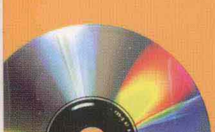
国家级精品课程配套教材

# 运筹学模型及其应用

张杰 郭丽杰 周硕 林彤 编著



（附光盘）

清华大学出版社

国家级精品课程配套教材

# 运筹学模型及其应用

张杰 郭丽杰 周硕 林彤 编著

清华大学出版社
北京

## 内 容 简 介

本书主要介绍了运筹学的基本理论及其在工程实际中的应用。教材在系统地介绍运筹学基本模型、基本算法、经典实例的同时，以解决工程实际中的运筹学案例为主线，以 LINGO 软件的使用为手段，从问题的模型建立、算法设计、模型求解到结果分析，全面而深刻地探究实践、认识、再实践、再认识的认知过程。全书共 11 章，内容包括绪论、线性规划模型、运输问题模型、整数规划模型、多目标规划模型、图与网络模型、动态规划模型、存储模型、排队模型、决策模型、对策模型等。书中配有大量训练题并在附录中给出了参考答案。书后光盘刻录了本书中所有实例和案例求解的 LINGO 程序。

本书既可作为高等院校数学、管理及工科各专业本科学生、研究生的教材，也可作为数学建模培训用书，还可供工程技术人员参考使用。



**图书在版编目(CIP)数据**

运筹学模型及其应用/张杰等编著. --北京：清华大学出版社，2012.8
ISBN 978-7-302-29818-2

Ⅰ. ①运…　Ⅱ. ①张…　Ⅲ. ①运筹学－数学模型－高等学校－教材　Ⅳ. ①O22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 194576 号

**责任编辑**：石　磊　赵从棉
**封面设计**：常雪影
**责任校对**：王淑云
**责任印制**：杨　艳

**出版发行**：清华大学出版社
**网　　址**：http://www.tup.com.cn，http://www.wqbook.com
**地　　址**：北京清华大学学研大厦 A 座　　**邮　　编**：100084
**社 总 机**：010-62770175　　**邮　　购**：010-62786544
**投稿与读者服务**：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn
**质 量 反 馈**：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
**印 刷 者**：北京富博印刷有限公司
**装 订 者**：北京市密云县京文制本装订厂
**经　　销**：全国新华书店
**开　　本**：185mm×230mm　　**印　　张**：28.25　　**字　　数**：612 千字
（附光盘 1 张）
**版　　次**：2012 年 8 月第 1 版　　**印　　次**：2012 年 8 月第1 次印刷
**印　　数**：1～3000
**定　　价**：45.00 元

产品编号：034835-01

# 前言

运筹学是 20 世纪 40 年代开始形成的一门应用科学。它用科学的方法研究现实系统的现象和其中具有典型意义的优化问题，从中提出具有共性的模型，寻求求解模型的方法。

“运筹”在中文意义上即运算筹划、以策略取胜的意思。运筹学是指用数学方法研究经济、社会和国防等部门在内外环境的约束条件下合理调配人力、物力、财力等资源，使实际系统有效运行的学科，它可以用来预测系统发展趋势、制订行动规划或优选可行方案。第二次世界大战中，盟军科学家在研究如何合理配置雷达站，使整个空军作战系统协调配合来有效地防御德军收音机入侵的过程中发展形成运筹学。“二战”以后，研究军事运筹学的科学家纷纷转向民用部门，促进了运筹学在社会经济等领域的应用。运筹学模型在各个领域的广泛应用，确立了其在现代科学技术、生产实践以及经济管理中的重要地位。由“运筹学”这门学科的产生、发展过程可见，它主要是借助数学理论研究并解决实际问题，因此，“运筹学”是一门实用性很强的课程。

本书第一作者具有二十余年的运筹学教学经验，为国家级精品课程运筹学的课程负责人以及主要成员。本教材是作者在总结几十年教学经验的基础上编写而成的，同时固化了大量科研及教学改革成果，并融入了数学建模思想。教材第一作者分别于 2005 年出版了教材《运筹学模型》、2007 年出版了教材《运筹学模型与实验》，此两部教材分别于 2007 年和 2011 年获吉林省优秀教材三等奖和一等奖。本书不仅吸收了这两部教材的精华，而且还摒弃了其不足，融汇了作者大量的研究成果以及具有特色的原创内容。

