

## 「2022 中華民國營建工程學會第二十屆營建產業永續發展研討會」

# 營建業碳排放估算與管控系統開發

鄭曜東 (Yao-Tung Cheng)

淡江大學土木工程系

### 摘要

研究指出營建業建材生產和興建過程的排碳量佔全球碳排的 11%，建築生命週期中碳排放量有相當大的改善空間。近年來也有許多碳排放相關的法規訂定。綜言之，不論從政策規定、產業趨勢又或從環保的角度，營建產業都必須正視碳排放的問題。

對營建業來說，成本之管控是最首要的管理項目。營造廠必須針對標單上之工項進行數量粗算及工料單價分析後產出詳細表、單價分析表等。其表單內容為：工作項目、計量單位、數量、單價等。因可以詳細統整設計階段之預算建材數量與單價的特性，將碳排放估算加入，便可統整出碳排放量，以提供管理者檢視碳排放之設計量。並且利用施工日報每日工項紀錄進行碳排放量紀錄，利用實獲值分析在每日之實際碳排放量與預算碳排放量比較各工項與專案整體之碳排放績效是否為優良，並可以針對各工項進行細項之探討，將碳排放進行有效地管控，以減少對環境地衝擊與法規的限制，並且降低所需要之稅費支出。

本研究致力於開發一碳排放估算與管控系統。

**關鍵詞：**碳排放計算、PCCES、碳排放資料庫、成本管控作業

# Development of Carbon Emission Estimation and Control System for Construction Industry

## Abstract

The study pointed out that the carbon emission in the construction and building materials production and construction process accounts for 11% of the global carbon emission, and there is considerable room for improvement in the carbon emission in the building life cycle. In recent years, there have also been many regulations related to carbon emissions. In conclusion, the construction industry must face up to the issue of carbon emissions, no matter from the perspective of policy regulations, industry trends or environmental protection.

For the construction industry, cost control is the most important management item. The construction plant must make a rough calculation of the quantity and the unit price analysis of the work items on the bid list, and then output a detailed table and a unit price analysis table, etc. The contents of the form are: work item, unit of measure, quantity, unit price, etc. Since the characteristics of the quantity and unit price of the budgeted building materials in the design stage can be integrated in detail, the carbon emission estimate can be added, and the carbon emission amount can be integrated, so as to provide the administrator to check the design amount of carbon emission. And use the daily project records of the construction daily to record carbon emissions, and use the actual value to analyze the actual carbon emissions and budget carbon emissions on a daily basis to compare whether the overall carbon emissions performance of each project and project is good, and can be Conduct detailed discussions on each project, effectively control carbon emissions, reduce environmental impact and regulatory restrictions, and reduce the required taxes and fees.

This research is devoted to developing a carbon emission estimation and management system.

**Keywords :** Carbon emission calculation,PCCES,carbon emission database,cost control work

## 一、前言

研究指出營建業建材生產和興建過程的排碳量佔全球碳排的 11%，建築生命週期中碳排放量有相當大的改善空間。近年來也有許多碳排放相關的法規訂定。綜言之，不論從政策規定、產業趨勢又或從環保的角度，營建產業都必須正視碳排放的問題。

對營建業來說，成本之管控是最首要的管理項目。營造廠必須針對標單上之工項進行數量粗算及工料單價分析後產出詳細表、單價分析表等。其表單內容為：工作項目、計量單位、數量、單價等。因可以詳細統整設計階段之預算建材數量與單價的特性，將碳排放估算加入，便可統整出碳排放量，以提供管理者檢視碳排放之設計量。並且利用施工日報每日工項紀錄進行碳排放量紀錄，利用實獲值分析在每日之實際碳排放量與預算碳排放量比較各工項與專案整體之碳排放績效是否為優良，並可以針對各工項進行細項之探討，將碳排放進行有效地管控，以減少對環境地衝擊與法規的限制，並且降低所需要之稅費支出。

## 二、主要內容

### 2.1 需求分析

本研究嘗試將碳排放估算與管控數位化，減少使用者的負擔，並且將碳排放之管控以成本績效管控之概念作為參考，設計一碳排放管控方法。其資料來源分為三大項，包括PCCES所產出之資源統計表、碳排放數據、與工項實際使用狀況，利用以上三項資料進行預定碳排放之估算與實際碳排放之計算，以提供碳排放管控之使用。

### 2.2 碳排放之估算與管控方法設計

利用目前碳排放量計算主要所使用「排放係數法」之計算公式，即「活動強度」乘以「排放係數」，並乘以「全球暖化潛勢(GWP值)」以計算得二氧化碳當量(CO<sub>2</sub>e)對各工項之碳排放量進行估算。

