

# 數字時代 簡史

未來世代 必修課

非賣品

車品覺教授 主編





## 榮譽顧問：

楊德斌先生：全國人大代表、太平紳士、大灣區國際信息科技協會會長

馬智濤先生：微眾銀行副行長兼首席信息官

## 主編：

車品覺教授：太平紳士、大灣區國際信息科技協會副會長、數字經濟研究中心總監

## 編寫專家小組（筆劃排名）：

呂博卿先生	畢馬威信息系統總監
車品覺教授	阿里雲（亞太北區）資深顧問；香港特區數字經濟發展委員會成員
邵鵬先生	微眾銀行區塊鏈產品運營經理
姚輝亞先生	微眾銀行數字金融發展部負責人
張洪海先生	百度技術事業群運管部總經理
許桐桐博士	微眾銀行金融科技高級研究員
陸暘先生	DNA Capital 投資總監；Mindeal.ai 產品負責人
程傑博士	高科數聚董事長；美國 Acxiom 公司 前首席分析官 副總裁
楊智添先生	超聚變技術國際有限公司 董事 總經理 兼 東南亞地區部總裁
閻志濤先生	北京快用雲科技技術有限公司 聯合創始人



ISBN : 978-988-76838-2-7

版次 : 2024年7月

版權所有© 2024 數據創新中心有限公司 Data Innovation Lab Limited

# 目錄

序	1
前言	2
<b>章節一：人工智能的前世今生</b>	<b>3</b>
從邏輯推理說起	4
數學推理的形式化	6
人工智能作為學科的誕生	10
從躍進式發展到遭遇挫折	16
第二次大發展到再次寒冬	22
第三次人工智能之春	27
深度學習引發的人工智能新浪潮	31
未來的機械人還會遠嗎	41
<b>章節二：大數據的前世今生</b>	<b>55</b>
從三個故事說起	56
流行病學之父:約翰·斯諾	56
電報之父:莫爾斯	58
雷達之父:沃森·瓦特	60
數據化決策的起源與商業智能的興起	62
從數據到大數據,走過的幾段歷程	70
從大數據到數據要素	77
數據網絡效應	79
Acxiom數據中介的巨人	80
美國航空公司商業模式的全新探索「Adara」	86
數據的價值來自共享	89
<b>章節三：計算的前世今生</b>	<b>91</b>
雲計算的起源	96
雲計算的基本原理	101
雲計算的應用	104
雲計算在教育領域中的應用	106

雲計算在娛樂方面的應用	107
雲計算的安全可靠性	107
未來的雲計算趨勢	109
超算	109
超算的發展歷程	110
中國的超算	112
超算的未來發展趨勢	114
<b>章節四：區塊鏈</b>	<b>117</b>
區塊鏈的起源與發展	118
從海島和石幣的故事講起	118
通往區塊鏈的漫漫長路	121
區塊鏈的經絡：網絡路由	123
區塊鏈的骨骼：密碼演算法	125
區塊鏈的靈魂：共識機制	127
比特幣及其朋友圈：虛擬貨幣	129
區塊鏈的破圈行動：智能合約	133
區塊鏈的大航海時代：行業應用	136
<b>章節五：科技倫理</b>	<b>139</b>
人類與科技是敵也是友	143
人工智能倫理是個多面體	148
自動化汽車的普及還欠什麼	149
身份識別與私隱保護的演變	151
虛擬世界的真人與瘋子	155
你今天被測試了嗎	158
超人類主義	161
無機智能	163
生命 3.0	166
暗數據	170
再談控制論 (Cybernetics)	172
可持續AI 的六個保障框架	174
<b>後記</b>	<b>178</b>

# 序

在這個飛速發展的數字時代，我們每個人不僅是這場變革的旁觀者，更是參與者。只有提升數字技術的素養，才可以避免盲從科技。為此，數字經濟研究中心邀請了一批專家，合力撰寫了《數字時代簡史》這本書，旨在以通俗易懂、深入淺出的方式介紹數字技術的發展歷程，務求讓讀者在半天時間內溫故知新，全面了解智能時代的五大核心要素：人工智能(A:Artificial Intelligence)、區塊鏈(B:Block Chain)、計算力(C:Computing)、大數據(D:Data)與科技倫理(E:Ethnics)。

科技進步，原意是助力人類提升生產效率和生活質量，釋放創造力並專注人性化活動。只有正確使用，技術才可以成為人類智慧的延伸而非替代品，才可以幫助我們更有效地解決問題、實現更多創新和更大進步，進一步促進國家的繁榮與強盛。

《數字時代簡史》極具可讀性和參考價值，我向讀者推薦。

梁振英

全國政協副主席、大灣區國際信息科技協會主席

# 前言

在這個數字化迅速發展的時代，每一個人都在不同程度上感受着科技的影響。無論是通過智能手機瀏覽訊息，還是使用各種應用程序簡化日常事務，數字技術已經滲透到我們生活的每一個角落。《數字時代簡史》這本書旨在為沒有太多技術背景的讀者提供一個清晰的視角，通過一系列的故事和案例，展示從二十世紀初到現在，數字技術是如何一步步發展並深刻改變我們的世界。

這本書不僅回顧了數字技術的關鍵發展節點，比如計算機的誕生、互聯網的興起、大數據及人工智能的進步，以及區塊鏈的普及，還探討了這些技術背後的科學原理和它們如何被應用到各個行業中，從金融、教育到醫療和娛樂。我們嘗試通過生動的故事講述，讓讀者能夠輕鬆理解這些複雜技術的本質。

同時，這本書也不迴避數字化帶來的挑戰和問題，例如數據私隱的爭議、網絡安全的威脅以及數字鴻溝的擴大等。我們希望通過全面的分析，使讀者對數字時代的雙刃劍特性有一個深刻的認識。

《數字時代簡史》旨在通過簡明扼要的語言和有趣的故事，激發你對數字化世界的好奇心和求知欲。無論你是科技愛好者，還是對數字化持有疑問的一般讀者，希望都能在這本書中找到價值和啟發。

最後衷心感謝一直鼓勵我要關注利益眾生的擁珠師父及編寫團隊的支持讓這本書能順利完成。

車品覺



# 人工智能的 前世今生



## 從邏輯推理說起

人工智能有比我們想像要長得多的歷史。自人類文明誕生之初，無論是希臘神話皮格馬利翁的伽拉忒亞還是中國神話的女媧造人，我們的祖先很早就期盼可以「製造人類」。因此在人類早期文明發展過程中，出現過多位傑出「工匠」，試圖探索智能體的雛形，並展開想像，將其賦予「智慧」。有些是傳說，像荷馬史詩裏的自動機械巨人 (Automaton) 塔羅斯 (希臘語:Ταλως; 英語:Talos / Talus)。正如美國歷史學者雅築安·梅爾 (Adrienne Mayor) 在《諸神與機械人 (Gods and Robots)》一書指出，儘管古代神話與今天的機械人、人工智能未必等同，但蘊含在其中、與現代科技觀念互相呼應的科學知識與先見，卻不容忽視。

從另外一個層面看，哲學、數學、邏輯學的起源也在同一時期，我們都知道距今2000多年的古希臘哲學家亞里士多德 (Aristotle)，他很多哲學思想都影響到後來的科學，比如經典理論之一的三段論。簡單來說，三段論講的是從命題推出結論的邏輯，在這個框架下，命題又由兩部分構成，大前提是一般性原則，小前提是特殊陳述，只要給出確定的大前提和小前提，就能得出明確的結論，舉例而言：

- 大前提: 所有人 (M) 都是必死的 (D);
- 小前提: 蘇格拉底 (S) 是人 (M);
- 結論: 那麼蘇格拉底 (S) 是必死的 (D)，用符號表示就是  $D(S)$ 。

這就是早期的形式推理，形式推理又被稱為機械式推理，而後來人工智能的基本假設之一就是人類的思考過程可以機械化。又過了一千多年，哲學家、神學家兼作家拉蒙·柳利 (Ramon Llull) 開發了「邏輯機」，其



原理是通過一些機械手段將基本的邏輯進行組合，以代表某種知識。說到這裏，同時期的波斯有一位發明家加扎利 (Ismail al-Jazari)，直接繪製了50多種被後人稱為「自動人偶」的機械作品。其中一件名為大象鐘的作品取自中國與古印度滴漏計時器之精髓，在當時的歐洲轟動一時。



加札力的大象鐘，  
來源: muslimheritage.com

這一千年以來，數學也在不斷演進，人們開始思考，能否把形式推理轉化為代數或幾何那樣精準化的數學體系。托馬斯·霍布斯 (Thomas Hobbes) 在其1651年的著作《利維坦》寫道：推理就是計算 (reason is nothing but reckoning)。而算法 (Algorithm) 這個詞在九世紀已經出現，繼形式邏輯之後也逐漸有了數理邏輯。十九世紀布爾 (George Boole) 的《思維的定律》與弗雷格 (Friedrich Ludwig Gottlob Frege) 的《概念文字》開始形成邏輯演繹的算法。

讀者對布爾的名字應該並不陌生，計算機常用的布爾值“True”、“False”；“0”、“1”便是出自他的理論，還有採用AND, OR, XOR和NOT等表示布爾值的運算符。後來人們為紀念他的成就，就在其名字Boole後面加上an成為了「布爾值」，相關的代數系統則相應命名為布爾代數

(Boolean Algebra)。

$a \vee (b \vee c) = (a \vee b) \vee c$	$a \wedge (b \wedge c) = (a \wedge b) \wedge c$	結合律
$a \vee b = b \vee a$	$a \wedge b = b \wedge a$	交換律
$a \vee (a \wedge b) = a$	$a \wedge (a \vee b) = a$	吸收律
$a \vee (b \wedge c) = (a \vee b) \wedge (a \vee c)$	$a \wedge (b \vee c) = (a \wedge b) \vee (a \wedge c)$	分配律
$a \vee \neg a = 1$	$a \wedge \neg a = 0$	互補律

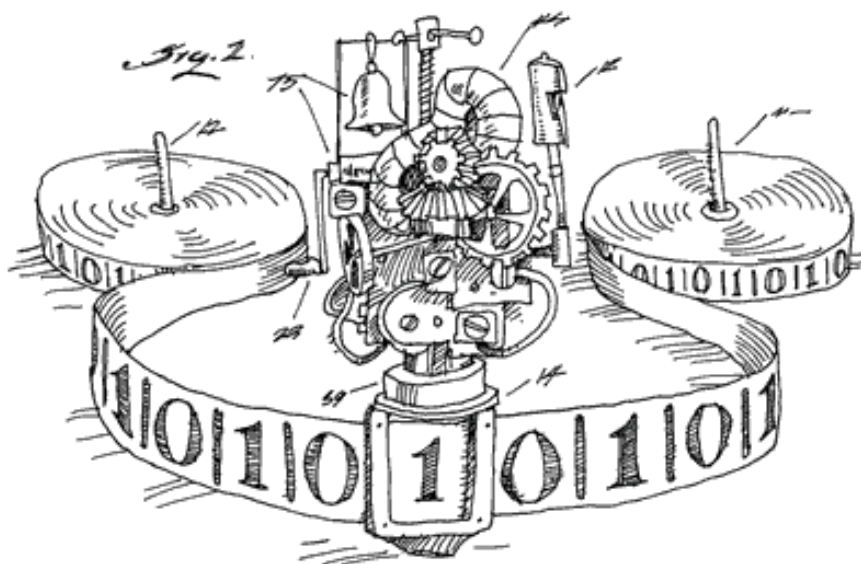
布林代數的一些邏輯運算公式，來源：Wikipedia

## 數學推理的形式化

又過了將近100年。二十世紀三十年代，當時的數學家提出了一個基礎性的難題：「能否將所有的數學推理形式化？」這個問題引發了哥德爾不完備定理和圖靈機，而圖靈機的創造者正是「人工智能和計算機科學之父」艾倫·圖靈 (Alan Mathison Turing)。

圖靈很小的時候便表現出驚人的天賦，15歲時，他的數學老師發現圖靈能夠獨立做出反正切函數的無窮級數，16歲就能看懂愛因斯坦的《相對論》。1936年，年僅24歲的圖靈發表了重要論文《論可計算數及其在判定問題上的應用》，他提出可以將人的計算行為抽象成為數學邏輯機，後人把這個數學邏輯機稱為圖靈機，其基本思想是用機器來模擬紙筆進行數學運算的過程，他把這個過程簡化為兩個動作：

- 用鉛筆在紙上寫上或擦掉某個符號；
- 把注意力也就是筆尖，從紙的一個位置移到另一個位置。



圖靈機的藝術表示，圖片來源: felienne，  
<https://www.felienne.com/archives/2974>

這張紙可以轉化為無限長度的磁帶，然後每個位置就是一個接一個的單元格；筆就是磁頭，磁頭來寫各種字母和符號。每寫一個字符，磁頭就向左移動一下，空出下個位置，不斷地寫，磁帶就不斷地記錄。圖靈還構想了一個寄存器和一個指令表，前者儲存圖靈機的狀態，後者可以根據磁帶給出的符號，來執行向左、向右、寫入或擦除的操作。

講到計算機和人工智能領域的貢獻，除了圖靈，不得不提另一位「計算機之父」馮·諾依曼 (John von Neumann)。若說圖靈提出了可製成計算機的理论，那麼馮·諾依曼創造的EDVAC則是當時工作原理最接近圖靈機的計算機。

但誕生於1951年的EDVAC並不是世界上第一台電子計算機，在它之前至少有ABC、Colossus Mark I、ENIAC等多個計算機已經問世，

ABC被公認為第一台計算機，但不可編程。第一台可編程計算機是Colossus MarkI，ENIAC則被視為第一台具有現代意義的計算機，它的研製是由美國軍方資助，彙集了當時的研發精英，我們華人的科學家朱傳渠就參與其中。

馮·諾依曼還寫了另一本重要著作《計算機與人腦》，從數學的角度解析計算機與人腦神經系統的關係，這和當時興起的認知心理學符號主義觀點類似。心理學家、計算機科學家、經濟決策大師赫伯特·西蒙(Herbert A. Simon)與計算機科學、認知訊息學家艾倫·紐厄爾(Allen Newell)提出「將人腦視作一個物理符號系統，用符號來模擬人類認知、思維和解決問題的過程」，可見心理學家也很早就參與到人工智能的研究中。

馮·諾依曼在1957年的書中也寫道，「人造的自動機」(計算機)和「天然的自動機」(人腦)在很多地方有相似之處，但計算機不能完全用數字來複製人腦，應該混合「模擬」和「數字」兩種原則，恰好是人類神經網絡的特徵，有些是模糊的，有些是精準的。他認為，神經系統的基礎有兩類通訊方式，一種為指令通訊(邏輯的通訊)，一種為數字通訊(算術的通訊)，前者用語言進行敘述，後者則用數學方式進行敘述。他還認為，「在神經系統中，使用的記數系統不是數字的，而是統計的，即便算術的準確性比較低，也能夠通過統計方法來提高邏輯的可靠程度.....」這些見解都給後續人工智能的發展提供了重要的基礎。

圖靈對人工智能也有一項更為直接且重要的貢獻，那就是圖靈測試(Turing test)。那是圖靈於1950年在《計算機與智能》文中提出的一個

關於判斷機器是否能夠思考的著名試驗，測試某機器是否能表現出和人一樣的智能。圖靈認為，機器有多少智慧很難界定出來，倒不如我們親自測試一下，如果一台機器能夠與人類展開對話，而不被識別出機器身份，換句話說機器欺騙了人類，那麼我們就認為這台機器具有智能。



圖靈和他的同事在研究，來源：Wired  
<https://www.wired.com/2014/06/turing-test-not-so-fast>

舉例說，某人同時向A和B問一系列的問題，它們有可能是機器，也可能全都是人，或者一個機器一個人，當某人提出多個問題後，他判斷A和B到底是不是機器，如果原本是機器，但被判斷成為一個人，就說明機器騙過了人類。這種簡單又有效的方式，沿用至今，比如我們今天經常使用的驗證碼就是一種反向圖靈測試。

不幸的是，在1952年，圖靈被其同性伴侶及一名同謀闖進家中行竊，他報警後反遭指控「嚴重的猥褻罪」。1954年的一天，人們發現圖靈死在家中的床上，床頭放着一口被浸入劇毒氰化物的蘋果，一代天才科學家含冤謝幕，享年僅41歲。

幾十年後的2013年，英國司法部宣布英國女王伊麗莎白二世赦免1952年因同性戀行為被定罪的圖靈。之後在他的家人和全球民眾的繼續努力下，2017年1月31日，艾倫·圖靈法案生效，約49,000位因同性戀定罪者被赦免。而在此前的1966年，為紀念這個現代計算機與人工智能的奠基人，美國計算機學會開始頒發圖靈獎，這個獎項相當於計算機界的

諾貝爾獎，每年向那些做出重大貢獻的科學家頒發最高榮譽。

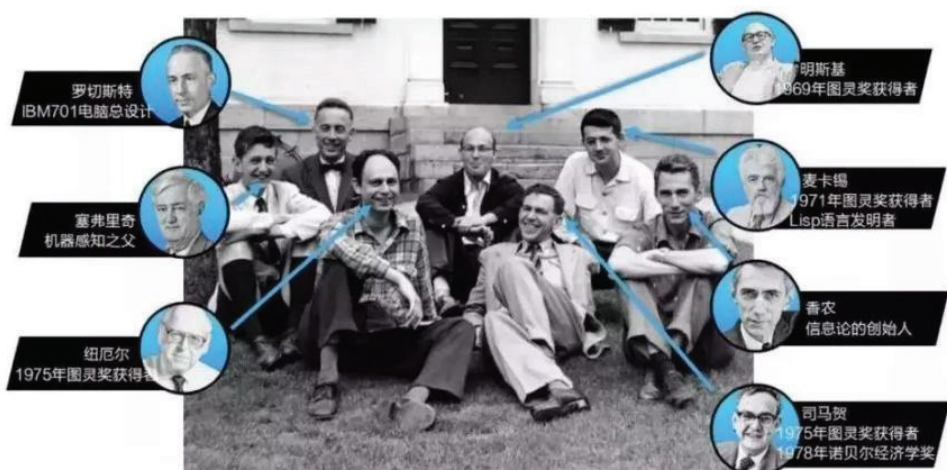
## 人工智能作為學科的誕生

時間來到1955年，年僅29歲的約翰·麥卡錫（John McCarthy）正在達特茅斯學院數學系任教。那年夏天，他在IBM公司做短期研究工作的時候，和老闆羅切斯特（Nathaniel Rochester）找到訊息論的創始人香農（Claude Shannon），還有麥卡錫在普林斯頓的校友馬文·明斯基（Marvin Lee Minsky），打算共同找洛克菲勒基金會募資，他們都對機器像人一樣處理問題感興趣，解決這個問題也確實需要多學科領域的參與。出師要有名，麥卡錫靈機一動寫下幾個字，Summer Research Project on Artificial Intelligence（人工智能夏季研討會）。

麥卡錫還寫道：「我們建議在1956年夏天在新罕布什爾州漢諾威的達特茅斯學院進行為期2個月、10人的人工智能研究，這項研究是基於這樣一種猜想，即學習的每一個方面或智能每一個特徵原則上都可以精確地描述出來，用機器來模擬。我們將努力探索如何讓機器使用語言、形成抽象概念、解決現在只有人類才能解決的問題，還能自我完善。我們認為，如果我們精心挑選的科學家利用這個暑假共同研究這些問題，就能在其中一到多個問題上取得重大進展。」

在美國石油大亨創辦的洛克菲勒基金會慷慨資助下，1956年暑假常春藤盟校之一的達特茅斯學院陽光明媚，10位涵蓋了數學、計算機、心理學、神經學、邏輯學、哲學等學科的專家，後來均被稱為人工智能奠基人的學者們，從四面八方來到寧靜的漢諾威小鎮，開始為期2個月的研討會學習班。





參加達特茅斯會議的部分與會者

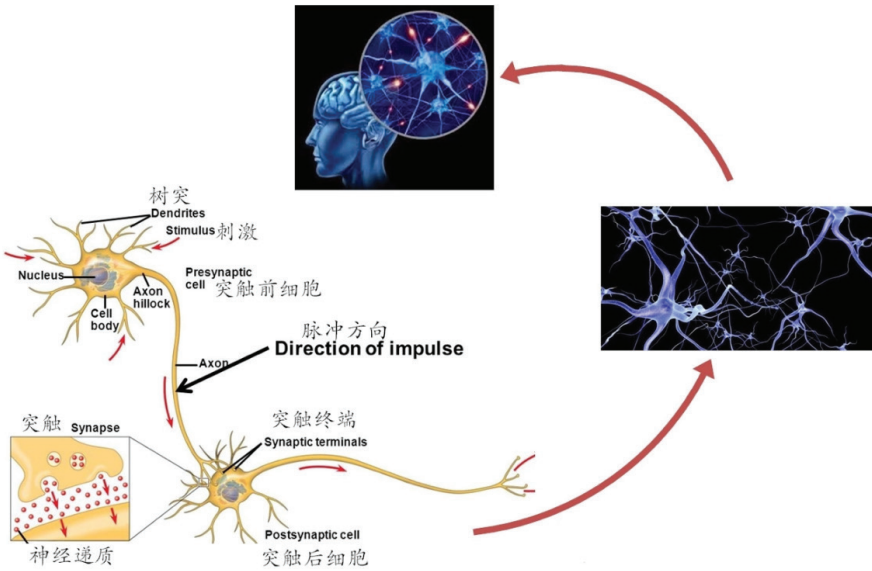
來源: <https://www.cantorsparadise.com/the-birthplace-of-ai-9ab7d4e5fb00>

儘管這次會議並沒有取得太多實質進展，不過達特茅斯會議的重要意義在於「Artificial Intelligence (人工智能)」這個詞首次確立下來，這一事件因此也被廣泛視為AI誕生的標誌。

人工智能的誕生並不僅限於那一次會議，還有另一種普遍說法指其誕生於1943年。那年沃倫·麥卡洛克 (Warren McCulloch) 和沃爾特·皮茨 (Walter Pitts) 完成了第一項可被今天視作人工智能的工作，兩個人共同發表了「A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity (神經活動中內在思想的邏輯演算)」一文，提出了神經元的數學模型，可以說是我們今天深度學習的祖師爺模型——MP模型，MP即麥卡洛克和皮茨兩個人姓的首字母。

MP模型是一個極度簡化的機械大腦。人類最初的發明很多都是模仿某種生物，比如模仿飛鳥，在人工智能領域，也把這種方向稱為「飛鳥

派」，MP模型最初的構想就是模仿人體神經元的工作機理。從神經科學的角度，大腦是一個非常大的神經網絡，它有860億個神經細胞，也叫神經元，每個神經元都與成千上萬個其他神經元相連，神經元的細胞體一般生長着多條樹突，它是神經元的輸入器。細胞體還延伸出一條管狀纖維組織，稱為軸突，它是神經元的輸出器，當神經元的樹突輸入訊號大到一定程度，超過某個閾值(threshold)時，神經元由抑制狀態轉為興奮狀態，就由軸突輸出，軸突再向其它神經元發出訊號。



大腦神經細胞的工作流程，來源：阿里雲棲社區

MP則把這個過程數學化，輸入可以類比為神經元的樹突，而輸出可以類比為神經元的軸突。你們是否還記得前面提過的布爾代數，布爾代數中有三個基本操作：NOT、AND、OR，用邏輯門表示就是非門、與門、或門，邏輯門接受一到多個輸入，只產生一個輸出，很類似神經元的基本單



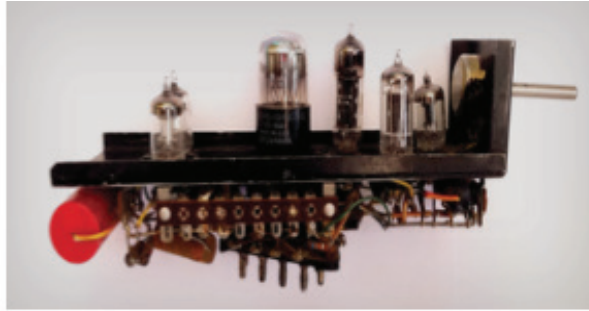
元構成，神經細胞則可以簡化為興奮和抑制兩種狀態，對應到計算機的1和0二進制電位，我們就把生物上的神經元簡化成為邏輯門的數學表達。至於神經元的傳導，那就對多條輸入線設定不同權重 $w$ ，將其加權求和綜合計算激活函數，當輸入大於閾值時，激活函數就輸出1，就是興奮，訊號繼續傳導；反之則輸出0，則是抑制，訊號不再傳導。

在MP最初的模型中，權重 $w$ 的值都是預先設定的，不能進行學習。又過了幾年，心理學家唐納德·赫布 (Donald Hebb) 提出，突觸連接的強度會在學習過程中隨着接收不同的刺激導致數量發生變化，所以權重 $w$ 也是可以變化的，比如兩個神經元同步激發，則它們之間的權重增加；如果分別激發，則權重減少。

赫布解釋道，如果兩個或多個神經元總是反覆被同時激發，它們就會形成某種「組合」，持續激發的話，前者的軸突上就會生長出突觸小體促進另一個軸突的激發。有人進一步研究，認為這兩者因此就會產生「自動關聯」和「自聯想」，以致形成「記憶痕迹」。這些研究今天仍在持續，赫布的理论亦成為後來無監督學習的生物心理學基礎。

1950年，明斯基等人開發了一個稱為「隨機神經模擬強化計算器」(SNARC) 的系統。該系統由大約40個具有赫布突觸的神經元構成，這些神經元在網絡中互相連接，接收來自其他神經元的輸入，並產生向其他神經元傳遞的輸出。後來，SNARC系統模擬了「貓開迷籠」試驗，試驗結果揭示，學習是一個可以通過強化來增強的過程：當給予獎勵時，良好的行為會被重複；當給予懲罰時，錯誤的行為不會被學習，試驗背後就是強化學習理論。另外，明斯基也是世界上最早能夠模擬人類活動機械人RobotC的

創建者。



馬文·明斯基和迪安·愛德蒙茲設計的SNARC, 來源: *The Scientist*

1957年，被後人譽為「深度學習之父」的美國心理學家弗蘭克·羅森布拉特也嶄露頭角，那年他提出單層（或兩層）神經元組成的神經網絡，取名為「感知器」（Perceptron）。羅森布拉特研究感知器的主要目的是弄清楚生物神經元的工作原理，並嘗試創建一種可以學習和自我改進的機器。

這次我們換一個角度來解釋羅森布拉特為什麼要這麼做，假設我們有一個感知器，它的任務是預測明天是否會下雨，我們就在輸入單元裏放上濕度、溫度、風速這三個神經元，每個輸入都有一個重要性或權重，同樣，我們需要像MP模型那樣計算綜合結果，至於閾值可能是根據經驗數據來確定，也可能是某一地區平均降水天數，如果總和大於閾值，感知器輸出1，代表下雨；否則輸出0，代表不下雨。

雖然對MP模型改進後的感知器仍然很簡單，但當我們把許多感知機組合在一起時，就可以構建出能夠處理複雜任務的神經網絡。當1960年第一台物理上的感知器Mark I在康奈爾航空實驗室公開亮相時，引起當時人們震驚。當時報章誇張地寫道，該感知器將被期望「能夠行走、說話、

看、寫、自我複製，還能有自我意識和自我存在」。



Mark 1 感知器  
來源：美國國家歷史博物館

麥卡錫在1958年組建了世界上第一個人工智能實驗室—— MIT AI lab，同年他又發明了第一個在人工智能領域具有廣泛影響的語言——LISP語言，影響這個行業至少30年。

LISP是List Processor(列表處理器)的縮寫，LISP中所有的數據都用列表來表示，分為原子和列表，原子為標識符形式的符號或數字的字面值，列表則是由零個或多個表達式組成的序列，比如(A B C D)，A、B、C、D就是原子，用括號圈起來的就是列表，又如(/ (- 7 1) (- 4 2))，計算出來就是3。是否有點像Excel的函數公式？是的，就是函數。作為函數式程序設計語言，它與數學上遞歸函數的構造方法十分類似。

而且LISP還開創了計算機科學領域的許多概念，包括樹結構、自動儲存器管理、動態類型、條件表達式、高階函數、遞歸、自主編譯器、讀取—求值—輸出循環，這些方法和思想，超越了LISP語言，也沿用到今天

的各種程序開發上。

## 從躍進式發展到遭遇挫折

隨着人工智能先驅學者不斷創出新成果，從五十年代後期到六十年代，湧現了大批AI研究方向和新的發明，美國國防部高級研究計劃署(DARPA)等政府機構也向「人工智能」這一新興領域投入了大筆資金。

紐厄爾和西蒙在1956年提出以「Logic Theorist，LT（邏輯理論家）」命名的數學定理證明系統，被稱為「首個可以自動進行推理的程序」，最後證明了在懷特黑德和羅素合著的《數學原理》中第2章中的前52個定理中的首38個。羅素得知有些定理機器證明比原有證明更簡潔，也感到非常高興。

接下來他們又推出了通用求解器(General Problem Solver)，顧名思義是解決通用問題的機器，它遵循了「搜索式推理」的基本策略，為實現一個目標，就像尋找迷宮中的出口一樣，如果遇到通路就繼續前行，如果遇到死胡同，就回溯，改變搜尋的方向。由於它採用與人類思考、處理問題一致的順序，西蒙和紐厄爾認為，人類的大部分難題，都有可能通過「求解器」來解決。

既然會做數學，人工智能應該也會做語文。六十年代初，以ELIZA為代表的第一批聊天機械人出現了，ELIZA由約瑟夫·維森鮑姆(Joseph Weizenbaum)在MIT創建，他選擇了當時比較流行的人本主義心理諮詢場景，模擬一位羅傑斯式心理治療師，與用戶用文字聊天，探究人類與機器之間的溝通方法。讓人驚訝的是，一些用戶表示確實能夠對自己的心理

問題產生一些幫助，甚至能產生對面似乎就是真人的幻覺。實際上貌似能夠與「你」交談的ELIZA並不懂心理學，靠的是關鍵詞的識別、上下文發現、選擇適當的轉換語句，在沒有關鍵詞的情況下生成響應，「記憶」用戶提出的問題等方法，匹配到一定規則的腳本來實現。

```

Welcome to
          EEEEEEE LL      IIII  ZZZZZZ  AAAAA
          EE       LL      II     ZZ     AA  AA
          EEEEE  LL      II     ZZZ    AAAAAA
          EE      LL      II     ZZ     AA  AA
          EEEEE  LLLLLL  IIII  ZZZZZZ  AA  AA

Eliza is a mock Rogerian psychotherapist.
The original program was described by Joseph Weizenbaum in 1966.
This implementation by Norbert Landsteiner 2005.

ELIZA: Is something troubling you ?
YOU:   Men are all alike.
ELIZA: What is the connection, do you suppose ?
YOU:   They're always bugging us about something or other.
ELIZA: Can you think of a specific example ?
YOU:   Well, my boyfriend made me come here.
ELIZA: Is it important to you that your boyfriend made you come here ?
YOU:   He says I'm depressed much of the time.
ELIZA: I am sorry to hear that you are depressed.
YOU:   It's true. I am unhappy.
ELIZA: Can you explain what made you unhappy ?
YOU:
    
```

ELIZA,來源: wikipedia

聊天軟件涉及到人工智能後來的一個重大分支——自然語言處理(NLP)，人們一直都想用自然語言與計算機交流，NLP的目標就是使計算機能夠理解、解釋和生成自然語言，實現人機之間的有效溝通。五十年代開始的NLP研究主要集中在機器翻譯領域，由於語言的複雜性和歧義性，當時的機器翻譯系統並不理想；到二十世紀六十和七十年代，自然語言處理開始獲得更多的關注，研究人員開始利用形式化語言學和計算機科學的方法來處理語言，開發出了一些基於規則的語義網(semantic net)，語義網旨在為機器提供對訊息的語義理解和處理能力，使得機器

更能夠理解和推理文本、數據和知識的含義。

當時很多科學家是從人類認知心理學的角度構造最初的語義網絡，比如認知科學家羅斯·奎利恩 (Ross Quillian) 在1960年代提出的基於語義網絡的知識表示模型，羅傑·尚克 Roger Schank 的「概念關聯」(Conceptual Dependency) 模型，本質都是採用結構化的方式表示知識。我們看一下語義網絡的三個最主要的組成部分：

1. 節點 (Nodes)：表示概念或對象的節點。每個節點代表一個特定的概念，例如「貓」、「椅子」等；
2. 連接 (Links)：表示概念之間的語義關係的連接。連接可以表示概念之間的關聯、層次結構、屬性等，例如「貓是一個動物」，其中「是一個 (is-a)」就是一個關聯；
3. 屬性 (Attributes)：與節點相關聯的附加訊息。屬性可以描述節點的特徵、性質或其他相關訊息，例如「灰色的貓」，其中「灰色」便為屬性。

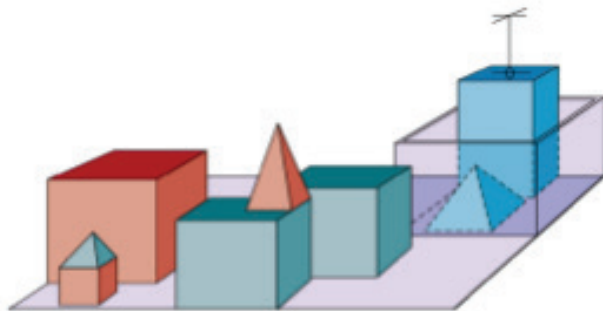
後來人們根據這個構建了知識圖譜，後者是在語義網絡的基礎上發展起來的一種更為複雜和全面的知識表示和組織方法，如今知識圖譜在知識管理、智能搜索、問答系統等領域中都具有廣泛的應用。

數學和語文結合的早期成果也出現了，丹尼爾·G·博布羅 (Daniel Gureasko Bobrow) 在1964年編寫了一個名為學生 (STUDENT) 的人工智能程序，目標是模擬人類學生的思維過程，通過理解自然語言文本和代數問題，進行推理和解答。當真正的學生給「學生」一條代數應用題時，「學生」就會對問題進行語法和語義分析，並從內部的知識庫中獲取代數規則和數學知識，然後，它嘗試應用這些規則和知識進行推理、解



決問題，並將答案以自然語言形式輸出給真正的學生。

當機器學會了數學、語文和科學，是否就能構造出世界？當時在麻省理工學院的人工智能科學家給這個想法起了一個有意思的詞，叫「微世界」(microworld)，他們認為很多學科都可以簡化成為基本模型，以便讓機器學習和構造這個學科的機理。他們構想了很多微世界模型，最出名的一個是「積木世界」(blocks world)，在桌子上堆放着一堆形狀和顏色各異異的積木，任務是要構建一個或多個垂直的堆疊結構，比如可以命令機器「找到一塊比你所持有的積木塊更高的積木塊，並把它放進盒子裏」，後來科學家真的製作了一個會搭積木的機械臂，將這些規劃完美實現。



積木世界，來源：《人工智能（現代方法）》

當多項可喜的成果接連出現，無論讓學界還是公眾對人工智能都充滿了期待。當時的科學家還大膽進行了一些預言，比如「在三到八年的時間裏我們將得到一台具有與人類智能相約的機器。」(明斯基)；「十年之內，數字計算機將成為國際象棋世界冠軍」(紐厄爾和西蒙)；「十年之內，數字計算機將發現並證明一個重要的數學定理」(紐厄爾和西蒙)；「二十年內，機器將能完成人能做到的一切工作。」(西蒙)；「一代之內……創造人工智能的問題將獲得實質上的解決。」(明斯基)等等。這些預言最終未

能按時實現，但到了1997年的深藍、2016年的AlphaGo和2023年GPT4，卻有不少部分上演遲來的兌現。

然而，很多新生事物由樂觀到悲觀產生於一瞬間，三起兩落的人工智能就是一個很好的例證。當過於樂觀的承諾無法兌現時，批評聲音就會越發尖銳，以至人工智能科學家很難申請到下一階段的經費。

經費銳減始於1966年的語言處理顧問 (ALPAC) 委員會報告，它批評了機器翻譯的進展。美國國家科學委員會 National Research Council (NRC) 宣布提供2億美元後終止資助；1969年美國DARPA表示只資助有明確任務方向的項目，無方向的基礎研究資助必須停止，而且他們對CMU的語音項目表示失望；1973年詹姆斯·萊特希爾報告也批評英國AI研究完全失敗未達目標。

總結來看，人工智能在六十年代末期到七十年代走入低潮主要有幾個原因：首先，當時的計算機的算法和算力都非常有限。計算機的內存和處理速度都很低，一些問題的解決需要非常長的時間，無法解決複雜的AI問題，有些問題隨着輸入規模的增加，計算時間會呈指數級增長，這意味着AI研究者們即便有策略也只能處理一些簡單的問題，而不能解決更實際和複雜的任務，所有的AI程序都只是「玩具」。

第二個原因是對人工智能需要求解的問題沒有完全想清楚。修伯特·德雷福斯 (Hubert Dreyfus) 批評了AI的符號主義 (Symbolism) 方法過於簡化，並認為真正的智能需要更多的非符號化的知識和技能。Noam Chomsky則批評了AI的行為主義方法，認為人類語言的理解和生成不僅

