



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
工业工程专业新形态系列教材

系统工程概论

(第三版)

周德群 贺峰光 主编

 科学出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
工业工程专业新形态系列教材

系统工程概论

(第三版)

主 编 周德群 贺峥光
副主编 章 玲 张力菠 王群伟

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统地介绍系统工程的有关理论与方法,重点介绍系统与系统工程的一般概念、系统工程方法论、系统环境分析、系统建模、系统结构模型化方法、系统仿真、系统动力学、系统评价、系统决策和系统工程的最新进展等内容。其中,有些内容是同类书籍中首次发表的,为了方便读者掌握书中的有关理论与方法,本书各章给出了一定量的思考题与习题并在书末附有重要的参考文献。

本书可供高等院校经济管理类专业的本科生和研究生使用,也可作为有关专业的教学参考书,同时可供各级行政干部、企业管理人员、工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

系统工程概论/周德群,贺峥光主编. —3版. —北京:科学出版社, 2017.6

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材 工业工程专业新形态系列教材

ISBN 978-7-03-051992-4

I. ①系… II. ①周… ②贺… III. ①系统工程—高等学校—教材
IV. ①N945

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第044095号

责任编辑:兰 鹏/责任校对:贾伟娟
责任印制:霍 兵/封面设计:蓝正设计

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencecp.com>

北京市密东印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年10月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010年7月第 二 版 印张:15

2017年6月第 三 版 字数:356 000

2017年6月第十八次印刷

定价:38.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



我国是制造业大国，但还称不上制造业强国。实现从粗放式管理向以集成化、信息化、网络化为特征的精益管理转变，是提升我国制造业核心竞争力、迈向全球制造业强国的必由之路。工业工程作为一门帮助提升产品与服务质量、提升管理水平与效能、降低运营成本、实现绿色发展的交叉学科，在我国由制造业大国向制造业强国的转变中将扮演至关重要的角色。

根据教育部高等学校工业工程类专业教学指导委员会所制定的《工业工程类专业本科教学质量国家标准》中的定义，工业工程(industrial engineering, IE)是应用自然科学与社会科学知识，特别是工程科学中系统分析、规划、设计、控制和评价等手段，解决生产与服务系统的效率、质量、成本、标准化及环境友好等管理与工程综合性问题的理论和方法体系，具有交叉性、系统性、人本性与创新性等特征，适用于国民经济多种产业，在社会与经济发展中起着重要的积极推动作用，亦可称为产业工程。

我校工业工程专业办学历史较长，是全国工业工程专业发起高校之一。1985年，在管理工程专业下设置了工业工程专业方向招收本科生。1995年，经国务院学位委员会办公室批准设立了工业工程硕士点，这是江苏省高校中的唯一的工业工程硕士点。1998年教育部调整本科专业目录后，便直接以工业工程专业名称面向全国招收本科生。1999年经国务院学位委员会办公室批准获得了工业工程领域工程硕士专业学位授予权，是国内最早获得该专业学位授予权的高校之一。2000年，工业工程成为管理科学与工程一级学科博士点的主要研究方向，至此，工业工程在我校形成了从本科至博士后完整的人才培养体系。

围绕工业工程专业人才的培养，我校建成了两个国家级人才培养模式创新实验区。2005年，工业工程被评为江苏省工业工程领域首批唯一的品牌专业，2012年，该专业被评为江苏省唯一以工业工程为核心专业的重点专业类，同年，被评为工业和信息化部工业工程领域唯一的重点专业。2015年，列入江苏省高校品牌专业建设工程进行重点建设。2011~2015年由中国统计出版社出版的《挑大学选专业——高考志愿填报指南》将我校工业工程专业与清华大学、上海交通大学同列前三甲。我校工业工程专业自成立以来，在成长中不断进步、逐渐成熟。经过多年探索，建成了工业工程创新人才培养的“三链”(教学资源保障链、实习实践保障链、能力拓展保障链)体系，形成了“工—管—理”深度交叉的创新人才培养新模式，先后获得了两项江苏省高等学校教学成果一等奖

