

普通高等教育“十五”国家级规划教材

Guti Kuangwu Ziyuan Kaifa Gongcheng

固体矿物资源开发工程

张世雄 主 编

蒋国安 主 审

武汉理工大学出版社

TD8
Z-766.2

普通高等教育“十五”国家级规划教材

固体矿物资源开发工程

主 编 张世雄

副主编 侯忠杰 王家臣 汪理全 马云东 张 健

主 审 蒋国安

武汉理工大学出版社

·武 汉·

序

矿业为我国国民经济的发展提供了 95% 的能源资源、80% 的工业原料、70% 的农业生产资料。但我国是一个人均拥有矿产资源量远远低于世界平均水平的国家,在我国社会快速发展的今天,人均矿产资源消耗量持续上升,铜、铁、石油等主要矿产资源严重短缺,推动了国际矿业新的繁荣与国内外矿产价格的攀升,它们已在一定程度上制约我国经济的健康发展,矿业在国民经济发展中的重要地位从来没有像今天这样凸现。

由于矿床地质条件的复杂性和矿山开采的特殊性,矿业是一个事故多发的行业。水、火、瓦斯、矿尘、片帮冒顶、地面塌陷等都可能给人民的生命财产带来重大的损失。因此,矿业是当今最需要用高新技术,如信息技术、计算机技术、遥感与遥控技术、自动化技术与机器人技术等装备的产业。

在完成教育部下达的面向 21 世纪的矿业工程高等教育教学改革研究项目后,抓教材建设就成了重要任务之一。过去,采矿工程专业立足于行业办学,分别由煤矿、金属矿、非金属矿、化工矿、铀矿等的上级主管部门领导,有各自的教学体系与相应的教材。在 1998 年教育部制定的本科专业目录中,采矿工程专业的教学范围扩展为包括煤、金属与非金属矿的开采,但是,多年来没有一部相应的主干专业课教材。

2002 年以来,教育部地矿学科教学指导委员会领导并组织了 13 个单位的 25 名教授,历经三年的努力,编写出版了这部国家“十五”规划教材《固体矿物资源开发工程》。该教材对主干专业课的体系有所创新,以矿床开采工艺过程为主线,把原来的矿床露天开采、矿床地下开采、特殊采矿方法、井巷工程、矿山企业设计等课程融会贯通,把教学内容扩展到整个固体矿物资源的开发(含煤、金属与非金属矿物),并新增了采动损害及其防护,以及退役矿山的治理与开发利用,形成了矿床开采的完整工艺体系,删去了过去多门课程自成体系时的大量重复内容。以《矿山企业设计基础》(孙凯年主编,冶金工业出版社,1990)为例,它的一半章节已在矿床露天开采、矿床地下开采中论述,因而本书只需一半的篇幅就能讲述清楚,从而得以腾出篇幅与时间,增加了饰面石材开采、宝玉石开采与矿物的保护性开发、砂矿床开采、化学溶浸开采、盐类矿床地下水溶开采、露天与地下联合开采、矿床二次开采、海洋采矿、太空采矿等内容,大幅度地扩大了学生的知识面。

本教材在培养学生处理矿山复杂工程技术问题和培养学生创新能力方面进行了新的探索。在介绍露天采矿和地下采矿的基础上,新增了露天与地下联合开采,把二者结合起来,突出介绍了采矿发展的这个新趋势;在介绍各种典型地下采矿方法之后,介绍了地下组合式采矿法和联合式采矿法,启迪学生灵活应用多种采矿方法的优点,去解决复杂难采矿体的开采问题。介绍了采矿学科多个前沿研究工作的新进展,以及前瞻性的采矿科技问题。

作为教材首次介绍了退役矿山开发利用的内容,将为我国矿山的环境保护、矿工的转产再就业、矿业城市的转型做出积极的贡献。

这部教材结构严谨,深入浅出,语言简洁,文笔流畅,图文并茂。它的可贵探索与努力,将为我国采矿工程专业提高教学质量与教学水平做出新的贡献。

采矿科学是在不断前进的,采矿专业的教材需要不断完善与更新,我们希望全国矿业院校从事采矿专业教学的教授、专家们继续努力,写出更多、更好的采矿工程专业新教材。

教育部地矿学科教学指导委员会主任

周世宁

院士

2005 年 3 月 31 日

前 言

根据教育部对普通高校采矿工程专业本科培养大纲的要求,在教育部地矿学科教学指导委员会的领导下,组织国内 13 个单位的 25 名教授,经过三年的努力,编写了国内第一部贯通煤、金属与非金属矿开采的本科教材。

教材的编写本着科学、规范、拓宽的原则,力求适应教育部 21 世纪矿业类专业教学改革和课程体系改革的要求,旨在加强学生的素质教育和基础理论知识教育,调整知识结构,拓宽知识面,提高社会适应能力,以培养高质量的智能型、复合型人才。

