



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 运筹学 基础及应用

(第五版)

■ 胡运权等 编著



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

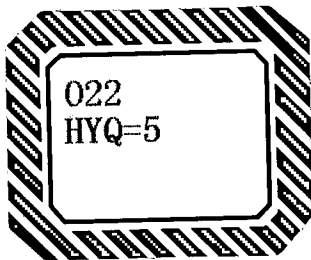
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

O.  
H)

# 运筹学基础及应用

(第五版)

胡运权等 编著



高等教育出版社

## 内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,全书系统地介绍了运筹学的线性规划、目标规划、图与网络分析、动态规划、存贮论、排队论、决策论、博弈论各分支的主要理论与方法,内容上力求阐明概念和方法的经济、物理含义,用较多例子介绍各类模型的建立及它们在实际中的应用。各章后附有习题、案例,供复习、消化课本知识及讨论和深入学习之用。

本书可供高等学校经济管理类专业的本科生、研究生作教材使用,也可作为各类经济管理干部学院及厂矿企业、公司、政府经济管理干部的干部及工程技术人员学习运筹学的自学或参考读物。

## 图书在版编目(CIP)数据

运筹学基础及应用/胡运权等编著. —5版. —北京:  
高等教育出版社, 2008

ISBN 978-7-04-024359-8

I. 运… II. 胡… III. 运筹学—高等学校—教材  
IV. O22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 071674 号

策划编辑 马丽 责任编辑 崔梅萍 封面设计 王凌波 责任绘图 黄建英  
版式设计 余杨 责任校对 张颖 责任印制 尤静

出版发行 高等教育出版社  
社址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120  
总机 010-58581000

经销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印刷 北京铭成印刷有限公司

开本 787×960 1/16  
印张 23.25  
字数 430 000

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版次 1986年4月第1版  
2008年6月第5版  
印次 2008年6月第1次印刷  
定价 26.70元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24359-00

## 第五版前言

运筹学是一门以人机系统的组织、管理为对象，应用数学和计算机等工具来研究各类有限资源的合理规划使用并提供优化决策方案的科学。它是经管类专业本、专科生和研究生层次的主干课、学位课。

本书从未来经管类人才应具备的运筹学知识、能力出发，系统介绍了运筹学中的线性规划、整数规划、目标规划、图与网络分析、动态规划、存贮论、排队论、决策论、博弈论的基础理论及方法。内容上力求阐明概念和方法的经济和物理含义，并用较多的例子演练各类模型的建立及其在经济管理中的应用，每章后均有习题和案例供复习和消化课本知识使用。

本书于1986年4月起由哈尔滨工业大学出版社出版，中间两次修订再版。1995年本书荣获国家教委优秀教材二等奖，2002年本书第四版被列为普通高等教育“十五”国家级规划教材，并改由高等教育出版社出版，这次第五版又被列入了“十一五”国家级教材规划。

同前四版比较，第五版除尽力保持本书内容全面、深入浅出、突出建模技巧和应用以及叙述比较简练等特点外，还着重吸收了近年来国内外出版的运筹学图书中的长处和精华。主要修改内容为：对博弈论一章进行了全面改写，增加了不完全信息静态博弈和不完全信息动态博弈两节，存贮论一章增加了确定性的多梯次存贮模型一节，决策分析一章增加了多属性决策一节，整数规划一章的“匈牙利法”讲述上做了大幅修改，增加了部分习题案例，同时对各章文字叙述分别做了修改、补充或删除。

本书第一版作者为胡运权、钱颂迪，由胡运权主编。以胡运权为主，有胡祥培、钱国明、王秀强等参加了第二、三版的修订。第四、五版的修改，以胡运权为主，胡祥培（大连理工大学）、钱国明参加。哈工大张庆普教授、徐永仁、高艳娟副教授，沈阳理工大学赵忠华副教授等对本次修改提出了不少宝贵意见和建议，谨在此表示谢意。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

