

贺钱学森院士  
90华诞

**[编者按]** 今年12月11日,是世界著名科学家、中国科学院和中国工程院院士钱学森同志90寿辰。在几十年的科学研究历程中,钱老在力学、工程控制论、航天科技、系统工程、思维科学、管理科学、系统科学、地理科学、建筑科学、人体科学、社会科学、技术美学和哲学等领域都进行了开创性的工作,对推进现代科学事业的发展做出了突出贡献。钱老是一位孜孜不倦、涉猎广博的科学大师,他以辩证唯物主义原理为指导,创造性地构筑了现代科学技术体系,开拓并创立了许多交叉学科和边缘学科。特别是在毛泽东、周恩来、聂荣臻等老一辈无产阶级革命家的领导下,在新中国火箭、导弹和航天器研究与开发的开创和大发展时期,以他渊博的学识和对人民事业的热忱,为组织领导我国航天科技事业做出了卓越贡献,在国内外科技界享有崇高声誉。

为了庆贺钱老90华诞,弘扬他的科学精神、卓越成就和崇高品格,今年7月22日至8月9日,北京大学现代科学与哲学研究中心举办了“钱学森与现代科学技术”大型学术研讨会。为热忱祝贺钱学森院士90华诞,我刊在举办单位的支持下,从第8期开始陆续刊登相关领域专家、学者研讨钱老科技活动的专题论文。希望科技工作者能够从钱老的科技实践中得到启示,在推进我国现代工程科学技术发展的进程中努力进取,自觉地运用马克思主义世界观、方法论指导科研活动,不断有所发现,有所发明,锐意创新,为实现中华民族伟大复兴的宏伟事业贡献智慧和力量。

恭祝钱老健康长寿。

## 向钱学森院士学习\*

宋健

(中国工程院,北京 100038)

**[摘要]** 文章简要介绍了钱学森院士的生平,回顾了半个多世纪来钱老为我国科学技术事业做出的极其重大的历史贡献。钱老公开申明,所有当代科学技术学科都应该归于马克思主义辩证唯物论哲学指导下的知识体系。文章介绍了钱老在50年前就精辟地论述了科学与技术之间的辩证关系,他的论断对当前我国科技政策的制定仍具有重要的指导意义。文章阐述了钱老对控制论和系统科学的贡献,介绍了钱老《工程控制论》的出版在全世界引起的轰动与产生的巨大影响。同时,钱老基于所承担的工作性质和经历,总结出系统工程的概念和方法,发展了关于复杂巨系统的科学思想,已被科学界和社会各界中许多人所接受,用于分析解决各类重大命题。

**[关键词]** 钱学森;马克思主义哲学;科学与技术;工程控制论;系统科学;复杂系统

**[收稿日期]** 2001-08-29;修回日期 2001-09-25

**[作者简介]** 宋健(1931-),男,山东荣成人,中国工程院院士,中国科学院院士

\* 本文是作者2001年7月22日在北京大学举办的“钱学森与现代科学技术”研讨会上的报告

今年12月11日是钱学森院士90寿辰。

钱老是20世纪中国发展科技事业坚定的旗手，导弹卫星这样的大科学工程的创始人和领导者，是中国“两弹一星”的元勋。由于在现代科学的很多领域的杰出贡献，他成为世界级科学家，受到全世界科学技术界的尊重和赞扬。今天我们共同回顾钱老的科学技术成就和对中华民族的贡献，研究他的学术思想和哲学观点，学习他在科学技术上勇于创新的精神，表达我们对他的敬意和90华诞的祝福，具有重要的现实意义。

