

矿产资源开发决策 智能化集成方法

魏一鸣 著

中国科学技术出版社

矿产资源开发决策 智能化集成方法

**Intelligence Integrated Methodology
for the Decision Making on
Mineral Resource Exploitation**

魏一鸣 著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

矿产资源开发决策智能化集成方法/魏一鸣著. —北京: 中国科学技术出版社, 2001. 1

ISBN 7-5046-3001-2

I. 矿... II. 魏... III. 矿产资源—资源开发—智能决策—研究 IV. F407.1-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 02232 号

中国科学技术出版社出版

北京海淀区白石桥路 32 号 邮政编码: 100081

电话: 62179148 62173865

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

北京科地亚印刷厂印刷

*

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/32 印张: 6.75 字数: 157 千字

2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1—500 册 定价: 13.00

(凡购买本社的图书, 如有缺页、倒页
脱页者, 本社发行部负责调换)

序

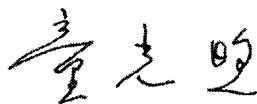
人口膨胀、资源紧缺、环境污染与生态破坏被认为是当今全球性的重大问题，严重威胁着未来人类的生存和发展。因此，开展对矿产资源合理利用的研究，已受到各国政府的普遍关注。矿产资源经济评价工作作为矿产资源合理利用的核心课题之一，为矿产资源勘探、设计及开发等决策提供依据。

矿产资源开发决策是矿产资源开发过程中具有全局性的重要而复杂的问题，其涉及地质学、采矿学、计算机学、信息科学、系统科学、管理科学、经济学等众多学科。运用智能决策技术，作为矿产资源开发科学规划、决策和管理的手段，对矿产资源可持续开发的能力进行评价和预测，最终为投资决策部门的科学决策和矿山设计部门的优化设计提供比较客观的信息咨询服务，难度是相当大的。为此，作者从系统论的观点出发，提出了矿产资源开发复杂大系统的概念，应用定性和定量相结合的集成方法，开展了基于经济评价的矿产资源开发决策智能化集成方法的理论体系研究，探讨了其“人—机”智能决策技术，并对其智能决策支持系统的软件系统进行了开发和研制。运用人工神经网络技术，提出矿产资源品位估算的新方法。结合输入模式的信息提取及量化、估值区域的划分、神经网络的构造、训练与估值等问题，系统地探讨了基于神经网络的矿床品位估算原理及其实施技术。深入研究了矿山建设方案，选择专家系统研制中的不确定性推理，及知识的表达、信息的交互等关键技术问题。建立了用于品位指标优化和生产规模优化的矿产资源开发技术经济评价多目标规划数学模型。解决了矿产资源开发系统中某些重要决策变量的寻优控制问题。运用模糊集值统计原理，提出了基于经济评价的矿产资源开发决策风险分

析的量化处理方法。作者在上述诸方面所进行的有益尝试,无疑使矿产资源开发决策的理论研究提高到了一个新的高度。

以程潮铁矿为工程背景,全面应用上述理论、方法和技术,系统地开展关于程潮矿产资源西区开发建设中技术与经济决策的研究,为读者提供了深入浅出,“看得见,摸得着”的工作模式,便于操作。

魏一鸣博士,数理功底扎实,知识广博,早在其硕士学位研究课题中就曾开展过人工智能技术与系统最优化理论在矿产资源开发决策中应用研究。1993年以来,在国家教委博士点基金委员会及中国博士后基金委员会的支持下,轻车熟路,开展了基于经济评价的矿产资源开发决策智能化集成方法的理论及其应用研究。从感性到理性来说,都是联系实际、得心应手的,其成功并非一日之功。他的这一论著的出版,对于定性与定量的综合集成技术在矿业中的应用是成功的,对于促进 21 世纪矿业科学与系统科学、计算机科学、信息科学的交叉与结合的深入研究也是大有裨益的。为此,欣然命笔为序,以记心得,并志祝贺。



1999 年 1 月 11 日

Abstract

At present, population explosion, resource shortage, environmental pollution and ecological destroy are worldwide considered as the great problems imperiling the future existence and development of mankind. So, the study on the reasonable utilization of minerals is paid close attention by the government of each country. As one of the key researches on the reasonable mineral utilization, the technical and economic evaluation in deposit exploitation is used for making decision on deposit exploration, mine design, deposit exploitation and so on.

