



劳动和社会保障部培训就业司推荐
冶金行业职业教育培训规划教材

高炉热风炉 操作技术

GAOLU REFENGLU CAOZUO JISHU

胡 先 主编

冶金工业出版社

劳动和社会保障部培训就业司推荐
冶金行业职业教育培训规划教材

高炉热风炉操作技术

胡 先 主编
朱嘉禾 主审

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2006

内 容 提 要

本书为冶金行业职业技能培训教材,是参照冶金行业职业技能标准和职业技能鉴定规范,根据冶金企业的生产实际和岗位群的技能要求编写的,并经劳动和社会保障部职业培训教材工作委员会办公室组织专家评审通过。

书中内容主要包括高炉生产概述、热风炉用耐火材料、热风炉系统的主要设备、热风炉的燃料及燃烧计算、热风炉的操作、热风炉事故处理及设备维护等。书中内容紧密结合生产操作实际,既考虑了工艺知识的系统性,又考虑了工人技能知识的需要和提高,有很强的针对性。

本书也可作为职业技术学院相关专业的教材,或工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

高炉热风炉操作技术/胡先主编. —北京:冶金工业出版社,2006.10

冶金行业职业教育培训规划教材

ISBN 7-5024-4070-4

I. 高… II. 胡… III. 高炉—热风炉—炉前操作
(冶金炉)—技术培训—教材 IV. TF54

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 083110 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 王耀忠

责任校对 卿文春 李文彦 责任印制 丁小晶

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

2006 年 10 月第 1 版,2006 年 10 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 9.25 印张; 237 千字; 135 页; 1—3000 册

25.00 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)

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	作 者	定价(元)
中国冶金百科全书·钢铁冶金	编委会 编	187.00
钢铁冶金原理(第3版)(本科教材)	黄希祜 编	40.00
现代冶金学-钢铁冶金卷(本科教材)	朱苗勇 主编	40.00
冶金物理化学研究方法(第3版)(本科教材)	王常珍 主编	48.00
冶金物理化学(本科教材)	张家芸 主编	39.00
冶金工程实验技术(本科教材)	陈伟庆 主编	39.00
合金相与相变(第2版)(本科教材)	肖纪美 主编	37.00
金属学原理(本科教材)	余永宁 编	57.00
金属学原理习题解答(本科教材)	余永宁 编著	19.00
炼钢工艺学(本科教材)	高泽平 编	39.00
炉外精炼(高职高专规划教材)	高泽平 等编	30.00
烧结矿与球团矿生产(高职高专规划教材)	王悦祥 主编	29.00
冶金过程检测与控制(职业技术学院教材)	郭爱民 主编	20.00
炼钢原理及工艺(职业技术学院教材)	刘根来 主编	40.00
炼铁原理与工艺(职业技术学院教材)	王明海 主编	38.00
转炉炼钢实训(职业技术学院教材)	冯 捷 主编	35.00
连续铸钢实训(职业技术学院教材)	冯 捷 主编	28.00
冶炼基础知识(职业技术学院教材)	马 青 主编	36.00
冶金通用机械与冶炼设备(职业技术学院教材)	王庆春 主编	45.00
现代材料表面技术科学	戴达煌 等著	99.00
冶金建设工程技术	李慧民 主编	28.00
相图原理与冶金相图	陈国发 等编	20.00
电子枪与离子束技术	张以忱 编著	29.00
现代流体力学的冶金应用(英文)	李宝宽 著	25.00
烧结生产技能知识问答	薛俊虎 主编	48.00
烧结生产管理	孙文东 主编	25.00
燃料及燃烧(第2版)	韩昭沧 主编	29.50
炼铁计算	那树人 著	38.00
氧气顶吹转炉炼钢工艺与设备(第2版)	王雅贞 等编	29.80
近终形连铸技术	张小平 等编	16.00
高炉生产知识问答(第2版)	王筱留 修订	35.00
高炉炼铁理论与操作	宋建成 编者	35.00
高炉布料规律(第3版)	刘云彩 编著	30.00