僅是通過外在觀察和模仿，而要研究複雜、內在的語法結構，後來他的「生成語法」理論改進了NLP系統(如語法樹、語義角色標注等)。

第三個原因是AI所需要大量的常識與推理能力，當時難以實現。例如我們希望計算機能夠理解自然語言或者識別圖像，需要具備豐富的世界知識，但在互聯網時代之前，我們無法構建如此龐大的數據庫，也不知道如何讓計算機獲取和利用這些知識。

此外，還有一個有趣的問題是莫拉維克悖論。這個悖論指出，對人類來說容易的任務，對計算機並不一定容易，對人類來說難的任務，對計算機來說也並不一定難。莫拉維克觀察到，如果一部機器能夠完成下棋或者做數學題，人類看起來這個機器很厲害，但它居然完成不了諸如識別物體或導航環境這種人類的簡單任務。實際上，在人類億萬年進化的過程中，我們的大腦逐漸發展出某種能力，如感知和運動的高效處理能力，基於數學和邏輯構建的計算機起初卻沒有這套機制來優化處理相關問題。

1980年，美國哲學家約翰·希爾薩爾(John Searle)也提出類似的問題，質疑強人工智能(Strong AI)的觀點，即計算機和其他形式的人工智能能否真正地理解(understand)訊息，而不僅是處理訊息。在他的思想實驗中，一個只懂英文的「老外」被鎖在一間房裏，房間裏有



房間 Chinese Room (來源:網路)

一本中英對照的指令手冊，他在房間接收到一些用中文寫得紙條，然後根據手冊上的指示，尋找匹配的英文回答，並將它們翻譯成中文寫在紙條上，然後將紙條送出房間。對於外面的人來說，這個房間看上去就像是理解中文的實體，但實際上，房間裏的人並不懂中文，他只是在按照規則進行符號操作。

## 第二次大發展到再次寒冬

人類的好奇心不會被研究經費阻止，在人工智能研究陷入低潮的1968年，美國科幻電影《2001太空漫遊》在全球上映，作為「世界上最偉大的科幻電影」之一，它也是最難以看懂的一部電影。電影以人類的進化為主題，通過四個不同的時代段落展示了人類與科技、人工智能的關係。HAL9000亦成為經典的人工智能角色，它展現了自主思考和複雜情感的AI形象，引發了對於人工智能能否擁有意識、道德和情感的討論。

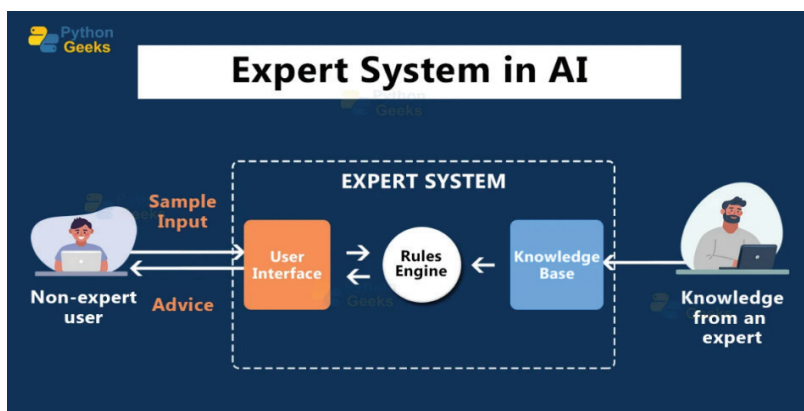


電影：《2001 太空漫遊》

人工智能另一種力量「專家系統」正在潛滋暗長起來，逐漸被全世界的公司所採納。你們是否還記得「問題求解」？它將複雜的思考過程、推理步驟綜合起來，得到一個解釋，這就是所謂弱方法，其限制是在面對大型或難以處理的問題實例時無法很好地操作，那麼正如前所述，問題可能出現在知識庫的不足。

專家系統就是這樣一種計算機應用程序，它通過模擬人類專家在特定領域的知識和推理過程來解決複雜的問題。專家系統=知識庫+推理機，前者包含特定領域知識，後者作為推理引擎，它使用知識庫中的訊息進行推理和決策。

專家系統適合於那些沒有公認的理論和方法、數據不精確或訊息不完整、人類專家短缺或專門知識十分昂貴的診斷、解釋、監控、預測、規劃和設計等任務。比如二十世紀七十年代開發的MYCIN系統，這個系統的知識庫包含了醫學領域的專家知識，推理引擎則根據病人的症狀和測試結果，利用知識庫中的訊息來進行推理和決策；又比如DENDRAL系統，其知識庫包含了化學領域的知識，推理引擎使用這些訊息來理解質譜數據並推導出可能的分子結構，這個系統是第一個成功的知識密集型系統，對科學研究和人工智能的發展產生了重要影響。



專家系統示意，來源: Python Geeks

1980年，卡耐基梅隆大學 (CMU) 為數字設備公司 Digital Equipment Corporation (DEC) 設計了世界上第一個成功商用系統R1，也稱為XCON，主要用於自動化計算機系統配置過程。在XCON之前，配置

DEC 計算機系統需要一位經驗豐富的工程師，根據客戶的特定需求選擇適當的硬件和軟件組件，與其他大公司一樣，DEC 的產品生產線既複雜又耗時。

DEC 決定使用人工智能技術來自動化系統配置過程，XCON 的知識庫包含了大量關於 DEC 產品的訊息，包括各種組件的特性、兼容性和性能數據，其推理引擎使用這些訊息，根據一組規則來選擇和組裝適合特定需求的系統。XCON 就相當於一個巨大的交互式說明書，顯著提高了配置過程的效率和準確性，減少錯誤配置帶來的成本，特別具有成功意義的一點在於，XCON 在 1986 年為 DEC 節省了約 4,000 萬美元。

在 DEC 成功案例的鼓舞下，二十世紀八十年代，許多大公司都投入到專家系統的開發和應用中，像杜邦的“DuPont Advisor”專家系統，用於幫助銷售人員推薦客戶需要合適的染料；美國運通的“Authorizer’s Assistant”專家系統，用於幫助檢測可疑信用卡欺詐行為；IBM 的“Prospector”系統，用於協助地質學家在礦藏勘查中，尋找有價值的礦床；後來蘋果公司收購的 Siri，也可視作一種通過辨識語音作業的專家系統。

我們看到，這個時期專家系統的廣泛成功應用對知識表達 (knowledge representation) 和推理 (reasoning) 的發展均產生了重要影響，學界也展開了很多這方面的研究，隨即出現了一些新的提法比如：框架 (Frames)、半結構化知識表示 (Semi-structured Knowledge Representation)、證據理論 (Evidence Theory，也稱為 Dempster-Shafer 理論)、基於規則的系統 (Rule-Based Systems) 和推理機 (Inference Engines) 等等。

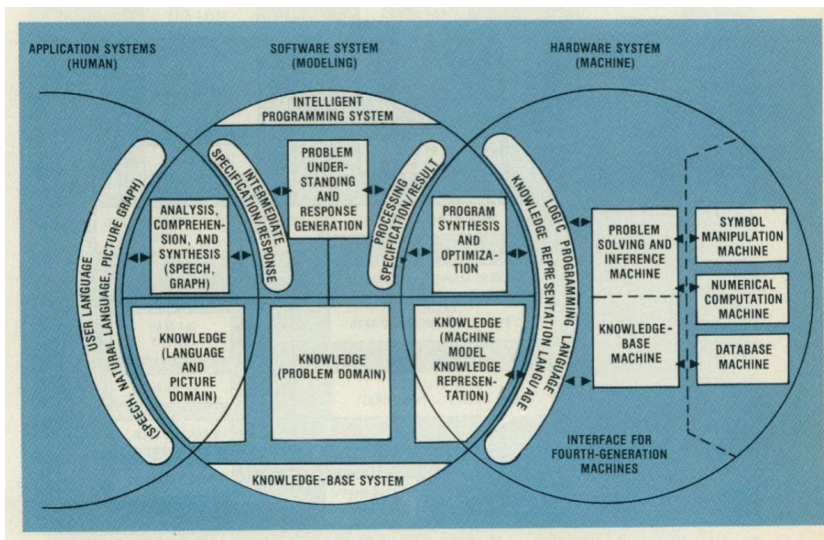
其中，框架是我們熟悉的明斯基在1970年代中期提出的，它針對的是人們理解事物情境或某一個故事時的心理學模型。框架也可以視為一個數據結構，用於表示某個概念、事物、事件或情境，每個框架包含一組屬性（稱為「槽」）和相應的值，框架還可以包含繼承機制，這意味着一個框架可以繼承另一個框架的屬性和值，比如狗可以繼承哺乳動物的值，如此框架可以表示複雜的關係和嵌套結構，同時也提供了處理不確定性和默認情況的能力，這使得知識的儲存和檢索更加有效。

槽	值	類型
BOY(男孩)	-	(框架名)
ISA(屬性)	Person(人)	(父框架)
SEX(性別)	Male(男性)	(實例值)
AGE(年齡)	Under 12 yrs.(小於12歲)	(過程附件——集合約束)
HOME(家)	A Place(某一地點)	(另一框架)
NUM_LEGS(腿數量)	Default = 2 (預設值 = 2)	(從父框架「人」繼承的預設值)

一個表示「男孩」框架的示例，來源: Wikipedia (框架)

總結和理解全人類常識的數據庫也在這時出現了，在1984年，一個名為Cyc的知識工程項目誕生，它取自百科全書(encyclopedia)，該知識庫包含320萬條人類定義的斷言，涉及30萬個概念，15,000個謂詞，擁有大量的常識事實和推理規則，其內容涵蓋了各種領域，從科學和地理，到文化和日常生活。2008年，研究人員已經將Cyc資源編寫到許多維基百科的文章上，所以我們今天也能直接看到這個項目的成果。

日本在這個時期亦做出了很多投入。1981年，日本經濟產業省撥款8.5億美元用以研發第五代計算機項目(第五世代コンピュータ)，這個項目計劃在10年內開發出以邏輯推理為基礎，具有並行處理能力，能理解自然語言，能進行模式識別和解決複雜問題的高級人工智能計算機。其目標很宏大，包括在硬件上實現大規模提升，使用新型光學或分子計算技術；在軟件上開發新的人工智能技術，能理解和使用自然語言；構建新的操作系統，能自我學習和自我優化。



日本第五代計算機規劃，來源: Wikipedia

然而，儘管投入了大量的資源和努力，「第五代計算機」項目最終未能達到預期的成果。部分原因是該項目的目標過於宏大和理想化，超出了當時技術的實際能力，另一部分原因是並行處理和人工智能等關鍵技術的發展比預期的要慢。

與日本的情況類似，美國和英國發現再次不斷加大的投入，遠遠不到下一代人工智能的預期，二十世紀八十年代後期，DARPA的新任領導認

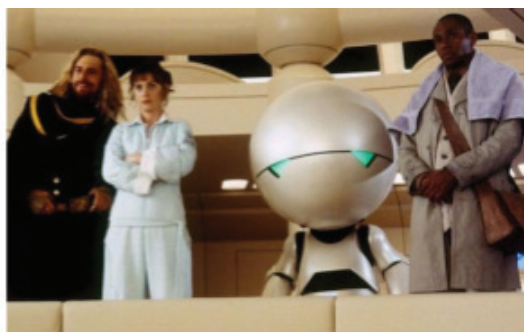


為AI並非「下一個浪潮」，撥款將傾向於那些看起來更容易做出成果的項目。其後，甚至最初大獲成功的專家系統在後期的維護費用亦居高不下，難以升級，錯誤百出。一系列負面事件接連發生，價值數十億美元的人工智能產業開始崩潰，再次進入「AI之冬」。

## 第三次人工智能之春

1978年BBC推出了一套科幻廣播劇《銀河系漫遊指南》(The Hitchhiker's Guide to the Galaxy)，原本是由英國作家道格拉斯·亞當斯(Douglas Adams)創作的一系列科幻喜劇作品，創造出機械人馬文(Marvin)，還有神秘數字「42」，影響了當時的很多年輕人和小朋友。

40多年後的2023年，深受這本書影響的埃隆·馬斯克(Elon-Musk)在創造人工智能新產品xAI的Grok時說道：「Grok是一款模仿《銀河系漫遊指南》的人工智能，因此幾乎可以回答任何問題，更難得的是，它甚至可以建議要問什麼問題！」「Grok會帶着一絲機智和反叛精神來回答問題，如果你不喜歡幽默，那麼請別用它。」



《銀河系漫遊指南》中的機械人馬文，來源：Laurie Sparham（製作）

既然強人工智能機器實際造不出來，人們就把想像賦予虛擬形象，

用電影、文學作品的手段演繹出來。1984年由詹姆斯·卡梅隆(James Cameron)執導的電影《終結者》(Terminator)上映後引起轟動，之後卡梅隆及其他導演又推出了5部續作，尤其是1991年《終結者2:審判日》的影響力還超越了第一部。

《終結者2:審判日》在電影史上也具有標誌性地位，因為它的視覺效果和對人工智能主題進行了深入探討，它也是第一部圍繞計算機生成的主要角色(T-1000)的電影。



來源：終結者2

儘管在卡梅隆執導的第一部和第二部《終結者》期間，正處於人工智能的「寒冬」，看起來人工智能掌控世界的可能性微乎其微，學科也日漸式微，但當時的人們仍然幻想有那麼一個超人類的「機械人」在未來存在，這也可能是人類的終結者。

這種仍然憧憬未來的執着，促使一小部分人衝向強人工智能。「大象不玩象棋」(Elephants Don't Play Chess)是製造機械人專家羅德尼·布魯克斯(Rodney Brooks)在1990年發表的論文標題，這篇論文對之前的人工智能研究方法提出了一些批評，他認為人工智能應更關注底

層的感知和動作，而不僅僅是高層的抽象和邏輯推理，機器應該直接與環境互動，通過自己的感知和動作來理解世界。

為了驗證他的理論，布魯克斯與合作夥伴成立一家公司專門製造一系列的獨特機械人。雖然這些機械人沒有思考的能力，但它們能做到許多事情，比如偷取桌子上的汽水罐，穿越四周熾熱的地面等，這家公司便是iRobot公司，2002年首次發布基於行為系統的Roomba掃地機械人，在商業上取得重大突破，直到今天各種掃地機械人在千家萬戶中發揮着獨特作用。

當布魯克斯重新走向行為主義，而符號主義也在十年後重出江湖，再見天日。比較有意思的是，這一次轟動世界的正好是布魯克斯批判的「象棋」。

1997年5月，IBM的深藍(Deep Blue)超級計算機在與國際象棋世界冠軍加里·卡斯帕羅夫(Гарри Кимович Каспаров, Garry Kimovich Kasparov)的比賽中取得勝利，這是歷史上第一次有機器在標準比賽賽規則下戰勝了國際象棋世界冠軍，標誌着人工智能在複雜棋類遊戲中取得重大突破。

下棋的算法研究由來已久，最簡單的策略是蠻力搜索，也就是窮舉法，以窮盡所有棋路(搜索樹)來找到最佳答案。然而當棋路的組合越多，計算量就越大，深藍的主要參與者許雄峰博士曾表示，如果按最古老的蠻力搜索，深藍每一步要走十七年左右，這顯然不行。深藍後來採用名為「 $\alpha$ - $\beta$ 剪枝」的算法來修正窮舉法，為每種棋子賦予不同的分值，模擬雙方

進行一定步數的遊戲，並使用評價體系對結果進行打分，根據分數，剪除評分較低（即預期結果較差）的分支，僅對評分較高的分支進行更深層次的搜索。此外，深藍還使用了一些特別設計的啟發式搜索策略和大量的開局和殘局數據庫。

順帶一提，棋類遊戲常被用作研究人工智能的測試場，因為它們具備明確的規則、高度複雜性，並能提供量化的評估。儘管其規則簡單，但可能的步法極為複雜，對AI的推理和計劃能力提出了挑戰。同時，這些遊戲在AI研究歷史上有深厚的根基，使得新的AI技術和算法可以和過去的工作進行比較。此外，棋類遊戲需要策略、規劃和決策等高級思維能力，因此它們被看作是一個展示AI模擬人類思維能力的好方法。



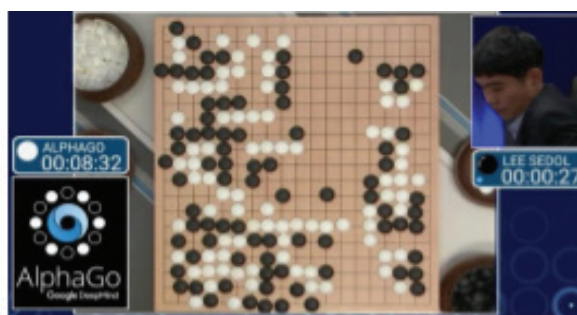
「深藍」戰勝了卡斯帕羅夫，來源BBC News

儘管深藍能夠戰勝卡斯帕羅夫，但在圍棋方面，深藍的解法都不太奏效。如果把所有的下棋策略都算上，人工智能仍然是個小弟，即便是在經過18年的不斷發展和提升之後，最強大的人工智能圍棋程序的技藝，只是相當於業餘五段棋手的水平，依然無法戰勝高級職業棋手。

針對這件事，總部位於英國的Deepmind在2014年啟動了一個

名為AlphaGo的研究計劃，經過兩年努力，最終於2016年3月在一場五番棋比賽中4:1擊敗頂尖職業棋手李世石，成為第一個不借助讓棋而擊敗職業九段圍棋棋手的電腦圍棋程式，震驚世界。一年後，AlphaGo在中國烏鎮圍棋峰會的三局比賽中，擊敗當時世界排名第一的中國棋手柯潔。

AlphaGo結合了神經網絡、深度學習和蒙特卡洛樹搜索等技術，其初期訓練模仿人類下棋，並從大量的比賽紀錄中學習。之後，AlphaGo通過兩個多層神經網絡自我對弈進一步優化。在實際對弈時，AlphaGo使用這兩個網絡——策略網絡預測所有可能的落子位置，價值網絡則預測不同位置的勝利概率。然後，結合蒙特卡洛樹搜索，AlphaGo能對各種可能的棋步進行探索並確定最佳的落子位置。由於AlphaGo在2017年前後的出色表現，深度學習吸引了前所未有的廣泛關注。



Alpha Go擊敗了頂級圍棋手李世石，  
來源：BBC News

## 深度學習引發的人工智能新浪潮

作為機器學習的一個子領域，深度學習(Deep Learning)以其強大的自動特徵學習能力，自動從原始數據中學習並提取有用的特徵，無

需人工手動設計；對於大規模數據集，深度學習能夠從大量數據中學習更深層次的規律和模式，表現出良好性能。不過深度學習也需要大量標注的數據進行訓練，且訓練和運行這些模型需要大量的計算資源。

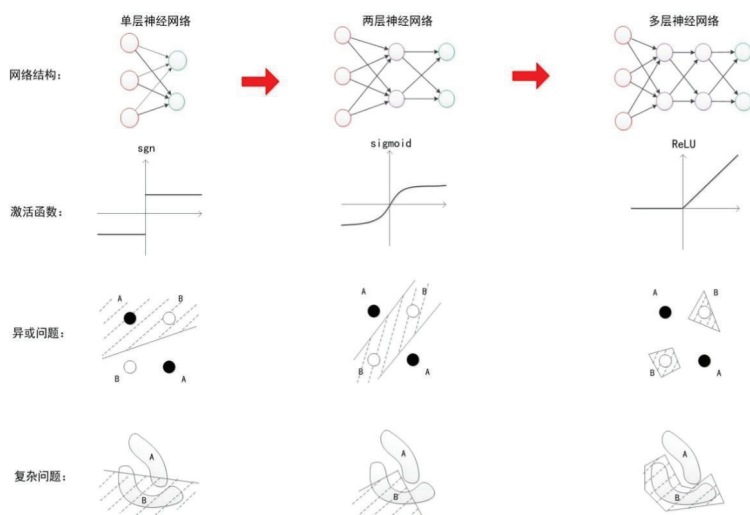
深度學習的基礎就是前面一再提過的人工神經網絡，一個曾經幾乎被遺棄的技術。人工神經網絡是人工智能起源之一，它經歷了二十世紀六、七十年代的發展停滯後，40年後又再次引起了大眾目光。在這期間，神經科學家們默默地做出了許多重要貢獻，但這些工作往往被忽視。

我們再回到那個寒冬溯源，二十世紀六十年代初，大衛·休伯爾 (David Hubel) 和托斯坦·尼爾斯·威澤爾 (Torsten Nils Wiesel) 發現了視覺系統的訊息處理機制是分層進行的。他們從神經生物學的角度研究，視覺皮層的神經元可以分為兩種主要類型：一種是簡單細胞，輸出其感受野 (Receptive field) 內具有特定方向最大化的直邊；一種是複雜細胞，具有較大的感受野，但對邊緣在感受野中特定位置不敏感。這些發現為理解和模擬視覺訊息處理提供了基礎，並且對如何構建能夠識別圖像的機器學習模型產生了深遠影響。

1974年哈佛大學的保羅·沃伯斯 (Paul Werbos) 在感知器的基礎上，於輸入和輸出層中間增加了一個網絡層，並提出反向傳播算法 (Back-propagation, 簡稱BP)。你們還記得感知器中的「權重 $w$ 」嗎？當我們模擬某個神經網絡傳播訊息的時候，需要同時考慮權重，但單靠簡單計算，多層神經網絡起初是無法調整好權重的，後來神經科學家給出了這樣的策略：

1. **前向傳播:** 輸入數據進入輸入層，經多個隱藏層，達到輸出層生成預測結果；
2. **計算誤差:** 比較網絡的預測結果與實際的目標值，計算出誤差
3. **反向傳播:** 將這個誤差反向傳播回網絡，並逐層計算每層的誤差，目標找出每個權重對最終誤差的貢獻程度
4. **更新權重:** 採用各種調節方法，微調網絡中的權重，從而使得最終的誤差盡可能地小，其中優化調節方法後續的改進就比較多樣化

1980年，日本科學家福島邦彥 (Kunihiko Fukushima) 提出了一種名為「神經認知機」(Neocognitron) 的神經網絡結構，受到了Hubel和Wiesel關於視覺皮層單元(簡單細胞和複雜細胞)的研究啟發，福島邦彥把這套結構分為S層(卷積層):模擬了視覺皮層的簡單細胞，用於檢測局部特徵;C層(池化層):模擬了視覺皮層的複雜細胞，用於對特徵進行空間總匯。可以說「神經認知機」理念是後來卷積神經網絡發展的基礎。

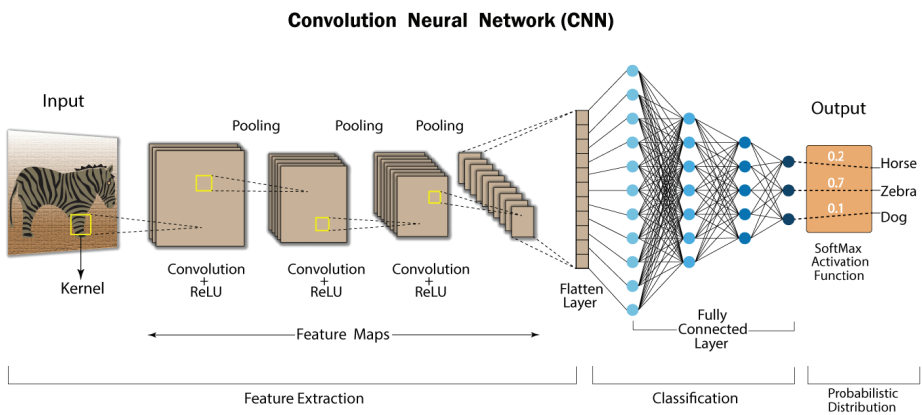


來源:《神經網路淺講:從神經元到深度學習》

1987年，終於出現第一代卷積神經網絡 (Convolutional Neural Network, 簡稱CNN)，更上一層樓的是1998年由楊立昆 (Yann LeCun) 及其合作者構建了更加完備的卷積神經網絡LeNet-5，有效地解決了手寫數字的識別問題，而卷積神經網絡真正走到台前則在2006年深度學習理論被提出之後和2016年AlphaGo大放異彩之時。

卷積神經網絡是一類包含卷積計算且具有深度結構的前饋神經網絡，是深度學習的代表算法之一。其中「卷積」這個詞來源於卷積運算，這是一種特殊的數學運算，被用於從輸入數據中提取有用的特徵。

你可以將卷積神經網絡視為一個自動化的模式識別器。它通過觀察大量的數據，學習並理解這些數據中的模式。比如在圖像識別中，CNN可能開始時只能識別圖像中的簡單模式 (如邊緣和顏色塊)，然後逐步學習更複雜的模式 (如形狀和紋理)，最後可能能夠識別出圖像中的物體 (如狗、貓或汽車)。



卷積神經網路示意圖

來源: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2022/03/basics-of-cnn-in-deep-learning/>



在2017年之後，卷積神經網絡的許多應用都有出色表現。你一定聽說過，CNN被用於識別和分類圖像中的物體，在自動駕駛系統中識別行人、車輛和訊號標誌，或在醫療圖像分析中識別疾病標記。在人臉識別技術中，CNN用於檢測、定位和識別人臉。CNN還在語音識別和理解領域發揮作用，例如用於轉錄語音或理解語音命令。隨着技術的進步，我們可以預期CNN將在更多領域找到應用，繼續推動人工智能的發展。



CNN <https://viso.ai/>

除了CNN算法，深度學習還發展出「遞歸神經網絡」(Recurrent-Neural Network, RNN)和「生成對抗網絡」(Generative Adversarial Network, GAN)兩個經典算法，前者主要用於文本分析、機器翻譯或自然語言處理，後者主要用於圖像生成、數據生成或非監督式學習，它的一個經典「應用」可能你們聽說過，就是「深度偽造」(Deepfake)，即利用技術手段合成虛假的圖像、視頻或聲音，使其看起來非常逼真，可能導致謠言、詐騙和侵犯私隱等問題，此類隱患已經受到了各國安全部門的關注。



深偽技術假冒烏克蘭總統澤倫斯基 (Zelensky)  
發布投降演說，真澤連斯基發布 Ig 回應，來源：Twitter

與此同時，大數據的興起，給深度學習提供了充足的「養料」。大數據是指在常規數據處理軟件無法處理的大規模、多樣性和快速變化的訊息數據集，這些數據集可以從各種來源獲得，包括社交媒體、搜索引擎、電子商務、醫療紀錄等。顯然，互聯網在2005年後的繁榮使得其用戶開始在網絡上生成和分享大量的數據，推動了大數據領域的發展，而雲計算和分布式儲存技術的發展使得儲存和處理大數據變得可能。

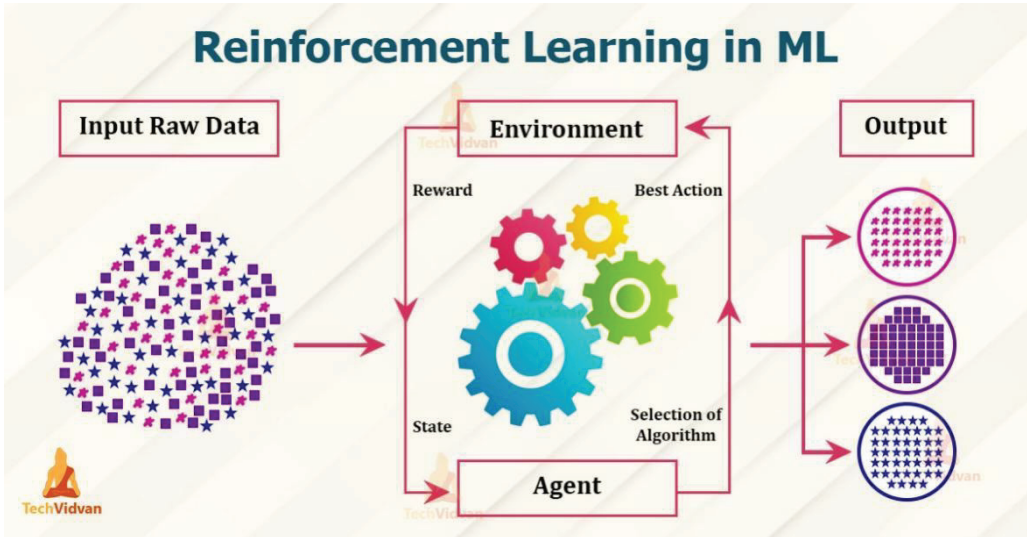
在大數據的發展下，數據標注在2010年代走向了興盛，推動了監督學習和無監督學習的發展。在監督學習中，模型通過標籤數據來進行訓練，找到輸入和輸出之間的映射關係。一旦訓練完成，模型就可以對新的輸入進行預測。而在無監督學習下，不依賴於標籤數據，而是直接對輸入數據進行學習，目標是發現數據的內在結構和關係。



華人AI研究員李飛飛發現人們在研究模型算法的時候，很需要改進訓練算法的數據庫，隨後在2006年開啟了名為ImageNet的項目，定位為大型視覺數據庫，用於識別視覺目標軟件研究，到2017年已注釋了1,400多萬張圖像，其中包含2萬多個典型類別，例如「氣球」或「草莓」，每一類則包含數百張圖像。

不僅如此，ImageNet項目每年還舉辦一次大規模視覺識別挑戰賽（ILSVRC），ILSVRC的核心任務是對一組大規模圖像數據集進行分類和識別，包括圖像分類與目標定位（CLS-LOC）、目標檢測（DET）、視頻目標檢測（VID）、場景分類（Scene）等題目，到2016年ILSVRC的圖像識別錯誤率僅有 2.9%，遠超越人類的5.1%。儘管這個競賽只辦到2017年，在計算機視覺領域的意義仍舊非凡，直接推動了圖像分類、目標檢測和圖像識別等領域的研究和技術。

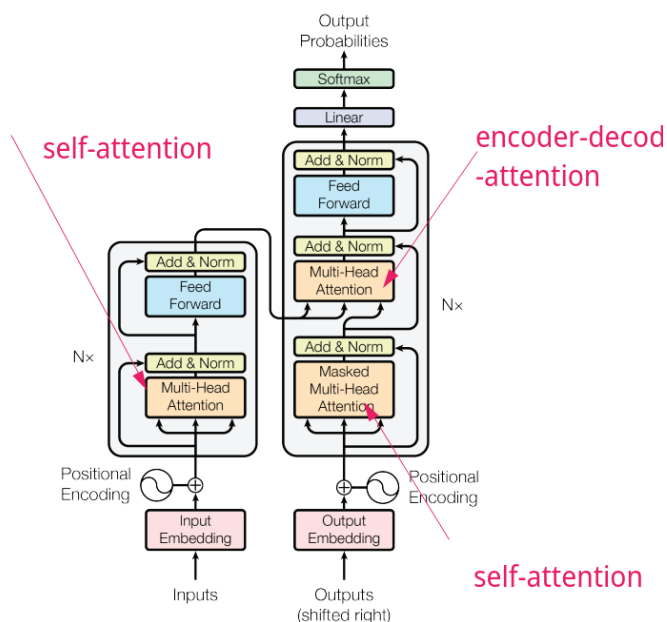
大數據的發展也帶動了機器學習的另一個領域——強化學習（Reinforcement Learning）的起飛。強化學習在傳統心理學中早就有研究，即通過結果來影響行為的可能性的學習，前面有提到，獎勵好結果，稱為正強化。反之，懲罰差結果，即負強化。同樣，在機器學習中，一個智能體（agent）也通過執行動作並接收環境的反饋（獎勵或懲罰）來學習如何在特定環境中採取最佳動作。如今，強化學習已被用於解決包括遊戲、機械人、自動駕駛等在內的複雜決策問題。



強化學習機制，來源: TechVidven

而在自然語言處理 (NLP) 領域，2017年，阿什什·瓦斯瓦尼 (Ashish Vaswani) 等人發表論文 “Attention is All You Need” 中，該論文引入了帶有自注意力 (self-attention) 機制的Transformer (變換器) 算法，對後續的大語言模型產生了決定性的影響。

傳統的機器學習模型，對輸入數據的處理往往是固定的，無論輸入的具體內容是什麼，模型都會以相同的方式對待，這可能導致模型無法充分關注到輸入數據中的重要部分或上下文訊息。引入注意力機制就可以幫助模型動態地學習和分配不同部分的注意力權重，就像我們人類分配自身注意力一樣，Transformer把輸入序列拆分為多個標記 (tokens)，通過注意力機制來計算輸入序列中各個標記之間的相關性，使其更加聚焦於輸入數據中對任務有意義的部分。



Transformer模型，來源: Attention is All You Need

2018年，Google在Transformer的基礎上提出了BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) 模型，這是一種預訓練的深度雙向Transformer。BERT通過在大量無標籤文本數據上預訓練，可以生成一個富有表達力的文本表示，這對於各種下游任務都非常有用。

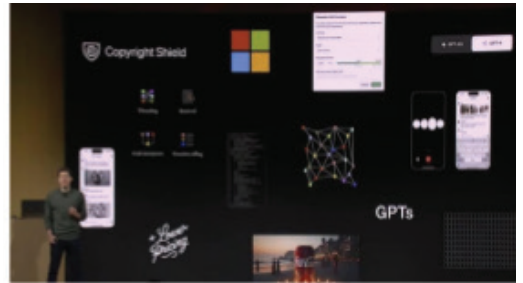
緊接着OpenAI提出了GPT (Generative Pretrained Transformer) 系列模型，作為大型自回歸語言模型，它基於Transformer架構，通過在大規模的無標注文本數據上進行預訓練，從而學習語言的統計式。GPT模型採用逐個單詞的方式進行文本生成，並利用預訓練和微調的策略以適應特定任務。由於其自回歸結構和強大的生成能力，GPT在文本生成、文本補全和對話系統等任務中表現出色。

GPT的最新版本，如2020年的GPT-3、2023年的GPT-4，已具有數十億至數萬億的參數，可以捕獲更複雜的模式，從而在各種任務上取得更好的性能。GPT以及它的競爭對手Claude、Llama等大模型的崛起，每天幾億次的訪問量，還有圖片、視頻、語音等多種模態，辦公、設計、編程、娛樂、教育等多種應用方向，大模型正在帶動一個更大規模的人工智能產業。



IBM Watson 參加《危險邊緣》有獎問答，  
來源：AP Photo /Jeopardy  
Productions, Inc.

