

高 职 高 专 规 划 教 材

YEJIN JISHU GAILUN

冶金技术概论

主编 王庆义 副主编 郑金星



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

高职高专规划教材

冶金技术概论

主 编 王庆义
副 主 编 郑金星
责任主审 王庆春

江苏工业学院图书馆
藏书章

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2006

内 容 提 要

全书共分五篇。第一篇炼铁生产,主要讲述炼铁原料、铁矿粉造块、炼铁原理与工艺、炼铁设备、炼铁技术进步与发展;第二篇炼钢生产,主要讲述炼钢基本原理、氧气转炉炼钢、电炉炼钢、炉外精炼、连续铸钢、炼钢新工艺新技术;第三篇有色金属冶金,主要讲述铝冶金、镁、钛冶金、铜、铅、锌冶金;第四篇压力加工,主要讲述塑性成型基本理论、轧制、拉拔、挤压、锻造和冲压;第五篇冶金生产用耐火材料,主要讲述耐火材料的定义、分类、化学与矿物组成、主要性能及耐火材料在冶金生产中的应用。

本书可作为高职高专院校非冶金类专业教学用书,也可作为冶金企业职工的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

冶金技术概论/王庆义主编. —北京:冶金工业出版社,2006.8
高职高专规划教材
ISBN 7-5024-3993-5

I.冶… II.王… III.冶金—技术—高等学校:
技术学校—教材 IV.TF1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 064409 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)
责任编辑 宋 良 王秋芬 美术编辑 李 心
责任校对 石 静 李文彦 责任印制 丁小晶
北京铁成印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销
2006 年 8 月第 1 版,2006 年 8 月第 1 次印刷
787mm×1092mm 1/16; 15.25 印张; 405 千字; 229 页; 1—5000 册
28.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893
冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

进入 21 世纪以来,我国冶金工业快速发展。粗钢产量由 2000 年的 1.285 亿 t,上升到 2005 年的 3.493 亿 t,净增 2.208 亿 t,增长了 1.72 倍。粗钢生产能力由 2000 年的 1.496 亿 t,上升到 2005 年的 4.14 亿 t,净增加生产能力 2.644 亿 t,增长了 1.77 倍。2005 年中国粗钢产量已经占到全球粗钢总产量的 30%,相当于全球第二、三、四大产钢国产量的总和。

“十一五”期间,我国的 GDP 年增速预计为 7.5% 左右,仍将处于工业化、城镇化加速发展阶段。国民经济对钢铁产品的需求量仍然很大,预计每年消费增长在 10% 左右,市场仍然有很大的空间。高技术含量、高附加值钢材供不应求的状况还要保持相当长的时间。

2000 年~2005 年期间,我国 10 种常用有色金属产量增长了 2.08 倍,年均递增 15.8%;2005 年达到 1630 万 t,连续四年位居世界第一。传统优势产品锡占世界产量的 36%;钨、锑、稀土均占 80% 以上。铜加工材产量为 466 万 t,是 2000 年的 2.92 倍,年均递增 23.9%,超过美国,居世界第一;铝加工材为 583 万 t,是 2000 年的 2.69 倍,年均递增 21.9%,居世界第二。

随着冶金工业的迅猛发展,越来越多的企业员工进入到冶金行业,越来越多的社会宏观经济研究人员和管理人员、投资者也想了解冶金生产技术知识。企业的发展不仅需要大量精通冶金生产技术的工程师和专业技术人员,也需要全员职工掌握一定的冶金生产工艺知识,这样企业才能更快发展。

为了满足冶金工业的迅猛发展和生产企业对不同素质人才的要求,以及非专业人员对冶金生产知识了解的需要,我们编写了这本教材。本书主要内容包括炼铁生产、炼钢生产、有色金属冶金、压力加工和冶金生产用耐火材料等领域的新知识、新工艺和新设备,系统、简明地介绍了冶金工程的生产技术知识。

