

序一

審慎思考中國人工智能戰略

中國工程院院士 

2016年以來，谷歌人工智能程序 AlphaGo 在圍棋人機大戰中先後戰勝李世石和柯潔，沉寂了 60 年的人工智能一下子成為社會關注的焦點。人工智能技術成為當今科技熱點，人工智能科技公司成為風險資本追逐的對象，包括中國在內的科技大國紛紛制定人工智能發展戰略，可以說人類進入了人工智能的新時代。而這一新時代的到來，離不開芯片、存儲器、光纖、移動通信、超算和大數據等底層技術的突破。以過去十年的時間為基準，光纖通信容量提升了 100 倍，移動通信速率提升了 1000 倍，超算能力提升到了 1000 倍，數據量提升了 32 倍。信息採集、傳輸和存儲效率的提升，以及計算能力的迅猛發展，奠定了人工智能時代的基礎。以此為基礎，深度學習算法實現突破，則是揭開人工智能新時代序幕的轉折點。2006 年，傑弗里·辛頓提出的深度置信網絡，解決了深層神經網絡的訓練問題，一舉開創人工智能發展的新局面。

在大數據、算力和算法三駕馬車的拉動下，人工智能技術快速進步並已經在許多方面超越了人類。在語音識別上，微軟的語音交互識別系統錯誤率低至 5.1%，百度的漢語識別系統準確率高達 97%，都優於專業速記員；在人臉識別上，中國依圖科技在千萬分之一誤報下的識別準確率接近 99%，連續多年獲得美國國家標準技術局舉辦的人臉識別算法測試的冠

軍。除此之外，人工智能可以做的事情還有很多，甚至可以顛覆科學技術的研究過程。例如，谷歌 DeepMind 利用深度學習開發 Alpha Fold 程序，能夠根據基因序列預測蛋白質的 3D 結構，有望治療包括癌症在內的眾多疾病。再如，美國斯坦福大學的科學家創建了一個人工智能程序，這個人工智能程序只用幾小時就完成了元素周期表的重建。

2018 年以來，人工智能發展進入快車道，很快就滲透到醫療、交通、金融、農業、工業等各個領域。就像 18 世紀的蒸汽機、19 世紀的電力和 20 世紀的信息技術一樣，人工智能具有足夠大的技術輻射效應，能夠為全球經濟發展提供新的強勁引擎。關於人工智能對經濟效益的貢獻，普華永道曾經做過預測，2017 年到 2030 年人工智能對經濟增長的貢獻將超過全部 GDP 的 55%，其中中國佔全球將近一半，2030 年人工智能會帶來 7 萬億美元的 GDP，佔總 GDP 的 26.1%，不可謂不大。更重要的是，正如《人工智能全球格局：未來趨勢與中國位勢》一書所言，人工智能還會帶來科學研究範式的革命，幫助人類破譯生物、天文、物理等領域的奧秘，人工智能的想像空間巨大。

在很多人看來，人工智能技術似乎已經無所不能，更有一些觀點認為人工智能會導致人類大批失業，甚至在不遠的未來人工智能將會統治人類。社會輿論的力量，已經將人工智能推到了「近乎可怕」的高度。但事實上，人工智能發展仍然處在很初級的階段，需要解決的問題還有很多。圖靈獎得主朱迪亞·珀爾講過，深度學習只是一種非常通用和強大的曲線擬合技術；諾貝爾經濟學獎獲得者托馬斯·薩金特講過，人工智能其實就是統計學，只不過用了一個華麗的辭藻。與大腦相比，人工智能還存在「算法黑箱」、數據需求量大、抗噪性差、能耗高等許多不足，離真正全面應用還很遠。

毫無疑問，人工智能已經成為世界各國競爭角逐的焦點，人工智能的發展水平是國家核心競爭力的重要體現。《人工智能全球格局：未來趨勢與中國位勢》全面深入地描述了各國政府、科技巨頭、風投機構和初創企

業在人工智能領域的佈局，也展現出了各機構、企業和個體對把握人工智能這一顛覆性技術、順應智能時代潮流的決心。但就像前幾次工業革命一樣，人工智能的發展並不會一蹴而就，需要經過幾代人的努力才會「遍地開花」。在人工智能發展的熱潮中，我們必須冷靜、客觀、審慎地看待它，更加認真地審視中國在人工智能產業中的實力。不妨捫心自問：人工智能相比傳統模型的優勢到底是什麼？人工智能產業的核心技術有哪些？中國企業在人工智能基礎算法上的投入和產出如何？回答不好這些問題，中國人工智能產業發展之路仍將困難重重，甚至在未來有可能喪失競爭優勢。

《人工智能全球格局：未來趨勢與中國位勢》為我們提供了客觀看待人工智能、認真審視自我的機會。本書是站在熱潮上的冷思考，以歷史眼光和全球視野看待人工智能的過去與未來；從大國博弈與企業爭雄兩個層面解讀各國的人工智能戰略以及企業在專利、人才等方面的佈局；從數據、算力、算法三方面展望人工智能技術的發展，從數據、技術、資本、智力和制度五個維度分析中國在人工智能技術與應用領域的優勢及努力方向。本書用專門的章節來討論人工智能帶來的倫理挑戰，介紹了一些國家和機構關於人工智能倫理問題的規制原則。本書對人工智能發展狀況進行評述，重點不在技術解釋，也不在應用案例，目的是給讀者帶來關於人工智能發展演進全程和全域的認識。本書文風簡樸、通俗易懂，適合大眾讀者閱讀，也可供從事人工智能戰略研究、投資決策和項目管理的人員及領導幹部參考。

習近平在 2018 年 10 月 31 日中央政治局集體學習會議上指出「人工智能是新一輪科技革命和產業變革的重要驅動力量，加快發展新一代人工智能是事關我國能否抓住新一輪科技革命和產業變革機遇的戰略問題」，「各級領導幹部要努力學習科技前沿知識，把握人工智能發展規律和特點，加強統籌協調，加大政策支持，形成工作合力」。期望本書能幫助廣大讀者了解科技前沿知識、把握人工智能發展規律和趨勢。

序二

第四次工業革命的機遇和挑戰

百度首席技術官 王海峰 博士

18世紀以來人類經歷的三次工業革命，分別以機械技術、電氣技術和信息技術為核心驅動力。今天，以人工智能為核心驅動力量的第四次工業革命已經來臨，人工智能成為新的生產力，正在深刻影響人們的生產生活方式，引領人類社會進入智能時代。