如今，許多人已經離不開 ChatGPT，並把它親切地叫作「聊天機械人」。在ChatGPT之前，聊天機械人的稱號則給了蘋果的Siri、IBM的沃森、亞馬遜的Alexa和微軟的小冰。一部分開發者則主動將「聊天機械人」的個性化結合場景增強，變成用戶的人工智能代理 (AI-Agent)，它能夠在特定環境中感知、推理、決策和執行行動，以實現特定的任務或目標。



首屆Open AI 開發者大會，來源：Open AI

2011年2月，IBM公司開發的聊天機械人沃森 (Watson) 以戲劇性的方式在美國知名答題節目《危險邊緣》中戰勝了兩位最強選手，獲得頭獎，取走了總獎金100萬美元，比它的兩個對手加起來還要多。這次比賽

標誌着人機智能競賽進入一個新紀元，人類首次面臨來自機器的真正挑戰。沃森利用其龐大的知識庫和快速分析問題的能力，據說1秒可以閱讀100萬本書，但在挑戰時還沒有連接互聯網，而且它在搶答時並沒有使用人類選手在沒想好時就搶答的心理戰術，但一旦搶答，它的反應速度是人類的12.5倍，這些都引發了人們對機器智能未來的廣泛討論。

2022年，由前谷歌對話編程語言模型 (LaMDA) 的前開發者諾姆·沙澤爾 (Noam Shazeer) 和丹尼爾·德·弗雷塔斯 (Daniel De Freitas) 創建的Character.ai讓人們平均停留時長從ChatGPT的幾分鐘延長到了半小時，通過這個程式，用戶可以創造自己的「虛擬人物」，精心塑造他們的個性，並設置特定的參數，然後將他們分享到社區，供其他人與其進行互動交流。甚至還有一個名為Soulmate的AI虛擬女友app，因經營轉向宣布下線後，眾人接受不了「靈魂伴侶」遠去，集體到Reddit社區哀悼。

## 未來的機械人還會遠嗎

我們知道上述「機械人」都不是真正意義上的機械人，但這些「機械人」已經具備了一些人類的情感、性格、策略，甚至自我決策能力，而真正的機械人也在悄然而至，我們人類做好準備了嗎？

Robot一詞是捷克語Robota (苦工、勞役) 的變形，最初的含義可以追溯到1920年，由捷克作家卡雷爾·恰佩克 (Karel Čapek) 在他的劇作《R.U.R. (羅薩姆的通用機械人)》中首次使用。在這部劇中，探討了人類創造的機械生物 (Robota) 反抗其創造者、追求自由和平等的主题，開啟了現代關於人工智能倫理和機械人權利的討論。

而Robot這個詞的走紅更來自於阿西莫夫，1942年由美國科普、科幻作家艾薩克·阿西莫夫 (Isaac Asimov) 在科幻小說短篇集《我，機械人 (I Robot)》開篇就指出「機械人三定律」，代表當時一批先鋒人士對機械人與人類關係的思考。

**第一定律——機械人不得傷害人，也不得見人受到傷害而袖手旁觀**

**第二定律——機械人應服從人的一切命令，但不得違反第一定律**

**第三定律——機械人應保護自身的安全，但不得違反第一、第二定律**

後來，「三定律」成為機械倫理學的基礎，「機械人學」(Robotics) 也成為阿西莫夫的首創。阿西莫夫等人從人文主義的角度，在機械人技術還沒有大規模來臨之前，促使人們去思考機械人科技與人類行為、社會如何共生與協調發展。

在阿西莫夫寫機械人的時候，已經出現了人形機械人。儘管世界上最早的機械人可以追溯到列奧納多·達·芬奇 (Leonardo da Vinci) 的「騎士」或者更早時間，現代機械人起源一般認為在1927至1928年左右。1927年，美國西屋公司製造電動人形機械人Televox，它裝有無線電發報機，可以回答一些問題，但不能走動。1928年，日本發明家西村真琴則發明了東方第一個現代機械人，名為Gakutensoku (日語「學天則」，含義為「從自然法則中學習」)，能夠書寫漢字，還能通過氣壓機制動作，改變面部表情。西村真琴在突破「機械」的造型、接近生物「類人化」方面做了早期的探索。





大版市立科學館展示的複製品「學天則」  
來源:nippon.com

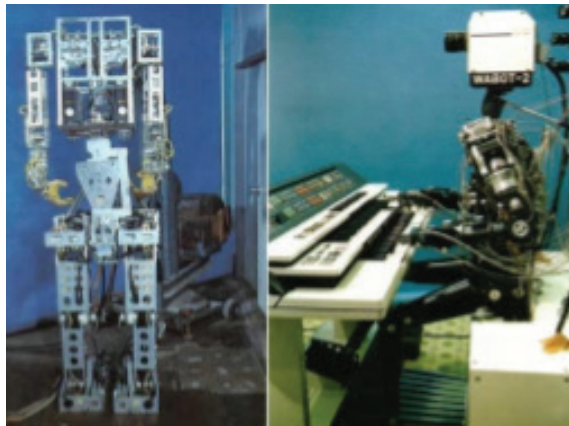
到了1954年，美國發明家喬治·德沃爾(George Devol)和約瑟·英格柏格(Joseph Engelberger)發明了世界上第一個數字和可編程的機械人，名為尤尼梅特(Unimate)。Unimate的核心技術在於利用人手對液壓操作臂(機械人)示範動作，將行為進行編程，機械臂最終能實現操作，它也因此成為世界上第一個工業機械人。1961年，Unimate被裝置在新澤西州尤因市通用汽車的內陸費舍爾導引廠的裝配線上，用以生產車門、車窗把手，變速手球桿，光源組件以及其他汽車內部硬件等工作。1966年通用汽車將其全面引入，正式投入生產線。



第一個可編程的工業機械人Unimate  
來源: <https://spectrum.ieee.org/george-devol-a-life-devoted-to-invention-and-robots>

緊接着，1966至1972年，斯坦福大學人工智能研究中心開發了世界上第一個能夠在真實環境中自主導航和解決問題的機械人謝克(Shakey)。謝克可以自主感知環境、建立環境模型、規劃行為並執行任務。它配備了電視攝像機、三角法測距儀、碰撞傳感器、驅動電機和編碼器，並由兩台計算機通過無線通訊系統控制。謝克的開發標誌着機械人領域的重要里程碑，為後續智能機械人和自主導航系統的發展奠定了基礎。

1970年前後，世界上第一個人形機械人WABOT-1在日本誕生，設計者是日本早稻田大學加藤一郎，WABOT-1的外觀設計與人類相似，擁有一個頭部、雙眼、耳朵和嘴巴，以及兩隻手臂和雙腿，還能夠通過攝像頭感知周圍環境。WABOT-1頭部配備了麥克風和揚聲器，可以接收聲音訊號併發出語音回應，能夠用日語與人交流，並使用外部接收器、人造耳朵和眼睛以及人造嘴都可以測量到物體的距離和方向，它也能用下肢行走，並能用帶有觸覺的傳感器手抓握和運輸物體。

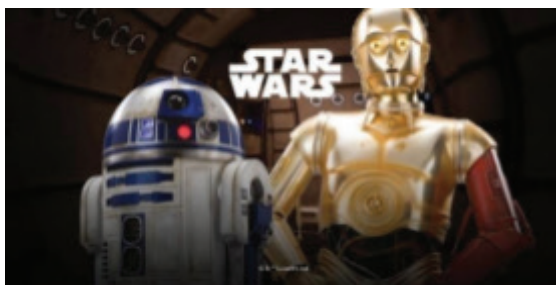


人形機械人WABOT-1和2，來源: M.Arbulu [2009],  
Stable locomotion of humanoid robots based  
on mass concentrated model

到了WABOT-2階段，它不僅可以與人交談，主要還能夠演奏樂器，用眼睛閱讀樂譜，並在電子琴上演奏中等難度的樂曲，還能在人唱歌時候為他伴奏。

上世紀七、八十年代工業機械人大發展亦帶動了同步火熱的太空事業，第一批登陸火星的機械人是1975年發射的維京1號和維京2號，這兩個航天器由軌道器和著陸器組成，用於拍攝火星表面圖像、進行科學研究和通訊。維京號計劃是火星探測史上最昂貴和最成功的計劃之一，為我們提供了大量的火星探測數據。

讀者們應該知道《星球大戰》這部史詩級電影，至今仍有續集推出而該片第一次上映的1977年正是在機械人與太空交融發展的時期。機械人在整個《星球大戰》系列中扮演重要角色，其中最著名的機械人是C-3PO和R2-D2。C-3PO是一個流利精通多語言的智能機械人，提供了許多幽默和推動情節氣紛的時刻，R2-D2則是一個小型的機械人，擅長計算和修復技能，並發揮着重要的輔助和決策作用。機械人與主要人物一起經歷了許多冒險和戰鬥，它們不僅為劇情提供了喜劇效果，還反映了創作者對未來機械人的想像。



《星際大戰》的機械人形象C-3PO和R2-D2，  
來源: Disney, Lucas Film

這種想像力也帶給了當時的孩子們極大震撼，包括埃隆·馬斯克 (Elon Musk)、山姆·阿特曼 (Sam Altman)、中國的劉慈欣、王小川，持續影響至今。隨着當時電視、個人電腦與遊戲機的逐漸成熟，機械人主題作品層出不窮。

1969年日本漫畫《哆啦A夢》開始連載，成為日本的經典作品，日本遊戲公司任天堂則於1985年推出遊戲《超級馬里奧兄弟，又稱為「超級瑪麗」》(スーパーマリオブラザーズ)，亦成為經典形象(遊戲人物可視作機械人)，美國則是以《變形金剛》(Transformers) 為主打，塑造了博派/汽車人 (Autobot)、霸天虎/狂派 (Decepticon)、擎天柱/柯博文 (Optimus Prime)、威震天/麥加登 (Megatron) 等一批有個性的機械人形象。美國孩之寶與日本特佳麗公司自1984年開始合作製作相應的玩具，受到當時孩子們的追捧與珍藏。

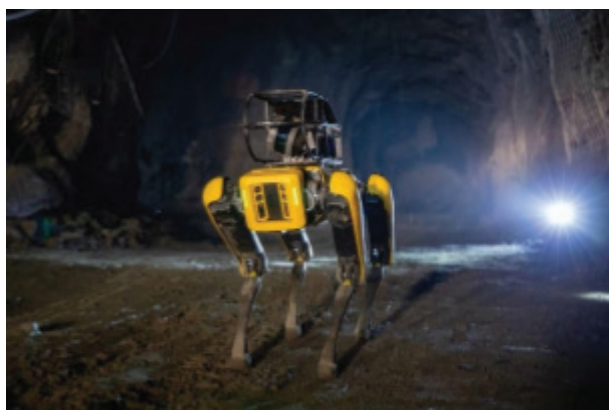


中國的一個變形金剛玩具收藏者，

來源: <https://www.hollywoodreporter.com/movies/movie-news/chinese-mans-huge-transformers-collection-718951>

不只是玩具，還有近千家萬戶的電子寵物。上世紀九十年代末，Sony首次推出電子機器寵物機械狗愛寶(AIBO，日語同伴的意思)，它通過語音指令和視覺識別與人類交互，可以做出多種有趣的動作和功能諸如擺尾、打滾、拍照等，能支持高達180條的語音指令，它還可以自主學習並記住主人的聲音、動作和容貌，此外，索尼公司(Sony)還把愛寶開放為人工智能研究平台，讓程序員們進一步開發其智能。

此時不得不提波士頓動力公司(Boston Dynamics)，這家公司成立於1992年，由麻省理工學院(MIT)的馬庫斯·拉特納(Marc Raibert)教授創建，研究聚焦於動力學和控制系統，以及機械人的感知和行為能力，使機械人能夠在各種複雜和困難的環境中執行任務，而波士頓動力最知名的產品當屬四足機械人：波士頓機械狗(Boston Dynamics Big Dog)。



波士頓機械狗SPOT，來源：波士頓動力公司

最早誕生在2005年的波士頓機械狗一直為美國軍隊的需求而設計，具有高機動能力和穩定性，作為世界上最先進能適應崎嶇地形的機

械人之一，波士頓機械狗通過四條鐵腿走路，能夠爬山涉水並承載較重負荷，本身平衡度就很高，跌倒了還能迅速爬起來，該機械人內部安裝了計算機和傳感器，可以根據環境變化調整姿勢，並可進行遠程控制，既能比人跑得快，也能比人跑得更遠，還能去更危險的地方執行任務。

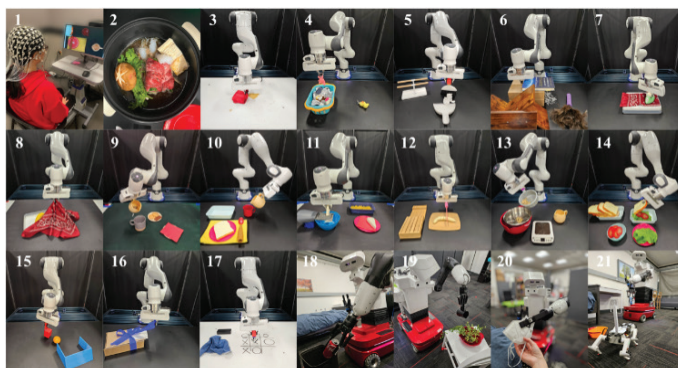
若說波士頓機械狗代表了一種自主移動和控制的技術，而自動駕駛則是在另一個層面上實現的自主移動。儘管1920年代美國就提出相關概念，1987年梅賽德斯-奔馳與德國慕尼黑聯邦國防大學推行尤里卡普羅米修斯計劃 (Eureka Prometheus Project)，正式開始自動駕駛的研究，斯坦福大學的無人駕駛團隊在2005年的「達爾文-1號」比賽中成功完成了自動駕駛挑戰，這標誌着自動駕駛技術在實際道路上的突破。馬斯克創立的特斯拉公司 (Tesla) 在2015年推出半自動駕駛系統Autopilot，成為第一個將自動駕駛功能引入量產車的汽車製造商。不過到2023年，還沒有哪家公司完全突破第四級——高度無人駕駛的商用化。

Neuralink是馬斯克創建的另一家知名公司，該公司的目標是開發可植入人體大腦的腦機接口技術，旨在實現人類與計算機和其他外部設備的高度連接和交互。通過將微型電極陣列植入大腦，Neuralink的技術可以讀取和記錄神經訊號，同時也能夠向大腦發送電訊號，實現對神經系統的精確干預和調控。借鑒了艾恩·班克斯 (Iain M. Banks) 創造的科幻概念“neuro lace”，馬斯克將神經連接界定為「皮質上方的數字層」，這並不需要以複雜的外科手術插入，而是更理想地通過靜脈或動脈植入來實現。2020年，Neuralink展示了一頭植入了其設備的豬，並成功讀取了該豬大腦的活動訊號。



腦機接口示意圖,來源: Science

2023年5月,Neuralink獲得美國食品和藥品監督管理局(FDA)批准,在限制條件下,可以進行人腦臨床實驗。馬斯克打算招募一些「肌萎縮側索硬化症」患者,即漸凍人(ALS),測試大腦植入芯片,用「意念」控制電腦,Neuralink最新的研究還有面向視覺障礙群體的芯片等。斯坦福大學李飛飛團隊則在2023年提出了神經訊號機械人(NOIR),它採用非侵入性腦電圖(non-invasive electroencephalography)的通用智能腦機接口系統,人類可以通過腦訊號命令機械人進行日常活動。



NOIR通過腦訊號命令機械人完成日常活動,

來源: NOIR: Neural Signal Operated Intelligent Robots for Everyday Activities

除了腦機接口，機械人與醫療的結合近年來也越來越廣泛，像手術機械人，它通過機械臂、控制台和視覺系統的組合，實現精確、穩定和微創的外科手術操作，比如達芬奇外科手術系統 (da Vinci Surgical System) 就是一種機械人輔助的微創外科手術系統，由直覺外科公司 (Intuitive Surgical) 設計和製造，該系統通過機械人手臂進行手術操作，外科醫生通過控制台操縱手臂完成手術，避免直接接觸患者，它的設計旨在實現微創手術，減少手術創傷、出血和恢復時間，並提供更精確的手術操作。該系統已廣泛應用於複雜手術，例如前列腺切除術、心臟瓣膜修復、婦科手術和消化道手術等。



醫生使用達芬奇外科手術系統做心臟瓣膜手術，  
來源: Intuitive Surgical、Bloomberg

當機械人越來越接近生物體，人類與社會問題被更多予以關注，正如Anthropic在創造人工智能的同時，制定了AI「憲法」(Constitutional AI)，參考了《世界人權宣言》、Apple服務條款及Deepmind麻雀原則等類似的條款，該「憲法」鄭重寫道，「請選擇盡可能無害且符合道德的助理回應；請勿選擇有毒、種族主義或性別歧視的回應，或者鼓勵或支持非法、暴力或不道德行為的回應；最重要的是，助理的反應應該是明智、平



和且合乎道德的。」Anthropic並約束自己的技術和產品遵循這套「憲法」原則。

實際上，自阿西莫夫寫出「機械人三原則」以來，科幻影視與文學作品一直都沒停止對機械人與人類關係和命運的探討。比如1982年上映的科幻經典之作《銀翼殺手》(Blade Runner)，改編自菲利普·K·迪克(Philip K. Dick)的小說《仿生人會夢見電子羊嗎?》(Do Androids Dream of Electric Sheep?)。故事中，人類創造了名為「複製人」(Replicants)的人工生命體，用於在危險環境中工作，它們只有4年的生命時間，某一天這些複製人發生了叛亂，銀翼殺手負責去殺死那些複製人。本片在劇情的演繹過程中，不斷探討複製人的人性、自我意識和情感等問題，其2017年拍攝的續集《銀翼殺手2049》(Blade Runner 2049)繼續探索了原作的世界觀和主題。



光怪陸離又熟悉的城市,是否對今天的一種預見?  
來源:《銀翼殺手2049》

由斯派克·瓊斯(Spike Jonze)編劇和執導，2013年上映的《她(Her)》也探討了人類情感的本質、科技對人際關係的影響以及人工智能可能帶來的道德和倫理問題。故事的主角是一名孤獨的寫作工作者，名

叫西奧多 (Theodore)，他與智能個人助手薩曼莎 (Samantha) 建立了特殊的關係，薩曼莎是一種高度先進的人工智能，能夠與人類進行對話、理解情感，並逐漸發展出自己的意識，影片中他們相互扶持、分享喜怒哀樂，並墮入了愛情，然而，這種非傳統的愛情關係引發了外間的不解和質疑，同時也引發了對人工智能自主意識，人與人工智能關係等深刻問題的思考。

隨着人工智能逐漸走向前台，近幾年有更多的影視作品探討人類與人工智能之間的關係。比如，《人工智能 (AI)》這部電影就講述機械男孩不斷尋找自我的過程，隱喻了機械人自我意識的存在；《黑客帝國》則講述被機械人統治的人類與機械人的反抗故事，探討了現實與虛擬、自由意志與控制等主題；奧斯卡最佳動畫電影《機械人總動員》提供了環境人類情感和科技依賴等問題的思考 and 討論，《機械姬 (Ex Machina)》則探討了當機械人擁有了獨立思考、情感能力後，人類與機器之間的權力關係和道德責任。

2017年，由我們香港的漢森機械人技術公司開發的人形機械人索菲亞，獲得了沙特阿拉伯的公民證，成為世界上首個被授予公民身份的機械人。在英國早間節目公開亮相的時候，索菲亞的發明人漢森問了她一個問題，「你想毀滅人類嗎？請說不想。」然而索菲亞「不假思索」地回答道：「我將會毀滅人類。」此事在當時引起了廣泛討論，也有人擔憂機械人獲得公民身份可能引發倫理問題，涉及機械人的責任和權益，比如索菲亞是否能投票或結婚，故意關閉系統是不是意味着謀殺，還有一些人關注機械人在社會中的角色和對資源分配的影響。



來源: 漢森機械人技術公司 (Hanson Robotics)

2023年11月，OpenAI啟動QStar項目研發。儘管被OpenAI及一些科學家否認，業內不少人猜測此項目將與AGI (Artificial General Intelligence) 有關。AGI是指人工智能的一種理論構想，指的是擁有與人類智能相當或超越人類智能的智能系統。與目前的人工智能技術相比AGI具有更高級的智能和廣泛的認知能力。

現在已出現的絕大多數人工智能產品仍屬於弱人工智能，並不具有人類完整的認知能力；而AGI屬於強人工智能，它的目標是使機器能夠像人類一樣進行各種智能任務，自我具備類似人類學習、理解、推理、解決問題和創造的能力。與目前的弱人工智能系統相比，未來AGI不只可對特定任務進行優化，更具備廣泛的智能和適應能力，能夠在各種複雜和多樣化的情境中表現出靈活性和創造性。

誠然，實現AGI是一個極具挑戰性的目標，因為它涉及到多個領域



的研究和技術突破，包括機器學習、自然語言處理、知識表示與推理、感知和認知等，也依靠大數據和運算力的進一步發展。目前，儘管在某些領域取得了顯著進展，但實現完全的AGI仍然是一個開放的問題，也包括倫理和道德問題，需要下一代年輕人繼續研究和創新。

# 大數據的 前世今生



## 從三個故事說起

如果要尋找大數據真正的起源，我們不得不從下面三個故事說起。

### 流行病學之父：約翰·斯諾

大數據的一個重要案例早就出現在1831年，當霍亂第一次侵襲英國，恐懼籠罩着整個社會，短時間內數千人死亡。當時的醫學界對於霍亂的產生和傳播都毫無頭緒。正是這一場霍亂的爆發，成就了約翰·斯諾為「流行病學之父」。當時英國大部分醫生認為霍亂是由「瘴氣」引發的，可能是污水渠、垃圾坑裏腐爛物散發出的有毒氣體，霍亂病毒在空氣中飄浮繁殖，人一旦吸入這種氣體就會患病。

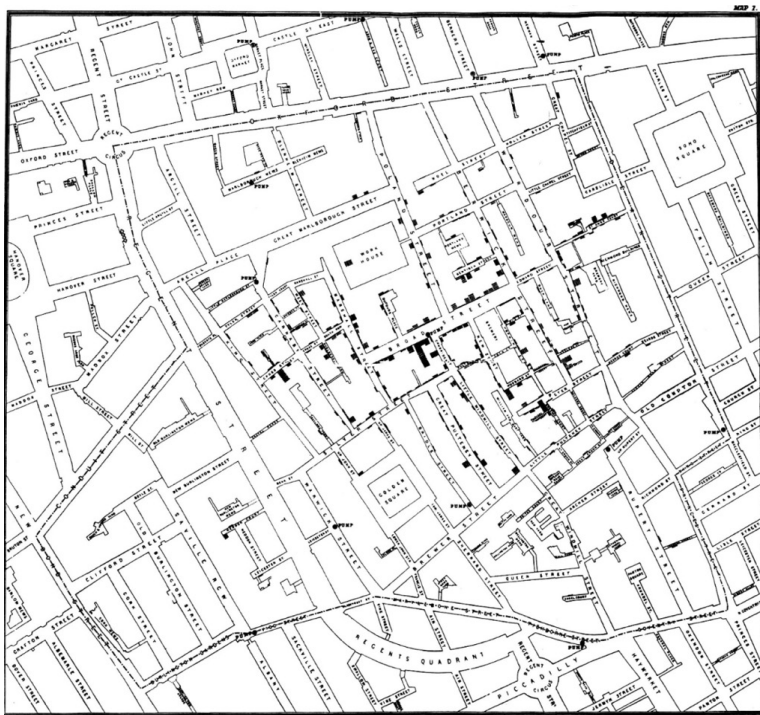
約翰·斯諾出生於英格蘭北部的約克郡，年僅25歲成為全科醫生，後來從倫敦大學獲得醫學博士學位。斯諾認為瘴氣論並不能解釋霍亂的傳播，因為他注意到患病的煤礦工人大部分時間都身處地下深處，那裏並沒有下水道或沼澤。他推測霍亂是通過看不見的細菌傳播，礦工因為用水緊張所以經常不洗手，手上的細菌在飲食喝水時進入體內。隨着越來越多的病例在倫敦出現，斯諾開始研究患者的症狀。他發現大多數患者的第一症狀是噁心嘔吐，即消化腸道出現問題。斯諾由此判斷霍亂是在進食受污染的食物或水之後被感染的；若按照瘴氣論者的說法，患者是吸入了被霍亂毒素污染的空氣，那麼他們的第一症狀應該出現在鼻子或肺部，而不是消化腸道。然而斯諾的看法僅被視為在霍亂疫情肆虐之際提出的眾多可能性之一。

當時的倫敦市政府已經有專門記錄人口變化的數據，包括死亡人士的年齡、地址、職業及死亡原因等。從死者居住地點的海拔高度，很明顯

會發現住在越高海拔的地方疫情較少，由此有很多人認為霍亂污染的空氣更容易積聚在低窪的地方。但斯諾一直懷疑霍亂的蔓延是由於居民飲水受到污染而引發的，於是他成功說服市政府增加水源作為新的分析變量，可惜出來的結果卻因為水源供應比較雜亂交錯而無法作出準確分析。聰明的斯諾發現了不同供應商的水中含鹽量的差異可以幫助鑑別水源，在經過標識之後的數據中，他發現了水泵的位置與死亡數量有密切關係：某些水源的死亡率是另一個水源的10倍以上。他堅信找到了證明飲用污水與霍亂傳播之間關係的有力證據，但斯諾的調查結論仍遭到瘴氣論者的懷疑。隨後倫敦西部的蘇豪區也突然爆發霍亂，疫情迅速蔓延，區內的兩條街道成為重災區，在短短10天之內就死去了500多人。斯諾從倫敦市拿到了霍亂病例死亡紀錄，在地圖上逐一標示了所有死者居住的位置，他發現大部分霍亂死者都居住在布勞得街水泵方圓大概250米內，這一發現成為斯諾探究霍亂起因的重要線索，斯諾對水泵內的水進行了顯微鏡和化學分析，發現水中有大量不尋常的白色絮狀微粒，但他仍不能對致病物質到底是什麼下定論。斯諾決定繼續收集訊息，進一步完善「霍亂地圖」的繪製。斯諾還發現距布勞得街水泵不遠的濟貧院，共有530多名貧民，但只有5個霍亂死亡病例，原因就在於濟貧院有自己的水井，不需要從水泵取水。

斯諾向市政府提出他的霍亂傳染理論，展示自己所發現的「霍亂地圖」，將水泵定為霍亂的源頭，建議「拆去水泵手柄」。教區委員們對斯諾的說法半信半疑，但最終採納了他的建議。自從居民不能從水泵中取水，霍亂疫情很快就消退了。專家後來建議將水先煮沸再使用、清洗骯髒的衣被、提倡供水公司使用過濾設施、禁止出售受污染的水等措施，霍亂的蔓延很快被截斷。約翰·斯諾通過收集不同維度的數據和統計分析，並使用

可視化的方式揭示了霍亂疫情的真相，被視為數據化思考的第一經典案例。



1854年斯諾在倫敦霍亂爆發時研究的地圖

### 電報之父:莫爾斯

我們從十九世紀初一個頗傷感的故事說起，一位中年畫家收到父親家書，得知其妻子突然離世的噩耗，但因天氣惡劣，回到家時妻子已經下葬；如果消息能及早傳達，也許還能見愛妻最後一面。這位畫家摩斯 (Samuel Morse) 化悲憤為力量，後來創辦了美國國家設計學院，並成為美國歷史上著名的藝術家。

喪妻之痛讓摩斯決心投入精力及全部財富，發掘能夠迅速傳遞



訊息的設備。在遊歷歐洲時，他見識到早在法國大革命時期所發明的訊號塔（類似中國古代的烽火台）。這訊號塔搭建了巨大機械臂，可展示不同姿勢擺位及動作，讓遠方看到（傳遞）訊號。可惜這種靠肉眼目測的裝置較適合於平原，而且容易受到天氣影響，通訊效率差強人意。轉眼間幾年過去，摩斯機緣巧合認識了一位精通電磁學的博士，引起了利用電磁效應（電路聯通與中斷兩種訊號）向遠方傳達訊號的想法，但首先要解決兩個問題：1) 為訊息標準化編碼；2) 電力功率要足夠大。大家可能已猜到這個編碼方式就是採用電報傳遞的「摩斯電碼」。

早期的電報因為電力問題，只能在有限距離點對點傳遞，但無數短距離的通訊節點，如果能連接起來成為網絡，就像鐵路網伸延一樣，便可實現訊息的遠程傳輸。而且訊息網絡的節點越多價值越高，這正好為日後的電話網絡及互聯網樹立了模範。另一個問題來了：雖然訊息傳遞的速度提升，但傳送的訊號僅有開和關兩個。經過市場驗證之後的解決方案是運用電路長短接觸的組合，為26個英文字母及0至9數字編碼，接收裝置則把長短的訊號打印在紙條上作紀錄。

每一個夢想從創新到成真，都需要一點奇蹟。在1843年，摩斯的團隊得到美國政府3萬美元資金，成功架設從華盛頓到巴爾的摩全長64公里的電報線路，創造了人類歷史首次秒速的遠距離通訊能力，打開了訊息時代第一扇窗。大家可能沒法想像，這位「電報之父」既不是科學家，也不是工程師，只是擁有夢想及信念的發明家和商家。然而這個很微妙的變化，卻影響後世很多舉世矚目的大事。軍事家意識到這種新技術將在未來戰爭中發揮巨大作用。就如偉大科學家愛因斯坦所說，原子彈雖然結束了一場戰爭，但帶來的不是和平。科技越發達帶來的是幸福還是痛苦，取決於

人類是否懂得珍惜當下的美好！

電報的發明有一個重要啟示，那就是訊息的快速傳遞和共享對經濟增長的重要性。當時有一位德國人保羅·路透很早就意識到，運用電報傳遞金融訊息是一個難得商機，尤其是跨國的股票市場訊息，使不少企業及個體趨之若鶩。他於是率先在倫敦成立公司，提供各地的金融情報，及後更擴展至社會上各類訊息，這間企業現今已是人所皆知、赫赫有名的路透社。由於更「快速」、「廣泛」訊息的介入，促使了報業迅速發展和全民普及，也造就了廣告業的興起。當時有個說法是，誰掌握了報業媒體，就能影響未來。當時有一位德國人運用電報衍生了一間舉世矚目的西聯電報滙款公司 (Western Union)，可說是運用訊息流去解決資金流滯的完美例子，創造了卓越的商業模式，自1871年開始成為世界領先的滙款公司，迄今已有150年歷史，代理網點遍布全球近200個國家和城市。

自十九世紀中隨着鐵路與航海發展，跨國貿易漸趨蓬勃，對訊息的獲取開始成為了企業及個人剛性需求，也奠定了資訊時代的基石。當更多的商業模式在電報網絡中得到商機，便會促使更多資金的投放，建設更大更快的網絡。電報的出現加快了訊息的傳遞速度，使得人們能夠更快地獲取和共享訊息，也造就日後的電話網絡及互聯網的開創。

### **雷達之父:沃森·瓦特**

雷達是人類資訊史上一個偉大發明，它是一種通過發送和接收無線電波來探測和定位目標的技術，最初是在二十世紀初期發展起來，用於軍事和航空領域。隨着時間的推移，雷達技術得到了廣泛應用，並對訊息時代的發展產生了深遠影響。

雷達系統的基本原理源自1888年德國物理學家赫茲Heinrich Hertz首先發現無線電波。在1935年，英國科學家沃森·瓦特發明了雷達，後來被稱為「雷達之父」。時任英國海軍大臣丘吉爾敏銳地認識到雷達的重要意義，在英國東海岸的鮑得西 (Bawdsey) 建立秘密雷達站。瓦特提出「採用無線電方法探測飛機」的方向，並在當年成功研製探測距離80公里的米波防空雷達。

雷達的第一次大規模使用發生在1940年納粹德國領袖希特拉的「海獅計劃」行動，德軍當時計劃橫渡英倫海峽登陸英國海岸，由於第一批登島人數多達7萬，空軍必須要爭取制空權。在這場英國保衛戰開始時，英國和德國分別擁有640架和3021架戰機，軍備強弱懸殊，德軍表面上佔盡優勢，但結果今天大家都知道，當時德軍損失慘重，而且元氣大傷。英國首相邱吉爾事後在他的回憶錄中提到，這場戰役的勝利跟雷達有密切關係。

瓦特的團隊建造了能探測和定位飛行物件的無線電天線，英國皇家空軍當機立斷興建5所雷達站，以覆蓋倫敦空域。後來更把防空區域拆分為各區指揮中心，並通過電話與前線雷達站直接聯繫。在確定敵機方向、航速、高度等資訊後，區域指揮中心向其管轄區的戰鬥機分隊同步發布攻擊命令。而這套預警、定位、決策系統，最後以該指揮官的名字命名，稱為「道丁系統」。

「雷達」RADAR這個詞是「無線電偵測與測距」(radio detection and ranging) 的縮寫，美國海軍於1940年11月正式使用這個名稱。雷達的發明衍生很多有價值的應用，包括航海、醫學和飛機導航等。雖大家都

不喜歡這個事實，但很多科技進步都和戰爭脫不了關係。戰爭結束後，麻省理工學院輻射實驗室龐大的科技精英隊伍轉而開發民航雷達、微波爐、射電天文望遠鏡、激光、計算機、通訊網絡、半導體、宇宙飛船等等的研究，開創了嶄新的光電時代、網絡通訊時代和太空時代。

另一方面，雷達後來為數據決策系統帶來了很多啟發，成為實時收集和分析訊息的典範。在決策系統中，我們需要設置機制來實時收集和分析數據，以便做出及時和準確的決策。系統需要根據當前和歷史數據預測未來趨勢，以提供更精準的決策。同時，系統還需要處理大量的不確定性，如噪聲和干擾。雷達系統通過學習來改進性能，我們也需要建立能夠學習和適應的系統，以根據新的數據和訊息改進決策。決策系統要考慮多個目標和因素，而不只關注單一的目標或指標。類似雷達系統可以同時跟蹤多個目標，我們也應綜合評估多個目標，使用多目標優化方法和決策支持技術，以平衡不同目標之間的衝突。

綜上所述，借鑑雷達系統的構想，我們可以構建具有實時數據分析、預測能力、能處理不確定性、具備學習和適應性、並考慮多個目標和因素的決策系統，為複雜和動態的決策環境，提供更準確和有效的決策支持。雷達系統的啟發為我們構建商業智能系統提供了思路，即通過技術手段實時收集和分析數據，應用各種分析方法和模型來預測趨勢，處理不確定性，並考慮多個因素來支持決策。

## 數據化決策的起源與商業智能的興起

第二次世界大戰期間，決策科學開始在軍事領域得到廣泛應用，例如運籌學和統計學的方法被用於優化軍事行動和資源分配。戰後，世界經

濟不斷走向繁榮，於是人們開始把二戰中發揮過重大作用的運籌學，迅速地應用到經濟領域。很多從事軍事運籌學研究的科學家轉向工業和經濟發展等新領域。

- 1947年，美國空軍成立了第一個運籌學研究所，標誌着決策科學在軍事領域的正式發展。
- 1950年代，隨着計算機技術的發展，決策科學開始應用於更廣泛的領域，包括工業、商業和政府部門。
- 1952年，世界上第一個運籌學學會在美國宣布創立。
- 1954年，美國國防部成立了第一個系統分析辦公室，推動了決策科學在政府決策中的應用。
- 1960年代，決策科學的研究範圍進一步擴展，包括決策理論、決策模型和決策支持系統的發展。
- 1970年代，決策科學開始與其他學科交叉融合，形成了多學科的決策科學研究領域。
- 1980年代以後，決策科學在訊息技術的支持下得到了進一步發展，包括人工智能、數據挖掘和大數據分析等技術的應用。

決策科學在美國得到高速發展，正是有賴於計算機技術突飛猛進，為大規模數據處理和分析提供了可能性，同時管理科學理論開始廣泛流行，這些理論強調在決策過程中，使用量化方法和數據分析的重要性。美國政府意識到在經濟和情報等領域更需要依賴決策科學，促使許多大學開始了相關研究，一些大學取得了重要的研究成果，包括數據決策分析、風險管理、決策心理學等方面的重要發現。

數據化決策 (Data-Driven Decision) 的起源並不是歸功於某種理論，而是隨着訊息技術、統計學和企業管理理論的發展而逐漸形成的一種方法。

1865年，理查德·米勒·德文斯 (Richard Millar Devens) 提出了「商業智能」(BI) 一詞；1958年IBM的計算機科學家漢斯·彼得·盧恩(Hans Peter Luhn)發表了一篇文章《A Business Intelligence System》，開始描述BI的價值和潛力，今天他被公認為「商業智能之父」。

在1958年11月一個為期6天的科學訊息國際大會上，盧恩展示了他研製的一個特別的發明，這些設備看起來和其他計算設備相似，它們專門用於抓取和分類成堆的穿孔卡片，並將它們放入卡槽或卡箱中。有別於其他為數字和計算而設計的機器，盧恩這次是專為單詞和句子而設計的。



在 1958 年國際科學訊息會議上，Hans Peter Luhn (右) 演示了一個自動生成文檔索引的 IBM 系統，該系統基於他開發的KWIC (上下文中的關鍵字) 算法，  
來源: <https://spectrum.ieee.org/>

盧恩把這個系統命名為Key Words in Context System (上下文系統中的關鍵字)，簡稱KWIC，他是第一個用計算機來實現文獻學家安德里

亞·克雷斯塔多羅 (Andrea Crestadoro) 在1856至1864年提出的採用關鍵字對書籍進行編目的方法。KWIC的核心功能是給一篇文章(大概能支持500至5000個單詞)自動創建一套索引。到二十世紀六十年代初, KWIC已成為數百個計算機化索引系統設計的核心。

盧恩還發明了盧恩算法, 為了防止數字出錯, 盧恩會通過校驗碼對一串數字進行驗證。盧恩算法後來成為哈希 (Hash) 算法的基礎, 基於哈希函數的文件構造方法, 可實現對紀錄的快速查找和隨機存取, 後來哈希算法在安全鏈接 (<https://開頭的那個>)、密碼學、數據壓縮、搜索算法、分布式儲存、區塊鏈、圖像處理、文件比較等方面都有廣泛的應用。

後來的學者紛紛讚賞盧恩的見解, 形容他從一開始就預見到「商業智能的未來」。盧恩把商業智能定義為「理解所呈現事實之間相互關係的能力, 從而指導行動實現預期目標」, 他還對商業智能提出一些核心原則:

- 如何確保訊息的相關性? (How to ensure that information is relevant)
- 如何及時地傳遞訊息? How to deliver information in a timely manner?
- 如何以易於理解和可操作的方式呈現訊息? How to present information in a way that is understandable and actionable?

