

宋 健 著

科学与社会系统论

山东科学技术出版社

责任编辑 颜秀锦 于 干

技术设计 韩立生

科学与社会系统论

宋 健 著

*

山东科学技术出版社出版

(济南市玉函路 邮政编码250002)

山东省新华书店发行

山东新华印刷厂印刷

*

850×1168毫米32开本 12.375印张 4 插页 223千字

1991年7月第1版 1991年7月第1次印刷

印数：1—2000

ISBN7—5331—0846—9/C·1

定价 8.80 元

前 言

系统科学是现代科学技术体系中一门十分重要的新兴学科，在钱学森、宋健等科学家们的大力倡导和推动之下，近年来这门科学在我国已有了很大发展。它不仅吸引了大批自然科学工作者，而且从事社会科学、军事科学、管理和决策研究的许多专家 and 实际工作者都对系统科学产生了浓厚的兴趣。系统科学的研究和应用可分为三个层次：处于工程技术层次上的是系统工程；直接为系统工程提供理论基础而处于技术科学层次上的是运筹学、控制论、信息论等；研究和揭示系统结构与功能的一般规律而处于基础科学层次上的则是系统学。做为沟通系统科学与哲学之间的桥梁称做系统论。由于在自然界和人类社会中系统存在是普遍的，因而系统科学有着广泛的实际应用。

宋健是国内外著名的控制论科学家和系统工程专家，他在多年的研究工作中，对控制论科学技术的发展和进步作出了重要贡献。近年来，由于工作性质的变化，他开始以系统科学的观点去观察和研究社会问题，特别是关于科技系统和社会系统以及它们之间的相互作用和协调发展等问题。几乎在每一个他所研究的领域中，他总

能敏锐地观察到问题的本质，抽象出新命题，把系统科学的概念和方法运用到社会系统中，提出一系列新的观念和解决问题的办法，并在实践工作中予以贯彻，从而在理论上和实际工作中都取得了显著成就，对系统科学和系统工程的发展和推广应用都具有重要意义。

在这本书中我们收集摘编了宋健近几年发表的部分论著，汇集成册，以飨读者。这些论文大体分为两类：一类是关于系统科学理论叙述方面的；另一类则是关于系统科学在科学技术系统和社会系统中的应用。

在本书的第一部分中，涉及到系统科学体系中从系统工程到系统学的三个层次。“系统控制论”一文在系统科学的理论研究和应用方面都具有重要意义。系统科学的任务不仅要研究和揭示系统的普遍性质和一般规律，更重要的是在认识系统规律的基础上，找出对系统进行控制的理论和方法。如同我们认识客观世界是为了更好地改造它一样，认识系统是为了更好地控制它或影响它，使其具有人们希望的功能，或者令其向人们所希望的方向发展。这里所说的控制，既有象工程技术系统中控制器那种“硬控制”，也有象社会经济系统、科技教育系统、军事等系统以政策、指示、法令、法律、规划和计划等形式表现出来的“软控制”。从这个角度来看，本书的其余部分，可以看作是系统控制论在科技系统和社会系统中的应用研究。

宋健长期从事空间技术，为发展我国火箭、导

弹和卫星技术奋斗了20多年，作出过重要贡献。70年代以后，他开始关注社会领域的问题。鉴于人口问题对中华民族发展的极端重要性，70年代末，他开始研究人口系统的控制理论。经过坚韧不拔的努力，终于在原属于社会科学的这个领域里取得了重大进展。他是世界上最早把系统控制的概念和方法引入到人口学研究的科学家之一，从而建立了“人口控制论”这门新学科。今天，国内外学者都公认他是“人口控制论”这门新兴学科的开创者，因此，获得了国际数学建模学会的最高荣誉奖——爱因斯坦奖（1987年宋健获国际数学建模学会的最高奖—A.A.爱因斯坦奖，“以表彰他在科学和数学方面以及在科技领导工作中，特别在人口最优控制理论方面的贡献”）。关于这方面的研究工作，他曾在国内外发表过大量的学术和理论著作，收入本书的仅是他为《人口控制论》和《人口控制论方略》著书所写的序和引言。

现代科学技术发展进程的重要特点之一是它的综合趋势，其标志是交叉学科不断产生。在过去看来似乎彼此毫不相关的学科，今日正在相互借鉴、渗透，从而相辅相成，相得益彰。当代自然科学和社会科学的相互融汇和交叉已形成强大的潮流。马克思曾说过：“自然科学往后将会把人类的科学总结在自己的下面，正如同关于人类的科学把自然科学总结在自己下面一样，将成为一门科学。我们称这种自然科学与社会科学成为一门科

学的过程为自然科学与社会科学的一体化。”* 马克思的伟大预言，正被今天科学的发展所证实。可以预见，随着科学技术的发展，这个论断将进一步被证实。系统科学的诞生和发展，是这个一体化进程最鲜明的标志。反过来，也是对这个进程发展的重要推动力量。

