

# 思考機器

譯者 李 會 適

徐氏基金會出版

# 思考機器

譯者 李 曾 通

徐氏基金會出版

## 我們的一個目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識的傳播，是提高工業生產，改善生活環境的主動力，在整個社會長期發展上，乃人類對未來世代的投資。科學宗旨，固在充實人類生活的幸福也。

近三十年來，科學發展速率急增，其成就超越既往之累積，昔之認為絕難若幻想者，今多已成事實。際茲太空時代，人類一再親履月球，這偉大的綜合貢獻，出諸各種科學建樹與科學家精誠合作，誠令人有無限興奮！

時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的急要責任，培養人才，起自中學階段，學生對普通科學，如生物、化學、物理、數學，漸作接觸，及至大專院校，便開始專科教育，均仰賴師資與圖書的啓發指導，不斷進行訓練。科學研究與教育的學者，志在將研究成果貢獻於世與啓導後學。旨趣崇高，立德立言，也是立功，至足欽佩。

科學本是互相啓發作用，富有國際合作性質，歷經長久的交互影響與演變，遂產生可喜的意外收穫。

我國國民中學一年級，便以英語作主科之一，然欲其直接閱讀外文圖書，而能深切瞭解，並非數年之間，所可苛求者。因此，從各種文字的科學圖書中，精選最新的基本或實用科學名著，譯成中文，依類順目，及時出版，分別充作大專課本、參考書，中學補充讀物，就業青年進修工具，合之則成宏大科學文庫，悉以精美形式，低廉價格，普遍供應，實深具積極意義。

本基金會為促進科學發展，過去八年，曾資助大學理工科畢業學生，前往國外深造，贈送一部份學校科學儀器設備，同時選譯出版世界著名科學技術圖書，供給在校學生及社會大眾閱讀，今後當本初衷，繼續邁進，謹祈：

自由中國大專院校教授，研究機構專家、學者；

旅居海外從事教育與研究學人、留學生；

大專院校及研究機構退休教授、專家、學者；

主動地精選最新、最佳外文科學技術名著，從事翻譯，以便青年閱讀，或就多年研究成果，撰著成書，公之於世，助益學者。本基金會樂於運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。掬誠奉陳，願學人們，惠然贊助，共襄盛舉，是禱。

徐氏基金會敬啓

## 新數學文庫

本文庫係由當代數學專家卅餘人所編撰，全世界均有譯本，乃數學權威之寶典。其目的在確立中等學校學生及社會大眾之某些頗饒興味，而易領悟的重要數學觀念。本文庫內容，多不含於中學數學教科書中，且難易懸殊，有的部份，需要特別研究。

學省數學的最好方法，為多做習題。各書所附習題，有些頗為艱深，需要慎密思考。讀者應養成手持紙筆，從事閱讀之習慣，自能得心應手，趣味盎然。

本文庫共二十冊陸續出版，以供讀者研習。除第十七冊係由葉哲志先生承譯外，其餘各冊均由王昌銳教授承譯。（定價每冊港幣4元，新台幣25元）

1. 有理數及無理數 (Numbers: Rational and Irrational)
2. 微積分研究 (What is Calculus About ?)
3. 不等式論 (An Introduction to Inequalities)
4. 幾何不等式 (Geometric Inequalities)
5. 高中數學測驗 (第一冊) (The MAA Contest Problem Book 1)
6. 大數論 (The Lore of Large Numbers)
7. 無窮數之妙用 (Uses of Infinity)
8. 幾何移轉 (Geometric Transformations)
9. 連分數 (Continued Fractions)
10. 圖形及用途 (Graphs and their Uses)
11. 匈牙利數學問題詳解 (第一冊) (Hungarian Problem Book 1)
12. 匈牙利數學問題詳解 (第二冊) (Hungarian Problem Book 11)
13. 數學史話 (Episodes, from the early history of mathematics)
14. 群與圖 (Groups and their Graphs)
15. 特別數學 (Mathematics of Choice, or How to count Without Counting)
16. 由畢達哥拉司至愛因斯坦 (From Pythagoras to Einstein)
17. 高中數學測驗 (第二冊) (The MAA Contest Problem Book 11)
18. 拓撲學基本概念 (First Concepts of Topology)
19. 幾何研究 (Geometry Revisited)
20. 數目理論入門 (Invitation to Number Theory)

