



全国中等职业技术学校冶金专业教材

QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUOXIAO YEJIN ZHUANYE JIAOCAI

冶金概论

Y E J I N G A I L U N



Y E J I N ZHUANYE JIAOCAI



中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校冶金专业教材

冶金概论

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

冶金概论/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2009

全国中等职业技术学校冶金专业教材

ISBN 978-7-5045-7655-2

I. 冶… II. 人… III. 冶金-专业学校-教材 IV. TF01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 112705 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

新华书店经销

国防工业出版社印刷厂印刷 北京密云青云装订厂装订

787 毫米×1092 毫米 16 开本 11.75 印张 276 千字

2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷

定价: 20.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

前言

冶金工业是国民经济发展的重要基础工业。随着我国国民经济的高速发展,我国钢铁产量逐年增加,冶金工业现代化水平也不断提高。冶金企业对技术工人的知识水平和技能水平以及相关的职业教育和职业培训提出了更高、更新的要求。为更好地适应行业发展、满足中等职业技术学校的教学需求,我们根据原劳动和社会保障部培训就业司颁发的《冶金专业教学计划与教学大纲(2008)》,组织全国有关学校的一线教师及行业专家,编写了这套冶金专业教材。

在教材开发工作中,我们力求突出以下几个方面的特色:

第一,根据中等职业技术学校冶金专业学生就业岗位的实际需求,合理安排知识点和技能点,以“够用”“实用”为标准,摒弃“繁难偏旧”的理论知识,同时,注重工作能力的培养,满足企业对技能型人才的需求。

第二,在内容安排上,尽可能多地引入新知识、新技术、新设备和新材料等方面的内容,淘汰陈旧过时的技术,反映行业发展趋势。同时,在教材编写过程中,严格执行国家相关技术标准的要求。

第三,在结构和表达方式方面,强调由浅入深、循序渐进,使用图片、实物照片、表格等多种表现形式,更加生动、直观地讲解相关知识和技能,提高学生的学习兴趣,力求使教材做到易教易学。

本次开发的教材涉及“炼铁”“炼钢”和“轧钢”三个专业方向,包括《冶金概论》《热工常识》《冶金仪表》《炼铁工艺》《炼铁设备》《炼钢原理》《转炉炼钢工艺及设备》《连铸设备及工艺》《轧钢原理》《轧钢机械设备》《型钢生产工艺》《热轧板带钢生产工艺》《冷轧板带钢生产工艺》。

本套教材可供中等职业技术学校冶金专业使用,也可作为职业培训教材。

本套教材的编写工作得到了辽宁、河北、江苏等省人力资源社会保障(劳动保障)厅及有关学校的大力支持,在此,我们表示诚挚的谢意。

人力资源和社会保障部教材办公室

2009年6月

内 容 简 介

本教材按照钢铁生产基本流程的顺序,分“采选矿生产”“炼铁生产”“炼钢生产”“轧钢生产”四篇,介绍了各个主要生产环节的生产过程和相关知识。

本教材针对中等职业技术学校学生的认知特点和职业需求,配合后续课程,从宏观上介绍了钢铁生产过程的全貌。在表现形式上,较多地使用了实物图片、生产现场照片等形式,使内容更加生动直观,现场感强。

本教材由王大海主编,刘志敏、王东卫、庄文广、黄炜、温剑涛、张恩生参加编写;李怀成审稿。

《冶金概论》参考学时

教学内容	学时
第一篇 采选矿生产	10
第二篇 炼铁生产	20
第三篇 炼钢生产	24
第四篇 轧钢生产	26
总 计	80

目 录

绪 论	(1)
-----	-------

第一篇 采选矿生产

第一章 矿山与采选矿	(5)
第一节 矿山概述	(5)
第二节 地下开采	(7)
第三节 露天开采	(15)
第四节 选矿	(20)

第二篇 炼铁生产

第二章 高炉炼铁概述	(27)
第一节 高炉炼铁生产工艺流程与特点	(27)
第二节 高炉炼铁产品及副产品	(30)
第三节 高炉本体及附属设备	(32)
第三章 高炉炼铁原料	(41)
第一节 铁矿石与铁矿粉的造块	(41)
第二节 焦炭和高炉喷吹燃料	(52)
第三节 熔剂	(58)
第四章 高炉炼铁生产	(60)
第一节 高炉炉料的蒸发、挥发与分解	(60)
第二节 还原过程和生铁的生成	(63)
第三节 炉渣与脱硫	(64)
第四节 炉料与煤气运动	(66)
第五章 高炉强化冶炼技术的发展和环境保护	(69)
第一节 高炉强化冶炼技术的发展	(69)
第二节 炼铁生产的环境保护	(73)