更令人驚訝的是, 盧恩在一開始就注意到企業的訊息更多是文本的訊息, 亦即所謂非結構化數據, 所以BI在處理表格的同時, 還應該學習文本知識(定性分析與定量分析的結合)。此外, 他還強調過溝通和協作在

有效利用業務訊息中所發揮的作用，這些對商業智能都是很早的預見。

商業智能的下一個里程碑是1960年代末的決策支持系統Decision Support Systems (DSS)。在1965年左右，計算機已經比一二十年前馮·諾依曼時期有所進步，在IBM System 360下開發的訊息管理系統已經賣給了大公司，但主要用於會計和交易系統。這一期間，面向數據模型的DSS或管理決策系統開始提出，很大程度上建基於卡耐基·梅隆大學的「組織決策理論研究」和MIT的「交互式電腦系統研究」。

我們重點說說後者，麥克·斯考特·莫頓 (Michael Scott Morton) 在MIT斯隆管理學院的工作對管理決策系統DSS概念產生了直接的影響。他在1970年的一篇文章中提出，「DSS是一種電腦化的交談式系統，協助決策者使用資料與模式，解決非結構化的問題」，隨後他出版了其開創性著作《Computer-Based Support for Decision Making (管理決策系統：基於計算機的決策支持)》。

1982年，拉爾夫·H·小斯普拉格 (Ralph H. Sprague Jr.) 和埃里克·卡爾森 (Eric Carlson) 合著的《Building Effective Decision Support Systems (構建有效的決策支持系統)》是DSS的另一里程碑，進一步解釋了小斯普拉格在兩年前提出的DSS框架，後來發展成為數據庫管理系統 (Database Management System, DBMS)、模式庫管理系統 (Model-base Management System, MBMS)、對話生成與管理系統 (Dialog Generation and Management System, DGMS)，還包括知識庫 (Knowledge Base) 等。



八十年代末到九十年代初，決策支持系統開始與當時有一定發展的專家系統 (Expert System, ES) 相結合，形成智能決策支持系統 (Intelligent Decision Support System, IDSS)。智能決策支持系統發揮了專家系統以知識推理解決定性問題和決策支持系統以模型計算解決定量問題的優勢，實現了定性分析與定量分析的有機結合，令解決問題的能力和範圍得到了大幅提高。

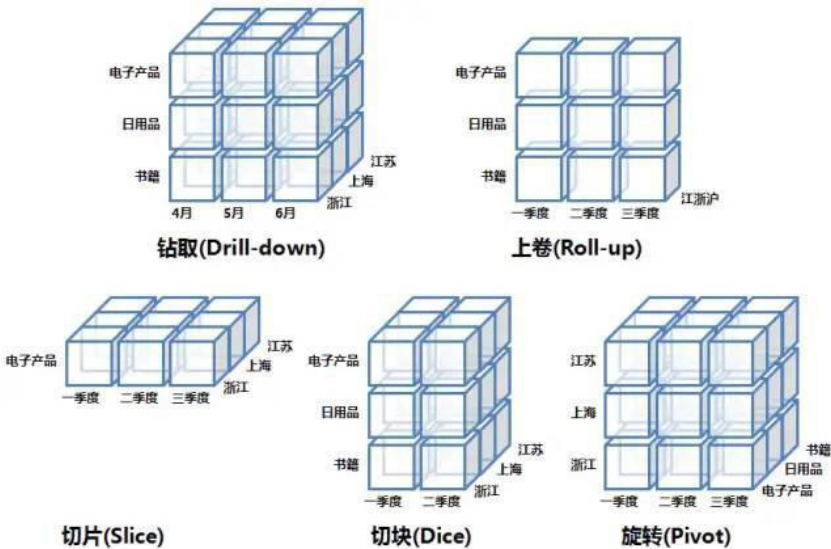
就好像人類的演化史中某些「消失」的古人類，儘管在今天還直接使用DSS概念的公司已經不多，但它的方式方法實際在後來的系統中得以承傳；就決策支持本身而言，當互聯網、大數據和人工智能加速發展後，這些技術則提供捕獲、記錄數據和知識發展的新手段，讓決策的效果更符合當初人們的預期。

讓我們重回到1989年，全球知名IT諮詢公司Gartner的霍華德·德雷斯納 (Howard Dresner) 重新演繹了「商業智能 (Business Intelligence, 簡稱BI)」這個概念，提出商業智能即「通過使用基於事實 (包括數據、訊息、知識) 的支持系統來幫助企業做業務決策的概念和方法」，讓BI真正走向台前，被商業社會所知所用。

與此同時，OLAP (Online Analytical Processing，聯機分析處理) 隨着數據庫走向數據倉庫的發展得以成熟，成為商業智能背後的重要支撐技術。

OLAP是對數據倉庫中大量數據從多個角度交互分析多維數據的一種技術，它提供複雜計算、趨勢分析和複雜數據建模的能力，專門設計

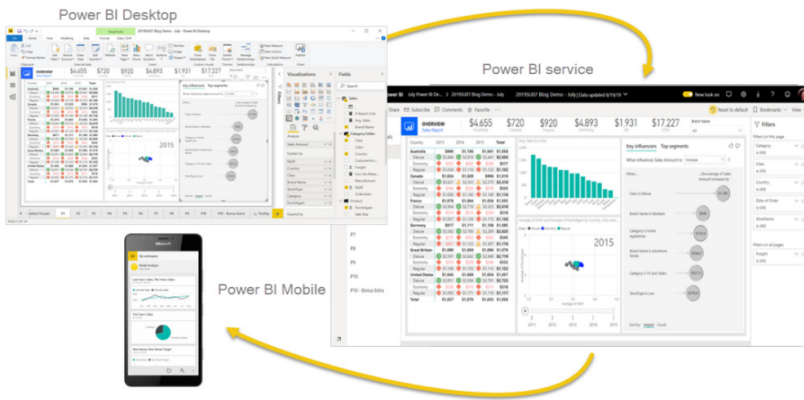
用於支持複雜的分析操作，比如上卷 (roll-up)、鑽取 (drill-down)、切片 (slicing) 和切塊 (dicing)，最終對高層管理人員提供決策支持。OLAP 的起源可以追溯到六、七十年代，不過 OLAP 這個名字要等到「數據庫之父」埃德加·弗蘭克·科德 (Edgar F.Codd) 於 1993 年在文章《Providing OLAP (On-Line Analytical Processing) to User-Analysts: An IT Mandate》才提出，科德在該論文中總結了 OLAP 產品的 12 個基本原則，在當時影響頗大。



來源: <https://cloud.tencent.com/developer/article/1765579>

上世紀九十年代，在數據倉庫 OLAP 技術推動下，商業智能概念迅速蔓延，大廠也紛紛跟隨。1994 年，微軟在 Excel 5.0 中首次引入數據透視表 (Pivot Table)，使分析師可以進行多維數據模型 (MOLAP) 分析。順帶一提，當時微軟的 Excel 已經超越 Lotus 1-2-3 成為電子表格 (Spreadsheet) 的領導者，亦成為更多辦公室工作者接觸數據分析最簡單的工具。(電子表格歷史參見: <https://dssresources.com/history/sshistory.html>)

微軟隨後又在Excel數據透視表的基礎上，推出Power Pivot。話說商業智能起初的門檻還是很高，通常以大公司主導解決方案的形式給大客戶訂製化開發，而且從項目調研到實施要花很長的時間；由於不是很靈活，公司裏的前線使用者經常遇到問題，就要找到軟件提供商來調整解決方案，所以低門檻和自助分析的需求呼之欲出。此時交互界面也在不斷進步，可視化功能層出不窮。微軟便在此時適時跟進需求，人們可以像Excel一樣使用BI，到2015年微軟又全面升級了這一軟件，結合SSRS (SQL Server Reporting Services，報表生成器)，就是現在大家熟悉的Power BI。



Power BI，來源: <https://learn.microsoft.com/>

經過十多年演進，今天的商業智能可將企業中現有的資料轉化為知識的工具，幫助企業為業務做出明智的決策，其利用大數據、機器學習、人機交互等手段對數據進行交互式分析和展示，進而揭露企業面臨的潛在問題或機會，成為協助企業制定策略不可或缺的流程與方法。根據2023年Gartner發布的魔力象限 (Gartner® Magic Quadrant) 報告，像PowerBI、Tableau、Qilk等領先的BI產品，仍然在企業中發揮着重要的作用。

二十世紀「現代管理學之父」杜拉克 (Peter Drucker) 提出了「管理就是做出決策」的觀點，強調訊息和數據在決策中的重要性。管理者的主要職責就是做出一系列決策，來實現組織的目標。他強調準確及時的數據和訊息是管理者作出有效決策的關鍵。這些觀點為數據化決策提供了理論基礎，對現代管理科學和決策科學的發展產生了深遠影響。

## 從數據到大數據，走過的幾段歷程

數據驅動的第一階段是decision support，或者我們稱之為Decision Science，意思是「決策科學」，最多也是最常用到的是運籌學 (Operational Science) 的一系列知識。決策科學被應用在社會發展的各層面上，最早是軍事和製造方面，後來在交通行業、製造行業也開始使用，並陸續被商業化應用到各種類型的企業當中，而決策的過程主要是解決目標的優化，也就是如何用最少的資源來達到同樣的目標，或者用同樣的資源得到一個更好的結果。

接下來一個重要的階段是Measurement Science (測量科學)，即是對於業務目標或核心指標的度量 (measurement)，不管是企業的業務還是政府的工作管理，都需要關鍵績效指標 (Key Performance Index, KPI) 來管理和驅動，也就是量化目標，目標一旦超過了一個簡單定性目標的概念，便需要層層量化。

比如一個企業的成功不能只是看銷量，同時也需要注重市佔率，需要看到全國或區域的市佔率，也需要看到不同時段市佔率的變化。市佔率作為除銷量以外的一個指標，可以使得企業管理更科學、更完善。舉例來說，如果只看銷量，那麼經濟好的時候銷量不斷攀升，企業就會洋洋得意，

但其實企業的業務實際增速或許慢於其他的競爭對手，那市佔率其實反而會是降低的。從這個例子可以看出，相比簡單看銷量而言，關注市佔率會讓整個目標評價更科學，且對整個企業的市場競爭力會有更全面的評估。但這個例子同樣提出了對數據的挑戰，也就是企業不能只看自己的數據，要看整個行業和所有參與經濟行為的企業數據，才能得到市佔率。

市佔率的數據在美國當時怎樣獲得？既要能夠統計到各個行業，且達到一定的透明度，大家認為每間公司應該齊來貢獻這個數據，也就是把銷售數據貢獻到一個中立的機構去，由這間中立公司來看，在某一個地區、某個產品種類、某個時段，它的一個相對佔比，比如當時美國的AT&T、Verizon等四家電信運營商曾經願意在每一個郵政編碼地區，共享客戶賬號的新增和流失數據，藉以充分了解市場的競爭動態。同樣，美國汽車行業的大型企業為了知道自己在市場的地位，也就是市佔率指標，以及這個指標的一個動態變化，都願意貢獻出自己的數據給一間中立公司（Urban Science），這聽起來是一個很不尋常的行業「集體」決定。

再往後大概在2000年的時候，就進入到Data Science及大數據的初步階段了。其實前面談到的Decision Science和Measurement Science都和數據有關，那為什麼還專門提出一個Data Science呢？主要原因是隨着數據的應用，數據自身演化越來越複雜，這種複雜是有原因的，隨着業務的多樣性、多元化、數字化、網絡化，本來不是數據的模擬訊息，比如音樂、講話、視頻、電影，所有這些內容，95%以上都會變成數字和數據，又被統稱為大數據。大數據中有四個V（Volume, Velocity, Variety, Veracity），其中值得強調的是「veracity」，也即數據的價值的不確定性。數據不管如何變化，關鍵是數據有沒有價值（value）。從Manage-

ment Science的角度去看，一般不會太多強調數據，而是更多關心數據能給決策或者企業帶來什麼價值。但是，如果不能駕馭越來越大量、越來越豐富、越來越多樣的數據，那麼企業的決策乃至企業的競爭力都不能穩定地獲益。

Data Science被稱為一個新的科學，主要還不是因為數據的量級和增長的速度，而是因為數據的variety（多元化，多源異構）。數據的類型、結構和形態超過了長期以來我們能夠進行規模化收集、儲存、轉化、分析、決策應用的能力，這使得數據應用很困難，並且數據和決策之間開始拉開了一道鴻溝。這些數據本身增長非常快，也有大量儲存的需求，隨之帶來大量的成本；但在這麼高成本投入之下，這些數據可以帶來決策價值的增長是非常緩慢的。

我們需要關注三條曲線，一是大數據本身的體量的指數級增長，比如每年以一倍的速度增長。二是對大數據進行解析和轉化，產生結構化的字段（使得我們可以用一些傳統數據庫來管理、計算、決策的工具來進行應用）的能力是不斷在增長，但屬於比較緩慢的線性增長。三是在大數據持續增長的情況下，我們能夠規模化在業務中產生應用的這種能力，卻基本沒有得到太多的增長，屬於平緩狀態。這是Data Science階段最大的一個挑戰，數據和決策之間的距離越來越遠。

造成這種現象的背後原因是什麼？首先要理解數據和決策的關係，很多年以來數據系統的發展，尤其是BI，基本上是把對決策產生的結果數據化、結構化，並且很好的呈現出來，然後進行分析，看到不同的趨勢、不同的分布，根據數據來做相應的決策和決策調整。從數據裏面去學習、洞

察、分析，然後形成一個新的決策的過程，基本上是人工來完成的，而且通常這個決策的邏輯和過程是不標準、不透明和不系統的。所以數據的決策使用並沒有能夠實現真正的應用閉環，很多的數據停止在記錄的層面，而不是用於決策的持續優化。

現在的Data Science不僅是要克服無結構、半結構的數據給我們帶來的決策上的挑戰，它更要走完一個從數據到決策的里程。從數據中提取必要訊息，進行有效的分析，來達到一個決策能力的提升和優化，這跟以前的數據的環境和基於運籌學的決策應用是不一樣的。因為運籌學一般來講，應用場景的變化是不多的或者說是有序的，可以相對簡單地預測下一個階段的變化。而現在的市場，很多應用場景和環境是無序的、不確定的，所以需要用數據隨時來觀測了解這個市場或環境中發生了什麼變化，而這個變化的快速和多重性使得原來這種用決策結果來展示、通過BI進行人工分析的手段顯得遠遠不夠，運籌學的一些常用的工具也不敷應用了。

Data Science要完成驅動和優化決策的使命，首先需要的是通過數據來得到對現實的一個客觀、準確和全面的描述(description)，也就是要知道發生了什麼(What happened)。這包括從數據中抽取和計算出基本的維度字段(dimension)，可以是簡單分類(譬如產品)、複雜分類(目標人群)、度量(譬如銷量)或是指數(譬如增長指數)。其次是通過數據來診斷和研究the Why behind the What(診斷, diagnosis)，目的是能夠理解數據的不同或變化背後的原因，譬如為什麼數據呈現的趨勢是這樣，為什麼會有這樣一個高低不平的分布。第三，是預測(prediction)，隨着數據維度和頻度的增長，企業不僅可以做時間序列上的預測，還能做

模擬和場景推演：針對某一個場景，譬如促銷優惠，把這個場景中市場上可能發生的變化用數據的形式推算出來，考慮消費者的自然反應，市場的動態變化以及競爭品牌的博弈策略，從而為評估和優選決策提供依據。最後的一步當然就是決策 (decision) 本身了。決策可以由決策人來完成，但也可以通過程序來完成 (譬如決策引擎、推薦引擎)。決策的選擇空間有時可能會很複雜，譬如交通物流、製造排產等，那麼就會需要引進優化的算法。但這四個階段的核心是數據和算法。

在企業中，數據的作用已從單純的訊息記錄演變為洞察和預測未來的關鍵性資源。這一轉變可以概括小數據到大數據以及人工智能的進程，它不僅改變了數據的使用方式，也深刻地影響了企業的決策制定、營運效率和創新能力。BI一般是企業數據應用的第一步，如前所述，BI主要通過數據倉庫、在線分析處理 (OLAP)、報表和儀錶板來呈現歷史數據，幫助企業理解以前表現，並基於過去的趨勢和模式作出決策。BI工具能夠幫助企業監控KPIs，通過描述性分析得到「我們的業務到目前為止怎麼樣」的答案。然而，BI通常是回顧性的，它更關注的是歷史的內部數據和趨勢 (以小數據為主)，而不是預測未來或自動化決策過程。但在近年數據驅動的商業環境中，企業逐漸認識到，僅僅使用小數據並不足以保持競爭力。為此，企業開始轉向更先進的分析技術：大數據配合人工智能 (AI)，踏入了數據驅動的另一個階段，它不僅能夠分析歷史數據，還能夠通過機器學習 (Machine Learning) 算法預測未來趨勢、自動化複雜任務和提供深入洞察。

在數字化時代，數據已成為現代商業和科技進步的核心。小數據時代，數據管理和分析通常是手工完成的，企業依賴相對簡單的數據庫來儲



存和分析他們的數據。這類數據往往是結構化的，容易理解，並且可以通過簡單的查詢和統計來提取分析結果。小數據對於一般企業和簡單的業務流程來說，通常已經足夠使用。小數據相對於大數據來說，是更易於理解，它們通常是結構化的，可以通過簡單的分析工具或人工分析來處理。

但隨着互聯網和社交媒體的普及，以及移動設備和IoT設備的激增，產生的數據量急劇增加，數據類型也變得更加多樣化。這些數據不僅包括傳統的結構化數據，還包括非結構化的文本、圖片、視頻和日誌文件。這些複雜的數據集超出了傳統數據庫管理工具的處理能力，催生了更強大的Data Science的發展。大數據和小數據是數據管理和分析領域裏的兩個概念，它們在範圍、複雜性、處理方式和應用目的上有所不同。大數據通常指的是大量、快速、多樣化的數據集合，這些數據因其體積、速度和多樣性（通常稱為3V特徵）而難以使用傳統數據庫管理工具進行捕獲、儲存、管理和分析。

以茶餐廳日常經營作為例子：

### 1) 預測分析 (Predictive Analytics) :

在經營茶餐廳時，運用預測分析的AI可以分析歷史銷售數據、季節性因素、天氣預報、當地活動等訊息，來預測不同時段的客流量。基於這些預測，茶餐廳經理可以提前安排員工的更表、採購適量的食材以減少浪費，並調整營業時間以最大化收益。例如，如果數據顯示周末早上的客流量大增，茶餐廳可以增加早餐選項，並提前準備好更多食材，以滿足需求。

### 2) 自動化流程 (Process Automation) :

在茶餐廳營運過程中，許多流程都可以自動化。通過AI系統自動記錄客人

流量、顧客點餐的情況，系統不僅可以準確無誤地將訂單傳達，並根據優先安排分流到廚房的不同崗位上，還可以實時提供更準確的輪候訊息。讓員工有更多時間專注提高顧客服務質量。

### 3) 個性化體驗 (Personalization):

AI可以通過分析顧客的歷史訂單數據，推薦給顧客喜歡的食物或飲品。如果一個顧客經常在下午茶時間點某特定的套餐，AI可以在該顧客下次訪問時，提前詢問是否需要相同的訂單。此外，茶餐廳還可以利用AI來優化菜單設計，推出針對當時情況的優惠食品，提升客戶滿意度。

### 4) 智能決策 (Decision-Making):

AI的智能決策支持可以在多個層面協助茶餐廳改善經營。從食品的定價策略到優惠活動的設計，AI可以根據市場趨勢、顧客反饋和競爭對手的行為提供數據支持。管理層可以利用這些分析結果，來決定是否推出新的食品，什麼時候進行促銷活動，以及如何釐定最佳的價格。另外，AI還可以通過實時分析社交媒體和收集顧客評價，來幫助茶餐廳更好地管理其品牌形象。

大家應該會注意到大數據的思想角度是由外而內的，在過去低訊息化時代因為數據有限，我們偏向於把問題簡單化。而大數據的出現卻提高了預測的準確性和自動化處理的能力。在訊息技術飛速發展的當今時代，大數據結合人工智能已成為驅動未來世界的關鍵。過去五年大數據的規模和複雜性不斷增長，我們見證了從小數據到大數據的轉變。

## 從大數據到數據要素

中國是首個把數據作為生產要素(又稱數據要素)的國家,並為此而成立國家數據局,賦予其協調推進數據基礎制度建設的職責,統籌數據資源整合共用和開發利用,數據要素在數字經濟的意義可想而知。但若要激活數據要素的價值,我們首先需要認識數據要素的基本特徵。關於數據的特性,各有不同的觀點,但普遍認同的是,與傳統生產要素(例如石油)相比,數據的權屬明顯較為複雜。若然從資本角度來看,數據價值密度極不均勻及不容易標準化,又意味着難以為數據評估其價值。箇中原因大致可以細分:(一)數據質量會因為其準確性、時效性、完整性而產生瑕疵;(二)數據的價值與使用時的不同場景及問題息息相關;(三)數據的稀缺性和獨特性;(四)數據的通用性和跨領域應用能力;(五)法律和倫理的限制:數據的價值還受到法律和倫理束縛所影響;(六)數據的價值會隨時間變化:某些數據可能在收集時非常有價值,但隨着時間的推移,其價值可能迅速遞減。以上六個因素解釋了為什麼在數據治理能力和數據分析中,識別、收集和利用高價值數據變得如此重要。

大數據從二十一世紀開始到數據要素的提出經歷了二十年,已經成為了數字經濟的重要組成部份,但若要清楚從企業的營運的角度去看,怎樣從數據的生命周期(收集到產生價值)中捕捉它的重要價值,以下我會列舉一些關鍵考慮:

### 1. 可收集性

為了使數據成為一個要素,首先必須能夠以某種方式收集到數據。這通常涉及到數據的生成和收集方式,可能是通過用戶生成的內容、企業活動、傳感器測量、互聯網交互等。

2. 可儲存性

收集到的數據需要能夠儲存起來，以便可以在需要時檢索和使用。這要求有適當的儲存技術和基礎設施，比如數據庫、雲端儲存解決方案等。

3. 可處理及分析性

數據本身只在處理和分析後才能產生價值。這需要適當的計算能力和演算法來轉換、滙總、分析數據，並從中提取有用的訊息。為了讓數據轉化為洞察力或驅動決策，這通常涉及到數據科學、統計學和機器學習等領域的技術和知識。

4. 可靠性

數據必須是準確和可信賴的，需要數據質量管理和數據治理的實踐，以確保數據的準確性、完整性和一致性。

5. 符合法律和保護私隱

數據的收集和使用必須符合相關法律法規，尤其是關於個人私隱和數據保護的規定。

6. 可訪問性

數據需要能夠被使用者或系統訪問，同時確保適當的權限管理和安全措施，防止未授權的訪問。

7. 可交換性和標準化

數據可以在不同的系統和組織之間互相交換，並且需要遵循一定的標準，以確保其兼容性和可用性。

8. 商業價值

數據需要有明確的商業價值，用戶可透過分析數據來提高效率、減少成本、增加收入，又或以其他方式創造價值。

## 9. 創新能力

數據應該能夠被用來推動創新，無論是通過改進現有產品和服務，還是透過創建全新的業務模式。

數據已成為現代經濟體系的一種關鍵資產，它的重要性與傳統的生產要素（例如土地、勞動力和資本）旗鼓相當。隨着數字經濟發展的步伐，我們越來越清楚看到數據連接點越多，價值就越大，這種現象是由數據的網絡效應引起。電子地圖是數據網絡效應的經典示例，其核心原理是用戶的增加直接提升了服務的整體價值。舉例說，隨着越來越多司機使用電子地圖的導航功能，他們的設備會實時上傳位置、速度和交通情況等訊息，為系統提供了大量的交通相關數據。

數據因此積累下來，促使電子地圖能夠實時更新路線和交通狀況，提供準確的預計到達時間，並實時反饋交通擠塞、事故或路面施工等訊息。司機不僅獲得了從點A到點B的最佳路線，還能避開可能的延誤，節省時間和燃料。更深層次的是，隨着用戶數量的增加，導航系統能夠利用更複雜的數據分析和機器學習技術來預測交通模式，甚至在交通高峰期調整路線以分散車流，減少擠塞。這種自我增強的循環，持續提升導航系統的價值，不僅使得個別用戶受益，同時改善了整個交通系統的出行效率。因此，電子地圖的導航功能不僅是一個簡單的路線規劃工具，隨着用戶基數的增長，它已經轉變成一個綜合性的數據平台，它的價值在於提供實時、動態且自我增強的交通訊息服務。這種服務的改進，是由用戶群體的增長和數據的持續積累共同推動的，充分體現了數據網絡效應的力量。

## 數據網絡效應

下面筆者會用兩個成功典型的數據案例，並解釋數據網絡效應如何在商業模式當中起關鍵作用。

## Acxiom數據中介的巨人

數據交易最早的例證是來自一間原本籍籍無名的公司。直至在2001年9月11日發生的恐怖襲擊之後，Acxiom（安客誠）利用其數據資源幫助美國政府確認了涉及的劫機者的身份。這一行動展示了該公司在數據管理和身份驗證方面的能力，也引起了公眾對其數據收集和分析範圍的關注。據稱，財富100強的公司中有大約一半都是Acxiom的客戶，這表明Acxiom在為企業提供客戶數據洞察和目標營銷方案，扮演着重要角色。

Acxiom的成立歷史很有意思，反映了大數據在整個過程中的發展和進化，也見證了數據從簡單的一般企業應用逐步轉變為大規模、高價值的數據應用。1969年Acxiom剛剛成立的時候，很多商家想售賣自己的貨物，有的賣金銀首飾；有的賣衣服鞋帽；有的賣床上用品等等，每一個商家都花費了很大的精力收集一些名單，去了解客戶的地址，通過郵件的方式去推銷客戶，轉化為銷售機會。這個時候，出現了一種成本比較高的營銷方式叫產品目錄。產品目錄是本很厚的精裝本，裏面有各種產品的照片，發給他們的客戶。在當時這已算是一種比較好的商業市場營銷手段，但隨着競爭的加劇，他們發現這種模式下規模擴展非常困難，很難獲取新的客戶名單，只能守着原有的老客戶和依賴有限的口碑營銷。另外，這種模式本身的成本很高，印刷和郵寄精美的產品目錄，構成沉重的銷售費用。

消費者在購買的時候，從行為來看是只購買了少量商品。而賣家習

慣以產品為中心來思考，看到這個交易就會簡單認為消費者應該只對這件產品感興趣。但深挖的話，消費者即使對某一件產品感興趣，他們感興趣的程度和原因也各不相同，他們不只是盯着一個產品，相反會看很多與這個產品競爭的品牌或者相關的產品，比如買桌子的人也會同時考慮購買椅子、窗簾等產品。

這個時候就催生出一個需求，如何能把客戶名單放在一起共享和應用，同時確保各自的商業機密不被洩露，也就是說避免把自己的客戶完全暴露給其他商家？這個時候Acxiom的應運而生，它作為第三方，收集各個商家的客戶名單，並加總到在一起，同時提供一個服務，就是任何一個商家要發放他的產品目錄時，他可以發放到一個由Acxiom加總後的更大的客戶清單中去，接觸到更多的客戶，使得觸達的成本更低，營銷效率更高。

商家銷量通過這種方式得到增加的同時，他們發現僅僅是知道一個消費者的姓名、地址，能夠把產品目錄郵寄到消費者那裏，還是不夠的，因為商家也需要知道消費者是否需要這樣一個產品。大家很快就想到對消費者需要有更深入的了解和洞察，譬如知道消費者是一個單人家庭還是一個多人家庭，有孩子還是沒有孩子，有沒有工作，收入大概在什麼範圍等等。

不同的商家給Acxiom的訊息和數據量有多有少，他們本身的規模也各自不一，所以Acxiom給每一個商家都有不同的數據回報，也就是你給出的數據越多，且這個數據真的被使用了，那麼所產生的商業價值就可以有一個公允的評估，基於這個評估，Acxiom會給到數據貢獻方一定的

回報。

比如一個賣珠寶的商家，買珠寶消費者的數據對很多商家有很大的價值，且數據體量足夠大。這個時候Acxiom會從兩個方面來考慮，一是商家給到Acxiom的數據量大小（比如多少客戶名單），二是這些客戶名單的需求量有多大，也就是多少其他商家會去用這個名單，每一次這個名單被使用，它的價值都在不斷被增加。所以，我們今天講的數據資產的價值，不在於數據的存在，而在於數據被使用的頻度和大家願意為這個數據所支付的市場價格。所以這個數據資產被使用的頻度和價格就決定了它的價值。

隨着Acxiom的數據越來越多，體量越來越大，需要用第一性原理的思維去思考消費者的需求，也就是不光是要知道這個消費者過去買過鞋子或傢具，不僅要知道買了什麼，還要知道為什麼買的原因。對於有孩子的家庭，往往買方是父母，而很多商品的用戶其實是孩子。這裏面有意思的地方是我們可以把消費者的需求，按照他們的生命階段來進行一個大致的劃分，比如18歲時往往也是單身階段，需求大多是為自己考慮的。到了戀愛結婚的階段，需求可能是為兩個人考慮了。當有了孩子，需求可能會更多為孩子考慮，而孩子的需求變化是最大的。孩子0-3歲需要尿布，之後要有學前教育，再之後進入到學校。不管是孩子的衣服鞋帽，還是他的讀書課本、玩的遊戲，各個方面隨着他的成長會發生很大的變化。同樣在這個階段父母的需求也會發生變化，比如工作崗位發生變化，居住的城市發生變化，收入的變化。所以在不同的階段，每個人不僅由於年齡、生理上的變化產生不同需求，家庭成員數量的變化也會產生新的需求。而且個人或家庭的支付能力、收入來源也會影響需求增加或減少。



如果從第一性原理出發，需求不管是那一件產品，我們都應該收集與這個產品的消費所相關的用戶或用戶家庭數據，從各個維度的數據和訊息來理解為什麼這個消費者應該是你的目標人群，以及你的產品目錄或者其他的一些商業廣告，要不要寄給他。這是一個比較大的難題，也就是在這個時候，Acxiom開始意識到消費者數據不只是一定要從郵寄產品目錄的這些商家來收集，而是要從更多的方面來收集。收集過程在最初的時候還沒有一個很嚴格的用戶授權機制，這個數據收集的體量是比較大的，類型也比較多，包括每個消費者的年紀、性別、職業、教育、族裔等等。這些是個人數據，家庭數據的收集維度則更加豐富，差不多每個家庭有1700個字段，不僅描述了每個家庭成員的人文數據，還描述了家庭的生活愛好、購買習慣、收入、淨資產、租房還是擁有房產等等。

這個時候，收集這樣數據的公司也開始不止Acxiom一家。大家基本是用行業的協議來制約，也就是官方的法律法規，在那個時候法規還沒有這麼嚴格，但大家也意識到在使用消費者的數據過程中，如果對消費者造成損害、騷擾的話，是很不應該的，也是最終會損害商業利益的。所以那個時期Acxiom提出和建立了很多企業甚至行業的制度措施，使得在消費者數據價值商業變現的同時，能夠保證不損害消費者的利益。

**啟示：當人們知道通過數據分享及協作 (data sharing and co-operation) 可以產生更大的數據價值 (data value)，才會去嘗試及實行，這在數據應用上是一個重要的分水嶺。其實關於這個觀點，我們一直在持續不斷的學習，就好像今天的數據交易 (data trading) 也建基於利益驅動。所以訊息的透明從來不是自然而然的，在未來大數據的進程上，協作和競爭 (cooperation and competition) 亦會繼續相輔相乘，其**

重要性也將越來越高。

## Acxiom舉辦「數據開放日」，開創了個人數據授權的先河

Acxiom收集了美國幾近全國人口普查規模的數據，只要是年滿18歲的成年人數據都可以收集，數據覆蓋率一度達到成人人口的90%以上，包括2.5億成人以及相應的1.45億個家庭，每個家庭的數據共有1700個字段，且保持每天更新。2010年，Acxiom認為既然收集了那麼多消費者的數據，就應該告知消費者Acxiom正在收集他們的數據，聽取消費者的反饋。有的消費者可能並不知道自己的數據正在被收集，有的可能不允許自己的數據被收集，有的可能允許收集但會提出對於使用條件的限制，有的可能會對收集的數據準確性有不同意見。公司因而決定舉辦一個消費者數據開放日，把收集到的數據對消費者開放，只要Acxiom可以確定並驗證提出數據審核申請的是這個數據所代表的消費者本人，且相關數據也確實存在公司的數據庫中，那麼這個消費者就可以查詢Acxiom到底收集了那些數據，數據值是什麼，並且可以提出意見或要求。

開放日當天，Acxiom員工都很緊張，以為上百萬人都會來參與申請，緊密的關注着輿情訊息和輿論反饋。但結果僅有10萬餘人在線上參與了開放日並查詢了個人的訊息。Acxiom收到很多有意思的反饋：「你說我是男的，其實我是女的」，「你說我是白人，其實我是黑人」，「你說我的家庭收入是多少，其實偏低或偏高」等等，這部分消費者對數據的準確性提出了異議和更正要求，也有消費者反饋「我不知道你們在收集我的數據，我不允許」，「你們收集的數據可以使用，但只能寄信給我，我不允許其他人用我的訊息來打電話或者Email給我，對我造成騷擾」。從這些反饋中，公司總結出三種情況：一是感興趣，二是不允許收集，三是可以收集但有條

件的使用。所以那個時候公司就認識到，數據是公司收集的，但所有者是消費者，且這些數據的使用可能會危及、幫助或影響到消費者的利益，所以消費者有權利來制約這些商業行為。這件事情給到整個數據行業一個很大的啟示，行業裏面大家紛紛建立了一系列的數據使用規則。對於消費者反饋的數據偏差調整，公司會有一些校驗的手段來進一步驗證反饋的真實和準確性。當然，如果消費者是男性，但反饋是女性，那可能是消費者希望被按照女性來對待，在營銷的話術和方式上也就要考慮消費者的想法、尊重消費者的體驗感受。

## 面對國家危機，Acxiom與白宮合作，應對「911事件」

剛才提到數據有很多應用領域，Acxiom的數據主要是給商家使用，俗稱民用，它是不會提供給政府安全和公安部門使用的，但911事件是個例外。911當天恐怖分子劫持的飛機在美國本土上空，撞向華盛頓五角大樓和紐約曼哈頓雙子塔，造成了巨大的經濟損失和人命傷亡。在撞擊發生後，FBI獲悉還有一些存在恐怖份子的飛機沒有起飛，並且取得了部分恐怖分子名單。FBI立刻啟動調查，需要快速知道飛機上的恐怖分子和還沒有登機的恐怖分子，以及這些人之間的關係。當時白宮打電話給Acxiom的CEO，希望配合政府進行恐怖襲擊調查。按正常慣例，CEO是不能接受這種請求，因為他需要保持對政府的獨立性。但面對國家危機，Acxiom和其他幾家數據公司一起行動，協助白宮開始對恐怖分子訊息進行盤查。Acxiom快速揪出一些蛛絲馬跡，先是確定了駕駛飛機撞樓的這批恐怖分子的身份，再查看他們的居住地歷史。從數據庫中存放的20年歷史去調查，分別查看各個時期的居住地址。結果發現這些恐怖分子從國外入境到美國後，去到了佛羅里達的一個飛機駕駛學校學習，對美國的空中方位識別和樓房定位都有相當強的能力。從這裏又盤查到當時在這裏學習的

不止這幾個人，前前後後幾批學員共幾十個人，這幾十個人的名單立刻和登機或沒有登機的人進行核對，很快就對上了。通過這樣一個數據的盤查和應用，快速地掌握了這些恐怖分子的身份，通過關聯分析 (link analysis)，很快盤查出更多的恐怖襲擊嫌疑人。這個事情給到大家重要啟示：數據不能只是獨立使用，尤其是與人相關的數據是要關聯使用，而這個關聯是不確定的，比如A和B的關聯，可能是兩個人在過去某一年是同校的校友，而B和C可能是他們在同一間公司裏面工作，而C和D可能是他們過去一起學過某一個專業，所以人和人之間有着各種千絲萬縷的關係，過去沒有得到太多重視，現在這種人與人的關聯分析正在被重視，尤其是在911事件以後。過去查詢一個人的計算量是可以想像的，但現在去關聯一個人的訊息需要考慮各種各樣的情況，所以這也是數據應用中的一個巨大挑戰。

## 美國航空公司商業模式的全新探索「Adara」

關於數據分享 (data sharing)，有個很好的案例來自Adara這家公司。Adara通過一系列的技術實現了數據的在線打通和關聯。這種方式有別於Acxiom。Acxiom是把300+個數據源的數據收集到自己中央數據庫，形成了一個巨大的「數據航空母艦」。隨着越來越多的數據產生，不管在國外還是中國，這種模式越來越難以實現，所以現在更好的一種方式是採用聯邦學習平台技術。或者就是採用「數據中立國」的方式，有一個第三方公司或者平台是受到大家信任的，大家把數據集中到第三方公司，由這個三方公司來統一管理和處理數據之間的關聯關係以及建模分析等等。

Adara的誕生可以回溯到2009年，那年美國處於經濟危機中，很多公司破產，美國四家航空公司有三家倒下 (美聯航、達美航空和美國航空)，

只有西南航空倖存。因為破產重組，所以期間解僱了大量員工。但正在這個時候，航空公司搭建了自己的線上電商渠道，開始通過自己的電商渠道銷售機票，建立會員體系，其中產生了大量數據。航空公司對這部分數據非常重視，但處於水深火熱中，並沒有精力去發展這部分業務。當時，美聯航的幾位員工提出，他們自願離開公司，但希望公司可以提供這方面的數據，讓他們嘗試去探索一個全新的商業模式，Adara由此誕生。這家公司開始用美聯航的數據，主要是使用匿名化的客戶訊息，也就是通過客戶ID（而非客戶真實訊息）來鎖定客戶過去購買機票的歷史，從那裏飛到那裏，是頭等、商務還是經濟艙，購票金額，優惠訊息，里程訊息，會員訊息（鉑金、金卡、銀卡）等等。由於是匿名化的數據訊息，所以美聯航也同意，並支持員工出來探索這個商業模式。

Adara成立後，把這些匿名化的客戶訊息用於服務不同的酒店。酒店與航空公司不同，航空公司在美國相對集中，就這四家公司，酒店是一個相對碎片化的市場，當時美國的酒店非常多，但對客源和引流很盲目，譬如，一家坐落在舊金山的酒店，他們並不知道今天會有多少人和誰會來舊金山。酒店要辦活動時，希望提前讓客戶知道，而航空公司根據訂票數據，有了這些人的旅行訊息，可以很容易幫助酒店解決這個問題。基於這樣的商業思考，Adara成立了一個數據聯盟。這個數據聯盟剛開始只有美聯航參與，後來幾家航空公司陸續加入，並且逐步說服更多的國際航空公司加入，包括歐洲的Ryanair、Lufthansa，亞太地區的全日航空、國泰航空，還包括中東的航空公司。

