

基于经济评价原理的矿床开发 优化决策多目标集成系统^①

魏一鸣¹ 刘 敏² 童光煦³

1 (中国科学院资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101)

2 (武汉化工学院, 武汉 430074) 3 (北京科技大学, 北京 100083)

摘 要 从系统论的观点出发, 阐述了基于经济评价的矿床开发系统的概念, 并以定性与定量综合集成方法为基础, 分析了基于经济评价原理的矿床开发优化决策多目标集成方法并建立了其集成系统。该系统以矿床模型、矿床采选方案选择模型、成本与投资估算模型、财务评价模型为基础, 以多目标分析模型为核心, 形成了系统集成的总控模型, 所建立的集成系统具有预测、模拟、优化与决策等集成化功能。结合实例, 说明了该系统的初步应用。

关键词 矿床开发 经济评价 多目标决策 集成系统

中图分类号 F407.1 TD212 TP11

国内外的地质勘探、矿山设计、矿山开采的大量经验和教训均表明, 矿床经济评价在矿产资源的科学管理和决策中占有重要地位^[1]。通过矿床经济评价一方面可以确定矿床开采的经济价值和社会效益, 以定量的经济效果为依据, 决定某一地区或某一矿种的地质勘查、矿山建设的取舍和排序, 此时称为“顺向评价”; 另一方面就是在经济效益极大化的条件下, 为待开发的矿床选择最佳的技术经济方案, 此时称为“逆向评价”, 也就是说, 从经济评价的观点出发, 可以研究以上两个不同侧面的问题。但是对于一个待开发的矿床的经济评价, 我们认为其研究的目的是: 不仅能够进行“顺向评价”, 而且更主要的是应该能实现“逆向评价”, 即研究在给定的资源条件下, 矿床应该如何开采才能实现一定的矿床开发效益目标。换句话说, 基于经济评价的原理, 实现矿床开发的全局优化决策^[2]。因此, 本文从系统论的观点出发, 提出了基于经济评价的矿床开发系统的概

念, 建立了其多目标集成系统。

1 基于经济评价的矿床开发系统

基于经济评价的矿床开发技术经济决策的研究对象, 是矿床及其开发利用体系, 如图1所示, 这个体系是由相互区别、相互联系、相互作用的众多单元所组成。从系统论的观点来看, 这就是一个完整的系统, 在这里我们称之为基于经济评价的矿床开发系统。

针对上述系统, 它具有以下这几个方面的特点: (1) 系统组成的高维性; (2) 子系统之间的复杂关联性; (3) 影响因素多, 层次不明确; (4) 系统内信息的不确定性; (5) 环境条件的复杂多变性; (6) 系统目标的多样性; (7) 研究对象随时间与空间的动态变化性。

以上几点概括起来, 突出地反映了矿床开发系统的高维性、复杂性、开放性与动态性。因此, 矿床开发系统是一个开放的动态复杂大

① 中国博士后科学基金资助项目及国家教委博士点基金资助项目 9400816

收稿日期: 1996- 11- 26; 修回日期: 1997- 05- 26 魏一鸣, 男, 29岁, 博士后

系统。实践证明，针对这一开放的动态复杂大系统的控制与管理，无论是采用经典的控制论，还是采用传统的运筹学技术，均遇到了困难。

2 基于经济评价原理的矿床开发决策系统分析方法

2.1 定性与定量综合集成方法

随着现代系统科学和计算机技术的高速发展，钱学森等著名科学家提出了解决开放的复杂大系统的新方法——定性与定量综合集成方法^[3]。这种方法的实质就是将专家群体(各方面有关的专家)、统计数据和各种信息资料与计算机技术有机地结合起来，而这三者本身也构成了一个系统。图 2 描述了定量与定性综合集成方法的基本思想。

2.2 矿床开发决策多目标集成方法

矿床经济评价是对矿床定性评价和定量评价的综合。所谓定性评价就是指对地质、技

术、经济信息、资料和数据不充分和不准确的情况，采用类比分析或经验判断所进行的评价；而定量评价是指在可靠的地质、技术、经济信息、资料和数据的基础上，采用一定的数学模型进行分析计算。显然这种评价是多目标的综合评价。因此，基于经济评价的矿床开发决策是一多目标决策，必须从全局出发，权衡各个目标间的得失，确定满意的矿床开发方案。针对这一特点，我们在局部模型的基础上，探讨用于整体研究的集成模型，这就是多目标集成系统。