和一项二等奖。建成了一个国家级教学团队、两个省级创新团队。我校还是江苏省机械工程学会工业工程专业委员会的主任委员单位，是全国工业工程专业教学指导委员会副主任委员单位，是华东地区工业工程教学与专业发展学会发起单位之一。

加强教学资源建设是我院工业工程专业建设的重要抓手之一。我们提出以“教材”作为教学资源建设的切入点，以教材建设牵引教学团队能力提升。为此，我们积极打造特色化精品教材，2005 年与科学出版社共同策划，在全国范围最早推出了工业工程专业系列教材，并被众多高校选用，多数教材数次印刷，受到师生好评。2014 年，我们又与电子工业出版社合作出版了 12 本工业工程领域工程硕士学位系列教材，这是我国工业工程领域工程硕士的首套系列教材。“十一五”“十二五”期间，我们组织教师编写、出版教材 40 余种，其中，9 部教材入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材，4 部教材入选“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材，3 部教材入选工业和信息化部“十二五”规划教材，《应用统计学》被评为国家精品教材，6 部教材被评为江苏省精品教材和重点教材。一批优秀教材的出版为工业工程人才培养质量的不断提高奠定了坚实的基础。

随着教学改革不断推进，特别是互联网与多媒体时代背景对高校教育教学改革提出了新的要求，慕课、翻转课堂相继出现，同时对教材的内容与形式也提出了新的挑战，这次对系列教材进行第二次整体修订，充分考虑了这种需求的变化，参照《工业工程类专业本科教学质量国家标准》对工业工程基础课程与专业课程的要求，同时融入了作者近年来取得的教学改革成果，在修订过程中，一方面继续保持系列教材简明扼要、深入浅出、通俗易懂、易于自学的特点；另一方面力求通过数字化形式融入更加丰富的学习素材，并且大力邀请领域内有着丰富工作经验的相关企业人员参与教材的补充完善，以持续地提升教材质量，履行读者至上的承诺。

在教材的出版与使用过程中，同行们通过会议、邮件、电话、微信等多种方式给予我们许多支持与鼓励，也无私地给出了许多富有建设性的反馈意见，对此我们深表感谢！我们殷切希望广大读者在使用中继续帮助我们不断改进提升。

系列教材的再版得到了南京航空航天大学教材出版基金和江苏省高校品牌专业建设工程专项资金的资助，在此，特表深深的谢意！同时也特别感谢科学出版社的大力支持，他们不仅为教材出版辛勤地付出了许多，而且有着一种可贵的与时俱进精神。

周德群

教育部高等学校工业工程类专业教学指导委员会副主任委员
南京航空航天大学经济与管理学院院长、教授、博士生导师

2016 年 5 月

前言

现代社会纷繁而复杂,无论是组织还是个人,所面临的问题都越来越复杂,常有“剪不断,理还乱”之感,因此,能够帮助人们思考并解决这些复杂问题的方法显得越来越重要。系统工程是其中的一类重要方法,自从它诞生以来,为人类社会利用有限的资源处理复杂问题提供了有力的支持。值得庆幸的是,现在已经有越来越多的人在习惯性或自觉地使用系统工程的词汇和它独到的方法论。

系统工程是一门处理复杂问题的学科,它在本质上要求将复杂问题作为一个整体来思考,通过定性和定量相结合的方法研究系统与环境、系统内部各要素之间的关联,寻求一条可以满意地解决问题的方案和途径。系统思考是我国传统文化宝库中的璀璨之星,是中华文明与智慧生生不息之源。20世纪70年代至今,系统工程在我国得到了迅速发展,它的核心思想和技术方法广泛地应用到国民经济建设和社会发展的各个领域,大飞机研制、载人航天等标志性的重大工程项目无不是系统工程应用的杰出典范,交通拥堵、环境污染、社会治理等社会经济问题无不体现出系统管理问题的复杂性与重要性。近年来,针对复杂系统的系统工程方法论有了重要进展,所解决问题的广度与深度正在突破人们的思维极限,海量信息与大数据应用、智能技术开发为认识和管理复杂系统提供了新的途径。

