

农业现代化参考资料选编

第四集

农业系统工程专辑



蘇
农
研
所

中国科学院石家庄农业现代化研究所

PDG

农业现代化参考资料选编

第 四 集

农 业 系 统 工 程 专 辑

中国科学院石家庄农业现代化研究所

一九八一年七月

前 言

为了配合农业系统工程的研究工作，我们选编了这个专题材料。第一部分共两篇，重点阐述了开展系统工程研究在改造自然、改造社会中的重要意义，系统工程的由来和发展，系统工程的基本概念、理论基础、步骤、方法和手段；第二部分共八篇，主要阐述了农业现代化与农业系统工程之间的关系，什么是农业系统工程，农业系统工程的理论基础，和农业系统工程研究工作的具体实例；第三部分是系统工程和农业系统工程的专题索引，为开展这方面的研究工作，提供一些文献线索。

由于时间仓促和水平所限，在选编中有很多不足之处，请批评指正。

编 者

目 录

前 言

大力发展系统工程,尽早建立系统科学的体系…钱学森	(1)
系统工程的一些基本概念、观点和方法、步骤…顾基发	(8)
把农业生产和管理逐步建立在科学的基础上……………	
……………石 山、杨挺秀	(14)
农业系统工程……………张沁文、钱学森	(17)
试论农业系统工程学及其理论基础……………张德骏	(24)
农业现代化与农业系统工程……………杨挺秀	(43)
从军事学看农业现代化的指挥决策科学——农事学…张沁文	(50)
农业系统工程……………邓宏海	(57)
试论系统方法在农业中的应用……………黄国桢	(64)
线性规划在农业系统工程中的应用……………陈志渊	(77)
系统工程与农业系统工程专题索引……………	(92)

大力发展系统工程 尽早建立系统科学的体系

——在国防科委系统工程学术讨论会上的发言

钱学森

关于系统工程的重要性，现在大概没有什么不同意见。但必须说明，系统工程是技术，它只能在适当的社会制度和国家组织体制下发挥作用，建立这种制度和体制是生产关系和上层建筑的问题，是系统工程的前提，没有这个前提，系统工程再好也无能为力。当然，我们从系统的观点，可以提出对改革的建议。另外，因为系统工程是个新事物，所以大家对其涵义、范围等，说法不一，例如有的同志就罗列了八种不同的解释。当然，一个问题大家意见不同，并无坏处，可以交流讨论，互相启发，认识可以因而深化。我在这次会议中就因为听了同志们的报告，看了一些会议材料而深受教育，现在也是抱着参加讨论的目的，作个发言。我总的想法是：我们搞科学技术应该用马克思主义哲学为指导，因此考虑问题一定要从马克思列宁主义、毛泽东思想的立场、观点和我国的实际出发，不能一味跟外国人走，他们搞不清的，我们应该努力搞清楚，他们不明确的，我们要讲明确，而且要力求符合大道理。当然，我在这里说的一定有不妥当的地方，也会有错误的地方，还要请大家批评指正。

—

我觉得我们首先应该搞清楚“系统”这个概念。在国外，有那么一些人一说到系统工程中的系统，总好像是二十世纪的新发现，是现代科学技术所独特的创造。这在我们看来，自然不能同意，因为局部与全局的辩证统一，事物内部矛盾的发展与演变等，本来是辩证唯物主义的常理；而这就是“系统”概念的精髓。以前在科学技术中不注意系统概念的运用，正是受了科学技术早年历史的影响。恩格斯在《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》中就讲过“旧的研究方法和思维方法，黑格尔称之为‘形而上学’的方法，主要是把事物当做一成不变的东西去研究，它的残余还牢牢地盘踞在人们的头脑中，这种方法在当时是有重大的历史根据的。必须先研究事物，而后才能研究过程。必须先知道一个事物是什么，而后才能觉察这个事物中所发生的变化。自然科学

中的情形正是这样。认为事物是既成的东西的旧形而上学，是从那种把非生物和生物当做既成事物来研究的自然科学中产生的。而当这种研究已经进展到可以向前迈出决定性的一步，即可以过渡到系统地研究这些事物在自然界本身中所发生的变化的时候，在哲学领域内也就响起了旧形而上学的丧钟。”恩格斯还把这一认识上的飞跃称为“一个伟大的基本思想，即认为世界不是一成不变的事物的集合体，而是过程的集合体。”这里，恩格斯讲的“集合体”不就是我们讲的系统吗？恩格斯强调的“过程”，不就是我们讲的系统中各个组成部分的相互作用和整体的发展变化吗？而恩格斯的这些光辉论述写于1886年初，距今将近一百年了！其实，马克思、恩格斯、列宁和毛主席的著作中还有许多这方面的论述，我们现在搞系统工程一定要熟悉这些论述，作为强大的理论武器。我们要认识到系统这一概念，来源于人类的长期社会实践，首先在马克思主义的经典著作中总结上升为明确的思想，而决不是什么在二十世纪中叶突然出现的。