基于经济评价的矿床开发多目标集成系统的基础支持是一些局部模型，包括矿床模拟模型、采选方案选择模型、投资与成本估算模型、财务计算模型等。模型间的信息传递与反馈是系统集成的一个方面，但系统集成的主要方式是通过多目标分析模型来实现的，即将基础模型中的主要关系提炼出来，依照变量之间的相互联系，将这些关系集于一体，构成多目标分析模型。通过对该模型的操作，能够对矿床开发系统内部的各种关系进行分析和协调，

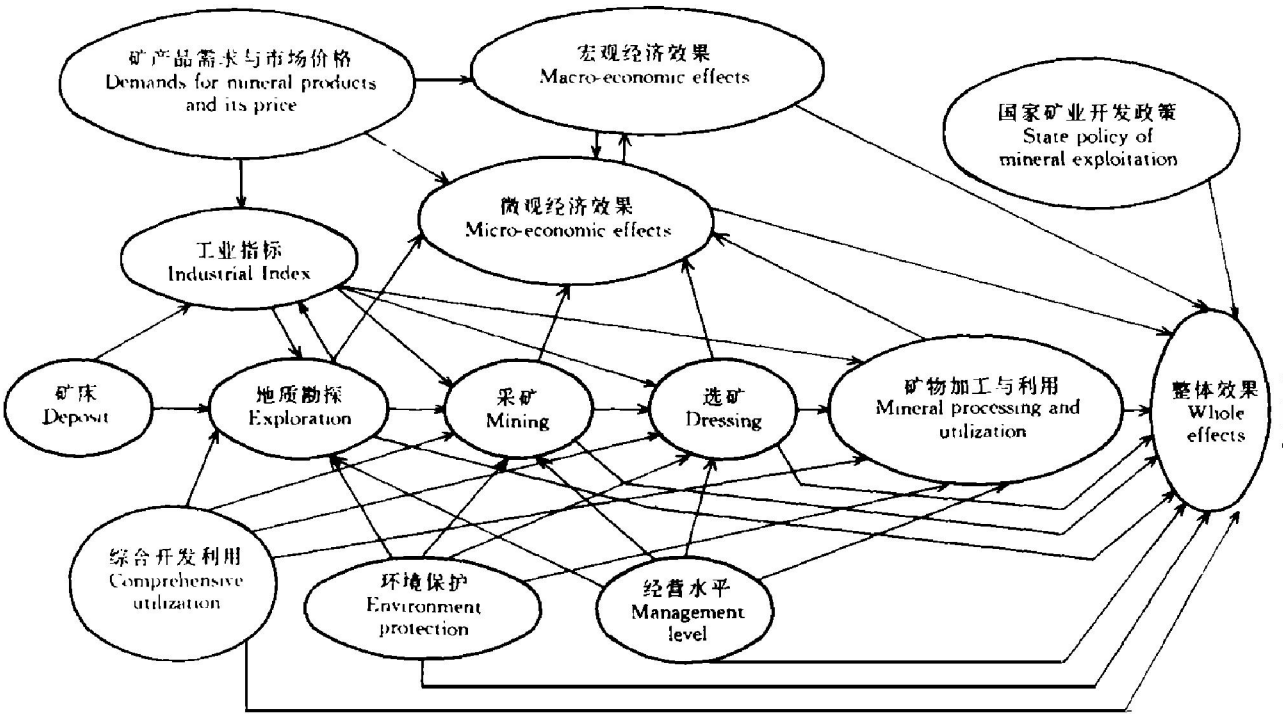


图 1 基于经济评价的矿床开发系统

Fig. 1 Economic evaluation based system for deposit exploitation

从而使多目标分析模型成为该系统的总控模型。当然,多目标分析模型并不能代替系统中的基础模型。多目标分析模型是对系统进行协调和控制,以便寻求系统的总体最优状态,而基础模型则是对系统的局部状态或过程进行预测或仿真。因此,就功能而言,基于经济评价的矿床开发多目标集成系统是集预测、模拟及优化于一体。

2.3 多目标集成系统的组成与结构

图3是基于经济评价的矿床开发多目标集成系统的结构示意图。

(1) 矿床模型

主要提供矿床空间分布的模拟模型及其品位与储量值,并给出矿床平均品位、矿床储量随最低工业品位变化的规律(函数)。在本研究中我们建立了基于神经网络的二维矿床模型^[5]。