本书在系统介绍运筹学基本模型、基本算法、经典实例的同时，以解决工程实际中的运筹学案例为主线，以 LINGO 软件的使用为手段，从问题的提炼、模型建立、算法设计、模型求解到结果分析，全面而深刻地探究实践、认识、再实践、再认识的认知过程。

由于运筹学这门课程有大量的图形、表格，并且有很多大篇幅描述的实际案例，因此适合采用多媒体配合板书教学。鉴于此，本书第一作者从 2002 年开始致力于运筹学多媒体课件的研发。在课程组教师的共同努力下，经过十余年的修改、完善和使用，现已日臻成熟，该课件具有画面美观、动态感强、与讲授同步、可二次开发以及操作简单等特点。此课件与教材同步发行。

本书的突出特色是对书后所有实例及案例不仅建立了数学模型，而且还应用 LINGO 软件求解，并针对求解结果进行深入的分析、探讨。为了方便读者使用，书后所附的光盘刻录了本书中所有实例和案例求解的 LINGO 程序。

教材由始至终将运筹学理论与数学建模实践融为一体，并配有大量的基本技能训练和实践能力训练题。为了便于读者自学，实现资源共享，本课程的精品课网站（http://course. nedu. edu. cn）全面开放，网站中汇集了丰富的教学资源，读者可以根据需要选择使用。

在使用本书作为运筹学课程的教材时，线性规划模型、运输问题模型、整数规划模型这三部分是运筹学的基础，如果使用多媒体授课，需要20学时左右。其余部分相对独立，可以根据学时和专业的不同，选择不同的章节讲授。

由于运筹学应用的广泛性以及解决实际问题的有效性，因此它也是数学建模训练及各种数学建模竞赛必不可少的基础。本书可以作为数学建模活动的培训用书，也是参赛学生的必备参考书。

在本书的编写过程中，作者阅读并吸纳了国内很多运筹学教材及专著的精华，在此对这些作者严谨的治学态度、高超的学术水平致以衷心的敬意！对由此我们所受到的启迪以及收获表示深深的谢意！

