

综合工业技术学

ZONGHEGONGYEJISHUXUE

《综合工业技术学》编写组

中国财政经济出版社

TB
3-6

综合工业技术学

《综合工业技术学》编写组

中国财政经济出版社

综合工业技术学

《综合工业技术学》编写组

*

中国财政经济出版社出版发行

(北京东城大佛寺东街8号)

中南财经大学印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开 15.50印张 373 000字

1988年6月第1版

1988年6月武汉第1次印刷

印数1—9000册

定价: 3.90元

ISBN 7—5005—0229—x/F·0201

编 者 的 话

这本《综合工业技术学》教材，是根据中南财经大学有关经济管理专业教学计划的要求编写的，内容包括冶金工业、机械工业、纺织工业、化学工业、造纸工业、食品工业以及建材工业等部门的生产技术。它除适用于财经院校及中等专业学校有关管理专业的教学需要以外，还可作为有关工业部门管理干部参考用书。在使用本教材时，还可根据各专业的特点和学时情况，酌情选用其中某几个部分讲授。

本书系统地阐明了各部门工业生产技术的基本理论；重点介绍了各工业部门产品的生产过程、工艺方法和基本设备，以及新材料、新工艺和新技术；扼要介绍了有关技术经济指标以及提高劳动生产率和降低产品成本的工艺措施。书中所涉及的技术标准和计量单位采用了新标准和我国法定的计量单位。

参加本书编写的同志有：李万瑾（第一篇 冶金）；杜学钧、黎森（第二篇 机械）；梁景涛（第三篇 纺织）；黄铁牛（第四篇 化工）；陈明高、许镇冰（第五篇 造纸、食品和建材）。

由于编者水平有限，书中缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

《综合工业技术学》编写组

目 录

第一篇 冶金	(1)
第一章 生铁的冶炼	(1)
第一节 高炉炼铁的原料及其处理	(1)
第二节 高炉及其附属设备	(6)
第三节 高炉冶炼的基本原理	(9)
第四节 高炉的生产过程及主要技术经济指标	(11)
第二章 钢的冶炼	(13)
第一节 炼钢的基本原理	(13)
第二节 炼钢的主要方法	(16)
第三节 钢的浇注	(21)
第四节 炼钢的技术经济指标	(25)
第三章 钢的轧制	(28)
第一节 概述	(28)
第二节 轧钢设备	(30)
第三节 轧钢工艺及轧钢的技术经济指标	(33)
第四章 金属材料	(37)
第一节 金属材料的性能	(37)
第二节 钢	(39)
第三节 生铁、铸铁和铁合金	(45)
第四节 有色金属及其合金	(47)
第二篇 机械	(50)
第一章 毛坯加工	(50)
第一节 铸造	(50)
第二节 锻压	(61)
第三节 焊接	(71)
第四节 毛坯生产的经济性	(78)
第二章 金属的热处理及表面处理	(80)
第一节 钢的热处理	(80)
第二节 金属的表面处理	(82)
第三章 金属切削加工	(84)
第一节 金属切削加工的基本知识	(84)
第二节 车削加工	(93)

第三节	钻削和镗削加工	(97)
第四节	刨削和拉削加工	(99)
第五节	铣削加工	(102)
第六节	齿轮加工	(105)
第七节	磨削加工	(107)
第八节	高效率机床及自动线	(111)
第九节	机械加工工艺过程	(114)
第十节	提高切削加工生产率措施	(119)
第四章	装配的基本知识	(122)
第一节	装配系统图	(122)
第二节	保证装配精度的方法	(123)
第三节	装配的组织形式	(125)
第三篇	纺织	(126)
第一章	纺织工业的原料	(126)
第一节	纺织原料种类及其性质	(126)
第二节	各类纺织纤维的特点	(129)
第二章	纺纱	(133)
第一节	纱线及其品质要求	(133)
第二节	纺纱的基本工艺过程	(134)
第三节	新型纺纱方法	(144)
第三章	机织和针织	(146)
第一节	机织物	(146)
第二节	机织前的准备	(148)
第三节	机织	(152)
第四节	织坯整理	(155)
第五节	针织	(155)
第四章	染整	(158)
第一节	预处理	(158)
第二节	染色	(162)
第三节	印花	(165)
第四节	整理	(168)
第四篇	化工	(169)
第一章	化工生产基础知识	(170)
第一节	基本概念	(170)
第二节	化学工业的原料和能源	(172)
第三节	化工产品的一般生产过程及特点	(173)
第四节	化工基本操作与设备	(174)
第五节	化工生产的技术经济指标	(179)
第二章	工业化学	(182)

第一节	基本无机化学工业	(182)
第二节	化学肥料工业	(187)
第三节	基本有机化学工业	(193)
第四节	高分子化学工业	(200)
第五节	精细化学品工业	(210)
第五篇	造纸、食品加工和建材	(214)
第一章	造纸	(214)
第一节	制浆	(214)
第二节	造纸	(218)
第二章	食品加工	(223)
第一节	罐头食品生产工艺	(223)
第二节	啤酒生产工艺	(226)
第三节	其他典型食品的制作加工简介	(228)
第四节	食品冷冻保藏简介	(229)
第三章	建筑材料生产	(231)
第一节	普遍粘土砖瓦	(231)
第二节	水泥	(233)
第三节	玻璃	(236)

