

数学名著译丛

控制论

(或关于在动物和机器中控制和通信的科学)

(第二版)

〔美〕N. 维纳 著

郝季仁 译



科学出版社

www.sciencep.com

数学名著译丛

控制论

(或关于在动物和机器中控制和通信的科学)

〔美〕N. 维纳 著

郝季仁 译

(第二版)

科学出版社

北京

图字: 01-2007-3954 号

内 容 简 介

这是一本阐述控制论的理论和它在各方面应用的综合性、概论性的书。作者维纳是控制论的创始人之一。他就是通过本书奠定了“控制论”这门新兴学科的基础。书中关于怎样把机械元件和电器元件组成稳定的、具有特定性能的自动控制系统,关于怎样用统计方法研究信息的传递和加工等方面的讨论对于自动控制、通信工程、计算技术等方面有关的科学工作者有重要参考价值。书中关于如何应用控制论研究人的神经和大脑的活动,研究生物的适应和生殖机制,对生理学、心理学、医学工作者有参考价值。书中关于本书诞生过程的历史叙述,对如何发展边缘学科,有一定的方法论上的意义。本书是研究控制论的重要的、基本的参考文献之一。中译本第二版增加了原书 1961 年第二版新增加的内容。

Copyright© 1948 and 1961 by The Massachusetts Institute of Technology
All rights reserved.
First MIT Press paperback edition, February 1965

图书在版编目(CIP)数据

控制论:或关于在动物和机器中控制和通信的科学/(美)维纳(Wiener, N.)著;
郝季仁译. —2 版. —北京:科学出版社, 2009
(数学名著译丛)

ISBN 978-7-03-024580-9

I. 控… II. ①维… ②郝… III. 控制论 IV. O231

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009) 第 073934 号

责任编辑:赵彦超/责任校对:钟 洋
责任印制:钱玉芬/封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏立印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 6 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2009 年 6 月第一次印刷 印张: 11 1/4

印数: 1—3 000 字数: 193 000

定价: 38.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

《控制论》中译本和它的译者“郝季仁”

龚育之

《控制论》中译本自 1961 年初出版以来,至今已过去三十多年了。其间,不时有朋友问我,“你们翻译的那本《控制论》,为什么至今还用假名发表,而不用真实译者姓名呢?”现在,乘本书第四次即将重印之际,我作为尚存的两位译者之一,很愿意写几句话,把当时翻译这本书的由来和经历,向今天的读者作个简单的介绍,既是为学术界提供一点学术史料,也是对已经去世的另两位译者表示一点纪念之情*。

我们几个人着手翻译维纳这本名著,还是 1956 年的事情。

1956 年这一年,在我们人民共和国的历史上,在我国科学工作的历史上,在我们许多人个人的历史上,是很值得怀恋的一年。“向科学进军”!“百花齐放、百家争鸣”!科学界的精神振奋起来了,科学界的思想活跃起来了。

这一年的 1 月周恩来总理在党中央召开的知识分子问题会议上作报告,阐述了“现代科学技术正在一日千里地突飞猛进”的逼人形势,特别讲了原子能的利用和“由于电子学和其他科学的进步而产生的电子自动控制机器,已经可以开始有条件地代替一部分特定的脑力劳动,就像其他机器代替体力劳动一样。”结论是:“这些最新的成就,使人类面临着一个新的科学技术和工业革命的前夕。这个革命,正如布尔加宁同志所说过的,‘就它的意义来说,远远超过蒸汽机和电的出现而产生的工业革命’。”布尔加宁是当时苏联的部长会议主席。

由此可见,当时在苏联,在中国,都在饶有兴味地讨论用电子自动控制机器代替一部分脑力劳动的新的工业革命的问题。这样的兴趣和讨论,不能不使人注意到最初提出这方面见解(从机器作为人手的延长发展到作为人脑的延长,来看第一次工业革命发展到第二次工业革命)的 N. 维纳和他创立的 Cybernetics,不能不使人对 Cybernetics 重新作出客观的评价。

说重新评价,就是因为以前有过评价。过去的评价不正确,所以需要重新评价。

苏联过去对 Cybernetics 的评价,是根本否定的评价。其代表就是 1953 年第 5 期《哲学问题》杂志发表的题为《Cybernetics 为谁服务》的文章,署名是“唯物主义者”。1954 年苏联两位哲学权威主编的《简明哲学辞典》,收有 Cybernetics 这个条

* 龚育之同志亦于 2007 年 6 月去世。我作为仅存的译者,在此次科学出版社重印此书前,对龚文作少量修改,但基本保持原貌,以为纪念。另外,对随后的“译者注”也作了适当的修改。——侯德彭注