本书可作为高职高专院校非冶金类专业教学用书,也可作为冶金企业职工的培训教材。

全书由山东工业职业学院王庆义主编,郑金星任副主编。参加本书编写的同志还有山东工业职业学院王振光、尹雪亮、王鸿雁、杨意萍、李明晶、邓基芹。全书由山东工业职业学院王庆春、白星良同志审阅,王庆春同志任责任主审。

由于时间紧迫,加之编者水平有限,书中不足之处,敬请读者批评指正。

编 者
2006 年 4 月

目 录

绪 论	1
第 1 篇 炼 铁 生 产	
1 炼铁原料	6
1.1 铁矿石和熔剂	6
1.1.1 铁矿资源及铁矿石特性	6
1.1.2 高炉冶炼对铁矿石的要求	7
1.1.3 铁矿石的准备和处理	8
1.1.4 熔剂	9
1.2 燃料	10
1.2.1 炼焦及焦煤资源	10
1.2.2 高炉冶炼对焦炭质量的要求	10
复习思考题	12
2 铁矿粉造块	13
2.1 烧结生产	13
2.1.1 烧结基础知识	13
2.1.2 烧结生产工艺	14
2.1.3 烧结生产的主要设备	17
2.2 球团生产	18
2.2.1 球团生产基础知识	18
2.2.2 球团生产工艺	19
复习思考题	20
3 炼铁原理与工艺	21
3.1 炼铁原理	21
3.1.1 高炉内各区域的状况	21
3.1.2 高炉内燃料燃烧	22
3.1.3 煤气和炉料的运动	23
3.1.4 炉料的蒸发、挥发和分解	26
3.1.5 还原反应	27
3.1.6 还原反应动力学	29
3.1.7 生铁的形成和渗碳过程	29
3.1.8 炉渣的组成和作用	30
3.1.9 炉渣的形成	31
3.1.10 炉渣去硫	31

3.1.11 高炉强化冶炼与节能	31
3.2 炼铁生产	32
3.2.1 开炉	33
3.2.2 停炉	33
3.2.3 休风	33
3.2.4 高炉基本操作制度	34
3.2.5 炉况判断	35
3.2.6 炉况处理	36
3.2.7 炉前操作与热风炉操作	38
3.2.8 高炉操作计算机控制	38
复习思考题	41
4 炼铁设备	42
4.1 高炉本体	42
4.1.1 高炉炉型	42
4.1.2 高炉炉衬与高炉冷却	42
4.1.3 高炉基础与高炉金属结构	45
4.1.4 炉顶装料设备	46
4.1.5 探料装置与均压装置	49
4.2 附属设备	50
4.2.1 原料供应系统	50
4.2.2 送风系统	51
4.2.3 喷吹设备	53
4.2.4 煤气处理系统设备	54
4.2.5 渣铁处理系统	57
复习思考题	58
5 炼铁技术进步与发展	59
5.1 炼铁技术的进步	59
5.1.1 高炉冶炼低硅生铁	59
5.1.2 少渣冶炼技术	59
5.1.3 高炉强化冶炼技术不断发展,操作水平不断进步	59
5.1.4 炼铁生产技术的发展方向	59
5.2 高炉装备水平的进步	60
5.2.1 炉容大型化	60
5.2.2 设备向自动化、高效化、长寿化方向发展	60
5.3 非高炉冶炼技术的不断进步	61
5.3.1 直接还原法	61
5.3.2 熔融还原法	61
5.3.3 等离子技术的应用	63
复习思考题	63

