

维纳，昔日神童和数学家

陈关荣 香港城市大学



一、维纳的生平简略

1894年11月26日，诺伯特·维纳（Norbert Wiener）出生在美国密苏里州哥伦比亚市的一个犹太人家庭。维纳成名后出版过两部自传，第一本是1953年的《昔日神童》，记述了自己一些童年往事；第二本是1956年的《我是一个数学家》，主要说的是他后半生的事情。维纳的母亲Bertha Kahn出生于密苏里州，是德国犹太人后裔，父亲Leo Wiener则是俄罗斯和波兰血统的犹太人，自学成才，时任哈佛大学Slavic语言学教授。维纳小时候接受的是由父亲一手包办的家庭教育，9岁时直接进入Ayer高中，12岁成为Tufts学院学生，15岁获得数学学士学位。年轻的维纳对物理、化学、生物兴趣极高，后来在哈佛大学当了一年动物学研究生，之后因天生眼疾做动物实验经常出错而放弃。随后转到康奈尔（Cornell）大学研修哲学，第二年又回到哈佛攻读数理逻辑，18岁获哈佛大学哲学博士学位。

1913年是青年维纳学术成绩灿烂斐然的一年。他以一篇哲学论文赢得哈佛大学的Bowdoin奖。同年，他向学校申请了旅行奖学金并获得批准，先后留学英国剑桥大学和德国哥廷根大学。他到英国后随即在《剑桥哲学学会会刊》上发表了一篇有关集合论的论文，在数理逻辑学领域被认为具有重要价值。

在剑桥大学，维纳跟随罗素（Bertrand Russell）学习数理逻辑

与哲学。罗素成为了维纳的良师益友。老师对他说，一个有志于数理逻辑和哲学的人最好能多懂些数学。秉承师训，维纳选读了许多数学课程，并接受哈代（G. H. Hardy）和李特尔伍德（John E. Littlewood）等著名数学家的直接指导。

维纳原计划在剑桥访学一年，但第二学期罗素要去哈佛讲学，便建议他到德国哥廷根大学去修读希尔伯特（David Hilbert）和朗道（Edmund Landau）的课程。

在哥廷根大学，维纳修完了朗道的一门代数群论课，并在希尔伯特指导下研究微分方程。在哥廷根所受的教育使维纳受益非浅。

事实上，正是剑桥和哥廷根让神童维纳转变成一名青年数学家。维纳在其后五十多年的科学生涯中，先后涉足哲学、数学、物理学、工程学和生物学，在各个领域中都取得了丰硕成果，成为学识渊博、多才多艺的科学巨匠。回首往事时，他常常感激罗素并十分怀念剑桥与哥廷根。

第一次世界大战爆发后他从德国返回美国，先后从事过教员、编辑、电话员、专栏作家等多种临时工作，并服过一年后勤兵役。之后，他在哈佛大学求职不果，于1919年到麻省理工学院（MIT）任职讲师，从此开始了他的学术生涯，并在那里工作和生活直至去世。

1920年，维纳将法国数学家Fréchet关于极限和微分的广义理论推广到向量空间（维纳称之为“Differential Space”），并给出了一套完整的公理集合。维纳的结果与波兰数学家巴拿赫（Stefan Banach）几个星期后发表的一篇论文不谋而合。不过这两项本质上相同的工作后来分别被称为巴拿赫空间和维纳空间理论。维纳的研究成果为冯·诺依曼（John von Neumann）在1927年提出希尔伯特空间中的算子公理方法打下了基础。

维纳是第一个从数学上严格而深刻地研究随

机布朗运动的数学家。1921年，他发表了一篇关于布朗运动的重要论文，出发点是函数空间中的测度论。1923年，他第一次给出了随机函数的严格定义，并指出它是布朗运动的理论模型。其后，数学文献上把定义在连续函数空间中的一种描述布朗运动的测度称为维纳测度，相应的随机过程称为维纳过程，在这个测度上的积分称为维纳积分。后来日本数学家伊藤清（Kiyosi Itô）在此基础上发展了随机积分理论。

1923-1925年间，维纳对数学上的位势理论作出了重要贡献。他对于给定连续边值函数的Dirichlet问题得出了精确广义解，同时对于一般紧集定义了容度的概念，还给出了著名的正则性判据。维纳因此大大地扩展了经典的位势理论。