由于编者水平有限，书中的纰漏和不足在所难免，在此敬请读者批评指正。

张 杰

于2012年5月

# 目录


**第 1 章　绪论** …… 1

1.1　运筹学的发展及内容体系 …… 1

1.2　运筹学的主要应用 …… 3

1.3　运筹学建模步骤及意义 …… 4

1.3.1　运筹学建模步骤 …… 4

1.3.2　学习运筹学的意义 …… 4

**第 2 章　线性规划模型** …… 6

2.1　线性规划模型实例 …… 6

2.2　线性规划问题的数学模型 …… 10

2.2.1　规划问题数学模型的基本要素 …… 10

2.2.2　线性规划问题数学模型的几种表示形式 …… 10

2.2.3　线性规划模型的标准形式 …… 11

2.3　求解线性规划模型的单纯形法 …… 12

2.3.1　特殊形式线性规划模型的单纯形法 …… 12

2.3.2　一般形式线性规划模型的单纯形法 …… 23

2.3.3　两阶段法 …… 25

2.3.4　改进的单纯形法 …… 26

2.3.5　解的判别(无穷多解、解无界、无可行解) …… 30

2.4　线性规划的对偶理论、灵敏度分析及其应用 …… 34

2.4.1　线性规划的对偶理论 …… 34

2.4.2　线性规划的灵敏度分析 …… 45

2.5　线性规划问题案例建模及讨论 …… 55

2.6　线性规划模型的 LINGO 软件求解 …… 72

2.6.1　用 LINGO 软件求解线性规划问题 …… 73

2.6.2　用 LINGO 软件进行灵敏度分析 …… 75

训练题 …… 77

**第3章 运输问题模型** …… 86

3.1 产销平衡的运输问题 …… 86

3.1.1 运输问题概述 …… 86

3.1.2 产销平衡运输问题的数学模型 …… 88

3.2 表上作业法 …… 89

3.2.1 算法思路 …… 89

3.2.2 初始方案的确定 …… 89

3.2.3 最优性检验及方案的改进 …… 93

3.3 产销不平衡和中转调运问题及 LINGO 求解 …… 97

3.3.1 产销不平衡的运输问题 …… 97

3.3.2 中转调运问题 …… 101

3.4 运输问题案例建模及讨论 …… 104

3.5 运输问题模型的 LINGO 求解 …… 115

3.5.1 产销平衡的运输问题模型 …… 115

3.5.2 产销不平衡的运输问题模型 …… 117

3.5.3 产量或销量有上下界的运输问题模型 …… 118

训练题 …… 119

**第4章 整数规划模型** …… 130

4.1 求解整数规划模型的分支定界法 …… 130

4.1.1 基本概念 …… 130

4.1.2 分支定界法 …… 131

4.2 0-1 规划模型及求解 …… 135

4.2.1 0-1 变量的作用 …… 135

4.2.2 求解 0-1 规划模型的隐枚举法 …… 137

4.3 分配问题模型及求解 …… 144

4.3.1 分配问题的数学模型 …… 144

4.3.2 求解分配问题的匈牙利法 …… 145

4.4 整数规划问题案例建模及讨论 …… 151

4.5 整数规划模型的 LINGO 求解 …… 163

4.5.1 一般整数规划模型的 LINGO 求解 …… 163

4.5.2 分配问题模型的 LINGO 求解 …… 164

4.5.3 0-1 规划模型的 LINGO 求解 …… 166
训练题 …… 167
**第 5 章 多目标规划模型** …… 177
5.1 线性多目标规划模型 …… 177
5.1.1 基本概念 …… 178
5.1.2 目标规划模型的建模步骤 …… 181
5.1.3 目标规划模型的求解 …… 183
5.2 非线性多目标规划模型及其求解 …… 192
5.2.1 求解非线性多目标规划模型的模式搜索法 …… 193
5.2.2 利用 LINGO 软件求解非线性多目标规划模型 …… 197
5.3 多目标规划问题案例建模及讨论 …… 197
5.4 多目标规划模型的 LINGO 求解 …… 205
5.4.1 线性多目标规划模型的 LINGO 求解 …… 205
5.4.2 非线性多目标规划模型的 LINGO 求解 …… 206
训练题 …… 207
**第 6 章 图与网络模型** …… 213
6.1 图的基本概念 …… 214
6.1.1 无向图 …… 214
6.1.2 连通性 …… 215
6.1.3 割集 …… 216
6.1.4 应用实例 …… 216
6.2 最小支撑树问题及其求解 …… 217
6.2.1 基本概念及性质 …… 218
6.2.2 最小支撑树问题 …… 220
6.2.3 求最小支撑树的算法 …… 221
6.3 最短路问题 …… 225
6.3.1 术语及定义 …… 225
6.3.2 求最短路问题的算法 …… 225
6.4 最大流问题 …… 233
6.4.1 网络流的基本概念 …… 233
6.4.2 主要结论 …… 236
6.4.3 求网络最大流的算法 …… 237

6.5 最小费用流问题 …… 241
6.5.1 基本概念 …… 241
6.5.2 求网络最小费用流的算法 …… 241
6.6 最大基数匹配问题 …… 244
6.6.1 基本概念 …… 244
6.6.2 求二分图最大基数匹配的算法 …… 245
6.7 中国邮递员问题 …… 249
6.7.1 奇偶点图上作业法 …… 250
6.7.2 Edmonds 算法 …… 251
6.8 图与网络问题案例建模及讨论 …… 252
6.9 图与网络模型的 LINGO 求解 …… 255
6.9.1 利用 LINGO 软件求解最小支撑树问题 …… 255
6.9.2 利用 LINGO 软件求解最短路问题 …… 257
6.9.3 利用 LINGO 软件求解最大流问题 …… 258
6.9.4 利用 LINGO 软件求解最小费用流问题 …… 259
6.9.5 利用 LINGO 软件求解最大基数匹配问题 …… 260
训练题 …… 262

