

经济管理院校试用教材

钢铁生产概论

4
中国经济管理院校
工业技术学研究会 编
上海科学技术出版社

经济管理院校试用教材

钢铁生产概论

全国经济管理院校
工业技术学研究会 编

上海科学技术出版社

经济管理院校试用教材

钢铁生产概论

全国经济管理院校
工业技术学研究会 编

上海科学技术出版社出版
(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷三厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 7.5 字数 172,000

1985年9月第1版 1985年9月第1次印刷

印数: 1-17,300

统一书号: 15119·2447 定价: 1.45 元

前 言

经中央有关领导部门批准成立的全国经济管理院校工业技术学研究会，是经济管理院校从事工业技术学教学和科研工作者的全国性学术组织，其任务是统一组织从事工业技术学教学、科研工作者交流、研究该学科在教学和科研方面的经验和成果，推动学科的发展，促进课程的建设与改革。

经济管理院校开设工业技术学课程的专业很多，包括：工业经济，工业企业管理，管理工程，物资管理，基本建设经济，国民经济计划，工业统计，工业会计，财政，金融，物价，劳动经济，政治经济等。根据经济类专业的要求，工业技术学课程在课程设置，内容选择及教学法等各方面与工科专业有明显不同的特点，在总体上它要反映工业生产的一般或典型的规律，具体则要反映各有关工业部门生产技术的基本规律，包括：部门特点，生产过程及其组织，工艺方法、原理及其选择等。选材上特别强调要从组织、管理者的角度突出组织和经济分析的研究和论述，内容上既要有适合经济工作者需要的广度，又要求具有管理工作者的要求的一定深度。

尽管经济类各专业的教学计划在工业技术学课程设置的门数上有所不同，而在开设同一课程的学时分配上仍较接近。但从全国经济管理院校来说，至今尚缺乏一套适合于经济管理专业要求的统一教材，为了适应当前各类经济管理院校以及其他各种形式在职经济管理人员学习本课程的需要，1983年1月于江西南昌召开了全国经济管理院校工业技术学教材编写会议，统一研究并组织了四本教材即《机械制造概论》、《钢铁生产概论》、《电工电力概论》、《电子技术概论》的编写工作，并于同年5月至8月分别于南京、大连、成都和长春集中讨论制订了各课统一大纲，并确定各书的编写分工。

《钢铁生产概论》由中国人民大学韩荣主编。负责编写的有：江西财经学院陈文思，上海财经学院顾林明，中国人民大学杨彬，四川财经学院张照禄，辽宁财经学院张立纲，天津财经学院吴林源，湖南财经学院刘祖荣，辽宁大学王殿举。编写时参加讨论的有：浙江冶金专科学校高学智，贵州财经学院赵忠胜。

由于我们水平有限，编写时间仓促，有不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

全国经济管理院校
工业技术学研究会
一九八五年三月

目 录

前 言

| | |
|------------------------------|----|
| 绪论 | 1 |
| 一、钢铁工业在国民经济中的地位 | 1 |
| 二、我国钢铁工业发展简史 | 1 |
| 三、钢铁冶金工业的基本生产流程 | 1 |
| 第一章 炼铁 | 3 |
| 第一节 高炉炼铁原料 | 3 |
| 一、铁矿石及其处理 | 3 |
| 二、燃料 | 12 |
| 三、熔剂 | 14 |
| 第二节 高炉及其附属设备 | 14 |
| 一、高炉构造 | 14 |
| 二、高炉附属设备 | 17 |
| 第三节 高炉炼铁基本原理 | 20 |
| 一、风口前碳素的燃烧 | 21 |
| 二、煤气和炉料的机械运动 | 21 |
| 三、炉料的蒸发和分解 | 22 |
| 四、各种元素的还原反应 | 23 |
| 五、生铁的形成 | 25 |
| 六、炉渣的形成和作用 | 25 |
| 第四节 高炉操作 | 26 |
| 一、高炉开炉和停炉 | 26 |
| 二、高炉炉况判断与调节 | 27 |
| 三、炉前操作 | 28 |
| 第五节 高炉炼铁当前主要的技术措施及发展趋向 | 29 |
| 一、高炉炼铁当前主要的技术措施 | 29 |
| 二、高炉炼铁发展趋向 | 31 |
| 第六节 高炉产品及主要技术经济指标 | 32 |
| 一、高炉产品 | 32 |
| 二、高炉生产的主要技术经济指标 | 33 |
| 第七节 非高炉炼铁方法简介 | 35 |
| 一、非高炉炼铁法的发展概况 | 35 |
| 二、几种主要非高炉直接还原炼铁法简介 | 36 |
| 第二章 炼钢 | 39 |
| 第一节 概述 | 39 |
| 一、钢和生铁的区别 | 39 |