1926年，维纳以Guggenheim学者身份再次来到德国哥廷根和英国剑桥。随后几年间，他在调和分析的研究上有了重大突破。维纳从物理学借来各种函数作为调和分析的工具，把它们写成Fourier变换的形式，然后把它们同通信理论联系起来，并获得了现代光谱分布。维纳在这方面的成果后来成为巴拿赫代数理论的基石，并由此导出数论Tauber定理等结果。期间，维纳被数学物理深深吸引，与波恩（Max Born）一起研究过量子理论。

1926年，维纳由父母操办与德国姑娘Marguerite Engelmann结了婚，他们后来有了两个女儿。

1929年，维纳从欧洲回到MIT后晋升为副教授。那是他获得了博士学位17年并在MIT任职讲师10年之后。当时学院对这位天才数学家并没有给予特别的关照——但也许正是这无意的举措没有让维纳因青年得志而固步自封——这种悲剧在学术界屡见不鲜。

1929年，维纳还指导当时在贝尔电话公司实

习的MIT博士生李郁荣 (Yuk-Wing Lee) 研制了“Lee-Wiener网络”并获得一项专利。

1932年, 维纳与天文学家霍普夫 (Eberhard Hopf) 合作, 把霍普夫关于辐射平衡态的研究推广到一类给定在半无穷区间上带差核的奇异积分方程。此类方程后来被称为维纳-霍普夫方程。

1932年, 维纳晋升为教授。翌年, 他由于有关Tauber定理的漂亮成果与摩尔斯 (Samuel F. B. Morse) 分享了美国数学学会五年一次的Bôcher奖, 并当选为美国国家科学院院士。

1935-1936年间, 维纳接受了已学成回国在清华大学电机系任职的李郁荣的建议和推荐, 并获得了北京清华大学校长梅贻琦以及数学系主任熊庆来的邀请, 来到了北京, 在清华大学同时出任数学系和电机系客座教授。期间, 他在数学系和李郁荣合作研究Fourier变换数学滤波器, 于是后来有了维纳滤波器, 这项研究还让他获得了一项发明专利。维纳滤波器是当时线性滤波和预测理论中最为重要的科学成果, 成为后来通信理论及其工程应用发展的关键。他又和李郁荣一道与工学院院长、另一名MIT博士海归顾毓琇 (Yu-Hsiu Ku) 合作, 研究模拟计算机的数字化。维纳非常珍惜他在清华的这段经历。他在1954年出版的《我是一个数学家》书中说, 他宁愿选择在清华大学任职客座教授的1935年作为他后来创立控制理论的起点——看来他当时在清华已经有了关于控制论的基本构思——他在这方面的科学贡献后面还会详细谈及。维纳在清华期间还和华罗庚



1936年维纳与清华大学电机系人员合影:
前排左二李郁荣, 左三顾毓琇, 左四维纳

结为好友。1936年, 华罗庚获得中华文化教育基金会每年1200美元的乙类资助, 可以作为访问学者去英国剑桥大学进修, 维纳便亲自写信把华罗庚推荐给了哈代。维纳回国后, 又鼓动普林斯顿的冯·诺伊曼去清华访问。当时冯·诺伊曼夫妇很感兴趣, 于是维纳正式向梅贻琦、熊庆来以及李郁荣分别写了推荐信。可惜两个月后抗日战争爆发, 全盘计划化为乌有。

1938年维纳在研究广义调和分析时引进了齐性混沌 (homogeneous chaos) 的概念。历史上, 他首次在严格数学意义下定义并使用“混沌”这个听起来很不严格的术语。当然, 他的原意和今天我们理解的非线性科学中的混沌理论大相径庭, 而且远远没有后者走得如此广远。

1940年, 基于在清华与李郁荣和顾毓琇的合作研究成果, 维纳给罗斯福总统的科学顾问范内瓦·布什 (Vannevar Bush) 写了一封长信, 提出了设计新型电子计算机的几条原则: 不采

THE HOMOGENEOUS CHAOS.

By NORBERT WIENER.