# 目 錄

|        |         |         |
|--------|---------|---------|
| 第一章    | 堅硬的頭腦   | ( 1 )   |
| 第二章    | 自行控制的工具 | ( 5 )   |
| 第三章    | 能使白癡思考  | ( 11 )  |
| 第四章    | 數與數碼    | ( 19 )  |
| 第五章    | 數的代數    | ( 27 )  |
| 第六章    | 計算機     | ( 33 )  |
| 第七章    | 集合的代數   | ( 45 )  |
| 第八章    | 命題的代數   | ( 73 )  |
| 第九章    | 開關電路    | ( 91 )  |
| 第十章    | 電子計算機   | ( 99 )  |
| 第十一章   | 思考機器與頭腦 | ( 121 ) |
| 中英名詞對照 |         | ( 125 ) |

# 第一章 堅硬的頭腦

我們已經進入了「思考」機器及自動的時代，大批堅硬的物體組成的東西（多半由金屬和玻璃所製成）執行着人類頭腦一向所獨佔的工作。他們做出冗長而複雜的計算，在紛亂的情況下衡量出可能的行為過程，以及運用指導和控制的功能。更進一步的是他們做出這些事情比純由人類頭腦來做更快更正確。

## 電子書記

在他們所能做的最簡單的工作中，電子「頭腦」權充書記和帳房。在許多辦公室裏、工廠裏、商店裏，維持着各種供給物品的商品目錄。在鐵路和航空的辦公室中，能保存售票及預定位置的記錄，在這些活動中，計算機僅運用其最低限度的技巧，作數目的加減運算，且把結果儲存在「記憶」裝置中。當被用來計算薪水帳目時，他們得到一個稍能表現力量的機會；由使用儲存的各種資料：如每小時應得的

薪資，工作的時數，社會保險稅率，及減稅規章等，就能計算出各個工作者的新水支票。在這些計算中，他們使用所有基本算術運算：加法，減法，乘法和除法。

## 導向飛彈

對一個活動靶發射飛彈不是一件容易的事，飛彈的彈道除了與其發射的速度及方向有關外，還有更多的因素存在。飛彈離地以後，它要受地心引力的吸引，被風吹、被空氣阻力阻，且受地球的自轉所影響。當計算彈道時，所有這些因素都應受到考慮。從飛彈所有可能的彈道中，必須選出其中能擊中目標靶的彈道。在飛彈發射前，爲了完成這種選擇，需要精確的計算。對於導向飛彈的發射情形，發射後，更有許多的計算要做，拿飛彈飛過的彈道來預測將要行經的彈道，儘快的去發現在彈道上的誤差，然後修正彈道。只有電子計算機，才能在飛彈飛行中，夠快的算出這些正確的結果。電子計算機描出及修正飛彈的路線，做了比那些僅僅保存商品目錄或計算薪水帳目更高級的數學，他們要解出微分方程式之類的題目。

## 機器贏了設計人

爲了說明計算機所能做的事，也爲了要擴展計算機新的活動範圍，一些製造計算機的工廠已經設計了些能做遊戲的程式。其中一種是用來和人類下棋的。計算機能夠前瞻好幾步棋。並能夠察出其可能走的棋步，以及所有對方可能走的棋步。在衡量過一切的可能性之後，他能夠選擇其中最好的一步棋。計算機並能夠記住每一盤棋中的每一步棋，以致於在後來的幾盤棋裏，能夠避免那幾步下得不太理想

的棋。換句話說，這種機器能在自己的嘗試中學習。由於這種嵌入的學習能力，計算機可以增進自己的棋力，因此，計算機下起棋來比設計他綫路的工程師下的還好。

## 没有人的工廠

在一個普通工廠裏，機器做了大部份的工作，但是一定要有人來操縱着機器的運用。而在一個自動化的工廠裏，這些操縱機器的人也被機器取而代之，因為甚至於連操縱的工作都由機器自身來作。至少，在鍊油及化學工業裏，自動機器的運用可說首屈一指。原料及產品根據某一固定的計劃繼續地改變和流動。在一些關鍵的地方用測驗的儀器報告出溫度、壓力、流動率、以及其他相關測驗的結果。假如其中任何一個測驗結果不相符合，操縱此過程的計算機會立刻採取必需的行動將錯誤修正。舉例來說，假如原料中有一種流動太慢，控制它的活門會打開而使這種原料流動快些。反之，假如流動太快時，活門也會半關使它的流動慢下來。

