

如果17世纪和18世纪初叶是钟表的时代，18世纪末叶和19世纪是蒸汽机的时代，那么现在就是通讯和控制的时代。

Viener

纳的科学思想方法

徐炎章 著

浙江大学出版社

维纳的科学思想方法

徐炎章 著

浙江大学出版社

前 言

诺伯特·维纳(Norbert Wiener 1894—1964)是 20 世纪美国著名的数学家,控制论之父,信息论的创立者,最早发现并提出电子计算机原理的科学家之一。他在概率论、复变函数、泛函分析等方面均有重要建树。在晚年,他转而研究生物学和神经生理学,并取得重大成就。维纳一生发表论文 240 多篇,著书 14 部。由于他在数学、工程和生物学等方面的卓越贡献和开创性的工作,被授予国家科学勋章。

维纳对人类科学技术发展所作的最大贡献,是创立控制论。控制论深刻地揭示了技术、生物和社会系统的共同控制规律,为现代科学技术研究提供了崭新的科学方法;它从多方面突破了传统思想方法的束缚,有力地促进了现代科学思维方式和当代哲学观念的一系列变革。控制论充分体现了现代科学整体化的发展趋势。如果说,19 世纪献给人类的是非欧几里得几何学和亚里士多德逻辑学,那么,本世纪则以非牛顿力学和控制论载入史册。控制论也使维纳超越一般科学家,成为 20 世纪的科学巨匠,影响人类思维发展的伟人。

维纳是在他对科学方法的许多卓越见解的指导下,进入崭新的研究领域、站在同时代人前列的典范。他一生十分重视哲学探索和方法论研究,具有很深的哲学造诣,并作出了独特的贡献,人们称他是“自动化时代的哲学家”。在维纳的科学思想中,闪烁着许多辩证思维的光辉和富含哲理的火花,它使维纳高屋

建瓴,远见卓识,冲决传统思维方式的樊篱,发现相距甚远的不同学科、不同领域的统一性,为他所取得的科学成就打下了良好的基础。

任何理论都带有用来创造它的那种思想。维纳不仅作出了辉煌的科学业绩,同时也留下了宝贵的科学思想。如果说,我们时代最伟大的发明,是找到了发明的方法。那么,从维纳的伟大发现中,探索他的科学思想,显然是十分有意义的。

控制论是维纳科学思想的结晶,是他自觉的科学史意识、深邃的科学数学化思想、异端的科学思维方式和独特的科学交叉方法的创造性结合。本书试从控制论的创立出发,就这四方面,对维纳的科学思想进行初步探讨。

本书的着眼点放在揭示维纳的科学精神、思想和方法上,其目的是使读者特别是有志于从事科学技术工作的青年人从维纳身上汲取科学精神营养。

本书在写作过程中,参考或引用了有关论著中的资料和成果,在此对这些论著的作者和译者表示衷心的感谢。限于作者水平,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

徐炎章

1997年9月于杭州商学院

目 录

第一章 自觉的科学史意识	1
第一节 注重发掘潜科学	2
一、探究科学问题	3
二、发现科学蒙难	9
三、发掘科学方法	13
第二节 寻求科学生长点	18
一、科学无人区	19
二、个人的爱好	22
三、时代的趋势	25
第三节 控制论扎根历史	27
一、统计力学	29
二、自动控制	31
三、通讯理论	33
四、数理逻辑	36
第二章 深邃的科学数学化思想	39
第一节 立足数学的应用	41
一、从自发到自觉	41
二、从被动到主动	45
三、从叛逆到创新	47