(2) 采选方案选择模型

采用专家系统技术,依据矿床开发技术条件,给出适宜于某矿床开采的采矿方法、选矿方法的技术方案^[6]。

(3) 投资、成本估算模型

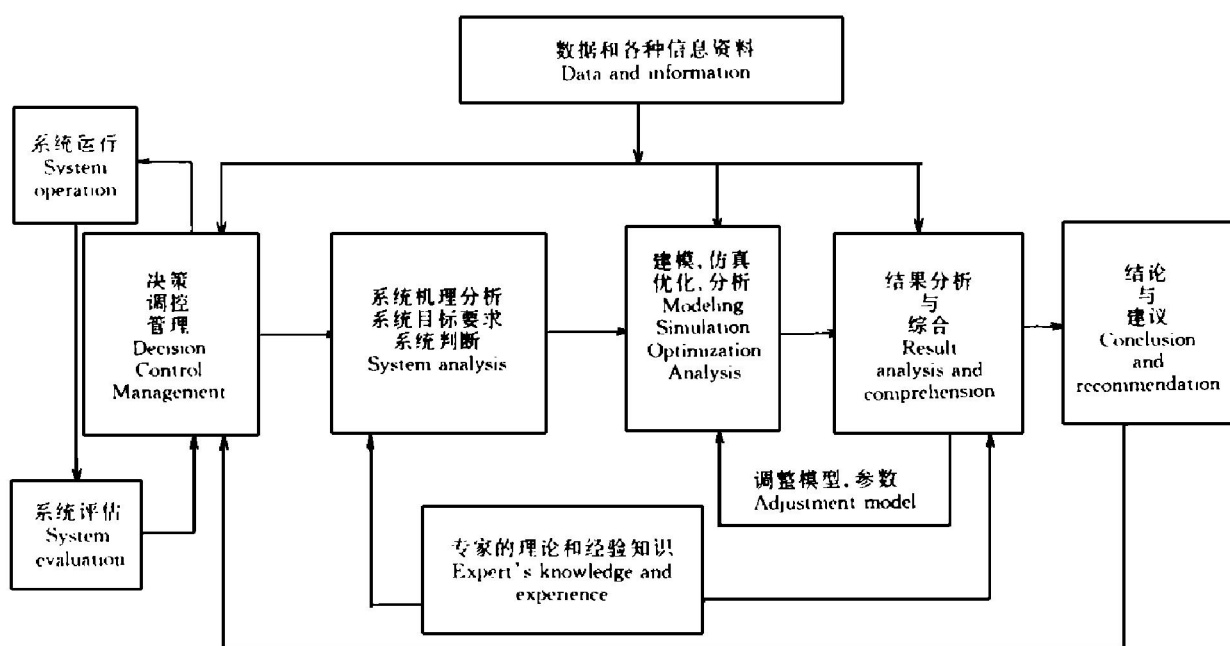


图2 定性与定量综合集成方法^[4]

Fig. 2 Comprehensive methodology with qualitative and quantitative integration^[4]

