

闲话图灵、冯·诺依曼和数值天气预报的起源

■ 贾朋群

2012年是“计算机理论”的开拓者、英国数学家和逻辑学家图灵诞辰100周年。这位英年早逝的学者，在不长的学术生涯里用他智慧的大脑征服了世界，让人难以忘怀。图灵也同样让全球气象学者所牢记，这不仅是因为现在每天都在世界各地运行的天气、气候预测和模拟计算机模式，其起源与现代计算机，因而也和图灵的名字联系在一起；而且，图灵还和气象圈子里的知名学者、机构，例如，特别是冯·诺依曼等人和普林斯顿高级研究院等，在半个多世纪以前有过意义重大的共识、甚至合作，谱写了数值天气预报与现代计算机科学早期捆绑式联系在一起的难忘篇章。

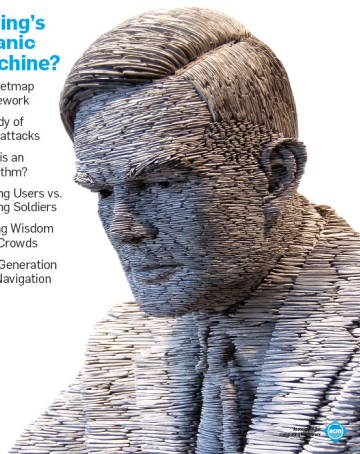
1. 图灵和冯·诺依曼对人类进入计算机时代的贡献

图灵100年诞辰，让世界各国学术界再一次将目光聚焦在这位最早拉近人类依据电子设备进行有效计算的人。在计算机界非常著名的《ACM通信》杂志的封面文章，甚至在副标题中将图灵的计算理念描述为“图灵世纪”的产物。

COMMUNICATIONS
OF THE
ACM

Turing's
Titanic
Machine?

The Netmap
Framework
A Study of
Cyberattacks
What is an
Algorithm?
Training Users vs.
Training Soldiers
Gaining Wisdom
from Crowds
Next-Generation
GPS Navigation



《ACM通信》2012年3期封面

实际上，人类借助机器进行被认为是脑力劳动而非体力活动的计算的思想由来已久。机械计算器至少早

在17世纪就已出现，而中国的算盘计算则更是有几千年的历史，甚至比阿拉伯数字出现的还要早。机械计算器在17世纪被多个人独立发明，例如法国数学家布莱兹·帕斯卡（Blaise Pascal），1642年未满19岁时，为了减轻他父亲无止尽地重复计算税务的收支，制造出一台可以运行加减的计算器，称为帕斯卡计算器。而来自牛津的埃德蒙·甘特（Edmund Gunter）在大约1620—1630年间发明了计算尺。1801年，利用打孔机控制织布机花样的提花织布机的诞生，开创了编程化的新时代。虽然织布机进行机械运动，但其控制则由存贮人类设计思想的卡片实现，送入不同设计的卡片，同一台机器会织出不同图案的布匹。

进入20世纪，机械式计算器进入百花齐放时代，1930年代后期开始，电子电路、继电器、电容及真空管等的相继登场，为电子计算机时代的到来打下了铺垫。

图灵在1936年发表的研究报告，以算法概念为通用计算机做出了定义，这样定义的计算机，也被称为“图灵机”。而一部计算机要涵盖多种用途，即实现所谓“通用”型，就必须有像前述那样的卡片的功能，即读写程

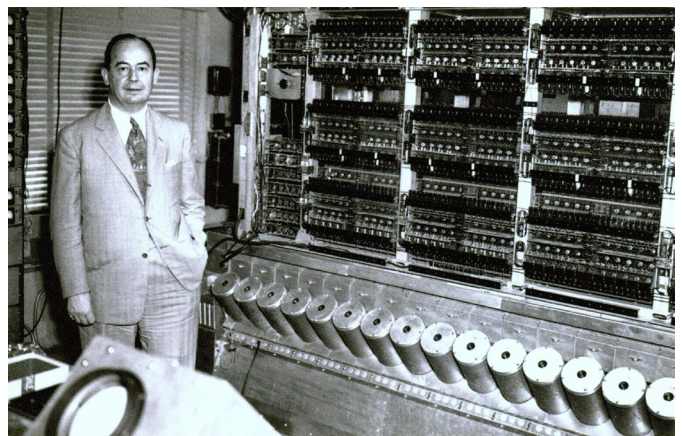
序的器件，而冯·诺依曼设计的计算机架构下的内存，可一并存储计算指令和资料。至此，现代电子计算机具备了一切理论和软、硬件上的准备。图灵机和前述多人的工作不同之处，就在于它并非一般意义上的机器，而是通过假想提出了能够将任何计算装置的逻辑结构简化为其基本要素的理想

