

矿业运筹基础

(一、二分册)

魏方图 审
李定生 编

焦作矿业学院

一九八九年五月



线性规划及其在煤矿中的应用



(第一分册)

绪 论

一、从新技术革命谈起

当代科学技术正在日新月异地向前发展，一批新兴技术领域正在崛起，西方称之为新革命，其核心是信息科学。

所谓信息，就是物质的某种可能的状态，信息即非物质，亦非能量，但已成为重要的资源。

信息科学则包括通信技术与电子计算机。

信息科学的理论基础是信息论，它是研究信息的度量、获取、传递、变换、存储和处理的科学。信息论用了概率统计方法，建立了严格的定量理论，不仅极大地促进了现代通信技术的发展，而且其基本思想还影响到其它学科。

与信息论平行地发展了“控制论”。它是研究机器和生物中的控制过程的。所谓“控制”指的是：约束一个系统的行为，使之适应于环境的变化，以达到一项预期的目的。为了有效地进行控制，不仅必须及时了解被控制对象的有关信息，并据此确定下步的动作。这一过程称为“信息反馈”，它是控制论的关键概念，有着广泛而重要的应用。控制论的发展促进了生产过程的自动化，极大地提高了生产效率，改变了生产面貌，产生了极为深远的社会影响。

计算机科学是信息科学的一个重要分支。电子计算机的功能是多方面的，应用极为广泛，但其基本功能是信息处理。八十年代世界上电子计算机发展的主流是微型机，它在国内外是发展最迅速

最活跃的技术之一。微型机的体积不断缩小，价格低廉，升级换代的周期越来越短。在工业生产上，不仅越来越多地使用机器人，而且出现了电子计算机辅助设计与生产系统技术。由微处理器、数控机床、机器人等组成的“灵活生产系统”，从设计、加工直到检验包装、销售等全部实现自动化，不仅能根据市场的变化而迅速地设计制造新产品，而且可以将每个工人的劳动生产率提高十倍至三十倍。它既适用于大企业，也适用于中、小企业，而且还可应用于生物技术、核能技术、新材料制造、空间和海洋工业。总之，微型计算机应用非常广泛，已逐渐渗透到各个方面、各个部门、各个单位甚至人们日常生活中去。因此，不少学者提出：“信息工业的发展将使人进入信息社会”。

为了适应世界经济和技术发展的新形势，各国都在谋求对策。方毅同志强调指出：“我们搞现代化建设，必须抓住世界新技术革命的机会，这样就有可能跳跃某些阶段，采用新技术成果，加快实现我们的战略目标”。

迎接这场挑战，我们会遇到很多困难，主要的困难是知识不足是我们缺乏现代化科学知识、缺乏现代管理技能。不从根本上改变这种状况，我们的目标就很难实现。所以，我们要加强学习。

二、系统工程及其在煤矿中的应用

1. 系统工程的实践基础及理论基础

系统工程的产生不是偶然的，而是生产实践中逐步形成的，早

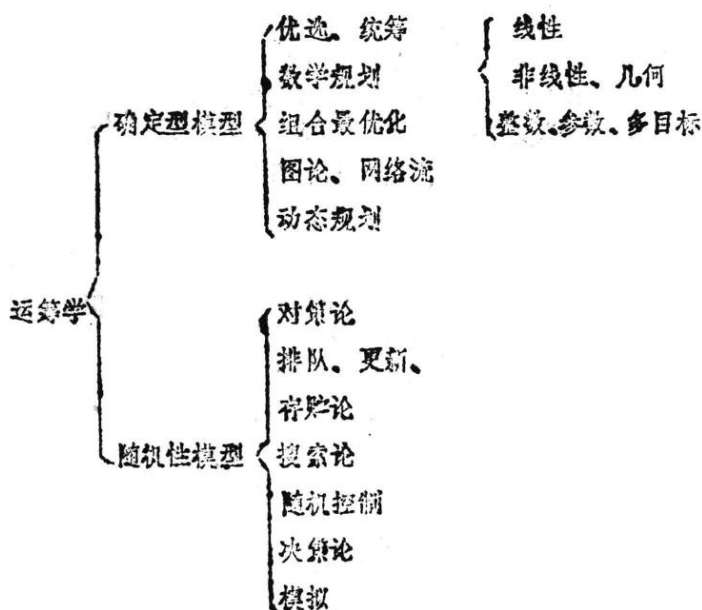
在战国时代，我国著名兵家孙武子在“孙子兵法”中就已运用了朴素的系统思想，他认为从政治、天时、地利、将帅和法制5个方面对敌我双方的优劣条件进行全面估计，分析战争的胜负。当然，这些系统思想由于受当时科学水平的限制，没有能发展成为严密的科学。

