

 21世纪 经济与管理精编教材·工商管理系列

数据、模型与决策

Data , Models and Decision-making

朱顺泉 胡桂武 著
何晓光 徐 辉



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

014037199

F224.3
05

21世纪 经济与管理精编教材·工商管理系列

数据、模型与决策

Data , Models and Decision-making

朱顺泉 胡桂武 著
何晓光 徐 辉



北航

C1725472



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

F224.3
05

图书在版编目(CIP)数据

数据、模型与决策/朱顺泉等著. —北京:北京大学出版社, 2014. 4

(21 世纪经济与管理精编教材·工商管理系列)

ISBN 978-7-301-24019-9

I. ①数… II. ①朱… III. ①经济管理—运筹学—高等学校—教材 ②经济统计学—高等学校—教材 IV. ①F224.3 ②F222

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 054753 号



书 名: 数据、模型与决策

著作责任者: 朱顺泉 胡桂武 胡晓光 徐 辉 著

责任编辑: 周 莹

标准书号: ISBN 978-7-301-24019-9/F·3893

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn>

电子信箱: em@pup.cn QQ: 552063295

新浪微博: @北京大学出版社 @北京大学出版社经管图书

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752926 出版部 62754962

印 刷 者: 北京富生印刷厂

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14 印张 350 千字

2014 年 4 月第 1 版 2014 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 0001—3000 册

定 价: 30.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

自 20 世纪 80 年代以来,管理科学在中国得到了高速的发展,培养了大批的管理科学人才,然而,管理科学在实际工作中的应用还远未普及。究其原因,除了中国企业管理水平有待提高以外,一个重要的问题就是中国管理科学教学中存在理论与实际相分离的状况,中国传统运筹学与统计学的教学常常过于强调数学理论与方法解释,如数学公式的推导等,而对管理科学的思想、从实际问题中建立模型的技术,以及量化方法在实际管理问题中的应用有所忽略,学生在学完管理科学相关课程以后,仍然不知道如何解决实际问题。其结果,一方面使不少人员望而却步,将管理科学看成深奥的、难以掌握的、抽象的数学问题;另一方面,管理科学难以在实际中普及。

近年来,美国高校管理科学教学的思想、内容、方法和手段有了根本性的转变,主要表现在美国普遍采用“计算机电子表格”这一全新的教学方法,管理科学已日益成为经济管理类学生最重要和最受欢迎的课程之一。在教学中使用电子表格软件已经成为管理科学的新潮流。无论是学生还是企业管理、金融财务等各行各业的从业人员都在广泛地应用电子表格软件,这为我们进行相应的 MBA 教学提供了一个舒适而愉快的环境。

本书的出版试图改变中国管理科学教学过于强调数学理论的缺陷,以强调管理科学的应用,解决实际问题、案例问题为导向。因此,本书将应用运筹学与统计学等方法,面向实际问题,建立模型,并应用计算机软件工具进行求解,着重讨论管理科学中模型的建立与应用。其目的是使读者能理解并掌握管理科学的一般理论与方法,并将其应用于管理工作的实践,以促进管理科学与实际的有机结合。

全书分两篇,上篇:管理运筹学;下篇:管理统计学。其中,管理运筹学包括:(1) 数据、模型与决策绪论;(2) 线性规划模型的图解法与灵敏度分析;(3) 线性规划模型的应用与决策;(4) 分配与网络模型及其决策;(5) 整数线性规划模型与决策;(6) 非线性规划模型与决策;(7) 项目安排:计划评审法和关键路径法;(8) 模拟多准则决策。管理统计学包括:(9) 统计分布、检验与估计;(10) 线性回归分析;(11) 时间序列分析及其预测;(12) 马尔科夫过程及其预测。

