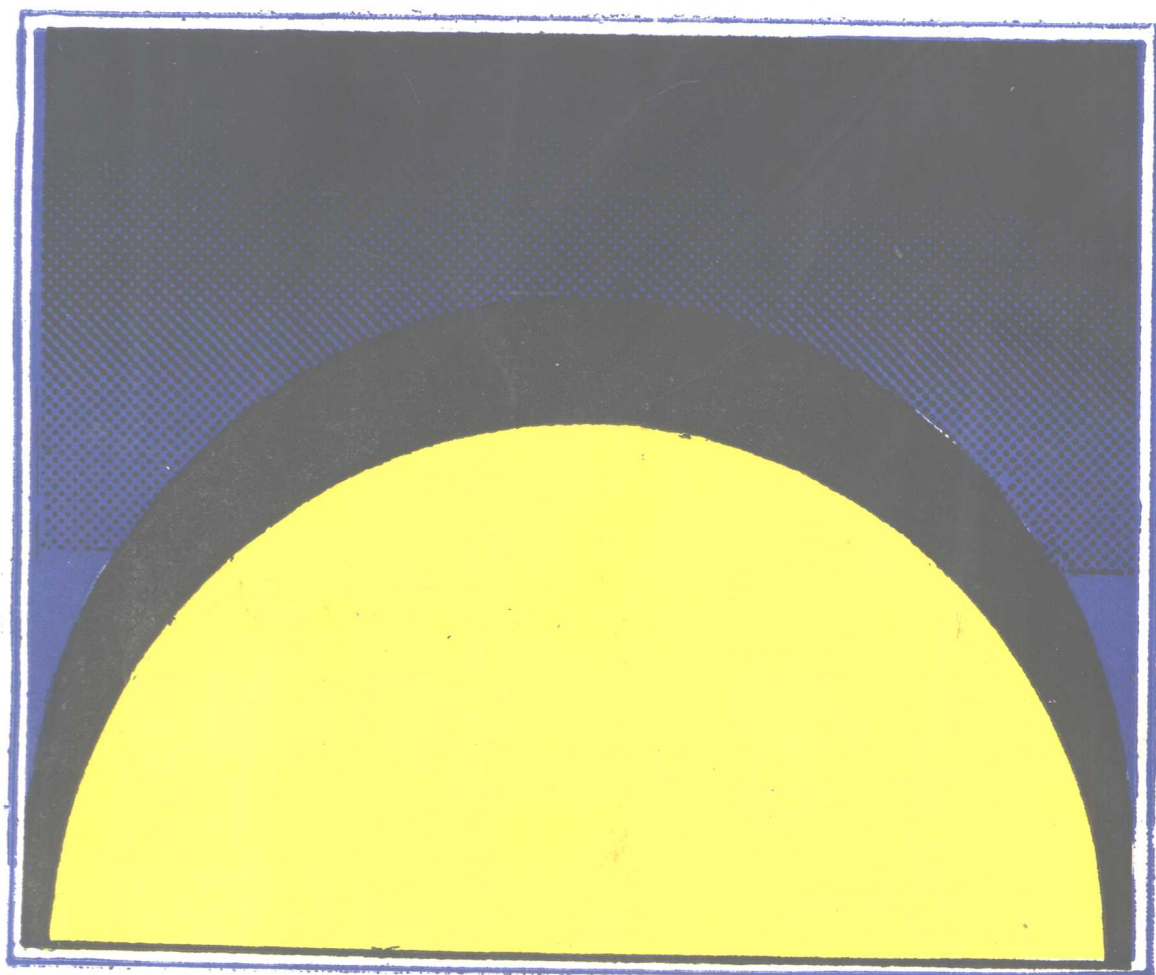


况礼澄 主编

矿业系统工程

KUANGYE

XITONG GONGCHENG



重庆大学出版社

74.1
9010167

矿业系统工程

况礼澄 主编

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书在扼要阐明系统工程、运筹学的基本原理及方法的基础上,着重介绍了矿业系统工程的应用,解决矿业实际问题的模型化与最优化。内容全面、实例丰富。对于从事采矿的工程技术人员如何运用系统工程及运筹学去解决矿业实际问题,具有现实意义及实用价值。

本书主要供采矿专业大学本科生、研究生作为教材及参考书之用,大专及中专采矿专业学生也可用作参考书。本书还可供煤矿、金属矿、非金属矿山的工程技术人员以及从事采矿科学研究与设计的人员参考。

矿业系统工程

况礼澄 主编

责任编辑 朱 复 李长惠

重庆大学出版社出版发行
新华书店经销
重庆花溪印制厂印刷



开本: 787×1092 1/16 印张: 13.75 字数: 343 千
1990年1月第1版 1990年1月第1次印刷

印数: 1—2500

标准书号: ISBN 7-5624-0303-1 定价: 2.76元
TD·4

前 言

系统工程是一门新兴的边缘学科。我国采矿界在80年代初才开始运用,尽管推广时间不长,但已逐步运用于矿区规划、矿井开发可行性研究、矿井设计、生产计划与施工、生产管理等方面,初步取得了经济及社会效益。

采矿工业必须加速发展,才能适应四个现代化的要求。采矿工业是一个复杂的大系统:从地质勘探到资源的开发;从矿井设计到施工、生产;从矿井生产的产、供、销等各方面都是一个多因素,多层次的复杂系统。我们必须用系统工程的观点与方法对采矿工业发展的重大问题进科学的决策,对矿山生产建设的方案进行优化选择,促进采矿工业的发展。

为适应生产发展的需要,采矿科学也应向科学化、定量化及数学化方面的发展。为使学掌握这一新兴的学科,近年来各采矿院校均已把“系统工程”引入教学计划,开设了“运筹学”及“矿业系统工程”二门课程。

