

高等学校规划教材

环境

系统工程

HUANJING
XITONG GONGCHENG

韦鹤平 徐明德 主编



化学工业出版社

高等学校规划教材

环境

系统工程

HUANJING
XITONG GONGCHENG

韦鹤平 徐明德 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书系统地阐述了环境系统工程的基本理论与方法。作者在总结 20 余年来教学、科研和工程实践的基础上,参考了国内外在环境系统工程上的一些新进展,吸收了 20 世纪 90 年代出版的同类教材的优点并进行较多的修改与充实,使内容更加丰富。全书共分十二章,重点介绍系统工程原理方法、环境系统分析和水污染控制系统、大气污染控制系统、城市生态系统、城市排水系统、战略环境评价系统以及非点源污染控制系统等内容。

本书中实例多取材于环境问题科研、规划、管理、治理工程实践,解题思路清晰,便于读者举一反三,可适用于环境科学与工程专业的本科生与研究生学习环境系统工程课程的教材,也可供从事环境保护事业的科技人员及管理人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

环境系统工程/韦鹤平,徐明德主编. —北京:化学工业出版社,2009.4

(高等学校规划教材)

ISBN 978-7-122-04743-4

I. 环… II. ①韦…②徐… III. 环境工程:系统工程
IV. X192

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 017451 号

责任编辑:刘兴春

文字编辑:郑 直

责任校对:洪雅姝

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京市振南印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 15¼ 字数 393 千字 2009 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 29.50 元

版权所有 违者必究

《环境系统工程》编写人员

主编 韦鹤平 徐明德

编者 (按姓氏笔画为序)

韦 斌 韦鹤平 邓子峰 冯 沧 李 敏
张海平 徐明德

前言

系统工程是正在迅速发展和被广泛应用的一门综合性科学技术。当今,世界已步入系统时代,系统科学这一综合性科学在现代科学体系中占有了特殊地位,代表了 21 世纪科学技术发展的新方向;系统分析方法给人们提供了一种跨越学科界限,从整体上分析、处理问题的新模式、新思路、新方法;采用系统论、决策论、运筹学、最优化技术等综合研究社会、经济、环境、军事、管理决策等已被广泛运用,大大缩短了需要与建设之间的时差,获得明显的效益;在环境问题研究中,系统工程从环境规划到环境管理,从环境治理到实验研究等方面的应用均获得较大的进展。

环境系统工程是运用系统工程的基本原理和方法,研究环境问题的科学。环境系统工程强调运用系统观点分析环境问题;综合运用多学科知识系统分析错综复杂的环境系统中内、外在联系,辨识环境问题,形成解决问题的思路;应用定量化技术描述系统结构与关系;用工程的方法研究解决问题。

环境系统工程具有全局性、关联性、最优性、综合性和实践性等特征,是一个庞大复杂的有机综合体,具有多级递阶结构、多输入、多变量、多目标以及在时间、空间、数量上具有随机性和不确定性等特点,它把辩证唯物主义和现代科学技术相结合,把定性分析和定量分析相结合,给人们一种认识世界、改造世界的崭新方法,是我国现代化建设中不可缺少的一门方法性学科。

本书作者及其课题组,在总结 20 余年教学、科研与工程实践的基础上,参考了近年来国内外在环境系统方面的新发展,吸收了 20 世纪 90 年代编写出版的同名教材的优点并进行较多充实,力求较全面地介绍环境系统工程的基础理论和方法,内容更加广泛与丰富。书中实例多取材于环境问题的科研、管理、治理和生产实践,解题思路清晰,便于读者举一反三,为环境系统工程的应用与研究提供捷径。

本书例题绝大多数取材于环境管理、科研和环境治理,但所介绍的内容和方法除用于环境系统外,对工业、农业、经济、管理、生态和社会系统等也同样适用。本书可适用于环境科学与工程专业的本科生与研究生的教学要求,也可作为参与环境评价、规划、管理等技术人员的参考书。

本书在编写过程中参阅了大量的国内外资料、著作,并得到有关专家、同行的热情帮助,在此向他们谨表谢忱。列入本书部分内容的本课题组研究人员还有刘朴博士(教授级高级工程师)、刘成博士(研究员)、徐高田博士、钟迪峰博士、徐连军博士、陈祖军博士、黄晓琛博士、何耘博士、国锋博士、韩骥博士以及陆斌和黄菊文等。