第2篇 炼钢生产

6 炼钢基本原理	68
6.1 炼钢熔渣	68
6.1.1 熔渣的来源、组成与作用	68
6.1.2 熔渣的化学性质	68
6.1.3 熔渣的物理性质	69
6.2 铁、硅、锰的氧化	70
6.2.1 熔池内氧的来源	70
6.2.2 铁的氧化和杂质的氧化方式	70
6.2.3 硅的氧化	70
6.2.4 锰的氧化	71
6.3 碳的氧化	71
6.3.1 碳氧反应的意义	71
6.3.2 碳的氧化反应	71
6.4 脱磷	72
6.4.1 脱磷的基本反应和基本条件	72
6.4.2 回磷	72
6.5 脱硫	73
6.5.1 脱硫的基本反应和基本条件	73
6.5.2 气化去硫与钢液中元素去硫	73
6.6 脱氧及合金化	73
6.6.1 脱氧的目的和任务	73
6.6.2 各种元素的脱氧能力	74
6.6.3 脱氧方法	74
6.7 钢中的气体(氮气、氢气)	75
6.7.1 钢中气体对钢性能的影响	75
6.7.2 钢中气体的来源与减少钢中气体的基本途径	75
6.8 钢中的非金属夹杂物	75
6.8.1 钢中非金属夹杂物的来源与分类	75
6.8.2 非金属夹杂物对钢性能的影响	76
6.8.3 降低钢中非金属夹杂物的途径	76
复习思考题	76
7 氧气转炉炼钢	77
7.1 炼钢原料	77
7.1.1 金属料	77
7.1.2 非金属料	78
7.2 氧气顶吹转炉炼钢	79
7.2.1 冶炼方法	79
7.2.2 氧气顶吹转炉的氧射流	80

7.2.3 冶炼的五大制度	80
7.2.4 氧气顶吹转炉的计算机控制和自动控制方法	82
7.2.5 氧气顶吹转炉炼钢的特点	83
7.3 顶底复合吹炼转炉炼钢	83
7.3.1 顶底复合吹炼及吹炼法的种类	83
7.3.2 顶底复合吹炼法的主要冶金特征及其优点	84
7.4 氧气顶吹转炉炼钢设备	84
7.4.1 转炉及倾动设备	84
7.4.2 供氧设备	86
7.4.3 供料设备与烟气处理设备	87
复习思考题	88
8 电炉炼钢	89
8.1 碱性电弧炉冶炼工艺	89
8.1.1 冶炼工艺分类	89
8.1.2 碱性电弧炉氧化法冶炼生产	89
8.2 电弧炉主要设备	92
8.2.1 电弧炉炉体结构	92
8.2.2 电弧炉主要机械设备	94
8.2.3 电弧炉主要电气设备	96
复习思考题	97
9 炉外精炼	98
9.1 DH法和RH法	98
9.1.1 DH法	98
9.1.2 RH法	98
9.2 ASEA-SKF法和LF法	99
9.2.1 ASEA-SKF法	99
9.2.2 LF法	100
9.3 VOD法和AOD法	100
9.3.1 VOD法	100
9.3.2 AOD法	101
9.4 其他炉外精炼法	102
9.4.1 钢包吹氩法	102
9.4.2 喷射冶金及合金元素特殊添加法	102
9.4.3 合成渣洗	103
复习思考题	103
10 连续铸钢	104
10.1 钢的结晶和连铸坯凝固结构	104
10.1.1 钢的结晶过程	104
10.1.2 连铸坯的凝固特征和结构特点	105
10.1.3 连铸坯冷却过程中的相变和应力	106

10.2 连铸设备	108
10.2.1 钢液及承载设备	108
10.2.2 成型及冷却设备	110
10.2.3 拉坯矫直设备	111
10.2.4 切割装置及后步工序	111
10.2.5 弧形连铸机的主要工艺参数	111
10.3 连铸生产	112
10.3.1 钢液的准备	112
10.3.2 连铸操作	113
10.4 中间罐冶金与保护浇注	114
10.4.1 中间罐冶金	114
10.4.2 保护浇注	116
10.4.3 保护渣	117
10.4.4 中间罐用保护渣及覆盖剂	118
10.5 连铸坯质量	118
10.5.1 连铸坯的纯净度	118
10.5.2 连铸坯表面缺陷和内部缺陷	119
10.5.3 连铸坯形状缺陷	119
复习思考题	120
11 炼钢新工艺新技术	121
11.1 转炉炼钢新工艺新技术	121
11.1.1 铁水预处理	121
11.1.2 转炉负能炼钢	121
11.1.3 转炉溅渣护炉技术	122
11.2 电炉炼钢新工艺新技术	122
11.2.1 电炉容量大型化	122
11.2.2 超高功率电弧炉	122
11.2.3 电弧炉偏心炉底出钢	123
11.2.4 电弧炉底吹搅拌技术	124
11.2.5 电弧炉氧燃烧嘴技术	124
11.2.6 强化供氧技术	124
11.2.7 直流电弧炉	124
11.3 连续铸钢新工艺新技术	124
11.3.1 高效连铸	124
11.3.2 近终形连铸	124
11.3.3 薄板坯连铸连轧	125
复习思考题	125