2008年2月

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

**反盗版举报电话：**(010)58581897/58581896/58581879

**反盗版举报传真：**(010)82086060

**E - mail：**dd@hep.com.cn

**通信地址：**北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

**邮 编：**100120

**购书请拨打电话：**(010)58581118

# 目 录

绪论	1
第 1 章 线性规划及单纯形法	9
§ 1 一般线性规划问题的数学模型	9
§ 2 图解法	14
§ 3 单纯形法原理	18
§ 4 单纯形法的计算步骤	23
§ 5 单纯形法的进一步讨论	29
§ 6 数据包络分析	40
§ 7 应用举例	43
习题一	47
案例 1.1 炼油厂生产计划安排	51
案例 1.2 长征医院的护士值班计划	52
第 2 章 线性规划的对偶理论	53
§ 1 对偶问题的提出	53
§ 2 原问题与对偶问题	54
§ 3 对偶问题的基本性质	57
§ 4 影子价格	62
§ 5 对偶单纯形法	63
§ 6 灵敏度分析	66
§ 7 参数线性规划	72
习题二	78
案例 2.1 经理会议建议的分析	82
第 3 章 运输问题	83
§ 1 运输问题的典例和数学模型	83
§ 2 表上作业法	85
§ 3 产销不平衡的运输问题及其应用	96
习题三	101
案例 3.1 光明市的菜篮子工程	105
第 4 章 整数规划与分配问题	107
§ 1 整数规划的特点及作用	107

§ 2 分配问题与匈牙利法 .....	109
§ 3 分枝定界法 .....	115
§ 4 割平面法 .....	117
§ 5 应用举例 .....	121
习题四 .....	126
案例 4.1 华安机械厂的车间搬迁方案 .....	130
案例 4.2 仓库布设与物资调运 .....	131
案例 4.3 便民超市的网点布设 .....	132
<b>第 5 章 目标规划</b> .....	133
§ 1 问题的提出与目标规划的数学模型 .....	133
§ 2 目标规划的图解分析法 .....	137
§ 3 用单纯形法求解目标规划 .....	138
§ 4 求解目标规划的层次算法 .....	140
§ 5 应用举例 .....	142
习题五 .....	144
案例 5.1 彩虹集团的人员招聘与工作分配 .....	146
<b>第 6 章 图与网络分析</b> .....	148
§ 1 图的基本概念与模型 .....	148
§ 2 树图和图的最小部分树 .....	150
§ 3 最短路问题 .....	154
§ 4 网络的最大流 .....	159
§ 5 最小费用流 .....	167
习题六 .....	169
案例 6.1 网络中的服务及设施布局 .....	175
案例 6.2 机器设备的分组 .....	176
案例 6.3 专业人才招聘与应聘的匹配 .....	177
案例 6.4 华声公司的订购与运送决策 .....	177
<b>第 7 章 计划评审方法和关键路线法</b> .....	179
§ 1 PERT 网络图 .....	179
§ 2 PERT 网络图的计算 .....	184
§ 3 关键路线和网络计划的优化 .....	187
§ 4 完成作业的期望时间和在规定时间内实现事件的概率 .....	190
习题七 .....	193
案例 7.1 一项管道施工工程完成工期的风险评估 .....	197
<b>第 8 章 动态规划</b> .....	198