第三篇 炼钢生产

第六章 炼钢基础知识.....	(78)
第一节 概述.....	(78)
第二节 炼钢任务和钢中主要成分.....	(82)
第三节 钢的分类.....	(85)
第七章 转炉炼钢.....	(90)
第一节 炼钢用原材料.....	(90)
第二节 氧气顶吹转炉炼钢设备.....	(94)
第三节 转炉炼钢吹炼工艺.....	(96)
第八章 电弧炉炼钢.....	(103)
第一节 概述.....	(103)
第二节 电弧炉冶炼工艺.....	(105)
第九章 炉外精炼.....	(111)
第一节 炉外精炼概述.....	(111)
第二节 炉外精炼手段.....	(113)
第三节 炉外精炼的方法.....	(117)
第十章 连续铸钢.....	(120)
第一节 连铸概述.....	(120)
第二节 连铸设备.....	(123)
第三节 连铸生产工艺.....	(126)

第四篇 轧钢生产

第十一章 轧钢生产工艺的基本问题.....	(131)
第一节 轧制钢材的品种、用途和产量.....	(131)
第二节 轧钢机.....	(132)
第三节 轧钢生产系统及工艺流程.....	(135)
第四节 轧材生产各基本工序的作用及要点.....	(140)
第十二章 钢坯和型、线材生产.....	(143)
第一节 钢坯生产.....	(143)
第二节 型钢生产.....	(146)
第三节 线材生产.....	(150)

第十三章 板带钢生产.....	(154)
第一节 板带钢生产的一般概念.....	(154)
第二节 中厚板生产.....	(155)
第三节 热轧薄板带钢生产.....	(158)
第四节 冷轧板带钢生产.....	(160)
第十四章 钢管生产.....	(165)
第一节 钢管生产的一般概念.....	(165)
第二节 自动轧管机组的工艺与设备.....	(167)
第三节 热轧无缝钢管的其他生产方法.....	(172)
第四节 冷轧无缝钢管生产简介.....	(174)
第五节 焊接钢管生产.....	(175)

绪 论

一、钢铁工业在国民经济中的地位

地壳中铁的储量比较丰富,按元素总量计占4.2%,在金属元素中仅次于铝。纯净的金属铁本身质地柔软,不能作为结构材料使用。含碳量不超过0.04%的铁,称为工业纯铁。工业纯铁是钢的一种,它实际上还不是真正的纯铁,其质地特别软,韧性特别大,电磁性能很好。在工业生产和日常生活中广泛应用的是生铁和钢。生铁是含碳量为3%~4%的Fe-C合金,并含有少量硅、锰、硫、磷,其质地硬而脆,不能锻压,主要用于铸造。钢是生铁的深加工产物,炼钢过程是将液态生铁脱碳、脱硫、脱磷和合金化(加入一种或几种合金元素,如硅、锰、铬、镍、钨、钼、钒、钛、铌等)。与生铁相比,钢具有良好的可塑性,可以轧制或锻造成各种形状的钢材和结构部件,具有较好的综合力学性能。

钢铁工业是基础材料工业。钢铁工业为其他制造业(如机器及机械制造、交通运输、军工、能源、航空航天等)提供最主要的原材料,也为建筑业及民用品生产提供基础材料。一个国家钢铁工业的发展状况能够间接反映其国民经济发达的程度。

钢铁工业的发展水平主要体现在钢铁生产总量(或人均产量)、品种结构、质量、能耗、排放以及经济效益和劳动生产率等方面。在一个国家的工业化发展进程中,都必须拥有相当发达的钢铁工业作为支撑。

钢铁工业是一个集成度很高的工业,其发展需要多方面条件的支撑,例如,稳定的原材料供应,如铁矿石、煤炭、耐火材料、石灰石和锰矿等;稳定的动力供应,如电力、水等。由于钢铁工业生产规模大,消耗的原材料和产品的吞吐量巨大,一个年产2000万吨的钢铁企业,厂外运输量达到1.6亿~2亿吨,需要庞大的运输设施为其服务。对大型钢铁企业来说,还必须有重型机械的制造业为其服务。此外,钢铁企业的建设除了需要雄厚的资金保障,还需要工程的设计部门、设备制造企业和建设安装工程公司的大力协作。

