

农业系统工程原理及应用

严以绥 主编

新疆石河子农学院

1984

农业系统工程原理及应用

主 编 严 以 绥

编写人员 林 维 生 马 海 东

陈 赛 玉 张 平 治

王 川

(内 部 发 行)

新疆石河子农业学院农经系

编 者 的 话

为了在农业战线广泛地推广运用对农业系统行之有效的组织管理科学方法——农业系统工程。农经系规划教研室编写了《农业系统工程原理及应用》和《PC—1500微型计算机在农业上的应用》两本书。这两本书也可说是上下篇。第一篇主要介绍了农业系统工程的基本原理，其中着重介绍了如何编建农业系统模型（例举了编建农业生产结构、农业作物布局和对作物产量的预测等模型）这些编模的方法对农业生产部门较为实用；第二篇着重介绍PC—1500型计算机的操作使用并例举了八个在农业上经常应用的实例，并对每个实例作了较详细的操作说明。

本书名为《农业系统工程原理及应用》。其内容主要分为两大部分。第一部分是比较通俗地介绍了农业系统工程的基本概念和它的几个主要观念；第二部分主要介绍了怎样编建一个农业系统的模型。我们以石河子垦区的农业生产结构模型、作物布局模型和作物产量预测等模型为实例，对这些模型的编建的步骤和具体方法进行了较详细的说明。一般有一定实践经验的农业工作者，都能较容易的掌握这些方法。

本书所介绍的石河子垦区农业生产结构模型的资料，是根据“石河子生产结构模型协作小组”于1982年的科研成果为依据，在此对协作组的成员们表示衷心的感谢。

兵团设计院一分院刘全科、李忠义，农八师水利局张震，经研室刘城治，计委范国荣等同志对本书的编写给予大力支持，在此表示感谢！

地区财政局、地区生产资料服务公司、一四九团等单位也提供了资料，在此一并表示致谢。

由于我们都是农业系统工程战线的新兵，水平有限，缺少经验，因而，本书一定存在不少的缺点甚至是错误，希望大家提出批评指正

编 者

1984年5月

目 录

第一部分 农业系统工程基本原理

第一讲 系统工程及其在农业现代化中的作用

第一节 系统工程的产生与发展	(1)
一、系统工程产生的社会实践基础.....	(1)
二、系统工程产生的思想理论基础.....	(2)
三、系统工程产生的物质技术基础.....	(3)
四、系统工程是为解决系统性问题而产生.....	(4)
五、系统工程的发展过程.....	(5)
第二节 系统工程与系统科学	(6)
一、系统的定义及特点.....	(6)
二、系统科学的学科体系.....	(10)
三、工程与传统技术的关系.....	(14)
第三节 系统工程在农业现代化中的作用	(15)
一、系统工程拟定与实施农业现代化规划方面的作用.....	(15)
二、系统工程在促进农业科学技术现代化方面的作用.....	(16)
三、系统工程实现农业管理现代化中的作用.....	(17)

第二讲 农业系统工程及其特点

第四节 农业系统工程的基本概念	(19)
一、农业系统工程的基本结构.....	(19)
二、农业系统工程的基本概念.....	(21)
三、系统工程对农业的启示.....	(22)
四、农业系统工程的特点.....	(23)
五、农业系统工程是决策者的参谋和顾问.....	(25)
第五节 运用系统工程基本概念, 指导农业系统工程实践	(26)
一、用系统方法解决系统性问题.....	(26)
二、整体观念.....	(27)
三、联系观念.....	(31)
四、平衡观念.....	(35)

五、有序观念.....	(38)
六、价值观念.....	(40)
第六节 系统工程方法论在农业上的应用	(46)
一、系统工程三维结构.....	(46)
二、系统工程思考程序.....	(47)
三、费用效果系统分析方法.....	(49)
四、逻辑推理思维系统分析方法.....	(50)
五、确定系统分析目的过程.....	(50)

第三讲 工程开发的系统决策问题

第七节 系统决策的基础问题	(52)
一、决策及其在行动中的地位.....	(52)
二、决策程序就是全部的管理过程.....	(56)
三、决策活动是一项有积极意义的工作.....	(58)
四、做决策是系统领导人的首要职责.....	(60)
第八节 决策及可行性分析的复杂性	(61)
一、决策复杂性的主要表现.....	(61)
二、多目标多因素构成可行性分析的复杂性.....	(61)
三、技术决策的可行性应考虑的问题.....	(62)
第九节 决策可行性分析的相对性	(63)
一、目标是决策和可行性分析的前提.....	(64)
二、对决策必须进行利弊分析.....	(64)
三、决策要考虑时间因素预见未来变化.....	(66)
四、决策者要重视经济和时间关系.....	(67)
五、决策的灵敏度分析.....	(68)
第十节 充分发挥主动性作出最合理最科学的决策	(69)
一、思索的本质.....	(69)
二、要建立智囊班子.....	(70)
三、可行性分析的内容和决策的一般程序.....	(70)

