



淨 零 永 續

周至宏 (Jyh-Horng Chou)

Fellow IEEE/IET/AAIA/CACCS/CSME/CIAE/TFSA

逢甲大學講座教授兼榮譽副校長

引領雙軸轉型打造企業永續研討會

(台灣科學園區科學工業同業公會101會議室)

2024年02月01日

COPYRIGHT© JYH-HORNG CHOU

2024 引領雙軸齒轉型 打造企業永續

研討會

2/1 (四)

13:15-17:00

台灣科學園區科學工業同業公會
101會議室
(新竹市東區展業一路2號)



免費報名

2023 年是全球實踐「數位轉型」和「永續營運」並進的新時代，隨著 ChatGPT 橫空出世引爆 AI 浪潮，從產業到個人都將面臨嶄新的體驗與挑戰；面對瞬息萬變的市場，企業如何及時掌握機會、創造價值？「雙軸轉型」已是必然，「企業永續」更是必需！此次活動特別邀請校友企業—精誠資訊，來與我們分享雙軸轉型如何協助企業創造成功模式。

→ 報到時間 | 13:15-13:45

→ 講師 |

雷竣翔



精誠資訊 ▶
智慧綠能發展處顧問

張文獻



精誠資訊 ▶
數據傳教士

周至宏



逢甲大學 ▶
榮譽副校長

全球產業快速發展趨勢

產業快速發展，讓人類生活舒適與經濟富裕，但其也伴隨著溫室氣體排放及氣候變遷的問題；期望藉新科技的研發，推動經濟發展，同時減緩氣候變遷，兼顧經濟與環保等目標。

工業5.0

未來產業發展將優先考慮環境，包含能源消耗、排放物、廢物管理流程，推動永續發展，透過人類與多工智慧機器人合作，或藉由個人技能提升與培訓，創造產品最佳結果，在人、環境與產業之間取得平衡。

智慧產品生命週期服務

將因應客戶的產品回饋，透過自動化系統，結合產品生命週期服務，提高產品價值。藉由產業動態變化，提供創新服務、增強軟體技術，滿足客戶未來的特定需求。

智慧邊緣運算服務

邊緣計算的性能不斷提升，將以更快速度進行數據處理，滿足下一代自動化系統與分散式運算，並且隨著雲端技術與資料安全技術不斷進步，該服務將增強用戶管理系統之品質與安全性。

聯網汽車

未來車商將從專用短程通訊轉為5G通訊連接，提供高頻寬、低延遲的快速網路，並結合邊緣運算技術來處理大量數據，以利監控聯網車輛，確保車輛安全。

6G通訊

估計在2030年，6G傳輸速度將成為5G的100倍、連接密度達到每平方公里1000萬台設備、峰值傳輸速率最大值將達到1000 Gbp/s，提供高速、安全、可靠的連結能力。

半導體

通訊技術的進步，帶動高階半導體之需求，未來半導體將結合量子計算、區塊鏈、AI、物聯網技術，提升產品性能、擴大半導體應用範圍，以開創新興商業模式。

氫能

隨著氫能相關製造技術之開發，降低製氫、儲存、運輸之成本，估計在未來5至10年，生產成本將達到1美元/公斤，促使產業使用氫能。

永續性

透過購電協議，利用太陽能電池板、風力發電、地熱能等再生能源進行發電，並由材料供應商、產品製造商、服務供應商共同參與，打造工業市場的綠色產業鏈。

碳捕集與封存(CCUS)

CCUS將在未來十年受到能源公司關注，推估燃煤產業與天然氣產業將成為CCUS的重要應用領域，其次為生物製造業與工業。

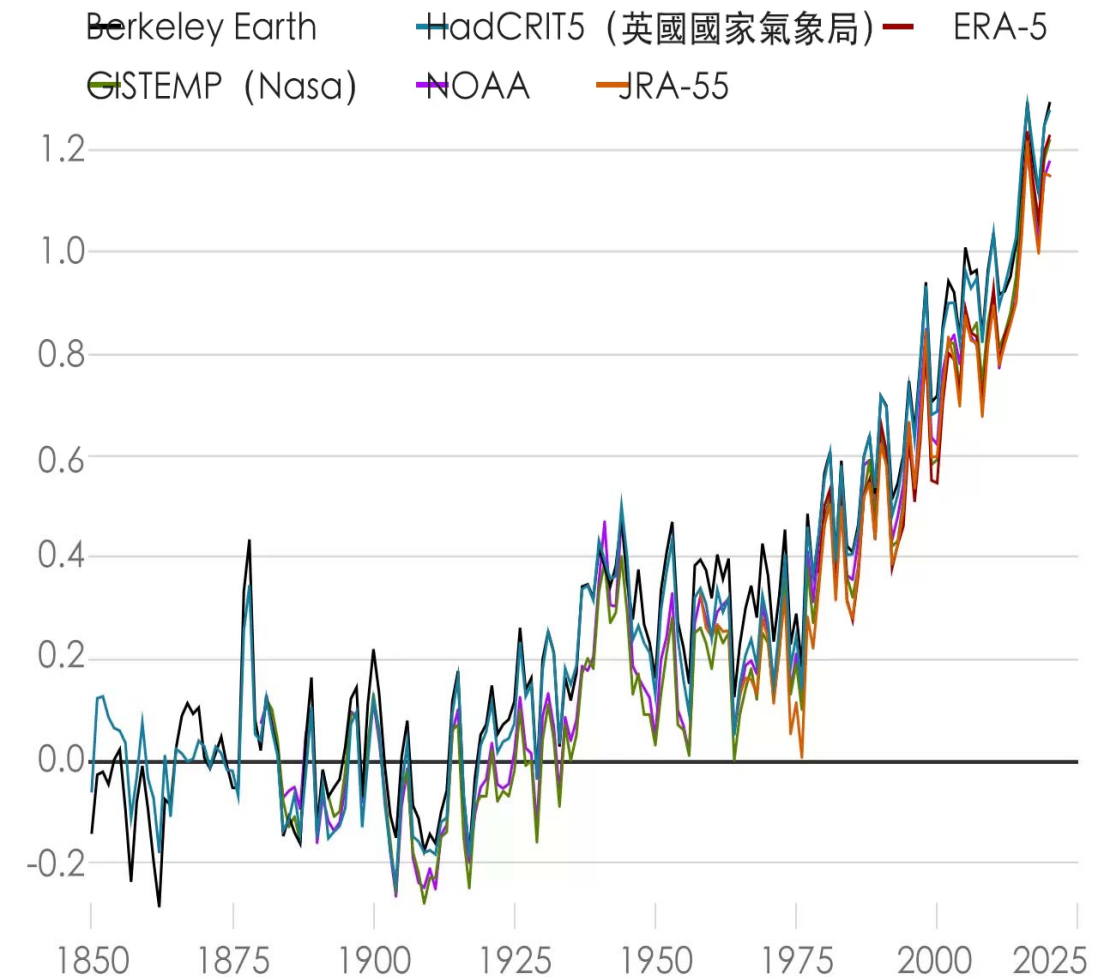
產業發展引起氣候變遷

(<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/science-57749347>)

氣候變遷是由人類的產業發展引起的，如化石燃料燃燒及工/農業活動等，其釋放出大量的CO₂等溫室氣體，進而導致地球的平均溫度上升，這就是所謂的全球暖化現象；世界氣象組織(WMO)的數據顯示，地球上現在的氣溫比工業化開始普及之前高了將近1.2°C。按照這個趨勢，到2100年全球氣溫將比工業化前約高3~5°C。

自1850年以來氣溫逐漸升高

與工業化前水平相比，全球平均氣溫變化幅度，°C



來源：英國國家氣象局

BBC

產業鏈溫室氣體排放量

●世界經濟論壇(World Economic Forum)於2021年發布報告，**食品產業鏈**的溫室氣體排放量是**八大產業鏈**的排放量(共約多於全球排放量的**50%**)之首，約近**26%**，超過建築營造(約**10%**)、時尚、快速消費品、電子、汽車、專業型服務、運輸等產業鏈(合計約**15%**)；食物系統既是環境惡化的破壞者，也是氣候變化的受害者，因而還會造成食物危機。

◆根據美國環保總局的數據，**CO2等溫室氣體排放量**位居前五的行業分別是：交通佔比**29%**，電力佔比**28%**，工業佔比**22%**，商業和住宅佔比**12%**，農業佔比**9%**。

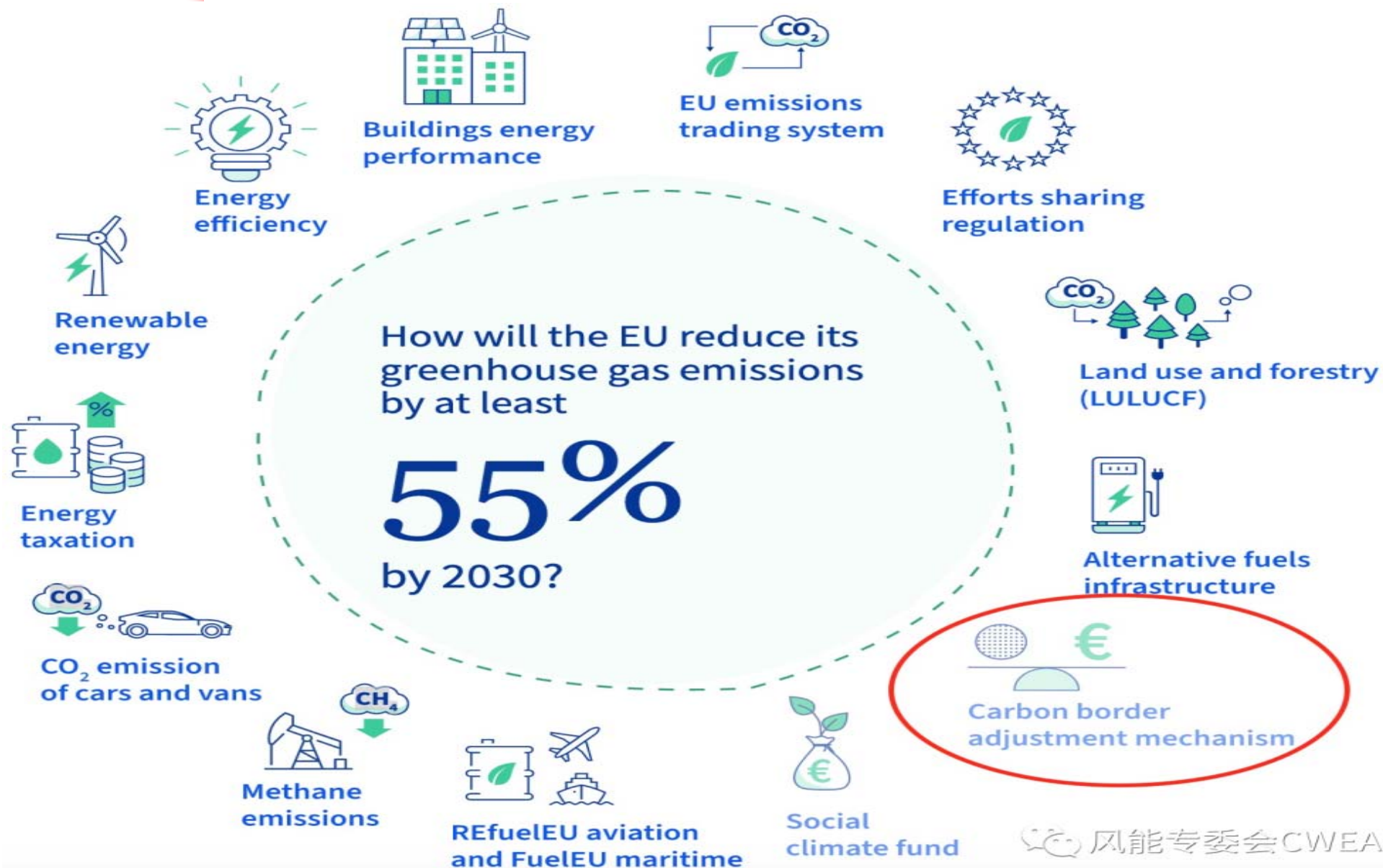


(<https://www.weforum.org/reports/net-zero-challenge-the-supply-chain-opportunity>)

淨零排放(Net Zero)

淨零排放不是不排放，而是研發與優化技術、設備、或製程等來讓人為造成的溫室氣體(能源排放之直接燃燒煤炭、石油與天然氣所產生的溫室氣體；非能源排放之工業製程所產生的含氟氣體、農業與廢棄物所產生的甲烷氣體等)能達到排放極小化，然後再運用碳捕集技術(CCS/CCUS之CO₂捕集技術)、自然碳匯(透過森林、植物、海洋、土壤從大氣中吸收碳)等方法抵消，達到淨零排放。

歐盟的Fit for 55



风能专委会CWEA

(<https://clustercollaboration.eu/content/european-council-adopts-just-transition-fund-and-fit-55-package>)

歐盟的法規 (1/6)

歐盟實施**CBAM**(**碳邊境調節機制**)在**2023年5月17日**正式生效且公告其**時程與方式**，**CBAM**確定已於**2023年10月**開始試運行，過渡期至**2025年底**，在過渡期間只需要提交**CBAM報告**(涵蓋產品資訊、碳排放、及已支付的碳價等內容)，在此期間不徵收任何費用。**2026年1月正式實施開徵**(有配套的**免費配額2034年起免費配額全面取消**)；若出口商未遵行申報，將被處以**三倍罰款**(以上年度**CBAM證書**平均價格為計算標準)並補足未交的**CBAM證書**。

履行義務 (進口商)

2023.10.01~2025.12.31
過渡期

2026.01.01
正式實施

提交**CBAM報告書**

(每季，最遲於1個月內提交)

- 進口產品總量
- 進口產品碳含量：生產過程中的直接排放+間接排放
- 進口產品在原產國/地區已經支付碳價

申報、繳納前一年**CBAM憑證**

(2027年起，每年5月31日前須完成)

- 前一年進口產品總量
- 進口產品碳含量(含查證報告副本)
- 應繳納**CBAM憑證**數量



(<https://www.go-moea.tw/publications>)

歐盟的法規 (2/6)

◆ **CBAM納入產業的範圍**；第一波是鋼鐵、鋁、水泥、化肥、電力和氫氣，及某些前驅物(precursors such as cathode active materials)和一些下游產品(例如螺絲和螺栓等鋼鐵製品)。過渡期結束前，歐盟將評估其它有碳洩漏風險的商品其包括有機化學品和聚合物，目標是到2030年將包括EU ETS涵蓋的商品。

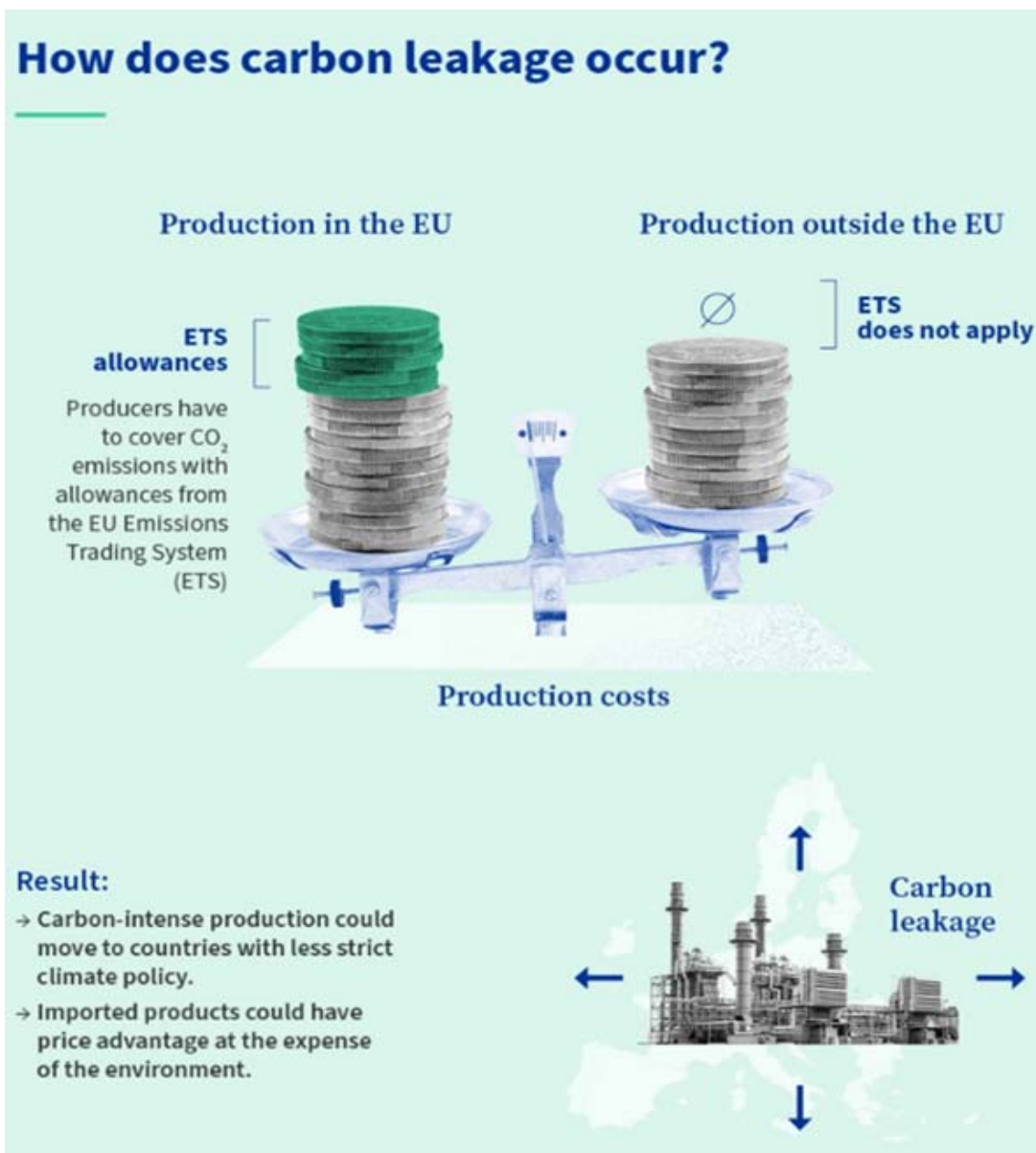
◆ **納入的排放範圍**；目前主要考慮直接排放(類別/範疇一)(複雜產品包括物料投入的碳含量)，間接排放將以更嚴格的方式進行管控，視情況納入某些特定條件下的間接排放(類別/範疇二)。

管制產品 (出口歐盟)			項目	歐盟碳排放交易機制	歐盟碳邊境調整機制
鋼鐵  <ul style="list-style-type: none"> • 管材 • 鑄鐵管 • 軌道建材 • 螺絲、螺栓...等 	肥料  <ul style="list-style-type: none"> • 氮 • 硝酸 • 無水或水溶液 • 硝酸鉀...等 	鋁  <ul style="list-style-type: none"> • 未鍛軋鋁材 • 鋁製管配件 • 鋁線 • 鋁板...等 	適用地理範圍 歐盟27個成員國、冰島、列支敦斯登、挪威、瑞士等國。	發電業、煉油業、石化業、鋼鐵業、金屬業、水泥業、製氮業、製鋁業、玻璃業、陶瓷業、造紙業、航空業、海運業。	適用歐盟碳排放交易機制以外的國家和地區。 進口至歐盟的 水泥、肥料、鋼鐵、鋁、電力、氫和若干鋼鋁之中下游產品 。
水泥  <ul style="list-style-type: none"> • 水泥熟料 • 其他水硬性水泥...等 	化學品  <ul style="list-style-type: none"> • 氫 	電力 	交易單位 歐盟排放權配額 (EUAs)：一單位的EUA即為一公噸二氧化碳當量。	歐盟排放權配額 (EUAs)：一單位的EUA即為一公噸二氧化碳當量。	歐盟碳邊境調整機制憑證 (CBAM Certificates)：1單位的CBAM憑證即為一公噸二氧化碳當量。
			交易價格	價格依據其碳交易市場機制運作，分為配額交易及拍賣。	以歐盟碳排放交易機制前一週拍賣平均決標價格計算。

(<https://www.go-moea.tw/publications>)

歐盟的法規 (3/6)

CBAM之目的及意義：歐盟的碳配額將逐步收緊直至取消，企業的碳成本將隨之上升，高碳產品價格也會升高，從而導致市場從歐盟外地區進口高碳產品或將高碳產品生產線向歐盟以外低碳成本地區轉移，這將損害歐盟的經濟。CBAM作為一種碳成本境內外平衡機制，其將會在一定程度上減少碳洩漏 (Carbon Leakage) 的發生。



歐盟的法規 (4/6)

