

普通高等教育“十三五”规划教材

管理决策 模型与应用

第②版

张 健 李静文 齐 林 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十三五”规划教材

管理决策模型与应用

第2版

张 健 李静文 齐 林 编著



机械工业出版社

本书旨在建立连接信息技术、决策模型和管理类专业理论与实务的桥梁,帮助学生通过应用计算机技术来提高处理管理问题的质量与效率的各种技能。同时,提高学生的建模能力、逻辑思维能力和表达能力,进而提高学生的综合素质,实现复合型人才培养的目标。

本书适合高等院校管理类专业本科生和研究生尤其 MBA 使用,也可供在职管理人员学习和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

管理决策模型与应用/张健,李静文,齐林编著.—2版.—北京:机械工业出版社,2017.1

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-111-55596-4

I. ①管… II. ①张…②李…③齐… III. ①管理决策—决策模型—高等学校—教材 IV. ①C934

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 294816 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:曹俊玲 责任编辑:曹俊玲 刘鑫佳 商红云

责任校对:佟瑞鑫 封面设计:张 静

责任印制:常天培

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2017 年 1 月第 2 版第 1 次印刷

169mm×239mm·11.25 印张·195 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-55596-4

定价:25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着信息社会的不断发展,要求新型管理人才不仅能够对管理实务进行数学建模,而且要能够运用信息技术快速计算,指导决策。高等院校管理类专业的课程体系包括管理类专业课程、模型类课程(数学类)和信息类课程,但这三类课程却缺乏有效的结合,尤其是模型类课程,缺乏利用模型求解的实践环节。本书旨在引导学生将管理理论、模型技术和信息技术有效结合,引导学生在分析管理技术的基础上能够进行系统建模,并能运用计算机系统实现模拟和求解。模型类课程在前些年的教学中,基本上是采用专业编程工具(C语言或Basic+)模型实现对管理问题的求解。由于有些管理类专业学生难以掌握编程技术,造成重压之下对模型类课程失去兴趣,不但没有起到应有的效果,而且所学的编程工具在其他课程中也不能重构。

信息技术和相关支撑技术的发展,为管理体系应用软件对所建模型进行求解提供了可能。软件工具的可视化和智能化发展,使得传统计算机技术人员通过编写复杂程序代码才能实现的功能,可以简单方便地在应用程序中模拟并计算,很多复杂模型的计算不再需要掌握大量的计算机开发专业工具。为适应不断发展的新技术,我们尝试对模型类课程进行教学改革,积极适应当前信息技术发展的水平和趋势,推动复合型管理人才的培养。

本书旨在建立连接信息技术、决策模型与管理专业理论与实务的桥梁,帮助学生通过对软件的应用,从烦琐的计算中解放出来,提高处理管理问题的质量和效率。同时,提高学生的建模能力、逻辑思维能力和表达能力,进而提高学生的综合素质,实现复合型人才培养的目标。

本书的特点在于:不需要读者具备深厚的数学背景,主要强调在Excel中直接建立模型,并利用Excel及其加载宏的强大功能对模型进行求解,以获得最优优化方案。因此,本书特别适合高等院校管理类专业本科生和研究生尤其MBA使

用，也可供在职管理人员学习和参考。

本书在开展理论学习的同时，以案例为导向、以分析解决管理决策问题为出发点，要求学生自主分析、自主建模、自主运用工具（如 Excel 软件等）计算，最终能够结合实践环节，培养利用模型解决管理问题、运用信息技术快速计算以指导决策的综合能力。

本书的再版，对原书中的时间序列等章节的案例进行了修改，对于一些章节中烦琐的理论综述进行了删减，注重简洁实用，其目的在于帮助学生相对轻松地掌握相关的理论和操作技能。

本书的出版得到了北京市知识管理研究基地的资助。

值本书出版之际，感谢为本书写作提供资料和意见的同仁。

由于编者水平有限，恳请广大师生及读者朋友对本书的错漏之处给予批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 决策的基本知识与基本理论	1
1.1.1 决策的定义	1
1.1.2 决策的类型	2
1.1.3 决策的基本理论	4
1.2 管理决策模型	5
1.2.1 管理决策模型的定义及分析步骤	5
1.2.2 管理决策模型的决策方法	5
1.2.3 数学模型的概念和分类	6
第 2 章 时间序列预测	12
2.1 时间序列概述	12
2.2 移动平均预测	13
2.3 指数平滑预测	18
第 3 章 回归分析模型	24
3.1 回归分析方法概述	24
3.2 图表法	26
3.3 回归分析法	29
3.4 公式法	31
3.4.1 LINEST 函数	33
3.4.2 LOGEST 函数	35
3.5 非线性回归分析	40
3.5.1 某些可以转化为线性的非线性回归	40

