

# 钱学森



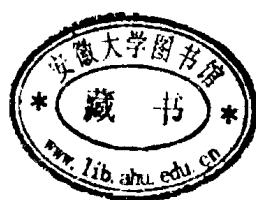
## 系统科学思想文选

系统科学是现代科学技术的一个大部门，犹如自然科学或社会科学。它的基础科学是尚待建立的“系统学”，它的技术科学（应用科学）是运筹学、控制论、信息论，它的工程技术是各种系统工程（如环境系统工程、价值工程，……）。



中国宇航出版社

# 钱学森系统科学思想文选



 中国宇航出版社

·北京·

版权所有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

钱学森系统科学思想文选 / 钱学森著. —北京:中国宇航出版社, 2011.6  
ISBN 978-7-80218-994-2

I. ①钱… II. ①钱 III. ①钱学森(1911~2009) - 系统科学 - 文集  
IV. ①N94-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 113931 号

责任编辑 范占英 责任校对 王妍 封面设计 03 工舍

出版 中国宇航出版社

社址 北京市阜成路 8 号 邮编 100830  
(010)68768548

网址 www.caphbook.com

经销 新华书店

发行部 (010)68371900 (010)88530478(传真)  
(010)68768541 (010)68767294(传真)

零售店 读者服务部 北京宇航文苑  
(010)68371105 (010)62529336

承印 北京画中国画印刷有限公司

版次 2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月第 1 次印刷

规格 787 × 1092 开本 1/16

印张 22 字数 315 千字

书号 ISBN 978-7-80218-994-2

定价 88.00 元

本书如有印装质量问题, 可与发行部联系调换

要取得更大成绩，一个重要方面就是要把系统工程的理论继续发扬光大，探索在市场经济条件下进一步发展的路子，并把它介绍到其他行业中去。

——钱学森

# 《钱学森系统科学思想文选》 编委会

主任 马兴瑞  
副主任 雷凡培  
成员 钱永刚 陈学钊 于景元 王崑声  
        王文国 胡 哲 王海南

# 序

钱学森同志是享誉海内外的杰出科学家和我国航天事业的奠基人。在新中国物质技术基础极其薄弱、人才极度匮乏的年代里，钱老以对祖国的无限热爱和对党的无比忠诚，以科学家的卓越智慧和执着追求，勇敢地承担起创建我国航天事业的重任。他不负重托，忘我工作，带领广大科研工作者攻克了一系列技术难关，为我国航天事业发展作出了许多具有里程碑意义的贡献，开辟了中国航天自力更生、自主创新的道路，也为航天事业描绘了长远发展的蓝图。他以超凡智慧和远见卓识，从战略上思考我国国防科技发展和社会主义建设的重大问题，提出了许多富于创造性、前瞻性的重要学术思想和有重大价值的建议。特别是钱老开创了既有普遍科学意义，又具有中国特色的航天系统工程管理理念、体系和方法，形成了以系统科学和综合集成体系为核心的钱学森系统科学思想，丰富和发展了我国现代科学技术体系，成为建设创新型国家的宝贵财富。

在创建中国航天事业的实践中，钱老立足国情，科学独到地把工程控制论的思想融入到航天科技工业体系中，奠定了中国航天系统工程管理的坚实基础。经过不断发展和完善，中国航天形成了一个总体设计部，型号指挥系统和型号设计师系统两条指挥线，“预研一代、研制一代、生产一代”三步走型号发展路线，“方案、初样、正样试样、装备定型”四个技术状态控制阶段，“系统质量”观念

下完善的质量管理体系和制度的基本做法。20世纪90年代，钱老提出了系统论方法，把还原论方法和整体论方法辩证统一起来，在科学方法论上具有里程碑意义。他先后提出了从定性到定量综合集成方法及其实践形式，将系统论方法具体化，形成了一套综合集成体系，为解决复杂巨系统以及社会系统问题，提供了一套可操作的行之有效的实践方式与方法体系。

