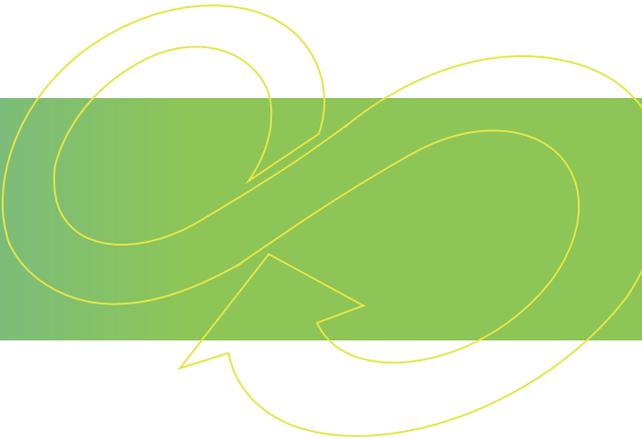


# 工具機產業 因應減碳永續經營 參考手冊

CIRCULAR ECONOMY





# 目錄

## CONTENTS

前言	03
.....	
第一章 全球減碳趨勢	04
第二章 工具機產業因應對策	07
第三章 工具機產業碳管理對策	14
第四章 核心主軸建議推動方向	20
第五章 結語	25
.....	
參考文獻	26
附錄 1 國際面對 2050 年淨零排放重要時間點	27
附錄 2 台灣面對 2050 年淨零排放重要時間點	28
附錄 3 國際工具機大廠指標案例 (DMG MORI)	29
附錄 4 工具機產業以 TCFD 為工具進行「營運衝擊分析」	30
附錄 5 專家名單	32

# 圖表目錄

## CONTENTS

圖 1、工具機產業白皮書願景目標與淨零碳排之關聯圖	04
圖 2、產業永續發展的關鍵策略	04
圖 3、淨零排放的三大驅動力	05
圖 4、企業減碳參考步驟	07
圖 5、碳盤查方法	08
圖 6、溫室氣體排放種類；ISO 14064-1：2018	08
圖 7、上銀科技「能源管理智慧化」三階段策略	10
圖 8、東台精機廠房屋頂太陽能光電系統	10
圖 9、企業減碳建議對策；ISO 14064-1：2018	11
圖 10、工具機產業碳管理策略	14
圖 11、工具機產品生命週期的減碳對策	14
圖 12、ISO 14955 工具機在能源效率要求下的設計原則	15
圖 13、工具機生命週期對環境影響占比	16
圖 14、工具機使用時之能耗比例及可行的低碳對策	17
圖 15、工具機主要能耗示意圖	17
圖 16、在 OPC UA 架構下工具機電器模組化案例	18
圖 17、工具機數位節能優化	18
圖 18、加工數位雙生	19
圖 19、積層製造	19
圖 20、工具機永續經營與環保訴求趨勢	20
圖 21、工具機產業供應鏈減碳管理	22
圖 22、DMG MORI 集團碳中和規劃	29
圖 23、DMG MORI 集團 SBTi 減碳驗證規劃	29
圖 24、DMG MORI 集團產品節能技術與成效	30
圖 25、應用氣候變遷相關財務揭露 (TCFD) 的方法學和 情境分析	30

---

表 1、工具機節能考慮的面向	17
----------------	----

# 前言

依據歐盟 2022 年 3 月 30 日公佈 Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council : establishing a framework for setting ecodesign requirements for sustainable products and repealing Directive 2009/125/EC，為改善全球溫室效應，設定 2050 年達成碳中和；凡我企業理應啟動節能，依序降低碳排量；進而推動第四代工業革命，發展數位智能化產品，具備數位化產品能力，輸出各項數位資訊，協助終端用戶節能減碳之依據，推動數位管理技術；藉以提升產品在國際市場之知名度，取得更高的全球市佔率，是為企業永續發展之道。本手冊提供各項實施步驟供參考，強化企業執行能力，奠定永續經營的根基，為我產業立下可長可久的命脈，取得全球市場更高之位階和市場佔有率。



# 第一章 全球減碳趨勢

在全球淨零排放浪潮與歐盟碳邊境調整機制趨勢下，淨零轉型已經不只是環保議題，更是攸關台灣工具機暨零組件產業國際競爭力之經濟課題。台灣為出口導向經濟體，工具機產業更是以出口為大宗，面對全球供應鏈減碳壓力及國際碳管制加嚴的挑戰，產業轉型刻不容緩。

因應局勢變化，工具機產業勢必得藉由緊密的國際合作，以掌握節能減碳技術研發應用，搶得淨零的先機，為出口訂單挹注新的動能，強化永續作為，以實現「2021 工具機產業白皮書」之 2030 產業發展願景：提升附加價值率、提升產業競爭力，以及中長期發展目標：台灣工具機產值全球占比 8%、出口金額全球占比 10%、整機廠商附加價值率提升到 30-32%，如圖 1 所示。

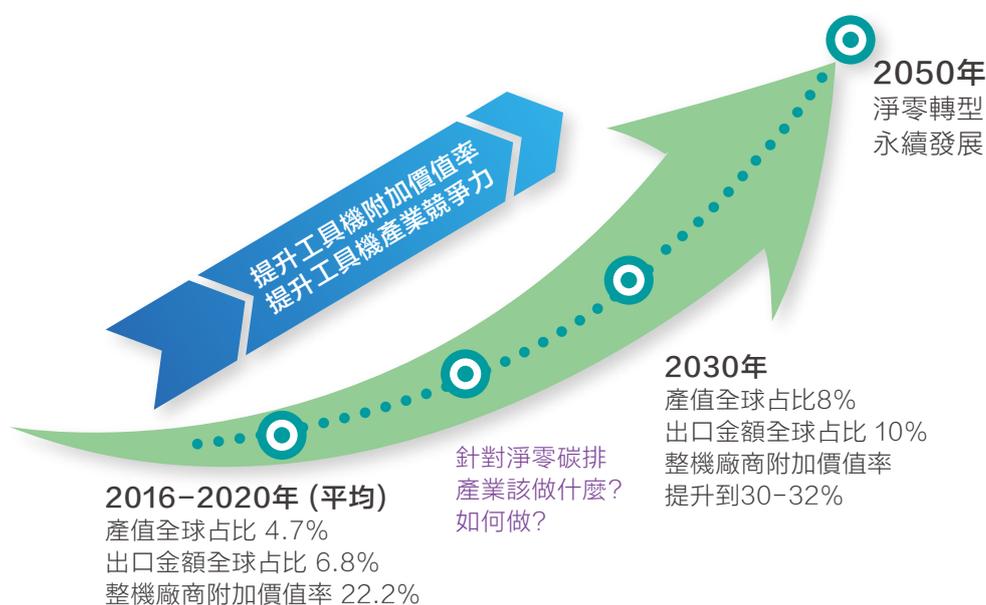


圖 1、工具機產業白皮書願景目標與淨零碳排之關聯圖

延續 2021 工具機產業白皮書中針對如何實現產業發展策略之共通性推動作法，如圖 2 所示。其中揭示不少具體的做法和關鍵構想，都不乏和淨零排放、節能減碳相互扣合，作為本文探討如何因應碳管理議題的重要基礎。

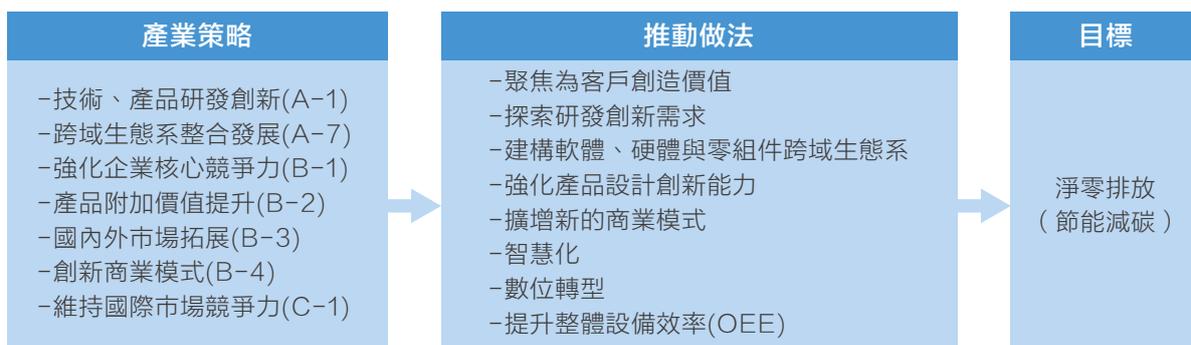


圖 2、產業永續發展的關鍵策略

綜觀全球對淨零排放的驅動力量，大致來自 3 個面向，如圖 3 所示。3 大主要的驅動力量各有其特定的要求、規範、目的和時程，所幸的是產業只要聚焦在淨零排放的中心策略上，大多可以同步滿足這 3 大面向的要求。



圖 3、淨零排放的三大驅動力

### 國際、國內強制性和自願性要求：

此類的要求包含金管會對永續金融的規範和時程要求，國發會所揭露的「2050 淨零排放路徑及策略總說明<sup>1</sup>」、電價的調漲、碳費的開徵、新投資開發案環評必須透過減碳抵換取得許可；國際間最注目的是歐盟對碳邊境調整機制 (CBAM)<sup>2</sup> 的開徵、對銷售歐洲的產品和服務，需符合永續產品生態化設計<sup>3</sup> (Eco-design Directive) 的指令要求，以及歐盟所揭露的永續分類標準要求碳排門檻 (CO<sub>2e</sub> g/ 單位產品)，還有國際間各國的碳中和、淨零宣示，這些都是典型的強制性要求。

#### 小辭典

##### EU 2009/125/EC 永續產品的生態化設計 (Eco-design) 指令

為歐盟的強制性法規要求，指令重點要求包含：(a) 耐用性、(b) 可靠性、(c) 可重複使用性、(d) 可升級性、(e) 可修復性、(f) 維修和翻新的可能性、(g) 存在關注物質、(h) 能源使用或能源效率、(i) 資源使用或資源效率、(j) 回收的內容、(k) 再製造和回收的可能性、(l) 材料回收的可能性、(m) 環境影響，包括碳和環境足跡、(n) 預期產生的廢料，將會有更具體的技術性標準。

### 客戶和價值鏈的要求：

市場上耳熟能詳的一些品牌商，例如 Apple、Google、Microsoft 和台積電等，都宣告其淨零排放的目標和時間表，也要求其價值鏈的商業夥伴必須同步配合；基於台灣以代工和出口導向為主的產業結構，已經扎扎實實影響到台灣的產業供應鏈，必須做出具體的回應，包含碳盤查和減量排放。此外客戶從使用者的觀點也意

<sup>1</sup> 2050 淨零排放路徑及策略總說明 [https://www.ndc.gov.tw/Content\\_List.aspx?n=FD76ECBAE77D9811](https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=FD76ECBAE77D9811)