第四讲 系统开发的信息保证

第十一节 信息的内容及特征	(73)
一、信息的意义.....	(74)
二、信息保证的主要内容.....	(74)
三、现代信息技术的发展.....	(76)

第二部分 农业系统模型

第一讲 农业系统模型的作用、特点及其制作

第一节 模型在系统研究中的作用	(78)
一、系统模型的本质	(78)
二、系统模型的同构	(78)
三、系统模型的作用	(79)
第二节 农业系统模型的特点	(80)
一、农业系统模型一般以生物为主要研究对象	(81)
二、农业系统在社会经济方面的特点	(81)
第三节 农业系统模型的制作与推广	(81)

第二讲 线性规划的数学模型

一、线性规划研究的问题	(83)
二、线性规划问题的条件	(83)
三、设计农业线性规划模型的基本原则	(84)
四、灵敏度分析	(85)

第三讲 农业系统模型编制实例

第一节 石河子垦区农业生产结构线性规划模型	(86)
一、结构模型方案的总体设计	(86)
二、编制结构模型的基础	(92)
三、水资源约束	(105)
四、肥料约束	(111)
五、林业约束	(121)
六、结构模型中的投资约束及目标函数	(129)
七、结构模型组装及电算结果分析	(138)
第二节 石河子垦区作物布局模型介绍	(143)
一、石河子垦区作物布局模型介绍	(143)
二、编建作物布局模型方案的方法	(144)
三、作物布局模型的几种方案的具体做法	(145)
四、制定布局方案中必须注意的几个问题	(160)
第三节 石河子垦区产量预测模型	(161)
一、什么叫预测	(161)

二、产量预测的意义.....	(162)
三、预测的方法.....	(162)
四、利用线性回归分析进行单产预测.....	(164)
五、编建产量预测模型时应注意的几个问题.....	(169)

第一部分 农业系统工程基本原理

第一讲 系统工程及其在农业现代化中的作用

近几年来,系统科学和农业系统工程在我国各地普及推广工作广泛展开,人们开始学习研究系统工程在我国农业现代化中的应用问题。但由于这是一门新的学科,在研究的过程中会产生一些疑问。例如,农业系统工程和一般农业技术科学,二者有什么共同点和不同点?系统工程中那些公式、框图和模型是怎么得来的?在我农垦系统当前信息管理的现状下,这些模型所要求的参数是否可以满足,应怎样解决?这些公式和图表等与农业生产实践有什么关系?它对实现农业现代化会起什么样的作用?我们农业管理干部能否通过短期的学习掌握这门学问,并用以指导实践工作?等等问题,这些问题很现实也很重要,因而,在这一讲中主要论述一下这些问题。

第一节 系统工程的产生与发展

系统工程的产生不是偶然的,也不是人们头脑中固有的。它是在人类社会实践的基础上产生的。它是在具有一定思想理论基础和物质技术基础的条件下,为解决工程发展进入系统时代面临的系统性问题而必然的产物。

一、系统工程产生的社会实践基础

人类的社会实践,都可以追溯到很远。系统工程作为一门科学,虽然形成于本世纪五十年代,但系统思想的产生及系统方法的运用则可以追溯到古代。可以说系统工程的发展是源远流长。例如,我国在公元前 250 年的战国时期秦国蜀太守李冰父子设计和动员川西人民修建的都江堰水利工程系统,就是运用系统思想建造水利实体工程的光辉范例。工程的主要目的是灌溉成都平原肥沃的农田,以获得农业的稳定收成。为达到这一目的,必须处理岷江防洪、防沙、分流问题。根据岷江出峡谷入平原的天然地形,总结当地人民长期治水经验,设计修建了“鱼嘴”分流、“飞砂堰”泄洪排砂、“宝瓶口”引水入渠的综合利用水利枢纽。在灌区内部,还修建了各级灌溉渠道,使分洪、引水、防砂、输水、配水、灌水、排水巧妙的结合起来,并取得防洪、灌溉、漂木等综合利用的效益。这个水利工程系统由于系统思想完善,系统结构合理,所以经过两千多年的实际运行中的不断优化,至今还为人民创造着巨额的财富。又如北宋时代,皇城火灾宫殿焚毁,宋真宗派大臣丁渭主持皇宫修复工程。丁渭仔细分析和研究了总体工程及组成部分,提出了一个施工方案。计划在皇城前的大道上烧砖备料,把大道挖成河道引入京城附近的汴水,用船舶把砖及其他建筑材料直接运入工地,等