本教材摒弃传统矿业类教材分割细、重复内容多、操作叙述多的弊端,特别注重将煤、金属与非金属矿开采的相关内容融为一体,力图避免貌合神离,并努力创建承上启下、相互联系、融会贯通、特色鲜明的主干专业课程教材新体系,注意对学生进行基础知识与基本理论的教育,处理工程实际问题能力的教育,创造性思维能力的教育。

本教材分为 5 篇:矿床露天开采、矿床地下开采、特殊开采、采动损害与防护和退役矿山的整治与开发利用、矿山企业设计,共 46 章,包括从矿山企业设计、矿床开采直至采动损害防护的矿山开采全过程。

第 1 篇介绍矿床露天开采概论、矿岩破碎工作、采装工作、露天矿运输、排岩工作、露天开采境界、矿床露天开拓、露天矿生产能力与采掘进度计划、露天矿边坡稳定性分析与维护、计算机技术在露天开采中的应用;第 2 篇介绍矿床地下开采基本概念、矿床地下开拓方式、开拓巷道的布置、井底车场、矿床地下开拓方案的比较与选择、井巷断面设计、井巷掘进、井巷支护、地下采矿方法概述、煤矿地下开采、金属矿与普通非金属矿开采、地下组合式采矿法与联合式采矿法、采矿方法的选择与设计、矿山总平面布置、基建与采掘进度计划、计算机技术在地下开采中的应用;第 3 篇介绍饰面石材开采、宝玉石开采与矿物的保护性开发、砂矿床开采、化学溶浸开采、盐类矿床地下水溶开采、露天与地下联合开采、矿床二次开采、海洋采矿、太空采矿;第 4 篇介绍采动损害及其鉴定与评价、矿山开采导致的岩层与地表移动和变形、地表移动和变形的预计与观测、“三下一上”采动损害与防护、退役矿山的整治与开发利用;第 5 篇介绍矿山企业设计概述、矿山基本建设项目工程造价计价、产品成本计算、最小工业品位、方案技术经济比较、建设项目经济评价与环境评价。

本教材注意系统之间的关联与转换,例如,不只是介绍矿床露天开采和矿床地下开采,还用露天与地下联合开采把它们贯穿起来,强调矿业开发的这个新趋势;除介绍各种典型的地下采矿方法外,还介绍了组合式与联合式采矿法,把两种或两种以上的采矿方法或者它们的组合方案用在同一个矿块内,发挥各自的优势,以降低矿石的贫化与损失,提高劳动生产率,降低成本,这有利于提高学生的辩证思维能力,为学生在复杂条件下解决实际工程问题提供新的思路。

作为教材首次介绍了退役矿山开发利用的内容,结合退役矿山治理内容的介绍,有利于我国矿山的环境保护与城乡环境的改善,有利于资源枯竭矿山矿工的转产再就业,并会为矿业城市的转型做出积极的贡献。

本教材还介绍了露天矿深凹边坡减少下部边坡角的合理性的最新研究成果等,前瞻性地介绍了海洋采矿和太空采矿,为新世纪采矿技术的发展打下基础。

参加本教材编写和审查的单位有:武汉理工大学、西安科技大学、中国矿业大学、中国矿业大学(北京)、山东科技大学、辽宁工程技术大学、内蒙古科技大学、南华大学、贵州大学、安徽理工大学、武汉科技大学、黑龙江科技学院和中国建筑材料集团公司。各章节的编写人为:

王家臣:第 1 篇第 1~5 章、第 6 章第 1~5 节、第 7 章;

张世雄:第 1 篇第 6 章第 6 节,第 2 篇第 12 章、第 16 章第 6 节,第 3 篇第 2 章、第 5~7 章、第 9 章,第 4 篇第 5 章第 7 节;

宋子岭:第 1 篇第 8~10 章;

张恩强、吕军:第 2 篇第 1~5 章;

何廷峻:第 2 篇第 6~8 章;

汪理全:第2篇第9章;
汪理全、杜计平:第2篇第10章第2节;
杜计平:第2篇第10章第1、3、4节;
负东风:第2篇第10章第5~8节,第4篇第1章;
负东风、张恩强:第4篇第3章;
侯忠杰:第2篇第10章第9节、第13章;
侯忠杰、负东风:第4篇第2、4章;
张飞:第2篇第11章;
路占元:第2篇第14章;
吴桂义、郁钟铭:第2篇第15章;
林在康:第2篇第16章第1~5节;
林启太:第3篇第1章;
肖福坤:第3篇第3章;
王昌汉:第3篇第4章,第4篇第5章第1~6节;
盛建龙:第3篇第8章;
孙广义:第5篇第1章;
李龙清:第5篇第2章;
黄志伟:第5篇第3、4章;
马云东、张健:第5篇第5、6章。

第1篇统稿人王家臣,第2篇统稿人汪理全、侯忠杰,第3篇统稿人张世雄,第4篇统稿人侯忠杰,第5篇统稿人张健。全书由张世雄主编,最后由张世雄统稿,蒋国安主审。

博士研究生和硕士研究生王官宝、彭涛、曾国柱、任高峰、陈庆发、张松、郭玉龙、赵克烈、岳树宇在本教材的资料收集、打字、绘图、公式校核、校对等方面进行了大量的工作,第2篇第6章~第8章的插图是由何梦绘制的。

本教材在编写过程中,得到了周世宁院士、古德生院士、刘宝琛院士、蔡美峰教授、宋扬教授、杨鹏教授、夏志斌教授、祁保明教授、张平安教授、王建设教授、栾忠教授、郭旭东工程师等的热情指导和大力支持。

对于关心、支持本教材和对本教材做出过贡献的人们致以最深切的感谢!

