

## 缅怀钱老,推进中国系统科学

钱永刚 钱学森之子,总装备部研究员 何毓琦 美国哈佛大学教授,美国国家工程院院士,中科院、工程院两院外籍院士 于景元 中国航天科技集团公司 710 所研究员 王浣尘 上海交通大学系统工程研究所教授 方福康 北京师范大学系统科学系教授 刘源张 工程院院士、中科院系统科学研究所研究员 汪应洛 工程院院士、西安交通大学管理学院教授 陈光亚 中国系统工程学会理事长,中科院数学与系统科学研究院研究员 顾基发 国际系统研究联合会主席,中科院数学与系统科学研究院研究员 戴汝为 中科院自动化研究所研究员,中科院院士,中国自动化学会理事长 郭雷 中科院数学与系统科学研究院院长、上海系统科学研究院院长、中科院院士 高小山 中科院系统科学研究所所长、研究员,上海系统科学研究院副院长,中国系统工程学会副理事长 汪寿阳 中科院数学与系统科学研究院副院长,上海系统科学研究院副院长 许晓鸣 上海理工大学校长、教授,上海系统科学研究院院长 车宏安 上海理工大学复杂系统科学研究中心副主任,教授,上海系统科学研究院执行院长 张维 国家自然科学基金委管理学部副主任、教授 张纪峰 中科院系统所副所长、上海系统科学研究院副院长 汪浩 国防科技大学教授 谭跃进 国防科技大学五院院长、中国系统工程学会副理事长

谈到钱学森,人们马上会提到他是中国航天的奠基人,他对我国航天、火箭技术作出了杰出贡献。但是,钱学森也是我国系统科学与系统工程的开拓者和奠基人,1978 年 9 月 27 日,钱学森、许国志、王寿云在《文汇报》上发表了“组织管理的技术——系统工程”一文,这篇具有里程碑意义的文章在中国学术界产生了广泛而深远的影响。

钱学森在系统科学方面的贡献不是局部的,而是成体系的,从系统学科理论到涉及到方方面面的系统工程,以及系统科学与工程的人才培养等。而对系统科学事业的发展也成了钱老晚年最为关心的事情之一。

在纪念钱老 99 岁诞辰(12 月 11 日)之际,中国系统科学界在京举行“钱学森与系统科学”的座谈会,国内这一领域的重量级学者悉数到会,本报受邀对座谈内容加以报道,也是延续了文汇报一如既往的对系统科学的关注和传播责任。

——编者

中国系统科学发展 大事记

在钱老倡议下,1956 年中科院力学所成立了中国第一个运筹学小组(1961 年并入中科院数学所运筹学研究室),1962 年中科院数学所成立了中国第一个现代控制理论研究室,这两支队伍后来分别为中国运筹学和控制理论的发展做出了重要贡献。

1978 年钱学森、许国志和王寿云在《文汇报》发表了题为《组织管理的技术——系统工程》的文章,对我国系统工程的发展起到了重要推动作用。

1980 年,在钱老等著名科学家的倡议下,成立了中国系统工程学会,钱老担任名誉理事长,对我国系统工程的发展产生了重要影响。

自上世纪 70 年代末开始,钱老便投入到建立系统学的探索中,后来亲自领导讨论班,密切关注国际最新学术动态,积极了解相关领域学术发展,促进系统科学在其它领域的应用研究,逐步形成了复杂开放巨系统等基本概念和从定性到定量综合集成方法论等。

1990 年钱学森和戴汝为、于景元在《自然杂志》发表的论文《一个科学新领域——开放的复

杂巨系统及其方法论》以及钱老的《创建系统学》一书是钱老在系统学方面的代表性工作。

在钱老的推动下，系统工程学科的建设受到国内众多高校的重视，1978 年上海交通大学、清华大学、华中工学院（现为华中科技大学）、天津大学、大连工学院（现为大连理工大学）、西安交通大学等高校分别成立了系统工程专业。