歐盟電池和廢電池法規EU 2023/1542於2023年8月17日正式生效

【A】電動汽車電池、電動滑板車等輕型交通工具(LMT)電池及容量超過2kWh的可充電工業電池，2025年2月起需揭露產品碳足跡，2027年2月起需持有電池護照。【B】2025年8月起，歐盟市場的電池供應商必須遵守盡職調查要求，包含驗證電池的原料來源，及第三方驗證等。【C】2027年起3C產品的設計必須讓消費者不需要專業工具就可輕鬆的拆卸及更換可攜式電池。

【D】廢電池回收目標，包含可攜式電池：2023年為45%，2027年為63%，2030年為73%；輕型交通工具電池：2028年為51%，2031年為61%。【E】廢電池回收材料目標比例，2027年鋰為50%，鈷、鎳、銅、鉛為90%；2031年鋰應達到80%，鈷、鎳、銅、鉛達到95%。【F】法規生效八年後，新電池使用再生材料的最低比例至少應為鈷16%、鉛85%、鋰6%、鎳6%；法規生效十三年後，再生材料使用比例至少應為鈷26%、鉛85%、鋰12%、鎳15%。

歐盟的法規 (5/6)

◆ 歐盟2023年11月21日通過“淨零工業法案”，該法案提出：到2030年歐盟將生產製造其所需淨零技術的40%，並佔據相關技術全球市場價值的25%。該法案的兩種項目分類：淨零技術製造項目和淨零戰略項目，其中淨零戰略項目需要至少符合標準之一：【A】透過提高歐盟能源系統的製造能力，為歐盟的技術和工業復原力做出貢獻。【B】對歐盟淨零工業供應鏈或下游產業產生正面影響，超越專案發起者和相關成員國的範圍，助益提高歐盟淨零工業供應鏈競爭力和創造高品質的就業機會。

◆ 淨零工業法案之淨零技術製造項目係促進歐洲清潔技術的發展，其涵蓋：再生能源(風能和太陽能)、核能(裂變、聚變、燃料循環)、能源儲存；二氧化碳、甲烷和一氧化二氮的捕獲、運輸、注入、儲存和使用；氫能(運輸、電解槽、燃料電池、推進和生產及增加基礎設施)、替代燃料、生物甲烷、熱泵、電動車充電、能源效率、熱能分配和電網、熱核融合、能源和碳密集型工業的電氣化及其高效工業流程、生物材料生產和回收。

歐盟的法規 (6/6)

歐盟2023年11月22日通過“**歐盟包裝和包裝廢棄物法規**”，其旨在實現的主要目標係為：**【A】**減少包裝廢棄物的數量，限制不必要的包裝，並推廣可重複使用和可重複填充的包裝解決方案。**【B】**從2030年1月起**所有包裝必須根據設計回收標準是可回收的**，可回收成分低於70%的包裝將被視為不可回收的，不得投放市場，以促進包裝循環經濟。**【C】**每個包裝單位**必須在重量和體積方面被減至最小**，2030年開始，限制各類包裝，銷售、分組、運輸等包裝的重量、體積和包裝層數減少到確保其包裝功能的最小尺寸，並限制包裝填充，空間利用率(聚合、運輸或電子商務包裝的總體積與內部銷售包裝的體積之間的差異)不得超過40%；包裝減少不必要的包裝層數，減少使用包裝設計手段造成的產品體積增加的假象，除包裝設計受歐盟立法保護的原產地地理標誌以外，無法實現包裝功能的多餘包裝類產品以後將禁止投入市場。**【D】**透過**強制性再生材料比例目標**，增加包裝中回收塑膠等的使用，減少對自然資源的需求。

美國的法案 (1/5)

2022年6月7日美國參議員Sheldon Whitehouse等人曾向國會提交“清潔競爭法案”(Clean Competition Act, CCA)的立法提案，當時的提案是向第117屆美國國會提交的，但提交之後就再無進展，後來經過2022年11月的中期選舉，美國國會又換屆了。現在是第118屆國會，2023年12月6日美國參議員Sheldon Whitehouse等人把CCA立法提案向參議院再次提交(reintroduce)設立美國碳關稅法案，等於又提上了立法日程，重開立法程序；在碳關稅的設計方面，新提案和舊提案相比沒有本質上的變化。

美國的法案 (2/5)

【美國CCA法案】

(<https://www.documentcloud.org/documents/22055210-clean-competition-act>)

● CCA以美國產品的平均碳含量為基準線，對碳含量超過基準線的進口產品和美國產品均徵收碳稅，徵收對象是一些能源密集型的初級產品，包括鋼鐵、鋁、玻璃、紙漿、化石燃料、精煉石油產品、石化產品、化肥、氫氣、己二酸、水泥、紙張和乙醇；生產初級產品的美國企業，須向美國財政部報告其排放量、電耗和產量，根據這些數據，美國財政部將計算出每一種美國產品的平均碳含量(計算公式依據：直接排放+外購電力的間接排放-碳捕獲和封存)，並以此作為基準線；在2025年至2028年期間，這個基準線每年下調2.5%，從2029年起，基準線每年下調5%。

● CCA從2024年開始，不論是美國產品還是進口產品，如果其碳含量低於基準線時(即美國同類產品的平均水準)，則無需繳納碳稅。反之，如果碳含量超過基準線，則對超出部分徵收55美元/噸的碳稅；這個碳稅標準每年上調5%。

美國的法案 (3/5)

【美國CCA法案】

(<https://www.documentcloud.org/documents/22055210-clean-competition-act>、https://mp.weixin.qq.com/s/nSxgNJ0tTGH2KRoww_9oIw)

● 在2024和2025年，進口碳稅只適用於一些能源密集型的初級產品範圍。CCA從2026年起，產品範圍開始向下游延伸——如果進口的加工產品中含有500磅的涉稅初級產品，也要被徵收碳稅；例如，如果一台進口工具機或一部汽車中的鋼鐵含量達到500磅(約225公斤)，也要繳納碳稅，到2028年，這個門檻將進一步降低到含100磅(約45公斤)的初級產品。CCA還規定，加工產品的原產地以其包含的初級產品決定；加工產品中如包含多種初級產品，則其碳稅為各種初級產品的應繳碳稅之總和。

● 美國CCA是不同於歐盟CBAM之一種新的碳關稅設計機制。歐盟CBAM係是針對進口產品的全部“內嵌排放”(Embedded Emissions)徵收邊境碳稅，CCA則是僅對進口產品超出基準線(美國同類產品的平均碳含量)的那部分超量排放徵收邊境碳稅；換言之，歐盟CBAM是對進口產品的“絕對碳含量”徵稅，而美國CCA則是對進口產品的“相對碳含量”徵稅。

美國的法案 (4/5)

【美國CCA法案】

(<https://www.documentcloud.org/documents/22055210-clean-competition-act>、https://mp.weixin.qq.com/s/nSxgNJ0tTGH2KRoww_9oIw)

● 歐盟CBAM在計算邊境碳稅時要扣除進口產品在原產國已支付的碳費/碳稅，這種政策設計的客觀效果就是刺激各國的碳費/碳稅上升至與歐盟相同或接近的水準。在歐盟的CBAM下，這個參照點是歐盟的碳價，也就是歐盟產品的碳成本。

● 美國CCA關注的是“相對碳含量”，其徵收碳稅係關心產品夠不夠“綠”，不管它是進口的還是美國生產的，所以只要台灣的產品和美國產品的平均水準一樣“綠”，則進入美國時就可免交邊境碳稅。CCA不受碳費/碳稅高低的影響，所以其驅動生產者會有更大的動力去降低自己的碳含量，這比影響碳費/碳稅更實際。

● 歐盟CBAM也有向國外生產者傳遞減碳壓力的效果，但其更直接的效果是懲罰低碳費/碳稅國家的生產者；相比之下，美國CCA並不關注外國碳費/碳稅，其是直接懲罰高排放的國外生產者，但同時也懲罰高排放的美國生產者。

美國的法案 (5/5)

2023年11月2日美國參議員Bill Cassidy等人向參議院提交“外國污染費法案”(Foreign Pollution Fee Act, FPFA)立法提案，其“污染”一詞係指溫室氣體排放，主要針對排放量高於美國的進口商品，將根據生產排放強度等進口商品徵收外國污染費，徵費產品清單包括：鋁、生質燃料、水泥、原油、玻璃、氫氣、氨、甲醇、氮、鋼鐵、鋰電池、部分礦物、天然氣、石化產品、塑膠、造紙、精煉石油產品、太陽能板及風力發電機，法案為清單產品範圍擴大預留了空間，如有超過一半的美國國內生產商申請要納入某種產品，清單或將納入新的產品，清單產品的污染強度值、費率和涵蓋範圍將每三年重新評估一次；徵收的費用將用於支持美國生產的商品，並限制進口碳密集型商品。

法規驅動、品牌驅動

《法規驅動》

- @ 歐盟的碳邊界調整機制(CBAM)於2023年10月開始試運行，2026年1月正式開徵碳關稅機制，歐盟2050年碳中和。
- @ 歐盟Fit for 55：2030年溫室氣體淨排放量比1990年減少55%，2030年再生能源占比達40%，2035禁售燃油車。
- @ 美國的清潔競爭法案(CCA)於2023年12月再提出，及在2023年11月提出外國污染費法案(FPFA)，立法後將執行。
- @ 台灣通過氣候變遷因應法，2040年新售汽機車電動化。
- @ 中國2030年碳達峰，2060年碳中和。

《品牌驅動》

- @ 2030年Nike與Adidas至少減30%碳排放；2030年Apple碳中和、Google與Facebook零碳排、Microsoft負碳排；2039年Mercedes-Benz淨零排；2040年Amazon與Volvo淨零排、Walmart零碳排；2050年航運鉅子Maersk集團淨零排。

台灣需辦理碳盤查的對象

● 台灣第一批應盤查登錄溫室氣體排放量之排放源，包含發電、鋼鐵、石油煉製、水泥、半導體、薄膜電晶體液晶顯示器等特定行業製程別，及全廠化石燃料燃燒產生年溫室氣體排放量達2.5萬公噸二氧化碳當量(CO₂e)以上者，應於每年8月底前完成前一年度全廠溫室氣體排放量盤查登錄作業。

● 新增第二批應辦理盤查登錄溫室氣體排放量排放源(全廠化石燃料燃燒直接溫室氣體年排放量、使用電力之間接溫室氣體年排放量合計達2.5萬公噸二氧化碳當量以上製造業)，自2023年1月1日起適用，應於2023年8月31日前完成2022年度溫室氣體排放量盤查登錄，其中以電子零組件製造業為主，另外尚有化學材料製造業、紡織業、金屬基本工業、非金屬礦物製品製造業等行業。

第一批



溫室氣體直接排放每年達2.5萬噸以上的各行業



發電業



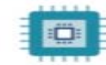
鋼鐵業



石油煉製業



水泥業



半導體業



面板業

第二批



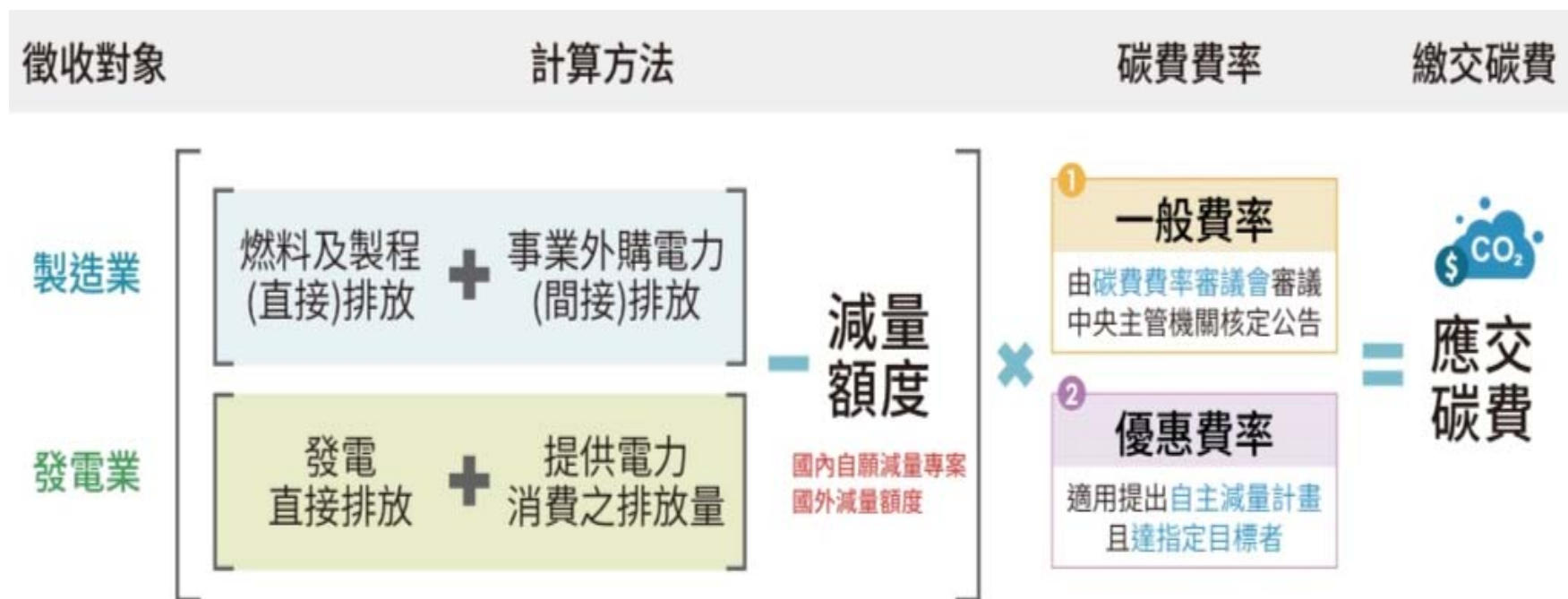
溫室氣體直接排放及間接排放每年達2.5萬噸以上的製造業

(<https://www.go-moea.tw/publications>)

台灣需辦理碳盤查的對象

◆針對每年碳排放達1萬噸CO₂e以上的服務業等(以2022年台灣之電力排碳係數0.495公斤CO₂e/度來換算，排碳1萬噸約等於2020萬度電)，將由環保署、地方政府主動輔導盤查減量，希望共同促進減碳，預估大型百貨、辦公大樓將被列為受輔導對象。

◆台灣2023年通過的“氣候變遷因應法”中，增訂徵收碳費機制，在2024年間上路實施，將分階段對徵收對象收取碳費。



(<https://www.go-moea.tw/publications>)

台灣需辦理碳盤查的對象

◆排碳2.5萬噸以上的電力業可檢具證明文件，扣除外售電力排放量，將繳納碳費的責任由製造業用電端承擔，促使業者節電。

◆買入的國內外碳權在計算扣減量時，都會被打折，至於扣減比率仍待討論。國內碳權目前有三種專案，早期的先期專案碳權，未來僅開放扣減前兩年(2024年及2025年)碳費；自願減量專案、抵換專案則暫無時間限制。

◆2024年起的排碳就必須繳納碳費，必須在隔年4月底前完成盤查登錄，若要以碳權抵碳費，也必須在4月底前提出申請，並於5月底前報繳碳費。收費辦法規定，資料應保存六年備查，另若因天災或其他不可抗力事由可申請展延。

碳費收費辦法重點

項目	內容
收費對象	年排碳2.5萬噸以上的電力業及製造業，約512家
計費公式	碳費 = 排放量 × 收費費率
相關時程	2024年起排碳須計費，隔年4月底前完成盤查登錄，5月底前報繳碳費
碳權抵費規定	<ul style="list-style-type: none">• 將設扣減比率，買入的國內外碳權將「打折」，不能一噸碳權抵一噸碳費排放量• 國內碳權暫不設抵扣上限；國外碳權抵扣上限為5%• 先前專案碳權只能抵2024、2025碳費排放量

資料來源：環境部、採訪整理

翁至威 / 製表

(<https://money.udn.com/money/story/7307/7675084>)

永續發展 (Sustainability)

永續發展 (Sustainable Development) 的目標是在經濟、社會和環境三個面向實現平衡，實現社會繁榮的過程，同時保護和維護生態環境，其是人們在滿足人類需求與未來發展的同時，應在資源開發、投資方向、技術發展及制度變革中保持環境平衡與和諧的過程，其亦是經濟、社會和環境方面的發展模式，強調滿足人類需求之活動及能量的同時，不會耗盡可供使用的任何生產資源，及不損害未來世代子孫們滿足其福祉的需求與發展。

三大永續強制要求的緊箍咒

從2023年開始之未來至少十年，台灣各個領域之企業廠商們，皆面臨三大「永續強制要求」倒數計時緊箍咒。

@ 第一個時間點是2023年10月起歐盟實施碳邊境稅(CBAM)(2026年開徵)；美國清潔競爭法案(CCA)/外國汙染費法案(FPFA)，完成立法後將實施。

@ 第二個時間點是2024年起直接溫室氣體與電力之間接溫室氣體年排放量達2.5萬公噸CO₂當量以上，須完成盤查登錄且繳碳費，以及2027年金管會要求全體上市櫃企業，必須完成溫室氣體盤查，並在2029年前，取得第三方查證。

@ 第三個時間點是2030年，許多國際品牌和大企業宣布，2030年要達成碳中和，包括蘋果、微軟、IBM、IKEA、沃爾瑪、Amazon、Google、Meta等，如廠商無法逐年配合拿出相關報告或作法，將直接“被從供應鏈中踢出”。



台灣企業的需求

@ 台灣的大企業(例如：鋼鐵廠、石化廠、半導體廠等)多數已經實施碳盤查、且已建立盤查的能力，其主要需求面向是：節能減碳、CCUS、低碳、創能、儲能、智能/智慧化等前瞻技術的研發。

@ 台灣超過18萬家之國際供應鏈體系的中小企業，目前的需求面向是：需要協助其碳盤查之實施、以及協助其建立盤查的能力，然後再協助其發展節能減碳技術。

盤查服務及能源管理

- 逢甲大學跟工研院智慧感測與系統科技中心、工研院智慧機械科技中心、機密機械研發中心、金屬工業研發中心等法人研發機構共同合作為**企業廠商**，依需求對應ISO 50001、ISO 14064-1、或ISO 14067來提供規劃與碳盤查等服務，由有產業實務經驗的人來帶領共同協助業界進行盤查等輔導，了解廠區、產品、能源等的碳排放量?進行熱點分析找出高碳排的所在，分析到底是電能、原料、還是設備?以及建立業界的盤查能力與培育人才，並跟驗證機構合作協助進行驗證。
- 提供企業之全廠耗能與設備用能問題診斷、檢測、及提供改善建議方案，協助建立數位化及AIoT系統，導入設備的生產數據與能源數據上雲端、及即時連線的能源管理系統，運用系統化及智能/智慧化技術，協助業界建立即時計算碳足跡及能耗量、甚至預測碳足跡及能耗量的能力，及培育AIoT及IT化盤查與能源管理的人才。

逢甲團隊的輔導盤查經驗

●輔導組織溫室氣體盤查案(14064-1)●

機械設備廠、工具機及零組件廠、手工具廠、扣件廠、工具箱廠、真空鍍膜廠、玻璃容器廠、晶圓測試廠、旅館業、物流中心、休閒農場、保險公司、食品廠、建設公司、...

◆輔導產品碳足跡盤查案(14067)◆

印刷電路板、機械設備、轎車輪胎、有機感光鼓、強化玻璃、燃氣發電機組、再生塑膠粒、不鏽鋼高壓軟管、隱形眼鏡、隱形眼鏡沖洗液、半導體晶圓測試、滾筒洗衣機、中音薩克斯風、牛仔褲、Polo衫、咖啡、保單商品、...

Progression of Carbon Neutrality



周至宏的觀點：

Reports_(報告) » **Correlations**_(相關性) » **Predictions**_(因果性) » **Recommendations**_(建議)

化被動為主動 (Transforming Passivity into Initiative)

Intelligence (智能)

vs Smartness (智慧)

Intelligence has a direct link with an ability to comprehend things and respond rationally accordingly. (智能與理解事物並據此做出合理反應的能力有著直接的聯繫---智能是"做出高品質決策的能力")

Smartness involves quick thinking and the adaptive ability to come up with the desired solution for a situation that has not thought.