由于编者的水平有限,书中难免有不妥或错误,恳请指正。

编 者

2005年3月18日

目 录

1 矿床露天开采

1.1 矿床露天开采概论	(1)
1.1.1 露天开采的地位和特点	(1)
1.1.2 露天开采的基本概念	(2)
1.1.3 露天矿建设程序和开采步骤	(4)
1.2 矿岩破碎工作	(6)
1.2.1 概述	(6)
1.2.2 穿孔工作	(6)
1.2.3 爆破工作	(8)
1.3 采装工作	(14)
1.3.1 单斗挖掘机采装作业	(14)
1.3.2 前装机、铲运机和推土机采装	(19)
1.4 露天矿运输	(21)
1.4.1 概述	(21)
1.4.2 矿用自卸汽车运输	(22)
1.4.3 铁路运输	(24)
1.4.4 带式输送机运输	(26)
1.4.5 联合运输	(28)
1.5 排岩工作	(32)
1.5.1 概述	(32)
1.5.2 排岩工艺	(32)
1.5.3 废石场建设与安全	(35)
1.6 露天开采境界	(38)
1.6.1 概述	(38)
1.6.2 确定经济合理剥采比的方法	(40)
1.6.3 境界剥采比的计算方法	(43)
1.6.4 确定露天矿开采境界的原则	(44)
1.6.5 确定露天开采境界的方法和步骤	(45)
1.6.6 短露天矿深凹边坡加陡下部边坡角的合理性	(49)
1.7 矿床露天开拓	(53)
1.7.1 概述	(53)

1.7.2 露天矿开拓方式	(53)
1.7.3 开拓方式选择	(59)
1.7.4 深凹采场开拓方式特点及选择	(61)
1.7.5 开拓工程发展程序	(62)
1.8 露天矿生产能力与采掘进度计划	(68)
1.8.1 露天矿生产能力	(68)
1.8.2 露天矿生产剥采比	(71)
1.8.3 露天矿采掘进度计划的编制	(77)
1.9 露天矿边坡稳定性分析与维护	(84)
1.9.1 概述	(84)
1.9.2 影响露天矿边坡稳定性的主要因素和边坡破坏形式	(84)
1.9.3 边坡稳定性分析与计算	(87)
1.9.4 露天矿边坡治理	(88)
1.10 计算机技术在露天开采中的应用	(91)
1.10.1 概述	(91)
1.10.2 矿床模型	(91)
1.10.3 露天矿优化设计的计算机方法	(93)
1.10.4 编制采掘进度计划的 CAD 技术	(95)
1.10.5 露天矿生产过程的计算机模拟	(96)
1.10.6 露天矿卡车调度	(99)
参考文献	(101)

2 矿床地下开采

2.1 矿床地下开采基本概念	(102)
2.1.1 影响矿床地下开采的工业特征	(102)
2.1.2 矿床回采单元的划分及其开采顺序	(105)
2.1.3 矿井巷道	(109)
2.1.4 矿井储量、生产能力和服务年限	(111)
2.1.5 矿石损失与贫化	(113)
2.2 矿床地下开拓方式	(116)
2.2.1 开拓与开拓方式	(116)
2.2.2 平硐开拓	(117)
2.2.3 斜井开拓	(118)
2.2.4 立(竖)井开拓	(120)
2.2.5 斜坡道开拓	(121)
2.2.6 联合开拓与综合开拓	(123)
2.2.7 开拓延深	(124)
2.2.8 主要开拓井巷评述	(124)