## 創作及翻譯

計算機能做的各式各樣的工作已日益增加，當一個巨大的無線電天線想要調整以收聽從星球間的太空傳來的火箭的消息時，計算機指示天線的轉動而對準正確的方向。有能下棋的計算機，也有能作簡單歌曲的計算機。有些計算機是引導船隻的嚮導，也有些計算機是語言專家，他們能把書本、雜誌的文章，從某種語言翻譯成另一種語言。

## 計算機的思考力

我們常稱自動的計算機爲「能思考的機器」或者「電腦」。這些術語是極戲劇化的，但卻不夠明確。這些術語聽起來好像計算機能和人類的頭腦有着相同的思考力。事實上並不盡然。一般說來，人類的思考可分二種：基於想像力和洞察力而產生的思考力是有創造性的，貝多芬的交響樂的譜成，莎士比亞寫出了他的劇本，愛因斯坦發明了一個新的科學理論，這些都是這種思考力的高度表現。這種思考力沒有一定的路線可斷定，也沒有固定的規則可遵循。還有一種是常規的思考力，這種思考力運用起來不需任何特殊的才能。它循着顯而易見的方向，依着一定的法則，進行思考。任何一位懂得規則的學生都能夠算出一個算術的數目，能夠解決二次方程式，或者翻譯一段簡單的法文。所謂「能思考的機器」所能做出的只是這一種思考。然而，事實上，計算機並不因它做出的是常規的思考而貶低身價，因爲我們日常生活中所發生的思考大部份都是屬於這方面的思考。縱使這種思考屬於常規的，它通常也極錯綜複雜而消耗時間。讓計算機仿效我們的雙手，甚至於我們頭腦，來進行思考，我們可以節省許多時間和精力。同時，也可避免許多錯誤。更進一步說，要設計一個能做常規的思考的計算機並不是件例行公事。在計算機常規的思考力後面，尚有發明它的專家們的創造性的思考力。

思考的機器是二十世紀最偉大的奇蹟之一，我們如何成功地使得機器會思考？要回答這個問題之前，我們必需先回答兩個其他的問題：「機器是什麼呢？」以及「我們轉動機器所產生的常規思考力的性質如何？」這些問題留待後面幾章討論。

## 第二章 自行控制的工具

### 身體的擴充

電腦是一種特殊的工具，像其他工具一樣，它擴充人類軀體的無生命之擴充。鉄錘可說是雙手的擴展；因為有了鉄錘，增加了雙手敲打的力量。鑷子也是雙手的擴大；因為有了鑷子，取物時可以省事，當我們拿着細小的東西時不致於掉在地上。望遠鏡和顯微鏡是眼睛的擴充，電話又是耳朵的伸展，汽車和火車是我們雙腿的擴展，相同的，電腦是我們人類頭腦的無生命的擴充。

### 工具的進化

我們使用的工具已經過了三個階段的進化，第一階段是手工的工具，特別設計的手工工具，藉以來做一些特殊的工作。舉例來說，鉗子可以使鉄釘釘進去，也有帶着一個鉗子可以把釘子拔出來。然而一個手工的工具不能單獨工作，須賴人類的肌肉來支配使用它，同時也要人類的頭腦來控制肌肉。

第二個階段是動力的工具，這就是通常我們所說的「機器」的階段，在這一階段裏，一種發動機，一種無生命的動力的來源取代了人類的肌肉。但是一種工具及能轉動它的發動機都是由人類的頭腦來控制。這種動力的工具通常能夠執行各種不同的任務。它可能針對某一固定的目標來完成各種任務。或者爲了某些不同的理由來執行其不同的任務。總之，一切的選擇都是由操縱機器的人來做決定。

