

深耕馬達三十年，從黑手到黑科技

文字／鸞九辰 攝影／陳俊傑

提

及馬達，多數人直覺會聯想到電風扇、洗衣機或汽車內的零件，進而產生「這不就是傳統黑手產業，有何研究可言」的誤解；事實上，如今眾所矚目的熱門產業，從

電動車、無人機到機器人，皆離不開馬達的驅動，光是一輛電動車即搭載上百顆馬達。然而，隨著產業對節能、高效與微型化的追求日益提升，馬達也發展出「隔空傳動」和馬達、傳動與感測一體化之創新設計，進一步帶動臺灣在地產業鏈重新活化，而幕後推動者，正是第二十八屆國家講座主持人、成功大學機械工程學系講座教授蔡明祺——業界敬稱的「馬達蔡」。

提升傳統馬達的高附加價值

凡是會動的產品，背後多半都少不了馬達的身影，因為馬達正是將電能轉化為動能的關鍵裝置。但蔡明祺的研究不僅讓馬達「動起來」，更進一步結合磁性傳動與電機設計技術，從跨領域的角度出發，締造出無刷馬達的高附加價值。這樣的創新視角，源自其獨特的背景：技職出身卻任教於研究型

大學，電機專業卻在機械系服務，造就他在整合創新上的獨到眼光。

何謂高附加價值？舉例來說，一般自行車售價數千元，電動自行車約一萬多元，但全球自行車龍頭巨大生產的電動自行車（eBike）一輛可達十多萬元，其價值不僅來自動力，更在於精密的扭力控制與感測系統，可根據踩踏力道提供適量輔助，讓使用者在「人機協作」中獲得前所未有的舒適體驗。

蔡明祺指出，目前全球電動自行車的關鍵技術集中於三家公司，掌握約八成市場，專利壁壘明顯。為突破現有框架，他帶領團隊研發非接觸式的「虛擬齒輪」，以磁力取代傳統機械齒輪，具備無磨損、低噪音、易保養與過載保護等優勢，並於疫情期間投入研發「隔空傳動幫浦」，可應用於醫療與半導體等無塵、無菌環境，及能讓滑板車等低速載具，在無需安裝齒輪的情況下有效運作。

事實上，蔡明祺不只研究永磁馬達，他還耗費逾十年心力研發出「一體式設計」(Integrated Motor (IM) Design)，實現馬達、傳動與感測三合一的整合創新。其代表作「Smart

蔡明祺

工程及應用科學領域

第二十八屆國家講座主持人獎

成功大學機械工程學系講座教授

「Motoring-Gear」入圍二〇二一年全球百大科技研發獎（R&D 100 Awards），完美詮釋「Less is more」的設計哲學。該設計不僅整合馬達與磁性齒輪，還具備雙轉動埠（雙輸入與單輸出），能靈活調節轉速與扭矩，應用範圍涵蓋風力發電、電動車、自動化倉儲機器人等領域。例如風力發電機可借助磁性齒輪的「可調性」，將不穩定的風速轉化為穩定的發電轉速，實現前端變速、後端定速的功率傳輸。

蔡明祺強調：「我堅持不做純電機或純機械研究，而是專攻兩者交集。因為跨領域背景，加上從成大攻讀博士至英國牛津公費進修期間特地強化數理基礎，讓我能以『知難行易』的邏輯破解複雜問題，看見別人忽略的痛點，並提供真正需要的解決方案。」

以Spin in顛覆傳統，打造永續的產學生態鏈

「過去，無刷馬達的IC控制相對複雜。但隨著臺灣半導體產業崛起，IC設計與製造正是我們的強項，反而成為發展契機。」蔡明祺透露，在電動車與機器人產業蓬勃發展下，原本不涉足馬達領域的企業也紛紛投入，例如專攻第三代半導體碳化矽（SiC）的達爾科技（Diodes）也進駐馬達研究中心，冀望開發電動車馬達驅動晶片，這正是典型的「Spin in」產學合作模式。



他坦言：「我的產學合作策略是專注與各領域龍頭企業合作。唯有如此，才能真正推動整體產業升級，避免資源分散與內耗。」

不同於傳統將學生送至企業實習的模式，蔡明祺獨創的「Spin in」結合英國導師制與德國師徒制，由企業人員進駐學校，與中心研究團隊共用空間、共創價值，從問題端出發，真正實現技術轉譯與人才培育。

「日立、永大、東元等國際大廠都曾派遣工程師長期進駐中心長達兩年，我們的電機驅動與設計產碩班更是由業界出資成立。」蔡明祺比喻，馬達研究中心就像醫學院的教學醫院，學生必須在此全職修習二年才能畢業，如同醫學生需要臨床訓練，這種扎實的培養模式，不僅讓企業願意將在學期間計入工作年資，連監察委員都驚歎這是革命性的教育創新。

殊不知，這只是「Spin in」在教育面的實踐，與其長年合作的中國鋼鐵公司（中鋼），才是蔡明祺心目中產學合作的永續典範，因為他們建構的是「產學生態鏈」。

「大學端專注前瞻研發（research），企業端負責規模化生產（development），各司其職，方能長久。」蔡明祺解釋，中鋼資助研究中心，研究成果則回饋給其下游客戶，如馬達廠商富田電機，而富田也因此成為特斯拉的馬達供應商，形成「羊毛出在狗身上，豬來買單」的三贏局面，全面提升臺灣電動車產業競爭力。

他更透露，這種模式目前已蔚為範例，吸引眾多企業仿效。例如在無人機領域，研究中心根據經緯航大提出的技術需求，整合中鋼與大亞電纜的材料優勢，再由東元精電負責製造，於半年內成功開發出一〇〇%國產的無人機動力馬達，且實測結果顯示，其性能全面超越目前全球知名品牌大疆（DJI）同級產品。

你要種白菜？還是種蘋果樹？

四十多年前，蔡明祺毅然捨棄當時炙手可熱的微電腦研究，轉而深耕馬達領域，原因很簡單：第一，馬達消耗全球近半的電力；第二，馬達是一門歷史悠久的科技，不似消費性電子產品汰換快速、難以累積技術。

如今，A I 技術席捲各大領域，馬達研究中心也不落人後，積極開發「馬達設計自動化平臺」(Motor-Drive Design Automation, MDA)，導入人工智慧加速馬達設計流程，翻轉大眾對馬達是「黑手產業」的刻板印象，讓傳統技術成為高智慧的創新核心。

從傳統黑手產業到智能製造，從單一馬達設計到整合A I 的MDA平臺，蔡明祺的堅持證明一個真理：真正的創新不在於追逐熱點，而在於深耕本質。誠如他常感慨：「臺灣的研究計畫往往像種白菜，三個月就要收成，計畫結束就歸零；但真正的研究應如同種蘋果樹，需要三到五年培育期，一旦成熟後，每年都能結果。」

換句話說，從產學合作的Spin-in模式、與中鋼共建的生態鏈，到超越國際大廠的無人機馬達，每項成果都在重新定義臺灣製造業的高附加價值。而這一切，始於蔡明祺最初的簡單決定：不種容易收成的白菜，而是種需要時間培育的蘋果樹。

