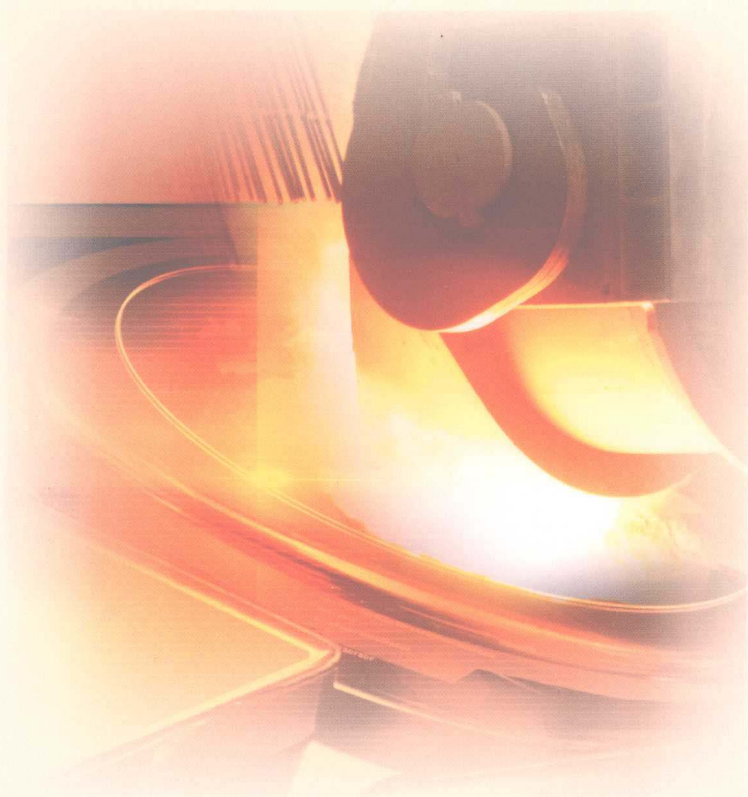


高等学校规划教材
GAODENG XUEXIAO GUIHUA JIAOCAI

钢铁冶金概论

薛正良 主编



冶金工业出版社

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

高等学校规划教材

钢铁冶金概论

薛正良 主编

北京
冶金工业出版社
2008

内 容 提 要

本书以介绍钢铁冶金工艺流程及与钢铁冶炼相关的专业知识为主,内容涉及面广泛而系统,包括采矿、选矿、炼焦、铁矿粉造块、高炉炼铁、炼钢、连铸、金属压力加工、冶金机械设备、钢铁产品及其质量检验、钢铁生产用耐火材料和钢铁生产节能与环保等专业知识。通过阅读本书读者可以对钢铁联合企业的生产过程有一个全面概括的了解,并初步掌握钢铁冶金的基本知识。

本书可作为高等学校非冶金专业的工科、理科、经管、文法等专业的教学用书,也可作为非冶金工程专业学生进行钢铁冶金及相关知识的普及教育用书。

图书在版编目(CIP)数据

钢铁冶金概论/薛正良主编. —北京:冶金工业出版社, 2008. 8

高等学校规划教材

ISBN 978-7-5024-4526-3

I. 钢… II. 薛… III. ①炼钢—高等学校—教材
②炼铁—高等学校—教材 IV. TF4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 054151 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 朱华英 美术编辑 李 心 版式设计 张 青

责任校对 白 迅 责任印制 丁小晶

ISBN 978-7-5024-4526-3

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2008 年 8 月第 1 版, 2008 年 8 月第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16; 15.25 印张; 400 千字; 228 页; 1-5000 册

30.00 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

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

为了适应高等学校教学改革的需要, 武汉科技大学根据自身的办学要求调整了本科生培养计划, 从 2007 级开始全校所有工科、理科、经管、文法等专业均开设“钢铁冶金概论”课程。本教材正是在这一背景下编写的。

考虑到不同专业在选择教学内容上的灵活性, 本教材编写以钢铁冶金工艺流程及与钢铁冶炼相关的专业知识为主线, 系统介绍了采矿、选矿、铁矿粉造块、炼焦、高炉炼铁、炼钢、连铸、轧钢、冶金机械、钢材产品及其质量检测、钢铁生产用耐火材料和钢铁生产节能与环保等专业知识。

