



国家重点建设冶金技术专业高等职业教学改革成果系列教材

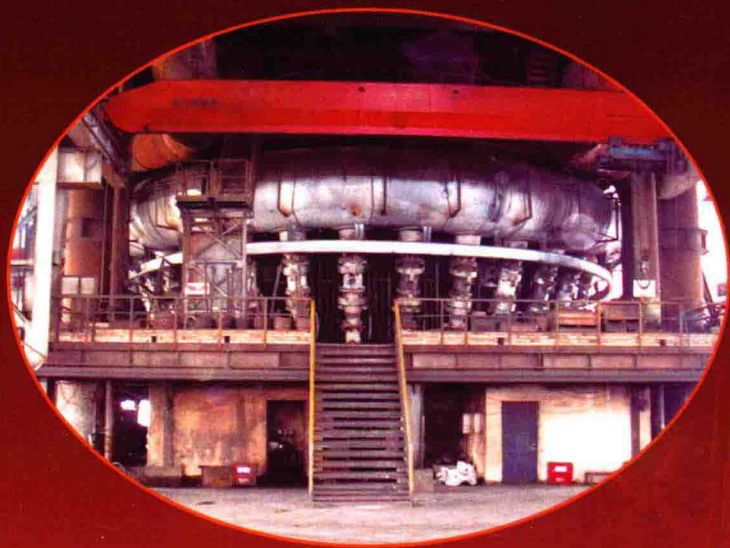
高炉炼铁 实训指导书

主 编 宋永清 古勇合
副主编 任淑萍

· 冶金职业技能鉴定参考书

· 冶金职业岗位培训参考书

· 冶金行业职业技能竞赛参考书



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn

国家重点建设冶金技术专业高等职业教学改革成果系列教材

高炉炼铁实训指导书

主 编 宋永清 古勇合
副主编 任淑萍

常州大学图书馆
藏书章

北 京
冶 金 工 业 出 版 社

2016

内 容 提 要

本教材为《高炉炼铁》配套实训教材,依据课程标准和教学资源进行教学过程设计,主要介绍了七个项目的实训,包括高炉供料及上料岗位操作、高炉热风炉岗位操作、制粉与喷煤操作、高炉工长岗位(炉内)操作、高炉炉前岗位操作、煤气净化(清灰)岗位操作、高炉配管工(冷却)岗位操作,系统介绍了各主要岗位的职责、操作程序与要求、常见事故的预防与处理以及设备的维护方式等内容。

本书可作为高职高专院校钢铁冶金技术专业的教材,也可作为钢铁企业职工的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

高炉炼铁实训指导书/宋永清,古勇合主编. —北京:冶金工业出版社,2016.4

国家重点建设冶金技术专业高等职业教学改革成果系列教材
ISBN 978-7-5024-7114-9

I. ①高… II. ①宋… ②古… III. ①高炉炼铁—高等职业教育—教材 IV. ①TF53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 007306 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjchs@cnmp.com.cn

责任编辑 杜婷婷 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7114-9

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;固安华明印业有限公司印刷

2016 年 4 月第 1 版,2016 年 4 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;13 印张;314 千字;194 页

39.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

编写委员会

主任 谢赞忠

副主任 刘辉杰 李茂旺

委员

江西冶金职业技术学院	谢赞忠	李茂旺	宋永清	阮红萍
	潘有崇	杨建华	张洁	邓沪东
	龚令根	李宇剑	欧阳小纓	肖晓光
	任淑萍	罗莉萍	胡秋芳	朱润华
新钢技术中心	刘辉杰	侯兴		
新钢烧结厂	陈伍烈	彭志强		
新钢第一炼铁厂	傅曙光	古勇合		
新钢第二炼铁厂	陈建华	伍强		
新钢第一炼钢厂	付军	邹建华		
新钢第二炼钢厂	罗仁辉	吕瑞国	张邹华	
冶金工业出版社	刘小峰	屈文焱		
顾问	皮霞	熊上东		