皇宫修复后，再把碎砖杂土填入河道，修复原来皇城前的大道。施工按时完工，效果甚佳。又如，明朝永乐年间，铸造了四十多吨重的大铜钟。当时冶炼技术落后，冶炼炉高仅有一丈二尺，容量只有二千多斤重矿砂，世界闻名的大铜钟是怎样铸造成功的呢？聪明的冶炼工匠们采用了“群炉汇流”的工艺，铸成了“万均铜钟”。再如，我国古代天文学家根据天体运动规律而揭示的农事活动二十四节气。这些古代工程、农事、天文知识都不同程度地反映了朴素的系统概念的自发应用。人类在知道什么是辩证法之前，就已经进行辩证地系统思维了。

正如列宁说：“管理的艺术并不是人们生来就有，而是从经验中得来的”。系统工程来源于千百年来人们的生产实践，是点点滴滴经验的总结，是逐步形成的，在近年才上升为比较完整的一门科学技术。

二、系统工程产生的思想理论基础

系统概念的产生与发展经历了一个长期的历史过程。朴素的系统概念不仅表现在古代人类的实践中，而且也在古代中国和古希腊的哲学思想中得到了反映。公元前六世纪至五世纪之间，我国春秋末期思想家孔子就强调自然界的统一性（见《老子》二十五集）。古希腊辩证法奠基人之一的赫拉克利特（约公元前460~370年），在《论自然界》一书中说过：“世界是包括一切的整体”。古希腊唯物主义者德诺克利特（公元前540~480年）的一本没有留传下来的著作名为《宇宙大系统》。可见，用自然的系统概念考察自然现象，这是古代中国和古希腊哲学思想的一个特征。

普通系统论来源于生物学的“机体论”。这是一种与机械论相对立的生物学理论。普通系统论的最早倡导者是奥地利生物学家L·V·贝塔朗菲。他认为机械论的错误观点有如下三点：

（一）简单相加的观点：这就是把有机体分解为各个要素，并简单地相加起来说明机体的属性；

（二）“机器”的观点：即把生命现象比作机器，认为“动物即是机器”，“人即是机器”；

（三）被动反应的观点：认为有机体只有在受到刺激时才作出反应，否则就静止不动。

L·V·贝塔朗菲认为机械论完全不能正确地解释生命现象，他总结了“机体论”的发展现状，提出了下列基本观点：

（一）系统观点：一切机体都是由相互联系、相互影响的各部分组成的整体——系统；

（二）动态观点：一切生命现象本身都处于积极活动的状态；

（三）等级观点：各种有机体都按严格的等级组织起来。

贝塔朗菲主张建立机体论的正确模式来取代机械论的错误模式，把有机体描述成一个整体式系统。贝塔朗菲指出：生物系统是分层次的，从活的分子到多个细胞体，再到超个体的聚合体，层次分明等级森严。整个自然界犹如一座高大的建筑物，其中各层逐级地组合起来，成为愈来愈高级，愈来愈庞大的系统。贝塔朗菲自己认为：他在本世纪二十年代提出的

机体论，就是普通系统论的萌芽。

到本世纪三十年代，贝塔朗菲又在机体论的基础上提出了普通系统论。他在论述普通系统论的原理时指出：把孤立的各组成部分的活动性质和活动方式，简单地相加，不能说明高一级的活动性质和活动方式。即“整体功能大于各孤立部分功能的总和”，这是贝塔朗菲关于组织系统的著名定律。为了了解和认识事物的整体功能，既要了解各组成部分，更要了解他们之间的关系。然而传统科学方法很不适合研究系统的关系，它主要采取分解求和的方法，往往注重各组成部分的孤立功能，而忽视了各组成部分的联系。他认为把普通系统论局限在“技术”范围，当作一种数学理论来看待，这是不恰当的。因为，有许多系统问题不能用现代数学去解答。普通系统论研究的范围十分广阔，几乎包括一切与系统有关的科学和理论，如控制论、信息论、自动化理论、管理科学理论以及运筹学的许多分支。此外，还要研究系统技术和系统哲学。

本世纪六十年代，美国系统论学者 E·拉兹洛把贝塔朗菲的基本观点归纳为如下四点：

- (一) 整体观点；
- (二) 科学知识的整体化；
- (三) 自然界的统一性；
- (四) 重视人的因素。

这些观点构成了普通系统论的主要理论内容。

马克思、恩格斯的辩证唯物主义和唯物辩证法的产生，使古代朴素的系统概念得到了进一步的发展。马克思主义哲学关于物质世界普遍联系及其整体性的思想、局部与全局辩证统一的思想、事物内部矛盾推动事物发展和演变的思想等，为建立系统科学提供了科学基础。