本书由朱顺泉教授负责各章的写作和 Excel 文档的制作,何晓光博士负责第 1 章至第 8 章的 PPT 制作,胡桂武教授负责第 9 章至第 12 章的 PPT 制作,徐辉教授对全书进行了审校。本书是作者多年教授“数据、模型与决策”“管理运筹学”“管理统计学”等课程及从事相关科研项目的总结。书中不妥之处,恳请读者批评指正。

作 者

2014 年 3 月于广州

教师反馈及教辅申请表

北京大学出版社本着“教材优先、学术为本”的出版宗旨，竭诚为广大高等院校师生服务。为更有针对性地提供服务，请您认真填写以下表格并经系主任签字盖章后寄回，我们将按照您填写的联系方式免费向您提供相应教辅资料，以及在本书内容更新后及时与您联系邮寄样书等事宜。

书名		书号	978-7-301-	作者	
您的姓名				职称职务	
校/院/系					
您所讲授的课程名称					
每学期学生人数	_____人_____年级			学时	
您准备何时用此书授课					
您的联系地址					
邮政编码		联系电话 (必填)			
E-mail (必填)		QQ			
您对本书的建议：				系主任签字	
				盖章	

我们的联系方式：

北京大学出版社经济与管理图书事业部

北京市海淀区成府路 205 号，100871

联系人：徐冰

电话：010-62767312 / 62757146

传真：010-62556201

电子邮件：em_pup@126.com em@pup.cn

QQ：5520 63295

新浪微博：@北京大学出版社经管图书

网址：<http://www.pup.cn>

目 录

第 1 章 数据、模型与决策绪论	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 量本利分析模型	(2)
1.2.1 量本利分析模型的建立	(2)
1.2.2 量本利分析模型的两种求解方法	(3)
1.3 数据、模型与决策的含义与特点	(8)
1.4 本书讨论的主要内容	(9)
思考题	(10)

上篇 管理运筹学

第 2 章 线性规划模型的图解法与灵敏度分析	(13)
2.1 一个简单的最大化问题	(13)
2.2 线性规划问题的图解法	(15)
2.2.1 可行域与最优解	(15)
2.2.2 线性规划的图解法	(15)
2.2.3 松弛变量与线性规划模型的标准式	(16)
2.3 最小化问题	(16)
2.3.1 最小化线性规划问题	(16)
2.3.2 最小化问题图解法	(17)
2.3.3 剩余变量	(18)
2.4 线性规划问题的解的讨论	(19)
2.4.1 唯一解与无穷解	(19)
2.4.2 线性规划问题无可行域的情况	(19)
2.4.3 线性规划问题可行域无界的情况	(19)
2.5 线性规划的灵敏度分析	(19)
2.5.1 灵敏度分析的含义	(19)
2.5.2 线性规划的电子表格求解方法	(20)
2.5.3 灵敏度分析的内容	(22)

2.5.4 敏感性报告及其解释	(23)
思考题	(25)
第3章 线性规划模型的应用与决策	(29)
3.1 市场调查问题模型的建立与决策	(29)
3.2 人力资源分配问题模型的建立与决策	(32)
3.3 投资组合线性规划模型的建立与决策	(33)
3.4 个人理财计划模型的建立与决策	(36)
3.5 数据包络分析模型与决策	(39)
3.5.1 数据包络分析建模	(39)
3.5.2 数据包络分析模型的求解与决策	(41)
思考题	(45)
第4章 分配与网络模型及其决策	(49)
4.1 运输问题模型与决策	(49)
4.2 指派问题	(56)
4.3 转运与网络规划模型	(62)
4.3.1 最小费用流问题	(62)
4.3.2 最大流问题	(65)
4.3.3 最短路线问题	(71)
4.4 生产、库存、销售等动态规划问题	(73)
4.4.1 生产经营问题模型的建立与决策	(73)
4.4.2 采购与销售模型的建立与决策	(75)
4.4.3 订单与生产模型的建立与决策	(78)
思考题	(80)
第5章 整数线性规划模型与决策	(83)
5.1 整数线性规划模型	(83)
5.2 一般整数规划模型与决策	(84)
5.3 0-1 整数线性规划在项目投资中的应用	(86)
5.4 0-1 整数变量约束线性规划在物流配送中的应用	(93)
5.5 0-1 线性规划在人员安排中的应用	(100)
思考题	(102)
第6章 非线性规划模型与决策	(104)
6.1 非线性规划模型	(104)
6.2 投资组合的非线性规划模型与决策	(105)
6.2.1 单项投资的期望回报率与风险	(105)
6.2.2 投资组合的期望回报与风险	(106)
6.2.3 用电子表格计算期望值、方差、标准方差和相关系数	(107)