**第 7 章 动态规划模型** …… 269

7.1 动态规划问题概述 …… 269
7.1.1 动态规划问题实例 …… 269
7.1.2 动态规划问题的解题思路 …… 270
7.2 动态规划的基本要素及基本方程 …… 272
7.2.1 动态规划的基本要素 …… 272
7.2.2 动态规划的基本方程 …… 274
7.2.3 动态规划反向算法的基本方程及求解过程 …… 276
7.3 动态规划问题案例建模及讨论 …… 280
7.3.1 生产与存储问题 …… 280
7.3.2 资源分配问题 …… 285
7.3.3 系统可靠性问题 …… 294
7.3.4 求解规划问题 …… 298
训练题 …… 301

**第8章 存储模型** …… 307

8.1 存储问题的基本概念 …… 308
8.1.1 存储问题的基本要素 …… 308
8.1.2 与存储问题有关的基本费用 …… 309
8.1.3 存储问题主要考虑的因素 …… 309
8.2 确定性存储模型 …… 310
8.2.1 经济批量(EOQ)的存储模型 …… 310
8.2.2 价格有折扣的存储模型 …… 323
8.2.3 具有约束条件的存储模型 …… 327
8.3 随机性存储模型 …… 330
8.3.1 单时期随机存储模型 …… 330
8.3.2 多时期随机存储模型 …… 333
8.4 存储模型的 LINGO 求解 …… 337
8.4.1 经济批量模型 …… 337
8.4.2 价格有折扣的存储模型 …… 339
训练题 …… 340

**第9章 排队模型** …… 346

9.1 基本概念及符号说明 …… 346
9.1.1 排队系统的基本要素 …… 346
9.1.2 符号说明 …… 348
9.1.3 基本概念 …… 348
9.1.4 排队系统状况的主要指标及其关系 …… 349
9.2 输入与服务时间的分布 …… 350
9.2.1 输入——最简单流 …… 350
9.2.2 服务时间——负指数分布 …… 350
9.3 生死过程 …… 351
9.3.1 问题的描述及假设 …… 351
9.3.2 生死过程的状态平衡方程 …… 352
9.4 最简单的排队系统模型 …… 354
9.4.1 顾客来源无限,队长不受限制的排队模型 …… 354
9.4.2 顾客来源无限,队长受限制的排队模型 …… 358
9.4.3 顾客来源有限的排队模型 …… 362

9.5　排队模型的 LINGO 求解 ………………………………………………… 366
9.5.1　[$M/M/S$]：[$\infty/\infty$/FCFS]的排队模型 ………………………… 366
9.5.2　[$M/M/S$]：[$M/\infty$/FCFS]的排队模型 ………………………… 368
9.5.3　[$M/M/S$]：[$\infty/N$/FCFS]的排队模型 ………………………… 371
训练题 ………………………………………………………………………… 372

**第 10 章　决策模型** ……………………………………………………… 379

10.1　决策问题概述 …………………………………………………………… 379
10.2　不确定型决策模型 ……………………………………………………… 380
10.2.1　悲观主义决策准则 ………………………………………………… 381
10.2.2　乐观主义决策准则 ………………………………………………… 381
10.2.3　折中主义决策准则 ………………………………………………… 382
10.2.4　等可能性决策准则 ………………………………………………… 383
10.2.5　最小机会损失决策准则 …………………………………………… 383
10.3　风险决策模型 …………………………………………………………… 386
10.3.1　最大收益期望值(EMV)决策准则 ………………………………… 386
10.3.2　最小机会损失期望值(EOL)决策准则 …………………………… 387
10.4　决策树 …………………………………………………………………… 387
10.4.1　决策树的描述 ……………………………………………………… 388
10.4.2　决策树的应用实例 ………………………………………………… 388
10.5　决策分析中的效用度量及信息的价值 ………………………………… 390
10.5.1　效用值度量原则 …………………………………………………… 391
10.5.2　信息的价值 ………………………………………………………… 392
训练题 ………………………………………………………………………… 393

