

# 工業技術研究院

Industrial Technology  
Research Institute

## 模具產業的數位轉型與淨零碳

黃仲宏

工研院 產業科技國際策略發展所

2023/12/13



# 大綱

- 1) 機械產業市場規模
- 2) 設備與技術發展趨勢
- 3) 模具產業的數位轉型
- 4) 企業淨零碳因應之道

# 1) 機械產業市場規模

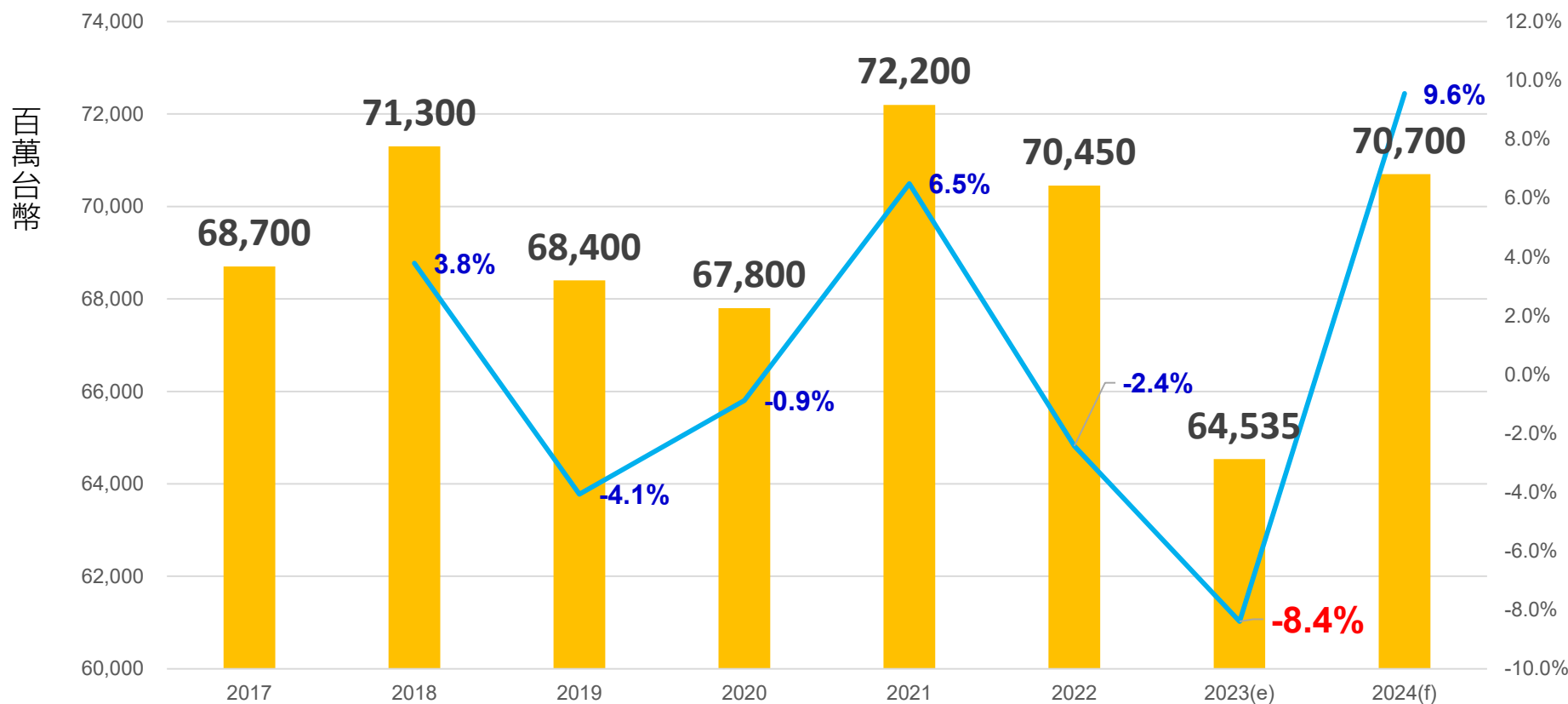
2) 設備與技術發展趨勢

3) 模具產業的數位轉型

4) 企業淨零碳因應之道

# 臺灣模具產業產值

- 2023年臺灣模具產業產值645億元，較2022年705億元衰退**8.4%**。
- 近年市場重心集中在亞太地區國家(中國)，未來成長動能將以東協為首之新興經濟體為主，以及印度、巴西、墨西哥。

