



国防特色教材·船舶与海洋工程

鱼雷系统工程原理与方法

YULEI XITONG GONGCHENG YUANLI YU FANGFA

宋保维 主编

 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

北京航空航天大学出版社 北京理工大学出版社
哈尔滨工业大学出版社 西北工业大学出版社



国防特色教材·船舶与海洋工程

鱼雷系统工程原理与方法

宋保维 主编

王树宗 石秀华 主审

哈尔滨工程大学出版社

北京航空航天大学出版社 北京理工大学出版社
哈尔滨工业大学出版社 西北工业大学出版社

内容简介

本书系统地论述了鱼雷系统工程的基本原理、方法及数学模型,提供了大量的设计资料和设计实例,充分反映了国内外该学科领域的最新研究成果,代表了鱼雷系统工程发展中重要的技术突破,如鱼雷指标体系、鱼雷系统可靠性模糊分配方法、鱼雷系统可靠性试验与评估、鱼雷寿命周期费用、鱼雷系统研制风险评估、声自导鱼雷齐射作战效能、火箭助飞鱼雷作战效能等。内容阐述循序渐进,由浅入深,理论联系实际,具有较强的系统性和逻辑性。

本书除作为兵器科学与技术、船舶与海洋工程、机械电子工程等学科专业研究生教材外,还可作为航空、航天、船舶、机电工程等领域工程技术人员的参考书,以及普及系统工程教育的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

鱼雷系统工程原理与方法/宋保维主编. —哈尔滨:哈尔滨:
工程大学出版社,2010.3

ISBN 978 - 7 - 81133 - 600 - 9

I. ①鱼… II. ①宋… III. ①鱼雷 - 系统工程
IV. ①TJ63

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 012893 号

鱼雷系统工程原理与方法

主 编 宋保维
责任编辑 薛 力

*

哈尔滨工程大学出版社出版发行

哈尔滨市南岗区东大直街 124 号 发行部电话:0451 - 82519328 传真:0451 - 82519699

<http://press.hrbeu.edu.cn> E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

肇东粮食印刷厂 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:19.75 字数:426 千字

2010 年 3 月第 1 版 2010 年 3 月第 1 次印刷 印数:1000 册

ISBN 978 - 7 - 81133 - 600 - 9 定价:49.00 元

前 言

系统工程是一门尚在不断发展中的交叉学科,涉及的知识面非常广泛,应用领域众多。它是把自然科学和社会科学中某些思想、理论和方法等,根据系统总体协调的需要,有机地联系而成的一门新兴的交叉学科。当前,由于科学技术的进步,以及现代管理科学的迅速发展,需要从系统总体出发来分析和处理问题,亟需具备系统工程的有关知识。

本书是国防科工委“十一五”重点规划教材,是以西北工业大学出版的优秀讲义《鱼雷系统工程原理与方法》为基础编写而成的。原讲义内容是根据教学改革的需要及多年的教学实践,结合科研课题的研究成果以及国内外最新研究理论与方法编著而成,曾在兵器科学与技术、船舶与海洋工程、机械电子工程等学科专业研究生教学中使用多年,并被中国船舶重工集团公司第 705 研究所、710 研究所、874 厂、884 厂、750 试验场、海军等单位的科技工作者作为参考书,社会效益显著。而本书补充了鱼雷的战斗使用与攻击效果评定、鱼雷系统可靠性试验与评定、鱼雷寿命周期费用、鱼雷系统研制风险评估等最新研究成果,较为全面地讲述了鱼雷系统工程的基本概念、理论与方法及工程应用技术。

全书共 10 章。第 1 章阐述了系统工程的基本概念、含义、观点与方法,系统模型分类与建模理论原则,鱼雷系统工程思想原则;第 2 章论述了鱼雷系统的概念与分类,鱼雷系统战术技术指标的基本结构,鱼雷战术技术指标体系,影响和决定鱼雷战术技术指标的因素;第 3 章论述了系统可靠性模型,系统可靠性指标分配的常用方法,系统可靠性指标分配的模糊数学方法、分解协调优化法和基于系统造价的可靠性指标分配的模糊优化方法;系统可靠性预计的基本方法,系统可靠性预计的边值方法,指数分布与非指数分布的产品可靠性预计;第 4 章论述鱼雷系统可靠性试验中的环境应力和筛选参数,环境应力筛选试验的工作要求,可靠性增长试验的数学模型与可靠性增长分析,可靠性统计试验原则与试验方案,以及鱼雷系统可靠性综合评定的序贯压缩和 Monte Carlo 模拟等一般方法,系统可靠性综合评定的信息熵法、矩拟合法、渐近正态法、Bayes 方法修正法,系统可靠性综合评定中的数据综合和环境因子;第 5 章论述了鱼雷寿命周期费用的基本概念,寿命周期各阶段对费用的影响,费用分析建模方法,寿命周期费用数据采集与处