美国贝尔电话公司，在发展微波通讯网络时，首先提出并初步总结了一套系统工程的方法，取得了显著成效。美国40年代研制原子弹的哈曼顿计划，50年代研制“北极星导弹潜艇”，60年代“阿波罗登月计划”，70年代墨西哥的“绿色革命”，印度的城市规划等都是应用系统工程取得的突出成就。

系统工程的理论基础：实践的需要是系统工程产生的动力，而各种系统理论的出现，为系统工程的发展提供了理论基础。其一般理论基础为：

a、运筹学：其基本思想已在前面谈到的孙子兵法中有所体现我国历史上还有不少著名的例子，这里不再赘述。但是它得到发展是在本世纪四十年代，从军事行动的效率研究开始，起到了很好的作用。它是研究系统在给定条件下，统筹规划，合理安排，以求最优效果的数学方法。系统工程要寻找系统实现的最优方案，必须用运筹学的理论和方法。

其内容可以大致表述如下：



我们的“矿业运筹基础”教材就是介绍了在煤矿中经常应用到的一些基础知识，只涉及到运筹学中有限的几个分支。

b、信息论：系统工程要对系统进行规划、研究、设计、控制管理等，都离不开信息，必须运用信息论的理论和方法。因此，信息论也是系统工程的一个理论基础。

c、控制论：它是研究控制系统的状态、功能、行为方式及其变动趋势，使系统按预定目标去行动的技术科学。控制论在实践中对许多实际问题提供直接答案，可以控制系统的稳定和有目的的行动。系统工程要实现对系统的优化控制，必须运用控制论的理论和

方法。

由此可以看出系统工程与近代十年来在世界上兴起的新技术革命即有一部分理论基础是共同的，而且它又是“硬技术”和“软技术”相结合的全过程的技术，着重于“软技术”的研究。所以，它被称为“工程的工程”、“技术的技术”。也可以说是进行新技术革命中，供给决策参考的必要手段。

由于系统工程所涉及的信息容量极大，庞大的实验数据的处理和分折远非人力所能胜任，而且系统的模拟也必须采用电子计算机。因此，电子计算机已成为研究系统工程的“常规武器”，实属不可缺少的计算及“实验”手段。

2、系统工程在煤矿中的应用

矿井是一个复杂的大系统，它具有一些显著的特点：

a、矿井系统是一个大系统。它是由许多分（子）系统所组成而且是多层次的。它的分系统包括采煤系统、运输系统、通风系统和供电系统等。系统内的结构成分按其所处的地位和功能可分成许多层次，如矿井——水平——采区——回采工作面等。大系统内每个分系统都要考虑很多的因素（变量），这和小系统是相区别的。

b、大系统的结构是很复杂的。表现在大系统与各分系统之间的关系，还有系统的功能与系统内部结构及参数之间的关系也非常复杂，有的还带有不确定因素和竞争因素在内。

c、大系统是有组织的，所有各分系统都是为了一个共同的目的而形成一个有机体，即在保证最佳技术，经济指标条件下，取得最大的煤产量。

我们在煤矿中应用系统工程，就是要从上述特点出发，研究矿井大系统的最佳设计、最优经营，最短建井期、科学管理等问题。

在应用系统工程研究问题时，应遵循以下观点：

a、全局性：

即从系统的总体最优出发，来考虑系统内部各种联系和有关问题。要避免仅考虑局部最优而牺牲全局（整体）的最优。例如：对一个矿井系统的参数设计，传统的方法是将其它参数凭经验选定，只优化其中某一参数。显然，这被优化的参数只能是局部相对的优化，从整体看来不一定是最优的。所以，现代化矿井设计理论就是建立在综合最优化基础上的。