本书的受众面主要是冶金类高等学校非冶金专业的工科、理科、经管、文法等专业的本、专科生; 内容力求通俗简练, 对钢铁冶金及相关专业的基本知识、工艺流程和工艺设备等进行简要介绍, 其知识涉及面广泛而系统, 可以用来对非冶金工程专业学生进行钢铁冶金及相关知识的普及教育。

本书由武汉科技大学薛正良主编。第 1、4、5 章由薛正良编写, 第 2 章由叶义成、张芹编写, 第 3 章由欧阳曙光编写, 第 6 章由彭其春编写, 第 7 章由程晓茹编写, 第 8 章由刘安忠和李友荣编写, 第 9 章由刘静编写, 第 10 章由李亚伟、王玺堂和李远兵编写, 第 11 章由李光强编写。

本书编写过程中得到武汉科技大学校长孔建益、副校长陈奎生, 以及武汉科技大学教务处和相关学院的大力支持。

由于时间仓促, 加之编者水平所限, 书中不妥之处, 敬请读者批评指正。

编 者
2008 年 3 月

目 录

1 绪论	1
1.1 钢铁工业在国民经济中的地位	1
1.2 钢铁工业的发展	1
1.2.1 早期的冶铁方法	1
1.2.2 近代钢铁冶炼技术的发展	2
1.2.3 新中国钢铁工业的发展	4
1.3 钢铁生产基本流程	4
1.3.1 概述	4
1.3.2 铁前系统	5
1.3.3 高炉炼铁	7
1.3.4 炼钢厂	8
1.3.5 轧钢厂	11
2 采矿与选矿	13
2.1 矿山地质	13
2.1.1 矿山地质概述	13
2.1.2 矿岩性质	14
2.1.3 地质构造	16
2.1.4 矿床水文地质	17
2.1.5 矿山开采对矿山地质工作的要求	18
2.2 采矿	19
2.2.1 矿床露天开采	19
2.2.2 矿床地下开采	25
2.3 选矿	34
2.3.1 碎矿与磨矿	35
2.3.2 浮选	35
2.3.3 磁选	36
2.3.4 电选	37
2.3.5 重力分选	38
2.3.6 生物浮选	39
2.3.7 分选效果评价	39
3 炼焦	41
3.1 概述	41

3.2 焦炭及其性质	41
3.2.1 焦炭在高炉炼铁中的作用	41
3.2.2 焦炭性能	41
3.2.3 焦炭的质量指标	42
3.3 煤的成因性质及分类	44
3.3.1 煤的成因及种类	44
3.3.2 煤的分类	44
3.3.3 煤的组成与性质	46
3.4 选煤	48
3.4.1 选煤目的	48
3.4.2 选煤方法	48
3.5 配煤炼焦	50
3.5.1 配煤炼焦概述	50
3.5.2 备煤工艺	50
3.6 焦炉炉体结构及炉型	51
3.6.1 焦炉炉体结构	51
3.6.2 焦炉分类	55
3.6.3 我国焦炉炉型简介	55
3.7 焦炉三班操作	58
3.7.1 湿法熄焦	58
3.7.2 干法熄焦	58
3.7.3 低水分熄焦	60
3.7.4 稳定熄焦	60
3.7.5 筛焦	60
4 铁矿粉造块	62
4.1 概述	62
4.2 铁矿粉混匀作业	62
4.3 铁矿石烧结生产	63
4.3.1 烧结矿生产使用的原材料	63
4.3.2 烧结矿种类	64
4.3.3 烧结机结构	64
4.3.4 烧结生产工艺流程	65
4.3.5 烧结生产技术经济指标	69
4.3.6 烧结矿质量	69
4.4 球团矿生产	72
4.4.1 竖炉球团生产工艺	73
4.4.2 链算机一回转窑球团矿生产工艺	75