理,鱼雷寿命周期费用分解结构,鱼雷寿命周期研制费用、生产费用、使用保障费用等工程模型,武器系统寿命周期费用的模糊主成分估计模型,鱼雷研制费用的灰色 Verhulst 模型;第 6 章论述了鱼雷系统研制风险评估基本概念,风险及风险间关系,风险评估中常用的定性评估方法,FMEA、故障树分析方法、事件树分析方法定量评估方法,鱼雷系统研制风险产生的因素和后果,鱼雷系统研制风险的模糊综合评判法;第 7 章论述了鱼雷系统综合评价层次分析和评价原理与数学模型,模糊数学基本知识与多层次模糊综合评价,灰色理论基本知识与多层次灰色综合评价,多层次模糊灰色综合评价;第 8 章论述了鱼雷武器系统作战效能概念、数学模型,鱼雷武器系统作战效能的分析体系,鱼雷武器系统作战效能指标的确定方法,鱼雷的效能分析,鱼雷武器系统作战效能的评价与仿真;第 9 章论述了声自导鱼雷双雷齐射与多雷齐射组织与射击方法,多雷齐射命中概率的组成及影响因素,双雷齐射命中概率计算方法;第 10 章论述了火箭助飞鱼雷作战使用过程、作战流程、射击方法,火箭助飞鱼雷射击效率,火箭助飞鱼雷弹道模型,射击参数解算模型。

本书在编写中,坚持“理论联系实际、便于工程应用”的原则,强调物理概念和几何解释,并注重反映鱼雷系统工程方面的新发展、新成果。为了更好地引导读者掌握本书的主要理论,针对内容中的重点和难点,精心编写了例题、习题和思考题,培养学生解决工程实际问题的能力。

本书由宋保维教授任主编。宋保维编写了第 1,3,4,5,6,8 章及参考文献,海军大连舰艇学院周明教授编写了第 9,10 章,北京系统工程研究所卜广志博士编写了第 8 章,梁庆卫副教授编写了第 5 章,王鹏博士编写了第 2,6 章,毛昭勇博士参与编写了第 7 章。武汉海军工程大学博士生导师王树宗教授和西北工业大学博士生导师石秀华教授主审本书,并提出了许多宝贵意见,在此表示感谢。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,希望读者批评指正。

编 者

2009 年 5 月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 系统与系统工程概念	1
1.2 系统工程的观点与方法	3
1.3 系统模型分类与建模理论原则	6
1.4 鱼雷设计的系统工程思想与原则	10
习题 1	14
第 2 章 鱼雷指标体系	15
2.1 概述	15
2.2 鱼雷武器系统战术技术指标体系	17
2.3 战术技术指标影响因素分析	21
习题 2	23
第 3 章 鱼雷系统可靠性分配与预计	24
3.1 概述	24
3.2 系统可靠性模型	32
3.3 系统可靠性分配	43
3.4 系统可靠性预计	64
习题 3	71
第 4 章 鱼雷系统可靠性试验与评定	73
4.1 概述	73
4.2 鱼雷系统可靠性试验方法	74
4.3 鱼雷系统可靠性综合评定方法	99
习题 4	125
第 5 章 鱼雷寿命周期费用	126
5.1 概述	126
5.2 鱼雷寿命周期费用工程模型	132