目。这篇文章和这个条目对 Cybernetics 的判决词是：“一种反动的伪科学”，在哲学上是“人是机器”的机械论的现代变种，在政治上是为帝国主义服务的思想武器。

大家知道，从 1948 年李森科在斯大林和联共中央支持下发动批判摩尔根遗传学的运动开始，苏联在自然科学各个部门对许多学说都进行了粗暴而无理的政治批判和哲学批判。对 Cybernetics 的批判，仅是其中之一。苏联自然科学领域的这些批判，当时中国大都当作“先进的”东西翻译介绍过来了，并且在中国进行了学习和跟随着组织了或多或少的批判。不过，“唯物主义者”的这篇文章却没有翻译介绍过来，因而中国没有进行对 Cybernetics 的批判。现在有些文章常说当时中国跟着苏联也批判过 Cybernetics，这个情况是没有的。这不是因为当时介绍苏联科学的中国人，在这个问题上有什么觉悟和不同的见解，纯粹是因为当时没有注意到。当然，也不能说苏联对 Cybernetics 的批判完全没有介绍到中国来，那本《简明哲学辞典》是出了中译本的，中译本根据原书条目的阐释，把 Cybernetics 译为“大脑机械论”。不过夹在那么一本辞典中的一个小条目，不但中国科学界没有注意到，中国哲学界也没有注意到。

中国注意到 Cybernetics，还是受苏联的影响，在苏联对 Cybernetics 重新讨论和评价以后。1954 年 11 月哲学家和数学史家柯尔曼教授在苏共中央社会科学院作了一个题为《什么是 Cybernetics？》的报告，在《哲学问题》1955 年第 4 期发表了。同一期《哲学问题》还发表了数学家索波列夫院士等三人的文章《Cybernetics 的若干基本特征》。这是苏联重新讨论 Cybernetics 的开始。

苏联科学界的这个动向引起了中国的注意。1955 年 11 月、12 月《学习译丛》（它是中宣部主办的一个月刊）相继发表关于这个动向的报道和胡平、景松译出的柯尔曼的那篇文章：《什么是 Cybernetics？》。因为译者和译丛编辑部的同志不是学自然科学的，就要在中宣部科学处工作的我为他们校订译文。开初他们还是按《简明哲学辞典》的译法，把 Cybernetics 译为“大脑机械论”。这是受过去错误评价而形成的错误译法，当然不应该沿用。该怎么译呢？我们几个人商量，觉得应该按 Cybernetics 这个词的希腊字源和这门科学的现实内涵来译，就商定译为“控制论”。同期《科学通报》译出索波列夫的文章，也统一用“控制论”这个新译法。由此这个译法传播开来，后来有人建议译为“控制学”，这个译法可能更好，但是“控制论”的译法既已传开，用惯，也就不便更改了。

1956 年 1 月知识分子问题会议报告的起草，其中的有关用语，无疑反映了上述的有关讨论和中国对苏联讨论的介绍和关注。

1956 年 5 月，中共中央宣传部长陆定一代表中共中央向科学界和文艺界作报告，阐述党的“百花齐放、百家争鸣”方针，特别说到自然科学是没有阶级性的；给自然科学学说贴阶级标签，例如说什么“米丘林的学说是社会主义的”、“孟德尔-摩尔根的遗传学是资本主义的”之类，就是错误的，我们切勿相信。陆定一这些话当

然是针对苏联过去在自然科学领域进行粗暴批判和我们学习苏联也曾进行过许多粗暴批判这种情况而说的。中宣部科学处在处长于光远的主持下，按百家争鸣方针认真组织和推动了对遗传学问题的重新评价（1956年青岛遗传学会议）和对其他一些遭到过粗暴批判的学说的重新评价。也就是在这个时候，科学处的三位同志，罗劲柏、侯德彭和我，还有在中宣部国际处工作的陈步，一共四个人，着手翻译维纳的《控制论》。

按我们原来的设想，是准备把翻译的过程当作学习和研究的过程，每译出一章译稿，就在我们几个人中间传观、学习、讨论，不但讨论译文的是否妥当，而且讨论其中的科学内容，还准备吸收几个对这个问题感兴趣的同志一起参加。实际上就是想搞成一个“控制论研究班”。我们的分工是，我译此书的长篇导言，他们三人分译和合校正文的各章。想搞这么一个研究班，就有点仿效维纳在导言中所介绍的他们那个酝酿出控制论思想的研究班的意思。这篇导言的中译文，在1957年第6期《学习译丛》上发表了。

