

“开放的复杂巨系统”概念的形成

卢明森

(北京联合大学应用文理学院, 北京 100083)

[摘要] 根据已经公开发表的钱学森院士的讲话、文章和书信, 在分析开放的复杂巨系统这个概念形成背景的基础上, 重点考察了巨系统→复杂巨系统→开放的复杂巨系统的提炼过程, 概括介绍了开放的复杂巨系统理论的基本内容, 阐述了这个理论的形成对当前与今后的科学发展、尤其是对系统科学、思维科学—创新思维研究的重大意义。

[关键词] 巨系统; 复杂巨系统; 开放的复杂巨系统; 从定性到定量综合集成法; 系统科学; 思维科学

[中图分类号] N94 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2004)05-0017-07

“开放的复杂巨系统”是系统科学的核心概念, 对于思维科学与复杂性研究都非常重要。这个概念的形成本身就是创新, 是钱学森一生第三次创造高峰中的关键环节之一。钱学森提炼这个概念大约经历12年, 从创新思维角度来说, 是科学理论新概念形成的典型案例; 在哲学上也具有重大的认识论与方法论意义。

1 “开放的复杂巨系统”概念形成的背景

钱学森有着大量的系统工程实践经验, 在领导“两弹一星”的研制中做出了杰出的贡献。1978年钱学森与许国志、王寿云合写了“组织管理的技术——系统工程”这篇在系统科学中具有里程碑意义的文章。文中指出, 所谓“系统”, 就是“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’本身又是它所属的一个更大系统的组成部分”^[1]。后来, 钱学森同乌家培等研究了组织管理社会主义建设的技术——社会工程; 同王寿云、柴本良等研究了军事系统工程; 同张沁文等研究了农业系统工程; 同张震寰、陈信以及许多中医、西医专家探讨了人体系统工程, 创建了人体科学; 同于景元、许国志、方福

康等研究了国内外系统科学先驱们的学术成就, 创建了系统科学; 同李家治、胡世华、戴汝为等探讨、研究了人类的思维活动, 创建了思维科学; 与浦汉昕、王铮等探讨了地理系统, 创建了地理科学; 他自己还先后独立地研究了计量系统工程、社会系统工程、社会主义的人才系统工程、现代科学技术体系、行为科学体系、环境系统工程。这一系列系统工程研究实践, 为他提炼系统科学的一系列概念提供了丰富的素材, 打下了坚实的基础。

在钱学森的倡导下, 从1983年3月14日开始, 在国防科工委507研究所由所长陈信主持开办了人体科学讨论班; 从1986年1月7日开始, 在航天部710所由副所长于景元主持开办了系统学讨论班; 从1987年2月28日起, 由中科院自动化所的戴汝为主持, 开始了思维科学讨论班。这些讨论班他不仅经常参加, 虚心听取各方面专家的学术报告, 与大家平等讨论, 而且对提炼“开放的复杂巨系统”这一概念起了很大的作用, 尤其是系统学讨论班, 为他提供了大量可以提炼、概括的各种系统工程实践材料和系统科学研究成果, 提炼过程也经过了反复讨论。1989年冬, 钱学森在系统学讨论班的一次活动中明确地说: “关于开放的复杂巨系统这个概念, 经过系统学讨论班几年的研究讨论,

并逐步深化,现在我们对开放的复杂巨系统已经有了比较清楚的概念。我们能够及时抓住这个概念,非常重要。最近,我、于景元、戴汝为三人写了篇文章,题目叫‘一个科学的新领域’,准备在明年《自然杂志》第一期上发表。实际上我们是在开创一门新的科学。新在什么地方呢?新就新在我们提炼出了开放的复杂巨系统这样一个概念。”^[2]

2 “开放的复杂巨系统”概念的提炼过程

根据笔者目前能见到的资料,经过反复的分析、研究,发现开放的复杂巨系统这一概念的形成大致经历了巨系统→复杂巨系统→开放的复杂巨系统三个阶段,其中,巨系统阶段经历的时间大约8年;复杂巨系统阶段将近2年;开放的复杂巨系统从提出到形成也经历了2年。