系统有自然界本来存在的系统，如太阳系，如自然生态系统，这就说不上系统工程；系统工程是要改造自然界系统或创造出人所要的系统。而现代科学技术对系统工程的贡献在于把这一概念具体化。就是说不能空谈系统，要有具体分析一个系统的方法，要有一套数学理论，要定量地处理系统内部的关系。而这些理论工具到本世纪中叶，即四十年代才初步具备。所以系统工程的前身，即Operations Analysis、Operations Research到二十世纪四十年代才出现。当然系统工程的实践一旦产生实际效果，社会上就有一股强大的力量推动它发展，因此也就促使系统工程理论的发展，理论与实际相互促进。现代科学技术对系统工程的又一贡献是电子计算机。没有电子计算机的巨大计算能力，系统工程的实践将几乎是不可能的；系统工程的许多进一步发展还有待于性能更高的计算机的出现，这就是系统工程的历史。马克思主义先进思想所总结出的系统概念孕育了近六十年，在本世纪中叶才终于具备了条件，开出了一批花朵。要获取丰硕的果实，尚有待于我们今后的精心培育。

二

系统工程是工程技术，是技术就不宜象有些人那样泛称为科学。工程技术有特点，就是要改造客观世界并取得实际成果，这就离不开具体的环境和条件，必须有什么问题解决什么问题；避不开客观事物的复杂性，必然是要同时运用多个学科的成果。一切工程技术无不如此。例如水力工程，它要用水力学、水动力学、结构力学、材料力学、电工学等，以及经济、环境、工农业生产等多方面的知识。所以凡是工程技术都是综合性的，综合性并非系统工程所独有。有人说系统工程是“高度综合的”，这一说法也许由于系统工程综合了人们本来认为好象不相关的学科，也许一旦习惯了，可以把“高度”这两个字省略了。

系统工程是一门工程技术呢？还是一类包括许多门工程技术的一大工程技术门类？我倾向于后一种意见。因而各门系统工程都是一个专业，比如工程系统工程是个专业，军事系统工程是个专业，企业系统工程是个专业，信息系统工程是个专业，经济系统工程（社会工程）是个专业；要从一个专业转到另一个专业当然不是不可能，但要有一个从新学习的阶段这就如同从事水力工程的要转而搞电力工程要重新学习一段时间才能胜

展，超出自己原来工作的范围，这应该受到欢迎。

除了运筹学这个系统工程的重要共同理论基础之外，又一个重要共同基础是计算科学和计算技术。

有的同志要把这两类各门系统工程的基础连同其他数学工具通称为“系统工程学”，我认为这样做不一定妥当，名词和内容不相符；因为系统工程的理论基础，除了共同性的基础之外，每门系统工程又有各自的专业基础。这是因为对象不同，当然要掌握不同对象本身的规律：例如工程系统工程要靠工程设计，军事系统工程要靠军事科学等。这里我不一一讲了，用下表把各门系统工程和与之对应的特有学科基础列出来。

系 统 工 程 的 专 业	专业的特有学科基础
工程系统工程	工程设计
科研系统工程	科学学
企业系统工程	生产力经济学
信息系统工程	信息学、情报学
军事系统工程	军事科学
经济系统工程	政治经济学
环境系统工程	环境科学
教育系统工程	教育学
社会（系统）工程	社会学、未来学
计量系统工程	计量学
标准系统工程	标准学
农业系统工程	农事学
行政系统工程	行政学（？）
法治系统工程	法 学

从表中可以看出各种系统工程横跨了自然科学、数学、社会科学、技术科学和工程技术，发展系统工程需要各个方面的科学技术工作者的通盘合作和大力协同。我们这次会议有社会科学家参加，人数虽然不多，但意义重大。也因为这个原因，我觉得刘源张同志在这次会议中讲得好，他指出：工厂企业等的管理问题都涉及到人，而人是社会的人，受他所处社会的影响；因为中国的社会不同于外国的社会，我们在许多系统工程的实践中千万不要忽视这个差别。

