

陆军武器装备 作战建模与仿真

LUJUN WUQI ZHUANGBEI ZUOZHAN JIANMO YU FANGZHEN

樊延平 马亚龙 等 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

总装备部科技创新人才团队专项经费

陆军武器装备作战 建模与仿真

樊延平 马亚龙 等 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书阐述了陆军武器装备作战建模的基础理论,分析了陆军武器装备体系中轻武器、压制装备、防空装备、装甲装备、陆航装备、指挥信息系统、综合保障装备7大类装备的作战运用特点,建立了各类武器装备的主要作战功能模型,并以武器装备体系对抗为背景,应用陆军各类武器装备功能模型,提出了陆军武器装备体系对抗仿真系统的功能组成和结构方案。

本书可以作为军事运筹学与军事装备学专业相关方向本科生教材和教学参考书,也可供相关专业研究生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

陆军武器装备作战建模与仿真 / 樊延平等编著. —北京:国防工业出版社,2015.1

ISBN 978-7-118-09535-7

I. ①陆... II. ①樊... III. ①陆军装备—武器装备—系统建模 ②陆军装备—武器装备—系统仿真 IV. ①E917

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 253844 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710 × 1000 1/16 印张 11 字数 204 千字

2015 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 48.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

前 言

陆军武器装备作战建模与仿真是研究战争规律、创新作战理念、检验作战能力和推动部队训练的重要手段,正逐步成为推动战争研究和战争实践的主要手段之一,日益受到军队领导机关、作战部队、研究机构的高度重视,并结合各军兵种武器装备发展建设要求构建了一系列的武器装备作战对抗仿真系统,有力地推动了军事作战能力建设的发展。

本书的编写旨在总结作者近年来开展陆军作战对抗仿真的研究成果,从武器装备体系对抗仿真的整体出发,着眼于陆军各类武器装备的作战运用过程,研究提出陆军各类武器装备主要作战功能的建模思路 and 模型,为开展陆军武器装备体系对抗仿真研究提供思路和技术途径。

本书共分3部分,第1部分为基础理论篇(第1章),重点阐述陆军武器装备体系的概念、特点与基本组成,建模的基本理论、方法和技术,以及本书的研究内容和章节安排。第2部分为模型构建篇(第2章~第8章),在探讨轻武器、压制装备、防空装备、装甲装备、陆航装备、指挥信息系统、综合保障装备7类武器装备特点及作战运用的基础上,重点介绍各类武器装备作战功能模型的建立方法和过程。第3部分为模型应用篇(第9章),重点介绍陆军武器装备体系对抗仿真系统的功能组成和结构设计,说明各类武器装备功能模型在仿真系统构建中的应用情况。

本书框架由樊延平、马亚龙共同讨论确定,内容由樊延平、马亚龙、鲁鹤松共同编写。其中,樊延平负责编写第3、5、6、7、8章及全书统稿,马亚龙负责编写第1、9章,马亚龙、樊延平、鲁鹤松共同编写了第2、4章。

本书的编写得到了郭齐胜教授、彭文成教授、周深根副教授、李光辉副教授、潘丽君副教授的热情鼓励与大力支持,在此表示由衷的感谢!此外,由于本书编写过程中参考或直接引用了有关作者的教材、专著和论文,并得到了总装备部科技创新人才团队专项经费资助出版,在此一并表示感谢。

由于学识和水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者与专家批评指正!

作者
2014年2月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 陆军及陆军武器装备体系	1
1.1.1 陆军及其任务	1
1.1.2 陆军武器装备体系及其组成	2
1.2 建模基础	4
1.2.1 基础理论	4
1.2.2 建模技术	10
1.3 陆军武器装备作战建模	15
1.3.1 模型组成	15
1.3.2 作战建模过程	16
1.4 本书安排	17
第2章 轻武器作战建模	18
2.1 轻武器概述	18
2.1.1 装备特点	18
2.1.2 作战运用	18
2.2 火力建模	19
2.2.1 建模分析	19
2.2.2 单件武器射击火力建模	19
2.2.3 多件武器射击火力建模	26
第3章 压制装备作战建模	28
3.1 压制装备概述	28
3.1.1 装备特点	29
3.1.2 作战运用	30
3.2 火炮火力建模	30
3.2.1 建模步骤	30