第3篇 有色金属冶金

12 铝冶金	127
--------	-----

12.1 氧化铝的生产	127
12.1.1 拜耳法生产氧化铝	128
12.1.2 烧结法生产氧化铝	131
12.1.3 化学品氧化铝生产	134
12.2 铝电解	136
12.2.1 铝电解用的原料	137
12.2.2 炭阳极	138
12.2.3 铝电解槽	138
12.2.4 铝电解槽中的电极过程	141
12.2.5 铝电解槽的焙烧和启动	143
12.2.6 铝电解槽的常规作业	144
12.2.7 铸锭	146
12.2.8 烟气净化	147
复习思考题	148
13 镁、钛冶金	149
13.1 镁冶金	149
13.1.1 金属镁的生产方法	149
13.1.2 镁的精炼	151
13.2 钛冶金	151
13.2.1 钛铁精矿的处理	151
13.2.2 粗四氯化钛的精制	152
13.2.3 海绵钛的生产	152
13.2.4 致密钛的生产	153
复习思考题	153
14 铜、铅、锌冶金	154
14.1 铜冶金	154
14.1.1 火法炼铜的基本原理	154
14.1.2 铜熔炼的产物	154
14.1.3 铜精矿的熔炼	155
14.1.4 冰铜的吹炼	155
14.1.5 粗铜的火法精炼	155
14.1.6 粗铜的电解精炼	156
14.2 铅冶金	156
14.2.1 硫化铅精矿的烧结焙烧的目的和方法	157
14.2.2 粗铅的精炼	158
14.3 锌冶金	159
14.3.1 硫化锌精矿的焙烧	160
14.3.2 火法炼锌	160
14.3.3 湿法炼锌	161
复习思考题	162

第4篇 压力加工

15 塑性成型基本理论	165
15.1 金属塑性变形的力学条件	165
15.1.1 内力与应力	165
15.1.2 变形	165
15.1.3 塑性变形的力学条件	165
15.2 塑性变形的基本定律	165
15.2.1 体积不变定律	165
15.2.2 最小阻力定律	166
15.2.3 弹塑性共存定律	167
15.3 变形程度的表示方法	167
15.3.1 变形量	167
15.3.2 变形系数	168
复习思考题	168
16 轧制	169
16.1 轧制生产中的基本问题	169
16.1.1 轧制基本方式	169
16.1.2 轧制产品的种类和规格	169
16.1.3 轧制生产的一般工艺过程	170
16.1.4 轧制生产系统的组成	170
16.2 轧制过程的实现	171
16.2.1 变形区及其主要参数	171
16.2.2 咬入条件	172
16.3 中厚板轧制	172
16.3.1 中厚板轧机及布置	173
16.3.2 轧制方法	173
16.3.3 车间布置	174
16.4 热轧板带	176
16.4.1 热连轧板带机组	177
16.4.2 热连轧板带轧制	177
16.4.3 车间布置	178
16.4.4 薄板坯连铸连轧带钢	178
16.5 冷轧板带	179
16.5.1 冷轧板带的工艺特点	179
16.5.2 轧机结构形式及其布置	180
16.5.3 工艺流程	182
16.6 型材轧制	186
16.6.1 轧机类型及其配置	186
16.6.2 轧制方式	187
16.6.3 线材生产	188

16.6.4 车间布置	189
16.7 管材轧制	190
16.7.1 热轧无缝管	191
16.7.2 焊管生产	193
复习思考题	194
17 拉拔、挤压、锻造和冲压	195
17.1 拉拔	195
17.1.1 拔管	195
17.1.2 拉丝	195
17.2 挤压	196
17.3 锻造	197
17.4 冲压	197
复习思考题	198

