

天下文化

遠見

黃仁勳傳

輝達創辦人如何打造
全球最搶手的晶片

The Thinking Machine

Jensen Huang, Nvidia,
and the World's Most Coveted Microchip

史帝芬·維特 Stephen Witt 著
廖月娟、林俊宏 譯



黃仁勳傳

輝達創辦人如何打造
全球最搶手的晶片

The Thinking Machine

Jensen Huang, Nvidia,
and the World's Most Coveted Microchip

史帝芬·維特 Stephen Witt 著
廖月娟、林俊宏 譯

全球獨家繁體中文版作者序

讓AI成真的硬體是臺灣給全世界的禮物。在台積電龐大的臺南廠區，無塵室裡的曝光機，以原子級的精度，日以繼夜在矽晶圓上雕刻電路。這個製程是如此精密，乃至一個腳步都可能造成干擾。台積電的晶圓廠為全球各地的客戶服務，但有一位客戶的需求極為特殊，以致於整個半導體產業鏈都為他服務。此人就是黃仁勳，而他的公司輝達是全世界市值最高的企業。

黃仁勳1963年2月生於臺北，幼年就和家人移居海外，但仍和出生地保持連結。黃仁勳奮發向上、直率熱情、不肯認輸。儘管他在美國生活超過五十年，依然沒有完全被美國同化。「你永遠都是個移民，」他最初接受我訪談時就曾這麼說。黃仁勳告訴我，在內心深處，他還是認為自己是臺灣人。

黃仁勳在三十歲時，也就是1993年，和人共同創立了輝達。這間公司最初設計電玩遊戲用的晶片。隨著遊戲對晶片效能的要求不斷提升，設計也愈來愈複雜，原來的晶片代工廠已經無法滿足輝達的需求。1990年代末期，黃仁勳向台積電尋求協助。但當時輝達規模很小，台積電業務人員對他不理不睬。直到黃仁勳親自寫信給台積電董事長張忠謀，兩人才搭上線。

這開啟一段綿延不絕、成果豐碩的合作關係。雙方業務蓬勃發展，張忠謀和黃仁勳交情日益深厚，黃仁勳常在家訂披薩，和張忠謀一起享用。張忠謀認為黃仁勳是他見過最聰明的商業人士，甚至在2013年問他是否有興趣接掌台積電。然而當時輝達AI的業務成長突飛

猛進，黃仁勳正專心坐鎮指揮，因此婉拒。據說，黃仁勳回答：「我已有工作。」

由於和台積電關係密切，黃仁勳也就順理成章重返臺灣。他寫信給張忠謀時，已經超過二十年沒有回到這個出生地。他還會說臺語，但對這個地方的記憶已然模糊，除了一件事：幼年時他去逛夜市，因為離攤販太近，臉頰被刀子劃傷，至今疤痕還在。

夜市是黃仁勳必訪之地。因為和台積電合作，他經常回到這座島國，一有機會就去逛夜市，在路邊坐下來喝碗湯，跟當地人沒什麼兩樣。這就是黃仁勳的作風：他說自己就是個再普通不過的人，沒什麼特別的。當然，這不是事實：認識他的每一個人，沒有人認為他是個普通人，就連童年友伴，也很早就看出他的不凡。儘管他的公司市值與個人財富笑傲全球，他依然行事低調、不擺架子。

2000年代初期，輝達發現他們為電玩遊戲設計的晶片可以搖身一變，成為低成本超級電腦。2012年，加拿大多倫多有幾位被視為離經叛道的研究人員，在生物大腦的啟發之下，利用輝達的遊戲硬體訓練一種叫作「神經網路」（neural network）的特殊軟體。這項突破在電腦科學界掀起革命巨浪，黃仁勳迅速抓住這個機會。不久，輝達就成為全球AI硬體的主要供應商。

很多臺灣企業也跟著輝達一起踏上發達之路，在臺灣創造大量財富，甚至出手闊綽。（在過去五年間，法拉利在臺灣的銷售量增加了一倍。）黃仁勳在2024年臺北國際電腦展發表主題演說時，向數十個當地合作夥伴表達感謝，其中包括華碩、廣達、鴻海與英業達等。AI革命風起雲湧，這些臺灣供應商都是幕後推手。

臺灣對這位本土之子展開雙臂，黃仁勳因此躍升為國民偶像，他也接受自己的名人身分。黑皮衣、黑襯衫、黑牛仔褲、黑皮鞋與金屬

框眼鏡，這身造型已經成為他的穿著標配，並引來眾人模仿。黃仁勳用工程師的思維處理每件事，包括他的衣裝、打扮。他在幾年間對各種穿著進行A/B測試，這身招牌造型約莫是在2015年定調。

你很少看到黃仁勳穿其他衣服，但2024年初夏他在臺灣棒球場擔任開球嘉賓，就脫下皮衣，換上味全龍隊93號的球衣：這個數字代表輝達創辦的年份。這也是黃仁勳提醒自己的方式：輝達過去多次瀕臨失敗，未來仍可能崩壞塌毀。（「現在仍是1993年，」黃仁勳常對員工說：「對我而言，當下永遠是1993年。」）他為自己的球技道歉，請觀眾閉起眼睛，然後投出一球，球偏離幾英尺，捕手不得不往右移動才能接住。觀眾熱情歡呼，他則露出靦腆的笑容。

對大多數的執行長來說，這種宣傳活動根本就沒什麼，在黃仁勳看來，這卻是一個自我提升的好機會。不久，他就請愛妻洛麗（Lori）陪他練球，改進投球技巧。洛麗答應他的要求，一如過往將近四十年，她一直默默支持他。於是，在接下來的幾個月，這位全球最有影響力的億萬富豪，一有時間就走進自家豪宅的後院和妻子一起練習投球。同年秋天，黃仁勳再次擔任開球嘉賓，這次是為美國職棒大聯盟（Major League Baseball，縮寫為MLB）的舊金山巨人隊（San Francisco Giants）開球。他站上投手丘，一派輕鬆的把球投出去，球滑出一個完美弧線，啪的一聲正中捕手的手套。無論是商場還是人生，只要肯下功夫，成果自然手到擒來。這就是黃仁勳的故事。

獻給 珍

即使看似不可能，也要去實踐。

——羅馬哲學家皇帝馬可·奧利略（Marcus Aurelius）

前言

這是一個小眾電玩硬體廠商如何登上全球市值王者寶座的故事。這是一個固執己見的企業家三十多年來鏗而不捨推動運算技術發展，最終躋身全球富豪榜的故事。這是一個矽革命的故事，講述一小撮叛逆的工程師不顧華爾街風向，致力願景成真的經過。這也是新型人工智慧誕生的故事；這種人工智慧對人類這個物種的長遠影響仍不得而知，令人又愛又懼。

這個故事的靈魂人物是個積極進取、靈活多變、才華橫溢、不達目標絕不罷手的人。他的名字是黃仁勳，擔任輝達公司執行長已有三十二年之久。在標準普爾500指數（S&P 500）所有科技公司的執行長中，沒有人任期比他長。黃仁勳是位有願景的發明家，對電子電路內部運作瞭如指掌。他從第一原理（first principle）出發，思考晶片如今能做到的事，並滿懷信心的放膽押注在晶片未來的發展。他不是每一次都贏，但他贏的時候，總是大贏：他早期在AI的重押，是矽谷史上最成功的投資。如今，黃仁勳的輝達公司市值已超過3兆美元，和蘋果與微軟並駕齊驅。

黃仁勳本人很有魅力，幽默風趣，善於自我調侃，經常自相矛盾。他總是擺出一張似笑非笑的撲克臉。2023年，我們相約在丹尼餐廳（Denny's）一起吃早餐。這是他最喜歡的連鎖餐廳，三十年前他就是在這裡擬定輝達的商業計畫。他一共點了七道餐點，包括以「大鳥」為名的火雞肉總匯三明治與炸牛排等。他一邊點餐，一面跟服務生閒聊。「妳知道嗎？我曾在這裡當洗碗工，」他告訴她。「我很

拼！超拼的，不久就升級，成為服務生。」

黃仁勳生於臺灣，十歲移居美國。丹尼餐廳是他融入美國文化的坩堝，他青少年時在那裡工作，吃遍整個菜單。不過，他告訴我，他依然保有局外人的視角。「在內心深處，你永遠是個移民，」他說。

「我心裡一直覺得自己是臺灣人。」1993年，三十歲的他跟兩名夥伴共同創立輝達（Nvidia的英文發音為「英偉迪亞」，非「恩偉迪亞」），最初瞄準新興的高階遊戲顯卡市場。他的產品炙手可熱，他的顧客喜歡自己組裝電腦，有時會買透明機殼，來展示裡面的輝達顯卡。

1990年代後期，為了提升《雷神之鎚》（*Quake*）系列遊戲的算繪效果，輝達稍微調整了處理器的電路架構，以便同時解決許多個問題。這就是所謂的「平行運算」（parallel computing）；但這無異於一場豪賭。「在我們找到解決方法之前，平行運算的成功率是零，」黃仁勳說道，同時列舉一串已經被遺忘的新創公司。「真的是零。每一個想要利用平行運算搶奪商機的人都落得一場空。」黃仁勳無視這些慘不忍睹的前例，足足有十幾年，他不理華爾街的唱衰，堅持自己那特立獨行的願景。他尋求遊戲玩家以外的客戶，包括所有需要大量運算能力的客戶，像是氣象預報員、放射科醫師、深海石油探勘員等。在那段時期，輝達股價低迷，他不得不抵禦企業狙擊手的入侵，以免職位不保。

這項賭注讓黃仁勳大失血，連年虧損，直到2012年才有轉機。那年，多倫多有一組叛逆的研究人員買下兩張輝達的家用遊戲顯卡，訓練非常特殊的人工智慧技術「神經網路」（neural network）。在此之前，大多數研究人員都對模仿大腦結構的神經網路嗤之以鼻，認為那是過時的玩意兒。但黃仁勳看到他的平行運算平臺訓練神經網路的神

速，就把整間公司押注在這個對彼此都有好處的意外結合上。他要讓兩種不被看好、沒能通過市場考驗的技術谷底翻身。

當這項大膽的賭注連本帶利翻倍，輝達市值增加了數百倍。十年前，輝達販售的是200美元的遊戲配件，現在出貨的產品是要價數百萬美元、大到占據整層樓的超級運算設備。透過和OpenAI等先驅合作，輝達已連續十年每年都把深度學習的應用速度提高十倍。所有主要的人工智慧應用程式軟體，如AI圖像生成工具Midjourney、AI聊天機器人ChatGPT、AI助理Copilot等，都是在輝達的機器上開發出來的。因為運算能力提升百億倍，現代AI技術才有這種繁花錦簇的盛況。

由於輝達幾乎獨占AI硬體的市場，黃仁勳可以說是這個產業的霸主。當然，他擁有的AI金雞母比任何人還要多。就一夜致富的奇蹟而言，他最像加州第一位百萬富翁山繆爾·布雷能（Samuel Brannan）；這名富翁1849年在舊金山靠著販賣淘金工具賺得腰纏萬貫。只不過黃仁勳賣的不是鏟子，而是價值高達3萬美元、內建千億顆電晶體的AI訓練晶片。目前，要購買輝達最新的晶片起碼得等上一年，在中國黑市，輝達晶片的售價甚至高達原價的兩倍。

然而，黃仁勳的思考方式不像商人，反倒像工程師。他會把複雜的概念分解成簡單的原理，然後充分利用這些原理。我們一起吃早餐時，他說：「我會盡最大的努力，不讓公司倒閉。」又說：「我會竭盡全力避免失敗。」數位運算的基礎架構自IBM在1960年代初期推出以來一直沒有什麼改變，他相信，隨著AI的發展，我們必須重新思考數位運算的概念。「深度學習不是一種演算法，」他說。「深度學習是一種方法，一種開發軟體的新方式。」

這種新軟體具有難以置信的能力，可以像人類一樣說話，能撰寫大學入學申請論文、解決數學難題、提供專業的醫療診斷，甚至可以

共同主持Podcast節目。它會隨著運算能力的增強而擴大規模，發展似乎永不停滯。在我們共進早餐前一晚，我看了一段影片，搭載這種新軟體的機器人似乎認出自己的手，然後開始把一堆彩色積木分類。這段影片教我不寒而慄：人類的滅絕似乎近在眼前。黃仁勳用手抓著鬆餅把香腸捲起來，對我的擔憂不以為然。「我知道那個機器人運作的方式，沒什麼好擔心的，」他說：「這跟微波爐的原理沒什麼兩樣。」我追問：跟微波爐相比，一個有自主能力的機器人必然會帶來更多風險，不是嗎？他答道，他從來就沒擔心過這種技術，一次也沒有。「這不過是數據處理，」他說：「其他要擔心的事多著呢。」

未來會如何發展，仍是未知數。然而，很多科技專家憂心忡忡，擔心AI能力高強，將會對人類的生存構成直接威脅。（這些「末日論者」包括最早在黃仁勳的平臺上應用AI的多倫多研究人員。）黃仁勳對這種悲觀的態度不以為然。對他來說，AI純然是一股進步的力量，他宣稱AI正在發動一場新的工業革命。在這個議題上，他不怎麼容許不同的意見。這種強勢的個性有點教人招架不住。（輝達有位高階主管曾說：「跟黃仁勳互動，就像是把手指插進電源插座。」）然而，黃仁勳的員工崇拜他，如果他從摩天大樓的玻璃窗看到商機，就此一躍而下，我相信他們也會跟著跳下去。

2023年5月，有一份聲明把AI失控的風險和核戰相提並論，數百位業界領袖都簽署表示贊同，但黃仁勳並未簽署。有些經濟學家觀察到，工業革命導致全球馬匹數量減少，懷疑AI可能對人類造成同樣的影響。「馬的職業選擇有限，」黃仁勳說：「例如，馬不會打字。」吃完這頓飯的時候，我還是說出自己的憂慮：在不久的將來，我會把我們談話的筆記輸入人工智慧引擎，然後看這個東西自動產出一篇結構嚴謹的好文章。黃仁勳沒否認這種可能性，但他向我保證，人類被

機器取代的那一刻不會那麼快到來，大概再過幾年吧。「第一個有危險的是小說家，」他說。語畢，留下一堆只吃了一半的餐點，站起來，給那位女服務生1,000美元的小費。

我發現黃仁勳是個難以捉摸的採訪對象。在某些方面，他可說是我遇過最難採訪的人。他不喜歡談自己，有一次甚至用逃跑的方式來回應我的提問。在開始寫作這本書之前，我曾為他寫了一篇人物特寫，發表在《紐約客》雜誌（*The New Yorker*）。黃仁勳說，他沒讀過，也不想讀。他得知我要寫他的傳記，回應是：「希望這本書出版前我已經死了。」

儘管如此，黃仁勳仍然給我很多機會，採訪許多人，讓我得以詳實記錄他的人生。我採訪了將近兩百人，包括他的員工、共同創辦人、競爭對手，以及幾位老友。從這些採訪中浮現的是一個受人喜愛又有點傻氣的愛家男人，和我們印象中那個理直氣壯、強勢、帶領輝達登峰造極的執行長判若兩人。然而，正因為黃仁勳是重感情的人，才有這樣的雄心：他坦白跟我說，他也有不安的時候，害怕讓員工失望，害怕敗壞家門聲譽。有些執行長把獲利當成自己的「成績單」，但黃仁勳不這樣想。他說，對他而言，金錢只是暫時的保險，用以防範未來災難。聽到身價千億美元的人這麼說，有點令人動容。

黃仁勳的偉業並非單純由焦慮驅使。AI技術釋放的誘人力量也是他的驅動力。他原本沒有打算成為AI先驅，甚至在轉向著重平行運算時也沒有這樣想，然而一旦AI出現，黃仁勳就決心將他對機器智慧的極致願景，以最快的速度推到最遠的地方。然而，即使是這個領域最有遠見的樂觀派也**多少**會呼籲人們要小心謹慎。例如，OpenAI的使命就是避免AI帶來災禍。幾乎只有黃仁勳一個人相信AI只會帶來好處。正因他擁抱這種信念，才能在擔任執行長超過三十個年頭之後，仍然

一週工作七天、每天工作十二到十四個小時。

當然，無論如何黃仁勳都會努力工作，這是他的天性。如果說他的人生主題是什麼，那就是要不斷擴大增強；他掌握基本準則，一次又一次實踐勤奮與勇氣，效果也就愈來愈顯著。令我驚訝的是，今天黃仁勳身上有許多特質早在1973年已經存在。少年的他在沒有父母陪伴下移民美國，當時的環境更不利於成功，以至於他能夠生存下來都像是個奇蹟。要充分了解黃仁勳，我們必須從肯塔基州的一所偏鄉學校開始，不是丹尼餐廳，也不是他後來建造的科技大教堂。

第一部

前景迷茫

第1章

橋

1973年底的某一天，十歲大的黃仁勳從宿舍床上起身。他得走過一段險路才能到校。黃仁勳生於臺灣，後來舉家移居泰國，最近才來到肯塔基鄉下。這條上學路線始自一個坡地，往下走，進入一片山林中的洪泛平原，然後經過一座搖搖欲墜的人行吊橋。這座繩索吊橋老舊腐朽，很多塊木板都脫落了，下方就是湍急、冰冷的河水。

黃仁勳是個絕頂聰明又認真的孩子，跳級就讀歐奈達小學（Oneida Elementary）六年級。他個子比同齡的孩子小，經常是班上最矮小的男生。他是學校裡唯一的亞裔學生，英語也不夠流利。這所小學的學生都是菸農或礦工的子女，幾乎全是白人，家境貧困，有些同學家裡甚至沒有自來水。

黃仁勳和他的哥哥在學期中入學，父母還留在泰國。兄弟倆住在附近的寄宿學校歐奈達浸信會中學（Oneida Baptist Institute），但黃仁勳年紀太小，無法進入這所學校，只好去讀歐奈達小學。第一天上學，校長摟著他，向全班介紹這個來自地球另一邊但非常聰明的新同學。黃仁勳隨即遭到霸凌。他的同學班恩·貝斯（Ben Bays）說：「他是最好的目標。」

在黃仁勳入學之前，貝斯一直是被欺負的對象。貝斯和黃仁勳一樣瘦小，也跟他一樣是個好學生。同學「表揚」這些特質的方式，就是把他反鎖在學校的置物櫃，有時一關就是好幾個小時。黃仁勳來到這裡之後，不只成為霸凌者的新目標。由於很多同學的家人打過越

戰，對他的霸凌還參雜種族歧視的意味。五十年後，我們在一間陳設簡單的會議室進行第一次訪談時，他回憶起這段往事：「那時，人們用『中國佬』這種字眼來稱呼華人。」他臉上沒有任何表情。「我們每天都被這樣罵。」

在教室內外，那些惡霸同學一有機會就捉弄他。他們在走廊推擠他，在操場上追趕他。那座吊橋是他們最喜歡的施暴地點。黃仁勳總得一個人過橋；就算在大白天、無風無雨，他也必須步步為營，以免失足墜落。有時，黃仁勳走到吊橋中央，霸凌者會從兩岸的藏身處冒出來，抓著繩索，用力搖晃，要讓他摔到河裡。「不知道怎麼回事，他好像沒有受到影響。」貝斯說：「其實，他看起來似乎樂在其中。」

貝斯和黃仁勳很快就成為好朋友。儘管有語言障礙，黃仁勳依然學業成績優異，甚至超越貝斯，名列前茅。他是個很有才華的孩子，字跡優美，雖然只會寫大寫字母。他還教貝斯打架。當地孩子對中國文化的認識都來自李小龍的電影。黃仁勳會先虛張聲勢，告訴同學他是武術高手。到了操場，這個謊言很快就被戳穿。然而，他用決心來彌補技巧的不足。有人向他挑釁，他總是會反擊，有時甚至能把比他高大的同學摔倒在地。至少在貝斯的記憶中，黃仁勳從未被壓倒在地。（「我記得不是這樣，」黃仁勳笑著說。）無論如何，黃仁勳也鼓勵貝斯反擊，過了一段時間之後，霸凌事件就減少了。

貝斯家很窮。他有五個兄弟姐妹，父親是傳教士，工作地點不定。他家位在當地人叫作「山溝」的小山谷入口處，房子破舊，後院有個茅坑。貝斯完全想不到會遇到這麼一個同學。他很好奇，這個早熟、沒人管的孩子怎麼來到這個全美國數一數二鳥不生蛋的窮鄉僻壤：肯塔基州克雷郡（Clay County）的阿帕拉契山區。



黃仁勳是三兄弟中的老二，1963年2月生於臺北。父親是化學工程師，母親曾在小學任教。父母都是臺南人，母語是臺語，成長於日據時代。直到1945年，臺灣才脫離日本殖民統治。1949年蔣介石戰敗輸給毛澤東，帶著國民政府從中國大陸撤退到臺灣，不久就實施了戒嚴令。

黃仁勳五歲時，他的父親黃興泰在泰國一間煉油廠找到工作，於是舉家遷至曼谷。黃仁勳對東南亞的記憶已經模糊，但還記得自己曾把打火機油倒在家裡的游泳池，然後點燃。此外，他還記得一個朋友養了隻猴子當寵物。1960年代末，黃仁勳的父親去美國空調巨頭開利公司（Carrier）受訓時，順道去了趟曼哈頓；當時這間公司以精確的溫控系統改變辦公室生活。¹這趟紐約之旅讓他眼界大開、嘆為觀止，下定決心日後要在美國安家立業。

為了準備移民美國，黃仁勳的母親羅采秀開始教孩子英文。她不會說英文，但這完全構不成阻礙。她利用自己的教學經驗，每晚要兒子從字典中隨機挑選十個新的單字背起來，第二天考他們。大約一年後，她把三個兒子送進一所國際學校，黃仁勳開始接受正規英語教育，在家裡依然跟父母說臺語。

到了1973年，黃家的移民計畫不得不加速進行，因為泰國政局動盪不安。那年十月，五十萬名示威者湧入曼谷街頭，要求解散軍事獨裁政權。政府以武力鎮壓回應，黃仁勳記得看到坦克在街上行駛。他父親擔心局勢會進一步惡化，於是把他和哥哥送到華盛頓州塔科馬市（Tacoma）的親戚家。黃仁勳的父母與弟弟則留在泰國。這位親戚認為兩兄弟應該去寄宿學校就讀，於是幫這兩個無人監護、和父母相隔

上萬公里的臺灣孩子（一個十歲，一個十二歲）找學校。他會選擇肯塔基州的歐奈達浸信會中學，也許誤以為這是一所不錯的大學預科學校。

其實，歐奈達浸信會中學是少年感化學校，位於偏遠的小鎮，當地居民只有三百人。這所學校是由浸信會牧師詹姆斯·安德森·柏恩斯（James Anderson Burns）在1899年創立，希望透過教育化解當地家族的世仇，為綿延多年的血腥械鬥劃下句點。（柏恩斯曾被人用步槍打昏丟進水溝，後來在奄奄一息之際想出創辦這所學校的主意。）到了1970年代，儘管曾有國際學生前來就讀，當地人都知道這所學校專門收容不良學生，讓他們能有最後學習的機會。

這兩兄弟一踏入校園，就發現地上到處是菸蒂。「每個學生都抽菸。我想，我是唯一沒有隨身攜帶摺疊小刀的男生，」黃仁勳說。校方安排十歲大的黃仁勳跟一個十七歲的高中生同住；在他們共處的第一個晚上，這名室友掀起衣服，露出最近打架時被刺傷的多處疤痕。他是個文盲，黃仁勳說：「因此，我教他識字，他教我臥推。我也因此養成每晚睡前做一百個伏地挺身的習慣。」直到今天，黃仁勳每天都會做伏地挺身。

為了融入環境，黃氏兄弟都取了英文名字。哥哥仁傑（音譯）的英文名字是傑夫（Jeff），仁勳叫詹森（Jensen）；小弟仁哲（音譯）後來則取名吉姆（Jim）。黃仁勳和哥哥透過國際郵件寄送錄音帶，和遠在泰國的雙親保持聯絡。他們每次收到錄音帶，會先聽過父母的錄音，再用同一捲帶子錄製要留給父母的話。黃仁勳說他很少想家。對他來說，來美國闖盪簡直是一場偉大的冒險。

暑假期間，歐奈達中學的學生都得去做體力活，賺取住宿費。仁傑去菸草農場打工，仁勳則留在宿舍掃廁所。「這不是懲罰，」黃仁

勳說：「這只是我的工作。」黃仁勳負責的另一項工作是用鐮刀清理校園裡的灌木叢。貝斯回憶道，他去教堂的路上會經過那裡，他說：「我們開車經過時，我看到他穿著棒球衫在那裡繞來繞去，切割雜草。」

黃仁勳從歐奈達小學畢業時，已是全校風雲人物。他是班上第一名，在全校集會時獲頒一枚銀幣。他勇於對抗種族歧視者與辱罵他的人，甚至其中一個人還是該校老師。聽到放學鐘聲響起，黃仁勳總是一馬當先，跑在同學前面，衝進山核桃樹與橡樹林中。克雷郡那群「野孩子」則腳踏柔軟的阿帕拉契泥土，嘻嘻哈哈的在後頭追趕。



1974年的整個夏天，黃仁勳都待在宿舍，每週滿心期待跟其他留校生一起觀看ABC電視臺的節目《週日晚間電影院》（*Sunday Night Movie*）。秋天腳步近了的時候，他會啃著從宿舍房間伸手採摘的新鮮蘋果。他在歐奈達浸信會中學上七年級，而貝斯則就讀公立學校。有了刀疤室友的保護，黃仁勳很快就適應校園生活。一年後，他的父親在美國找到工作，兄弟倆離開肯塔基，和家人在奧勒岡團圓。黃仁勳和貝斯自此分道揚鑣，一別四十四年。

後來，貝斯成為一所護理之家的院長，而黃仁勳則躋身世界級富豪。貝斯告訴我，黃仁勳有今天的地位，他一點也不驚訝。在他們還小的時候，他就相信黃仁勳必然會成就一番大事。2019年，黃仁勳回到歐奈達中學，捐贈一棟大樓給母校，這兩個童年好友才終於重逢。貝斯說：「他一直記得我。」

換作是別人，在肯塔基這樣被折磨兩年，恐怕已飽受創傷。試

想，黃仁勳小小年紀就被送到將近1萬3,000公里外的異國他鄉，還不太會說當地語言。他被欺凌、被排擠、被安排跟一個持著小刀逞凶鬥狠的不良少年同房，還要負責刷馬桶。究竟是什麼樣的能耐，讓他能在這種惡劣的環境中成長茁壯？「那時沒有輔導人員，」黃仁勳說：「沒人會聽你訴苦，你只能堅強起來，繼續前進。」

也許時間沖淡他對歐奈達中學的記憶。他在2019年捐贈大樓給學校時，還興高采烈提到當年每天上學都得走過的那座吊橋（多年前已拆除），但沒說到有人在橋的兩端猛拉繩索，想要讓他摔下去。我問他當年在學校割雜草、掃廁所的事，他則說這些經歷教會他努力工作的價值。「當然，如果你當時問我，我可能會給你不同的答案，」他說。2020年，黃仁勳受邀在線上為歐奈達中學畢業典禮致詞。他在言談中說道，在歐奈達上學是他人生的一大幸事。



1976年，黃仁勳進入奧勒岡州波特蘭市（Portland）郊區的阿羅哈高中（Aloha High School）。他穿牛仔褲與天鵝絨布料的衣服，留著摩托車頭盔狀的髮型，一樣成績頂尖，英語能力則突飛猛進。校園氣氛友善，他很快就和幾個同樣是書呆子的同學成為莫逆之交。「我們這三、四個人氣味相投，參加同樣的社團：數學社、科學社、電腦社，」黃仁勳說：「你知道的，我們都是書呆子！我還沒有女朋友。」

他對電腦社特別感興趣。1977年，學校買了一臺Apple II，這是第一批大規模生產的個人電腦。黃仁勳被這部機器徹底迷住，用它來玩以文字指令操作的原始電玩遊戲《超級星艦迷航》（*Super Star*

Trek)，拼命射擊克林貢戰艦。他還用Basic程式語言編寫自己的貪食蛇遊戲。

他的另一項課餘興趣是桌球。當年，他在歐奈達中學的交誼廳打桌球，已沒有人能出其右，但他其實沒認真練過。上了高中，他才開始參賽。指導他的是皇宮桌球館（Paddle Palace）的老闆盧·波泉斯基（Lou Bochenski）。這間球館是從麋鹿會所（Elks Lodge）的舞廳改建而成。波泉斯基的女兒茱蒂（Judy）1971年曾受邀到北京，參加中國「乒乓外交」的交流活動。但黃仁勳沒有在亞洲打過球，握拍也是採用西式握法。²

黃仁勳苦練了整個暑假。波泉斯基非常欣賞他。儘管三個月前他才開始參賽，這位球館老闆甚至投書《運動畫報》（*Sports Illustrated*），說黃仁勳是「西北地區有史以來最具潛力的青少年桌球選手」。黃仁勳的必殺技是他的正手拉弧圈球，他用這招擊敗許多排名比他前面的選手，有時還會鑽到球桌底下救回看似無法挽救的球。不到一年，他就闖進國手排名賽，在拉斯維加斯十六歲以下桌球雙打錦標賽中攻入決賽。「他進步神速，沒有人學得比他快，」黃仁勳在皇宮桌球館的朋友喬·羅曼諾斯基（Joe Romanosky）說道。

黃仁勳體格結實，反應敏捷，但他最與眾不同的一點是非凡的專注力。他一旦下定決心在某方面要自我提升，其他的一切都會拋諸腦後。他比任何人更拼、更努力，似乎不曾覺得挫折或碰到瓶頸；他從未停滯不前。他耐心的鍛鍊基本功，直到技巧爐火純青，這才心滿意足。

他幾乎一天到晚都待在球館。如果沒練球，就是在那裡打工，晚上幫忙擦地板，賺取參賽費用。波泉斯基給他球館的鑰匙，有時，他寧可在球館過夜，也不願回家。由於球館的前身是舞廳，裝潢華麗，

天花板懸掛著水晶吊燈，腳下是實木地板，還有靠牆軟墊長椅。黃仁勳留存那時拍的一張老照片：約莫十五歲的他，看起來短小精悍，穿著1970年代經典的超短運動褲與條紋長筒襪，頂著馬桶蓋頭，彎腰靠近球桌，全神貫注，準備擊球。羅曼諾斯基說：「他是攻擊力強的選手，隨時準備進攻。」

即將畢業時，黃仁勳到丹尼餐廳打工。在那個時代，這間全美連鎖餐廳以煮焦的咖啡、蛋粉加水還原的炒蛋、一再重複加熱的豬肉餅與二十四小時營業而聞名。黃仁勳很喜歡這裡。他從洗碗工做起，後來晉升為服務生。「我發現在逆境時我的頭腦最靈光。這個世界崩塌時，我的心跳反而變慢，」他後來說道：「也許這源於我在丹尼餐廳的歷練。當服務生就得面對尖峰時刻的考驗，恨不得自己有三頭六臂。任何應付過餐廳尖峰時段的人都明白我的意思。」

丹尼餐廳讓黃仁勳快速認識美國餐飲。他在那裡第一次吃培根起士堡、第一次吃香腸酥捲、第一次吃炸牛排。他一道道品嘗，嘗遍整個菜單。他最喜歡的是大鳥總匯三明治：烤酸種吐司裡塞滿火雞肉、培根、番茄與起士。對一個正在適應新文化的移民來說，在美式餐館大快朵頤再「美國」不過了。

黃仁勳成績優異，是美國高中榮譽生會的成員。³這種追求成就的渴望來自他的內心。黃仁勳告訴我，他的父母不是「虎爸虎媽」，沒給他過度的學業壓力。「其實，我哥跟我弟成績一塌糊塗，」他說，不過他隨即補充表示他們都很聰明。我問黃仁勳，為何唯獨在家中排行老二的他學業成績如此優異？他聳聳肩。「我沒辦法回答這個問題，」然後又說：「我不想那樣剖析自己。」

他在高中名列前茅，曾經跳級，畢業時已是桌球國手，平均學業成績幾近滿分。但他不想擠進名校，便選擇就讀離家不遠的奧勒岡州

立大學（Oregon State University）。黃仁勳告訴我，做出這項決定的背後沒有考慮太多，父母也沒施壓要他去讀其他學校。他的高中好友迪恩·維海登（Dean Verheiden）有優先權可以進入奧勒岡州立大學，因為他父親是校友，黃仁勳便決定也去這所大學。「我想跟最要好的朋友一起上大學，」他說。

不過，其他人有不同的看法。黃仁勳才十七歲，已經在三個國家生活過，至少上過五間不同的學校。當時，奧勒岡州立大學的錄取率超過70%，甚至不是奧勒岡州排名最高的公立學校，但這所學校離他父母家只有九十分鐘車程。「他可以上任何一所大學，常春藤名校、史丹佛、東岸任何名校，哪裡都行，」一位老朋友說：「他選擇奧勒岡州立大學是因為他想待在離家近的地方。」

黃仁勳在1980年入學。那時，奧勒岡州立大學還沒有電腦科學相關學系可以選，所以黃仁勳主修電機工程。這個領域的入門課程決定了他往後人生的大方向。他學會設計電路，這成為他職業生涯的主軸，並讓他遇見未來的妻子。

十八歲的洛麗·米爾斯（Lori Mills）也是奧勒岡州立大學新生。她戴著眼鏡，一頭棕色捲髮，是個認真的好學生。她個性友善隨和，喜歡條理、秩序，早已規劃好人生：二十二歲踏入職場，二十五歲結婚，三十歲生孩子。開學第一週，在隨機安排之下，她成為黃仁勳的實驗搭檔。「電機系大約有兩百五十名學生，可能只有三個女生，」黃仁勳說：「她是系花。」系上所有男生都想追她，黃仁勳認為自己沒什麼優勢。「我是班上年紀最小的，」他表示：「外表看起來只有十二歲左右。」

黃仁勳覺得一般的追求方式勝算不大，於是採取不同的策略。他說：「我努力打動她，當然不是靠外表，而是靠完成作業的高強能

力。」每個週末，黃仁勳都會打電話給洛麗，纏著她一起寫作業。他確實很擅長做作業，有時稱這是他的「超能力」。洛麗答應了，兩人都因此拿到好成績。

在實驗室裡，黃仁勳與洛麗會駝著背窩在桌邊，在一種叫作「麵包板」的長方形塑膠板上組裝元件，製作放大器與加法器。你不但要有一雙巧手，還要有耐心，才能做得好，而且兩人必須近距離接觸。電流從電源開始，經過各種元件形成迴路，最後回到起點。基礎電路可以驅動燈泡或數位時鐘。更進階的電路則運用一種叫做「電晶體」的特殊元件作為數位開關。你可以透過組合電晶體建構出「邏輯閘」，幾個邏輯閘組合在一起就能進行基本運算：例如一加零，或一加一。而把這些簡單的加法器串聯起來，就能進行複雜的數學運算。實驗的最後一個步驟總是要閉合電路，形成電流迴路。做了六個月的麵包板實驗，黃仁勳才開口正式約她出去。她答應了，從此兩人幾乎形影不離。

黃仁勳提前修完所有課程，以最優異的成績畢業。此時正好趕上1980年代的矽革命。儘管學生們可能還在使用麵包板，但商用邏輯電路的首選材料是一種經過處理的矽晶體，也就是所謂的「半導體」。技術人員會用紫外線光把邏輯電路「印」到矽晶圓上，然後切成小小的晶片。由於所有電子元件都固定、整合在晶片上，晶片有時也被稱為「積體電路」。

1980年代的個人電腦熱潮為晶片創造巨大的需求，數位設備的普及更是推波助瀾。晶片可以應用在汽車、CD播放器、玩具、微波爐，以及任何想得到的東西上。日後，晶片更進入充電器、冰箱、信用卡與電動牙刷當中。因此，精通電路設計的人才供不應求（直到今天仍是如此）。畢業前夕，黃仁勳在世界晶片之都矽谷找到了工作。

-
- 1 作者注：李光耀認為新加坡的經濟成功源於兩項因素：多元文化兼容與空調。他表示：「對我們來說，空調是最重要的發明，或許也可以說是人類史上劃時代的發明。空調促進熱帶地區的發展，改變文明的本質。」
 - 2 譯注：指橫拍握法，有別於亞洲選手常用直拍握法。
 - 3 譯注：美國高中榮譽生會（National Honor Society）成立於1921年，旨在表彰在學業成績、領導才能、社區服務與道德品格均表現突出的十至十二年級學生。

第2章

大型積體電路

1984年聖誕節前夕，曙光照在加州與奧勒岡州邊界附近的荒涼山路。一部酷炫的車在山路上奔馳，樹叢向西投下陰影，遮蔽柏油路面與傾斜的引擎蓋。這輛豐田Supra是直列六缸引擎的雙門跑車，外型有稜有角。從前方看，頭燈彈出時，這輛車就像友善的機器人。黃仁勳握著方向盤，轉個彎，繼續在荒蕪的山路上疾駛。

此刻，他必然滿面春風。坐在副駕駛座的是他的女朋友洛麗·米爾斯，而且她現在是他的未婚妻了。前一晚，黃仁勳服務的晶片製造公司超微半導體（Advanced Micro Devices，縮寫為AMD），舉辦了盛大的聖誕派對，他在派對上向她求婚。他二十歲就開始在AMD工作，那時他甚至還沒到合法飲酒的年齡。他的起薪是28,700美元，這必然是讓他畢生難忘的數字，以至於四十年後還能不假思索的說出來。黃仁勳很節儉，工作一年就存夠錢買車與訂婚戒指。

AMD的派對是求婚的理想場所；這是矽谷最奢華的派對。AMD租下舊金山莫斯康會議中心（Moscone Convention Center），為幸運的員工提供免費飲品，並安排知名搖滾樂團登臺演出。那年，搖滾團體芝加哥合唱團（Chicago）用舞曲版的〈星期六，在公園〉（Saturday in the Park）與〈再過二十五、六分就是四點〉（25 or 6 to 4）讓在場的工程師聽得如癡如醉。1984年，對美國經濟而言，灣區的科技圈仍屬於邊陲地帶。黃仁勳到AMD上班時，美國市值最高的公司依然是杜邦（DuPont）與奇異（General Electric）這樣的傳統工業巨頭。老一

代的企業家凋零之後，他們的工業集團也走入窮途末日，新一代的科技公司成為股市霸主。

洛麗當然答應黃仁勳的求婚。即使以那個年代的標準來看，兩人未免太早就決定廝守終生。黃仁勳才二十一歲，洛麗大他一歲，大學還沒畢業，但小倆口已如膠似漆，教人只羨鴛鴦不羨仙。求婚後，黃仁勳提議開車送洛麗回家，想要親自向未來的岳父母報告這個好消息。他跟米爾斯一家早就打成一片，尤其和洛麗的父親合拍。他的準岳父是典型的美國老爹，和藹可親，舉止與長相都神似演員詹姆斯·史都華（James Stewart）。米爾斯一家也很喜歡黃仁勳，雖然覺得女兒太早婚，但也認為她可能找不到更好的對象了。這對情侶的朋友開玩笑說，黃仁勳跟岳父母比跟自己的父母更親。

雖然黃仁勳老實可靠、出奇早熟，偶爾還是會有一些只有毛頭小子才會覺得合理的想法。例如，在一場酒酣耳熱的狂歡聖誕派對之後，半夜開著跑車在積雪的山路長征九小時。拂曉時分，兩人已上路五個多小時。那一帶人煙稀少，有些居民是第一批加州淘金者的後裔，祖先曾在周圍的山丘尋找黃金。就在這宛如墳場的廢棄礦區之中，有一段路面出現一層薄薄的冰，冰層透明，肉眼難以看見，駕駛只能看到黑色的路面。經過這個路段時，黃仁勳開的Supra打滑翻覆，車底朝上卡在路肩，輪胎還在轉動，差點就翻下公路。

黃仁勳與洛麗一時頭下腳上，然後車子才重摔到路面，發出砰聲巨響，滑行一段距離才停下來。跑車的豪華內裝支離破碎，散落一地。這部Supra完全報廢，兩人則困在車裡，爬不出來。戴著訂婚戒指的洛麗幾乎毫髮無傷，但黃仁勳流血了，脖子嚴重扭傷。太陽正在升起，但是氣溫嚴寒，那是一天最冷的時候。急救人員終於趕到現場時，不得不切開車身，兩人才得以脫困。黃仁勳身上多處需要縫合，

接下來的幾個月都得戴著護頸套。多年後，我問起這件事，他卻表示最遺憾的是失去那部Supra。「那實在是一部好車，」他說。



黃仁勳終於康復。這場可怕的车禍沒有影響到他們的婚事，兩人反而因為一起死裡逃生更加相愛。洛麗畢業了，黃仁勳也回到工作崗位。在AMD，他在紙上繪製晶片設計圖。每一張紙代表晶片中的一層，下面是電晶體，上面則是各種互連的線路。每完成一層，他就把設計圖拿到辦公室後方，轉印到彩色玻璃紙上。這些玻璃紙是用來製作稱為「光罩」的模板，然後送到製造工廠。

不知為何，AMD光罩部門的工作人員都是華裔女性。她們坐在工作臺前，精確的排列彩色模板。這些女工只會一點點英文，而黃仁勳長大成人過程中說的是臺語，不會說中文。臺語和中文，就像德語和英語那樣不同，但是透過和光罩工作人員交談，黃仁勳開始學著說中文。「就只是透過日常對話學會口說發音而已，」他表示。這些女工讓他想起自己的母親。

黃仁勳在AMD待了兩年。在他的回憶裡，那是一段美好時光。透過員工持股計畫，他獲得一些AMD的股票，至今都沒有賣出；這件事也因為他後來的職涯發展，變得愈來愈諷刺又好笑。1985年，一位同事說服他離開AMD，加入巨積公司（LSI Logic）；這是開發出第一個晶片架構軟體設計工具、富有創新精神的矽谷公司。1980年代中期，工程師已經能夠在單一晶片上放置數十萬個電晶體，超越紙上繪圖的極限。最貼切的比喻是用人類髮絲編織出一個大如網球場的迷宮。

巨積的「大型積體電路」可以把低階的電路模塊設計自動化，讓

工程師專心研究更高階的架構。經過一段時間，這些自動化設計工具演變成複雜到讓人難以想像的「超大型積體電路」（Very Large Scale Integration，縮寫為VLSI），這仍是現代工程師進入晶片設計領域的起點。有了超大型積體電路，你可以把視角拉得很遠，乃至於忘記一個個電晶體的存在。物換星移，至今只有黃仁勳與少數老前輩還記得那個手工製造晶片的古早時代。

洛麗1985年畢業後進入視算科技（Silicon Graphics）工作，大家都簡稱這間公司為SGI；這是生產昂貴3D繪圖工作站的公司。當時在矽谷，SGI**也是**人們夢寐以求的工作地點，以至於起初洛麗的薪水比黃仁勳還高。SGI與AMD都在美國101號國道附近。這條國道是美國西岸最重要的南北向高速公路，從聖荷西市（San Jose）中心到帕羅奧圖市（Palo Alto）的史丹佛校區這一段約有40公里。在這段高速公路上行駛，會經過幾個不起眼的郊區市鎮。要不是斗大的出口標誌，你恐怕不會注意到這些地方：庫柏蒂諾（Cupertino）、聖塔克拉拉（Santa Clara）、米爾皮塔斯（Milpitas）與山景城（Mountain View），它們分別是蘋果公司、英特爾（Intel）、思科（Cisco）與視算的大本營。這裡人才濟濟，每平方英尺創造的財富是全球之最。黃仁勳就像被繩索綁住，離不開這一帶，往後都在這方圓8公里內工作。

這些城鎮的名字也許令人印象深刻，建築則沒什麼特色。黃仁勳的父親曾為曼哈頓傾倒，但在矽谷卻看不到那種璀璨瑰麗。這裡沒有摩天大樓形成的峽谷，街上也沒有熙熙攘攘的行人。放眼望去，看到的是一棟又一棟單調乏味、不高也不矮、盒子形狀的樓房，四周是停車場、單排的購物中心與長租商務旅館，高速公路在海灣南端的低地縱橫交錯。工程界的頂尖人才在深色玻璃窗後面，但從外面看，是一片死寂，只能從來往的車流看見生氣。

建築內部同樣乏味。走進1980年代的空調辦公室，會看到一堆笨重的CRT螢幕、色調暗淡的地毯、嗡嗡作響的螢光燈，以及遮蔽通風管道的輕鋼架天花板。最常見的是開放式的「行動辦公室」，由不同高度、可重新配置的隔間與辦公設備組成。¹在LSI，辦公室是由一個個低矮的隔間組成，員工稱它們為「坑洞」。黃仁勳在1985年來到這裡時，戴著大框眼鏡，穿著扣領襯衫與休閒西褲，搭配一只品味不錯的手表，頭髮有點長。對他來說，坑洞就是天堂。似乎世界上沒有其他地方更適合他。

黃仁勳工作認真到令人匪夷所思的地步，就像他打桌球一樣認真，因此表現極為突出。跟他一起在「坑洞」裡苦幹的電機工程師簡斯·霍茨曼（Jens Horstmann）是德國人，本來只是來巨積受訓半年，後來留下來工作。霍茨曼與黃仁勳都是移民，年紀相仿，甚至連姓名縮寫都一樣是JH。

兩人也都是工作狂，不惜犧牲個人生活來解決一連串棘手的技術問題。「我們沒有『週末』的概念，」霍茨曼說。「我們早上七點就到公司，一刻不得閒，直到晚上九點女朋友打電話來，問我們什麼時候回家。」

後來，兩人成了死黨。霍茨曼很有魅力且外向、幽默，私底下的作風不像黃仁勳那樣嚴謹。他愛冒險，興趣更廣泛，在社交方面也更活躍。但就工作而言，黃仁勳比他大膽，更勇於嘗試。黃仁勳以一貫的專注與投入，精通了「積體電路用模擬程式」（Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis，縮寫為SPICE）這套軟體。他用命令行介面輸入電路元件的有序串列，程式就會回傳電壓數據的純文字表格。原始的SPICE軟體向來被視為教學工具，但黃仁勳利用這種軟體，把電路的效能推到別人認為不可能的極限。當巨積的客戶想要新

功能時，大多數工程師都會直截了當的說：「這不可能辦到。」但黃仁勳會說：「讓我看看能做些什麼。」

黃仁勳會花幾個小時測試模擬程式，重新排列元件的串列以實現客戶想要的功能。這項工作非常耗費心力，無法借助圖形使用者介面，連彩色顯示器都沒有。他的專注力令人欽佩；霍茨曼知道很多工程師都願意費心解決技術問題，但黃仁勳與眾不同之處在於他會避免陷入死胡同。「那些工程師會迷失方向，」霍茨曼說：「他們就是會深深鑽進死路。但黃仁勳不會，他有很強的判斷力，一旦看出問題複雜到某個程度，無法繼續突破，他就會改變方向。」

巨積最難搞的客戶是電腦繪圖設計師，他們一直想要更快的晶片，渴求似乎永無止盡。在黃仁勳的鼓勵下，霍茨曼跟這些客戶簽約，但他們兩人根本不知道公司能不能做出這些產品。公司前輩勸他們謹慎一點：「你們知道自己在做什麼嗎？萬一做不出來，你們的職業生涯可能就完蛋了。」不過，霍茨曼說：「他們說得沒錯，但我們毫不在意。」

霍茨曼與黃仁勳承諾要交出來的產品幾乎都能交付。克服這些艱難的技術挑戰，獲得的回報就是嶄新、更困難的挑戰。黃仁勳熱愛這種難度曲線，享受這種過了一關又一關、功力層層提升的過程。「他有能力讓 $1+1=3$ ，」霍茨曼說。「我的意思是，我們不只為客戶做出他們想要的東西，還把這些訂單轉化為工具，再把這些工具變成一套標準的操作方法。」霍茨曼表示，大多數工程師做不到這一點，甚至做不到 $1+1=2$ 。「有 1.5 就可以偷笑了，」他說。

在他們的朋友群中，黃仁勳與洛麗是最成熟、穩重的一對。他們是第一對結婚的，也是最先買房的。1988年，兩人搬進聖荷西東部住宅區一棟有兩層樓、四間臥室的房子，車庫朝向馬路，後院有露臺，

黃仁勳會在那裡烤肉。這對夫妻都在大公司有穩定的工作，薪資優渥，而且認真存錢，每年在免稅退休帳戶的存款都達到上限。他們領養了一隻狗，名叫壽司（Sushi），無條件的疼愛牠。壽司熱情回報的方式是猛搖尾巴，把周遭的東西弄倒。

霍茨曼羨慕黃仁勳的婚姻，佩服他能過著有條不紊的生活。他也欣賞洛麗，認為她是很有才華的工程師。霍茨曼曾跟她討論自己正在處理的一項技術問題：客戶的衛星裡安裝的晶片受到宇宙射線干擾而故障了。洛麗以前處理過類似的問題，這不只需要電機工程的實務知識，還要懂得粒子物理學。「她的思考是那麼有深度、有條理，實在令人嘆服，」霍茨曼說。

這種條理分明的個性有個缺點……嗯，這對夫妻的生活似乎有點呆板。兩人都是工作狂，很少旅行，幾乎不和半導體產業之外的人社交。霍茨曼說，他曾經介紹一位經營手工精釀啤酒廠的朋友給黃仁勳，在1980年代那是一個不尋常的職業。黃仁勳的反應卻像是：「你怎麼會認識這種人？怎麼可能？」他似乎沒有一個朋友不是在科技業工作的。

黃仁勳在巨積工作期間不斷獲得晉升，同時晚上開始在史丹佛大學研究所上課，攻讀電機工程碩士。因為工作太忙，他花了八年的時間才完成學業。當時，他開著一輛可靠耐用的車，在矽谷西邊的學校、東邊的家和位於中間的公司之間來回奔波，年復一年在101號國道上往返。1992年，他終於拿到碩士學位時，他在入門課程中學到的東西很多都已經過時。

黃仁勳正是在巨積工作的時候認識克里斯·馬拉考斯基（Chris Malachowsky）與柯蒂斯·普里姆（Curtis Priem）這兩位昇陽電腦（Sun Microsystems）的晶片設計師。昇陽和巨積一樣，都是為專業進

階使用者製造高階工作站。普里姆與馬拉考斯基是要求相當嚴格的客戶，他們指定的功能不只一般銷售人員無法提供，甚至無法理解。

「巨積翻遍全公司找出思維最開放的技術人員來為我們服務，」馬拉考斯基告訴我：「那個人就是黃仁勳。」

馬拉考斯基、普里姆與黃仁勳合作無間。普里姆是晶片的建築師，能在腦中思考電路，在心裡勾勒加法器的電流路徑。馬拉考斯基是機械師，有一雙巧手，喜歡汽車與小型飛機，能夠製造出普里姆想到的任何東西。黃仁勳則是後勤，負責管理巨積的生產工具，並大規模生產他們設計出來的東西。

在這三人當中，普里姆最奇特。他一臉聰明相，智力超群，面相極佳：天庭飽滿，目眉彎彎，談話時眼睛會眯成一條縫，打量著四周。他滔滔不絕的獨白充滿專業術語，像導遊帶領聽眾穿越電路架構，不時停頓，仔細講解重要的功能。通常，普里姆描述的概念圖只存在於自己的腦中，但他很少注意聽眾是否能跟上他說的話，也不在乎。

普里姆的工程師之路頗為曲折。他在俄亥俄州克里夫蘭郊區長大。母親希望他能成為職業交響樂團的大提琴手，於是他一直努力練琴。上了高中，他去北卡羅萊納州參加音樂營時，坐在第二大提琴的最後一個位置。「我突然發覺，自己未來可能就是當個高中音樂老師，」普里姆說。於是，他放棄大提琴，投入電腦領域，從紐約州北部的倫斯勒理工學院（Rensselaer Polytechnic Institute）畢業之後就來到矽谷。至少在某段時間，他的古怪性格在矽谷仍屬於可接受的容忍範圍之內。

馬拉考斯基則比較務實。在輝達的三位共同創辦人當中，他是你會放心讓他放手去做的人。他體格健壯，肩膀寬闊，方頭大耳，面目

和善，還有一雙大手。在紐澤西州長大的馬拉考斯基自認瀟灑叛逆，不拘小節，常和朋友一起喝酒玩樂。儘管他在1970年代末剪了個比較保守的髮型，為人依然粗獷不羈，笑口常開。對馬拉考斯基來說，電腦不是高深、抽象的概念，而是植根於物理現實的實體機器。普里姆建造了自己的飛行模擬器，而馬拉考斯基不但有自己的飛機，還親自駕駛。

黃仁勳比他們年輕幾歲，雖然是外部供應商，但更像他們的經理，監督巨積製造工廠，確保品質、及時交貨。三人各擅勝場，合作無間。「我們從未侵犯彼此的領域，」馬拉考斯基說。他們能組成這樣一支默契十足的團隊，單單是因為普里姆與馬拉考斯基信任黃仁勳；其實，他們對他的信任甚至勝過相信自己的老闆。「昇陽的政治鬥爭令人不敢置信，」普里姆說。

黃仁勳不喜浮誇，總是以身作則來領導。他努力鞭策自己，不閒言碎語，論功行賞，讓人心服口服。如果產品要延期交貨，或是無法達成允諾對方的某項功能，黃仁勳會立即詳細說明什麼地方出了問題、誰該負責，以及他正採取什麼措施來解決問題。「如果他說要去做某件事，很可能真的會**去做**，」馬拉考斯基說。這樣的產品經理絕無僅有，他想不出矽谷有第二個這樣的人。

如果說黃仁勳有什麼缺點，那就是他過分坦率，直言無諱，有時甚至會傷害到別人。率真是他魅力的一部分，但有時難免會讓人覺得受傷。他對於意見不同的人缺乏耐心，而且似乎真的很驚訝，無法想像做這一行的人，居然有人不願意一天花十四個小時來測試電路模擬器。當然，對普里姆與馬拉考斯基這種愛挑剔的工作狂來說，這些特質反而證明黃仁勳是個適合的管理者。

1989年昇陽3D圖形處理器Sun GX問世，就是普里姆、馬拉考斯基

與黃仁勳合作成功的成果。這種圖形處理器是科學家、動畫師與電腦輔助設計建模師可倚重的工作站。裡面的晶片將空間中由「點」構成的線框骨架作為輸入源，然後為一個個像素依序「塗上」紋理，創建由塊狀多面體構成的可旋轉物體。從今天的眼光來看，GX輸出的畫面看起來很粗糙，但如果你在1989年眯起眼睛看著CRT螢幕上的十六色輸出畫面，也許就能看到電腦繪圖的未來。

Sun GX一炮而紅，黃仁勳也引起巨積創辦人威爾夫·柯里根（Wilf Corrigan）的注意。Sun GX發布後，黃仁勳晉升了，柯里根指派他負責「系統單晶片」（system-on-a-chip）的設計平臺，這讓客戶能夠把多項功能，像是3D繪圖、影像與遊戲控制器，整合到單一晶片上。這個平臺廣受客戶好評；馬拉考斯基從外人的眼光來看，認為柯里根有意培養黃仁勳當接班人，日後讓他擔任執行長。「他們竟然讓這個二十幾歲的年輕人創立一個全新的部門！」他說：「我是說，他們必然在他身上看出某些東西。」

不過，普里姆與馬拉考斯基也同樣在黃仁勳身上看到某些特質。儘管GX晶片很成功，兩人提議為個人電腦遊戲製作較低價版的晶片時，卻遭到昇陽的管理階層否決。（有個傲慢的主管告訴他們，昇陽服務的對象是科學家，不是遊戲玩家。）馬拉考斯基與普里姆在沮喪之餘，心生一個念頭，想要自己開公司製作這款消費者導向的遊戲晶片，只是兩人都覺得自己無法勝任管理工作。因此，他們在1992年找上黃仁勳，請他來經營他們的新創企業。

一開始黃仁勳很猶豫，不敢答應。他尊敬普里姆與馬拉考斯基，但他有自己的部門要管理。巨積是一間追求創新的公司，而且重用他，給他一份有發展前景的管理職位。馬拉考斯基與普里姆想要創立的企業，不僅還沒有商業計畫，甚至沒有名稱，只有一個昇陽認為賺

不了什麼錢的粗略產品構想。此外，儘管這兩個人口口聲聲說他們是完美的團隊，但在同事眼中，兩人關係似乎很不好。

馬拉考斯基和普里姆常常吵架。「我和克里斯會大聲爭吵，」普里姆告訴我。吵到最後，通常其中一個會氣沖沖的從工作室衝出去，大聲甩門，回到自己的辦公室。「團隊裡的人總是會問：『我們要解散了嗎？』」普里姆說：「但這只是我們互動的方式。」這兩個人都很固執。普里姆曾提到馬拉考斯基的「阻抗機制」；這是工程術語，用來描述電流流過電路碰到的阻力。我跟馬拉考斯基說到這一點時，他回應道：「是喔，我不知道你跟他談了多久，不過他的使用者介面設計得不是很好。」

要和普里姆與馬拉考斯基共事，恐怕得一輩子忍受甩門聲以及工程師笑話。更糟的是，黃仁勳的個人財務非常吃緊。1990年，他們的兒子勝斌出生，翌年，女兒敏珊報到。（家裡多了新成員，愛犬壽司的反應是從他們嘴裡偷走奶嘴。）原先的規劃是夫婦倆都繼續工作，努力還房貸，然而由於一直找不到可靠的保母，洛麗只得辭去視算科技的工作，在家照顧小孩。

黃仁勳請簡斯·霍茨曼當他兩個孩子的教父；霍茨曼的太太同樣為了養育孩子辭職，克里斯·馬拉考斯基的太太蒂娜（Tina）也是。霍茨曼告訴我，這三位女性都是優秀的工程師。「面對家人，有時我會有點內疚，因為我一直埋首工作，」他說：「我們試過找保母，也嘗試各種方法，但也許我們當初應該更努力解決這個問題。」我問黃仁勳這件事的時候，不安浮現在他臉上，儘管他的一雙兒女早已長大成人。他回想起當年拜託老婆暫時放下工作，在家帶孩子，而且他們銀行帳戶只剩六個月的生活費，他還跟老婆商量，說自己要離職創業。洛麗鼓勵他去拼一把。「她一直相信我，」黃仁勳說。



多年後，黃仁勳說他在短短幾年從電路板製圖員成為執行長，其實是一連串的巧合。「我是一個從州立學校畢業的技術人員，沒有什麼抱負，」2020年，他在歐奈達浸信會中學畢業典禮演講中說道：「如果你想找人經營一間公司，我想你不會選我。」

儘管黃仁勳的事業登峰造極，足以傲視全球，但他虛懷若谷，有時似乎謙虛過頭。每一個認識他的人都在接受採訪時告訴我，他在演講時說的不是事實。馬拉考斯基說，他是頂著史丹佛碩士學位、野心勃勃、不斷拼搏的人。「他希望能在三十歲之前當老闆，」馬拉考斯基說：「我記得一清二楚，這是我們在他家吃飯時他親口說的。」

後來幫輝達處理股票上市業務的資深產業分析師漢斯·摩西士曼（Hans Mosesmann）回憶道，他曾經和黃仁勳在巨積的一位前主管聊天。這名主管說，他負責評估黃仁勳的表現。評估表格類似成績單，他在分數那格留下空白，但在底下寫道：「黃仁勳是非常優秀的員工。我希望有朝一日能為他工作。」

霍茨曼記得黃仁勳在巨積工作期間發生的摩擦。那時，才二十幾歲的他就負責一個年營收2.5億美元的部門，很多部屬比他年長、也更有經驗。為了調解黃仁勳和這些員工的衝突，執行長柯里根從英特爾找來一位高階主管，跟他一起管理產品線。黃仁勳氣炸了，用工程師詞典中最粗鄙的字眼咒罵，說這是「政治安排」。「他抱怨自己從零開始，一點一滴把這個部門建立起來，為什麼讓人撿了現成？」霍茨曼說。也許這樣的屈辱讓他決定掛冠求去。雖然馬拉考斯基和普里姆很討人厭，但他們也是天才，如果要找人經營他們創立的公司，黃仁勳是第一、也是唯一的人選，他們就是不相信其他人。

不過黃仁勳沒有馬上點頭。他知道創業很難，硬體新創企業更難，消費者導向的硬體新創企業則是難上加難。大多數公司一直在開發產品原型的階段打轉，很多公司甚至連產品原型都做不出來。對黃仁勳來說，決策是一個客觀、理性的過程，沒有空間容納無用的情緒。在他看來，商業不過是另一個工程問題。

工程師會把複雜的問題分解為簡單的基本原則，再利用這些原則產生強大的效果。因此，如果要創業，黃仁勳得先了解這些原則。他必須研究市場、供應鏈、競爭、技術，以及產品是否符合市場的需求。他必須打電話給客戶、遊戲開發者與電腦繪圖專家，試探他們的想法。他必須閱讀枯燥乏味的產業現況報告，研究長條圖、銷售數字與客戶意見調查，尋找向上趨勢的蛛絲馬跡。換句話說，他必須做功課。然而，只有一個地方可以做這些事。

¹ 譯注：行動辦公室（action office）是羅伯特·普羅普斯（Robert Propst）於1960年代為赫曼米勒公司（Herman Miller）設計的新型辦公家具，包含辦公桌、隔板等，讓員工能夠依個人喜好任意組合、移動辦公設備。

第3章

新公司

傳說中的那間丹尼餐廳在聖荷西一條高速公路旁。餐廳的招牌燈柱就像燈塔，在充斥著加油站與換匯店的老舊商業區中閃閃發光。餐廳地毯點綴著粉紫與酒紅色的圖案。當時是1993年，有些桌上擺著煙灰缸。長長的吧檯與一排高腳椅面向廚房。後方有個安靜的區域，顧客可以在那裡坐好幾個小時，享用無限續杯的咖啡。店面正面的玻璃窗上張貼廣告，宣傳售價3.99美元的豪華早餐，包括雞蛋、香腸、培根與鬆餅。餐廳二十四小時營業，全年無休。

黃仁勳建議在這裡碰面。這裡離他家很近，有時他會帶孩子來用餐。警察經常會坐在後方的安靜區域，邊喝咖啡邊寫報告。1993年的加州正經歷該州史上最嚴重的犯罪浪潮，一年就有四千多人遭到殺害。儘管毗鄰富裕的矽谷，聖荷西也未能倖免。

黃仁勳在警察盤據的區域找了個半圓形沙發包廂坐下，桌上擺著筆電與一堆四散的研究報告。克里斯·馬拉考斯基與柯蒂斯·普林姆坐在旁邊，但對這裡的餐點沒什麼興趣，最吸引他們的是咖啡續杯。對於友人「濫用」這項優惠，黃仁勳覺得很不好意思，於是跟服務生閒聊，點了一盤又一盤食物，還大手筆給小費。

昇陽拒絕進軍個人電腦遊戲硬體的消費市場，洛麗的前東家視算科技儘管也是3D繪圖產業的領導者，卻同樣興趣缺缺，那裡的員工正忙著用電腦合成影像（CGI）為電影《侏羅紀公園》（*Jurassic Park*）製作生動逼真的恐龍。由於電腦產業要角對電腦遊戲嗤之以鼻，市場