然而，正是1957年6月掀起的那场风暴，把我们这个计划打破了。侯德彭、陈步两位同志被错划为“右派分子”。正文各章，虽已多数译出，但一章一章讨论的原议，没有法子实行了。几个月以后，侯、陈两位在等待处理下放之中。我们不甘心这本科学名著的翻译工作就此半途而废。他们三人继续完成了原来承担的翻译任务，相互校订了译稿，由罗劲柏出面，把这部书稿交给科学出版社了。当时规定，被划为“右派”的人不能用真名出版著作。我和罗又不同意只由我们两人署名。这样，就编造了一个名字——“郝季仁”。“郝季仁”者，好几个人也。

这本书的出版，已经是1961年的事。1962年又根据原书的1961年第二版，补充了新的两章，出了中译本的第二版。新版的补译，是罗劲柏负责。1985年，这个译本又第三次印刷。这时，侯、陈两位的“右派”问题当然都已改正。但是，“郝季仁”这个名字，是一段历史的产物。历史的产物就让它留在历史上。我们都没有动议改署译者的姓名。

现在，这个中译本又准备第四次印刷。罗劲柏同志已于1985年逝世，陈步同志也于1992年逝世了。我写到这里，引起对那一段往事和故友的回忆。罗和我是清华大学同学，他学物理，我学化学，1952年从大学毕业一起分配到中宣部科学处，共事多年，1973年又一起从被砸烂的中宣部“阎王殿”重新分配到国务院科教组，继续共事。粉碎“四人帮”后，虽然不在同一个单位了，但许多时候仍然有机会合作，比如，十二大的文件，中央关于经济体制改革的决定，中央关于教育体制改革的决定，我们都是参与一些具体文字工作的。没有想到，就在教育文件出来后不久，罗就发现了胃癌，住进我家附近的北大医院，我常在下班后溜进病房去探望，看到他辗转病床的痛苦，心里很是不难受。罗在他周围的同志中，是公认的老实人，即心地善良、埋头苦干的人。党性坚强，一直遵照组织安排在党的领导机关工作，又是书生本

色,一直尽可能挤时间从事一些科学研究和著述.罗去世后,我们老科学处的几位同志搜集他的论文,编成集子《科学·人才·经济增长》,由广西科学技术出版社出版.侯德彭同志是1956年从北京大学物理系毕业来到中宣部科学处的,下放劳动后分到广西大学物理系工作,改正后当过广西大学校长、自治区党委和政府的负责干部,除了别的成绩外,在科学哲学方面还出过几本译著.陈步同志比我们都大,解放前在中央大学哲学系毕业.1956年哲学研究所成立自然辩证法研究组时,于光远兼任组长,我兼做学术秘书,后来改由陈步兼做并决定把他调过去,还没有到任,就出了那场麻烦.下放劳动后分到商务印书馆工作,1978年在商务出版了他译的维纳的《人有人的用处》.这是维纳《控制论》的姊妹篇,译这本书的念头也是起于1956年,了却这桩心愿是22年之后了.

我们耽误了多少时间!我们需要为扎扎实实的学术建设抓紧多做工作.

1996年5月18日于万寿塔下

中译本第二版前言

本书中译本初版是根据原书初版翻译的。1961年原书再版，订正了初版的一些错误，增加了两章新的内容。现在，趁中译本第二版的机会，译者根据原书再版，对中译本也作了订正，翻译了它新增加的东西。

关于本书的内容，我们在初版的“译者序”中曾作了介绍。“译者序”还对作者的思想观点作了分析。从原书再版的情况看，我们认为“译者序”中所作的介绍和分析仍然是合适的。至于原书再版中新增加的内容，维纳在他的再版序言中已作了介绍。因此，关于原书的再版，译者没有什么新的话要说。

译 者

1962年10月

译者序

诺伯特·维纳 (Norbert Wiener) 是控制论的主要创始人, 他就是通过本书奠定控制论这一跨学科的新兴科学部门的基础的. 自 1948 年本书出版以来, 书中所阐明的一些有关控制论的基本科学思想, 一直在这门学科的发展中起着重要的作用, 书中提出的不少研究方向, 也为以后的研究者大大加以发展. 本书是研究控制论的重要的经典文献之一.

第二次世界大战前后, 通信技术和自动控制技术都得到了迅速的发展. 在这些技术的各自领域都积累了丰富的经验, 分别提出了一些理论. 但是, 抓住一切通信和控制系统所共同具有的特点, 站在一个更概括的理论高度, 综合以上各个领域的经验和理论, 并且把这些系统的控制机制和现代生物学所发现的生物机体中某些控制机制加以类比, 形成控制论这样一门独立的专门的学科, 则首先是维纳的功绩.