由于环境系统工程涉及的知识面非常广泛,加之编者理论水平有限和实践经验不足,书中不当之处,敬请广大读者批评指正,以便不断完善提高。

编者

2009 年 3 月于同济大学

目 录

第一章 环境系统工程导论	1
第一节 系统概念和特征	1
一、系统概念	1
二、系统特征	1
三、环境系统	2
第二节 系统的形态	2
第三节 系统工程基本概念	3
第四节 系统工程原则、研究方法	4
一、系统工程原则	4
二、系统工程方法论概述和三维结构	5
第五节 环境系统工程	7
一、系统工程分类	7
二、环境系统工程概述	7
三、环境系统工程工作步骤	7
四、环境系统工程问题	8
思考题	10
第二章 环境系统分析	11
第一节 系统分析基本概念	11
第二节 系统分析准则	12
第三节 系统分析步骤	12
第四节 环境系统可行性研究分析	14
一、可行性研究基本概念	14
二、环境系统可行性研究步骤	14
第五节 系统最优化	16
第六节 技术经济分析	17
一、技术与经济关系	17
二、基本指标	17
三、相对指标	18
四、技术经济分析的可比性	19
五、收益分析法	19
第七节 层次分析法	20
第八节 环境问题费用-效益分析	27
一、概述	27
二、基本原理	27
三、费用-效益分析步骤	28

四、环境问题费用与效益估算的基本方法	29
第九节 案例	32
一、常州市尾水排江工程排放口选址系统分析	32
二、福清湾围填海费用-效益分析	36
思考题	39
第三章 环境系统数学模型	40
第一节 数学模型概述	40
一、数学模型定义与特征	40
二、数学模型的分类	40
三、数学模型的建立	41
第二节 河流水质模型	42
一、Streeter-Phelps 模型	42
二、Streeter-Phelps 模型几种修正式	44
三、多河段水质模型	47
第三节 河口水质模型	50
一、河口水质基本模型	50
二、一维河口有限段模型	52
第四节 近海水质模型	55
第五节 湖泊与水库水质模型	55
一、概述	55
二、完全混合水质模型	55
三、湖泊分层水质模型	58
第六节 大气质量模型	59
一、概述	59
二、箱式大气质量模型	60
三、高架点源扩散模型	63
四、线源和面源模型	67
思考题	71
第四章 环境系统预测	72
第一节 预测分析基本概念	72
第二节 预测原理、步骤	72
一、预测原理	72
二、预测步骤	73
第三节 定性预测方法	74
一、智暴或集思广益法	74
二、德尔菲法	74
三、主观概率法	75
第四节 定量预测方法	76
一、回归分析法	76
二、时间序列分析法	83

第五节 环境预测概述	86
一、环境预测的一般方法	86
二、环境预测的一般程序	86
第六节 水环境污染预测	87
一、水质预测的目的	87
二、污染源预测	87
三、水质预测的基本步骤	89
四、水质污染预测方法	90
第七节 近海(河口)水环境预测	94
一、水动力方程	94
二、对流扩散模型	96
三、水环境预测	97
第八节 大气质量预测	97
一、大气污染物排放量预测	97
二、固定点源污染预测	97
三、固定面源污染预测	100
思考题	101
第五章 环境系统决策	103
第一节 决策基本概念	103
第二节 决策分类与损益矩阵	104
一、决策的分类	104
二、决策程序	104
三、损益矩阵	105
第三节 确定型决策	106
第四节 不确定型决策	107
一、悲观法	107
二、乐观法	108
三、折中法	108
四、等可能法	109
五、后悔值法	109
第五节 风险型决策	109
一、最大期望收益标准	110
二、最小期望损失值标准	110
三、最大可能决策标准	111
四、矩阵法	111
五、灵敏度分析法	113
第六节 决策树	114
一、决策树的结构	114
二、决策步骤	115
三、单级决策	115
四、多级决策	115

第七节 多目标决策	118
一、多目标决策问题	118
二、多目标问题的特点	118
三、多目标决策求解	119
思考题	123
第六章 系统最优化与网络计划技术	125
第一节 系统最优化概述	125
第二节 线性规划	125
一、线性规划的基本概念	125
二、单纯形法	128
三、对偶问题	132
四、对偶变量的经济解释——影子价格	135
第三节 非线性规划	136
一、基本概念	136
二、梯度法	138
三、罚函数法	140
第四节 系统网络计划技术	143
一、概述	143
二、关键线路法	143
三、计划评审技术 (PERT)	148
思考题	153
第七章 城市污水海洋处置系统规划	155
第一节 概述	155
第二节 城市污水排海 (江) 工程可行性研究	156
第三节 排放口选址	157
第四节 混合现象和初始稀释度	158
一、混合与输运过程	158
二、初始稀释度	158
第五节 污染物平衡浓度场与混合区	159
一、污染物平衡浓度场	159
二、混合区	159
第六节 案例: N 市达标尾水排海工程海域环境影响研究	160
一、工程概况	160
二、海域特点	160
三、海洋环境影响研究	160
思考题	163
第八章 城市排水系统规划	164
第一节 概述	164
一、城市排水系统规划的指导思想	164

