

高等职业技术学校

教 学 用 书

钢铁冶金概论

王明海 主编

冶金工业出版社

高等职业技术学校教学用书

钢铁冶金概论

王明海 主编

冶金工业出版社

内 容 简 介

本书为冶金职业技术教育“九五”规划教材。

全书分炼铁、炼钢、轧钢三篇,共二十六章。书中较全面地讲述了从炼铁到轧钢的完整冶金过程,深浅适度地阐述了冶金基本原理、冶金生产工艺和主要生产设备,以及炼铁、炼钢、轧钢生产的新工艺、新技术等。书中每章均附有复习思考题,非常适于教学使用。

本书为高等职业技术学校非冶炼专业的教学用书,亦可供中专及其他类似层次教学使用。

图书在版编目(CIP)数据

钢铁冶金概论/王明海主编. —北京:冶金工业出版社,2001.8(2006重印)
高等职业技术学校教学用书
ISBN 7-5024-2800-3

I. 钢… II. 王… III. 黑色金属冶金-高等学校-教材 IV. TF4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 042616 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 方茹娟 美术编辑 王耀忠 责任校对 朱翔 责任印制 李玉山
北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销
2001年8月第1版,2006年1月第5次印刷
787mm×1092mm 1/16; 17.75印张; 430千字; 276页
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

本书为冶金高等职业技术学校非冶炼专业教学用书,也可作为冶金中等职业学校教学用书。是冶金职业技术教育“九五”规划教材。全书共分为三篇二十六章,主要讲述炼铁、炼钢、轧钢等方面的基本知识。

本教材的教学目标,旨在使冶金经济类及其他相关专业学生对钢铁冶金生产过程有一个全面的了解;理解钢铁冶金的基本原理,了解生产工艺技术和主要生产设备,正确认识钢铁生产技术与所学专业之间的关系,为全面提高学生的素质打好基础。

参加本书编写的人员有:山西工程职业技术学院王明海、闫林洲、段小勇;株洲职业技术学院肖英贤、沈国良;河北工业职业技术学院贾艳;北京钢铁学校董应全;山东工业职业学院王庆春;吉林电子信息职业技术学院王宏启;贵州理工职业技术学院刘卫;四川机电职业技术学院杨绍利;天津工业学校张秀芳;江苏理工大学王路明;河南工业学校毛志刚、郭绍彬。全书由王明海任主编,肖英贤任副主编。

上海东沪职业技术学院倪国成,河北工业职业技术学院于秉芳,贵州省水城钢铁公司高级工程师周金全审阅了本书初稿,提出了很多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于编写水平所限,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2001年3月

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 炼 铁 生 产

第一章 炼铁概述	3
第一节 我国炼铁工业发展简史	3
第二节 高炉生产工艺过程及产品	3
第三节 高炉生产主要技术经济指标	6
第二章 铁矿石和熔剂	9
第一节 铁矿石及其分类	9
第二节 高炉冶炼对铁矿石的要求	10
第三节 铁矿石冶炼前的准备和处理	12
第四节 熔剂	14
第三章 高炉用燃料	16
第一节 高炉冶炼对焦炭质量的要求	16
第二节 炼焦生产工艺过程	17
第四章 铁矿粉造块	22
第一节 铁矿粉烧结生产	22
第二节 球团矿生产	36
第五章 高炉冶炼原理	44
第一节 炉料在炉内的物理化学变化	44
第二节 还原过程和生铁的形成	45
第三节 高炉炉渣与脱硫	49
第四节 高炉风口区碳素的燃烧	51
第五节 炉料和煤气的运动	53
第六节 高炉强化冶炼与节能	55
第六章 炼铁车间构筑物与设备	61
第一节 高炉本体	61
第二节 原料供应系统	68
第三节 渣铁处理系统	69
第四节 送风系统	71
第五节 高炉喷吹系统	75
第六节 煤气处理系统	78
第七章 高炉操作	82
第一节 高炉炉况的综合判断和调剂	82
第二节 高炉操作计算机控制	85

