

高等教育“十二五”规划教材

# 露天采矿业

上册

姬长生 尚涛 主编



中国矿业大学出版社

高等教育“十二五”规划教材

教材名称

本书是高等院校采矿专业、冶金专业、有色金属专业、地质工程专业、环境工程专业、安全工程专业、岩土工程专业的教材，也可供从事采矿、冶金、有色金属、地质工程、环境工程、安全工程、岩土工程工作的工程技术人员参考。

# 露天采矿业

(上册)

主 编 姬长生 尚 涛

责任编辑：王 涛  
封面设计：王 涛  
ISBN 7-309-01111-1  
定价：18.00元

中国矿业大学出版社  
地址：江苏省徐州市  
电话：0516-2032111  
邮编：221116

中国矿业大学出版社

## 内 容 简 介

本教材为面向高等学校采矿工程专业本科生编写的关于露天采矿学科的专业课教材,主要内容分两册出版:上册重点介绍露天采矿学科属性及研究主线——露天采矿方法及其实现一般需经历的开采工艺环节、采用的生产工艺系统、系统内部环节之间的联系;下册重点介绍实现露天采矿方法的行为方式——矿山工程及露天采矿基本理论。上册内容分四个部分:学科引论、开采工艺环节、开采工艺系统、露天采矿方法。引论部分介绍了学科特点及相关知识;开采工艺环节部分介绍了地面准备、穿孔、爆破、采装、运输、排卸、复垦等七个生产环节可使用的设备、开采参数的确定等;生产工艺系统部分介绍了机械化开采常用的间断、连续、组合工艺系统各环节之间的配合与联系;露天采矿方法部分介绍了常用的机械化露天采矿方法如掘坑外排开采法、倒堆内排开采法、石料开采法、顶帮开采法,水力开采法中的水枪冲采法、疏浚开采法、溶浸采矿法等。

露天采矿学

(上册)

### 图书在版编目(CIP)数据

露天采矿学.上册/姬长生,尚涛主编. —徐州:  
中国矿业大学出版社, 2015.8  
ISBN 978-7-5646-2742-3

I. ①露… II. ①姬… ②尚… III. ①露天开采  
IV. ①TD804

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第149596号

书 名 露天采矿学(上册)  
主 编 姬长生 尚 涛  
责任编辑 王美柱  
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司  
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)  
营销热线 (0516)83885307 83884995  
出版服务 (0516)83885767 83884920  
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com  
印 刷 江苏淮阴新华印刷厂  
开 本 787×1092 1/16 印张 20.5 字数 512 千字  
版次印次 2015年8月第1版 2015年8月第1次印刷  
定 价 45.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

## 本版教材编委会

主任委员:才庆祥

副主任委员:李克民 车兆学 舒继森

委员(按姓氏笔画为序):

才庆祥 车兆学 白润才

李克民 陈树召 周 伟

尚 涛 姬长生 曹兰柱

彭洪阁 舒继森

编写人员:第一篇 姬长生

第二篇 姬长生 尚 涛

第三篇 姬长生 才庆祥

车兆学

第四篇 姬长生

## 1986年版作者(按章节先后顺序排序)

骆中州 刘淑让 张达贤 金智求 范奇文

## 前 言

露天采矿学是一门研究如何科学合理地利用露天采矿方法把矿产资源从地壳中开采出来的系统的知识体系,其学科属性为工程学科。该学科在我国诞生于1950年代,作为教材于1961年初版问世,此后历经数次修改,1986年6月正式由中国矿业学院出版社出版。本次修订是在1986年版的基础上,结合近三十年以来国内外露天采矿的理论与实践进行的一次补充与完善。

本次教材修订仍以原版教材为基础,在保留其核心体系的基础上,调整了部分章节顺序,增加了露天采矿方法一章。把原《露天采矿学》(露天矿生产工艺)上册的内容调整为四部分:

第一部分:学科引论。重点介绍了露天采矿学的学科属性,露天采矿学的主要研究内容,露天采矿的特点、发展趋势以及相关的名词术语。

第二部分:露天采矿作业环节。把露天采矿的作业环节划分为生产环节、辅助环节;重点介绍了露天矿一般需经历的七个生产环节,其中,地面准备、穿孔、爆破列为采前准备环节,采掘、运输、排卸为主要生产环节,土地复垦为采后修复环节。介绍了各环节可以使用的设备,开采参数的确定方法等。

