，將可能犧牲減碳創新及意願投入。

- 承包商可能低估碳管理成本，或工作整合難度誤判而造成執行不力或品質下降。

契約建議

總價合約以最有利標進行評選，可避免低價決標的招標策略，並應可設計明確設定碳排放限值與未達目標的扣款機制，同時制定超額減碳的獎勵計畫。建議設立獨立的碳管理驗證機制，確保碳績效不因成本壓力而犧牲。另可考慮在契約總價中設立專門的碳管理獨立計價項目，以確保相關碳管理執行預算不被挪用。

單價契約 (Unit Price)

特性

按實際完成的工作量與約定單價計算總價款，以精確估算實際完成工作量據以估驗計價的專案。相關的風險分擔較為均衡，計價相對透明且具備可增減調整的機制。

碳管理優勢

- 可針對不同工項與減碳策略制定明確化的碳排放標準，以實現差異化管理。
- 以工項連動減碳績效的盤點與追蹤，可提供更詳細的數據，有助於後續回饋改進。
- 變更靈活性較高，可根據工程實際情況調整碳管理的對應措施。
- 便於實施碳排放係數對應工項計價，利於將減碳效益量化至各工項統計，以建立工項與碳排放的直接關聯。

碳管理劣勢

- 碳管理系統複雜，需更精細的監測與記錄，導致數據收集負擔重，增加管理成本。
- 不同工項之間的碳排放介面釐清有時較為困難，容易出現碳管理盲點。
- 承包商可能為提高工作量而選擇不優化碳管理方面的施工方式，影響減碳效果。

契約建議

單價合約應建立詳細的工項碳排放因子資料庫，明確規定各工項的碳績效標準與計量方法。建議設計碳績效與單價掛勾的激勵機制，鼓勵承包商在各工項中實施減碳措施或導入智慧管理措施，以利同時建立工項間碳排放介面的管理機制，確保整體碳管理的連貫性。

成本加公費契約（Cost Plus）

特性

業主支付承包商實際成本加上固定或比例公費。工程執行風險主要由業主承擔，適用於對廠商的鼓勵參與機制、難以界定工作範圍或高度變動的專案，透明度高但需嚴格監督。

碳管理優勢

- 降低了承包商實施減碳措施的經濟阻力，允許投入更多資源。
- 可支持創新減碳技術的嘗試與發展。
- 業主可直接參與對於碳管理的執行決策，調整施工中的執行方向將更加靈活。
- 有助於發展長期減碳解決方案，不會因短期利益而過分受限於短期成本的考量。

碳管理劣勢

- 承包商缺乏成本控制動機，將可能導致碳管理投入的成果效益低下。
- 業主承擔較高的碳管理成本風險，預算控制難度大，不利於預算編列與控管。
- 承包商可能為了營利，導致傾向於選擇高成本方案而非最優碳績效的解決方案。

契約建議

應建立明確的碳管理成本認定標準，制定碳績效與公費調整的關聯與獎勵，以激勵承包商追求效益高的減碳策略。並建議設立碳管理預算上限與審核程序，平衡創新與成本控制。

組合型態與碳管理責任影響

而某些涉及多個廠商 / 團隊之間的合作關係與組織結構，非僅是工作執行順序或計價方式的差異，由工程參與方之間的組成或委託關係結構上亦將造成碳管理上的影響。將提出以下類別以供相關執行採用之參照。

聯合承攬契約（Joint Venture, JV）

特性

由多家廠商組成聯合團隊共同承攬專案，共擔風險與責任，整合各方專業與資源。

碳管理優勢

- 整合不同團隊的專業優勢，可形成能力、經驗與

資源互補的碳管理能力，可投入更全面的碳管理技術與方法。

- 風險共擔機制促使各方積極參與碳管理。
- 共同參與，碳管理方案更具多元視角。

碳管理劣勢

- 決策流程可能因團隊成員觀點差異，導致協商延長，影響碳管理的靈活性。
- 成員間對於碳管理標準與文化的認知差異可能造成彼此的執行邏輯不一致。
- 商業出資比例與專業若產生不對等比例，可能導致碳管理主導權不明確，導致執行碳管理的廠端作業方向產生多頭馬車。

契約建議

聯合承攬契約應明確規定聯合體內部的碳管理責任分工，設立專門的碳管理協調機制，並制定統一的碳績效評估標準。同時建立成員間的碳管理知識共享平台，確保各方對碳管理策略有一致的理解與執行標準。

營建管理契約（Construction Management, CM）

特性

由專案管理團隊（以下簡稱：CM 團隊）協調多個專業分包商的工作，業主與 CM 團隊簽約後，再由 CM 團隊協調各專業分包商進行後續工程的執行。

碳管理優勢

- CM 團隊可具備專業碳管理知識，為整體專案提供統一的碳管理標準。
- 可針對不同工項設計差異化的碳管理策略，實現明確化的管理步驟與流程。
- CM 團隊具有提升跨單位協調效率的責任，可促進碳管理資訊的共享與整合。