此系統探討的預算項目辨識為理想化狀態，因此會預設將全部工項拆分為人、機、料、雜項等細項，但本研究之碳排放資料庫係以機具與材料所組成，因人力之碳排放源因相較於材料與機具相差甚大，至於雜項則是在使用上牽涉之因素過於複雜與不確定，因此本研究之碳排放數據將無法拆解之待拆解項目、人力及雜項進行排除，忽略不計。

在編列工程預算階段，依據施工工法與施工程序或是經驗，估算不同工程中人員、機具、材料、雜項之使用情形、時程、數量或頻率等，並合理估算施工過程中該工程項目所需之所有費用，進而統整並產出工程之單價分析表、詳細價目表等表單，因此所有施工活動均已納入工程項目之編排中，碳排放量將可透過工程項目進行估算，進而產出工程碳排放之資訊。

本研究針對碳排放之實獲值管控方式訂出兩項參數與一項指標分別

為：

1. 已執行工時的預算碳排(Budget Carbon Emission Work Performed, BCEWP)：係指專案實際所花費的預算碳排放量  
公式： $BCEWP = 已完成工作量 \times 預定碳排放係數$
2. 已發生實際碳排(Actual Carbon Emission Work Performed, ACEWP)：係指專案實際所花費的碳排放量  
公式： $ACEWP = 已完成工作量 \times 實際碳排放係數$
3. 碳排放績效指標(Carbon Emission Performance Index, CEPI)：已執行工時的預算碳排除以已發生實際碳排的比率。  
公式： $CEPI = BCEWP/ACEWP$

而其已完成工作量來自施工日報的工項工程用量，預定碳排放係數來自已拆分工項之碳排放係數，而實際碳排放係數的部分，在專案中使用者若要針對個別工項實際之碳排放係數進行數字調整音資料量龐大將會很不實際，因此本研究設計以比例增減的形式，利用使用者自行評估比例，分別對工項內部的數據細項進行工程用量與碳排放係數之乘積之調整後各細項之碳排放量加總，成為該工項之實際碳排放係數。

藉由實獲值分析，可以比較 BCEWP 與 ACEWP 之間之差異，得出整個專案之 CEPI，如果 CEPI 大於 1 代表績效是好的，若小於 1 代表績效不佳，針對各工項也進行個別 CEPI 之呈現，可幫助使用者找出專案中績效不佳之工項，並且藉由工項拆解可以將各工項之細項進行分析與探討。

### 2.3 系統設計

根據需求分析以及碳排放估算與管控方式之設計，並以使用者方便使用為前提，並繪製出如下圖1之「系統功能架構圖」。

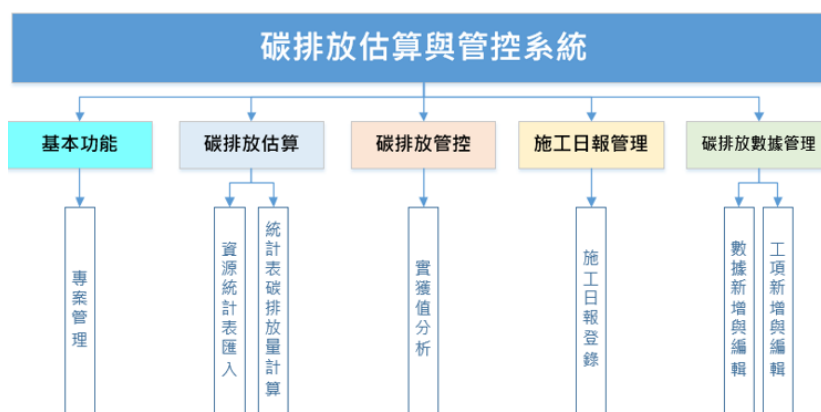


圖1. 系統功能架構圖

其功能劃分為七項，包含了：專案管理、資源統計表匯入、統計表碳排放計算、實獲值分析、施工日報登錄、數據新增與編輯、工項新增與編輯。以下針對各項進行內容說明。

### ● 專案管理

讓使用者可以進行專案之新增與編輯，並切換到欲操作之專案。

### ● 資源統計表匯入

當使用者結束 PCCES 之預算書製作時可以將資源統計表的部分獨立出來並在此處進行檔案之匯入，以提供系統對該預算書進行預定碳排放之估算。

### ● 統計表碳排放計算

針對上一項功能所匯入之資源統計表進行各細項之碳排放量之計算，可獲得該統計表之總碳排放量之估算值。

### ● 實獲值分析

本功能利用「施工日報管理」模組所登錄之工項使用狀況和調整過之實際碳排放係數之乘積與所登錄之工項使用狀況和預訂碳排放係數之乘積進行比對產出績效指標，供使用者檢視專案之碳排放績效與各工項與其對應之細項的碳排放使用狀況。

