

● 蔡美峰 著

金属矿山采矿设计 优化与地压控制

——理论与实践



科学出版社

金属矿山采矿设计优化与地压 控制——理论与实践

蔡美峰 著

科学出版社

内 容 简 介

本书简要介绍了当前我国金属采矿面临的主要问题和应采取的对策,系统阐述了金属矿山采矿设计优化和矿山地压控制的基本思想、理论和方法,包括采矿设计优化的目标和内容,采矿方法选择和设计优化应考虑的主要因素,采矿设计优化的主要方法和实施步骤等。对采矿设计优化和矿山地压控制研究中广泛采用的数值模拟、人工智能、灰色理论等计算分析方法进行了简明、系统的介绍。本书还以作者负责完成的一系列采矿工程科研项目为背景,用较大篇幅介绍了四个工程实例,生动说明了上述基本理论和方法在采矿工程实践中的应用和所取得的重要成果。

图书在版编目(CIP)数据

金属矿山采矿设计优化与地压控制——理论与实距/蔡美峰著.
—北京:科学出版社,2001.4
ISBN 7-03-009219-8

I. 金… II. 蔡… III. ①金属矿山开采-最优设计②金属矿山开采-矿山压力-控制 IV. TD85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 06963 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001 年 4 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16
2001 年 4 月第一次印刷 印张: 10 1/4 插页: 4
印数: 1-1 000 字数: 260 000

定价: 26.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈杨中〉)

前 言

采矿是一项古老的工业，我国的金属采矿业可以追溯到几千年以前。人类的文明时代是从使用金属工具开始的，人类文明的阶段也是由使用不同的金属工具而划分的。采矿业为人类社会的发展作出了重要贡献。但是随着人类文明的不断进步，许多新兴的工业和现代科学技术得到迅速发展，而采矿业和采矿科学技术的发展相对缓慢。传统的采矿设计采用的是经验类比法，靠“查手册”来进行开采方案的设计和确定采场结构参数，以致于长期以来，人们习惯地认为采矿只是一门工艺，而不是一门科学。造成采矿设计和技术落后的主要原因是采矿是一门极为复杂的工程。其复杂性既在于开采结构的复杂性，也在于开采条件和环境的复杂性。采矿不是没有学问，而是学问无穷，它是一门复杂的系统科学工程。采矿技术的发展依赖于其他科学技术的发展，入地比登天还难。这不但解释了采矿科学技术发展缓慢的原因，而且展示了采矿科学技术发展的巨大前景。

当采矿规模较小，并在近地表的范围内进行开采的时候，经验类比和定性分析的设计方法是可行的。但是，随着开采规模的不断扩大和开采深度的逐渐增加，经验类比的方法已经失去了意义。为了保证开采的安全，提高开采的效益和效率，必须进行采矿设计的定量计算和分析。根据每个矿山的具体工程地质条件，矿体赋存状况和所追求的技术经济指标，通过定量的计算、分析、比较，确定合理的开采方法、采场结构参数、开采顺序和地压控制措施等，从而实现采矿决策科学化和设计优化。

地下采矿设计优化就是以最合理、最安全、最经济的方式将埋藏于地下的矿石开挖出来。由于矿体赋存于复杂的地层（岩体）中，并有复杂的地应力作用，而人们对岩层、矿体和地应力

的认识都是非常有限的。它们中存在着大量的不确定性因素，再加上采矿是多步骤多次开挖过程，因而其最终的力学效应和稳定性状态具有多样性。采矿方法的选择除了受到地层、矿体自身条件的限制外，还受到安全、经济和环境要求的约束，影响采矿设计和决策的因素非常多。所以采矿方法的选择和设计优化不是一个单因单果的问题，也不是通过简单的力学计算或经济分析就能决定的。采矿是一个复杂的系统工程，必须用系统论的原则、不确定性和非线性研究方法、多目标决策理论才能解决采矿设计的优化问题。

