

系统工程理论

XITONG GONGCHENG LILUN

郁 滨 等 编 著

中国科学技术大学出版社

系统工程理论

郁 滨 等 编著

中国科学技术大学出版社

· 合 肥 ·

内 容 简 介

系统工程是从总体出发,合理规划、开发、运行、管理及保障一个大规模复杂系统所需思想、理论、方法与技术的总称。本书从系统工程过程出发,以系统工程的理论和方法为重点,系统地阐述了系统工程的基本理论、应用理论、系统评价、预测和决策理论,归纳总结了系统工程常用的方法和技术,使读者能够全方位地了解和掌握系统工程理论、技术、方法以及过程。

本书力求采用理论体系、基本概念及结合实际阐述问题,强调理论与实际相结合,通过实例说明原理。取材既有经典的参考文献,又有最新的研究成果,反映了国内外系统工程领域的研究水平。内容充实,结构清晰,图表丰富,便于读者系统了解系统工程的理论体系和方法。可作为理、工、经济、管理、军事类专业研究生教材,对有关的管理工作者、科学研究人员以及工程技术人员也有重要的参考和使用价值。

图书在版编目(CIP)数据

系统工程理论/郁滨 等编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2009. 2
ISBN 978-7-312-02421-4

I. 系… II. 郁… III. 系统—工程—理论 IV. N945

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 187902 号

责 任 编 辑:张善金 吴月红

出 版 者:中国科学技术大学出版社

地 址:合肥市金寨路 96 号 邮编:230026

网 址:<http://www.press.ustc.edu.cn>

电 话:发行部 0551-3602905 邮购部 0551-3602906

印 刷 者:合肥现代印务有限公司

发 行 者:中国科学技术大学出版社

经 销 者:全国新华书店

开 本:710mm×960mm 1/16

印 张:28.25

字 数:538 千

版 次:2009 年 2 月第 1 版

印 次:2009 年 2 月第 1 次印刷

定 价:42.00 元

前 言

系统工程是 20 世纪中期开始兴起的一门综合性学科,内容涉及系统论、控制论、信息论、耗散结构、协同学、突变论、运筹学、决策理论、大系统理论、超循环论、仿真技术、模拟技术、及系统工程过程等诸多方面。系统工程是从总体出发,合理规划、开发、运行、管理及保障的一个大规模复杂系统所需思想、理论、方法与技术的总称。科学技术的发展,社会、经济及管理环境的变化,以及系统性问题及管理的要求日益迫切,都要求人们按照系统的观点和采用系统分析的方法来认识、改造世界。

本书以系统工程的过程为主线,以系统工程的理论和方法为重点,系统地阐述了系统工程的基本理论、系统建模和分析理论、系统评价、预测和决策理论,归纳总结了系统工程常用的方法和技术,为了更好地理解这些理论和方法,每一部分都配置了大量的实例与思考练习题。

系统工程经过四十多年的发展,已经逐渐发展成为一门学科,其方法技术体系已经非常庞大,其理论体系尚在发展过程中。本书结合国内外系统工程发展现状,综合众家之长,界定或澄清了一些基本概念,试图系统地总结系统工程的基本理论,力求详细分析并建立系统工程全过程的理论体系,并通过分析,阐述了系统工程理论方法的具体应用。在编撰时,面向一般系统,从理论、工程、技术、管理、测试直至全生命周期给出了全面的论述。

本书的特点包括:内容新,在介绍系统工程基础理论的基础上,首次提出了系统工程的应用理论,并运用于系统工程全过程之中。写法新,在内容选择上,注重将系统、系统科学、一般系统论、大系统理论和开放的复杂巨系统融会在一起,能够使学生在有限的教学课时里,领略和学习到有关系统理论的全部知识;在内容安排上,每章先从理论讲起,再分类介绍相应的技术;在内容阐述上,既注重概念的准确性、条理性,又注重深入浅出、循序渐进。读者面广,本书适用于理、工、经济、管

理、军事类专业的研究生和科研工作人员。另外,本书内容充实,结构清晰,图表丰富,便于读者系统了解系统工程的理论体系和方法,可作为理工科有关专业硕士、博士研究生生的教材,也可供管理者、科学研究人员和工程技术人员参考使用。