第 5 篇 冶金生产用耐火材料

18 耐火材料定义、分类、化学与矿物组成	200
18.1 耐火材料的定义	200
18.2 耐火材料的分类	200
18.3 耐火材料的化学与矿物组成	202
18.3.1 化学组成	202
18.3.2 矿物组成	202
复习思考题	203
19 耐火材料的主要性能	204
19.1 耐火材料的宏观组织结构	204
19.1.1 气孔率	204
19.1.2 吸水率	204
19.1.3 体积密度	204
19.2 耐火材料力学性质	205
19.2.1 常温力学性质	205
19.2.2 高温力学性质	206
19.2.3 弹性模量	207
19.3 耐火原料的热学性质	208
19.3.1 热膨胀	208
19.3.2 导热性	208
19.4 耐火材料的高温使用性质	209
19.4.1 荷重软化温度	209
19.4.2 高温体积稳定性	210
19.4.3 耐热震性	210
19.4.4 抗渣性	211
19.5 耐真空性	211
19.6 耐火制品形状规整和尺寸的准确性	211
复习思考题	212

20 耐火材料在冶金生产中的应用	213
20.1 高炉用耐火材料	213
20.1.1 炉底和炉缸	213
20.1.2 风口区和炉腹	214
20.1.3 炉腰和炉身下部	214
20.1.4 炉身上部	215
20.1.5 炉前用耐火材料	215
20.2 热风炉用耐火材料	216
20.2.1 炉体用耐火材料	216
20.2.2 其他部位用耐火材料	216
20.3 转炉用耐火材料	217
20.3.1 各部位炉衬的工作条件和所用耐火材料	217
20.3.2 炉衬的维护	219
20.3.3 炉衬损毁原因	219
20.4 电弧炉用耐火材料	219
20.4.1 炉顶用耐火材料	219
20.4.2 炉壁用耐火材料	220
20.4.3 炉底用耐火材料	220
20.4.4 出钢槽用耐火材料	221
20.5 连续铸钢用耐火材料	221
20.5.1 盛钢桶用耐火材料	221
20.5.2 中间罐用耐火材料	222
20.5.3 整体塞棒用耐火材料	222
20.5.4 滑动水口用耐火材料	222
20.5.5 长水口用耐火材料	223
20.5.6 浸入式水口用耐火材料	223
20.5.7 定径水口用耐火材料	224
20.5.8 展望	224
20.6 加热炉用耐火材料	224
20.6.1 炉体用耐火材料	224
20.6.2 燃烧室用耐火材料	225
20.6.3 炉门和出钢槽用耐火材料	226
20.6.4 陶瓷滑道用耐火材料	226
20.6.5 炉底水冷管绝热用耐火材料	226
20.6.6 烟道与烟囱用耐火材料	226
20.7 炼铝用耐火材料	226
20.7.1 生产氧化铝用耐火材料	226
20.7.2 铝熔炼用耐火材料	227
复习思考题	228
参考文献	230

绪 论

迄今为止,人们可以获得的 100 多种元素中,金属占 86 种,而其中的 63 种在 19 世纪前就已发现。铜、铁、铂、汞等早已为古人所熟知,并曾制造出质量优良的兵器和工具。但这全凭工匠的经验和技巧,冶金从技艺发展成为科学则是近百余年的事。

冶金是一门研究如何经济合理地从矿石和其他原料中提取金属或金属化合物并加工处理使之适于人类应用的技术科学。

从这一定义出发,冶金的内容实际上包含着化学冶金和物理冶金两部分。前者常称冶金学,研究如何从矿石和其他原料中提取金属;后者包括金属学,研究金属及其合金的组织 and 性能,以便进一步加工处理成各种金属材料,以适应各行业不同用途的需要。

现代工业上习惯把金属分为黑色金属和有色金属两大类,铁、铬、锰三种金属属于黑色金属,其余的金属都属于有色金属。因此,冶金工业按照金属的两大类别通常分为黑色金属冶金工业和有色金属冶金工业两大类。前者包括铁、钢及铁合金(如锰铁、铬铁)的生产,故又称钢铁冶金。后者包括各种有色金属的生产,统称为有色金属冶金。