| | |
|------------------------|-----------|
| 二、炼钢的主要任务 | 39 |
| 三、炼钢方法概述 | 39 |
| 第二节 炼钢的基本原理 | 41 |
| 一、Fe、Si、Mn、C的氧化 | 41 |
| 二、脱磷和脱硫 | 43 |
| 三、脱氧 | 44 |
| 四、钢中的气体和非金属夹杂物 | 45 |
| 第三节 转炉炼钢法 | 46 |
| 一、转炉炼钢的特点和优缺点 | 46 |
| 二、氧气顶吹转炉炼钢法 | 47 |
| 三、其他氧气转炉炼钢法 | 53 |
| 第四节 平炉炼钢法 | 54 |
| 一、平炉的构造 | 54 |
| 二、平炉炼钢过程 | 56 |
| 三、平炉炼钢的主要技术经济指标 | 56 |
| 第五节 电炉炼钢法 | 57 |
| 一、电弧炉炼钢法 | 57 |
| 二、感应电炉炼钢法 | 61 |
| 三、电渣重熔炼钢法 | 62 |
| 四、炉外精炼技术的应用与发展 | 62 |
| 第六节 钢的浇注 | 64 |
| 一、钢锭模铸法 | 64 |
| 二、连续铸钢法 | 67 |
| 第七节 钢的分类及钢号表示方法 | 68 |
| 一、钢的分类 | 68 |
| 二、钢号的表示方法 | 69 |
| 第三章 轧钢 | 72 |
| 第一节 概述 | 72 |
| 一、钢材品种和用途 | 72 |
| 二、轧钢的基本原理 | 73 |
| 三、轧钢的基本工艺流程和生产系统 | 76 |
| 第二节 轧钢设备 | 78 |
| 一、轧钢机 | 78 |
| 二、轧钢的辅助设备 | 81 |
| 第三节 初轧生产 | 85 |
| 一、钢锭均热 | 85 |
| 二、钢锭初轧和钢坯连轧 | 86 |
| 三、钢坯精整 | 87 |
| 第四节 型钢生产 | 87 |
| 一、热轧型钢的生产工艺 | 87 |
| 二、冷弯型钢的生产工艺 | 89 |
| 第五节 板材生产 | 89 |
| 一、中厚板的生产工艺 | 90 |

| | |
|----------------------------|------------|
| 二、热轧薄板带钢的生产工艺 | 91 |
| 三、冷轧薄板的生产 | 93 |
| 第六节 钢管生产 | 94 |
| 一、无缝钢管的生产 | 94 |
| 二、焊管的生产 | 98 |
| 第七节 钢丝生产 | 98 |
| 第八节 轧机产量及技术经济指标 | 99 |
| 一、轧机产量 | 99 |
| 二、技术经济指标 | 101 |
| 第四章 能源管理和环境保护 | 103 |
| 第一节 能源管理 | 103 |
| 一、能源构成 | 103 |
| 二、二次能源 | 104 |
| 三、能量平衡计算 | 105 |
| 四、单位能耗指标计算 | 106 |
| 五、钢铁工业节约能源的途径 | 108 |
| 第二节 环境保护 | 109 |
| 一、环境保护的重要意义 | 109 |
| 二、钢铁工业是严重污染源之一 | 110 |
| 三、三废的治理及其综合利用 | 110 |

绪 论

一、钢铁工业在国民经济中的地位

国民经济的任何一个部门,都和钢铁有着密切的关系。钢铁不仅具有良好的机械性能,而且资源丰富,冶炼和加工的方法也较其他金属容易。因而钢铁生产具有规模大、效率高、产品成本低等一系列技术上和经济上的优点,使钢铁成为现代工业生产中最主要的金属材料。从世界金属产量来看,钢铁产量占全部金属产量的90%以上。

随着国民经济的不断发展,钢铁材料的用途越来越广,用量也越来越大,无论是农业、工业、国防、交通运输,乃至人们许多日常生活用品都离不开钢铁材料。例如建筑一个大型的建筑物就需要各种钢材几千吨甚至上万吨;制造一艘万吨轮船,所用钢材达6000t;铺设1km铁路,需要钢材100t以上;生产一台解放牌载重汽车需要钢材约3000kg;制造一台东方红-54型拖拉机需要钢材约3000kg。

随着科学技术的不断发展,钢铁的质量和品种不断提高和增加。因此,钢铁产量的高低、质量的好坏和品种的多少,不仅可以判断一个国家钢铁工业的发展水平,也是衡量一个国家工业化水平高低的主要标志之一。

二、我国钢铁工业发展简史

我国是世界上生产钢铁最早的国家之一,在历史上有着极其光辉的成就。根据出土文物和考古工作者的研究,远在2500年以前的春秋战国时代,人们已广泛地使用铁器,说明已掌握了钢铁冶炼的技术。据史载,战国时期的著名冶金家在越有欧冶子,在吴有干将和他的妻子莫邪。他们都是制造宝剑的名家。有些现存的古代大型铸件如铁佛、铁人、铁兽、铁钟等,有的重达数十吨,铸工精巧、线条清晰。这些都说明了我们的祖先的杰出智慧和精湛技艺,对世界钢铁冶炼技术的发展作出了卓越的贡献。

但是,几千年封建制度的统治,尤其是近百年来封建主义、官僚资本主义和帝国主义三座大山的剥削压迫,严重地阻碍了我国钢铁工业的发展。一直到清末,统治集团内出现了洋务派,于1890年在汉阳开办了第一个钢铁厂。以后又相继在大冶、本溪、鞍山、石景山、阳泉等地建起一些高炉。旧中国的钢铁工业带着浓厚的殖民地色彩。解放前夕(1949年),由于长期战争的破坏,生铁的产量仅有 25.2×10^4 t,钢的产量仅 15.8×10^4 t。

解放以后,在党和人民政府的领导下,经过钢铁工人和技术工作者的努力,使我国钢铁工业获得了迅速发展。1952年生铁产量达 192.9×10^4 t,钢产量 135×10^4 t。1957年生铁产量达 594×10^4 t,钢产量 535×10^4 t。1977年生铁产量为 2505×10^4 t,钢产量 2374×10^4 t。党的十一届三中全会以后,钢铁工业在调整、改革、整顿、提高方针指导下,取得了稳步发展。1983年生铁产量达 3738×10^4 t,钢产量达 4002×10^4 t,仅次于苏联、日本和美国,居世界第四位,不仅产量增加,而且质量逐步提高,产品品种也不断增加。可以预计,随着技术的革新和管理科学化,我国钢铁工业今后必将取得更大的成就。

