绪　　论

第一节　　什么是系统科学

20 世纪已经过去三年多了，但 20 世纪发生的一些大事却至今令人难以忘怀：在经济上，人类已进入自动化大生产阶段；在政治上，则诞生了社会主义制度；在科学上，人类已经登上了月球。我们中国的变化也不小： 1911 年建立了中华民国，1949 年又成立了中华人民共和国， 1979 年我们又进入了社会主义现代化建设的新时代。系统科学则是在 20 世纪科学百花园中开出的一朵奇葩。

那么，什么是系统科学？它有哪些基本特征？它在今天的发展状况又如何呢？

一、系统科学的内容与特征

（一）系统科学是以系统为研究对象的学科群

系统科学，顾名思义，即以系统为研究对象的科学。但由于研究角度的不同，它又分为三个方面的内容：

系统论。主要研究的对象是系统的本质、特征、变化规律以及系统方法等问题。主要分支学科包括：普通系统论（一般系统论），系统工程学，系统动力学，自组织系统理论，复杂系统理论等。系统论是系统科学的核心。

信息论。主要以传递于系统内部或系统之间的信息的本质、构成、传递、发生规律及信息方法为研究对象。包括狭义信息理论与广义信息论两部分内容。

控制论。主要研究的对象是系统控制过程的实质、机制及控制方法等问题。目前已形成工程控制论、生物控制论、社会控制论、人工智能四大分支学科。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

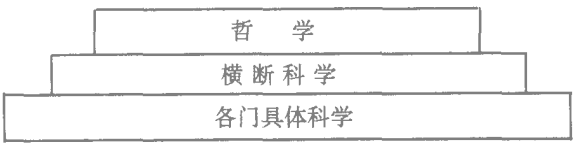
总之，系统科学发展到今天，已经不是一个单纯的学科，而是一个以系统论为核心，以信息论和控制论为支柱，具有不同层次内容的复杂科学体系了。

（二）系统科学是一门横断科学

传统知识体系主要是由两个层次构成的。第一层次是哲学。这是一门关于整个世界最普遍性问题的知识，其主要特点是抽象程度最高，适用范围最广。例如物质就是一个哲学范畴，它概括了一切物质形态的共性——客观实在性。对立统一规律也是这样，没有什么事物是不受其支配的，我们无论认识什么对象，解决什么问题，都要坚持矛盾观点和矛盾分析方法。第二个层次是具体科学，这是关于客观世界各个领域内特殊性问题的知识，其特点是抽象程度比较低，适用范围也比较小，例如，物理学原理反映的仅仅是物理现象的本质及规律，物理方法也只适用于认识和解决物理问题，对于其他科学部门而言，物理学观点和方法就不适用了。[1] 其他自然科学和社会科学的知识也是这样。

系统科学则是介于哲学和具体科学之间的一门知识。一方面，系统科学知识的抽象程度比哲学要低，其方法论的适用范围也较小；另一方面，系统科学知识的抽象程度比具体科学知识高，适用范围也更广些。例如信息联系概念就是一个比较具体的概念，它不像哲学上所讲的联系概念那么抽象、那么无所不包，但信息联系概念又反映了生物界和人类社会内部联系的共性，因而比生物科学和社会科学中具体的信息联系概念（如动物之间的叫声联系和人与人之间的语言联系等）的适用性又广的多。正因为系统科学知识比具体科学知识的适用面要广大些，它横跨几个具体学科，所以人们又把它称为“横断科学”，[2] 或叫“跨学科”的知识，系统科学所体现的方法论也被人们称为一般科学方法论。

系统科学在人类知识体系中的地位可用图形表示为：



〔1〕 社会科学研究过程中，有些科学方法可以相互移植，但要改变形式。

〔2〕 数学以及新兴学科如可拓学等，亦属于横断科学范畴。

（三）系统科学是一门应用科学

现代科学可以分为两大类：其一为理论科学，其二为应用科学。系统科学虽然也有自己的理论部分，但从本质上讲，它属于应用科学。这是因为：（1）它是适应 20 世纪自然科学发展趋势而诞生的。（2）系统科学的主体是由应用部分即工程技术构成的，这些工程技术包括系统工程技术、信息技术、控制技术以及建立自组织系统的技术等。（3）系统科学不仅注重应用自身的理论和方法去解决实践中的各种问题，而且注重应用哲学和众多具体科学知识去解决实践中的问题。（4）系统科学的荣誉也主要是在应用实践中获得的。诸如美国研制第一颗原子弹的曼哈顿计划的实现，阿波罗 11 号飞船登月计划的实施，以及人们在改造生态环境方面所取得的胜利等都是成功应用系统科学理论与技术的结果，正是这些令世人瞩目的实践成果的取得，为系统科学争得了极高的荣誉，并使其影响扩展到了全世界。

（四）系统科学带有极强的方法论性质

任何一门完整的科学知识都是由两部分构成的：一是关于研究对象的本质，特征及其规律的知识，或叫理论知识；二是关于认识和改造这一对象的方法论知识。系统科学是这两方面的统一，但是其方法论特征更为明显和突出。实际上，系统科学之所以深受人们重视，之所以在实际应用中产生巨大效益，归根结底是由于其方法的先进性决定的。有人说，系统科学的诞生是“ 20 世纪科学思维方式上的一次伟大革命 ”。还有人说，“ 系统科学是人类文明的启明星 ”。这都是对系统科学方法论意义的评价。