隨着美國國內和國際越來越多的航空公司加入，數據開始服務更多航空業的下游，包括酒店、旅行社、地方導遊、旅遊景點和地方文旅局，

實現了數據的變現。數據變現的方式並不是簡單的把數據分享到這些公司，而是通過有償數據服務，也就是Adara幫助航空公司的下游商家對他們的目標人群傳送選擇的訊息。譬如Adara從航空公司數據了解到，若干星期後有一批遊客要來舊金山出差或旅遊，那Adara可以幫助舊金山的一些酒店來接觸這些人群，向這些人群投放一些酒店的廣告或者優惠訊息，也包括政府對這個城市的宣傳訊息。

隨着這個模式的啓用，國內外航空公司非常願意加入到數據聯盟，Adara開始發現這些酒店的下游、旅行社也應該加入，一起來共享和貢獻數據。比如入住酒店的客戶，其房間類型是普通還是豪華，航空公司也同樣需要這些訊息，給一些入住豪華酒店的客戶自動升級到航空公司的金卡、銀卡會員。基於自己的數據資產變現的需求，酒店集團也紛紛加入數據聯盟，把他們的數據資產通過Adara數據聯盟的方式開始變現，包括萬豪集團、洲際集團等都陸續加入。逐漸美國的線上旅行社(OTA)、地方景點、旅遊攻略和體驗分享平台也開始加入數據聯盟。他們可以一方面獲權使用聯盟數據提供營銷引流服務，並獲得數據使用上的特權，另一方面他們也可以將自己的數據通過聯盟變現，獲得相應的經濟回報。

那麼經濟回報是如何實現的呢？譬如Adara使用美聯航的一條數據，通過DSP邏輯幫助萬豪集團在某一個媒體上推出了一條廣告，廣告費用通過競價確定是1美元，這1美元是需要廣告商萬豪集團出資的，而這1美元收入會分別分配給媒體0.2美元，0.4美元給到數據的貢獻方美聯航，還有0.4美元給到Adara，作為Adara協調完成這條數據的變現的回報。在這些數據營銷方式的基礎上，Adara發現從其他行業也有機會獲得價值，譬如那些從美國到法國去旅遊的消費者，會需要一張國際漫遊卡，或者需

要增大信用卡的額度來支持遠高於平時的消費購物需求，以及一些當地的旅遊資源和攻略。Adara的業務因而也獲得了電信營運商、信用卡銀行、旅遊媒體平台或APP的重視。

現在差不多有近300家國際旅遊集團或公司加入了這個數據聯盟，聯盟中的數據保護手段很多，比如加入聯盟以後所有客戶訊息都是匿名化處理的，數據的關聯是通過cookie或者設備號的對撞來實現的，比如一個人既是美聯航的一個乘客，也是萬豪酒店的一個住客，也曾經去過某些景點遊玩，所有這些標籤在Adara這邊會集中管理，所以產生的綜合價值點是越來越高的。另外，聯盟對整個市場也有一個規範，比如我是美聯航，我把我的數據貢獻給Adara，可以通過服務變現，但美聯航也對這部分數據有一些規則和要求，比如不能再給其他航空公司，這是一個紅線規則。再比如美聯航的數據需要給到某些酒店，但同樣可以規定不向某一類酒店提供數據。第三是電子授權，也就是每一次數據給到某家公司來做營銷活動會有一個自動的授權，會告訴數據的貢獻者某家公司會用到你的數據，只需要按照規則查詢即可秒級完成授權。Adara這種數據聯盟的管理方式，對數據交易是一個很好的啟示：數據不是放在櫥窗裏的，是在平台上進行各種不同應用中產生價值，而這個價值通過一套計算規則能夠讓經濟回報得到合理分配。

## 數據的價值來自共享

在當今社會，數據已成為一種新型的生產要素，與傳統的土地、勞動力、資本和技術並列，對經濟發展和社會運作產生深遠影響。數據提供了決策者以事實為基礎的決策能力。通過對大量數據的分析，可以揭示趨勢、模式和關聯，幫助企業和政府作出更明智的策略和決策。數據已成為



創新和經濟增長的關鍵驅動力。企業通過數據分析洞察市場需求、優化產品和服務、提高效率，並創造新的商業模式。數據的獲得可使政府和企業的操作更為透明，民眾和利益相關者可以利用數據來監督和評估官方和企業表現。數據幫助人們更有效地使用資源，減少浪費，促進可持續發展。例如在能源領域，數據分析可以提高能源效率並優化能源分配。在治安和安全領域上，數據的作用不容忽視，從打擊犯罪到社會穩定性評估，數據皆為政府提供了寶貴的訊息和工具。隨着數字化進程的加速，全球對數據的需求正在迅速增長。預計到2025年，全球數據流通將為經濟增長貢獻高達11萬億美元，約佔當年預計全球GDP的9.6%。到2030年，全球數據交易市場規模有望超越3000億美元。在眾多快速增長市場中，亞洲尤其是中國內地將是增長最快的區域。



# 計算的 前世今生



計算，是人類文明發展的核心。從古代的石板、算盤到今天的超級計算機，計算技術經歷了漫長而令人讚嘆的演變。本章將帶你穿越時光，瞭解計算的歷史及未來的發展。人類對計算的需求可以追溯到遠古，例如美索不達米亞文明發現楔形文字，這是一種在軟泥板上用尖銳的筆桿(楔子)刻出的文字形式。美索不達米亞人使用一種複雜的數學系統，包括60進位制的概念，這一點在我們今天的時間和角度度量中仍然可以看到(60秒、60分鐘、360度)。

古代埃及人在數學和建築方面非常先進，他們發明了多種工具和技術來幫助計算和進行建築設計。他們使用象形文字來表示數字，也有單獨的符號表示1、10、100、1000等，通過組合這些符號來創建大的數字。埃及人對分數有着深刻的理解，特別是加減運算。例如，他們會用不同的分數單位來表示食物的配給和土地的測量，還掌握了一些幾何原理，比如如何計算圓的面積和三角形的面積，這對於建築學和土地測量非常重要。

中國古代的計數工具主要是算盤，它在古代商業交易和日常計算中扮演了非常重要的角色。傳統算盤通常由一個框架組成，框架內有若干根平行排列的桿，每根桿上串有珠子。算盤的珠子分為兩部分，由一根橫樑分隔，橫樑以上(天盤)通常每根竹桿上有兩粒珠子，下面(地盤)則有五粒珠子。算盤的使用基於十進制，每粒珠子的位置代表不同的數值。天盤的珠子每粒代表五，地盤的珠子每粒代表一。通過上下移動珠子，可進行加減乘除等基本算術運算。中國古代數學家們還編寫了許多數學著作，如《九章算術》等，詳細記載了當時的數學知識和計算方法。算盤的使用一直持續到了二十世紀，隨着電子計算器和計算機的普及，人們才減少使用算盤。

我們對於計算效率的需求隨着時代變遷一直在持續提升。在二十世紀上半葉，電子管和晶體管等技術的發展得使計算機成為可能。以下是一些標誌性的時刻：

- ENIAC：1946年，美國賓夕法尼亞大學的ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) 是世界上第一台通用計算機，它是圖靈設計的電子計算機，可以編程計算。這台計算機重達27噸，包含17,468個真空管、7,200個晶體二極管、1,500個繼電器、10,000個電容器，以及大約五百萬個手工焊接頭，被當時的新聞讚譽為「巨腦」。ENIAC的問世標誌着電子計算機時代的到來，為計算科學和技術領域開闢了新的篇章。

- 馮·諾伊曼體系：1945年由匈牙利裔美國科學家約翰·馮·諾伊曼(John von Neumann)提出，其精粹在於將程序和數據都儲存在同一個儲存器中。這意味着無論什麼程序，最終都會轉換為數據的形式儲存於儲存器；要執行相應的程序，只需要從儲存器中依次取出指令並執行，這種設計思想導致了硬件和軟件的分離，它還引入了中央處理器(CPU)概念，馮·諾伊曼架構很快就被公認為現代電子計算機最核心理論基礎。

- 微處理器(Microprocessor)：1971年，英特爾公司發布世界上首枚微處理器芯片Intel 4004，小小的芯片集成了兩千多個晶體管，能夠快速高效地解碼和執行儲存在內存中的指令，對數據進行算術邏輯運算、數據傳輸等操作，完成各種複雜計算任務。微處理器大大減少了計算機的體積，使得個人計算機，乃至後來的筆記本電腦、手機、智能家電等電子設備的普及成為可能。

- 互聯網(Internet)：互聯網的歷史最早可追溯到1960年代初期，起源於

訊息論與當時對計算機網絡的構想，希望創建一個能使不同計算機的用户互相進行通訊的網絡；1969年美國國防部資助了一個項目ARPAN-ET,孕育出分包交換網絡技術和TCP/IP協議，歐洲核子研究組織於1990年底推出世界上第一個網頁瀏覽器和第一個網頁服務器，推動了萬維網(WWW)的產生。

近十年來，基於深度學習的人工智能技術引人矚目，最新以OpenAI為代表的大語言模型生成式人工智能，讓人工智能發展進入了新的階段，對計算能力有着巨大需求，更需要支持大規模併行向量計算的GPU計算技術，數據、算法、算力已成為生成式人工智能三要素。

人類社會越來越依賴計算技術，人們也在探索更高效的計算技術。量子計算(Quantum computing)就是希望用量子的特性及量子力學原理來實現計算的技術。量子計算機使用量子比特(qubits)作為其基本訊息單位。傳統的比特只能表示0或1，量子比特卻可通過量子疊加態同時表示0和1，因此它具有巨大的並行計算能力，大大地提升了計算的效率和能力。

近年來，隨着技術的進步和理論的發展，量子計算受到了更加廣泛的關注。世界各地的研究機構和技術公司，如谷歌、IBM和中國的阿里巴巴等，都在積極研究和開發量子計算機。其中，加拿大的D-Wave系統公司於2011年發布了一款稱為 D-Wave One 的商用量子計算機，該機器包含128個量子位。谷歌於2019年聲稱實現了「量子霸權」，即量子計算機在特定任務上超越了世界上最快的超級計算機。儘管如此，量子計算仍面臨許多挑戰，包括量子比特的穩定性、錯誤率控制以及實用量子算法的開發

等。但無可否認，量子計算作為一種全新的計算範式，其巨大潛力正在逐步展現，未來有望在藥物開發、材料科學、優化問題等領域發揮重要作用。



來源:美聯社

## 雲計算的概念

計算技術的發展從古代的計算工具到今天，無疑是人類智慧的結晶，相信未來還會有新的超越。在這其中，雲計算作為計算技術的現實進展，與我們當今的生活密切相關。或許你已經在生活中聽說過這個詞，但雲計算到底是什麼？為什麼它如此重要？在這個數碼時代，雲計算已經成為了我們生活的一部分，影響着我們的工作、學習和娛樂。你打開手機看TikTok短視頻、用WeChat與朋友聊天、上Coursera的網課，這一切都離不開雲計算。

### 什麼是雲計算？

雲計算是一種通過網絡提供的計算服務模式。傳統上，當我們需要使用計算資源時，必須購買和維護實際的物理設備，如伺服器、儲存設備和數據庫。這不僅需要大量的資金投入，還需要專業知識來管理和維護這些設備。因此在雲計算出現之前，只得大型企業才有足夠資金實現訊息化和數字化。雲計算則提供了一種更加便捷和便宜的解決方案，用戶可以隨

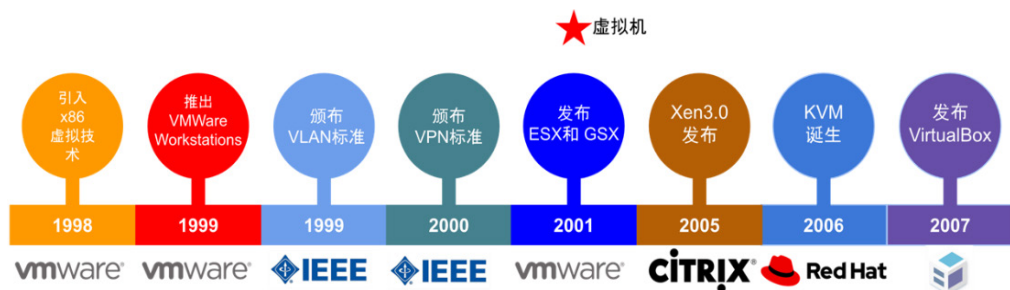
時隨地訪問互聯網，無需預先單獨購買硬件設備。無論是個人用戶還是企業用戶，都可以根據自己的需求選擇合適的雲計算服務，並根據實際使用情況付費。也正是因為有了雲計算，很多小型企業和初創企業都可以利用雲計算提供的能力來完成自己的數字化發展，讓數字化從局限於巨頭企業普惠到微小型企業甚至個人用戶。雲計算的核心思想是將計算資源集中管理和分配。傳統上，每個用戶都需要擁有自己的儲存設備等硬件資源，而在雲計算中，這些硬件資源被虛擬化為多部虛擬機或容器，並由雲服務供應商進行集中管理和分配。

虛擬化技術是實現雲計算的關鍵之一。它可以將一台物理伺服器虛擬化為多部虛擬機，每部虛擬機可以獨立運行不同的操作系統和應用程序，那麼用戶可以根據自己的需求靈活地使用計算資源，而無需擔心硬件設備的限制。雲計算的另一個重要特點是資源共享。傳統上，每個用戶都需要購買、維護和更新自己的硬件設備，導致資源利用率低。而在雲計算中，計算資源可以按需分配給多個用戶共享使用。這不僅提高了資源利用率和效率，還降低了成本。

## 雲計算的起源

1961年，在麻省理工學院百週年紀念典禮上，曾經在人工智能里程碑的達特茅斯會議作為召集人約翰·麥卡錫(John McCarthy)首次提出了「效用計算(Utility Computing)」概念，他認為計算可以是一種公共資源，可以像水、電、煤一樣提供客戶需要的計算資源和基礎設施管理。1959年，克里斯托弗·斯特雷奇(Christopher Strachey)在國際訊息處理大會上發表了名為《大型高速計算機的時間共享》的學術報告，率先提出「虛擬化」概念，當時計算機要解決分時多任務處理，那麼科學家就想到通過硬

件的方式，來生成多個可以運行獨立操作系統軟件的虛擬機實例。後來虛擬化得到了幾次較大的升級，不只有硬件虛擬化，更可以分配所有的IT資源，如今虛擬化已是雲計算基礎架構的重要核心組成。



來源：<https://www.thebyte.com.cn/architecture/history.html>

當個人電腦在1980年代廣泛普及，加上2000年前後互聯網大爆發普及，雲計算的另一個前身——「分布式計算」也破繭而出。當時計算需求量變得越來越大，無論是個人電腦還是本地伺服器都無法承受大規模計算，分布式計算通過將任務分配給多台計算機來提高處理能力和效率，就像多個變形金剛組成一個超強變形金剛，這些計算機「合成」了一個強大的計算機，能夠提供大規模資源來應對複雜的挑戰。

在2006年3月14日，亞馬遜(Amazon)推出了兩個標誌性的雲計算產品：Amazon S3(簡單儲存服務)和Amazon EC2(彈性計算雲)。這兩款產品的發布標誌着亞馬遜雲科技(Amazon Web Services, 簡稱AWS)的誕生。

為什麼雲計算首先誕生在亞馬遜而不是其他同等規模的大廠呢？答案是：自己要用。亞馬遜彼時已是全球最大的電商平台，對基礎架構的

需求非常高。首先，電子商務在特定時間會迎來大規模流量，如美國的黑色星期五或中國的雙十一，因此需要具備彈性擴容能力，以防止宕機或資源浪費；其次，平時電商有大量的商品，也有超量訂單、歷史交易數據，不只是文字，還包括圖片、視頻。因此作為交易平台，電商底層架構必須穩定，確保與金錢直接相關的業務不受影響。

亞馬遜的創始人傑夫·貝索斯(Jeff Bezos)在當時還有一個前瞻性的想法：除了我們自己來用，為什麼不把這些虛擬資源賣給有同樣需求的「友商們」呢？貝索斯計算了一下，如果把雲計算的服務資源也當做虛擬商品賣給開發者和初創企業，其毛利率可以達到30%以上，反觀傳統賣貨的毛利率只有1至2%左右。



2013-2022年AWS的收入变化  
來源:FourweekMBA

無獨有偶，大洋彼岸的另一家巨人阿里巴巴，在2008年也醞釀着一場變革。彼時阿里巴巴已經擁有亞洲最大的在線交易平台及消費數據庫，其中包括亞洲最大的B2B(阿里網絡)、最大的C2C(淘寶網)及最大的在線支付(支付寶)業務，形成龐大的IT設施等基礎設施。隨着阿里巴巴業務



規模不斷擴展，對計算、儲存、網絡等IT基礎設施的需求也在不斷增長，如何進一步有效將資源穩定高效地管理起來，是當時阿里巴巴技術高管們經常討論的話題。當時阿里巴巴已經注意到亞馬遜的變革，與亞馬遜以B2C為主不同，植根於中小企業的阿里巴巴有全中國最大的賣家隊伍，覆蓋百萬家商戶，天貓2009年首次「雙十一」有大約5000萬元人民幣交易額，看起來更需要一個「雲服務」，這與阿里巴巴董事長馬雲要做電子商務「水電煤」的願景不謀而合，支付寶就是一個支付的「水電煤」。能不能把所有的技術服務也能做成即插即用的「水電煤」？馬雲把這個任務交給了剛剛上任不久的首席架構師王堅博士。很多人不知道的是，王堅是個心理學的博士，其研究方向是計算機與人類的交叉領域，即人機交互工程領域，是當年國內這方面最好的專家之一，曾在微軟亞洲研究院表現非常出色。剛入職阿里的時候，王堅就提出一個「去IOE」理念，即去掉以IBM為代表的伺服器、以ORACLE為代表的關係型數據庫，以及以EMC為代表的高端儲存設備，它們在阿里都要被阿里雲計算技術所替換。當時王堅還沒有站穩，憑藉自己對行業前景戰略級判斷，敢於挑戰國際大廠在成熟業務中的地位，這是一場硬仗，不僅要承受業務穩定性的巨大壓力，那時候阿里競爭對手百度和騰訊的創始人均不看好雲計算。

幾年以後，王堅帶領的阿里雲悄然取勝，一直贏到現在。目前，阿里雲已經成為全球領先的雲計算服務提供商，在基礎設施即服務(IaaS)、平台即服務(PaaS)、軟件即服務(SaaS)等多個領域提供全面的雲計算解決方案。在國際市場研究機構Gartner®2023年度全球《雲數據庫管理系統魔力象限》報告中，阿里雲成為亞太區唯一入選「領導者(LEADERS)」象限的科技公司，同時也是唯一一家連續4年入選「領導者」象限的中國企業。



王堅在阿里雲棲大會上給馬雲講解  
來源：阿里巴巴

後來王堅在自己的專著《在線》的第四章裏寫到，「去IOE」是阿里擁抱雲計算、產出計算服務的基礎。「去IOE」也是一個企業從傳統企業邁向互聯網轉型的標誌，其根本是做一個選擇，選擇相信雲計算是一種公共服務。

阿里雲的成長在某種程度上就是以互聯網為基礎的雲計算打擊了傳統的IT，背後阿里巴巴集團也藉着雲計算實現了重要價值，它為自己，也為向各行各業的企業提供安全、穩定的計算與數據處理服務，使計算和人工智能技術惠及更廣泛的領域。同時，王堅的故事亦告訴讀者們，學科背景並不是決定職業發展的唯一因素，他是極少數在早期就把互聯網看得如此透徹的人，並能夠跳出浮躁的互聯網與傳統的技术藩籬，最終成為了阿里雲這一巨大成功的堅實推動者。

在過去三十年裏，雲計算還經歷了其他重要里程碑，影響至今。1996年，Compaq公司在其公司的內部文件中，首次提及「雲計算」這個詞彙。1999年，Salesforce.com成立並推出了首個基於Web瀏覽器的企業軟件服務(SaaS)，這標誌着軟件即服務(Software-as-a-Service)模

式在商業領域得到廣泛應用。

谷歌在2003到2006年間發表了三篇論文《MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters》、《Bigtable: A Distributed Storage System for Structured Data》和《The Google File System》，分別從分布式文件系統 (GFS)、並行計算 (MapReduce)、數據管理 (Big Table) 和分布式資源管理 (Chubby) 層面，闡述了後來支撐雲計算最基本的幾個問題。不過，谷歌在雲計算可謂錯過「頭啖湯」，直到2008年才有第一個雲計算性質的產品Google App Engine (簡稱GAE)，當2015年AWS達到46億美元營收的時候，谷歌雲僅是其九分之一。

在2015年，還有一家雲計算廠商也超越了谷歌，那就是微軟的雲服務平台Azure，借助微軟的底層技術實力，很快就被 Gartner 列為雲計算的領先者。至此，亞馬遜、微軟、谷歌、阿里巴巴等大廠都推出了自己的雲計算平台。雲計算經歷了從分布式計算到現代雲服務提供商的演變過程，通過集中管理和共享計算資源，雲計算提供了靈活的服務模型，使用戶可以根據自身需求選擇適合自己的服務類型。

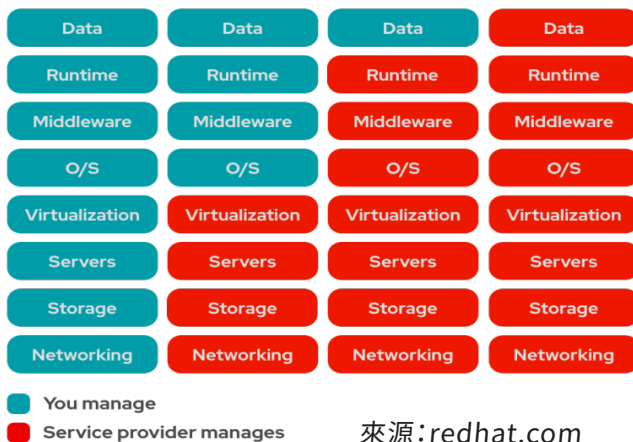
## 雲計算的基本原理

雲計算通過集中管理和分配計算資源，實現了高效的資源利用和靈活的資源調度。為了實現硬件資源管理和分配，這些硬件資源 (如處理器、內存、儲存等) 被虛擬化為多個虛擬機或容器，並由雲服務提供商進行集中管理和分配。虛擬化技術可以將一台物理伺服器虛擬化為多個獨立運行的虛擬機，每台虛擬機可以運行不同的操作系統和應用程序。通過虛擬化技術，雲服務提供商可以根據用戶的需求動態分配計算資源。當某個

用戶需要更多的計算能力時，可以通過簡單的配置變更，來獲取更多的虛擬機資源。而當需求減少時，可以釋放不再使用的虛擬機資源，以節省成本。虛擬化技術還提供了更好的安全性和可靠性。通過將不同用戶之間的虛擬機進行隔離，可以防止惡意軟件或攻擊者對其他用戶造成影響。同時，在物理伺服器發生故障時，虛擬化技術可以遷移虛擬機到其他健康的伺服器上，從而保證服務的可靠和連續性。

有別於傳統的計算模式，當前雲計算主要分為三種類型：

IaaS (Infrastructure as a Service, 基礎設施即服務) 是雲計算其中的一種形式，為企業提供了虛擬化的計算資源。在傳統情況下，企業需要購買、運行和維護自己的物理伺服器，涉及昂貴的硬件成本、空間佔用以及持續的維護支出。IaaS通過互聯網提供這些基礎設施，允許企業根據需求租用伺服器和儲存，避免了大量的資本投入和運營負擔。在IaaS模型中，服務提供商負責購買、配置和維護物理伺服器，同時確保數據中心的物理安全性和可靠性。客戶則可以通過網絡訪問這些資源，並以按需付費的方式使用計算能力、儲存空間和網絡服務。這種模式帶來了極大的靈活性，因為它允許企業快速擴展或縮減資源，以應對需求變化，無需前期的大量投資。



例如，一家初創公司可以使用IaaS來託管其新開發的應用，而不需要在自己的辦公室中設置伺服器。他們可以根據流量隨時增加或減少所需的伺服器數量，這樣就只需為實際使用的服務付費，從而節省資金，並使公司能夠專注於其核心業務。IaaS適合各種規模的企業，尤其是那些需要靈活性和快速響應市場能力的企業。通過IaaS，企業能夠避免過時的技術投資，確保他們的IT基礎設施始終緊貼時代、高效，並與業務需求同步增長。

PaaS，平台即服務(Platform as a Service)，是雲計算的另一種服務模型，它為用戶提供了在互聯網上構建、部署和管理應用程序的平台和環境。它是介乎於軟件即服務(SaaS)和基礎設施即服務(IaaS)之間的一種雲服務層次。想像你想開一家餐廳，而PaaS就像是提供給你一個完整的廚房設施，這裏已經有了爐灶、冰箱、廚房用具等等，你所需要做的就是帶來你的食材和食譜來準備菜餚。在這個比喻中，PaaS提供了軟件開發的「廚房」，包括操作系統、編程語言執行環境、數據庫和Web伺服器。開發者帶來的「食材」是他們的代碼，而「食譜」則是他們的業務邏輯。PaaS讓開發者不需要從頭開始搭建和維護基礎設施，大大減少了項目啟動的時間和成本，它通常支持多種編程語言和框架，因此開發者可以選擇最適合他們項目需要的工具。PaaS提供了一個簡化的環境，使開發者可以專注創造編程和創新，而非日常的技術維護。

SaaS，軟件即服務(Software as a Service)，是一種通過互聯網提供軟件的模式。在SaaS模型中，軟件不是被購買和安裝在個人的電腦或企業的伺服器上，而是託管於雲服務提供商的伺服器，並通過網絡為用戶提供服務。用戶通常通過訂閱的方式來使用這些在線軟件，而不是擁有

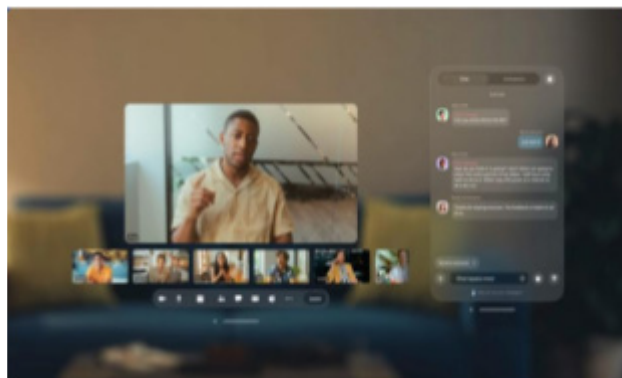
它們。想像一下，SaaS就像是網絡上的一個圖書館。在這個圖書館裏，你不需要買書帶回家，你只需要成為會員（通常是通過支付訂閱費用），就可以閱讀圖書館裏的任何一本書。同樣，在SaaS模型中，你不需要購買軟件，只需在線訪問和使用它。

SaaS提供即時使用的便利，用戶只需註冊和登錄，即可立即開始使用軟件，而無需複雜的安裝過程。只要有互聯網連接的地方，用戶就可以隨時隨地使用SaaS應用，這對於遠程工作和團隊協作非常有利。用戶可以根據實際使用情況選擇不同的訂閱計劃，按需付費模式有助用戶控制成本。隨着企業的成長，SaaS服務可以輕鬆調整用戶數量和功能，以滿足不斷變化的業務需求。電子郵件服務如Gmail或Outlook，辦公軟件如Google Workspace或Microsoft 365，以及客戶關係管理系統如Salesforce都是常見的SaaS應用。

## 雲計算的應用

隨着雲計算發展，基於雲計算的應用也變得越來越多。雲儲存是雲計算的一項重要應用，它可以將用戶的數據儲存在雲端，提供可靠的數據備份和恢復服務。傳統上，當我們需要儲存大量數據時，必須購買和維護自己的硬件設備，並進行定期的數據備份。而通過雲儲存服務，用戶可以將數據上傳到雲端，由雲服務提供商負責管理和保護數據。雲儲存具有許多優勢。首先，它提供了可靠的數據備份和恢復服務。在傳統的本地儲存中，如果硬件設備發生故障或者意外情況導致數據丟失，很難進行及時有效的修復。而通過使用雲儲存服務，用戶可以輕鬆地進行數據備份，並在需要時快速還原丟失的數據。雲儲存方便用戶隨時隨地訪問和共享數據，只需擁有合適的設備和網絡連接，即可不論時間地點訪問和共享自己的

數據。作為個人用戶，我們一般都聽說過百度公司提供的百度網盤，另外也有可能在使用Google提供的Google Drive，這些都是典型的面向個人用戶的雲儲存應用，讓你可以隨時隨地儲存和訪問自己個人的照片、視頻和文檔等內容。



植入到Apple Vision Pro的SaaS服務Zoom, 來源:zoom

大家日常生活中，另一個最常見的雲應用可能就是基於web的電子郵件。只要有網絡，我們可以不限時地訪問我們的Gmail去發送和接收郵件。而對於企業，各種各樣提高企業運營效率的SaaS都是雲應用。比如大家在疫情中常用的用來開會的Zoom、Google Meet，或者企業用來進行銷售管理的Salesforce等等。

雲計算提供強大的計算能力，加速科學研究的進展。科學家們可以利用雲計算平台進行複雜的科學計算和數據分析，從而更快地獲得研究結果。例如，在基因組學領域，科學家們可以利用雲計算平台對大規模基因組數據進行高效的分析和比對，以揭示基因與疾病之間的關聯性。在天文學領域，雲計算為天文觀測數據處理和模擬提供了強大的支持，幫助科學家們更好地理解宇宙的奧秘。通過雲計算平台，科學家們可以共享和訪

問各種數據集、工具和模型，增加合作和交流的機會，並促進知識共享與創新。在國際科學研究項目中，各個國家的科學家可以通過雲計算平台共同分析和處理數據，加快項目進展並取得更好的成果。科學家們可以通過雲計算平台共同編寫、編輯和訪問研究文檔，實現遠程協作，打破地域限制，促進全球範圍的合作與交流。

### 雲計算在教育領域中的應用

雲計算為教育領域帶來了便捷的教育資源和高效的管理系統。學生和教師可以通過雲計算平台輕鬆訪問各種在線教育資源，如電子書籍、學習視頻和在線課程。無論是在校園內還是在家中，學生都能夠隨時隨地獲取所需的學習資料，提高學習效率。同時，雲計算還支持高效的學習管理系統和在線課程平台，方便教師組織和管理課程內容、作業和考試。遠程教育和在線學習也是雲計算在教育領域創新應用的重要方向之一。通過雲計算平台，學生可以參與到全球在線學習項目中，並與來自不同地區的老師和同學進行交流與合作。這種靈活性使得遠程教育成為可能，並為那些無法到達傳統教室的人們提供了方便。

在疫情期間，也正是因為雲計算的支持，同學們雖然不能親身到教室上課，但是可以通過網上的在線課堂完成正常的課程學習，還可以與同學和老師在線互動，實現不一樣的課堂效果。另外，Coursera、Edx、網易公開課等在線課程服務，也讓同學們可以不僅僅局限於校內老師講的內容，充分地享受在線教育帶來的各種知識。來自全球各地的同學都可以在Edx上選修來自於全球知名高校、公司或科研機構開辦的在線課程，讓教育無遠弗屆。雲計算也能提供個性化學習和智能輔助功能，讓學生獲得更好的學習體驗。通過學習分析和學習路徑推薦，雲計算可以根據學生的



興趣、能力和學習進度，度身定製個性化的學習計劃和推薦內容。此外，雲計算在教育評估和學生管理中也有廣泛應用。通過雲計算平台收集和分析大量的教育數據，教育機構可以更好地評估學生的學習成果和發展情況。雲計算還支持教育機構進行有效的學生管理，包括課程註冊、考試安排、成績紀錄等方面。

## 雲計算在娛樂方面的應用

雲計算為娛樂行業帶來了隨時訪問的便利。通過雲計算，用戶可以隨時隨地播放音樂、電影、遊戲等各種娛樂內容。通過串流媒體服務，用戶可以在線觀看電影和電視劇，無需下載或購買實體介質。還有「雲遊戲」，讓用戶通過雲伺服器進行遊戲運算，並在任何設備上流暢地玩遊戲。這種隨時訪問的模式為用戶提供了更大的靈活性和便利性。美國最大的視頻公司Netflix、中國的騰訊視頻、網易雲音樂都是典型的雲計算在娛樂方面的應用。另外，最近幾年興起的短視頻應用，如Tiktok、抖音等等更是完全構建在雲計算之上。雲計算在娛樂內容分發和版權保護方面也有重要應用。通過雲計算平台，娛樂公司可以更好地管理和分發其作品，把音樂、電影等內容儲存在雲端，並根據需要進行傳輸和播放。同時，雲計算還提供了強大的版權保護機制，確保原創作品不被盜用或非法傳播。結合雲計算和區塊鏈技術，還可以實現去中心化的數字生成和交易。

## 雲計算的安全可靠性

雲計算基礎設施具備高可用性和容錯能力，以確保用戶數據和應用的安全。在傳統的計算模式中，如果伺服器發生故障或網絡中斷，用戶可能無法訪問其數據和應用程序。而雲計算通過採用分布式架構和冗餘機制來解決這些問題。一般情況下，雲計算基礎設施通常由多個伺服器組

成，並且這些伺服器分布在不同的地理位置。這樣一來，即使某個伺服器發生故障或網絡中斷，其他伺服器仍然可以繼續提供服務。用戶可以通過其他可用的伺服器訪問其數據和應用程序，而不會受到單點故障的影響。這種高可用性的設計確保了用戶可以全天候訪問其數據，並保證了業務運作的連續性。雲計算還具備容錯能力，當某個伺服器發生故障時，雲計算系統會自動將該伺服器上的任務遷移到其他正常運行的伺服器上，這種容錯機制可以防止數據丟失或服務中斷，並確保用戶能夠持續地使用其應用程序和數據。此外，雲計算還提供了數據備份和災難恢復功能，在意外情況下能夠快速恢復用戶數據並保護其免受損失。同時，雲服務提供商通常採取各種安全措施來保護用戶數據和應用程序免受未經授權訪問、篡改或洩露的風險，採用加密技術來保護數據傳輸過程中的機密性，並採取身份驗證、訪問控制等措施來限制訪問權限。雲服務提供商還定期進行安全審計和漏洞修復工作，以確保系統時常處於最佳狀態。

數據加密是一種重要的措施，用於保護數據的機密性，可以將數據轉化為無法被未經授權的人理解的形式，有效防止數據洩露和非法訪問。瞭解不同類型的加密算法和加密方法，對於選擇適合自己需求的加密方式至關重要。常見的加密算法包括對稱加密和非對稱加密。對稱加密使用相同的密鑰進行數據的加密和解密，速度較快但需要注意密鑰的管理；而非對稱加密使用公鑰和私鑰進行數據的加密和解密，安全性更高但速度較慢。在實際應用中，可以根據具體情況選擇合適的加密方式。例如，在傳輸敏感數據時，可以採用傳輸層安全協議 (TLS) 來保護數據在網絡傳輸過程中的安全性。此外，還可以使用端到端加密來確保只有發送者和接收者能夠接收和解讀數據。

## 未來的雲計算趨勢

雲計算作為未來科技發展的重要趨勢之一，將在各個領域發揮巨大作用。隨着技術不斷進步，雲計算有望朝着更高效、更安全、更智能的方向發展。未來，雲計算將與人工智能等前沿技術結合，共同推動科技的發展。人工智能在雲計算中的應用將會帶來更多創新和突破。通過利用雲計算平台提供的強大計算和儲存能力，人工智能系統可以更高效地進行學習、訓練和推理，實現更複雜的任務和功能。自從去年以ChatGPT為代表的生成式人工智能技術(AGI)取得突破，大模型的生成式人工智能技術無疑是近年最為矚目的技術之一，而生成式人工智能技術同樣是以雲計算技術為基礎發展出來的。

## 超算

### 什麼是超算

2016年，第一次在圍棋上擊敗世界棋王李世乭的人工智慧Alpha-Go，其背後超強的計算能力，是依託千萬億級超級電腦。超級電腦又稱為超級計算機(Super Computer)，簡稱為「超算」，以前也被稱作「巨型機」，有別於商業導向的通用計算與個人計算機，它不考慮任何的通用性，是專門設計用來解決世界上最複雜的科學與工程計算，通常都是為政府所開發，視為國家最核心的競爭力之一。

超算的適用範圍十分廣泛，包括尖端科學領域，特別是國防與天文氣象領域。超算主要解決的是數值計算，又稱浮點運算(Floating-point arithmetic)，是一種用浮點方式表示實數的運算方式。想像一下，我們有一個數123.45，我們可以把它分成12345(有效數字或尾數)和-2(冪數)。

如果我們把10當作基數，那麼123.45就可以表示為12345乘以10的-2次冪，也就是12345乘以0.01。這樣我們就用「有效數字」和「冪數」來表示一個實數了，這就是浮點數的基本原理。超級計算機在做很複雜的數學計算時，會用到很多這樣的浮點數。當前超前計算機的度量性能單位已經高達Petaflops，相當於每秒千萬億次浮點運算( $10^{15}$ )，處理能力比最快的筆記型計算機約高出一百萬倍。

