

BIG SCIENCE

：大科學：

從經濟大蕭條到冷戰，軍工複合體的誕生

Ernest Lawrence and the Invention That Launched the Military-Industrial Complex

麥可·西爾吉克——著

• Michael Hiltzik •

林俊宏——譯

目次

推薦序——科學家與大政府◎張國暉（台大國發所）……………vii
引言 創造與毀滅……………1

PART 1

那臺機器

- 1 英雄時代……………19
- 2 南達科塔州的男孩……………35
- 3 「我要出名了」……………55
- 4 墊片和封蠟……………81
- 5 歐本海默……………107

PART 2

放射實驗室

- 6 氘核事件……………127
- 7 迴旋加速器共和國……………149
- 8 約翰·勞倫斯的老鼠……………169
- 9 桂冠……………199
- 10 盧米斯先生……………229

PART 3

原子彈

- 11 「厄尼斯特，準備好了嗎？」……………255
- 12 跑道形電磁分離器……………283
- 13 橡樹嶺……………309
- 14 三位一體之路……………333
- 15 戰後的幸運……………361
- 16 誓詞與忠誠……………387
- 17 氫彈陰影……………403

22	21	20	19	18
利弗摩爾.....	歐本海默事件.....	小科學的回歸.....	「乾淨」的核彈.....	一〇三號元素.....
419	445	461	475	493
結語：大科學的遲暮？..... 513				

致謝.....	529
參考書目.....	537

推薦序

科學家與大政府

張國暉（國立台灣大學國家發展所副教授）

《大科學》是一本精彩的故事書，獲得普立茲新聞獎的麥可·西爾吉克（Michael Hiltzik）為我們講述了一九三〇年代到冷戰時期，美國科學界的重大發展。這條歷史主軸，其實也與東亞的我們息息相關，以下我就來分享跨太平洋的「大科學」發展。

一九六七年物理學家吳大猷博士（一九〇七—二〇〇〇）接受政府邀請，擔任第一任國家科學委員會（國科會，現今科技部前身）主委，他當時還在美國紐約州立大學水牛城分校任教。為了爭取吳大猷出任，統治高層願意讓他以半年時間在台、半年時間在美的方式工作，無須辭去教職，並也知情他的雙重國籍。吳大猷並非因黨國關係而獲青睞受邀，主要還是因他早在約十年前的一九五六年起就願意每年花時間來台在清大及台大講座、隔年協助時任中研院長胡適（一八九一—一九六二）籌畫成立「國家長期發展科學委員會」（長科會，國科會的前身，屬任務編組且層級較低），還有協助中研院成立物理所等工作。

此外，由於吳大猷的專業及兩位學生楊振寧（一九二一）及李政道（一九二六）在一九

五七年贏得華人（當時都是中華民國籍）第一座諾貝爾獎，使他在台灣的聲名大噪。從一九五〇年代末至一九六〇年代，「台大物理系」多是大考的第一志願，吳大猷及其得意門生有著關鍵影響力。

不過，吳大猷也知道他獲欽選擔任閣員的原因，並非只來自教研成就。他的原子物理專業，深受蔣氏父子期待。若國民黨政府擁有了原子彈，對政權鞏固或擴張將有舉足輕重的影響力。但是，一九六七年這個時間點，並非是所謂時機成熟或水到渠成，而使高層決意新創一個正式部會，以取代長科會。相對地，一九六七年卻是一九六四年對岸核試爆成功後，以及一九六六年文革開始而導致中共政情不穩後，統治高層一方面擔心遭原子彈橫掃，另一方面又想抓住機會反攻的一年。

然而，吳大猷就任國科會主委後，卻堅決反對研發原子彈。除因他認為經費將遠高於軍方委請德國西門子所預估的約一、五億美元，且需用到全島一半以上的電力而不切實際，再者，若台灣自製核彈也將輕易給對岸一個合理的攻擊藉口。對比本書指出美國當時為研製原子彈耗資數十億美元，且為生產原子彈原料所需的迴旋加速器，從一九三〇年最初規劃將粒子加速至八萬伏特，到一九四〇年代初已升高至數億伏特之譜，所需電力達到一年數十萬瓩，足可供一座城市照明，科學研製資源需求，前所未見之龐大，加上冷戰期間多數科學家呼籲裁減核武以避免世界危機等事實，吳大猷的判斷相當合理。

