

普通高等教育“九五”国家级重点教材

采矿学

王青 史维祥 主编

CAI KUANG XUE

CAI KUANG XUE

CAI KUANG XUE

CAI KUANG XUE

CAI KUANG XUE

CAI KUANG XUE

冶金工业出版社

CAI KUANG XUE



2014年中国医药行业“十二五”发展回顾与展望

2014年中国医药行业“十二五”发展回顾与展望

2014年中国医药行业“十二五”发展回顾与展望

中国医药行业“十二五”发展回顾与展望

普通高等教育“九五”国家级重点教材

采 矿 学

东北大学 王 青 史维祥 主编

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2001

内 容 简 介

本书是根据高等学校采矿工程专业新的教学计划、培养目标及教学大纲编写的,内容涵盖了原教学计划中的《金属矿床地下开采》、《金属矿床露天开采》、《矿山机械》、《凿岩爆破》、《井巷掘进》、《矿山企业设计基础》等专业课程的教学内容。为适应现代科学技术发展的需要,本书的结构和内容较以往教材有较大的调整和更新,以反映本学科较为成熟的新成果。

图书在版编目(CIP)数据

采矿学/王青等主编. —北京:冶金工业出版社,
2001.1
高等学校教学用书
ISBN 7-5024-2570-5

I. 采… II. 王… III. 矿山开采-高等学校-教材
IV. TD8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 42033 号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)
责任编辑·宋 良 美术编辑 李 心 责任校对 符燕蓉
北京梨园彩印厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销
2001 年 1 月第 1 版,2001 年 1 月第 1 次印刷
787mm×1092mm 1/16;29.5 印张;715 千字;462 页;1-2000 册
39.80 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893
冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711)电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

当前,科学技术的进步日新月异,学科间的交叉日益增大,信息时代已经到来,市场全球化的进程在加快,这一切使采矿工业的生存、竞争和发展环境发生了巨大变化。21世纪的采矿工作者不但需要更新的知识,而且需要与以往不同的知识结构;不但需要掌握矿床开采方法、工艺和技术,而且需要掌握矿山资源开发的经济规律和科学决策手段。直到近年,我国金属矿床开采的教学内容体系一直沿用前苏联的模式,在结构上课程划分过细,重复较多,整体性较差;在内容上几十年来没有什么变化,新的理论、方法和技术没有得到充分的体现,已明显不能适应新时代的要求。因此,对采矿工程专业的课程内容体系实施改革势在必行。

《采矿学》就是在这种改革大潮中应运而生的。它以金属矿床开采为研究对象,内容涵盖了原《金属矿床地下开采》、《金属矿床露天开采》、《矿山机械》、《凿岩爆破》、《井巷掘进》及《矿山企业设计基础》等书。

《采矿学》初稿于1996年末完成,经过了东北大学采矿工程专业本科的三届教学实践,并经过了数位热爱采矿事业的、有丰富教学与科研经验的教授的审阅和指点,几易其稿后形成了现在这样的结构形式与内容体系。

本书的编写力求做到以下几点:

1. 内容系统化。在内容上不是上述几部教材的简单综合,而是依据采矿工程的特点和开采规律,力求各方面内容有机地融会贯通。

2. 主次得当。以原理、方法、手段及其在分析、解决问题中的应用为主,将细致的设计和计算过程放在相对次要的位置。这样做的目的是使读者能在较高的层次上以较宽的视野理解采矿,为其分析、解决矿床开采中的大问题提供知识基础;而不是注重提供采矿技能。基于这一思想,精简了以往教材中的一些详细的技术性设计和计算,如公路设计、铁路路基设计和设备牵引计算等。这些内容具有较固定的程式,原理和计算简单且实践性强,更适于在课程设计和毕业设计中体现,即使不予涉及,在实践中也很容易掌握。

3. 内容新。力求反映近几十年来较为成型的新成果,如方案选择专家系统、最终境界优化和地质统计学品位估算等。由于露天开采的特点及其在金属矿床开采中占有较大比重,新的概念和系统理论与方法在露天开采中应用较多,这一点在露天开采篇中有较充分的体现。

4. 同时考虑我国国情及其与市场经济和国际接轨。具有决策性的内容注重以经济效益为目标,以自然和技术条件为约束,适应市场经济的要求;引入国际上广泛采用的新概念和新方法,实现一定程度上的与国际接轨,如块状矿床模型、露天分期开采计划编制等。

