HONG KONG BIOTECHNOLOGY ORGANIZATION · 香港生物科技協會

OCT 2026 · 十月號

BIOTECHGAZINE

生物科技誌

NORTH STAR

封面故事 COVER STORY

半世紀，一顆北斗星

Victor J. Dzau 教授

談政策制定者如何捍衛公平，幫助最有需要的人



Victor J. Dzau 教授

美國國家醫學院前院長

杜克大學榮休校長

觀點與評論

對外投資安全計劃衝擊中美生物科技合作

國際合作

醫院：創新的起點與終點

生物科技傳奇

巴素娟：一座亞洲癌症研究橋樑的搭建與堅守

生物科技前沿

重力也是製造成本：太空製造業的經濟邏輯

掃碼免費訂閱

hkbio.org.hk

NOBEL SUSTAINABILITY TRUST
A WORLD IN BALANCE

NOBEL SUSTAINABILITY TRUST

Programme of the Nobel Sustainability Trust 2026 Hong Kong Summit & Award Ceremony Gala Dinner

諾貝爾可持續發展基金會2026

「香港峰會暨頒獎典禮晚宴」

Grand Hyatt, Hong Kong | 香港港湾道1号 君悦酒店

SUMMIT THEME · 峰会主题

A WORLD IN BALANCE

From Science to Scale

一个平衡的世界 · 从科学突破到规模化实践

SCIENCE · INNOVATION · IMPLEMENTATION · IMPACT

科学 · 创新 · 落实 · 成效

Programme subject to confirmation · 日程以最终确认为准

www.nobelsustainabilitytrust.org ◆ info@nobelsustainabilitytrust.org



生物科技誌
BIOTECHGAZINE

OCT 2026
十月號

編輯委員會

總編輯 Chief Editor

于常海
Cheung-Hoi YU, Albert

編輯 Responsible Editor

鄧昕恺　　李冠儒
Xinkai DENG, Kyle　　Li Charles Kwun Yu

出版社　Publisher

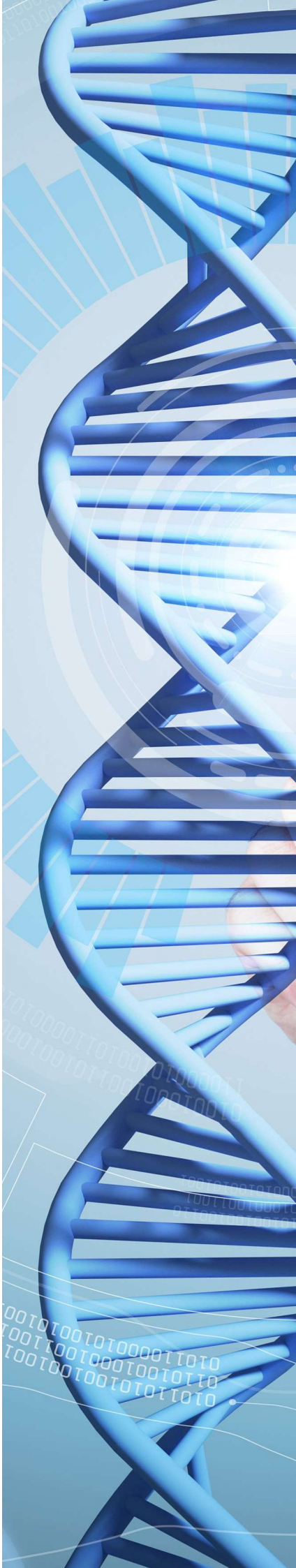
海康生命出版社有限公司　H. K. Life Publishing Limited

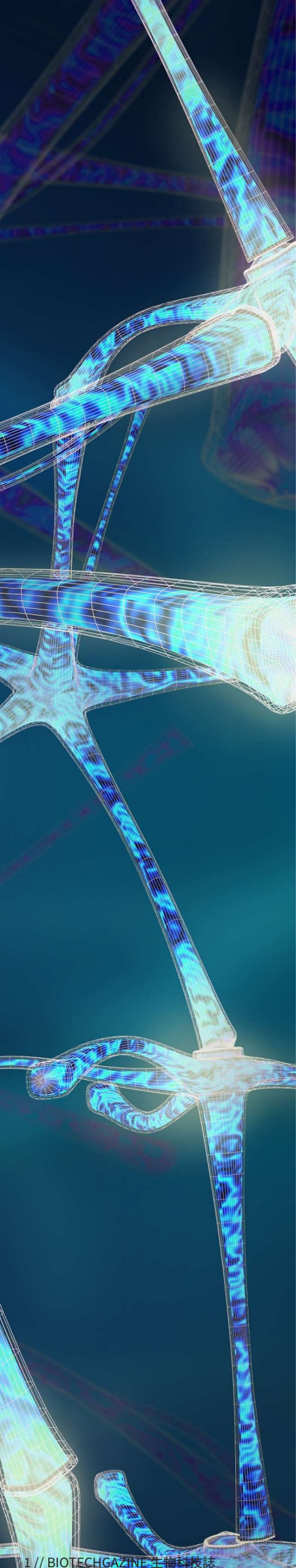
電話　Tel : (852) 2111 2123
傳真　Fax: (852) 2111 9762
電郵　Email: editorial@hkbio.org.hk
地址　香港新界沙田石門安耀街3號 匯達大廈1615-18室
Units 15-18, 16/F South Wing Delta House, 3 On Yiu Street, Shatin, N.T. Hong Kong

廣告查詢　Advertising
電郵　Email: editorial@hkbio.org.hk

出版日期 Publishing Date	2026年10月　OCT 2026
定價 Price	HK$60
ISSN	2959-6971

版權所有，未經本會及作者同意，不得翻印
All reproduction requests are subject to the approval of HKBIO and authors





目錄

封面故事

03 / 半世紀，一顆北斗星：
——Victor J. Dzau教授談政策制定者如何捍衛公平，幫助最有需要的人

BIOHK2026會場專訪：從新冠疫苗分配的不公、「百日使命」，談到學界與產業如何共建創新生態，以及給年輕科學家的建議。

觀點與評論

09 / 對外投資安全計劃衝擊中美生物科技合作

美國財政部更新OISP並依據COINS法案，將生物技術、腦機接口等納入投資限制清單，中美生物醫藥合作面臨「雙向築牆」。

國際合作

12 / 醫院：創新的起點與終點
——BIOHK2026「國際醫療合作院長對話」

五位來自香港、內地與沙特的院長，談中醫藥新藥研發、AI進醫院、生殖遺傳、質子治療與跨境醫療。

contents

生物科技傳奇

17 / 巴素娟：一座亞洲癌症研究橋樑的搭建與堅守

從開封到賓大，從NFCR、AFCR到AIM-HI：一位華人女性近二十年連接中國與全球癌症研究的故事。

生物科技前沿

24 / 行業觀察｜太空製造業的經濟邏輯

重力也是一種製造成本。微重力環境為何讓製藥成為軌道製造最有前景的先行者？



封面人物：

Victor J. Dzau 教授

美國國家醫學院前院長

杜克大學榮休校長

中國工程院外籍院士

COVER STORY · 封面故事

「每個人都應擁有同樣的健康機會。這才是真正的公平。」

—— Victor J. Dzau 教授於 BIOHK2026



美國國家醫學院前院長、杜克大學榮休校長 Victor J. Dzau 教授

半世紀，一顆北斗星

Victor J. Dzau教授談政策制定者如何捍衛公平，幫助最有需要的人

文／毛冬蕾

醫藥產業資深媒體人、生物科技誌專欄作家、研發客主編、香港科技大學 DRAP 項目學員

上個月，我有幸在 BIOHK2026 會場見到 Victor Dzau 教授。他生於上海，長於香港，十八歲那年隻身遠赴加拿大麥吉爾大學深造，從此踏上醫學科研的道路。

此後數十年的職業生涯裡，他先後出任史丹福大學與哈佛大學布萊根婦女醫院內科主任、杜克大學健康事務校監兼杜克健康首席執行官，後來更當選美國國家醫學院院長，成為首位領導美國國家科學院、國家工程院、國家醫學院這三大頂尖學術機構中任一職位的移民。

他在心血管領域的開創性研究，為全球廣泛用於治療高血壓與心力衰竭的ACE抑制劑奠定了基礎，更是血管疾病基因治療領域的先驅人物。至今他已擁有24個來自世界各地知名大學的榮譽博士學位，2019年獲授新加坡榮譽公民，2025年獲頒日本旭日重光章，這些榮譽也見證了他數十年來對全球醫學與公共衛生領域的深遠貢獻。

同時，他與香港和內地的聯繫極為深厚：他擁有香港大學與香港中文大學的榮譽博士學位，香港中文大學更設有以他的名字命名的獎學金項目；他是清華大學的榮譽教授，同時擔任清華醫學國際顧問委員會主席，此外還獲得了北京協和醫院頒發的榮譽教授稱號。2019年，他當選為中國工程院外籍院士。

人物小檔案｜Victor J. Dzau 教授

- 生於上海、長於香港，18歲赴加拿大麥吉爾大學深造
- 曾任史丹福大學與哈佛大學布萊根婦女醫院內科主任、杜克大學健康事務校監兼杜克健康首席執行官
- 美國國家醫學院前院長；首位領導美國三大國家學院之一的移民
- 心血管研究為ACE抑制劑奠定基礎，血管疾病基因治療先驅
- 24個榮譽博士學位；2019年新加坡榮譽公民、中國工程院外籍院士；2025年日本旭日重光章

Victor J. Dzau 教授是名副其實的業界精英，但當我真正和他面對面坐下來對話，我才發現，這位享譽全球的醫學領袖，原來是個極其謙遜而溫暖的人。他就像身邊熟悉的長輩那樣諄諄善誘，語調從容溫和，為我講述了他半個世紀的心路歷程；種種重大貢獻，在他的口中彷彿不過是對患者、對社區、對國家的應有之義。這便是他終生的追求——他的北斗星。也正因如此，他始終在意政策制定中的公平與一致，始終專注於將科學轉化為臨床，始終堅持科學家必須講真話，不為政客所左右。他為中國內地和香港在生命科學領域的崛起感到由衷高興與自豪。與此同時，他也認為美國憑藉其靈活性、探索精神、對創新與研究的深刻理解與支持、對真理的追求、其民主制度與良好的科研機構，將在生命科學領域持續創新。以下為教授與我的問答節錄：

生物科技誌：Dzau 教授，非常感謝您給我這次專訪的機會。您這一生成就斐然。作為科學家、大學院校掌門人，乃至全球醫療創新者，尤其是在參與制訂、引領公共衛生政策的時候，您認為最有意義的里程碑是什麼？

Dzau教授：我從來不會用「里程碑」的角度去衡量自己的成就。在我看來，這一輩子更像一場從未停下的持續努力，我只想踏實地推動改變，真真切切為更多人帶來實質影響。沒有哪一項頭銜、哪一份認可，也沒有哪一篇論文、哪一項成果，是我會站出來說「就是它了，這就是我人生最終的答案」的。

我這一生非常幸運，先後在研究、教育與臨床患者護理方面都獲得了盡情投入的機會。我感到自己有責任回饋社會，回饋全人類。這就是我覺得人生有價值的原因——我依然有機會為公眾、為最脆弱的群體，比如每一位飽受病痛的患者，做些有益的事。我在BIOHK2026 上談論全球健康議題，說的是世界各地的每一個人，無論貧富，無論老少，無論膚色，無論種族，無論性別，每個人都應擁有同樣的健康機會。這才是真正的公平。我常問自己兩個問題：第一，我如何創造出真正能幫助他人的創新成果？第二，我要如何確保這些成果，令每個人都能獲得它？

生物科技誌：您制定醫療政策時，最大的挑戰是什麼？您如何讓它對每一個人都真正公平，無論貧富差距、無論牽涉政治考量、文化差異或是其他現實變數，尤其是在新冠疫情這樣人類歷史上巨大的公共衛生災難期間？您又是如何落實這份公平性的？

