



星球永續健康線上直播

量子健康科學 (9)

智慧量子糾錯

2026 年 9 月 23 日

量子電腦對特定目標具有高效運算潛力，卻也因量子位元對噪訊極為敏感容易受到溫度、電磁雜訊及環境干擾而產生錯誤。如何從複雜且不完整的訊號中辨識錯誤、找出錯誤來源並即時進行修正成為量子科技發展的重要課題。人工智慧技術進步下 AI 也開始被應用於量子錯誤的辨識與解碼，為提升量子運算的穩定性與可靠性提供新的可能。本週我們將探討 AlphaQubit 如何結合人工智慧進行量子糾錯，以及智慧量子糾錯在生物科學領域的應用潛力。

健康科學新知

德國右翼崛起與歐陸伊斯蘭焦慮：「風聲鶴唳」

德國本月傳出政治警訊：另類選擇黨 (AfD) 在薩克森-安哈特邦選舉中拿下 44% 選票，可望成為 1945 年以來德國首個由民粹右翼政黨執政的邦，儘管組閣仍需盟友或其他議員支持。AfD 目前在全國民調中也領先總理梅爾茨 (Friedrich Merz) 所屬的基督教民主聯盟 (CDU/CSU) 8 個百分點。長期以來，德國中間派以「防火牆」(Brandmauer) 拒絕與 AfD 合作，但 AfD 的勢力不減反增，並在「再移民」、對俄政策及歐盟議題上採取更激進的立場。《經濟學人》社論認為，中間派不應因 AfD 崛起而停下改革腳步，除了持續推動稅制、年金等改革，也應重新思考僵化的「防火牆」策略；若 AfD 願意與最極端的路線及人物切割，未來並非完全沒有合作空間。社論同時指出，梅爾茨支持度僅 13%，中間派若要重新取得選民信任，必須提出更具說服力的政治願景。與此同時，歐洲右翼民粹勢力也日益將矛頭指向穆斯林社群，從限制清真寺、公開喚拜到頭巾與宗教活動，都成為政治議題。然而，《經濟學人》的調查顯示，實際情況比政治語言所描繪的更為複雜：穆斯林占西歐各國人口比例均不到一成，許多移民也逐漸融入當地社會。例如德國 2015 年抵達的移民中，64% 在 2022 年前已經就業；另有 88% 的在德穆斯林認



為自己融入良好。真正的挑戰，在於如何區分「保守但合法的宗教價值觀」與「企圖破壞自由民主體制的伊斯蘭主義」，同時避免將少數極端分子的行為擴大至整體穆斯林社群。漢堡內政部長格羅特（Andy Grote）形容，AfD 與激進伊斯蘭主義者之間存在相互強化的關係，雙方都可能從社會對立中壯大。若政治措施進一步加深穆斯林社群的疏離，反而可能使右翼民粹與宗教極端主義在彼此對立中持續獲得動能。

民主黨多元路線：「塞翁失馬」

2026 年期中選舉將至，美國民主黨內部的路線之爭日益明顯。近年進步派與民主社會主義者（DSA）影響力持續上升，多名左翼候選人在初選中挑戰建制派，民主黨選民的政治立場也逐漸左移。然而，左翼勢力目前主要集中於民主黨優勢選區，真正左右國會多數的搖擺州與選區，仍高度仰賴溫和派候選人。這也使民主黨面臨兩難：一方面，進步派帶來新的政策主張與政治動能；另一方面，溫和派擔心過度左傾可能影響搖擺選民。共和黨則試圖將民主黨與「社會主義」形象綁在一起，使黨內如何平衡不同派系成為期中選舉的重要課題。民主黨目前的紛亂未必完全是弱點。相較於共和黨內部在川普領導風格下高度團結一致，民主黨透過不同世代與路線的競爭尋找新的政治方向。這場爭論也可能成為 2028 年總統初選的前哨戰，迫使左翼與中間派都提出對選民更具吸引力的新願景。