§ 1 多阶段的决策问题 .....	198
§ 2 最优化原理与动态规划的数学模型 .....	199
§ 3 离散确定性动态规划模型的求解 .....	205
§ 4 离散随机性动态规划模型的求解 .....	209
§ 5 一般数学规划模型的动态规划解法 .....	211
习题八 .....	215
案例 8.1 一个动态的库存策略问题 .....	218
案例 8.2 易损件更新的决策选择 .....	219
<b>第 9 章 存贮论</b> .....	220
§ 1 引言 .....	220
§ 2 经济订货批量的存贮模型 .....	222
§ 3 具有约束条件的存贮模型 .....	227
§ 4 具有价格折扣优惠的存贮模型 .....	229
§ 5 动态的存贮模型 .....	230
§ 6 单时期的随机存贮模型 .....	234
§ 7 多时期的随机存贮模型 .....	237
§ 8 确定性的多梯次存贮模型 .....	241
习题九 .....	244
案例 9.1 “航班机票的超售决策” .....	247
案例 9.2 塑钢窗厂的生产库存策略 .....	247
<b>第 10 章 排队论</b> .....	248
§ 1 排队服务系统的基本概念 .....	248
§ 2 输入与服务时间的分布 .....	252
§ 3 生灭过程 .....	258
§ 4 最简单的排队系统的模型 .....	261
§ 5 M/G/1 的排队系统 .....	273
§ 6 服务机构串联的排队系统 .....	276
§ 7 具有优先服务权的排队模型 .....	278
§ 8 排队决策模型 .....	280
§ 9 排队系统的模拟 .....	282
习题十 .....	285
案例 10.1 一个银行服务系统的分析 .....	289
案例 10.2 高速公路收费口的设置 .....	290
<b>第 11 章 决策分析</b> .....	291
§ 1 引言 .....	291



§ 2 不确定型的决策分析 .....	293
§ 3 风险情况下的决策 .....	297
§ 4 贝叶斯(Bayes)决策 .....	300
§ 5 决策分析中的效用度量 .....	303
§ 6 Pareto 最优 .....	306
§ 7 层次分析法 .....	308
§ 8 多属性决策 .....	312
习题十一 .....	317
案例 11.1 掷硬币的决策选择 .....	320
案例 11.2 铸造车间的生产和质检方案 .....	320
<b>第 12 章 博弈论</b> .....	321
§ 1 引言 .....	321
§ 2 完全信息静态博弈 .....	322
§ 3 完全信息动态博弈 .....	335
§ 4 不完全信息静态博弈 .....	343
§ 5 不完全信息动态博弈 .....	347
§ 6 冲突分析简介 .....	351
习题十二 .....	356
案例 12.1 扑克游戏(一) .....	358
案例 12.2 扑克游戏(二) .....	358
案例 12.3 公共渔场的合理开发 .....	359
参考文献 .....	360

# 绪论

一、运筹学一词起源于20世纪30年代。据《大英百科全书》释义，“运筹学是一门应用于管理有组织系统的科学”，“运筹学为掌管这类系统的人提供决策目标和数量分析的工具。”我国《辞海》(1979年版)中有关运筹学条目的释义为：“运筹学主要研究经济活动与军事活动中能用数量来表达有关运用、筹划与管理方面的问题。它根据问题的要求，通过数学的分析与运算，作出综合性的合理安排，以达到较经济较有效地使用人力物力。”《中国企业管理百科全书》(1984年版)中的释义为：“运筹学应用分析、试验、量化的方法，对经济管理系统中人、财、物等有限资源进行统筹安排，为决策者提供有依据的最优方案，以实现最有效的管理。”

运筹学一词的英文原名为 Operations Research(缩写为 O. R. )，可直译为“运用研究”或“作业研究”。由于运筹学涉及的主要领域是管理问题，研究的基本手段是建立数学模型，并比较多地运用各种数学工具，从这点出发，曾有人将运筹学称做“管理数学”。1957年我国从“夫运筹策帷幄之中，决胜于千里之外”(见《史记·高祖本纪》)这句古语中摘取“运筹”二字，将 O. R. 正式译作运筹学，比较恰当地反映了这门学科的性质和内涵。