Dzau教授：首先，要有原則和價值觀，你可以圍繞它們制定政策，但你可以想像，決定政策的因素太多，制定政策因此非常困難。所以，你只能盡最大努力，把理念相近的人團結起來，圍繞最可行的共識推進。就拿2019年新冠疫情期間的疫苗研發來說，mRNA疫苗從研發到誕生，僅用了三百多天就完成了過去難以想像的速度突破，這在人類疫苗開發史上是前所未聞的奇蹟。一些政府相當聰明，對產業界說：我們給你們資金，降低你們的製造風險，並保證採購，這是非常好的舉措。

但問題在於背後的不公，因為富國能比窮國投入和支付得多得多。這有利於發達國家，它們憑藉雄厚的資本實力，幾乎買斷了當時絕大部分可供分配的疫苗，再加上絕大多數疫苗的產能集中在高收入國家手中，整個世界陷入了「疫苗民族主義」的困境。不少高收入國家的政府都公開辯稱，自己的首要職責是保護本國公民，於是將巨量的疫苗預留給本國民眾，幾乎沒給其他國家留下多少分配空間。更有甚者，部分國家直接出台禁令，要求疫苗生產商不得將成品運往海外，必須等到本國所有符合條件的公民完成接種後，才能考慮對外輸出。

當時印度血清研究所原本正以極具普惠性的低價生產數億劑疫苗，專門供應給廣大低收入國家，印度政府卻在疫情最嚴峻的階段下達指令：所有相關物資一律不得離境。一時間狹隘的民族主義壓倒了國際多邊合作的共識，整個全球抗疫的節奏被嚴重打亂，這無疑是極大

的問題。這也正是為什麼我們必須站出來為全世界每一個普通人發聲，讓弱勢國家的需求被看見、被重視，這從根本上就是一個公平正義的議題。

> **“如果你不為低收入國家的兒童接種，兒童就會感染，疾病會傳播到富國——實現公平就是保護每個人。**
>
> —— Victor J. Dzau 教授



示意圖：疫苗公平——只有保護每一個人，才能保護所有人。（本刊繪製）

其實就疫苗分配的邏輯來看，如果所有國家都優先為高風險群體接種，包括老年人、免疫功能低下的群體、一線醫護和防疫工作者，那麼全球範圍內就能騰出足夠的疫苗份額，分享給所有有迫切需求的國家和地區。

除此之外，層出不窮的地緣政治博弈和其他現實因素，也在層層阻礙醫療公平的落地。不可否認，當下前沿的創新、科學與技術領域，正越來越多地遭遇地緣政治帶來的人為壁壘，讓跨國的深度合作變得異常艱難。但我們始終要堅持攜手合作，因為在傳染性疾病面前，發達國家和發展中國家面對的是完全同一個看不見的敵人，病毒從來沒有國界的概念。無論是應對未來的大流行疫情，還是應對氣候變化這類全球性挑戰，世界各地的科學家都必須打破壁壘、並肩作戰，才能找到真正惠及全人類的解決方案。

現在，我認為全球範圍內仍有許多人相信多邊主義與團結，相信公共衛生與公共利益。若大家做正確的事，不僅是在保護自己，也能保護每個人。就以麻疹疫苗為例。如果你不為低收入國家的兒童接種，兒童就會感染，疾病會傳播到富國，可見實現公平就是保護每個人。

生物科技誌：談到新冠疫情，我由衷地相信，未來一定還會有許多像新冠這樣的嚴重傳染病，毫無預警地突然暴發，而人類至今仍存在大量尚未被滿足的醫療健康需求。對您而言，健康的真正定義是什麼？既然我們隨時都可能面臨另一場同等級的大流行疫情，您認為人類從這場橫跨全球的災難中，真正能得出哪些寶貴教訓？而我們現在，真的做好準備迎接下一次考驗了嗎？

Dzau教授：你問的是最關鍵的問題。我們從這場疫情裡，到底真正學到了什麼？　我認為，我們必須認真回顧新冠疫情帶來的所有深刻教訓，進而回答兩個至關重要的問題：我們該如何為下一場大流行做好更周全的準備，甚至從源頭上預防下一場災難的發生？目前全球已有許多團隊正圍繞這些方向推動各項工作，我個人也深度參與其中。我共同主持二十國集團疫情融資高級別小組，核心目標就是確保全球公共衛生應急體系擁有充足、可及的專項資金，這是所有防控動作開展的基礎。同時我也共同主持國際疫情防範秘書處，重點推動「百日使命」（100 Days Mission）的落地——這項機制的核心訴求，就是要確保在世界衛生組織正式宣布某起疫情構成「國際關注的突發公共衛生事件（PHEIC）」後的100天內，對應的疫苗、快速診斷工具和有效治療藥物就能全部研發準備就緒，讓人類不再被突發的疫情拖入被動應對的困境。

一群又一群科學家與政策制定者，正透過更具前瞻性的投資與更紮實的預備工作，推動全球防疫體系不斷進步。我同時共同主持區域疫苗製造合作組織，核心目標就是協助低收入與中等收入國家，在本土與區域層面建立起自主的疫苗生產能力，徹底擺脫過去疫苗產能高度集中在高收入國家的被動局面。

推動這些工作的過程中，你必須反覆嘗試、不斷調整，才能讓機制真正落地運轉。值得慶幸的是，現在有越來越多人真心認同健康公平的理念。但我們也必須正視現實：終究不是所有人都認同這份共識，各國政府基於自身立場，必然會有不同的政策考量與優先排序。

生物科技誌：作為來自大學學術領域的科學家與教授，您認為和政府合作的過程中會遇到哪些困難？就像您剛才提到的，政府的首要職責是保護本國民眾，有時制定的政策難免會忽略真正處於弱勢、有迫切需求的群體。您認為科學家能扮演什麼樣的角色，向政策制定者傳遞來自一線的真實聲音？

Dzau教授：如今社會上對科學的不信任感正在持續上升，這是我們面對的現實處境。因此，科學家必須成為更出色的溝通者，更要凝聚出單一、清晰且統一的集體聲音，確保公眾能充分理解科學的價值，也讓政策制定者明白，科學證據是制定公共衛生政策最核心的依據。

除此之外，當面對的問題尚沒有明確答案時，科學家不該固守教條、強行給出絕對結論，而是要以整體的身份共同參與討論，用集體的聲音說明什麼選擇符合科學邏輯，什麼方向真正對全社會有益。科學家絕對不能單打獨鬥，必須和公民社會、患者群體等不同主體深度合作，匯聚成一致的共識聲音，讓自己的研究成果真正對接公眾的需求、回應社會的需要。

生物科技誌：我認為您正是扮演了這樣的角色，把社區、科學界和患者的聲音傳遞出去，進而推動政府做出正確、精準的決策，非常感謝您。剛才我們聊了很多政策與政府層面的議題，現在我想轉換話題，談談創新。您之前提到，大量有價值的創新成果至今還靜靜躺在實驗室裡，要如何才能把它們順利轉化為臨床實際應用？換句話說，從大學和整個學術社群出發，要怎麼和產業界建立有效的合作鏈條？

Dzau教授：我認為我們應該把醫療創新視為一個由多個主體共同構成的生態系統，學術界、大學、研究實驗室、政府部門和產業公司都是這個系統裡不可或缺的一環。但目前這些主體之間的協調並不順暢，遠遠沒有形成高效的協同效應，最核心的痛點在於，並非所有創新成果最終都能公平地惠及每一個人。企業必須考慮投資回報，這往往會在藥品定價層面帶來可觀的門檻。這也正是為什麼我們需要把研究機構、政府部門、政策制定者、各相關參與方和產業界全部協調起來，讓整個生態的運轉真正服務於公共利益。

我們首先要問自己的問題永遠是：當下最迫切、最未被滿足的醫療需求是什麼？而當你擁有了一項真正對公眾有用的發明和產品時，你還必須提前思考：要如何確保這項產品在商業化之後，能以公眾可負擔、可便捷獲得的合理價格走進大眾的生活。

我認為擁有長遠視野至關重要。舉例來說，如果你有一種能協助公眾預防公共衛生災難的技術，僅需一次接種就能預防某種疾病，甚至幾乎將其徹底消除，那麼後續的落地執行就成了關鍵，而落地過程中最常見的難題，就是成本該如何分攤支付。過去就有部分政府和保險公司表示，一次性接種的B型肝炎疫苗花費太高，不在他們的預算範圍內。但如果用長遠的眼光來看，這筆前期投入不僅能挽救大量生命，更能在未來數十年節省遠超於此的醫療開支。可惜的是，不少政治人物和保險機構往往只看短期的成本收益，目光過於短淺。我現在正嘗試推動改變這種對話邏輯，透過發表文章等各種方式，讓更多人理解投資疾病預防的深遠價值。總體而言，我認為強調真正創新的底層心態非常重要，所有的創新都必須對最終的社會價值和長遠影響有清晰的認知。

生物科技誌：有非常多製藥公司，甚至大量小型的生物技術初創企業，它們也僱用了大量科學家，用實際行動證明產業界同樣可以開展導向明確的創新。那麼來自學術領域的創新與科學探索，和產業界的創新有什麼本質區別？作為親身參與創新的科學家，您認為學術背景帶來的獨特優勢是什麼？

Dzau教授：我認為依託大學開放包容的環境，科學家擁有充分的自由去追尋任何自己感興趣的想法，有時甚至能誕生顛覆性的驚人發現，比如CRISPR-Cas9基因編輯技術，最初就是在大學的實驗室裡誕生的。歸根結底，大學教會人們獨立思考，鼓勵人們追逐想法、生成新知，更重要的是，它從一開始就教導學子恪守倫理底線、堅守科學誠信。反觀產業界，他們的創新會更專注於快速取得可落地的成果，因為企業有股東需要負責，必須儘快開發出能在短期內帶來收益的產品，鎖定投資回報。產業界的科學家雖然不需要撰寫經費申請書，但他們參與的項目，必須對企業具備潛在的商業回報價值。他們的工作永遠要根據項目進展來評判，隨時面臨項目因為看不到收益前景就被終止的風險。我認為產業界和學術界現在應該進一步靠攏，建立深度的夥伴關

係，圍繞影響全人類的重大議題開展合作，這樣我們就能在實驗室、學術機構和產業界之間搭建起更順暢的協作橋樑。

生物科技誌：最後一個問題。我對您的個人經歷非常好奇，作為學術領域的先驅，同時身兼科學家、創新者和政策制定者多重身份，回顧這一路走來的職業道路，您會給年輕科學家和產業界的新人們什麼樣的建議？您人生的下一個階段還有什麼新的計劃？因為我看到您至今依然充滿活力、精力充沛，似乎還有許多未完成的夢想想要去實現。

Dzau教授：很多年輕人在規劃職業時，總會精確設計自己要成為什麼樣的人，並一步步列出實現目標的所有步驟。但我想告訴他們，人生不必這麼刻意地預先設計。最重要的是選擇一個你真正熱愛的領域，在這份工作中你能獲得極大的滿足感，同時你必須擁有一顆屬於自己的「北極星」，清楚知道自己人生最終想要實現的價值是什麼。

> **“ 人生不必刻意預先設計。最重要的是選擇一個你真正熱愛的領域，同時擁有一顆屬於自己的「北極星」。**
>
> —— Victor J. Dzau 教授

我的北極星，就是希望能在自己的生命中創造實實在在的改變——幫助患者、幫助身邊的人，為社會公益貢獻自己的力量。你必須對自己正在做的事情充滿熱情、享受其中，人生前方的機遇永遠無法精確預測，所以你能做的就是把手頭的工作做到最好，跟隨自己的熱情前行，機遇往往就會在合適的時刻到來。當時機成熟，就會有人過來對我說：Victor，或許你可以考慮領導這個倡議、這個部門。這時候我就會評估這個機會是否契合我的北斗星和內心的熱情，再做出選擇。一旦決定投身其中，就必須投入全部的承諾去做好它。只要你做好了充足的準備、懷著堅定的決心，你終會收穫成功，一扇門打開之後，下一扇門也會隨之為你敞開。對我來說，這就是熱情、承諾、價值與機遇之間最美好的關係。