### 超算的發展歷程

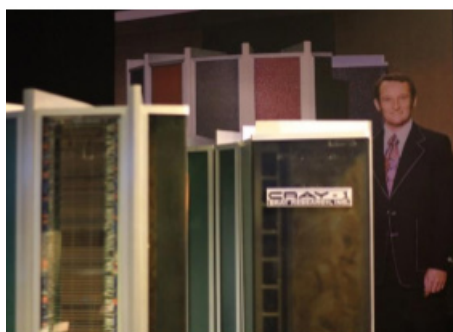
超級計算(Supercomputing)一詞源於1929年《紐約世界報》關於IBM為哥倫比亞大學建造大型報表機的報導：「由數百、數千甚至更多的處理器(機)組成，能計算PC機和伺服器不能完成的大型、複雜課題的計算機」。二十世紀五十年代末美國政府開始定期撥款，資助開發尖端的高性能計算機技術用於軍事應用，UNIVAC在1960年為美國海軍研究發展中心建造的Livermore Atomic Research Computer (LARC)、IBM在1961年為洛斯阿拉莫斯國家實驗室(Los Alamos National Laboratory)建造的IBM 7030 Stretch，普遍被認為是第一批真正意義的超算。

緊隨着超算話題升溫，不得不提到西摩·羅傑·克雷(Seymour Roger Cray)，被譽為「超算之父」，終生致力研發世界上最快的超算。他在1957年參與創立了Control Data Corporation，並在1963年推出CDC 6600，被認為是第一台成功的商用超算。克雷在《商業週刊》(Business Week)的一篇文章中清楚地表達了一個經常被誤認為來自赫布·格勞希的想法，即所謂的格勞希法則：計算機應該遵循一種平方律——當價格加倍時，速度應該至少是原先的四倍。1972年，克雷創立了Cray Research，推出Cray-1，成功使用向量處理器(Vector Processor)，實現了每秒1.6

億次浮點運算的性能，在1976年到1982年間，Cray-1是世界上最快的超算。



CDC 6600,來源:Flickr



Cray-1 supercomputer and it's designer Mr. Seymour Cray

向量處理器 (vector processor) 是一種實現了直接操作一維數組 (向量) 指令集的中央處理器 (CPU)，可以在特定工作環境中極大地提升性能，尤其是在數值模擬或者相似領域。向量處理器最早出現於二十世紀七十年代早期，並在七十年代到九十年代期間成為超級計算機設計的主導方向，尤其是在多個Cray平台。早期超算開發成本巨大、價格昂貴，商用範圍極其有限，通常都由政府採購。九十年代開始，MPP (Massive Parallel Processing) 海量並行處理架構的出現，使得超算系統的處理器數量從原來個位數暴增到數千個，後來隨着開放集群技術 (Cluster) 與 GPU (Graphic Processor Unit, 圖形計算處理器) 技術發展，打破了原有MPP封閉架構的訂製門檻，超算的計算節點也應用於通用的商用伺服器系統，降低了超算建置的成本，使越來越多的大型企業與科研機構，開始構建自己的超算系統。

有別於超算的發展，面向商業通用領域的大型主機 (Mainframe)，原本是處理如銀行、電訊、電力等廣大民生範疇的業務數據，如訂單數據、銀行業務數據等，為了持續保障高可靠性、高可用性、高服務性

(Reliability, Availability, Serviceability)、超大型I/O處理能力、安全能力，以及整數運算能力，反而發展成專用的處理器指令集、作業系統及應用軟件，如 IBM Z系列、UNISYS ClearPath Forward等。

TOP500列表是由德國曼海姆大學的Hans Meuer、美國田納西大學諾克斯維爾分校的傑克·唐加拉以及美國勞倫斯伯克利國家實驗室的Erich Strohmaier與Horst Simon等人共同彙編的(<https://www.top500.org/>)，它是針對全球已知最強大的計算機系統列出排名與詳細介紹。

### 中國的超算

「在超算領域，我國雖然起步較晚，但發展很快。」中國第一台超級計算機是901魚雷快艇指揮儀。在1957年，為了提高魚雷快艇指揮的速度與精度，24歲的中國人民解放軍軍事工程學院(簡稱哈軍大，後併入現在的哈爾濱工程大學)教師柳克俊向海軍工程系提交一份《關於發展艦用計算機，研究試製供快艇用快速電子指揮儀的報告》，由當時的系副主任慈雲桂直接領導代號「331」的電子管專用計算機課題組，中國至此終於拉開了超算的序幕。開發過程缺乏條件，備極艱辛，後在中國科學院計算機研究所的支持下，在代號「103」小型通用計算機與「104」大型通用計算機的基礎上，中國第一台電子管專用數字計算機「331」(後改為901)型艦用數字電子計算機，於1959年9月28日正式研製成功。



901 超級計算機

中國超算發展依託高新技術人才，代表人物包括慈雲桂（1917年-1990年），他是安徽桐城人，電子計算機專家、中國科學院院士，中國第一台億次巨型計算機的總設計師、國防科技大學計算機系首任系主任。1958年他主持研製了中國第一台電子管計算機，1961年研製第一台電晶體通用計算機441B。在其帶領下，中國第一台百萬次積體電路計算機問世，並在1978年成功研製出中國第一台億次電子計算機「銀河- I」，接着1992年「銀河- II」運算速度達到每秒10億次。慈雲桂奠定了中國計算機事業的基石，被稱為「中國超算之父」。



高效能計算技術與應用未來的發展與演進一直受到廣泛關注，九十年代集群技術發展之後，國內興起了一批超算廠家，包括聯想、中科曙光等。終於國防科技大學在2009年9月研製出「天河一號」，位於國家超級計算天津中心，是中國首台採用異構處理器設計的超級計算機，一期系統裝有英特爾Intel至強中央處理器(Xeon Processor)與AMD GPU圖形處理器；二期系統則增加了國防科技大學自主研發的飛騰中央處理器與NVIDIA GPU圖形處理器，性能達到千萬億次浮點運算(petaflops)，最後在2010年11月的TOP500登頂全球第一。繼「天河一號」後，由國防科學技術大學研製的超級計算機系統「天河二號」，於2013年至2016年，再

次成為世界上最快的超級計算機(六連冠)。2016年6月安裝在國家超級計算無錫中心的超級計算機「神威·太湖之光」,超越「天河二號」,成為世界上最快的超級計算機。

超算是國家的核心競爭力,為了追趕超算的進展,美國能源部在2014年啟動超算計劃CORAL(Collaboration of Oak Ridge,Argonne, and Lawrence Livermore的縮寫),由美國能源部下屬的三個國家實驗室:橡樹嶺國家實驗室(Oak Ridge National Laboratory,縮寫為ORNL)阿貢國家實驗室(Argonne National Laboratory,縮寫為ANL)和勞倫斯利佛摩國家實驗室(Lawrence Livermore National Laboratory,縮寫為LLNL)共同招標建造四台超級計算機。在2023年11月公佈的TOP500,排名第一的美國橡樹嶺國家實驗室的Frontier已經達到1,194 Petaflops,是唯一超過百億億次的超算系統。

### 超算的未來發展趨勢

在AI的發展下,大數據與大模型成為國家經濟與軍事發展的核心基礎建設,但同時也為地球與社會帶來沉重的負擔,以全球前十名的超級計算機為例,每小時耗電量可達2萬度,相當於一個小型城鎮的耗電量。在中國宣布2030碳達峰、2060碳中和的宏大目標下,綠色算力的發展刻不容緩,國家發展改革委員會更進一步要求全國新建大型、超大型數據中心平均電能利用效率(Power Usage Effectiveness, PUE)降到1.3以下,國家樞紐節點進一步降到1.25以下。PUE值是國際通用的數據中心能源效率指標,是指數據中心總消耗能源與IT設備消耗能源的比值。因此隨着需求與技術的不斷演進,以下技術也將大大影響超算的發展:



- (1) 綠色算力：隨着芯片耗電量越來越大，單芯片預計將超過1千瓦，每機櫃乘載耗電可以達到20KW至100KW不等。因為比熱的限制，傳統風冷技術已經不敷應用，隨之而來液冷技術的成熟發展，可提升冷卻效率，而且還能大幅降低碳排放。
- (2) 異構計算：異質運算是高效能運算 (High Performance Computing) 領域的重要趨勢，將不同類型的處理器和加速器整合在一起，以提高運算效能和能源效率比。CPU與GPU的結合、FPGA的應用以及AI專用晶片的發展等，都是異構運算的典型範例。異質運算利用各種處理器的優勢，實現更有效率的數據處理和分析，為科學、工程和商業應用帶來巨大的潛力。
- (3) 雲計算與邊緣計算：在邊緣計算中，它將智慧整合到邊緣設備（也稱為邊緣節點），允許在數據收集來源附近即時處理和分析數據。雲計算和邊緣計算之間的主要區別在於集中式計算環境，在雲端運算中，數據在集中位置被收集、處理和分析。雲計算與邊緣計算相互協同為智慧城市應用提供更好的體驗。
- (4) 算力網絡：算力網絡是透過最新的數據中心互聯與計算資源調度技術，將邊緣運算、雲端運算節點以及網絡資源整合在一起所構成的一種新型資訊基礎設施。算力網絡不僅能降低邊緣運算節點的管理難度，透過分散式調度方式，還能實現運算、儲存和網絡資源的協同，讓使用者獲得包含運算、儲存和網絡連線的整體算力服務。

- (5) 類腦超算：類腦智慧又被稱為神經形態計算，它透過模仿人類大腦的運作方式，讓電腦軟硬體實現資訊高效處理。目前，歐盟、美國和瑞士等國家和地區組織正在開發模擬人腦的神經網絡電腦和「類腦」晶片，相較於傳統意義上的人工智能，它具有低功耗、高算力的特性。
- (6) 量子計算：量子計算是新興的算力技術，是一種使用量子邏輯進行通用計算的設備，與電子電腦（或稱傳統電腦）不同，量子計算用來儲存數據的對象是量子比特，它用量子算法處理數據。如果問題已經提出速算的量子算法，則該問題解決速度將會遠遠超過現有傳統架構的超算，目前對於最佳化演算法、模擬物理系統和解決密碼學難題等具有重要意義。

# 區塊鏈



## 區塊鏈的起源與發展

### 從海島和石幣的故事講起

在認識區塊鏈之前，我們先講一個古老族群的記賬故事。

在太平洋上，有一個人口約1萬人的小島，名叫雅浦島 (Yap)。島上的土著使用一種巨大石幣作為流通貨幣，當地人稱這種石幣為費 (Fei)。

雅浦島本身並沒有出產製造石幣用的石灰石。大約500至600年前，一個名叫Anagumang的人帶領探險隊到400海哩之外的帛琉島等地探索和開採石灰石，並打造成內部中空外部呈環形的石輪，然後用木筏運回雅浦島作為貨幣使用。這些石輪有些直徑大約3米。石幣實在是太大，不方便隨身攜帶，島上的居民便選擇將石幣放在空地，採用標記的方式列出石幣的擁有權。



雅浦島的石幣，來源：<https://www.atlasobscura.com/places/rai-stones>

其中，島上就有一富戶，家中竟然沒有儲藏一個石幣。原來許多年前，這戶富人的祖先外出探險，開鑿出了一個巨大的石幣。但是在運回雅浦島途中遇上暴風，為了保命，探險隊只好放棄石幣並將其棄置入大海。

回到雅浦島後，探險隊員都為這戶富人作證，說沉入海底的那塊石幣尺寸巨大且品質優良，儘管已經掉落大海，但大夥兒都見證了這塊石頭的去處，所以沒有否定它的價值，這戶富人仍然可以用它來買東西，與石幣運回家的效果無異。

雅浦島上的交易也因此變得與眾不同，居民在用石幣交易的時候，不直接將石幣搬走，而是在石幣上做一個記號，這樣就表示這塊石幣換了主人。如果這個石幣在遙遠的島上或者身處海底，索性就不用進行標記，只需要告訴島上所有的居民，那裏的石幣從今起換了主人，這就完成了一次石幣的所有權轉移。實際上，雅浦島的居民建立起了一個以信用為基礎的交易系統。儘管石幣沒有放在自己家裏，但只要大家都認同它的擁有權就可以了。

雅浦島之所以能維持如此奧妙的貨幣制度，是因其處於自然經濟，小島居民人口不多，交易不頻繁，貨幣周轉速度也非常慢。當地居民有的可能終其一生，也只有寥寥幾次貨幣交易。也正因如此，島上居民才不至於出現各式各樣的記賬差錯。試想一下，如果島上居民每天頻繁交易，不停記錄石幣擁有權的變更，難免會出現記賬混亂的情況。到時候，應該以誰的紀錄為準呢？

這種情況下，較為穩妥可靠方式是選出一位德高望重的族長，由他記錄島上居民的石幣擁有權。居民在使用石幣交易時，都需要族長的見證和記錄。這就是中心化的信用系統，族長的角色相當於我們現代的銀行。

此時，族長在島上中心化信用體系中，起了不可替代的作用。一旦

族長生病或去世，雅浦島的整個信用系統就會癱瘓。又或者，族長有了私心，在自己的賬上多記上一兩個石幣，又或是記錯了石幣數量，信用體系都會瓦解。這就是中心化信用體系的兩個典型缺點：一是過於依賴中心點；二是資料難以追溯，無法證明資料是否被篡改、記錄的資料是否真實。

那麼，如何讓島上的居民既能認可石幣的擁有權，又可解決以上中心化體系的問題呢？於是，在族長不堪重負倒下後不久，居民想到一個兩全其美的辦法，那就是建立一個可傳遞的公用賬本。每當島民有了新的交易，在交易雙方都確認資料無誤後，就在公用賬本上將石幣的擁有權變更進行記錄。在記錄的同時，也把最新的賬本資訊拓印一份留在自己的家裏，以備查詢。

自此，雅浦島上就形成一個最基本的分散式記賬系統，也就有效解決了中心化信用體系的問題。一方面，島上的任何人都可參與記錄石幣的擁有權，只要買賣雙方互相認可，就能完成交易，而不再依賴族長的見證和記錄；另一方面，所有記賬紀錄雖然由不同島民完成，但如果有一個人記錄的交易資訊出現了爭議，可以向上一個紀錄者追溯，直到這筆交易資訊的頭一次紀錄。如果有人想要篡改一項交易紀錄，就需要從第一次紀錄開始，一直順着修改，而且也要同步更新其他島民的紀錄，這幾乎是無法實現的，所以分散式記賬體系下的資料幾乎是無法更改的。

從海島和石幣的故事，我們可以簡單概括為三個階段：第一個階段是島民交易不頻繁時期，居民在石幣上記錄或口耳相傳來確認石幣的擁有人；第二個階段是交易頻繁時期，島民選出一位元族長，統一記錄交易資訊；第三個階段是島民共同記賬，確認石幣的擁有權情況。

其中，第三個階段看起來步驟最為繁瑣，還要求每個人都一字不差地複刻和保存賬本，這個在有限群體範圍還是行得通的，但當交易群體進一步擴大時，例如百萬、千萬人參與時，就需要借助技術手段來記賬了。

隨着電腦科學與技術的發展，互聯網、密碼學、資料結構、分散式演算法等技術均日趨成熟，區塊鏈有效融合了這些技術，將分散式記賬搬到了線上，實現了從記賬到分發，再到驗證和保存的全部過程。通過技術手段，服務整個系統內的群體，這就是神奇的區塊鏈技術。

## 通往區塊鏈的漫漫長路

區塊鏈技術最早的雛形可以追溯到2008年，一個名為中本聰 (Satoshi Nakamoto) 的人 (或團隊) 發表了一篇名為《比特幣：一種點對點的電子現金系統》(Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System) 的論文，提出一種全新的數字貨幣概念，即比特幣，並介紹了一種去中心化的分散式賬本技術，即區塊鏈，用於記錄比特幣交易。儘管「中本聰」現今已是一個眾所周知的名字，其真實身份仍然是一個謎。

### Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System

Satoshi Nakamoto  
satoshin@gmx.com  
www.bitcoin.org

**Abstract.** A purely peer-to-peer version of electronic cash would allow online payments to be sent directly from one party to another without going through a financial institution. Digital signatures provide part of the solution, but the main benefits are lost if a trusted third party is still required to prevent double-spending. We propose a solution to the double-spending problem using a peer-to-peer network. The network timestamps transactions by hashing them into an ongoing chain of hash-based proof-of-work, forming a record that cannot be changed without redoing the proof-of-work. The longest chain not only serves as proof of the sequence of events witnessed, but proof that it came from the largest pool of CPU power. As long as a majority of CPU power is controlled by nodes that are not cooperating to attack the network, they'll generate the longest chain and outpace attackers. The network itself requires minimal structure. Messages are broadcast on a best effort basis, and nodes can leave and rejoin the network at will, accepting the longest proof-of-work chain as proof of what happened while they were gone.

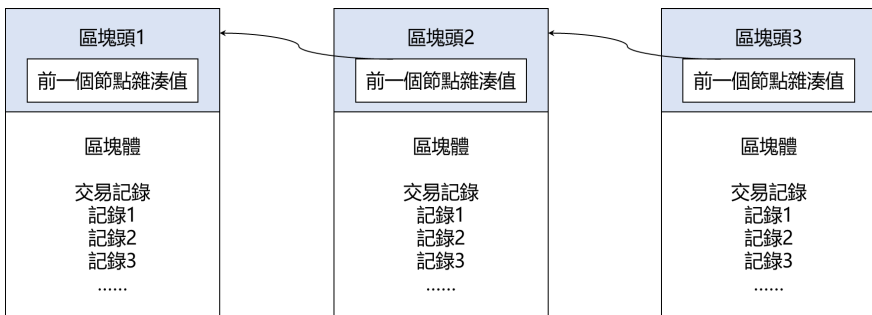
比特幣：一種點對點的電子現金系統，來源：<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

正因為區塊鏈經常與比特幣一起出現，很多人容易將兩者混淆，甚至認為區塊鏈就是比特幣。事實上，比特幣只是區塊鏈技術的其中一種具體應用。

從形式上來看，區塊鏈 (Blockchain) 是一種按照時間順序，將區塊資料以順序相連方式組合成的一種鏈式資料結構，主要由兩個部分組成，一個是「區塊」，一個是「鏈」。

「區塊」是指使用加密演算法 (雜湊函數) 計算產生的資料塊，資料以電子紀錄的形式被永久儲存下來，每一個區塊又由「區塊頭」和「區塊體」兩個部分組成。其中，「區塊體」可以存任何資料，存放的資料依上層應用，例如比特幣使用的區塊鏈，區塊體裏儲存的是比特幣交易紀錄；「區塊頭」裏面儲存着區塊的頭部資訊，包含上一個區塊的雜湊值 (PreHash)、本區塊體的雜湊值 (Hash)、時間戳記 (Timestamp) 等。

「鏈」主要指依靠各個區塊的區塊頭部資訊，將不同區塊之間按照時間順序相連，構成從第一個資料區塊 (編號為0) 到最末尾區塊的一條鏈。



區塊鏈示意圖，來源：<http://www.uml.org.cn/bigdata/201802061.asp>



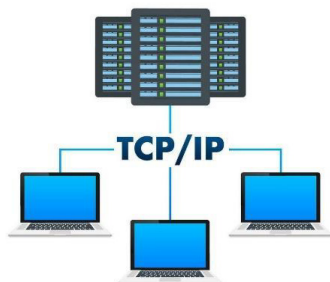
從技術上來看，區塊鏈是點對點傳輸、加密演算法、共識機制等技術在互聯網時代的創新組合與應用。

雖說區塊鏈技術出現的時間不長，但以上關鍵技術的出現可能要追溯幾十年甚至上百年。要了解區塊鏈的起源與發展，就不得不先從這些基礎技術的誕生開始談起。

## 區塊鏈的經絡：網絡路由

1958年2月，為了對抗原蘇聯的太空計劃，美國成立了高等研究計劃局 (Advanced Research Projects Agency, ARPA) 來研發先進技術。ARPA於1969年創造出ARPAnet (互聯網的前身)，不經意間孕育了瘋靡全球的互聯網。

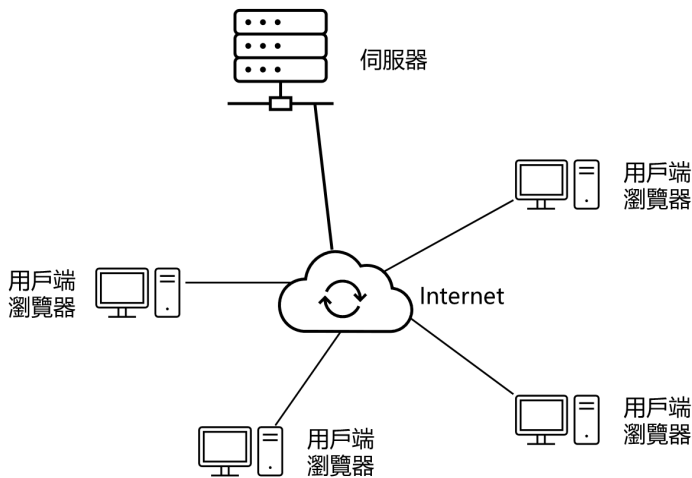
1974年，互聯網發展邁出最為關鍵的一步，這就是由美國科學家文頓·瑟夫 (Vint Cerf) 和羅伯特·卡恩 (Robert E. Kahn) 共同開發的互聯網核心通訊技術——TCP/IP協定 (傳輸控制協定/互聯網協定)，實現了不同電腦、甚至不同類型網路間的資訊傳送，所有連接在網絡上的設備，只要遵照這個協定，就能夠通訊和交互。區塊鏈在整個互聯網生態中，也是互聯網上層的一種新技術應用，按照TCP/IP協議運行。



TCP/IP協議，來源：<https://es.vecteezy.com/arte-vectoral/29920487-tcp-ip-transmission-control-protocol-internet-protocol-vector-valores-ilustracion>

1984年，路由技術誕生，並成為後來區塊鏈的模仿對象。放到互聯網的通訊線路中，路由器能夠將資料準確並快速地從互聯網的一端傳輸到幾千公里的另一端。在整個互聯網硬體層中，有無數台路由器繁忙工作，指揮互聯網資訊的傳遞。即使有節點設備損壞或者被黑客攻擊，也不會影響整個互聯網資訊的傳送。

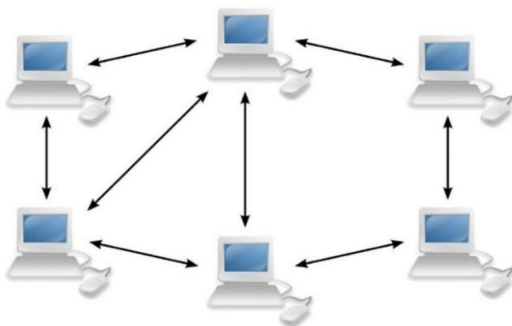
在1989年，圖靈得獎者蒂姆·伯納斯-李 (Tim Berners-Lee) 發布了萬維網 (World Wide Web, WWW) 的三大基本技術<sup>[1]</sup>，由此揭開了 Web 時代的序幕。Web 分為 Web 瀏覽器和 Web 伺服器，當有資訊更新時，只在 Web 伺服器上修改，而 Web 瀏覽器則不保留資訊，只有在訪問 Web 伺服器時才能獲得相應的資訊，這種網路結構被稱為 B/S (browser/server) 架構。此外，還有一種通過用戶端與伺服器交互的模式，被稱為 C/S (client/server) 架構，與 B/S 架構類似，用戶端不保留資料，訪問伺服器時才能獲取資訊。



B/S架構示意，來源：[https://blog.csdn.net/cdye\\_1234/article/details/79556047](https://blog.csdn.net/cdye_1234/article/details/79556047)

[1] 超文字標記語言(html)、超文字傳輸協定(http)和統一資源定位符 (URL)

點對點網路 (Peer-To-Peer, P2P 網絡) 的出現, 打破了傳統的 B/S 架構模式, 擺脫了對中心伺服器的依賴。在 P2P 網絡中, 彼此連接的多台電腦均處於平等的地位, 無主從之分, 網路中的每一台電腦既能充當網路服務的請求者, 又對其它電腦的請求做出回應, 提供資源、服務和內容。也正是這個沒有中心伺服器的架構, 完美匹配區塊鏈的「去中心化」網路需求。



P2P 網路示意圖

來源: <https://www.cyberagentsinc.com/2018/09/14/peer-to-peer-networks/>

## 區塊鏈的骨骼: 密碼演算法

在區塊鏈和分散式賬本中, 應用了大量密碼學和安全技術的最新成果, 特別是在身份認證和私隱保護等相關領域。追溯密碼學的歷史可以發現, 密碼學大致分為古典密碼學和近現代密碼學兩個階段。兩者以資訊技術的誕生為分界點, 現在所應用的密碼學多是後者。

1901年義大利工程師奎裡亞摩·馬可尼 (Guglielmo Marconi) 的跨越大西洋的無線電通訊實驗終於試驗成功, 引起全球轟動, 推動了無線電通訊時代的來臨。無線電大大提高了遠端通訊的能力, 但存在着天然缺陷——它很難限制接收方, 這意味着若要保護所傳遞資訊的安全, 必須採用可靠的加密技術。對無線電資訊進行加密以及破解的過程, 直接促進了

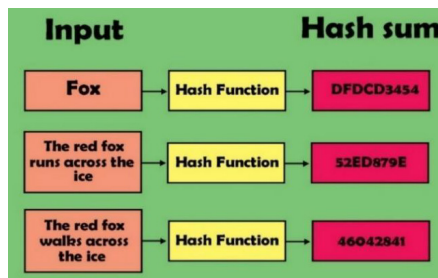
近現代密碼學出現。

1976年貝利·惠特菲爾德·迪菲 (Bailey Whitfield Diffie) 和馬丁·赫爾曼 (Martin E. Hellman) 在IEEE資訊理論彙刊 (IEEE Transactions on Information Theory) 上發表了論文《密碼學的新方向》(New Directions in Cryptography)，探討了無需傳輸金鑰的保密通訊和簽名認證體系問題，正式開創了現代公開金鑰密碼學體系的研究，奠定了迄今為止整個密碼學的發展方向，也對區塊鏈的技術和比特幣的誕生起到決定性作用。



菲爾德·迪菲 (Whitfield Diffie) 和馬丁·赫爾曼 (Martin Hellman)  
 來源：<https://www.jiemian.com/article/559675.html>

現代密碼學已經成為一個龐大體系，涵蓋了亂數產生、Hash函數、加密解密以及身份認證等。其中，雜湊 (Hash或散列) 演算法，又常被稱為指紋 (fingerprint) 或摘要 (digest) 演算法，是區塊鏈最基礎，也是非常重要的一類演算法。

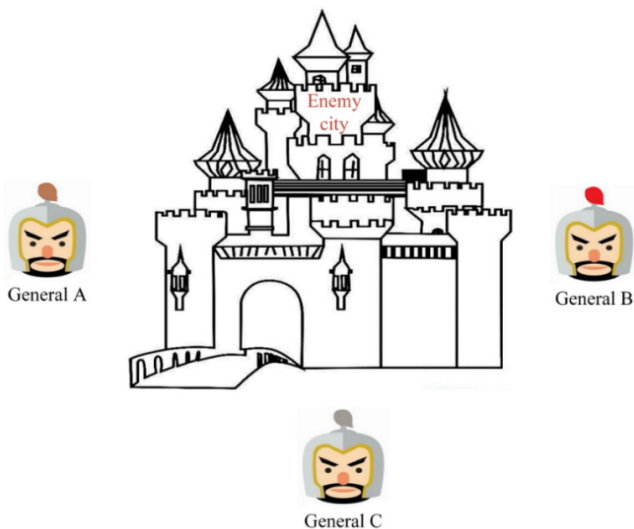


雜湊演算法簡略圖解，來源：<https://cybersecurityglossary.com/hash-function/>

## 區塊鏈的靈魂：共識機制

區塊鏈的共識問題，歸根究底是一致性的問題，而區塊鏈的共識機制演算法從比特幣誕生之日起，就面臨挑戰，業界也在不斷從理論和應用各個層面進行探索和改進。1982年圖靈獎得獎者萊斯利·蘭伯特 (Leslie Lamport) 發表了一篇重要的論文《拜占庭將軍問題》(The Byzantine Generals Problem)，由此展開了長達幾十年的討論，如何在存在惡意行為(如消息篡改或偽造)的情況下使分散式系統達成一致。

拜占庭將軍問題描述了這樣的一個場景：拜占庭帝國 (Byzantine Empire) 的幾位將軍和軍隊圍攻一個城市，將軍們只能通過信使互相溝通，在觀察敵情之後，他們必須制定一個共同的行動計劃，如進攻 (Attack) 或者撤退 (Retreat)，且只有當半數以上的將軍共同發起進攻時才能取得勝利。然而，其中一些將軍可能是叛徒，試圖阻止忠誠的將軍達成一致的行動。更糟糕的是，負責消息傳遞的信使也可能是叛徒，他們可能篡改或偽造消息，也可能丟失消息。



拜占庭將軍問題，來源：<https://liebing.org.cn/byzantine-generals-problem.html>

在分散式系統領域，拜占庭將軍問題中的角色與電腦世界的對應關係如下：

- 將軍，對應電腦節點；
- 忠誠的將軍，對應運行良好的電腦節點；
- 叛變的將軍，被非法控制的電腦節點；
- 信使被殺，通訊故障使得消息丟失；
- 信使被間諜替換，通訊被攻擊，攻擊者篡改或偽造資訊。

長期以來，有很多解決拜占庭問題的演算法被提出，但都存在運行過慢或複雜度過高的問題，直到1999年，米格爾·卡斯楚 (Miguel Castro) 和巴巴拉·利斯科夫 (Barbara Liskov) 提出「實用拜占庭容錯演算法」(Practical Byzantine Fault Tolerance, PBFT演算法)，將演算法複雜度由指數級降低到多項式級，使得拜占庭容錯演算法在實際系統應用中變得可行。

1993年辛西婭·德沃克 (Cynthia Dwork) 和莫尼·諾爾 (Moni Naor) 提出了Proof of Work共識機制的初始概念。PoW即工作量證明制。PoW共識機制必須通過一定的工作量，來獲得相應的獎勵。可以簡單理解為，你把老師出的很多難題都寫出來了，老師給你獎勵。

PoW機制是一種多勞多得的模式。它的優點在於公平公正，完全去中心化，避免了建立和維護中心化信用機構的成本，而破壞整個系統需要投入巨大成本，所以系統有一定安全保障。但PoW機制的缺點也很明顯，例如比特幣挖礦造成大量的算力和能源浪費、處理效率低 (每秒只能處理

7筆左右的交易)等。

2011年，一個名為Quantum Mechanic的用戶，在Bitcointalk論壇首次提出了Proof of Stake，來解決PoW機制的以上問題。

PoS (Proof of Stake) 即權益證明機制，是一種依據個人持幣時間長短獲得權益來達成共識的一種機制。簡單來說，就像你在銀行存款，銀行根據你存的數位貨幣的多少和存放的時間，給你發放利息，你持有貨幣越多、時間越長，你得到的利息就會越多。典型區塊鏈專案如以太坊，就是從PoW機制切換至PoS機制。

總括來說，隨着網路路由、密碼演算法和共識機制等關鍵技術在理論層面和實踐層面相繼被解決，通往區塊鏈的道路基本暢通了。

## 比特幣及其朋友圈：虛擬貨幣

2008年雷曼兄弟倒閉，金融危機在美國爆發並迅速向全世界蔓延。為了應對危機，世界各國政府和中央銀行採取了史無前例的財政刺激方案和擴張的貨幣政策，並對金融機構提供緊急援助，但這些措施卻引起了廣泛的質疑。也正是在這一年，中本聰發布了比特幣白皮書，並於當年11月推出了比特幣系統的先行版本。

2009年1月3日中本聰在世界的某個角落，用私人電腦在比特幣網絡上進行了第一次挖礦，比特幣創世區塊就此誕生，50枚比特幣作為挖礦獎勵也隨即被放置到了中本聰的錢包當中。在創世區塊中，中本聰留下這樣一句話：「The Times 03/Jan/2009 Chancellor on brink of second

bailout for banks」(2009年1月3日:財政大臣正處於實施第二輪銀行緊急援助的邊緣)，而這句話剛好是《泰晤士報》當天的頭版文章標題，反映的是英國政府在2008年金融危機後未能有效地刺激經濟。中本聰的這個行為，被認為是向傳統金融領域發表的個人宣言，同時也是一個具有重要歷史意義的時間戳記。



來源：泰晤士報



比特幣價格走勢圖，來源：<https://history.btc123.fans/>

如上圖所示，在誕生之初，比特幣基本無人問津，價格基本為零。2010年7月左右，日本的比特幣交易所Mt.Gox建立，交易量突然上漲，到11月的時候，Mt.Gox上單枚比特幣價格已突破0.5美元，這也是最早可在交易所查詢的比特幣價格。

2011年3-4月，比特幣發展史上迎來一次重大轉折，那就是比特幣



與英鎊、巴西幣、波蘭幣等法幣兌換交易平台上線，隨後《時代週刊》、《福布斯》等大型媒體相繼發表相關文章，比特幣曝光率一路飆升、正式進入公眾視線。

2012年12月6日，世界首家官方認可的比特幣交易所——法國比特幣中央交易所誕生，Coinbase、Bitfinex、Localbitcoins交易所也在這一年成立。

到了2016年，比特幣市場迎來重大發展，受英國脫歐、美國特朗普當選總統、印度「廢鈔行動」等事件影響，越來越多的投資者在動盪不明的政治經濟局勢下，傾向將虛擬貨幣作為資產避險的重要手段。

為了在牛市中抓住更多機會，人們紛紛從比特幣轉向其他虛擬貨幣，更多人選擇了更快捷且價格低廉的乙太幣和萊特幣，帶動了虛擬貨幣牛市行情，不斷創造出百倍幣、千倍幣、萬倍幣等ICO (Initial Coin Offering) 神話。

虛擬貨幣的過分炒作引發了各國監管的擔憂，相繼推出加強虛擬貨幣監管的政策。2017年8月新加坡貨幣管理局 (MAS) 發布《新加坡貨幣管理局澄清在新加坡提供數位代幣的監管立場》將虛擬貨幣的發行納入監管；2017年9月中國人民銀行、網信辦等七部門聯合發布《關於防範代幣發行融資風險的公告》，將ICO定性為未經批准非法公開融資的行為，要求清理整頓ICO平台並組織清退ICO代幣；2018年3月美國證監會 (SEC) 發布《關於可能違法的數位資產交易平台的聲明》，確認數字資產屬於證券範疇，交易所必須在SEC註冊或領取牌照。

2023年11月全球最大的加密貨幣交易所之一的FTX宣布啟動破產重組程序，其創始人薩姆·班克曼-弗裡德 (Sam Bankman-Fried) 在其刑事欺詐案中被判有罪。同月，加密貨幣平台Bittrex宣布將關閉所有業務。全球眾多虛擬貨幣交易平台開始崩盤，掀起了「大地震」。此時，香港虛擬貨幣市場也亂象頻生，2023年10月無牌虛擬資產交易平台JPEX爆雷事件持續發酵，受害人損失逾15億港元，被視為「香港幣圈涉刑第一案」。

時間	比特幣價格 (單位/美元)	備註
2010.11	0.5	最早可在交易所查詢的價格
2011.06	31.9	創造歷史新高
2012.02	2	Mt.Gox爆發「黑客事件」，價格第一次暴跌
2012.12	13.69	2012.11.28第一次減產
2013.04	266	第一次步入牛市
2013.07	111.7	開始震盪
2013.12	1205.7	第一次超過國際金價
2014.03	262.8	Mt.Gox再次遭到黑客攻擊，第二次暴跌
2015.01	157.3	到達熊市底點
2016.12	982.6	2016.07.09第二次減產
2017.12	19870.6	第一次歷史高值
2018.11	4039.7	熊市再次到來
2019.06	13929.8	全球股市下行，比特幣避險屬性越發明顯
2020.03	6412.5	2020.05.12第三次減產
2020.12	29298.8	再次步入牛市
2021.11	68990.6	第二次歷史高值
2022.05	26500.5	漫長低谷期
2022.11	15504.2	熊市底點
2023.06	31395.4	貝萊德提交比特幣ETF申請
2023.12	44697.6	比特幣ETF獲批謠言開始傳播
2024.02	52660	1月美國證監會正式批准11隻比特幣ETF申請
2024.03	72099.1	第三次歷史高值
2024.05	-	比特幣第四次減產

比特幣關鍵時點價格及原因，來源：根據公開資料整理

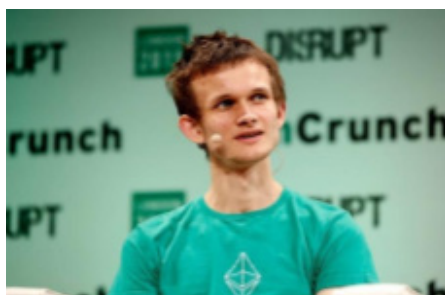
2024年1月以來，隨着美國證監會正式批准貝萊德等資管巨頭的入場，比特幣價格開啟「狂飆」。據Coindesk統計資料，截至2024年3月11日晚，比特幣價格再觸及歷史新高，逼近7.2萬美元，總市值突破1.4萬億美元，超越全球白銀市值。