識到所採購的原物料和設備如果不具有節能減碳的競爭力，將會連帶影響到他們的總體營運績效和額外的碳費（稅）支出，因此也會要求其價值鏈能夠提供具節能效益的數位智慧製造技術和設備，以便可以提升整體設備效率（OEE），降低不必要的生產浪費和非計畫故障停機，進而減少未來的碳費或碳稅成本。

### 投資者和永續經營競爭力的期望：

公司經營永遠考慮如何提升附加價值和競爭力，在創造公司價值的同時，也有必要考慮到投資者的期望觀點，當需要時，可以結合適當的投資者取得公司成長的資源，開創另一個境界。國際間對於淨零排放和永續經營，已經發展出不少的規範，而且已然成為許多公司展現經營績效吸引外部資金的重要途徑，例如金融產業富時集團的 FTSE4Good 和 MSCI 的 ESG 指標都應用在台灣一些 ETF 選股準則；道瓊永續發展指數 (DJSI) 則有包含台積電等公司用於籌措國際資金；永續發展會計準則<sup>4</sup>(SASB，針對「工業機械」訂有特定的要求)、氣候變遷相關財務揭露 (TCFD)<sup>5</sup>、碳揭露專案<sup>6</sup> (CDP)、全球報告倡議組織<sup>7</sup>(GRI) 等產業常用的企業永續發展報告準則早已經有不少產業參與和引用。

#### 小辭典

**歐盟碳邊境調整機制 (CBAM)：**2021 年 7 月 14 日公布 CBAM 草案，其中就涵蓋產品項目（水泥、肥料、鋼鐵、鋁、進口電力等產品）、產品碳含量的認定方式、以及進口產品申報方法、驗證方法、以及相關罰則皆有規定。2023 年起試行 3 年、2027 年正式實施後，進口商必須購買憑證，作為進口產品碳排放量的繳交費用，價格則依歐盟每週碳權拍賣的平均收盤價格計算。

**歐洲綠色新政 (European Green Deal)：**2019 年歐盟執行委員會 (European Commission) 公布《歐洲綠色新政》，希望在 2030 年達到溫室氣體排放量（與 1990 年相比）減少 55% 之階段性目標，以及未來在 2050 年歐洲可實現氣候中和 (Climate Neutral) 的中長期減量目標。

<sup>2</sup> 碳邊境調整機制 (CBAM) <https://go-moea.tw/countries/european>

<sup>3</sup> 永續產品生態化設計 [https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/sustainable-products/ecodesign-sustainable-products\\_en](https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/sustainable-products/ecodesign-sustainable-products_en)

<sup>4</sup> 永續發展會計準則 (SASB) <https://www.sasb.org/standards/download/?lang=en-us>

<sup>5</sup> 氣候變遷相關財務揭露 (TCFD) 中文版  
<https://assets.bbhub.io/company/sites/60/2020/10/TCFD-Recommendations-Report-Traditional-Chinese-Translation.pdf>

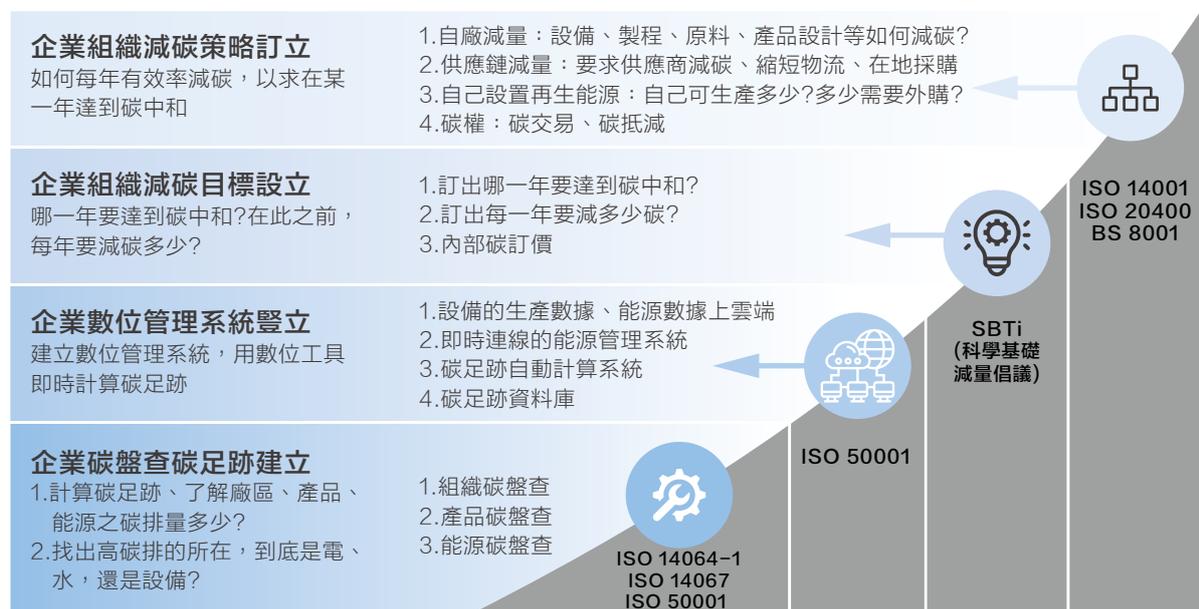
<sup>6</sup> 碳揭露專案 (CDP) [www.cdp.net](http://www.cdp.net)

<sup>7</sup> 全球報告倡議組織 (GRI) 中文版 <https://www.globalreporting.org/how-to-use-the-gri-standards/gri-standards-traditional-chinese-translations/>

## 第二章 工具機產業因應對策

### 台灣工具機產業 2050 淨零排放路徑及策略

要達到 2050 年淨零轉型，前提是必須堅定落實工具機產業轉型的目標，及早評估風險，並以前瞻且務實可行的方式，提出淨零排放的路徑圖，讓整體工具機產業結構的轉型有所依循。滾動檢討淨零路徑以符合未來經濟、環境、人文及永續發展需求，並重視跨世代正義及跨領域治理思維，化氣候變遷衝擊為綠色轉型契機，企業減碳參考步驟如圖 4 所示。



資料來源：今周刊 1306 期

圖 4、企業減碳參考步驟

### 台灣工具機產業淨零排放四大策略步驟

探索淨零排放的策略，必須要先從溫室氣體排放的來源和種類進行解析，再針對這些目前看似不可或缺的活動，探索可以淨零排放的對策。

基於這些個別的對策，整理出工具機產業的四大策略步驟，建立工具機產業因應碳議題的整體策略，建立綠色競爭力。

- 策略步驟 1. 知己知彼：碳盤查
- 策略步驟 2. 無悔對策：節能減碳
- 策略步驟 3. 綠色韌性：開源節流，探索更多綠色競爭力
- 策略步驟 4. 綠色契機：化危機為轉機，創造綠色新商機

### 策略步驟 1. 知己知彼：碳盤查



藍色部分代表企業應支付的碳費(稅)和成本

全公司盤查	ISO 14064-1, ETS, WRI, CDP.....
專案盤查	14064-2, CDM, VCS, GS.....
產品碳足跡	14067, ETS.....

圖 5、碳盤查方法

企業在這個階段，即使完成碳盤查，因尚無減量措施，仍需要繳交 100% 碳費 ( 稅 )。碳盤查是先知己知彼，了解公司營運過程的總體碳排放量，才能評估這些增加的碳費碳稅以及內部的碳管理成本對公司營運的衝擊有多少。碳盤查的方法學，依據目的和對象區分為三大類，各類常用的方法也各有不同，如圖 5 所示。

產業普遍使用組織型 ( 全公司 ) 碳盤查的工具是 ISO 14064-1 : 2018，然而不同區域和國家有其各自的碳盤查認定規範，需要先確認預期使用者的規範，才不會得到錯誤的數據、被課以錯誤的碳費 ( 稅 )，例如在歐盟最常見的規範是碳排放交易方案 (ETS)，美系公司如蘋果和日系公司則慣用世界資源研究所 (WRI) 規範，其他還有碳揭露專案 (CDP, Carbon Disclosure Project)、科學減量目標 (STB) 等不同規範。如上圖所示，在碳盤查階段，碳排放並沒有實質降低或減低碳費，唯有設定特定的減量目標、訴諸行動 ( 如 CSR/ESG 的揭露 )，才算是淨零排放的開始，將在下一個步驟說明。

以台灣最廣泛引用的 ISO 14064-1 標準之定義，排放來源粗分為「直接排放」和「間接排放」，其中間接排放又再細分為五種類別的排放來源如圖 6 所示。

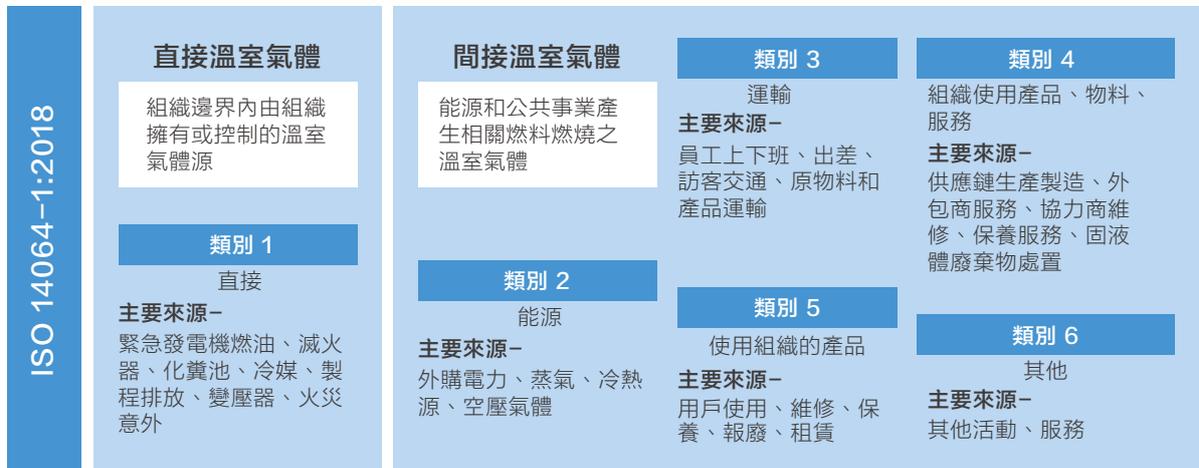


圖 6、溫室氣體排放種類；ISO 14064-1 : 2018

## 經典案例

上銀科技除揭示其「永續環境推展里程碑」，率先在 2020 年開始盤查揭露間接溫室氣體中的類別 3 運輸相關、類別 4 跟購買原物料相關的間接溫室氣體排放量。

東台精機也已經自願性完成溫室氣體盤查和揭露多年，並與公司的節能減碳方案相結合，有計畫的在產品設計、生產製造、日常用電耗能環節，進行「碳管理」。

## 策略步驟 2. 無悔對策：節能減碳



藍色部分應支付的碳費  
(稅)成本可減少

節能減碳不只是技術議題，也是財務成本議題。雖然環保署課徵的碳費定價正在研擬中，然而參考國際間碳交易的浮動價格以及台灣目前的電價，可以推估未來「碳費」的定價，以台灣電價為基礎估算，每增加 10 美金將增加 4-5% 的額外耗能成本；換言之，如果台灣碳費為了跟國際接軌，所增加的額外耗能成本也將逐次增加。

