

RUAN KEXUE

LILUN HE SHIJIAN DE RONGHE

软科学 理论和实践的融合

张 彤 李建玲 张士运◎编著

 北京科学技术出版社

软科学：理论和实践的融合

张 彤 李建玲 张士运 编著

 北京科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

软科学：理论和实践的融合/张彤，李建玲，张士运编著.
—北京：北京科学技术出版社，2016.6

ISBN 978 - 7 - 5304 - 6651 - 3

I. 软… II. ①张… ①李… ③张… III. ①软科学
IV. ①G301

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 109152 号

软科学：理论和实践的融合

作 者：张 彤 李建玲 张士运

策 划：曾庆宇

责任编辑：王 藏 李 菲

特邀编辑：柳 堤

封面设计：樊润琴

出 版 人：曾庆宇

出版发行：北京科学技术出版社

社 址：北京西直门南大街 16 号

邮政编码：100035

电话传真：0086 - 10 - 66135495 (总编室)

0086 - 10 - 66113227 (发行部)

0086 - 10 - 66161952 (发行部传真)

电子邮箱：bjkj@bjkpress.com

网 址：www.bkydw.cn

经 销：新华书店

印 刷：廊坊市海涛印刷有限公司

开 本：720mm × 1020mm 1/16

字 数：484 千字

印 张：26.25

版 次：2016 年 6 月第 1 版

印 次：2016 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5304 - 6651 - 3/G · 1877

定 价：60.00 元



京科版图书，版权所有，侵权必究。

京科版图书，印装差错，负责退换。

序

软科学是自然科学和社会科学交融，多个边缘学科、横断学科、交叉学科汇流，具有重大理论和实践意义的新兴学科。作为现代科学体系一个不可或缺的组成部分，软科学同样具有极强的创新性和探索性，而且它在宏观、中观和微观层面，在经济、社会、技术、民生等领域的总揽、引领和协调作用，也被越来越多的人所认识。

1978年全国科技大会召开，吹响了新时期勇攀科技高峰的进军号角，我国软科学也应运而生。1986年7月国家科委召开全国软科学工作座谈会，这是我国软科学史上具有里程碑意义的事件，它标志着我国软科学发展开始逐步走上正轨。1994年12月全国软科学工作会议召开，党和国家的极富远见的部署和安排，开拓了我国软科学事业快速发展的坦途。借力于全国软科学发展大潮，在北京市委、市政府的高度关注和正确领导下，北京软科学事业迅猛发展，经过30余年的努力，已经完成了从无到有、从小到大、从弱到强的创业历程，跨上了全面崛起的腾飞之路。近年来，全市软科学研究投入不断增加，课题研究主题和内涵的深度、广度不断扩大；初步形成了政府引导下的国家级软科学研究机构、市级软科学研究机构、学校院所软科学研究机构以及民间软科学研究机构联合互动的研究网络，营造了适宜于软科学创新发展的社会氛围；初步培育了一支高水平、高素质的专业队伍，形成了软科学为北京经济社会发展保驾护航的协同式发展格局；完成了诸多具有重要理论和政策价值的研究报告，总结和呈现了一批经典决策案例，这些就成为北京市对我国软科学宝库所做的杰出贡献。

尽管北京软科学获得长足发展，但应该清醒地认识到，与经济社会发展需要和党和人民的期望相比，软科学工作还存在较大的差距。推进北京软科学发展，仍是北京市科技界、软科学界以及社会各界科技工作者不容推卸的责任。在新时期发展软科学事业，要密切关注如下几个要点。

第一，发展软科学要做足硬功夫。软科学之“软”是因为它起着类似于计算机中软件的作用。在计算机中，硬件是指那些具有实体形态

的存储器、运算机、控制器、输入输出设备等，软件则是用计算机语言编制程序指令，指挥硬件进行操作，提升计算机的效率与功能。在以系统的方式存在的客观世界中，软科学就像一种程序指令一样，以它特有的协调力、统筹力、集成力和融通力作用于系统的要素、结构，理顺各种主体关系和利益关系，以使系统的效能最大。要使软科学的作用很好地发挥出来，就要做好各种基础性的“硬”工作，包括：建立涉及各个主要领域和部门的软科学研究和应用网络，广泛开展围绕多种主题的软科学研究，在把握和挖掘深层知识和信息的基础上，为各级领导提供发展咨询和决策支持；要勇于迎接信息社会和知识经济挑战，善于把自然科学、社会科学、哲学、数学、技术科学和工程科学等知识融入软科学领域，使软科学的知识和成果更具整体性、层次性、前瞻性和实用性；要坚持理论与实践结合、定性与定量结合的发展原则，在现代信息技术、计算机技术、人工智能技术和数学的基础上，熟练掌握和运用逻辑模型、智能模型和数学模型，进行动态化和可视化的政策仿真和模拟，预先展示政策情景，促进决策科学跨越式发展。基础工作做扎实了，软科学的实力和水平就会有很大提升。