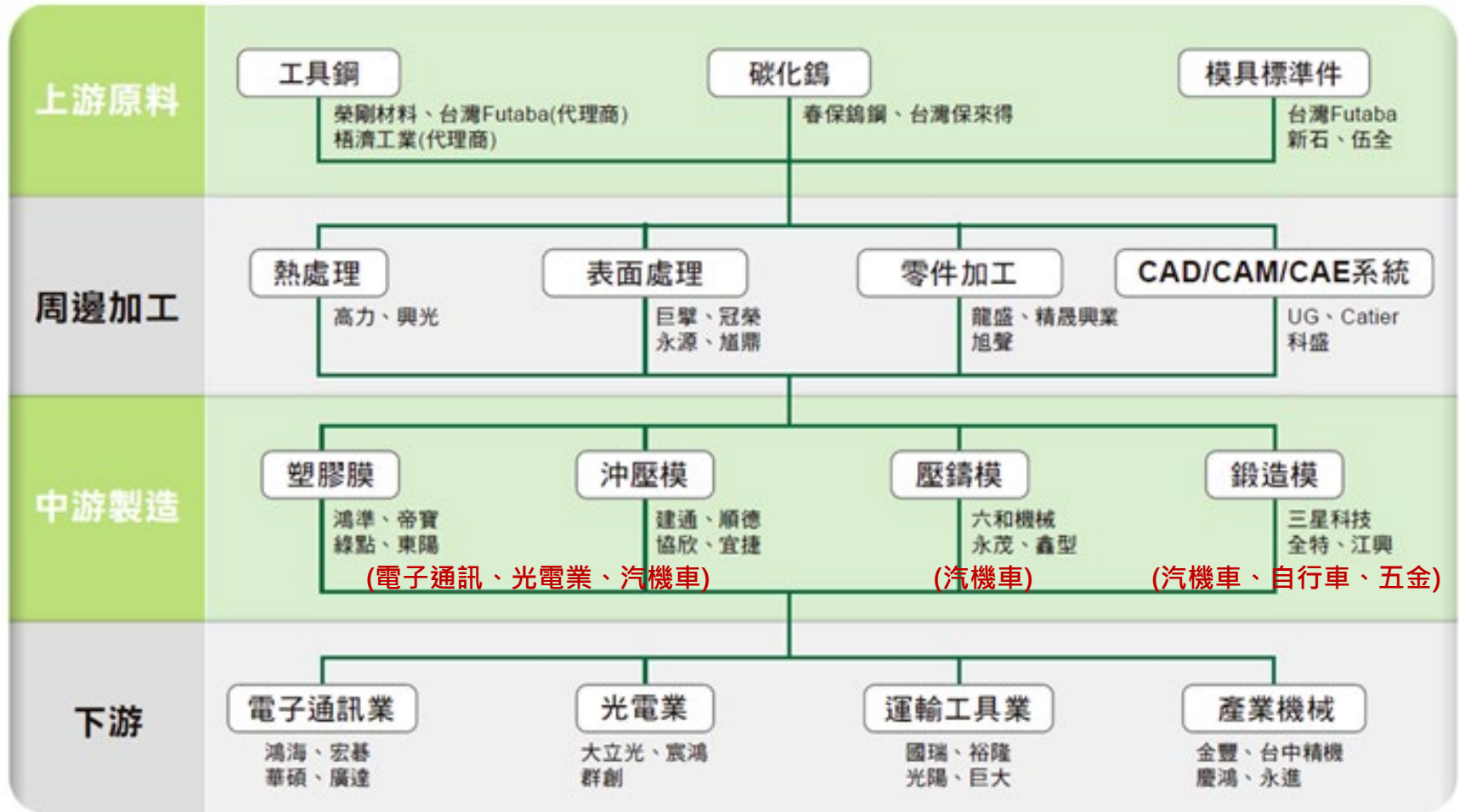


# 模具產業概觀

- 全球模具前三大出口國為中國大陸、德國、南韓
- 台灣模具產業，產業鏈完整，年產值約新台幣600~700億元
- 廠家約3,400家，從業人口超過4萬人
- 以內需市場為主，出口值佔產值約3成，全球排第九
- 台灣模具出口的前三大國家為中國大陸、美國、泰國
- 台灣模具品質優良，每副模具可創造其售價10~50倍的產值
- 模具進口台灣的前三大國家為中國大陸、日本、美國
- 沖壓模、塑膠模，以供應3C產業為主、汽機車產業居次
- 壓鑄模主要應用於殼體的製造，以汽機車產業為主

# 模具產業鏈

## 模具產業



1) 機械產業市場規模

**2) 設備與技術發展趨勢**

3) 模具產業的數位轉型

4) 企業淨零碳因應之道

# 趨勢1：貿易戰演變為科技戰

## • 地緣風險日增，技術日趨分流，分散式製造興起

- 美國限制向中國出口可用於人工智慧、殺傷性武器開發、最新軍事系統等的**先進半導體**及其**製造設備**。
- 中國利用其在大量材料和資源方面的主導地位來回擊美方，限制高純度、高強度、高密度的人造**石墨材料及其製品**，**天然鱗片石墨及其製品**(包含球化石墨、膨脹石墨等)出口，以及**鎳**和**鍺**的出口。

- 地緣政治風險日增，供應鏈自中國外移，異地備援蔚為趨勢
- 科技日趨分流，掌握關鍵零組件多元來源及技術含量風險
- 分散式製造與供應興起，區域產業生態各具特色發展

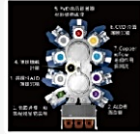




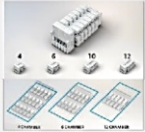
# 趨勢2：機械設備ESG永續議題

## 智慧賦能、再生能源協助機械設備落實碳管理

AMAT 銅阻障層晶種整合性材料解決方案Endura® Copper Barrier Seed IMSTM™，將表面清理、介面改質、沉積、計量、銅回流等製程技術整合在同一套系統中。



TEL 蝕刻設備Episode™ UL，腔室可隨客戶廠房彈性排列組裝，單位空間產能最大化。



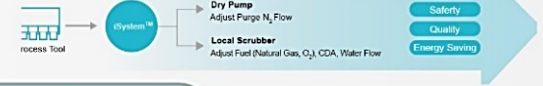
EBARA 化學拋光系統“Model F-REX300XA 優化機台吞吐量，並搭配研磨加工終點檢測監視器和 in-line 膜厚測量器。



- 多功能複合式機台
- AI和機器學習參數優化
- 彈性/客製腔體配置
- 高速自動化傳送
- 數位分身建立
- 虛擬量測系統
- 產能/良率預測



ASML/ imec/ Lam共同開發乾式光阻，解決細微結構曝光需求，同時節省光阻用量與化學品消耗。並與SK海力士合作，以乾式光阻技術助EUV製程提高DRAM的解析度，並且降低5-10倍對液態化學品的依賴之外，還能將整體製程機台的能耗降低為原本的1/2。



- 物聯網廠務智慧節能減排監管
- 化學品材料危害評估與減排
  - 智慧化生產排程系統
  - 無塵室污染量測分析
  - 廢水/廢氣處理系統
  - 使用再生能源
  - 廠務異常通報系統

台積電攜手設備供應商針對非生產區 (Sub-fab) 的附屬設備打造「iSystem物聯網智慧節能控制系統」，即時調整供應生產機台使用的製程氣體量，降低能耗以達成節能效果。

大產能  
省能源  
減排放

機台效能

綠色製造

循環再生

綠色採購

- 二手設備翻新
- 設備再製造
- 零件清洗/重新塗層
- 微影機台廢氫回收
- 機台廢熱再利用
- 半導體金屬析出再利用
- 廠區水循環系統建立

- 3D列印零組件
- 採購綠電
- 投資太陽能發電裝置
- 以新能源交通工具運輸
- 使用可重複回收的包裝材料
- 零組件供應和維修在地化
- 採購可回收再利用之零組件



