

技术经济
必读丛书

现代科学管理实用技法

胡宝珊 杨兆荣 编著
桑盛新 刘德琪
董福忠 主审

今日中国出版社

1992.7

《技术经济必读丛书》学术指导委员会

高级顾问：于光远 吴明瑜 李京文

委 员：任 伊 许庆斌 徐寿波 刘与任 马建章
 何桂庭 马 阳 董福忠

编 辑 委 员 会

主 编：董福忠

编 委：	傅家骥	陶树人	朱希刚	吴 微	曹亚林
	姜彦福	张德昂	王兰荣	周惠珍	孔国强
	许质武	马庆国	黄正毓	杨 杰	陈玉祥
	张向先	郑 琦	张启贵	王保祥	王忠文
	谭建青	朱元忠	孙禹伯	杨文华	关凤岐
	章德达	吴林源	张文泉	曲建国	蔡 莉
	李 垣	吴万夫	张宏尧	陈学圣	甄 研
	胡宝珊	王云峰	胡兆星	李国俊	

《技术经济必读丛书》主编的话

在改革开放的年代里，编选一套《技术经济必读丛书》，是我多年以来酝酿的计划。这个设想得到了著名经济学家于光远同志、研究会理事长吴明瑜同志、副理事长李京文、任俨、徐寿波、马建章、何桂庭、刘与任等老一辈技术经济学家及马阳同志的大力支持，现在愿望终于得以实现。这套《丛书》从今年起将陆续和广大读者见面。为此，我感到由衷的欣慰。

编选这套《丛书》的初衷，是基于这样一种思考：我国的技术经济学近几年来已有长足的发展，老一辈和新一代的技术经济工作者都在为技术经济的理论研究和实践应用辛勤的耕耘，但不可否认，还存在种种不足之处和不尽如人意的状况，远不能适应四化建设的形势，也不能满足各行各业各部门各层次的技术经济工作者的需要。仅从目前技术经济著作出版情况，大家普遍感到：出书困难、出版周期长；出版分散、选题不集中；系统性差、难成完整体系；新人新作少、经院味太浓等等。《丛书》的出版，就是为了弥补这些不足，开拓一个园地，形成一种声势，造就一种氛围，大力推动、丰富、发展技术经济学科的理论 and 队伍建设。

本人长期在中国技术经济研究会任职，主持《技术经济》杂志编辑部工作，参与组织学术活动，举办各类研究班，编辑出版资料书刊，并与出版社有过多年合作，在这些活动中，结识了大批颇有建树的专家学者，生气勃勃的中青年技术经济工作者和实践工作者，成绩卓著的企业家，熟悉他们的学术成果，了解他们的实际需要，深谙他们的迫切呼声，这一切，便是我编选出版这

套《丛书》的得天独厚的条件和丰厚有力的基础。

技术经济学是研究技术规律、经济规律及其相互关系的科学，是一门技术与经济交叉渗透，在社会主义经济建设中太有用武之地，具有系统性、科学性、实用性、效益性的学科。宣传她，推广她，是技术经济工作者责无旁贷的历史责任。时代在前进，改革在发展，实践在丰富，技术经济学不会停止不前，技术经济工作者也不会陶醉现状，这种形势，无疑为编辑、出版、发行这套《丛书》提出了丰富的选题，提供了极好的机遇，搭起了广阔的舞台。

这套《丛书》，我们设想3—5年内出版50种或者更多。选题广泛、体裁多样、注重内容、联系实际，它将紧密围绕社会主义经济建设，突出技术经济理论领域和应用领域中的新热点、新课题、新成果、新体系，而且还必不可少的要涉及技术经济相关领域学科，以及广泛吸收国外相近学术领域科学的、适用的成果。选题办法及组织出版坚持三条：第一条是我们拟订出一批书目，供有志者选择参考，撰写专著；第二条是物色有成果有能力的作者，当然包括企业家们在内，帮助他们构思成篇，著书立说；第三条是从学术活动中，根据不同的中心思想，把有见解的论文集集中成册，汇成专集。

《丛书》将面向学术理论界，贴近企业基层，服务广大会员，其宗旨是要突出一个“新”字，概括为：发现新人才，推出新作者；反映新进展，推广新成果；提出新课题，鼓励新见解；形成新体系，开创新水平；形成新队伍，实现新突破。