(智慧包括快速思考及為尚未思考的情況提出所需解決方案的適應能力---智慧是"能夠在未知的領域中開創並發展出新的知識和想法")



智能化、智慧化

很多產業、產品、系統、研發成果，許多是在自動化、順序控制化、數據化(收集數據/數據可視化)的階段，其為智能化、智慧化的重要基礎，但其尚未屬於“智能化、智慧化”的階段。

何謂“智能化、智慧化”？

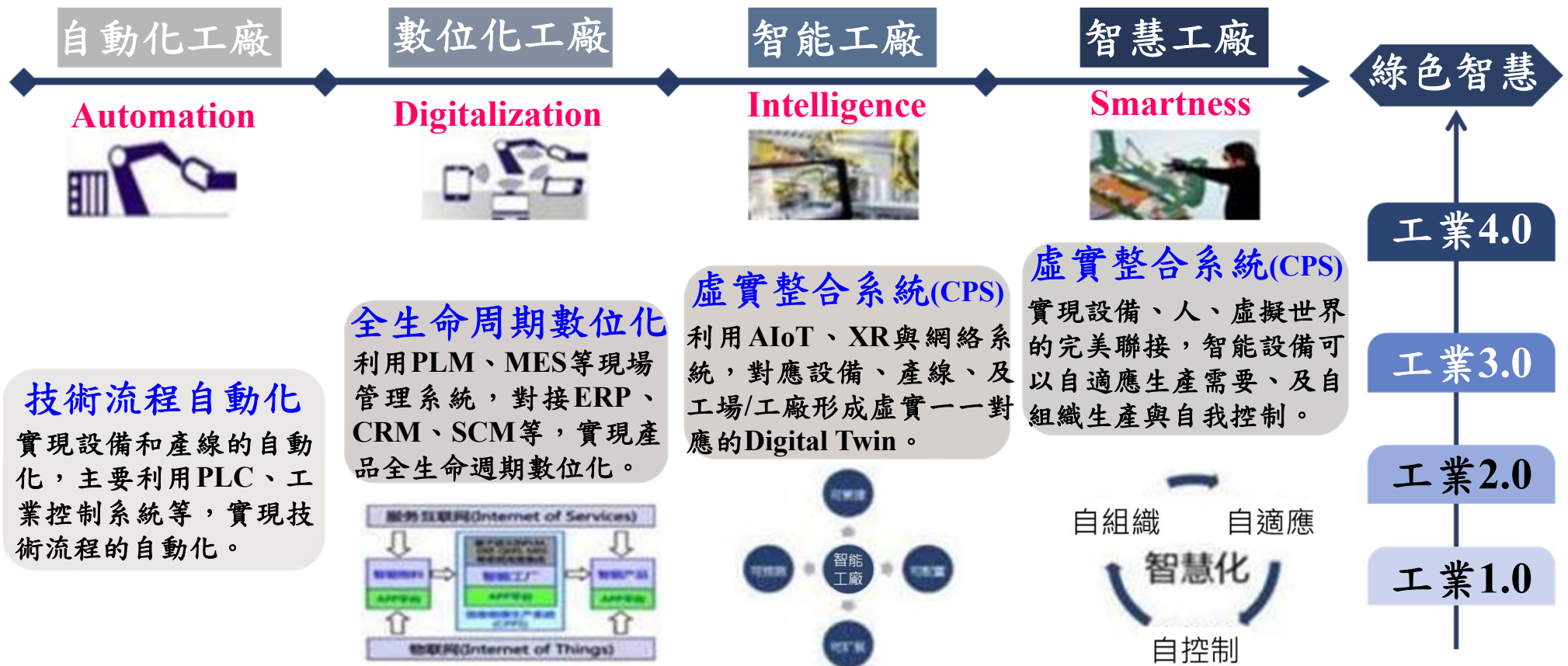
具備**Learning(學習)**、**Adaptation(調適)**、**Reasoning(推理)**、或**Decision(決策)**等能力，才可稱具“智能化、智慧化”之能力。

雙軸轉型 (Twin Transition)

- Twin Transition是歐盟在2021年提出之歐洲數位智能(智慧)與淨零永續之的雙軸轉型概念，其係透過數位科技一方面協助企業數位智能(智慧)轉型，同時也達到減少碳排、能源效率管理等ESG淨零永續綠色治理的目標。
 - Twin Transition係Pairing Intelligent/Smart Technology with Sustainability。綠色轉型(Green Transition)將使各地區能夠重新定位其能力和產業結構，並為面對氣候變遷危機給地球帶來之不可避免的情況，重新開闢永續的道路。數位智能(智慧)技術是實現永續業務轉型的關鍵，其是推動綠色轉型目標的最重要因素：可減少溫室氣體排放，使我們更加節約能源與資源，且可以改善當前生產和消費模式的綠色效率和足跡，也可以促進新的綠色技術的發展。
- 企業結合Intelligence/Smartness技術及Sustainability，使低碳綠色轉型轉變成創造新價值和經濟增長的機會。

自動化→數位化→智能與智慧化→綠色智慧

綠色智慧(雙軸轉型) = 數位智慧轉型 + 節能淨零轉型



台灣四十年來推動

產業發展的歷程

1982~1991時期的工業自動化
(生產力1.0)

1991~2000時期的產業自動化
(生產力2.0)

2000~2014時期的製商整合
(生產力3.0)

2014~迄今的生產力4.0/智慧機械/
智慧製造/綠色智慧製造

讓世界的產業少不了台灣

推動臺灣成為「亞洲高階製造中心」與
「半導體先進製程中心」

1. 加速導入5G、AI應用

- 深化製造業軟硬整合，帶動產業智慧化、數位轉型、創新應用
- 集結產業公協會，齊力實現產業鏈智慧化

亞洲高階
製造中心



2. 完備半導體產業生態系

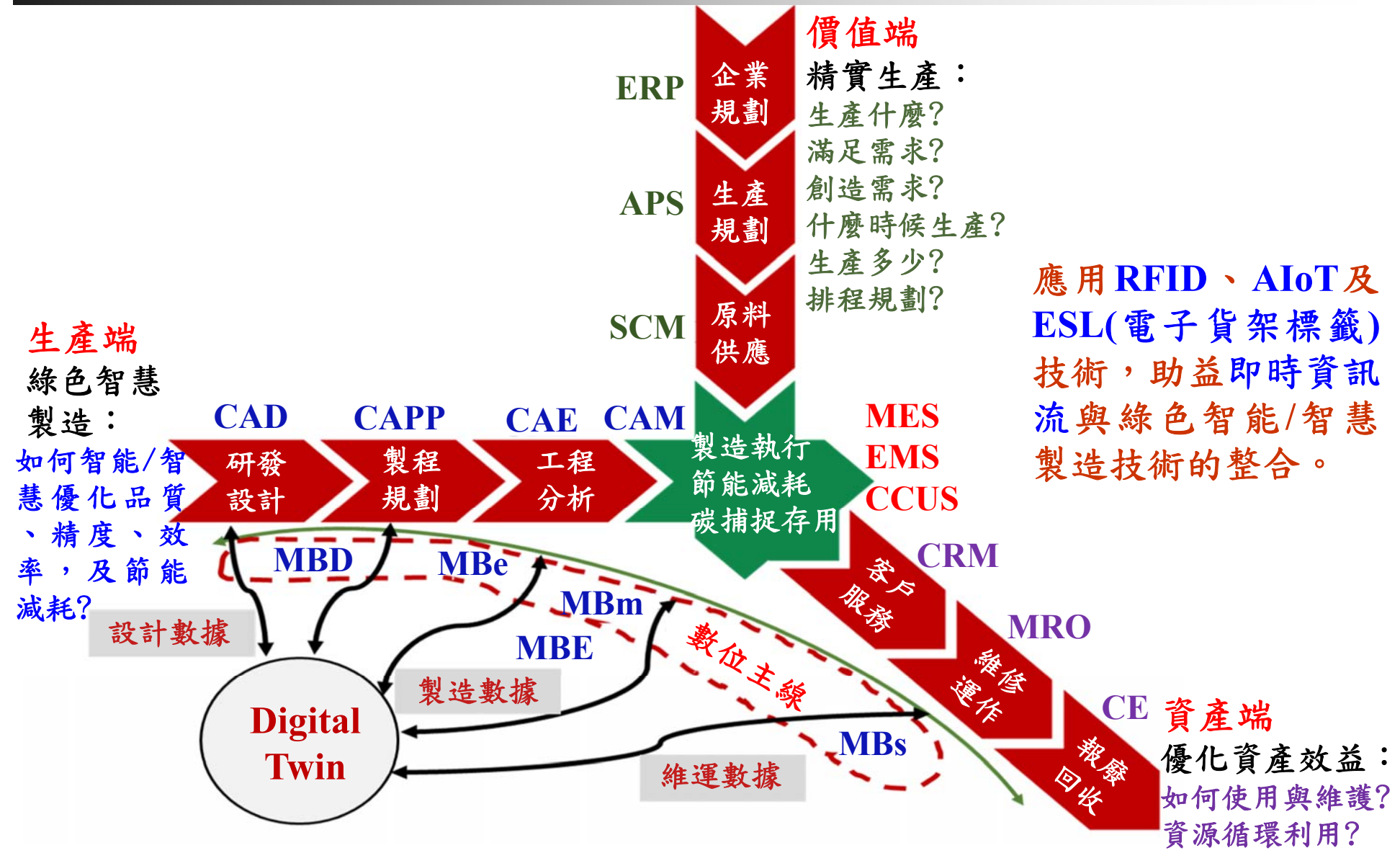
- 利用國內半導體產業發展需求，扶植國內材料與設備產業

半導體
先進製程
中心



價值端、生產端、資產端

(周至宏)

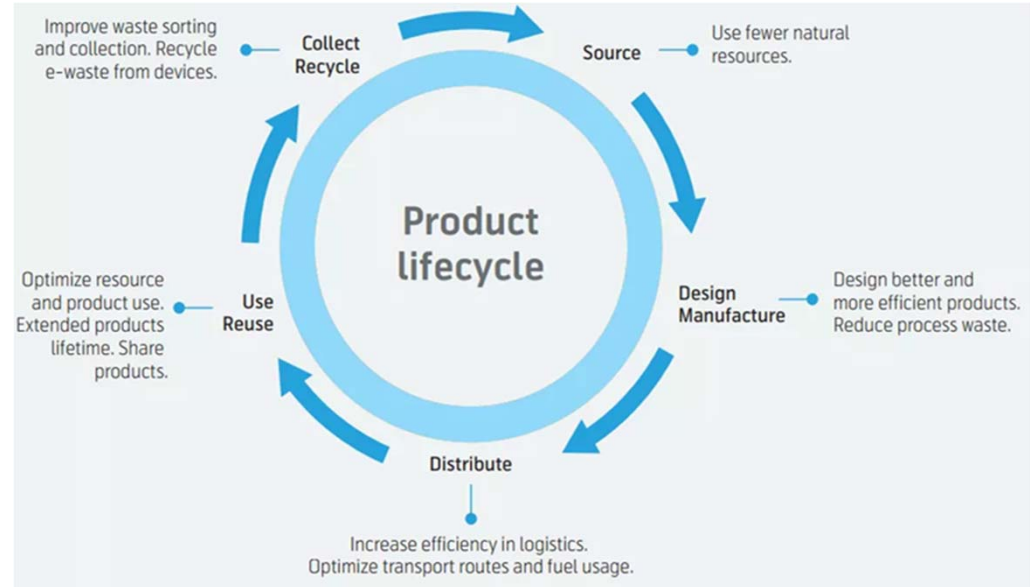
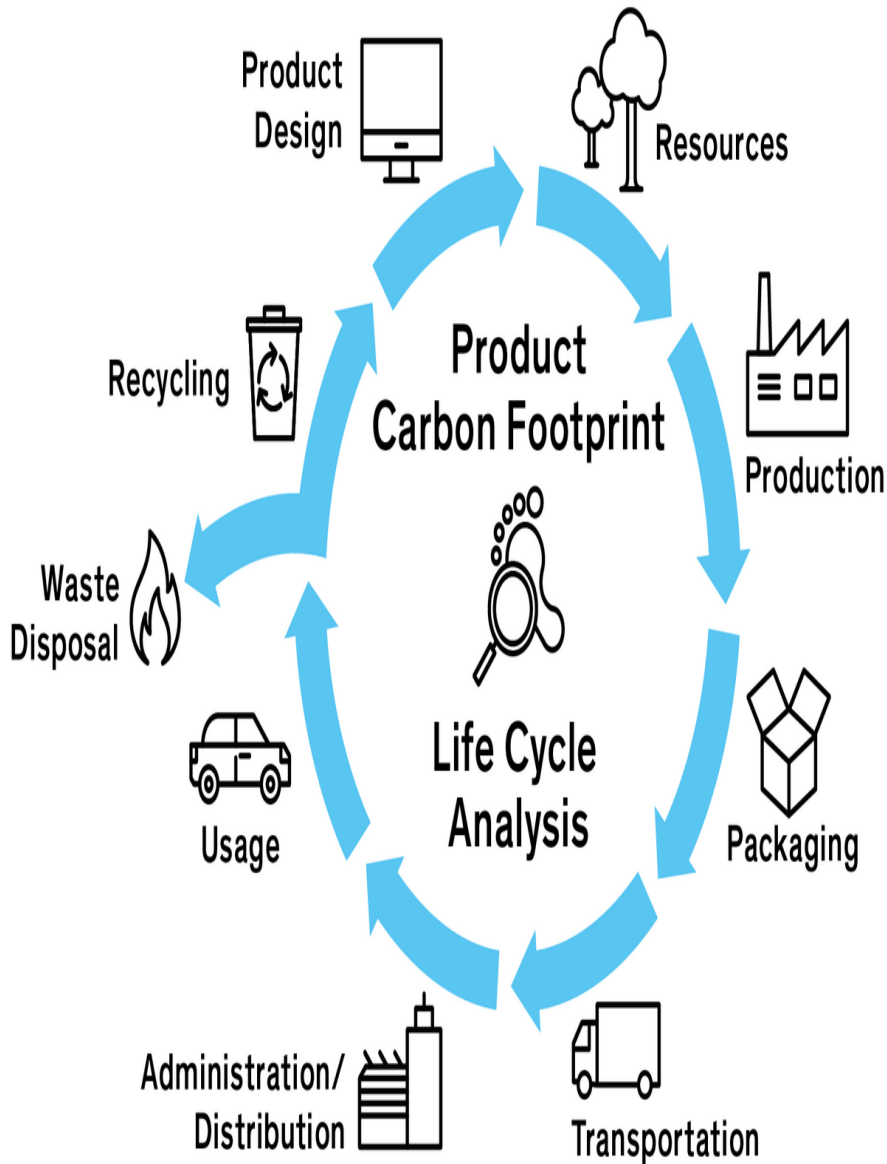


價值端、生產端、資產端

(周至宏)

- ◆(價值端)精實生產之核心是：用最少工作、降低浪費，創造與提升客戶價值。
- ◆(生產端)綠色智能/智慧製造之目標是：智能/智慧優化產品品質、產品精度、生產效率，且同時達到節能減耗。
- ◆(資產端)優化資產效益之目的是：經由物盡其用、設備預知保養、資源循環再利用，來創造資產價值最大化。

產業淨零永續價值鏈 (1/50)



Industry's Value Chain



Company's Value Chain in Manufacturing



(<https://www.myclimate.org/get-active/corporate-clients/product-carbon-footprints-pcf-and-life-cycle-assessments-lca-myclimate/>、
<https://iot.ofweek.com/2021-04/ART-132200-8500-30493868.html>、<https://strategicmanagementinsight.com/tools/value-chain-analysis/>)

產業淨零永續價值鏈 (2/50)

從原材料資源、設計與製造、供應分銷、使用和重複使用、回收和再利用等五大環節入手，使整個價值鏈連通，來深化與精進綠色智能/智慧製造的發展及效益，以生產綠色產品來致力於滿足客戶/市場需求的產品與服務，並助力實現智能/智慧永續轉型價值鏈：

● **原材料資源**：減少對於原材料資源的使用、選擇綠色低碳原材料、採用回收再生材料、加工製造過程之剩餘料/下腳料的返還循環再利用、以智能/智慧技術加速研發低碳新材料；減少對遠程物流的需求，選擇區域化供應既可以減少供應鏈碳足跡之原材料的物流，又可以提高供應鏈對潛在衝擊的韌性抵禦能力。

產業淨零永續價值鏈 (3/50)

《原材料資源：再生料，有效減碳》

- ◆ 台灣大哥大與英國新創科技品牌Nothing，推機身塑膠零件超過五成來自回收資源，碳足跡只有58.5kg CO₂e；邊框、音量鍵、sim卡槽100%用再生鋁；外包裝包材用紙再生纖維比率達40%。
- ◆ 遠傳電信攜手仁寶子公司皇鋒通訊，開賣荷蘭品牌環保手機Fairphone 4，手機背蓋以100%回收塑料製成。
- ◆ 蘋果官網明確指出，為符合所有產品在2030年達成淨零碳排的目標，透過設計不會造成碳排放影響的產品，並增加使用再生材料。蘋果採購低碳鋁金屬製造手機，蘋果的鋁相關碳排放量自2015年以來減少近70%；iPad系列中的每款機型，包括新款iPad Air，以及部分MacBook和穿戴裝置Apple Watch，均採用100%再生鋁外殼製成；PCB、充電器連接線、天線、電池等關鍵元件將採用再生材料。蘋果宣布減碳計畫及要求供應鏈進行碳中和，其也考驗供應鏈業對ESG落實能力，汰弱留強的趨勢儼然成形。

產業淨零永續價值鏈 (4/50)

《原材料資源：再生晶圓(下腳料返還循環再利用)》

再生晶圓(Reclaim Wafer)，並非指IC製造不良品的再利用，其係指在半導體IC製造過程中，有幾百道製程，為確保品質精良，每道製程都需要監控，這時就需要使用成本較低的測試晶圓，來確保製程參數是否正確，並保障產品的生產良率；因此使用於製程監控(Monitor Wafer)及檔片(Dummy Wafer)用之晶圓，回收加工、重複使用，可以降低Test Wafer及Dummy Wafer之成本，因為消耗量實在太大，如果每次都使用全新正片，成本太高，於是就有了“再生晶圓”產業，通常這種測試晶圓材料是由晶棒兩側品質較差處所切割出來，並經研磨、拋光、清洗等程序，製作成測試晶圓，以達到縮減成本及材料充分利用之目的。Monitor Wafer是用來測試監控機台的製程能力是否穩定、生產環境是否潔淨；Dummy Wafer係為提升製造設備初期製造過程中的穩定性。

產業淨零永續價值鏈 (5/50)

《原材料資源：廢鋼利用之高品質及高能效研發》

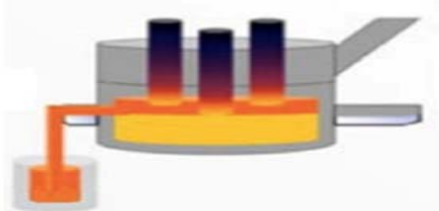
研發電爐煉鋼之優化品質、高能源效率、去雜質的穩健智能優化技術(Robust Intelligent Optimization)，協助電爐業者朝高品級鋼材發展，提供低碳鋼材以協助下游鋼鐵製品業者，降低碳費/碳稅的衝擊。

電爐煉鋼	
使用的爐體	電爐&精煉爐
主原料	廢鋼 or DRI等
平均生產量(全球)	60萬噸/年·爐
粗鋼生產比例(全球)	29%
概要與特徵	雜質問題不易處理
	能源使用率低
每噸鋼材CO ₂ 排放量	0.5-0.6噸

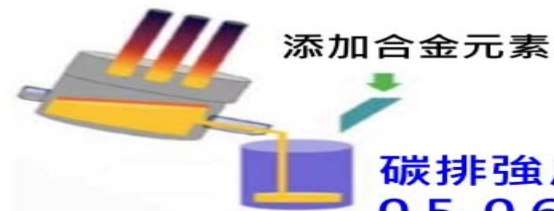
廢鋼分選與取用
(50kg CO₂/ton)



電爐
(500-600kg CO₂/ton)



精煉爐
(20kg CO₂/ton)



