



建立機械業碳足跡係數資料庫 加速綠色供應鏈商機

文/吳仲偉

財團法人精密機械研究發展中心工具機產業發展處 處長



環境議題自西元2015年聯合國大會通過17項永續發展目標(SDGs)後，各國政府也強化原有的環境保護推動政策，如歐盟的碳邊境稅CBAM的實施、台灣的綠色採購政策等，使企業更加注重ESG(環境保護、社會責任與公司治理)，開始在報告與營運策略中展開。世界各企業紛紛發布了企業內部的減碳做法，更甚至擴及到對供應鏈的要求。國際品牌蘋果設定2030年前達成產品生命週期的碳中和目標，由於蘋果自己並沒有生產製造，產品的碳排主要來自於供應鏈、協力體系廠商，因此蘋果訂出「供應商行為準則」要求供應商進行綠色轉型，形成所謂綠色供應鏈。

在台灣，以知名企業鴻海集團為例，於內部成立了永續委員會，並帶領合作夥伴共同執行「鴻海低碳供應鏈轉型推動計畫」，藉由定義共同減碳目標，引導供應商實施減碳相關措施。再以台積為例，台積公司在其永續策略承諾民國139年達成淨零排放，除自身致力實踐氣候變遷管理作為，亦積極發展綠色低碳供應鏈提升其氣候韌性，將於114年起正式將減碳績效列入選商指標，關鍵排放源供應商須簽署

溫室氣體減排協議，除承諾119年須達成雙方協議的排放減量目標外，115年年底前要完成產品碳足跡的第三方驗證，未合規者將減少業務合作，以期實踐供應鏈去碳化。

這意味著，未來要做這些企業的生意，必須要協助他們共同減碳，其產品運作必須節能、產品歷程必須低碳，減少將碳排累積到企業活動以及產品上。因此產品的節能、低碳績效，便從企業義務轉而成為競爭力，必須積極面對。碳足跡盤查的重要性則在當客戶進行組織碳盤查考慮到範疇三時，上游供應鏈的產品碳足跡會累加至「上游採購的商品與服務」項目，且經CDP(碳揭露計畫)統計，供應鏈碳排量平均是企業自身營運的11.4倍，遠大於自身碳排。因此產品碳足跡的表現絕對會影響設備選購的重要指標。

碳足跡(Carbon Footprint)是指由個體或整體在生產或提供服務的過程中，直接或間接造成的溫室氣體總排放量。從原料、生產製造、運輸、使用再到廢棄處理回收，產品的整個生命週期，都會產生碳排，將這些碳排總和起來就是產品碳足跡。目前國際上的做法是以ISO