b、最优性：

我们设计、匹配和使用系统的最终目标是使它完成特定的功能并追求其效果最好。这就是所谓最优设计、最优计划、最优控制、最优管理和使用等问题。也就是要选择最优方案。这就需要采用最优化方法，最优控制论和决策论等。

c、变化性：

任何一个大系统都必须从发展、变化的观点来设计和组建：假如：一个大型矿井，从设计到投产一般需七到十年，从投产到达产又要几年时间。如果不考虑发展变化，那么矿井投产时，技术面貌可能已经落后了。因此，国外还出现“预测学”，苏联还出版了有关预测煤炭工业发展的著作。预测带有一定的风险，“风险”率不超过25%，一般认为基本正确。

b、关联性：

系统各个组成部分本身以及它们相互之间都有着相互关联的关系。系统工程把人也作为一个组成部分。因此在研究系统有关问题时，除考虑上述系统内部与系统之间的关系外，还必须把人与人，人与机的关系，系统与社会的关系，做为重要因素来考虑，以免系统投入运行后，发生各种“失调”的现象，造成被动。

e、实践性：

系统工程是要改造客观世界的。例如：开采是矿井中最重要的一个分系统，因此，采煤方法，顶板管理，支架造型及参数选择等要在设计计划阶段进行样机实验，或做各种类型的模拟（型）试验以适应客观条件的要求。

以上仅将系统工程解决问题的基本观点做了一个概括地介绍。现在系统工程解决问题的方法和手段，除了有关专业的技术理论外主要是运筹学和计算科学和计算技术。概率论和数理统计也是经常用到的数学工具。这里不再评述。

三、电子计算机在煤矿中的应用

当代科学技术面临着新的飞跃，国内外不少专家认为新的技术革命是以微处理机和电子计算机的高速发展和广泛应用为主要标志和特征的。据报导，发达国家工业总产值的58%与计算机有关。目前，发展微型机是国外计算机发展的主流。我国也是以发展微机为主。

各种各样的微处理机和电子计算机，以及正在出现的“智能化”

装备，部分地代替了人们的脑力劳动，提高了某些脑力劳动的效率。它又与传统技术相渗透，改变了传统产业的结构，必将创造出人类空前未有的生产力，对于提高人类物质和文化生活水平所起的作用也将是难以估量的。

国外煤矿电子计算机已广泛应用。

1、在煤田地质勘探方面：

煤田物探数字测井仪与车载小型电子计算机，已能将所测定煤厚、煤质结构、灰分、顶底板岩石强度等参数，直接在井下数字化由电子计算机进行程序控制并在现场进行处理和解释。

计算机在煤田勘探中，日益广泛应用于储量计算，自动绘图，以及资源和地质因素评价。很多国家建立了煤田勘探和煤炭资源数据库。我国煤炭科学院计算中心已建立了全国煤炭资源数据库。

2、在矿井设计和生产方面：

在进行矿区规划时，苏联采用数学模型对矿区资源进行经济评价，确定最佳方案。国际应用系统分析研究所发展了一种WILLIAM法，采用了五组参数（耗水量、能源消耗量、占用土地、劳动力和材料）来评价煤田开发对环境和社会的影响，并建立了数据库。

在矿井设计方面：国外已广泛应用优化理论以提高投资效果。把矿井大系统中内部各种有机联系与矛盾之处，用简明的语言、数据、曲线、图表描述清楚，或把所要研究的问题转换成一个定量的能进行计算的数学模型，然后再送到计算机里进行运算，从而给出一个或几个方案，供判断决策。