第三节	炉前与热风炉操作	87
第八章	炼铁技术的进步与发展	89
第一节	炼铁新技术	89
第二节	非高炉炼铁	94

第二篇 炼 钢 生 产

第九章	炼钢概述	97
第一节	炼钢基本任务	97
第二节	炼钢生产主要技术经济指标	98
第十章	炼钢的基本原理	101
第一节	炼钢熔渣	101
第二节	铁、硅、锰的氧化	103
第三节	碳的氧化	104
第四节	去磷	106
第五节	去硫	107
第六节	脱氧	108
第七节	钢中的气体	110
第八节	钢中的非金属夹杂物	112
第十一章	炼钢原料	115
第一节	金属料	115
第二节	非金属料	116
第十二章	氧气顶吹转炉炼钢工艺	119
第一节	氧气顶吹转炉炼钢工艺	119
第二节	氧气顶吹转炉炼钢的特点	127
第三节	其他氧气转炉炼钢方法简介	128
第十三章	碱性电弧炉炼钢法	133
第一节	碱性电弧炉炼钢法的特点	133
第二节	电弧炉的主要设备	133
第三节	碱性电弧炉冶炼工艺	139
第十四章	其他电冶金法	145
第一节	感应电炉炼钢	145
第二节	真空感应炉炼钢法	146
第三节	电渣重熔法	147
第四节	等离子弧炉熔炼法	148
第十五章	炉外精炼	150
第一节	真空脱气法	150
第二节	钢包精炼法	151
第三节	氩氧炼钢法(AOD法)	155
第十六章	钢锭模铸锭(模铸)	157

第一节	几种模铸法及特点简介	157
第二节	模铸法的主要设备	158
第三节	模铸法浇注工艺	160
第四节	钢锭结构	162
第五节	钢锭常见缺陷	164
第十七章	连续铸钢	167
第一节	连铸法的优点	167
第二节	连铸机的类型	168
第三节	弧形连铸机的结构和工艺参数	168
第四节	弧形连铸工艺	173
第五节	水平连续铸钢简介	174
第六节	连铸钢坯的结构与缺陷	175
第七节	连铸技术的发展趋势	178
第十八章	炼钢主要新工艺新技术	180
第一节	炼钢工艺方面新工艺新技术	180
第二节	浇注工艺方面新工艺新技术	186

第三篇 轧 钢 生 产

第十九章	轧钢概述	189
第一节	我国轧钢生产的现状与发展	189
第二节	轧制产品的种类、规格	189
第三节	轧钢生产的主要技术经济指标	190
第二十章	轧制原理	198
第一节	基本概念	198
第二节	金属塑性变形的力学条件	199
第三节	金属塑性变形的体积不变定律和最小阻力定律	200
第四节	金属塑性变形程度的表示方法	201
第五节	实现轧制的条件	202
第六节	建立连轧的基本原则	205
第二十一章	初轧及中厚板生产	207
第一节	初轧生产	207
第二节	中厚板生产	216
第二十二章	热轧薄板	223
第一节	产品及技术要求	223
第二节	热轧带钢生产方法及特点	224
第三节	热连轧带钢生产工艺过程	227
第二十三章	冷轧钢板生产	235
第一节	冷轧概述	235
第二节	冷轧生产工艺过程	237

第三节	产品的包装和标志·····	241
第二十四章	型钢、线材 ·····	244
第一节	概述·····	244
第二节	加热炉·····	247
第三节	型钢轧制·····	248
第四节	切断和冷却·····	250
第五节	精整设备和操作·····	251
第六节	线材生产·····	252
第二十五章	钢管生产 ·····	255
第一节	概述·····	255
第二节	自动轧管机组生产无缝钢管·····	255
第三节	钢管生产工艺流程·····	255
第四节	无缝钢管生产的其他方法·····	259
第五节	冷轧和冷拔钢管生产·····	262
第六节	焊接钢管生产·····	266
第七节	国内外钢管生产状况及发展·····	268
第二十六章	其他品种钢材的生产 ·····	270
第一节	整轧车轮与轮箍生产·····	270
第二节	拉拔·····	273
第三节	挤压·····	274
第四节	锻造·····	274
第五节	冲压·····	275
参考文献	·····	276