2.3 开拓巷道的布置	(127)
2.3.1 主井位置的选择	(127)
2.3.2 辅助井筒的布置	(128)
2.3.3 水平垂高或斜长的确定	(131)
2.3.4 阶段巷道的布置	(133)
2.4 井底车场	(139)
2.4.1 井底车场形式及调车方式	(139)
2.4.2 常用的井底车场	(141)
2.4.3 井底车场选择	(144)
2.4.4 井底车场硐室	(145)
2.5 矿床地下开拓方案的比较与选择	(147)
2.5.1 矿井主要费用参数的计算方法	(147)
2.5.2 矿床开拓方案选择的方法和步骤	(148)
2.5.3 矿床开拓方案的经济比较方法	(149)
2.6 井巷断面设计	(151)
2.6.1 平巷断面设计	(151)
2.6.2 竖井断面设计	(159)
2.6.3 其他井巷断面设计	(163)
2.7 井巷掘进	(168)
2.7.1 平巷掘井	(168)
2.7.2 竖井掘井	(173)
2.7.3 井筒延深	(180)
2.7.4 天井与溜井掘进	(182)
2.7.5 硐室掘进	(186)
2.8 井巷支护	(189)
2.8.1 梯形棚式支护	(189)
2.8.2 石材支护	(191)
2.8.3 混凝土支护	(192)
2.8.4 锚杆支护	(197)
2.8.5 锚索支护	(200)
2.8.6 喷射混凝土支护	(203)
2.9 地下采矿方法概述	(208)
2.9.1 采矿方法的概念	(208)
2.9.2 采矿方法的分类	(208)
2.9.3 地下采矿方法的现状及发展趋势	(213)
2.10 煤矿地下开采	(217)
2.10.1 准备方式	(217)

2.10.2 采煤方法概述	(229)
2.10.3 单一走向长壁采矿法	(239)
2.10.4 倾斜长壁采矿法	(244)
2.10.5 倾斜分层走向长壁下行垮落采矿法	(247)
2.10.6 放顶煤采矿法	(259)
2.10.7 急倾斜煤层采矿方法	(272)
2.10.8 大倾角煤层走向长壁综采(放)技术	(288)
2.10.9 连续采煤机房柱式采矿法	(293)
2.11 金属矿与普通非金属矿开采	(304)
2.11.1 空场采矿法	(304)
2.11.2 崩落采矿法	(314)
2.11.3 充填采矿法与支柱采矿法	(331)
2.12 地下组合式采矿法与联合式采矿法	(341)
2.12.1 组合式采矿法的原理与适用范围	(341)
2.12.2 组合式采矿法实例	(342)
2.12.3 地下联合式采矿法	(347)
2.13 采矿方法的选择与设计	(349)
2.13.1 采矿方法的选择	(349)
2.13.2 采矿方法设计	(351)
2.14 矿山总平面布置	(357)
2.14.1 概述	(357)
2.14.2 矿山总平面布置	(359)
2.14.3 场区运输系统布置	(361)
2.14.4 管线布置	(362)
2.15 基建与采掘进度计划	(365)
2.15.1 概述	(365)
2.15.2 三级矿量及投产条件	(365)
2.15.3 基建进度计划的编制	(366)
2.15.4 采掘进度计划的编制	(368)
2.16 计算机技术在地下开采中的应用	(378)
2.16.1 概述	(378)
2.16.2 采矿工程图绘制技术	(378)
2.16.3 作业规程计算机管理系统	(382)
2.16.4 动态采掘工程管理系统软件	(384)
2.16.5 用 VB 编程计算保护煤柱尺寸	(386)
2.16.6 大型矿山工程软件在采矿设计与生产管理中的应用	(387)
参考文献	(390)

3 特殊开采

3.1 饰面石材开采	(392)
3.1.1 概述	(392)
3.1.2 饰面石材矿山开采技术条件的一般工业要求	(393)
3.1.3 开采工艺	(395)
3.1.4 石材矿山生产能力和开采要素	(401)
3.1.5 开拓运输和装载	(405)
3.1.6 花岗石的锯切开采	(408)
3.2 宝玉石开采与矿物的保护性开发	(410)
3.2.1 宝玉石开采	(410)
3.2.2 矿物的保护性开发	(413)
3.3 砂矿床开采	(416)
3.3.1 概述	(416)
3.3.2 砂矿床开采设备	(418)
3.3.3 砂矿床开采方法	(419)
3.4 化学溶浸开采	(426)
3.4.1 化学溶浸开采及其分类	(426)
3.4.2 化学溶浸开采的基本原理	(427)
3.4.3 堆浸采矿法	(430)
3.4.4 就地破碎浸矿法	(432)
3.4.5 原地溶浸采矿法	(434)
3.4.6 环境保护	(435)
3.5 盐类矿床地下水溶开采	(437)
3.5.1 概述	(437)
3.5.2 钻井水溶法的矿床开拓	(445)
3.5.3 钻井水溶开采法	(447)
3.5.4 硃室水溶开采法	(455)
3.6 露天与地下联合开采	(458)
3.6.1 露天与地下联合开采的分类与特点	(458)
3.6.2 露天转地下开采	(460)
3.6.3 露天与地下同时联合开采	(470)
3.6.4 地下转露天开采	(472)
3.7 矿床二次开采	(474)
3.7.1 二次开采及其原因	(474)
3.7.2 二次开采的对象及其特点	(474)
3.7.3 二次开采的采矿方法	(476)

3.7.4 矿床二次开采实例	(477)
3.8 海洋采矿	(482)
3.8.1 海洋矿产资源开发	(482)
3.8.2 海洋矿产资源与工程地质环境	(482)
3.8.3 海底矿产开发系统	(484)
3.8.4 海底采矿	(486)
3.9 太空采矿	(490)
3.9.1 太空资源及其开发	(490)
3.9.2 月球的矿产资源与环境	(490)
3.9.3 月球采矿工艺与方法	(491)
3.9.4 月球采矿探索进程与展望	(492)
参考文献	(495)

