



高等教育“十三五”规划教材

国家自然科学基金（煤炭联合基金）重点项目（U1361211）资助

国家自然科学基金面上项目（51474119）资助

# 露天开采工艺

第二版

主编 宋子岭

Lutian Kaicai Gongyi

Lutian kaicai Gongyi

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

规划教材

国家自然科学基金(煤炭联合基金)重点项目(U1361211)资助

国家自然科学基金面上项目(51474119)资助

# 露天开采工艺

(2 版)

主 编 宋子岭

副主编 范军富 王 东

参 编 赵景昌 曹 博

主 审 白润才

中国矿业大学出版社

## 内 容 提 要

本教材是《露天采矿学》主要内容之一,《露天采矿学》包括《露天开采工艺》和《露天矿开拓开采与设计原理》两部分,以煤矿露天开采为主要内容并兼顾非煤固体矿床露天开采。本教材系统阐述了以煤炭为主的露天开采技术、开采工艺、理论和方法。主要内容包括露天开采的有关概念,露天开采的特点,露天开采工艺环节——重点介绍工艺环节的构成、各工艺环节主要设备类型、作业方式、作业参数、生产能力等,露天开采工艺系统——重点介绍单斗—汽车开采工艺、单斗—铁道开采工艺、半连续开采工艺、轮斗(或链斗)—胶带输送机连续开采工艺、轮斗(或链斗)—运输排土桥开采工艺、剥离倒堆开采工艺等,以及绿色开采工艺系统的构成,气候对露天开采的影响,矿石质量控制等。概括了我国露天煤矿生产与建设中的最新成果、技术标准、经验和开采技术,也将国内外有关最新研究成果纳入到本教材中。

本书主要用作煤炭普通高等学校采矿工程专业教材,是采矿工程专业露天开采方向的核心课程教材,也可供矿山企业、科研院所和设计部门从事固体矿床露天开采的技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

露天开采工艺/宋子岭主编.—2版.—徐州:中国矿业大学出版社,2018.10

ISBN 978 - 7 - 5646 - 4042 - 2

I. ①露… II. ①宋… III. ①露天开采—高等学校—教材 IV. ①TD804

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第155097号

书 名 露天开采工艺

主 编 宋子岭

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 23.5 字数 602 千字

版次印次 2018年10月第2版 2018年10月第1次印刷

定 价 39.80 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

# 《露天开采工艺》编写人员分工

## 一、各篇编写负责人

第 1 篇      宋子岭  
第 2 篇      王 东  
第 3 篇      范军富

## 二、各章节编写人员

|               |     |
|---------------|-----|
| 第 1 章         | 宋子岭 |
| 第 2 章         | 范军富 |
| 第 3 章         | 王 东 |
| 第 4 章         | 曹 博 |
| 第 5 章~第 8 章   | 宋子岭 |
| 第 9 章         | 赵景昌 |
| 第 10 章        | 曹 博 |
| 第 11 章        | 赵景昌 |
| 第 12 章~第 13 章 | 范军富 |
| 第 14 章~第 15 章 | 宋子岭 |

## 第二版前言

本书为高等教育“十二五”规划教材,由辽宁工程技术大学组织编写。本书为采矿工程专业的主要教材,是露天开采专业方向的主干课程(核心课程)教材。为适应采矿工程专业及其露天开采专业方向不同学生的教学需要,本教材主要内容划分为3篇。其中,第1篇露天开采基本概念部分主要介绍露天开采有关基本概念、露天开采的特点等;第2篇露天开采工艺环节部分主要介绍露天开采工艺环节构成、主要设备类型、作业方式、作业参数与设备生产能力及设备选型等,是采矿工程专业非露天开采专业方向学生需要了解掌握的知识内容;第3篇露天开采工艺系统部分重点介绍由各工艺环节构成的开采工艺系统的系统构成、开采参数、作业方式、生产能力、各工艺环节的合理匹配关系等,是露天开采专业方向的重点学习内容。

《露天开采工艺》按56学时编写,其中,露天开采基本概念部分1学时,露天开采工艺环节部分27学时,露天开采工艺系统部分28学时。

本教材第一版是在《露天采矿学》(中国矿业学院出版社1986年版)基础上编写而成的,第二版是对第一版的修订与补充,主要补充第15章露天矿绿色开采工艺系统构成方面的内容。作者衷心地感谢前人对采矿工程专业露天开采专业方向教材建设作出的贡献,同时也感谢为本教材提供基础资料的煤矿企业单位、矿山设备单位,以及参考文献中的各位作者。感谢为本教材出版而付出努力的主审和编审人员。