二、城市排水系统规划的主要内容	164
第二节 城市排水系统规划优化模型	165
一、污水厂厂址选择及水域优化模型	165
二、排水管网系统优化模型	167
第三节 废水回用规划	170
第四节 案例——苏州市某地区排水规划	171
一、背景情况	171
二、可行性方案	172
三、系统模型化	172
四、系统优化与决策	174
思考题	174
第九章 大气污染控制规划	175
第一节 大气污染问题	175
第二节 规划内容与方法	176
一、系统组成	176
二、规划的主要内容	177
三、规划的主要方法	177
第三节 比例下降模型	177
一、比例下降模型假设	177
二、比例下降规划模型	178
三、对偶模型的应用	179
第四节 地面浓度控制规划	180
一、基础模型	180
二、地面浓度控制模型	181
思考题	183
第十章 非点源污染控制	185
第一节 非点源污染特征与来源	185
一、非点源污染特征	185
二、农村非点源污染来源及危害	185
三、城市非点源污染来源及危害	186
第二节 非点源模型简介	188
一、径流模型	188
二、土壤侵蚀模型	189
三、非点源污染负荷模型	190
第三节 非点源模型软件简介	191
一、SWAT 模型软件	191
二、MIKE LOAD 模型软件	193
三、SWMM 模型软件	194
四、STORM 模型软件	194
五、ANSWERS 模型软件	195

六、CREAMS 模型软件	195
七、AGNPS 模型软件	195
第四节 非点源污染控制对策	195
一、农村非点源污染控制	196
二、城市非点源污染控制	196
第五节 案例分析	196
一、概述	197
二、污染负荷计算	197
三、负荷变化趋势分析	199
四、结论	199
思考题	199
第十一章 城市生态系统	200
第一节 城市生态系统概述	200
一、基本概念	200
二、城市生态系统的组成	200
三、城市生态系统的结构和功能	201
第二节 城市生态系统的特征	204
第三节 城市生态系统的平衡与调控	205
一、城市生态系统的平衡	205
二、城市生态系统的调控	206
第四节 城市生态系统模型简介	207
一、概述	207
二、城市生态足迹模型	208
三、城市生态系统承载力模型	213
第五节 城市生态系统环境规划	215
一、概述	215
二、城市生态环境规划的方法	216
思考题	218
第十二章 战略环境影响评价系统分析概论	219
第一节 概述	219
第二节 SEA 系统和评价方法	221
一、SEA 系统	221
二、评价方法	222
第三节 SEA 系统分析	222
第四节 SEA 系统分析的主要步骤	224
第五节 SEA 案例分析	228
一、“西电东送”北通道火电规划 SEA	228
二、上海化学工业区发展规划 SEA	230
思考题	232
参考文献	233

第一章 环境系统工程导论

第一节 系统概念和特征

一、系统概念

自然界和人类社会中的一切事物都不是孤立存在的，而是相互制约和相互联系的，它们形成各式各样的系统。系统这一概念来源于人类长期的社会实践，最早出现于古希腊语中，是部分组成整体的意思。但由于受到科学技术历史发展的局限，“系统”这个概念一直没有得到应有的重视。在 20 世纪 40 年代，特别是在第二次世界大战期间，美国为获得战时工业最大化的需要，才发展应用这一概念。直至 20 世纪 50 年代以后由于基础科学（如运筹学等）迅速发展，“系统”的概念才逐步明确化，并应用到各种工程技术及管理问题上。20 世纪 70 年代后几乎被推广到每个领域。

所谓“系统”就是由一组相互依存、相互作用和相互转化的客观事物所构成的具有特定功能的有机整体，如环境系统、排水系统、工业系统、农业系统等。而这些系统本身又是从属于一个更大的系统，作为它的组成成分及组成部分的事物，相对来说，则称其为系统的子系统，依此类推，子系统也还可以再分，因而客观存在的系统都是多级递阶系统。

