



“十二五”规划教材

车辆与交通环境仿真

熊 坚 编著



科学出版社

研究生教育“十二五”规划教材

车辆与交通环境仿真

熊 坚 编著



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书基于车辆与交通环境一体化的思想,根据车辆、交通、环境的系统特征,从车辆机械系统、控制系统到交通、景观系统,再到“人-车-路-环”驾驶模拟系统,介绍了各类系统的建模与仿真方法。主要包括:系统仿真的基本特征与方法、连续系统和离散系统的建模与仿真方法、车辆与控制系统仿真、交通流仿真及“人-车-路-环”驾驶系统仿真,最后介绍驾驶模拟实验应用案例。

建模是仿真的重要手段,更是研究问题的一种基本方法。本书注重系统的本质特征,本着理论联系实际、少而精的原则,力求系统、简明地介绍各类系统的建模和仿真方法。为了便于读者理解,书中每一章均配有若干实例,并在每一章结尾处提供思考题。

本书可作为车辆工程、交通工程及相关专业的本科生或研究生的教学用书,也可作为车辆或交通工程专业技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

车辆与交通环境仿真/熊坚编著. —北京:科学出版社,2018.2

研究生教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-055434-5

I. ①车… II. ①熊… III. ①车辆工程-仿真-研究生教育-教材
②交通工程-仿真-研究生教育-教材 IV. ①U27②U491

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第279319号

责任编辑:毛莹 邹杰 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:吴兆东 / 封面设计:迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京九州迅驰传媒文化有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年2月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2018年2月第一次印刷 印张:20

字数:475 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

车辆与交通系统一直是仿真技术重要的应用领域。随着现代智能技术和物联网技术在车辆与交通工程领域的应用,车辆与交通系统将变得越来越复杂,并具有一体化的发展趋势。

从系统的观点来看,道路交通具有从点到面、从局部到整体、从微观到宏观一体化的特点。但由于分属的领域不同,过去车辆系统和交通系统从来都是分开研究的,在仿真系统的研究与开发中,它们具有明确的边界线。车辆系统研究的重点在车辆动力学及控制上,与交通的边界线一般限于道路条件;而交通流的研究重点在车辆之间的关系上,与车辆的边界线一般止于车辆的基本运动,即只把车辆看作一个会运动的“点”,研究一系列“点”的速度(或加减速)特性、排队特性、跟驰特性、换道特性和超车特性等。此外,在研究方法上,两者也具有明显的区别:车辆系统属于连续系统,采用的是连续系统的建模与仿真方法;而交通流系统大多属于离散系统,采用的是离散系统的建模与仿真方法。在更大的宏观交通系统层面上,则采用密度函数或流量函数(连续系统)来表示车辆的速度或流量。另外,从研究对象的尺度来看,两者也不相同:车辆系统的研究尺度比较小,如车辆的动态响应,系统要精确到零部件,时间要精确到毫秒级,而交通流系统研究对象和时间的尺度则要大得多。

然而,车辆在道路上行驶时,并不是一个独立存在的系统,它处于一个特定的交通环境之中。它与道路上的其他机动车、非机动车、行人或交通设施、地域环境都存在一种交互的关系,只不过这种关系一直是由驾驶人来处理的。智能技术和物联网的出现使车辆正朝着智能化、网联化的方向迅速发展,并最终达到自动驾驶的目的。通过辅助驾驶系统或自动驾驶系统实现车辆的智能控制,使车辆系统与道路交通环境的研究不再是互不相关的、独立的,而是逐步实现车辆与交通环境的一体化。因此,车辆系统与交通系统过去存在的研究边界必然要被打破。