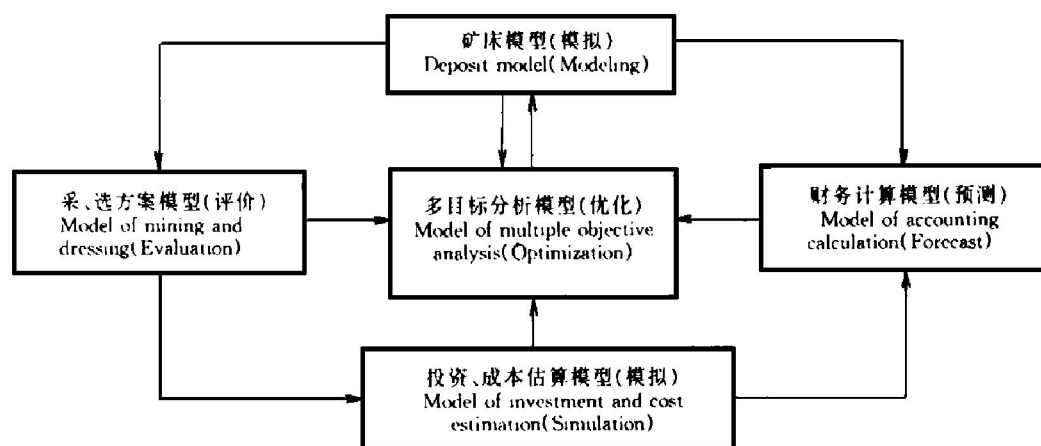


图3 多目标集成系统结构示意图

Fig. 3 Sketch of multiple objective integrated system structure

针对不同的采、选技术方案,应用回归分析法拟合得到投资、成本与矿床开发规模、最低工业品位之间的关系。

(4) 财务计算模型

给出关于总利润额、投资利润率、静态投资回收期、总现值、财务净现值、财务净现值率、财务内部收益率、动态投资回收期等8个财务指标计算模型。

(5) 多目标分析模型

它是从整体的角度协调经济、资源与技术各目标在矿床开发利用中的矛盾,从而达到资源、经济与社会的可持续发展^[7]。通过模型求解与决策分析过程,决策者可以分析不同的工程与管理策略对各目标的影响,从而最终确定合适的矿床开发方案。

3 多目标分析模型的建立

3.1 决策变量

由于矿床开发的工业指标与矿山开发的规模是矿床开发决策中的两个重要决策变量,因此,目前本研究首先建立了以它们为决策变量的多目标分析模型。

3.2 确定规划目标

据文献[2]所讨论的矿床开发的多目标决策准则,参照类似条件矿山的有关设计或经营指标,结合投资部门或决策部门对矿床开发效果的具体要求(称之为决策者的合理意向),确定规划的目标。显然,这样确定的目标可能是相互矛盾的,而且有时不可能全部达到,但这对问题的求解无关紧要。而我们要做的事情就是寻找某个可行解,使这些目标的期值如何最好地,最接近地得以实现。

3.3 规划的约束条件集成

从矿床模型、采选方案选择模型、投资与成本估算模型以及财务指标计算模型中提炼出目标与目标之间、目标与资源之间、目标与技术之间的基本关系,依照其内部联系集成于一体,构成多目标分析模型的约束条件。这些关系既构成对单个目标的约束,又反映了各个目

标间的制约的关系。因此,系统的集成在模型构成中得以实现。概括起来约束条件分为两大类:一是资源与技术约束类,二是目标约束类。

3.4 达成函数

在达成函数中,把必须严格满足的资源与技术约束所对应的偏差变量列为第1个优先级(r_1),然后按各个目标的重要程度所划分的等级,依次将它们对应的偏差变量列为第2、第3...第 k 优先级,即 $r_2, r_3 \dots, r_k$ 优先级。

3.5 模型的求解方法

上述模型是一个多目标非线性规划模型,针对非线性规划目前国内外仍没有一个通用的算法^[8],在本研究中为了便于决策者参与决策,采用了交互式模式搜索求解方法。

4 应用研究

某矿西区矿床有待开采,但究竟如何开采?以多大的规模来开采?这是在向设计部门提出对西区矿床作进一步可行性研究时,矿山生产部门一直难以决策的问题之一。以此为工程应用背景,作者曾应用前述的矿床开发的多目标集成系统,结合以下几个方面做了研究。

4.1 品位与储量的变化规律

应用多目标集成系统中的基于神经网络的二维矿床模型(局部模型),模拟西区IV号矿体的品位空间分布特征,图4是其-620m水平的TFe品位分布等值线图,图中所表现出的两侧贫,中间富的特征与原始资料能较好地吻合。研究得到了矿床储量(Q)与工业品位(C_i)及矿床平均品位(C)与工业品位(C_i)之间的关系。

4.2 矿床开采方案选择

采用采选方案选择专家系统模型(局部模型),确定了西区矿床开采的开拓方案和采矿方法,分别为下盘主副井开拓(可信度 $CF=0.71$)和无底柱崩落法(可信度 $CF=0.76$)。表1及表2列出了专家系统给出的推荐方案。

4.3 最低工业指标与生产规模的优化

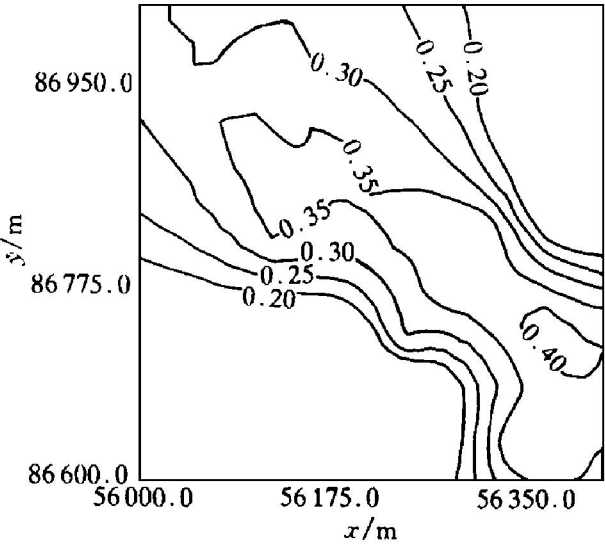


图 4 西区- 620 m 水平 TFe 品位分布等值线图

Fig. 4 Isogram of Fe grade (TFe) distribution in - 620 m of west area
(The results of ANN model)