國際大廠投入二手業務，舊機台翻新/再製造所使用的零組件、流程、驗證、保固、售服、保養、客戶培訓，皆比照新機出廠的規格。

零備件的「再清洗」為Lam research每年節省4億元的材料費用，「再使用」、「再維修」則每年節省1.5億美元。

ASML和真空泵浦廠商Edward合作，研發氫氣循環再生的技術，讓EUV製程中產生的廢氫可以直接在廠務端就循環成製程可再利用的純氫。



Lam research和美國新創公司VELO3D達成策略性協定，使用金屬積層製造(AM)應用生產半導體設備。

AMAT、TEL、Lam research、KLA宣布2030年企業使用100%再生能源。

台積電承購沃旭能源共920MW裝置的所有發電量，售電契約為期20年。

聯電承諾於2050年前實現100%使用再生能源，已採購22MWp太陽能發電系統。



# 趨勢3：加速布局生成式AI

- 企業善用**預訓練模型**和**開源資源**孕育**生成式AI服務**



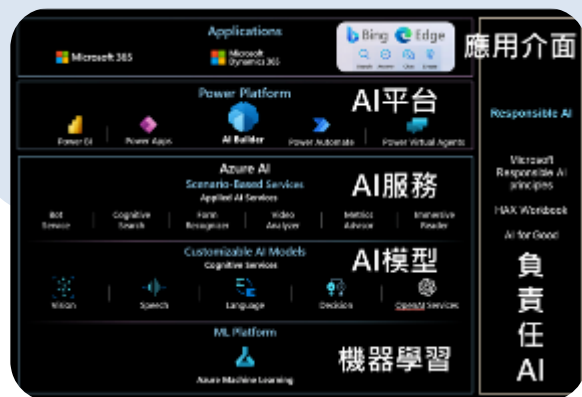
## 生成式AI雲端平台服務

提供預訓練的大型模型在生成式AI雲端基礎設施上執行

## Microsoft



Microsoft x OpenAI



## Google



- Bard AI
- AI-powered Workspace
- Security AI Workbench
- VertexAI
- DeepMind x Google Brain

## Amazon



- 成立AWS 生成式AI 中心
- 招募第三方在AWS平台託管模型

AI21 labs

ANTHROPIC

stability.ai

## IBM



- IBM Watson：訓練、驗證、調整和部署AI/ML模型
- 生成式AI卓越中心：生成式AI專業知識的顧問服務

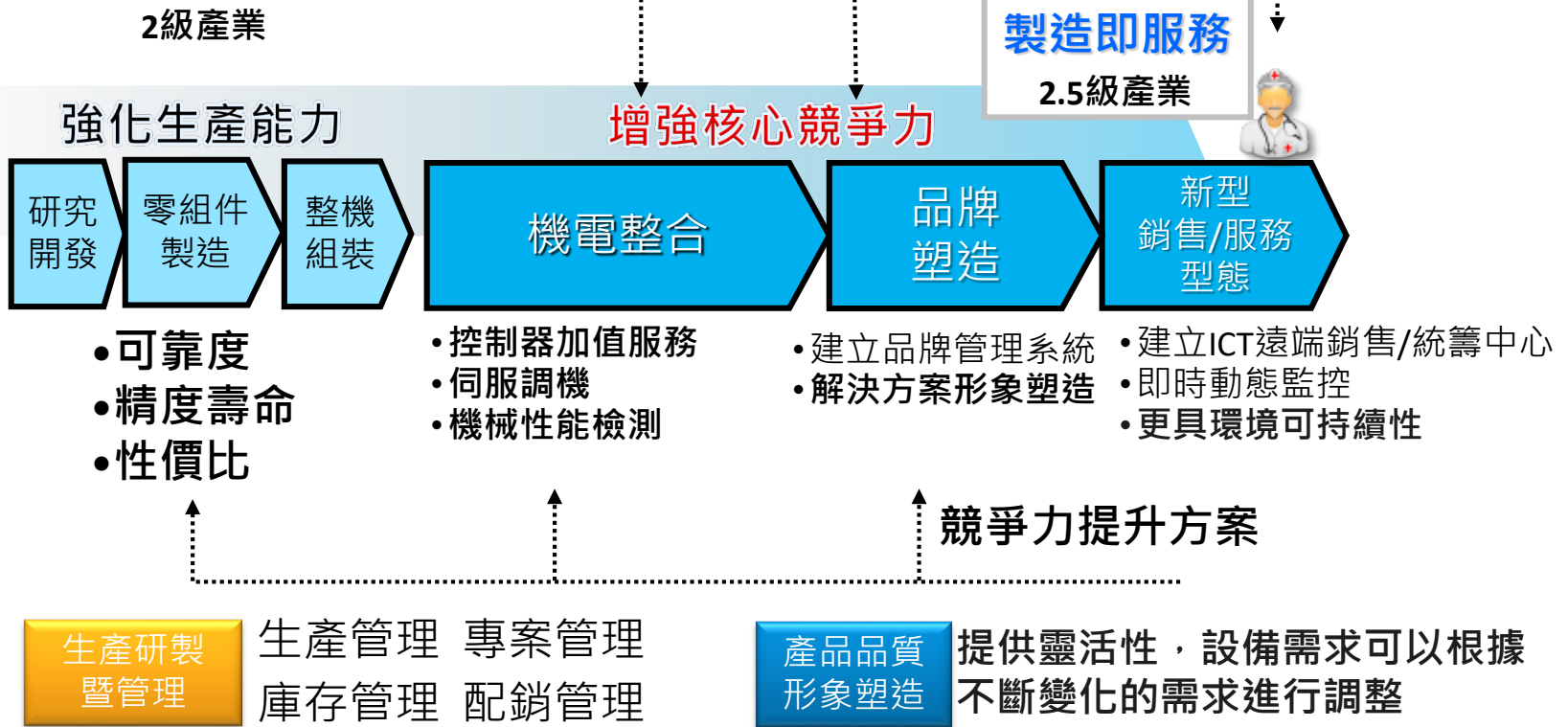
# 趨勢4：機械設備EaaS

潛在的成本節約!

