

汉译世界学术名著丛书

计算机与人脑

〔美〕约·冯·诺意曼 著



汉译世界学术名著丛书

计算机与人脑

〔美〕约·冯·诺意曼 著

甘子玉 译



商务印书馆

2001年·北京

所有权利保留。
未经许可，不得以任何方式使用。

汉译世界学术名著丛书
计算机与人脑
〔美〕约·冯·诺意曼著
甘子玉译

商务印书馆出版
(北京王府井大街36号 邮政编码 100710)
商务印书馆发行
北京冠中印刷厂印刷
ISBN 7-100-03244-X·B·490

1965年3月第1版 开本 890×1168 1/32

2001年4月北京第3次印刷 印张2 1/2 插页4

定价：7.00元

John von Neumann

THE COMPUTER AND THE BRAIN

© 1958 by Yale University Press, Inc.

简体中文中国内地版权

© 2001 商务印书馆经

Yale University Press, Inc 授予

内 容 提 要

这本书是自动机（以电子计算机为代表）理论研究中的重要材料之一。原书是冯·诺意曼在1955—1956年准备讲演用的未完成稿。著者从数学的角度，主要是从逻辑和统计数学的角度，探讨计算机的运算和人脑思维的过程，进行了一些比较研究。书中的许多技术推论带有预测性，尚待今后实验研究及进一步探讨才能判断其是否正确。至于书中的一些理论概括，其哲学观点是错误的，希望读者以分析、批判的态度来研究。

本书适合于自动机理论、控制论、计算技术和仿生学等方面的读者参考，对控制论问题有兴趣的哲学工作者，也可以阅读本书提供的材料。

汉译世界学术名著丛书

出版说明

我馆历来重视移译世界各国学术名著。从五十年代起，更致力于翻译出版马克思主义诞生以前的古典学术著作，同时适当介绍当代具有定评的各派代表作品。幸赖著译界鼎力襄助，三十年来印行不下三百余种。我们确信只有用人类创造的全部知识财富来丰富自己的头脑，才能够建成现代化的社会主义社会。这些书籍所蕴藏的思想财富和学术价值，为学人所熟知，毋需赘述。这些译本过去以单行本印行，难见系统，汇编为丛书，才能相得益彰，蔚为大观，既便于研读查考，又利于文化积累。为此，我们从1981年至1998年先后分八辑印行了名著三百四十种。现继续编印第九辑。到2000年底出版至三百七十种。今后在积累单本著作的基础上仍将陆续以名著版印行。由于采用原纸型，译文未能重新校订，体例也不完全统一，凡是原来译本可用的序跋，都一仍其旧，个别序跋予以订正或删除。读书界完全懂得要用正确的分析态度去研读这些著作，汲取其对我有用的精华，剔除其不合时宜的糟粕，这一点也无需我们多说。希望海内外读书界、著译界给我们批评、建议，帮助我们在这套丛书出好。

商务印书馆编辑部

2000年6月

譯 者 序

人类的劳动和智慧，創造了机器。机器是人手的延长。最近大約二十年来出現的現代自动控制技术（其中以大型的电子計算机为最典型），也是人手和人腦的劳动产物，它們能够对思惟的某些特征进行模拟，代替了人腦的某些思惟功能，可以說，它們也是人腦的“延长”。在科学技术上，把以电子計算机为代表的自动机来和人腦作比較探討，是自动机理論研究中的一个重要方面，对自动机的研究設計有帮助（当然，應該牢記，两者有着本质的区别）。同时，这些比較研究，对于探索人腦思惟的活动过程，也可能有一定意义。

《計算机和人腦》一书，是这方面研究的重要材料。著者馮·諾意曼是这个研究領域的开拓者之一，在本书中，他企图对他自己的和其他人的有关研究成果进行概括。本书共分两部分。第一部分讲計算机，概述模拟計算机和数字計算机的一些最基本的設計思想和理論基础，探討其中的若干問題，并对这两类計算机的特征及其比較，加以評述。第二部分讲人腦，著者从数学的角度，主要是从邏輯和統計数学的角度，討論了神經系統的刺激-反应和記憶等問題，提出神經系統具有数字部分和模拟部分两方面的特征，探討了神經系統的控制及邏輯結構。所有这些討論，都注意了拿人造的自动机（計算机）和“天然的自动机”（人腦）来作技术比較。他认为，人腦的“邏輯深度”和“算术深度”都比計算机小得多，但有許多現代計算机所不能比拟的优越性。比如，同样容积的神經元比人造元件能完成更多的运算，能同时处理更多的信息，記憶容量也大