对上述系统的含义说明如下：①系统都是由两个以上的要素组成的整体，构成整体的各个要素可以是单个事物，也可以是一群事物组成的子系统；②各要素之间、要素与整体之间以及整体与环境之间，存在着一定有机联系，从而在系统内部和外部形成某种结构，任一系统又是它所从属的一个更大系统的组成部分；③任何系统都有特定的功能，这使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。

二、系统特征

明确系统的特征，是我们认识系统、研究系统、掌握系统的关键。系统具有以下 5 个基本特征。

1. 集合性

系统是至少由两个或两个以上的可以相互区别的要素所构成的具有特定功能的集合体。构成系统的各要素虽具有不同的性能，但它们都是根据逻辑统一性的要求构成的整体。系统不是各个要素的简单拼凑，而是具有统一性的一个整体。因此，即使每个要素并不很完善，但它们可以综合、统一成具有良好功能的系统；反之，即使每个要素是良好的，但作为整体却不具有某种良好的功能，也就不能称之为完善的系统。

系统和要素的区分是相对的。一个系统只有相对于构成它的要素而言才是系统，而相对于由它或其他事物构成的较大系统，它却是一个要素（或称子系统）。

2. 相关性

系统内的各要素既相互作用又相互联系,构成有机联系的整体才称之为系统。

3. 目的性

系统的功能是为了特定的目的而设计,要达到规定的目的,系统都具有一定的功能。没有明确目的的系统,不是系统工程研究的对象。

4. 整体性

系统以一个整体出现,是作为一个整体存在于环境之中,与环境发生相互作用,系统的任何构成之要素均不能离开整体去研究。

5. 环境适应性

环境是指存在于系统以外的事物(信息、物质、气象等)的总称,任何一个系统都存在于一定的物质环境中,它必然与环境不断地进行信息、物质、气象等的交换,必须适应外部环境的变化。在研究系统的时候,环境往往起着重要的作用,必须予以重视。

系统所处环境又是系统的限制条件或者称为约束条件,环境对系统的作用表现为对系统的输入,系统在特定的环境下对输入进行工作,产生输出。把输入转变为输出,这就是系统的功能。所以系统又可理解为把输入转换为输出的转换机构,如图 1-1 所示。

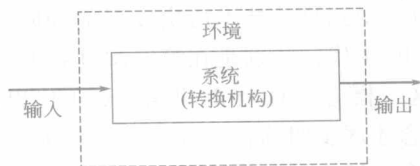


图 1-1 系统与环境

三、环境系统

所谓环境系统,系指地球表面包括非生物的和生物的各种环境因素及其相互关系的总和。非生物因素有温度、光、电离辐射、水、大气、土壤、岩石以及其他如重力、压力、声音和火等;生物因素是指各种有机体及他们彼此相互作用,并同非生物环境密切联系着。它是一个不可分割的整体,但通常总是将地球环境系统分为大气圈、水圈、岩石圈和生物圈。而各种物质的相互渗透、相互依赖和相互作用,在这些圈层的交界面上表现尤为显著。

第二节 系统的形态

系统广泛存在于自然界中,且以不同的形态存在。系统可以有各种不同的形态,系统的形态与它们所要解决的问题密切相关。为便于研究,自然界中系统可分为以下几种。

1. 按组成部分的属性划分

按组成部分的属性划分,系统可分为自然系统、人造系统和复合系统。

(1) 自然系统 由各种自然物质构成,如由水、矿物、植物、动物等自然物质构成的海洋系统、生态系统、矿藏系统等,其特点是自然形成的。

(2) 人造系统 人类为了达到某一需求目的,由人所建立起来的系统,如环境系统、排水系统、给水系统等。

(3) 复合系统 人们借助于认识和利用自然规律为人类服务而建造的系统,如气象预报

新兴的学科,国内外许多学者对系统工程的含义有过不少阐述,但至今尚无统一定义。

所谓系统工程就是采用“系统思维”的方法来分析 and 解决大型、复杂的社会实践活动等问题。其方法的运用原则可以追溯到古代。如战国时期(公元前 250 年),秦国太守李冰父子主持修建的都江堰水利工程就是运用系统工程概念的一项杰出的实例。但是,在古代由于受到科学技术发展水平的限制,没有能够为此建立起足够的理论和方法。现代科学技术的贡献就在于把“系统”这一思想具体化,并且提供了系统分析的理论和方法。