6.2.4 投资组合优化的非线性规划模型及其求解	(110)
6.3 基于 Bass 模型的新产品使用预测的参数估计	(113)
6.4 库存决策模型	(116)
6.4.1 最佳现金持有量的非线性规划决策模型	(116)
6.4.2 最优订货批量决策模型	(118)
思考题	(122)
第 7 章 项目安排:计划评审法和关键路径法	(123)
7.1 活动时间已知的项目安排	(123)
7.2 活动时间不确定的项目安排	(126)
7.3 时间与成本的抉择	(130)
思考题	(133)
第 8 章 模拟与多准则决策	(134)
8.1 模拟及随机数的产生	(134)
8.2 库存系统模拟	(134)
8.3 飞机票预订决策问题模拟	(143)
8.4 计分模型	(147)
8.5 层次分析法	(149)
8.5.1 层次分析法实例	(149)
8.5.2 运用层次分析法确定优先级	(150)
8.5.3 运用 AHP 解决综合排名问题	(155)
思考题	(155)

下篇 管理统计学

第 9 章 统计分布、检验与估计	(161)
9.1 离散分布	(161)
9.1.1 离散均匀分布	(161)
9.1.2 二项分布	(161)
9.2 连续分布	(162)
9.2.1 连续均匀分布	(162)
9.2.2 正态分布	(162)
9.2.3 t 分布	(164)
9.2.4 卡方分布	(164)
9.2.5 F 分布	(165)
9.3 假设检验的概念	(166)
9.4 第一类错误和第二类错误	(166)
9.5 决策规则	(167)

9.6	单个总体均值的假设检验	(169)
9.7	两个总体均值的假设检验	(170)
9.8	单个总体方差的假设检验	(171)
9.9	两个总体方差的假设检验	(171)
9.10	区间估计	(172)
	思考题	(172)
第10章	线性回归分析	(174)
10.1	一元线性回归分析	(174)
10.1.1	一元线性回归模型与假设	(174)
10.1.2	一元线性回归方差分析与决定系数	(175)
10.1.3	估计的标准误	(175)
10.1.4	回归系数的假设检验	(176)
10.1.5	回归系数的置信区间	(176)
10.2	多元线性回归分析	(177)
10.2.1	多元回归模型	(177)
10.2.2	多元线性回归方差分析与决定系数	(177)
10.2.3	多元线性回归估计的标准误	(178)
10.2.4	多元线性回归回归系数的 t 检验和置信区间	(178)
10.2.5	多元线性回归回归系数的 F 检验	(179)
10.3	虚拟变量	(179)
10.4	违背回归假设的计量检验	(180)
10.4.1	多元线性回归假设	(180)
10.4.2	异方差性	(180)
10.4.3	序列相关(自相关)	(181)
10.4.4	多重共线性	(182)
10.4.5	总结	(182)
	思考题	(183)
第11章	时间序列分析及其预测	(184)
11.1	水平模式时间序列及其预测	(184)
11.2	趋势模式时间序列及其预测	(189)
11.3	季节模式时间序列及其预测	(192)
11.4	月度模式时间序列的案例分析	(196)
	思考题	(200)
第12章	马尔科夫过程及其预测	(202)
12.1	期望利润的马尔科夫预测	(202)
12.2	稳定状态时的马尔科夫预测	(204)

