大公報
2025年10月13日 星期一

3C科技

重塑生命，腦機接口未來已來？

就在最近這幾年，人類的科技又迎來新一輪的大爆發：人工智能大模型風生水起；具身智能成爲各國爭相進入的新風口；自動駕駛技術也日新月異；AI智能眼鏡百家爭鳴……作爲一個科技愛好者，在親自深度體驗過這些風口浪尖的高科技之後，筆者發現了一個目前這些技術在進一步發展或普及前必須解決的問題——全新的人機交互方式。

姚 剛

AI應用的輸入門檻

目前，我們能夠接觸到的人工智能大模型產品，如DeepSeek、ChatGPT等，高度依賴於使用者給出明確清晰的Prompt（提示詞），這樣大模型才能理解和推測用戶的意圖，並生成對應的結果。但，我相信大多數用戶在使用這些對話式交互的人工智能時，一定會遇到不知如何描述自己的想法，或者面對一個空白的輸入框，不知從何開始寫提示詞的情況。也正因此，才誕生了提示詞工程這門學科。

但，如果我們換一個角度去解決這個問題，比起讓全人類學習如何更好地去寫提示詞，我們也許可以用一種技術，讓AI能夠直接讀懂用戶腦海裏的想法。這也許才是屬於這個AI大爆發時代的最佳人機交互方式。

智能眼鏡無法實時感知

再如，以Meta為首的各類AI智能眼鏡已經陸陸續續推向市場。這個看似科幻和美好的全新品類的科技產品，卻普遍存在着一些基本的人機交互問題，一直無法得到解決。

當你佩戴了AI智能眼鏡，需要喚醒AI時，要麼需要你說一句類似「Hello Meta」這樣的喚醒詞，要麼需要用手按一下眼鏡上的某個按鈕喚醒AI助手，然後通過說話來給AI輸入指令。這一切的交互邏輯其實還是沿用了智能手機時代的「Siri」式的交互方式。但，如果我們全天佩戴AI智能眼鏡，則必定會遇到在公共場合不方便說話和不想引起他人注意，不想讓他人知道你對話內容的情況。

設想一下，當你腦海裏想起一件重要的事要記錄，你不再需要線上喚醒AI，再通過語音告訴AI你的想法並等待它的操作和數據的返回。而是在你想到這件事的時候，AI就識別並自動啟動，然後讀取了你的想法並把這條信息快速記錄進了你的備忘錄。這將是何等的自然而又顛覆式的創新交互體驗。

大模型訓練資源趨枯竭

在大模型領域，最近普遍被大家認同的一個觀點是，目前全球能夠被用來訓練大模型的知識已經幾乎耗盡，以至於現在很多的大模型公司已經開始通過AI合成一些數據來訓練模型。但事實上，有人提出，那些沒有被發布到網絡上，沒有被書籍或文檔記錄下來的存在人類大腦裏的知識，要遠比目前網絡上可見的知識多。也就是說，如果我們能有一種方式，把人類大腦裏的知識和經驗提取出來，用它來訓練人工智能大模型，那麼我們也許離真正的AGI（強人工智能）的到來就不遠了。

我知道，也許上面這些例子聽起來更像是不可能實現的科幻片裏的場景。但事實上，人類已經開始探索和掌握這項技術，那就是——腦機接口技術（Brain–Computer Interface, BCI）。

腦機接口技術核心原理

截至2025年，全球腦機接口（BCI）技術版圖的現狀：腦機接口技術最初被用於治療與康復，它為肢體、言語和感知障礙者帶來了重獲新生的希望。不止於此，教育、娛樂、軍事……你能想到的領域，它都有用武之地。根據多份權威報告分析，全球腦機接口市場正在經歷爆炸式增長。2024年全球BCI市場規模達24.4億美元，預計2030年突破400億美元。目前，BCI的醫療應用佔比超70%，主要集中於神經康復與罕見病治療。美國以62.7%的醫療BCI專利量主導全球創新；歐盟通過「人腦計劃」推動科研應用；中國專利數量全球第一，但質量有待提升；日本、澳洲在非侵入式技術領域表現突出。