化数学模型，这就揭示出了信息处理的本质，从而为现代数字计算机的发展奠定了基础。

世界上第一台通用电子计算机是ENIAC（electronic numerical integrator and computer），是美国宾州大学电子系（Moore School of Electrical Engineering, University of Pennsylvania）在1943—1946年设计的。1944年，冯·诺依曼加入了ENIAC研发小组。深受图灵机的启发，冯·诺依曼强调了一个计算机必须具备存储器的结构，在1945年6月，他发表了论述我们今天称为冯·诺依曼机器结构的论文。

2. 冯·诺依曼在高级研究院推进数值天气预报

1946年8月29—30日，在美国位于新泽西州的普林斯顿大学的高级研究院，召开了一次对现代气象学发展具有历史意义的重要会议，这次被认为是世界上第一次数值天气预报学术会议的组织和主持人，不是当时著



冯·诺依曼（1903—1957）

名的气象学专家，却是普林斯顿大学高级研究院的数学教授冯·诺依曼博士。在这次会议之后的几年里，在冯·诺依曼博士的周围，总是聚集着一支来自美国乃至世界各地最优秀的气象学家队伍和电子工程师，他们的目标只有一个：用刚刚诞生的数字电子计算机做出准确的天气预报。这个目标

终于在1950年4月初，在世界上第一台电子计算机ENIAC的输出结果中实现。在以1949年1月31日观测纪录为初值，进行欧洲地区24小时数值预报的试验中，数值预报首获成功。计算机输出的结果将位于欧洲西部的风向转换和反映大气斜压特征的低槽延伸现象都正确地进行了预报。冯·诺依曼博士用他数学家的头脑，战略家的韬略，在不长的时间里，帮助气象学家完成了至少从世纪初开始的梦想：用物理定律计算和预报天气，而他本人，无论他是否在意，也成为气象学家队伍中令人尊重和自豪的人物。

约翰·冯·诺依曼（John von Neumann），1903年12月28日出生于匈牙利首都布达佩斯，他是当地一位小有成就和名气的银行家家中的第一个男孩，神采奕奕的父亲在他出生前，就花钱为他买了个头衔，诺依曼家族的后代也就首次获得冯·诺依曼的姓氏。冯·诺依曼没有辜负父亲的苦心，从小就表现出其他孩子不能企及的数学天赋。只有6岁的他可以心算两个8位数乘法，他幼小的心里几乎所有一切都和数有关系。除了数学，冯·诺依曼8岁时还迷上了历史，家中44卷本的大学历史全书被他通读了一遍，似乎是向人证明他的大脑会在逻辑数学和社会应用两个领域显示才智。1914年，刚刚10岁的冯·诺依曼就进入大学预科班学习，1921年冯·诺依曼17岁时，他的第一篇数学研究论文在德国数学学会杂志上发表。1926年，22岁的冯·诺依曼同时获得了化学工程学学士和数学博士学位。获得学位后，冯·诺依曼来到哥廷根大学，成为著名数学家希尔伯特的助手，致力于研究数理逻辑、集合代数和集合论等纯数学理论，取得了公认的成绩。1929年末，冯·诺依曼得到美国普林斯顿大学的邀请，对方希望通过邀请欧洲最优秀的数学家赴美国工作，刺激美国的数学界。1930年，冯·诺依曼首次赴美，成为美国普林斯顿大学客座讲师。1933年，33岁的冯·诺依曼博士成为著名的普林斯顿大学高级研究院聘任的包括爱因斯坦在内的6位教授中最年轻的一位。