5.3 武器系统寿命周期费用的模糊主成分估计模型	142
5.4 鱼雷研制费用的灰色 Verhulst 模型	146
5.5 算例	150
习题 5	157
第 6 章 鱼雷系统研制风险评估	158
6.1 概述	158
6.2 风险及风险评估方法	158
6.3 FMEA 方法	163
6.4 故障树分析方法	166
6.5 事件树分析方法	172
6.6 鱼雷研制风险产生的因素、后果及综合评判	173
习题 6	179
第 7 章 鱼雷系统综合评价方法	180
7.1 层次分析与评价	180
7.2 多层次模糊综合评价	191
7.3 多层次灰色综合评价	210
7.4 多层次模糊灰色综合评价	233
习题 7	235
第 8 章 鱼雷武器系统作战效能	239
8.1 概述	239
8.2 鱼雷武器系统的战斗使用	241
8.3 鱼雷武器系统作战效能的 WSEIAC 模型	245
8.4 鱼雷武器系统的作战能力指标	247
8.5 鱼雷武器系统作战效能仿真	253
习题 8	258
第 9 章 声自导鱼雷齐射作战效能	259
9.1 概述	259
9.2 射击样式与射击方法	259
9.3 双雷齐射命中概率	263
9.4 双雷齐射射击效率仿真结果与分析	272
习题 9	279

第 10 章 火箭助飞鱼雷作战效能	280
10.1 概述	280
10.2 火箭助飞鱼雷作战使用过程	280
10.3 火箭助飞鱼雷射击效率	283
10.4 火箭助飞鱼雷弹道模型	286
10.5 射击参数解算模型	288
10.6 仿真结果与分析	290
习题 10	295
参考文献	297

第1章 概 论

1.1 系统与系统工程概念

1.1.1 系统定义

系统这个词来自拉丁语的 *systema*, 一般认为是“群”与“集合”的意思。在韦氏(webster)大辞典中,“系统”一词定义为“有组织的或被组织化的整体”,是“形成集合整体的各种概念、原理的综合”,是“以有规律的相互作用或相互依存形式结合起来的对象的集合”。一般系统论的创始人 L·V·贝塔朗非(L·V·Bertalanffy)把“系统”定义为“相互作用诸要素的综合体”。美国著名学者 R·L·阿柯夫(R·L·Ackoff)认为,“系统是由两个或两个以上相互联系的任何种类的要素所构成的集合”。因此,系统可定义为具有一定功能的、相互间具有有机联系的、由许多要素或构成部分组成的整体。

综上所述,系统是可以分解的,一个系统可以是一个更大系统的组成部分,而该系统本身又可包含若干个子系统,因此,系统是有层次的,任何一个系统都有它的层次结构、规模、环境和功能。

1.1.2 系统特征

1. 整体性

系统是由相互依赖的若干部分组成,各部分之间存在着有机地联系,构成一个综合的整体,以实现一定的功能。这表现为系统具有集合性,即构成系统的各个部分可以具有不同的功能,但要能够实现系统的整体功能,因此,系统不是各部分的简单组合,而要有统一性和整体性,要充分注意各组成部分或各层次的协调和连接,提高系统的有序性和整体的运行效果。

2. 相关性

系统中相互关联的部分或部件形成“部件集”,“集”中各部分的特性和行为相互制约相互影响,这种相关性确定了系统的性质和形态。

3. 目的性和功能

大多数系统的活动或行为可以完成一定的功能,但不一定所有系统都有目的。人造系统或复合系统都是根据系统的目的来设定其功能的,这类系统也是系统工程研究的主要对象。例如,军事系统为保全自己,消灭敌人,就要利用运筹学和现代科学技术组织作战,研制武器。

4. 环境适应性

一个系统和包围该系统的环境之间通常都有物质、能量和信息的交换,外界环境的变化会引起系统特性的改变,相应地引起系统内各部分相互关系和功能的变化。为了保持和恢复系统原有特性,系统必须具有对环境的适应能力,例如反馈系统、自适应系统和自学习系统等。

5. 动态性

物质和运动是密不可分的,各种物质的特性、形态、结构、功能及其规律性,都是通过运动表现出来的,要认识物质首先要研究物质的运动和系统的动态性使其具有生命周期。开放系统与外界环境有物质、能量和信息的交换,系统内部结构也可以随时间变化。一般来讲,系统的发展是一个有方向性的动态过程。