3.5.2 直接求解非线性回归问题	42
第4章 优化决策模型	45
4.1 线性规划	45
4.1.1 在 Excel 中加载规划求解工具	46
4.1.2 在 Excel 中建立线性规划模型	47
4.2 整数规划	60
第5章 仿真与模拟模型	65
5.1 蒙特卡罗进程 (Monte Carlo Simulation Methods)	65
5.2 模拟次数的选择和模拟结果的统计分析	72
5.2.1 确定模拟的重复次数	72
5.2.2 模拟结果的统计分析	73
5.3 蒙特卡罗模拟原理、步骤及案例	75
5.4 Excel 对离散概率分布的进一步仿真模拟	79
第6章 风险型决策模型	84
6.1 不确定型决策的案例	85
6.1.1 决策方案	85
6.1.2 自然状态	86
6.1.3 决策原则	87
6.2 决策树插件的应用	89
6.2.1 添加分支	90
6.2.2 添加事件节点	91
6.2.3 添加现金流	91
6.2.4 计算收益和 EMV 值	93
6.2.5 其他特征	93
6.3 风险型决策案例分析 (一)	94
6.4 风险型决策案例分析 (二)	96
6.4.1 投资决策案例分析	96
6.4.2 工程投标案例分析	98
第7章 确定型决策模型	102
7.1 盈亏平衡分析法	102
7.2 采用 Excel 建立盈亏平衡分析模型	104
7.2.1 采用 Excel 建立盈亏平衡分析模型的方法	104

7.2.2 在 Excel 2010 中建立盈亏平衡分析模型的步骤	104
7.3 敏感性分析模型	116
7.4 存货的经济订货批量决策模型	119
第 8 章 Excel 在管理决策分析中的应用	126
8.1 Excel 2010 概述	126
8.1.1 Excel 2010 的数据输入类型	126
8.1.2 编辑工作表	127
8.1.3 使用公式	129
8.1.4 使用函数	133
8.2 公式及函数的高级应用	133
8.2.1 数组公式的输入、编辑及删除	133
8.2.2 数组公式的应用	136
8.3 常用函数及其应用	139
8.3.1 SUM 函数、SUMIF 函数和 SUMPRODUCT 函数	139
8.3.2 AVERAGE 函数	140
8.3.3 MIN 函数和 MAX 函数	140
8.3.4 COUNT 函数和 COUNTIF 函数	141
8.3.5 IF 函数	141
8.3.6 AND 函数、OR 函数和 NOT 函数	142
8.3.7 LOOKUP 函数、VLOOKUP 函数	143
8.3.8 INDEX 函数	145
8.3.9 矩阵函数——TRANSPOSE 函数、MINVERSE 函数和 MMULT 函数	147
8.3.10 ROUND 函数	149
8.4 图表处理	149
8.4.1 图表类型	150
8.4.2 图表的建立	150
8.4.3 动态图表的建立	152
8.5 数据分析处理	154
8.5.1 数据的查找与筛选	154
8.5.2 记录单查找	155
8.5.3 筛选与高级筛选	156

8.5.4 数据的分类与汇总	158
8.5.5 数据透视表	159
8.5.6 数据分析工具的应用	162
8.5.7 宏与 VBA 的初步应用	164
参考文献	169

管理是选择，有选择就要有决策。美国著名管理学家赫伯特·西蒙指出：“决策是管理的核心，管理是由一系列决策组成的，管理就是决策。”世界著名的咨询公司——美国兰德公司的又一统计数字表明，世界上破产倒闭的大企业中，85%是由于企业管理者的决策不慎造成的。

正确的决策，可以使企业兴旺发达；错误的决策，会导致企业严重地亏损甚至破产。企业经营管理中的大部分工作都与决策紧密相关，而正确的决策又必须以必要的信息作为条件，因为管理的关键在决策，决策的好坏有赖于及时有效的信息。

