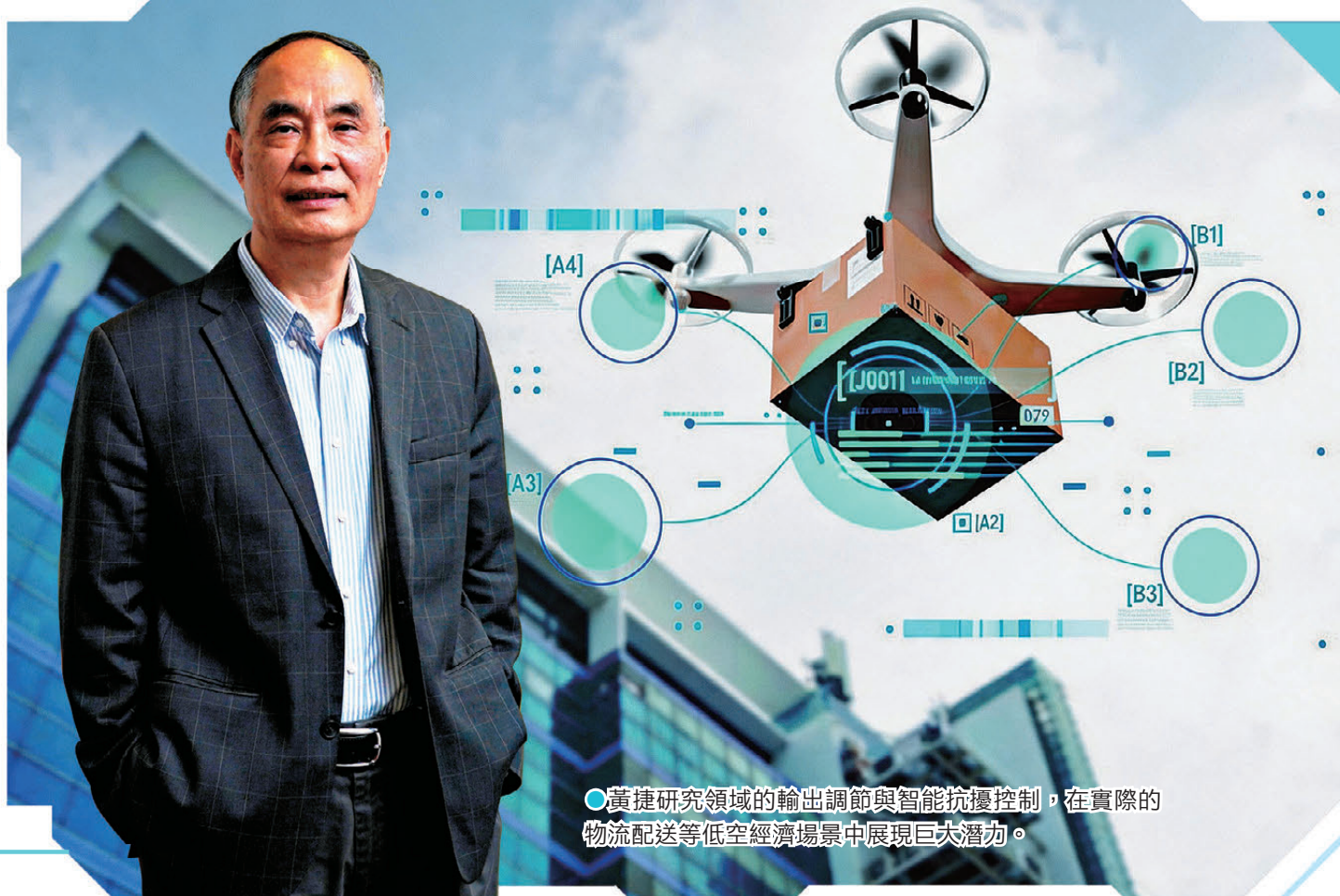


在國家「十五五」規劃建設科技強國的路上，包括高端裝備、航空航天等戰略性新興產業發展是其中一個重要基礎。獲選2025年中國工程院外籍院士的香港中文大學卓敏機械與自動化工程學研究教授、國際著名控制理論及智慧計算與飛行器制導專家黃捷，日前接受香港文匯報專訪，細談香港於國家創新體系中的角色。他強調，香港的控制科學研究不僅具備全球視野，更能結合本地科研特色與創新動能，具不可替代的獨特引領力，認為香港應進一步利用國際化科研環境、自由開放的學術氛圍，以及「一國兩制」的制度優勢，聚焦航天、高端製造等重點領域對接國家重大工程，發揮「前沿基礎研究引擎」與「高水平國際合作樞紐」的雙重關鍵作用。