在這個階段任何先做了、也不會後悔的節能減碳、降低碳費行動，都值得先展開，稱之為「無悔對策」。從日常節能習慣到有系統的能源管理，以持續能源管理績效，因此通常都推薦採用 ISO 50001 作為節能管理的起手式。

能源管理關鍵方法在於：(1) 能源盤查、(2) 監控耗能碳排狀況、(3) 盤點節能機會 (Green capacity)、(4) 透過節能減(低)碳 (a) 管理、(b) 技術、(c) 設備三個層次，配合廠房規劃和設備選用的節能設計、節能技術引用和操作參數的優化、設備汰舊換新等對策<sup>8</sup>，降低能源消耗；考慮到 2024 年可能課徵的碳費，如可降低用電費用，就可以直接降低碳費的支出，降低營運成本。

## 經典案例

Hermle 應用能源審查納入新能源概念，例如更新和改造工廠的變電器以提高效率、使用植物油代替礦物油來減少碳排、重新設計減少廠房的熱損失、汰舊換新高效先進的熱泵、以及全面使用 LED 照明。

<sup>8</sup> 常見設備節能措施點檢表 <https://emis.itri.org.tw/Home/ERL>

### 經典案例

上銀科技和東台精機二家公司在節能減碳上的實際案例，除了第一階段的「溫室氣體盤查和揭露」外，近年來已經擬定一套多階段的「能源管理策略」。

上銀科技的「能源管理智慧化」三階段策略，如下圖說明，藉由建立能源管理監視系統、系統智慧化決策控制模式、結合生產數據建立能源使用預測模組，進而推動電力需量反應智慧化控制。

#### 能源管理智慧化

##### · 建立能源管理監控系統

- ✓ 建立重大能源使用區域 / 設備數據蒐集計畫
- ✓ 規劃設計能源監視系統
- ✓ 建立各廠區能源監視系統



建構智慧化能源管理基礎

第一階段

##### · 建立系統智慧化決策控制模式

- ✓ 照明系統
- ✓ 鍋爐系統
- ✓ 空壓系統
- ✓ 電力系統
- ✓ 空調系統



推動智慧化能源管理應用

第二階段

- 結合生產數據建立能源使用預測模組
- 推動電力需用量反映智慧化控制



電力需用量反映智慧化控制

第三階段

資料來源：上銀科技股份有限公司企業永續報告書 2020

圖 7、上銀科技「能源管理智慧化」三階段策略

東台精機在節能綠電策略上也有不凡的經驗，特別在有設置太陽能綠電的實務投資和管理經驗，2019 年正式啟動後成為南科高雄園區最大的屋頂太陽能裝置容量發電廠，而且獲選為「科學園區太陽能光電最優貢獻獎」。



路科一廠



路科二廠



湖內一廠

資料來源：東台精機股份有限公司 2020 企業社會責任報告書

圖 8、東台精機廠房屋頂太陽能光電系統

### 策略步驟 3. 綠色韌性：開源節流，探索更多綠色競爭力



■ 碳費 ■ 節約

藍色部分應支付的碳費(稅)成本透過開源節流可進一步降低

此階段的碳管理策略已經不是單純技術問題，而需要同步考慮整體財務、投資效率的選擇。

初步獲得節能績效後，可以開始評估投入投資減碳專案（例如抵換專案、異業合作、再生再利用(3R)、循環經濟、電動車隊、植樹造林等），在當前綠電有限、缺電風險和課徵碳費的前提下，也可以評估考慮投資綠電電廠，透過股權取得碳權；可以考慮引入外部的能源技術服務業(ESCO)（參考能源技術服務業資訊網）持續投資內部的節能減碳方案，以及配合台電的鼓勵方案，評估結合區域性產業合作，投資儲能設備，成立電力供應鏈。模擬案例推算，如以契約容量1,000KW的工廠推估（每天發電8小時、每年300天），約可以抵換1,200 CO<sub>2</sub>e 噸 / 年，如果再考慮未來的碳費及可能的調漲，這些可抵換的碳排量，則可以加速縮短投資報酬年限(ROI)。企業亦可透過 ISO 14064-1 盤查後，以圖 9 作為減碳對策參考。

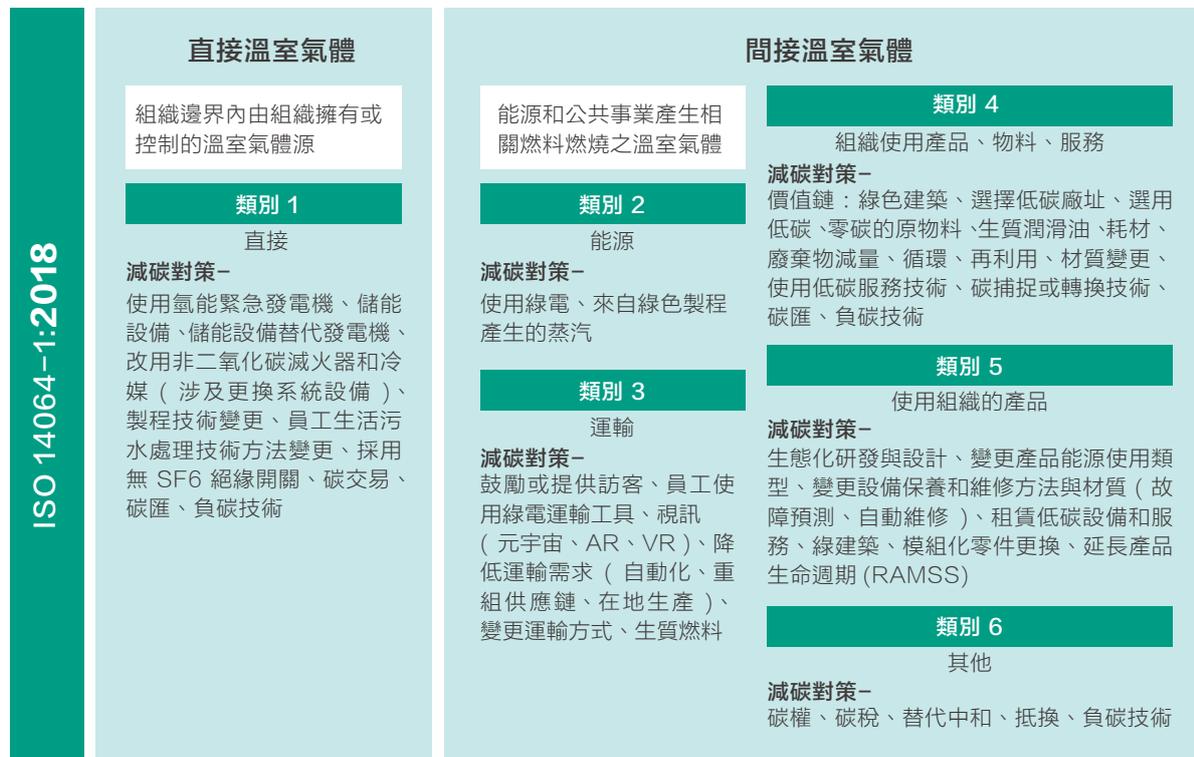


圖 9、企業減碳建議對策；ISO 14064-1：2018

### 經典案例

Hermle 的車隊配備有最現代低碳排技術。使用電動堆高機和電動卡車，以及重新規劃場內運輸路線優化，也設置太陽光電替代傳統電源；建築物使用高性能塗料和玻璃隔熱紙阻斷溫度外洩，有效調節建築物的溫度。

## 策略步驟 4. 綠色契機：化危機為轉機，創造綠色新商機



藍色部分應支付的碳費  
(稅)成本再次降低

前面的 3 個步驟屬於「被動型」策略，產業邁向淨零排放目標，在這個階段是採取「主動性」、跨業、異業的策略規劃，創造新的綠色商業模式，諸如工具機的訂閱制商業模式。

各廠商或產業可透過上下游價值鏈的結合，建立一個「淨零排放價值鏈平台」，在第一步驟碳盤查完成之後，建立上中下游價值鏈的碳盤查數據資料庫，讓整個工具機和零組件同業可以「共享」碳盤查數據，避免重複盤查、降低管理成本、增加同業之間的綠色競爭力。

同時也在平台上彙整第二步驟的節能減碳的成功案例，透過技術與經驗的相互交流，在節能路上攜手並進。

### 經典案例

GF 致力於將永續發展準則擴展到供應商，目標是對約 1,000 家 (採購支出的 80%) 供應商進行全面的永續發展評估，要求共同實現減碳目標。

在推動國際貿易的面向，淨零排放是工具、也是策略，因此有必要持續關注國際間主要機構的政策方向，國際標準規範、法規的趨勢，盡早超前部署，爭取更多的因應條件。例如歐盟的 CBAM、永續產品生態化設計、永續分類標準等，強制要求在歐洲市場銷售的產品必須滿足生態化要求所制定的準則和規定的指標，對於以外銷為出口導向的工具機產業，如能滿足這些高門檻的要求，可為展現產品競爭力的指標。



### 經典案例

Hermle 因應節能減碳，配備高效能的傳動系統、能量回收系統和低功耗待機模式，也在交付給客戶後對產品進行監控，以了解其操作可能產生的潛在能源浪費和效率提升的機會。

此外，也需要再往上游與設備商和材料商一同開發低碳、零碳的新產品，建構工具機加工產業的循環經濟產業生態，以實現生態化永續產品要求的再製造和回收的可能性、材料回收之要求。

在這個階段也更需要資金的取得，才能夠活絡營運資金開創新的商業機會，可以考慮爭取納入綠色基金（例如指數股票型基金(ETF)、道瓊永續指數(DJSI)等）、或綠能、淨零低碳、ESG 的成分股，前提是需要建立一個符合 ESG 的管理機制。

身為績優的淨零排放產業，在投資節能減碳規劃時，也可以爭取主管機關補助優惠方案和研發資金，支持新節能減碳技術開發；當然也需要綠色金融行動方案與稅收政策的支持，推動工具機產業建立具淨零排放優勢生態圈和綠色投資，協助企業找到新的商業機會和模式，以增進綠色競爭力。



# 第三章 工具機產業碳管理對策

工具機產業可採用目前最佳可行技術，以及全球發展中的技術，建立綠色供應鏈，降低使用原物料和材料能源耗用的碳排放，整理出「工具機產業碳管理策略」的可行框架，如圖 10 所示。