第一篇 冶 金

冶金是从矿石中提炼金属的生产方法。金属有两大类,即黑色金属和有色金属。黑色金属包括钢、生铁和铁合金,有色金属包括除黑色金属以外的所有金属。本篇介绍的是钢和生铁的冶炼以及冶金的产品——金属材料。

钢铁是应用最广的金属材料。它在国民经济中有着重要的作用,国民经济各行业都要用各种现代化的机械来装备,而机械工业的主要原材料乃是钢铁,建筑业需要冶金工业提供各种钢材,如钢梁、钢筋、钢管等,建设强大的国防工业也需要大量钢铁。因此,钢铁的产量、质量和品种是衡量一个国家国民经济发展水平的重要标志之一。

在世界冶金史上,我国的冶金技术成就最早。远在公元前六、七世纪的春秋时代就发明了冶炼生铁的技术,公元前二百多年的战国时代已经发明了炼钢技术,但是,由于长期封建统治的束缚和帝国主义的侵略,严重地阻碍了我国钢铁工业的发展。我国的近代钢铁工业是从1890年建立汉阳钢铁厂开始的。从1890年到1949年新中国成立,全国总共才生产了760万吨钢。建国以后,我国的钢铁工业得到了迅速的发展,建成了宝钢、鞍钢、武钢、包钢等大型钢铁联合企业以及许多中小型钢铁企业。1986年生铁产量为5008万吨,钢产量为5205万吨,钢产量居世界第四位。今后除继续增加钢铁产品的产量外,还将把提高产品质量和发展品种放到重要位置,加速采用国际标准,以适应国民经济各行业技术改造和产品更新换代的需要。

第一章 生铁的冶炼

第一节 高炉炼铁的原料及其处理

现代主要应用高炉炼铁法冶炼生铁。生铁是铁元素和碳元素组成的合金,其中还含有少量硅、锰、硫、磷等元素,其含碳量一般为2.2—4.5%。

一、高炉炼铁的原料

原料是炼铁生产的物质基础。高炉炼铁的原料主要有铁矿石、燃料和熔剂。冶炼一吨生铁一般约需1.6—2吨铁矿石、0.4—0.6吨焦炭、0.2—0.4吨熔剂,总计约需2—3吨原料。

(一) 铁矿石

铁在地壳中约占各种元素总量的5%,广泛地分布于各种岩石中。在现有的技术条件下,能比较经济地从中冶炼出生铁的含铁岩石,称为铁矿石。铁矿石是由多种矿物组成的,其中的铁常与氧等元素结合成化合物,如三氧化二铁(Fe_2O_3)等,称为含铁矿物。铁矿

石中还含有一些不含铁的化合物，如二氧化硅（ SiO_2 ）、三氧化二铝（ Al_2O_3 ）、氧化镁（ MgO ）、氧化钙（ CaO ）等，称为脉石矿物。

1. 铁矿石质量的评价 铁矿石的质量直接影响高炉冶炼过程和技术经济指标，优质铁矿石是使高炉生产达到高产、优质、低耗的重要条件之一。

（1）矿石含铁量（矿石品位） 铁矿石含铁量愈高，脉石愈少，则燃料和熔剂的消耗量愈少，高炉的产量愈高。

工业上使用的铁矿石一般含铁量为23—70%。按照含铁量的高低，铁矿石有富矿和贫矿之分。矿石贫富并没有固定的标准，一般地说，由于含铁量低，要事先经过选矿，提高品位后再入炉的叫贫矿，不需选矿处理的叫作富矿。

（2）脉石成分 铁矿石中的脉石有二氧化硅（酸性氧化物）、三氧化二铝（两性氧化物）、氧化钙（碱性氧化物）和氧化镁（碱性氧化物）等。大多数铁矿石的脉石以二氧化硅为主。

脉石中酸性氧化物愈多，熔剂与燃料的消耗量愈多，高炉产量则下降，所以脉石中的酸性氧化物愈少愈好。脉石中含碱性氧化物较多的矿石，冶炼时可以少加或不加石灰石，具有较高的冶炼价值。

（3）有害元素的含量 有害元素通常主要是指硫和磷。

硫对钢铁是极为有害的元素。硫使钢产生热脆性，在轧制或锻造时易产生裂纹。在铸造生铁中，硫降低其强度及铸造性能。在高炉冶炼过程中，大部分硫可以除去，但脱硫需要增加石灰石的用量，从而使燃料用量增加，高炉产量降低。

磷使钢铁产生冷脆性。高炉冶炼时磷几乎全部还原进入生铁，因此，控制生铁含磷量的唯一途径就是控制原料的含磷量。

（4）还原性 还原性是指铁矿石中与铁结合的氧被气体还原剂（如一氧化碳）夺取的难易程度。铁矿石的还原性愈好，它的高炉中还原愈完全，燃料消耗愈少。还原性决定于铁矿石的种类、块度和入炉前的处理等。

2. 铁矿石的种类

（1）磁铁矿 磁铁矿的主要含铁矿物为四氧化三铁（ Fe_3O_4 ），理论含铁量（含铁矿物的含铁量）为72.4%，呈黑色，组织致密，还原性差，一般含硫和磷较高。

（2）赤铁矿 赤铁矿的主要含铁矿物为三氧化二铁（ Fe_2O_3 ），理论含铁量为70%，呈红色，还原性较好，含硫、磷较少。

（3）褐铁矿 褐铁矿中的铁主要以含水氧化铁（ $\text{NFe}_2\text{O}_3 \cdot \text{MH}_2\text{O}$ ）的形式存在，理论含铁量55—66%，呈黄褐色，组织疏松多孔，在焙烧或入高炉受热后失去结晶水，使矿石的气孔率更高，所以还原性很好，一般含磷量较高。