第二，软科学要在促进决策科学化和民主化方面发挥作用。应该说，在政府的有效引导下，在软科学工作者的共同努力下，软科学已经在某种程度上进入政府决策序列。发展规划、计划的制定及前期研究、重大经济社会发展问题解决方案制定及相关研究、重大工程项目的可行性研究和论证、重大经济社会活动的组织实施等，已经成为软科学进入政府决策序列和工作序列的有效方式。现在，各级领导的科学决策意识有所增强，工作作风和工作方式有所改善，遇到重大疑难问题，不再急于做出决定，而是安排相关部门进行富于针对性的软科学研究，在掌握大量有用信息和优选方案之后，再做出正确、全面的部署和安排，政府的决策水平和工作效能有了很大提升。软科学工作者要继续以推进决策科学化、民主化为己任，做出矢志不渝的努力，要不断提高自己集成各种资源、融通各类知识、运用各种手段的能力，努力认知和揭示事物发展的内在规律和本质特点，在此基础上提出具有科学性、前瞻性和操作性的决策支持建议。要在相关部门和领域建立上通下达的信息渠道，建立合议共商的交流制度，关注民生、体察民情、适应民意，在决策科学化、民主化的大路上继续做出有益探索。

第三，软科学要为“三个北京”建设做出新贡献。建设“三个北

京”和世界城市已经成为未来北京发展战略的主题和主线，其中“人文北京”是指以人为本，真正实现“发展惠及人民，人民共享发展成果”的要求；“科技北京”是指在北京城市发展中必须紧紧依靠科技，通过自主创新增强北京竞争力，为国家和北京软实力提高做出贡献；“绿色北京”是指发展循环经济、环境友好型经济、绿色经济，提倡绿色生产和消费，实现和谐发展。从“三大理念”到“三个北京”反映了社会各界对科学发展观的价值认同，展现了我们最大的优势和独特财富，也聚焦了北京建设世界城市的核心内涵。面对新的形势和任务，北京软科学界要把工作重心调整到“三个北京”建设上来，要主动关注和研究与“三个北京”建设有关的问题，包括如何把北京建设成为具有全球影响力的科技创新中心、如何加速调整产业结构和转变发展方式、如何使北京市重点科技领域和优势科技领域的研究开发能力和成果达到世界领先水平、如何实现公共服务均等化和人文关怀、如何促进人与自然和谐发展、如何以全球化的视野和理念设计北京国际化发展等。在过去的30年间，软科学对北京经济社会发展和城市建设发挥过重要的支撑和引导作用，相信今后若干年软科学在建设“三个北京”和世界城市以及实现中国梦的历程中同样会发挥重大而全面的作用。

在软科学面临发展的新契机时，《软科学：理论和实践的融合》一书出版了。该书全面回顾总结了北京软科学的发展历程，阐释了软科学与经济社会发展相生相长的关系，分析软科学发展的要旨和特点，并展示了一些较为典型的决策案例。该书对我们关注和了解北京软科学大有裨益。该书的作者长期从事软科学工作，他们在收集资料、再现过程的时候，也阐述了自己的对软科学的理解与感悟，希望会对业界同仁有所启示。我们相信，自然科学和社会科学相结合、老中青相结合，互切互磋，代代传承，会对软科学事业的发展起到积极的推动作用。



2015年11月27日

前言

本书是一部带有记述性的著作，主要讲 20 世纪七八十年代北京市软科学发展遇到的状况和它的发展历程。每一门学科都要走过发生、发展和成熟的路径，北京软科学也经历了一个从无到有、从小到大、从弱到强、从不为人知到广为人知的过程，这期间有跌宕起伏，有辗转徘徊，但它最终还是曲折前行。软科学作为科技事业的一个组成部分，日渐与人们的生活紧密结合，这也是它生命力之所在。

本书分为理论篇、发展篇和实践篇。理论篇只是软科学传统理论的综述，并没有达到创新理论的层面，只是在叙述和介绍相关理论的时候，力求做到更简易、更集中和更有序。由于篇幅所限，叙述主要集中于“老三论”和“新三论”，它们是软科学理论的基石，也是软科学实践的基石。安排理论篇的目的，一是借此机会再次传播软科学的相关理论；二是要说明，北京软科学的发展与实践都是以软科学理论作为基础的。

