

# 量子普羅米修斯或 量子燧人氏？

文・圖／張慶瑞

「原子彈之父」奧本海默（Robert Oppenheimer）的「我成了死神，世界的毀滅者」神奇故事最近上演，奧本海默像普羅米修斯將火種偷到人間般的把核能的威力介紹到人間。上片後大受歡迎，除了是大導演諾蘭的新作之外，片中的卡司也是黃金陣容，以及三小時緊湊而精彩內容也是原因。目前全球地緣政治的衝突下，核彈危機的陰影又再度出現在媒體頭條上，更造成觀眾進入電影院的強烈動機與興趣。



(A)



(B)



(C)

臺北帝國大學的荒勝文策教授在二戰前，於椰林大道旁的二號館現址的臺大物理系做出亞洲第一個核分裂實驗。(A) 2020年在名為「原子の力を解放せよ～戦争に翻弄された核物理学者たち～」的特別節目中，日本NHK 電視台在原子彈投在廣島與長崎五十年後做了紀念專輯，特別訪問臺大張慶瑞教授談重建臺大核物理博物館的動機。(B) 由張慶瑞教授所捐贈的費米實驗室中子彈的快中子減速石墨堆，拆除後所製作的石墨紀念幣與 (C) 廣島市被原子彈轟炸後的廢墟土塊。原本分散在美國芝加哥的原子彈的製作設施與廣島被原子彈炸過的土壤，在終戰五十年後居然在臺大核博物館中緊鄰展示，也是對奧本海默的貢獻的一種無聲的回應。

二戰前由奧本海默領軍的「曼哈頓計畫」特殊之處非常多，當時科技並沒有成熟到可以發展出原子彈，而短期內由紙上作業，最後影響國家安全的大型科技計畫在歷史上成功的並不多見。1939年由西拉德起草後，愛因斯坦具名寫信給羅斯福總統請求發展原子彈，以免德國海森堡領軍的核彈計畫成功，美國只有俯首稱臣的份。這封信啟動了「曼哈頓計畫」，最後在廣島與長崎投下兩顆原子彈，導致大量死亡與輻射汙染，也因此結束二戰。類似這種超越時代科技的規劃並影響全球變化的例子也有不少案例，1980年代美國與蘇聯間的「星際大戰」也導致蘇聯因過度投資而瓦解。但多數是炒作科技反而導致全球威脅上升的惡例，著名的就是伊拉克戰爭中對大規模殺傷性武器威脅的誤判，使得美伊雙方都損傷不貲，並拖累了世界經濟。去年啟動的俄烏戰爭在某種形式上也變成高科技國家的新型武器試驗場，不但造成烏克蘭人民流離失所，直到目前仍嚴重影響全球秩序，現代科技競爭影響全球地緣政治的狀況是愈來愈複雜。

美國在「曼哈頓計畫」時的量子技術遙遙領先全球，但在2000年前後，美國對量子等基礎研究的資助減少，導致現在量子2.0時代變成互有勝負。中國現在擁有量子電腦，以及先進的量子軍事和工業能力令美國非常擔憂。美國不斷提高研發資源與防堵相關科技技術、設備進入中國，希望在量子競賽中再度領先全球。2019年美國提供13億美元的資金投入量子開發，希望透過國家實驗室和大學與產業界合作來推動量子產業，並引入創投資源以實現量子商業化。然而與奧本海默的「曼哈頓計畫」推動方式相比，目前的量子策略在時機與時效方面的掌握與推動明顯不足。和平時期的自主研發是無法應付高時效的量子競爭。二戰前追趕落後德國的核彈研發，美國集中人力與物力，創建了「曼哈頓計畫」，政府、學術界和工業界在奧本海默的統籌領導下開展工作，完成不可能的挑戰。奧本海默不只是一個科學家，更是一個優秀總指揮。今天量子激烈競賽中，美國媒體開始詢問量子奧本海默在哪裡？美國的研究人員仍是最好的，但如果沒有傑出的領導，量子可能落後的陰影就永遠籠罩。美國要保持領先中國，就必須實施精簡戰略，負責人必須有絕對權力組織和分配研發資金。量子競賽不是單純科學研究，而是如同費曼說的，是一個大型工程整合計畫。國防高等研究計劃署（DARPA）更曾宣稱量子科技就是「微型曼哈頓計畫」（Mini-Manhattan），會嚴重影響國力的變化。由過去奧本海默的「曼哈頓計畫」成功經驗知道現在的「量子微型曼哈頓計畫」需要注重技術和組織的整體戰略，與尋找一個能幹