（4）菱铁矿 这种矿石中的铁主要以碳酸铁（ FeCO_3 ）的形式存在，理论含铁量48.2%，呈灰色或带黄褐色，含硫少，受热时由于分解放出二氧化碳（ CO_2 ），气孔率增加，所以还原性也很好。

（二）燃料

高炉炼铁的主要燃料是焦炭。由于世界上炼焦煤资源有限，焦炭供应不足，近年来世界各国广泛使用喷吹燃料技术，即从高炉风口向炉内喷吹重油、无烟煤粉、天然气等，目前喷吹的燃料已占全部燃料用量的10—30%。

燃料在高炉冶炼过程中起三方面的作用：发热剂、还原剂和料柱骨架。高炉冶炼所消耗的热量中70—80%来自燃料燃烧所放出的热量。高炉冶炼所需要的还原剂几乎全部由燃料供给，燃料燃烧生成的一氧化碳以及焦炭中所含的碳是高炉冶炼的主要还原剂。焦炭在料柱中约占1/3至1/2的体积，它在燃烧之前既不软化又不熔化，在高炉内起骨架作用，支持料柱并维持料柱的透气性。

焦炭是一种多孔而坚固的燃料，发热值较高，一般为25000—30000千焦/公斤。它的质量对高炉冶炼有很大的影响。焦炭的含碳量要高、灰分要低、含硫量要少，以减少高炉冶炼中燃料和熔剂的消耗并提高产量；焦炭的强度要好、粒度应合适而均匀，以改善高炉料柱的透气性；焦炭的含水量要稳定，因为焦炭是按重量入炉的，含水量的波动会造成干焦量的波动，从而导致炉内温度的波动。

(三) 熔剂

铁矿石中的脉石和焦炭中的灰分大多是酸性氧化物，熔点很高，在高炉冶炼的过程中不易熔化，因而不能与金属很好地分离。当加入碱性熔剂后，它们与熔剂作用生成熔点较低的炉渣，浮于铁水表面，易与铁水分离，并定期从炉缸排出，高炉生产才能顺利进行。高炉冶炼时为了去除有害杂质硫，以改善生铁的质量，也要加碱性熔剂，造成具有一定化学成分和物理性能的渣。

由于上述原因，高炉主要使用碱性熔剂，常用的有石灰石(CaCO_3)和白云石($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$)，其中以石灰石应用最广。对碱性熔剂的质量要求如下：碱性氧化物(CaO 、 MgO 等)的含量高，硫和磷的含量低，强度大，粒度适当且均匀。

二、铁矿石入炉前的处理

从矿山开采出来的原矿石，其化学成分波动很大，粒度大小悬殊，贫矿的含铁量低，均不能满足冶炼对原料的要求，因此，入炉前必须经过一定的处理。

(一) 富矿入炉前的处理

富矿的处理比较简单，只需经过整粒和混匀即可入炉。

1. 整粒 矿石粒度过大，还原较慢，焦炭消耗量增加；粒度过细或不均匀，料柱的透气性不好，一部分矿粉还会被煤气从炉顶带出。整粒是通过破碎和筛分使矿石粒度达到高炉冶炼的要求，一般为5—45毫米。原矿石首先进行破碎，由于破碎后粒度很不均匀，还须进行筛分除去粒度过小的矿石，并将粒度过大的矿石分出进行再破碎，以提高破碎机的工作效率，并避免过度破碎。

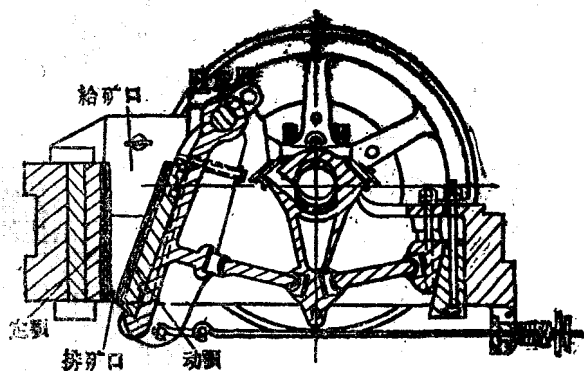


图1—1—1 颚式破碎机

常用的破碎机有颚式破碎机、圆锥破碎机、辊式破碎机等。常用的筛分设备有固定条筛、振动筛、回转筛等。

图1—1—1示颚式破碎机。

它是以压碎方式进行破碎的，其主要工作部分是动颚和定颚，二者之间有一定距离，上宽下

窄，上部叫给矿口，下部叫排矿口。矿石自上部给入，当动颚向前运动时压碎矿石，向后运动时排出矿石。颚式破碎机结构简单、容易维护，但作业为间歇性的，且震动较大。

2. 混匀 混匀的目的是使入炉铁矿石的化学成分稳定，以保持炉况顺行。混匀采用“平铺直取”的方法，平铺即将来料以每层200—500毫米的厚度沿水平方向铺于料场中，待铺到一定高度后，再沿垂直方向取矿，使各层的矿石达到混匀。