正是从1933年任普林斯顿大学

教授开始，冯·诺依曼博士将自己的研究领域逐渐从纯数学向应用数学转换，开始在脑子里酝酿研制计算机计划。而当时在数学界，更多的数学家沉溺于数学方程完整解的研究，对数学计算很是轻视，对计算机更认为那不过是更大更快的计算器而已。从小就对数学，尤其是数字计算特别敏感的冯·诺依曼却越来越清晰地认识到

计算机高速和准确的计算，不但会给数学家，还会给自然科学各学科带来意想不到的结果和突破。1944年，冯·诺依曼正式成为美国第一台通用电子计算机ENIAC（电子数字积分器和计算器）研制项目的顾问。1945年末，他成功地说服了高级研究院主任和理事会，在名义上和财政上（拨款10万美元，而当时的美国无线电公司也仅值10万美元）支持ENIAC项目。

冯·诺依曼很早就认为数值天气预报是计算机在数学应用领域面临的最重要的挑战之一，1946年5月，他向美国海军提出建议，在项目内成立气象组，同样期待着更为准确的天气预报的美国海军非常明智和快速地支持了冯·诺依曼的建议，从1946年7月开始支持和ENIAC项目捆绑的数值天气预报计划。于是，包括罗斯贝、查尼等一批美国当时最有思想的气象学家，通过本节开始讲述的那次有重要历史意义的会议走到了一起，并且取得了不仅在气象科学领域，而且在应用数学和自然科学都具有划时代意义的成果。1950年，他和Charney、Fjörtoft合作完成的“Numerical integration of the barotropic vorticity equation”发表在Tellus上，成为数值天气预报的经典和开创性文献。

1957年，冯·诺依曼教授英年早逝，令人痛惜不已。但他组织和实施数值天气预报虽然仅是他一生学术成

就的很小一部分，却正是因为这项工作，他和一批优秀的气象学家一起改变了天气预报的历史。他在这项研究中提出并解决了计算机程序编制问



1950年冯·诺依曼（左2）和查尼（右1）等气象学者在ENIAC机器前合影

题，即让快速运转的计算机自己读懂用所谓接近计算公式的“高级语言”编写的计算指令。冯·诺依曼是现代数值分析中计算数学的缔造者之一，对非线性方程的离散化及计算稳定性等重要的数学应用问题，他以数值天气预报为突破口，形成了一套理论和解决方案，其应用价值和受益领域远远不仅局限于气象科学。

3. 讨论

虽然图灵在数字计算机的创新性工作被人牢记，并被认为是“计算机理论”之父，国际最高数学奖项——图灵奖就是这种怀念的最好诠释。但“计算机之父”的称号却授予了制造出第一台电子计算机的冯·诺依曼。他们虽然是同代人，二人之间直接的接触几乎没有。但是，1938年正在普林斯顿大学为制造出计算机而摩拳擦掌的冯·诺依曼曾这样恭维图灵：图灵的工作足以让他在普林斯顿大学获得一个职位。正是他们以及其他合作者心有灵犀的通力合作，电子计算机时代的到来几乎与电子技术创新同步。而气象领域最先成为电子计算机的重要应用领域，更是冯·诺依曼领导的团队在当时以高级研究院为代表的美国自由、宽容的科技创新环境下结出的硕果。

数学界在讨论21世纪科学和数学学科发展趋势时，总结出的趋势之一就是研究过程的扩展，即从以前的

“理论+实验”，到“理论+实验+计算”的过程。以前，科学家把研究方式归结为两种手段：理论与实验。由于计算机能力的开发，现在又加上了第三种重要的手段：计算。气象无疑是这一趋势表现最为彻底的

领域。无论是天气问题还是气候研究，模式越来越成为气象学者有力的研究手段。在计算机里，不仅能够有昨天和今天的天气，还能出现明天地球大气层状态的描述，特指计算模拟出来的未来地球天气气候的“情景”

一词也应运而生并被广泛接受。基于这样的“情景”，我们能够讨论今天的环境决策与未来地球天气气候的演变的联系，这正是这第三种手段带来的。

(作者单位:中国气象局气象干部培训学院)