Upon the analysis of achievements on the decision of deposit exploitation in recent years, author accords to the problems and the trend decision of deposit exploitation in China, comprehensively applying the advance theory and technology such as System Engineering, Knowledge Engineering, Software Engineering, Computer Technology, Information Engineering, Artificial Intelligence and Management Science and so on, to carry out the studies on the theory and the application of intelligence integrated methodology for the decision making of deposit exploitation based on economic evaluation.

From the system theory view point, the author puts forward the concept of Complex Large System of Mineral Resources exploitation. Based on the comprehensive methodology with qualitative and quantitative integration, the technique of man-machine intelligent decision making for economic evalua-

tion based decision of deposit exploitation is investigated and the software of intelligent decision support system is developed. Therefore, a newly theoretical system on technical and economic evaluation of deposit exploitation will get a further improvement.

A new method to estimate the grade of deposit is presented by using the neural network technology. Its estimation principle and implementation technology are investigated with the information extracting and quantifying of input patterns, valuation area delineating, neural network constructing, neural network training, grade estimating and so on. It approves that the utilization of projecting of functional approximation for grade estimation is a useful method and shows higher potential.

For the further study on some key technical problems about developing the expert system for the selection of mine construction plan of deposit exploitation, such as uncertain reasoning, knowledge representing, information exchanging etc. . The study shows that based on the uncertain reasoning model of certainty factor, it makes the selection of mine construction plan by expert system to use natural language of man machine conversation to be become possible; by applying static knowledge base, productive rule base and dynamic knowledge base constructing a method of knowledge bases to solve the knowledge storage in expert system for selection of mine construction plan; and adopting the information transmission of file exchange mechanism, successfully implementing the information

exchange between intelligence language and calculation language.

The mathematical models for multipurpose of planning of technical and economic evaluation of deposit exploitation are studied for the optimization of grade index and feasible mine capacity, so that the optimization of some important decision variables of the deposit exploitation system can be solved.

The qualitative method for risk analysis decision of deposit exploitation based on economic evaluation is investigated, according to the principle of fuzzy statistics.

Based on the engineering background of Chengchao Iron Mine, the mentioned technologies are applied for systematical study of the technology and economy decision on west area of Chengchao deposit. The conclusion can provide not only the scientific basis for the government decision making but also as a reference on mine optimization design for the mine design department.

Through the studies mentioned in this book, a newly effective approach is presented for the technical and economic evaluation of mineral resources exploitation. It is also very significant on theory and practice for the decision making of optimization of deposit exploitation in the world.

前 言

目前,我国正处于经济起飞阶段,国家经济实力的增强和人民生活水平的提高,极大地依赖于人类对矿产资源的利用。而随着社会的发展,科技的进步,人口的增长,矿产资源的消耗也越来越快。因此,开展对矿产资源的合理利用的研究,已成为我国政府关注的问题之一。矿产资源技术经济评价(又称矿产资源经济评价)工作作为矿产资源合理利用的核心课题,为矿产资源的合理利用以及矿业投资开发提供决策依据。