4 采动损害与防护和退役矿山的整治与开发利用

4.1 采动损害及其鉴定与评价	(497)
4.1.1 采动损害与防护概述	(497)
4.1.2 采动损害的鉴定与评价	(498)
4.2 矿山开采导致的岩层与地表移动和变形	(502)
4.2.1 岩层移动及其特征	(502)
4.2.2 地表移动特征	(502)
4.2.3 地质和采矿条件对地表移动和变形的影响	(508)
4.3 地表移动和变形的预计与观测	(511)
4.3.1 概率积分法	(511)
4.3.2 典型曲线法	(515)
4.3.3 岩层与地表移动和变形的观测	(516)
4.4 “三下一上”采动损害与防护	(523)
4.4.1 适于“三下一上”开采的方法	(523)
4.4.2 建筑物及村庄下的采动损害与防护	(529)
4.4.3 铁路下采动的损害与防护	(534)
4.4.4 水体下采动的损害与防护	(536)
4.4.5 承压水体上采动损害与防护	(545)
4.5 退役矿山的整治与开发利用	(550)
4.5.1 退役矿山整治概述	(550)
4.5.2 井巷工程封闭方法	(551)
4.5.3 露天场治理与复垦	(554)
4.5.4 废石堆治理方法	(555)

4.5.5 塌陷区治理方法	(556)
4.5.6 其他污染物的治理	(557)
4.5.7 退役矿山的开发利用	(559)
参考文献	(564)

5 矿山企业设计

5.1 矿山企业设计概述	(565)
5.1.1 矿山企业设计的基本内容	(565)
5.1.2 初步设计的原始资料、协议及准备工作	(569)
5.1.3 矿山企业设计的主要技术经济指标	(570)
5.1.4 设计中技术问题的解决方法	(572)
5.2 矿山基本建设项目工程造价计价	(574)
5.2.1 矿山基本建设项目的组成及分类	(574)
5.2.2 矿山基本建设项目工程造价费用构成	(575)
5.2.3 矿山基本建设项目投资估算	(578)
5.2.4 基本建设项目初步设计概算	(581)
5.2.5 施工图预算	(584)
5.2.6 基本建设项目工程量清单计价	(586)
5.3 产品成本计算	(591)
5.3.1 产品成本及成本项目计算	(591)
5.3.2 多种产品共用成本的分摊	(596)
5.3.3 年经营费的计算	(598)
5.4 最小工业品位	(599)
5.4.1 概述	(599)
5.4.2 最小工业品位的确定	(600)
5.5 方案技术经济比较	(605)
5.5.1 概述	(605)
5.5.2 资金的时间价值及换算公式	(605)
5.5.3 静态分析法	(606)
5.5.4 动态分析法	(607)
5.5.5 方案比较法的评价	(610)
5.6 建设项目经济评价与环境评价	(613)
5.6.1 概述	(613)
5.6.2 建设项目的财务评价	(614)

5.6.3 建设项目的国民经济评价	(619)
5.6.4 建设项目风险评价	(621)
5.6.5 建设项目环境影响评价	(624)
参考文献	(635)

1 矿床露天开采

1.1 矿床露天开采概论

本章提要

介绍露天开采在固体矿床开采中的重要地位,在生产能力、安全开采、机械化程度等方面的优点,以及在环境破坏等方面的缺点。给出了露天开采的基本概念以及常用的术语,露天矿建设的基本程序和开采步骤。

固体矿物资源开发工程研究的内容是固体矿床的开采。矿床由矿体组成,矿体由有用矿物组成,它们的定义与关系如下:

矿物指在地壳中由各种地质作用所形成的天然化合物或单质。自然界中的矿物存在三种状态:固态、液态和气态。矿物是组成岩石或矿石的基本单位。岩石是由一种或多种矿物组成的集合体。矿石指在一定的经济技术条件下能从中提取对国民经济有用的组分(元素、化合物或矿物)的天然固体矿物集合体,是矿体的基本组成部分。

矿体是由有用组分或有用矿物聚集而成,具有一定几何形状和产状的地质体。它是组成矿床的基本单元,是矿山开采的对象。

矿床是在地壳内部或表面,由地质作用形成的,其中所含有用矿物集合体的质和量均达到工业要求的地质体。一个矿床可由一个或多个矿体组成。

废石是指直接与矿体接触的、不含有用矿物或含量过少、矿石质量太差、当前无工业价值的岩石。在矿体内部的废石称为夹石。当夹石厚度大于夹石剔除厚度时,不得参加矿石储量的计算,并应在开采时剔除。在矿体周围的废石称为围岩。矿体上部的围岩称上盘围岩或顶板,下部的围岩称下盘围岩或底板。