碳管理劣勢

- 碳管理責任在多方之間分散，當責任邊界不明確時或產生問題時，則易互為推諉。
- 協調成本高，可能延長決策流程，影響碳管理及時性。
- 若分包商碳管理及能力水平參差不齊，將導致分包商之間的介面管理複雜，而易產生執行盲點，可能拖累整體碳管理績效。

契約建議

CM 契約中應明確將碳管理納入 CM 團隊核心職責，建立統一的碳績效評價體系，同時在分包合約納入明確的碳管理條款，設計跨分包商的碳減量協同獎勵機制，強化整體協作。

發包文件之碳管理內容規劃與智慧工地整合

由以上可了解，良好的發包機制與相關文件是設計轉換至施工碳管理的重要控制核心。具體而言，應在招標階段即設立明確的碳績效指標，納入評選加分或資格審查項目，並明確要求投標者提出碳管理計畫與減碳承諾。在契約中可納入基於碳績效數據的獎懲機制，搭配適當的資訊技術確保數據可靠性與透明度。透過契約條款延伸至上下游供應商，建立全供應鏈碳管理體系，如圖 3。

參與公共工程的各單位（業主機關、總顧問、設計單位、監造單位、施工廠商）應透過完善的發包機制與契約安排，以建立碳管理協作體系。相關各單位的責任要求簡述如下：

- 業主機關：需將碳管理納入發包策略核心考量，透過招標與契約引導各參與方落實減碳責任，建立系統化碳績效監督機制。
- 總顧問：協助業主制定符合工程特性的招標與契約條款，建立碳管理計畫與標準作業程序，整合各單位提交的碳數據。

公共工程碳管理協作體系

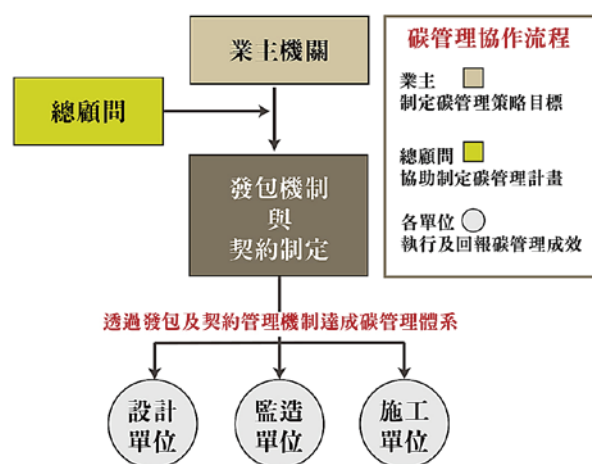


圖 3 公共工程碳管理協作體系流程图

- 設計單位：應回應發包文件中的有關碳管理的各項要求，並在設計階段導入減碳策略，將碳排放估算數據即納入設計文件，以提供後續施工階段作為基準參考。
- 監造單位：按照契約規定的碳管理要求監測施工單位的碳管績效表現，驗證自設計階段透過契約文件傳遞至施工階段的減碳措施的實施成效，確保符合減碳目標策略的要求。
- 施工廠商：依據招標與契約約定實施碳管理措施，透過智慧工地系統收集現場碳排放數據，實現自動化碳足跡追蹤。

此協作架構應建立在發包機制明確規範的資訊共享與整合的基礎上。招標文件與契約中應明定統一的碳數據標準與交換協議，確保各方數據的一致性與互操作性，並規範施工日誌、物料使用、機具運作等數據的自動化收集與碳排計算方法。同時應評估導入視覺化的碳績效展示，支援各層級管理者的決策需求，並建立契約化的碳管理知識累積與共享機制。

碳管理介面與數位化交接

碳管理的落實仰賴制度上的介面連貫：從設計（碳排估算）到施工（排碳控制）再到驗收（排碳核檢），契約應明確設計這些「責任交棒點」，並考量資訊系統建立數位化交接機制，如圖 4。