(二) 贫矿入炉前的处理

随着钢铁工业的发展，天然富矿的数量远远不能满足高炉冶炼的需要，因此在开采的铁矿石中，贫矿占相当大的比例。但贫矿的含铁量较低、脉石较多，如直接入炉会生成大量的渣，使熔剂和燃料的消耗量增加，高炉的产量降低，因此贫矿要经过选矿和造块才能入炉。

1. 选矿 选矿的目的主要是提高矿石的品位。它是使铁矿石中的含铁矿物和脉石尽量分离，得到品位较原矿高的精矿和品位较原矿低的尾矿的过程，精矿用于冶炼，尾矿一般废弃不用。

选矿前要进行准备作业，根据选矿的办法将矿石破碎至几毫米或更细的颗粒，因为矿石中的含铁矿物和脉石结合得非常致密，要把它们分开，就要使其成为单独的小颗粒。

选矿是利用矿石中含铁矿物和脉石性质的不同而进行的。常用的选矿方法有洗选法、重力选矿法、磁选法等。洗选法是利用含铁矿物和脉石的硬度和比重不同，用水冲洗去一部分脉石，适用于脉石属粘土砂质的矿石。重力选矿法是利用含铁矿物和脉石的比重不同而使其分离。磁选法是利用含铁矿物和脉石的磁性不同进行选分。

图1—1—2示带式磁力选矿机的工作原理。它由两条皮带——上部的吸矿带和下部的送矿带组成，原矿经送矿槽落到下带上，有磁性的含铁矿物被磁铁吸到上带上，而没有磁性的脉石仍然留在下带上。

2. 造块 贫矿经过选矿后得到的精矿粒度很细，必须造成块才能入炉。富矿在开采和加工处理的过程中，不可避免地会产生一些粉矿，也须造块后入炉。此外，在冶金工业生产中有一些副产品或废料，如高炉炉尘、氧气转炉炉尘、轧钢皮等，为了充分利用资源，变害为利，也要进行造块。粉矿造块具有重要意义，它不仅满足冶炼对粒度的要求，而且能改善原料的还原性，除去一部分有害杂质硫，在造块的过程中加入熔剂可使矿石达到自熔，冶炼时可不加或少加石灰石，从而改善高炉冶炼的技术经济指标。现代造块的方法主要有烧结法与球团法。

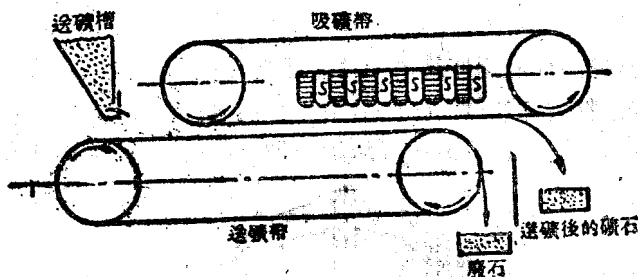


图1—1—2 带式磁力选矿机示意图

烧结法是国内外应用最广的造块方法。它是将精矿粉（或富矿粉等）、燃料（焦末或无烟煤粉）和熔剂（石灰石粉或石灰粉等）按一定比例加水混合，然后放在烧结机中进行烧结，利用其中燃料燃烧产生的热量使原料局部生成液相物，将粉矿粘结在一起，形成坚实而多孔的烧结矿。

图1—1—3示带式烧结机的结构。它由许多排列成一条链带的台车组成，台车沿环形轨

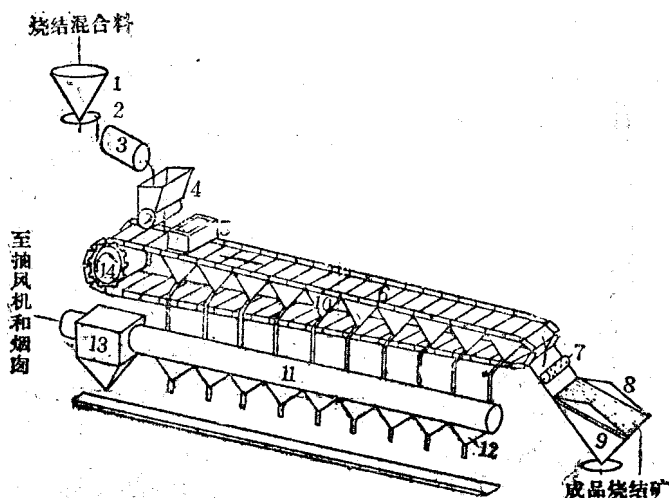


图1—1—3 带式烧结机结构示意图

- | | | |
|-----------|----------|-----------|
| 1. 混合料仓 | 2. 圆盘给料器 | 3. 二次混合机 |
| 4. 布料器 | 5. 点火器 | 6. 烧结台车 |
| 7. 单辊破碎机 | 8. 筛分设备 | 9. 返矿仓 |
| 10. 抽风箱 | 11. 抽风总管 | 12. 除尘集灰斗 |
| 13. 多管除尘器 | 14. 大齿轮 | |

道移动。空台车在烧结机头部由布料器装料，到点火器下点火，由于台车下部用抽风机抽风，因此空气从料面穿过料层，使料中的燃料燃烧，在1200—1500℃的高温下原料进行烧结。当台车到达烧结机尾部时，烧结过程结束，台车沿弯道下滑将烧结矿卸除。卸下的烧结矿经过破碎、筛分和冷却运至高炉料仓。烧结机的规格用抽风面积来表示，抽风面积为50米²的带式烧结机日产量1250—2000吨。