电子计算机模拟是矿井最优化研究中最广泛应用的方法，国外

认为几乎所有的问题都可应用。

模拟法就是利用电子计算机对一个客观系统的结构和行为进行动态模仿，解决那些难以建立分析数学模型的问题。在煤矿中概率模拟占很大的比重。

在矿井生产方面：1983年7月投产的美国塞尔比联合矿，可以代表八十年代世界先进水平，年产1000万吨，由5个分矿组成。集中在一对皮带大斜井出煤，斜井和集中运输大巷全长15 Km，采用一台钢丝绳皮带输送机 and 一台钢芯皮带输送机运煤（后者是目前世界上最长，强度最大的皮带输送机），全矿将有20个综采工作面，每个分矿和全矿总控制室装有Minos计算机系统。对固定设备、皮带系统、井下环境和工作面工况进行监控。

在综采机械化采煤工作面，采用微处理器按钮控制的液压支架已应用于塞尔比矿。

英国BJD公司研制的微型计算机工作面信息汇集联机系统（FIDO），可使采煤机按传感信息进行程序控制，还可与地面管理系统（MIS）联在一起。

3、在露天开采方面：

西德莱茵褐煤矿区，弗尔图纳露天矿，产量4393万吨，全矿生产由计算机监控，职工2070人，每工效率120吨。

美国波德河煤田，贝尔爱利露天矿，开采优质动力煤，年产量1384万吨，职工仅404人，该矿应用系统工程和计算机确定设备最佳作业参数，使设备工时利用率达到90%以上。

4、在煤矿安全方面

瓦斯抽放的计量和控制正向计算机监控发展。

矿井环境监测，现已发展到计算机化的多参数监测和监控系统。法国奥尔德哈姆公司生产的CTT03—40U型监测系统，能集中监测井下40个点的沼气、一氧化碳、风速、温度和负压5个参数，超限时自动报警，美国正研制计算机化的8个参数（沼气、一氧化碳、氢气、烟雾、温度、温升率、风速、噪音）监测系统。

5、选煤厂自动化已进入计算机监控全厂生产的阶段，英国已有14个厂采用计算机控制。

以上材料说明电子计算机在煤矿的应用具有广阔的前景，国外用于生产的占80%；用于设计、管理的仅占20%。

当代科学技术的飞跃发展和高级技术产业群的兴起，实质上，是一场“知识革命”和智力开发的大竞赛。所谓信息化，就是“大脑加电脑”。提出信息全球化的日本著名经营管理学家土光敏夫认为，物资资源有限，脑力资源无限，我们当务之急，就是如何使我们的劳动者（包括体力劳动者和脑力劳动者）较快的学得现代科学知识，并不断地进行知识更新，从中造就具有各种专长的优秀人才只有这样，才能使我们这样一个现代科学知识和当落后的国家，彻底摆脱愚昧的状态，在比较短的时期里实现现代化，并在世界经济科学的巨浪中乘风前进。

世界正处在一个新的历史大变动之中，我们所有的社会主义劳动者都要更好地“面向现代化，面向世界，面向未来”，迎接一切新的挑战。

目 录

绪 论	1
第一章 线性规划及其在煤矿中的应用	1—1
§ 1—1 引 言	1—1
§ 1—2 线性规划的数学模型	1—5
§ 1—3 线性规划的基本原理	1—15
§ 1—4 线性规划的单纯形解法	1—23
§ 1—5 线性规划在煤矿中的应用	1—60
一、工作面合理配产问题	1—60
二、设备的合理分配问题	1—63
三、合理下料问题	1—69
四、煤的合理调运问题	1—71
五、煤炭工业的合理布局问题	1—79
六、巷道网最优断面的选取	1—82