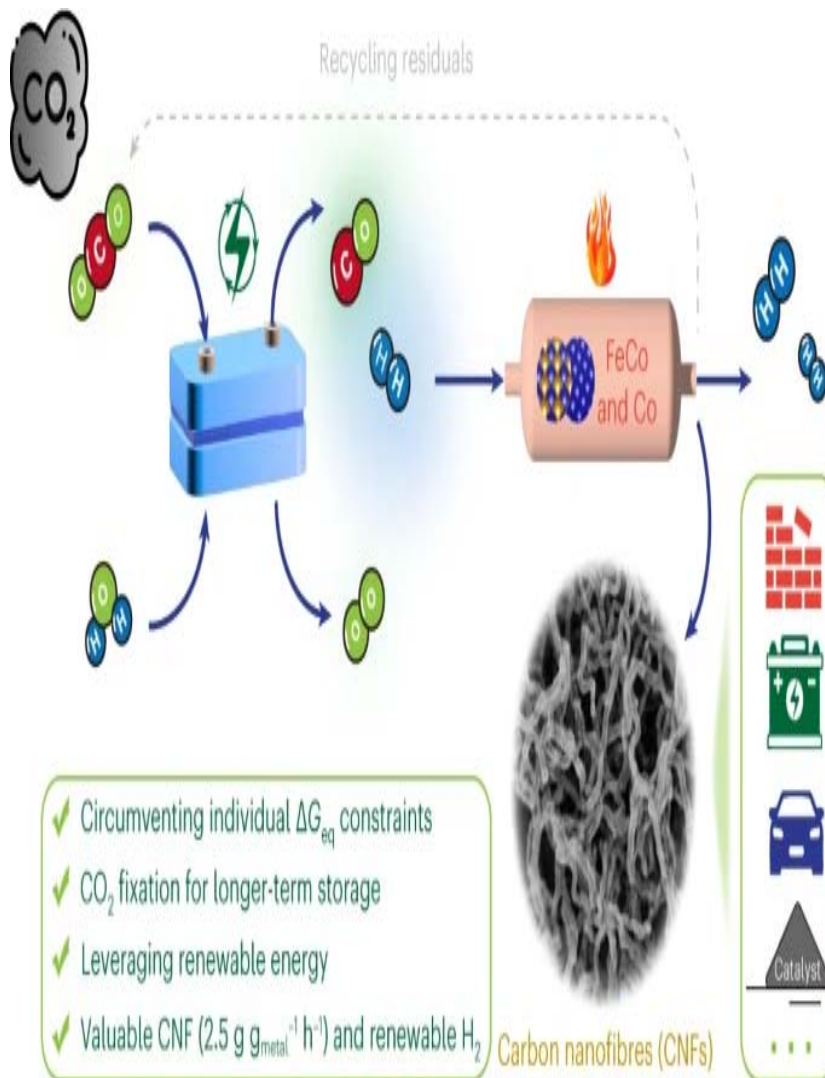
碳排強度:
0.5-0.6噸
CO₂/噸鋼

(圖及表的來源：財團法人金屬工業研究發展中心)

產業淨零永續價值鏈 (6/50)

《原材料資源：CO₂轉為碳奈米纖維利用與減碳》

美國能源部 Brookhaven National Laboratory 和 Columbia University 於2024年共同在 Nature Catalysis 發表一種耦合電化學和熱催化的新策略，將CO₂轉化為碳奈米纖維；其首先用電催化劑將CO₂和水分解成一氧化碳和氫氣，接著用熱活化催化劑在400°C左右的溫度下將CO轉化為具強度、導熱性和導電性等特性之碳奈米纖維。如將碳奈米纖維放入水泥中，可使碳在混凝土中鎖定至少50年。如製程由再生能源驅動，其結果將是真正的負碳排放。



產業淨零永續價值鏈 (7/50)

《原材料資源：再生料，有效減碳》

氫氟酸(HF)是光電及半導體產業之製造過程的清洗及濕式晶片蝕刻製程的重要化學品，一般以螢石為原料(螢石是CaF₂的結晶體又稱氟石為不可再生之資源)，因取得不易且精煉程序繁複，其產製過程較難降低碳排放量；台積電與供應商合作投入氫氟酸替代原料可行性研究，以磷肥廢料替代螢石，利用磷肥產製過程衍生的廢料一氟矽酸搭配硫酸進行化學反應後產製氫氟酸，為使品質符合半導體製程標準，台積電除輔導供應商提前於進料階段即提供品質保證之證明外，同時協助其開發獨立產線進行測試，經反覆調整以達製程參數優化，確保在不影響原有製程品質的前提下產製氫氟酸(HF)。

產業淨零永續價值鏈 (8/50)

《原材料資源：再生料，有效減碳》

光電及半導體產業於製造過程使用氫氟酸作為清洗及晶片蝕刻，產生**氫氟酸廢液**，添加鈣鹽使鈣離子與氟離子結合形成無機性“**氟化鈣污泥**”，應用**穩健智能優化技術(Robust Intelligent Optimization)**來**優化製程參數**，將污泥製成具穩定氟化鈣含量和品質、且多產量的人造螢石(CaF₂)，提供給煉鋼業者作為助熔劑使用，以降低原料在鋼鐵生產的熔點，及幫助除去雜質，同時解決氟化鈣污泥處理、天然螢石產量逐年降低及成本過高等問題。



(圖的來源：經濟部工業局)

產業淨零永續價值鏈 (9/50)

《原材料資源：再生料，有效減碳》

- ◆ 慎選環保再生料取代原生料，能有效減少產品碳足跡。除了考慮再生料之碳足跡優勢，還要考慮使用再生料時，如何優化製程參數來得到客戶滿意的品質。
- ◆ 再生料之品質不穩定下，如何穩健智能優化製程參數(Robust Intelligent Optimization)，以滿足客戶之品質需求，其是研發綠色智能/智慧製造的關鍵技術之一。

原生料與再生料 碳足跡比較		
原料來源別	原生料 (公斤)	再生料 (公斤)
鐵	3.27	0.655
銅	3.65	0.697
鋁	9.85	0.843
塑膠	3.26	0.552

資料來源：工研院

產業淨零永續價值鏈 (10/50)

《原材料資源：再生鋁，有效減碳》

以低碳足跡再生鋁取代高碳足跡原生鋁、回收鋁添加增量：增加低碳綠色產品、中鋼鋁業公司回收鋁三階段增量規劃：先易後難



(圖的來源：中鋼鋁業公司張志哲總經理，鋁合金低碳化發展的願景，2024年1月7日)

產業淨零永續價值鏈 (11/50)

● **研發和製造**：改進產品研發及生產製造流程，以降低浪費，製造端使用再生能源、CCUS技術，改善電源效能，提升能源使用效率。應用Digital Model (Digital Twin)及AI技術，來助益醫療產業的減耗、優化產品的研發與製造、及設備之健康診斷與預知保養。採用性能優化、電動化、輕量化、AI自動化等，提升能源資源利用效率，減少資源物料浪費和電/熱能耗，及有效減少用水量、減少污水和降低環境污染程度。使用環保材料、提高可回收性、提高經久耐用且具方便拆卸的可修復性設計，將製造程序轉換為低碳製程，以綠色設計為根本來設計永續性產品。應用AI技術優化排程規劃、及優化加熱和冷卻系統。設計循環系統對生產過程產生的餘熱餘壓餘氣進行回收、處理、再利用，提高能源效率。

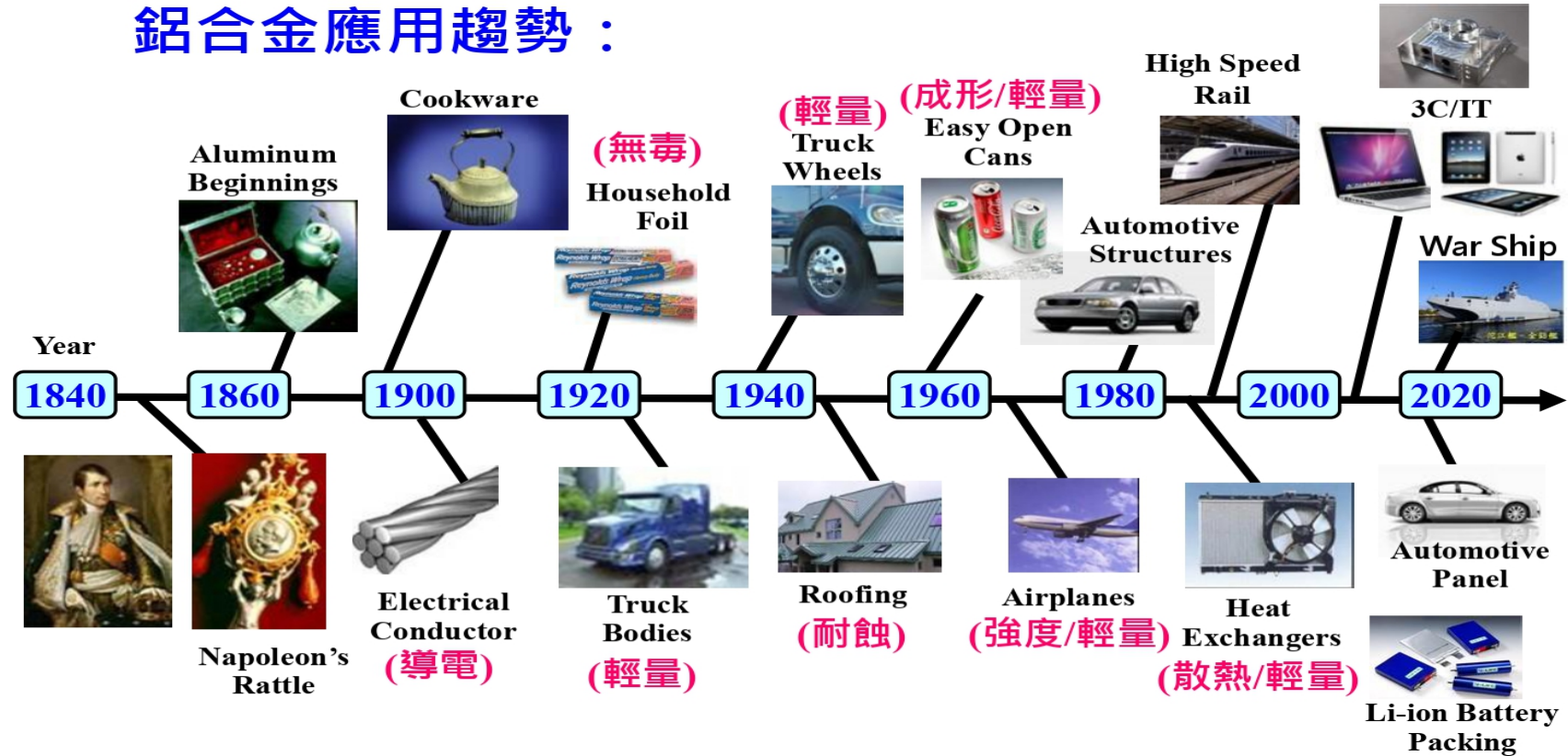
產業淨零永續價值鏈 (12/50)

● **研發和製造(續)**：馬達系統的電能消耗高達全球總量的50%以上，其中約30%被工業系統消耗，在馬達驅動系統採用高效馬達/變頻馬達、及AI控制技術，來降低能耗。場域5G網路系統納入節能設計。在生產流程，根據即時產線數據來智能/智慧優化製程，減少資源損耗，並優化與提升產品之需求的目標。使用節能電器，及產線通過更換高損變壓器、線路，安裝無功補償裝置，提高變壓器功率因數，減少配電系統損耗，實現配電系統節能。生產端使用太陽能光電等再生能源的電力能源，及參與能源調控的佈建。製程上依需求之必要性來增設CCUS技術設備、或更換更具節能減碳效果的設備。能源使用約2/3以廢熱形式散失，研發利用熱電元件的溫差發電將廢熱回收再利用。

產業淨零永續價值鏈 (13/50)

《研發和製造：鋁合金為輕量化之首選金屬材料》

鋁合金應用趨勢：



確保產品品質、及輕量化的需求，以低碳足跡再生鋁取代高碳足跡原生鋁，可大幅降低產品碳足跡。

(圖的來源：中鋼鋁業公司張志哲總經理，鋁合金低碳化發展的願景，2024年1月7日)

產業淨零永續價值鏈 (14/50)

《研發和製造：精準治療助益醫療產業的減耗》

醫療產業投入“精準治療”模式，助益醫療產業的減耗，例如：【A】使用患者基因資訊，給予更適當藥品，以減少藥物浪費；【B】汪昶佑醫師、周至宏教授、方俊雄教授(阮綜合醫院/國立高雄科技大學/逢甲大學)研發模糊邏輯推論為基礎的食道癌預後預測系統之風險模型與存活率預測系統，能協助臨床醫師更準確地預測個別病患在不同時間點與接受不同治療方式的存活率，對於治療策略的選擇將更有幫助(IEEE Trans. on Information Technology in BioMedicine, Vol.16, pp.1224-1230, 2012；Applied Soft Computing, Vol.35, pp.583-590, 2015.)。同時，精準治療模式更注重患者對高額醫療支出的負擔，避免患者因重病陷入家庭財務困境，助益醫療產業的ESG。

產業淨零永續價值鏈 (15/50)

《研發和製造：AI可助益醫療產業資源的減耗》

評估和治療精神壓力可以對具健康問題之患者，產生實質性的益處，醫療問卷常被用來評估壓力，由於文化差異和個人主觀性等因素的差異，這種評估方法的準確性是令人質疑。生物醫學信號的測量是評估精神壓力的有效方法，陳業鵬博士、劉東官教授、周至宏教授、侯榮原醫師兼院長(國立高雄科技大學/逢甲大學/健和醫院)研發一種精神壓力評估之智能化(AI)雛型系統(Artificial Intelligence in Medicine, Vol.61, pp.97-103, 2014.)。實際案例用於確認所提出之精神壓力評估系統的性能：靈敏度、特異性和精確度的總平均值均大於96%，Kappa測試結果大於0.936，ROC曲線(Receiver Operating Characteristic Curve)下面積大於0.77；結果均顯示所開發之精神壓力評估的智能化雛型系統，其準確性和一致性高，並具有良好的識別能力，且可助益醫療產業資源的減耗。

產業淨零永續價值鏈 (16/50)

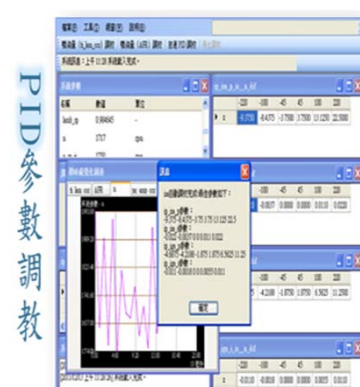
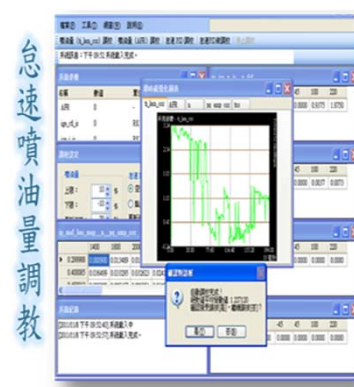
《研發和製造：AI輔助診斷以預防來助益減耗》

心音辨識流程可分為四個步驟：(1)心音蒐集、(2)心音預處理、(3)心音特徵擷取分析、(4)呈現分析結果。心臟疾患的症狀通常無法明確地感受是否有異，往往造成無法於第一時間預防心臟疾患的發生；何文獻教授、周阜毅教授、周至宏教授(高雄醫學大學/高雄科技大學/逢甲大學)帶領研究團隊研發行動裝置上的智能型(AI)應用程式(BMC Bioinformatics, Vol.22, Article Number: 92, 10 pages, 2021.)，可平常做自我監視以方便快速的察看心音的分析結果，以預防心臟疾患的發生；系統的決策技術，其目前實際測試結果之平均準確率是81.79%、偽陰性的情況為2.85%。

產業淨零永續價值鏈 (17/50)

《研發和製造：多目標優化EMS智能調校系統》

Engine Management System(EMS)是一電子控制單元來控制引擎的噴油與點火裝置，可使引擎在最佳的狀態下運轉，且有助於達成降低排放的目標。機車調校專業人員在調校系統參數時，需要手動輸入數值並目視確認調校結果，調校過程必須重複性操作修改數值，直到結果符合可接受的效能值，對於各種類型機車系統參數調校的整體調校週期而言，其效率低且耗費長期人力及時間成本。劉東官教授、周至宏教授(高雄科技大學及逢甲大學)藉由實驗設計法為基礎之所研發的智能自動調校系統來做輔助，其可解決與改善產學合作之產業界的問題。

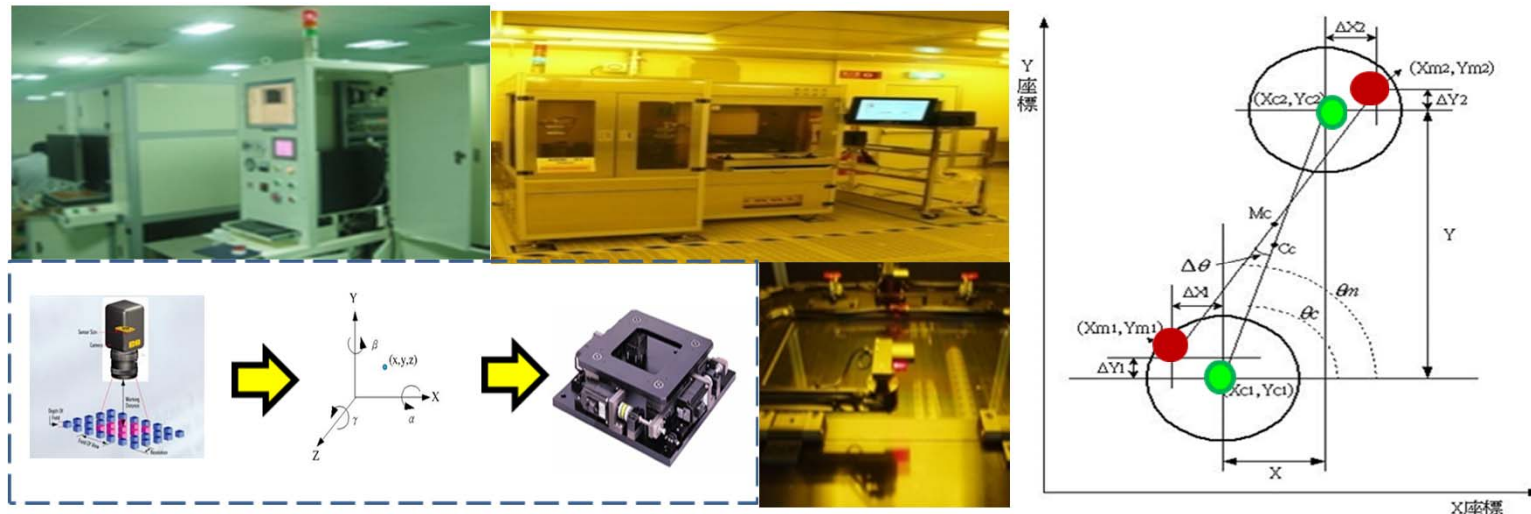


產業淨零永續價值鏈 (18/50)

《研發和製造：精密定位系統技術研發》

輕、薄、短、小是許多產品的趨勢，這類產品的製程，許多需要仰賴自動化的機器視覺輔助，通常這類自動對位的高階設備造價昂貴，自主開發時卻常常因為經驗不足，經由Trial-and-Error的設計程序，得不到好的效率(定位速度)與定位精度。本整合視覺系統與運動系統之自動精密對位系統的研發，導入AI之類神經網路及進化優化演算法，透過實務驗證及在產業實際使用，證實能大幅提高整體定位精度成效，且效率(定位速度)提升約40%，節省運作時間，達到節能的效益。

(J. T. Tsai, C. T. Lin, C. C. Chang and J. H. Chou, 2015, *IEEE Trans. on Industrial Informatics*, Vol.11, pp.1366-1377.)
(蔡進聰教授、林崇田處長、張成仲工程師、周至宏教授/屏東大學、金工中心、逢甲大學及高雄科大)



產業淨零永續價值鏈 (19/50)

《研發和製造：固態電池助益節能減碳》

- ◆ 具穩定性、續航力、輕量化與安全性之特性的固態電池能助益節能減碳，成為電動車市場的關注焦點。
- ◆ 產業研發案例：輝能公司除了以精準對位及AOI檢測位置是否有誤等關鍵技術來確保製程良率外，也與波蘭稀有金屬回收專業公司Elemental Strategic Metals於歐洲佈署固態電池回收平台，合作研發回收技術，有效率的回收汰役電池、確保回收再利用的材料品質。



(圖的來源：日本经济新闻中文版，<https://cn.nikkei.com/>)

產業淨零永續價值鏈 (20/50)

《研發和製造：輕量化及再生料，節能減碳》

◆巧新公司黃聰榮董事長表示，再生鋁的碳含量只有原生鋁的5%，愈來愈多客戶使用再生鋁，有些客戶甚至設定時限，要求2024~2025年起的鍛造鋁圈材料，再生鋁要用到一半以上，以因應碳中和的國際潮流。

◆輕量化設計、再生料的使用，可助益節能減碳，但是，需穩健智能優化製程與設計參數，以確保品質性能、及搭配整車在駕駛操控上能確保安全與性能。

各車廠碳中和目標年

年分	車廠
2030	保時捷、賓利
2035	豐田
2039	戴姆勒、JLR
2040	通用、Volvo
2045	現代汽車
2050	福斯汽車、奧迪、福特、RR、Nissan

資料來源：DIGITIMES整理，2022/11

鑄造輪圈 vs. 鍛造輪圈輕量化比較

尺寸	鑄造輪圈	鍛造輪圈	重量變化
19x9.5	15.70kg	11.77kg	-25%
20x11	18.08kg	13.01kg	-27%
21x10	21.30kg	14.91kg	-30%

