

计 算 机 和 人 脑

[美] 约·冯·诺意曼 著

商 务 印 书 馆

计 算 机 和 人 脑

[美] 约·馮·諾意曼 著

甘 子 玉 譯

商 务 印 书 館

1979年·北 京

John von Neumann
THE COMPUTER AND THE BRAIN
First Published May, 1958, by
Yale University Press, Inc.
New Haven

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。

计 算 机 和 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）

新华书店北京发行所发行

北京第二新华印刷厂印刷

850×1168 毫米 1/32· 2¹/₄ 印张 45 千字

1965 年 3 月第 1 版 1979 年 4 月北京第 2 次印刷

印数：3,001—34,000 册

统一书号：2017·147 定价：0.34 元

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（其中以大型的电子计算机为最典型），也是人手和人脑的劳动产物，它們能够对思维的某些特征进行模拟，代替了人脑的某些思维功能，可以說，它們也是人脑的“延长”。在科学技术上，把以电子计算机为代表的自动机来和人脑作比較探討，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，对于探索人脑思维的活动过程，也可能有一定意义。

《计算机和人脑》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。第一部分讲计算机，概述模拟计算机和数字计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，并对这两类计算机的特征及其比較，加以評述。第二部分讲人脑，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（计算机）和“天然的自动机”（人脑）来作技术比較。他认为，人脑的“邏輯深度”和“算术深度”都比计算机小得多，但有許多現代计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；人脑和計算机，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、仿生学等有興趣的讀者批判地参考。当然，书中的許多議論是預測性的，随着对人脑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，把人脑和自动机等同起来，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，作出正确的哲学評價和社会政治結論，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·諾意曼在作了人脑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脑中的反映*。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，譯者再参照別的书籍，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

1964 年

他把在英国的核物理专家杨澄中（我们称之为“英杨”）和在法国的放射化学家杨承宗（我们称之为“法杨”）邀请回到中国。这时候，四十才出头的钱三强已经被看作是一只老母鸡，培育了他的得力的助手。有几位今天也到会了。他还培养了一批年轻的专业人才。

人们简直不能相信中国不到十年的时间，就能够在1964年10月16日爆炸了第一颗原子弹。接着1966年5月9日，中国进行第三次核试验，其数据显示，这次试验含有热核材料，是一颗加强型的原子弹。同年10月27日中国进行第四次核试验，成功地进行了导弹运载核弹头爆炸成功。每发表一次这类“公报”，世界舆论总要轰动一次，惊叹一番。轰动最大的一次，莫过于1967年6月17日。那天深夜，从北京又飞出一条重要新闻：中国第一颗氢弹在西部上空爆炸成功。听说，6月17日一位塔斯社记者气喘吁吁地跑到了玻璃宫——那里联大特别会议刚开始。走到柯西金面前说：“总理同志，北京电台已经宣布，中国掌握了氢弹……”柯西金瞅着这位记者，但是说不出话来。记者又说：“总理同志，这次爆炸是在新疆进行的，就是毛派所控制的省份……我们曾经报道过此事……他们会让氢弹爆炸吗？”柯西金更加注意地瞅着记者，表情显得越来越烦躁不安。后来，他终于开了腔：“同志，你为什么如此慌张，你相信塔斯社吗？”

至于法国，他们的一颗原子弹是在1960年2月已经成功爆炸了，比中国第一颗原子弹试验要早四年零八个月，而法国的氢弹还一直不见动静（后来法国在1968年8月进行氢弹试验，比中国晚了一年零八个月）。难怪法新社6月18日发表电讯称：中国试验的第一颗热核氢弹，使最有经验和最了解情况的专家感到惊诧。惊诧的是中国人取得这个速度。还有消息从法国传出，说戴高乐总统为此大发雷霆。具体证实戴高乐确实发火了，其中一些细节是时隔十几年后的七十年代末和八十年代中——准确地说是这样传到中国来的：1979年1月，法国原子能总署基础研究所所长J. 霍洛维茨应中国科学院邀请访问中国，他是钱三强的老朋友又是同行。他们在北京有过两次会见。霍洛维茨问了中国发展氢弹的事，同时谈到了法国科学界普遍感到惊奇和戴高乐批评了原子能总署。还有一次是五年后的1984年12月，被称为“快中子堆之父”的法国原子能委员会G. 万德里耶斯访华，在北京时，钱三强在“便宜坊”请他吃烤鸭。席间他也问起和谈