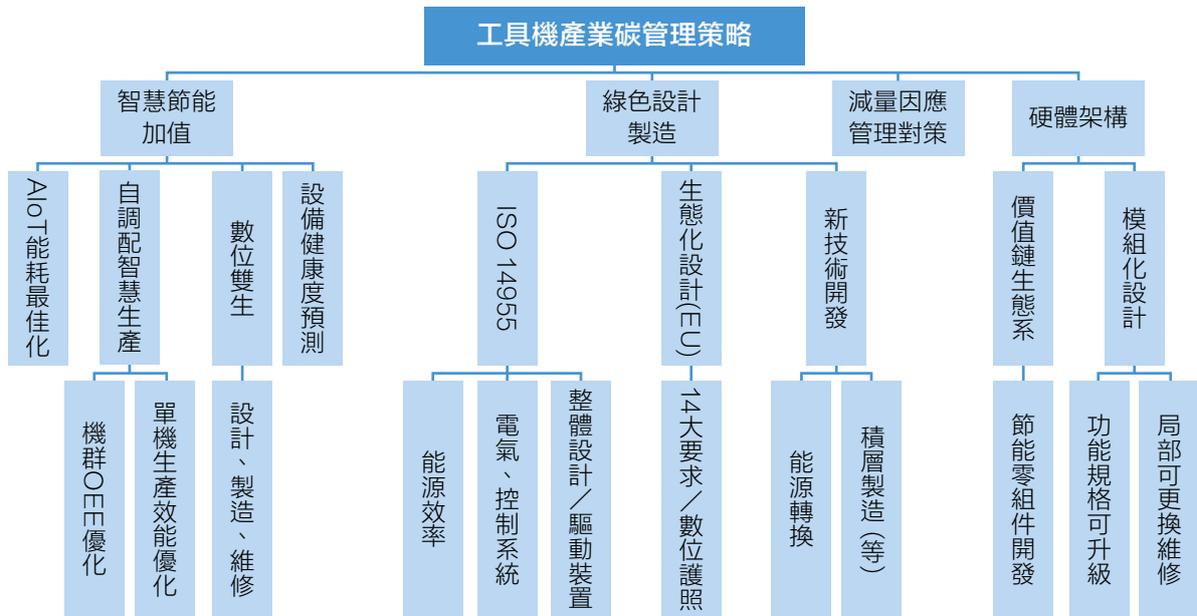


圖 10、工具機產業碳管理策略

在此大框架下針對工具機產品生命週期的三階段：製造階段、使用階段、維護階段，分別有以下的減碳對策，包括綠色工具機、模組化設計、智慧節能增值、數位雙生、積層製造、工具機工廠整體能源生態系統之建立等，如圖 11 所示。

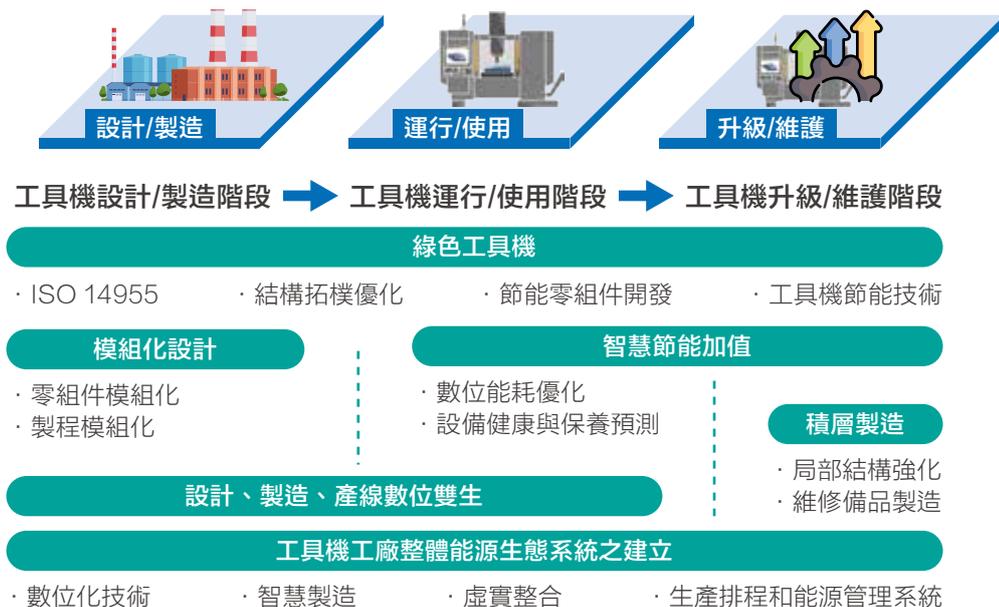


圖 11、工具機產品生命週期的減碳對策

## 綠色工具機

### – ISO 14955 工具機能源效率設計標準

根據 ISO 14955 工具機在能源效率要求下的設計原則如圖 12 所示，主要區分為工具機廠商能自主進行設計優化的部分，以及延伸至外部協力廠商的外購件部分，各項設計原則請參閱 ISO 14955 之相關細則。

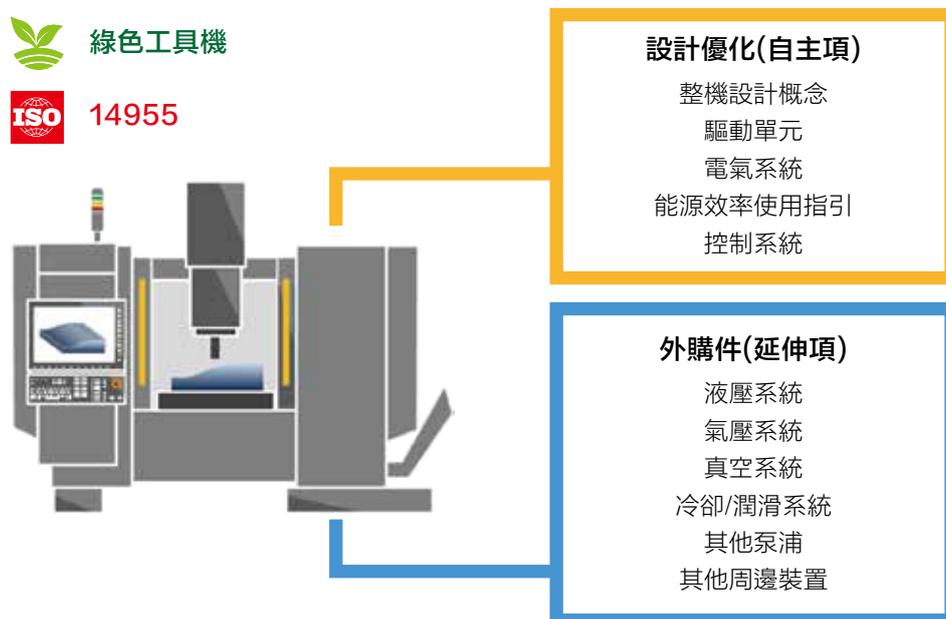


圖 12、ISO 14955 工具機在能源效率要求下的設計原則

### – 工具機設計端著手結構拓樸優化

導入拓樸優化及參數精進技術，就新型機台結構性能與切削精度上做最佳化模擬分析，做為出機前參數調整。工具機走向結構輕量化趨勢，定義設計空間、剛性、質量等目標，在有效設計空間中尋找最佳設計方案。

### – 工具機節能零組件的開發

透過製程技術的改變，如各類冷卻裝置、除霧裝置、主軸、線軌滑軌油氣潤滑等，減少工具機本身硬體部分之能耗，以提升機台本身加工時的能源效率。

### – 工具機節能技術

工具機造成環境的影響有高達 95% 是在使用階段，如圖 13 所示，其中最主

要的因素為電力消耗。而根據歐盟表示，總耗電量佔工業產值 40%，其中 70% 由電力驅動系統所消耗，而工具機更占總能量需求的 68% 以上。因此工具機節能技術成為未來發展工具機生態系 (Eco-System) 之重要關鍵項目。

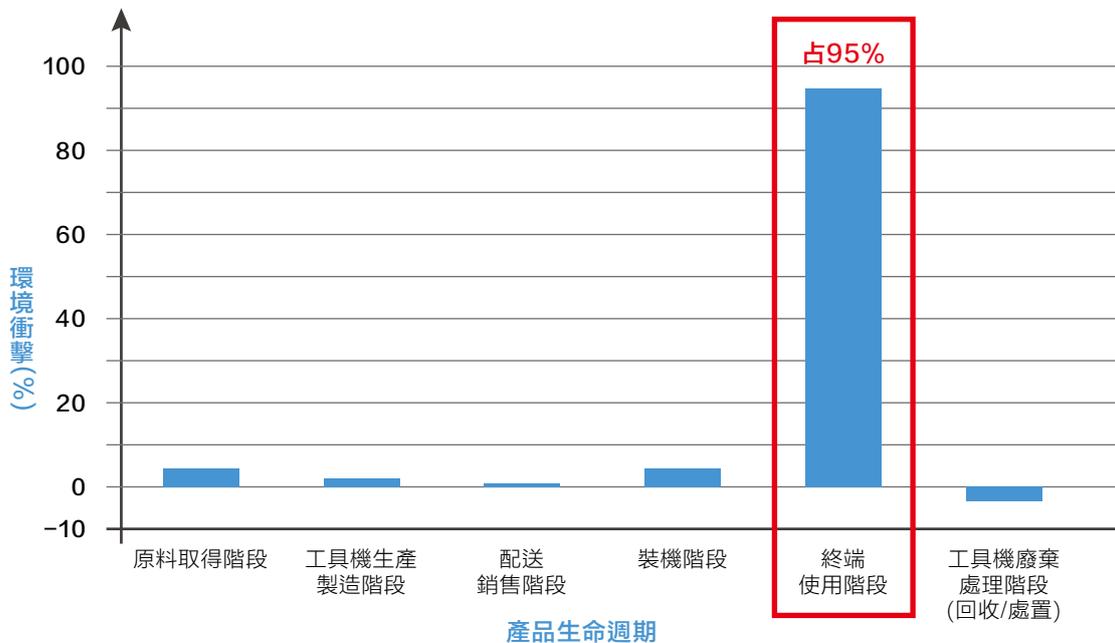


圖 13、工具機生命週期對環境影響占比

根據歐洲工具機業合作委員會 (CECIMO) 發表的歐洲工具機產業與循環經濟報告 (2019)<sup>9</sup> 揭露，2009 年對來自德國、法國和英國 5 家公司的 9 台工具機進行生命週期分析 (LCA) 評估，在整體生命週期範圍、從搖籃到墳墓的過程中，與其他階段（如建造、運輸、安裝維修和除役相比，工具機的使用階段對環境產生的影響最大。換句話說，工具機在用戶使用期間所產生的「溫室氣體排放總量」最為顯著，遠高於工具機的製造等其他階段，因此工具機產業除了自身在設計階段、製造過程中引入有助於提高能源效率的節能減碳努力以外，設法降低用戶在使用工具機期間所產生的溫室氣體排放，對於整體地球的氣候變遷影響有絕對的貢獻機會。如圖 14 所示，彙集收錄相關低碳技術及工具機使用時之能耗分配比例，皆為產業先進經實際應用所得出之寶貴經驗，惟參採時仍須考量個案適用性，包括經濟層面、技術層面及工程層面上。