1. Introduction. Physical need for theory.
2. Definition. Types of chaos.
3. Classical ergodic theorem. Lebesgue form.
4. Dominated ergodic theorem. Multidimensional ergodic theorem.
5. Metric transitivity. Space and phase averages in a chaos.
6. Pure one-dimensional chaos.
7. Pure multidimensional chaos.
8. Phase averages in a pure chaos.
9. Forms of chaos derivable from a pure chaos.
10. Chaos theory and spectra.
11. The discrete chaos.
12. The weak approximation theorem for the polynomial chaos.
13. The physical problem. The transformations of a chaos.

American Journal of Mathematics, Vol. 60, No. 4 (Oct., 1938), pp. 897-936

用模拟程式而利用数字程式；使用电子元件而非机械部件；采用二进制而不是十进制；在机内存放数据和计算表格，等等。布什当年在MIT任职，是李郁荣的博士生导师。作为国家科学顾问和曼哈顿计划的推手，布什当然十分明白并赞同维纳的想法。但布什却没有向维纳提供相应的科研经费，因为他不认为这个庞大的计划有可能在二战结束之前完成。后来布什很快就发现自己错了：历史上第一台高速数字电子计算机“爱尼亚克”（ENIAC: Electronic Numerical Integrator And Computer）于1942年在宾夕法尼亚大学（U Penn）电子工程系的实验室诞生。

第二次世界大战期间，维纳和俄罗斯数学家柯尔莫哥洛夫（A. N. Kolmogorov）同时独立地发展了平稳时间序列估计理论。维纳关于通信理论的研究涉及数学、物理、工程、神经生理等学科。为了推动这些交叉学科的密切沟通和合作，

他积极参与哈佛大学的一个定期科学讨论班，参加者包括许多物理学家、计算机科学家、神经生理学家、心理学家以及社会科学家，例如后来很有建树的控制论和人工智能开拓者罗森布卢斯（Arturo Rosenblueth）、博弈论奠基人和提出二进制电子计算机设计的冯·诺伊曼、电子计算机设计最早参与者别格劳（Julian H. Bigelow）以及神经控制论和人工智能奠基人麦克卡洛（Warren S. McCulloch）和匹茨（Walter Pitts）等。