全书分四篇二十二章。绪论对矿产资源和采矿工业在社会经济发展中的作用、采矿技术的发展以及采矿学的研究内容作了较详细的阐述;基础篇阐述矿床开采中具有共性的基础知识;地下开采篇阐述了矿床地下开拓与地下采矿方法;露天开采篇阐述露天开采境界确定、生产计划以及开采程序与工艺;技术经济篇阐述技术经济基本理论以及矿山项目的投资、成本分析与评价。

全书由王青、史维祥主编。王青编著绪论、第一、十四、十五、十六、十九、二十、二十一、二十二章;史维祥编著第六、七、八章;任凤玉编著第九、十、十一、十二、十三章;屠晓利编著第二、三、四、五章;王智静编著第十七、十八章以及第八章第二节和第十三章第四节。

本书主要作为高等学校采矿工程专业本科教学用书,建议讲授学时为90~120。本书也可作为矿山工程技术人员、管理人员和研究人员的参考用书。

在全书的编著过程中,得到了各级领导的大力支持。云庆夏教授、刘兴国教授和孙豁然教授对书稿进行了认真细致的评审,提出了许多宝贵意见和建议。苏宏志教授和付长怀教授也为书稿的改进提出了宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,难免存在不当和错误之处,真诚希望矿业界读者们提出改进意见。

谨以此书献给热爱采矿科学的人们。

编者
2000年8月
于东北大学

绪 论	1
第一节 矿产资源、采矿及其在社会经济发展中的地位	1
第二节 采矿技术的发展	6
第三节 采矿学的研究内容	15

第一篇 采矿基础

第一章 矿床品位与储量计算	17
第一节 概述	17
第二节 探矿数据及其预处理	17
第三节 取样数据的统计学分析	21
第四节 品位-矿量曲线	26
第五节 品位、矿量计算的垂直断面法	27
第六节 品位、矿量计算的水平断面法	29
第七节 三维块状模型	33
第八节 地质统计学法	36
第九节 影响范围	52
第二章 岩石的力学性质及分级	57
第一节 岩石的力学性质	57
第二节 岩石的工业分级	58
第三章 凿岩及其机具	61
第一节 冲击式凿岩理论	61
第二节 凿岩机械	63
第三节 凿岩机主要机构及动作原理	65
第四节 凿岩机凿岩效率	73
第五节 凿岩机具	76
第六节 凿岩台车和台架	81
第七节 潜孔钻机	85
第四章 炸药与起爆方法	87
第一节 爆炸和炸药的基本概念	87
第二节 起爆药和单质炸药	89
第三节 炸药的起爆	93
第四节 炸药的爆轰理论	95
第五节 矿用硝酸铵炸药	103
第六节 工业炸药的爆炸性能指标	106
第七节 火雷管起爆法	109

目

录

第八节 电雷管起爆法·····	111
第九节 导爆索起爆法·····	117
第十节 导爆管起爆法·····	119
第十一节 装药工艺与设备·····	122
第五章 井巷设计与施工 ·····	127
第一节 竖井断面设计·····	127
第二节 竖井断面尺寸计算·····	133
第三节 巷道断面设计·····	138
第四节 巷道掘进·····	146
第五节 巷道支护·····	155

第二篇 地下开采

第六章 矿床地下开采基本概念 ·····	170
第一节 矿床开拓的作用及工程·····	170
第二节 矿床地下开采的基本原则·····	170
第七章 矿床开拓 ·····	174
第一节 开拓方法分类·····	174
第二节 开拓方法·····	174
第三节 主要开拓巷道比较·····	190
第四节 中段高度的确定·····	191
第五节 主要开拓巷道位置的确定·····	192
第六节 中段平面开拓设计·····	195
第七节 井底车场·····	198
第八章 矿床开拓方案选择 ·····	201
第一节 矿床开拓方案选择的基本要求及其影响因素·····	201
第二节 矿床开拓方案选择专家系统·····	202
第九章 矿床开采过程与采矿方法概述 ·····	207
第一节 矿床分类·····	207
第二节 矿床开采步骤·····	208
第三节 采矿方法分类·····	210
第四节 采场运搬·····	211
第五节 底部结构·····	215
第六节 向矿车装矿·····	221
第七节 矿石损失和贫化·····	224
第十章 空场采矿法 ·····	229
第一节 概述·····	229
第二节 全面采矿法·····	229