三、钢铁冶金工业的基本生产流程

现代钢铁工业是个庞大的工业部门,它包括采矿、选矿、烧结、焦化、耐火材料、炼铁、炼

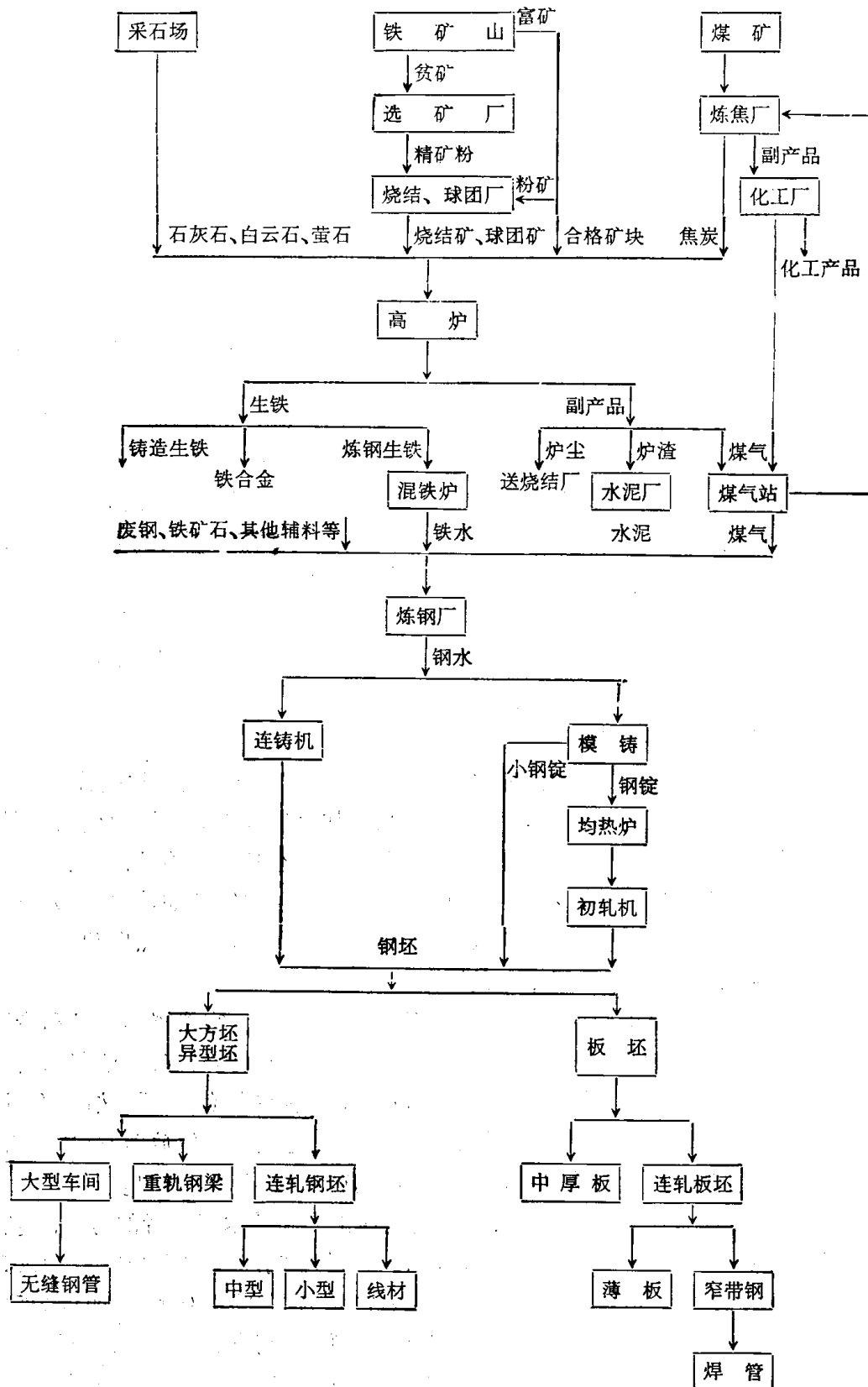


图 0-1 钢铁冶金工业生产流程简图

钢、轧钢等一系列生产部门和运输、机修、动力等辅助服务部门。我国的鞍钢、武钢、包钢、首钢都是这样的联合企业。

现代钢铁工业主要生产部门之间有着密切的联系,其中最主要的部门是炼铁、炼钢和轧钢。钢铁工业生产的整个流程,如图 0-1 所示。

第一章 炼 铁

炼铁是从铁矿石到生铁的生产过程。现代炼铁主要是在高炉中进行。把经过处理的铁矿石、熔剂和燃料等，按一定的比例分批加入高炉中，在高温下进行冶炼。为了维持高炉内燃料的不断燃烧，必须用鼓风机向高炉内连续地送入空气。把得到的液态产物从炉缸中定期放出炉外，即获得产品生铁和副产品炉渣。

高炉炼铁是一种连续性的生产过程，因此还须有很多辅助系统，用以保证高炉正常均衡地生产。现代高炉车间的生产工艺流程一般都是比较定型的，它由高炉本体、送料系统、送风系统、煤气除尘系统、冷却系统、渣铁处理系统及喷吹系统等组成。图 1-1 为高炉生产示意图。