本课程是在学生已学过运筹学及采矿专业课之后开设的,教材从运筹学的基本概念入手,着眼于采矿实际的条件及问题,抽象出具体的模型,并探讨达到最优的算法。因此本课程的关键是如何利用已有的采矿专业知识及系统工程基本理论去解决采矿实际问题,使其达到数学模型化、最优化。

本教材中矿业系统工程运用实例取自近年来国内外研究成果,其中大部分是贵州工学院采矿系的成果。由于我国研究矿业系统工程时间不长,其成果也不尽完善,但本书作为教材,我们希望对学生能起到抛砖引玉、举一反三的作用,使学生掌握基本思路、方法,创造性地把系统工程应用于矿业实践中去,促进采矿工业发展。

本书主要用作采矿工程专业大学本科生及研究生参考用书,也可作为中专用书,其中带“*”的章节本科生不一定必读。本书还可供煤矿、金属矿、非金属矿及采矿科学研究与设计的工程技术人员的参考。

本书由贵州工学院采矿系况礼澄主编,全书共十章,参加编写的人员有况礼澄(第一、五、六、九章);黄益(第二、七章);刘真祥(第三、八章);郁钟铭(第四、十章)。全书由贵州工学院采矿系刘勤堂教授审校,特此致谢。

书中不完善之处,请读者指正。

主编 况礼澄

1988.4.13.

目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1-1 系统与系统工程.....	(1)
§ 1-2 系统工程的步骤和方法.....	(3)
§ 1-3 系统分析的基本方法.....	(5)
§ 1-4 矿业系统工程现状及发展.....	(8)
§ 1-5 本课程的目的任务.....	(10)
第二章 线性规划	(11)
§ 2-1 线性规划的基本原理及解法.....	(11)
§ 2-2 矿井经济数学模型的建立.....	(22)
§ 2-3 煤层配产优化.....	(25)
§ 2-4 矿井定性参数的确定.....	(31)
§ 2-5 煤炭调运问题.....	(36)
第三章 非线性规划	(40)
§ 3-1 非线性规划的基本理论及解法.....	(40)
§ 3-2 煤层群采区上山布置的优化.....	(46)
§ 3-3 矿井通风系统巷道断面的最优化.....	(49)
§ 3-4 采区主要参数的最优化.....	(53)
§ 3-5 矿井开拓、开采系统的最优设计.....	(58)
第四章 网络图论	(64)
§ 4-1 网络图论的基本概念及方法.....	(64)
§ 4-2 新采区施工优化.....	(70)
§ 4-3 通风网络图论.....	(76)
§ 4-4 矿井开采系统多重图网络最优化*	(78)
第五章 排队论	(86)
§ 5-1 排队论的基本原理及方法.....	(86)
§ 5-2 M/M/1模型在矿业中应用.....	(92)
§ 5-3 M/M/n模型在矿业中应用.....	(96)
§ 5-4 一般服务分布的矿井排队模型.....	(102)
第六章 系统的可靠性	(104)
§ 6-1 可靠性的基本原理及方法.....	(104)

§ 6-2 综采工作面工艺系统的可靠性·····	(110)
§ 6-3 采区生产并联系统的可靠性·····	(114)
§ 6-4 矿井开拓方式的可靠性·····	(117)
第七章 计算机模拟 ·····	(124)
§ 7-1 计算机模拟的基本概念及方法·····	(124)
§ 7-2 矿井排水系统的随机模拟·····	(129)
§ 7-3 生产矿井炸药、雷管库存系统的计算机模拟·····	(132)
§ 7-4 矿井地面生产系统的模拟·····	(136)
§ 7-5 矿井采、掘、运系统的计算机模拟* ·····	(140)
第八章 模糊数学方法 ·····	(148)
§ 8-1 模糊数学的基本概念和方法·····	(148)
§ 8-2 采区地质条件和煤层稳定性分类·····	(154)
§ 8-3 煤矿企业管理水平的综合评判·····	(159)
§ 8-4 回采工作面生产条件的综合评判·····	(164)
§ 8-5 掩护式支架结构的模糊优化设计* ·····	(166)
第九章 决策技术 ·····	(172)
§ 9-1 用决策树选择回采工艺的优化方案·····	(172)
§ 9-2 采区方案优化设计的多目标决策·····	(175)
§ 9-3 层次分析法·····	(179)
§ 9-4 目的规划及其应用·····	(187)
第十章 控制论* ·····	(192)
§ 10-1 控制论简介·····	(192)
§ 10-2 控制论在库存管理及洗精煤方面的应用·····	(196)
§ 10-3 煤炭消耗状态方程模型·····	(198)
§ 10-4 煤炭产量灰色控制预测模型·····	(201)
参考文献 ·····	(207)

第一章 绪 论

§ 1-1 系统与系统工程

系统是系统工程研究的对象。所谓系统,就是由相互作用和相互依赖的若干组成部分按一定规律结合而成的,具有特别功能的有机整体。

系统具有下面的特征:

集合性 系统由若干单元(元素、部分、零件、机组、子系统)所构成。

目的性 系统都有单一或多种目的,系统单元正是按这一目的组织起来的,系统的目的用更具体的目标来表达。

关联性 系统各个组成单元之间是相互作用、相互依存和相互制约的。因此必须服从整体要求,相互协调配合。

环境适应性 任何系统都存在并活动于一特定的环境之中,与外部环境不断进行物质、能量、信息的交换,必须适应环境的变化。

根据上述特征,对一个矿井进行分析,其特征如下:

矿井系统具有多因素、多变量和多层次的特点。矿井系统由若干部分组成(它包括开拓采区准备、回采工作面、运输、提升、通风、排水和地面生产系统等工艺环节),各工艺环节又是相互联系和相互制约的。如回采与准备,回采与运输或通风等,这些相互联系和相互制约的子系统就构成矿井的大系统。

