地球上智能生命的演進與文明的發展，往往有幾個關鍵突變點。從生物智能到人工智能的演化，可能是人類歷史上決定命運的關鍵時期。人工智能不僅在全球引發了學術上的突破，更帶動了產業的躍遷。在摩爾定律所反映的計算能力指數級提升的賦能下，人工智能也給人類社會發展帶來了前所未有的強大動力。

人工智能技術已經走過 60 餘載波瀾壯闊的發展歷程，隨着近年來數據爆發式的增長、計算能力的大幅提升，以及深度學習算法的發展和成熟，我們已經迎來了人工智能概念出現以來的第三個浪潮期。基於大數據和強大計算能力的機器學習算法已經在計算機視覺、語音識別和自然語言處理等許多領域中取得了突破性的進展，基於人工智能技術的應用也開始成熟。

與此同時，中國經濟也走到了歷史發展的重要關口——依靠人口紅利發展的模式不能夠支撐高速發展，我國需要新的增長引擎。基於人工智能的自動化可以提高生產力，可以幫助我國實現經濟發展目標。同時，我國也擁有海量數據和廣闊的市場作為發展人工智能的支撐。

從學術論文發表的數量來看，中國人工智能方面的學術實力僅次於美國，位列世界第二，可以為人工智能後續的發展提供堅實的學術基礎；從產業方面來看，無論從國家戰略層面，還是科技企業發展層面，人工智能已經成為我國經濟的一個關鍵詞。在政府的大力支持下，高等院校和科研院所大力投入相關研究，華為、阿里巴巴、騰訊等多家科技巨頭，還有眾多中小企業和初創企業積極研發並佈局市場，我國已經成為全球人工智能的重要基地。

然而，要了解人工智能要去往何方、人工智能將給中國帶來什麼樣的改變，首先要知道人工智能從何處來、它經歷了怎樣的發展歷程。

1.1　人工智能的起源

人工智能是研究、開發能夠模擬、延伸和擴展人類智能的理論、方法、技術及應用系統的一門新的技術科學。其研究、開發的目的是促使智能機器會聽（語音識別、機器翻譯等）、會看（圖像識別、文字識別等）、會說（語音合成、人機對話等）、會思考（人機對弈、定理證明等）、會學習（機器學習、知識表示等）、會行動（機器人、自動駕駛汽車等）。人工智能的概念現在已廣為人知，但它從想像、思辨到提出概念、開展研究，再到形成技術、走進人們的生產和生活，經歷了漫長的歷程。

2017 年年初，《福布斯》雜誌發表了人工智能編年體簡史，時間跨度超過 700 年，涵蓋心理學、數學、哲學、藝術、計算機科學等學科領域，以及與人工智能的發展息息相關的歷史大事件。

這篇文章將人工智能的歷史追溯到 1308 年，西班牙加泰羅尼亞詩人、神學家拉蒙・魯爾（Ramon Llull）出版《偉大的藝術》（*Ars Generalis Ultima*），闡述了他提出的使用「邏輯機」從概念的組合中創造新知識的方法。

1763 年，托馬斯・貝葉斯（Thomas Bayes）提出一個用於推理事件概率的框架。1854 年，喬治・布爾（George Boole）提出邏輯推理可以使用與解方程組相同的方式系統地進行。之後人們採用無線電、機械和自動控制等手段進行了一些有關智能機器的嘗試，也有人在劇作、電影中對機器人等智能形態進行暢想。

但人們對人工智能的追求直到現代才邁出堅實的步伐。第二次世界大戰期間，許多學科領域出現了優秀的科學家，包括新興的神經科學和計算機領域。在英國，神經學家威廉・格雷・沃爾特（William Grey Walter）和數學家阿蘭・圖靈（Alan M. Turing）是首先向智能機器發起挑戰的兩位科學先驅，1948 年，沃爾特製造了有史以來第一個機器人。圖靈在 1950 年發表論文《計算機器和智能》（*Computing Machinery and Intelligence*），提出了圖靈測試，為智能機器設置了標準：一種可以讓某人以為自己在和另一個人說話的機器。