第三部分:露天采矿工艺系统。分别介绍了国内外目前常用的、典型的间断、连续、组合开采工艺系统各环节及其参数的合理匹配。

第四部分:露天采矿方法。重点介绍了常用的四种机械化露天采矿方法——掘坑外排开采法、倒堆内排开采法、石料开采法、顶帮开采法及各种方法派生出来的方法;三种水力开采方法——水枪冲采法、疏浚开采法、溶浸采矿法等。

露天采矿作为人类获取矿产资源最重要的开采方法,其核心是如何经济、合理地把矿产资源用合适的方法开采出来。随着人类社会的不断进步,目前主流的露天采矿方法是机械化露天采矿方法,实现这种方法的途径是如何选择合适的开采手段或工具——即开采设备、开采工艺系统,通过必要的行为方式——即开采程序、运输系统和物料处理方式把所需的矿产提供给消费者。从20世纪初机械化设备进入露天采矿领域以来,各国结合矿产资源的赋存条件,发展了几十种露天采矿方法,逐渐形成一整套适合各种矿床赋存条件的露天采矿方法。围绕各种露天采矿方法,采矿工作者从研究开采工艺环节、开采工艺系统,到开采程序、开拓运输系统的布局、物料的处理方式、露天采矿基本原理,

逐步形成了露天采矿学科完整的学科体系。

本次修订增加了一些近三十年以来大型露天煤矿的统计数据;介绍了近年来新研制出的采矿设备;特别是根据1980年以后建设的大型露天煤矿普遍使用的单斗卡车、半连续运煤系统,增加了组合工艺系统一章,并将组合工艺系统划分为并联式组合、串联式组合(含通常称为半连续系统的间断—连续式组合及连续—间断式组合)两大类;各章增列了思考题。

本次修订把原来气候对露天矿生产的影响(第六章)、矿石的损失、贫化与质量均和(第七章)两章调整至露天矿生产工艺系统部分(原列于工艺环节部分)。主要是考虑到气候的影响虽然具体是对某个作业环节有影响,但归根到底还是对矿山整个生产工艺系统的影响;矿石的损失、贫化也是最终导致整个矿山的资源损失和质量下降。

本教材的修订是在我国露天采矿学科几代人数十年研究、教学成果的基础上完成的,随着科学技术的不断进步,露天采矿学科仍然处于发展、进步和不断完善的过程中,还有一些研究成果未能列入本教材,而且教材中的一些观点各国科技工作者可能会有不同的表述,正是这种不同观点的存在才会推动本学科的不断发展与进步。

本次教材修订得到了张幼蒂教授的大力支持,从教材体系到大纲的形成、教材初稿的完成,张教授进行了数次审阅并提出宝贵意见,谨此致以崇高的敬意!

读者在使用本教材过程中如发现有不当之处,欢迎不吝赐教!联系方式:csji@foxmail.com 或 csji12621@126.com。

本版教材列入了中国煤炭教育协会高等教育(矿业)“十二五”规划教材目录(中煤教协【2011】2号文件),得到了神华集团准能公司的大力支持和协助,特别是关于矿山的基础技术数据,从公司领导层面到露天矿,都给予了热情的帮助,在此表示衷心的感谢!

编者

2014年10月

## 目 录

## 第一篇 引 论

第一章 绪言	3
第一节 学科特点与研究内容	3
第二节 露天开采的特点与发展现状	3
第三节 露天开采工艺环节与开采工艺系统	5
第四节 露天采矿方法	7
第五节 基本名词术语	8
第六节 露天开采矿床的分类	13
第七节 露天采矿的特点及其学科发展趋势	13
思考题	15

## 第二篇 露天采矿作业环节

第二章 采前准备环节	19
第一节 地面准备	19
第二节 矿岩准备/松碎	19
第三节 穿孔	20
第四节 爆破	24
思考题	35
第三章 主要生产环节	37
第一节 采掘	37
第二节 运输	105
第三节 排土	122
思考题	135
第四章 土地复垦	136
第一节 土地复垦概述	136
第二节 土地复垦程序	138
第三节 其他用地复垦	139