球团法是将加水润湿的精矿粉和熔剂的混合物在圆盘造球机或圆筒造球机中滚成10—25毫米的小圆球，然后将生球在带式焙烧机等设备中高温焙烧，使其固结而成适合高炉使用的球团矿。

球团法与烧结法比较，其优点是球团矿粒度均匀、还原性好、常温强度高，而且特别适于细磨精矿粉的造块，但工艺操作较复杂，所需设备较多。

三、焦炭生产

将有结焦性的煤在隔绝空气的条件下高温加热，就会得到很多产品，以气体形式流出的是焦化产品，经处理后得到焦炉煤气、煤焦油、粗苯及氨，从中可制取许多种化学产品，作为农药、化肥、医药、塑料、合成纤维等的原料。以固体形式留在炉内的就是焦炭。

煤按其生成的地质年代长短可分为无烟煤、烟煤、褐煤和泥煤。有结焦性能用于炼焦的主要是烟煤。烟煤又可分为瘦煤、焦煤、肥煤、气煤等多种。

焦炭的生产过程有洗煤、配煤、炼焦和产品处理等工序。洗煤是对煤进行洗选，以降低灰分和其它杂质。配煤是将各种结焦性能不同的煤按一定比例配合，以便合理利用炼焦资源以及保证焦炭质量。炼焦是将配好的煤放在炼焦炉中炼成合格的焦炭。产品处理则是将出炉的红热焦煤熄火和筛分。

图1—1—4示炼焦炉及其附属设备的简图。运来的煤由输送带1送到洗煤和配煤间2，经过洗选和配煤后由输送带送到储煤塔3，然后用装煤车分批装入炼焦炉5中。炼好的焦炭6用推焦机7经拦焦车推到接焦车8上，并立即送到熄焦塔9内，用水把红热的焦炭浇熄，然后卸在凉焦台10上，冷却后由输送带送至筛焦站，过筛后送往高炉使用。

炼焦炉由一系列长方形的炭化室和燃烧室组成，二者相间排列，如图1—1—5所示。煤由炭化室顶部的装煤孔A装入，装好后将其密闭。将煤气（焦炉煤气或高炉煤气）与空气引至燃烧室中燃烧，将隔壁的炭化室加热至1000℃左右，产生的挥发物由上升管排到化学回收

系统，经十余小时后打开炭化室的炉门，将焦炭推出。一个炭化室又称为一个炉孔，一座炼焦炉由数十个炉孔组成。小型炼焦炉每孔的装煤量为数吨，大型炼焦炉则多达十余吨。

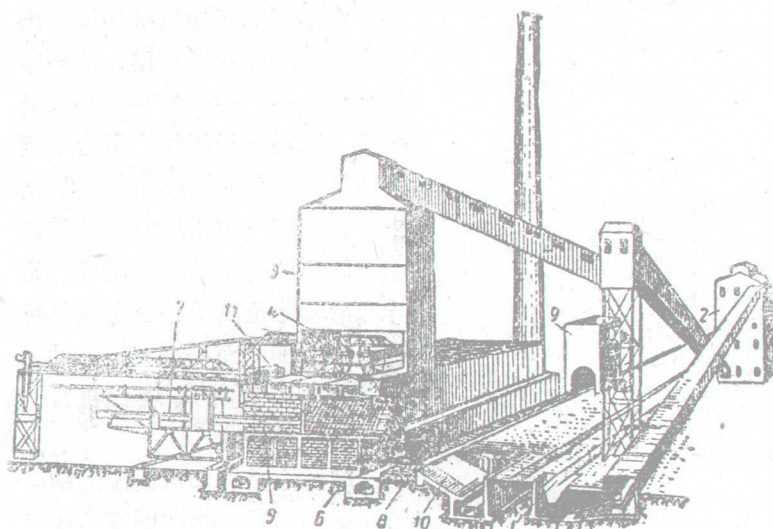


图1—1—4 炼焦炉及其附属设备

- | | | |
|----------|----------|--------|
| 1.原料煤输送带 | 2.洗煤和配煤间 | 3.储煤塔 |
| 4.装煤车 | 5.炼焦炉 | 6.焦炭 |
| 8.接焦车 | 9.熄焦塔 | 10.凉焦台 |

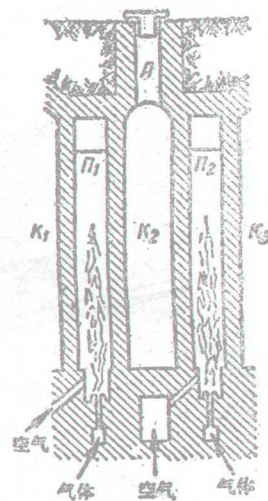


图1—1—5 炼焦室剖视图

- $K_1 K_2 K_3$ 炭化室
 $II_1 II_2$ 燃烧室 A 装煤孔

第二节 高炉及其附属设备

一、高炉炉体

高炉炉体是一个竖直的圆形断面的炉子，外面用钢板制成炉壳，内砌耐火砖，高炉多用粘土砖砌成炉壁。为了延长炉壁的使用寿命，其内装有冷却装置，冷却介质多用水。炉体和炉料的重量由炉基承受。