二、朴素的运筹学思想在我国古代文献中就有不少记载，例如齐王赛马和丁渭主持皇宫的修复等事。齐王赛马的事是说一次齐王和田忌赛马，规定双方各出上中下三个等级的马各一匹。如果按同等级的马比赛，齐王可获全胜，但田忌采取的策略是以下马对齐王的上马，以上马对齐王的中马，以中马对齐王的下马，结果田忌反以二比一获胜。丁渭修皇宫的故事发生在北宋时代，皇宫因火焚毁，由丁渭主持修复工作。他让人在宫前大街取土烧砖，挖成大沟后灌水成渠，利用水渠运来各种建筑用材料，工程完毕后再以废砖乱瓦等填沟修复大街，做到减少和方便运输，加快了工程进度。但运筹学这个名词的正式使用是在1938年，当时英国为解决空袭的早期预警，做好反侵略战争准备，积极进行“雷达”的研究。但随着雷达性能的改善和配置数量的增多，出现了来自不同雷达站的信息以及雷达站同整个防空作战系统的协调配合问题。1938年7月，波得塞(Bawdsey)雷达站的负责人罗伊(A. P. Rowe)提出立即进行整个防空作战系统运行的研究，并用“Operational Research”一词作为这方面研

究的描述, 这就是 O. R. (运筹学) 这个名词的起源. 运筹学小组的活动, 开始局限于对空军战术的研究, 以后扩展到海军和陆军, 并参与战略决策的研究. 这种研究在美国、加拿大等国很快得到效法. 第二次世界大战中, 各国的运筹学小组广泛进行了如何提高轰炸效果或侦察效果, 如何用水雷有效封锁敌方海面和其他战略战术方面的分析, 为取得反法西斯战争的胜利作出了贡献. 1939 年苏联学者康托洛维奇 (Л. В. Канторович) 出版了《生产组织与计划中的数学方法》一书, 对彼得格勒胶合板厂的计划任务建立了一个线性规划的模型, 并提出了“解乘法”的求解方法, 为数学与管理科学的结合作出了开创性的工作.

战后, 运筹学的活动扩展到工业和政府等部门, 它的发展大致可分三个阶段:

1. 从 1945 年到 20 世纪 50 年代初, 被称为创建时期. 此阶段的特点是人数不多, 范围较小, 出版物、学会等寥寥无几. 最早英国一些战时从事运筹学研究的人积极讨论如何将运筹学方法应用于民用部门, 于 1948 年成立“运筹学俱乐部”, 在煤炭、电力等部门推广应用运筹学取得一些进展. 1948 年美国麻省理工学院把运筹学作为一门课程介绍, 1950 年英国伯明翰大学正式开设运筹学课程, 1952 年在美国喀斯 (Case) 工业大学设立了运筹学的硕士和博士学位. 第一本运筹学杂志《运筹学季刊》(O. R. Quarterly) 1950 年于英国创刊, 第一个运筹学会美国运筹学会于 1952 年成立, 并于同年出版运筹学学报 (Journal of ORSA).

2. 20 世纪 50 年代初期到 20 世纪 50 年代末期, 被认为是运筹学的成长时期. 此阶段的一个特点是电子计算机技术的迅速发展, 使得运筹学中一些方法如单纯形法、动态规划方法等, 得以用来解决实际管理系统中的优化问题, 促进了运筹学的推广应用. 20 世纪 50 年代末, 美国大约有半数的大公司在自己的经营管理中应用运筹学. 另一个特点是有更多刊物、学会出现. 从 1956 年到 1959 年就有法国、印度、日本、荷兰、比利时等十个国家成立运筹学会, 并又有 6 种运筹学刊物问世. 1957 年在英国牛津大学召开了第一次国际运筹学会议, 1959 年成立国际运筹学会 (International Federation of Operations Research Societies, IFORS).

3. 自 20 世纪 60 年代以来, 被认为是运筹学迅速发展和开始普及的时期. 此阶段的特点是运筹学进一步细分为各个分支, 专业学术团体的迅速增多, 更多期刊的创办, 运筹学书籍的大量出版以及更多学校将运筹学课程纳入教学计划之中. 第三代电子数字计算机的出现, 促使运筹学得以用来研究一些大的复杂的系统, 如城市交通、环境污染、国民经济计划等.