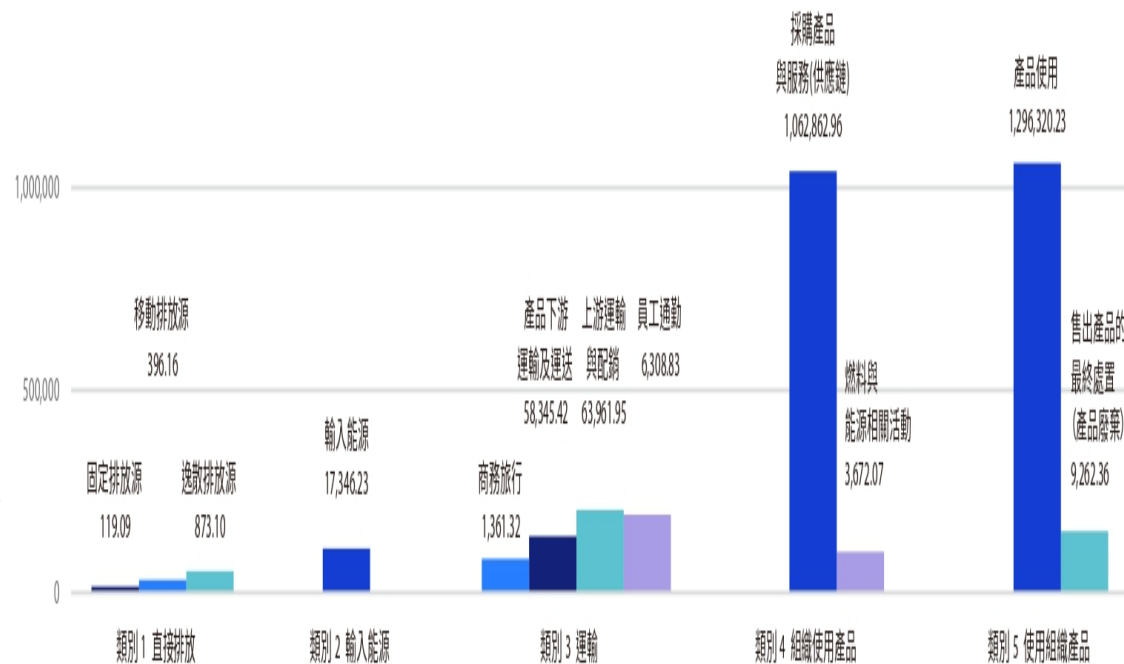
資料來源：巧新，DIGITIMES整理，2022/11

產業淨零永續價值鏈 (21/50)

《設計和製造：降低碳排放與碳足跡》

華碩公司2022年溫室氣體排放來源分析，採購產品與服務占42.16%屬於類別4、售出產品使用(以使用4年計算)占51.42%屬於類別5；產品、供應鏈是華碩主要的碳排來源。一台14吋筆電的平均碳排是400公斤，如透過提高能源使用效率，以及採用回收金屬與再生塑膠等，可將碳排降至220公斤。

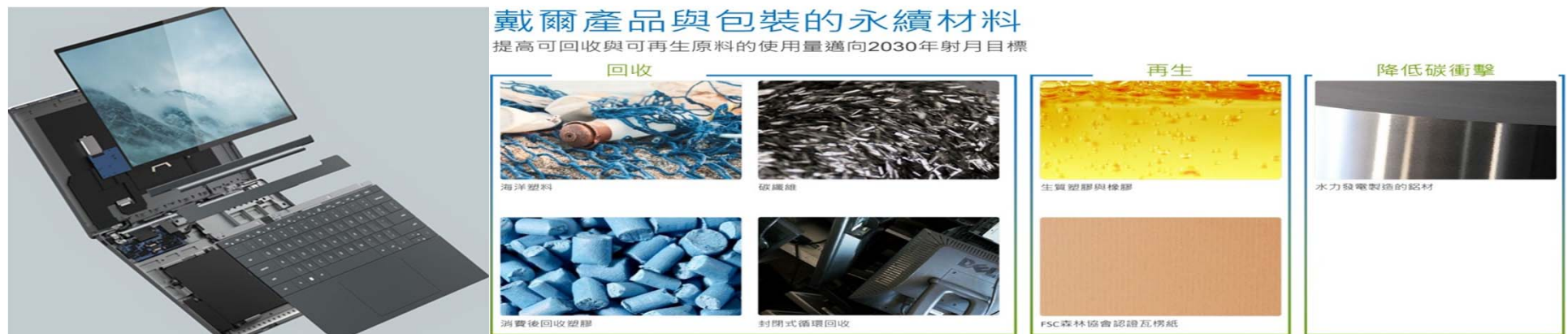
要降低一台筆電的碳足跡，除採用回收金屬與再生塑膠(減少類別4的碳排放量)，應該積極研發筆電在使用階段的節能技術、及在使用階段時用再生能源的電力，來減少類別5的碳排放。



產業淨零永續價值鏈 (22/50)

《研發和製造：Dell的永續設計與製造》

Dell研發團隊透過探索各種革命性的設計理念—更高效的採用、替換、回收再利用零組件，例如將主機板從鍵盤下移到螢幕後方並移除風扇等，以減少資源耗費並保持循環；若全面實現綠色設計理念來生產產品，Dell預估可降低50%的碳足跡。使用的材料包含造紙業回收的木質生物塑料、回收碳纖維、消費回收塑膠，及海漂廢料等，幾乎在所有Dell的研發成果都用上了。

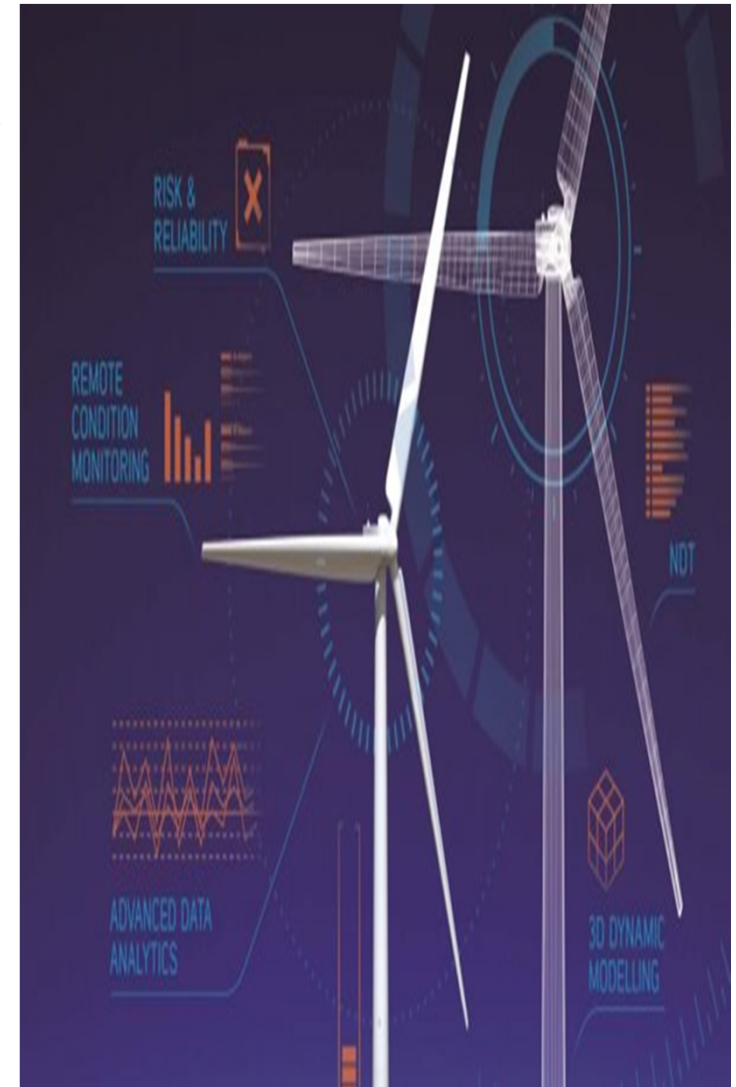


(<https://technews.tw/2021/12/20/dell-concept-luna-pushing-the-boundaries-of-sustainable-pc-design/>)

產業淨零永續價值鏈 (23/50)

《研發和製造：風力發電機場的優化設計》

為研發再生能源的技術，NVIDIA和Siemens Gamesa Renewable Energy合作，建立具物理資訊之一群風力發電機的Digital Twin模型；其使用Digital Twin模型平台來開發人工智能框架，以及3D設計協作與模擬平台Omniverse，將模擬計算流體動力學的速度提高4000倍，還能查看畫面極為逼真的模擬結果，和能夠模擬出多組風力發電機擺放位置對發電量的影響，並針對各種天氣狀況來優化調整風電場，取得最佳的風場佈局，使得風場的發電量較舊設計約高出20%。



(<https://www.windpowerengineering.com/>)

產業淨零永續價值鏈 (24/50)

《設計和製造：Digital Twin及AI助益資源的減耗》

周至宏教授團隊以Digital Twin及AI技術在金屬工業研發中心，進行鋼筋含化學成分之比例的研究工作，來同時優化鋼筋之拉伸強度(Tensile Strength)與屈服點(Yield Point)等兩項品質；應用Digital Twin及AI技術之優勢在於其能減少資源的耗用及能加速研發工作進行。

P. Y. Chou, J. T. Tsai and J. H. Chou, 2016, "Modeling and optimizing tensile strength and yield point on steel bar by artificial neural network with Taguchi particle swarm optimizer", *IEEE Access*, Vol.4, pp.585-593.

Experiment No.	Inputs					Outputs	
	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	TS	YP
Predict 1	0.2221	0.1113	0.6230	0.0485	0.0329	73.2	82.4
	0.2845	0.0744	0.1216	0.0155	0.0049		
Actual 1	0.2221	0.1113	0.6230	0.0485	0.0329	70.2	79.1
	0.2845	0.0744	0.1216	0.0155	0.0049		
Error (%)	0%	0%	0%	0%	0%	4.27%	4.17%
Predict 2	0.2072	0.1486	0.6845	0.0332	0.0308	72.2	80.5
	0.2885	0.0715	0.1209	0.0160	0.0046		
Actual 2	0.2072	0.1486	0.6845	0.0332	0.0308	69.5	78.6
	0.2885	0.0715	0.1209	0.0160	0.0046		
Error (%)	0%	0%	0%	0%	0%	3.88%	2.54%

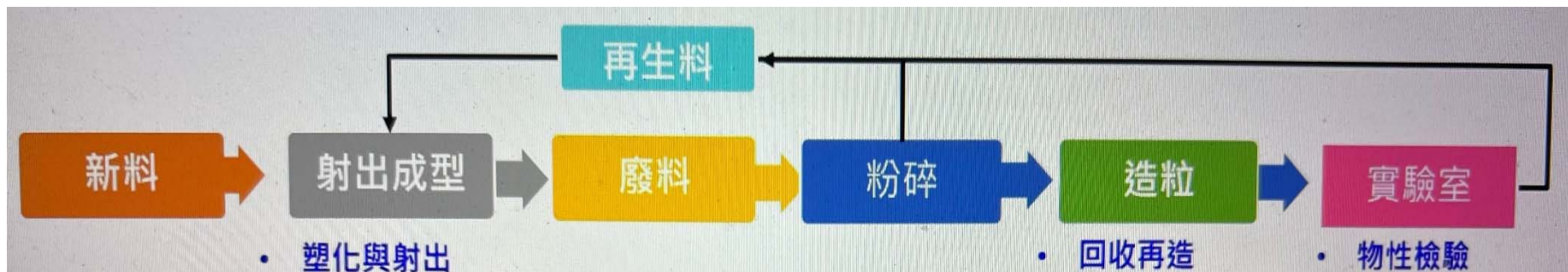
產業淨零永續價值鏈 (25/50)

《研發和製造：使用再生塑料的低碳製程》

再生塑料可有效減碳，某些產品要求再生塑料使用60%，但是新料的黏度變異是0.5%、再生塑料的黏度變異是20%。

- 使用現況：再生料比例60%左右(Cisco, Verizon, Amazon網通設備零組件)
- 再生料來源：奇美(ABS、PC)

試驗再生塑料，其製程的調機由原先的十分鐘增加至約需一天、良率由原先的95%降至80%；運用AI與Digital Twin技術來研發優化品質、高效率的穩健智能優化技術(Robust Intelligent Optimization)，以及經由IoT的數據，來即時調整製程參數，可助益低碳優質技術的發展。



產業淨零永續價值鏈 (26/50)

《研發和製造：晶片節能設計減碳排，及省資源》

◆在終端電子產品的使用，低功耗設計及體積縮小之具備輕薄、省電的需求，一直是IC晶片產品設計的目標；另因應人工智能的應用發展趨勢，AI晶片設計複雜度增高，當晶片需運算更多資料，要提升效能，勢必要增加解決散熱、耗能、記憶體消耗、...等問題。

●產品具備高品質、減廢、省電、減碳：(A)快充協議晶片，可讓消費者只要準備一種接口電源充電器，就可為各種品牌的筆電和手機等產品充電，減少重複購買充電器，減少許多電子垃圾的產生。(B)具高品質及休眠功能之電源管理晶片，以減少待機狀態的耗電。

【多目標的穩健智能優化設計技術之需求性增多】

產業淨零永續價值鏈 (27/50)

《研發和製造：聯電的製程優化》

針對半導體業對環境可能造成的衝擊，聯華電子公司的策略就是以“源頭減量”取代“管末處理”；早期半導體界為了追求較高的清洗效率，清洗溶劑會添加一些含氟化合物，這不僅對人體有害也會破壞生態環境，聯電斧底抽薪，從源頭開始減量。

製程參數優化：聯電利用奈米表面成分技術，分析製程上前一個步驟——蝕刻產生的殘餘物，來優化蝕刻機台之參數設定，讓殘餘物減量或使其結構更鬆散更易被清洗。

優化清洗製程：針對清洗溶劑的成分特性、濃度配比、溫度設定等進行優化，增強去除殘餘物的能力，例如，半導體後段銅導線製程中的化學清洗過程是要浸泡在一種溶劑中，透過這樣的作法來提升清洗效能，就可成功拉長其更換週期，順利達到70%以上的化學溶劑減量。

產業淨零永續價值鏈 (28/50)

《研發和製造：可修復性的設計》

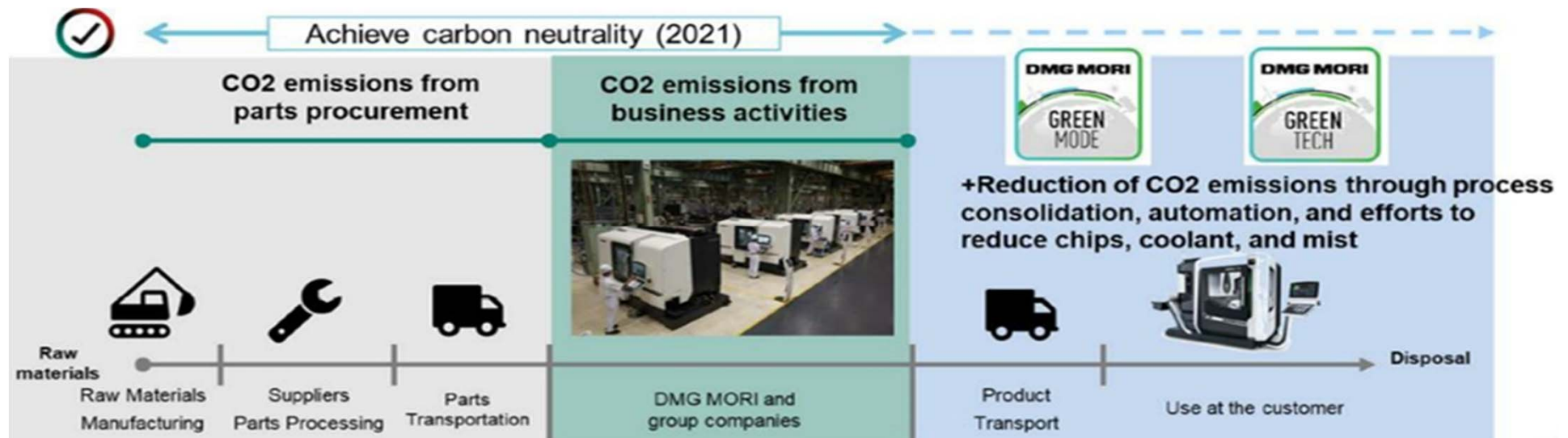
歐盟議會通過2021年3月起正式生效之給予消費者“維修權”的法案，強調產品必須設計得更容易拆卸維修、產品也要準備足夠備品，其促進重用和維修產品，延長產品的使用壽命。(https://unwire.hk/2021/03/02/eurepairright/life-tech/)

電子產品、電器生產商需要為其新產品提供10年的維修服務，在期間內需要確保有足夠後備零件以供維修，其深遠影響產品的設計；產品是否可以維修已經不是消費者買不買的問題，而是決定產品能否進入市場的關鍵。不過，生命周期的延長代表更換產品速度變慢，對銷售形成龐大壓力，因此企業需開發新的商業模式及循環經濟模式，才能找到多元的獲利來源，平衡其營收下降的風險。

產業淨零永續價值鏈 (29/50)

《研發和製造：DMG MORI以1+N實現低碳產品》

2021年起，DMG MORI的工具機生產完全達到碳中和，其是工具機界第一家實現碳中和的公司，工具機的全生命週期，從原材料採購到機床的製造、裝配，再到產品的包裝、運輸，所有環節實現綠色低碳；DMG MORI以1+N帶領其供應商(例如鑄鋼原材料、電子產品等)使用節能和環保的設備與技術，共同在整個產品價值鏈實現碳中和。



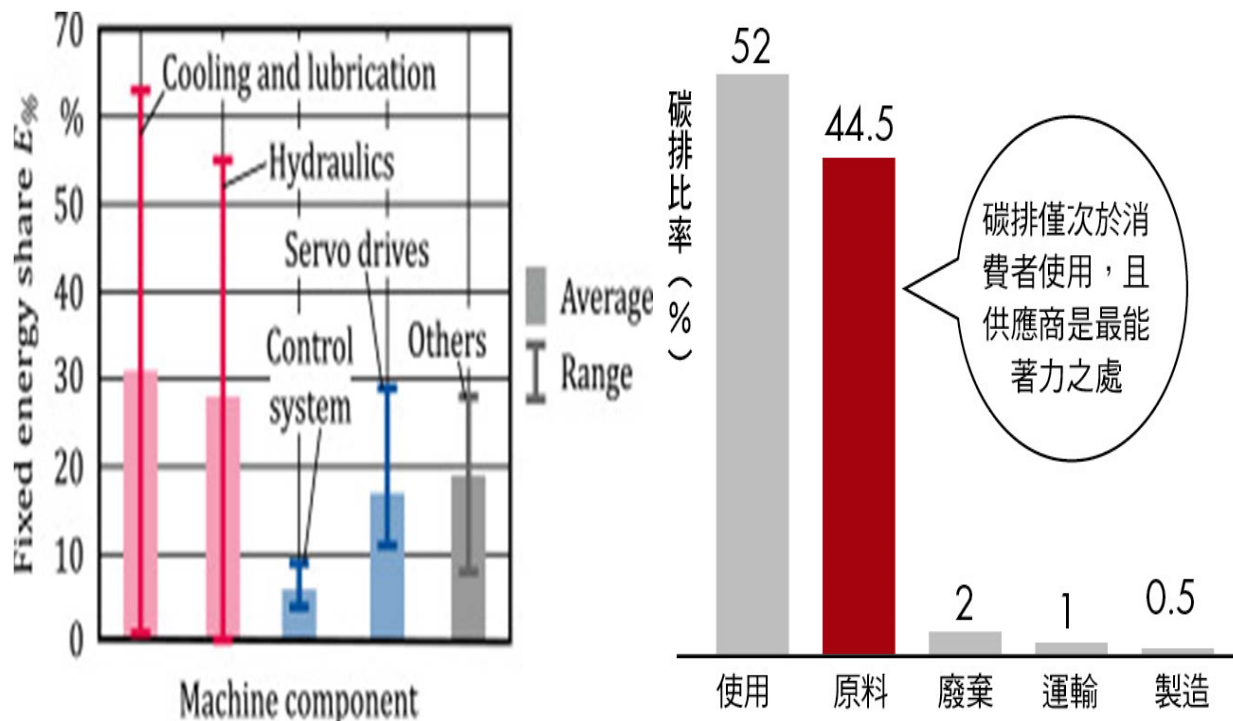
(<https://en.dmgmori.com/news-and-media/news/dmg-mori-s-production-completely-co2-neutral-as-of-january-2021>)

產業淨零永續價值鏈 (30/50)

《研發和製造：產品之節能減耗的設計規劃》

產品之節能減耗的議題大都在於材料及使用等階段，供應端之回收再生料與綠色低碳原材料的使用、使用端之節能減耗技術研發，可大幅降低產品的碳足跡。

Berend Denkena 等人研究加工中心，其顯示冷卻潤滑系統、切削液供應、液壓裝置對整體能源需求具決定性影響。一台顯示器產品實際使用時的碳排約52%，原料的碳排占比近45%。



(圖的來源：<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850620301414>、https://www.businessweekly.com.tw/magazine/Article_mag_page.aspx?id=7008761&p=0)

產業淨零永續價值鏈 (31/50)

《研發和製造：奈米流體/微量潤滑技術(MQL)》

周至宏教授與黃惟泰教授之研究團隊所研發之奈米流體/超音波霧化微量潤滑(MQL)系統，可大幅降低工具機幫浦能源損耗、減少廢液處理、與大幅提升潤滑效益，此技術獲得台灣工具機暨零組件工業同業公會雜誌在2021年10月的報導、及獲得中國大陸金屬板材成形雜誌在2021年11月之淨零排放專題中的報導，此技術也榮獲科技部2021年未來科技獎，研究團隊同時研發多種智能化建模及穩健智能優化的方法，可預測與優化多種不同製程品質目標，及有助於達成碳中和的目標。

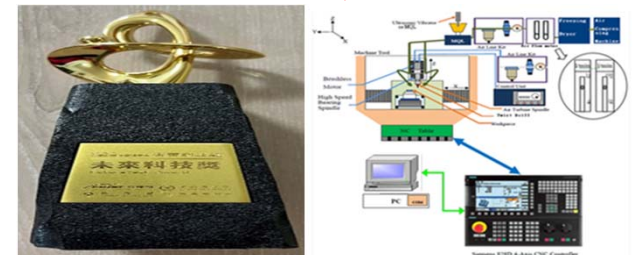
榮獲

《科技部2021年未來科技獎》

◆研發成果發表於IEEE國際著名期刊：

W. T. Huang, W. S. Liu, J. T. Tsai and J. H. Chou, 2018, *IEEE Trans. on Automation Science and Engineering*, Vol.15, pp.1065-1077.