3.2.2	火力分配	30
3.2.3	火力转移	32
3.2.4	火力射击	33
3.3	导弹火力功能建模	37
3.3.1	导弹火力突防特点	37
3.3.2	导弹火力突击建模	37
3.3.3	导弹封锁机场跑道应用举例	39
第4章	防空装备作战建模	42
4.1	防空武器概述	42
4.1.1	装备特点	43
4.1.2	作战运用	43
4.2	建模分析	45
4.2.1	建模背景	45
4.2.2	作战对象分析	45
4.2.3	兵力编成及部署	46
4.2.4	作战过程分析与建模	49
4.3	主要模型	50
4.3.1	侦察模型	50
4.3.2	电子对抗模型	50
4.3.3	火力分配模型	50
4.3.4	射击模型	51
第5章	装甲装备作战建模	54
5.1	装甲装备概述	54
5.1.1	装备特点	54
5.1.2	作战运用	56
5.2	机动建模	57
5.2.1	机动分析	58
5.2.2	机动条件假定	58
5.2.3	机动模型构建	59
5.3	火力建模	63
5.3.1	火力运用内容与原则	63
5.3.2	火力控制建模	64

5.3.3	火力分配建模	66
5.3.4	火力效果建模	68
5.4	防护建模	69
5.4.1	命中部位确定	70
5.4.2	防护能力确定	70
第6章	陆航装备作战建模	72
6.1	陆航装备概述	72
6.1.1	装备特点	72
6.1.2	作战运用	73
6.2	火力建模	74
6.2.1	火力打击过程分析	74
6.2.2	直升机通视模型	76
6.2.3	打击目标识别模型	76
6.2.4	反坦克导弹毁歼模型	77
6.2.5	歼敌数量计算模型	77
6.3	机动建模	77
6.4	综合应用	79
6.4.1	问题分析	79
6.4.2	模型构建	81
第7章	指挥信息系统作战建模	87
7.1	指挥信息系统概述	87
7.1.1	指挥信息系统功能	87
7.1.2	指挥信息系统组成	88
7.1.3	指挥信息系统特点	90
7.1.4	指挥信息系统运用	90
7.2	指挥控制建模	91
7.2.1	指挥控制过程	91
7.2.2	指挥控制模型	93
7.3	情报侦察建模	102
7.3.1	情报侦察过程	102
7.3.2	光电侦察模型	103
7.3.3	雷达侦察模型	107

7.3.4	情报融合模型	108
7.4	通信建模	110
7.4.1	通信原理	110
7.4.2	通信模型	111
7.5	信息对抗建模	114
7.5.1	信息对抗系统概述	114
7.5.2	通信对抗模型	116
7.5.3	雷达对抗模型	118
第8章	综合保障装备作战建模	123
8.1	工程保障装备及建模	123
8.1.1	工程装备概述	123
8.1.2	布雷作业建模	124
8.1.3	急造军路作业建模	129
8.1.4	桥梁作业建模	130
8.1.5	开辟通路作业建模	131
8.2	后勤保障装备及其作战建模	132
8.2.1	后勤保障装备概述	132
8.2.2	运输保障建模	133
8.3	装备保障装备及其作战建模	137
8.3.1	装备保障装备概述	137
8.3.2	装备保障需求预计	139
8.3.3	装备维修保障能力建模	145
8.3.4	装备技术侦察建模	148
第9章	陆军武器装备体系作战仿真系统构建	149
9.1	应用需求	149
9.2	系统功能	149
9.3	系统体系结构	150
9.3.1	总控子系统	150
9.3.2	数据库子系统	154
9.3.3	方案作业子系统	155
9.3.4	综合评估子系统	156
9.3.5	态势显示子系统	157