1979 年 3 月，上海理工大学（原名上海机械学院）成立工程系，开始招收系统工程专业本科生。1979 年 11 月 30 日，钱老亲临该校系统工程研究所成立大会并作重要讲话。

1979 年，钱学森亲临长沙，组建了国防科大七系，全名为系统工程与数学系，它把系统工程与数学联结在一起成为一个系，这在古今中外是一个创造。

1985 年秋，在钱老的支持下，全国首个系统理论专业在北师大正式招生。

目前，拥有系统工程国家重点学科的学校有 9 所，有 35 所高等院校拥有系统工程专业博士点，97 所高等院校拥有系统工程专业硕士点。

1992 年，钱学森提出“从定性到定量的综合集成研讨厅体系(HWME)”的构思。这是把专家们的知识库信息系统、各人工智能系统、几十亿次/秒的巨型计算机，像作战指挥演示厅那样组织起来，成为巨型人-机结合的智能系统。

2005 年，在钱老的支持下，上海理工大学和中科院系统科学研究所联合组建上海系统科学研究院。

为中科院系统科学研究所成立 30 周年所发的贺信

三十年来，贵所在系统工程、运筹管理、自动推理、系统控制等方面取得了突出的成绩。希望贵所进一步顺应系统科学发展的大趋势，在开创复杂巨系统的科学与技术上取得新进展，为继续推动我国系统科学的发展做贡献！

钱学森

二〇〇九年十月二十三日

父亲的最后一封信

今年 10 月 23 日，我父亲钱学森在卧床上看着秘书在信上盖上他的签字章，轻舒一口气。这是他每完成一件事情时的习惯动作。这封给中科院数学与系统科学研究院系统科学研究所高小山所长的祝贺信，是为该所三十周年所庆写的。此时周围的每一个人，都不会料到：这竟是他半个多世纪与社会各界通信的最后一封！

钱学森回国后写的第一封信是 1956 年 2 月 2 日写的，到 2009 年 10 月 23 日的最后一封信，持续了半个多世纪。有意思的是，他的第一封信从中国科学院寄出去，最后一封信也是寄往中国科学院。他用近两万天四千多封信画出了一个“圆满”的通信轨迹。

钱学森被誉为“中国航天事业奠基人”，但这不是他科学成就的全部。自从 20 世纪 70 年代末以来，在 20 多年的时间里，他在社会科学、系统科学、思维科学、人体科学、科学技术体系以及马克思主义哲学等领域，进行了不懈的探索，提出了许多新观点、新思想、新理论，为我国科学技术的发展做出了新贡献。而在他所涉猎的诸多科学领域中，系统科学是他最重视、最花心血的领域。

钱学森对系统科学的研究范围从基础理论、技术科学到工程技术，他的精力集中在两个方面：一方面是系统工程的推广运用，一方面是系统科学理论的探索、创新。随着这两方面在我国的迅速发展和广泛应用，钱学森也被公认为是中国系统科学的奠基人。

我父亲晚年最关心的事情之一就是系统科学事业的发展，他在逝世前一周写给中科院系统科学研究所的贺信中，希望该所“进一步顺应系统科学发展的大趋势，在开创复杂巨系统的科学与技术上取得新进展，为继续推动我国系统科学的发展做贡献！”也是他临终对我国系统科学界的期望。（钱永刚）

仰望 钱学森作出了系统性、开创性贡献

在钱老丰富多彩的科学生涯中，系统科学占有很重要位置。如同科学史上许多大科学家一样，

钱老在系统学的创建过程中非常重视哲学思考，一贯强调用马克思主义哲学作指导。钱老对系统科学的贡献是系统性、开创性、具有深远意义的。这些贡献体现在他对该学科的学术发展、组织建设和人才培养等多个方面。

钱老认为，在现代科学技术体系中，系统科学如同自然科学、社会科学、数学科学、思维科学等一样，是重要的科学技术部门之一。在体系结构方面，他提出系统科学具有如下三个层次：应用技术层次、技术科学层次以及基础理论层次。在这三个层次上，钱老都有重要贡献。