第三节	房柱采矿业	230
第四节	留矿采矿业	234
第五节	分段矿房法	242
第六节	阶段矿房法	244
第七节	矿柱回采和采空区处理	249
第十一章	崩落采矿业	253
第一节	概述	253
第二节	有底柱分段崩落法	253
第三节	无底柱分段崩落法	267
第四节	阶段崩落法	283
第五节	放矿管理与采场结构参数优化	289
第十二章	充填采矿业	295
第一节	概述	295
第二节	单层充填采矿业	295
第三节	上向水平分层充填采矿业	297
第四节	上向倾斜分层充填采矿业	300
第五节	下向分层充填采矿业	301
第六节	分采充填采矿业	306
第七节	方框支架充填采矿业	307
第八节	矿柱回采	307
第十三章	采矿业方法选择	312
第一节	选择采矿业方法的基本要求	312
第二节	影响采矿业方法选择的主要因素	313
第三节	采矿业方法选择	314
第四节	采矿业方法选择专家系统	317

第三篇 露天开采

第十四章	最终开采境界的确定	320
第一节	概述	320
第二节	最终境界设计的手工法	322
第三节	价值模型	331
第四节	最终境界设计的计算机优化方法	333
第十五章	露天开采程序	344
第一节	概述	344
第二节	台阶几何要素	345
第三节	掘沟	348

第四节	台阶的推进方式·····	352
第五节	采场扩延过程与布线方式·····	358
第六节	帮坡形式与帮坡角·····	362
第七节	生产剥采比·····	367
第八节	分期开采·····	369
第十六章	露天矿生产计划·····	374
第一节	露天矿生产能力·····	374
第二节	边界品位的确定·····	377
第三节	采掘进度计划编制·····	387
第十七章	露天矿床开拓·····	395
第一节	概述·····	395
第二节	公路运输开拓·····	396
第三节	铁路运输开拓·····	396
第四节	联合运输开拓·····	398
第十八章	露天开采工艺·····	405
第一节	穿孔作业·····	405
第二节	爆破作业·····	411
第三节	采装与运输·····	424
第四节	排岩工程·····	433

第四篇 矿山技术经济

第十九章	技术经济学基础·····	441
第一节	利息与利率·····	441
第二节	资金的时间价值及其计算·····	442
第三节	等价性·····	444
第二十章	矿山项目投资·····	446
第一节	矿山项目投资构成·····	446
第二节	矿山项目投资计算·····	446
第二十一章	矿山生产成本·····	450
第一节	矿山生产成本构成·····	450
第二节	矿山生产成本计算·····	451
第二十二章	投资项目经济评价·····	453
第一节	静态分析法·····	453
第二节	动态分析法·····	454
第三节	投资风险分析·····	457
参考文献 ·····		461

绪 论

第一节 矿产资源、采矿及其在社会经济发展中的地位

一、矿产资源与采矿

自然资源是人类可以直接或间接利用的存在于自然界的物质或环境,与人类生存直接相关的自然资源有土地资源、水资源、气象资源、森林资源、海洋资源和矿产资源。矿产资源则是由存在于地壳中的矿物组成的可利用物质。人类已发现并命名的 105 种元素的绝大部分存在于地壳中,他们组成了约三千种已命名的矿物。严格地讲,地壳的每一个部位都或多或少含有某种或多种矿物,但矿物的存在不一定就成为矿产资源。“可利用”和“潜在可利用”是成为矿产资源的前提条件,它具有两层含义:一是矿物的存在形式、存在环境及其富集程度与数量,能够使人类在现有的和潜在的技术条件下将其从地层中挖掘出来,并从中提取出有用的矿产品,即可获取性;二是从地壳中获取的矿产品,在现有的或潜在的经济环境中可为获取者带来盈利,即可盈利性。在正常的市场经济条件下,矿产资源必须同时具有可获取性和可盈利性;而在非正常环境中,如战争时期或受贸易封锁时期,为了生存和发展,矿产产品的获取可以不计代价,矿产资源只需具有可获取性。可见,矿产资源是个动态的概念,随着开采、提取和利用技术及经济环境的变化而变化。