9.4 作战仿真子系统 159

9.4.1 模块功能与构成 159

9.4.2 系统实现 161

9.5 保障仿真子系统 163

9.5.1 模块功能与构成 163

9.5.2 系统实现 165

参考文献 166

第1章 绪 论

1.1 陆军及陆军武器装备体系

1.1.1 陆军及其任务

陆军是以步兵、装甲兵、炮兵为主体,主要在陆地遂行作战任务的军种,通常由步兵、装甲兵、炮兵、陆军航空兵、工程兵、通信兵、防化兵、侦察兵、测绘兵、汽车兵等战斗兵种和各种专业兵种组成。陆军是世界上最早出现的军种,陆军武器装备是世界上最早出现的兵器。陆战是战争之母,是人类社会最早运用的作战形式。人类战争史上一幕幕威武雄壮的陆战场景,展示了陆军武器装备的发展历程。在几千年的历程中,陆军与陆军武器装备不断发生变化,随着高新技术和军事变革的快速发展,在未来必将会有更大的发展。从目前以及未来陆军的作战使用看,陆军承担的任务主要包括以下几种。

1. 攻歼陆战场上敌军的有生力量

人是军队的主体,在作战行动中起决定作用。陆军作为陆战场上的主体力量,歼灭敌军的有生力量是其主要任务。只有大量消灭其有生力量,摧毁其高技术装备,才能为取得战斗的胜利创造条件。

2. 夺取、扼守重要地区 and 目标

在未来战争中,为阻止或击败敌人的进攻,陆军将独立或在其他军(兵)种和地方武装力量的支援、配合下,组织实施陆上进攻或防御战斗。夺取、扼守重要地区 and 目标可能成为战斗的主要目的。

3. 参加登陆作战

陆军在其他军(兵)种和地方武装力量的支援、配合下担负着遂行登陆作战的重要任务。当单独实施登陆战斗时,主要担负抢滩上陆,夺取和巩固、扩大登陆场,夺取敌占岛屿,配合陆上作战等任务。

4. 组织实施机降作战

陆军可搭乘直升机快速机动至预定地区,遂行袭击敌指挥所、炮兵和导弹发射阵地、预备队配置地域、后勤保障系统,夺占重要交通枢纽、桥梁、隧道、渡口以及其他重要目标的任务,配合正面主力部队的作战行动。

1.1.2 陆军武器装备体系及其组成

1. 武器装备体系及陆军武器装备体系

武器装备是用以实施和保障作战行动的武器、武器系统和军事技术器材的统称。主要指武装力量编制内的武器、弹药、车辆、机械、器材、装具等。

武器装备体系是在一定的战略指导、作战指挥和保障条件下,为完成一定作战任务,而由功能上互相联系、相互作用的各种武器装备系统组成的更高层次系统。

陆军武器装备体系是在陆地遂行特定的作战任务,由功能上相互联系又相互补充的不同陆军武器装备及其系统按照作战原则和军事规律综合集成的有机整体。它随军事需求变化和国防科技发展而演进,随时代进步而跃变。

武器装备体系通常由主战武器装备、综合电子信息系统和综合保障系统三大部分组成。主战武器装备是指在战争中用于直接杀伤敌人有生力量及摧毁其战斗设施的非电类武器装备及武器装备系统。综合电子信息系统是指在战争中为主战装备和综合保障系统提供信息支持或进行信息作战的装备,它是战争中的指挥中心、神经中枢和神经末梢。综合保障系统是为主战装备和综合电子信息系统提供作战保障和装备技术保障的系统。在现代战争中,这三大部分都不可或缺。它们相辅相成,共同为取得战争胜利作出贡献。

2. 陆军武器装备体系组成

坦克装甲车辆的出现及其广泛运用,标志着现代陆军的初步形成。坦克、步兵战车、压制火炮、防空火炮、反坦克火炮、地地战术导弹、防空导弹、反坦克导弹、武装直升机、各种保障车辆和新一代自动枪械,构成了现代陆军的钢铁骨骼;先进的通信系统和自动化指挥系统,构成了现代陆军的神经中枢;现代化的后勤保障手段,给予了现代陆军血与肉。陆军武器装备体系的基本组成如图 1-1 所示。

1) 步兵及其武器装备

步兵有摩托化步兵、机械化步兵、徒步步兵,是徒步或搭乘装甲输送车、步兵战车实施机动和作战的兵种,是陆战场上的基本作战力量。主要装备是轻武器,包括步枪、手枪、冲锋枪、机枪等枪械,以及手榴弹、枪榴弹、榴弹发射器和便携式单兵火箭发射器等轻型榴弹武器。

