

# 智慧淨零轉型

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

引領雙軸轉型及打造企業永續論壇

2023年 11月 09日

COPYRIGHT© JYH-HORNG CHOU

# 2023 引領雙軸齒轉型 打造企業永續

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。

11/9 四 9:00 - 12:00  
逢甲大學第九國際會議廳  
(臺中市西屯區文華路100號)



免費報名

報到	來賓報到
08:40-09:00	
貴賓介紹	貴賓介紹
09:00-09:10	
貴賓致詞	臺中市逢甲大學校友會 林富傢 會長 逢甲大學 高承恕 董事長 / 王 葳 校長
09:10-09:30	
業界分享	啟動雙軸轉型 贏向企業永續 與 Q&A 分享人：精誠資訊 數位永續事業部 劉勝登 資深協理
09:30-10:00	
業界分享	整合數位新商機『全通路電商』與 Q&A 分享人：精誠資訊 全通路暨數位應用事業部 蕭維鈞 副總經理
10:00-10:30	
學術分享	智慧淨零轉型 與 Q&A 分享人：逢甲大學 周至宏 榮譽副校長
10:30-11:00	
休息時間	中場休息 Coffee / Tea Break
11:00-11:20	
交流	座談會 主持人：何主亮 / 逢甲大學產學營運與推廣處 處長 與談人：周至宏 / 逢甲大學 榮譽副校長 林隆奮 / 精誠資訊 董事長
11:20-12:00	

指導單位：逢甲大學、逢甲大學校友總會、中華民國全國中小企業總會 | 主辦單位：臺中市逢甲大學校友會  
協辦單位：OICE 逢甲大學產學營運與推廣處、逢甲大學校友聯絡處、彰化/南投逢甲大學校友會、清華五校聯盟  
協辦單位：LCIA 低碳產業永續發展聯盟 | 承辦單位：逢甲人 五九鑽科技行銷公司【逢甲人社群平台】

# 智慧化能力 (Intelligent capabilities)

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，其為智慧化的重要基礎，但其尚未屬於“智慧化”的階段。

## 何謂“智慧化”能力？

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

# 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)能排放極小化，再運用負碳技術(透過CCS/CCUS之溫室氣體減量技術，使得所減少的溫室氣體，超過所產生的溫室氣體)、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。

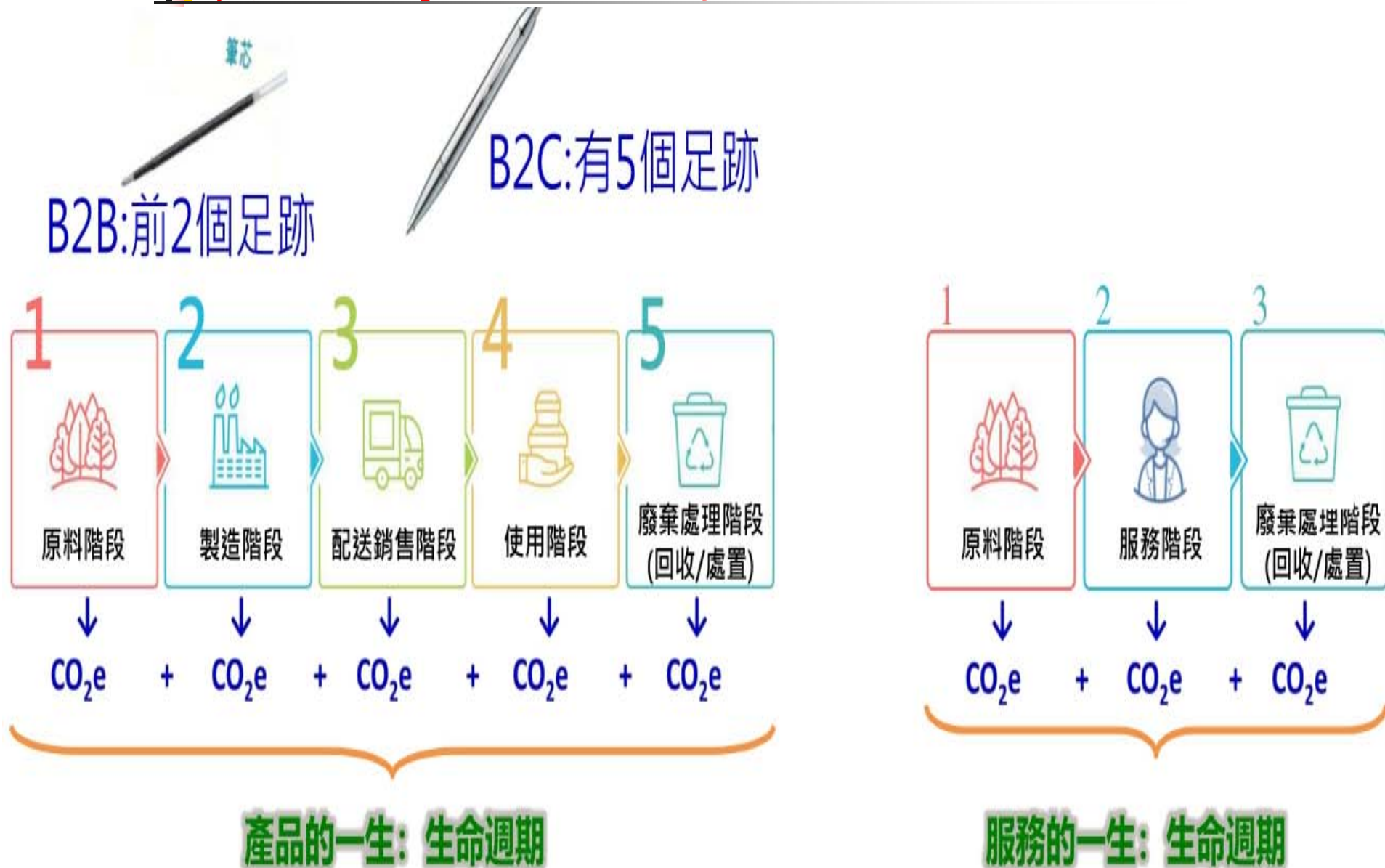
# 雙軸轉型 (Twin Transition)

● Twin Transition是歐盟在2021年提出之歐洲數位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 Digital Intelligent 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。

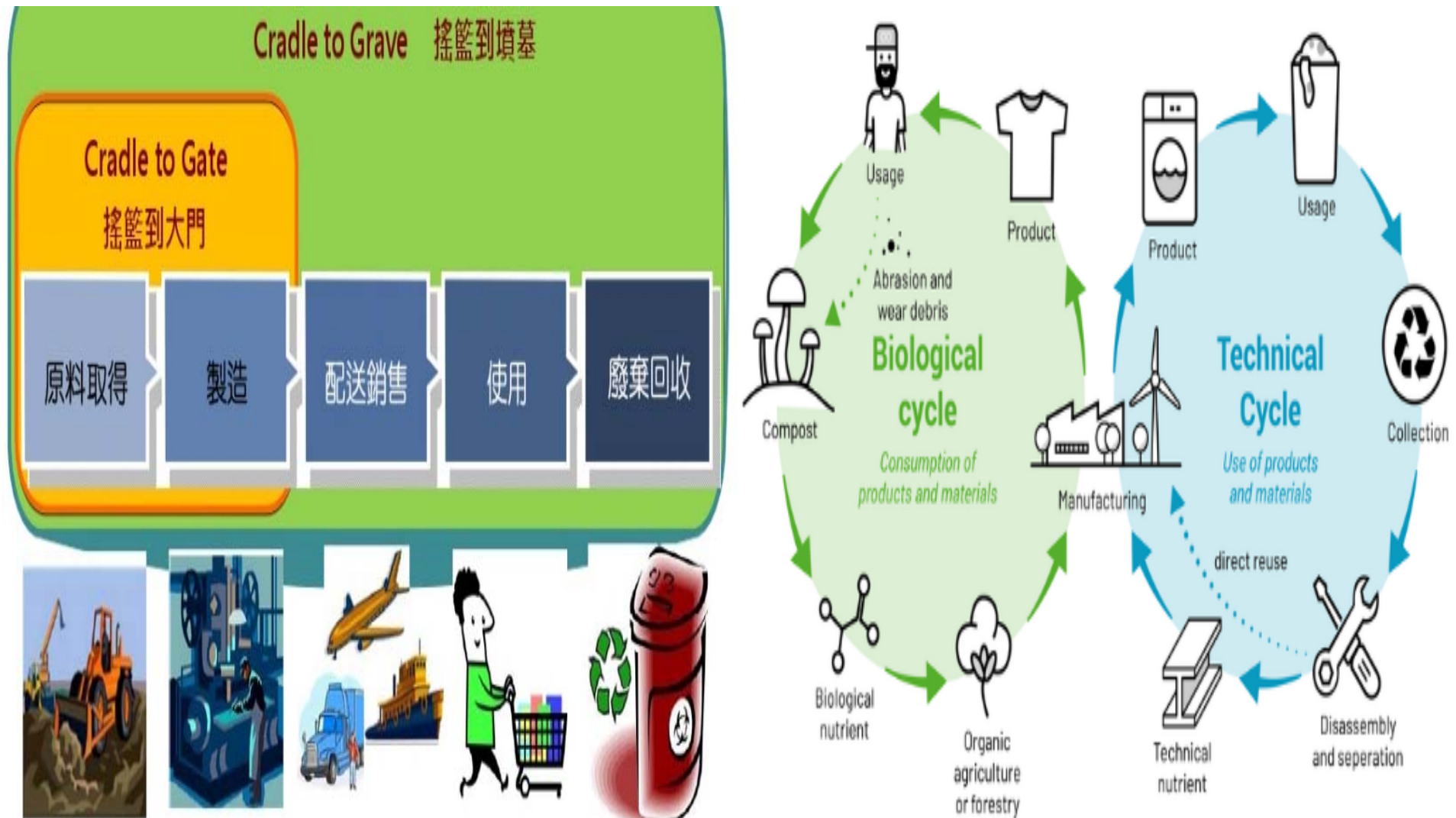
企業結合Artificial Intelligence技術及Sustainability，將使低碳綠色轉型轉變成創造新價值和經濟增長的機會。