2.1 巨系统

1979年钱学森在与乌家培合写的“组织管理社会主义建设的技术——社会工程”一文中,把组织管理社会主义建设的技术叫做社会工程,认为它的“范围和复杂程度是一般系统工程所没有的。这不只是大系统,而是‘巨系统’,是包括整个社会的系统”。“巨系统的特点有两个:一是系统的组成是分层次、分区域的,即在一个小局部可以直接制约、协调;在此基础上再到几个小局部形成的上一层相互制约、协调;再在上还有更大的层次组织。这叫做多级结构。另一个特点是系统大了,作用就不可能是瞬时一次的,而要分成多阶段来考虑”^[1]。“巨系统”是开放的复杂巨系统概念形成的开端。后来几年对各种系统的研究都是在“巨系统”这个框架内进行的。

1979年到1986年,钱学森主要精力用于各种系统工程的研究,创建现代科学技术体系和系统科学、思维科学、人体科学,把关于各种系统及其属性都概括在“巨系统”之中;虽然早已认识到一些(如生命等)系统是开放的、复杂的,偶尔也提到系统的“开放性”、“复杂性”,但是都把它们概括在“巨”字当中。例如,1984年3月29日致方福康的信中说:“如果从微观角度看巨系统,一个突出的问题是巨系统总会组织成不同层次;层次之间似乎都有微观、宏观的关系——下一个层次是微观,上一个层次是宏观。”^[2]8月18日致何善璋的信中,把“复杂系统”称“巨系统”、“超巨系统”,

把研究巨系统的理论称“系统学——系统科学的基础科学”^[2]。同年11月21日在致方福康的信中进一步指出:“系统学是研究巨系统的,而巨系统之不同于大系统在:大系统理论中规定了系统结构,而巨系统的结构是自组织的。所以自组织是系统学的核心,也就是您们讨论班的中心题目。……人脑是个巨系统,人体是个巨系统,其中的自组织表现为人体的功能态。”^[2]

这时钱学森已经开始提出、思考系统的复杂性问题。他在1984年11月19日人体科学讨论班上说:“总觉得有一个问题,人是一个非常复杂的巨系统。我近来也在想什么叫复杂?系统,怎么叫复杂。复杂是不是由于组成这个系统的单元非常之多,这个叫复杂呢?我想来想去,这个恐怕还不是。……复杂系统表现在什么地方?我想恐怕在不同的条件下(外界的条件下)它的形态、功能的多样化这一点上。……什么叫复杂?这个要研究。”^[3]

到1986年11月,钱学森在“第二届全国天地生相互关系学术讨论会”上的发言“发展地理科学的建议”中,对这种巨系统观做了论述:“在系统科学中,称非常复杂的系统为‘巨系统’,不是大系统,而比大系统还要大。地球表层是一个巨系统,这个巨系统不是封闭的,与环境是有交换的,这是当今系统科学中的一个概念。与系统交换的外围就是巨系统的环境。地球表层这一巨系统与环境有物质和能量的交换,这是一个开放系统,其复杂性就在于它是个开放的系统,不是封闭的系统。”

接着,又从理论上进行了总结:

“(1)巨系统理论。巨系统理论的一个很重要观点,就是层次观点,层次结构的观点。而且层次具有一定的功能,或系统运动的性质。这些性质或系统层次的功能是与组成该系统的子系统的功能不一样的,这很重要。整个巨系统又是由许多层次构成的。每个层次都有其功能的特点,很重要的特点就是,这样一个系统的功能不是组成该系统的部分系统所具有的。这是否可称之为辩证法?即由量变到质变。”

“(2)巨系统结构。如何组成巨系统的层次、结构?这一结构是受环境影响的,它也不是固定不变的,外界环境发生变化,其层次结构也会发展变化。”