### ● 施工日報登錄

使用者藉由此功能將施工階段每日之施工日報登錄至系統，輸入日報相關資料與工項之實際完成數量，並且可以藉由「碳排放係數調整」，調整各工項內之細項使用量，以提供後續分析所需要之工項實際碳排放係數。

### ● 數據新增與編輯

依據需要或是常用之拆解過的工程細項在此功能進行資料庫中數據項目之碳排放資料的新增與編輯。

### ● 工項新增與編輯

對所需要或是常用之工項進行資料庫工項資料之新增與編輯，在此將各工項拆解成各個數據細項，填入數據代碼，並自動與數據資料進行比對並賦值。

## 2.4 結論

- ◆ 本研究設計了一個網頁，以 Vue.js 為開發環境並包含利用 PCCES 所產出之表單進行設計階段之碳排放估算，以及建立一方便使用者藉由施工日報之登錄將施工階段之碳排放量進行有效地管控方法，之「碳排放估算與管控系統架構」，使開發人員能以此架構作為後續「碳排放管控系統」之開發與應用。
- ◆ 因本系統是採用三層式架構進行開發，使用者介面、資料存取以及資料儲存皆為獨立，因此可以針對不同之裝置或是平台進行使用者介面之開發，便可在各種平台或裝置間實現資料之流通，使系統更加具有彈性與可擴充性。
- ◆ 本研究以陳啟明等人在 2013 年受行政院公共工程委員會所委託之「應用公共工程經費電腦估價系統(PCCES)架構估算工程二氧化碳排放量委託

研究案成果報告」作為「碳排放估算方式」之參考，該研究利用 PCCES 產出之資源統計表為概念，利用 EXCEL 巨集進行碳排放之計算工具之開發。本系統藉由網頁架構開發，亦可將伺服器架設於網路儲存伺服器上運行，令碳排放之估算與管控之資料得以在專案與各平台之間的流通。

- ◆ 本研究所設計之「碳排放管控方式」，利用成本績效管控之概念，對於碳排放進行業界常用之實獲值分析，能夠輕易地看出各工項的碳排放之績效，並且，本研究針對各工項之數據細項進行個別之工程用量與碳排放係數之乘機之比例調整，因在專案中若要求使用者直接地對碳排放係數進行數字之更改較為複雜及難掌握並且若工項之數量多，便會耗費很多時間在填寫實際工程用量與碳排放係數，若是藉由工程用量與碳排放係數之乘積之比例調整，便可同時對兩項變數進行調配，令使用者能更方便快速地對工項之實際碳排放係數進行調整，以落實有效率地管控專案之碳排放。

### 三、參考文獻

1. Kim, Y.W. & Ballard, G. (2002). Earned value method and customer earned value. *Journal of Construction Research*, 3(01), 55-66.
2. Sharon, A., de Weck, O.L., & Dori, D. (2011). Project management vs. systems engineering management: A practitioners' view on integrating the project and product domains. *Systems Engineering*, 14(4), 427-440.
3. 陳啟明等人. (2013). 應用公共工程經費電腦估價系統(PCCES)架構估算工程二氧化碳排放量委託研究案成果報告. 行政院公共工程委員會委託研究.
4. 楊詩弘. (2020). 建築產業碳足跡服務平台之建置與發展研究. 內政部建築研究所委託研究成果報告.
5. 連育輝. (2019). 從企業成長動態與總體經濟發展觀點進行企業碳排放時間序列分析. 碩士論文. 國防大學運籌管理系碩士班.
6. 吳沅叡. (2017). 以限制理論及實獲值管理改善專案時程延遲之研究. 碩士論文. 崑山科技大學資訊管理研究所.
7. 蕭富德. (2009). 實獲值管理理論應用於營建專案成本與時程管控之導入研究. 碩士論文. 國立台灣大學土木工程系研究所.
8. 呂震業. (2021). 工程顧問公司導入實獲值管理之研究-已執行專案管理(PCM)服務為例. 碩士論文. 國立台灣大學土木工程系研究所.
9. 李天勝. (2012). 公共工程經費電腦估價系統. 行政院衛生署胸腔病院.
10. 鄭恆志等人. (2014). 工程碳足跡評估及盤查實務-以加勁路堤為例. *土木水利*, 第四十一卷, 第一期.
11. 行政院工程委員會. (2010). 公共工程細目碼編訂說明. 公共工程技術資料庫.
12. 行政院環境保護署. (2015). 溫室氣體減量及管理法, 第一章第 3 條.