系统科学方法的内容很多，就大的方面而言，主要有系统方法、信息方法和系统控制方法三类，而在每一类方法下面，又包括众多的具体方法。例如在系统方法下面，又包括一般系统方法，系统工程方法，自组织系统方法、复杂系统方法等，在一般系统方法中又可分为整体性方法、综合性方法、层次分析法、结构分析法、功能分析法、环境相关法等等。正因为系统科学带有极强的方法论性质，所以本书也就将其作为阐述的主要内容，并将书名定为《系统科学与方法概论》，希望读者在阅读本书时特别注意方法方面的内容，这是系统科学的精髓，也是本书的精髓。

二、系统科学的历史发展

系统科学的发展大致经历了四个时期：

1．20 世纪 40—20 世纪 50 年代的形成时期。其主要表现为各种理论的提

出和体系的创立。例如，一般系统论创立于 1945 年，1957 年美国密执安大学的古德（H·H·Goode）和麦克霍尔（R·E·Machol）又合著出版了《系统工程学》一书；信息论则诞生于 1948 年，并于 1951 年被正式确立为一门新兴学科；控制论诞生于 1948 年，1954 年钱学森又创立了工程控制论这一重要分支，由于系统科学的理论与技术在第二次世界大战中发挥过重要作用，因而 50 年代曾在美国形成了一股系统科学热。

2. 20 世纪 60—20 世纪 70 年代的发展时期。这一时期的主要任务是用已有的理论与技术解决三大实践中的问题，并在这一过程中使自己得到检验和发展。例如，20 世纪 60 年代美国搞的阿波罗登月计划的胜利实施乃是成功地应用系统理论与技术的光辉范例，正是由于这一巨大成功，使系统科学热从美国扩展到了整个欧洲。这一时期在理论上也有不少新建树，如系统动力学便是 20 世纪 60 年代兴起的一门研究复杂系统问题的新学科，而自组织系统理论则是在 20 世纪 60 年代末发展起来的。

3. 20 世纪 80 年代开始的普及时期。由于系统科学的应用给工业生产带来巨大效益，因而其影响也愈来愈广泛，以至于自 80 年代始系统科学又扩展到了全世界。这主要表现为：各国纷纷设立有关系统科学的研究机构，有关系统科学的国际会议频频召开，与会者日益增多（最近一次国际会议是国际系统科学学会第 46 届年会于 2002 年 8 月 3 日在中国上海举行，共计 26 个国家 400 余名专家学者出席大会），有关系统科学的文献资料也愈来愈多。此外，就系统科学本身而言，一方面，研究日益深入，分支愈益增加；另一方面，其他学科也纷纷引入系统科学观点和方法来解决问题，甚至哲学也不例外。现在可以这样说，谁要是不懂点儿系统科学的基本知识，那就很难读懂近年出版的学术著作，谁要是不善于运用系统科学观点和方法去认识和处理问题，那就很难在解释和解决诸如生态环境等问题方面取得进展。总之，谁不掌握系统科学的基本理论与方法，谁就会落在现代科学技术发展的后面。

我国是在 20 世纪 70 年代后期开始普及系统科学知识的，并很快在中华大地上形成了一股系统科学热。1978 年 9 月，我国科技工作者提出了利用系统思想把运筹学和管理科学统一起来的见解，提出了系统工程是组织管理技术的思想，1979 年 6 月，中国管理现代化研究会在天津召开了系统工程学术交流会；1979 年 7 月，中国自动化学会在芜湖召开了系统工程学术讨论会；1979 年 10 月中国科学院、教育部、社会科学院、一、二、三、四、五、六、七、八机部、总参、总后、军事科学院、军事学院、国防科工委和军兵种的 150 名代表，在北京举行了系统工程学术讨论会，国务院副总理耿飙、王震、总参副总长张爱萍、李达，以及各有关部门领导同志十余人出席了这次讨论会的开幕

式。这次会上我国 21 个著名科学家联合向中国科协倡议成立中国系统工程学会。在这前后，西安交通大学、清华大学、天津大学、华中工学院、上海交通大学，大连工学院、上海化工学院、上海机械学院、哈尔滨工业大学、北京工业学院、国防科技大学相继成立了系统工程的研究室、研究所或系；上海机械学院和国防科技大学还招收了系统工程专业的本科生。 1980 年 2 月 26 日，中国科学院成立了系统科学研究所，同年 3 月，贝塔郎菲的重要论文“普通系统论的历史和现状”被王兴成由俄文译成中文发表。稍后，中央电视台、中央人民广播电台又相继举办了全国性的系统工程广播讲座，由钱学森等著名科学家播讲。[1] 1981 年，北京“系统、信息、控制科学研究会”筹备会又举办了八期系统科学学习班，向 5600 多名科技人员，管理人员和领导干部作了普及。1982 年，华中工学院、大连工学院、西安交通大学和清华大学的自然辩证法教研室在北京共同发起召开了“系统论、信息论、控制论中的科学方法与哲学问题讨论会”，与会代表一千多人。我国著名科学家钱学森在会上作了“系统思想、系统科学和系统”的长篇报告，产生了广泛影响。此后，该四所院校又每隔一年在不同地点举办一次同类会议，推动了我国系统科学研究进入了高潮。与此同时，我国在工农业生产实践中也日益倡导以系统科学理论与技术为指导，并取得了一系列重要成果，如山西平朔煤矿建设就是成功运用系统工程技术的典型。目前，我国已不仅在工农业生产实践方面普遍推广使用系统科学技术，在体制改革、法制建设、文化教育等方面也都在倡导用系统科学方法解决问题，可以预言，随着系统科学理论与方法的日益普及和应用，我国社会主义现代化建设事业必将进一步稳定和持续地向前发展。