**第 11 章　对策模型** ……………………………………………………… 400

11.1　对策问题的基本概念 …………………………………………………… 400
11.1.1　对策问题的基本要素 ……………………………………………… 400
11.1.2　对策问题的解和对策值 …………………………………………… 401
11.2　二人零和对策模型 ……………………………………………………… 401
11.3　最大最小和最小最大准则及具有鞍点的对策 ………………………… 403
11.3.1　最大最小和最小最大准则 ………………………………………… 403
11.3.2　具有鞍点的对策 …………………………………………………… 404
11.4　优势原则和具有混合策略的对策 ……………………………………… 405

11.4.1 优势原则 …… 405
11.4.2 具有混合策略的对策 …… 406
11.5 对策模型的 LINGO 求解 …… 412
11.5.1 求解具有鞍点的对策模型 …… 412
11.5.2 求解具有混合策略的对策模型 …… 413
训练题 …… 414
**附录 训练题答案** …… 418
**参考文献** …… 437

# 第1章 绪 论

运筹学主要研究经济活动、军事活动以及工程技术中能用数量来表达的有关策划、管理、设计等方面的实际问题。应用运筹学理论解决问题的思路可以概括为：根据问题的要求建立相应的数学模型，借助计算机求解，得出多种结果，最后由决策者确定最终的实施方案。

## 1.1 运筹学的发展及内容体系

**运筹**出自《史记·太史公自序》“运筹帷幄之中，制胜于无形，子房计谋其事，无知名，无勇功，图难于易，为大于细。”《史记·留侯世家》、《汉书·张良传》“运筹帷幄之中，决胜于千里之外，子房功也。”以及《史记·高祖本纪》“夫运筹帷幄之中，决胜千里之外，吾不如子房。”意思都是说，张良坐在军帐中运用计谋，就能决定千里之外战斗的胜利。后来人们就用“运筹帷幄”表示善于策划用兵，指挥战争。

在我国古代有不少关于运筹学思想方法的记载。

**田忌赛马**出自《史记》卷六十五《孙子吴起列传第五》，是中国历史上有名的揭示如何善用自己的长处去对付对手的短处，从而在竞技中获胜的事例。

**一举而三役济**出自《梦溪笔谈·权智》，宋真宗时，皇宫失火，由晋国公丁渭负责修复皇宫。丁渭的施工方案省时省力，妥善地解决了取土、运输和处理建筑垃圾的问题，一举而三得，体现了现代系统工程思想。

现代**运筹学**(operational research(英国)或 operations research(美国))的起源现在普遍认为是从第二次世界大战初期的军事任务开始的。当时迫切需要把各项稀少的资源以有效的方式分配给各种不同的军事活动，所以美国军事管理当局号召大批科学家运用科学手段来处理战略与战术问题，这些科学家小组正是最早的运筹小组。“二战”后为恢复工业生产，运筹学进入工商企业和其他部门，在 20 世纪 50 年代以后得到了广泛的应用，形成了比较完备的一套理论，如规划论、图论、存储论、排队论、决策论、对策论等。此后，电子计算机的问世，又大大促进了运筹学的发展。世界上不少国家已成立了致力于该领域及相关活动的专

门学会。美国于 1952 年成立了运筹学会，并出版期刊《运筹学》。世界其他国家也先后创办了运筹学会与期刊。1957 年成立了国际运筹学协会。

**规划论**包括线性规划、运输问题、整数规划、多目标规划、动态规划等。

规划论又称为数学规划，是运筹学的一个重要分支。数学规划解决的主要问题是在给定条件下，按某一衡量指标来寻找安排的最优方案。它可以表示成求目标函数在满足约束条件下的极大极小值问题。

数学规划和古典的求极值问题有本质上的不同，古典方法只能处理具有简单表达式和简单约束条件的情况。而现代数学规划中的问题其目标函数和约束条件都很复杂，而且要求给出某种精确度的数值解，因此算法的研究特别受到重视。

