

我对系统学认识的历程

钱学森 国防科工委

【编者按】该文是钱学森1986年1月7日在系统学讨论班第一次活动时所作的学术报告，原文见《创建系统学》一书。钱学森在晚年专注于系统学的创建，作出了巨大贡献。讲演中阐述的系统学的思想和观点至今仍有重要的现实意义。为此我们转载此文，以飨读者，冀望为有志于系统学研究的学者，特别是青年学者从中获得启迪。

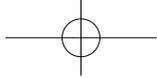


钱学森（1911—2009）

于景元同志今天要我讲讲为什么要研究系统学。我就按照他的要求，讲讲这个问题。

首先，什么是“系统学”？我想把“系统学”一词的英文译作systematology。讲“系统学”也必然联系到“系统论”，给“系统论”起一个英文名字，我想是不是可以叫systematics。这里稍微有一点混乱，就是systematics在法语里的意思是“分类学”。当然在英语中这个“分类学”并不叫systematics。关于“分类学”这个词，我问过生物学家，他们的习惯是用taxonomy。所以，要以英文表达，假使把系统学叫做systematology，那么，把“系统论”叫做systematics大概是可行的。

要讲这个问题，我必须先说一下人类的知识问题。我认为人类的知识包括两个部分。一部分是所谓的科学。而现在要说“科学”的话，应该把它认为是系统的、有结构的、组织起来互相关联的、互相汇通的这部分学问，我把它称为现代科学技术体系。但人类的知识还有许多放不到现代科学技术体系中去，经验知识就属这种。一年多前，我说这个部分是不是可以叫做“前科学”——科学之前的东西。那也就是说，人认识客观世界，首先是通过实践形成一些经验，经验也总结了一些初步的规律，这些都是“前科学”。还要进一步的提炼、组织，真正纳入到现代科学技术体系里面去，那才是科学。所以知识有这两部分。当然这样一种关系是不断发展变化的。前科学慢慢地总结了、升华了，就进入到科学中去了。那么，前科学是不是少了呢？一点也不少。因为人的实践是不断发展的，所



以又有新的前科学出现。因此人的整个知识就是这样这样一个不断发展变化的体系，也可叫系统吧。

这就说到科学技术，或者科学本身的体系问题。我对这个问题的认识，开始也是很零碎片面的。那时，我只知道自然科学技术，因为我原来是搞工程技术的。自然科学里好像有三个部分：直接改造客观世界的是工程技术；工程技术的理论像力学、电子学叫技术科学，就是许多工程技术都要用的，跟工程技术密切相关的一些科学理论；再往上升，那就是基础科学了，像物理、化学这些学科。这样一个三层次的结构也是在漫长的历史中逐渐形成的。在人类历史上，恐怕原先只有直接改造客观世界的工程技术，或者叫技术，并没有科学。科学是后来才出现的。那时候，科学与改造客观世界的工程技术的关系不是那么明确。科学，或者叫基础科学和工程技术发生关系，那还是在差不多一百年前的事。就是19世纪60、70年代到20世纪初才开始有技术科学，也就是这个中间层次。现在我们说，自然科学好像是这么三个层次：直接改造世界的就是工程技术，工程技术共用的各种理论是技术科学，然后再概括，成为认识客观世界的基本理论，也就是基础科学。

后来，我把这样的一个模式发展了，说它不只限于自然科学。自然科学是人从一定的角度认识客观世界，就是从物质运动这样一个角度。当然，人还可以从其他角度认识客观世界，那就属于其他科学了。有社会科学，这是一个很大的部门。再有，原来在自然科学里面的数学。数学实际上要处理的问题是很广泛的，不光限于自然科学，今天的社会科学也要用数学。所以，我觉得应该把数学分出来，作为一个新的科学技术部门。后来又有了新的发展，比如说联系到系统学、系统论，这就是系统科学，这是一个新的部