矿产资源依其在地壳中富集的物质形态的不同,可分为气态矿产(如天然气)、液态矿产(如石油)和固态矿产(如煤、铁等)三大类。固态矿产依其用途可分为能源矿产(如煤、铀)和非能源矿产(如铁、铜等)两大类。固态非能源矿产依其特性又可分为金属矿产(如铁、铜等)和非金属矿产(如石灰石、磷、金刚石等)。表 0-1 是美国矿山局列出的现代经济系统中常见的近百种矿产品。

地壳中矿物富集的区域称为矿化区域,矿化区域中的矿物富集到足够的程度且埋藏条件允许开采并值得开采时就形成矿产。对固态矿产而言,矿体是矿物富集形成的几何体,一个矿床一般包含有多个(条)矿体,也可以说矿床是由矿体组成的。

采矿是从地壳中将可利用矿物开采出来并运输到矿物加工地点或使用地点的行为、过程或工作。矿山是采矿作业的场所,包括开采形成的开挖体、运输通道和辅助设施等,开挖体暴露在地表的矿山称为露天矿;开挖体在地下的矿山称为地下矿。

二、采矿在社会经济发展中的地位

采矿是除农业耕作外人类从事的最早生产活动。从约 45 万年前旧石器时代人类为获取工具而采集石块开始,人类历史发展的每一个里程碑无不与采矿有关,实质上人类文明发展史的各个阶段就是以矿物的利用划分的:石器时代(公元前 4000 以前)、铜器时代(公元前 4000~公元前 1500)、铁器时代(公元前 1500~公元 1780)、钢时代(公元 1780~1945)和原子时代(1945 后)。表 0-2 是 Hartman(1987)给出的从史前到本世纪初机械化大规模采矿开始的采矿及矿物利用发展史简表。

表 0-1 现代经济系统中常见的矿产品

英文名	中文名	英文名	中文名
Aluminum	铝	Manufactured abrasives	硬质磨料
Antimony	锑	Mercury	汞
Arsenic	砷	Mica scrap&flake	碎云母
Asbestos	石棉	Mica sheet	片云母
Barite	重晶石	Molybdenum	钼
Bauxite and Alumina	铝土矿和氧化铝	Nickel	镍
Beryllium	铍	Nitrogen(fixed)、Ammonia	固氮、氨
Bismuth	铋	Peat	泥煤
Boron	硼	Perlite	珍珠岩
Bromine	溴	Phosphate rock	磷酸盐岩
Cadmium	镉	Platinum - group metals	铂、铂族金属
Cement	水泥	Potash	钾碱
Cesium	铯	Pumice、pumicite	浮石
Chromium	铬	Quartz crystal (industrial)	硅晶(工业)
Clays	黏土	Rare earths	稀土
Cobalt	钴	Rhenium	铼
Columbium(Niobium)	钨(铌)	Rubidium	铷
Copper	铜	Rutile	金红石
Diamond(industrial)	金刚石(工业)	Salt	盐
Diatomite	硅藻土	Sand & gravel(construction)	砂砾石(建筑)
Feldspar	长石	Sand & gravel(industrial)	砂砾石(工业)
Fluorspar	萤石	Scandium	钪
Gallium	镓	Selenium	硒
Garnet(industrial)	石榴石	Silicon	硅
Gemstones	宝石	Silver	银
Germanium	锗	Soda ash	纯碱(苏打灰)
Gold	黄金	Sodium Sulfate	硫酸钠
Graphite(Natural)	石墨(自然)	Stone(crushed)	碎石
Gypsum	石膏	Stone(dimension)	石材
Helium	氦	Strontium	锶
Ilmenite	钛铁矿	Sulfur	硫
Indium	铟	Talc & Pyrophyllite	滑石和叶蜡石
Iodine	碘	Tantalum	钽
Iron ore	铁矿石	Tellurium	碲
Iron & steel	钢铁	Thallium	铊
Iron & steel scrap	废钢铁	Thorium	钍
Iron & steel slag	渣钢铁	Tin	锡
Kyanite & related minerals	蓝晶石及相关矿物	Titanium & Titanium dioxide	钛和二氧化钛
Lead	铅	Tungsten	钨
Lime	石灰	Vanadium	钒
Lithium	锂	Vermiculite	蛭石
Magnesium compound	化合镁	Yttrium	钇
Magnesium metal	金属镁	Zinc	锌
Manganese	锰	Zirconium & Hafnium	锆和铪