馬來西亞資料中心熱潮：「水漲船高」

馬來西亞正經歷全球最熱絡的資料中心建設潮之一，其中柔佛州成長尤其迅速。受惠於土地成本、穩定電力與政策支持，當地資料中心容量在五年間大幅擴張；全國容量到 2030 年可能達 7.7GW。資料中心投資相當於馬來西亞 GDP 的 18%，並帶動製造、營建與出口成長。美中競爭下的「中國+1」供應鏈布局，也進一步推升外資流入。馬來西亞的下一步，是從資料中心與半導體組裝進一步走向 AI 價值鏈上游。政府提出打造「AI 國家」，希望 2030 年前躋身全球 AI 發展前十名，並開始優先吸引能創造高技能工作、支持研究及培養本土供應商的投資，而不只是增加伺服器與資料中心數量。然而，快速擴張也帶來隱憂。經濟成長的成果在不同地區與產業間分配不均，資料中心的高耗電、



用水與環境壓力也逐漸浮現；其用電目前約占全國可用發電容量 7%，2035 年可能接近 31%。目前當地反對聲浪仍有限，但如何在 AI 產業升級、經濟效益與能源環境負擔之間取得平衡，將成為馬來西亞下一階段的重要挑戰。

健康資料庫資安危機：「防微杜漸」

《Nature》於 2026 年 9 月 8 日刊出的 News Feature 探討 UK Biobank 資料外洩事件，以及大型生醫資料庫如何在研究開放與資料安全之間取得平衡。事件始於 2026 年 4 月，UK Biobank 發現中國二手交易平台出現疑似參與者敏感資料的販售資訊，後續調查共發現三起相關事件，均涉及中國境內研究機構，促使 UK Biobank 暫停研究者存取並重新強化安全架構。事件也凸顯「假名化不等於完全匿名」。即使姓名、地址等直接識別資訊已被移除，只要健康、時間與人口學資料足夠豐富，仍可能重新識別個人。過去 UK Biobank 允許研究者下載原始資料，但資料離開中央平台後便難以持續追蹤。因此，目前正轉向更嚴格安全規範雲端操作模式，並導入 airlock 機制，在研究結果匯出前自動檢查是否包含個人層級資訊。然而，安全性提高也可能增加研究門檻。不同生物資料庫各自採用不同平台與規範，使跨資料庫研究更加困難；僅使用 summary statistics，也未必能滿足罕見基因變異等研究需求。隨著各國資料政策、地緣政治與人工智慧快速發展，生醫資料治理面臨的核心問題已不只是「如何防止外洩」，而是如何在保護參與者隱私、維持研究可近性與促進跨國科學合作之間取得平衡。

建築降溫新塗層：「以白制熱」

面對日益升高的氣溫，科學家正嘗試用更有效率的「白色塗層」為城市降溫。倫敦大學學院 (UCL) 團隊已在倫敦公車測試一種可反射 93% 陽光的輻射式降溫塗層，高於一般白漆約 84% 的反射率。這項技術不需額外能源，便能減少太陽熱能吸收；在馬德里的實驗中，塗層表面溫度比一般白漆最多低約攝氏 8 度。輻射式降溫的關鍵，在於材料一方面反射大部分太陽短波輻射，另一方面又能將自身熱能以紅外線形式向外釋放。UCL 團隊利用氣凝膠與聚合物提升光線散射與反射能力，同時讓熱能透過大氣較容易穿透的波段散逸。其他技術也陸續商品化，例如香港 i2Cool 已將相關塗層應用於大面積建築；