思考题.....	140
----------	-----

## 第三篇 露天采矿工艺系统

第五章 开采工艺系统分类及其选择.....	143
第一节 开采工艺系统分类.....	143
第二节 开采工艺系统选择.....	145
第三节 气候对生产工艺系统的影响.....	148
第四节 提高矿产资源利用率.....	157
思考题.....	165
第六章 间断式开采工艺系统.....	166
第一节 机械铲铁道工艺系统.....	166
第二节 机械铲卡车工艺系统.....	187
第三节 单斗铲倒堆工艺系统.....	197
思考题.....	209
第七章 连续式开采工艺系统.....	210
第一节 轮斗挖掘机一带式输送机工艺系统.....	210
第二节 多斗挖掘机—排土桥/悬臂排土机工艺系统.....	228
思考题.....	244
第八章 组合式开采工艺系统.....	246
第一节 串联式组合工艺系统.....	246
第二节 并联式组合工艺系统.....	259
思考题.....	260
第九章 水力机械化开采工艺系统.....	261
第一节 水枪开采工艺系统.....	261
第二节 采挖船开采工艺系统.....	269
思考题.....	273

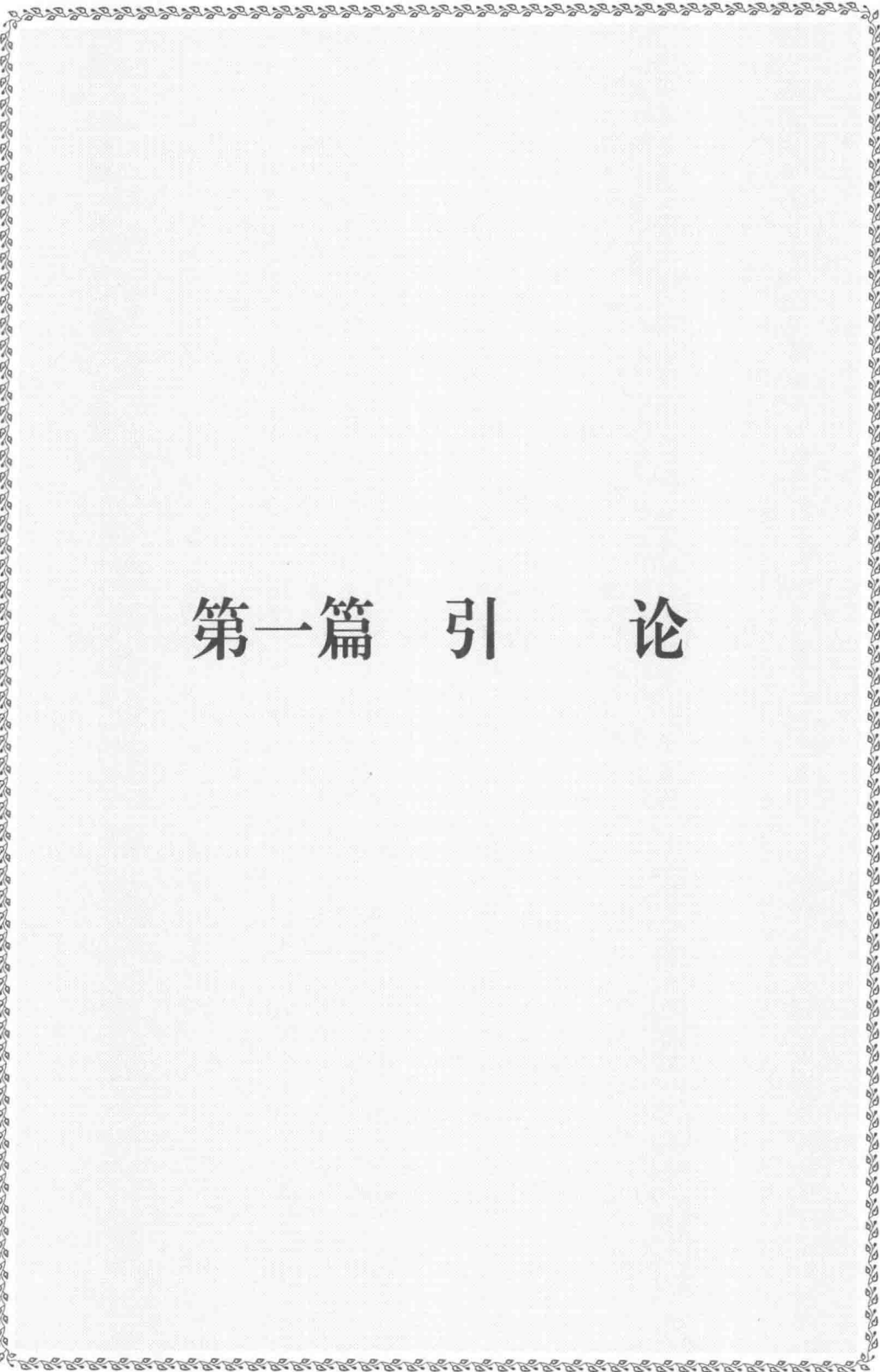
## 第四篇 露天采矿方法

第十章 露天采矿方法分类与选择.....	277
第一节 常用的露天采矿方法.....	277
第二节 掘坑外排开采法.....	278
第三节 倒堆内排开采法.....	280
第四节 石料开采法.....	285



---

第五节	顶帮开采法·····	288
第六节	水力机械化开采法·····	290
第七节	疏浚开采法·····	297
第八节	溶浸采矿法·····	298
第九节	细菌化学采矿法·····	301
第十节	开采方法的选择及发展趋势·····	302
	思考题·····	314
	参考文献·····	315



# 第一篇 引 论



## 第一章 绪 言

### 第一节 学科特点与研究内容

露天采矿学是采矿学的一个分支,其学科属性为工程技术学科。采矿学从方法论方面可划分为露天开采和地下开采两大类。露天采矿学是一门研究如何科学合理地利用露天采矿方法把矿产资源从地壳中开采出来的工程学科。露天采矿学主要涉及有地质学、岩体力学、系统工程、应用数学、机械电子工程、计算机技术、工程经济学、管理学、工业工程等学科领域的知识。露天采矿学的主要研究内容包括露天采矿方法、开采工艺系统、开采工艺环节、露天矿矿山工程、矿山规划及设计原理等几大部分。