企業可以避免大量的初始資本支出，並在長期內分攤成本

協同設計系統  
全球銷售服務系統  
產品拓銷系統  
產業專業知識庫

建置機械設備設計暨智慧化服務平台(ICT增值)

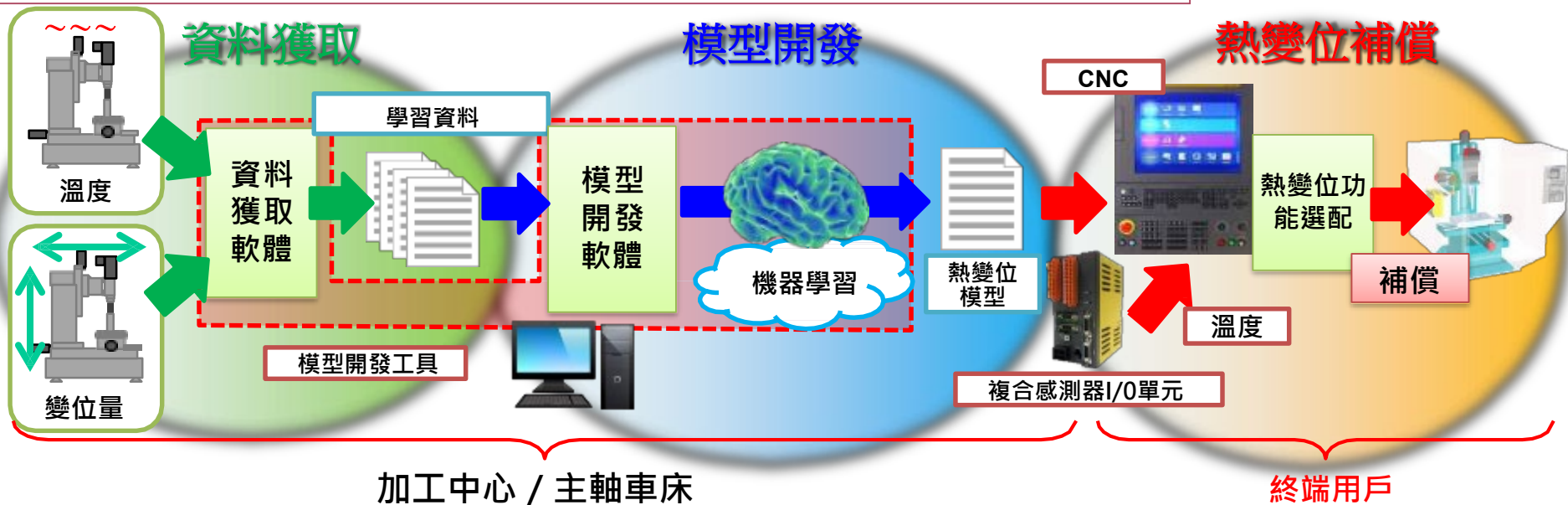


趨勢:尋找一個適合機台設備產業的效率經營模式

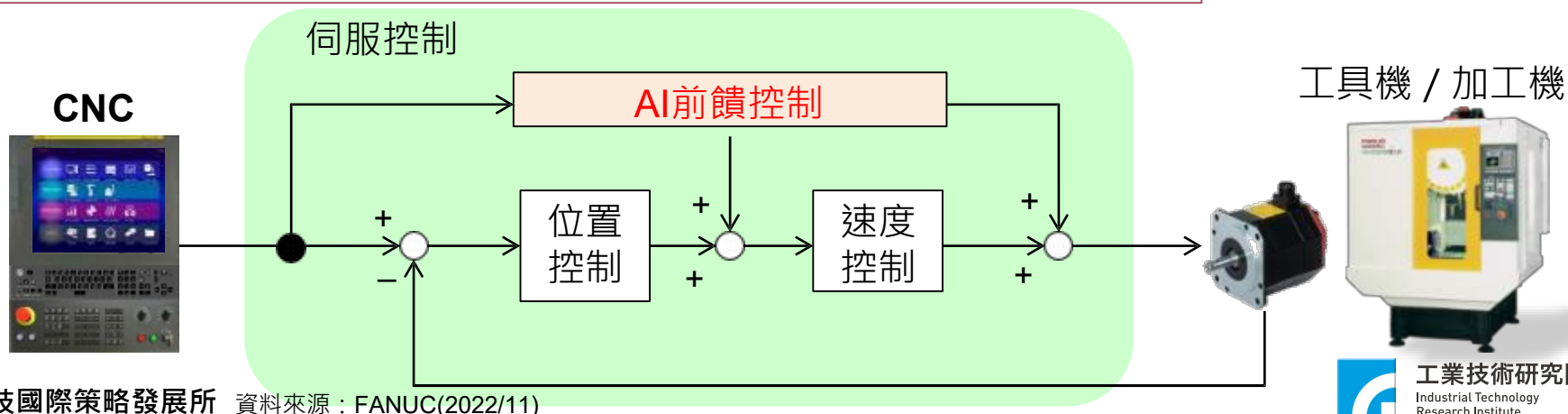
訂閱制  
共有平台

# FANUC以AI加持CNC的加工性能與高精度

❖ **AI熱變位補償技術**：從溫度估算變位進行補償，實現高加工性能



❖ **AI前饋控制技術**：抑制機械的振動，實現高精度



# DMG MORI正在推行設備即服務(EaaS)



## 現況

- DMG MORI全球有**154據點**、橫跨**43國家**。
- 客戶正進行數位轉型，DMG MORI本身也要進行**數位創新服務**。
- 在這個**短鏈**的時代，要更快速了解客戶的需求。
- DMG MORI = Netflix of Manufacturing，施行**工具機訂閱制**。

## 做法

- 對客戶**全時供應**所需的備品零件，確保其**不間斷**生產。
- 投入AI+IIOT技術，提昇製造服務營收占比，包括**預防性服務**、**優化機台與製程**、**刀具預調**、**校正服務**等。