冶金行业职业教育培训规划教材

编辑委员会

主 任 王子林 中国钢协人力资源与劳动保障工作委员会教育培训研究会
主任委员;唐山钢铁公司 副总经理

曹胜利 冶金工业出版社 社长

副主任 董兆伟 河北工业职业技术学院 院长

鲁启峰 中国钢协人力资源与劳动保障工作委员会教育培训研究会
副主任委员;中国钢协职业培训中心 副主任

顾 问 北京科技大学 曲 英 王筱留 袁 康 施东成
委 员

首钢总公司	舒友珍	何智广	宝山钢铁公司	杨敏宏
太原钢铁公司	贾宝林	孟永钢	武汉钢铁公司	孙志桥
马鞍山钢铁公司	王茂龙	陈 宣	本溪钢铁公司	张春雨
唐山钢铁公司	宋润平	冯柄晓	江苏沙钢公司	黄国刚
济南钢铁公司	陈启祥	赵树俭	天津天铁公司	王金铭
南京钢铁联合公司	陈龙宝	朱朝全	钢协培训中心	宋 凯
承德钢铁公司	魏洪如	高 影	济源钢铁公司	靳沁萍
石家庄钢铁公司	侯 敏	冷学中	滦河集团公司	王爱民
首钢迁安钢铁公司	王宝军	王 蕾	河北冶金研究院	彭万树
邯郸钢铁公司	张晓力	李 阳	河北冶金设计院	周建宏
宣化钢铁公司	张聪山	李豪杰	港陆钢铁公司	赵福桐
淮阴钢铁公司	刘 瑾	王灿秀	邯钢衡水薄板厂	魏虎平
邢台钢铁公司	张力达	孙汉勇	半壁店钢铁公司	刘春梅
纵横钢铁公司	王建民	阚永梅	鹿泉钢铁公司	杜会武
河北工业职业技术学院	袁建路	李文兴	河北立国集团	郭志敏
山西工程职业技术学院	王明海	史学红		
冶金工业出版社	宋 良	(010-64027900, 3ba@cnmip.com.cn)		

序

吴溪淳

改革开放以来,我国经济和社会发展取得了辉煌成就,冶金工业实现了持续、快速、健康发展,钢产量已连续数年位居世界首位。这其间凝结着冶金行业广大职工的智慧 and 心血,包含着千千万万产业工人的汗水和辛劳。实践证明,人才是兴国之本、富民之基和发展之源,是科技创新、经济发展和社会进步的探索者、实践者和推动者。冶金行业中的高技能人才是推动技术创新、实现科技成果转化不可缺少的重要力量,其数量能否迅速增长、素质能否不断提高,关系到冶金行业核心竞争力的强弱。同时,冶金行业作为国家基础产业,拥有数百万从业人员,其综合素质关系到我国产业工人队伍整体素质,关系到工人阶级自身先进性在新的历史条件下的巩固和发展,直接关系到我国综合国力能否不断增强。

强化职业技能培训工作,提高企业核心竞争力,是国民经济可持续发展的重要保障,党中央和国务院给予了高度重视。在2003年的全国人事工作会议上,中央再一次明确了人才立国的发展战略,同时国家已开始着手进行终身学习法的制定调研工作。结合《职业教育法》的颁布实施,职业教育工作将出现长期稳定发展的新局面。

为了搞好冶金行业职工的技能培训工作,河北工业职业技术学院同冶金工业出版社和中国钢协职业培训中心密切协作,联合有关的冶金企业和职业技术学院,编写了这套冶金行业职业教育培训规划教材,并经劳动和社会保障部职业培训教材工作委员会办公室组织专家评审通过,给予推荐。河北工业职业技术学院的各级领导和教师在时间紧、任务重的情况下,克服困难,辛勤工作,在有关单位的工程技术人员和教师的积极参与和大力支持下,出色地完成了前期工作,为冶金行业的职业技能培训工作的顺利进行,打下了坚实的基础。相信本套教材的出版,将为企业生产一线人员的理论水平、操作水平和管理水平的进一步提高,企业核心竞争力的不断增强,起到积极的推进作用。

随着近年来冶金行业的高速发展,职业技能培训工作也取得了巨大的成绩,

大多数企业建立了完善的职工教育培训体系,职工素质不断提高,为我国冶金行业的发展提供了强大的人力资源支持。我个人认为,今后的培训工作重点,应注意继续加强职业技能培训工作者的队伍建设,继续丰富教材品种,加强对高技能人才的培养,进一步加强岗前培训,加强企业间、国际间的合作,开辟新的局面。

展望未来,任重而道远。希望各冶金企业与相关院校、出版部门进一步开拓思路,加强合作,全面提升从业人员的素质,要在冶金企业的职工队伍中培养一批刻苦学习、岗位成才的带头人,培养一批推动技术创新、实现科技成果转化的带头人,培养一批提高生产效率、提升产品质量的带头人;不断创新,不断发展,力争使我国冶金行业职业技能培训工作跨上一个新台阶,为冶金行业持续、稳定、健康发展,做出新的贡献!

