

運用溫室氣體盤查工具 實踐精實低碳製造

依據「疫後強化經濟與社會韌性及全民共享經濟成果特別條例」，經濟部為協助臺灣中小型企業及早因應國際淨零排放的趨勢，於今年度推動包含「協助製造業及商業服務業推動智慧化、低碳化」等補助措施，並且鏈結大專院校的能量，導引學界專業協助中小型企業進行智慧化、低碳化診斷以及溫室氣體盤查輔導。筆者因具備組織型碳盤查、產品碳足跡以及能源管理等專業實務經驗，與團隊共同輔導20多家中小型業者順利取得補助資源，產業類別包含電子資訊業、金屬製品業及汽車零組件業。本年度皆順利結案，在此分享中小企業如何運用溫室氣體盤查工具實踐精實低碳製造的心得。

溫室氣體排放源鑑別細緻度是後續減量的關鍵

依據ISO 14064-1的標準要求，組織進行溫室氣體盤查時須先進行排放源鑑別的步驟，此步驟需要到達工廠現場，針對製造現場與公共設施等場域進行溫室氣體排放源的鑑別。工廠內的排放源鑑別主要是針對類別1(固定、移動、製程及逸散)及類別2(外購能源)，一般來說排放源的鑑別結果可簡化如表1所示。

表1 排放源鑑別列表

設備	原燃物料	類別	排放源
堆高機	柴油	1	移動
加熱爐	柴油	1	固定
貨車	柴油	1	移動
其他未歸類設施	其他電力	2	外購電力

資料來源：本文自行整理

理論上進行排放源鑑別列表，表列內容越完整仔細對於後續的減量分析就能越精準，然而實務上常常因為無法細部區別出不同設備的使用量，如表1內有三種設備的原燃物料為柴油，但因缺乏領料單據佐證使用量，最終僅能以當年度的採購總量做為活動數據計算，無法明確得知個別設備當年度的柴油使用量。

大多數工廠用電的二氧化碳排放量佔總排放量超過40~50%以上，而組織型溫室氣體盤查通常是以整廠為邊界，故所有用電設備都統一以當年度向台電總購入用電度數做為活動數據進行計算，導致類別2的外購電力常被一筆帶過。究其主因在於大



謝 佳 宏
(Xie, Jiahong)

謝佳宏自從東海大學工業工程與經營資訊碩士畢業後，已在產業服務領域擁有超過二十年的豐富經驗。產業服務範圍從協助企業精實改善到應用數位工具提升競爭力，同時積累了豐富的政府和業界委託計畫執行經驗。之後，進一步攻讀中山大學電機工程學系博士班，並成功取得該學位。現專任於南臺科技大學資訊管理學系。近年來，自身對極端氣候對全球的影響感到深切，陸續取得了溫室氣體盤查、產品碳足跡、能源管理系統等相關資格。同時，運用自己的跨領域專長，為企業提供服務。個人研究專注於應用精實方法促使企業實現永續減碳，並滿足國際ESG (Environmental, Social, and Governance) 要求的標準。

多數工廠基於成本考量並未針對每條產線、設備進行用電監控。以台電總用電量作為活動數據計算雖較為簡便，但因缺乏能耗設備盤點，後續幾乎無法進行溫排減量機會點分析。因此建議最好能在排放源鑑別過程中，一併將工廠內8大用電系統設備進行盤點，8大用電系統型式彙整可呈現如表2。

表2 8大用電系統型式分表

系統	種類型式
照明系統	日光燈、LED燈、高空照明等
空調系統	一般空調、冰水主機、冷卻水塔等
空壓系統	離心、螺旋式、往復式等
風機系統	輪機式離心、翼形離心、多翼式離心等
泵浦系統	離心泵、螺旋槳、往復式等
鍋爐系統	電熱媒、桶式電蒸汽、管式電蒸汽等
運輸系統	堆高機、橋式起重機、AGV等