就金属的提取方法而论,由于原料条件不同而有很大差异,但按其特点可分为三类:

- (1) 火法冶金:利用高温从矿石中提取金属及其化合物。
- (2) 湿法冶金:在常温或稍高于常温下利用溶剂从矿石中提取和分离金属。
- (3) 电冶金:利用电能提取和精炼金属。

钢铁冶金属于火法冶金,包括高炉炼铁、转炉炼钢、电炉炼钢等,其中电炉炼钢也属于电冶金范围。有色金属冶金则火法、湿法兼有。

冶金工业是基础工业,对发展国民经济和科学技术及巩固国防都有重要的作用。

第1篇 炼铁生产

炼铁是指利用含铁矿石、燃料、熔剂等原燃料通过冶炼生产合格生铁的工艺过程。自然界中的铁绝大多数以铁氧化物的形态存在于矿石中,如赤铁矿、磁铁矿等。高炉炼铁就是从铁矿石中将铁还原出来,并熔炼成液态生铁。还原铁矿石需要还原剂。为了使铁矿石中的脉石生成低熔点的熔融炉渣并与铁分离,必须有足够的热量并需加入熔剂(主要是石灰石)。在高炉炼铁中,还原剂和热量都是由燃料与鼓风提供的。目前所用的燃料主要是焦炭(个别少数地区用无烟煤等),有的高炉还从风口喷入重油、天然气、煤粉等其他燃料以代替部分焦炭。通常,冶炼1t生铁需要1.5~2.0t铁矿石,0.4~0.6t焦炭,0.2~0.4t熔剂,总计需要2~3t原料。为了保证高炉生产的连续性,要求有足够数量的原料供应。

高炉炼铁的一般生产流程如图1所示。

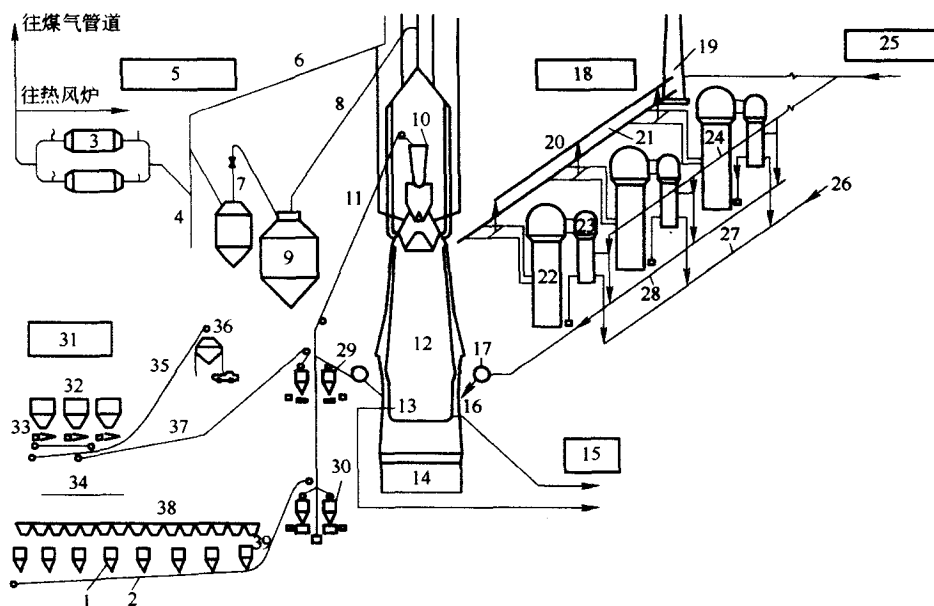


图1 高炉本体和辅助设备系统

- 1—称量漏斗;2—漏矿皮带;3—电除尘器;4—闸式阀;5—煤气净化设备;6—净化煤气放散管;
- 7—文氏管煤气洗涤器;8—下降管;9—除尘器;10—炉顶装料设备;11—装料传送皮带;
- 12—高炉;13—渣口;14—高炉本体;15—出铁场;16—铁口;17—围管;18—热风炉设备;
- 19—烟囱;20—冷风管;21—烟道总管;22—蓄热室;23—燃烧室;24—混风总管;25—鼓风机;
- 26—净煤气;27—煤气总管;28—热风总管;29—焦炭称量漏斗;30—碎铁称量漏斗;
- 31—装料设备;32—焦炭槽;33—给料器;34—原料设备;35—粉焦输送带;
- 36—粉焦槽;37—漏焦皮带;38—矿石槽;39—给料器