三

表中列了十四门系统工程，其实还不全，还会有其他的系统工程专业，因为在现代这样一个高度组织起来的社会里，复杂的系统几乎是无所不在的，任何一种社会活动都会形成一个系统，这个系统的组织建立、有效运转就成为一项系统工程。同类的系统多了，这种系统工程就成为一门系统工程的专业。所以我们还可以再加上许多其他系统工

程专业。

表中前一半七种系统工程大家可能比较熟悉，不需要解释。后七种系统工程中的第一种是教育系统工程，那是专门搞一所学校，一个地区的学校以及一个国家教育系统的组建、管理和运转的，它的特有学科基础是作为社会科学的教育学。我认为薛宝鼎同志在这次会议的报告中说的宏观经济规划问题，就是社会系统工程。社会系统工程也可以简称社会工程，是组织和管理社会主义建设的；也就是在中央决定一个历史时期的大政方针之后（例如现在我国要实现四个现代化），社会工程要设计出建设总图，并制订计划、规划；它特需的理论学科是社会学和未来学这两门社会科学。计量系统工程和标准系统工程是搞一个地区、一个国家的计量和标准体系的，他们的组织、建立和正常执行，这在现代社会已成为非常重要的职能。包括农、林、牧、副、渔的农业，其重要性是无疑义的了，但现代农业作为一种系统工程、农业系统工程是张沁文同志的建议；我认为这个建议很好，要支持。农业系统工程的特有理论，张沁文称之为“农事学”。这些思想在我们这次会议中马世骏同志和李典谟同志也讲到了。行政系统工程是说在社会主义制度下，行政工作、机关办公完全可以科学化，加上现代档案检索技术，也可以计算机化。计算机可以拟出文件或批文草稿，可能包含几种抉择，供领导采用；这次会议中顾基发同志讲的多目标决策，一定很有用。行政系统工程的理论也许是行政学吧。社会主义法治要一系列法律、法规、条例，从国家宪法直到部门的规定，集总成为一个法治的体系，严密的科学体系，这也是系统工程，法治系统工程；它的特有基础学科是法学。从我国目前实现四个现代化所迫切需要解决的问题来看，这后三门系统工程关系到农业发展、关系到提高行政效率、关系到加强社会主义法制，其重要性是很明显的。

当然目前系统工程概念具体化才不过十几年，只有表中头几种系统工程专业算是建立了，有了一些比较稳定的工作方法，算是有些教材可以教学生，大概从环境系统工程开始，往下这八种系统工程，有的尚在形成，有的只不过是一个设想，要靠我们今后的努力才能实现，但我在这里大胆地把他们列入表中，而且宣称还有许多未列而必然在将来会出现的系统工程专业。这是否有点冒失？我认为从马克思、恩格斯早在一百年前奠定的系统概念来看，加上运筹学的迅速发展，以及电子计算机技术的突飞猛进，我们的提议是不过分的。为了四个现代化，我们一定要大力发展系统工程的各个专业。

我们在去年就是基于这样一个认识才提出要组建“理”“工”结合的专修组织管理专业的高等院校，并提出将来我们国家不是设几所这样的组织管理学院，而是几十所，上百所各有所专的各种组织管理学院，就如现在有综合性的理工院校、也有专业性的航空学院、船舶工程学院、通信工程学院等。此外也还要建相应的中等专业学校。这将是教育事业中的一次重大革新。从这次会议来看，这一变革已经开始了，系统工程教育已得到教育部的关怀和重视，得到发展。全国已有十几所高等院校设置了系统工程方面的课程，上海机械学院设置了系统工程系，在西安交通大学、清华大学、天津大学、华中工学院、大连工学院、上海化工学院还成立了系统工程的研究所或研究室。在军队学校中已有国防科学技术大学建立了系统工程和数学系。其他一些军队院校也都开展了系统工程的工作。有了这个开始，我想不要几年就会有我国第一所“理”“工”结合的组织

管理学院了。我建议把这件事列入国家的第六个五年计划。

发展系统工程还需要加强这方面工作人员之间的学术交流，开展学术讨论。我们这次会议也是一次成功的活动。现在已有几个学会和研究会很重视系统工程，如航空学会举办了系统工程和运筹学讨论班，自动化学会有系统工程委员会，中国金属学会采矿学术委员会成立了系统工程专业组，管理现代化研究会也举办了系统工程的讨论会。可以说学会活动已经开展起来了。是否还需要成立一个专业的系统工程学术组织，我们可以考虑。

