

# 零組件雜誌



## 迎接電腦產業新典範

# AI PC

新聞10日談 

P.10 AI代工

東西 New things 

P.36 讓你的多物理模擬與設計專案手到擒來

東西講座 

P.38 融合航太與無線生態 NTN打造下世代網路

P.40 讓6G主動創造新價值 提供通訊產業應用機會

2024 六月號

vol.391



定價180元

# 我們銷售的零件 讓生活更多采多姿

想像助聽器讓孩童第一次清楚聽到父母的聲音。

在 DigiKey，我們銷售的零件能讓企業將創新的革命性想法轉變成改變生活的真實解決方案。

您要的零件就在 [digikey.tw](https://www.digikey.tw)



# DigiKey

**we get technical**





# 使用 keySTREAM 和 ECC608 TrustMANAGER 進行動態憑證管理

## 在您的產品生命週期中維護物聯網的安全

透過 Kudelski IoT keySTREAM 技術和 ECC608 TrustMANAGER 的創新整合，客戶可以在其物聯網裝置安全性方面獲得前所未有的控制權。他們可以輕鬆地建立、更新和維護自己的自定義公鑰基礎設施 (PKI)，並擁有完全的自主權。這種突破性的方法使得線上連線時可以實現無縫裝置認領，從而消除了生產過程中為每個設備定制密鑰的艱難過程。此外，客戶只需為使用中的連線裝置付費，優化成本效率，因為未連線的裝置將不需要支付啟動費用。在整個產品生命週期中，使用者可以輕鬆地創建根憑證授權單位 (CA)、管理相關憑證、撤銷和翻新受損鏈以及排定憑證到期日的續訂。透過我們的動態解決方案，為您的物聯網設備群提供順暢的安全管理。

### 主要功能

- 自助式 PKI，包括建立根 CA
- 符合成本效益且使用者易用的安全 SaaS
- 現場佈建
- 透過 keySTREAM 品質保證 (SLA) 確保 PKI 的可用性高達 99.99%
- 跨任何 IaaS/PaaS 進行擴展

### 聯繫信息

Microchip 台灣分公司

電郵：rtc.taipei@microchip.com

聯絡電話：• 新竹 (03) 577-8366

技術支援專線：0800-717-718

• 高雄 (07) 213-7830

• 台北 (02) 2508-8600



[microchip.com/Ctimes-TrustMANAGER](https://microchip.com/Ctimes-TrustMANAGER)

Microchip 的名稱和徽標組合及 Microchip 徽標均為 Microchip Technology Incorporated 在美國和其他國家或地區的註冊商標。在此提及的所有其他商標均為各持有公司所有。© 2024 Microchip Technology Inc. 及其子公司，保留其版權及所有權利。