前 言

自 2011 年起江西冶金职业技术学院启动钢铁冶金专业建设以来,先后开展了“国家中等职业教育改革示范学校建设计划”项目钢铁冶炼重点支持专业建设;中央财政支持“高等职业学校提升专业服务产业发展能力”项目冶金技术重点专业建设;省财政支持“重点建设江西省高等教育专业技能实训中心”项目现代钢铁生产实训中心建设,并开展了现代学徒试点。与新余钢铁集团有限公司人力资源处、技术中心以及下属 5 家二级单位进行有效合作。按照基于职业岗位工作过程的“岗位能力主导型”课程体系的要求,改革传统教学内容,实现“四结合”,即“教学内容与岗位能力”“教室与实训场所”“专职教师与兼职老师(师傅)”“顶岗实习与工作岗位”结合,突出教学过程的实践性、开放性和职业性,实现学生校内学习与实际工作相一致。

按照钢铁冶炼生产工艺流程,对应烧结与球团生产、炼铁生产、炼钢生产、炉外精炼生产、连续铸钢生产各岗位在素质、知识、技能等方面的需求,按照贴近企业生产,突出技术应用,理论上适度、够用的原则,校企合作建设“烧结矿与球团矿生产”“高炉炼铁”“炼钢生产”“炉外精炼”“连续铸钢生产”5 门优质核心课程。

依据专业建设、课程建设成果我们编写了《烧结矿与球团矿生产》《高炉炼铁》《炼钢生产》《炉外精炼》《连续铸钢》以及相配套的实训指导书系列教材,适用于职业院校钢铁冶炼、冶金技术专业、企业员工培训使用,也可作为冶金企业钢铁冶炼各岗位技术人员、操作人员的参考书。

本系列教材以国家职业技能标准为依据,以学生的职业能力培养为核心,以职业岗位工作过程分析典型的工作任务,设计学习情境。以工作过程为导向,设计学习单元;突出岗位工作要求,每个学习情境的教学过程都是一个完整的工作过程,结束了一个学习情境即是完成了一个工作项目。通过完成所有

项目（学习情境）的学习，学生即可达到钢铁冶炼各岗位对技能的要求。

本系列教材由宋永清设计课程框架。在编写过程中得到江西冶金职业技术学院领导和新余钢铁集团有限公司领导的大力支持，新余钢铁集团人力资源处组织其技术中心以及5家生产单位的工程技术人员、生产骨干参与编写工作并提供大量生产技术资料，在此对他们的支持表示衷心感谢！

由于编者水平所限，书中不足之处，敬请读者批评指正。

江西冶金职业技术学院教务处 宋永清

2016年2月

实训指导

一、实训的目的与特点

生产实训是钢铁冶金技术专业方向的主干专业实践教学课程,属于专业理论知识与实际工厂设备技术应用及管理环节实际技能训练与提高的实践环节。通过学习使学生掌握钢铁冶炼操作的基本理论知识,与此同时下厂进行具体的岗位实习操作,将所掌握的理论知识与实践结合起来,初步具备分析问题和解决实际问题的能力,为以后从事专业工作打好坚实的基础。本课程将向学生传授并使之感受和体验现代设备系统工程中设备技术应用和设备管理的理念、实际状况及工作原理,动手参与相关设备设计、制造、维修活动及管理过程等。

通过专业实训项目的学习,学生应当理解并掌握本专业在实际工作中涉及的知识、学科领域及其理论和重要理念,了解本专业所涉及的技术、经济、管理知识与技能方法在实际工程中的应用,了解本专业在工厂实际生产中的具体工作内容及基本环节。通过各工作环节的感受,学生能为学习专业理论课程,为今后成为既懂专业技术又会管理的复合型工程技术人才打下较好的基础。

针对高职钢铁冶金技术专业特点,实训课程具有以下特色:

- (1) 以企业真实的工作任务和职业能力要求的技能为基础,设置学习性工作任务。
- (2) 打破传统的理论与实践教学分割的体系,理论知识贯穿在实操技能的学习过程中,实现“理实一体化”。
- (3) 从高等职业教育的性质、特点、任务出发,以职业能力培养为重点,依据国家制定的职业技能鉴定标准中的职业能力特征、工作要求以及鉴定考评项目等,以工作内容和过程为导向进行课程建设。
- (4) 课程内容引进企业实际案例和选用实际生产项目,充分体现职业岗位和职业能力培养的要求;课程实施理论与实践交互式教学,通过建立校内外实训基地,将钢铁生产企业的真实工作项目引入教学环节,把课堂逐渐推向企业的工作现场,使课程能力实现向社会服务的转化,充分体现课程的职业性、实践性和开放性。

二、实训的内容与要求

(1) 收集认识实训所在工厂的安全生产要求及安全注意事项,实训期间应遵守所在实训单位的各种规章制度,服从带队指导老师和单位有关人员的领导,严格遵守工厂的《安全操作规程》。

(2) 服从车间领导的安排,尊重工人师傅,勤学好问,虚心求教。

(3) 收集实训所在工厂的主要生产产品、生产工艺流程、主要的生产设备结构及工作原理等相关资料。

(4) 收集认识企业生产管理体系的架构、内容、要求。

(5) 在班组实习期间,收集、记录、认识班组在设备维护管理中的具体内容、事项、要求,参与班组的相关工作,提高学生的动手能力和实训现场分析问题、解决问题的能力;建立和提高学生参与管理的意识,认识和体会生产及管理过程中的具体环节与问题;观察学习技术人员及工人师傅分析问题的方法和经验。

(6) 结合自己已经学习到的知识,分析讨论所在实习工厂中发现的问题或不清楚的环节,甚至提出自己的意见和建议。

(7) 听取所在实习单位为学生举行的就业择业、先进技术、设备维护及生产管理等方面的专题报告。

(8) 每天编写实习记录,必要时在小组内或小组间开展实习心得与问题讨论。

三、实习报告的写法及基本要求

1. 实习报告的写法

实习报告一般由标题和正文两部分组成。标题可以采取规范化的标题格式,基本格式为,“关于××的实习报告”;正文一般分前言、主体和结尾三部分。

(1) 前言:主要描述本次实习的目的意义、大纲的要求及接受实习任务等情况。

(2) 主体:实习报告最主要的部分,详述实习的基本情况,包括项目、内容、安排、组织、做法,以及分析通过实习经历了哪些环节,接受了哪些实践锻炼,搜集到哪些资料,并从中得出一些具体认识、观点和基本结论。

(3) 结尾:可写出自己的收获、感受、体会和建议,也可就发现的问题提出解决的方法、对策;或总结全文的主要观点,进一步深化主题;或提出问题,引发人们的进一步思考;或展望前景,发出鼓舞和号召等。

2. 实习报告的要求

(1) 按照大纲要求在规定的时间内完成实习报告,报告内容必须真实,不得抄袭。学生应结合自己所在工作岗位的工作实际写出本行业及本专业(或课程)有关的实习报告。

(2) 校外实习报告字数要求:每周不少于 1000 字,累计实习 3 周及以上的不少于 3000 字。用 A4 纸书写或打印(正文使用小四号宋体、1.5 倍行距,排版以美观整洁为准)。