四

从我以上的阐述来看，系统工程可以解决的问题涉及到改造自然、改造提高社会生产力、改造提高国防力量、改造各种社会活动，直到改造我们国家的行政、法治等等；一句话，系统工程涉及到整个社会。所以我们面临由于系统工程而引起的社会变革决不亚于大约一百二十多年前的那一次：那是因为自然科学的发展壮大，从而创立了科学的工程技术，即把千百年来人类改造自然的手艺上升到有理论的科学，由此爆发了一场大变革。系统工程是一项伟大的创新，整个社会面貌将会有一个大改变。

当然，我们现在仅仅在这一过程的开端，象我们以前已经提到的那样，我们现在能够看到的只是很小的一部分，就是表中所列举的十四种系统工程也不过是系统工程全部中的一部分。也因为同一理由，我们说到的也不一定确切，十四种系统工程的划分也会在将来的实践中有调整。但更重要的一点是系统工程一定会在整个社会规模的实践中对理论提出许多现在还想不到的问题，系统工程的理论还要大发展。这又有两个方面：一个方面是对每一门系统工程所特有而联系着的学科，正如表中所示，他们有的是自然科学或从自然科学派生出来的技术科学，但看来将来会更多地是社会科学或主要从社会科学派生出来的技术科学；这里有大量的新学科。另一方面，作为系统工程的方法理论的运筹学更会有广泛的发展，因为实践会对它提出更高的要求。正如前面已经讲过的，系统工程将来一定会更多地用控制论，不但用工程控制论，而且用社会控制论。我们还要创造一些特别为系统工程使用的数学方法，特别是在统计数学和概率论等不定值的数学运算方面。计算数学也会因系统工程实践而有某些特定方面的发展。

这样说来，系统工程所带动的科学发展是一条很广泛的战线，不是一种、几种学科，而是几十种学科。日本的科学家们提出了一个新名词，叫“软科学”。我们的日本朋友没有明说，但我想这“软”字大约来自“软件”吧？因为这些学问是以信息的处理为主要对象的，是搞“软”的，不象我们以前所熟悉的自然科学总是同物质运动的速度、力、能量等打交道，是搞“硬”的。所以我们在上面说的这一套学科技术，似乎也可以借用“软科学”这个词来概括。但我进一步考虑：从系统工程改造客观世界的实践，提炼出一系列技术科学水平的理论学科，能就到此为止了吗？要不要更概括更提高到基础科学水平的学问呢？例如运筹学会不会引出理论事理学，控制论（包括工程控制论、生物控制论、社会控制论和人工智能等技术科学）会不会引出理论控制论呢？这个可能是存在的，就在这次会议上许国志同志的报告就明确地指出：不同事物、不同过程的事理，

通过精确的数学处理，从理论上发现其相似性。这个相似性难道不会引出更深刻的、潜在的具有普遍意义的新概念吗？物理学的能的概念不就是这样产生的吗？目前强子理论的研究，不是通过量子色动力学提出“真空”不空的新概念吗？所以应该承认完全有可能出现理论事理学和理论控制论，这样，用“软科学”这个词就显得局限了些，深度不够。另外，要看到系统里面也有许多“硬件”，并不象“软件工程”专搞软件那么“软”。所以不宜用“软科学”这个词，我们应该回到系统这一根本概念，采用“系统科学”这个词，系统科学是并列于自然科学和社会科学的，是基础科学。

建立系统科学这个概念之后，我们就有了一个学科的体系，可以从整个学科体系的结构来考虑问题，也就是参考上图，来研究系统科学的发展。这样，从系统科学这一类研究系统的基础科学出发，结合其他基础科学，我们组成一系列研究系统共性问题的技术科学；也许这些学问可以统称为系统学。现在的系统学主要是运筹学。与系统科学有关的还有各门系统工程特别联系着的技术科学学科和社会科学学科。直接搞改造客观世界的学问就是各门系统工程了。

这也就是说，上图中的科学技术体系只是目前的状况，不包括我们在上面讲的这一发展。到二十一世纪，基础科学不能只是自然科学、社会科学、数学这三大类，还得加上系统科学一类。其实，几十年后，一定还会有其他变化，初如在这次会议上，吴文俊同志提出要把数学机械化，就是一个振奋人心的革新。当然马克思主义哲学在得到科学技术新发现、新发展的充实、发展和深化之后，仍然是指导一切科学技术的基础理论。