# 產業的碳足跡 (1/2)



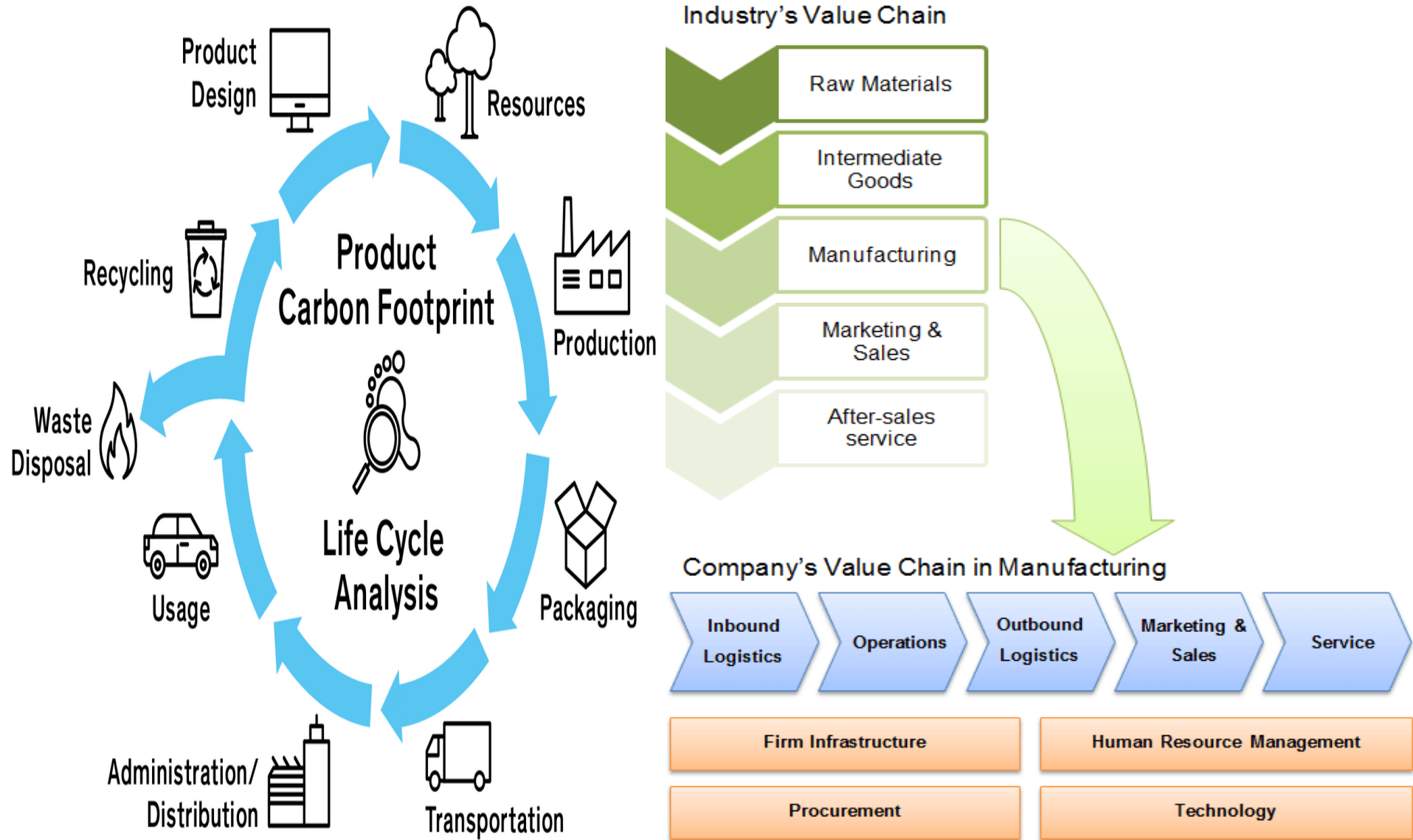
# 產業的碳足跡 (2/2)

## 從線性經濟邁向循環經濟



(圖的來源：產品碳足跡及案例介紹-臺灣樂金化學公司、[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cradle\\_to\\_Cradle\\_concept.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cradle_to_Cradle_concept.png))

# 產業淨零永續價值鏈 (1/40)



(<https://www.myclimate.org/get-active/corporate-clients/product-carbon-footprints-pcf-and-life-cycle-assessments-lca-myclimate/>、  
<https://strategicmanagementinsight.com/tools/value-chain-analysis/>)



# 產業淨零永續價值鏈 (2/40)

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/市場需求的产品與服務，並助力實現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、以智慧技術加速研發低碳新材料；減少對遠程物流的需求，考慮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 (3/40)

## 《原材料資源：再生料，有效減碳》

許多國家已訂定添加再生料目標，例如歐盟預計2030年PET塑膠瓶使用30%再生成分、英國2025年塑膠包裝使用30%再生成分、荷蘭2025年一次塑膠產品或包裝要使用35%再生成分等。

台灣希望推動再生料添加，環保署訂定“非食品接觸塑膠再生產品推動作業要點”，希望2025年總指定使用產品要使用25%再生料、2030年達到35%，例如化妝品、清潔劑等塑膠包裝瓶，並要配合驗證，全台灣再生料源每年約180萬公噸，若使用25%再生料源約使用40萬噸、35%約60萬噸，料源足夠。

- 目標：2025年達到再生成分比例25%
- 對象：以非食品級塑膠容器優先
- 配合再生料驗證，辦理再生產品查驗



# 產業淨零永續價值鏈 (4/40)

## 《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 CO<sub>2</sub>e；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 (5/40)

## 《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 (6/40)

## 《原材料資源：廢鋼利用之高品質及高能效研發》

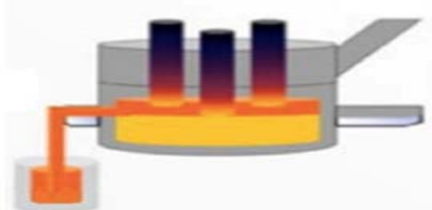
研發電爐煉鋼之優化品質、高能源效率、去雜質的穩健智慧優化技術(Robust Intelligent Optimization)，協助電爐業者朝高品級鋼材發展，提供低碳鋼材以協助下游鋼鐵製品業者，降低碳費/碳稅的衝擊。

