

以精實思維促進低碳製造轉型

因地球暖化所引發的極端氣候災害，在世界各地不斷發生。似乎有逐年加劇的趨勢。例如，今年7月四川一直持續高溫和乾旱，熱浪暴衝已經來到「六十年來最極端」，且平均降雨量比往年同季下降了51%。一場嚴重的熱浪乾旱在8月襲擊了中國西南部的四川和重慶。使這個幾乎完全依賴水電的地區的電網不堪重負。電動汽車製造商特斯拉與許多國際半導體企業，包括德州儀器（Texas Instrument）、英特爾（Intel）、和iPhone製造商富士康（Foxconn）等，都一度被迫縮短工時或完全停工休息。而高耗能的中國鋼鐵業利潤在2022年的前七個月就比同期下降了80%以上。除了極端氣候災害所帶來的低碳製造轉型迫切感之外，國際大廠（Apple、amazon、Google）為了對地球負責，紛紛宣布減碳轉型方針，並要求其供應商也必須配合低碳製造轉型。況且歐盟亦預計實施碳邊境調整機制。如此看來台灣製造業必須趕緊跟上國際低碳製造轉型步伐，否則將被排除在國際綠色供應鏈之外。

低碳製造轉型是必然的趨勢

對於迫在眉睫的趨勢，在台灣社會各個領域，尤其是身處國際大廠供應鏈的台灣製造業需思考如何回應此趨勢。而精實思維將如何協助台灣企業進行一場低碳製造轉型，將是非常值得思考的議題。

依據聯合國政府間氣候變遷專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）的建議，要守住攝氏 1.5 度的升溫臨界值，全球必須在 2030 年減少相較工業革命前水準的溫室氣體排放量至少達 43%，並於2050年達到溫室氣體淨零排放（Net Zero Emissions），才能夠避免不可逆的大規模氣候災難。全球紛紛響應並投入減碳進程計畫，已有 198 個國家及 713 個地區承諾淨零的目標。



邱 創 鈞
(Chiou, Chuang-Chun)

東海大學工學博士，現任東海大學工業工程與經營資訊學系暨研究所教授、東海大學精實系統團隊核心成員。具多年實務管理及擔任企業訓練與輔導顧問經驗，曾赴美國Texas A&M大學、加州大學Irvine分校、英國愛丁堡Napier大學進修與研習，並受邀至中國大陸多所名校授課與交流。近年經常擔任公部門專案審查與經濟部工具機整合行銷案之審查委員。期刊、研討會及專書論文等研究著作逾百篇。研究主題涵蓋管理科學、精實管理、供應鏈管理與服務科學。聯絡信箱：cjchiou@thu.edu.tw

要達到淨零排放目標，臺灣正在進行中的努力

目前台灣的作法，以和製造業息息相關的經濟部為例，其規劃了「2050淨零排放路徑規劃」包含四項低碳轉型策略：以「能源轉型」、「產業轉型」、「生活轉型」、「社會轉型」等四大轉型及「科技研發」、「氣候法制」兩大治理基礎進行推動。而其中在「產業轉型」方面，特別針對為數眾多的製造業者，提出三大面向11項推動措施等行動方案。以製程改善、能源轉換與循環經濟為主軸發展可行的技術與管理方案。在製程改善方面，導入減少製程中碳排放技術，例如以氫能還原技術煉鐵。進行設備汰舊換新，導入智慧節能管理系統以監控提升製程中能源效率；在能源轉換方面，能源則改用低碳天然氣，使用無碳生質能，以達無碳電力與燃料；而在循環經濟方面，使用替代原料減少原物料使用量與碳排放，提升資源與產品使用效率。再則開發新技術，運用負碳技術進行碳捕存與再利用技術。