圖 1.1　圖靈畫像
（Natata / Shutterstock.com）

早在 1948 年，圖靈就寫過一篇題為《智能機器》（Intelligent Machinery）的論文，描繪了人工智能中聯結主義的大部分內容。這篇論文是圖靈在英國國家物理實驗室工作時寫的，但當時的實驗室主任查爾斯・達爾文爵士稱這是一篇「學生論文」，並寫信給圖靈，抱怨論文「滿是髒痕」的外觀。可貴的是，圖靈是在沒有電子計算機的時代，用紙和鉛筆模擬大腦，做出了這項開創性的研究。

事實上，這篇具有遠見卓識的論文是關於人工智能的第一個宣言，但遺憾的是圖靈從未發表它。在這篇論文中，圖靈不僅闡述了聯結主義的基本原理，而且出色地引入了許多後來成為人工智能核心的概念，包括具有學習能力的遺傳算法和神經網絡（他稱之為「無組織機器」），甚至強化學習的思想。

當然，這些概念是在其他人重新發明之後才成為核心的。而「人工智能」這一概念是在 1956 年才被正式提出的。

1956 年夏天，一些年輕科學家在美國達特茅斯學院開會研討「如何用機器模擬人的智能」時，首次提出「人工智能」的概念，這標誌着人工智能學科的誕生。

讓我們回顧一下那個意義非凡的夏天。

那年，28 歲的約翰・麥卡錫（John McCarthy，1971 年圖靈獎[1]獲得者），37 歲的納撒尼爾・羅切斯特（Nathaniel Rochester，約翰・麥卡錫的老闆—— IBM 第 1 代通用機 701 的主設計師），28 歲的馬文・明斯基（Marvin Minsky，麻省理工學院人工智能實驗室[2]的創始人之一）和 40 歲的克勞德・香農（Claude Shannon，信息論創始人）四人提議在麥卡錫工作的達特茅斯學院召開一場頭腦風暴式的研討會。這場研討會被稱為「達特茅斯夏季人工智能研究會議」。參加會議的除了以上這四位，還有六位年輕的科學家。

這次研討會討論了當時計算機科學領域尚未解決的一些

1 圖靈獎（A.M Turing Award），由美國計算機協會（Association for Computing Machinery，ACM）於 1966 年設立，專門獎勵那些對計算機事業做出重要貢獻的個人。它是全世界計算機界最負盛名、最崇高的一個獎項，有「計算機界的諾貝爾獎」之稱。

2 麻省理工學院（MIT）計算機科學和人工智能實驗室的前身。

圖 1.2 達特茅斯學院（Dan Lewis / Shutterstock.com）

問題，包括人工智能、自然語言處理和神經網絡等。

儘管除了「邏輯理論家」和 α-β 搜索法等成果，這些絕頂聰明的科學家在經歷了長達一個月的頭腦風暴後並沒有產生其他歷史性的突破，但他們提出了「人工智能」這一概念，推動其成為計算機科學中的一門學科，並在以後大放異彩。

值得一提的是，這次研討會的出席者幾乎囊括了當時全球人工智能領域的主要人物。在隨後的 20 年裏，人工智能這個舞台基本被這些人物和他們在麻省理工、卡內基 - 梅隆、斯坦福等大學和 IBM 等企業中的同事們所佔據。

1.2 寒冬與熱潮交替，人工智能發展的起伏

自 1956 年達特茅斯會議到 2019 年，人工智能已走過 63 年的發展歷程，但其發展並非一帆風順，而是幾經起落。在這起起伏伏的巨浪中航行與求索，只有 AI 相關從業者才能真切了解其中況味——浪潮期的榮耀與機會和寒冬期的低落與困境。

1.2.1 回望圖靈獎背後的坎坷

2019 年 3 月 27 日，ACM 公佈了 2018 年圖靈獎獲得者，即深度學習三巨頭——約書亞・本吉奧（Yoshua Bengio）、傑弗里・辛頓（Geoffrey Hinton）和楊立昆（Yann LeCun）[1]。這三位獲獎者在業內被稱為「當代人工智能教父」，他們開創了深度神經網絡（Deep Neural Network）

這個技術領域。這項關鍵的計算機工程技術，為深度學習算法的發展和應用奠定了基礎。三位獲獎者的介紹如下。

- 約書亞・本吉奧，55 歲，加拿大蒙特利爾大學教授，魁北克人工智能研究所的科學主管（Scientific Director）；
- 傑弗里・辛頓，72 歲，谷歌公司副總裁和工程會士