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 <sub>2</sub> 排放量	0.5-0.6噸

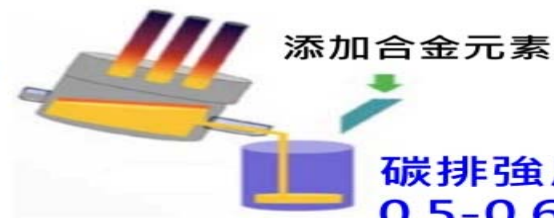
廢鋼分選與取用  
(50kg CO<sub>2</sub>/ton)



電爐  
(500-600kg CO<sub>2</sub>/ton)



精煉爐  
(20kg CO<sub>2</sub>/ton)



碳排強度:  
0.5-0.6噸  
CO<sub>2</sub>/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 (7/40)

## 《原材料資源：再生料，有效減碳》

轉爐石為一貫化作業煉鋼製程中所生產的副產品，其化學成分包括鈣、鐵、矽、鋁及鎂的氧化物等，全球鋼廠每年產出量約1.5億公噸以上，多數國家均視為再生資源與循環經濟材料，並使用於土木工程、海事工程及水泥生料等用途。轉爐石本身具備質地堅硬不易磨損之特性，其親油性可使骨材與瀝青充分結合，且抗剝脫能力較天然粒料更好，作為瀝青混凝土鋪面材料的使用年限比一般鋪面道路的壽命長2.5倍以上，可大幅降低維修頻率及成本，間接減少修繕產生的碳排放。中鋼和中龍公司一年約產出160萬公噸轉爐石，碳足跡計算結果每一公噸轉爐石約排1.42公斤CO<sub>2</sub>e，比每一公噸天然砂石約排7.08公斤CO<sub>2</sub>e，可減少排5.66公斤CO<sub>2</sub>e。

(<https://udn.com/news/story/7241/6993227>)

# 產業淨零永續價值鏈 (8/40)

## 《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CaF<sub>2</sub>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 (9/40)

## 《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”，應用穩健智慧優化技術(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(CaF<sub>2</sub>)，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 (10/40)

## 《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。
- ◆ 再生料之品質的不穩定下，如何穩健智慧優化製程參數(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

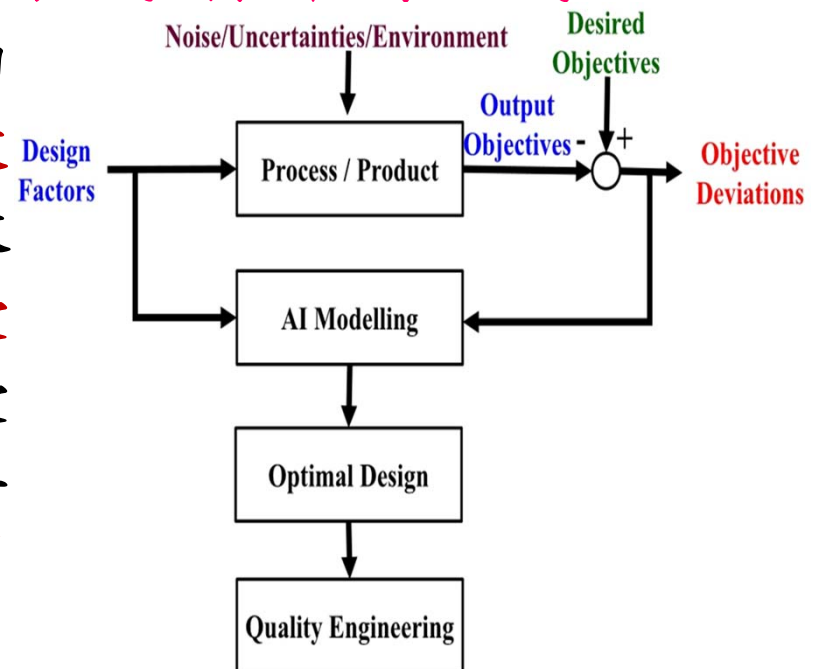
資料來源：工研院

# 產業淨零永續價值鏈 (11/40)

## 《原材料資源：多目標穩健智慧優化技術》

製造環節的需求面向為品質、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以能經數位分析與設計來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，將產業實務狀況下，其無法避免之不確定性/干擾/環境等因素，同時考慮在優化的研發工作中。



# 產業淨零永續價值鏈 (12/40)

● **設計和製造**：改進產品設計及生產製造流程，以降低浪費，製造端使用再生能源、負碳技術，改善電源效能，提升能源使用效率。應用 Digital Twin 及 AI 技術，來優化產品的設計與製造、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、智慧自動化、等系統化創新設計，以提升能源資源利用效率，減少資源物料浪費和電/熱能耗，及有效地減少用水量、減少污水和降低環境污染程度。使用環保的材料、提高可回收性、提高經久耐用且具方便拆卸之可修復性的設計，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。設計循環系統通過對生產過程中產生的餘熱餘壓餘氣進行回收、處理、再利用，提高能源利用效率。

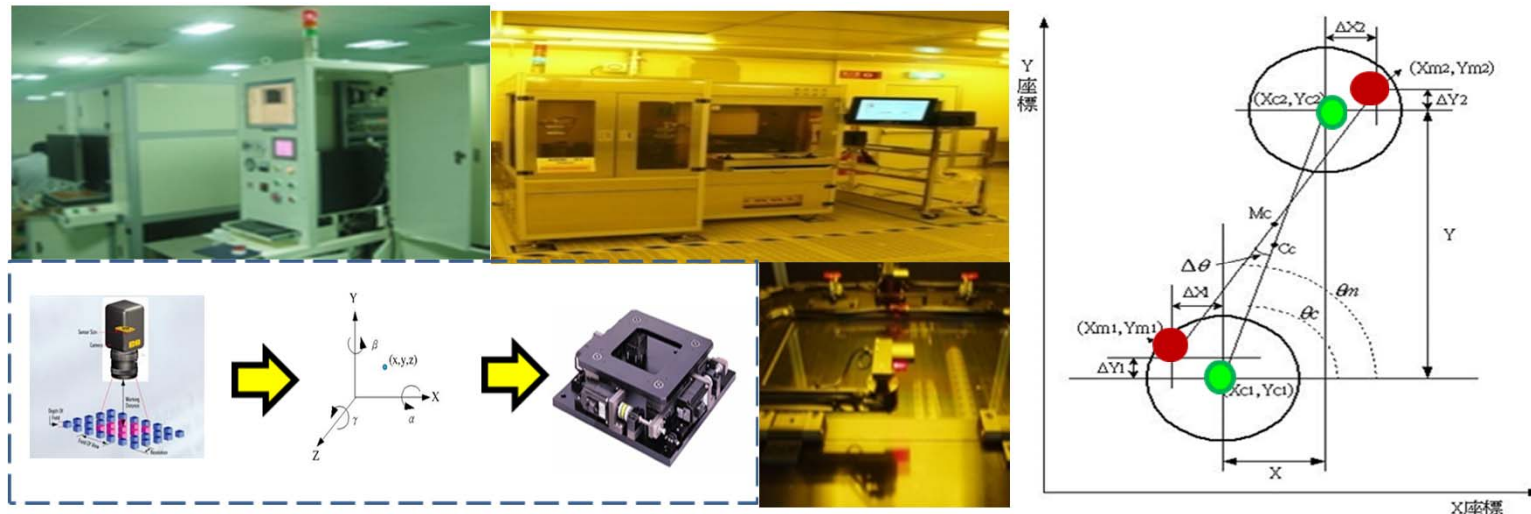
# 產業淨零永續價值鏈 (13/40)

## 《設計和製造：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，導入人工智慧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)可提升約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 (14/40)

## 《設計和製造：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，需穩健智慧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