矿产指一切埋藏在地壳中的可供人类利用的天然矿物资源。根据矿产的性质和工业用途分为三类:金属矿产、非金属矿产和燃料矿产。金属矿产是可供提取金属元素的矿物资源;非金属矿产是可供提取非金属元素或直接加以利用的各种非金属矿物与岩石;燃料矿产包括煤、油页岩和天然气等。近年地下水、地热资源也包括在矿产的范畴内。

1.1.1 露天开采的地位和特点

固体矿床露天开采是用一定的采掘运输设备,在敞露的空间里从地表开始进行开采作业。为了采出矿石,必须对矿体周围及其上覆岩土进行剥离,通过露天道路或地下井巷将矿石和岩土运至地表的卸载点。露天开采是松碎、搬移岩土及采出矿石的总称。松碎、搬移岩土的生产过程称为剥离,开采矿石的生产过程称为采矿。

20 世纪 50 年代以来,国内外的露天开采得到了迅速发展,已经成为固体矿床开采的主要方法,在金属、化工、建材等矿产开采方面占主导地位,全世界固体矿物产量的三分之二采用露天开采。露天开采的产量占总产量的比重是:磁铁矿占 78%,褐铁矿占 84%,锰矿占 86%,铜矿占 90%,铝土矿占 91%,镍矿占 45%,铀矿占 30%,磷酸盐矿占 87.55%,石棉矿占 75%,建筑材料近 100%,其他占 40%。在煤炭开采方面,美国、澳大利亚的煤炭产量中有 60% 以上采用露天开采。预计今后露天开采的比例还会有所增加。

我国近年来露天开采产量的比重是:铁矿石占 90%,有色金属矿石占 52%,化工原料占 70.7%,建筑材料占 100%,煤炭占 4%。

目前,国外一些露天矿以扩大生产规模、提高生产能力来加快采矿工业的发展速度。已经投产和正在建设的年产矿石 $1000 \times 10^4 \text{t}$ 以上的大型露天矿有 70 余座,其中年产矿石 $4000 \times 10^4 \text{t}$ 的特大型露天矿有 20 余座。我国近年来也建成了多座 $1000 \times 10^4 \text{t}$ 级的大型露天矿,如山西太堡露天煤矿、江西德兴露天铜矿、辽宁鞍钢齐大山露天铁矿、辽宁本钢南芬露天铁矿、首钢水厂露天铁矿、内蒙包钢白云鄂博露天铁矿、陕西金堆城露天钼矿等。这些矿山通过采用相应的大型设备,合理的开采工艺,提高生产管理水平和技术操作水平,可望使矿石的生产能力达到 $2000 \times 10^4 \text{t}$ 级的水平。中小型露天矿虽然规模小,但矿山数量多,它们对钢铁、有色金属、化工、建材、煤炭等工业的发展起着重要作用。这些矿山在合理的服务年限内,也可适当扩大开采规模,提高生产能力。

与地下开采相比,露天开采具有如下优点:

(1) 矿山生产能力大。特大型露天矿的年产矿石量达 $(3000 \sim 5000) \times 10^4 \text{t}$,采剥总量达 $(1 \sim 3) \times 10^8 \text{t}$ 。

(2) 机械化程度高。受开采空间限制小,易于实现机械化和设备大型化。大中型露天矿的机械化程度为 100%,而且正朝着设备大型化和自动化方向发展,从而大大提高了劳动生产率(为地下开采的 5~10 倍)。

(3) 安全和劳动条件好。开采的安全条件和作业条件好,不受有害气体与顶板等灾害的威胁,劳动强度低。

(4) 矿石损失贫化小。损失率和贫化率为 3%~5%。

(5) 开采成本低。为地下开采的 $1/2 \sim 1/3$ 。

(6) 基建期短。约为地下开采的一半,每吨矿石的基建投资额低于地下开采。

露天开采的主要缺点是:

(1) 污染与损坏环境。开采过程中,穿爆、采装、运输、排卸等作业粉尘较大,运输汽车排出的一氧化碳逸散到大气中,废石场的有害成分在雨水的作用下流入江河湖泊和农田等,污染大气、水域和土壤,危及人民身体健康,影响农作物与动植物的生长,破坏生态环境,露天开采后留下赤裸的矿坑,破坏地表植被。

(2) 占用土地多。露天开采的矿坑以及排弃的大量剥离物均要占用大片土地,一个露天开采的矿区占用的土地可达几十平方公里。

(3) 受气候条件影响大。暴雨、大风、严寒、酷热等对露天开采均有一定影响。

(4) 对矿床埋藏条件要求严格,合理的开采深度较浅。

虽然露天开采在经济和技术上的优越性很大,但它不能取代地下开采。当开采技术条件一定时,随着露天开采深度增加,剥岩量迅速增大,达到一定深度后若继续用露天开采,经济上不再合理,此时就应转入地下开采。随着地下开采技术的进步,地下开采的能力和生产条件也正在逐步提高。