資料來源：本文自行整理

以空壓機為例，是每個工廠內都會有的能耗設備，其主要功能為提供製程設備作動、氣動工具使用或是清潔工作環境等。在排放源鑑別階段有進行空壓機的盤查，從銘牌上得到設備資訊，或者是透過廠牌型號進行規

格的查詢，可彙整如圖1的資訊。使用這些設備銘牌資訊可以進行如a.汰舊換新；b.節能檢修；c.壓力需求調整等的減碳效益估算，將原本一筆帶過的電力數據黑盒子，進一步外顯為可視化展現。

項目	1
① 空壓機型式(A.離心B.螺旋式C.往復式 D.其他)	B
② 設備馬力(HP)	20
③ 設備數量	1
④ 設備廠牌	-
⑤ 設備型號	SF15L
⑥ 製造年份	2013
⑦ 額定風量(m/min)	2.6
⑧ 額定壓力(satcm ² -g)	7
⑨ 設定壓力(kgf/cm ² -g)	4
⑩ 運轉時數(h/y)	2112

圖1 空壓機銘牌資訊(筆者拍攝與整理)

中小企業受限於經費、人力與專業知識，大多僅注重每月工廠的總用電度數、電費金額等數字，鮮少會針對8大用電系統做系統化的監控與管制。以下是筆者與許多工廠老闆的對話：

“受溫室氣體盤查補助診斷輔導專業者的老闆直說：「老師，你講的我都知道，但每天光是要滿足訂單需求，緊盯生產就沒空了，實在沒辦法額外投入資源來做這一塊的改善。」”

然而當筆者利用數據展現出不同用電系統

的減碳改善機會點，讓老闆一目瞭然可創造的效益時，大多數老闆都眼睛為之一亮直接詢問如何進行減量做法。可見並非是不想改善，而是不得其門而入。

以下筆者就以今年度執行的一家表面處理工廠作為案例說明，實踐精實低碳製造的實務作法。

表面處理業扮演金屬製品的關鍵角色

位於南部的路竹、岡山一帶是臺灣螺絲螺帽(一般通稱扣件)產業大本營，方圓30公里內聚集了數百家螺絲螺帽中心廠與供應體系業者，這點可以從每次於南部舉辦螺絲螺帽扣件展覽時，世界各地湧入的各行各業的採購代表見識到臺灣螺絲螺帽在全球供應鏈上的關鍵角色。表面處理業在臺灣是金屬製品的關鍵製程，近年來受限於外界對於環境污染防治的要求越來越高，合格的表面處理業者資格越來越難取得。由於表面處理業是提供金屬製品的特殊製程服務，本身並沒有自己的產品，面對每天來自各方的訂單，如果無法有效整合資訊流與物流，極容易造成現場在製品堆積，導致許多不必要的浪費產生。

本次案例A公司為一家專業的表面處理工廠，員工人數約30人，現場直接人力為20人。工廠設置有一條自動化專用線，以龍門滾筒自動滾動方式作業，投料區在工廠最內側，完工處靠近大門方向。進料暫存區與成品出貨區設置在工廠進門後右側，分別設置5個存放區空間。

盤查→分析→挖掘潛在的作業浪費

表3為A公司盤查後類別1跟類別2的溫室氣體排放佔比，分別為59.38%及40.62%，比

例約為6:4。首先，針對類別1細部排放內容分析，其中固定排放量佔類別1為91.24%、移動排放量為8.32%以及逸散排放量為0.44%。表4則進一步將固定排放量的排放源列出，明確發現鍋爐(天然氣)排放量佔比高達99.87%。A公司現有兩台1噸的燃氣鍋爐，主要使用於製程前端清洗，確保維持製程所需的作業溫度。開始要求現場每天記錄天然氣使用量，並對照每日生產排程，發現將類似製程需求批量有效連貫，可有效提高鍋爐燃燒效率(無需每次從室溫重新加溫至製程所要求的工作溫度)，初估可減少約15%的天然氣使用量。