通信和控制系统的共同特点在于都包含一个信息变换的过程, 一般说来, 即包含一个信息的接收、存取和加工的过程. 但是, 一个通信系统一般总不会只重复传送某种信息, 它们总是适应人们通信的需要传送着各种不同思想内容的信息. 一个自动控制系统, 也不像一部只是不断重复某种单调的动作的普通机器, 它需要根据周围环境的变化, 自动调整自己的运动, 也可以说它必须具有一定的灵活性和适应性. 由此可见, 通信和控制系统所接收的信息带有某种随机的性质, 也就是本书中经常提到的具有某种统计分布. 因此, 通信和控制系统本身的结构也就必须适应它所接收和加工的信息的这种统计性质. 维纳正是从这里着手, 抓住了一切通信和控制系统所共同具有的、很本质的一个特性. 他说: “……灵敏自动机的理论是一个统计的理论. 通信工程的机器, 根据单独一次输入而产生的动作是不会使人感到兴趣的. 这种机器如果要能充分发挥作用, 它就必须对全部输入都做出令人满意的动作. 这也就是说, 对一类从统计上预期要收到的输入做出统计上令人满意的动作.” (本书 31, 32 页).

维纳在建立控制论的统计理论时, 回顾和总结了自牛顿以来的科学思想和科学方法论发展的趋势. 在本书的第一章里, 维纳通过对牛顿力学的相对性、局限性的分析, 指出“即便在引力天文学中也有逐渐衰减的摩擦过程. 没有一门科学完全符合于严格的牛顿式样.” (本书 27 页) 维纳提出查理·达尔文研究进化论, 他的儿子乔治·达尔文研究潮汐进化论, 他的孙子查理爵士研究量子力学这一虽属偶然的事实, 说明统计的、进化的观点正在渗透到科学的各个部门.

牛顿力学的辉煌成就, 促进了统治着 17 世纪到 19 世纪自然科学思想的机械

唯物论世界观的形成。机械唯物论者否认客观世界的偶然性,把偶然性和必然性绝对地对立起来,企图用拉普拉斯式的决定论来解释一切。因此,他们在深入到微观世界的原子物理学新发现的面前感到束手无策。他们中的一些人就不能不走向原来立场的反面,高谈什么“物质消失了”,“电子的自由意志”,否认客观必然性,否认客观规律。

正像牛顿力学不能正确地反映微观世界一样,控制论所面对的问题也是无法用基于牛顿力学的传统力学方法来解决的。自动控制系统的特点在于它能根据周围环境的某些变化来决定和调整自己的运动;显而易见,要建立关于自动控制的理论,不突破传统的力学方法,不摆脱拉普拉斯决定论,不摆脱机械唯物论,是绝对不可能的。维纳把控制论建立在统计理论的基础上,这就把关于自动控制的研究提到一个新的阶段。

为了给控制论建立一种统计理论,维纳在本书第二章中详细分析讨论了吉布斯的古典统计力学。这个统计力学是总结了热机的技术经验,“按照牛顿力学的本来面目”(本书 33 页)建立起来的。吉布斯统计力学的重要概念之一,同时也能用在古典热力学中的,就是熵的概念。一个孤立的系统中自发的过程是一个熵不断增加的过程,这个过程一直进行到熵达到极大值,也就是系统达到热平衡为止。吉布斯统计力学所处理的就是这样的自发地趋于热平衡的系统和过程。维纳认为这样的统计力学是不能直接用来研究控制系统的。他认为熵是系统无组织程度的一种测度,自发地趋于热平衡的孤立系统,无组织程度的确是不断增加,但是,一个控制系统不是一个孤立的系统,而是一个与周围环境密切联系的系统,特别是控制系统通过自己的反馈机构可以减少系统的“无组织程度”,因此,在控制系统中经常发生熵减少的过程。为了给这种系统建立一种统计理论,维纳在第三章提出了时间系列的统计力学问题。

维纳把控制系统所接收和加工的信息流看作一个时间系列(例如电话线中随时间迅速变化着的电压系列就是一个时间系列)。如我们在前面所指出的,控制系统接收和加工的信息具有一定的随机的性质,即有某种统计分布。如果从时间系列的观点看,这就是:一个控制系统可能接收和加工大量不同的时间系列,各个不同的时间系列的出现都有一定的概率。用统计力学的术语来说,也就是控制系统所有可能接收和加工的各个时间系列构成一个统计系综,其中每一个时间系列都是这个统计系综中的一个元。这样,维纳就解决了控制系统所接收和加工的信息流的统计性质的数学表示问题。

维纳在第三章中进一步提出了研究处在统计平衡的时间系列的问题。运用第二章讨论过的各态历经定理,维纳证明:在一定条件下,处在统计平衡的时间系列的时间平均等于相平均,有了这个前提,就可以从统计系综中任一时间系列过去的数