各工艺环节子系统是由若干定性、定量参数所组成,影响因素有地质、工艺技术、经济和管理等诸多因素,从而形成不同的定性及定量的参数。如:开拓方式、开采方法、准备方式、运输方式等属**定性参数**;而阶段或水平高度和个数、采区尺寸、回采工作面长度、工作面推进速度、生产能力等属**定量参数**。矿井系统的确定是一个复杂的多因素、多变量的综合体。

矿井系统还可根据工艺的顺序及管理的特点分成几个层次,矿井一级、采区一级和回采工作面一级,而各层次的定性和定量的参数又是相互联系和相互制约的,从而形成多层次的特点。

多目标决策 矿井系统总的目的是在技术经济指标最好的情况下,保证矿井产量最高。而矿井生产技术经济指标是多项的(有八大项),很难仅用某一单项指标作为评价矿井的优劣。因此矿井系统的规划设计多采用多目标决策。

环境条件的多变性及复杂性 矿井生产必须适应具体地质条件,而矿井地质条件是千变万化的,因此矿井生产系统的模式,不可能只有一种,而是多种模式的多方案性来适应变化多端的地质条件。

动态发展的多阶段性 一个矿井的服务年限较长,一般达数十年以上,在这样长的时间内,矿井工艺系统定性定量参数不是固定不变的。这些参数都有一个有效作用时间(寿命),

如矿井开拓方式、准备方式、提升系统一般在15~20年内,而回采工艺、采煤方式各要素其寿命平均只5~7年,而对于定量参数(如生产能力、工作面长度、采区尺寸等)变化速度是很快。因此矿井系统还具有发展动态性及多阶段性的特点。

通过上述分析可知,矿井系统是一个复杂的大系统。

系统工程是一种科学的方法论,其基本思想与方法来源于社会及生产实践。如战国时齐威王与田忌赛马,各有上、中、下三匹马,最初赛马结果总是3:0齐王胜,后来田忌以下马对齐王的上马,中马对齐王的下马,上马对齐王的中马,结果田忌以2:1获胜,说明要有总体最优的思想;另一例子是李冰父子修筑都江堰时,把分洪、引水、排沙三大主体工程 and 120个附属工程巧妙结合起来,形成了协调运转的工程总体,就是系统工程的思想。但是直到本世纪40年代,美国贝尔公司在发展通讯网络中,才正式成立系统工程机构。60年代以来,随着计算机运用及尖端技术研制的需要,系统工程得到迅速发展,80年代它已经渗透到国民经济各部门和各个领域中。

系统工程,通过工程经验的总结和积累,逐步形成一些共同性的基本概念、方法、规律,建立起理论而发展起来的,概括系统工程的共性,有下述基本特点:

整体性(全局性) 由于系统由很多部分组成,对问题不能只从某一部分来考虑,而应从系统整体着眼。这就是要有全局的观点,局部要服从整体。

关联性 系统各个组成部分都是相互关联的,我们必须通过它们相互依赖、相互制约的关系找出其运动的规律,并用明确的方式(如数学表达式、图、表等)来表明,从而建立系统的模型。

最优性(满意性、情意性) 系统工程要求选择最优的系统方案,不仅要有定性的分析,还要有定量的考察分析,使其达到优化。但对复杂事物要寻求最优往往是困难的,要付出大量人力、财力及时间,因此近年来有人提出了“满意性”的观点,即不一定追求真正的最优,只要达到满意即可。由于系统工程离不开人的决策,在某些情况下,还要照顾到人们能否接受,因此考虑最优时要考虑人们是否愿意接受某种方案,即“情意性”的观点。

综合性 一个系统所涉及的因素很多,有内部的因素也有环境及外界的因素;有技术、经济因素还有社会因素;涉及科学领域有专门工程、数学(运筹学)、经济学、社会学等。因此,系统工程必须综合研究各个因素,并要由各方面专家学者综合运用各门学科先进技术来研究和解决问题。

实践性 系统工程是为了解决实际的问题,是改造客观世界的,因此是实践性很强的科学。

综上所述,系统工程就是从系统的整体观点出发,按既定的目标去规划、设计、试验、制造、管理和控制该系统使其达到最优的科学。

系统工程是一门工程技术,但与具体工程技术是有区别的,见表1-1-1。

如采矿工程中研究回采工作面机械化问题,要研究采用何种最先进的综合机械化技术装备才能适应具体地质条件。而系统工程则是研究在使用这种先进技术装备时,回采工作面内部、外部因素之间相互影响、制约的规律,从而使各因素之间正确协调配合和组织管理,使之发挥最佳的效益。用系统工程方法进行矿井规划、设计、施工更要从系统出发不仅只考虑系统内部条件,还要把系统环境作为外部条件,来解决系统内外的各因素的协调、配合,最后达到系统的总体最优。正如钱学森同志指出:“系统工程是组织管理系统的规划、设计、制造、试验和使用的科学方法,是一种对所有系统都具有普遍意义的科学方法。”

表1-1-1

比较内容	系统工程	一般工程技术
研制的对象	系统的整体	服务于特定目的,有特定的工作范围
研究的问题	系统的设计、组织、建立、改造和经营管理	特定工程的原理、原则、计算、试验、设计
所达到的目的	各部分协调配合、总体最优	局部最优
处理的对象	包括人、财、物全面信息流	特定工程技术、经济因素
科学的方法	用系统的观点和方法属软科学	工程的方法属硬科学

系统工程的理论基础有两大类：一类是各种系统工程所共有的共同理论基础，另一类是每门系统工程所特有的专业理论基础。

系统工程共同的理论基础有运筹学、信息论、控制论及计算机科学。

运筹学 是从系统整体观念出发择优求好的科学，它是应用数学的范畴，研究对某一数学结构在一定的约束条件下，如何寻求一组解，使其达到预定目标最佳效果的科学。它有30多个分支，主要有：线性规划、整数规划、非线性规划、图论与网络方法、排队论、存贮论、决策论、预测技术、可靠性理论、计算机仿真等分支。运筹学是解决系统工程两个核心，即模型化与最优化的主要理论基础，因此有人认为把运筹学理论和方法应用于工程实践，再由计算机求解就是系统工程。