本书基于车辆与交通环境一体化的思想,根据车辆系统、交通系统、景观环境系统的特征,分别介绍连续系统、离散系统、虚拟现实系统的建模与仿真方法。具体地,针对车辆系统的组成,分别介绍车辆系统、控制系统和人机系统的建模与仿真;针对道路交通流特征,分别介绍机动车流的行驶模型及跟车、换道、超车、排队和行人模型;针对道路环境特征,介绍道路交通环境三维虚拟场景的建模及实现方法。作为上述3种系统的综合应用,介绍“人-车-路-环”驾驶模拟系统及应用方法。该系统最早把车辆系统与道路交通及环境系统结合起来,并以真实驾驶人作为系统的一部分,实现由真人控制的车辆-交通-环境实时驾驶仿真。最后介绍驾驶模拟系统的几个应用实例。

早期的驾驶模拟系统主要针对车辆的模拟,交通环境的模拟较为简单。随着车辆与交通环境一体化进程的推进,驾驶模拟系统中的交通与环境模拟将得到快速的发展,连

续-离散混合系统仿真、不同尺度系统的联合仿真等技术将成为新的发展方向。

系统建模是仿真的重要手段，更是研究问题的一种基本方法。几乎所有科学和工程技术问题的研究都会涉及系统的建模技术或方法。仿真无非是采用系统更全面、模型更精确、求解更多样、范围更广泛、对象更通用、数据处理更规范、可视化程度更高、操作界面更友好的计算机应用系统。本书并不以某种仿真语言或仿真平台(软件)为主体进行介绍，也不追求系统仿真的全面性和复杂性，而是着眼于系统的本质特征、原理和方法介绍各类对象的建模与仿真方法。

全书共 10 章。其中，熊坚撰写第 1 章、第 4~6 章、第 9 章、第 10 章，参与撰写第 2 章、第 3 章、第 7 章；贾现广撰写第 2 章；郭凤香撰写第 3 章；秦雅琴撰写第 7 章，参与撰写第 3 章、第 10 章；万华森、江良华撰写第 8 章；杨秀建参与撰写第 5 章；万华森参与撰写第 9 章。全书由熊坚统稿。本书的出版得到了昆明理工大学研究生院的支持，书中的文字和图表处理得到了研究生朱荔、鲍彦莅、季芳、梁超、王秀圣、田竞、张静的协助，在此一并致谢。

由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请读者批评指正。

熊 坚

2017 年 9 月于昆明

目 录

第 1 章 系统与仿真方法	1
1.1 系统描述	1
1.1.1 系统的含义	1
1.1.2 系统的共性	1
1.2 系统的属性与研究	3
1.2.1 自然系统与工程系统	3
1.2.2 真实系统与模型系统	3
1.2.3 相关研究	4
1.3 系统模型的特征	4
1.3.1 系统模型的输入-输出特征	5
1.3.2 系统模型的状态特征	5
1.4 系统模型的类型	6
1.4.1 静态系统	6
1.4.2 动态系统	7
1.4.3 控制系统	8
1.4.4 离散系统	10
1.4.5 事件驱动系统	13
1.5 系统的建模方法	14
1.5.1 机理建模法	15
1.5.2 实验建模法	15
1.5.3 统计分析法	17
1.5.4 机理-实验混合建模法	18
1.5.5 离散系统建模法	20
1.5.6 连续-离散混合建模法	21
1.6 系统模型的适用范围	21
1.6.1 由简化模型产生的适用范围	21
1.6.2 由实验或统计数据产生的适用范围	22
1.7 系统仿真	22
1.7.1 系统仿真的分类	22
1.7.2 仿真实验	24
1.7.3 系统仿真结构图	25
1.8 仿真的校核、验证和认可	26