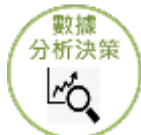


## 效益

占**45%** 製造服務營收  
**24小時/7天** 全時技術服務  
**2** 營收主軸  
工具機產品、全生命週期服務

## 布局

- 提供客戶**分散式**生產製造服務，DMG MORI朝數據蒐集、資料分析、**製造服務平台**等發展，堅持**數位化**、**智慧化**成為工具機技術的布局關鍵。
- 培養**顧問諮詢**與**Total solution**的能耐，包含**預測維護**、**遠距保養**、**快速機台修理**、**備品管理**等，是其獲得客戶忠誠度的不二法門。**400萬元**的設備，以幾萬元/月訂閱制的方式提供。



## ● 發展AI增值機械設備智慧的方案

- 在機械設備(工具機、工業機器人)導入GAI的發展上，臺灣缺乏所需資料量、算力、財力等進行通用型開發，難與國際大廠競爭。我們應該考慮使用特定領域的資料結合開源碼做增值應用。

## ● DMG MORI = Netflix of Manufacturing，機械設備EaaS

- DMG MORI 的工具機已用訂閱制。400萬元的設備以幾萬元/月用訂閱制的方式給客戶。它提供殺手級的應用程式，例如有沒有撞機、切銷油的溫度監控。機台設備應該要像特斯拉的OTA，持續訓練模型才行。不是一套AI用到底，這樣無法長久的智慧化。

# 啟發與建議

產品製程服務  
Product Extension Service

產品功能性服務  
Product Function Service

整合性解決方案  
Integrated Solution

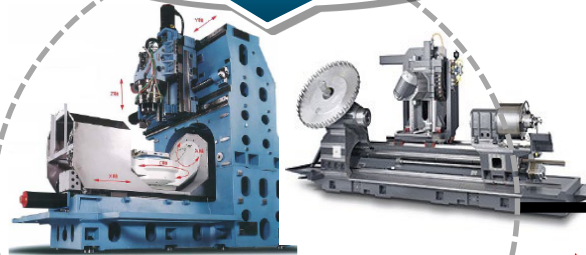
基本  
加工製程



設備

客戶為接受者

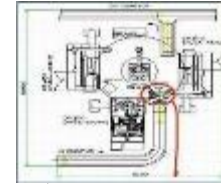
• 產業專用(量產)  
• 多工+複合



軟體+材料

客戶為資訊提供者

Machine  
Cell



製程+服務

設備即服務(EaaS)

## • 為客戶提供專業服務

主動進入客戶及客戶的客戶所在產業，從效率、親和性協助客戶改變設備使用觀念，進行產業專用經營。

## • 為客戶創造價值

先為客戶設想，讓客戶花最少錢、取得最好品質，然後為自己獲得最大利潤。

更強設計分析、製程分析、管理技術、系統整合、軟體自主、跨技術整合、節能減碳、產品企劃..

- 1) 機械產業市場規模
- 2) 設備與技術發展趨勢
- 3) 模具產業的數位轉型**
- 4) 企業淨零碳因應之道



# 製造領域知識結合數位技術應用

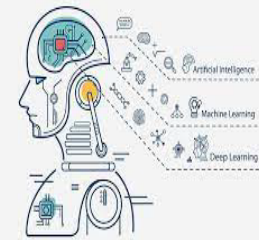
## 結合感測及IIoT，掌握能源消耗



各種感測裝置，結合IIoT、機聯網，以及初級資料分析與資訊可視化工具 掌握設備、機台、產線、工廠真實能源消耗，找出能源消耗最多的時段、製程、設備

## 結合大數據及AI，實現參數控制最佳化

累積的大量設備、製程運作資料，透過大數據及AI，可進一步學習與優化 從產品規格、交期、原物料供應、機台與人員可用性等生產需求與限制，可規劃出能兼顧交期、成本、產能、能耗的最佳生產規劃



## 透過品質檢測及預測，避免重工增加碳排放



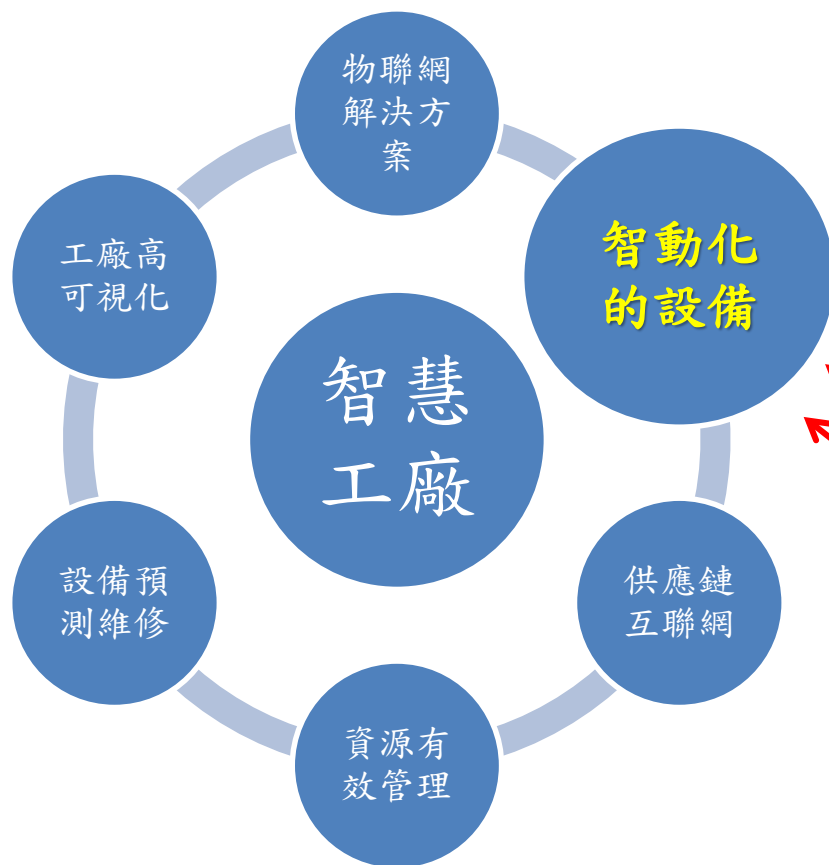
自動光學檢測(AOI)或機器視覺，實現產線品質全檢，以及進行品質預測的重要應用方案 提高生產品質與良率，以及避免持續對瑕疵半成品進行加工，可以減少材料與製程能源浪費，進而減少碳排放