本书为经济管理类专业的本科生和研究生而写,考虑到经济管理类专业教学大纲的要求,兼顾有关工程技术专业在高年级讲授系统工程的需要。教学内容重点可视不同的学员对象而具体选择。与同类教材明显的区别在于,本书既反映系统工程所具有的综合性特点,又注意与其他课程的联系与分工。系统工程具有很强的实践性,因此,本书在内容安排上力求反映系统工程学科最新的研究成果。

本书共分为10章。

第1章简要介绍系统的一般理论与系统工程的历史与现状,包括系统的概念与特征、系统结构与功能、系统的环境与不确定性、系统工程的产生与发展、系统工程的概念与特征以及学科基础。

第2章对中外系统工程方法论进行全面考察,并将其归纳为5个代表性的流派:以兰德公司为代表的系统分析方法论、以系统生命周期为代表的系统工程方法论、以Hall为代表的硬系统工程方法论、以Checkland为代表的软系统工程方法论、以钱学森为代表的综合集成方法论。

第3章简要介绍系统环境分析,它是系统定义与系统问题考察的基本出发点,介绍系统环境与边界的概念、系统环境的主要内容分类,以及系统环境的分析方法。

第4章介绍系统建模,模型是系统工程解决问题的重要工具,本章的主要内容包括建模在系统分析中的作用、系统建模的一般原理、系统模型的分类以及常用的几类经济数学模型。

第5章较为详细地介绍系统结构模型化方法,这是一类对复杂系统进行辨识的定性方法与定量相结合的方法,对系统结构的概念、特性、逻辑关系分析方法以及系统的结构表述进行描述,并介绍两种常见的系统结构建模方法:决策试验与评价实验室和解释性结构模型化方法。

第6章介绍系统仿真,包括系统仿真概论、系统仿真的建模过程、离散事件系统仿真与连续系统仿真以及计算实验。

第7章就系统仿真中的一类特殊技术——系统动力学进行专门介绍,着重介绍系统动力学概念与特点、因果关系与反馈环、系统动力学模型、DYNAMO 语言编程、流程图绘制与方程设计实例、系统动力学仿真软件 Vensim 及其应用。

第8章是系统评价,这是系统工程中一类非常活跃的研究与应用领域。重点介绍系统评价的原理、指标体系、赋权方法以及系统综合评价等内容,并对几种常用的评价方法,如层次分析法、模糊评价法、可能-满意度法、主成分分析法、数据包络分析进行介绍。

第9章是系统决策,着重介绍风险决策、贝叶斯决策、效用理论等问题以及决策支持系统与冲突分析方法等相关内容。

第10章是系统工程的最新进展,对复杂系统、复杂系统工程、系统的系统、体系工程等系统工程学前沿理论与方法进行介绍。

与前两版相比,这一版在结构安排上更加紧凑,特别是在前三章,编者力求将有关概念、背景深入浅出地介绍给读者,再版后的内容更为精炼,与其他章节关系更加清晰。系统工程是应用性非常强的学科,根据三年来教材的使用情况,结合实际应用需求,对其他章节的内容也进行了适当的增减处理,删去了一些应用价值不大的部分,增加了实际应用中需要的内容。

全书由周德群提出详细的编写大纲,并负责总纂,大部分章节是合作的产物。其中,第1章~第3章由周德群、贺峥光、王群伟编写,第4章、第5章由章玲、周德群、王群伟编写,第6章、第7章由周德群、张力菠编写,第8章、第9章由王群伟、章玲、周鹏编写,第10章由贺峥光、章玲编写。

系统工程是一门博大精深的学问,对其内容的理解,仁者见仁,智者见智,其中针对硬系统与软系统的方法论也有较大区别。这些年来,系统工程学科本身发生了很大变化,尽管编者力求“与时俱进”,但也难免挂一漏万,书中的内容安排仅仅建立在编者有限认识的基础之上,因此,本书的缺憾在所难免,我们真诚希望读者批评与指正。