首先，对处在应用技术层次上的系统工程，钱老曾有过较长时间的认识和思考。钱老在开创我国航天事业的过程中，形成了一套既有中国特色又有普遍意义的系统工程管理方法。1978年钱学森、许国志和王寿云在《文汇报》发表的题为“组织管理的技术——系统工程”文章，对推动我国系统工程的发展起了重要作用。在钱老等著名科学家的倡议下，1980年成立了中国系统工程学会，钱老担任名誉理事长。钱老为我国工程系统的推广和应用付出过大量心血，做出了显著贡献。

其次，钱老认为系统科学的技术科学层次是直接为系统工程提供理论方法的，包括了运筹学、控制论、信息论等。1954年钱老出版的《工程控制论》是一门技术科学，实际上属于系统科学的范畴，其中的许多思想和方法超前于当时控制理论的发展。钱老是中国自动化学会的创始人和首任理事长，曾任国际自动控制联合会第一届执委会委员。在钱老倡议下，1956年中科院力学所成立了中国第一个运筹学小组（1961年并入中科院数学所运筹学研究室），1962年中科院数学所成立了中国第一个现代控制理论研究室，这两支队伍后来分别为中国运筹学和控制理论的发展做出了重要贡献。

此外，钱老认为系统科学的基础理论层次应该是系统学，它是研究系统一般规律的基础科学，是一门尚待建立的新兴学科。对于创建一门新学科来讲，引入恰当的基本概念无疑具有奠基性的重要意义。自上世纪70年代末开始，钱老便投入到建立系统学的探索中，后来亲自领导讨论班，密切关注国际最新学术动态，积极了解相关领域学术发展，促进系统科学在其它领域的应用研究，逐步形成了复杂开放巨系统等基本概念和从定性到定量综合集成方法论等。

钱老对系统科学几十年的探索为我们留下了宝贵而又丰富的遗产，既有具体学术贡献，更有重要学术思想。我们要继承他的遗志，发扬他的科学精神，为进一步发展系统科学而努力奋斗。

（郭雷）

从创建系统学到复杂巨系统研究

作为我国系统工程和系统科学事业的开创者和奠基人，钱学森在大力推动系统工程应用的同时，提出了系统科学及其体系结构。钱老指出，系统科学是有三个层次知识结构的科学技术体系：在工程技术层次上是系统工程，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、控制论和信息论等，而在基础理论层次上便是系统学。他认为，建立系统学的重要性决不亚于相对论和量子力学，如果说量子力学是微观层次上（典型尺度为 $10^{-17}$ 米）的科学革命，相对论是宇观层次上（典型尺度为 $10^{21}$ 米）的科学革命，那么系统学则是宏观层次上（典型尺度为 $10^2$ 米）的科学革命，这个层次就是我们所在的地球。

在他亲自倡议和指导的“系统学讨论班”的学术活动上，钱老提出了新的系统分类，特别是提出了开放的复杂巨系统及其方法论。系统论方法既超越了还原论方法又发展了整体论方法，这是他在科学方法论上具有里程碑意义的贡献。

后来，根据思维科学和信息技术的发展，钱老又提出“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”，将系统论方法具体化，形成了一套可操作且行之有效的体系与实践方式。有了方法论与方法，就可逐步建立理论并形成复杂巨系统学，从而成为复杂巨系统科学的基础理论，这是一个科学新领域。

钱学森使系统科学的发展进入了新阶段。我们应把钱老所开创的科学事业继续发展下去并发展光大，这也是我们纪念钱老的最好方式。（于景元）

## 从工程控制论到信息空间综合集成研讨体系

《工程控制论》是钱学森在加州理工大学喷气推进中心任教时发表的一本专著，被公认是自动控制领域的经典著作，是该领域中引用率最高的文献之一。斯坦福大学的 D. G. Luenberger、哈佛大学何毓琦等教授认为：工程控制论的学术思想在科学界超前 5 到 10 年，开辟了一系列控制方面的新方向。