钱老1911年12月11日出生于上海；1929年考入上海交通大学机械工程系；1934年考取清华大学公费留学生；1935年去美国，先在麻省理工学院获硕士学位；1936年转至加州理工学院，师从冯·卡门（von Kármán）从事应用力学研究，1939年获航空、数学博士学位；1946年又回到麻省理工学院任教，1947年36岁晋升为正教授；1949年再回到加州理工学院。1948年中国的解放战争胜利前夕，他准备回国，退出了美国空军科学咨询团，辞去美国海军炮火研究所顾问职务，为回归祖国做好了准备。但是此后受到美国政府麦卡锡主义的阻挠和迫害，被扣留长达5年之久。在党中央、毛主席和周总理的亲切关怀下，于1955年10月回到祖国，立即满腔热情地投入祖国的科技发展和国防建设事业。回国后，他与钱伟长院士共同筹组了中科院力学所，担任首任所长，当选为中国应用和理论力学学会、中国力学学会、中国自动化学会的第一任理事长。1956年出任国防部第五研究院院长，主持创建了中国火箭、导弹和航天事业第一个研究设计机构。1958年开始，他主持了中国科学院卫星技术领导小组，开创了我国空间技术事业，后来出任空间技术研究院第一任院长。1965年以后，他担任第七机械工业部副部长、国防科工委副主任长达22年之久，一直是领导中国航天事业的科学主帅。

在半个多世纪内，钱老倾注了他的心血和力量，为祖国贡献了他的全部智慧和科学创造力，发挥了他在组织管理庞大系统工程方面的卓越领导才能，为我国科学技术事业做出了极其重大的历史性贡献。1991年，国务院、中央军委授予他“国家杰出贡献科学家”称号和全军一级英模奖章。1999年，中共中央、国务院、中央军委授予他“两弹一星功勋奖章”。

由于他在科学研究和工程技术多方面的杰出成就和贡献，中国、美国的科学机构和国际学会多次授予他科学技术最高奖，赋予他“世界级科学与工程名人”称号。

钱老90年的经历，他所走过的充满艰辛、奋斗和取得辉煌成就的历程，是中国现代科学技术从无到有，从弱到强发展过程的缩影。他是20世纪中国先进知识界的卓越代表，是我国科技界的一面旗帜。

钱老的科学知识渊博，兴趣广泛，他的科学著作、科学思想涉及的领域很广。从他的科学著作和领导中国航天事业的工作中，对我们教益最深的有下列几个方面。

## 1 在科学技术工作中始终坚持辩证唯物主义和历史唯物主义

像大多数当代世界科学名家一样，钱老始终以马克思主义的辩证唯物主义哲学原理作为研究和观察问题的立足点和出发点。他不断地、反复地公开申明自己的信念：所有当代科学技术学科都应该归入到马克思主义辩证唯物论哲学指导下的知识体系之中。只有在马克思主义哲学原理的指导下，科学研究和工程技术才能取得真正的新成就，否则就会走弯路或步入歧途。

马克思主义哲学是概括了人类优秀的思想成果，特别是近代以来自然科学新成就和科学地总结了人类的发展历程而创立的。它批判地继承和发展了费尔巴哈（1804—1872）的唯物论基本内核，吸收了黑格尔（1770—1831）哲学的合理内核——辩证法，实现了哲学史上的伟大革命变革，成为当代科学的哲学体系。马克思以后的120年来世界近代史和所有重大自然科学发现及技术科学成就都无一例外地证明了马克思主义哲学的正确性，因而为世界自然科学界和技术科学界普遍接受，形成了不言而喻和家喻户晓的规范守则。有的科学家是不自觉的，有的迫于政治形势，不便于公开宣布这一点。钱老比科学界大多数人更深刻地感到，邓小平倡导的“实践是检验真理的唯一标准”、“实事求是”这些哲学观点是现代科学技术早已千百次证明了的真理。十一届三中全会后，他如久旱逢甘霖，心花怒放。伯牙鼓琴志在高山，钟子期知音意在流水，钱老欢欣鼓舞地拥抱这个高山流水时代的到来。

钱老公开申明并要求科技界处处坚持以马克思

主义哲学指导自己的科技活动，是出于他深刻的科学思想，对世界自然科学成就的充分把握，对自己半个多世纪的科学研究、科学试验和技术实践的经验总结，和由此产生的对马克思主义哲学坚定不移的信念。

在领导和主持研制火箭、导弹、卫星技术工作中，在千百次地面和靶场发射试验中，他从不听虚无飘渺的假设，他要的是试验数据。他要求故障分析必须找到切实的原因，只有在地面上能确凿无误地多次复现这种故障之后，他才相信故障或事故原因找到了，才允许放飞。他领导五院技术工作时所提出的“把故障消灭在地面”的原则，已成为航天部门约定俗成的传统行为规范。在领导和主持航天事业中他从不相信假设，不放过一个疑点，只有试验结果和合乎科学技术原理解释才能使他放心。他从来对侥幸心理和对故障、差错的掩饰持严厉批评态度。对未经科学试验所证明的故障、事故从不放过，宁可收兵回府，把问题彻底解决了以后，才会同意重新进场试验。