1.9 仿真软件	27
1.9.1 仿真程序	27
1.9.2 仿真工具	28
1.9.3 一体化仿真环境	28
1.10 思考题	29
参考文献	29
第2章 连续系统的建模与仿真	30
2.1 连续系统的建模	30
2.1.1 自治系统	31
2.1.2 输入信号模型	32
2.2 连续系统的数值求解	34
2.2.1 初值问题求解	34
2.2.2 欧拉法	35
2.2.3 龙格-库塔法	37
2.3 基于传递函数的建模	40
2.3.1 传递函数	40
2.3.2 传递函数结构图	42
2.3.3 连续系统典型传递函数	43
2.4 建模与仿真工具(MATLAB/Simulink)	46
2.4.1 MATLAB	46
2.4.2 Simulink	50
2.5 思考题	58
参考文献	58
第3章 离散系统的建模与仿真	59
3.1 离散系统	59
3.1.1 离散事件系统的组成	59
3.1.2 离散事件系统的仿真方法	60
3.1.3 离散事件系统仿真的一般步骤	60
3.2 随机变量	60
3.2.1 随机信号的采集及模型	61
3.2.2 随机数的产生	64
3.2.3 随机变量的生成	64
3.3 随机过程	70
3.3.1 随机过程的概念	70
3.3.2 随机过程的产生	71
3.4 排队模型	73
3.4.1 排队系统	73
3.4.2 单通道服务排队系统	74

3.4.3 多通道服务排队系统	76
3.4.4 多类顾客排队系统	80
3.4.5 Jackson 排队网络	80
3.4.6 排队系统仿真	81
3.5 思考题	83
参考文献	83
第4章 车辆与交通环境系统	84
4.1 交通系统的构成及特征	84
4.1.1 交通系统的构成	84
4.1.2 交通系统的特征	85
4.2 车辆与交通环境的构成	86
4.3 车辆系统	86
4.3.1 车辆开环系统	87
4.3.2 车辆闭环系统	88
4.4 “人-车-路-环”控制系统	89
4.5 机动车交通流系统	91
4.5.1 路网系统的描述	92
4.5.2 车流系统的描述	93
4.6 非机动车流系统	94
4.6.1 自行车流系统	94
4.6.2 电动自行车流系统	96
4.7 行人系统	96
4.7.1 行人的特征及分类	97
4.7.2 行人交通的基本特征	99
4.8 道路景观系统	100
4.9 车辆与交通系统的仿真	101
4.10 思考题	102
参考文献	103
第5章 车辆系统的建模与仿真	104
5.1 车辆系统与模型	104
5.2 车身模型	105
5.2.1 三自由度车身模型	106
5.2.2 六自由度车身模型	107
5.3 发动机模型	109
5.3.1 机理模型	109
5.3.2 台架实验模型	110
5.4 传动系模型	110

5.4.1 手动变速器模型	111
5.4.2 自动变速器模型	111
5.5 转向系模型	112
5.5.1 变速比模型	113
5.5.2 动态模型	113
5.6 制动系模型	113
5.6.1 固定制动力分配模型	114
5.6.2 比例阀制动力分配模型	115
5.7 轮胎模型	116
5.7.1 轮胎纵向力模型	116
5.7.2 轮胎侧向力模型	118
5.7.3 联合工况下的轮胎力模型	120
5.8 悬架系模型	121
5.8.1 悬架作用于车身的垂直载荷	121
5.8.2 悬架作用于车身的力矩	121
5.8.3 独立悬架作用于车身的载荷	122
5.9 车辆行驶阻力模型	123
5.10 车辆动力学仿真	124
5.10.1 车辆纵向动力学仿真	124
5.10.2 车辆横向动力学仿真	128
5.10.3 车辆垂向动力学仿真	129
5.10.4 车辆整车动力学仿真	131
5.11 思考题	133
参考文献	133
第 6 章 车辆控制系统的建模与仿真	134
6.1 车辆控制与智能系统	134
6.2 车辆防抱死制动控制系统	136
6.2.1 ABS 的基本结构及控制原理	137
6.2.2 ABS 仿真模型	139
6.2.3 ABS 的仿真及应用	142
6.3 车辆电子稳定控制系统	143
6.3.1 ESP 的基本结构及控制原理	143
6.3.2 ESP 仿真模型	145
6.3.3 ESP 的仿真及应用	148
6.4 车辆自适应巡航控制系统	149
6.4.1 车辆定速巡航控制	150
6.4.2 车辆跟随控制	151
6.4.3 ACC 系统的仿真及应用	152