我们相信，本书的出版，对于从事自然科学、社会科学、系统科学研究的人们，定会有所帮助和启发。同时，也期望从事管理工作和决策工作的人能从本书中得到启迪。这对加速决策科学化、民主化和现代化的进程，是很有意义的。

如果本书的内容在收集和整理上有什么不当之处，敬请读者批评指正。

本书责任编辑颜秀锦和于干，实际上是本书的编审者，他们以对读者和作者高度负责的精神，一丝不苟地对每一篇文章，字字句句都作了细致的审改，使其在内容选取，次序安排和文字叙述等方面都有了很大改善。山东科技出版社领导的鼓励和大力支持，为此书能尽快与读者见面创造了最重要条件，我们谨向他们表示衷心感谢。

于景元 朱广田

1991年3月北京

* 马克思：《经济学——哲学手稿》，第91—92页，人民出版社，1957年版。

目 录

前 言	1
第一部分 系统科学	1
系统控制论	3
系统工程和新技术革命	19
社会科学研究的定量方法	40
软科学与决策	57
模型与实体	67
第二部分 科学技术与社会发展	71
论科学技术的载体	73
争夺人才	86
中国科学技术协会	94
论基础科学研究	101
改革与开放	110
科技改革的新突破	121
银行界的困境与新生	132
科技立法	138
在三条战线上奋斗	142
自尊自强 发奋而战	150
第三部分 人口控制论	155
200年论战的尾声	157
人口控制论	161

人类的自由与枷锁·····	164
地球与人类·····	172
中国的人口·····	179
生态系统与人口·····	186
从必然到自由·····	193
人口控制论的任务·····	199
人口控制论的方法论·····	209
双向生育极限定律·····	217
理想社会的人口结构·····	223
零增长率·····	228
适度人口·····	235
中国的适度人口·····	243
第四部分 全民族的科学觉醒·····	255
把科技“星火”播向农村·····	257
让“星火”燎原·····	266
向贫穷落后挑战·····	279
最优先的政策目标·····	294
科学技术工作者的使命·····	306
为亿万人民得到科技之利而奋斗·····	340
科技兴农是战略方针·····	345
作者简介·····	367

系统控制论

系统控制的理论和实践是20世纪对人类科学活动、生产活动和社会生活发生重大影响的科学领域。关于系统的某些观念和实践早在两千年前的中国和欧洲即已出现，作为一门现代科学，它的产生和发展起源于近代自然科学和技术科学的成就。20世纪以来，物理学、化学、数学、天文学、生物学以及各种技术科学的巨大进步，激励了科学界从不同的学科和观点出发，对各种自然系统、社会系统和工程系统进行理论和应用方面的研究。美国科学家维纳（1894~1964）于1947年首次指出了控制论科学可能给人类社会带来的影响。第二次世界大战以来军事技术上的进步，各种完全自动化的兵器系统的设计、制造和运行，特别是空间技术的突破，如载人登月飞行的辉煌成就，自动飞船在火星上软着陆成功，以及照片和科学测量数据的成功传回等，又推动了系统控制论在更广泛领域内的实际应用。系统控制的概念、理论和方法在社会经济、人口、生态等原属于社会科学领域内的成功应用，促成了经济控制论、人口控制论等学科的诞生，同时也为控制论这门统一的技术科学的形成奠定了基础。马克思曾预言过：“自然科学往后将会把

关于人类的科学总括在自己下面，正如同关于人类的科学把自然科学总结在自己的下面一样将成为一门科学。我们称这种自然科学与社会科学成为一门科学的过程为自然科学与社会科学的一体化。”* 系统控制论这门科学的产生和发展在自然科学与社会科学之间架起了一座稳固的桥梁，为这两类科学的融合开辟了崭新的前景。

一、系统分析

按一定的秩序或因果关系相互联系、相互作用和相互制约着的一组事物所构成的体系，称之为系统。无论在自然界或人类社会中，每个具体的系统都是物质的，随着时间的推移而不断演化，而这种演化总是在一定的空间内展开。系统的各组成部分之间的相互作用是通过物质、能量和信息交换而实现的。描述系统主要特征的变量、参量的取值，或者关于系统态势的概念集约表示系统的状态。外部环境的影响、内部组成之间的相互作用，以及人为的控制作用，都能使系统的状态和演化进程发生变化。系统分析是研究系统状态和结构的一般变化规律，即研究系统行为的理论和方法。