大科學的擦邊球

蔣氏政權對吳大猷不願開發核彈頗為失望，甚至不滿。畢竟當時蔣介石不只以優厚條件聘任他擔任閣員，甚至在總統府內新成立的國家安全會議（國安會）給了他一個科學家前所未有的高職位。

一九六七年，國安會從國防會議改制而來，為的就是呼應文革動亂帶來的反攻大陸契機，因而設置了國家設計計畫、戰地政務、科學發展指導（科指會）、國家總動員等四個委員會。一旦反攻成功，科指會將立刻接管改造新中國的工作，並依據科學原理規劃及執行政務。當時，吳大猷獲邀擔任科指會主委，亦即他是國家科學顧問，就像是本書裡的布許（Vannevar Bush）所扮演的重要角色。吳大猷明白，國民政府自一九二八年成立後，一直都沒有專職國家科學顧問及機構，所以必須抓牢這個良機，做好以蒼生為己任的中國科學家／仕官天職。當時吳大猷雖然擔心統治高層執意開發原子彈，但他也有對策加以婉拒，畢竟這是他第二次面對這樣的要求了。

早在一九四五年廣島及長崎原爆後三個月，當時國民政府軍政部長陳誠透過關係找到了時任北京大學物理系的吳大猷，另還有兩位化學系及數學系同事，希望他們幫忙購置及組建製作原子彈的設備。對掌權者來說，擁有原子彈實在魂牽夢縈。因此，即便戰後國民政府

財政困難、百廢待舉，仍願對開發原子彈投以大筆資源，並向吳大猷及北大承諾所需費用。然而，掌權者應不知當時原子彈開發歷程及規模如本書所述的龐大、周折及充滿知識上的困難。吳大猷明白金錢不過是茫茫條件的其中之一罷了。

於是，吳大猷建議陳誠不如送幾位有資質的年輕科學家到美國學習核子知識。陳誠被說服了，在一九四六年資助一個由吳大猷領導的八人團隊到芝加哥，他們多是因對日戰爭撤退到雲南的清大、北大及南開大學所合組之西南聯大師生，其中一位是李政道。他們選擇芝加哥大學有其原因，畢竟全世界第一個核反應爐，就在一九四一年以研製原子彈為目標的曼哈頓計畫支持下，設於該校。該計畫大名鼎鼎的科學家之一費米（Enrico Fermi，一九〇一—一九五四，一九三九年得諾貝爾物理學獎，參見本書第三部分），在當時由紐約哥倫比亞大學遷至此校，主導反應爐的建立及實驗。

費米之後更成為李政道及前一年（即一九四五年）先到的楊振寧之博士學位指導教授。核反應爐設備本在哥大，之所以遷往芝加哥，主要來自時任麻省理工校長康普頓（Karl Compton，一八八七—一九五四）建議由海岸移至內陸以免受到納粹威脅（頁二八五）。康普頓也是曼哈頓計畫關鍵科學家之一。吳大猷大學時期的恩師饒毓泰（一八九一—一九六八），在普林斯頓大學攻讀博士時，便師從康普頓。一九四六年的吳大猷團隊後來持續送了三年在美調查報告給國民政府，但國共內戰白熱化之後就無獲經費支援，成員們就在美加各自尋找出路。

若吳大猷參與大科學？

回到吳大猷，他在一九三一至一九三三年出國攻讀博士。由於他爭取到的是赴美庚子賠款獎學金，故必須選擇留學美國，即便他當時知道最前沿的物理學研究在歐洲，原本傾向到德國留學。他後來選擇前往州立的密西根大學，師從古德斯米特（Samuel Goudsmit，一九〇二—一九七八）。

如同費米來自歐洲（義大利），古德斯米特也來自歐洲（荷蘭）。如本書所提，一九三〇年代前，物理學知識以歐洲為最先進，在美的物理學家多須前往歐洲留學或訪問，才能追上尖端。此外，當時美國最先進的物理學研究並不在州立大學，而是像耶魯、普林斯頓、哥倫比亞、麻省理工等私校。本書主角勞倫斯（Ernest Lawrence，一九〇一—一九五八）在耶魯取得博士學位後，轉至加州柏克萊大學任職。柏克萊晉升當時極少數物理學排名前位的州立大學，勞倫斯及其建造的迴旋加速器居功厥偉。不過，以當初吳大猷在攻博時期及所處的學校來看，他當時很可能不清楚一九三〇年代迴旋加速器的驚人進展，還有後來曼哈頓計畫的巨大規模。