正是在钱老系统科学思想的指导下，经过50多年的发展建设，我国航天事业形成了完整配套的研究、设计、生产、试验体系和航天工业体系，拥有了以运载火箭、人造卫星、载人飞船和导弹武器系统为主的航天型号系列产品，成功实施了以“两弹一星”、高新工程、载人航天和探月工程为代表的重大工程任务，实现了从无到有、从小到大、从弱到强的历史性跨越，奠定了我国航天大国的国际地位。系统工程已经成为航天技术的核心竞争力和重要软实力，不仅推动我国航天科研管理步入正规化、科学化轨道，指导了整个国防科研工作，而且对社会主义现代化建设中所涉及的大型工程提供了有效指导。

21世纪，中国航天进入前所未有的战略机遇期，同时也面临着巨大的挑战。纵观全球，航天领域的竞争日趋激烈，越来越多的国家把航天置于优先发展的战略地位进行谋划和发展，航天强国纷纷调整航天战略，在竞争与合作中加快发展。作为我国航天科技工业的主导力量，航天科技集团公司肩负着富国强军、建设创新型国家、推动我国从航天大国迈向航天强国的神圣使命。

在新的历史时期，特别是在多型号并举、高密度发射和飞行试验的新形势下，我们要圆满完成载人航天与探月工程、第二代卫星导航系统、高分辨率对地观测系统、新一代运载火箭等国家重大科技专项和重大航天工程任务，就必须深刻认识重大航天工程任务的

复杂性和风险性，系统认知航天发展面临的复杂矛盾和制约因素，准确把握社会主义市场经济条件下航天科技工业新体系建设的内在规律，这就要求我们一定要高度重视并始终发挥系统工程在航天工程管理中的重要作用，并在实践中不断丰富和发展。

要深入学习和领悟钱老的系统科学思想，牢固树立系统工程管理的理念，夯实系统科学的理论基础，把握系统科学的精髓，掌握解决复杂系统问题的方法和技术途径，努力提高系统思维的能力；要积极运用和实践好钱老的系统科学思想，适应航天市场化发展需求，将技术创新、管理创新和体制机制创新有机结合起来，努力探索集约化、精细化管理模式，充分发挥总体的辐射牵引作用和专业的支撑作用，强化各系统间的协调配合，不断创新航天科研生产管理的新模式；要始终把继承和发展钱老的系统科学思想作为一项使命和任务，不断创新系统工程理论和实践形式，不断丰富和发展整体优化、系统协调、环境适应、创新发展、风险管理等系统工程核心理念，不断发展新的系统工程管理方法和技术手段，推进我国航天事业快速、协调和可持续发展。

今年是钱老诞辰 100 周年，我们编辑出版这本《钱学森系统科学思想文选》，在为各级领导干部、科技人员提供一册简明实用读本的同时，也是对钱老的一种缅怀和纪念。

马兴瑞

2011 年 6 月



## 编辑说明

钱学森是中国现代史上一位伟大的科学家和思想家。

钱老的一生是科学的一生、创新的一生和辉煌的一生。在长达70多年丰富多彩的科学生涯中，钱学森建树了许多科学丰碑，对现代科学技术发展和我国社会主义现代化建设作出了巨大贡献。钱老对我国火箭、导弹、卫星等为代表的航天事业的开创性贡献，是众所周知的，人们称他为“中国航天之父”。但从钱老全部科学成就和贡献来看，这只是其中一部分。钱老的研究领域非常广泛，从工程、技术、科学直到哲学的不同层次上，在跨学科、跨领域和跨层次的研究中，特别是在不同学科、不同领域的相互交叉、结合与融合的综合集成研究方面，都作出了许多开创性贡献。从现代科学技术发展来看，这些方面的科学成就与贡献，其意义和影响可能更大，也更深远。钱老的系统科学成就与贡献就是其中之一。