4. 20 世纪 90 年代末期以后向复杂系统的分析和综合方向发展阶段。国外有关复杂系统的研究早在 20 世纪 30 年代就开始了，美国学者考恩（George A. Cowan）认为，系统科学的历史本身就是复杂系统研究的发展史，因为系统本身就具有复杂性。20 世纪 80 年代，在美国新墨西哥州，洛斯阿拉莫斯国家实验室（这个实验室在第二次世界大战中汇聚了一批著名物理学家，以研制原子弹而闻名于世）的元老，不满足于当时进行跨学科研究的条件的局限性，于 1984 年在该实验室附近 34 英里的桑塔菲（santa fe）筹建了一个研究所，现在称“桑塔菲研究所”（santa fe institnte，简称 SFI），这被公认为研究复杂系统问题的权威机构，1999 年 4 月，美国《科学》（Science）杂志出版了“复杂系统”的专辑，两位编者在“超越还原论”的导言中。对所谓“复杂系统”作了描述：通过对一个系统的分量部分（子系统）性能的了解，不

[1] 中国科学普及部《系统工程普及讲座汇编》， 1980 年印。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

能对系统的性能做出完全的解释，这样的系统称为“复杂系统。”〔1〕

从此，关于复杂系统研究日益受到国际学术界重视。2000 年 6 月，我国自然科学基金委员会举办了一次以“复杂系统与复杂性科学”为主题的科学论坛，与会专家一致认为，目前科学发展正处在一个新的转折点，即复杂性科学的兴起，尽管目前它还处在萌芽状态，但它却是“21 世纪的科学”，而系统科学方法论则是它的理论基础。2001 年 12 月，在广州又召开了全国“复杂性与系统性科学研究会”成立大会暨学术研讨会，50 余名专家学者到会并进行了学术交流。2002年 8月 3 日，国际系统科学学会第 46届年会在我国上海举行，会期三天。本届年会的主题是“新世纪、新思维——系统思维管理复杂性与变革”。会议议题有三个：（1）研究和探讨系统思维方法对解决当代社会经济复杂问题和热点问题的可行性。（2）概括总结系统科学理论研究的新成果，提出需要解决的新问题，创造系统思维的新方法。（3）推动系统科学在社会经济中的应用。由此可见，系统科学目前已发展到一个新阶段——以复杂系统为对象的阶段。

第二节　系统科学产生的社会历史条件

系统科学是于 20 世纪初期开始孕育，第二次世界大战后正式诞生并迅速发展起来的一门新兴科学。这种情况不是偶然的。恩格斯指出：“社会一旦有技术上的需要，这种需要就会比十所大学更能把科学推向前进”。〔2〕系统科学也是这样，它的诞生和发展是和 20 世纪以来社会实践的特点和科学技术发展需要的推动分不开的。

_、20 世纪以来社会实践对象的复杂化推动了系统科学的诞生和发展

大家知道，人类对客观世界的认识和改造过程——社会实践过程，总是由简单到复杂这样不断发展的。一开始，人们总是先认识和改造比较简单的事物，解决比较简单的问题；后来，逐渐发展到认识和改造比较复杂的事物，解决比较复杂的问题。这种变化在 20 世纪主要表现在三个方面：

〔1〕戴汝为：“系统科学与复杂性研究”，《全国“复杂性与系统科学哲学研究会”成立大会》论文集，2001 年 12 月华南师范大学印。

〔2〕《马克思恩格斯选集》，第 4 卷，人民出版社 1995 年版，第 732 页。

（一）社会生产实践方面

封建社会的生产都是建立在一家一户小生产的基础上的，生产过程十分简单。资本主义社会初期，虽然有了工厂，使用了大机器，但总的来说，工厂规模还不大，工艺过程也还比较简单。但到了 20 世纪初，随着资本主义由自由竞争发展到了垄断阶段，这种情况有了根本改变：其一是生产规模愈来愈大。如果说，过去的企业中一般只有几十个人，最多不过数百人利用几十台、数百台机器就可以从事生产的话，那么，帝国主义时代的企业则往往少则几千人，多则上万人，甚至几十万人，利用巨量生产资料进行生产了。其二是生产过程越来越复杂。以往的企业生产都是比较单一的，如采矿厂就是只管采矿，炼铁厂就是只管炼铁，内部过程比较简单。但到了帝国主义阶段，情况变了，这时出现了很多大的联合企业，在这些企业中，从原料生产到产品销售的各个过程都包括进去了，过程十分复杂。如一个大的钢铁联合企业就包括矿石开采、炼铁、炼钢、轧钢、成材、入库、销售等一系列过程在内；石油联合企业则包括勘探、开采、运输、提炼、销售等各个过程。由于上述两种情况，就使得对整个生产过程的宏观管理成为愈来愈重要的事情。因为管理跟不上，则企业规模愈大，生产过程愈复杂，也就愈易造成混乱。那么，如何管理？根据什么原则进行管理？这就为系统论的诞生提出了需要。因为上述过程实际上是一些系统运动过程，只有采用系统管理的方法才能达到目的。系统科学的重要分支——系统工程方法最初就是适应这种生产管理的需要而诞生的。