未来,预测未来。维纳正是根据这一点,提出了他的著名的预测和滤波的理论。滤波的问题就是尽可能恢复一个被噪声干扰了的信息流的问题,实质上也就是预测一个被噪声搞混了的时间系列的问题,因之滤波问题仍是一个预测问题。所谓预测,从数学上讲,就是从时间系列过去的的数据去估算整个系统的统计参数。这种估算得出的是统计参数的平均值,它与客观实在的参数值有一定距离,是会产生误差的。维纳在本章中提出了最优预测的公式(本书(3.91)₃式),指出了如何使对统计参数的估算所产生的误差为最小。维纳的这项作为设计自动防空控制炮火等方面的预测问题提供了理论根据,也为评价一个通信和控制系统加工信息的效率和质量从理论上开辟了一条途径。但是,维纳这方面的理论并没有完成,如他自己所说的“这里发展的统计理论,要求我们对所观测的时间系列的过去具有充分的知识,但无论在什么场合,我们都不能满足这个要求,因为我们的观测不能追溯到无限的过去,为了超出这个范围,使我们的理论发展成为一个实用的统计理论,必须推广现有的抽样方法。”(本书72页)同时,维纳的最优预测公式是针对线性的运算器(在数学上就是运算符)来说的,对于广泛的非线性运算符的最优预测问题尚待研究解决。

在本书的第四章和第五章,作者结合着对反馈系统的稳定性和计算机的记忆、运算和控制装置的特点的分析,讨论了神经系统活动的某些机制和病理学的问题。第六章作者利用从电视扫描引伸过来的群扫描的概念和多级反馈系统的概念,讨论了视觉生理的某些问题和用一种感官来弥补另一种感官的缺陷的问题。第七章作者结合着对电子计算机工作可靠性的讨论,从控制论的观点设想了某些精神病理学现象的可能机制。在这些章节和本书的导言中,作者一再强调,在现代技术的基础上对生物机体的一些生理机制进行模拟的重要性,从控制论的观点研究这些机制的可能性。另一方面,作者也指出,生理学、心理学等方面的成就对形成控制论科学思想的重要影响。维纳在这些章节中阐述的见解大都是属于启发性的,缺乏足够的科学实验根据。但是,其中的一些见解已经为近十几年的研究工作所证实和发展,有一些则一直在引起广泛的争论,不管怎样,维纳的这些见解为自动控制技术的研究,为生物学、物理学和化学的研究开辟了一条重要的途径,则是肯定的。

在本书的最后一章,作者试图运用控制论的观点去分析社会发展的问題。例如,作者过高地估计了通信技术的发展对社会的影响,把社会生活中通信工具这样一个纯技术性问题提到完全不适当的高度,从而得出通信技术越发达,社会就越不稳定的结论,甚至得出“小小乡村社会”要比“大的社会”优越得多的结论。大家知道,维纳生活在资本主义社会,资本主义“大社会”之所以有时发生危机,之所以有时不稳定,绝不是因为通信技术太发达,而是因为这种社会制度本身存在着许多的难以克服的矛盾和不合理的现象所致。

控制论研究的是物质相互联系中一类特定的联系形式。这类联系形式在物质

发展的最高级形态——社会生活的某些方面也是可能存在的。把控制论作为一种辅助的工具去研究社会生活中某些方面的问题是可能有意义的。在本书的一些地方作者也提到控制论应用到社会科学领域的困难，但是，他是从社会现象的“统计游程太短”，无法应用统计理论，这样一个纯技术的观点提出问题的。事实上，在社会科学这样复杂的领域，要想把控制论作为唯一一种独立完整的科学去分析它，是根本不可能的。

在本书的最后一章和书中其他一些地方，作者谈到了自动化的社会后果，表示了他对自动控制技术用于战争和生产自动化带来失业威胁的担忧。作为一个在资本主义社会工作的科学家，维纳对自己的科学发现可能引起的社会后果，抱着严肃的态度，表示不愿意参与直接为战争服务的研究工作（本书 22 页），这种态度是令人尊敬的。但他未能看清产生战争和失业的根本原因，看不到摆脱这种悲惨命运的根本途径。因此，他在本书的一些地方虽然也表示对垄断资本统治的厌恶，要求“建立一个以人的价值为基础而不是以买卖为基础的社会”（本书 22 页），但是，他对于能否实现这种社会变革则感到茫然（本书 22 页）。维纳在本书许多地方一再流露的，对于科学技术和人类发展前途的悲观主义思想，反映了一个资产阶级知识分子彷徨苦闷的情绪。

