



水利工程減碳作業 參考指引

|| 施工篇



經濟部水利署
中華民國111年11月

水利工程減碳作業參考指引 (施工篇)

經 濟 部 水 利 署
中 華 民 國 111 年 6 月

施工階段

目 錄

第一章	前言	1
第二章	施工效能提升策略	3
一、	機具效能提升	3
二、	材料管理與運距降低	4
三、	施工方法優化	5
四、	動線與開挖妥善規劃	6
五、	其他減碳措施	6
第三章	機具效能量化計算及施工減碳係數	9
一、	施工減碳量化計算原則	9
二、	案例試算說明	10
第四章	監造計畫及施工計畫增列施工減碳機制	11
一、	監造計畫新增減碳施工抽查	12
二、	施工計畫增列減碳章節	13
三、	施工管制機制及審查流程	13
附件一	施工階段工作項目減碳係數參考表	
附件二	試算案例	
附件三	工地節能減碳抽查紀錄表	
附件四	「經濟部水利署辦理工程施工計畫章、節製作大綱」之減碳計畫 章節架構	
附件五	參考文獻	

第一章 前言

1.1 本指引規劃設計階段已完成減碳策略、建立水利工程常見工作項目之碳排放係數及碳排放量估算分析，輔助規劃設計者展現碳管理目標與減碳設計，為於施工階段落實規劃設計減碳成效及強化施工過程之優化減碳效益，參照國內外各工程案例減碳實務經驗，嗣續增編本指引施工篇，供本署各單位於水利工程施工階段辦理優化減碳作業時有所依循。

1.2 本指引施工階段減碳成效計算機制，係採工程發包後請施工廠商提出優化的施工計畫，進行施工階段可優化減碳量與設計階段碳排放量差異計算，作為減碳成效，並搭配施工日誌之機具管理及三級品管納入監造單位減碳抽查，落實減碳機制。

1.3 碳管理與碳盤查之差異性說明(如表 1)：

1.3.1 碳管理：系統化管理且符合 ISO 精神，本署碳管理策略係由範疇與邊界(工區)界定開始，作為碳排放量化與管制的範圍，依據工程生命週期，首先於規劃基本設計階段進行碳排放量的推估，作為了解可能的碳排放量、主要的碳排放源，以及提出減量方案的基礎。施工階段則以比較機(運)具效能，建立減碳係數及機制，進一步計算施工減碳量，並要求施工廠商於施工計畫提出優化減碳施工方式，針對可計算之量化與不可計算之質化減碳作為，同步推動，並有效進行碳總量管控。

1.3.2 碳盤查:指在定義的空間和時間邊界內進行碳足跡計算的過程，需由業主、施工廠商、輔導單位積極配合查證單位進行實體工程碳盤查，包含施工期間各相關工程行為、廢棄物量、施工人員移動、燃料、外購電力及植栽移除等均納入碳盤查範圍，需詳細的碳足跡盤查日誌(對應的油料單、電費

單、燃料單、施工日誌…)，取得詳細工程數量資料為活動量進行碳排放量估算，現階段短時間實務執行尚難全面推動。

表 1 碳管理與碳盤查差異分析

項目	碳管理	碳盤查
適用性	通案適用	個案適用
管理方式	系統性管理	個案管理
ISO	ISO14064	ISO14067
期程	全生命週期	施工階段
作為	減碳設計、優化減碳施工	依減碳設計施工
碳排放量	預算書工項估算	蒐集油料單、電費方式計算
碳排係數	蒐集碳排係數及單價分析方式 組成工項碳排係數	訪查材料廠方式獲得實際碳排 係數
減碳係數	有	無
成果驗證	查證報告	碳盤查認證聲明書
案例	水利署首創	蘇花公路改善計畫、淡江大橋 及其連絡道路新建工程

1.4 本署工程案件眾多，無法逐案經碳盤查計算個案施工階段減碳數據，因此延續設計規劃階段，在原有減碳規劃設計下且不影響工程品質之前提，參考本指引建議內容就工程實務經驗檢討施工效能提升及其他減碳措施的可行性，納入施工計畫內(增列減碳章節)執行；同時計算優化的減碳量，透過三級品管制度與抽查稽核(包含設計階段所提減碳設計方案檢核)，採「碳管理」方式(ISO14064)系統化進行減碳機制管理，使本署工程減碳機制更臻完備。

第二章 施工效能提升策略

依據環保署「溫室氣體排放量盤查作業指引」(2022 年)規定，進行溫室氣體盤查可界定範疇原則：直接溫室氣體排放(範疇一)，指來自於製程或設施之直接排放；能源間接溫室氣體排放(範疇二)，指來自於使用電力或蒸氣之能源利用所產生之間接排放；其他間接溫室氣體排放(範疇三)，指由事業活動產生之溫室氣體排放，但該排放源並非事業自有或可控制的。