受作者水平和时间所限,本教材不足之处在所难免,恳请各位读者给予更多的批评、指正和帮助。

编 者

二〇一八年四月

# 目 录

## 第 1 篇 露天开采基本概念

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 1 绪论 .....               | 3  |
| 1.1 露天开采的基本概念和工艺环节 ..... | 4  |
| 1.2 露天开采的特点及适用条件 .....   | 7  |
| 1.3 露天开采国内外发展现状 .....    | 8  |
| 1.4 露天采矿学学科性质及特点 .....   | 10 |
| 1.5 露天开采工艺主要学习内容 .....   | 10 |

## 第 2 篇 露天开采工艺环节

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 2 矿岩松碎 .....                 | 15  |
| 2.1 概述 .....                 | 15  |
| 2.2 穿孔工作 .....               | 15  |
| 2.3 爆破工作 .....               | 19  |
| 2.4 合理的矿岩块度、矿岩松碎与采装的配合 ..... | 40  |
| 3 采装工作 .....                 | 44  |
| 3.1 概述 .....                 | 44  |
| 3.2 机械式单斗挖掘机作业 .....         | 44  |
| 3.3 拉铲作业 .....               | 65  |
| 3.4 多斗挖掘机作业 .....            | 70  |
| 3.5 液压挖掘机作业 .....            | 85  |
| 3.6 前装机、铲运机和推土机作业 .....      | 88  |
| 3.7 采装设备选择 .....             | 96  |
| 4 运输工作 .....                 | 102 |
| 4.1 概述 .....                 | 102 |
| 4.2 汽车运输 .....               | 105 |
| 4.3 胶带输送机运输 .....            | 112 |
| 4.4 铁道运输 .....               | 119 |
| 4.5 联合运输 .....               | 126 |

|     |                         |     |
|-----|-------------------------|-----|
| 5   | 排土工作 .....              | 134 |
| 5.1 | 概述 .....                | 134 |
| 5.2 | 推土机排土 .....             | 137 |
| 5.3 | 胶带排土机排土 .....           | 144 |
| 5.4 | 机械式单斗挖掘机排土 .....        | 152 |
| 5.5 | 推土犁排土工艺 .....           | 155 |
| 5.6 | 其他排土 .....              | 158 |
| 5.7 | 排土工艺的选择 .....           | 160 |
| 5.8 | 排土场建设 .....             | 162 |
| 6   | 气候对露天矿生产的影响 .....       | 166 |
| 6.1 | 概述 .....                | 166 |
| 6.2 | 严寒对露天矿生产的影响及其预防措施 ..... | 170 |
| 6.3 | 雨季影响及其预防措施 .....        | 179 |
| 6.4 | 其他气候影响及其预防措施 .....      | 180 |
| 7   | 矿石的损失、贫化与质量控制 .....     | 181 |
| 7.1 | 概述 .....                | 181 |
| 7.2 | 减少矿石损失与贫化的矿山工程措施 .....  | 182 |
| 7.3 | 减少矿石损失与贫化的工艺措施 .....    | 185 |
| 7.4 | 减少矿石损失与贫化的组织管理措施 .....  | 186 |
| 7.5 | 矿石质量均和 .....            | 187 |

### 第 3 篇 露天开采工艺系统

|      |                      |     |
|------|----------------------|-----|
| 8    | 概论 .....             | 191 |
| 8.1  | 露天开采工艺系统概念及分类 .....  | 191 |
| 8.2  | 工艺系统的选择 .....        | 193 |
| 9    | 单斗挖掘机—汽车开采工艺系统 ..... | 196 |
| 9.1  | 概述 .....             | 196 |
| 9.2  | 单斗挖掘机开采参数 .....      | 199 |
| 9.3  | 采掘、运输、排卸环节的匹配 .....  | 207 |
| 9.4  | 采掘工作面汽车分配 .....      | 215 |
| 9.5  | 卡车调度系统 .....         | 218 |
| 10   | 机械铲—铁道开采工艺系统 .....   | 224 |
| 10.1 | 应用及发展 .....          | 224 |
| 10.2 | 开采参数 .....           | 225 |