在大數據、移動互聯網、物聯網以及腦科學等新理論新技術驅動下，人工智能呈現出深度學習、跨界融合、人機協同、群智開放、自主操控等新特徵，將對經濟發展、社會進步、國際政治經濟格局等產生深遠影響。當前階段，世界各國政府高度重視人工智能的發展，中國、美國、日本和歐盟各國等紛紛制定發展人工智能的國家戰略規劃，學術界、產業界乃至整個社會都對人工智能非常關注和投入，人工智能被認為是科技創新的下一個「巨型風口」。在這樣關鍵的變革時期，我們需要正確認識人工智能，審慎客觀地思考人工智能技術和產業，切實促進人工智能與社會經濟發展深度融合，發揮其作用和價值。

一是要把握人工智能發展規律，推動產業健康發展。經過六十多年的發展，人工智能經歷了早期的人工規則、後期的機器學習和目前的深度學習三個典型階段。在不同階段，算力、算法和數據存在數量級的性能（規模）差距，因此各階段人工智能的技術原理不盡相同，商業邏輯、產品形

態也有很大差異。在新一輪浪潮中，儘管人工智能技術已廣泛應用於互聯網、金融、教育、交通和醫療等眾多領域，但人工智能發展仍處於初級階段，技術存在一定的邊界，並非萬能的。只有深刻理解人工智能的內涵與外延，把握人工智能發展規律，才能推動產業健康發展，促進人工智能與實體經濟進一步融合。

二是要建設人工智能生態體系，提高自主可控能力。作為顛覆性、戰略性的前沿科技，人工智能的發展會對未來國家之間的競爭格局產生決定性影響。而人工智能產業的競爭力，歸根結底在於人工智能生態體系的競爭力，包括基礎算法、人工智能芯片、學習框架、數據、應用、人才等層面。實踐證明，缺乏生態體系的技術，終究會被歷史淘汰，也難以實現自主可控，難以承擔國家安全的重任。面對新一輪人工智能熱潮，我們需要冷靜思考，不盲目、不跟風，在全面創新發展的同時，加強前沿基礎理論研究，積極推進人工智能生態體系建設。

三是要重視人工智能倫理問題，及早識別重大風險。倫理可謂「標準的標準」，其對人工智能產業的健康有序發展有着重要的指導意義。當前，人工智能應用加速落地，在一些領域已開始幫助人甚至代替人進行決策，如產品檢驗、汽車駕駛、疾病診斷、城市管理等等。但同時，人工智能引發的倫理道德、隱私保護、社會治理等問題也開始顯現。目前，人工智能的發展還存在很多不確定性，法律規制因為有着一定的滯後效應，無法對人工智能進行有效監管。對此，中國應加快人工智能倫理研究步伐，積極參與全球人工智能倫理原則的研究和制定，及早識別人工智能治理的重大風險，讓人工智能更好地造福大眾。

《人工智能全球格局：未來趨勢與中國位勢》一書深入淺出，能夠以一種理性、客觀的態度分析新一輪人工智能熱潮帶來的機遇和挑戰，其中許多觀點和闡述都很精彩。首先，本書從源頭出發，思考了當前人工智能技術的本質，回顧了人工智能的發展歷史，也對其未來做了展望。其次，書中介紹並解讀了大國關於人工智能的戰略和企業人工智能生態，包括科技

巨頭在技術、專利和人才等方面的佈局，同時梳理了在某項技術或應用場景上深耕的獨角獸企業，以及資本市場的投資走向。再次，本書從數據、算法和算力的角度深入分析了人工智能技術的現狀和發展趨勢，同時從數據、技術、資本、制度等層面闡釋了中國發展人工智能的特點和優勢。最後，本書也對人工智能倫理做了專門分析，揭示我們面臨的機遇與挑戰。《人工智能全球格局：未來趨勢與中國位勢》一書論述全面，文字通俗易懂，可以讓讀者對人工智能的發展歷程和未來趨勢有全域了解，兼具科普和參考價值。

習近平指出「人工智能是引領這一輪科技革命和產業變革的戰略性技術，具有溢出帶動性很強的『頭雁』效應」。人工智能的發展和突破需要各界齊心協力、共同推動。希望大家在了解人工智能的基礎上，積極投身到以人工智能為核心驅動力的科技革命和產業變革中來。

序三

人工智能的中國位勢和未來趨勢

國務院發展研究中心國際技術經濟研究所所長 郭玖暉

數年前還少有人問津的人工智能在 2016 年的人機圍棋大戰中一舉聞名。究其原因，一方面，得益於算力（芯片）、算法和數據的突破，人工神經網絡能夠以前所未有的規模有效運行，曾經天文數字般的計算量已不再是阻礙；另一方面，AlphaGo 在人機圍棋大戰中的勝利，賦予了人們對人工智能技術無限的遐想，自動駕駛、實時精準翻譯、全能機器人等科幻片中才存在的技術似乎就在眼前。

一石激起千層浪。2016 年，美國白宮發佈《為人工智能的未來做好準備》等報告後，人工智能技術徹底得到了各國政府、資本界、產業界和學術界的高度重視。科技強國紛紛發佈自己的人工智能戰略，科技巨頭紛紛向人工智能方向轉型，人工智能相關的創業公司大量湧現，社會投資快速翻倍。「人工智能+」的概念廣為大眾接受，人工智能技術在農業、金融、法律、交通、工業等領域的落地應用席捲而來，小到桌子上擺放的智能音箱，大到智能化工廠中的生產線，人工智能技術已經滲透到社會生產生活的各個環節。與此同時，算法歧視、數據濫用、智能殺人武器和人工智能偽造視頻等問題相繼曝光，人們開始空前關注人工智能帶來的倫理、安全等一系列問題。一時間，全球社會掀起了一波研究、應用與討論人工智能技術的熱潮。

當前，改革開放已逾四十年，中國經濟步入「新常態」，亟須實現經濟轉型和產業升級。人工智能技術的「再次興起」，恰逢其時地為中國經濟向創新型經濟轉變提供了重要驅動力。我們期待的是，人工智能技術能夠加速科學技術創新的步伐，能夠切實有效地提高社會生產效率，能夠幫助中國在一些核心產業上「彎道超車」。令人振奮的是，中國在人工智能發展上有着得天獨厚的優勢。在人工智能論文發表和專利申請數量上，中國已經位於第一梯隊；在數據的規模與利用上，中國也有着其他國家無可比擬的優勢。