第一章 线性规划及其在煤矿中的应用

§ 1—1 引言

人们从事生产劳动，总是希望在一定的物质条件制约下以最小的代价取得最优的效果。例如，要建设一对矿井，就要根据煤层赋存条件，国家的资金、设备供应及该地区的劳动力、电力、交通、水源、农业环境等经济地理条件，合理规划，统筹安排。对矿井建设的要求可能是工期最短也可能是年产量最高，或吨煤投资最少，或生产成本最低，效率最高，或综合技术经济效益最优等。不论追求哪一种目标，都希望所付出的代价最小。线性规划就是解决这些问题的有效方法之一。

为了说明什么是线性规划，先举一个简单的例子。

假如有 A_1 、 A_2 、 A_3 三个矿区，产量分别为 100、200、300 万吨/年，共同向四个位于不同城市的炼铁厂 B_1 、 B_2 、 B_3 和 B_4 供应煤炭。其煤炭需要量分别为 200、150、150、100 万吨/年，从每个矿区到各个炼铁厂的运费单价见表 1—1，如何安排一个调运方案，使总运输费用最少？

设矿区的编号为 i ($i=1, 2, 3$)，炼铁厂的编号为 j ($j=1, 2, 3, 4$)，由第 i 个矿区向第 j 个炼铁厂的供煤量用 x_{ij} 表示。所谓确定一个调运方案，就是确定一组 x_{ij} 数值。

每一个矿区向各个炼铁厂供煤可能采用的方案很多，例如，由 A_1 矿向四个炼铁厂供煤的三个方案见表 1—2。

表 1-1 运费单价(元/吨)

矿 炼 区 铁 厂 运 费 单 价	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	产 量 (万吨)
A ₁	3	1	2	1	1 0 0
A ₂	2	2	5	2	2 0 0
A ₃	2	3	1	2	3 0 0
需煤量(万吨)	2 0 0	1 5 0	1 5 0	1 0 0	6 0 0

表 1-2 A₁ 煤矿的供煤方案

方 炼 区 铁 厂 煤	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	总量(万吨)
I	20	30	50	20	100
II	30	30	20	20	100
III	25	30	20	25	100

三个矿区组合起来的供煤方案就可以有无限多个。

从表 1-2 中看出, 尽管 A₁ 矿区可以有很多个供煤方案, 然而, 每一个供煤方案的供煤量之和, 必须等于 A₁ 煤矿的产量 100 这就是一个受 A₁ 矿区产量限制的约束条件, 用下列方程表示:

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} = 100$$

同理可以得到

$$X_{2,1} + X_{2,2} + X_{2,3} + X_{2,4} = 200$$

$$X_{3,1} + X_{3,2} + X_{3,3} + X_{3,4} = 300$$

以上三个方程为产量约束。

而每个炼铁厂的需煤量，也是有限的。同理可以列出以下几个煤量的约束方程。

$$X_{1,1} + X_{2,1} + X_{3,1} = 200$$

$$X_{1,2} + X_{2,2} + X_{3,2} = 150$$

$$X_{1,3} + X_{2,3} + X_{3,3} = 150$$

$$X_{1,4} + X_{2,4} + X_{3,4} = 100$$

另外， X_{ij} 不可能为负值，即 $X_{ij} \geq 0$ ，称作非负约束。凡满足这些约束方程的解，叫做可行解。

从 i 煤矿到 j 炼铁厂的运输单价，用 C_{ij} 表示，则总运输费（即目标函数）可写成如下形式。

$$C = C_{1,1}X_{1,1} + C_{1,2}X_{1,2} + C_{1,3}X_{1,3} + C_{1,4}X_{1,4} + \dots + C_{3,4}X_{3,4}$$

从目标函数看出，不同的调运方案，需要不同的运费，会产生不同的经济效益。

如何从无穷多个可行方案中，找出使目标函数达极值的最优方案，就是“线性规划”要解决的问题。

应当指出，线性规划所研究的问题，仅仅是一个计划，而不涉及执行计划的实施措施，所以叫作“规划”。另外，这些约束方程和目标函数全部都是线性的，所以才叫做“线性规划”。