起氢弹的事情。这次万德里耶斯与5年前霍洛维茨所言大同小异，钱三强多次作为“花絮”介绍过，大体内容是：当年中国爆炸第一颗氢弹的消息传到法国后，法国科学界和政界都感到惊诧，戴高乐总统把原子能总署的官员和主要科学家叫到他的办公室，质问为什么法国的氢弹迟迟搞不出来，而让中国人抢在前面了，在场的人都无言以对，因为谁也解释不清楚中国为什么这么快的原因。他们说，戴高乐还拍了桌子。

这里有一个故事也可以作为“花絮”讲一讲。就在1964年10月，我参加了乌兰夫副总理带队的中国政府代表团，去民主德国庆贺他们的国庆。回国时经过莫斯科，在我们国家的使馆休息了一下。在回国的前夕，罗马尼亚的一个记者向我们透露，赫鲁晓夫要下台。第二天我们的飞机从莫斯科去西伯利亚的伊尔库斯克，伊尔库斯克的州委书记到机场来迎接我们，对我们说了一句话：“你们在飞机上睡了一个晚上，可是我们苏联发生了很大的变化。赫鲁晓夫同志不再担任我们的总书记了。”也就是在机场上，我们国家驻伊尔库斯克的领事告诉我们，我们国家今天爆炸了第一颗原子弹。这个时间就是1964年10月16日，我国第一颗原子弹爆炸的日子。

钱三强在这件事上的所作所为，不是一般的语言可以表达的。

有一件事我想补充一下，1953年他以中国科学院代表团的团长，与中国科学院党组书记张稼夫同志一起访问苏联。回来后有一个给国务院的报告。在这个报告当中，介绍了苏联科学院的院士制度。那时我在中央宣传部科学处工作。我参加了对这个报告的讨论。当时大家认为在中国建立院士制度还不够成熟，以后就建立了学部委员的制度。后来又发展成我国的院士制度。

钱三强作为团长所作的这个报告中，还有一个重要内容就是建立中国的研究生制度，这是我们提出制定学位制度的第一个文件。

关于“钱三强星”的命名，我十分高兴，我表示热烈祝贺。

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 人脑

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
記憶的基本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
附錄 關於本書著者馮·諾意曼	61

第十八章 另一种使命

第十九章 使原子科学在中国生根

第二十章 反对原子弹 必须掌握原子弹

第二十一章 一堆一器

第二十二章 争取援助 不做贾桂

65. 参与“制礼作乐” / 190

66. “为胜利而牺牲” / 193

67. 非党团长担重任 / 196

68. 入党 / 201

69. 捅马蜂窝了 / 205

70. 在奥斯陆 / 207

71. 组织调查团 / 210

72. 在战地前线 / 213

73. “必要时刻的支持者” / 215

74. 强优结合的集体 / 220

75. 人才务求善用 / 223

76. 贵有一种精神 / 226

77. 红与专的杰作 / 228

78. 约谈西花厅 / 233

79. 到时候了 该抓了 / 236

80. 对话原子 / 240

81. 幸运 / 242

82. 北京有个坨里 / 246

83. 国防部长关心那个堆 / 249

84. 让大家知道原子能应用 / 252

85. 热工实习团 / 256

86. 一条不顾实际的建议 / 259

87. “出嫁”没离家 / 262

第二十三章 攻关无歇时

第二十四章 肝胆相照

第二十五章 氢弹奇迹之谜

第二十六章 从书生气到靶子

- 88. 决裂前的最后争取 / 264
- 89. 记住“596” / 268
- 90. 特殊角色 / 270
- 91. 无悔无私 / 275
- 92. “满门忠孝”和“老母鸡” / 277

- 93. 拧成一条绳 / 282
- 94. 遇难题求良将 / 284
- 95. 会战“安全的心脏” / 287
- 96. 攻克点火中子源 / 289
- 97. 指点罗布泊 / 291

- 98. 元帅为科学家“募捐” / 295
- 99. 广州会议解疙瘩 / 298
- 100. 知己 / 302

- 101. 惊诧的两年零八个月 / 305
- 102. 一步妙棋——预为谋 / 307
- 103. 宁担责任用好“钢” / 310
- 104. 轻核反应实验组 / 313
- 105. 给历史一个交待 / 315

- 106. 可爱的书生气 / 318
- 107. 初尝苦果 / 320
- 108. 接天线——过阶级感情关 / 322
- 109. 被抛出来的“靶子” / 325
- 110. 另类抄家 / 326

第二十七章 春天情怀

111. 希望生又灭 / 330

112. 寒露报喜 / 333

113. “拿来主义” 启动科学工程 / 335

114. 从化粒子物理会 / 338

115. 合成胰岛素申请诺贝尔奖 / 342

第二十八章 老兵自励

116. 兼职与正业 / 346

117. 再进中南海 / 349

118. “可算找到老家了” / 353

作者后记 / 359

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,就比較困难一点,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