5 高炉炼铁	76
5.1 概述	76
5.2 高炉炼铁基本概念	76
5.2.1 高炉炼铁的原料和产品	76
5.2.2 高炉内型	78
5.2.3 高炉生产主要技术经济指标	79
5.3 高炉炼铁工艺设备	80
5.3.1 高炉本体	80
5.3.2 炉顶装料设备	84
5.3.3 热风炉	85
5.3.4 喷煤设备	88
5.3.5 除尘设备	88
5.3.6 渣铁处理	89
5.4 高炉冶炼原理	91
5.4.1 炉料在炉内的分布状态	91
5.4.2 炉缸燃烧反应	92
5.4.3 高炉内铁氧化物的还原反应	94
5.4.4 高炉内非铁元素的还原反应	97
5.4.5 炉渣和生铁的形成	97
5.4.6 铁水脱硫	97
6 炼钢	99
6.1 炼钢工艺流程	99
6.2 铁水预处理	100
6.2.1 铁水预处理技术概述	100
6.2.2 铁水预脱硫	100
6.2.3 铁水预脱硅	102
6.2.4 铁水预脱磷	104
6.3 转炉炼钢	105
6.3.1 转炉炼钢概述	105
6.3.2 转炉炼钢设备	105
6.3.3 转炉炼钢过程	106
6.3.4 转炉炼钢五大操作制度	108
6.3.5 转炉长寿技术	110
6.3.6 转炉炼钢新技术	110
6.4 电弧炉炼钢	111

6.4.1	电弧炉炼钢概述	111
6.4.2	电弧炉炼钢设备	111
6.4.3	碱性电弧炉氧化法冶炼工艺	111
6.4.4	废钢预热技术	115
6.5	炉外精炼	116
6.5.1	炉外精炼概述	116
6.5.2	炉外精炼方法分类	117
6.5.3	几种常用的炉外精炼方法	118
6.6	连铸	124
6.6.1	连铸钢概述	124
6.6.2	机型及特点	125
6.6.3	主体设备与浇铸过程	126
6.6.4	连铸工艺	127
6.6.5	中间包冶金	128
6.6.6	连铸坯的质量	129
6.6.7	铸坯的热送热装和直接轧制	129
7	金属压力加工	131
7.1	概述	131
7.1.1	金属成型方法	131
7.1.2	金属压力加工及其主要方法	131
7.1.3	金属压力加工的技术经济指标	133
7.2	轧钢生产	134
7.2.1	轧钢生产工艺的基本问题	134
7.2.2	型、线材生产	139
7.2.3	板带钢生产	144
7.2.4	钢管生产	149
7.3	金属压力加工的其他方法	152
7.3.1	锻造生产的应用范围、特点及其基本方法	152
7.3.2	冲压生产的应用范围、特点及其基本方法	154
7.3.3	拉拔生产的应用范围、特点及其基本方法	156
7.3.4	挤压生产的应用范围、特点及其基本方法	157
8	冶金机械	159
8.1	炼铁机械设备	159
8.1.1	高炉炼铁设备概况	159
8.1.2	高炉上料机	160

8.1.3 炉顶装料设备	160
8.1.4 泥炮	163
8.2 炼钢及连铸机械设备	164
8.2.1 转炉机械设备	164
8.2.2 连续铸钢设备	169
8.3 轧钢设备	171
8.3.1 轧钢设备概述	171
8.3.2 轧钢机的总体结构	173
8.3.3 轧钢机主传动系统	174
8.3.4 轧辊调整机构与上辊平衡装置	175
8.3.5 精整作业线机械设备	177
9 钢材产品及其质量检验	179
9.1 钢材品种及用途	179
9.1.1 型钢类	179
9.1.2 板材类	180
9.1.3 钢管类	181
9.1.4 线材类	181
9.2 钢材常见缺陷	181
9.2.1 型钢表面缺陷	181
9.2.2 线材的表面缺陷	184
9.2.3 管材的表面缺陷	185
9.3 钢材的检验	187
10 钢铁生产用耐火材料	190
10.1 耐火材料的分类	190
10.1.1 按化学属性分类	190
10.1.2 按化学矿物组成分类	190
10.1.3 按材料形态分类	190
10.2 耐火材料的主要性能	190
10.2.1 耐火材料的结构性质	190
10.2.2 耐火材料的热学性质	191
10.2.3 耐火材料的力学性能	191
10.2.4 耐火材料使用性能	191
10.3 耐火制品	192
10.3.1 硅酸铝质耐火制品	192
10.3.2 碱性耐火制品	193