全书共7章:第1章介绍了系统工程的产生、概念、理论体系及其发展应用等基本知识;第2章简述了系统工程的基础理论,包括系统论基础、控制理论基础、信息论基础以及耗散结构、突变论及协同学等基础知识;第3章阐述了系统模型和系统结构模型,着重论述了连续时间系统模型和离散事件系统模型;第4章阐述了系统分析的基本知识,包括系统目标分析、系统环境分析、系统结构分析和系统可靠性分析等相关内容;第5章在阐述系统分析、系统评价、系统预测和系统决策理论的基础上,给出了各种常用的系统工程方法;第6章介绍了系统仿真的基本理论与方法,包括连续系统仿真、离散事件系统仿真和系统动力学仿真原理和方法;第7章综合运用系统工程的理论、方法和技术,详细阐述了系统工程生命周期内各个阶段的问题及解决方案。各章结尾处均配有习题和思考题,便于读者对各部分知识要点的巩固。对于一些技术方法,书中给出了相应的应用实例,有利于扩展学生对系统工程的应用思路。

本书第1、2、7章由郁滨编写,第4、5章由王付明编写,第3、6章由孙海传编写。刘连东、房礼国讲师以及研究生朱璇、梁军学、王翠、高欣、蔡振国、李颖川、王利涛、徐晓辉、黄金、张松良、智韬、谢永生等在外文资料翻译整理、文字录入、校对、作图等方面做了大量烦琐而细致的工作,在此一并表示衷心的感谢!

此外,在本书的编写中,查阅参考了大量国内外相关的书籍和文献,在此也向参考文献的国内外作者表示诚挚的谢意!

由于时间仓促,难免挂一漏万,加之作者水平有限,书中错误和不足在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2009年1月

目次

前言	(i)
第 1 章 绪论	(1)
1.1 系统工程的产生	(1)
1.1.1 历史渊源	(2)
1.1.2 产生过程	(2)
1.1.3 系统工程的发展	(5)
1.2 系统的概念	(10)
1.2.1 系统的定义	(10)
1.2.2 系统的特点	(12)
1.2.3 系统的过程模型	(13)
1.3 系统的理论体系	(14)
1.3.1 系统科学及其体系结构	(14)
1.3.2 系统的基础理论	(19)
1.3.3 系统的应用理论	(22)
1.4 系统的展望与应用	(25)
1.4.1 未来设想及展望	(25)
1.4.2 系统的应用	(26)
思考题	(27)
第 2 章 系统的基本理论	(29)
2.1 系统论基础	(29)
2.1.1 系统、元素与非系统	(30)
2.1.2 系统论的任务与基本观点	(32)
2.1.3 系统整体实现原理	(34)
2.1.4 系统等级层次原理	(36)

2.1.5 系统环境互塑共生原理	(40)
2.1.6 系统的秩序	(44)
2.1.7 系统的演化	(45)
2.2 控制理论基础	(48)
2.2.1 控制论的产生与发展	(48)
2.2.2 控制及控制的核心问题	(50)
2.2.3 控制的主要方法与技术	(51)
2.2.4 控制任务	(52)
2.2.5 控制方式	(55)
2.2.6 控制系统的描述形式	(58)
2.2.7 系统最优控制	(59)
2.3 信息论基础	(63)
2.3.1 信息论的产生与分类	(63)
2.3.2 信息、信息量与信息熵	(64)
2.3.3 信息的本质和一般特性	(70)
2.3.4 通信系统	(71)
2.3.5 信息技术与信息方法	(76)
2.3.6 信息与系统	(79)
2.4 耗散结构、突变论及协同学	(80)
2.4.1 耗散结构(Dissipative Structure)	(81)
2.4.2 突变论(Catastrophe Theory)	(85)
2.4.3 协同学(Synergetics)	(89)
思考题	(91)
第3章 系统模型	(92)
3.1 系统模型概述	(92)
3.1.1 系统模型的概念	(93)
3.1.2 系统模型的分类	(95)
3.1.3 系统建模的方法	(97)
3.2 系统结构模型	(101)
3.2.1 结构模型概述	(101)
3.2.2 系统的解析结构模型	(105)