在早期和后来的研究工作中，钱老一直坚持通过科学试验数据核对后才能肯定理论推理的正确与否。例如，早在1939年他和冯·卡门的名作“可压缩流体的二维亚声速流”中的Kármán-钱公式，是经过风洞试验结果肯定后才成为二战前后被广泛采用于机翼设计和制造的标准计算方法。

钱老从青年时代起，在科学研究和工程实践中就以具有多领域的科学造诣、丰富的想象力、敏锐的科学直觉和勇于创新的精神而著称。他对未来科学方向的探索提出过很多创新性思想，对各学科中的中青年一代都产生了解放思想、鼓励创新的推动作用。

我不以为天下最伟大的政治家、科学家、艺术家中会有一位是没有缺点的完人。“金要足赤，人要完人”是不可能实现的。晶有位错，瑕不掩瑜，世事古难全。要求钱老的论文、讲话、关于未来科学的遐想等都必须是毫无瑕玷的真理，所有的观察或得到的信息都必须是万分准确的，那是不公道的。我们从他的科学著作、辉煌成就和对各学科发展方向的指导等各方面都可以鲜明地看到，钱老是马克思主义在科学界的旗手，是在实践中能创造性地应用马克思主义哲学原理的一位杰出的科学家。

## 2 关于科学和技术之间的辩证关系

面对中国的历史和现实，在执行科教兴国战略

的过程中如何处理科学研究和工程技术这两方面工作的关系，正确制定这两个领域的方针政策，是过去20年科学界讨论的重大问题之一，对中国当前和未来的建设和发展具有重要的现实和长远意义。

1978年在全国科学大会上，邓小平同志提出科学技术是生产力并且重申知识分子是工人阶级的一部分的著名论断，为中国的科技事业开拓了一个新时代。1982年中央提出科学技术要面向经济建设，经济建设要依靠科学技术的方针。1985年中央颁布了“关于科技体制改革的决定”。1988年邓小平同志又进一步提出科学技术是第一生产力。1995年中央决定在全国实施科教兴国战略。这是中华民族历史上第一次把科学技术提升到国家战略的高度，明确了科技和教育在现代化建设中的地位。2001年，江泽民同志在建党80周年庆祝大会上进一步指出，科学技术是先进生产力的集中体现和主要标志。

科学界和工程技术界一直在讨论这个问题。报刊上发表了很多文章，论述科学与技术的区别和联系。为了不挑起这方面的争论，我们一直把科学技术合成一个词，叫“科技”，科技体制、科技工作、科技兴省、科技兴华等等，但问题并没有完全解决。

最近我才看到钱学森早在1948年在“技术和技术科学”(Engineering and engineering science)一文中就清楚地、辩证地阐明了两者的关系。在该文中，他说：“人们也许会说，在工业时代的开创时期，技术和科学研究就与工业发展有关，那么为什么今天把研究工作说得如此重要？这个问题的答案是，出于国内和国际竞争的需要，现代工业必须以越来越高的速度发展。做到如此高的发展速度，就必须大大强化研究工作，把基础科学的发现几乎马上用上。也许，没有什么比把战时雷达和核能的发展作为例子更为突出的了。雷达技术和核能的成功开发为盟方取得第二次世界大战的胜利做出了重要贡献是公认的事实。短短数年，紧张的研究工作把基础物理学的发现，通过实用的工程，变成了战争武器的成功应用。这样，纯科学上的事实与工业应用间的距离现在很短了。换句话说，长头发纯科学家和短头发工程师的差别其实很小，为了使工业得到有成效的发展，他们间的密切合作是不可少的。”“纯科学家与从事实用工作的工程师间密切合作的需要，产生了一个新的行业——工程研究家或

工程科学家。他们成为纯粹科学和工程之间的桥梁。他们是将基础科学知识应用于工程问题的那些人……。”