|      |                              |     |
|------|------------------------------|-----|
| 10.3 | 铁道运输工艺参数 .....               | 229 |
| 10.4 | 露天矿车流方向规划 .....              | 237 |
| 10.5 | 生产调度 .....                   | 245 |
| 11   | 轮斗挖掘机—胶带输送机工艺系统 .....        | 248 |
| 11.1 | 概述 .....                     | 248 |
| 11.2 | 开采参数 .....                   | 249 |
| 11.3 | 系统各环节之间的配合 .....             | 260 |
| 11.4 | 各环节设备和能力的匹配 .....            | 268 |
| 12   | 运输排土桥、悬臂排土机工艺 .....          | 272 |
| 12.1 | 运输排土桥开采工艺 .....              | 273 |
| 12.2 | 悬臂排土机开采工艺 .....              | 281 |
| 12.3 | 带排土悬臂的轮斗或链斗挖掘机工艺 .....       | 285 |
| 13   | 半连续开采工艺系统 .....              | 287 |
| 13.1 | 概述 .....                     | 287 |
| 13.2 | 典型的半连续工艺系统分析 .....           | 290 |
| 13.3 | 半连续开采工艺的技术问题 .....           | 296 |
| 13.4 | 半连续工艺系统的生产能力 .....           | 307 |
| 13.5 | 半连续开采工艺系统经济效果评价 .....        | 316 |
| 14   | 剥离倒堆开采工艺系统 .....             | 320 |
| 14.1 | 概述 .....                     | 320 |
| 14.2 | 剥离倒堆方案 .....                 | 324 |
| 14.3 | 单煤层倒堆方案 .....                | 336 |
| 14.4 | 多煤层倒堆方案 .....                | 338 |
| 14.5 | 采煤作业与工作线布置 .....             | 341 |
| 14.6 | 倒堆工艺剥、采设备能力 .....            | 350 |
| 15   | 露天煤矿绿色开采工艺系统构成 .....         | 353 |
| 15.1 | 露天煤矿绿色开采工艺系统概念及内涵 .....      | 353 |
| 15.2 | 露天煤矿绿色开采工艺系统环节及其合理匹配关系 ..... | 353 |
| 15.3 | 露天煤矿绿色开采工艺系统选择 .....         | 356 |
| 15.4 | 露天矿绿色开采工艺系统合理性评价 .....       | 358 |
|      | 参考文献 .....                   | 361 |

# 第 1 篇 露天开采基本概念



# 1 绪 论

我国煤炭资源丰富,截至 2002 年年底,全国共有煤炭资源的矿区 6 019 个,查明煤炭资源/储量为 10 201 亿 t,其中,煤炭基础储量 3 341 亿 t(煤炭储量为 1 886 亿 t),煤炭资源量为 6 872 亿 t。其中,仅内蒙古累计探明储量 2 253.3 亿 t,保有储量 2 244.5 亿 t;预测储量总计 11 225.3 亿 t,其中可靠级为 2 696.4 亿 t。

我国煤炭储量主要分布在华北、西北地区,集中在昆仑山—秦岭—大别山以北的北方地区,以山西、陕西、内蒙古等省区的储量最为丰富。晋陕蒙(西)地区集中了中国煤炭资源的 60%,另外还有近 9%集中于川、云、贵、渝地区。

随着近年来我国煤炭资源探明储量的不断增多,适合于露天开采的煤炭资源也愈来愈多,主要分布在内蒙古、新疆、山西、云南。其中,内蒙古、新疆探明的煤炭储量大都适合于露天开采。进入 21 世纪以来,我国陆续开发了一大批露天煤矿,其设计规模大都在千万吨以上,如内蒙古自治区锡林郭勒盟西乌珠穆沁旗白音华露天矿区先后建设开发了白音华一号露天煤矿、白音华二号露天煤矿、白音华三号露天煤矿、白音华四号露天煤矿,设计规模分别为 7.0 Mt/a、10.0 Mt/a、10.0 Mt/a、5.0 Mt/a;内蒙古锡林郭勒盟锡林浩特胜利矿区先后开发建设了胜利西一号露天煤矿、胜利东二号露天煤矿,设计规模分别为 20.0 Mt/a、10.0 Mt/a(二期 30.0 Mt/a);内蒙古海拉尔宝日希勒露天煤矿,设计规模为 20.0 Mt/a;内蒙古呼伦贝尔谢尔塔拉露天煤矿,设计生产能力为 7.0 Mt/a;内蒙古鄂尔多斯魏家峁露天煤矿,设计生产能力 6.0 Mt/a(扩建后达 12.0 Mt/a);内蒙古鄂尔多斯准格尔哈尔乌素露天煤矿,设计生产能力为 20.0 Mt/a;山西平朔东露天煤矿,设计生产能力为 20.0 Mt/a;新疆五彩湾露天煤矿,设计生产能力为 10.0 Mt/a;内蒙古鄂尔多斯露天煤田数十个中型露天煤矿,设计生产能力 0.6~1.2 Mt/a。20 世纪八九十年代开发建立了一批大型露天煤矿,主要包括:山西平朔安太堡露天煤矿、安家岭露天煤矿,设计生产能力分别为 15.0 Mt/a、10.0 Mt/a(2010 年实际生产能力分别达到 20 Mt/a、22 Mt/a);内蒙古鄂尔多斯准格尔黑岱沟露天煤矿,设计生产能力 12.0 Mt/a(2006 年技术改造扩能后达 20.0 Mt/a);内蒙古赤峰平庄元宝山露天煤矿,设计生产能力 5.0 Mt/a(改造扩能后达 8.0 Mt/a);内蒙古呼伦贝尔伊敏河露天煤矿,设计生产能力 5.0 Mt/a(技术改造扩能后达 16.5 Mt/a);内蒙古霍林河一号露天煤矿,设计生产能力 3.0 Mt/a(技术改造扩能后达 15.0 Mt/a)等。