(3) 实习报告撰写过程中需接受指导教师的指导,学生应在实习结束之前将成稿交实习指导教师。

3. 实习考核的主要内容

(1) 平时表现:实习出勤和实习纪律的遵守情况;实习现场的表现和实习笔记的记录情况、笔记的完整性。

(2) 实习报告:实习报告的完整性和准确性;实习的收获和体会。

(3) 答辩:在生产现场随机口试;实习结束时抽题口试。

目 录

实训项目 1 高炉供料及上料岗位操作	1
1.1 高炉冶炼对原燃料的质量要求	1
1.1.1 铁矿石	1
1.1.2 熔剂	5
1.1.3 焦炭	5
1.1.4 某 2500m ³ 高炉原料的准备及技术要求	6
1.2 原燃料供应	7
1.2.1 上料方式	8
1.2.2 布料方式	8
1.3 主要设备	10
1.3.1 供料设备	10
1.3.2 上料设备	14
1.3.3 炉顶装料设备	18
1.4 操作	22
1.4.1 岗位职责	22
1.4.2 操作程序与要求	22
1.4.3 注意事项	31
1.4.4 高炉装料操作	32
思考题	33
实训项目 2 高炉热风炉岗位操作	34
2.1 高炉送风系统组成	34
2.1.1 高炉冶炼对鼓风机的要求	34
2.1.2 热风炉	35
2.2 热风炉的操作制度	43
2.2.1 炉顶温度与烟道废气温度的确定	43
2.2.2 热风炉的燃烧制度	44
2.2.3 送风制度	46
2.3 热风炉的操作	48
2.3.1 岗位职责	48
2.3.2 热风炉岗位作业标准	48
2.3.3 热风炉的操作特点	48

2.3.4	热风炉岗位操作规程	49
2.3.5	热风炉休风与送风操作	52
2.3.6	预热器运行中的注意事项和严禁事项	53
2.3.7	热风设备的点检项目及内容	53
2.3.8	热风炉常见的操作事故及其处理	55
2.3.9	热风炉烘炉前的准备、操作及注意事项	56
思考题		57
实训项目3 制粉与喷煤操作		58
3.1	基础知识	58
3.1.1	煤的分类及化学成分	58
3.1.2	煤的物理性质	59
3.1.3	煤的工艺性能	59
3.1.4	喷煤工艺的基本流程	60
3.2	主要设备	65
3.2.1	磨煤机	65
3.2.2	给煤机	67
3.2.3	煤粉收集	68
3.2.4	排粉风机	68
3.2.5	木屑分离器	68
3.2.6	锁气器	68
3.2.7	混合器	69
3.2.8	分配器	69
3.2.9	喷煤枪	69
3.3	操作	69
3.3.1	制粉工岗位操作	69
3.3.2	制粉主要设备的点检项目及内容	72
3.3.3	喷吹岗位职责与要求	75
3.3.4	喷吹系统的操作	76
3.3.5	喷吹烟煤的操作	80
3.3.6	煤粉喷吹设备的点检项目及内容	81
3.3.7	高炉喷煤的防火防爆安全措施	82
3.3.8	喷煤系统的安全监测及控制	83
思考题		86
实训项目4 高炉工长岗位（炉内）操作		87
4.1	基础知识	87
4.1.1	炉料在炉内的物理化学变化	87

4.1.2 生铁的形成	88
4.1.3 高炉炉渣与脱硫	89
4.1.4 燃料燃烧和高炉的下部调剂	91
4.1.5 炉料与煤气的运动及其分布	93
4.1.6 炼铁工艺计算	95
4.2 主要设备	104
4.2.1 高炉炉型	104
4.2.2 高炉各部分形状及尺寸	105
4.2.3 现代高炉的特点——高炉大型化	107
4.3 操作	108
4.3.1 岗位职责	108
4.3.2 工作内容	108
4.3.3 案例	115
思考题	125
实训项目5 高炉炉前岗位操作	127
5.1 基础知识	127
5.1.1 炉前操作的任务	127
5.1.2 高炉不能及时出净渣铁产生的影响	127
5.1.3 炉前操作指标	127
5.1.4 炉前操作平台	129
5.2 炉前设备	130
5.2.1 开铁口机	131
5.2.2 堵铁口泥炮	131
5.2.3 堵渣口机	132
5.2.4 生铁处理设备	132
5.2.5 渣铁处理设备	132
5.3 操作	132
5.3.1 岗位职责	132
5.3.2 作业程序与要求	133
5.3.3 炉前设备点检项目、内容及设备事故处理	139
5.3.4 出铁过程中的事故与处理	144
思考题	154
实训项目6 煤气净化（清灰）岗位操作	155
6.1 基础知识	155
6.1.1 煤气净化的主要任务和要求	155
6.1.2 除尘原理与设备的分类	155