钢铁产品之所以能成为各制造行业和基础建设的基础材料,是因为它具有以下优越的性能和相对低廉的价格:

- (1) 具有较高的强度和韧性。
- (2) 可以通过铸、锻、轧、切削和焊接等多种方式进行加工,从而得到任何结构的零部件。
- (3) 废弃的钢铁产品可以循环利用。
- (4) 人类自进入铁器时代以来,积累了丰富的生产和加工钢铁材料的经验。与其他工业相比,钢铁工业生产规模大、效率高、质量好、成本低,具有强大的竞争优势。在可以预见的将来,还没有其他材料能替代钢铁产品现有的地位。

二、我国钢铁工业的发展

1. 早期的冶铁方法

早在商代,我国就有使用天然的陨铁锻造铁刃的记载。冶铁术大约发明于西周时期的块

炼铁，它是在土坑里用木炭在 $800\sim 1\,000^{\circ}\text{C}$ 下还原铁矿石，得到的一种含有大量非金属氧化物的海绵状固态块铁。这种块铁含碳量很低，具有较好的塑性，经锻打成型，制作器具。春秋中期（公元前 600 年前后），我国已经发明了生铁冶炼技术，到了春秋末年，铁制的农具和兵器也已得到普遍使用。到了战国时代，造出了非常坚韧而锋利的宝剑。东汉初期，南阳地区已经制造出水力鼓风机，扩大了冶炼生产规模，产量和质量都得到了提高，使炼铁生产向前迈进了一大步。北宋时期炼铁技术进一步发展，由皮囊鼓风机改为木风箱鼓风，并广泛以石炭（煤）为炼铁燃料，当时的炼铁规模是空前的。

在世界历史上，中国、印度、埃及是最早用铁的国家，也是最早掌握炼铁技术的国家，比欧洲早 1 900 多年。欧洲的块炼铁是公元前 1 000 年前后发明的，但是直到 13 世纪末、14 世纪初才掌握生铁冶炼技术。获得生铁的初期，人们把它当做废品，因为它性脆，不能锻造成器具。后来发现将生铁与矿石一起放入炉内再进行冶炼，能够得到性能比生铁好的粗钢（又称熟铁）。从此钢铁冶炼就开始形成了一直沿用至今的二步冶炼法：第一步从矿石中冶炼出生铁，第二步把生铁精炼成钢。随着时代的发展，高炉燃料从木炭发展到焦炭，鼓风动力用蒸汽机代替水力（或风力），产量也不断增长。

2. 新中国钢铁工业的发展

解放前，由于长期受封建主义的束缚和帝国主义的掠夺，近代中国工业和科学技术的发展极度缓慢，钢铁工业技术水平及装备也极其落后。解放前夕（1949 年），我国生铁产量只有 25 万吨，钢产量还不到 16 万吨。

新中国成立后，我国逐步建立了现代钢铁工业基础，到 1960 年钢产量超过了 1 000 万吨，某些生产指标接近当时的世界先进水平。1960—1966 年，在国家经济十分困难的条件下我国钢铁工业继续得到发展，如炼铁方面以细粒铁精矿粉为原料的自熔性及超高碱度烧结矿生产技术、高炉喷吹煤粉技术和复合矿冶炼技术的逐渐成熟就说明了这一点。1966—1976 年，我国国民经济基本上处于停滞不前的状态，钢铁工业装备陈旧，机械化、自动化水平低，技术经济指标落后，生产效率低、品种少、质量差、成本高的矛盾日益突出。

从 1977 年开始，我国钢铁工业转向持续发展阶段，到 1982 年钢产量达到 3 700 万吨，仅次于苏联、美国和日本，居世界第四位。到 1996 年我国粗钢产量突破 1 亿吨，跃居世界第一。此后的 10 年内，我国钢铁工业持续高速发展，粗钢产量以每年 $15\%\sim 20\%$ 的速度增长，如图 0—1 所示。截至 2008 年，我国粗钢产量达到 5.07 亿吨，占世界粗钢产量的 38.4%。我国不锈钢产量自 2006 年超过日本，居世界第一位后，2007 年不锈钢粗钢产量达到 720 万吨，占世界不锈钢粗钢产量的 25.7%。我国是目前世界上最大的钢铁生产国和消费国。