12.3 应收账款分析	(205)
思考题	(208)
附录 常用分布表	(210)
附录1 标准正态分布表	(210)
附录2 t 分布表	(211)
附录3 卡方分布表	(212)
附录4 F 分布表	(213)
参考文献	(214)

第1章 数据、模型与决策绪论

1.1 引言

管理是一门艺术与科学相结合的学问。从管理要素的角度来看,金融财务、物流等要素的管理,科学的成分要多一些;人力资源、战略管理、组织行为,艺术的成分要多一些;而市场分析、营销管理等,科学与艺术的成分并重。

本书主要介绍的是管理的科学成分,艺术的成分一般要在实践中去体会,学校中难以学到,但管理的科学成分可以在学校中学到。

通俗地讲,管理科学就是应用科学的方法(主要是运筹学和统计学的方法)来解决管理问题,以帮助管理者更好地进行决策。

学生在学习本课程的管理科学模型与方法时,应注意几点:

第一,我们主要讨论的管理科学方法应用的领域是工商企业管理领域,即营利组织的管理;实际上它也可以应用到非营利组织中去。

第二,管理科学的建模技巧和求解方法都是基于数学(主要是运筹学和统计学)方法和计算机工具;

第三,除了介绍方法外,还包含有逻辑性地解决问题的哲学观(科学方法论)。

应用管理科学来解决问题的主要步骤是:

- (1) 提出问题:认清问题,获得收集数据;
- (2) 寻求可行方案:建模;
- (3) 求解;
- (4) 确定评估目标及方案的标准、方法或途径;
- (5) 评估各个方案:解的检验、灵敏性分析等;
- (6) 选择最优方案:决策;
- (7) 方案实施:回到实践中;
- (8) 后评估:考察问题是否得到圆满解决。

步骤(1)、(2)、(3)、(4)是形成问题,需要数据;步骤(5)、(6)是分析问题,即定性分析与定量分析相结合,构成决策。本课程的定位主要是面向实际问题建模和求解,进行结论分析即决策。

1.2 量本利分析模型

管理者在处理问题时往往首先遇到的是数据,可能拿到别人采集的数据,也可能自己制订出抽样调查的方案,然后科学、合理地在这类数据中提取所需要的信息,建立相应的模型,最后作出决策。学生在整个学习过程中掌握这套商务定量分析方法是十分重要的。

下面先举一个例子来说明什么是数据、模型与决策。

1.2.1 量本利分析模型的建立

量本利分析即盈亏平衡分析,它是通过分析产品产量、成本与盈利之间的关系,找出各投资方案中盈利与亏损在产量、产品价格、单位产品成本等方面的临界值,以判断投资方案在各种不确定因素作用下的盈亏情况,从而为决策提供依据。

例 1-1 盈亏平衡分析

华丽床垫厂生产一种床垫,年固定成本为 90 000 元,生产一个床垫的可变成本为 50 元,床垫的销售单价为 100 元。假定市场条件不变,产品价格稳定,所有的产品均能被销售。试确定该产品在盈亏平衡点的产量(盈亏平衡点即保本点,此时总成本等于总收益)。如果该厂生产 2 400 个床垫,盈亏情况如何?^①

解 设当产量为 X 时达到盈亏平衡点,则可建立如下模型:

(1) 成本-产量模型

$$\text{总成本为:} \quad C(X) = 90\,000 + 50X \quad (1-1)$$

式中, X 为床垫的产量, C 为生产 X 个床垫的总成本,是产量 X 的函数。

(2) 收入-销售量模型

$$\text{收入为:} \quad R(X) = 100X \quad (1-2)$$

式中, X 为床垫的销售量(这里床垫的销售量等于床垫的生产量); $R(X)$ 为销售 X 个床垫的总收入,是产量 X 的函数。

边际收益是销售量变化一个单位时的收益变化量。由式(1-2)可见,床垫的边际收益为 100 元。

(3) 利润-产量模型

$$\begin{aligned} \text{总利润为: } P(X) &= R(X) - C(X) \\ &= 100X - (90\,000 + 50X) = -90\,000 + 50X \end{aligned}$$