（二）社会政治实践方面

社会政治实践是社会实践的一个重要领域，在这方面， 20 世纪亦具有日益复杂化的特征。

先以战争而言：20 世纪先后爆发过两次世界大战和多次大规模的地区冲突。这些战争无论在规模上还是在复杂性上都是空前的（第一次世界大战中有 30 个国家参战，卷入战争人口达 15 亿，第二次世界大战涉及欧亚非美四大洲许多国家，卷入战争的人口比第一次大战多一倍），要进行这样的战争，当然就需要有与之相适应的理论和方略才可，否则便无法引导战争取得胜利。所谓军事系统工程—— 运筹学正是适应这种需要而在二战中由英美等国的科学家建立起来的。此外，系统工程（Systems engineering）一词也是二战后出现的，系统工程思想则被认为是对美国曼哈顿工程的一个总结。

国家管理也是如此。从宏观上说，国家管理过程实际上是统治阶级对被统治阶级实施统治的过程。而 20 世纪以来，国家管理的内容也同过去有了很大

不同。现在的国家机构不仅要管政治、经济，而且要管思想、文化、教育、工业，甚至计划生育也得考虑进去。而且在这些方面，不仅要注意国内情况，还要照顾到国际情况。正因如此，现在的国家机构比以往要复杂很多，人员也多得多，否则，国家便难以正常运转。如果说，过去封建社会靠皇帝一人发号施令就可以对整个国家或社会进行管理的话，那么现在这种情况是绝对行不通的，因为一个人再英明也应付不了如此复杂的情况，所以必须实行集体决策的方式进行管理。

国家管理的复杂化也呼唤着与之相适应的理论的建立，而这种理论没有系统方法的指导是不行的。

（三）科学技术方面

20世纪以前，科学研究的对象总的说来还是比较简单的。所谓简单，主要就是指其构成的要素比较少，结构也比较单一。以运动形式为例， 20 世纪以前，科学研究的对象主要是机械运动、物理运动、化学运动三种形式。其中，机械运动最简单，只有作用力和反作用力两个要素，所以机械力学也发展得最早。物理运动就比较复杂一点，所以物理运动建立的时间也比较晚，直到19世纪才普遍发展起来。所谓物理运动也就是声、光、电、磁、热等形式的运动，相应的也就是声学、电学、热学等。化学运动更复杂一点儿，所以化学发展得更晚，如元素周期表直至 19 世纪末才由门捷列夫完善起来。

生命运动就更复杂了。首先，它的组成要素非常多，而且这些要素分成很多层次，结构也非常复杂。而且生命体还有一个特点，即不能把它拆开来一件一件地加以研究，因为拆下来的死的器官与活的器官是有根本区别的。也正因如此，直至 19 世纪末人类对生命现象的研究除达尔文进化论外一直未取得什么突出成果。到了 20 世纪初，研究生命现象的人愈来愈多了，其中有一个叫贝塔朗菲（美籍奥地利人）的科学家发现，生命体原来是由众多的要素所构成的一个大系统，其中单独把哪一部分拿出来，都不足以说明生命运动的本质，而只有把它们作为一个整体——系统来对待，才能正确揭示生命的运动过程。贝塔郎菲也正是在这种研究中先是创立了“机体系统论”，继而又提出“一般系统论”的重要思想的。

如果说，生命现象比较复杂的话，则社会现象就更有过之而无不及了。这不仅因为社会内部的各种关系非常多，难以把握，而且因为构成社会的主体是有思想的人，他无论干什么，都受其思想的直接指使，很难预料。因此，必须找到一整套科学的研究社会系统的方法，才能揭示其内部的规律性，并对之实施有效的控制和改造。马克思和恩格斯创立的唯物史观从宏观上揭示了社会发

展的一般规律及内部机制，而社会系统论和社会控制论则进一步对社会系统做出了定量分析与综合，从而使唯物史观变得更具有可操作性了。

总之，20世纪以来社会实践的日益复杂化趋势需要用相应的理论和方法去认识和研究，而系统理论正是适应这种需要而诞生的。

二、20世纪以来社会实践活动的信息化趋势推动了系统科学诞生和发展

信息在人类社会生活中的作用是不可低估的。无论是社会经济生活、政治生活，还是社会文化生活，都离不开信息联系，否则，人类就会陷入相互隔绝状态，人类生存就会发生问题。

但在20世纪之前，信息联系在社会生活中的重要性尚未得到充分暴露，而20世纪以来，随着人们社会实践范围的扩大，特别是伴随帝国主义时代的到来，世界经济、政治、文化交往日益频繁，信息联系在社会生活中的重要性愈来愈突出了，甚至形成了社会生活的信息化趋势，正是这种趋势导致了信息科学的诞生。这也可以从三个方面进行说明。

（一）社会生产实践活动信息化趋势

封建社会的农民基本上是根据自己生活需要进行生产的，生产手段主要靠人力和畜力，生产结果直接供自己消费。资本主义社会初期的资本家则主要是根据国内市场需要而从事生产的，生产手段主要是机器，生产结果则通过各种运输工具运到各地去销售。而现代社会的生产活动则较之于过去有所不同：（1）它是直接依据各种市场信息进行生产的。这些市场信息有些是国内的，有些是国外的；有些是现代的，也有些是未来的（预测信息），离开一定的信息，生产过程就无法进行。（2）生产过程本身也是依据信息对人流、物流、资金流进行调整和分配的过程。（3）生产结果也首先通过信息（如广告等）形式发布出去。这样就使整个社会生产过程注入了一种信息活力，极大减少了生产的盲目性。既然整个社会生产过程愈来愈离不开信息，因而专门以搜集、存储、加工处理和提供信息为职能的部门，诸如信息公司等也就如雨后春笋般地应运而生了，并在社会生产中起着愈来愈大的作用。不仅如此，20世纪以来，还出现了一种专门以信息为生产对象的部门——信息产业部门，如计算机行业、出版印刷业、广播电视业等均属此行业。信息工业的产品主要是供人们消费的信息。由于信息消费目前已成为与物质、能量消费相并列的人类三大消费内容之一，甚至超过了后两项消费，因而信息产业的发展也必将向前更进一步