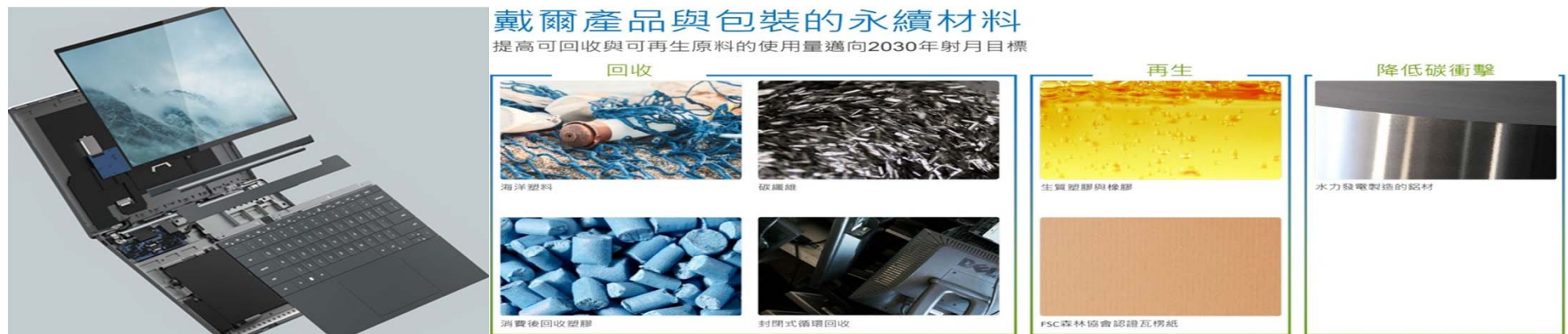
尺寸	鑄造輪圈	鍛造輪圈	重量變化
19x9.5	15.70kg	11.77kg	-25%
20x11	18.08kg	13.01kg	-27%
21x10	21.30kg	14.91kg	-30%

資料來源：巧新，DIGITIMES整理，2022/11

# 產業淨零永續價值鏈 (15/40)

## 《設計和製造：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、消費後回收塑膠，及海漂廢料等，幾乎在所有Dell的研發成果都用上了。

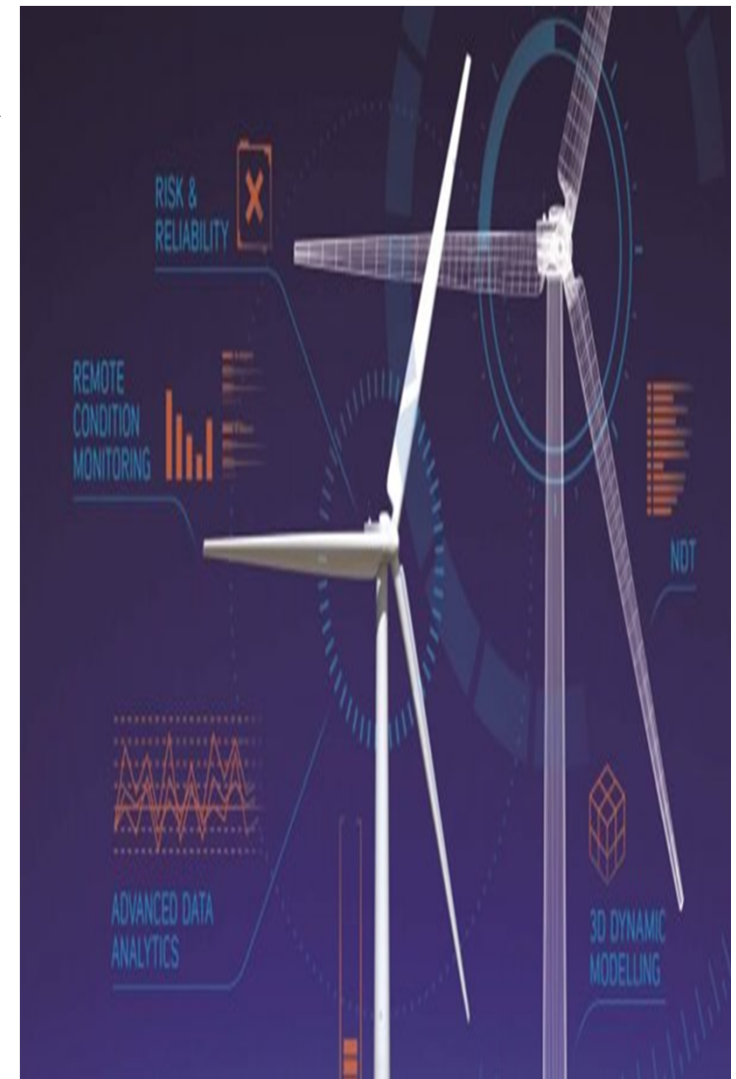


(<https://technews.tw/2021/12/20/dell-concept-luna-pushing-the-boundaries-of-sustainable-pc-design/>)

# 產業淨零永續價值鏈 (16/40)

## 《設計和製造：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慧框架，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/>)

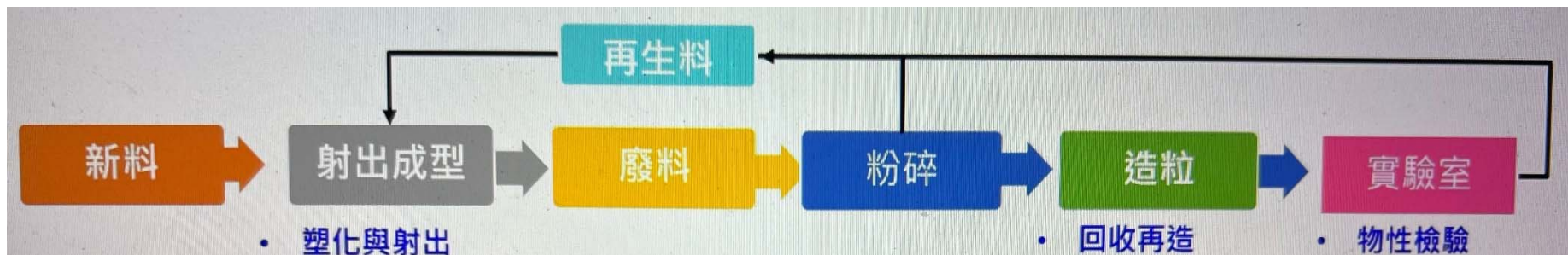
# 產業淨零永續價值鏈 (17/40)

## 《設計和製造：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、高效率的穩健智慧優化技術(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 (18/40)

## 《設計和製造：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；另因應人工智慧的應用發展趨勢，AI晶片設計複雜度增高，當晶片需運算更多資料，其要提升效能，則勢必要再增加解決散熱、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。

【多目標的穩健智慧優化設計技術之需求性增多】

# 產業淨零永續價值鏈 (19/40)

## 《設計和製造：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 (20/40)

## 《設計和製造：可修復性的設計》

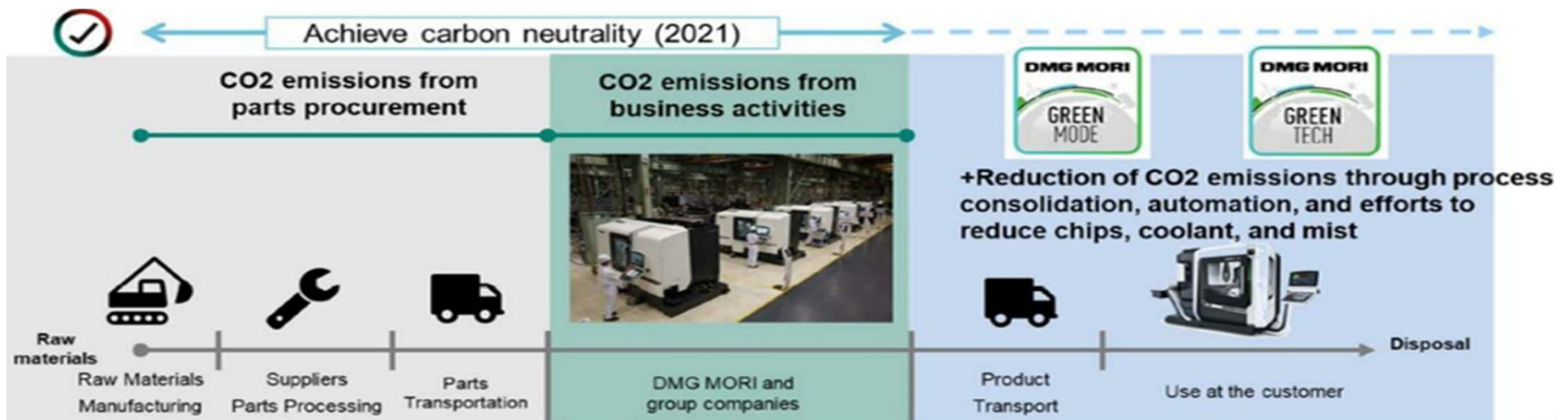
歐盟議會通過2021年3月起正式生效之給予消費者“維修權”的法案，強調產品必須設計得更容易拆卸維修、產品也要準備足夠備品，其促進重用和維修產品，延長產品的使用壽命。(https://unwire.hk/2021/03/02/eurepairright/life-tech/)