關鍵永遠是，無論你做什麼，都要盡力把它做到最好，之後新的機遇自然會向你敞開。我一直覺得自己非常幸運，我出生在中國上海，後來輾轉來到香港，18歲那年前往加拿大求學，之後又到了美國。我想說，和所有移民一樣，剛到異鄉的時候我充滿了不適應，完全不了解當地的文化，語言也有極大的障礙，儘管當時我已經會說一些英語，但要在那片土地上建立自信、做出成績，過程無比艱難。但一路上有太多善良的人給予我寶貴的機會，我緊緊抓住了這些機遇，後來才有能力回饋身邊的人。我後來做的很多工作，本質上都是一種回饋——回饋我深耕的職業領域，回饋當年支持過我的人，回饋整個社會。

生物科技誌：這實在是太好的建議了——先傾注全力奉獻自己，之後你自然就能擁有力量回饋整個社群。您這份源源不斷的熱情，最初是從哪裡來的？

Dzau教授：在我很小的時候，我們因為內戰離開上海前往香港，那是一個物資極度匱乏、生活極度貧困的年代。我當時親眼見過身邊無數的苦難與貧困，從那時候起，我就想做一些真正能幫到人的事情，我想成為一名醫生。就像我剛才說的，一路走來，當你獲得越來越多的機會，你就會開始思考如何運用自己累積的知識、專長和熱情，去做更多影響深遠的事，後來的一切就這麼自然而然地發生了。

後來有資深的前輩對我說：「Victor，我們需要你的建議，要不要試著參與改變公共政策？」就這樣，我也走進了政策制定的領域。現在的年輕人擁有比當年多得多的選擇，永遠不要把金錢放在第一位，當你堅持做正確的事，金錢自然會隨之而來，更重要的是，你會對自己所做的一切充滿滿足感。

生物科技誌：這次採訪讓我深受啟發、非常感動，我也為我們的國家感到深深自豪。就像您提到的，像中國這樣的國家過去面臨過無數挑戰，但放眼當下，我們正在取得舉世矚目的巨大進步。

Dzau教授：現在的中國完全有足夠的理由為自己感到驕傲，我也非常高興自己能和中國保持這麼深的連結。與此同時，美國也是一個非常偉大的國家，作為一名移民，我在這片土地上收穫了數不盡的機會，對此我始終

滿懷感激。我一直期待能推動這兩個偉大的國家走得更近，尤其是在科學與公共衛生領域，開展更多深度的合作。

尾聲

採訪結束後，Dzau　教授立刻動身前往下一場會議。現年八十歲的他，日程依舊排得滿滿的，絲毫沒有放慢腳步的跡象。他的人生故事，既是一段屬於香港的奮鬥記憶，也是中美兩國在各自的土壤中，共同成就一位頂尖學者的美好寫照。

OISP × COINS

美國對外投資安全計劃｜全面對外投資安全法案

法源升級

依據《2026財年國防授權法案》中的COINS法案，對外投資審查由行政命令升級為成文聯邦法律。

擴至生物科技

生物技術、腦機接口與自動化科學發現工具，全面納入敏感科技與投資限制清單。

保留緩衝

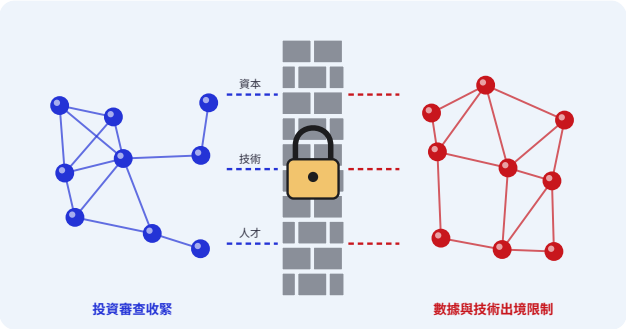
公開上市公司投資、低於五萬美元的微型交易可獲豁免；符合美國國家利益的交易可申請豁免。

對外投資安全計劃 衝擊中美生物科技合作

文／李冠儒

思哲研究所青年教育事務總監、香港生物科技協會科技教育與普及政策顧問

近期中美兩國領導人的互動與外交穿梭彷彿為長期緊繃的雙邊關係披上了一層溫和的保護色，雙方的領導人在鏡頭前友好、克制與積極對話，國際的時事分析普遍指出美方也開始願意承認中國與其地位對等。長期以來，中美生物醫藥產業呈現一種「各美其美、美美與共」的願景。一方面，歐美大型製藥巨頭如輝瑞與百時美施貴寶等企業，正面臨著嚴峻的專利斷崖與研發回報率遞減的結構性瓶頸，極需透過外部創新來充實其管線與產品矩陣；另一方面，中國的生物技術與新藥研發產業在過去十年間展現出驚人的爆發力，從早期基礎研究到臨床試驗皆產出豐碩成果，雙方在數十億美元規模的許可協議中各取所需，一同獲得巨大的商業紅利與醫療突破。然而，美方表面上與中方合作，底層卻依然堅持了零和博弈的冷戰思維。就「建設性戰略穩定」的背後，華盛頓在生物科技上已經「亮劍」。



示意圖：中美生物醫藥合作面臨「雙向築牆」——資本、技術與人才的流動同時受限。（本刊繪製）

美國財政部透過更新「對外投資安全計劃」（OISP）並依據「全面對外投資安全法案」（COINS法案），在財政部長斯科特・貝森特的領導下，正式將生物技術、腦機介面（腦機接口）與自動化科學發現工具全面納入敏感科技與投資限制清單。外交辭令的溫和更多的是給國內人民看到，例如特朗普訪華贏得了面子，為自己的中期選舉爭取一些選票；中方的得到了美國人都對平等地位的承認，以及減少對台軍售的承諾，也敲打了日本。然而，表面的外交成果不過是暫時性的，而大國博弈、科技競爭才是現實主義的鐵律。在中

美一般國民不怎麼注意到的情況下，華盛頓就不再允許歐美製藥巨頭追逐中國創新藥物的授權紅利。其邏輯與以往的貿易戰與斷鏈一樣，是希望限制中國的發展，盡可能地延長自己作為霸權國的時間，同時也增加了自己在外交上的談判籌碼，希望藉此換取中國方面的更多權益。

根據美國官方規劃與立法進程，上述針對中國生物科技界的打擊是基於《2026年財政年度國防授權法案》中的「全面對外投資安全法案」（COINS法案）進行的，美方已正式將對外投資審查機制從早期的行政命令升級為具備強制力的成文聯邦法律。透過這種方式，美方輕易將原本聚焦於半導體、量子計算與人工智能的所謂國家安全或者非傳統安全防線，正式向生物科技產業推展。

參考中美關係專家對美國的評價，美國政策界目前的「中國專家」其實對中國普遍不太熟悉，所以對中國的微觀情況不甚了解。然而在宏觀決策層面，他們有尋找遏制中國新籌碼的共識，而考慮到中國的生物科技發展一日千里，且近期有越來越多中國在該領域超越美國的評價，這些「中國專家」很快就將生物科技產業鏈武器化及安全化——不再將生物醫藥視為純粹的全球公共衛生與商業合作領域，而是攸關國家安全與未來戰略主導權的安全底線。

“ 華盛頓在生物科技上已經「亮劍」：生物技術、腦機接口與自動化科學發現工具，被全面納入敏感科技與投資限制清單。

若仔細分析有關政策，可知美國大致有兩條思路，在部分領域選擇精準打擊，在部分領域選擇全面禁令。新規要求美國投資者必須就涉及敏感技術的外國公司交易向政府強制申報，並同時對超級智能系統、特定生物衍生化合物或材料、先進生物製造設備與設施、與生物設計和定序相關的技術，以及腦機接口和自動化科學發現工具實施絕對的投資禁令。值得注意的是，這項提案是在歷經數月美國製藥巨頭與生物科技產業投資者強力遊說反對後，反覆討論，並最終定案，這意味著美國的「中國專家」對中國已沒有什麼有效牌可打，到了需要犧牲與得罪本地利益的地步。此前，早就有許多美國的業界領袖不斷警告，過度嚴格的資本限制將嚴重破壞全球新藥研發的效率，並損害美國患者接觸創新療法的機會。然而，就跟美國退出大量國際組織一樣，在國家安全優先級凌駕一切的華盛頓政治生態中，無論是關乎整個國家利益的全球健康產業，還是本國的商業利益，最終都必須要給「中國專家」們的地緣政治考量讓步。

當然，「中國專家」雖然貫徹現實主義的思維，也不太熟悉中國，但還是理性地避免引發全面性的市場崩潰。在法案在設計上，他們刻意保留了若干緩衝空間，例如對公開上市公司的投資豁免、價值低於五萬美元的微型交易豁免，以及允許投資者針對符合美國國家利益的特殊交易申請豁免。這種「小院高牆」式的做法，在美國以往的對華貿易戰、科技戰中早已見慣不怪。這些行動展現了美國一貫炒作「中國威脅」與遏制中國的態度，也反映出其在維護自身資本流動性與防範安全風險之間一直有微妙權衡。當中國能夠證明自己能夠逐漸團結包括全球南方在內的多數國家為全球健康服務，陸續擺脫美國的科技封鎖之際，美國也會在本地企業的壓力下，在國際社會的要求下重新回到中美攜手推進生物科技的談判桌上。

面對美方的步步緊逼，中國官方作出了堅決的回應。中國外交部發言人毛寧在例行記者會上明確表示，北京一貫反對過度解讀國家安全概念，反對將科技和貿易問題政治化。當然，中國也並非理想主義者，會實事求是地應對美國在生物科技領域的脫鉤計劃，中國為此也在加速推進一場深遠的防禦性產業重塑。舉例來說，為了應對外部資本斷鏈與技術封鎖的雙重威脅，中國商務部近期公開徵求對修訂「中國禁止出口限制出口技術目錄」的意見，並對相關敏感技術實施出口前登記的臨時管理措施。此次擬增列的四十項關鍵技術中，涵蓋了人工智能、生物醫藥與光伏等前沿領域，其中在生物製藥方面更直接指向病原微生物、細胞和基因治療、核酸藥物等核心技術。雙向築牆的戰略態勢雖然讓為全球健康服務的科學家們心寒，或許會感慨暢通無阻的跨國資本輸入與早期研發外包模式已成明日黃花。不過，在生物科技產業鏈經歷這場痛苦的、徹底的「硬脫鉤」與在地化重組後，擁抱人類命運共同體的中國就有更大空間去帶領各國一同參與全球健康的偉大事業，中國的「十

五五」規劃中加快建設「健康中國」及應對人口老齡化與養老服務挑戰對等內容，也就可以升華為全球範圍內的全生命周期健康管理。

> **“ 人類距離真正共享科學進步的願景，暫且還是倒退了厚重的一步。**

回看歷史，生物科技本該是全人類跨越國界、共同對抗疾病與生老病死的終極事業。過去西方製藥巨頭與中國生技企業的緊密交融，本是全球化分工與市場規律下最生動的協作寫照。然而，在新冠疫情期間，大國戰略競爭就曾滲透至生命科學的方方面面，中美迎來過壁壘分明、充滿懷疑的新常態。對於跨國製藥企業而言，他們又要重新迎來類似的尷尬，尋找下一個高效創新泉源的邊際成本正在以指數級上升，被迫適應合規審查的無形邊界，以及在夾縫中尋找生存與替代方案。人類距離真正共享科學進步的願景，暫且還是倒退了厚重的一步。



INTERNATIONAL COOPERATION 參與圓桌論壇的嘉賓合影

醫院：創新的起點與終點

BIOHK2026「國際醫療合作院長對話」

「大家一談創新藥就很在意，一談AI也很在意。但一定要記得，所有的創新藥、所有的AI，最後絕大部分的應用場景都在醫院裡。」

2026年9月9日下午，在BIOHK2026主舞台「信・香港主論壇：全球生物科技領袖峰會」的最後一場圓桌討論中，主持人、中信醫療基金總經理蔡華以這句話開場。這場由中信醫療協辦的「國際醫療合作院長對話」把焦點從實驗室和資本市場，拉回到創新最終落地的地方——醫院。