<sup>9</sup> 歐洲工具機業合作委員會 (CECIMO), 歐洲工具機產業與循環經濟 (THE EUROPEAN MACHINE TOOL SECTOR AND THE CIRCULAR ECONOMY), April 2019  
[https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/circular\\_economy\\_report.pdf](https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/circular_economy_report.pdf)

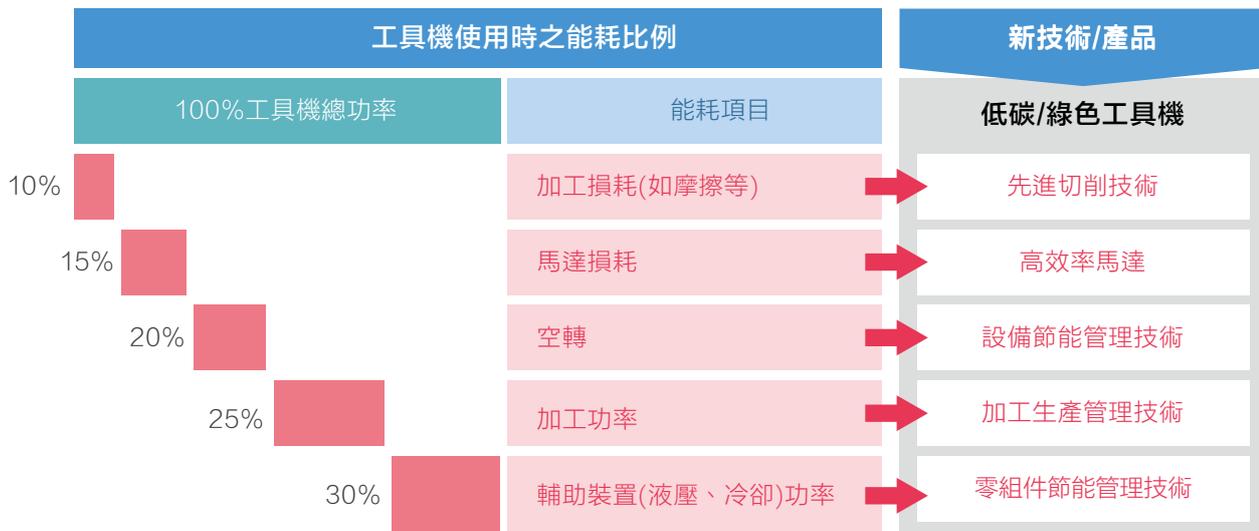


圖 14、工具機使用時之能耗比例及可行的低碳對策

國際生產工程學會 (CIRP) 年鑑 (2020)<sup>10</sup> 中論文就工具機的能源流分析研究，輸入工具機的電力，在生產製造階段各設備單元操作過程中有超過 50% 的電能浪費，也代表工具機產業在協助客戶提高節能效率、降低客戶端碳排放管理成本，增加客戶的市場競爭力上，具有很大的潛力。考量工具機有不同的類型、規格、工作負載與精度需求，因此要充分考慮到不同的工作環境和作業執行狀況，以減少工具機在作業時的能源消耗，達到節能減碳的目的。表 1 為工具機節能考慮的面向、圖 15 為工具機主要能耗示意圖，提供工具機製造廠參考。

表 1、工具機節能考慮的面向

工具機節能考慮的面向	
工具機特性考量	使用零件和刀具考量
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 機台種類</li> <li>- 機械結構</li> <li>- 加工件尺寸</li> <li>- 自動化程度</li> <li>- 傳動機構</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 工件尺寸和形狀</li> <li>- 工件品質訴求</li> <li>- 工件材料</li> <li>- 刀具精度</li> <li>- 刀具磨損</li> </ul>
加工特性考量	其他
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 加工參數</li> <li>- 冷卻策略</li> <li>- 加工方式整體考量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 生產環境</li> <li>- 加工時間長短</li> <li>- 操作方法</li> <li>- 操作者對機台的了解</li> </ul>

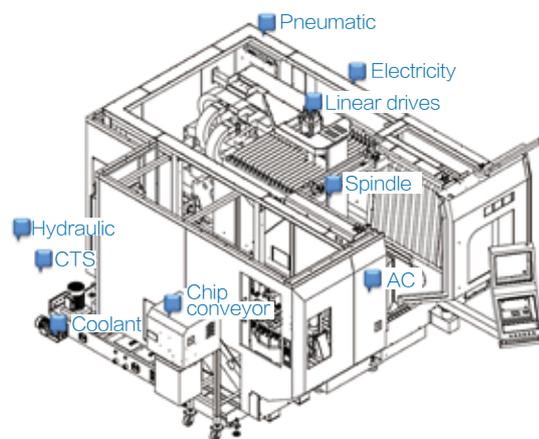


圖 15、工具機主要能耗示意圖

<sup>10</sup> Energy efficient machine tools <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850620301414>

## 模組化設計

透過工具機的模組化設計，可以提升機台設計時的零組件共用性，增加零件維修的更換彈性。

1. 局部零件更換維修，透過更換損壞的部分，讓設備回復應有功能表現，減少資源與能源消耗，在原物料緊縮的時代將帶來可觀的環境效益，也成為循環經濟的基本要項。

2. 局部功能規格升級（常見的如控制器、伺服與主軸系統），而不需購買新機台，就能提升加工性能表現與穩定性，延長工具機產品生命週期，甚至透過高效的CNC加工可以獲得更好的能耗表現，最終達到降低整體環境影響，如圖 16 所示。



圖 16、在 OPC UA 架構下工具機電器模組化案例

## 智慧節能加值

在既有的設備上加裝數位科技與智慧加值功能（包括人工智慧 AI、物聯網 IoT 等），輔助既有設備能夠提升精度、效率等，而不需要汰換原有設備，減少對環境的衝擊。

### 數位能耗優化

在設備上加裝如數位電表等儀器設備，將能耗可視化並掌握能耗，將是節能優化的第一步，後續透過建立節能管理措施與相關優化策略，達成智慧節能優化技術，以期能降低非加工之能耗，獲得最佳化能耗製程，如圖 17 所示。

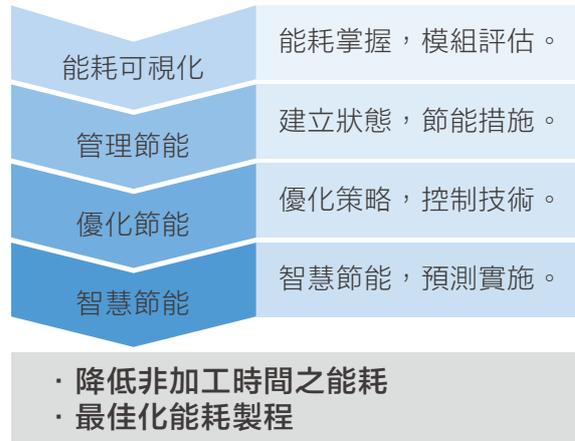


圖 17、工具機數位節能優化

### 設備健康與保養預測

透過資訊數位化與狀態監控，包含人工智慧、物聯網技術，蒐集並分析機台操作的歷史、即時數據，建立設備健康度預測模型，及早發現可能的機械問題，避免

停機維修，提升產品的可靠性與可用性，進而延長設備的使用壽命，達到降低整體環境影響。

## 數位雙生 (Digital Twin)

從產品設計、加工製程到控制決策，經由數位雙生進行數位模擬之分析與設計，實現整體能源管理優化、高效率節能及降低碳排的目標。

### － 設計數位雙生

結合 3D 列印，以 AIoT 連接數位模型，透過軟體在虛擬環境模擬分析，即時對照修正，加速產品開發效率，增進產品特色優勢。

### － 製造數位雙生

在產品製造流程規劃時，先運用虛擬分身模擬，確認效率最高的備料、步驟、人機協作後，再投入實體機台生產，提升產能與達交率，精準的生產步驟也能降低產品的不良率，如圖 18 所示。



資料來源：HEIDENHAIN

圖 18、加工數位雙生

### － 產線數位雙生

從模擬中擇優，善用專家經驗訓練模型，找到對不同生產階段有利的決策或資源對策，生產管理、排程、設備維護等階段都能應用。

## 積層製造

工具機使用過程中需要再製造與維修，可以透過積層製造生產所需要的零件，如輕量化複雜零件製造、局部結構強化，或是難以取得的維修備品，此法減少資源與能源消耗。比起傳統金屬移除方法，具有減少加工廢料的效益，如圖 19 所示。



圖片來源：TRUMPF

圖 19、積層製造

## 工具機工廠整體能源生態系統之建立

結合智慧製造、虛實整合，全面進行整廠製造流的垂直分工與水平整合，透過數位化技術帶來創新，提高產能與效率，未來生產排程還可進一步結合能源管理系統，透過脈絡化資料，改進能源應用模式並降低間接成本，從而達到節能減碳效率之目的。

## 第四章 核心主軸建議推動方向

綜合本篇的探討內容，工具機產業因應永續經營與環保訴求趨勢之推動建議如圖 20。

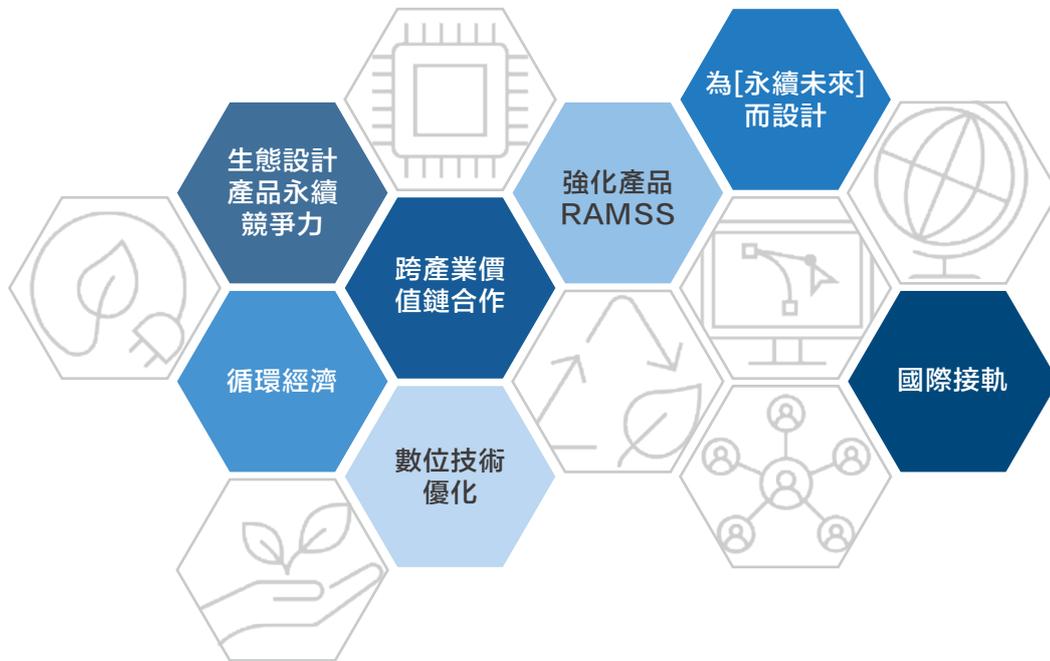


圖 20、工具機永續經營與環保訴求趨勢

### 1. 強化產品的永續競爭力和生態設計

(1) 2022 年提案修訂 EU 2009/125/EC 永續產品生態化設計的指令要求是歐盟的強制性法規，這項指令的公告也促使蘋果手機主動宣告此後可以讓消費者維修手機和更換電池，未來也將採用共通的充電口規格 (type C)，可見此指令的重要性和強制性。