（二）社会政治实践活动的信息化趋势

社会政治实践是整个社会实践活动的中心，它主要包括政治决策、政治控制、政治交往等方面的内容。20 世纪以来，这方面的信息化趋势也日益突出：（1）政治决策愈来愈离不开信息，信息全面而准确，以此为基础做出的决策就有可能正确；信息错误或片面，以此为基础做出的决策就一定会发生错误。毛泽东说：“指挥员的正确的部署来源于正确的决心，正确的决心来源于正确的判断，正确的判断来源于周到的和必要的侦察，和对于各种侦察材料的连贯起来的思索。”[1] 这里讲的实际上就是决策（决心）与信息（侦察材料和思索结果）之间的关系。目前，世界各国政治决策机构都有多种信息渠道以获取信息，这对于保障其及时正确地做出决策具有极重要意义。（2）20 世纪以来的政治控制过程也愈来愈依赖于信息手段了。以往的政治控制主要是通过各级官吏或军队警察等国家机构来实现的，这可称之为硬控制；而 20 世纪以来，通过报纸、电视、广播、网络等渠道发布信息进行的软控制则愈来愈占有重要地位，此外，目前各发达国家普遍实行的电子政务更是直接依据电子信息从事政治和行政管理的过程。（3）政治交往中的信息化趋势也是十分明显的。无论是国与国之间，还是同一国内各种政治力量之间都愈来愈依赖信息进行交往了，除了进行直接的政治对话以外，通过新闻部门或舆论工具发表声明、谈话、备忘录以及警告、抗议、最后通牒等是各种政治力量之间愈来愈多地采取的交往方式。当然，也有些国家和政府之间通过“热线”直接进行会谈或磋商，以对重大政治问题交流看法，并取得一致。

(三)科学研究中的信息化趋势

20 世纪以前的科学研究，基本上是靠科学家们自己相对独立地完成的，由于交通的闭塞和通信手段的落后，科学家们很少、也不能及时了解本专业的他人研究状况，因而无法相互交流和借鉴科研成果。20 世纪以来，这种情况发生了变化。由于科学研究方面竞争的加剧和信息爆炸局面的出现，科学家们再也不能靠终日把自己关在实验室里进行研究了，而要拿出相当大的精力去翻阅最新图书资料或查阅网上信息，有时还要参加各种学术会议，以便交流研究成果，或随时调整科学课题。否则，一个科学家费九牛二虎之力搞出来的科研成果就很可能因与别人重复而变得没有价值。作者曾听说过这样一件事：某师范专科学校一数学教师花了二年时间解决了一道平面几何学中的难题，写出论

〔1〕《毛泽东选集》，第 1 卷，人民出版社 1991 年版，第 179 页。

文后给某大学一位数学教授审查，结果该教授指出，此题已于一年前被外国数学家解决了，且方法相同。这使该数学教师受到极大震动。总之，现在搞科学研究，无论是题目的选择，还是研究思路的确定，也无论是研究过程的进行，还是研究成果的发布和转让，都是离不开信息的。

社会实践活动的这种信息化趋势，对信息的获取、存储、分析处理和加工利用均提出了新的要求，这就不能不推动信息科学的产生和发展。

三、20 世纪以来社会实践活动的自动化趋势推动了系统科学诞生和发展

（一）生产实践方面的自动化

众所周知，社会生产的发展一般经历了三个阶段，第一阶段是手工生产，第二阶段是机械化生产，第三阶段便是自动化生产了。自动化生产亦包括两个时期：其一是体力劳动自动化，其二是脑力劳动自动化。目前，脑力劳动的自动化阶段恐怕还刚刚开始，并且也只是表现在生产程序的自动控制上，至于完全脱离了人的产品自动设计过程还极少见报道。

据资料介绍，世界上第一个半自动化的流水作业线与车间是 20 世纪 30 年代初期在美国的一些工厂中首先出现的。不过当时的自动化程度还很低，实际上就是用一个伺服机系统把有待加工的部件送到工作机中去加工（车、镗、铣等），然后自动退出来（过去靠手工操作）。后来到了 1947 年，美国福特汽车公司建立了第一个现代意义上的自动化生产系统，也就是人通过按电钮操纵整个生产过程的系统。

自动化生产离不开控制，然而如何进行有效控制？这就给科学研究提出了重要课题。

（二）战争方面的自动化

如果说，第一次世界大战具有前所未有的机械化色彩的话（坦克、飞机、远程大炮等武器都是在一战中开始使用的），那么，第二次世界大战就已具有自动化特征了。这里所谓自动化并非指整个战争都靠机器人去打，而是指在战争中愈来愈多地使用了一些自动化武器。