本书在编写过程中参阅了大量文献资料,个别章节中还直接引用了少量实例,在此对这些文献的作者致以衷心的感谢。

我要感谢曾经教过我的老师。我从20世纪80年代初开始接触系统工程这门学科,

在西安交通大学求学期间有幸亲耳聆听汪应洛院士、李怀祖教授、陶谦坎教授等前辈的教诲，在天津大学和北京航空航天大学进修期间从顾培亮教授、韩文秀教授、许树柏教授、张世英教授、胡玉奎教授、冯允成教授身上学到了许多终身受益的知识，并成为多年来致力于系统工程教学与研究的不竭动力。

我还要感谢我曾经教过的学生以及使用本书的教师与学生，他们对此书的意见与看法无疑是最宝贵的，他们在教与学过程中的体会也将是我最在意的，并且会成为我们将此书做成精品的力量源泉。

周德群

2017年1月于南京

目 录

第1章

概论	1
1.1 系统及其一般理论	1
1.2 系统工程的产生与发展	14
1.3 系统的概念	20
1.4 系统的学科基础	24
思考题与习题	28

第2章

系统工程方法论	29
2.1 以兰德公司为代表的系统分析方法论	29
2.2 以系统寿命周期为代表的系统工程方法论	32
2.3 以 Hall 为代表的硬系统工程方法论	39
2.4 以 Checkland 为代表的软系统工程方法论	44
2.5 以钱学森为代表的综合集成方法论	46
思考题与习题	49

第3章

系统环境分析	50
3.1 系统环境与边界	50
3.2 系统环境的主要内容	52
3.3 系统环境的分析方法	54

第4章

系统建模	56
4.1 模型的定义和建模在系统分析中的作用	56

4.2 系统建模的一般原理	57
4.3 系统模型的分类	59
4.4 常用的几类经济数学模型	62
思考题与习题	63

第5章

系统结构模型化方法	64
5.1 系统结构的逻辑关系分析方法	64
5.2 系统的结构表述	66
5.3 系统结构建模方法	71
思考题与习题	82

第6章

系统仿真	83
6.1 系统仿真概论	83
6.2 系统仿真的建模过程	85
6.3 离散事件系统仿真	87
6.4 连续系统仿真	102
6.5 计算实验	104
思考题与习题	106

第7章

系统动力学	107
7.1 概述	107
7.2 因果关系与反馈环	109
7.3 系统动力学模型	113
7.4 DYNAMO 语言编程	119
7.5 流图绘制与方程设计实例	123
7.6 系统动力学仿真软件 Vensim 及其应用	135
思考题与习题	145

第8章

系统评价	146
8.1 系统评价的原理	146

8.2	系统评价的指标体系	150
8.3	评价指标的权重	152
8.4	系统综合评价	157
8.5	层次分析法	162
8.6	模糊评价法	171
8.7	可能-满意度法	173
8.8	主成分分析法	176
8.9	数据包络分析	180
	思考题与习题	186

第 9 章

	系统决策	188
9.1	系统决策模型与方法	188
9.2	风险型决策分析	191
9.3	效用与决策分析	199
9.4	决策支持系统与专家系统	202
9.5	冲突分析	205
	思考题与习题	209

第 10 章

	系统工程的最新进展	210
10.1	复杂系统	210
10.2	复杂系统工程	215
10.3	系统的系统	217
10.4	体系工程	220

参考文献

		224
--	--	-----



第1章

概 论

1.1 系统及其一般理论

1.1.1 什么是系统

1. 系统的概念

“系统”是整个系统科学中最基本的概念。系统一词最早出现于古希腊语中，syn-histanai 一词原意是指事物中的共性部分和每一事物应占据的位置，也就是部分组成整体的意思。近代一些科学家和哲学家常用系统一词来表示复杂的、具有一定结构的研究对象，如天体系统、人体系统等。从中文字面上看，“系”指关系、联系；“统”指有机统一，“系统”则指有机联系和统一。美籍奥地利生物学家贝塔朗菲于 1937 年第一次将系统作为一个重要的科学概念予以研究，他认为“系统的定义可以确定为处于一定相互关系中并与环境发生关系的各组成部分的总体”。