钱老在系统科学及其不同层次上，都作出了开创性贡献并有相应著作出版。在工程技术层次上有《论系统工程》，在技术科学层次上有《工程控制论》，在基础理论层次上有《创建系统学》。从这些著作中，我们可以学习和研究钱学森系统科学思想、系统方法、系统理论、系统技术和系统应用。这些著作曾经培育和影响了几代在这个领域和相关领域中从事理论与应用研究的专家、学者。今后也将会有更多的青年学者进入这个领域，把钱老所开创的系统科学事

业继续发展下去并发扬光大。

我们这次编辑出版的《钱学森系统科学思想文选》，就是从上述著作中精选了钱学森系统科学思想最重要和最核心的经典论述。为便于读者学习和研究本书内容，我们在提供有关科学背景的同时，再作一简要说明。

## 一、钱学森系统科学思想的形成与发展

系统科学思想贯穿于钱老的整个科学历程中。大家知道，钱老在美国学习和工作了20多年（1935年—1955年），主要从事自然科学技术研究，特别是在应用力学、喷气推进以及火箭与导弹研究方面，取得了举世瞩目的成就，同时还创建了“物理力学”和“工程控制论”，成为国际上著名科学家。值得说明的是，工程控制论已超出了自然科学领域，而属于后来钱老所建立的系统科学体系。自然科学是从物质在时空中运动的角度来研究客观世界的。但工程控制论要研究的并不是物质运动本身，而是研究代表物质运动的事物之间的关系，研究这种关系的系统性质，以及如何控制系统使其具有我们期望的功能，因此，系统和系统控制是工程控制论所要研究的基本问题。钱老创建工程控制论这个事实表明，在这个时期，钱老已开始进行跨学科、跨领域的研究并取得了重要成就。《工程控制论》一书的出版，在国际学术界引起了强烈反响，立即被译成多种文字出版发行。工程控制论所体现的系统科学思想、理论方法与应用，直到今天仍然深刻影响着系统科学、控制科学、管理科学以及其他相关科学的发展。

1955年，钱老回到了祖国，从这时起，他的主要精力集中在开创我国火箭、导弹、卫星等为代表的航天事业上。在周恩来、聂荣臻等老一辈无产阶级革命家的直接领导下，钱老的科学才能和智慧

得以充分发挥，和广大科技人员一起，在当时十分艰难的条件下，研制出了我国自己的导弹和卫星，创造出了国内外公认的奇迹。

以导弹、卫星等所代表的大规模科学技术工程，如何把成千上万人组织起来，并以较少的投入在较短的时间内，研制出高质量高可靠的型号产品来，需要有一套科学的组织管理方法与技术，在当时这是一个十分突出的问题。钱学森在开创我国航天事业过程中，同时也开创了一套既有普遍科学意义、又有中国特色的系统工程管理方法与技术。当时，在研制体制上是研究、规划、设计、试制、生产和试验一体化；在组织管理上是总体设计部和两条指挥线的系统工程管理方式。实践已证明了这套组织管理方法是十分有效的。从今天来看，这是在当时条件下，把科学技术创新、组织管理创新与体制机制创新有机结合起来，实现了综合集成创新，从而走出了一条发展我国航天事业的自主创新道路。我国航天事业一直在持续发展，其根本原因就在于自主创新。

航天系统工程的成功实践，证明了系统工程技术的科学性和有效性，而且不仅适用于自然工程，其原理也同样适用于社会工程，并开创了大规模科学技术工程的系统管理范例，这也是钱老对管理科学与工程的重大贡献。

20世纪80年代初，钱老从科研一线领导岗位退下来以后，就把全部精力投入到学术研究中。这一时期，钱老学术思想之活跃，涉猎范围之广泛，原创性之强，在学术界是十分罕见的。在这个阶段，钱老花费心血最多、也最有代表性的是建立系统科学体系和创建系统学的工作，在创建系统学过程中，提出了开放的复杂巨系统及其方法论，并由此开创了复杂巨系统科学与技术这一新的科学领域。这些成就标志着钱学森系统科学思想和系统方法有了新的发展，达到了新的高度，进入了新的阶段。