贝塔朗菲公开宣称：马克思和恩格斯的辩证唯物论是一般系统论的思想来源之一。普通系统论的产生，以思想理论方面为系统工程的产生作了一定的准备。

三、系统工程产生的物质技术基础

虽然在人类社会实践中，很早就有不少体现系统思想的事例，在古代就已出现了朴素的系统思想，但是，由于缺乏必要的物质技术基础，因此不可能产生系统科学和系统工程。只是到了二十世纪中期，由于现代科学技术的发展，才使系统工程的产生不仅成为一种迫切需要，而且也有了可能。现代科学的发展，尤其是数学各个分支的发展，为系统工程提供了一套能够定量处理系统各组成部分关系的数学方法；电子计算机的出现更为系统方法的实际应用提供了强有力的计算工具和信息处理手段。

随着现代科学技术的发展，生产日益复杂化，需要各种技术相互配合，具有高度的综合。它需要通观全局，分清主次，建立模型，应用电子计算机的运算，以提供科学决策。例如，进行现代化的农业建设，涉及的问题很多，如地形、地貌、土壤肥力、气象、水源、能源、社会条件、耕作制度、社会需求量、人口、价格、资金……等，必须将整个国家的农业当作一个系统来考虑发展规划，这一巨大的综合系统工程，没有科学方法和先进的技术手段——电子计算机是无法进行的。

因此，我们可以就系统工程的建立是由于现代大规模工农业生产和复杂科学技术体系的需要，而系统工程实践的广泛发展，是由于电子计算机的出现。没有电子计算机的配合，尽管有高超的运筹科学理论，系统工程还是无法发展的。

四、系统工程是为解决系统性问题而产生

系统工程是现代化的必然产物，它是为解决在现代化过程中出现的系统问题而产生的。

近几十年来，工程技术的突飞猛进和社会生产力的巨大提高，使得工程发展必然要涉及到自然资源枯竭、能源危机、经济发展不平衡、交通负担加重和对自然环境的污染等问题，这就不只涉及到综合运用各专业领域内的成果在大范围多部门之间进行协作，还要涉及到政策和教育等方面。因此，必须综合地解决这些问题，才能使所要开发的工程得到有成效的发展。在这个过程中，问题的重要特征是上述各种因素具有很大的不确定性和不明性，这样一些问题就是所谓工程发展的系统性问题，或称社会性问题和综合性问题。当代工程的发展再也不只是取决于技术和经营者的受益，与此同时，它还取决于上述的系统性问题。这样的现实表明工程已进入系统发展的时代，必须寻求一种理论来解决所出现的这些系统性问题，这就是系统工程产生的背景。

所谓“系统发展时代”，就是说：由于社会生产力的高度发展，“空间世界狭窄了”，即“系统之间的干扰增强了”，而所处理的对象（系统）更巨大、更复杂了；由于科学技术的迅猛发展，“时间缩短”了，即信息量大而传递迅速，使过去“不相干”的事物也彼此很快发生联系了。

由于科学技术的进步，各工程技术彼此间总体协调问题，工程技术与社会环境、自然环境相互融合的问题，这些问题构成了系统性问题。

首先，要解决各种工程技术总体协调问题。一般系统论的创始人冯·贝塔朗菲指出，一个蒸汽机专家可以顺利地解决有关蒸汽机各种技术问题，而由成千上万件部件组成的航天火箭则涉及到成百上千种工程技术。没有任何一位专家可以独自解决有关航天火箭的一切工程技术问题。

其次，要解决工程技术与社会环境相互融合的问题。过去要制造汽车，只要有懂得汽车制造的专家指导就行了。现在，要生产汽车，不仅要懂得汽车制造的专家解决设计、制造汽车中的技术问题，还要有人考虑城市交通问题、能源问题、环境污染问题。这些问题的解决，对于是否应扩大汽车生产，生产什么型号的汽车，生产多少辆汽车等关系汽车生产的重大问题有决定性的意义。

最后，还要解决工程技术与自然环境的相互融合的问题。例如，我们在推行某种农药和化肥时，不仅要考虑它们的技术效果和经济效果，而且还要看它们的生态效果，考察它们对环境的影响。我们在评价某个农业生产布局方案时，不仅要计算这个方案能使我们增加多少农产品，增加多少收入，而且还要计算它对自然生态环境有什么影响。

