
图书在版编目(CIP)数据

工业生产工艺/王秋平主编. —西安:陕西科学技术出版社,2008.7

ISBN 978-7-5369-4497-8

I. 工… II. 王… III. 工业生产—生产工艺 IV. TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 049727 号

出版者 陕西科学技术出版社
西安北大街 131 号 邮编 710003
电话(029)87211894 传真(029)87218236
<http://www.snstp.com>

发行者 陕西科学技术出版社

印刷 宝鸡市昊阳印刷有限公司

规格 787mm×1092mm 16 开本

印数 1500 册

印张 21

字数 466 千字

版次 2008 年 7 月第 1 版
2008 年 7 月第 1 次印刷

定价 38.00 元

版权所有 翻印必究

内 容 简 介

全书共分8章。第1章矿石采选及钢铁生产工艺,包括采矿、选矿、烧结、焦化、炼铁、炼钢、轧钢的生产工艺,并对辅助生产车间工艺及总平面布置进行了分析阐述。第2章有色金属生产工艺,主要介绍了铜、锌、铝、钛等部分产品的冶炼技术及有关设备。第3章电力生产工艺,包括火电、水电、核电的生产工艺流程及相关生产设备。第4章煤炭生产工艺,包括矿井地下、地面生产系统,露天矿及选煤厂的生产工艺等。第5章水泥生产工艺,主要介绍了硅酸盐水泥的生产工艺过程。第6章石油、化工生产工艺,包括石油炼制工艺,化工产品中合成氨、尿素、硫酸、纯碱等的生产工艺。第7章机械制造工艺,概述了机械制造的加工工艺过程和方法,介绍了汽车的基本构造,现代汽车生产工艺以及汽车材料等。第8章医药生产工艺,包括散剂、片剂、丸剂、胶囊剂、注射剂等药品的生产工艺、主要生产设备及车间布置设计等。

本书可作为高等院校交通工程(总图设计与运输工程)、工业工程、设施规划、冶金工程、采矿工程等专业的教材或教学参考书,也可供从事总图运输设计、工业企业总图管理、工业企业运输管理等工程技术人员参考。

前 言

本书是根据交通工程(总图设计与运输工程)专业教学计划和工业生产工艺课程教学大纲,以刘存亮老师编《冶金生产工艺》和贾忠孝老师编《钢铁生产工艺及车间布置》讲义为基础进行内容更新、充实、扩展编写而成。

根据交通工程(总图设计与运输工程)专业学生就业面涉及各有关工业行业,从事各工业行业的总图运输设计,需要掌握各工业行业产品的生产工艺流程,而原用讲义仅限于钢铁企业生产工艺,在教学中已不能满足教学需要。在西安建筑科技大学教务处的有力支持下,我们编写了这本涵盖8大类工业行业主要产品生产工艺的书籍,以供教学使用和学生自学。

参加本书编写的有西安建筑科技大学土木工程学院王秋平(第1章、第2章、第5章、第6章6.1)、邵小东(第3章)、张琦(第4章)、杨秋侠(第6章6.2)、林宇凡(第7章)、李锐(第8章)。由王秋平任主编。耿娟完成了书中大部分插图的绘制,研究生任绯、周彦彬、刘婷、张圆对第2章、第7章进行文字输入及插图绘制工作;研究生杜国义、吴进朴、薛剑、焦宝、刘宝辉、杜业凡、董红彦对第8章进行文字输入及插图绘制,并对全书做了部分校对工作。

中煤西安设计工程有限公司张百祥同志对第4章进行了审阅,并提出修改意见;中煤西安设计工程有限公司李伟峰同志帮助搜集了部分资料。在此一并致谢!

井生瑞教授对全书进行了审阅,并提出了宝贵意见,在此向他表示衷心的感谢。同时感谢西安建筑科技大学教务处的有力支持。

在编写中,引用和参考了大量的书籍和资料,并将这些参考资料列入到书后的参考文献中,在此谨向这些文献的作者们表示深深的谢意。

由于编者知识水平、收集资料的局限性及时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

王秋平

2008年3月于西安

目 录

第 1 章 矿石采选及钢铁生产工艺	(1)
1.1 采矿	(1)
1.1.1 概述	(1)
1.1.2 露天开采	(6)
1.1.3 地下开采	(13)
1.2 选矿	(16)
1.2.1 概述	(16)
1.2.2 选矿生产流程	(17)
1.2.3 选矿厂运输	(22)
1.2.4 选矿生产技术经济指标	(23)
1.2.5 尾矿及尾矿坝	(23)
1.3 烧结与球团	(25)
1.3.1 铁矿粉造块	(25)
1.3.2 烧结	(26)
1.3.3 球团	(31)
1.3.4 烧结车间平面布置	(32)
1.4 焦化生产	(35)
1.4.1 概述	(35)
1.4.2 烧焦用煤的准备	(38)
1.4.3 炼焦设备及生产过程	(39)
1.4.4 焦炉生产能力及全厂工艺流程	(42)
1.4.5 炼焦煤的贮存及焦化厂运输	(43)
1.5 炼铁生产	(45)
1.5.1 炼铁生产的原料及产品	(45)
1.5.2 高炉冶炼原理及生产过程	(48)
1.5.3 高炉构造及附属设备	(48)
1.5.4 高炉生产主要技术经济指标	(50)
1.5.5 高炉出铁及出渣	(51)
1.5.6 铸铁机及炉渣处理	(53)
1.5.7 炼铁车间运输及平面布置	(55)
1.6 炼钢生产	(58)
1.6.1 概述	(58)