注:表中矿产品不是以化学元素划分的,而是以能在市场上独立参与交易的产品划分的,如钢铁和废钢铁虽然元素相同,但由于它们作为两种独立商品参与贸易,故列为两种矿产品。

资料来源:美国矿山局《Mineral Commodity Summaries》。

表 0-2 采矿发展史简表^①

时 间	事 件
公元前 450,000	旧石器时代人类为获取石头器具进行地表开采
40,000	在非洲 Swaziland(斯威士兰)地表开采发展到地下开采
30,000	在捷克斯洛伐克首先使用粘土烧制的器皿
18,000	人类开始使用自然金和铜作为装饰品 ^②
5000	埃及人用火法破碎岩石
4000	加工金属的最早使用,铜器时代开始
3400	埃及人开采绿松石,最早有记录的采矿
3000	中国人用煤炼铜 ^② ,埃及人最早使用铁器
2000	在秘鲁出现黄金制品,黄金制品在新大陆的最早使用
1000	希腊人使用钢铁
公元 100	罗马采矿业兴旺发展
122	罗马人在大不列颠使用煤
1185	Trant 的大主教颁布法令,使矿工获得法律和社会的权利
1524	西班牙人在古巴采矿,新大陆最早有记录的采矿
1550	捷克斯洛伐克最早使用提升泵
1556	第一部采矿著作(De Re Metallica,作者 Georgius Agricola)在德国出版
1585	北美洲发现铁矿(美国北卡洲)
1600s	铁、煤、铅、金开采在美国东部开始
1627	炸药最早用于欧洲匈牙利矿山(在中国可能更早)
1646	北美第一座鼓风炉在美国麻省建成
1716	第一所采矿学校在捷克斯洛伐克建立
1780	工业革命开始,现代化机器最早用于矿山
1800s	美国采矿业蓬勃发展,淘金热打开西部大门
1815	Humphrey Davy 在英国发明矿工安全灯
1855	贝氏(Bessemer)转炉炼钢法首先在英国使用
1867	诺贝尔发明的达那炸药用于采矿
1903	第一座低品位斑岩铜矿在尤他建成,机械化大规模开采时代在美国拉开序幕

①在我国采矿发展史上,某些开采活动和矿物利用的发生时间也许比表中所列的更早,《采矿手册》第一卷(冶金工业出版社,1988)有较完整的论述。

②可能的发生时间。

显然,采矿活动与矿物利用推动了人类历史的进步。每一个历史阶段,人类的生活水平和生产力都较前一个阶段有了很大的提高,一个主要原因就是新的、性能更优越的矿物的开采和利用,为人类提供了效能更高的工具和燃料。18世纪末的工业革命使人类开始步入工业文明,也揭开了人类大规模开发、利用矿产资源的新纪元。工业革命以来短短的200年间,科学技术的飞速进步、生产力的大幅提高和人类财富的快速积累,均是以矿产资源的大规模开发和创造性利用为基础的。采矿业在现代工业经济中的地位可从以下两个方面加以说明。

首先,采矿工业是许多工业的基础,为许多工业和农业提供原材料和辅助材料。表0-3列出了主要工业部门及农业利用的主要矿产品。没有采矿业,许多工业(特别是金属冶炼和加工工业)就成为无米之炊。

其次,国民经济的发展和人类生活水平的提高与矿产开发和利用有着密切的正比关系,

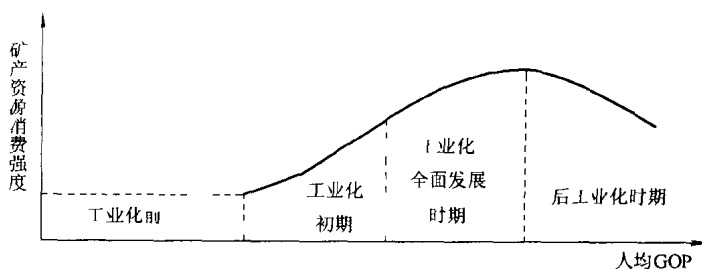


图 0-3 矿产资源消费生命周期示意图

如果将矿产资源划分为三种类型,即传统类型(主导矿种有铁、铜、铅、锌、锡、煤等)、现代类型(主导矿种有铝、铬、锰、镍、钒、石油、天然气等)和新兴类型(主导矿种有钴、锆、铂、稀土、钛、铀等),则传统类型矿种是工业化初期阶段的主导矿产资源;现代类型矿种是进入工业化成熟期及技术较发达阶段后广泛使用的矿产资源;新兴类型矿种则是在经济结构多样化及技术先进的发达国家(处于后工业化时期)得到初步应用的矿产资源,如图 0-4 所示(张雷, 1997)。