科学决策意识来源于决策者的决策水平，正确的管理决策是提高管理水平的重要环节。这就要求决策者必须具备高度的决策本领，通晓决策科学规律，能够熟练应用现代科学决策方法，而管理模型的建立和使用正是管理决策的有力工具。

1.1 决策的基本知识与基本理论

1.1.1 决策的定义

“决策”(decision)一词的意思就是做出决定或选择。随着科学与经济的发展，决策的定义更加多种多样，但仍未形成统一的说法，归纳起来，基本有以下几种理解：广义的理解是把决策看作为一个包括提出问题、确立目标、设计和选择方案的过程；狭义的理解是把决策看作为有几种备选的管理方案，且没有确切的结果，供决策者做出最终抉择，即非结构化的；还有人认为决策是对不确定条件下发生的偶发事件所做的处理决定，而且这类事件既无先例，又没有可遵循的规律，做出选择要冒一定的风险。也就是说，只有冒一定的风险的选择才是决策，这是对决策概念最狭义的理解。

一般而言,决策就是做出决定的意思,即对需要解决的事情做出决定。按照汉语习惯,“决策”一词被理解为“决定政策”,主要是对国家大政方针做出决定。但事实上,决策不仅指高层领导做出决定,也包括人们对日常问题做出决定。如某企业要开发一个新产品,引进一条生产线,某人选购一种商品或选择一种职业,都带有决策的性质。可见,决策活动与人类活动是密切相关的。

综上所述,理解决策概念,应把握以下几个方面:

(1) 决策是目标明确的。决策是为了达到一定的目标,确定目标是决策过程的关键问题。决策所要解决的问题必须十分明确,所要达到的目标必须十分具体。没有明确的目标,决策将是盲目的。

(2) 决策要有选择,因此会有两个以上备选方案。决策实质上是选择方案的过程。如果只有一个备选方案,就不存在决策的问题。因此,至少要有两个或两个以上方案,人们才能运用一定的方法进行比较、选择,最后选择一个决策者认为满意的方案为行动方案。

(3) 选择后的行动方案需要在实践中检验。如果选择后的方案,不付诸实施,决策也等于没有决策。决策不仅是一个认识的过程,也是一个行动的过程。

决策是在人类生存实践中产生的,科学化决策是在 20 世纪初才开始形成的。第二次世界大战以后,决策研究吸收了行为科学、系统理论、运筹学、计算机科学等多门科学成果。到 20 世纪 60 年代,结合决策实践,形成了一门专门研究和探索人们做出正确决策规律的科学——决策学。决策学研究决策的范畴、概念、结构、决策原则、决策程序、决策方法、决策组织等,并探索这些理论与方法的应用规律。随着决策理论和方法研究的深入与发展,决策学渗透到了社会经济、企业经营、日常生活等各个领域,尤其是在经营管理活动中,决策应用得到了进一步的发展。

1.1.2 决策的类型

在现实生活中,管理活动是非常复杂和变化多样的,这就决定了决策的多种类型。

1. 战略性决策和战术性决策

按决策的影响范围和重要程度不同,可分为战略性决策和战术性决策。战略性决策是指对发展方向和发展远景做出的决策。它关系到组织发展的全局性、长远性、方向性,如对企业的经营方向、经营方针、新产品开发等决策。战略性决策由组织最高层领导做出,它具有影响时间长、涉及范围广、作用程度深

刻的特点,是战术性决策的依据和中心目标。它的正确与否,直接决定组织的兴衰成败与发展前景。

战术性决策是指组织为保证战略性决策的实现而对经营管理业务工作做出的决策。如组织原材料和机器设备的采购、生产、销售的计划、商品的进货来源、人员的调配等。战术性决策一般是由组织中层管理人员做出的。战术性决策要为战略性决策服务。

2. 个人决策和集体决策

按决策的主体不同,可分为个人决策和集体决策。个人决策是由组织领导者凭借个人的智慧、经验及所掌握的信息进行的决策。决策速度快、效率高,适用于常规事务及紧迫性问题的决策。个人决策的最大缺点是带有主观和片面性,所以对全局性重大问题不宜采用个人决策。

集体决策是指由机构集体成员共同研究做出的决策。集体决策的优点是能充分发挥集体智慧,集思广益,决策慎重,从而保证了决策的正确性、有效性;缺点是决策过程较复杂,耗费时间较多。它适用于制定长远规划和全局性的决策。