系统的定义依照学科的不同、待解决问题的不同和使用方法的不同而有所区别，国外关于系统的定义已达 40 余种。

吉布松定义系统是互相作用的诸元素的整体化总和，其使命在于以协作方式来完成预定的功能。

萨多夫斯基认为系统是互相联系着并形成某种整体性统一体的诸元素按一定方式有秩序地排列在一起的集合。

布拉乌别尔格、萨多夫斯基和尤金指出，从系统的整体性出发，可以从性质方面通过下列特征给系统概念下定义：①系统是由相互联系的诸元素组成的整体性复合体；②它与环境组成特殊的统一体；③任何被研究的系统通常都是更高级系统的元素；④任何被研究的系统的元素通常又都作为更低一级系统。

《韦氏大辞典》里解释系统为有组织的或被组织化的整体，结合构成整体所形成的各种概念和原理的综合，以有规则的相互作用和相互依存的形式结合起来的诸要素的集合等。

日本工业标准定义系统为许多组成要素保持有机的秩序，向同一目标行动的事物。

我国的学者也对系统的概念提出了许多自己的看法。

我国的一位学者这样认为，系统是有生命的或无生命的本质或事物的集中，这个集中接收某种输入，并按照输入来活动以生成某种输出，同时力求使一定的输入和输出功

能最大化。

学者常绍舜认为,所谓系统就是指由一定部分(要素)组成的具有一定层次和结构并与环境发生关系的整体。

综上所述,系统概念和任何其他认识范畴一样,描述的是一种理想的客体,而这一客体在形式上表现为诸要素的集合。

我国系统科学界对系统一词较通用的定义是:系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分(要素)结合而成的、具有特定功能的有机整体。依据此定义可以看出,系统必须具备三个条件:①系统必须由两个或两个以上的要素(或部分、元素、子系统)所组成,要素是构成系统的最基本单位,因而也是系统存在的基础和实际载体,系统离开了要素就不称为系统;②要素与要素之间存在着一定的有机联系,从而在系统的内部和外部形成一定的结构或秩序,任何一个系统又是它所从属的一个更大系统的组成部分(要素),这样,系统整体与要素、要素与要素、整体与环境之间,存在着相互作用和相互联系的机制;③任何系统都有特定的功能,整体具有不同于各个组成要素的新功能,这种新功能是由系统内部的有机联系和结构所决定的。

2. 系统的特性

1) 系统的整体性

系统作为若干要素的集合体,其本质特性就是具有整体性。整体性包括两方面的含义:其一是指系统内部的不可分割性,如果把系统的各个组成部分分割开来,系统就无法存在,一架飞机作为一个系统,在于它是一个由各个部件紧密联系而成的整体,若把各零部件拆开,则这架飞机也就不存在了;一个社会组织系统也是如此,它的整体性在于各组织成员之间的密切联系、相互配合,如果各成员独自行事,互不联系,则其作为社会组织系统也就只能是形存实亡。其二是指系统内部的关联性,系统内部任何一个要素的改变都会引起其他要素的变化,如人体某一器官的病变也可能会引起其他器官的损害。

(1) 系统整体性的内容体现。系统是对整体和完整性的科学探索,系统的整体性首先体现在建立系统目标时,它要求系统整体的最佳化,而不是局部的最优。其次,系统的整体性体现为系统的运动规律是整体的规律。由于系统的整体与要素、要素与要素、系统与环境之间存在着有机联系,所以系统的实质和运动规律只有从整体上才能显示出来。最后,系统的整体性还体现在系统功能的整体性方面。系统的整体功能不是各组成要素功能的简单叠加,也不是由组成要素简单地拼凑的,而是呈现出各组成要素所不具有的新功能。概括地表述为“系统整体不等于其部分之和”,而是“整体大于部分之和”,即

$$F_s > \sum_{i=1}^n F_i$$

式中, F_s 为系统的整体功能; F_i 为各要素的功能 ($i=1,2,\dots,n$)。

由于这种整体功能不是各要素所单独具有的,所以相对于各要素来说,这种整体功能的产生不仅是一种数量上的增加,更表现为一种质变,系统整体的质不同于各要素的质,系统整体之所以能产生新质,是因为系统整体的各个组成部分之间,相互联系和相