根据系统论的原则进行采矿设计优化，首先要建立一个优化分析系统，该系统要包括影响采矿设计和施工的各种主要因素。同时要确定优化目标，目标不是单一的，而是多元化的，“安全、经济、高效和有利于环境保护”是采矿工程所追求的共同目标。单对每一个具体工程，要求的目标侧重可能不一样。然后，通过采用计算机数值模拟、神经网络、专家系统和灰色理论决策分析等现代技术手段，对众多的开采技术方案和工艺流程进行定量计算和分析，考虑多因素的影响，进行多目标的评价，从中筛选出一种最适合具体工程条件的开采方案。因此进行设计优化必须从实际出发，进行系统的可行性研究。采矿设计优化所确定的开采系统的最优结构和最好功能不是绝对的，是相对于一定的系统环境条件而言的。也就是说优化是相对的，而不是绝对的。离开了具体的系统环境条件，包括工程地质条件、矿体赋存状况、开采技术条件和经济条件来研究开挖系统优化是没有实际意义的。

地压控制或称地压管理是采矿设计、采矿方法试验和采矿开采过程中的第一重要问题。地压控制的基本理论就是掌握开采过程中巷道和采场围岩的应力、应变分布规律，开采结构系统的变形和破坏情况，并采取合理的措施，控制开采系统有害的变形和破坏，保持开采系统的稳定性，保证生产的安全。因此，地压控制的目标和开采设计优化的目标之一“安全”是完全相同的，开采设计优化的“力学研究”实际就是地压控制的优化研究。

根据现代岩石力学的基本理论，地压控制的核心和关键是采用一切手段保持和提高围岩的强度，充分利用围岩的自身的强度来保持开采系统的稳定性。任何采矿活动都是通过对地层的开挖来完成的，采矿开挖破坏了地层的原始平衡状态。地压显现就是地层失去平衡引起的，是地层为了达到新一轮平衡的一种自我调节的行为。这是地层或采矿系统自组织功能的一种反映。地压控制必须完全、充分认识和利用这种自组织功能，允许适度的地压显现存在。但是不能完全等待地层通过“自组织”达到新的平衡，那样就可能在达到新的平衡的过程中将原有的采矿系统也破坏了。而是要在适当的时候，采取适当的方式，帮助地层达到新的平衡状态。这就是地压控制所要完成的工作。为了有效地完成开采过程中的地压控制工作，就必须首先对开采过程中的地压活动规律有充分的了解和认识。利用数值模拟、物理模拟等手段，在方案设计阶段即可模拟显示开采全过程，对开采过程中的地压活动规律进行预测，从而为地压控制提供相应的依据。同时，通过开采过程中的现场监测，实时掌握开采地压显现情况，就为及时采取相应的措施控制有害的地压活动，防止开采系统的失稳破坏提供了保证。

为了实现采矿设计优化，就必须实现地压控制的优化。只有有效控制地压活动，才能够在保证开采系统稳定和生产安全的前提下，最大限度地减少支护工作量，减少支护和开拓成本，最大限度地提高采矿强度和生产效率，增加矿石产量，大幅度提高企业的经济效益、社会效益和环境效益。减少支护工作量的前提就是要避免开采过程中有害的剧烈的地压显现的发生，如围岩中的过度的应力集中、过量的位移和大范围能量聚集区的出现。这是在开采设计优化中应优先考虑的问题。

因此，开采设计优化和矿山地压控制的目标是一致的，有效控制开采过程中的地压活动，保证开采系统的稳定性，是采矿设计优化的主要内容。大型计算机的出现和各种数值分析方法、人工智能方法、灰色理论、非线性科学和不确定性研究方法的兴

起，为进行采矿设计的定量计算和分析，实现开采设计和地压控制的优化提供了有力的工具。

本书前四章主要介绍了我国金属矿山面临的主要问题和应采取的对策，提高我国金属矿山企业的开采技术水平和管理水平，进行采矿设计优化，充分回收和利用现有的有限资源，是克服我国金属矿产资源供应不足、企业竞争能力不强的重要途径；系统阐述了金属矿山采矿设计优化的基本思路、理论和方法，包括采矿设计优化的目标和内容，影响采矿方法选择和设计优化的主要因素，采矿设计优化的主要方法和实施步骤等；对采矿设计优化中广泛使用的正交设计方法、数值分析方法、人工智能（专家系统、神经网络）方法、灰色理论、地下采矿多步开挖决策分析方法等及其应用现状做了简明、系统的介绍。