“(3)以前,系统科学理论认为,系统内会出现有序化、有结构。……但是,近年来又出现了新

问题，就是系统是可以出现有序化、形成结构，但也可以出现另一种现象，就是混沌。混沌看起来好像是无序的、杂乱的。这就比耗散结构理论更深刻了。”^[2]

这次讲话标志着“巨系统”概念已经完成。

2.2 复杂巨系统

从1987年2月起，钱学森开始突破“巨系统”概念，提出“复杂巨系统”。他说：“我先后得到过三位著名的西医大师（指黄宛、吴阶平和张孝骞）的指教，加上学习系统论，使我懂得复杂巨系统，因而不能用还原论来处理，那是要陷入机械唯物论的泥坑。”^[3]同年6月1日在人体科学讨论班上听完裴静琛的学术报告后提出：“我们把人看成一个开放的复杂巨系统，”“人体是一个复杂的巨系统。”6月8日在中国人体科学学会成立大会上的讲话及在6月29日人体科学讨论班的发言中，重提“人体是一个开放的巨系统”。经过半年多在系统学讨论班上的讨论，到1988年4月，形成“复杂巨系统”这个概念。这样说的根据很多，这里列举的是其中主要的三条：一是1988年4月钱学森在人体科学讨论班上的讲话，将系统分成“简单小系统”、“大系统”、“巨系统”后，又将“巨系统”分成“简单巨系统”和“复杂巨系统”，对“复杂巨系统”做了解释、说明，并说：“今天跟大家报告的内容，这不是我一个人的，是在间隔两个星期的星期二系统学的讨论班上讨论的，半年来就是讨论复杂巨系统问题得到了一些认识；”^[3]二是1988年4月20日致于景元的信：“按昨日所论关于复杂巨系统的看法，要建立复杂巨系统的系统学宜从实践系统工程的手法出发；”^[2]三是1988年4月26日在人体科学讨论班上的讲话：“巨系统是一个系统里面最大的最复杂的系统。这个概念还不很清楚，经过系统学的学习班，大家展开讨论，慢慢地把这个概念深化一点。”^[3]关于“复杂巨系统”概念的含义，在人体科学讨论班的这两次讲话中做出了解释，基本要点是：a. 协同学研究的是简单巨系统，如气体、激光系统，子系统种类不多，相互作用的规律比较简单，不能用来处理人体这样的复杂巨系统；b. 复杂巨系统，“不但子系统的数量非常之多，上亿，几十亿，而且这个系统的种类花样也非常多，不是几种，十几种，而是成千上万种花样”，“又形成各种不同的、各层次结构的相互作用，复杂极了”；c. 人体是复杂巨系统，社会也是复杂巨系

统，此外还有生态系统、地理系统等。

此后的半年多时间，在钱学森的一系列文章、讲话与书信中所用的都是“复杂巨系统”这个概念。例如，1988年8月29日致马洪的信中，虽然提及“开放的、与世界交往的复杂巨系统”，但只解释了“巨”和“复杂”，没有解释“开放的”，并且强调“尤其是子系统有人，而人是有意识的，能根据环境信息做出判断，决定行动，不是简单的一定规律的反应。这样的复杂巨系统可以称为社会系统”^[2]。10月17日致于景元的信中说：“地理生态系统可以作为复杂巨系统来处理，”“人体也可以看作是复杂巨系统。”^[2]直至11月1日在系统学讨论班上听完李广钧做的“中医与系统科学”学术报告后的发言中仍然说：“对于系统这个概念，我们的认识在逐步深入，现在深入到巨系统。巨系统又分两个大的方面，一个方面叫简单巨系统，另外一种叫复杂巨系统。像今天我们讨论的中医问题，是人体系统，属复杂巨系统。当前对于如何处理复杂巨系统，在系统学中还没有成功的理论。”^[2]