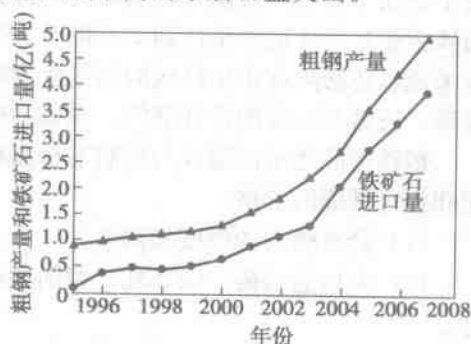


图 0—1 我国粗钢产量和铁矿石量

3. 中国铁矿石产量

我国是个铁矿石储量比较丰富的国家，目前已查明矿产资源储量 593.85 亿吨，其中，415 亿吨矿石为磁铁矿，但品位低，含铁量大多在 $30\%\sim 35\%$ 。地质专家预测，全国铁资源总量为 1 600 亿吨，已查明约 600 亿吨，尚有 1 000 亿吨铁矿资源有待查明。

近十多年来,我国钢铁工业的高速增长对铁矿石的需求迅速增加,国产铁矿石数量远不能满足需求,需要大量依靠进口。自2002年铁矿石进口量突破1亿吨后,铁矿石进口量每年以15%~20%速度增长,到2007年我国铁矿石进口量达到3.83亿吨,如图0—2所示。

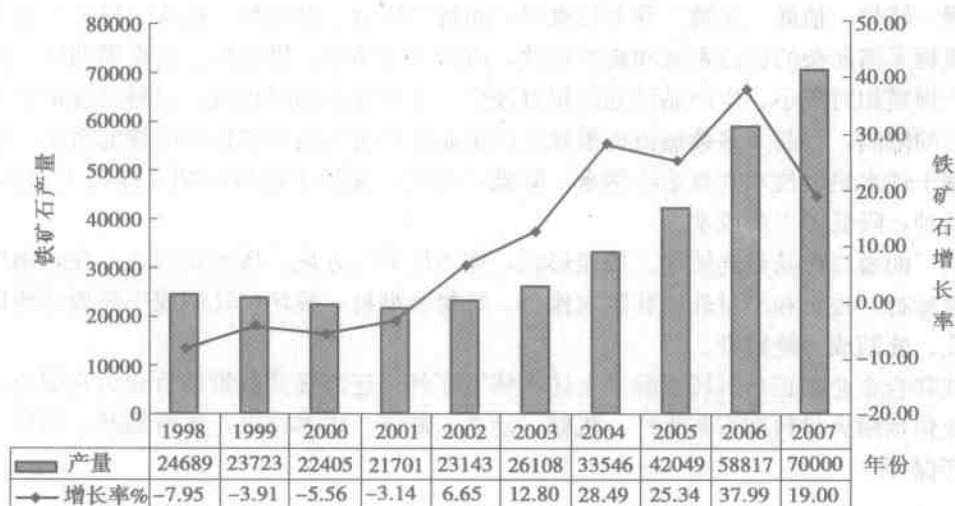


图0—2 1998—2007年国内铁矿石产量及增幅

三、钢铁生产基本流程

钢铁生产是一项系统工程,生产基本流程如图0—3所示。首先在矿山要对铁矿石和煤炭进行采选,将精选炼焦煤和品位达到要求的铁矿石,通过陆运或水运送到钢铁企业的原料场进行配煤或配矿、混匀,再分别在焦化厂和烧结厂进行炼焦和烧结,获得符合高炉炼铁质量要求的焦炭和烧结矿。球团厂可直接建在矿山,也可建在钢铁厂,它的任务是将细粒精矿粉造球、干燥、经高温焙烧后得到 $\phi 9\sim 16\text{ mm}$ 的球团矿。