本书后四章介绍了根据上述基本思路和理论完成的4个矿山采矿方法和地压控制研究的工程实例。每章介绍一个工程实例，分别对应一个国家或部级科研项目。其中：第五章对应“新城金矿复杂条件矿床采矿方法研究”，国家“九五”重点科技攻关项目；第六章对应“山东省玲珑金矿田深部岩石力学与深部采矿方法研究”，冶金部黄金重点科技项目；第七章对应“金川二矿区二期工程无矿柱大面积连续开采的稳定性及其控制技术研究”，中国有色金属工业总公司重点科技项目；第八章对应“海沟金矿地压活动规律与控制方法试验研究”，冶金部黄金重点科技项目。当然，本书只涉及各项目有关采矿设计优化与矿山地压控制研究的部分，未包括各项目的全部内容。新城金矿的崔仑和刘国富副矿长、玲珑金矿的陈玉民副矿长和吴肇元总工程师、金川有色金属公司的刘同有副经理和宋国仁副总工程师、海沟金矿的卜庆安和张树学矿长为领导和组织各自矿山的项目实施耗费了大量心血，有关的生产和技术负责人及广大工程技术人员也付出了大量的辛勤劳动。在新城金矿的项目实施过程中，以韦华南高级工程师为首的长春黄金研究院科研组完成了采矿方案设计和现场试验工作；以孙豁然教授为首的东北大学科研组完成了充填方法和充

填系统试验研究工作。在金川二矿区的项目实施过程中,王永才高级工程师和高谦教授负责“深部工程地质分区和岩体分类子专题”;陈新万教授和王宝学高级工程师负责“深部矿岩力学特性测试研究子专题”;方祖烈教授为项目总负责人之一并具体负责“稳定性现场观测和监测子专题”;井兰如教授和方祖烈教授负责“大面积连续开采稳定性三维离散元分析子专题”。在海沟金矿的项目实施过程中,王金安副教授完成了“数值分析”部分的工作。他们的辛勤劳动和出色工作,为保证4个项目的圆满完成做出了重要贡献。

1990年以来,我所指导的几十名博士研究生、硕士研究生和博士后研究人员,先后参加了我作为独立负责人或共同负责人承担的包括上述4个项目在内的20多项国家和省部级理论和工程科研项目,为项目的完成和本书的出版做出了重要贡献。他们中主要有(按先后次序):乔兰、李长洪、于劲波、于波、熊顺成、何怀锋、师本强、王双红、孔广亚、程学军、梁江华、卢清国、张功成、丁立峰、董卫军、刘朝马、张明华、刘庆成、纪洪广、李华锋、王亮、孙世国、张政辉、李治平、来兴平、李报、刘文永、万林海、赵奎、杨建辉、谭文辉、王鹏、张国建、蒋斌松、周汝弟。王宏亮、王成锡、赵学亮、王国艳、纪赢五位研究生完成了全部书稿的打印录入工作。

我在此对上述单位和个人致以最诚挚的谢意。

采矿是一门多学科的复杂的系统科学工程,而作者的知识水平有限,书中难免有不当之处,请读者不吝指正。

蔡美峰

2000年12月

于北京科技大学

目 录

前言

第一章 我国金属采矿面临的主要问题和对策 (1)

1.1 我国金属矿产资源现状..... (1)

1.2 露天矿山..... (3)

1.3 地下矿山..... (4)

1.4 矿山环境保护..... (5)

第二章 地下金属矿山地压控制研究 (7)

2.1 地压形成机理和分类..... (7)

2.2 巷道地压..... (9)

2.2.1 无支护巷道地压 (9)

2.2.2 有支护巷道地压 (12)

2.2.3 巷道地压分布规律 (14)

2.3 采场地压..... (15)

2.3.1 空场采矿法地压 (15)

2.3.2 崩落采矿法地压 (17)

2.3.3 充填采矿法地压 (18)

第三章 地下金属矿山采矿设计优化研究的内容和思路

..... (22)

3.1 地下采矿力学研究的特点..... (22)

3.1.1 研究对象..... (22)

3.1.2 荷载形式..... (22)

3.1.3 施工因素..... (23)

3.1.4 不确定性研究方法 (24)

3.2 采矿设计优化的目标和内容..... (24)

3.2.1 安全性 (24)