门。还有思维科学和研究人的人体科学。到这个时候，我说科学技术体系有六大部门：自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学和人体科学。后来看还不行，不是所有的人类有系统的知识都能纳入这六大部门。比如说，文艺理论怎么办？好像得给它一个单独的位置，后来又看到军事科学院的同志，我想军事科学向来是一个很重要的部门，所以又多了一个军事科学。那就从六个变成八个大部门了。这时候我感到，恐怕将来还有新的部门，所以，我就预先打招呼，说这个门不能关死，还可能有新的。果然到了去年年初，我又提出了行为科学。而行为科学好像搁到以前哪个部门里都不合适。行为科学是讲个体的人与社会的关系，既不是社会，也不是个体的人，所以又多了一个行为科学。到现在为止，我的看法是，科学技术体系从横向来划分，一共有九个部门：自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、文艺理论、军事科学、行为科学^[1]。而纵向的层次都是三个：直接改造客观世界的，是属于工程技术类型的东西，然后是工程技术共同的科学基础，技术科学。然后再上去，更基础更一般的就是基础科学。

这样的结构是不是就完善了？恐怕还不行。因为部门那么多，总还要概括吧！怎么概括起来？我们常常说，人类认识客观世界的最高概括是哲学，是马克思主义哲学。所以最高的概括应该是一个，就是马克思主义哲学。从每一个科学部门到马克思主义哲学，中间应该还有一个中介，我就把它叫做“桥梁”吧！每个部门有一个桥梁，自然科学到马克思主义哲学的桥梁是“自然辩证法”；社会科学到马克思主义哲学的桥梁是“历史唯物主义”；数学科学到马克思主义哲学的桥梁是“数学哲学”；思维科学到马克思主



义哲学的桥梁是“认识论”；人体科学到马克思主义哲学的桥梁是“人天观”；文艺理论到马克思主义哲学的桥梁是“美学”；军事科学到马克思主义哲学的桥梁是“军事哲学”，至于说行为科学，这个桥梁是什么？应该说是人与社会相互作用的一些最基本的规律，可不可以叫马克思主义的“人学”？

刚才剩下来没有讲的就是系统科学了，现在我要单独讲一下。系统科学到马克思主义哲学的桥梁是“系统论”。就是刚才一开始讲的 systematics，而不是现在流行的什么“三论”。或者叫“老三论”，还有“新三论”等等。我认为这种说法是不科学的。系统科学根本的概念是系统，所以应该叫“系统论”。系统论里面当然包括所谓“老三论”里面的“控制”的概念，也包括“信息”的概念。这些都应该包括进去了。至于说“新三论”，那更怪了，实际上也是我们今天要说的系统学里面的东西，即什么“耗散结构”、“协同学”、“突变论”这些东西。其实，从科学发展的角度来看，并不是到“新三论”就截止了，不会再有更新的东西了。现在不是还有混沌，还有好多新东西吗？那么，到底有完没完呢？若按“三论”说发展下去，就成了老三论，新三论，新新三论，新新新三论……再下去只能把概念都搞乱了，所以系统科学到马克思主义哲学的桥梁，我认为是“系统论”。那么，系统科学直接改造客观世界的工程技术就是系统工程了。现在看来恐怕还有自动控制技术，这些都是属于系统科学的工程技术，而系统科学里的技术科学，我开始认为是运筹学，后来看还要扩充一下，扩充到像控制论、信息论。实际上，真正的控制论、信息论就是技术科学性质的。系统科学的基础科学是尚待建立的一门学问，那就是系统学。一会儿，我要仔细地讲这个问题。这

样，系统科学的工程技术就是系统工程、自动控制等；技术科学层次的是运筹学、控制论、信息论；将要建立的基础科学是系统学，系统科学到马克思主义哲学的桥梁就是系统论。系统科学就是这样一个体系。

最近，我看到哲学家们在讲哲学的对象，或者说马克思主义哲学的对象问题，搞得挺热闹的。在哲学家里面我认识的一个，就是吉林大学哲学系的教授高清海，高清海教授在去年的《哲学研究》第八期上有一篇文章，就是讨论哲学的对象问题。这篇文章我觉得挺好的。后来我给高教授写了一封信，说：一方面你写了一篇好文章，但另一方面，我也觉得，你讨论的这个问题是不是早就解决了？我说的这个科学技术体系，九大部门，九架桥梁，然后到马克思主义哲学。这就说明了马克思主义哲学与全部自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、文艺理论、军事科学、行为科学这九大部门的关系。如果这个关系明确了，那么哲学是研究什么对象的，那不是一目了然了吗？也就是我常常讲的：马克思主义哲学必然要指导科学技术研究，而科学技术的发展也必然会发展、深化马克思主义哲学。因为马克思主义哲学不是死的，它一方面指导我们的科学技术工作，另一方面科学技术工作实践总结出来的理论，必然会影响到马克思主义哲学的发展与深化。我这个想法也许有点怪，哲学家们一下子还接受不了。高清海教授已经好几个月还没有复我的信呢！最近，我又找了一位教授，北京大学的黄楠森，又给他提这个问题。我说，我给高清海写信了，他没有复我，我现在又向你请教。你看怎么样？刚写的信还没有回呢！同志们，学问是一个整体的东西，实际上不能分割。我们谈一部分，也必然影响到其他部分，恐怕这就是系统的概念吧！这就说