10.3.3	含碳耐火制品	193
10.3.4	碳化硅耐火制品	194
10.4	不定形耐火材料	194
10.4.1	耐火浇注料	194
10.4.2	耐火可塑料	195
10.4.3	耐火捣打料	196
10.4.4	耐火喷涂料	196
10.4.5	耐火泥浆	196
10.5	隔热耐火材料	196
10.5.1	轻质耐火制品	197
10.5.2	耐火纤维及其制品	197
10.6	耐火材料应用	197
10.6.1	焦炉用耐火材料	197
10.6.2	炼铁系统用耐火材料	197
10.6.3	炼钢用耐火材料	200
10.6.4	轧钢用耐火材料	204
11	钢铁生产的环保与节能	205
11.1	钢铁冶金的资源、能源消耗与环境问题	205
11.1.1	钢铁冶金的资源、能源消耗	205
11.1.2	钢铁生产的环境问题	206
11.1.3	清洁生产与循环经济	207
11.2	钢铁生产中的水污染与水处理	208
11.2.1	钢铁厂的用水与污水产生情况	208
11.2.2	钢铁厂污水排放标准与水处理的常用方法	209
11.2.3	废水处理方法	210
11.2.4	废水处理的一般流程	210
11.3	钢铁生产中的尾气处理	211
11.3.1	钢铁冶炼过程中的尾气来源、特点与排放标准	211
11.3.2	烟尘控制技术	212
11.3.3	焦化煤气净化技术	215
11.3.4	烧结尾气脱 SO _x	215
11.3.5	SO ₂ 排污权交易	217
11.3.6	NO _x 防止技术	217
11.3.7	烧结尾气脱硝技术	217
11.3.8	降低 CO ₂ 排放量的措施	218
11.3.9	《京都议定书》与清洁发展机制 (CDM)	218

11.4 炉渣与尘泥的处理与利用	219
11.4.1 高炉渣、转炉渣、电炉渣的产生和性质	219
11.4.2 炉渣处理技术	220
11.4.3 各种尘泥的处理与利用	224
11.5 钢铁生产中的节能工艺	225
11.5.1 我国钢铁企业的能耗指标	225
11.5.2 钢铁工业的主要节能工艺技术简介	226
参考文献	228

1 绪 论

1.1 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，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 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（加入一种或几种数量不等的合金元素，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机械零部件，具有良好的综合力学性能。

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，也为建筑业及日用品生产提供基础材料。可以说，一个国家钢铁工业的发展状况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、质量、单位能耗和排放、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，如稳定的原材料供应，包括铁矿石、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，消耗的原材料和生产的产品吞吐量巨大，如一个年产 2000 万 t 的钢铁企业，厂外运输量达到 1.6~2 亿 t，必须有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、设备制造商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) 可通过铸、锻、轧、切削和焊接等多种方式进行加工，以得到任何结构的工部件；
- (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。

1.2 钢铁工业的发展

1.2.1 早期的冶铁方法

早在商代，我国就开始使用天然的陨铁锻造铁刃。而真正的冶铁术大约发明于西周时期的块炼铁，它是一种在土坑里用木炭在 800~1000℃ 下还原铁矿石，得到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。到战国时代，已经掌握了“块铁渗碳钢”制造技术，造出了非常坚韧而锋利的宝剑。西汉中晚期，发明了谓之“炒钢”的生铁脱碳技术。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。北宋时期冶铁技术进一步发展，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，当时的冶铁规模是空前的。

在世界历史上，中国、印度、埃及是最早用铁的国家，也是最早掌握冶铁技术的国家，比欧洲要早 1900 多年。欧洲的块炼铁是公元前 1000 年前后发明的，但是直到公元 13 世纪末、14 世纪初才掌握生铁冶炼技术。获得生铁的初期，人们把它当作废品，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，得到性能比生铁好的粗钢（也称熟铁）。从此钢铁冶炼就开始形成了一直沿用至今的二次冶炼法：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。

1.2.2 近代钢铁冶炼技术的发展

19 世纪中期至今，以生铁为原料在高温下精炼成钢，一直是钢铁生产的主要方法。在此期间，高炉容积不断扩大，高炉用热风代替冷风，鼓风动力采用电力，并建立起了蓄热式热风炉；确立了作为生铁精炼炉的转炉、平炉和电炉的炼钢方法。