1.6.2	转炉炼钢	(60)
1.6.3	电炉炼钢	(63)
1.6.4	钢的浇铸	(64)
1.7	轧钢	(68)
1.7.1	概述	(68)
1.7.2	轧钢生产过程	(69)
1.7.3	轧钢设备及产品生产流程	(71)
1.7.4	轧钢车间的运输方式	(73)
1.8	辅助生产车间	(74)
1.8.1	耐火材料生产	(74)
1.8.2	机修车间	(78)
1.8.3	动力设施	(79)
1.9	钢铁生产的最新技术	(80)
第2章	有色金属生产工艺	(85)
2.1	概述	(85)
2.1.1	金属及其分类	(85)
2.1.2	冶金的概念及冶金方法分类	(86)
2.2	铜生产工艺	(86)
2.2.1	概述	(86)
2.2.2	火法炼铜	(88)
2.2.3	湿法炼铜	(91)
2.3	锌生产工艺	(91)
2.3.1	概述	(91)
2.3.2	锌的生产方法	(92)
2.4	铝生产工艺	(100)
2.4.1	概述	(100)
2.4.2	铝的生产方法	(101)
2.5	钛生产工艺	(107)
2.5.1	概述	(107)
2.5.2	二氧化钛的生产	(109)
2.5.3	四氯化钛的生产	(113)
2.5.4	海绵钛的生产	(113)
第3章	电力生产工艺	(115)
3.1	火力发电生产工艺	(115)
3.1.1	电力生产概述	(115)
3.1.2	火力电力生产	(116)
3.1.3	火力发电厂的生产组成	(119)
3.2	水力电力生产	(139)

3.2.1	概述	(139)
3.2.2	水电站的水工建筑物	(142)
3.2.3	水库	(145)
3.2.4	水轮机	(147)
3.2.5	水轮发电机	(149)
3.2.6	水轮机的辅助系统	(150)
3.3	核能电力生产	(151)
3.3.1	核电站发电原理	(151)
3.3.2	核电站类型	(152)
3.3.3	压力堆主要系统	(155)
3.3.4	核电站的安全防护和三废处理	(156)
第4章	煤炭生产工艺	(158)
4.1	煤矿生产概述	(158)
4.1.1	煤炭生产的必要性	(158)
4.1.2	煤矿生产基本概念	(159)
4.1.3	煤矿生产过程简述	(162)
4.2	矿井地下生产	(164)
4.2.1	井田开拓	(164)
4.2.2	准备方式	(168)
4.2.3	采煤方法	(171)
4.2.4	矿井地下生产系统	(181)
4.3	矿井地面生产系统	(183)
4.3.1	地面工艺流程与地面生产系统	(183)
4.3.2	工业场地建、构筑物的设置	(186)
4.3.3	矿井总平面布置的特点	(188)
4.3.4	地面生产系统与总平面布置	(190)
4.4	露天矿生产工艺	(192)
4.4.1	露天矿工艺流程	(192)
4.4.2	露天矿开采工艺分类	(192)
4.4.3	露天矿的组成	(193)
4.4.4	露天矿总体布置的特点与基本原则	(194)
4.4.5	露天矿工艺流程与总平面布置关系示例	(195)
4.5	选煤厂生产工艺	(196)
4.5.1	选煤厂的分类	(196)
4.5.2	选煤方法及工艺流程	(197)
4.5.3	选煤厂建、构筑物的设置	(200)
4.5.4	选煤厂工艺系统与总平面布置	(201)
第5章	水泥生产工艺	(205)