辩证唯物主义的认识论教导我们：客观世界是不以人们的意志而独立存在的，人可以通过社会实践逐步认识客观世界，而当人掌握了客观世界运动规律之后，又能能动地利用这些规律来改造客观世界，并在实践中检验我们认识的正确性。我在这里提出大力发展系统工程，尽早建立系统科学体系的论点，符合不符合马克思主义的认识论呢？要不要这样干呢？这有没有体现了一百年前恩格斯的伟大思想呢？这都是很值得思考的一些问题。这次会议的讨论给我们很多启发，但我们在会后还应该继续研究，力求把稳发展方向。大家努力吧！

系统工程的一些 基本概念、观点和方法、步骤

顾基发

一、系统工程的基本概念和观点

1、系统的概念

“系统”这个名词含义很广，如果要追溯它的来由，则不论在中国或者在西方，都出现得非常早，几乎同哲学一样古老。但在系统科学或系统工程中所要研究的“系统”，并不是一切系统，它所要研究的系统有下面几个特点：

(1) 它是人制造出来的系统，或者虽然是自然界系统，但是是经过人们改造过的。这就区别于宇宙中太阳系等人们无法制造、无法改造的系统。

(2) 系统是很大的。表现在系统是由很多部分组成的，而且是多层次的。大系统里有很多分系统，而且每一个分系统内要考虑的因素（变量）也很多。这就区别于一些很小的系统。

(3) 系统结构很复杂。各个分系统内部及分系统与分系统之间的关系，都是非常复杂的，有的还带有不确定的因素在内，有的还带有竞争性（对策性）因素在内，此外系统所要求的功能也不止一个。这就区别于一些结构简单、要求功能不多的系统。

(4) 系统是有组织的。所有部份都是为了一个共同目的而形成的有机整体。这就区别于一些杂乱无章，彼此没有共同目的而合成的系统。

钱学森等同志在1978年《文汇报》上，对我们要研究的系统概念作了概括描述，他们把“极其复杂的研制对象称为系统，即由相互作用和相互依赖的若干组成部份结合成的具有特定功能的有机整体，而且这个‘系统’本身又是它所隶属的一个更大系统的组成部份”。〔1〕

对系统科学和系统工程所要研究的系统，有了这些认识以后，我们就可以据此适当区分系统科学和某些科学所要研究的对象，我们用图一来表示。横坐标表示组织化的程度，纵坐标表示系统繁简的程度。

其中混沌是表示所研究的对象既复杂又没有组织，也表示目前尚无形成科学办法来对付它。当然，这个划分也是相对的。事实上，系统科学也需要用到物理、数理统计等科学知识。

2、系统科学、系统工程和系统分析

系统科学、系统工程和系统分析这三个名词是经常出现的，有时为了方便并不加以

区别。有时又可以加以区别。一般地把系统科学理解为更广泛一些，以至把后两者作为它的理论方法和应用的一部份。参考图二。系统工程更偏向工程项目的实际应用方面（从设计、制造一直到管理、使用），而系统分析则偏向于问题的分析，明确目标和评价初步决策。此外，系统分析还更应广泛地用于政府政策和一些带社会因素的问题的计划决策中。这个讲座里，我们将更多地从系统工程的角度来叙述。更确切的定义是：系统工程是组织管理“系统”的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法，是一种对“系统”都具有普遍意义的科学方法。〔2〕

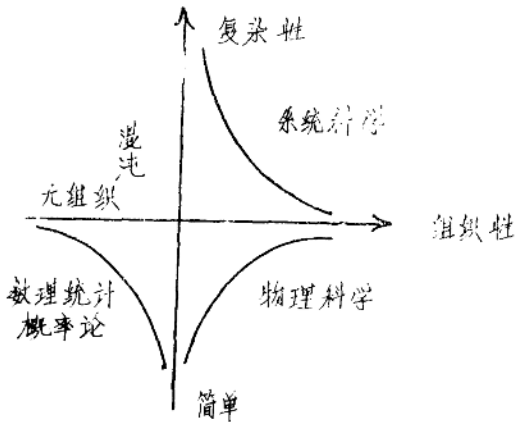


图 一



图二 系统科学体系

3、系统工程中的一些观点

在处理系统工程问题时，值得强调的一些观点有：

（1）全局性（系统性、整体性）

必须从整个系统（全局）出发，而不是只从某一个分系统（局部）要求出发。例如美国喷气推进实验室早就研究喷气发动机，后来美国陆军希望搞一个“下士”导弹系统，它涉及弹头、弹体、发动机、制导系统等。当时想用该实验室研制的发动机，由于开始没有从总体来考虑，只是把现有的东西（各分系统）拼拼凑凑，虽然可以飞，但很不成功，既贵又不便维修。后来又搞“中士”，该实验室提出要有权参与整个导弹设计，也即对全系统“特定功能”有所了解，而且要求从设计——生产——使用全过程都有所了解，使“中士”导弹各方面功能大大改进，也正是这时候，他们认为进入了系统工程的阶段。