2) 炮兵及其武器装备

炮兵由地面炮兵和战役战术导弹部队组成,是陆军火力突击的骨干力量。主要装备包括各种压制火炮、反坦克火炮、反坦克导弹和战役战术导弹。这些武器装备具有强大的火力、较远的射程、良好的精度和较高的机动能力,能迅速、突

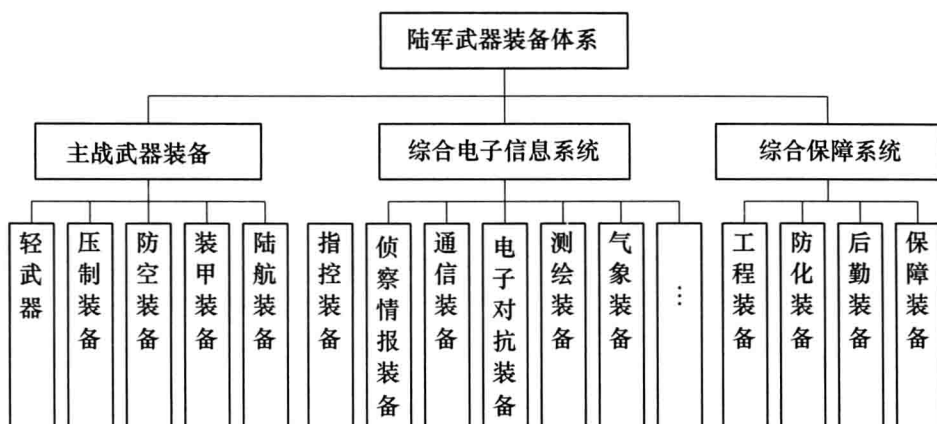


图 1-1 陆军武器装备体系装备组成

然、连续地对地面、水面目标实施火力突击。炮兵通常协同其他兵种作战,也可独立进行火力战斗。火炮主要分为压制火炮和反坦克火炮。压制火炮包括榴弹炮、加农炮、加农榴弹炮、火箭炮和迫击炮。导弹分为反坦克导弹和地地战术导弹。

3) 防空兵及其武器装备

防空兵是陆军对空作战的主要力量,由高射炮兵和地空导弹部(分)队组成。主要装备包括高射炮、地空导弹等野战防空武器,以及雷达和对空电子对抗侦察、干扰器材,具有良好的射击精度和较高的机动能力。防空兵能独立或协同航空兵遂行对空作战任务。防空武器主要分为高射炮和防空导弹。

4) 装甲兵及其武器装备

装甲兵是现代陆战场的主要突击力量,其武器装备主要包括主战坦克、水陆坦克、步兵战车、装甲输送车、两栖突击车、装甲侦察车和指挥车,以及其他履带或轮式装甲保障车辆等。

5) 陆军航空兵及其武器装备

陆军航空兵是以武装直升机和其他螺旋翼飞机为基本装备,在空中遂行作战任务的陆军兵种。它以其高度的战场机动性、强大的火力和便于协同指挥的特点,成为现代陆军理想的空中突击力量,在各种大纵深、立体化作战中发挥着重要作用。陆军航空兵装备主要包括武装直升机、侦察直升机、运输直升机等。

6) 工程兵及其装备

工程兵由工兵、舟桥、建筑、伪装、给水和工程维护等专业部(分)队组成,是军队作战行动实施工程保障的专业兵种。在现代陆军作战中,工程兵承担保障部队的隐蔽安全、指挥稳定、快速机动和阻滞敌人机动等任务,并能直接歼灭敌人有生力量和破坏其技术装备,是遂行工程保障任务的技术骨干力量。工程装备主要包括地雷爆破装备、渡河桥梁装备、军用工程机械、伪装装备等。

7) 防化兵及其装备

防化兵主要由防化(核观测、侦察、洗消)、喷火、发烟等部(分)队组成,是担负防化保障任务的专业兵种,是军队对核、化学武器防护的技术骨干力量,并可担负对生物、燃烧武器防护的部分任务,同时担负喷火和发烟任务。能保障部队同敌人核、化学武器袭击进行斗争;能掩蔽部队的行动;能以专用武器装备配合其他兵种进行战斗。防化装备主要包括观测、侦察、洗消、喷火、发烟、防护6类器材。