对于我这样一个与党同心同德、肝胆相照的民盟盟员、中年技术经济工作者来说，我深深知道编选这套《丛书》责任重大，无论是自身的知识结构、学识水平和工作能力，还是编辑、出版、发行，各方面都有着不少缺陷和困难。但我决心已下，一定要竭尽全力，依靠老一辈学长和同辈同仁的帮助，依靠今日中国

出版社的支持，依靠广大读者的关心，编好、出好、发行好这套《丛书》，以此，对我国的技术经济学科建设，对技术经济人才培养，对技术经济开拓应用新领域作出微薄的贡献！

我热诚渴望着大家对这套《丛书》的真切关怀和宝贵指正！

董福忠

1991.10.15

前 言

经济体制改革的深入，不仅搞活了经济，而且更新了人们的观念。企业管理工作者们，开始对管理重视了，认为管理确是一种资源，向管理要效率、向管理要质量、向管理要效益的呼声越来越高。

一些企业，特别是国营大中型企业，已着手在练好内功，强化管理上面动脑筋，一是健全企业管理基础工作，二是推行现代化科学管理。在推广现代化管理方法方面，他们有许多成功的做法，首先是选择目前企业生产经营中急需的决策技术、线性规划、网络技术、量本利分析、价值工程及经济活动分析等方法进行研究应用，已初见成效，尝到了“现代化”的甜头；其次是让电脑进入了专业管理领域，有的还建立了管理信息系统，大大提高了办事效率。本书就是根据厂长（经理）们的要求而撰写的。

书中突出重点，讲究实效，通俗易懂，实用性强，力求反映我国当前企业现代管理的新观点、新经验。

本书在编写过程中，参阅了一些专著资料，征求了厂长（经理）们的意见，得到了中国技术经济研究会董福忠副秘书长的大力支持并由他审定，在此一并致谢！

书中第三章、第四章由胡宝珊副教授撰写；第一章、第二章、第六章由杨兆荣副教授撰写；第五章由桑盛新讲师撰写；第七章由刘德琪讲师撰写，由胡宝珊总纂。

由于我们水平有限，难免有缺点和错误，敬请批评指正。

编著者

1992年3月20日

目 录

第一章 线性规划	(1)
第一节 线性规划问题的数学模型.....	(1)
第二节 线性规划的标准形式.....	(10)
第三节 线性规划问题的图解法.....	(14)
第四节 单纯形法.....	(18)
第五节 大M法.....	(27)
第六节 灵敏度分析简介.....	(30)
第七节 运输问题.....	(32)
附：思考与计算题.....	(52)
第二章 网络计划技术	(58)
第一节 概述.....	(58)
第二节 关键路线法.....	(62)
第三节 网络计划的优化.....	(94)
第四节 计划评审技术.....	(106)
附：思考与计算题.....	(109)
第三章 决策技术	(113)
第一节 决策概述.....	(113)
第二节 确定型决策.....	(118)
第三节 风险型决策.....	(120)
第四节 非确定型决策.....	(128)
第五节 敏感性分析.....	(133)
附：思考与计算题.....	(136)

第四章 量本利分析技术	(141)
第一节 量本利分析指标	(141)
第二节 线性量本利分析	(149)
第三节 非线性量本利分析	(172)
附: 思考与计算题	(177)
第五章 价值工程	(180)
第一节 价值工程原理	(180)
第二节 价值工程对象的选择和情报收集	(187)
第三节 功能系统分析	(192)
第四节 方案创造与评价	(215)
第五节 价值工程实施与成果评价	(224)
第六节 价值工程应用实例	(226)
附: 思考题	(235)
第六章 正交试验法	(237)
第一节 概述	(237)
第二节 正交表	(239)
第三节 正交试验法的基本步骤	(243)
第四节 单指标正交试验的直观分析	(245)
第五节 多指标正交试验的直观分析	(253)
第六节 有交互作用正交试验的直观分析	(260)
附: 思考与分析题	(269)
第七章 经济活动分析方法	(273)
第一节 经济活动分析概述	(273)
第二节 经济活动分析的一般方法	(284)
第三节 指标对比分析法	(286)
第四节 因素替换分析法	(288)
第五节 差额算法	(294)
第六节 比率分析法	(306)