然而，盲目樂觀並不會幫助中國人工智能產業獲得競爭力。我們需要看到的是，在人工智能基礎算法研究上，中國仍與美國、加拿大和英國存在明顯差距；在產業鏈分佈上，中國更加集中於應用落地端，在基礎算法、芯片等產業環節的佔比較低。這些因素都是中國人工智能產業發展中的風險點。在日新月異的技術迭代過程中，稍有不慎，過往的優勢很可能會轉眼化為烏有。另外，我們需要思考的是，「人工智能+」時代的核心競爭力到底是「人工智能」還是「+」(plus)？歐美日韓等科技強國積累的產業優勢，或許可以在「人工智能+」時代得到進一步積累。「彎道超車」又談何容易？因此，有必要從當前中國位勢和未來發展趨勢層面，對人工智能進行全面系統的解讀。

在研究科技政策的過程中，國際技術經濟研究所常常有如下體會：一是針對顛覆性技術的不理解讀，可能會導致科技資源的低效配置甚至是政府部門的錯誤決策；二是顛覆性技術引發的倫理問題、社會治理問題得不到有效重視，從長期看會醞釀巨大的社會矛盾；三是對自身的優勢和劣勢認識不足，可能會導致人才與資金的不合理投入甚至浪費，削弱科技競爭力。投射到人工智能技術上，我們關心的問題包括：人工智能技術究竟發展到什麼階段，與人類智能相比有什麼具體特徵？人工智能當前能勝任哪些工作？未來人工智能技術會如何發展，將會帶來哪些社會治理問題？政府應該在人工智能產業發展中扮演什麼角色？等等。

為回答上述問題，本書從四部分展開，以探討中國人工智能的未來。

第一部分（第一至三章）：主要包括當前人工智能技術的本質、六十年來人工智能的發展路線圖，以及人工智能未來的進化方向。

第二部分（第四至七章）：主要包括世界各國人工智能科技政策特點、科技企業的人工智能商業路線、人工智能的專利分佈情況，以及人工智能人才在全球流動的情況。

第三部分（第八、九章）：主要包括人工智能技術未來可能的突破路徑，以及人工智能引發的倫理問題及治理方法。

第四部分（第十、十一章）：主要包括人工智能時代的中國之路，以及專家視角下的人工智能科技政策路線。

希望本書可以為讀者提供一個更加全面的視角，重新理解人工智能技術及其帶來的變革，把握人工智能的未來發展趨勢，更理性地推進人工智能發展。

目錄

第一章
重新理解人工智能

- 一 新一輪人工智能熱潮的興起 / 002
- 二 熱潮下的冷思考：當前人工智能技術的本質 / 008
- 三 第三次人工智能浪潮的顛覆性和局限性 / 019
- 四 人工智能泡沫是否會出現？ / 025

第二章
人工智能六十年
沉浮錄

- 一 歷史長河漫漫孕育：人工智能誕生記 / 030
- 二 興也勃焉，亡也忽焉：潮起又潮落的人工智能 / 039
- 三 深度學習再領風潮：人工智能 3.0 時代 / 047

第三章
人工智能與人類的
未來

- 一 人工智能即將帶來的偉大變革 / 054
- 二 人工智能與人類將如何進化？ / 065
- 三 強人工智能淺談 / 072

第四章
大國角逐：各國積極
部署人工智能戰略

- 一 國家力量——人工智能浪潮後的「隱形推手」 / 076
- 二 科技霸主美國——穩中有進，慢熱而強勢 / 081
- 三 後起之秀中國——把握時機，迎頭趕上 / 086
- 四 強手林立的歐洲——協同合作，力爭上游 / 089
- 五 不甘落伍的日韓——大刀闊斧，快馬加鞭 / 098

第五章
商業爭雄：企業加速
構建人工智能生態

- 一 人工智能產業的勃興 / 104
- 二 科技巨頭的佈局 / 107
- 三 「獨角獸」的進擊 / 110
- 四 資本市場的湧動 / 116
- 五 產業生態的發展 / 120

第六章
創新競賽：科技研發
促進人工智能繁榮

- 一 全球人工智能創新競賽已然爆發 / 132
- 二 站在人工智能風口上的巨人 / 140
- 三 科技巨頭的創新策略 / 144

第七章
人才爭奪：看不見硝
煙的人工智能戰場

- 一 人才成為人工智能發展的競爭焦點 / 168
- 二 人工智能人才都分佈在哪裏？ / 171
- 三 人工智能產業鏈及其人才分佈情況 / 177
- 四 人工智能人才的流動去向 / 180
- 五 全球人工智能人才未來趨勢 / 188

第八章
技術突破帶來的
人工智能進化

- 一 大數據提供人工智能發展核動力 / 194
- 二 類腦智能啟發通用人工智能 / 201
- 三 量子機器學習顛覆人工智能算力 / 207

第九章
無法忽視的人工智能
倫理難題

- 一 人工智能將走向何方 / 216
- 二 人工智能倫理困境 / 220
- 三 倫理何以規制？ / 229

第十章
人工智能時代的
中國之路

- 一 數據優勢助推，中國人工智能長風破浪 / 236
- 二 技術積澱深厚，中國人工智能厚積薄發 / 238
- 三 資本熱情灌溉，中國人工智能欣欣向榮 / 240
- 四 類腦智能助力，中國人工智能加速突破 / 241
- 五 制度優勢加持，中國人工智能動力強勁 / 243

第十一章
專家視角：人工智能
時代的機遇與挑戰

- 劉海濱：應加大對人工智能基礎理論的探索 / 246
- 曾毅：關於類腦人工智能及其倫理的思考 / 252
- 汪玉：人工智能生態系統構建極為重要 / 257
- 劉哲：倫理研究應與人工智能的技術發展相嵌融合 / 262
- 鄧東靈：我們相信，量子人工智能將帶來顛覆性的應用 / 267
- 張濤：營造健康良好的人工智能產業環境 / 271

附錄 A 人工智能領域新一代十大最具成長性技術展望（2018—2019 年） / 276

附錄 B 世界主要國家人工智能戰略投資及推動力量 / 279

附錄 C 人工智能領域核心專利 / 281

0110010101001100101010
1000111101001101010
1011010101000100
11101010001001
001100011101110101001
1010101010111101
0010001001000
100010001000010
0100010001010
00100010111
1000011101001
00100101001010101
010000101000101
10101001001100001
00010100010010001000
01000101010010
01001001001
010001000100010010
01100011100111000101
0101001000100111
00100001110010
00100101000010
0100000011001000001
101011111001000
01010101011010101
1110001010110000
100011100010011000111
010010101000101
100100101000100101
101000010101001001
0101010010010
10001010001