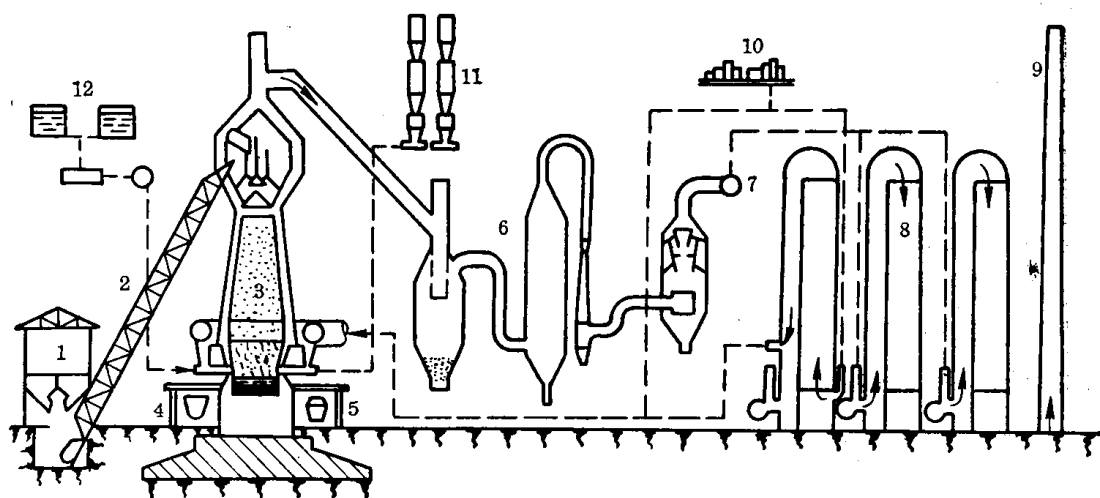


图 1-1 高炉生产示意图

1—料仓；2—斜桥；3—高炉本体；4—渣罐；5—铁水罐；6—除尘装置；7—净煤气总管；
8—热风炉(三座)；9—烟囱；10—鼓风机；11—煤粉喷吹设备；12—喷油设备

第一节 高炉炼铁原料

高炉炼铁的主要原料是铁矿石、燃料和熔剂。有时也加一些废铁和炼钢的炉渣等。一般冶炼 1t 生铁需要：1.5~2t 铁矿石，0.4~0.6t 焦炭，0.2~0.4t 熔剂。依原料的成分而定。

为了实现高炉的高产、优质和低消耗，达到较好的技术经济指标，应尽可能为高炉提供品位高、强度好、粒度适宜、有害杂质少以及性能稳定的原料。

一、铁矿石及其处理

(一) 铁矿石的种类和评价

地壳中铁元素的含量很多，大约占地壳总重的 4.4%。含铁元素的矿物也很多，大约有

三百余种,但并非所有含铁矿物都能用于炼铁。在现代技术条件下,能够比较经济地冶炼出生铁的含铁矿物称为铁矿石。

1. 铁矿石的种类及其特性

铁矿石是以氧化物、碳酸盐、硫化物、硅酸盐等化合物形态存在的。根据矿石化学成分的不同,通常分为四种,即赤铁矿、磁铁矿、褐铁矿和菱铁矿。

赤铁矿在我国储量较大,产量也较大,氧化物以 Fe_2O_3 形式存在。理论含铁量为 70%,一般含铁量为 35~65%。矿石呈红褐色。赤铁矿质地较疏松,较易还原,是重要的炼铁原料。

磁铁矿因带磁性而得名,以 Fe_3O_4 形式存在。理论含铁量为 72.4%,一般含铁量为 40~70%。矿石呈灰黑色,组织坚硬致密,较赤铁矿难还原。

褐铁矿在自然界是以含水的 Fe_2O_3 形式存在的,其矿物的分子式为 $m\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 。理论含铁量为 55~66%,一般矿石含铁量为 35~55%。呈褐色。因含有水分,在用作炼铁原料时,宜先焙烧,以去除水分。焙烧后的矿石孔隙率增加,改善了还原性。

菱铁矿是以 FeCO_3 形式存在的。理论含铁量为 48.2%,一般含铁量为 30~40%。用作炼铁原料时也要先焙烧,使其碳酸根分解而放出 CO_2 。焙烧后的矿石多孔疏松,易于破碎和还原。

2. 对铁矿石的评价

铁矿石质量的优劣,直接影响高炉冶炼过程的进行和技术经济指标的好坏。优质铁矿石是使高炉达到高产、优质和低耗的重要条件之一。

(1) 矿石含铁量(矿石品位)

矿石含铁量是衡量其质量的主要指标。工业上使用的矿石,含铁量范围大约在 23~70% 之间。铁矿石含铁量高有利于降低焦炭消耗和提高产量;铁矿石含铁量低,其冶炼价值也降低,并且冶炼价值的降低幅度大于含铁量降低的幅度。因此,矿石含铁量愈高愈好。

(2) 脉石成分

铁矿石中不含铁的矿物成分称为脉石。脉石常见的成分有 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 和 MgO 等,通常以 SiO_2 为最多。当铁矿石中碱性氧化物(CaO)与酸性氧化物(SiO_2)的比值跟炉渣中所要求的比值相近时,冶炼这种矿石就可以不加熔剂或少加熔剂,此种矿石称自熔性矿石。当矿石中含酸性氧化物高时,就需要加入大量碱性熔剂,随之渣量增加,焦炭消耗升高。所以希望铁矿石中的酸性氧化物愈少愈好,碱性氧化物愈高愈好。

(3) 常见的有害元素

在铁矿石中常见的有害元素是硫和磷。

硫(S): 是对钢铁最有害的元素。含硫高的钢材在高温时强度低,轧制和锻压时会断裂,使钢材产生“热脆性”。因此各种钢材都有最高含硫量的限制。冶金部颁发的生铁标准规定,硫的含量不得大于 0.07%。矿石中含硫量大于 0.3% 的,称为高硫矿石。虽然高炉冶炼时可以去硫,但要多消耗燃料与熔剂,这就提高了成本,降低了生产率。所以矿石中含硫量愈少愈好。含硫高的矿石必须在入炉冶炼前进行脱硫处理。