信息论 信息是经过处理和解释的数据和资料，信息论包括信息的收集、传递、存储和控制。信息是组织管理系统的神经中枢，系统管理的循环是计划、组织、控制，而信息贯穿始终，系统运行要靠信息对物流(技术流、设备流、商品流)的指挥和反馈，因此信息是系统分析的基本依据。

控制论 系统工程要用控制论的观点来指挥、组织、协调适应和操纵系统的发展和运行，它研究复杂的系统中的指挥、控制、协调和自适应等问题，从整体的观念来强调它们运动的规律。有控制就有反馈，而反馈必须有信息，因此它们都是系统工程的理论基础。

§1-2 系统工程的步骤和方法

一个系统，从其开始建立到成功地投入使用，已有一套科学的步骤和方法，就是本节所要讲的主要内容。^{〔1〕〔2〕〔3〕}

一 系统工程步骤

一般分为三个阶段，其中前二个阶段又可进一步分为二个小阶段^{〔2〕〔3〕}。

系统开发阶段：	$\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{开发计划阶段;} \\ 2. \text{开发实施阶段;} \end{array} \right.$	系统的实现阶段：	$\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{实施设计阶段;} \\ 2. \text{建造实施阶段;} \end{array} \right.$
---------	---	----------	---

系统的运用阶段

开发计划阶段 对系统开发对象及其必要性进行审查,制订开发方针和开发计划书,在此基础上明确系统开发的目的、目标和要求,最后制订出系统要求说明书和开发规划书。为达此目的,主要活动是对系统开发对象进行充分而有准备的调查研究。

开发实施阶段 利用上段的成果,对系统的功能、环境条件、费用、效果、实现的可能性等进行分析,制成系统设计书,制造计划书和实施设计书等。

实施设计阶段 根据上一阶段所制订的文件,编制建造设计书和建造实施计划书。由于要制定出实际建造方法,因此必须充分估计那些不确定因素,加以探讨、明确和排除。

建造实施阶段 最合理而有效地进行设备制造配套、安装并确定系统运行维护的方法和训练运行、维护人员。

系统运用阶段 是系统经过试验调整、投入运行,同时对系统的一些不确定因素研讨和对系统的变更和完善进行研讨。

二 系统工程的基本方法 ^{(1) (2)}

系统工程上述各阶段和步骤的工作必须以系统工程的基本方法为基础。系统工程的基本方法是把研究对象当作系统来分析,对分析结果加以综合后,产生系统的设计,然后再对这个系统进行评价,如图1-2-1所示,这样反复进行,到有效地实现预定目的为止。

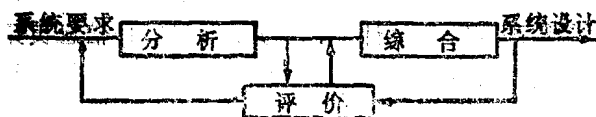


图1-2-1 系统工程基本方法

上述基本方法可分为三步

- 系统分析;
- 系统设计;
- 系统综合;

而整个过程的进行又可以通过图1-2-2中框图具体项目来说明。

系统分析的目的是为了设计出最优化系统,其核心为模型化及最优化。

系统设计是要充分运用系统分析的结果,设计出满足系统要求的说明书全部设计。为此先研究系统设计的方针方法,然后搜集资料数据,先设计分系统,再设计总体系统。

系统综合的目的,首先要从技术上和经济上进行评价,对设计出来的各方案进行评价,选择出技术先进、经济合理的方案。

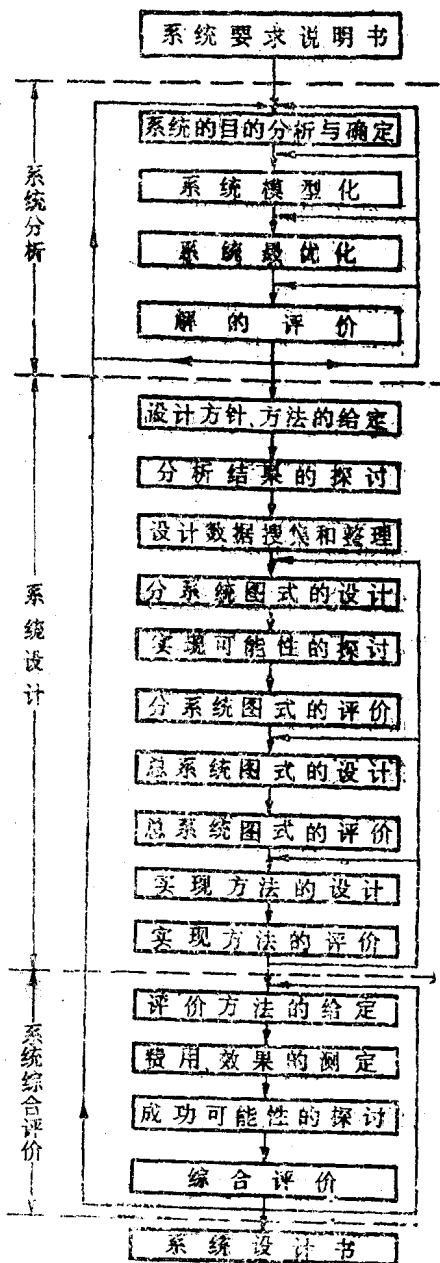


图1-2-2 系统工程方法框图

§1-3 系统分析的基本方法

系统分析是系统工程的基础工作。是一种方法论，它采用步步为营，层层展开的方法，有条不紊地进行。

系统分析是从系统长远和总体最优出发，在选定目标和准则的基础上，分析构成系统各个子系统或各层次的功能和相互关系，以及系统与环境的相互影响。在调查研究收集资料和运用系统的思想基础上，产生对系统输入、输出及转换过程的种种设想。在不同条件下利用定性和定量的方法，探索若干可能相互替代的方案。建立模型或用模拟方法，分析对比各个不同方案，并研究探讨可能产生的效果。