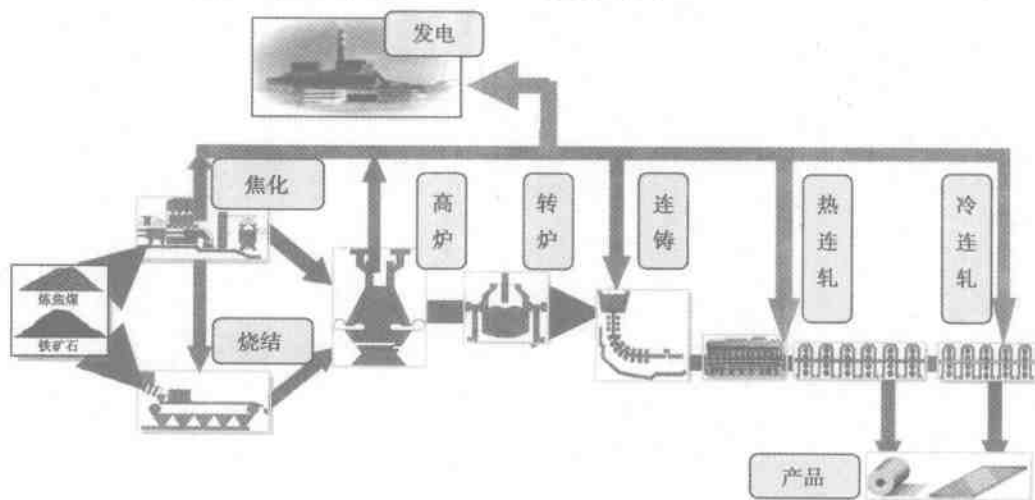


图0—3 钢铁生产基本流程

高炉是炼铁的主要设备，使用的原料有铁矿石（包括烧结矿、球团矿和块矿）、焦炭和少量熔剂（石灰石），产品为铁水、高炉煤气和高炉渣。铁水送炼钢厂炼钢；高炉煤气主要用来烧热风炉，同时供炼钢厂和轧钢厂使用；高炉渣经水淬后送水泥厂生产水泥。

炼钢目前主要有两条工艺路线，即转炉炼钢流程和电弧炉炼钢流程。通常将“高炉—铁水预处理—转炉—精炼—连铸”称为长流程，而将“废钢—电弧炉—精炼—连铸”称为短流程。短流程无需庞杂的铁前系统和高炉炼铁，因而工艺简单、投资低、建设周期短。但是短流程生产规模相对较小，生产品种范围相对较窄，生产成本相对较高，同时受废钢和直接还原铁供应的限制，目前大多数短流程钢铁生产企业也开始建高炉和相应的铁前系统。电弧炉采用废钢+铁水热装技术吹氧熔炼钢水，降低了电耗，缩短了冶炼周期，提高了钢水品质，扩大了品种，降低了生产成本。

炼钢厂的最终产品是连铸坯。按照形状，连铸坯分为方坯、板坯和圆坯。在轧钢厂，方坯分别被棒材、线材和型材轧机轧制成棒材、线材和型材，板坯被轧制成中厚板和薄板，圆坯被穿孔、轧制成无缝钢管。

钢铁联合企业的正常运转，除了上述主体工序外，还需要其他辅助行业为它服务，这些辅助行业包括耐火材料和石灰生产，机修、动力、制氧、供水供电、质量检测、通信、交通运输和环保等。

第一篇 采选矿生产

第一章

矿山与采选矿

第一节 矿山概述

一、找矿与探矿

矿床埋藏在地下，只有找到了矿床并对其工业特性有了比较详细的了解，才能进行矿床开采。因此，首先要进行找矿和探矿工作，为矿山设计及开采提供原始资料。

1. 找矿

找矿的目的是通过比较普遍的地质调查找到矿床，查明矿床分布和埋藏的大致状况，对矿床作出估计评价，为进一步认识矿床提供依据。

找矿的主要方法有一般地质方法、地球物理探矿、地球化学探矿等。

一般地质方法是根据某地区的成矿地质环境和地质条件结合找矿标志寻找矿床，如矿产的碎块或碎屑、露头 etc。

地球物理探矿是利用矿体与围岩在物理性质上的差异来寻找矿床，如磁性、电阻、容重、地震波传播速度、放射性等。

地球化学探矿是通过地球化学异常来寻找矿床，即在元素含量正常的地段中找寻元素相对集中的区段，最后找到高度富集的部分（矿体）。

当用上述方法发现矿床后，常用探槽和浅井揭露矿体露头和靠近地表的部分，以大致了解矿床分布的范围、形状、大小、走向、倾斜以及矿石的类型、有益和有害成分含量等。为了可靠地评价矿床远景，还常辅以少量的控制性钻孔，以大致了解矿床深部情况和轮廓。

找矿阶段的成果反映在普查报告中，它必须对矿床远景作出评价。

2. 探矿

探矿又称勘探，其目的是进一步揭露和研究矿床，以查明矿床的规模、质量、开采技术条件等，作出矿床工业评价，为设计和开采提供资料。勘探可分为地质勘探和生产勘探两个阶段。