第一章

重新理解人工智能

一切思維不過是計算（加加減減）。

—— 托馬斯·霍布斯

一、新一輪人工智能熱潮的興起

「人工智能」(artificial intelligence, AI) 這一概念，公認為是在 1956 年達特茅斯會議上被首次提出的。在六十多年的發展歷程中，人工智能的研究幾經沉浮，數次因新技術的提出而獲得空前關注，又數次因為商業化的不順利遭遇鄙棄。在積累了大量的新技術後，近年來人工智能又以風捲殘雲之勢洶湧而至，展現出了巨大的商業、社會價值，引發了各國政府、學術界、產業界的極大熱忱。

(一) AlphaGo 引發的全球人工智能熱潮

據荷蘭數學家約翰·特羅普 (John Tromp) 計算，十九路圍棋的全部合法局面數約為 2×10^{170} ，遠遠超過英國天文學家亞瑟·艾丁頓 (Arthur Eddington) 估算的宇宙中質子總數 1.57×10^{79} 。曾經有觀點認為，圍棋具有高度的複雜性和深厚的文化秉性，因此在這一領域「機器智能」幾乎不可能戰勝人類。

2016 年 3 月，DeepMind 公司基於深度學習技術的 AlphaGo 程序，以 4：1 的成績戰勝韓國圍棋職業九段棋手李世石。2017 年 10 月，DeepMind 更是推出了基於強化學習技術的 AlphaGo Zero 程序，它能够在無師自通的情況下實現自我博弈，最終以 100：0 的成績戰勝了前任 AlphaGo。

DeepMind 公司 AlphaGo 程序的橫空出世，給了人們當頭一棒：「機器智能」戰勝人類的時刻終於到來，而且來得竟如此之快！一時間，「人工智能」一詞在媒體和網絡上風頭無兩。2016 年，媒體熱炒、資本熱捧、國家戰略陸續跟進，人工智能在短時間內就引發了全球各界人士的

廣泛關注。創業者希望締造下一個商業神話，投資者希望發掘下一個獨角獸企業，會計、律師、醫生等從業者希望知道「何時被取代」，政界人士希望知道如何把握人工智能發展浪潮。2016 年也被媒體稱為「人工智能發展元年」。

AlphaGo 之所以能够引發世人的廣泛關注，在於它有效地結合了科研和工程兩方面的工作。DeepMind 公司採用的捲積神經網絡 (CNN)、參差網絡 (ResNet)、蒙特卡洛搜索樹 (MCTS) 等算法或技術，都不是獨創或是近期才發明的。但 DeepMind 能够有效整合不同技術方案，成功利用人工智能技術解決現實難題，確實是一次壯舉。AlphaGo 的出現，讓世人認識到人工智能商業化的巨大潛力，因此在短時間內就引發了全球人工智能熱潮。

(二) 全球人工智能關注度變化趨勢

新一輪人工智能熱潮體現在公眾對技術的關注度上。從全球範圍內看，「大數據」(big data) 一詞於 2010 年首次進入大眾視野，其關注度在 2011 年至 2014 年獲得快速增長，並在此後長期保持穩定。相比之下，對「機器學習」(machine learning)、「人工智能」(artificial intelligence) 和「深度學習」(deep learning) 的關注度從 2013 年開始逐漸上升。隨着 2016 年 AlphaGo 戰勝人類圍棋名手李世石後，與人工智能相關的詞彙的關注度開始陡然上升。其中，「機器學習」已經取代「大數據」成為網絡上最受關注的技術關鍵詞，「人工智能」和「深度學習」等詞彙的關注度均有相同程度的增長 (見圖 1-1)。

值得注意的是，世界各國對人工智能相關詞彙的關注度有顯著差異。在 2017 年 10 月至 2018 年 10 月期間，東亞三國 (中國、日本和韓國) 對「深度學習」的關注度最高，美國、英國、德國、加拿大、印度

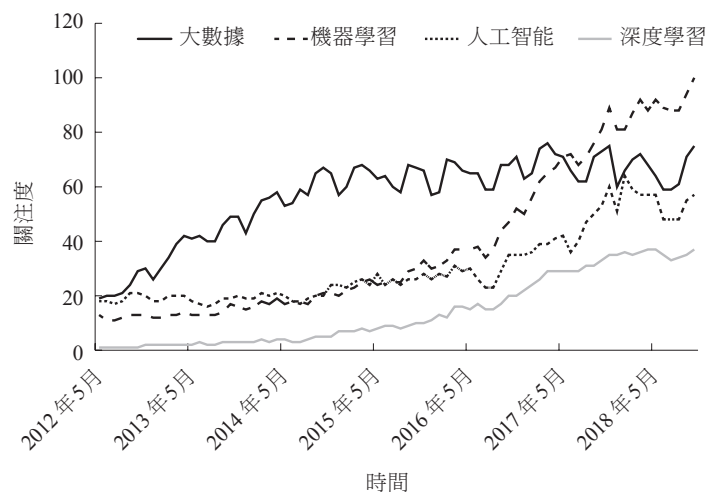


圖 1-1 全球人工智能技術關注度（2012 年 5 月至 2018 年 5 月）

資料來源：谷歌趨勢。

對「機器學習」的關注度最高，法國、俄羅斯、巴西、墨西哥對「大數據」的關注度最高（見圖 1-2）。這一趨勢反映出世界不同地域對待人工智能技術的態度，其背後的邏輯引人深思。

「深度學習」無疑代表着人工智能技術的發展前沿，可見東亞國家對前沿技術的接受程度似乎最高。這與中日韓數字經濟的高速發展密不可分，同時也顯示出東亞國家對把握新一輪科技革命的渴望。機器學習是當前人工智能浪潮的根技術，北美、西北歐、印度對人工智能的重視程度同樣很高，但關注的技術領域範圍似乎更廣。大數據是人工智能發展的底層技術，法國、俄羅斯、巴西、墨西哥對人工智能的關注度略遜一籌，這與這幾個國家的數字經濟發展水平基本一致。