截至 2014 年我国露天煤矿达 405 座,大中型露天煤矿达 120 余座,露天开采的煤炭产量达 5.2 亿 t,占全国煤炭产量的 14.2%左右。特别是随着探明的适合露天开采的煤炭资源的不断增多,为充分发挥露天开采安全、高效、资源回收率高、工艺现代化程度高、产量规模大等优点,露天开采在我国的发展前景越来越好,必将成为煤炭开采的发展趋势。

## 1.1 露天开采的基本概念和工艺环节

露天开采是固体矿床开采的一种最常用的重要方法,是相对于地下开采而言的。露天开采(surface mining)是直接从地表揭露并采出煤炭或其他矿产的工作。研究矿床剥离和露天开采技术及其内部规律性的学科即为露天采矿学。露天采矿学的主要内容包括:露天开采工艺和露天开采设计原理两部分。露天开采工艺是利用生产工具直接从地表揭露并采出煤炭或其他矿产的方法。露天开采设计原理是研究有用矿物与剥离物之间的时、空、量的关系及发展规律的。那么,露天开采具体的开采方法、原理、工艺、开采参数等是什么样的呢?这些内容将在后面的章节介绍,下面首先介绍露天开采的基本概念、名词术语和采场要素。

露天开采的最终目的是从地壳中把有用矿物开采出来,为了采出有用矿物,必须首先将覆盖在有用矿物之上大量的岩土开采出来,这是露天开采与地下开采的最大区别。因此,露天开采不但要采出矿石,而且要采出大量废石(岩土),岩土的开采是矿石开采的前提,矿石开采是岩土开采的目的。覆盖在矿石之上的岩土称之为剥离物,包括表土、岩石和夹石以及没有开采价值的质量差的矿石等。对剥离物的开采过程称为剥离,对矿石的开采过程称为采矿。矿石与剥离物是相对的,矿石是地壳中目前对国民经济有用的那部分物质,剥离物是指地壳中没有应用价值或目前技术经济条件下无法利用的那部分物质;但是,许多品位低、加工困难的矿物,以及目前还没发现其有用价值的矿物质,随着采矿技术、选矿技术、冶炼技术和国民经济的发展,也可能成为有用矿物。

有用矿物在地壳中的积聚体称为矿体,一般沉积形成的矿体呈层状,如煤矿体由沉积形成层状矿体,称为煤层。矿体的赋存地称为矿床,煤矿床通常称之为煤田。一个煤田中适合于露天开采的那部分称为露天煤田或露天矿田。在露天矿田,通过项目规划、可行性研究、露天开采初步设计和施工设计等工作,形成完整的生产系统,用露天矿山设备进行露天矿山工程的场所,称为露天采场。露天采场常被称为露天矿坑、采场、掘场、采矿场、采石场。从事露天开采的矿山企业称为露天矿。露天矿与露天采场是不同的概念,但有时两者又是同义词。露天采场的剥离物和矿体厚度达几十米到几百米,在开采过程中,按剥离、采矿或排土作业的要求,需要将其划分成若干个具有一定高度(一般由采掘设备的挖掘高度决定)的水平或近水平的分层,形成阶梯,这种阶梯状分层称为台阶、阶段或梯段。

### 1.1.1 台阶的组成要素

台阶由平盘、坡面、坡顶线、坡底线、坡面角( $\alpha$ )、台阶高度( $H$ )等要素组成,如图 1-1 所示。

- (1) 平盘——台阶的水平部分或近水平部分。由上部平盘、下部平盘构成。
- (2) 上部平盘——位于台阶上部的平台。也是上一个相邻台阶的下部平盘( $\nabla H'$ )。
- (3) 下部平盘——位于台阶下部的平台。也是下一个相邻台阶的上部平盘( $\nabla H$ )。
- (4) 坡面——台阶上、下部平盘之间的倾斜面( $AB$ )。
- (5) 坡顶线——台阶上部平盘与坡面的交线( $A_1A_2$ )。
- (6) 坡底线——台阶下部平盘与坡面的交线( $B_1B_2$ )。
- (7) 坡面角——台阶坡面与水平面的夹角( $\alpha$ )。
- (8) 台阶高度——台阶上、下部平盘之间的垂直距离( $H$ )。