6.5	硬件在环控制系统	153
6.6	“人-车-路”控制系统	154
6.6.1	驾驶任务	155
6.6.2	驾驶人控制模型	155
6.6.3	驾驶人转向控制模型	156
6.6.4	驾驶人控制模型的发展	159
6.6.5	“人-车-路”仿真系统的扩展	159
6.7	思考题	160
	参考文献	160
第 7 章	交通流系统的建模与仿真	161
7.1	道路交通系统及仿真	161
7.1.1	道路交通系统	161
7.1.2	交通流仿真	161
7.1.3	交通流仿真优势	163
7.2	交通流建模相关理论	164
7.2.1	交通流理论	164
7.2.2	交通流特性	166
7.2.3	交通流模型分类	169
7.2.4	交通流建模的基本要素	175
7.3	交通流的建模与仿真	176
7.3.1	交通流建模方法	176
7.3.2	交通生成模型	181
7.3.3	自由行驶模型	183
7.3.4	跟驰模型	184
7.3.5	车道变换模型与超车模型	190
7.3.6	交通排队模型	195
7.4	行人的建模与仿真	197
7.4.1	元胞自动机模型	198
7.4.2	元胞自动机的构成	198
7.4.3	引力模型	200
7.4.4	社会力模型	200
7.5	思考题	203
	参考文献	203
第 8 章	道路交通环境三维虚拟仿真	205
8.1	概述	205
8.2	三维视景的建模基础理论	205
8.2.1	计算机图形学理论在三维视景建模中的应用	205
8.2.2	三维图形接口——常见三维图形 API	211

8.2.3	虚拟现实技术	214
8.2.4	三维实体的基本建模方法	215
8.3	交通静态视景建模方法	217
8.3.1	交通视景分类	217
8.3.2	道路视景的三维建模方法	217
8.3.3	三维地形模型构建方法	221
8.3.4	交通设施等实体建模方法	228
8.3.5	交通视景状态建模方法	229
8.4	交通动态视景建模方法	230
8.4.1	典型交通情境的提炼	230
8.4.2	动态交通事件设计理论基础	231
8.4.3	动态交通事件触发条件	232
8.4.4	交通情境动态生成基本方法	233
8.4.5	基于脚本语言的交通情境建模	234
8.5	思考题	235
	参考文献	236
第9章	“人-车-路-环”驾驶模拟系统	237
9.1	概述	237
9.1.1	驾驶模拟器的发展	237
9.1.2	驾驶模拟器的分类	240
9.1.3	驾驶模拟器的组成	242
9.2	驾驶舱系统	243
9.2.1	数据采集系统	243
9.2.2	信号处理	244
9.2.3	驾驶舱运动控制系统	245
9.2.4	数据采集与检测平台	246
9.3	车辆动力学模型	247
9.3.1	车辆动力学模型的构成	247
9.3.2	车辆模型与其他系统的关系	250
9.3.3	模拟器对车辆模型的要求	250
9.3.4	车辆动力学仿真平台	251
9.4	驾驶模拟器视景系统	253
9.4.1	视景虚拟图像的生成	253
9.4.2	实验场景的编辑	256
9.4.3	实验场景的快速建模	257
9.4.4	虚拟图像显示系统	259
9.4.5	虚拟图像显示系统的标定	262