我国第一个运筹学小组于 1956 年在中国科学院力学研究所成立, 1958 年建立了运筹学研究室. 1960 年在山东济南召开全国应用运筹学的经验交流和

推广会议，1980年4月成立中国运筹学会。在农林、交通运输、建筑、机械、冶金、石油化工、水利、邮电、纺织等部门，运筹学的方法已开始得到应用推广。除中国运筹学会外，中国系统工程学会以及与国民经济各部门有关的专业学会，也都把运筹学应用作为重要的研究领域。我国各高等院校，特别是各经济管理类专业中已普遍把运筹学作为一门专业的主干课程列入教学计划之中。

目前国际上著名的运筹学期刊物有：Management Science, Operations Research, Interfaces, Journal of Operational Research Society, European Journal of Operations Research 等，国内运筹学的专门刊物或较多刊登运筹学理论和应用的刊物主要有：运筹学学报，运筹与管理，系统工程学报，系统工程理论与实践，系统工程理论方法应用，数量经济技术经济研究，预测，系统工程，系统科学与数学等。

三、运筹学研究的基本特点是：考虑系统的整体优化、多学科的配合以及模型方法的应用。

系统的整体优化。所谓系统可以理解为由相互关联、相互制约、相互作用的一些部分组成的具有某种功能的有机整体。例如一个企业的经营管理是由很多子系统组成，包括生产、销售、技术、供应、财务等，各子系统的工作好坏直接影响企业经营管理的优劣。但各子系统的目标往往不一致，生产部门为提高劳动生产率希望尽可能增大批量；销售部门为满足更多用户需要，要求增加花色品种；财务部门希望减少积压，加速流动资金周转，降低成本。运筹学不是对每一个决策行为孤立进行评价，而是把它同系统内所有其他重要的相互作用结合起来作出评价，把相互影响的各方面作为一个统一体，从总体利益的观点出发，寻找出一个优化协调的方案。

多学科的配合。一个企业的有效管理涉及很多方面，运筹学研究中吸收来自不同领域、具有不同经验和技能的专家。由于专家们来自不同的学科领域，具有不同的经历经验，增强了发挥小组集体智慧提出问题和解决问题的能力。这种多学科的协调配合在研究的初期，在分析和确定问题的主要方面，在选定和探索解决问题的途径时，显得特别重要。

模型方法的应用。在各门学科的研究中广泛应用实验的方法，但运筹学研究的系统往往不能搬到实验室来，代替的方法是建立这个问题的数学和模拟的模型。如果说辅助决策是运筹学应用的核心，建立模型则是运筹学方法的精髓。围绕着模型的建立、修正与应用，运筹学的研究可划分为以下步骤：

1. 分析与表述问题。首先对研究的问题和系统进行观察分析，归纳出决策的目标及制订决策时在行动和时间等方面的限制。实际问题不同于教科书上的例子，很多矛盾交织在一起，边界模糊，情况不确切，需要深入调查分析，并同有关人员一起讨论，明确有关研究问题的过去与未来，问题的边界、环境

以及包含这个问题在内的更大系统的有关情况，以便在对问题的表述中明确要不要把整个问题分成若干较小的子问题，确定问题中哪些是可控的决策变量，哪些是不可控的变量，确定限制变量取值的工艺技术条件及对目标的有效度量等。例如运筹学小组在对美国旧金山警署实现巡警值班与调度优化的研究（参见 *Interfaces* 1989 年第 1 期上文章）时，曾提出三个目标：（1）维护市民的高度安全；（2）保证警官的高昂士气；（3）运行成本最小。经研究，为达到第（1）个目标，警署同市政府共同建立了一个期望的安全水平，通过平衡警官的工作量来达到第（2）个目标，最后通过确立优化的巡逻制度，在满足前两个目标基础上，使用较少的警官来实现低成本运行。为此在这个步骤中，运筹学小组还要花时间收集同问题的有关数据、特别是一些关键的数据。