台上五位嘉賓來自五類截然不同的機構：

- 卞兆祥，香港中醫醫院院長，香港首家由政府興建的中醫醫院；
- 曾慶廉，IHH醫療（北亞洲）區域首席執行官，曾在香港醫院管理局服務超過25年；
- 林戈，中信湘雅生殖與遺傳專科醫院院長；
- 張澄宇，美中嘉和醫療集團副總裁、廣州泰和腫瘤醫院總經理；
- Abdulrazaq Al-Jazairi，沙特阿拉伯費薩爾國王專科醫院暨研究中心臨床試驗轉型部主管。

他們分別代表的，是一家開業不到一年的中醫醫院、一個在全球擁有八十多家醫院的醫療集團、一家生殖遺傳專科醫院、一家以質子治療為核心的民營腫瘤醫院，以及中東最頂尖的研究型醫院之一。然而，他們的專家經驗卻導致他們得出同一個判斷，即醫院不只是創新的終點，也正成為創新的起點。

開業272天的中醫醫院：從人用經驗到新藥

卞兆祥的開場白很低調。和在座大量的「百年老店」同行相比，香港中醫醫院「今天才運作了272天」。但這家年輕的醫院，正嘗試回答中醫藥最大的問題：能不能標準化，能不能走出去。



香港中醫醫院院長卞兆祥發言

他的切入點是藥物研發：「臨床是藥物研發的死亡地帶，絕大部分藥物研發都死在臨床上。」中藥的優勢在於它本來就來自臨床經驗——以青蒿素、砒霜治療白血病等都是具體的例子。如果能用現代科技把這些經驗提煉出來，就能加快新藥研發。

內地中藥研發走的是「三結合」路徑，即中醫藥理論、人用經驗和臨床試驗相結合。卞兆祥認為，其中最關鍵的是人用經驗：處方、劑量和給藥途徑都必須固定。香港中醫醫院建立了一套強大的醫療信息管理系統，每一位病人的藥物來源、劑量和處方都可以追溯，為後續新藥研發提供「苗子」，也為日後的II期臨床節省時間。

> **「國際疾病分類列明的疾病有一萬四千多種，獲批的小分子藥物大約只有一千五百種，這個缺口還是很大。」**
>
> —— 卞兆祥

卞兆祥指出，中醫臨床上的許多「疑難雜症」，其實就是罕見病。香港政府在InnoHK創新香港研發平台下設中藥創新藥物研發中心，理念正是以臨床真實世界數據為基礎：鎖定疾病、鎖定臨床處方，再在此基礎上優化。

他舉了一個例子：一種由基因突變引起的肌原纖維性肌病，病人的肌細胞連接處容易溶解，導致心肌和呼吸肌障礙。團隊先用中藥複方在臨床上幫助病人，再透過當時還被稱為「網絡藥理學」的方法，從複方中找出小分子化合物，做成先導化合物。

在他看來，過去藥物研發崇尚「單基因、單靶點、單受體、單一小分子」，對感染性疾病等病因明確的疾病非常有效；但面對老年性、多系統障礙的疾病，單一靶點會遇到很多困難。雙抗、三抗是一個方向，而充分利用草藥資源，或許能讓新藥研發更快。

AI進醫院：先管治，再培訓，再談顛覆

業界普遍看好AI醫療，但落地也面臨數據私隱、模型幻覺和投資回報等困難。IHH在旗下香港港怡醫院搭建了醫療AI實驗室。曾慶廉說，集團探索AI的出發點很實際：在新加坡、香港和馬來西亞，護理人手都不足——「這不只是我們集團的問題，是全球的問題」。所以與AI公司談合作時，他們最先問的總是「自己的痛點是什麼」。

走了一段路之後，他們看到三個方向：

1. **管治**。沒有病人安全的管治，AI在醫療場景中的應用令人擔憂。集團花了大量時間建立組織架構和管治委員會。「這是我們一開始想不到的，但退一步看，這是最重要的基礎。」
2. **培訓**。無論大模型有多強，員工用不了就沒有意義。AI大多需要與醫護同事協作才能發揮作用，因此提升員工的AI素養是重中之重。
3. **顛覆**。「就像柯達變得無關緊要，諾基亞被iPhone取代。」AI會否催生完全取代現有醫療的新服務模式？這才是集團最擔心的問題。他們正與騰訊、阿里巴巴、螞蟻健康等內地大模型公司一起探索。

此外，人形機械人也是IHH非常有興趣發展的方向。

蔡華的回應點出了內地的同類現象：基層並不缺工具，缺的是醫生使用工具的能力。

從「懷得上」到「懷得優」：植入前遺傳學診斷的下一步

中信湘雅生殖與遺傳專科醫院的前身是內地最早開展輔助生殖技術研究的團隊。林戈用一句話概括醫院的目標：讓想懷的夫婦能懷得上，能懷的能懷得優。

早期，醫院的工作是用試管嬰兒等技術解決不孕不育的問題。本世紀初以來，基因組醫學進步，識別罕見病遺傳病因的方法越來越好，成本也越來越低。醫院把遺傳學技術與試管嬰兒技術結合，發展出植入前遺傳學診斷（PGT）：在胚胎植入母體之前，取一至兩個細胞，就能診斷胚胎有沒有問題，讓有遺傳病風險的家庭能生下健康的孩子。

如今，醫院已能對一千多種單基因罕見病進行植入前診斷，已幫助近兩萬名嬰兒健康地出生。林戈說，只要臨床上診斷明確、病因清楚的單基因病，基本上都能實現生殖阻斷。

下一步是從單基因病走向多基因病。遺傳性乳腺癌、糖尿病，甚至自閉症，都有很深的遺傳背景，某些基因組合的突變會增加家族成員的發病風險。團隊正嘗試對多基因影響進行生殖阻斷，並關注表觀遺傳改變對未來健康的影響，希望形成從單基因、多基因到表觀遺傳的全系列生殖阻斷方法。

> **「如果你能有一些國際上沒有的技術，海外的患者肯定願意來。」**
>
> —— 林戈

林戈舉了面肩肱型肌營養不良症（FSHD）的例子。此前世界上沒有一個中心能對FSHD做植入前診斷，團隊發明了一種能穩定診斷的技術，嬰兒確實也已健康出生，有關成果被發表在國際期刊上。海外患者看到論文後主動聯繫。就在論壇當天上午，他還收到一對法國夫婦的來信：他們在法國做了五次試管嬰兒都未成功，看到團隊新發表的論文與自己的情況極為相似，便寫信問能否來中心治療。

在他看來，除了服務體系和硬件與國際接軌，醫院自身的創新能力才是吸引海外患者的穩固基礎。

民營腫瘤醫院的護城河：「找差異、強核心」

美中嘉和旗下有七家醫療機構，它們都專注於腫瘤精準放射治療和綜合治療。面對公立三甲醫院的強大競爭，民營高端腫瘤醫院如何建立差異化壁壘？張澄宇說，這個問題問到了他的「痛點和關注點」——他今年的工作方針有十二個字，前六個字就是「找差異、強核心」。

他將答案歸納為幾個方面：

- **裝備**：醫院建設之初，就把精準放療的突破點定在質子治療，引進四室聯動、360度旋轉的質子治療系統，耗時約七年建成了嶄新的質子中心。據他介紹，內地真正投入使用的質子中心約有二十家，香港有一家，而泰和是華南地區唯一一家正在治療患者的質子中心。
- **團隊**：當年國內質子精準放療剛剛起步，醫院與美國MD安德森癌症中心建立長達十年的合作，引進其診斷及診療標準，從美國引進三位頂尖的質子治療醫生及醫學物理師，並分批選派中青年骨幹赴美培訓。
- **標準**：不因價格衝擊而降低治療標準。「我們的治療價格不是最便宜的，但患者還是選擇我們。」
- **服務**：「整個醫院是為核心技術而建，而不是配一台核心設備放在醫院裡。」從環境、病房到服務流程，都參考美國經驗，再按中國患者的習慣作本土化的改良。

他也提到，受國際形勢影響，公立醫療機構與美國的交流可能受到一定限制，而美中嘉和早年建立的這支隊伍，恰恰成為與公立醫院相比起來的差異化優勢。

蔡華以「工欲善其事，必先利其器」為這段分享作結：「器」既是設備，也是技能；除了先進設備，人才和技術也應甚至更應被重視。

沙特：在這裡，罕見病並不罕見

費薩爾國王專科醫院暨研究中心是沙特首都利雅得最大的醫院。蔡華介紹，Al-Jazairi本人是心血管領域專家，也是沙特臨床藥學會的創始人。醫院自創立起就在內部設立研究中心，旨在利用臨床專業知識為科學家提出科學假設。它的基因組醫學中心在精準醫學應用上相當領先，醫院也已能透過機械人系統完成全心臟移植和活體捐肝移植。



主持人蔡華（左一）與Abdulrazaq Al-Jazairi（左二）發言

沙特近年大力改革臨床研究監管體系，希望成為全球重要的臨床試驗基地。Al-Jazairi總結了院方過去面對的三大挑戰：

1. **建立協調的生態系統**。「如果監管機構不是百分之百與你對齊（與你保持一致），你就無法運作；如果醫療團隊沒有把臨床研究融入臨床體系，你也做不了臨床試驗。」醫院首先要在內部建立高效的臨床試驗生態，再與國家層面的外部生態對齊。
2. **提升患者認知**。讓患者更了解並接受並參與臨床試驗，這也是沙特國家層面的戰略重點。
3. **融入診療模式**。把臨床試驗作為病人的另一個治療選項。他認為，這一點隨著時間推移，已大有改善。

更引人關注的是沙特的基因組資源。由於近親通婚比例很高，遺傳性疾病在當地更為常見。

> **「在全球市場被視為罕見的病，在沙特並不罕見。」**
>
> —— Abdulrazaq Al-Jazairi

沙特公共投資基金（PIF）旗下有專門的多組學公司，研究本國人口的基因結構。醫院與全球多家機構及企業合作，提高本國患者在遺傳病及罕見病臨床試驗中的代表性，也透過TriNetX等平台，讓跨國研究找到合適的病人。「大門是敞開的。我們過去太專注於西方，現在是時候向東走了。」他說，來自亞太地區的合作正在增加。

蔡華順勢請林戈談談兩家醫院在罕見病上可能的合作。林戈提出了一個具體設想：PGT過程中會產生大量攜帶致病突變的胚胎，團隊正嘗試從中建立胚胎幹細胞，在體外模擬疾病發展的全過程，為新藥研究提供平台。這或許就是雙方合作的切入點。

香港：藥物出海與跨境醫療的橋頭堡

香港的臨床試驗優勢，如何與內地生物醫藥的創新需求結合？曾慶廉認為，這是香港非常重要的發展方向。如今，IHH正從兩大方面入手。

第一，與內地創新藥公司合作，把它們在內地開發的藥物放在香港開展研究。港怡醫院有香港大學的背書，研究成果可以在國際期刊發表，數據也可以提交給美國FDA。對這些公司而言，這是藥物真正國際化的關鍵一步。

第二，利用香港的「1+」機制。有些藥物已獲國家藥品監督管理局批准，卻沒有路徑走向其他國家。曾慶廉坦言，集團在新加坡的公司也投資了一些內地研發的新藥，但即使已在內地獲批，也進不了新加坡。透過「1+」機制，這些藥物在香港進行規模較小的研究後即可在港註冊。他認為，藉著PIC/S體系，在香港註冊的產品將更容易進入新加坡、馬來西亞等市場。因此，不少已獲內地批准、尚未獲FDA或歐盟批准的公司，對在香港落地很有興趣，香港中文大學醫院也在朝同一方向發展。

他還提到一個「反向」的可能：「港澳藥械通」讓在香港獲批的外國藥物可在大灣區指定醫院使用；若內地尚未獲批的藥物先在香港研究並獲批，也可能反過來在大灣區使用，從而加快審批。