2.3 开放的复杂巨系统

虽然在系统学讨论班上讨论、形成了“复杂巨系统”这个概念，并在一段时间内一直用这个概念来概括所研究的各种系统，但是，像社会系统、人体系统、地理系统等这样一些复杂巨系统的“开放”属性，在钱老的头脑里一直占据重要地位，而且1988年11月1日前后几天正是从复杂巨系统向开放的复杂巨系统转变的关键期。在1988年10月31日致沙莲香的信中就說：“我们系统学讨论班上认为社会是一个开放的、特殊复杂巨系统，特殊在于组成系统的人是有意识的，其行为不是简单的条件反射。”11月4日致邹伟俊的信中也说：“在北京的系统学讨论班上对人体的认识又有了新发展：人体不但是开放的巨系统，而且是开放的复杂巨系统……。复杂在于组成巨系统的子系统花样繁多，相互作用又各式各样。”11月28日致浦汉昕的信中认为“地理系统是一种复杂巨系统，开放的复杂巨系统”，并告知1988年12月27日系统学讨论班将讨论开放的复杂巨系统^[2]。至于在系统学讨论班上是否按时进行专题讨论？没有资料。《创建系统学》一书中虽然选录了几篇钱老在系统学讨论班上有关开放的复杂巨系统的讲话，可惜没有注明日期，无法准确判定。从讲话的内容推断，应该是那段时间。这些讲话，首先区分了开放的简单巨系统

和开放的复杂巨系统,处理前者可以用耗散结构、协同学理论;处理后者还没有理论方法,唯一比较现实可行的方法就是定性与定量相结合的综合集成法。其次,从外延方面明确了开放的复杂巨系统包括社会系统、人体系统、人脑系统、环境系统或地理系统等,特别强调了社会系统是特殊开放的复杂巨系统。第三,关于开放的复杂巨系统的内涵,一是强调系统的成员或子系统数量巨大,成千上亿上几十亿,故称之为巨系统;二是强调不是封闭的,社会对自然界是开放的,对世界其他地区也是开放的;三是强调复杂性,不仅系统的组成种类繁多,子系统之间的相互关系也是多种多样的^[2]。

1989年《哲学研究》第10期上发表了钱学森的重要文章“基础科学研究应该接受马克思主义哲学的指导”,其中第三节“开放的复杂巨系统的研究与方法论”,不仅把开放的复杂巨系统作为古老的宏观层次基础科学研究的重大课题,“是系统科学涌现出来的一个大领域”,而且对其内容及其处理方法做出初步阐述。这标志着在1989年秋天,开放的复杂巨系统这个概念已经形成^[2]。到1989年底,钱学森同于景元、戴汝为合作写成的“一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论”(发表于《自然杂志》1990年第1期),对开放的复杂巨系统概念及其研究的方法论做出比较全面系统的论述。文章从系统的分类谈起,分析了开放的复杂巨系统这个概念的内涵、外延,阐述了开放的复杂巨系统的研究方法——定性与定量相结合的综合集成法,介绍了综合集成法的具体应用实例,说明了知识工程在定性定量相结合的综合集成法中的作用,最后指出了综合集成法的特点和开放的复杂巨系统研究的巨大意义^[2]。这篇论文后来被誉为系统科学发展的第二个里程碑。1990年10月16日,钱学森在系统学讨论班上又发表了“再谈开放的复杂巨系统”的讲话^[2],对开放的复杂巨系统的内涵、外延进一步做了补充,使之完善,并就建立开放的复杂巨系统理论的方法、研究的指导思想以及与思维科学的结合等重要问题做了阐述。

钱学森提炼开放的复杂巨系统这一概念的上述过程,虽然也曾经见过类似提法,但尚无具体阐述。巨系统→复杂巨系统→开放的复杂巨系统三个阶段,是笔者将搜集到的钱老关于这个概念的有关论述按照时间排列起来以后自然而然地得出来的。虽然少数情况下稍有出入,但分析一下相关情况后