科学技术的发展和使用的归根到底取决于社会制度本身，也取决于它所实行的政治体制，看这个体制是否公平、公正，是否文明、先进。也就是，像控制论这样一些科学技术的新发现，在资本主义国家，用维纳的语言来说，可能被用来“作恶”，在社会主义国家则必然被用来“为善”。任何科学技术的发展，包括控制论和信息技术的发展本身，和失业、战争等现象，并无必然的联系。

维纳的这本书出版已经十几年。十几年来，以电子计算机为核心的各种控制机、信息机得到迅速的发展。科学技术的这些辉煌成就引起了许多国家科学界、哲学界关于机器能否学习，能否思维的广泛讨论。关于机器的“学习”，机器的“思维”这类的说法，有些人只是把它当作一种语言的借用，有些人则在认真地谈论着机器的思维，因为他们在讨论机器是否比人更聪明之类的问题。因此，如何正确地阐明和概括当代科学技术的这些最新成就，是摆在我国科学界和哲学界面前的一项重要任务。译者认为，在研究这些问题时，有一点是明确的。这就是，任何机器都是人脑和人手劳动的产物，机器永远是人进行劳动的工具。人的劳动和智慧的创造力是无穷无尽的，因此，这种创造力的产物——科学技术的发展，也是无穷无尽的。对于未来的机器的工作能力，我们现在很难为它划定一个固定的范围，只能在科学技术已经达到的基础上对最近将来的发展作出各种估计。但是，不论科学技术如何进步，不论各种机器的工作能力如何发展，它们总是人的劳动的工具，如马克思所说的，总是人手和人脑的延长和加强。机器和人之间永远不存在谁比谁更聪明的关系。当然，把现在的机器和生物机体，电子计算机和人的大脑加以对比，研究其相似之处和相

似的共同物质基础, 研究其区别和产生本质区别的根本原因, 研究在这些问题上高级运动形态和低级运动形态的区别和联系等都是很有兴趣的. 在马克思主义思想指导下研究这些问题, 必将对哲学和现代科学的丰富和发展作出有益的贡献.

× × ×

译者在翻译本书时曾经参照俄文和日文译本作了些校正, 并选用了两种译本的一些注解. 为了说明译者对本书的理解和意见写了这篇译者序, 限于水平, 错误之处可能很多. 希望读者对译文和译者序中不妥之处提出批评和指正.

译者

1962年5月

原著第二版序言

大约十三年前,当我写《控制论》初版的时候,我是在某些严重困难的条件下进行这一工作的,它使初版不幸产生许多排印上的错误和少数内容上的错误.现在,我相信这样的时刻已经来到,控制论已经不只是被当作要在未来某一时期方能实现的计划,它已经是一门现存的科学.因此,我借这个机会,根据读者的要求,对初版作了必要的改正,与此同时,根据这门学科的现状和初版问世以来出现的有关的新思想方法,把初版加以扩充.

如果一门新的科学学科是真正有生命力的,它的引人兴趣的中心就必须而且应该随岁月而转移.当我开始写“控制论”的时候,我发现说明我的观点的主要困难在于:统计信息和控制理论的概念,对当时传统的思想来说,不但是新奇的,也许甚至是对传统思想本身的一种冲击.现在,这些概念已经成为通信工程师和自动控制设计师手中如此熟悉的工具,以致我现在主要担心的是,本书是否会被人认为已经陈旧和平庸.反馈的重要性在工程设计和生物学中都已经牢固地奠定了,信息的应用、量测和传输信息的技术成为训练工程师、生理学家、心理学家和社会学家不可缺少的一部分.当本书初版发行时,自动机还仅仅是一种预测,现在已经取得了自己的地位,至于我在本书中和在“人应该像人那样来使用”^①的通俗小册子中一再警告过的、与自动化相联系的社会危机则已经从地平线上升起很高了.

因此,控制论学家应该继续走向新的领域,应该把他的大部分注意力转到近十年的发展中新兴的思想上去.各种简单的线性反馈的研究,在唤起科学家对控制论的研究方面曾经是十分重要的,但是,这些反馈现在看来已经并不像它们最初所显现的那样简单和线性的了.的确,在早期的电路理论中,系统处理线路网络的数学方法并没有超出对电阻、电容、电感的线性并置.这就是说,整个问题只要用对被传输消息的调和分析 and 消息所通过的线路中的阻抗、导纳及电压比就足够加以描述.

在《控制论》出版很久以前,人们就已经开始认识到,上述框子不易适于对非线性电路(如我们在许多放大器、电压限制器、整流器和其他器件所发现的)的研究.虽然如此,由于缺乏一种较好的方法,把老的电机工程的线性概念加以扩充,扩充到远远超出这些新的装置能够用这些老概念自然地加以表示的范围的种种尝试一直在进行着.