5.1	水泥生产概述	(205)
5.1.1	水泥的定义和分类	(205)
5.1.2	硅酸盐水泥生产工艺	(206)
5.1.3	硅酸盐水泥生产工艺流程	(211)
5.1.4	硅酸盐水泥的性能和使用范围	(215)
5.2	硅酸盐水泥生产工艺过程	(217)
5.2.1	生料制备	(217)
5.2.2	熟料煅烧	(224)
5.2.3	水泥制成	(229)
第6章	石油、化工生产工艺	(233)
6.1	石油炼制工艺	(233)
6.1.1	原油加工方案	(236)
6.1.2	原油蒸馏过程	(239)
6.1.3	热加工过程	(242)
6.1.4	催化裂化	(245)
6.1.5	催化加氢	(248)
6.1.6	催化重整	(251)
6.1.7	润滑油基础油的生产	(254)
6.2	化工产品生产工艺	(256)
6.2.1	化学工业概述	(256)
6.2.2	合成氨生产工艺	(257)
6.2.3	尿素生产工艺	(262)
6.2.4	硫酸生产工艺	(265)
6.2.5	纯碱生产工艺	(269)
第7章	机械制造工艺	(273)
7.1	机械制造方法及工艺	(273)
7.1.1	概述	(273)
7.1.2	铸造	(273)
7.1.3	金属塑性成形	(274)
7.1.4	焊接	(275)
7.1.5	机械加工工艺	(275)
7.1.6	装配工作的基本内容	(279)
7.2	汽车生产工艺	(281)
7.2.1	概述	(281)
7.2.2	汽车的基本构造	(284)
7.2.3	现代汽车制造工艺	(286)
7.2.4	汽车材料	(291)
7.2.5	汽车生产的组织与实施	(292)

7.2.6 未来汽车制造的技术展望	(294)
第8章 医药生产工艺	(297)
8.1 概述	(297)
8.1.1 分类	(297)
8.1.2 制药工程基本原理	(297)
8.1.3 物料衡算	(298)
8.1.4 热量衡算	(299)
8.1.5 制药反应设备	(301)
8.2 散剂生产	(304)
8.2.1 粉碎	(304)
8.2.2 筛分	(306)
8.2.3 混合	(307)
8.2.4 分剂量与质量检查	(308)
8.2.5 包装与贮藏	(308)
8.3 片剂生产	(308)
8.3.1 概述	(308)
8.3.2 湿法制粒	(309)
8.3.3 压片	(311)
8.3.4 包衣	(311)
8.3.5 片剂的贮存	(313)
8.4 丸剂生产	(313)
8.4.1 丸剂的塑制	(313)
8.4.2 丸剂的泛制	(314)
8.4.3 丸剂的滴制	(314)
8.5 胶囊剂生产	(314)
8.5.1 软胶囊剂生产	(315)
8.5.2 硬胶囊剂生产	(315)
8.6 注射剂生产	(315)
8.6.1 安瓿预处理	(316)
8.6.2 安瓿灌封	(317)
8.6.3 安瓿灭菌	(317)
8.6.4 澄明度检查	(317)
8.6.5 包装	(318)
8.7 车间布置设计	(318)
8.7.1 车间组成和布置形式	(318)
8.7.2 化工车间控制室的布置	(319)
8.7.3 制药洁净车间的布置设计	(320)
参考文献	(322)

第 1 章 矿石采选及钢铁生产工艺

1.1 采矿

1.1.1 概述

我们伟大的祖国,幅员辽阔,地大物博,资源丰富。新中国成立以来,在党的正确领导下,我国矿山建设速度、开发程度、机械化水平等方面都得到了很大提高。丰富的地下宝藏正在不断地得以充分的开发和利用。矿石是工业的“粮食”,发展工业必须首先开发矿业,抓好矿山建设,使工业的发展有坚实可靠的原粮基础,否则就会成为“无米之炊”。矿山生产是冶金企业生产的第一个环节,它主要是向冶金企业提供各种金属和非金属矿石。发展冶金工业,矿山仍是比较薄弱环节,因为矿山的建设,涉及面广,基建任务重、采掘量大、建设时间长。如建设一座现代化的高炉,少者几个月就可建成,而建设供这座高炉所需铁矿石的矿山,至少需一年以上的的时间。所以,为发展冶金工业,首先就要开发矿业,大力抓好矿山。

1.1.1.1 矿物、矿石及矿床

1) 矿物与岩石

地壳是由岩石组成的,岩石是矿物组成的,矿物是由一种或多种化学元素组成的。自然界里已经知道的化学元素,如氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、氢、磷、硫、铜等有九十多种。它们组成了三千多种矿物,但构成各种岩石的主要矿物却只有几十种,统称为造岩矿物。金属元素在自然界常呈化合物出现,单质(如自然金、自然铜等)出现的很少。所谓矿物,就是指在自然界中存在的这些自然元素或化合物。矿物一般具有一定的化学成分和内部结构,所以它们也具有一定的物理、化学性质。矿物大多数是固态,但也有呈液态(如石油)和气态的(如天然气)。

2) 矿石、废石及矿石品位

各种矿物,目前能被工农业利用的只有二百多种,称为有用矿物。如金属硫化物(黄铜矿、黄铁矿……)、金属氧化物(磁铁矿、赤铁矿……)、氢氧化物(褐铁矿……)、卤化物(萤石……)、硅酸盐(长石、云母、石棉……)、碳酸盐(菱铁矿、菱镁矿……)等。