50年前，钱学森就提出技术和科学研究“都是国家富强的关键”。科学研究应为工程技术提供新原理、新概念、新目标、新途径、新方法、新技术等系统的理论基础与基础技术，促进和带动新产业和高技术的建立和发展。为了达到这样的目的，必须充分掌握自然科学的最新成果，并具备深厚的理论基础，同时又能深刻了解工程中存在的基本问题。因为工程师们面临的是多因素、复杂的实际问题，科学家必须善于从这些实际问题中找到主要矛盾，创立有充分自然科学依据的、能被工程师用于设计的、有预测能力的定量理论。在科学研究中，技术科学家的目标是建立近似的实用理论，当发现自然科学的已有成果不够用时，也需要吸收和运用工程中经验性的规律和判断。所以技术科学在这一点上不同于基础科学。另一方面，技术科学又不同于工程技术，因为它的中心目的是研究和解决某类工程技术中带有普遍性的问题，而主要不是一个具体的工程技术问题。他还认为，数学和计算数学作为一种工具在技术科学中占有十分重要的地位。

钱学森50年前的这一论断，把科学研究细分为基础科学研究，如天文学、数学、物理学等，和技术科学研究，如力学、电子学等两个方面，并阐明了它们与工程技术之间的关系。他的这一分析对当前我国科技政策的制定仍具有重要的指导意义。

基础研究和技术研究向工程技术源源不断地提供新知识、新概念、新方法，使工程技术迅速进步，从而使后者充分发挥推动人类文明进步的发动机作用，成为科学发现和产业发展之间的桥梁。反过来，工程技术的实践又向基础科学和技术科学不断提出新的问题、新的现象和新的需求，开扩研究的视野，为形成新命题提供营养，对理论进行检验以至修正。

### 3 对控制论和系统科学的贡献

钱学森早期的主要研究领域是在应用力学、喷气推进、物理力学和工程控制论等方面。他在美国受难期间，1950年开始研究控制论。1951~1954年期间，他和他的学生们发表了一系列有关工程控制论的文章，并于1954年出版了专著《Engineering Cybernetics》（工程控制论），在全世界引起了

轰动，提出控制论这个概念的维纳（Norbert Wiener, 1894—1964）因此而名声大振。如果没有钱学森《工程控制论》的问世，曾被当时苏联人污为“伪科学的创造者”和“帝国主义战争贩子的帮凶”的维纳很难在去世前成为科学界家喻户晓的英雄。

控制论学科的出现通常认为是从维纳的书《Cybernetics or Control and Communication in the Animal and Machine》（控制论——动物和机器中的控制和通讯）开始的。该书发表后，在哲学界曾引起轩然大波。该书副标题把动物和机器并列。人也是动物，把人与机器等同起来，有亵渎人类尊严之嫌，惹怒了不少哲学家，就像哥白尼把地球从宇宙的中心搬到太阳系的一个角落而触怒了教皇一样。

当时苏联的哲学界首先发起攻击，称控制论是一种反动的伪科学，是现代机械论的一种新形式。还有更严重的批评说，控制论是为帝国主义服务的战争工具。数学家维纳当时在苏联和东欧曾被视为反动的伪科学家和帝国主义的帮凶。

1954年，钱学森著《工程控制论》在美国出版以后，迅速被译成德、俄、法、中文出版。作者系统地揭示了控制论对自动化、航空、航天、电子通信等科学技术的意义和深远影响。书内未触及到人类这种动物的尊严，写的全然是技术科学。包括苏联在内的国际科学界立即接受了这一新学科，吸引了大批数学家、工程技术专家从事控制论的研究，推动了五六十年代该学科的发展达到高潮。庞特里亚金<sup>[1]</sup>的极大值原理和卡尔曼<sup>[2]</sup>的可观、可控制性定理和递推滤波器等，都是在此期间内出现的。在这种形势下，原持批判态度的哲学家们只好放下武器，悄悄修改了各辞书中的词条，肯定控制论是一门“研究信息和控制一般规律的新兴科学”。