3. 程序化决策和非程序化决策

程序化决策也称为“常规决策”,是指决策的问题是经常出现的问题,已经有了处理的经验、程序、规则,可以按常规办法来解决。

非程序化决策,也称为“非常规决策”,是指决策的问题是不常出现的,没有固定的模式、经验去参考,要靠决策者做出新的判断来解决。

4. 确定型决策、风险型决策和不确定型决策

(1) 确定型决策。确定型决策是指在决策过程中,提出的各备选方案在确知的客观条件下,每个方案只有一种结果,比较其结果优劣做出最优选择的决策。确定型决策是一种肯定状态下的决策。决策者对被决策问题的条件、性质、后果都有充分的了解,各个备选的方案只能有一种结果。

(2) 风险型决策。风险型决策是指在决策过程中提出的各个备选方案中,可以知道每个方案都有几种不同的结果,其发生的概率也可测算,每个方案的执行结果都带有很大随机性的决策。决策中,不论选择哪种方案,都存在一定的风险性。在这样条件下的决策就是风险型决策。

(3) 不确定型决策。不确定型决策是指这样一类的决策,在决策过程中提出各个备选方案,每个方案有几种不同的结果,但每一结果发生的概率无法知道。在这样条件下的决策就是不确定型的决策。它与风险型决策的区别在于:

风险型决策中,每一方案产生的几种可能结果及其发生的概率都知道;不确定型决策只知道每一方案产生的几种可能结果,但发生的概率并不知道。这类决策是由于人们对市场需求的几种可能客观状态出现的随机性规律认识不足,造成的决策不确定性程度增加。

1.1.3 决策的基本理论

1. 古典决策理论

古典决策理论又称规范决策理论,是基于“经济人”假设提出来的,主要盛行于20世纪50年代以前。古典决策理论认为,应该从经济的角度来看待决策问题,即决策的目的在于为组织获取最大的经济利益,且决策者是完全理性的。其主要内容为:

必须全面掌握有关决策环境的信息情报;充分了解有关被选方案的情况;建立一个合理的自上而下的执行命令的组织体系;决策的目的始终都是使本组织获取最大的经济利益。

古典决策理论忽视了非经济因素在决策中的作用,这种理论不一定能指导实际的决策活动,从而逐渐被更为全面的行为决策理论代替。

2. 行为决策理论

行为决策理论源于阿莱斯悖论和爱德华兹悖论的提出,是针对古典决策理论难以解决的问题另辟蹊径发展起来的。行为决策理论的一般研究范式为:提出有关人们决策行为特征的假设——证实或证伪所提出的假设——得出结论。这就决定了行为决策理论的发展与决策行为的研究及其研究方法应该存在着一些密切的联系。行为决策理论认为,理性和经济的标准都无法确切地说明管理的决策过程,进而提出了“有限理性”标准和“满意度”原则。其主要内容为:

人的理性介于完全理性和非理性之间,即人是有限理性的;决策者在识别问题和发现问题中容易受知觉上的偏差影响;决策者选择方案时,行动的理性也是有限的;与经济利益的考虑相比,决策者往往厌恶风险;决策者在决策中往往只求满意的结果,而不愿费力寻求最佳方案。

3. 当代决策理论的核心

当代决策理论是在20世纪40年代以后由美国卡内基·梅隆大学的H. A. 西蒙和斯坦福大学的J. G. 马奇等人倡导并发展起来的,他们提出了与传统决策理论有根本性差别的新见解,为此做出了杰出的贡献。

当代决策理论强调从认知心理学的角度研究决策问题,决策贯穿于整个管

理过程，决策程序就是整个管理过程。决策过程从研究组织的内外环境开始，继而确定组织目标、设计可达到该目标的各种可行方案、比较和评估这些方案进而选择方案（即做出最优决策），最后实施决策方案，并进行追踪检查和控制，以确保预定目标的实现。决策，就是在一定目标的指导下，从各种可供选择的行动方案中挑选出一种方案并加以实施的过程。决策的三个要素为：决策目标、决策方法、决策依据。