例如，二战中德国曾使用过一种在当时十分可怕的武器——V－2 飞弹。这种飞弹上面装有成吨炸药，能够自动飞行 320 公里，速度达到每秒钟 1.6 公里，飞行高度 160 公里，这实际上就是现代导弹的前身。二战中，希特勒曾下令用这种飞弹轰炸英国本土，共发射了 4300 枚，其中 1230 枚击中伦敦，炸死 2511 人，炸伤 5869 人，给英国造成重大损失。战争结束时，美苏均设法俘获

需要全本请访问 www.ertongbook.com

了一部分 V－2 飞弹的研制人员，这对推动两国的军事自动化技术的发展起了重要作用。此外，二战中由于德国法西斯执行空袭任务的飞机速度极快，以至于单靠人工预警和操纵火炮已很难对付，于是，盟国便加紧自动控制火炮的研制工作，而控制论的创始人——维纳则是参加这一研究工作的重要科学家，这为他后来创立控制论提供了直接的实践基础。

（三）科研方面的自动化

在科研方面，以往科学家搞研究主要是靠眼看、心想、手写等方式来完成的，如到图书馆去查找资料或到实地去观察、记录资料，在实验室内直接用手做实验等。20 世纪以来，这种手工科研方式虽尚未完全改变，但科学家们正愈来愈借助自动仪器来搞科研了。

首先以实验观察为例。过去主要是靠实地观察，而现在则可以通过遥控仪器进行远距离观察记录了，特别是在高真空、高压力、高辐射的情况下做实验，人根本无法直接观察，只能通过自动仪进行记录才行，现在的远程医疗也是通过遥控仪器进行的。

又如，过去查阅资料要到图书馆去翻阅图书目录，办借阅手续，很费时费事，现在由于信息爆炸，就需要有一种快速查阅资料的方法，于是，自动检察电脑出现了。现在的科技工作者一般都有电脑并同信息库联结，需要什么资料一按键盘，立刻就在银屏上显示出来，极为方便。

科研活动的自动化趋势不仅表现在信息收集和获取方面，而且表现在信息处理、加工和利用信息做出结论方面。例如做天气预报用的各种气象信息就需要运用大型计算机进行自动化处理，人口普查的结果也需要使用计算机进行分析，一些复杂的数学定理亦需要运用计算机来证明……而计算机技术的发展乃是各种自动控制技术发展的核心。

四、20 世纪以来社会实践的组织化趋势推动了系统科学诞生和发展

20 世纪以来的社会实践还具有日益组织化的趋势。所谓组织化就是指社会实践活动愈来愈克服了过去那种单独进行的特点，而是愈来愈多地采取了相互协调合作的方式来进行。对此，我们也可以从三个方面来加以说明。

（一）生产实践方面的组织化趋势

社会生产本来就是有组织的活动。 20 世纪的社会生产有两个特征促使这种组织化趋势日益加强。其一是企业生产规模愈来愈大，内部分工也越来也复杂，这就需要建立各个部门之间的有效联系，以加强组织性，否则就会影响生

产效率。其二是产生了很多巨型公司，而在这些巨型公司下面，往往又有几十个、甚至成百个上千个子公司、孙子公司，而且这些公司分布在全国、甚至世界各地。在这种情况下，要想维持生产的高效率，就更需要通过一定方式来加强组织性。此外，目前世界上有很多国际性或地区性经济组织，如世贸组织、石油输出国组织等等，这本身也是生产实践方面组织化趋势的表现。

据作者所知，目前世界上各大公司的组织形式主要有这样两种：一是以中央集权为特点，它致力于使世界各地的子公司完全一体化，如国际商用机器公司（IBM）即属此类。二是以分散权利为特征。这种分散权利有时甚至发展到鼓励内部展开竞争的程度，其代表性公司主要有松下电器公司、休斯特——帕卡特公司、3M 公司等。据国外报纸报道，目前这两个类型公司正在彼此靠拢：松下电器公司等大跨国公司已连续多年采取措施，加强各经营单位的合作，而国际商用机器公司则致力于放松对其各部门的集中控制，允许各子公司有相对独立性。因为这两大类型的公司在各自管理实践中都感到，单纯强调哪一方面对于获得竞争优势都是不利的，而必须把二者结合起来才好。

（二）政治、军事方面的组织化趋势

政治和军事对组织化的要求一向是很强的。我国战国时期曾产生过“连横”与“合纵”两大政治组织，对当时的社会发展起过重要作用。20 世纪的两次世界大战也都是两大政治、军事组织之间的战争。现在世界上也有不少政治、军事组织，如联合国、欧盟、东盟、阿盟、上海合作组织以及北大西洋公约组织（简称北约）等。这些国际政治、军事组织在国际政治生活中发挥着愈来愈重要的作用。

战争是政治斗争的最终手段。历史表明，战争双方军事力量相等，但组织程度不同，其交战结果必定是组织性强的一方战胜组织性差的一方。拿破仑曾总结过这样的战争经验：三个法国兵打不过一个马木留克（埃及王朝的名字）兵，但 300 个法国兵就可与 300 个马木留克兵势均力敌，而 1000 个法国兵就可打败 1000 个马木留克兵，若 1500 个法国兵则可绝对打败 1500 个马木留克兵，其中原因便是法国兵有良好的组织结构，而马木留克兵则主要依靠单个兵员的英勇善战，因而难以发挥出整体优势。此外，第二次世界大战之前，日军频繁往中国东北调集军队，造成从东面进攻苏联的态势，实际是迷惑苏联，配合希特勒从西面向苏联发动进攻，结果使苏联领导人上当受骗，战争一开始，西线苏军一溃千里，损失惨重。直至美苏法中英联合起来，协同合作，才终于取得战争的胜利。另外，人们都知道，在二战开始之前，英国人就已发明了雷达，但在二战开始时，雷达并未发挥出应有的作用（这是酿成珍珠港事件惨