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,矿产资源技术经济评价在矿产资源的科学管理和决策中占有重要的地位。在国外,矿产资源技术经济评价工作已经广泛地应用于矿产资源的开发决策中,而且大量使用电子计算机作为辅助工具。我国在这方面的研究工作只是刚刚起步。在过去,不少矿山因一开始没做好矿产资源技术经济评价工作,使不该投入资金进行再勘探或开发的矿产资源却因未能及时做出决策,而越陷越深,不仅无一点经济效益而言,而且破坏了环境,给国家背上了包袱。随着改革开放的不断深入和市场经济的调节作用,开展矿产资源技术经济评价不仅必要而且非常迫切。另一方面,由于历史的原因,使得当前我国在矿产资源技术经济评价研究工作方面,不论在理论上,还是在方法、手段上均与国外存在一定的差距。因此,在国际竞争日趋激烈的形势下,研究如何在现有成功的经验的基础上,应用现代科学中出现的新理论、新技术、新手段完善我国矿产资源技术经济评价

的理论和方法已是迫在眉睫的工作。

与此同时，随着社会的进步，科技的发展，新的理论和方法不断涌现。例如，众所周知的“旧三论”（系统论、信息论、控制论），“新三论”（耗散结构论、协同论、突变论）以及专家系统、神经网络等理论和技术的出现，为解决这一问题领域的问题提供了一条崭新而有效的途径。矿产资源开发系统是一个复杂的系统，复杂性科学为解决这一系统的决策问题提供了新的思路。

因此，开展基于经济评价的矿产资源开发决策理论及其智能决策支持系统的研究，一方面，在我国改革开放和市场经济的新形势下，可更好地使矿产资源的开发利用满足国民经济的需要；另一方面，在已有成功经验的基础上，应用新的理论、方法和手段，可进一步完善矿产资源开发决策理论和方法。更需值得一提的是，为管理科学、系统科学、计算机科学、人工智能理论及其他新理论和方法在矿业中的应用开辟了一个新的领域。结合本课题研究所开发的软件系统，可为矿产资源开发决策提供一套新的手段和模式，从而为矿产资源的合理开发提供科学可靠的决策依据。

矿产资源开发的技术经济评价是一项复杂的系统工程，它贯穿于矿产资源开发的全过程；但由于不同的阶段其评价的目的不尽相同，本书讨论的技术经济评价是针对已完成矿产资源详细勘探工作的待开发矿产资源的技术经济评价。矿产资源技术经济评价的目的，一是确定矿产资源开采的经济价值和社会经济效益，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”；另一个是在经济效益极大化的条件下，为待开发的矿山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的侧面的问题。但是对于一个待开发的矿产资源的技术经济评价,我们认为其研究的目的应该是: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,矿产资源应该如何开采?才能实现一定的矿产资源开发目标。换句话说,应用矿产资源技术经济评价的原理,实现矿产资源开发的全局优化决策。从而为工业部门(投资者)提供科学的决策依据或为设计部门提供设计参考。由于矿产资源品位指标和矿产资源开发规模是矿产资源开发建设中的两个重要决策变量,因此,全书将从矿产资源经济评价的角度出发,应用现代科学中出现的新方法,重点探讨矿产资源开发中关于上述两个重要决策变量的全局优化决策问题。

本课题的研究就是基于上述思路而开展的。与此同时,我们于1994年4月底,将此课题向国家教委博士点基金委员会提出申请资助,并于同年得到批准立项(项目号:9400816),其后,为了进一步完善这一研究工作,中国博士后科学基金委员会,于1996年也对此研究工作进行了资助。全书就是这两个课题研究工作的理论总结。

目 录

前 言

第一章 绪论	(1)
§ 1.1 矿床经济评价研究概况	(1)
§ 1.1.1 矿床技术经济评价	(1)
§ 1.1.2 国外矿床经济评价研究状况	(2)
§ 1.1.3 国内矿床经济评价研究状况	(5)
§ 1.2 矿床品位估值方法研究概况	(7)
§ 1.2.1 传统估值方法	(8)
§ 1.2.2 地质统计学方法	(9)
§ 1.2.3 人工智能方法	(11)
§ 1.3 矿山建设方案选择方法研究新进展	(13)
§ 1.3.1 数值决策方法	(13)
§ 1.3.2 智能决策法	(16)
§ 1.4 人工智能在矿业中应用的过去、现在与未来	(18)
§ 1.4.1 历史回顾——ES 的开发和应用	(19)
§ 1.4.2 研究现状——ANN 崛起	(23)
§ 1.4.3 未来发展——智能化集成系统的研制	(30)
§ 1.5 研究思路和全书的安排	(31)
参考资料	(37)