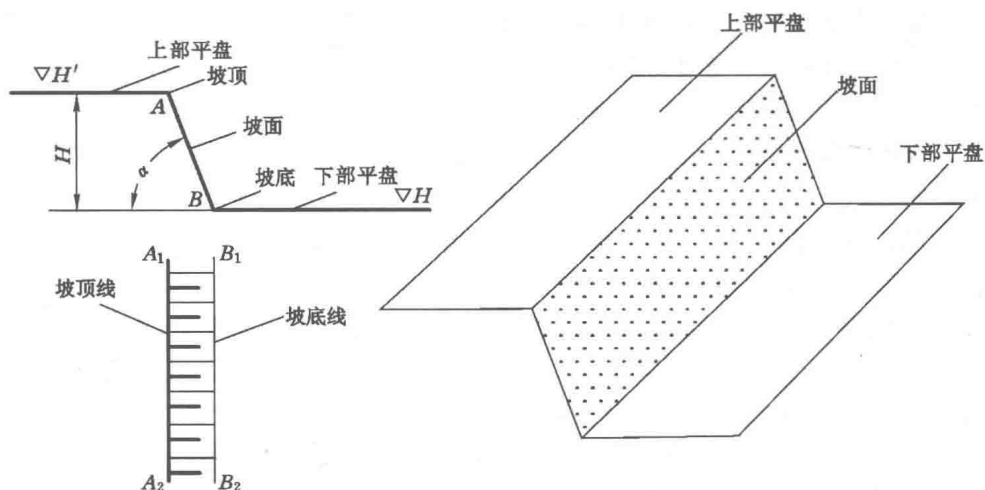


图 1-1 台阶组成要素

### 1.1.2 露天采场要素

如图 1-2 所示,为典型露天采场剖面示意图。由图可以看出一座典型的露天矿采场由以下组成要素:

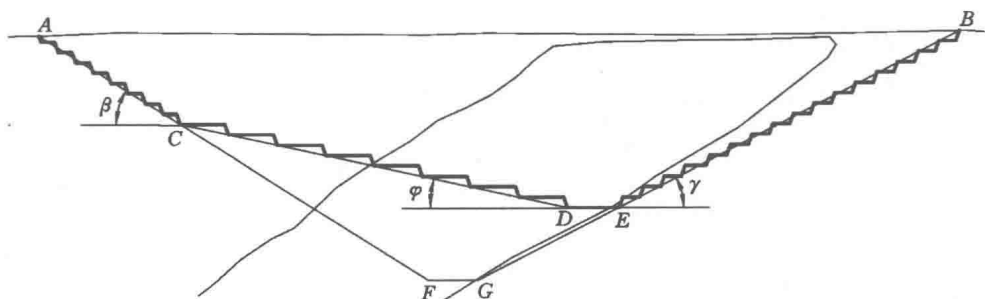


图 1-2 露天采场主要要素示意图

AB——地表境界;AFGB——下部境界;FG——设计最终坑底;BE——底帮;

ACD——顶帮;AC,BE——非工作帮;CD——工作帮;DE——当前坑底;

$\beta, \gamma$ ——非工作帮坡角; $\varphi$ ——工作帮坡角

- (1) 露天开采境界——露天采场开采结束时的空间轮廓。分为上部境界和下部境界。
- (2) 上部境界——露天采场剥离和采矿的地面范围,是一个封闭曲线(AB)。
- (3) 下部境界——由露天采场四周最终边帮和底面构成(AFG)。
- (4) 露天矿坑底——露天矿坑的下部底面,一般为露天开采最下层矿体的底板面,或为倾斜面或为阶梯状(DE)。
- (5) 露天采场边帮——由露天采场四周台阶的平盘和坡面组成的总体。由顶帮、底帮、端帮构成。边帮又分成工作帮和非工作帮。
- (6) 顶帮——位于露天采场矿体顶板侧的边帮(ACD)。
- (7) 底帮——位于露天采场矿体底板侧的边帮(BE)。
- (8) 端帮——位于露天采场矿体端部的边帮。
- (9) 工作帮——露天采场内由正在进行着矿山工程的台阶组成的边帮(CD)。