由于人类能力的有限性，对大自然中很多系统的演

* 马克思：《经济学—哲学手稿》人民出版社1957年版第91~92页。

化和运动过程无力施加人为的控制或影响。例如，银河系、太阳系和月地系统，人们能越来越深刻地认识它们，但在今天和可以预见的未来，对它们的演化进程施加明显的影响却是人力所不能及的。对这类系统，系统分析的任务是辨识系统的结构，研究它的发展史，认识它的行为，预报它的发展趋势和对人类社会生活可能产生的影响，以便人类能有意识地采取措施去适应将要发生的变化。

随着科学技术的进步，人类认识世界和改造世界的能力不断增大，人类能够施加影响和实行控制的范围也日益扩大。例如，过去人类对地球上空的大气系统的演化进程无能为力。今天，通过有意识的集体努力，控制大气演化进程，使之向着对人类生活有利的方向发展已成为可能。

分子生物学的巨大突破，使过去纯由自然力主宰的生物系统变为人力可控制的系统。所有的人造的工程系统都是可控制的。随着社会科学进步，人类社会生产和生活活动中所形成的系统，如政治的、经济的、人口的、军事的等，越来越多的变成人力可控制的系统。这样，从系统论的观念看来，在自然界和人类社会中有相当数量的系统是受控系统。这是系统控制的主要研究对象。对受控系统，系统分析的任务，除了研究它的结构、研究它的历史和预报发展趋势以外，最重要的是研究系统的可能的受控方式和受控行为，即以何种方式控制或影

响系统演化或变化进程，使之向最有利于人们所期望的目标发展。在20世纪的各个历史时期，在很多技术领域，形成了一批相对独立的研究学科，如工程控制论 (Engineering Cybernetics)，运筹学 (Operational Research)，博弈论 (Game Theory)，排队论 (Queueing Theory)，规划论 (Programming Theory)，协同学 (Synergetics) 和灾变论 (Catastrophe Theory) 等。所有这些学科都致力于分析所选定系统的行为，研究系统状态的变化规律和对其演化过程进行人工干预或控制的可能性。如果人工控制是可能的，那么还要研究采用何种控制方式才能使系统尽快地，或以最好的方式达到理想的状态。最优控制理论 (Optimal Control Theory)、大系统理论 (Large—Scale System)、动态规划 (Dynamic Programming) 和微分对策 (Differential Games) 等理论都是解决控制方式的最优选择的理论和方法。

二、系统分类

受控系统是系统控制论的主要研究对象。按照所研究问题的对象范围，受控系统可分为三大类：工程系统、自然系统和社会系统。

工程系统是人类为了生活、生产和科学研究等目的而由人工建造的系统。20世纪以来，特别是工程控制论

(钱学森, 1954年) 这门学科形成以后, 人们已经建造了成千上万种不同用途的工程系统。它们的不间断的、可靠的运行, 构成了当代人类社会文明的支柱。几乎每一个工程系统都是人工可控的。公元前256~前251年在四川岷江流域上修建的都江堰水利工程, 公元前214年秦始皇修建的万里长城, 是中国古代著名的工程系统。在近代史上建成最早, 对社会生产和生活影响最大的是电力系统和公共通信系统, 前者负责能量的传递, 后者保证社会生活中信息的交换。现代世界上最大的电力网拥有两亿千瓦的发电能力, 年传输10,000亿度电能的输电网络, 为整个国家和大陆的数亿人民的生产、生活和其它活动不间断地供应电力。为保持如此巨大的系统稳定可靠地运行, 必须采用集中和分散相结合的控制方式, 完成状态监视、负荷调度、自动保护、事故处理以及计价收费等管理方面的事务。巨型电力系统的建设和运行实践, 对系统控制论这门学科的形成和发展起了历史性的推动作用。

通信系统是现代社会须臾不能离开的受控工程系统。从19世纪末个人之间的专用电话到现在由上亿个用户组成的全球性通信网的历史是一种典型的工程系统的发展史。由成千上万个分散控制的信息交换中心和由电缆、微波、光纤、卫星等连接而成的信号传输网络, 把数亿个用户井然有序地编织于一个系统之中, 使任何两个或一组用户之间在几秒钟内即可互通信息, 这是现

代科学技术的一项重大成就。一门研究信息计量、传输和信息处理的科学——信息论（C.香农，1940）是从通信系统的实践中提炼和发展出来的，它的概念、理论和方法已被广泛应用于其他领域。信息论已成为系统控制论的理论基础之一。定量研究服务系统行为的学科——排队论（A.K.埃尔朗，1948）也起源于通信系统中电话交换站的工作实践。