# CONTENTS

## 封面故事 AI PC

20

從處理時脈轉向TOPS  
AI PC華麗登場 引領算力為王的時代

籃貴銘

25

發揮最大AI算力  
從AI PC崛起看  
處理器大廠產品策略佈局

王岫晨

30

更多元、更高效能  
AI世代的記憶體

籃貴銘

6

### 編輯室報告

水晶球

8

### 矽島論壇

CityGPT一生成AI吹進未來城市之策略觀察  
廖彥宜、洪春暉

10

### 新聞十日談

台灣產業轉型契機  
AI代工  
文字整理：陳復霞

36

### 新東西

企業多物理場平台  
讓你的多物理模擬與設計專案手到擒來  
籃貴銘

7

9

18

35

新東西索引

76

78

電子月總匯

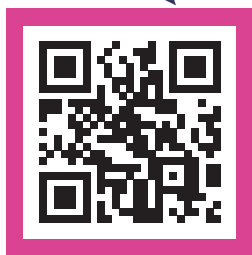
產學技術文章導讀



# 5.0綠色進行式 轉型關鍵全揭發



預登參觀 快速入場



## Intelligent Asia

亞洲工業4.0暨智慧製造系列展

8.21-24, 2024

台北南港展覽館  
1&2館 滿館展出

# CONTENTS

CTIMES 零組件雜誌

Founded from 1991

12

## 產業觀察

牽動電動車市場的關鍵材料  
出口管制風險下的石墨替代技術新視野  
芮嘉璋博士

38

## 【東西講座】

融合航太與無線生態 NTN打造下世代網路  
王岫晨

40

讓6G主動創造新價值 提供通訊產業應用機會  
王岫晨

42

## 專題報導-FPGA

強化AI算力  
FPGA開啟下一個AI應用創新時代  
王岫晨

46

## 量測專欄-短距離無線通訊

Wi-Fi 7測試方興未艾 量測軟體扮演成功關鍵  
Andrew Herrera

52

## 關鍵技術報告

AI自動化測試確保智慧家電設備效能與品質穩定性  
百佳泰

56

使用P4與Vivado工具簡化資料封包處理設計  
AMD

65

智能設計：  
結合電腦模擬、數據驅動優化與AI的創新進程  
林鳴志

70

使用SIL 2元件設計功能安全的SIL 3類比輸出模組  
Brian Condell

社長 / 黃俊義 Wills Huang

編輯部 /  
副總編輯 藍貫銘 Korbin Lan  
資深編輯 王岫晨 Steven Wang  
資深編輯 陳復霞 Fuhsia Chen  
採訪編輯 陳念舜 Rusell Chen  
美術編輯 陳宇宸 Yu Chen

CTIMES 英文網 /  
專案經理 藍貫銘 Korbin Lan  
兼主編

產業服務部 /  
經理 曾善美 Angelia Tseng  
主任 翁家騏 Amy Weng  
產服特助 劉家靖 Jason Liu

整合行銷部 /  
發行專員 孫桂芬 K.F. Sun

管理資訊部 /  
會計主辦 林寶貴 Linda Lin  
法務主辦 顏正雄 C.S. Yen

發行人 / 黃俊隆 Robert Huang  
發行所 / 遠播資訊股份有限公司  
INFOWIN INFORMATION CO., LTD.  
地址 / 台北市大同區承德路三段 287-2 號 A 棟 204 室  
電話：(02) 2585-5526  
傳真：(02) 2585-5519

行政院新聞局出版事業登記證  
局版北市字第 672 號  
中華郵政台北雜字第一四九六號  
執照登記為雜誌交寄  
紐約總經銷 世界日報 世界書局  
洛杉磯總經銷 洛杉磯圖書部  
舊金山總經銷 舊金山圖書部  
郵政戶名 遠播資訊股份有限公司  
郵政帳號 16854654  
國內零售 180 元  
訂閱一年 1800 元  
國內掛號 一年加收 250 元掛號費  
國外訂閱 普通：港澳 2800  
亞太 3150  
歐美非 3400



# 科技界人士 必看的產業媒體

零組件雜誌

SmartAuto  
智動化

線上註冊 立即訂閱



## 電子書閱讀優點

更輕鬆

更方便

更環保

更普遍

更多元





## 水晶球

在未來的電腦世界裡，我們將不再是多工狂人，而是與電腦成為閒聊好友。想像一下，你的PC不僅會幫你算數，還會預測你的心情，給你適時的拍拍和建議。這就是所謂的AI PC，一台不只執行指令，還會給你情感支持的機器。

但別被這浪漫的畫面迷惑了，AI PC的內部可沒那麼詩意。它得面對現實中的挑戰，比如怎麼讓生成式AI在本地端跑得飛快。這就需要一個新角色：AI晶片，一個專門加速神經網路的小幫手。然而，這個AI PC界還沒有定下規範，就像西部牛仔電影裡的無法之地，每個人都自稱是AI PC的專家，但沒有人能說清楚到底是什麼標準。本期封面故事『AI PC-迎接電腦產業新典範』就要告訴你，在個人運算即將進入全新世代的今天，到底一台電腦要多聰明，才能稱得上是AI PC，而這樣的電腦又必須滿足怎樣的基本條件，又如何幫人們改寫未來。

專題報導從邊緣運算談起，包括低延遲、AI算力、低功耗以及安全保密等四者是邊緣自主非常重要的組成部分，也是邊緣區別於工業和IoT的一個主要特點。這些邊緣應用藉由微型化，加強AI算力，能夠支持對功耗和熱都有非常高要求的應用。而主角『FPGA』憑藉其高度靈活、低功耗、高性能的特性，使其成為AI應用的理想選擇。FPGA能夠根據不同的需求進行配置，迅速適應新算法和技術，為嵌入式視覺、安全、工廠自動化等領域提供強大的支持。