综合技术、经济、组织管理、方针政策、信息交换等因素，寻求对系统整体效益最佳的方案，为决策者提供科学依据和信息。

系统分析可归纳为阐明问题、提出备选方案去分析研究、评价比较，几个步骤。其工作程序见图1-3-1。

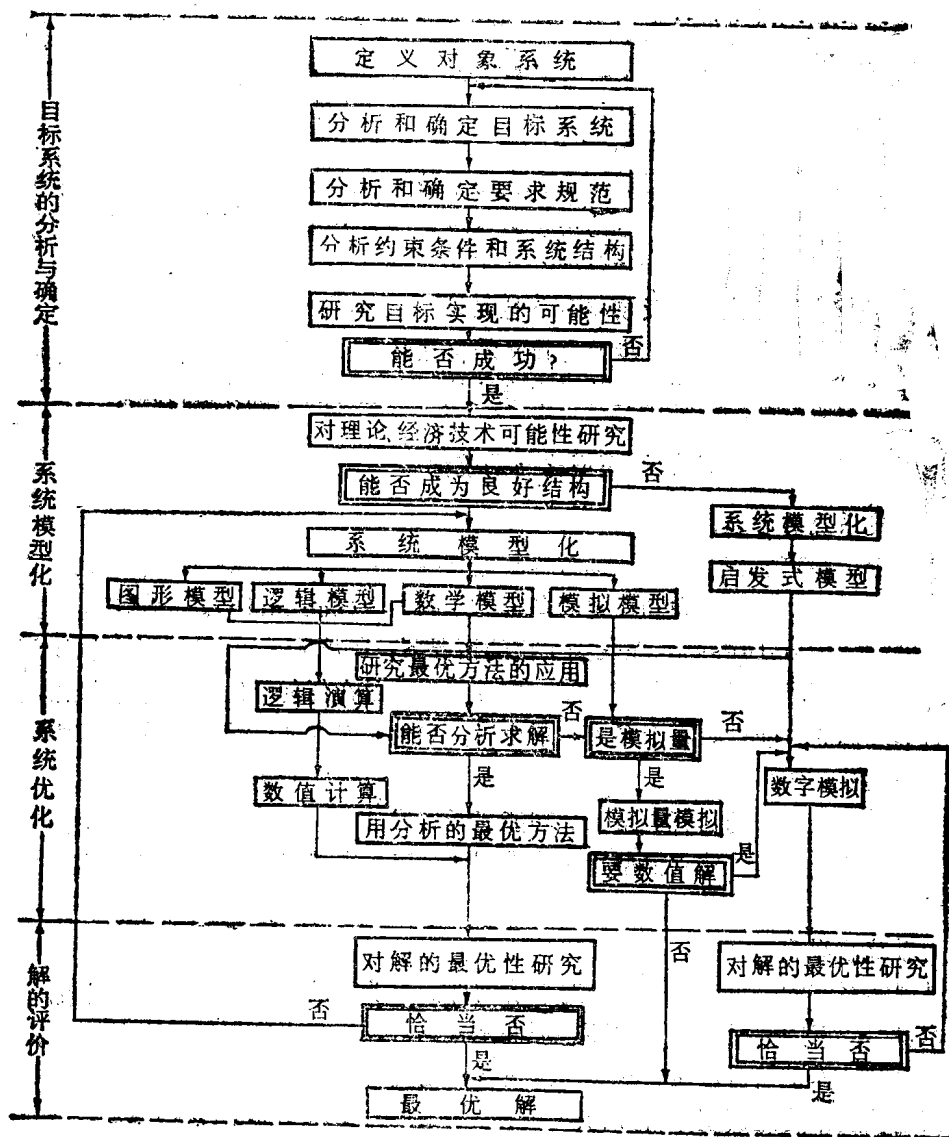


图1-3-1 系统分析工作程序框图

一 阐明问题阶段

(一) 确定问题的性质

首先应搜集系统的现状及背景材料,整理分析发现问题,提出有待解决的矛盾,明确问题的性质。

(二) 确定系统的目标

问题发现后,就要明确问题的范围和界限,确定系统的边界,选定系统的目标。目标可能是单一的,但也可能是多目标。在多目标的情况下,要进行多目标的优先排序。

(三) 调查研究

弄清系统要素组成、结构及其相互作用方式和功能作用等。掌握系统的资源、人力、财力、物力资源,这是系统内部能够正常工作必须的手段。此外还应掌握系统的环境,包括技术、经济、社会等外部条件。

(四) 评价指标

为了衡量各方案对目标的满意程度,系统分析要确定一个或一组评价指标,因为目标往往难以直接定量化,而评价指标是目标的定量化。一项合理的指标,应能反映目标的达到程度。

(五) 约束条件

是对系统备选方案、后果和目标的限制。约束条件可能是物理定律、自然条件和资源的限制,也可能是组织体制、法律、道德观念的界限。目标与约束需要相互关联地考虑,约束条件一旦确定,在系统分析中起到“强硬”作用。

(六) 设想解决问题的方案及初步可行性探讨

以上各步骤有大致先后,但各步骤之间又是相互联系及影响,后面的可能影响前面的,因此,必须反复循环修改。阐明问题阶段本身就是一个粗略的系统分析过程。

二 对备选方案研究分析阶段(模型化与最优化)