地质勘探的技术手段主要有坑探和钻探。坑探是在地表或地下挖掘各种坑道以揭露和研究矿床。钻探是利用地质钻机向矿床钻孔并提取岩心揭露和研究矿床。为了获得全面、系统、准确的资料，各种勘探技术手段和工程应总体规划、统一布置、密切配合。我国常用的布置方式是勘探线，如图 1—1 所示。

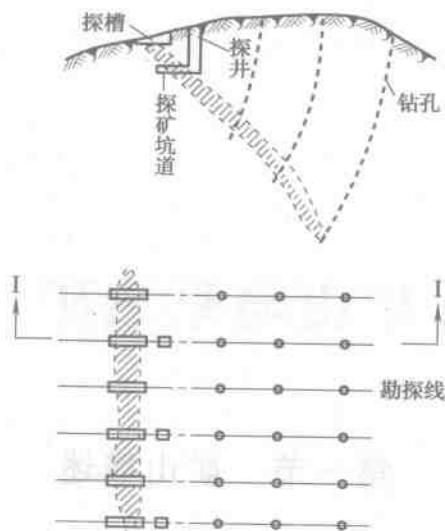


图 1—1 勘探线布置示意图

地质勘探的成果反映在最终的地质报告中，它是矿床设计及开采的依据。

生产勘探是在矿床开采生产过程中进行的勘探工作。生产勘探的手段主要是坑道，另外配合一定数量的坑内钻孔。布置生产探矿工程时，应遵循“探采结合”的原则。

矿床在地质勘探阶段，一般对矿床上部认识比较可靠，矿床的下部及中部勘探仍不够详细。因此，在矿床开采过程中，利用生产坑道接近或进入矿体的有利条件，进一步对矿床进行圈定和研究，为采矿提供准确、可靠的地质资料。

生产勘探贯穿于整个矿床开采的全过程，一般由矿山企业进行，而找矿和地质勘探工作则由地质部门来完成。

二、矿山企业

矿山企业是为开采矿床以获得一定数量和质量矿石而组建起来的生产经营单位，简称矿山或矿。

矿山是采矿工业的具体生产单位，它可以是采矿、选矿、冶炼联合企业的一部分，也可以是一个独立的矿山企业。

矿山企业的主要机构设置如下：

- (1) 采矿车间，有坑口、矿井、露天采矿场等。
- (2) 辅助车间，有机修厂、木材加工厂等。
- (3) 选矿厂。

每个采矿车间都具有自己完整的生产系统，能独立地进行矿床开采工作。

矿山企业的基本任务包括完成本企业下达的生产任务（精矿量或矿石量），同时完成生产探矿和生产期间的基建工程，以确保矿山持续均衡生产。

矿山企业的规模通常是以年矿石产量来划分,可分为大型、中型、小型三种。矿山的规模和服务年限见表 1—1。

表 1—1

矿山的规模和服务年限

矿山规模	矿山年产量 (万吨)	服务年限 (年)
大型	>100	>30
中型	黑色 30~100 有色 20~100	>20
小型	黑色 <30 有色 <20	15~20

■ 思考与练习

1. 找矿的主要方法有哪些?
2. 找矿和探矿的工作一般由哪些部门完成?
3. 年产 25 万吨的铁矿,服务年限约为多久?

第二节 地下开采

一、矿床地下开采的步骤

矿床地下开采分为开拓、采准、切割和回采四个步骤。

1. 矿床开拓

从地表掘一系列巷道通达矿体,以形成提升、运输、通风、排水、供水、供风、供电等完整系统,称为矿床开拓。为此而掘进的巷道和硐室称为开拓巷道;提运矿石的平硐、井筒、斜坡道、盲井筒称为主要开拓巷道;担负其他任务的开拓巷道称为辅助开拓巷道。

2. 矿块采准

开拓结束后,掘进采准巷道,将阶段划分为矿块,并在矿块内为回采创造行人、凿岩、出矿和通风条件。

3. 切割工作

在已采准完毕的矿块里,为大规模回采矿石开辟自由面和补偿空间。有的在矿块底部形成拉底空间(或水平补偿空间),有的在矿房全高形成切割立槽(或补偿空间)以及扩漏或形成堑沟等。