明，所谓的系统学是一门什么学问。在我的概念里，它是一门系统科学的基础科学。我们讲基础科学就是技术科学更进一步深化的理论。我必须说，这样一个认识，我也不是一朝一夕就得到的，中间有一个很长的过程。

第二点，讲一讲我对系统学的认识过程。这个过程也粗略地在纪念肇直同志的会议上讲过，今天再讲得仔细一点吧！

我必须说，在1978年以前，对于什么系统、系统科学、系统工程，什么运筹学这些东西，我也是糊里糊涂的，并不清楚，仅仅是感到有那么一些事要干。所以那时候在七机部五院宣传这个事，但是没有一个条理，1978年以前就是这么一个状态。开始稍微有些条理是在1978年9月27日，在《文汇报》上我和许国志、王寿云合写了一篇东西。这篇东西的基础，今天向同志们交心，那并不是我的，而是许国志同志的。因为在那年，可能是7月份，也许更早一点，5月份，许国志给我写了一封信。他说，什么系统分析、系统工程，又是运筹学，还有什么管理科学，在国外弄得乱七八糟，分不清它们的关系是什么。他建议把那个直接改造客观世界的技术系统叫系统工程，有各种各样的系统工程。比如，复杂的工程技术的设计体系，今天在座的很多人所熟悉的总体部的事就叫系统工程。至于说企业的管理就是属于管理系统工程等等，有很多这种系统工程。然后他说各种系统工程都有一个共同需要的理论，他那个时候说，这个理论是运筹学。运筹学就是一些数学方法，是为系统工程具体解决问题所需要的。这就是当时在国外弄得很乱的一种情况。比如说，二次大战中先有operations analysis，后又变成operations research。把这些东西用到工业管理方面，就变成management science。然后还有专门分析系统间、系统内部的关系的，叫做systems analysis。我学得systems analysis好像就是

应用的。但是不然，名词很怪。在维也纳还有一个单位叫IIASA。IIASA就更怪了，叫International Institute of Applied Systems Analysis。Systems analysis本来就是applied，怎么还有applied systema analysis？所以，外国人也是不讲什么系统的，说到哪儿是哪儿。谁举一面旗帜，他就在那里举起来，可以举一阵子。所以在1978年9月27日《文汇报》上的文章中，我们试图把这些东西搞清楚，把直接改造客观世界的一些工程技术，叫各种各样的系统工程。这些系统工程共用的一些理论或者叫技术科学，就是运筹学。我在1978年秋天的认识就停留在这里。归纳起来是两点，一个是我们那时考虑的系统，还只限于人为的系统。自然界的系统，我们没有考虑进去。二是这些人为的系统里，并没有考虑到自动控制，所以对控制论到底如何处理，也没有讲清楚。根据这两点，今天看来，当时我们对于系统的认识是有局限性的。

第三点，大概过了一年，在1979年10月份，在北京召开了系统工程学术讨论会。那次讨论会是很隆重的，许多领导同志都去了，给系统工程的工作以很大的推动。在那个讨论会上，我个人才把系统的概念扩大到自然界。也就是在那个时候，才提出系统这样一个思想是有哲学来由的，并追溯到差不多一个世纪以前，恩格斯在总结了19世纪科学发展的时候讲的一些话，他说：“客观的过程是一个相互作用的过程”。这就是说，过了一年，我的眼界才有所扩大。也就是在那个会上，我的发言就把系统科学的体系问题提出来了，但这个体系是缺腿的。就是说，那时候认识的这个体系只有一个直接改造客观世界的工程技术——系统工程，再加上这些系统工程所需要的共性的理论——技术科学，就是运筹学。但那时也稍微有点变化，就是把控制论引进来了。但什么是基础科学？不清楚！当时我的说法是：“建