●香港文匯報記者
陸雅楠



院士領航
香江科創



●黃捷研究領域的輸出調節與智能抗擾控制，在實際的物流配送等低空經濟場景中展現巨大潛力。

黃捷提到，近年香港科學家對國家航天任務的貢獻愈見深入，例如本港大學團隊獲國家航天局委任，牽頭為嫦娥八號研製多功能月面操作機械人的國際合作項目。該機械人配備全球首次應用於深空探測的雙機械臂，將在月球南極極端環境下執行高難度作業，標誌着香港科研團隊正從工程實現角度，系統性攻克自主感知、規劃與控制等控制科學難題，為國家深空探測作出直接貢獻。

推動先進控制理論技術應用

事實上，航天工程對高精度自主控制有着迫切需求，其中一大挑戰性問題，是航天器姿態控制中存在的轉動慣量未知與外部強擾動雙重不確定性，以及姿態跟蹤與抗干擾擾重控制目標衝突的難題。黃捷的團隊長期與中國科學院及多所內地大學緊密合作，推動先進控制理論與技術在工程中的應用。他介紹，團隊創立的基於自適應內模的魯棒（Robust，即抗干擾的穩健性）輸出調節方法，突破了極端不確定性耦合下，航天器姿態跟蹤與抗干擾的技術瓶頸，為複雜航天器的高精度自主智能控制提供了技術支撐。

黃捷表示，香港擁有五所全球百強大學，匯聚國際頂尖科研力量，在機械人感知、控制、醫療手術機械人等前沿領域屢屢突破，而以InnoHK研發平台為代表的高額科創投入，成功吸引全球頂尖團隊加盟，國際化生態有利於引進人才，加速前沿技術研發與驗證，這些都能為基礎研究與國際合作帶來優勢。

不過他亦指，香港初創生態與技術轉化目前仍面臨投資不足的痛點，資本傾向於較短期見效及低風險項目，對高風險創新科技的投入相對匱乏。

他認為，若能依託河套地區的發展，推動粵港澳大灣區科創生態深度融合，香港有望成為下一個引領創新高驅動力的重要引擎。

被問及未來十年，預計技術會為市民生活帶來何種變革，黃捷笑言，科技迭代速度之快，即使是頂尖科學家亦不敢輕言預測。他強調，技術發展的迅猛態勢毋庸置疑，但「十個經濟學家有十一種預測，AI領域更是眾說紛紛，就連頂尖AI專家甚至諾貝爾獎得主之間也意見相左。」

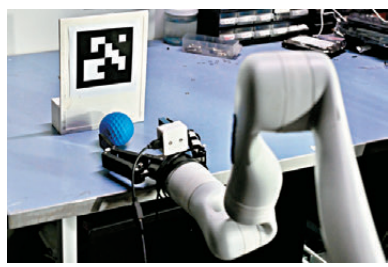
他舉例，互聯網版本從1.0到3.0迭代迅速，3.0亦似乎快將被取代，AI模型的版本更迭更是難以計數，情況就如智能手機每年推出新型號，迭代周期極短。他認為，與其執着於預測未來，不如專注當下，不斷適應和突破，方能在瞬息萬變的科技浪潮中把握機遇。

育才須全面轉型培養創造力

而針對AI時代下科研探索的思維態度，黃捷直言，近年不少人提出，當愈來愈多交予AI執行，人還將有何價值，但他始終認為，AI是由人類創造與訓練出來的，「沒有聰明的人，AI也聰明不了。」

他強調，科研創新有兩種：一是「從0到1」的開創性突破，一是「從1到100」的優化提升；「從1到100」固然重要，社會確需要大量相關人才，但最理想的、AI難以取代的莫過於誕生「從0到1」的先驅。因此未來人才培養必須由傳統的「知識傳授」全面轉型至「創造力培養」，最重要的是推動學生多參與自主研究與實踐，而非培養「百科全書式」的人才。