1957年国际自动控制联合会（IFAC）筹委会在巴黎成立，中国是发起国之一，钱学森当选为第一届理事会成员。IFAC第一届世界代表大会1960年9月在莫斯科举行，全世界控制论科学家咸集于莫斯科大学礼堂。维纳受到了英雄般的接待，66岁的他，已显得苍老，听别人做报告时鼾声大作，毫不顾及自己是人们注视的焦点；见到中国代表团时，热情地用中文讲话，说他1935年在清华大学做过客座教授，为此感到骄傲。各国与会者，包括钱学森的崇敬者和故交，都为钱未能出席这个盛会而感到遗憾。钱学森当时担任国防部第五研究院院

长，受命领导建立中国航天科学事业，他无暇顾此。且值中苏关系剧变，1960年8月苏联刚撕毁协议，撤走专家，周总理和聂帅不会同意这位中国航天事业的科技主帅去冒无谓的风险。与会者只好相互吟诵《工程控制论》序言中史诗般的名句来表达对他的敬意：“建立这门技术科学，能赋予人们更宽阔、更缜密的眼光去观察老问题，为解决新问题开辟意想不到的新前景。”后来钱老对我说，研究工程控制论只是为了转移美国特务们的注意力，争取获准回归祖国，当时没有想到会建立一门新学科。

在控制论科学理论和应用领域取得巨大成就的同时，信息技术和运筹学并驾齐驱，出现了相互渗透和融合的趋势，应用范围从工程领域延伸到工程管理系统，形成了“系统工程”的科学概念和方法。钱学森由于所承担的工作性质和长期的工作经历而敏锐地注意到这种态势。早在世界上第一本关于系统工程的著作出现以前<sup>[3]</sup>，他在加州理工学院担任喷气推进中心（JPC）主任时就注意到运筹学的发展和意义。回国以后，他在国防部五院创立了总体设计部，按系统工程的方法组织实施火箭、导弹、卫星等复杂系统的论证、研制、试验和交付工作。正如他后来总结的那样：系统工程是组织管理“系统”的规划、研究、设计、制造、试验和运行的科学方法，是一种对所有“系统”都有普遍意义的科学方法。我国国防尖端技术的实践，已经证明了这一方法的科学性<sup>[4]</sup>。

在钱学森的主持下，50年代末，在国防部第五研究院成立了作战运筹研究室。按他的倡议，1956年在中国科学院力学所成立了由许国志主持的运筹学组，后来扩大成研究室。1961年在中国科学院数学所成立了由关肇直和我主持的控制论研究室。中国后来30多年发展的实践充分证明了这些措施的正确性和远见性。

由于钱学森担负责任的重大，十年动乱期间，受到了毛主席、周总理亲切而有力的保护，在极其困难的条件下，得以不间断地履行职责，减少了航天事业的损失，领导航天部门继续取得新成就。在那高处不胜寒的年代，浑噩中的迷惘，风云突变的惶遽，直言和噤嘴之失衡，科学逻辑与“政治运动”的碰撞，以及研讨厅习俗与政治传统的冲突等，他都碰到过。得益于周总理的指导，使他摆脱世间烦扰，专心致志于科学和技术工作。十一届三

中全会以后，他从迷惘和郁悒之中醒来，一改15年的沉默和噤嘴，意气风发，言无不尽，对很多科学技术问题发表了意见和阐述了他的科学思想，这是很宝贵的。

60年代以来，微电子和计算机技术由于迅猛发展和广泛普及，渗透到社会生产、生活和科学技术的每一个角落，带动了与系统科学各相关学科的突飞猛进。各国很多科学家开始研究系统科学。贝塔朗菲（von Bertalanffy）的一般系统论<sup>[5]</sup>、普里高津（I. Prigogine）等人的热动力学系统论<sup>[6]</sup>、哈肯（H. Haken）的协同论<sup>[7]</sup>等，是欧洲各国关于系统论的代表作。80年代以来，对系统工程和系统科学的研究和应用在中国进入了一个新的高潮，除自然科学之外，在经济、军事、法律、教育等领域也都有科学家参与<sup>[4,8]</sup>。钱学森密切注视着系统科学的发展，于1979年总结了系统科学的体系结构，阐明了它与马克思主义哲学和自然科学、社会科学的关系。钱学森和他的合作者们广泛地研究了系统科学的结构、内涵、应用等方面的命题，指明了这门科学对中国现代化建设的现实和长远的重大意义。