新加坡南洋理工大學則開發可吸水並利用蒸發散熱的水泥材料，進一步提升降溫效果。這類技術的重要性正隨氣候變遷升高。2025 年空調已占全球用電量約 10%，不僅增加能源需求，冷媒與排放至室外的熱氣也可能加劇暖化與都市熱島效應。輻射式降溫若能廣泛應用於屋頂、交通工具與建築物，有望降低空調需求；對於高溫、卻缺乏空調資源的低收入地區，更可能成為降低熱傷害風險的低成本方案。

全球青少年學力滑落：「每況愈下」

OECD 最新一輪 PISA 結果顯示，全球 15 歲學生的數學、閱讀與科學能力持續下滑，並未如預期在疫情後反彈。長期來看，持續參與測驗的 OECD 國家平均成績約從 2012 年後一路下降，低成就學生比例也明顯增加，高低成就者之間的差距更創下紀錄。亞洲教育體系仍居前列，新加坡、台灣與日本表現突出，愛沙尼亞則維持西方國家中的領先位置。學生能力下降除了受到疫情與缺課增加影響，也可能與手機、社群媒體及閱讀習慣改變有關。文章同時反思部分教育改革，例如減少考試、降低學習要求或大量採用未經充分驗證的教育科技，未必能改善學習成果。相較之下，東亞國家的退步幅度較小；英格蘭近年透過知識導向課程、更嚴格的考試與視導，學生表現也有所提升，顯示教育品質並非單純增加經費或人力就能改善。《經濟學人》社論認為，AI 的發展並不代表基礎學習的重要性降低，反而使讀寫、算術與專注思考能力更加重要。當 AI 讓人更容易把複雜思考外包給機器，學校更需要培養學生獨立理解與判斷的能力。文章因此呼籲各國重新檢視手機使用、教學方法與學習標準，並以長期教育改革因應學生能力持續下降的問題。

AI 時代就業浪潮：「推陳出新」

AI 目前未造成先前產業界擔憂的大規模「就業末日」，反而在美國帶動了一波新的就業需求。雖然部分專業與行政職務受到明顯衝擊，例如科技公司裁員、客服與行政支援職位減少，但這些損失目前仍被 AI 相關的新職缺所抵銷。自 2023 年中以來，AI 相關裁員約 20 萬人，但 AI 已創造約 100 萬個新工作機會，淨效果目前偏正向。新增職缺主要來自三個方向。第一是 AI 基礎建設，包括晶片、伺服器、資料中心、冷卻系統與



電力網路，帶動電工、HVAC 技師、電網工程師與設備維護人員需求；資料中心建設相關產業自 2023 年以來的就業成長，約比整體建築與製造趨勢多出 32 萬人。第二是新型白領 AI 工作，例如 AI 工程師、資料標註人員、forward-deployed engineer 及企業內的 AI 主管等，部分職位在幾年前甚至尚不存在。第三則是生產力提升後帶來的需求擴張，例如 AI 讓律師、分析師等專業工作者能更快速完成任務，如果服務成本下降並刺激更多需求，最終可能反而增加工作量與就業。不過，文章也強調 AI 帶來的衝擊並不平均。客服、秘書與行政助理等高度重複性工作已出現明顯就業下降，而部分技術、工程、資料科學及生命科學職位則快速增加。這表示 AI 較可能改變職務結構，而不是單純讓所有工作同方向減少。簡要而言，現階段 AI 對就業市場的影響較接近「重組」而非全面取代：舊工作受到壓縮的同時，也產生基礎建設、AI 技術與新型專業服務需求。文章的結論並不是認為未來不存在失業風險，而是指出截至目前，實際數據尚未支持 AI 已造成大規模淨失業，反而顯示 AI 相關投資與生產力提升正在創造新的工作機會。