第七节 平衡分析法	(311)
附1: 思考题	(318)
附2: 练习题	(319)

第一章 线性规划

第一节 线性规划问题的数学模型

一 概述

现代化管理总的目的，是要在各项经济活动中提高经济效益，做到使用较少的投入，而获得尽量多的产出，以加速四个现代化建设的步伐。

提高经济效果可以通过以下两条途径，一条是通过技术上的改进，如采用先进设计、先进设备、新工艺或新材料等；二是通过合理的生产组织和计划，统筹安排，合理使用资源，使在一定的条件下，得到最佳的经济效果。后者是本章研究的主要对象。

线性规划是现代化管理中的一个重要组成部份，为国家经委向全国推广的现代化管理方法之一。它属于运筹学的一个分支规划论中的基础部分，其任务是为了解决以下两类问题：一类是极大化问题，即一定的资源，如何安排，而获得最佳的经济效果；另一类是极小化问题，即一定的任务，如何能使用最少的人力、物力去完成它。当然，这二类问题同属于一个问题的两个方面，均属最优化问题。在经济活动中，这类问题是很多的。在决策技术中属于确定型决策技术之一。

线性规划和其它学科一样，是随着生产力的发展而发展起来的。从本世纪的30年代末40年代初期，开始应用于生产组织和运输问题，到40年代末才奠定了理论基础，广泛地使用于军事、经济、工业和社会问题。这是由于在这些领域中的大量问题，可以由线性规划模式来表达或近似地表达，同时又有成熟的求解方

法。特别在当前，利用电子计算机的专用程序，可以很快地解算大型的线性规划问题；此外，还容易处理由于某些数据发生变化时所引起的后果。

但也必须指出，随着生产的不断发展，各方面的联系越来越变得密切和复杂；变化因素和相互制约的因素亦随之增加，因而在模型的建立上，存在一定的困难，致使线性规划的应用受到一定程度的影响。

二 线性规划数学模型的建立

数学模型是描述实际问题共性的抽象的数学形式。具体而言，也就是用数学中的函数、方程或不等式等数学形式来表达某个实际问题，然后用数学的方法去求解它。现代化管理的重要手段之一，是将经济活动中的实际问题转化为数学模型，并求得其最优结果。因此，建立数学模型是本章一个很重要的问题。

在线性规划问题中，建立数学模型的一般方法可归纳为：

(一) 明确问题中有待决定的未知变量，即决策变量，并用代数符号加以表示。通常采用变量代号 x 或 y ，并附以适当的下标。如单下标变量 x_1 、 x_2 等；双下标变量 x_{11} 、 x_{12} 等；

(二) 明确问题中的约束，用决策变量的一组不等式或方程表示，称为约束条件；

(三) 明确目标，并用决策变量的一个线性函数来加以表示，称为目标函数，求极大值或极小值。

以下通过一些具体问题，说明建立数学模型的方法。

例1.1 (产品决策问题)

某企业生产A、B、C三种不同的产品，每种产品均需要消耗甲、乙两种不同的原材料，有关产品的单件消耗定额（公斤/件）、利润（元/件）及原材料的库存量（公斤）等数据如下表1—1所示：

表1—1

单件消耗 定额 (公斤/件)	产品			现有库存量 (公斤)
	A	B	C	
原材料				
甲	6	5	4	2200
乙	4	1	2	800
单件利润 (元/件)	52	24	30	

如何安排生产，使总利润最大。列出数学模型。

解 本例应该对生产哪几种产品，各生产多少件作出决策，未知变量为各产品数量，故有：

设生产A、B、C三种产品的产量分别为 x_1 、 x_2 、 x_3 件；

各产品的生产量受到二种原材料现有库存量的限制，由此构成约束条件；

三种产品消耗原材料甲的总数为：

$6x_1 + 5x_2 + 4x_3$ (公斤)，它不应超过现有库存量2200 (公斤)；

即有：
$$6x_1 + 5x_2 + 4x_3 \leq 2200$$

同理有
$$4x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 800$$

产量不应为负值，即有 $x_1 \geq 0$ ， $x_2 \geq 0$ ， $x_3 \geq 0$ 。

满足上述约束条件的解，即一组 x_1 、 x_2 、 x_3 的值有无穷多个。必须在这无穷多个解中找出一组 x_1 、 x_2 、 x_3 的值，使总利润 $52x_1 + 24x_2 + 30x_3$ 达到最大值，即有：
$$\text{Max} Z = 52x_1 + 24x_2 + 30x_3$$