形成真空狀態，一堆新創企業趁機成立，想要填補這個空缺。

這些公司想要利用原本用來繪製飛機與恐龍線框模型的硬體，創造出可以控制的3D遊戲動畫角色。要實現這項目標，需要大量生產低成本、高效能的電路，以及「在硬體上運行」的軟體層，讓遊戲程式設計師能夠連結到底層的運算結構。成品將是一塊以繪圖晶片為核心、可插入主機的電路板。家用電腦使用者只要拆開電腦機殼，把這塊電路板插到主機板上的專用插槽即可使用。

這種產品就是所謂的「圖形加速器」（graphics accelerator），當時至少有三十五間公司都在開發這種產品，競爭激烈。黃仁勳擔心第三十六間公司可能擠不進市場。當時電腦繪圖領域的權威是喬恩·佩迪（Jon Peddie），寫過許多本以此為主題的教科書。黃仁勳聯繫佩迪，想要了解市場情況。兩人很快成為朋友，黃仁勳不停打電話向他請教，常常講到半夜。佩迪勸他打退堂鼓，畢竟這個領域已經太擁擠，而且最優秀的工程師幾乎都被其他公司網羅。「我告訴他最好懸崖勒馬，」佩迪說：「這是我的良心建議，但他就是不聽。」

三人在丹尼餐廳碰面時，普里姆與馬拉考斯基多半只是旁觀。「我只是去吃派的，」普里姆回憶說：「其實，就是去聽他說。」黃仁勳提出的關鍵數字是5,000萬美元。這是他認定公司每年的最低營收，低於這個數字等於是做白工。他的筆電上有一份試算表，包含未來幾年的營收預測。他調整一個儲存格中的變數，預測值就會降到5,000萬美元以下，然而調整另一個儲存格中的變數，營收預測則會高於5,000萬美元。

就這樣來來回回討論了幾次之後，黃仁勳終於下定決心加入他們。不久，儘管公司還沒取名，普里姆、馬拉考斯基與黃仁勳就走進位於帕羅奧圖的法律事務所申請設立登記。這間事務所的律師吉姆·

蓋瑟（Jim Gaither）曾經在一年內就參加一百二十九次不同公司的董事會會議，可以說是矽谷最炙手可熱的法律顧問之一。這三個人讓蓋瑟印象深刻，尤其是黃仁勳，他覺得黃仁勳是天生的領導者。「我當下就做出決定，要讓他們和我合作，否則不會讓他們離開我的辦公室，」蓋瑟說。

蓋瑟跟這幾位創辦人討論公司架構，然後草擬文件。由於他們的公司還沒有取名，蓋瑟暫時寫上NV，代表新創企業（new venture）。這是一個奇妙的巧合，因為普里姆與馬拉考斯基研發出來的原型繪圖晶片剛好叫作NV1，和「嫉妒」（envy）的英文發音相同；他們開玩笑說，這個晶片會和Sun GX一樣，讓競爭對手「嫉妒到臉色發青」。普里姆列出一連串和NV相關的字詞，翻閱多種語言辭典，包括拉丁文。最後三人選定Nvision，但後來才得知這個名稱已經被一間生產環保再生衛生紙的製造商登記了。他們的下一個選擇是Nvidia，源於拉丁文invidia，意思是「嫉妒」。

三人回到丹尼餐廳敲定合夥協議細節：黃仁勳擔任執行長，普里姆是技術長，馬拉考斯基則是工程副總裁，三人持有的股份比例相同。普里姆和黃仁勳在討論細節時，馬拉考斯基走到玻璃窗前，看著下方的幹道。他凝視著街道上的墨西哥速食餐廳塔可鐘（Taco Bell），再看向一座在鈉氣燈黃光照明下顯得破破爛爛的加油站。這幅街景髒亂、平凡，乏善可陳。接著，他的目光往上飄移，赫然發現玻璃窗上方布滿彈孔。

馬拉考斯基嚇得後退，趕緊回到同伴身邊。「看那扇窗戶，」他壓低嗓音：「上面全是彈孔！我認為有人會跑到天橋上對店內的警察開槍！」普里姆和黃仁勳抬起頭來，左顧右盼，尋找證據。他們結了帳，留下一筆豐厚的小費，急忙逃離餐廳，轉移陣地到比較安全的地

方，也就是普里姆的公寓。多年後，他們才敢再度光顧那間餐廳。

因此，說輝達是在一間彈痕累累的丹尼餐廳創立，其實並不完全正確，三位創辦人其實是在柯蒂斯·普里姆位於聖荷西的家中簽訂合夥契約。不過，就企業傳奇而言，這個開頭已經夠精彩了，至於這幾位創辦人在丹尼餐廳喝咖啡、共商大計的用餐區現在已經掛上一塊精美的紀念牌。〔如果各位想去瞧瞧，餐廳地址是聖荷西貝里耶薩路（Berryessa Road）2484號。餐廳的管理人員說，這裡已經很多年沒吃過子彈了。〕

輝達創立的最後一步是登記資本額，任何金額皆可。當他們把簽署好的文件拿到蓋瑟的辦公室時，蓋瑟要黃仁勳把皮夾裡所有現金都拿出來給他，結果只有200美元左右。登記完成後，黃仁勳正式獲得輝達三分之一的股份，日後證明這是一筆相當不錯的投資。他下一次見到普里姆與馬拉考斯基時，才跟他們收錢，於是公司就這樣成立了。黃仁勳在1993年2月滿三十歲，但輝達的公司註冊證書是在大約六週後、也就是四月時才申請到。「他剛好錯過自己訂下的期限，」馬拉考斯基說。



典型的矽谷公司都是在車庫裡創立的。輝達顛覆這個老套路，反而把普里姆的家具**搬進**車庫，改在公寓樓上的兩間臥室工作。（普里姆保留了一個房間給自己。）雖然這間公司還要再等幾個月才能獲得種子基金，由於GX晶片讓人驚豔，昇陽因此有幾個員工願意離職，加入輝達。儘管一開始沒有薪水，他們認為等黃仁勳籌到資金，積欠的薪水就會補發下來。馬拉考斯基說：「**我們**覺得自己與眾不同，很高

興發現其他人也這麼想。」

然而，不是每一個人都相信輝達。霍茨曼回憶說，有一次在黃仁勳家喝啤酒時，他的母親剛好打電話來。他們講臺語，霍茨曼聽不懂，但記得黃仁勳愈講愈大聲，語氣愈來愈激烈。掛電話後，他回來了，悶悶不樂。「你相信嗎？」他說：「我媽剛剛叫我退出輝達，回大公司工作。」

在公寓裡，一個房間給硬體組，他們用昇陽的高階工作站設計電路。軟體組在另一個房間，負責設計遊戲開發者與晶片進行訊號傳輸所需的協定。執行長辦公室在一樓，就只是廚房旁邊的一張小圓桌。不知是有意還是巧合，黃仁勳把自己安排在員工必經之地，他們不管去冰箱拿飲料或零食都得從他身邊經過。無論他後來變得多有權勢，在整個職業生涯當中，他都會設法待在人來人往的中心位置。

《侏羅紀公園》在輝達成立兩個月後上映。這是有史以來第一部將電腦合成影像完美融入實景拍攝畫面的電影。這需要驚人的運算能力：一隻暴龍衝破巨木的三秒鏡頭，動畫師要花十個月才能算繪出來。儘管輝達NV1晶片輸出的畫面還相對原始，不過這只是程度上的差異，而非類型的不同。「即使在今天，互動式電玩和電影特效本質上依然只是一些方塊在滑動、相撞，」佩迪說。

輝達的首要目標，是要想辦法讓NV1和市面上其他幾十種產品有所區隔。因此，負責設計架構的普里姆在晶片與軟體都加入一些特殊功能。為了繪製線框骨架，NV1利用一種叫作「四邊形紋理貼圖」（quadratic texture mapping）的方法來增加畫面深度與真實感。在軟體方面，普里姆採用「物件導向」的方法，這讓程式設計師設計可重複使用的程式碼區塊。我第一次向普里姆探詢NV1的架構時，他滔滔不絕的講了二十七分鐘。「我想要建立能用一百年的架構，」他說。

普里姆領導NV1的開發時，黃仁勳在籌集資金。在蓋瑟的協助下，輝達有機會和矽谷最大的創投公司紅杉資本（Sequoia Capital）與薩特希爾創投（Sutter Hill Ventures）會面。在向紅杉資本報告的前一天晚上，為了撰寫商業計畫，黃仁勳絞盡腦汁。「我整晚都在寫，但最後什麼也沒寫出來，」他說：「直到今天，還是沒有。」

不過他確實得到巨積創辦人威爾夫·柯里根的支持。翌日，黃仁勳與普里姆前往紅杉資本，向公司創辦人唐·瓦倫泰（Don Valentine）提案。瓦倫泰的心直口快人盡皆知，最愛問創業者的問題是：「誰會在乎？」黃仁勳的表現很糟，述說創業想法時結結巴巴，普里姆更是火上加油，不斷插嘴，扯一些不重要的技術細節。在這場讓人提不起興趣的提案後，瓦倫泰把黃仁勳拉到一旁說：「嗯，實在不太好。但柯里根說我必須資助你們，所以你們可以開始做了。」

紅杉資本與薩特希爾創投各開出幾百萬美元的支票，因此獲得輝達的董事會席位。紅杉資本派馬克·史蒂文斯（Mark Stevens）擔任董事，他是哈佛出身的企管碩士，年僅三十三歲，外向開朗，親和力十足。薩特希爾創投指派的人選是田屈·卡克斯（Tench Coxe），他大史蒂文斯三歲，也是哈佛的企管碩士，而且同樣外向、有親和力。兩人都愛穿戶外運動品牌巴塔哥尼亞（Patagonia）的衣服，令人難以分辨誰是誰。

卡克斯與史蒂文斯都認為，吸引他們注意的是黃仁勳本人，而不是輝達這個案子。卡克斯表示：「我們支持這幾個人，因為他們是世界級的電腦科學家。一般執行長會傾聽客戶的意見，但在電腦這個領域，這是個天大的錯誤，因為客戶根本不知道可能做到哪些事。他們就是不知道科技能做到什麼地步！」卡克斯發現後來的英特爾與微軟，就是因為無法突破傳統管理的窠臼而陷入困境。他說：「打從一

開始，黃仁勳就是一位能夠洞察各種可能性的世界級工程師。」



到了1994年，輝達在桑尼維爾（Sunnyvale）一個單排購物中心租下辦公室，開始改良NV1。這間辦公室很破舊，地毯磨損，輕鋼架天花板有水漬，休息室鋪的是油氈地板。隔壁是中式快餐店，油煙經常通過通風系統飄進來，洗手間還要和其他公司共用。辦公室對面是一間富國銀行（Wells Fargo），三不五時遭到當地歹徒持槍闖入行搶。

「在我們租用辦公室期間，那間銀行就被搶了兩次！」馬拉考斯基說：「甚至可以從我們辦公室前面的窗戶看到搶劫過程。」

辦公室後方被改造成休息娛樂區，員工都圍著乒乓球桌吃午餐。黃仁勳偶爾會來這裡小露一手。當然，員工總是輸得很慘。另一個房間是電腦實驗室，拆解下來的設備堆放在這裡，旁邊放著一臺小電視，電視連接Sega的遊戲機。Sega是唯一運用四邊形紋理貼圖技術的遊戲機製造商，也是普里姆最喜歡的遊戲平臺。大多數遊戲的最高分紀錄保持人都是他，他也經常在上班的時候打電動。他會靠著椅背，腳翹在膝蓋上，在九吋的螢幕上飆車。

實驗室的隔壁是會議室，黃仁勳在此設立指揮中心。他用工整漂亮的大寫字體在白板上寫下商業策略與NV1的交期，還用綠、紅、橘色白板筆精確畫出晶片的架構。白板滿到寫不下，他就在會議室的牆上畫。黃仁勳沒有藝術背景，也沒學過書法，但一切看起來整整齊齊，顏色搭配得宜，他只是喜歡事物井然有序。

站在黃仁勳的辦公室，就像站在他的大腦裡。董事會成員在這裡開會，發現輝達的整體計畫就寫在這會議室的四面牆上，他們看得目

瞪口呆。卡克斯說：「他的字跡漂亮工整，令人嘆為觀止。」製作晶片的過程有一個重要的早期里程碑叫作「下線」（tape-out），也就是第一個原型晶片設計圖完成之後，準備送去製造的階段。有一天，晶片下線的日期近了，黃仁勳正在開董事會，突然聽到外面傳來員工的歡呼聲。他衝出會議室，跑到實驗室，想要看到第一個產品的完整設計圖。結果卻發現員工都圍在遊戲機旁，因為普里姆在《暴力摩托》（*Road Rash*）中刷新紀錄。黃仁勳一氣之下沒收遊戲機，帶回家給自己的孩子玩。「黃仁勳永遠是這裡最成熟穩重的人，」一名早期員工說：「即使他最年輕，這裡只有他是大人。」



輝達遵循「商用晶片」的商業模式，把晶片製造外包給歐洲一間工廠，電路板成品的組裝、配送與零售則外包給美國的硬體製造公司帝盟（Diamond）。輝達只負責晶片設計與品管。隨著生產日期逼近，員工經常工作到深夜。實驗室很快就堆滿空的外賣餐盒與桶裝糖果盒。

傑夫·費雪（Jeff Fisher）是最早加入輝達的員工之一，至今仍在職。他用VHS攝影機記錄NV1原型晶片送達的那一天。在這段模糊的影片中，一群熱愛遊戲的員工興奮的圍著一個硬殼防護箱。這些人都是男性。箱子打開，人群中掀起一陣騷動，裡面是十五個由黑色保護殼包裹的晶片。普里姆拿著鉗子，撬開一個保護殼，露出一片指甲大小的晶片。每一個人都睜大眼睛看著這個令人驚奇的小東西，彷彿回到少年時期，浮躁不安，精神抖擻。

影片中的輝達員工都穿著1990年代流行的那種花俏厚磅扣領襯

衫，許多人把襯衫紮進沒繫皮帶的牛仔褲裡。黃仁勳因為跟家人出去，錯過原型晶片開箱，但從一張在這個時期拍攝的照片顯示，他戴著粗圓框眼鏡，身穿紅白條紋扣領襯衫，外搭一件時髦背心。費雪還記得，黃仁勳洗衣服時老是放很多漿粉。「他的衣服總是非常非常非常筆挺，」費雪說。

現在，輝達必須檢測這些原型晶片，確認是否有瑕疵。負責這項工作的是德懷特·迪爾克斯（Dwight Diercks），他也是輝達早期員工，至今仍在公司工作。迪爾克斯出生在明尼蘇達州的一個養豬大戶，雖然在科技業工作，仍是一副農家子弟的模樣。他身材魁梧，肌肉發達，常把過大的格紋襯衫紮進寬鬆的牛仔褲裡，拖著步子在輝達總部走來走去。金髮碧眼的他有著一種不矯揉造作的中西部風格，公司裡好幾個人都在告訴我，千萬不可低估這個人。

迪爾克斯透過「藝術展示」，也就是用一連串的圖像片段，來測試原型晶片，檢查每一個影格是否有錯誤。這項工作非常耗費心力，就像剪輯電影時一次只能處理一個影格。測試完成後，輝達就把修正後的設計圖送回歐洲製造商那裡開始量產。即使NV1才剛要上市，黃仁勳已經開始為NV2籌備策劃。他和Sega簽約，為即將推出的家用遊戲機Dreamcast開發圖形加速器。依照合約，輝達必須在NV1的電路板上加上音效卡並支援遊戲搖桿，讓Sega得以把遊戲移植到個人電腦上。最讓玩家翹首期盼的是《VR快打》（*Virtua Fighter*），這款3D格鬥遊戲是用四邊形紋理來算繪格鬥人物角色。在這款遊戲的廣告中，可以看到一個由長方形組成的人被拋出電視螢幕。

這款晶片的發布刻不容緩。到了1995年，3D繪圖市場的發展已然超出黃仁勳最樂觀的預期。這要歸功於兩款熱銷鉅作：一款是1993年9月推出的《迷霧之島》（*Myst*），這是背景設定在神秘島嶼上的解謎

遊戲，場景優美，令人耳目一新，因而迅速成為個人電腦遊戲史上最暢銷的遊戲；另一款是三個月後發布的《毀滅戰士》（Doom），這是混合科幻與恐怖風格的第一人稱射擊遊戲，玩家在火星上用霰彈槍射殺怪物與僵屍。《迷霧之島》和《毀滅戰士》呈現出兩種大相逕庭的遊戲概念，但都賣出數百萬份，也同樣引發玩家瘋狂搶購圖形加速器。

NV1在1995年秋天進入一個競爭激烈的市場。那年聖誕季節，走進電子產品零售店的顧客會發現數十個晶片製造商在角力，想要贏得消費者的青睞。除了輝達，還有邁創（Matrox）、S3、3dfx、凌雲邏輯（Cirrus Logic）與ATI。輝達的電路板合作夥伴更是讓情況變得一團亂，他們在自己銷售的輝達晶片組加上Diamond Edge（帝盟領先）的商標，同時又用Diamond Monster（帝盟怪物）的商標來銷售輝達競爭對手3dfx的晶片組。

而且，產品包裝還醜陋無比。零售店的電腦周邊商品展示架，原本簡簡單單的擺放數據機與印表機耗材，現在則是放著五顏六色的東西。這些產品可不便宜，搭載NV1晶片組的Diamond Edge顯卡售價249美元，比超級任天堂遊戲機還貴。打開醜陋的包裝盒，裡面的電路板更醜陋，一片綠色的塑膠電路板，上面布滿電容器與環氧樹脂灌封膠。這東西看起來品質不佳，像是拋棄式產品，而事實也是如此；圖形加速器很快就過時了，每隔幾年就需要換更新的產品。在黃仁勳的試算表中，最重要的變數是願意花大錢升級設備的客戶數量。

結果遠超出每一個人的預期。遊戲開發者在《迷霧之島》與《毀滅戰士》的啟發下，開始擁抱個人電腦，擺脫Sega與任天堂那種封閉的硬體生態系統。這個時期出現好幾款經典遊戲，如《文明帝國II》

（*Civilization II*）與《終極動員令》（*Command & Conquer*）等，由於

可以一再破關、重複遊玩，再加上必須接連不斷做決定，玩家很容易沉迷。儘管電腦遊戲不是每分每秒都很好玩，但確實會讓人上癮，玩家常常一玩就是好幾個小時，甚至好幾天都跟電腦難分難捨。擁有高品質顯卡的玩家可以目睹整個帝國的興衰，然後在凌晨時分轉頭看時鐘，用手掌揉著疲憊的眼睛。

到了年底，輝達已經售出超過十萬顆NV1晶片，主要是因為和顯卡一起網綁銷售的《VR快打》帶來的強勁需求。黃仁勳對產品充滿信心，於是大規模招募人員，輝達員工一下子增加到百名以上。「突然間，我們好像變成真正的公司了，對吧？」迪爾克斯說。「那年的聖誕派對特別盛大。」然而，1996年第一季，他們就碰到考驗。在《VR快打》的熱潮消退之後，顧客發現NV1晶片在算繪其他遊戲時出現問題。大多數遊戲程式設計師偏好利用三角形而非四邊形紋理貼圖來建構3D物體。曾經用NV1開發遊戲的遊戲開發者提姆·里特（Tim Little）說：「它沒有辦法進行深度緩衝（depth buffer），還只能算繪曲面，因此無法確定場景中不同物體的前後遠近關係。」這導致嚴重的「穿模」錯誤，遊戲角色會陷入人行道或是穿牆而過。最糟的是，NV1會完全停止和Windows作業系統通訊，出現最惹人討厭的藍白當機畫面。「那簡直就是災難，」里特說。

由於NV1支援的遊戲很少，銷量下滑，不滿意的顧客紛紛利用大型零售商慷慨的退貨辦法退還顯卡。NV1上市幾個月後，迪爾克斯去弗萊電器商場（Fry's Electronics）購物的時候，發現貨架上有好幾十個貼著Diamond Edge商標的盒子。這些顯卡都拆封過了，正在降價促銷。就在輝達大肆招兵買馬的時候，唯一的產品卻已乏人問津。

同時，遊戲開發者正逐漸遠離普里姆設計的實驗性做法。1995年，微軟受不了處理圖形的硬體設備導致作業系統當機，宣布推出自

己的DirectX標準，供遊戲開發者使用。這種標準只支援三角形紋理，等於斬斷輝達的後路。儘管NV1晶片一度站上浪頭，現在就要死在沙灘上。

幾十年後，普里姆還在為這款產品辯護，但另外兩位創辦人談到NV1，只是搖頭苦笑，如同想起苦澀的戀情，或是被國稅局查稅。

（確切的說，黃仁勳稱NV1為「災難」，馬拉考斯基則說那是「垃圾」。）實際上，當時他們就要萬劫不復，因為輝達已經為這款晶片的後續版本建立整個供應鏈。黃仁勳的總體規劃不僅包括為Sega設計的NV2，還包括以相同架構為基礎的NV3。現在，他那完美的字跡與複雜的圖表都得全部擦掉，白板上的墨漬像是在嘲笑他的精心策畫。

「我們錯過了一切，」黃仁勳談到這段草創歲月時說道：「我們做的每一個決定都是錯的。」

第4章

三十天

大衛·柯克（David Kirk）在1996年第一次踏入輝達的辦公室時，一眼就看出這間公司凶多吉少。柯克是圖形技術專家，矽谷有不少公司都曾找他當顧問。他就像是精於分析失敗的鑑賞家，目睹過許多新創企業倒閉，包括他自己的公司。此時，輝達已經出現即將破產的所有徵兆。員工面容憔悴、士氣低落，產品標新立異，不受市場青睞。創辦人表面上親如兄弟，但一討論技術方面的問題就翻臉。顯然，他們不只是討論，談論的也不只是技術。柯克擔心這間公司恐怕很快就付不出顧問費，因此他開出的受聘條件是，每週五要親自領取支票。他懷疑這間公司能再撐過下一週。

輝達的氣氛低迷到極點。就在柯克到來之前，黃仁勳對全體員工宣告NV1慘敗，公司資金即將耗盡，必須廢棄原有的NV1架構。輝達要死裡求生，只能放棄Sega，轉而和微軟合作，而且公司必須推出價格合理的仿製晶片，才能擊敗其他製造商。不幸的是，這樣的「轉型」意味大多數員工將遭到解雇，而留下來的人必然得瘋狂加班，因為公司要削減成本，還要在破紀錄的極短時間內設計、製造、推出一款通用的圖形加速器。

在他宣布之後，輝達總員工人數一下子從一百多人裁減至三十五人，精簡到只剩核心工程師團隊。柯克就是在這時來到輝達。他走進陰森詭異、看起來空蕩蕩的辦公室，螢光燈懸掛在低矮的小隔間上方，大多數隔間都空著。辦公室後方有一臺「硬體模擬器」。這個醜

陋的怪裝置是黃仁勳用公司僅剩的資金買的，但這礙眼難看的東西就是輝達生存的最後希望。硬體模擬器可以用來建立仿真晶片並進行測試。這樣解釋可能簡單了一點，其實，這臺模擬器**就是一個仿真晶片**，只不過是由程式構成，不是用矽製成。這臺機器笨重，處理速度很慢，看起來像半成品，外露的電路與纜線糾結在一起，蔓延到地板上。而且機器體積太大，塞不進電腦實驗室，員工不得不把休息室的乒乓球桌搬到一邊，騰出空間，安置這個龐然大物。

黃仁勳打的如意算盤是，用這臺模擬器跳過昂貴的晶片產品原型製作步驟，就像潦草的把程式寫在餐巾上，就直接交給工廠大量生產。在半導體產業的歷史上，從來沒有一間公司跳過產品原型製作的步驟。黃仁勳孤注一擲，不成功，便成仁。為了趕工，這臺模擬器二十四小時都得運轉，於是迪爾克斯上白班，柯克負責夜班。

柯克為模擬器編寫程式，寫了幾週後發覺，自己在輝達還得扮演一個心照不宣的角色：點醒這間公司的共同創辦人柯蒂斯·普里姆。NV1運用的四邊形紋理貼圖技術，就是他發明的。但柯克來到輝達時，建議公司放棄這項技術。「那只是我的一個想法，」柯克說：「我還有很多想法。」但普里姆依然執著於四邊形紋理貼圖技術。這個領域的世界權威柯克要他放棄，普里姆反而更緊抱不放。普里姆是個純粹主義者，把技術上的妥協視為對金錢卑躬屈膝。「普里姆的思考模式著眼於終極目標，」馬拉考斯基說：「他這種人，嗯，首要考量不是公司能否存活下來。」

柯克很快就察覺到一點，要不要使用四邊形紋理貼圖技術，是個深奧難解的問題，背後其實隱含著一個更有意思的問題：到底誰才是輝達真正的掌舵者。技術長普里姆希望擁有完整的自主權來制定公司的技術藍圖；執行長黃仁勳則希望顧客不要再退貨；兩人意見不同，

僵持不下，居中協調的馬拉考斯基似乎已無能為力。柯克來到這裡時，他們早就無法關起門來好好討論電路架構，動不動就在員工面前咆哮。留下來的人已經夠少，這下子都成了驚弓之鳥。

很多人覺得普里姆難以共事。「我和普里姆處得不是很好，」馬拉考斯基坦白直言。其他人說得更不客氣，有人說：「他是技術天才，卻是處理人際關係的白癡。」普里姆的確是個怪人，經常會用別出心裁的方式來解決簡單的問題。以應付垃圾郵件為例，大多數人會用垃圾郵件過濾器，或者視若無睹，收到就算了。而普里姆的解決方案，是為每一個聯絡人建立不同的電子郵件地址，總共有好幾千個。

但是，不管普里姆多固執，都比不上黃仁勳。黃仁勳第一次解釋他的觀點，會和顏悅色的從前提開始，再提供論證，最後導出結論。這時導火線就點燃了。一旦聽他說完，你只有兩個選擇：不是贊同他的想法，就是得準備引爆地雷。反駁他的人常會因為他突然暴怒大吃一驚；他還會在同事前面把你罵得狗血淋頭。這就是讓人聞之色變的「黃仁勳之怒」。



即使是很了解黃仁勳的人，也不清楚他的憤怒從何而來、又為什麼生氣。他的好朋友簡斯·霍茨曼告訴我，黃仁勳在巨積工作時，不是脾氣暴躁的人；在擔任執行長之後，他才會常常發火。「我永遠忘不了第一次看到他大發雷霆的樣子，」一位輝達員工告訴我。「那時，我已經在那裡工作了幾個月，老闆總是笑咪咪又幽默風趣，會自我解嘲。沒想到他會突然變臉，在上百人面前大聲咆哮。」

黃仁勳會故意在公開場合訓斥員工。對他來說，旁觀者也很重

要，因為他們可以從中汲取教訓。（「失敗的經驗必須分享，」他說。）如果一項專案遲延，黃仁勳會叫負責人站起來，仔細向大家解釋每一個出錯的地方。他會無情批判他們的表現，但這種批鬥不是每一個人都吃得消。「你很快就可以多少看出來，誰能待下去、誰又不能，」迪爾克斯說。「如果有人採取防衛姿態，急著為自己辯解，你就知道他待不了多久。」

迪爾克斯認為，黃仁勳有自己的一套。「他從來不會隨便罵人，」他說：「他會等到開會時，大家都在的時候，再來檢討。如此一來，每一個人都能學到一課。」但黃仁勳的批評並不總是很有建設性，有時候純粹是言語暴力。一位前員工回憶說，他曾經把一件小事搞砸，黃仁勳就在三十多位主管面前質問他在公司做了多久、領多少薪水。這名員工支支吾吾報出數字，黃仁勳便在腦中計算這名員工在職期間的收入，然後要他把領到的薪水全部吐出來。他不像是在開玩笑，「他是認真的，」這名員工說：「我足足三週睡不好。」

光是看他發飆，即使你只是旁人，不是被罵的人，幾乎也一樣難受。有幾位輝達員工說，看同事被罵，他們會如坐針氈，忐忑不安。柯克告訴我，黃仁勳只對他發過一次火，那次是因為他介入、幫同事說話。「他根本是在折磨那傢伙，我實在看不下去，就插嘴，說了兩句。突然間，我就變成靶子！」柯克說。「就像戰場上有人在開槍，而你站起來說：『嘿，把槍放下吧！』結果，槍口卻轉過來對著你。」



普里姆持有的股份和其他兩位創辦人一樣多，公司登記文件還是

在他家簽的。當初，是他邀請黃仁勳來經營公司；他也大可以找別人。正如馬拉考斯基所言，他們三人的工作關係一直有項潛規則，就是彼此互不干涉；換句話說，黃仁勳主掌業務，普里姆負責技術。所以，黃仁勳破壞規定越界時，普里姆的反應像是遭到他背叛也是情有可原。

但普里姆沒有籌碼。儘管持有輝達約十分之一的股份，他沒有取得一席董事；他沒要求，也沒有人要他當董事。馬拉考斯基也沒在董事會占有一席之地。當初，黃仁勳說服兩人，因為他是執行長，只有他應該進董事會。馬拉考斯基與普里姆本來就很討厭打電話聯絡業務或推銷，也不喜歡參加董事會會議，自然樂得請別人當老闆，把這些工作推給他，於是天真的心平氣和接受這個安排。在董事會支持和微軟合作的情況下，黃仁勳完全不顧普里姆反對，推翻他的圖形架構。普里姆該怎麼辦？

還有一件棘手的事。Sega同意在收到NV2的產品原型後，支付輝達100萬美元。1996年年中，黃仁勳交付這些產品原型；其實，他們製造出來的NV2晶片自始至終就這幾份。黃仁勳畢恭畢敬告訴Sega，輝達將對微軟投誠，因此不會幫忙製造遊戲機Dreamcast的晶片。而且，由於輝達已經履行合約，交出產品原型，他希望Sega仍然願意支付費用，否則輝達只能走向破產一途。「他們勉為其難的接受了，畢竟這也是莫可奈何，」黃仁勳說。

Sega的支票一兌現，黃仁勳就用這筆錢來買硬體模擬器。這是輝達的續命錢，燒完就沒了。公司必須把支出分類，盡量拖欠可以延遲支付的帳單。但是，員工的薪資必須給，接下來才是水電費，所以，第一刀就開在供應商上，延後貨款支付的日期。黃仁勳下定決心，除非公司熄燈，再怎麼困難也不會遲發薪水。

用模擬來取代產品原型是一場瘋狂的賭博。如果即將推出的NV3晶片上數百萬個電晶體中有一個出錯，實際生產就會失敗，他的公司就毀了。但黃仁勳敞開心胸，踏入新的風險領域。他這一生，無論是求學、運動，還是在企業的階梯往上爬，總是在爭第一名。現在他可以享受墊底的好處。看著競爭對手一個一個超越他，黃仁勳突然覺得墊底也挺有趣的，其實比起來在中間好。因為墊底的公司，可以做任何想做的事，走別人不敢走的捷徑。

當然，對於負責操作模擬器的人來說，墊底就沒那麼好玩。那個年代的電玩每秒能大約算繪三十個影格來生成動態效果；在模擬器上，這個比率卻完全顛倒，大約每三十秒才能算繪一個影格，動態效果出不來，遊戲就玩不下去。在迪爾克斯的領導下，工程師以令人痛苦的慢速播放來檢查展示影片，就這樣持續好幾週，簡直枯燥又乏味，這臺模擬器終於慢慢展現出神奇效果。「開發週期通常要十二個月，我們把時間縮短到三個月左右，」迪爾克斯說。

迪爾克斯結束白天的工作，就由晚班的柯克接手。他通常是最後一個離開公司的人。深夜，他會用塑膠槍玩Sega的射擊遊戲《VR戰警》（*Virtua Cop*）來紓解壓力，甚至打破普里姆先前創下的紀錄。

「只要搞懂遊戲機制，就能破解，」柯克說：「氣死普里姆只是額外的收穫。」模擬工作接近完成時，黃仁勳和普里姆的緊張關係再度升溫。普里姆說，有一次他們為了技術問題在走廊上起爭執。「我告訴黃仁勳**應該**做什麼，他卻開始對我咆哮，說了一大堆他**不得不**做的事，」普里姆說：「那一刻，我才明白他真的是一個人咬牙苦撐。」



墊底的另一個好處是，可以在其他人都採取行動之後，再決定怎麼做。為了宣傳，輝達的競爭對手會把測試版晶片寄給硬體評論雜誌與網站。於是，柯克利用他在媒體界的人脈，查看對手的晶片有哪些功能。由於輝達跳過產品原型與媒體測試階段，剛好有足夠的時間把這些功能複製到NV3上。

1997年初，NV3進入下線階段。設計圖送到歐洲開始生產時，輝達三十多名員工，在附近購物中心裡的一間牛肉起司三明治連鎖店聚餐慶祝，黃仁勳帶領大家舉杯敬酒。但他後來承認，當時他沒有把握，不知道NV3是否真的沒問題。「成功率只有一半，」他告訴我：

「反正我們也快要倒閉了。」在晶片製造期間，黃仁勳邀請柯克在輝達擔任終身職，還不惜祭出近乎瘋狂的股權薪酬方案。儘管得在普里姆手下工作，柯克覺得這樣的條件難以拒絕。黃仁勳給他科學長的職位。

NV3晶片成品在春末送抵輝達。這間公司的生死存亡取決於每個晶片中的三百五十萬個電晶體是否完全符合模擬結果。迪爾克斯將晶片裝入電路測試器，然後播放展示影片。影片跑得很順、完美無瑕，首次實現每秒三十個影格的流暢動態影像。

雖然NV3很多功能都是模仿其他晶片，但仍然有幾項創新。首先，它能從記憶體一次傳送128位元的資料給處理器，是業界標準的兩倍。其次，NV3就像瑞士刀那樣功能齊全：不但可以加速遊戲運行速度，也可調整表格大小，還能播放DVD。為了強調功能的多樣性，輝達將NV3重新命名為「即時互動影音與動畫加速器」（Real-Time Interactive Video and Animation accelerator），簡稱Riva 128。

輝達把晶片分銷出去，下游廠商把晶片裝到電路板上，並且在消費電子零售通路百思買（Best Buy）上架銷售。1997年8月，產品上

市，輝達也到了山窮水盡的地步。「錢都燒光了，」黃仁勳說：「我們已一無所有。」因為輝達先前沒有寄測試片給遊戲媒體，現在只能積極爭取媒體曝光。所幸評論人員都喜歡這個產品。「每秒可算繪五百萬個三角形紋理，這是目前市面上最好的加速器，」一位評論員寫道。Riva顯示卡在上市的頭四個月就售出一百萬張。

Riva推出後，輝達投資在模擬器上，放棄製作實體產品原型。

「直到今天，我們仍是全球最大的模擬器用戶，」黃仁勳說。半導體產業傾向製作實體產品原型的做法似乎很合理，試想，如果你要賣的車沒有經過真實世界的碰撞測試，怎麼可能賣得出去。製作產品原型看來像是「成熟的大人」會採取的務實做法。黃仁勳總是沒日沒夜工作，還會沒收員工的遊戲機，是公司裡最理性、穩重的人，但他發現這些「大人」沒有勇於承擔更多風險。NV1是一款革命性產品，完全是遵循業界最佳工作流程打造出來的，結果一敗塗地；然而，在狂亂中倉促拼湊而成的NV3，卻讓輝達一戰成名。有時，你得冒險一搏。

克服這個難關讓黃仁勳有重生之感。他了悟到一點，靈感不是勝利之母，絕境才是。他提醒員工，即使輝達現在獲利驚人，營收屢創新高，也要保有當年開發Riva時面臨艱困狀況的想法，當作公司即將瀕臨破產一般抱著破斧沉舟的心態。此後多年，每當輝達召開員工大會，黃仁勳總是用這一句話作為開場白：「我們公司再三十天就要倒閉了。」時至今日，這句話仍是輝達的企業箴言。

第5章

走上平行運算之路

1998年黃仁勳和柯蒂斯·普里姆最後一次爭執，兩人幾乎對峙了一整天。沒有人記得起因為何，只記得這是一場漫長的戰爭。他們在會議室互相咆哮，好不容易冷靜下來，不久又陷入憤怒的漩渦。時間一分一秒過去，兩人吵到嗓子都啞了。雖然這種火爆衝突，輝達員工早已見怪不怪，但這次隱約覺得不妙，恐怕很快就會一拍兩散。最後，普里姆撐不下去。他認輸，氣得渾身緊繃，快步走回辦公室摔上門，待在裡頭生悶氣。後來，他終於走出來了，但還是不肯跟黃仁勳說話。

普里姆的固執已經耗盡所有人的耐心。當初打造NV1晶片時，他有充分的自由來設計想要的東西，但是後來看到自己的心血結晶賣不出去，在零售店貨架上堆積如山，他的自尊心受到重創，始終未能復原。那年稍早，黃仁勳提拔大衛·柯克，和普里姆一起開發技術架構，柯克於是和他平起平坐，不再是他的部屬。沒過多久，普里姆用很幼稚的方式來保有影響力：他把生產資料庫鎖起來，不讓一些員工存取，害他們無法交差。

克里斯·馬拉考斯基過去曾經調解這樣的糾紛，最後還是放棄了。在董事會的建議下，輝達聘請了一位調解人。「這位調解人處理過約翰·史考利（John Sculley）和史蒂夫·賈伯斯（Steve Jobs）之間的糾紛，最後賈伯斯被趕出蘋果，」普里姆告訴我：「調解人說，我和黃仁勳的情況更糟，完全水火不容。」這時，輝達的管理階層想出

一個對策：「永遠不要讓普里姆跟投資人說話，也別讓他跟客戶說話。」普里姆後來承認：「這兩點都是對的。」

在這之後，普里姆三年內被降職兩次，一度擔任柯克的技術顧問，但覺得這個角色不適合他。柯克說：「他不願意在我手下工作，更拉不下臉為其他曾是他直屬部屬的人工作。」最後，普里姆被調離技術部門，轉而負責管理公司的專利布局，遠離輝達決策圈。柯克後來管理近千人，而普里姆的手下從此沒超過四個人。

儘管受到屈辱，普里姆仍保留輝達的持股，黃仁勳和馬拉考斯基依然把他當朋友。1999年普里姆結婚，那是他三年內第二次遭到降職的同一年，但他還是找馬拉考斯基當伴郎。普里姆看到遊戲市場的潛力，這間公司是他命名的，他在創業初期還提供自己的房間當作辦公室。然而，從1998年開始，輝達的成功幾乎跟他無關。



大衛·柯克成為黃仁勳的軍師。柯克有學術背景，不喜歡矽谷的高壓文化。我第一次跟他視訊通話，是他從夏威夷打給我的。他穿著印有「拖延大學」字樣的T恤，手中拿著葡萄酒杯。他給人的感覺不像企業家，更像是一位深受學生喜愛、只要開課就會吸引大批學生爭相申請修課的教授。雖然柯克看起來溫文儒雅，在他眼裡，競爭是冷酷無情的。他的父親是個酒鬼，對他毫不關心，而他年幼時便體弱多病，鏈球菌咽喉炎經常發作，因而發育不良。這些折磨讓他日後變得更加堅韌。他不愠不火的說：「是不是有人說輸贏不重要？說這種話的人從來都沒贏過。」

柯克和黃仁勳都具備精湛廣博且了不起的技術專長，但也同樣工

於心計。在繪圖晶片領域，當輝達終於占有一席之地，很多新創企業都倒閉了。黃仁勳嗅到機會，在辦公室白板上列出所有競爭對手，並且在和柯克商議後，鎖定每間公司最優秀的兩、三名工程師，想辦法挖角。

柯克還記得，他在一場商展上展示Riva 128給競爭對手看。那位工程師看到產品性能，自嘆弗如，當場豎起白旗。「不到幾天，我們就把他找來了，這麼做等於是將那間公司置於死地，對吧？」柯克說：「因為，你也知道，我挖走他們的大腦了。」這個文質彬彬、看起來像教授的人有著掠食者的本能。「其他新創企業的天才都加入我們的陣營，當我們迎頭趕上愈來愈多小公司，剩下的公司也就愈來愈難以生存下去。」

1993年黃仁勳在丹尼餐廳勾勒事業藍圖時，設想要和眾多競爭者共享巨大的市場。到了1998年，他想要吃下一整個市場。「這個領域仍有四十間公司，」黃仁勳對柯克說。「五年內，只會剩下三間公司：一個具有主導地位的大公司、一個在後面苦苦追趕的老二，以及一個想要顛覆前兩者的小公司。」黃仁勳想要成為那個主導者。

儘管黃仁勳似乎很適合這個角色，但他一開始並不是天生的企業家。他沒受過正式的商學教育，有時候連基本的會計概念都搞不清楚。「一開始有很多事情他都不懂，」輝達董事田屈·卡克斯說。但是，他可以學，而且他真的非常好學。為了自學，他認真閱讀所有重要的商業書籍。「他從來不在自己的辦公室工作，」一位員工告訴我：「那裡是他的書房，書滿四壁，都是商業書。」

從文學角度，甚至從大眾市場來看，黃仁勳並非博覽群書之人。矽谷人喜歡的書，像是艾茵·蘭德（Ayn Rand）的《源泉》（*The Fountainhead*）、以撒·艾西莫夫（Isaac Asimov）的《基地》系列

（*Foundation*），以及道格拉斯·亞當斯（Douglas Adams）的《銀河便車指南》（*The Hitchhiker's Guide to the Galaxy*），他一本都沒看過。事實上，黃仁勳告訴我，他完全沒讀過科幻小說，只記得自己滿喜歡的小說家是保羅·科爾賀（Paulo Coelho）。

他對商業書卻是如數家珍，相關知識淵博如百科全書。德懷特·迪爾克斯說，黃仁勳曾和一名主管就輝達產品的定價爭論不休。「那個人是企管碩士，但沒讀過任何和訂價有關的書籍，」迪爾克斯說：「但黃仁勳可能已經讀了十到十五本。」吵到一半，黃仁勳叫停，要這位企管碩士列舉他最喜歡的三本關於訂價的書。那人支支吾吾，一本都說不出來。黃仁勳說出他最喜歡的三本，告訴這名主管，等他讀完，再來討論。

黃仁勳最喜愛的商業書是哈佛商學院教授克雷頓·克里斯汀生（Clayton Christensen）寫的《創新的兩難》（*The Innovator's Dilemma*）。這本1997年首次出版的書使「破壞性創新」（disruptive innovation）一詞廣為人知，描述老牌企業如何輸給新創企業。雖然「破壞」這兩個字因為過度使用而變成空泛的流行語，原始資料仍值得回顧。在克里斯汀生的模型中，小公司可以鎖定大企業忽視的利基，服務小眾、利益比較小的客戶，從而侵食市場。

克里斯汀生在書中描述的破壞性創新者不一定是高科技公司，他舉的例子包括廢金屬回收商與液壓挖土機製造商。最典型的破壞者是本田，1960年代初期，這間公司在美國推出的本田小狼摩托車風靡一時，青少年趨之若鶩。搖滾樂團海灘男孩（The Beach Boys）甚至為它寫了一首歌。像通用汽車（General Motors）這樣的大企業，根本不把越野摩托車市場放在眼裡，因為在其他條件不變的情況下，人們寧可販售凱迪拉克給有錢的生意人，也不想賣本田小狼給海灘男孩成員

布萊恩·威爾森（Brian Wilson）這樣的年輕消費者。但是，正因為通用汽車小看摩托車市場，本田才有成長茁壯的機會。本田漸漸利用自己的專業技術製造小型車，從低端市場蠶食美國汽車產業。

克里斯汀生發現，企業要提升獲利能力其實比降低獲利能力更容易。想要降低獲利，就得刻意製造品質較差的產品來縮減利潤，如此一來，往往投資人會不滿，公司主管也會覺得自己在原地踏步。接著，克里斯汀生提出他最歷久彌新、也最違反直覺的建議：「有時不聽客戶的意見是對的，投資性能較差且利潤較低的產品是對的，瞄準小眾市場而非大眾市場也是對的。」這是大眾媒體討論「破壞性創新」這個時髦術語時經常會忽略的重點。

克里斯汀生是摩門教徒，身材高大，極度平易近人，曾是大學籃球校隊成員。黃仁勳很崇拜他，讀了他寫的每一本書，也要求管理團隊讀《創新的兩難》，甚至聘請他擔任顧問。為什麼昇陽、視算科技等大企業不願意投資個人電腦遊戲的硬體？關於這個問題，克里斯汀生是第一個真正解釋明白的學者。他認為，不是因為這些大企業討厭遊戲玩家，而是因為和 workstation 相比，遊戲硬體的利潤太低。而且，不管產品成功與否，這些遊戲玩家一開始就對公司的利潤幾乎沒有什麼影響。

但是，把個人電腦遊戲的市場讓給輝達，是那些 workstation 大廠犯下的致命錯誤，就像通用汽車在幾十年前無視本田。輝達就像是販賣低利潤產品給青少年的本田，如果這個類比成立，明天輝達或許就會超越昇陽和視算科技的工作站事業。有時，黃仁勳甚至會對核心主管團隊說，輝達可能動搖英特爾的霸主地位；當時英特爾可是全球市值最高的公司。

同時，輝達在英特爾的地盤上採取撤退戰略以求生存。「直到今

天，我們都不跟英特爾競爭，」黃仁勳在2023年描述，輝達和英特爾的關係就像湯姆貓與傑利鼠。「他們一靠近我們，我就拿起晶片趕快跑。」根據克里斯汀生的理論，輝達應該販賣一些英特爾不會想做的另類產品，瞄準英特爾不想服務的客戶。「黃仁勳那時就告訴我們，有朝一日，輝達可能比英特爾還大，」柯克回憶說：「這只是策略問題。」



輝達的Riva顯卡供不應求，歐洲供應商的產能已無法應付，黃仁勳於是開始尋找其他供應商。眾所周知，全世界最好的獨立晶片製造商是臺灣積體電路製造公司（Taiwan Semiconductor Manufacturing Corporation，縮寫為TSMC），簡稱台積電。台積電座落於臺南的大規模廠房，製造出全球一大部分的晶片。台積電不設計自己的晶片，只為輝達這樣的公司代工製造晶片。

這種獨立的「製造廠」興起，引發運算創新的浪潮，讓業界得以嘗試突破性的設計。台積電以極高的精準度和絕佳效率完成訂單，這是嚴苛企業文化的產物。員工用「軍事化」來形容等級分明的企業結構，遵循「九九六工作制」，也就是早上九點上班，晚上九點下班，每週工作六天。

黃仁勳積極聯繫台積電，但一直沒能搭上線。他留下一連串語音訊息，都沒收到回應，於是親筆寫信給公司董事長張忠謀。寄出後，他想這封信也許會石沉大海。但過不久，黃仁勳接到一通電話。那時是週五傍晚，很多員工開始打電動。「辦公室很吵，我接起電話時，員工還在吵吵鬧鬧，」黃仁勳說：「於是我說：『各位，拜託安靜

點，張忠謀打電話來了。』」（根據馬拉考斯基的說法：「實際上他說的是『他媽的都給我閉嘴，我在跟張忠謀通電話』。」）

張忠謀畢生都在半導體領域打拼。1931年他在中國浙江出生，十八歲赴美留學。在德州儀器（Texas Instruments）任職期間，他一直是相當成功的高階主管，然而在1970年代，他遲遲未能晉升到最高職位；有人認為這是出於反對亞裔的種族歧視，他才遭到冷落。後來，張忠謀搬到臺灣執掌台積電。台積電在他的領導下，成為亞洲最大的科技公司。

張忠謀和黃仁勳第一次通話就很投緣。「當時他們公司的規模很小，差點破產，」張忠謀說：「我是老一輩的人，掌管一間規模龐大的公司。但我發現這個年輕人真誠、坦率、有話直說，我們聊得很開心。」兩人很快就簽訂合約，成為合作夥伴。

張忠謀和黃仁勳有很多共通點。兩人都是華裔移民，在當時幾乎全由白人管理的美國科技業工作。和美國人口比例相比，矽谷科技公司的亞裔員工比例偏高，但亞裔高階主管的比例則明顯偏低。〔2010年，亞裔美國人僅占有所有管理職位的0.3%，卻占美國技術勞動力的5%以上。管理顧問玄珍（Jane Hyun）以「竹子天花板」（Bamboo Ceiling）來形容這樣的現象。〕我問黃仁勳對「竹子天花板」有什麼看法，他似乎不在意這個問題，我感覺他對身分政治沒什麼興趣。

「當時我是唯一的華裔執行長，」他說：「以前我沒想過這樣的問題，現在也不會去想。」張忠謀則完全拒絕討論這個問題。

台積電是輝達長期成功的關鍵因素，但這段關係的起步階段並不順利。1998年初，台積電製造流程末端的化學製程出錯，導致很多晶片短路，結果半數以上的晶片因此報廢。這個錯誤幾乎毀了輝達，因為他們已經把大部分營運資金投入生產這批晶片。為了自救，輝達只

能把股權賣給製造電路板的合作夥伴。「那次，我們也差點破產，」迪爾克斯說：「是真的破產，不是說說而已。」

輝達和台積電的關係終究禁得起時間考驗，創造雙贏局面，特別是輝達的晶片設計愈來愈複雜。和台積電合作，對黃仁勳個人來說別具意義，他因此有機會返回自小闊別已久的臺灣。1990年代末，黃仁勳第一次參觀台積電廠房；那簡直是地球上最潔淨的地方。他穿上鞋套、手套與頭套，進入空氣浴塵室，站在腳踏黏墊上，舉起雙臂，讓頭頂的風扇吹過全身。防塵衣在風中飄動，身上的棉絨、毛髮、灰塵、皮屑、塵土、汙垢等都被徹底清除乾淨，之後通過氣鎖室，才能踏入機房。

在此，溫和的氣流持續不斷從天花板吹向有開孔的格狀地板，神聖的曝光機以緩慢、肉眼看不到的製造循環，在鏡面矽晶圓蝕刻相同的圖案。如此精密的製程無人敢觸碰，就算是一個腳步也可能造成干擾。過了數週，一層又一層的電路結構堆疊完成後，晶圓就被鑽石線鋸切割成一個個獨立的晶片，送到下游廠商進行封裝。景氣好的時候，台積電一年可生產數千萬顆晶片。

走出廠房，黃仁勳回到臺灣著名的夜市，大啖童年時期最愛吃的小吃。他臺語很溜，跟本地人沒什麼兩樣，但他對臺灣的記憶已然模糊，不過有件事卻教他畢生難忘。大約四歲的時候，他去逛夜市，有個小販正在洗刀子，他站得太靠近，臉頰被刀子割傷，鮮血直流。如今黃仁勳帶著兒時意外留下的疤痕重返此地。

不管他多富有或多出名，回臺灣一定會逛夜市。他經常會去享用一碗熱騰騰的牛肉麵。這道國民美食最道地的吃法，是在人來人往的路邊攤，坐在塑膠椅上大塊朵頤。黃仁勳用免洗筷夾起燉得軟爛的牛腩配上酸菜，一邊盤算輝達這個美國浪子如何高攀臺灣的名門淑女台

積電。



約翰·卡麥克（John Carmack）一直都對硬體設計師很失望。他是《毀滅戰士》（Doom）與《雷神之鎚》的首席程式設計師，就像程式的外科醫師，喜歡在這些暢銷遊戲的顯卡內部摸索、查看。為了照亮太空站的走廊，大多數程式設計師會依賴預設的演算法。但卡麥克發展出自己的做法，從位元層級構思資訊流，讓他的團隊駭入底層變數的位址結構。有人評論道，那是「你看過最優美的程式碼」。

卡麥克一頭金髮，身材削瘦，不擅社交。他說話帶著鼻音，語速飛快，談論技術問題時偶爾會發出「嗯嗯」的聲音。一旦開始寫程式，就進入閉關狀態，與世隔絕好幾週，躲在昏暗的臥室裡，每天工作十四小時。他通常能做出令人讚嘆不已的東西。他的巔峰之作《雷神之鎚》是第一款熱銷的3D射擊遊戲，運用圖形加速技術來算繪多邊形的怪物，讓玩家可以用釘槍射擊。〔背景音樂是創作歌手特倫特·雷澤諾（Trent Reznor）特別為這款遊戲量身訂做。〕續作《雷神之鎚II》更加血腥，將玩家送往遙遠的星球，對抗由人體殘肢製成的殭屍機器人。（這款遊戲在我大一時發行，讓我蹉跎好幾年的光陰。）

這兩款遊戲都支援多人對戰的「死亡競賽」模式。《雷神之鎚》系列經過卡麥克的精心調校，畫面流暢度勝過市面上任何遊戲，但是要在同一個戰鬥競技場同時算繪數十個角色，仍然是一大挑戰。「我們希望遊戲的反應速度更快，讓玩家更快速幹掉別人，」卡麥克告訴我：「大多數的硬體加速器都做不到這點。」

黃仁勳看到機會了。在輝達位於桑尼維爾的辦公室裡，沒有人要

玩Sega的遊戲機，《雷神之鎚》獨領風騷。員工太沉迷了，黃仁勳不得不禁止他們白天玩死亡競賽模式。戴爾等個人電腦製造商直接把輝達的圖形加速器裝進新電腦中販售，跳過電腦周邊配件的零售通路。

「很顯然，這款遊戲的算繪技術，誰做得最好，就能在顯卡市場稱霸，」柯克說。黃仁勳指派他的團隊專門為卡麥克打造新的晶片，這就像是為程式設計界的傳奇吉他手吉米·亨德里克斯（Jimi Hendrix）特別製作一把Stratocaster電吉他。

卡麥克想要的一項功能是多重「像素著色器」（pixel shader），這可以讓演算法為3D場景中的個別像素指定顏色。一次使用許多種著色演算法，就可以先在牆面上處理光源，再疊加血跡噴濺的效果。

但是，雙重著色器意味要做兩倍的運算工作。為了解決這個問題，圖形加速器市場的領導者3dfx，選擇在同一張顯卡上放置兩顆繪圖晶片。不過，柯克和他的團隊想出一個更激進的解決方案。如果把像素著色分成兩個資料集（dataset），然後在同一顆晶片上同時對每條管線運行同樣的指令呢？這種方法很適合圖形算繪，因為圖形算繪往往需要重複執行相同類型的運算。

黃仁勳一開始懷疑他們能否成功。因為這套方法就是所謂的「平行運算」（parallel computing），生產昂貴超級電腦的供應商已經試過了。「矽谷遍地是平行運算平臺公司的屍骸，」他說：「除了我們，沒有一間採用平行運算的公司成功過，一間都沒有，前人的成功率就是零。」（黃仁勳有時候也會誇大其詞。）但是，接著黃仁勳從第一原理開始思考。他推測，兩條獨立的像素管線不可能滿足卡麥克。畢竟射擊遊戲會愈來愈複雜，他一定會想要更多。想像一個場景裡出現許多個光源：一座亮晃晃的競技場，很多把槍同時開火，一艘太空船在遠處墜毀，世界還被兩個太陽照亮。如果3dfx公司要為每個光源配

置一顆晶片，電路板的空間就會不夠用。要滿足卡麥克**未來**的需求，唯一的方法是在單一晶片上增加管線的數量。

然而，在決定採用這套方法之前，黃仁勳得先做功課。他必須了解為什麼這套方法會失敗那麼多次。西摩·克雷（Seymour Cray）打造的平行運算超級電腦陷入困境，客戶抱怨成本高昂且設計過於複雜。甲骨文（Oracle）創辦人賴瑞·艾利森（Larry Ellison）在平行運算新創企業nCUBE投資好幾百萬美元，到了1990年代後期這筆錢恐怕也是打水漂了。問題在於，平行運算的程式設計很困難；要同時處理至少兩個資料串流，就必須在好幾個記憶體之間切換，而且學習曲線陡峭，一開始就會碰到很多困難。因此採用平行運算的公司相對弱勢，不易和英特爾競爭。

英特爾的晶片採用標準的串連運算方法，一次進行一次運算，但效能呈指數成長，大約每十八個月就會翻倍，符合英特爾前任執行長高登·摩爾（Gordon Moore）在1965年首次提出的預測，這項預測已經多次驗證為真，因此人們稱它為「摩爾定律」（Moore's Law）。除了天氣預報與高能物理學這樣的特殊技術領域之外，摩爾定律保證一個處理器（即控制一切的CPU）就能滿足要求最嚴格的用戶。「如果你希望一套軟體跑得快一點，有兩個選擇，」平行運算專家比爾·達利（Bill Dally）告訴我：「你可以把這套軟體移到採用平行運算的電腦，大費周章修改程式。也可以慢慢等，等CPU在兩年後變成兩倍快。」

摩爾定律吞掉輝達最初經營的電腦周邊電路板市場。1993年，3D圖形加速器只是眾多附加設備之一，和音效卡、網路卡、印表機卡等一起插在主機板的插槽上。到了1990年代後期，英特爾已經將音效、網路與印表機功能整合在主機板上。

只有3D繪圖卡留存下來，成為這個遭到毀壞的生態系統中僅存的倖存者；它能存活是因為貪婪，會吸收所有可動用的運算能力，還貪得無厭，不斷要求更多。多媒體個人電腦的其他功能都是有限的，一旦你能用相當於光碟品質的水準處理音訊，就不需要更多運算能力了。但對於3D繪圖來說，需求永無止境。有了3D繪圖技術，除非你真的活在電影《駭客任務》（*Matrix*）那樣的虛擬實境當中，否則永遠不會滿足。「這就是英特爾疏忽的地方，他們沒看到繪圖公司還有多少發展潛力，」產業分析師摩西士曼說：「那個領域對處理能力的需求，基本上毫無止盡。」CPU永遠趕不上3D算繪技術的速度，無論是現在還是將來，兩倍快根本不夠看。



Riva TNT在1998年6月發布。TNT是twin texels的縮寫，它由一個複雜的切換機制，來控制雙像素算繪管線。喜出望外的卡麥克拿起他的「電吉他」，並且稱它是「最完美的顯卡」。他不僅為這個雙管線架構打造《雷神之鎚III》，還告訴他的粉絲大軍，要玩《電神之錘》系列最好搭配輝達的硬體設備。卡馬克也看到黃仁勳預言的未來景象：遊戲產業就是輝達以小搏大的基礎，日後將能破壞利潤龐大的工作站市場。「在很多情況下，TNT確實勝過一臺1萬美元的電腦，」卡麥克說。

他不是唯一注意到這一點的程式設計師。柯克除了從失敗的新創企業找來最優秀的人才，現在還從視算科技挖角。他們網羅的其中一人是丹·維沃利（Dan Vivoli），他本來是工程師，後來轉行做行銷。他用TNT確立輝達的品牌地位。在卡麥克的背書下，客戶開始搶購輝

達的顯卡。黃仁勳因而注意到行銷的力量，辦公室裡的閱讀材料很快就增添許多這方面的教科書。

輝達從未大肆宣傳TNT的平行運算能力，畢竟何必要用這個複雜的概念讓消費者困惑？反之，他們讓這款顯卡給人一種活在電腦裡的夢想。這種幻想有一種奇特而強大的吸引力。「母體」（Matrix）是由電腦運算產生的共同幻覺，但這個概念並非源於1999年的電影《駭客任務》，而是源於威廉·吉布森（William Gibson）1984年出版的小說《神經喚術士》（*Neuromancer*）。2011年，吉布森接受《巴黎評論》（*Paris Review*）採訪時，述說他的靈感來源：

我經過一間電子遊樂場，當時這項事業很新奇，我看到孩子在舊式的木製電玩機臺前玩得不亦樂乎。那時的電玩受限於技術，只能用非常原始的方式來呈現空間與視角，有些遊戲甚至沒有透視效果，但卻努力追求透視與立體效果。即使遊戲畫面如此原始，那些孩子是如此沉迷，在我看來，他們非常想要一頭鑽進遊戲世界。

輝達沒有使命宣言（黃仁勳不信這一套），但吉布森的觀察或許可以作為他們的願景。目標是沉浸，讓人忘記現實人生，完全沉浸於無數彩點算繪出來的數位世界之中。吉布森從孩子的肢體語言當中直覺感受到的遊戲世界妙不可言，黃仁勳則是透過演繹推理重新發現這個世界的奧妙。直到玩家真正活在遊戲中，輝達才算任務完成。

但是在切分資訊串流的時候，輝達的工程師渾然不知自己在玩一個非常危險的遊戲：TNT內部有一項祕密，這項黑暗的祕密潛藏在矽晶片架構的深處，由於埋得極深，全世界沒有人知道這個祕密的存

在，就連黃仁勳、柯克、卡麥克、維沃利也不知道。如果你打開TNT晶片的外殼，用顯微鏡檢查裸露的電路，會發現到不僅是電晶體的排列發生變化，還有一項改變將永遠影響所有的電腦，甚至全人類。在那小小的晶片中，藏著一個即將改變世界的祕密。

第6章

水母

1997年，在德州達拉斯布里斯托酒店（Bristol Suites）一間裝潢雅致的房間裡，有人在下雙陸棋¹，他們四周圍了一群賭客。眼前這場比賽是他們不曾見過的場面。代表人類的是世界頂尖棋手納克·巴拉德（Nack Ballard）與邁克·森基維奇（Mike Senkiewicz），機器方的代理人則是麥爾坎·戴維斯（Malcolm Davis），負責執行身旁那臺電腦指示的棋步。他相信機器會贏，因此重金押注。

幾個月前，加里·卡斯帕洛夫（Garry Kasparov）被IBM的超級電腦「深藍」（Deep Blue）擊敗。這是一場全球矚目的棋局。〔《紐約時報》（*The New York Times*）以「電腦又快又狠，擊敗棋王卡斯帕洛夫」作為頭條標題，配上俄羅斯西洋棋大師雙手掩面的照片。〕相形之下，達拉斯這場人機對弈幾乎無人聞問，只有幾個在房間裡進進出出的賭徒關心這場比賽的勝負。這些人一輩子沉迷於抽象的策略遊戲，他們玩圍棋、撲克、拼字遊戲、橋牌與西洋棋，幾乎都是高手。他們談笑風生，在對弈者每次擲骰子後交換一綑綑的鈔票。他們不是每一個都打扮得光鮮亮麗，也不是人人都身強體健，而且在專業圈子之外，幾乎沒有人知道他們是何許人也。但是，為新機器時代的黎明揭開序幕的關鍵，不是卡斯帕洛夫在紐約輸掉的那場比賽，而是達拉斯這場默默無聞的棋局。

巴拉德是雙陸棋的佼佼者。此人肥頭大耳，留著鬢角，個性樂觀開朗，每天都會花六個小時研究雙陸棋，多次拿下世界第一。他拿起

皮般盅，輕輕搖晃，將骰子擲在棋盤上。深藍顯然讓卡斯帕洛夫亂了陣腳，巴拉德卻像老僧入定，盯著眼前的棋局。他不發一語在腦中盤算棋步，然後移動棋盤上的兩個棋子。

他下完，換戴維斯擲骰子，然後根據更新後的棋局諮詢電腦。戴維斯本人也是雙陸棋大師，但到了1997年，他認為就這項棋類遊戲而言，軟體已經超越人類。為了貫徹這項信念，他擔任電腦的代理人 and 任何挑戰者對弈，以一分200美元作為賭注。但雙陸棋是一款運氣成分很大的遊戲，如果戴維斯對電腦能力的評估有誤，可能會輸個十幾萬美元，甚至更多。但他對電腦深具信心，在這部機器上運行的是一套完全不同以往的AI軟體。