前 言

本书是按照劳动和社会保障部的规划,受中国钢铁工业协会和冶金工业出版社的委托,在编委会的组织安排下,参照冶金行业职业技能标准和职业技能鉴定规范,根据冶金企业的生产实际和岗位群的技能要求编写的。书稿经劳动和社会保障部职业培训教材工作委员会办公室组织专家评审通过,由劳动和社会保障部培训就业司推荐作为冶金行业职业技能培训教材。

书中内容主要包括高炉生产概述、热风炉用耐火材料、热风炉系统的主要设备、热风炉的燃料及燃烧计算、热风炉的操作、热风炉事故处理及设备维护等。书中内容紧密结合生产操作实际,既考虑了工艺知识的系统性,又考虑了工人技能知识的需要和提高,有很强的针对性。

本书由首钢工学院朱嘉禾教授主审,首钢高级技工学校胡先主编,其中第1章、第2章、第4章和第5章由胡先编写,第3章、第6章由首钢高级技工学校杨彦娟编写,附录由胡先和杨彦娟编写。

在编写工作中参阅了有关炼铁方面的著作、杂志以及有关人员提供的资料与经验总结,在此向有关作者和出版单位致谢。同时,在编写过程中,得到王雅贞老师的支持和帮助,在此表示感谢。

本书对冶金类高职高专师生、现场从事炼铁工作的技术人员,亦有一定的参考价值。

由于编者水平和知识面所限,书中不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者
2006年5月

目 录

1 高炉生产概述	1
1.1 高炉炼铁的工艺流程	1
1.1.1 高炉工艺流程	1
1.1.2 高炉本体	1
1.1.3 高炉的附属系统	3
1.2 高炉冶炼的基本过程	5
1.2.1 高炉炼铁生产过程	5
1.2.2 高炉冶炼的主要反应	6
1.3 高炉冶炼的产品	8
1.3.1 生铁	8
1.3.2 炉渣	9
1.3.3 高炉煤气	9
1.3.4 炉尘	9
1.4 高炉生产的主要技术经济指标	9
1.4.1 高炉有效容积利用系数	9
1.4.2 焦比	9
1.4.3 冶炼强度	10
1.4.4 焦炭负荷	10
1.4.5 休风率	10
1.4.6 生铁合格率	10
1.4.7 生铁成本	11
1.5 高炉炼铁技术发展趋势	11
1.6 热风炉操作的基础知识	12
1.6.1 物理化学知识	12
1.6.2 热工基础知识	15
1.6.3 机电知识	17
1.6.4 液压传动知识	19
1.7 热风炉的发展	22
复习思考题	23
2 热风炉用耐火材料	25
2.1 耐火材料的性能及分类	25
2.1.1 耐火材料的性能	25
2.1.2 耐火材料的分类	27

2.2 热风炉用耐火材料	28
2.2.1 热风炉用耐火材料的要求及种类	28
2.2.2 热风炉耐火材料的选择	30
复习思考题	34
3 热风炉系统的主要设备	35
3.1 高炉用鼓风机	35
3.1.1 高炉对鼓风机的要求	35
3.1.2 高炉鼓风机的种类	36
3.1.3 高炉鼓风机的选择	42
3.1.4 提高鼓风机出力的途径	42
3.2 热风炉	43
3.2.1 热风炉的主要类型及其基本工作原理	43
3.2.2 热风炉的炉体结构	49
3.2.3 热风炉的附属设备	53
3.2.4 燃烧系统设备	62
复习思考题	64
4 热风炉的燃料及燃烧计算	66
4.1 热风炉用煤气的种类及成分	66
4.1.1 燃料的种类	66
4.1.2 热风炉用煤气的成分	66
4.1.3 热风炉对燃料的品质要求	67
4.2 煤气发热值与燃烧的有关计算	68
4.2.1 基本概念	68
4.2.2 干、湿煤气成分换算	69
4.2.3 煤气燃烧的有关计算	70
复习思考题	74
5 热风炉的操作	75
5.1 热风炉的操作方式	75
5.2 送风制度和燃烧制度	75
5.2.1 送风制度	75
5.2.2 燃烧制度	77
5.3 热风炉操作	81
5.3.1 热风炉换炉操作	82
5.3.2 热风炉倒流休风、停气、停风、紧急停风等操作	84
5.3.3 热风炉烘炉与凉炉操作	87
5.4 提高热风温度的途径	96