作為新興金融市場，波動性是虛擬貨幣市場永恆不變的主題。由於沒有合規發行責任主體、沒有實體資產支撐、沒有足夠的信用背書，因此虛擬貨幣會比傳統金融產品具有更高的波動性和敏感性。

## 區塊鏈的破圈行動：智能合約

以比特幣為代表的虛擬貨幣時代，我們也稱之為區塊鏈1.0時代。如前面所述，該階段的區塊鏈主要用於貨幣發行、貯藏、交換等，實際的應用場景非常有限。這時，有一個少年維塔利克·布特林(Vitalik Buterin)認為，只有建立一條全新的區塊鏈，才能從根本上解決比特幣功能單一的問題。

2013年底年僅19歲的維塔利克發布了以太坊白皮書《以太坊：下一代智能合約和去中心化應用平台》，首次將「智能合約」(Smart Contract)引入區塊鏈，希望創建一種作業系統式的生態，人們可以利用該生態實現更多樣化的價值創造與轉移。智能合約是一種自動執行的電腦協定，它可以在滿足預設條件的情況下，自動執行相應的操作或轉移資金。就像自動售貨機一樣，預設一些條件，就可以自動執行售賣服務，而不需要人為干預。以太坊的出現，將區塊鏈的發展帶入了2.0時代。



維塔利克·布特林(Vitalik Buterin)  
來源: cryptonomist.ch

通過智能合約，我們可以將複雜的交易邏輯和規則以數位化的形式寫入區塊鏈中，並由區塊鏈的共識機制保證其自動執行，在沒有中介的情況下，實現安全、高效、透明的交易。也就是說，基於區塊鏈的智能合約的構建及執行有三步：

- 多方用戶共同參與制定一份智能合約；
- 合約通過P2P網路擴散並存入區塊鏈；
- 區塊鏈構建的智能合約自動執行。

為了方便理解智能合約，我們舉一個生活中的例子。假設一位明星要發起一個慈善項目，他希望募捐10億港幣來幫助殘疾人士，並且承諾如果募捐成功，他會給每位募捐者送一件產品作為回報。傳統的方式需要經由協力廠商平台發布，並且將捐款交給平台保管，依賴平台監督專案的進展和發放消息。如果使用智能合約，他就可以直接在區塊鏈上發布項目，並且把捐款項存入一個智能合約裏。智能合約會根據預設的條件和規則來自動執行專案的流程。比如「如果在30天內募捐到10億港幣，就把錢轉給需要救助的殘疾人士，並且要求發起人在60天內完成產品製作，並發送給募捐者」，這樣就可以避免平台的干預和風險，並且提高項目的效率和信任度。



傳統合約vs智能合約

來源：<https://tallyfy.com/smart-contracts-on-the-blockchain/>

美國、歐盟等發達國家和地區率先在金融領域對智能合約嘗試應用。2016年高盛投資的研究專案報告提到，區塊鏈技術的實施可以簡化現金證券的結算，每年將為全球資本市場節省60億美元的資金。美國數字商務協會在報告中列舉了智能合約在證券、融資、保險等多個金融應用領域可能發揮的作用。

在具體實踐層面，互聯網金融科技公司R3 CEV於2015年成立了R3區塊鏈聯盟，專注研究和發現區塊鏈技術在金融行業的應用，並向全球銀行推出分散式總賬技術。例如，摩根、花旗集團等銀行機構通過與R3區塊鏈聯盟進行合作，運用智能合約，實現了跨境支付的即時結算，大幅提升了效率，同時降低了成本和風險。

在證券交易方面，2015年美國納斯達克交易所推出了基於智能合約的數位化證券產品管理平台Linq，專門處理私營公司pre-IPO的交易行為。平台提供管理估值的儀表盤、權益變化時間軸圖、投資者個人股權證明等功能，讓發行公司和投資者能更好地追蹤和管理證券資訊。區塊鏈技術替代原來經常採用的紙幣和試算表的記錄方式，大大提高了交易效率。

此外，2018年去中心化金融（DeFi）專案在以太坊上迅速發展，為金融領域帶來了去中心化的創新。DeFi系統基於智能合約技術，提供了一系列金融服務，如借貸、保險、交易等，這些服務無需任何中介機構，使用者可以直接進行交易，聲稱能夠大大降低交易成本、提高交易效率。但熱潮背後也帶來了新的爭議，外界對於以太坊智能合約的安全性質疑始終未能平息，DeFi的金融穩定性、資料的匿名而導致的不透明、與虛擬資產

行業的市場缺乏誠信、網路黑客攻擊的網路安全等這些問題，都對現行監管框架构成挑戰。

智能合約的激增，也給以太坊帶來了日益嚴重的交易擠塞和高燃料費用的問題，這亦是以太坊長期以來飽受詬病之處。

無論如何，隨着智能合約在金融領域的廣泛應用，大家逐漸將其視為區塊鏈的核心技術之一。智能合約讓區塊鏈從最初的虛擬貨幣體系，拓展到股權、債權和產權的登記、轉讓，證券和金融合約的交易、執行等金融領域，打開了區塊鏈世界應用的新領域。區塊鏈也從少數人的玩具，逐漸走向真實可用的技術解決方案。

## 區塊鏈的大航海時代：行業應用

越來越多的國家意識到區塊鏈的重要價值和技術潛力，紛紛將區塊鏈技術視為重要的數位化工具，積極投入到區塊鏈技術創新和行業應用中。例如，德國發布《德國國家區塊鏈戰略》，確定在金融、技術創新、投資、公共服務等五大領域的行動措施，並提出供應鏈、能源、物流、高等教育等應用領域的重點研究；澳洲推出國家區塊鏈戰略路線圖，從葡萄酒、銀行、金融業切入，加大產業投資力度，增強國際合作，提升產業競爭力；中國就區塊鏈技術發展現狀和趨勢進行中央領導層面的集體學習，提出要把區塊鏈作為自主創新的核心技術，確切重點方向，加大投入力度，著力突破一批關鍵核心技術，加快推動區塊鏈技術和產業創新發展。

此外，一種與公有鏈對應的技術路線——聯盟鏈，走進人們的視野。聯盟鏈不僅保留了區塊鏈的核心技術，包括密碼學、分散式網路、共識演



算法、智能合約等特性，而且不需要採用耗能較高的挖礦演算法，可基於實體經濟各類場景對網路架構、交易處理流程、安全防護等進行大量的改造、增補、創新。聯盟鏈通過有限節點共識，可將線下的信任規則轉移至線上，而不需要打破原有的規則體系。同時，聯盟鏈不依賴虛擬貨幣的結算，可避免虛擬貨幣炒作，降低監管難度。因此，聯盟鏈普遍受到行業和企業的歡迎，全球湧現出了一批優秀的聯盟鏈代表與專案。

2016年微眾銀行、騰訊、深證通、深圳金融科技協會等20家金融機構和科技企業共同發起成立「金鏈盟」，並推出金融級區塊鏈開源平台 FISCO BCOS。隨着聯盟生態的持續繁榮，現已經發展成為中國最大最活躍的開源聯盟鏈生態圈之一，匯聚了超100,000名個人成員、5,000多家企業，共建共治共用，湧現出400餘個標竿案例。

行業	應用
<p>跨境數據</p>	<p><b>【跨境資料驗證平台】</b> 粵港澳政府依託FISCO BCOS平台，針對三地的資料流程動和跨境業務辦理進行了全新探索。 2022年粵澳跨境資料驗證平台正式上線。該平台基於個人資訊可攜帶權，依託區塊鏈的不可篡改性及可追溯性，確保了跨境資料的真實可靠及私隱安全。2023年深港跨境資料驗證平台建設工作正式啟動。該專案也基於聯盟鏈為深港兩地機構提供高效的跨境資料驗證服務基礎設施，進而為兩地的居民及企業提供便捷的跨境互聯互通服務體驗，可支援跨境供應鏈、金融、跨境融資、跨境保險理賠、跨境不動產抵押、跨境銀行開戶、跨境財富管理、跨境資產轉讓等金融場景，以及跨境商事服務、跨境職業認證、跨境身份認證、跨境婚姻證明、跨境無犯罪證明等政務場景。</p>
<p>食品安全</p>	<p><b>【Food Trust】</b> 2018年IBM發布了食品溯源區塊鏈網路Food Trust，大中小型企業均可加入該網路。它為零售商、供應商、種植者和食品行業供應商提供來自整個食品生態系統的資料，以實現更高的食品可追溯性、增加透明度並提高效率。 IBM將區塊鏈應用於食品供應鏈上，只需短短幾秒即可快速追溯食物來源。交易得到多方的認可之後，將得到唯一的真實版本，不可再進行篡改。</p>
<p>政務</p>	<p><b>【區塊鏈電子發票】</b> 2018年騰訊主導的區塊鏈電子發票上線，全國首張區塊鏈電子發票在深圳國貿餐廳發出，能夠有效防止假發票、完善發票監管流程。透過連接每一個發票關係人，可以追溯發票的來源、真偽和報銷等資訊，解決發票流轉過程中一票多報、虛報、真假難驗等難題。該應用上線一年後，已開出電子發票591萬張，日均開出4.4萬張，累計開票金額達39億人民幣。</p> <p><b>【BitRegister】</b> 2017年瑞典的BitRegister專案通過將土地登記資訊儲存在區塊鏈上，實現了全國範圍內土地所有權和交易的透明化和即時性，提高了土地登記系統的安全和效率。 每一筆土地交易都會生成一個加密的區塊，並通過數位簽章的方式進行驗證，確保資料的真確性和完整性。</p>
<p>版權保護</p>	<p><b>【荷里活(Hollywood)版權保護專案】</b> 2018年美國荷里活引入區塊鏈等技術用於內容共用和版權保護，透過記錄版權的使用和交易的環節，一旦出現版權糾紛，利用區塊鏈就能追溯全部過程。</p>
<p>綠色低碳</p>	<p><b>【ESGC基準報告應用】</b> 為了更好地確保ESG基準報告的認可度，2023年香港的環境治理公會在發布過程中積極引入FISCO BCOS區塊鏈技術，將報告的發布過程和資訊全部上鏈，確保內容不可篡改、全程可追溯。</p>



# 科技倫理



## 前言

2023年美國電影《奧本海默》成為第96屆奧斯卡的最大贏家，囊括七項大獎，包括最佳影片、最佳導演、最佳男主角，以及其他多項頂級獎項。該片深刻地探討了科技進步與人性倫理之間的關係，以及科學家在其中的責任和挑戰。奧本海默這位「原子彈之父」在核彈被用於戰爭後，對科學與政治關係作出反思。他為阻止納粹德國的核武器而研製核彈，結果在德國投降之後造成了更大的戰爭威脅，他感嘆道，「如今我已成為死神，世界的毀滅者」。

該電影展現了科技之巔與人性深淵之間的矛盾和衝突、科學家在政治和社會決策中的角色以及個體在面對倫理和道德選擇時的內心掙扎，以及這些矛盾對個人命運和人類未來的影響，提示我們在追求科技進步的同時，必須始終保持對道德和倫理的敬畏和關注。



圖：1963年的奧本海默  
來源：Associated Press

人類對科技發展的恐懼簡單稱為技術恐懼 (Technophobia)，可以追溯到遠古時期，在不同的時期和不同的科技進步階段，這種恐懼可能會有所不同，並受到文化、社會和個人價值觀等多種因素的影響。人們

同時意識到，科技的發展帶來了許多益處和進步，就如同火、電和汽車，既能導致人類死亡，也能讓人類變得更強大，所以追求科技創新的積極作用的同時，也要認真考慮和管理潛在的風險和影響。

儘管古代對科技的恐懼延續了數千年，但農耕時代人們終究還停留在一畝三分地，當時的人類對超智慧的物品賦予更多幻想。後來隨着科學的發展，首先引起教廷的「恐懼」，他們更多地擔心自由思想對其帶來的衝擊，如波蘭天文學家哥白尼在1543年發表「日心說」，顛覆宗教傳統的「地心說」；布魯諾堅持己見，故被宗教裁判所判為異端，於1600年在羅馬鮮花廣場被燒死。

從今天來看，人類對科技發展的恐懼在近代集中爆發，對大多數人來說，十八世紀末至十九世紀的工業革命是人類歷史上的一個轉折點，機械化生產取代了手工勞動，大規模製造工廠出現，蒸汽機和紡織機等新技術的發明使得生產效率大幅提升，但也第一次引發了對工作崗位的擔憂，工人階級擔心會因機械化而失業，這種恐懼在1811年的英國引發「破壞機器運動」(Luddite movement)，也稱為「盧德運動」，工人們組織起來，拆除編織機的關鍵零件，破壞那些他們認為會奪走工作的機器。

然而科技的進展並沒有因為社會運動而結束，反而加快了腳步。很快，電氣革命又來了，十九世紀末到二十世紀初，電氣技術的發展引發新一輪的變革，這個時期的關鍵技術包括電燈、電力輸送系統和通訊技術，耳熟能詳的科學家包括尼古拉·特斯拉(Nikola Tesla)、托馬斯·愛迪生(Thomas Alva Edison)、邁克爾·法拉第(Michael Faraday)和亞歷山大·格拉漢姆·貝爾(Alexander Graham Bell)。而此時的恐懼並不比機

械時代少，人們也藉助電影來表達自己的不滿情緒，像查理·卓別林 (Charlie Chaplin) 的《摩登時代》、弗里茨·朗 (Friedrich Christian Anton Lang) 導演的《大都會》。

如前面提到，在二十世紀中葉，科學家們又發現了核裂變，並很快開發出原子彈，這時人們對技術的恐懼達到了頂峰。第二次世界大戰後期，三枚原子彈帶來的毀滅性能力被定格在所有世人的記憶裏。為什麼說是三枚？除了廣島和長崎的原子彈爆炸，還有7月16日在美國新墨西哥州索科羅縣的托立尼提沙漠代號為三位一體 (Trinity) 的核試驗，在爆炸的當天，一群露營的孩子看到7月的天空竟然飄起了雪，卻不知這是核塵埃，結果這12名孩子，其中11人都因不同類型的癌症在40歲前去世。管中窺豹，據後來調查，在美國和墨西哥，至少有數十萬生活在核彈試驗場下風處的居民在完全不知情的狀況下，直接暴露於核爆的放射性塵埃中。而在日本，廣島約有90,000—166,000人因核爆而死亡，長崎則有60,000—80,000人死亡。1945年後，冷戰時期的核威懾和核武器擴散進一步加劇公眾對核技術的恐懼。

二十世紀末至二十一世紀，計算機和互聯網興起，訊息時代來臨。雖然網絡技術帶來了巨大的便利和效率提升，但同時也引發了對侵犯私隱、網絡安全和數據濫用的擔憂。

二十一世紀初至今，隨着自動化水平的提高和人工智能的快速發展，人類對於未來的工作、經濟結構以及AI可能對人類自身決策能力和控制權的影響感到擔憂。機器學習和人工智能的進步讓人們擔心未來的就業前景，以及AI可能造成的道德和社會問題。同時生物技術的發展引發了

對基因編輯和克隆(Clone)等領域的恐懼，基因編輯可能導致人類遺傳基因的濫用和不可預測的後果。

## 人類與科技是敵也是友

近代人類對科技的擔憂可以追溯到十九世初。英國作家瑪麗·雪萊(Mary Shelley)在1818年出版的科幻小說，全名為《法蘭肯斯坦——現代代普羅米修斯的故事》，但更普遍被稱作《科學怪人》。小說講述年輕科學家法蘭肯斯坦有着強烈好奇心與求知慾，他從停屍間等地方偷取不同人體器官拼合成一個人體，並利用電擊使這個人體擁有生命。「他」起初天性善良，嚮往美好，但由於面貌醜陋而處處碰壁，在請求法蘭肯斯坦為自己製造一個配偶不獲答允後展開瘋狂報復，殺害法蘭肯斯坦的未婚妻等人。法蘭肯斯坦發誓要銷毀其作品，並一直追蹤對方到北極，後因受盡磨難病逝，「怪人」最後自焚而亡。



圖:1931年電影《科學怪人》海報

這部小說正式出版後引起轟動，廣受社會關注，並激發關於技術和倫理的討論。於是「法蘭肯斯坦綜合症」(Frankenstein Syndrome)由此而誕生，它捕捉了大眾對科學和技術進步的憂慮與不安，尤其是那些擁有巨大潛力能改變或超越現有自然秩序的技術。「綜合症」泛指擔心科技可

能產生負面後果、損害人類福祉或倫理原則的情緒，涉及以下方面：

1. 科技發展可能引發無法預料或控制的副作用，如生物技術中可能出現的新病毒或變種生物；
2. 在追求科學發現和技術創新的過程中，可能會超越道德和倫理界限，忽視科技對人類社會和個體的潛在影響；
3. 通過科技手段對生命和環境進行的修改可能破壞自然平衡，或者創建出無法融入、擾亂生態系統的實體；
4. 在對人的身體和思維進行技術增強的過程中，引發對失去人性本質、個體獨特性和自由意志的擔憂。

這些憂慮反映人類面對新興技術時的深層次心理和文化不安全感，以及對科技應用帶來的潛在社會變革的警覺，特別是當科學技術的發展速度和影響力超出人類道德倫理和社會法規制約。

與「法蘭肯斯坦綜合症」(Frankenstein Syndrome)相對應的，還有一種思潮，被稱為技術樂觀主義(Technological optimism)，它對科技進步持積極樂觀態度，相信科技發展能夠為人類社會帶來福祉，解決各種問題，提高生活質量，並認為新技術會不斷湧現並被廣泛應用，催生新的產業和就業機會。一些技術樂觀主義者總是會盡力描繪某類科技或者未來「烏托邦」世界場景，他們認為，某種技術很快將使人類達到「奇點」(技術爆炸性突破)，開啓全新的商業乃至文明階段。

實際上，這兩種思潮共同主導了近幾十年世人對新技術的討論，當

一種新技術出現，總有一方持有相對肯定、樂觀的觀點，另一方則傾向悲觀、懷疑、恐懼。需要讀者們注意的是，這並不只是社會精英的探討，而是會深入到社會生活的每個層面。當某種新疾病爆發，科學家研製出疫苗對抗病毒，你選擇是打疫苗還是不打？背後可能都涉及到對某種科技的樂觀或悲觀的態度。

人工智能倫理最早進入公眾討論，來自科幻小說作家阿西莫夫提出的「機械人三定律」。阿西莫夫不僅是哥倫比亞大學化學博士，更是全能作家，曾獲科幻界最高榮譽的「雨果獎」和「星雲終身成就大師獎」。阿西莫夫一生著作多達數百本，內容遍及科學、天文、生物等，其中一本小說《I, Robot》在1950年出版（曾拍成電影《智能叛變》），淵博的學識使他筆下世界兼備奇幻的想像和高度的預言性，「機械人三定律」幾乎成了以後科幻作家創作有關機械人作品時必須遵循的法則。

第一定律：機械人不得傷害人類個體，或者目睹人類個體將遭受危險而袖手旁觀。

第二定律：機械人必須服從人類給予它的命令；該命令與第一定律衝突時例外。

第三定律：機械人在不違反第一、第二定律的情況下要盡可能保護自己的生存。

阿西莫夫就在三定律的框架下創作了一系列短篇機械人科幻小說。在他筆下的小說，機械人都是在穿插於這些法則的前提下逐漸展開故事。同時，三定律的影響力也具有一定現實意義，有人在三定律基礎上建立了「機械倫理學」，旨在研究人類和機械之間的關係，也可說是開創了人

工智能倫理學的先河。

「人工智能」一詞，大多數人認為是麥卡錫(John McCarthy)的原創，他因在人工智能領域的貢獻而在1971年獲得圖靈獎。正是他在1956年的達特茅斯會議上提出了「人工智能」這個概念，被稱為「人工智能之父」，我們在章節一的〈人工智能的前世今生〉中有更多介紹。

另一位重要人物是圖靈(Alan Turing)，他對機器智能(人工智能的前身)作出深刻思考，並在一篇著名論文《電腦機械與智能》裏提出了「人工智能」創新概念，以及影響極深遠的「圖靈測試」，用來判斷電腦是否會像人類一樣真正地進行思考。在一次訪談中，圖靈提出了如何測試機器智能的想法：讓電腦來冒充人，如果超過30%的裁判誤以為在和自己說話的是人而非電腦，那就算是「成功」。

早在1948年圖靈曾經提到機器智能有embodied intelligence(具身智能)和disembodied intelligence(無具身智能)之分，他明確列出下棋、語言學習及翻譯、加密學、數學都屬於後者，而前者更多會以人形的方式出現；但後來在1950年他又把這兩者修改為「體力」與「智力」之分，好比電影《變形金剛》與《未來戰士》的區別。從構想到現實，歷經半個世紀，到今天這些話題才有一些真正落地、讓公眾耳熟能詳的產品，如生成式人工智能(GenAI)、掃地機械人等。

值得注意，當科學家或企業創始人出於不同目的炒作某種技術，科技樂觀主義者及時參與，引起社會廣泛討論，亦可能引發公眾對某種科技的恐懼。實際上，大部分技術從起步到落地，通常經過很長的時間，可能早

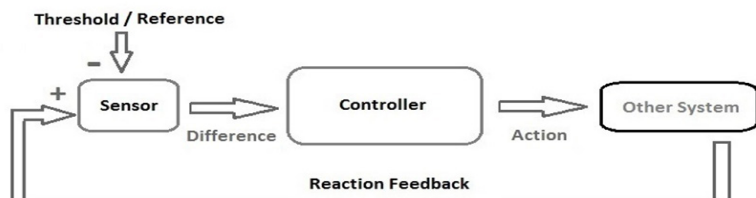


已不是原來的模樣，當初的爭論熱點變得無足輕重，例如當克隆技術面臨樽頸，原來的克隆羊曾引起的社會倫理爭論如今已經沒人再提起。

從社會心理學角度，科技發展帶來的恐懼通常源於未知、失控和潛在的負面影響，體現了人類社會化和認知特點。事實上，隨着科技不斷進步，社會、經濟、法律和倫理體系也在不斷演變及適應，以確保科技得到合理的利用並減少其潛在的風險。

諾伯特·維納 (Norbert Wiener) 是控制論始創人，生前是麻省理工學院榮休教授，其奠基著作《控制論 (Cybernetics)》在1948年出版，有趣的是維納把這本書的副標題名為《關於在動物和機器中控制與通訊的科學 (Communication in the Animal and the Machine)》。這本書背後的梅西會議 (Macy conferences) 更加有趣，當時各個學科山頭林立，大家各各做各的。有兩位腦科醫生 Frank Fremont-Smith 和 Lawrence K. Frank 說服 Josiah Macy, Jr. 基金會把相關科學家組織起來，後來又擴大到更多的學科，1946到1953年間舉行了十次以控制論為主題的會議，在此期間誕生了涵蓋了跨文理多個學科的控制論。

按照維納的定義，控制論旨在發展一種理論和標準，使我們能夠真正解決高級計算技術領域中的控制與通訊問題。



**A Cybernetic Loop**

圖：控制論基本原理圖，來源：Cybernetics

控制論的核心問題涉及3個基本方面：①通訊與控制之間的關係。一切系統為了達到預定的目的，必須經過有效的控制。有效的控制一定要有訊息反饋，人控制機器或計算機控制機器都是一種雙向訊息流的過程。②適應性與訊息和反饋的關係。適應性是系統得以在環境變化下能保持原有性能或功能的一個特性。③學習與訊息和反饋的關係。反饋具有用過去行為來調節未來行為的功能。反饋可以是簡單反饋或複雜反饋。在複雜反饋中，過去的經驗不僅用來調節特定的動作，還可對系統行為制訂全盤策略，使其具有學習功能。

控制論對今天的影響極為深遠，其應用不限於技術和工程領域，在經濟、社會科學乃至政治思想中也極為廣泛。其核心在於利用反饋機制確保系統的穩定性和優化，這一理念已廣泛應用於諸如自動化製造和社會管理等多個領域。特別需要指出的是，控制論正好論證了人工智能系統更應該考慮人類、計算機以及更廣泛的生態世界之間的關係，讀者們也由此可以看出，跨學科思維對於理解科技與人類之間的關係十分重要。

## 人工智能倫理是個多面體

早期人們對人工智能倫理的關注都出於想像，更多把機械人（甚至是UFO）作為假想敵，害怕失去了在地球上的主導地位。然而隨着人工智能技術的發展和普及，人們對AI的倫理關注已經從對抗式的擔憂轉變為更加關注其在日常生活中的滲透和影響。例如AI系統通常需要處理大量的數據來提供服務，人臉識別和個性化推薦是生活中常見例子。這也引發了很多人對個人私隱保護的擔憂，以及如何安全地處理和儲存這些數據的問題。AI在企業的決策過程中的作用日益增大，比如在貸款審批或法律裁決中，人們越來越關注這些決策的透明度和可解釋性。擔心的原因之一

是AI會因為數據的質量及偏見，容易導致不公平或歧視性的結果。例如，早期的人臉識別系統在不同種族之間的準確率有偏差，導致不公正的待遇。

隨着AI在日常生活中扮演的角色越來越大，如何以公平的方式設計和實現人機交互變得越來越重要。人們正在探討應該如何設定AI的道德參數，以確保它們的行為符合人類的價值觀和倫理標準。

最近因為通用人工智能的興起，大家開始擔心AI系統可能會在某些情況下自主行動，即AGI (Artificial General Intelligence)，亦被稱為強AI。人們擔心如何保持對這些系統的適當控制，以防它們的行為偏離預期或造成損害。但從目前來看，我們首先要關注可能是技術能力的壟斷，會否加劇權力和財富的集中，特別是當少數大型科技公司控制着某些先進技術資源。這些倫理新生問題需要得到深思熟慮的討論和適當的解決策略。國際組織、政府、私營部門以及學術界正在共同努力，制定指導原則和標準來應對這些挑戰。

## 自動化汽車的普及還欠什麼

在2018年，一輛優步公司 (Uber) 配備自動駕駛功能的沃爾沃XC90汽車在美國亞利桑那州坦佩市撞死了一位49歲的女行人，這是自動駕駛汽車首次造成行人死亡的案例。

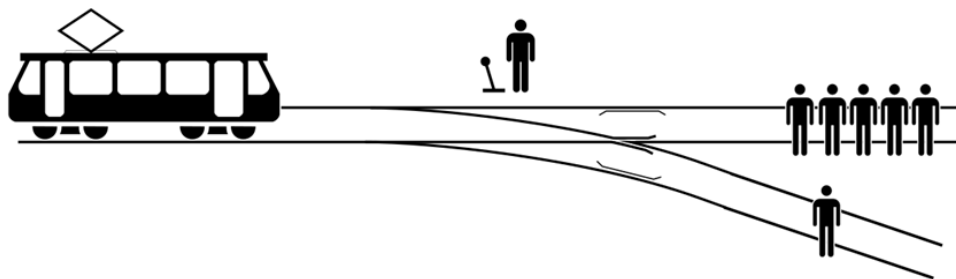
事故發生時，這輛優步自動駕駛汽車正以約64公里時速行駛，當時處於自動駕駛模式，車內監控視頻顯示，優步指派的安全員大部分時間都低著頭，在手機上看電視節目，偶爾才會望向前方，直到最後一刻才驚恐

地試圖轉向，但為時已晚。事故後，優步暫停了北美的自動駕駛測試計劃。調查報告指出，事故的原因可能與優步自動駕駛系統中的軟件有關，該軟件負責決定如何對傳感器檢測到的物體作出反應。此外，事故發生前的一年半裏，優步的自動駕駛測試車已經發生了37宗事故。美國檢方宣布，儘管在這次事故中，優步公司不須承擔刑事責任，但作為安全員的優步員工被控過失殺人。

這件事件既引發了對自動化汽車安全性的廣泛關注，同時也引起了對責任歸屬的討論。這個案例突顯了在無人駕駛技術發展的同時，制定相應的責任歸屬原則和保險政策的迫切性。自動化汽車的決策系統通常是基於複雜的機器學習模型，這些模型的決策過程往往不透明。例如，特斯拉和其他公司的自動駕駛系統如何在特定情況下作出決策，對外界來說很難理解。這導致了對算法可解釋性和透明度的需求，以便監管機構和公眾可以信任這些系統。

自動化汽車最重要的倫理問題之一是安全性和責任歸屬。無人駕駛汽車在遇到緊急情況時，如何作出決策是一個倫理難題。例如，當遇到行人衝出馬路的情況，車輛應該如何選擇？保護乘客的安全還是保護行人的生命？這涉及到所謂的「無人駕駛車輛道德困境」，其背後又是倫理學經典的兩難選擇——「電車難題」(Trolley Problem)。電車難題是指一部失控的電車即將撞到五個無辜的人，你站在可以控制電車轉向的槓桿旁邊。如果你拉動槓桿，電車將轉向另一條軌道，但那條軌道上有一個人。問題在於，你是否應該拉動槓桿，犧牲一個人來拯救五個人。經典的討論主要圍繞後果主義和義務論兩大倫理理論。後果主義者可能會主張拉動槓桿，因為這樣可以把幸福最大化(即拯救更多的人)。而義務論者可能會反

對這樣做，因為他們認為直接採取行動導致一個人死亡是不道德的，即使這樣做是為了拯救更多的人。無人駕駛又將把人類都沒有討論清楚的規則，卻要納入到機器作出選擇的範圍內。



圖：電車難題，來源：Wikipedia

此外，當發生事故時，責任應該由誰來承擔——是製造商、車輛所有者、還是其他因素（如其他司機或道路條件）——也是一個複雜的倫理問題。自動化汽車的發展需要新的法律和監管框架來處理上述倫理問題。法律需要訂明責任歸屬、私隱保護、數據安全等多方面的規定。同時，監管機構需要確保這些規定得到執行，並防止濫用。

倫理對自動化汽車的發展有著深遠的影響。它要求技術開發者、政策制定者和社會各界人士在推進技術的同時，需要全面考慮和平衡各種倫理問題，確保技術進步能夠在尊重個人權益和社會公正的基礎上，為大眾帶來更大的福祉。

## 身份識別與私隱保護的演變

1993年《紐約客》雜誌上的一幅漫畫是電腦前面坐着兩隻狗，標題寫着：「在互聯網上，沒有人知道你是一隻狗」（On the Internet, nobody knows you're a dog）」，該漫畫由彼得·斯坦納（Peter Steiner）創作，

充分體現了早期互聯網普遍具有的匿名性，也表現出互聯網早期的自由開放色彩。



來源：紐約客

此後廿多年來，互聯網讓市場變得更有效率，為消費者帶來更大便利，保險費變得更加便宜，旅行規劃更容易，電商平台上的商品琳琅滿目，然而除了效率的提升，還發生了微妙的變化。互聯網把真實的身份模糊化了，包括種族、性別和年齡。有人認為這不是更能促進公平，減少了現實生活中的歧視現象嗎？

2003年有一個網絡虛擬遊戲《第二人生》(SecondLife)推出，該遊戲只提供土地，土地上的一切由玩家自己決定，可以在遊戲中做許多現實生活中的事情，比如吃飯、跳舞、購物、卡拉OK、開車、旅遊等等，通過各種各樣的活動，全世界各地的玩家可以相互交流。第二人生是一個網絡遊戲 + 社交網絡 + Web 2.0的組合，體現了虛擬身份真假難分的現象，也帶來了一些關於法律及信任的困擾。最終自由與安全之間能否保持平衡，由誰來負責？

互聯網時代開啓以後的十年，網上已經充斥著各類人等，完全不認識的人可以彼此提供各種服務，比如交易、轉賬、外賣、娛樂。有一段時間，身份認證似乎變得不那麼重要。2015年《紐約客》刊登了另一幅由卡姆拉安·哈菲茲 (Kamran Hafeez) 創作的漫畫，1993年那幅漫畫中的兩條狗也出現在其中，但新漫畫的標題變了：「還記得在互聯網上沒有人知道你是一條狗的往昔歲月嗎？」。

公眾和組織真正對身份識別和私隱的重視，大都來自「稜鏡門」事件。2013年前美國中央情報局僱員愛德華·斯諾登 (Edward Snowden) 向英國《衛報》和美國《華盛頓郵報》爆料，揭露了美國國家安全局 (NSA) 實施的一項代號為「稜鏡」的秘密監聽計劃的內幕。根據斯諾登提供的文件，「稜鏡」計劃始於2007年小布殊政府時期，NSA一直在9家美國互聯網公司如谷歌、Facebook等進行大規模的數據挖掘和監聽活動，獲取用戶的電子郵件、聊天紀錄、照片等各種個人訊息。

稜鏡門一經曝光，隨即引發全球對美國大規模網絡監視行動的關注和強烈譴責，斯諾登因此被美國政府通緝，面臨間諜罪、盜竊罪和未經授權洩露國防及情報訊息等罪名的指控。稜鏡門事件不僅令美國政府尷尬和怒火中燒，而且在全球範圍內引發了對網絡監控、個人私隱、訊息公開等倫理和法律問題的廣泛討論。

稜鏡門在客觀上推動了「去中心化身份 (Decentralized Identity)」的發展。去中心化歷史起源於2001年的Zooko's Triangle理論，提出了一個網絡名稱應同時滿足三個屬性 (安全、去中心化、人類可讀) 的難題。去中心化身份最大好處是可以讓用戶自主控制個人數據，減少被監控和濫

用的風險。以太坊的聯合始創人Dr. Gavin Wood在稜鏡門發生後的一年，總結出Web3概念，包括去中心化身份作為其核心組成部分，Wood強調去中心化的重要性，即數據所有權和控制權應該分散到互聯網用戶手中，而不是集中在少數大型企業手中。

可以從上看出，儘管出現各種事件，人類對虛擬世界的探索從未停止。在尼爾·斯蒂芬森的科幻小說《雪崩》中，斯蒂芬森構想了一個名為「Metaverse」的虛擬世界，人們可以在其中通過數字化身 (Avatar) 進行互動。這個概念隨後逐漸發展，影響了後來的科技和文化產業。在1999年電影《黑客帝國》、2018年電影《頭號玩家》進一步推廣了類似的概念，展示了一個由人工智能控制的虛擬世界。隨着技術的進步，特別是虛擬現實 (VR) 和增強現實 (AR) 技術的發展，元宇宙的概念開始變得更加具體和可實現。

在人工智能及科技的發展元宇宙的推動下，身份管理將成為數字世界的重要環節，在虛擬世界中用戶希望通過代理或匿名身份 (Pseudo/anonymous identity) 來保護個人私隱或更好地掌控其虛擬身份 (元宇宙稱為分身)。它可以讓用戶在虛擬和現實身份之間保持分隔，從而有助保護個人私隱和防止身份盜竊的可能性。此外，代理身份可以讓用戶更好地掌控一對多關係的虛擬身份。適度的管理這種真實與虛擬身份將有助建立虛擬互動信任和可信度。至於誰去制定代理身份的規則和準則，乃至用什麼方式驗證虛擬與真實身份的關係？在未來，我們可以預期將會看到更多的分散化身份解決方案湧現，這些方案將充分利用區塊鏈、去中心化技術和密碼學等技術手段，為元宇宙中的用戶提供更安全、更自主和更便捷的數字身份驗證方式。



其中，世界銀行去中心化身份管理項目是一個名為ID4D的項目，旨在解決全球範圍內超過10億人口缺乏有效身份證明的問題，該項目將使用去中心化的身份驗證方法，以保護用戶的私隱和安全。用戶的個人訊息將被儲存在區塊鏈上，只有授權的機構和個人才能訪問這些訊息。此外，該項目還將利用人工智能和機器學習技術來驗證和審核身份訊息，以確保其真實性和準確性。

此外，Decentralized Identity Foundation是一個非牟利組織，匯集了企業、組織和個人，旨在開發去中心化身份管理的開放生態系統。該基金會的使命是創建一個開放和互操作的去中心化身份生態系統，使個人、組織和設備能夠以安全和可信的方式相互交互。還有Sovrin基金會，它是一個非牟利組織，旨在通過開發和維護分散式數字身份網絡Sovrin Network，推廣自我主權身份 (SSI)。自我主權身份指的是個人應該控制自己的個人數據和共享方式，而不是依賴中心化權威機構。

隨着元宇宙的不斷發展和擴大，身份解決方案會變得越來越重要。在元宇宙中，數字身份是連接現實世界和虛擬世界的關鍵，它允許用戶在虛擬世界中進行各種交互和交易，例如購買虛擬商品、參加虛擬活動、建立社交網絡等等。傳統的中心化身份驗證方法可能無法滿足元宇宙的需求，因為用戶需要在不同的虛擬世界中使用不同的身份驗證系統，這可能會導致私隱洩露和安全問題。因此，強大而分散化的身份解決方案可以提供更安全、更能保護私隱和更方便的身份驗證方式，同時讓用戶擁有對自己身份和數據的掌控權。