8) 信息装备

信息装备应用于战争的过程,对战争的进程和结局具有重大影响。信息装备分为信息支持装备和信息战装备。信息支持装备是指通过信息的搜集、传输、处理、分发和利用等,对作战体系以及武器装备提供信息支持的各种电、光、声和磁军事装备,主要包括指挥控制装备、预警探测装备、侦察情报装备、技术侦察装备、通信导航装备、计算机装备、保障(如气象、测绘)装备。信息战装备是通过信息对抗,保护己方的信息和信息系统免遭破坏或破坏敌方的信息或信息系统的装备,主要包括电子战装备和网络战装备。

9) 后勤装备

后勤装备是指武装力量实施后勤保障所使用的车辆、船舶、飞机及设备、器材、装具等的统称,是军事装备的重要组成部分,主要包括军需装备、卫生装备、军事交通装备、油料装备、野营装备、仓库装备、后勤指挥控制装备、工程防护装备8类装备。

10) 装备保障装备

装备保障装备是指武装力量实施装备保障所使用的车辆、器材、弹药、装具等的统称,是军事装备的重要组成部分,主要用于遂行战场装备抢救抢修、弹药供应和器材补给等任务,主要包括抢救抢修装备、物资补给装备等。

1.2 建模基础

1.2.1 建模理论

1.2.1.1 基本概念

1. 模型

科学实验是人们改造自然和认识社会的主要途径。在实际系统上进行实验叫做实物实验或者物理实验。除此,人们往往希望在实际系统产生之前描述大型复杂系统,预测它们的功能和性能,或者由于某种原因(如有毒、有害、有危险、太昂贵等)不易在现实系统上完成实验时,借助“模型”代替系统本身,在模

型上进行实验。于是,产生了模型及模型研究的概念(如图 1-2)。

模型是当今科技工作者常常谈论的重要科学术语之一,它是相对于现实世界或实际系统而言的。在模型研究中,被研究的实际系统叫做原型,而原型的等效替身则称为模型。

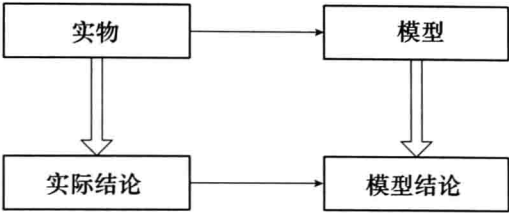


图 1-2 模型和模型研究

模型是指对被研究对象(或系统)的各种属性特征及其变化规律抽象表示的相似体。它能够反映被研究对象(或系统)和行为特征,它不是“系统的复现”,而是按研究的实际需求和关注点,寻找一个便于进行系统研究的“替身”。因此,模型建立的过程,就可以理解为对被研究对象(或系统)抽象并具体化的过程,即将被研究对象(或系统)视为产生一定性质状态数据的信息源,并将其视为一个“黑箱”,将能产生与该黑箱相同性质状态数据的一些规则、关系、指令进行集合抽象,得到模型的形式、结构以及参数,从而得到被研究对象(或系统)的模型。

2. 模型的性质

(1) 普遍性。亦称等效性,是指同一个模型可从各个角度反映不同的系统,即一种模型与多个系统可能具有相似性。

(2) 相对精确性。模型的近似度和精确性都不可超出应有限度和许可条件。过于粗糙的模型将失去过多系统特性而变得无用;过于精确的模型往往会造成非常复杂,甚至给模型研究带来困难,主要表现为计算量大、周期长、分析困难等。因此,一个满意的模型应该具有考虑诸种条件折衷下的适应精确性。