（2）关联性

由于系统的各个部份是相互作用的，相互依赖的，因此我们必须描述这种相互的关系——关联性。要尽可能地采用明确方式（如定量的或图解的）来表示它们。例如控制论中用线性微分方程组和输出方程式可以很好地描述某些线性系统的输入与输出之间的

关系：用投入——产出分析法可以很好地描述国民经济各个部门的生产和分配的关系，还可使用数理统计中回归分析的方法来讨论系统中某些功能与系统中某些部份变量间的关系。为了很好地描述系统的各个部份的结构关系，结构模型解析法是一个很好的方法。

（3）最优性（满意性）

我们设计、制造和使用系统，最后是希望完成特定的功能，而且要效果最好。这就是所谓最优计划、最优设计、最优控制和最优管理和使用等。简言之，就是要选择最佳的系统方案。这里需要使用很多运筹学中最优化方法，最优控制理论，决策论等等。值得提到的是近年来多目标最优性的讨论，由于考虑的功能很多，有的系统在这方面功能较好，而另一方面较差，很难找到一个系统十全十美。因此，在一些互相矛盾的功能要求中，有时就必须找一个合理的妥协和折衷。由于定性目标的考虑，有时很难定量地最优化，再加上多目标的出现，近年来有人开始提出满意性的观点，即只要大家满意也就行了，而不一定追求这个系统真正的“最优”。为了找到满意性的系统方案的方法，虽然不如某些找最优性方案的方法那么严格、精确，但是却比较灵活、好用，更重要的是可以把人们的经验判断吸收进来。这些方法有启发式及某些数学模拟等。

（4）实践性

系统工程和某些科学的区别之一是它非常着重实用，如果离开具体的项目和工程，也就谈不上系统工程，正如钱学森同志指出的：“系统工程是改造客观世界的，是要实践的”〔2〕。当然，这里完全不排除对系统工程本身理论的探讨和对其它项目系统工程经验的借鉴。

（5）综合性

由于近代的复杂的大系统涉及面广，不但有技术因素，还有经济因素，社会因素等，因此光靠一、二门学科的知识是不够的，需要诸如数学、经济、运筹学、控制论、心理学等各方面学科，由于一个人很难门门精通，所以系统工程研究又非常强调采用有各方面专家、领导和有经验的工人参加的三结合小组，一道来进行工作。

二、系统工程的方法和步骤

在从事系统工程的研究工作中，逐步形成了一套工作的方法和步骤：这些步骤的划分并不是绝对的，有的把一个步骤分成几步来做，有的则反之。〔3、4、5〕这里着重介绍霍尔的方法。〔6、7、8〕

1、工作阶段（时间维）

一个系统从规划起，一直到更新可以分成七个阶段：

- A 规划阶段；
- B 具体计划阶段；
- C 研制阶段；
- D 生产阶段；
- E 安装阶段；

F 运行阶段；

G 更新阶段。

例如新型号战略导弹、导弹核潜艇、高能加速器等大型工程项目，往往要经过这七个阶段。由于这些阶段大部份人都比较熟悉，这儿就不拟作进一步解释，下面仅就一个例子来说明。

美国贝尔电话公司在研制TD—2无线电接力系统时，就经历了上述几个阶段。在规划阶段，首先是从对系统的调研开始，这是1940年开始的，调研内容包括技术可能性（有没有新的设想及实现设想的技术情况）和市场需要的情况。有了这些情况，就进入具体计划阶段，对系统作进一步的理论分析，用一些简单模型，初步探讨系统应具有的一些功能和指标，但还有很多因素不清楚。因此，在1945年开始建立一个实验系统TD—X，到1947年开放电视业务，而在1946年就进入了商用TD—2生产阶段。与此同时，进一步确定系统的指标，并确定使用的技术以及成本估计，并收集新的基本数据，为今后改进系统之用。1949年进入安装阶段，提供制造厂商详细生产图纸，用户实际操作和维修的说明书等。1950年9月，TD—2系统正式运行。在运行后数月内，使用专用设备检查系统运行情况，寻找系统薄弱环节，进行了不少的改进。从1945—1958年，整个工作花了一千五百万美元。