还是可以得到合理解释的。

3 “开放的复杂巨系统”的内涵、外延及其理论

开放的复杂巨系统是个辩证概念,不仅内涵、外延都非常丰富,而且还随着研究的深入与扩展、认识的发展与提高而不断充实、丰富、完善。

3.1 “一个科学新领域”和“再谈开放的复杂巨系统”的阐述

如前所述,这两篇文章的内容非常丰富,这里仅仅将其与开放的复杂巨系统这个概念含义相关的主要观点概述如下:

3.1.1 开放的复杂巨系统的一般含义 如果子系统种类很多并有层次结构,它们之间关联关系又很复杂,这就是复杂巨系统;如果这个系统又是开放的,就称作开放的复杂巨系统。例如:生物体系统、人脑系统、人体系统、地理系统(包括生态系统)、社会系统、星系系统等。这些系统无论在结构、功能、行为和演化方面,都很复杂,以致于到今天,还有大量的问题我们不清楚。如人脑系统,由于人脑的记忆、思维和推理功能以及意识的作用,它的输入-输出反应特性极为复杂。

3.1.2 开放的复杂巨系统的四个特征 a. 系统本身与系统周围的环境有物质的交换、能量的交换和信息的交换。由于这些交换,所以是“开放的”。b. 系统所包含的子系统很多,成千上万,甚至上亿万,所以是“巨系统”。c. 子系统的种类繁多,有几十、上百,甚至几百种,所以是“复杂的”。d. 开放的复杂巨系统有许多层次,从可观测整体系统到子系统,层次很多,中间的层次又不认识,甚至连有几个层次也不清楚。

3.1.3 开放的特殊复杂巨系统——社会系统 就是以人为子系统主体而构成的系统,这类系统的子系统还包括由人制造出来具有智能行为的各种机器。对于这类系统,“开放”与“复杂”具有新的更广的含义。开放性指系统与外界有能量、信息或物质的交换。说得确切一些:系统与系统中的子系统分别与外界有各种信息的交换;系统中的各子系统通过学习获取知识。由于人的意识作用,子系统之间关系不仅复杂而且随时间及情况有极大的易变性。一个人本身就是一个复杂巨系统,现在又以这种大量的复杂巨系统为子系统而组成一个巨系统——社会。人要认识客观世界,不单靠实践,而且

要用人类过去创造出来的精神财富，知识的掌握与利用是个突出的问题。什么知识都不用，那就回到一百多万年以前我们的祖先那里去了。人已经创造出巨大的高性能的计算机，还致力于研制出有智能行为的机器，人与这些机器作为系统中的子系统互相配合，和谐地进行工作，这是迄今为止最复杂的系统了。这里不仅以系统中子系统的种类多少来表征系统的复杂性，而且知识起着极其重要的作用。这类系统的复杂性可概括为：系统的子系统间可以有各种方式的通讯；子系统种类多，各有其定性模型；各子系统知识表达不同，以各种方式获取知识；系统中子系统的结构随着系统的演化会有变化，所以系统的结构是不断改变的。

3.1.4 建立开放的复杂巨系统理论的基本方法与途径 要建立开放的复杂巨系统的一般理论，必须从一个一个具体的开放复杂巨系统入手进行研究，当这些具体的开放的复杂巨系统的研究成果多了，才能从中提炼出一般的开放的复杂巨系统理论，形成开放的复杂巨系统学，作为系统学的一部分。20世纪50年代形成工程控制论就是采用这个办法，从一个一个自动控制技术中提炼出来的。

3.1.5 研究开放的复杂巨系统遵循的指导思想 研究开放的复杂巨系统遵循的指导思想是马克思主义哲学。研究开放的复杂巨系统要靠计算机，靠知识系统，靠人工智能等技术手段，但又不能完全依靠这些机器，最终还要靠人，靠人的智慧。人的智慧是什么？是马克思主义哲学。