磷(P): 也是钢铁中的有害元素。它使钢材产生“冷脆性”。除少数高磷铸造生铁允许有较高的含磷量外,一般生铁含磷量愈低愈好。由于高炉中无法去磷,因此,应尽量控制矿

石的含磷量。

(4) 矿石的还原性

还原性是指矿石中铁的氧化物被还原的难易程度。还原性好,即容易还原;还原性差,即不易还原。冶炼时希望矿石的还原性好,这将有利于降低焦炭消耗量。铁矿石还原性的好坏取决于矿石类型、孔隙度大小和粒度大小等。磁铁矿的组织致密,最难还原。赤铁矿有中等的气孔率,比较容易还原。最容易还原的是焙烧后的褐铁矿和菱铁矿,因为这两种矿石在其失去结晶水和 CO_2 后,孔隙度增加。人造富矿比天然矿石的还原性要好。

(5) 矿石软化性

软化性是指矿石开始变形时的温度和从开始变形到变形終了时的温度区间的大小。矿石软化变形后会阻止煤气通过。软化温度愈低、软化区间愈大,影响料柱透气性愈严重。因此,矿石软化温度愈高、软化区间愈小,对高炉冶炼就愈有利。

(6) 矿石的强度和粒度组成

矿石耐冲击、摩擦和挤压的强度称为矿石的机械强度。强度低的矿石入炉容易产生大量粉末,一方面增加了炉料损失,另一方面阻塞煤气通路,对冶炼产生不利影响。故要求矿石的强度愈高愈好。粒度过小的或粒度不均匀的矿石将恶化高炉内料柱的透气性,导致炉况不顺。但粒度过大又影响炉料的加热和矿石的还原。因此,一般规定小于5 mm的不能入炉。粒度的上限与矿石的还原性有关,对于难还原的磁铁矿不大于40 mm,较易还原的赤铁矿和褐铁矿可以不大于50 mm。对于中小型高炉一般不大于25~30 mm,粒度不符合要求的矿石不能入炉。

(7) 矿石化学成分的稳定性

要保证高炉炉况的稳定,首先要保证铁矿石化学成分的稳定。化学成分波动,会引起炉温、炉渣碱度和生铁质量的波动,造成炉况不顺,使焦炭消耗量升高,产量降低。为了稳定矿石的化学成分,应当在矿石破碎、筛分后,进行混匀处理。

(二) 铁矿石入炉前的处理

从矿山开采出来的矿石含铁量及其他化学成分波动很大,粒度大小也悬殊。大部分矿石无论从物理性质或化学性质来看,都不能达到冶炼对原料的要求,因而不能直接入炉冶炼。

为了使矿石在质量上满足高炉冶炼的要求,必须经过一系列加工处理,如破碎、筛分、混匀、焙烧等。对贫矿需要选矿,然后再造块。

1. 破碎

破碎就是把大块矿石通过挤压或冲击等方法破碎到要求的块度。

根据破碎粒度的不同,破碎分以下四类:

粗碎: 将大矿块破碎到100 mm左右;

中碎: 将矿块从100 mm左右破碎到30 mm左右;

细碎: 将矿块从30 mm左右破碎到5 mm左右;

粉碎: 将矿块从5 mm左右破碎到1 mm以下。

直接入炉的富矿只需粗碎和中碎,对贫矿进行选矿处理时才进行细碎和粉碎。

物料破碎前后的最大尺寸比称为破碎比,它是破碎机性能的一项指标。破碎机的生产能力用台时产量($\text{t} \cdot \text{台} \cdot \text{小时}$)表示。根据破碎粒度的不同,使用的破碎机也不同。常用的