按照钱学森的观点，工程控制论是系统科学的技术科学层次，系统工程是工程应用层次，而开放的复杂巨系统理论则属于系统科学的基础科学层次。钱先生早在上世纪 80 年代就提出开展思维(认知)科学研究，并提出该研究的突破口在于“形象思维”。从定性到定量的综合集成技术是思维(认知)科学的一项应用技术，也是研究开放的复杂巨系统的方法论。

1992 年，钱学森提出“从定性到定量的综合集成研讨厅体系(HWME)”的构思，把专家们和知识库信息系统、各人工智能系统、巨型计算机像作战指挥演示厅那样组织起来，成为巨型人-机结合的智能系统。这是钱学森先生在思维(认知)科学和系统科学交叉研究中的贡献、是自然科学和人文科学交融的体现。

随着信息网络的迅速普及，“信息空间”成为一个重要的概念，它使参与者跨越时间和地域的限制、随时随地就所关心的问题进行研究、交流和探讨，并可随时利用网络上的大量资源，从而提供了一种新的、可能的形式。钱学森先生预见到这种空间的扩展，他指出：“有关老词是思维圈(noosphere)，新词的 virtual reality 似宜仍用‘灵境’；而信息空间是人-机结合的思维、思想活动世界，似可称为‘智慧大世界’，简称‘智界’”。这体现了钱学森高瞻远瞩、学术思想的前瞻性。(戴汝为)

## 超越大师和深厚的理论积淀

上世纪 80 年代初，钱老在提出建立系统科学学科的同时，也指出了对系统科学如何发展的期望。他认为，普利高津的耗散结构和哈肯的协同学都已过去了，进一步发展是什么？如何超越这两个理论？

当时，普利高津的学术思想传入中国还不久，他也刚刚受邀访华，而哈肯的中国之行还在联系中，直到 1984 年才成行。在当时提出超越的问题，的确令人感到钱老的气魄。

钱老对于系统科学理论问题的敏锐由来已久。我第一次听钱老的报告是在上世纪 60 年代，他当时指出，有两个系统应予以特别注意：一是激光，二是热核反应。实际上这是两个典型的非平衡系统相变。另外钱老在《工程控制论》第 18 章提出系统可靠性与元件可靠性的关系。他强调可靠性问题的背后有更深刻的机理，并让我注意与研究，这也是复杂系统中组合集成的基本问题。

钱老所提出的正是发展系统科学的关键问题。要使系统科学成为一门独立的真正意义上的科学，必须有若干坚实的理论支柱，必须在复杂系统的未知领域中有若干基本概念和理论突破。在这个意义上，到目前为止，国际上较为公认的理论基本点也只有少数几件。

在对复杂系统基本规律的诸多探索中，我觉得有两个系统可予以更多的注意，一是神经系统，另一个是经济系统。这两个系统应该存在某些简明而又普遍的规律，有利于我们去寻找其背后的机制，取得进一步突破，以告慰钱老对系统科学发展的嘱咐。(方福康)

## 钱老对系统科学的系统化贡献

上世纪 80 年代，在听取上海交大系统工程研究所的工作汇报时，钱老语重心长地对我说：“就研究社会系统工程。”我一下子思绪万千，钱老给我们出了个好题目，同时也让我深深感到了“五个度”：

一是广度，该题目涉及面太广；二是高度，该题目要求太高，既涉及实际的合理要求，又在哲学层面上要求高瞻远瞩，高屋建瓴；三是深度，该题目在理论上要求太深，所涉及各方面的基层都有独特的利益诉求，所涉及的学科都有其相应的深邃的理论基础；四是进度，该题目要求在现实中对诉求所作承诺能够足够及时地兑现，即对工作进度的要求；五是难度，统而观之，该题

目涉及了人的系统，其难度之高是无与伦比的。

上海交大系统工程研究所近 30 年来在这个“五个度”的框架上进行了一些工作，取得了点滴成绩，但离钱老的要求还有很远的距离，定当继续不懈努力。（王浣尘）

全球经济、金融活动已成复杂开放巨系统

钱老生前非常关注系统工程和系统科学在经济社会领域的应用与发展。在他的鼓励下，我们一直在推动与金融学和经济学等领域同行们的合作，试图去建立和发展一个新的学科方向——金融系统工程。