一九三四年，吳大猷回中國後，任教於北大物理系，除繁重的教學負擔，一九三七年後對日戰爭更使資源貧乏，所能從事的多以計算為主的所謂「小科學」研究，但在如此艱困環

境，這已成就非凡，特別是還訓練出楊振寧、李政道、朱光亞（一九二四—二〇一一，領導中國研製原子彈）等學生。然而，若當時能不受《排華法案》限制（一八八二—一九四三）而續留美國，或許吳大猷有機會加入一九三〇年代的大科學，成為書中所提「美國追上並領先歐洲物理學的黃金年代」一員。畢竟，曼哈頓計畫的規模是如此龐大，吸引上千名科學家加入，特別是原子物理學家。吳大猷的指導老師古德斯米特後來也加入了曼哈頓計畫中的 *Alsos* 任務，大約從一九四三年起協助美方觀察及研判當時德國開發原子彈的進度。吳大猷所做的研究主題及專業能力，很有加入大科學的機會。若考量到康普頓也是核心科學家，難說饒毓泰不會也有機會。

可惜，饒毓泰在一九四九年拒絕登上教授專機來台，雖然之後短暫擔任北大物理系主任，但在文革時飽受折磨而迫至輕生。一九五〇至六〇年代期間會陸續郵寄物資給他的吳大猷，收到消息後相當難過。大約僅距離一年的時間，吳大猷在台晉升閣員（一九六七），而饒毓泰自戕（一九六八），兩位中國第一代物理學傑出師生，受大政府影響或支配的結果竟有如此巨大差異，頗令人唏噓。

加入大科學，還是大染缸？

美國物理學在一九三〇年代呈現了前所未有的大科學時代，不只大經費、大設備、大團隊、大知識跨域、大社會連結等，還有大目的。起初，專利申請及醫療潛力成為了科學目的，後來軍事武器及國家生存也上綱成為必要任務。這是一個慢慢形塑的過程，即便身處其中，科學家們既無法預測，同時還須自我說服以追上外在劇烈變化。

如同勞倫斯所提，直到一九三九年他都不希望迴旋加速器跟戰爭有關係（頁二八七），但不出三年就在他主持下，用其改造的電磁分離器生產出核彈原料鈾二三五。然而，一旦政經社連結程度越高越複雜，科學家也越難逃脫。例如，一九四六年時勞倫斯所在的柏克萊大學每投入一美元物理研究，軍方就投入七美元（頁三七二），為了持續獲取經費，他多半不願違背軍方指令。甚至在反共、恐共的氣氛下，他還加入了政府對同事歐本海默（Julius Robert Oppenheimer，一九〇四—一九六七）的指控行動。歐本海默是知名理論物理學家，曼哈頓計畫關鍵成員，他和勞倫斯本來是友好的工作夥伴，事情是如何走到雙方決裂的這一步，可參考本書第三部分。除了與歐本海默的糾葛，勞倫斯也支持軍方持續投入核彈計畫，以生產出自稱是減少了百分之九十五放射性落塵的「乾淨」氫彈（頁四八八）。

有歷史學家曾說，政府裡頭或大幅受政府支助的科學家，往往比較反動，不止政治上保

守，連科研主題也跟著保守，或許勞倫斯是其中之一（參見本書最末幾章）。勞倫斯站在政府這一方，但其實他是科學界的少數。當時多數的科學家，都支持歐本海默，認同他的自我檢視（頁四六二），贊同「積極運作，要求針對核子政策舉行公開辯論……政治領導人需要『坦誠』討論核子擴散的危險」的主張（頁四四六）。

基礎科學路線所受的挑戰

相對於一九三〇年代美國的科學大目的或多目的現象，吳大猷其實早年在天津南開大學求學時（一九二五—一九二九），就有著一般中國知識分子的自我認同，相信科學救國是職責，而取得科學博士學位，將是通往極少數懂得為民謀福祉、對權說諍言、從天尋真理的傳統學者之道。他心懷著大目的，認為科學是興國之本，本肩負國家發展之責，許多他的同行也是如此想法。

然而，到了美國之後，吳大猷也開始相信追求基礎科學應該不帶任何目的，執掌國科會後更常有類似公開發言。他試著調和這兩個價值，主張由「不帶目的之基礎研究」引領國家發展。不過，這談何容易，從大科學的發展看來，美國政府後來也不支持這樣的觀點。