对于系统科学，钱老曾明确提出，系统科学是从事物的整体与部分、局部与全局以及层次关系的角度来研究客观世界的。客观世界包括自然、社会和人自身。能反映事物这个特征最基本和最重要的概念就是系统，所谓系统是指由一些相互关联、相互作用、相互影响的组成部分构成并具有某些功能的整体。系统是系统科学研究和应用的基本对象。这和自然科学、社会科学等不同，但有深刻内在联系。系统科学能把自然科学、社会科学等领域研究的问题联系起来作为系统进行综合性和整体性研究，这就是为什么系统科学具有交叉性、综合性、整体性与横断性的原因。这也是系统科学区别于其他科学技术部门的一个重要特点。

系统科学如同自然科学等一样，也有四个层次的知识结构。在钱老建立的系统科学体系中，处在工程技术或应用技术层次上的是系统工程，这是直接用来改造客观世界的工程技术，但和其他工程技术不同，它是组织管理技术；处在技术科学层次上直接为系统工程提供理论方法的有运筹学、控制论、信息论等；而处在基础科学层次上属于系统理论的便是系统学，系统学是揭示客观世界中系统普遍规律的基础科学。这样三个层次的系统科学经过系统论通向辩证唯物主义，系统论属于哲学层次，是连接系统科学与辩证唯物主义的桥梁。一方面，辩证唯物主义通过系统论去指导系统科学的研究，另一方面，系统科学的发展经系统论的提炼又丰富和发展了辩证唯物主义。

关于系统论，钱老曾明确指出，我们所提倡的系统论，既不是整体论，也非还原论，而是整体论与还原论的辩证统一。根据这个综合集成思想，钱老又提出了将还原论方法与整体论方法辩证统一起来，形成了系统论方法。

系统科学及其体系不仅有重要的科学价值，还有重要的实践意

义。从实践论观点来看，任何社会实践，特别是复杂的社会实践，都有明确的目的性和组织性，又有高度的综合性、系统性和动态性。社会实践通常包括三个重要组成部分，第一个是实践对象，它体现了实践目的性；第二个是实践主体，它体现了实践组织性；第三个是决策主体，它最终要决定干不干以及如何干的问题。从系统科学观点来看，任何一项社会实践都是一个具体的实际系统，实践对象是个系统，实践主体也是系统且人在其中，把两者结合起来还是个系统。因此，社会实践是系统的实践，也是系统的工程。这样一来，有关实践或工程的组织管理与决策问题，也就成为系统的组织管理与决策问题。在这种情况下，系统论，系统科学的理论、方法与技术应用到社会实践或工程的管理与决策之中，不仅是自然的，也是必然的。这就是为什么系统工程和系统科学具有广泛的应用性。

系统科学体系是钱学森系统科学思想在工程、技术、科学直到哲学不同层次上的体现。系统科学思想是系统思想的重要发展。系统思想是辩证唯物主义的内容，系统科学体系的建立就使系统思想从一种哲学思辨发展成为专门的科学，这也是钱老对辩证唯物主义系统思想的重要发展。

在系统科学体系中，系统工程已应用到实践中并取得显著成就；运筹学、控制论、信息论等也有了各自理论方法并处在发展之中，但系统学却是需要建立的新兴学科，这也是钱老最早提出来的。20世纪80年代中，钱老以“系统学讨论班”的方式开始了创建系统学的工作。从1986年到1992年的7年时间里，钱老参加了讨论班的全部学术活动。在讨论班上，钱老首先提出了系统新的分类，将系统分为简单系统、简单巨系统、复杂巨系统和特殊复杂巨系统。生物体系统、人体系统、人脑系统、地理系统、社会系统、星系系统等都是复杂巨系统。其中社会系统是最复杂的系统，又称作特殊复杂

巨系统。这些系统又都是开放的，与外部环境有物质、能量和信息的交换，所以又称作开放的复杂巨系统。在讨论班基础上，钱老明确界定系统学是研究系统结构与功能（系统演化、协同与控制）一般规律的科学。形成了以简单系统、简单巨系统、复杂巨系统和特殊复杂巨系统（社会系统）为主线的系统学基本框架，构成了系统学的主要内容，奠定了系统学的科学基础，指明了系统学的研究方向。