（三）全球人工智能投融資爆發

新一輪人工智能熱潮體現在初創企業數量和資本投入密度上。隨着

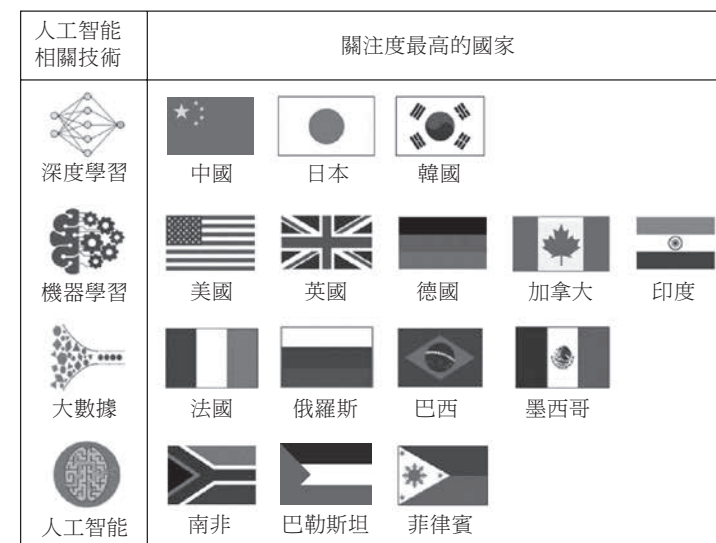


圖 1-2 世界各國對人工智能技術關注度存在顯著差異（2017 年 10 月至 2018 年 10 月）

資料來源：谷歌趨勢。

人工智能熱度的不斷上升，全球人工智能初創企業正如雨後春筍一般湧現。據 CB Insights 統計，2011 年全球人工智能初創公司僅有 70 家，而這一數字在短短五年間就翻了 5 倍，到 2015 年已經超過了 400 家。另據清華大學中國科技政策研究中心統計，中國人工智能企業數量從 2012 年開始迅速增長，截至 2018 年 6 月，中國人工智能企業數量已達到 1011 家，但與美國 2028 家的數量還存在明顯的差距¹。

在人工智能技術不斷取得突破的背景下，各國政府、社會資本、產業界均對人工智能產生強烈興趣，紛紛投入大量財力加強人工智能研發，爭奪科技發展的制高點。2013 年以來，全球人工智能行業投融資規模就開始呈現不斷上漲的趨勢。2017 年成為人工智能爆發的一年，

¹ 清華大學中國科技政策研究中心：《中國人工智能發展報告 2018》，2018。

Facebook、谷歌、微軟、百度、阿里巴巴和騰訊等科技巨頭紛紛發佈自己的人工智能戰略，全球人工智能投融資總規模約 400 億美元，融資 1000 餘筆。其中，中國人工智能企業融資總額佔全球融資總額 70%，融資筆數佔比達 31%（見圖 1-3）。

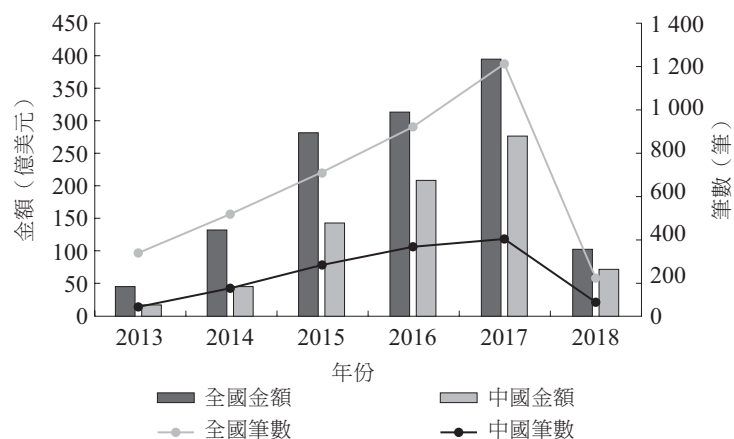


圖 1-3 全球 / 中國人工智能投融資變化趨勢

資料來源：清華大學中國科技政策研究中心。

無論從企業數量上還是從投融資規模上看，美國和中國無疑都是人工智能領域的重量級玩家。兩國的科技巨頭通過重新制定戰略、大規模收購和併購等手段，已經在全球人工智能產業領域獲得了極高的話語權。但從人均人工智能初創企業數量和人均投融資水平上看，英國、法國、德國和以色列等國家完全不落後。

其中，英國擁有世界最優秀的高等教育體系，已經孕育出了 DeepMind 一眾技術實力雄厚的初創企業。英國是人工智能鼻祖阿蘭·圖靈的誕生地，其人工智能的未來發展潛力不可估量。法國的數學研究水平傲視全球，航空航天、汽車工業、高端製造業的實力不容小覷，其發展人工智能的底蘊深厚。德國擁有馬克斯·普朗克學會和弗勞恩霍夫協

會等著名科研機構，在工業 4.0、智能製造、汽車等領域的技術積累深，未來德國或可通過上述領域優勢譜寫人工智能發展的新篇章。以色列在網絡安全、國防軍事等領域的優勢明顯，其第二大城市特拉維夫是世界的「創業聖地」，已經孕育出數量眾多的初創企業和獨角獸企業，以色列亦將成為全球人工智能發展的重要一極。

目前，中美兩國在人工智能領域的發展受到全球關注，圍繞哪國將成為人工智能領導者的爭論頻頻出現。比如，微軟創始人比爾·蓋茨認為美國具有先發優勢，並且掌握了絕大部分核心技術，中國在人工智能領域不可能超越美國。李開復則認為，中國擁有大量數據，且擁有大量優秀的工程師，將很可能在未來數年超越美國。毫無疑問，中美兩國成為全球人工智能發展的「核心焦點」。但是，人工智能領域的競爭並不局限於語音識別、視頻識別、智慧醫療及芯片等領域，「人工智能+」所涉及的領域遠廣於此。英國、法國、德國和日本等國在工業 3.0 時代積累起來的優勢，在人工智能時代或許會延續下去，人工智能的競賽才剛剛開始。

（四）世界各國積極制定人工智能戰略

全球人工智能熱潮體現在各國競相發佈的頂層戰略上。當前，人工智能已上升到國家層面的激烈博弈，越來越多的國家爭相制定發展戰略與規劃，世界主要國家進入了全面推進人工智能發展的全新戰略時代，人工智能競爭趨向白熱化。

自 2013 年起，世界主要國家開始對人工智能進行系統性佈局，如法國政府發佈了《法國機器人發展計劃》（「France robots initiatives」）。但在初期階段（2013—2016 年），各國對人工智能的重視度普遍不足，與人工智能技術相關的政策主要集中於機器人、腦科學及其他高新技術領域。

2016年，谷歌人工智能程序 AlphaGo 戰勝韓國圍棋名手李世石後，世界各國政府紛紛認識到人工智能技術真正的潛力。在這一年，諸多國家開始討論人工智能可能給社會、經濟帶來的顛覆性影響，人工智能一詞頻頻現於各類政府報告中。其中最典型的，就是奧巴馬政府發佈的《為人工智能的未來做準備》（“Preparing for the future of artificial intelligence”）、《國家人工智能研究與發展戰略計劃》（“National artificial intelligence research and development strategic plan”）和《人工智能、自動化與經濟》（“Artificial intelligence, automation, and the economy”）報告。