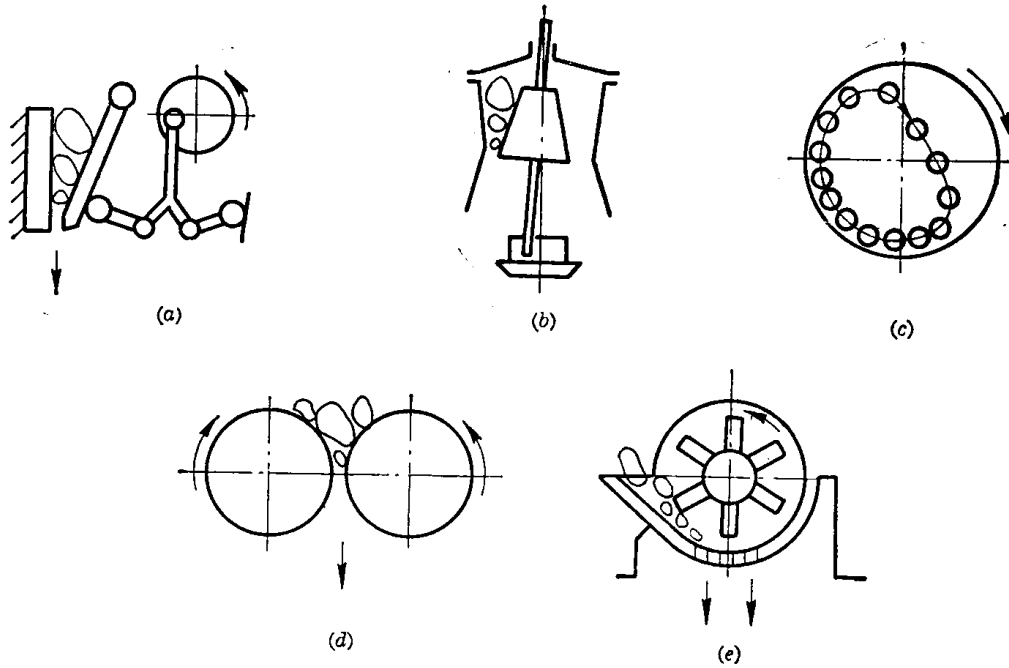


图 1-2 各种破碎机的破碎原理示意图

(a) 颚式破碎机; (b) 圆锥式破碎机; (c) 球磨机; (d) 辊式破碎机; (e) 锤式破碎机

有以下几种,其破碎原理如图 1-2 所示。

(1) 颚式破碎机

颚式破碎机常用于粗碎作业,也有用于中碎作业的。其破碎原理如图 1-2(a)所示。矿石的破碎在可动颚和固定颚之间进行。偏心轴旋转时,使动颚前后往复运动,向前即将矿石压碎,向后时即将矿石排出。

颚式破碎机结构简单、工作可靠、制造容易和维修方便。但它是一种间歇性作业的破碎机械,同时又存在振动较大和不适于破碎片状及板状物料的缺点。

颚式破碎机的规格是用给矿口宽度和长度来表示的。如 900×1200 颚式破碎机表示给矿口宽度是 900 mm,长度是 1200 mm。宽度在 600 mm 以上为大型,宽度在 300~600 mm 为中型,宽度小于 300 mm 为小型。

(2) 圆锥式破碎机(旋回式破碎机)

圆锥式破碎机一般用于矿石的粗碎及中碎作业。圆锥式破碎机的破碎原理如图 1-2(b)所示,它是由两个截头圆锥体——活动圆锥(破碎锥)和固定圆锥(破碎壁)所组成。活动圆锥的主轴支承在横梁上面的固定悬挂点中,其锥体绕主轴作偏心旋回运动。当破碎锥靠近破碎壁时,矿石受挤压作用而破碎。破碎锥离开破碎壁时,破碎的矿石则经排矿口排出。

圆锥破碎机的规格以给矿口宽度和排矿口宽度来表示。如 1200/180 的圆锥破碎机表示给矿口宽度为 1200 mm,排矿口宽度为 180 mm。

与颚式破碎机比较,圆锥破碎机的优点是:工作较平稳,机器振动较轻,连续作业产量较高,能量消耗少,产品整齐粉矿少。缺点是结构复杂,不便维修,机器本身的高度和重量大,排矿口的调整也比较麻烦。

(3) 球磨机

球磨机用于粉碎作业,分干磨和湿磨两种,用钢球作磨矿介质。球磨机的破碎原理如图 1-2(c)所示,在可转动的圆筒内装有钢球,当矿石从给矿端加入,同钢球一起随圆筒转动,矿

石受钢球的冲击和研磨作用而粉碎。

球磨机的规格以机身的直径和长度表示,如 $\phi 2700 \times 3600$ 球磨机,即直径为 2700 mm,长度为 3600 mm。

(4) 辊式破碎机

辊式破碎机用于中碎及细碎作业。辊式破碎机破碎原理如图 1-2(d)所示,它是借助反向旋转的金属辊间的压力来破碎物料。一般用来破碎脆性物料。常用的有对辊及四辊破碎机两种。

(5) 锤式破碎机

锤式破碎机用于中碎及细碎作业,一般用来破碎脆性物料。锤式破碎机的破碎原理如图 1-2(e)所示,物料给入后被高速回转的锤头冲击而破碎,物料从锤头获得动能,还与机内壁或其他物料相互碰撞而第二次破碎。破碎物料小于篦条缝隙的即从缝隙中排出。

2. 筛分

筛分是将大小不同的物料经筛子进行不同粒级分类的作业。

筛分作业是与破碎作业相配合的。在矿石进入破碎机之前,进行预先筛分,使小块物料不进入破碎机,它既能防止物料的过粉碎,又可提高破碎机的生产率,还可避免破碎机被堵塞。在矿石经过破碎机之后,进行检查筛分,使粒度不合格的过大块返回破碎机,再次进行破碎。

评价一台筛分设备性能的好坏,通常用其生产率(台时产量)和筛分效率的大小来衡量。所谓筛分效率是指筛下产物重量与原物料中小于筛孔的物料重量的比值。通常用百分数表示。如入筛物料中含小于筛孔尺寸的部分为 40%,筛分后筛下量为入筛物料的 30%,则筛分效率为: $30/40 \times 100\% = 75\%$ 。

筛孔尺寸大小用毫米表示。对于粉碎物料粒度常用网目表示。网目数即在 1 英寸(约 25.4 mm)长度上,大小相同的方孔数。根据国际标准筛制,200 目相当于 0.075 mm。目前我国精矿多在这一粒度级内。

常用的筛子有下列几种:

(1) 固定条筛

条筛是粗筛用的筛分设备,它由一组平行排列的钢筛条固定而成。它的位置固定不动,倾角的大小由矿石的性质而定,一般与水平成 $30 \sim 50^\circ$ 倾角。条筛简单、结实、投资省,但筛分效率较低,只有 $60 \sim 70\%$ 。

(2) 振动筛

振动筛是工业上应用最广泛的筛分设备,常用于筛分细碎物料。其筛分动作是利用筛网的高频率振动来进行的,筛网振动的次数在 $900 \sim 1500$ 次/min。振动的范围在 $0.5 \sim 1.2$ mm,筛子的倾角一般为 $10 \sim 40^\circ$ 。