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 (21/40)

## 《設計和製造：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。



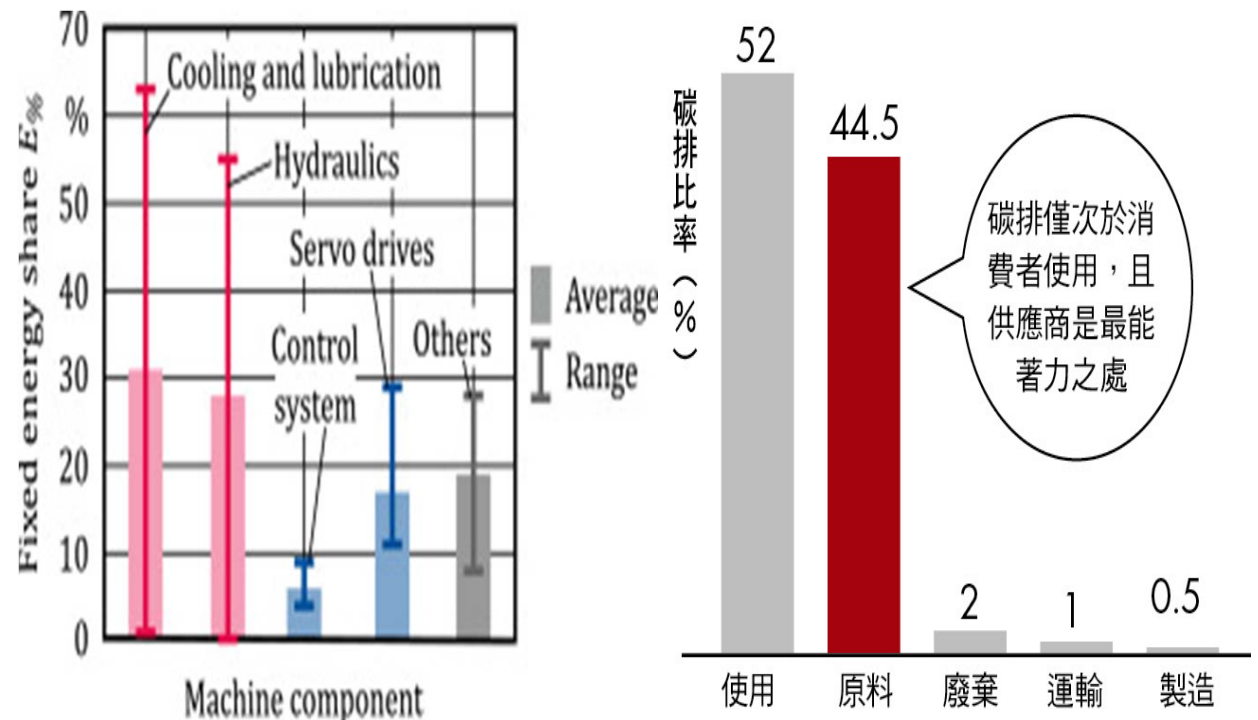
(<https://en.dmgmori.com/news-and-media/news/dmg-mori-s-production-completely-co2-neutral-as-of-january-2021>)

# 產業淨零永續價值鏈 (22/40)

## 《設計和製造：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。

B. Denkena 等人研究加工機械設備，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。一台顯示器產品之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](https://www.businessweekly.com.tw/magazine/Article_mag_page.aspx?id=7008761&p=0))

# 產業淨零永續價值鏈 (23/40)

## 《設計和製造：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慧化建模及穩健智慧優化的方法，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。

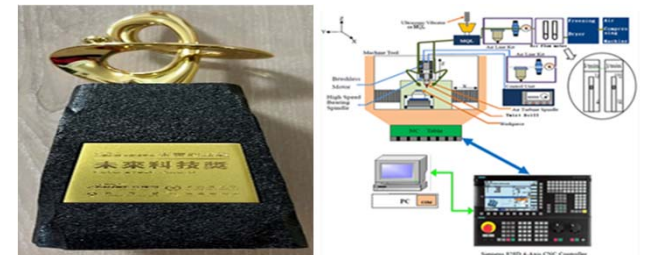
榮獲

《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.



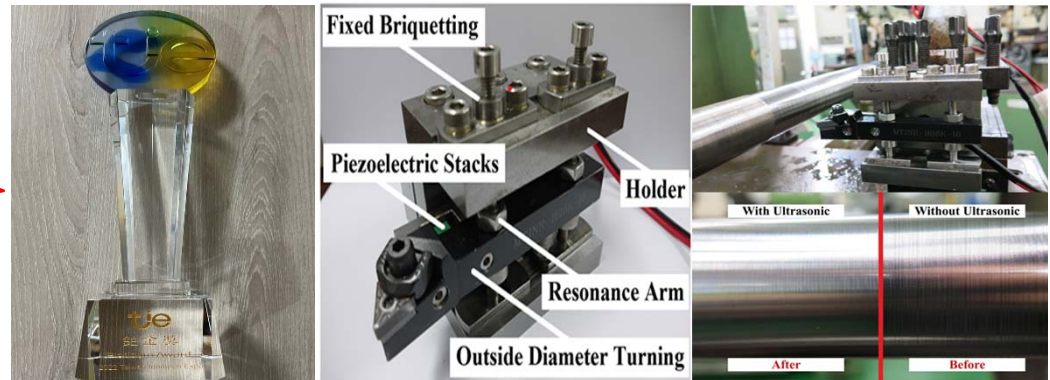
# 產業淨零永續價值鏈 (24/40)

## 《設計和製造：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 (25/40)

## 《設計和製造：多目標智慧優化生產排程系統》

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慧之Evolutionary Computation研發多目標最佳化的智慧優化排程系統技術，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.)

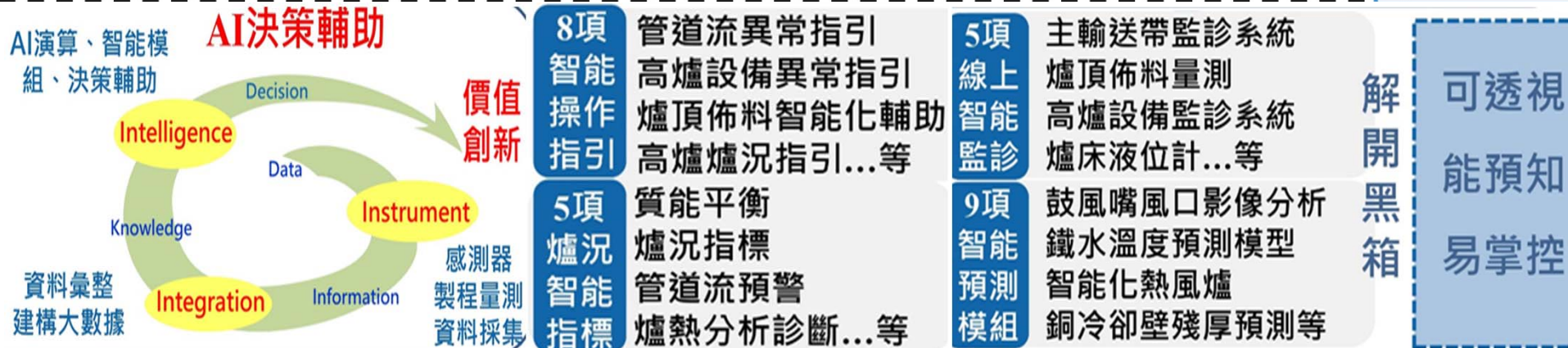
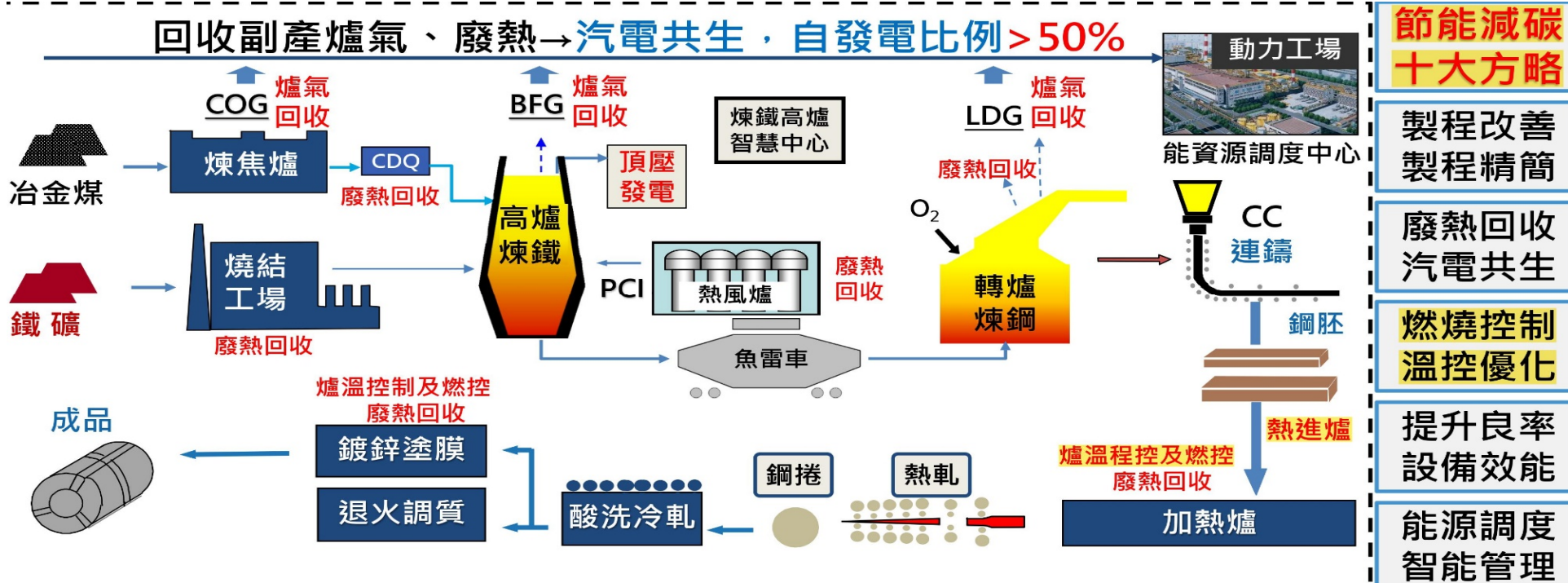
(智慧排程系統團隊：劉東官教授、陳秋宏教授、周至宏教授/高雄科技大學及逢甲大學)