互作用形成一种协同作用,只有通过这种协同作用,系统的整体功能才能显现。“积沙成丘,集腋成裘”“三个臭皮匠,顶个诸葛亮”,说的就是这个道理。

(2) 系统整体及整体性的类型。系统整体的类型是多种多样的,例如,从系统规模及其复杂程度出发,系统的整体可分为简单整体和复杂整体;从系统结构的严密程度来看,可把系统整体划分为具有严密结构的整体和松散结构的整体,前者组成整体的各部分具有不可分割性,后者对不可分割性没有严格要求。

系统整体性有三种基本类型。

第一,时间整体性。这是指系统要素在时间上的不可分割和关联性。例如,人的一生是由幼年、少年、青年、中年、老年等阶段构成的整体,正常情况下,其间任何一个阶段都是不可或缺的。

第二,空间整体性。这是指系统要素在空间上的不可分割和关联性。例如,一个组织的整体性、产品的整体性及生产系统的整体性等。

第三,逻辑整体性。这是指系统要素在逻辑关系上的不可分割和关联性。例如,一部好的学术著作应是一个逻辑整体,它的各个论点之间以及论点和论据之间都是不可分割的。

(3) 整体性在系统中的地位。首先,整体是系统的核心。任何系统都是在整体的基础上形成的,无整体则无系统,抛弃了整体性也就抛弃了系统性。其次,整体性变化会导致系统性能的改变。由于整体性是系统的核心属性,所以整体性一旦改变则必然引起整个系统性能的变化。

系统的整体原则对于实际管理工作有着重要的指导意义,其主要作用表现在:首先,依据确定的管理目标,从管理的整体出发把管理要素组成一个有机的系统,协调并统一管理诸要素的功能,使系统功能产生放大效应,发挥出管理系统的整体优化功能;其次,把不断提高管理要素的功能作为改善管理系统整体功能的基础,从提高组成要素的基本素质入手,按照系统整体目标的要求,不断提高各个部门特别是关键部门或薄弱部门的功能素质,并强调局部服从整体,从而实现管理系统的最佳整体功能;最后,改善和提高管理系统的整体功能,不仅要注重发挥各个组成要素的功能,更重要的是要调整要素的组织形式,建立合理的结构,促使管理系统整体功能优化。

2) 系统的相关性

整体性确定系统的组成要素,相关性则说明这些组成要素之间的关系。系统中任一要素与该系统中的其他要素是互相关联又互相制约的,如果某一要素发生了变化,则对应的与之相关联的要素也要相应地改变和调整,以保持系统整体的最佳状态。

贝塔朗菲用一组联立微分方程描述了系统的相关性:

$$\begin{aligned}\frac{dQ_1}{dt} &= f_1(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) \\ \frac{dQ_2}{dt} &= f_2(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) \\ &\vdots \\ \frac{dQ_n}{dt} &= f_n(Q_1, Q_2, \dots, Q_n)\end{aligned}$$

式中, $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ 分别为 n 个要素的特征; t 为时间; $f_1, f_2, \dots, f_n$ 分别表示相应的函数关系。

公式表明, 系统任一随时间变化的要素是系统所有要素的函数, 即任一要素的变化会引起其他要素的变化而引起整个系统的变化。

系统的相关性原则对于实际管理工作的指导意义在于: ①当想改变组织系统中某些不合要求的要素时, 必须注意考察与之相关的要素的影响程度, 抓住其中主要的相关要素, 使这些相关要素发生相应的变化, 从而提高组织的整体功能; ②组织系统内部诸要素之间的相关性不是静态的, 而是动态的, 必须把组织系统视为动态系统, 在动态中认识和把握系统的整体性, 在动态中协调要素与要素、要素与整体的关系, 在把握管理要素运动变化的同时, 有效地进行组织调节和控制, 以实现最佳效益; ③组织系统的组成要素包括系统层次间的纵向相关和各组成要素的横向相关, 只有协调好各要素之间的纵向相关和横向相关, 才能实现组织的整体功能最优。

3) 系统的综合性

综合性就是指任何系统都不是由单一要素、单一层次、单一结构、单一环境因素、单一功能构成的总体, 而是由不同质的要素、层次、结构、环境和功能因素构成的总体。因此, 系统的综合性表现为五种情况: 不同要素的综合; 不同层次的综合; 不同结构的综合; 环境因素的综合; 不同功能的综合。