(一) 拟定系统的备选方案

每项系统分析都可能有多数的备选方案,这有赖于分析者对实际问题的深刻了解,想象力和创造力,我们称这种想象和设定的备选方案叫方案(scenario)。任何备选方案必须满足:①强壮性(robustness),在受到干扰的情况下,仍能维持正常工作的程度;②适应性,在不同的条件下均能适应的程度。③可靠性,指系统在任何时候工作的可靠程度;④现实性,即方案实施的可能性。在众多方案提出后,应通过专家评定筛选那些不合理方案,从而发掘出更新更优的方案。

备选方案是根据系统的目标、结构、功能等所形成的方案。如何预计备选方案达到目标的后果呢?系统分析是通过建立模型并解算模型达到优化来实现。因此系统的模型化及最优化又是系统分析的核心。

(二) 系统模型化

模型是现实系统的一个“简化”,对系统的特征,功能及变化规律的定量抽象。模型不同于系统本身,它反映实际系统最主要特征而不是一切,模型由反映本质的有关因素构成并表明其定量关系,模型是对现实系统的深化飞跃,它优于实际系统。

根据问题性质来构造模型,可分为:

1. **数学模型** 它通常用数学关系式来表达系统的要素及变量的相互关系,一般以一组代数方程、微分方程、差分方程或概率统计方程表达。数学模型可以预告系统在使用范围内及实际环境下的功能和行为,它使用广泛,是使系统最优化的有效方法。

2. **仿真(模拟)模型** 对难以建立数学模型的系统,一般用计算机进行仿真(或模拟),来预测系统的性能和行为。用计算机产生随机数来模拟系统的事件和状态,掌握系统运行的规律及后果,从而分析其达到目标的程度。这对结构复杂、因素不清的系统是行之有效的办法。

3. **图式模型** 用图表、图形把系统的实际状态加以抽象化的表现形式。如网络图(层次、顺序、时间与进度)、流程图(工序内容、顺序、联系、路线)等。

4. **结构模型** 系统各单元之间是相互联系的,为了解系统的逻辑关系,建立系统的结构模型,由图表及逻辑运算来表示。

建立模型是一项富于创造性的工作,所研究系统的性质不同,则模型也不同。因此所确定的模型,可以是上述四类中一种,但不能生搬硬套,必须根据实际情况,恰当地处理和创造符合实际的新的模型。

(三) 系统最优化

系统工程最终的目的是系统的优化,因此建模的目的是为了得到优化的结果,是一个中间环节。不同的模型有不同的解法。由于实际问题是千变万化的系统模型的解法除一些典型模型有通用的解法外,很多模型还需要寻求好的计算方法,这也是系统分析者的任务。某些情况下由于模型太复杂,很难找到求解的方法,还需要修改和简化模型或重新构造模型,以求得到系统备选方案的最优解答。

三 系统的评价比较(即系统综合)

当对系统进行分析优化之后,需要对结果进行评价。对系统的评价带有综合性的特点,不能只看某一目标最优就是最好的系统。

系统的评价是根据系统的目标,借助于模型,从技术与经济两方面就各个系统方案进行比较和评定,选出满意的方案。

系统评价的因素一般包括:①功能:指拟建系统作用及完成任务的能力;②费用;③可靠性;④时间;⑤系统维护修理的方便性等等。

此外还应考虑可能产生的不利因素如环境污染、生态平衡的破坏;人力、物力、财力资源是否适应等等。

上述因素在不同情况下,其相对重要性也不同,应给不同因素赋以权值,综合评价。

系统分析者的任务不只是为决策人选择一个最优方案,而是提供一组最接近目标的方案,供决策者选择。

四 系统分析实例

为了简要说明系统分析的方法与步骤,请看贵州省煤炭能源2000年综合规划的系统分析例子:

贵州省煤炭能源2000年综合规划是为了适应贵州省2000年国民经济发展需要而提出来

〔注〕(1) 郁钟第“贵州省煤炭能源〈七·五〉及2000年综合规划与研究”贵州工学院硕士论文 1987.6.

的,到2000年工农业总产值比1980年翻两番,年平均增长7.18%,因此煤炭能源的发展必须适应上述增长,从而阐明了规划的问题。

为了进行煤炭能源的规划,必须对贵州省煤炭能源进行背景材料的调查研究。要掌握贵州省煤炭资源状况;贵州省人均耗能状况;煤炭资源开发现状,煤矿矿井生产能力,洗煤厂煤炭总产量及运输能力;国民经济各部门煤炭、焦炭消耗构成及综合节能率;国民经济各部门产值构成以及今后2000年发展规划;外省煤炭市场的状况等等。

根据对背景材料分析明确了贵州省煤炭能源当前存在问题是:煤炭市场紧缩,烟煤有缺口;铁路、公路及水路外运量不大;乡镇企业煤炭产量占大头;产、供、销不平衡等问题,因此确定规划的原则是以本省经济发展为基础、结合中南、西南地区经济发展对黔煤的要求,以统配矿、地方矿为研究对象进行煤炭开发生产的决策,建立煤炭开发生产,运输和加工转化的综合规划模型,确定最佳调运方案解决煤炭产、运、销的平衡问题,提高煤炭综合社会效益,促进贵州省经济及煤炭工业的发展,2000年达到工农业总产值翻两番对煤炭的需求。

为了解决2000年贵州省煤炭能源规划就必须根据煤炭消耗来定产量,因此设计了煤炭消耗状态方程预测模型和煤炭产量灰色控制预测模型,并使供需平衡。

最后为了根据产销平衡判定了煤炭综合规划模型以便最大限度地发挥综合经济效益。综合规划模型有三个子模型:①煤炭开发生产子模型;②煤炭加工利用子模型;③煤炭运输子模型,该模型采用0-1整数规划求解。