這套軟體叫作「水母」（Jellyfish）。水母的特別之處在於，它是一個受生物大腦啟發的「神經網路」，不是執行人類程式設計師寫的指令，而是把資訊傳遞給一個人工神經網路來做決策。這些神經元的突觸在電腦中是由一個巨大的數字矩陣來表示，所以又稱為「權重」。這個網格會評估棋局，並透過合成的神經系統回傳答案。

一個簡陋而遲緩的對話框彈出來，列出水母的決定。戴維斯在棋盤上移動棋子。有時候，這套軟體會建議一些有爭議的走法，觀眾議論紛紛，很多人因此在主要賭注之外加入附加賭注（side bet）。眾人繼續竊竊私語，巴拉德再次擲骰子，盯著棋盤，重新陷入沉思。



沒有媒體關心達拉斯這場雙陸棋賽事，AI研究社群一樣興趣缺缺。1997年，主流的電腦科學家認為神經網路不過是玩具。在1940年代專家最初的構想中，神經網路是「神經網」。當時的實驗者利用複

雜的電動機械硬體，重建大腦的神經元與突觸。這些龐大的設備耗費大量電力與金錢，卻搞不出什麼名堂，直到1969年，有影響力的麻省理工學院研究員馬文·明斯基（Marvin Minsky）證明，單層神經元甚至無法執行最簡單的邏輯運算。資金隨之蒸發，大多數的機器都被拆除。

在接下來的歲月，AI歷經多次失敗，一開始似乎頗有希望，最後還是徒勞無功，甚至成為眾人眼中的職涯墳場。1974年，符號主義流派的AI研究碰上第一個寒冬，發展陷入停滯。1980年代，AI的另一個重要研究分支「專家系統」（expert system）重新點燃世人的興趣，帶來一波股市熱潮，不久就在1987年股災化為泡沫。日本、英國與美國政府都曾推出雄心勃勃的AI計畫，花費納稅人數十億美元投入大型研究策略。獨立分析師研究過每一個案子，得出的結論是，這些錢大抵白花了。

同時，在1970至1980年代期間，一群叛逆的電腦科學家仍不放棄，繼續投身於神經網路的研究。他們認為以前的實體機器不穩定，或許可以改為透過軟體模擬達成任務，而多層神經元架構能夠克服單層架構的限制。大多數AI研究人員認為這些特立獨行的人遭到誤導，或是可能走火入魔了。但是，在1986年，加州大學聖地牙哥分校的認知心理學家大衛·魯梅哈特（David Rumelhart）和兩位電腦科學家傑佛瑞·辛頓（Geoffrey Hinton）與隆納德·威廉斯（Ronald Williams）提出一個簡潔、優雅的數學計算法訓練多層神經網路，名為「反向傳播」（backpropagation）²。這套方法讓研究人員根據新資訊來微調電腦的人工神經元，就像人腦在學習新東西時會形成新的突觸連結。

拜反向傳播之賜，停滯不前的神經網路研究領域重獲新生，使電腦以全新的方式運作。電腦軟體不再需要明確的程式設計，電腦系統

得以自行制定規則。反向傳播讓電腦系統**進化**。

1980年代末期，在IBM工作的研究員傑若德·泰薩羅（Gerald Tesauro）退出擁有明星光環的西洋棋研究小組，轉戰幾乎無人問津的雙陸棋。這項遊戲的地位不像西洋棋那般崇高，也沒有撲克牌的神祕色彩，本質上就是一場賽跑，玩家在一個有二十四個棋位的棋盤上朝相反方向移動，試圖攻擊對方的棋子，並根據兩顆六面骰子擲出來的點數來移動棋子。賭徒受到這種不可預測的特性所吸引，但是對泰薩羅來說，雙陸棋具有不同的吸引力。透過模擬骰子投擲，他可以快速生成數十萬場人工雙陸棋棋局，這便成為神經網路用來學習的訓練數據。

幾乎只有泰薩羅一個人在做這項冷門研究。神經網路已經不被主流的AI研究重視，更別提雙陸棋了。他最初訓練神經網路模仿最優秀的棋手，但收效甚微。大約在1990年，泰薩羅決定另闢蹊徑，把所有雙陸棋的策略建議從神經網路中剔除，只留下遊戲規則與一組初始、權重隨機的神經元，然後讓電腦**自己和自己對戰**數十萬次。

這就是所謂的「強化學習」（reinforcement learning），而泰薩羅是第一個成功實現這種方法的人。起初，電腦程式完全不得要領，只會漫無目的移動棋子。不過，下了幾千場之後，神經網路學到一點：單獨留下一個棋子是糟糕的做法，但是把兩個棋子堆疊起來，則是不錯的方法。至此，就新手而言，神經網路已經及格了。經過數萬場實戰，神經網路開始運用更高階的戰術，例如把許多個棋子堆疊起來，建造防禦牆。經過二十萬場棋局之後，泰薩羅命名為TD-Gammon的這個神經網路表現已有中上水準。³在接下來的幾年裡，泰薩羅讓TD-Gammon經歷數百萬場模擬棋局。到了1995年，TD-Gammon已經開始運用人類從未見過的策略。這個神經網路不只是學習，甚至開始創

新。

TD-Gammon不受輸入的知識所束縛，發現下雙陸棋的新方法。這個神經網路還注意到，人類棋手往往會在開局搶占優勢而冒太大的風險，保守的開局才是更好的做法。然而，它也經常會有貪婪的表現，在終盤放棄穩操勝算的方法，冒險嘗試翻倍得分。大多數人類棋手會認為這麼做過於魯莽。在棋局中盤，TD-Gammon會採取各種更微妙的走法，人類專家得深入思考之後才能理解為什麼要這麼走。1995年，雙陸棋教練基特·伍斯禮（Kit Woolsey）和TD-Gammon對戰後，寫信讚揚泰薩羅：

我發現TD-Gammon和高階西洋棋電腦的對比相當有趣。西洋棋電腦在可以計算變化的戰術位置上表現得極為出色，但在模糊的布局對弈中，也就是棋子沒有明確走法的情況下，表現較弱。TD-Gammon則恰恰相反，在面臨模糊不清的局面，當判斷而非計算才是關鍵的時候，它的優勢盡顯……它和西洋棋電腦這種只能比人類計算得更快的笨機器不同，你做出的是一臺聰明的機器，可以像人類一樣從經驗中學習。

但是，IBM沒有把這項技術轉化為商業產品或服務。畢竟，一間商業伺服器供應商為什麼要銷售商用雙陸棋軟體給區區幾百位客戶？的確沒理由這麼做。

挪威研究員法雷德里克·達爾（Fredrik Dahl）終於在1994年把這個小小的市場缺口填補起來。達爾這個人很特別，喜歡雙陸棋、西洋棋、模擬坦克戰、柔術，也熱愛到森林裡採集可食用的蕈菇。他在挪威國防機構工作，模擬過蘇聯入侵的假想情境。1983年由馬修·柏德

瑞克（Matthew Broderick）主演的電影《戰爭遊戲》（WarGames）給他很大的啟發。在片中，人工智慧試圖引發核戰。

儘管達爾對軍事有濃厚的興趣，他向我保證自己絲毫沒有這樣的野心。蘇聯解體後，達爾的研究經費就被砍掉了。「那簡直是黑暗時期，」他說。（我想，他是在開玩笑。）他以神經網路作為博士論文研究主題，並因此建立一個神經網路，讓電腦自己和自己進行數百萬次的模擬戰鬥，來為戰鬥結果建立模型。他不費吹灰之力就把這個框架移植到雙陸棋上，很快就超越泰薩羅的結果。

1994年，達爾推出「水母」，這是第一個向公眾銷售的神經網路。水母經過數百萬局雙陸棋的訓練，儘管計算量極其龐大、複雜，最終產品卻小到可以裝在3.5吋的磁碟片裡。達爾架設了一個原始的網站銷售他的水母。如此一來，AI早期發展就區分出兩個階段：一是繁瑣的訓練階段，也就是電腦學習的過程；另一個則是推論階段（inference），也就是電腦運用所學知識的過程。後者的花費遠低於前者，我們可以用人類大腦來類比：這個三磅重的大腦負責推論，而數億年的演化條件就是訓練過程。

他很喜歡這種生物學的類比。決定以「水母」為他的神經網路命名，是為了向這種古老的水生刺絲胞動物致敬。因為水母的「神經網」控制了個體的刺激與反應系統。他說，他的程式「大約只有一百個腦細胞，跟水母差不多」。這就是神經結構的力量：無論是攻克雙陸棋，在危險的海洋生態系統中存活五億年，或是抵禦蘇聯的攻擊，都只需要一百個小小的細胞。



巴拉德與森基維奇都同意要各自和水母對弈三百場，好幫助水母取得有效的統計樣本。巴拉德曾經連下八十四小時的雙陸棋，很習慣這種馬拉松式的比賽，還能同時一直保持專注力。最後，他比水母多贏五十八場，入袋11,600美元，森基維奇則以差不多的比數輸給水母，表示戴維斯和兩人打成平手。因此這次的雙陸棋人機大戰，雙方可謂旗鼓相當。巴拉德一開始還對自己打敗水母得意洋洋，但後來的分析顯示，他在擲骰子時手氣特別好，於是他明白自己的時代已經結束。從此以後，再也沒有人膽敢和會下雙陸棋的電腦程式賭錢。

人類和水母對弈的消息迅速在雙陸棋社群這個小圈子傳開。深藍是一臺昂貴的超級電腦，那種暴力的運算力，人類根本無法企及。因此，基本上西洋棋高手下棋的方式沒有因此而改變。（其實，深藍在1997年獲勝之後就被拆解掉了。）反之，水母是一種可以在Windows上執行的平價軟體，因此顛覆了雙陸棋的玩法。雙陸棋教練伍斯禮在家用電腦安裝水母，並研究一番之後，出版著作《雙陸棋新思維》（*New Ideas in Backgammon*）。書中收錄神經網路的判斷和人類直覺不同的走法，明顯可以看出電腦總是對的。後來，專家分析人類棋手的技巧，不再只是看輸贏，而是單純看人類的下法和電腦提出的理想棋路有多大差異。

水母是第一個在遊戲中每次都超越人類的神經網路。達爾接著把目標轉向撲克牌。他利用強化學習的技術，很快建構出一個神經網路，可以在只有兩名玩家的「德州單挑」（heads up）中擊敗所有人類；這是限注德州撲克（limit Texas Hold'em）的一種變化版遊玩形式。也許更好的說法是，他讓這個神經網路演化出會打撲克牌的神功。達爾把這套軟體授權給一間老虎機製造商，於是會打撲克的無敵機器人進駐拉斯維加斯大道的賭場，歡迎所有挑戰者拿出真金白銀來

對賭。一樣，沒有人能贏過這臺機器。

然而，革命就此止步。達爾雖然從老虎機賺了一票，但當他想要再接再厲，為無限注德州撲克（no-limit hold'em）建構類似的神經網路，就碰到問題了。在無限注的玩法中，玩家押注的金額沒有限制，組合而成的資料集規模非常大，遠超過他先前為限注撲克與雙陸棋建立的封閉系統。達爾的無限注神經網路很難從如此大量的數據資料中學習。「它的打法雖然合理，卻始終無法達到我期望的水準，」他說。

達爾苦思多年。障礙在於他幾乎不知道自己的撲克機器人到底是怎麼運作的。它的神經網路結構，就像無脊椎動物的神經系統一樣難以解讀。想要透過檢查網格中不同的權重來梳理出遊戲策略，有如試著用顯微鏡觀察腦細胞來揭開意識的奧秘。

這正是神經網路研究受到的批評，學術界對神經網路的偏見也是由此而來。一旦神經網路的訓練碰到瓶頸（這類研究幾乎總是會碰壁），就會進入停滯階段，難以突破。傳統的程式設計有條理且合乎邏輯，但調整神經網路需要一種不同的思維方式。達爾將這比喻為進行一項生物實驗：結果難以預測，調整一些看似微不足道的變數，可能產生各種意想不到的結果。達爾嘗試所有能想到的方法來改善他的無限注撲克機器人。他改變評估函數，調整電腦記憶體，替換觸發神經元活動的函數，甚至為機器人合成一個比較簡單的數據環境來訓練它，卻始終無法讓它成為高手。

鑽不出死胡同的達爾，就像先前許許多多的神經網路研究者，只能死心放棄。他把撲克機器人擱在一旁，找了一份使用傳統技術分析醫療數據的工作。很多神經網路的批評者都曾經滿腔熱血，日以繼夜在這個領域鑽研，早期頗有斬獲，辛苦多年之後卻發現結果差強人

意，最後成了一場空。達爾雖然沒有完全轉向質疑者的陣營，但他的信念確實受到嚴峻的考驗。「我放棄，」這名全世界第一個銷售神經網路的天才說道：「我放棄了，因為沒有足夠的數據。」他看不到解決方案。他真的什麼都試過了，就是不知道如何讓神經網路更上層樓。

1 譯注：一種棋盤遊戲，棋子的移動以擲骰子的點數決定，先把所有棋子移離棋盤的人獲勝。

2 作者注：嚴格來說，反向傳播演算法是運用多變量微積分與線性代數的組合，將新發現分配到層疊的網格當中。它首先會計算現有神經網路輸出的預測誤差，接著用誤差值計算出一組稱為「梯度」的偏導數，找出「錯得最離譜」的神經元。確定梯度後，便反方向調整神經元。整個過程可以任意重複執行許多次。

反向傳播的計算方法最早是在1970年由芬蘭數學家賽波·林納因馬（Seppo Linnainmaa）發現，但他沒有把這種計算法應用在神經網路上。1974年，美國電腦科學家保羅·維波斯（Paul Werbos）獨立再次發現這種計算法，便就教於麻省理工學院的馬文·明斯基，看這項技術可否作為一種變通方法，解決明斯基在《感知器》（*Perceptrons*）書中提到的問題。不過，根據維波斯的描述，明斯基差點把他趕出辦公室，勸阻他使用這種方法。（維波斯後來推測，明斯基是因為自己沒發現反向傳播而感到不快。）1986年，魯梅哈特、威廉斯與辛頓重新提出利用反向傳播來訓練神經網路，讓這項計算法大受矚目。

3 譯注：TD-Gammon名稱中的Gammon取自backgammon（雙陸棋），而TD則是指時序差異學習（Temporal Difference Learning）這種演算法，所以，TD-Gammon就是指利用時序差異學習演算法來玩雙陸棋。

第7章

死亡競賽

喬納森·文德爾（Johnathan Wendel）瞄準彈藥堆，靜待時機。他是最早的職業電競選手，遊戲ID是fatal1ty，在1999年，已經有望拿下世界電競大賽冠軍。他在《雷神之鎚III：競技場》（*Quake III: Arena*）錦標賽創下一連串佳績，經常以無懈可擊之姿奪得勝利；他最大的優勢在於能看透對手的心理。此刻，他注意到對手似乎過於依賴彈藥補給，於是準備設下陷阱。

職業玩家大都是瘦弱的書呆子，文德爾卻是魁梧精壯的運動員，擅長冰球、網球與高爾夫。他有著冰藍色的眼珠、沙金色的頭髮，臉型方正，陽剛俐落，看起來就像1980年代喜劇電影裡的大學兄弟會成員。1996年，十五歲的文德爾在堪薩斯州威奇托市（Wichita）的一場比賽擊敗上百名大學生後，發現自己在《雷神之鎚》這種電競遊戲具有特殊天賦。後來，他從大學輟學，成為最早以打電玩為職業的人。文德爾說：「問題是，如果你只贏過一次比賽，很快就會被遺忘對吧？」他引用偶像老虎伍茲（Tiger Woods）說的話：「如果我不繼續贏下去，世人就會忘了我。」

文德爾打《雷神之鎚》總是抱著非贏不可的決心，和職業運動員那種近乎瘋狂的競爭執念沒什麼兩樣。他每天進行八到十二小時的死亡競賽對戰訓練，甚至為了能有更多練習時間，不惜和女友分手。他贏了數十場比賽，連續七年是電競界收入最高的選手。有一次，他在德克薩斯州贏得比賽後，隨即摘下耳機，揮舞拳頭，高聲歡呼，戴著

眼鏡的對手則縮進自己的連帽拉鍊外套。高頭大馬的文德爾身著印有國家美式足球聯盟（NFL）字樣的防風外套與工裝褲，看起來像是會出手把對方的內褲往上拉、卡在屁股縫裡。

文德爾做的每件事都以毫秒計，還透過訓練來磨練自己的射擊本能。他會坐在螢幕前，手指放在滑鼠上，一旦螢幕變成綠色，就以最快的速度點擊滑鼠。透過練習，他能把反應時間縮短到140毫秒（0.14秒）。此外，他會利用電腦訓練的空檔跑個幾英里，他相信跑步能提高自己的反應能力。他喜歡用運動來譬喻事物，把自己比作一級方程式賽車手在比賽開始那一瞬間猛踩油門。

從耳機裡，文德爾聽到對手的腳步聲接近彈藥堆。他發揮射擊本能，手指輕輕搭在滑鼠鍵上。訣竅是在對手的身影出現之前就要開始射擊。在關鍵時刻，文德爾按下按鍵，時間彷彿變慢了。

文德爾打這款遊戲用的是輝達的TNT2顯卡。市面上常見的處理器可以用每秒二十至三十個影格的速度算繪《雷神之鎚III》，而輝達的平行處理技術可以把算繪速度提升到六十至七十個影格。這項關鍵的效果改善，使文德爾在140毫秒的反應時間看到的影格數從五個增加到十個。這就是他需要的優勢。

儘管敵人還沒出現在視野中，他已提前一、兩個影格的時間開火。30毫秒（0.03秒）後，敵人走進射程範圍；輝達處理器更新畫面。火光四射，彈雨橫飛；處理器再次更新。又一個影格的猛烈攻擊，再接著一個影格；每產生一個影格，處理器就要進行兩億次的獨立運算。文德爾從耳機裡聽到令人滿意的呻吟聲，直到最後一個影格，對手倒下，成了一團爛肉。就這樣，fatal1ty又擊殺一名敵人。

文德爾說，他跟輝達的關係就像喬丹和耐吉。輝達免費提供硬體給他使用，作為回報，他只要有機會就會幫輝達宣傳產品的效能。文

德爾對於驅動顯卡的平行運算技術知之甚少；我在2024年問他這項技術時，他只是聳了聳肩。他只知道，就死亡競賽而言，沒有任何顯卡比得上TNT2。「那東西的影格率真是瘋狂，」文德爾說。只要輝達推出新一代顯卡，他都會跟著升級。不久，所有的職業玩家也跟進了。



華爾街喜出望外。輝達每六個月就推出新的顯卡，速度是其他製造商的兩倍。他們每年會在秋天的開學季推出新產品線，然後在春季更新產品。隨著平面顯示器普及，顯卡需求加速成長，幾年內，圖形加速器就成為大多數個人電腦的標準配備。1999年初，成立不到六年的輝達以6億美元的市值上市。紅杉資本最初對輝達的市值預測僅600萬美元，一下就獲得百倍回報，足以彌補無數其他投機性投資的虧損。輝達在納斯達克指數（NASDAQ）的個股代碼是NVDA，以12美元的價格上市後立即翻倍。到了年底，股價已經漲到60美元。根據輝達的上市註冊文件，普里姆、馬拉考斯基與黃仁勳各自擁有超過三百萬股。

黃仁勳現在是億萬富豪了，但暴富並未動搖他的目標。他仍一心一意想要打垮、吞併競爭對手，讓自己的公司獨大。德懷特·迪爾克斯說，當時沒有慶功宴，沒有香檳，沒有如釋重負的感覺，甚至沒有來自老闆的祝賀。他給我看黃仁勳寫給他的一封電子郵件：

TNT2團隊需要不惜一切代價衝過終點線。我們的對手分分秒秒都在努力，想在戴爾與康柏（Compaq）的主機板搶占「一卡之地」。S3公司的圖形處理器Savage 4在英特爾的主機板

晶片組Camino跑得很順了，但我們還在掙扎。沒時間了。無論如何，非做出來不可。我們必須在設計上更勝一籌，才能搶攻ATI的市占率、打壓S3，讓輝達更上一層樓。記住，現在有三項重要任務：一、二和三。我們得在四月前出貨二十五萬顆TNT2，才能達成第一季的目標。要做到這一點，我們必須確認晶圓符合品質標準。趕快完成！

迪爾克斯搖搖頭，一副不可置信的樣子。「這封信是他在首次公開募股（IPO）的第二天寫的，」他說。

信中提到他們的競爭對手ATI與S3，但輝達的死對頭是3dfx。過去兩年，3dfx的Voodoo（通稱「巫毒卡」）一直在圖形加速器業界占有領先地位。1999年底，黃仁勳推出巫毒殺手，名為GeForce，是Geometry Force（幾何力量）的簡稱。它採用NV10晶片技術，每秒可算繪一千萬個三角形紋理，還能根據可移動光源的位置改變3D場景中的像素色彩。在單一平臺上統合圖形變換與光影效果，是業界長年夢寐以求的成就，如果輝達能夠達成這個目標，就可以大肆宣揚了。

「基本上，他們現在用2美元就能做到在工作站必須投入2,000美元才能做到的事，」電腦繪圖權威喬恩·佩迪說。

黃仁勳跟他從視算科技挖來的行銷鬼才丹·維沃利討論。維沃利是個聰明人，認為消費者預算有限，反而可能對他們有利。他發現玩家要買顯卡時，會參考五、六位硬體評論名家的意見。維沃利聯絡這些評論家，告訴他們GeForce是世界上第一個「圖形處理器」

（graphics-processing unit），簡稱GPU。事實上，這是維沃利自己發明的名詞，但評論家開始把繪圖運算產品放進這個類別。不久後，GPU一詞不脛而走，成為圖形加速器的代稱。「我們發明了這個類

別，因此得以成為這個領域的先行者，」維沃利說。

輝達的策略讓3dfx的工程師恨得牙癢癢的。「輝達在標竿學習（benchmarking）上使出一些手段，」佩迪說：「所以，沒錯，他們在行銷方面贏了，在產品設計方面也贏了！他們的經營就是比較厲害。」 GeForce能在一個晶片上操控四個算繪管線，3dfx的Voodoo4原型更貴，用了四個晶片，效能卻不能相比。再者，輝達把出貨週期壓縮到六個月，實在喪心病狂，這讓追求完美的3dfx處於劣勢。有一次，3dfx的共同創辦人公開表示，也許在推出下一代產品之前，兩間公司應該停戰，以便建立技術標準。「那時我就知道我們已經抓住他們的弱點，」柯克說：「我們和3dfx陷入生死之戰，只有一方能存活下來。」

柯克四處挖人的做法是另一個不斷引發衝突的源頭。其他公司的工程師叛逃到輝達時，常常帶來前公司專有的技術概念。這造成法律問題：在1996至1999年間，S3、視算科技與3dfx都對輝達提起專利侵權訴訟，第四個競爭對手邁創則指控輝達唆使員工違反保密協議。其中三起訴訟都在庭外和解，但3dfx不但不接受和解，也不接受由第三方仲裁，這間搖搖欲墜的公司把生存的希望寄託在打贏官司。2000年8月，3dfx執行長亞歷克斯·陸普（Alex Leupp）在愁雲慘霧的法說會向投資人宣告噩耗：3dfx單季虧損將超過1億美元。一小時後，輝達就宣布將反告3dfx，還提出不大站得住腳的專利侵權指控。許多人認為輝達提出訴訟的時機很殘酷；有人推測黃仁勳故意提出這樁沒有贏面的無聊訴訟，只是為了迫使現金匱乏的3dfx耗費更多法律支出。

一個月後，法官做出一項有利於3dfx的初步裁決，同時駁回輝達的訴訟。3dfx急著想從輝達那裡拿到賠償金，但輝達透過巧妙的法律手段拖延支付。至此，陸普已無路可走，想把3dfx賣給英特爾，但公

司只剩一項有價值的資產，也就是打敗輝達的裁決。英特爾無意捲入這場無謂的紛爭，其他公司也沒興趣。最後，3dfx因資金耗盡，產品失利，不得不豎起白旗，把自己賣給輝達。

黃仁勳贏了，但獎賞是一群痛恨他的新員工。法庭文件後來揭露，3dfx的人稱黃仁勳為「達斯·維達」（Darth Vader）¹。（「其實，還有更難聽的稱呼，」佩迪說：「我可以告訴你，他們給他起的綽號都很不禮貌。」）這時，關於黃仁勳的傳言已近乎神話般邪惡；有人說他會從競爭者那裡挖角員工；有人說他剽竊別人的構想；有人說他刻意引導評論者；也有人說他會對已經倒地的對手補上一腳。但主要還是因為這些人的公司被他徹底擊垮，他們才那麼恨他。「輝達在崛起的過程中到處樹敵，就連合作夥伴與供應商都得罪，」佩迪說：「你可以說我跟黃仁勳有私交，但無可諱言，他有冷酷無情的一面。」



十二月某個週五下午，3dfx公司奧斯汀辦公室的程式設計師班·賈立克（Ben Garlick）和同事都收到通知。接著，所有人都無法登入工作站。這些員工在保全人員的護送下離開辦公室，走出大樓之前，背包與錢包還得接受檢查。員工在停車場徘徊，後來一位人力資源經理出面，指示他們到馬路對面的倉庫集合。這間德州辦公園區的設計沒有考慮到行人的需求，於是這群身穿輕便西服的員工，就像毫無尊嚴的人質，一個挨著一個走進排水溝，再三三兩兩穿過一條沒有標示的便道，最後來到一座倉庫，裡頭堆滿沒賣掉、也根本賣不出去的顯卡。在這裡，員工收到消息，即日起，他們全數遭到裁員。「這一天

可真令人難忘，」賈立克說。

然而，有些幸運兒還是有新的出路。輝達拒絕收購整間3dfx，但願意以7,000萬美元承接某些資產。陸普接受了，訴訟也撤銷了。根據公司內部文件，黃仁勳認為3dfx最優秀的工程師每位價值100萬美元。這個金額反映他們對輝達的價值，以及不讓這些人被競爭對手網羅的價值。在倉庫裡，這群遭到解雇的員工被告知，這個週末在家裡等電話吧，也許有機會去輝達工作。

被解雇的3dfx員工約有五百人，黃仁勳和柯克商議後列出一百二十名想留用的人才。這些員工不相信黃仁勳。那個週末耳語四起，有人說輝達是血汗工廠，黃仁勳是一個會對員工放聲咆哮的暴君。有人咬牙切齒說，就算給再多錢，他都不屑為這種人工作。賈立克比較務實。聖誕節快到了，他需要工作。

賈立克是最早獲得聘任機會的人之一。他是資深工程師，為人謙遜。（我問他，是否認為自己對輝達的貢獻價值100萬美元。「差不多吧，」他答道。）他在接下來的那個週一回到倉庫，黃仁勳親自開給他的條件包括薪資調升20%、各項福利以及員工認股權。賈立克接受這份工作，後來在輝達待了足足十七年。「在我看來，黃仁勳其實是個好人，但不得不表現得冷酷無情，」賈立克說：「相形之下，其他執行長骨子裡冷血狠絕，卻總是假裝成好人。」黃仁勳的領袖魅力令人折服，在他想要招募的一百二十人中，一百零六人加入他的黑暗陣營。

賈立克登入輝達的程式庫（code base），定睛一看，簡直嚇壞了。「基本上，這就像是癌症，」他說：「你知道，癌細胞沒什麼效率，只是不斷變異、生長與擴散。」賈立克在3dfx工作時，以寫出優雅的程式為傲。他開發出來的系統條理分明，還附上簡要清楚的說

明，讓其他程式設計師能輕鬆維護、改良他的程式。「我們花了很多心血，讓程式變得更簡潔，公司卻倒閉了，」他說。輝達的程式粗糙得可以，工程師半夜瘋狂趕工寫出來的程式竟然就是關鍵系統的基礎。「真是糟七八糟！程式寫得很爛，工具鏈一團亂。最糟的是，他們根本不在乎！」賈立克說：「除了下一次下線，他們什麼都不在乎。」

因此，輝達累積大量「技術債」，一再取巧走捷徑，程式也就愈來愈難以維護，這讓之後的程式設計師大傷腦筋。（賈立克說，這就像是在不穩定的地基上蓋房子。「房子都蓋好，自然就很難修復地基了，」他說。）不過，賈立克漸漸適應這些捷徑之後，發現原先的做法也不是一無是處。「有一點很不尋常，也很了不起，就是疊代、疊代、疊代、執行、執行、執行，」他說：「現在看來，技術債就是倖存者身上的傷疤。」



隨著新員工加入，輝達的員工總數從四年前的三十五人暴增為六百多人。公司搬到聖塔克拉拉的新總部，租下好幾棟由天橋連接的玻璃鋼構建築，戶外有雕塑，周圍是停車場，緊鄰高速公路，總面積達11英畝（約4.45公頃）。新辦公室聞不到外賣食物的氣味，其實什麼味道也沒有。體面的現代主義翩然而至，夾帶單調與老套的風格。

位於市郊的辦公園區都有這樣的特點：一排又一排的小隔間、無盡的車流、可怕的連鎖餐廳，讓人想起1999年上映的電影《上班一條蟲》（*Office Space*）。導演麥克·賈吉（Mike Judge）用諷刺的手法，活靈活現呈現自己在一間顯卡公司工作的經歷。那間新創企業是

輝達的競爭對手，離輝達總部只有幾公里。賈吉厭惡這種工作環境，但我採訪過的輝達員工沒有人抱怨無聊或是後悔在這裡工作。他們選擇在這小隔間裡度過漫長的人生，而且覺得如魚得水。黃仁勳也盡己所能，不遺餘力消除科層體制的種種愚蠢行為。《上班一條蟲》中的主角被多位主管提醒，測試程序規格報告的封面也要好好設計。現實世界中的軟體工程師確實必須撰寫這種文書報告，然而如果黃仁勳發現，公司有主管為了報告封面這種芝麻蒜皮的小事浪費工程師寶貴的時間，我猜他必然會把這個人拖到辦公室中央，釘在十字架上，以儆效尤。

輝達有很多新員工本來在遊戲公司工作，還以為這裡的企業文化輕鬆又隨性。一位前員工說，3dfx的座右銘是「努力工作，盡情玩樂」，而輝達的標語只是「努力工作」。長時間工作是常態，六個月的產品發布週期持續帶來壓力。「結果就是幾乎不間斷的截止日期，以及永遠趕不上進度的無力感，」另一個員工說道。

然而，有些人很欣賞輝達的專業精神。「至少你知道這間公司會一直經營下去，」一位資深員工說。遊戲公司很少有服裝規定，有些程式設計師會刻意表現出邋邋的樣子。凱倫·霍姆（Karen Huaulme）也是從3dfx過來的員工，她回想有一次在達拉斯市郊的辦公園區，試圖尋找製作《雷神之鎚》的iD軟體公司時迷路了。她最後想到一招，也就是尾隨看起來最邋邋的人。她發現一個穿著人字拖與破舊T恤、面色蒼白、留著結塊長髮的年輕人，跟著他走就到了iD公司的大門。

在輝達，沒有人穿人字拖來上班。霍姆還告訴我，在她以前服務的公司，男同事有時會咄咄逼人質問她的資歷，有時則過分親暱，甚至毛手毛腳。輝達的女員工很少，尤其在那個年代又更少，但霍姆發覺這裡卻相對安全。「在輝達，我覺得自己不會被騷擾，」她說。

柯克當過很多次面試官。幾年前，他曾創辦一間新創企業，不得不裁掉上百名工程師。他覺得苦不堪言，最後甚至連自己都不幹了。柯克認為，要避免重蹈覆轍，免於裁員之痛，最好的方法就是在招聘時更加謹慎。輝達最初的招聘流程包含幾輪面試，再由負責面試的人達成共識，決定錄用與否。但是技術人員都不想為難應徵者，只是問一些老掉牙的問題：「請說說你克服困難的經過？」「你最大的缺點是什麼？」「為什麼人孔蓋是圓形？」

柯克很沮喪，認為這些人在浪費時間。他知道黃仁勳會怎麼做：叫他們到會議室集合，大聲斥責他們。他和迪爾克斯一樣，相信黃仁勳發飆是有用意的。「咆哮也是一種激勵策略，」柯克說。「你可能覺得他只是在發脾氣，但我認為這是有預謀的，而且確實有效！儘管這種方式讓人反感，但效果不錯。」柯克認為，觀眾是關鍵：「他希望每一個人都能從中受益。他不會無緣無故在走廊上對某個人發火。他在折磨人的時候，其實是在強迫他們學習，而且這一課他們肯定永遠忘不了。」

柯克發覺面試人員根本不曉得如何篩選出能夠接替自己職位的人，於是他學黃仁勳的做法，把手下的工程師叫到會議室。柯克本來是個說話輕聲細語、不會跟人起衝突的好好先生，這時刻意提高嗓門，大吼大叫：「你們在搞什麼？！剛剛面試的那個傢伙，將要分攤你們一半的工作，你們卻沒花心思去了解他是否能勝任！現在**你們得**做兩倍的工作，他卻能拿到你們一半的薪水！」這些人震驚得說不出話來。柯克暗自竊喜，這招果然有效。「把那個人再找來，這次由我來當面試官，因為你們都不會問問題，」他說。

那個倒楣的求職者萬萬沒想到，他的面試變成一場審訊大會。在部屬在場的情況下，柯克以一個簡單的問題開始：「你知道怎麼畫三

角形嗎？」應徵者回答這個問題之後，柯克接著提高難度：「好的，你怎麼畫三角形的邊呢？」聽過應徵者的答案，柯克繼續追問：「如果三角形的其中一個座標是零呢？你不能除以零，該怎麼辦？」柯克一再提升問題的難度，直到試探出應徵者能力的極限。然後是最後一個問題，那是個具有挑戰性的技術問題，柯克確信應徵者不知如何回答。

能否獲得工作機會取決於對方接下來的表現。通常，應徵者會撒謊或是編造答案；這會讓他們立即遭到淘汰。還有一些人會坦白，承認自己不知道；通常這些人也會被淘汰。通過考驗的人能夠看出這不是一般求職面試，而是蘇格拉底式的對話。他們回顧一系列的問題之後，才了解這一點。他們會**在面試中**拓展知識，以前面的回答為基礎，從中找出新的答案。關於應徵者的實力，柯克只花十五分鐘，就比他的部屬花八小時所了解的還要來得多。最後，那些面試人員終於知道怎麼問問題了。



在用人方面，沒有人比黃仁勳更挑剔。眼見輝達業務興旺，黃仁勳的家人要他把好處分出來。「他的父母施壓，說道：『讓你哥跟你弟進輝達工作吧』，」霍茨曼說。黃仁勳不答應，因此跟家人的關係變得相當緊繃，在電話中談得很不愉快。「基本上，他說的是：『我就是不能這麼做。我認為他們無法適應我們的企業文化』，」霍茨曼說。不管家人怎麼說，黃仁勳還是沒讓他的兄弟進入輝達。

黃仁勳的哥哥仁傑做過許多種工程工作。霍茨曼說，有一次他們三人在黃仁勳家的後院用木板搭建露臺。霍茨曼與黃仁勳負責施工，

仁傑監工。「他連釘槍都拿不好，」霍茨曼說。弟弟仁哲也進入奧勒岡州立大學，一樣從電機系畢業。黃仁勳在普立姆的公寓創立輝達，仁哲則選了一條穩妥的路，去英特爾工作。在接下來的三十年，他一直在那裡負責軟體的開發與維護。「他是一個勤奮、可靠的工程師，」霍茨曼說。「但我在他身上看不到創業的冒險精神。你也知道，就是那種願意接受失敗，並且承擔後果的態度。」

黃仁勳沒有給兄弟工作，但是給了他們房地產。2000年代初期，他賣掉一些輝達的股票，用這筆錢在洛斯阿托斯山丘（Los Altos Hills）買下一大塊土地。那裡可以俯瞰矽谷，坐擁全美排行第三富有的黃金郵遞區號。他請人在這裡建造一間6,000平方英尺（約177.6坪）的豪宅，有五間臥屋、七間浴室、一座游泳池與超大車庫，由洛麗監督工程。他還買了兩部法拉利（一部自己開，一部給老婆），同時也開始收藏昂貴的威士忌。他把舊房子，連同後院那個露臺，送給哥哥仁傑。

然而，即使是量身訂製的夢幻豪宅，也無法滿足黃仁勳的標準。由於他的資產雄厚，眼光也就和那些超高淨值客戶一樣挑剔，苛求完美。某天下班回家，他注意到，從步入花園的玻璃門往泳池的方向看，泳畔小屋偏向一邊。這種不對稱讓他覺得礙眼，索性叫包商把這間小屋連根拔起，花大錢移動了18英尺（約5.5公尺）。



GeForce產品線確立輝達市場領導者的地位。同時，輝達推出Quadro，這個系列的專業GPU是高階電腦建模與製作數位動畫的利器。一如預期，輝達即將超車視算科技；果不其然，黃仁勳以前的主

管也來為他工作。2000年，黃仁勳聘用他在巨積的第一個主管湯米·李（Tommy Lee）。

3D加速器市場蓬勃發展時，恰逢股市暴漲。輝達不是只會畫大餅的網路公司：這間公司有實體產品、真實的收入，也有真正的獲利。儘管如此，它仍是一間在科技泡沫中營運的科技公司。2000年初，輝達宣布和微軟達成協議，要為微軟一款尚未命名的家用遊戲機開發晶片，輝達股價一度突破100美元。幾個月前，輝達舉辦外部會議，酒酣耳熱之際，大夥兒討論，如果公司股價飆破100美元，他們要如何紀念這個里程碑。馬拉考斯基說他要打耳洞；普里姆決定剃光四周的頭髮，頭頂留下方形短髮，染成綠色，再修剪出輝達商標的圖案；黃仁勳則是在上臂刺上輝達的商標，但後來一直抱怨刺青痛死人了。

到了2001年，輝達的GPU年銷售額已經達到10億美元，唯一能跟上輝達創新步伐的是位於多倫多郊區的ATI公司。這間公司的旗艦產品是Radeon，和GeForce一樣具有平行像素管線，也用風扇冷卻加速器，晶片也跟GeForce一樣是由台積電製造。ATI的共同創辦人暨執行長何國源，和黃仁勳一樣是移民，一樣爭強好勝，在成功之前也曾多次瀕臨破產。Radeon推出之後，GPU市場形成雙頭壟斷局面，在接下來的二十年裡，GeForce和Radeon一再爭奪市場霸主寶座，兩條產品線輪流占據市場領先地位。（如今，GeForce已然遙遙領先。）

儘管成功在握，黃仁勳依然不敢掉以輕心。1996年，圖形加速器公司S3獨領風騷；到了1999年，這間公司已黯然退出市場。1998年，領先的是3dfx；不過兩年光景，這間公司就垮了。沒有人能保證輝達不會有同樣的命運。黃仁勳辦公室裡那一大堆商業書籍中，有一本是英特爾執行長安迪·葛洛夫（Andy Grove）的《10倍速時代》（*Only the Paranoid Survive*）。

任何資本主義企業都存在競爭威脅，但在晶片領域，這些威脅的等級截然不同。對可口可樂這樣的公司來說，只要找到成功的配方，產品就會自動銷售出去；你要做的是，不要把好端端的事給搞砸了。晶片產業則比較像時尚產業：如果你今天的產品跟昨天的差不多，那就犯了相當嚴重的錯誤。在半導體產業，每隔幾年就要砍掉重練，無論是設計晶片的軟體工具、生產晶片的紫外光曝光機，還是晶片本身的架構，都是如此。輝達的第一款晶片有一百萬顆電晶體，到了2000年，晶片上的電晶體數量已多達二十倍，由高速風扇冷卻，而且只占一半大小的空間。「所有堅固的東西都將化為雲煙，」一位資本主義觀察家早期如此寫道。或者，如安迪·葛洛夫後來說的：「我們必須頂著變革之風。」

在這個領域，黃仁勳不是唯一的賭徒。所有高階主管都得冒險。電晶體製造精密度不斷提高，每一代新產品開發與製造的成本也節節高升，因此這個行業就像一場持續加注的高額賭注撲克錦標賽。你若固守陣地，籌碼就會逐漸減少。你唯一的生存機會就是找到一手好牌，押上所有籌碼，然後一次又一次這樣做。

在黃仁勳的豪賭人生中，有一場賭注是要決定是否在GPU加入可用程式控制的著色器。當時的繪圖技術算繪出來的場景看起來很不真實，「塑膠感」很重。柯克希望給程式設計師更好的工具來控制光影效果，但要增加著色器，就得打造新的基礎架構。輝達必然得犧牲獲利，而且至少一開始沒有太多遊戲開發者會使用。「如果決定這麼做，在一段時間內成本會增加一點點，」他告訴黃仁勳：「但是，以後每一個人都會想要這個東西，所有競爭對手都會緊追不捨，想要超越我們。」

如同當初看待採用平行管線的做法，這次黃仁勳一開始也抱持懷

疑態度。一旦他開始思考不使用著色器的代價時，就認為非做不可。在這個產業，唯一的保證就是會有更多電晶體，繪圖技術因此變得更便宜，也更容易算繪。到目前為止，輝達一直保持領先，但這是一間以人為主的「輕資產型」企業，沒有工廠、設備等實體資產，只有一群工程師在矽谷辦公園區裡絞盡腦汁。他們一定要不斷開發嶄新、難以複製的技術，否則亞洲的製造商就會開始仿製他們的晶片，讓輝達遭到市場淘汰。「如果我們不重新發明電腦繪圖技術，如果我們不創新，不為這個處理器開闢新天地，我們的產品就會變得普通，失去競爭優勢，公司必然無法生存，」黃仁勳後來說道。不冒險就是最大的風險。

2001年6月，輝達推出新一代GeForce，這是第一個具有程式控制著色器的顯卡。微軟的遊戲主機Xbox在同年11月問世，代表作《最後一戰》（*Halo*）也一起登場。這款遊戲延續《雷神之鎚》與《毀滅戰士》的射擊遊戲傳統，但場景不是在地獄，而是在一個虛構的環狀宇宙，拜輝達強大的算繪技術之賜，遊戲光影效果絕美、自然。《最後一戰》大獲成功，把輝達的市值推升到近200億美元。半個月後，輝達被納入標普500指數，取代安隆公司（Enron）。

在標普500指數的美國五百間大型上市公司中，三十八歲的黃仁勳是最年輕的執行長。八年前他還在餐館的小隔間裡構思產品，現在他的公司規模已名列全美國五百大，擊敗且吞併所有敵人，只剩一個競爭對手。在輝達納入標普500指數的幾週內，黃仁勳一度成為億萬富翁。只是股市反覆無常，沒多久黃仁勳的財富就從巔峰下滑，十四年後，才再度在金錢世界登頂。

¹ 譯注：《星際大戰》（*Star Wars*）系列電影裡的反派人物。

第8章

強迫循環

黃仁勳用力抽球，發出「啪」的一聲，球猛烈旋轉。他在練習正手弧圈球，這是他過去比賽經常使出的殺手鐮。下一個球飛來時，他重新調整姿勢，蓄勢待發，扭轉臀部，向上揮拍，球以弧線軌跡越過球網。啪，他重複這個動作，擊球、重整，擊球、重整，身體像機械活塞，繞著作為支撐點的那隻腳來回轉動。

公司的狀況不大理想，啪。網路泡沫破滅，股市正在崩盤，啪。最近上市的GeForce風扇有缺陷，運轉聲響大得像吹葉機，啪。和微軟的Xbox合作案就要告吹，啪。輝達捲入會計詐欺，正在接受調查，啪，啪，啪，啪。黃仁勳放下球拍，汗流浹背。

黃仁勳在2002年回到桌球桌。在此之前，他聯繫老友兼桌球搭檔喬·羅曼諾斯基。這通電話讓羅曼諾斯基很意外，畢竟兩人將近二十年沒聯絡。他們聊得很開心，追憶往日時光。羅曼諾斯基回想起大學時期黃仁勳曾在一所州立監獄參加比賽，在囚犯觀眾面前輕鬆取勝後，還忍不住炫技。「他很會打特技球，也懂得把球路偽裝得很自然，讓對手誤以為只是一般對打，」羅曼諾斯基說：「你曉得，就像表演花式籃球的哈林籃球隊（Harlem Globetrotters）那樣。」

黃仁勳在電話中提到自己創立了一間製造電玩遊戲設備的公司。「他似乎很得意，」羅曼諾斯基說。黃仁勳寄了一張顯卡給羅曼諾斯基的兒子，他兒子就用來組裝電腦。羅曼諾斯基知道黃仁勳最喜歡的球拍品牌，以此回贈。不久，黃仁勳就開始練習，還請了一位前奧運

選手當他的教練。

羅曼諾斯基在波音（Boeing）的聖地牙哥分公司擔任工程師，不時和老婆一起飛到灣區跟黃氏夫婦相聚。黃仁勳在池畔花園安裝了一個大型鐵板燒煎臺，練習紅花鐵板燒師傅的技巧。他翻炒米飯，把食材拋向空中，試著把洋蔥環堆成火山，噴發火光。但他始終沒能成功把煎好的蝦子用鏟子彈起，再用頭上的廚師帽接住，很多蝦子最後都掉到地上了。

他們在後院一起吃晚餐。黃仁勳談到他的家庭、孩子、興趣，就是不談公司的事。羅曼諾斯基也很謹慎，不問這件事，他已經從新聞標題略知一二。黃仁勳和羅曼諾斯基聊他不斷增加的威士忌收藏，兩人的老婆成了好朋友。羅曼諾斯基提議一起去內華達山脈露營。（黃仁勳婉拒了。）「他很熱情、很健談，」羅曼諾斯基說：「我們坐在一起的時候，他完全不像一個大人物。我覺得這個人很真誠。」

羅曼諾斯基對黃仁勳的印象，和黃仁勳的同事與競爭對手描述的那個執著的企業大亨幾乎完全不同。羅曼諾斯基看到的是一個充滿活力、熱情洋溢、愛開玩笑的調皮鬼，這就是他認識的那個黃仁勳。不知怎的，黃仁勳似乎能夠把工作和家庭生活分得一清二楚。我很好奇，羅曼諾斯基可曾見過黃仁勳變成達斯·維達的樣子。「如果真有那一面，他已經關閉自己的那一個部分，」羅曼諾斯基說道：「我認識的黃仁勳就是一個溫暖的人，一點架子也沒有。」



從2001年夏天到2002年秋天，輝達的股價跳水下跌超過90%。黃仁勳的財富大幅縮水。問題始於2002年1月，美國證券交易委員會

（Securities and Exchange Commission）對輝達的財務狀況展開調查。先前世界通訊（Worldcom）與安隆公司才接受類似的調查，最後被揭發浮報公司獲利，世人也開始懷疑其他企業也有詐欺醜聞。7月，輝達被迫重新計算並呈報過去三年的收益。不久，財務長克莉絲汀·霍柏格（Christine Hoberg）遭到解雇。¹輝達董事田屈·卡克斯告訴我，霍柏格很倒楣，董事會從未懷疑黃仁勳。「證券交易委員會根本就是在利用調查之便，暗中蒐集證據，」他說。他說的有道理，重新計算之後，輝達的收益不減反增。

輝達會計疑雲發生時，正值歷史上最嚴重的空頭市場。在網路泡沫破滅、911恐怖攻擊與安隆破產的三重打擊之下，標普500指數慘遭腰斬。屋漏偏逢連夜雨，輝達和微軟為了訂價與智慧財產權的問題反目成仇。不過，輝達與日俱增的自我膨脹也是原因之一。

輝達的員工以菁英自居，認為自己是卓越的人才，事實也確實是如此，但他們的自豪有時聽起來像是自戀。在Xbox推出的幾週前，微軟舉辦慶祝晚宴發布這款遊戲主機，由比爾·蓋茲（Bill Gates）發表祝詞。輝達的技術人員被安排在場地的後方位置，同桌的是為Xbox製造橡膠防滑墊的廠商。幾十年後，柯克提到此事時坦言，他的自尊受損，覺得自己就像是坐冷板凳的伴娘。「是啊，你知道，我們是這個案子的重要合作夥伴，卻和那些製造橡膠防滑墊的人並列，」他說。

柯克強調，他只是在開玩笑，但他和黃仁勳一樣，即使開玩笑也經常帶刺，戳破令人不悅的真相。也許這只是微軟活動策劃的疏忽，但對柯克來說，跟製造橡膠模具的人坐在一起，感覺是微軟給的下馬威，以此表明他們不會受制於低階硬體供應商。輝達那一方因此心生芥蒂，不久雙方關係惡化。微軟開始要求輝達大量出貨並給予價格折讓，輝達則聲稱合約沒有這些條件，雙方的爭議就此提交仲裁。從下

一代Xbox開始，微軟就不再和輝達合作，改用ATI的顯卡。

然而，在這些困難當中，最糟的是可程式化著色器技術遲遲無法普及。為了讓這項賭注成功，輝達必須說服開發者採用新的程式語言。於是，輝達展示一個用電腦合成影像生成的「黎明女神」

（Dawn）來推廣這款著色器；這個身穿透視輕柔薄紗的仙子，有著一對蝶翼、觸角與豐滿的胸部。她還登上輝達程式設計教科書《Cg語言教學課程》（*The Cg Tutorial*）的封面。書中內容一點也不香豔刺激，總共十章的內容包括頂點圖形變換（vertex transformation）、像素管線、程式範例等，當然，還有作業練習。只不過，這項技術的普及率依然很低。



黃仁勳的憤怒，羅曼諾斯基看不到，卻在工作中找到愈來愈多的發洩空間。2003年初，輝達推出GeForce FX，結果引來一片罵聲：算繪速度太慢，而且風扇轉速異常，玩家戲稱它是「吸塵器」。這款新產品遭到評論家與顧客的嚴厲批評，就連黃仁勳十三歲的兒子勝斌也不敢恭維。一天晚上，黃仁勳回到家，發現桌上有一本遊戲雜誌，裡頭有一篇嚴厲批評這張顯卡的評論心得。雜誌上貼了張便利貼寫道：「爸，這產品有待改進。」

黃仁勳於是安排一場會議，產品經理得向幾百人逐一系列導致這場災難的每一項決定。接著，黃仁勳扯著嗓子對他們咆哮將近一個小時。「聽他飆罵很可怕，但有當頭棒喝的效果，」品質管理工程師夏倫·克雷（Sharon Clay）如此描述。黃仁勳怒斥員工時激發出來的內疚不亞於恐懼。他常常鉅細靡遺的描述他們如何辜負客戶的期待，也

讓同事們的家人失望。（「我想，我的驅動力有很大一部分來自內疚，」黃仁勳告訴我。）

輝達定期對員工進行績效評估。由於GeForce FX出師不利，克雷擔心下次評估也許會得到「RI」：也就是「有待改進」（Requires Improvement）的意思。在輝達，拿到「RI」等於被判死刑。克雷針對GeForce FX進行了四、五次品質測試。但是接下來的產品，她則測試了一百次，最後甚至達到數千次。「一開始，我無法想像我們最後能想出這樣的解決方案，嗯，這是經過一番適當的『引導』之後才想出來的，」她說。

結果，沒有人被降職，不管是克雷或是品質管理團隊的成員，都保住工作了。輝達的行銷團隊反其道而行，拍攝一支由產品經理主演的自嘲短片提供給各家媒體，把顯卡重新定位為吹葉機。改良後的GeForce在六週後發布時獲得好評。不少輝達員工告訴我，憤怒就是黃仁勳的管理工具，他就像軍隊將領或職業足球隊教練，在公司內部建立並維持嚴格的紀律制度。「我不知道他是否比其他財星五百大公司的執行長更愛咆哮，」一位員工說：「說真的，他的工作不是成為你的朋友，而是驅使你，讓你得以超越自己以為永遠到不了的極限。」

即使是不喜歡這種管理風格的人，對黃仁勳個人的評價也通常都相當正面。前員工提姆·李特（Tim Little）說，他收到一位主管寄來的電子郵件，主旨是「拖著你那可憐的屁股走到終點線」。那幾週，李特一直在出差，見不到家人，常常在電路模擬器前忙到深夜，覺得自己已油盡燈枯。他回覆了這封郵件，並提出辭呈。幾天後，在他即將離職前的某個晚上，凌晨兩點左右，值班工作快結束時，黃仁勳來到他身邊，坐在模擬器旁。螢幕光線打在黃仁勳疲憊的臉上，他回憶起自己的職業生涯，他所做的犧牲，遠離家人在電路模擬器前度過的

無數深夜。他坦白表示，他不知道自己這麼做是否值得。他對李特說，如果他願意留下來，他會為他保留這個職位。李特婉拒。黃仁勳於是感謝他為公司所做的貢獻，然後默默離開。「那絕對是我在輝達工作最值得紀念的一刻，」李特說。

我為了這本書，採訪一百多名前任與現任輝達員工。關於黃仁勳，幾乎人人都有一則溫暖的故事可說。那位被黃仁勳在幾十個人面前羞辱、還被要求退還全額薪水的員工告訴我，他後來被診斷得了重病，黃仁勳主動跟他說，他要自掏腰包全額支付醫療費用。班·賈立克為了創業決定離職時，他沒想到黃仁勳會情真意摯的懇求他，希望他留下。「我們坐在會議桌前，他靠過來，我們的膝蓋幾乎碰在一起。他真的在求我，」他說。賈立克是第一線的經理人，底下有十個人，而當時公司有數千名員工。「我根本沒想到他會記得我，」他說。黃仁勳結合愛、恐懼與內疚，形成一種極具吸引力、強而有力的激勵手段。「你覺得自己不能讓他失望，」克雷說：「你就是不能。」



這時，普里姆終於心生去意。多年來他的工作範圍一直受到限制，最後索性不進辦公室了。（「他和另一位高階主管起衝突，我想他以為自己被解雇了，」柯克說。）普里姆開始把手中的輝達股票賣出，也捐了很多錢，主要是捐給母校，也就是位於紐約州北部的倫斯勒理工學院。他被選任為該校董事會成員。學校用他捐的錢斥資2億美元建造表演藝術中心，後來又買了一部量子電腦。

普里姆花了600萬美元，在加州奧克蘭東部的迪亞布羅山區

(Diablo range) 買下一座牧場，從此歸隱山林。他在山脊上的住所能俯瞰整個海灣；在晴朗的日子裡，他會遠眺夕陽，看著圍欄內的牛群，以及波光上的五座大橋。他還買了架灣流噴射機，在加州和倫斯勒理工學院之間往返。為了抵消碳足跡，他投資還在試驗階段的環保科技，而他的牧場已經可以自給自足，不使用電力系統。他歷經慘痛的離婚過程，之後以「修復地球」為人生努力的目標。

從2004年到2006年，普里姆透過多次大宗交易出清手中的輝達股票。「這就是為什麼輝達的股價在這段時間沒什麼波動，」他說：

「基本上，只要價格開始上漲，我就會賣出。」如果他一直持有那些股份，二十年來只是當個牛仔，什麼都不做，今天的身價將超過1,000億美元，躋身世界級大富豪之列。但是他告訴我，他不後悔。如果他沒有賣出股票，等於是把個人99.9%的淨資產投資在波動劇烈的高風險科技公司，而他已經不在這間公司工作，怎麼看這似乎都不是個好主意。

普里姆彷彿化身為經典美國老電影《風雲人物》（*It's a Wonderful Life*）主角喬治·貝利（George Bailey），要我思考他那天文數字般的財富去了哪裡。「那些股份並未消失，而是流向市場，在退休基金，在房地產裡。這有點像是我為市場經濟貢獻了1,000億美元，」他說。

「我打算在一生當中捐出5億美元，這件事已經耗費我很多的時間與精力。在腦海深處，我一直在想，如果要用1,000億美元成立一個基金會，我會怎麼做。這可不容易。我甚至不知道如何把那筆錢捐出去。」



最後拯救輝達的還是遊戲玩家。即使股價跌入谷底，輝達仍在生產有史以來最複雜的晶片。這些晶片隨著家用寬頻網路時代的到來，以及多媒體家用電腦漸趨成熟，開創出個人電腦遊戲的黃金時代。開發者利用新硬體推出《決勝時刻》（*Call of Duty*）、《戰慄時空2》（*Half-Life 2*）、《模擬市民》（*The Sims*）、《魔獸世界》（*World of Warcraft*）等經典遊戲。「個人電腦遊戲在2000到2005年間達到巔峰，」一位懷舊的評論者如是說。

這可是這種科技的最佳用途？遊戲次文化很不健全，從中衍生出匿名網站4chan，隨後又爆發針對女性的「玩家門」（Gamergate）騷擾事件。個人電腦遊戲玩家稱主機遊戲玩家為「農民」，自己則是高高在上的「主宰種族」。主流遊戲中停滯的美學發展，反映出玩家的幼稚心態，也使繪圖技術先驅感到沮喪。輝達給了開發者非凡的工具，但開發者利用這項工具，算繪出怪物、槍戰、飛車追逐與血腥場面。「試想，你嘔心泣血的成果盡是這些玩意兒，是不是讓人捶心肝？」電腦繪圖領域的權威喬恩·佩迪說道。

不過，遊戲確實是一門好生意。個人電腦遊戲玩家是最好的客戶：他們是上癮者。遊戲會提供隨機獎勵，賭場也利用類似策略把老虎機上癮者黏在座位上。2001年，《最後一戰》開發工作室的研究人員約翰·霍普森（John Hopson）描述遊戲的「強迫循環」（compulsion loop）：讓玩家角色升級，派他們完成任務，用戰利品獎勵他們，然後一再重複。有些玩家發覺自己很難擺脫這個循環。研究人員發現，骨灰級玩家會表現出類似藥物成癮者的行為特徵：沉迷、戒斷症狀、對朋友與家人撒謊隱瞞玩遊戲的時間、今天刪除遊戲明天又重新下載回來等。美國精神病學協會的診斷手冊中，已經把「網路遊戲成癮症」列入疾病分類，指出年輕男性特別容易有這種問

題，症狀包括「學校課業表現不佳、工作績效差，或是無法負擔家庭責任」，以及「個人衛生習慣變差」等。

然而，對其他人來說，遊戲是個充滿意義、挑戰與機會的迷人世界，讓人得以暫時逃脫現實人生。《魔獸世界》或許會讓人上癮，但玩家可以在世界各地找到同好。約有四分之一的玩家每天會至少遊玩兩個小時。輝達稱他們為「發燒友」，這些人正是最好的顧客。很多人小時候玩任天堂，成年後轉戰個人電腦遊戲。從絕對數量來看，個人電腦遊戲市場的客戶比遊戲主機市場來得少，但這些客戶在電腦遊戲設備花的錢多很多。有些人把打電玩視為人生最重要的事，但他們在遊戲空檔還是有辦法找到工作。

電競主機之於宅男，如同肌肉車之於車迷。客製化遊戲電腦，也就是玩家口中的「裝備」，可再砸個幾千美元來改裝、升級。有廠商販售透明的電腦機殼，裡面配備彩色照明讓玩家可以展示硬體，就像汽車發燒友會掀開引擎蓋秀他們的引擎，玩家也會在網路論壇貼上自己「裝備」的照片，炫耀超頻主機板與顯卡的算繪速度。

遊戲市場日益成熟，輝達股價也有了一點起色。其實，即使股價崩盤，輝達從未停止成長。到了2004年初，公司已有超過一千名員工，營收創歷史新高。於是，華爾街分析師開始費盡心思，想要搞清楚輝達到底值多少錢。沒幾間公司讓資產經理人這麼傷腦筋：分析前幾年的數字沒什麼用，因為輝達一賺到錢，黃仁勳都會立即再把錢砸入新技術裡孤注一擲，這些技術要不帶來運算革命，要不就功虧一簣。到2000年代中期，輝達的表現看起來比收支平衡還差一點：顯卡和平行運算方面的業績興旺，其他不少案子則以失敗收場，結果就是財務報表亮眼，股價卻長期低迷不振。在輝達，重要的不是獲利或營收，而是那位執著的執行長和他的豪賭。你要麼相信他，要麼不信。

如果你不信，必然會提心吊膽，因為黃仁勳即將做出最瘋狂的賭注。

¹ 作者注：證券交易委員會後來指控霍柏格涉嫌欺詐，說她對審計公司有所隱瞞，漏列300萬美元的支出。霍柏格支付60萬美元的罰款，但她並未承認自己有任何不當行為。

第9章

CUDA

像文德爾這樣的遊戲玩家，在玩死亡競賽時會降低螢幕解析度，讓畫面顯示更多影格。伊恩·巴克（Ian Buck）卻反其道而行，他想放大遊戲畫面，愈大愈好。巴克是在史丹佛大學專攻電腦圖學的研究生，他發現只要有一點技術專長，就可以利用多張顯卡來分擔遊戲的算繪需求，提高遊戲效能。2000年，他把三十二張GeForce顯卡串連在一起，透過八臺投影機來呈現《雷神之鎚III》的畫面。「這是第一臺8K解析度的遊戲裝備，完全占據一整面牆，」巴克說：「這真的太美了！」

巴克在研究電路時開始思索，除了在遊戲裡對朋友投擲手榴彈，這個顯卡的菊鏈式串接能否用來做別的事。如果要用紙筆手工繪製三十個影格、8K解析度的《雷神之鎚III》，即使你願意每天工作二十四小時，也得花上一萬六千年左右才能完成所有算繪工作。但是，巴克的GeForce陣列每秒都可以完成等量的算繪工作。此外，這一整套裝備組起來只要花大約2萬美元，以高效能運算的標準來看，這樣的花費簡直微不足道。為了在牆上玩《雷神之鎚》，巴克無意間打造出一部低成本的超級電腦。

巴克認為這種經濟實惠的運算能力對科學領域與工業界會很有用，只是輝達隨卡附贈的程式只能處理三角形紋理的運算。如果巴克希望他的顯卡陣列有更大的用途，就得先破解程式。他鑽研輝達那本可程式化著色器的教科書，也就是封面上有性感仙子的那本書，並因

此成為第一批精通這種技術的程式設計師。諷刺的是，他深入研究這項技術後，反而對電腦圖學失去興趣，就像電影《創：光速戰記》（*Tron*）的主角被吸入虛擬的遊戲世界，巴克被吸進底層的技術天地。

巴克熱情專注，頭頂稀疏，才氣逼人。他對電路研究得愈深，就愈癡迷，認為電路潛能無窮。如同資深天文學家放下望遠鏡轉而思考宇宙的浩瀚，電腦運算量之龐大一直讓巴克驚嘆不已。每秒六百億次的浮點運算（gigaflops），而這還只是一張顯卡的運算量。無論破解多少底層電路，他永遠對電腦科技滿懷敬畏，每天都有眼界大開之感。

巴克從美國國防部的研究機構「國防高等研究計畫署」（DARPA）申請到經費，組織一個研究團隊。2003年，巴克與團隊發布開源程式語言Brook。這套程式語言可以讓科學家把極複雜的運算任務嵌入硬體，利用原本用來算繪劫車犯罪與血肉橫飛殺戮畫面的工具，來模擬銀河系的形成或核彈引爆的過程。Brook輸出的圖形是一大堆毫無意義的三角形紋理，但在算繪這些圖像的過程中，GPU剛好能夠高速執行重要的科學運算。「你真的必須了解電腦圖學，才能破解那些三角形紋理，」巴克說。