## 善用數位雙生減少產品生命周期能耗及預測碳足跡

結合實體產品、設備、流程，以及對應的虛擬數位模型，可以用於產品設計、生產線與流程規劃、生產監控與流程控制最佳化，以及產品、設備應用監控及控制最佳化



# 串連設備與流程、提升智動化與運作洞察



自動品質監控的等級:

- Level 1:自動蒐集生產上的data
- Level 2:分析所蒐集之data
- Level 3:根據分析結果做判定
- ✓ Level 4:根據判定結果做決策
- ✓ Level 5:機器本身會調整

# 數位轉型引發系統性變革

產業經濟時代：規模經濟

數位經濟時代：範圍經濟



# 汽機車產業市場



主  
副  
X  
汽車聚落

## 東協(泰、馬及印尼)為歐美日外資車商落腳處

- 泰國(東方底特律計畫)及印尼境內主要為日系品牌投資設廠生產，搭配品牌週邊零組件廠商形成中衛體系。
- 印尼具有龐大的機車產業聚落，許多知名機車大廠(台灣如三陽、光陽)等供應鏈體系均於此。

## 全球主力及潛力市場(新能源車)

### 中國大陸

- 新能源汽車列為中國戰略性新興產業之一。
- 中國《新能源汽車產業發展規劃》，2025年新能源車銷量達汽車新車總銷量的20%。

### 美國

- 拜登政府簽署行政命令要求到2030年電動車占比達50%。
- 許多法案(例如抗通膨法案)已立法生效，修訂和擴大新能源車稅收抵免。

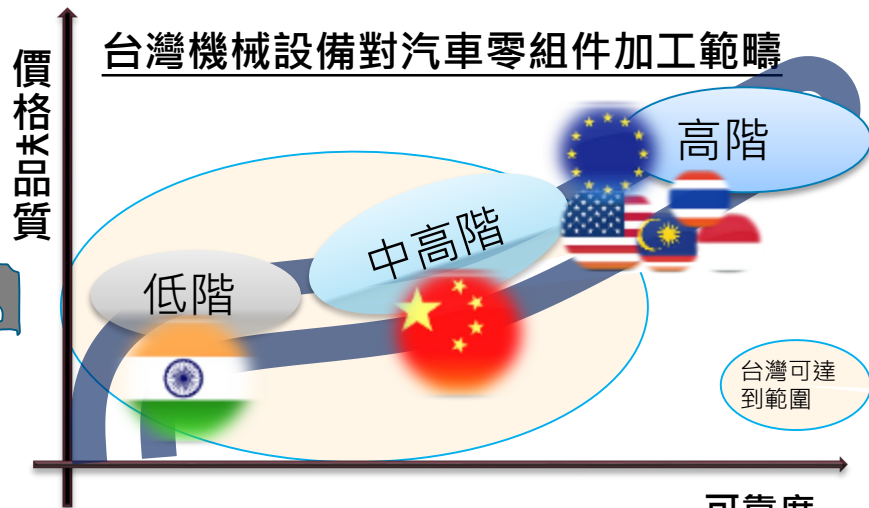
### 歐盟

- 歐盟正式協議2035年起禁售燃油車，實現100%淨零碳排放。

### 印度

- 隨經濟改革及國內中產階級崛起，2020年汽車銷量突破500萬台，2030年的銷量預計將倍增。

## 台灣機械設備對汽車零組件加工範疇



可靠度  
汽車零組件加工需求，強調高精度、快速生產、多量多樣等生產特色。

# 電動車系統 架構

## 1. 動力總成

- 馬達總成：台達電/富田
- 驅控器：台達電/康舒/富田
- 缺口：多合一動力總成方案及驗證能量、功率元件、驅控IC、高壓高容值薄膜電容、高效率低稀土馬達等

## 2. 電能總成

- 電能總成：鴻華先進/中華汽車
- 電池芯：能元/有量
- 電池管理系統：嘉普/能元/有量/中華汽車
- 缺口：固態電池與低成本快充電芯

## 4. 減速器總成

- 總成：和大/國淵/本土
- 殼體：創遠/榮豐
- 齒輪箱：和大/國淵/台亞
- 減速器換檔機構組件：倉佑/益暉
- 缺口：多檔位減速器總成

## 5. 煞車總成

- 制動系統：慧國/亨通
- 煞車卡鉗：三益制動/亨通
- 缺口：電動倍力器(i-Booster)

## 6. 驅動/非驅動總成

- 驅動軸：台惟
- 差速器：台亞
- 國內具備能量，考量經濟規模採用進口件

## 7. 車架總成

- 總成：六機
- 縱樑、橫樑：江申/伍享
- 底盤底板/大樑：江申/伍享/力勁
- 缺口：大型高真空壓鑄件量產技術

## 3. 車輛電子

- 智慧座艙：群創/友達
- 缺口：艙內系統整合、後座乘客監控及驗證技術
- 控制器與AUTOSAR韌體：技嘉/廣達/和碩/英業達/鴻海/致茂
- 缺口：車用共同韌體及EEA架構
- 車用電路板與被動元件：敬鵬/耀華/健鼎
- 先進駕駛輔助系統：中華汽車/輝創
- 缺口：L3智慧駕駛輔助系統及域控制器及驗證場域
- 感測模組：為昇科/同致/明泰/亞旭
- 缺口：光達及4D成像雷達模組
- 車電資安：鴻華先進/輝創/光寶/勤崴
- 缺口：車規軟體品質驗證系統
- 智慧頭燈：帝寶/聯嘉
- 缺口：感測與車燈系統整合技術



## 10. 環境建構

- 測試驗證：車輛中心/機械所
- 充電系統：台達電/飛宏/起而行
- 空間資訊：世曦/詮華/經緯/自強/勤崴/中興/興創知能
- 缺口：如全速域全車種實車封閉式驗證場域、多合一動力驅控驗證、智慧座艙驗證、V2G、無線充電、空間資訊等