本指引定義施工階段主要碳排放來源以材料設備使用、材料運輸、施工機具能耗、工地耗能等(包含範疇一及範疇二)為主，另亦有材料損耗、廢棄物處理或施工人員移動距離等(範疇三)，難以全面量化評估，因此以碳管理角度採部份量化(計算優化減碳量)與質化(輔導減碳具體作為)兩個面向來提升施工階段減碳效益。

一、機具效能提升

2.1 改變或選擇合適施工機(運)具，評估降低能耗：本指引提供「施工階段工作項目減碳係數參考表」(附件一)，施工單位可依循優化替換選擇高效率型號來達到減碳效果，例如大規模開挖，若採用 PC300 型挖土機較 PC200 型挖土機，提供較多挖斗容量，可減少燃料耗用，如土方工作每方單位之挖方，若挖土機以 PC300 型相較 PC200 型節省 0.305kgCO₂e 的碳量。

2.2 機具設備避免不必要的空轉或怠速：依據經濟部能源局「大型車輛節能駕駛手冊」(2011 年)，大型柴油車引擎未熄火暫停一小時所耗燃油為 2 公升，換算後為 5.3 kgCO₂e 碳量，因此機具空轉或怠速容易產生額外油耗而排碳。利用良好的工程管理減少等待、怠速，配合工程材料進入工地之時間與放置場所，安排機(運)具及設備操作方式；並透過調整工序、路線及趟次，如以回頭車方式載運原料

與廢棄物進而減少運輸趟次，則可減少機具設備空轉碳排。

2.3 機具保養與老舊設備汰換優化：機具的定期保養可提高燃油使用效率，則可減少發動機的磨損、提高燃油效率進而節省燃料、降機(運)具排。另新型的機具設計搭配新式的混合動力技術，可成為更省油的新設備；因此以新型機具取代老舊機具，有助於減少能耗量、並促成溫室氣體的減量。

2.4 採用自動化施工、智慧型機具設備或高效率的機具設備：以電動、氫能及生質能等新科技的工程機具取代柴油引擎機具，提高施工效率減少碳排，如 ICT(Information and Communication Technology)挖土機，依據日本國土交通省頒布「令和 4 年度作業日當日標準作業量」中，開挖土砂為主之挖土機，以平均標準作業量而言，ICT 挖土機為 240m³/day、一般挖土機為 220m³/day，故計算平均每方開挖量時，使用 ICT 挖土機可減碳 0.0635 kgCO₂e；另外高效率機具為未來能源轉型技術發展的趨勢，近年可考慮以租代買的方式減少成本折舊及攤銷風險。

二、材料管理與運距降低

2.5 材料管理減少浪費：施工單位依作業需求控管各工程項目所需的材料數量、規格與尺寸，以及適當的購料排程，避免購料後因數量過多或過少、規格不符或逾時而有退料、廢棄，致使工程排放增加的情況，例如混凝土澆置，應盡量控制每台預拌車足量，避免餘方增加趟次。

2.6 材料再利用減少廢棄物：施工單位盡可能重覆使用可再利用之材料，如工程告示牌、圍籬、安全警示燈、鋼材(如鋼模、鋼筋)、土石方回收再利用、開挖後堪用構造物(如混凝土塊、基礎)再利用等或減少使用一次性材料設備，以減少工程碳排放。

2.7 採用當地供應商，減少旅運碳排放量：材料應以當地供應商為優先，監造單位可針對大宗物材檢視是否與材料送審資料一致，並確認其材料運輸距離。

三、施工方法優化

2.8 營建模組自動化：採用自動化施工工序，提高工率與減碳，如系統模板取代傳統模板或鋼模取代木模。

系統模板可分為營建標準鋼模、垂直移動式鋼模、水平移動式鋼模與隧道襯砌式鋼模及鋁製系統模板，進而演變到近期的高分子複合材料系統模板。系統模板的施工方式主要是採用特殊材質模板及配合工程結構物的特性，於模板作業進行時，將預製的大面積模板或預組成形的模板系統，以吊運或起重機械設備進行搬移與翻模的動作，如此將可節省大量的人工及模板作業時間；鋼模取代木模施作，因材料模具化、施作技術標準化、對於品質掌控更加精確、有效解決工人素質良莠不齊之問題、材料堆放不善導致工作效益低落，及傳統模板拆模後常有殘留物之問題，進而提升建築物之品質。