6. 有序性

由于系统的结构、功能和层次的动态演变有某种方向性,因而使系统具有有序性的特点。一般系统论的一个重要成果是把生物和生命现象的有序性和目的性同系统的结构稳定性联系起来,也就是说,有序能使系统趋于稳定,有目的才能使系统走向期望的稳定系统结构。

1.1.3 系统工程含义

系统工程在系统科学结构体系中,属于工程技术类,它是一门新兴的学科,国内外有一些学者对系统工程的含义有过不少阐述,但至今仍无统一的定义。

1978年我国著名学者钱学森指出:“系统工程是组织管理系统的规划、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方法”。

1977年日本学者三浦武雄指出:“系统工程与其他工程学不同之处在于它是跨越许多学科的科学,而且是填补这些学科边界空白的一种边缘学科。因为系统工程的目的是研制一个系统,而系统不仅涉及工程学的领域,还涉及社会、经济和政治等领域,所以为了适当地解决这些问题,除了需要某些纵向技术以外,还要有一种技术从横的方向把它们组织起来,这种横向技术就是系统工程。”

1975年美国科学技术辞典的论述为:“系统工程是研究复杂系统设计的科学,该系统由许

多密切的元素所组成。设计该复杂系统时,应有明确的预定功能及目标,并协调各个元素之间及元素和整体之间的有机联系,以使系统能从总体上达到最优目标,设计系统时,要同时考虑到参与系统活动的人的因素及其作用。”

从以上各种论点可以看出,系统工程是以大型复杂系统为研究对象,按一定目的进行设计、开发、管理与控制,以期达到总体效果最优的理论与方法。系统工程是一门工程技术,用以改造客观世界并取得实际成果,这与一般工程技术问题有共同之处。

1.2 系统工程的观点与方法

1.2.1 系统工程观点

系统工程最基本观点可以归纳为以下几点。

1.全局观点

一切有机体都是一个系统,是由子系统(或元素)结合而成的整体,其性能不只是各个子系统特性简单相加的总和。一个系统的各个子系统之间有着千丝万缕的联系,探讨某个子系统的问题,一定要同时研究其他子系统跟对象的制约关系。因为被研究对象之外的子系统都是对象的环境,所以全局观点也等价于要把系统及其环境作为整体研究,不能割裂,不能把研究对象作为封闭的或孤立的系统处理。

2.层次观点

一切系统都是按严格的层次组织起来的。换言之,系统的空间结构有轻重主次之分,应当在不忽略次要成分的前提下,重点抓主要矛盾;系统的时间顺序包括系统产生、收效、退化或退出,应当看到系统的全过程,要从远处着眼,近处着手。

3.价值观点

价值就是一套性能指标或价值标准。虽然在不同的历史发展阶段上可能有不同的价值观,但在系统工程中总是要权衡利弊,确定出经得起时间考验的价值标准,总是要首先考虑系统的整体社会价值。

4.策略观点

策略意味着果断、灵活、节约、巧干、因时因地制宜、注重调查统计、开发信息资源、疏通信息渠道、加强控制环节、避开可能风险、协调关键因素和综合利用治理等,而这些内容都是系统

工程中常用的思想。

1.2.2 系统工程基本方法

美国学者霍尔(A·D Hall)1969年提出了系统工程三维结构(图1.1)。图1.1所示三维结构通常称霍尔三维结构,它按时间维(时间进程)、逻辑维(方法步序)和知识维(科学技术)来表示了用系统工程方法解决复杂系统问题的方法思路。

1. 时间维

时间维是指系统工程从规划到更新的大略顺序或阶段,通常分为7个阶段。

- (1)规划阶段 谋求系统工程活动的政策或规划。
- (2)拟订方案 提出具体的计划方案。
- (3)研制阶段 实现系统的研制方案,并作出生产计划。
- (4)生产阶段 生产出系统的零部件及整个系统,并提出系统的安装计划。
- (5)安装阶段 把系统安装好,并完成系统的运行计划。
- (6)运行阶段 系统按其预期用途服务。
- (7)更新阶段 新系统取代旧系统,或将原系统改进,使之更有效地工作。