1.1.2 露天开采的基本概念

露天开采的目的是从地面把地壳中的有用矿物开采出来。为此按一定工艺过程,把矿石从整体中开采出来的全部工作,总称为露天矿山工程。

用矿山设备进行露天开采的场所,称为露天采场或露天矿场(如图 1.1.1),它包括露天开采形成的采坑、台阶和露天沟道。从事露天采矿的企业称为露天矿。

根据采矿作业情况,露天矿分为山坡露天矿和凹陷露天矿,封闭圈以上称为山坡露天矿,以下称为凹陷露天矿。封闭圈是指露天采场最上部境界在同一标高上的台阶形成的闭合曲线。

露天开采时,把矿岩按一定的厚度划分为若干个水平分层,自上而下逐层开采,并保持一定的超前关系,

这些分层称为台阶或阶段。台阶是露天采场的基本构成要素。进行采矿和剥岩作业的台阶称为工作台阶,暂不作业的台阶称为非工作台阶。台阶的基本要素见图 1.1.2。

台阶在露天采场中的位置通常用其下部平盘的水平标高表示,因为装运设备在该水平上作业。如图 1.1.2 中的 32m 台阶也称 32m 水平,同时注意到 32m 台阶的下部平盘也是 20m 台阶的上部平盘,即台阶的上、下部平盘是相对的。

开采时,将工作台阶划分成若干个具有一定宽度的条带顺序开采,称为采掘带,如图 1.1.3,采掘带长度可为台阶全长或其一部分。如果采掘带长度足够,且有必要,可沿全长划分为若干区段,各配备采掘设备进行开采,称为采区。在采区中,把矿岩从整体或爆堆中挖掘出来的地方,称为工作面。

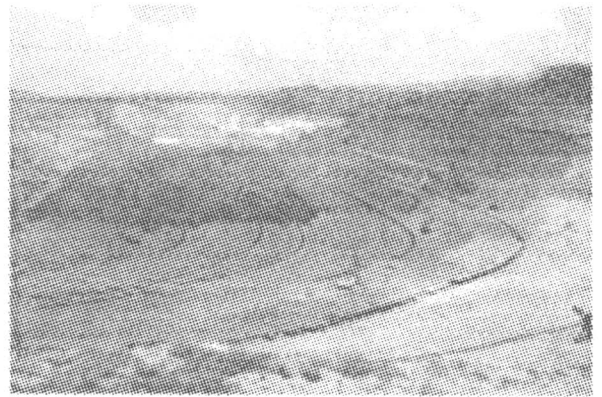


图 1.1.1 露天矿场

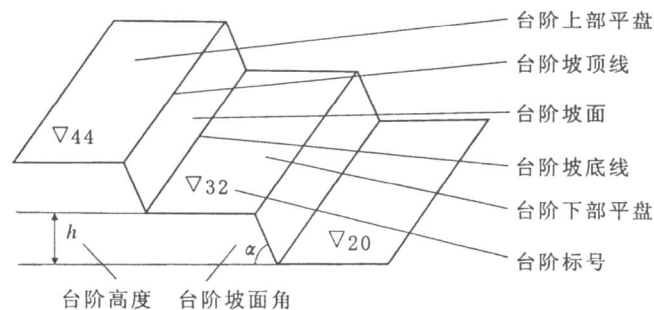


图 1.1.2 台阶基本要素

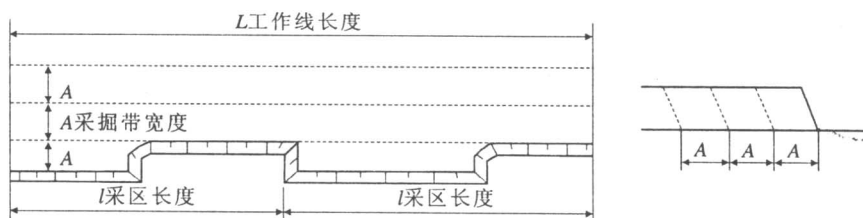


图 1.1.3 采掘带、采区、工作线

已做好采掘准备,即配备采掘设备、形成运输线路和动力供应等的采区称为工作线。工作线分为台阶工作线(台阶上已做好准备的采区长度之和)和露天矿工作线(各台阶的工作线之和)。

露天采场是由各种台阶组成的。根据组成采场边帮台阶的性质,将采场边帮分为工作帮和非工作帮。工作帮是指由工作台阶或将要进行作业的台阶组成的采场边帮,见图 1.1.4 中的 DE 。工作帮的位置是不固定的,随开采工作的进行不断变化。

非工作帮是指由非工作台阶组成的采场边帮,见图 1.1.4 中的 AC 、 BF 。当非工作帮位于采场最终境界时,称为最终边帮或最终边坡。位于矿体下盘一侧的边帮叫底帮,位于矿体上盘一侧的边帮叫顶帮,位于矿体两端的边帮叫端帮。