过去近十年中，经过共同努力，不仅金融系统工程理论和方法体系方面取得了一批重要的研究进展，而且在汇率制度改革、投资基金评价等许多重要的实际应用中也取得了可喜的成效。

这一次全球金融危机和经济衰退的演化过程也再次表明：全球经济、金融活动已成为了一个关联非常密切的复杂开放巨系统。同时，经济全球化、信息技术的迅猛发展和中国改革开放进程的全面推进，不仅使得中国社会经济发展对金融的需求在日益增大，而且也伴随着愈发众多和愈发剧烈的金融风险，使我国金融体系面临着前所未有的挑战。这就需要我们用金融系统工程的原则和方法来审视我国金融体系的创新与发展。

金融系统工程正是将金融体系看作是一类复杂系统，从系统内部的结构及系统与环境的相互作用来考察和研究系统的动态特性，进而揭示金融和经济体系演化的规律与金融风险形成的机理。这是对系统工程的一个延展概念，丰富和拓展了系统工程的研究领域，有着非常广泛的应用前景。

（汪寿阳 张维）

怀念 我与钱先生的五次间接接触

我一生最大的遗憾，就是没有和钱学森先生见过面，但我有五个间接和钱先生接触的机会，对此我印象非常深。

最早的一次是 1947 年，我那时在南洋模范中学上初三。钱先生第一次回国，他是交大校友，那时一本很流行的周刊说交大要邀请他做校长，介绍了他在火箭等方面的贡献。我看了非常钦佩，但当时没有见到钱先生，我本住在交大旁边，所以感到很亲近。

一晃 8 年过去了。1955 年，我刚在麻省理工学院拿到硕士学位，我的老板叫我去研究钱学森数理控制的文章，他说有一本新书叫 Engineering Cybernetics，你去看看。我就买了，发现这本书和我学的控制理论完全不是一套东西，所以也不太懂。但这本书给我留下了深刻印象。钱先生的研究早了五年，后来现代控制理论发展以后，大家才发现这本书那么早就看出这些问题。

第三次是 24 年后的 1979 年，那时我做了 20 多年控制理论。第一次回国，看了一张报纸，刊载钱先生讲的运筹学跟系统科学的内容，我一看之后大吃一惊。那时“文革”刚结束，中国与外面完全隔绝 20 多年，我知道的东西钱先生全晓得。我提出，能不能见一见钱先生，这时钱先生对美国还有意见，提出除非美国公开书面道歉，否则美国来的客人一个不见，那就没办法了。

第四次是 1993 年，我参加在清华大学召开的全球华人控制智能大会。会上我第一次看到钱先生等对复杂巨系统理论的介绍，我一晚上没睡，看这本书，觉得展望很大，回美国以后找了两个博士生一起研究，觉得这个问题博士生做不了，他们一做博士毕业不了。后来想自己做，觉得这个题目很大很难。

最后一次是 2008 年，美国某机构给钱先生颁奖，我在床上看到 CNN 播出这条新闻。

总结我这五次和钱先生的间接接触，可以用一句话：钱先生眼光敏锐，比别人看得远。

（何毓琦）

钱学森巧论“运筹学”

承蒙钱先生在 1956 年 9 月写信给我，要我参加力学运筹学研究室工作。其实那时不叫运筹学，叫运用学，钱先生给我的信上用的就是这个名称。现在，我还是觉得叫“运用学”妥当些。

1960 年力学所运筹室并到数学所运筹室，因此力学所运筹室在钱先生的领导下只存在了不到 4 年。我从 1958 年夏天到 1960 年夏天在北京国棉一厂“理论联系实际”，因此聆听先生教导主要