# 產業淨零永續價值鏈 (26/40)

## 《設計和製造：中國鋼鐵公司的節能減耗》



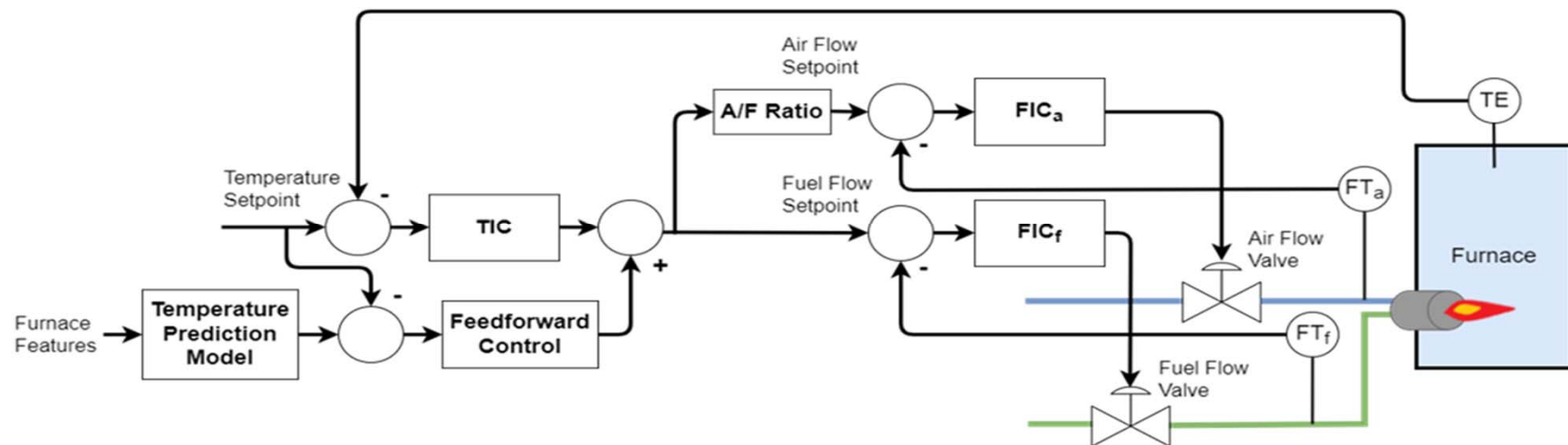
# 產業淨零永續價值鏈 (27/40)

## 《設計和製造：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 $1000^{\circ}\text{C}$ 至 $1250^{\circ}\text{C}$ 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 (28/40)

● **設計和製造(續)**：馬達系統的電能消耗量高達全球總量的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、及智慧控制技術，來降低能耗。場域之5G網路系統的使用，則納入節能設計。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。在生產流程，根據即時提供的產線數據來智慧優化製程，減少資源損耗，並優化與提升產品之需求的目標。生產端使用太陽能光電等再生能源的電力能源，及製程上可依需求之必要性來增設負碳技術設備、或更換具更節能減碳效果的設備。能源使用約有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 (29/40)

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

## 《設計和製造：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。
- ◆ 應用穩健智慧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 (30/40)

## 《設計和製造：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、補基地台等智慧優化基地台的部署，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慧化預測；利用現網的配置、性能統計等數據，結合智慧排程的策略，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 (31/40)

## 《設計和製造：管路系統的智慧檢測》

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，應用人工智慧(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。

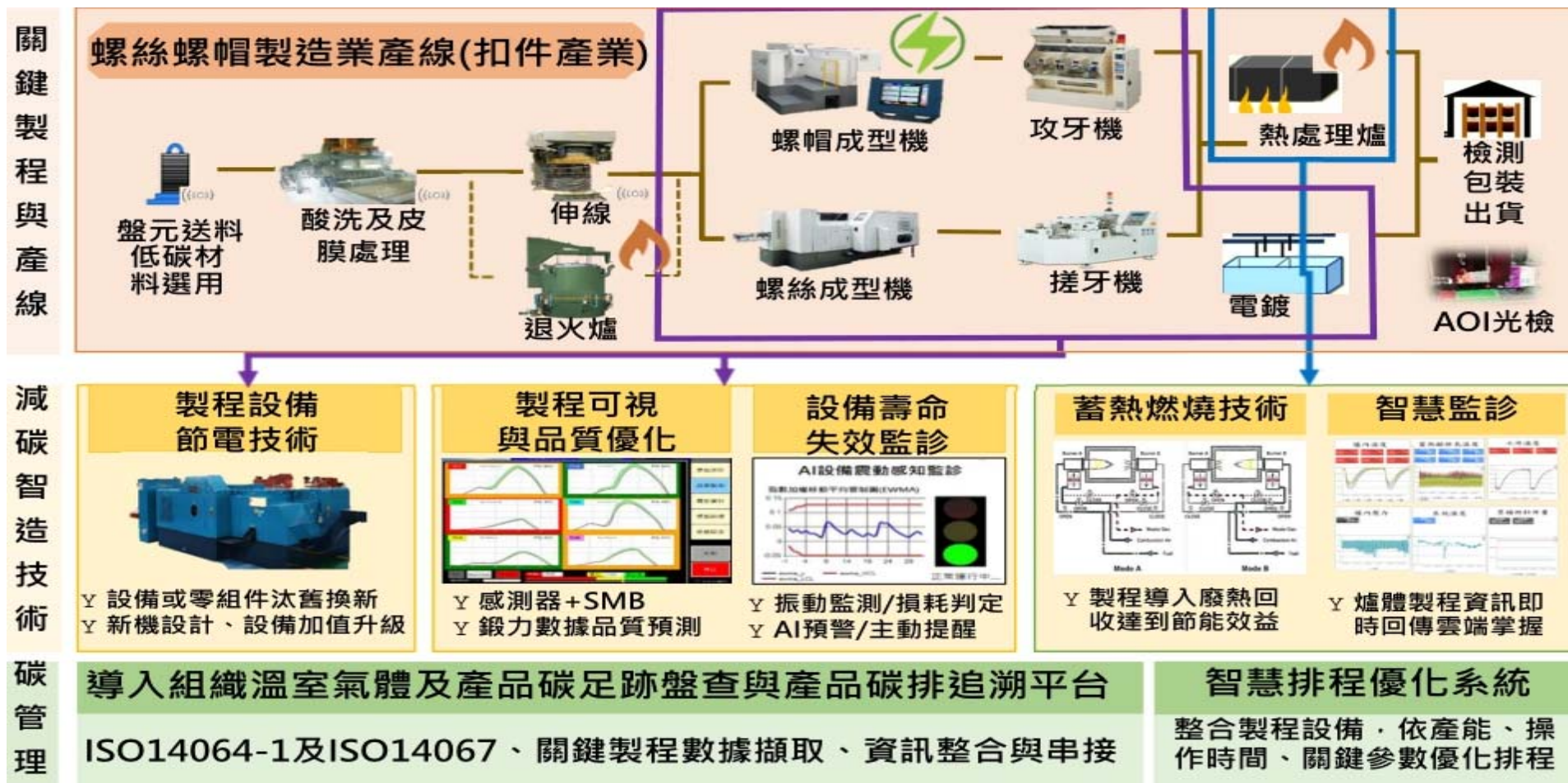
(鄭錦智、曾良雄、周至宏，2004，類神經網路應用於渦電流檢測訊號分析之研究，石油季刊，Vol.40，pp.47-57)