3.2.2	生产效率·····	(25)
3.2.3	矿石回采率·····	(25)
3.2.4	矿石贫化率·····	(26)
3.2.5	经济效益·····	(26)
3.2.6	社会效益和环境效益·····	(26)
3.3	影响采矿方法选择和设计优化的主要因素·····	(27)
3.3.1	工程地质条件和矿岩物理力学性质·····	(27)
3.3.2	地应力状态·····	(27)
3.3.3	矿体的种类和质量·····	(28)
3.3.4	矿体赋存状况(倾向和厚度)·····	(29)
3.3.5	矿体赋存环境条件·····	(29)
3.3.6	开采技术条件·····	(30)
3.3.7	开采技术经济指标·····	(30)
3.4	采矿设计优化的主要步骤·····	(30)
3.4.1	系统目标的确定·····	(31)
3.4.2	系统信息的获取·····	(32)
3.4.3	系统结构的建立·····	(32)
3.4.4	系统的功能分析·····	(32)
3.4.5	开采设计优化决策——系统决策·····	(33)
3.4.6	现场监测和反分析——系统信息反馈·····	(33)

第四章 采矿设计优化和矿山地压控制研究相结合的

	基本方法·····	(34)
4.1	概述·····	(34)
4.2	采矿工程基础资料的获取·····	(36)
4.2.1	地应力测量·····	(36)
4.2.2	工程地质、水文地质调查·····	(37)
4.2.3	矿岩的物理力学性质试验·····	(37)
4.2.4	岩体质量分级和工程地质分区·····	(38)
4.2.5	岩土材料本构模型的建立·····	(39)
4.3	开采设计初选方案的确定·····	(41)

4.3.1	确定开采设计初选方案的原则	(41)
4.3.2	正交试验设计法	(42)
4.4	采矿设计优化的数值分析方法	(45)
4.4.1	有限差分法 (FDM)	(46)
4.4.2	有限单元法 (FEM)	(47)
4.4.3	边界元法 (BEM)	(48)
4.4.4	离散单元法 (DEM)	(50)
4.4.5	其他数值分析方法	(52)
4.4.6	耦合的数值分析方法	(54)
4.4.7	有限单元法在采矿和岩土工程中的应用	(55)
4.5	采矿设计优化的人工智能分析方法	(58)
4.5.1	专家系统 (Experts System, ES)	(59)
4.5.2	人工神经网络 (ANN) 技术	(68)
4.6	地下采矿多步开挖设计决策分析	(80)
4.6.1	开挖步骤对开采稳定性的影响	(80)
4.6.2	反转应力法多步开挖加载模型	(85)
4.6.3	开挖稳定性能量分析	(87)
4.6.4	多步开挖灰色能量突变决策模型	(89)
第五章	新城金矿复杂条件矿床采矿方法研究	(96)
5.1	概况	(96)
5.2	矿区地应力场测量	(99)
5.2.1	矿区地应力场测量的目的和意义	(99)
5.2.2	矿区地应力场测量中使用的技术	(100)
5.2.3	矿区地应力现场测量实施步骤	(102)
5.2.4	矿区地应力测量结果及其分析	(103)
5.3	矿区工程地质水文地质调查与评价	(108)
5.3.1	区域地质构造	(108)
5.3.2	矿田地质构造	(110)
5.3.3	区域水文地质特征	(111)
5.3.4	矿田水文地质条件	(112)

5.3.5	矿区岩体结构面分级	(114)
5.3.6	矿区节理裂隙调查统计与分析	(115)
5.3.7	矿区深部岩体稳定性质量分级评价	(122)
5.4	矿岩物理力学性质试验	(126)
5.4.1	试验内容	(126)
5.4.2	试验结果	(127)
5.4.3	试验结果评价与分析	(128)
5.5	采矿设计优化研究	(129)
5.5.1	采矿方法选择	(129)
5.5.2	三维有限元数值模拟的基本思路和模型设计	(131)
5.5.3	三维有限元计算结果分析	(138)
5.5.4	采场结构参数神经网络识别优化研究	(149)
5.6	采场稳定性监测与分析	(154)
5.6.1	应力位移测点布置	(154)
5.6.2	监测结果及其分析	(154)
第六章	玲珑金矿深部岩石力学与采矿方法综合研究 ..	(158)
6.1	概况	(158)
6.1.1	矿山简介	(158)
6.1.2	项目研究的目的和意义	(160)
6.1.3	主要研究内容	(160)
6.2	矿区地应力测量	(161)
6.2.1	测量技术和测点布置	(161)
6.2.2	测量结果	(163)
6.2.3	矿区地应力场的分布规律	(163)
6.2.4	矿区地应力场与地质构造的关系	(165)
6.3	矿区工程地质水文地质调查与评价	(167)
6.3.1	区域地质构造	(167)
6.3.2	矿田地质构造和矿脉	(168)
6.3.3	矿田水文地质条件	(171)