对于解决上述系统性问题来说，传统的工程技术是无能为力的。因此，为了解决这些系统性问题，必须建立系统科学和系统工程。

五、系统工程的发展过程

系统工程的发展，经过了萌芽、初创、形成和推广四个阶段。

二十世纪四十年代是系统工程的萌芽阶段。当时正在进行着第二次世界大战。运筹学逐步推广到军事决策和战争指挥，著名的大西洋潜艇战役和英国物理学家布莱克特小组研究如何保障由美国到英国的运输线畅通无阻的问题。一九四〇年美国总统罗斯福采纳了爱因斯坦的建议，由理论物理学家奥本海默领导研究原子弹，动员15,000名科学家，于一九四四年五月第一颗原子弹爆炸成功，是系统工程方法的胜利。这些都籍助于运筹学取得了胜利。它启发我们在研究问题时必须注意把定量分析和定性分析结合起来。他们的工作预示了系统方法在决策中的重要指导作用。

一般认为运筹学是系统工程的萌芽，是计量化系统方法发展的里程碑。它的发展为系统工程提供了重要的理论基础。

五十年代是系统工程初创阶段。

这个阶段中，原来在军事部门工作的科学家一部分回到教育部门或科学研究部门，开始著书立说。他们把军事上行之有效的方法，如线性规划等用到经济管理方面。农业方面也开始应用系统方法进行研究。这一阶段，美国的古德和马柯尔出版了《系统工程》这部专著。

六十年代是系统工程形成阶段。

系统工程形成的重要标志是，一九六四年有三件大事：一是美国召开了第一次系统工程年会，并出版了会议文集；二是美国宾夕法尼亚大学和亚利桑那大学先后设立了系统工程专业和系；三是美国正式设立了系统工程学位。这一阶段中，苏联和东欧各国也逐步采用系统方法解决农业问题。

这一阶段中，美国阿波罗登月计划的实现，是正式运用系统工程的成功。阿波罗计划规模巨大，参加的科学家、工程师达42万人，耗资300亿美元，历时11年完成工程计划。这一计划全面贯彻了系统工程的整体性原则、联系原则、递阶原则、动态原则和人的主导原则等，充分体现了总体最优化的精神。

七十年代到八十年代是系统工程推广阶段。

系统工程渗透到社会、政治、生态、环境等各个方面，开始着手解决各种复杂的大系统问题。在农业方面，开始建立大型的粮农系统模型，仅根据国际应用系统分析研究所的研究报告介绍，就有大型粮食系统模型41个。

近年来，一些发达的国家在研究系统化管理的进程中，还出现了一个人们称之为“战略研究”的新领域，即从全局、整体、长远的观点来研究大系统发展的战略方向，确定每一个战略阶段的目标，根据未来的预测作出战略决策，制定战略规划，并研究今天的决策对未来的影响。美国系统论学者E·拉兹洛发表了《为未来制定战略：用系统方法对待世界秩序》一书，它鉴于当前许多带全球性问题，试图采用系统工程的方法去分析今日之世界，提出重建社会秩序的方案。七十年代至八十年代的系统工程，已进入解决各种复杂大系统的阶段，推广运用于涉及许多社会因素的部门，如工、农、商业、公共交通、城市规划、水资源开发

利用、能源、环境卫生系统、行政管理、社会经济等等。系统工程正在渗入社会的每一个角落，人类正在走向“系统时代”和“信息化时代”，向控制管理领域的“自由王国”迈进。

一九五五年我国就开始了运筹学的研究。华罗庚教授从六十年代初，在我国大力推广“运筹法”，并取得显著成就。同时，随着国防尖端技术科研工作的发展，我国在工程系统的总体设计组织方面也取得了丰富的实践经验。粉碎“四人帮”，系统工程的推广应用出现了新局面。可以预期，系统工程必将在我国社会主义现代化建设中发挥越来越重要的作用。

第二节 系统工程与系统科学

一、系统的基本概念

(一) 系统的定义及特点

1、系统的定义：

有关“系统”一词，如追溯它的由来，不论在中国或西方很早就有，它几乎同哲学一样古老。在古希腊语中，“系统”有“共同”、“给以位置”的涵义。在东方日本，系统和系、体系、层次、组织、制度、方式、手段等这些词的含义相当。但在系统科学或系统工程、系统分析中的“系统”，有它自己的特有涵义和内容。但在当前对系统的定义很多，往往依使用者或使用的范围而具有各种不同的意义。下面列举国内外学者在对系统的解释，有利于我们对工程系统的认识和研究。