從美國來到台灣，吳大猷看輕當時許多引進產業技術的層次，招致經濟發展官僚感嘆他

應更務實，而他擬依學術出版表現核給研究計畫及補貼，改變學界吃大鍋飯習慣的政策，也引起尖銳批評。此外，更不用說他不願發展原子彈，惹怒了統治高層及軍方。

另一方面，台灣長科會經費從一九五九年起受到美國支援，最高時曾達總額百分之九十，主要供應研究設備及建物，但到正式撤出美援（一九六五）的前幾年，已被要求改用於科學教育，希望多培養能投入工業發展的畢業生，而不是吳大猷心念的基礎研究人才。吳大猷往返台美六年後，在屢受政治攻擊下，於一九七三年黯然離開國科會。接替他的是徐賢修博士（一九二一—二〇〇一）。

徐賢修接任時是青年數學家。他於一九四六年時曾受軍政部之託，同吳大猷、李政道一起去芝加哥研習核子科學。有趣的是，徐賢修的雖然是數學，可說是科學中的基礎科學，自美來台卻未承襲吳大猷路線。

他接任主委前是清大在台復校第四任校長。清大自一九五六年復校至一九七三年都無工學院，落後其他主要大學多年，而專注在基礎科學。這發展頗有吳大猷之風，事實上他也較欣賞清大。不過，徐賢修成立了清大工學院，且將各系所的發展方向圍繞電動車的研製，像是成立前所未有的工業化學、動力機械、材料科學及工業工程，都是為了研發電動車所需的電池、電發動機、生產線工廠等，可說相當產業取向。或許，迥異於吳大猷也是他受欽選的原因之一。擔任主委後，徐賢修即大力發展產業科技，力推電子錶及地熱能等實用計畫，甚

至積極開發新竹科學園區，後被尊稱為園區之父。

多樣的科學家與大政府互動關係

徐賢修之後的國科會主委張明哲也同他一樣，都是出身西南聯大系統的清大，再來幾任的主委也多以具理工博士學位的外省人為主（除郭南宏外），可以這麼說，直到二〇〇〇年前，台灣多伴隨威權體制，來想像及規劃台灣的基礎科學及科技產業。過去台籍科學家或工程師在政策制定的空間有所侷限，有些甚至還成為禁止返台的黑名單，但幾次民主輪替後，以台灣為主體的科學及科技發展，似已漸成科學政策基本價值。然而，科學家能否受邀進入大政府高層服務，除專業外，也總有政治考量，即便是在民主政治下，就像本書所提歐本海默遭質疑背叛國家忠誠、勞倫斯遭質疑受軍方收編，更不用說威權體制下台籍科學家受威權體制忽視、吳大猷被期待研製原子彈等。

若暫撇個人機遇而就大環境來說，美國的科學家與大政府之間，從二戰起就越來越緊密（其實還有資本家，本書也多所著墨），畢竟原爆發生就是最好的理由，也是前所未有的「輝煌／悲慘」成果。美國從一九五〇年代初起，聯邦政府即在預算書上新編訂出研發經費科目，專給所屬研究機構、大學及民間組織用於研發創新，從GDP的百分之一一起逐年增加。

正值美援時代（一九五〇—一九六五）的台灣，當時美國也鼓勵國民黨政府這麼做，並建議如當時的美國提高到百分之三，但實際上到吳大猷接任主委時，科學預算有一半用於國防，四分之一用於產業發展。他的兩個理想（純基礎科學、科學興國）雖被支持，但只是形式供奉，其實冷戰後的美國不也如此（參見本書末幾章）。從一九八〇年代起迄今，美英等國對歐洲核子研究組織（CERN）花費超過一百億美元、歷時二十五年所建造大強子對撞機，都頗為感冒。連柴契爾夫人對它大部分蓋在法國境內，也頗有微詞。

若分別站在科學家及大政府的不同立場，不只各有理想與現實間的鴻溝，且各自發展的現實有時比想像中的還具戲劇性，一如本書勞倫斯及歐本海默的經歷。科學家、大政府及資本家之間，存在著緊密及緊張的多重關係，晚近更有科技巨獸公司加入，又使產官學關係越形複雜，令人不易捉摸。不過，若要找出基本頭緒，培養出敏銳的觀察及分析這幾者關係的能力，本書《大科學》會是最佳入門，不只它所講述的許多故事仍在當今發生，許多事件背後的理路也循著類似樣態，值得讀者細酌。