跨境腫瘤診療：不只是技術，還有信任

大灣區的跨境腫瘤需求非常旺盛。張澄宇說，內地高端民營醫療機構幾乎都在關注「出海」——不只是藥物出海，也包括醫療服務輸出，讓更多國際患者來內地接受治療。

他坦言其中有障礙。一是信任：內地很多醫生未受過歐美醫學培訓體系，與國際患者的接診和交流方式需要不斷改進。二是藥物：香港不少新上市的藥物，在內地未必能快速投入使用。

醫院的應對措施包括：

- 借助廣州黃埔區打造旅遊醫療示範區的政策，申請加入「港澳藥械通」，縮短患者用上國際先進藥物的時間差；
- 安排醫護到香港私立醫院及內地高端醫療機構學習，改進服務方式；
- 除個案管理員（case manager）外，再增設「保姆」式的生活協助角色，幫助境外患者盡快適應當地生活；
- 以遠程醫療提供診前評估和初步方案解讀，患者回到居住地後，亦可持續遠程跟進；
- 與美國梅奧診所合作提供第二診療意見。

成效已經顯現：今年來自港澳的患者數量翻了將近一倍，也有來自非洲、中東、南亞、東南亞、俄羅斯和中亞的患者。

來華就醫：真需求，還是個別現象？

論壇尾聲，蔡華申請加時去討論一個我們正共同面對問題——跨境醫療。過去講跨境醫療，多是中國人組團到日本體檢、到美國做腫瘤治療；如今，反向的趨勢非常明顯。這到底是真正的需求，還是只屬個別現象？

張澄宇認為需求真實存在。內地在核心技術、醫生水平、裝備和新建高端私立醫院的設施上，都已有能力承接國際醫療需求。關鍵是找準定位：不是做極高端人群，而是提供「高性價比」的國際醫療服務——服務那些當地私立醫院太貴、公立醫院效率太低、甚至醫療水平不足的地區的患者。過去一年的嘗試中，除了北美以外，歐亞大陸和東非等各地都有患者來過。

林戈舉了一對英國夫婦的例子：他們嫌英國公立醫院排隊太久，選擇到內地治療不用排隊，效率與性價比亦高。他認為，簽證政策放寬，加上新一代患者從各種渠道了解中國的信息，信心正在不斷增強。

曾慶廉從集團在馬來西亞、新加坡多年的醫療旅遊經驗出發，認為中國的機會「很大很大」。一是醫療資源：內地醫生水平很高，病人數量多，醫生累積了豐富的臨床經驗，這是很多國家所缺乏的。二是研發能力：創新藥物和創新療法非常多，病人上網搜尋治療方案時，往往發現研究都在中國。但他也提醒，任何醫療機構都不能完全靠外來病人，必須先有本土的病人和醫生資源。

卞兆祥說，香港中醫醫院開院不久，已有來自二十多個國家的病人。他們來看中醫，是希望用中西醫協作的方法；慢性病調理和新興的「長壽診所」，也是中醫有優勢的領域。如何把中醫的傳統經驗整合成其他國家可以使用的技術，把中藥變成養生保健產品和治療藥物，將會是跨境醫療的重要助力。

Al-Jazairi則從另一個角度回應：以患者為中心的照護正成為各地的標準。費薩爾國王專科醫院最近進行了組織重組，建立以患者照護為焦點的卓越中心，並將患者自述結果（PROMs）和患者自述體驗（PREMs）納入日常實踐。他希望把這些指標標準化，比較沙特、北美和亞太病人的結果；在沙特「2030願景」下，患者參與也正成為推動臨床研究的重要一環。

結語：回到真正的應用場景

中醫藥、AI、生殖遺傳、質子治療、罕見病——五位院長的話題各不相同，蔡華的總結卻很集中：醫院不僅僅是技術的應用場景，還成為創新技術的重要發源地之一。

> **「在創新藥被熱炒、AI被大家高看的今天，我覺得還要回歸到我們真正的應用場景。」**
>
> —— 蔡華

而在這場以國際醫療合作為題的對話中，香港是「橋頭堡」，也是「連接器」。五位來自不同國家和領域的院長坐在一起，本身就是國際醫療合作的一部分。蔡華笑言：「那我們就先從我們之間的合作開始，好嗎？」

巴素娟

BRIDGE BUILDER FOR CANCER RESEARCH

亞洲癌症研究基金會（AFCR）創始人兼首席執行官
美國國家癌症研究基金會（NFCR）總裁兼首席執行官
AIM-HI轉化研究基金聯合創始人兼首席執行官
全球適應性研究聯盟（GCAR）聯合創始人及董事會成員



一座亞洲癌症研究橋樑的搭建與堅守

文／毛冬蕾

醫藥產業資深媒體人、《生物科技誌》專欄作家、《研發客》主編、香港科技大學DRAP項目學員

2023年9月，香港會議展覽中心。諾貝爾可持續發展信託基金主席彼得・諾貝爾將首屆「全球癌症研究倡導者領導獎」頒給了一位華人女性。她在致謝時說了一句話：「癌症患者、倖存者和支持者，是我所有熱情背後的燃料。」

她叫巴素娟，北京大學放射化學學士、賓夕法尼亞大學化學博士。她有三個身份，亞洲癌症研究基金會創始人兼首席執行官、美國國家癌症研究基金會總裁兼首席執行官、AIM-HI轉化研究基金聯合創始人兼首席執行官、全球適應性研究聯盟（GCAR）聯合創始人及董事會成員。2025年，她被OncoDaily評為「全球腫瘤學最具影響力100位CEO」之一。

> **“癌症患者、倖存者和支持者，是我所有熱情背後的燃料。**
>
> —— 巴素娟，2023年獲頒首屆「全球癌症研究倡導者領導獎」

而在這些頭銜背後，是一個關於橋樑的故事。一座她想為中國的癌症研究者搭建、通往全球臨床研究前沿的橋樑。這座橋，她搭了將近二十年，從未停下。時間一晃而過，筆者在BIOHK2026上再次見到了巴素娟。距離她第一次在香港組織那場關於生物醫藥創新生態的閉門智庫論壇，已經過去了四年。她依然忙碌，依然在會議間隙穿梭於各個會場之間，依然在跟不同的人談論同一件事：怎麼讓科學真正走到患者身邊。

從開封到賓大

1980年，巴素娟從河南開封考入北京大學。她是那個年代少有的河南高材生，學的是放射化學。在那個剛剛打開國門的年代，北大的宿舍樓下開始有人擺攤賣托福書，人山人海。她當時其實還不懂托福是什麼，只知道要出國就要考。

從放射化學專業畢業，必須要做實驗，要和有輻射的化合物打交道。她發現，由於輻射太大，很多老師掉髮甚至掉牙，於是她被嚇到了，感覺這行學不得。後續有一個偶然的契機，又讓她認識了北理工的曹庭禮教授。大學畢業後，她轉到了無機化學，成為曹庭禮教授的「開門弟子」碩士研究生。曹庭禮教授是中國無機化學界德高望重的老一輩學者，曾任國家教委全國高等工科學校化學課程教學指導委員會委員、無機化學組組長。曹教授主導翻譯的一部蘇聯無機化學專著《化學方程式的組成》(原著為蘇聯學者庫德里亞夫契夫）於1956年就在中國出版了。他參與了工科《無機化學》教材的修訂與編寫工作，該教材獲全國優秀教材獎，被國內高校廣泛採用。

在讀碩士期間，像那個年代多數理工科大學生一樣，巴素娟也申請去美國讀博士，最終如願收到了賓夕法尼亞大學化學博士項目的錄取通知，但她也因此碰到兩大難題。一是按當時的規定她需要放棄碩士學位，辜負曹老師的培養和期望，二是需自行籌措赴美費用，她跟她的家族也並不是特別有錢。

意識到巴素娟的巨大潛力，曹教授找了她，並表示若她不能在自己這裡完成學位，確實會讓他感到失望。「但我認為，這是你正確的選擇，出國深造吧！記著學成後，要幫助中國的發展。」曹教授支付了她飛往紐約肯尼迪機場所需的3,000元人民幣，巴素娟回憶道：「（當年）3000元，幾乎是我父親當年一整年的工資。他還說：『不用擔還我錢。不要麻煩你父母。我知道你父母不容易。』」曹教授對她的一生，影響至深。

隨後，巴素娟揣著30美元、拎著兩個大箱子，獨自一人遠赴美國，去追尋那個年代許多年輕人心中的美國夢。當時的她心裡只有一個信念，那就是一定要拿到博士學位，否則無顏回國。在賓夕法尼亞大學攻讀化學博士的五年裡，她逐漸看清了一件事：「我不屬於實驗室。我是一個對世界充滿好奇、喜歡不斷挑戰自己的人。什麼都想看一看，學一學。更重要的是，我喜歡跟人打交道。」

博士畢業前夕，她做了一個讓導師震驚的事情。在一家化工公司研發副總裁的面試中，對方問她：「五年內你想做什麼？」她用簡單的英語回答：「I don't want to be in the lab. I want to go to the business side. I want to work with people.」導師聽她匯報面試的過程，聽完後不禁感慨：「你把這個面試機會給毀掉了，對方想招聘實驗室R&D的人，你應該投其所好，說你要做研發。」但那位副總裁卻在面試後告訴HR：「這個女生跟其他人都不一樣，讓她去客戶技術服務部門試試。」

由此，她反而得到了那份工作。這件事後來成為她人生的一個隱喻：做自己，反而會有人看見你。

> **“ I don't want to be in the lab. I want to go to the business side. I want to work with people.**
>
> —— 巴素娟博士畢業前的求職面試

從化學家到基金會掌門人

1991年，巴素娟從賓大畢業後加入了ARCO化學公司，開始了她的工業界生涯。她先後在塑料、塗料、製藥等多個業務板塊輪崗學習，這段經歷讓她理解了從實驗室到市場的完整鏈條。

1999年，巴素娟加入美國癌症研究基金會（NFCR）擔任首席科學官。NFCR由1937年諾貝爾醫學獎得主阿爾伯特・聖-喬奇 (Dr. Albert Szent-Györgyi)和律師、企業家 Franklin C. Salisbury Sr. 於1973年共同創立，是美國最早專注於癌症研究的慈善機構之一。當時NFCR在學術界雖然享有盛譽，但在公眾籌款方面面臨激烈競爭，品牌認知度有限。

巴素娟到任後很快發現了問題所在，也能對症下藥。NFCR像大多數資助機構一樣，只是給單個研究者發放研究經費，很難清晰地傳遞基金會的獨特價值。她認為，基金會應主動扮演「連接者」的角色，把不同領域的專家聚在一起，促進更廣泛的協作。

她的第一個大動作是ScreenSaver-LifeSaver項目，這是一個極具想象力的創新，成功促成了NFCR與牛津大學、英特爾及United Devices的合作，開發了一款藥物篩選軟件，讓全球300多萬台個人電腦的閒置算力串聯起來，創建了一個虛擬的超級計算機。研究人員利用該分佈式計算網絡，對數億個小分子進行虛擬篩選，尋找抗癌候選藥物。這個項目不僅加速了藥物發現進程，還讓NFCR獲得了巨大的公眾關注。2002年，該

項目被收入創新研究著作New Ideas about New Ideas。即便巴素娟已因此聲名大噪，但她真正的使命，還在更遠的地方。

一座轉化醫學橋樑的構想



示意圖：連接中國、亞洲與全球癌症研究的橋樑。（本刊繪製）

2000年代初，巴素娟頻繁參加國際學術會議，發現西方科學家想跟中國合作，中國科學家想跟世界接軌，但中間缺一個系統性的平台。換言之，美國有意願，中國有需求，卻沒有人來連接，她的答案是要在亞洲建立一個基金會。在考察了日本、新加坡、中國各地後，她選擇了立足香港，理由很明顯：香港既有西方的開放與制度，又有中國的地理與文化角色。