(1) 美国学者阿柯夫教授认为：“系统”是由两个或两个以上相互联系的任何种类的要素所构成的集合。因此，系统不是一个不可分解的要素，而是可以分成许多部分的整体；

(2) 奥地利生物学家普通系统论的奠基人，冯·贝塔朗菲把系统定义为：相互作用的诸要素的综合体；

(3) 日本工业标准“运筹学用语”中的定义是：许多组成要素保持有机的秩序，向同一目的行动的体系；

(4) 日本学者秋山稔、西川智登的解释是：所谓系统，就是“具有有机联系的、相互结合而成为一整体的、完成某种特定功能的多要素的有机结合体；

(5) 我国著名科学家、系统工程的倡导者钱学森给系统的定义是：把极其复杂的研究对象被称为“系统”，即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体，而且这个系统本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分；

以上是国内外部分学者在给系统的定义，其意义大同小异，这有助于我们对系统意义的理解。下面再把系统的基本特征加以介绍，以作为在处理问题时的基本观点和原则。

2、系统的特征：

人们对各种系统的分析，发现它有以下主要特征：

(1) 系统内部结构相对稳定性

系统内部结构相对稳定性主要表现为：

①在系统集合中，各组成元素（单元）之间是互相联系的，并组成一个整体；

②系统在量变过程中保持稳定性，而在系统内部结构在纵的方面表现为层次性（或等级性）和密切联系性。所谓层次性是指一个大的系统必有其所属的子系统，子系统还有其所属的下属系统，最小的一层子系统是由元素组成；

③系统内部结构的相对稳定性表现为系统结构的各等级、各层次都为完成共同的功能而运动。

总之，这种相对稳定性归结起来是，内部结构保证系统的有序性和组织性。

（2）系统对环境的适应性：

所谓系统对环境的适应性，就是系统与环境关系的相对稳定性。

系统是不可能离开环境而存在。环境对系统是通过输入影响系统，系统对环境通过输出而产生影响。只有当系统与其所处的环境相适应时，才能表现系统在完成其功能的稳定性。

（3）系统的可辩识性：

由于系统状态变量的可测性，必然发展成为系统的可辩识性。只有辩识系统才能对系统进行评价。不论是自然、人工系统或人工——自然复合系统，人们对其状态变量总是可以采用不同的手段以不同的精度进行量测和描述。在分析量测数据的基础上确定量化标准。因为，人们建造人工及复合系统或研究自然系统的目的，归根结底是要评价系统的优劣，并期望能有一个功能好而稳定的系统。由于科学技术的发展，就是庞大而复杂的系统，也可被人们所观测和认识的。如水循环系统是一个极其复杂而庞大的系统，但通过人们对大气环流、降水、蒸发、地表水、地下水、植被、地质、地形、植物蒸腾、土壤入渗等规律的观测和研究，揭示了水循环系统的基本运动规律，随着观测研究的不断深化，人们将进一步做出对水循环系统较完善的定量分析和评价。

（4）系统的结构及模型在系统研究中的作用：

人和其它动物在质上是不同的，但可以通过解剖动物，研究动物个体系统来研究人身系统的功能。为人治病的药物及其剂量标准，很多是来源于动物实验。如军事系统中的集中兵力打歼灭战的思想，可以用于农业生产、科学研究等系统上去。

（5）系统的功能及目的性：

所有的系统都具有一定的功能，为人工建造的灌溉系统其功能就是引水、蓄水、调水、输水、配水、灌水。其目的就是合理利用水源向灌溉土地的作物适时适量供水，以满足作物的需水要求，获得作物的稳产、优质、高产。一个较大系统常有数个目标。为一个大的水利枢纽工程其总目标虽是合理利用水资源，以求得最大的社会经济效果。但各自系统的目标则是不同的，如一个水库枢纽工程，常要求满足防洪、灌溉、发电、水生养殖的要求。当然各自系统的目标要服从上一级系统的总目标，这也是系统整体性的表现。

（6）系统的可控性：

由于系统所处环境条件的可变性及系统内部矛盾的发展与演变，不论是自然系统、人工系统还是复合系统，都处于变化之中，而且构成系统的各元素及各子系统的变化方向可能不同。有些系统的功能有朝着不利于人类的方向发展的可能性。对大系统来讲，若已形成系统功能的恶化，其造成的损失很大，再要使系统功能调节到良好的状况，就需化费较大的代价和较长的时间。当植被破坏而引起的水土流失、土地沙漠化，过量引水及灌溉造成土地盐碱

化等都是这类问题。因而，人们要自觉注意系统的可控性。由于系统的可辨识性，除宇宙、大自然系统外，人们可以通过正确的方法、手段和策略，对现存系统进行控制和改造。如国家颁布的森林法、水法、草原法、野生动物保护法等，就是国家通过政策促进生态系统朝着有利于人类的方向发展的措施。对系统实行控制的手段一般是通过调整系统内部的结构和单元之间的关系，改变对系统的输入（包括物质流、能量流、信息流）来实现。系统的反馈是检验系统稳定性的重要手段。系统的稳定性是系统可控性的重要标志。