当代决策理论还强调信息联系在决策过程中的作用，强调在现代社会中，重要的不是获取信息，而是对信息进行加工和分析，使之对决策产生作用。同时提醒决策者，人脑处理信息的能力是有限的，必须注意信息处理的结果。在这方面，认知心理学有关记忆和思维的研究为其提供了有力的理论支持。

1.2 管理决策模型

1.2.1 管理决策模型的定义及分析步骤

管理决策模型是利用系统科学、管理科学、行为科学、科学学、未来学和技术经济学等学科进行的综合探讨活动。可以说是以上各学科的知识综合体，对不同层次、不同尺度的社会系统中的组织、管理和决策问题进行的综合研究。其研究的范围主要放在技术经济、决策、规划、管理、科技方法以及技术、工程咨询等方面的问题上。其目的是为各级各类管理与决策提供模式服务和科学计量。其研究方法的主要特点为：在充分调查研究、如实掌握数据资料的基础上，进行定性与定量相结合的系统分析和论证，从而得出正确的预断和科学的决策以指导各项工作的决策获得理想的效果。

管理决策模型的分析步骤为：

- (1) 提出方案和确定目标，形成决策问题。
- (2) 判断因素状态及其概率。
- (3) 拟订多个备选方案。
- (4) 评价方案并做出选择。

1.2.2 管理决策模型的决策方法

我们把决策方法分为定性分析方法和定量分析方法两大类。

定性分析方法是决策者根据自身的主观判断和经验对事物的直观判断，进

而对性质进行划分。这种方式可以说是决策的艺术，它主要依赖于决策者的基本素质和经验直觉，可以很好地应用于简单、明了的问题，但遇到复杂、模糊的问题时，决策的质量将大打折扣。此时，我们必须运用定量分析的方法以确保决策的正确性。

定量分析法是把待决策事物规范化、数量化，然后运用数学模型和现代化计算工具，对事物进行模拟分析，旨在制订、评选最优方案，使决策走上严格的科学化道路。

根据管理决策的类型，常用的管理决策模型技术有：确定型情况下的决策模型，风险型情况下的决策模型，不确定型情况下的决策模型。

(1) 确定型决策（自然状态确定）：决策及时，行动迅速，要有好的最佳方案搜索方法。

(2) 风险性决策（自然状态不确定，但概率已知）：决策树法、期望值准则。

(3) 不确定型决策（自然状态不确定，概率未知）：决策矩阵。

1.2.3 数学模型的概念和分类

1. 数学模型的概念

模型是对客观事物或事态的描述，它有不同的表现形式。通常，我们把模型分为形象模型、模拟模型和数学模型。举个例子来说，模型飞机是真飞机的形象模型，同样，建筑沙盘就是实际建筑的形象模型。像这样实实在在的复制品，用建模的术语统称为形象模型。还有些模型，虽然也是物理实体，但却不能说是真实物体的仿制品，如汽车的速度表指针的位置是真实车速的表现，温度计的指示刻度也是温度的表现，这样的模型称为模拟模型。第三种模型是运用一系列符号和数学关系对事物进行描述，一般称其为数学模型，它是定量分析中的关键环节。一般地，可以这样定义数学模型：数学模型是基于以部分现实世界为一定目的而做的抽象、简化的数学结构。通俗地讲，数学模型是为了一定目的对原型所做的一种抽象模拟，它用数学表达式、数学符号以及程序、图表等描述客观事物的本质特征与内在联系。比如，总利润等于单位利润与总数量的乘积，现在，我们用 x 代表数量， y 代表总利润， k 表示单位利润，则可写成 $y = kx$ ，这个公式就是一个利润模型。

通过对模型的分析研究，我们可以对真实情况进行一定的预测，这就是建立模型的价值和意义。例如，飞机设计中将仿真飞机放入风洞，依此分析来

获得一些真实飞机的飞行数据。同样,一个数学模型可以预测卖出一定数量的产品时,我们能够获得多大的利润。

建立数学模型的过程称为数学建模。数学建模是构造刻画客观事物原型的数学模型,并用以分析、研究和解决实际问题的一种科学方法。运用这种科学方法,必须从实际问题出发,遵循从实践到认识再到实践的认识规律,围绕建模的目的,运用观察力、想象力的抽象概括能力,对实际问题进行抽象、简化,反复探索,逐步完善,直到构造出一个能够用于分析、研究和解决实际问题的数学模型。因此,数学建模是一种定量解决实际问题的创新过程。建模是一种艺术,建模并没有一定的形式和方法。建立模型的目的是为了通过对模型的试验,分析系统、揭示系统的本质,以便人们了解系统,在若干可能的方案中进行选择,选出较优的方案,帮助人们决策。换言之,就是对系统采取适当的措施,改进系统的特性。