3.2.3 系统的模糊结构模型	(115)
3.3 连续时间系统模型	(120)
3.3.1 微分方程	(120)
3.3.2 传递函数	(122)
3.3.3 状态方程	(123)
3.3.4 结构图	(125)
3.4 离散时间系统模型	(127)
3.4.1 系统的差分方程	(127)
3.4.2 离散传递函数	(127)
3.4.3 离散状态空间模型	(127)
3.4.4 结构图表示	(128)
3.5 系统建模技术新进展	(128)
思考题	(130)
第4章 系统分析	(131)
4.1 系统分析概述	(131)
4.1.1 系统分析意义	(131)
4.1.2 系统分析定义	(133)
4.1.3 系统分析的内容	(133)
4.1.4 步骤	(139)
4.1.5 方法	(142)
4.2 系统目标分析	(146)
4.2.1 建立目标集的基本原则	(147)
4.2.2 目标分类	(147)
4.2.3 目标建立	(148)
4.2.4 目标冲突	(151)
4.3 系统环境分析	(152)
4.3.1 概念	(153)
4.3.2 环境因素分类	(153)
4.3.3 环境因素的确定与评价	(156)
4.4 系统结构分析	(159)
4.4.1 概念	(159)

4.4.2	系统要素集分析	(159)
4.4.3	系统相关性分析	(160)
4.4.4	系统整体分析	(161)
4.5	系统可靠性分析	(161)
4.5.1	可靠性指标	(162)
4.5.2	可靠性指标体系	(163)
4.5.3	典型系统可靠性模型	(165)
	思考题	(169)
第5章 系统工程方法和技术 (170)		
5.1	系统工程方法论	(170)
5.1.1	霍尔三维结构模式	(171)
5.1.2	切克兰德调查学习模式	(174)
5.1.3	检查表模式	(175)
5.1.4	综合集成研讨厅模式	(176)
5.2	系统分析方法	(181)
5.2.1	层次分析法	(181)
5.2.2	主成分分析法	(190)
5.2.3	因子分析法	(198)
5.3	系统评价方法	(204)
5.3.1	评价方法概述	(204)
5.3.2	专家咨询法	(204)
5.3.3	费用—效益分析法	(206)
5.3.4	价值分析法	(207)
5.3.5	模糊综合评价法	(211)
5.3.6	灰色综合评价法	(218)
5.4	系统预测方法	(226)
5.4.1	系统预测概述	(226)
5.4.2	时间序列分析预测	(229)
5.4.3	平滑预测法	(232)
5.4.4	回归分析预测	(245)
5.4.5	模糊预测	(257)

5.4.6 灰色预测	(265)
5.5 系统决策方法	(275)
5.5.1 决策树方法	(277)
5.5.2 贝叶斯决策方法	(279)
5.5.3 多准则决策	(282)
思考题	(293)
第6章 系统仿真	(295)
6.1 系统仿真概述	(295)
6.1.1 系统仿真概念	(295)
6.1.2 系统仿真分类	(297)
6.1.3 系统仿真步骤	(299)
6.1.4 系统仿真的发展与展望	(302)
6.2 连续系统仿真	(305)
6.2.1 基于离散相似原理的数字仿真	(306)
6.2.2 基于 Taylor 级数匹配原理的仿真	(311)
6.2.3 实时半实物仿真	(317)
6.3 离散事件系统仿真	(321)
6.3.1 静态离散系统仿真	(321)
6.3.2 动态离散系统仿真	(324)
思考题	(330)
第7章 系统工程过程	(332)
7.1 概念系统设计	(332)
7.1.1 需求辨识	(332)
7.1.2 可行性分析	(334)
7.1.3 初始系统规划	(334)
7.1.4 系统需求分析	(335)
7.1.5 技术性能测量	(339)
7.1.6 功能分析与分配	(340)
7.1.7 综合、分析与估计	(342)
7.1.8 系统说明书	(344)

7.1.9	概念设计评审	(344)
7.2	初步系统设计	(346)
7.2.1	子系统功能分析	(346)
7.2.2	需求分配	(349)
7.2.3	设计需求(参数)	(350)
7.2.4	工程设计技术	(352)
7.2.5	综合与设计定义	(356)
7.2.6	系统设计评审	(357)
7.3	详细设计与开发	(357)
7.3.1	详细设计要求	(357)
7.3.2	集成系统元素	(359)
7.3.3	工程设计活动	(361)
7.3.4	详细设计助手	(364)
7.3.5	详细设计文档	(365)
7.3.6	系统原型开发	(368)
7.3.7	详细设计评审	(369)
7.4	系统测试与评估	(373)
7.4.1	测试与评估需求	(373)
7.4.2	系统/部件测试类型	(375)
7.4.3	测试与评估计划	(378)
7.4.4	测试与评估准备	(380)
7.4.5	测试性能与报告	(382)
7.4.6	系统修改	(388)
7.5	系统分析与控制	(389)
7.5.1	折中研究	(390)
7.5.2	成本效益性能分析	(391)
7.5.3	配置管理	(391)
7.5.4	接口管理	(391)
7.5.5	数据管理	(392)
7.6	计划与管理	(392)
7.6.1	系统工程计划	(392)
7.6.2	系统工程管理计划(SEMP)	(393)