機器人運動會邁向突破應用：「突飛猛進」

2026 年 8 月 22 日至 26 日舉行的世界人形機器人運動會，吸引超過 600 支隊伍參賽。除了短跑、跳躍等競技項目，也加入書籍上架、鋪床等日常任務，藉此測試機器人的「具身智慧」。人形機器人的運動能力進步尤其快速，部分機器人在短跑與跳躍項目已展現超越過往的表現，顯示透過模擬、最佳化與反覆訓練，機器人在規則明確的環境中已能快速提升運動能力。然而，真正困難的是需要手部靈巧度、工具使用及即時環境互動的任務。例如握住錘子釘釘子，不僅需要判斷位置，還涉及握力、角度與施力控制。研究人員因此正發展「physical AI models」，透過人類動作示範及模擬環境訓練，讓機器人學習如何將感知轉化為真實世界的動作，而不只是執行固定程序。人形機器人真正的價值，不在於跑得多快或能否後空翻，而是能否可靠地處理繁瑣、重複或危險的工作。目前仍面臨可靠性、安全性與成本等限制，因此從競技場走向家庭、醫療或產業環境之前，除了提升單項能力，更重要的是強化系統穩定性、環境適應、故障容錯與安全控制。



大學偵測 AI 寫作：「真假難辨」

隨著生成式 AI 進入校園，愈來愈多學校使用 AI 偵測工具判斷作業或申請文件是否由 AI 生成，但誤判問題也逐漸浮現。一名申請博士班的學生 Lauren Jager 明明完全沒有使用 AI，研究文稿卻被多款工具判定「幾乎 100% 由 AI 生成」，最後甚至刻意把文章改得「不那麼完美」，才降低 AI 偵測分數。此案例顯示 AI 偵測工具的可靠性仍有限。2025 年研究發現，GPTZero 將人類文章誤判為 AI 生成的假陽性率約 16%；史丹佛大學研究更發現，91 篇中國考生的英語作文中，超過一半被錯誤標記，平均假陽性率達 61.3%，顯示非母語寫作者可能因用詞較簡單、句型較固定而更容易被誤判。此外，只要利用 AI 重新改寫或使用「人性化」工具，也可能大幅降低被偵測的機率。因此，專家認為 AI 偵測結果不應直接作為認定作弊的證據。Turnitin 也強調，偵測結果應作為教師進一步檢視與溝通的依據，並推出 Turnitin Clarity，改以修改紀錄、文字貼上時間等方式記錄學生的「寫作過程」。這也反映教育界正在重新思考：與其執著於判斷一篇文章是不是 AI 寫的，更重要的或許是確認學生是否真正參與並展現了學習與思考的過程。

AI 時代寫作新定義：「文思共創」

《經濟學人》於 2026 年 9 月 7 日刊出的文章，由前職業演講稿撰寫人 Ryan Jacobs 撰寫。作者認為，討論 AI 寫作時，不應只糾結於「文字是不是本人親自寫」，而應關注 AI 是否能幫助使用者整理原本模糊的想法，讓思考與表達更加清楚。作者以專業代筆人為例指出，政治人物與企業領袖長期接受專業寫作者協助已清楚表達理念與社會溝通及傳播目的。優秀的代筆者並非只是把句子寫漂亮，更會透過訪談、提問與追問，協助當事人找出經驗與觀點之間的連結。AI 若能扮演類似角色，就可能讓過去只有少數人負擔得起的專業寫作協助更加普及。然而目前 AI 仍較傾向順從使用者，不擅長持續追問、挑戰假設與深入理解想法。作者也提醒，當 AI 讓文字生成變得過於容易，可能產生「更多、卻更空洞的文字」。因此，理想的 AI 寫作工具不應只是快速代寫，而應像優秀的編輯或 speechwriter 一樣，透過提問與挑戰幫助使用者釐清真正想表達的內容。AI 寫作的價值，最終不在於「誰寫了這些文字」，而在於它是否真正提升人的思考與表