矿石、废石,这是一对相对的概念。依国家需要情况,加工技术水平,经济地理条件为转移。根据这些条件,目前能被开采利用的金属或非金属矿物产品叫矿石,矿石周围或夹杂在矿石中的岩石因不含有用成分或含量过少,目前还不能为工农业所利用的则称废石。从中提取金属的矿石(如铁矿石、铜矿石……),叫做金属矿石。从中提取非金属元素、矿物或直接利用的矿物(如石棉、云母、石灰石等)叫非金属矿石。

品位:矿石中有用成分的含量,一般以百分数来表示,是矿石质的体现。例如品位为40%的铁矿石,表明矿石中含铁量为40%。有色金属矿石的品位比铁矿石低得多,常用g/t表示。可见在矿石中除有用矿物外,还夹杂有许多目前还不能利用的废石(或称脉

石)。矿石品位是决定矿床开采的主要指标。

边界品位:它是可采矿石有用成分的最低界限,是划分矿石和围岩的标准。如铜矿石的边界品位为含铜0.3%。

最低工业(可采)品位:即在边界品位圈定的矿体范围内,合乎工业开采要求的平均品位的最低值。也就是说用边界品位圈定的矿体或矿体的某个块段,还要看它是否达到了这一标准,如果没有达到,仍视为没有开采价值。如铜矿石的最低工业品位为含铜0.5%。

矿石按品位的高低分为富矿石和贫矿石。铁矿石品位的划分,见表 1.1-1。

表 1.1-1 铁矿石品位的一般划分标准表

矿石类型	高炉富矿石		贫矿石的边界品位 (即矿石最低品位)(%)
	平均品位(%)	最低品位(%)	
磁铁矿	50	45	20
赤铁矿	48~50	45	30
褐铁矿	48~50	40	30
菱铁矿	30~35	30	25

3) 铁矿石与铁矿床

自然界含铁的矿物已知有 300 多种,但目前作为铁矿开采的主要有磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿和菱铁矿等几种。

矿床:在某种地质作用下形成的矿石的天然集合体称为矿床。自然界中铁矿石聚集达到一定规模时,就成为铁矿床。在目前技术经济条件下,符合开采和利用的矿床,叫工业矿床,反之叫非工业矿床。

矿床的埋藏要素及矿体的形状:矿床往往包含若干个矿体,每个矿体又是独立的,有其一定的质量界限、空间位置和几何形状。

(1) 矿床的埋藏要素。矿床的埋藏要素是指矿床中各个矿体的走向长度、厚度、倾角、延伸及埋藏深度。

① **走向长度:**即矿体在走向方向的长度。矿体的走向长度一般在各个不同的水平上有所变化。

② **厚度:**矿体的厚度是指矿体上盘与下盘间的垂直距离或水平距离,前者叫垂直厚度($m_{\text{垂}}$)或直厚度,后者叫水平厚度($m_{\text{平}}$),如图 1.1-1。它们之间有下列关系式。

$$m_{\text{垂}} = m_{\text{平}} \cdot \sin \alpha$$

式中 α ——表示矿体的倾角,度。

矿体的厚度在走向上和倾斜上都可能有变化,有最大、最小和平均厚度之分。

矿体按厚度可分为五类:

极薄矿体——厚度小于 0.7~0.8m;

薄矿体——厚度在 0.8~2.0m;

中厚矿体——厚度在 2~5m;

厚矿体——厚度在 5m 至 15~20m,

极厚矿体——厚度在 20m 以上。

矿体厚度与落矿方式有一定关系。

③ 倾角:倾斜线与水平面所成的夹角(α),水平岩层的倾角是 0° ,垂直岩层的倾角是 90° ,所以倾角变化在 $0^\circ\sim 90^\circ$ 之间。矿体按倾角可分为:

水平和微倾斜矿体——倾角在 3° 以下;

缓倾斜矿体——倾角在 $3^\circ\sim 30^\circ$;

倾斜矿体——倾角在 $30^\circ\sim 55^\circ$;

急倾斜矿体——倾角在 $45^\circ\sim 50^\circ$ 以上。

矿体的倾角与采场的运搬方式有密切关系,如在开采水平和微倾斜矿体时各种有轨或无轨运搬设备可直接进入采场,急倾斜矿体就具有完全用重力运搬条件,其他几种倾斜矿体可用机械(电耙等)或爆力抛掷等运搬。