6.3.4	矿区节理、裂隙调查和分析	(172)
6.3.5	矿区主要岩组岩体稳定性质量分级评价	(177)
6.4	矿岩物理力学性质试验	(179)
6.4.1	试验内容	(179)
6.4.2	试验结果	(179)
6.5	深部开采三维有限元分析	(185)
6.5.1	计算模型和力学参数	(185)
6.5.2	计算方案	(188)
6.5.3	无充填开采计算结果及其分析	(189)
6.5.4	充填法开采计算结果及其与无充填开采计算 结果的比较分析	(196)
6.5.5	有限元分析结论	(200)
6.6	深部开采岩体能量分析与岩爆综合预测	(201)
6.6.1	基于岩石力学特性的评价	(201)
6.6.2	能量分析的数值模拟研究	(203)
6.6.3	岩爆预测的综合分析与评价	(207)
6.6.4	相关结论与防治岩爆建议	(210)
第七章	金川镍矿深部采矿方法研究	(211)
7.1	概况	(211)
7.1.1	矿山简介	(211)
7.1.2	项目研究的目的和内容	(212)
7.2	矿区地应力场测量	(215)
7.2.1	测量目的和测量技术	(215)
7.2.2	测点布置	(215)
7.2.3	测量结果及其分析	(216)
7.3	矿区工程地质调查与评价	(219)
7.3.1	区域地质构造	(219)
7.3.2	矿区地质构造及地层	(220)
7.3.3	二矿区节理、裂隙调查及统计分析	(221)
7.3.4	二矿区矿岩稳定性分区	(222)

7.3.5	深部矿岩物理力学性质试验	(225)
7.4	二矿区二期工程无矿柱连续回采三维有限元 分析	(232)
7.4.1	计算程序	(232)
7.4.2	计算模型	(233)
7.4.3	力学参数	(235)
7.4.4	计算结果	(236)
7.4.5	计算结果分析及比较	(237)
7.4.6	有限元分析结论	(241)
7.5	二矿区二期工程无矿柱连续回采三维离散元法 分析	(242)
7.5.1	计算模型和计算程序	(242)
7.5.2	材料类型和物理力学参数	(244)
7.5.3	回采顺序模拟	(245)
7.5.4	计算结果及其分析	(247)
7.5.5	离散元分析结论	(252)
7.6	二矿区无矿柱连续回采稳定性现场监测	(253)
7.6.1	监测方法和测点布置	(253)
7.6.2	监测结果及其分析	(255)
7.7	结论和建议	(257)
第八章	海沟金矿地压活动规律与控制方法试验研究 ..	(259)
8.1	概况	(259)
8.2	矿区工程地质水文地质调查与评价	(262)
8.2.1	矿区地质构造	(262)
8.2.2	工程地质岩组划分	(262)
8.2.3	矿区水文地质条件	(263)
8.2.4	矿区岩体节理、裂隙调查统计及与区域构造 关系分析	(263)
8.3	矿岩物理力学性质试验	(270)
8.3.1	试验内容及试验结果汇总	(270)

8.3.2	试验结果评价	(272)
8.4	井筒与采场围岩稳定性分析	(272)
8.4.1	计算程序	(272)
8.4.2	力学参数	(274)
8.4.3	主副井筒围岩稳定性分析三维计算模型及计算 步骤	(275)
8.4.4	主、副井筒围岩稳定性模拟计算结果及其分析	(278)
8.4.5	采场围岩稳定性分析二维计算模型及计算步骤	(283)
8.4.6	采场围岩稳定性分析模拟计算结果分析	(284)
8.5	空区围岩稳定性现场监测与评价	(291)
8.5.1	稳定性监测方案	(291)
8.5.2	测试结果分析	(294)
8.5.3	利用声发射和压力的联合观测预测岩体稳定性	(297)
8.6	采空区地压控制与预防措施	(300)
参考文献		(302)