剧的原因之一），后来，人们把雷达系统同通信系统和作战指挥系统统一起来，使之形成一个有机整体，雷达才发挥出了巨大威力。

20 世纪末，美国未来学家阿尔温·托夫勒写了一本叫《第三次浪潮时期的战争》的书，他认为这一时期战争的特点是天空地海一体战，即立体战争。而打立体战争有一个最基本的要求——非常强的作战“协调能力”，即把天空地海军事力量调集在一起，使其达到极高水平的协调合作，任何一个环节若稍稍游离于组织之外，都会使整个战争受到严重影响，甚至使自己遭受灭顶之灾。近年发生的美伊战争、科索沃战争等都是这种战争的典型。可见，现代战争中的组织化趋势是非常突出的。

（三）科研方面的组织化趋势

20 世纪之前，科研活动基本上都是科学家们分散地、单独地进行的。例如牛顿的万有引力定律，主要是在开普勒等人成就的基础上，通过个人的思考钻研发现的。法拉第发现电磁感应定律的过程，也只有两个助手帮忙，世界著名的诺贝尔奖只授给单个科学家便是这种状况的反映。可是到了 20 世纪以后，由于生产社会化和研究对象日益复杂化的需要，这种分散的单独进行的科研方式便愈来愈为有组织的集体的科研方式所取代了。现在的科研活动一般都是在科学院、科学学会或协会、科研所、实验室，或什么科技开发公司、科研中心等科研机构中有组织地进行的。在这些科研机构中，集中着各方面的大量的科学家和工程师，他们既有分工，又相协作，攻克着一个个大型项目。在这方面可以举两个例子：其一，1941 年时，美国防部搞了一个“曼哈顿工程”[1]计划——研制原子弹。在该计划实施过程中，先后动员参加的科技人员有 15 万名之众。这么多人在一起工作，没有严密的科学组织管理是不行的，所以这项工程的总负责人之—— 奥本海默（J·R·oppenheimer，1904—1967）在事后总结经验时说了这么一句话：“使科学技术获得成功的是科学的组织管理。”这个总结极为重要。其二， 1961 年，美国又组织实施了震惊世界的阿婆罗登月计划，参加研制的科技人员则多达 42 万，由于采用了现代化的系统工程组织管理方法，历经十年终于胜利完成了任务。

我国自建国以来在科技方面所取得的一系列光辉成果也无不是集体组织攻关的产物，从第一台电子计算机的研制到原子弹、氢弹的成功试爆，从第一颗人造卫星的顺利发射到“中国龙芯”的研制成功，都是我国科学家群体在党

〔1〕在曼哈顿工程计划中，物理学家康普顿（1892—1962）负责裂变材料的制备工作，弗米（1901—1954）负责制造原子反应堆，奥本海然负责制造原子弹。

的领导下，有组织地攻关的结果。

总而言之，组织化是现代社会的一个十分重要的发展趋势。无论是生产，还是战争，还是科学研究，没有对人、财、物的严格的组织管理，无论什么事都是很难搞成功的。“老西拉胡琴”式自顾自的方法已愈来愈不适应现代社会发展的需要，自组织系统理论正是与此相适应而建立和发展起来的。

五、20 世纪以来科学技术的应用化趋势推动了系统科学的诞生和发展

恩格斯在讲到近代自然科学的发展时，曾把它划分为两个阶段：一是 15 世纪下半叶—18 世纪末，这是搜集材料的科学；二是整个 19 世纪，这是整理材料的科学。[1] 而今，20 世纪业已成为历史，那么，这一世纪的自然科学又属于什么性质的科学呢？本书作者认为，从本质上讲，20 世纪的自然科学是应用材料的科学，即关于理论和技术应用方面的科学。这主要表现在以下几个方面：

1. 反映自然科学实际应用的学科——工程技术和技术科学是在 20 世纪初诞生的。钱学森同志指出，工程技术就是应用自然科学的基本理论实际去改造世界，如水力工程、电力工程、土木工程等都是这样。而工程技术作为一门学问，正是在 19 世纪末和 20 世纪初才形成的。在这之前，“改造客观世界的能工巧匠只被认为是有才能的人，而他们的才能还没有被总结成学问，特别是能在高等院校里讲授的学问”。[2] 技术科学则是在工程技术的基础上产生出来的一门学科。钱学森认为：“技术科学是以体质科学的理论为基础，针对工程技术中带普遍性的问题，即普遍出现于几门工程技术专业中的问题，统一处理而形成的，如流体力学、固体力学、电子学、计算机科学、运筹学、控制论等等。”[3] 而技术科学大致到了 20 世纪 20 年代以后，才正式形成体系并发展起来。

2. 科学技术应用周期日益缩短。在 20 世纪之前，科学研究从成果的取得到投入实际应用所经历的时间过程一般都比较长，例如：蒸汽机从发明改进到普遍应用花了整整 100 年时间（1680—1780），电动机则花了 57 年（1829—1886）。然而 20 世纪以来，这种科学技术的应用周期则明显缩短，如直升飞机从 1909 年发明到生产，经过了 23 年；雷达从发明到投入使用，周期为 15 年（1925—1940）；喷气发动机从研制到产品制成用了 14 年（1929—1943）；涡