对于简单系统和简单巨系统已有了相应的方法论和方法，但对复杂巨系统和社会系统却不是已有方法论和方法所能处理的，需要有新的方法论和方法。所以，关于复杂巨系统的理论研究，钱老又称作复杂巨系统学。

钱老不仅提出了复杂巨系统概念，同时还提出了处理这类系统的方法论和方法。从近代科学到现代科学发展过程中，先后出现过还原论方法和整体论方法，这两种方法论对现代科学技术发展都发挥了重要作用，特别是还原论方法在自然科学领域取得了很大成功。但随着科学技术发展，这种方法论的局限性日益显现出来，国内外都很关注的复杂性研究，就是在这种背景下出现的。面对现代科学发展的新趋势，钱老提出了把还原论方法和整体论方法辩证统一起来的系统论方法，这是方法论上的重大发展。系统论方法吸收了还原论方法和整体论方法各自的长处，同时也弥补了各自的局限性，既超越了还原论方法，又发展了整体论方法。这是钱老在科学方法论上具有里程碑意义的贡献，它不仅大大促进了系统科学的发展，同时也必将对自然科学、社会科学等其他科学技术部门产生深刻影响。

钱老不仅提出了系统论方法，同时还提出了实现系统论方法的方法体系和实践方式，建立了一套方法论体系。基于思维科学和现

代信息技术的发展，20世纪80年代末，钱老又先后提出“从定性到定量综合集成方法”以及它的实践形式“从定性到定量综合集成研讨厅体系”，简称为综合集成方法。按照我国传统文化有集大成的说法，集大成得智慧，所以钱老又把这套方法称作大成智慧工程，将运用这套方法的集体称为总体设计部。这就将系统论方法具体化了，形成了一套可以操作的、行之有效的的方法体系和实践方式。从方法和技术层次上看，它是人一机结合、人一网结合、以人为主要的信息、知识和智慧的综合集成技术。从应用和运用层次上看，是以总体设计部为实体进行的综合集成工程。已有的成功案例说明了这套方法的有效性。综合集成方法的理论基础是思维科学，方法基础是系统科学和数学科学，技术基础是以计算机为主的现代信息技术和网络技术，哲学基础是辩证唯物主义的实践论和认识论。

从方法论和方法特点来看，综合集成方法本质上是用来处理跨学科、跨领域和跨层次问题研究的方法论和方法，它必将对系统科学体系不同层次产生重要影响，从而推动系统科学的整体发展。

20世纪90年代中，钱老提出开创复杂巨系统的科学与技术。由于有了综合集成方法，可以在科学层次上建立复杂巨系统理论，这就是综合集成的系统理论，它属于复杂巨系统学的内容。虽然这个理论目前尚未形成，但有了研究这类系统的方法论与方法，就可以逐步建立起这个理论来。

另一方面，应用综合集成方法在技术层次上可以发展复杂巨系统技术，特别是复杂巨系统的组织管理技术，这就大大推动了系统工程的发展。系统工程是组织管理系统的技术，它的应用首先是从工程系统开始的，如航天系统工程。但当我们用系统工程来处理复杂巨系统和社会系统时，处理工程系统的方法已经不够用了，它难以用来处理复杂巨系统和社会系统的组织管理问题，在这种情况下，

系统工程也要发展。由于有了综合集成方法，系统工程可以用来组织管理复杂巨系统和社会系统了。这样，系统工程也就从工程系统工程发展到了复杂巨系统工程和社会系统工程阶段。

钱老开创复杂巨系统的科学与技术，实际上是由综合集成方法、复杂巨系统理论、复杂巨系统技术所构成的复杂巨系统科学技术体系，这就把系统科学体系大大向前发展了，发展到了复杂巨系统科学体系。