2005年，亞洲癌症研究基金會（AFCR）在香港註冊成立。它的使命明確，誓要針對亞洲人群高發的癌症做前沿科學研究、促進國際合作、普及公眾癌症教育。巴素娟強調：「在應對亞洲人群癌症的特殊挑戰時，文化障礙會阻礙早期發現和治療。亞洲文化中，普遍存在不願談論癌症的心態，也缺乏患者支持組織。」

AFCR做的第一個大項目，是和美國癌症研究基金會（NFCR）一起幫助天津腫瘤醫院建立腫瘤組織庫。「我們幫助建立由世界著名的癌症研究者，多學科的專業智囊團，給他們找資源，一年一年地帶團去培訓。十年之後，天津腫瘤醫院從『地方軍』變成了『國家隊』——變成國家級重大研究中心。當時的天津市長和郝希山院士讚美NFCR的團隊：『你們支持建立的這個優秀的國際合作平台，是我們成為國家級重大研究中心重要因素和條件。』」另一個項目，是推動中國腦膠質瘤團隊參與全球合作。2013年前後，她開始協調美國和中國的研究者，探討建立一個全新的臨床試驗體系。

那個「太早」的嘗試

全球腦膠質瘤適應性臨床創新試驗體系（GBM AGILE）是一個開創性的適應性臨床試驗平台，針對膠質母細胞瘤（GBM）——一種幾十年來缺乏新藥突破的致命腦癌。GBM AGILE的設計理念在當時極其超前，打破了傳統臨床試驗「一次一藥、單線進行」的局限，改以創新的適應性平台架構運行。在單一的主方案下，多種候選藥物同時並進，並依據患者獨特的生物標誌物特徵，進行精準的組別分流。這種動態調整機制能隨時依據臨床數據進行階段性評估，迅速淘汰療效不佳的治療選項，同時保留並深化具備潛力的藥物研發，從而為幾十年來陷入停滯的治療，開闢了一條高效的創新路徑。

這個項目的構想最初由Anna Barker博士、Webster Cavenee博士和W.K. Alfred Yung博士在2003年提出，巴素娟是推動GBM AGILE創立和發展的重要領導者之一，擔任其領導委員會成員。美國癌症研究基金會和亞洲癌症研究基金會提供早期支持資金，由全球超過40家頂尖機構的150多位專家共同推動。巴素娟希望將中國納入到該項目，尤其是考慮到能把中國PI帶到國外做Co-PI，做前沿的、跟全球接軌的事。為此，她實事求是地做了大量工作，協調美國PI和中國PI對話，組織大量workshop，派人來回培訓和商討。中國方面也非常有熱情，有10家醫院的主治醫生積極參與，腦膠質瘤領域的醫生們合作無間、非常團結。

此外，巴素娟博士與三位國際知名腦癌研究專家——Webster Cavenee博士、Timothy Cloughesy博士和Brian Alexander博士——共同創立了全球適應性研究聯盟（GCAR），以推動並主導這一創新計劃。GCAR致力於推動適應性臨床試驗平台，旨在更快地將創新療法帶給患者。GBM AGILE是該聯盟的首個旗艦項目，但最終卻沒有成事。原因複雜卻具體。

GBM AGILE的主方案由非營利組織GCAR持有，而非單一藥企。在中國當時的監管框架下，這很難被接受，只接受由廠家發起的，或是CRO發起的，第三方非營利組織持有的主方案（Master Protocol）基本不會被中國體系接納。換言之，由於當時國家藥品監督管理局（NMPA）堅決不接受由GCAR這樣的獨立第三方

機構持有主方案，而要求由參與試驗的藥物申辦方持有主方案，而這在本質上與適應性臨床試驗設計的初衷和運行模式存在衝突，未能在中國落地。

與其說原因是規則性的，不如說是系統性的，彼時中國的臨床試驗體系根本沒有準備好接納這種適應性試驗的前沿設計。巴素娟回憶道：「當時中國的臨床研究監管聽不懂、也不理解這種模式，整個體系還沒有建立起理解它的語言和能力。」「我們花了很長時間，來來回回溝通、開會、訪問，最後還是沒能做成，這是我和中國腦膠質瘤醫生們的一大遺憾。」

GBM　AGILE後來在美國、澳大利亞、歐洲和加拿大等多個國家，共計讓100多個「國際多中心」落地，入組患者排著隊，心中充滿對創新藥物的期盼，中國卻錯失了這樣的機會。

為什麼在中國沒有成功卻依然重要？

如果只以「成功與否」來評判，巴素娟在中國推動IIT全球化的努力似乎是失敗的，但她自己並不這樣看。她表示：「我已經盡了自己最大的努力，GCAR也竭盡所能，為中國相關各方提供教育和培訓。如果在付出了這些努力之後，事情最終還是未能成功，雖然遺憾，可我也只能坦然接受事實——當時的客觀環境和現實條件或許還不足以讓這件事真正取得成功。」

念念不忘，必有回響。2017年，中國醫師協會將首個「國際合作傑出貢獻獎」頒給了她，頒獎詞中特別提到：「（巴博士）通過建立多樣化的合作平台，搭建起了中國與美國以及其他國家之間信任與合作的橋樑」。這座橋，雖然沒有在GBM　AGILE這個項目上完全貫通，但它留下的東西比一個項目更持久。她幫助建立的天津腫瘤醫院組織庫，當年成為中國和亞洲發展中國家的樣本模板。她讓中國醫生第一次系統地接觸到Co-PI這個概念，不只是參與，而是共同主導全球臨床試驗。而當年那顆沒有在GBM　AGILE上發芽的種子，在中國IIT的土壤裡，後來長成了一片森林。

中國IIT的註冊數量從2015年起持續攀升，2020年後突破五位數。在細胞與基因治療這一前沿領域，中國IIT的註冊數量在2015年至2023年間增長了十一倍，被《Nature》雜誌評價為中國生物醫藥競爭力上升的重要驅動力。這些數字背後，是中國臨床研究者從「跟跑」到「並跑」乃至「引領」的轉變。中國創新藥對外授權交易在「十四五」期間實現了井噴，2021年全年交易總額為138.5億美元，到2025年截至10月底已突破1000億美元。

這些成就的取得，自然有政策、資本、人才等多重力量的共同作用。但回望2000年代中期，當巴素娟第一次帶著Co-PI和「國際多中心臨床試驗」等概念走進中國醫院的會議室時，她面對的是一個幾乎沒有IIT監管框架、幾乎沒有中國研究者主導全球試驗先例的環境。2021年，中國才正式出台《醫療衛生機構開展研究者發起的臨床研究管理辦法（試行）》，2024年管理辦法正式施行。而巴素娟在2013年到2018年間推動的腦膠質瘤國際合作、2003-2024天津腫瘤醫院組織庫建設、以及對中國研究者參與全球試驗的反覆呼籲，比這套監管框架的成型早了整整十年。

更重要的是，她讓人們看到了可能性。當年參與腦膠質瘤合作討論的那批中國醫生，後來有些人成了推動中國臨床試驗國際化的中堅力量。她播下的不是一棵種子，而是一種扎根在中國醫學界、科技界的意識，即中國醫生可以不只是執行者，也可以是設計者、主導者、全球協作的平等夥伴。

這種意識，比任何一場具體的臨床試驗都更持久。

從橋樑到投資加速器

2019年，巴素娟做了一個重要的轉向。她與長期的事業夥伴和人生伴侶Franklin Salisbury, Jr.，以及長期致力於推動癌症研究的Charles　Weatherspoon共同創立了AIM-HI轉化研究基金，致力於幫助有潛力的癌症科研成果跨越從實驗室走向臨床和市場的關鍵轉化階段，做的是「慈善風險投資」。

這個決定的背後，其實是一個殘酷的現實。癌症研究的瓶頸，往往出現在較早的階段。從實驗室發現到臨床驗證之間，有一段被稱為「死亡之谷」的空白地帶。在這個階段，研究團隊的資金普遍極度匱乏，因為風險太高，傳統投資人不敢碰。但如果沒有早期資金支持，再好的科學發現也走不出實驗室。

而AIM-HI的使命就是填補這個空白。它從NFCR孵化而來，開創了一種新的資助範式。具體來說，是用影響力投資的方式，為早期腫瘤學初創公司提供種子資

金，幫助它們跨越死亡之谷，最終將新療法和診斷工具帶給患者，同時為未來的癌症研究創造可持續的收入來源。

巴素娟說：「2020年是科學協作的勝利之年。新冠疫情讓我們看到了當全球科學力量聯合起來時，什麼是可能的。」這些合作背後的精神，與AIM-HI通過協作創造協同效應來加速治癒癌症進程的哲學可謂一脈相承。

AIM-HI Accelerator Fund（AIM-HI 加速基金）從創立之初，就致力於建立一種不同於傳統風險投資基金的模式。AIM-HI的角色並不僅僅是尋找有潛力的企業、進行投資並追求財務回報。AIM-HI 為具有發展潛力的腫瘤創新項目和創業企業提供一個綜合性的成長平台，通過創業輔導、科學與商業戰略諮詢、種子資金支持以及全球資源與網絡對接，幫助優秀的癌症創新成果更快地走向臨床、惠及患者。

這一理念也充分體現在巴素娟對 AIM-HI創立癌症科研成果轉化與創業競賽獎（AIM-HI Venture Competition）的設計之中。她希望每一家參與大賽的企業，都能夠從參與過程中真正有所收穫。因此，無論最終是否獲得 AIM-HI 的投資，每一家參賽企業都會獲得專業的評審反饋和發展建議。她希望通過這一過程，幫助創業者進一步完善科學基礎、商業戰略和成果轉化路徑。對於通過嚴格評審、進入下一階段的企業，AIM-HI的盡職調查（Due Diligence）也採用了不同於傳統投資機構的方式。

AIM-HI並不把盡職調查僅僅視為投資方對企業進行單向審查的過程，而是努力將其打造成為一個開放、透明、互動的深度交流與共同提升過程。在這一過程中，創業者有機會與經驗豐富的科學家、臨床專家、企業家、投資人和產業界領袖進行直接交流。盡調過程中提出的問題，不只是為了判斷「是否值得投資」，也可以幫助企業發現潛在短板、優化發展戰略、完善商業模式，並為未來融資和長期發展做好更充分的準備。

AIM-HI的目標不僅是尋找值得投資的企業，更是幫助培養更優秀的腫瘤創新企業和更成熟的創業者。即使 AIM-HI 最終並沒有成為該企業的投資方，仍然希望企業能夠因為參與 AIM-HI 的平台而獲得成長。這也體現了 AIM-HI 作為非營利機構最根本的使命，闡明資本不過是推動創新的工具，而讓有潛力的癌症創新更快走向患者才是最終目的，絕不捨本逐末。

截至2025年，AIM-HI已經種子投資了20多家早期腫瘤學公司。已有超過500家早期公司經過了嚴格的評審流程。

「我們不是VC。」她在訪談中說，「我們是一個ecosystem。每一個經過我系統的公司，我們能長期幫助、孵化和陪伴他們，並提供全面的支持。」

> **「我們不是VC，我們是一個ecosystem。」**
>
> —— 巴素娟

化作一座更大的橋樑

巴素娟的AFCR、NFCR和AIM-HI已構成了一條完整的橋樑。AFCR和NFCR資助基礎研究與轉化研究，AIM-HI則評估和資助開發創新藥物的腫瘤學初創公司。從基礎科學到臨床轉化，再到商業化落地，三者各司其職。

AFCR • NFCR	AIM-HI	患者獲益
資助基礎研究與轉化研究	評估並種子投資腫瘤學初創公司	從臨床轉化到商業化落地

但巴素娟很快發現，光有資金、有項目還不夠。香港有世界一流的大學，有國際金融中心的資本，有連接中國內地與世界的獨特位置，但這些優勢並沒有自動轉化為生物醫藥創新的生態。真正的瓶頸，在於發現、轉化、資本、臨床開發與患者獲益之間的連接。因此，她還舉辦了以下活動。