振动筛的优点是筛分效率高,一般为 $85 \sim 95\%$ 。筛分原料粒度范围大,单位面积产量大,工作易于调整。缺点是需要专门的传动设备和动力消耗较多。

常用的振动筛分偏心振动筛和惯性振动筛两种。

偏心振动筛:如图 1-3(a)所示,筛箱 1 两端支承在弹簧上,中部则支承在偏心轴 2 上。箱体的振动是当皮带轮 3 带动偏心轴转动时产生的偏心距而产生的。偏心振动筛的缺点是支承振动大。

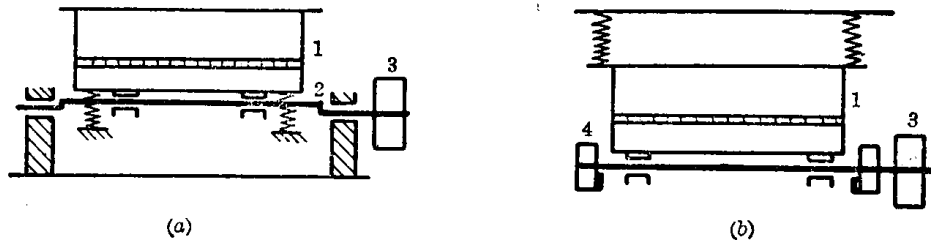


图 1-3 振动筛示意图

(a) 偏心振动筛; (b) 惯性振动筛(吊筛)

1—筛箱; 2—偏心轴; 3—皮带轮; 4—飞轮及配重

惯性振动筛: 惯性振动筛是以质量不平衡的惯性轮高速运动时产生的离心力的作用为动能。根据支承形式分吊筛与座筛两种。图 1-3(b) 为吊筛示意图, 筛箱、飞轮和皮带轮全部吊挂在弹簧上。当皮带轮带动轴与飞轮旋转时, 由于飞轮上有配重而产生惯性力, 致使筛箱振动。

与偏心振动筛比较, 惯性振动筛的优点是设备简单, 传给支承的振动小。缺点是振动的振幅取决于载荷的大小。

3. 混匀(中和)

高炉炼铁中原料的成分波动会破坏高炉的正常生产。例如: 矿石中含铁量突然升高, 会引起炉凉; 相反, 铁含量突然降低, 会引起炉热, 使炉况不稳。为了维持稳定的操作, 必须使不同成分的矿石事先充分地混匀, 使之成为化学成分和物理性质较均匀的原料, 这种过程称为矿石的混匀(又称中和)。

混匀的方法有多种, 一般采用平铺切取的方法。即把不同的矿石一层一层地铺成一定高度的条堆。取料时从堆的一端垂直切取, 这样, 每次切取的矿石都包含每一层的一部分, 从而得到较均匀的成分。

高炉熟料率的增加, 将使天然矿的混匀工作逐渐减少。但烧结、球团原料同样要混匀。

4. 焙烧

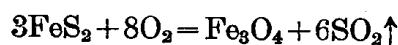
铁矿石的焙烧是把铁矿石加热到比熔化温度低 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 的一种加热过程。通过焙烧可以改变矿石的化学组成和性质, 除去原料中的有害杂质, 同时还可以使矿石组织疏松, 便于破碎和提高矿石的还原性。

铁矿石的焙烧方法, 按照焙烧过程控制气氛的不同可分为: 氧化焙烧和还原(磁化)焙烧。

(1) 氧化焙烧

氧化焙烧是铁矿石在氧化性气氛中进行的焙烧。氧化焙烧多用于驱除菱铁矿中的二氧化碳和褐铁矿的脱水, 从而使铁矿石的含铁量提高, 以及减少菱铁矿中二氧化碳和褐铁矿的结晶水在高炉内分解时的热能消耗。

在氧化焙烧中还可以去掉矿石中的硫, 其反应式如下:



在褐铁矿中磷多半存在于粘土夹杂物中, 而焙烧可以使粘土夹杂物因干燥松散而脱离矿石, 使之易于筛除, 因此焙烧可以降低矿石的含磷量。此外, 氧化焙烧后, 矿石由于成分的

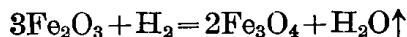
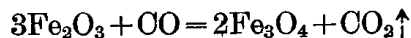
变化使内部孔隙度增加,变得比较酥脆,改善了矿石的还原性。另一方面也使矿石易于破碎,因而降低了破碎成本。

矿石的氧化焙烧一般在简易的竖炉中进行。

(2) 还原(磁化)焙烧

还原(磁化)焙烧的目的是在还原的气氛下,通过焙烧将弱磁性的赤铁矿转变为具有强磁性的磁铁矿,以便磁选。

还原(磁化)焙烧的反应式如下:



还原(磁化)焙烧要在专用的炉子中进行。在焙烧过程中,要准确调节温度和控制还原气氛。温度过低或矿石停留时间短,矿石中会有部分 Fe_2O_3 未被还原;温度过高则可能产生过还原,使部分 Fe_3O_4 还原成 FeO 。这两种情况都会影响磁选时的回收率。