2. 建立模型。模型是真实系统的代表，是对实际问题的抽象概括和严格的逻辑表达。模型表达了问题中可控的决策变量、不可控变量、工艺技术条件及目标有效度量之间的相互关系。模型的正确建立是运筹学研究中的关键一步。对模型的研制是一项艺术，它是将实际问题、经验、科学方法三者有机结合的创造性的工作。建立模型的好处，一是使问题的描述高度规范化，如管理中，对人力、设备、材料、资金的利用安排都可以归纳为所谓资源的分配利用问题，可建立起一个统一的规划模型，而对规划模型的研究代替了对一个个具体问题的分析研究。二是建立模型后，可以通过输入各种数据资料，分析各种因素同系统整体目标之间的因果关系，从而确立一套逻辑的分析问题的程序方法。三是建立系统的模型为应用电子计算机来解决实际问题架设起桥梁。建立模型时既要尽可能包含系统的各种信息资料，又要抓住本质的因素。因为模型毕竟是对问题的理想化抽象，所以建模时进行近似或简化假设是必要的，去除一些不重要的因素不会影响问题的结果。建模过程中，一种好的做法是从简单的形式开始，然后逐步丰富使其接近实际问题。一般建模时应尽可能选择建立数学模型，但有时问题中的各种关系难以用数学语言描绘，或问题中包含的随机因素较多时，也可以建立起一个模拟的模型，即将问题的因素、目标及运行时的关系用逻辑框图的形式表示出来。

3. 对问题求解。即用数学方法或其他工具对模型求解。根据问题的要求，可分别求出最优解、次最优解或满意解；依据对解的精度度的要求及算法上实现的可能性，又可区分为精确解和近似解等。目前运筹学教材中的算法主要是求最优解，实际上管理问题的解只要满意或对最优解的足够近似即可。近年来发展起来的启发式算法和很多软计算方法（如遗传算法、模拟退火法、蚁群算法等）应成为求解运筹学模型的重要工具。此外由于实际问题的复杂多变，在对模型找出一个或多个解之后，往往需要对模型中参数的变化进行灵敏度分析（或称优化后分析），以便为管理者提供出现各种可能情况下的相应决策建议。

方案。

4. 对模型和由模型导出的解进行检验。将实际问题的数据资料代入模型，找出的精确的或近似的解毕竟是模型的解。由于模型只是对实际问题的理想化近似，特别一些大型模型难免会包含各种缺陷，需要不断完善。为了检验得到的解是否正确，常采用回溯的方法。即将历史的资料输入模型，研究得到的解与历史实际的符合程度，以判断模型是否正确。当发现有较大误差时，要将实际问题同模型重新对比，检查实际问题中的重要因素在模型中是否已考虑，检查模型中各公式的表达是否前后一致，检查模型中各参数取极值情况时问题的解，以便发现问题进行修正。

5. 建立起对解的有效控制。任何模型都有一定的适用范围，模型的解是否有效要首先注意模型是否继续有效，并依据灵敏度分析的方法，确定最优解保持稳定时的参数变化范围。一旦外界条件参数变化超出这个范围时，及时对模型及导出的解进行修正。

6. 方案的实施。这是很关键但也是很困难的一步。只有实施方案后，研究成果才能有收获。这一步要求明确：方案由谁去实施，什么时间去实施，如何实施，要求估计实施过程可能遇到的阻力，并为此制订相应的克服困难的措施。

四、运筹学按所解决问题性质上的差别，将实际的问题归结为不同类型的数学模型。这些不同类型的数学模型构成了运筹学的各个分支。主要的分支有：

**线性规划** 经营管理中如何有效地利用现有人力物力完成更多的任务，或在预定的任务目标下，如何耗用最少的人力物力去实现。这类统筹规划的问题用数学语言表达，先根据问题要达到的目标选取适当的变量，问题的目标通过用变量的函数形式表示（称为目标函数），对问题的限制条件用有关变量的等式或不等式表达（称为约束条件）。当变量连续取值，且目标函数和约束条件均为线性时，称这类模型为线性规划的模型。有关对线性规划问题建模、求解和应用的研究构成了运筹学中的线性规划分支。