4. 回采工作

矿块切割工作完成后,可以进行大量回采矿石工作。它包括落矿、矿石运搬和地压管理三项主要工作。

二、开拓方法的分类

根据主要开拓巷道的类型和下部有无辅助开拓巷道,开拓方法可分为单一开拓法和联合开拓法。

1. 单一开拓法

单一开拓法是指用一种主要开拓巷道开采整个矿床的全部开采深度的开拓方法。根据主

要开拓巷道的不同,可分为平硐开拓法、竖井开拓法、斜井开拓法和斜坡道开拓法四种类型,如图 1—2 所示。

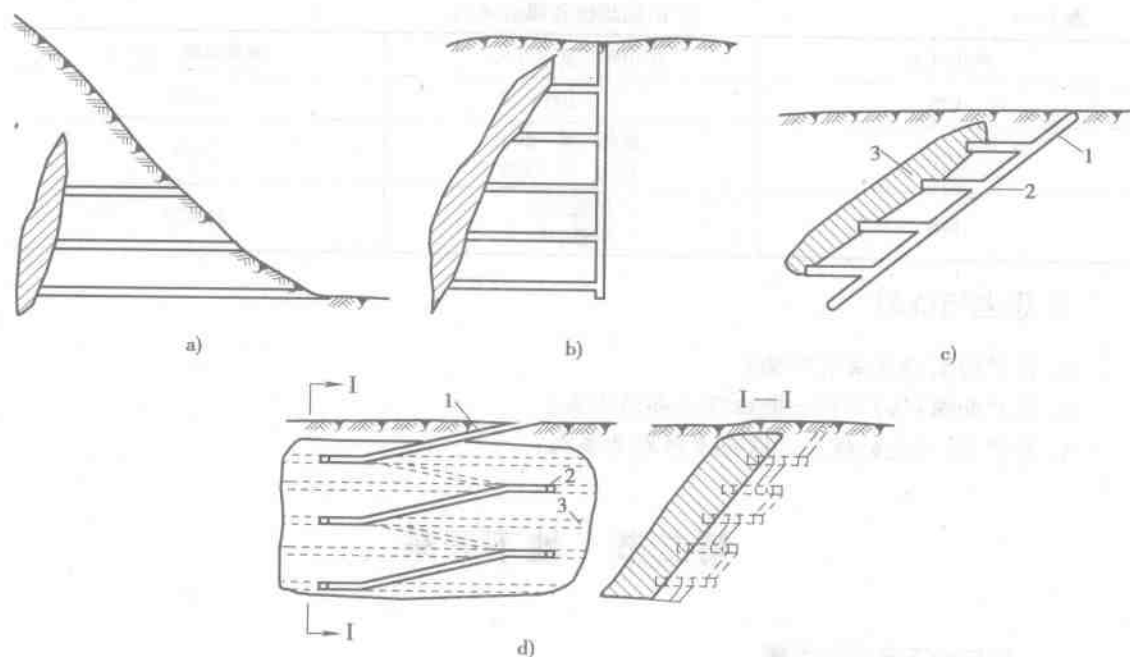


图 1—2 单一开拓法的四种不同类型示意图

a) 平硐开拓法 b) 竖井开拓法 c) 斜井开拓法 d) 斜坡道开拓法

1—斜坡道 2—阶段石门 3—阶段运输平巷

(1) 平硐。平硐是指一端直接与地面相通的水平巷道。巷道内铺设运输线路,具有 3%~7% 的坡度,以保证列车和地下水流的运行。平硐和隧道的区别在于隧道有两个地表出口,而平硐只有一个。

(2) 竖井。竖井是指其轴向与水平面相垂直的,供提升矿石、废石、人员、设备、材料、通风等用的主要巷道。根据提升容器的不同,可分为罐笼井、箕斗井和混合井;根据其在地表有无出口,可分为明竖井或盲竖井。

(3) 斜井。斜井是指轴向与水平面成一定倾角的主要巷道,其功能与竖井相同。根据井内提升容器的不同,可分为串车斜井、台车斜井和箕斗斜井;根据在地表有无出口,可分为明斜井或盲斜井。

(4) 斜坡道。斜坡道主要供运行无轨设备及安装胶带运输机使用,不铺设轨道,坡度小,方向变换灵活。

2. 联合开拓法

联合开拓法是指开采矿床上部使用某一种主要开拓巷道、下部使用辅助开拓巷道联合开拓的方法。根据辅助开拓巷道的不同,可分为竖井与盲井(盲竖井或盲斜井)联合开拓法、斜井与盲井(盲竖井或盲斜井)联合开拓法、平硐与井筒(明井或盲井)联合开拓法、斜坡道与井筒(明井或盲井)联合开拓法,如图 1—3 所示。