6.1.3 评价煤气除尘设备的主要指标	155
6.1.4 高炉煤气除尘工艺流程	156
6.2 除尘设备	157
6.2.1 粗除尘	157
6.2.2 半精细除尘	157
6.2.3 煤气系统附属设备	159
6.3 操作	161
6.3.1 岗位职责	161
6.3.2 操作程序及要求	161
6.3.3 布袋除尘器设备的检修、维护和保养	165
6.3.4 除尘设备的点检项目及内容	168
6.3.5 煤气事故预防及处理	170
思考题	172
实训项目7 高炉配管工(冷却) 岗位操作	173
7.1 基础知识	173
7.1.1 高炉冷却	173
7.1.2 冷却水的管理	174
7.1.3 水温差及热流强度的规定	175
7.1.4 高炉给排水系统	176
7.1.5 冷却系统	176
7.2 主要设备	177
7.2.1 高炉本体组成	177
7.2.2 高炉炉衬	178
7.2.3 冷却设备	182
7.3 操作	186
7.3.1 岗位职责	186
7.3.2 岗位操作设备范围	186
7.3.3 岗位设备点检制度	186
7.3.4 检查与维护	186
7.3.5 配管工的作业程序	190
7.3.6 突发性故障处理	191
7.3.7 注意事项	191
7.3.8 冷却设备破损的征兆与处理	191
思考题	193
参考文献	194

实训项目 1 高炉供料及上料岗位操作

实训目的与要求：

- (1) 知道原燃料的质量标准，能判断质量优劣；
- (2) 知道供料及上料设备的类型、结构、特点，能够正确进行设备操作和日常点检；
- (3) 知道高炉的上料方式和布料方式；
- (4) 知道供料及上料设备操作程序，根据装料制度完成炉顶装料工作，具备上料操作能力；
- (5) 会判断生产中出现的异常情况，会处理一般性生产故障；
- (6) 能够编制特殊炉况的装料方案。

1.1 高炉冶炼对原燃料的质量要求

1.1.1 铁矿石

1.1.1.1 铁矿石的分类

自然界中的铁均以化合物的形态存在，以氧化物为主。根据含铁矿物的主要性质和矿物组成，铁矿石分为磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿、菱铁矿四种类型。

A 磁铁矿

磁铁矿化学式为 Fe_3O_4 ，理论含铁量为 72.4%。磁铁矿晶体为八面体，组织致密坚硬，外表颜色为钢灰色或黑灰色，难还原和破碎，其显著特点是具有磁性，含 S、P 量较高，还原性差。其形状如图 1-1 所示。

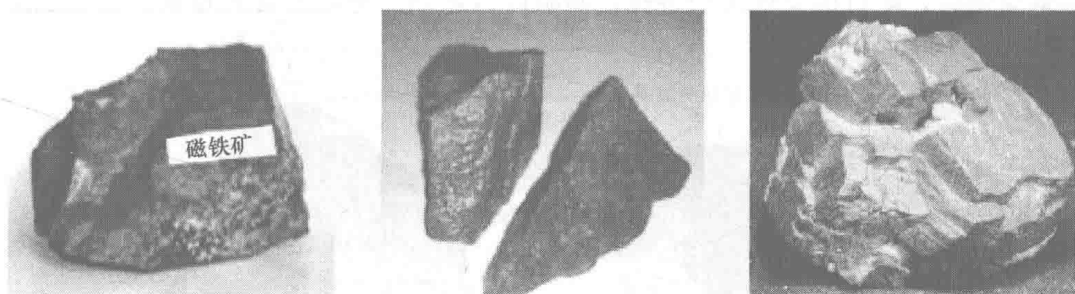


图 1-1 磁铁矿

B 赤铁矿

赤铁矿（又称红矿）化学式为 Fe_2O_3 ，理论含铁量为 70%。赤铁矿组织结构多种多样

样，有致密的结晶组织结构，也有疏松分散的粉状结构，条痕为樱红色，外表颜色为暗红色，组织结构松软，密度小，含 S、P 量较低，易破碎、易还原，其冶金性能较磁铁矿优越。其结构形状如图 1-2 所示。