通过非工作帮最上一台阶的坡顶线和最下一台阶的坡底线所做的假想斜面叫非工作帮坡面。非工作帮坡面位于最终境界时叫做最终帮坡面或最终边坡面(图 1.1.4 中的 AG 、 BH)。最终帮坡面与水平面的夹角叫做最终帮坡角或最终边坡角(图 1.1.4 中的 β 、 γ)。

通过工作帮最上一台阶的坡底线和最下一台阶的坡底线所做的假想斜面叫做工作帮坡面(图 1.1.4 中的 DE)。工作帮坡面与水平面的夹角叫做工作帮坡角(图 1.1.4 中的 φ)。工作帮上进行采矿或剥离作业的平台叫做工作平盘(图 1.1.4 中的 1),它是进行穿孔爆破、采装、运输的场地。

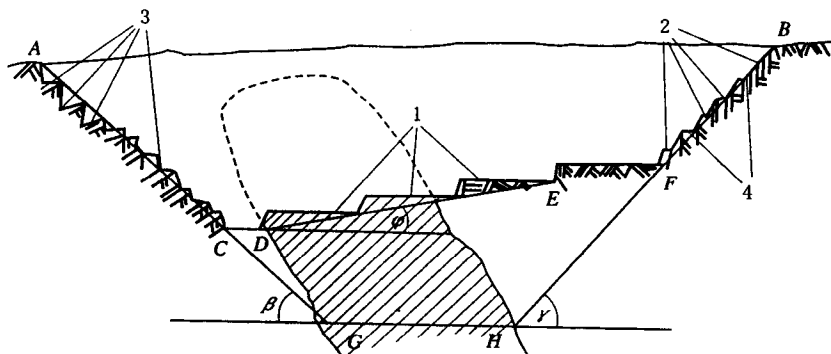


图 1.1.4 露天采矿构成要素

1—工作平盘;2—安全平台;3—运输平台;4—清扫平台

最终帮坡面与地面的交线称为露天采场的上部最终境界线(图 1.1.4 中的 AB)。最终帮坡面与采场底平面的交线称为露天采场的下部最终境界线或底部周界(图 1.1.4 中的 GH)。

最终帮坡面上的平台按其用途分为安全平台、运输平台和清扫平台。

安全平台(图 1.1.4 中的 2)设在最终边帮上,是用以缓冲和截阻滑落岩石以及减缓最终边坡角,保证最终边坡的稳定和下部水平的工作安全。安全平台的宽度一般为 3~5m,由于爆破和岩体裂隙的影响,安全平台的宽度难以保证,为此常采用并段方式以加宽安全平台,如采用 7~10m 宽的安全平台。

运输平台(图 1.1.4 中的 3)是工作平盘与地面之间的运输联系通道,其上铺设运输线路,具体布置的位置和宽度视开拓运输方式而定。

清扫平台(图 1.1.4 中的 4)用以阻截滑落岩石并用清扫设备进行清理,还起减缓边坡角的作用。每隔 2~3 个安全平台设一个清扫平台,其具体宽度视清扫设备而定,一般为 8~12m。

露天开采中,除开采有用矿石外,还要剥离大量岩石或土,剥离的岩土量与采出的矿石量之比称为剥采比,单位是 t/t 或 m^3/m^3 。

1.1.3 露天矿建设程序和开采步骤

1.1.3.1 露天矿建设程序

一个露天矿从计划建设到建成投产,少则 2~3 年,多则 7~8 年,建设投资额可达数亿元,因此遵循科学合理的建设程序十分重要。设计部门获得相应的设计任务后,进行露天矿床开采设计,提交主管部门批准,然后进行露天矿的建设和生产。露天矿建设的一般程序如下:

(1)地面准备。把外部交通、供水、供电等系统引入矿区,形成矿区内部的交通、供水、供电系统。进行矿区的生产、生活、娱乐设施等建设。在进行开采的区域内清除和搬迁天然或人工障碍物,如树木、村庄、厂房、道路、河流等。

(2)矿区隔水与疏干。截断通过开采区域的河流或将其改道,疏干地下水,使水位低于要求的水平。

(3)矿山基本建设工程。修筑道路,建立地面与开采水平的联系,进行基建剥离,揭露矿体,建立开采工作线,形成排土场(堆积废弃物的场地)和通往排土场的运输线路。

(4)日常生产。在开辟了必要的采剥工作面,形成了一定的采矿能力后即可移交生产。一般再经过一段时间,才能达到设计生产能力,进行正常的开采作业。

(5)矿山开采结束。在矿山开采过程中和结束后,都要对采场和排土场以及破坏植被的区域,进行恢复植被或复土造田。开采结束,企业转产、搬迁或关闭。

露天矿的建设和生产是十分复杂的工程项目,土地购置,村庄搬迁,设备采购、安装、调试,人员培训,组织机构建立等,涉及到生产和生活的诸多方面,必须统筹安排。

露天矿进行较长时间的生产后,可能进行改建、扩建,以提高产量或进行技术改造,运用新技术与装备,