達能力。

愛因斯坦測試 AI 創新科學力：「破舊立新」

AI 能否在只接觸特定歷史年代以前知識的情況下，自行重新發現相對論等重大科學理論。這類「愛因斯坦測試」被用來檢驗 AI 是否具有真正的科學創造力。目前研究顯示，大型語言模型擅長從資料中尋找規律，卻仍不擅長提出能改變既有科學框架的全新概念。例如，MIT 研究發現，AI 即使接觸符合牛頓力學的行星力學觀測資料，也未能自行推導出具有普遍性的萬有引力定律。研究者也建立只使用 1900 年以前資料的歷史模型 Machina Mirabilis，希望讓 AI 如同當年愛因斯坦重新發現量子力學與相對論。模型偶爾能提出接近後來物理概念的想法，但多數仍缺乏真正的物理解。AI 的另一項限制，是容易忽略異常值，也缺乏判斷「哪些問題重要、哪些理論值得深入研究」的能力，而重大科學突破往往正是來自科學家對少數異常現象的長期追問。要讓 AI 產生類似愛因斯坦的科學突破需要更深入理解真實世界物理資料、數學關係與實驗結果。目前 AI 在問題已經明確、可借用其他領域方法或概念的研究中協助產生新發現，提出足以改變人類世界觀的科學理論仍有相當距離。

AlphaQubit 量子智慧糾錯

Netflix 影集《三體》的故事源於文化大革命時期。物理學家葉文潔在紅岸基地工作時，發現太陽可以作為天然的電磁訊號放大器，使訊號能夠傳送到更遙遠的宇宙空間。她在特殊的時代背景與個人經歷之下，最終向「三體」文明發出了訊息，也成為後續一連串事件的起點。到了現代，地球上陸續發生許多異常事件，包括尖端物理研究受到干擾。為了了解三體文明的入侵訊息，情報人員維德策畫「古箏行動」，利用奈米絲摧毀三體組織成員所在的「審判日」號船艦，並取得大量通訊資料。這些資料揭露了三體文明的技術能力，以及其對地球的入侵意圖。從故事設定來看，這些資料經過高度加密，因此如何從龐大而複雜的訊息中找出真正有用的內容，如同本次量子資訊與解碼問題。高維空間物理學家程謹與情報人員維德透過腦機介面進入《三體》的虛擬世界。該設備利用虛擬實境遊戲，成為三體文明與地球人接觸、溝通的重要媒介。兩人在虛擬世界中



首次與外星文明接觸，並得知三體文明已經部署「智子」監視地球，同時干擾地球的科學發展，為未來的入侵做準備。三體人把質子改造成具有運算能力的「智子」，並利用量子糾纏進行即時互動與傳訊。智子抵達地球之後，持續監視人類，並干擾粒子加速器的實驗結果，使基礎物理研究無法順利進展。三體文明介入目的是擔心在人類科技快速發展之下，等到數百年後真正抵達地球時，人類可能已經發展出足以對抗他們的技術。因此試圖從基礎科學開始限制人類的科技進展。

《三體》情節以科幻色彩描述數位虛擬與量子科學，然而量子科技在運算時，如何面對複雜環境所造成的誤差？人工智慧在量子科學中的角色，可以參與量子硬體設計、控制流程最佳化，以及量子錯誤校正。量子電腦即使具有非常強大的運算潛力，如果錯誤無法被辨識與修正，最後得到的結果仍然可能不可靠。因此須利用人工智慧協助量子系統辨識錯誤、進行校正。AlphaQubit 可以把它比喻成量子電腦的「糾錯醫師」。量子電腦很有潛力，但也非常容易受到雜訊干擾。AlphaQubit 的任務，就是從一連串不完整、甚至帶有雜訊的訊號中，判斷「哪裡可能出錯了」，再決定應該如何修正。這和臨床診斷其實很相似。醫師不可能直接看到病人體內每一個細胞正在發生什麼，而是透過心電圖、血壓、血氧以及各種檢驗與警示訊號，綜合判斷真正的問題。AlphaQubit 面對量子電腦時，也是從可觀察到的間接訊號，反推出背後可能發生的錯誤。量子位元非常敏感，溫度、電磁雜訊，甚至鄰近 qubit 的干擾，都可能使運算結果偏離原本的狀態。這些雜訊往往非常複雜，而且彼此相關，很難完全靠人工預先寫出所有規則。這正是 AI 擅長的地方。AI 可以從大量、複雜而且彼此相關的訊號中找出規律，特別適合處理人類難以手工描述完整的雜訊模式。因此，量子硬體負責高速運算，而 AI 負責讀懂錯誤訊號並協助校正，讓最後的有效答案更可靠。這就像降噪耳機，不是讓外界完全沒有噪音，而是辨認噪音的特徵，再把它抵消掉。AI 並不是取代量子物理，而是幫助量子硬體「聽懂雜訊」。