**非线性规划** 如果上述模型中目标函数或约束条件不全是线性的，对这类模型的研究便构成了非线性规划的分支。

**动态规划** 有些经营管理活动由一系列阶段组成，在每个阶段依次进行决策，而且各阶段的决策之间互相关联，因而构成一个多阶段的决策过程。动态规划则是研究一个多阶段决策过程总体优化的问题。

**图与网络分析** 生产管理中经常碰到工序间的合理衔接搭配问题，设计中经常碰到研究各种管道、线路的通过能力以及仓库、附属设施的布局等问题。运筹学中把一些研究的对象用节点表示，对象之间的联系用连线（边）表示，

点边的集合构成图。如果给图中各边赋予某些具体的权数，并指定了起点和终点，称这样的图为网络图。图与网络分析这一分支通过对图与网络性质及优化的研究，解决设计与管理中的实际问题。

**存贮论** 为了保证企业生产正常进行，需一定数量材料和物资的储备。存贮论则是研究在各种供应和需求条件下，应当在什么时间，提出多大的订货批量来补充储备，使得用于采购、贮存和可能发生的短缺的费用损失的总和为最少等问题的运筹学分支。

**排队论** 是一种研究排队服务系统工作过程优化的数学理论和方法。在这类系统中，服务对象何时到达以及系统对每个对象的服务时间是随机的。排队论通过找出这类系统工作特征的数值，为设计新的服务系统和改进现有系统提供数量依据。工业企业生产中多台设备的看管、机修服务等都属于这类服务系统。

**博弈论** 也称对策论，是一种用来研究具有对抗性局势的模型。在这类模型中，参与对抗的各方均有一组策略可供选择，对策论的研究为对抗各方提供为获取对自己有利的结局应采取的最优策略。

**决策论** 在一个管理系统中，采用不同的策略会得到不同的结局和效果。由于系统状态和决策准则的差别，对效果的度量和决策的选择也有差异。决策论通过对系统状态的性质、采取的策略及效果的度量进行综合研究，以便确定决策准则，并选择最优的决策方案。

五、运筹学与管理科学。从生产出现分工开始就有管理，但管理作为一门科学则开始于 20 世纪初。随着生产规模的日益扩大和分工的越来越细，要求生产组织高度的合理性、高度的计划性和高度的经济性，促使人们不仅研究生产的各个部门，而且要研究它们相互之间的联系，要当作一个整体研究，并在已有方案基础上寻求更优的方案，从而促进了运筹学的发展和应用。

运筹学的诞生既是管理科学发展的需要，也是管理科学研究深化的标志。管理科学是研究人类管理活动的规律及其应用的一门综合性交叉科学，这是运筹学研究 and 提出问题的基础。但运筹学又在对问题进一步分析的基础上找出各种因素之间的本质联系，并对问题通过建模和求解，使人们对管理活动的规律性认识进一步深化。例如管理中有关库存问题的讨论，对最高和最低控制限的存贮方法，过去只从定性上进行描述，而运筹学则进一步研究了在各种不同需求情况下最高与最低控制限的具体数值。又如计划的编制，过去习惯采用的甘特图只是反映了各道工序的起止时间，反映不出它们相互之间的联系和制约。而运筹学中通过编制网络计划，从系统的观点揭示了这种工序间的联系和制约，为计划的控制优化提供了科学的依据。