第二节 控制论是数学的	49
一、提炼数学模型	50
二、发展数学方法	53
三、创造通用语言	57
第三节 生物学的数学化	61
一、架设物理桥梁	62
二、运用数学类比	67
三、开创数学医学	71
第三章 异端的科学思维方式	76
第一节 统计论	77
一、经典统计论	77
二、偶然性宇宙观	82
三、新的参考系	87
第二节 机体论	92
一、柏格森时间	94
二、信息是什么	98
三、世界是个有机体	103
第三节 功能论	109
一、行为和目的	110
二、功能模拟	116
三、黑箱方法	120
第四章 独特的科学交叉方法	129
第一节 跨学科生涯	130
一、通才式教育	131
二、浪迹数学界	136
三、多学科合作	140

第二节 科学共同体.....	144
一、学科交叉,异中求同.....	145
二、人员交叉,才识互补.....	148
三、方法交叉,智力激发.....	152
第三节 学者的品格.....	157
一、世界公民	157
二、虚怀若谷	161
三、淡泊自我	166
参考文献.....	171

第一章 自觉的科学史意识

在维纳的科学生命之树上结出的是理论硕果,但它的根却深深地扎在科学的历史之中。

科学的发展凝聚着全人类的智慧和世代代持之以恒的努力。这是一种科学、技术和实践的相互渗透,以及熏陶、传授、继承和批判、更新、革命的相互交替。科学史上每个划时代的贡献,都是对以往科学成果的总结和为日后科学发展的奠基。

牛顿(I. Newton 1642—1727)有句名言:他所以取得重大的科学成就,是因为他站在巨人的肩膀上。爱因斯坦(A. Einstein 1879—1955)屡屡提到物理学思想的继承性,并再三强调,相对论是自然观几百年进化的合乎规律的一个结果。当代科学史家库恩(Thomas Kuhn 1922—)以他的卓越研究表明,任何科学发现都有其历史结构,都是一个过程,决不是某一个人、某一个特定的时间的一个单独行为。这一切揭示了一个深刻的科学思想:科学史具有重要的认识论功能和方法论意义,科学研究要借鉴历史,科学史对于科学研究是一种非常必要的思想工具。这种思想就是科学的历史意识。

历史意识是维纳从事科学创造最重要的科学思想之一。在科学上,他之所以生气勃勃,富有远见和魄力,能在相距甚远的学科中纵横驰骋,作出巨大贡献,与他自觉的科学史意识是密切相关的。

维纳在回顾他漫长的科学生涯时,曾经深刻地指出:“我已

经习惯于在一定程度上从哲学观点来考察科学史和发明史”。^①所谓从哲学的观点来考察,就是把科学技术看作是滚滚而来、奔腾不息的动态的创造,而科技史则是一幅科技观念之链进化的巨画,它放射出经久不衰的科技进化序列的逻辑智慧的光芒。在科学史研究中,维纳运用分析方法,追溯科学的演化、科学概念、理论的起源与更替,追溯科学家思想和方法的踪迹,并从中挖掘潜在的科学矿藏,吸取丰富的养料。他站在历史的高度,鸟瞰科学图景,查勘科学无人区,确定科研战略目标,从而创立了跨学科的横断科学——控制论。

第一节 注重发掘潜科学

潜科学,即那些处于孕育状态和不确定阶段,尚未得到严格证实和学术界公认的科学思想。任何一种科学理论或学说的产生都有一个由“潜”到“显”的孕育过程;不少新思想、新理论诞生后,由于种种原因而被忽视与排斥,它们为求得生存还得经历曲折的蒙难。科学史,是科学思想的宝库,其中蕴藏着无数珍贵的潜科学思想。它们以科学问题、科学猜测、科学幻想、科学经验、科学悖论及科学蒙难等形态出现。注重发掘这些潜科学思想,进而去发展它们,解决它们,这是维纳科学史意识的重要特色。

强烈的好奇心和酷爱冒险与发现的天性驱使维纳从少年起就不相信有无所不包的理论或天衣无缝的思想体系。科学史上,甚至科幻小说中的思想火花、疑难、猜测、灵感和直觉等智慧的波动都激起维纳经久不息的探索兴趣,被视为瑰宝。在 20 世纪 30 年代,科学史作为一门学科,还得为自己的生存大喊大叫,