1.2.2.1 底吹空气转炉的发明

第一次解决用铁水大规模冶炼钢水这一难题的是 1856 年英国人贝塞麦（H. Bessemer）发明的底吹酸性空气转炉炼钢法。将空气吹入铁水，使铁水中锰、硅、碳高速氧化，依靠这些元素氧化放出的热量将液体金属加热到能顺利地进行浇铸所需要的温度，从此开创了大规模炼钢的新时代。由于采用酸性炉衬和酸性渣操作，吹炼过程中不能去除硫、磷；同时为了保证有足够的热量来源，要求铁水有较高的含硅量，故只能用低磷高硅生铁做原料。由于低磷铁矿的匮乏（特别在西欧地区），这种炼钢方法的发展受到限制。1878 年，英国人托马斯（S. G. Thomas）发明了碱性底吹空气转炉炼钢法（即托马斯法），用白云石加少量黏结剂制成炉衬，在吹炼过程中加入石灰造碱性渣，解决了高磷铁水的脱磷问题。这种方法特别适用于西欧一些国家，曾在德国、法国、比利时和卢森堡等国家得到充分发展。但空气底吹碱性转炉钢水中氮的含量高，炉子寿命也比较低。

1.2.2.2 平炉时代

18 世纪各国工业的迅速发展使全世界的废钢数量与日俱增，人们开始寻求废钢作为原料经过熔炼得到合格良锭的冶炼方法。1864 年，法国人马丁（Martin）利用德国人西门子（Siemens）的蓄热原理发明了以铁水、废钢为原料的酸性平炉法炼钢。继托马斯碱性底吹空气转炉炼钢法以后，于 1880 年出现了第一座碱性平炉。由于碱性平炉能适用于各种原料条件，生铁和废钢的比例可以在很宽的范围内变化，解决了废钢炼钢的诸多问题，钢的品种质量也大大超过空气转炉，因此碱性平炉一度成为世界上最主要的炼钢方法，其地位保持了半个多世纪。随着钢需要量的不断增加，平炉容量不断扩大，20 世纪 50 年代最大的平炉容量已经达到 900t。但是平炉设备庞大，生产率较低，对环境污染较大。目前平炉炼钢已经基本淘汰，但第一次炼钢技术革新是以平炉取代底吹空气转炉为标志的。

1.2.2.3 电弧炉的发明

1899 年，法国人赫劳特（Heroult）研制炼钢用三相交流电弧炉获得成功。由于钢液成分、

温度和炉内气氛容易控制、品种适应性大，这种方法特别适于冶炼高合金钢。电弧炉炼钢法一直沿用至今，炉容量不断扩大（目前最大的电弧炉容量已超过400t），铁水热装和电弧炉用氧技术的应用，使电炉产能不断提高，是当前冶炼碳素钢主要炼钢方法之一。

1.2.2.4 氧气转炉时代

20世纪40年代初，大型空气分离机问世，可提供大量廉价的氧气，给氧气炼钢提供了物质条件。1948年，德国人罗伯特·杜勒（Robert Durrer）在瑞士成功地进行了氧气顶吹转炉炼钢试验。1952年在奥地利林茨城（Linz），1953年在多纳维茨城（Donawitz）先后建成了30t氧气顶吹转炉车间并投入生产，所以该法也称LD法。而在美国一般称作BOF（Basic Oxygen Furnace）或BOP（Basic Oxygen Process）。这种方法一经问世，就显示出巨大的优越性和生命力。它的生产率很高，一座120t的氧气顶吹转炉的小时产钢量高达160~200t，而同吨位的平炉的小时钢产量在用氧的情况下为30~35t，不用氧时仅为15~20t。钢的品种多，可以熔炼全部平炉钢种和大部分电炉钢种。钢水质量好，转炉钢的气体和非金属夹杂物的含量低于平炉钢，深冲性能和延展性能良好。无需外来热源，原料实用性强，投资低而建设速度快，所以在很短时间内就在全世界得到推广。目前转炉钢的产量已达到世界总产钢量的70%左右。氧气转炉炼钢是目前世界上最主要的炼钢方法。第二次炼钢技术革新是以氧气顶吹转炉代替平炉为标志。