得多，每个神經元件的准确度較低而其綜合的可靠性較高等等；人腦和計算机，無論在控制或邏輯結構上，都有巨大区别。通过这些比較和探討，提出了一些富于启发性的、值得进一步进行实验和理論探討的問題。在这些方面，可供对自动机理論、控制論、計算技术、仿生学等有兴趣的讀者批判地参考。当然，书中的許多議論是預測性的，随着对人腦思惟过程和自动技术的研究成果之增加，肯定会有許多預測需要更改。

應該指出，近年来，圍繞着自动技术的新成就和自动机理論的发展，产生了一股反动的思潮。資產階級的“思想家”們（其中也有自然科学家），歪曲和利用这方面的成就，把人腦和自动机等同起来，鼓吹“机器能够思惟”、“出現了有生命、有意識、有理智的机器”、“机器比人聪明”、“人类将被机器統治”等等謬論，作出种种反动的、謬誤的哲学概括和社会政治方面的結論。我們應該以馬克思列宁主义为武器，和这些反动思潮作斗争，彻底批判这些反动思想；同时，对自动控制技术和自动机理論研究的成果，作出正确的哲学评价和社会政治結論，以促进这些新兴科学技术的健康发展。

馮·諾意曼在本书中，虽然还没有作出直接的社会政治結論，可是在若干理論概括中，其哲学观点是錯誤的。例如，馮·諾意曼在作了人腦和計算机的各种技术上的比較后，作出这样的推論：既然神經系統和計算机的邏輯結構有很大区别，那么，我們現在所用的邏輯和数学，也就和語言一样，同是历史的、偶然的表达形式（參閱本书第十六章）。譯者认为这个推論是謬誤的。因为邏輯思惟的形式，不是人們主观任意的产物，而是客观物质世界中各种事物的一定关系在人腦中的反映*。这些思惟的形式，固然有必要借助

* 当然，邏輯只是思惟的規律。它們不是物质过程的規律，而是物质过程的反映之規律。如果思惟的材料是不符合事实的，思惟再合乎邏輯，也只能得到錯誤的結果。

于語言来表达、来形成，同一思想也可以用不同語言来表达、来形成，但是，其思维規則却是同一的。馮·諾意曼的这个錯誤推論，和唯心主义的邏輯实证主义很相似。邏輯实证主义者认为：邏輯的規律、規則，是一种“純粹”思维的假定与任意的产物，它和对客观現實的認識无关，只是一种人为的設置。譯者希望，本书能为研究控制論哲学問題的讀者，提供一份分析、批判的素材。

本书根据耶魯大学出版社一九五八年版譯出。原书是馮·諾意曼为耶魯大学西利曼讲座(Silliman Lectures)准备的讲稿。讲座原定在1956年春举行，因馮·諾意曼患病并于1957年春病故，这个讲稿沒有写完，因此这是一本未完成的稿子。在讲稿的許多地方，並沒有把意思展开和解释清楚。譯者虽然力求确切地翻譯，但原书內容涉及計算技术、数学、神經生理学等許多方面，因限于水平，譯文中錯誤与不确切之处定必难免，欢迎讀者予以指正。

原书冠有馮·諾意曼妻子所写的紀念性的序言，因与本书內容无关，不附在这个譯本中。但序中追述了馮·諾意曼的一些經歷情况，对分析他的学术思想可能有些用处，譯者再參照別的书籍，据而編写了一份不完备的材料，作为本书附录，以供讀者参考。

譯 者

1999年

目 次

引言	1
----------	---

第一部分 计算机

第一章 模拟方法	3
常用的基本运算	3
不常用的基本运算	4
第二章 数字方法	5
符号, 它们的组合与体现	5
数字计算机的类型及其基本元件	6
并行和串行线路	6
常用的基本运算	7
第三章 逻辑控制	9
插入式控制	10
逻辑带的控制	10
每一基本运算只需要一个器官的原理	10
由此引起的特殊记忆器官的需要	11
用“控制序列”点的控制	12
记忆存储控制	14
记忆存储控制的运算方式	15
控制的混合方式	16
第四章 混合数字方法	17
数的混合表现, 以及在此基础上建造的计算机	18
第五章 准确度	19
需要高度的准确度(数字的)之理由	20

第六章 現代模拟計算机的特征	22
第七章 現代数字計算机的特征	22
作用元件, 速度的問題	23
所需的作用元件的数目	23
記憶器官的存取時間和記憶容量	24
以作用器官构成的記憶寄存器	25
記憶器官的譜系原理	25
記憶元件, 存取問題	26
存取時間的概念之复杂性	27
直接地址的原理	28