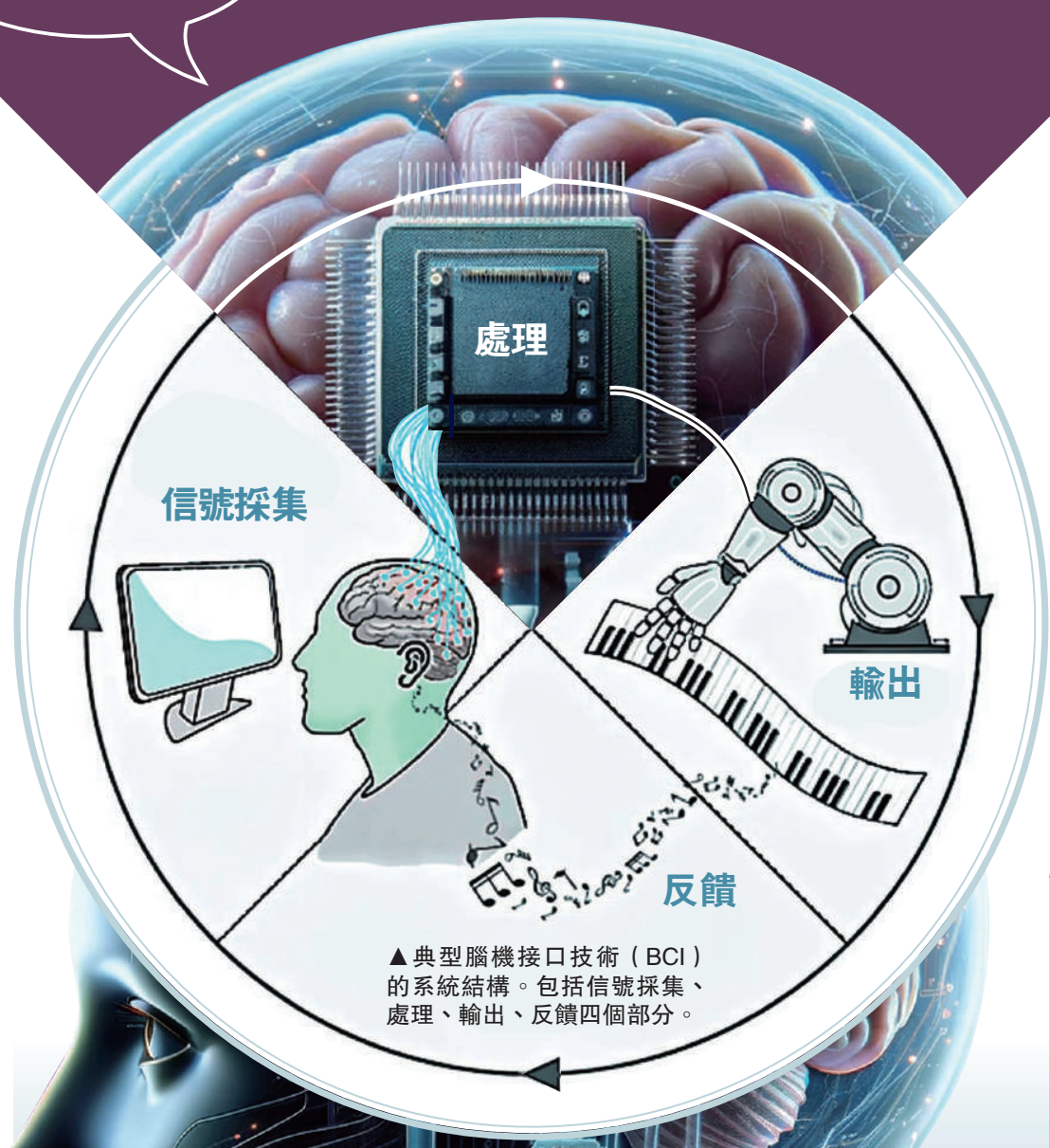
當前，腦機接口正處於技術爆發的關鍵期，美國和中國無疑是這場競賽的領跑者，並且都已有腦機接口產品成功上市。據統計，全球BCI關聯企業已超500家，其中中美企業佔70%以上。

腦機接口技術的核心目標是實現大腦與外部設備之間的直接通信。簡單來說，腦機接口就是在大腦的電活動與外部設備之間建立一條「直達通道」。它接收、分析並翻譯大腦產生的信號，最終將它們轉化為控制現實世界設備的指令。

它的核心原理其實可以拆解為四步：採集腦信號→處理獲取信號→輸出執行命令→接收反饋。其中，如何高質量地「讀取」大腦信號、如何精準地「理解」大腦在想什麼（信號處理與解碼），以及如何讓指令順暢執行（控制接口），是技術突破的核心戰場。

根據電極與大腦的接觸方式，腦機接口主要分為三類：侵入式腦機接口（Invasive BCI）、非侵入式腦機接口（Non–invasive BCI）和半侵入式腦機接口（Partially Invasive BCI / Interventional BCI）。