大约是 1920 年,当我来麻省理工学院的时候,处理与非线性装置有关的问题

^① Wiener N. *The Human Use of Human Beings, Cybernetics and Society*. Boston: Houghton Mifflin Company, 1950.

的一般方式是把阻抗概念设法加以扩充,使它既包括线性系统,又包括非线性系统.结果使得非线性电机工程的研究陷入一种类似托勒密天文学系统的最后阶段所处的那种状态,那时的托勒密天文学是本轮上再套以本轮,修正上面加修正,直到那庞大的杂凑的结构最后在自身重量的作用下被压垮.

正像哥白尼系统从捉襟见肘的托勒密系统的残骸上兴起,以它简单而自然的日心说代替复杂而不清楚的托勒密地心说来描述天体的运行一样,非线性结构和系统(不论它们是电气的或机械的,天生的还是人造的)的研究也需要一个新的、独立的出发点.我在《非线性问题的随机理论》^①一书中曾试图为此开辟一条新途径.现在弄清楚了,在处理线性现象时极为重要的三角分析,在我们研究非线性现象时并不要它.有一个十分明白的数学上的理由来说明这个问题.电路现象,像许多其他的物理现象一样,都存在一种不变性作为它的特征,这种不变性是对时间原点的移动为不变来说的.一个物理实验,如果从中午开始,要到2点钟才达到某一阶段,假设从12点15分开始,则要到2点15分才能达到那同一阶段.也就是说,物理定律对于时间平移群是不变式.

对于上述的平移时间群,三角函数 $\sin nt$ 和 $\cos nt$ 也有某个重要的不变式.在 t 上加 τ 的平移,使一般函数

$$e^{i\omega t}$$

变成

$$e^{i\omega(t+\tau)} = e^{i\omega\tau} e^{i\omega t}$$

的形式,这是与前一函数相同的函数.因为

$$\begin{aligned} & a \cos n(t+\tau) + b \sin n(t+\tau) \\ &= (a \cos n\tau + b \sin n\tau) \cos nt + (b \cos n\tau - a \sin n\tau) \sin nt \\ &= a_1 \cos nt + b_1 \sin nt, \end{aligned}$$

也就是说,函数族

$$Ae^{i\omega t}$$

和

$$A \cos \omega t + B \sin \omega t$$

在平移下是不变式.

还有另外一些函数族也是平移的不变式.我们来看看所谓随机行走,作这种行走的一个粒子的运动在任何时间间隔内都有一个分布,这个分布只与时间间隔的长度有关,而与这时间间隔的起始点无任何关系,随机行走系综经时间平移后也仍然是自己本身.

^① Wiener N. *Nonlinear Problems in Random Theory*. New York: The Technology Press of M. I. T. and John Wiley & Sons, Inc., 1958.

也就是说, 有别的函数集也具有三角曲线的那种纯平移不变性.

三角函数在这种不变性上还附带有一种性质作为它的特征, 这就是

$$Ae^{i\omega t} + Be^{i\omega t} = (A + B)e^{i\omega t}.$$

因此, 这些函数形成一极简单的线性集. 请注意这种性质与直线性有关, 也就是我们可以把频率一定的所有振动都化为两个振动的线性组合. 正是这一特性使调和和分析在处理电路的线性性质时具有价值. 函数

$$e^{i\omega t}$$

是平移群的特征标, 从这个函数得出这种群的线性表示.

当我们要进行的函数组合不只涉及常系数相加时——如当把两函数互乘时——简单三角函数不再有这种初等群的性质. 另一方面, 随机行走中显示出来的随机函数却具有某种非常适合于用来讨论非线性组合的性质.

我不想在这里详细讨论这个问题, 因为它在数学上过于复杂, 在我的《随机理论的非线性问题》书中涉及了这个问题. 书中的材料已经在讨论特殊的非线性问题时发挥很大的作用, 但是要实现书中提出的计划, 还有许多工作要做. 它在实践中的结论就是: 在研究非线性系统时, 布朗运动的特征标比三角函数集更适于用来作为测试用的输入. 在研究线路时, 布朗运动的函数可以用物理方法靠散粒效应来产生. 散粒效应是电流中的一种不规则现象, 它是由于电流并不是由一连续的电流所引起的, 而是由一系列可分开的、相等的电子的流动所引起的. 因此, 电流具有统计的无规则性. 电流本身有一定的均匀特性, 但当它被放大到某一倍数时, 就显出它包含有相当大的随机噪声.