发展篇则记述了北京软科学的发展历程。作为一段历史的记载，这是本书的核心部分。本书初步把发展历程分为四个阶段，即起步摸索阶段、成长发展阶段、提高创新阶段和发展应用阶段，这四个阶段真实反映了北京软科学从小到大、从弱到强的艰辛历程。从提起软科学就茫然摇头，到人人会说“这是一个复杂的系统工程”，老一辈研究者都有翻天覆地的感慨。正因为软科学具有科学性、有用性和实践性，它才得以存在和延续，它的历史并没有终结，将由后人代代续写。

实践篇记述软科学研究成果应用的经典案例，包括四个方面。一是影响和改变北京发展历史进程的、具有里程碑意义的经典决策案例，包括中关村和首都经济；二是科学领域的决策和发展案例，包括关键技术选择和科技奥运；三是教育领域决策和发展案例，包括公务员科学素养调查和西城区大教育；四是现代城市建设领域决策和发展案例，包括现

代化研究、总部经济和创新方法。由于篇幅所限，所选择的案例只是软科学研究成果的沧海一粟。

本书内容涉及较广，适合软科学工作者、政府机关工作人员、教育工作者及大专院校学生阅读。本书在编写过程中得到范伯元先生的亲切关怀，在整体架构、内容涵盖、逻辑关系上给予重要指导；邹祖烨、刘振刚、李琬、丁辉等也对本书出版给予关注和支持；柳堤、杨洋、张国会、王婷等做了大量出版相关工作，特别是柳堤在收集资料、协调关系、架构设计、全书编撰上出力甚巨；北京科学学研究中心对本书出版给予全面支撑和保障，在此一并表示感谢。由于编者水平有限，本书错误之处在所难免，欢迎批评指正。

2016年2月

目 录

■ 第一篇 理论篇

第一章 系统论	3
第一节 系统的定义、特征及分类	3
第二节 系统的结构与功能	10
第三节 一般系统论	19
第四节 系统优化	26
第五节 系统工程与运筹学	29
第二章 信息论	42
第一节 信息论的产生	42
第二节 信息概念和通信系统模型	44
第三节 信息度量与信息熵	48
第四节 信息论应用实例	52
第三章 控制论	55
第一节 控制论和维纳	55
第二节 控制论产生的背景与条件	56
第三节 控制系统与控制论系统	59
第四节 控制与信息	63
第五节 控制方法	64
第六节 控制论的主要分支	67
第七节 控制论的实例——人口控制	86
第四章 耗散结构理论	92
第一节 研究远离平衡态系统的理论	92
第二节 耗散结构理论的由来	93
第三节 耗散结构论	96
第四节 耗散结构论在生态保护方面应用的实例	100

第五章 协同论和突变论	108
第一节 协同论的产生	108
第二节 协同现象	109
第三节 协同论的序参量	110
第四节 突变论的由来	113
第五节 突变现象和突变论	114
第六章 系统科学	116
第一节 系统科学的概念和由来	116
第二节 系统科学类学科	119

■ 第二篇 发展篇

第七章 北京软科学的发展	143
第一节 北京软科学发展的简要回顾	143
第二节 软科学在北京发展中的地位与作用	149
第三节 软科学在北京经济增长中作用的定量分析	178
第八章 软科学的特性以及软科学成果的应用方式	185
第一节 软科学的特性和发展的内在规律	185
第二节 软科学成果应用的特点与方式	196

■ 第三篇 实践篇

第九章 经典决策	205
第一节 决策中关村	205
第二节 北京经济发展战略和首都经济	218
第十章 科技领域决策和发展研究	233
第一节 世界科技发展趋势和关键技术研究	233
第二节 科技奥运	265
第十一章 教育领域决策与发展研究	285
第一节 北京公务员科学素养调查	285
第二节 “大教育”思想和学习化社区建设	301
第十二章 关于现代发展的理论研究	324
第一节 北京现代化研究	324
第二节 总部经济——首都经济发展的新模式	352

第十三章 关于创新方法的理论和实践研究	372
第一节 创新方法的概念	372
第二节 TRIZ 创新方法的产生及理论方法体系	373
第三节 北京推广应用创新方法的重点领域	380
第四节 北京特色创新方法推广体系的路径设计	399