式中, $P(X)$ 为总利润,是 X 的函数。

(4) 盈亏平衡分析

$$X = 1\,000, \quad P(1\,000) = -40\,000$$

即该厂损失 40 000。

$$X = 2\,000, \quad P(2\,000) = 10\,000$$

即该厂盈利 10 000。

^① 固定成本是总成本中不随产量变化的那部分成本;可变成本是总成本中随产量变化而变化的那部分成本;边际成本是总成本随产量变化的变化率,即当多生产 1 单位产品时,总成本增加多少。

因此,盈亏平衡点应该在 1 000 ~ 2 000 之间。

也就是说,当总利润为零时,达到盈亏平衡。即

$$P(X) = -90\,000 + 50X = 0$$

计算可得此时产量为: $X = 1\,800$ (个)

若生产 2 400 个床垫,则利润为:

$$P(2\,400) = (-90\,000 + 50 \times 2\,400) \text{ 元} = 30\,000 \text{ 元}$$

当产量 $X > 1\,800$ (盈亏均衡点的产量) 时,该产品盈利;当产量 $X < 1\,800$ 时,该产品亏损;当 $X = 1\,800$ 时,既无盈利也无亏损。

这个例子涉及数据搜集、模型建立和求解,目的是帮助我们作出管理决策。所以这个过程又称为数据、模型与决策。

1.2.2 量本利分析模型的两种求解方法

下面讨论如何以 Excel 为背景,用电子表格描述和解决上述例子中的问题。

打开 Excel 后,出现空白工作表。该工作表用作描述问题与建立模型,称为 Spreadsheet。在 Spreadsheet 上进行本量利分析的基本步骤如下:

首先在 Spreadsheet 中进行问题描述。用地址 B4、B5、B6 的单元格分别表示固定费用、单位产品可变费用和产品单价,在这些单元格中分别输入已知数据,如表 1-1 所示。

表 1-1 本量利分析模型

	A	B
1	例 1-1 量本利分析模型	
2		
3	产品成本/元	
4	固定成本/元	90 000
5	单位产品可变成本/元	50
6	产品单价/元	100
7		
8		
9	模型	
10	产品产量/个	2 400
11		
12	总成本/元	210 000
13		
14	总收益/元	240 000
15		
16	总利润/元	30 000

然后在 Spreadsheet 中建立模型。可在单元格 A9 处输入“模型”两个字,表示以下为模型。用单元格 B10 表示产品产量,它是一个有待于确定的决策变量。由于总成本、总收益与总利润均与该决策变量有关,所以可将单元格 B10 框起来以表示该决策变量的重要性。单元格 B12、B14、B16 分别表示总成本、总收益与总利润。总成本(单元格 B12)等于年固定成本与年可变成本之和,其中年可变成本等于单位可变成本与产品产量之积,所以在单元格 B12 中输

入下述公式：

$$= B4 + B5 * B10$$

总收益(单元格 B14)等于产品单价与产品产量之积,在单元格 B14 中输入下述公式：

$$= B6 * B10$$

总利润(单元格 B16)等于总收益与总成本之差,在单元格 B16 中输入公式：

$$= B14 - B12$$

运用上述模型即可计算出不同产品产量下的盈亏情况。例如,当产品的产量为 2 400 个时,可在单元格 B10 中输入 2 400,即得到此时的总成本、总收益与总利润分别为 210 000 元,240 000 元和 30 000 元,如表 1-1 所示。表 1-2 给出了该模型的公式。