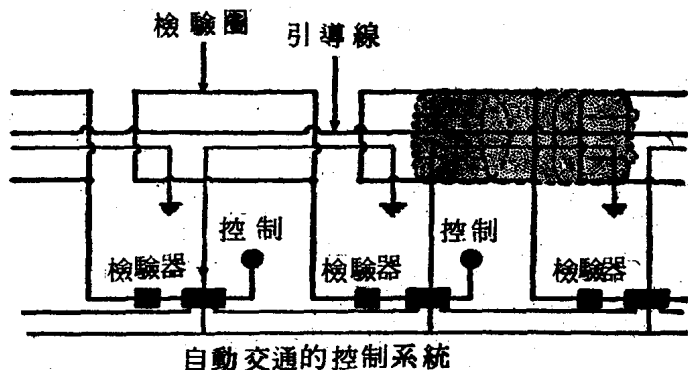
第三個階段是自動化的機器。自動化機器的主要特徵是這種機器能夠自行控制。假如這種機器只執行一種任務時，它會自己決定何時開始，何時停止。假如它能執行許多不同的任務時，它也會自己決定到底要做那些，那些先做，那些後做。這些決定並非隨意下的，而是根據機器使用時嵌入的某些固定的規則而下的。在這個階段裏，能夠嵌入而自行控制的機構已能接收先前人類頭腦所安排好的指示。機器執行它的任務，就像人類頭腦加以擴充。所有言及「思考機器」方面的機器都是第三階段演化中的工具。

這裡有一個簡單的例子，來說明一種經過此三種階段演化而成的工具：假定一個房間裏的暖氣是來自煤油爐。再假定煤油爐受某一線路經一個電源控制。我們兩手截斷線路，這樣我們能熄掉煤油爐，然後，一手握住電線的一端，將兩端緊接在一起，煤油爐又被點燃了。這樣做來，並非明智的做法，縱使電線是絕緣的，仍然有觸電的危險。較好的方法是將電線的兩端接在開關上，然後我們關掉開關或打開電路。這種開關是一種啟閉電路的工具，接替我們雙手的工作。它是一種手工的工具，由我們運用我們手上的肌肉來使它工作。我們可以把時鐘和它連在一起，而使它變爲一種動力的工具，這樣一來，時鐘就可以在早上打開開關而把煤油爐燃起，在晚上關上了開關，將煤油爐熄掉。最後，我們可以插上一個調溫器，使這個開關變成一種自動的工具。那麼這個調溫器就能自動控制此煤油爐的燃與熄。當室內太冷的時候，此開關自作決定把煤油爐燃起。又當室內太暖時，它能決定而將煤油爐熄掉。它能決定煤油爐的開與關，完全是它本身的構造的關係。開關的接觸點是鑲在一個薄薄的棒子上，這種棒子是由二張金屬片互相連在一起的。每一張金屬片在溫度逐漸升高時，會伸展長

些，當它冷卻時，就會收縮。不過，它們伸縮的程度各不同。結果，當棒子逐漸暖和時，它會捲曲，同時把開關的接觸點分開。那麼，開關就關上了，煤油爐也隨着熄滅了。後來，假如棒子涼透了，它又伸直了，一直等到兩個接觸點又接觸。然後，開關就接通了，煤油爐也燃起來了。一個裝有調溫器的開關就是一種自動的工具，因為它具有自行控制的能力。

## 操縱車輛

爲了瞭解一部機器的自制能力所需要的條件，讓我們來看看另一個關於學習駕駛汽車的情形。首先要談到的是學習駕駛的人的動作。他的教練坐在他旁邊，告訴他該怎麼做。當他發動引擎以後，他的教練說：「你的腳不要再踩油門，踩着離合器，移到第一檔，慢慢地把離合器放開，再踩油門」。不久，當他們駕駛至交通擁擠處，他的教練可能會說：「你把車子開得太靠近前頭那輛車子了，慢慢地剎車」。在這種狀況下，是誰操縱着這部車子？很顯然地，是教練，而不是司機。教練決定了一切。他的指示便是司機行動的依據。司機並沒有操縱車子，直到他自己能做決定，能照自己的意志行動了，才算真正的操縱了車子。這必需有了經驗之後才行。有經驗的司機當他發動引擎時，他會聽到車子發動機的音響而知引擎是否適合。當他轉到第二檔時，他能了解他所聽到的，看到的和感到的一切。他操縱車子的基本原理是他要觀察他自己的動作的結果。而這些觀察將成爲左右他下一個動作的信號。當一個機械能覺察出它自己動作的結果，又被這些結果所操縱，工程師稱之爲反饋作用。現在，假如我們能在車子內裝備反饋的系統，我們可以不用司機駕駛車子，而讓車子自己控制自己。美國通用公司及無線電公司已採取此辦法。他們已經發展成一系統，使在公路上行駛的車輛能自動的管制。通過一種建在道路及車輛上的電化的反饋系統，車子可以察覺出它自己走動的情形來。萬一