（二）系统工程的概念和价值

1、系统工程的概念

关于“系统工程”的定义，它比系统的定义还不统一。“工程”这个词出现在十八世纪的欧洲，其本来的含义是专指作战兵器的制造和执行服务于军事目的的工作。即把服务于特定目的的各项工作的总体称为“工程”，如水利工程、机械工程、农业工程等。如果这个特定目的是系统的组织建立，或是系统的经营管理，就可以统统看成是“系统工程”。

尽管“系统工程”在国际上已成为一门非常活跃热门的学科，但由于应用范围广，且是一门正在发展的新兴学科，所以至今对系统工程概念的理解还处在热烈讨论阶段。各国从事系统工程的学者，根据自己的专业范围和对系统工程的理 解，提出系统的概念。这里仅举几个有代表性的定义。

（1）1975年美国科学技术辞典注释：系统工程是研究许多密切联系的元素所组成的复杂系统设计的学科。在设计时，应有明确的预定功能及目标，并使得各个组成元素之间以及各元素与系统整体之间有机联系，配合协调，从而使系统总体能够达到最佳的目标。同时还要考虑到参与系统中人的因素与作用；

（2）日本的寺野寿男认为：系统工程是对系统进行合理的开发、设计、运用等所用的思想、程序、组织、方法等的总称；

（3）日本田中明男的定义是：所谓系统工程学它的实践就是建立系统，但应注意，在建立系统时，一般而论，输入就是信息和数据，过程就是电子计算机的运算，输出就是电子计算机的运算结果。这就是说，系统工程学可以叫做电子计算机建立系统的学问；

（4）日本工业标准“运筹学用语”中的定义是：系统工程学是为了最优地达到系统目标而对系统的构成要素、组织结构、信息流通和控制机构进行分析的技术；

（5）钱学森同志的定义是：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，是一种对所有系统都具有普遍意义的方法；

（6）我国的林延江同志认为：系统工程学是用系统论的观点，控制论的基础，信息论的理论、经济管理科学的实质，现代数学的最优方法，电子计算机和其它有关工程学科的技术，溶合渗透而成的一门综合性的管理工程技术。反映了系统工程包括许多先进科学技术成果的边缘科学性质。它的任务不仅仅是系统的最优规划、设计和最佳运行及现代组织管理的技术，而且是各个系统中未来技术的预测。

根据以上几种定义，其共同的概念是：系统有它自己的目标（收益最大、投资最小），为了实现这个目标，就必须给系统以某种输入（信息或数据），而且根据目标的要求，采用电子计算机和其它运算手段，将输入给予适当的处理（加工），其中包括建立模型，对系统进行分析、评价和组织，以获取人们所需要的输出。

尽管众说纷云，我们也要在力所能及的范围作些探讨，以便把握它的研究和发展方向，并确定它的实际应用领域。

为此，现列出以下几个主要论点，以有助于对“系统工程”本质的理解。

(1) 系统工程是为解决工程进入系统发展时代所产生的系统性问题而发展起来的一门学科。所谓系统性问题，就是工程开发与现实社会环境之间的关系问题；

(2) 系统工程不同于传统的工程技术。系统工程是工程战略，是工程技术、组织管理和工程哲学的统一。就本质来说，系统工程是一门“社会——技术”学科。所谓“社会——技术”有两层含意：一是说明系统工程的任务是综合运用社会科学、经济科学、自然科学、工程技术等科学来解决工程开发中的社会性问题，使系统与自然环境、社会环境融合；二是表明工程工程的实质是“社会科学和工程技术相结合”，解决系统时代的系统性问题。

(3) 系统工程原理主要包括系统工程观念和系统工程方法论两个组成部分。

(4) 要把系统工程与工程系统区别开来。将系统工程原理运用于各个专业领域内，就形成了各专业领域的系统工程。它们各自去开发本专业领域内的工程系统。

(5) 系统工程的功用是为重大工程计划的主管人员决策时提供各种可供选择的方案、策略或专题研究报告。

将以上几点归纳起来，可以说系统工程就是从系统观念的高度来分析和处理现实世界中的各种实际问题，因此，从某种意义上讲系统工程是一种思想方法，而不是一种可以不偏不倚地照此办理就能得到预期结果的技术。有人用一句很风趣的话说，系统工程不是“菜谱”，这正是强调系统工程不是一种拿来就可以使用的简单的技术和方法。