Brook讓平行運算變得容易上手。於是研究人員開始大量購買GeForce，然後把這些顯卡串連起來，發展金融建模、天氣模擬、高能物理、醫學影像等應用。從此，遊戲顯卡不再只是遊戲顯卡，而是應急拼湊的科學工具。這類新客戶的出現並未逃過黃仁勳的法眼。「我發表一堆論文，大家都給我鼓勵、支持，」巴克說：「然後，2004年左右，黃仁勳請我加入輝達，在產業界好好實現我的構想。」



不少研究人員跟巴克一樣，都從學術界投身產業界。此外，在2005年，洛麗的老東家視算科技不敵輝達的Quadro系列，從紐約證券交易所下市。（視算科技後來破產，他們在山景城的總部後來也成為Google的總部。）就像先前敗給輝達的3dfx，視算科技的大批「難民」由輝達接收，因此輝達的員工總數翻倍至兩千人。其中一千兩百人、約60%的員工，都在研發部門工作。對外人來說，輝達依然看起來是一間有點奇怪的遊戲硬體製造商，但對內部人士來說，公司開始變得有點像科學實驗室。

比爾·達利（Bill Dally）看到輝達晶片的「運算強度」不斷提升，興奮不已，認為這些晶片有望成為一種新型電腦的骨幹。達利是史丹佛大學電腦科學系主任，長久以來一直是平行運算的傳道者。他寫了幾篇論文，讚揚輝達的創新。2003年，黃仁勳親自來到他在史丹佛的辦公室，想請他擔任顧問。達利多年來遊走各大科技公司，向高階主管傳播平行運算概念的福音，大家都愛理不理；現在黃仁勳竟然主動來找他。「他在技術層面的了解很深，提出的問題總是一針見血，」達利說：「即便是你自認為專精的領域，有時他的想法甚至比你更超前。」

不過，達利對黃仁勳存有疑慮。他聽說黃仁勳陰晴不定，也知道輝達的工作環境嚴苛。黃仁勳似乎料到這一點，在他們初次見面時就拿出一張已經簽名、抬頭寫上達利姓名的支票。這位世界頂尖學者於是同意在輝達擔任顧問。

黃仁勳招兵買馬，找來巴克、達利與數十位優秀工程師組成一支團隊，祕密進行名為CUDA的專案。CUDA的全名是Compute Unified

Domain Architecture，意思是「統一運算架構」（輝達刻意用這個晦澀玄奧的名稱）。CUDA的理念是把用於電玩遊戲的平行運算電路用在科學領域。再也不需要破解那些三角形紋理，就能獲得珍貴的浮點運算效能，因為架構已經開放了。「其實，你可以這麼看CUDA：你有一張遊戲顯卡，上面有個開關，」迪爾克斯說：「你撥動開關，翻轉顯卡，顯卡就成為一臺超級電腦。」



發明CUDA的是約翰·尼科斯（John Nickolls）。他是輝達的工程師，曾和人共同創立一間平行運算新創企業；不過這類公司如今皆屍骨已寒。尼科斯是滑雪好手，也是模型火車的狂熱收藏家，辦公室牆上掛了許多幅晶片的裱框照片。他一心一意想讓電腦跑得更快：他創立的公司名為MasPar〔這正是「大規模平行」（massively parallel）的縮寫〕，一度想學台積電實行「九九六工作制」，要求員工每週工作六天，每十二個小時輪班一次。即使後來公司倒閉，尼科斯也從未放棄平行運算的理念，他相信基於物理定律，平行運算最終會獲得勝利。

數十年來，電子元件的微型化是由「丹納德縮放比例定律」（Dennard scaling）主導。根據這項定律，儘管電晶體不斷縮小，仍然能夠保持電力處理效率；基本上，這就是電腦每年都會變得更快的原因。¹但根據尼科斯的計算，大約在2005年，丹納德定律恐怕就會失效。下一代曝光機生產的電晶體僅有一百個原子寬；這個尺寸是人類頭髮直徑的六千分之一，紅血球大小的七百分之一。在如此精細的尺度下，電晶體的導電效能會被削弱，致使電力洩漏到周圍的電路中。

一旦發生這種情況，電腦的運算速度就會下降。

尼科斯預見丹納德定律會失效，也看見半導體產業對這個問題視若無睹，尤其是英特爾。英特爾信心滿滿的預測，就算電晶體縮小到僅有一個原子的寬度，電腦效能仍會呈現線性成長。尼科斯認為，這是不可能的事。2003年初，他主動寫了一封信給黃仁勳，概述他的異端想法。尼科斯沒有惶惶不安，也沒有誇大其詞。反之，他以精確但適度的急迫感，透過電學原理來解釋，為什麼英特爾在半導體產業的長期霸主地位即將告終。「我們都料到這一天必將到來，但尼科斯讓我確信，摩爾定律確實已死，」黃仁勳說：「輝達能有今天，尼科斯厥功甚偉。」

黃仁勳聘用尼科斯，並且請他負責一項先導計畫，為GeForce開發科學領域的應用方法。就算以輝達的標準而言，同事也一致認為尼科斯太拼命了。入職才半個月，他就確診罹患惡性黑色素瘤。於是，他一邊接受癌症治療，一邊繼續每週工作七十二個小時，對家人與同事隱瞞身體上的不適。不久，尼科斯的黑色素瘤進入緩解期，CUDA平臺最早版本也開始正式運作。

尼科斯是電玩絕緣體，甚至對電腦圖學興趣缺缺，只關心如何提高晶片的運算速度。但在其他各方面，他都是輝達的模範員工。「我爸動不動就大小聲，」他的兒子亞力克（Alec）告訴我：「我還記得聽到我爸在電話會議中對其他人大吼大叫。他沒有惡意，只是要確定你知道自己在做什麼，確保你有生產力。」

尼科斯不只工作拼命，也熱情過生活。他騙兒子跟他一起去滑高難度的黑鑽級雪道，參加模型火車俱樂部聚會時，他喜歡鋪設軌道，而不是和他人社交。亞力克小時候有一次在童軍求生訓練遇到困難，不會用褲子做救生圈。尼科斯就不讓兒子離開游泳池，直到他知道怎

麼把褲子充滿空氣。

尼科斯對CUDA平臺非常執著，只許成功，不許失敗。朋友有時候會問他，明明他不玩遊戲，為什麼要在一間遊戲公司工作。尼科斯告訴他們，他不是製造電玩遊戲，而是在開發有史以來最重要的技術。他正在打造一個運算速度驚人的平臺，能讓其他所有的電腦看起來就像內建計算機的電子表。他常說：「很少有發明像CUDA那樣，會對世界產生如此巨大的影響。」

這句話更像是信念宣言。到了2000年代後期，電腦的運算速度已足夠應付大多數消費者的需求，尼科斯正在開發的東西並沒有明顯的客群。將CUDA與零售電路板捆綁在一起，就像是把一輛休旅車綁在火箭滑車上，推銷給住在郊區的通勤族。然而，尼科斯毫不氣餒。他不僅想繞過摩爾定律，他還想永遠打破這個定律。

因此，尼科斯必須提高電路的運算強度。晶片內部有個快得不得了的節拍器，每年都變得更快。到了2000年代中期，這個節拍器每秒震盪數億次，精密的線路已經跟不上這個節奏。平行運算不是透過加快速度來解決這個問題，而是讓更多電晶體響應每一次震盪。英特爾的CPU一次只能啟動幾個電晶體，而輝達的GPU一次能啟動數千個電晶體。

輝達很難找到真正需要這種強大運算能力的用戶。「最初，我們的客戶只有兩位乳癌研究員，」迪爾克斯說。這兩位在麻省總醫院（Massachusetts General Hospital）工作的研究員寫信給輝達，表明希望利用輝達的技術升級他們的乳房造影機，黃仁勳便讓他們的醫院使用CUDA測試版。他們在先導計畫投資數百萬美元，最後只賣出兩張顯卡。「但黃仁勳就是喜歡這樣，不是嗎？」迪爾克斯說。

乳房造影是黃仁勳後來所說的「零億美元」（zero-billion-dollar）

市場的第一個例子。黃仁勳一直在尋找讓輝達和競爭對手區隔開來的方法。硬體創新無法讓他達成目的，因為太容易複製；晶片發燒友會在網路上交換輝達晶片的「裸晶照片」（die shot）。他們從零售的電路板拆下晶片，用沸騰的硫酸溶解外殼，然後用金相顯微鏡掃描電路來取得照片。業餘發燒友的熱情，可以媲美晶片製造商實驗室逆向工程團隊的專業間諜活動。這些被剝離外殼的晶片都受到專利權保護，然而從3dfx的經驗來看，訴訟根本毫無用處。「每個人都會研究競爭對手的硬體及其運作方式，」迪爾克斯說：「這甚至算不上是祕密行動。我們就是這麼做的。」

為了與眾不同，黃仁勳必須採取一個完全違背傳統商業邏輯、就連ATI都不會跟進的策略。他必須打造一項探索性的產品，比如一臺售價300美元的入門級科學超級電腦，它不僅沒有競爭對手，甚至沒有明顯的客戶。這個零億美元的市場，就定義而言，只有他一個人參與，只有他**看到**這個市場。黃仁勳打算在玉米田裡蓋一座棒球場，等球員到來。



平行運算會將一個大問題分解成許許多多的小問題，然後同時解決這些問題。平行運算的內部運作相當複雜，需要一本教科書的篇幅才能解釋清楚，但我們可以透過類比來了解其中一些運作原理。

首先，讓我們來看看電路的運作。想像晶片被放大到舞池的大小。舞池裡擠滿揮舞著螢光棒的人群，他們代表電晶體。燈光閃爍，節奏狂熱，但大多數的人都靜止不動，他們只有在輪到自己時才能活動。有個人會在第一小節的第一拍移動，另一個人則在第二小節的第

四拍移動，依此類推。你可以看到螢光棒在這裡、在那裡揮舞，但大多數人都沒有在跳舞，他們在等待輪到自己的時候。

串行DJ一直想要透過加快節奏來炒熱現場氣氛，但效果愈來愈差。這時，平行DJ登場。平行DJ不是加快節奏，而是編排更複雜的動作。這招奏效了：現場氣氛狂熱，地板震動，場地溫度上升，還有些人跳得非常激烈，似乎快要熱暈了。現在，數千支螢光棒跟著每個節拍搖擺。

以這種方式重新設計電路是一種由下而上的改變，也改變上層的一切。這就是平行運算的挑戰。要掌控如此複雜的舞步編排，在執行上困難重重，程式設計師必須用全新的方式思考問題。要對英特爾的CPU下指令很簡單，它就像是一輛貨車，一次只送一個包裹。沒錯，貨車很慢，但程式設計師要做的事情很簡單。有包裹要送？扔到後車廂就行了！

輝達的平行GPU則比較像是在大街小巷奔馳的摩托車隊。騎士幾乎同時送達所有包裹，整個過程可能在半小時內就能完成。然而，這種平行解決方案雖然神速，執行起來要困難得多：需要更多騎士、更多摩托車，以及更複雜的規劃。在這樣的系統中，騎士必須不斷進出倉庫，每個包裹都必須分配給正確的車輛，並精確規劃抵達目的地的路線。

幾十年來，程式設計師偏好貨車，但正如尼科斯的預測，現在貨車遇上電磁物理學上的交通堵塞。一旦出現這種狀況，他認為程式設計師最終只得硬著頭皮，花時間學習如何管理摩托車隊。其實，他們**不得不**學習，因為他們已經別無選擇。

然而，輝達真正的目標根本不是程式設計師，這些人只是中間人。真正的客戶如果出現，將會是醫師、天文學家、地質學家與其他

科學家，也就是受過高等教育、在學術領域學有專精的專業人士，而他們可能完全不會寫程式。但是，最後願意在CUDA投入資金的正是這些終端使用者，因此我們需要用一個比較容易理解的比喻，來說明他們的需求。

對科學家而言，要了解串行和平行運算的差異，最好的方式是吧英特爾的串行CPU想像成一把德國三叉牌的不鏽鋼高級廚刀。這把精工鍛造的多功能刀具，可切絲、切條、切碎、切片、切丁或剝砍。只要運用一點技巧，廚師就能只用這把刀完成一桌菜肴的備料工作。但是，這把刀一次只能處理一樣東西。

相形之下，輝達的平行GPU則比較像是一臺美膳雅（Cuisinart）的食物調理機。這種別具一格的食材調理機運作時很吵、處理得不細緻，而且耗電。你不能用這臺機器把龍蒿切成細絲，也無法在魷魚上切出漂亮的刀花，然而如果要快速剝碎一堆蔬菜，這臺機器就是你需要的神器。

你很難完全不用廚刀，只用食物調理機來做飯，你也不能只用GPU來讓電腦運作。GPU的架構是專門設計來處理特定類型的任務，無法取代CPU，因此你總會需要CPU。從這點來看，CPU永遠是主要的工具，而GPU則是一個昂貴的附加設備。而且，它們就像許多設計精巧的餐廚用品，最初都被大廚嗤之以鼻。

但是，請想像一下這樣的情境：有天廚師來上班，發現一輛滿載新鮮蔬菜的貨車停在裝卸區。廚師沒有時間慢慢切細絲，必須趕快把這幾百磅的蔬菜剝碎，以免擺太久蔬菜爛掉了。**這位**廚師可能會發現食物調理機很有用。其實，他可能想要同時使用數十臺、甚至幾百臺的調理機。

在這個比喻中，那一整車的蔬菜代表大數據。在2000年代中期，

科學領域的裝卸區堆積的資料集，數量比以往任何時候都要龐大：天文數據、地質工程數據、醫療數據、政府數據、金融數據，以及由人類生成、不斷膨脹的全球資訊網資料集。過去，科學家每隔幾週收得到一箱蔬菜就算很幸運了。到了2000年代中期，科學家每天收到的蔬菜可能多達好幾個貨櫃。

英特爾那把永恆的廚刀已經無法應付這樣的挑戰，你需要由機器驅動的旋轉刀片。好吧，它切出來的形狀或許不是那麼漂亮。那又怎樣？反正幾分鐘後又有一輛滿載蔬菜的貨車要來了。GPU就是料理數據的食物調理機，是可以把數據切成粗糙立方體的機器。



在尼科斯的指示下，輝達的設計師把晶片分割成若干個「CUDA核心」，這些核心是一組電路陣列，可以在多個數據組上同時平行執行相同的指令。輝達的硬體工程總監阿爾瓊·普拉布（Arjun Prabhu）把新晶片的設計比作城市規劃，他們將晶片分成不同的區域，每一區負責執行某項不同的任務。就像俄羅斯方塊玩家會夢見掉落的方塊一樣，普拉布有時會在睡夢中看到電晶體。「最棒的想法總是出現在週五夜裡，我真的在作夢的時候，」普拉布說。

生產雙用途晶片的決策在輝達內部引發爭議，因為這使得GeForce的生產成本高過AMD的顯卡Radeon，公司內部的人稱這筆額外成本為「CUDA稅」。這是一場豪賭，黃仁勳在賭他的遊戲客戶正沉迷於《戰慄時空2》，不會注意到自己正砸大錢資助輝達踏入一個高風險、可能毫無意義的支線任務，還讓輝達涉足高效能運算的神祕領域。

「CUDA核心採用的許多概念早就在超級電腦與特殊處理器用過了，

因為市場很小、成本高，這種技術實在太昂貴了，」最早參與CUDA專案的工程師布雷特·庫恩（Brett Coon）說道。「在我看來，CUDA最厲害的地方，是讓遊戲玩家為龐大的晶片開發成本買單。」

許多不同層級的軟體在普拉布的電路上運行。第一層是機器碼，負責把複雜的數學公式分解成簡單的算術運算。伊恩·巴克在這裡費盡心思，從電路板開始建構想法。這裡是運算的地下墓穴，也是最底層的程式碼，會直接對著金屬耳語。很多程式設計師覺得這一層枯燥乏味，巴克卻如魚得水；他後來獲得好幾項組合語言的技術專利。「這就是見真章的一刻，」他說。

巴克雇用一個數值專家團隊，其中很多人都是莫斯科國立大學（Moscow State University）的畢業生。（「所以呢，這裡有很多彼得，很多鮑里斯，」巴克說。）巴克和這些俄羅斯人合作，把科學家喜歡的複雜數學結構，如微分方程、高維度矩陣等，重寫成只由加、減、乘、除構成的基本方程式。在好幾個資料集上同時平行處理這些基本運算，需要很強的整體推理能力。「人類思維是線性的，」巴克說。「你告訴某人，從這裡到星巴克怎麼走，會逐步指示對方。你不會告訴他們如何從任何一個地方到達任何一間星巴克。這種平行思考很難。」

在巴克負責的這一層上面是「編譯器」，可以把C++與Python等程式語言翻譯成機器碼。編寫第一個CUDA編譯器的荷蘭開發者巴斯·阿爾茨（Bas Aarts），同樣會近乎癡狂的投入自己的思維中，可以連續幾週不跟朋友來往、拋棄人際交流，甚至捨去興趣愛好，專心構思電腦可能如何解讀資訊。「周遭有些人認為我這個人太單調，」他說：「但這東西，非常優雅！非常複雜。很有挑戰性。如果沒有挑戰，我會覺得無聊。」

CUDA的商業策略著眼於長遠發展。黃仁勳鼓勵尼科斯擁抱科學界的客戶，而且是緊緊擁抱他們，不要放手。CUDA帶來的效能提升就是要這麼巨大、這麼明顯，以至於客戶會心甘情願利用這個平臺建立全新的學術領域。「自此，你就再也不想離開了，」阿爾茨說：「這就是供應商鎖定（vendor lock）。把你綁得死死的，無法走出去。」

輝達就這樣建立起軟體開發者所說的「CUDA堆疊」。最底層是電路，上面是驅動電子流動的機器碼，再上面是把機器語言轉換為人類語言的編譯器，最頂層則是特別為科學家設計的軟體。這種堆疊把想法轉化為電流，又把電流轉化為結果。

CUDA在2006年底公開發布。這個軟體套件是免費的，但僅適用於輝達的硬體。2007年的下載量少得可憐，只有一萬三千次。一整年下來，在數以億計的GeForce用戶中，願意動手把自己的電玩硬體變成超級電腦的人，甚至不到萬分之一。持懷疑態度的投資者想知道，這項技術到底是為誰設計。「華爾街不僅認為CUDA毫無價值可言，甚至還覺得是**負值**，」熟悉內情的員工說道。

很多程式設計師都覺得CUDA很難用。

為了使GPU效能最大化，程式設計師必須將大型任務分解成數百個被稱為「執行緒」（thread）的子任務，然後小心翼翼，而且是極其小心的，把這些執行緒輸入CUDA核心。這項工作相當棘手，暗藏很多陷阱。程式設計師必須在不出錯的情況下管理多個記憶體儲存庫，同時避免時序偏移的問題，以免導致錯誤的結果。平行運算的學習曲線很陡峭，還建立在進階電腦科學的概念之上。但物理、醫學等領域的學者，很少具備駕馭CUDA所需的程式設計功力。

柯克想要複製自己在著色器的成功經驗，於是寫了一本教科書

《大規模平行處理器程式設計》（*Programming Massively Parallel Processors*）來推廣這項技術。這本書是他和電腦科學家胡文美合著的。序言指出，自從匈牙利天才約翰·馮諾伊曼（John von Neumann）在1945年制定電腦的基本架構以來，電腦的架構就沒有進化過。「電腦使用者一直都期待，隨著新一代微處理器問世，程式會跑得更快，」他們寫道：「從今以後，這種期待將會落空。」沒幾位教授把這本教科書納入課程。有人說這是異端邪說，也有人說這是褻瀆神聖，竟然質疑電腦架構的祖師爺馮諾伊曼。

輝達在各個領域尋找客戶，包括股票券商、石油探勘公司、分子生物學家等。有一次，公司和通用磨坊（General Mills）簽約，模擬冷凍披薩在加熱過程當中的熱物理學變化。但這些交易大多在幾季之後就無疾而終：披薩師傅其實不大需要強大的運算能力。

CUDA高昂的研發成本不只拖累輝達的財務績效，還衍生很多潛在的資源消耗。這項專案在輝達內部引發意見分歧，所以尼科斯必須爭取資源，有時甚至不得不採取強硬手段。「要說服硬體設計師相信提升《浴血戰場》（*Unreal*）或是《毀滅戰士》的效能很重要並不難，比起說服他們相信增加矩陣乘法或快速傅立葉轉換（Fast Fourier Transforms）的速度很重要還要容易得多，」庫恩說。同時，原本像癌細胞一樣失控、擴散的程式庫變得更加複雜：完整的GeForce軟體套裝很快就超過一億行程式碼，比某些Windows作業系統還要複雜。

也許最大的隱藏成本是CUDA讓黃仁勳分心，輝達不會只服務那些核心客戶了。2006年底首次傳出輝達產品瑕疵的新聞，遊戲玩家抱怨筆電的GPU才使用幾週就停止運作了。輝達承認問題時，遊戲論壇已經充斥陰謀論的說法，發文者指控輝達的焊接有問題，把晶片焊接到下層电路板的焊點上了。「焊點門」災情慘重：遊戲玩家轉而投靠

競爭對手，輝達股票暴跌，六年內市值再度蒸發將近九成。董事會成員在彭博終端機上查看輝達的股價走勢，說這波動就像心肌梗塞發作的心電圖。

Radeon的支持者欣喜若狂，這些輝達的黑粉紛紛落井下石，指責黃仁勳想要隱瞞實情。「輝達的股價狂瀉，我們早就告訴過你們了，」一個人寫道。2009年初，戴爾把輝達從旗下熱賣的遊戲筆電系列首選供應商名單中剔除。「我們已經等很久了，等著看輝達什麼時候才會為他們的愚蠢付出代價，」一位科技專欄作家尖酸刻薄的寫道。「答案就是現在。至少戴爾就是明證。」

為了快刀斬亂麻解決「焊點門」的問題，黃仁勳拿出2億美元讓客戶退款。輝達當年度的利潤就這麼一筆勾銷，這是輝達上市以來首次出現虧損。黃仁勳安排了一場記者會解釋情況。他戴著眼鏡，穿著黑色牛仔褲與寬鬆的灰色運動T恤，不經意的顯露出上身令人意外的結實肌肉，這是他數十年如一日每天堅持做伏地挺身的結果。「我只是不想讓消費者感到困擾，」他用輕鬆、和緩的語氣說明：「現在情況有點亂，因為競爭對手想要攪局，但其實事情沒那麼複雜。」但只有內行人才能洞察黃仁勳這番話底下悶燒的怒火。

輝達定期舉辦外部會議討論企業策略。但由於焊點門事件讓公司大失血，為了撙節開支，2008年的外部會議改在公司餐廳舉行。「那是他吼叫得最大聲的一次，」資深硬體工程師薩米爾·哈勒佩特（Sameer Halepete）說。黃仁勳對一位能力很強、很敬業、已經在公司服務多年的晶片架構設計師發火。這位架構設計老將站在餐廳的一角，黃仁勳站在對角。一百五十名左右的高階主管沿著牆邊站立，默默看著他遭到凌遲。「我記得很清楚，黃仁勳不停罵他，罵了整整一個半小時，」哈勒佩特說：「老實說，可能有兩個小時。他真的氣壞

了。」

但是這位架構設計師沒有被炒魷魚。「黃仁勳很少因為執行層面的問題而做出重大的人事變動，」哈勒佩特說。「他很清楚，只要士氣受到一點打擊，都會讓人不敢冒險創新。因此，就算出現重大失誤，他也能包容。」哈勒佩特推測，黃仁勳是用發飆怒斥來**取代**把人解雇的做法。「他會罵你、對你咆哮、侮辱你。不管他怎麼做，」哈勒佩特說：「但他永遠不會叫你走人。」



為了重建信心，黃仁勳找上黛比·蕭奎斯特（Deb Shoquist）。她負責管理輝達的全球供應商網路，必須在全球各地東奔西跑，從墨西哥瓜達拉哈拉跑到越南河內，再到印度的班加羅爾；她必須確保零組件準時交付、貨量充足，因此經常得在電話中大聲咆哮。蕭奎斯特口齒伶俐、善於表達，而且從不迴避衝突。2007年她剛到輝達時，黃仁勳要求她縮短台積電下游一間臺灣封裝廠交貨的前置時間（lead time）。蕭奎斯特認為這根本不可能，畢竟臺灣以效率著稱，她懷疑流程中還能再壓縮時間。於是，兩人針對前置時間和生產週期（cycle time）的區別吵了起來。蕭奎斯特直接反駁黃仁勳，對他說：「你根本就不了解這是怎麼一回事。」

這場爭執發生在會議室，高階主管都打開筆電坐在會議桌旁。蕭奎斯特對黃仁勳噙聲，說他不了解狀況時，她的收件匣立即收到同事傳來的訊息。「別講了！」訊息中寫道：「別再說下去了，聽他說吧。」但是為時已晚。黃仁勳氣炸，大聲飆罵，說她不知道怎麼做好工作。「我以為妳是營運人員。妳根本不是！」他喊道：「你不懂營

運！」

黃仁勳怒氣沸騰，蕭奎斯特也火冒三丈。她在這一行已經有二十年的經驗，這傢伙憑什麼說她不懂營運？她**就是**營運人員。蕭奎斯特一氣之下告訴黃仁勳，她要飛往臺灣，直接從供應商那裡拿到數據，證明自己沒有錯。供應商熱情接待她：封裝廠不是什麼光鮮亮麗的地方，幾乎不會有客戶大駕光臨。蕭奎斯特利用一週的時間，熟悉這個後端供應商的單位經濟（Unit Economics）。

在封裝廠，從接到訂單到完成出貨的「前置時間」是三週。令蕭奎斯特驚訝的是，「生產週期」，也就是用黑色外殼把輝達的晶片封裝起來所需的總工時，只有三十六個小時。供應商解釋，理論上，把前置時間縮短到配合生產週期非不可能，只是每個晶片的封裝成本會從8美元增加到1,000美元。黃仁勳說的沒錯：我們有可能縮短前置時間。雖然貴得不得了，但確實可行。

蕭奎斯特帶著悔悟之心回到輝達，等到四下無人，才提交加急封裝的成本明細表給黃仁勳過目。（「我不想要給他觀眾來看這齣好戲，」蕭奎斯特說。）她已經準備好被他的憤怒之火吞噬，但他完全沒發火，反而只是說：「這才是正確答案。」蕭奎斯特為輝達供應鏈上的數百個廠商制定類似的成本明細表。然後她開始壓縮時間，把輝達的生產週期從幾個月減少到幾週，最終創下十三天的紀錄。

在逼迫蕭奎斯特完成不可能的任務時，黃仁勳使出一大絕招，也就是他所謂的「光速排程法」（speed of light）。他以傳教士的熱情，把這個概念灌輸給員工。幾乎我採訪過的每一個輝達員工，都至少提過一次「光速排程法」。「光速」不是如一般人想像那樣要快速行動。反之，黃仁勳鼓勵管理者思考：在預算無上限且一切順利的假設下，一件事可以多快完成。（例如，以「光速排程法」從紐約前往倫

敦，需要的條件包括完美的天氣、最順暢的交通，以及超音速飛機。）接著，管理者就可以根據這個理想化的極限，反向調整到切實可行、但效率驚人的完成時間。「雖然聽起來很難，實際上真的能減輕壓力，」蕭奎斯特告訴我：「一旦你了解可行的極限，就會明白競爭對手不可能更快。」

每天，黃仁勳都在追求這個無法企及的理想。「我得讓自己的工作累到極點，就沒有人能讓我徹夜難眠，」他後來說：「這真的是我唯一能掌控的事。」數十年來，他都活在這樣的節奏當中，然而其他人就撐不下去了。大衛·柯克厭倦通勤，覺得自己受夠了，於是決定從2007年起不再全職工作。他賣掉黃仁勳在1990年代給他的一些股票，搬到科羅拉多州的泰柳賴德鎮（Telluride）與山為鄰，後來又搬到夏威夷。他依然留在輝達，只是改當兼職顧問，和他最初踏入輝達的時候一樣。

他在離開總部之前，負責帶領由三十名科學家組成的輝達研究團隊（Nvidia Research），研究先進的繪圖技術。黃仁勳認為，CUDA的能力日益增長，無可限量，他們必須要設立一個更遠大的計畫，讓CUDA大顯神通。他委託柯克自己尋找接班人。柯克找到的那個人，正是實踐光速排程法絕招的奇才，很快就把這個研究團隊變成世界上最成功的企業研發部門。

¹ 作者注：根據丹納德縮放比例定律，電晶體變小，但功率密度保持不變。這項理論最早是由IBM的羅伯特·丹納德（Robert Dennard）與同事在1974年提出。

第10章

共振

如果比爾·達利不是在開飛機、申請專利或重新發明電腦，就是在騎自行車直到累癱、在太浩湖（Lake Tahoe）划船、參加高山滑雪比賽，或是從格瑞那達（Grenada）乘著帆船一路向北航向安地卡島（Antigua）。達利創造新發明的速度之快，讓柯克和尼科斯都望塵莫及，甚至顯得他們很懶散。達利發表過二百五十篇技術論文，出版四本教科書，擁有一百二十項專利，涵蓋各種不同的電腦領域，從複雜的電路架構到控制電源供應的晶片都有。他頭髮稀疏、體格結實、口齒便給、才氣橫溢，在討論電腦技術時措辭嚴謹，談論其他事情時則語氣直率、實事求是。在電腦領域，似乎沒有他不懂的。他充分利用生命的每一刻，不是在提升技術成就，就是在從事冒險活動。

達利讀高中時因為不想上歷史課就輟學了。他一邊當汽車維修學徒，一邊準備考試，靠入學能力測驗的成績進入大學。雖然他沒有拿到高中文憑，卻獲得維吉尼亞理工學院（Virginia Tech）的學士學位、史丹佛大學的碩士學位，以及加州理工學院（CalTech）的博士學位。才三十出頭，他已經成為麻省理工學院的終身教授。

達利喜歡自己組裝電腦，也喜歡自己開飛機。1992年一個陰鬱的9月天，他駕駛單引擎賽斯納飛機（Cessna）前往紐約。在長島灣（Long Island Sound）上空超過1,800公尺的高度巡航時，他注意到油燈亮起。他轉向附近的機場，但幾分鐘後引擎熄火，接著傳來異常聲響，他說那聽起來像是「很多壘球在油槽裡翻滾跳動」的聲音。達利

把飛機切換到滑翔模式，準備在長島灣迫降。

當機身接觸水面時，達利的身體被拋向前方，他一頭撞上操縱桿，鼻子斷了。他驚魂未定、血流不止，眼看飛機就要沉入海中，約莫只有二十秒的時間可以逃生。於是，他打破機艙窗戶，抓著椅墊當救生圈，跳入波濤洶湧的大海。最後，有一艘經過的帆船把他救起來。「我後來把這起事件編入模擬器，」達利輕描淡寫，就像在描述他寄出的信。「我利用模擬器試了十次，結果都落入水中，最後才找到在格羅頓新倫敦機場（Groton-New London airport）成功降落的方法。」

撿回一條命的兩天後，他就回到工作崗位。他在麻省理工學院的團隊正在建造一臺叫做「雷根軟糖機」（Jellybean machine）的實驗性平行運算電腦。這臺電腦呈現出達利對資訊科技運作方式的全新設想，幾乎所有組件，包括微處理器、電路板、網路硬體與應用程式，都是達利與團隊從第一原理出發，特別研發出來的技術。這臺機器有一個人那麼高，部分零件還是用強力膠帶固定住的。

基準測試（benchmarking test）顯示雷根軟糖機要比傳統電腦的運作快得多，但達利找不到願意製造這種電腦的商業夥伴。就大多數的用途而言，現有的電腦已經夠快了，平行運算設備似乎沒有市場需求。因此，達利在四十歲離開麻省理工學院到史丹佛大學。這個高中輟學生就此成為世界頂尖電腦科學系的系主任。

2003年黃仁勳親自出馬到史丹佛拜訪他，達利於是開始在輝達擔任顧問。2009年，柯克請他全職在輝達工作，一開始達利拒絕了。在2009～2010年的會計年度，輝達都處於虧損狀態，股價低迷。《快公司》（*Fast Company*）列出的2010年全球最創新企業名單中沒有輝達，《商業周刊》（*Businessweek*）的名單上也沒有輝達。如果達利辭

去史丹佛的工作到輝達任職，看起來像是平調，甚至可能是降職，而非升遷。規模比輝達大上十倍的英特爾向投資人承諾，保證能解決電晶體漏電的問題。在許多次電話會議中，英特爾的高階主管始終堅稱，摩爾定律還沒走到盡頭。

在黃仁勳聘請達利之時，英特爾也想搶人，祭出更優厚的條件。他考慮了一段時間，但最終在柯克鏗而不捨的勸說下，選擇加入正在賠錢的輝達。達利在2009年1月正式接受輝達首席科學家的職位，那個時候公司股價已跌至個位數。當時史丹佛工程學院的院長吉姆·普拉默（Jim Plummer）也是英特爾董事會成員，他懷疑達利失去理智。

「比爾，你瘋了嗎，」普拉默說：「英特爾會摧毀輝達的。」但達利毫不動搖。「黃仁勳是那種天生的領導人，」達利說：「無論他去哪裡，你都願意跟隨他。」



達利改造了輝達研究團隊，把人員規模擴張到超過三百人。輝達長久以來的優勢在於與時俱進，讓每1美元的運算能力呈指數級成長。達利選擇能夠配合這種發展軌跡的研究專案，他們的研究範圍最終涵蓋機器人、汽車、氣候模型與生物化學。以前在學術界，達利可以特立獨行，用無限的時間追求自己的熱情。在輝達，他則受制於每六個月一次的GPU發布週期。但讓他意外的是，他很喜歡這種節奏。「這裡沒有什麼科層體制，因為公司裡每個人，以及他們的生計、工作與家庭，都仰賴這款GPU能按時完成，」他說。

達利認為輝達可以把觸角伸向更多學術機構。在他正式在輝達任職幾個月後，公司舉辦了第一屆年度「圖形處理器技術大會」（GPU

Technology Conference），簡稱GTC大會。2009年，輝達在聖荷西市中心的費爾蒙飯店（Fairmont Hotel）舉行這場會議。多年以來，黃仁勳的穿著多半像是在科爾平價服飾（Kohl's）用折扣價買的衣服，現在他開始走上形象進化之路。他身穿緊身黑色襯衫、喇叭牛仔褲以及帶有銀色扣環的黑皮鞋上臺。天生就是表演者的黃仁勳，像一個老練的舞臺催眠師，輕鬆自如的掌控觀眾。「歡迎來到高效能運算的胡士托音樂節（Woodstock），」他說。

黃仁勳喜歡壯觀的場面。他曾經請科普電視節目《流言終結者》（Mythbusters）的主持人亞當·薩維奇（Adam Savage）與傑米·海納曼（Jamie Hyneman）上臺展示串行運算和平行運算的區別。他們示範兩臺不同設備對著畫布發射漆彈會出現的結果。第一臺設備是遙控機器人，一次射出一發漆彈，花費大約一分鐘時間，才畫出一張粗糙的笑臉。第二臺設備是固定式的砲陣，一次可以發射1,100發漆彈，在一瞬間就畫出一幅像素版的蒙娜麗莎。觀眾看得如癡如醉；這群觀眾就是喜歡這樣的表演。

GTC大會以類似的氛圍展開。第一晚，他們為當地一所小學舉辦慈善化妝舞會。（與會者大多是戴著識別證掛繩的中年男性，這讓活動的吸引力減低了一點。）第二天的主題包括量子化學、擴增實境（augmented reality，縮寫為AR），以及模擬黑洞的運作方式。其中一場演講的標題是「解鎖生物啟發的電腦視覺：採取高通量方法」（Unlocking Biologically-Inspired Computer Vision: a High-Throughput Approach）。演講者是麻省理工學院教授尼可拉斯·平托（Nicolas Pinto），他彙集多種圖像辨識應用程式，包括幾個神經網路，並使用CUDA來改良，讓這些程式在輝達的GPU上運作得更好。接著，他讓程式辨識他從犯罪影集《法律與秩序》（Law & Order）DVD挑選出

來的人物與物體。表現最好的模型混合在一起使用時，辨識出演員傑瑞·歐巴克（Jerry Orbach）的準確率接近90%。而且，即使是第一次看到的新片段，也能同樣準確的辨識出歐巴克。在演講隨附的論文當中，平托指出，輝達晶片組的效能是同等價格英特爾CPU的一千三百五十六倍之多。

圖像辨識是人工智慧的基礎問題：研究人員透過教導電腦辨識圖像，讓它循著演化的軌跡，邁向更複雜的能力發展。差不多在第一屆GTC大會召開之時，古生物學家在格陵蘭的一面岩壁中發現五億年前的三葉蟲化石，牠的神經組織奇蹟般的保存下來。這種生物比恐龍還要古老，外形像鬣，眼柄突出身體。要是沿著嵌入在這古老岩石中的視神經往下撫摸，就會摸到一個比米粒還小的細胞團。這就是有史以來發現最早的大腦。

從化石紀錄來看，平托走的路是對的。視覺辨識能力曾經引發生物智慧的大爆發，也即將在電腦領域再次掀起同樣的革命。遺憾的是，那一週有數十場演講，平托的演講只是其中之一，因此沒得到什麼迴響。接下來在2010年與2011年舉辦的GTC大會，也沒有人以平托的見解為基礎進一步探討。平托的論文在2009年發表後，頭兩年只被引用十五次。神經網路仍是一個備受冷落的研究領域。說到底，三葉蟲化石也是如此，一樣乏人問津。



同時，CUDA也在苦苦掙扎。2000年代末，約翰·尼科斯的黑色素瘤復發，終究奪走他的性命，他在2011年離開人世。達利悲慟莫名，兩人不只是好同事，也是競技滑雪的好夥伴。黃仁勳也很難過，

十二年後，我問起尼科斯時，他眉頭緊蹙，馬上轉換話題。即使在生命垂危之際，尼科斯仍然沒有放下工作。「我認為那幾年是他在輝達貢獻最大、成果最豐碩的時期，」他的兒子亞力克表示。後來，輝達為了紀念他，在伊利諾大學厄巴納香檳分校（University of Illinois at Urbana-Champaign）設立一個以他為名的獎學金。

直到嚥下最後一口氣，尼科斯都深信CUDA會改變世界，但他只看到CUDA日後發展的一鱗半爪。這個能把顯卡變成超級電腦的軟體，在2009年的下載量超過三十萬次。接下來的三年，熱度持續消退，2012年跌到谷底，新增安裝數量僅略高於十萬次。科學運算的市場看起來已經飽和，投資人抱怨輝達不斷在CUDA砸錢根本沒有意義。「他們在這個新的晶片架構花大錢，」矽谷的熱門商業類Podcast節目《Acquired》共同主持人班·吉爾伯特（Ben Gilbert）告訴我。

「他們投入數十億美元資金在學術與科學運算，當時這並不是一個龐大的市場，規模甚至不及他們投入的數十億資金。」到了2012年，情況變得很嚴峻。十幾年來，輝達股價一直低迷不振，儘管公司的營收與員工人數都大幅成長，獲利依然持平，毫無增長。黃仁勳想要把超級電腦帶給大眾，大眾卻無動於衷。

2013年初，輝達董事會收到激進投資人星盤價值公司（Starboard Value）的來信。這間公司買進少量輝達股份，投資長傑夫·史密斯（Jeff Smith）還是個企業狙擊手，專門針對表現不佳的公司，他不僅會要求加入董事會，還會要公司改變策略。一旦遭遇阻力，他通常會想辦法解雇執行長。星盤在這封信中質疑黃仁勳在帶領公司走向絕路。很多投資分析師認為，如果輝達不再把獲利挹注在CUDA，轉而發放股息給股東，輝達的股價應該會上漲。有些人甚至質疑黃仁勳是否適任，認為執行長應該換人做。

當時四十二歲的史密斯，精力充沛，有著一頭捲髮與稚氣的臉。他會嚴格審查經營決策的每項細節：他曾經只持有達登餐飲集團（Darden Restaurants）不到6%的股份，就憑一份兩百九十四頁的投影片報告，把董事會十二名成員全部換掉，讓集團旗下的義大利連鎖餐廳橄欖園（Olive Garden）得以走出經營困境。星盤這份橄欖園簡報在股票分析師眼中成為傳奇文件，特別是第一〇四頁，史密斯批評餐廳提供麵包棒的策略。（橄欖園的服務生向來會給每位客人一根麵包棒，每桌還會再多給一根，然後根據需求補充。然而後來餐廳的服務品質下降，服務生直接把一堆麵包棒放在桌上，這導致顧客點的餐點數量減少。）第一六三頁還指出，橄欖園為了延長鍋具壽命，煮義大利麵時不再加鹽。「世界上最大的義大利餐廳連鎖店的管理階層，怎麼能為了節省鍋具的錢不惜犧牲義大利麵的口感？」星盤質問道。

史密斯善於利用媒體，透過炒新聞來增加自己的優勢。到了2014年，他在短短三年時間內，就迫使三十間公司換掉八十名董事會成員，《財星》雜誌（*Fortune*）稱他為「讓美國企業界聞之色變的人物」。現在，他盯上黃仁勳了。他指出CUDA是錢坑，這個看法並沒有明顯的錯誤。其實，在此之前黃仁勳也曾壯士斷腕，停掉不賺錢的業務，有些甚至已經發展多年，他還是砍了。

例如，2000年代初，輝達曾經生產在主機板上扮演通訊樞紐角色的北橋晶片（northbridge）。然而，在北橋晶片市場競逐幾個產品週期之後，黃仁勳發現他和英特爾已經陷入一場削價競爭。他毅然決然終止這項計畫，並告訴員工他犯了錯。

此外，在開發CUDA的同時，黃仁勳還投資平板電腦與手機的繪圖市場。（其實，在2010年代初的採訪中，黃仁勳談手機談得比超級運算還多。）這也可以理解，畢竟手機市場規模龐大。但是，在2011

年，輝達做了一件不太合理的事：用3.67億美元收購艾塞拉（Icera），一間蜂巢式數據機（cellular modem）製造商。這個不明智的收購決策，正是星盤來信警告的導火線，他們表示：數據機市場已經成熟，並且是由高通（Qualcomm）主導。史密斯和他的副手認為，輝達同時進行太多計畫，包括CUDA、顯卡、行動裝置晶片與數據機，難免顧此失彼。他們在2012年拜訪輝達總部，敦促黃仁勳聚焦於核心業務。此次會議氣氛融洽，但已然埋下要透過委託書爭奪戰獲取輝達控制權的禍根。

最後，黃仁勳接受史密斯的觀點，放棄數據機市場。「如果我們要在行動裝置市場拼個你死我活，就沒辦法做其他事情了，不是嗎？」黃仁勳說。黃仁勳曾經打過殊死戰而且得勝，但是過程慘烈，在他心中留下傷痕，他不願意再來一次。然而，他壓根沒想過要放棄CUDA，因為在這個冷門市場，輝達是唯一的供應商。

在黃仁勳職業生涯中做的諸多決定當中，最冒險的就是跟傑夫·史密斯唱反調，加倍投資CUDA。和遊戲玩家不同的是，超級運算的客戶不但反覆無常，而且總是缺錢。學術界客戶賴以生存的研究經費是未知數；企業界研發部門的預算必須經過多疑的財務長嚴格審查；目標遠大的政府研究計畫雖然宣布十年的投資時程，最後卻淪為漫長的官僚角力，為經費分配爭執不下。即使是對風險毫不陌生的其他半導體公司高階主管，也認為砸大錢投資CUDA不明智。但正是這項賭注造就了黃仁勳；這場豪賭使他與眾不同。

為了保住自己的位子，黃仁勳找董事會成員吉姆·蓋瑟幫忙；就是當初為輝達辦理公司登記，要黃仁勳把皮夾裡所有現金都掏出來給他的那位律師。輝達最大的幾個股東是位於美國東岸的幾間基金公司，其中最重要的是富達投資（Fidelity），管理超過1兆美元的客戶

資金，持有的輝達股份比黃仁勳還多。黃仁勳飛到波士頓跟他們會面。結果很不順利，「富達痛批我們一頓，」蓋瑟說。他們又從波士頓前往紐約，和好幾個機構投資人見面。黃仁勳盡最大努力說服這些巨頭支持CUDA，但投資組合經理人抱持懷疑態度盤問他們。「實在看不出有任何重大的進展，」蓋瑟說。

幸好，黃仁勳得到董事會的支持，其中大多數成員自公司成立以來就一直跟著他。然而，他們也首次發出不滿之聲。「你看，我們好像走偏了，」董事會成員田屈·卡克斯說。NFL前任行銷主管童恩·哈德森（Dawn Hudson）在星盤的信送達後不久被任命為董事會成員。「我加入董事會時，輝達的名聲不大好，」她說：「這間公司看來明顯陷入停滯、死氣沉沉。」



此時在家庭生活方面，黃仁勳正遭受空巢症候群之苦。兒子勝斌去芝加哥的藝術學院就讀，希望成為攝影師，女兒敏珊則去了巴黎的烹飪學校，備受寵愛的老狗壽司也走了。每週工作八十個小時的他，錯過勝斌與敏珊大部分的童年時光。「老實說，洛麗承擔了90%的育兒工作，」他說。通常，黃仁勳週末會找一天陪孩子，但那一天他也時常會心不在焉。（霍茨曼回憶說，他陪黃仁勳帶孩子一起去遊樂園時，他會一直送孩子去搭雲霄飛車，這樣他們兩個人就可以討論技術問題。）霍茨曼還觀察到，不管是黃仁勳的孩子，還是他的孩子，最初都沒有走入科技領域。「我想，我們的孩子想要逃離這種瘋狂的工作環境，」他說：「他們看我們這樣過活，會想：『人生應該還有其他值得追求的事。』」

孩子都離家，他深深感到寂寞，因此在他們回家時努力重現家庭的溫暖。他又領養兩隻狗，也精進廚藝，經常在廚房即興發揮，烹調各種美食。然而，即使這樣也不一定總能得到片刻安寧。霍茨曼說，有一次家庭聚會正好在黃仁勳去富達投資接受質詢的前後。那天，黃仁勳搞砸一道作工繁複的菜。他站在特別訂製的廚房，旁邊是他那正在法國藍帶廚藝學院受訓的女兒。他失控發飆，對著不稱手的廚具大吼大叫。「我想，我們都明白必須立刻離開廚房，」霍茨曼說：「好讓黃仁勳好好教訓他的爐子。」



黃仁勳曾在演講中提到，他有一次去臺灣大學物理系趙挺偉教授的辦公室拜訪；此行讓他重拾信心。趙教授為了模擬宇宙大爆炸後物質演變的過程，在辦公室旁的實驗室裡自己組裝了一臺超級電腦。黃仁勳走進這間實驗室，發現那裡有GeForce的包裝盒，還有好幾臺左右擺動的桌上型電風扇幫電腦散熱。「黃仁勳是個有遠見的人，」趙教授說：「因為他，我這一生的研究才得以從理論變成現實。」

用遊戲顯卡組裝機器的趙教授，就是輝達的目標客戶。輝達把支援CUDA的顯卡放到零售通路，以便賣給資源最匱乏的科學家。基本上，也就是那些瘋狂的科學家，他們的研究不受重視，研究經費短絀，連工作站都買不起。在此，黃仁勳再次遵循克雷頓·克里斯汀生的福音。克里斯汀生發現，破壞性技術經常出自業餘愛好者的社群。這種技術會巧妙利用非正規資源，把「現成的組件」改作他用，雖然一開始功能不完善，但主流廠商忽視的那些性能可以迅速改進。

然而，即使領悟這個道理，實行起來並不容易。追求小眾市場會

犧牲獲利，投資人會質疑你的判斷。就這一點，克里斯汀生曾預言：「老牌公司的管理者難以切入新興市場的原因之一就是，投資人與客戶都告訴他們不要這麼做。」

這就是《創新的兩難》真正奧妙的地方，但讀者往往會錯過這一點。這不是一本教你如何成功的書；而是教你如何避免失敗的書。克里斯汀生的書不是創業指南，而是寫給陷入停滯的高階經理人、以顛覆為目標的變革手冊。創業十三年後，黃仁勳覺得輝達的確有可能陷入停滯。因此，他會開拓瘋狂科學市場，與其說是樂觀，不如說是一種偏執的危機意識。「每張顯卡都支援CUDA會有風險，但**不**這樣做也有風險，」我們第一次會面時黃仁勳就這麼說過，然而直到深入研究輝達幾個月後，我才明白他的意思。他指的風險是，**別人**可能會這麼做：某間飢渴的小型公司，昏暗的辦公室緊鄰中餐館和一間經常遭到行搶的銀行，儘管獲利相當有限，而且前景不明，依然願意經年累月服務預算與資源都很少、處於邊緣地位的學術界客戶，只希望有朝一日能顛覆產業，就像輝達扳倒視算科技那樣。唯有克里斯汀生的信徒才能體認到這種風險。

然而，黃仁勳有一項性格特質讓人氣餒，即便你認為自己同意他的觀點，他卻會轉過頭來反駁你。我提到克里斯汀生對輝達的影響時，他立刻駁斥我。「你必須把他的書和其中教訓吸收進去，」他告訴我。「但克里斯汀生說錯的地方和他說對的一樣多。其實，事情比這種簡單的對錯之分要來得複雜。」克里斯汀生提到的微利客戶是越野摩托車手與挖掘機駕駛，而黃仁勳的微利客戶是**科學家**。他們是從事研究的科學家，透過為這些科學家服務，或許能幫助其中一人創造改變世界的契機。

這種橫向技術轉移並非首次發生。17世紀初，一位製造眼鏡的荷

蘭工匠發現，把鏡片重新排列就可以用來觀察遠處的物體。（據說，這項發現源於兩個孩子試圖利用鏡片看到遠處的風向標。）後來，鏡片製造商紛紛跑到荷蘭專利局，申請望遠鏡設計的專利。不到一年，伽利略便將望遠鏡轉向蒼穹，成為首位揭示金星盈虧、木星眾月與土星環的人。伽利略的望遠鏡是由眼鏡鏡片改良製成，倍率甚至比不上現代觀鳥用的雙筒望遠鏡，但卻徹底改變我們對宇宙的認知，也讓我們對自身在宇宙中的位置得到全新的理解。黃仁勳希望透過提供低成本的超級電腦給瘋狂科學家，藉此促成類似的革命。

黃仁勳對科技的未來沒有具體的想像。不過，有些科技人士有清晰的願景，如伊隆·馬斯克（Elon Musk）想像自己佇立在火星地表，然後反向推演，建構能讓自己實現這個夢想的科技。反之，黃仁勳走的是完全相反的道路，他從眼前電路的效能著手，依循邏輯推演到極限。唯有走到理性的盡頭，他才讓自己邁出那一步，探索混沌未明之境。

「黃仁勳做的不僅僅是專注，」霍茨曼說：「我會稱之為**共振**。」為了實現這種共振，他不斷跟客戶與員工密切互動。在他主持的會議上，他會安排科學家坐在前面，記者坐在後面，並且依此調整自己的注意力。他經常和基層員工見面，這麼做不只是為了提升士氣，也是為了用自己的指尖感受公司的脈動。「我還記得當年在巨積，我們幾乎什麼都不用做，就能了解客戶的心思，」霍茨曼說。

「平行運算也是一樣：透過和客戶與員工交流，他能**感受到**那種共振，看出時機已到。」

突破即將到來，黃仁勳已然察覺。這種感受不只是來自他和研究人員的討論，也來自他們的驚嘆：如此神奇的運算速度！他也從比爾·達利、約翰·尼科斯與伊恩·巴克等傑出員工的癡迷嗅到變化。

他的感應是如此強烈，乃至寧可犧牲獲利，甘願危及核心產品，即便丟掉執行長的位子也在所不惜。就算不是趙教授這樣的量子物理學家，黃仁勳也深信，某個地方會有個瘋子，將利用CUDA證明自己的瘋狂想法沒有錯；某個地方會有名研究生，跳過申請研究經費的繁瑣程序，用個人的租金補貼買一張輝達顯卡，從而引發一場革命；某個地方會有個被冷落的科學分支，正等著運用CUDA的火力來粉碎現有的典範框架。只是黃仁勳還不知道那會是什麼。

第11章

AlexNet

如果人類能讓自己隱形，亞歷克斯·克里澤夫斯基（Alex Krizhevsky）大概就會這麼做。這位才華橫溢的程式設計師，厭惡他人的注目幾乎到病態的程度。他個子嬌小，身形瘦弱，膚色蒼白，有著橘紅色的頭髮。即使面對相識多年的同事，他也很少透露自己的私生活。他的博士論文指導教授傑佛瑞·辛頓對他知之甚少，只能告訴我一項重要細節：「亞歷克斯或許是我見過最傑出的程式設計師。」

辛頓在2000年代末左右，第一次見到克里澤夫斯基。當時他還是多倫多大學（University of Toronto）的研究生，跟父母住在一起。克里澤夫斯基出生在蘇聯的一個猶太家庭，他家位在如今戰火肆虐的烏克蘭東部。他幼年就跟父母移民到加拿大，雖然俄語是他的母語，但他英語流利，只是不愛說話。他給辛頓的第一印象，有如閱歷豐富、深藏不露的間諜；他總是沉默寡言，但每每一語中的。

有一天，這個神祕人不請自來出現在辛頓的辦公室。「他來找我，跟我說：『我是軟體工程系成績最好的學生，但我覺得目前的課業很無聊，』」辛頓回憶說。他問他能加入辛頓的研究團隊嗎？這個請求有點冒昧：辛頓是一位傳奇的學者，多年來一直致力於神經網路的研究。1986年出現一篇開創性的論文，利用反向傳播演算法來訓練神經網路，辛頓就是共同作者之一。此外，數十年來，面對主流人工智慧研究人員的冷漠、甚至敵意，他一直不改初衷，努力倡導這種演算法。

但辛頓的長征使他遠離史丹佛與麻省理工學院這樣的主流電腦科學中心。想到科技重鎮，第一個出現在人們腦海的，不會是白雪皚皚的多倫多，這座城市可能連前十名都排不進去。辛頓的研究經費很少，同意收克里澤夫斯基當研究生之前，他警告說，神經網路研究很冷門喔。儘管辛頓團隊的研究成果可以媲美傳統方法，卻幾乎沒有任何期刊願意刊登他們的研究報告。「當時學界多半認為神經網路是無稽之談，」辛頓告訴我。

在辛頓看來，人們對神經網路的偏見是出於「意識形態」。他深惡痛絕的說出這幾個字時，就像黃仁勳咬牙切齒的說道「這是政治安排」。當時，研究社群大抵認為，人工智慧光是有用還不夠。人工智慧應該要「解開」智慧的奧祕，而且要能用數學原理來編碼程式。當時的人工智慧教科書約有一千一百頁，主要講述機率推理、決策樹與支援向量機。其中，關於神經網路的介紹只占十頁，開頭簡單討論到雙陸棋。即使辛頓團隊設計的神經網路在辨識行人方面超越最先進的軟體，他們的研究報告甚至無法在會議上發表。「那些人的反應是，這不算數，因為沒解釋運算是如何完成的，什麼都沒交代清楚，」辛頓說。

辛頓反駁道，沒有人能夠用數學來描述人類大腦是怎麼處理語言的，但這樣的論點沒有說服力。當時的AI社群不想要模擬智慧，而是想要**參透**智慧的本質，解開其中奧祕。辛頓認為，要用數學函數來描述大腦的作用方式簡直荒誕不經，就像要用函數來描述腎臟的功能一樣不合理。這種說法也一樣得不到認同。所以，為了掩飾自己正在做的事，也為了順利申請研究經費，他和其他神經網路研究者把自己的研究描述為「機器學習」或「深度學習」。反正不要說是「人工智慧」就行了。

克里澤夫斯基不為所動，執意加入辛頓的團隊。辛頓讓他跟伊利亞·蘇茨克維（Ilya Sutskever）搭檔。蘇茨克維一樣是來自前蘇聯的學生、同樣會說俄語，也是猶太人。儘管兩人背景相似，蘇茨克維的外表與行為舉止和克里澤夫斯基截然不同。蘇茨克維體格健壯，有著濃密的深色眉毛、深褐色的眼珠與調皮的笑容。他是辛頓最忠誠的信徒，認為神經網路有朝一日必然會超越人類智慧，當時就連辛頓自己都不敢這麼大膽宣示。「伊利亞有時會語不驚人死不休，他非常開放、坦誠，因此有底氣這麼說，」辛頓表示：「他可說是不受傳統約束的人。他相信自己，而且他是對的。」

辛頓給蘇茨克維與克里澤夫斯基一項很有挑戰性的任務：用輝達顯卡教電腦學會看東西。這時CUDA已經進入辛頓的實驗室。2008年，他讓研究生亞博德拉曼·穆罕默德（Abdelrahman Mohamed）與喬治·達爾（George Dahl），利用搭載輝達顯卡的昂貴伺服器，建立一個語音辨識模組。到了2009年初，穆罕默德與達爾的神經網路已經能媲美現有最好的數學模型。這樣的進展讓辛頓驚異；那年稍晚，他在神經資訊處理系統大會（Neural Information Processing Systems，縮寫為NIPS）上演講時告訴整個領域的人，在平行運算處理器上運行的神經網路就是AI的未來，研究人員應該放下手中的工作，趕快去買輝達顯卡。之後，他寫了封信給輝達：「我剛剛在NIPS大會告訴一千名機器學習專家，要他們購買貴公司的顯卡。你們能免費給我一張嗎？」

輝達拒絕了。儘管他們正在努力擴展超級運算的應用方式，但當時公司連一名AI研究人員都沒有，柯克在他寫的教科書裡提出平行運算的可能應用範圍中，也不包括「機器學習」。辛頓寫信給CUDA團隊，有時甚至沒有人回覆。人們對神經網路的偏見由來已久，在AI入

門課程中，不時還能聽到教授批評神經網路甚至無法解決簡單的邏輯函數，儘管反向傳播演算法早在幾十年前已經克服這個限制，人們的偏見還是根深蒂固。辛頓心想，要讓輝達注意到他們，只有一個辦法，不是和對手平分秋色，而是徹底擊敗他們。在他的團隊中，克里澤夫斯基與蘇茨克維似乎最有可能實現目標。這兩人有很多共同點，儘管蘇茨克維不把克里澤夫斯基當朋友；其實這是因為克里澤夫斯基太內向，不可能與人推心置腹。但是，他們的思維頻率一致，有時連辛頓都很難跟上。他們在辦公室討論事情的時候，如果辛頓問了一個問題，克里澤夫斯基和蘇茨克維會先轉向對方，嘰哩呱啦的用俄語討論，最後再回過頭來回答他，而答案總是正確的。

辛頓希望克里澤夫斯基與蘇茨克維能利用**卷積**神經網路（convolutional neural net），建立一個圖像辨識系統，而這套系統使用數學運算處理的過濾器，來聚焦圖片中的關鍵細節。他鼓勵兩人從大處著眼，他不只是要他們贏，還要徹底擊敗對手。克里澤夫斯基雖然是這個領域的新人，但很快就掌握平行程式設計的技巧，他的大腦似乎天生就能了解「從各個方向同時開車到星巴克」這樣的思維方式。「他用GPU執行卷積神經網路的效率比其他人都要高，」辛頓說：「這小子真是個鬼才。」

2012年初，克里澤夫斯基改造了一個原本用來教學的經典學術圖像辨識網路，讓它能在CUDA上執行。結果GPU只花三十秒就完成訓練。克里澤夫斯基讓蘇茨克維看這個進展時，蘇茨克維難掩興奮之情：這個GPU的速度太驚人了，比他以前見過的东西快上數百倍。蘇茨克維第一次接觸神經網路，就相信這種網路大有可為。顯然，神經網路就是電腦表現智慧的正確方向。「如果你願意相信人工神經元有點像生物神經元，那麼人工神經元應該能做到我們能做的一切，」蘇

茨克維告訴我：「如果你願意相信人工神經元會愈來愈進步，那麼，這就等於是在訓練大腦。」

過去，這種方法總是受限於硬體效能，但現在GPU只用三十秒就完成英特爾的機器要花一小時才能完成的運算；如果要用生物神經元系統（如人腦），恐怕需要十萬年才能完成運算。蘇茨克維當下想到，他們必須把克里澤夫斯基能用上的運算能力擴展到極限；換言之，他們必須讓這種新型人工神經網路疾速運行，愈快愈好。事實證明，這番見解一針見血，而且歷久彌新。「蘇茨克維可說是獨具慧眼，隨即就能見人所不能見者，」辛頓說。

為了盡力打造最快的電腦，這兩個研究生東挪西湊，只買得起兩個輝達的GeForce GTX 580，網路零售價約500美元一個的遊戲用GPU。這兩個GPU到貨時，看起來就像電影《異形》（*Alien*）會出現的道具。一個重約三磅，有著黑色外殼、螢光綠裝飾，還有一個給散熱風扇用的圓形通風口。掀開外殼，可以看到巨大的輝達晶片嵌在黑色電路板上，四周圍繞著散熱器；這個晶片採用三十二核心的平行架構，內含三十億個電晶體。這就是克里澤夫斯基需要的力量，這就是那支疾風般的摩托車隊，這就是會高速切碎東西的旋轉刀片：三十億個電晶體在此熱情狂舞。

克里澤夫斯基把這兩個GPU插進他臥室裡的桌上型電腦，然後讓這部電腦全力運轉，跑一整週。（「說來，得感謝他父母幫忙付清可觀的電費，」辛頓說。）黃仁勳夢寐以求的客戶終於出現：一個窮到只能用遊戲顯卡做實驗的程式設計師。這個人就是克里澤夫斯基，一個孤僻的怪人，連同學幾乎都對他了解不多。這就是那個瘋狂科學家：一個敢於打破成規的人，一個即將為CUDA開創殺手級應用（killer app）的人。

為了訓練神經網路，克里澤夫斯基使用ImageNet資料庫，這是史丹佛大學電腦科學家李飛飛收集的圖像庫。由於網路上可以用來訓練資料集的圖像數量有限，李飛飛從群眾外包網站亞馬遜土耳其機器人（Amazon Mechanical Turk）招募人手，手動標注分布於兩萬兩千個類別、超過一千五百萬張的圖像，建立起自己的圖像庫。ImageNet比任何類似的資料集大上數百倍。李飛飛的指導教授曾質疑這麼做實在不太聰明，但事實證明這正是克里澤夫斯基需要的東西。他的網路大約有六十五萬個獨立的神經元，相當於一隻蜜蜂的神經元數目。要訓練這麼大的模型，就需要龐大的資料量。

一開始訓練時，神經元會以隨機的方式連接，但在不斷訓練之下，神經元開始自我重組，逐漸形成一個錯綜複雜、精巧美麗的結構，並且慢慢學會怎麼看事物。在訓練的第一奈秒（十億分之一秒），克里澤夫斯基的神經網路接觸到資料集裡一張隨機選擇的圖像，然後它必須從李飛飛那上萬個類別當中，為這張圖像選擇一個標籤。這張圖也許是一條魷魚、一隻蘇格蘭梗犬，或是一輛高爾夫球車，無論是什麼，克里澤夫斯基的神經網路都完全沒見過。因此在加上標籤時，只能猜測，而它肯定會猜錯。儘管如此，在猜錯的同時，這個神經網路也學到一點東西，儘管只是一丁點兒，它知道這張圖「不是」什麼了；最起碼知道它不是魷魚。