量子資訊中的錯誤並不是單一形式。包括位元翻轉(X error)、相位翻轉(Y error)，以及兩者同時發生錯誤(Z error)。除此之外，實際量子系統還可能出現測量錯誤、



leakage，也就是量子位元跑到原本計算空間之外，以及鄰近 qubit 之間的 cross-talk，也就是串擾。量子糾錯的困難在於：我們看到一個異常結果時，不能立刻知道它究竟是哪一種錯誤造成的。不同錯誤還可能同時出現、彼此牽連，甚至量測本身也可能不可靠。用醫療來比喻，量子錯誤就像不同的病因。X 錯誤像是把 0 看成 1，屬於位元翻轉；Z 錯誤則是數字表面看起來沒有改變，但相位已經發生變化；Y 錯誤則可以視為 X 與 Z 同時發生。另外還有測量錯誤，也就是病人本身可能沒有改變，而是儀器讀錯；leakage 則像 qubit 離開原本應該存在的 0、1 計算空間；cross-talk 則是一個 qubit 的問題連帶干擾到鄰近 qubit。真實晶片上的情況通常不是只有一種錯誤，而是多種因素同時出現，所以我們必須把這些訊號整合起來判斷。

量子資料無法持續直接查看(量測)，因為測量本身就可能改變量子狀態。因此研究者會反覆量測周圍的穩定(stabilizers)，觀察哪些地方和上一輪不一樣，再由這些 detection events 反推真正的錯誤。整個流程可以分成四個步驟：第一是收集每一輪的 syndrome 或偵測事件；第二是找出異常之間的關聯；第三由 AI 解碼，估計最可能的邏輯錯誤；第四再決定是否需要翻轉或校正結果。這就像大樓失火時，我們不一定直接看得到火源，但可以從哪些煙霧偵測器先響、哪些後響，反推出火勢最可能從哪裡開始。

量子錯誤不能只看單一時間點，而要把連續多輪的量測串在一起建立量子狀態時間序列。Surface Code 透過反覆量測 stabilizer，形成連串時間序列資料，再觀察異常訊號是偶發、持續，還是隨著時間在空間中移動。收集的量子錯誤相關資料不只是某一個 qubit 在某一時刻有沒有異常，而是它前後的變化，以及周圍 qubit 是否出現相關的異常。這些時間與空間的資訊，才是解碼器判斷錯誤來源的重要依據。

Surface Code 可以用「鄰里巡邏」來理解。重要的量子資訊不是只放在單一 qubit 上，而是分散在許多物理 qubit 中，形成一個受到保護 logical qubit。穩定子就像巡邏員，它不直接去讀取住戶的秘密，而是檢查鄰居之間的關係有沒有突然改變。當某些 stabilizer 的讀數改變，就像地面留下了腳印，decoder 要做的，就是從這些腳印反推出錯誤可能走過的路徑。單看一張照片很容易誤判，但如果連續看很多輪，就比較能知