東西講座這次一連帶來兩場與6G相關的精彩課程。第一場邀請到台灣羅德史瓦茲應用工程部門經理陳震華，內容講述從5G到6G所需要瞭解的相關議題，以解決當前的各種技術挑戰。NTN將補足目前地面通訊的不足，並強化下一代行動網路與服務。另一場則邀請到台灣安立知業務與技術支援部協理薛伊良，介紹科技的演進如何逐漸從「支援產業需求」的角度，轉變為「主動提供新價值並產生新應用」。這樣的轉變正在引領主要供應商和學術界，開始研究針對6G和新一代網路的各種挑戰。兩場講題內容都非常精彩，有興趣的讀者還可以到CTIMES官網觀賞講座的完整版內容。

甫於不久前完美落幕的台北電腦展，全球運算晶片龍頭齊聚於台北，目的無非就是因為AI的崛起。也正因如此，今年的台北電腦展已經不只是一場展覽，而是一場科技界的時尚秀。從AI到前瞻通訊，從未來移動到沉浸現實，再到綠能永續和創新，每一個主題都像是在走科技界的伸展台。AI已經不只是一項技術了，這是可以窺見未來的水晶球，讓大家可以提前看見科技產業的明天。



## ROHM創低功耗類比數位融合控制電源解決方案



半導體製造商ROHM針對中小功率（30W~1kW級）的工業和消費性電子設備，開始供應LogiCoA電源解決方案，將能以類比控制電源等級的低功耗和低成本，實現與全數位控制電源同等功能。在中功率運作的工業機器人和半導體製造設備等應用中，近年開始要求高可靠性和精密控制功能，僅採用類比控制方式的電源配置不足以因應市場需求。ROHM推出融合類比和數位各自優勢的LogiCoA電源解決方案，利用高性能且低功耗的LogiCoA微控制器，可以建構出能輕鬆控制各種電源拓撲的環境。

LogiCoA電源解決方案首創的「類比數位融合控制」電源，將以LogiCoA微控制器為核心的數位控制部分，和由Si MOSFET等功率元件組成的類比電路結合。LogiCoA電源解決方案中搭載的LogiCoA微控制器，預計從2024年6月開始投入量產並提供樣品。

## Microchip發佈TimeProvider 4100主時鐘V2.4 版韌體

Microchip發佈TimeProvider 4100主時鐘V2.4版韌體，其具有嵌入式BlueSky防火牆功能，可在將訊號用作時間基準之前檢測潛在威脅，並且驗證GNSS，因而能夠為關鍵基礎設施營運商提供安全的授時解決方案。



2.4版TimeProvider 4100主時鐘新增IEEE 1588 電源設定檔，可在PTP電信和電源設定檔之間實現闡道功能。借助該元件，公用事業公司可以連接通信和變电站網路，以支援IT和OT網路的融合，持續推進營運商現代化。2.4版TimeProvider 4100系列配備時間敏感網路（TSN）設定檔802.1AS，可以同步這些私人網路。該功能為私人網路提供一個更加準確、自主的時間系統，用於協調私人網路IoT設備。根據各自獨特的部署要求，營運商需要主時鐘能夠從支援極少數用戶端擴展到支援眾多用戶端。

## u-blox新款藍牙低功耗模組內建最新Nordic晶片

u-blox推出兩款藍牙低功耗（BLE）新品—ALMA-B1和NORA-B2。這兩款模組以Nordic Semiconductor最新一代nRF54系列系統單晶片（SoC）為基礎，具備精巧、節能及安全特性，並支援BLE 5.4和Thread/Matter技術。

ALMA-B1和NORA-B2專為各種IoT應用所設計，包括工業自動化、醫療和智慧家庭。ALMA-B1是一款具備高階MCU的無線通訊模組，而NORA-B2可為複雜度較低的應用帶來超低功耗特性。在室內定位應用中，ALMA-B1具備強大處理能力，可做為固定錨點，而NORA-B2的節能特性使其成為



資產追蹤標籤的理想選擇。這兩款模組尺寸為10x11 mm或10x14 mm，可節省大量空間，並便於從其他u-blox模組進行升級，且均已獲得全球認證。ALMA-B1和NORA-B2已通過PSA 3級認證，可提供最高等級的IoT安全性。ALMA-B1和NORA-B2均可做為無線MCU；兩款模組的樣品將於2024年第三季開始提供。