如果约束条件和目标函数都是呈线性关系的称为**线性规划**。1939 年康托洛维奇和希奇柯克等人首先研究和应用了线性规划方法。1947 年丹捷格等人提出了求解线性规划问题的单纯形方法，为线性规划的理论与计算奠定了基础。运输问题由于条件约束的特殊性属于特殊的线性规划问题。

**多目标规划**处理多个相互矛盾目标并存的问题，从而弥补了传统单目标规划的局限性，1961 年由美国学者查纳斯和库伯首次提出。

**动态规划**是求解决策过程最优化的数学方法。20 世纪 50 年代初美国数学家贝尔曼等人在研究多阶段决策过程的优化问题时，提出了著名的最优化原理，把多阶段过程转化为一系列单阶段问题，利用各阶段之间的关系，逐个求解，创立了解决这类过程优化问题的新方法——动态规划。1957 年出版了他的名著《Dynamic Programming》，这是该领域的第一本著作。

**图论**是一个古老但又十分活跃的分支，它是网络技术的基础。图论的创始人是数学家欧拉。1736 年他发表了图论方面的第一篇论文，解决了著名的哥尼斯堡七桥难题。一百年后，1847 年基尔霍夫第一次应用图论的原理分析电网，从而把图论引进到工程技术领域。

**存储论**又称库存理论，是研究物资最优存储策略及存储控制的理论。物资存储是工业生产和经济活动的必然过程，存储论是运筹学中发展较早的分支。1915 年，哈李斯针对银行货币的储备问题进行了详细的研究，建立了一个确定性的存储费用模型，并求得了最佳批量公式。1934 年威尔逊重新得出了这个公式，后来人们称这个公式为经济订购批量公式（简称为 EOQ 公式）。1958 年威汀出版了《存储管理的理论》一书，随后阿罗等发表了《存储和生产的数学理论研究》，毛恩在 1959 年写了《存储理论》。此后，存储论成了运筹学中的一个独立的分支，科学家们陆续对随机或非平稳需求的存储模型进行了广泛深入的研究。

**排队论**又称为随机服务系统理论。它的研究目的是回答如何改进服务机构或组织被服务的对象，使得某种指标达到最优的问题，1909 年丹麦的电话工程师爱尔朗关于电话交换机的效率研究提出排队问题。在第二次世界大战中为了对飞机场跑道的容纳量进行估算，排队论研究得到了进一步的发展，其相应的理论也都发展起来。排队论主要研究各种系统的排队队长、排队的等待时间及所提供的服务等各种参数，以便求得更好的服务。它是研究

系统随机聚散现象的理论。

**决策论**是根据信息和评价准则，用数量方法寻找或选取最优决策方案的科学，是运筹学的一个分支和决策分析的理论基础。决策所要解决的问题是多种多样的，从不同角度有不同的分类方法，按决策者所面临的自然状态的确定与否可分为：确定型决策、风险型决策和不确定型决策。

**对策论**又称为博弈论，是研究具有对抗或竞争性质现象的数学理论与方法。田忌赛马就是典型的博弈论问题。作为运筹学的一个分支，博弈论的发展只有几十年的历史。现在一般公认为美籍匈牙利数学家、计算机之父——冯·诺依曼是系统地创建这门学科的数学家。

## 1.2　运筹学的主要应用

随着科学技术和生产的发展，运筹学已渗透到诸如服务、库存、搜索、人口、对抗、控制、时间表、资源分配、厂址定位、能源、设计、生产、可靠性等各个方面，发挥了越来越重要的作用。

(1) 从解决技术问题的最优化，到工业、农业、商业、交通运输业以及决策分析部门，数学规划模型都可以发挥作用。从范围来看，小到一个班组的计划安排，大至整个部门，以至国民经济计划的最优化方案分析，它都有用武之地。它具有适应性强，应用面广，计算技术比较简便的特点。