(10) 非工作帮——露天采场内由已经结束矿山工程的台阶组成的边帮(AC、BE)。

(11) 工作帮坡角——通过工作帮最上台阶和最下台阶的坡底线的假想平面与水平面的夹角( $\varphi$ )。

(12) 非工作帮坡角——通过非工作帮最上台阶坡顶线和最下台阶坡底线的假想平面与水平面的夹角( $\beta, \gamma$ )。

### 1.1.3 工作线、采区、采掘带

将露天采场划分成台阶后,各台阶自上而下顺序作业,或多个台阶同时作业。露天矿又将台阶沿纵向划分成采区,沿台阶横向划分成采掘带进行开采。即露天矿在台阶上是沿台阶纵向按条带进行开采的。

(1) 工作线——在一个台阶上做好采掘准备,配有采掘设备、运输线路、动力供应等的纵向区段。

(2) 采区——将工作帮台阶沿纵向划分成若干区段,每个区段配备采掘设备进行采掘,这样的区段称为采掘区,简称采区。

(3) 采掘带——台阶开采中,通常按横向划分成具有一定宽度的条带,这个条带即为采掘带。图 1-3 为采掘带、采区、工作线示意图。

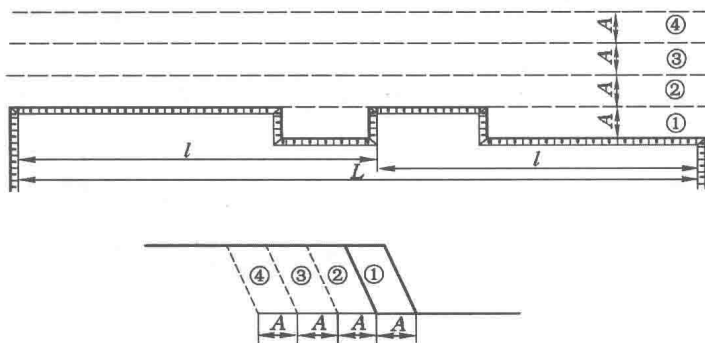


图 1-3 采掘带、采区、工作线示意图

$L$ ——工作线长度; $l$ ——采区长度; $A$ ——采掘带宽度;

①, ②, ③, ④——开采顺序

### 1.1.4 其他常用名词术语

除上述露天采场要素、台阶组成要素等所涉及的概念外,露天矿还有以下常用名词术语。

(1) 剥采比( $n$ )——剥离量与有用矿物量之比值,单位: $\text{m}^3/\text{t}$  或  $\text{m}^3/\text{m}^3$ 。包括生产剥采比、境界剥采比、平均剥采比等。

(2) 生产剥采比( $n_s$ )——在一定生产时期内,从露天采场采出的剥离量与有用矿物量的比值。

(3) 平均剥采比——露天采场境界范围内总剥离量与总矿量之比。

### 1.1.5 露天开采工艺环节

在介绍露天开采工艺之前,首先学习以下几个概念:

(1) 露天开采(surface mining)——直接从地表揭露并采出煤炭或其他矿产的工作。

(2) 工艺(technology)——利用生产工具对各种原材料、半成品进行加工或处理,使之成为产品的方法。

(3) 露天开采工艺(surface mining technology)——利用生产工具直接从地表揭露并采出煤炭或其他矿物的方法。

那么,露天开采工艺环节有哪些呢?可从露天开采工艺过程进行分析。

若想采出煤炭或其他有用矿物,首先需要将上面的剥离物移走,这就需要运输设备,进行运输工作——运输环节。

若想完成运输,必须将剥离物或有用矿物装入运输设备中,需要采掘设备,进行采装工作——采装环节。

由于大部分矿岩都很坚硬,采掘设备直接挖不动,这就需要事先将岩石或矿物松碎,需要矿岩爆破与松动设备——矿岩准备环节。

对于移走的剥离物,由于量特别大,需要有计划地、按顺序堆放在指定地点(即排土场),需要排土设备进行排土工作——排土环节。

因此,露天开采主要工艺环节有:矿岩准备、采装、运输、排土。其中,采装、运输、排土是决定露天开采工艺类型的主要环节。露天开采主要工艺环节是相互联系、相互匹配的,形成一个有机整体,是一个完整的生产工艺系统,各工艺环节不能孤立存在。除此之外,露天矿还有一些辅助生产工艺环节,如生产准备、机修、防排水、道路维修、线路移设、输变电、信号通信、调度等。

## 1.2 露天开采的特点及适用条件

与其他工业生产相比,采矿生产由于其开采对象的特殊性,采矿活动也有许多特殊的规律。主要表现在以下几方面:

首先,采矿生产的对象是天然赋存于地壳中的矿体和岩层。采矿生产受矿体的地理位置、埋藏条件和矿岩性质的影响。露天开采还受地形、气候等影响。矿山规模大、范围广,多在边远地区,致使矿山建设投资大、工期长、工作环境差。