建立数学模型没有固定模式,下面介绍一下建立模型的基本过程:

(1) 建模准备。建模准备是确立建模课题的过程。这类课题是人们在生产和科研中为了使认识和实践进一步发展而必须解决的问题。因此,我们首先要发现这类课题需要解决的实际问题。其次要弄清楚所解决问题的目的、要求,并着手收集数据。最后进行建模筹划,组织必要的人力、物力等,确立建模课题。

(2) 模型假设。作为建模课题的实际问题都是错综复杂的、具体的。如果不对这些实际问题进行抽象简化,人们就无法准确把握它的本质属性,而模型假设就是根据建模的目的对原型进行抽象、简化,抓住反映问题本质属性的主要因素,简化掉那些非本质的次要因素。有了这些假设,就可以在相对简单的条件下,弄清楚各因素之间的关系,建立相应的模型。

合理的假设是建立理想模型的必要条件和基本保证。如果假设是合理的,则模型切合实际,能解决实际问题;如果假设不合理或过于简化,则模型与实际情况不符或部分相符,就解决不了问题,就要修改假设,修改模型。

(3) 构建模型。在模型假设的基础上,开始构建数学模型。首先分析变量类型,恰当使用数学工具。一般而言,如果实际问题中的变量是确定型变量,数学工具可采用微积分、微分方程、线性或非线性规划、投入产出、确定型库存论等。如果变量是随机变量,数学工具可采用概率与统计、排队论、对策论、决策论、随机微分方程、随机性库存论等。其次,抓住问题本质,简化变量之间的关系。可以说,数学的任一支在构建模型时都可能有用,而同一实

实际问题也可以构建不同的数学模型。一般而言，在能够达到建模目的前提下，所用的数学工具应力求简单、易解，但要保证模型的解的精确性在允许的范围內。

(4) 模型求解。不同的模型要选择或设计不同的数学方法和算法来求解，许多模型还可以通过编写计算机程序软件包，借助计算机快速完成对模型的求解。

(5) 模型分析。对模型的求解结果进行分析，主要包括稳定性分析，参数的灵敏度分析，误差分析等。通过分析，若发现不符合建模要求，就要修改或增减建模假设条件，重新构建模型，直到符合要求。若模型符合要求，则可以对模型的评价、预测、优化等方面进行探析，力争得到最优模型。

(6) 模型检验。对于经过分析后符合要求的模型，还要把它放回到实际对象中去进行检验，看它是否符合实际，能否解决相应的实际问题。若不符合实际，就要修改前提假设，重新建模，重新分析，直到获得符合实际的模型。

(7) 模型应用。建模的最终目的是用模型来分析、研究和解决实际问题。因此，一个成功的数学模型必须能够在实践中得到成功的应用，甚至形成一套科学的理论。图 1-1 是上述各步骤的直观示意图。

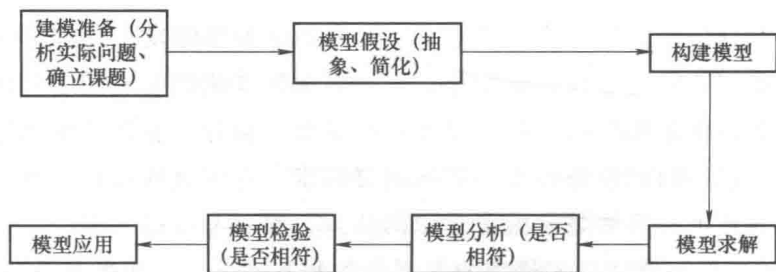


图 1-1 数学建模步骤示意图

2. 数学模型的分类

按照不同的分类标准，数学模型有许多分类：

(1) 按照模型的数学方法划分，有几何模型、代数模型、图论模型、微分方程模型、概率模型、最优控制模型、随机模型等。

(2) 按照模型的特征划分，有静态模型和动态模型，确定型模型和随机模型，离散模型和连续性模型，线性模型和非线性模型等。