(3) 可信性。模型必须经过检验和确认,成为代表实际系统的有效模型,即具有良好的置信度。

(4) 异构性。同一个系统的模型可以具有不同的形式和结构。因此,模型研究中将选择最方便、最合理的模型形式和结构。

(5) 通过性。模型视为“黑箱”,通过向其输入信息并获取信息建立起模型的输入—输出概念。

3. 建模目的

(1) 科学研究。在科学研究中,为了掌握事物发展与变化的规律,进而全面深刻地了解与研究事物,需要将一些属于感性的、表象的认识与素材抽象和提高成理性的东西,被抽象出来的代表事物本质的模型就是体现该事物理性的一种形式,而且抽象、概括成模型的过程本身常常也是科学研究的一部分。在实际过程中,一旦建立了系统模型,就可以对该系统的动态特性进行更深入全面的研究,理解系统研究过程中所获得的各种数据,探索和分析不同工作条件和各种参数对系统工作特性的影响,以便对该系统加以完善,进而提出新系统设计的理论

和方法。

(2) 系统设计。在进行系统特别是复杂系统设计时,常常需要进行仿真研究,通过仿真比较各种设计方案,优化系统参数,以便设计出能达到设计要求(如稳定性和精度等)的最优系统来。而仿真研究的前提是建立系统模型。

(3) 预测。不论在自然科学还是社会科学研究中,往往希望知道所研究的系统未来发展演变的规律和趋势,掌握了这个演变规律和趋势,才有可能预先作出决策,采取措施控制系统中有关变量的变化。如在电站设备的控制系统中,启动关闭和调节某些机组,科学定量的预测大多采用模型法,首先建立所控制系统的数学模型,然后根据模型的系统中某些变量的未来状态进行预测。显然,预测的可靠性取决于人们对被预测系统的特性的认识程度,即所建立模型的可信度。

1.2.1.2 模型分类

1. 按照模型的形式分为物理模型、数学模型

物理模型又称为实物模型,它是根据一定的规则(如相似原理)对系统简化或按比例缩放而得到的复制品。因此,其外观与实际系统极为相似,描述的逼真感较强,例如,风洞试验的飞行器外形和船体外形。物理模型常用于水利工程、土木工程、船舶、飞机制造等方面。

数学模型一般是为了特定的目的,根据现实世界中特定对象的内在规律,进行必要的简化假设,并运用适当的数学工具,得到的一个数学结构。通过对系统数学模型的研究可以揭示系统的内在运动和动态特性。

数学模型的类型与系统特性有关。根据系统特性的不同,数学模型一般包括以下几种类型:系统特性有线性与非线性、静态与动态、确定性与随机性、微观与宏观、定常与非定常、集中参数与分布参数之分,故描述系统特性的数学模型必然也有这几种类型的区别。同时,数学模型与研究系统的方法有关。根据研究方法的不同,数学模型包括以下几种类型:连续模型与离散模型、时域模型与频域模型、输入输出模型与状态空间模型之别。数学模型的要素包括组成部分和数学关系两部分。

(1) 组成部分:数据和常数、变数与参数(可在一定条件下互相转换),还有运算符。

(2) 数学关系:由以上要素组成的函数、表达式、命题(包括逻辑命题)等。

2. 根据模型描述被研究对象的粒度的粗细,将模型分为功能模型和结构模型

功能模型是以武器装备所具有的功能与能力为研究对象建立的模型,如图1-3中左侧的机枪模型。而结构模型是以武器装备的结构为研究对象,对部(组)件的结构特征或者运动规律进行建模,是对功能模型的进一步细化和详细描述,如图1-3中右侧的机枪模型。

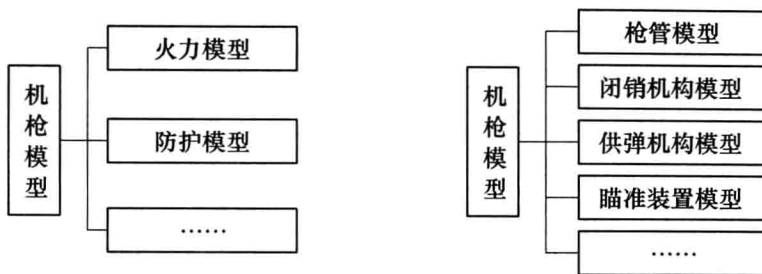


图 1-3 功能模型与结构模型

3. 根据模型在开发过程中的表现形态,还可以分为概念模型、数学模型和计算机模型

概念模型,用自然语言(包括文字、简图、符号等)描述的原始系统模型,主要分析原始系统的目标、实体、行为、状态及制约因素,抽象原始系统的主要要素、内在外在关系、行为特征、控制规则及交互活动等,它是人们对原始系统的第一次抽象。