W. T. Huang, F. I Chou, J. T. Tsai, T. W. Lin, and J. H. Chou, 2020, *IEEE Trans. on Industrial Informatics*, Vol.16, pp.5202-5212.



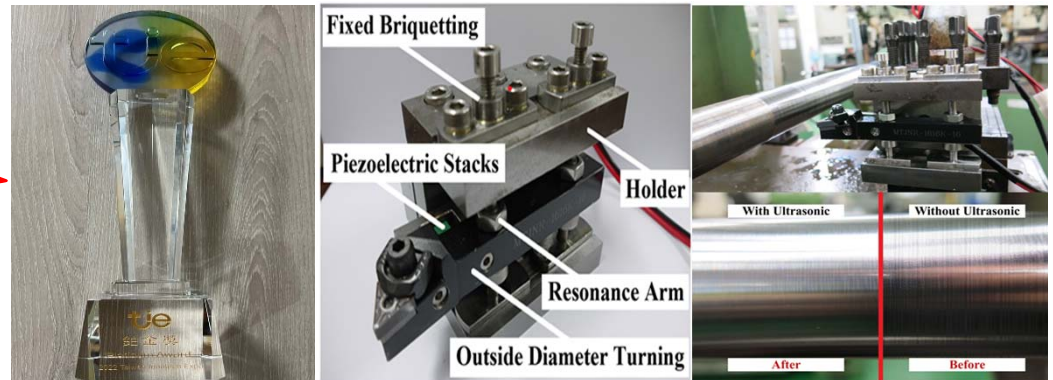
產業淨零永續價值鏈 (32/50)

《研發和製造：降低能源消耗的切削加工系統》

周至宏教授與黃惟泰教授之研究團隊研發可提升切削加工特殊硬質合金材料的效益、及降低能源消耗之超音波振動輔助車削系統，其主要創新價值在：[A]國際首創—使用內藏式致動振動設計，大幅縮小系統體積。[B]兼融性強—可輕易架設結合與搭配國內外各廠牌工具機上使用。[C]增加效益—可大幅提升原有工具機加工性能與效益於加工高硬度合金材料。[D]綠色製造—降低工具機能源消耗，以減低碳排放來達成碳中和目標。

榮獲

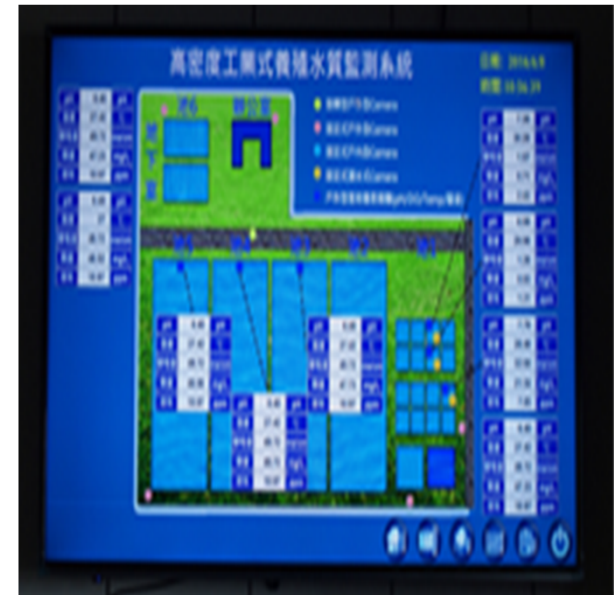
2022台灣創新技術博覽會
最高榮譽獎項—鉑金獎



產業淨零永續價值鏈 (33/50)

《研發和製造：AI助益水產養殖生產與減少能耗》

從水產養殖從業者的角度來看，如何有效地控制魚塘的水質是非常重要的。根據水產養殖從業者的經驗，水質由其含氧量決定。水質含氧量的維持，關係著魚品質與生命、及電能消耗成本。在本產學合作計畫案，楊柏遠教授、蔡進聰教授、周至宏教授(國立屏東大學/逢甲大學/國立高雄科技大學)應用人工智能(AI)技術來建構溫度、pH值、電導率、鹽度、含氧量等之間的關係模型，藉由即時收集數據，來預測20分鐘後之含氧量，根據實際場域驗證結果，含氧量可維持在合理的範圍內，亦能減少電能消耗。



產業淨零永續價值鏈 (34/50)

《研發和製造：多目標智能優化生產排程系統》

產學合作之企業界其系統僅能排出個別訂單交期，無法考慮生產製造的產能與工務、廠務所面臨的問題，生產排程大多必須由人工耗費相當長的時間來特別製作，由於客戶都會固定或臨時向該廠商下訂單，且通常面臨生產班表相當複雜，其中包含客戶的交期、每個生產據點固定日期的生產量、生產之產品種類...等複雜且重要的工作，實非人工所能負荷，因此，在執行產學合作計畫案時，本研發團隊以人工智能之Evolutionary Computation研發多目標最佳化的智能優化排程系統技術，成功解決產學合作之業界的生產排程問題，且同時考量減少能耗可達成節能減碳的目標；所研發之技術可結合能源管理同時進行用電機制之優化調配以降低用電成本。

(T. K. Liu, Y. P. Chen and J. H. Chou, 2014, *IEEE Access*, Vol.2, pp.356-364. ; T. K. Liu, Y. P. Chen and J. H. Chou, 2014, *IEEE Access*, Vol.2, pp.1598-1606. ; C. H. Chen, T. K. Liu and J. H. Chou, 2014, *IEEE Trans. on Industrial Informatics*, Vol.10, pp.1705-1716.)

(智能排程系統團隊：劉東官教授、陳秋宏教授、周至宏教授/高雄科技大學及逢甲大學)



產業淨零永續價值鏈 (35/50)

《研發和製造：優化生產排程及製程參數之效益》

面臨問題

- **產業現況**：面對國外競爭壓力及**碳關稅**問題，產業急需提升企業減碳能力及產品競爭力。
- **市場需求**：除了高值產品外，也要求**低碳產品**，以符合國際減碳政策及市場趨勢。

解決方案

- ① **廢熱回收**：蓄熱燃燒回收廢熱，建置**蓄熱燒結爐**，**減少碳排**
- ② **智慧排程**：最大**碳排製程(熔解、燒結)**操作時間優化與匹配，降低能耗
- ③ **參數優化**：結合感知器進行**節能監測**，主動**警示燈號**，**掌握爐體即時狀態**，將**製程參數優化**以降低燒結製程碳排



建置蓄熱式燒結爐

導入效益

減碳比率
40%

產品良率提升
5%
(穩定燒結及成型良率)

增加產值
3,000萬/年

- 鑄造廠內**燒結**為主要的高**碳排製程**，**減碳潛力高**
- 每座燒結爐建置費用**1,000萬元**

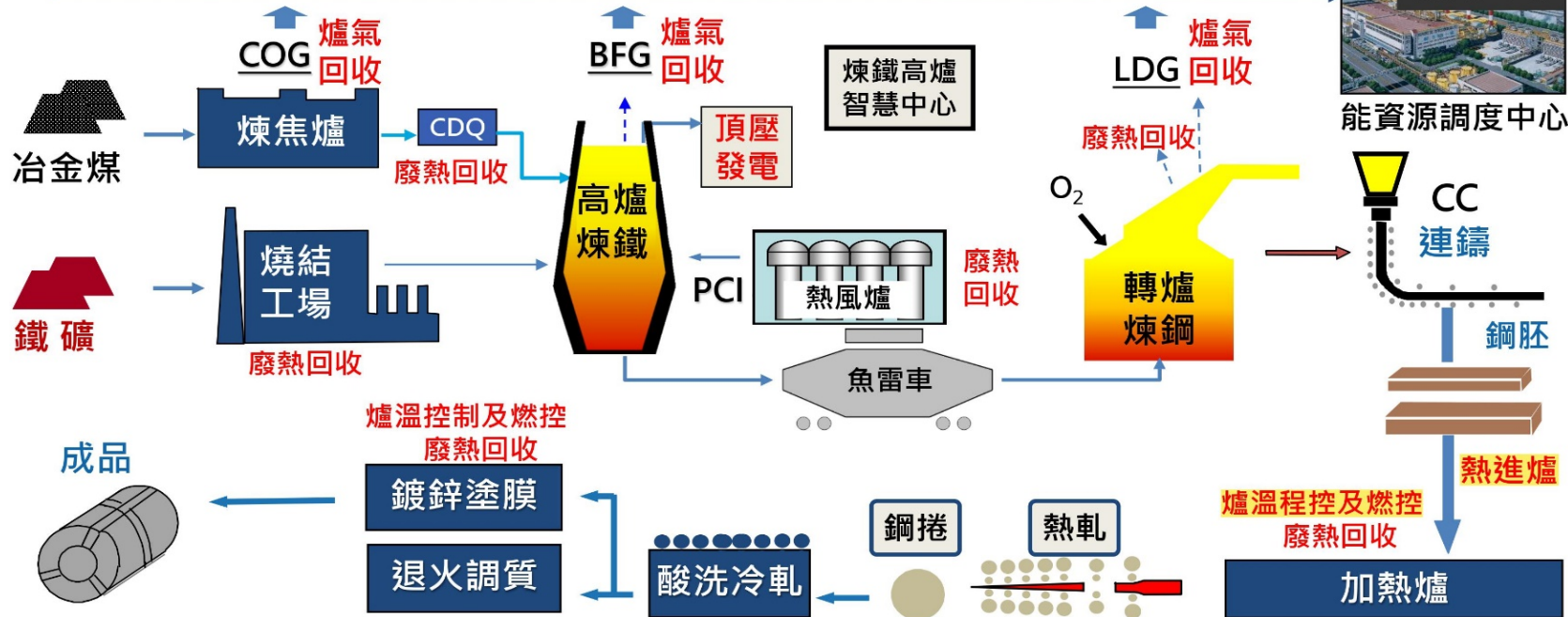
過去此類一台**1,000萬**的燒結爐設備**購置費**均由**業者自行支應**，資金相對不充裕不足之**中小企業投資意願低**，**特別預算補助科目新增設備購置費**，提供誘因，加速**中小企業低碳轉型**

(經濟部產業發展署補助中小企業升級轉型的案例)

產業淨零永續價值鏈 (36/50)

《研發和製造：中國鋼鐵公司的節能減耗》

回收副產爐氣、廢熱 → 汽電共生，自發電比例 > 50%



節能減碳
十大方略

製程改善
製程精簡

廢熱回收
汽電共生

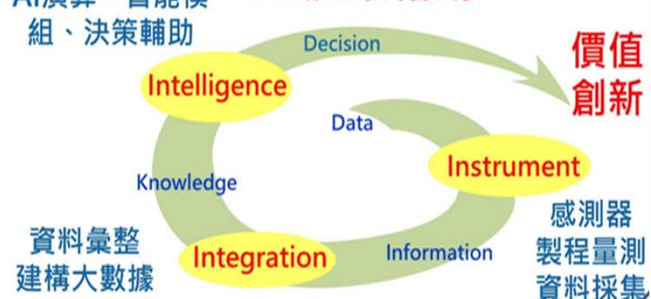
燃燒控制
溫控優化

提升良率
設備效能

能源調度
智能管理

AI演算、智能模
組、決策輔助

AI決策輔助



8項
智能
操作
指引

管道流異常指引
高爐設備異常指引
爐頂佈料智能化輔助
高爐爐況指引...等

5項
爐況
智能
指標

質能平衡
爐況指標
管道流預警
爐熱分析診斷...等

5項
線上
智能
監診

主輸送帶監診系統
爐頂佈料量測
高爐設備監診系統
爐床液位計...等

9項
智能
預測
模組

鼓風嘴風口影像分析
鐵水溫度預測模型
智能化熱風爐
銅冷卻壁殘厚預測等

解
開
黑
箱

可透視
能預知
易掌控

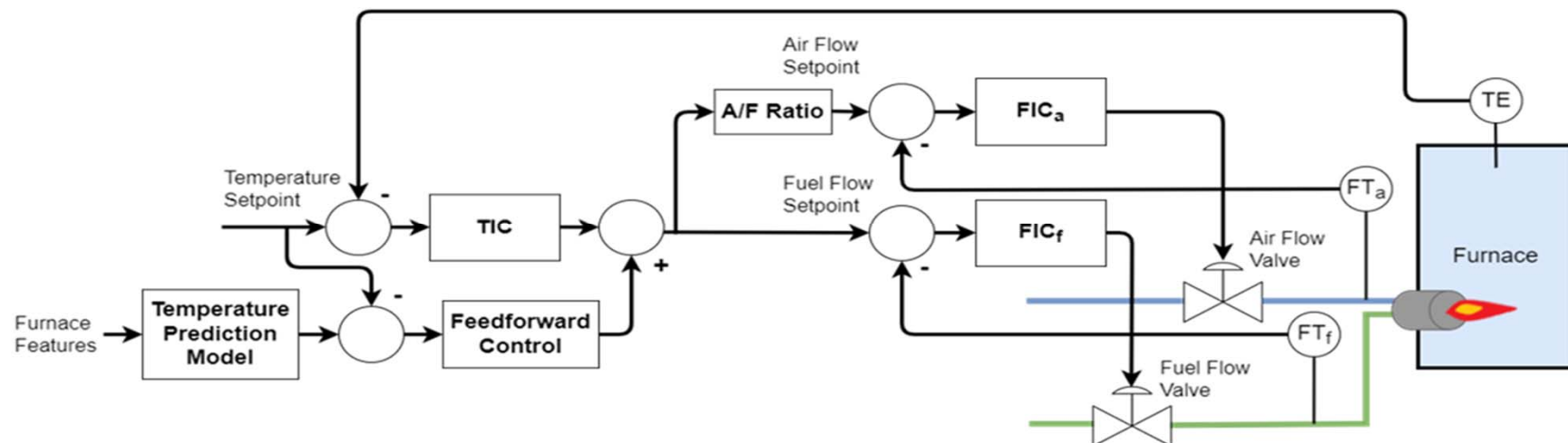
產業淨零永續價值鏈 (37/50)

《研發和製造：加熱爐溫度預測與前饋控制器》

鋼鐵廠再加熱爐用於在熱軋前，在 1000°C 至 1250°C 的溫度下均勻的再加熱鋼坯，提供準確、穩定、可靠的溫度控制對於熱軋鋼生產中的加熱爐來說是最重要的。我們提出一種將AI預測模型與前饋控制器相結合的方法，在亞洲地區一家鋼鐵廠進行應用，經實際驗證其確可提高溫度控制系統的穩定性，並提供更精確的溫度控制，不僅提高了軋機生產線的穩定性，且減少燃料燃燒(節能)及可減碳排。

(C. J. Chen, F. I Chou and J. H. Chou, 2022, Temperature Prediction for Reheating Furnace by Gated Recurrent Unit Approach, *IEEE Access*, Vol.10, pp. 33362-33369.)

(陳建榮、周阜毅、周至宏，中冠資訊公司、國立高雄科技大學、逢甲大學)



產業淨零永續價值鏈 (38/50)

(<https://www.automan.tw/magazine/magazineContent.aspx?id=2475>、<https://www.phdbooks.com.tw/cn/magazine/detail/1226>)

《研發和製造：馬達動力系統的節能減耗》

- ◆ 節能方法的改善比例：使用變頻控制10~50%，傳動效率改善2~10%，換用高效率馬達2~8%，系統維護調整、潤滑、馬達維修保養1.5~7%。
- ◆ 觀測器(Observer)是“軟體感測器”，跟“實體感測器”相比，其生產成本低、且更可靠及更準確；藉由導入Observer-based Sensor，其因減少使用“實體感測器”而可減少材料資源的使用(減耗)，並可使馬達驅動系統的資訊透過估測的方式，在實際馬達運轉當下的情況，有效降低通訊及運算延遲的影響並可提高頻寬。
- ◆ 應用穩健智能優化技術同時調整變頻器與控制器之系統參數，能優化系統輸出品質特性、及節省能耗。

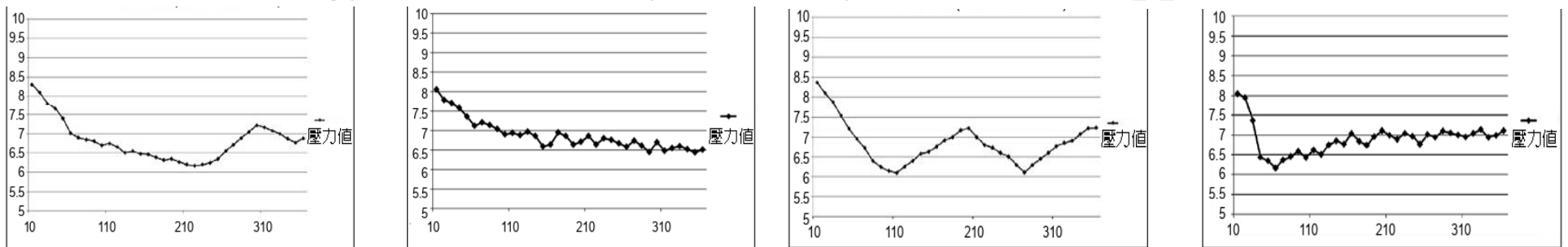
產業淨零永續價值鏈 (39/50)

(<https://www.automan.tw/magazine/magazineContent.aspx?id=2475> · <https://www.phdbooks.com.tw/cn/magazine/detail/1226>)

《研發和製造：空壓機系統的智能型變頻技術》

空壓機普遍應用於各產業中，其已廣泛應用變頻控制技術，來達到節能效益，但是，空壓機系統供應的壓力不穩定會導致產品的品質不良，也會影響到製程的進度。結合AI之Fuzzy Control (FC)技術的智能型變頻控制技術，不僅有節能效益，也能提供穩定的壓力。

(謝秉軒and周至宏，2014，"Improvement of energy-efficiency for reciprocating air compressors by using intelligent variable-frequency technology"，Electricity Monthly，Vol.24(5)，pp.144-155。)



流量2000L/min及3000L/min之無FC與有FC的壓力變化值比較

產業淨零永續價值鏈 (40/50)

《研發和製造：5G網路系統的節能設計》

5G的基地台單站之能耗約是4G基地台的2~3倍，在5G網路系統的發展上需納入節能設計：

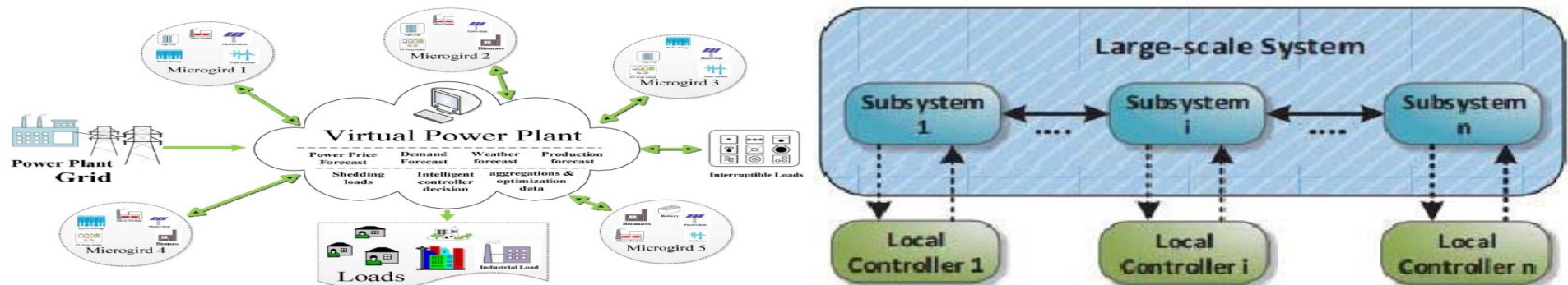
- @優化網路層面；在保證網路品質的條件下，進行建基地台、補基地台等智能優化基地台的部署，來降低能耗。
- @基地台設備中能耗最高的是射頻功率放大器，需進一步提升射頻功率放大器的工作效率，及增強其工作之穩健性。
- @利用基地台供配電監測數據可視化、雲端化的基地台設備監控平台，以助益能耗監測及智能化預測；利用現網的配置、性能統計等數據，結合智能排程的策略，在不降低服務品質的情況下，讓更多基地台進入休眠，以降低現網的能耗。
- @增加再生能源及基地台儲能的比例，減少大電網供電的能耗，增加零碳的電能供給。

產業淨零永續價值鏈 (41/50)

《研發和製造：參與能源調控的佈建》

● The Smart Grid System (SGS), ready for the Virtual Power Plant (VPP), is an advanced energy system that enables the integration of renewable energy sources, energy storage, and energy management systems in a way either connected to the main power network or in islanded mode to improving the efficiency, reliability, and economics of the production and distribution of electricity.