〔1〕《马克思恩格斯选集》，第 4 卷，人民出版社 1995 年版，第 245 页。
〔2〕钱学森等著：《论系统工程》，湖南科学技术出版社 1982 年版，第 193 页。
〔3〕钱学森等著：《论系统工程》，湖南科学技术出版社 1982年版，第 212 页。

轮喷气发动机则用了 10 年（1934—1944）；原子能的周期为 3 年（1939—1942）；太阳能电池的周期为 2 年（1953—1955）；而激光于 1960 年发明后，当年就投入使用，目前在超导陶磁研究、克隆技术以及纳米技术等方面，更是紧扣着实际应用而进行。而科技成果应用周期的缩短，是与科技成果开发应用研究的强化分不开的。20 世纪 80 年代初期，在一些发达国家开始出现了一种科研与生产联合体，即“科学一技术一生产”体系，如美国为了加快科研成果在生产上的应用，就建立了一种叫“科学——工业综合体”的科研生产中心。这种体系的出现正是科学技术发展到应用阶段的必然产物。

3. 科技应用对发展生产的效果日益突出。发展社会生产是离不开各种投入的，而在这方面，过去主要是靠投入劳动力、劳动资料和劳动对象，而现在发展生产则愈来愈靠投入科学技术。有人曾做过这样的统计：19 世纪时，科技投入在发达国家经济增长中所占的比重仅为 2% ~3% ，到 20 世纪初时，该比重则上升为 5% ~20% ，第二次世界大战后，该比重更上升到 30% ~40% ，20 世纪 70 年代以后则上升到了 50% ~70% ，正因为如此，有人曾把科学技术的应用称为现代生产力发展的倍增器。

20 世纪科学技术既然出现了这种应用化趋势，那当然会反映到理论上，并需要有人对如何应用科学技术于生产进行概括和总结，于是，系统科学这一重要的把科学技术成果应用于生产力的科学也就应运而生了。

第三节　系统科学的方法论功能

系统科学诞生后，无论对于人们认识世界，还是对于人们改造世界，都发挥了十分巨大的作用，推动人们在这两方面取得前所未有的进步。

一、系统科学揭示了客观世界很多新的属性和规律，从而极大丰富了人们的认识，推动人类认识进入新阶段

（一）实物质——系统质

科学的发展过程是不断揭示事物的质、属性和规律的过程。以事物的质而言，以往科学所揭示的大都只限于事物的“实物质”，即事物在相对孤立状态时所具有的质，例如，这是桌子，那是黑板，这是书，等等。实物质的特点是具有单一性。系统科学则揭示：事物除了有“实物质”以外，还有“系统质”，即事物在系统中所具有的质。实践表明，事物处在不同的系统中就会有

不同的质。例如。0是什么？谁也不能肯定，因为其在不同的系统里，本质是不同的：在几何学系统中，它是一个圆；在数学系统中，它又是一个零；在英语字母系统中，它是字母“喔”；在化学系统中，它又是氧元素的符号；在小学图画本中，它可能代表一个鸡蛋……由于任何事物都处在无限多的系统中（包括空间系统，时间系统两大类），因而其系统质也是无限的。因此，我们要正确认识一个事物的质，就必须首先看它处在什么系统中，然后才能确定。实际上，我们平时所说的：“实物质”不过是“系统质”的特定形式罢了。把握事物的“系统质”很重要：它可以使我们避免片面性和形而上学，发现事物多方面的质及其属性，以达到全面认识事物和把握事物的目的。可见，由于系统科学的创立，把人们对事物质的认识向前推进了一大步。

（二）物质、能量——信息

人类认识的发展过程也是认识对象不断扩展的过程，这种扩展既表现在量的方面——如人类对宇宙空间认识的范围不断扩大，又表现在质的方面。科学的发展表明，人类以往的认识对象主要是在物质和能量两个方面，其中既包括各种各样的物质形态，又包括各种各样的运动形态（能是运动属性）。系统科学的创立则使人们的认识对象扩展到了信息领域，使人们对信息的本质、规律、构成、类型及功能等等问题有了日益明确的认识，并且能够利用这种认识为社会发展服务。例如，过去人们知道，生物系统与外界环境发生联系的形式有两方面：其一是物质交换，如生物的新陈代谢过程就是物质交换过程，吸入氧气、呼出二氧化碳；吃进食物，排出粪便。其二是能量交换，为人们吃进的食物中都包含有一定的热能，食物经消化后，释放出一定能量，以供身体活动的需要，同时，人体在活动中，又会释放出一部分热能。信息论告诉人们，生物与外界环境的关系还有信息交换。如动物之间的相互呼叫，实际上就是一种信息交换方式。美国芝加哥大学的科学家们经过研究发现，柳树在遇到毛虫侵害时，会发出一种信息，其他柳树在接到信息后会立即做出防御反映。这表明柳树也是处在信息交换之中的。信息交换不仅是生物与环境相互联系的形式，而且是社会组织与环境联系的形式，无论工厂还是商店，也无论学校还是医院，都同外界发生着一定的信息联系，作为一个单位的负责人，不读书，不看报，上情不能下达，下情不能上达，孤陋寡闻，消息闭塞，那他要做好领导工作是根本不可能的。所以，信息交换实际上也是生物界和人类社会存在的必要条件。

需要全本请访问 www.ertongbook.com