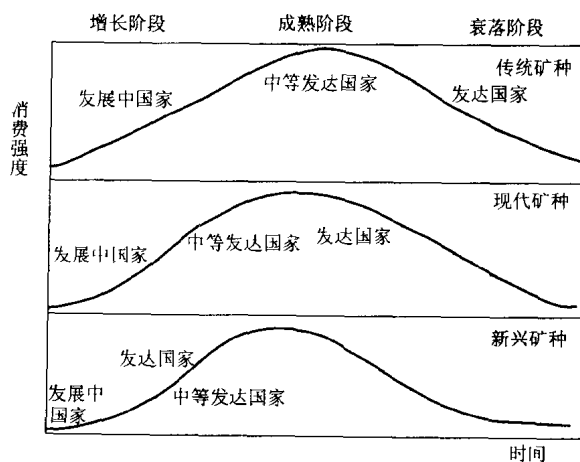


图 0-4 矿产资源消耗生命周期的空间结构特征

我国是发展中国家,社会经济发展刚刚从工业化初期进入工业化全面发展时期,因此在未来走向发达的相当长的一个时期内,我国将处于矿产资源高消费阶段。可见,采矿业对于我国社会经济发展至关重要。

在这里以较长的篇幅论述矿产资源和采矿在社会经济发展中的重要地位,似乎有些超出《采矿学》作为教科书应当论述的范畴。但编者认为,在我国当前经济转轨时期,不少人错误地把采矿工业看作“夕阳工业”的情况下,让读者(尤其是采矿专业的青年学子们)充分了解这一点是十分重要和必要的。只有这样,才能正确对待采矿业,为采矿业和整个国民经济的发展去不懈地努力。

第二节 采矿技术的发展

一、古、近代采矿技术发展简述

贯穿于采矿技术发展历史的主线是采矿方法的演变和采矿手段的进步。石器时代的原始采矿者们用自己的双手和简单的木制、骨制和石制工具在地表砸取岩石,采矿的主要目的是获取制造工具的原料。公元前 30000 年~公元前 20000 年,人类开始开采粘土,用于制造器皿;公元前 15000 年~公元前 5000 年,出现了在矿体的露头开采自然铜;从砂砾矿床开采自然金开始于公元前 10000 年之前。在漫长的采矿实践中,采矿工具不断改进,木锤、木楔和金属器具被用于挖掘;篮子和畜力被用于搬运矿石。随着挖掘能力的提高,采矿由地表走向地下,出现了以巷道形式开采的地下矿山。古埃及的地下宝石矿已达 240m 深,开采规模达到 400 名矿工同时作业。约在公元前 5000 年出现的火法破岩(火和水交替使用),可以说是人类在采矿技术上的首次突破。

17 世纪初,黑火药在采矿中的应用使开采工艺发生了重大变化。18 世纪的工业革命空前地提高了人类对矿产品的需求,同时也为采矿技术的飞跃提供了革命性的工具——机器。蒸汽机的出现为采矿提供了全新的运输方式;空气压缩机的出现则导致了 19 世纪风动凿岩机的发明,动力机械凿岩开始代替手工凿岩;1867 年,诺贝尔发明的比黑火药威力更大的达那炸药被用于爆破岩石。采矿技术在 20 世纪初进入了一个全新的时代——机械化大规模开采时代。

二、现代采矿技术发展概述

就固态矿物而言,主要的开采方式是露天开采和地下开采。下面就现代露天和地下开采技术的发展作一概述。

(一)现代露天开采技术的发展

1. 露天矿生产规模与开采比重

露天开采有两种基本方法,即台阶式开采(open pit mining)和条带剥离式开采(strip mining),前者主要用于开采金属矿床以及其他硬岩矿床;后者主要用于开采煤炭。这两种基本露天开采方法几十年来没有根本性的变化。露天开采工艺的改进主要体现在陡工作帮和分期开采,以及不同运输方式(铁路、汽车和间断-连续运输)的应用。