(2) 國際標準也有關鍵作用。例如 ISO 14955-1：2017 工具機 - 工具機的環境評估 - 第 1 部分：節能工具機的設計方法、ISO 14955-2：2018 工具機 - 工具機的環境評估 - 第 2 部分：測量提供給工具機和工具機零組件的能量的方法，除可以國際接軌外，藉由國際標準的導入可以節省台灣工具機產業學習過程中所需要投入的精力和成本，並可專注在如何滿足和精進這些技術性的標準要求。為了協助用戶工廠建立智能化生產線實現工業 4.0，各家工具機通訊和信號之間的相容性標準，如依據 OPC UA 就顯得非常重要。這些協定、標準允許來自不同製造商的機聯網產品、機器和資產，以透明的方式進行交互。

## 2. 全產品生命週期的循環經濟規劃

循環經濟於工具機產業主要重點在於改善設備的可靠度、可用性、可維修性，透過機台程控優化減少加工料件損耗；長期透過建構標竿示範，逐步擴大至整體工具機產業鏈。

工具機產品的特性是平均使用年限長，在 2015 年間的調查，德國 CNC 和非 CNC 工具機的平均使用年限分別為 10.5 年和 19.7 年；因此延長工具機的使用壽命，例如使用數位技術，數位雙生、預測性維護等方式，有助於淨零排放的實現。

預測性維護提高了產品的可靠性和可用性，可減少機器的總停機時間，同時延長機器的使用壽命，也讓整體設備應用效率 (OEE) 提高。

在歐盟生態化設計的指令中針對循環經濟相關的要求包含可重複使用性、可升級性、可修復性、維修和翻新的可能性、回收的內容、再製造和回收的可能性、材料回收的可能性、預期產生的廢料，強調工具機產品生命週期的循環經濟必要性。

## 3. 跨產業價值鏈的雙贏合作

產業創造價值需要仰賴供應鏈，結合應用經濟部工業局與本會所推動的「設計規範」及「品質規範」<sup>13</sup>，正是創造雙贏契機。

(1) 和上游的設備元件供應商合作，有助於開發更具節能潛力的設備、零件，可以顯著降低用戶端在使用階段的能源依賴度、耗用量和碳排放，正好落實設計規範中的模組化設計組裝概念，未來達成易拆解、可回收的長遠目標。

(2) 和原料、耗材供應商合作，選用循環回收再利用的材料、替代更耐用的複合材料，降低對原始材料的開採需求，降低材料全生命週期的總碳排放量。開發具替代性及環保性的冷卻劑、潤滑劑，降低使用排放廢棄量、增加加工過程中的熱交換效率，也可以貢獻淨零排放。

(3) 和下游的客戶合作，協助客戶降低使用階段的碳排放量和減少碳排成本；使用階段的能源消耗是影響工具機環境性能的關鍵因素，應用數位技術管理設備的健康度、預測保養時機，可有效降低設備故障非計畫停機，提高用戶的工具機使用效能和稼動率。

<sup>13</sup> 「設計規範」及「品質規範」 <https://norm.pmc.org.tw/>

這種結合上游設備商、材料商和下游用戶的價值創造思維，契合了設計規範及品質規範藉以提升產品競爭力外，透過有效延長產品壽命，也提升產品碳排放效率。

工具機本身開發更多精準的控制，使用先進的 IoT 輔助，使得整個加工過程從準備到完成的各項階段都可以有效利用能源，特別是在減少待機和無效的運轉行程上，都有幫助，如圖 21 所示。

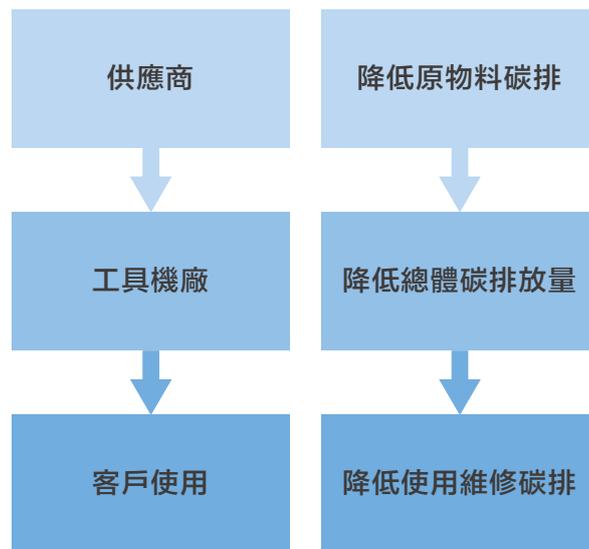


圖 21、工具機產業供應鏈減碳管理

#### 小辭典

台灣工具機暨零組件工業同業公會 (TMBA) 於 109 年 8 月成立技術委員會，致力推動工具機產業通用標準，自 110 年起與經濟部工業局攜手推動工具機產業數位升級轉型，期盼透過工具機「設計規範」及「品質規範」引用，提升零組件介面共通性設計，藉由建置溯源管理機制，強化產品可靠度，達到能源永續目標並樹立工具機產業規範的核心價值。

## 4. 善用數位技術優化管理和製造

儘管工具機的生產製造管理已經具有一定的水準，隨著越來越多數位技術應用成功案例，建議工具機產業可以善用。數位技術不只是 AI 人工智慧，更應該包含 iABCDEF 等各項數位技術之整合應用。運用機台上的 IoT 裝置，收集製造及設備使用過程中的海量數據，透過各式數位技術優化來提升管理和製造效率，進而擴充工具機設備的性能。常見的數位技術包括業界應用最多的影像辨識、瑕疵檢測、生

產加工程序監測、加工條件自主調適(補償)系統、冷卻和節能系統監控、遠距監測和操作系統、設備健康度管理(PHM)、生產排程、無人搬運車和智慧倉庫、數位雙生等。

對生產製造業者而言，獲得生產效率提高、降低設備待機或故障排除，產線變更調整之前的模擬排程和動線、廠房配置、空壓系統管理等，可事先排除生產盲點，有效的掌握現場製程；對於廠房的環境控制、空調冷卻管理，也可應用內部和外部的數據，更精準的預測調節工具機耗能設備的稼動需求，減少額外產生碳排的機會。

#### 小辭典

iABCDEF 數位技術代表：

i: IoT 物聯網技術、A: AI 演算法、B: 區塊鏈技術、C: 雲端運算運用技術、  
D: 大數據處理技術、E: 邊緣運算、F: 5G 高速通訊數據交換技術。

## 5. 強化產品的 RAMSS<sup>14</sup>(可靠度 (Reliability)、可用度 (Availability)、可維修度 (Maintainability)、安全 (Safety)、資安 (Security))

對設備使用者而言，非計畫停機導致無法生產是最大的困擾，因此如何持續改善整體設備效率(OEE) 包含設備、製造、能源應用、時間、產出、人力、稼動率等，都是工具機產業在提升競爭力的同時需要關注的議題。

設備換線換模、故障維修、性能下降、待機運轉、無效搬運等情況，都是造成設備浪費電力、增加碳排放的隱形殺手。因此工具機從設計開始到製造，都需要仔細考慮設備在使用階段的可靠度、可用度、可維修度、安全性和資訊安全防護，以確保工具機在使用階段都處於最佳狀態下善用電力，整體來看就可以降低電力消耗密度和碳排密度。

工具機產業除了自身持續精進的設備機構零件研發技術外，善用 iABCDEF 數位技術也可有效促進 RAMSS 的整體效能展現，應用遠距診斷機台健康狀況、機台效能提升分析和建議方案、提供遠距設備軟體自動更新(OTA 功能)、設備精度調校、維修保養等數位技術服務，將大幅節省跨國交通耗能和等候設備復原的成本。

<sup>14</sup> Statistics, RAMS & Quality Management, [http://www.applied-statistics.org/RAMS\\_Standards\\_EN.html](http://www.applied-statistics.org/RAMS_Standards_EN.html)

## 6. 為 [ 永續未來 ] 設計：導入減碳材料、技術和設備

產業不斷地探索更新更好技術的同時，也需要考慮「未來」。為未來而設計的概念不僅注重在環境和資源保護、也要考慮到環境和資源的最有效應用與平衡。工具機主要的任務在於生產製造「零件」，近期對積層製造、減重、射出壓鑄成型、粉末冶金等工法的循環共生，多有開創應用，推薦為 [ 永續未來 ] 設計的方法諸如生命週期評估<sup>15</sup>(LCA)、仿生設計、拓樸方法、微系統技術的模組設計、輕量化設計、機構設計、能量轉換設計(冷、熱、電、壓力等)、材料替代、重新配置製造系統、智慧數位技術等<sup>16</sup>。

工具機在生產加工過程不只耗用電能產生碳排，也會造成其他污染，在間接或直接的交互作用下影響環境和資源。因此在設計開發工具機的階段，除節能減碳效能的考慮以外，也要考慮冷卻潤滑系統、排料系統、加工過程回收和再利用的內外部循環。

## 7. 與國際工具機產業的淨零排放規範接軌

隨著各國宣告在 2030 和 2050 年的淨零排放目標，必然會推出各種不同新的政策、標準和規範，對以出口為導向的工具機產業產生顯著的影響，與其被動因應，不如及早接軌；例如歐洲地區指標性的工具機代表廠商和國家都積極建立具有代表環境友善、低碳和能源效率的產品節能標章，代表性的標章包含 ISO 14955 工具機節能測試與節能 EU 標章、藍色哲學 (Blue Philosophy)、藍色能力 (Blue Competence)。除歐盟的 CBAM 外，其他主要出口貿易國，諸如美國、中國、日本、韓國等，也都正在研擬類似的非關稅障礙，值得超前部署應對和直接參與。

### 小辭典

藍色哲學 (Blue Philosophy) 是義大利工具機與自動化產業協會 (UCIMU) 的一項倡議，於 2011 年被納入 UCIMU 標誌。該倡議目的主要為展現義大利工具機製造商對於永續的責任和承諾，特別是在能源效率和環境方面。目前已有 70 多家公司獲准使用 UCIMU 標誌。