数学(逻辑)模型,用逻辑方法或者数学方法对系统之间或系统内部各要素之间的因果关系、依从关系和时序关系进行描述的原始系统模型,它是人们对原始系统的第二次抽象。

计算机模型,是指用计算机语言描述的原始系统模型,一般包括算法、程序流程图、程序源代码、调试记录等内容。

1.2.1.3 建模原则

通常,模型建立要遵循以下基本原则。

1. 简单性

模型是实际系统的简化与抽象,在建模过程中忽略了一些次要因素和某些非可测变量的影响,是针对特定目的的系统表示,应具有较高的实用性和简单性。而且,在确保实用的前提下,模型越简单越好。

2. 清晰性

一个复杂的系统是由许多子系统组成的,因此对应的系统模型也是由许多子模型构成的。在子模型之间除为了研究目的所必需的信息联系外,互相耦合要尽可能少,结构要尽可能清晰。

3. 相关性

模型中应该只包括系统中与研究目的有关的那些信息。例如,对一个空中调度系统的研究,只需要考虑飞行的方位航向等因素,而无需涉及飞机的飞行姿态。虽然与研究目的无关的信息包括在系统模型中可能不会有很大危害,但是,因为它会增加模型的复杂性,从而使得在求解模型时增加额外的工作,所以应该把与研究目的无关的信息排除在外。

但是,实际系统中到底哪些信息是本质的,哪些是非本质的,这要取决于所研究的问题。例如,为了制定大型企业的生产管理计划,模型就不必反映各生产装置的动态特性,但必须反映产品质量、销售和库存原料量等变化情况。也就是说,各装置的动态特性对这种模型来说是非本质的。相反,为了实现各生产装置的最佳运行,模型就必须反映各装置内部状态变化的、详细的生产过程动态特性。这时,各装置的动态特性就变成本质的了。可见,模型所反映的内容将因其使用目的的不同而已。

对实际系统而言,模型一般不可能考虑系统的所有因素。从这个意义上讲,所谓模型可以说是按照系统建模目的所做的一种近似描述。研究者必须承认,如果模型的输出响应 $y(k)$ 和实际系统的输出响应 $y(k)$ “几乎必然”处处相等,记作 $y(k) \xrightarrow{a.s.} y(k)$ (a. s. = almost surely),那么应该说所建立的模型就是满意的了。当然,如果要求模型越精确,模型就会变得越复杂。相反,如果适当减低模型的精度要求,只考虑主要因素而忽略次要因素,模型就可以简单些。这就是说,建立实际系统的模型时,存在着精确性和复杂性这一对矛盾,找出这两者的折衷解决方法往往是实际系统建模的关键。

4. 准确性

建立系统模型时,应该考虑所收集的、用以建立模型的信息的准确性,包括确认所对应的原理和理论的正确性和应用范围,以及检验建模过程中针对系统所作的假设的正确性。例如在建立导弹飞行动力学模型时,应将导弹视为一个刚体而不是一个质点,同时要注意导弹在高超音速运动中的特殊性。如果仅考虑导弹的射程问题,导弹在大气中的运动可以作相应的简化,如果是考虑导弹的命中精度问题,就不能作这样的简化。

5. 可辨识性

模型结构必须具有可辨识的形式。所谓可辨识性是指系统的模型必须有确定的描述或表示方式,而在这种描述方式下与系统性质有关的参数必须是唯一确定的解。若一个模型结构中具有无法估计的参数,则此模型就无实用价值。

6. 集合性

建立模型还需要进一步考虑的一个因素,是能够把一些个别的实体组成更大实体的程度,即模型的集合性。例如对防空导弹系统的研究,除了能够研究每枚导弹的发射细节和飞行规律之外,还可以综合计算多枚导弹发射时的作战效能。

1.2.1.4 建模步骤

模型是对被研究对象的各种属性特征和变化规律抽象表示的相似体,反映了被研究对象的特征规律,包括了人对建模对象认知的概念建模、为进行仿真而设计数学模型(逻辑模型、图元模型等)、为仿真应用而开发计算机模型和物理