表 1-2 量本利分析模型的公式

	A	B
1	量本利分析模型	
2		
3	产品成本/元	
4	固定成本/元	90 000
5	单位产品可变成本/元	50
6	产品单价/元	100
7		
8		
9	模型	
10	产品产量/个	2 400
11		
12	总成本/元	= B4 + B5 * B10
13		
14	总收益/元	= B6 * B10
15		
16	总利润/元	= B14 - B12

最后确定盈亏平衡点。前面已解释盈亏平衡点是总成本等于总收益的点,或总利润等于 0 的点。前面已算出,当产量为 2 400 个时,总利润为 30 000 元,所以该点不是盈亏均衡点。可在单元格 B10 中继续输入其他产量值进行试算,直到总利润为 0。下面介绍两种使用 Excel 中的命令迅速求出盈亏均衡点产量的方法,第一种方法是使用模拟运算表,第二种方法是使用单变量求解命令。

方法一:模拟运算表

Excel 中的模拟运算表可用来计算不同输入下的输出值。在本例中,可用模拟运算表计算不同产量下的盈利值或亏损值,其中,盈利值(或亏损值)为 0 时所对应的那个产量,即为盈亏平衡点下的产量。用模拟运算表求解盈亏平衡点下产量的步骤如下：

第一步:确定输入的决策变量值(即床垫的产量)的范围与计算步长。

前面已经计算到,当床垫的产量为 2 400 时,总利润为正值,即盈利;在表 1-1 的模型中,若在单元格 B10 中试输入 1 400,得到总利润为负值。因此,在产量为 1 400 ~ 2 400 个之间,必有

一个值使得总利润为 0, 这个值即为盈亏平衡点的产量, 因此, 可将输入范围定为 [1 400, 2 400], 假设计算步长为 200。

第二步: 在单元格 A23: A28 中分别输入 1 400 ~ 2 400、步长为 200 的产量值。

第三步: 在单元格 B22 中输入计算总利润的公式, 即, = B16, 如表 1-3 所示。

表 1-3 构造模拟运算数据表

	A	B
20	用数据表计算盈亏点	
21	产品产量/个	利润/元
22		30 000
23	1 400	
24	1 600	
25	1 800	
26	2 000	
27	2 200	
28	2 400	

第四步: 用 Excel 中的模拟运算表计算不同产量下的利润值:

(1) 用鼠标选择单元格 A22: B28 的区域。

(2) 在 Excel 工作表的菜单栏中, 选择“数据”, 如图 1-1 所示。

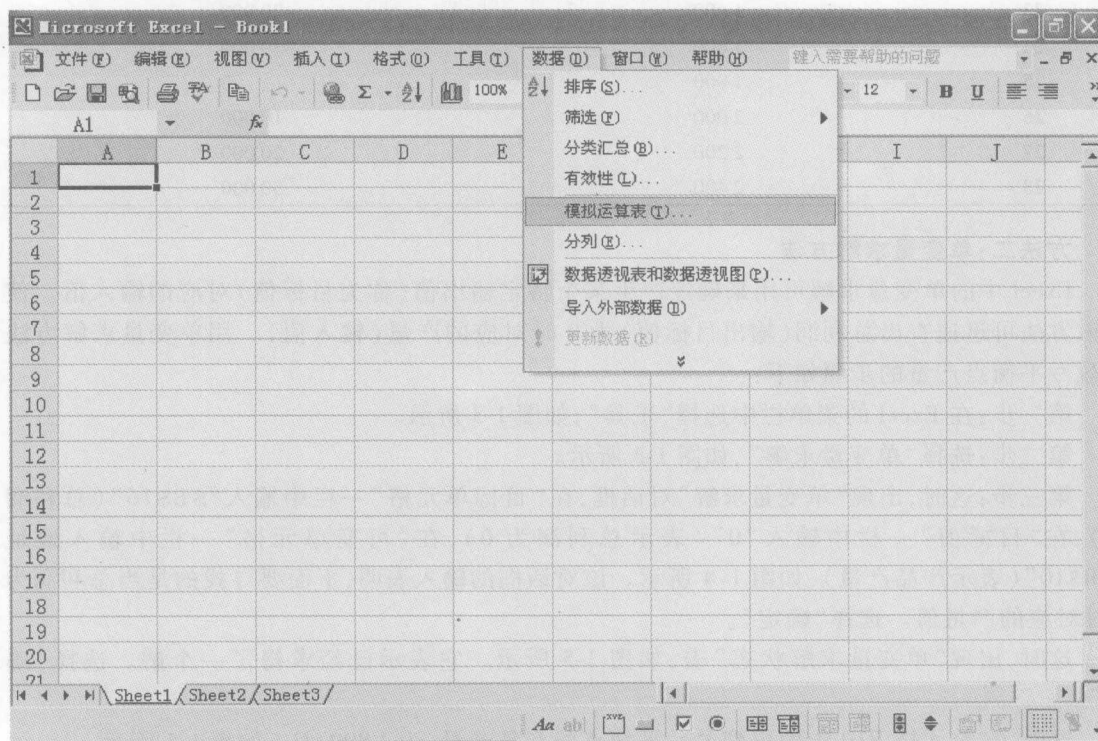


图 1-1 创建模拟运算表

(3) 选择“模拟运算表”,如图 1-1 所示。

(4) 出现模拟运算表对话框,在“输入引用列的单元格”一栏中输入“\$B\$10”,B10 是表示产品产量的单元格,这表示模拟运算表要计算的是不同产量下的利润值,如图 1-2 所示。

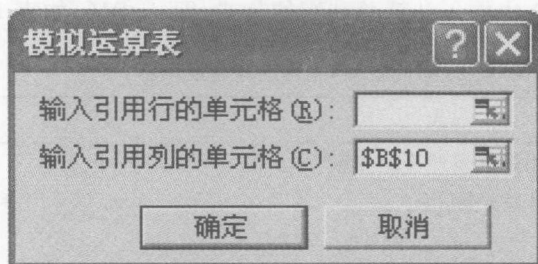


图 1-2 模拟运算表对话框

(5) 选择“确定”。这时,表内将出现不同产量所对应的利润值,如表 1-4 所示。从表中数据可见,当产品产量为 1 800 时,总利润为 0,即盈亏均衡点的产量为 1 800。

表 1-4 使用模拟运算数据表计算盈亏平衡点的产量

	A	B
20	用数据表计算盈亏平衡点	
21	产品产量/个	利润/元
22		30 000
23	1 400	-20 000
24	1 600	-10 000
25	1 800	0
26	2 000	10 000
27	2 200	20 000
28	2 400	30 000

方法二:单变量求解方法

Excel 中的单变量求解可用来确定产生某个特定输出值(称为目标值)对应的输入值。使用该方法可迅速查出总利润(输出目标值)为 0 时对应的产量(输入值)。用单变量求解方法求盈亏平衡点产量的步骤如下:

第一步:在 Excel 的菜单栏中选择“工具”,如图 1-3 所示。

第二步:选择“单变量求解”,如图 1-3 所示。

第三步:这时,出现“单变量求解”对话框,在“目标单元格”一栏中输入“\$B\$16”(总利润值),在“目标值”一栏中输入“0”(表示总利润为 0),在“可变单元格”一栏中输入地址“\$B\$10”(表示产品产量),如图 1-4 所示。该对话框的输入表明,下面要寻找的是当总利润为 0 时对应的产量值。选择“确定”。