5.4.1 高风温对冶炼的影响	96
5.4.2 影响风温的因素	98
5.4.3 提高风温的措施	99
复习思考题	103
6 热风炉事故处理及设备维护	104
6.1 热风炉主要阀门故障	104
6.1.1 换炉过程中阀门开关失灵的处理	104
6.1.2 烟道阀故障	104
6.1.3 热风阀故障	104
6.1.4 煤气切断阀漏气	106
6.1.5 煤气闸板阀、煤气调节阀故障	106
6.1.6 倒流管故障	106
6.2 高炉憋风、断风事故及处理	106
6.2.1 高炉憋风的处理	106
6.2.2 断风事故与处理	107
6.3 煤气事故的预防与处理	107
6.3.1 煤气中毒	107
6.3.2 煤气爆炸	109
6.3.3 煤气着火事故	110
6.3.4 煤气事故案例	111
复习思考题	113
附录	114
附录 1 热风炉工自测试题	114
附录 2 常用数据	129
参考文献	135

1 高炉生产概述

炼铁生产的方法有两种：一种是高炉炼铁法，另一种是非高炉炼铁法。高炉炼铁工艺比较成熟，具有生产设备大型化、生产效率高、能源利用率高、使用寿命长等一系列的优势，因此国内外主要采用高炉炼铁法。

1.1 高炉炼铁的工艺流程

1.1.1 高炉工艺流程

在高炉炼铁生产中，“高炉”是工艺流程的主体，从高炉上部装入的含铁矿石（包括烧结矿、球团矿和天然富矿石）、燃料（焦炭）及辅助原料（熔剂、洗炉剂和含钛矿石）等炉料，自上而下运行；从高炉下部风口鼓入预热的空气，燃料燃烧，产生大量的热量和还原性气体自下向上运动；炉料经过加热、还原、熔化、造渣、渗碳、脱硫等一系列物理化学过程，最后生产出液态生铁和炉渣。

高炉炼铁生产的工艺流程如图 1-1 所示。

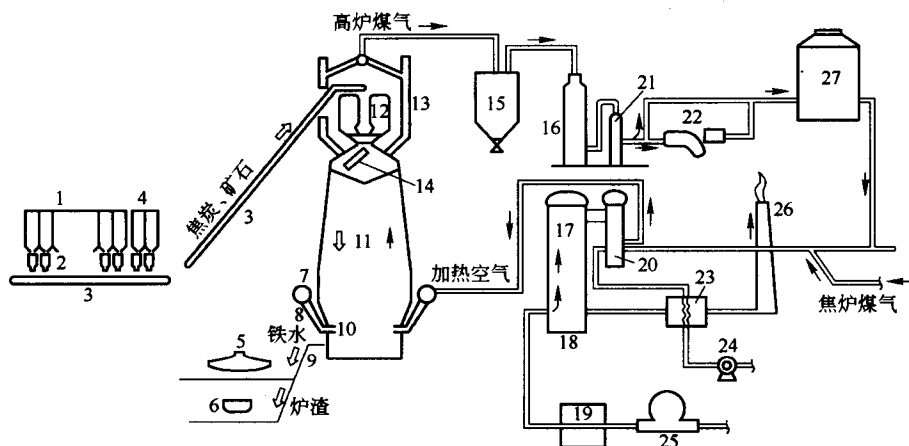


图 1-1 高炉炼铁工艺流程及外围设备示意图

- 1—矿石料仓；2—称量料斗；3—传送带；4—焦炭料仓；5—铁水罐车；6—渣罐车；7—热风围管；
8—热风支管；9—出铁口；10—风口；11—高炉；12—炉顶料罐；13—放散管；14—旋转溜槽；
15—除尘器；16—文氏管洗涤器；17—蓄热室；18—热风炉；19—空气脱湿机；20—燃烧室；
21—气雾分离器；22—炉顶气体压力发电机；23—热风炉燃烧所用空气的预热装置；
24—热风炉燃烧用的鼓风机；25—高炉鼓风机；26—烟囱；27—高炉煤气贮气罐

1.1.2 高炉本体

高炉本体是冶炼生铁的主要设备，它是一个竖式圆筒形冶炼炉，由炉基、炉壳、炉衬、冷却设备和支柱或框架等部分组成。内衬用耐火材料砌筑，砌筑后的高炉内部形成的工作空间形状称

为高炉炉型或高炉内型。

1.1.2.1 炉型

现代高炉炉型由炉缸、炉腹、炉腰、炉身和炉喉等组成。在炉缸部位设有风口、铁口、渣口等设备。中小型高炉一般设两个渣口和一个铁口；大型高炉采用多个铁口出铁，不设渣口。高炉内型结构如图 1-2 所示。