產品的生命週期五大階段

14067作為碳足跡盤查的作業原則，有下列5個步驟可遵循進行盤查：

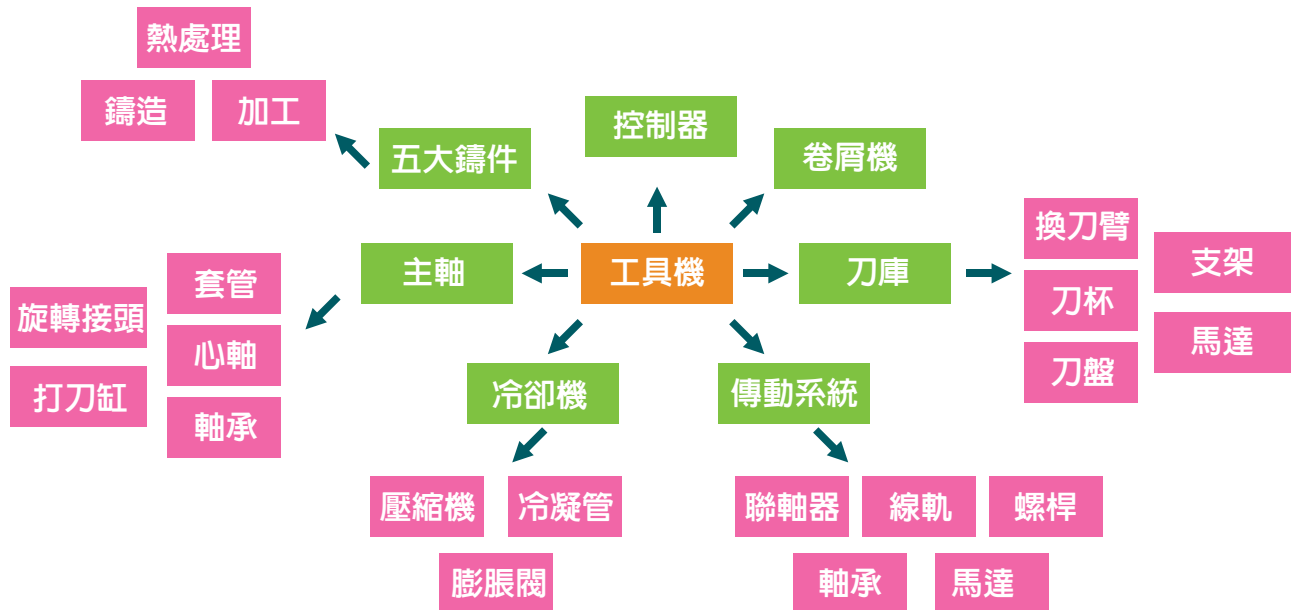
1. 界定目標：確認盤查的企業產品，可以是實體的產品或者是服務。
2. 確認系統邊界：定義產品的生命週期，鑑別產品類別和碳排放源的優先順序。
3. 採集數據：蒐集與產品生命週期各階段活動相關的數據，例如能源使用量、原料消耗量等。並建立數據品質管理機制，避免資料、單位或記錄不一致的錯誤。
4. 計算碳足跡：使用計算工具，如：碳排估算工具(產發署提供)、事業溫室氣體排放量資訊平台(環保署提供)。
5. 製作碳足跡盤查報告：闡述碳盤查過程和結果。

對於機械設備製造廠的簡易說法，就是透過產品的BOM(Bill of Materials)以及製造程序，將產品使用項目排放係數乘上活動數據(標的產品生產過程所有的使用量數據)，分別得到各項的碳排放量後加總起來，就可以得到產品的碳足跡。但產品所用的元件項目清單若多，尤以機械設備而言動輒上百，要逐一盤查各項目的排放量並不容易。因此，便可透過所碳係

數資料庫所提供的數據進行估算，也就是引用所謂二級數據，相較於透過實際盤查所得的一級數據，可能會有落差，但能仍獲得初步的碳足跡數據值。

碳足跡係數是一個參考值，表示單位產品或材料的平均碳排放強度，單位依該項目的性質而有差異，例如有 $\text{kg CO}_2\text{e/kg}$ (材料類別)、 $\text{kg CO}_2\text{e/kWh}$ (能源類別)、 $\text{kg CO}_2\text{e/L}$ (燃料類別)。以目前常見的資料庫而言，有環境部建立的碳足跡資訊網、瑞士的Ecoevent、美國的USLCI等，皆是透過官方或組織將常見的碳足跡係數彙整，是非常有用的二級數據資料來源。然而，機械設備所用的元件在這些資料庫裡仍有欠缺，因此可以相同的資料結構架構發展機械業所專用的碳係數資料庫。

機械業的碳係數資料庫的內容以及應用情境，以工具機為例，第一階級是終端產品，是透過第二階的各項關鍵零組件的裝配而成，例如五大鑄件、主軸、刀庫系統等，依照工具機的需求規格形式、重量等，能夠直接從資料庫中找到對應的係數，便能很快速的取得原料的碳排放資料，剩餘的就是廠內對於這些零組件的裝配，所產生的碳排盤查計算。