^① 维纳:《我是一个数学家》,周昌忠译,上海科技出版社,1987 年,第 260 页。

而维纳就已具有自觉的科学史意识,这的确是难能可贵的。

一、探究科学问题

科学问题是科学的一种疑难和矛盾。维纳认为,提出问题对科学研究和科学的发展有着十分重大的意义。我们甚至可以说,一部科学史就是一部不断提出问题和不断解决问题的历史。人们在科学活动中,不断提出新的富有意义的问题,又不断地探索更加深刻的答案,从而使科学不断地向纵深发展。

20世纪著名科学哲学家波普(K. Popper 1902—1994)认为,正是问题激发我们去学习,去发展知识,去实践,去观察。也就是在这个意义上,希尔伯特(D. Hilbert 1862—1943)在他著名的《数学问题》演讲中强调:只要一门科学分支能提出大量的问题,它就充满着生命力,而问题缺乏则预示着独立发展的衰亡或中止。

维纳则在《模型在科学中的作用》一文中指出:科学认识存在着两种方向相反的过程和两种性质不同的操作。第一种过程就是提出问题,将问题分解或转化成可供观察实验的项目,再进行观察实验。第二种过程是根据观察实验的数据建立理论模型。维纳认为,科学的认识正是通过从事实(观察、实验的数据)到抽象及从抽象到事实的不断推移而得到深化的。而科学解决问题的方法必须首先系统地提出问题。

假如问题不明确,就很难得到正确的答案。一位科学家既要能提出问题,又要能进行探索,能有效地进行探索的人是不少的,但往往缺乏提出问题的智力。一个科学工作者要干一番决不是平淡无奇的事业,那么,他必须把创造力达到登峰造极,将他短暂的青春奉献于发现新的领域和新的问题。

维纳关于科学问题的思想与许多大科学家的观点真可谓“英雄所见略同”。爱因斯坦曾说过:“提出一个问题往往比解决

一个问题更重要,因为解决一个问题也许仅仅是一个数学上的或者实验上的技能而已。而提出新的问题,新的可能性,从新的角度去看旧的问题,却需要有创造的想像力,而且标志着科学的真正进步。”^① 贝尔纳(J. D. Bernal 1901—1971)也认为,课题的形成和选择是科研工作中最复杂的一个阶段。提出问题比解决问题更困难。评价和选择课题,是科学研究战略的起点。

事实上,一个伟大的科学家之所以伟大,重要的一点就在于他懂得什么是值得研究的东西。当科学正在酝酿着重大突破时,他独具慧眼,能及时选中突破口;或突破口初露端倪,他便迅速识别和捕捉,即使在逆境之中,他也不轻易改变选题,随风转。正如维纳所说,新的问题能激发人的兴趣,激励人们为之奋斗终生。

维纳迈出科学生涯的第一步就是以寻找历史问题为标志的。他首先把探索的目光投向了数学猜想这块潜科学领地。他认为,即使有强烈的创造欲望,人们也总是要从已有的东西出发来进行新的创造的。在科学工作中,仅仅能够解决自己的问题,是不够的。他深信,只要能够将以往所有的与问题确实有关的思想综合成一个统一的印象,那么,这问题就解决了一大半。

1917年夏天,维纳潜心研读了代数数论,几次尝试将伯克霍夫(George David Birkhoff 1884—1944)的结果引用来证明四色猜想。当时他的数学知识还很有限,但这并不能阻止他试图以虎虎生气从解决数学史上的猜想入手,打开数学殿堂的大门。他说:“四色问题和费尔马的最后一个定理以及黎曼(B. Riemann 1826—1866)有关 Zeta 函数的假设,都是数学上长期以来的难题。每个合格的数学家至少要设法解决其中的一项。我曾试图将它们全部解决,但每次我所假设的论证就像傻瓜的黄金