藍色能力 (Blue Competence) 於 2009 年由德國機械工程業提出，倡議重點是節能及環境永續，後續也涵蓋了經濟和社會之永續。CECIMO 從 2012 年開始在歐洲推動工具機產業的 Blue Competence 倡議，截至 2018 年，英國 (MTA)、德國 (VDW)、西班牙 (AFM)、瑞士 (SWISSMEM) 和捷克 (SST) 等國家的工具機相關協會已陸續加入該倡議。

<sup>15</sup> Review of life cycle models for enhancing machine tools sustainability: lessons, trends and future direction, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844021008938>

<sup>16</sup> The Analysis of Key Technologies for Sustainable Machine Tools Design, <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/3/731/htm>

## 第五章 結語

結合創新思維與數位科技作為系統整合之能力，透過異業結盟，融合領域知識，深化及拓展整體工具機產業的研發能量與專業能力，發揮產業上下游之連結功能，開發符合產業特性之數位轉型解決方案，創造產業數位轉型新價值。推動產業跨域高價值循環經濟，於源頭設計和製造階段即開始思考循環的需求與契機，包含技術整合、使用模組化零組件和設計標準，以簡化產品設計，延長生命週期，提升產品的商業價值，降低環境衝擊的影響。

環境永續是責任、是使命；淨零排放，則是任務的開端。「知者創物，巧者述之」，這場新興型態模式，將集結上中下游之力，發揮各自優勢力量，以「創鏈、共榮」的理念，在產業寫下做人的新頁。



## 參考文獻

1. 台灣工具機暨零組件工業同業公會，2021 工具機產業白皮書，2021
2. 台灣產業創生平台、台杉投資，2020 台灣產業新創投資白皮書，2020
3. 國發會，2050 淨零排放路徑及策略總說明，2022
4. CECIMO, The European Machine Tool Sector and the Circular Economy, 2019
5. CIRP Annals Volume 69, Issue 2, 2020
6. European Commission, Carbon Border Adjustment Mechanism, 2021
7. European Commission, Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council : establishing a framework for setting ecodesign requirements for sustainable products and repealing Directive 2009/125/EC, 2022
8. ETMM, 10 examples of sustainability in machine tool manufacturing, 2020
9. Jean-Philippe Montfort & Pavlina Chopova-Leprêtre, EU Proposal on New Ecodesign Requirements for Sustainable Products, Mayer Brown, 2022
10. Rainer Stark, Günther Seliger, Jérémy Bonvoisin, Sustainable Manufacturing : Challenges, Solutions and Implementation Perspectives, Springer Nature, 2017
11. VDW, Energiewende bietet Potenzial für die Werkzeugmaschinenindustrie, 2022

# 附錄

## 附錄 1: 國際面對 2050 年淨零排放重要時間點

國際	
時間	項目
2021 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 國際能源署 (IEA) 呼籲所有政府，都應停止批准新的煤礦或油氣田，並計畫有效率地關閉現有相關設施。</li> <li>● 6 月 G7 承諾合作解決「碳洩漏」問題。</li> <li>● 7 月 14 日歐盟公布 55 套案，以及碳邊境調整機制 (CBAM) 草案。</li> </ul>
2022 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 歐盟 6 月 22 日通過 CBAM，將從 2023 年 1 月 1 日起適用，過渡期至 2026 年底，CBAM 正式實施時間延期到 2027 年。</li> <li>● 歐盟 CBAM 對產品的碳足跡盤查 (ISO 14067)，其原先在製造階段只考慮直接溫室氣體，6 月 22 日通過的 CBAM 在製造階段，新增加間接溫室氣體，管制範圍除原先水泥、鋼鐵、鋁、肥料、電力外，亦新增納入有機化學品、塑膠、氫氣和氨。</li> <li>● 美國清潔競爭法案 (Clean Competition Act, CCA) 預定在 2024 及 2025 年針對所規範的初級產品，徵收碳關稅。2026 年起，產品裡含有初級產品超過 500 磅 (約 225 公斤) 要徵收碳關稅。</li> </ul>
2023 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● CBAM 過渡期：鋼鐵、水泥、肥料、鋁、電力、化材 (有機、無水氨、氨水、氫等) 聚合物等申報碳排資料，但不徵稅。</li> </ul>
2024 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 美國 CCA 法案針對所規範的初級產品，徵收碳關稅。</li> </ul>
2025 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2025 年遞交 2030 年後的國家自定貢獻 (NDCs) 目標。</li> <li>● 國際能源署 (IEA) 禁止在新建築中安裝燃氣爐。</li> </ul>
2026 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 美國 CCA 法案針對產品裡含有初級產品超過 500 磅 (約 225 公斤) 徵收碳關稅。</li> </ul>
2027 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 歐盟 CBAM 正式施行。</li> </ul>
2030 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 第 26 屆聯合國氣候變遷大會 (COP26)：宣示 2030 年碳排放量較 2010 年減少 45%。</li> <li>● 聯合國氣候變遷專門委員會 (IPCC) 報告建議，2030 年減碳目標應達 43% 才有辦法在 2050 年達成淨零排碳。</li> <li>● 歐盟訂定 2030 年碳排放量較 1990 年減少 55%。</li> </ul>
2035 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 國際能源署 (IEA) 禁止銷售新的燃油或柴油動力車，並將建造太陽能發電廠的速度提高 4 倍。</li> </ul>
2040 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 國際能源署 (IEA) 推動全球電力部門的碳排放量達到淨零。</li> </ul>
2050 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 全球最主要工業大國達到淨零排放。</li> </ul>

資料來源：參考台灣 ICT 產業 2050 淨零排放路徑及策略

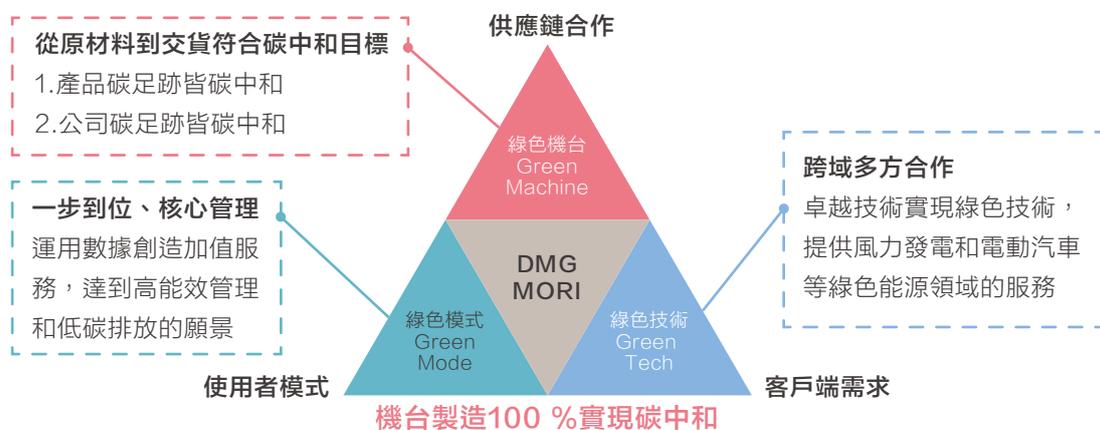
## 附錄 2: 台灣面對 2050 年淨零排放重要時間點

台灣	
時間	項目
2021 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 4/22 世界地球日蔡英文總統宣示，2050 淨零轉型是全世界的目標，也是台灣的目標。</li> </ul>
2022 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 3 月環保署空污防制加嚴降載減排。</li> <li>● 3/3 金管會發布上市櫃公司永續發展路徑圖。</li> <li>● 3/30 國發會發布台灣 2050 淨零排放路徑。</li> <li>● 4/21 行政院通過「溫室氣體減量及管理法」修正草案，2050 淨零入法，並將法案名稱修正為「氣候變遷因應法」，函請立法院審議。</li> </ul>
2023 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 經濟部將公告「耗水費徵收辦法」。</li> <li>● 環保署擴大溫室氣體排放量盤查登錄。</li> </ul>
2024 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2024-2025 年環保署開徵碳費。</li> </ul>
2025 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 20% 電力來自再生能源的目標。</li> <li>● 市區電動公車普及率 35%。</li> <li>● 不興建新燃煤電廠。</li> </ul>
2026 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 契約容量在 5,000 KW 以上的用電大戶，需設置 10% 再生能源。</li> </ul>
2030 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 風力光電累積裝置容量達 40 GW。</li> <li>● 電動車售比 30%/ 電動機車售比 35%。</li> </ul>
2035 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 智慧電錶布建率達 100%。</li> </ul>
2040 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 燃煤、燃氣電廠依碳捕集與封存 (CCUS) 發展進程導入運用。</li> </ul>
2050 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 再生能源發電占比超過 60%。</li> <li>● 智慧變電所布建率達 100%。</li> </ul>

資料來源：參考台灣 ICT 產業 2050 淨零排放路徑及策略

### 附錄 3: 國際工具機大廠指標案例 (DMG MORI)

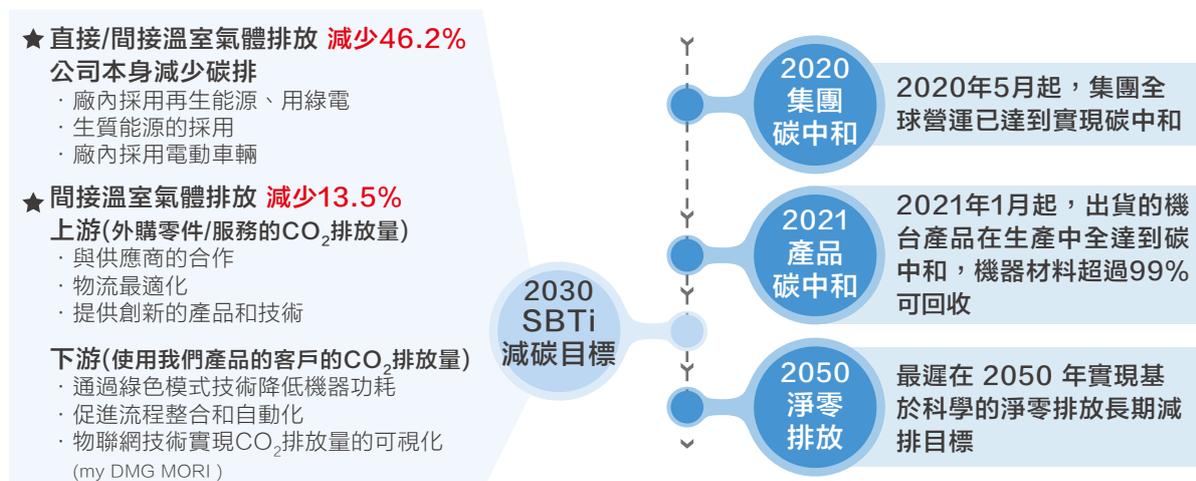
DMG MORI 在減碳解決方案三箭齊發，包含「打造綠色機台」、「擴增綠色模式」、及「推動綠色技術」。在打造綠色機台上，提供從原料到交付的碳足跡皆達到碳中和的工具機產品給全球客戶，進一步提高附加價值；在擴增綠色模式上，強調以打造數據驅動決策的加值應用，提供軟體及硬體整合解決方案；在推動綠色技術上，以自身卓越技術來服務包括風力渦輪機、水力發電站、氫氣電解或電動汽車製造等綠色能源領域之客戶，進一步創造高度創新技術。