氧气顶吹转炉方法的出现，启发人们在旧有炼钢法中用氧，使它们获得新生。氧气底吹转炉法于1967年由联邦德国马克希米利安（Maximilian）公司与加拿大莱尔奎特（Lellquet）公司共同协作试验成功。由于从炉底吹入氧气，改善了冶金反应的动力学条件，脱碳能力强，有利于冶炼超低碳钢种，也适于高磷铁水炼钢。1978年，法国钢铁研究院（IRSID）在顶吹转炉上进行了底吹惰性气体搅拌的实验并获得成功，并先后在卢森堡、比利时、英国、美国和日本等国进行了实验和半工业性试验。由于转炉复合吹炼兼有底吹和顶吹转炉炼钢的优点，促进了金属与渣、气体间的平衡，吹炼过程平稳，渣中氧化铁的含量少，减少了金属和铁合金的消耗，加之改造容易，因此该炼钢方法在各国得到了迅速推广。

1.2.2.5 直接还原和熔融还原技术

传统的高炉-转炉流程具有生产能力大、品种多、成本低等优点，但这种流程无法摆脱对焦炭的依赖。而电炉炼钢以废钢为主要原材料，废钢的供应问题直接影响电炉炼钢的发展。作为废钢替代品的直接还原铁便应运而生。用直接还原铁做原料的电炉炼钢新工艺，比高炉-转炉传统工艺流程的投资、原料和能源费用均低。直接还原铁技术的新发展，为电炉提供了优质原料，弥补了当前废钢数量的不足。从长远来看，可使电炉摆脱对废钢的绝对依靠，实现炼钢工业完全不用冶金焦。另外，生产灵活，可以利用天然气、普通煤作还原剂生产直接还原铁，这为缺乏炼焦煤而富产天然气的国家发展钢铁工业创造了条件。因此无论是发展中国家（如委内瑞拉、墨西哥、印度、伊朗等）或工业发达国家（如美国、德国、加拿大等）都根据本国资源和能源特点，建设了一批直接还原铁—电炉炼钢新型联合企业。

我们的祖先发明的块炼铁法，其实质就是直接还原炼铁法。现代意义上的直接还原技术以墨西哥希尔萨（Hylsa）公司和美国米德兰（Midex）公司分别于1957年发明的HYL-I（1980年开发出HYL-III）和1968年发明的Midex法气基竖炉直接还原铁生产技术的诞生为标志。而隧道窑（Hoganas法）、回转窑（DRC、SL/RN等）、转底炉（Inmetco、Midrex、Fastmet、Comet、Itmk3等）、流化床（Circoreo、Finmet、Fior等）等煤基直接还原铁生产技术为缺乏天然气的国家和地区生产直接还原铁成为可能。

熔融还原技术的诞生，真正实现了用煤直接冶炼获得铁水。目前，工业化生产的熔融还原技术主要有奥钢联（VAI）与德国科尔夫（Korf）工程公司联合开发的用块状铁矿石和非焦原

煤为原料生产铁水的 Corex 熔融还原法和韩国浦项 (POSCO) 与奥钢联 (VAI) 联合开发的用粉状铁矿和非焦原煤为原料生产铁水的 Finex 熔融还原法。20 世纪 80 年代末, 世界上第一座 C-1000 型 Corex 熔融还原炉在南非伊斯科 (ISCOR) 公司首次实现了工业化应用。目前, 世界上最大的 Corex 熔融还原炉是 2007 年 11 月 24 日在我国宝钢集团浦钢公司罗泾工程基地投产的 C-3000 型 Corex 熔融还原炉, 设计年生产铁水 150 万 t。

1.2.3 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和摧残, 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), 由于受长期战争的破坏, 我国生铁产量只有 25 万 t, 钢产量还不到 16 万 t。

新中国成立后, 我国逐步建立了现代钢铁工业基础, 至 1960 年钢产量超过了 1000 万 t, 某些生产指标接近当时的世界先进水平。1960~1966 年, 在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。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。

从 1977 年开始, 我国钢铁工业走向持续发展阶段, 到 1982 年钢产量达到 3700 万 t, 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 t, 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%~20% 的速度增长, 如图 1-1 所示。至 2007 年, 我国粗钢产量达到 4.89 亿 t, 占世界粗钢产量的 36.4%。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 t, 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。