2. 逻辑维

逻辑维是指在系统工程的每一个阶段所要完成的工作步骤,通常分为9步。

(1)问题表述 尽量全面地搜集和提供有关要解决问题的历史、现状及发展趋势的资料和数据,弄清问题的边界。

(2)系统设计 提出为解决问题需要达到的目的,并用价值指标作为衡量是否达到目的的标准——系统规范。

(3)系统分析 根据要求的系统规范,运用各种分析手段来分析对象,通过对满足规范的各种条件的研究和讨论,得到系统所需的足够信息,以便设计出最合理、最优的系统。

(4)系统建模 用恰当的数学形式、语言形式、网络形式、图表或结构语言框形式来说明系统的组成或行为,将对象的现象和过程的复杂关系用定性或定量的近似关系表示。

(5)系统设计(综合) 把可能入选的能够达到预期目的的政策、活动、控制或整个系统概念化。

(6)系统评价 从技术和经济观点出发,对系统设计书进行综合性的评价研究,并考虑系统成功的可能性。

(7)最优决策 对不同的可能对策,精心选择其参数与系数,进行优化处理,使它们都是满足系统指标的最好政策,在诸对策中,选择一个或多个,或进一步考虑系统的价值。

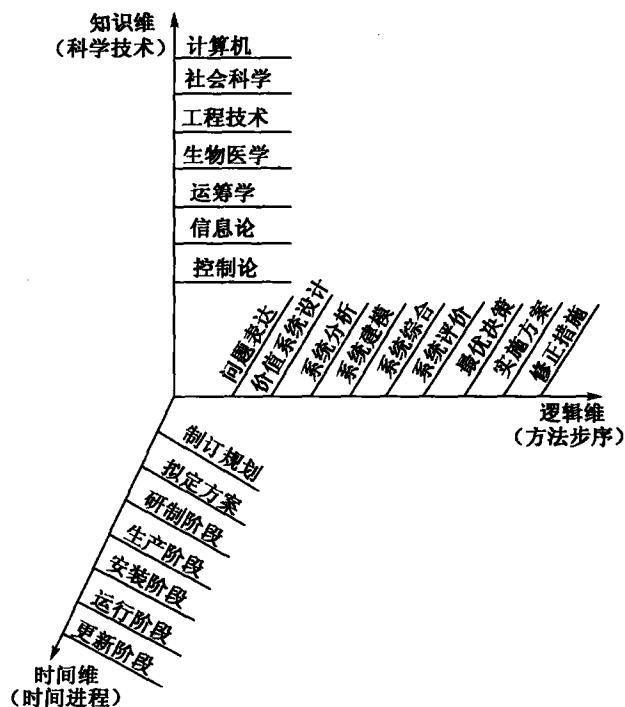


图 1.1 系统工程的三维结构

(8) 实施方案 在选定的对策中,根据实际可能来制订并完成实施方案。

(9) 修正措施 在实施方案中,发现系统的不足,提出修正措施。

应当指出,通常系统工作都要按以上步序反复进行;在时间维的不同阶段,逻辑维的各个步序的侧重点不同。

3. 知识维

知识维是指完成上述各项工作所需要的各种专业知识与技术素养。其主要涉及控制论、信息论、运筹学、生物医学、工程技术、社会科学和计算机 7 个大类。

1.3 系统模型分类与建模理论原则

1.3.1 模型分类

由于客观世界的复杂性、研究方法的多样性以及关于实体目的性的各不相同,模型可能取各种不同的形式,而模型的分类并没有统一的原则。按模型的表达,一般可粗略地分为实体模型和符号模型两大类。

1. 实体模型

实体模型包括实物模型和模拟模型两大类。

(1) 实物模型

实物模型是按照模型相似性理论构造的原系统的小型(或放大)复制品。图 1.2 说明了二维空间的模型相似性原理。如桥梁模型、城市模型、船舶模型、作战沙盘、风洞实验中的飞机模型、水洞实验中的鱼雷模型等都是实物模型。

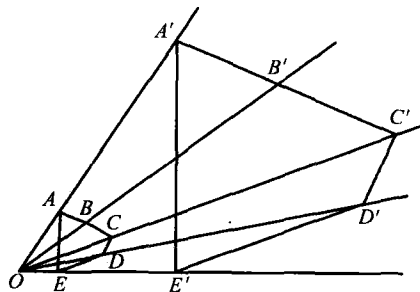


图 1.2 模型相似性原理

(2) 模拟模型

模拟模型是基于不同的物理领域(力、电、热、液、气)内物理意义完全不同的变量之间服从类似规律这个前提,进行比拟类推的一类模型。在一定条件下,物理系统的变量之间满足线性系统规律,根据比拟类推,可以通过较易试验的情况(如电系统)去模拟较难试验的情况。