### 第二节 露天开采的特点与发展现状

露天开采与地下开采相比主要特点是采掘地球浅表层内赋存的矿产资源(简称矿产),需要剥离覆盖于矿产之上的覆盖物,其作业空间敞露于大气中;露天开采所需移除的覆盖于矿产之上且暂时不能加以利用的围岩称之为剥离物,进行露天采矿作业之场所称为采掘场(简称采场、掘场)。地下开采主要采掘埋藏于距地球表面较深的矿产,无需剥离覆盖物,但需要建立采掘工作面与地表的运输通道如立井、斜井、平硐等。

埋藏于地下的矿产是采用露天开采还是地下开采方法采出有时很容易作出抉择:一般说来,露天开采方法适用于浅部矿床,地下开采无法进入或无法安全采出的矿床;对于埋藏于地下很深,需要剥离大量剥离物且超过露天开采合理开采界限的矿产则采用地下开采方法采出。对介于两者之间的矿产,开采方法的选择则需要根据详细的技术经济比较之后才能作出正确的选择。

露天开采方法与地下开采方法相比主要有以下优点:

① 生产能力大。露天煤矿单矿最高生产能力 2013 年已经达到 107.60 Mt/a(美国 The North Antelope Rochelle Mine,短吨),铜矿石年产量最高达到 29.00 Mt/a;到 2010 年末,我国露天煤矿设计年产量超过千万吨的已逾 20 余座,已达到千万吨以上规模的有黑岱沟露天煤矿、安太堡、安家岭、霍林河、伊敏河等,其中黑岱沟露天煤矿 2013 年产量达到 32.59 Mt/a,成为国内在建矿山年产量最大的露天煤矿。

② 劳动生产率高。2008 年世界主要产煤国家劳动生产率美国达到 10.30 短吨/(人·时)(地下开采 3.14);我国黑岱沟露天煤矿 2001~2008 年露天矿原煤生产人员效率平均达到 85.19 t/工,2008 年达到 150.28 t/工,露天矿剥离效率 798.07 m<sup>3</sup>/工。

③ 成本较低。露天开采成本主要与矿山生产剥采比、开采工艺、运输距离、矿岩性质等

相关,一般情况下,露天开采成本在同一地区、同类矿岩条件下比地下开采成本低三分之一到二分之一。如黑岱沟露天煤矿 2008~2009 年直接成本约 70 元/t,相邻地下开采矿山一般 120 元/t 左右。