绪 论

一、钢铁工业在国民经济中的地位和作用

钢铁工业是国民经济的基础工业,钢铁产品在各类原材料中用途最广泛。当今世界的文化和经济的发展与钢铁生产有着非常密切的关系,它对国家工业化和国防现代化具有举足轻重的作用。

钢铁工业对国民经济的发展之所以意义重大,其主要原因是钢铁材料具有很好的物理性能和化学性能。铁硬而脆,其应用受到一定限制,但将铁炼成钢,其用途就非常广泛了。钢除有高的强度和韧性外,还能获得特殊的性能,如不锈、耐酸、抗磁、耐高温等。钢铁均可以铸造,还具有良好的机械加工性能,可以满足现代机械设备制造的各种要求。此外,在地壳的组成中,铁约占4.2%,仅次于氧、硅和铝而居第四位,同时含铁矿物比较集中,开采和加工也较容易,所以和其他金属相比,铁的制取产量大,成本也较低。总之,钢铁作为基础材料,迄今还没有任何材料可以取而代之。

二、世界钢铁生产的发展状况及我国钢铁生产概况

纵观世界发达国家的工业化过程,在国民经济发展的初期和中期阶段,都把钢铁工业增长的速度置于国民生产总值增长速度之上,把钢铁工业作为带动整个经济发展的战略产业。20世纪产业革命以后,世界钢产量迅速增长,钢铁企业日益扩大,优质钢及合金钢比例增大,钢产量成为反映一个国家综合国力的标志。1945~1970年,世界钢铁工业仍处于高速发展阶段,平均每年增长率为6.3%。

1970年以后,世界钢产量增长缓慢,停滞不前。1987~1996年出现了十年徘徊,世界粗钢产量在7.5亿t左右波动,产生这一现实的背景是:(1)工业发达国家钢铁产量已达到社会所需的饱和值,日本人均钢材消耗量已达680kg/a,美国已达660kg/a;(2)两次石油危机造成能源短缺,钢铁工业必须再降低能耗才能盈利,这促使钢铁生产流程、工艺进一步革新,传统全流程钢铁企业处于萎缩状态;(3)20世纪90年代世界格局发生变化,冷战时期军备竞赛告一段落,出现“和平与发展”的新阶段,高新技术发展要求钢铁工业从“产量型”向“质量型”转化;(4)有色金属及合金、陶瓷材料、塑料、复合材料的发展一定程度上取代了钢材。

我国的钢产量2001年已经超过了1.52亿t,2002年年产量为1.82亿t,2003年年产量为2.2亿t。但是我国的钢铁人均占有量仅为世界人均占有量的1/3,发达国家的1/10,而且质量、品种都不占优势。某些品种需靠进口来满足市场的需求。目前,钢铁生产已由过去的重产量、抓速度,转到重质量、抓品种、节能降耗、提高经济效益的发展轨道上来,我国的钢铁工业正稳步健康地向前发展。

三、钢铁工业发展展望

当今,高新技术进入产业,引发了新的产业革命,出现了一系列令人瞩目的新动向。21世纪钢铁工业发展的趋势是:

1) 钢铁工业发展的高效化、连续化、自动化。要求采用新流程、新技术、新装备代替传统的全流程生产方式,以获得优质产品、高效率、高生产率。

2) 发展高新技术所需的新材料。新材料是高新技术的基础,优质合金钢及超级合金在新材料中占相当比重。通过改进钢的冶炼工艺、冶金质量、合金化、微合金化及凝固控制,进一步改善钢的性能。

3) 节约资源、能源、降低制造成本、投资成本及劳动成本,以增加钢铁生产在市场经济中的竞争力。同时,还要满足对钢材性能及质量上不断提高的要求。

4) 连铸技术的发展和扩大应用显著地提高了钢材生产效率、质量和效益。高效连铸及终形连铸对现代高效炼钢与高速连轧起衔接作用,使工业流程更紧凑、速度趋向临界值,实现产品专业化、系列化、优化和高附加值。