● The VPP is an aggregated system of energy assets remotely and automatically optimized by a software-based platform. One of the most valuable service offered by a VPP is the Demand Response.



(圖的來源：<https://doaj.org/article/b5a28bb2a4364c8dab7f57d8ec255739>、<https://ieeexplore.ieee.org/document/8931370>)

產業淨零永續價值鏈 (42/50)

《研發和製造：管路系統的智能檢測》

換熱器是一種在不同溫度的兩種或兩種以上流體間實現物料間熱量傳遞的節能設備，使流體溫度達到規定指標，以滿足製程條件的需要，也是提高能源利用率的主要設備之一，其品質的好壞直接影響到石油化工產業的安全和經濟效益。換熱器管路常因腐蝕而造成洩漏，造成物料的浪費、浪費能源、環境的污染、非計畫性停爐、或工安事故，其已成為生產中不可忽視的問題。換熱器管路的腐蝕檢測是很重要的環，非磁性換熱器管路以渦電流檢測為主，但因訊號研判需仰賴有經驗的判讀人員為之；2003至2004年期間，周至宏教授執行台灣中油公司的產學合作計畫案，應用AI方法，協助換熱器設備的腐蝕檢測判斷，在研發上確實展現成效，有助於工程人員增進渦電流檢測之判讀速度且降低人為誤判的機會，並可助益節能減碳的推動。

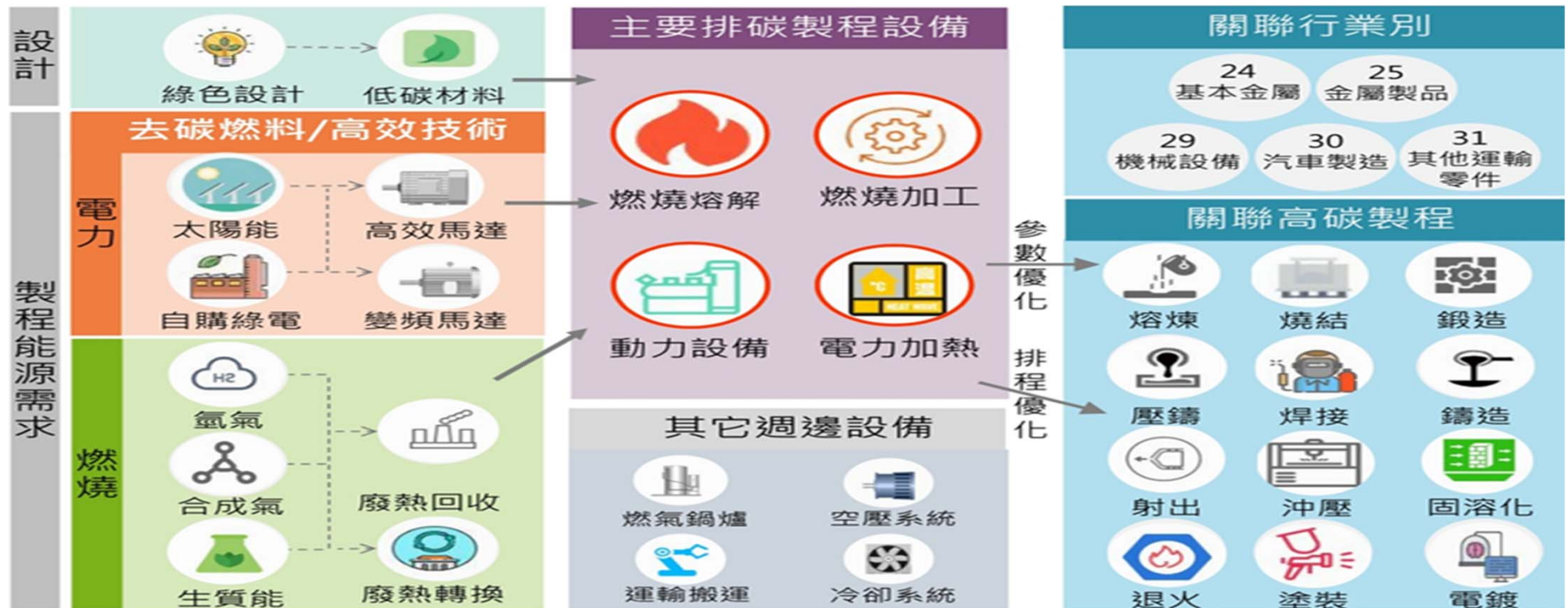
(鄭錦智、曾良雄、周至宏，2004，類神經網路應用於渦電流檢測訊號分析之研究，石油季刊，Vol.40，pp.47-57)

在氫能產業技術，除發展抗氫脆銲接材料製程、耐氫滲透表面處理技術應用於高壓輸儲系統，解決因氫脆導致洩漏問題外，研發結合AI渦電流檢測等技術於輸儲系統，將有助於氫能產業鏈的安全性。

產業淨零永續價值鏈 (43/50)

《研發和製造：製造業綠色智能/智慧製造的趨勢》

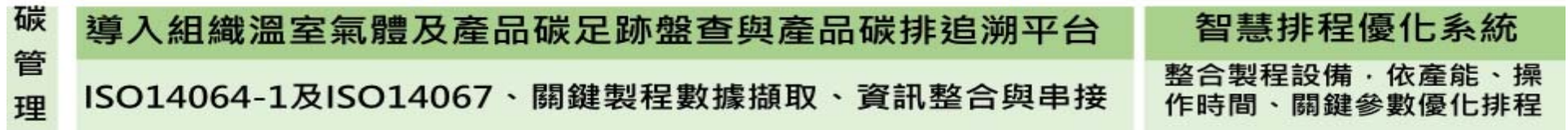
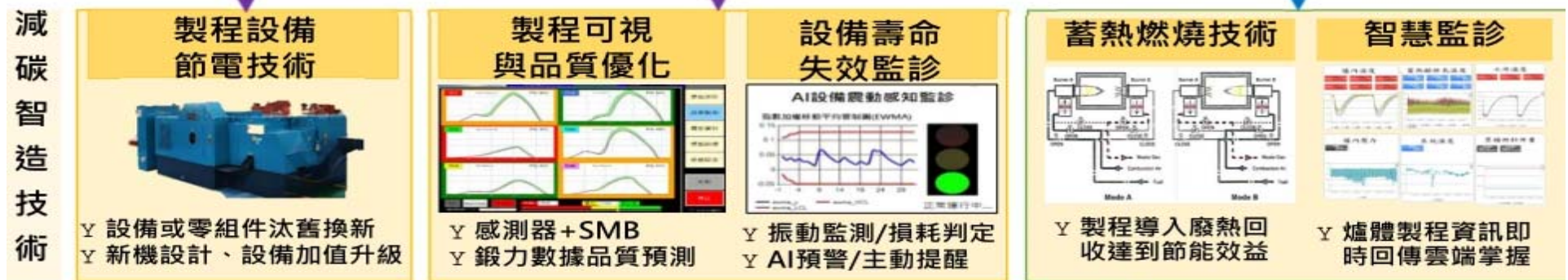
在智能/智慧製造與綠色轉型推動下，製造業正面臨巨大轉型壓力。**綠色智能/智慧製造技術**：同時多目標的智能/智慧優化產品品質、智能/智慧優化產品精度、智能/智慧優化生產效率、及節能減耗。



產業淨零永續價值鏈 (44/50)

《研發和製造：扣件產業之製程優化及節能減碳》

金屬工業研究發展中心之金屬扣件成形智能/智慧製造技術團隊
 主持人林崇田處長/博士、顧問周至宏講座教授、共同主持人詹家銘副組長/博士



產業淨零永續價值鏈 (45/50)

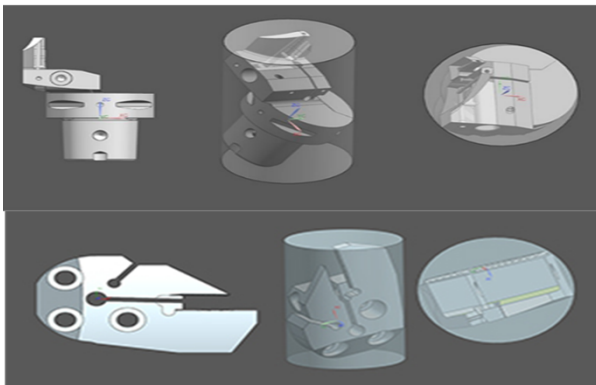
- **供應分銷**：以智能/智慧技術改善與優化商品的包裝；借助AIoT及區塊鏈技術，企業可以即時追蹤物料和貨物資訊，提升供應鏈的透明度，實現高效與可追蹤的物流運輸，及運用AI技術來優化運輸路線並可節省燃油/電能，且可降低城市的擁堵和污染。
- **使用和重複使用**：以智能化PHM(Prognostics and Health Management)技術，來延長設備/商品的使用壽命；實現商品共享模式以提高物盡其用之利用率；商品回收重複使用讓商品從生產製造開始，所有使用的資源和產出物重複回收循環利用，降低商品碳足跡促進循環經濟。整合PHM與共享模式，創造優質服務。
- **回收和再利用**：改善廢品回收分類和收集管理，在低能耗及低排放下，提升廢品再利用效率。

產業淨零永續價值鏈 (46/50)

《供應分銷：AI智能包裝設計以減少碳足跡》

產品包裝解決方案的要求：確保所選擇的包裝盡可能小而精，不僅要降低材料成本，還要幫助公司減少整體碳足跡。

應用AI的**Genetic Algorithm (GA)**，M. R. Namaghi通過分析一個物體的三維CAD模型來確定其最關鍵的點，以GA來優化包裝設計，其除了有助於降低包裝材料、運輸和儲存方面的成本外，選擇盡可能小的包裝，浪費的包裝材料就越少，在運輸方面，較小的包裝佔用的空間更少，可在一次運輸中裝下更多的東西，減少運輸以減少能源消耗，有助於減少二氧化碳排放。

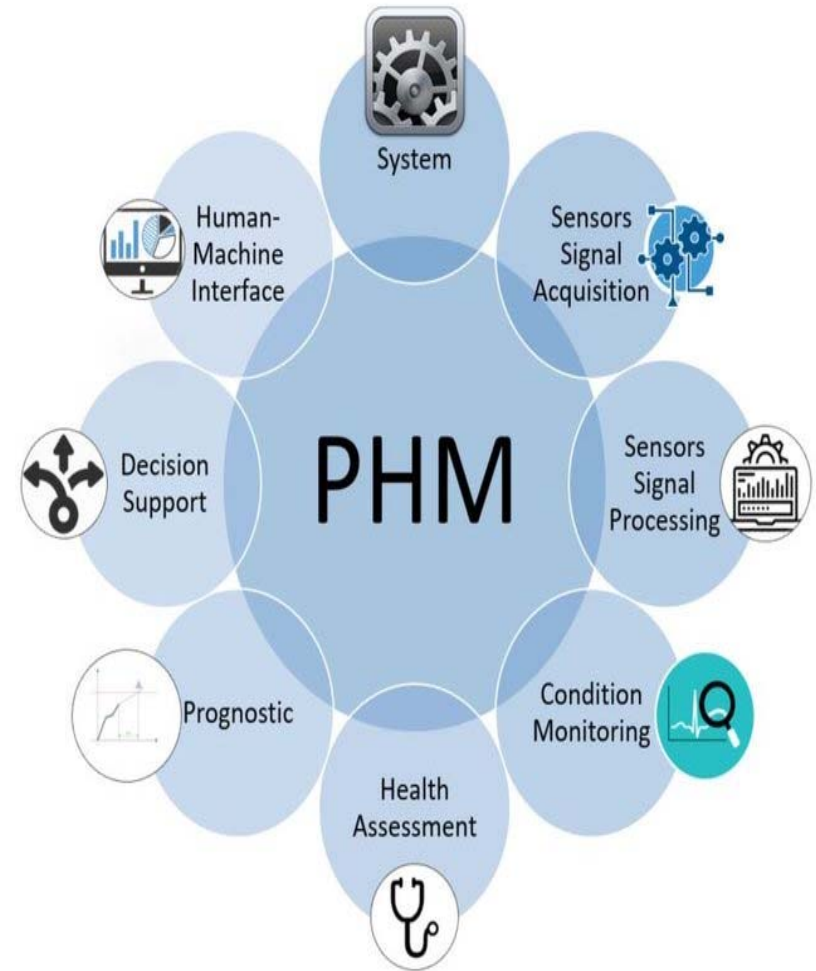


營業以線上購物為主的**Amazon**推動**零挫折包裝計畫(Frustration-Free Program)**強調在包裝上減少材料與重量，也推動**緊湊型包裝設計認證(Compact by Design)**。

產業淨零永續價值鏈 (47/50)

《使用和重複使用：故障預測與設備健康管理》

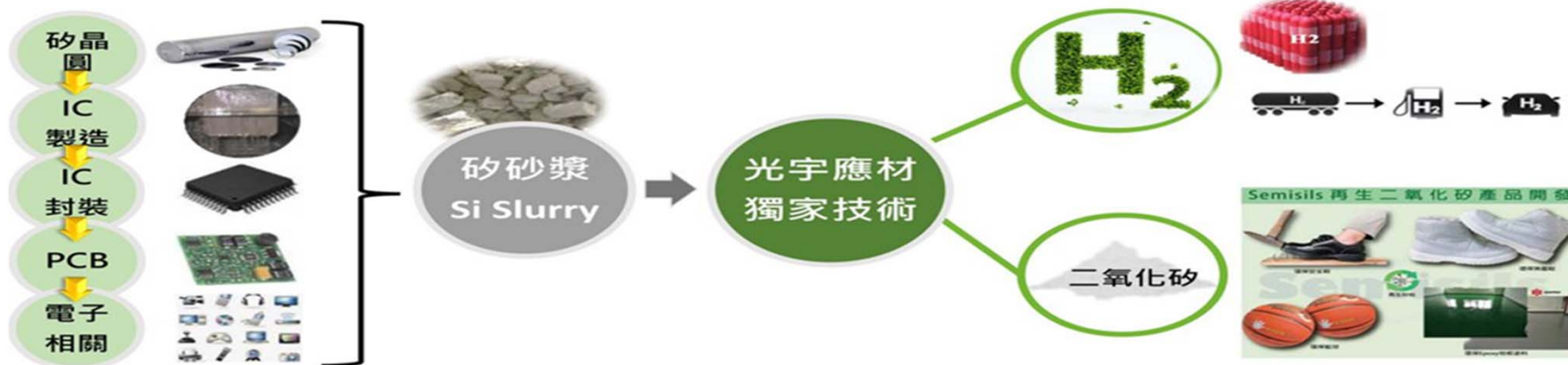
觀測階段 (Observation Phase) 係從感測器的數據採集開始，然後通過過濾、修改和特徵萃取來處理儲存的數據。在分析階段 (Analysis Phase)，通過預處理的特徵來監測系統的狀態，評估其健康狀態，必要時進行一些故障預診斷，並在預測過程中估計系統的剩餘使用壽命。最後，行動階段中 (Action Phase) 涉及決策之確定和人機界面中之不同資訊的可視化。



(<http://papers.phmsociety.org/index.php/ijphm/article/view/2607>)

產業淨零永續價值鏈 (48/50)

《回收和再利用：半導體製程廢料產氫》



半導體晶圓廠的矽晶圓製程中經過切割、研磨所產生“矽的廢棄物”(稱為“矽砂漿”)，估計每年約有2萬噸，傳統都以燃燒方式處理掉有機溶劑，所餘固態廢棄物都採掩埋方式，既耗能又不夠環保。光宇應材公司於2014年加入逢甲大學創新育成中心透過產學合作精進研發技術，利用專利製程將矽砂漿廢料轉化為“二氧化矽”和“氫氣”，回收的95%純度的氫氣，利用工研院建置的“燃料電池發電系統”進行氫氣發電，發出幾萬度電供光宇應材使用，並取得綠電憑證。

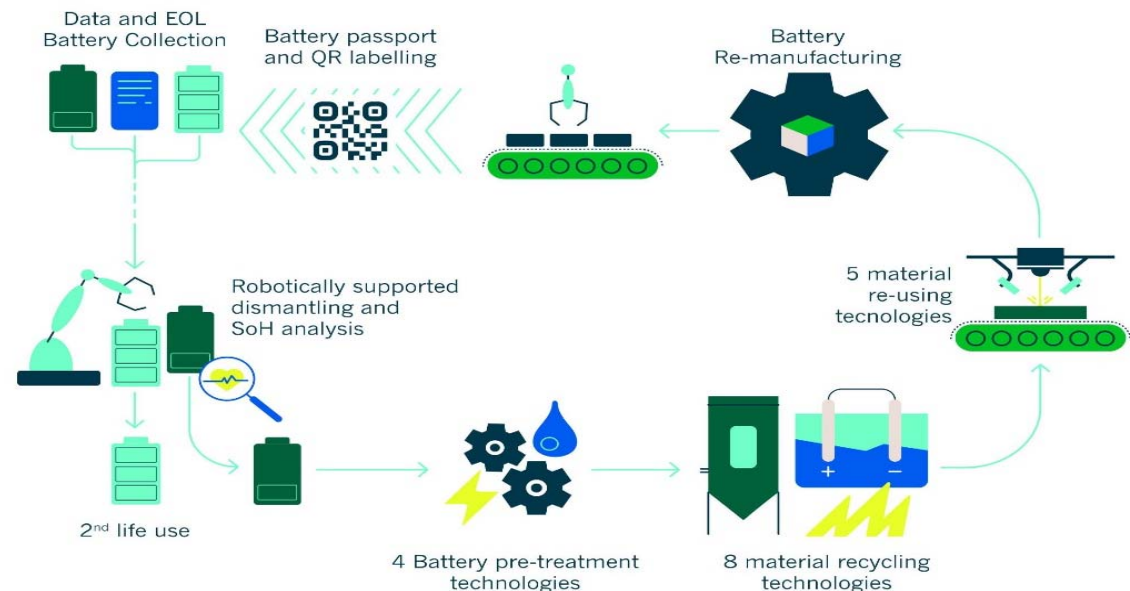
(<https://www.cw.com.tw/article/5078521/>、<https://money.udn.com/money/story/5722/6493035>)

產業淨零永續價值鏈 (49/50)

《回收和再利用：鋰離子電池的循環利用》

● 電動車目前主要依賴鋰離子電池(Lithium-Ion Battery)，歐盟資助的 **FREE4LIB** 研究項目 (Feasible REcovery process of critical raw materials FOR a Li-Ion Battery cross-value chain in Europe)(2022/9~2026/8)，其將研發技術來實現六種新的永續和高效的製程來回收報廢的鋰離子電池。