是 1957 年。那年钱先生好像不太忙，经常在上工间操的时间到运筹室。那个时间，那种形式，那样轻松、自由的氛围，“谈学论道”在我感觉里变成了聊天。

筹也好，用也罢，关键是理论联系实际。当年，钱先生给我们谈及运筹学时说，“实际”有两种，一个是比较看得见摸得着的；另一个是比较看不见摸不着的。不管哪个，人们总想搞个试验来看看这个“实际”。在自然现象上能做得到的，对于社会现象也可以借助于建立数学模型，进行一定程度上的试验。对于试验，钱先生把它与实验做了区别。他说，科学要有试验，但有些事物是要靠实验；试验是在室内的空间由少数人搞，实验是在室外的空间由大多数人来搞。那时，我在运筹室里办了一个质量控制研究小组，常向钱先生请教。他给我的第一个指示是要了解国情，给了我一个月，要我到全国几个地方和企业跑跑。这件事再加他的话，给对我的影响实在大得很。

筹建运筹室时，钱先生在人员的聘用和使用安排上定了一个“三合一”的政策，要有三种人：自然科学者、经济科学者、工程师。他们都要有一定的数学锻炼或修养，从事技术科学和管理科学的研究。我想这就是他对运筹学的信念。（刘源张）

#### 钱学森与中科院系统科学所

钱学森先生与系统所有很深的渊源。1956 年，钱先生在中科院力学所成立了运筹学研究室，首批成员中有许国志、刘源张等；4 年后与数学所运筹室合并，该室对我国运筹学发展以及应用作出了重要贡献。

1962 年，为更好地开展与军工和航天有关的工作，钱学森先生提议在中科院数学所成立一个研究室，从国防科研单位组织一些人参与，专门从事控制理论研究。关肇直任首任主任，宋健任副主任。该室为我国控制理论的发展做出了重要贡献，其成员先后参与了我国人造卫星轨道设计和测定、导弹制导、潜艇惯性导航与国防武器等重要研究项目。

系统所 1979 年成立，成为我国第一个关于系统科学的国家级科研机构，人员主要来自控制与运筹两个室。钱先生一直关心系统所的工作，多次对系统所的发展提出深具远见卓识的建议。今年 10 月 23 日，系统所即将迎来成立 30 周年之际，钱学森先生还来信鼓励系统所继续为推动我国系统科学的发展做出贡献。这是他生前的最后一封信，寄托着他对系统所的关爱和期望。（高小山 张纪峰）

#### 钱学森与上海理工大学

上海理工大学（原名上海机械学院）早在 1979 年 3 月成立工程系，开始招收系统工程专业本科生，得到钱老的热情关怀和支持。1979 年 11 月 30 日，钱老亲临我校系统工程研究所的成立大会，作了长篇重要讲话，提出工程专业要重视和社会的密切关系，要重视系统工程中人的因素。

1982 年初，钱老专门听取我校专业建设工作汇报，指示办系统工程新专业要特别重视掌握英语和计算机，重视研究系统理论，提出进行系统理论研究的人要有理科的理论基础，要有应用兴趣，还要有哲学头脑。

2005 年钱老支持我校和中科院系统科学研究所联合组建上海系统科学研究院，成立会前发来贺电，叮嘱我们“扩展学科方向，立志开拓系统科学事业”，并寄语系统科学界“将来条件成熟，还要走向世界……希望大家能用这样一个体系，去观察、分析、研究和解决问题，而不仅仅是用几门学科的知识或者这些学科的交叉”。（许晓鸣）

#### 钱老创建国防科大系统工程专业

1979 年，时任国防科工委副主任的钱学森亲临长沙组建国防科大七系，全名为系统工程与数学系，把系统工程与数学联结在一起成为一个系，在古今中外是一个创造。在钱老的指导下，该系前后经历 20 年，出人才，出成果。主持国防大学作战仿真的胡晓峰少将、航天科技集团八院院长袁杰、麻省理工学院终身教授崔之元、耶鲁大学教授陈志武、国防科技大学理学院院长吴翊都毕业于此。另外金山软件的求伯君和中科院系统所现任所长高小山也都是出自该系。（汪浩 谭跃进）