表3 各類別排放源類型統計表

溫室氣體排放量 (噸CO ₂ e)	類別1	類別2	總計
543.900	372.082	915.982	
氣體別佔比(%)	59.38%	40.62%	100%

表4 類別1直接排放之固定排放源

型式	排放源	排放量佔比
固定	鍋爐(天然氣)	99.87%
	發電機(柴油)	0.13%

其次，就是打開工廠類別2的電力使用黑盒子，挖掘出改善機會點。

第一步：利用8大用電系統盤點資訊，估算找出工廠內潛在的重大能耗設備。列出清單，並討論排序。

第二步：就工廠的電力單線圖進行全廠電力配置研究了解，先從主電路再到輔助電路，依照第一步驟中列出的清單找出相對應的盤面迴路。

第三步：安排技工在重大能耗設備對應的盤面上進行智慧電錶安裝，如圖2。

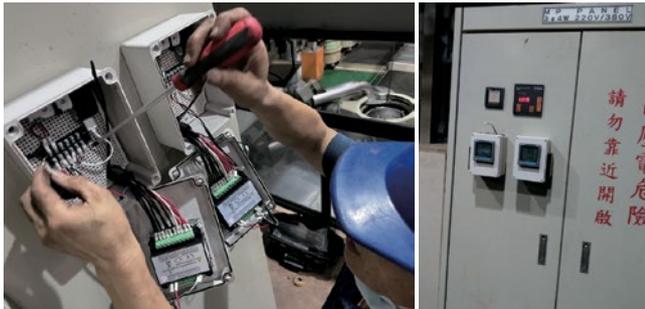


圖2 智慧電錶現場施工作業與完成圖

第四步：開始收集重大能耗設備用電數據匯入用電管理平台內，平台畫面如圖3。其中特別將當年度台電公告的電力排碳係數加入，讓工廠可以每日都注意到當天的碳排放量，可進行控管。



圖3 用電管理平台畫面示意圖

經過數據收集分析，排序出工廠內前三大用電能耗設備分別為表面處理生產線、污水處理設施、橋式起重機(後簡稱天車)等。對於天車為工廠內第三大能耗設備，業者明顯感到意外；因為天車主要用途是將客戶送達的扣件船型箱吊起送料到生產線，倒入藥水槽內，等製程結束後再將完成表面處理的扣件船型箱吊起放到待出貨區，所以大多數時間都是靜止的狀態。所以，經過團隊實際到現場觀察後，發現一個現象，即為工廠內

出現插單情形時，會打亂原本的生產排程，作業員要找出插單的船型桶，必須先將壓在上方的其他船型桶吊起，然後再將其吊出，之後將其他船型桶依照排程進行歸位，這樣的作業模式造成了不少的搬運浪費。筆者建議業者可以重新進行現場佈置，以漸進式方式，將進貨區的船型桶依照交期先後分為三類，不同類別擺放在不同的區域，可達到先進先出(FIFO)且保持機動彈性的作業模式，因工廠尚在調整中，後續有明確改善前後成效再進行說明。

淨零減排是長期趨勢應儘早準備因應

從表面處理業者的案例中，藉由碳排放量為能源消耗轉換而來的關聯性，明確發現可善用溫室氣體盤查工具作為精實低碳製造的分析工具，就高碳排放量的排放源著手層層挖掘，找出重大能耗設備，整體過程可謂為精實管理的可視化手法之應用。此外，本年度受限於大多數工廠並未安裝數據擷取設備，雖然大多是強調成本因素，但筆者注意到還有更深一層的原因，其在於即使工廠收集了許多數據，卻不知道如何加值應用，最後收集數據成為例行公事，增添保存數據的困擾，最後就無疾而終。

然而淨零減排是未來工廠長期的趨勢方向，若能善用物聯網技術直接進行相關數據的收集，不僅可以更精確掌握自身碳排放量，同時也有助於指出後續減量的路徑，朝向精實低碳製造邁進。MA