(2) 动态规划问世以来，在经济管理、生产调度、工程技术和最优控制等方面得到了广泛的应用。例如最短路线、库存管理、资源分配、设备更新、排序、装载等问题，用动态规划方法比用其他方法求解更为方便。近年来在工程控制、通信中的最佳控制等问题中，动态规划已经成为经常使用的重要工具。

(3) 20 世纪 50 年代以来，图论理论得到了进一步发展，将复杂庞大的工程系统和管理问题用图描述，可以解决很多工程设计和管理决策的最优化问题。例如，完成工程任务的时间最少、距离最短、费用最省等等。图论受到数学、工程技术及经营管理等各方面越来越广泛的重视。

(4) 存储系统通过订货以及进货后的存储与销售来满足顾客的需求。或者说由于生产或销售的需求，从存储系统中取出一定数量的库存货物，这就是存储系统的输出；储存的货物由于不断的输出而减少，必须及时补充，补充就是存储系统的输入。补充可以通过外部订货、采购等活动来进行，也可以通过内部的生产活动来进行。在这个系统中，决策者可以通过控制订货时间的间隔和订货量的多少来调节系统的运行，使得在某种准则下系统运行达到最优。因此，存储论研究的主要问题可以概括为：何时订货(补充存储)，每次订多少货(补充多少库存)这两个问题。

(5) 排队论在日常生活中的应用是相当广泛的，比如水库水量的调节、生产流水线的安

排、铁路分解场的调度、电网的设计、机器管理、陆空交通，等等。

(6) 决策论在包括安全生产、管理决策等在内的许多领域中都有着重要应用。在实际生活与生产中，对同一个问题所面临的几种自然情况或状态，又有几种可选方案，就构成一个决策。

(7) 最初用数学方法研究博弈论是在国际象棋中用来研究如何确定取胜的算法。研究双方冲突、制胜对策的问题，在军事方面有着十分重要的应用。近年来，数学家还对水雷和舰艇、歼击机和轰炸机之间的作战、追踪以及经济活动中如何实现对策各方共赢等问题进行了研究，提出了追逃双方都能自主决策的数学理论及纳什均衡理论。

## 1.3 运筹学建模步骤及意义

学习运筹学的落脚点是解决实际问题。应用运筹学理论解决实际问题，其核心是建立“运筹学模型”。“建模”过程是“实践—认识—再实践—再认识”这样一个循环往复、螺旋式提高的认知过程；是体现“从实践中来，到实践中去”的实践论思想；是培养学生“创新实践能力”的载体。

### 1.3.1 运筹学建模步骤

运筹学在实际中的应用主要有以下 6 个步骤(见图 1-1)。

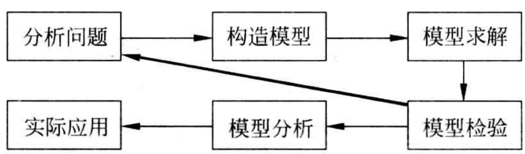



图 1-1 建模步骤示意图

分析问题：对所研究的问题进行定性与定量的分析；

构造模型：把所研究的问题转化为数学问题，建立相应的数学模型；

模型求解：利用最优化算法，借助于计算机编程求解模型；

模型检验：把模型求解的结果与实际数据相比较，检验所建模型是否真正体现了所研究的实际问题，检验模型结果是否正确，必要时可进行数值模拟；

模型分析：通过灵敏度分析方法，确定模型最优解保持稳定的参数变化范围；

实际应用：最优方案确定后，将其应用到实际工作中。

### 1.3.2 学习运筹学的意义

运筹学模型在各个领域中的广泛应用，确立了它在现代科学技术、生产实践以及经济管理中的重要地位，学习运筹学具有深远的意义。

（1）运筹学对各种经营活动进行创造性的科学研究，又涉及实际管理问题，它具有很强的实践性，最终能向决策者提供建设性意见，并收到实效；

（2）以整体最优为目标，从系统的观点出发，力图以整个系统最佳的方式解决该系统各部门之间的利害冲突，提供解决各类问题的优化方法；

（3）由于运筹学应用的广泛性以及解决实际问题的有效性，学习运筹学是数学建模训练及各种数学建模竞赛必不可少的基础。