系统虽然都有综合性, 然而其综合程度并不一样, 有些系统综合程度较高, 有些系统则综合程度较低。

实践表明, 系统综合程度不同, 系统功能也会有区别。一般而言, 系统综合性越强, 系统生命力就越强, 系统功能就越完备。例如, 在自然界中, 杂食动物比单食动物的生命力要强些, 其适应环境的能力也更高些; 杂交作物也比一般纯种作物的生长要旺盛些, 抗病虫害能力要强些。在人类社会中也这样: 多兵种联合作战比单兵种作战取胜的可能性更大些, 一个国家的实力也往往通过综合国力评价。

4) 系统的层次性

层次通常是指构成系统的要素之间按照整体与部分的构成关系而形成的不同质态的分系统及其排列次序。系统的层次通常可划分为四种类型: 数量关系层次、空间关系层次、时间关系层次、逻辑关系层次。

(1) 层次间的对立统一关系。系统内不同层次之间的关系是对立统一的。层次的形成以整体和部分的对立为基础, 因而不同层次之间也就必然存在着质和量的差异并且发生相互作用。微观世界中的分子、原子、基本粒子这三个层次无论在物理化学性质还是在质量和空间尺度方面都是不同的。层次之间的相互作用主要表现在两个方面: ①系统的较高层次制约着较低层次, 高层次的功能状态对低层次的功能状态发生重要影响; ②系统较低层次又是较高层次形成的基础, 低层次的物质变化到一定程度必然导致高层次的物质变化。

(2) 层次与等级、类别、要素等概念的联系与区别。

第一, 层次与等级的关系。首先, 层次与等级的区别在于等级性体现的主要是事物间量的差别, 此外, 在等级与等级之间不一定存在整体与部分的关系, 然而在层次与层次之间是一定存在整体与部分的关系的; 其次, 层次与等级之间也有某种联系, 由于不

同层次之间不仅有质的差异，而且有量的不同，因而导致不同层次之间会出现等级特征。

第二，层次与类别的关系。首先，层次与类别是相互区别的。层次是系统在纵向意义上的一种差别，不同层次事物之间存在着整体与部分的构成关系，而不同种类的事物之间则不一定存在这种关系；其次，层次与类别相似或相互联系之处在于物质系统的层次差别有时与类型划分相重合，即同一层次的要素往往具有很多共性，因而属于同一类型。而同一类型的事物也往往与另一类型的事物发生整体与部分的关系，因而属于同一层次。

第三，层次与要素的关系。层次是指构成系统的要素在纵向上的不同质态及其排列次序，它形成系统的纵向结构；而要素则是构成系统的各个单元，这些单元相互联系、相互作用，形成系统的横向结构。层次的形成以要素为基础，构成系统的要素不同，其层次性必然有差别；反过来，要素又总是存在于一定层次之中的，层次不同，其要素也必然相异。

5) 系统的目的性

“目的”是指人们在行动中所要达到或实现的结果和意愿。人造系统是具有目的性的，系统的目的是人们根据实践的需要而确定的，而且通常系统的目的性不是单一的，一般的系统都具有多个目的。例如，企业的经营管理系统，在限定的资源和现有职能机构的配合下，它的目的就是完成或超额完成生产经营计划，实现规定的质量、品种、成本、利润等指标，是这些多方面指标的综合。

复杂系统常具有多目标和多方案，当组织规划这个错综复杂的大系统时，为了使目标明确化、条理化，常采用图解方式来描述目的与目的之间的相互关系，这种图解方式称为目的树，如图 1-1 所示。