「工程施工階段」碳管理數位化交接機制

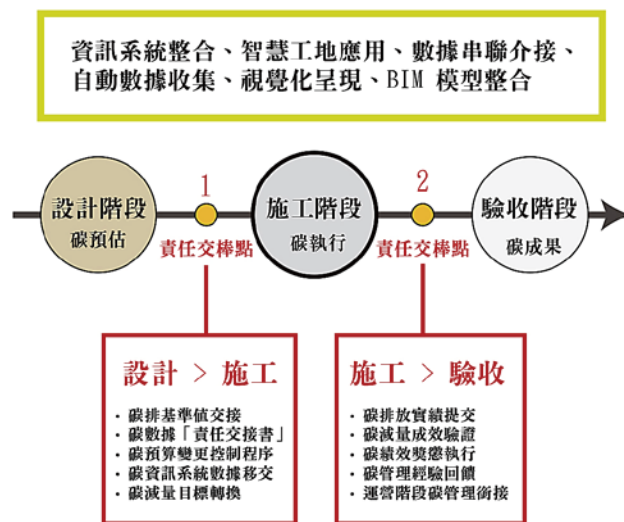


圖 4 施工階段碳管理介面機制圖

各種國際標準與規範皆為此提供了重要契約參考框架。以下摘要說明各相關規範所涉及之重要概念，俾利了解「責任交接點」透過相關介面機制及了解智慧化碳管理的理念。

PAS 2080

PAS 2080 係由英國標準協會（BSI）所制定的國際標準，旨在管理建築與基礎設施的全生命週期碳排放^[5]。

PAS 2080 作為全球首個基礎設施碳管理標準，建立了一套系統性碳管理流程，強調全生命週期碳管理與價值鏈協作。在實務應用上，應建立碳管理基準線的交接程序，利用工程資訊管理系統確保設計階段的碳估算能準確傳遞至施工團隊。此外，也要求應制定清晰的碳數據「責任交接書」格式與內容，整合設計模型與碳排估算數據，建立設計變更對碳排放影響的評估與調整機制，形成「碳預算變更控制程序」，並與實測數據比對。

該標準亦指出透過智慧感測系統可實時驗證各階段碳減量目標的達成情況，有益於建立定期審查機制。

FIDIC 氣候條款

FIDIC 氣候條款則針對標準合約開發了氣候變化特別條款，旨在將氣候減緩與適應考量納入工程合約框架。其管理重點包括建立符合 FIDIC Climate Change Charter 的契約特殊條款^[6]，將碳減量要求納入工程師指示權限範圍，並賦予其調用監測數據的權力。

並建立碳排放目標未達成時的階段性干預機制，透過實時數據觸發預警，將碳績效與付款程序關聯，以客觀數據作為績效考核依據，運用適當技術確保碳績效數據的可信度，以建立透明化的碳管理績效追蹤機制。

NEC4 X29 契約

NEC（New Engineering Contract）係由英國土木工程師學會（Institution of Civil Engineers, ICE）開發，其中 NEC4 於 2017 年推出，目標是提高專案（尤其是土木工程專案）靈活性、清晰度和易用性^[7]。

NEC4 X29 則是 NEC4 契約的一個次要的選項條款於 2022 年 7 月推出，內容專門針對氣候變遷問題設

計。其管理重點包括採用 NEC4 X29 條款的本地化調整，結合智慧工地系統的實施要求，將關鍵績效指標（KPIs）納入「早期警告」機制，利用智慧感測系統提供預警數據，建立碳管理績效與「付款里程碑」的關聯，以智慧系統數據作為達標證明，並運用工程資訊平台與智慧工地平台建立協作管理框架，實現業主與承包商之碳減量共同責任^[8]。

ISO 14090

ISO 14090 全名為《氣候變遷調適：原則、要求與指導方針》，提供組織評估氣候影響並制定適應策略的框架。在碳管理方面，可考慮將氣候風險與碳管理整合的契約條款設計，運用智慧感測系統監測極端氣候事件對碳管理的影響，建立「氣候適應 - 碳減緩」雙軌評估機制，透過智慧數據分析可以確保減碳措施不會降低工程的氣候韌性，將韌性指標納入工程驗收條件，利用智慧系統數據進行持續評估，建立基於智慧感測的氣候條件變化即時回應機制，支持碳管理策略的動態調整。

ISO 14064

ISO 14064 溫室氣體量化與查證標準提供了組織、專案與產品層面溫室氣體排放量化、監測、報告與查證的框架。在契約應用上，應依據 ISO 14064-1 建立工程碳盤查邊界與計算方法，整合智慧感測數據作為主要數據來源，運用 ISO 14064-2 的專案減排量化方法，結合智慧監測系統建立基線情境與減碳量計算程序，依據 ISO 14064-3 的查證要求，設計第三方驗證機制與智慧數據質量管理方法，建立符合 MRV 原則（可測量、可報告、可查證）的智慧化碳數據管理體系。

碳管理資訊系統與數據整合

資訊系統整合與數據採集

有效的碳管理亦需要適當的資訊系統支持，故契約中應該適當考量工程管理資訊系統與智慧工地系統的整合需求。在碳排放監測系統方面，應關注碳數據採集點與頻率的設計，包括燃料使用、電力消耗、物料進場等範疇一（直接排放）、範疇二（能源間接排放）、範疇三（其他間接排放）相關排放源的全面涵蓋。