## 意法半導體靈活同步整流控制器提升功率轉換效能



意法半導體（STMicroelectronics）新款SRK1004同步整流控制器降低採用矽基或GaN電晶體之功率轉換器的設計難度並提升轉換效能，目標應用包括工業電源、攜帶式裝置充電器和AC/DC轉換器。

SRK1004的感測輸入能夠承受高達190V之電壓，可以連接高低邊功率開關二極體。共有四款產品選擇，僅元件選型即可讓使用者優化應用設計，透過5.5V或9V的閘極驅動電壓，就能在設計選用理想之邏輯電平MOSFET、標準MOSFET或GaN電晶體，避免複雜的運算過程。

SRK1004適用於非互補性有源鉗位、諧振和準諧振（QR）返馳式拓撲，導入能夠簡化開關操作並節省電力的新一代關斷演算法。這款控制器採用意法半導體的絕緣體上矽（SOI）製程，在確保優異穩定性的同時，還可以採用2mm x 2mm的DFN-6L微型封裝。



洪春暉

資策會產業情報  
研究所(MIC)所長



chrishung@micmail.iii.org.tw

# CityGPT—生成AI吹進 未來城市之策略觀察

**城**市治理的核心在於「人」，當生成式AI與人鏈結，透過生態系的方式協作，CityGPT的概念應AI潮流而起。CityGPT將具備理解人類指令、捕捉感知環境要素之能力，進而產生合理結果，滿足城市、民眾的需求。在未來的城市發展策略制訂與規劃裡，生成式AI技術已是不可或缺的角色。

## 鏈結生態系協作， 發展使用者友善的設計思維

在GenAI的風潮下，城市不只智慧化，還具感知理解、自然互動的能力。CityGPT相關應用，一方面可提高城市運作效率，另一方面有助於建立更永續、更靈活彈性的城市建設。擘劃城市長期願景為發展CityGPT的第一步，繼而需具體規劃將其融合於現有系統服務與流程中。

再者，在發展CityGPT時，不只限於IT部門當責，更需擴大與產、學、研、在地組織間等多方利害關係人協作，釐清需求、界定目標。由政府主導沙盒環境建構，攜手生態系供應商建立評估標準、GenAI解方與評估流程，開放創新設計具體描繪場景應用，評估需求探索理想解方。

城市治理核心在於「人」，CityGPT亦需思考納入「以人為核心」之公民參與機制，透明、公平前提下，讓城市策略制定更平衡。

循此，以人為核心思維設計公民服務，為CityGPT的關鍵思考方向之一。觀察日本也以「親民數位化」為政策核心，強調為城市社區所帶來之價值。與公民互動的聊天機器人如何能更接地氣、提供適切精準回應，需要經過用戶密切參與服務設計，排除可能偏誤或歧視疑慮，同時考量道德風險，例如需明確告知民眾正與CityGPT系統對話。

更重要的是，還得考量數位落差對創新接受度的影響。例如可藉力在地社創組織打造數位知識擴散機制，解決長者對AI服務理解不足影響採用率之問題。

## 生成式AI賦能，政府與產業共舞雙贏

除了惠民目標之外，CityGPT又將如何兼顧產業發展？城市仍需扮演領導、監督關鍵，畢竟政府才是真正理解城市治理內涵的角色。以需求帶動技術，扶植產業具備建構城市大模型能力，依多元場景需求，從演算法、平台、服務應用，催生各類業者於不同領域深化方案，將模型整合於現有數位服務中，讓GenAI應用回歸城市本質發展。

如德國漢堡與新創Aleph Alpha合作、日本東京町田市與埼玉縣白岡市尋求NTT Data資源，皆是藉由產業之力對應城市需求，企業趁機探索新技術解方、累積實踐經驗。

再者，CityGPT隱含了大量且分散的城市資料，這些資料將被蒐集融合、分析使用。如何解決資料開放共享、城市模型與平台建構、模型落地到應用、場景碎片化問題等，其關鍵為政府與產業發展頻率節奏是否同步。

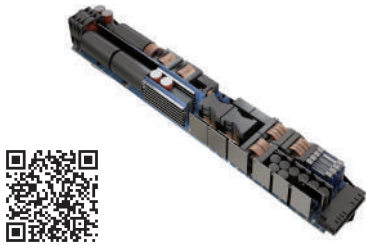
中央政府可透過數位公共基礎建設，降低企業參與CityGPT門檻，產業則需密切與地方互動，根據需求、參數與訓練資料微調CityGPT模型，執行特定任務，實現城市建設AI通用性，以及對城市、街區、社區、街道層級的運算剖析。