2022年智庫論壇：2022年12月15日，BIOHK2022期間，AFCR組織了一場閉門智庫論壇，主題是「解鎖香港作為生物醫藥創新樞紐的潛力」。巴素娟主持，召集了來自香港和美國的十餘位領袖與專家，涵蓋學術研究、臨床研究、生物科技產業和投資領域。

論壇系統梳理了香港在基礎研究、臨床開發、生物科技產業三個維度的現狀，識別出三方面缺口：**一是癌症研究與創新的不足。**大學課程偏向單軌，研究人員參加國際學術會議不積極，機構之間存在孤立；同行評審論文仍是教授晉升的主要標準，科學家將知識產權商業化的動力不足；**二是患者護理的不足。**公共醫療系統先進放療設備有限，患者等待時間過長；**三是生物科技與投資的不足。**天使投資對長期生物科技項目支持不足，缺乏既懂生物科技又有專業判斷力的早期投資人。

論壇報告還指出，香港的癌症臨床試驗數量過去五年穩定在每年三十到四十項之間，其中超過八成是多區域臨床試驗，說明香港在國際研發決策中仍被認可。但資源高度集中在三家頂級醫院，一期臨床試驗嚴重不足，而一期試驗恰恰是基礎研究與後期藥物開發之間的關鍵橋樑。

這些討論最終勾勒出一條明確的路徑：科學發現、知識產權、創業者、團隊、資本、公司、臨床開發、藥物、患者獲益，每一環都重要。突破性科學可能因為沒有創業領導力而停滯；強大的公司可能因為沒有耐心資本而掙扎；光有資金救不了薄弱的科學；即使商業上成功，如果創新、創科未能真的改善人們的生活，其意義也有限。

AFCR的獨特角色

巴素娟認為AFCR的獨特價值正是在於它不是政府，不是大學，不是風投，也不是生物科技公司，可以連接這些機構之間的空隙。「作為獨立的非營利組織，AFCR可以召集那些通常不會坐在同一張桌子前的利益相關方；可以在有前景的科學吸引傳統投資之前識別它；可以幫助彌合轉化資金缺口；可以連接研究者與創業和投資專長；可以促進國際合作；可以始終把患者獲益放在創新旅程的中心。」

2026年，香港新的五年規劃對生物醫藥創新、轉化和商業化給予了更大的戰略關注。為此，巴素娟也倍感振奮。她表示，AFCR在2022年論壇上提出的多項優先方向，四年後已出現在香港的政策議程中。對AFCR來說，這種匯聚印證了它長期以來的信念：加強研究、轉化、資本與患者之間的連接，是實現香港生物醫藥潛力的關鍵。

巴素娟還明確AFCR的角色是「召集者、連接者、催化者」。從2022年的智庫論壇，到2024年的轉化研討會，再到與香港首個五年規劃的戰略對齊，AFCR正在把這句話變成一系列具體的行動。它不建實驗室，不投大錢，不開發藥物，但它做一件同樣重要的事，那就是把那些本該連接卻尚未連接的人和資源，拉到一起，聯繫、增值。然後，讓創新科技、科學真的走向患者。

眼下，她還搭建了一個面向患者和患者家屬的教育平台，整合碎片化的癌症教育信息，用一個「全球統一的生態系統」來幫助患者和家庭。

寫在最後

巴素娟在訪談中還提及她本來只打算在NFCR幹五、六年。結果一晃眼二十多年就過去了。

她的工作週被Zoom會議和面對面會談填滿，每天都與支持者、潛在捐贈人、合作夥伴、顧問、科學家、創業公司的企業家交流。雖然頻繁使用Zoom，但她強調自己更喜歡面對面交流，因為「創造性的分享和最好的討論結果」往往發生在真實的相遇中。

她給年輕人的建議是：「尋找與他人和同齡人面對面互動的機會，不要只依賴數字溝通。有效的溝通，是未來職業成功的關鍵。」

她曾說過一句話，或許可以概括她的一生：「一旦我決定要做一件事，我一定會全力以赴做到最好和極致。I will walk through the wall. I will walk through fire to get things done.」

她獲得過很多榮譽。但這些獎項的背後，是一個始終在做同一件事的人，或者說一座橋樑，負責把那些本該連接卻尚未連接的人和資源拉到一起。

巴素娟所獲主要榮譽

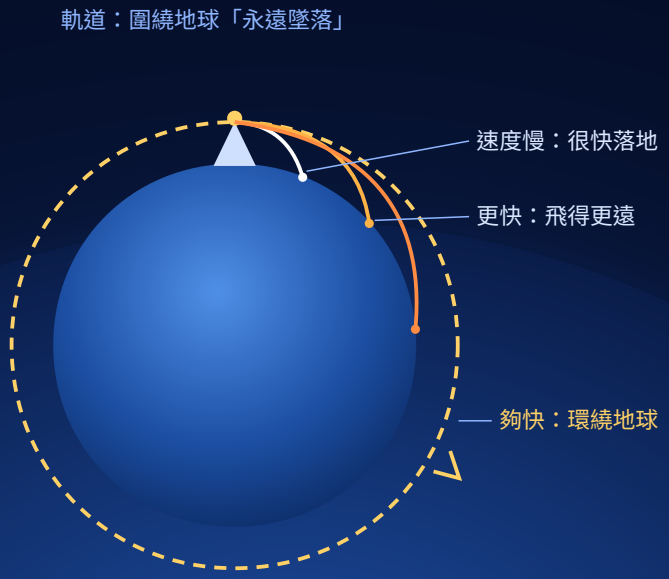
2005	北京大學傑出校友獎
2011	CRS傑出女性科學貢獻獎
2014	美國華人生物醫藥科技協會公共服務獎
2015	全球衛生領域前300名卓越女性領袖
2017	國家醫師協會國際合作傑出貢獻獎
2019	NBC4社區服務獎
2023	首屆全球癌症研究倡導者領導獎
2024	Serica Initiative AAPI開拓者獎（AAPI Trailblazer Award）；世界腦圖譜基金會（WBMF）及腦圖譜與治療學會（SBMT）醫學先驅獎（Pioneer in Medicine Award）
2025	入選OncoDaily全球腫瘤學最具影響力100位CEO

「我永遠不會忘記，在我最需要幫助時的支持和幫助。曹教授當年為我所做的一切，我一直銘記在心。這麼多年來，我也一直努力把這份善意傳遞下去。我想，如果曹教授在天之靈知道這些年來我一直在盡自己最大的努力，把他曾經給予我的那份關愛和幫助繼續傳承下去，他應該會感到欣慰。我希望自己幫助的不僅僅是中國的人、亞洲的人，也包括世界各地的科學家、創業者、患者。如果能在自己的能力範圍內，讓更多人的生活變得更好，尤其是那些被邊緣化的弱勢人群，那將是我最大的成就與驕傲。」

INDUSTRY INSIGHT · 行業觀察

重力，也是一種製造成本

牛頓的「大炮思想實驗」：石頭扔得夠快，它墜落多少，地球便「躲開」多少——這就是軌道。典型近地軌道速度約每秒7.8公里。



太空製造業的經濟邏輯

文／馮英倫
作者為星軌資本聯合創辦人及聯席行政總裁

如果算力能夠搬上太空，那麼製造業可不可以呢？乍聽之下，這似乎是一個完全不合經濟常識的想法。但如果有一些東西，在地球上根本造不好，甚至難以製造呢？問題的關鍵，恰恰是一件我們生活了幾十億年、幾乎從來沒有把它當作「成本」的東西：重力。

重力，也是一種製造成本。要理解這句話，我們需要先回到一個之前談過、卻非常值得再次說清楚的基本物理概念：究竟什麼叫「軌道」？許多人看到太空人在國際太空站內飄浮，第一個直覺是：太空沒有重力。這並不正確。國際太空站在距離地面數百公里的高度運行，到了這個高度，地球的引力仍然非常強。太空人之所以看起來「失重」，並不是因為地球突然不再吸引他們，而恰恰是因為他們正在受到地球引力作用，不斷向地球墜落。

既然一直往下掉，為什麼不會掉回地球？還是要回到牛頓三百多年前提出的「大炮思想實驗」。想像你站在一座非常高的山上，向水平方向扔出一塊石頭。如果速度很慢，石頭飛出一小段距離，在地球引力作用下向下墜落，很快撞到地面。如果把石頭扔得更快，它在向下墜落之前就可以向前走得更遠，但當速度高到某一程度之後，奇妙的事情便發生了：石頭向水平方向高速運動的同時，引力不斷令它向地心方向墜落，在石頭向下墜落的同時，它前方的表面也因地球的曲率而不斷向下彎曲。於是，它墜落多少，地球便「躲開」多少。

石頭從此再也碰不到地面。它並沒有停止下墜，而是圍繞地球永遠墜落下去。這就是軌道。因此，之前談火箭時曾經提過一個很重要的觀念：火箭進入軌道，真正困難的地方並不只是「飛得夠高」，而是要橫着飛得夠快。典型近地軌道的速度大約每秒7.8公里，也就是每小時約2.8萬公里。換句話說，衛星不是停在天上，也不是因為進入了沒有重力的空間而飄浮，而是以極高的橫向速度，不斷「掉在地球旁邊」。

特殊環境產生價值

一旦理解了這一點，我們就知道軌道上的飛行器仍受到地球引力作用，實際環境亦會受到各種微小擾動影響。因此，科學家稱之為「微重力」，而不是「零重力」。而正是這個看似微不足道的區別，開始孕育一個全新的製造業。

在地球生活，我們太習慣重力，以至從來不會把它視為一個製造條件。最簡單的例子，是煲水。鍋底的水受熱後，密度下降而向上升；較冷、密度較高的水則向下沉，形成循環流動，這就是自然對流。對煮飯而言，對流當然不是問題，甚至是我們希望發生的現象。但如果製造的不是一鍋湯，而是一顆要求極高純度和均勻性的晶體，事情便完全不同。

晶體從溶液或熔體慢慢形成的過程中，溫度、濃度和物質傳輸方式，都可能影響最後形成的微觀結構。重力造成的浮力、自然對流和沉降，亦可能影響材料在生長過程中的分布。在軌道微重力條件下，這些效應可以受到大幅抑制。

於是，一件平日看起來理所當然的事情，突然有了另一種理解：過去幾千年的製造業，其實一直在固定的重力環境中發展。從冶煉金屬、燒製玻璃，到生產半導體晶體和製造藥物，我們一直假設重力是無法改變的自然背景。工程師能做的，是設法抵銷、管理或者適應它帶來的影響。我們一直在繳付「重力稅」，只不過這張賬單從來沒有人寄給我們。

> **“ 我們一直在繳付「重力稅」，只不過這張賬單從來沒有人寄給我們。**
>
> —— 馮英倫

進入軌道之後，事情變得有趣。當浮力驅動的自然對流和沉降受到大幅抑制，物質傳輸可以更多由擴散等機制主導。這並不意味着「太空製造出來的東西一定比較好」，更不意味着任何工廠搬到太空都會提高品質。它真正提供的，是一種在地球表面難以長時間複製的實驗和加工環境。國際太空站長期以來進行的微重力材料研究，就包括玻璃、晶體、合金及凝固等不同材料科學問題。

這是十分重要的差別：太空並不是一間更加先進的工廠，而是一套不同的物理條件。如果一件普通產品搬到太空生產，既不會改善品質，也不會增加價值，那麼軌道製造就毫無意義；一旦某種產品的品質，恰好受到地球重力環境的某些物理過程制約，這套不同的環境便可能產生非常實在的經濟價值。

說到這裏，一個現實問題立即出現：就算微重力有優勢，火箭還是很貴。在可見的未來，軌道製造的經濟學非常苛刻，大致可以用三個條件來理解。首先是單位重量的價值必須極高。一噸普通鋼材的價值有限，把它送上軌道再運回來，自然不符合經濟效益；而換成一小批高價值材料或藥物，經濟算式便可能完全不同。其次是微重力帶來的品質差異必須真正值錢。如果上太空只能令產品改善一點點，而市場不願意為這個改善付出足夠的價格，那麼無論科學上多麼有趣，都很難形成產業。再次是產品製造出來之後，根本不用回地球。如果產品本來就是給衛星、太空站、軌道算力中心甚至未來月球基礎設施使用，那麼「在太空製造、在太空使用」便可能形成另一套完全不同的經濟邏輯。