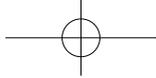


立系统科学的基础科学”。但不知道这个基础科学叫什么。那次也模模糊糊地引了《光明日报》1978年7月21、22、23日沈恒炎同志的一篇长文，他的文章用了一个词，就是“系统学”。我也引了这个词，但是没敢肯定这个系统学就是系统科学的基础科学。那时候有点瞎猜。说系统科学的基础科学是不是理论控制论呢？胡猜罢了。所以在1979年的秋天到冬天，我们仅仅是把系统的概念扩大了，包括到自然界了，并把系统这个思想的哲学根源追溯到马克思主义哲学。其他的问题就不清楚了。只感到有一个必要，有一个空档，就是系统科学的基础科学。但是什么东西？没有很清楚的概念。

在这里，我必须加一段涉及到生物学方面的内容。因为到这个时候我开始感到，生物学方面的一些成果要加以研究。比如一些书讲“生物控制论”；也看到一些书，叫做“仿生学”。那时候感到，“生物控制论”、“仿生学”这些工作，有点把事物太简化了。比如说：“生物控制论”里面讲人的血液循环，那个模型太简单了。“仿生学”更是有点急于求成。大概是想搞点东西出来吧，就把自然的系统简化得太过分了。那时候对于生命现象的研究，据我所看到的这些材料，如所谓“生物控制论”、“仿生学”这方面的工作，老实讲，我是不满意的，觉得太简化了，事实不可能那么简单。

又过了一年，进入第四个阶段了。就是到了1980年的秋天，这时候，我又一次得到许国志同志的帮助。是他寄给我R·罗申（R. Rosen）在Internationa Journal of General Systems 1979年第5卷的一篇文章。罗申这篇文章是纪念冯·贝塔朗菲（von Bertalanffy）的。此文才使我眼界大开，原来在生物学界早有人在探讨大系统的问题。后来一看，还不只是生物学界，物理学界也早有人在探讨。那么从这儿才给了我一条出路。

才知道冯·贝塔朗菲的工作，有I·普利高津（I. Prigogine）的工作，有H·哈肯（H. Haken）的工作，这些都使我眼界大开。贝塔朗菲当然很有贡献了，他是奥地利人，本来是生物学家，他感到生物学的研究从整体到器官，器官到细胞，细胞到细胞核、细胞膜，一直下去到DNA，还要往里钻，越钻越细。他觉得这样钻下去，越钻越不知道生物整体是怎么回事了。所以他认为还原论这条路一直走下去不行。还要讲系统、讲整体，这可以说是贝塔朗菲的一个很大的贡献。对我们科学研究中从文艺复兴以来所走的那条路提出了疑问。当然，对于这个问题，恩格斯在一百年前已经提出来过，就是“过程的集合体”这个概念。而且恩格斯很清楚地提出来：科学要进步，也不得不走还原论的这条路。你不分析也不行，不分析你不可能有深刻的认识；当然这时候，恩格斯也指出，只靠分析也不行，还要考虑到事物之间相互的关系。在科学家中，也许冯·贝塔朗菲是第一个认识到这个问题的，后来才有了普利高津、哈肯，他们更年轻了。所以，许志国给我送来这篇文章，使我在认识上大开眼界，才知道生物学里早就提出了所谓“自组织”的概念，在物理学中有“有序化”的概念。正在这时候，又看到M·艾根（M. Eigen）的工作，他是一位德国科学家，又把这个问题发展了，应用于生物的进化，提出hypercycle，即超循环理论，把达尔文的进化量化了。这时大概已经到了1980年的秋天或冬天了。我又得到贝时璋教授的帮助。他给了我更多的资料，使我眼界大开。所以，一个是许国志同志，一个是贝时璋教授，才使我有了一点认识。后来在1980年中期的中国系统工程学会成立大会上，我才明确地提出系统科学的三个层次，一个桥梁的体系。而这个时候，我也把自动控制、信息工程纳入到直接改造客观世界的系统科学体系里，也就是系统工程里面；技术科学也



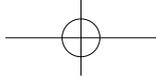
就是包括了运筹学、控制论、信息论，还有大系统理论。而基础科学当然应该叫做“系统学”。