車子走出了車路，在道路上有一條引導的電線會警告它。在道路上的偵察線路能察覺出前面是否有車輛。假如車子太接近前面那輛車子，反饋的系統會使這部車子剎車而減低速度。

## 自制的關鍵

反饋是自制的關鍵。要使一部機器自動化，我們必須在機器上裝備一部反饋機構。這就是說，我們必須在此機器上裝備一種能觀察它自己動作的工具。每一種結果必須造成一種不同的信號。根據一個事先決定好的計劃，機器的動作須由這些不同的信號來控制。

## 自動計算器

「思考機器」這個術語通常是指自動計算機，這些計算機能在雙

重的意識下「思考」。第一，用為計算的工具時，他們權充人類頭腦的擴充。第二，用為自動化的工具時，他們又擔任人類頭腦所執行的指導作用，這二種思考截然不同，同時，完成這二種思考是電腦的不同部門。其中一個部門叫做計算器，當我們告訴它如何操作時，它能做算術。另外一部門叫做控制單位，用以指示計算器該做些什麼計算。



## 第三章 能使白癡思考

### 化複雜爲簡單

通常一件工具僅僅能做出一些簡單的工作。一架計算機，在這方面，像其他的工具一樣，它依據某些預定的方式動作，而且僅有少數幾個簡單的方式。計算機像是位白癡者，完全听命令行事，而且只能了解些許的命令。雖然如此，我們仍能使用這種機器完成極複雜的計算。我們已將白癡變爲有能力的數學家。這種轉變是怎麼來的呢？我們又如何使一架簡單的計算機來完成這些複雜的工作呢？我們第一步是使複雜的工作化爲簡單的工作。我們將工作分成連續幾個小步驟。每一小步驟都極簡單，而又在計算機能做的範圍之內。那麼，我們可以使計算機依次完成各個小步驟。

我們可以在編織機的轉動中看出和這個過程相似的例子。機器可以織成各色各樣圖案複雜的毛衣。但是，這些所有的圖案，不論它是多麼的複雜，都是由一些極簡單的編織工作而織成的。如同：正針、反針、增針、減針、跳針、滑針等。編織機用來完成以上簡單的步驟的。要使編織機織出一種複雜的圖案，首先我們必得辨別圖案上各步驟的順序，然後操縱編織機根據這個順序來編織。

假如一部機器是以電力操作的，它的動作可能是由開關器來控制的。一組特殊裝置的開關器能控制機器操作中的特殊步驟。各種開關器本身由於電動信號而能打開或關閉。由於在固定程序上給機器裝置了這些信號，我們可以使機器完成某一特殊的步驟。

當一部機器織一件毛衣的時候，它所操作的每一步驟可以事先以圖表明。這種機器，在它開始動工之前，可以將各種要點安置好。這種情況和計算機有點不同，運用一部計算機，我們不可能在事先將各種步驟一一列出。因為一些未來的步驟全靠先前各步驟的結果而定。舉例來說吧，假如計算機要作一些兩位數的進位加法，我們不知道是否會從第一位進一個數目到第二位。必須等到第一位的總數算出之後才知道。要應付這種情況，我們必須給予機器一些指示。那麼，在機器執行每一步驟之後，我們給予它一般的指示，使它觀察每一步驟的結果。並根據適當的指示來執行下一步驟。這就是反饋作用在機器中執行的任務。

## 杜齡計算機

爲了要具體的說明一部簡單的機器如何能執行複雜的計算能力。這裏，我們要敘述已故大不列顛數學家杜齡 ( A.M. Turing ) 所設計的計算機，杜齡的計算機純粹是一種想像的機器。他發明這部機器完全爲了理論的目的。我們能夠容易的製造出一部能工作的杜齡計算機的模型出來，因為這部機器所需要的零件並不難做。然而，我們的目的並不是造一座模型然後看它如何操作。相反的，我們必須將自己投影在這部機器中，相信我們自己就是這部機器。不加思考地仿做計算機上的指示，就像一種沒有生命的機械一樣。依這種方式，你會對這種不用大腦的思考方式更加欣賞。

杜齡計算機有這些部份：(1) 一條很長的帶子，分成四方形的小格；一個馬達，用來移動帶子；一個能閱讀的機件，用