其次,矿山中采矿场所随着时间的推移不断改变其空间位置,从而引起生产对象和作业条件的经常变化。这就要求在采矿生产中动态地考虑问题,具有预见性,处理好时间与空间的关系。

第三,采矿生产是由多个环节构成的,从矿岩准备、采装、运输到排卸,构成先后有序、相互联系的生产系统。同时,还有机械维修、疏干排水、生产准备、矿石洗选等辅助环节。各环节之间必须协调、匹配,不但在生产能力、设备类型、设备数量方面匹配,而且在生产组织管理方面也要做到协调一致。采矿生产各环节构成一个完整的生产工艺系统,整个采矿生产过程是一个系统工程,必须处理好局部与全局的关系。

这是露天开采和地下开采所共同具有的一般特性,而露天开采与地下开采又有很大的不同,具有自己的特点。

### 1.2.1 露天开采特点

(1) 资源回收率较高。一般90%以上,由于露天开采无须留保安煤柱,绝大部分资源都可开采出来,按地质储量计算的资源回收率远远高于地下开采。

(2) 露天采场作业空间大,可采用大型生产设备。挖掘机斗容达几十立方米,甚至上百立方米,运输汽车载重100~400 t,铁道运输的牵引电机车黏重100~150 t,自翻车载重

60 t,大型轮斗挖掘机小时理论能力达  $8\,500\text{ m}^3/\text{h}$ ,胶带输送机的带宽达  $1.4\sim 3.2\text{ m}$ 。故大型露天矿投资较大,比如:平朔安家岭露天煤矿投资 40 亿元人民币,准噶尔黑岱沟露天煤矿投资 97 亿元人民币,平朔安太堡露天矿总投资 6.955 8 亿美元(1985~1987 年),后又追加投资 16 亿元人民币。

(3) 生产能力大。煤炭产量可达  $30\sim 50\text{ Mt/a}$ 。比如,原西德弗尔图纳露天煤矿,设计能力为  $50\text{ Mt/a}$ ,  $n=1.83\text{ m}^3/\text{t}$ 。

(4) 劳动生产率高。按每工生产煤炭产量计算,国外露天煤矿:美国  $25.6\text{ t/工}$ ,德国  $81.8\text{ t/工}$ ;我国露天煤矿:平朔安太堡露天煤矿  $20.4\text{ t/工}$ ,准格尔黑岱沟露天煤矿引入吊斗铲改扩建后工效达  $96.0\text{ t/工}$ 。

(5) 安全。露天开采没有瓦斯、顶板冒落危害等,因此,其安全性远远高于地下开采。

(6) 开采成本低。比如,阜新海州露天煤矿吨煤成本  $50\sim 60\text{ 元/t}$ ,准格尔黑岱沟露天煤矿引入吊斗铲改扩建后吨煤成本  $43.8\text{ 元/t}$ 。

(7) 建设速度快。一般  $3\sim 5\text{ a}$  可建成;目前,由于新的设计理念极大地降低了露天矿的基建工程量,同时采用工程外包等措施,使露天矿基建速度大大加快,在  $1\sim 2\text{ a}$  内即可建成。

(8) 受气候影响大。由于露天矿生产场所是敞露的,直接受气温、大风、雨雪的影响,特别是在我国北方地区,其生产具有明显的季节性。

(9) 需要移运大量的剥离废弃物。剥采比的大小直接影响露天矿的经济效益。

(10) 占地面积大,破坏生态环境。露天开采会对土地造成较大的破坏,包括露天矿坑和外部排土场,需要做大量的土地复垦工作。比如,海州露天煤矿占地面积达  $30\text{ km}^2$ 。

(11) 对矿床埋藏条件要求严格。一般埋藏浅、煤层厚的煤田适合露天开采。

上述第(8)~(11)条是露天开采的缺点,露天矿必须采取一切措施克服上述缺点,以确保露天开采的优越性。

### 1.2.2 露天开采适用条件

虽然露天开采具有显著的优越性,但是,一般赋存较浅的矿床才适合于露天开采。露天开采主要适合于以下条件:

(1) 矿体赋存较浅,煤层厚度较大,且赋存面积较大;或倾斜矿体浅部部分。

(2) 主要考虑露天开采剥采比的限制。露天开采的境界剥采比、生产剥采比应不大于经济合理剥采比。

## 1.3 露天开采国内外发展现状

### 1.3.1 露天开采的发展现状

由于露天开采具有地下开采不可比拟的优越性,自 20 世纪以来,全世界范围内在煤炭、冶金、建材、化工等行业露天开采得到了广泛的发展。大约  $2/3$  的矿产资源是用露天开采的。其中,煤炭露天开采的比重已由 1913 年的  $6.6\%$  增加到目前的  $40\%$  以上。特别是美国、俄罗斯、加拿大、德国、澳大利亚、波兰等国的露天煤矿发展较快,露天开采所占比重较大。