9.5 交通动态环境的建模	264
9.5.1 交通情景编辑	264
9.5.2 外部交通流的导入	266
9.6 驾驶模拟器仿真实验方法	268
9.6.1 驾驶仿真实验心理学实验的特征	269
9.6.2 驾驶模拟器仿真实验设计	272
9.6.3 辅助仪器的使用	273
9.6.4 驾驶模拟器仿真实验的有效性	274
9.6.5 驾驶模拟器的晕车现象	275
9.7 驾驶模拟系统的发展	276
9.8 思考题	277
参考文献	277
第 10 章 驾驶模拟系统的应用	279
10.1 车辆动力学仿真实验	279
10.1.1 实验背景和目的	279
10.1.2 仿真实验方法	280
10.1.3 实验数据的处理与分析	281
10.2 车辆控制系统仿真实验	282
10.2.1 实验背景和目的	282
10.2.2 仿真实验方法	282
10.2.3 实验数据的处理与分析	283
10.3 道路线形评价仿真实验	285
10.3.1 实验背景和目的	285
10.3.2 仿真实验方法	286
10.3.3 实验数据的处理与分析	287
10.4 道路安全设施仿真评价	289
10.4.1 实验背景和目的	289
10.4.2 仿真实验方法	290
10.4.3 实验数据的处理与分析	292
10.5 交通诱导系统评价实验	294
10.5.1 实验背景和目的	294
10.5.2 仿真实验方法	294
10.5.3 实验数据的处理与分析	296
10.6 驾驶人注意容量测试实验	298
10.6.1 实验背景和目的	298
10.6.2 仿真实验方法	298
10.6.3 实验数据的处理与分析	302

10.7 驾驶人注意力需求测试实验	303
10.7.1 实验背景和目的	303
10.7.2 仿真实验方法	304
10.7.3 实验数据的处理与分析	306
10.8 思考题	308
参考文献	308

第 1 章 系统与仿真方法

1.1 系统描述

1.1.1 系统的含义

“系统”对应的英文单词是 system，它源自希腊语 system。系统一词最早出现于古希腊原子论创始人德谟克利特(公元前 460 年~公元前 370 年)的著作《宇宙大系统》。该书明确地论述了系统的含义：“任何事物都是在关联中显现出来的，都是在系统中存在的，系统关联每一事物，而每一关联又能反映系统关联的总貌。”这是对系统最早的定义，但系统真正作为一个科学的概念，进入科学领域是在 20 世纪 40 年代，在美国工程设计中应用了这一概念。到 20 世纪 50 年代以后，系统概念的科学内涵才逐步明确，并在工程技术的系统研究和管理中得到了广泛的应用。

如今，系统已经是人们熟悉的一个术语，正如 G·戈登在其著作的《系统仿真》一书中所说：“系统这个术语已经在各个领域用得如此广泛，以至于很难给它下一个定义。”在各种领域中，无论是科学家、工程师或专业技术人员或管理者，在描述一个对象时都会经常使用“系统”这个术语。当他们提到某一个具体的系统时，一般都知道该系统指的是什么以及它们是如何工作的。然而，系统是一个涉及面十分广泛、内涵十分丰富的概念。由于不同领域和学科所研究的对象不同、问题不同、目标不同，从而对系统的侧重也有所不同。因此，人们从不同的出发点和角度给出了很多对系统不同的定义，对系统的理解造成了一定的混乱。

实际上，撇开对象的不同，系统具有共性。一种普遍认可的对系统的定义是：系统是具有特定功能的、相互间以一定规律联系的物体的总体。

1.1.2 系统的共性

虽然不同对象的系统在结构和性质上不同，但抽象来看，系统具有如下共性。

1. 系统的整体性

系统至少由两个要素组成。例如，一个杯子和它的盖子可组成一个系统。世界上一切事物、现象、概念都可以构成系统，大到宇宙、小到一个细胞都可以构成一个系统；构成系统的要素可以是单一事物，也可以是由一群事物组成的小系统。因此，所谓系统的整体性是相对的，即系统的大小、组成部分的多少是相对的；任何系统都可以是一个更大系统下的子系统，同时它也可能包含若干个更小的子系统。例如，某条城市道路是由车道、路口、车辆、行人等构成的一个“线状”系统，相对于多条“线状”系统的城