高炉生产工艺过程由高炉本体和五个辅助设备系统构成。高炉本体是炼铁生产的核心设备,包括炉基、炉壳、炉衬、冷却设备、炉顶装料设备等,整个冶炼过程是在高炉内完成的。五个辅助设备系统中,上料系统(包括贮矿场、贮矿槽、焦炭仓、焦炭滚筛、称量漏斗、称量车等)的任务是将高炉所需原燃料通过上料设备装入高炉内供高炉冶炼;送风系统(包括鼓风机、热风炉、热风弯管、直吹管等)的任务是将风机送来的冷风经热风炉预热以后送进高炉内;煤气净化系统(包括上升管、下降管、重力除尘器、洗涤塔、文氏管、脱水器等)的任务是将高炉冶炼所产生的荒煤气进行净化处理,以获得合格的气体燃料;渣铁处理系统(包括出铁场、泥炮、开口机、炉前吊车、铁水罐、铸铁机、渣罐等)的任务是将炉内放出的渣、铁,按要求进行处理;喷吹燃料系统(包括煤粉收集罐、贮煤罐、喷吹罐、混合器和喷枪等)是将按一定要求准备好的燃料喷入炉内以代替部分昂贵的冶金焦,降低冶炼成本,改善高炉操作指标。

炉料从炉顶装料设备装入高炉后,自上而下运动。从高炉下部的风口处鼓入热风($1000\sim 1300^{\circ}\text{C}$),燃料中的碳(还有少量碳氢化合物)在热风中发生燃烧反应,产生具有很高温度的还原性气体(CO 、 H_2)。炉料下降过程中被上升的炽热煤气流加热,在此过程中发生一系列的物理化学变化:炉料的挥发与分解,铁氧化物和其他物质的还原,生铁与炉渣的形成,燃料的燃烧,热交换等。这些过程不是单独进行的,而是在相互制约下数个过程同时进行。基本过程是燃料在炉缸风口前燃烧形成高温煤气,煤气不停地向上运动,与不断下降的炉料相互作用,其温度、数量和化学成分逐渐发生变化,最后从炉顶逸出炉外。炉料在不断下降过程中,由于受到高温还原煤气的加热和化学作用,其物理形态和化学成分逐渐发生变化,最后在炉缸里形成液态渣铁,铁水定期从铁口放出。矿石中的脉石与熔剂作用变成炉渣浮在液态的金属铁液面上,从渣口排出。反应后的气态产物称为高炉煤气,从炉顶排出。煤气含有可燃性气体,经净化处理后成为气体燃料。

高炉冶炼的主要产品是生铁,副产品是炉渣、煤气和一定量的炉尘等。

生铁分为炼钢生铁和铸造生铁两种,我国约90%以上的为炼钢生铁,其余的部分为铸造生铁。它们的主要区别是含Si量不同。

炉渣是高炉的副产品。矿石中的脉石与熔剂、燃料中的灰分等熔化后组成炉渣,炉渣的主要成分为 CaO 、 MgO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 等。炉渣有许多用途,常用作水泥原料及隔热、建材、铺路等材料。我国大中型高炉的渣量一般在每吨铁300~600 kg之间,地方小高炉的渣量大大超过此数值。

煤气的化学成分为 CO 、 CO_2 、 H_2 、 N_2 及少量 CH_4 等。高炉冶炼1 t生铁大约产生煤气1700~3000 m^3 。煤气经处理后,成为很好的气体燃料,除作为热风炉的燃料外,还可供炼钢、炼焦、轧钢厂均热炉以及锅炉等用户使用。