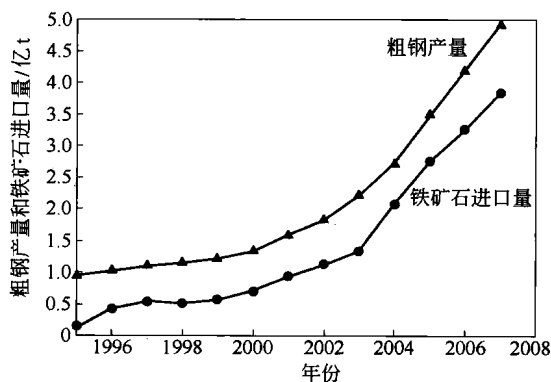


图 1-1 我国粗钢产量和铁矿石进口量变化 (1996~2007)

我国是个铁矿石储量比较丰富的国家, 目前已探明铁矿石储藏量为 593.9 亿 t (其中的 415 亿 t 矿石为磁铁矿), 但品

位低, 含铁量大多在 30%~35%。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 t 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 t。

1.3 钢铁生产基本流程

1.3.1 概述

钢铁生产是一项系统工程, 生产基本流程如图 1-2 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, 通过陆路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炼焦和烧结, 获得符合高炉炼铁质量要求的焦炭

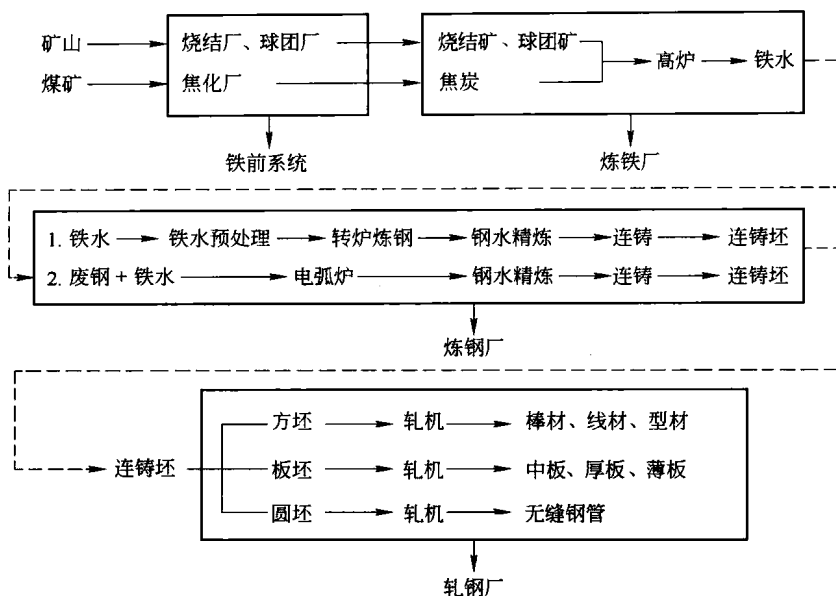


图 1-2 钢铁生产基本流程

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 $\phi 9 \sim 16\text{mm}$ 球团矿。