结论即是系统综合及评价。

以上只是就贵州省2000年煤炭能源综合规划系统分析的基本思想及方法加以介绍,具体数据分析从略,其系统分析框图见图1-3-2所示。

§1-4 矿业系统工程现状及发展

矿业系统工程就是利用系统工程的观点和方法研究和解决矿业系统的规划、设计、施工、组织管理使其达到最优的科学。

系统工程的观点和方法在矿业上早已使用,如在矿井设计中的一套程序本身,就是基于设计者提出若干可行方案,各方案均考虑了地质因素、技术及经济因素,最后有定性定量的综合比较及经济上方案比较才提供给领导决策,选取合适的方案。在一定程度上体现了整体的观点、综合的观点、联系配套协调的观点和优化的观点。但由于没有采用先进的科学方法及手段,有很大的局限性,原因是:①所提的可选方案为数较少(2-3个方案),这是因为复杂的系统计算工作量太大,在计算机未推广时很难实现多个可选方案穷尽,因此可能漏掉真正较优的方案;②定性分析较多,定量分析较少,有时更多的靠决策者拍板定案;③运用系统工程的基本理论及先进的计算机科学较少(如运筹学、控制论)。虽然苏联在40年代就用了数学分析方法解决局部问题的优化,但对复杂的大系统问题就是显得无能为力了。因此,对系统全局的优化尚未很好解决。

随着计算机科学的发展,国外60年代开始发展矿业系统工程。苏联经过多年工作,已引入了系统工程的基本理论如运筹学、计算机技术,在矿井设计中编制了经济数学模型,全面

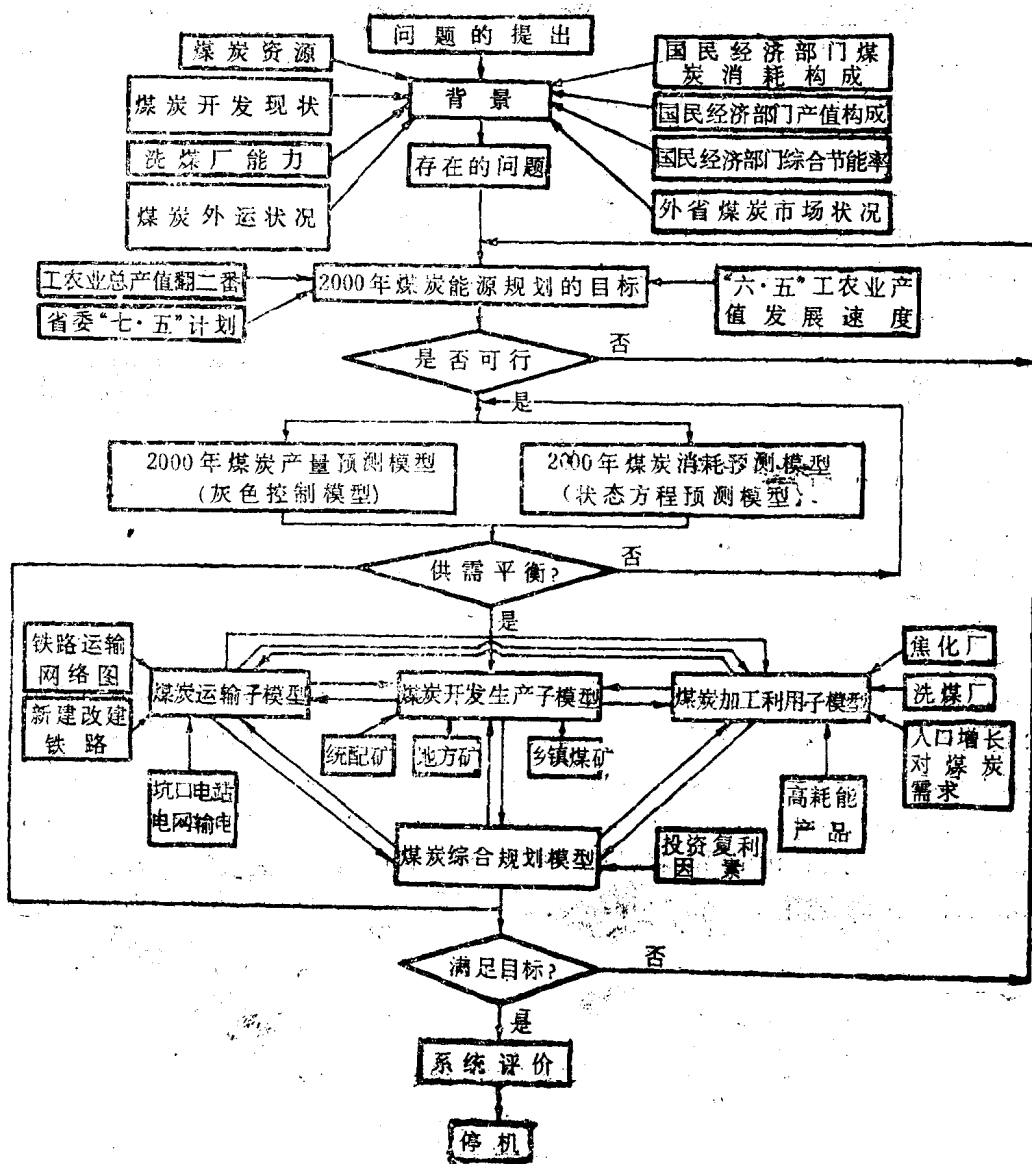


图1-3-2 贵州省煤炭能源2000年规划系统分析框图

考虑定性、定量参数的综合影响,采取多方案网格点法,用计算机作工具选择最优方案,从而形成了矿井设计综合优化方法,此外在矿井规划、生产计划、施工管理上系统工程运用也是卓有成效。美国,系统工程用于金属矿及露天矿较多,用于煤矿地下开采最早的是宾州大学C·B·曼纽拉和R·V·罗迈尼,他们编制了地下开采、运输系统模型及程序共10个子系统,计有:外部环境、内部条件、地质储量、采矿方法、岩层控制、暴露时间发生器、成品控制、物料运输、支护、安全等。美国每两年开一次“计算机在煤矿中应用”的学术讨论会,对矿业系统工程发展起到了促进作用。此外其他国家如西德、澳大利亚的矿业界运用系统工程均有很好的成效。