计算机做的事情越来越多，向系统科学提出了严峻的挑战。自然界有很多复杂的巨系统，科学界至今不能理解它，不会准确地描述它，也没有合适的工具和手段来处理它，如社会系统、生态系统、生物进化系统，特别是人体系统。美国有人开始对复杂的巨系统进行研究，他们称之为巨大的复杂性研究。钱学森和他的合作者们提出了处理复杂巨系统的新的方法论，把理论、经验和专家判断结合起来，从定性到定量综合集成（Meta-synthesis），以及“从定性到定量综合集成研讨厅体系”等。这是由信息采集、处理、存储和智能专家系统综合集成的，以人为主、人机结合的系统。综合集成方法为解决复杂巨系统的定量研究指出了一条可行的道路。

近年来，让系统科学界最为兴奋的是，许多政治家开始广泛地应用系统科学的概念、理论方法和语言去处理社会问题。每当遇到复杂的问题时，政治家们常说，这是一个复杂的系统工程问题，应该用系统的观点和方法进行分析和解决。系统的概念和科学方法能广泛进入中国社会，钱学森的推动起了重要作用。这一形势激励着系统科学家们振奋精神，坚持探索，迎接这个新的挑战。

## 4 处理复杂系统的方法论

研究复杂系统是当代不少物理学家、天文学家、数学家、计算数学家、系统科学家、生物学家等从不同角度大规模研究的热点问题，为此成立了一批专门研究机构。钱学森是这一研究方向的积极倡导者。如前所述，他提出了很多新的思想，新的方法，并对目前的各国研究工作作出了评价。这对系统科学的发展，特别对研究复杂系统，例如物理学和生物学中的混沌现象以及生命的起源等有重要的指导意义。

最近的争论是：现有的物理学、数学、信息科学、生物理论是否能构成研究复杂系统的理论基础？有的物理学家认为，现有理论不足以描述如生命这类复杂的客体过程。如现在澳大利亚 Adelaide 大学物理学教授 P. Davis<sup>[9]</sup>和物理学家 M. Gell-Mann<sup>[10]</sup>都持这种观点。P. Davis 和一批人深信，对复杂系统还应该有一些新的物理、生物或数学原理尚未发现。例如，应该有一个新的“自组织进化原理”（self-organizing principle）去描述如生命的产生和进化这样一些复杂过程。他甚至引用政治家的话：不同发展阶段的事物或社会，必有不同的发展规律。也有不少人，特别是有些粒子物理学家则认为，现有的理论，最多加上“大统一场论”和统计力学，就足以解释和研究宇宙中的一切可能的过程和现象。

从最近出版的《钱学森手稿》<sup>[11]</sup>一书中可以清楚地看到，在 1938~1955 年期间，钱学森研究过很多较复杂的系统，如超、亚声速空气动力学、跨声速的基本理论、弹性体的屈曲、火箭动力学、物理力学、高温高压下的流体和光谱吸收计算、气动力学下的化学反应等等。这些论文有很多是过去没有发表过的。从他的这些著作中可以看到，他总是从物理学和数学的基本理论出发，认为这应该是工程技术的基本立足点。如果研究的现象十分复杂，则应该在基础理论的框架下予以简化，现在叫粗粒化（coarse graining），从而得到能抽取和描述事物主要特征的近似理论，经过科学或技术试验来检验这种近似或粗粒化是否正确。著名的“von Kármán - 钱近似公式”就是沿着这个途径得到的。他在研究

物理力学一些复杂问题时，始终是从量子力学和热力学的基本理论出发，经过合理的简化而得到基本框架，叫“笼子”模型，再把一些试验结果量化引入模型，从而得到与实验一致的液体和稠密气体的状态描述，以及高温高压下的气体性质和辐射光谱计算等十分重要的结果。