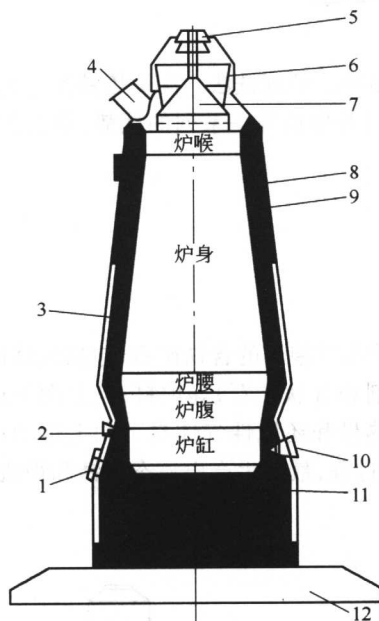


图 1-2 高炉内型结构示意图

- 1—铁口；2—风口；3—冷却器；4—煤气导出管；
5—小料钟；6—大料斗；7—大料钟；
8—炉壳；9—炉衬；10—渣口；
11—炉底；12—炉基

高炉大小用“有效容积”表示。高炉有效容积是炉料在炉内实际占有的体积，由五段容积之和组成。高炉有效容积是指从高炉出铁口中心线水平面到钟式布料大料钟下行位置下缘水平面，或无钟布料的布料溜槽垂直位置底部水平面之间的容积。目前，我国最大的高炉是宝钢 3 号高炉，有效容积为 4350 m³；世界上最大的高炉是德国蒂森公司的高炉，有效容积为 6183 m³。

1.1.2.2 高炉炉壳、炉衬及冷却设备

高炉炉壳由锅炉钢板或低合金高强度钢板焊接而成，其作用是承受荷载，强固炉体，密封炉墙，并固定冷却设备。

炉衬由耐火材料砌筑而成，其作用是构成高炉工作空间，减少高炉热损失，并保护炉壳和其他金属构件免受热应力和化学侵蚀作用。由于高炉炉体各部位内衬的工作条件及炉衬本身的结构不相同，因此，炉衬各部位所砌耐火材料也有区别；应选择具有抵抗破坏能力强，且适应其工作条件的耐火材料砌筑；一般炉身上部砌筑黏土砖，炉身下部用高铝砖，

高炉下部的炉腰、炉腹可用高铝砖或新型耐火材料砌筑，如氮化硅砖、碳化硅砖等，炉缸和炉底部位用碳砖。

高炉炉体的冷却是否合理，对保护砖衬和金属构件、保持合理的炉型有决定性作用，在很大程度上决定着高炉寿命，对高炉技术经济指标也有重要影响。

高炉炉体冷却的作用是：降低炉衬温度，保持砖衬具有一定的强度，维护炉型，延长寿命；形成保护性渣皮，保护炉衬；保护炉壳、支柱等金属结构，免受高温影响；有些冷却设备对部分砖衬还可以起到支撑的作用。

高炉的冷却方式有强制冷却和自然冷却两种。强制冷却具有冷却强度大的优点，而自然冷却具有设备简单的长处，因此，小高炉常用外部喷水自然冷却，大中型高炉采用强制冷却。目前，强制冷却有水冷、风冷和汽化冷却三种。当前风冷主要用于炉底；水冷是高炉最通用的冷却方法；汽化冷却是利用接近沸点的软水吸收冷却设备的热量用于自身的蒸发，通过汽化潜热带走受热部件的热量。汽化冷却主要用于高炉风口的冷却，并且逐渐被软水闭路强制循环所代替。汽化冷却目前还存在热负荷高时汽化循环不稳定，冷却设备易烧坏，损坏后不易检漏，对炉衬侵蚀情况反应不敏感等一些具体问题，因此应用并不广泛。

高炉用的冷却设备有冷却水箱(扁水箱和支梁式水箱)、冷却壁(光面冷却壁和镶砖冷却壁)和冷却板三种。炉底、炉缸一般都用光面冷却壁,用工业水冷却;炉腹、炉腰高热负荷区域用镶砖冷却壁和冷却板,用软水冷却;炉身中下部用支梁式水箱或带凸台的镶砖冷却壁,用软水冷却。

1.1.3 高炉的附属系统

高炉除本体外,还有供料和上料系统、炉顶装料系统、送风系统、煤气净化系统、渣铁处理系统、喷吹系统及动力系统等附属系统。

1.1.3.1 供料和上料系统

供料和上料系统的任务是贮存、混匀、筛分、称量原料和燃料,并运送到炉顶受料漏斗,它包括贮矿场、贮矿槽、贮焦槽、筛分设备、称量设备、运料设备等。

贮矿槽是主要的供料设备,起短期贮料的作用。贮矿槽的容积与数目,根据料种多少、高炉容积大小、强化程度和运输设备可靠性而定。目前,槽下供料有两种方式,即称量车供料和带式运输机供料。