④ 延伸:矿体延伸是指矿体在深度上的分布情况,可用埋藏深度和储存深度来表示。

储存深度:是矿体上部界限至下部界限的垂直距离或倾斜距离,它们分别叫垂高或斜高。

埋藏深度:是地表至矿体上部界限的深度。如图 1.1-2 所示。

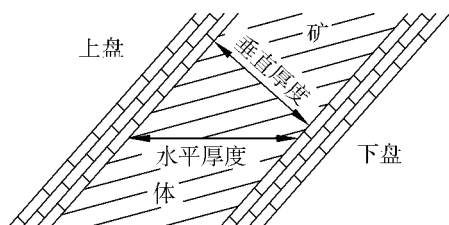


图 1.1-1 矿床的埋藏要素

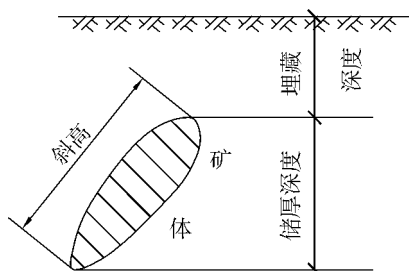


图 1.1-2 矿体在深度上的分布

(2) 矿体的形状。矿床按生成原因不同可分为内生矿床、外生矿床(沉积矿床)和变质矿床三大类。其形状有层状、脉状、块状等形式。对于金属矿床,特别是内生矿床,矿体的形状比较复杂、多样。只有沉积矿床的形状比较简单。

矿床的埋藏要素和矿体形状,对于矿床的开拓方式,运搬矿石的方式及采矿方法的选择有着密切的关系。

1.1.1.2 矿床的开采方法及其选择

矿床的埋藏条件不同,使用的开采方法也不一样。有的矿床只适合用露天开采,有的则适合用地下开采,也有的矿床上部适合于露天开采,下部则用地下开采,在经济上才是合理的(图 1.1-3)。

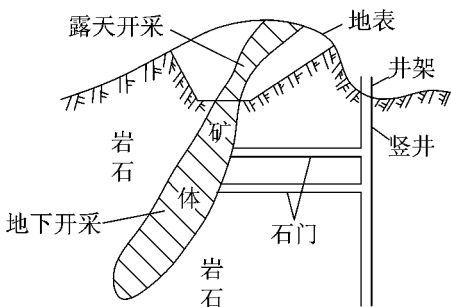


图 1.1-3 矿床开采示意图

露天开采与地下开采的区别就在于,前者是直接自地表将有益矿物开采出来,而后者则是从地层深部将有益矿物开采出来。

进行露天开采时,首先要剥去矿体上部和周围覆盖的岩石,揭露矿体,在露天条件下进行采掘作业,采出有益矿物。对于靠近地表覆盖岩层较薄的矿体,用露天开采有利。

由于地下开采要掘进各种井巷,工程量大,需要的时间长,一般成本较高。只有当矿体埋藏较深时,用露天开采在经济上不合理,才用地下开采。

相比之下,露天开采具有基建速度快、生产成品低、机械化程度高、劳动条件好、生产效率高、矿石的贫化率低、回收率高等优点,所以目前世界各国把露天开采作为发展方向。虽然露天开采有许多优点,但并非所有矿体都适宜露天开采。对于一个矿体是否宜用露天开采以及露天开采多深合理,就有一个确定开采方式和深度界线的问题。当然开采深度与一个国家的技术装备水平有关。一般用经济合理剥采比指标来确定。

在露天开采中,为了采出矿石往往需要剥离大量的岩石,而采出单位数量的矿石所需要剥离的岩石量,就叫做剥采比或剥离系数。

表示剥采比的数量单位常用的有体积剥采比(m^3/m^3)和重量剥采比(t/t)。

剥采比的大小标志着露天开采的经济效果,剥采比越大,矿石成本越高,反之矿石成本越低。

在设计和生产中常用的剥采比(图 1.1-4)有:

(1)平均剥采比 $n_{\text{平均}}$ (图 1.1-4a):露天开采境界内的全部岩石量与矿石量之比。

$$n_{\text{平均}} = V/A \quad (\text{m}^3/\text{m}^3) \quad (1.1-1)$$

式中 V ——露天开采境界内的全部岩石量, m^3 ;

A ——露天开采境界内的全部矿石量, m^3 。

(2)分层剥采比 $n_{\text{层}}$ (图 1.1-4b):在一个开采分层内的剥岩量与采矿量之比。

$$n_{\text{层}} = V_{\text{层}}/A_{\text{层}} \quad (\text{m}^3/\text{m}^3) \quad (1.1-2)$$

式中 $V_{\text{层}}$ ——分层的岩石量, m^3 ;

$A_{\text{层}}$ ——分层的矿石量, m^3 。

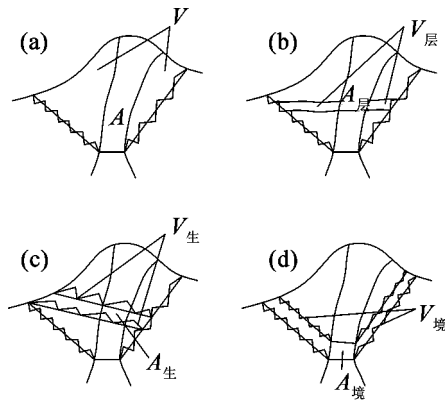


图 1.1-4 各种剥采比示意图

(a)一平均剥采比;(b)一分层剥采比;(c)一生产剥采比;(d)一境界剥采比

(3)生产剥采比 $n_{\text{生}}$ (图 1.1-4c):某一生产期的剥岩量与采矿量之比。

$$n_{\text{生}} = V_{\text{生}}/A_{\text{生}} \quad (\text{m}^3/\text{m}^3) \quad (1.1-3)$$