第二部分 人腦

第八章 神經元功能簡述	29
第九章 神經脉冲的本质	30
刺激的过程	31
由脉冲引起的刺激脉冲的机制, 它的数字特性	32
神經反应、疲乏和恢复的时间特性	33
神經元的大小, 它和人造元件的比較	35
能量的消耗, 与人造元件的比較	36
比較的总结	37
第十章 刺激的判据	38
最簡單的——基本的邏輯判据	38
更复杂的刺激判据	40
閾值	40
总和時間	41
接收器的刺激判据	41
第十一章 神經系統內的記憶問題	44
估計神經系統中記憶容量的原理	45

运用上述規則估計記憶容量	46
記憶的各種可能的物理體現	47
和人造計算機相比擬	48
記憶的基礎元件不需要和基本作用器官的元件相同	48
第十二章 神經系統的數字部分和模擬部分	49
遺傳機制在上述問題中的作用	50
第十三章 代碼,及其在機器功能的控制中之作用	51
完全碼的概念	51
短碼的概念	51
短碼的功能	52
第十四章 神經系統的邏輯結構	53
數字方法的重要性	54
數字方法和邏輯的相互作用	54
預計需要高準確度的理由	54
第十五章 使用的記數系統之本质: 它不是數字的	
而是統計的	55
算術運算中的惡化現象; 算術深度和邏輯深度的作用	57
算術的準確度或邏輯的可靠度, 它們的相互轉換	57
可以運用的信息系統的其他統計特性	58
第十六章 人腦的語言不是數學的語言	59
附录 关于本書著者馮·諾意曼	61

引 言

由于我既不是一个神经学专家，又不是精神病学家，而是一个数学家，所以，对这本书需要作若干解释与申明。本书是从数学家的观点去理解神经系统的的一个探讨。然而，这个陈述中的各个要点，都必须立即予以界说。

首先，我说这是企图对理解神经系统所作的探讨，这句话还是夸张了。这只不过是系统化了的的一组推测，预测应该进行怎样的探索。这就是说，我企图揣测：在所有以数学为引导的各研究途径中，从朦朧不清的距离看来，哪些途径是先验地最有希望的，哪些途径的情况似乎正相反。我将同时为这些预测提供某些合理化的意见。

其次，对于“数学家的观点”这个词，我希望读者作这样的理解：它的着重点和一般的说法不同，它并不着重一般的数学技巧，而是着重逻辑学与统计学的前景。而且，逻辑学与统计学应该主要地（虽然并不排除其他方面）被看作是“信息理论”的基本工具。同时，围绕着对复杂的逻辑自动机和数学自动机所进行的设计、求值与编码工作，已经积累起一批经验，这将是信息理论的大多数的注意焦点。其中，最有典型意义的自动机（但不是唯一的），当然就是大型的电子计算机了。

应该顺便指出，如果有人能够讲出关于这种自动机的“理论”，那我就非常满意了。遗憾的是，直到目前为止，我们所据有的——我必须这样呼吁——，仍然只能说是还不完全清楚的、难于条理化的那样“一批经验”。

最后，应当說，我的主要目的，实际上是要揭示出事情的頗为不同的一个方面。我希望，对神經系統所作的更深入的数学的研討(这里所說的“数学的”之涵义，在上文已經讲过)，将会影响我們对数学自身各个方面的理解。事实上，它将会改变我們对数学和邏輯学的固有看法。这个信念的理由何在，我将在后文加以解說。

第一部分 计算机

我从討論计算机系統的基础原理以及计算机的实践开始。

現有的计算机,可以分为两大类:“模拟”计算机和“数字”计算机。这种分类,是根据计算机进行运算中表示数目的方法而决定的。

第一章 模拟方法

在模拟计算机中,每一个数,都用一个适当的物理量来表示。这个物理量的数值,以預定的量度单位来表示,等于問題中的数。这个物理量,可以是某一圓盘的旋轉角度,也可能是某一电流的强度,或者是某一电压(相对电压)之大小等等。要使计算机能够进行計算,也就是說,能按照一个預先規定的計劃对这些数进行运算,就必须使计算机的器官(或元件),能够对这些表示数值进行数学上的基本运算。

常用的基本运算

常用的基本运算,通常是理解为“算术四則”的运算,即:加($x+y$)、减($x-y$)、乘(xy)、除(x/y)。

很明显,两个电流的相加或相减,是没有什么困难的(两个电流并联起来,就是相加;相反的并联方向,就是相减)。两个电流的相乘,就比较困难一点,但已有許多种电气器件能够进行相乘的运算;两个电流的相除,情况也是如此。(对于乘和除來說,所量度

的电流的单位当然应该是相关的，而对加和减来说，则不一定要这样。)