④ 安全程度高,劳动条件好。露天开采由于作业场所开阔,一般没有地下矿山的煤尘、瓦斯等爆炸威胁,视线好,作业安全,事故率远低于地下开采矿山。如我国露天煤矿近十年来百万吨死亡率一般在 0.03 左右,地下矿山由 2002 年的 4.94 降至 0.293(2013 年)。

⑤ 建设速度快。例如,1985 年开工建设的安太堡露天煤矿设计产量 15.33 Mt/a,仅用 2.5 年时间即建成投产,地下开采矿山一般建成投产需要 7~8 年。

⑥ 资源回收率高,可顺便采出伴生矿物。露天开采方法开采层状矿体时,资源回收率可达 95% 以上。例如,黑岱沟露天矿煤炭回采率达到 99%。我国地下开采资源平均回收率 30%(2007 中国能源蓝皮书)。当露天开采有用矿物之上覆盖有其他有用矿物时,可以顺便采出伴生资源。例如,辽宁抚顺西露天矿主要开采煤炭,但煤层上部赋存有油母页岩,而且油母页岩的年产量比煤炭年产量还要大得多。该矿区油母页岩系与煤共生,蕴藏在含煤地层中并直接覆盖在煤层之上,矿层一般厚 48~190 m,可采厚度为 60~80 m。抚顺西露天矿油母页岩平均年产量约 700 万 t,富矿含油率一般为 5.85%~11.32%。

露天开采方法的主要缺点包括:

① 一般需要剥离数倍于有用矿物量的剥离物。露天开采有用矿物必须要首先移除覆盖于矿物之上的围岩,剥离围岩量的多少受制于矿物的埋藏深度。露天开采的剥离物数量一般是有用矿物数量的几倍至几十倍,其比值称为剥采比。我国露天煤矿生产剥采比一般在 1.0~16.9 m<sup>3</sup>/t,近年来大型露天煤矿生产剥采比多数在 3.0~6.0 m<sup>3</sup>/t,年剥离总量可达 8 000 万~10 000 万 m<sup>3</sup> 甚至更高。

② 占地面积大。通常一个露天矿占地有采掘场和排土场两大块,其面积可达几十平方千米,还有工业场地、配套生活居住区等。多数露天采场开采完毕要留下一个深坑;外排土场占地面积很大,如遇滑坡、泥石流灾害,面积还会扩大。

③ 受气候影响大。露天开采作业敞露于大气空间,受气候影响较大,如严寒、酷暑、风雪、雷电、暴雨等都会影响露天矿的正常生产效率,使得矿山生产能力呈现季节性变化。

④ 建设资金多。机械化矿山由于需要引进很多大型设备,资金投入很多,一台大型设备如挖掘机价格一般在几千万元至几亿元人民币,一台大型卡车近千万元,一个大型露天煤矿单位生产能力投资 300 多元,总投资需要二三十亿元。此外,多数矿区地处偏远地区,需要新建铁路、公路、供电线路、供水线路等配套设施,建设资金总体需求量多达几十亿至上百亿元人民币。

⑤ 环境影响面大。露天开采对环境的直接影响是改变了地形、地貌,甚至改变了地表、地下水系;生产时产生噪声、粉尘和大量的固体废弃物。需要爆破的矿山,还会产生震动,对附近居民生活和其他生产单位造成不利影响。但是在沟谷纵横、地形复杂的地区,露天开采可以再造地形,改造地貌,变废弃地为可用之地。

20 世纪以来,矿床露天开采发展迅速。以煤炭露天开采为例,全世界露天采煤量所占比重 1913 年为 6.6%,1952 年增加到 24.9%,1960 年代 30%<sup>①</sup>,2010 年露天开采煤炭产量

① 骆中州:《露天采矿学》,中国矿业学院出版社 1986 年版。

比重超过 40%。全世界各种矿产资源露天开采的比重可达 90%<sup>①</sup>。2010 年世界主要产煤国产量及露天开采比重见表 1-1。

表 1-1 2010 年世界主要产煤国产量及露天开采比重<sup>[20]</sup>

序号	国 别	产量/Mt	露天开采比重/%	备 注
1	China 中国	3 235	10.0	
2	US 美国	983.7	69	
3	India 印度	573.8	90	
4	Australia 澳大利亚	424.0	80	
5	South Africa 南非	254.3	51.0	
6	Russia 俄罗斯	321.6	68.7	
7	Indonesia 印度尼西亚	252	99.0	2009*
8	Poland 波兰	133.2	42.5	
9	Kazakhstan 哈萨克斯坦	101	—	2009*
10	Colombia 哥伦比亚	72	—	2009*
	全 球	>7 000	>40.0	