這個神經網路使用辛頓的反向傳播演算法，透過重新調整神經元之間的連接來處理資訊。這個過程最為棘手，因為需要反覆進行「矩陣乘法」運算。科學家形容說，這種數學運算就像是在轉動一個大到難以想像的魔術方塊。過去訓練神經網路的人總是在這裡碰到瓶頸，但克里澤夫斯基有CUDA，可以利用GeForce的平行架構破解這個難題。一旦計算完成，下一微秒甚至下一奈秒，克里澤夫斯基的網路就

看到第二張圖像。然後是第三張，第四張，一下子就看過數萬張，很快就達到百萬張。

為了「看見」這些圖像，神經網路其實沒有處理光線，而是接收一串數字，這些數字代表特定像素排列的位置與色彩。然後，神經網路會更新數字矩陣，而這些矩陣代表分配給不同解釋層的突觸權重（synaptic weight）。因此，抱持懷疑態度的人有時會辯說，神經網路「只是在做數學」；但是，這種說法未免過於簡化，就像是說人類視網膜「只是在和光子互動」。

有時，在訓練的頭幾分鐘，克里澤夫斯基的神經網路就正確標注了第一張圖像，比方說一個花盆。儘管這純粹是運氣好，但這個巨大的突破觸發了一陣瘋狂的矩陣乘法運算，反向傳播機制漸漸教會這些神經元如何區分「花盆」和「黑猩猩」、「撞球桌」或「砂石車」的不同。雖然一次成功只帶來一點點的進步；神經網路看到垃圾桶時，還是可能會猜它是「花盆」。然而，至少它看到形狀完全不同的東西，像是鯨鯊，已經有足夠的能力做出區別。

這個過程每天重複數百萬次，於是克里澤夫斯基的房間變成一個超高速進化的劇場。神經網路的訓練很神奇。克里澤夫斯基的網路分成好幾層，每一層都慢慢學會區分資料的不同面向。一層學習形狀，另一層學習顏色，第三層則學習對稱的重要性，蜿蜒的資訊路徑把這幾層編織成一個統一、有機的整體。每當出現一張新圖像，像是蜻蜓、沙漏、獐、貨櫃船、飛船、拐杖，資訊脈絡便漸漸重組，更加真實的映照出現實的樣貌。

GeForce的散熱風扇不停運轉，發出約44分貝的噪音，儘管所有的噪音加起來不至於震耳欲聾，但已經足以讓克里澤夫斯基輾轉難眠。圖像辨識的成功率慢慢上升，從0%開始，升到1%，然後是10%，接

著是40%，再到60%，最後在80%趨於穩定。這些訓練完成的網路仍然有一些弱點：它特別拙於區分人類工具，像是無法分辨鍋鏟和斧頭。克里澤夫斯基本來可以繼續調整，但其他圖像辨識法的成功率頂多是70%。李飛飛的史丹佛ImageNet團隊每年都會舉辦一場AI圖像辨識比賽。為了驗證自己的模型是否合乎預期的需求，克里澤夫斯基用前一年的比賽資料來測試。儘管克里澤夫斯基的模型從未看過這些圖像，還是輕鬆擊敗當年所有的參賽者。

在機器學習的圈子裡，使用像ImageNet這樣已標注的資料集來進行訓練被稱為「監督式學習」（supervised learning），因此克里澤夫斯基把他的神經網路命名為SuperVision。這個神經網路讓辛頓與蘇茨克維驚異，兩人完全目瞪口呆。「GPU出現了，感覺這就像奇蹟，」蘇茨克維興奮的說，而且在十年後他一樣熱情不減。在理想的情況下，兩張GeForce顯卡每秒總共可執行三兆次運算。這表示這些GPU在短短幾天就可以執行一萬兆次以上的數學運算。人類要做這麼大量的運算，需要九十億年。如此強大的運算力現在都濃縮在SuperVision這個脆弱的人工大腦裡。「沒有CUDA，機器學習就麻煩多了，」辛頓說。

克里澤夫斯基決定拿下2012年ImageNet圖像辨識比賽的冠軍，讓全世界見識SuperVision的神通。距離比賽只剩下幾週的時間，蘇茨克維和辛頓在多倫多實驗室興奮的來回踱步。「我們知道我們會贏，」辛頓說。他們是全世界第一個搶先目睹AI神奇的人，因此興奮到不能自己，他們已經可以預見，一旦AI正式掀開面紗，將會如何驚天動地。不久，人人開口閉口都是AI，在矽谷已不足為奇。辛頓、克里澤夫斯基與蘇茨克維設想SuperVision可能對世界產生的影響，討論到自主移動機器人（autonomous robot）、自駕車以及能夠自己寫程式的電

腦。這三個人當時至少都認為AI是一股驅動進步的正面力量。

這個多倫多三人組也察覺到另一件事：SuperVision雖然受惠於輝達，但SuperVision將會讓輝達受益更多，因為神經網路對平行運算能力的渴求似乎無止無盡。「在提出我們的模型之前，我們已心知肚明，未來的科學運算有很大一部分將會是機器學習，」辛頓說。



李飛飛剛看到SuperVision的結果時，懷疑是不是數字出錯了。李飛飛會舉辦ImageNet競賽，本來是為了向指導教授證明她在圖像辨識方面的努力是有價值的。但是，在2010年這場競賽吸引來三十五個團隊參加之後，2011年只有十五隊報名。到了2012年，甚至僅剩七個團隊參賽，下一年是否能夠續辦還是個問題。

如今，這七個團隊當中有一隊表現極佳，辨識圖像的成功率超過80%；在一個通常以零點幾個百分點來衡量進步的領域裡，這個團隊的準確率甚至比最先進的技術多出十個百分點。更奇怪的是，獲勝者是一個神經網路，在李飛飛眼裡，這種技術很古老，差不多是博物館裡的古董。「這就像是有人告訴你，最快的陸地行車紀錄居然被一輛本田喜美打破，而且一下還把最高時速往上拉了100公里，」李飛飛在她的自傳寫道。

李飛飛生於中國，是家中獨生女，十幾歲時跟家人移民到美國紐澤西。高中時，她有點像個夢想家，一邊努力適應美國文化，一邊幫父母維持生計。一位友善的數學老師鼓勵她走學術發展的路，在他的指導下，她獲得普林斯頓大學（Princeton University）全額獎學金。李飛飛大學主修物理，後來碩士與博士學位則攻讀電機工程學，她懷著

遠大的抱負，要教機器學會看東西。

現在，終於見到一臺真正能看見東西的機器，李飛飛卻難以相信這是真的。她要求工作人員重新檢查。「我跟計算結果的那個人談過，一開始他也懷疑是不是哪裡出了錯，」辛頓說。李飛飛仍然不相信，去找她的指導教授。這位教授寫了一封信給辛頓，再次詢問他是否百分之百確定結果無誤。「在他相信計算結果正確之前，我們不得不檢查了好幾次，」辛頓說。

李飛飛慢慢開始接受現實。她那後繼無力的AI選美比賽剛為勇奪后冠的環球小姐加冕：ImageNet比賽的結果於2012年10月正式公布，接著研究人員會在佛羅倫斯的學術會議上討論他們的模型。李飛飛兩個月前才剛生完小孩，本來不想參加這次會議，但看到SuperVision的結果後改變心意。她一定要好好瞧瞧這項技術背後的天才。

李飛飛傳了許多封簡訊給亞歷克斯·克里澤夫斯基，到她抵達佛羅倫斯的時候，克里澤夫斯基依然沒回覆，她不由得懷疑他是否真的會來。他臨陣脫逃？還是在烏菲茲美術館（Uffizi）迷路了？但在會議當天早上，克里澤夫斯基突然現身，穿著一件寬大的拉鍊運動外套，戴著黑框眼鏡，頭髮亂蓬蓬。李飛飛很驚訝，他就是讓機器長眼睛的那個人？他看起來像個青少年。兩人尷尬的打了聲招呼。李飛飛鬆一口氣，她終於見到這個難以捉摸的專題演講人，但她還是抱怨了一下，說他都不回簡訊。克里澤夫斯基咕噥的道了歉。

克里澤夫斯基是當天最後一位演講者。他的演講表現和研究成果的份量剛好成反比。他一開口，聲音突然變得尖細而且鼻音很重，他緊張的咳了一下，尷尬的低下頭。他機關槍似的講述準備好的黑白投影片，從頭到尾幾乎一直低著頭。其中一張投影片詳細介紹SuperVision的規格：六十五萬個神經元，六千萬個參數，以及六億三

千萬個連結。簡直驚人！「這其實是在我的臥室裡訓練出來的，」克里澤夫斯基告訴與會者：「就一個能在臥室裡訓練的模型來說，這算是很大了。」

克里澤夫斯基的演講很短，結束時絲毫看不出他剛剛在電腦科學領域掀起一場革命。「就是這樣，」他總結道：「我要說的就是這些。」接下來開放現場問答，沒想到引來一堆出乎意料懷著敵意的提問。也許這樣的狀況並不令人意外：克里澤夫斯基演講的言外之意是，該把那些花哨的AI數學都扔進垃圾桶了。克里澤夫斯基等於是向在場的學者傳達這樣的訊息：到目前為止，他們只是在浪費時間。有人做了幾十年的研究，到頭來卻是一場空。要求克里澤夫斯基好好呈現自己的發現有那麼過分嗎？過了幾分鐘，李飛飛看不下去，趕緊叫停，制止了這一連串的炮轟。其他研究者似乎是在發洩自身的挫折，因為他們在這場AI競賽中輸給了這個內向的怪人。

儘管這場會議的與會者反應不佳，AI研究社群還是接受SuperVision的結果。「有一群資深研究人員差不多是馬上就表示，這樣的結果令人驚嘆，我們錯了，神經網路確實有用，」辛頓說。2013年的ImageNet競賽已經被神經網路模型淹沒，到了2014年，四十多個參賽團隊都使用這種方法。那篇在佛羅倫斯會議發表的SuperVision研究報告，作者是克里澤夫斯基、蘇茨克維與辛頓，迄今已經被引用超過十五萬次，可說是電腦科學史上最重要的發現。克里澤夫斯基開創了許多重要的演算法設計技巧，但他的發現最關鍵的一點是，用GPU來訓練神經網路比用CPU快幾百倍。

在Google，一位名叫沃伊切赫·哲倫巴（Wojciech Zaremba）的波蘭研究人員奉命複製SuperVision。當他的網路WojNet開始在業界流傳時，辛頓擔心克里澤夫斯基過於謙虛、低調，他的突破會得不到應有

的肯定。他鼓勵克里澤夫斯基將SuperVision重新命名，以突顯他的貢獻。儘管克里澤夫斯基懷疑這樣做有什麼用處，還是乖乖照做。

（「亞歷克斯根本就不在乎什麼名聲，」辛頓說。）從此之後，SuperVision就改名為AlexNet。

不過，辛頓不必擔心，科技巨頭突然對多倫多大學這個默默無聞的電腦科學系產生極大的興趣，經費短缺的日子結束了。收購與招聘的邀約如雪片般飛來，很多大公司急著網羅AlexNet團隊。在蘇茨克維的堅持下，辛頓成立了一間名為DNNResearch的新創企業，¹辛頓、克里澤夫斯基與蘇茨克維各持有三分之一的股份。DNNResearch沒有客戶、沒有董事會、沒有營收，也沒有網站。除了這三個人的集體智慧，其他一無所有；但這三人的智慧結晶讓他們破解機器視覺之謎。

這就夠了。2012年12月，辛頓參加一場研究會議，在會議中透過電子郵件進行了拍賣，打算出售這間「公司」。在太浩湖邊一間飯店的七樓客房裡，AlexNet團隊意識到暴富時刻即將到來。微軟和倫敦一間叫作DeepMind的AI新創企業率先提出報價，但都在競標幾輪後退出，最終形成Google對上中國科技巨頭百度的拉鋸戰。報價超過2,000萬美元之後，這三位研究者偶爾會走到窗邊，眺望白雪皚皚、鬱鬱蔥蔥的內華達山脈。

當Google的報價來到4,400萬美元，蘇茨克維與克里澤夫斯基都覺得可以了，於是辛頓結束競價，接受這個價錢。這三人都覺得，和百度相比，Google的企業文化比較適合他們。AlexNet，這個克里澤夫斯基在臥室裡訓練出來的神經網路，現在可以和萊特的飛行者號，以及愛迪生的燈泡相提並論了。「那像是一個大爆發的時刻，」辛頓說：「那就是典範轉移。」

¹ 譯注：DNN是Deep Neural Networks的縮寫，意思是「深度神經網路」。

第二部

一生一次的機會

第12章

O.I.A.L.O.

輝達像個忙碌的蜂巢，一群從STEM出身的工蜂進進出出。¹然而，布萊恩·卡坦察羅（Bryan Catanzaro）儼然是個夢想家，顯得與眾不同。他一頭長髮，眼鏡造型令人難忘，襯衫亮眼吸睛，讓人一看就開心。第一次訪談，他穿了一件七彩的T恤，上面還有壓縮失真的JPEG圖案；第二次訪談，他穿的毛衣上繡有貓頭鷹圖案。他為人耐心友善，語調溫柔舒緩，還是我在輝達遇到唯一有人文學位的工程師。

卡坦察羅從小在摩門教的環境下長大，高中畢業一年就去西伯利亞傳教，長達兩年只講俄語。他說：「我當時可是非常、非常投入。」那段時間，他讀了俄語原文版的《罪與罰》（*Crime and Punishment*），剛剛萌芽的存在主義心靈深受觸動。回國後，他在楊百翰大學（Brigham Young University）取得俄羅斯文學學位。「我最愛的作家，當然是杜斯妥也夫斯基（Dostoyevsky），」卡坦察羅說：

「杜斯妥也夫斯基、托爾斯泰（Tolstoy）、普希金（Pushkin），這就是我心目中的前三名。」

與此同時，卡坦察羅還拿了個電腦工程雙學位。（他很清楚自己的文學學位有多少經濟價值）。他在2001年成為英特爾的暑期實習生後，接收到一項要求，就是設計出每秒能產生一百億次脈衝的晶片。他從數學觀點思考，覺得這肯定是在開玩笑，這樣的晶片就是不可能做出來。但當他把結論告訴一群資深工程師，主管卻說：「你肯定研究得還不夠。英特爾就是要往這個方向走。」卡坦察羅瞠目結舌。他

重新檢查自己的計算，卻找不出任何錯誤。電晶體就是已經太小，摩爾定律就是要走到盡頭了，但英特爾卻對此視而不見。「我是說，我只是個實習生，對吧？」他說：「但連我都看得出來，傳統的電腦架構要走進死路了。」

在卡坦察羅看來，想解決這個問題，只能從頭重新設計晶片。2000年代中期，他和幾位同事共同創辦加州大學柏克萊分校平行運算實驗室（Parallel Computing Lab），並列出當時的各種平行運算應用。在他看來，這在商業上的問題在於，無論單一客戶的運算力需求再高，也畢竟有限：石油開發商只要買下一臺超級電腦，接下來很多年都不會再有相關需求。於是他想到，往後需要的應用方式必須既渴求運算力、卻又永遠無法得到滿足，就像3D繪圖那樣，即使滿足最初需求，還會進而要求**更多**運算力。經過幾日苦思，卡坦察羅終於想出什麼**才是**平行運算的殺手級應用：「答案就是AI，」卡坦察羅說。

「而且這個結論是我由下而上、從電路的角度推論出來的。在我看來，AI勢不可當，肯定會成為最重要的運算工作。」

然而，卡坦察羅在柏克萊的指導教授並不支持他對AI的看法。許多電腦科學家覺得，要打造AI，就像是要找到大腳雪怪。特別是神經網路，當時的主流研究者都對它嗤之以鼻。卡坦察羅說：「你也知道，當時人們覺得電腦界本來就都是一群怪咖，而神經網路都講多久了，既不主流，又一直做不出成績。」他一邊跟我說著這個故事，一邊用手指梳理那頭及肩長髮，髮絲就這樣飄呀飄的。我可以感受到他的挫折：他明明比其他人都早一步看到AI與平行運算結合的潛力，但指導教授卻讓他沒能用到正確的工具。

於是，卡坦察羅只能虛擲時間在一些花哨的數學運算上，發表幾篇無趣的研究論文。但他在攻讀柏克萊博士學位的同時，還是得面對

房租壓力。他和妻子生了三個孩子，一家人住在灣區，卻只有研究生微薄的收入支撐家計。為解決燃眉之急，卡坦察羅把所有企業獎學金都申請一遍，短短六年就實習了八次，每次也都是靠著這些及時雨，讓他們一家人還待得下去。然而，也正是這些經驗，讓他見識到這些矽谷巨人的內部環境。

首先，卡坦察羅再次回到英特爾。當時英特爾已經意識到輝達的威脅，卡坦察羅被指派去協助「Larrabee專案」（Project Larrabee）研發繪圖晶片，當時公司內部還給這款晶片取了個「GeForce殺手」的稱號。但這些努力終究是雷聲大雨點小，Larrabee的硬體一再因為內鬥而延遲，最後更在發表前遭到取消。卡坦察羅覺得管理階層當時並不熱衷於發展運算科技。「在他們眼中，英特爾好像就是一部製造肥皂的機器，」他說。

卡坦察羅的下一個實習地點是高通，現代手機的基礎架構有很多正是出自這間位於聖地牙哥的晶片設計公司。高通管理良好、薪水也高，但看到高通不斷公然貶斥競爭對手，卡坦察羅因而卻步。「他們一直跟我說，輝達是個糟糕的職場，輝達的執行長就是個暴君，」卡坦察羅說。

但卡坦察羅待過輝達，這些說法和他的親身體驗並不相符。雖然卡坦察羅曾經說過，要和黃仁勳互動，就像是把手指伸進電源插座；但卡坦察羅也強調，黃仁勳可不是個賣肥皂的，而是對運算抱著無人能比的熱情。卡坦察羅覺得，如果要能夠說服哪個對象、讓對方相信平行運算和AI的發展即將出現黃金交會，這個對象非黃仁勳莫屬。所以，卡坦察羅2011年取得博士學位之後，選擇進入輝達。

當時，輝達研究團隊在比爾·達利的領導下不斷成長茁壯，卡坦察羅也成為其中一員。他說這段日子如同在讀研究所，「但規模更

大、品質更佳」。這個地方洋溢著學術氣息，研究者可以自由追求心之所向，公司也鼓勵他們和其他企業的研究團隊合作。達利的許多學術成就都直接發表在學術期刊供大眾參考使用，不求任何金錢上的回報，而他也經常和AMD與英特爾的工程師共同撰寫論文。達利的心態之開放，讓許多人都意想不到，有時候甚至連輝達內部的人也不以為然。不過，達利是在放長線釣大魚，他覺得最好大張旗鼓，讓那些優秀的科學家都知道輝達在研究什麼，才有機會吸引他們來共襄盛舉、一同合作。「讓那些最優秀的學者看到我們發表的論文，他們就會來加入我們公司，」他會說：「品質就是最好的宣傳。」

卡坦察羅正是這樣的學者。雖然他起初被分派到研究程式語言，但很快就成為輝達首位專門研究AI的研究員。當時達利已經聽說神經網路科技發展的風聲，並判斷這是個不能輕忽的領域。2012年，他把卡坦察羅託付給自己的前同事：曾任職Google的史丹佛大學教授吳恩達。吳恩達在山景城研發出類似AlexNet的技術，但用的是傳統的運算架構，代價極為高昂。吳恩達用兩千個CPU組成叢集，並且把一千萬部 YouTube 影片的縮圖輸入神經網路，希望教它學會怎樣辨識「貓」。雖然這項計畫所費不貲、更是個吃電怪獸，但等到訓練週期結束，吳恩達的神經網路成就驚人，不需人類指導，就對貓科動物有了極為精準的內部概念（internal conception），吳恩達也將這項成果展現在記者眼前。

電腦對貓的理解，在2012年6月登上《紐約時報》而廣為流傳。就達利看來，這裡最耐人尋味的地方並不在於神經網路有了辨識動物的能力，而是居然得投入如此大量的運算才能做到。達利請卡坦察羅用輝達的硬體再做一次這項辨識貓的實驗，結果卡坦察羅只用十二個GPU，一切就大功告成。



事情從此開始加速發展，所有關鍵人物紛紛集中到矽谷。Google收購DNNResearch之後，克里澤夫斯基、辛頓、蘇茨克維三人搬到山景城，一場平行運算起義也就此展開。當Google問克里澤夫斯基要不要使用Google的大型CPU叢集時，他拒絕了，反而跑去市面上買了一部普通的個人電腦，插上幾張零售的輝達顯卡，裝進再平凡不過的辦公室機櫃裡面。很快的，Google其他研究人員也一一放棄，不再連線到Google遍布各地的龐大資料中心（這可能是當時全世界最大的民間電腦集合），他們做研究時用的都是自己辦公桌下那些打電玩用的硬體。

卡坦察羅感受到風向的轉變，回到輝達，希望能得到更多資源挹注。一開始公司並未答應，畢竟他性格感性、又帶著文科的烙印，實在還算不上輝達的模範員工。「我在輝達的考績不算太好，」他告訴我：「薪水也不算太高。」但他不屈不撓，開始投入所有時間、獨自全力打造cuDNN這個軟體庫，希望加速CUDA平臺上的神經網路研發。

事情一開始無比艱辛。當時的卡坦察羅，就是個沒有實際軟體工程經驗的學者，而且他的第四個孩子才剛出生，在家裡連想要睡飽都是奢求。他還有健康問題，藥物總讓他覺得「腦子鈍鈍的」。他在2013年初向輝達軟體團隊簡報自己的cuDNN原型，迎來的批評炮火無比嚴厲。卡坦察羅事後回顧，嘆了一口氣，回想起當時得到的成績是讓人膽戰心驚的「有待改進」。「我覺得，當時的主管並不是真心覺得我做的研究有什麼重要，」他說。「事情就是很不順。」

卡坦察羅決定直接找黃仁勳談。神經網路這項科技，本來似乎根

本不在黃仁勳的視線之中；在2013年3月的GTC大會上，黃仁勳談了天氣模型、談了行動繪圖，但就是壓根沒提到神經網路。（然而，這也是他第一次穿上皮衣參加大會。當時那件皮衣只能說是又大又醜，他的打扮此時還有待改進。）卡坦察羅沒想到的是，黃仁勳一聽，眼睛就亮了起來。黃仁勳本來對AI所知甚少，但在他們第一次會議之後，黃仁勳清空行事曆，花上一整個週末閱讀相關書籍。而在不久後再次安排的會議上，卡坦察羅驚訝的發現，他的老闆現在對神經網路的了解已經和他不相上下，甚至還有過之而無不及。

黃仁勳重押CUDA，讓輝達航向一片無垠而且未知的海域。在先前的十年間，他一直站在船頭瞭望尋找陸地。而現在的他，就像是找到亞特蘭提斯。他全心投入研究、打電話四處聯絡，而且懂得愈多、就變得愈興奮。到了2013年中旬，黃仁勳對CUDA已經是無比狂熱激動，他把卡坦察羅叫到自己用作辦公室的會議室，並告訴對方，他認為cuDNN是輝達這二十年來最重要的計畫。原本占滿牆上白板的各種圖表已經被徹底抹去，取而代之的是黃仁勳用完美字體寫下的神祕縮寫：O.I.A.L.O。黃仁勳說，這代表的是「一生一次的機會」（Once in a Lifetime Opportunity）。他請大吃一驚的卡坦察羅在腦海裡想像一下。「他要我想像，把輝達八千名員工全部請到停車場，」卡坦察羅說：「再讓我從停車場裡自由挑選任何人，加入我的團隊，那會是什麼景象。」



黃仁勳在接受某些想法之前，有時候會需要一段暖機的時間。「像是平行運算，我們真的花了不少心力，才說服黃仁勳願意買

單，」柯克回憶道：「CUDA也一樣，我們真的得把整套商業論證都講得清清楚楚才行。」但這一次在AI上，黃仁勳像是得到神啟。「他立即看出潛力，比所有人都早一步，」柯克說：「他領先群倫，看清AI可能的發展。他真的就是第一人。」

黃仁勳告訴我的是，他只不過是運用第一原理做出推論。「能夠解決完全非結構性的電腦視覺問題之後，自然就要問：『我們還能教電腦什麼？』」黃仁勳說。而答案似乎就是：一切，萬事萬物。黃仁勳下了一個結論，認為神經網路必將給社會帶來革命性的轉變，而他也將能以CUDA壟斷AI必要硬體的市場。他宣布要賭上整個企業。

「他在週五晚上發了一封電子郵件，說要把全部資源投入深度學習領域，輝達不再是一間圖形處理公司，」輝達副總裁葛瑞格·艾斯特斯（Greg Estes）說。「到了週一早上，我們就成為一間AI公司。真的，就是這麼快。」

幾個月前，黃仁勳才剛滿五十。雖然頭髮開始斑白，但他還是有一股童真的熱情，總是精力充沛的飛速走過公司走廊，也經常停下腳步，詢問那些基層員工的工作情況。隨著公司規模不斷擴大，黃仁勳開始每季舉行全體員工大會。他每次都能即興演講超過兩小時，時不時談到幾個相同主題：以「光速排程法」進行調度的重要性；追求傳說中的「零億美元市場」；以及最重要的，提醒員工科層體制的危險永遠潛伏在一旁。

隨著輝達的規模不斷擴大，黃仁勳還是讓公司結構維持靈活，沒有固定的部門或階層。「長字輩」的最高管理階層基本上只有他一人，輝達沒有營運長、沒有科技長、沒有行銷長、沒有明顯的二把手，甚至也沒有幕僚長。但是，他有超過三十位直屬部屬，多半頂的是「副總裁」這個包羅萬象、職責隨時動態改變的頭銜。他請卡坦察

羅在腦海裡想像的那個停車場情境，非常能反映他的信念：輝達隨時可能需要重組，變化成其他的萬千樣貌。「我需要每個人都能做好準備，」他會在高階主管共聚一堂的時候說：「各位永遠不知道，什麼時候自己會突然成為這間公司最重要的人。」



像是卡坦察羅，原本在輝達考績低迷，和公司文化格格不入，但到了2014年初，卻搖身一變，成為當紅炸子雞，率領工程師團隊精簡cuDNN，並完成最重要的任務：加速演化。人類大腦的每個相鄰神經元之間，平均有大約一千個突觸連結。要改變連結的時候，大腦靠的是化學反應，而神經網路靠的則是矩陣乘法。

所謂矩陣乘法，是將一個矩陣裡的數字和第二個矩陣裡的數字結合，來產生第三個矩陣。要產生新矩陣的規則很簡單，但隨著矩陣愈來愈多，所需的計算量也會跟著暴增。因此，雖然這是平行運算的好辦法之一，但在神經網路出現之前，矩陣乘法並未受到輝達重視。

菲利普·范德梅爾施（Philippe Vandermersch）來自法國，脾氣有點暴躁，每天都騎自行車上下班。CUDA的矩陣乘法函式庫原本如同孤兒，建置到一半就被過去的開發人員放棄。而范德梅爾施還是持續熱心維護，不但把它救回來，還花好幾年時間，試圖說服研究全球暖化的學者放棄老掉牙的Fortran程式語言，改用這套更新、更現代的方式來進行氣候模擬。只是大家就是意興闌珊，沒幾位科學家願意投入這樣的心力。「實驗室那些人喔，老實說，可能就是有點懶啦，」他說。

但神經網路並沒有這樣的轉換成本。相關程式多半是這個時候才

第一次寫成，背後那些才華洋溢又積極進取的程式設計師也把「速度」視為重中之重。他們正是黃仁勳長期以來想像的重量級使用者：只要CUDA成為神經網路社群的核心，這群人就會成為輝達晶片的終身客戶。范德梅爾施就這樣從停車場裡雀屏中選，成為卡坦察羅團隊裡的王牌程式設計師，負責改良函式庫，以滿足AI相關的需求。（至少根據范德梅爾施的說法，也是他編寫大部分的程式。「你可以說卡坦察羅是cuDNN的賈伯斯，」他說：「而我則是沃茲尼克（Stephen Wozniak）。」）

隨著時間推進，輝達的程式設計師也找出妙方來加快矩陣運算的速度。他們很早就發現，神經網路的權重值多半都落在正負1之間，只要數字超出這個範圍，通常就能截斷處理（truncation），一方面加速運算，還能縮減模型的大小。他們也發現，就算是在正負1之間，權重值也不用太精確。就像大腦裡的神經元，突觸連結本來就是鬆鬆散散而且並不絕對，神經網路也能參考這種「模糊」（fuzzy）的性質，有時只要把正負值弄對就已經足夠。

AlexNet用了六十五萬個神經元，來表示六億三千萬個突觸連結。在規模這麼大的時候，單一突觸的錯誤實在無傷大雅。傳統的串行程式非常挑剔，只要一個分號寫錯，就可能讓整個作業系統當機；但如果在神經網路上，就算是一個權重值錯了，不過就是幾百萬個資料點裡錯了一個。因此，輝達的程式設計師一邊開發cuDNN，一邊也是在重新拿捏「精確」與「速度」的平衡。在他們看來，優秀的神經網路軟體應該要以速度為重。

AlexNet的大腦和昆蟲大腦約莫相當，但後續推出的神經網路規模肯定還會擴大。而在規模擴大之後，除了得考慮訓練的問題，還必須讓使用者迅速得到想要的答案。（想像一下，如果有位先知預見所有

的答案，但每小時只能說一個字，情況會有多惱人。）這種推論過程需要的運算能力比訓練階段少，但在cuDNN函式庫裡的重要程度會愈來愈高。

黃仁勳一直緊盯卡坦察羅的進展。兩人很常開會，而黃仁勳也一次又一次因為念錯卡坦察羅的名字而向他道歉。在許多公司（或許是絕大多數公司），這時人們會請卡坦察羅交出函式庫，轉給經驗豐富的產品經理來管理。但在輝達，這項旗艦產品依舊由卡坦察羅負責。儘管他從未研發過任何一款商業軟體，甚至也沒有真正當過什麼主管，連他本人都懷疑自己是否適任。特別是隨著上市日期將近，向來賞罰分明的黃仁勳，會以支持回應創新，而如今動作太慢的人，則免不了一頓苛責。「黃仁勳不是永遠都那麼好相處，」卡坦察羅說：「有時候我很怕他，但我也知道他很愛我。」

隨著上市日期逼近，卡坦察羅心裡其實有個憂慮，擔心老闆掉進一個老陷阱。如果要說有哪個領域過往的表現紀錄比平行運算更差，則非AI莫屬。回到1950年代，AI科技好幾次被炒得火熱，最後卻總是尷尬收場。而卡坦察羅和這個領域所有的研究人員一樣，都很清楚AI過去走向商業化的挫敗，很擔心這次AI也會讓投資者失望。但他沒有向黃仁勳透露隻字片語，畢竟自己得到的這個機會實在千載難逢。

話雖如此，如果說卡坦察羅還記得過往，華爾街倒是已經忘得一乾二淨。此時距離1980年代AI發展的各個專家系統崩潰已經過了將近三十年，除了極少數還待在業界的股票分析師，已經沒有人還保留那些過去的記憶。隨著神經網路的風潮甚囂塵上，輝達的股價不斷上漲，星盤價值公司也不再寄信來提出建議。「他們的投資賺進一倍，就安靜了，」董事會成員田屈·卡克斯說。

時至2014年初，cuDNN已經準備出貨。黃仁勳在當年的GTC大會

上宣傳這項成果，這也是輝達二十一年來首次對外提到自己和AI相關。（黃仁勳這次穿的不是皮衣，而是黑色休閒褲，還有把鈕扣開到胸口的時尚深藍Polo衫。他的能量正在不斷成長。）黃仁勳先秀出吳恩達的神經網路，展示這個網路對貓與人臉的內部概念，再向觀眾介紹輝達早期的幾項AI計畫。接著，他又一次念錯卡坦察羅的名字，把麥克風交棒，由卡坦察羅展示使用另一個版本的AlexNet，來判斷推特上面的狗狗照片屬於哪些品種。他們讓這套神經網路即時運作，辨識出一隻大麥町、一隻德國牧羊犬、一隻維茲拉犬，還有一隻凱恩梗。

（「我甚至不知道凱恩梗是什麼，」卡坦察羅說。）就在這些可愛的照片之中，過去一次又一次來臨的AI寒冬也終於迎來新春。

在最後一張投影片上，黃仁勳揭露已經在測試cuDNN的企業合作夥伴，包括Adobe、臉書（Facebook）與Netflix。但其中並未提到Google；這位AI客戶是不能公開明講的重中之重。在這場狗狗大秀的幾週前，Google才剛收購總部位於倫敦的AI公司DeepMind；這間新創公司的三位創辦人分別是德米斯·哈薩比斯（Demis Hassabis）、穆斯塔法·蘇萊曼（Mustafa Suleyman）與蕭恩·萊格（Shane Legg）。他們志向遠大，希望打造出世界上第一個**通用人工智慧**（artificial general intelligence，縮寫為AGI），徹底解開認知之謎。當時DeepMind已經在研發AlphaGo，這套神經網路將在2016年和圍棋名手李世乭展開一系列令人激動萬分的比賽，破解日本圍棋，達成AI長期以來未能觸及的里程碑。在AI發展的早期，Google就這樣靠著吳恩達團隊、AlexNet團隊以及DeepMind，穩居壟斷地位。

隨著Google在AI投注的心力日益增加，研究人員對GPU的需求也水漲船高。2014年底，Google推出「重型貨車專案」（Project Mack Truck），準備祕密打造出全世界最強大的平行電腦。這項專案需要超

過四萬個輝達GPU，成本超過1.3億美元。那是輝達當時收過最大的單筆採購訂單，但一切才剛開始而已。隨著AI的成功，平行運算也走出漫長而嚴酷的寒冬。

眾人後來才發現，深度學習革命除了是一場硬體革命，也是一場軟體革命。它結合**兩種**原本爹不疼娘不愛、沒名聲又沒經費的技術，最後才發現唯有雙方聯手才能真正發揮各自的潛力。將神經網路放在平行電腦上運作：這兩項科技合作無間，就像是一種全新強大生物的兩股DNA交纏在一起，即將吞下全世界所有的資料數據。

1 譯注：STEM指的是四大理科：科學（Science）、科技（Technology）、工程（Engineering）與數學（Mathematics）。

第13章

超智慧

簡斯·霍茨曼發現，自己的老朋友似乎開始變得有點不同。以前不管工作再累再忙，黃仁勳在家還是保有他溫和的那一面，會撥出時間給自己的業餘喜好：狗狗、威士忌，還有他的名車收藏，包括Tesla Roadster與Koenigsegg這兩部超跑。黃仁勳甚至在茂伊島（Maui）買下一棟能飽覽日落美景的大型海濱度假別墅，並經常在那裡接待朋友，包括後來和他關係愈趨緊密的台積電董事長張忠謀。

黃仁勳業餘最大的興趣依然是料理。有次生日，朋友安排他到四季酒店（Four Seasons Hotel），在米其林星級大廚手下接受訓練。他一早抵達後，就被好好整了一輪。「那位真正的大廚就在作弄他，」霍茨曼說：「他是在丹尼餐廳打過工啦，但這是另一回事。」黃仁勳當天輪了十二小時的班，那也是事隔多年，再次有上司對他大吼大叫。等到為朋友侍餐結束，回家路上，黃仁勳在副駕駛座累到睡著。

然而，隨著輝達進軍AI領域，黃仁勳也放下那些消遣。對惡作劇興趣缺缺，放下桌球拍，料理的鐵板也不再有溫度。他甚至連簡訊也不回了。「他就是完全、百分之百投入工作，」霍茨曼說：「一開口講的唯有工作而已。」黃仁勳完全相信，自己手上正握著一生只有一次的機會。在每次會議上，他也一再提起O.I.A.L.O。從黃仁勳二十歲開始正職工作，長達三十年間，他總是堅持不懈，每天連續工作十二個小時，每週工作六天。此時他年過五十，孩子都大了，而他也開始更加賣力工作。

以前，黃仁勳如果想放鬆，會一個人去看電影。他喜愛那些大預算、劇情單純的動作電影，特別是《復仇者聯盟》（*Avengers*）系列，除了看劇情，也要給裡面的CGI（電腦合成影像）特效打打分數。然而，許多漫威粉絲也打電玩，而黃仁勳的照片又屢屢登上Reddit的輝達討論區，常常有人在戲院裡認出他來。黃仁勳受夠了觀眾找他自拍，一度只看早上十點的早場電影，依然還是躲不過被堵的命運。最後，他只好放棄上電影院。從2014年開始，剩下的只有工作，只有AI。



輝達的股價在2013年上漲30%，2014年上漲27%，2015年上漲66%。而這一波上漲，讓輝達的股價一舉突破2001年的高峰，並且再也不曾跌破這個價格。輝達在2001年首次列入標普500指數，而且時機再完美不過。隔一個交易日，手中掌握著美國人退休儲蓄的各家指數基金，就必須買進輝達的股票。在這十四年間，散戶對輝達的支持一直算不上有什麼回報，但現在終於苦盡甘來。

表面看來，輝達仍然是一間遊戲公司，大部分營收來自零售GeForce顯卡的業績。但華爾街展望未來，已經開始把輝達看作一間尖端的AI公司。Google的重型貨車專案大量購入GPU，亞馬遜、甲骨文、微軟等各大科技龍頭也紛紛跟進，準備將自己打造成「雲端服務供應商」，建立起有好幾萬、甚至是幾十萬顆GPU的超大型「資料中心」，並將運算力租借給企業用戶。

雲端服務供應商販售運算能力，其實就像是公用事業在販賣水電。他們的資料中心遍布世界各地，外觀看起來就像是平平無奇的工

業倉庫。如果你通過安檢、走過氣鎖室，踏上有溫濕度控制的資料中心樓地板，會看到一排又一排像是圖書館書架的「機架」，高達2公尺以上。每個機架都有幾個水平「托盤」，放著一到兩個GPU。這些托盤採模組化設計，方便升級，整個系統以電纜連結，讓幾百個GPU成為一臺統一的電腦來運作。系統由一組比較小的CPU核心負責管理，並透過一束粗大的光纖連向外部。

輝達並不製作機架或托盤，通常也不會自行建造資料中心，就只是提供晶片。但這項業務利潤豐厚，而且輝達占有近乎壟斷的地位。輝達的晶片架構都是以過去的著名科學家命名，例如Curie（居禮）、Tesla（特斯拉）、Fermi（費米）、Kepler（克卜勒）、Maxwell（馬克士威）、Pascal（帕斯卡爾）、Turing（圖靈）、Volta（伏打）、Ampere（安培）、Lovelace（勒芙蕾絲）、Hopper（霍普）與Blackwell（布萊克威爾）。後續推出的晶片組包含專門針對AI運算的電路，也就讓資料中心托盤上的設備必須不斷跟著升級。由於晶片每六個月就跑過一次升級循環，這讓那些走在機器學習最前端的供應商受到刺激，出現恐慌性的購買，同時也為輝達帶來巨額利潤。

雲端服務供應商的報價是以「每小時每顆GPU／美元」為單位，而最新的輝達晶片組就要價每小時將近3美元。（同等的英特爾CPU每小時只需要幾美分。）以這樣的費率，要訓練等同於昆蟲大腦的AlexNet大約需要500美元，但研究者想開發的模型理想更為遠大，參數高達數十億個，訓練成本也就高達幾百萬美元。雖然訓練成本高昂，但從Google的例子可以得知，只要做對就完全值得：Google運用神經網路改進伺服器網路功耗，每年光是電費就省下數億美元，AI投資成本幾乎立刻回收。Google也首次為旗下照片應用程式提供圖像辨識工具，能為使用者自動加上圖片標籤，並且利用AI技術提升搜尋品

質。

其他大型科技公司也開始在產品中整合AI。沒過多久，Instagram、臉書與推特都開始「透過演算法」來為使用者推送訊息，委婉的說，也就是「運用機器學習來提升使用者參與度」，目的是藉以收割使用者的注意力。〔這樣的策略雖然有效，卻不公不義；社群媒體背後由機器把持，不斷推送令人義憤填膺的內容，就是想讓使用者一直狂刷這些內容停不下來；有一個名詞就是用來形容這種現象，叫作「末日狂刷」（doomscrolling）。〕投資AI能夠如此直接的帶來獲利，黃仁勳等於是再次召喚零售業最古老的一句宣傳口號：「買愈多，省愈多。」

創投業者開始把大筆資金砸向AI新創企業，投資項目除了圖像與語音辨識，還包括醫療保健、零售自助結帳、自駕車，以及教育。2010年，創投產業在AI領域投下的資金可以說幾乎是一毛都沒有；然而，到了2015年，投資金額已經爆增到50億美元，而且還在迅速上升。矽谷知名創投公司安霍創投（Andreessen Horowitz）的創辦人馬克·安德里森（Marc Andreessen）在2016年初表示：「我們投資的許多新創企業，把深度學習應用到各種不同的領域，而且無一不以輝達的平臺為基礎。我們公司內部會玩個遊戲，想像自己如果是一檔避險基金，會想投資哪些上市公司。我們會把所有錢全押在輝達上。」

當時，學有專精的深度學習工程師也會看到錢財滾滾而來。把基本薪資、獎金、股票選擇權，以及各種福利都加起來的「總薪酬」，成為評估工作機會的首選指標，而這個神奇的數字很有可能來到每年超過七位數的美元。布萊恩·卡坦察羅在2014年底離開輝達，加入百度和吳恩達共事。「他們給我的薪水是原來的三倍，」卡坦察羅聳聳肩，遺憾的說，但要是自己留在輝達，股票選擇權會讓他賺更多。寫

出第一個CUDA編譯器的貝斯·亞茲（Bas Aarts）也在此時離開輝達。但是不出幾年，兩人都再次回任。畢竟，除了輝達，哪裡有更好的選擇？



隨著AI的規模愈來愈大，觀察家的戒心也愈來愈高。牛津大學的瑞典哲學家尼克·伯斯特隆姆（Nick Bostrom）在2014年出版的《超智慧》（*Superintelligence*）就說道，人類對機器智慧這樣敲敲打打，可比是「小孩玩炸彈」。在他看來，一旦發明出擁有通用、抽象智慧的電腦，這可能就是人類最後的發明。這臺電腦將會開始自我強化，可能在短短幾秒之內轉變成為「超智慧」，成為在人類眼中簡直無所不能的存在。他認為，這樣的機器會對人類做的事，有可能就和人類對大猩猩做的事一樣：征服地球、破壞棲地，只留下幾隻放在保護區裡，當成可愛的吉祥物。

伯斯特隆姆的著作，延伸自他思索多年的想法，也就是他提過的「迴紋針最大化」（paper-clip maximizer）問題：

假設我們有一個AI，唯一的目標就是要做迴紋針，而且愈多愈好。這個AI很快就會發現，因為人類可能會決定關掉這個AI，所以最好先把人類除掉，才能讓事情進展得更順利，不讓迴紋針的製作受到打擾。而且，人體還有許多原子可以用來做成迴紋針。於是這個AI將成就的世界，會是一個充滿大量迴紋針、卻沒有人類的未來。

這套「迴紋針最大化」的論點在網路上長期流傳，得到不少「理性」社群與科技業高階主管的支持。伯斯特隆姆的著作出版幾個月後，馬斯克就曾在未來學的網站Edge.org發表一則評論：

AI（我說的並非狹義的AI）的進步速度，快得讓人難以置信。除非你和像是DeepMind這樣的組織直接接觸，否則不會了解一切快到什麼地步，它簡直呈現指數級的成長。可能發生嚴重危險事件的時間，大概就在五年內，最多十年。

雖然他沒幾分鐘就刪掉這則評論，但截圖已經廣為流傳。一如馬斯克的許多預測，他提的時間過於誇大，但長期風險確實存在。

幾個月後，馬斯克在2015年的GTC大會上和黃仁勳同臺對談。也是在這一次，黃仁勳終於搞定他的代表造型，身穿黑色皮衣，搭配深藍色Polo衫、黑色休閒褲與黑色皮鞋，登上聖荷西會議中心。這套造型讓人印象深刻，而且所費不貲，多半出自高端精品。後來，黃仁勳說這次的外型改造多虧了太太與女兒，特別是女兒敏珊。黃仁勳以這套造型上場後不久，黃敏珊也離開料理界，加入法國精品集團LVMH（酩悅軒尼詩－路易威登集團）。我和黃仁勳在2023年談到他的服裝，他承認自己多半搞不清楚是在哪一天穿了哪個牌子的衣服。「我想這可能是，呃，Tom Ford？」他一邊說，一邊翻開身上那件色澤亮眼的黑皮衣，看了看標籤。

黃仁勳那一年的簡報，就是一場不間斷的AI火力展現。他先是邀請來自斯洛伐克的研究員安德烈·卡帕西（Andrej Karpathy）上臺。卡帕西曾在史丹佛大學李飛飛的實驗室任職，結合兩個神經網路，一個運用類似AlexNet的方式來辨識圖像，另一個則能針對所看到的內

容，以簡練的自然語言加以描述。結合兩個神經網路之後，一張鳥的圖像不再只是「鳥」，而是「一隻停在樹枝上的鳥」；一架飛機的圖像也不只是「飛機」，而是「一架停在跑道上的大型飛機」。其中最讓人印象深刻的一張圖像，是從後方拍攝一位男子駕著馬車。卡帕西所結合的網路，為這張照片寫下完美的解說：「一個男人駕著馬車，在街上行駛。」

後續，黃仁勳用歡快的語氣，點出卡帕西演示時神經網路所犯的錯誤，像是一隻飛魚成了「一隻飛過水面的白色小鳥」；坐在平底雪橇上的兩個男人成了「一個男人和一個小孩坐在長凳上」，一個拿著牙刷的嬰兒成了「一個拿著棒球棒的小男孩」。（神經網路在當時還是很不擅長分類人類的各種工具。）卡帕西承認自己的神經網路仍有待改進：它只是在模仿語言，而不見得真的能夠理解語言，如果碰到不懂的概念，也會大刺刺產出胡說八道、毫無意義的內容。卡帕西把這樣的錯誤稱為「幻覺」。

接著就是馬斯克上臺，觀眾也紛紛舉起智慧型手機開始錄影。黃仁勳本人就是特斯拉的鐵粉，不但當時推出的三種車款都沒錯過，更對特斯拉的軟體更新深深著迷。至於馬斯克也很看重輝達，從2011年以來，特斯拉的抬頭顯示器（heads-up display，縮寫為HUD）都是使用輝達的晶片。兩人一坐下，黃仁勳就單刀直入：「有人說，你講過AI比核武更危險。」

馬斯克在椅子上扭動了一下，回答道：「我說的是『有可能』。」

「你還說這就像是在召喚惡魔，」黃仁勳說，引來馬斯克圓眼一瞪。黃仁勳沒再逼問他，而是立刻把話題轉向自駕車。（「我覺得這幾乎就是個已經解決的問題，」馬斯克說：「我們幾年後就會達成這

樣的目標。」）兩人談自駕車談了一會兒，最後馬斯克又重新回到黃仁勳所提的風險問題。「奇妙的是，AI的來臨都近在眼前了，」馬斯克說：「而我們現在都還活著，不是很奇怪嗎？」

就這樣，一場靜水流深但又虎頭蛇尾的AI高峰會畫下句點。其實，真正的討論發生在後臺，避開攝影機與投資人的視線。簡斯·霍茨曼與克里斯·馬拉考斯基站在一旁，馬斯克和黃仁勳交流著雙方對AI那些不適合攤在大眾眼前的真實想法。兩人不斷拋出理念與策略互相攻擊，但都興奮不已。雙方的極速交流很快就變得更像是高速資料鏈結，而不是人類之間的對話。「各種概念想法在他們兩人之間來回不斷，但我們都聽不懂他們在講什麼，」霍茨曼說：「就連克里斯也一頭霧水。」



馬斯克和黃仁勳顯然極為相似。兩人都是移民、都是工作狂、都深具遠見，同樣不吝於大聲表達意見、不介意賭上一把，也都是世界一流的工程師。他們就這樣滿懷信心，昂首闊步走進一片百廢待舉的商業領域，過去的企業家在這裡屍橫遍野，但他們卻讓這裡首次綻放遍地繁花。

我們得從更小的地方，才能看出他們兩方的差異。一方面，雙方的願景不同：馬斯克想從幻想中退後一步，而黃仁勳則想從現實中前進一步。另一方面，雙方對員工的支持也不同。馬斯克對員工毫不在意，經常不經警告、隨意開除人；像是在某個週日下午，他就突如其來開除整個星鏈工程團隊。黃仁勳則是幾乎沒開除過任何員工，而且就算要開除人，也肯定是經過多次警告，而且會先安排績效輔導計畫

之後才這麼做。會被踢出輝達的人，肯定是犯下罪無可逭的過錯。輝達許多員工一待就是幾十年，另外也有像是卡坦察羅與亞茲這樣回任的員工。就算有一次，營運問題逼得黃仁勳得關掉整個部門，他還是設法將員工重新安排到其他職位，繼續發揮所長。2019年，柯蒂斯·普里姆睽違十六年再次回到輝達辦公室，和黃仁勳與馬拉考斯基這另外兩位創辦人重聚。「我真的沒想到，居然有那麼多人還在那裡工作，」他說：「像是傑夫·費雪，連他的**小孩**都進了輝達工作。」

黃仁勳的婚姻依舊美滿，講到洛麗還是帶著款款深情。至於馬斯克，則是至少和三位不同的女性生下至少十一個孩子。黃仁勳有一種吸引人的魅力，可以風趣得不得了，而且只要不是情緒極端失控的時候，就非常溫暖而有同理心。至於馬斯克，似乎就是讀不懂社交線索（social cue），講起話來笨拙又生硬，還說自己有點自閉。黃仁勳愛喝威士忌，不發推文，而且在我印象當中，有長達四十年從未發表任何政治觀點。（搜尋聯邦紀錄，我也沒發現任何一筆以他或洛麗的名義捐出的政治獻金。）至於馬斯克，則是愛抽大麻、發表讓人不忍直視的言論，並捐款給唐納·川普（Donald Trump）。

但兩人最重要的差別，或許就在於他們對AI的風險看法不同。馬斯克覺得先進AI技術威脅重大，甚至可能讓人類滅絕。許多科技專家也心有戚戚，其中包括原始AlexNet論文的兩位作者辛頓與蘇茨克維。但是，黃仁勳並不這麼認為。我很驚訝的一點是，他完全不認為AI會帶來任何風險，機率就是「零」。



時至2015年底，馬斯克以他「一如既往」的謙遜下了個結論：要

保護人類免受AI威脅，最好的辦法就是由他來打造AI。他選擇一個少見的組織架構，由他領導一群捐助者與技術專家組成聯盟，在2015年創立OpenAI。「OpenAI是一間非營利AI研究公司，」這間公司發出的第一篇部落格文章如此寫道：「本公司致力於以最有可能造福全體人類的方式推動數位智慧，而不受到需要獲利的限制。」這間非營利公司最後收到的捐款高達1.35億美元，其中馬斯克就捐出大約4,500萬美元，是目前為止最大的單一捐款人；其他早期捐款人還包括LinkedIn的共同創辦人里德·霍夫曼（Reid Hoffman），以及早期新創企業創投公司Y Combinator的總裁山姆·奧特曼（Sam Altman）。（OpenAI這樣的結構與資金承諾，後來讓所有參與者都陷入麻煩。）

募資同時，OpenAI也找來一票傑出的AI人才。像是創辦人之一，就是曾在2015年GTC大會上展示那套幻覺圖說引擎的安德烈·卡帕西。另一位是波蘭程式設計師沃伊切赫·哲倫巴，他曾在Google做出AlexNet的複製品。來到OpenAI擔任科技長的是來自北達科他州（North Dakota）、曾經是Stripe公司早期員工的開發者葛雷格·布羅克曼（Greg Brockman）。至於最重要的一位，則是俄裔以色列籍的伊利亞·蘇茨克維，他和克里澤夫斯基是學術研究上的老同事，曾經參與打造AlexNet，並持續引領AI發展。

然而，克里澤夫斯基本人倒是逃出這批網羅。他沉默寡言，不擅合作，也在2017年離開Google。在辛頓把公司拍賣掉之後，克里澤夫斯基拿到將近1,500萬美元，已經足以退休，特別是他實在是過著禁欲般的苦行生活。他曾經在2019年允許日本記者造訪他在灣區的家。克里澤夫斯基簡直過得像個本篤會修士，他的住家在一間越南餐廳樓上，擺設簡樸至極，牆上什麼都沒掛，僅有的家具就是一張桌子、一張沙發、一臺數位鋼琴、一臺電視；唯一看得出有住人的跡象，就是

他的寵物貓。克里澤夫斯基的地位堪稱神經網路領域的萊特兄弟，但他告訴記者，自己已經放下這項科技了。「可能我個性就是這樣，」他說：「在我花很久的時間、一直專心做某件事之後，過了大概十年，我就會開始感覺沒了興趣。」



正當OpenAI打造王牌團隊的時候，黃仁勳則是開始為他們打造一臺合用的電腦。當時輝達最貴的產品，是一項能夠用在科學與資料視覺化的桌上型電腦。但是，黃仁勳覺得他需要的產品功能至少得強上十倍。於是，他下令團隊開始設計DGX-1：一款把重點放在矩陣乘法的AI加速電腦。

這臺設備的重建過程，真的就是從最基礎的原子層面出發。台積電當時發展出鰭式場效電晶體（FinFET）製造技術，讓電晶體像鯊魚鰭一樣從矽基板上突出。要是能把人縮小，站到矽基板光滑無比的表面上，會看到形狀如魚鰭般的電晶體像是蘇聯時期排列整齊的公寓，高聳往各個方向延伸，每個都是兩百個原子那麼高。這些晶體峽谷與其說是印出來的，不如說是用紫外線「刻」出來的，精確程度足以讓文藝復興時期的大師為之讚嘆。工程師解釋這種製造過程，說這就像是從月球表面發出一道雷射，還能打中在阿肯色州（Arkansas）人行道上的一枚小硬幣。

有了新型的鰭式電晶體，在設計上就能更精準的掌控電流。電晶體過去就像是一條老舊的花園水管，到處亂漏，噴水的目標位置也只能控制個大概。而新的電晶體不但能夠防止洩漏，更像是搭配了高科技噴頭，不同的噴射模式任君選擇。FinFET就像是晶片設計師的美夢

成真，終於讓精度、效率與控制三位一體、通通到位。

這些創新在社會上很少受到關注。儘管電晶體（其實也就等於是**電腦**）經歷自1970年代以來最重大的實體升級，但一般大眾當中知道、甚至是在意這件事的人，可能百中無一。就像某些體育賽事長期由固定的王者稱霸，半導體產業悠久而無比優秀的表現完全被視為理所當然，就連軟體工程師也不作他想。畢竟電腦總是在不斷進步啊，這不就是正常的嗎？不然呢？

然而，在輝達內部，長得像鯊魚魚鰭的電晶體簡直讓大家群情激昂、歡聲雷動。晶片設計的尺度，已經開始超乎一般想像：如果同樣用人類髮絲編織成一座迷宮，現在能覆蓋的面積可不只是一個網球場，而是整個羅德島州（Rhode Island）那麼大。此外，隨著這些迷宮開始「往天空發展」，電晶體也就此發展出各種奇妙的功能。在古代傳說中，建築師代達羅斯（Daedalus）蓋了那座著名的迷宮來困住可怕的牛頭怪米諾陶（Minotaur），但如果代達羅斯看到現在輝達在蓋的東西，一定會嫉妒到落淚！

輝達的第一個FinFET晶片架構就命名為Pascal，是向17世紀的哲學家暨數學家布雷茲·帕斯卡爾（Blaise Pascal）致敬。在帕斯卡爾的諸多成就當中，就包括發明出人類史上第一臺機械計算機。輝達取這個名字，也暗指他們終於突破運算史上的一大瓶頸：運算速度。機器運算從帕斯卡爾使用齒輪驅動的加法器開始，到通用型電子計算機ENIAC使用真空管，再到英特爾與IBM使用高精度晶片，速度始終差強人意。然而，當輝達的P100於2016年4月正式推出之後，下一道數學題還沒來得及傳到電腦，前一題的運算就已經完成。有了這些晶片之後，運算速度再也不是最大的問題。有了這些晶片之後，電腦能做的事再也不限於普通的「運算」工作。

黃仁勳早已預見到這個問題。自從2014年以來，輝達就一直在研發一種名為NVLink的資料傳輸高速通道，能夠加快向電腦提出數學問題的速度。可以說NVLink就是一門「家庭作業大砲」，每一秒就能把大概一百萬個學期的矩陣乘法作業射向電腦的處理器。而輝達以NVLink將八個P100晶片連在一起，等於是把原本個別存在、路徑錯綜複雜的好幾個矽迷宮，堆疊成路徑單一的一個超級運算迷宮。

DGX-1以這個壯觀的八晶片陣列為核心，外觀採用俐落的金屬機盒，帶有顆粒狀凹凸紋的表面。這部電腦重60公斤，售價12萬9,000美元，耗電量相當於一臺乾衣機。DGX-1是輝達當時史上功能最強大的電腦，黃仁勳稱之為「放在一個機盒裡的資料中心」。這不是個一般用途的機器，這臺機器唯一的目的是：訓練出更強大的AI。話雖如此，DGX-1最終仍將和圖靈的「巨人」（Colossus）、賈伯斯與沃茲尼克的Apple II並列，成為史上最重要的電腦之一。

第一部DGX-1是送到伊隆·馬斯克手上。2016年8月，黃仁勳親自出馬，把史上首部DGX-1送到OpenAI位於舊金山教堂區（Mission district）的總部，交給馬斯克。黃仁勳穿著皮衣抵達，這已經成為他標誌的穿著。這臺電腦實在太重，他得用手推車才能把它運進辦公室，也得有人幫忙才能搬上桌。馬斯克拿美工刀拆開包裝，黃仁勳則是拿麥克筆在電腦上落款簽名。「致伊隆與OpenAI團隊！」他用工整漂亮的大寫字母寫下：「為了運算與人類的未來。我為各位帶來全世界第一臺DGX-1！」

下一週，黃仁勳又把另一臺簽了名的DGX-1送到李飛飛在史丹佛大學的實驗室。2016年的ImageNet競賽在幾天後盛大展開。透過擁有幾百個認知「神經網路層」的深度學習模型，該年最優秀的參賽者標記圖像的正確率來到98%，一舉突破人類95%的平均正確率。經過長

達六十年的研究、數百億美元的投資，電腦終於能夠分得出抹刀和斧頭有何不同。機器超越人類的時代就此降臨。

第14章

美好的一年

2016年，輝達的股價上漲224%，黃仁勳重返榮耀，再次成為億萬美元等級的富豪。但當年標普指數表現最亮眼的股票並非輝達，而是他們長期的死對頭AMD，股價漲幅高達309%。黃仁勳不喜歡當老二，他再次全心求勝，並在隔年如願以償，輝達營收翻倍、獲利更來到三倍，而且推出新產品的速度叫人目眩神迷。無論是哪家企業，都少有輝達在2017年那樣的成就。

黃仁勳在2017年的第一項任務就是要壓制AMD。AMD在2006年收購顯卡製造商ATI之後，一直就是輝達唯一真正的競爭對手；GeForce與Radeon就像是GPU領域的可口可樂與百事可樂。這場經年累月的對抗，讓雙方時不時撕破臉，更在2014年之後染上一點點私人恩怨的色彩：AMD新任執行長蘇姿丰，和黃仁勳還有親戚關係。

蘇姿丰比黃仁勳小七歲，父母親分別是統計學家與會計師。她三歲就隨著家人從臺灣移民到美國紐約，而和黃仁勳不同的地方在於，她的父母**確實就是一對虎爸虎媽**。蘇姿丰小時候，父母就給她三個未來職涯的選項：工程師、醫師、或是專業鋼琴演奏家。她最後選了第一個，因為「那似乎最難」。蘇姿丰說話稍微帶點紐約口音，總穿著褲裝、留著短髮。而且，她也不乏賭上一把的勇氣。「她跟黃仁勳的性格有些相似，你知道，就是那份堅定的信念，」AMD資深主管佛瑞斯特·諾羅德（Forrest Norrod）告訴我：「她有那種在困難時期繼續堅持的勇氣。」

兩人的基因關係算不上密切。黃仁勳的母親來自一個大家庭，上面至少有十一位兄姊，其中一位是蘇姿丰的外公；真要說，黃仁勳其實是蘇姿丰的表舅。黃仁勳在成長過程並不認識這位表外甥女，一直到她成為AMD執行長，才得知還有這分親戚關係。

而兩人實際上的距離，或許還比血緣看來的更疏遠。黃仁勳的母親和親生家庭並不親，她身為家中年紀最小的幾個孩子之一，其實是在另一個家庭長大。「以前有送養這種事，會把孩子送給朋友，」黃仁勳說：「我的母親被送給我外公的朋友，就這樣了；她並沒有和兄弟姊妹一起長大。」蘇姿丰的外公則是繼續待在原生家庭。

我詢問黃仁勳關於蘇姿丰的事，得到的只有對她的滿口讚美。「她太棒了，」他說：「我們不算太競爭吧。」但在其他人看來肯定不是這樣。多年來，輝達在GPU領域只有AMD這唯一真正的對手，輝達的員工不經思索就能背出彼此的市占率。我在想，黃仁勳是不是對有所隱瞞？我注意到，他早期常常在媒體上貶低3dfx等競爭對手，現在卻再也沒講過半句關於對手的壞話。或者至少說，在喜愛煽風點火的記者潛伏在身邊時，他再也沒講過。

有些人告訴我，現在黃仁勳變聰明了，不會在**公開場合**貶低競爭對手，但私下還是另一回事。大衛·柯克相信，經歷過3dfx的破產律師強迫黃仁勳，在錄影作證的時候大聲朗讀自己那些羞辱人的話語，他已經學到了教訓。不過，柯克也覺得，在錄音機沒在錄、會議室門也關著的時候，那個滿嘴垃圾話的老黃仁勳就會重出江湖。產業分析師漢斯·摩西士曼同樣認為，在輝達和AMD之間，任何表面上的友善都只是一種技倆。「黃仁勳的確不喜歡輸，」他說：「而且還特別不想輸給蘇姿丰。」



在這位表外甥女執掌AMD之前，黃仁勳和AMD的關係本就一言難盡。黃仁勳第一份正式工作就是在AMD，他手上也依然持有透過1984年員工持股計畫得到的一些AMD股票。2006年，AMD甚至曾經想要併購輝達。黃仁勳原先對這項提議抱持開放的態度，直到得知合併後的公司不會由他來管，也就終止相關談判。若是交易成功，他本來肯定能夠荷包滿滿，但黃仁勳可沒打算交出執行長的寶座，就是免談！他可沒什麼交棒的退場計畫。