3.1.6 开放的复杂巨系统的理论与处理方法 开放的复杂巨系统目前还没有形成从微观到宏观的理论，没有从子系统相互作用出发构筑出来的统计力学理论。实践已经证明，现在能用的、唯一能有效处理开放的复杂巨系统（包括社会系统）的方法，就是定性与定量相结合的综合集成方法。

3.1.7 处理开放的复杂巨系统的从定性到定量综合集成法的基本性质 从定性到定量综合集成技术，实际上是思维科学的一项应用技术。研究开放的复杂巨系统，一定要靠这个技术，因为首先要处理大量的信息、知识。在做定性的工作中，一开始就要综合大量的信息资料，这个工作一定要用知识工程，因为信息量太大，光靠手工是无法完成的。

3.2 1991—1995 年对“开放的复杂巨系统”概念的充实、丰富与完善

开放的复杂巨系统这个概念在1990年虽然已

经基本完成，公诸于世，但钱学森并没有止步不前，而是认真听取各个方面的意见，及时地予以充实、丰富、完善和发展。

3.2.1 提出描述开放的复杂巨系统整体行为的“系统状态”概念 开放的复杂巨系统的行为需要用新的概念（哲学家用“范畴”）来描写。对整个行为要用“系统状态”（system state）这个词描述；如有吸引子即“系统态”（system eigenstate）。微观混沌（无序），宏观有序，社会经济巨系统的“良性循环”、“协调发展”就是系统态^[2]。

3.2.2 提出“复杂性”是开放的复杂巨系统动力学或开放的复杂巨系统学 提出这一论断并就系统与环境之间的关系做出进一步分析：相对于要研究的系统，系统面对的开放着的环境可以是“简单的”，也可以是“复杂的”。用此认识来分，可以有四类：环境是复杂的多变的，系统却是简单的，如智能机器人；环境是简单的，即在研究问题的一段时间内变化不大，而系统本身却是复杂的巨系统，如人体系统，人脑系统，对国际关系交往极少的封闭社会系统；环境与系统本身都极为复杂的，如今天改革开放的中国社会系统；环境与系统本身都简单，这是大家熟知的系统学^[2]。

3.2.3 提出开放的复杂巨系统主要有五个层次 开放的复杂巨系统也会有层次，上一层次的开放的复杂巨系统又包含下一层次的子系统，而子系统又是开放的复杂巨系统：宇宙—地理系统—社会—人—人脑共五个层次，每一层次都是开放的复杂巨系统^[2]。

3.2.4 阐述了开放的复杂巨系统中的序与混沌 序是开放的复杂巨系统的宏观稳态特征。局部可以有混沌，也可以没有混沌^[2]。

3.2.5 正确认识开放的复杂巨系统中的“典型”问题 对开放的复杂巨系统而言，“典型”有重要意义，应当重视，是专家意见；但又不能死抱着不放，否则，就会犯错误。因此对开放的复杂巨系统，我们应正确认识典型这一宏观思维方法，知道它的作用和局限^[2]。

3.2.6 把 Internet 当作人造的开放的复杂巨系统 信息网络及用户是一个开放的复杂巨系统，对世界社会开放，是人造的。我们必须用系统学及开放的复杂巨系统理论来研究制定宏观调控的方案。在一个开放的复杂巨系统出现前就考虑其调控手段，引起大家对开放的复杂巨系统的注意^[2]。

4 “开放的复杂巨系统”概念具有重大意义

13年来,开放的复杂巨系统这个概念不仅被广泛接受,而且在各个领域得到广泛的应用,并同当前世界的研究热点——复杂性问题——相结合,把复杂性作为开放的复杂巨系统的动力学特征。这不仅使它的内涵与外延进一步得到充实与丰富,而且还为“复杂性研究”指出了正确的方向。“开放的复杂巨系统”这个概念的形成,不论对系统科学、思维科学还是哲学,都具有重大意义。