01 **單位重量價值極高**
一噸鋼材不值得上太空；一小批高價值材料或藥物，經濟算式便可能完全不同。

02 **品質差異真正值錢**
微重力帶來的改善，必須是市場願意為之付出足夠價格的改善。

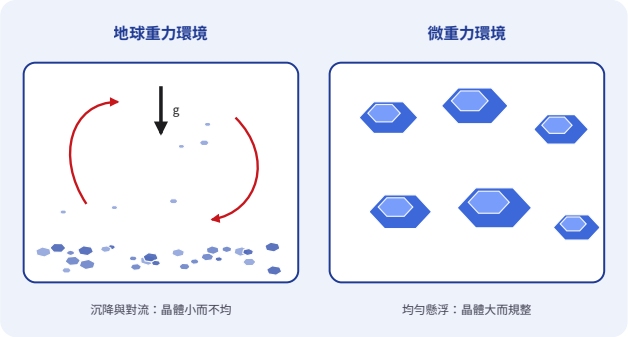
03 **造好不必回地球**
為衛星、太空站、軌道算力中心而造的產品，可「在太空製造、在太空使用」。

藥物開發最有前景

現階段最值得觀察的領域之一，是製藥。藥物為什麼適合成為軌道製造的先行者？其中一個重要原因，是不少藥物的性質不單取決於化學成分，也與其固體形態、晶體結構、顆粒大小和均勻程度等因素有關。微重力環境可以抑制浮力驅動的對流和沉降，因此長期以來一直被用來研究分子與蛋白質的晶體生長。在微重力環境中，科學家曾觀察到較大和更有序的晶體，而相關研究可以應用於藥物開發、配方、製造和儲存等範疇。

而這件事已經開始從科研實驗走向商業模式。美國的Varda Space Industries採取了一個相當直接的辦法：把自動化實驗和加工設備送入近地軌道，在微重力環境處理材料，再利用返回艙把樣本帶回地球；其研究方向包括晶體生長和生物醫藥等。在其利托那韋

（Ritonavir）實驗中，研究團隊成功回收在軌生成的亞穩定Form III晶型，並報告測試樣本及多種對照樣本具有良好的物理穩定性。



示意圖：地球重力下，沉降與對流令晶體細小而不均；在微重力環境中，晶體可均勻懸浮、長得更大更規整。（本刊繪製）

真正值得關注的，並不是「人類終於可以在太空製藥」這個吸引眼球的標題，而是它實際走通了一條過去看來極不尋常的物流鏈：發射、微重力加工、再入大氣層、回收、地面分析。一件產品先坐火箭上太空，再坐返回艙回到地球。過去聽起來近乎荒謬，但正好說明了軌道製造真正的經濟門檻：越輕、越昂貴、越依賴微觀結構的產品，就越有可能成為第一批具有商業價值的「太空製造」商品。

回顧人類工業文明，我們一直擅長利用不同形式的資源。工業革命利用煤和蒸汽；第二次工業革命利用電力；信息革命建立在半導體之上；今天的人工智能革命，則把電力和算力需求推到前所未有的規模。但軌道製造提出了一個稍有不同的概念：我們開始把物理環境本身視為一種生產資料。微重力不再只是太空人需要適應的異常狀態，而可能成為一項可以利用的工業條件。

這也是為什麼可回收火箭帶來的影響，遠遠不只是降低衛星發射成本。當進入軌道及從軌道返回的成本逐步降低，人類可以帶上太空的東西，以及可以從太空帶回來的東西，都會增加。軌道亦有可能慢慢從一個放置衛星、進行科研的地方，演變成真正發生經濟活動和工業生產的場所。而藥物只是故事的開始。另一類特殊材料，例如高性能光纖，其微觀結構同樣是微重力材料研究的重要方向；再往前一步，則是整個現代科技產業最重要的材料基礎之一：半導體。

如果微重力可以改變某些晶體與先進材料的製造條件，那麼我們今天習以為常的「在地球製造，再送上太空」模式，未來是否可能倒過來？有沒有一天，我們送上軌道的不是完整產品，而只是原料、設備與晶種，真正的生產過程反而在太空完成？甚至再走一步：如果產品本來就是在太空使用，為什麼一定要先在地球把它造好，再花費巨大能量把整件產品抬出地球的重力井？

下一篇，我們就從特殊光纖談到半導體，再談一種看似與電腦毫無關係、卻可能成為下一代半導體材料的物質：鑽石。屆時再看看，當「重力稅」被大幅降低之後，一間真正的太空工廠，究竟可能製造什麼。

原文轉載自2026年11月4日《大公報》B2 經濟版面

About HKBIO

Hong Kong Biotechnology Organization is an independent nonprofit organization (Charities exempted from tax under Section 88 of the Inland Revenue Ordinance) with the goal to promote best practice, raise awareness across the biotechnology industry while providing added value benefits to its members, whether they are students, researchers, entrepreneurs, industry bodies, public or private sector representatives.

香港生物科技協會是一個獨立的非營利組織（根據《稅務條例》第 88 條獲豁免繳稅的慈善機構），其宗旨是在生物科技行業中推廣最佳實踐，促進生物科技的發展。鼓勵並促成國際間的合作，同時為其成員（無論是學生，研究人員，企業家，行業團體，公共部門還是私營部門的代表）提供專業的觀點與技術建議。

Donor's Information 捐助者資料

Name 姓名：_____

Telephone 聯絡電話：_____

Company 公司：_____

E-mail 電郵：_____

Address 地址：_____

Donation Amount 捐款金額

☐ HKD500 ☐ HKD1,000

☐ HKD2,500 ☐ HKD5,000

☐ HKD10,000 ☐ HKD50,000

☐ HKD _____

Find Out More About Us 了解我們

HKBIO: https://www.hkbio.org.hk
Email: editorial@hkbio.org.hk
Telephone: +852 2799 7688

Donation Method 方法

☐ Bank Transfer

1. Local transfer (within Hong Kong)
Beneficiary Bank Name: The Hong Kong and Shanghai Banking Corporation Limited
Beneficiary Bank Code: 004
Beneficiary Name: Hong Kong Biotechnology Organization
Account Number: 411-753510-838

2. Overseas transfer (Including mainland China)
Beneficiary Bank Name: The Hong Kong and Shanghai Banking Corporation Limited
Beneficiary Bank Code: 004
Beneficiary Name: Hong Kong Biotechnology Organization
Account Number: 411-753510-838
Bank Address: 1 Queen's Road Central, Hong Kong SAR
Swift Code: HSBCHKHHHKH

Please email a copy of the payment slip along with donation information to: editorial@hkbio.org.hk

請直接存入本構機的匯豐銀行戶口：
411-753510-838，連同表格和銀行存款單電至：
editorial@hkbio.org.hk

☐ Cheque by post
Please make crossed cheque payable to "Hong Kong Biotechnology Organization" and post to: Unit 15-18, 16/F, South Wing Delta House, No. 3 On Yiu Street, Shatin, N.T. Hong Kong
支票抬頭請填寫「Hong Kong Biotechnology Organization」連同表格寄至香港新界沙田石門安耀街3號匯達大廈1615-18室

Thank you for your generous support!
感謝你的慷慨支持！

The above information will be used to issue you with a Hong Kong tax-deductible receipt (for donations HKD100 or above), which will be posted to the address provided. 以上捐助者資料可會用於香港申請可蓋善款稅項扣減收(只限捐款港幣100元正或以上)。捐款收條會以郵寄形式寄回。Redress will add you to our mailing list to keep you updated on our impactful work. Please tick this box if you wish to opt out. Redress將把閣下加入通訊錄以更新本機構最新消息，如閣下不欲被列入通訊錄內，請在空格內 ☐ For any enquiries, please contact 如有任何疑問，請聯絡 editorial@hkbio.org.hk or call +852 2799 7688.

中信证券
CITIC SECURITIES

Connecting Healthcare Innovation with Capital Markets

Insight ▸ **Industry** ▸ **Capital** ▸ **Wealth**

From industry insight to growth, capital formation and wealth creation



CITICS Platform

Leveraging CITIC Securities's integrated ecosystem to connect innovation, industry and capital

Investment Banking

Advisory and execution across IPOs, refinancing, M&A and strategic transactions

Wealth Management

Serving entrepreneurs and investors through diversified wealth solutions and connectivity

Research

Deep sector insight and institutional research support for the healthcare industry

Disclaimers: This advertisement is produced by CITIC Securities. This advertisement has not been reviewed by the Securities and Futures Commission ("SFC") or any other regulatory authority in Hong Kong.

Connect with CITICS Healthcare

PUJIANG INNOVATION FORUM 浦江创新论坛

浦江创新论坛·2026脑机接口大会

Pujiang Innovation Forum · 2026 Brain-Computer Interface Conference

主论坛议程

09:00—09:30 参会嘉宾签到
09:30—09:35 开场介绍
09:35—09:55 领导致辞
09:55—10:05 脑机接口国家级数据平台筹建启动暨数据底座“游刃1.1”发布
10:05—10:15 临床进展和成果发布
10:15—10:25 脑机接口相关赛事颁奖仪式
10:25—10:30 茶歇
10:30—10:45 主旨演讲一
10:45—11:20 主旨演讲二
11:20—11:35 主旨演讲三
11:35—11:45 开发者分享
11:45—12:15 产业领袖对话

*具体议程以当日发布为准

大会活动安排表

日期	地点	活动	内容
12月3日（周四）	脑智天地（闵北路618号）	1.脑机接口国际开发者大会 2.脑机接口竞技赛	聚焦技术开发与工程实践，设置前沿技术分享、开源生态研讨、赛事启动等核心环节，面向全球科研人才、开发者团队与创新创业企业搭建技术交流平台。
12月4日（周五）	脑智天地（闵北路618号）	1.脑机接口竞技赛 3.脑机接口投融资论坛	竞技赛持续开展技术比拼与现场验证；专题论坛聚焦前沿基础研究与成果转化方向；投融资论坛汇聚产业资本与优质创新项目，开展项目路演、资本对接与行业研讨。
12月5日（周六）	虹桥会议中心（丰虹路9号）	1.前沿专题论坛 2.临港实验室专题论坛 3.脑机接口供应链大会 4.脑机接口新品发布会	主论坛汇聚政产学研医金各界代表，集中发布国家级数据平台、产业研究中心、供应链联盟等重磅成果，开展主旨演讲与产业领袖对话；供应链大会集中展示全产业链产品技术，搭建供需对接平台；新品发布会集中首发前沿技术产品与场景解决方案。
12月6日（周日）	虹桥会议中心（丰虹路9号）	1.脑机接口供应链大会 2.脑机接口新品发布会 3.各领域主题分论坛	供应链大会持续开展供需对接与多场垂直领域分论坛；新品发布会继续呈现技术成果；配套细分领域主题研讨，深化产业精准交流与合作对接。

组织单位

1.主办单位

上海市科学技术委员会、闵行区人民政府、虹桥国际中央商务区管委会、临港国家实验室

2.承办单位

上海新虹桥国际医学中心建设发展有限公司（脑智天地）

脑新声（上海）科技有限公司/全球脑机接口供应链联盟

3.协办单位

上海水木络绎科技有限公司、脑机接口科创转化中心

4.支持单位

复旦大学附属华山医院、上海国有资本投资有限公司、上海临港经济发展集团科技投资有限公司、上海浦江创新论坛中心

大会指定报名通道

BCI NEW VOICES 脑机新声 脑智天地 NEURO SPACE

BIOTECHGAZINE · 生物科技誌

Address 地址:
Unit 15-18, 16/F
South Wing Delta House
No. 3 On Yiu Street, Shatin
N.T. Hong Kong
香港新界沙田石門安耀街3號
匯達大廈1615-18室
Email 電郵：editorial@hkbio.org.hk
Telephone 電話：(+852) 2799 7688