受美國政府關注、媒體宣傳和資本追捧的影響，世界各國政府紛紛調研人工智能給工業生產、經濟活動、社會生活等方面帶來的影響，相繼發佈了符合自身國情的人工智能戰略。2017年和2018年，與人工智能相關的國家級戰略密集出台，社會關於人工智能的大討論激烈展開，各國政府關於人工智能發展的思路也逐漸清晰。根據資源稟賦的差異，各國制定了符合自身國情的人工智能戰略（詳細內容見第四章）。

二、熱潮下的冷思考：當前人工智能技術的本質

在沉寂了數十年以後，人工智能藉 AlphaGo 事件重新回到大眾視野，並成為媒體吸引關注、業界吸引投資的「風口」。如前面所言，AlphaGo 事件引發的全球廣泛關注、密集的投融資、各國政府紛紛公佈的頂層戰略，這些無一不反映出人工智能的熱度。在一些宣傳口徑中，人工智能似乎已經「無所不能」，人類社會被人工智能終結的日子馬上就要到來。

毋庸置疑，人工智能已經成為最前沿的科技領域，將給經濟發展、社會形態的方方面面帶來顛覆性的影響。但過度、不切實際的宣傳只會

帶來泡沫，只會導致科技政策與現實脫軌。目前，人工智能研究到底處於什麼階段？AlphaGo 除了下圍棋外，還能幫助我們處理什麼難題？拋開那些不切實際的宣傳，只有清晰地了解人工智能到底是什麼，以及當前人工智能技術的本質，我們才能真正有效地利用人工智能這一利器，同時避免其帶來的社會衝擊。

（一）人工智能與自然智能的區別

從本質上看，人工智能是指由人工創造的智能，與其對應的是生物進化所形成的「自然智能」（natural intelligence），特別是具有最高智慧的「人類智能」（human intelligence）。只看相同之處，無論是人工智能還是自然智能，一個智能體都需要具備感知環境的能力，將感知的信息進行處理、分析、決策的能力，以及實現既定任務的能力。

在智能的發生過程中，人工智能與自然智能在不同環節上有一些相似之處。在感知環節，自然智能依靠皮膚、眼睛、耳朵等器官獲取溫度、視覺、聽覺等信息，人工智能則依靠攝像頭、掃描儀等傳感器獲取外部信息。在行為環節，自然智能依靠肌肉、腺體等完成既定任務，人工智能則依靠機器手、顯示器等完成既定任務。

人工智能與自然智能在智能的形成過程中，最大的不同之處在記憶、分析推理、決策這三個環節¹。自然智能依靠的是大腦的生物神經系統，而當前的人工智能技術依靠的是 GPU、TPU、ASIC 等信息處理單元，雲計算、霧計算以及捲積神經網絡等算法。表面上看，兩者實現的功能是相似的；實際上，兩者產生智能的機理完全不同（見圖 1-4）。

1 中國發展研究基金會：《投資人力資本，擁抱人工智能：中國未來就業的挑戰與應對》，2018。

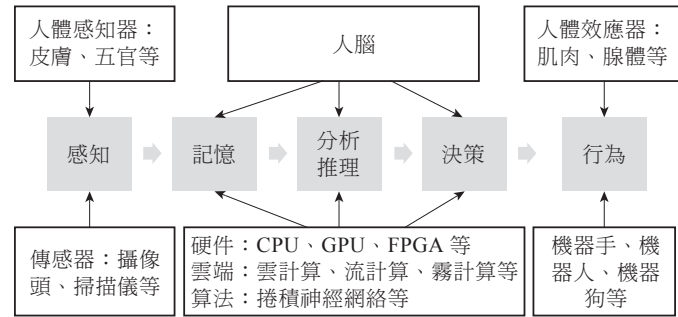


圖 1-4 智能的發生過程

資料來源：中國發展研究基金會。

首先，人工智能與自然智能的物理載體有本質區別。人工智能的物理載體採用的是馮·諾依曼架構的 CPU、GPU、FPGA 和 ASIC 等高性能處理器，以及高性能存儲器等。這些物理器件都是基於經典圖靈機模型創造的，因而從誕生時就局限於圖靈機的理论邊界之內。而自然智能的物理載體是由非線性動力學驅動的生物神經系統，其中的存儲單元和計算單元在結構和功能上是一體的。

其次，人工智能和自然智能的運算方式有本質區別。當前，常用的人工智能算法有數十種之多。每種算法都擅長解決某一類任務，但在不同任務之間的遷移能力却很弱。雖然人類大腦的運行機制尚未破譯，但自然智能的小樣本學習能力、不同任務間的遷移能力却是現階段人工智能所望塵莫及的。

在僅有 20 瓦特左右功率的條件下，人類大腦可以在極短的時間內對通過視覺、聽覺、嗅覺或觸覺獲取的信息迅速做出決策，並對未來做出預判。試想一下，當別人口裏說出「榴蓮」一詞時，我們的大腦會瞬間聯想到它粗糙的外殼、難以言表的氣味和特殊的口感，甚至會很快做出購買榴蓮酥的決定。此過程涉及的語音識別、語義處理、圖像識別等任務，現階段人工智能需要用不同的算法進行處理，且不同算法的運行過程無法有效

結合。顯而易見，現階段人工智能的運算機制與自然智能完全不同。

目前，人工智能研究領域主要包括自然語言處理、語音識別、計算機視覺、規劃與推理等。按圖 1-5 粗略的劃分，人工智能的各研究領域可以與人類智能中的各種能力一一對應起來。儘管人工智能的運算機制與人類大腦有本質不同，但其在任務目標上却與人類無限逼近。

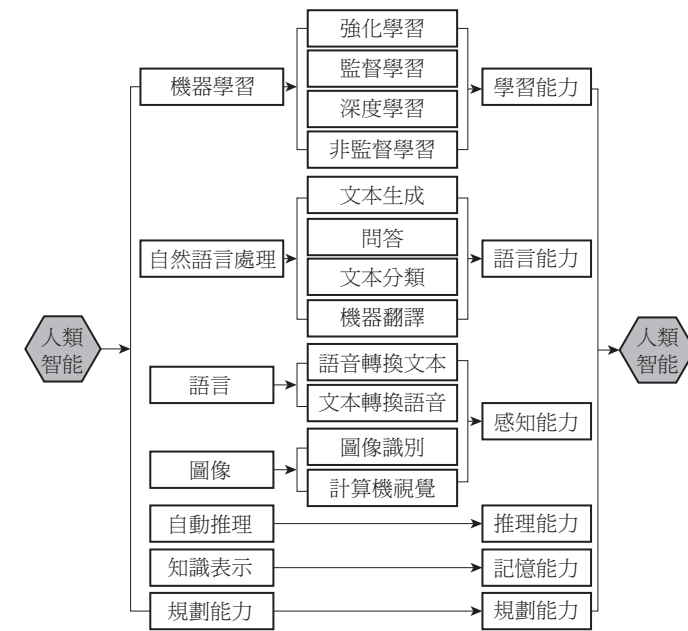


圖 1-5 人工智能研究領域與人類智能的關係

總結來看，現階段人工智能是對人類各類行為的模仿，主要利用深度學習等算法對結構化的海量數據進行統計學習，其內在機制與真正的智能沒有關係。由此，我們可以引申出現階段人工智能的重要特徵：