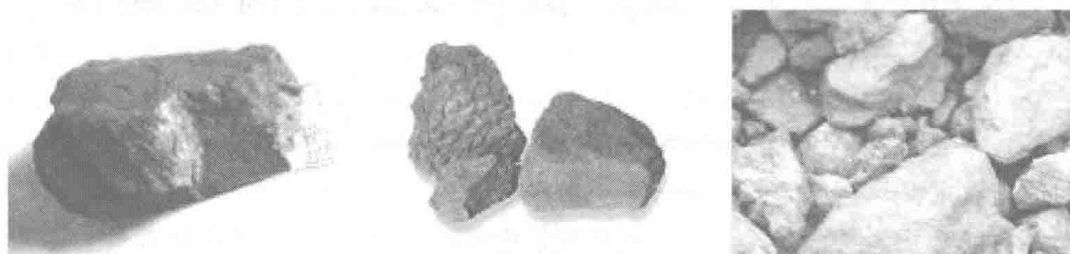


图 1-2 赤铁矿

C 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 为 1~3、 m 为 1~4)。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。其形状如图 1-3 所示。



图 1-3 褐铁矿

D 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，从而含铁量提高，矿石也变得疏松多孔，易破碎，还原性好。其含 S 量低，含 P 量较高。其形状如图 1-4 所示。

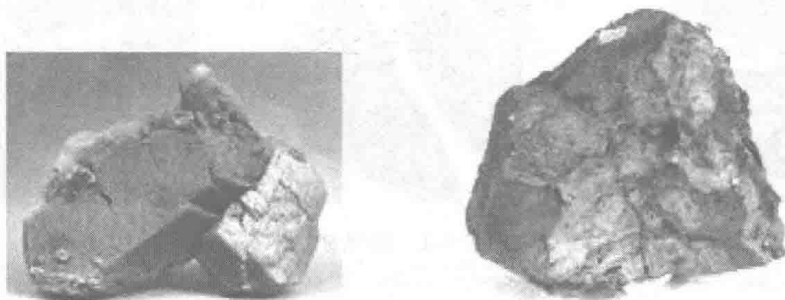


图 1-4 菱铁矿

铁矿石的分类及其主要特性见表 1-1。

表 1-1 铁矿石的分类及其特性

矿石名称	化学式	理论含铁量 /%	矿石密度 /t·m ⁻³	颜色	冶 炼 性 能		
					实际含铁量/%	有害杂质	强度及还原性
磁铁矿	Fe ₃ O ₄	72.4	5.2	黑色	45~70	S、P 高	坚硬、致密、难还原
赤铁矿	Fe ₂ O ₃	70	4.9~5.3	红色	55~60	S、P 低	软、易破碎、易还原
褐铁矿	nFe ₂ O ₃ ·mH ₂ O	变化	变化	黄褐色至黑色	37~55	S 低、P 高低不等	疏松、易还原
菱铁矿	Fe ₂ CO ₃	48.2	3.8	灰色带黄	30~40	S 低、P 较高	易破碎、焙烧后易还原

1.1.1.2 高炉冶炼对铁矿石的质量要求

(1) 铁矿石品位高。矿石品位是指铁矿石的含铁量，以 TFe 表示。品位高有利于降低焦比和提高产量。根据生产经验，矿石品位每提高 1%，焦比降低 2%，产量提高 3%。因为随着矿石品位的提高，脉石数量减少，熔剂用量和渣量也相应减少，既降低热量消耗，又有利于炉况顺行。

(2) 脉石数量少。铁矿石的脉石成分绝大多数为酸性的，SiO₂ 含量较高。在现代高炉冶炼条件下，为了得到一定碱度的炉渣，就必须在炉料中配加一定数量的碱性熔剂（石灰石）与 SiO₂ 作用造渣。铁矿石中 SiO₂ 含量越高，需加入的石灰石越多，生成的渣量也越多，这样将使焦比升高，产量下降。