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、通讯、交通运输和环保等等。

1.3.2 铁前系统

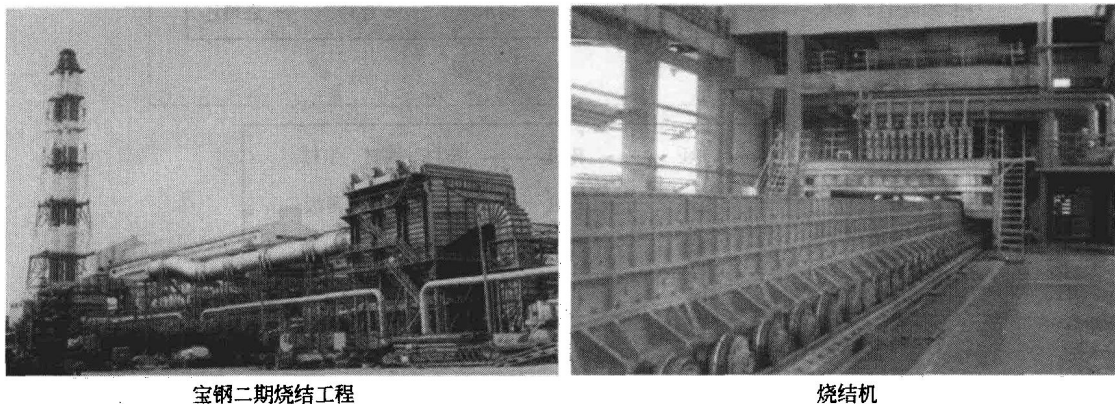
对钢铁联合企业来说，铁前系统主要包括烧结厂和焦化厂。

1.3.2.1 烧结厂

烧结厂的主要任务是将粉状铁矿石（包括富粉矿、精矿粉等）和钢铁厂二次含铁粉尘，通过烧结机的烧结过程，加工成粒度符合高炉要求的人造富块矿——烧结矿。

在烧结混合料中,通过调整加入的熔剂(如消石灰、石灰石、白云石、蛇纹石等)和燃料(焦粉、无烟煤粉)的数量,通过烧结可以控制烧结矿的化学成分(如碱度、 MgO 、 FeO 等)和冶金性能(如强度、还原性能和低温还原粉化性能等)。通过烧结还能去除烧结原料中80%以上的硫。

目前,大中型钢铁企业烧结厂使用的烧结机主要是如图1-3所示的带式抽风烧结机。烧结机的大小一般用烧结机台车的有效烧结面积表示。武钢烧结厂现有4个烧结车间,可年产烧结矿1300万t。其中一烧、二烧和四烧车间各建有 $435m^2$ 烧结机1台;三烧车间1台 $360m^2$ 烧结机。



宝钢二期烧结工程

烧结机

图 1-3 带式抽风烧结机

1.3.2.2 焦化厂

焦炭是高炉炼铁不可缺少的燃料和还原剂,生产焦炭的设备是如图1-4所示的焦炉。

焦炭生产过程分为洗煤、配煤、炼焦、熄焦及煤气和化工产品回收处理等工序。用于炼焦的煤主要有气煤、肥煤、焦煤和瘦煤等。配煤是将上述各种结焦性不同的煤经洗选后按一定比例配合炼焦。目的是在保证焦炭质量的前提下,节约主焦煤,扩大炼焦用煤源,同时尽可能多地获得一些化工产品。炼焦过程是将配好的煤料装入焦炉的炭化室,在隔绝空气的条件下,由两侧燃烧室供热,随温度升高经干燥、预热、热分解、软化、半焦、结焦成具有一定强度的焦炭。然后由推焦机把焦炭从炭化室推出,再进行熄焦,将焦炭温度降低到 $200^{\circ}C$ 以下。从环保和节能的角度出发,现代化的大型焦炉都采用了干熄焦系统熄焦工艺。图1-5所示为武钢5号、

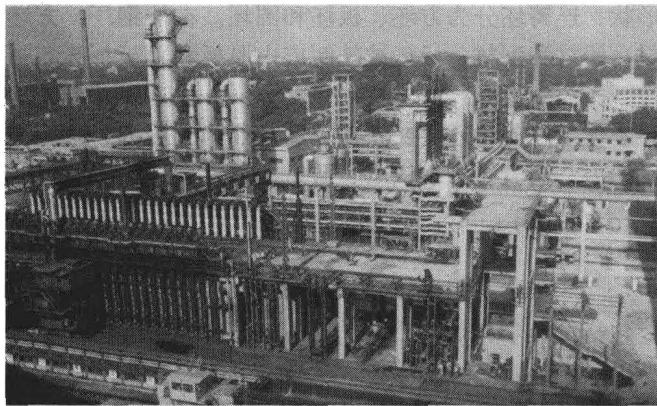


图 1-4 大型焦炉

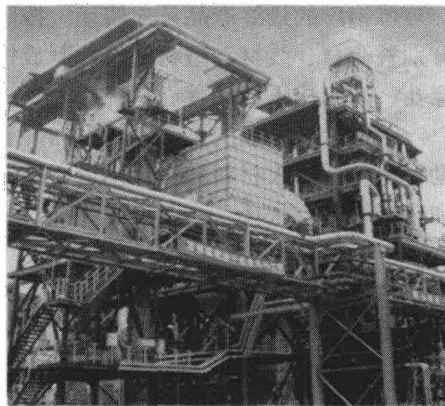


图 1-5 武钢5号、6号焦炉干熄焦设备