资料来源\* : Coal information, 2009, IEA(International Energy Agency)。其中,—表示数据不详。

### 第三节 露天开采工艺环节与开采工艺系统

#### 一、工艺、工艺环节与工艺系统

露天开采工艺,是指利用一定的设备和程序把有用矿物从地壳中开采出来以便进一步加工利用的方法或技术。露天开采工艺根据开采对象的不同可分为剥离工艺、采矿工艺,在同一矿山,剥离、采矿工艺可以相同,也可以不同。

露天开采工艺环节,是指构成矿物露天开采过程中一般需要经历的主要步骤。分为生产工艺环节和辅助工艺环节。生产工艺环节指完成矿石和剥离物开采所必需的作业步骤,辅助工艺环节指为保证主要生产工艺环节的完成所需的配套工艺环节。根据矿物赋存的不同条件,特别是岩性条件,露天开采生产工艺环节一般可以有 7 个:地面准备、穿孔、爆破、采装、运输、排卸、土地复垦。

① 地面准备。地面准备环节是指开采作业正式开始之前,要首先清除掉开采范围内影响采掘作业的所有天然或人工障碍物,例如河流、树木、道路、房屋、供电线路、其他构筑物,把露天开采正常生产所需的运输道路、供电线路、供水线路等辅助工程引至工作面。

② 穿孔。对于剥离物、矿石比较坚硬的矿山,采掘机械不能直接进行挖掘时,需要进行预先松碎。矿石、岩石(简称矿岩)预先松碎最常用的方法是穿孔和爆破,穿孔环节是为爆破提供安放炸药的场所。若矿岩松软,采掘设备可以直接挖掘时,就无需经过穿孔和爆破

<sup>①</sup> Peter Darling, SME Mining Engineering Handbook, 3rd Edition, Published by the Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, 2011, 1031-1048.

环节。

③ 爆破。爆破是利用炸药的化学能将矿岩从岩体中分离出来以便采掘设备进行采装作业的环节。当矿岩松软,采掘设备可以直接挖掘时,就不需要爆破这个环节。

④ 采装。采装环节是指利用挖掘设备将矿岩从岩体中分离出来,直接装入运输、破碎设备或直接排入邻近采空区的过程,也称采掘。

⑤ 运输。运输环节是把从工作面采掘出来的矿岩送到指定地点的过程。对于矿石,一般运到选矿厂或矿石外运站;对于岩石,则运到排土场排卸。

⑥ 排卸。排卸环节包括露天矿剥离物的排弃和矿石向破碎站或选矿厂的受料仓卸载两部分。剥离物的排弃也称为排土,可由运输设备直接向排土工作面排弃,也可由采掘设备直接向排土工作面排弃。

⑦ 土地复垦。露天开采作业直接作用于地表,使得地貌发生较大变化,开采完毕的采场或者留下一个大坑,或者移去地表上的山头,同时剥离物的排卸又构成一个或者多个空间实体,给天然生态环境造成一定影响。为了保护自然生态环境和地形地貌不受到大的影响,露天开采过程中或开采完毕要对受到开采影响的地域进行必要的治理,使得受开采扰动的地域具有一定的使用价值或经济价值。例如,将采场采空区改造为城市垃圾填埋场或者蓄水池,将内、外排土场复垦为农业用地、林业用地、畜牧业用地或者公共用地用于建造公园、建筑物、体育、娱乐设施等。

以上露天开采工艺环节并非各个矿山都需具备,有的矿山地面不存在任何有碍生产的障碍物,矿岩松软无需爆破,采掘设备可以直接挖掘,那么前三个环节就省略了。在上述7个环节中,采掘、运输、排卸三个环节是最重要的作业环节,称为主要生产环节,简称采、运、排,是露天采矿学要研究的重点内容。

露天矿辅助工艺环节主要包括动力供应、设备维修、疏干排水、边坡工程等。动力供应主要指保证生产进行所需提供的电力、燃油(气)、照明等工作。设备维修是日常工作中对各种生产设备进行的维护保养、故障修理,以保证设备正常使用。疏干排水是指为保证有用矿物正常开采所进行的采场地表水、地下水的排放,以保障开采作业的安全进行。边坡工程是为了保证开采作业安全而对采场、排土场的边坡所进行的监测、维护、治理等项工作。