5) 发展近终成形金属毛坯制备新技术。近终成形是将金属合成、精炼、凝固、成形集中于一道工序,是物性转变最佳短流程,能有效控制污染,使金属性能显著提高。其特点是,一次成形,不再进行热加工,大量减少切削加工,达到提高金属利用率、节约工时、缩短生产周期的效果。

6) 以电子学为基础的自动控制及信息网络渗入冶金领域,推动钢铁工业的重大革新。21世纪是智能和信息的时代,钢铁企业将实现计算机集成系统管理及流程的人工智能控制。

展望未来,我们正在从钢铁大国走向钢铁强国,我国的钢铁工业必将在新世纪写出更加辉煌的篇章。

第一篇 炼铁生产

第一章 炼铁概述

第一节 我国炼铁工业发展简史

我国是世界上用铁最早的国家之一。

我国古代冶炼技术有过辉煌的历史。早在 2500 年前的春秋、战国时期,就已生产和使用铁器,逐步由青铜时代过渡到铁器时代。公元前 513 年,赵国铸的“刑鼎”就是我国掌握冶炼液态铁和铸造技术的见证。而欧洲各国推迟到 14 世纪才炼出液态生铁。

冶炼技术在我国的发展,表现了我国古代劳动人民的伟大创造力,有力地促进了我国封建社会的经济繁荣。欧洲的冶炼技术也是从中国输入的。但是,到了 18 世纪,特别是腐朽的清王朝,冶铁业和其他行业一样发展非常缓慢。与此同时,欧洲爆发了工业革命。19 世纪英国和俄国首先把高炉鼓风动力改为蒸汽机,使冶铁炉的规模不断扩大。不久英国又用高炉煤气把鼓风预热,逐渐产生了现代高炉的雏形。当高炉生产向着大型化、机械化、电气化方向发展,冶炼技术不断完善的时候,中国却正处在落后的封建统治时代,发展迟缓,一直到 19 世纪末,不得不转而从欧洲输入近代炼铁技术。

1891 年,清末洋务派首领张之洞首次在汉阳建造了两座日产 100t 生铁的高炉,迈出了我国近代炼铁的第一步。之后,先后在鞍山、本溪、石景山、太原、马鞍山、唐山等地修建了高炉。1943 年是我国解放前钢铁产量最高的一年(包括东三省在内),生铁产量 180 万 t,钢产量 90 万 t,居世界第十六位。后来由于战争的破坏,到了 1949 年,生铁年产量仅为 25 万 t,钢年产量 16 万 t。

新中国成立后,我国于 1953 年生铁产量就达到了 190 万 t,当时超过了历史最高水平。1957 年生铁产量达到了 597 万 t,高炉利用系数达到了 1.321,我国在这一指标上跨入世界先进行列(美国当时高炉利用系数为 1.0)。1958 年生铁产量为 1364 万 t,1978 年突破了 3000 万 t,1988 年达到了 6000 万 t,1993 年生铁产量为 8000 万 t,跃居世界第二位,1995 年生铁产量为 1 亿 t,居世界第一位。1998 年生铁产量为 1.2 亿 t。2000 年生铁产量 1.3 亿 t。