近几年，钱老倡议把基础理论和现代计算机技术中的人工智能相结合，形成一种新的方法，叫“Metasynthesis”，这是他的另一个重要思想。他一直认为，在技术科学中，要大胆地把试验结果和经验数据与基础理论合理地结合起来去研究和解决新问题和复杂问题。前几年，我请教过他，他还是坚持这个思想。如果自然科学现有知识不足，那么要努力去建立和发现新的理论、新的概念和新方法，这些概念、理论和方法应该不与已经过证实的基本理论矛盾，而应该相洽。在这种理论尚未建立以前，当然技术专家们有权利和责任采用经验方法去处理当前的急务，这是工程技术人员的职责。

当前的情况是，缺乏研究复杂系统的具体理论，无论是严密的或近似的都缺乏。很多人都相信，我也认为，研究复杂系统，只有沿着数百年来自然科学家和工程技术专家们所走过的辉煌道路前进，才能取得突破性进展。全靠经验、数据组合或个别特殊现象的剖析很难得到有真正科学意义的成就。

最近我遵循钱学森倡导的思想，研究了一个问题：高维函数和流形在可视相空间的最优表达，提出了一种对复杂数据和函数做近似或粗粒化、可视化的方法。不少数学家、计算数学家和控制论专家的反映认为，这对研究复杂系统可能是一个很有用的方法<sup>[12]</sup>。请各位批评指正。

钱老 60 多年的科学技术成就和对中华民族的贡献是巨大的，将永载史册。我认为，他是 20 世纪中国科技界的巨擘和楷模，是中华民族的英雄。继续研究和学习他的科学思想，科学创新精神，忠于实践的科学态度，始终不渝的奋斗献身精神，和他对祖国、对人民的无限忠诚，对我们和后来人坚持实施科教兴国战略，创造 21 世纪中华民族的辉煌具有重要意义。

## 参考文献

- [ 1 ] Понтрягин А С, другие. Математическая теория оптимальных процессов [M]. Физматгиз, Москва, 1961
- [ 2 ] Kalman R E. Optimal nonlinear control of saturating systems [A]. IRE Wescon. Convention Record, Part4[C], 1957
- [ 3 ] Goode H H, Machol R E. System engineering [M]. McGraw-Hill, New York, 1957
- [ 4 ] 钱学森. 论系统工程(增订本)[M]. 长沙:湖南科学技术出版社,1988
- [ 5 ] von Bertalanffy L. General system theory [M]. G. Braziller, 1968
- [ 6 ] Glandorff P, Prigogine I. Thermodynamic theory of structure, stability and fluctuation [M]. Willey, 1971
- [ 7 ] Haken H. Synergetics [M]. Springer, 1977 (哈肯. 协同学(中译本). 北京:原子能出版社,1984)
- [ 8 ] 乌 杰. 系统科学理论与应用[M]. 成都:四川大学出版社,1996
- [ 9 ] Davis P. The cosmic blueprint [M]. Penguin Books, 1989
- [10] Gell-Mann M. The quark and the jaguar [M]. W. H. Freeman and Company, 1994
- [11] 郑哲敏,谈庆明,涂元季,等编. 钱学森手稿(1938—1955)[M]. 太原:山西教育出版社,2000
- [12] 宋 健. 高维函数和流形在低维可视空间中的最优表达 [J]. 科学通报, 2001, 46(12):977~984

## Learning from Academician Qian Xuesen

Song Jian

(Chinese Academy of Engineering, Beijing 10038, China)

[Abstract] This article gives a brief account of Academician Qian Xuesen's life and reviews his outstanding contributions to the development of China's science and technology in over half of the past century. He always takes Marxist philosophy of dialectical materialism as foothold and starting point whenever studying and observing problems. He stated that all the modern scientific and technological disciplines should belong to the knowledge hierarchy which was under the guidance of Marxist philosophy of dialectical materialism. The article describes that 50 year ago Qian had made a penetrating exposition on the dialectical relationship between science and technology. His scientific thesis still has important directive function in formulating and promulgating China's scientific and technological policies. The article devotes a lot of space to describing Qiao's contributions to engineering cybernetics and systems science. The article also describes the worldwide repercussions and influence evoked by the publication of Qian's book Engineering Cybernetics. Besides, Qian summed up the concept and method of systems engineering based on his working environment and experience. This concept has been accepted by many statesmen for analyzing and solving key issues.

[Key words] Qian Xuesen; Marxist philosophy; science and technology; engineering cybernetics; systems science; complex system