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，以解決因氫脆導致洩漏問題外，研發結合智慧化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 (32/40)

## 《設計和製造：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 (33/40)

- **供應分銷**：以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，實現高效且可追蹤的物流運輸，及運用AI技術來優化運輸路線以來節省燃油/電能，並可降低城市的擁堵和污染。
- **使用和重複使用**：以智慧化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。

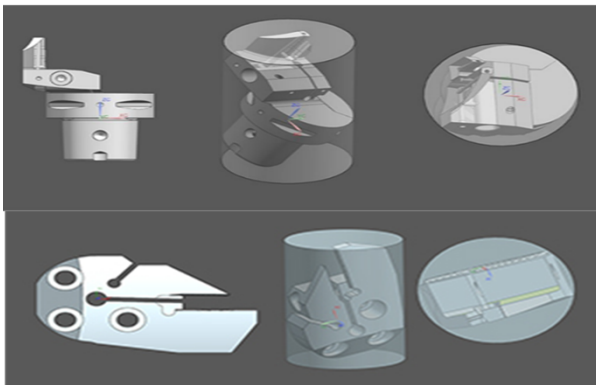


# 產業淨零永續價值鏈 (34/40)

## 《供應分銷：AI智慧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。

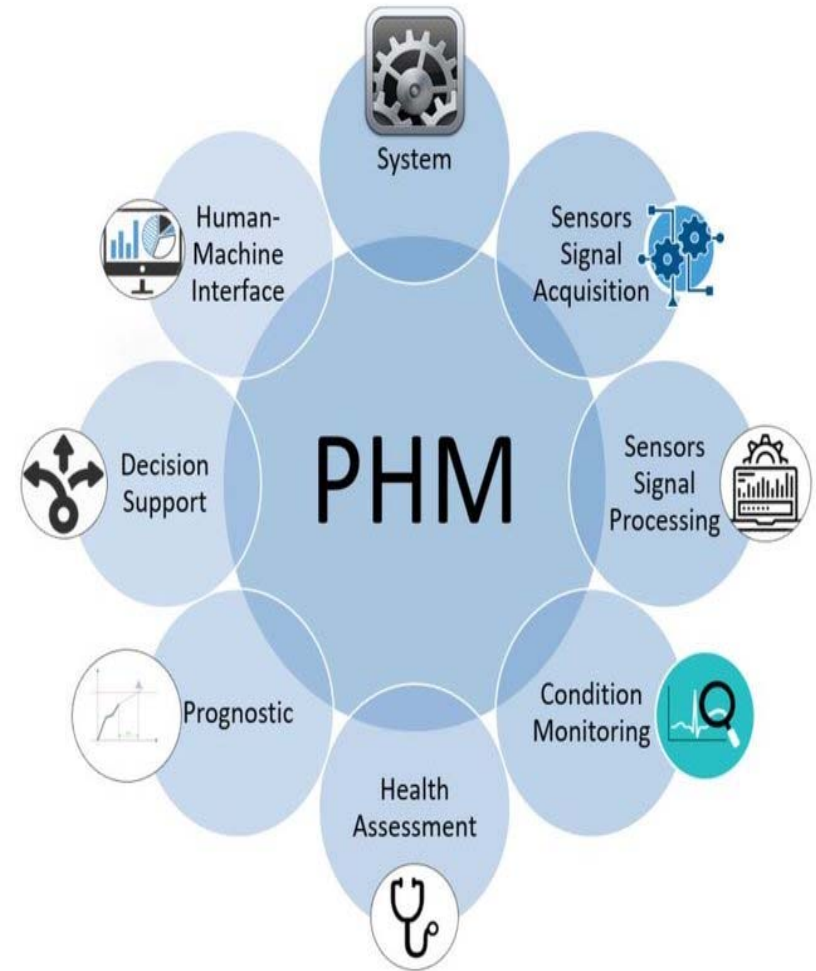


營業以線上購物為主的**Amazon**推動**零挫折包裝計畫(Frustration-Free Program)**強調在包裝上減少材料與重量，也推動**緊湊型包裝設計認證(Compact by Design)**。

# 產業淨零永續價值鏈 (35/40)

## 《使用和重複使用：故障預測與健康管理》

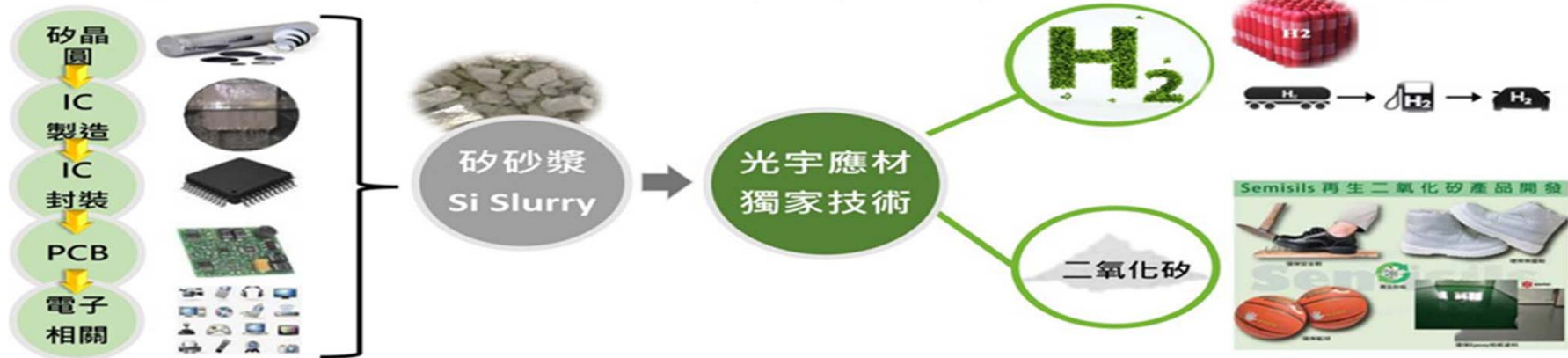
觀測階段 (Observation Phase) 係從感測器的數據採集開始，然後通過過濾、修改和特徵萃取來處理儲存的數據。在分析階段 (Analysis Phase)，通過預處理的特徵來監測系統的狀態，評估其健康狀態，必要時進行一些故障預診斷，並在預測過程中估計系統的剩餘使用壽命。最後，行動階段中 (Action Phase) 涉及決策之確定和人機界面中之不同資訊的可視化。