^① 爱因斯坦、英费尔德:《物理学的进化》,上海科技出版社,1962年,第66页。

一样在我手中消失。”^①

维纳对他的这些尝试并不懊悔。数学家只有通过试图解决一些超过他力所能及的问题,才能学会怎样将他的这些力量充分加以利用。在科学史上,科学家一个闪烁了一瞬间的思想火花,也许并没有点燃他自己的智慧的火炬,但却可能打开另一个人的思想闸门。一个人孜孜不倦地努力奋斗了一辈子,得到的可能是此路不通,而他人却从中得到了启迪,找到了通往真理的光明大道。

数学猜想作为孕育中的科学形态是毫无疑问的,寻觅新的途径攻下难关,其科学贡献非同一般。维纳虽然暂时失利,但为攻克数学猜想所作的努力不仅锻炼了他钢铁般的意志和力量,还使他越来越倾心于数学。

十年后,维纳作为一个崭露头角的年轻数学家“卷土重来”,处理电信号的具体问题引导他对经典的傅里叶分析作出了深刻的推广。维纳把他新开创的领域称为广义调和分析,这其中提出的一个问题导致了维纳的一般陶伯定理。在他有关这一课题的文章中,维纳阐明了他的思想,并给出了素数定理的一个优美的证明。这是分析对数论的应用中最漂亮的例证之一。按照维纳早年的看法,他自己足够称得上是“合格的数学家”了。

吉布斯(J. W. Gibbs 1839—1903)的“各态历经假说”是维纳长期探究的另一个重大问题。虽然已经有人指出,这个假说在任何实际场合都不能成立,包括吉布斯本人似乎也隐约看到了这点。但维纳对这一假说继续进行艰苦的探索。他指出,吉布斯企图证明时间平均和相平均在一定意义上是相同的,这是很高明的想法。问题是吉布斯企图用来证明这种关系的方法整个地毫无挽救地错了。维纳在库普曼(B. Koopman 1900—

① 维纳:《昔日神童》,雪福译,上海科技出版社,1982年,第220页。

1980)、冯·诺意曼(J. von Neumann 1903—1957)、伯克霍夫(George David Birkhoff 1884—1944)等人的工作的基础上,更为紧密地把这项工作跟随机过程理论结合起来,终于提出了著名的滤波和预测理论,从而为控制论思想的形成迈出了重要的一步。

维纳还进一步探讨了吉布斯的尝试之所以失败的原因。他指出,吉布斯虽然熟悉不变量和变换群的概念,但没有充分估计到它们的哲学价值。因此,他不能解释为什么他是正确的,也不能解释他如何能正确。在维纳看来问题很清楚,变换群的度量不变量理论的最重要的应用,就是它能证明相平均和时间平均的可互替性,这种可互替性借以建立的基础,就是各态历经理论。

在物理学中,最典型的科学问题是“佯谬”。科学史上著名的“麦克斯韦妖”同样引起维纳的极大关注。他认为,麦克斯韦妖是统计力学中的一个很重要的观念。拒绝由麦克斯韦妖产生的问题要比解答这个问题简单,否认这种东西或这种结构存在的可能性是最容易不过的事了。因为对一个处于平衡状态的系统,严格意义上的麦克斯韦妖不可能存在。“可是如果我们一开始就接受这一点而不加以论证,那我们就要失去一个难得的机会来学习关于熵和关于在物理学上、化学上、生物学上为可能的系统的知识。”^①

正是对麦克斯韦妖的深入思索,维纳揭示了老一辈物理学家同现代物理学家之间的一个非常有趣的区别,即在19世纪物理学中,信息的取得似乎不消耗任何能量。因此,在麦克斯韦看来,没有任何东西能阻碍他的小妖为自己提供能源。但现代物理学认为,小妖只能通过眼睛获得信息,并根据这些信息来打开