露天矿生产工艺系统(surface mining system)是指露天矿为完成矿产资源开采作业由采掘、运输、排卸三个环节设备所构成的要素集合,亦称开采工艺系统,简称工艺系统。在机械化开采时代,工艺系统主要依据开采对象的物料流性质或所采用的不同设备加以分类。例如,根据物料流性质,某个露天矿山所采用的开采工艺系统有间断式开采工艺系统如单斗卡车工艺系统、单斗铁道工艺系统,连续开采工艺系统如轮斗带式输送机工艺系统、链斗铲运输排土桥工艺系统,以及综合采用不同形式的间断、连续工艺系统所构成的组合开采工艺系统等。

## 二、露天矿山建设过程

一个露天矿山从开始筹划建设到开采完毕要经历几个重要的阶段:

① 立项阶段:包括必要的勘探、可行性研究、项目建议书、编制计划任务书、办理各种证件等。

② 设计阶段:包括初步设计、施工图设计等。

③ 建设阶段:包括地面准备(把交通线、输电线引入矿区,在进行开采的地区清除或迁

移天然和人为的障碍物,如树木、沼泽、村庄、厂房、道路、水渠、坟地等)、防排水工程(截断通过开采地区的河流或把它改道,疏干地下水,使水位低于要求的水平)、矿山建设工程(包括开掘沟道,建立地面到各开采水平的道路和正常开采工作线,进行基建剥离以揭露拟开采的矿体;建立采场与排土场、工业广场等地的运输系统,架设桥梁;建设地面工业设施和必要的民用建筑)等。

④ 正常生产阶段:矿山在开辟了必要的采剥工作线,保证达到一定采矿能力后即可移交生产;一般需要再经过一段时间,才能达到设计生产能力。此后,矿山进入正常生产阶段,然后按照设计生产能力组织进行日常生产。受到开采作业扰动的地区,在完成必要的生产作业之后,要按规定进行覆土造田,如内、外排土场的整治、规划和利用。

⑤ 闭坑收尾阶段:矿山经过一定时期的开采,划归矿山开采的资源/储量逐步耗尽,矿山将进入闭坑收尾阶段,此时主要需要对受到开采作业扰动的尚未进行土地复垦的地区进行必要的复垦,特别是不能回填的采坑要进行必要的边坡加固,排土场按照规划的目标进行整治,对工业广场、尾矿坝、废弃的道路等区域进行综合治理等。

#### 第四节 露天采矿方法

露天采矿方法,是指应用一定的生产工具(开采工艺系统)和行为方式(开采程序、开拓系统、物料处理方式等)获取近地表矿产资源的一种采矿技术。

人类从诞生时刻起,面对大自然所做的第一个努力是开发农业,获取粮食以维持生存;第二个努力就是开发矿业,获取矿产资源,以美化生活。在获取矿产资源的努力中,首先就是应用露天开采方法实现的(大约公元前 45 万年),此后历经 40 多万年才转入地下开采。

原始人类从采集石料打磨成生产工具,采集陶土制陶,萌发了采矿的概念。采矿方法的不断进化一直贯穿着人类社会的开采历史。矿床的开采通常是沿着矿体露头最先开始,然后一块一块地开采矿石。

自从史前时代以来,采矿一直都是人类生存不可或缺的一部分。最早的大规模露天开采出现于公元前 15000 年至公元前 5000 年之间开采天然铜矿的露头。岩石通常采用反复利用火与水来实现破碎,利用手工劳动使用石质、木质或铜质工具开采,利用人力或动物进行运输。

人类最初利用金属是用于装饰而不是制作器皿。人类进步的文明时代均与矿石开采密切相关:石器时代(公元前 4000 年以前)、铜器时代(公元前 4000 年至公元前 1500 年)、铁器时代(公元前 1500 年至公元 1780 年)、钢铁时代(1780~1945 年)及核时代(1945 年后)<sup>①</sup>。