我将在第九章中表明, 随机噪声的这种理论不只是可在电路和其他非线性过程的分析上加以实际应用, 而且在它们的综合上同样可以加以应用^①. 用来实现这些目的仪器, 把有随机输入的非线性装置的输出, 化为一由某些规格化正交函数组成的特定系列, 这些函数与 Hermit 多项式很相近. 非线性线路的分析问题在于用平均的方法, 从输入的某些参数来定这些多项式的系数.

这种方法的说明是非常简单的. 用黑箱表示一个尚未分析出来的非线性系统, 还有, 我把某些具有已知结构的物体叫做白箱, 用它们表示所求展开式的各项^②. 我

① 我在这里用“非线性系统”一词并不排除线性系统, 而是包括很大一类系统. 用随机噪声来对非线性系统加以分析的方法也适用于线性系统, 而且已经这样用了.

② “黑箱”和“白箱”两词是一种方便而形象的说法, 它们的含义还不十分确定. 我把黑箱理解为这样一种装置, 它是有两个输入端和两个输出端的四端网络, 它对输入电压的现在和过去实行一确定的操作, 但是关于它靠什么结构来执行这种操作, 我们并不必须知道任何信息. 另一方面, 白箱也具有类似的网络, 它是我们为了获得输入——输出间一事先确定的关系, 根据特定的构造计划, 在输入和输出电压之间建立起联系的那种网络.

把同一随机噪声加进黑箱和一给定的白箱. 在黑箱的展开式中, 给定白箱的系数由黑箱和那白箱的输出的乘积的平均值来给定. 这个平均值是对散粒效应输入的整个系综的平均值, 但是有一条定理允许我们一般都可以用一个对时间的平均值来代替这个对系综的平均值, 只有一组概率为零的情形不允许这样做. 要得到这个对时间的平均值, 我们只需一个随便什么乘法器, 用它得到黑箱和白箱输出的乘积, 至于平均器, 不用说我们可以利用下述事实, 即电容器上的电压与电容器中的电量是成比例的, 因之, 也是与通过电容器的电流的时间积分成比例的.

构成黑箱的等价表示式的各相加白箱的系数不但可以逐一确定, 而且可以同时定出来. 甚至还可以利用适当的反馈装置, 使每一个白箱自动调节自己到与黑箱展开式中它的系数相应的水平. 这样我们就能制造一个多用白箱, 当这个白箱与一黑箱恰当地联接起来, 并使两箱接上同一随机输入时, 这个白箱将会自动地使自己成为那个黑箱的运算上的等价体, 虽然它们的结构可以有很大的不同.

这些分析, 综合的操作和白箱把自己自动调节到和黑箱相等的操作都可以用另外一种由 Bose 教授^①和 Gabor 教授^②提出的方法来实现. 在所有这些方法中, 用了一套发动和学习的程序, 这些程序是通过为黑箱和各白箱选择恰当的输入并把两种箱子加以比较来实现的; 在许多这类的程序中, 包括 Gabor 教授的方法所用的程序中, 乘法装置都起着重要作用. 用电的方法使两个函数相乘的问题虽然有许多途径可走, 但在技术上却不容易实现. 一方面, 一个好的乘法器必须在一个很大的振幅范围内工作. 另一方面, 为了使它在高频时保持准确, 它的操作必须几乎是立即瞬时完成的. Gobar 要求他的乘法器频率变化范围近 1000 周. 在他担任伦敦大学科学和工艺皇家学院电机工程教授的就职演说中, 他没有明显地说出他的相乘方法适用的频率范围, 也没有说出它们能达到的准确度. 我迫切等待着这些性质的明显说明, 以便能对这种乘法器用在与它有关的其他仪器上的价值作出可靠的估计.

所有这些装置里面都有一个仪器能根据过去的经验使自己采取特定的结构或功能, 这样的装置引起工程学和生物学中一种非常新的看法. 在工程学中, 具有类似性质的装置, 不但能够用来作游戏和作其他有目的的行动, 而且它在做这些事情时, 还可以根据过去的经验来不断地改进自己的行为. 我将在本书第九章讨论这方面的某些可能性. 生物学上, 我们至少也遇到类似的现象, 它们可能是生命的主要现象. 遗传之所以可能, 细胞之所以繁殖, 必须靠细胞中携带遗传的部分——即所谓基因——能够建造另一个和自己相像的同样的携带遗传的结构. 因此, 如果有

^① Bose A G. Nonlinear system characterization and optimization. *IRE Transactions on Information Theory*, 1959, IT-5: 30-40(special supplement to *IRE Transactions*).

^② Gabor D. Electronic inventions and their impact on civilization. *Inaugural lecture*. Imperial College of Science and Technology, University of London, England, March 3, 1959.