2. 符号模型

符号模型也称为语言模型,这是模型中最丰富多彩的一大部分。

(1) 数学模型

数学模型是用数学语言描述的一大类模型的总称。数学模型可能是一个(或一组)代数方程、微分方程、差分方程、积分方程或统计学方程,或是它们的某种组合,通过它们定量(或定性)地描述各变量之间明确的数学关系。数学模型按横向可分为以下几种。

①理论模型:这是按不同学科的基本理论,采用统一的数学语言建立的数学模型,可以用该学科内特定的定律或法则解释模型中各变量之间的关系。理论模型的建模关键在于相应学科的基本理论,并用数学语言去描述它。

②实验模型:这是根据已有的实际装置、模拟装置或通过推理对实际上尚不存在的实体所建立的理论模型进行实验分析而建立的模型。实验模型还被称为测辨模型。

③优化模型:它是在理论模型或测辨模型的基础上,加上性能指标(目标函数)、约束条件(等式或不等式约束)的一种模型。在动态优化模型中,还要给定容许控制集。优化模型的目的在于找到最优控制律,实现最优控制。

④决策模型:这是在决策分析中经常用的一类数学模型的总称。它可以是单目标的,也可以是多目标的;可以是单一决策人,也可以是多个决策人。多个决策人的决策模型又称为对策模型,特别是结合了最优控制理论的动态对策模型,通常叫做微分对策模型。

(2)结构模型

结构模型更多关心模型内的结构(几何)特点和因果关系,而把变量间的数学关系放到次要地位。例如,运筹学中的活动网络或网络模型;大系统理论中的布尔网络模型;近年来常用于社会经济系统分析和大工程项目规划分析以至世界经济预测中的解释性结构模型、交叉影响分析、层次分析法、系统动力学模型等。

(3)仿真模型

它是通过数字或混合(数字/模拟)计算机上运行的程序来表达模型的。数学模型和结构模型都可能过渡到仿真模型,只要采用适当的仿真语言或依据相应的仿真程序。与实验模型相比,仿真模型能够在计算机上直接并立即显示结果。不过仿真模型得到的结果往往是数值或图形,因而在分析和综合评价时不如实验模型结果更具有说服力,但二者各有所长。在近年发展的计算机辅助设计和计算机辅助制造技术中,仿真模型往往收效显著。

(4)其他符号模型

诸如化学、音乐、美术等学科的符号模型,包括用自然语言表达的直观描述式模型。

1.3.2 系统模型化的基本理论

1.“黑箱”理论

对内部结构和行为不清楚的系统,依据可控因素的输入所引起的可观测因素变化的实验数据来确定系统运行规律,从而建立系统模型的理论和方法称之为“黑箱”理论。

“黑箱”理论即是将系统当作未知的“黑箱”,通过实验的方法得出系统运行规律的方法,它通常用输出输入方程(传递函数)来描述。

2.“白箱”理论

对系统内部结构和行为清楚的系统,运用各种已知的科学知识进行描述从而建立系统模型的理论和方法称之为“白箱”理论。

“白箱”理论是将系统当作一个已知的“白箱”,通过系统输入引起系统状态的变化,利用系统输出变化的规律来描述系统的方法,它通常用状态方程描述一个系统。

3. “灰箱”理论

对系统内部结构和行为的主要部分清楚,其他部分不清楚的系统,采用已知的科学知识建立模型,然后通过实验对所建的模型进行补充和修正,从而建立系统模型的理论和方法称之为“灰箱”理论。

“灰箱”理论是将“白箱”理论和“黑箱”理论相结合而建立模型的一种方法,该方法有较大的实用价值。

4. 数理统计分析理论

对属于“黑箱”但又不能进行实验的系统,采用数理统计分析的方法,应用统计规律建立系统模型的理论和方法称为数理统计和分析的理论。

应用数理统计和分析的理论及方法建立系统模型是系统工程中最常用的方法之一。它常用于系统预测模型的建立。

1.3.3 建立模型的原则

无论采用哪种理论建立系统模型,都必须符合以下原则。

(1)系统模型是现实系统的代表而不是系统本身:建立模型时,要抓住系统本质行为、各部分之间的普遍联系,建立一个比系统简洁得多的又能反映系统基本特征而不是全部特征的模型。