表 1 推荐的采矿方法

Table 1 Mining methods recommended				
No.	Mining method	Ore loss/ %	Ore dilution/ %	C. F.
1	Filling method	5~ 7	6~ 9	0. 73
2	Caving method	15~ 19	15~ 23	0. 76
3	V. C. R. method	5~ 7	8~ 10	0. 72
Conclusion	Caving method	15~ 19	15~ 23	0. 76

表 2 推荐的开拓方案

Table 2 Development schemes recommended		
No.	Development scheme	C. F.
1	Vertical shafts system	0. 71
2	Vertical and inclined shafts	0. 62
Conclusion	Vertical shafts system	0. 71

以上述研究为基础, 结合投资与成本估算模型、财务指标计算模型所建立的多目标分析模型的解算结果表明: 该矿西区开发的合理工业品位指标是 $C_i=25\%$ (TFe), 最佳的开发规模为 $M=240$ 万 t/a。而且按此开采西区时, 能达到财务净现值 7958. 89 万元, 内部收益率可以超过 13%, 动态投资回收期约为 6 年(6. 185 年)。

上述研究结果, 为西区的开发提供了科学决策的依据。

5 结语

基于经济评价的矿床开发系统是一个多目标的复杂大系统, 应用定性定量相结合的系统分析方法并建立其多目标集成计算系统, 是实现矿床开发全局优化决策的有效途径。研究表明, 基于经济评价原理的矿床开发优化决策多目标集成系统, 集模拟、预测、评价与优化于一体, 为矿床开发的决策分析提供了崭新的手段。

REFERENCES

1 Wei Yiming(魏一鸣) and Tong Guanxu(童光煦). J of Gold(黄金), 1995, 16(8): 10- 13.

2 Wei Yiming(魏一鸣). PhD Thesis(博士学位论文). University of Science & Technology Beijing(北京科技大学), 1996: 1- 2.

3 Qian Xuesen(钱学森), Yu Jingyuan(于景元) and Dai Ruwei(戴汝为). J of Natural(自然杂志), 1990, 13(1): 1- 10.

4 China ASE. Complex Megasytem(复杂巨系统). Beijing: Science and Technology Press, 1994: 51.

5 Wei Yiming(魏一鸣) and Tong Guangxu(童光煦). China's Manganese Industry(中国锰业), 1995, 13(5): 9- 12.

6 Wei Yiming(魏一鸣) and Chen Xiaohua(陈孝华). Computer Application and Software(计算机应用与软件), 1995, 12(5): 17- 21.

7 Chen Shupeng(陈述彭). Geor Informatics and Regional Sustainable Development(地球信息科学与区域持续发展). Beijing: The Publishing House of Surveying and Mapping. 1995: 105.

8 Philip E. Practical Optimization. London: Academic Press. 1981: 108.

MULTIPLE OBJECTIVE INTEGRATED SYSTEM FOR DECISION MAKING OF DEPOSIT EXPLOITATION BASED ON PRINCIPLE OF ECONOMIC EVALUATION

Wei Yiming

LREIS, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, P. R. China

Liu Ming

Wuhan Institute of Chemical Technology, Wuhan 430074, P. R. China

Tong Guangxu

Beijing University of Science and Technology, Beijing 100086, P. R. China

ABSTRACT From the view point of system theory, the concept of system of deposit exploitation based on the principle of economic evaluation was described. On the basis of comprehensive methodology with qualitative and quantitative integration, the economic evaluation based on multiple objective integration method was analyzed and its computer system was identified. The deposit model, model of mining method selection and estimation model of costs and investments as well as the calculation model of economic index acted as the core of this system, while the multiple objective analysis model took the position of top model. In addition, forecast and simulation and optimization were also integrated. The preliminary application was illustrated with an example.

Key words deposit exploitation economic evaluation multiple objective decision integration system

(编辑 何学锋)