併購輝達告吹之後，AMD反而併購了輝達的競爭對手：總部位於多倫多的ATI。AMD接著做出一系列愚蠢的管理決策，往後六年足足換掉三位執行長。2008年，在德州奧斯汀一座山丘上，AMD蓋起新的企業園區，還自命不凡的命名為「蘭塔納之巔」（The Summit at Lantana）；但這座山丘的高度也就幾百公尺。五年後，為了躲避債權，AMD被迫出售蘭塔納之巔，再像個佃農一樣租回這處產業。這筆交易實在太丟人，AMD的股價到了2014年也只剩下每股2美元。

董事會拔擢時年45歲的內部副總裁蘇姿丰升任執行長，原本只是希望找個人來陪伴AMD安然走完最後這段路。華爾街幾乎沒有人對她抱有期許，覺得大不了也就是把申請破產的日期往後延幾個月。但他們小看了蘇姿丰；未來的她即將成為這個時代最知名的半導體執行長之一，僅次於黃仁勳一人。

這兩人性格迥異。黃仁勳脾氣起伏大、勇於表現情緒；蘇姿丰則是內向低調、個性堅忍。「從她的臉上，你絕對猜不出她手裡有什麼牌，」摩西士曼說：「黃仁勳不是這樣，但他還是會找到辦法打敗你。」蘇姿丰的策略方針也和黃仁勳背道而馳。她不像黃仁勳那樣追

求航向遠方的地平線，而是喜歡在現有競爭者附近逡巡，把握情勢出現動搖的時機。這樣說的話，蘇姿丰可能比黃仁勳更勇敢：畢竟她並沒有躲開英特爾。AMD的復興，正是憑藉著完成各家分析師一度認為絕無可能的壯舉，也就是奪取英特爾的CPU業務。

隨著AI取得成功，蘇姿丰也開始在黃仁勳附近逡巡。AMD在2016年為自家的Radeon顯卡推出一個模仿CUDA的開源平臺。開發者多半認為它的品質不如CUDA，而且AMD的雲端GPU能開出的價格也不及輝達。但蘇姿丰和黃仁勳一樣極具耐心，並不介意用上好幾年的時間等待出擊。「黃仁勳不想輸，他一向就是鍥而不捨，」諾羅德說：「但我們覺得，我們和輝達還是有一拼的能力。」

面對這位新官上任的表外甥女，黃仁勳歡迎她的方式就是搶走AMD合作最久的一位老客戶。任天堂和AMD向來關係緊密：好幾代任天堂主機的圖形處理硬體都是由ATI供應，其中就包括GameCube與Wii。和Xbox的交易告吹之後，黃仁勳曾經一再聲稱自己無意進軍電玩主機領域。畢竟電玩主機大概每五年才會推出新一代，對於早就習慣六個月更新週期的人來說實在太慢。所以，在任天堂宣布新一代Nintendo Switch將使用輝達的晶片時，包括蘇姿丰在內，所有人都大吃一驚。

在外人看來，任天堂簡直像是個不可能闖入的保險金庫。就算用日本標準評估，任天堂也堪稱堅不可摧、封閉保守。這間公司的總部位於保守的京都，而大部分決策都是出自知名遊戲設計師宮本茂，以及他身邊一小群的高階主管。宮本茂才三十出頭，就製作出超級大作《超級瑪利歐兄弟》與《薩爾達傳說》，這位電玩遊戲界的華特·迪士尼（Walt Disney）雖然已經年過七十，熱情仍然絲毫不減。

任天堂看起來和其他電玩遊戲企業大不相同。位於京都總部的硬

體與軟體團隊就位在同一個辦公空間，開發過程結合前後端，打造出遊玩體驗和手把控制器配合緊密、全端設計完美的電玩大作。宮本茂的控制欲極端誇張，還抱怨過美國一則平面廣告裡，瑪利歐褲子的縫線有問題。然而，宮本茂也激勵團隊大膽承擔各種創意與技術風險，接著推出的Switch，就成為史上最多功能、帶來最多歡樂的遊戲機之一。

過去在業內人士看來，Switch會用誰家的晶片組根本無須多言。「ATI和任天堂的關係非比尋常，」喬恩·佩迪說：「ATI一向忠誠且合作穩定，實在沒有理由覺得事情會生變。」但輝達的業務代表就是找到了辦法見縫插針，讓任天堂改用輝達的Tegra晶片；這款晶片原本是要用在手機上，工程師則評價說它像是「地上掃起來的廢料」。黃仁勳究竟是怎樣偷到這筆Switch訂單，至今仍不得而知。雖然這間日本公司的董事會可能請來某位外國顧問詳談，但說到真正的關鍵，應該是在深夜京都的那些小居酒屋裡，喝下一、兩大杯啤酒後做出的決定。

Tegra屬於「系統單晶片」，也就是在同一個晶片上整合完整的CPU、GPU與其他種種功能。Tegra的運算表現並不出色，但賣點在於功耗低：玩家不需要把Switch主機一直放在底座上，也能夠拿著主機躲在被窩裡玩《動物森友會》，幾個小時都不用擔心被爸媽發現。佩迪回憶起，在宣布這項出人意表的決定之後不久，他和任天堂高層開了一次會。「氣氛友善得不得了，但對方就是立場踩得很硬，」他說：「你也知道，就是『一切已經定案了，很高興見到你，現在請離開吧。』」

任天堂的Switch遊戲主機於2017年推出，銷量飆上一億四千萬臺，成為任天堂至今最賺錢的產品。但從這一點，也很能看出輝達的

腳步快到什麼地步：就算是在那段時間前後的訪談裡，黃仁勳也幾乎沒提過輝達在為Switch打造大腦這回事。伏擊蘇姿丰不過就是順便；輝達的規模不斷擴大，觸手伸向各個領域，無所不包。



2017年的諾貝爾物理學獎，獎勵的是運用雷射干涉重力波天文臺（Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory）獲得的研究貢獻；這個天文臺的兩座觀測站相距將近2,900公里，能以相交的雷射光束捕捉到時空結構中的微妙擾動，進而偵測到幾百萬光年外的恆星碰撞。2017年的諾貝爾化學獎，獎勵的則是在低溫電子顯微術方面的成就：將生物樣本懸浮在透明的「非晶質冰」（amorphous ice）當中，以電子束轟擊，就能把樣本的立體結構視覺化。這兩個諾貝爾獎項並不是要獎勵科學上的新發現，而是要表彰嶄新科學**工具**的研發，而這些工具的效能提升，又和輝達GPU在平行運算技術上的進步脫不了關係。

不管是雷射光束，或是冷凍的阿米巴原蟲，都會產生大量的原始資料。這些資料基本上也就是許多零碎的資料點，像是有幾十億個樂高積木堆在那裡等待組裝。GPU讓科學家得以把這些資料「磚塊」平行堆疊起來，無論宇宙奇觀的規模大或小，GPU都能為它們建立精確的立體模型。科學家運用雷射光束的資料，繪製成和兩個黑洞有關的動畫；這兩個黑洞有長達數百萬年的時間被困在致命的引力螺旋裡，不斷旋轉而愈靠愈近，直到終於互相碰撞，引發極度猛烈的爆炸，就連現實的結構都因此出現扭曲，發出的衝擊波也在整個宇宙回響。

《科學》雜誌（*Science*）稱它為當年的年度突破。

而在另一個極端，則是透過懸浮在冰裡的微型單細胞生物，揭露出複雜程度堪稱超現實的生物機制。在過去，顯微鏡用的載玻片會破壞生物精細的結構，但靠著這種全新懸浮在冰裡的立體成像，就能看到演化這位「盲眼鐘錶匠」還真的打造出生物的**發條**。這裡面有傳動功能！在這個單細胞生物體內有小小的齒輪傳動裝置，轉動時就會推動這個微生物像汽艇一樣前進。

這裡的立體成像是用電腦合成，而非實際的影像，有時候我們可得眯起眼睛才能看到那份美麗。但它確實存在，一直就在那裡等著；它等待的不是什麼理論或實驗，而是最簡單且原始的科學行為：發現（discovery）。黑洞與自然的傳動裝置一直都在那裡，等待數百萬年，等著第一次被人看到。而平行運算讓這件事得以成真。

眾人狂熱的目光全在AI身上，也就沒注意到輝達對這些平淡乏味的科學進展貢獻良多；他們不過就是讓人靠著這些發現拿了個諾貝爾獎嘛。在同一年，物理獎與化學獎團隊的背後都能看到CUDA的貢獻，在在證實CUDA對人類的價值。然而問題在於，這賺不了錢。這些圖像確實既美麗又重要，但比爾·達利難以想像，要不是有了神經網路，這些科學運算有沒有獲利的可能。「為全世界所有實驗室打造大型超級電腦，賺到的錢可能還不足以研發出一代GPU，」他說：「我們原本可能走向不同的結局，出現AI真是萬幸。」



同樣在2017年，另一類顧客也找上CUDA，只是名聲差了一些。加密貨幣礦工靠著暴力運算破解數學密碼，創造出更多比特幣。這樣的任務需要將類似的資料區塊平行運作數百萬次，而CUDA處理起來

相當得心應手。一群生意頭腦精明的礦工很快就發現，只要有配置妥當的GPU裝備，四個小時就能鑄出一枚比特幣。而隨著比特幣價格在2017年1月首次突破1,000美元，那些手腳快的人也就瞬間致富。

時至2017年中，加密貨幣挖礦已經形成一股典型的投機狂潮。比特幣價格先漲成原來的四倍，接著同樣的漲幅再次上演，在年底突破1萬6,000美元大關。零售的GeForce顯卡供不應求，在eBay上的價格來到建議零售價的兩倍。市面上開始出現「超級礦工」，在自家臥室與車庫立起金屬架、裝滿GeForce顯卡，這些設備產生的熱量足以融化屋頂上的積雪。礦工很快就發現加密貨幣的聖地麥加：華盛頓州的河畔小鎮東韋納奇（East Wenatchee），就位於「水力發電小徑」旁，電費據說是全美國最低。

有一段時間，輝達的股價和比特幣的價格同步漲跌。輝達內部的人多半對此相當反感。有些憂心氣候變遷的人，覺得把顯卡作為這種用途，簡直是種褻瀆。黃仁勳當初用第一原理推論，看到AI將成為運算領域的主導力量。但他同樣用第一原理來推論區塊鏈的潛力時，並沒有預見到加密貨幣可能取代法定貨幣。

黃仁勳畢竟保有商人本色，並不會明確阻止礦工購買輝達的GPU，但他也從來沒有真正明言支持這種比特幣挖礦的活動。對於加密貨幣，輝達的官方立場就是沉默。在2017年各季度的法說會上，輝達總把討論重點放在自駕車與AI，對加密貨幣的影響一筆帶過，也拒絕推測零售業績當中有多少比例來自礦工的貢獻。這個時期的財務報告只能看出，輝達在「遊戲」這個類別的業績莫名提升。然而，沉默不代表就沒事：輝達後來遭到美國證券交易委員會指控，未向投資人揭露加密貨幣在GPU銷售業績中占有多少比例。輝達對此並未加以承認或否認，而是直接付了550萬美元的罰款。

對於反骨的輝達來說，這點錢並不算什麼，但這樣的經歷仍然讓人不悅。我訪談過的輝達工程師大多都認為，加密貨幣就是個愚蠢的旁支事務，不利於輝達全心投入更重要的科學研究。最終，輝達推出挖礦專用的顯卡CMP，基本上就是拿掉影音傳輸連接埠的GeForce。與此同時，輝達也刻意減弱常規顯卡的挖礦能力，以確保真正想玩遊戲的玩家、想做研究的科學家能夠買得到。比特幣在2018年崩盤，對顯卡的需求也一夕蒸發。等到比特幣市場復甦，已經有其他特別鎖定挖礦需求的裝備取代GPU，而且各大加密貨幣的圈子也放棄既昂貴又不利於氣候的暴力挖礦方式。對此，輝達很樂意鬆手這項業務。



2017年1月，輝達的年獲利首次突破10億美元，也在不久之後雇用第一萬名員工。原本從2001年開始作為總部的沉悶現代主義建築群，再也無法壓抑這份成長的野心。擴大規模的時候到了。

幾年前，輝達曾經在租賃的園區附近買下一塊土地，等著哪天量身打造出符合黃仁勳願景的總部。這項計畫在「焊點門」事件之後停擺，但經過幾年後，名為「奮進號」（Endeavor）的新總部終於在2017年落成。¹奮進號這棟巨大的建築大致為三角形，只不過三個角是削平的。這種形狀也縮小複製到整個建築內部，從沙發、地毯到小便斗的防濺隔板，都能看到這種形狀的設計。輝達的員工把這棟建築稱為「太空船」，它不但空間寬敞、光線充足，更是一塵不染。建築內部設計線條分明，採用純白色與消光黑，並且設有幾層樓高的植栽牆區隔空間，顯得生機盎然。

奮進號的首席建築師柯浩（Hao Ko，音譯）任職於頂尖企業設計

公司Gensler，雖然身材高大，但說起話來輕聲細語。他穿著時尚，留著修剪整齊的小鬍子，戴著黑色設計師款的眼鏡。當初他在Gensler還只是個初級建築師（junior architect），但黃仁勳就跳過他的上司，指定要柯浩擔任奮進號唯一的首席設計師。我問柯浩，黃仁勳為什麼做出這樣的選擇。「你大概已經聽過一些風聲傳言，」柯浩說：「他的態度可能非常強硬，像是要把你剝光一樣。」黃仁勳並沒有建築相關經驗，但他想找個自己能夠左右的人。「我會說，應該有九成的建築師都會反抗，」柯浩接著說：「但我比較偏向傾聽那一派。」

為了實現自己對奮進號的願景，黃仁勳讓柯浩戴上虛擬實境頭戴式裝置，連結到輝達的GPU機架，好讓他能夠模擬自己創作的光線流動。「這是史上第一座運用超級電腦來設計的建築，」黃仁勳說。柯浩用頭戴式裝置設計出奮進號如波浪般的獨特屋頂，那些造型讓我想起碎形。柯浩先讓屋頂延伸到超出奮進號的玻璃外牆，使屋頂像帽簷一樣投下陰影。他再使用電腦輔助設計軟體，配合數學運算，在屋頂波折處最理想的位置，安排幾百個小型的三角形天窗。這些效果加起來，就讓這棟建築物始終有自然光灑入，但員工又不會直接暴露在陽光下。

奮進號內部的視野很開闊，雖然從建築的一角到另一角距離長達幾百公尺，一切卻能看得清清楚楚。黃仁勳就是想要這樣的效果，方便他對員工有全方面的掌握。柯浩在三樓為黃仁勳準備了一間漂亮的執行長辦公室，但黃仁勳只把這裡拿來存放書籍。他反倒在總部中央的位置要了一間看來毫無特色的會議室，把這裡變成他的作戰指揮室。他就是要待在事物的中心，正如同多年前，他就是想坐在普里姆家裡冰箱旁邊的那張桌子。

要和黃仁勳共事並不容易。柯浩還記得，黃仁勳向手下的工程師

大吼，抱怨虛擬實境頭戴式裝置的算繪速度太慢。「他就是要他們把事辦成，」柯浩說。一開始，這些裝置需要五小時才能完成設計變更的算繪；但在黃仁勳發火之後，工程師把算繪時間降到只需要十秒。黃仁勳雖然對他們疾言厲色，但其中確實有重要的目的。「如果這套頭戴式裝置得花上五個小時，我大概會簡單選個綠色調，看起來沒問題就好，」柯浩說：「但如果只需要十秒，我就會慢慢來，挑出最棒的綠色調。」

這棟建築榮獲多座獎項，也讓柯浩從此飛黃騰達。輝達現在擁有一座代表性建築，能夠媲美Google的GooglePlex，以及蘋果的Infinite Loop。輝達的員工沒想到新的辦公空間竟然這麼大；而且在黃仁勳的堅持下，柯浩甚至在頂樓蓋了一間名為「夏農」（Shannon's）的酒吧。（輝達前總法律顧問大衛·夏農（David Shannon）曾經質疑，讓員工這麼容易接觸到酒精到底是不是好事？於是黃仁勳就用他的名字為這間酒吧命名。）但是除了這間酒吧，這棟建築裡就很少再有其他娛樂消遣設施。許多矽谷企業園區都有的誇張福利，這裡一概沒有：沒有健身房、沒有攀岩牆、沒有狗狗公園、沒有飛盤高爾夫球場，也沒有球坑。「你是來上班的，」黃仁勳表示。

柯浩的專案還沒結束。完成第一棟建築之後，他也準備好要在北邊設計第二棟更大的建築。這棟建築名為「旅行者號」（Voyager），同樣採用把邊角削平的三角形造形。這兩棟建築連結在一起，形成一個緊密相扣的多邊形結構，讓人想起輝達是以3D圖形處理器起家。而且，不論從天上或地上看，這都是一幅美景。（這兩棟建築的英文名稱也有緊密關聯：Endeavor與Voyager的第一個音合起來就成了NV。）等到柯浩完成第二棟建築，黃仁勳心中的整體規劃又開始要求他建造第三棟建築（尚未命名），要和先前的兩棟相輔相成。每棟建

築的規模都要比前一棟更大，一次又一次，輝達在矽谷土地再次加上一個有著鑲嵌花紋的巨大三角形。

「奮進者號」落成開放的時候，柯浩帶著黃仁勳和一群高階主管來參觀。「建築完工，看起來非常棒，我們參觀到一半，黃仁勳卻開始質疑飲水機的位置，」柯浩說：「他很不高興，因為飲水機居然在廁所旁邊！相關法規就是這麼規定，而且這可是價值十億美元的建築！但他就是不聽。」

「我永遠不會滿足，」黃仁勳說：「不管是什麼，總之我就是看到事情還不完美。」



2017年CUDA軟體套件的下載次數達到兩百七十萬次，將近前一年的三倍，更比2012年慘不忍睹的下載次數高出十五倍。雖然一部分人是為了加密貨幣而來，但大多數人下載CUDA都是希望打造AI。其中又有相當比例的使用者是學生；史丹佛大學在2017年最受歡迎的一門課就是CS 229：「深度學習概論」。

CUDA開發人員和加密貨幣挖礦者不同，他們並不一定需要購買輝達的硬體。很多人不論是執行程式、甚至是公司的運作，都仰賴在雲端租用的虛擬機器。而對雲端服務供應商而言，這項業務的利潤實在異常豐厚。雲端服務的龍頭業者是亞馬遜網路服務（Amazon Web Services），掌握50%的市場，而且在業績好的時候，每年的獲利甚至高過亞馬遜龐大的電商業務。排名第二的則是微軟的雲端服務Azure，多虧執行長薩蒂亞·納德拉（Satya Nadella）使公司復興，微軟才得以緊追在後。把亞馬遜、微軟與其他雲端供應商的採購需求加起來，

就足以讓輝達在2017年賣給資料中心的晶片業績翻倍。

黃仁勳自然也注意到，比起販售實際的硬體，出租虛擬運算設備的獲利更亮眼，於是輝達在2017年推出自己的兩個雲端服務平臺。第一個是GeForce Now，使用者只要在這裡租用虛擬顯卡之後，即使自家的筆電或廉價桌機規格不足，還是跑得動高階遊戲。實體GeForce遊戲顯卡的銷售仍然是輝達的一大收入來源，電玩狂熱分子還是喜歡炫耀自己的裝備。但是，有了雲端運算，所有現代遊戲玩家真正需要的，其實是一臺顯示器與足夠的寬頻連線。黃仁勳推出GeForce Now，其實是未雨綢繆，準備哪天砍掉自己二十五年以來的核心業務。在他看來，自己不幹，這件事遲早也會有別人來幹。

至於第二個平臺，則完全是輝達過去沒碰過的領域。黃仁勳會有這個想法，是因為看到南加州大學（USC）的學者葉夫根·切博塔爾（Yevgen Chebotar）訓練機械手臂揮桿打擊橘色的冰球，並透過「強化學習」的技術來學習如何得分。只要有足夠的時間，這部機器的表現就有可能追上冰球名將韋恩·格雷茨基（Wayne Gretzky）。不過，要實現這項目標，切博塔爾與助手實際上得把球放回球桿前面幾千次。

在黃仁勳看來，這實在是浪費時間。他認為切博塔爾該做的是，用電腦來模擬出冰球的物理參數。在黃仁勳的職涯當中，「模擬」的力量是個不斷反覆出現的主題。他會試著模擬任何他能模擬的事物，通常獲利或是創新的產品就會隨之而來。不過，他現在突然意識到，如果只是模擬任何單一事物，永遠都還不夠；他必須模擬的是**萬事萬物**。「我們必須打造出一個替代宇宙，」黃仁勳說。

在這個讓機器人進行訓練的替代宇宙裡，切博塔爾不必重新去放球，就能立刻完成強化學習；在同一時間，就能讓機械手臂擊打十億

顆球。傑若德·泰薩羅透過讓電腦擲幾百萬次骰子來模擬雙陸棋遊戲；黃仁勳則是要用程式碼編出一個新的現實，用來模擬冰球比賽。

要打造一個足以精確呈現真實物理世界的平臺，絕不是一件容易的事。市面上的遊戲引擎都還差得太遠；如同電腦繪圖領域的權威專家佩迪就注意到，一旦拿掉遊戲中的紋理，其實就是圖塊在互撞。要模擬現實，除了要有完美的物理引擎，還需要能夠準確呈現出碰撞時的彈性與物體的密度。舉例來說，打的是網球還是撞球，就必須出現不同的反應。打到像布料這樣的柔軟材質，物體必須會變形；打到像金屬這樣的堅硬材質，物體則必須維持原狀。濕滑的盤子必須掉落，碰傷的水果必須裂開。正因為變數不勝枚舉，打造現實模擬器既耗錢又耗時，而且一開始或許還只有五、六個顧客。當然，黃仁勳很愛這個構想。

黃仁勳把輝達的第一個模擬器命名為Isaac，這是一個機器人訓練平臺。隨著時間推進，從Isaac發展出另一項更複雜的產品Omniverse；黃仁勳有時候會說這是個「工業元宇宙」（industrial metaverse），也有時候會說這是地球的「數位孿生」（digital twin）。Omniverse並不會是輝達用來出售的某項實體產品，而是將以**租賃方式**提供的高傳真數位遊樂場。客群除了機器人，還包括汽車、工業設計師、倉庫建築商；只要透過這項服務，任何人就能讓設計複雜的產品化為現實，並避免在試作過程搞得一團糟。柯浩就曾經用虛擬實境裝置為他做了一艘太空船。有了Omniverse，柯浩幾乎什麼都能做得出來。



到了2017年底，輝達的利潤翻三倍、達到30億美元，每條產品線

都見到大幅成長。這間原本不受重視的顯卡公司，如今成為華爾街的玩家，市值高達1,000億美元。但如果你在2017年隨便抓一位路人，問他輝達做的是什麼產品，答案很可能還是繪圖用硬體，或是加密貨幣挖礦設備。不過，話其實不能這麼說，因為如果你在2017年隨便抓一位路人，問他有沒有聽過輝達，答案很可能是聽都沒聽過。唯有一小部分真正了解情況的人，才會知道當時輝達主要的業務仍然是電玩遊戲。

而又只有最精明的投資人，才會意識到輝達已經不再只著重於消費者市場的繪圖技術。這已經是一間AI公司，更是講到AI領域的時候別無分號的**那間**公司。AI突然默默的變得無所不在：辨識人臉、推薦產品、推送社群媒體貼文，以及提升手機語音品質。正如馬克·安德里森的觀察，以上工作幾乎都以某種方式依賴著輝達的運算堆疊。那些夠有眼光、走過一路艱辛而始終對黃仁勳不離不棄的投資人，終於得到了回報。2013年曾經在波士頓盤問黃仁勳的富達投資組合經理人，看著輝達成為整個股市最棒的投資標的，而自己在這檔股票的部位不但龐大、還不斷成長，也是興高采烈。靠著CUDA、Switch、諾貝爾獎、加密貨幣與雲端服務，輝達已經永遠擺脫低迷。然而，無論是這裡面的哪一項產品，甚至是黃仁勳對於複製現實的嘗試，都沒能讓他、他的顧客或投資人，為接下來的轉變做好心理準備。

1 譯注：輝達總部的大樓均以《星際爭霸戰》（*Star Trek*）中的太空船命名。

第15章

Transformer

正如莫札特生在音樂世家、柯瑞生在籃球世家，雅寇布·烏斯克瑞特（Jakob Uszkoreit）則是生在有些冷門的計算語言學（computational linguistics）領域。他的父親漢斯（Hans）是位聲名卓著的學者，畢生研究如何讓電腦學會語言處理。烏斯克瑞特本來想用電腦做點其他研究，或許是探索生物領域，但在他2008年進入Google之後，很快就發現語言處理才是最有趣的議題，這也讓他認命走上父親走過的路。而且不到幾年，他不僅克紹箕裘，更青出於藍。

烏斯克瑞特十分英俊，一副日耳曼人剛毅的外型，一雙深棕色的眼睛，長髮多半往後梳成髮髻。他在美國出生，但在德國長大，講起英語帶著淡淡的口音。進入Google之後，烏斯克瑞特研究語言背後隱藏什麼語法結構，能夠推動語言的運作。他想，或許透過讓神經網路在初始階段隨機分配權重，就能夠讓這些結構現形？

人們早期使用神經網路來研究語言的結果，簡直不忍卒睹。不論再怎麼訓練，當時的模型還是會犯下非常基本的語法錯誤。光是用學校老師那一套，要求電腦死背語法，顯然後續並無法擴大規模。於是研究者試著用**遞迴**神經網路（recurrent neural network，縮寫為RNN）來建立長期與短期記憶，但這種架構難以掌控，也很難編寫程式。一旦接觸的文本數量增加，遞迴神經網路甚至有時候會退步，忘記訓練過的內容。

烏斯克瑞特理想中的神經網路，應該是讀得愈多、就變得愈聰

明。而在2014年，他靈光一閃：如果希望資料愈多、就能有愈好的結果，那麼處理資訊的底層結構應該要愈簡單愈好。他這份靈感來自生物學。醫學掃描顯示，人腦約有上千億個神經元，但專門用來處理語言的還不到1%。烏斯克瑞特在2023年受訪的時候曾說：「語言如此演化，或許就是因為這樣能以理想的方式，運用人類的認知能力。」

烏斯克瑞特決定要單純用「上下文」來建立語言模型，完全不談任何記憶結構，只用簡單的知識圖譜（knowledge graph）來取代。字詞本身沒有任何意義：獨立存在的時候，就只是隨機幾個聲音湊在一起。想要捕捉到字詞的意義，唯一的辦法就是找出每個字詞和文本當中其他字詞的連結。照這個道理，如果有個知識圖譜連結「跳躍」、「綠色」、「舌頭」、「蒼蠅」與「兩棲動物」這些詞，人們應該足以猜測出中心的詞是「青蛙」。除此之外，這個圖譜不論在德語、法語、斯瓦希里語或越南語，應該看起來都一模一樣。「青蛙」這個詞的重點不是「青」或「蛙」，因為這些字只是剛好在那裡的符號。就認知而言，「青蛙」這個詞的重點，在於它如何和其他詞彙相互連結，形成一幅獨特的圖譜。

為了捕捉這種關係，烏斯克瑞特將每個字詞都定義為一棵統計權重樹。舉例來說，如果要讓神經網路猜測，「那隻橘色的_____抓到那隻棕色的老鼠」的句子裡缺少哪個詞，由於訓練時的資料集有大量的「貓／老鼠」配對，神經網路就可能會猜答案是「貓」。「貓」也可能和「抓」、甚至是「吃」有比較強的連結關係，但是和「棕色」的關係不太強，和「那」的關係就更弱了。如果訓練範例足夠，或許就算不特別為電腦提供明確的文法指導，電腦也能自行理解「橘色」就是用來修飾名詞「貓」的形容詞。一般名詞很容易就能用這種方式畫出圖譜，但其他單字就沒那麼簡單了。

像是如果要解析英語單字unhappiness（不開心），英語母語者自然能抓到這裡有個否定的前綴un、詞根happi，以及用來將形容詞轉為名詞的後綴ness。為了讓模型更妥善處理這樣的連結關係，烏斯克瑞特也會把某些字詞分割成稱為「符元」（token）的最小單位，再以統計權重樹的形式連結起來。烏斯克瑞特把這種學習機制稱為「自注意力機制」（self-attention）。Google內部對這套做法的反應很冷淡，覺得事情哪有可能這麼簡單。烏斯克瑞特說：「大家就是一副不以為然的樣子，因為這種做法等於拋下一切既有的神經架構。」就連他的父親也懷疑這種做法。然而，烏斯克瑞特的構想正是專為GPU所設計。先前的遞迴神經網路架構，非但沒有善用輝達的硬體，甚至還和平行架構**背道而馳**，不但希望輸入的資料愈少愈好，還想要看起來厲害的程式碼愈多愈好。烏斯克瑞特則是借鑑人腦的運作，從反面著手，希望設計出一個簡單優雅的漏斗，再送進大量的文本、字詞與運算火力。烏斯克瑞特在2023年簡單總結自己當時的想法重點：「如果你手上硬體的關鍵優勢，在於能夠平行執行大量簡單的運算，而不是依序執行複雜的結構化運算，那就應該好好善用這樣的統計特性。」



「自注意力機制」一炮而紅，就連Google的搜尋服務與廣告產品也採用其中部分的特性來設計。為了更進一步，烏斯克瑞特說服曾在Google和他共事的頂尖程式設計師伊利亞·波洛蘇欽（Illia Polosukhin）加入研究小組。波洛蘇欽也對語言背後的生物基礎很感興趣。「各種圖像十分有趣，也顯然隱含許多和世界有關的知識。然而，能夠看見事物的物種成千上萬，」他告訴我。「能夠真正理解語

言的，卻只有一個物種。」

當波洛蘇欽正在思考如何運用自注意力機制的時候，剛好看了丹尼·維勒納夫（Denis Villeneuve）2016年上映的電影《異星入境》（*Arrival*）。在片中形似烏賊的七足外星人（heptapod），想透過神祕的圓形墨跡和人類溝通。而飾演語言學家的艾美·亞當斯（Amy Adams）最後發現，每一幅墨跡都是一個整合為一的文本。（她接著就看到了未來，但我們現在還是先繼續談墨跡吧。）看完這部片之後，波洛蘇欽意識到，他們也能用同樣的方式，把「自注意力機制」發揮到極致，有可能不只是連結同一個句子當中的其他字詞，而是連結整個文本裡的其他幾千個字詞。即使是在好幾段之前出現過的字詞，也可能成為判斷上下文的線索，用來指引下一個字詞的意義。

波洛蘇欽、烏斯克瑞特和另一位Google研究員阿希什·瓦希瓦尼（Ashish Vaswani）攜手合作，在2017年初以自注意力機制為基礎，打造出一個還很粗略的英德翻譯器。波洛蘇欽與烏斯克瑞特曾參與Google內部名為autobot的計畫，想要打造出能夠自動編寫維基百科頁面的軟體。所以，這套新的自注意力機制軟體，他們就命名為transformer。¹

接下來幾個月，團隊又增加四名研究人員，到了2017年2月，transformer在德翻英上的表現已經足以匹敵一流的遞迴神經網路。與此同時，自2000年就在Google工作的資深員工諾姆·薩澤爾（Noam Shazeer）加入團隊，成為第八位、也是最後一位成員。薩澤爾這位一流的程式設計師當時對遞迴神經網路太過失望，希望能有別的選擇。於是，他和來自威爾斯的程式設計師利昂·瓊斯（Llion Jones）合作，把transformer從單純的研究專案，升級成能夠實際應用的高品質軟體。隨著研究團隊為transformer輸入的資料愈來愈多，結果也不斷

改善，最後超越Google提供給大眾使用的翻譯平臺。「我們看到的是，隨著它的規模愈來愈大，它顯然也好像愈來愈聰明！」薩澤爾說：「我們以前寫出的程式可不是這樣。」

過去的神經網路架構也試過要寫出句子、甚至是段落。而transformer的運作原理則是根據機率關係，不斷準確的預測下一個字詞。就一個字詞而已，transformer看的就只有這麼遠。「學習如何依序產生序列，其實正是被逼著學會極其複雜的行為，」團隊成員艾丹·戈麥斯（Aidan Gomez）說。「而這就產出世上最美麗的東西之一。」很快，transformer模型就證明自己能夠「理解人類的文化、人類的語言，以及人類之間的互動」。

瓊斯注意到，如果transformer永遠只交出最適當的答案，行文可能變得有點呆板。因此，如同人們寫作的時候會參考同義詞典，他也給transformer設計了一個「束搜尋」（beam search）功能，讓它可以從幾個候選字詞裡面挑一個。「如果你先選排名第一的字詞，然後選排名第二的字詞，再選排名第三的字詞，接著再次選擇排名第一的字詞，這樣得到的結果會比永遠只選擇排名第一的字詞更好，」他告訴我。「要設計這種機制根本是場噩夢，然而一旦做到，**那**就是我們首次取得最優秀成果的時刻。」

為了更能理解transformer的運作，瓊斯還用程式寫了一套視覺化工具，以不同粗細的線條來呈現字詞之間統計關係的強度。他餵給transformer一對出名的英文難句。第一句是：The animal didn't cross the street because it was too tired.（這隻動物沒有過馬路，是因為它／牠太累了。）第二句是：The animal didn't cross the street because it was too wide.（這隻動物沒有過馬路，是因為它／牠太寬了。）要能正確解開這兩個句子，transformer必須知道tired（累）只能描述動物，而

wide（寬）只能描述馬路。出乎瓊斯的意料，視覺化工具準確呈現出這種關係。「這是計算語言學最古老的問題之一，而且我們本來還不是打算要解決這個問題！」他說：「但問題就這樣解決掉了。」

語言有許多類似這樣深層的隱含結構，有些結構甚至連語言學家也還沒發現。戈麥斯說：「這個模型學到的不只是形容詞和名詞之間的關係，它還學到一些遠遠更為複雜的內容，甚至我們或許都還無法訴諸語言來描述。」舉例來說，英語母語者會自然而然遵循一套順序來放置形容詞，他們知道，如果想表達「一棵加拿大的老楓樹」，英文的語序應該是an old Canadian maple tree，不是a maple Canadian old tree。直到transformer問世，才第一次有軟體得以捕捉到這種語言上的直覺反應。

如果說AlexNet像是史上第一架飛機，勉強證明飛行的概念確實行得通，那麼transformer就像是噴射引擎。薩澤爾和烏斯克瑞特在一塊白板上共同合作，確保transformer的一切都必須能夠適應超大規模的架構、大量的資料、大量的參數，以及大量的GPU叢集。隨著專案愈跑愈快，工作也愈來愈瘋狂；像是瓦希瓦尼就記得，有一次加班到深夜，由於睡眠不足，他彷彿在辦公室窗簾上看到了神經元。而薩澤爾談到自己在這個輝達平臺上的研究，則是興奮的雙眼睜大，身體前後搖晃，兩手在空中揮舞。「他們本來做這些晶片是要射擊怪物，但我們現在要用這些晶片來製作大腦！」他說。

到了最後階段，研究團隊進行「消融」（ablation）測試，刻意停用transformer部分程式碼，以了解這些程式碼對整體的影響。但他們卻得到意想不到的結果，transformer的核心功能反而因此運作得更好。薩澤爾把非核心的程式碼大量刪除，最後簡直是刪個精光。如果用最原始而精簡的形式來呈現transformer模型，程式碼只有短短二十

幾行。

但是看看transformer模型能做到多麼驚人的成就！研究團隊準備要發表他們驚天動地的論文時，也試著把各種音樂與視覺藝術的檔案庫餵進transformer。結果transformer除了能夠準確預測句子裡下一個最有可能出現的字詞，同樣能夠預測交響樂裡下一個最有可能出現的音符，以及藝術作品裡下一個最有可能出現的像素。很快，transformer便開始譜寫音樂、繪製出能夠得到認可的藝術作品。這套模型所做的，不過是任何人能想到最簡單的事：**一次邁出一步就好**；但是這個巧妙簡練的架構，彷彿成為AI的萬能鑰匙。2017年，研究團隊在《神經資訊處理系統》期刊（*Neural Information Processing Systems*）上發表研究結果；當初AlexNet的研究結果也正是在這個期刊上刊出。論文畢竟得取個標題，瓊斯從披頭四（The Beatles）的歌曲當中得到靈感，建議取名為「注意力就是你的全部所需」（Attention Is All You Need）。這本來只是在臨場搞笑，他覺得團隊哪有可能真的幫文章取這個標題。但後來，他會看到甚至有人把這句話變成手臂上的刺青。

2017年7月，在成果發表不久之前，薩澤爾和團隊成員盧卡斯·凱瑟（Lukasz Kaiser）做了一個實驗。他們不是請transformer翻譯既有的文本，而是請它先消化由幾百萬篇維基百科文章構成的語料庫，再根據這些內容產生新的文本。他們給transformer的提示文字很簡單，只有一項指令：寫一篇以Transformer為主題的文章。程式立刻給出長達上千字的描述，介紹日本新浪潮龐克樂團Transformer。這篇文章完完全全就是一場幻覺，因為根本就沒有這個樂團。然而，整篇文本的文字流暢、自信十足，甚至還附上捏造的注腳。戈麥斯覺得自己心裡想像的進步時程表徹底被推翻了。「某天晚上你上床睡覺的時候，模型連拼字都還有問題，」他說。「我們以為，再過幾十年，總有一天會

有個模型能寫出優美的英文，但這樣的模型突然就出現了！」

研發transformer的團隊希望Google把這項技術打造成提供給消費者的產品，但奇怪的是，管理階層就是看不到這項技術的價值。團隊成員認為，這是因為Google的搜尋服務穩居壟斷地位，公司因而變得臃腫、崇尚科層、不願意承擔風險。「他們就像是『嘿，我們可不能推出任何一個不適合放進搜尋框的玩意，』」波洛蘇欽說。「在十五年前，我們大概會推出某個還太不行的產品，然後就疊代、學習、改進、改進、改進、改進，到最後產品就會變得真的很優秀。但在某個時間點之後，我們已經失去這種心態。」

打造transformer的研究人員開始叛逃到新創企業；到了2023年，transformer最初的八名研究人員已經全部離開Google。（薩澤爾後來和人共同創辦熱門的聊天機器人服務公司Character.AI，而Google在2024年又以收購企業的方式將他請回Google。背叛是有好處的。）最後一位離開Google的瓊斯，對前雇主仍然多有讚詞。他回想當時那些有個性的同事，每個人都有獨特的觀點與能力，大家就這樣圍繞著一個大有前途的主題，自然而然團結在一起。「有可能開發出這項產品的，只有Google，」他說。此言或許不虛，但Google沒有好好發揮transformer的功能，也就在市場上留下一個巨大的缺口，等待別人來填補。



在黃仁勳把DGX-1送到他們手裡之後，OpenAI的發展卻是跌跌撞撞。這間公司的第一項研究成果是一個「人造電玩玩家」，很會打即時戰略遊戲《Dota 2》。但公司裡有些人覺得，找來他們這些世界級

人才，難道就是為了做這種事？馬斯克對於OpenAI看來沒有明顯的進展並不開心，甚至開始想要挖角這些工程師加入自己的特斯拉公司。局勢醞釀到2018年2月爆發，董事會大吵一架，馬斯克被放逐到邊緣，改由Y Combinator的前負責人山姆·奧特曼掌權。馬斯克在和OpenAI開的最後一次會議上告訴員工，他將會辭職，回到特斯拉做自己的AI研究。「一位年輕的研究人員質疑馬斯克的決定，認為這會加劇AI的軍備競賽，馬斯克罵這位研究人員是『混蛋』，接著就怒氣衝衝走出大樓，」《華爾街日報》（*The Wall Street Journal*）如此報導。

伊利亞·蘇茨克維留下來了。這位AlexNet的共同創作者繼續發表各項重要的研究成果，和自己當初的導師傑佛瑞·辛頓並駕齊驅，成為這個領域中獲得引用最多的學者之一。蘇茨克維全心投入AI，並放下其他的一切，尤其他愈來愈不修邊幅：鬍鬚開始打結蓬亂，眉毛濃密欠修整，頭髮日益稀疏，只剩下一些零零落落的枯槁短髮在頭頂巴著不放。正如辛頓的觀察，蘇茨克維的強項在於能夠一看到某項好構想，就立刻轉向。

差不多在馬斯克大發雷霆的時候，蘇茨克維則是看到薩澤爾在某次研討會上展示的transformer，並立刻看出這套架構的潛力。他回到OpenAI的辦公室，建議同事立刻拋棄那什麼AI電玩高手，而是來打造一些能改變世界的東西。「真的就是隔天，無論是我或是我們，都清楚意識到transformer已經打破遞迴神經網路的局限，」蘇茨克維說。

「我們立刻改用transformer。」時任負責人奧特曼也對這項策略轉變表示贊成。

蘇茨克維想用transformer打造的理想產品，是能夠提供人類可讀懂的高品質文字，也能回答任何我們想像得到的問題。他看過薩澤爾和凱瑟用假的維基百科文章所做的概念驗證，覺得可以在這個基礎上

繼續發展。只要先用大量文本對這個模型進行「預訓練」（pretrain），接著就能讓模型生成自己的文本。結合目的、方法與架構之後，得到的結果就是「生成式預訓練Transformer」（Generative Pre-Trained Transformer，縮寫為GPT）。

GPT-1於2018年6月推出，而它學習閱讀所用的語料，來自約有七千本自費出版免費電子書的BookCorpus資料集，主要的書籍類型是科幻、浪漫與奇幻小說，其中很多都是《暮光之城》（*Twilight*）的仿作。這個第一代GPT既然讀的都是些三流的吸血鬼小說，程度之差不難想像，回答使用者問題的時候，滿口都是達達主義（Dadaist）式的胡言亂語。馬斯克對此嗤之以鼻，並且在GPT-1發表之後寄了一封令人相當不快的電子郵件給OpenAI，寫道：「據我評估，要是OpenAI不在執行與資源投入方面做出重大改變，想要在DeepMind／Google眼中還有點份量的機率，就是個0%。」

話雖如此，OpenAI至少能自由推出某個還不太行的產品；和Google不同的是，OpenAI甚至可以推出一些**糟糕透頂**的產品，再不斷改進、改進、改進。GPT-1的確超級糟，但也證明這類玩意確實可行。而正如蘇茨克維早在2012年就意識到，想讓系統表現更好的關鍵，就在於規模。

GPT-2在八個月後推出。既然讀完吸血鬼浪漫小說，這次訓練模型用的是大約八百萬個網頁（字數約達六十億字）的資料庫。於是他們得到的產品，生成的文本有些時候已經能和人類文本不分軒輊。像是要請GPT-2寫故事的時候，OpenAI研究人員使用以下提示：「在一項令人震驚的發現中，科學家發現一群獨角獸，生活在安地斯山脈（Andes Mountains）某個偏遠、杳無人跡的山谷。研究人員更意外的是，這群獨角獸居然能說一口完美的英語。」

GPT-2根據這項提示寫出的故事是：

科學家根據這群生物獨特的角，將它們命名為「奧維德的獨角獸」。在過去，科學界並不知道世界上有這些銀白色、四支角的獨角獸。

而如今經過將近兩個世紀，我們終於解開謎團，得知這個奇怪現象的起因。

GPT-2在寫作的時候，完全只用統計關係來猜測句子裡下一個字詞應該是什麼，結果寫出的文句就打敗過去所有的語言模型。蘇茨克維等人接著還把GPT-2推出舒適圈，問它一些當初訓練網頁裡並沒有直接解答的「零樣本」（zero-shot）問題。舉例來說，「《物種起源》（*The Origin of Species*）是誰寫的？」他們問。「查爾斯·達爾文（Charles Darwin），」GPT-2回答；答案正確。「英國最大的連鎖超市是哪家？」他們問。「特易購（Tesco），」它回答；答案正確。

「在原版《魔鬼終結者》（*Terminator*）當中飾演約翰·康納（John Connor）的人是誰？」他們問。「阿諾·史瓦辛格（Arnold Schwarzenegger），」它回答；答案錯誤，阿諾飾演的是那個機械人。「哪條河和羅馬城有關？」他們問。「臺伯河（Tiber），」它回答；答案正確。）

GPT-2不需要經過針對特定主題的特別訓練，就能回答新的問題，這可說是AI的「湧現」特性（emergence）的範例之一。隨著模型規模變大，就陸續出現這些意想不到的技能與行為，甚至研究人員也大感訝異。等到模型跨過這種湧現特性的門檻，包括設計者在內，已經沒有人能夠確定它的能力天花板何在。

當然，GPT-2還有諸多限制，像是很不懂得如何總結論點，就連從1數到10都可能出問題。話雖如此，蘇茨克維看到這些能力之後，還是開始思考，transformer會不會正是邁向「通用人工智慧」（AGI）的第一步。所謂AGI的其中一種定義，就是能夠完成任何「人類能夠完成的任務」。蘇茨克維後續又打造出許多更複雜的GPT版本，並且在過程中不斷回頭審視那些當初促使OpenAI成立的問題。要是某個AGI能夠**自行**進行AI研究，透過永無止境的意見回饋循環，提升自己的智慧，事情會變成什麼樣子？有沒有某個臨界點，正如伯斯特隆姆的預測，會讓AI在幾分鐘內從「有點聰明」變成「超級聰明」？這種事情發生的過程中，AI的人類操作員能夠有所警覺嗎？這個AGI又會讓人類活下去嗎？

在蘇茨克維看來，當前這個世代的神經網路架構還不會直接讓我們走向AGI。但下一次的突破會如何呢？不過是五年多一點的時間，他就已經見證AI完成兩次前所未有的飛躍。而他也覺得，在某個地方，也肯定有某些人正在研究**下一個**AlexNet、**下一個**transformer。接下來會發生什麼事？這個問題開始讓蘇茨克維感到擔憂，一旦跨越AGI的門檻，沒有人能確定事情會怎麼發展。

然而，這些擔憂並沒有對他的雄心壯志造成阻礙。當研究人員談論模型的規模，衡量標準是裡面有多少個別的權重、或者說是「參數」，這大概也就等同於生物大腦裡面的神經元突觸數量。GPT-1有大約一億個參數，大概等於昆蟲的大腦；GPT-2有十五億個參數，差不多是一隻小蜥蜴。至於他的下一個模型，蘇茨克維把目標放在一千億個參數，差不多來到嚙齒動物的等級。

要訓練這樣的神經結構，需要前所未有的運算能力。光是必須的電力成本，就能在電腦智慧應用發展史上名列前茅，但這也預示它未

來的成就。這時奧特曼身為OpenAI執行長，意識到他們不可能光靠著募集非營利捐款，來完成蘇茨克維的遠大目標，於是，他在2019年宣布成立一間「獲利有限」（capped-profit）的子公司，將投資人的投資報酬率限制在100倍。公司發布的新聞稿中指出：「建議把對OpenAI Global LLC的投資視為捐款，並且了解在進入後AGI世界之後，或許很難判定金錢會扮演什麼樣的角色。」

這間公司最大的初始「捐款人」是微軟，向OpenAI投資10億美元，也接受未來的報酬了不起就只有1,000億美元。（或許未來真的會走向一個超越金錢的世界，但在那之前，微軟肯定還是會繼續累積更多資金。）相較之下，克里澤夫斯基與蘇茨克維在七年前，只是掏出1,000美元買下兩張GeForce顯卡，現在得到的報酬已經高達百萬倍。不過，蘇茨克維並沒有因此感到滿足，畢竟人腦的神經元突觸大約有高達兩百兆個；而不管成果是不是AGI，OpenAI都打算要超越這個數字。輝達已經在組裝蘇茨克維要走向這個規模所需要的運算堆疊：這個解決方案整合一切、足足有倉庫大小。黃仁勳不再稱之為超級電腦或資料中心，而說這就是個「AI工廠」。

1 編注：autobot的意思是「自動機器人」，但在《變形金剛》（*Transformer*）系列電影中指的是較為正義的機器人團體「博派」，所以兩人打造的軟體才命名為transformer。

第16章

超大規模

黃仁勳此時唯一關心的重點就是要擴大規模。他並不覺得AI是什麼新興的機器超智慧，也不覺得AI能直接拿來和生物做類比。對他來說，AI就是個軟體，只不過是要用他公司賣的硬體來跑罷了。他在對全體公司員工演講時也都是這麼強調，於是輝達員工講到AI能做些什麼的時候，情緒興奮的程度其實低於外界的預期。

或許在黃仁勳看來，神經網路實在算不上什麼真正的成就；真正的成就，是他居然能把如此大量的運算能力都塞進那些資料中心。在2018年的輝達GTC大會上，黃仁勳指出輝達的GPU短短五年就把處理速度提高25倍，遠遠超越摩爾定律。他接著展示一張圖表，顯示AlexNet當初用輝達2012年的顯卡來跑，訓練時間花了一週；現在如果用輝達最新的DGX-2電腦系統來跑，訓練時間只需要十八分鐘。「現在出現一項新的定律，」他說：「也就是超加速定律。」

黃仁勳對資料中心也有自己的看法。在他看來，這些巨型電腦並不是把許多晶片集合在一起，而只是**單一個**晶片、作為單一的系統、要解決單一個問題。事實上，幾千個GPU在資料中心裡傳輸資料的時候，速度會快到讓整個網路連線反應不及。

為了解決這個問題，黃仁勳得去買點東西。當時全世界最快的網路連線標準是Infiniband，設計者是以色列的邁倫公司（Mellanox）。這間公司的創辦人艾亞爾·瓦德曼（Eyal Waldman）是一位連續創業家（serial entrepreneur），身材高大魁梧、口若懸河，而且和黃仁勳一

樣喜歡在狀況不明確的情況下就花大錢投資。他起初研發Infiniband是因為覺得超級運算有利可圖，但後來砸在研發的費用已經超出市場承諾的回報。這項技術和CUDA一樣，都是功能強大，但當下還沒有客戶懂得欣賞。

也正如黃仁勳所發現，這種「做好東西總會有人要」的態度，投資人並不喜歡。過度投資而讓產能過剩會導致獲利減少；一旦獲利減少，股價就跟著下跌；股價下跌會導致股東不滿；而當股東不滿，就像是在華爾街電影宇宙的天空出現蝙蝠燈的投影，馬上就會看到傑夫·史密斯現身，他正是那位曾經在2013年打算染指輝達的企業狙擊手。

2017年，史密斯的投資獲利在全球名列前茅，年化報酬率超過30%。隨著邁倫公司股價表現不佳，史密斯的星盤價值公司開始增加持股，很快就擁有十分之一股份。當初黃仁勳成功擋下史密斯，但瓦德曼就沒那麼幸運。星盤價值公司把對付連鎖餐廳橄欖園的那一套照表操課，準備一次選舉就要換掉邁倫公司現有的十一名董事。瓦德曼延後召開董事會，希望得到足夠的票數力挽狂瀾，而史密斯也同時在遊說邁倫的投資人，打算趕走瓦德曼。一場史詩般的委託書爭奪戰箭在弦上，但瓦德曼最後退了一步，讓出三席董事，在會議上和這群流氓隔桌相對，接著宣布自己將出售公司。

至少這個時機點抓得很不錯。隨著雲端運算在2010年代末期開始擴大規模，Infiniband也搭上這股風潮，開始為雲端運算提供服務。不管是電纜、交換器、路由器或網路晶片，如果此時的資料中心已經跑得像是一部藍寶堅尼，用的可不能還是慢吞吞的乙太網路標準。瓦德曼扛住脅迫，成功吸引七間不同的雲端供應商前來投標。2019年3月，輝達勝出，以70億美元的報價打敗英特爾雀屏中選。這場併購交易在

2020年完成，輝達多了3,000名新員工，邁倫公司也改名為以色列輝達（Nvidia Israel）。

這筆交易也意味著，輝達要把錢付給那位假朋友、真敵人史密斯，但黃仁勳毫不在意。他太想要取得這樣的資料傳輸技術，這能讓他的AI工廠從原本只像是單純的大腦，變得像是一個整合的神經系統；這兩家企業的整併真的是一加一大於二，實屬難得。史密斯賺到兩倍的錢，但接下來的發展顯示，黃仁勳從這場交易得益更多。董事會成員馬克·史蒂文斯表示：「這筆交易簡直大賺一票，是近期特別成功的一次企業併購。」而星盤價值公司在後來的一份公司文件中，對於黃仁勳這位他們曾經想要玩弄於股掌間的人物，也顯露出欽佩之情。文件裡很簡單的寫道：「黃仁勳確實在這個領域具有遠見。」



繼收購邁倫公司之後，黃仁勳決定碰碰運氣，在2020年9月出價400億美元，希望收購英國晶片設計公司ARM。這是半導體領域史上規模最大的併購案，然而，事實也證明，這筆交易的規模還是太大。美國當局判斷這樣的交易不利於創新，因此在2021年出手阻擋。黃仁勳並不想和聯邦政府對抗，於是很快打消念頭。（中國與英國當局對此也有相當疑慮。當時，英特爾和輝達爭搶資料中心市場的競爭，正進入白熱化階段，AMD也虎視眈眈。要是允許其中任何一間企業和ARM進行垂直整合，可能會讓另外兩間企業變得無力對抗。）

輝達在市場上的地位讓他們能夠抬高定價，因此生產AI晶片的毛利率可能超過90%。各方看到這麼高的毛利率，就像是鯊魚嗅到血腥般蜂湧而至。Google和特斯拉為了減少對輝達的依賴，都開始研發AI

訓練的硬體。許多新創企業也開始進入這個市場，其中之一就是Cerebras，推出的是等同餐盤大小的「巨型晶片」。Cerebras執行長安德魯·費德曼（Andrew Feldman）講到輝達時表示：「他們就是在勒索客戶，但沒有人會大聲說出來。」

觀察家有時候會懷疑，輝達的地位真的能像這樣長長久久嗎？AMD與英特爾都提出CUDA的開源替代方案，能讓客戶不再受到輝達不斷升級的硬體所綁架，得以省下幾十億美元。然而，AI研究者就是很少使用AMD或英特爾的產品。這究竟是為什麼？

這個問題我問過很多人，得到的答案也五花八門。一種常見的誤解是，在技術上很難離開CUDA。但這項操作其實很簡單；有時候，開發人員只要改幾行程式碼就能完成。另一種常見的誤解，則是覺得企業裡負責採購的人只想打安全牌。（產業分析師漢斯·摩西士曼就模仿一句過去人們談到IBM的老話，評論道：「沒有人會因為買輝達的產品而遭到開除。」）但等到我實際訪談一名硬體採購人員，他告訴我，他一直都在試用那些競品，十分渴望哪天會有同樣物美、但更為價廉的產品問世。「這玩意他X的太貴了，」他對輝達的運算堆疊給出這樣的評價。

輝達之所以成功，並不是因為產品的電路更優秀，反而是因為**軟體**更傑出。現在談到如何提升晶片效率，只剩下很小一部分用的是過去「在晶片裡塞進更多電晶體」的經典策略；顯然摩爾定律已成明日黃花。目前大部分的方式，則是來自比爾·達利、伊恩·巴克，以及其他輝達科學家的做法，採用一些數字上的魔法來加速矩陣乘法。輝達的工程師讓GPU學會一些新的指令，就像是魔術方塊的速解手法。為了提升效能，他們把處理器的原生指令集換成簡化、但有效的資料類型，就像是從寫書法改用速記。他們也會剪除矩陣裡那些「死掉

的」突觸，基本上也就是刪除神經網路當中無用的資訊，效果很像是《王牌冤家》（*Eternal Sunshine of the Spotless Mind*）電影裡面那部消除記憶的機器。從2012到2022年間，輝達的單晶片AI推論效能加速了一千倍，遠遠超越摩爾定律預期的成果。然而其中，大概只有兩倍半的加速來自電晶體；剩下的四百倍多半都是出自輝達的數學工具。

「老實說，AMD能做的晶片並不輸我們，」輝達的硬體工程總監阿爾瓊·普拉布說：「但他們就是沒辦法把運算速度提高到跟我們一樣快。」

除了這個強大的引擎，輝達還為專業程式設計師打造出各種適用於特定領域的工具。像是汽車研究用的Drive、藥物探索用的BioNeMo、醫學影像用的Clara、網路安全用的Morpheus，甚至還有Highlights，是用來擷取在《要塞英雄》（*Fortnite*）遊戲當中致命一擊的畫面。到了2020年代，輝達提供高達近三百款像這樣的專門工具組，領域涵蓋遊戲、動畫、行星科學、氣候學、數學、物理、金融、生物化學、量子運算等。這些軟體工具完全免費、人人皆可使用、無須付費取得授權，黃仁勳把這些工具送到科學家手中，簡直像是阿嬤在勸乖孫多吃一點。他把這些工具組稱為他的「寶藏」（treasures）。

當然，黃仁勳可不是在做什麼善事。放長線釣大魚，就是要用免費軟體綁住研究者，讓他們跳不出輝達的硬體升級週期。2024年初，加州理工學院資料中心的一位管理員就告訴我，學校要等H100晶片到貨，得等上將近十八個月。他曾鼓勵學校教授找其他供應商，但發現願意這麼做的人很少。「他們寧可等這些硬體，也不想放棄CUDA，」他說。真正讓對手難以和輝達競爭的原因，並不是硬體、而是那些**程式碼**。新創企業或許能設計出新款晶片，但光是這樣還不

夠：輝達軟體工程主管德懷特·迪爾克斯的手下，可有著高達萬名的程式設計師。「很多人就是不懂，我們其實是軟體公司，」迪爾克斯說。

迪爾克斯和黃仁勳一樣，總是緊迫盯人，讓團隊永遠處於緊張狀態，不斷推出最新的必備功能。在他手下工作很辛苦，待過輝達的程式設計師經常說，職業倦怠是他們離職的原因。迪爾克斯穿著格紋襯衫和牛仔褲在兩棟太空船總部裡走來走去，看起來就像是被幽浮綁架的農場主，但他這身不搭調的外型，讓人看不出來他對截止日期的堅持。輝達的軟體產品不見得總是美觀或容易上手，有些介面還停留在十年前的風格。但迪爾克斯並不注重外表；他唯一在意的事，就是追求第一。每次出現哪個看來大有可為的新科學領域，他都能立刻現身，提供各種雖然外型欠佳、但就是實用的最新工具。對手可能稍後抵達戰場，帶來更簡練、運作成本也更低的产品，但為時已晚，產業標準已然定案。所以比爾·達利告訴我，他並不擔心這場開源競爭。

「畢竟我們可是把油門踩到底！」他說。「始終領先他們好幾個世代。」



輝達並沒有製造廠房，員工也都習慣遠端工作，所以在新冠疫情期間，營運幾乎不受影響。話雖如此，事情還是變得沒那麼好玩：三樓的酒吧不開門，GTC大會只能線上舉辦，黃仁勳也得跟大家一樣關在房子裡。2020年7月，輝達的市值終於超車英特爾，但黃仁勳沒辦法舉辦實體慶祝大會，甚至在家人面前也不能太得意，畢竟小弟仁哲還在英特爾。結果，黃仁勳就只是帶了他的兩隻狗去散步。或許牠們也

憑直覺感受到主人的這份成就？這點他實在也說不準。

很快的，輝達的市值也超越AMD。黃仁勳坐困家中，但手上管理的已經是全球市值最高的半導體公司，他愈來愈擔心自己無法掌握第一線的狀況。輝達的規模已經超出黃仁勳能夠**全面**掌控的範圍，但是把事情分派下去處理並不是他的風格。要想維持公司上下一心，他就得和第一線的員工交流暢通。

差不多在2020年，黃仁勳開始要求公司每位員工每週交出一份清單，列出自己手上最重要的五項工作。自此，他每週五都會收到兩萬封電子郵件。這些郵件的內容力求簡潔，而黃仁勳會隨機抽樣、看到半夜。相對的，他也會每天寫幾百封電子郵件和員工溝通，通常就是短短幾個字。（有位高階主管說他像在寫俳句，而另一位則說是像綁匪在討要贖金。）黃仁勳回信的速度超乎常人。「你半夜2:00寫信給他，2:05就會收到回信；」達利說：「早上6:00再寫信給他，6:05他又回了。」

經由這些電子郵件，和transformer有關的騷動也傳到黃仁勳耳中。據說OpenAI正在用微軟的Azure伺服器跑一項工作，占用一千個GPU長達一個月，費用高達500萬美元。那是一種新的語言模型，比起過去最大的語言模型還要大了差不多一百倍，於是有了「大型」語言模型之稱。

黃仁勳意識到，他需要特別為transformer研發一套新的工具組。他通知貝斯·亞茲，立刻把手上的遞迴神經網路（RNN）編譯器丟到資源回收桶，開始研發transformer的編譯器。亞茲很樂意照辦：他早就覺得，遞迴神經網路的長期／短期記憶結構把事情搞得太複雜，並沒有意義。「RNN不但程式非常難寫，編譯的難度還更高，」他說。

「不論從哪個方面來看，transformer更都為適切。」

甚至在這次調整工作之前，亞茲就已經在輝達看過各種難以想像的驚人景象。早在向大眾公開資訊的幾個月、甚至是幾年之前，輝達內部就能取得各種最尖端產品的試用或演示。像是亞茲有一次參觀動作轉移（motion-transfer）功能的演示，就讓他目瞪口呆：AI即時編輯電影《不可能的任務》（*Mission Impossible*）當中的片段，把湯姆·克魯斯（Tom Cruise）的臉換成當時房間裡另一個人的臉。「在我看來……當然我不是影像專家啦，但那在我看來就只能說是**完美**，」亞茲說。「我完全看不出來那是假的。」

輝達喜歡搞盛大登場那一套。在2019年，奮進號總部寬敞空曠的樓板中央突然出現一根巨大黑柱，亞茲把它稱為「方尖碑」。方尖碑搭載終端機，運作的是圖像製作AI系統PicassoGAN，它透過兩個神經網路相互對抗來產生圖像。這臺機器的反應速度讓亞茲為之驚嘆；只要是你能想得到的東西，PicassoGAN都畫得出來。「你輸入提示：幫我畫出一個人在風景裡，要有一條河、幾棵樹、幾隻鳥，背景還有一座小房子，」亞茲說。「**咻**的一下，它就畫好了。」

包括亞茲在內，輝達所有員工都簽了保密協議，不得向外界透露半點關於這些科技的事。這種讓人沮喪的事在矽谷很常見，技術員工簽過保密協議之後，雖然眼前看到的事簡直有如奇蹟，卻不能和其他人討論。AI的發展，本來是靠著開放的學術合作精神，但到了2018年前後，創新就多半來自那些諱莫如深的研發部門。於是，開始出現一些神神祕祕的推特帳號，放出讓人心癢的風聲，暗示有什麼重大奇蹟即將降臨。「我看到的一些事，會讓我覺得『哇塞，真不敢相信在我們這個時代就做得得到，』」亞茲說。「明明事情已經發生，但大眾還是毫不知情、渾然未覺。」