(1) 称量车供料:设备庞大,投资多,维护困难,也不容易实现自动化,因此新建大型高炉均不再使用。

(2) 带式运输机供料:优点是设备简单、投资少、容易实现自动化;但是它只适应于原料品种少和冷烧结矿的高炉。当前高炉大量使用冷烧结矿,所以带式运输机已被广泛应用。

向炉顶上料有料车上料和皮带上料两种方式。我国早期兴建的高炉采用料车上料。当前高炉向大型化发展,容积已达 $3000 \sim 5000 \text{ m}^3$,料车上料已不能满足生产的要求,所以大型高炉向炉顶供料均采用皮带运输机。皮带上料机的优点是上料能力大,上料连续,效率高;设备简单,重量轻,投资少;容易实现自动化。但是只能适用原料品种少和冷矿的高炉。

1.1.3.2 炉顶装料系统

炉顶装料系统的任务是按工艺和冶炼的要求将上料系统运来的炉料均匀地装入炉内。炉顶装料系统分为钟式炉顶和无钟炉顶两种。

(1) 双钟炉顶布料:早期建造的高炉多采用此种布料方式。它包括受料漏斗、旋转布料器、大小钟漏斗、大小钟、大小钟平衡杆和探尺等。若高压操作,还有均压阀和放散阀。双钟炉顶布料不均匀;双钟一阀式和双钟四阀式的体积大,重量也重,且制造、安装、维修困难。

(2) 无钟炉顶:在 20 世纪 70 年代开始应用于大型高炉。其构造是用一个旋转溜槽取代了大小料钟及漏斗,溜槽可以绕高炉中心线旋转,也可以在径向上摆动。溜槽正上方有一个气密齿轮箱,用以控制溜槽旋转与摆动。溜槽上面有两个料仓,轮换装料与卸料,每个料仓的上下各有一个密封阀。当料仓的上密封阀开启,下密封阀关闭时,则处在装料状态,反之则为卸料。

1.1.3.3 送风系统

送风系统的任务是将鼓风机房送出的冷风加热后送入高炉。高炉送风系统的设备是由鼓风机、冷风管道、热风炉、热风管道、煤气管道、废气管道,以及设置在上述管道上的各种阀门和烟窗、烟道等部分所组成。

(1) 鼓风机:是向高炉供给空气的设备。高炉用鼓风机有轴流式风机和离心式风机两种。目前国内外使用轴流式风机者居多,我国小高炉多采用罗茨风机。为适应高炉大型化发展和超高压操作的需要,鼓风机也向着大流量、高压、高转速、大功率、高自动化水平的方向发展。

当前轴流式鼓风机的能力已达到:风量 $10000 \text{ m}^3/\text{min}$, 风压 0.7 MPa , 功率 70000 kW 。

(2) 热风炉:是加热冷风的关键设备。它由蓄热室和燃烧室组成。蓄热式热风炉有内燃式、外燃式和顶燃式三种。由于蓄热式热风炉只能交替加热和送风,因此一座高炉一般配备 3~4 座热风炉。由于内燃式热风炉自身的缺陷限制了风温的进一步提高,所以新建的大中型高炉都采用外燃式热风炉或顶燃式热风炉。新型热风炉已能向高炉提供 1400°C 高温的热风。

1.1.3.4 煤气净化系统

煤气净化系统的任务是将炉顶引出的含尘量很高的荒煤气净化成合乎要求的气体燃料。高炉煤气是炼铁的副产品,每炼 1 t 生铁大约可产生 2000 m^3 煤气,其中 CO 、 H_2 和少量的 CH_4 等为可燃成分,它们的含量随高炉生产的波动而波动,一般不超过 50%,高炉煤气的发热值很低,可与焦炉煤气混合使用。高炉煤气可作为热风炉、锅炉和各种冶金炉的燃料。

荒煤气里含尘量达 $10\sim 40 \text{ g/m}^3$,这种煤气也称为粗煤气,必须经除尘处理净化后才能作为燃料使用。除尘方法有湿法除尘和干法除尘两种。

(1) 湿法除尘:中小型高炉煤气采用湿法除尘,其流程如下:炉顶荒煤气→重力式除尘器→洗涤塔→文氏管(或静电除尘器)→脱水器→净煤气。大型高炉煤气净化的流程为:炉顶荒煤气→重力除尘器→一级文氏管洗涤器→二级文氏管洗涤器→脱水器→净煤气。高压高炉还设有高压阀组。

(2) 干法除尘:干法除尘有袋式除尘和电除尘两种。高压操作的大型高炉多用电除尘。

1.1.3.5 渣铁处理系统

渣铁处理系统的任务是定期将炉内的熔渣、铁水出净,保证高炉连续生产。随着高炉大型化和强化冶炼,生产量猛增,一座高炉日产渣、铁逾万吨,处理这些渣、铁不仅要有足够的运输能力,同时还要有高度机械化、自动化的处理设备,以及良好的劳动环境。高炉渣铁处理的一般流程如图 1-3 所示。