(A)



(B)

(A) 奧本海默與曼哈頓計畫的原子彈 (B) 二次量子科技革命新產物，尚在等待現代燧人氏努力的鑽木取火與普羅米修斯的偷火術的出現，希望能夠展現彼此糾纏的嶄新成果，造福世界。

的量子沙皇。對比之下，中國的量子發展計畫反而像當年奧本海默建設羅沙拉摩斯（Los Alamos）推動方式，中國將資源集中在量子GDP三人組，郭光燦（Guo）、杜江峰（Du）與潘建偉（Pan）分別領軍推動量子電腦，量子通訊與量子感應器三個方向。由學術界、政府和業者合作組成的團隊管理，將量子科技的上中下游產業，集中在合肥的量子大道上成立量子產業園區。由於得到官方的全力支持，每年預算估計至少數十億美元，同時也引入創投資金進入合肥量子谷。

「曼哈頓計畫」是量子科技首次展現改變世界的實力，當時全世界都投入類似研發，除廣為人知的美國、俄國與德國外，日本仁川芳雄主導的Ni-Go計畫，與荒勝文策領軍的F-Go計畫也都是核彈相關研究。各國當時對核分裂的技術都已掌握，但對濃縮鈾關鍵技術與如何引爆高純度的鈾，則各有設計，美國的成功使得二戰結果一翻兩瞪眼。從此之後，政治家深信科技研發對全球勢力的均衡是有決定性影響，就像打開潘朵拉的盒子般，也紛紛投入大量資源進行新型武器開發。

量子力學的潛力遠遠超乎多數人的想像，現代科技產品中僅使用了極少的量子知識。科技的進步使得對量子的疊加、糾纏與測量的控制掌握更容易。由於量子科技的顯著優勢，去年的諾貝爾物理學獎頒給了Alain Aspect、John Francis Clauser、Anton Zeilinger，以表彰他們通過光子糾纏實驗確定貝爾不等式在量子世界中不成立，並開創了量子資訊學科。二次量子科技主要在應用硬體上分三大面向：量子電腦、量子通信與量子感應器。量子電腦像矛可以攻擊，量子通信則像盾用來協助防守，量子感應器就像超六感可以偵測到各種微弱訊號，但所有硬體應用都要有量子

軟體來操控，而量子計算就像量子儀器的靈魂，使得量子儀器得以真正超越現代產品。儘管仍有許多工程上的挑戰，但量子技術會徹底改變世界已經毫無懸念，從民生工業的金融到密碼學和藥物發現都會產生革命性的改變。更重要的是，這種改變將超過工業革命的變化，也促使許多國家願意投入大量資源投發展量子科技。同時量子技術對國家安全與國防也帶來威脅，美國與中國彼此高度競爭，科技上劍拔弩張的狀況也直接影響了經濟發展。拜登「築高牆建小院」的防堵政策與禁止交流措施使得世界經濟與科技都陷入停滯狀態。美國近日更由國會進行調查四間創業投資（venture capital）公司對中國科技企業的投資。眾議院的「美中戰略競爭委員會」對紀源資本（GGV Capital）、金沙江創業投資（GSR Ventures）、華登國際（Walden International）和高通創投（Qualcomm Ventures）對中國的量子、半導體與人工智慧的國防科技投資進行調查。據報導加州大學柏克萊分校已經接受清華大學至少2.4億美元，做法不僅違反美國要求，並使得美國軍事科技流入中國。委員會致信要求柏克萊必須在2023年7月27日前，提供所有合作項目的資金來源、合作框架和技術工作等資訊。美國如此大動作，就是深怕量子科技真像DARPA所宣稱具有「曼哈頓計畫」般的影響，甚至遠超過核彈的破壞力。甚至有美國媒體在問量子時代的奧本海默何在？2019年富比世雜誌有篇文章〈量子美國對抗量子中國，世界上最重要的戰爭〉，文中明白指出，量子科技競賽就是一場戰爭，是實驗室取代戰場，頭腦取代槍砲，科學家取代戰士的戰爭。美國如果輸掉這場戰爭，後果比實體戰爭還令人不寒而慄。近年的發展趨勢，顯示量子谷的成熟契機已經出現，上中下游產業逐漸形成，量子科技的實體戰爭逐漸成形，單獨科學家已不足以承擔量子競賽。美國麥肯錫（McKinsey）2023年四月份報告就說，量子工程師的大量缺乏是短期內的瓶頸，量子工作的需求與可提供的人力比已經惡化到3:1。各國量子科技競賽中，工程師才是量子科技展場上決勝負的主要戰鬥部隊。