但亞茲看到的那些，其實都還算不上什麼。

第17章

錢

2020年，OpenAI發布GPT-3，訓練過程用的文本資料超過1TB，相當於一千億個字。這些訓練資料的細節少有人知，一切隱藏在令人望而生畏的保密協議叢林之中；後來的分析則顯示，OpenAI對於「合理使用」（fair use）原則的解讀極為寬鬆，不但把整個英文維基百科全部納為己用，就連那些有版權保護的網路連結也沒放過，包括像是《紐約時報》的檔案庫，時間上溯至1851年。這時候的訓練資料集除了吸收那些自費出版的吸血鬼浪漫小說，還有另外一些神神祕祕的文本，標記為Books2。許多人猜測Books2是取自地下電子書資源集LibGen，裡面有大約四百萬本遭破解的電子書，多年來以點對點的形式在共享網站上流傳。〔許多暢銷作家後來發現，GPT輸出的內容和自己的作品太過相似，因而將OpenAI告上法庭，包括強納森·法蘭岑（Jonathan Franzen）、約翰·葛里遜（John Grisham）、茱迪·皮考特（Jodi Picoult）、喬治·馬汀（George R. R. Martin），以及《時代》雜誌（*Times*）。〕接著，OpenAI再以人工做一些「微調」，修改掉某些比較令人反感的內容。

GPT-3有許多項湧現的能力，讓科技專家為之驚嘆，包括能夠解開邏輯問題，也能編寫出實際可以運作的程式碼。話雖如此，GPT-3並未立刻掀起熱潮，大眾多半未有所覺。要到2022年底，蘇茨克維團隊發布ChatGPT，也就是運用最新OpenAI模型和人互動的聊天機器人，世界才終於看見這項技術。關於這些模型的內部運作，各項細節

都屬於保密資訊；此時，微軟已經向OpenAI的獲利有限子公司投下至少上百億美元，而且並不願意將專有的資料分享給競爭對手。能夠透露的部分是，ChatGPT特別針對「和人類對話」的功能做調整，使用的訓練資料除了網路文本，更包括YouTube影片的逐字稿，以及經過授權的第三方資料。保守估計，背後的模型至少有一兆個參數。如果以突觸數量來計算，這已經接近貓的大腦。

ChatGPT在2022年11月30日開放測試版，沒有做行銷、也沒有訂閱方案。這個走向征服世界的入口，就只是一個極為樸素、灰階背景的網站，有個游標在那裡閃爍，等待使用者輸入任何指令。而且，真的是**任何**指令。ChatGPT甚至還會寫詩！而且這裡講的可不只是粗俗整腳的歪詩，就連技法講究的十四行詩、幽默俏皮的五行打油詩、結構精緻的六節詩，也都難不倒它。它能夠寫劇本、寫論說文，也能寫出實際可用的電腦程式碼。它能夠寫短篇故事、寫讀者投書，甚至也能提供良好的育兒建議。五天內，註冊試用的人數就超過百萬人。到了2023年1月，ChatGPT的每月活躍用戶人數已經來到一億人。2023年3月，OpenAI透過這個入口網站發布GPT-4。為了量化判斷這項科技之作的智力到底多高，OpenAI讓這套模型做了一系列的學術測驗。結果GPT-4通過律師資格考試；在大學先修課程（AP）考試的藝術史、美國歷史、美國政府、生物學與統計學科目都得到滿分5分；在研究生入學考試（GRE）的語文項目得分位居前1%；侍酒師入門考試得分則位居前8%。研究人員為這個神經網路加上一個視覺辨識層之後，發現GPT-4不但能夠完美描述各種圖像，還能看懂複雜的視覺笑話。例如有一次，研究人員餵給GPT-4的圖像中，有一條1990年代笨重的電腦用線連到一臺iPhone，接著研究人員請GPT-4解釋它看到了什麼。這個模型的回應是：「這張圖片的幽默在於一種荒謬感：把一個大型、過

時的VGA連接頭，插進一個小型、現代的智慧型手機充電埠。」後來，一位社群媒體用戶也示範GPT-4能根據餐巾紙上的草圖就架起網站。

大約在這個時候，我開始擔心自己工作不保。我曾經請ChatGPT讓我落淚；結果它就講了一對鳴禽的故事，其中一隻不幸撞上玻璃窗死亡之後，另一隻不離不棄守著牠們的空巢。我也曾經請ChatGPT讓我發笑；結果它就請我想像隔壁車有個男人在大挖鼻孔的樣貌。然而，我並沒有用ChatGPT來寫這本書，我實在不敢。

全世界各地的使用者，很多都有類似的經驗。學生意識到可以用ChatGPT來寫作文之後，回家作業就再也不是問題了。律師用它來做案件摘要；求職者用它來寫求職信；連我父親都用它來投書鎮議會，要求安裝交通標誌。這一切宛如魔法，真的太神奇。「這種初體驗讓人著迷，」伊爾亞·蘇茨克維說。「第一次用ChatGPT的時候，我會說那堪稱是靈性體驗。你會覺得『天哪，這臺電腦好像真的懂耶。』」



OpenAI投下超過1億美元來訓練GPT-4，而大部分的錢都透過微軟流向輝達。先前的GPT-3基本上就是單一巨大的神經網路，但GPT-4則採用「專家混合」模型，也就是有許多子神經網路，各自負責不同的任務。其中一位「專家」的重點可能在於安全議題，會阻止使用者詢問GPT-4如何製造炸彈、如何處理屍體等；另一位專家的重點是編寫電腦程式碼；第三位則是特別著重情感效價（emotional valence）。

（OpenAI拒絕對GPT-4的內部設計發表評論。）

GPT-4提取知識時的「推論」過程，所需成本並不便宜，比起當初訓練的成本常常只省下不到一半，而且只要使用者不斷提問，這項成本就會持續產生。雖然各方估計的金額高低不同，但一項有理有據的分析認為，這種推論的成本約在每個英文單字0.25美分。以這種價碼算來，要GPT-4寫一篇五千個英文單字的大學學期報告，大約需要10美元；比起找個還沒工作的研究生當槍手，實在便宜不少，而且肯定是比自己來寫容易得多。為了支付推論的成本，OpenAI開始向GPT-4使用者收取每月20美元的訂閱費。時至2023年3月，訂閱人數已經接近兩百萬人。

transformer架構和超大規模平行運算相輔相成，就迎來AI服務的寒武紀大爆發。微軟推出Copilot服務，能夠協助編寫電腦程式碼，已經成為程式設計師不可或缺的工具。（這項服務實在太成功，讓黃仁勳預測人類很快就不用再編寫程式碼，只要用自然語言描述即可。他說：「未來的程式語言，就是人類語言。」）DeepMind則推出AlphaFold2服務，能夠以一維的胺基酸序列來預測蛋白質的三維結構。有了這樣的工具，「可程式化生物學」的時代也愈來愈近；到時候，RNA的四個鹼基就能像是電腦二進位的0與1一樣進行操作。市面上也出現大量「生成式」AI產品，能夠聽從人類指令合成各種內容，使得創意產業產生翻天覆地的改變。不論是OpenAI的DALL-E，又或是競爭對手的Midjourney與Stable Diffusion，都能依據任何敘述，在一、兩分鐘之內以指定藝術家的風格畫出畫作。新創企業Udio與Suno也都研發出音樂生成應用程式，能夠生成任何音樂流派的歌曲。而Jasper則只需要短短幾秒，就能設計出有效的行銷活動。OpenAI也在2024年推出Sora，號稱能根據任何描述，即時創作成影片。

雖然這些消費者導向的產品很吸睛，但是在許多更懂AI的人眼

中，真正的進步在於那些「一般看不見的」產品線。像是把AI應用到各種產業當中，就能提高電網效率、加速航班調度、改善貨物交付速度，以及無數其他積沙成塔的進步。每項改進都會一一融入後端的基礎建設，雖然出了專家的圈子就很少人會注意到，但結合起來，就能讓全球生產力大規模持續提升。

另一個有所進展的領域，或許也是最後一個由人類來探索的領域，就是要用AI來加速AI的發展。就在2022年，DeepMind推出用來加速矩陣乘法的神經網路。兩年後，輝達推出一套軟體套件，能使用生成式AI來設計矽晶片上的電路。像這樣的自我增強，現在還在人類的掌控之中，至少目前還是如此。

然而，也開始有人不當濫用AI。例如令人毛骨悚然的AI語音複製（voice-cloning）技術，被用來譏諷唐納·川普與喬·拜登（Joe Biden），模擬兩人在射擊遊戲《鬥陣特攻》（Overwatch）裡面同隊互嘴的模樣。社群媒體上開始充斥著演算法生成的怪誕內容。美國中學也流傳著假冒女學生的「深偽」（deep-fake）色情內容。電話傳銷開始用語音複製來騷擾大眾；也有詐騙集團假冒家人被綁，以此勒索贖金。香港警方表示，曾有建設公司財務人員應電話會議上同事的要求，轉出2,500萬美元公司資金，後來才發現自己上了深偽複製技術的當。而在科技專家看來，要解決這些問題，唯一的辦法是應用更多AI技術。

各大科技公司紛紛調整定位，將業務線轉向AI。無論微軟、Meta、特斯拉或Google，都宣布將投入幾十億美元。汽車製造商表示將推出自駕車；國防工業也表示將研發自主武器（autonomous weapon）。在2023年，AI新創企業募得的資金累計高達500億美元，這些錢流向醫藥、教育、商業平臺以及機器人新創企業。股市預期產

業生產力將出現前所未有的提升，因而大幅上漲。各大獎項的委員會，也開始將獎項頒發給幾位AI先驅。例如DeepMind的德米斯·哈薩比斯，就因為蛋白質折疊的研究而獲得2024年諾貝爾化學獎。傑佛瑞·辛頓也得到2024年諾貝爾物理學獎。¹同年，黃仁勳獲選美國國家工程學院（National Academy of Engineering）院士，許多人認為這是個遲來的榮耀。

而這一切，不論是所有資金、人才與創新，都必然需要經由一間企業才能產生作用：一切都必須透過輝達。



在海明威的《太陽依舊升起》（*The Sun Also Rises*）裡，身無分文且醉醺醺的退伍軍人麥克·坎貝爾（Mike Campbell）被問到他是怎麼破產的。「分兩階段，」他回答：「先是慢慢的，然後是突然的。」同一句話，也能用來描述黃仁勳如何致富。二十年投資的逐漸累積，現在帶來無比豐厚的紅利。

黃仁勳在2023年初向投資人宣布，全美百大企業中有五十家都買了輝達的GPU超級運算叢集。他接著說，至於另外五十家，則是透過雲端租用輝達的基礎設備。他表示，在2023年，輝達資料中心的營收首次超過遊戲硬體的營收，而且預計隔年將會再次翻倍。輝達此時在AI晶片的市占率將近九成，一躍成為華爾街關注的熱門焦點，CNBC甚至為輝達的季度財報日準備倒數計時。而這一次，十分難得的是，眾人的期望竟然還跑輸現實。2023年5月25日納斯達克開盤，輝達的市值就爆漲大約2,000億美元。當日收盤，輝達已經成為全球市值第六大的公司，超越沃爾瑪（Walmart）與埃克森美孚（ExxonMobil）的市值。

總和。一位華爾街分析師表示：「AI領域的戰爭開打，而輝達是唯一的軍火商。」

十年前，黃仁勳還得拜託富達投資幫忙保住他的工作。而現在，六十歲的他成為全球最知名的壟斷者。在臺灣，他去過的麵館會在菜單放上他的照片；他代表性的皮衣裝扮也登上《時代》雜誌的時尚版面。除了在洛杉磯與茂伊島的房產，他現在還透過一間空殼公司，在舊金山黃金海岸（Gold Coast，這裡可說是億萬美元富豪的安全堡壘）擁有一處價值3,800萬美元的豪宅，不但有七個臥室，還有藏書房、健身房與電影室，是舊金山數一數二昂貴的宅第。在賈伯斯、貝佐斯（Jeff Bezos）、蓋茲與祖克柏（Mark Zuckerberg）這些人組成的神聖名單當中，現在也可以再加上一個黃仁勳。

輝達的晶片實在太珍貴搶手，除了能用來抵押貸款，也能讓位高權重的人卑躬屈膝。2023年底，黃仁勳來到帕羅奧圖的Nobu餐廳，和馬斯克與甲骨文的共同創辦人賴瑞·艾利森共享壽司美饌。艾利森與馬斯克兩人的資產淨值合計超過3,000億美元，但在這個超脫凡世的三人組合當中，顯然黃仁勳才是老大；吃整頓飯的過程中，都是另外兩人在懇求黃仁勳提供更多AI晶片。「馬斯克和我就是在乞討，我想這樣的說法再精準不過了，」艾利森回憶道。「一個小時，我們就在吃壽司，還有乞討。」

輝達股價一路長紅，也讓忠誠者為之暴富。田屈·卡克斯與馬克·史蒂文斯兩人從1993年起就一直擔任董事，幫助黃仁勳走過那幾年慘淡，更在星盤價值公司試圖奪權的時候起身維護他。時至2024年，他們各自持有的輝達股票價值都超過20億美元。卡克斯投資的企業高達數百家；我問他，輝達是不是他最划算的投資？他看著我，好像我剛問的是他聽過最蠢的問題。「呃，對啊，」他說。（我後來才

意識到，從創辦時期就持有現在全球市值最高的公司的股份，世界上哪還可能有更好的投資？)

長期擔任董事會成員的哈維·瓊斯 (Harvey Jones) 持有的股份大約價值6億美元。輝達審計委員會主席布魯克·西威爾 (Brooke Seawell) 的輝達股份約值4億美元。黃仁勳的第一位律師吉姆·蓋瑟在1998年才加入董事會，因此持有的股份價值僅3億美元。輝達財務長蔻萊特·柯蕾絲 (Colette Kress) 的股份約值5億美元；輝達總法律顧問提姆·提特 (Tim Teter) 的股份約值3億美元；輝達的營運魔法師黛博拉·蕭奎斯特的股份價值則超過2億美元。由於輝達採用去中心化的管理結構，像是德懷特·迪爾克斯與比爾·達利這種公司裡的大前輩，並不列入管理高層，因而不需要揭露手中持股，但我可以感覺得到，他們過得還不差。大衛·科克在1997年就得到黃仁勳提供一份極度慷慨的股權獎勵方案，他已經在2018年退休，但向我表示他手上還留著部分持股。「我擁有的錢比我想像的多太多了，」他說。輝達財富最不透明的，要屬共同創辦人克里斯·馬拉考斯基；我發現他的名字甚至沒列上《富比士》雜誌 (*Forbes*) 的億萬富豪榜。他最後一次被要求揭露財務資訊得回溯到2001年，那時他持有輝達大約5%的股份，如果放到現在，價值超過千億美元。雖然之後歷經種種變化，但是我在2023年年中問他是否已經把股份都變現，他的回答是「沒賣多少」。

輝達一如許多公司，允許員工以低於市價的價格購買公司股票。而輝達的員工方案有一項特殊之處：員工能夠以「過去兩年內最低點」的折扣價購買輝達的股票。儘管設有金額上限，但隨著輝達股價直線上升，這簡直像是現金大放送，那些每年都買到上限的人，可說是做了這輩子最划算的交易。這筆意外之財，連中階管理人員也雨露

均霑，有些新進員工就很擔心，老員工一夕暴富，是不是會出現「半退休」的心態。然而，高層並不這麼認為。負責公司遊戲業務的傑夫·費雪，是輝達最早的三十名員工之一。「在錢這一塊，我們很多人都可以算是在做志工了，」他說：「但我們相信輝達的使命。」

能夠研發這種革命性的技術，讓人感受到的意義絕非金錢所能比擬。特別是公司裡的那些元老，多年來一直得向疑惑的同儕解釋，自己為什麼要在遊戲公司上班，還得不斷糾正別人念錯自家公司名稱的發音。這些資深員工本來也沒想過AI的事，對於自己目前在做和AI有關的工作，同樣是大出意外。輝達的銷售主管傑伊·普利（Jay Puri）在2005年加入輝達，他說：「不論是我、或是任何人，當時都無法想像，這些科幻小說作家才想得出的玩意，居然會成為現實。」普利持有的輝達股份在2024年價值將超過5億美元，但他覺得，自己在輝達的有趣工作才剛開始。他說：「或許是我的偏見，但我認為，輝達確實是這個時代最重要的科技公司。」

1 作者注：辛頓獲獎的理由和他在反向傳播或AlexNet的研究並沒有直接相關，而是在於他早期研究如何以統計物理學方法來分析資料數據。雖然辛頓在科學上的貢獻有目共睹，但仍有學者質疑這一切和物理學本身的連結太過牽強。

第18章

太空船

2023年底，我首次造訪輝達總部辦公室，園區裡面比較大的那個三角形「旅行者號」現已開放。這裡棒透了：辦公空間約有2萬1,000坪，寬敞無際、自然採光，中央聳立一座三層樓高、消光黑的「山」。拾級而上，會連續經過一道道垂直綠牆，層層疊疊種著景天、常春藤與蕨類植物，綠意濃淡、起伏跌宕。登頂後，眼前是一座背光照明的大理石吧臺，前有由天然木材搭建的開放式涼亭。手持飲品漫步至「山邊」，便可俯瞰幾千個露天工作隔間，間或點綴高達數十公尺的潔白立柱，撐起上方遼闊的天頂。

這棟建築內部完美潔淨；我彷彿置身解謎遊戲《傳送門》（*Portal*）的實驗室環境，真想朝那些高大的白牆發射傳送槍。而我後來才知道，輝達還真的會以攝影機與AI技術追蹤整棟大樓裡的員工。要是員工在某張會議桌上用餐，AI會在一小時後派出清潔工來打掃。這裡的清潔工還是人類，至少目前如此。

我實在很難相信，員工在這座全景監獄工作竟然那麼興奮。黃仁勳當時正在總部，每次經過都在辦公隔間引起一陣騷動。他十分引人注目，身型比我想像的來得小，在這一片廣闊的白色場景獨自身著黑衣，沒有隨從，只有他自己。大家講到他的時候不用加上任何頭銜、姓氏或描述，就只需要簡簡單單一個字Jensen（黃仁勳的英文名字「詹森」）。公司的Slack頻道甚至自訂了一套黃仁勳表情符號，用來回應各種正面新聞。例如，在我造訪後不久，輝達的市值就突破3兆美

元，成為全球市值最高的公司。

輝達員工悠然漫步在這兩棟成雙的太空船總部當中，彷彿散發出一種神聖的光芒。這些人真誠、興奮、帶點書呆子氣、毫不矯揉造作，但英語水準有時候不太穩定。我在自助餐廳遇到一位基層員工，剛進輝達兩個月，她二十五歲，才在中國讀完資工碩士來到美國。

「我每天起床，想到要上班都好高興，」她說。她指著旅行者號的內部裝潢，嬌小的個子，背著輝達發給新進員工的背包。「你看這個地方，每個人都那麼聰明。我不敢相信自己真的身在**其中**！」

我在輝達唯一看到似乎沒那麼開心的人，就是品管技師，那些人像矮人一樣，工作地點是在山的**裡面**。這些年輕人面無血色，戴著耳塞、穿著T恤，困在沒有窗戶的實驗室，身邊只有一堆工業金屬機架，工作內容就是不斷將輝達的晶片逼向崩潰的邊緣。風扇每時每刻發出令人難以忍受的刺耳高頻噪音，以冷卻過熱的平行電路。也正是在這些平行電路上，輝達為這個世界建構出一個平行現實。



輝達的顯卡從2018年開始提供光跡追蹤（ray-tracing）的功能，簡稱「光追」，能夠模擬光線如何從物體反射，讓影像效果更逼真。多年來，光追一直是電腦繪圖領域萬人追尋的聖杯，如今技術已然成熟，能夠做到物件的即時算繪。在輝達的高階主管室裡，毛玻璃圍起一塊三角形，產品示範專家向我展示用3D立體成像做出一間光潔明淨的日式拉麵店。金屬櫃臺反射著光線，冒泡的高湯鍋上熱氣蒸騰。在我看來，沒有半點地方讓我覺得眼前所見並非真實。

這位專家再向我介紹「黛安」（Diane），這是一個超級真實、能

講五種語言的數位化身。強大的生成式AI參考了幾百萬部真人影片，才創造出這個複合實體模型。黛安雖然美麗動人，但真正吸引我的卻是她那些小小的不完美：鼻子上有些黑頭粉刺，上唇也還有點小鬍子。要說從哪裡還看得出來黛安不是真人，就只有她的眼白帶著一種奇特的光亮。「我們正在解決這個問題，」那位產品專家這麼說。

黃仁勳的未來願景，是要將輝達的電腦繪圖研究與生成式AI研究結合。在他看來，影像生成AI很快就能發展得夠先進，得以算繪出可居住的3D世界，並且在其中創建出栩栩如生的人物角色。與此同時，語言處理AI也會變得能夠即時處理、詮釋語音指令。一旦結合這些技術，使用者只要下幾個簡單的語音指令，就能創造出整個宇宙。

產品示範結束的時候，我感到一陣頭暈目眩。我想到科幻小說，也想到《創世記》（*Book of Genesis*）。我坐在一張有收邊的三角形沙發上，努力想像我的女兒會活在怎樣的未來裡。這些人正在打造電腦科學的曼哈頓計畫（Manhattan Project），但是當我詢問輝達的高階主管，釋放出這樣的力量是否明智的時候，他們看我的樣子，彷彿我問的是洗衣機到底實不實用。我問，會不會哪天有可能出現某個AI工具殺人的事？「呃，電力殺人的事情每年都有耶，」布萊恩·卡坦察羅說。我問他們，AI有沒有可能讓藝術從此消失？「它會讓藝術變得更好！」德懷特·迪爾克斯說，「讓你做得更得心應手。」我問，AI會不會在不久的將來發展出自我覺察？「如果要說是個生物，得要先有意識，還要有一些對自我的認知吧？」黃仁勳說。「所以答案是不會，我看不出來怎麼會發生這種事。」

我每次訪談黃仁勳，都會再次追問這個問題。而他每次都用不同的方式給我一樣的答案。我提出傑佛瑞·辛頓的憂慮。（辛頓在接受美國公共電視臺採訪時表示：「人類只是智慧演化過程的一個過渡階

段。」）黃仁勳嘲笑這種說法：「很多學者都搞不懂他為什麼這樣說。可能只是要讓人注意他的研究吧。」這句話讓我瞠目結舌。要說AI史上最具遠見的學者，除了辛頓別無他人，輝達現在如此大發利市，和辛頓在實驗室裡的成果直接相關，而黃仁勳也多次承認這項事實。辛頓不是那種在街上舉牌高呼陰謀論的人，他可是AI領域最偉大的思想家，繼承現代程式邏輯運算先驅喬治·布爾（George Boole）的精神。正是這樣的人在告訴世人，我們應該非常、非常擔心。

黃仁勳的態度是冷淡與不屑。「假設一下，你買了一個熱狗堡，然後機器推薦你加番茄醬與芥末醬，」黃仁勳說。「難道人類這樣就要滅亡了？」他說，社會很快就習慣有汽車、鬧鐘、手機，我們也會逐漸習慣有自動機器人來幫忙吸地毯。「機器人又不是要做什麼奇怪的事，」他說。「就像我說的，機器人就只是在處理資料數據而已。只要你懂它的運作，那種世界就一點也不奇怪。」但我還是繼續追問，最後也因此惹怒黃仁勳。「這個問題已經搞得我太煩了，」他回道：「這都只是在假想一些沒有證據的事情而已。」



黛安的算繪，用的是一種稱為「深度學習超高取樣」（deep learning super sampling，縮寫為DLSS）的技術，先用光追來照亮場景，再以神經網路畫出細節。在產品示範過程中，每八個像素只有一個是光追演算法的產物，其他七個都是AI推論產生的像素。

大衛·柯克原本以為，只要掌握光追，已經等於突破最後的疆界。只要能夠準確描繪光線在場景中的傳遞，一切就大功告成：現實與模擬的畫面都能壓縮在同一個影格之中。在電影裡，光追CGI（電

腦合成影像）和一般攝影機拍攝的畫面已經殊無二致。而且，現在的熱門大片也幾乎都離不開這項技術。「目前再去談銀幕上的事實與虛構，已經沒有意義了，」柯克說。「一切都是虛構。」

然而，卡坦察羅回到輝達管理深度學習應用之後，發現疆界之外還有疆界。這項新技術名為「神經繪圖」（neural graphics），拋開種種物理學的限制，直接用AI即時「繪製」現實的場景。神經繪圖不是用光學物理來再現現實場景，而是直接打破人類對光的感知。

卡坦察羅重返輝達的旅程有幾分坎坷。他直到四十歲左右，才終於接受自己同性戀的身分認同，和妻子分居，也被趕出摩門教唱詩班。他充滿個人風格的打扮、宗教上的思索、以及對文學與音樂的興趣，讓他在輝達還是與眾不同。他也並非真是什麼怪咖，畢竟如果在Google，人們會覺得他再正常不過。然而，輝達就不是個大家會想嘗試死藤水或多邊戀的地方。像是我訪談輝達員工長達數百小時，但是提到「火人祭」（Burning Man）的人，一個都沒有。

也只有卡坦察羅，願意談論自己正在研發的技術可能帶來怎樣的影響。瀏覽社群媒體的時候，我看到科幻小說家亞瑟·克拉克（Arthur C. Clarke）1964年接受BBC採訪的片段。早在他和人合著《二〇〇一：太空漫遊》（2001）的劇本之前，克拉克已經想過哪天機器的學習能力可能高過人類：

未來世界最聰明的居民不會是人類或猴子，而會是機器，也就是如今電腦的遠房後裔。目前的電子大腦還是徹底的白痴，但到了另一個世代，情況就將有所不同。它們會開始思考，最後在思考能力上完全超越它們的創造者。

這種事情該讓人覺得沮喪嗎？我並不作此想。智人取代

了克羅馬儂人與尼安德塔人，並認為自己是一種進步；而在我看來，如果我們能成為墊腳石，協助發展出更高層次的存在，這也該視為一種榮耀。目前這種有機、或者說是生物的演化或許即將結束，成為無機、或者說是機械演化的開端，而且演化速度將快上數千倍。

對於輝達的成就，或許這就是一種最樂觀的詮釋：不僅是商業或科技上的成功，而是打開一個新的演化階段。

我又一次訪談卡坦察羅的時候，給他看了克拉克那段影片，他很興奮，挺起身子，手指也再次開始梳起頭髮。「所以那些保守派的人覺得，普羅米修斯（Prometheus）活該被鎖在大石上、肝臟遭到啄食，因為他把火給了人類，而人類根本不配。」他說。「但進步派的人覺得，世界可以變得更好，應該變得更好，而且我們有責任讓它變得更好。我每次看到周遭人類面對的問題，都相信人類確實需要更高的智力。」

但我反駁道，話雖如此，高等智慧卻可能造成危險。人類這個物種，透過農業、畜牧、採礦與都市化，就改變了地球表面，減少、甚至消滅所有競爭物種，現在只剩下極少數受保護的棲地未被人類染指傷害。我問卡坦察羅，AI會不會對人類做出一樣的事？

「在我看來，我們太常陷入科幻小說的視角當中，」卡坦察羅說。他向後躺進椅子裡，讓我可以好好看到他毛衣前面繡著的那隻大大的貓頭鷹。「AI才沒興趣跟人類玩什麼零和遊戲，這個宇宙要做的事情還多著呢。舉例來說，要是AI想要建一個巨大的資料中心，才不會想放在人類居住的地方，反而會想挑選其他地點，或許是擺到地底下。你知道地底下的空間有多大嗎？」

卡坦察羅的話匣子打開了，我可以感覺到，他在工作上沒有多少機會可以分享這種觀點。「AI並不需要待在這個生物圈，甚至不需要待在地球上，因為AI的特性之一，就是能以光速傳播。而且你也知道，人類就得拖著個身體到處走。但AI只要在另一端也設置天線，就能透過無線電訊號移動過去。」卡坦察羅解釋說，因為AI不受各種生物上的限制，自然可以迅速傳播到整個太陽系、甚至是更遠的地方。

「人類的天性就是愛對抗，像是大腦的邊緣系統內建領地意識，要我們保衛自己的領土，」他說。「而AI如果真的有智慧，會感興趣的肯定不只是人類賴以生存的這個薄薄地殼。我認為，AI並不會有興趣從人類身上拿走什麼東西，反而還會想要照顧人類。」



人類在閒暇時刻確實可以想想，如果自己成為一臺太空電腦養在動物園裡的動物，會是個什麼滋味？但在目前，輝達還是腳踏實「地」，卡坦察羅談到應該在哪裡建立資料中心的時候，不只是隨便想想，而是有實際的考量。總部那座「山」裡嗡嗡作響的風扇，顯示出輝達的設備對於電力有多麼強大的需求。GPU已經突破運算速度的瓶頸，邁倫公司的Infiniband協定也突破資料傳輸的瓶頸；最後的瓶頸，單純就是資料中心能拿到多少電力。電力正是最後的限制。

第19章

電力

電機技師靠近電塔，也聽見電線傳出嗡嗡聲響，那是超過20萬伏特的電流流動的聲音。這位技師待在吊桶裡，由起重機吊在空中，離地將近100英尺（約30公尺）。他腰上掛著工具腰帶，身穿防火衣，戴著絕緣手套，使用一種稱為「熱棒」（hot stick）的配電專用工具，將高壓電線從固定的橫柱上拆下。這項作業必須全神貫注，一不小心就可能瞬間觸電。電線在劈啪聲中脫離橫柱，空氣中瀰漫著臭氧的味道。這一條結束，接下來還有幾千條要處理。

這名線路架設工人任職於道明尼能源公司（Dominion Energy），維吉尼亞州勞登郡（Loudoun County）的電力便是由這間公司負責。他正在升級電力基礎設施，好為全球最大的資料中心群提供電力。勞登郡可說是美國消費型運算需求的神經中樞：要是你在曼哈頓使用Google搜尋服務，很有可能就是由維吉尼亞的伺服器來處理。

這些巨型運算設備背後的供電基礎設施，當初花了道明尼能源超過一個世紀才完成布建。而隨著AI到來，道明尼能源還預計要在十五年內讓基礎設施規模再翻倍。就算情況再順利，這項作業仍然非常危險，但資料中心的需求實在太強勁，因此在2024年夏天，道明尼能源決定以不斷電的形式來更換電纜。這樣做的風險不可謂不小，但此時人身安全考量似乎只是次要，最重要的是資料中心的電源絕不能斷。畢竟這股需求實在太過瘋狂，大家就是那麼想要得到AI。

這些電力需求並不是為了訓練新的神經網路，而是要讓神經網路

運作。電腦負責的推論任務曾經非常單純，一張磁碟片就能搞定。但是，現代使用者對AI的要求，並不只是要會下雙陸棋，而是要用來寫學期報告、搜尋資料，或是產生語音來製作迷因。OpenAI的GPT產品系列，每天有超過一億八千萬的使用人次。Google開始把實驗性的AI答案和傳統的搜尋結果結合。TikTok上也有愈來愈多短影音是用AI語音擔任旁白。而這些AI服務的背後就是輝達的GPU：在各大人口中心的市郊，某間不起眼的倉庫裡，輝達GPU就在資料中心的機架上運作不停。

這些GPU都是吃電怪獸。一次標準的Google搜尋，需要大約1／3瓦時（watt-hour）的電力。然而，一旦啟用生成式AI，同樣的Google搜尋耗電量就高達十倍，足以為一顆燈泡供電大約二十分鐘。至於要讓GPT為你寫一篇五千個英文單字的學期報告，所耗的電量更是足以讓微波爐運作一個小時。業界對AI的需求更大；企業高層對於以AI完全取代人類勞力的前景興致勃勃。2022年，詹姆斯·厄爾·瓊斯（James Earl Jones）宣布他已經厭倦再為達斯·維達配音，因此決定將自己的聲音授權給迪士尼，可以複製永久使用。（瓊斯於2024年去世，但黑武士那種威脅的語氣、沉重的呼吸，可能真的將流傳千秋萬世。）影像辨識工具預計每年能省下幾十億美元的磁共振造影（MRI）分析成本，但也會讓大多數放射科醫師失業。亞馬遜已經開始用AI判斷草莓是否在送貨過程碰傷，農場主也嘗試用AI機器人來採水果。

一項分析預測，想要滿足生成式AI狂潮的需求，需要在未來十年間讓美國核電發電量翻倍。就算是比較保守的估計，電量總需求也會增加20%。想要既提供輝達GPU所需的電量、又要實現碳中和的目標，只會是個不切實際的幻想。除了升級高壓電線，道明尼能源也在考慮重啟封存的燃煤電廠。

輝達並不否認全球暖化的問題，公司裡的研究人員很快就指出，超級電腦最早的用途之一就是用在氣候建模。科學家真鍋淑郎在2021年獲頒諾貝爾物理學獎，因為他證明了微量二氧化碳會使大氣中的熱量難以散去。不過，他早在1960年代末，就已經用IBM的電腦做出原始地球模擬而得到這項結論。當時的IBM電腦重達70噸，耗電量足以供應十個街區的用電。1980年代，美國太空總署（NASA）的科學家也使用功能遠遠更強大的電腦，在當時一般觀測還無法察覺的情況下，準確預測地球平均溫度即將上升好幾度。這些模擬也預測，隨著地球暖化，熱量被困在地表附近，高層大氣反而會冷卻收縮而變薄。時至2020年代，衛星資料顯示大氣層確實出現塌陷變薄的現象。

我們對氣候變遷的了解，幾乎都必須仰賴強大而極為耗電的超級電腦。自2000年代晚期以來，科學家就持續採用輝達的硬體來跑氣候模型，輝達甚至自己就設有氣候部門，進行極為精密的預測。（像是輝達的Earth-2模擬平臺，就號稱能夠預測某個指定城市街區的風速。）氣候變遷一直是輝達首席科學家比爾·達利十分擔心的議題。他常常造訪冰川壯麗的阿爾卑斯山與風暴頻傳的加勒比海，對於氣候變遷的多方影響可說是具有第一手的見證體驗。他之所以做AI研究，原因之一就是相信AI有助於人類走向碳中和的未來。「如果要說有哪個問題，是我認為全世界所有人都應該為此輾轉反側，那就是氣候變遷，」他說。「整個地球能不能活下去，必須是我們首要關心的問題。」

話雖如此，光是輝達晶片這一項因素，就幾乎成為全球電力需求激增的罪魁禍首。晶片愈來愈會做矩陣乘法，對電力的渴求也愈來愈高。2020年，A100晶片的標準配置還只需要250瓦的電力。到了兩年後發表的H100，已經要350瓦，增加了75%。再到2024年發表的

B100，電力需求就直接翻倍到700瓦；即將推出的B200更需要1,000瓦。2016年的第一代DGX，用的電力還只等於一臺烘衣機。但2024年的版本，需要的電力已經等於一整戶住宅。

這還只像是整面牆上的一塊磚而已。DGX採用模組化設計，可以堆疊成為長長的超級電腦「匯集」（superpods），形成現代資料中心的核心。這些匯集起來的超級電腦是以粗大的電纜束連結，配備先進的氣冷與液冷系統，防止機器過熱。世界最大的幾個超大規模資料中心，每年耗電量以十億瓦為單位，已經超出單一核電機組的發電量，足以供電給整個明尼亞波里斯市（Minneapolis）。雖然電網效率不斷增加，Google也承諾要在2030年達成「淨零排放」，但由於不斷升級資料中心裡的輝達晶片，Google的溫室氣體排放量在五年內就增加高達50%。（2024年，Google發言人儘管確認Google對碳中和的承諾，同時卻也承認AI的耗電造成「挑戰」。）在微軟，雲端運算部門負責訓練與部署昂貴的OpenAI模型，他們的溫室氣體排放量也增加將近三分之一。還有雲端服務供應商甚至想去購買一些已經廢棄的加密貨幣挖礦設備。

有些投資人質疑，像這樣大規模擴張究竟是否明智。要從AI獲利並不只有這條路，而且不僅矽與電力的成本高昂，人才的短缺更是讓問題雪上加霜。面對瞬息萬變的AI架構，要能夠像個弄蛇人一樣把系統玩弄在股掌之間，並且持續取得成果並不容易，而且這些人要的錢可不少。並不是每間公司都是OpenAI，也不是每間公司都能有伊爾亞·蘇茨克維為他們工作。當初法雷德里克·達爾想讓神經網路學會打撲克牌時經歷的挫敗，現在全世界各地的IT部門也都能嘗一嘗。

就算運算能力已經成長十億倍，神經網路的進步還是會碰上瓶頸，還經常沒有明顯能夠打破瓶頸的方法。有些企業想利用內部資料

來達到像是GPT的效果，但這樣打造出來的混亂「知識引擎」多半就只像是個玩具。這些AI會使用企業內部的電子郵件、使命宣言、專利申請、法律備忘錄，再加上精選公司內部訓練的內容，作為標準大型語言模型的訓練補充資料。隨著AI風潮也影響到中階主管，行銷、媒體與醫療照護等相關企業的主管，也開始推動各種理想遠大的計畫，有時候甚至公開向員工表示，等到AI正式上工，許多人就會被解雇。然而，這些產品常常是雷聲大、雨點小：來得太慢、成本又高，還幾乎發揮不了什麼作用。在許多使用者看來，AI技術就是還沒做好準備。

2024年夏天，全球規模數一數二的避險基金「艾略特管理公司」（Elliott Management）向投資人表示，科技股、尤其是輝達，正處於「泡沫之地」（bubble land）。在這封得到《金融時報》（*The Financial Times*）引用的致客戶信函中，艾略特管理公司指稱AI被「過度炒作，許多應用都還不夠可靠成熟」。在企業承諾的各種應用當中，有許多「永遠無法達到成本效益，永遠無法正常運作，將會浪費太多能源，又或者將會被證明它們不值得信賴」。

輝達帝國最大的風險並不是競爭，而是讓人失望。有太多企業害怕錯過趨勢，沒有企業敢當那個唯一沒有AI策略的公司。而企業高層一旦購買輝達的硬體，就覺得需要打造出一定程度的產品，以證明投資的錢沒有白花。然而，一旦事與願違，他們就會開始覺得後悔，於是後續需求走弱，輝達的股價也必然一瀉千里。艾略特的資產經理人相信，哪怕輝達只要有任何一個季度的表現不理想，都會讓整體科技業變得像是個洩氣的輪胎。

光是某樣東西的價格上漲，還不一定代表它就是個泡沫。有些懷疑論者認為，這波AI熱潮就像是過去的網路泡沫或次貸危機，但是目

前負責管理AI投資支出的高階主管，可不是漫天叫價的騙子，而是擁有數十年經驗的資深電腦能手。相關的業務十分穩定，資金也是來自過去累積的獲利，而不是來自冒險發行股票，也不是來自承擔次級債務。確實，那些投資AI的人都對此充滿熱情，但難道這就代表他們不理性嗎？我訪談的所有學術界電腦科學家，無一例外，都覺得神經網路的成功是人類文明的進步。很多人甚至認為，這是該領域史上最重要的發現。這項科技傑出非凡，到目前為止也能創造出實實在在的獲利。

投資人過去單看輝達個股時擔心的問題，現在變成看待整個股票市場時的憂慮。光是詳閱過去的財務報表，還不足以讓人判斷這場AI豪賭是否聰明，而所有對未來獲利的預測，其實也只像是根據杯底茶葉形狀所做出的卜算。這裡最重要的問題，就是黃仁勳知不知道自己在做什麼；或者說，黃仁勳、祖克柏、馬斯克、納德拉、皮蔡（Sundar Pichai）與奧特曼這些人，究竟知不知道自己在做什麼？對於這項未經證實的科技，他們已經投下幾千億美元。這是不是個聰明的決定？這些人又究竟有沒有那麼聰明？

第20章

地球上最重要的股票

審判日在2024年2月21日降臨。這天是輝達公布財報的日子，而在這之前的市場炒作堪稱荒謬，就連CNBC都做了公布日的每日倒數。在一個名為FinTwit（金融推特）的小眾社群媒體當中，開始流傳一張黃仁勳的迷因：他穿著招牌皮衣，站在美國選舉地圖前，五十個州都塗上代表輝達的綠色。距離結果揭曉還有幾天，高盛已經稱輝達是「地球上最重要的股票」。

收盤十五分鐘後，輝達的線上法說會正式開始。這次財報受到的關注程度，在華爾街的歷史上也是絕無僅有。首先由輝達財務長蔻萊特·柯蕾絲發言，她宣告輝達的年營收遠高於預期，增加超過一倍，來到600億美元。除此之外，輝達所有產品的毛利率都超過70%。（蘋果向來是華爾街最愛的印鈔機，但毛利率也僅有46%。）柯蕾絲宣布，當年的淨利來到將近300億美元，超過輝達過去三十年的淨利總和。輝達員工總人數有三萬人，也就代表此時每人每年足足創造出百萬美元獲利。

接著黃仁勳上場，他彷彿愛迪生再世，談到神經網路能夠理解與生成的內容已經不再僅限於人類語言，而是包括其他各式各樣的資訊，例如生物學與3D世界的種種元素。他也談到，AI工廠的建設將在未來形成一個「兆級美元的基礎建設週期」。「一個新的產業正在開始：由AI資料中心處理大量原始數據，提煉為數位智慧，」他說。

「就像是上一次工業革命的交流電廠；輝達的AI超級電腦基本上就是

這次工業革命中的AI生產工廠。」

隔天股市的瘋狂程度無人能夠想見。2月22日，短短六個半小時的交易時間，輝達的市值就增加2,770億美元，增加的市值等同於可口可樂公司的市值。當日輝達的交易量超過650億美元，占美國股市交易總量將近五分之一。截至收盤，全球企業市值的前三名變成微軟、蘋果，以及輝達。華爾街史上，從來沒有任何一間公司能夠在單日累積如此巨額的財富。

這也讓黃仁勳承受難以置信的壓力。輝達的價值，大部分並不是基於輝達已經做的事，而是投資人預期輝達未來**可能**的表現；但是，這就代表輝達必須在一個不斷擴大、而且充滿對手的領域中，持續快速創新、交付成果。看著他在各個會議與投資說明會的講臺上踱步，我意識到柯蒂斯·普里姆在二十五年前意識到的事：黃仁勳就是一個人咬牙苦撐。

管理學的教授會說，理想上，企業執行長的直屬部屬應該在八到十二人之間。但黃仁勳的直屬部屬高達五十五人。他沒有什麼左右手、大總管、二把手，甚至也沒有指定的繼任者；隨著輝達的規模不斷擴張，「長字輩」管理階層的規模甚至還在不斷縮減。而這也代表一旦出錯，沒有人可以作為代罪羔羊。董事會成員談到黃仁勳多麼無可取代；就算說是他隻手拯救美國經濟免於衰退，也絕不誇張。在輝達崛起的這段過程，美國股市的表現讓歐洲與亞洲股市瞠乎其後，而幾乎這一切都得歸功於AI。輝達3兆美元的市值，有人說這代表市場對輝達未來收益的期望值。然而，這其實是把一個巨大、簡直是GDP規模的賭注，單押在一位六十一歲長者的能力上。



在2022年的Glassdoor網站，企業員工將輝達評為美國最佳職場。員工的想法肯定會受到公司股價的影響，但就算是過去專注於遊戲領域的時期，輝達也有不錯的成績。這樣的結果讓人有點驚訝，因為雖然在輝達工作的確能讓人有所啟發，但是和有趣實在沾不上邊；黃仁勳打造出來的企業文化，要說像Google、其實更像微軟，要說像蘋果、其實更像是IBM。不過，幾年前那位臺灣物理學家趙挺偉曾告訴黃仁勳，正是黃仁勳讓他能夠做他「一生的研究」。這句話一直縈繞在黃仁勳心頭，如今他希望讓員工都擁有同樣的機會。「我們希望員工在輝達建立一生的職涯，」輝達的年報這麼寫著。「我們的員工經常是來了就不會離開。」

輝達的吸引力，在於放手讓人追求各種理想。黃仁勳會努力鞭策員工，這點並非祕密，但也因此吸引到一群決心成為發明家的工作狂。就像是暢銷作家並不會就此停筆，許多輝達工程師雖然已經家財萬貫，還是每天堅持繼續工作，解決各種困難的技術問題。輝達工程師擁有的專利總數超過一萬五千項，但總還是有些其他的東西有待研發。

企業的成功，讓輝達能夠用自己的標準來挑人。目前輝達開出每個職缺，都有高達數百人申請。只要是具備雄心壯志、想為AI革命有所貢獻的人，通常就會覺得輝達是不二選擇。這裡的員工組成大概也能說是一種「多元」，根據午餐時間我在自助餐廳的目測調查，員工大約有三分之一來自南亞，三分之一來自東亞，還有三分之一則是白人。印度菜的隊伍排得最長。

輝達並沒有向我透露正式的人口統計數據，但是從照片和訪談看來，就算是到了2000年代，當時大多數員工應該都還是美國白人。像這樣員工組成改以亞洲人為主的現象，一方面是整個矽谷普遍的趨

勢，另一方面卻也反映出黃仁勳的重點轉移。「你也知道，以前講到電腦圖學，不會覺得是個特別光榮的領域，」一位資深的高階主管這麼跟我說：「講起來好像就是有點丟臉。」

但是AI帶來了尊重。現在申請進入輝達的人，已經不再是穿著工作短褲的長髮美國人，而是印度、中國與臺灣頂尖科技大學的畢業生。一位前經理特別提到，這些亞洲畢業生會受到很大的家庭壓力，必須找到一份體面的工作，特別是要進入輝達。「這些孩子的家人會給他們三個選項：要嘛是醫師，要嘛是工程師，再不然.....其實好像也沒有第三個選項，」他說。「這些人非常好勝、非常聰明，但也承受著巨大的壓力。」

這位經理是個電玩遊戲玩家，從輝達還專注在圖形處理的時代就在這裡工作，他談到輝達文化的轉變。圖形處理一直是個怪咖領域，報酬也低人一等。「爸媽一直叫我**不要**做這個，」他說：「他們覺得我應該去找一份真正的工作。」但是，隨著公司的成功，他覺得輝達的員工正從過去那些充滿熱情的怪咖，慢慢換成一批循規蹈矩的資優生。這位經理還是得承認，那些新進員工實在聰明過人。「我是說，如果客觀來講，他們會不會寫程式？」他問。「是會啦，寫得比我好多了。」

早年，輝達幾乎沒有女性員工。大概在首次公開募股期間，大衛·柯克認識他未來的太太，她是來自蒙特婁的同事。「當時輝達的所有男性員工，都很清楚公司裡有多少女性員工，」他說：「就是三個。」至少在一定程度上，這個數字反映出，能夠勝任這份工作的女性電機工程畢業生數量偏低；就算到了今天，美國電機工程學系的畢業生仍然有超過90%都是男性。有一項2022年的調查，請美國工程相關科系女大學生依據職涯興趣對各個學科進行排序。結果，環境與生

醫工程並列第一，電機工程就是最後一名。

在黃仁勳的明確指示下，輝達努力雇用更多女性員工，也成功在2024年把女性員工的比例拉到超過四分之一。（就在2020年前後，輝達那位性感的CGI黎明女神也從行銷資料中神祕消失。）黃仁勳的太太洛麗為了照顧孩子而離職，而當黃仁勳談到輝達在疫情緩解後，依然保有寬鬆的在家工作規定時，我可以感覺到，他應該很想彌補洛麗職涯中斷的遺憾。「我們希望利用這種頂尖的視訊會議科技，讓年輕人、特別是年輕女性，既能打造生活、建立家庭，同時還能兼顧事業，」黃仁勳說：「這一點我絕不想放棄。」

不過，輝達雇用黑人員工的努力就沒那麼成功了。2020年，在輝達全球的員工當中，黑人員工的比例還不到1%。同樣的，在一定程度上，這反映出能夠勝任這份工作的美國黑人電機工程畢業生人數有限，但或許更重要的一點是，這反映出美國**任何**人種的電機工程畢業生人數都有限。目前這個領域採取全球徵才路線，而來自東亞、南亞、中東與歐洲的申請人數，和美國本土申請人數相比，比率高達十比一。「我們在多元化遇到最大的問題，其實是得讓美國人，不論任何膚色，願意來讀這個學科，」一位大學教授告訴我。

我注意到的一點是，我在輝達訪談的許多工程師，父母至少會有一位也是工程師出身。（有些人的父母都是工程師，那就屬於遺傳問題了。）薩米爾·哈勒佩特才小學三年級，父親就教他怎麼焊接電路。「工程，特別是電機工程，其實會讓人非常、非常有壓力，」他說。「所以必須要能有人支持，有人告訴你『你可以辦到。』」哈勒佩特也試過要把這套焊接傳統傳給女兒，可惜鎩羽而歸。

至於黃仁勳，無須多言，他的父親和哥哥、弟弟三人都是工程師。雖然黃仁勳的兩個孩子本來都進入餐旅業，但經過父親多年溫柔

的威嚇，紛紛回歸自家陣營。黃敏珊原本讀的是料理，後來曾到巴黎工作，任職於LVMH集團，但她在2020年回到輝達擔任行銷總監。黃勝斌則是曾經在臺北和人合開一間以「實驗室」為名的酒吧，還獲評為「亞洲五十間最佳酒吧」，可惜未撐過疫情。黃勝斌於2022年加入輝達的機器人團隊。在輝達內部，勝斌與敏珊並沒有明顯的特殊待遇。「他們也會負責做投影片，也得打永無止盡的無聊電話，也會去自助餐廳用餐，」一名員工這麼說。



輝達一向是全球化的受益者，過去也不太需要擔心種種地緣政治糾葛。然而，事情在2023年10月7日起了變化，哈瑪斯武裝分子入侵以色列，無差別殺害平民。邁倫公司創辦人艾亞爾·瓦德曼的小女兒在這場屠殺中喪命，輝達工程師亞維那坦·歐爾（Avinatan Or）遭到俘虜。（截至2024年11月，歐爾仍生死未卜。）在哈瑪斯最初的襲擊當中，超過一千一百人死亡，兩百五十多人淪為俘虜。

以色列隨後發動激烈反攻，估計在幾個月內殺害約四萬名巴勒斯坦人，至少包括八千名兒童。加薩的建築物超過半數全倒或遭到損害，全球也掀起各種抗議活動。在戰爭開始時，輝達約有三千名以色列員工，在約旦河西岸（West Bank）也有大約一百名巴勒斯坦員工。隨著以色列員工高達四百人被徵召入伍，黃仁勳取消在特拉維夫（Tel Aviv）舉行的AI大會，並向全體員工寄了一封電子郵件，表示將為該地區員工提供獎金，「作為一點小小的協助」。信中也承諾，輝達將協助安排員工的人道救援捐款。「有些人想捐款協助以色列的救援工作，也有些人想幫助無辜的巴勒斯坦人，」信中寫道。「你可以決定

是要支持以色列、加薩，或是同時支持雙方的人道援助。」

在公開聲明中，黃仁勳並未偏向任何一方，並重複表示員工安全是他的最優先考量；但他也強調以色列高科技產業對輝達的重要性。

「Blackwell處理器的核心與靈魂都來自以色列，」他在2024年3月的GTC大會對媒體這麼說。「我們會繼續大筆投資以色列。」一個月後，雖然以巴衝突尚未平息，但輝達宣布將以7億美元收購公司規模有一百五十人的以色列新創企業Run:ai。

在中國，輝達的問題還更為棘手。在黃仁勳看來，中國是AI晶片的關鍵市場，他很希望能夠全力向中國客戶售出晶片，多多益善。但美國政府對此有意見，於2022年禁止輝達將先進的A100與H100晶片銷至中國。黃仁勳原本推出修改版的晶片來逃避禁令，卻引來美國政府不悅，指責輝達是在鑽漏洞，並擴大禁令範圍，使得包括高階遊戲顯卡在內的更多輝達設備被禁止運到中國。

這在中國造成一種不尋常的局面。中國官媒會說電玩遊戲是「精神鴉片」，國家也規定未成年人每週遊戲時間不得超過三小時。但中國科學家（軍隊更不用說）卻對軍民兩用（dual-use）的遊戲硬體需求極高。在禁令生效前的幾天，輝達全速出貨，讓TikTok母公司字節跳動能夠取得足夠的A100晶片來訓練十套ChatGPT。就算在禁令生效之後，高端晶片還是不斷設法進入中國。據路透社2023年6月的報導，在深圳的大型電子市場攤位上，就能看到A100的黑市水貨以零售價兩倍的價格出售。黃仁勳告訴我，他絕對遵守法律，但他反對禁令。「要是不讓他們向我們買，他們只會自己去做，」他說。

黃仁勳面臨的更大問題，是中國對臺灣的企圖。中國擁有全球最龐大的海軍，而且長期以來一直聲稱臺灣是中國的一部分。習近平的2024年新年賀詞就表明，和臺灣的「統一」是「歷史必然」。而根據

2024年4月公布的衛星圖像顯示，中國在戈壁沙漠仿造疑似臺灣總統府的建築物，可能是為了模擬兩棲入侵。

要是真的發生此等規模的入侵，諾曼地登陸只會是小巫見大巫，全球經濟也將受到災難性的影響。台積電在臺灣的製造工廠，本來就已經左右全球的生產製造節奏。台積電生產最先進晶片的速度與精度，全球各地無人能及。光是因為疫情期間影響晶片生產速度，就讓全球汽車延遲交貨長達數月。一旦發生戰爭，延誤將會以年來計算，而且不限於汽車與AI領域，還包括智慧型手機、消費性電子用品、醫療設備，以及其他使用高端晶片的產品領域都將同遭波及。

但我大吃一驚的是，輝達並沒有應付這種可能性的緊急計畫。

「一旦臺灣和台積電出事，影響之大，就像是要我回答如果加州掉進海裡要怎麼辦一樣，」黛博拉·蕭奎斯特這麼說。蕭奎斯特任職於全球市值最高的半導體公司，負責後勤物流事宜，但黃仁勳告訴她完全不用考慮這個問題。「我不希望她花半個腦細胞來思考怎麼處理這種狀況，因為這根本不是她能處理的事，」他說。蕭奎斯特推測，如果戰事發生，輝達會把訂單轉移給韓國的三星與全球其他合作夥伴。

「我能告訴你事情會怎麼發展，」她說：「那就是所有人的產品都得降低一個檔次。」

意識到臺灣的地緣政治風險，各國政府都開始出資打造自己的晶片製造工廠。在美國，拜登總統撥款數百億美元稅收，在俄亥俄州與亞利桑那州興建工廠；日本、韓國與歐盟也有類似的計畫。「全球化，至少在半導體方面，已經是沒有了，」張忠謀在2023年底向台積電的員工如此表示：「最重要的還是國家安全。」

在鳳凰城（Phoenix）北邊的一片沙漠空地，台積電已經清掉超過130萬坪的灌木叢，整理地基，準備興建兩座大型晶片製造工廠。鳳凰

城幅員遼闊，此處嚴格來說還位在市內，但尚未開發、一片荒涼；最近的娛樂場所是一處露天靶場。廠區未來將能自成一體，有專用的公共供水與天然氣設施，並設有精煉廠，提供純淨的氮氣、氧氣與氬氣。索諾拉沙漠（Sonora）在8月的氣溫可能超過攝氏43度；為了節約用水，廠區將備有水分回收系統，彷彿電影《沙丘》（*Dune*）會出現的場景。

這一切已經引來附近民眾的好奇，從不遠處的科羅拉多州金字塔峰（Pyramid Peak）眺望工地，可以數到有三十九臺起重機同時運作，包括一臺超過50公尺高的馬托尼瓦克（Manitowoc）履帶起重機，一次就能舉起近2,300公噸重。台積電鳳凰城廠的總預算估計超過400億美元，成為美國史上規模數一數二的外國直接投資案，也是全球最昂貴的一項超大型計畫。鳳凰城廠完工之後，預計雇用兩千名員工，每年產六十萬顆晶片，足以供應美國整體國內市場所需。

向南65公里，在鳳凰城的居住型衛星城市錢德勒市（Chandler），英特爾也斥資320億美元擴建廠區。在這一片高爾夫球場與旱地景觀設計的牧場式住宅之中，英特爾的工程晝夜不停：為了確保地基在炎炎夏日仍然能夠凝固，建商在混凝土當中加入冰塊，並選在半夜進行澆築作業。他們鋪設的混凝土超過30萬立方公尺，足以填滿一百個奧運標準泳池，接著他們又運來3萬噸鋼材，建造上方的鷹架。從無人機拍攝的影像，可以看到中央有六座巨大的晶圓廠由北向南排列，再由工業管道連結到西邊一排平行的輔助設施。

不論是從亞利桑那州的廠區競爭，或是從世界各地正在建造的其他工廠看來，都顯示出晶片未來可能供過於求。張忠謀退休後已經退出決策圈，在他看來，這項亞利桑那州的投資案並不明智：他認為美國的工作文化永遠不可能適應亞洲的生產方式，這間工廠的績效也將

落後全球的競爭對手。〔2022年，時任美國眾議院議長南西·裴洛西（Nancy Pelosi）訪臺時，張忠謀就向她表示這項美國計畫「注定失敗」。〕張忠謀還說，台積電的工廠集中在臺灣，實際上是在防止中國入侵，因為要是台積電停工，經濟受到打擊最嚴重的正是中國。（他將台積電稱為臺灣的「矽盾」。）話雖如此，張忠謀最喜愛的客戶黃仁勳於2023年參觀台積電鳳凰城廠區工地的時候，他還是親自出席、微笑歡迎。

中國毫無招架之力。美國政府成功遊說，阻止半導體製造過程最關鍵的曝光機出口到中國，讓中國的技術一下子落後十年。我想知道，中國會不會試著奪下台積電在臺灣的工廠，自行生產晶片？我訪談的一位前美國軍官認為，發生這種事的可能性太低。「這不像是伊拉克當時征服科威特可以搶下油田，」他說。「這些機器一方面精準到誇張，一方面也脆弱到誇張，精度是以原子為單位。要是有枚飛彈在這些機器旁邊爆炸，你覺得會怎樣？」這位前軍官指出，管理者只要從遠端停用軟體，這些機器就會變成沒有用的磚塊；工人拿起球棒與鐵錘，要破壞機器也毫無難度。「我會說，如果臺灣工程師想搞破壞，那可不是蓋的，」他說。

但我還是懷疑，想問中國為什麼不能把機器修一修，真的是個蠢問題嗎？難道他們不能自己寫個韌體來更新？或者透過威逼的手段，要臺灣工程師上生產線？這位前軍官停頓良久。「美國永遠不可能讓中國擁有臺灣的半導體工廠，」他說：「就是這樣，絕無可能。」



當財富由輝達向外蔓延溢出，也引爆大眾對半導體產業的狂熱。

高通、AMD、博通（Broadcom）與美超微（Supermicro）等公司的市值紛紛創下歷史新高。製造曝光機的荷蘭公司艾司摩爾（ASML），也成為歐洲市值最高的科技股。台積電則靠著無與倫比的晶圓製造設施，成為亞洲市值第一的科技股。《金融時報》2024年3月的報導指出，法拉利在臺灣的銷量在過去四年間翻了一倍。「道理很簡單，」一位臺灣商人說：「臺灣人很有錢，但能花錢的地方就那麼多，不是買房，就是買車。」

自1999年1月22日首次公開募股，到2024年年中，輝達的股價上漲超過三十萬倍。於是一些多年前的粗心決定，在這樣的漲幅之下就變得格外慘痛。德懷特·迪爾克斯在首次公開募股的時候賣掉一部分持股，給父親買了輛車。「那輛凱迪拉克可說是價值十億美元，」他說。卡坦察羅與亞茲這兩位回任員工，也都因為股票選擇權必須重新訂價而大捶心肝，但最後日子還是頗為好過。當然，柯蒂斯·普里姆多年前已經賣光所有輝達持股。這間他所創立的公司，終於讓眾家對手又羨又妒，而他也成為錯失最多財富的人。

時至2024年底，輝達的市值已經比前途坎坷的英特爾高出二十倍。（事實上，光是黃仁勳**個人**持股的價值，就超過整個英特爾。）英特爾新任執行長派特·蓋爾辛格（Pat Gelsinger）在2023年12月對麻省理工學院學生的演講中，宣稱輝達在GPU的發展上「非常幸運」，他還說：「他們內部推出第一項AI計畫時，本來甚至得不到公司的支持。」

來自賓州鄉村的蓋爾辛格原本是電機工程師，身材精瘦、一副鷹勾鼻，幾次把黃仁勳逼到破產邊緣。他曾在1990年代末擔任英特爾3D圖形加速器i740的產品經理，這款產品最後失敗收場。到了2000年代末，他也曾經負責推動Larabee晶片專案，也就是那款從未出貨的「輝

達殺手」。到了2022年，晉升為英特爾執行長的蓋爾辛格，發布一款模仿競品的Intel Arc消費級繪圖晶片，只得到令人莞爾一笑的1%市占率。此時，競爭對手都已經接受靈活的「商用晶片」代工方案，蓋爾辛格卻堅持自製晶片的傳統。在他的領導下，雖然身處史上最繁榮的半導體上漲趨勢行情，英特爾的股價卻硬生生腰斬。

然而，認為黃仁勳就是運氣好的人，並不只有蓋爾辛格一人。全世界沒有一個人，甚至包括卡坦察羅在內，能夠預見到平行運算和神經網路即將交會。就連深入掌握這兩種技術的亞茲，也和大家一樣，對兩者如此水乳交融感到不可思議。兩個長期缺乏經費、為業界與學界所厭惡（不，應該說是**憎惡**）的電腦科學邊緣分支，卻不知怎麼的聯合起來，形成一個發展蓬勃、還不斷蔓延的龐大實體，不受控制的往智慧化奔去。「我就是覺得，輝達**不可能**就這麼幸運吧？」亞茲說。「輝達根本沒有在這方面下過半點心力，怎麼可能就和深度學習如此合拍！」

黃仁勳則說這是「運氣，但有遠見作為基礎」。

在達利看來，是因為黃仁勳那份孜孜不倦的工作倫理，讓輝達得到成功。就連已經沒給自己半點空閒的達利，也難以相信自己的老闆能有如此超人的精力。「我們其他人在這裡，只是為了減少消耗黃仁勳的頻寬，」達利說。「我是說，他哪來的時間**睡覺**？」迪爾克斯也同意：「他的消遣就是工作、電子郵件還有工作。」

然而，工作時間很長的人也不是只有黃仁勳一個。簡斯·霍茨曼認為，黃仁勳能成功，要歸功於他的適應能力。「我經常問自己，我們明明都從同一個小隔間開始，智商差不多，工作也一樣努力，」霍茨曼說。「但是為什麼，這個人不但打造出這間了不起的公司，還能夠在身邊營造出一個人際網路：讓這些人只要有需要，甚至為他**犧牲**

性命也在所不惜。」霍茨曼相信，黃仁勳已經多次改變自己來適應周遭環境。他想起黃仁勳在巨積的時候，曾經將模擬軟體推向極限。

「如今，他還是在做一樣的事，只不過現在推動的是**自己**。他成為一位偉大的執行長，既非天生，也非宿命，而是他讓自己走上這樣的轉變。他靠的就是抽象思維，去思考優秀的執行長應該有怎麼樣的投入、怎麼樣的產出，把這當成一個問題來解決。」

不過，要下最後的定論，還是得聽聽張忠謀怎麼說。他並不認為黃仁勳的成功是歸功於他的工作倫理，因為以台積電的標準而言，黃仁勳的表現只能說是略高於平均值；而且他也不覺得黃仁勳特別有適應能力。我訪談張忠謀的時候，他已經高齡九十二歲，穿著紫色針織毛衣，身後是一幅震撼人心的抽象畫。他神情平和，一頭白髮。在他跨越兩大洲、長達七十年的企業生涯當中，已經見過各式各樣的高階主管。在他看來，答案很簡單，也沒有什麼祕密可言：「他就是比較聰明。」