这时,出现“单变量求解状态”表,如图 1-5 所示。它表示已经求得了一个解。选择“确定”。

这时,在单元格 B10 中即得到盈亏平衡点的产品产量,为 1 800 个。如表 1-5 所示。

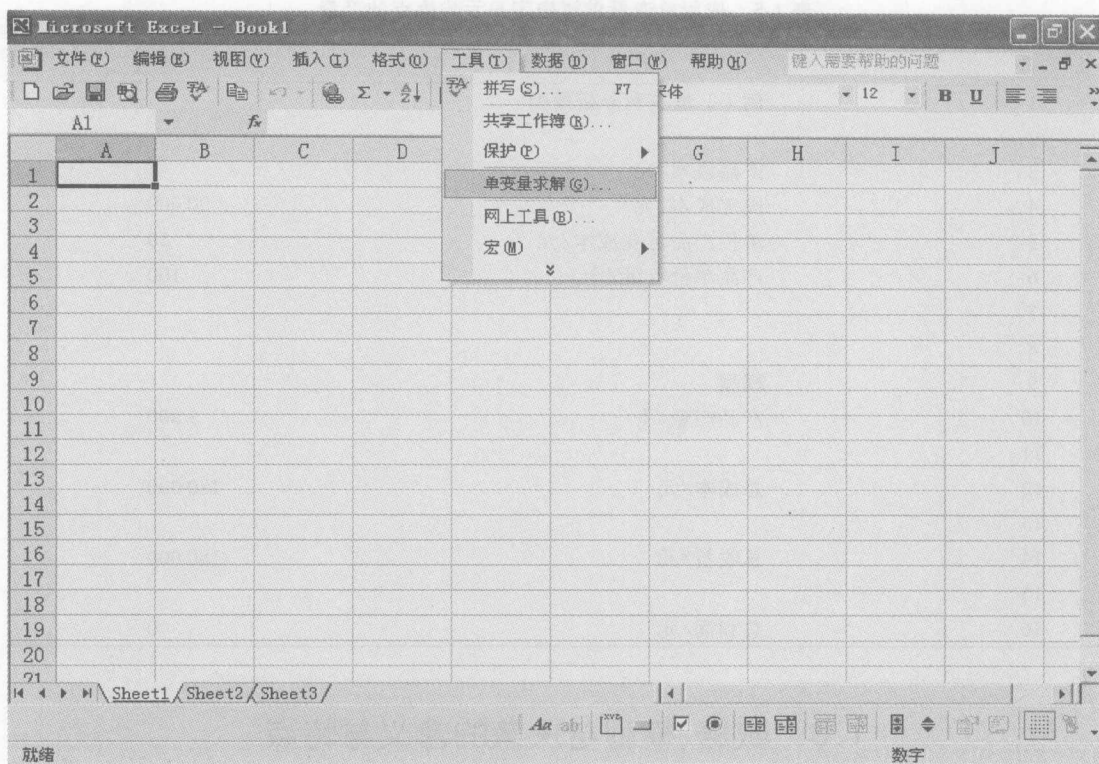


图 1-3 创建单变量求解表

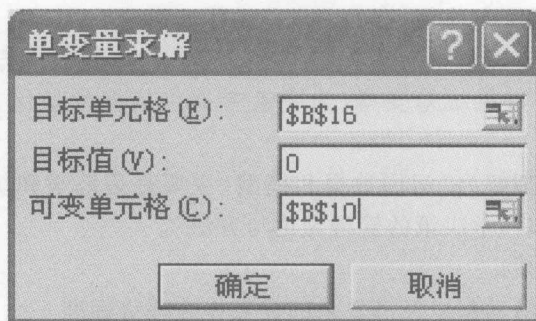


图 1-4 单变量求解对话框

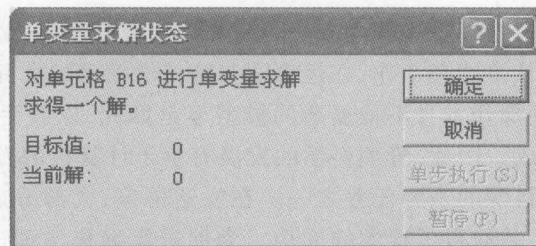


图 1-5 单变量求解状态