第一篇 理论篇 ■

第一章 系统论

第一节 系统的定义、特征及分类

一、系统的定义

系统一词源于希腊语，原意是指由部分组成的整体。最早的系统概念产生于古代哲学，如古希腊的逻辑公理化系统和几何学体系、古中国的阴阳五行系统和八卦系统等，就都包含了由部分组成整体的思想。古巴比伦人把宇宙描述成一个分层次、有结构的整体。古埃及人认为宇宙是一个方盒，四方有天柱，在方盒边上围着一条大河，河上有一只船载着太阳来往，尼罗河是这条大河的支流。这表明在古代，人们已经产生模糊的系统概念。随着现代科学技术的深入发展，人们才开始试图给系统以严格科学的定义。

在系统理论的研究中，研究家们提出过多种关于系统的概念。例如，一般系统论的创始人 L. V. 贝塔朗非认为：“系统的定义可以确定为处于一定的相互关系中并与环境发生关系的各组成部分（要素）的总体（集）。”钱学森主张：“我们把极其复杂的研制对象称为‘系统’，即由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机整体，而且这个‘系统’本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分。”凯斯特和罗森威则定义说：“所谓系统，乃是一项有组织的整体，由两个或两个以上的相关联的‘个体’，或‘综合体’，或‘次系体’所构成，存在于其外的高级系统之内，具有明确的边界者。”1967年日本的工业标准 JIS 中，将系统定义为：“许多组成要素保持有机的秩序，向同一目标行动的东西。”这些定义或概念，从不同侧面阐述了系统的本质和特点，有助于人们认识、了解和描述系统，推动了系统理论的研究和发展。

在对系统的研究中，人们发现，撇开系统不同的、具体的外在形式，一切系统几乎都具有以下三种共同的属性：

第一，任何系统都是由两个或两个以上的要素（元素、部分或环节）所组成的统一体；

第二，组成系统的要素与要素、要素与整体及整体与环境，构成一定的结构，并始终存在着相互联系、相互影响、相互作用和相互制约的关系；

第三，组成系统的要素有各自的功能，而系统作为一个整体具有不同于各组成要素独自功能的新功能。

把这些共同点概括起来，我们偏重于使用如下的系统定义，即系统是由两个以上互相联系与互相作用的要素所组成的，具有一定结构和功能的有机整体。

在这里，需要强调两点。其一，系统论的产生，是与人类认识历程的演进和深化相一致的。在古代，人类对客观事物的认识总是习惯于或停留在从事物的总体方面来观察，对事物的认识虽然是整体的，但却是肤浅的。当人类文明发展到一定程度，人类开始用分析的方法代替综合的方法，侧重于分析和认识事物的各个部分，对事物的认识有所深化，但由于疏于在分析的基础上再综合性地去认识事物，或只是将各部分简单相加就以为认识了事物的整体，所以对事物的认识有时是片面的甚至是支离破碎的。英国胚胎学家杜里舒（H. Driesch）曾写道：“当我漫步于造船码头时，我对于正在发生的事情仍然是蒙昧无知。我能看到每个部件是如何制造出来的，但不知道如何将它们装配成一个‘整体’”。^①这句话正是当时认识状况的一种生动写照。这两种认识方法都不能满足人类认识和改造世界的需要。随着人类认识方式推进到新阶段，人们开始从事物内部的有机联系，从一事物同另一事物的外部关系，辩证地、系统地来看待客观世界，这是人类认识的辩证思维阶段。系统论的产生是与人类认识历程的这一阶段相关的，或者说系统思想是人类认识史发展到一定阶段的产物。

其二，我们所谓的要素、系统、环境只具有相对的意义，即任何一个系统都是较高一级系统的一个要素，而任何系统的一个要素通常又是较低一级的一个系统，一个系统与它的环境之间往往还组成一个更大的系统。显然，系统与要素是相辅相成、相生相长的，即一个系统只有相对于

① P. 卡洛. 生物机器：研究生命的控制论途径. 北京：科学出版社，1982：10.