有人将运筹学概括为是用科学方法去了解 and 解释运行系统的现象，这种系

统的含义非常广泛，从包含着人和在自然环境中运行的机器，一直到按一定规则运行的复杂社会结构。运筹学观察运行系统的现象，创造理论、模型来解释这些现象，描述在条件变化时会发生的事情，并根据新的观察来检验这些预言。运筹学应用科学方法来创建它的知识，从数量上研究揭示运行系统的现象和规律，这正是被其他科学所忽略的部分。运筹学排队论中有一个著名例子：一个工人照管 6 台机器和三个工人联合照管 20 台机器。排队论计算表明，虽然后者每个工人平均照管的机器数增加了，但每台机器的生产效率反而提高了，这是对协同效应( $1 + 1 > 2$ )存在的有很强说服力的证据。

运筹学在管理人才的培养中占有重要地位，这是因为：第一，运筹学训练培养管理人员的调查、分析和逻辑思维能力。前面讲到的运筹学建模和应用的 6 个步骤，特别是前两个步骤是提高这方面能力的极好锻炼；第二，运筹学着眼于系统的全局最优，它不仅考虑系统内各子系统的联系，而且分析该系统同周围环境的交互影响，在对模型的验证中，还要代入有关数据测试可能的运行结局，因而有助于培养管理人员着眼全局和洞察问题的能力；第三，通过学习运筹学培养管理人员掌握运用数学工具进行创造性工作的能力。事实表明，数学对现代科学的发展起到越来越重要的作用，运筹学是数学同管理学科间的重要桥梁，因而掌握运筹学的思想、模型、方法对管理工作者的成长将起到深远影响。

任何一门科学的发展，一是受科学发展的内在客观规律支配；二是社会因素，特别是社会经济发展的需求。我国管理科学的发展正面临十分有利的机遇，但由于管理科学所研究的社会经济运动是物质运动的最高方式，因而它的发展更有赖于其他学科的发展，而运筹学则是从数量上揭示管理活动规律，促进管理科学发展的学科之一。

运筹学的研究应用已经在管理工作中带来了大量财富的节约。一般是问题的规模越大、越复杂，应用的效果越显著。由国际运筹学联合会和美国运筹学会联合主办的 *Interfaces* 杂志主要刊登运筹学的应用成果。国际运筹学联合会每年在世界范围内评选出 6 项最优秀的运筹学应用成果授予 Franz Edelman 奖，并刊登于该杂志次年的第 1 期(1~2 月号)上。例如 Citgo 石油公司通过炼油过程及产品供应、分配、销售的整体优化，带来每年 0.7 亿美元的效益；美洲航空公司通过设计和运行一个票价结构、订票和协调航班的系统，年效益在 5 亿美元以上。我国从 20 世纪 80 年代起，经过近 10 年的工作，建立了一个考虑国民经济发展对能源需求、减少煤炭对环境污染条件下，对发电、煤矿开采、交通建设综合优化平衡的混合整数规划模型，提出的对上述大型项目优选及投产安排的方案年经济效益在 4.25 亿美元以上，获 1994 年度的 Franz Edelman 奖。在[美]弗雷德里克·S·希利尔和杰拉尔德·J·利伯曼合著的《运筹学导



论》(第 8 版)的第 1 章中,列出了世界各国应用运筹学解决实际问题并带来巨大财富节约的 22 个成功例子.其中包括一项中国的例子,那就是在考虑产供销约束平衡的条件下,有关中国能源和交通项目开发和布局的优化方案.据估算方案的实施每年给国家带来约 4.25 亿美元的财富节约.(《运筹学导论》(第 8 版)的中译本 2007 年 8 月已由清华大学出版社出版)

总的来说,运筹学毕竟是一门年轻的科学,它的诞生还只有近 70 年历史.一方面现有的运筹学模型分支还远远描述不了复杂的管理的现象,需要发展新的分支的模型,另一方面,实际的管理问题中社会、经济、技术、心理各种因素互相交织,需要各方面的专业人员协同配合.总之,运筹学是在解决实际管理问题中发展起来,而管理科学的发展又必将为运筹学的进一步研究发展开辟广阔的领域.