道異常是偶發、持續，還是正在移動。因此，Surface Code 的核心不是保證完全不出錯，而是讓錯誤可以被偵測、被追蹤，最後被修正。

AlphaQubit 的工作流程可以簡化成「量測、推論、修正、再量測」。第一步，每一輪收集 stabilizer 訊號；第二步，AI 綜合現在與過去的資料，估計哪一種錯誤最可能發生；第三步，執行相對應的修正，或者更新我們對訊號的解讀；第四步，再把下一輪量測資料加入，持續更新判斷。這很像 GPS 導航。GPS 不會因為一次定位飄掉，就立刻認定你走錯路，而是會連續看位置、速度與道路資訊，再重新估計你真正在哪裡。AlphaQubit 也是一樣，它不是一次定生死，而是不斷根據新資料更新判斷。因此 AlphaQubit 的糾錯是一個遞迴過程。每一次量測都提供新的 syndrome 資訊，解碼器根據這些訊號推論最可能的錯誤，再進行修正；修正之後並不是結束，而是再次量測，再重新判斷。這種反覆更新的精神和許多人工智慧系統很相似：模型不是只依賴一次判斷，而是在新的資訊進來之後持續修正。對量子電腦而言，這種即時而連續的錯誤追蹤，是讓邏輯量子位元維持可靠的重要基礎。AlphaQubit 使用 Transformer 架構進行解碼訓練。它採取兩階段的方式：先利用大量模擬的量子電路與雜訊資料，學習一般性的解碼能力；接著再使用較少量的真實量子硬體資料進行微調。這樣做的好處是，模型可以先從大量模擬資料學會各種可能的錯誤模式，再利用真實資料適應實際晶片的雜訊特性。也就是先建立一般能力，再針對真實環境校正，使解碼器更接近實際量子硬體的需求。

綜整智慧量子糾錯運用，第一，量子電腦容易出錯，因此量子錯誤校正，也就是 QEC，是走向實用容錯量子運算的核心。第二，AlphaQubit 使用神經網路，從模擬與真實資料中學習複雜雜訊，而不是只依賴人工預先寫好的錯誤模型。第三，它同時利用時間序列、晶片空間結構、注意力與軟資訊，因此能保留更多可用線索。第四，第一代系統的重要限制之一仍然是速度，後續研究必須朝即時、可擴展的解碼前進。第五，生醫應用確實具有很大的想像空間，但現階段必須把「技術潛力」與「已經證實的臨床效益」清楚區分。AlphaQubit 的核心價值，是把物理知識與 AI 結合，讓 AI 從雜訊中找回可信的量子資訊。



智慧量子糾錯生物科學應用潛力

量子糾錯可建立可靠量子運算達到應用目標，當這些運算逐漸可靠之後，是否能夠應用到分子模擬、藥物設計、疾病機制研究與個人化醫療等生物醫學問題。如果從醫療角度來看，AlphaQubit 很像 ICU 裡面的智慧監測系統。量子電腦太容易受干擾。我們不能直接看到每一個量子狀態內部發生什麼，因此只能從許多間接訊號判斷哪裡可能出錯。這和加護病房非常相似。如同醫師不可能一直打開病人的身體查看，而是從 ECG、血壓、血氧與各種警報，推測真正的生理狀態。AlphaQubit 就是在量子系統中扮演類似的角色，持續觀察、整合訊號，再判斷異常最可能發生在哪裡。qubit 非常敏感。微小熱能、電磁雜訊，甚至鄰近 qubit 的訊號，都可能改變運算結果。如同加護病房裡的重症病人，病況非常脆弱，一點血氧下降或心律變化，都可能代表整體狀態正在改變。因此需要持續監測。越追求高精度與高敏感度，就越需要面對環境干擾所造成的錯誤。測量會改變量子狀態。因此量子糾錯需反覆讀取周圍的 stabilizer，找出 detection events，再由這些事件反推錯誤。如同在醫療難以直接觀測如敗血症成因但可量測發燒、心跳加快、血壓下降、乳酸升高等表現，拼湊線索推測原因。臨床上也常透過連續時間的變化判斷病情是改善還是惡化。AlphaQubit 不只依賴人類預先寫好的雜訊模型，從大量資料中學習「什麼樣的訊號組合最像真正的錯誤」。這就像 AI 判讀 ECG，不是只問心跳有沒有大於 100，而是同時看整體波形、前後時間變化，以及多個導程之間的關聯。在未來的健康照護中，我們也希望 AI 能夠像一位持續工作的助理，從穿戴裝置、監測儀器與連續生理資料中，及早辨識真正重要的變化。這種從大量時間序列訊號中找出異常模式的概念，和 AlphaQubit 的智慧解碼具有相似的思考方式。