4.1 开放的复杂巨系统及其方法论引起科学界的广泛关注

香山科学会议是我国科技界档次最高的学术研讨会,以基础研究的科学前沿问题与我国重大工程技术领域中的科学问题为主要议题,侧重于探讨科学发展前沿,展望未来发展趋势,介绍最新的突破性进展,交流新的学术思想与方法,分析新的科学生长点。从1993年4月正式创办以来,到2003年4月10周年时,已经举办了202次,其中直接以开放的复杂巨系统的理论与方法以及复杂性研究为主题的就有3次,还有许多次的议题与它密切相关。这在香山科学会议上是仅次于脑科学方面的议题,居第二位;说明已经引起我国科学界的高度重视。同时,国家“863”计划、“973”计划以及国家自然科学基金委先后投资数百万元进行相关课题的研究,取得了比较满意的成果。其中,1992—1996年中国航天工业总公司710所、中国科学院自动化所和华中理工大学承担的国家“863”高科技计算机系统重点项目“宏观经济人-机智能决策支持系统”(MEIDSS)已经完成,对决策科学化、民主化、制度化与管理现代化具有重要的现实意义;1999年国家自然科学基金委又投资500万元,由戴汝为院士主持,开展了“支持宏观经济决策的人-机结合综合集成体系研究”,现在已经初步实现了基于Internet平台与技术架构的综合集成研讨厅雏形,为进一步深入研究开放的复杂巨系统和复杂问题的求解提供了一种范本和可能的途径。

近十几年来,复杂性问题已经成为世界科学家们竞相研究的热点,比较著名的有3个中心,以钱学森为首的研究小组就是其中之一,而且从取得的成果来看,钱学森提出的开放的复杂巨系统及其方法论居于领先地位。2001年12月22日,中国科

学院自动化研究所会同青岛大学复杂系统与复杂性研究所、石油大学复杂性研究中心、国家安全部第四研究所、首都儿童医学研究所、北京大学国家软件工程中心、中国科学院过程研究所、中国中医研究院中药研究所等单位成立了系统复杂性研究中心,并于2002年5月在青岛大学召开了“系统复杂性国际研讨会”。至于小型的这类研讨会恐怕难以统计,仅北京大学现代科学与哲学研究中心近两年就召开4次系统复杂性问题的专题研讨会,部分成果在《系统辩证学学报》等刊物上发表。

4.2 为系统科学的基础科学——系统学理论的建立提供了核心概念

在系统科学的体系中,系统学属于基础科学。为了创建系统学,近20多年来钱学森倾注了大量精力,提炼出“开放的复杂巨系统”这个概念及研究开放的复杂巨系统的方法论——从定性到定量综合集成法,就是其中的突出成果。

在系统学中,开放的复杂巨系统是个核心概念。普利高津的耗散结构理论与哈肯的协同学所能够处理的仅仅是简单巨系统;虽然普利高津提出了复杂性问题,也涉及到系统的开放性,但是,他们的理论还无法处理开放的复杂巨系统问题。因此,“开放的复杂巨系统”这个概念在系统科学的发展史上是一个全新的概念。桑塔菲研究所的科学家们研究到一些开放的复杂巨系统的具体问题,认识到还原论方法的局限,但没有提炼出类似的概念,研究方法是把希望主要寄托在人-机结合的计算机上,这恐怕就是他们感到困惑的原因。著名的人工智能权威——1980年诺贝尔经济学奖获得者西蒙,在其《人工生命》1996年第三版中,考察、归纳了近些年来关于复杂性的研究情况,认为“复杂性是我们生活的世界,以及与其共栖的系统的关键特征”,这与钱学森的看法“复杂性是开放的复杂巨系统的动力学特征”比较接近,但是,他既没有提炼出开放的复杂巨系统这个概念,也没有提出处理开放的复杂巨系统的从定性到定量综合集成法。因此,钱学森说,开放的复杂巨系统及其方法论——从定性到定量综合集成法是中国人的创造,我们走在前边了。