第一章 我国金属采矿面临的主要问题和对策

1.1 我国金属矿产资源现状

矿产资源是人类赖以生存、社会赖以发展的物质基础，是生产力构成的主要因素之一。据统计，世界上 95% 的能源、80% 的工业原料（以重量计）、70% 以上的农业生产资料来自于矿物原料。我国每年投入国民经济运转的矿物原料超过 50 亿吨，其中有色、黑色、煤炭等固体矿产原料占据主要比重。目前，我国已有全民矿山企业 7965 个，乡镇矿山企业 143500 个，矿山职工约 2100 万人，矿山生产总产值 6000 多亿元，约占全国工业总产值的 7%，出口创汇约占 21%。矿业高速发展有力地促进了区域经济，特别是贫困周边地区经济的发展，带动了 300 多座以矿业和矿产品加工业为支柱产业的矿业城市的兴起。因此，矿产资源特别是金属矿产资源的开发与利用已成为一个国家经济起飞的首要条件以及经济实力的主要标志，是影响国民经济与社会发展的重要因素^[1,2,3]。

我国矿产资源总量较丰富，但人均占有量远远低于世界平均占有量。在 45 种主要矿产资源中，我国人均储量居世界第 80 位，仅为世界平均水平的 58%。目前能满足生产需要的只有 29 种，到 2010 年将降至 23 种，到 2020 年将只剩下 6 种。后备资源不足或严重不足，缺口较大。铁矿、锰矿、铜矿、铝土矿、金矿、铬矿不但资源储量严重不足，而且贫矿、小矿多，富矿、大型、特大型矿很少。据统计，我国 86% 的铁矿储量，70% 的铜矿和铝土矿储量和 50% 的锰矿储量均为贫矿。我国铁矿石的平均品位只有 33%，比世界平均品位 45% 低 12 个百分点。就是被称为富铁矿的海南铁矿，其矿石品位也只有 50% 多，而从澳大

利亚、巴西等国进口的铁矿石的平均品位均在 63%~66%。我国最大的露天铁矿山的生产规模只有 1200 万吨/年左右,地下铁矿山为 400 万吨/年左右,只及国外类似矿山生产规模的 1/5~1/4。有色金属一直是我国重要的出口矿产品,但目前主要的生产矿山开采已到中、晚期,由于后备资源缺乏,50 多个大中型矿山将面临无矿可采的局面。此外,我国矿产资源的开采管理较混乱,许多地方小型矿山和个体采矿点,作业水平还停留在原始采矿阶段。乱采乱挖,严重破坏资源。一些大中型国有矿山企业,开采技术和设备水平也比较落后,采矿损失率、贫化率高,劳动生产率低,浪费资源的现象也相当突出。导致我国矿产资源储量回采率仅为 30%左右,比国外低 20 多个百分点。据有关部门估算,我国每年矿产资源开发损失总值约 780 多亿元。不仅如此,我国的金属矿产资源以贫、细、杂为特征,选矿回收率低,资源综合利用率低。目前,我国的金属矿产资源供应不足已成为制约国民经济持续发展的重要因素。

为了解决国内金属矿产资源供应不足的矛盾,某些矿产品已从国外进口。以钢铁行业为例,1999 年我国钢产量已达到 1.2 亿吨,成为世界第一产钢大国。2000 年在采取限产措施后,仍将维持 1.1 亿吨/年的水平。全年所需铁矿石量为 3.8 亿吨左右(按国内铁矿石平均品位计算),而国内铁矿石的年产量为 2.5 亿吨左右。为了填补这一缺口,每年需从澳大利亚、巴西、印度等国进口铁矿石 7000 万~8000 万吨。国内外两种资源的竞争已成为我国冶金矿山企业必须正确面对的一个突出问题,形势非常严峻。造成这一问题的原因除了资源短缺本身的因素外,与我国矿山企业技术水平落后,生产效率低,产品质量和价格处于劣势也有重大关系。据统计,我国矿山企业的技术和装备水平从整体上比发达国家落后 15~20 年。若不加速技术兴矿的步伐,我国加入 WTO 之后,上述形势将会更加严峻。冶金矿山如此,其他金属矿山也不例外。

当前,我国的国民经济已进入一个稳定增长的阶段,国民经