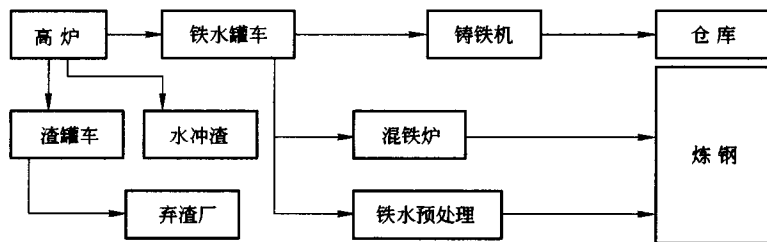


图 1-3 渣铁处理流程

高炉渣铁处理设备包括出铁平台、泥炮、开口机、炉前吊车、铁水罐、铸铁机、堵渣机、渣罐、水渣池以及炉前水力冲渣设施等。除巨型高炉采用多铁口连续出铁外,中小型高炉大约一个多小时出一次铁。铸造生铁的铁水送入铸铁机铸成生铁块或送往铸造车间浇铸成铸件。炼钢生铁送至炼钢厂炼钢。高炉炉渣的处理根据其利用途径来选择。传统的渣罐车一弃渣场的处理法,已被淘汰。目前广泛采用的是水淬处理,其次是干渣块利用,此外还有少量的渣棉及其他用途。

1.1.3.6 高炉喷吹系统

高炉喷吹燃料是强化冶炼、降低焦比的有效措施,喷吹的燃料有煤粉、重油、天然气、焦炉煤

气等。高炉喷吹系统的任务包括对煤粉的磨制、收存和计量,并把煤粉或重油从风口喷入炉内。我国的喷吹系统是以喷煤粉为主,喷煤系统由制粉、输送和喷吹三部分组成,主要设备包括制粉机、煤粉输送设备、收集罐、贮存罐、喷吹罐、混合器和喷枪等。喷油系统有卸油泵、贮油罐、过滤器、送油泵、稳压罐、调整装置及喷枪等设备。

1.1.3.7 动力系统

动力系统的任务是为高炉各系统提供保障服务。该系统包括水、电、压缩空气、氮气、蒸汽等生产供应部门。

1.2 高炉冶炼的基本过程

1.2.1 高炉炼铁生产过程

高炉炼铁生产过程就是将铁矿石在高温下冶炼成生铁的过程。全过程是在炉料自上而下、煤气自下而上的相对运行、相互接触过程中完成的。

高炉生产所用的原料是含铁的矿石,包括烧结矿、球团矿和天然富矿石;燃料主要是焦炭;辅助原料为熔剂和洗炉剂等。通过上料系统和炉顶装料系统按一定料批、装入顺序从炉顶装入炉内;自风口鼓入经热风炉预热到 $1000 \sim 1300^{\circ}\text{C}$ 的热风,炉料中的焦炭在风口前与鼓入热风中的氧发生燃烧反应,产生高温和还原性气体;这些还原性气体在上升过程中加热缓慢下行的炉料,并将铁矿石中的铁氧化物还原成为金属铁。矿石温度升高到软化温度后,已熔融部分的液滴向下滴落,矿石中未被还原的成分形成熔渣,实现渣铁分离。已熔化的渣铁聚集于炉缸内,发生诸多反应,最后调整铁液的成分和温度达到终点,定期从炉内排放熔渣和铁水。上升的高炉煤气流,将能量传递给炉料而温度逐渐降低,最终形成高炉煤气从炉顶导出管排出。整个过程取决于风口前焦炭的燃烧,上升煤气流与下行炉料间进行的一系列的传热、传质以及干燥、蒸发、挥发、分解、还原、软熔、造渣、渗碳、脱硫等物理化学变化。因此,高炉实质上是一个炉料下行、煤气上升的两个逆向流运动的反应器。

高炉冶炼过程可分为五个主要区域,这五个区域称为五带或五层,即块状带、软熔带、滴落带、风口带及渣铁带。在下行的炉料与上升的煤气流相向运行的过程中,原料的吸热、熔化、还原、渣铁的形成、各种热交换等在五个区域中依次进行(如图 1-4 所示):

(1) 块状带:炉料以块状存在的区域。在炉内料柱的上部,矿石与焦炭始终保持着明显的固态层次而缓缓下行,但层状逐渐趋于水平,且厚度也逐渐变薄。

(2) 软熔带:炉料由开始软化到软化终了的区域。此区域是由许多固态焦炭层和粘结在一起的半熔融的矿石层组成,焦炭与矿石相间,层次分明。由于矿石呈软熔状透气性极差,上升的煤气流主要从像窗口一样的焦炭层空隙通过,因此又称其为“焦窗”。软熔带的上缘是软化线,即矿石开始软化的温