7.6.3	系统工程组织	(406)
7.6.4	组织的目的和目标	(415)
7.6.5	工程活动的方向与控制	(416)
7.6.6	项目估计因素	(423)
7.6.7	过程风险管理	(426)
7.7	运行与支持	(431)
7.7.1	安装与测试	(431)
7.7.2	运行与维护	(432)
7.7.3	服务与培训	(434)
7.8	系统报废	(435)
思考题		(435)
参考文献		(438)

第1章 绪 论

作为人类知识总体系的一部分,系统工程直接用于改造客观世界的实践活动,应用于解决实际问题,强调的是实用性,与传统的土木工程、冶金技术等“物理”工程技术不同,系统工程是“事理”工程技术,即人们办事的技术。传统工程是硬技术,即关于设计、制造、操作使用物质工具和机器的技术;系统工程是软技术,即组织管理各种社会活动的方法、步骤、程序的总和。建设一个新系统,改造一个既有系统,运行一个已建成的系统,都需要组织管理的技术,正如钱学森所说:“‘系统工程’是组织‘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’都具有普遍意义的科学方法”。即使简单的小系统,如处理个人日常事务,系统工程的思想方法也是有用的,但只有涉及多人多因素的大型复杂事务的组织管理问题,才能充分体现系统工程方法的必要性和优越性。愈是大型复杂的组织管理活动,愈能体现工程学的科学性和重要性。

系统工程有别于传统工程的另一特点是强调用系统观点处理工程问题,属于系统科学的工程技术,要求使用者自觉地把工程对象看作系统。系统工程工作者关心的主要不是用什么材料和模具、采用什么编程工具,如何切割加工、如何组装、如何编写调试程序等具体技术问题,而是事理系统的构成要素、结构方式、整体目标、约束条件、系统与环境的关系等组织管理问题,是总体协调、目标优化之类问题。系统观点不仅表现在强调对象的系统性,还在于强调所用方法的系统性,系统概念被置于这种工程技术的中心位置。因此,从前者出发,应把系统工程定义为处理系统问题的工程技术;从后者出发,应把系统工程定义为用系统观点和方法处理工程问题的技术。

1.1 系统工程的产生

系统工程与科学技术的发展一样源远流长,系统与系统工程的思想可以追溯到古代。系统工程产生于20世纪40年代,经历了初创阶段、形成阶段和成熟阶段,于20世纪60年代形成了体系。

1.1.1 历史渊源

系统工程的思想方法和实际应用可追溯到远古时代。中华民族的祖先在了解和改造自然的实践和大量的社会活动中,早有许多朴素的系统工程思想和应用实例。

在军事方面,早在公元前 500 年的春秋时期,就有著名的军事家孙武写出了“孙子兵法”十三篇,指出战争中的战略和策略问题,如进攻和防御、速决和持久、分散和集中等之间的相互依存和相互制约的关系,并依此筹划战争的对策,以取得战争的胜利。其著名论点,“知己知彼,百战不殆”,“以我之长,攻敌之短”等,不仅在古代,而且在当代的战争中都有指导意义,在当今激烈的国际市场竞争和社会经济各个领域的发展中,这些论断同样具有现实意义。

战国时期,著名军事家孙臆继承和发展了孙武的学说,著有“孙臆兵法”,在齐王与田忌赛马中,孙臆提出的以下、上、中对上、中、下对策,使处于劣势的田忌战胜齐王,这是从总体出发制定对抗策略的一个著名事例。

在水利建设方面,战国时期,秦国太守李冰父子主持修建了四川都江堰工程。这一伟大水利工程巧妙地将分洪、引水和排沙结合起来,使各部分组成一个整体,实现了防洪、灌溉、行舟、漂木等多种功能。至今,该工程仍在发挥着重大的经济效益,是我国古代水利建设的一大杰出成就。