- (1) 人工智能以人類智能為基準，主要目的是實現自主學習、知識運用、處理新問題等人類具備的基本能力；
- (2) 人工智能是人類智能的延伸，同樣具有一定的感知、記憶、分

析、決策和行為能力；

(3) 人工智能的實現需要借鑒人類智能，但模仿人類智能並非實現人工智能的唯一方式。

(二) 深度學習是當前人工智能熱潮的技術基礎

一般而言，新技術在成熟應用前需要經歷五個階段：技術促動期、過高期望的峰值、泡沫化的低谷期、穩步爬坡期、實質生產的高峰期（傳統 Gartner 技術循環曲線）。但人工智能在六十多年的發展過程中，却經歷了三次大起大落（boom-and-bust），其表現與傳統 Gartner 技術循環曲線有着顯著區別（見圖 1-6）。

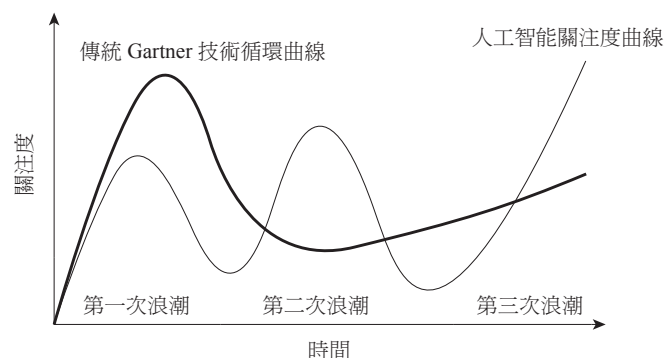


圖 1-6 傳統 Gartner 技術循環曲線 VS 人工智能關注度曲線

究其原因，主要是在三次人工智能浪潮中，人工智能的核心思想和底層技術有着本質上的區別，導致其應用場景範圍、商業表現力存在顯著差異。

第一次浪潮時間段約為 1956—1974 年，其核心是符號主義（邏輯主義），當時最大的成果是邏輯推理、啟發式搜索。例如，1956 年，卡

內基梅隆大學的 LT 程序證明了《數學原理》第二章的 38 條定理；1963 年，經過改進的 LT 程序證明了《數學原理》第二章的 52 條定理，該程序隨後被改進成 GPS。第一次浪潮中產生的方法可以說是基於知識驅動或模型驅動的，主要建立在基於「if-then」結構的人工設定的形式邏輯基礎上。這一階段的成果幾乎無法解決實用問題，計算能力也嚴重不足，導致人們對人工智能的未來產生失望，社會資本開始退出，政府資助不斷下降，最終引發第一輪人工智能寒冬到來。

第二次浪潮時間段約為 1974—2006 年，這一時期符號主義與連接主義同步發展。在這一次浪潮中，專家系統和知識工程開始進入商用階段，人工智能神經元網絡方法亦開始盛行。1974 年，保羅·韋伯斯（Paul Werbos）提出了反向傳播算法（back propagation algorithm，BP 算法），使得多層人工智能神經元網絡的學習成為可能。1982 年，約翰·霍普菲爾德（John Hopfield）提出可用作聯想存儲器的互聯網絡——Hopfield 網絡。80 年代，新一波人工智能熱潮開始興起，成果集中在語音識別、語音翻譯等領域，包括日本提出的第五代計算機等。儘管當時有商業應用的實例，但應用範疇却很有限。人工智能熱潮在 90 年代開始逐漸消退。

第三次浪潮從 2006 年開始至今，其核心是深度學習的突破。2006 年，傑弗里·辛頓（Geoffrey Hinton）、楊立昆（Yann LeCun）和尤舒亞·本吉奧（Yoshua Bengio）發表了多篇關於「深度神經網絡」的文章。在不斷發展的計算能力和大數據技術的加持下，人們發現深度學習技術可以解決前兩次人工智能浪潮中解決不了的問題。2015 年 12 月，微軟亞洲研究院在 ImageNet 計算機識別挑戰賽中憑藉深度神經網絡技術的突破，獲得圖像分類、圖像定位以及圖像檢測全部三個主要項目的冠軍。2016 年 3 月，谷歌 DeepMind 開發的人工智能程序 AlphaGo 以 4：1 的戰績擊敗韓國圍棋職業九段選手李世石，被認為是人工智能發展的重要里程碑。

如前所述，第三次人工智能浪潮取得了前所未有的成功。人工智能應用已經無處不在，如 iPhone 手機中的人臉識別、訊飛語音識別、AlphaGo 圍棋程序、自動駕駛汽車等。而深度學習無疑是這一次人工智能浪潮的技術基礎。

理論上，深度學習是機器學習的一個研究分支，借鑒的是概率統計（建模、學習）的方法。機器學習是通過計算模型和算法從數據中學習規律的一門學問，在各種需要從複雜數據中挖掘規律的領域有很多應用，已成為當今廣義的人工智能領域最核心的技術之一。近年來，隨着算法的進步、算力的發展（GPU、FPGA、ASIC）和數據的指數級增長，多種深度神經網絡在大量機器學習問題上取得了令人矚目的成果，深度學習掀起了機器學習理論、方法和應用研究的一個新高潮。

作為一種深層的機器學習模型，深度學習的理論基礎是人工神經網絡。如圖 1-7 所示，深度學習的發展最早可追溯至 1943 年心理學家沃倫·麥卡洛克（Warren McCulloch）和數學家沃爾特·皮茨（Walter Pitts）提出的神經元數學模型。此後，深度學習的發展經歷了多個重要節點。1958 年，弗蘭克·羅森布拉特（Frank Rosenblatt）提出感知機模型；1974 年，保羅·韋伯斯採用反向傳播算法來訓練一般的人工神經網絡；1982 年，約翰·霍普菲爾德提出 Hopfield 網絡，這是最早的遞歸神經網絡（RNN）；1990 年，楊立昆提出了深度學習常用模型之一——捲積神經網絡（CNN）；2006 年，傑弗里·辛頓正式提出了深度學習的概念。