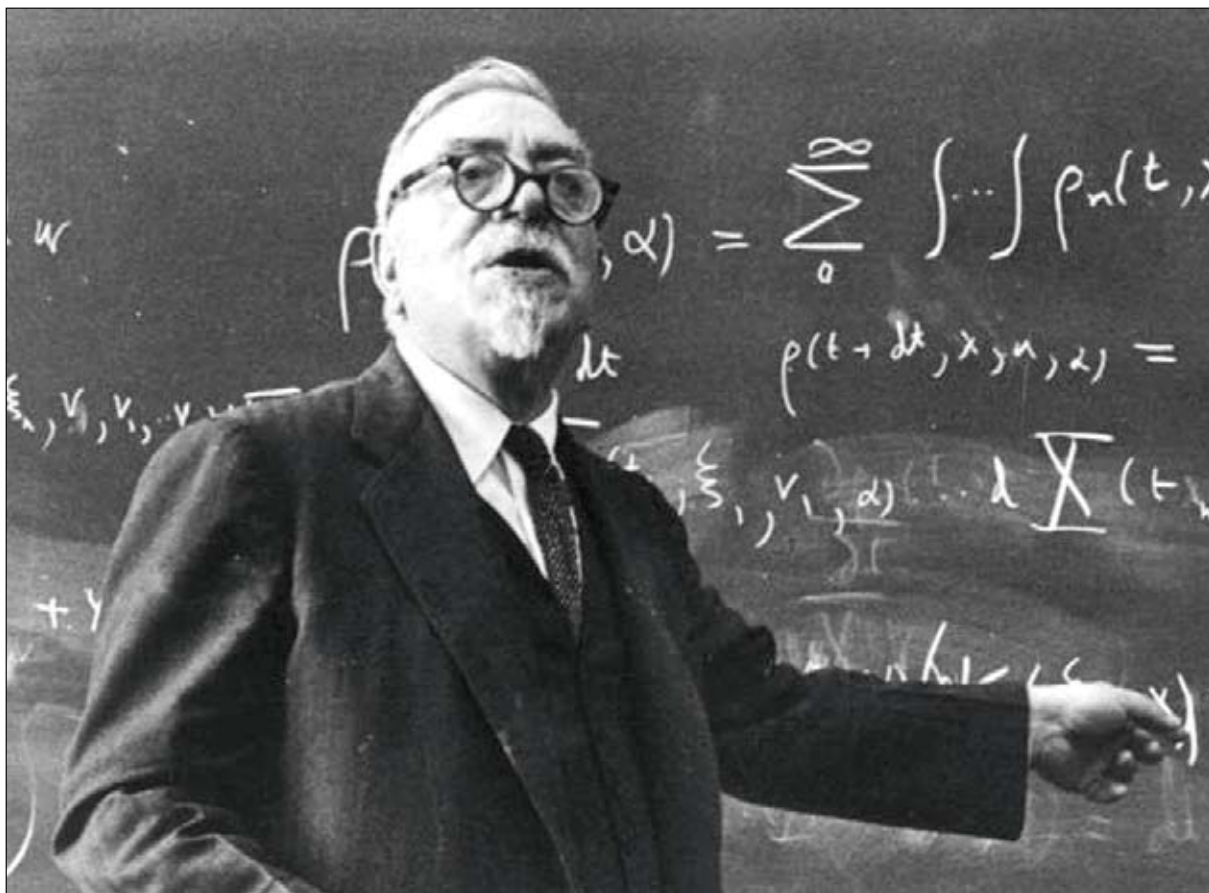
当年的这批年轻人后来在

“各种已经建立起来的学科之间被人忽视的无人区”（维纳语）里都取得了非凡的成就。维纳的科学思想影响深远，甚至延续到今天的互联网发展——其时他深邃的网络思想对于互联网创始人之一的利克莱德（C. J. R. Licklider）的启发和影响就是一个范例。

二战结束以后，维纳在MIT度过了比较平稳的余生。1953-1964年间，他时有出访，到过印度、日本、意大利、荷兰和瑞典讲学，可惜没有机会重访中国。

1959年，在维纳的倡导下，MIT建立了世界上第一个人工智能研究小组和实验室，开始了早期智能机器人的研究。同年，65岁的维纳从MIT退休。

1960年，维纳应邀参加了IFAC（International Federation of Automatic Control）在莫斯科举行的第一届国际会议。期间，当他在《哲学问题》杂



志编辑部举行的控制论座谈会上被问到控制论的创立是否受到某些哲学思想影响的问题时，维纳的回答是肯定的。他还说：“在哲学家中有一个人，如果他活到今天的话，毫无疑问他将研究控制论。这个人就是莱布尼茨。”事实上，德国数学和哲学家莱布尼茨（Gottfried W. Leibniz）是用数学方式建立逻辑推理体系的第一人，他还根据中国的《易经》发明了二进制，这些都是现代电子计算机的基石。回顾历史，维纳当年能以新兴科学控制论创始人的姿态去莫斯科出席IFAC第一届国际会议，那还有钱学森的功劳。维纳的控制论开始时受到了前苏联哲学界的政治攻击，被称为是一种反动的伪科学和为帝国主义战争服务

的工具。1954年，钱学森出版了《工程控制论》一书，系统地阐明了控制论对自动化、航空航天和电子通信等科学技术的理论价值和工程意义。该书立即被译成俄文、德文和东欧一些国家的文字，迅速地让控制论为包括前苏联在内的各国科学界所接受，被确立为一门研究信息和控制普遍规律的严格学科。

1963年8月，维纳发表了一篇题为“神与魔”（God and Golem）的短文，谈及科学尤其是控制论将会如何冲击宗教信仰。

1964年1月，维纳荣获由美国总统约翰逊颁发的国家科学勋章，表彰他“在纯粹数学和应用数学方面并且勇于深入到工程和生物科学中去的多

种令人惊异的贡献以及在这些领域中具有深远意义的开创性工作”。同年3月18日，维纳在瑞典斯德哥尔摩访问时不幸病世，享年70岁。

三年后，即1967年，MIT和美国数学学会以及工业与应用数学学会共同设立了诺伯特·维纳应用数学奖（Norbert Wiener Prize in Applied Mathematics），每三年颁发一次。1987年，美国计算机社会责任专家联盟又设立了诺伯特·维纳社会与专业责任年度奖（Norbert Wiener Award for Social and Professional Responsibility）。2013年起，IEEE SMC 学会也设立了一个维纳奖。