1 編者注：楊立昆是 Yann LeCun 本人首肯的中文名，他並不是華人。

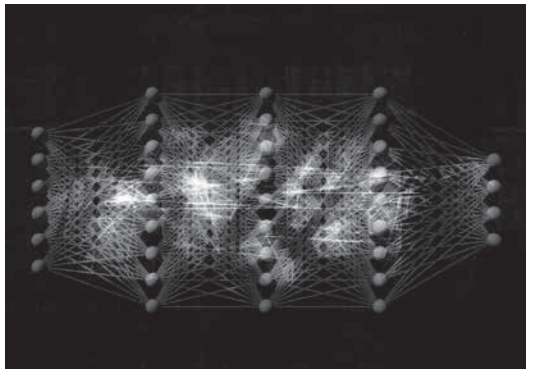

圖 1.3
深度神經網絡示意圖
（Evannovostro / Shutterstock.com）

（Engineering Fellow）加拿大 Vector 人工智能研究院首席科學顧問，多倫多大學名譽教授；

- 楊立昆，59 歲，紐約大學教授，臉書公司（Facebook）副總裁兼首席 AI 科學家。

深度學習三巨頭獲得計算機界最高殊榮的背後，是一段經歷了寒冬的艱辛之路，也是相關學者在人工智能學術道路上數十年來執着前行、永不言棄的時代縮影。20 世紀 80 年代，傑弗里・辛頓等人坐了若干年的冷板凳，直到 21 世紀 AI 的再度爆發才得以揚眉吐氣。在這次浪潮中，傑弗里・辛頓提出新的神經網絡模型「膠囊網絡」（Capsule Network），試圖找到解決深度學習缺陷的新方法。這位七旬老人熬過了 AI 最寒冷的冬天，並且認定下一個冬天不會到來。

辛頓早年的科研之路可謂坎坷至極。1973 年，辛頓進入愛丁堡大學研究生院，師從克里斯托弗·龍格 - 希金斯（Christopher Longuet-Higgins）學習人工智能。當時正值人工智能的寒冬期，神經網絡也受到了學術界輕視。克里斯托弗是著名的理論化學家和認知科學家，曾培養出諾貝爾獎獲得者。在辛頓師從克里斯托弗學習人工智能期間，其與導師的理念不盡相同：克里斯托弗堅持傳統的邏輯人工智能理念，而辛頓則堅信基於神經元理論的神經網絡一定是未來的發展方向。

「我的研究生生涯充滿了坎坷，每周我們都會有一場爭吵。」辛頓後來回憶，他一直在和導師做「交易」:「讓我再做 6 個月的神經網絡，我會向你證明它們是有效的。」但在 6 個月結束的時候，辛頓又說 :「再給我 6 個月」，之後又說「再給我 5 年時間」。終於在 20 世紀 80 年代，辛頓成功了。1986 年，辛頓等人完成著名的論文《反向傳播學習實驗》（*Experiments on Learning by Back Propagation*），提出了影響後世人工智能發展的新神經網絡方法。不過，當時既沒有足夠的數據，也沒有足夠的計算能力，導致神經網絡無法進行大規模訓練，學術界和產業界對辛頓的神經網絡依舊不感興趣。辛頓參加學術會議時，經常坐在房間的角落裏，得不到當時學術界大咖的垂青。

2012 年，辛頓和他的兩名學生發表論文，提出了深度捲積神經網絡模型 AlexNet，並在當年的 ImageNet 大規模圖像識別競賽中獲得冠軍。後來辛頓加入「谷歌大腦」，AlexNet 也成為圖像識別中最經典的模型之一，在產業界得到普遍應用。

更值得紀念的是，2015 年，傑弗里·辛頓、楊立昆、約書亞·本吉奧這三位深度學習巨頭在《自然》（*Nature*）雜誌上共同發表了一篇名為《深度學習》（*Deep Learning*）的綜述文章，講述了深度學習為傳統機器學習帶來的變革，樹立了人工智能在學術界的嶄新豐碑。