參考文獻

- 楊發華 (二〇〇三)。〈臺灣科技政策的先導：吳大猷與科導會〉。《臺灣史研究》10(1)：六七—110。
- Albright, David and Corey Gay (1998). "Taiwan: Nuclear Nightmare Averted". *The Bulletin of the Atomic Scientists* 54(1): 54-60.
- Chang, Kuo-Hui, Gary Lee Downey and Po-Jen Bono Shih (2020). "Talents First: Wu Ta-yu and Science Policy Infrastructures in the Republic of China (1927-1970)". *Korean Journal for History of Science* 42 (2): 449-473.
- Edgerton, David E. H. (2019). "What Has British Science Policy Really Been?" In *Lessons from the History of UK Science Policy* (pp. 31-39). London: British Academy.
- Edgerton, David E. H. (2011). *The Shock of the Old: Technology and Global History since 1900*. NY: Oxford University Press. (中譯本《老科技的全球史》，由左岸文化出版)
- Godin, Benoit. (2009). "National Innovation System: The System Approach in Historical Perspective". *Science, Technology & Human Values* 34 (4): 476-501.
- Wang, Zuoyue (2002). "Saving China through Science: The Science Society of China, Scientific Nationalism, and Civil Society in Republican China". *Osiris* 17: 291-322.

引言 創造與毀滅

二〇一二年七月四日，兩個國際科學團隊宣布，靠著大強子對撞機 (Large Hadron Collider, LHC) 這種地球上數一數二複雜的研究儀器，發現了「希格斯玻色子」這種基本粒子。自從一九六四年以來，認定希格斯場是宇宙一切物質質量的來源，而希格斯玻色子正是由於這套假設，於是成為物理學界近半世紀以來孜孜不倦搜尋的目標。然而，要有 LHC 才能找到希格斯玻色子。

大強子對撞機的建造者暨擁有者是歐洲核子研究組織 (European Organization for Nuclear Research, CERN)，總部位於瑞士日內瓦，研究發現的宣布儀式也在此舉行，吸引了世界各地的觀眾和最高階層的物理學家。時年高齡八十三歲的彼得·希格斯 (Peter Higgs) 也親自到場，這位預測了希格斯玻色子的英國物理學家（此粒子也正是以他命名），就像其他所有賓客一樣，在 CERN 的演講廳裡緊盯著螢幕。螢幕上放著 PowerPoint 簡報，秀出 LHC 將兩束高能量質子束強力對撞、產生猛烈衝擊後的情形，希望在這場能量大混沌當中，能夠捕捉到

Copyright© 2015 by Michael Hiltzik.
Complex Chinese translation copyright© 2021
By Rive Gauche Publishing House, an imprint of Walkers Cultural Enterprise Ltd.
Published by arrangement with the author through Sandra Dijkstra Literacy Agency, Inc.
in associated with Bardonia-Chinese Media Agency
All rights reserved.

左岸科學人文 323

大科學

從經濟大蕭條到冷戰，軍工複合體的誕生

BIG SCIENCE

Ernest Lawrence and the Invention That Launched the Military-Industrial Complex

作 者 麥可·西爾吉克 (Michael Hiltzik)
譯 者 林俊宏
總 編 輯 黃秀如
責任編輯 林巧玲
行銷企劃 蔡竣宇

社 長 郭重興
發行人暨 曾大福
出版總監
出 版 左岸文化／遠足文化事業股份有限公司
發 行 遠足文化事業股份有限公司
231 新北市新店區民權路 108-2 號 9 樓
電 話 (02) 2218-1417
傳 真 (02) 2218-8057
客服專線 0800-221-029
E - M a i l rivegauche2002@gmail.com
左岸臉書 facebook.com/RiveGauchePublishingHouse
法律顧問 華洋法律事務所 蘇文生律師
印 刷 呈靖彩藝有限公司
初版一刷 2021 年 6 月

定 價 650 元

I S B N 978-986-06666-1-8

歡迎團體訂購，另有優惠，請洽業務部，(02) 2218-1417 分機 1124、1135

大科學：從經濟大蕭條到冷戰，軍工複合體的誕生／
麥可·西爾吉克 (Michael Hiltzik) 著；林俊宏譯。
—初版。—新北市：左岸文化，遠足文化，2021.06
面：公分。—(左岸科學人文；323)

譯自：Big science: Ernest Lawrence and the invention
that launched the military-industrial complex
ISBN 978-986-06666-1-8(平裝)

1. 勞倫斯 (Lawrence, Ernest Orlando, 1901-1958.)
2. 粒子加速 3. 物理學 4. 傳記 5. 美國
339.49

110008922

本書僅代表作者言論，不代表本社立場