二、维纳的Cybernetics

维纳一生发表论文240多篇，著作14本，内容涵盖数学、物理、工程、生物和哲学等多个领域。

维纳是 Cybernetics 这一学科的创始人，没有之一。这个学科的名字来自希腊文的κυβερνήτης（kybernētēs），意指“领航”，最早可能是由法国物理和数学家安培（André-Marie Ampere）在其著作《论科学的哲学》（Essai sur la philosophie des sciences, v1, 1834; v2, 1843）中使用，但维纳用它来概括了信息、通信和控制三个基本理论。由于其含义主要是后者，现在一般就把它翻译和理解成“控制论”。

维纳参与了香农（Claude Shannon）信息论的开创工作。维纳从直流电路出发来理解和诠释信息论，把消息看作可测事件的时间序列并用统计方法来处理通信问题，在数学上采取平稳随机过程理论及各种变换技术进行研究。他在信息论方面与香农并行工作亦时有合作。他们阐明了信息量化的原理和方法，用“熵”来定义连续信号的信息量，建立了计算信息量的香农-维纳公式。维纳的开创性工作有力地推动了信息论的创立，并为信息论的应用开辟了广阔的前景。在这个意义上，香农感慨地说：“光荣应归于维纳教授”。

维纳阐明了现代系统控制思想和反馈调节原理。第二次世界大战开始后，维纳参与了火炮控制研究，进而建立了Cybernetics理论。1943年，维纳与罗森布卢斯和别格劳合写了一篇题为“Behavior, purpose and teleology”的文章，中心思想是：控制行为是一个从原因到目的之间的随机试探和反复调节的曲折过程。这篇哲学文章第一次明确地构思了如何通过反馈来进行科学意义下的控制。

尽管维纳开创了Cybernetics，即控制论，到1945年美国往日本投放了原子弹之后，他却对利用科学技术制作大规模杀伤武器的军事行动深表厌恶，并拒绝了参与曼哈顿计划的邀请以及军方提供的各种研究资助。1947年1月，维纳在 The Atlantic Monthly上正式发表署名文章“A scientist rebels”，呼吁科学家注重科学研究道德并小心考虑自己的科学研究将可能带来的社会后果。

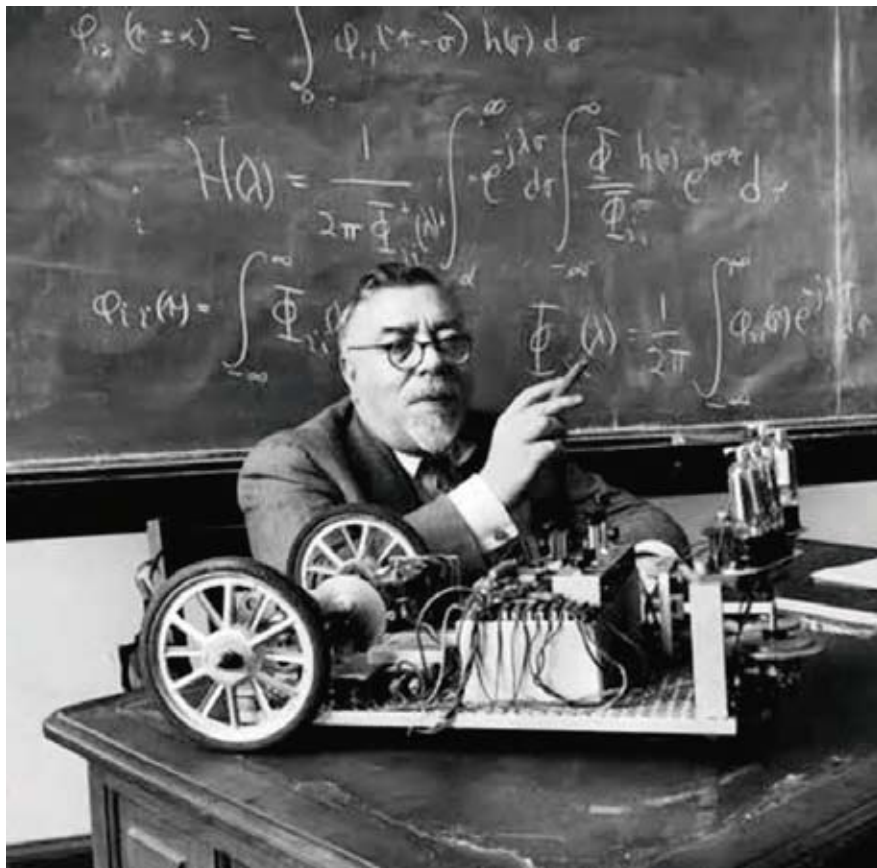
维纳在1948年出版的书Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine（中译本《控制论——或关于在动物和机器中控制和通信的科学》）中提出和综合了控制论中的几个最基本的概念和方法，如反馈、稳定和镇定，并倡导了对机器和社会之间的通信与控制的研究。普遍认为这本书标志了现代意义下的控制科学理论的诞生。