(3) 有害杂质少。矿石中有害杂质的危害及界限含量见表 1-2。

表 1-2 矿石中有害杂质的危害及界限含量

元 素	允许的质量分数/%	危害及说明	
S	≤0.3	使钢产生热脆性，易轧裂	
P	≤0.3	对酸性转炉生铁	P 使钢产生冷脆性，烧结及炼铁过程都不能除 P。控制生铁含 P 量的唯一途径就是控制原料的含 P 量
	0.03 ~ 0.18	对碱性平炉生铁	
	0.2 ~ 1.2	对碱性转炉生铁	
	0.05 ~ 0.15	对普通铸造生铁	
	0.15 ~ 0.6	对高磷铸造生铁	
Zn	≤0.1 ~ 0.2	Zn 在 900℃ 挥发，上升后冷凝沉积于炉墙，使炉墙膨胀，破坏炉衬，烧结时可去除 50%~60% 的 Zn	
Pb	≤0.1	Pb 易还原，密度大，与铁分离沉于炉底，破坏炉底，Pb 蒸气在上部循环累积，形成炉瘤，破坏炉衬	
Cu	≤0.2	少量 Cu 可改善钢的耐腐蚀性，但 Cu 过多使钢产生热脆性，不易焊接和轧制，Cu 易还原并进入生铁	

续表 1-2

元 素	允许的质量分数/%	危害及说明
As	≤0.07	As 使钢产生冷脆性，不易焊接，生铁中 As≤0.1%；炼优钢时，铁中不应有 As
Ti	15~16 (TiO ₂)	Ti 使钢产生冷脆性，不易焊接，生铁中 Ti≤0.1%；炼优钢时，铁中不应有 Ti
K、Na		K、Na 易挥发，在炉内循环富集，产生炉瘤，降低焦炭及矿石的强度
F		F 在高温下气化，会腐蚀金属，危害农作物及人体。CaF ₂ 会侵蚀破坏炉衬

(4) 铁矿石的还原性好。铁矿石的还原性是指铁矿石被还原性气体 CO 或 H₂ 还原的难易程度。影响铁矿石还原性的因素主要有矿物组成、矿物结构的致密程度、粒度和气孔率等。

(5) 矿石的粒度适当。铁矿石的粒度对高炉冶炼进程的影响很大。粒度过小时，高炉内料柱的透气性差，使煤气上升阻力增大。粒度过大会减小煤气与铁矿石的接触面积，使矿石中心部分不易还原，从而使还原速度降低，焦比升高。通常，入炉矿石粒度在 5~35mm 之间，小于 5mm 的粉末是不能直接入炉的。

(6) 铁矿石的机械强度高。铁矿石的机械强度是指矿石耐冲击、抗摩擦、抗挤压的能力。随着高炉容积的扩大，入炉铁矿石的强度应相应提高，否则，由于铁矿石强度低，入炉后产生大量粉末，一方面增加炉尘损失，另一方面粉末多易阻塞煤气通道，降低料柱透气性，使高炉操作困难。因此，为保证高炉稳定顺行，力求铁矿石强度高一些为好。

(7) 铁矿石的高温冶金性能好。高炉冶炼是在高温条件下将铁矿石变为铁水的过程，为了保证高炉冶炼的顺利进行，必须保证铁矿石在高温条件下的性能，主要包括热强度、软化性及熔滴性。

1) 热强度。铁矿石的热强度是指矿石在高炉条件下，受结晶水的分解、矿石结构的变化或还原反应的进行，矿石强度变弱或产生裂缝的程度。主要指标有热爆裂性、低温还原粉化率和热膨胀性，为保证高炉上部炉料的透气性，力求三个指标低些为好。

2) 软化性。铁矿石的软化性包括铁矿石的软化温度和软化温度区间两个方面。软化温度是指铁矿石在一定的荷重下受热开始变形的温度；软化温度区间是指矿石开始软化到软化终了的温度范围。为了在熔化造渣之前，矿石更多地被煤气还原，高炉冶炼要求铁矿石的软化温度要高，软化温度区间要小。这样一方面可保证炉内有良好的透气性，另一方面可使矿石在软熔前达到较高的还原度，以降低高炉直接还原度和能源消耗。

(8) 铁矿石各项指标的稳定性。铁矿石的各项理化指标保持相对稳定，才能最大限度地提高生产效率。在前述各项指标中，矿石品位、脉石成分与数量、有害杂质含量的稳定性尤为重要。高炉冶炼要求成分波动范围：含铁原料 $TFe < \pm (0.1\% \sim 0.3\%)$ ； $w(SiO_2) < \pm (0.2\% \sim 0.3\%)$ ；烧结矿的碱度为 $\pm (0.03 \sim 0.05)$ 。