深度學習與相關機器學習技術的進步，使得計算機不再需要明確的編程，而是通過「吸收和分析」海量的數據來完成自我訓練，並可對未知的數據做出預測。自 2006 年誕生以來，深度學習持續受到學術界、產業界的廣泛關注。從 2011 年開始，谷歌研究院和微軟研究院的研究人員先後將深度學習應用到語音識別上，使識別錯誤率下降了 20%~30%。

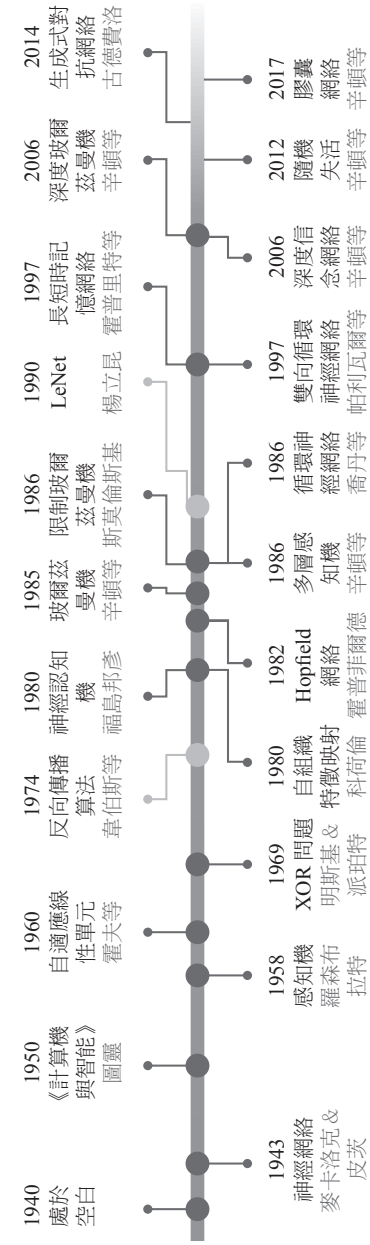


圖 1-7 深度學習技術發展歷程

資料來源：Favio Vazquez. A weird introduction to deep learning.[2019-01-01].http://towardsdatascience.com/a-weird-introduction-to-deep-learning-782880369360.

2012年，傑弗里·辛頓團隊在圖片分類比賽 ImageNet 中，使用深度學習打敗了谷歌團隊，並將圖片識別錯誤率降低了 14%。

此後，深度學習在圖像、語音、自然語言處理等領域獲得了極為廣泛的應用，奠定了新一輪人工智能發展的基礎。在商業和媒體的宣傳推動下，近幾年來深度學習備受關注，與 20 世紀 80 年代的專家系統、日本第五代計算機開發幾乎類似，被學術界和產業界視為實現人工智能長期願景的主要途徑。

（三）人工智能研究處於什麼階段？

在達特茅斯會議十年後，人工智能因其技術進展與當初描繪的願景相差甚遠，受到了產業、學術、政府各界的廣泛批評，人工智能研究經歷了第一輪寒冬。在這段人工智能寒冬期中，不少哲學家開始對人工智能的長期願景進行深入思考。20 世紀 70 年代，美國哲學家約翰·塞爾（John Searle）所提出的「強人工智能」（strong AI）和「弱人工智能」（weak AI）對後世有較大影響。在此基礎上，牛津大學哲學家尼克·波斯特洛姆（Nick Bostrom）還提出了「超人工智能」（super AI）的概念。

弱人工智能：模擬人或動物解決各種智能問題的技術，包括問題求解、邏輯推理與定理證明、自然語言理解、專家系統、機器學習、人工神經網絡、機器人學、模式識別和機器視覺等。一般而言，弱人工智能是只擅長處理某一單方面任務的人工智能，也可稱為「專用人工智能」。

強人工智能：具有自我意識以及自主學習、自主決策能力的人工智能，是人工智能發展的終極目標。強人工智能在各方面都能與人類智能比肩，人類能從事的腦力活動它都能從事，也可稱為「通用人工智能」。目前，有關強人工智能的研究大多集中於倫理道德層面，霍金、比爾·蓋茨、馬斯克等人都曾表示對人工智能具有自我意識的憂慮。

超人工智能：在幾乎所有領域都比最聰明的人類大腦聰明很多，包括科學創新、通識和社交技能。波斯特洛姆認為超人工智能在幾乎所有領域遠遠超過人類，具備遠超過強人工智能的強大能力，從而會給世界帶來存在性風險：智慧生命滅亡或永久失去未來發展潛能。

在一些輿論中，人工智能超越人類智能的奇點（singularity）似乎馬上就要來臨，強人工智能的實現似乎就在眼前（見圖 1-8）。但實際上，人工智能的發展還處在弱人工智能階段的初期。儘管在目前，以深度學習為基礎的弱人工智能技術在自然語言處理、機器翻譯、圖像識別、語音識別等方面取得了巨大成功。然而，深度學習存在難以解釋（黑箱）、透明度低、需要大量數據和計算資源、易受對抗樣本影響等一系列問題，無法在軍事、醫療等關鍵領域真正替代人類決策。

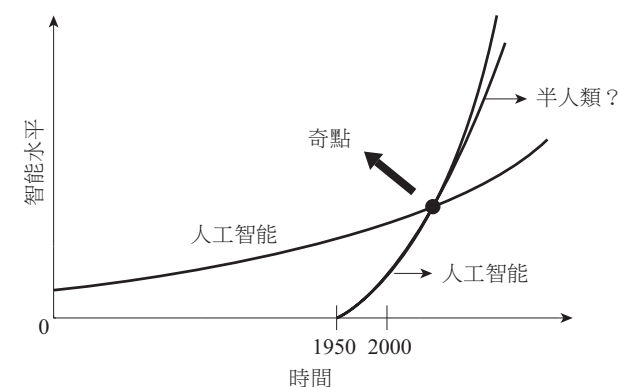


圖 1-8 人工智能超越人類智能的奇點

資料來源：Holly Olivia. Technological singularity: from fiction to reality. [2019-01-01]. <http://innovationforevolution.wordpress.com/2014/10/29/technological-singularity-from-fiction-to-reality/>.

在 2017 年神經信息處理系統大會上，谷歌工程師阿里·拉希米（Ali Rahimi）在獲獎發言中稱：「深度學習成為今天的煉金術。」暫不論該觀點的合理性，深度學習研究中理論的匱乏已經得到了相當廣泛的