然而，科技無法取代城市治理工作，儘管GenAI能提供深入且有價值見解，最終裁決仍需回到主事者身上，從城市核心價值出發點來衡量。■

（本文為廖彥宜、洪春暉共同執筆，廖彥宜為資策會MIC資深產業分析師兼組長）



## 英飛凌高能效 AI 資料中心 電源供應單元產品



英飛凌科技 (Infineon) 宣布在AI系統的能源供應領域開啟新篇章，並揭示針對AI資料中心當前和未來能源需求的特定設計電源供應單元 (PSU) 路線圖。英飛凌透過推出電源供應單元效能級別，助力讓雲端資料中心和AI伺服器運營商降低在系統散熱方面的能源消耗。創新的PSU設計可減少能源消耗和二氧化碳排放，從而降低整個生命週期的營運成本。這些PSU不僅可用於未來的資料中心，還可以用於既有的伺服器PSU，提升其能源效率。

在產品路線圖中，除了目前已推出 3 kW和3.3 kW輸出功率的PSU，新款 8 kW和12 kW的PSU將進一步提升AI資料中心的能源效率。憑藉其12 kW參考板，英飛凌將推出全球首款實現此一性能水準的PSU，為未來的資料中心提供高能效的電力。從技術的角度來看，這是透過矽 (Si)、碳化矽 (SiC) 和氮化鎵 (GaN) 三種半導體材料的獨特組合實現的。這些技術有助於AI伺服器和資料中心系統的永續性和可靠性。英飛凌8 kW PSU將於2025年第一季度推出。

## 笙泉與呈功合作推出FOC智 慧型調機系統實現節能減碳

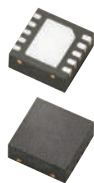
笙泉科技 (Megawin Technology) 近年持續致力於開發直流無刷馬達 (BLDC) 電機控制專用IC與方案，



已陸續推出應用在高速吹風機、空調排水泵、低壓吊扇、軸流暖風扇等領域，且逐步導入量產。近期笙泉攜手「呈功電子 (CheerGoal)」順利開發出FOC (磁場導向控制) 智慧型調機系統，此系統是一套高級演算法，僅需簡單設定馬達規格及硬體配置，系統便能「智慧且適應型」地運算與調適參數，以達到馬達驅動性能的最佳化，此最佳化的調機系統乃為國內首創。

終端客戶反應過去在調機時常面臨不知如何篩選高達數十組以上的馬達規格 (參數)，導致「調機」變成相當艱巨且耗時的任務，同時無法掌控電機開發時程及可靠性。如今透過此套FOC智慧型調機系統，演算法內建的韌體資料庫收斂到只需輸入簡單9組參數 (包括線性阻值、電感值、PWM頻率、馬達極數、轉速等)，即可輕鬆快速地完成調機，大幅減低了馬達電機的開發困難度，能更節省人力並能大幅降低馬達電機開發時間及成本，對終端客戶而言，此套智慧型調機系統是開發BLDC馬達應用時的最佳工具及伙伴。

## Littelfuse單芯超級電容器 保護IC用於增強型備用電源 解決方案

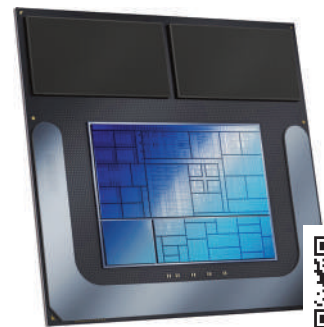


Littelfuse發佈電子保險絲保護積體電路系列的最新成員—LS0502SCD33S。這款新開發的產品引入單電池超級電容器保護積體電路，專為極端條件下的備用電源充電而定制，在該領域樹立新的基準。Littelfuse設計LS0502SCD33S，利用超級電容器技

術提供一種在寬溫度範圍內確保卓越性能的解決方案，同時具有超強的功率/能量密度。這種單電池方法可確保提供可靠、緊密的備用選擇。

LS0502SCD33S的一個突出特點是能夠輕鬆管理3 V以上的高工作電壓，無需複雜的電源管理安排。LS0502SCD33S整合輸入過壓和電流保護機制，可防止潛在的系統損壞。支持過流保護 (OCP) 和過壓保護 (OVP) 等多種保護功能，同時具有高能效和主用/備用自動切換功能。