工具機的元素項目拆解

得利於台灣具有完整的機械產業供應鏈，每個零組件模組都有專業的製造商，也因此發展出共通性高的規格品，甚至是第三階細部規格還可以讓工具機廠指定選配，也就是可將第二階的次系統模組提供碳係數資料查詢，也可以提供至第三的元件碳係數資料查詢。以主軸為例，產品形式為齒輪、直結、DD直驅，這些形式由於元件組成有明顯差異，所以碳足跡便會有所不同。再依規格拆分，則可依其動力

規格，這將直接影響馬達的大小、主軸的尺寸、軸承的尺寸及數量等，碳足跡也是有差異。再以刀庫為例，則有鏈式刀庫、矩陣式刀庫等多種形式與刀杯數量的規格。因此分類機制可以依產品形式及規格作為區隔，中心廠也容易理解。

在建置的做法上，可以由上而下的方式，也就是中心廠帶領零組件廠、也可以是由下而上的方式，由零組件廠完成而直接貢獻。由下而上的做法若經過盤點，將各式形式規格完整列舉而建置，將會最具使用者便利效益。在規格品的情形下，零組件廠透過進行產品碳足跡的盤查，其成果就可以成為有效的碳足跡係數資料，可貢獻項目包含零組件廠的主要產品(設備產品的第二階或第三階)以及其元件(設備產品的第三階)，也藉由其產品類別規則(PCR)的定義，可做為形式及規格的區分依據。





而以零組件廠所進行的碳足跡盤查，其中的小項目若由零組件廠執行則會被考慮納入；以由中心廠為主導的模式則可能因以整機的比例計算而進入截斷原則；相較之下以零組件廠主導會獲得更精準的數據結果。再考量國內零組件模組廠幾乎都有多家同業，同樣規格不同製造商的碳排可能有差異，因目前的製造能力差異通常並不大，作為二級數據的用途前提可以在相同的PCR下的盤查程序結果採取平均值，這也是目前其他產業資料庫建置的普遍做法。

基於上述整理，當前應盡快推動機械產業的碳足跡盤查，先讓產業內了解碳足跡盤查的做法及程序，並可以以最基礎的自我宣告模式展開盤查實作。透過完整的程序記錄，將能快速建立相關產品、零組件的碳足跡數據，便可提供下游使用者引用。後續再進行PCR的正式程序建立以及第三方單位的查證，其程序及數據能夠獲得更有效地確認，藉此提高數據品質。如此的滾動式盤查、更新，資料庫將會逐漸豐富、完整、有效。

受到政策的推動以及企業的自主行為，產品碳足跡、組織碳排放的數值會因為內部運作的改善、供應鏈的改善而使得碳排放量降低，其碳足跡係數的數據應會持續的變動。國際相關組織正積極推動產業鏈的上下游資訊「碳排放資料交換的標準規範」，這規範定義了碳排放資料交換時需考量開放性及全球性、高互動性、安全性、正確性、可驗證性。在開放性的原則下，這也代表了幾個可能趨勢：



1. 碳足跡係數資料庫將成為數據交換平台。
2. 產品的碳足跡表現將會與同業公開競爭。
3. 企業內部的數位化必須盡快落實，才能時時更新數據。
4. 碳係數資料將成為一級數據。
5. 數位查核機制導入。

在台灣的機械設備產業裡，我們可以樂觀的預見這些趨勢的發生，設備數位化的發展、以及生產管理系統的導入、綠色設備的認證推動，都是加速促進產業具備競爭力的實力以及機會。藉由上述的導入及推動成果，讓所需要的資訊因數位化而容易取得正確數據，再將數據配合繁雜的盤查作業程序透過軟體工具取得需要的結果；廠內的運作藉由生產管理而更有效率，加上節能設備的使用，可以有效的降低碳的排放。經過有效的整合，我們將可以更快速的與世界夥伴對接，協助用戶端達成低碳目標，就是機械產業的強大競爭力。