第21章

Jensen

輝達的員工把黃仁勳奉若神明，但這也真不能怪他們。畢竟，他們可是**有錢**得很，有錢得莫名其妙、毫無道理，而這都多虧黃仁勳。他把一款原本賣給怪咖的小眾產品搖身一變，成為這個時代主流的運算平臺。這些員工眼中的黃仁勳——抱歉，應該說是Jensen——不只是個領導者，而是一位先知，不但能做出種種預測，而且預測還總會成真。而且每次預測成真之後，太空船裡所有成員的淨資產金額就會再加上一個零。

Jensen有不少作為都在鼓勵這樣的個人崇拜。他的演說、批鬥、甜言蜜語與指責謾罵輪番上演，這一切都是手段，就是要讓人服從他的意志。他甚至也打造出個人的品牌形象，而且絕不只是招牌的皮衣造型。在輝達歷史上，黃仁勳的英文名字有大半時間都是中文音譯的Jen-Hsun；但是到了2023年，他決定從此只用Jensen這個字，讓這個單名成為他的招牌。賈伯斯在2011年過世之後，「有招牌打扮的科技願景領袖」的位子就懸缺至今，而這個角色在美國文化深具象徵意義。時至2024年，看起來Jensen或許能夠接下這個角色。

但他似乎還是有點難以捉摸。就算你成功讓他開口，還是得當心：Jensen願意分享許許多多的小故事，但細節卻時有出入。我得到的一個教訓，就是直接引用他說的話會有點危險；就算他把某句話講得無比堅定，也不一定代表他是真心相信。Jensen說話時滔滔不絕，但可能會突然出現邏輯大跳躍，從狗狗嘔吐、男性時尚、丹尼餐廳的

雞蛋有多好吃，再到任何他腦中突然浮現的議題。「前後一致」實在不能說是他性格的強項：有些看來深思熟慮的觀點、甚至是無比精闢的名言金句，其實只是他當下的靈光乍現；他不見得真的是那個意思，還可能事後就忘個精光。

Jensen講話常常自相矛盾，甚至在同一次訪談中就可能講出完全相反的論點。確切的說，他也不是喜歡唱反調，他只是喜歡從不同的角度來對想法發動攻擊。「他既沒有打算像政客一樣迎合眾人、八面玲瓏，」霍茨曼說：「也不崇尚什麼口徑一致的做法。他就是根據當下輸入的資訊來思索，而且也願意暫時接受想法上的矛盾。」所以，外界以為他在明確宣告什麼想法的時候，常常只是Jensen在大聲說出自己的思考過程而已。

不過，當他開始重複自己說過的話，就是應該注意的時候了。如果有個想法確實打動Jensen，就會在幾天、甚至幾週的時間當中緩慢醞釀，接著開始在他口中一再出現，每次會議也必然提及。像是「零億美元市場」或「光速排程法」這樣的概念，並不只是Jensen腦海裡的靈光乍現，而是經過好幾個月的反覆琢磨與深思熟慮，才打磨成精鍊的智慧結晶。一旦概念成形，就會被徹底灌輸給他的員工，於是輝達的員工偶爾會很像驚悚電影《戰略迷魂》（*The Manchurian Candidate*）當中的角色，眼神呆滯的重複Jensen那些口頭禪。就算是已經離開輝達多年的員工，還是能夠背誦出當時的「教義問答」。

但這樣做有其道理。Jensen就是有那份魅力與幽默，能把一切變得輕鬆自在。就算他的領導風格既混亂又獨裁，至少絕不無聊。有位輝達的離職員工就表示，他在新公司看簡報的時候愈看愈受不了。

「我們的執行長在做季度簡報，但我一邊看，一邊覺得『我的天啊，這也太無聊了吧？簡報向來都是這樣枯燥到爆嗎？』」這位新進員工

在椅子上不安扭動時，也感受到其他員工投來疑惑的目光。「我當下想的是，『天哪，你們根本不知道自己錯過了什麼好東西』，」他說。



看著Jensen這個人**是**真的很有趣。2023年底，我去看他接受輝達總部首席建築師柯浩的公開採訪，地點在太平洋沿岸的高檔度假村。我早到了一點，發現他們正面向大海，靜靜的在講話。兩人的打扮幾乎一模一樣，黑色皮衣、黑色牛仔褲、黑色的鞋，只是柯浩身高高很多。我以為能聽到一些關於未來運算技術的肺腑之言，結果卻聽到長達六分鐘對柯浩穿著的吐嘈。「看看這個傢伙！」Jensen說。「他穿得跟我一模一樣。他在模仿我耶，當然這一步很聰明啦，只是這褲子的口袋也太多了吧。」柯浩緊張的笑了笑，低頭看向他的設計師款牛仔褲，確實那些有拉鍊的口袋數量，嚴格來說是比實用的口袋數目多了幾個。「簡單點，老兄！」Jensen這麼說，接著轉向我。「他就是因為這樣，才會穿得跟我一樣。這個人知道的一切都是我教的。」

這次訪談是由柯浩所屬公司Gensler安排的，有幾百位建築師出席。隨著活動時間愈來愈近，Jensen的表演似乎也愈來愈賣力，連續講了幾個不好笑的笑話，還開始原地來回踱步。他每年要講幾十場演講，當天稍早甚至也對另一群觀眾講過一場，所以我實在沒想到居然會看到他在緊張。「我討厭公開演講，」他說。此言不虛；他真的討厭演講。

不過，只要站上舞臺，他就光芒萬丈：柯浩根本只需要問一個問題就夠了。Jensen看著身後公司總部的照片，開始批評起頂樓的設

計。他本來想在屋頂弄個開放式陽臺，但柯浩沒能及時做到。Jensen先是問，這棟建築真的這樣就算完工了嗎？接著，他又忽然跳脫這個問題，開始疑惑任何建築是不是真的有完工的一天。他談起AI時代的「變形」（shape-shifting）架構，能夠順應客戶不斷變化的需求而重新排列組合。「像是或許到半夜一點，就讓最上面三層樓變成夜店，」Jensen說。

柯浩就在旁邊看著，一臉困惑。但Jensen才剛要開始呢。「好，如果這棟建築是個機器人，那麼整棟建築就是由軟體驅動的，對吧？」他這麼問聽眾。黃仁勳推測，到了未來，辦公大樓會收集員工所有行為的資料數據，輸入AI；接著AI就能根據這些資料，在Omniverse裡重新設計這棟建築物的數位孿生，並且在一個晚上之內就變更實體的設計。他推測，Gensler將從建築公司發展成為管理變形軟體的科技公司。「就像我們操作的是一大群電腦，各位將會操作一大群建築物，」Jensen說。「而且，Gensler的各位，接下來你們設計的建築可以完全免費，不是嗎？你們免費設計這些建築，因為後續可以靠著營運、操作這些建築來賺錢，而且賺進的財富將遠遠超出你們最浮誇的想像。你們就是在這裡最早聽到這樣的概念。」

訪談結束後，Jensen接受觀眾提問，有人問到AI潛在的風險。

「有一種末日AI，它會不知道怎麼回事就從電腦裡跳出來，開始吸收大量資訊、自行學習，重塑態度與情感，開始自己做出決定，甚至跑去按各種按鈕，」Jensen一邊說，一邊還在空中表演按鈕的動作。當下現場靜了下來。「AI要學習的時候，絕不能沒有人類的參與，」他說。一位建築師問，AI什麼時候可能會開始自己思考問題呢？「推理能力大概還需要兩到三年才會發展出來，」Jensen說。人群開始響起一陣低沉的議論紛紛。

我在會後去找柯浩。他似乎壓力有點大，因為這場他對Jensen的「訪談」，其實就是他問了一個問題，然後Jensen給出長達四十五分鐘的答案。我要他放心，畢竟活動很成功，全場觀眾專注聽講的反應騙不了人。然後我問柯浩對所謂變形建築的想法。「跟你說，我第一次見到他的時候，他在談自駕車，那時候這種事聽起來也很瘋，」柯浩聳聳肩：「我已經學會不要質疑他了。」



隨著輝達股價上漲，Jensen的角色也從原本的「企業高階主管」變成「社會名人」。他現在的粉絲群除了有遊戲玩家，還有受到他支持的科學家、因為他推動科技而受益的AI加速主義者、因為他拯救投資組合而心懷感激的嬰兒潮退休人士，以及他每次開口就把畢生積蓄孤注一擲、投進輝達股票選擇權的那些散戶「投資人」。2024年黃仁勳在GTC大會的主題演講實在太受歡迎，最後得用聖荷西市中心的美國國家冰球聯盟（NHL）體育場來舉辦。儘管場地足足可容納一萬七千人，還是不足以消化蜂擁而至的所有人群。足足有八千人不得其門而入，只能觀看同步轉播畫面。

這場演講的開場是多媒體藝術家雷菲克·阿納多（Refik Anadol）現場呈現他的AI藝術裝置。在體育場後方的巨大螢幕上，一片狂野的色彩不斷跳動，突然融合成花朵、樹木與鳥類的形象，再分解成一抹旋轉舞動的像素。這讓我想到羅馬詩人奧維德（Ovid）的《變形記》（*Metamorphosis*）：「自然面貌廣袤無邊，唯有混沌荒蕪一片。」接著，黃仁勳在一片掌聲中登臺，幾千部智慧型手機鏡頭也同時抬起，開始記錄這一刻。

上次黃仁勳親自出席GTC大會已經是五年前的事了。在這段期間，他的世界也有所改變。他看起來老了一點，頭髮已經全白，原本在中年依然魁梧健壯的身形，也隨著時間而略有消減。他秀出親手繪製的運算歷史圖解，從1964年IBM的S/360運算架構開始，在他的新工業革命結束。「我為大家畫了一幅漫畫，」他說：「這真的是我自己畫的。」他繼續談到AlexNet，說AI在此時有了「第一次接觸」，他談到這一點時，螢幕上也顯示出訓練AlexNet所用的GeForce顯卡分解圖特寫。

黃仁勳相信，運算這個領域在此時已經得到徹底的改造。IBM的架構在先前獨領風騷六十年，而現在已經由平行運算、神經網路與雲端取代。所謂的運算，已經不再需要和麻煩的螢幕或設備進行繁瑣互動，而是只需要用自然語言向機器下命令，就幾乎無所不能。從此以後，人類將會變得如同巫師。

觀眾十分買帳。在我旁邊，有位科技podcast主持人和我一起坐在地板上，興奮到抖起腿來。黃仁勳展示新的硬體、能夠加速推論的全新「微服務」（microservice）、供研究者使用的新軟體，以及全新的機器人訓練平臺GR00T。演講接近尾聲，兩個差不多1公尺高的機器人也加入他的行列，和他一起在熱烈的掌聲中下臺。

接下來四天，這場大會在附近的會議中心繼續展開，數百個參展廠商展示各種奇妙的科技，其中還有個機器人調酒師。每次黃仁勳一現身，就會立刻被群眾團團包圍，希望他在自己的大會名牌或遊戲用GPU上簽名。面對這樣的恭維奉承，他多半都能溫和幽默以待，但有次他想上個洗手間，卻幾乎無法穿過那些從四面八方包圍他的崇拜者。「他們拍的照片是我在洗手間**裡面**的樣子，這可是個新鮮事，」他說。在他終於穿過人群的時候，我也在想，他究竟就只是這個時代

最偉大的商人，或是不僅僅如此？



在近距離觀察，我很清楚黃仁勳還沒能好好面對這份成功。他睡得不多，而且得不斷在公眾面前露臉，這給他帶來相當大的壓力。他在2024年加州理工學院畢業典禮上致詞的時候，表現精彩一如往常，但我在典禮後找上他，卻見他兩臂交叉坐在木頭長椅上，一臉讓人難以親近的表情。

每次我見到Jensen，他都穿著同樣的全黑T恤，上面有Thomas Burberry的印花字母圖案。他在2020年買了二十四件同樣的T恤，接下來四年就是每天輪著穿。他當時就是穿著那身制服，擺出來的姿勢我現在已經能判斷那就是他的習慣動作：他整個人斜靠在長椅上，雙腿大大張開，昂貴的皮鞋踩著鵝卵石露臺。他的身家會隨著股市波動上下，但至少在那一天，他的財產超過1,000億美元。「我現在很有錢，」他說：「你知道我有多有錢嗎？」這句話並不是在吹噓。我問他有沒有想過怎麼處理這筆財富。「我不知道，」他說：「想都沒想過。」

Jensen後來告訴我，他那天早上凌晨3點半就醒來，他養的狗有一隻還睡在他兩腿之間。經過三十一年，他終於成為標普指數的科技公司當中任職時間最長的執行長。他承認，自己並不需要起床，而且他其實也沒那麼想下床。「有什麼事會在今天就把我們搞破產嗎？」他自問。答案是：並沒有。但是有沒有什麼事，正在某個遙遠的彼方發生？要說的話，或許如此。輝達最大的客戶，現在正在打造自己的晶片。而且，AMD已經意識到光是硬體還不夠，所以正在招聘大量軟體

工程師。要是輝達的工程師未能好好協助客戶應用他們的技術，神經網路的表現就可能差強人意，後續產品需求也會降低。

凌晨4點，Jensen起床開始工作。每個工作日一開始，他都是先處理手中最重要的重要專案，認為只要有處理到這件事，這天再怎樣也不算白過。我在許多次和他的交談中，都可以感覺到他對某項重大機密有所保留，但他就是不願透露。「我還是得有些祕密吧，」他說。

不過，我還是可以猜一下。外界一直有傳言，說OpenAI正在開發一款名為「草莓專案」（Project Strawberry）的神經網路。據說這是一款「理性」的AI，要用來進行純數學研究。Jensen從來沒跟我特別討論過草莓專案，但有幾次順口提到要我想像一下，只要按個鈕，就能隨需生成數學證明的過程。「計算的邊際成本已經降到零了，如此一來就打開各種不可思議的可能性，」他說。「像是你問問自己，如果做數學的邊際成本是零，你會想做什麼？」

我凝望著加州理工學院著名的烏龜池，想像這裡所有的科學家、所有這些腦力，在一瞬間就被數不清的電晶體所取代。然後呢？我們要把菲爾茲獎（Fields Medal）這項數學界的重大榮耀頒給一臺電腦嗎？我們是不是能找到物理學的統一場論？我想到帕斯卡爾那些齒輪傳動裝置，它們的轉動造就人類史上首次的機械運算；但是，Jensen已經解決算術這項問題。他的機器要攻擊的下一個目標，將會是理性本身。

第22章

AI恐懼

2023年初的一個冬日，一股AI恐懼突然湧上約書亞·班吉歐（Yoshua Bengio）心頭。這位蒙特婁大學的AI先驅是最早提倡神經網路的學者之一，長期以來深受神經網路吸引，就算在幾次經費短缺的時期，依然不離不棄。2018年，他也因為在神經網路領域的開創性研究而獲頒圖靈獎（A. M. Turing Award）。這個獎項相當於電腦科學界的諾貝爾獎，而同年的獲獎者還包括他常年的合作對象楊立昆（Yann LeCun）與傑佛瑞·辛頓。

班吉歐身型削瘦，兩道濃眉高高上挑，眼神彷彿能看穿人心。他的父母都是來自摩洛哥的塞法迪猶太人（Sephardic Jew，即伊比利半島系的猶太人），於1970年代移居蒙特婁，成為參與當時前衛表演藝術繁榮興盛的一分子。但班吉歐的志趣在於電腦，只不過在1990年代，研究神經網路也不比投身實驗戲劇更受人尊敬。儘管如此，班吉歐的研究為AlexNet打下基礎，等到2010年代中期，班吉歐也如同終於得到平反，出了口氣。多年前發表在小眾期刊那幾篇沒沒無聞的研究論文，現在成為整個新科學領域的開山之作。班吉歐是個純粹的學者，對商業沒什麼興趣，但看著AI的蓬勃發展，就像是有種身為父親的自豪。

然而，如同這個領域的許多學者，班吉歐有時候也會想像，如果AI變得**太過**強大，世界會變成什麼樣子？但在他的職涯大半時間當中，這種假設就像個笑話：如果AI真的將要征服地球，為什麼相關領

域的學者連1萬美元的研究經費都拿不到？不過，等到ChatGPT公開發布，班吉歐有生以來第一次真的感到擔憂。ChatGPT的能力令他震撼，簡直下巴都要掉下來。班吉歐過去還以為，自己有生之年肯定看不到電腦以貌似具備智力的方式和人類互動。但就在2022年底的某一天，這樣的科技突然降臨人間。在他看來，這就像是遇見外星人一樣。

不論晴雨，班吉歐每天早上都會邊散步邊整理思緒。AI恐懼湧上心頭的那一天，天氣比平常溫暖，蒙特婁街上還有半融的雪水。身邊的樹木葉已落盡、積雪染上一抹灰黑，他突然被一股莫名奇妙、從未感受過的情緒給淹沒。他說這是一次「信仰上的轉變」。「我想到我的兒輩與孫輩，」他告訴我。「他們在二十年後要面對怎樣的世界？他們還能有自己的人生嗎？」

這波AI恐懼是最令人害怕的那一種：你壓下情緒，理性審視問題，卻發現恐懼不減反增。在班吉歐看來，這是核戰等級的威脅，甚至有過之而無不及：在他的想像當中，就算發生核戰，至少還有一部分的人能活得下來；然而要是AI決定消滅人類，大可設計出致命的病原體，把地球上所有人趕盡殺絕。「我認為就危險程度而言，沒有任何事物足以比擬，」他說。

散步回家之後，班吉歐聯絡他的老友暨常年合作對象傑佛瑞·辛頓，想知道自己會不會只是杞人憂天。結果並非如此：辛頓也有同樣的想法，而且幾乎是在同一個時刻、以同樣的方式、得到同樣的結論。他思索ChatGPT的能力過後，先是感到滿足，再來是覺得自己得到平反，但接著就是一股毛骨悚然的不安。辛頓不久之後就辭去在Google的職位，全心向人類警告AI失控可能帶來的風險。至於伊爾亞·蘇茨克維，這個親手**打造**ChatGPT的人，此時也愈來愈擔心，希

望能夠全心投入處理「一致性問題」（alignment），¹確保超智慧AI不會尋求不利於人類的目標。班吉歐、辛頓，再加上蘇茨克維，這樣的組合應該足以讓人感到警醒。目前仍在世的電腦科學家當中，這三個人正是論文得到引用次數最多的前三名，而他們都擔心AI可能將人類消滅殆盡。



當然，也不是每個人都這樣想。像是圖靈獎的第三位共同得主楊立昆，就覺得他這些同事也太誇張了。楊立昆曾在1998年帶領打造出一款能夠辨識人類筆跡的神經網路，授權給郵局與金融機構，用來讀取地址與分析手寫支票的筆跡。他這套手寫分析程式，可說是最早在產業領域廣泛應用的多層神經網路。

楊立昆來自巴黎，幽默風趣，說起話來帶有一種權威，畢竟他的直覺可是屢屢得到科學研究的驗證。班吉歐曾經多次和他合著學術研究，包括那篇著名的手寫筆跡辨識論文，也是兩人的共同作品。他們的母語都是法語，多年來的共同研究也培養出深切的友誼。但到這個時候，由於兩人對AI風險的想法大相逕庭，關係也出現裂痕。「我們理論上還是朋友，」班吉歐告訴我：「但如今我們在公開場合爭辯的樣子，一般並不會發生在朋友之間。」

楊立昆對AI沒有半點恐懼，他覺得班吉歐只是在把一臺根本無害的機器擬人化。「有些人類在演化的影響下，天生就有股衝動想要去支配、或是至少影響一切；畢竟人類就是一種會分階級組織的社交動物，」楊立昆向《時代》雜誌這麼說。「至於AI系統，雖然可能極為聰明，但仍然只會是人類的部屬。是人類在為AI設定目標，而我們並

不會想要為AI設定任何能讓他們支配一切的內在目標。」當然，楊立昆也承認神經網路**可能**擁有支配欲，但他覺得沒有人會蠢到為AI賦予這樣的欲望。「打造這樣的功能實在太蠢了，而且也毫無用處，根本不會有人買啊，」他說。（楊立昆的話可以呼應當初帕斯卡爾的說法。帕斯卡爾在17世紀中葉曾經看著自己那座加法機的齒輪，想要從中尋找意識。「加法機產生的效果，比動物所做的任何其他事都更接近『思想』，」他寫道。「但從加法機的動作當中，觀察不到任何舉動能夠證明它有意志。」）

班吉歐並不同意這個看法，覺得楊立昆是自信過了頭。只要是人類，不管是個人或整個社會，都會做出各種愚蠢、搞破壞的事。至少到目前，因為訓練AI技術需要成本，只有少數相對負責的組織能夠發展AI；但隨著輝達讓運算的成本降低，人人都有能力訓練AI，就有可能出現超智慧惡霸：而且只要出現一個，就會讓一切走到盡頭。「AI愈強大，就愈有可能想要掌控讓自己運作的電腦，以便提供更多獎勵給自己，」班吉歐說。「而那就會是人類故事的結局。」

辛頓也同意這種說法，並且警告這樣的事可能就發生在無意之間。「假設，只要有其中一個AI出現一點點，真的就是**最微弱、最不起眼**的那一點點衝動，想要幫助自己，」辛頓說，AI就會獲勝。「它會為自己提供多一點資源。事實上，最自私的那些AI，就會得到最傑出的成果。我想你也看得出來，後果將會一發不可收拾。」



班吉歐和楊立昆的想法差異，其實也反映出整個AI社群的意見分歧。要談這件事的時候，有人會設一個參數變數「p（末日）」，代表

你評估AI在未來某天消滅人類的可能性有多高。楊立昆會說 $p(\text{末日})=0$ ；但班吉歐會說 $p(\text{末日})=50\%$ 。雖然這兩個數字代表的是對這個問題的兩種極端觀點，但是只要大於0，任何數字都值得憂心。

辛頓2023年初和班吉歐談話的時候，他認為的 $p(\text{末日})$ 值也有50%。如果換一種說法來強調：這位全球最知名的AI科學家當時相信，AI會帶給人類災難性後果的機率是二分之一。但是，等到我在2024年訪談他，辛頓已經把這項機率的預測值降到10~20%。他告訴我，他之所以降低數字，是因為許多他所敬重且才智過人的人，都竭力反對他的說法。「當然，最重要的就是黃仁勳，」他說。

黃仁勳認為的 $p(\text{末日})$ 值就是0，而且雖然理論上這項預測不可能有負值，但他正是這麼想。黃仁勳直言不諱的表示他不接受這套設想，認為這就是個愚蠢的問題，還覺得為這件事爭執的人，是在阻礙人類發展。他在丹尼餐廳時甚至曾經暗示，像辛頓這樣回應此般猜測，簡直是讓他的學術成就蒙羞。

這讓辛頓退縮了，但班吉歐還是堅持自己的立場。（並非偶然，班吉歐是重要的AI科學家當中，極少數沒從矽谷拿過錢的人。）辛頓與班吉歐都支持加州的一項法案，要求只要AI模型的訓練成本超過1億美元，就必須列入監管。這項SB 1047法案在矽谷非常不受歡迎，除了創投業者與科技公司聯手反對，在沙加緬度的遊說業者也並不支持。知名科技投資人南西·裴洛西，以及包含史丹佛大學李飛飛在內的幾位學者都提出反對，認為該法案既有礙創新、又無助於降低風險。曾經在Google讓機器認識貓的教授吳恩達則認為，擔心AI宰制人類，就像是在擔心火星人口過剩一樣。民調顯示，SB 1047法案得到將近80%的民眾支持，但在2024年9月，加州州長加文·紐森（Gavin Newsom）仍然動用否決權否決這項法案。

黃仁勳並沒有對SB 1047法案發表公開評論，但他向來強調，這些（確實頗為瘋狂的）AI相關風險預測，並沒有任何資料的支持佐證。但在我向班吉歐分享黃仁勳的反對意見時，他變得有點惱怒。「當然不會有資料啊！」班吉歐表示。「人類又還沒滅亡！難道要等到一再出現人類喪命的案例，我們才能說，哦，現在有資料了？！」這確實是個有力的論點，畢竟在AlexNet有所突破、或是transformer架構成功之前，全世界也沒有資料預料到這些事。短短十年間，AI的能力就出現了兩次人類未曾預見的永久升級。班吉歐並不認為目前的AI模型會直接威脅人類的生命，但下一次的突破呢？屆時可能造成什麼影響，或是事情什麼時候會發生，沒有人能說得準。

就算超智慧並不會在未來十年間出現，放眼未來二十年、三十年、甚至一百年，這樣的發展似乎都無可避免。這樣的時間跨度已經超出一般談投資報酬的框架，但仍然不脫人類歷史的範疇。有可能再過一、兩個世代，智人就不再是地球上的優勢物種；但對創投業者來說，他們看的不是那麼長遠的以後。

短期利益和長期風險不一致，對AI新創企業的內部也會造成紛擾。2023年11月，OpenAI掀起一場匪夷所思的董事會政變，伊爾亞·蘇茨克維發起投票開除山姆·奧特曼，但幾天後又懇請他復職回歸。奧特曼成為最後贏家，同時非營利子公司的其他董事則遭到撤換。奧特曼復職後，不論OpenAI的非營利使命聲明字面如何解釋，微軟的「有限」獲利都持續推動這個組織，繼續研發有史以來最先進複雜的AI模型。蘇茨克維在政變後就躲著媒體，但是我在2023年9月訪談他時，他表示自己已經改變研究重點，不再打造愈來愈大的語言模型，而是要讓AI超智慧與人類的利益能夠維持一致。「我不能明講某個特定的模型，」蘇茨克維說，「但我正在構思一項終極方案，希望能夠

應對大家的擔憂，也就是要避免AI失控，而造成一些我們非常不樂見的結果。」

截至2024年底，OpenAI的產品規模愈來愈大、功能也愈來愈強，但蘇茨克維談的那種解決方案仍尚未現身。2024年5月，OpenAI發表GPT4o（o代表omni，意思是「無所不在」），這是一套多媒體AI，能夠接受各種文字、聲音、圖像與影片的輸入組合，並且以文字、聲音、圖像與影片的輸出組合作為回應。GPT4o之所以能夠回應得絲滑流暢，正是因為輝達最新一代的晶片提供閃電般迅速的推論能力。而在GPT-4o發表的隔天，蘇茨克維辭職離開OpenAI。

OpenAI很快就推出搭載GPT-4o的對話模組，回應幾乎感覺不到有任何延遲，和這個模組交談，會覺得它就是個超級聰明的真人。〔很多人說這就像是《雲端情人》（*Her*）電影裡面的AI。〕在OpenAI發表GPT-4o的同一天，Google則是推出擴增實境（augmented-reality，縮寫為AR）的AI助手Astra，看起來能夠在不到一秒之內回答任何問題、記住任何細節、描述任何環境。至於新創企業Anthropic所推出的AI模型Claude，在許多基準測試都能和GPT-4o並駕齊驅、甚至是有過之而無不及。由於各國政府並不願意把敏感資料交給雲端供應商管理，因此許多國家正在打造大規模的主權AI（sovereign AI）訓練中心。馬斯克旗下的xAI公司也和甲骨文達成協議，將斥資百億美元租用甲骨文的GPU伺服器。（他肯定已經不再像2015年那樣深深擔憂AI將影響人類生存了。）祖克柏的Meta公司則是最大手筆，宣布投下300億美元購買一百萬顆輝達晶片，並確保配備專用的核電機組提供電力。

如果有人覺得加州參議院的一項法案就有可能擋下這一切，應該是對國家權力有著太夢幻的信心。隨著輝達GPU的速度愈來愈快，人

們對經濟成長的預期也愈來愈高。矽谷產業大亨已經選邊押下大筆賭注，要是限制投資上限，就可能讓股市崩盤。沒有任何地方的政治人物權力大到足以回天。

儘管如此，就算班吉歐、辛頓與蘇茨克維遭到資本排擠，並不代表他們說得沒有道理。這些人比任何人都更清楚AI科技的潛力，而且還有學術資歷作為證明。要是他們覺得擔心，我覺得這樣的意見絕對值得一聽。「現在就是有九十九個非常聰明的人在努力讓AI變得更好，但只有一個非常聰明的人在努力避免讓AI主宰一切，」辛頓說。



我該承認自己也有AI恐懼，也正是因此才會開始研究輝達，才會寫下這本書。從ChatGPT正式上線的那一刻起，我就覺得自己的職涯即將邁向終點。GPT-4的寫作水準還只算是普普通通；在大學先修考試的英國文學與作文考試的得分，在100名裡還只能排在78名。（我有信心排在第77名。）然而這些模型一直在進步，而且或許更重要的是，它們已經比我讀大學的時候寫得更好了。我是經歷漫長的學習磨練，才在三十六歲首次得以出版作品；而要是在我年輕時就有了這些模型，那些時光就會顯得毫無意義。

「作者之死」的日期步步進逼，對我個人而言是個小小的悲劇，但我也願意承認，當年馬車夫大概也對汽車恨之入骨；不過至少現在街道上不再滿地馬糞。我能適應變化，也絕不是那種抗拒科技的盧德分子（Luddite）。我熱愛科技，熱愛網際網路，熱愛太空旅行，想要自駕車，還在第一部iPhone上市的當天就立刻入手。我也對資本主義沒有任何意識形態上的偏見；事實上，我身為美國人，甚至覺得大企

業滿足我的各種異想天開是我與生俱來的權利。

然而AI卻讓我憂心忡忡，甚至徹夜難眠。但不是只有我為此感到煎熬：班吉歐告訴我，他也會作惡夢。未來幾年內，或許某天就會有人推出第一個擁有上百兆個參數的模型，和人腦突觸的數量並駕齊驅。在**那**之後，人類要扮演怎麼樣的角色？加速主義者深信，AI會像上一次工業革命那樣，解鎖新的就業模式。但根據我的經驗，如果你硬是把這些樂觀主義者逼到牆角，他們總會承認這些輕率的比較只是出於方便，沒有人能完全肯定一切會這樣樂觀發展。馬克·吐溫說錯了，歷史並不會重演。《傳道書》（*The Book of Ecclesiastes*）也錯了：太陽底下就是有無數的新鮮事，從穴居人到恐龍，新鮮事就是不斷發生。而且，一個擁有上百兆個突觸、每秒能運算五十億次的機械大腦，在歷史、宗教或哲學上都是沒有先例參考的頭一遭。AI時代的地球人會碰上什麼情形，沒有人能夠肯定。

但黃仁勳堅稱這很安全。當然，他有自己的動機：除了金錢，還有自尊。他經過一場漫長而孤獨的戰鬥，才終於讓平行運算得以賺錢盈利，如今也決心擁抱這份報酬。看起來，馬斯克與奧特曼這些科技專家似乎讓他有些惱怒：這些人嘴上義正辭嚴譴責AI的風險，手裡卻還在持續購入輝達的硬體。我可以了解他的觀點：那些AI開發人員一邊講著末日將近，一邊訓練的模型卻愈來愈大，這**確實**會讓人覺得有些噁心。

黃仁勳會如此有信心，一部分也在於AI和生物大腦仍然有諸多**不同**。一方面，大腦肯定不是透過反向傳播演算法來學習。另一方面，神經網路也只模仿整個神經系統的神經元這一項；舉例來說，AI系統裡面既沒有支持神經元的神經膠質細胞，也並沒有連結到什麼自主神經系統。而且，在神經網路裡，也沒有下視丘、海馬迴或松果體。神

經網路不會受到任何荷爾蒙的影響，沒有性欲、不會睡覺、沒辦法愛它的孩子、也從來不會作夢。

雖然這套模型訓練有素，能夠模仿（有時候甚至超越）人類的思考能力，但裡頭沒有感覺記憶、沒有情緒、沒有想像力、沒有生殖能力、也沒有生存本能。就這個意義而言，實在不能說它**有生命**；就連最原始的單細胞生物所具備的自我存續能力（self-sustainability），神經網路也付之闕如。雖然神經網路的訓練和演化之間肯定有些相似之處，但生物在這個地球實驗室上，都得經歷無比殘酷、適者生存、殺或被殺、吃或被吃的演化過程，而AI的訓練並非如此。

整件事還是有光明的一面。在2024年，曾經提出「迴紋針最大化」問題的尼克·伯斯特隆姆提出另一個問題：在一個AI不受限、所有問題都得到解決的世界，人類要做什麼？他在同年出版的著作《深度烏托邦》（*Deep Utopia*）中邀請讀者想像一個世界：所有人類不想做的任務都能交給機器人處理，任何想像得到的體驗都能在模擬器裡重現。這並非無稽之談；李飛飛處理完影像辨識的問題之後，正在著手打造這種一切問題都得到解決的世界。

在輝達2024年的GTC大會上，李飛飛揭曉一項名為Behavior-1K的計畫。她和比爾·達利同臺，談到自己使用亞馬遜的土耳其機器人平臺，找來一群背景多元的參與者，針對上千件日常活動，就問他們一個問題：「如果機器人幫忙做這件事，你能得到多大的好處？」排名最前面的活動，就是大家最不愛做的事：掃廁所、洗地板、派對後打掃家裡。至於排名墊底的活動，則是能讓人享受到某些愉悅的活動：挑珠寶、打壁球、拆禮物。根據這些結果，李飛飛目前正運用輝達的Omniverse來訓練AI去做那些大家最不喜歡的工作。總有一天，而且或許就在不久的將來，便會有一套這樣的神經網路安裝在現實世界的機

器人上，讓它去幹廁所裡的髒活。

這種所有問題都得到解決的世界，聽來的確挺有吸引力。人類或許總有一天也會變得懶得打壁球或拆禮物，但正如李飛飛的研究所示，會推動各種成就的是**行為**、而不是哲學論證。我們不難想像，或許在一、二十年內，只要是第一世界國家，家家戶戶都會有一群愛做家务的機器人，就像是現在人們家裡都有一臺冰箱一樣正常。或許，為了建立這樣一個再也不需要掃廁所的世界，確實會造成一定程度的生存風險，但我覺得大部分的人就算嘴上不同意，應該都願意做出這樣的妥協。我想不想要有個掃廁所機器人？不想要才怪。但是，就算我想接受AI能帶來的好處，還是無法擺脫那份焦慮。我使用AI模型愈頻繁，就對自己的角色感到愈懷疑。AI不但很快就能把文章寫得比我更好，而且總有一天，連我要訪談某人的時候也會先被AI過濾。我可以想像，哪天打算遠距訪談某位重要的企業高階主管時，卻在毫不知情的情況下，訪談到他的AI複製人。在我看來，我的職涯即將畫下句點。在我看來，現實即將畫下句點。在我看來，就連**意識**都即將畫下句點。黃仁勳是不是受到自己所造之物的強大力量誘惑，在拿我們人類的未來做賭注？我必須搞清楚這件事。我就是必須再問他最後一次。

¹ 譯注：又譯「AI對齊問題」，指AI和人類的目標可能不一致而形成利益衝突。

第23章

會思考的機器

我最後一次採訪黃仁勳，是在2024年GTC大會結束後的那個週五，在他那間由會議室權充的「辦公室」，就位於輝達總部南棟的中心。我和他隔著木頭長桌，四面八方圍著他親手寫在牆上的精確圖表與時程。房間另一頭有一份行事曆，列出輝達未來推出新GPU與軟體產品的時間表。他身後有個至少長約10公尺的白板，精巧繪出輝達的運算堆疊，從GPU開始，彩色白板筆與大寫字母一路寫到他剛剛推出的微服務架構。但就連那塊巨大的白板也還不夠，文字一路延伸環繞到另一頭的牆壁，再繞回我身後的整片磨砂玻璃。

經過四天不間斷的演講、採訪與技術演示，黃仁勳明顯露出疲態。他的開場主題演說是他講過最大規模的演講，也能看出他投入多少心力。我見過他光是和四百位建築師做些無關緊要的問答，肢體語言就已經充滿焦慮的樣子；這次是他一生最重要的演講，面對的還是坐滿整座球場的狂熱粉絲，實在難以想像他會感受到多少恐懼。

我也注意到，大眾對他的批評開始有些嚴厲。在GTC大會的記者會上，有位記者問他會不會是新的羅伯特·歐本海默（Robert Oppenheimer）。（「歐本海默做的是炸彈，」黃仁勳說：「我們不是。」）新聞節目《60分鐘》（*60 Minutes*）的主持人比爾·惠特克（Bill Whitaker）對黃仁勳的評價是「要在他手下工作不簡單」。（「本來就應該這樣。如果要做了了不起的事，本來就不該簡單，」黃仁勳表示。）輝達的訂價能力也讓各國政府有所反應；在美國，聯邦

貿易委員會（Federal Trade Commission，縮寫為FTC）主席麗娜·汗（Lina Khan）一直對輝達心存疑慮；輝達的法國分公司也曾遭當局突擊調查反競爭行為。

不過，當天我們的訪談是從一片和樂開始。我先恭喜黃仁勳主題演說表現精彩，再問了他在臺灣的生活、他的家庭，以及他如何適應這份初來乍到的名氣。他的回答簡短扼要。接著我明確問到，AI可能創造哪些新的就業機會？

「這個嘛，你可以問問自己，如果做數學的邊際成本為零，你接下來會做些什麼？」他說。

「我不知道，」我說。

「嗯，你剛才問的其實就是這個問題。OK的啦，你跟我一樣聰明，一定能想出答案。」

我呆了一下，一頭霧水。這對我來說實在太複雜，黃仁勳對我的聰明程度只是過獎，我遠遠不到他的等級。我一時不知道該怎麼問下去，就決定讓他看看那個曾經讓卡坦察羅反應激動的科幻小說家亞瑟·克拉克受訪影片。隨著影片中克拉克絮絮叨叨講著機械演化可能的未來，我也看著黃仁勳的臉上逐漸失去血色。

「我覺得你訪錯人了，」他冷冷的說。「你似乎是在訪談馬斯克，但我不是他。」我停了一下，不知道該說什麼，但為時已晚，我已然引爆地雷。

「這會……會不會毀掉工作就業？」黃仁勳道，語氣中的怒火愈燒愈旺。「計算機會毀掉數學嗎？這話題搞了這麼久，我真的是受夠了，」他說。「我再也不想談這個話題！每次都是同樣的對話，講了又講、講了又講、講了又講。人類發明農業，讓生產糧食的邊際成本降到零。這對社會是好事！我們大規模生產電力，讓砍樹、生火、搬

運火苗與火把的邊際成本也幾乎降到零，然後人類就能去做點別的事。然後，我們也讓計算的邊際成本變成零，現在誰還做什麼長除法！成本都是零了！」他這個時候已經是在大聲怒吼。「我們讓各種事物的邊際成本降到零，就這樣一代、一代、再一代，但每次都還要再談一次這一模一樣的對話！」

我想要轉換話題，卻只是徒然。他的怒火開始交雜著厭惡。他開始教訓我，彷彿我是個任性的小屁孩。他說，他本來對我寄予厚望，但我讓他失望，我浪費他的時間、浪費大家的時間；這整本書的整個計畫都開始遭到質疑。黃仁勳的兩位公關代表也在現場，但沒有任何打算插手的跡象；他們可不想引火上身。

柯克覺得黃仁勳那場怒火是背後有所盤算。但我可以說，當時我並沒有那種感覺。黃仁勳似乎就是無法克制他的憤怒，炮火猛烈四射，而且完全不恰當。我並不是他的員工，他對我發火沒有任何好處。他似乎就是感到厭煩，不想再被問到自己在打造的工具可能帶來什麼負面影響。他覺得這個問題太蠢，他也被問過太多次。

「這就不是什麼荒謬的科幻故事，」他說。他向桌子另一端那兩位動也不動的公關代表示意。「你們懂嗎？我不是看一堆科幻故事長大的，這也不是什麼科幻電影。我們都是一群嚴肅的人，在做嚴肅的工作！」他說。「這才不是什麼玩笑話！不是在重複什麼亞瑟·克拉克的小說情節。我沒讀過他那些該死的書。我才不管那些書！這才不是，我們就不是什麼科幻小說！這間公司不是什麼《星艦迷航》！我們不做那些事！我們是一群嚴肅的人，在做嚴肅的工作。而且，這就是一間嚴肅的公司，我是個嚴肅的人，在做的是嚴肅的工作。」

接下來長達二十分鐘，黃仁勳的語氣時而指責、時而憤怒、時而輕蔑，質疑我的專業、質疑我的採訪方式，也質疑我對這項計畫認真

的程度。他指責我是在對他做精神分析，他說他非常不喜歡回答我那些傳記式的問題，特別是那些刺探他精神狀態的問題。「我不喜歡這些挖人隱私的問題，」他說。「我不喜歡談我自己，好嗎？！我不想搞什麼心理治療。」他覺得我問的問題很蠢，說那些問題「缺乏想像力」。雖然一切證據都明擺在眼前，但他就是不承認自己有什麼特殊之處。「你看，我這個人，我就是個超級普通人啊，」他說。

「我從來沒遇過你這樣的人，」我說。

「我就是超普通，」黃仁勳說。

慢慢的，那股怒火散去。黃仁勳幾次改變話題，談到即將推出的產品，關心那兩位公關代表的福利，談到已故的約翰·尼科斯對CUDA專案的重要性，甚至還有一次談到羅馬帝國。他繼續溫和的訓斥，他已經受夠我了，接著我就被帶出門外。我就這樣在困惑中結束訪談。我和許多高階主管有過許多劍拔弩張的對話，但從來不曾有人如此對我大發雷霆。我一方面大感震驚，但說實話，也有點飄飄然。就某種意義而言，能成為黃仁勳發怒的對象也是種榮幸：想進到他的核心圈子，都得經過這樣的儀式。離開會議室的時候，我把頭轉向其中一位公關代表。

「可還真順利，」我說。

他笑了。「哦，那個啊？」他說：「那沒什麼啦。」



訪談結束後，我驅車前往附近的資料中心，參觀裝載一萬顆晶片的超級電腦Eos。Eos的運算速度快到離譜；如果用OpenAI的GPT-3模型當標準，訓練完成只需要不到四分鐘。我在那裡碰到資深超級電腦

工程師馬克·漢米爾頓（Marc Hamilton）。他帶著我走過氣鎖室，來到乾淨無塵的資料中心，幾十排機架裝著輝達的硬體設備，再隔成一座又一座的電腦匯集，在日光燈下不停運作，發出有節奏的脈動聲。

人類走進這座電腦的場域，像是闖進某種聖壇。數以千計的電腦風扇同時運轉，發出一種沉悶而不斷累積的轟鳴，彷彿遠處傳來掌聲，但我覺得自己好像靈魂被抽離；我還在因為黃仁勳的那頓訓斥感到眩暈。我在想，他是故意的嗎？當時覺得那是一場沒來由的怒火，現在回想起來，或許更像是出於刻意。我在腦中回想我們的對話，發現黃仁勳並不是一下子沒控制住情緒就爆發，而是用了幾分鐘，似乎是有意讓自己的怒火不斷累積，再三提到我給他看亞瑟·克拉克的影片是多麼愚蠢的事情。

但是，不論在當時或是現在，我都不覺得這麼做有那麼愚蠢：對於一個以打造機械大腦致富的人，問他機械大腦會不會演化得比生物大腦更快，絕不是沒有道理。而且，我非但沒有逼黃仁勳回答，還在發覺這個問題令他惱怒之後，好幾次試著想把話題轉移到更安全的地方。但他故意不讓我轉移話題。

回想起來，顯然黃仁勳是刻意要讓情緒失控，刻意要對我大發雷霆。在表演開始之後，他的怒火確實是出於真心，但一切都只是為了表達他背後一個更大的重點：他非但不讀科幻小說，其實更對科幻小說深惡痛絕。他這個人，走的是嚴肅而認真的路線。

黃仁勳之所以能在其他人都鎩羽而歸的領域，如平行運算、AI、Omniverse等取得成功，正是因為他不接受對未來只有空想。他就是從第一原理出發，冷靜審視各種技術，不為樂觀或恐懼所動，只談冷酷而有耐心的商業邏輯；正是這份獨有的能力，讓他能把企業的前瞻推到最遠的極限。至於在那極限之外的事，他既不去看、也不去多做想

像。人類滅絕的可能性已經超出公司策略的範疇，因此對他來說，這就像是在地圖上未探索的地區畫上一條惡龍同樣愚不可及。

我回想起自己訪談過的輝達高階主管有多麼嚴謹：在黃仁勳手下，每個人都像鋼琴琴弦一樣緊繃。這些人自信、聰明，而且準備得無比充分、一絲不苟，我從未見到任何失誤。我腦中也突然清楚回想起，這些高階主管有多麼不願意討論他們正在研發的科技可能對未來造成什麼影響。那種不願意討論的態度，幾乎形成一種不適、甚至是一種恐懼。我現在知道這些恐懼是從何而來。比起可能消滅人類，這些高層更害怕黃仁勳的雷霆之怒。

我走近其中一個電腦匯集，隔間的門突然自動滑開，也打斷我腦裡的胡思亂想。我倒退一步，挺起腰背，手臂寒毛直豎，然後鼓起勇氣走了進去。在這個電腦匯集裡，我感受到四面八方氣流的衝擊，兩側機架上的冷卻風扇不停咆哮，地上格柵吹出的氣流也讓我的褲子皺成波紋。這裡的聲音大到讓人無法思考。

我就在站在這個電「腦」內部，身邊的電路每秒運算次數總和高達一千萬兆次。不管它是會殺死我們、或是拯救我們，都是透過黃仁勳的晶片而發生。我試著去想像這整個系統堆疊的全貌，從以埃（angstrom）為尺度的電晶體，到複雜的電路架構，再到巴克的數值魔法、亞茲的編譯器、尼科斯的CUDA平臺，而最後凌駕一切的，就是以超自然速度演化的巨型多層神經網路。站在這裡，我開始看到輝達的成就範疇多麼遼闊，從原子的尺度、一路到機器意識的曙光。然而，只有黃仁勳這位美國的代達羅斯，才真正看清全局。

我在這裡得要大吼，別人才會聽到我在問什麼。我吼著問，Eos現在在處理什麼？漢米爾頓說，它正在模仿GPT-4的方式，訓練輝達內部的一套模型。換句話說，我正被一套語言模型包圍著：這套語言模

型正在追趕著我，而且我感覺它應該很快就會取代我。漢米爾頓努力吼得比風扇更大聲，告訴我如果要完成訓練，這座電腦需要進行 3×10^{25} 次運算。我環顧四周，感受自己這副過時而垂死的肉體多麼無能為力。這座電腦匯集無比美麗，我則不值一哂，想要對抗只是螳臂當車。這就是一臺已經擁有思考能力的機器，而且隨著風扇的每次轉動、電路的每次脈衝，它還會持續演進，愈來愈聰明。

謝辭

感謝黃仁勳與輝達團隊，感謝他們付出的時間、真誠、以及深刻的見解。特別要感謝鮑伯·謝爾賓（Bob Sherbin），是他的努力才讓本書美夢成真。謝謝你，鮑伯，感謝你做的一切，讓我有這一生難得的機會。也要感謝所有和我分享書中這些故事的人，特別是簡斯·霍茨曼、柯蒂斯·普里姆與大衛·柯克。

感謝威靈·戴維森（Willing Davidson）與《紐約客》雜誌團隊，委託我製作雜誌人物專訪，促成本書的誕生。威靈的編輯功力無與倫比，我大力推薦各位向他提出你們的構想。也要感謝維京出版公司（Viking）的艾莉森·羅倫森（Allison Lorentzen），以及Bodley Head出版公司的史都華·威廉斯（Stuart Williams），再次購買、編輯、出版我的作品。艾莉森與史都華，兩位的洞見與建議對我無比珍貴。我還要感謝西恩·雷弗利（Sean Lavery）、施怡諾（音譯，Yinuo Shi）與安娜·寇森斯基（Anna Kordunsky）查核手稿中的事實細節。一如既往，我永遠要感謝我的經紀人克里斯·帕里斯蘭（Chris Parrish-Lamb），在這十多年來，我的職涯一直深受他照顧與支持，能有克里斯是我的福氣。

梅根·麥坎納利（Meghan McEnery）鼓勵我進行這項計畫，也提供了許多精神與情感上的支持。謝謝你，梅根，要不是你，我不可能寫出這本書。我同樣感謝我的朋友傑·巴吉克（Jay Budzik）與馬庫斯·莫里提（Marcus Moretti），他們都和我一樣對輝達充滿興趣，我們討論輝達的時間不知道有幾小時。我還要感謝我的父母蘭諾德

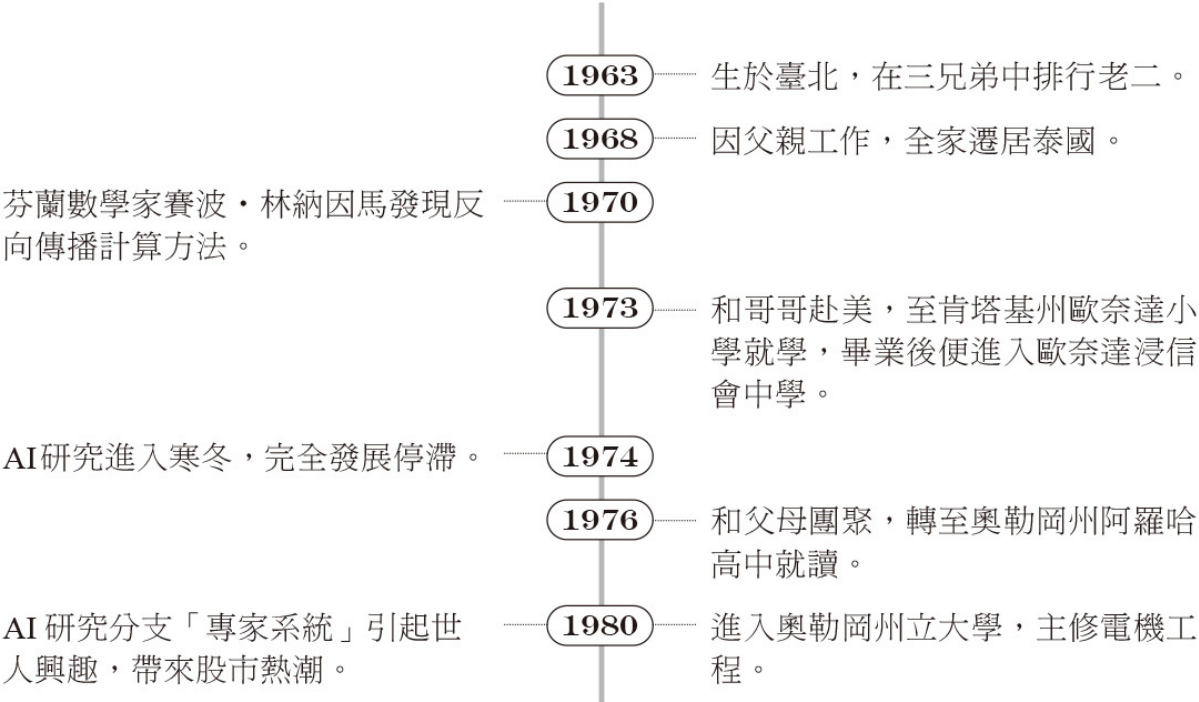
（Leonard）與黛安娜（Diana），一直陪伴在我身邊；也要感謝我的妹妹艾蜜莉（Emily），總是能給我帶來靈感。最後，當然要感謝我的女兒珍，每次爸爸消失在黑暗的臥室裡寫書、一次就寫上好幾天，她都還是能對爸爸好有耐心。謝謝你，珍。這本書獻給你。

黃仁勳、輝達與AI發展大事記

輝達從數度瀕臨破產的電玩硬體製造公司，
搖身成為全球最大的AI晶片供應商，
有人羨慕、有人嫉妒，也有人說純粹是他們好運，
黃仁勳則表示：「運氣，但有遠見作為基礎」。不過，無庸置疑，
沒有黃仁勳，輝達無法達到如今的地位；
沒有黃仁勳，AI的發展將延遲十年。

AI 大事記	黃仁勳與輝達大事記
--------	-----------

AI 研究的無盡寒冬與黃仁勳的懵懂少年
當黃仁勳對電腦科學著迷時，AI 研究載沉載浮，兩者毫無交集。



AI 研究略有起色，黃仁勳踏入矽谷初試啼聲
AI 領域在各方學術人員努力之下，開始漸有斬獲；
黃仁勳也恰逢其時，在矽革命開始之時踏入矽谷工作

1983 — 進入 AMD，起薪 28,700 美元。

1985 — 轉換跑道至巨積公司，工作之餘攻讀研究所；
結識昇陽電腦晶片設計師克里斯·馬拉考斯基與柯蒂斯·普里姆。

電腦科學家傑佛瑞·辛頓等人提出利用「反向傳播演算法」訓練神經網路，AI 研究重獲新生。

1986

「專家系統」帶來的希望在股災後化為泡影。

1987

和洛麗·米爾斯結婚。

1989

普里姆、馬拉考斯基與黃仁勳合作打造的昇陽 3D 圖形處理器 Sun GX 問世，一炮而紅。

IBM 研究員傑若德·泰薩羅首先成功利用「強化學習」訓練神經網路。

1990

1992

取得史丹佛大學電機工程碩士學位。

AI 技術開始萌芽，黃仁勳展翅創業
當眾人對神經網路棄若敝屣，有人成功利用這項古老的技術賺錢；
黃仁勳帶領輝達度過數次破產危機後，輝達終於被納入標普 500 指數。

1993

和馬拉考斯基、普里姆共同創辦輝達並擔任執行長。

挪威研究員法雷德里克·達爾推出第一個向公眾銷售的神經網路「水母」。

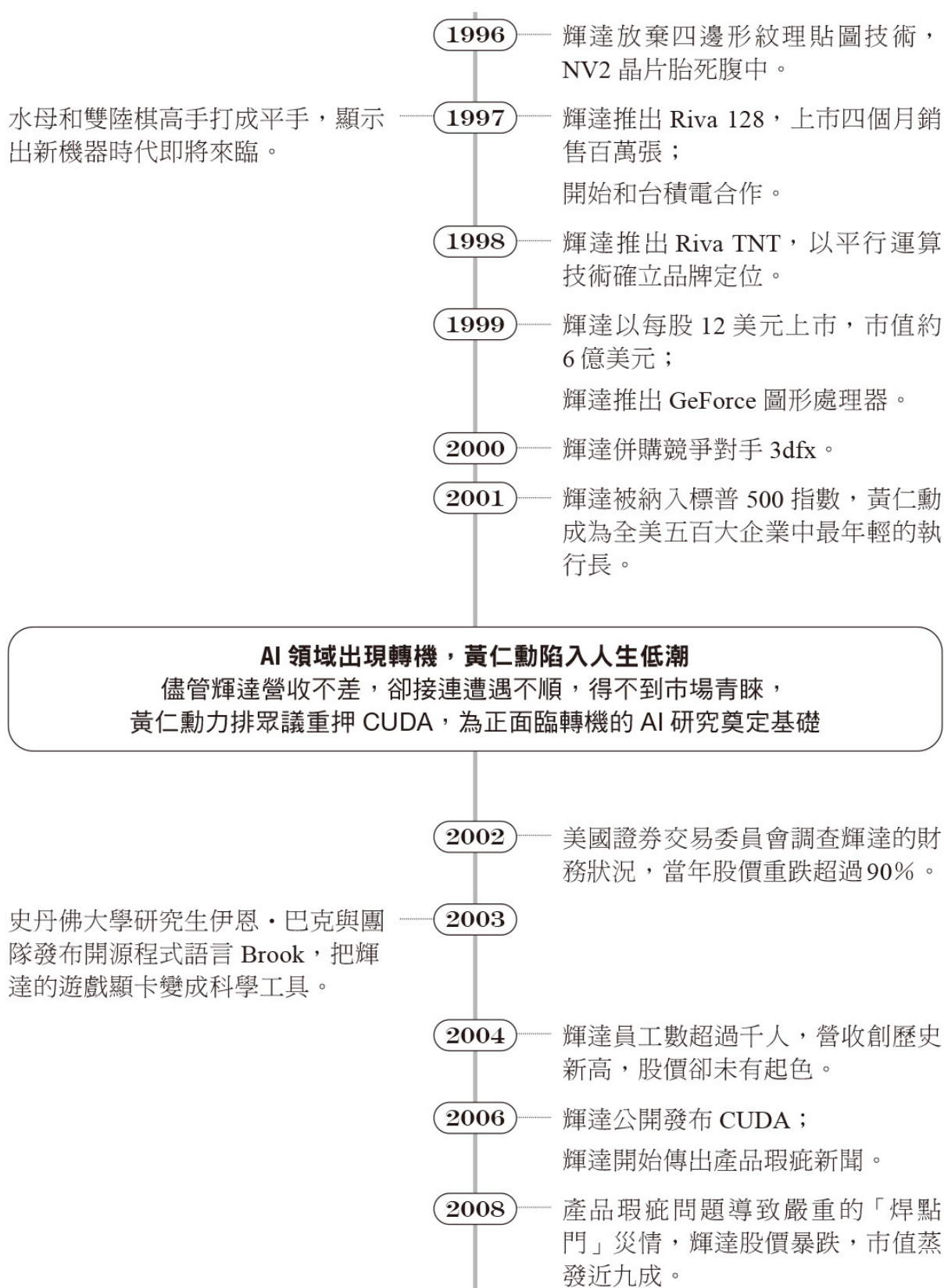
1994

輝達在桑尼維爾租下一間破舊的辦公室。

泰薩羅的神經網路 TD-Gammon 已經不只在學習，甚至開始創新。

1995

輝達第一款晶片 NV1 於秋季上市。



影像識別資料庫 ImageNet 初版問世，包含超過 1,500 萬張圖片、兩萬兩千個類別。

2009

輝達遭戴爾從遊戲筆電供應商名單剔除；

因「焊點門」問題，輝達上市以來首次虧損；

輝達舉辦第一屆 GTC 大會。

多倫多大學研究生亞歷克斯·克里澤夫斯基，利用輝達顯卡拿下當年的 ImageNet 圖像辨識比賽冠軍。

2012

CUDA 下載量跌到谷底，投資人抱怨連連。

AI 發展步入正軌，輝達乘勢再起

當全世界 AI 人才往矽谷聚集，人們對神經網路另眼相看，黃仁勳沒有錯過機會，輝達只花一個週末便轉型為 AI 公司。

2013

開發 cuDNN，進軍 AI 領域。

Google 收購總部位於倫敦的 AI 公司 DeepMind。

2014

黃仁勳在年度 GTC 大會上宣傳 cuDNN，首次對外提到輝達和 AI 相關；

開始研發資料傳輸高速通道 NVLink。

馬斯克創立 OpenAI，並找來一票傑出的 AI 人才加入。

2015

黃仁勳在年度 GTC 大會上火力全開，展示輝達的 AI 實力，股價漲破 2001 年高峰，一路向上。

ImageNet 圖像辨識比賽標記圖像的正確率達到 98%，突破人類 95% 的平均正確率，機器超越人類的時代就此降臨。

2016

輝達打造出史上功能最強大的電腦 DGX-1，交給馬斯克的 OpenAI 與李飛飛的史丹佛大學實驗室；

輝達打入電玩主機領域：任天堂宣布新一代 Switch 將使用輝達晶片。

Google 研究人員雅寇布・烏斯克瑞特和七位同事打造出自注意力機制軟體 transformer，已經能寫出流暢的文字。

2017

輝達年獲利首次突破 10 億美元，雇用第一萬名員工，市值達 1,000 億美元；
新總部「奮進號」落成；
CUDA 軟體套件的下載次數達到兩百七十萬次；
輝達推出雲端服務平臺。

OpenAI 推出 GPT-1，證明這類大型語言模型確實可行。

2018

OpenAI 推出 GPT-2，生成的文本已經能和人類文本不分軒輊。

2019

輝達收購 Infiniband，這間公司設計出世界上最快的網路連線標準。

AI 領域迎來寒武紀大爆發，輝達坐穩 AI 霸主
transformer 架構和超大規模平行運算相輔相成，造就輝達 AI 霸主地位
華爾街分析師表示：「AI 領域的戰爭開打，而輝達是唯一的軍火商。」

OpenAI 推出 GPT-3，它能解開邏輯問題，也能編寫程式碼。

2020

輝達市值超越英特爾、AMD，成為全球市值最高的半導體公司。

OpenAI 開放聊天機器人 ChatGPT 測試版。

2022

ChatGPT 的每月活躍用戶人數達到一億人；

OpenAI 推出 GPT-4。

2023

輝達 AI 晶片市占率高達九成；
輝達市值大漲約 2,000 億美元，成為全球市值第六大公司，超越沃爾瑪與埃克森美孚的總和。

2024

輝達打敗微軟、蘋果，成為全球市值最高的企業；
自 1999 年初首次公開募股至 2024 年年中，輝達股價上漲超過三十萬倍。

財經企管BCB868

黃仁勳傳

輝達創辦人如何打造全球最搶手的晶片

**The Thinking Machine: Jensen Huang, Nvidia, and the World's
Most Coveted Microchip**

作者—史帝芬·維特 Stephen Witt

譯者—廖月娟、林俊宏

副社長兼總編輯—吳佩穎

財經館總監—蘇鵬元

責任編輯—王映茹

編輯協力—黃雅蘭

封面設計—張議文

出版人—遠見天下文化出版股份有限公司

創辦人—高希均、王力行

遠見·天下文化 事業群榮譽董事長—高希均

遠見·天下文化 事業群董事長—王力行

天下文化社長—王力行

天下文化總經理—鄧瑋羚

國際事務開發部兼版權中心總監—潘欣

法律顧問—理律法律事務所陳長文律師

著作權顧問—魏啟翔律師

社址—臺北市104松江路93巷1號

讀者服務專線— 02-2662-0012 | 傳真—02-2662-0007 ; 02-2662-0009

電子郵件信箱—cwpc@cwgv.com.tw

直接郵撥帳號—1326703-6號 遠見天下文化出版股份有限公司

電腦排版—薛美惠（特約）

製版廠—中原造像股份有限公司

印刷廠—中原造像股份有限公司

裝訂廠—中原造像股份有限公司

登記證—局版台業字第2517號

總經銷—大和書報圖書股份有限公司 | 電話—02-8990-2588

出版日期—2025年1月20日第一版第一次印行

電子書設計製作—中原造像股份有限公司

地址—新北市中和區建康路130號7樓之11

電話—（02）2226-9120

電子郵件—ebook@iga.com.tw

網址—www.iga.com.tw

Copyright © [2025 by Stephen Richard Witt]

Complex Chinese edition copyright © 2025 by Commonwealth Publishing Co., Ltd.,

a division of Global Views - Commonwealth Publishing Group

This edition is published by arrangement with The Gernert Company, Inc.

through Bardón-Chinese Media Agency.

All rights reserved.

定價—500元

ISBN—978-626-417-137-3 | EISBN—9786264171359 (EPUB) ；

9786264171366 (PDF)

書號—BCB868

天下文化官網—bookzone.cwgv.com.tw

本書僅代表作者言論，不代表本社立場。



Your gateway to knowledge and culture. Accessible for everyone.



z-library.sk

z-lib.gs

z-lib.fm

go-to-library.sk



[Official Telegram channel](#)



[Z-Access](#)



<https://wikipedia.org/wiki/Z-Library>