从现代科学技术发展趋势来看，一方面，是已有学科与领域不断分化，新学科、新领域不断产生，呈现出高度分化的趋势；另一方面，是不同学科、不同领域之间相互交叉、结合与融合，向综合性整体化方向发展，呈现出高度综合的趋势。这两者是相辅相成、相互促进的。系统科学、复杂巨系统科学，就是后一发展趋势中最具有基础性和代表性的学问，它对现代科学技术发展，特别对现代科学技术向综合性整体化方向发展必将产生重大影响。这是钱学森对现代科学技术发展的巨大贡献，也是中华民族乃至全人类的宝贵知识财富和思想财富。

## 二、系统科学与现代科学技术体系

钱学森系统科学思想在理论上的一个重要贡献，就是建立现代科学技术体系和人类知识体系。

社会实践是人类最基本、最重要的活动。人类通过社会实践去认识客观世界和改造客观世界。在这个过程中，人类获得和掌握了大量知识。在这些知识中，有一部分是经过研究、提炼和概括而成为理论，同时又被实践证明是对客观规律的正确认识，这就是我们通常所说的科学知识。科学知识的特点是，不仅能回答是什么，还能回答为什么。这是人类长期社会实践和不断总结与研究所积累起



来的宝贵知识财富和资源。

现代科学技术的发展，已经取得了巨大成就。钱老指出，今天人类正探索着从渺观、微观、宏观、宇观直到胀观五个层次的时空范围（见图1）。其中宏观层次就是我们所在的地球，在地球上又出现了生命和生物，产生了人类和人类社会。这个客观世界包括自然的和人工的，而人也是客观世界的一部分。客观世界是一个相互联系、相互作用、相互影响的整体，因而反映客观世界不同层次、不同领域的科学理论也是相互联系、相互影响的整体。

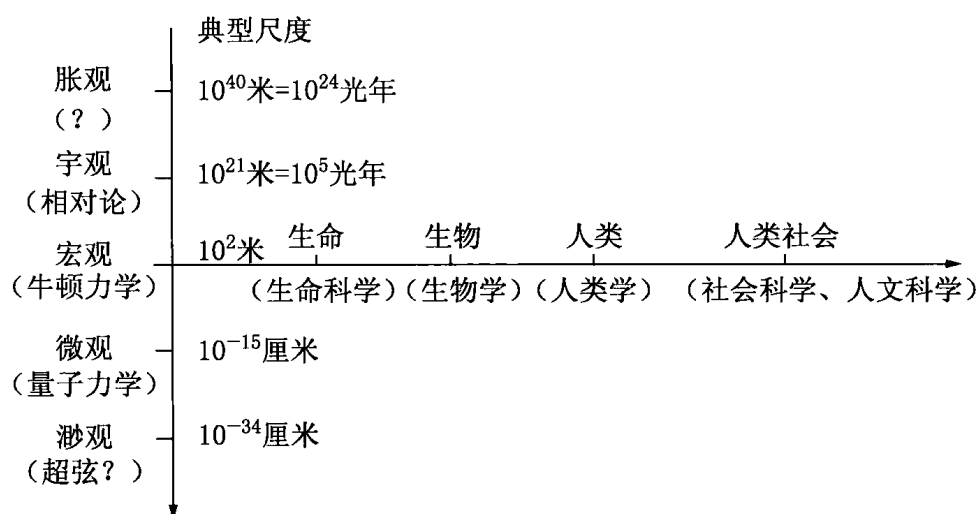


图1 五个层次的时空范围

现代科学技术的发展已产生和形成了众多的学科和科学领域，而且新科学、新领域还在不断涌现，这是分化的一方面。另一方面，也就是综合方面，正如钱老所指出的，现代科学技术不单是研究一个个事物，一个个现象，而且是研究这些事物、现象发展变化的过程，研究这些事物相互之间的关系。今天，现代科学技术已发展成为一个很严密的综合起来的体系，这是现代科学技术的一个很重要的特点。如何建立这个体系就涉及到科学技术部门划分的问题。传