## 英特爾 Lunar Lake 客戶端 處理器



英特爾將於2024年第三季起推出最新客戶端處理器 (Lunar Lake)，支援20多家OEM推出的80多款全新筆記型電腦設計，為Copilot+ PC實現全球性的AI性能。Lunar Lake可於Copilot+更新時同步升級，享有最新的Copilot+體驗，例如Recall功能。隨著PC自動化、精簡化和最佳化工作的需求增加，AI PC重要性也與日俱增。Lunar Lake的AI效能可達上一代處理器的3倍以上，可望成為一款突破性的AI PC行動處理器。新一代處理器的NPU效能超過40 TOPS，為即將上市的Copilot+體驗提供所需的能力支援。除了更高效能的NPU，Lunar Lake還將搭載超過60 TOPS的GPU效能，提供整體超過100 TOPS平台算力。嵌入式程式設計/偵錯工具。



## AI代工

台灣產業轉型契機



文字整理：陳復霞

觀看影片，請掃描：



### 背景

企業在AI應用上面臨的挑戰主要有以下幾點：首先，數據資料不足或散落於各部門難以整合。許多企業的數據分散在各個部門，且可能存在格式不一致、缺乏統一管理等問題，這使得數據整合變得困難，也影響了AI模型的訓練和效能。其次是AI技術的專業性和中立性問題。AI技術需要專業知識才能有效運用，但許多企業可能缺乏相關的專業人才。

此外，AI的決策過程往往是黑箱操作，這可能引發公平性、透明度和可解釋性等問題。最後，企業內部資源調用權限有限。在一些企業中，AI專案可能需要跨部門合作，但各部門的資源調度權限可能有限，這可能會阻礙AI專案的進行。

### Q1

企業在AI的應用上，目前遇到了怎麼樣的挑戰？



答：就在不久前，NVIDIA GTC 2024在美國加州聖荷西完美的落幕了，其中有很多亮點，除了發表最新一代的B200繪圖處理器之外，NVIDIA Omniverse支援蘋果Vision Pro，另外也推出了AI代工

服務。那我們來討論一下什麼是AI代工服務，還有它的重要性。

我們知道現在除了每個人已經開始大量使用生成式AI之外，AI也成為現代企業提升競爭力的關鍵。然而，



企業要使用AI並不是很容易的一件事，需要大量的數據、專業知識和運算資源。許多企業雖然看好AI的潛力，但在實際應用上卻面臨許多困難。這些困難包括數據整合、模型訓練、專業人才缺乏等問題。

因此，AI代工服務就應運而生，目的就是在幫助這些企業解決問題，讓他們能更有效地利用AI技術，來為企業的整體運作提高效率。

## Q2

NVIDIA推出的AI代工服務是什麼，它為什麼值得我們大家關注？



答：NVIDIA推出了數十種企業用的生成式AI微服務，讓這些企業可以在自己的平台上打造專屬的客製化AI應用。這種一條龍式的AI代工服務，稱為NIM（NVIDIA Inference Microservice），其中三個重要組成分別是AI模型技術、調校工具，以及基礎建設等這三個元素，來支撐起整個AI代工服務。

黃仁勳說，這個NIM其實就是AI代工，就很像是台積電在代工製造晶片一樣，只不過這是為AI產業所提供的代工服務。

AI代工服務提供的是一個全方位的解決方案，包括提供專業的AI模型訓練知識、大量的運算資源，以及預先建置的容器等工具，讓企業可以快速且高效率地訓練和部署AI模型。此外，AI代工服務還提供了很重要的生成式AI模型。

透過AI代工服務，企業可以很容易解決數據整合、專業人才缺乏等問題，還可以透過AI推動數位轉型。因此，AI代工服務在未來的AI產業中將扮演越來越重要的角色。

## Q3

AI代工又能帶給台灣產業發展什麼樣的新思維？



答：記得之前曾經看過一篇台大教授陳良基接受採訪的一篇報導，他提到關於AI的發展，他認為AI時代比我們想像的還要更早來臨，AI已經不再是十年前那個在實驗室裡面下西洋棋贏過人類的一個演算法，而是已經在現實世界中，深入到人們生活的一個真實技術。