資料來源：DMG MORI 2021 年報

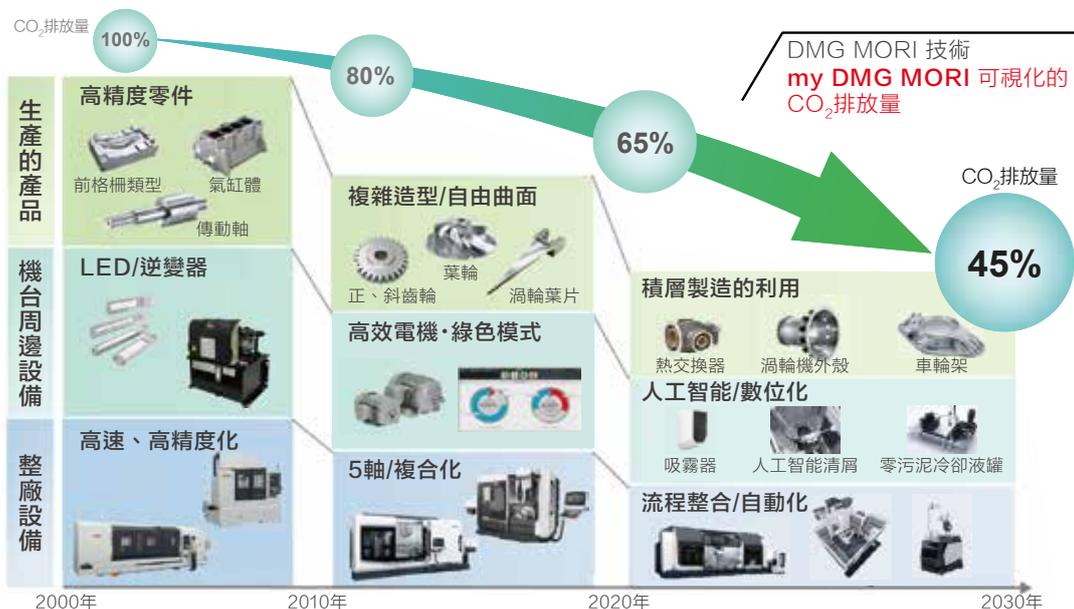
圖 22、DMG MORI 集團碳中和規劃

DMG MORI 目標是最遲在 2050 年實現科學基礎碳目標 (SBTi) 的淨零排放長期減排目標，整理各項進程和重點如下圖。



資料來源：DMG MORI 2021 年報

圖 23、DMG MORI 集團 SBTi 減碳驗證規劃

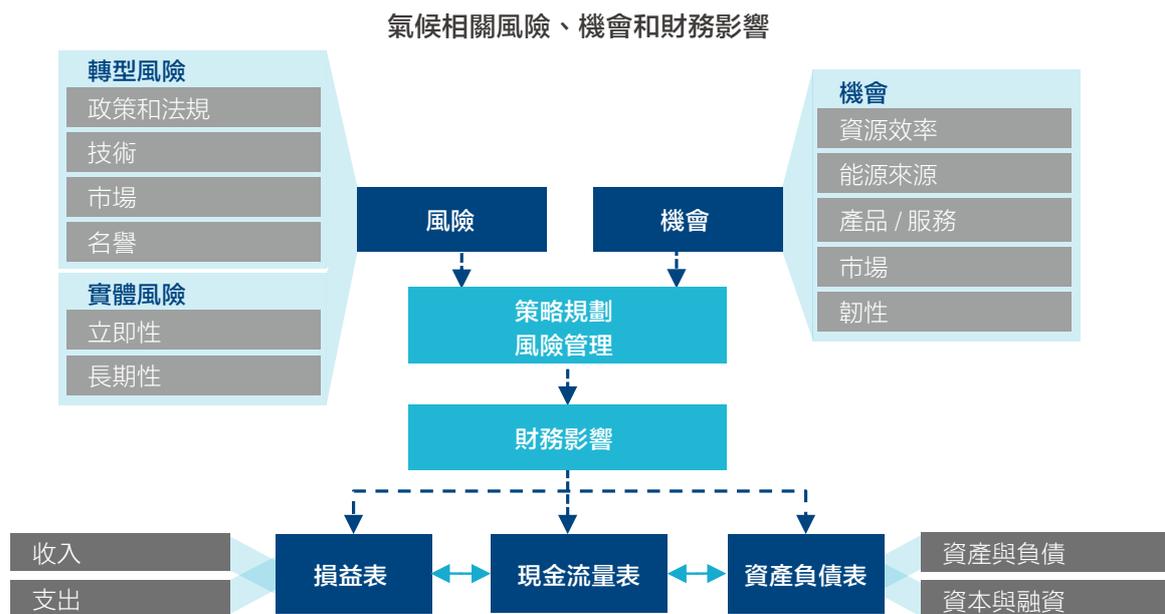


資料來源：DMG MORI 2021 年報

圖 24、DMG MORI 集團產品節能技術與成效

### 附錄 4: 工具機產業以 TCFD 為工具進行「營運衝擊分析」

應用氣候變遷相關財務揭露 (TCFD) 的方法學和情境分析，就氣候變遷及淨零訴求對工具機產業進行「營運衝擊分析 (Business Impact Analysis)」。



資料來源：氣候相關財務揭露建議 - 結論報告

圖 25、應用氣候變遷相關財務揭露 (TCFD) 的方法學和情境分析

## 1. 氣候變遷結果對工具機產業的衝擊（風險）：

- ★轉型風險：國際和台灣的政策與法規趨勢對於因應氣候變遷節能減碳的要求更加明確嚴格，也會透過碳費或碳稅的經濟手段對產業施加壓力。歐盟等各個國家也明確宣示以電動車取代傳統內燃機車輛，在技術上和市場上也對工具機產業有明顯的轉型影響。此外隨著淨零排放的熱潮，若企業採用消極方式因應對待，對於企業的形象和品牌肯定有負面的影響，難免讓客戶有不良的觀感。
- ★實體風險：2022年電費調漲8%、2024年環保署即將開徵的碳費、歐盟在2027年擴大開徵碳邊境稅，以及品牌和客戶對碳中和的商業要求，已經讓產業扎扎實實感受到立即性的財務成本和業務的風險。

從長遠風險來看，在氣候變遷的前提下，對現有工具機的耗能、結構、設計、性能、耐用度、可靠度等特性存在潛在挑戰，例如能源成本增加、額外碳費、氣溫升高、缺水、材料短缺，工具機在使用過程中需要節能、冷卻、降溫、材料耗用的需求更顯得嚴峻，特別在綠電缺乏、分配不均的情境下，更迫切需要。

## 2. 因應氣候變遷策略對工具機產業的衝擊（機會）：

- ★現階段在工具機應用領域中，汽車、航太與國防、電子與電機產業應用占比約3/4，其他產業占1/4。觀察各類產業發展趨勢，預估未來十年，包括半導體、能源設備（離岸風電與大規模儲能系統）、醫療設備等產業，都有顯著成長機會，並衍生新一波工具機市場需求。
- ★在因應氣候變遷與實現永續能源供應議題上，未來需要更多的綠能來替代化石燃料及大型儲能系統的配套方案，因此綠能相關設備生產所需要的工具機種類和功能就會有所不同、需求也有增減變化。除了現在常見的太陽能發電和風力發電以外，其他諸如地熱發電、潮汐發電、氫能發電等新型態的綠電設備，也需要大規模的儲能系統，衍生新機會所需要的加工機具和零件材料各有不同，因此也帶來工具機產業新的需求類型和機會。

就工具機的客戶市場使用端，因應能源和減碳的成本日增。依據 CECIMO 歐洲工具機產業與循環經濟報告及國際生產工程學會 (CIRP) 年鑑的研究結果顯示，在整個工具機生命週期中，使用階段的能源消耗和浪費最高，客戶和市場對工具機的能源效率、可靠度的期望必然更高。

## 附錄 5: 專家名單

No.	委員會職稱	單位	姓名	職稱	TMBA 職稱
1	總召集人	哈伯精密股份有限公司	許文憲	董事長	理事長
<b>智庫委員會</b>					
2	召集人	靄崴科技股份有限公司	陳金柏	董事長	副理事長
3	副召集人	永進機械工業股份有限公司	陳伯佳	總經理	常務理事
4	委員	嵩富機械廠股份有限公司	謝東羸	總經理	理事
5	委員	德大機械股份有限公司	黃耀德	總經理	理事
6	委員	東培工業股份有限公司	陳成	董事長	理事
7	委員	永詮機器工業股份有限公司	林建佑	總經理	理事
8	委員	協易機械工業股份有限公司	郭雅慧	董事長	理事
9	委員	寶嘉誠工業股份有限公司	吳銘禧	總經理	理事
10	委員	安加實業股份有限公司	陳俊榮	副總經理	理事*
11	委員	大詠城機械股份有限公司	謝宜軒	總經理	理事*
<b>技術委員會</b>					
12	召集人	永進機械工業股份有限公司	陳伯佳	總經理	常務理事
13	副召集人	東台精機股份有限公司	嚴瑞雄	董事長	名譽理事長
14	副召集人	台中精機廠股份有限公司	黃明和	董事長	顧問
15	副召集人	達佛羅股份有限公司	張錦鋒	董事長	顧問
16	副召集人	亞崴機電股份有限公司	楊丞鈞	總經理	理事*
17	副召集人	遠東機械工業股份有限公司	莊宇龍	總經理	理事
<b>顧問</b>					
18	顧問	程泰機械股份有限公司	楊德華	董事長	名譽理事長
19	顧問	上銀科技股份有限公司	卓永財	總裁	名譽理事長
20	顧問	台灣瀧澤科技股份有限公司	戴雲錦	董事總經理	常務理事
21	專家	經濟部工業局金屬機電組	林華宇	組長	
22	專家	台灣產業競爭力協會	黃國寶	永續長	
23	編撰單位	財團法人精密機械研究發展中心	賴永祥	總經理	
24	編撰單位	財團法人精密機械研究發展中心	陳忠平	處長	
25	秘書處	台灣工具機暨零組件工業同業公會	黃建中	秘書長	

(\* 表候補)



台灣工具機暨零組件工業同業公會

Taiwan Machine Tool & Accessory Builders' Association

407274 台中市西屯區工業 37 路 27 號 3 樓

TEL : 886-4-2350-7586 FAX : 886-4-2350-1596

<http://www.tmba.org.tw> E-mail: [tmba@tmba.org.tw](mailto:tmba@tmba.org.tw)