辛頓等人所經歷的坎坷，只是人工智能兩落三起的一個縮影，讓我們來回顧一下這段歷史。

1.2.2 人工智能的第一次發展浪潮

1956 年達特茅斯會議之後，人工智能迎來了第一次發展浪潮。在這之後的十餘年間，計算機被廣泛應用於數學和自然語言領域。研究者們在定理證明、人機對話方面做了一些工作，並進行了一些機器翻譯的嘗試。其中，1960 年華裔美國數理邏輯學家王浩提出的命題邏輯的機器定理證明新算法，證明了集合論中的 300 多條定理。1957 年，康奈爾大學的實驗心理學家弗蘭克·羅森布拉特（Frank Rosenblatt）發明並模擬實

現了一種他稱為「感知機」的神經網絡模型，該模型可以完成一些簡單的視覺處理任務，這在當時引起了轟動。

這些工作成果讓很多研究學者看到了機器向人工智能發展的信心。當時甚至有很多學者認為：「20 年內，機器將能完成人類能做到的一切。」但這一波浪潮本身都沒有持續 20 年。

1.2.3 人工智能第一次低谷

20 世紀 70 年代，第一波人工智能熱潮逐漸退去，發展遭遇瓶頸。受技術發展的制約，當時的人工智能主要面臨計算機性能不足、無法應對高複雜性問題以及數據量嚴重不足這三大瓶頸，因此無法解決任何實際的人工智能問題。此前，研究者們對人工智能的期待是具有人類兒童水平的認知，但在當時來講，這一要求實在太高了。

由於缺乏技術突破，此前對人工智能研究項目提供資助的機構也逐漸停止相關資助。美國國家研究委員會（National Research Council, NRC）當時也對方向不明朗的 AI 研究感到失望，在撥款 2000 萬美元後停止了資助。這種情況不只發生在美國，1973 年，針對沒有太多亮眼成績的英國人工智能研究狀況，著名數學家詹姆斯·萊特希爾（James Lighthill）也批評 AI 並未實現「宏偉目標」。現在我們通常認為 1976 年到 1982 年是人工智能的第一次低谷期。[1]

1.2.4 人工智能迎來第二次發展浪潮

1980 年，卡內基 - 梅隆大學為數字設備公司（Digital Equipment Corporation，DEC）設計了一套名為 XCON 的「專家系統」，它標誌着人工智能迎來了第二次發展浪潮。XCON 是一種採用人工智能程序的系統，可以簡單理解為「知識庫 + 推理機」的組合，是一套整合了當時 DEC 計算機配置方面專業知識的計算機智能系統。XCON 可以按照訂單需求自動選取 DEC 公司 VAX 系列計算機的零部件。這套系統在 1986 年之前每年能為 DEC 公司節省至少幾百萬美元的經費。

得益於該商業模式的成功，Symbolics、Lisp Machines、IntelliCorp、Aion 等公司湧現了出來。在第二次人工智能浪潮期間，僅專家系統產業的價值就高達 5 億美元。商業模式之外，國際競爭更是加速了專家系統的發展。1981 年，日本在經過為期兩年的廣泛調查之後，決定投資 1000 億日元，實施為期十年的「第五代計算機技術開發計劃」，設想中的第五代計算機（五代機）將能夠進行智能信息處理。日本的勃勃雄心給美國的計算機技術霸主地位帶來了壓力。美國國防部

1 參見《人工智能標準化白皮書（2018 版）》。

高級研究計劃局（Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA）也於 1982 年提出用 10 億美元預算研究五代機。英國不甘落後，政府聯合企業籌資逾 5 億美元，於 1983 年開始實施第五代計算機的研究計劃。蘇聯也成立了「計算機工程國際委員會」開發五代機。專家系統一時風光無限。

1.2.5 人工智能第二次低谷

不幸的是，這段繁榮並未持續太久，僅僅維持了 7 年，人工智能就陷入了第二次低谷，而這次低谷可以被稱作「AI 之冬」，也正是這次「冬天」讓「深度學習技術之父」——辛頓等知名學者坐了數年冷板凳。

「AI 之冬」一詞是經歷過 1974 年經費削減的研究者們提出的。當時他們注意到了人們對專家系統的狂熱追捧，預言不久後人們將轉向失望。事實被他們不幸言中，專家系統的實用性僅僅局限於某些特定情景。