(2)系统模型要符合一定的假设条件:任何模型都要有假设条件,关键在于假设条件要尽量符合实际,假设条件依系统的研究目的而定。一般情况下,为了特定目的模型与系统全部特征并不吻合,因此,合理的假设是处理系统的重要前提,也是模型范围的界限。

(3)模型的规模、难度要适当:所谓模型规模即指模型的大小,模型的大小是相对所研究的系统而言的,“大”的系统可建较大规模的模型,“小”的系统可建小规模模型。建立模型的目的是为研究系统的特性,因此模型的规模应根据研究目的而定。只要能达到研究目的,应尽可能建立小规模模型,这样可减少处理模型的工作量。所谓模型的难度是指求解模型所应用的理论的深浅程度,所需理论较深,处理难度大,反之则小,因此所建模型的难度也应依据系统的研究目的,尽可能建立难度小的模型。

(4)模型要有代表性,要有指导意义:为建模型而建模型是模型化的最大禁忌之一,模型化的目的是处理系统,因此所建模型必须代表系统的普遍特性;要应用由特殊到一般的原理建立一适用面广、有指导意义的模型。

(5)模型要保证足够的精度:因模型是系统的代表,故在建立模型时要把反映系统本质的因素包含在模型之中,而把非本质因素排除在模型之外且使其不影响系统的特征或影响甚小,这就要求模型所反映的本质与系统的本质特征误差很小,即保证足够的精度。

(6)尽量采用标准化的模型和借鉴已有成功经验的模型。

1.3.4 建模过程

建模过程是一个反复迭代过程,工程系统的建模过程相对而言要简单一些。在整个系统工程的方法中,建模(系统模型化)是关键的一步。通常的系统建模过程(图 1.3)如下所述。

1. 确定建模目的

从研究的对象系统中抽出的一个子问题出发,首先要明确建模目的(问题的定义),其中包括建模的准则(如精度标准,定量还是定性)。除了相当简单的模型,一般情况下都要通过专家咨询,讨论分析。对于对象系统的经济、技术、咨询、理论等各方面有什么问题要进行详细分析。

2. 选择模型形式

在对问题进行了详细分析、确定建模目的的基础上,选择适当的模型形式。这一步技术性很强,建模者应有足够的理论基础和实践经验。通常是先设计一个较简单的模型,在建模过程中逐步完善提高,直至满意为止。如选择数学模型,则要确定模型维数(阶数)、决策变量数、方程形式、变量关系等问题。

3. 数据分析处理

模型方程中的未知数尽可能从文献或从特别设计的测试法中取得,其余未知数用参数估计法确定。进行参数估计和模型验证,需要足够的数据,为此要进行数据采集、数据分析和数据处理。

4. 模型数量规范

确定模型的效用尺度(性能指标、价值系统)、约束条件,选定计算方法,编制程序,上机运行(用不同的数据集,采用优化方法),输出结果。

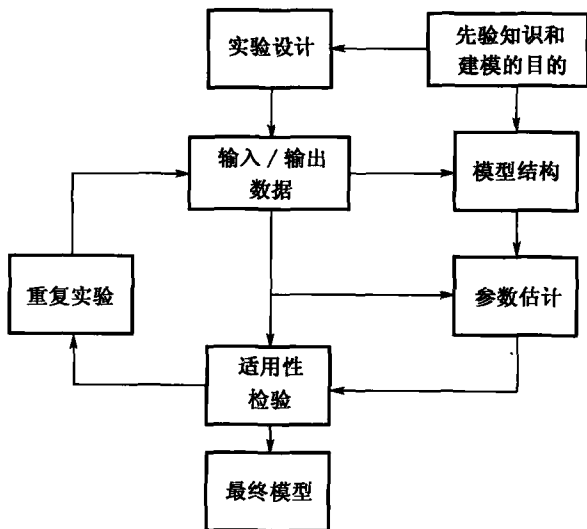


图 1.3 建模过程