高炉煤气是无色、无味的气体,有毒易爆炸。因此,在煤气区域工作,要特别注意防火和预防煤气中毒。

炉尘是随高炉逸出的细粒炉料,经除尘处理后与煤气分离。炉尘含Fe、C、CaO等有用物质,可作为烧结的原料,吨铁炉尘量为10~100 kg。近年来日本用炉尘生产海绵铁成功,开辟了利用炉尘的新途径。

高炉生产的技术水平和经济效果可以用技术经济指标来衡量。其主要技术经济指标有以下几项:

(1) 高炉有效容积利用系数:

$$\eta_u = \frac{P}{V_u}$$

式中 η_u ——每立方米高炉有效容积在一昼夜内生产合格生铁的吨数;

P ——高炉一昼夜生产的合格生铁；

V_u ——高炉有效容积，指炉缸、炉腹、炉腰、炉身、炉喉五段之和。

高炉有效容积利用系数 η_u 是衡量高炉生产强化程度的指标。 η_u 越高，高炉生产率就越高，每天所产生铁越多。目前我国高炉有效容积利用系数为 $(1.8 \sim 2.3) \text{ t}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ，高的可达 $3.0 \text{ t}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 以上。

(2) 焦比：

$$K = \frac{Q}{P}$$

式中 K ——生产 1 t 生铁消耗的焦炭量；

Q ——高炉一昼夜消耗的干焦量。

焦比是衡量高炉物质消耗，特别是能耗的重要指标，它对生铁成本的影响最大。因此降低焦比和燃料比始终是高炉操作者努力的方向。目前我国喷吹高炉的焦比一般低于 450 kg/t 。国外先进高炉焦比已小于 400 kg/t ，燃料比约 450 kg/t 。

(3) 综合焦比：指冶炼 1 t 生铁消耗干焦数量与其他辅助燃料折算成相应干焦数量的总和：

$$\text{综合焦比} = \frac{\text{干焦量} + \sum \text{喷吹燃料} \times \text{折算系数}}{\text{合格生铁产量}} = \frac{\text{综合干焦量}}{\text{合格生铁产量}}$$

(4) 冶炼强度：

$$I = \frac{Q}{V_u}$$

冶炼强度是指每立方米高炉有效容积消耗的焦炭总量，当高炉喷吹燃料时每昼夜每立方米高炉有效容积消耗的燃料折合总量，称为综合冶炼强度。

冶炼强度的计算要扣除休风时间以实际工作时间计算；它是表示高炉生产强化程度的指标，主要取决于高炉所接受的风量；鼓入的风量越多，冶炼强度越高。

利用系数和焦比与冶炼强度之间的关系为：

$$\eta_u = \frac{I}{K}$$

冶炼强度和焦比均影响利用系数，当采用某一技术措施后，若冶炼强度增加而焦比又降低时可使利用系数得到最大限度的提高。

(5) 休风率：休风率是指休风时间（日历时间扣除计划检修时间）占规定作业时间的百分数。

$$\text{休风率} = \frac{\text{休风时间}}{\text{日历时间} - \text{计划检修时间}} \times 100\%$$

休风率反映设备管理维护和高炉的操作水平。降低休风率是高炉增产节焦的重要途径，我国先进高炉休风率已降到 1% 以下。

(6) 生铁合格率：化学成分符合国家标准生铁为合格生铁。合格生铁占高炉总产量的百分数为生铁合格率，它是评价高炉产品质量的指标：

$$\text{生铁合格率} = \frac{\text{合格生铁产量}}{\text{生铁总产量}} \times 100\%$$

(7) 炉龄：指两代高炉大修之间高炉实际运行时间。衡量炉龄的另一个指标是每立方米炉容在一代炉龄内的累计产铁量。延长炉龄是高炉工作者的重要课题，现今高炉平均寿命可达 $5000 \text{ t}/\text{m}^3$ 以上，日本君津 3 号高炉达 $8000 \text{ t}/\text{m}^3$ 的最高记录。

中国的铁冶技术有着古老的历史，最早欧洲的冶炼技术也是从我国输入的。但 19 世纪第一次工业革命爆发，当欧洲国家高炉向着大型化、机械化、电气化方向发展，冶炼技术不断完善的时候