到了 20 世紀 80 年代後期，DARPA 的下屬機構戰略計算促進會（Strategic Computing Initiative）大幅削減對 AI 的資助。DARPA 的新任領導認為 AI 並非「下一個浪潮」，撥款轉為傾向於那些看起來更容易出成果的項目。另外，在技術方面，到 1987 年，蘋果公司和 IBM 公司生產的個人計算機性能都超過了 Symbolics 等廠商生產的通用計算機。從此，專家系統風光不再。

1.2.6 人工智能重裝上陣

20 世紀 90 年代中期開始，隨着 AI 技術，尤其是神經網絡技術的逐步發展，以及人們對 AI 開始抱有客觀理性的認知，人工智能技術進入了一個復甦期。1997 年 5 月 11 日，IBM 公司的計算機系統「深藍」戰勝了國際象棋世界冠軍卡斯帕羅夫，又一次在公眾領域引發了現象級的 AI 話題討論。這是人工智能發展的一個重要里程碑。

2006 年，辛頓在神經網絡的深度學習領域取得突破，這是標誌性的技術進步，人類又一次看到了機器在某些方面趕超人類的希望。

深度學習算法的迭代更新，加上近些年來全球數據爆發式的增長，以及計算能力的大幅提升，人工智能在全球範圍內迎來了波瀾壯闊的第三次浪潮。這一次人工智能浪潮與前兩次浪潮有着明顯的不同。基於大數據和強大計算能力的機器學習算法已經在計算機視覺、語音識別、自然語言處理等一系列領域中取得了前所未有的重大突破，基於人工智能技術的應用也開始走進千家萬戶。

人工智能技術開始大幅跨越科學與應用之間的「技術鴻溝」，圖像分類、語音識別、知識問答、人機對弈、自動駕駛等人工智能技術實現了從「不能用、不好用」到「可以用」的技術突破，迎來了爆發式增長的新高潮。

昔日的冷板凳，終於被辛頓這樣的人工智能拓荒者和耕耘者數十年如一日的執着追求「焙」熱，而這種熱度一旦超越某個界限就不會再輕易冷卻。

1.3 中國人工智能的艱難起航

文藝復興和啟蒙運動以來，自然科學領域經歷了跨世紀的系統發展。率先完成工業革命和電氣化革命的西方世界發展出人工智能，是歷史的必然。而 1949 年在積貧積弱的基礎上建立起來的新中國，要迅速跟上西方的腳步是不可能的。但就是在這樣的歷史條件下，一批批科技、教育等領域的探索者們憑藉對科學如饑似渴的好奇、虛懷若谷的學習精神，以及堅持不懈的努力，為中國人工智能的發展打下了基礎。

1.3.1 艱難起步

從「圖靈測試」提出到第一次人工智能浪潮退去，西方在人工智能領域的探索已經完成一個階段，可以登堂入室。而我國一方面受新中國成立初期在經濟、工業和教育等方方面面力量有限的制約，另一方面受蘇聯批判人工智能和控制論（Cybernetics）的影響，整個 20 世紀 50 年代幾乎沒有開展人工智能研究。一直到 20 世紀 70 年代，我國人工智能研究仍處在幾乎停滯的狀態。

1978 年 3 月，全國科學大會在北京召開，鄧小平同志發表重要講話，指出「科學技術是生產力」。此次大會提出了「向科學技術現代化進軍」的戰略決策，打開了解放思想的先河，迎來了中國科技事業的春天，人工智能領域也得以邁開前進的步伐。就是在這次大會上，吳文俊 1977 年提出的幾何定理機器證明「吳方法」，獲得了 1978 年全國科學大會獎，這是中

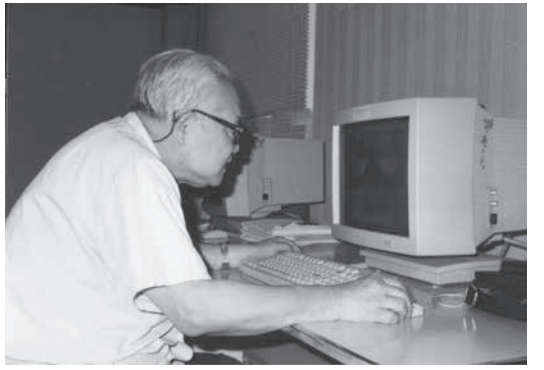

圖 1.4
吳文俊工作照
（圖片來源：中國科學院數學機械化重點實驗室）