图1—1—6为高炉的剖视图，其主要组成部分为：

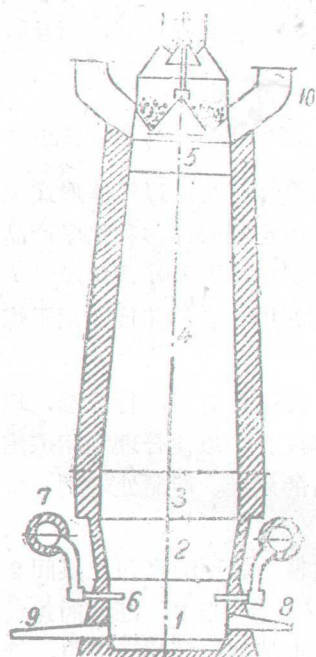


图1—1—6 高炉剖视图

- | | | | |
|------|----------|--------|------|
| 1.炉缸 | 2.炉腹 | 3.炉腰 | 4.炉身 |
| 5.炉喉 | 6.风口 | 7.环形风管 | 8.渣口 |
| 9.铁口 | 10.煤气上升管 | | |

1.炉缸，2.炉腹，3.炉腰，4.炉身，5.炉喉。炉喉呈圆柱形，炉料由装料设备加入炉喉，炉喉上部装有四个煤气上升管，高炉煤气由此引出。炉身占高炉炉体的大部分，由于炉料在下降过程中受热膨胀，为减小炉料下降的阻力，炉身从上向下逐渐扩大，直至炉腰为高炉最宽阔的区域。炉腰为圆柱形，是炉身与炉腹的过渡段。在炉腹内，由于生铁及炉渣的形成及熔化，炉料的体积减小，因此炉腹向下逐渐缩小，呈圆锥台形。炉缸呈圆柱形，上部有若干个风口，预热的空气经环形风管和风口送入高炉，炉缸下部集聚着铁水和炉渣，定期从铁口和渣口流出。

高炉的大小用有效容积来表示。高炉有效容积是由铁口中心线至大钟下降位置的下缘的炉内容积。高炉有效容积自几十立方米至数千立方米，现在高炉向大型化发展，目前世界上最大的是苏联切列波维茨钢铁厂的5580立方米高炉，我国最大的是宝山钢铁厂的4063立方米高炉。

二、附属设备

(一) 上料系统

上料系统应按规定的原料品种和数量及时地将大量原料送到高炉炉顶。炼铁厂的原料贮存在若干贮矿槽中，贮矿槽的原料先卸入称量设备中进行称量，然后卸入料车中，料车由卷场机带动沿斜桥达到高炉炉顶。

(二) 装料系统

装料系统应保证将炉料均匀地分布到炉内，并防止煤气外溢。现在大多数高炉采用双料钟式装料系统，如图1—1—7所示。料车1中的炉料经接受漏斗2倾入小料斗（又称旋转布料器）3中，每倾入一次炉料后，小料斗连同其下面的小料钟转动一个角度（每批料转角一般增加 60° ），然后小料钟下降，炉料落到大料斗4内。当大料斗各方面都均匀地装满炉料后，大料钟5下降，炉料便落入炉喉处。电动机7和传动机构6用来使小料斗转动。

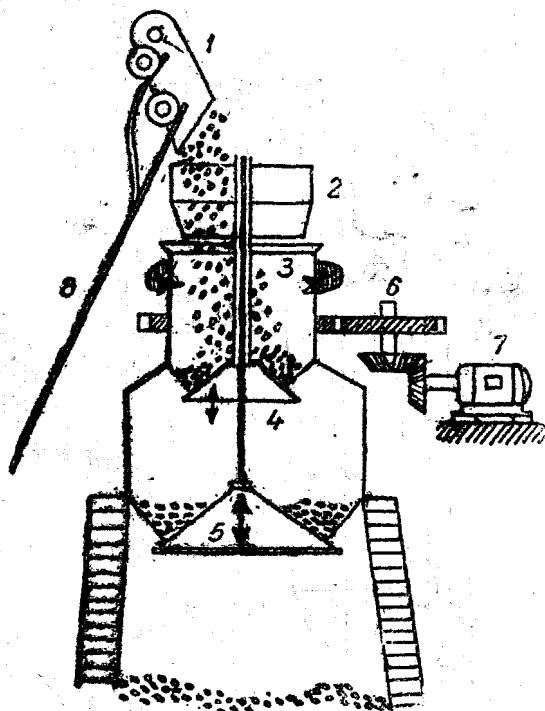


图1—1—7 装料设备示意图

1.料车 2.接受漏斗 3.小料斗 4.大料斗
5.大料钟 6.传动机构 7.电动机 8.斜桥

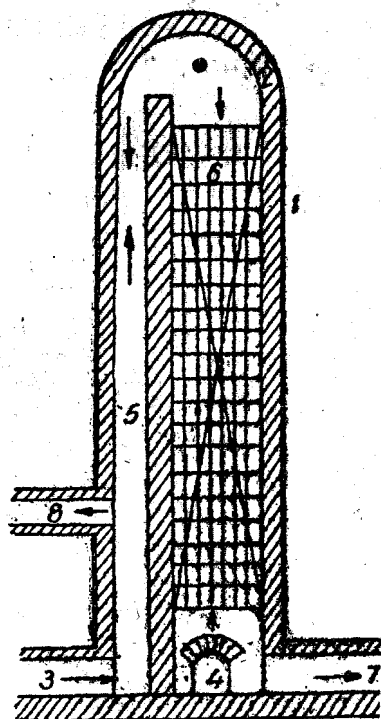


图1—1—8 热风炉示意图

1.炉壳 2.耐火炉衬 3.燃烧气体进口
4.空气进口 5.燃烧室 6.格子房
7.烟道 8.热风出口

(三) 送风系统

送风系统主要包括鼓风机、热风炉、送风管道等设备。

热风炉将鼓风机送来的冷空气预热到 $800-1100^{\circ}\text{C}$ ，再送入高炉内供燃料燃烧，使高炉能达到冶炼所需的高温，节约燃料，并改善高炉的冶炼过程。