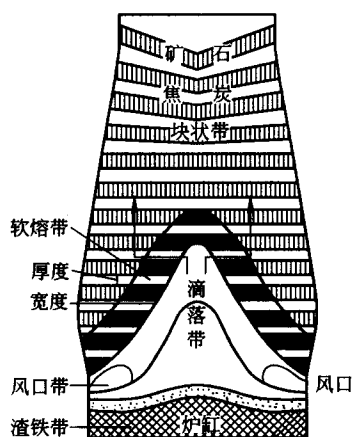


图 1-4 高炉内固体炉料形态变化示意图

度;下缘是熔化线,即矿石熔化的温度,它和矿石的软熔温度区间相一致;其最高部位称为软熔带顶部,其最低部位与炉墙相连接,称为软熔带的根部。

(3) 滴落带:矿石熔化后呈液滴状滴落的区域,它位于软熔带之下,矿石熔化后形成的渣铁像雨滴一样穿过固态焦炭层而滴落进入炉缸。

(4) 风口带:即风口前端的区域。风口前的焦炭受到鼓风动能的作用在剧烈地做回旋运动并在运动中燃烧,形成一个半空状态的焦炭回旋区,这个小区域是高炉中存在的唯一氧化性气氛的区域。

(5) 渣铁带:液体渣铁贮存的区域,位于炉缸的下部,主要是液态渣铁以及浸入其中的焦炭。铁滴穿过渣层以及渣铁界面后最终完成必要的渣铁反应,得到合格的生铁。

高炉冶炼过程中各区域的主要反应和热交换情况见表 1-1。

表 1-1 炉内各区域的反应和热交换情况

区 域	相 向 运 动	热 交 换	反 应
块状带	炉料(矿石、焦炭)在重力作用下下行;煤气因鼓风压力而上升	上升的煤气流对固体炉料进行热交换	焦炭的挥发,水分的蒸发、分解,氧化物的间接还原,碳酸盐的分解
软熔带	焦炭缝隙影响煤气流的分布	矿石软化半熔,上升的煤气对软化半熔层进行传热	矿石进行直接还原和渗碳
滴落带	固体(焦炭)、液体(渣铁液)下行,煤气上升	上升煤气使焦炭、渣铁液升温,滴下的渣铁液和焦炭进行热交换	合金元素的还原,脱硫和渗碳
风口带	鼓风使焦炭回旋运动	反应放热使煤气温度升高	燃料的燃烧
渣铁带	铁水、熔渣临时贮存,从渣、铁口放出	铁水、熔渣和炉缸中的焦炭进行热交换	完成必要的渣铁反应(如脱硫、直接还原反应)得到合格的生铁

1.2.2 高炉冶炼的主要反应

高炉炉内的反应如图 1-5 所示。

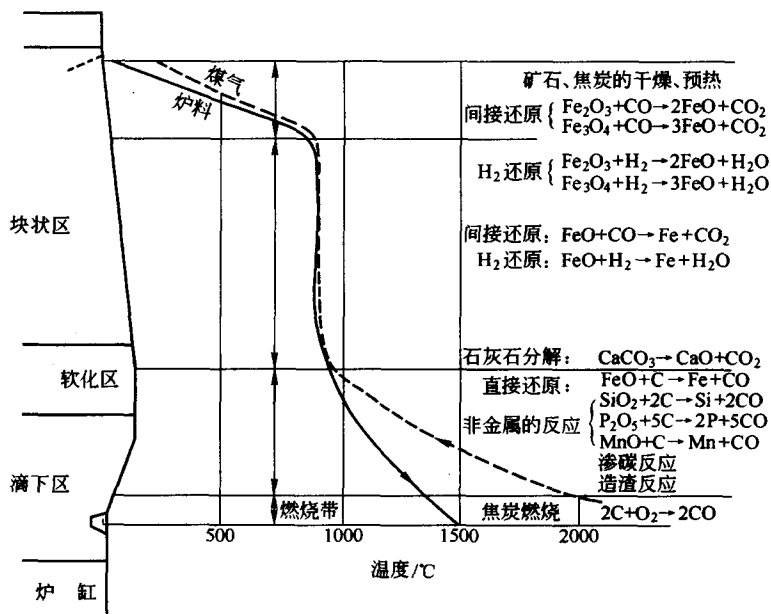


图 1-5 高炉内各部位的状态和炉内反应