港科研具獨特引領力 聚焦對接國家工程 發揮「前沿基礎研究引擎」與「高水平國際合作樞紐」雙關鍵作用



●黃捷指，近年香港科學家對國家航天任務的貢獻愈見深入。圖為本港大學為嫦娥八號研製多功能月面操作機械人。資料圖片

拆解科學探索魅力：在於「唯我獨困」難題

對黃捷而言，在科學探索的魅力不在於複製前人的成功，而在於直面那些「唯我獨困」的難題，並從中獲得「見獵心喜」的樂趣。他認為，單是自身貢獻仍遠不足獲院士銜，能獲選更多是因為內地合作夥伴的信任與提名，這份榮譽不僅是對其個人學術成果的肯定，更是對香港與內地科研協同創新模式的鼓勵，讓他感到責任更大。

追溯科研之路的起點，生於上世紀五十年代的黃捷說那多少是源於時代的召喚，「我們這一代人，從小就遇到蘇聯衛星上天、中國原子彈成功爆炸、美國阿波羅11號登陸月球等事件，覺得要向科學進軍，長大要當科學家，要當工程師。」到讀大學與碩士，正值國家改革開放，「就是科學的春天剛剛到來，從事科研成為我們這一代很多人的自然追求。」當時在內地大學主修電路與系統的黃捷，常聽聞自動控制的重要性及控制理論的獨特魅力，讓他其後到美國約翰霍普金斯大學攻讀博士時，選擇研究非線性控制。

須具備數學根基及對學科深刻理解

在黃捷看來，一名傑出的控制學者，必須具備扎實數學根基和對學科的深刻理解。他引用現代控制理論開拓者卡爾曼名言：「First: Get the physics right! Second: The rest is mathematics.」（先弄懂物理本質，其餘交託數學解決。）而做科研，更需一顆堅定探索未知的心、百折不撓的毅力、終身學習的動力，以及「衣帶漸寬終不悔」的執着追求。

至1995年，他毅然離美來港加入中大，亦是人生一個重大選擇，黃捷說：「當時許多年輕學者剛學成歸來，對科研有所期許；香港上世

紀九十年代大學由教學型向研究型蛻變，正好匯聚人才，孕育創新。」

科研就像一場無終點的馬拉松，黃捷除了在自身領域爭取突破，更希望積極為未來科研留下人才種子，「一個人窮盡精力，或許只能深耕一個領域。但當一個突破完成，下一個突破口又在何方？除了我自身的研究，每帶一位博士生都需要『找米下鍋』，引導他找出能發現高質量科研突破的課題」，他更笑言自己需要「吃着碗裏的，看着鍋裏的，還要看着別人的鍋裏」，密切關注領域前沿的風向變化，不斷在變化的形勢中尋找新的機遇。

真正的困難 觸碰人類知識邊界

黃捷常對門下學生說：「做研究最怕遇不到真正的難題。」他直言，學術論文最易被拒的原因就是「沒有挑戰性」、「沒有什麼新東西」，在他眼中，學生初涉科研時所遭遇的多屬「偽難題」，多因知識沉澱尚淺。

他強調：「真正的困難，意味着你觸碰到了人類知識的邊界，是當今之世除了你之外，其他人在若干年內都無法攻克的難關。遇到這樣的困難，應該見獵心喜。」

多年來，黃捷對學生的期許始終如一：一要夯實基礎，立志「站在巨人的肩膀上」；二要培養批判性思維與系統解難能力；三要樹立遠大目標，「取法乎上，僅得其中；取法乎中，故為其下」；四是重視品格與學風，導師一言一行，皆可成為學生效法的典範，「桃李不言，下自成蹊。」