① 维纳:《控制论》,郝季仁译,科学出版社,1963年,第58页。

或关闭小门。而落在小妖眼中的光,需要能量补充,虽然这种传递信息的能量可以是很低的。

因此,维纳指出,所有各种联系严格来说都是能量的耦合,在熵和能量的平衡状态下,麦克斯韦妖迟早要像莱布尼兹(G. W. Leibniz 1646—1716)所说的某些单子一样,晕头转向,失去知觉,陷于和它周围温度相应的无规则运动。维纳特别强调,我们没有理由认为亚稳的麦克斯韦妖事实上不存在,而且可以用这个见解来看待生命机体,例如酶和生命机体肯定都是亚稳的。

维纳从麦克斯韦妖得出了关于负熵与进化的富于启发性的思想。它不但把信息与统计力学联系了起来,并且还涉及到理论生物学以及现代的系统科学,成为当代科学理论研究中的重大课题之一。

在科学和哲学史上,有一个与欧几里得(Euclid 约公元前330—公元前275)几何学第五公设同样悠久与著名的问题,这就是活力论与机械论的争论。在不同的世纪里,这个古老的问题不断变换时装,被赋予不同的内容。维纳紧紧地抓住了这一对哲学家和科学史家都是十分关注的论题。

拨开历史的迷雾和上帝的痕迹,维纳洞见19世纪遗留给后人的问题:牛顿物理学不是生物的适当框架,这实质上就是活力论和机械论问题的翻版。的确,牛顿的经典力学推倒了天体和地球之间的壁垒,并且把两者结合起来,统一成为一个整体的宇宙。然而,牛顿却同时割裂了物理世界和生物世界,使这两个世界的鸿沟变得不可逾越。

牛顿的钟表式宇宙是由它的定律和所有质量的初始位置及初始速度完全确定的。那里没有目的性、自由意志或道德的位置;而生命体的各种特色和整个体系却都是为目的服务的,它经常十分精巧以至令人惊讶不已。

维纳以他巨大的热情致力解决这一千古难题,并给出了使

人耳目一新的解答。在 1943 年《科学的哲学》期刊上,发表了他与罗森勃吕特(Arturo Rosenblueth 1900—1970)、别格罗(Julian Bigelow 1917—)合著的《行为、目的、目的论》。

维纳批判地继承了“目的论”这一概念。他指出,在过去,目的论一词是解释作暗含着目的的,其中常常加进了“终极因”这一暧昧概念。终极因这个概念曾经导致了目的论和决定论之间的对立。但是,当目的论的这一方面被丢开之后,与目的的重要性有关的认识不幸也被抛弃了。维纳认为,目的论的研究是有用的。目的性是理解某些行为样式所必需的概念。只要把“目的论”一词精确定义为“由反馈来控制的目的”,目的论与决定论就不是对立的,它只和非决定论对立。

因此,在规定了一个控制论机构或一个自动控制系统之后,人们就可以用原因这一术语来描述他的工作情况,但同时也完全可以说明,所谓“目的性”的行为,或者是直接达到目标,或者是要经过搜索动作和搜索、探寻及指向目标的联合动作绕过障碍物曲折地达到目标。

多伊奇(K. W. Deutsch)指出,维纳对科学思想的第一个重要贡献就是他基本上解决了两千年来的一个哲学难题,即解决了原因和目的之间的关系问题。布雷默曼(H. J. Bremermann)认为,控制论之所以名望很大,可能是维纳解决了一个古已有之的悖论,那就是显而易见的在科学的因果性的决定论和生命机体是目的论的之间的矛盾。

维纳的这一重大科学建树的确得益于他注重探索科学问题的历史意识。在维纳看来,即使是科学史上已经解决了的问题,也是值得探索的。旧问题中蕴藏着多种解决方法。把目光投向历史,就能从中获得解决新问题的许多有益的启示。他对忽视历史方法的状况提出尖锐批评:“今天的物理学家一般都在力图避免去研究文献中已有答案的问题,这意味着他很可能忽视了