“系统学”是什么？没有很多素材，而是要概括地综合冯·贝塔朗菲的一般系统论，H·哈肯的协同学和I·普利高津的耗散结构理论等等。也就是要把各门科学当中一切有关系统的理论综合起来，成为一门基础理论——系统学，这就是系统科学的基础科学。我是到1980年年底达到这一步的。感谢很多同志的帮助，才使我有这一步的认识。

然后，到了1981年，是第五步了。1981年我参加了生物物理学家跟物理学家们组织的叫“自组织，有序化的讨论会”，这我又要感谢北京师范大学的方福康教授，今天他在座。他给我带来了西欧关于这方面最新的情况，可我那时还闷在鼓里呢！因为我看的书是普利高津的，是讲远离平衡态的统计学，顶多是看到他关于耗散结构的一些理论。当然，我也知道，贝塔朗菲就更差一点了，他还在原理性的话上，就是他的所谓一般系统论。这时候，我也看到哈肯的协同学。我对协同学非常欣赏，在我的脑筋里认为贝塔朗菲和普利高津他们讲的那一套东西，打个比方说，有点像热力学。我在大学里听老师讲热力学，讲温度。这个温度还好办，人还有些感觉嘛。最糟糕的就是熵，熵是什么？简直是莫名其妙。老师也讲不清楚，只有一句话，你若不信，请你按我这个办法算，算出来准对。当时我就是那样硬吞下去的，心里还是觉得疑惑。其实，温度也不好说，你说一个分子，它的温度叫什么。当时就这么糊里糊涂的，反正老师怎么说，我就怎么算，也可以考90分。后来出国了，念研究生，开始学统计物理，统计物理可以得出熵的概念。嗨，原来熵是这么回事。按照统计物理，熵是什么，那很清楚。熵，就是玻耳兹曼（Boltzmann）常数乘上概率的自然对数。这一下，我才眼界大开，

世界的道理原来是这么回事！这就是我在大学三年级学热力学时感到莫名其妙的概念，这时候才知道“妙”在什么地方。所以脑筋里一直深深地印着这个统计物理大权威玻耳兹曼。在维也纳玻耳兹曼的墓碑上刻着一个公式，就是刚才说的熵的公式。我在刚才说的1981年初的那个大会上，因为那天下午还有别的事，我要求主持会议的贝老，是不是让我先讲，讲完了我好走。贝老说可以。我就讲了这么一套。大意是冯·贝塔朗菲和普利高津不怎么样，真正行的是哈肯。讲完以后，贝老给我介绍说，坐在旁边是方福康教授，他刚从普利高津那里回来，得了博士学位。我一想坏了，这下子骂到他老师头上了，这还得了，得罪人了。其实方福康同志跟我说，你说的这些话，普利高津都很同意，他也认为从前他做的那些不够了。他们，就是普利高津、哈肯，还有刚才说的M·艾根（M. Eigen），现在经常在一起讨论问题，他们的意见也是一致的。我心上的石头才掉下来，也非常高兴。因为客观的东西，真正研究科学的人去认识它，尽管可以由不同的方向、不同的途径，但最后都要走到一起去，因为真理只有一个，我觉得我们做学问应该有这么一个认识。尽管中间经过曲折的道路，也许犯错误，只要我们实事求是，坚持科学态度，真理是跑不掉的，最后总要被我们所掌握，不同的意见终归要统一起来。

这一段还有一个认识的进展。就是生物学界的这些发展，使我开始认识到系统的结构不是固定的。系统的结构是受环境的影响在改变的，特别是复杂系统。复杂系统的结构不是一成不变的。那么，系统的功能也在改变。我开始认识到这一点的是大系统、巨系统跟简单系统的一个根本的区别，即简单系统大概没有这样的情况，原来是怎么一个结构就是怎么一个结构。这就说到1981年初。



大概到1982年初,我又学一点东西,知道数学家们在研究微分动力体系。北京大学的廖山涛教授就是这方面的行家,他还有一个研究集体,一直在搞微分动力体系。研究微分动力体系实际上就是研究系统的动态变化,所以微分动力体系又是系统学的一个素材了。到1982年的初夏,在北京开过一个名字很长的会议,叫“北京系统论、信息论、控制论中的科学方法与哲学问题讨论会”,这是清华大学与西安交大、大连工学院(现大连理工大学)、华中工学院(现华中理工大学)四个学校组织起来,共同召开的。在这个会上,我把自己直到1982年初的认识在那儿总结了一下。