他笑言：「我的學生絕大多數都非常優秀，而我的責任是利用香港優秀的科研環境，幫助他們盡快超過我。」

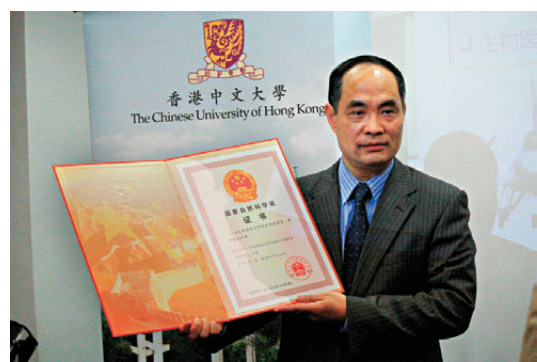
研究之路不斷延伸 學術成就獲國際認可

黃捷的研究之路，以1995年、2010年、2020年左右為界，可粗略分為四個階段。1995年加入中大前，他主要從事非線性控制研究，核心領域是非線性輸出調節原理及非線性內模的設計與應用，更曾於1991年創下世上首次為非線性系統設計出內模的成果。加入中大後，其研究亦延伸至自適應控制、魯棒控制及人工神經網絡等領域，其間學術成就多次獲國際認可：2005年當選國際電機電子工程師學會（IEEE）院士，2009年當選國際自動控制聯合會（IFAC）院士，2010年榮獲國家自然科學獎二等獎。

自2010年起，黃捷的研究更多集中於多智能體系統的協調控制，主要開創了協作式輸出調節領域，並提出分布式觀察器與分布式內模兩種系統化解決方法。2020年後，其研究進一步延伸至基於數據驅動的最優控制、多智能體非合作博奕納什均衡點搜索、分布式優化等領域。這些技術可視為現代智能控制技術的升級版，亦是智慧城市建設的核心——AI物聯網的「智能調控底座」，能對眾多異構智能設備如智能電網、機械人、傳感器、車輛、無人機等，實行分布式協同感知、推理、決策與控制。

低空經濟場景展巨大潛力

黃捷主要研究領域之一的輸出調節與智能抗



●黃捷在2010年榮獲國家自然科學獎二等獎。資料圖片

擾控制，是包括機械人在內的很多產業的核心技術。他舉例指，如北京理工大學團隊將輸出調節理論與模型預測控制深度融合，並應用於四旋翼無人機，使其在強風、氣流紊亂等極端擾動下，依然能實現厘米級的精準穩定飛行，於世界頂級賽事中多次奪冠，並已在實際的物流配送、城市巡查等低空經濟場景中展現巨大潛力。

而在高端智能製造領域，黃捷指，相關技術有助生產線的「智能自適應系統」，能主動消除干擾，顯著提升複雜工藝的精度和良品率。輸出調節控制技術亦廣泛應用於工業自動化體系，猶如為生產線加裝「自動減震器」，抵消原料波動、設備老化等內外未確定因素，穩步提高生產過程的精確度與穩定性。

港應加大投資教育科技維持競爭力

黃捷認為，香港工程教研的最大優勢，在於與國際接軌，具備高度自由開放的環境。無論是國際交流、科研訊息傳播、學術氛圍、知識產權保護，以至研究生與教職員的福利待遇，香港均具備優良基礎，極其適合進行好奇心驅動的型研究。他又提到，近年內地不少大學積極從世界名校引進青年教師，研究生與學者待遇正與香港迅速拉近差距，認為香港應進一步加大對教育科技的投資，以維持競爭力。

對當前香港科研環境的挑戰，黃捷指，研究經費的有效調撥是需要加強與理順之處，特別是年輕學者面臨較大的經費壓力。目前香港主要的科研資助來自研究資助局撥款，一般申請成功率約30%，在全球範圍內不算低；惟不少大學要求，年輕教師入職五年後申請永久教職時，須至少獲得兩個研資局項目，相當於要求成功率達40%。

他慨嘆：「很多教師申請教職時，教學可以達標，論文可以達標，就是這40%達不到。」

特區政府近年對大型項目投入甚豐，例如Inno-HK平台，單一項目可達數億港元，足以讓整所大學受益。但黃捷指出，百萬級、為期三年的小型項目資助，對年輕學者或從事理論研究的人特別有幫助，資源卻未有相應擴充。

小項目助年輕教師建信心積成果

他補充，大型項目雖能讓部分年輕教師參與，但局限於特定方向，且參與者在現行評價體系中難以獲得晉升所需的業績。而對年輕教師而言，成功獲得百萬級的小項目，能讓他們嘗試作為項目主導人，對建立信心、累積成果至關重要。

黃捷建議，當局可考慮增加總體研究撥款，將小項目申請成功率至少提升至40%，以配合青年科學家的需要，減輕其追趕聘任指標的壓力，以便能專注科研，而非終日為申請經費奔波，那將有助鞏固香港整體的科研競爭力。