为了确保矿石成分的稳定，需要对原料进行整粒和混匀。破碎、筛分的过程称为整粒。混匀又称为中和。混匀的目的是稳定铁矿石的化学成分，从而稳定高炉操作，保持炉况顺行，改善冶炼指标。矿石的混匀是按“平铺直取”的原则进行。

1.1.2 熔剂

熔剂的主要作用有：使还原出来的铁与脉石和灰分实现良好分离，并顺利从炉缸流出，即渣铁分离；生成一定数量并具有一定物理、化学性能的炉渣，去除有害杂质硫，确保生铁质量。

根据矿石中脉石成分的不同，高炉冶炼使用的熔剂，按其性质可分为碱性、酸性和中性三类。由于铁矿石中主要脉石是酸性的，所以高炉最常用的是碱性熔剂。高炉常用碱性熔剂如图 1-5 所示。

高炉冶炼对熔剂的质量要求有：

(1) 碱性氧化物（ $\text{CaO} + \text{MgO}$ ）含量要高，酸性氧化物（ $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ ）越少越好，或熔剂的有效熔剂性越高越好。

(2) 有害杂质硫、磷含量要少。

(3) 较高的机械强度，粒度要均匀，大小适中。

适宜的石灰石入炉粒度范围是：大中型高炉为 20 ~ 50mm，小型高炉为 10 ~ 30mm。

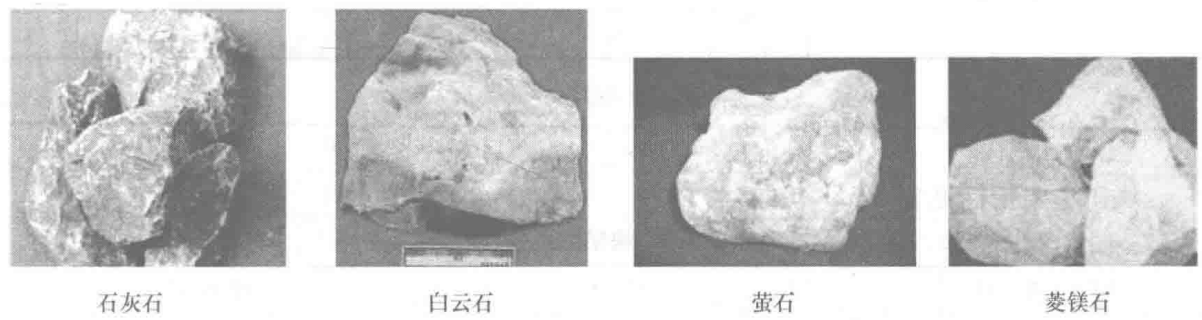


图 1-5 高炉常用碱性熔剂

1.1.3 焦炭

高炉对焦炭质量要求（《高炉炼铁工艺设计规范》（GB 50427—2008））见表 1-3。

表 1-3 高炉对焦炭的质量要求

炉容级别/ m^3	1000	2000	3000	4000	5000
$M_{40}/\%$	≥ 78	≥ 82	≥ 84	≥ 85	≥ 86
$M_{10}/\%$	≤ 8.0	≤ 7.5	≤ 7.0	≤ 6.5	≤ 6.0
反应后强度 CSR/ $\%$	≥ 58	≥ 60	≥ 62	≥ 64	≥ 65
反应性指数 CRI/ $\%$	≤ 28	≤ 26	≤ 25	≤ 25	≤ 25
焦炭灰分/ $\%$	≤ 13	≤ 13	≤ 12.5	≤ 12	≤ 12
焦炭含硫/ $\%$	≤ 0.7	≤ 0.7	≤ 0.7	≤ 0.6	≤ 0.6
焦炭粒度范围/mm	75 ~ 25	75 ~ 25	75 ~ 25	75 ~ 25	75 ~ 30