注：本书的理论部分是根据《软科学手册》《控制论、信息论、系统科学与哲学》等著作的相关内容编述而成，旨在更为简洁、集中和有序地传播和介绍软科学的基本理论和知识。本篇主要介绍软科学的“老三论”和“新三论”。“老三论”“新三论”作为软科学的理论基石，支撑了发展到今天的软科学的大厦和宝库。

组成它的要素而言才是系统，而一个要素也只有相对于由它与其他要素所组成的系统而言才是要素，所以没有要素就无所谓系统，没有系统也无所谓要素。例如，一个社会瓦解了，组成它的要素也就烟消云散了。正因为如此，我们说，系统与要素是相比较而存在，相依存而发展的，系统与要素是对立的统一。

二、系统特征

从系统的上述定义和阐述中，可以看出系统具有以下几个相互关联的特征，并贯穿于系统演进的全过程。

(1) 集合性。系统是诸要素的集合，单独一个要素不成系统。但如果把一个要素看成是由它的子要素所组成的，那这个要素也能成为一个系统，但这时这个要素已经不是“单独的一个要素”了。

(2) 相关性。系统和要素具有多重相关性。首先是结构相关性，系统的诸要素间构成一定的结构关系，这种结构关系变化了，系统的结构就要改变；其次是作用相关性，系统的每一要素都要施作用或影响于其他要素，也要受到其他要素的作用与影响，这种关系始终存在；再次是任务的相关性，不仅各要素都为完成某项任务而存在，而且任一要素的变化都会影响别的要素完成任务。例如，某一工厂的领导班子换了，那么工厂的任务、目标以及组织方式和管理方式可能都要发生变化。

(3) 目的性。系统的存在或运行具有目的性，即具有确定的目标。系统去实现某种功能或发挥某种作用都可以看作是系统的目的性。例如：我们修建一座水库是为了蓄水，修一座粮仓是为了储粮，目的是很明确的；羊群吃草是为了生存，这可以看作是羊群系统的目的性。

(4) 动态性。系统不仅有其空间的存在形态，而且还具有时间性的程序系列。钱学森曾经引用过恩格斯的一句话，“一个伟大的基本思想，即认为世界不是一成不变的事物的集合体，而是过程的集合体”^①。“过程”就是系统的发展变化，显示了系统的动态性，一成不变的系统是不存在的。

三、系统的分类

根据系统的不同性质和特点，可以将系统加以分类，由于视角的不同，分类可以是多种多样的，一般有以下几种系统类型。

^① 马克思，恩格斯。马克思恩格斯选集：第4卷。北京：人民出版社，1995：239-240。

（一）天然系统、人造系统和复合系统

按组成要素的自然属性来划分，可以把系统分为天然的、人造的和复合的三种类型。天然系统就是由天然物质自然形成的系统。例如，我们生存其中的大自然，就是由植物、动物、矿物等天然物质自然生成的，它是典型的天然系统。此外，自然形成的生态系统、气象系统、矿山系统、星空系统、山脉系统、河流系统、海洋系统等，也都是天然系统。

人造系统又称人工系统，是指经过人的有意识的实践活动而创造出来或组成的系统，这类系统中往往要包括人的因素。例如，生产系统、交通系统、运输系统、邮电系统、信息系统、软件系统、管理系统等。人造系统一般又有三种类型：一是人们对自然物进行加工而获得的系统，如用加工自然物所获得的零部件组装而成的工程技术系统；二是在一定社会历史条件下，人们所组成的一定的社会系统，如按统一的规章制度、组织程序、条例办法等所组成的管理系统就是社会系统的组成部分；三是根据人类对自然现象和社会现象的科学认识所创立的科学技术体系，如人们对自然与社会进行认识而建立的科学理论体系，就是科学技术体系的组成部分。不难看出，第一类系统实际上是人造自然系统，第二类和第三类系统则是人造社会系统，所以人造系统是由人造自然系统和人造社会系统两大类系统所组成的。

复合系统是自然系统和社会系统的结合，世界上大多数系统都是自然与人造相结合的复合系统。例如，一个城市既有土地、河流、大气、植被等自然物质组成的系统，又有机关、学校、家居、道桥、街区等人造系统，还有城市指挥和管理的系统，这是一个多重系统组合而成的复合系统。一个工厂既有天然的原料和燃料，又有机器和厂房，还有管理者和生产者，以及一整套生产管理制度，所以现代企业是一个复杂的人-机系统或自然-社会系统。

（二）无机系统、生物系统和社会系统

按系统的自然发展层次或生命属性和生命层次来划分，又可以把系统分为无机的、有机的和社会的三种类型。无机系统由自然界的无机物质所组成，如原子结构系统、分子结构系统、矿物结构系统、岩石结构系统、天体结构系统等。无机系统与大多数系统相区别的一个特征是，这类系统既没有自身的目的，也没有任何主观的动机，所以又称为无目的的系统。

由生命物质所组成的系统叫作生物系统，如植物系统、动物系统、微生物系统、海洋生物系统、人体结构系统等。由人群按一定的社会关系所