在这以后,又有1983、1984、1985三年的时间,这就讲到第七点,第七步了,觉得又有一些新的东西要引进系统学的研究。什么新东西呢?很大的一个问题就是奇异吸引子与混沌,即 strange attractor, chaos, 这些理论好像要从有序又变成无序,所以是一个很大的问题。另外,用电子计算机来直接模拟自组织、怎么组织起来的,这是第二点。第三点,叫fractional geometry, 就是非整几何,非整维的几何,这就是法国数学家M·曼德布罗(M. Mandelbrot)的工作。第四点,可以说我孤陋寡闻了,在这个时候才知道,早有一个理论,是关于非线性的动力系统理论。在3维以上的非线性动力系统会出现混沌现象,这就是所谓的KAM理论,它是三个人名的缩写,这三个人就是Kolmogorov, Arnold, Moser。也就是非线性3维以上的体系很容易出现混沌。第五点,既然这样,于是乎,有一个叫罗伯特·肖(Robert Shaw)的人,他说:“混沌是信息源”。总之,有这几点吧,就是奇异吸引子,混沌,还有电子计算机模拟自组织,曼德布罗的非整几何,KAM理论,还有所谓“混沌是信息源”等等。所有这一切说明,今天在国外这些领域是一个热门,大

热门!最近我看到国外有人说“非线性动力体系理论在今天对理论工作者的吸引力,就像一二十年前这些理论工作者被吸引到量子力学一样”。就是说,新一代的理论工作者不去搞量子力学了,那是老皇历,没什么可搞的了,要搞这个非线性动力体系。在座的知道这个消息吗?昨天我碰到一位科学家,我说外国人有这么一个说法,他说不知道。我说,你有点落后于时代了。所以这方面的工作看起来确实关系重大。之所以给同志们如实汇报我从1987年以前到现在走过的这条认识道路,结论是什么呢?结论就是,创立系统科学的基础理论——系统学已经是时代给我们的任务。你不把这门学问搞清楚,把它建立起来,你就没有一个深刻的基础认识。我们要把系统这个概念应用到实际工作中去,这方面的应用很多很多,在座的都知道,不用我来讲。那么,在这些应用中,你只能看到眼睛鼻子前面一点点。要看得远,一定要有理论。这个问题我是越想越重要。下面我说点实际问题吧!

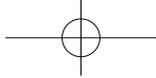
我们现在搞改革。对于改革,我们的预见性有限。所以常说“摸着石头过河”,走一步,看一步。为什么会这样呢?因为我们的预见性很差。我曾经说笑话,我们放人造卫星,如果也是走一步,看一步,那早打飞了,不知飞到哪里去了,没有理论还行啊?!但是现在要建设社会主义,要在建国100周年的时候,即2049年使我们的国家达到世界先进水平,这是一段好长好长的路。而且没有多少年了。多少年?65年!65年你要走完这条路,你老在“摸着石头过河”,那可不行。我们不能再犯错误,或者尽量地少犯大错误,不要犯大错误。那我们必须有预见性,这预见性来自于什么?来自于科学!这个科学是什么?就是系统科学!这个科学就是系统科学的基础理论——系统学。所以我觉得这是一个非常重要的问题。



我再讲一点，就是何以见得有用？在座的同志都是从事这项工作的，你们都可以讲嘛！我讲一点自己的体会。实际上在一开始，已经讲了我把系统科学用到现代科学技术体系里面，已经用了。我用的效果如何呢？就是刚才向哲学家们提的那个问题。我说你们说了半天的哲学对象，我已经解决了嘛！这是不是很有用呢？我觉得是很有用的。再一个，我在国防科工委常常说的，人跟物，或者叫人跟武器装备的关系，现在用一个学术性的名词，叫人-机-环境系统工程。再一个就联系到中医理论。我的看法是，中医是祖国几千年文化实践的珍宝，可是它又不是现代意义上的科学理论。到底中医的长处在哪里？这就联系到贝塔朗菲对现代生物学的批判。现代西方医学的缺点在于，它从还原论的看法多，从整体的看法少。现在西方医学也认为这是它们的缺点，所以对中医理论，讲整体，很感兴趣。刚才讲的人-机-环境系统工程，中医理论与现代医学要再向前走一步，这些都是人体科学里面的问题，而这方面的问题也必须靠系统科学，系统学。再一点，关于思维，人的思维。人的思维是脑的一个功能，但是人脑是非常复杂的，人脑是一个巨系统，要理解人脑的功能，人是怎么思维的。从宏观去理解，那你必须要有系统学。所以刚才我随便举了几个人的体会。这些工作重要不重要啊？当然是很重要的！而这些方面的工作要真正在理论上有个基础，都要靠系统学。所以我在这儿如果讲一句冒失的话，我觉得系统学的建立，实际上是一次科学革命，它的重要性绝不亚于相对论或者量子力学。我这样认识，对于我们的社会主义建设，刚才提的建国100周年等等这些问题，它的重要性更是很明显。所以我觉得，建立系统学的问题是我们当前的一个重要任务。