一般认为“系统工程”是在第二次世界大战时期正式提出来的,后经过很多人的研究和探索,特别是 20 世纪 50 年代以来,由于社会实践活动的大型化和复杂化,要求系统思想的方法不仅能够“定性”,而且也能够“定量”地解决现代社会的种种复杂问题,从而使系统工程逐渐成为综合运用各种现代技术成就的一门边缘学科;成为运用系统思想,借助于现代科学成就,设计、规划和组织一个系统,并且使它在总体上运转得经济、合理、有效和取得最佳经济效益的一门特殊的工程技术学科。系统工程是一门新兴综合性科学,是从宏观角度,用科学整合的方式,对特定系统组织管理进行规划、研究、设计、试验、制造和使用等的科学方法。它不同于传统的工程技术,它是一大类新的工程技术,是定性研究与定量研究相结合(特别强调从定性到定量的综合分析),注重整体优化的研究和解决问题的科学方法;系统工程主要是组织管理技术,它不排斥或抛弃“传统”工程,而是有效地应用“传统”工程技术基础,以系统的逻辑思维、数学方法与计算机技术,寻求新的系统规律性以获取最大效益。它是在传统工程的基础上发展起来的一种全新技术,用公式示意如下:

系统工程 = 传统工程 + 系统观点 + 数学方法 + 计算机技术

系统工程技术具有以下一些特点:①多学科交叉性的研究和应用,通常在研究过程中,要有决策部门的管理专家、系统工程专家和有关专业专家参加;②定性和定量研究相结合,二者相辅相成;③决策部门和研究部门相结合。

第四节 系统工程原则、研究方法

一、系统工程原则

系统工程是一类研究系统总体性与全局性问题的工程技术,它在处理和解决问题时应考虑以下原则。

1. 整体性原则

从系统在空间和时间域上的整体性着眼,要求总体的功能大于各部分功能的总和。

2. 综合性原则

它是实现整体性原则和系统考虑问题的核心。具体来说,一是要综合考虑系统目标的多样性或者多宗旨性;二是要综合考虑某项决策在付诸实施后会引起的多方面的后果;三是要考虑在达到同样的目标时,可以采用不同的途径和方法,按照最佳的原则综合使用多种方法和方案进行比选,提出多个可行性方案来进行评估。

3. 优化性原则

为了更好地运用系统的概念,应尽可能运用数学工具,进行优化分析,寻求全系统在环境制约条件下实现最佳的目标体系。也就是说该系统在实现其最佳目标时,内部各子系统最佳组合方式,使系统对空间、时间、物质、能量和信息的利用率较高。鉴于系统的复杂性,“最优”只是理想,实际上是尽量“优化”,即所谓“没有最好,只有更好”。

4. 模型化原则

就是应用一个与所研究的真实系统相似的系统模型，在该模型上进行模拟，以认识真实系统的情况。模型可以是物理模型，也可以是数学模型等。模型化原则的提出，模拟和仿真技术的广泛应用，使人们有可能在较短的时间内，以较少的消耗、最高的效率和最大的可能去较全面地研究系统间的内部条件和外部环境以及当前和未来之间的各种复杂关系，从而认识整个系统的各种特性和总体运动规律，为实现系统的最优化制订出正确的方案。所以，模型化原则为实现系统最优化提供了很好手段。

5. 交互性原则

考虑到决策者在整个分析过程中有着重要的作用，所以在分析研究过程中必须即时向决策者反映系统研究和评价的结果，同时也得到决策者的反馈信息，以便对下一步的进程做出判断和修改。

二、系统工程方法论概述和三维结构

所谓方法论，即是研究怎样把设想变成方案并付诸实现的逻辑思维和程序方法的总和。

系统工程方法论就是遵循系统的观点，为产生最优方案，实现系统整体功能和目标优化，而采取的一套逻辑思维和程序的方法，其方法体系的基础就是运用系统思想方法和各种数学方法、工程技术、控制理论以及电子计算机等技术工具来实现系统模型化和最优化，进而进行系统分析和系统设计。

自 20 世纪 60 年代以来，国内外许多学者对系统工程的方法进行了大量的研究。目前论证比较全面又有较大影响的是美国学者霍尔（A. D. Hall）在 1969 年提出的系统工程三维结构。

霍尔提出的系统工程三维结构就是将系统工程的活动，分为前后紧密连接的七个阶段和七个步骤，同时并考虑到为完成各个阶段和步骤所需要的各种专业知识。这样就为解决规模较大、结构复杂、涉及众多因素的大系统，提供了一个统一的思想方法。三维结构是由时间维、逻辑维和知识维组成的立体空间结构（见图 1-3）。