在建设施工方面,北宋真宗年间,皇城失火,宫殿烧毁,大臣丁谓主持了皇宫修复工程。他采用了一套综合施工方案,先在需要重建的通衢大道上就近取土烧砖,在取土后的通衢深沟中引入汴水,形成人工河,再由此水路运入建筑材料,从而加快了工程进度。皇宫修复后,又将碎砖废土填入沟中,重修通衢大道,使烧砖、运输建筑材料和处理废墟三项繁重工程任务协调起来,从而在总体上得到了最佳解决,一举三得,节省了大量劳力、费用和时间。

在医学、农业等方面,我国古代也有许多著名学者用朴素的系统思想和方法取得了伟大成就。这些都为我们今天研究和发展系统工程的理论体系,提供了宝贵的借鉴和重要的启示。

1.1.2 产生过程

系统工程的萌芽时期可追溯到 20 世纪初的 F·W·泰勒(F. W. Taylor)系统。为了提高工效,泰勒研究了合理工序和工人活动的关系,探索了管理的规律,1911 年他的《科学管理的原理》一书问世后,工业界出现了“泰勒系统”。

随着现代科学技术的迅猛发展,系统工程的思想方法和理论技术不断涌现出来。系统工程的产生与形成过程大致可以分为初创、形成和成熟三个阶段。

1. 初创阶段

系统工程的初创阶段是个别研究和简单应用阶段,几个标志性成果如下:

(1) 近代科学技术的发展,特别是计算机的出现和广泛使用,使系统工程在世界范围内迅速发展起来,许多国家有不少成功的重大研究成果。第一次提出“系统工程”这一名词的是1940年在美国贝尔电话公司试验室工作的E·C·莫利纳(E. C. Molina)和在丹麦哥本哈根电话公司工作的A·K·爱尔朗(A. K. Erlang),他们在研制电话自动交换机时,意识到不能只注意电话机和交换台设备技术的研究,还要从通信网络的总体上进行研究。他们把研制工作分为规划、研究、开发、应用和通用工程等五个阶段。他们用系统工程方法研究得出的结论是“电话机的技术是次要的,运用电话网络本身比研制电话机更重要”。以后又提出了排队论原理,并应用到电话通信网络系统中,推动了电话事业的飞速发展。

(2) 第二次世界大战期间,同盟国以大规模作战系统为研究对象,为协调雷达系统、防空系统、护航系统、后勤系统、军事指挥系统,创立了排队论、线性规划等优化技术,形成了运筹学。战后,运筹学得到了广泛应用,并成为系统工程的重要理论基础。

(3) 1940年~1945年,美国制造原子弹的“曼哈顿”计划,采用了规划、计划、多方案优选的系统工程方法,取得了成功。

(4) 1945年,美国建立兰德公司(RAND Corp),该公司是一个由近2000人组成的“智囊团”,没有硬件,没有试验室,这些科学家专门为美国国防部研制武器规划和方案。他们运用数学方法结合工程方法,创造了“系统分析”方法,这是权衡各种备选方案的费用和效益,帮助决策人员选择一个最佳方案的分析过程。这一方法得到了广泛的应用,在美国国家发展战略、国防系统开发、宇宙空间技术以及经济建设领域的重大决策中,发挥了重要作用,“兰德”又被誉为“思想库”和“智囊团”。

2. 形成阶段

系统工程的形成阶段大约在1957年~1965年期间,系统工程被自觉运用,理论和方法都得到进一步发展。这一阶段的主要标志性成果有:

(1) 1950年,美国麻省理工学院开设了系统工程方法课程,运用系统工程方法进行管理,取得了一定的效果。

(2) 1957年,美国密执安大学的古德(H. Gonde)和麦克霍尔(R. Machol)的专著《系统工程》问世。

(3) 1958年,美国海军特种计划局研制北极星导弹,产生了计划评审技术

(PERT)。这一系统工程方法在北极星核潜艇的研制过程中发挥了重要作用,使研制任务提前两年完成。

上世纪 50 年代后期和 60 年代中期,美国为改变空间技术落后于前苏联的局面,先后制定和执行了北极星导弹核潜艇计划和阿波罗登月计划。阿波罗登月计划是一项巨大的工程,从 1961 年开始,持续了 11 年。该工程有三百多万个部件,耗资 244 亿美元,参加者有两万多个企业与 120 所大学和研究机构。整个工程在计划进度、质量检验、可靠性评价和管理过程等方面都采用了系统工程方法,并创造了“计划评审技术(PERT)”和“随机网络技术”(又称“图解评审技术(GERT)”),实现了时间进度、质量技术与经费管理三者的统一。在实施该工程的过程中及时向各层决策机构提供信息和方案,供各层决策者使用,保证了各个领域的相互平衡,如期完成了总体目标。