有意思的是，维纳在上述《控制论》一书中说道：“莱布尼茨以后，似乎再没有一个人能够充分地掌握当代的全部知识了。从那时起，科学日益成为专家们愈来愈狭窄领域内进行的事业。在上一世纪，也许再没有莱布尼茨那样的人，但还有一个高斯、一个法拉第、一个达尔文。今天没有几个学者可以不加任何限定地自称为数学家，或者物理学家，或者生物学家。一个人只能是一个拓扑学家，或者一个声学专家，或者一个

甲虫学家。满嘴讲着自己领域的行话，他可以知道本身那个领域的各个分支和全部文献。然而，这种人往往会把邻近的科学问题看作与己无关，甚至认为如果自己对那种问题发生任何兴趣的话，那是一种不能允许的侵犯人家地盘的行为。”这解释了为何维纳有兴趣并致力把信息、通信和控制等不同领域的基本理论揉合在一起，由此创造出一门全新的学科：Cybernetics。

1954年，维纳又出版了另一本书The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society（中译本《人有人的用处：控制论与社会》）。书中维纳对控制论的基本刻划是：现代的自动机和人都是由感觉装置、动作装置和信息传递系统所组成的一个复合的机械或生物系统。自动机和人同样都在接收、处理、传递和存贮信息，并利用信息去完成动作，以实现与外界的联系和交互。在一个系统的工作过程中，信息传递机制发出控制信号命令动作装置进行工作。动作的结果由感觉装置检测出来并反馈回去与给定信号做比较：如果有偏差，则偏差信号会控制动作装置作出自我调节然后继续工作，直到偏差信号消失为止。维纳描述的这个过程正是今天我们熟知的负反馈自动控制原理。

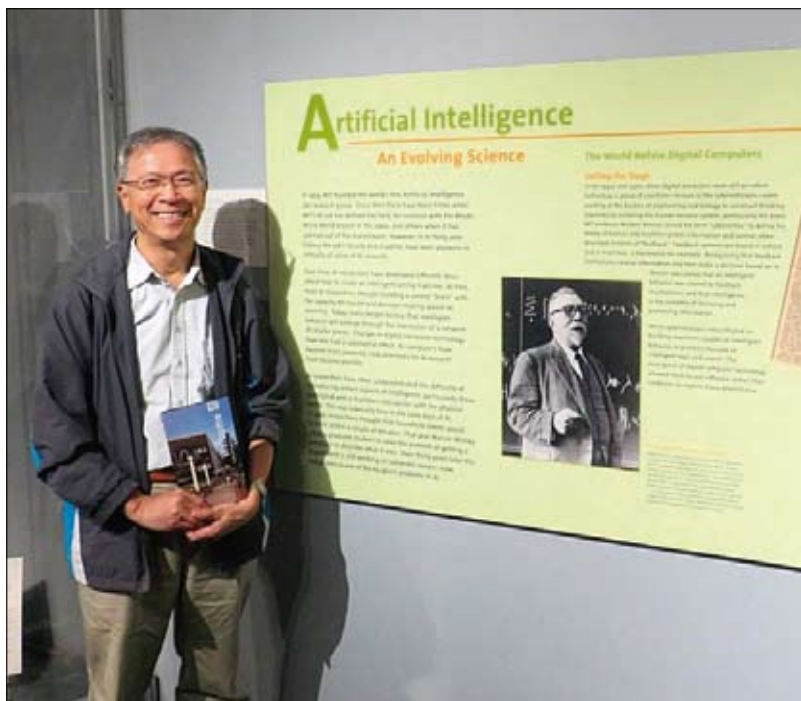
根据这一理论，维纳相信一个机械系统完全能够进行运算和记忆。1940年，他开始考虑计算机