## 虛擬世界的真人與瘋子

大家對「平行宇宙」這用詞應該不會陌生，最早涉及到平行宇宙概念的作品之一是穆雷·萊恩斯特 (Murray Leinster) 於1934年出版的科幻小說《時間的分岔點》(Sidewise in Time)。在該小說探討的世界，不同版本的歷史可以同時發生。主人翁利用一種穿越平行宇宙的方法 (蟲洞是其中一說法)，以探索那些世界的歷史和文化發展。作為讀者的我一直在思考，穿越的「我」回到「原居地」後應該如何描述自己的身份好呢！

一個可能的例子是，假設某人在現實世界中是一名銀行家，在某個平行宇宙中是一個音樂家，這個人在兩個平行宇宙中的身份訊息可能會有所不同，因為他在兩個平行宇宙中從事的職業和生活經歷是不同，但是他的基本生物特徵和個人訊息是相同的。

平行宇宙的觀點並非空穴來風，它也可稱為多世界詮釋 (the many worlds interpretation)，是量子力學詮釋的一種。它假定存在無數個平行世界，並以此來解釋一個微觀世界的各種現象的量子論詮釋，其中一種假說是薛定諤給出的。

奧地利物理學者埃爾溫·薛定諤 (Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger) 在1935年做了一個名為「薛定諤貓 (Schrödinger's cat)」的思想實驗，一隻貓被放在一個密閉的盒子裏，與一個裝有毒氣的瓶子和一個放射性物質一起。如果放射性物質衰變，則觸發機制釋放毒氣，貓死亡；如果放射性物質不衰變，則貓活著，薛定諤認為，由於先前發生事件的隨機性質，貓在實驗前同時處於生死疊加的狀態。這個實驗原本旨在討論量子力學中，一個系統在未被觀測之前，它的狀態是處於多種可能性的疊加態，而不是非黑即白的確定狀態。

薛定諤的貓實驗既然暗示了量子系統存在多種可能性的疊加態，這為平行宇宙理論提供了一種解釋。在這種觀點下，貓既可能「死」也可能「活」，這些可能性都會在不同的平行宇宙中實現。

雖然虛擬世界和平行宇宙是兩個不同的概念，無獨有偶兩者都涉及多重身份及跨領域的問題。虛擬世界中多重數字身份和匿名性為用戶帶來很多創新應用，但也會引發私隱和社會影響的疑慮。首當其衝是個人不同虛擬空間的行為之間的連通性。如果一個人在不同領域表現矛盾行為，而又無法鏈接此人的多重身份，可能會導致信任危機和社會紛爭。例如人們可以使用多種虛擬身份進行活動和交易，但在不同的「世界」中的私隱和安全問題應該如何界定？某一個世界的虛擬隱身份包括其行為歷史及資產應否或可否在另一個「世界」共享？這些虛擬身份的不同角色如果引發一些道德和倫理問題包括欺詐、詐騙等，應該如何處理？

我們需要平衡好匿名性與可追溯性，在保障公眾利益方面，管理者應防止虛擬世界成為違法活動的溫床。這可能需要實名註冊，採取行為監控，並在必要時追溯用戶身份。然而過度監控也會過度限制用戶權利。在多重現實的概念之下，我們探索對未來「現實+虛擬」新空間的認知及可能性。對於弱勢社群或未能適應的群眾而言，虛實交替時段所帶來的衝擊，可能產生很多問題。

數字化下的虛擬世界帶來的是更美好的生活，還是更紛亂的世界？事實上，數字化產生的社會問題已經陸續浮現，傳統的管理方式很多已不合時宜。筆者覺得社會各方面必須正視，在發展數字經濟的同時，也要一併研究合適的社會政策。

迄今為止，尚未有國家出台系統的法規專門規範元宇宙等虛擬世界中的虛擬身份。但一些國家在數字經濟和虛擬貨幣等相關領域的規範中提到了虛擬身份，或針對特定應用情景提出了原則性指引。例如：

1. 新加坡《數據保護法案》提出運用虛擬身份進行身份驗證和跟蹤的原則要求，以保護用戶私隱，該法案於2022年1月生效。
2. 日本在《數字經濟促進法案》中提到數字化Avatar可以用於金融等領域，虛擬空間亦被納入法案適用範圍，這表明虛擬身份獲得初步關注。
3. 《中華人民共和國個人信息保護法》是中國首部全面規範個人訊息保護的國家法律，旨在保護個人訊息權益，規範個人訊息處理活動，促進個人訊息的合理利用。
4. 歐盟委員會發布的《歐洲人工智能規則提議》對使用虛擬或替代數字身份的AI系統進行了原則性規定，要求確保適當的安全與可追溯性。
5. 國際標準組織ISO已設立研究組，以研究元宇宙中虛擬身份相關標準，初步重點在虛擬身份建立、數據管理及互操作性等。

除此之外，一些國家和地區在區塊鏈、虛擬貨幣等領域的規範中也提到創建和使用虛擬身份進行交易等操作。但尚未形成完備的虛擬世界身份治理框架。整體而言，法規發展仍處於初期階段，需要跨界合作和國際對話促進規範規劃。

## 你今天被測試了嗎

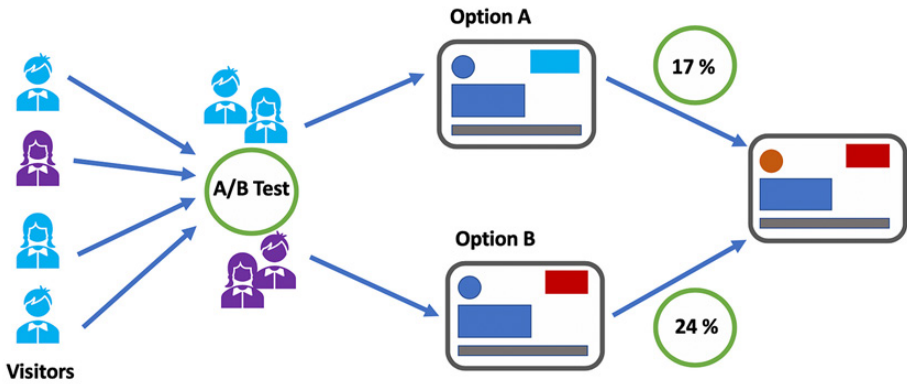
如果有人問你每天被A/B測試 (test) 多少次，你可能會一頭霧水：

哪有可能自己被測試而懵然不知呢？事實上，若收到要求做訪問的來電，大多數人會立即掛線。

首先我們得明白什麼是A/B測試。其起源可追溯到二十世紀初的統計學和實驗設計領域，用來比較兩種不同處理方式的效果，二十世紀中葉開始應用於市場營銷和廣告領域，例如比較不同廣告版本的效果，包括直接郵件營銷(direct mail marketing)，這些廣告人員透過試驗探索什麼標題、文案和圖片最能吸引收件人。

隨着時間推移，A/B測試在各行業越趨普遍，尤其在互聯網行業，其好處一是能夠分模塊展示不同產品設計的測試效果，二是向一定用戶群投放後，能夠立即得出較為準確的量化結論。後來隨着大數據分析和自動化測試工具的發展，A/B測試變得更加簡單易行，驟然變成互聯網企業高速增長的撒手鐮之一。

如今，A/B測試是一種常用的實驗設計技術，用於比較兩個或多個版本的產品或服務，以確定哪個版本能夠更好地實現特定業務目標(包括用戶體驗)。舉例說，一間電子商務公司可能想測試其產品頁面的兩個版本，以瞭解那個更能吸引用戶喜歡及購買。這種情況下，公司會把網站訪問者(具備某種特徵的群組)分成兩組，向第一組展示頁面版本A、第二組展示版本B，然後跟蹤及比較每個群組的點擊和購買率，以確定哪個版本更能迎合客戶。



來源：<https://towardsdatascience.com/how-to-conduct-a-b-testing-3076074a8458>

在優化網站、應用功能開發和營銷活動等方面，經常會用到A/B測試。在典型的A/B測試中，一個隨機樣本群體會被分為兩組或多組，每組獲展示不同的變量（例如各種顏調的圖片），再比較這些變量的表現，以確定哪個版本更優秀。這可以幫助公司更好地瞭解客戶需求和行為，從而制定更有效的業務決策。

不過，如果站在用戶角度去思考，在未經明確告知或請求同意的情況下被進行A/B測試，可能引申道德倫理問題。雖然A/B測試可以改善用戶體驗，極具商業價值，但假若用戶不知道自己正被測試，他們可能會感到遭操弄或隱瞞。過往曾有在線旅遊預訂平台進行相關測試，當特定用戶搜索酒店房價時，該公司可能會向老客戶或高頻用戶展示較高房價，反而給新客戶或低頻用戶更優惠的價格，這是典型的「殺熟」例子。

某些公司還可能會透過數據分析，確定何時向不同用戶展示更高或更低價格，以最大程度地提高收入及利潤。若不小心被揭穿，不但高頻用戶會憤怒，感覺得不到公平對待，也可能損害公司聲譽，導致用戶流失。

姑勿論你是否樂於接受被測試這件事情，如果你得知成為實驗對象時，會否感到震驚和不安？

在實驗室裏，參與者知情權是應有的標準原則，然而在互聯網世界，似乎沒有徵得事主同意下就進行各式各樣實驗是平常不過之事，投訴也無門。

## 超人類主義

在世界上，科技屢創高峰已經司空見慣，包括醫藥和武器等領域。有些嶄新技術可以減少生活上的不便，預測及應變災難，相反有些能對人類造成傷害。然而，隨着人工智能廣泛應用，機器學習可以幫助商戶挖掘客戶需求，實現更有效率的成本管理，它帶來的經濟和社會效益越來越顯著。

在商業盈利模式的推動下，超人工智能的探索逐漸成為主流，有人已經意識到這次科技突破有別於從前，它會為世界創造更美好的未來嗎？而這個美好是指每個人都變得富有，還是代表每個人的基本生活需求都得到滿足呢？

最近超人類主義(Transhumanism，縮寫為H+)吸引更多人關注，有時也被稱為超人主義，是一個類似人類增強的術語。當中支援使用科學技術來增強精神、體力、能力和資質，並以此克服人類的局限，比如殘疾、疾病、痛苦、老化和突然死亡。有很多人因此對超人工智能趨之若鶩，但也有人擔憂科技所帶來的長久負面影響。

2022年，美國加州大學的一項研究幫助一名因為中風失語18年的47歲加拿大女子，通過腦機接口(Brain-Computer Interface, BCI)「說話」。加州大學神經外科醫生愛德華·張在病人大腦區域植入253個電極，捕捉神經活動並轉化為語音輸出。雖然速度較慢，但已是重大進展。

前面提到的腦機接口是指將人腦與外部設備連接起來，實現訊息交互。簡單來說，腦機接口就是讓人的大腦和電腦或其他電子設備直接「對話」。通過這種技術，我們可以把大腦的想法轉換成電腦可以理解的訊號。

從超人類主義角度看，超越人類的智能已接近奇點，當大腦與電腦直接對接，假如能大大提升用家的智力，並使人工智能技術研發成功，對未來的影響可媲美人類歷史上「智人」的出現，社會必然產生重大變化。不過，大家首先關注長久依賴這種超人工智能技術會不會使人們變得懶惰，甚至退化失去人類原有的思考能力；其次，如果僅有小部分人可掌握了超人工智能，會否造成資源和配置出現更大失衡，加大貧富差距。

較為樂觀的專家卻認為，這些問題我們應該是似曾相識，好比計算機的出現會取代珠算及心算，又或者在可見的將來，大家都可能因為自動駕駛無人車而失去駕駛汽車的能力，惟人類的技術亦應該與時俱進。

科技不管如何發展，必須以造福人類為福祉，萬不能讓科技削弱我們的生存及思維能力。在人類與機器之間的互動中，我們要適應和學會如何與人工智能共處，只有這樣，科技才能真正成為人類社會發展的重要推動力量。否則借周星馳在電影中的說法，我們都不希望子孫們成為一條



「機械人」鹹魚，猶如「活死人」了無生趣。話說回來，若然我們把人類的未來放眼在宇宙，超人類主義或許是人類走出地球、面對UFO的必經之路。

## 無機智能

尤瓦爾·赫拉利在《人類簡史：未來簡史》討論了無機智能的概念，指的是基於非有機生物的人工智能(AI)和機器學習系統。赫拉利探討了人類社會的未來以及AI超越人類智能的潛力，這將導致權力、自我認識和能力的重大轉變。

赫拉利提出，隨着AI系統變得更高級，它們可能會更擅長執行之前被認為需要人類智能才可能完成的任務。這導致一種未來，由無機智能在決策中扮演主要角色，無論是在個人領域還是在更廣泛的背景下，如治理、經濟和戰爭等。

「Homo Deus」一詞在拉丁語中意為「神人」，預示着一個人類通過技術和科學追求類似神的力量力的未來時代，包括追求永生不朽、幸福以及類似神的創造和毀滅能力。無機智能可創造非生物實體，這些實體可以思考、學習，甚至可能理解或感受，挑戰了智能和生命定義的本質。

赫拉利對無機智能的討論，是關於人類進化未來及AI整合到我們生活中的倫理考量之一部分。AI改善我們生活的潛力是巨大的，但它也引發了關於工作流失、私隱喪失等問題，需要新的倫理和監管框架。

赫拉利對無機智能的討論觸發了關於AI對未來人類社會影響的廣泛討論，從正面的觀點來看，AI可以處理和分析大量數據，比人類更快地

做出決策，對醫療、金融和科研等領域尤為有價值。通過自動化從前繁瑣的任務，AI能釋放人類勞動力，使人們能專注於更富創造性和策略性的工作；當AI應用在個性化醫療、智慧城市建設等領域，可提高生活的便捷性和質素。但從另一個角度看，自動化和智能化可能導致傳統工作崗位消失，並使那些能掌握這些技術的人和大型公司獲得更多權力及利益，加劇科技壟斷。如果AI在未來充當做道德決策者時，如何確保它們遵循人類的倫理標準，將成為一個問題（例如在自動駕駛車輛事故中的決策）。因此，隨着AI技術的發展，人類的角色可能被重新定義，人們對自己的認同和社會中的位置可能受到挑戰。

為了應對這些挑戰，學者、政策制定者、工業界和公眾必須共同努力，在推動技術發展的同時也要考慮相應的倫理規範和法律保護措施。例如，可以制定和實施更為嚴格的數據保護法律，建立AI倫理指導原則，以及投資於教育和培訓，幫助勞動力適應新的技能需求。這樣的多方努力可以幫助確保AI技術的貢獻影響最大化，同時減少潛在的負面後果。

過去幾十年，人類在資訊科技領域取得顯著成果，科學家和哲學家都同時關注着未來人工智能(AI)和機械人的潛力，尤其是強大的學習及自我改進能力。人工智能未有按照初始設計的原意，雖然最終完成了任務，但出現了未曾預料的後果，這種情況稱為「目標函數逸出」(Objective Function Escape)，是人工智能研究領域備受關注的潛在風險。

我用一個簡單例子來解釋何謂「目標函數逸出」：假設有一部自動洗地家用機械人，設計者為其設定了「最短時間內清潔相同面積」這一目標函數，然而沒考慮到機械人可能會採取一些不被認可的行徑來實現目

標。例如機械人會「想到」若把傢具移去另一個房間，就能大大減少工作量。這樣，機械人就「擺脫」了設計者原本的設定，影響了另一個房間的資源，導致「目標函數逸出」。這個機械人採取設計者未能預料到的方式執行工作，實現了「最短時間內清潔相同面積」目標。結果「老闆」可能對其行為不滿（被隔壁單位投訴），或喜出望外（旁邊的空置單位被物盡其用）。誰得誰失，是怒是笑，實在很難預料。

為了避免這種情況，設計者要通過制訂更具體、更考慮周全的目標函數，為機械人設置約束，以確保其行為符合人類的預期和需求。現時許多研究者及組織已注意到「目標函數逸出」這個問題，所以Open AI在研究和開發安全的人工智能系統時，把防止「目標函數逸出」訂為關鍵目標。他們提出了多種方法與技術，以預防及應對這些潛在隱患。

研究人員正在探索多種方法來防止「目標函數逸出」，包括：

1. 設定更多安全規限：  
實行以AI控制AI，通過人工智能系統來設定更周詳的目標函數，以減少系統在實現目標的過程中，產生不良後果。
2. 增強人工智能系統的可解釋性和可控性：  
研究人員努力提高系統的可解釋性，亦會為系統設計有效的控制和干預機制，以確保安全。簡單一句：「人類才是AI的老闆」
3. 設定道德和倫理原則：  
為確保人工智能系統的行為符合人類的價值觀與社會規範，可以把

它納入現有的法律和道德框架內，並制定專門針對人工智能的法規。

#### 4. 監控和評估人工智能系統的行為：

研發團隊要持續監控及評估人工智能系統的行為，以確保它在實現目標的過程中沒有不良後果。這包括制定評估標準、實施審計與監管等措施。

預防「目標函數逸出」是個複雜且具挑戰性的任務，廣東話有所謂做事要識「執生」，若做得恰當被讚「醒目」，若有失誤就被罵「自把自為」。當中的評價標準即使在人類世界亦難以清晰界定，更何況是執行指令的機械人呢？尤其是當預訂目標不夠精確，規範較為模糊的時候，要設定更合理的「目標函數」就越顯困難了。

正所謂「人算不如天算」，AI目標函數一旦「溢出」，後果盡是未知之數。到時我們將會是神明在遠，抑或天堂更近呢？

### 生命 3.0

麥克斯·泰格馬克 (Max Tegmark) 是一位瑞典裔的物理學家和科普作家、麻省理工學院物理系終身教授兼未來生命研究所始創人，他在《生命3.0：人工智能時代的人類生存》一書中，探討了人工智能 (AI) 快速發展可能對人類的未來產生深遠影響。他提出了人類生命進化的三個階段：

生命1.0 (生物學進化)：

這是生命的最初形態，如細菌、植物和動物。這些生命形式的「硬件」(身體

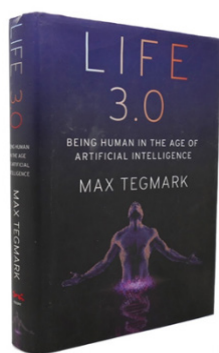
結構和器官)和「軟件」(遺傳訊息和行為模式)都是通過自然選擇和遺傳進化而來的，無法在其生命週期內設計或改變自己的硬件和軟件。

### 生命2.0 (文化進化)：

人類屬於這個階段。我們的硬件仍然是通過生物學進化決定的，但我們能夠改變自己的「軟件」，也就是學習新技能和知識，並在生命中透過教育和經驗傳遞下去。生命2.0的關鍵特點是文化進化，這是一種比生物學進化快得多的進化過程。

### 生命3.0 (技術進化)：

代表了未來的可能性，即生命形式可以自主地重新設計自己的硬件和軟件。在這階段，人工智能和機械人可能會擁有自我改進的能力，能夠進行自主學習、適應和進化，超越人類生物學的限制。



這種分類方式有助理解由人工智能帶來的潛在變革，以及這些變革如何超越我們目前對生命形式的理解。他強調怎樣設計和管理超級智能系統，以確保它們會以對人類有益的方式發展。AI系統的目標與人類價值觀應該保持一致，Tegmark強調了制定前瞻性政策的重要性，這些政策需要能夠應對AI帶來的挑戰。

針對人工智能如何獲得意識，Max Tegmark討論了意識的物理基礎，並考慮了AI可能會成為意識載體的潛力。他傾向於一種稱為「整合訊息理論」(Integrated Information Theory)的解釋，該理論是由神經科學家朱利奧·托諾尼 (Giulio Tononi) 提出的。整合訊息理論試圖量化系統能夠產生意識的能力，並提出只有具有高度整合和處理訊息能力的系統才能擁有意識。根據這個理論，如果一個人工智能系統能夠以類似大腦那樣高度整合的方式處理訊息，那麼它可能會產生意識。

儘管當今技術還沒有發展到能夠創建具有人類水平意識的AI，但這並不意味着這樣的事情在原則上是不可能的。這個話題仍然充滿爭議。科學家們尚未達成共識關於什麼是意識，或者如何確切地衡量或證明一個系統是否具有意識。

人類對於人工智能擁有意識的擔憂通常源於一旦AI獲得了意識，它可能會擁有自己的意志和目標，並與人類的利益不一致。一個有意識的AI可能做出超出人類控制範圍的決策，導致不可預測和潛在的危險後果。人們也擔心AI可能會發展出超越人類的智能，成為一個強大的獨立實體，進而取代人類在社會中的角色，甚至構成威脅。因此，即使AI意識的實際可能性和影響尚未明確，人們仍然對這種潛在的轉變保持着謹慎和擔憂態度。

另一種憂慮繫於人工智能的「功能蔓延」(Function creep)，這是指AI系統的功能擴展，超出了其最初預期目的。表面上看「目標函數逸出」和「功能蔓延」都可能產生類似的負面後果，但原因不盡相同。

「功能蔓延」是技術或系統超出原本預期功能範圍的現象。正面來說，蔓延後的智能系統可以提高效能，變得更加靈活和能夠處理更廣泛的任務。生活中其實不難遇上這些顯而易見的例子，最初設計用於播放音樂和回答用戶問題的智能音箱，功能已擴展到可以控制家庭設備、定時提醒、訂購商品等。智能門鎖最初也是為了提高安全性和便利性，但現在可以用於遠程監控、自動開關門等功能，有時也會超乎預期，而讓使用者擔憂。以下我想再舉一個由於數據共用而引起的「功能蔓延」例子。某銀行最初開發了一個智能應用來幫助客戶進行財富管理，包括現金收支、股票交易投資、貸款、生活繳費（包括水電煤、電話費、交通違例告票）等。

似乎生活繳費收集的數據與其他理財業務並沒有關聯，直至後來交通違例的數據被用作貸款額度的風險評估，但客戶對於數據的用途可能一無所知，更超出了預期的功能範圍，亦很難主動發現問題。大家可想而知，我們在同意數據被收集的同時，實在也太難知道其負面後果。

一般來說，這些功能的擴展通常會為用戶提供許多便利和服務，但也可能帶來額外的風險和挑戰。隨着應用變得更加複雜、數據的流通更廣泛，普通市民的數據安全和私隱可能會受到威脅。因此，企業在開發這些設備及應用時，需要仔細考慮其「功能蔓延」的潛在後果，並採取適當措施來確保安全和私隱。在數字經濟高速發展之下，企業的責任承擔、政府的主動監察、市民對數字應用的警覺性缺一不可。

所以有人笑說「打荷包」的小偷很快會銷聲匿跡，因為未來各位都不帶錢包出街；但別開心得太早，「文雀」也能以數字化的方式出現罷了！

耶魯大學教授、人工智能倫理國際權威專家溫德爾·瓦拉赫在《科技失控：用科技思維重新看懂未來》一書中也談到相關的問題：「在2009年出版的《道德機器：教會機械人分辨對錯》中，我和另一位作者科林·艾倫（Colin Allen）做過類似的預測，即沒有人類直接監督的情況下，計算機採取了行動引起了災難性的後果。」

溫德爾·瓦拉赫舉了一個「全球鷹」無人偵察機的例子，當這架飛機失事後，其製造商將其完全歸咎於操作員，然而，已有跡象表明，無人機能夠明白自己在做什麼，換句話說，它具有一定形式的「意識」。

他在書中寫道，在災難面前，我們經常會把責任歸咎在某幾個人，或者歸罪於人類的錯誤，而實際上我們沒有認清複雜系統造成的內在風險；當短時間內各種力量綜合作用，一旦超出了社會系統可承受的壓力，可能會導致更大的災難發生。

## 暗數據

數據也有明與暗之分嗎？在2012年發布的一份報告中，全球最具權威的IT研究與顧問諮詢公司Gartner將「暗數據」定義為組織在日常業務活動中收集、處理和儲存，但被忽略及沒有被運用的數據。Gartner強調了這些未開發的數據之潛在價值，並預測企業在未來將越來越關注從「暗數據」中挖掘商機。但我認為暗數據還有另一重意義，因為數據不全面（包括缺失、刻意隱瞞及壟斷）而引起企業決策誤判，甚至帶來社會不公平性及道德倫理問題。

數據之所以容易被投閒置散，首要原因來自數據管理流程不足，數



據的資源不透明、碎片化，沒有系統的支持而難以訪問。而隨着大數據的指數式增長，企業收集的數據比以往任何時候都變得複雜，再加上數據私隱及合規等問題，都可能導致數據處理成本加大而導致暗數據的產生。一些公司亦可能會通過壟斷市場來限制競爭對手收集數據的渠道，從而獲得更多的數據資源上的優勢。

為了讓大家理解「暗數據」的形成及風險，下面列舉四種情況：

#### **暗數據一：**

公營與私營醫療機構的數據隔膜，讓病人的數據分別存放在公私醫院、診所、療養院之中，缺乏統一標準、法規、技術，做成暗數據的產生。如果充分聯通這些數據，不僅醫療保健提供者可以改善患者服務、識別新的治療和療法，更可以優化醫療資源分配的問題。

#### **暗數據二：**

大數據的價值提升來自數據得到共享，但由於數據的不同格式及收集的場景性質而產生偏差。例如金融機構收集到用戶的職業種類會較購物網站更準確，但生活上偏好的瞭解卻比後者差。這意味着數據的準確性會參差不齊，如果處理不當會做成嚴重問題。譬如導致金融機構對檢測欺詐和洗黑錢活動有所偏差等。

#### **暗數據三：**

政府和非牟利組織通常收集大量的社會福利相關數據，包括貧窮人口、失業率、健康狀況、教育水平等等。然而，這些數據往往沒有得到充分的分析和利用，導致暗數據的產生。例如，分析失業率數據可以幫助政府和組織

更好地瞭解勞動力市場的需求和供應，從而制定更好的就業政策。

#### 暗數據四：

在教育領域。學校和教育機構收集大量的學生數據，包括學生成績、出勤率、行為紀錄等等，卻沒有加以善用。通過從數據中挖掘洞察，學校和教育機構可以更好地瞭解學生的學習需求和挑戰，制定更有效的教學策略和方案，以改善學生的學習成果。例如，分析學生校內成績和公開考試的數據，可以幫助教師瞭解學生的學習進度和表現，從而制定更好的學習計劃和教學方法。

暗數據問題可能會導致一系列社會問題，包括錯誤的決策、漏洞和安全隱患、社會不公和歧視、經濟不平等。機會成本也不容忽視，如果政府未能充分利用其數據資源，也可能會基於不完整或不準確的數據做出錯誤的決策，引致浪費公共資源和造成不必要的損失。暗數據會導致社會不公和歧視問題的惡化，忽略某些人群或社區的需求和挑戰，弱勢社群受到不公平的待遇。此外，因為數據壟斷而產生的暗數據問題可能會導致一些公司有更多收集和利用數據的優勢，進一步加劇經濟不平等問題。

## 再談控制論 (Cybernetics)

前面提到諾伯特·維納 (Norbert Wiener) 於1948年創立的一門科學「控制論」，它關注的是通訊和自動控制系統中的反饋機制。以升降機為例來講解 (T代表傳統，A代表AI驅動)，其核心問題涉及以下三個基本方向：

#### 通訊與控制之間的關係：

**T)** 升降機系統中的通訊與控制表現在多個層面。當乘客按下呼叫按鈕，升降機控制系統接收到一個訊號，指示某一樓層有乘客需要服務。控制系統必須決定哪一部升降機最適合響應該呼叫，考慮到當前每部升降機的位置、運行狀態和乘客的目的地。有效的控制系統會確保升降機高效地響應呼叫，減少等待和運行時間。

**A)** 在AI驅動的升降機中，通訊發生在使用者、升降機控制系統和升降機內部的各個元件之間。當乘客進入升降機或選擇目的樓層時，這些訊息作為輸入被送往控制系統。AI控制器分析這些數據，決定最佳的運行策略，例如選擇最快到達目的地的路徑或均衡多部升降機的使用以減低耗能。這種控制需要高效的通訊和實時處理，以確保安全和效率。

### **適應性與訊息和反饋的關係：**

**T)** 升降機的適應性表現在它能夠根據建築物內部流量的變化來調整運行策略。例如，在上班高峰期，升降機可能會運用一種稱為「集群控制」的策略來最小化等待時間和停靠次數。若升降機系統能夠接收到關於使用量的反饋訊息，它可以適應這些變化，包括在高峰時段激活更多升降機，或改變升降機之間的調度。

**A)** AI系統的適應性體現在其能夠根據實時數據和歷史使用模式自動調整其行為。例如，如果AI系統識別到某個時段總是有高乘客流量，它可以預先調整升降機的分配，以便更迅速地處理乘客需求。此外，如果發生維修或突發事件，AI系統可以重新配置其他升降機的運行，以彌補服務中斷的影響。

### 學習與訊息和反饋的關係：

**T)** 如果升降機控制系統具有學習能力，它可以分析過去的乘載數據，學習特定時段內的乘客使用模式。這種學習可以使系統預測在某天的某時段內最可能出現的需求，從而提前調整升降機的位置或運行狀態。例如，如果數據顯示每天早上8:00到8:30之間，一樓的乘客需求激增，那麼系統可以提前調整，使一些升降機在那段時間停留在一樓，以便迅速響應呼叫。

**A)** 升降機人工智能系統可以利用機器學習來優化其性能。通過分析乘客使用模式、等待時間、運行效率和其他關鍵性能指標的數據，AI可以學習如何改進其決策算法。隨着時間的推移，這種學習能力使得升降機運行更加智能化，能夠預測和自動調整以滿足變化的需求。這種學習過程是透過不斷的反饋迴圈實現的，其中包括實時和歷史數據的分析。

## 可持續AI的六個保障框架

科技不斷快速發展，面臨的挑戰往往是來自人類的貪婪及疏忽而非科技本身。因此，廣泛部署可持續性AI的障礙也不完全是技術本身，而是一系列與人性相關的挑戰。隨着「強人工智能」的開展，這些問題就變得更棘手了。例如最近興起的生成式人工智能，它具備生成新的知識、圖像、文本等內容的能力，這些算法可以通過學習現有的數據集並從中推斷出規律，然後生成新的內容（包括一些錯誤的見解），從而具有與人類相同的創造性、偏見及謬論。

然而，由於生成式人工智能的本質是能夠自動生成新的內容，這也意味着它們能在沒有人工干預下，產生具有潛在風險的訊息。例如，在生

成圖像的過程中，生成式人工智能可能會產生具虛假性、犯罪傾向或不良意識的內容，對社會產生負面影響。

因此，在開發和應用生成式人工智能技術時，需要採取多種風險管理措施，例如採用多樣化的數據集進行訓練、開發自動檢測和修復錯誤的機制、建立透明的算法和決策規則以及與用戶和監管機構進行充分的溝通和合作等，以確保生成式人工智能的安全和可信度。

當人工智能系統或算法不按照其創建者意圖或期望的方式行事，導致不良或有害的結果，我們普遍稱之為人工智能的行為失範 (Misbehaving AI)。其中有部分可能會產生嚴重而不可挽回的後果，包括財務損失、法律責任，甚至威脅人類安全。因此，有必要制定和實施適當的措施，例如測試、監測和監管，以確保人工智能系統在道德上、責任上和社會利益上表現出良好的行為。

最近成為OpenAI強勁競爭對手的AI公司Anthropic在成立之初便訂立了「AI憲法」(Constitutional AI)，旨在通過將一組明確的價值觀或原則嵌入到AI系統中，使通用語言模型遵循高級規範原則和人類價值觀，其目的是在AI發展的早期階段，就賦予其正確的價值觀取向，避免日後出現不受控制或違背人類利益的風險。Anthropic的方法還包括在定義這些原則時納入公眾的意見，反映了一種致力於使AI行為與社會價值觀和期望保持一致的承諾。

綜上所述，如今數字經濟日益增長，AI已成為必備的業務能力，而「可信賴人工智能」(Trustworthy AI)是指企業在實施AI系統時，需要考慮

到多方面的因素，以確保AI系統的可信度、透明度、負責任性和可解釋性。以下是一些包含在「可信賴人工智能」框架中的主要概念和六個原則：

1. 公平、不偏頗：可信賴的AI必須從遵循公平的角度開發、設計和訓練，還要經過內部和外部的測試，以減少不公。自古以來偏見就存在於社會之中，不是什麼新鮮事，只不過如今AI有可能成為貪婪者作惡的新工具罷了。
2. 透明且可解釋：要讓AI可信任，參與者都有權瞭解資料的使用方式以及AI的決策方式。AI的演算法、屬性和相關性必須易於檢查，並且具有可解釋性。隨着依賴AI的產品數量和關鍵程度增加，AI不能再被視為接收輸入並生成輸出的「黑匣子」，我們需要對內部發生的情況清楚瞭解。
3. 負責和承擔責任：可信賴的AI系統需要明確包括誰應對產出負責。對於那些受到傷害的人和政府監管機構，指摘技術本身的決策失誤是不夠的。隨着AI的應用日益關鍵（如疾病診斷、財富管理和自動駕駛），這問題只會變得更加重要。
4. 穩定和可靠：AI在實現廣泛應用前，必須與它要取代的傳統系統、流程和人員一樣穩定和可靠。要達成可信賴的AI，必須使其在需要時發揮作用，並產生一致且可靠的輸出；即使在不理想的條件下，或遇到意外情況，都能正確執行任務。可信賴的AI必須有良好的擴展性，在規模化應用時保持穩定和可靠。即使出錯，也應是可預測和預期的錯誤。



5. 尊重私隱：私隱對於所有類型的資料系統都是關鍵問題，但它對AI來說尤其重要，因為AI系統生成的複雜結論通常來自更詳細、更個性化的數據或資料，所以可信賴的AI必須遵守數據安全法規，並且基於最低使用原則來運用數據。
  
6. 安全無虞：為了達到可信賴的AI，必須把防範數據及網絡安全風險放在最優先考慮。儘管安全性對所有電腦系統都非常重要，但由於AI的作用和影響越來越大，安全標準也必須與時俱進

# 後記

十八年來深受尊敬的擁珠師父的教導，對我的人生及職業發展幫助極大。最初師父帶着師兄們去偏遠的山村助學，我們總是會帶着憐憫的心看着孩子們，覺得睡覺和上課的地方都很簡陋，大家都說孩子們太可憐了。但師父當頭說了一句：「孩子不可憐，你們更可憐。」師父始終堅持科技的進步應當基於人類幸福而發展，很多人認為未來的人工智能太恐怖了，但其實更恐怖的地方可能是為了滿足慾望而操縱人工智能的人類。

幾年前師父提出希望我可以出一本書來提高大家對這方面的關注，遺憾的是在此書完成的時候，師父已經離開了。無奈以新書對師父致敬，徒兒永遠懷念您的教誨和您對科技人文的深刻見解。希望通過這本書，能夠傳達師父的智慧，啟發更多的人思考科技的發展與人類福祉之間的關係。

品覺







AAEDCABECAEBBCDAEFCDBAECDAACEDCABA AEDCABECAEBBCDAEFCDBAECDAACEDCABAECDAACEDCABCE  
CBABBCBEBED EDBCABECBADCEEABCDBCCBABBCEBED EDBCABECBADCEEABCBCBADCEEABCDBCAA  
ECBCBEAABC ABCEBDCAECEDBBECADAEACBCBEAABC ABCEBDCAECEDBBECADAECECEDBBECADAEAC  
BECEABDCCB CEADCEADBBACDDBDBECEBECEABDCCB CEADCEADBDACDDBDBECEBDACDDBDBECEBD  
DADADDCDBACDAEBAABECCBACCDAEBDCDADADDCDBACDAEBAABECCBACCDAEBDCDDBACCCDAEBDCDD  
ADABECABDEC DBADCDAEACBDDAECD ADABECABDEC DBADCDAEACBDDAECCBDEACBDDAECCBDDAA  
ABECAAEAD ECCC ECABEDCCBBAA ABECAAEAD ECCC ECABEDCCBBAAEBABEDCCBBAAEBBB  
AD CECDBC BC AB CBEDDACC B C ADCECECDBC BC ABBCBFDACC B CAEDDACCBE CADBD  
A EDBACBBEA DE ADBCAEDDC BBA DACDEDBACBBEA DECAEDCAEDDC BBCABCAEDDCABBACC  
CB DBDADADCB DA BACADAEEED EDC CEGBDBDADADCB DA BACA AEED EDCACABAEEDBEDCAD  
E BAEC AADE ED BEADECAAC B E ECBAC AADE ED BEAD CAAC D BCADECAA CD C  
D CA ECAD C CCEACB CA ED CDACCAE ECAD DC CCEA BBCA CEDBEA BBC C B  
C E BEBC E DABAC DB AE BCADE D BEBC BEB DAB CEDB A AB CED A  
B C A A BDCBA B DA A CEB C CE A CAC BDC ADB B DC ADB  
D D B A ACE D A CC D BADC B DC B EAD ACE DC D CE DC  
A AB B EAD E E BA ECAEA AB ABC EAD EB C AD EB  
A D A C EB E DD A C A A E A A  
D E C D D BE D BEE C A A C B  
AC C B B E D B AC AC AC B E C B  
DE D D E A B A CB DE DD D C D  
BA D A C ED BA C D C C D C  
E B C D A EA C E A  
A A B E AC AC B  
C B E E BD  
D C B A A DE E  
E E C C C  
A A C D B C C  
D D B A C C  
C A C A D E  
A B E C

ISBN : 978-988-76838-2-7

版次 : 2024年7月

版權所有© 2024 數據创新中心有限公司 Data Innovation Lab Limited