露天开采自 20 世纪 50 年代开始腾飞,其技术发展的一个重要标志是生产规模不断扩大,劳动生产率不断提高。例如,前苏联铁矿石年产总量 2.5 亿 t 的 82.5% 来自 19 座露天矿,平均生产规模超过 1000 万 t 原矿/a;1997 年美国 2.09 亿 t 铁原矿和 6300 万 t 铁精矿的 98.7% 来自 9 个露天矿,平均生产规模为 2290 万 t 原矿/a(690 万 t 精矿/a),平均劳动生产率(采、选和烧结生产工人全算在内)达到 13.34t 原矿/工时。据统计,80 年代全世界共有年产 1000 万 t 以上矿石的各类露天矿 80 多座,其中年产矿石 4000 万 t、采剥总量 8000 万 t 以上的特大型露天矿 20 多座,最大的露天矿的年矿石生产能力超过 5000 万 t、采剥总量超亿 t;最深的露天矿超过 850m。表 0-5 是世界各国主要大型露天矿生产能力一览表。

由于露天矿的生产规模优势,其在全球固态矿产开采中占主导地位。据统计,全世界包括建材在内的固态矿产年开采总量约为 160 亿 t,露天开采约占 80%。1985 年对世界 1310 座矿山的统计中,各类矿产中露天开采所占比重如表 0-6 所示。

2. 露天矿主要生产设备

现代露天矿能够达到如此大的开采规模和如此高的劳动生产率,其技术基础是采矿设备的快速发展,包括设备大型化及其性能的不断改进。

表 0-5 国外一些露天矿生产能力

矿山名称	储量/亿 t	平均品位/%	生产能力/(万 t/a)	
			矿石	岩石
美国 Hibbing 铁矿		28~29	2800	1200
美国 Mintac 铁矿	60	30	5700	3600
美国 Ene 铁矿	50	31	3200	2000
美国 Babbit 铁矿	12	32	3100	1300
美国 Sierrita 铜铅矿	5.5	0.32Cu, 0.033Mo	3400	4600
美国 Bingham 铜矿		0.6	4130	2581
美国 Morenci 铜矿			3500	8300
加拿大 Lornex 铜矿	4.54	0.346	3852	4622
加拿大 Highland Valley 铜矿	6.89	0.423	4400	4400
加拿大 Mt. Wright 铁矿	18	38	4450	3300
澳大利亚 Mt. Newman 铁矿	14	64	3500	6500
澳大利亚 Tom Price 铁矿	5.5	64	3300	800
巴布亚新几内亚 Bougainville 铜矿			5000	3400
智利 Chuquibambilla 铜矿			3700	8300
巴西 Carajas 铁矿	180	64	3500	
墨西哥 La Caridad 铜矿	6.8	0.67	2630	2630
南非 Sishen 铁矿	13.4	60.9	3400	5600
南非 Palabora 铜矿	5.2	0.55	2700	5920
印度 Kudremukh 铁矿	6.6	38.2	2060	200
前苏联 Южок 铁矿			3700	3600
前苏联 Лебедин 铁矿	15.97	24	3260	1778
前苏联 Инглец 铁矿			3415	1820
前苏联 Первомай 铁矿			3099	3840
前苏联 Цюк No 1 铁矿			3400	2158
前苏联 Поръгавок 铁矿			3307	3465
前苏联 Удокан 铜矿	12.0	1.5	3500	2090

表 0-6 露天开采在各类矿产开采中所占的比例

%

矿产	磁铁矿	褐铁矿	锰矿	铜矿	铝土矿	镍矿	铀矿
比例	78	84	86	90	91	45	30
矿产	磷酸盐矿	石棉矿	褐煤	沥青	建材	其他	
比例	87.5	75	84	25	100	40	

(1) 穿爆设备

露天矿钻孔设备经历了活塞冲击钻、钢绳冲击钻、潜孔钻到牙轮钻的发展历程。国际上牙轮钻机的研制在 1950 年前已开始,60 年代牙轮钻在露天矿得到广泛应用;进入 70 年代,美国露天矿 90% 的生产钻孔量由牙轮钻完成。西方国家使用最广的牙轮钻机是美国产的 60R、45R、61R 钻机;前苏联使用最多的是苏制 CBIЦ-200 和 CBIЦ-320 钻机。潜孔钻在