式中 $V_{\text{生}}$ ——某一生产时期的剥岩量, m^3 ;

$A_{生}$ ——某一生产时期的采矿量, m。

(4)境界剥采比 $n_{境}$ (图 1.1-4d): 将露天开采深度由某一水平延伸至另一水平时, 增加的岩石量与矿石量之比。

$$n_{境} = V_{境} / A_{境}, (m^3 / m^3) \quad (1.1-4)$$

式中 $V_{境}$ ——境界延伸时增加的岩石量, m^3 ;

$A_{境}$ ——境界延伸时增加的矿石量, m^3 。

在设计中, 常以平均剥采比 ($n_{平均}$) 和境界剥采比 ($n_{境}$) 不大于经济合理剥采比 ($n_{经}$) 的原则, 确定露天开采及露天开采的最终深度, 即

$$n_{平均} \leq n_{经} \quad (m^3 / m^3) \quad (1.1-5)$$

$$n_{境} \leq n_{经} \quad (m^3 / m^3) \quad (1.1-6)$$

所谓经济合理剥采比 ($n_{经}$), 就是按该剥采比开采的矿石成本 ($c_{露}$) 不大于用地下开采的矿石成本 ($c_{井}$)。

$$c_{露} \leq c_{井} \quad (\text{元}/m^3) \quad (1.1-7)$$

露天开采的矿石成本是由采出单位矿石的费用和摊在单位矿石上的剥岩费用所组成。

$$c_{露} = a + nb \quad (\text{元}/m^3) \quad (1.1-8)$$

式中 a ——采出单位矿石的费用, $\text{元}/m^3$;

b ——剥掉单位岩石的费用, $\text{元}/m^3$,

n ——剥采比, m^3/m^3 。

将公式(1.1-8)代入公式(1.1-7)可得

$$a + nb \leq c_{井}$$

$$n \leq (c_{井} - a) / b \quad (m^3 / m^3) \quad (1.1-9)$$

经济合理剥采比的最大值是

$$n_{经} = (c_{井} - a) / b \quad (m^3 / m^3) \quad (1.1-10)$$

所以, 平均剥采比 $n_{平均} \leq (c_{井} - a) / b \quad (m^3 / m^3) \quad (1.1-11)$

境界剥采比 $n_{境} \leq (c_{井} - a) / b \quad (m^3 / m^3) \quad (1.1-12)$

经济合理剥采比是露天开采的一个重要技术经济指标, 是确定开采方式和露天开采深度的一个主要因素。

表 1.1-2 为经济合理剥采比的部分参考数值。

表 1.1-2 经济合理剥采比的部分参考数值

矿床类别	经济合理剥采比 (m^3/m^3)		
	大型矿山	中型矿山	小型矿山
铁矿、锰矿、菱镁矿、铜、铅、 锌矿等	$\leq 8 \sim 10$	$\leq 6 \sim 8$	$\leq 5 \sim 6$
石灰石、白云石、硅石	≤ 1.5		≤ 1.0
铝土矿、黏土矿	13~16		

1.1.1.3 矿山规模和服务年限

矿山规模是建设矿山时决定开拓方法前应解决的重要问题之一。通常以年产量和日产量来表示,按产量分为大、中、小三种类型。

确定矿山年产量,应满足国民经济发展计划的要求,并作技术上的校验,还要和矿山的经济合理存在年限相适应。

当矿床储量一定时,年产量(A)、矿山服务年限(t)与矿床量(Q)三者之间的关系如下式:

$$t = t_1 + t_2 = Q/A \times (K/(1-\rho)) + t_2$$

式中 t_1 ——矿山计算服务年限,年;

t_2 ——考虑矿山初期和末期达不到正常生产能力的影响而增加的时间,一般为 1~5 年;

K ——矿石回收率, %

ρ ——废石混入率, %。

表 1.1-3 是矿山规模和服务年限的参考值。

表 1.1-3 矿山规模和服务年限

矿山规模		矿山产量		服务年限	
		年产量(万 t)	月产量(t)	露天矿	地下矿
大型		>100	>3000	>30	>30
中型	黑色矿山	30~100	900~3000	15~20	>20
	有色矿山	20~100	600~3000		
小型	黑色矿山	<30	<900	10 左右	>10~15
	有色矿山	<20	<600		

1.1.2 露天开采

1.1.2.1 露天开采的基本概念

露天开采与地下开采不同,它是从地面开掘露天沟道并形成开采工作面把矿石采出来。

开采时,需要把被开采的矿岩划分成一定厚度的水平分层,由上向下逐层开采,并形成阶梯状的工作面叫台阶(图 1.1-5)。

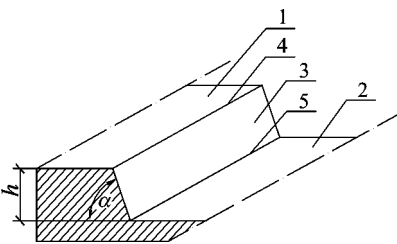


图 1.1-5 台阶组成要素

台阶是由以下要素组成:

上部平盘 1——台阶的上部水平面;

下部平盘 2——台阶的下部水平面;

台阶坡面 3——朝向采空区的台阶斜面;

台阶坡面角(α)——台阶坡面与下部平盘水平面的夹角;

坡顶线 4——台阶坡面与上部平盘的交线;

坡底线 5——台阶坡面与下部平盘的交线；

台阶高度(h)——上部平盘与下部平盘的垂直距离。

开采过程中和开采终了时形成的露天采场是由以下要素组成(图 1.1-6)。

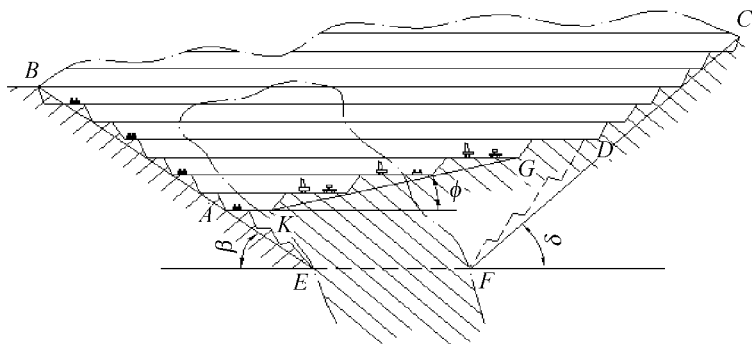


图 1.1-6 露天采场组成要素

工作邦(AD)——是由正在进行采掘工作的台阶组成。

工作邦坡线(KG)——工作邦上最上一个台阶和最下一个台阶的坡底线连成的直线。

工作邦坡角(ϕ)——工作邦坡线与水平线的夹角。

工作平盘——工作邦上各台阶的水平部分,即工作台阶的平盘,在平盘上布置穿孔、采装和运输等主要设备。

露天采场最终边坡(即非工作邦)——露天采矿开采终了时或其一部分结束工作的四周表面,它是由台阶坡面和平台组成。

在采场内,位于下盘岩石的边坡叫底邦,位于上盘岩石的边坡叫顶邦,位于采场两端的边坡叫端邦。

最终边坡线(BE 和 CF)——最上一个非工作台阶的坡顶线与最下一个非工作台阶坡底线连成的直线。

最终边坡角(β 和 δ)——最终边坡线与水平线的夹角。

采矿场地盘——采矿场底部平面。它分为某一开采深度的底部平面(AK)和开采终了时的底部平面(EF)。

露天开采分山坡露天和凹陷露天两种情况。

开采一个露天矿,要先进行基本建设,而后才能投入生产。基本建设时期的任务是形成供电供水,开拓运输干线,完成工业场地主要构筑物 and 设施的建设,以及为投产所必需的采准和剥岩工作量。在生产过程中,为了采出矿石,要不断进行开拓、采准和剥岩工作。开拓工作是按着一定开拓方法掘进出入车沟,建立地面与采矿场各生产水平的运输联系。

采准工作是掘进开段沟,以建立台阶开采的工作线。

剥岩工作是剥掉影响采矿的部分围岩和覆盖岩层,为采掘工作做好准备。

对一个工作水平来说,掘沟(出入沟和开段沟)剥岩和采矿工作是顺次进行的,而剥岩和采矿也可同时进行,图 1.1-7 是先掘进倾斜的出入沟 $ABCD$,然后掘进水平的开段

沟 CDEF,接着在开段沟的一侧进行剥岩或采矿的扩邦工作。

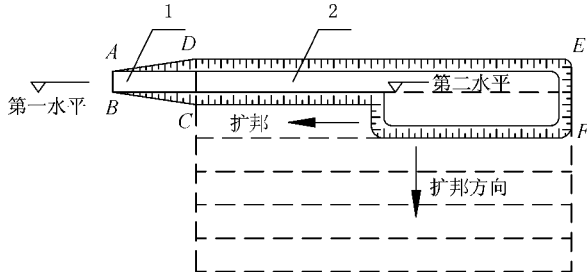


图 1.1-7 单工作水平掘沟与采剥关系(1—出入沟;2—开段沟)

1.1.2.2 矿床开拓

露天矿床开拓就是按照一定的方式建立地面与采矿场各生产水平之间的运输通路(即出入沟或井巷)。

由于矿床埋藏的地质地形条件,矿山生产规模和圈定的开采深度的不同,各露天矿适宜采用的运输方式亦不同。而开拓方法主要以运输方式为特征来划分。

按运输方式,我国金属露天矿采用的开拓方法可分为:

- (1) 铁路运输开拓;
- (2) 公路运输开拓;
- (3) 斜坡卷扬开拓;
- (4) 平峒溜井开拓。

上述为露天矿床开拓的几种基本形式。有些露天矿床则采用上述两种以上的方法联合开拓,如开采深度大于 100m 的深凹露天矿,为了保证露天矿生产能力,铁路—公路联合运输开拓,它可以充分发挥铁路运输成本低和公路运输灵活性大的优越性。这种铁路—汽车联合运输开拓方案,上部是铁路运输开拓,下部是汽车运输开拓,在它们之间设转载站,以建立汽车与铁路车辆之间的转运联系。有些山坡露天矿也常用联合运输开拓。下面对几种主要运输开拓方法分别作一简单介绍。

1) 铁路运输开拓

铁路运输其运输能力大,经济合理运距长,经营费用较低,但其线路工程量大,基建时间长,投资大,同时,采场和废石场线路移道工作量较大。

铁路运输开拓,一般适用于地形坡度较缓,矿体产状简单的露天矿。铁路分准轨(轨距为 1435mm)和窄轨(轨距为 900mm,762mm,600mm)铁路。准轨铁路运用于露天境界较长(一般宜大于 1.2km),比高(即高差)在 200m 以内的大型山坡露天矿,或比高在 100~150m 的深凹露天矿,年采掘量大于 700 万 t。窄轨铁路适于比高较小的中小型山坡露天矿。

限坡:准轨电力机车一般不大于 35%,困难时不大于 40%;准轨蒸汽机车一般不大于 25%,困难时不大于 30%;窄轨电力机车为 25%~30%。

最小曲线半径:准轨为 100m,窄轨为 60m。

标准轨距铁路运输的车辆为 60t 和 100t 自卸翻斗车,窄轨运输的矿车容积一般在 4m³ 以下,最大可达 10m³。

露天矿铁路的布置形式,出于矿区地形及矿体走向长度、埋藏深度等条件的不同,其运输开拓线路亦不同。一般有直进式,折返式和螺旋线路几种形式。但露天矿铁路布置形式以折返式为多见。

2) 公路运输开拓

由于公路可采用较小的曲线半径,较大的坡度,所以可以缩短线路长度,减少采掘工程量,建设速度快,一般年产矿石量 300 万 t 以上的露天矿,用汽车运输比用铁路运输的建设期可缩短 1~2 年。

公路的基建投资少,修建每公里公路的投资仅为修建铁路的 1/4 左右。

汽车运输灵活性较大,对各种复杂地形的适应性好,特别适合于开采埋藏条件复杂,分散和窄小的矿床,采用汽车运输更为合适。

公路运输开拓适用于平面尺寸较小,但开采深度较深,不便铺设铁路的露天矿,地形和矿体产状比较复杂的露天矿,生产能力较小、运距短、服务年限短的露天矿以及矿体厚度不大,工作线推进较快的露天矿。

汽车运输在生产中能与采装设备有效地配合,从而可提高采装效率。

汽车运输存在的问题是经济合理运距短,一般是 1~2km,最大不超过 3km。在质量差的公路上运行,特别在采矿场和排土场运行,会增加部件磨损,降低使用寿命,增加维修保养费用。另外受气候条件影响较大,使运输效率降低。

公路开拓的运输装卸设备为自卸汽车和电铲。自卸汽车载重量多为 8~60t 和 120t 电动轮汽车。爬坡能力大,制动安全可靠。随着大吨位汽车的不断增加及其性能的改进,汽车运输的适应范围也将不断扩大。

公路开拓运输干线的布置方式有直通式(多支线折返)、回返式(单线折返)和螺旋式三种。

3) 平峒、溜井开拓

平峒、溜井开拓使用溜井和平峒建立起采场与地面间的运输通路,但它不能独立完成矿岩的运输任务,尚需与其他运输方式相配合。一般是与铁路或汽车运输相配合,如采场用汽车运输,平峒内用窄轨铁路运输。

溜井主要用来溜放矿石,矿石从溜井下部放矿石装入矿车然后用机车牵引运出平峒至卸矿点。

平峒溜井开拓适用于地形复杂、高差较大、矿体在地面标高以下的露天矿。其主要优点是利用地形高差借自重放矿,运距短、运输费用低、效率高,能减少运输设备,节约基建投资,可用轻型设备开采生产规模较大的矿山。但其缺点是井巷工程量大,矿岩黏性较大、含泥多或粉碎率高时,容易产生堵塞。

4) 斜坡卷扬开拓

斜坡卷扬在金属露天矿常用的主要是斜坡箕斗卷扬和斜坡串车卷扬。

(1) 斜坡箕斗卷扬开拓。这种方式箕斗不能独立完成露天矿的运输任务,需要和其他运输方式配合。图 1.1-8 为凹陷露天箕斗卷扬开拓。其采场内与汽车运输配合,采场外可与汽车或铁路运输配合。