最后必须说明，我也不是所有的问题都清楚

了，没有那样的事。现在我还有很多东西没搞清楚。刚才说了混沌，好像是从有序变成无序，那到底是不是这样的？无序变成有序，在一定的情况下，这个有序又可以变成无序，是不是这样？我搞不清楚；罗伯特·肖说的“混沌是信息源”这个提法，我吃不下去，这个结论我没法理解。因为我以前搞过流体力学。流体力学就有一个混沌问题，湍流就是混沌。我要试问罗伯特·肖，你说湍流到底给出什么信息来了？你说信息源，那湍流是什么信息源？恐怕他也答不上来。还有混沌的一个最简单的例子，就是差分方程 $x_{n+1} = Kx_n(1-x_n)$ ，假设 K 达到了一个临界值，差分方程一个序列的 x_n 就要出现混沌，这是个很具体的问题。你说这个混沌到底给出了什么信息？恐怕不好回答。看来罗伯特·肖做的好像是这样一种工作：就是假设信息量的含义是像香农（Shannon）做的统计的含义，那么，他具体去算一个出现混沌的系统，可以算出来信息量在增加，那无非是一个公式。我认为要是停留在这一点上，那是数学游戏，没有解决什么问题。你仅仅说根据香农关于信息量的定义把它算到哪一个混沌现象，得出来，这个现象在产生所谓信息，仅此而已。若“请问先生，这个信息是什么？”他也说不上来。所以我觉得信息这个概念现在要好好地研究。我是不怪香农的。香农是一个很有成就的科学家，他也没有说他来解决什么信息产生的问题，香农当时搞这个理论，就是为了解决一个通讯道（信道）的问题，他用一个方法可以计算通讯道里面信息的流量。至于流过去的是什么信息，他从来没考虑。你把他的这个理论无边无际地应用到现在所谓的信息论，我看这是后人有点瞎胡闹，那个罗伯特·肖尤其是瞎胡闹，是数学游戏。所以说“混沌是信息源”，现在不能说服我，我搞不清楚是怎么回事。而联



系到此，我觉得是信息这个概念问题。虽然我们将来在系统学里也要考虑信息，但信息到底是什么，谁也不清楚。当然，就连鼎鼎大名的N·维纳（Wiener）也说过不负责任的话，他说什么是信息，信息不是物质，也不是精神。现底是什么？这个大教授怎么能随便说话呢？我认为它总是一种物质的运动。但是它又是一个发生点，发生者，也有一个接收者，中间有个信息通道。那么，从发生者和接收者来看，它是有含义的，有信息含义。那么他就把这个信息通道里面的物质运动解释为一种信息。很重要的就是有送信的和接信的，他们要有个默契。没有这个默契，就没有信息。古人不是说过“对牛弹琴”吗？总之，就是这个信息通道的问题。牛和这个弹琴的人没有信息通道，所以琴音并不能使牛产生美感。所有这些问题我都没有搞清楚。还有非线性过程，再联系到非整几何，许多问题。比如说鞅，什么半鞅，上鞅这些问题，我也搞不清楚。再有今天在座的郑应平同志，他是想把博弈论引入到系统理论，我看需要引入，但到底怎么个引入法？我也还搞不清楚。总而言之吧，还有很多问题我都没有搞清楚。也许在座的同志已经清楚了，我要向大家学习。

今天的讲话，我是和盘托出，无非说我这个人是很笨的。我认识一点东西是很曲折的，我就是这么认识过来的。我相信同志们大概比我聪明，认识得比我快。那么系统学的建立就是大有希望的，我向同志们学习。

注释

- [1] 钱学森后来又在这个体系中增加了地理科学和建筑科学两个部门，共计十一个大部门。