图1—1—8为热风炉示意图，其外层为炉壳1，内砌耐火砖2，炉内分为燃烧室5与格子房6两部分。煤气和空气由通道3送入燃烧室5，并在其中燃烧，生成的高温火焰通过格子房6，使格子砖的温度升高，废气由烟道7排出。

燃烧约两小时以后，格子砖被加热至 $1000-1300^{\circ}\text{C}$ 时，关上通道3和烟道7，打开空气进口4与热风出口8，由空气进口4送入的冷空气通过格子房时被加热至 $800-1100^{\circ}\text{C}$ ，然后经热风出口8送入高炉。利用煤气燃烧的火焰加热格子房约需两小时，而利用格子房加热空气则只能用一小时，因此每座高炉一般配备三座热风炉，一座用于加热空气，两座用于加热格子房，这样交替地工作，才能维持热风不断地供给高炉。

(四) 煤气除尘系统

从高炉中出来的煤气含有大量炉尘，不能直接使用，否则炉尘把输送煤气的管道和煤气燃烧设备堵塞，因此，高炉煤气必须经除尘处理。除尘系统有重力除尘器、洗涤塔、文氏管等，它们依次进行粗除尘、半精细除尘和精细除尘。

图1—1—9为重力除尘器示意图，它是一个圆筒形容器，煤气从顶部经中心管进入器内，由于速度突然降低，并且转弯向上流动，灰尘因重力的作用脱离煤气流，沉降于除尘器底部。重力除尘器用于粗除尘。

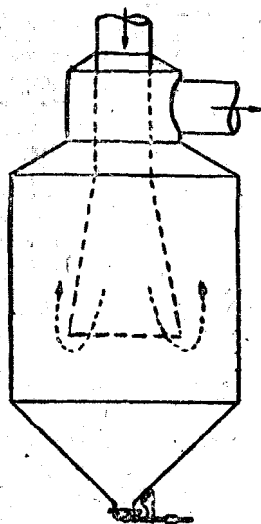


图1—1—9 重力除尘器示意图

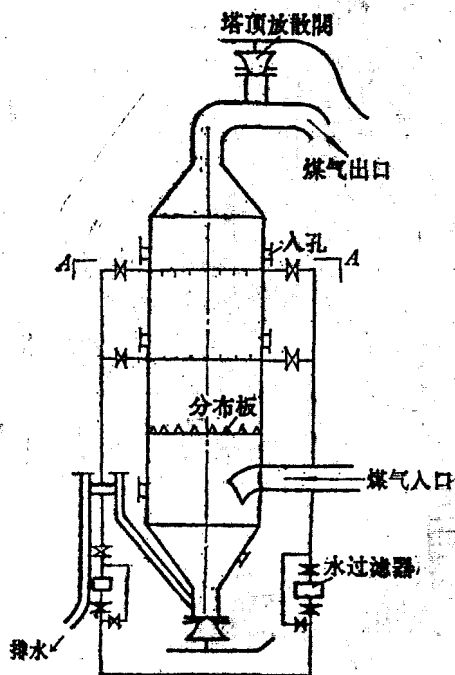


图1—1—10 洗涤塔

洗涤塔（图1—1—10）是一个圆柱形高塔，内设两层以上的高压喷嘴，使水雾化。煤气由塔的下部导入，在上升过程中，灰尘被喷嘴喷出的水雾湿润而随水流下。洗涤塔用于半精细除尘。

文氏管（图1—1—11）用于精细除尘。它由收缩管、喉管及扩散管三部分组成，煤气通过喉管时流速很大，与高压喷嘴喷出的水雾猛烈碰撞，使煤气中细微的灰尘湿润，并随水流走。

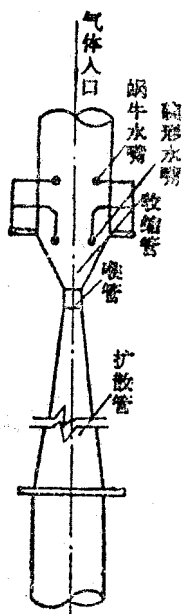


图1—1—11 文氏管

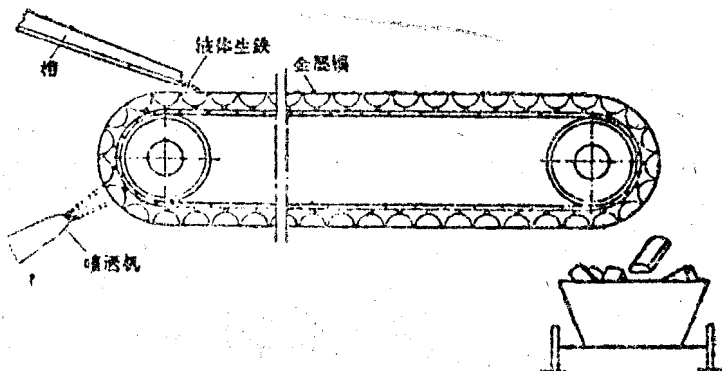


图1—1—12 铸铁机示意图

（五）铁渣处理系统

出铁时用开铁口机打开铁口，铁水沿铁水沟流至铁水罐车内，然后送到铸铁机处铸成铁锭，或直接将铁水送到炼钢厂炼钢。铁水出完后，用电动或液压泥炮堵铁口。

图1—1—12为铸铁机示意图。它由装有许多金属模的链带组成，铁水从铸铁机的一端浇入模内，装满铁水的金属模随链带运行一段距离后，铁水表面即冷凝，此时喷水以加速冷却，当到达铸铁机另一端时，已凝固的铁锭被倾出。空模子喷洒石灰浆以防铁锭粘结其上。