不常用的基本运算

一些模拟计算机的一个相当值得注意的特性，就是它进行不常用的运算。这是我在后面要进一步叙述的。这些模拟计算机，有时是按照算术四则以外的“基本”运算方法来建造的。经典式的“微分分析机”就是这一类，在那里，数值由某些圆盘的旋转角度来表示。它的过程如下：它不用加 $(x+y)$ 与减 $(x-y)$ 来运算，而是用 $(x \pm y)/2$ 来运算，因为用一种现成的简单元件——差动齿轮（象汽车上后轴所用的齿轮），就可以进行这种运算。它也不用乘法 (xy) ，而是采取另一种完全不同的方法：在微分分析机中，所有的数量都表现为时间的函数，而微分分析机用一种叫做“积分器”的元件，能够把两个数量 $x(t)$ 、 $y(t)$ ，形成（“斯蒂杰斯”）积分 $z(t) \equiv \int^t x(t) dy(t)$ ①。

这个体系包括三个要点：

第一，上述三种基本运算，经过适当的组合，可以产生四种常用的算术基本运算中的三种，即加、减、乘。

第二，上述基本运算，和一定的“反馈”方法结合起来，就能产生第四种运算——除法。在这里，我不讨论反馈的原理。这里只是说明，反馈除了表现为解出数学上蕴涵关系的一种工具外，它实际上还是一种特别巧妙的短路迭代与逐次逼近的线路。

第三，微分分析机的一个真正得到支持的根据是：它的基本运算—— $(x \pm y)/2$ 和积分，对于许多类问题来说，比算术四则运算

① 这个积分式，是由数学家 Thomas Jean Stieltjes (1856—1896) 提出的，故名斯蒂杰斯积分。——译注

$(x+y, x-y, xy, x/y)$ 要更經濟一些。更具体地說,任何計算机,要它解出一个复杂的数学問題时,必須先对这个問題作出“程序”。就是說,为解出这个問題而进行的复杂运算,必須用計算机的各个基本运算的組合来表示。这个程序,严格地說,往往只是这些組合的近似(近似到我們預定的任何程度)。对于某一类給定問題來說,如果一組基本运算和另一組基本运算相比,能够使用較簡單、較少的組合就能解出問題,那么,我們說这一組基本运算更有效。所以,專門对全微分方程的系統來說(微分分析机本来就是为解全微分方程而設計的),微分分析机的这几种基本运算,就比前面所讲的算术基本运算 $(x+y, x-y, xy, x/y)$ 更有效一些。

下面,我要讲数字計算机。

第二章 数字方法

在一个十进制数字計算机中,每一个数都是用通常书写或印刷一样的方法来表示的,即用一序列的十进制数字来表示。而这每一个十进制的数字,又用一組“符号”系統来表示。

符号,它們的組合与体现

一个符号,可以用十个不同的形式表现,以滿足表示一組十进制数字的需要。要使一个符号,只以两种不同形式表示,則只在每一个十进制数字相对应于整个符号組时才能使用(一組3个的两值符号,可构成8个組合,这还不够表示10个十进制数字之用;一組4个的两值符号,則可以有16个組合,这就够用而有余了。所以,十进制数字,必須用至少4个一組的两值符号来表示。这就是

使用比較大的符号組的理由，見下述)。十值符号的一个例子就是在十根預定的導線上各自出現一个电脉冲。两值符号是在一根預定的導線上出現一个电脉冲，于是，脉冲的存在或不存在就传达了信息（这就是符号的“值”）。另一种可能的两值符号，是具有正极性和负极性的电脉冲。当然，还有許多种同样有效的符号体系。

我們將进一步观察这些符号。上述十值符号，显然是一組 10 个的两值符号。我們已經說过，这組符号是高度过剩了。最小的組，包括 4 个两值符号的，也是可以用在同一体系中的。請考虑一个四根預定的導线的系統，在它們之間，能够发生任何組合的、同时出現的电脉冲。这样，它可以有 16 种組合，我們可以把其中的任何 10 种組合規定为十进制 10 个数字的相应代表。

应当注意，这些符号通常都是电脉冲（或可能是电压或电流，持續到它們的标示生效为止），它們必須由电閘装置来控制。

数字計算机的类型及其基本元件

到目前为止的发展中，电磁机械的继电器、真空管、晶体二极管、铁磁芯、晶体管已經被成功地应用了；有时是相互結合起来应用，比如在計算机的存儲器官（見后面的叙述）中用这一种元件，而在存儲器官之外（在“作用”器官中）則用另一种，这样，就使計算机产生了許多种不同的种类^①。

并行和串行线路

現在，計算机中的一个数是用一序列的十值符号（或符号組）

^① 在这节中，馮·諾意曼使用了“organ”（器官）这个詞，在計算机中，这本来可以譯为机构或部件。但是因为往往把它和人的器官相比拟，因此还是直接譯作器官。——譯注