第二节 高炉生产工艺过程及产品

用于炼钢和机械制造等行业的生铁绝大多数是由高炉生产出来的。高炉冶炼的任务是把铁矿石冶炼成合格生铁。要求以最小的投入,获得最大的产出,即做到优质、高产、低耗、

长寿。

一、高炉生产工艺过程

高炉生产工艺过程由一个高炉本体和五个辅助设备系统完成。高炉本体和辅助设备系统如图 1-1 所示。

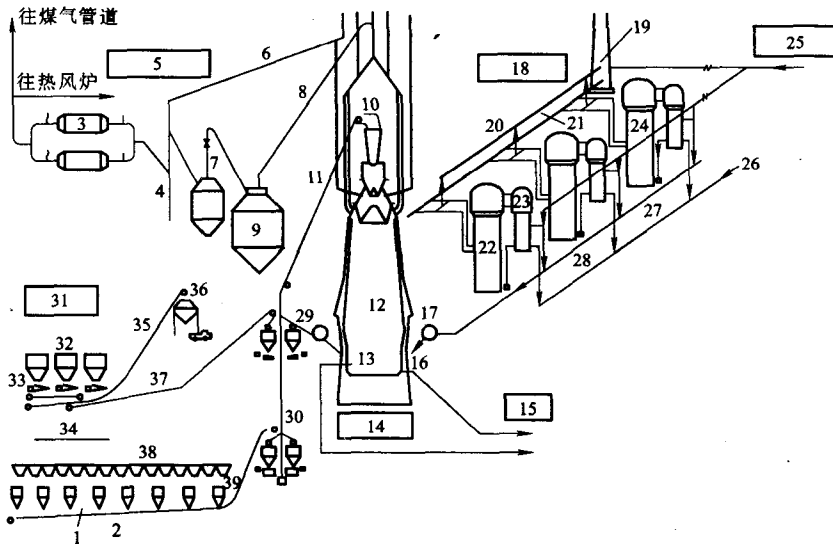


图 1-1 高炉本体和辅助设备系统

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

1. 高炉本体

高炉本体包括炉基、炉壳、炉衬、冷却设备、炉顶装料设备等。高炉的内部空间叫炉型，从上到下分为五段，即炉喉、炉身、炉腰、炉腹、炉缸。整个冶炼过程是在高炉内完成的。

2. 上料系统

上料系统包括储矿槽、槽下漏斗、槽下筛分、称量和运料设备，料车斜桥向炉顶供料设备。其任务是将高炉所需原燃料通过上料设备装入高炉内。

3. 送风系统

送风系统包括鼓风机、热风炉、冷风管道、热风管道、热风围管等。其任务是将风机送来的冷风经热风炉预热以后送进高炉。

4. 煤气净化系统

煤气净化系统包括煤气导出管、上升管、下降管、重力除尘器、洗涤塔、文氏管、脱水器及高压阀组等，也有的高炉用布袋除尘器进行干法除尘。其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。

5. 渣铁处理系统

渣铁处理系统包括出铁场、炉前设备、渣铁运输设备、水力冲渣设备等。其任务是将炉内放出的渣、铁,按要求进行处理。

6. 喷吹燃料系统

喷吹燃料系统包括喷吹物的制备、运输和喷入设备等。其任务是将按一定要求准备好的燃料喷入炉内。

高炉冶炼过程是一系列复杂的物理化学过程的总和。有炉料的挥发与分解,铁氧化物和其他物质的还原,生铁与炉渣的形成,燃料燃烧,热交换和炉料与煤气运动等。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的。基本过程是燃料在炉缸风口前燃烧形成高温还原煤气,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,从渣铁口排出炉外。

二、高炉冶炼产品

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(瓦斯灰)。

1. 生铁

生铁组成以铁为主,此外含碳质量分数为 2.5%~4.5%,并有少量的硅、锰、磷、硫等元素。生铁质硬而脆,缺乏韧性,不能延压成型,机械加工性能及焊接性能不好,但含硅高的生铁(灰口铁)的铸造及切削性能良好。

生铁按用途又可分为普通生铁和合金生铁,前者包括炼钢生铁和铸造生铁,后者主要是锰铁和硅铁。合金生铁作为炼钢的辅助材料,如脱氧剂、合金元素添加剂。普通生铁占高炉冶炼产品的 98% 以上,而炼钢生铁又占我国目前普通生铁的 80% 以上,随着工业化水平的提高,这个比例还将继续提高。

我国现行生铁标准如表 1-1、表 1-2 所示。

表 1-1 炼钢生铁国家标准(GB 717—82)