地球上的生态系统和生物系统是由大自然演化而成的自然系统。早在人类出现以前，它们已经历了不少于5亿年的演化史。科学技术的进步使我们有可能认识它们的行为，并对其演化进程施加某种影响。例如，扩大陆地的植被、保护和扩大森林面积、控制大气污染等，都是人类能动地影响生态系统的有效措施。按照达尔文的以物竞天择为主要内容的进化论所理解的生物系统，人们必定无力对它的发展施加影响。但是20世纪生物科学的巨大进步，使我们对生物系统的行为有了相当深入的了解，从而产生了对它的控制能力。关于遗传基因——脱氧核糖核酸DNA的分子结构的发现（J.D.沃森和F.H.C.克里克·1953），以及在细胞工程和分子生物学中一系列新的突破，使人类已能在细胞和分子水平上控制个体的发育。早在人类诞生之前，由大自然创造的生物界，正在变成人力可以控制的系统。研究对生物遗传性能进行控制的学科称为生物控制论。

包括生产、消费和积累过程的社会经济是最重要的

社会系统。早期的经济学家认为社会经济系统应该是无需政府干预的自由市场经济。20世纪20年代末从美国开始的全世界经济大萧条的灾难使人们认识到，即便是资本主义的经济系统也必须由政府施加适度控制，才能减轻自由市场经济本身所蕴涵的极大危险性。社会主义经济则认为，对社会主义经济必须进行宏观控制才能保证全社会的协调发展，同时还应该充分利用市场经济的特点，发挥个人、集体和企业的能动性。这样，在任何制度的社会中，社会经济活动是人类必须和能够施加控制的系统。

早在两百多年前，就有人试图用定量方法研究社会经济发展过程。由于当时社会统计不发达和数学工具的贫乏，他们的努力没有成功。20世纪30年代和40年代计量经济学的萌芽，为社会经济系统的研究开辟了道路。70年代以后，人们开始用系统控制论的观点、理论和方法研究社会经济系统。经济控制论把社会财富的生产、消费和积累过程看成为互相依赖、互相制约的经济系统的行为，而进行定量研究。政府和金融机构制定的经济政策，是人们对社会经济系统进行的宏观控制措施。随着社会统计制度的完善和计算技术的进步，社会宏观经济发展过程已被完全置于人们的控制之下。系统控制论的概念、理论和方法已被广泛地应用到经济系统中去，为宏观控制和市场调节提供了科学依据。

一个国家或社会的人口数量和年龄结构的演化，是

又一个典型的社会系统。最近 100 年来，世界人口数量增长五倍多。中国的人口增加 3 倍。这个事实激起了人们对人口控制问题的关切。人口控制论学科的出现（宋健、于景元，1985），为人类有意识地控制人口发展的进程提供了新的概念、理论和方法。理论和实践均表明，社会人口是人们完全能够控制的一个社会系统。此外，凡属政府管辖范围内的社会问题几乎都构成某种能受控制的社会系统。

三、受控系统的特征

有序性 系统内部各组成部分称为子系统。在子系统之间总存在着一定秩序的相互作用。通过能量或物质的传递和信息的交换，各子系统相互作用导致它们的状态随时间发生变化，从而形成系统的演变。在不同的非受控系统的演化中，有序性可以增加，也可以减少。例如，在一个封闭的热力学系统的演化过程中，有序性总趋向于减少，这就是热力学第二定律中，所断言的熵总有增长的趋势。I. 普利戈金在他的耗散结构理论中阐明了在某些开放的非受控系统中，有序性有增长，即熵减少的可能，如在生物学系统中所发生的那样。在受控系统中，人为的控制作用总是追求使系统有序性增加，使能量更为集中（熵减少），有用信息更为浓缩（信息熵减少），使系统的演变朝着对人们有利的方向

发展。关于保持系统稳定性的理论和方法，即保持持久的高度的有序性，曾经是早期控制论系统首先关注的命题。最优控制理论和优化方法论、规划论和动态规划论、博弈论、排队论等，都是使受控系统达到最大有序性的理论和方法。

自适应性和自组织性 处于所研究的系统以外的部分叫做系统的环境。系统与环境的分界称为系统的边界。环境通过边界对系统施加的影响叫扰动。在自然界和人类社会中，绝对封闭和孤立的系统实际上是不存在的，任何系统都要受外界环境的影响，因而都是开放的。系统控制论所研究和追求的重要目标之一是赋予系统以自适应性，这就是说使系统在外界环境的扰动作用和内部结构不断变化的情况下保持受控系统能正常地、稳定地运转，原定的目标不至于受到干扰和破坏。在系统控制论中，关于状态信息反馈的理论和方法是使系统获得自适应能力的最重要和最有效的措施之一。反馈原理的应用能使受系统控制的功能不受或少受环境的扰动变化和内部结构变化的影响。此外，人们还发明了很多专门性的技术，以提高系统对特定的环境变化和内部结构变化的适应性，统称为自适应控制理论。

系统的行为不仅依赖于它的各组成部分即子系统本身的特性，更取决于后者之间的相互作用顺序和方式，即系统的结构。系统结构的变化可以导致完全不同的系统行为。在理论上和实践中已经证明，无论工程系统或