综上所述，本例的数学模型为：

$$\text{Max} Z = 52x_1 + 24x_2 + 30x_3$$

$$\begin{cases} 6x_1 + 5x_2 + 4x_3 \leq 2200 \\ 4x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 800 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0 \end{cases}$$

例1.2 (检验费用问题)

某车间有三种等级的检验人员，负责检验一种零件，要求每天8小时至少检验1760件，有关检验人员的情况如下表1—2所示：

表1—2

检验人员	检验能力 (件/小时)	漏检率 (%)	月工资 (元)
一级	25	2	280
二级	20	4	220
三级	15	6	150

如果检验人员每漏检一件，车间损失0.2元；现车间有一、二、三级检验人员分别为4、7、10人；月工作日为25天。问车间如何分派人员，使总检验费用最小。列出数学模型。

解 设 x_1 、 x_2 、 x_3 分别为车间分派的一、二、三级检验员人数

则每日检验的零件数为： $8(25x_1 + 20x_2 + 15x_3)$ 件，它不应少于1760件，即有：

$$8(25x_1 + 20x_2 + 15x_3) \geq 1760$$

$$\text{或： } 5x_1 + 4x_2 + 3x_3 \geq 44$$

分派的人数均不应超过车间现有人员数，且非负，则有：

$$0 \leq x_1 \leq 4, 0 \leq x_2 \leq 7, 0 \leq x_3 \leq 10$$

检验费用由二部分构成，一部分是各类检验人员的工资；另一部分是因检验人员漏价而造成的车间损失费用。因此，先算出各类检验人员的日（或月）费用，从而得出车间每日（月）所承

担的总检验费用，并使之达到最小值。各类检验人员的日费用如下：

一级： $280 \div 25 + 0.2 \times 25 \times 0.02 \times 8 = 12$ 元/日

二级： $220 \div 25 + 0.2 \times 20 \times 0.04 \times 8 = 10.08$ 元/日

三级： $150 \div 25 + 0.2 \times 15 \times 0.06 \times 8 = 7.44$ 元/日

车间每日所承担的总检验费用为 $12x_1 + 10.08x_2 + 7.44x_3$ 元，并使之达到最小值，即有：

$$\text{Min}Z = 12x_1 + 10.08x_2 + 7.44x_3$$

根据上述分析，本例的数学模型可表达为：

$$\text{Min}Z = 12x_1 + 10.08x_2 + 7.44x_3$$

$$5x_1 + 4x_2 + 3x_3 \geq 44$$

$$x_1 \leq 4$$

$$x_2 \leq 7$$

$$x_3 \leq 10$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0$$

例1.3（投资决策问题）

有10万元资金，在今后5年内考虑向以下几个项目进行投资：

项目1 每年年初投资，本年末回收本利109%；

项目2 每年年初投资，次年末回收本利120%；

项目3 第二年年初投资，第五年末回收本利150%；最大投资额不超过3万元；

项目4 第三年年初投资，第五年末回收本利145%；最大投资额不超过4万元。

问如何确定投资方向，使在第五年末回收的本利总和最多。列出数学模型。

设 x_{ij} 表示第 i 年年初向项目 j 的投资额, ($i=1,2,3,4,5$;
 $j=1,2,3,4$)