業界低碳製造轉型的實踐案例

在台灣眾所熟悉的聯發科，它在半導體產業鏈中係位於最前端的晶片研發設計，屬於

低碳排無製造工廠的產業。它主要透過「綠色設計」、「節能減碳」及「供應鏈永續管理」三大面向來促進低碳製造轉型。首先，聯發科致力於綠色創新，在晶片設計階段即將環境因素納入考量，藉由從產品生命週期源頭與使用端思考省電及產品體積微小化設計，打造高能效晶片，降低消費者使用電子產品時的耗電，以提出對環境友善之綠色設計。而該公司2021年設計提供的晶片較前一年度平均降低23%的能耗比率，節省的電力約當可供應臺灣地區約17萬戶家庭一年的用電量。作為遍布亞、美、歐三大洲超過50個據點的跨國公司，它針對組織內外營運所排放的溫室氣體，制訂出系統性藍圖及淨零路徑。具體行動包括建置新式節能資料中心、改善辦公區及設備節能管理、自建屋頂型太陽能電廠、搭配綠電採購計畫等。並將碳管理延伸至供應鏈夥伴，由內而外引領價值鏈實踐綠色營運。此外，為積極實踐綠色營運，聯發科完成ISO 14064溫室氣體委外查證，並獲得ISO 50001能源管理系統認證，同時帶動供應鏈夥伴。

要如何以精實思維促進低碳製造轉型

基於國內外大廠的經驗，以下整理幾點建

議，希望可供業界思考如何以精實思維促進低碳製造轉型的參考。

首先，製造業要更專注低碳的產品設計，在製造階段進行碳排放估算，實施減碳和碳捕捉及封存等作法，其實是亡羊補牢的補救與管理措施，需更積極地回應低碳製造，其做法應該是以精實思維來設計低碳的精實產品與製程設計 (LPPD, Lean Product and Production Design)。精實產品和製程開發原則、方法和管理行為應是一套系統性思維，可以在設計階段即認真地考慮整個產品生命週期對環境的影響。以四用原則 (4R Principle) 包括：減少使用 (Reduce)、物盡其用 (Reuse)、循環再用 (Recycle)、替代使用 (Replace) 在不同產品生命週期階段發展出綠色創新潛力。創造價值與減少浪費的精神注入到各個細節設計。

其次是，要推動低碳的精實製程設計規劃，尤其是高耗能的鋼鐵石化產業，推動替代能源，導入最佳可行技術，運用製程持續改善(kaizen)與設備汰舊換新以提高效率，減少不良品，消除重工。減少報廢材料同時減少不必要的耗能。據調查，製造物品產生的碳排放大約三分之一的來自金屬。金屬在全球供應鏈中的報廢率很高，25% 的鋼和 40% 的鋁被報廢。減少報廢材料數量，即同時降低成本和減少生產中的碳排與耗用的能源。

第三，導入能源管理監控與溫室氣體盤查系統：配合建置能源管理制度，協助產業導

入數位電表與能源資訊監控系統，進行廠內用能設備智慧化管理及耗能分析，尋找運轉最佳化節能方案。透過能源管理系統運作，達到改善能源使用效率、降低能源成本及減碳。在掌握高耗能設備能源監控之同時，亦建置廠內溫室氣體排放量資訊，作為廠內排放量管理工作之基礎，了解排放狀況作為改善的起點。

第四，推動與導入 ISO/CNS 50001 能源管理系統與節能診斷整合輔導，建立標準化 (standardization) 的精神與思維。因為透過內部管理系統建置，結合節能診斷技術服務，更可協助企業建立持續改善的機制與動力。透過節能診斷可發現製程改善為最大減碳潛力，占整體節能改善量約 52%，為重點節能主軸。透過導入能源管理系統，更可促進工廠自主執行製程改善。例如，國防工業龍頭漢翔航空公司自103導入ISO 50001能源管理系統以來，每年節電率均有顯著提升。

最後，要推動產業實施綠色低碳供應鏈管理，因低碳製造轉型絕非一家公司或少數企業的責任，透過推動產業實施綠色低碳供應鏈上下游的整合管理，揭露供應鏈減碳成果，於企業永續報告中揭露再生能源電力之使用狀。並依循國際 CSR 報告書撰寫準則，善盡環境資訊揭露之責任。如此台灣製造業才可與國際低碳製造轉型完全接軌，否則將被排除在國際綠色供應鏈之外。MA