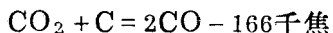
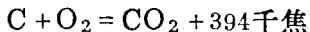
高炉炉渣现在广泛采用水淬处理，以获得粒状水渣。一般多用炉前水力冲渣法，即在炉前用高压水将从渣口流至渣沟里的熔渣冲成水渣，水渣随水流到沉淀池中，沉淀后用抓斗吊车抓出外运。在炉前不能直接用水力冲渣的高炉，则用渣罐车将熔渣运至水渣场倾入水池内冲成水渣。

第三节 高炉冶炼的基本原理

一、高炉冶炼的基本原理

（一）焦炭的燃烧

高炉料层中的焦炭在下落过程中逐渐被加热，当到达炉缸风口附近时，遇到从风口处进入炉内的热空气，燃烧生成二氧化碳。生成的二氧化碳在炉内上升，在温度高于1100℃的区域，由于氧气缺乏以及大量赤热焦炭的存在，二氧化碳与焦炭中的碳作用，生成一氧化碳。反应式为：



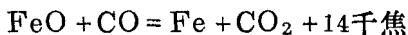
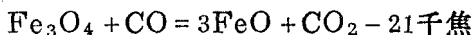
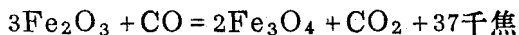
因此，燃烧的最终产物是一氧化碳，它是铁氧化物的主要还原剂。燃烧放出大量热量，

保证炉料加热、还原、分解、熔化过程的顺利进行。风口前的炉缸温度高达1800℃左右，沿着炉体往上温度逐渐下降。

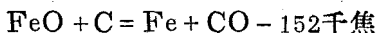
(二) 铁氧化物的还原

高炉冶炼的主要目的就是把铁矿石中的铁还原出来，因此，还原反应是高炉冶炼最基本的化学反应。还原反应是利用某种还原剂夺取氧化物中氧的过程。

焦炭燃烧生成的一氧化碳在上升过程中与铁矿石接触，使其中的铁氧化物还原。在高炉中用一氧化碳还原铁氧化物产生二氧化碳的反应称为间接还原，在温度低于1100℃的区域内进行，还原过程是依次由铁的高价氧化物还原成铁的低价氧化物，最终还原成铁。反应式如下：



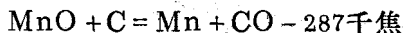
在1100℃时，铁氧化物的还原还没有全部完成，尚有大量的氧化亚铁，在温度高于1100℃的区域，靠固体碳来还原。在高炉中用固体碳还原铁氧化物产生一氧化碳的反应称为直接还原。反应式如下：



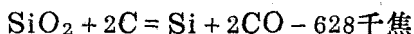
(三) 锰、硅、磷的还原

高炉内除铁以外，还有锰、硅、磷等元素的还原。

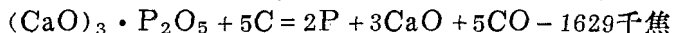
铁矿石中含有少量的锰，高炉冶炼时部分被还原。锰以二氧化锰的形式存在，它的还原也是从高价到低价逐级进行的： $\text{MnO}_2 \rightarrow \text{Mn}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Mn}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{MnO} \rightarrow \text{Mn}$ 。用一氧化碳作还原剂可以顺利地把二氧化锰还原到氧化锰。但氧化锰很稳定，只能在炉子下部用固体碳还原，其反应式为：



铁矿石的脉石和焦炭的灰分中均含有二氧化硅。二氧化硅是比较稳定的化合物，它比铁的氧化物、锰的氧化物更难还原，因此，在高炉条件下只有少量的硅用固体碳还原出来，其反应式为：

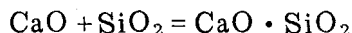
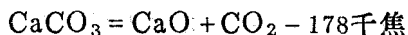


炉料中的磷主要以磷酸钙的形式存在，磷在高炉条件下几乎全部还原。磷也是用固体碳还原的，反应式为：



(四) 造渣与去硫

铁矿石的脉石、焦炭的灰分在高炉条件下绝大部分不能被还原，它们与加入的熔剂熔合在一起形成具有一定成分和性质的炉渣，这个过程称为造渣。高炉熔剂应用最多的是石灰石，它在炉内高温下发生分解，生成的氧化钙与二氧化硅、三氧化二铝等组成易熔的炉渣。主要反应式为：



硫对生铁质量有严重影响，炉料中的硫大部分由焦炭带入，其余由铁矿石等带入。硫以硫化铁等形态存在于炉料中，硫化铁易溶于生铁，为了去硫必须在炉料中加入较多的石灰石，使硫化铁与氧化钙作用，生成不溶于铁液而溶于炉渣的硫化钙，从而使硫进入渣中。反应式为：