## 11. ICT系統整合與創新應用

- 系統整合共通平台：鴻華/中華汽車
- 創新應用共通平台：中華電/廣達/神達
- 缺口：整車內次系統間協作軟硬體(如ADS自動駕駛)、整車對外應用協作的軟硬體

## 9. 車身總成

- 車身：協欣/中鋼/中鋁
- 缺口：高強度鋁合金成形技術、異材接合技術等

## 8. 轉向總成

- 轉向器總成：長傑
- 方向機馬達：台全
- 電子動力方向盤：協祥
- 方向盤：全興創新
- 缺口：高響應主動轉向系統

# 電動車車體與相關零組件製造設備

## ■ 通用設備

- ✓ 電動車除了動力、電池系統外，底盤、車架、車殼等相關零組件與燃油車輛相似。
- ✓ 主要製造設備包括切割、沖壓、彎板(管)、焊接、噴塗等機台。



## ■ 特殊設備

- ✓ 部分電動車為了增加行駛里程，透過使用鋁合金、碳纖維複合材料做車體組件，有效減少車重。
- ✓ 因此需要鋁合金壓鑄、碳纖維複合材料零件製造與加工設備。
- ✓ 國內的壓鑄模具廠:中大型一體成型真空壓鑄模具



# 電池座、外殼及其他零件製造設備

## ■ 電動車電池系統包含許多零組件

- ✓ 底座、外殼、隔板
- ✓ 冷卻、散熱裝置
- ✓ 其他扣件、接頭等小型鈹金件

## ■ 組件製造涉及多類機械設備

- ✓ 沖壓設備
- ✓ 彎板設備
- ✓ 銑削設備
- ✓ 切割設備
- ✓ 焊接設備
- ✓ 鑽孔、攻牙設備

## ■ 電池盒製程的模具技術

- ✓ 超高強度鋼材、高強度鋁材
- ✓ 大面積薄板成型
- ✓ 高精度尺寸要求



- 1) 機械產業市場規模
- 2) 設備與技術發展趨勢
- 3) 模具產業的數位轉型
- 4) 企業淨零碳因應之道**



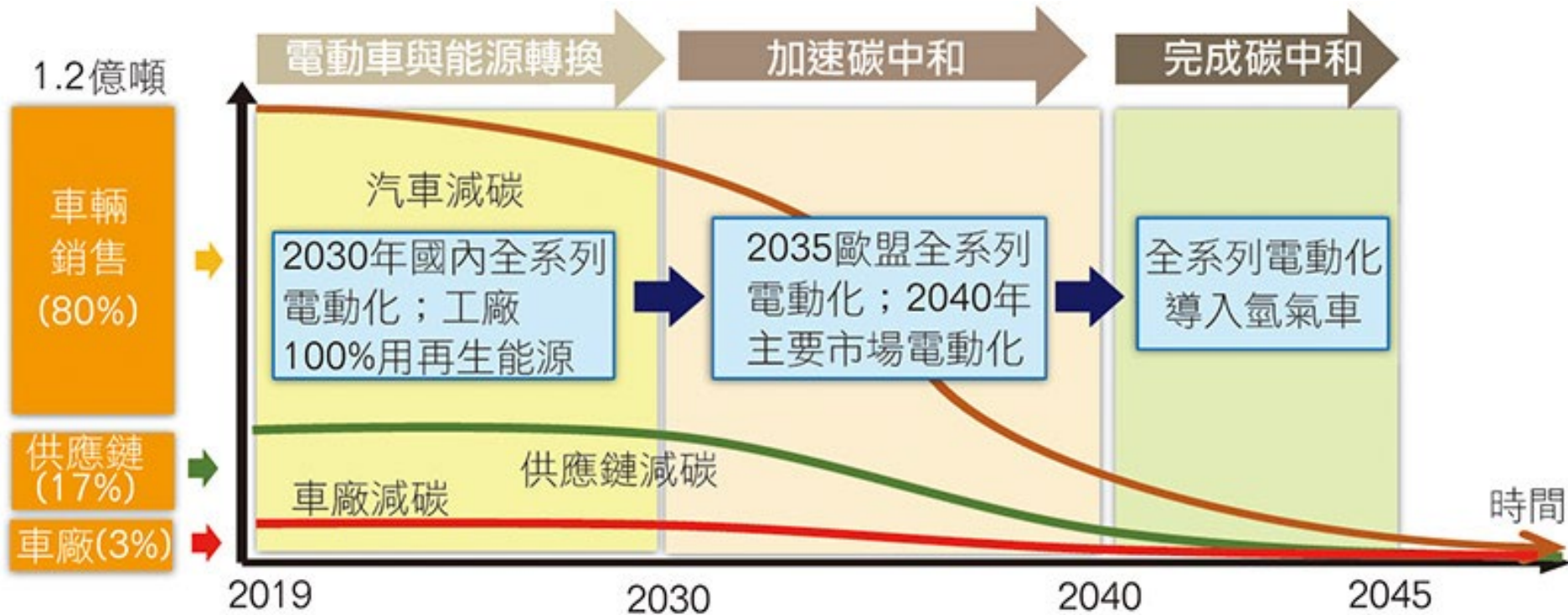
# 模具產業前瞻

- 2030年電動車銷售量估會飆升6倍，電動車佔新車銷售量將會來到62~86%。
- 車身、電池組佔整車重量40%~60%。
- 車身構件輕量化、底盤結構輕量化、電池盒輕量化、底盤一體成型鋁合金壓鑄成型，帶動成型模具製程技術發展。
- 新能源車的增加，降低了傳統沖壓零組件的需求(模具訂單減少?)。
- 全EV車的鋁用量較傳統車高出27%。高鋁材料-冷沖壓難以成型。
- 熱沖壓模具成型高強度鋼材構件，溫/熱沖壓模具成型鋁合金鈹件，應用於電動車身構件、電池盒應有商機。
- 投入開發更好的熱成型科技與還原科技(低密度鎂及其合金能減重，但成本高)。
- 電動車使用高強度鋼材及高強度鋁材，除了要符合嚴苛的碰撞安全法規外，車廠關注車身及電池盒(鋼材/鋁材)生產環節的碳排放量、製造生產LCA。