下面，讓我們通過幾個例子看看這些技術目前面臨的人機交互問題：



▲典型腦機接口技術（BCI）的系統結構。包括信號採集、處理、輸出、反饋四個部分。

中美腦機接口技術特點和差異

特徵	中國腦機接口技術	美國腦機接口技術
發展模式	更注重科研成果向產業應用的轉化，解決實際社會需求。在非侵入式領域領先，侵入式快速追趕。	典型的「高風險＋高投入＋長周期」創新模式，追求極致交互效果。在侵入式領域處於全球領先地位。
技術路線	非侵入式技術發展成熟，侵入式和半侵入式也在積極推進。	侵入式技術是重點，半侵入式也有代表性公司。
應用重點	醫療康復、教育、智能家居等。	醫療（特別是重度殘疾患者的康復）、軍事應用。
代表企業	腦虎科技、博睿康、強腦科技、階梯醫療等。	Neuralink、Synchron、Blackrock Neurotech等。
臨床進展	已有國產無線植入式中文語言腦機接口成功應用於臨床，侵入式設備進入臨床試驗。	Neuralink和Synchron等公司已在人體進行臨床試驗並取得顯著成果。
優勢	非侵入式技術普及度高，成本和風險較低，更易於推廣。	侵入式技術信號質量高，控制精度和帶寬更高，在複雜任務控制方面有優勢。
挑戰	侵入式技術起步相對較晚，在核心芯片和算法方面仍需突破。	侵入式手術風險和倫理問題，以及設備的長期穩定性和生物相容性。

▶博睿康自主研發的NeuroHUB多模態平台。

我國腦機接口發展現狀

中國在腦機接口領域的發展迅速，與美國共同引領全球腦機接口的研發。中國在非侵入式腦機接口技術方面尤其處於世界前沿，並且在侵入式腦機接口的臨床試驗方面也取得了顯著進展。預計中國腦機接口市場將持續快速增長，有預測顯示到2027年市場規模將達到50億人民幣，到2040年可能突破1200億元人民幣。

中國政府高度重視腦機接口技術的發展，將其列為國家戰略性前沿科技與研究方向，並出台了相關政策支持醫療用途的腦機接口技術發展。例如，上海發布了2025–2030年腦機接口未來產業發展規劃。

中國在非侵入式腦機接口領域擁有較強的實力，同時也在積極推進侵入式和半侵入式腦機接口的研發和臨床應用。2025年被視為中國腦機接口技術正式步入臨床的關鍵一年。中國已成功開展了首例國產無線植入式中文語言腦機接口臨床試驗，幫助漸凍症患者重建交流能力。此外，也有侵入式腦機接口設備植入人體並取得初步成功，受試者在短時間內實現了意念控制下棋、玩賽車遊戲等。

中國腦機接口領域的企業主要集中在醫療領域，同時也在教育、智能家居等非醫療領域有所布局。許多公司都是近五年內成立的初創企業，主要領軍企業分布在上海、北京和廣東等地：

腦虎科技（NeuroXess）

腦虎科技在侵入式腦機接口領域具有代表性，其無線植入式腦機接口已成功應用於臨床試驗，幫助患者實現意念控制。在國際上，腦虎科技被認為是與Neuralink等國際領先企業在侵入式BCI領域展開競爭的中國代表之一。

▶Neuralink專注於高帶寬侵入式腦機接口，通過微創手術將超細柔性電極植入大腦，旨在實現大腦與外部設備的直接高速通信。

博睿康（BrainCo）

博睿康專注於非侵入式腦機接口技術，產品涵蓋科研級腦電採集與刺激設備、醫療級腦電設備等，應用於生物醫學、心理學、神經科學等領域。博睿康在非侵入式BCI市場具有一定影響力。

強腦科技（Brain Robotics）

強腦科技成立於2015年，是首家入選哈佛大學創新實驗室的中國團隊，致力於成為全球領先的非侵入式腦機接口技術解決方案供應商。其在非侵入式BCI領域的技術和解決方案在國際上頗具競爭力。

▶強腦科技智能仿生手在竹上揮毫潑墨，寫上「有朋自遠方來，不亦樂乎」等字亮相今年日本大阪世博會。

中國在腦機接口領域，尤其在非侵入式技術和醫療康復應用方面，已具備國際領先水平。在侵入式領域，雖然起步相對較晚，但通過政策支持和企業投入，正在快速追趕，並已進入臨床試驗階段，有望在未來挑戰美國等國家的領先地位。中國在腦機接口技術的發展上，更注重科研成果向產業應用的轉化，並積極解決實際社會需求中的問題。

結語

腦機接口技術作為一項顛覆性的前沿科技，正以前所未有的速度發展，並展現出巨大的潛力和廣闊的應用前景。在國際競爭格局中，美國憑藉其在侵入式腦機接口領域的長期投入和技術積累，在尖端研究和臨床試驗方面保持領先地位。中國在腦機接口領域也取得了令人矚目的成就，尤其在非侵入式技術和醫療康復應用方面具備國際領先水平。

展望未來，腦機接口技術與AI智能眼鏡、AR技術以及人工智能大模型等前沿科技的深度融合，將徹底改變人機交互的範式。我們有望通過意念控制智能設備、實現實時的認知增強、沉浸式AR交互以及「意念」生成與創作等顛覆我們想像的應用場景。這種融合將模糊人與機器的界限，推動人機共生智能的發展，極大地提升人類的生產力、生活質量和認知能力。

▶Synchron專注於半侵入式腦機接口，其Stentrode設備通過血管植入，避免了開顱手術，降低了手術風險。

責任編輯：寧碧怡 美術編輯：莫家威