市区域构成的“网状”系统,该“线状”系统为其子系统,而灯控路口又可成为“线状”系统下的“点状”子系统。

掌握系统相对的整体性特征,在研究中把实际对象进行“系统化”时,就可以根据研究目标设计相对应的系统作为研究对象。

这里,有两种设计系统的基本方法,即自上而下的方法和自下而上的方法。在自上而下的设计中,设计者从高层的抽象模型逐渐向下分解至原子级水平模型;在自下而上的设计中正好相反,设计者从单个的原子开始,由局部到整体,逐级建立起抽象的结构模型,上一级模型的元素可能就包含了下一级的模型。

2. 系统的边界性

正因为系统整体性所具有的相对性,可以把某个系统看成从一个更大的系统中隔离出来的一个“子系统”,这个“子系统”与更大的系统之间便存在一个边界,即系统的边界。边界确定了系统的范围,也将系统与周边环境区分开来。系统与外部环境的物质、能量和信息交流则是通过系统的边界进行的。

任何研究对象都有边界,在确定研究对象的系统组成时,就要明确其边界。通过边界一方面确定了研究的有效范围,另一方面确定了系统与外界的关系,在此基础上,进一步明确系统的输入和输出信息及可能存在的干扰因素。

3. 系统组成要素的相关性

系统的要素之间,要素与整体之间,甚至要素与外界之间都存在着一定的有机联系,从而使系统在自身内部及系统与外部之间形成一定的结构和秩序。特别是当系统的目的性或功能性确定以后,这种要素之间的关联性就更加明确了。例如,一个杯子和它的盖子之间是有关联的,盖子可以防尘和保温,它们构成一个系统,是以装水和保温为目的的;而一支笔和一个杯子之间没有关联性,因此,它们不构成一个系统。

了解系统组成要素的相关性,那么在理论研究中建立系统时,可以选取对系统整体有较大相关性的要素,放弃那些无关或相关性较小的因素,从而提高研究的有效性。

4. 系统的功能性或目的性

系统是一个各要素有机联系的整体,并具有不同于各个部分的新功能。没有统一功能的要素集合体不能构成一个系统。例如,一堆拆散的机器零部件不能构成一个系统,只有当它们按照一定的关系装配起来,完成一些特定功能的时候,才构成一个系统。所以,系统是相互关联的要素的一个集合,它与外部环境交互完成特定功能。从某种意义上来说,系统的整体性就是系统的功能性,因为没有功能的整体性是没有意义的。

相对于系统的功能性,用于理论和工程研究而建立的系统则具有一定的目的性。没有目的建立的系统是没有意义的,系统要素的选取与系统的目的性密切相关。

1.2 系统的属性与研究

1.2.1 自然系统与工程系统

系统的定义和共性特征虽然是明确的,但它是一个抽象的概念,可以泛指一切对象,包括自然界和工程界的一切事物。自然系统是以自然物为要素形成的系统,如宇宙系统、生态系统、森林系统、人体系统等。由人类制造、建设的系统称为工程系统,如车辆系统、运输系统、交通系统、管理系统等。实际上,很多系统都是由自然系统与工程系统组合而成的,如水坝生态系统,既包含了大坝建设工程的元素,又包含了水流区域的生态元素;又如高速公路景观系统,既包含了道路构造物、交通设施等元素,又包含了地貌、植被等元素。

1.2.2 真实系统与模型系统

人们对自然界事物的认识是一个渐进的过程,在描述事物时会采用简化的手段,并将系统“模型化”,从而形成“模型系统”。即人们在探索自然界的规律时,其研究对象是自然界各种各样的“真实系统”,当人们用某种方式把“真实系统”描述下来时,就不可避免地将“真实系统”简化成了“模型系统”。因此,模型系统具有明确的意图和动机。同样,人们出于对自身环境的改造和生活的需求,不断地设计出自己的“工程系统”,如水利工程和交通工程等。在研究工程系统时,同样需要把工程“真实系统”简化为工程“模型系统”。需要指出,“模型系统”与“系统模型”的概念是不同的,“模型系统”是指人们对研究对象(真实系统)的一种描述,而“系统模型”是对“模型系统”进行具体建模后的结果。