焙烧后的矿石排入水中加以冷却,以后就可以按磁铁矿的处理方法处理。

5. 选矿

对矿石进行加工,除去大量的脉石,富集有用矿物从而提高矿石品位的工艺过程称为选矿。

矿石中往往含有多种有用成分,为了综合利用国家资源,必须尽可能将它们回收。选矿也是达到这一目的的有效手段之一。

此外,矿石中还常常含有某些有害杂质,选矿还可以除去大部分有害杂质,以满足冶炼的要求。

从地壳内矿床的储量来看,能直接冶炼的富矿不多。用低品位的矿石进行冶炼,在经济上很不合算。因此大部分矿石需经选矿处理。因此,选矿是冶金工业极其重要的一环。

铁矿石常用的选矿方法有:磁选法(包括弱磁选法和强磁选法)、重选法和浮选法等。选矿方法的选择是根据铁矿石中铁矿物和其他有用金属矿物的物理性质来确定的。我国一般将铁矿按磁性分为两类:一类是强磁性矿物,主要指磁铁矿;一类是弱磁性矿物,主要是指赤铁矿、菱铁矿和褐铁矿等。强磁性矿物最常用的选矿方法是弱磁选法。弱磁性矿物的选矿方法可用重选法、浮选法和强磁选法等。

(1) 磁选法

磁选是根据矿石中各种矿物磁性的不同,因而在磁选机的磁场中受到不同的作用力,使矿物达到分选目的的一种选矿方法。图 1-4 是矿粒在磁选机中进行分离的示意图。矿粒混合物通过磁选机的磁场时,由于其磁性不同,它们的运动途径也不同。磁性矿粒受磁力的吸引,附着在磁选机的圆筒上,被带到一定的位置脱落。非磁性的脉石粒则不受磁力吸引而从下部排出。

磁选机按其磁场的强弱可以分为:

弱磁场磁选机: 磁场强度大约在 $800\sim 2000\text{ Oe}$ (奥斯特)之间,用于选分强磁性矿物。

强磁场磁选机: 磁场强度为 $6000\sim 26000\text{ Oe}$ (奥斯特),用于选分弱磁性矿物。

磁选机还可以根据介质分为干式和湿式,根据磁源分为永磁式和电磁式。

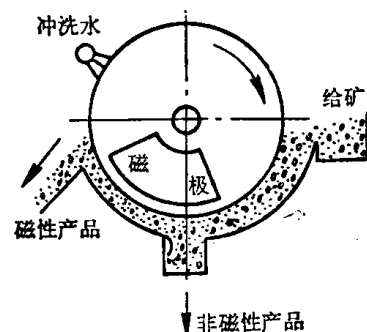


图 1-4 磁选过程示意图

(2) 重选法

重选法是利用矿粒与脉石的比重差别,及其在介质中具有不同的沉降速度来进行分选的方法。它主要用于粗粒嵌布(矿物颗粒较粗)的弱磁性铁矿石。这种方法一般在水或其他比重大于水的介质中进行。矿物的比重差别愈大愈好选,比重差别小,选分就比较困难。所用的设备有跳汰机、摇床、溜槽、螺旋选矿机和离心选矿机等。

(3) 浮选法

浮选是矿粒受药剂的作用,粘附在气泡上而浮起,脉石由于被水润湿而不能随气泡上升则沉于水中,因而使两者分开。附在气泡上的矿粒,浮到矿浆表面上,由刮板刮出,而得到精矿。沉入水中的就是尾矿。

浮选法对处理细粒嵌布(矿物颗粒较细)的弱磁性矿物较有效。但这种方法除需要很多设备外,还要消耗大量的浮选药剂。

对于某种矿石究竟应采用哪种选矿方法,要作具体分析,合理地进行选择。合适的选矿流程应当取决于矿石的性质和对矿石利用的要求。一般说来,从原矿选出精矿有以下几个工序:破碎、筛分、磨矿、选矿、脱水等。其简要流程如图 1-5。

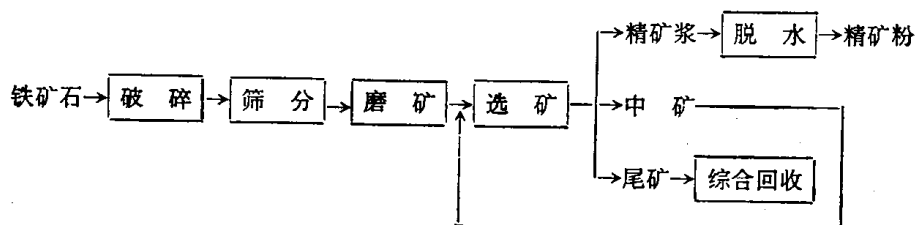


图 1-5 选矿流程简图

选矿的最后一道工序是脱水。湿法选矿得到的精矿浆含有大量的水分,这对精矿的直接使用或继续加工都不适宜。在水源缺乏的地区,更需回收精矿和尾矿中的水返回使用。对粗粒物料用自然排水法。细粒物料的脱水过程分为浓缩、过滤和干燥三步。

尾矿应集中储存,一方面是考虑今后技术发展后可以利用,另一方面是为了保护环境不致被其污染。

6. 粉矿造块

粉矿造块是将各种不能直接入炉的精矿粉、富矿粉、铁矿石代用品等用人工的办法造成符合高炉冶炼要求的矿块。粉矿造块是冶炼前原料准备的一个重要环节,它既扩大了冶炼原料的来源,又改善了原料的质量。

造块后形成的人造富矿有如下优点:

① 造块生产中可以加入一定量的熔剂,制成自熔性或高碱度的矿块,可以使高炉不加或少加石灰石,避免了石灰石分解吸收热量所消耗的焦炭,使高炉降低焦炭消耗,提高产量。

② 与天然富矿比较,人造富矿有较好的冶炼性能,如气孔度大,透气性好,还原性好,软化性能改善。这样有助于改善初渣的性质和缩小成渣带,对料柱透气性,接受高温,降低焦炭消耗都有利。

③ 造块后成分稳定,使入炉的原料变成了单一组成的性质稳定的原料,有利于炉况的稳定顺行。

④ 造块过程中可以除去原料中某些有害杂质,如硫、砷、锌等。烧结过程可以脱去 80~90% 的硫。