施工時以鋼模取代木模施作，有別於傳統的木質模板必須砍伐大量的樹木，加上鋼模規格化的模矩尺寸，以提高精密度。又鋼模可重複使用，能省下許多人力資源，且作業便利並能縮短工期，施工效率較高。

綜上，以系統模板或鋼模取代木模可以達到省工、省時、減少砍伐樹木、減少工地廢料與垃圾、提升結構強度等優點，可減少人力亦可增加工率，縮短工期，達成減碳目標。

2.9 鋼筋減少搭接：工程材料為重要營建資源，施工成本中勞務費與材料費的比值大約為 3:7，由此可見工程材料的生產成本降低與使用效能提升，對整體工程成本控制有很大的影響空間。例如訂定鋼筋

材料尺寸、性能、檢驗方法、搭接長度標準，以及透過良好施工管理，使鋼筋在設計與施工過程中能有效的使用，避免鋼筋過度設計或搭接，即是強化施工管理與降低施工成本的方法之一。

- 2.10 效率化吊裝程序：妥善規劃吊裝順序，縮短吊裝時間或次數，減少起重機的使用，以減少燃料消耗和二氧化碳排放。
- 2.11 自動化量測方法：以自動化儀器進行量測與放樣作業，達到迅速精確之目的，減少非必要施工程序，間接增加不必要的工率而增加碳排。
- 2.12 連續性混凝土構造物，利用設置軌道設施輔助施工，可透過人力推進，以減少吊車操作次數。

四、動線與開挖妥善規劃

- 2.13 最佳化施工動線：工區人機料必須進行有效率規劃動線，加強設置標示，強化施工階段之動線與流程順暢，並繪製建立工區內施工動線工序及開挖範圍管制圖。
- 2.14 剩餘土石方有效運用：若有剩餘土石方，優先考量用於工區挖填平衡，降低棄土量，減少外運過程運輸增加之車輛機具廢氣排放污染與能源的消耗。
- 2.15 挖填方平衡：慎重考慮地形地貌變化設計與開挖時取得最佳的挖方填方平衡。

五、其他減碳措施

- 2.16 工區以台電所供外接電力或臨時用電為主，降低柴油發電使用。
- 2.17 盡量使用太陽能板電力或小型風力發電供電(如現場電子佈告欄、夜間攝影機、旋轉警示燈、工務所內用電或其他小型設備)。
- 2.18 機械設備運用變頻裝置節省能源降低耗能，提升運轉效率及穩定

性，如抽水機等。

- 2.19 施工機具控制精度，避免不必要機具能耗(如挖土機挖掘角度控制、減少迴轉角度、採兩段式開挖、選用節能模式等)。
- 2.20 優先使用取得行政院環保署「核發施工機具自主管理標章規範」之自主管理標章施工機具，減少碳排。
- 2.21 減少用水(如鋪設防塵網、稻草蓆)或採取雨水與施工污水再利用(如防塵灑水、洗車設備用水)。
- 2.22 工務所、夜間作業或隧道施工照明，採用低功耗的 LED。
- 2.23 工務所屋頂及外牆採用隔熱板、隔熱材料，可減少夏季空調過度運轉，減少碳排放。
- 2.24 工務所內電腦、印表機等設備於夜間及假日關閉主電源，減少待機時間。
- 2.25 大型工地活用遠端監控設備，減少現場人員因蒐集資訊所需運具移動產生之碳排放。
- 2.26 工區內人員儘量以機車或腳踏車移動代步，減少車輛使用造成排碳。
- 2.27 施工圍籬外(或圍籬周邊)加種綠色植物。
- 2.28 移植代替移除，於施工過程中盡可能不超出原規劃的擾動範圍，妥善規劃與保存工區內之既有大樹，如確有影響施工動線時，以移植取代砍伐，避免更多的碳匯損失。
- 2.29 施工模板拆模後盡量集中堆放，除工地材料管理有序外，可減少卡車運載頻率與距離。
- 2.30 依據經濟部能源局「大型車輛節能駕駛手冊」(2011 年)建議，維持良好的節能駕駛習慣，如啟動後不暖車馬上行駛、行進中維持穩定速度、施行引擎停等熄火，避免引擎急速、天氣涼爽時不開車內空調、不用的物品取出減少負載、定期檢查胎壓，同時應降

低工區內車輛速度，避免不必要的加速急駛及設置警告標牌提示現場人員。

2.31 工區產生廢棄物(垃圾)應妥善分類與集中堆置管理，並就近選擇合法設立處理廠清運並加強廢棄物進出場管制。

本書試讀已結束！

歡迎至購買網址選購！