由于每年年初向各项目投资额的总和取决于上年末的回收,
故约束条件应从第一年起逐年列出。

$$\text{第一年 } x_{11} + x_{12} = 100000 \text{ (元)}$$

$$\begin{aligned} \text{第二年 } x_{21} + x_{22} + x_{23} &= 1.09x_{11} \\ x_{23} &\leq 30000 \text{ (元)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{第三年 } x_{31} + x_{32} + x_{34} &= 1.09x_{21} + 1.2x_{12} \\ x_{34} &\leq 40000 \text{ (元)} \end{aligned}$$

$$\text{第四年 } x_{41} + x_{42} = 1.09x_{31} + 1.2x_{22}$$

$$\text{第五年 } x_{51} = 1.09x_{41} + 1.2x_{32}$$

等式的左端为历年的投资方向, 右端(除第一年外)为上年末的回收。

目标为第五年末的回收本利总和, 显然只与决策变量 x_{23} 、 x_{34} 、 x_{42} 、 x_{51} 有关, 且等于: $1.5x_{23} + 1.45x_{34} + 1.2x_{42} + 1.09x_{51}$ 并使之达到最大值。故本例的数学模型为:

$$\text{MaxE} = 1.5x_{23} + 1.45x_{34} + 1.2x_{42} + 1.09x_{51}$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} x_{11} + x_{12} & = 100000 \\ -1.09x_{11} & + x_{21} + x_{22} + x_{23} = 0 \\ & x_{23} \leq 30000 \\ -1.2x_{12} - 1.09x_{21} & + x_{31} + x_{32} + x_{34} = 0 \\ & x_{34} \leq 40000 \\ & -1.2x_{22} - 1.09x_{31} + x_{41} + x_{42} = 0 \\ & -1.2x_{32} - 1.09x_{41} + x_{51} = 0 \\ x_{ij} \geq 0, & (i=1,2,3,4,5; j=1,2,3,4) \end{array} \right.$$

例1.4 (运输问题)

有二个钢铁厂 A_1 、 A_2 负责供应三个机械厂 B_1 、 B_2 、 B_3 的钢材24万吨。钢铁厂 A_1 、 A_2 的产量分别为9万吨和15万吨；机械厂 B_1 、 B_2 、 B_3 的需要量分别为7万吨、4万吨和13万吨。从各钢铁厂运往各机械厂的单位运价（元/吨）如下表1—3所示：

表1—3

单位运价 (元/吨) 钢铁厂 \ 机械厂	B1	B2	B3
A1	4	5	3
A2	5	7	8

表1—4

调运量 (万吨) 钢铁厂 \ 机械厂	B1	B2	B3	产量 (万吨)
A1	4 X ₁₁	5 X ₁₂	3 X ₁₃	9
A2	5 X ₂₁	7 X ₂₂	8 X ₂₃	15
需要量 (万吨)	7	4	13	

如何组织这批钢材的调运，使总运费最小，列出数学模型。

解 设 x_{ij} 表示由钢铁厂 A_i ($i=1,2$) 运往机械厂 B_j ($j=1, 2, 3$) 的钢材数量 (万吨)，并列表1—4如下：(各方格内左上角数字为单位运价)

由钢铁厂 A_1 运往机械厂 B_1 、 B_2 、 B_3 的钢材总量应满足：

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} = 9$$

同理有： $x_{21} + x_{22} + x_{23} = 15$

另一方面，各机械厂的需要量也必须得到满足，即有：

$$x_{11} + x_{21} = 7$$

$$x_{12} + x_{22} = 4$$

$$x_{13} + x_{23} = 13$$

且调运量不能为负值。

总运费应为各调运量与相应单位运价乘积之和，为： $4x_{11} + 5x_{12} + 3x_{13} + 5x_{21} + 7x_{22} + 8x_{23}$ 并使之满足上述条件下达到最小值。故本例的数学模型为：

$$\text{Min} Z = 4x_{11} + 5x_{12} + 3x_{13} + 5x_{21} + 7x_{22} + 8x_{23}$$

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + x_{13} = 9 \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} = 15 \\ x_{11} + x_{21} = 7 \\ x_{12} + x_{22} = 4 \\ x_{13} + x_{23} = 13 \\ x_{ij} \geq 0, \quad (i=1,2; j=1,2,3) \end{cases}$$

例1.5 (下料问题)

某锅炉厂生产一批锅炉，需要长度分别为175、118、55厘米相同型号的钢管各840根，但库存现有4米长的该型号钢管，数量充足，问如何安排下料，使所用的钢管数量最少，列出数学模