美國過去將原子彈計畫命名為「曼哈頓計畫」，現在將量子競賽命名為「微型曼哈頓計畫」。量子科技的成敗，需要有效執行力，量子的火炬，會是西方普羅米修斯由眾神偷來火種，照亮了世界，或是東方燧人氏經過不斷努力鑽木，而帶給人們溫暖？是偷火較簡單，還是自行研發才是王道，就要看量子科技時代的奧本海默將來會在世界哪個角落出現了。

量子科技競賽是本世紀一條嶄新的賽道，世界上所有人都剛起步，未來是量子普羅米修斯或量子燧人氏，或是兩人糾纏的共同貢獻？讓我們拭目以待量子科技革命的開花結果。在此用與ChatGPT合作完成的十四行詩（Sonnet）作為本文結尾。



*Eternal Flames: Quantum Dreams  
and Modern Prometheus*  
Ching-Ray Chang

In ages past, Prometheus dared to thief,  
The fire of the gods, for the West's delight,  
While Sui'en's kin, with wood, did warmth achieve,  
And lit the East through long and chilly nights.

Oppenheimer, a modern god of forethought too,  
Unleashed the atom's force on Buzhou's height,  
The mountain trembled, skies a blazing hue,  
A moment fraught with both despair and might.

Now, Nüwa plays with quanta to mend the sky again,  
Superposition and entanglement,  
their dance across the air,  
A tapestry of possibilities sway,  
A cosmic ballet, wondrous and rare.

Probability unveils life's decree,  
The past, the present, choices yet to be.

永恆之火：  
量子夢想與現代燧人氏  
張慶瑞

古往今來，普羅米修斯神奇的盜術，  
眾神的火焰，開啟了西方的光明，  
燧人鑽木取火，溫暖了世上的家族，  
也照亮了東方漫長而寒冷的夜影。

奧本海默就像深謀遠慮之神的再出，  
將原子力釋放到不周山的高頂，  
山在顫抖，天空呈現出熾熱的色柱，  
那一刻，充滿著令人憂慮力量的絕境。

如今，女媧重新撥弄量子補天，  
疊加與糾纏，舞姿劃過空中，  
可能性的掛毯迎風搖曳，  
一場宇宙芭蕾，奇妙而罕見。

概率揭開生命奧秘的規章，  
過去，現在，還有選擇未來。



### 張慶瑞小檔案

1979 年畢業於臺大物理學系，1988 在加州大學聖地牙哥分校取得物理博士學位，1989 年二月進入臺大服務，曾經擔任臺大副校長並代理校長。

張教授從事微磁學數值研究與自旋傳輸機制，已發表 280 篇以上專業論文並獲得 28 個專利。他是美國物理學會（APS）與國際工程學會（IEEE）會士，及俄國國際工程學會（RIAE）的院士。曾擔任亞洲磁性協會理事長，及臺灣磁性協會理事長暨臺灣物理學會理事長。近來曾主持 NTU-IBM 量子計畫，積極加速培養新興跨領域人才。近期推動量子計算相關研究，應用於新材料、新藥物合成，與財務金融領域，並創建臺灣量子電腦暨資訊科技協會，擔任理事長。於 2022 年擔任中原大學物理系講座教授並兼任校級量子資訊中心主任。