如何能像大脑一样工作。他发现二者极其相似，于是认为计算机是一个进行信息处理和信息转换的系统：只要这个系统能够得到数据，它就应该能够做人所能做的任何事情。但是，维纳警告说：计算机作为人类的傀儡有可能变成这样一种机器，它们一旦被启动就不再能被关闭，它们还可能代替人类做出各种决定。他推而广之，认为一个不接受负反馈的政治体系最后必将崩溃，并因此强调：一个社会的生存和发展不应该过份依赖于财富金钱，因为那些东西不提供负反馈。

三、维纳的人生侧面

名人传记通常都只有他们成功的记录，往往让后人望而生畏。其实，维纳是天才，但也是凡人；他很成功，但也会失败。



作者陈关荣 (MIT Museum, 2016)

维纳可能是第一个用严格的数学分析方法来研究振动波相位同步理论的科学家，但他采取了一种艰深的Fourier积分方法，最后因找不到解决问题的出路而放弃。

维纳和香农在信息论研究上既合作又竞争。可是，与香农相反，在信息论的研究中维纳坚持走模拟而非数字路线，即使用连续而非离散的数学理论和工具，最后没有成功。

在个人生活方面，父亲在维纳小时候发疯一样地要把他培养成神童的各种做法让他内心留下了强烈而持久的抗拒心灵阴影。此外，也许是神童的超常用功让维纳从小就深度近视，在MIT任教期间严重到要摸着墙壁才能走路。他在二战之后更表现出明显的狂躁症状并对同事诉说过有自杀的念头。Flo Conway 和Jim Siegelman 写的传记《Dark Hero of the Information Age》提到，生为犹

太人的维纳不能容忍妻子对纳粹的热心。特别是，维纳夫人还给丈夫传递了外界关于他们女儿的各种绯闻。痛苦的维纳后来渐渐把自己与同事朋友甚至外界社会隔绝开来，终日独处。他常常拒绝各种荣誉、公众活动甚至学术会议。1953年之后，维纳不再继续自己开创的Cybernetics的研究工作，致使这个学科的成长趋于停顿，直到1960年后的卡尔曼（Rudolf E. Kalman）时代才又重获生机，继续得到蓬勃发展。

四、后记：缘起

2016年7月13-15日，我在澳大利亚墨尔本参加了IEEE

2016 Conference on Norbert Wiener in the 21st Century: Thinking Machines in the Physical World。那是该IEEE主办系列会议的第二次，上一次于2014年6月24-26日在MIT举行，作为对维纳120周年诞辰暨逝世50周年的纪念。维纳1964年去世以后，纪念他的学术会议从未间断过，早前最为隆重的一次是1994年10月8-14日为纪念他100周年诞辰由美国数学学会组织在MIT举行的 The Legacy of Norbert Wiener: A Centennial Symposium。

2016年7月份的会议，皇家墨尔本理工大学（RMIT）的余星火和复旦大学的李翔都做了特邀报告。我从墨尔本归来后一直思绪万千：名人身后都留下很多旧闻轶事，维纳当然也不例外；为此缘故，在这里多写他一篇并不为过。



IEEE 2016 Conference on Norbert Wiener in the 21st Century: Thinking Machines in the Physical World, Melbourne, Australia



【作者简介】陈关荣，1981年获中山大学计算数学硕士学位，1987年获美国Texas A&M大学应用数学博士学位，目前是香港城市大学电子工程学讲座教授，致力于复杂网络和非线性系统动力学分析与控制方面的研究。