未來量子運算與糾錯技術更加成熟，在生物科學上可推展重要應用方向。第一是精準藥物設計，比較不同分子與靶點之間的交互作用；第二是蛋白質與分子模擬，探索複雜的量子化學能量狀態；第三是疾病機制研究，協助建立更細緻的分子層級假說。另外，也可能應用在生物分子設計、部分高維醫療資料的量子或混合演算法，以及個人化醫療，把基因變異與藥物反應等問題轉換成可計算模型。不過這些目前主要仍屬於應用潛力，



真正的臨床效益仍需要後續驗證與評估。

我們以肺癌標靶治療作為一個應用情境。現在肺癌治療已經進入精準醫療時代，部分具有特定分子變異的病人，可以使用相對應的標靶藥物，讓藥物與特定蛋白靶點結合，達到抑制腫瘤的效果。但腫瘤會隨時間演化，也可能出現新的突變，使原本有效的藥物逐漸失去結合能力，產生抗藥性。這時候臨床面臨的問題就不只是「有沒有突變」，而是突變之後，原本藥物與靶點的結合力改變了多少，以及是否有新的候選藥物能夠恢復穩定結合。在原本的敏感型狀態下，藥物與蛋白質口袋的形狀、電荷與能量條件較為匹配，因此比較容易穩定結合。但是當抗藥突變發生，即使只改變一個胺基酸，也可能讓口袋形狀或電子環境發生變化，使原本的藥物不再容易結合。所以真正重要的研究問題，是突變前後的結合自由能改變多少，以及新的候選藥物能不能恢復穩定結合。這就像門鎖裡面只換了一個小零件，外觀看起來差不多，但原本的鑰匙可能已經打不開。這類分子層級的計算，就是未來量子運算可能參與的方向之一。

AlphaQubit 如同量子計算的品質管理員。透過更可靠的量子糾錯，讓後續的分子模擬結果更值得信賴。未來若量子處理器能夠更穩定地進行複雜分子與能量計算，再配合 AI 進行錯誤辨識與校正，就有機會支援候選藥物比較、分子模擬與精準藥物設計。不過從技術模擬走到真正的臨床應用，仍然必須經過實驗驗證與臨床研究。因此，現階段最重要的是先建立可靠的量子計算基礎，再逐步評估它在生物醫學上的實際價值。

以上內容將在 2026 年 9 月 23 日(三) 10:00 am 以線上直播方式與媒體朋友、全球民眾及專業人士共享。歡迎各位舊雨新知透過[星球永續健康網站專頁](#)觀賞直播！

- 星球永續健康網站網頁連結：

<https://www.realscience.top/7>

- Youtube 影片連結：<https://reurl.cc/o7br93>
- 漢聲廣播電台連結：<https://reurl.cc/nojdev>
- 不只是科技：<https://reurl.cc/A6EXxZ>





講者：

陳秀熙教授/英國劍橋大學博士、許辰陽醫師、陳立昇教授、嚴明芳教授、林庭瑤博士

聯絡人：

林庭瑤博士 電話：(02)33668033 E-mail:happy82526@gmail.com

劉秋燕 電話：(02)33668033 E-mail: rl1847030@ntu.edu.tw