4.3 为创新思维中科学理论新概念的形成提供了宝贵的经验

在创新思维中,科学知识的创新是主要内容之一。在科学知识的创新中,新概念的提炼、产生是

建立新的科学理论的关键。在科学的发展史上，虽然有许多重要的科学概念，对这些概念的提炼、形成的过程，历来是科学哲学、科学逻辑、科学方法论学者们研究的重要内容，但是均因为缺乏具体充分的资料而只能大概地做些分析、说明。现在，钱学森提炼开放的复杂巨系统这个概念的全过程，仅仅就笔者所搜集到的已经公开发表的讲话、文章与书信，就比较丰富，为我们研究科学概念的形成提供了典型案例。这里想从中吸取一些宝贵的经验：

1) 要有渊博的知识。专业知识既要钻得深透，又要跳得出来；相关知识要广而博。只有这样，才能融会贯通、灵活运用。开放的复杂巨系统涉及的知识面实在太广，在当今世界上，恐怕只有像钱学森这样的科学大师才具备这样渊博的知识。

2) 积极参加系统工程的实践，积累丰富的系统工程实践经验，是完成这个概念提炼的基本条件。开放的复杂巨系统这个概念正是钱学森50年中许多系统工程实践，特别是组织、领导“两弹一星”实践经验的总结。

3) 钱学森从导师冯·卡门那里学来的讨论班(Semina)，不仅在提炼开放的复杂巨系统这个概念中发挥了关键性作用（“复杂巨系统”、“开放的复杂巨系统”概念都是经过系统学讨论班的反复讨论形成的），而且在“从定性到定量综合集成研讨厅”、“大成智慧工程”中，也发挥了重要作用。

4) 认真学习、始终坚持正确的世界观与方法论——马克思主义哲学，使钱学森站得高、看得远，认识清、抓得准，集大成、得智慧，这是他成功地提炼出开放的复杂巨系统这个概念的非常难能

可贵的深层底蕴。

开放的复杂巨系统虽然是一个概念，但它概括的是宇宙间的大量现象、事物；研究这类现象、事物的学问已经成为一门新兴的科学，并且在21世纪将成为世界科学家们研究的热点。尽管还不完善、不成熟，却已经光芒四射，必将为人类认识世界、改造世界做出巨大贡献。

钱学森是20世纪世界级20位科学大师之一。钱学森的学术思想是中华民族的宝贵精神财富，开放的复杂巨系统及其方法论只是其中的一部分，但却具有重大意义和影响。笔者所搜集的资料仅限于公开发表的部分文章、讲话和通信，研究得也很肤浅。由于编写教材时涉及到有关问题，不得不冒昧地进行一些粗浅的探索，只能算是引玉之砖，敬希掌握许多尚未公开的资料的专家们给予教正。

致谢：在本文的写作中，李世辉先生曾提出过极其宝贵、中肯的意见，在此特表示崇高的敬意和衷心的感谢！

参考文献

- [1] 钱学森等. 论系统工程(修订本)[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1988. 10, 32, 33
- [2] 钱学森. 创建系统学[M]. 太原: 山西科学技术出版社, 2001. 22, 28~47, 103, 107, 108, 192~194, 196~212, 222~228, 313, 322, 326, 327, 358, 366, 373~377, 413, 456, 457, 504, 507, 515, 526
- [3] 钱学森. 论人体科学与现代科技[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1998. 102, 124, 148, 223

The Formation of the Concept “Open Complex Giant System”

Lu Mingsen

(College of Art and Science of Beijing Union University, Beijing 100083, China)

[Abstract] On the basis of the analysis of the formation background of the concept “open complex giant system” in terms of the lectures, papers and letters published by Academician Qian Xuesen, this paper studies emphatically the abstract process of giant system → complex giant system → open complex giant system, introduces briefly the basic content of the theory of open complex giant system, and expounds that the formation of this theory has significance for development of science at present and in the future, especially for the investigation of system science, and noetic science—innovative thinking.

[Key words] giant system; complex giant system; open complex giant system; Meta-synthesis; system science; noetic science