他也提到說，AI代工，是台灣產業轉型的一個很重要的方向。也就是未來台灣要逐漸從半導體的代工，慢

慢轉向為AI代工的型態，朝向AI服務的模式發展。

其實台灣不大，沒辦法什麼都做。雖然現在台積電看似帶著台灣往上飛，然而晶圓代工畢竟就是個製造業，中國正在後面急起直追，不久的未來，台灣未必能夠持續蟬聯全球晶圓代工的龍頭寶座。所以AI代工或許也為台灣未來產業轉型提供一個很好的思考方向。



牽動電動車市場的關鍵材料

# 出口管制風險下的 石墨替代技術新視野

電動車主要動力來源是電池，而石墨（Graphite）是電動車動力來源電池的關鍵原材料，自20世紀80年代成功開發後，石墨一直是鋰離子電池（簡稱鋰電池）的負極材料的主流。

文／芮嘉瑋博士

**中**國實施戰略資源出口管制，旨在保護國家安全和利益。中國商務部、海關總署於2023年10月20日宣布自2023年12月1日起將對特

定石墨物項實施出口管制，衝擊諸多產業原物料市場，電動車、電池產業遭嚴峻波及。



電動車主要動力來源是電池，而石墨（Graphite）是電動車動力來源電池的關鍵原材料，自20世紀80年代成功開發後，石墨一直是鋰離子電池（簡稱鋰電池）的負極材料的主流。

## 石墨用於鋰電池負極產業現狀

### 一、石墨的生產流程

石墨負極的生產流程長，製作過程有多道程序，且不同企業的生產流程存在一定差異。石墨分為天然石墨（Natural Graphite；NG）與人造石墨（Artificial graphite；AG）兩大類，天然石墨是開採後提純，人造石墨是對原油精煉的副產品再進行加工而來，其生產流程有明顯差異（圖一）。人造石墨生產流程主要分為破碎、造粒、石墨化和篩分四大環節，造粒和石墨化是電動車電池人造石墨負極材料的兩大技術關鍵，其中石墨化是利用熱活化（使用高溫熱處理）將熱力學不穩定的六角碳原子由無序二維結構轉化為具有石墨晶體有序結構的轉化過程，即使用高溫熱處理對原子重排及結構轉變提供能量。天然石墨生產流程主要分為提純、改性、混合、碳化等四道製作工序，由於不涉及石墨化，因此生產成本較人造石墨具有優勢，但這種成本優勢無法彌補最終產品性能不足的問題。

### 二、搞懂鋰電池充放電

電極是電池負責傳導電子的零件。化學定義陽極（Anode）是發生氧化反應的電極，故又稱為氧化極，即失去電子的電極；陰極（Cathode）則是發生還原反應的電極，故又稱為還原極，也就是得到電子的電極。但陽極不一定就是正極，陰



▲ 圖一：人造石墨與天然石墨的生產流程  
(source：作者自行繪製)

極也不一定是負極，也就是陽極、陰極與電極正或負沒有必然的關係，常讓人混淆不清。關鍵在於電池充放電時，電子流動方向剛好相反，氧化還原反應會逆轉，從而電池陰陽極因此會變來變去，交換扮演陽極或陰極。通常建議固定正負極的說法即可。

就電學上所定義的正負極，正極（positive electrode）是電位較高電極，負極（negative electrode）電位較低，電子會從電位高電極移動到電位較低的電極。鋰離子電池顧名思義是藉由鋰離子（Li<sup>+</sup>）的傳遞來儲存或釋放電荷的電池，其充放電運作原理，主要是藉由鋰離子在正負極材料間的遷入與遷出來完成。充電時，鋰離子（Li<sup>+</sup>）從正極材料端遷出，經由電解液傳輸並穿過隔離膜抵達負極後，嵌入負極材料內部儲存，每當一個鋰離子（Li<sup>+</sup>）遷出時會伴隨著一個電子（e<sup>-</sup>）的釋放，電子（e<sup>-</sup>）則經由外電路從正極移到負極與鋰離子（Li<sup>+</sup>）結合，此時正極因釋放出電子發生氧化作用而為氧化極（陽極），另一端負極因接收電子發生還原反應而為還原極（陰極）。放電時則是相反的過程，鋰離子（Li<sup>+</sup>）由負極材料內部遷出，並透過電解液