铁 种		炼 钢 用 生 铁			
铁 号	牌 号	炼 04	炼 08	炼 10	
	代 号	L04	L08	L10	
化 学 成 分	硅	≤0.45	>0.45~0.85	>0.85~1.25	
	硫	特 类	≤0.02		
		一 类	0.02~0.03		
		二 类	0.03~0.05		
	锰	三 类	0.05~0.07		
一 组		≤0.03			
二 组		>0.03~0.05			
磷	三 组	>0.05			
	一 级	≤0.15			
	二 级	>0.15~0.25			
	三 级	>0.25~0.4			

表 1-2 铸造生铁国家标准(GB 718—82)

铁 种		铸 造 用 生 铁						
铁 号	牌 号	铸 34	铸 30	铸 26	铸 22	铸 18	铸 14	
	代 号	Z34	Z30	Z26	Z22	Z18	Z14	
化 学 成 分	碳	>3.3						
	硅	>3.20~3.60	>2.80~3.20	>2.40~2.80	>2.00~2.40	>1.60~2.00	1.25~1.60	
	硫	一 类	≤0.03					≤0.04
		二 类	≤0.04					≤0.05
		三 类	≤0.05					≤0.06
	锰	一 组	≤0.50					
二 组		>0.50~0.90						
三 组		>0.90~1.20						
磷	一 级	≤0.06						
	二 级	>0.06~0.10						
	三 级	>0.10~0.20						
	四 级	>0.20~0.40						
	五 级	>0.40~0.90						

2. 炉渣

炉渣是高炉冶炼的副产品。矿石的脉石和熔剂、燃料灰分等熔化后组成炉渣,其主要成分为 CaO、MgO、SiO₂、Al₂O₃ 及少量的 MnO、FeO、S 等。炉渣有许多用途,常用做水泥原料及隔热、建材、铺路等材料。每吨生铁的炉渣量由过去的 700~1000kg,降低至 150~300kg。

3. 煤气

高炉煤气的化学成分为 CO、CO₂、H₂、N₂ 及少量的 CH₄。由于煤气中含有可燃成分 CO、H₂ 和 CH₄,经除尘脱水后作为燃料,其发热值约 (800~900) × 4.18168kJ/m³ 随着高炉能量利用的改善而降低,每吨铁可产煤气 2000~3000m³

高炉煤气是无色、无味的气体,有毒易爆炸。应加强煤气的管理。

4. 炉尘

炉尘是随高炉煤气逸出的细粒炉料,经除尘处理与煤气分离。炉尘含铁、碳、CaO 等有用物质,可作为烧结的原料,每吨铁产炉尘为 10~100kg,炉尘随着原料条件的改善而减少。

第三节 高炉生产主要技术经济指标

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各项。

1. 高炉有效容积利用系数(η_v)

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

式中 η_v——每立方米高炉有效容积在一昼夜内生产铁的吨数;

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

2. 焦比(K)和燃料比(K_f)

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

式中 K ——一吨生铁消耗的焦炭量;
 Q ——高炉一昼夜消耗的干焦量。

$$K_f = \frac{Q_f}{P}$$

式中 K_f ——冶炼一吨生铁消耗的焦炭和喷吹燃料的数量之和;
 Q_f ——高炉一昼夜消耗的干焦量和喷吹燃料之和。

如果只计算某种喷吹燃料的消耗,则分别表示煤比(M ——每吨生铁消耗的煤粉量)、油比(Y ——每吨生铁消耗的重油量)等。

焦比和燃料比是衡量高炉物资消耗,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 $450kg/t$,燃料比小于 $550kg/t$ 。国外先进高炉焦比已小于 $400kg/t$,燃料比约 $450kg/t$ 。将燃料也折合成焦炭计算出的总焦炭量为综合焦比。

3. 冶炼强度(I)

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

式中 I ——每昼夜每立方米高炉有效容积燃烧的焦炭量。

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总量,称为综合冶炼强度($I_{综}$),即:

$$I_{综} = \frac{Q_f}{V_u}$$

计算冶炼强度要扣除休风时间。冶炼强度是表示高炉生产强化程度的指标,它取决于高炉所能接受的风量,鼓入高炉的风量越多,冶炼强度越高。

利用系数、焦比和冶炼强度之间的关系(当休风时间为零、不喷吹燃料时)为:

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

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程度的提高。

4. 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,即:

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

生铁合格率是评价高炉产品质量好坏的重要指标,我国一些企业高炉生铁合格率已达100%。

5. 休风率

休风率是指休风时间占规定作业时间(日历时间扣除计划检修时间)的百分数,即:

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

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. 生铁成本

生铁成本是指冶炼一吨生铁所需的费用,包括原料、燃料、动力、工资、车间经费等。成本受价格因素的影响较大,一般原燃料成本费占80%左右;其余20%左右为冶炼成本费,其中动力、工资、折旧、运输费约占18%,车间经费约占2%,副产品回收费应从成本中扣除,目前大型高炉此项回收费占成本的8%~9%。降低消耗,尤其是降低焦炭消耗是降低成本的重要内容。

7. 炉龄

高炉从开炉到停炉大修之间的时间,为一代高炉的炉龄。延长炉龄是高炉工作者的重要课题,大高炉炉龄要求达到10年以上,国外大型高炉炉龄最长已达20年。

复习思考题

1. 简述我国炼铁发展简史。
2. 简述高炉炼铁生产工艺流程。
3. 高炉冶炼的主要产品和副产品有哪些?
4. 高炉生产主要技术经济指标有哪些?

第二章 铁矿石和熔剂

第一节 铁矿石及其分类

一、矿物、矿石和岩石

地壳中的化学元素经过各种地质作用,形成的天然元素和天然化合物称为矿物。它具有较均一的化学成分和内部结晶构造,具有一定的物理性质和化学性质。

矿石和岩石均由矿物所组成,是矿物的集合体。但是,矿石是在目前的技术条件下能经济合理地从中提取金属、金属化合物或有用矿物的物质。因此矿石和岩石的概念是相对的。

矿石又由有用矿物和脉石矿物所组成。能够被利用的矿物为有用矿物,目前尚不能利用的矿物为脉石矿物。

二、铁矿石的分类及主要特性

在自然界中,金属状态的铁是极少见的,一般都和其他元素结合成化合物。现在已知道的含铁矿物有 300 多种,但在目前的工艺条件及技术水平下能够用作炼铁原料的只有 20 多种。根据含铁矿物的主要性质,按其矿物组成,通常将铁矿石分为磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿、菱铁矿四种类型。

1. 磁铁矿

磁铁矿化学式为 Fe_3O_4 ,结构致密,晶粒细小,黑色条痕。具有强磁性,含 S、P 较高,还原性差。

2. 赤铁矿

赤铁矿化学式为 Fe_2O_3 ,条痕为樱红色,具有弱磁性。含 S、P 较低,易破碎、易还原。

3. 褐铁矿

褐铁矿是含结晶水的氧化铁,呈褐色条痕,还原性好,化学式为 $n\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ ($n = 1 \sim 3, m = 1 \sim 4$)。褐铁矿中绝大部分含铁矿物是以 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 的形式存在的。

4. 菱铁矿

菱铁矿化学式为 FeCO_3 ,颜色为灰色带黄褐色。菱铁矿经过焙烧,分解出 CO_2 气体,含铁量即提高,矿石也变得疏松多孔,易破碎,还原性好。其含 S 低,含 P 较高。

各种铁矿石的分类及其主要特性列于表 2-1。

表 2-1 铁矿石的分类及其特性

矿石名称	化学式	理论含铁量 (质量分数) /%	矿石密度 / $\text{t} \cdot \text{m}^{-3}$	颜色	冶炼性能		
					实际含铁量 (质量分数) /%	有害杂质	强度及还原性
磁铁矿	磁性氧化铁 Fe_3O_4	72.4	5.2	黑色	45~70	S、P 高	坚硬、致密、难还原
赤铁矿	赤铁矿 Fe_2O_3	70.0	4.9~5.3	红色	55~60	S、P 低	软、较易破碎、易还原