2、思考步骤（逻辑维）

对一个大型项目的系统，使用系统工程方法来思考问题，分以下七个步骤：

①搞清问题；②选择评价目标；③系统综合（形成可能的系统方案）；④系统分析（建立模型）；⑤系统选择（最优化）；⑥决策；⑦实际研制（实施）。

下面就这些步骤略作进一步解释：

（1）搞清问题。日本曾对打开女手表销路问题进行研究，开始以为要改进手表的功能，总是从耐用、计时准确等着手。但是再仔细研究，还有一个功能就是希望要好看、时髦。往往是戴几年就不想要了，因此搞的耐用十年、廿年，没有多大意义，相反地在表的装饰漂亮上下功夫，却能挣得销路，后来果然打入了国际市场。

（2）选择评价目标。在搞清问题后，应该选择具体的评价目标（指标），以利于衡量所有备择的系统方案。例如选择一个最佳厂址，就要从运输费用、造价、燃料费用等指标来评价所选厂址的优劣。

（3）系统综合。按照问题性质，总的功能要求，形成一组（有限个、也可以是无限个）备选系统方案，其内容包括这些方案有哪些？它的内容是什么？以及如何衡量它。例如，能源系统工程中，为了要满足将来能源需求，就要考虑哪几种能源可供选择它（石油、煤、核能、太阳能等等），其中煤又可以直接提供燃烧，也可让它去发电，还可让它气化。每种能源可开采多少？可进一步加工的有多少？可以转换的有多少？这些又与资源限制、设备能力、技术限制等等有关。

（4）系统分析。为了对众多备选方案进行比较，往往通过形成一定的模型，把这些方案与评价目标联系起来。值得指出的模型是系统工程得以分析问题的一个重要工具，很难设想不通过模型去比较方案，而是实际地去制作几个系统进行实际比较，后者既费

时又费力，而且在某些场合又是不可能的，例如某些军事工程或社会工程，我们可以设想这个、那个方案，而在大部份情况下不能真地去试试它们，这时只有通过模型来估计各个备择系统可能达到的性能指标，并加以比较。

(5) 系统选择(最优化)。我们总希望选择优的系统。在评价目标只有一个，而且是定量的，备选方案数又不多时，容易从中找出优者。但当备选方案数很多(甚至无限个)，我们无法加以穷举比较，这时就要使用一些单目标最优化方法来选出优的系统。但是，当评价目标有很多个，而且它们彼此间又有矛盾，这时选出一个对所有指标都优的方案，一般是不可能的。这时就必须在各指标间有一定的妥协，采用多目标最优化方法。

(6) 决策。有时最优方案可能有好几个，或者除了定量目标外，还要考虑定性目标，这时必须由领导根据更全面的要求，最后实行决策，选择一个或极少几个来试用。

(7) 实际研究(实施)。这是根据选定的方案具体将系统实施。如果实施中遇到困难不大，可略加修改。如果问题较多，这就须要回到前面几个步骤中的一个来重新考虑。

这些步骤并不一定要求都按严格的时间先后来进行，有时也常会出现反复。

把工作阶段和思考步骤综合起来可以用下表来表示，称作二维结构或活动矩阵。

步 骤 阶 段	1	2	3	4	5	6	7
	搞清问题	选择评价 目 标	系统综合	系统分析	系统选择	决 策	实际研制
A. 规 划	A_1	A_2				A_6	A_7
B. 具体计划	B_1	B_2					B_7
C. 研 制	C_1					C_6	
D. 生 产							
E. 安 装							
F. 运 行	F_1						F_7
G. 更 新	G_1	G_2				G_6	G_7

例如用“ C_6 ”表示在研制阶段进行决策的活动。

3. 使用的专业知识和学科(知识维)

系统工程使用各种不同类型专业科学知识。霍尔将它们分成工程、医药、建筑、商业、法律、管理、社会科学和艺术等。也可按钱学森同志的分类〔2〕：a、工程系统工程〔工程设计〕*；b、科研系统工程〔科学学〕；c、企业系统工程〔生产力经济学〕；d、信息系统工程〔信息学，情报学〕；e、军事系统工程〔军事科学〕；……等二十四

类系统工程及其相应的学科基础。当然还可以加上其它类的系统工程。

霍尔把时间维、逻辑维,加上知识维构成一个三维空间,它们分成由标着诸如“ A_2a ”、“ C_6d ”……等的很多小块。这里,“ A_2a ”表示一个工程系统正处于规划阶段,进行着选择评价目标的活动;“ C_6d ”表示一个军事工程处于研制阶段、进行决策活动等等。