从系统工程整个活动来看，系统的基本观念又可归纳为思想方法上的整体化、资源（技术、知识、设备、物质）利用的综合化和管理的科学化，简称之为整体化、综合化和管理想科学化。

以上是系统工程观念中主要的一些观念。从中可以清楚地看到，系统工程不同于传统的技术学科，而是一门与社会科学密切联系在一起的“社会——技术”学科。

2、系统工程的价值

系统工程最重要的价值之一，是用系统的观点，从整体协调出发，有效而合理地开发工程的价值。一项工程的开发首先要由以下各方面考察其是否可行？

(1) 一项工程的系统性开发，先要从社会经济能力分析，即能否花得起工程开发所需的费用，由那里出这笔钱？即财政上是否允许？

(2) 一项工程的系统性开发，必须看是否与现实社会相融合？如由社会的生产水平看，有无工程开发所需的能源和原料？工程投产后其产品有无用处？效果如何？所开发的工程与其它工程的配合、协调如何？

(3) 要从社会的技术水平上考察工程的系统性开发是否可行？即有无解决开发工程所要求的技术力量和技术装备？能否将所需的技术有效地综合起来，在工程完成的全过程起作用。

(4) 一项工程的系统开发能否实现，还要看能否将工程开发所需的各类人员有效地组织起来，形成一个结构严密、关系协调、职责分明、高效率的机构，并限定在一定的时间完成全部工程。

(5) 当工程系统建成后, 有无完善的运行管理技术, 是工程能否达到预期效果的重要条件。

我们很多工程之所以失败, 多数不是属于具体的专门技术问题, 而往往是由于上述系统性问题考虑失误而导致工程开发的全盘失败。

系统的价值还表现在系统是工程开发决策者的重要手段。单纯依靠权力决策, 对国家、人民是一种灾难, 尤其是较大系统问题的决策失误, 会造成极为严重的后果。工程决策者只有运用系统的思想和方法, 接受系统机构及人员, 提出的各种可供选择的工程系统开发方案, 择其完善而又切实可行的方案。制定出照顾各方利益的策略, 才能正确地使用权力实行系统最优决策。只有这样的决策才能为国家为人民, 为人类带来福音。在国外的所谓的智囊团, 就是由系统人员组成的参谋机构。对系统人员要求有较广的知识面, 同时强调要具有创造性、现实性、目的性和综合统一性的基本思想。

一项工程的开发, 应当注意技术问题的价值, 更应注意系统问题的价值, 这对系统人员 and 决策者都是重要的。系统上出问题一般都是大问题, 其后果往往很难调整和改变, 给社会带来的损失很大, 或形成巨大的灾难, 即使调整也要久费时日, 并付出较大的代价。技术问题上的失误易于调整和改正。所以工程开发的全部参与者都应十分注意技术问题的价值与系统问题价值的关系。在注意技术问题的同时用更大的注意力于系统问题。这正是在这个意义上我们将系统称为“工程战略”。体现这一基本思想的是工程技术、组织管理与哲学的统一。

实践证明, 对于任何一个较大的系统, 如果在“系统”上出了问题, 都是关系到全局的问题, 都很难收拾。例如, 美国在六十年代搞原子飞机, 由于在系统上出现了三大错误: 一是政治上的错误(在大气层飞行, 侵犯各国领空); 二是世界心理上错误(原子装置的威胁, 现代文明水平上不可接受); 三是效益概念上错误(飞行一个月才能看遍全球)。结果搞了三年, 花了60~100亿美元, 全部报废。又如, 我国宝山钢厂工程, 开始因缺乏系统分析, 别的不讲, 仅就加固地基就需要钢材20万吨。现在是往地下打钢杆60米深, 从技术上讲就是打600米、6000米深也没问题, 关键在于这样做在整体上它的价值。这些事例证明, 在工程开发中, 系统问题和技术问题的关系, 好比数学计划中的整数和小数的关系一样。系统出了问题用技术手段很难弥补, 就象数学计算时把整数弄错了, 尽管小数部分算得再精确, 也是无济于事的。因此, 在工程中必须强调系统的前提, 注意系统预测、决策, 在系统的统一规划下充分运用各种技术, 做到在顺利的条件下收益较大, 在困难条件下损失最小。正是在这个意义上, 系统的价值也正在于综合地开发技术, 开发系统的潜在价值, 避免潜在危险。

二、系统科学的学科体系

系统科学的理论方法体系, 按照从抽象到具体的程度可以形成类似金字塔式的结构。(如图)

第一层, 系统概念: 在系统部分已作了论述; 第二层, 一般系统理论: 指解决系统工程