进入铜器时代,随着冶铜业的发展,形成自地下采掘铜、铅、锌矿石的采矿技术。由铜绿山矿冶遗址(中国已发现的规模最大、保存最完整的西周至汉代时期的铜矿开采与冶炼遗址。遗址在湖北省大冶县境内,南北长约 2 km,东西宽约 1 km,遗留的炼铜炉渣 40 万 t 以上,占地 14 万 m<sup>2</sup> 左右,推算累计产铜不少于 8 万~12 万 t)可知:当时已能开掘一定深度的小立井;已能沿矿体开掘平巷;用木支架维护地下巷道;已利用水排、辘轳和轮车等工具。进入铁器时代,采矿规模和技术进一步发展,但仍用手工采掘。

欧洲于 1556 年出版了阿格里科拉的《论冶金》一书,是欧洲最早全面论述矿冶技术的著

<sup>①</sup> B. A. Kennedy: Surface mining, 2<sup>nd</sup> Edition, SME 1990.



作。17世纪初,将中国传入的黑火药用于采矿,用凿岩爆破落矿代替人工挖掘,是采矿技术发展的一个里程碑。蒸汽机的出现和电的使用,开始了采矿作业机械化和电气化的进程。19世纪末期至20世纪初,相继发明了矿用炸药、雷管、导爆索和凿岩设备,形成了近代爆破技术,使用了电动机械铲、电机车和电力提升、通风、排水设备,形成了近代装运技术。20世纪上半叶开始,采矿技术迅速发展,露天采矿开始进入大规模机械化开采时代。

随着机械化开采时代的到来,露天采矿方法也在不断地演变。各个国家根据本国资源的赋存状况和科技发展的步伐,不断创新露天采矿方法,使得露天采矿的规模不断发展壮大,单个矿山的年采剥量已经达到几千万吨(立方米)至数亿吨(立方米)之巨。近代机械化露天采矿方法主要有掘坑外排开采法、倒堆内排开采法、石料开采法、顶帮开采法、水力开采法、疏浚开采法以及物理化学开采方法如溶浸开采法、细菌开采法等数十种露天采矿方法。

我国矿产资源开采采用较多的露天开采方法有掘坑外排法,主要用于金属、非金属矿山和早期的露天煤矿(1949~1980年建设);倒堆内排法,主要用于1980年以后建设的绝大多数大型露天煤矿;石料开采法、疏浚开采法,主要用于开采建筑业使用的砂石等集料;水力冲采法,主要用于开采冲击类矿床如砂金矿、锡矿等。

各种露天采矿方法的特点将在后续章节中陆续介绍。

## 第五节 基本名词术语

以下主要介绍两大类与露天采矿关系密切的基本名词术语,一类为与开采对象相关的术语,另一类为与开采作业场所相关的术语,其他名词术语在适合的位置介绍。

### 一、与开采对象密切相关的名词术语

**矿产资源:**指经过地质成矿作用而形成的,埋藏于地下或出露于地表,并具有开发利用价值的矿物或有用元素的集合体。

矿产资源是重要的自然资源,它经过几千年甚至几亿年的变化才形成,它是社会生产发展的重要物质基础,现代社会人们的生产和生活都离不开矿产资源。矿产资源属于不可再生资源,其储量是有限的。目前,世界已知的矿产有200多种,其中80多种应用较广泛。

我国《矿产资源法实施细则》第2条规定,所谓矿产资源是指由地质作用形成的,具有利用价值的,呈固态、液态、气态的自然资源。目前,我国已发现矿种168种,探明有一定数量的矿产有153种,其中能源矿产8种,金属矿产54种,非金属矿产88种,水气矿产3种,探明储量潜在价值仅次于美国 and 原苏联,居世界第三位,是世界上矿产资源最丰富、矿种齐全配套的少数几个国家之一。

矿产资源可分为能源矿产、金属矿产、非金属矿产和水气矿产四大类。

① **能源矿产:**中国已发现的能源矿产资源有12种,固态的有煤、石煤、油页岩、铀、钍、油砂、天然沥青;液态的有石油;气态的有天然气、煤层气、页岩气;地热资源有呈液态、气态的。

② **金属矿产:**指经冶炼从中可提取金属元素的矿产。分为以下几种:a. 钢铁基本原料金属矿产,如铁、锰、铬;b. 有色金属矿产,如铜、铅、锌、铝、镁、金、银;c. 稀有金属矿产,如锂、铷、铍;d. 分散元素矿产,如锗、硒;e. 放射性元素矿产,如铀、镭。