主要开拓巷道的位置,根据矿床赋存特点、地表地形条件等,可位于矿体的下盘、上

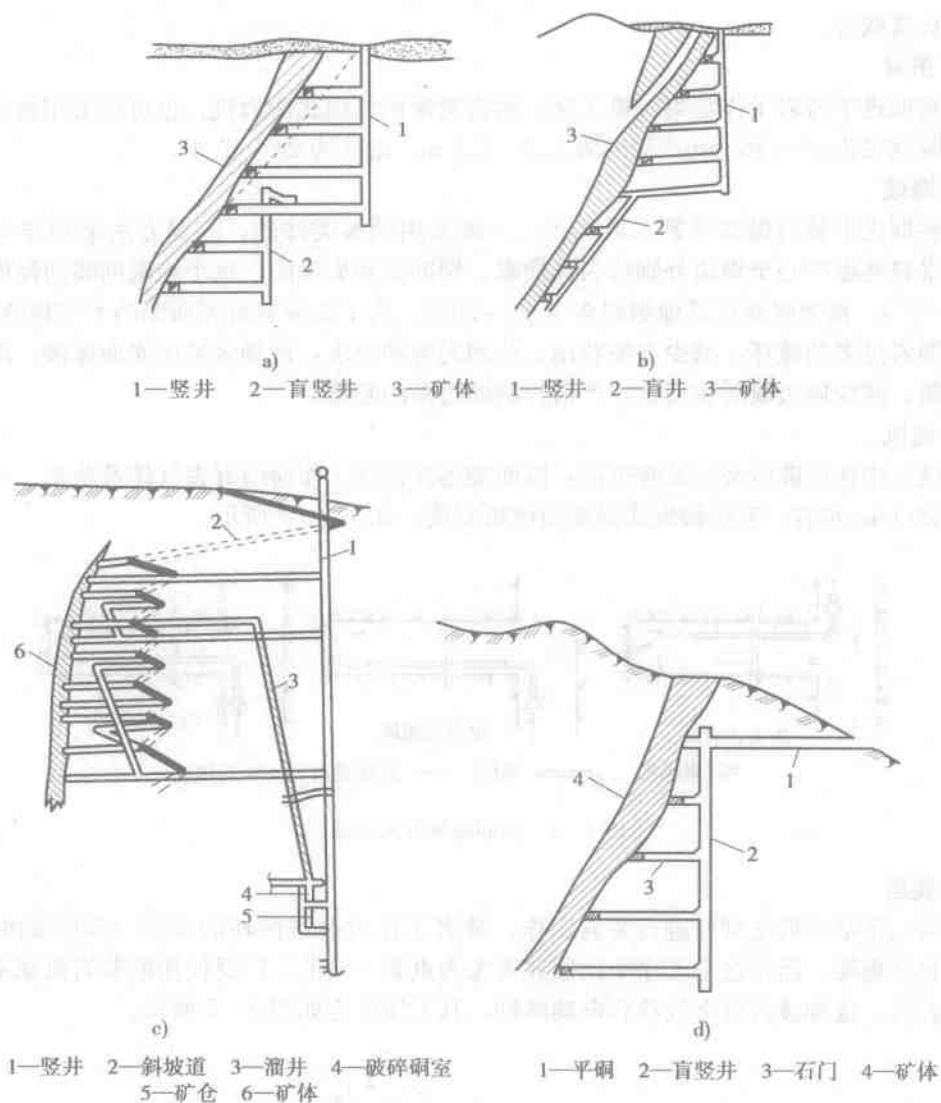


图 1—3 竖井盲井联合开拓法示意图

a) 竖井盲竖井联合开拓法示意图 b) 竖井盲斜井联合开拓法示意图
c) 斜坡道联合开拓示意图 d) 平硐与盲竖井联合开拓法示意图

盘、侧翼、矿体中或穿过矿体，其中位于矿体下盘的最多。

3. 主要巷道的开拓选用原则

对于一般矿山来讲，埋藏在地面以上的脉状矿床或矿床的上部，多采用平硐开拓。地面起伏不大的丘陵地区或平缓地势，矿床埋藏在地面以下，多选用竖井开拓。矿床在倾斜以下，埋藏深度又不大，则一般考虑采用斜井开拓。矿床埋藏较浅并且又分散的小型矿体，则可利用斜坡道开拓。

三、水平巷道掘进工序

水平巷道掘进的主要工序有凿岩、爆破、装岩和支护；辅助工序有撬浮石、通风、铺