我国矿业系统工程的研究,在80年代初才开始起步,几年来逐步推广应用,已得到较快的发展,矿业院校采矿专业普遍设置了运筹学、系统工程的选修课或必修课,并招收了矿业

系统工程的研究，煤炭学会成立了矿业系统工程专业委员会。1983年在苏州召开了“系统工程在煤矿开采中应用”学术讨论会，同年11月在泰安召开了“计算机及系统工程在煤矿中应用”学术会，1986年在西安举行了第二次“系统工程在煤矿开采中应用”学术会。运筹学各分支及系统工程在我国均得到广泛的应用。各高等院校及设计单位相继成立系统工程研究所或研究室，目前矿业系统工程主要应用范围如下：

- 矿井设计整体综合优化或局部优化；
- 开采、运输系统的计算机模拟优化设计；
- 煤炭能源规划，年产计划编制；
- 矿山井巷施工管理统筹方法优化；
- 两淮煤田开发方案论证；
- 矿井通风网络优化；
- 露天矿设计优化及管理；
- 矿井现代化管理；

其中以中国矿业大学及山东煤矿设计院研究的“近水平煤层矿井整体设计优化”及阜新矿业学院与西德共同研究的“矿井生产系统的计算机模拟”的研究较为全面、细致和深入，其它院校也各有特色。

应该指出，由于矿业系统工程的研究在我国时间不长，虽然在上述问题上均有所运用，但仍处于起步和探索阶段。很多矿业问题及领域有待进一步去探索和开发，尤其是在矿井生产上普遍应用及推广，还要作大量的研究工作。如矿井设计定性、定量参数综合优化模型；大系统的分解与协调问题；静态优化到动态优化模型问题；用三论（系统论、信息论、控制论）结合研究矿业问题；优化模型求解方法问题；通用软件的系列化及标准化问题；矿业系统原始资料及信息处理科学化问题；CAD运用于矿业系统工程问题；人员培训及推广问题等等都是今后急待解决的问题。

§1-5 本课程的目的任务

“矿业系统工程”课程是在学生学习了运筹学及采矿专业的专业课之后开设的。本课程目的在于为学生运用系统工程及运筹学的基本理论及方法去解决采矿实际问题引一条路。课程的任务是使学生通过典型示例掌握矿业系统工程，面对采矿实际如何去建立模型和求解模型的一般规律和方法。由于学生已学过运筹学，因此本课程教材对运筹学各分支的理论推导证明不再详述，而是扼要简介基本原理及方法。

课程的重点应放在对实际采矿问题的模型化及其解法，要使学生面对采矿的不同实际问题，应用系统工程的观点和方法去建立不同的模型并寻求优化解法。由于采矿问题的复杂性及多变性，模型不是一成不变的，典型示例只能是开扩学生思路，使其学会运用系统工程的观点及方法去举一反三、创造性地解决实际问题。

第二章 线性规划

线性规划是运筹学的一个重要分支。自丹捷格提出了求解一般线性规划问题的方法——单纯形方法以及电子计算机的应用之后,线性规划在理论上趋向成熟,在实际应用中日趋广泛与深入,对于成千上万个约束条件和变量的大规模线性规划问题的处理也变得简单容易,因而应用领域更加广泛,从工业、农业、商业甚至整个国民经济的宏观计划,到具体的某个技术问题,诸如矿井配产、矿井定性参数的确定等的最优化都能发挥积极的作用,应用范围十分广泛。许多现行的决策问题都是考虑怎样充分利用所能提供的各种资源——时间、资金、原材料、人力、物力、生产设备等,取得最好的经济效益,都可采用线性规划的方法作出最优的决策。

本章首先介绍线性规划的基本理论及线性规划的基本解法——单纯形方法,在此基础上,还介绍求解线性规划的特殊情况——运输问题的最优元素法,以及求解整数规划的隐枚举算法,接着重点介绍线性规划在矿业中的应用情况,如怎样建立反映矿井中各参数关系的经济数学模型,以及矿井不同煤层、不同灰份、其它质量指标也不同的合理配产问题,矿井中诸如矿井井型、井筒形式位置、同时生产水平个数等矿井定性参数的最佳确定问题、煤炭调运问题的线性规划模型的建立及求解。

§2-1 线性规划的基本原理及解法

一 基本概念

规划问题的一般数学表达式是:求解 n 个非负的数 $x_1, x_2, \dots, x_n$, 我们记 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$, 并要求它们满足 m 个关系式 $g_i(X) \leq (\text{或} \geq) b_i, (i=1, 2, \dots, m)$, 并使 $f(X)$ 有最大值或最小值。这里的 X 称为决策变量; $g_i(X)$ 称为约束条件, $f(X)$ 称为目标函数, 它们一般都具有确定的形式; b_i 一般是已知常数。

当约束条件 $g_i(X)$ 和目标函数 $f(X)$ 都是关于 X 的线性关系式时, 且 X 可取任意非负实数, 上述规划问题就称为线性规划问题。

该问题的数学表达式是

$$\max(\min) f(X) = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq (\text{或} =, \text{或} \geq) b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq (\text{或} =, \text{或} \geq) b_2 \\ \dots\dots\dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq (\text{或} =, \text{或} \geq) b_m \\ x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 \end{cases}$$

(2-1-1)

上式可简写成如下形式

$$\max(\text{或} \min) f(X) = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$