因此,“系统”一词通常有两种含义:一种是指现实中的“真实系统”,另一种是指由人建立的“模型系统”。实际上,自然界是一个整体,是人类通过不同的视点看到的自然界不同元素组成的系统,或者设计出了满足自己需求的工程系统。从这个意义上来说,所谓的“系统”都是人造的系统。

系统与模型的概念及相互关系在过去一直比较模糊。模型是在系统的基础上建立的,但需要对模型进行简化,这种简化模型的过程,其实质就是对系统进行简化的过程。但只顾及简化模型就会忽略对系统特征的认识。如简化模型后,就容易忽略系统边界和适用范围的变化,甚至忽略一些重要的系统元素,影响研究的完整性。因此,笔者提出模型系统的概念,就是要在系统建模之前,先对系统进行必要的分析和简化,以形成系统的研究范围和外部条件,完成模型系统后才是具体的建模过程。

人们在研究任何问题时所建立的系统都是模型系统,仿真系统也不例外。本书后面所讲的系统也都是指模型或仿真系统。

值得注意的是,在建立对象的模型系统时,一般会根据建模的目的和要求进行不同程度的简化或假设,因此,模型系统是带有一定的主观性的。

1.2.3 相关研究

每一个系统都有三个基本的部分：输入、输出、系统描述。任何一个系统，如果任意两个部分确定求第三部分，就意味着不同的研究方法，如表 1-1 所示。

表 1-1 系统、输入、输出三者的应用关系

系统确定部分		求取部分	研究方法
输入	系统	输出	分析
输入	输出	系统	设计
系统	输出	输入	控制

科学家常采用实验分析的方法来研究自然界的规律。根据这一观点，系统是自然界存在的某一部分，人们将它提出来就是为了掌握其自身的特性和规律，即研究在给定输入信息下它会产生什么样的响应(输出)，或是针对一个特定的条件，通过实验和数据分析，寻求该系统某输入、输出因素的因果或相关关系，进一步用科学的方法对这种因果或相关关系进行模型假设和验证。这是目前基础研究领域采用的主要方法，研究者可据此发表论文，甚至获得自然科学奖励。

工程师则从另外的角度看问题。对工程师来说，对给定的条件(输入)和技术指标(输出)，他需要做的是如何设计出理想的满足输出条件的产品(系统)。当然理论上设计出产品是一回事，实际加工出具有一定输入条件的产品是另一回事。工程中的绝大多数问题是设计问题，因此工程师是社会产业发展的主力军。

管理者或控制工程师的角度又不同。无论是管理工厂、计算机网路，还是工程控制，系统已经存在了。对工厂而言，系统的输出——直接的(如年产量)或间接的(如利润)要求是明确的；对工程控制对象，系统的输出指标、精度是明确的。因此，工厂管理者的职责就是制定规则或控制方法，控制成本(输入)以到达理想的产出(输出)；控制工程师的职责就是确定控制方法，控制输入参数，达到理想的输出结果。大到社会和一个单位的管理，小到一个工程上的控制器，控制的基本原理是一样的，即对给定的系统，通过对输入参数的控制来实现理想的输出特性。

以上三种观点单独来看都是正确的，已有很多相关专著。但这些专著往往只从自身学科的观点注重从某一个方面论述，而不像系统科学家可以从各个方面来认识这个问题。

1.3 系统模型的特征

一般意义上，模型(Model)是一种对对象的替代，用于代表其对象以便得到更好的定义。模型不是对原对象的复制，而是根据不同的使用目的，选取原对象的若干方面进行本质的抽象和简化。如前所述，系统模型是对系统模型化的结果。简单来说，系统模型就是将系统内部某种特定的关系用一种抽象的形式来表示。通过对系统模型化可以描述系统的本质和内在的关系。