第二章 矿产资源开发复杂大系统理论及其智能决策

技术	(45)
§ 2.1 引言	(45)
§ 2.2 矿产资源开发复杂大系统	(46)
§ 2.3 基于经济评价的矿产资源开发决策智能化集	

成方法·····	(50)
§ 2.3.1 定性定量综合集成方法·····	(50)
§ 2.3.2 基于经济评价的矿产资源开发多目标 决策·····	(52)
§ 2.4 基于经济评价的矿产资源开发智能决策技术·····	(60)
§ 2.4.1 多级专家系统的结构方案·····	(61)
§ 2.4.2 基于经济评价的矿产资源开发智能决 策支持系统设计·····	(62)
§ 2.4.3 基于经济评价的矿产资源开发智能决 策支持系统各工程模块划分·····	(66)
§ 2.4.4 基于经济评价的矿产资源开发智能决 策支持系统安装与运行·····	(69)
§ 2.5 本章小结·····	(72)
参考资料 ·····	(73)
 第三章 基于神经网络的矿产资源品位估算方法研究 ···	(75)
§ 3.1 引言·····	(75)
§ 3.2 理论基础·····	(76)
§ 3.2.1 神经网络及神经元结构·····	(76)
§ 3.2.2 多层前馈神经网络(多层感知机)·····	(79)
§ 3.2.3 前向多层神经网络学习算法 ——反传学习算法·····	(81)
§ 3.2.4 基于神经网络的区域化变量估算原理·····	(86)
§ 3.3 基于神经网络的矿产资源品位估算方法·····	(86)
§ 3.3.1 输入模式的信息提取及量化·····	(86)
§ 3.3.2 区域的划分·····	(87)
§ 3.3.3 用于估值的神经网络结构·····	(88)
§ 3.3.4 神经网络的训练·····	(89)

§ 3.3.5 品位估值·····	(89)
§ 3.4 基于神经网络的品位估值方法应用实例·····	(90)
§ 3.5 本章小结·····	(94)
参考资料 ·····	(95)

第四章 矿山建设方案选择专家系统程序设计中若干

技术问题探讨 ·····	(96)
§ 4.1 引言·····	(96)
§ 4.2 推理系统·····	(97)
§ 4.2.1 MES(专家咨询子系统)推理技术 ·····	(97)
§ 4.2.2 MES 控制策略 ·····	(100)
§ 4.2.3 不确定性推理模型 ·····	(101)
§ 4.3 知识的表达及知识库 ·····	(106)
§ 4.4 智能语言与算法语言之间的信息交互模式 探讨 ·····	(111)
§ 4.5 本章小结 ·····	(113)
参考资料 ·····	(114)

第五章 矿产资源开发优化决策多目标规划数学模型 ····· (115)

§ 5.1 引言 ·····	(115)
§ 5.2 建模参数与经济评价指标计算方法 ·····	(117)
§ 5.2.1 建模参数取值原则 ·····	(117)
§ 5.2.2 矿产资源经济评价指标计算方法 ·····	(123)
§ 5.3 基于经济评价的矿产资源品位指标与生产规模优化 数学规划模型 ·····	(127)
§ 5.3.1 决策变量 ·····	(127)
§ 5.3.2 规划的目标要求 ·····	(127)
§ 5.3.3 规划的资源与技术约束 ·····	(128)