三、系统工程使用的工具和手段

系统工程几乎使用各种学科的知识,但其中最重要的有运筹学、数学、控制论。运筹学中包括有线性规划、非线性规划、动态规划、图与网络、排队论、对策论、决策论、搜索论、库存论、可靠性和质量管理等等。数学中除了一些一般的数学基础外、数理统计、概率论和计算方法都是很常用的。除了运筹学、数学、控制论这三大门学科外,由于涉及一些经济、社会政治等因素,这些方面的有关学科同样是很重要的。最后,在从事具体的系统工程时,与之有关的本专业知识更是必不可少的。近年来,有一些新发展的学科,如模糊数学、未来学、行为科学等等也是值得注意的。

作为系统工程一个强有力的运算手段和试验手段,是电子计算机,为运算手段是很明显的事,作为试验手段则是最近十来年在外国普遍采用的,而在我国使用尚不算太多。这是在计算机上根据系统的机理使用模型,模拟的方法来代替实际系统进行试验,从而获取一些有用数据。当然,我们还要进行一些实物试验,以获取一些较为真实的数据。但是可以预料,对于长远性的大系统项目,尤其涉及军事和人类因素时,由于很难或几乎无法作全系统实物试验(最多只能局部系统的试验),那么,计算机的试验手段就更显重要。

参 考 文 献

- (1) 钱学森、许国志、王寿云:组织管理的技术——系统工程
《文汇报》1978年9月27日
- (2) 钱学森:大力发展系统工程,尽早建立系统科学的体系
- (3) Goode, H. H. & R. E. Machol: "System Engineering: An introduction to the design of Large Scale systems" McGraw-Hill, New York, 1957.
- (4) Machol, R. E. "System engineering handbook", 1965
- (5) 秋山根 "システム工学"
- (6) Hall, A. D. "A methodology for Systems engineering"
Van Nostrand, Princeton, N. J. 1962
- (7) Hall, A. D. "A three dimensional morphology of systems engineering" IEEE G-SSC Trans, Vol S, No. 2, Apr 1959, pp 156—160.
- (8) Sage, A. P. "Methodology for large-Scale systems"
McGraw-Hill book Company, New York 1977.

• 这里和后面的在方括弧中的内容表示该类系统工程所特有的学科基础。

把农业生产和管理 逐步建立在科学的基础上

石 山 杨挺秀

关于农业现代化的概念和中国式农业现代化的道路，经过全国学术界的热烈讨论，和农业现代化综合科学实验基地县三年来的实践，人们的认识越来越深刻了，概念越来越清楚了，路子也越来越明朗了。对于国外的农业现代化，也逐渐透过现象看到了本质。

长期以来，我国对农业现代化的概念是四个化：即机械化，水利化，化学化，电气化。这个概念被普遍接受，并且体现在国家统计局的统计表中，作为衡量我国“农业现代化水平”的主要标志。但是，这个占统治地位的观点，却是不科学的；它没有抓住事物的本质，只看到物，忘却了人；只看到物质条件，忽视了科学技术和经营管理；它仅局限于小农业的范畴，没有树立农林牧副渔全面发展的大农业观点；它把实现农业现代化的技术手段，作为农业现代化的内容和目的；它企图用几项具体措施，来概括和代替农业现代化这个极其复杂的整体。总之，忘记了农业是一个“自然环境——生物——人类社会”相互交织在一起的复杂系统；忘记了农业生产是一个自然再生产和经济再生产过程相互结合的物质生产部门，缺乏生态平衡观点、经济科学观点和系统科学观点。把一个十分复杂的事物简单化了。在这个概念下，人们产生了一种误解，即“机械化就是现代化”。直到一九七八年还提出“一九八〇年基本上实现农业机械化”，由此而造成的损失和浪费，是十分惊人的。

一九七七年，有人提出七个化，即大地园林化，操作机械化，农田水利化，品种优良化，栽培科学化，饲养标准化，公社工业化。想跳出小农业的范围，着眼于大农业生产，但仍从技术措施出发，没有抓住农业现代化的本质。在这种思想指导下，又相继提出了各种各样的化，有的提出十个化，有的提出二十个化。

前年东北地区农业现代化学术讨论会提出，所谓农业现代化，就是用现代工业装备和现代科学技术武装农业，用现代经济科学方法管理农业生产，大幅度提高劳动生产率、土地利用率和土地生产率。后来有人概括为三个化，即机械化，科学化，社会化。认识上前进了一大步，但仍没有摆脱“现代化就是机械化”的束缚。

最近有些科学家提出，农业现代化的本质是科学化，即把农林牧副渔各业生产和管理逐步建立在现代自然科学和经济科学的基础上，创造一个高产、稳产、优质、低消耗