(4) 1962 年美国国防部长麦克纳马拉提出规划、计划、预算系统(PPBS),提出三军联合起来统一预算,并创立系统分析部,大力推行系统工程。在他担任国防部长的 7 年间,共节约几百亿美元。

(5) 1963 年美国亚利桑那大学设立工程工程系,另一些大学也开设了有关专业或课程。同时,美国电工电子工程师学会(IEEE)设立了系统工程学科委员会,还举行系统工程年会,出版系统工程刊物。系统工程开始成为一门独立的学科。

3. 初步成熟阶段

所谓成熟阶段,即理论和方法基本完善,得到世界性公认的阶段。这一阶段重要的标志性成果如下:

(1) 1965 年美国出版了《系统工程手册》,介绍了系统工程理论、系统技术、系统数学等,基本上概括了系统工程的全面内容。该书的出版是系统工程理论基本成熟的标志。

(2) 1972 年美国“阿波罗”登月计划成功,该计划采用了计划评审技术(PERT)、图解评审技术(GERT)等一系列系统工程方法。

(3) 世界各国广泛研究、应用系统工程。前苏联制定“国民经济计划的自动估算系统”,取得一定成效。日本在 20 世纪 60 年代末引进系统工程观点,开始出版系统工程丛书,到 1975 年,已有 11 万多个系统工程师。20 世纪 70 年代北欧在建造可调容量达 $4500 \times 104 \text{ kW}$ 左右的跨国电网中成功地运用了系统工程方法。1970 年~1974 年间墨西哥政府与世界银行合作制定改造农业的计划以及韩国编制的第一个五年计划中都应用了系统工程方法。1972 年“国际应用系统分析研究所”在维也纳成立。

1.1.3 系统工程的发展

复杂的大系统、巨系统具有跨学科、跨行业的特点,是成千上万、几十万人从事的集体事业。面对复杂的大系统、巨系统,如何构建、运营、管理它?如何优化资源配置、提高经济效益?如何加强正面效应、减少负面效应?如何发挥积极效应、化解消极因素?如何实现可持续发展,既满足当代人的需要,又不损害后代人的发展?等等,要解决这些错综复杂的问题,就需要综合治理。系统工程正是一大类综合治理的工程技术,它是大生产和科学技术高度发展的产物。

1. 发展概况

计算机的迅速发展,为复杂大系统的分析提供了有力的工具。上世纪70年代以来,随着微型计算机的发展,出现了分级分布控制系统和分散信号处理系统,扩展了系统工程理论方法的应用范围。近年来,社会、经济与环境综合性的大系统问题日益增多,如环境污染、人口增长、交通事故、军备竞赛等。许多技术性问题也带有政治、经济的因素,如北欧跨国电网的供电问题。这个电网有水、火、核等多种能源形式,规模庞大,电网调度本身在技术上已相当复杂,还要受到各国经济利益冲突、地理条件限制、环境保护政策制约和人口迁移状况的影响,因此,负荷调度的目标和最佳运行方式的评价标准十分复杂,涉及多个国家社会经济因素。该电网的系统分析者要综合这些因素,对4500万千瓦的电力做出合理的并能被接受的调度方案,提交各国讨论、协调和决策,这是个典型的系统工程问题。

“科学技术是第一生产力”。科学技术发展的突飞猛进,推动着社会生产力的规模和水平迅速发展。现代科学技术的发展有如下两个主要特征:

1) 指数式的急剧增长

20世纪以来(尤其是后半叶),科学技术发展迅猛,科学知识在短时间内急剧增长,有人称之为知识爆炸,科技成果的数量呈指数增长形式。人类取得的科技成果的数量比过去两千年的总和还要多。有关统计表明:人类科技知识的积累,19世纪是每50年翻一番,20世纪中叶是每10年翻一番,后来缩短到每3年~5年就翻一番,甚至更短。相应地,知识陈旧和更新的速度加快。20世纪末,很多学者和领导人认为,人类社会正在步入知识经济时代。

据统计,18世纪知识陈旧周期为80年~90年;19世纪到20世纪初,知识陈旧率为30年,近50年来又缩短为15年,如今已缩短为5年~10年,甚至更短。所以,人们强调继续教育、终身学习,强调学习型组织、学习型社会。

2) 学科的高度分化与高度综合并存

几千年来,人类对客观世界的认识,从浑然一体到分门别类的研究,又到综合