§ 5.3.4 模型的约束条件	(129)
§ 5.3.5 达成函数	(130)
§ 5.4 模型的解算方法	(130)
§ 5.4.1 模式搜索法	(131)
§ 5.4.2 算法程序	(132)
§ 5.5 本章小结	(133)
参考资料	(133)

第六章 矿产资源开发决策的不确定性分析方法研究

.....	(135)
§ 6.1 问题的提出	(135)
§ 6.1.1 基于经济评价的矿产资源开发决策的不 确定性	(135)
§ 6.1.2 基于经济评价的矿产资源开发决策不确 定性分析的研究内容	(136)
§ 6.1.3 基于经济评价的矿产资源开发决策不确 定性分析方法	(137)
§ 6.2 基于模糊集值统计的矿产资源开发决策不确 定性分析方法	(138)
§ 6.2.1 不确定性分析的数学模型	(138)
§ 6.2.2 基于模糊集值统计的不确定性信息处理	(139)
§ 6.2.3 基于经济评价的矿产资源开发决策的不 确定性估计	(141)
§ 6.3 实例分析	(142)
§ 6.4 本章小结	(146)
参考资料	(147)

第七章 武钢程潮铁矿西区开发技术与经济决策 ·····	(148)
§ 7.1 问题的提出 ·····	(148)
§ 7.2 矿床地质 ·····	(149)
§ 7.2.1 程潮铁矿概况 ·····	(149)
§ 7.2.2 矿体特征 ·····	(150)
§ 7.2.3 矿石储量 ·····	(151)
§ 7.2.4 矿床开采技术条件 ·····	(151)
§ 7.3 西区品位与吨位关系的研究 ·····	(152)
§ 7.3.1 研究区域的确定 ·····	(153)
§ 7.3.2 基于神经网络的品位估值研究 ·····	(153)
§ 7.3.3 品位函数关系研究 ·····	(158)
§ 7.4 西区开发技术方案的选择 ·····	(161)
§ 7.5 西区开发品位指标与生产规模优化决策 ·····	(163)
§ 7.5.1 参数选取 ·····	(163)
§ 7.5.2 经济数学模型 ·····	(164)
§ 7.5.3 模型的解算及结果讨论 ·····	(167)
§ 7.6 西区开发技术经济决策中的不确定性分析 ···	(169)
§ 7.6.1 不确定性信息处理 ·····	(170)
§ 7.6.2 决策结论的不确定性分析 ·····	(171)
§ 7.7 本章小结 ·····	(173)
参考资料·····	(174)
 第八章 结论与展望 ·····	 (175)
§ 8.1 研究的主要结论 ·····	(175)
§ 8.2 展望 ·····	(179)
后记·····	(181)
附录 1~附录 8 ·····	(183)

第一章 绪 论

长期以来，一直是凭经验解决矿产资源开发中的一些技术与经济决策问题^[1]。近 20 年来，随着各种新的学科理论和技术出现，并通过世界各国矿业工作者的不懈努力，矿产资源开发决策也在不断地向定量化、科学化、自动化等方向发展。因此，现在对矿产资源开发决策中的一些重要的技术与经济问题，可以系统地通过模拟分析、图解判断、优化选择和科学评价等方法得到解决。毫无疑问，在各种新技术的支持下，矿产资源开发决策的方法、理论体系及其手段都得到了不断的发展。本章首先对与本课题研究相关的主要领域的国内外研究状况进行回顾和综述。

§ 1.1 矿床经济评价研究概况

§ 1.1.1 矿床技术经济评价

矿床技术经济评价又名矿床经济评价或矿床价值评价。在资本主义国家也称为矿床的货币评价^[2]。它是在矿床地质评价的基础上，根据矿床的技术条件和经济条件，对探明矿产量在未来一定时期内进行工业开发的经济效益所做的预估。矿床经济评价是在技术可行的基础上进行的一项经济效益的评价，必须具备矿床开采和矿石加工技术可行的条件；经济效益评价是