# 車廠關注生產環節中的碳排放量

## 現代汽車Genesis車型碳中和因應計畫

現代汽車估計到2045年完成碳中和之前的總排碳量是1.2億噸，其中3%來自自己的車廠，17%是供應鏈吸收，而80%則是車輛銷售、使用的過程中產出的排碳量。



# 建立LCA量化模具所產生的碳足跡

生命週期評估 ( Life Cycle Assessment, LCA )

LCA是一種透過量化能源、材料和廢物排放量的評估方法，主要關注於在產品、工藝或服務的整個生命週期內對環境的影響



生命週期評估國際標準(ISO 14040/14044)、碳足跡國際標準(ISO 14067)

# 製造業實現淨零碳排方法

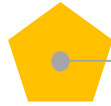
- 除了採用低碳、無碳能源，從源頭降低碳排放外，製造場域還可以從耗能設備、製程、生產系統與生產型態等方面，持續降低能源使用量，進而協助達到淨零碳排目標

## 提高設備能源使用效率



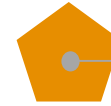
工廠中有許多耗能設備，包括生產設備、鍋爐、驅動器、伺服馬達、壓縮機、幫浦、空調等設備。一般來說都會產生20%以上的能源無法被有效利用，這部分需要仰賴更多的機電整合來提升使用效率。

## 改變製程技術



採用不同的製程方案，降低總體生產過程耗費能源。例如金屬表面硬化製程從傳統熱處理改採雷射表面硬化技術或是原先需要製作複雜形狀金屬的車、銑、鑽等機械加工方式改為積層製造技術。

## 導入智慧製造



結合資通訊及智慧科技，例如感測、通訊網路、分析與模擬，即時掌握工廠能源使用量，在大量數據分析基礎上進行最佳化，甚至導入AI提升警示及預測的精準度，提早發現設備能耗異常並進行維修或汰換。

# 建立低碳排解決方案

1

構改馬達、潤滑及冷卻系統，加強散熱/減少摩擦

2

結構件/扣件從鑄鐵、金屬改為可回收材料

3

建立虛實整合能力，透過數位分身技術減少耗材浪費

4

建立廠區能耗管理，結合智慧電錶建立最佳損耗規劃排程

5

強化研發技術，藉由製程優化減少加工道次與時間

# 工具機業者協助下游客戶降低碳排



方法 1

## 能源管理



- ◆ 用電量可視化
- ◆ 碳排可視化
- ◆ 用電/碳排預測統計報表



方法 2

## 設備節能



- ◆ 節能馬達/驅動零件/模組輕量化
- ◆ 切削液回收
- ◆ 降低待/暖機能耗



方法 3

## 預測保養

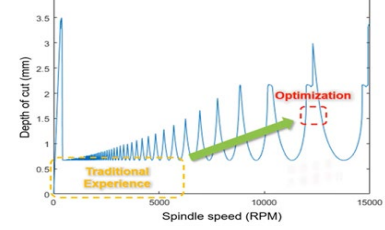


- ◆ 主軸故障預測
- ◆ 滾珠螺桿故障預測
- ◆ 馬達故障預測
- ◆ 刀具故障預測



方法 4

## 製程優化



- ◆ 工序優化
- ◆ 配方優化
- ◆ 自動補償
- ◆ 即時品質監測

# 產品製造排碳低，而且還能助客戶減碳

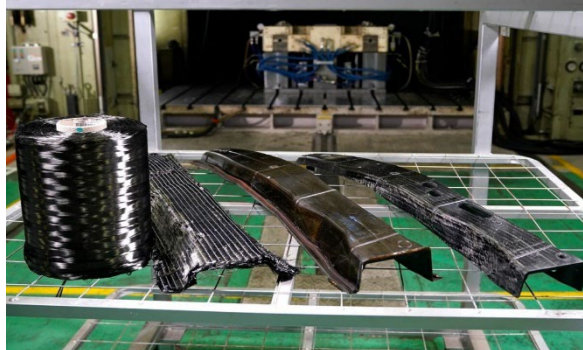
## 動力零組件設計優化

朝向節能設計，例如採用更高效率、更節能的冷卻系統、潤滑系統或排屑系統等，或是主軸驅動器導入第三代半導體碳化矽(SiC)、採用直驅或伺服馬達，提升功率轉換效率



## 可動件輕量化設計

如同電動車或飛機機身輕量化道理，重量越輕則能耗越低，機械設備結構愈重，運作時耗電量愈大，設備結構走向輕量化，但又能維持機台穩定性、安全性、高精度、高速的切削品質



## 智慧科技方案整合

透過數位模擬，提升良率、避免重複投入材料、資源、人力及電力成本；加工當下亦可透過數位技術即時補償，提高加工效率；結合生產排程及能源管理系統，藉以監控及預測最佳生產配置



# 化危機為轉機，建立企業長期競爭優勢

- 因應國際碳費趨勢，鞏固競爭力
- 配合供應鏈減碳，滿足客戶需求
- 透過綠色商品，爭取消費者認同



- ### 以智慧製造實現淨零排放
- 透明：掌握全面、即時碳排放
  - 優化：節約產品能源材料消耗
  - 預測：分析全生命週期碳排放

- 全球淨零排放風潮，會使包含機械業在內的諸多製造業**營運成本增加**，並**衍生更多不確定性**。
- 持續推動各種**低碳製造應用**，並產生實際效益，將可形成另一種競爭優勢，協助**提高企業競爭力**。
- 透過內部研發，或是與外部研發單位、供應商、資通訊及智慧科技廠商、廠務及系統整合廠商進行異業合作，研發具有實務應用效益的各種**綠色機械產品及低碳製造應用方案**，將可衍生出**新的利基產品**。



# 謝謝



黃仲宏 經理

機械與製造系統研究部

+886-3-5912486

[Jhuang@itri.org.tw](mailto:Jhuang@itri.org.tw)

以上簡報所提供之資訊，在尖端科技發展與產業變動中，無法保證資訊的時效性及完整性，使用者應自行承擔因使用本簡報資料可能產生之任何損害。著作權歸工研院所有，非經書面允許，不得以任何形式進行局部或全部之重製、公開傳輸、改作、散布或其他利用本簡報資料之行為。



IEK產業情報網



2022專刊