解决这些问题的其他方法,而这些方法可能对目前尚未最后解决的密切有关的问题有极大的用处。尤其是,不管现有文献是怎样讲的,他掌握不住问题的那种只有从头做起才能掌握得住的精神。它没有化为他自己思想的组成部分。”^①

在《控制论》中,维纳也给后人留下了一系列重要问题:机器会不会使人退化?会不会控制人?大脑是不是机器?信息的本质到底是什么?它在哲学中的地位如何?这些问题对科学和哲学产生了巨大的冲击。时至今日,仍然是科学和哲学界深感兴趣和热烈争论的重要问题。

二、发现科学蒙难

在科学史上,许多新理论刚一问世便遭非议与否定,迟迟才被公认;许多新发现虽已作出,却被人们忽视和淡忘,多年后才重见天日。有时就连提出新理论、作出新发现的科学家本人也横遭迫害。这种科学发展的曲折现象潜科学学上称之为“科学蒙难”。

如伽罗华(E. Galois 1811—1832)关于群论的论文被打入冷宫达 14 年;孟德尔(G. J. Mendel 1822—1884)发现的遗传定律埋在奥地利一个地方杂志上无人问津,35 年之后才被重新发现。伽利略(G. Galilei 1564—1642)因宣传日心地动说而于 1633 年被罗马教皇判处终身监禁,蒙冤三个半世纪,1979 年才得到平反。

科学蒙难的原因多种多样,十分复杂。维纳从默默无闻的小人物成长为闻名世界的大科学家,亲身的曲折经历引起他对科学蒙难的沉思与愤慨。他不但提出了科学蒙难的一些原因,

① 《自然辩证法研究通讯》编辑部编:《控制论哲学问题译文集》第一辑,商务印书馆,1965 年,第 42 页。

而且通过勤奋探索,发掘出许多科学史上被埋没的瑰宝。

维纳指出,吉布斯的物理思想和勒贝格(H. Lebesgue 1875—1941)积分曾一度遭到冷落与非难,它们有各自的原因,并且两者之间有内在联系。他分析说,吉布斯的工作,20年来一直是个科学之谜,看上去似乎毫无用处,其主要原因在于吉布斯的直觉远远超过了他的时代。当他把概率引进物理学的时候,他所需要的概率理论还远未出现。在吉布斯逝世时,勒贝格积分的名声刚传入美国,但过了15年,它又变成博物馆里的珍品了。

由于受传统的黎曼积分的束缚,勒贝格积分不仅受到爱尔米特(C. Hermite 1822—1901)等数学家的厌恶与抵制,而且遭到像彭加勒(H. Poincare 1854—1912)这样的大数学家的歪曲和讽刺。维纳也分析和思考过,在美国,像奥斯古德(W. F. Osgood 1864—1943)这样著名的数学家,甚至到他死的时候也没有关心它。奥斯古德早期的工作已经向勒贝格积分迈出了重要步伐,他的一些想法原该引导他发现勒贝格积分,但他没有走到可能会促使他接受自己见解的惊人后果的最后一步。维纳分析道,奥斯古德一定是沉痛地认识到他错过了机会,因为他在晚年从不允许他的任何学生应用勒贝格的方法。令人深思的是这种嫉妒思想和变态心理竟成了科学蒙难的不幸原因!

维纳独具慧眼,沿着被埋没的思想前进。1920年,他成功地把勒贝格的积分技巧同吉布斯的物理思想结合起来,提出了以气体路径集合上的测度论为基础,建立布朗运动理论的思想,开辟了概率论研究的崭新领域。

然而,维纳的这一重大成果同样也遭到冷落。在一个相当长的时期里,他的工作似乎濒临流产。维纳愤慨地剖析了隐藏在厄运背后的根本原因——学术权威对名不见经传的小人物所作出的发现置之不理、毫无兴趣、一味贬低。这确实是科学蒙难