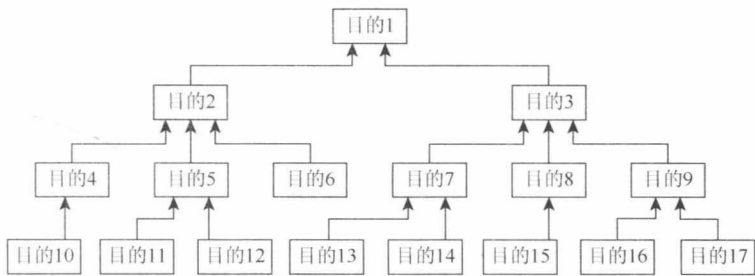


图 1-1 目的树

从图 1-1 中可以看出，要达到目的 1，必须完成目的 2 和目的 3；要达到目的 2，必须完成目的 4、目的 5 和目的 6；以此类推，结果形成一个增幅放大的树型结构。从图 1-1 中可明显地看出在一个复杂系统内所包括的各项目，即从目的 1 到目的 17，层次鲜明，次序明确，相互影响，而又相互制约。通过图解可对目的树各个项目的目的进行分析、探讨和磋商，统一规划和协调。系统的目的性原则要求人们正确地确定系统的目标，从而运用各种调节手段把系统导向预定的目标，达到系统整体最优的目的。

1.1.2 系统的一般理论

1. 系统与要素的关系

系统与要素的对立统一是客观事物的本质属性和存在方式，任何事情都是系统和要

素的对立统一体，它们相互依存、互为条件，在事物的运动和变化中，系统和要素总是相互伴随而产生，相互作用而变化的。

1) 整体制约部分，系统通过整体作用支配和控制要素

整体制约部分，有以下两种情况：①整体决定着部分的性质和功能，部分若脱离整体，其性质和功能就会丧失；②整体的存在和发展决定着部分的存在和发展，整体功能一旦丧失，部分也就会随之灭亡。在系统工程实践中，要根据整体需要来安排和组织部分。

当系统处于平衡稳定条件时，系统通过其整体作用来控制 and 决定各个要素在系统中的地位、排列顺序、作用的性质和范围的大小，统率着各个要素的特性和功能，协调着各个要素之间的数量比例关系等。在系统整体中，每个要素以及要素之间的相互关系都由系统所决定。系统整体稳定，要素也稳定，当系统整体的特性和功能发生变化时，要素以及要素之间的关系也随之发生变化。一个组织系统的整体功能，决定和支配着作为要素的生产、销售、供储、财务、人事、研发等各分系统的地位、作用和它们之间的关系，为使组织的整体效益最佳，要求各分系统必须充分发挥各自的功能，并且对各分系统之间的关系进行控制与协调。

2) 部分反作用于整体，要素通过相互作用决定系统的特性和功能

系统论认为，整体制约部分，但部分也不是消极无为的，部分的存在和发展对系统整体也有很大的影响。首先，部分是系统整体存在的基础，若把各个部分去掉，整体也就不存在了；其次，组成部分的数量或质量发生变化会导致系统整体的改变。

一般而言，要素对系统的作用有两种可能发展的趋势：如果要素的组成成分和数量具有一种协调、适当的比例关系，就能够维持系统的动态平衡和稳定，并促使系统走向组织化、有序化；如果要素的组成成分和数量关系的比例发生变化，使要素相互之间出现不协调、不适当的比例关系，就会破坏掉系统的平衡和稳定，甚至会使系统衰退、崩溃和消亡。

3) 系统和要素的概念是相对的

系统和要素的概念是相对的，一个系统可以是更高级系统的要素，而一个要素也可能是低一级的系统。正是由于系统和要素地位与性质关系的相互转化，构成了客观世界一级套一级的层次性。

2. 系统的结构

系统的结构，是指组成系统的各要素（子系统）之间在数量上的比例和空间或时间上的联系方式，即系统内诸要素相互依赖、相互作用的内在方式，也就是各要素在时间或空间上排列和组合的具体形式。

一切系统均有结构，结构是系统的普遍属性。没有无结构的系统，也没有离开系统的结构。无论是宏观世界还是微观世界，一切物质系统都无一例外地以一定结构形式存在、运动和变化着。

结构具有不同的形式，其基本形式有数量结构、时序结构、空间结构和逻辑结构。另外，还可以把结构划分为平衡结构与非平衡结构、有序结构与非有序结构等形式。各构成要素之间的联系排列方式保持相对不变的系统结构称为平衡结构，如晶体结构。这