据统计,目前我国主要矿产露天开采的比重是:

铁矿石:  $86.4\%$ ;

黑色冶金辅助矿石:  $90.5\%$ ;

有色金属矿石:49.6%;

化工原料矿石:70.7%;

建筑材料:近 100%;

煤炭:约 14.2%(有增加趋势)。

虽然我国煤炭的露天开采所占比重较低,但自 20 世纪 80 年代以来,陆续建成了几个大型露天煤矿,特别是 2000 年以来,陆续新开发建设了一大批大型、特大型露天煤矿。我国露天煤矿由新中国成立初期的 10 余座增加到 2010 年的 60 余座。露天开采的煤炭产量也由 5% 上升到 10% 左右。

露天煤矿开采规模新中国成立初期开发的为 1.0~5.0 Mt/a,20 世纪 80 年代开发的露天煤矿为 5.0~15.0 Mt/a,2000 年后开发的露天煤矿开采规模达 10.0~30.0 Mt/a。部分矿区也开发了一大批中小型露天矿,如内蒙古鄂尔多斯地区开发了近百座中小型露天煤矿,开采规模 0.3~1.2 Mt/a 不等。

露天开采工艺也有一个发展变化过程,新中国成立初期建设的露天煤矿大都采用单斗挖掘机—铁道开采工艺,单斗挖掘机斗容为 1.0~4.0 m<sup>3</sup>,个别达 6.0 m<sup>3</sup>,运输工艺多为准轨蒸汽机车或准轨电气化铁路。宁夏大峰露天煤矿是我国最早于 20 世纪 60 年代采用汽车运输的露天煤矿。20 世纪 80 年代建设的五大露天煤矿(准格尔黑岱沟露天矿、平朔安太堡露天矿、平庄元宝山露天矿、霍林河南露天矿、伊敏河露天煤矿)的岩石剥离部分采用单斗挖掘机—汽车开采工艺,表土部分则采用轮斗挖掘机—胶带输送机连续开采工艺(黑岱沟露天矿和元宝山露天矿),采煤部分则采用单斗挖掘机—汽车—半固定式破碎站—胶带输送机工艺。挖掘机斗容为 10~30 m<sup>3</sup>,汽车载重一般为 68~154 t。2000 年以后开发的大型露天煤矿的开采工艺多为综合开采工艺,如剥离单斗挖掘机—汽车开采工艺、采煤单斗挖掘机—汽车—半固定式破碎站—胶带输送机开采工艺;剥离单斗挖掘机—汽车开采工艺、采煤单斗挖掘机—工作面移动式破碎机—胶带输送机开采工艺。单斗挖掘机斗容和汽车载重也随着开采规模的扩大而增大,挖掘机斗容达 20~55 m<sup>3</sup>,汽车载重达 100~320 t。胶带宽度达 1.0~2.0 m。一些早期开发的露天煤矿也进行开采工艺技术改造,如准格尔黑岱沟露天煤矿于 2006 年引进了我国第一台吊斗铲(B-E 公司 2570WS 型吊斗铲,作业半径 100 m、勺斗容积 90 m<sup>3</sup>)用于煤层上部 45 m 厚岩石的剥离倒堆,采用抛掷爆破—吊斗铲剥离倒堆工艺;平庄的露天煤矿也于 2008 年将原来的单斗挖掘机—准轨电气化铁道开采工艺改造成为剥离单斗挖掘机—汽车、采煤单斗挖掘机—汽车—铁道(地面)开采工艺,实现了横采内排。2000 年后开发的抚顺东露天矿仍然采用单斗挖掘机—准轨电气化铁路开采工艺,露天矿的副矿为油母页岩。

### 1.3.2 露天开采的发展趋势

由于露天开采在安全和资源回收率等方面具有无比的优越性,露天开采已成为资源开采的首选开采方法,露天开采在国内外的比重会越来越大,特别是随着我国内蒙古、新疆等地已探明大量适合露天开采的煤田,新建露天煤矿数量迅速增加,露天开采的煤炭产量会显著提高。新时期露天开采的发展趋势呈现出快速发展的良好势头。在露天矿开采规模、开采工艺、设计思想、经营理念、管理水平等方面具有明显的现代特征:

(1) 开采规模大型化。每年生产煤炭由过去的几百万吨,到目前的几千万吨。

(2) 开采设备大型化。采掘设备的斗容由过去的几立方米至十几立方米,到目前的几