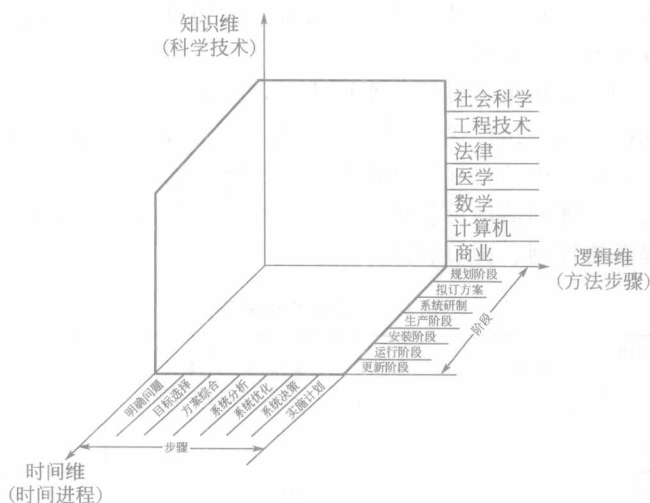


图 1-3 霍尔三维结构

1. 时间维

三维结构中的时间维是指系统工程从规划阶段到更新阶段按时间排列的顺序，它可分为

7 个工作阶段。

- (1) 规划阶段 谋求设计提出的规划和战略。
- (2) 拟订方案 提出具体的规划方案。
- (3) 系统研制 提出系统的研制方案，并制订生产计划。
- (4) 生产阶段 生产系统全部零部件，及提出安装计划。
- (5) 安装阶段 进行安装，并调试试运行。
- (6) 运行阶段 按预期的用途运转。
- (7) 更新阶段 取消旧系统代之新系统或改进原系统，使之更有效工作。

2. 逻辑维

逻辑维是指系统工程的每个工作阶段，在使用系统工程方法来思考和解决问题时的思维过程，通常分为以下 7 个步骤。

- (1) 明确问题 通过系统调查，尽量收集有关资料（历史、现状、将来）。
- (2) 目标选择 正确选定评价系统功能的目标，以便衡量系统的可行方案。
- (3) 方案综合 按照问题性质及目标，设计一组可供选择的方案，各方案均要明确所选系统的结构和相应的参数。
- (4) 系统分析 通过对可行性方案进行分析、比较、筛选，对所保留方案性能特点及其与整个系统的相互关系进一步说明。该过程通常运用一定的模型进行。
- (5) 系统优化 在一定限制条件下，从可行的方案中选择最优者。
- (6) 系统决策 领导根据整体要求确定一个或极少几个方案。
- (7) 实施计划 根据选定的方案，将系统具体实施。实施中如果存在问题较多，就应视问题情况重新修订回到前面几个步骤中任一个重新执行。

上述 7 个步骤一般也是运用系统工程方法进行思考、分析和处理系统问题应遵循的一般程序。

3. 知识维

知识维指为完成上述各阶段、各步骤所需要的专业知识和技术素养。霍尔将这些知识概括为：工程技术、医学、建筑、商业、法律、管理、社会科学知识和艺术等。这也说明各种专业知识在系统工程中的重要作用。

将 7 个工作阶段和 7 个逻辑步骤用一平面表示，称为霍尔管理矩阵（见表 1-1）。

矩阵中的 a_{ij} 表示系统工程的一组具体活动，如 a_{34} 表示在系统研制阶段进行系统分析这一步骤所进行的活动，矩阵中的各项活动都是相互影响、紧密联系的。要从整体上达到最佳效果必须使每个阶段、步骤的活动反复进行。反复性是霍尔管理矩阵的重要特点，它反映了从规划到更新的过程需要控制、调节和决策。

表 1-1 霍尔管理矩阵

逻辑维 时间维(阶段)		明确问题	目标选择	方案综合	系统分析	系统优化	系统决策	实施计划
1	规划阶段	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}	a_{16}	a_{17}
2	拟订方案	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}	a_{25}	a_{26}	a_{27}
3	系统研制	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}	a_{35}	a_{36}	a_{37}
4	生产阶段	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}	a_{45}	a_{46}	a_{47}
5	安装阶段	a_{51}	a_{52}	a_{53}	a_{54}	a_{55}	a_{56}	a_{57}
6	运行阶段	a_{61}	a_{62}	a_{63}	a_{64}	a_{65}	a_{66}	a_{67}
7	更新阶段	a_{71}	a_{72}	a_{73}	a_{74}	a_{75}	a_{76}	a_{77}