公共工程實務中，可考慮結合公共工程三級品管制度中的管理流程文件，如施工日誌、施工計畫、材料送審等文件取得施工階段的紀錄資訊或擬訂工程資訊，採用智慧工地設備、搭配 IoT 等無線通訊設備自動記錄能源使用數據，結合 PMIS 等數位化資訊平台，透過數據串聯機制，可提升數據收集的效率與準確性^[9]。

PCCES 系統與碳排係數整合

公共工程委員會已積極探索將碳管理整合至現有工程預算體系的可行途徑，特別是透過公共工程經費電腦估價系統（以下簡稱：PCCES）結合碳排放係數，建立工程碳排放量自動化評估機制。此整合模式具有重大意義，將使工程預算編列與碳排放估算同步進行，為「碳預算」提供標準化基礎。

PCCES 系統的優勢在於已包含工程項目詳細的人、機、料分析，通過各細項建立對應的碳排放係數資料庫，可實現由預算數量自動計算出預期碳排放量，形成「經費預算 - 碳預算」的雙軌管理模式。國內已有水利署等單位，透過建構於碳排量估算方式與流程之率定，提出「碳預算管理」工程減碳量化管理模式^[10]。

數據交換機制與 PMIS 平台連結

工程資訊系統與智慧工地整合宜從實務角度考量其可行性與效益，後續有賴各類智慧工地設施的應用經驗的累積，評估其對碳管理的助益。建議可從實務角度探討各類資訊架構的適用性，分階段導入智慧碳管理作法。

透過各工程利害關係人之個別碳管理平台的數據交換協議，可定義標準 API 接口與資料交換頻率，建立專案碳數據與工程碳排放報告系統的連結機制；再透過碳數據視覺化展示，提升碳管理的直觀性。同時可藉由智慧工地監測數據異常時應有機制進行異常標記，並提供數據資訊反饋與生成應對建議。

結論與展望

工程契約是碳管理的核心策略工具，設計良好的發包機制有助於將碳控制責任制度化、契約化，並建立明確的碳管理績效評價體系。透過智慧工地系統與

工程管理資訊系統的整合，更可實現自動化、即時化的碳管理，大幅提升施工中碳管理的效率與準確性。

隨著「碳有價」時代的到來，公共工程已積極導入「碳預算管理」模式，從設計階段透過 PCCES 系統結合碳排係數的預算編列，提供施工契約合理可達的碳績效指標與碳預算額度，以設定合理驗收標準。若於施工階段透過智慧工地系統與工程管理資訊平台實現碳管理的數位化與自動化，將有利於提高施工階段碳預算管控的精確性。

透過發包源頭的系統設計，才能促成具操作性且經濟可行的減碳工程，建立從設計到施工、再到運營的全生命週期碳管理與碳價值創造閉環，從而實現營建工程產業的深度減碳與邁向淨零轉型的目標。

參考文獻

1. United Nations Environment Programme (2020), Global Status Report for Buildings and Construction.
2. 林芳輝、呂斌豪、唐士宸、曾鳳捷（2024），「智慧化工程碳盤查系統之開發與實踐：以 PMIS 為核心的整合性解決方案」，現代營建雜誌，第 539 期，第 6-11 頁。
3. Office of the European Union, JRC（歐盟委員會聯合研究中心）/ EDGAR（全球大氣研究排放資料庫資料庫）（2024），GHG emissions of all world countries - Report 2024, doi:10.2760/4002897, JRC138862.
4. 環境部氣候變遷署（2024），2024 年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告，<https://www.cca.gov.tw/information-service/publications/national-ghg-inventory-report/12003.html>
5. British Standards Institution (2023), PAS 2080: 2023 guides organizations in holistic carbon management.
6. FIDIC (The International Federation of Consulting Engineers) (2024), New framework set to accelerate carbon management on projects, <https://infra.global/new-framework-set-to-accelerate-carbon-management-on-projects/>
7. ICE (Institution of Civil Engineers), New Engineering Contract (NEC) (2017), <https://www.ice.org.uk/what-is-civil-engineering/infrastructure-projects/new-engineering-contract-nec>
8. ICE (Institution of Civil Engineers) (2022), NEC releases new contract clauses to help tackle climate change, <https://www.ice.org.uk/news-views-insights/latest-news/nec-x29-contract-clauses-climate-change>
9. 林芳輝、呂斌豪、林之謙（2025），「以 PMIS 為核心的工程資訊管理新典範：從資訊爆量到智慧工地整合」，中國土木水利工程學會會刊，第 52 卷，第 1 期，第 5-12 頁。
10. 賴建信、許朝欽、陳加榮、林哲震（2022），「全國首創水利工程碳預算管理方法」，中國土木水利工程學會會刊，第 49 卷，第 6 期，第 84-94 頁。