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

# 產業淨零永續價值鏈 (36/40)

## 《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>)

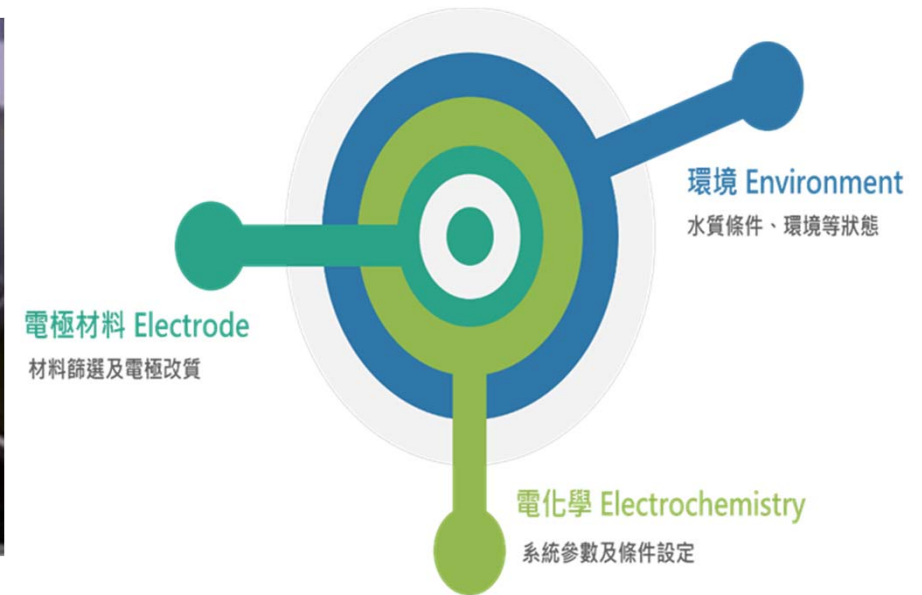
# 產業淨零永續價值鏈 (37/40)

## 《回收和再利用：生物氫烷氣技術、廢水處理》

自2000年代以來一種二階段厭氧生物氫烷氣生產技術(HyMeTek)之永續性的製程，在兩個厭氧醱酵槽中分別產生生物氫和生物甲烷，然後混合在一起獲得生物氫烷氣；這些研究結果需再推動進一步的研究，以更好的穩健優化技術推動二階段厭氧產生生物氫烷氣達到更高效率。



逢甲大學在臺灣南投縣新合興牧場建立一座發電廠其包括產氫槽(60立方米)及甲烷槽(600立方米)的HyMeTek商轉驗證規模。



電化學方法具高能源效率、易於自動化、安全、高轉換效率等優點，已被廣泛應用於廢水處理；考慮環境因素影響，應用穩健優化技術優化溫度、pH值、電極材料及處理時間等參數，以獲得最佳的處理成效。

# 產業淨零永續價值鏈 (38/40)

## 《回收和再利用：生物炭的循環》

廢棄木材等農業廢棄物經熱裂解燒製後製成生物炭，製程產生的水蒸氣還能收集變成木醋液(或稱木酢液)，可製作各種清潔用品，也可利用生物炭研發木炭盆栽來種觀賞植物；轉化為生物炭的循環是負碳過程，1公斤生物炭約可固定2公斤的二氧化碳來減少排放入大氣中的碳，製程恰當的生物炭有改良土壤之效，其是循環經濟的一條新路。

農民常將農作物殘留物留在田間，其只有約10%至20%的殘留碳在分解過程中被回收到土壤中，但通過將等量的殘留物轉化為生物炭，然後將其施用到田間，其可將大約50%的碳儲存成穩定的碳形式。

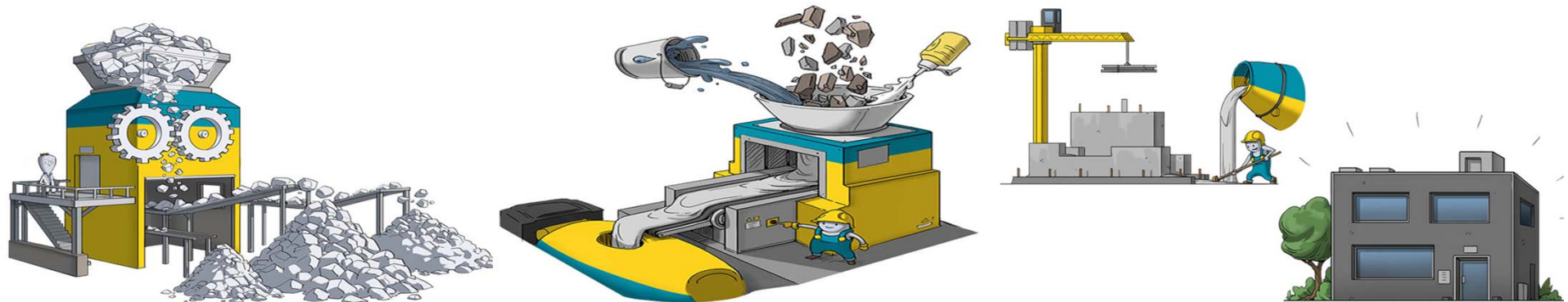


(圖的來源：<https://johnliu38.wixsite.com/grassroots/biochar>)

# 產業淨零永續價值鏈 (39/40)

## 《回收和再利用：建築材料的循環》

- 將拆除之建築碎石，應用智慧自動化技術分成不同的細度等級和品質；以這種方式獲得級分的材料，來替代混凝土中來自自然資源的砂和礫石作為再生建築材料。
- 應用AI與Digital Twin技術來研發岩石顆粒在混凝土廠中與水泥和水之優化的混合配方，這就是用碎石製成新混凝土的智慧化方式；這與開採的主要資源的混凝土具有相同的品質。新房子是用這些混凝土建造的；得益於創新之智慧化加工技術，這種混凝土可用於所有組件。



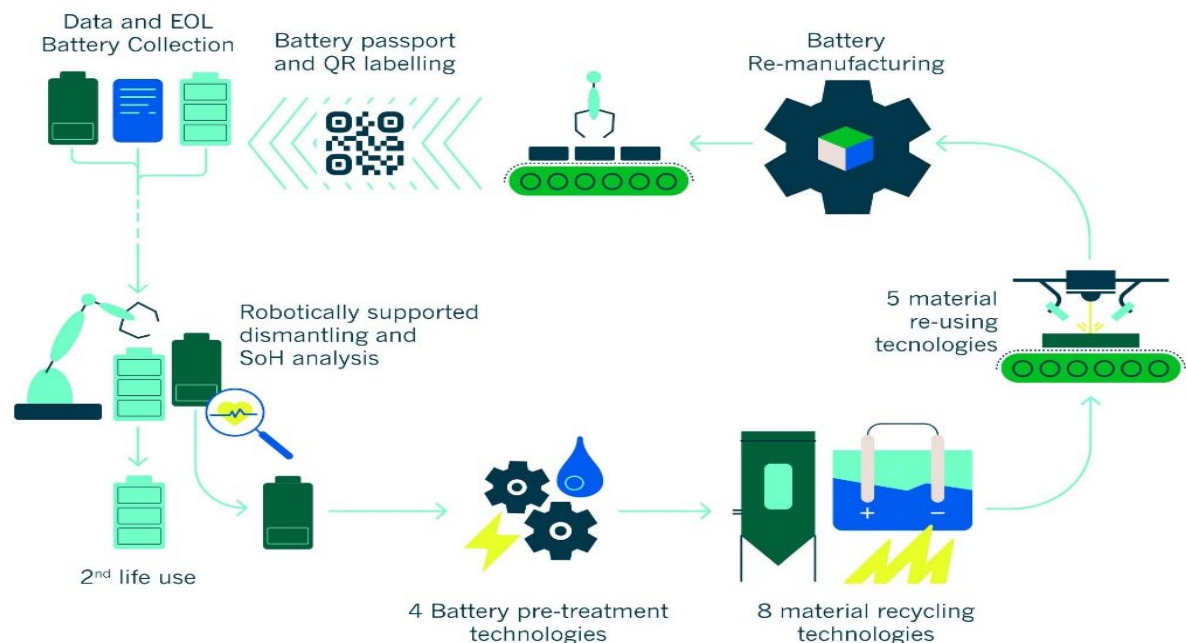
(圖的來源：[https://urbanmining.ch/?fbclid=IwAR1IzFIcKyhYNFFwpXC4GRTiteA8Ow1UenqHFGtyjb9hZAKO4pc-\\_aSVYwM&mibextid=kdkkhi](https://urbanmining.ch/?fbclid=IwAR1IzFIcKyhYNFFwpXC4GRTiteA8Ow1UenqHFGtyjb9hZAKO4pc-_aSVYwM&mibextid=kdkkhi))

# 產業淨零永續價值鏈 (40/40)

## 《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>)

# 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>)。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可持續發展最終產品與服務價值的總和，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](mailto:choujhtaiwan@gmail.com)、[choujh@nkust.edu.tw](mailto: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、國科會傑出特約研究員獎
- ◇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”。