● **FREE4LIB** 旨在實現高效率的材料回收量，重複利用金屬和聚合物以及電極合成，再製造新的鋰離子電池組，從而改善歐盟的二次資源供應。



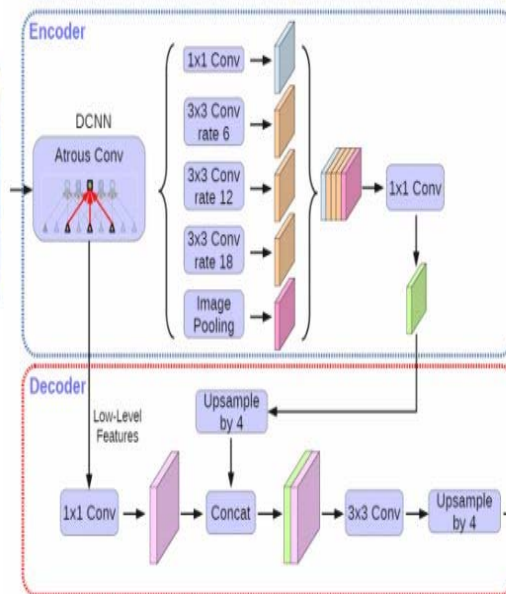
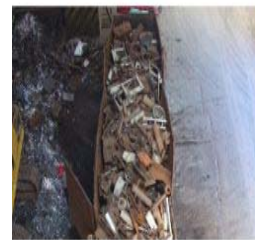
(圖的來源：<https://www.freeforlib.eu/about-the-project>)

產業淨零永續價值鏈 (50/50)

《回收和再利用：AI技術可助益廢鋼的分選處理》

◆廢鋼是鋼鐵工業永續發展的重要資源，尤其是電爐煉鋼重要的、必不可少的原料，同時也是轉爐鋼中效果最好的冷卻劑。為不影響煉鋼流程的正常進行、及確保成品鋼件的品質，必須選用優質的廢鋼鐵原料，加入鋼爐作為原料使用。因此，在廢鋼入爐前，必須進行徹底分選、清洗等前期處理，使其符合不同用途對於廢鋼原料的技術標準。

●採用AI技術對廢鋼都可精準識別，在保證識別速度且同時準確辨識出廢鋼混料中不同類型廢鋼的數量、厚度、面積等特徵資訊，計算出混料不同類型的佔比。



逢甲聯盟技術研發、策略與目標

● **技術研發**：產學研界合作探討“如何整合設備、製程、原料、產品設計、...等來優化品質、性能、與生產效率，及同時減能耗與減碳排”的研發議題，進行產學研合作計畫案並向政府部會申請計畫經費補助。

◆ **策略研擬**：提供企業供應鏈商減碳、縮短物流、在地採購之建議方案；協助企業評估能設置多少再生能源？占整體比重最多可到多少？有多少需要外購？及協助企業分析與評估碳交易、碳抵減等相關法規制度。

■ **永續價值的目標**：協助企業廠商同時達成多目標的需求--智能(智慧)優化產品品質/產品精度/生產效率、節能減耗、優化ESG、及實現碳中和/淨零碳排。

穩健智能/智慧優化技術

(Robust Intelligent/Smart Optimization)

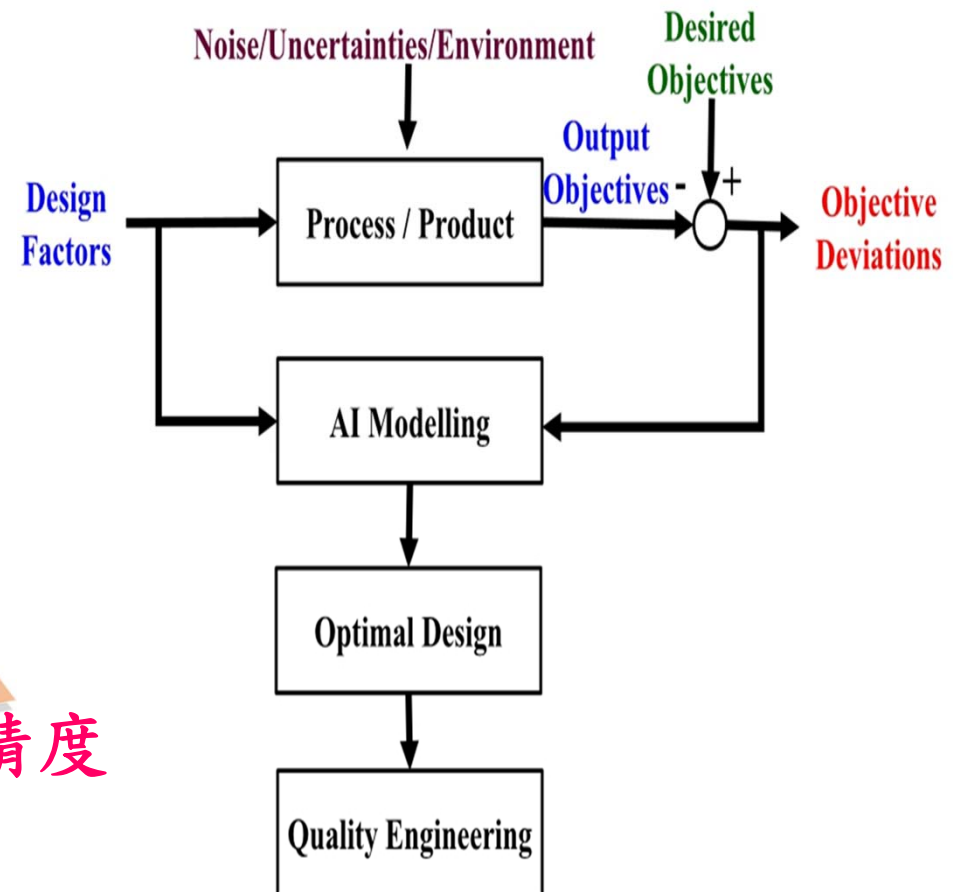
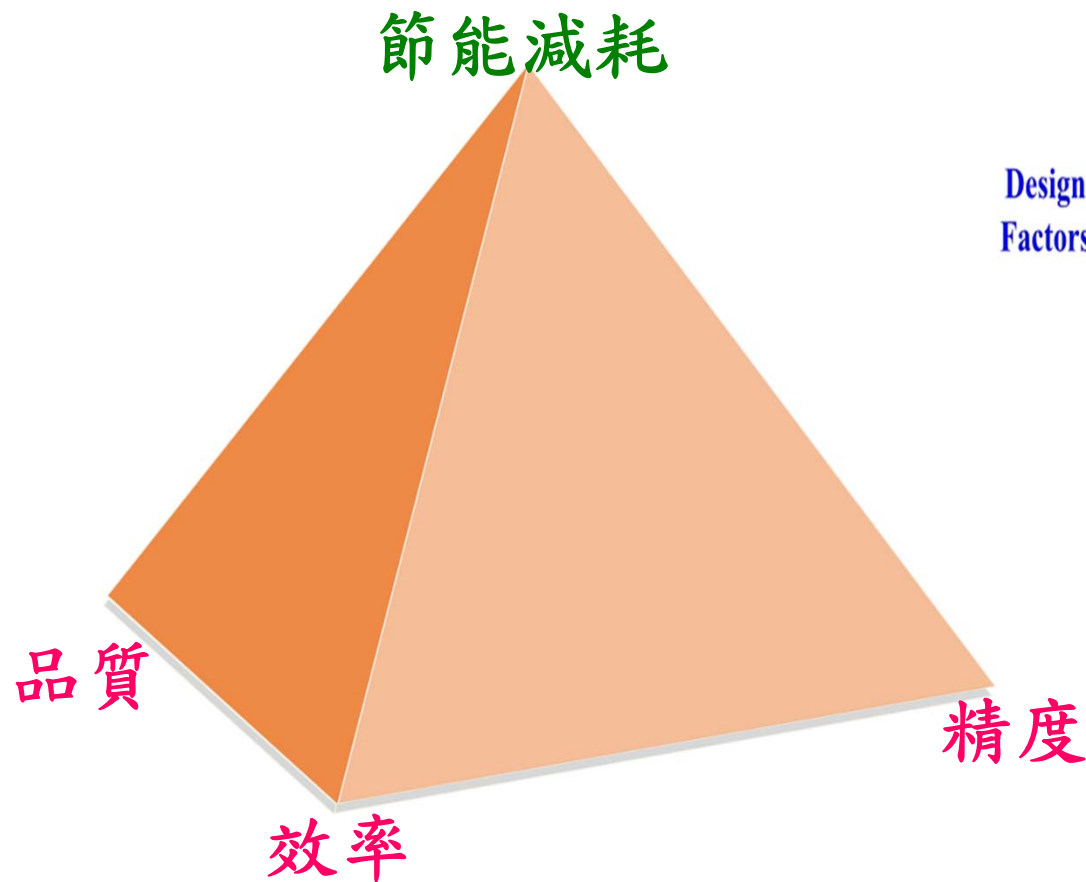
◆產品研發及製造生產等環節的需求面向，係為品質、精度、效率、節能、減耗等多目標優化的問題。解決該需求面向上的問題，涉及“設備”、“材料”、“方法”等；協助中小企業處理問題時，需要考慮不增加經費去換購新設備、及考慮繼續維持原有供應鏈體系的材料等情況下，如何僅先經由“方法”的改善來解決問題；如果無法滿足需求面向時，則再來思考更換及改善“設備”或“材料”等方式。

●藉“方法”來解決問題以滿足需求面向，需考量：(1)如何用最少時間與最少數據，建構Digital Twin來藉由數位分析與設計去進行多目標需求的優化工作；(2)如何在多目標需求之優化的過程中，將產業實務狀況之無法避免的不確定性/干擾/環境等因素，同時考慮在優化的研發工作中。

穩健智能/智慧優化技術

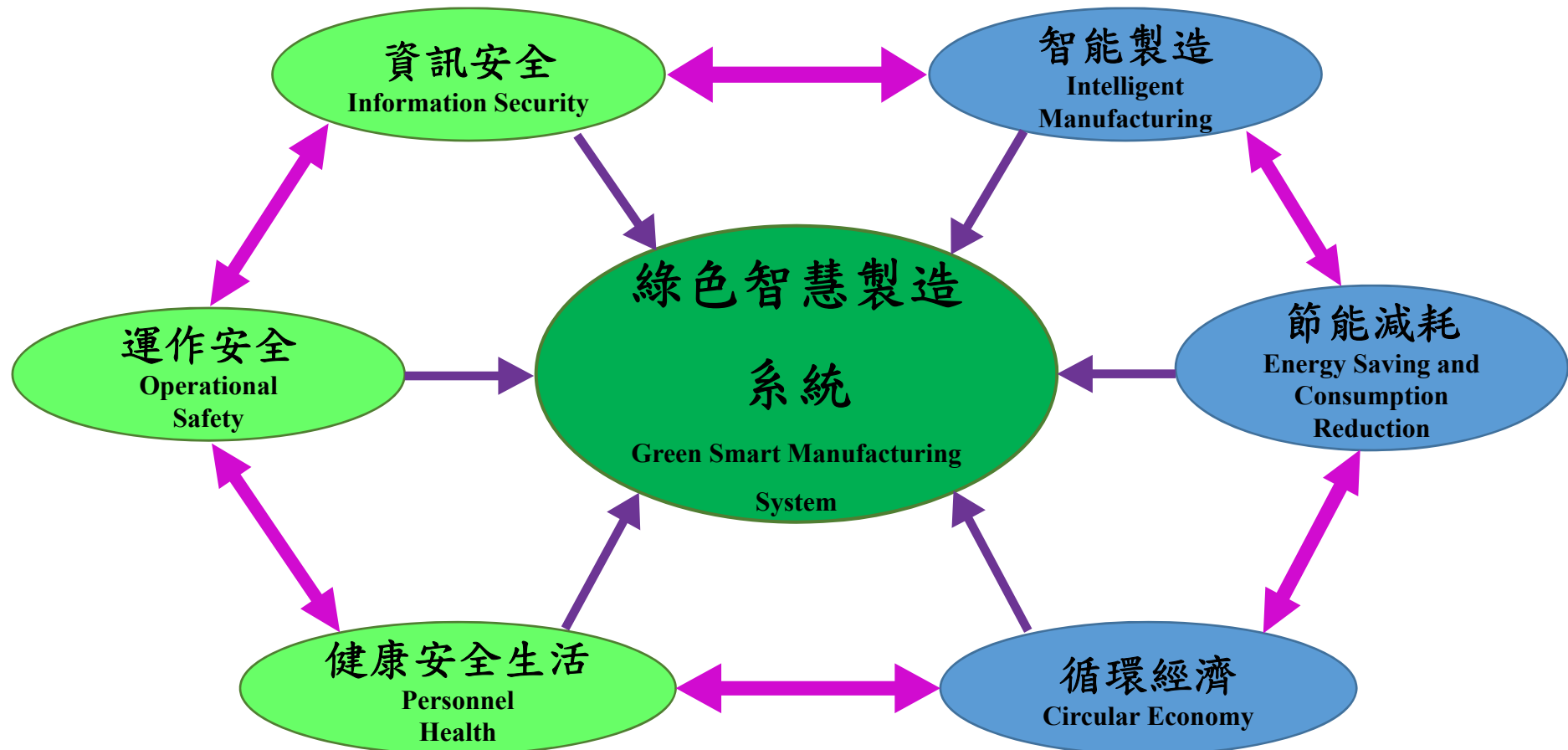
(Robust Intelligent/Smart Optimization)

多目標：品質、精度、效率、節能、減耗



綠色智慧製造系統

(周至宏)



綠色智慧製造系統就是運用資訊化、智慧化、綠色化等方法，來實現設備自動化、技術數位化、生產彈性化、過程可視化、數據整合化、決策自主化、供應韌性化、節能最大化、碳排淨零化、ESG優化。

企業永續發展的競爭力

● 李家同教授：創新者，並非一定是新益求新，精益求精更為重要。

李國鼎先生：西進、南進，不如上進。

⇒ 技術與品質的精進才是唯一的解方。

◆ 企業永續發展的競爭力在於能同時智能/智慧優化：品質、精度、效率、節能、減耗、及淨零排放。

綠色GDP、GEP

要衡量一國之國民經濟生產與收入的發展，計算GDP(Gross Domestic Product)是絕對重要的指標，但GDP之計算卻又有其局限性，因其忽略非市場產出、環境破壞、資源浪費等方面的計算，長期忽略這種負面影響的後果，高估了GDP帶來的經濟利益(<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%BB%BF%E8%89%B2GDP>)。

美國環保署研究：排放一噸二氧化碳造成的環境成本，約高達190美金；隨著地球之淨零永續的環保意識受到重視，生態系統生產總值GEP(Gross Ecosystem Product)的綠色GDP係考量人類福祉和經濟社會之永續發展的最終產品與服務價值等的總和，其可彌補GDP無法反應自然資源消耗與生態環境破壞等的成本，**綠色GDP、GEP**才是國家未來的永續競爭力：

綠色GDP (Green GDP) = GEP (Gross Ecosystem Product) =

GDP - 資源耗減成本(土地、森林、礦產、和水等)

- 環境降級成本 - 後代子孫之環境改善的成本



THANK YOU
for your
ATTENTION!



周至宏教授 簡歷

專任職務

- ◇逢甲大學機械與電腦輔助工程學系 講座教授兼榮譽副校長
- ◇國立高雄科技大學電機工程系 講座教授(退休)
- ◇Email : choujhtaiwan@gmail.com、choujh@nkust.edu.tw

學歷

- ◇國立成功大學工程科學學士(1977/09~1981/06)
- ◇國立成功大學工程科學碩士(1981/09~1983/06)
- ◇國立中山大學機電工程博士(1986/09~1988/12)

研究領域

- ◇品質工程
- ◇穩健優化技術
- ◇人工智慧技術
- ◇自動化系統整合技術
- ◇系統工程、綠能裝置與系統控制技術

主要資歷

- ◇國科會 自動化學門召集人、產學合作推動規劃—機電能源領域召集人
- ◇國立成功大學 智慧製造研究中心 共同主持人
- ◇國立中興大學 智能計算與控制 講座教授
- ◇國立中正大學 前瞻製造系統研究中心 合聘講座教授
- ◇高雄醫學大學 醫務管理暨醫療資訊學系 合聘講座教授
- ◇國立高雄應用/第一科技大學 電機工程系/電機工程研究所 講座教授
- ◇逢甲大學工學院特約講座教授、國立屏東大學/國立金門大學榮譽講座教授
- ◇工業技術研究院智慧感測與系統科技中心/智慧機械科技中心特聘研究顧問
- ◇金屬工業研究發展中心顧問、精密機械研究發展中心顧問、資訊工業策進會數位服務創新研究所顧問、高雄市政府環保局節能減碳技術輔導團顧問、高雄市淨零學院技術顧問、低碳產業永續發展聯盟顧問
- ◇國家實驗研究院 人工智慧產學研聯盟 共同召集人
- ◇高雄市 智慧城市推動委員會委員、都市發展局諮詢委員
- ◇經濟部 智慧製造聯網數據增值產業聯盟顧問、智慧機械金質獎評審委員
- ◇政府科技發展計畫審議暨計畫績效評估之群組審查專家
- ◇國家高速網路與計算中心網路大型運算計畫審查會委員
- ◇經濟部、國科會、教育部的審查會主審委員/審查委員

主要資歷

- ◇國科會「單機設備或單元智能控制系統先進技術及增值軟體研發」推動規劃專案計畫辦公室主持人
- ◇國科會「工具機控制系統自主化前瞻技術與增值軟體研發」推動規劃專案計畫辦公室主持人
- ◇國科會「深耕工業基礎技術推動規劃」專案計畫辦公室共同主持人
- ◇國科會「先進製造技術研究專案推動」專案計畫辦公室共同主持人
- ◇經濟部與國科會之能源科技計畫的技轉國際合作小組主題經理
- ◇中華民國模糊學會 理事長
- ◇國立中興大學 副校長
- ◇國立高雄應用科技大學 副校長
- ◇國立高雄第一科技大學 代理校長、副校長、工學院院長、外語學院院長、所長、系主任
- ◇國立雲林科技大學系主任、國立高雄工專自動化中心主任、國立中山大學講師
- ◇IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics: Systems、Journal of Optimization Theory and Applications、International Journal of Fuzzy Systems 等國際著名期刊之Associate Editor

重要獎項與榮譽

- ◇美國Institute of Electrical and Electronics Engineers會士 (IEEE Fellow)
- ◇英國Institution of Engineering and Technology會士 (IET Fellow)
- ◇亞太地區Asia-Pacific Artificial Intelligence Association會士 (AAIA Fellow)
- ◇中國機械工程學會會士 (CSME Fellow)、中華民國自動化科技學會會士 (CIAE Fellow)、中華民國自動控制學會會士 (CACCS Fellow)、中國模模糊學會會士 (TFSA Fellow)
- ◇榮獲聘任為IEEE Fellow評審委員會委員及評審委員
- ◇國科會傑出研究獎、國科會特約研究員
- ◇科技部未來科技獎、國科會「領袖學者助攻方案-沙克爾頓計畫」主持人
- ◇東元科技文教基金會東元獎、中山學術文化基金會學術著作獎、臺灣機械工業同業公會機械工業產學貢獻獎
- ◇中國工程師學會傑出工程教授獎、中國機械工程學會傑出工程教授獎、中華民國系統學會傑出學術貢獻獎、中國電機工程學會傑出電機工程教授獎、中華民國自動控制學會傑出自動控制工程獎及自動控制工程終身成就獎、中華民國自動化科技學會自動化科技工程獎章
- ◇榮獲國科會之科技大觀園網站作專訪報導、教育部優秀教育人員獎
- ◇IEEE Outstanding Technical Achievement Award (IEEE Tainan Section)

重要獎項與榮譽

- ◇帶領團隊以計算智慧技術協助台灣產業技術研發的成功績效與技術突破等貢獻，榮獲 IEEE Computational Intelligence Society之Highest Rank的Winner、及榮獲為“全球第一件、國際上唯一”被其在Website開闢專欄，特別報導的Industrial Success Story，且被保存成為該網站之提供全球產學研界參考的檔案資料。
- ◇帶領研究團隊之產學合作成果績效，榮獲國科會工程科技推展中心的肯定，於工程科技通訊雙月刊報導產學合作研發成果。
- ◇由於學術創新價值與產業實務應用等績效優異，學術與技術之研究成果被推薦列為2009年及2012年中華民國科學技術年鑑(Science and Technology Yearbook)中之國科會工程處的重要學術成就之一。
- ◇四篇SCI期刊論文被Thomson Reuters ISI Web of Knowledge之Essential Science Indicators列為高度被引用論文(Highly Cited Papers)、及曾被Thomson Reuters ISI Web of Knowledge之Essential Science Indicators獲選列為全世界SCI學術期刊論文被引用次數Top 1%之被引用次數最多的科學家(Most Cited Scientists)之一。
- ◇榮登於美國史丹佛大學(Stanford University)透過Scopus的論文影響力數據在2019~2023年發布之全球前2%頂尖科學家(World's Top 2% Scientists)的榜單裡。
- ◇國際著名的世界性出版公司Springer於2015年出版之書籍“Recent Advances in Swarm Intelligence and Evolutionary Computation”中，評論周教授所研發之Hybrid Taguchi-Genetic Algorithm為最受全球學者專家青睞的Popular Hybrid Algorithms之一，並名列Popular Hybrid Algorithms的第一名。
- ◇指導的博士論文榮獲第二屆及第十屆兩岸四地“上銀機械博士論文獎”。