

钢铁厂技术培训参考丛书

# 高炉炼铁

冶金工业出版社

F53

## 内 容 提 要

本书是《钢铁厂技术培训参考丛书》之一，属于高炉炼铁部分。全书共分七章，其主要内容是高炉炼铁概述；炼铁原料、燃料和其他材料；生铁及副产品；高炉操作；高炉炉内反应及炉内现象；近年来操作技术的发展；有关高炉操作的各种计算方法等。

本书可供钢铁厂工人及干部阅读，也可供技工学校和中等专业学校的炼铁专业师生参考。

钢铁厂技术培训参考丛书

### 高 炉 炼 铁

车传仁 等译

范显玉 校

\*

冶金工业出版社出版发行

(北京灯市口 74 号)

冶金工业出版社印刷厂印刷

\*

787×1092 1/16 印张 6 1/2 字数 149 千字

1981年 3 月第一版 1981年 3 月第一次印刷

印数 00,001~8,000 册

统一书号：15062·3641 定价 0.72 元

## 出版说明

《钢铁厂技术培训参考丛书》(以下简称《丛书》)是为了适应我国钢铁企业开展职工技术培训工作的需要,由我社组织翻译的一套日本的技术培训教材,拟分册陆续出版,由我社内部发行,供钢铁企业开展技术培训时参考,也可以供具有初中以上文化程度的职工自学技术时参考。

这套《丛书》包括技术基础知识11本,专业概论8本,冶炼和轧钢专业知识46本(冶炼专业13本,轧钢专业33本),共计65本(具体书名见书末的《钢铁厂技术培训参考丛书》书目)。

这套《丛书》所介绍的工艺、设备和管理知识,取材都比较新,反映了日本钢铁工业的技术水平和管理水平。这套书在编写时,对理论方面的知识,作了深入浅出的表达;对设备方面的知识,配有大量的结构图,简明易懂;对工艺方面的知识,给出了较多的操作工艺参数,具体明确。这套《丛书》的编写特点可以概括为:新、广、浅,即所介绍的知识比较新,所涉及的知识面比较广,内容的深度比较浅。

为了便于教和学,书的每章都附有练习题,概括了该章的主要内容;每本书的后面都附教学指导书,既有技术内容的补充深化和技术名词的解释,又有练习题的答案。

根据我们了解,日本对这套书的使用方法是:技术基础知识部分和专业概论部分是所有参加培训学员的共同课程;冶炼和轧钢专业知识部分是供专业教学用的。由此可以看出,日本的职工技术培训,主要强调的是扩大知识面,强调现代钢铁厂的工人,应该具有广博的科技知识。这一点,对我们今后制订技工学校和职工技术培训的教学计划,是会有参考意义的。

我们认为这套《丛书》不仅适合钢铁企业技工学校和工人技术培训作教学或自学参考书,也可作中等专业学校编写教材的参考书,其中的技术基础知识部分和专业概论部分也可作各级企业管理干部的技术培训或自学参考书。

在翻译和编辑过程中,对原书中与技术无关的部分内容我们作了删节。另外,对于原书中某些在我国尚无通用术语相对应的技术名词,我们有的作为新词引进了;有的虽然译成了中文,但可能不尽妥当,希望读者在使用过程中,进一步研讨。

参加这套《丛书》翻译、审校工作的有上海宝山钢铁厂、东北工学院、鞍山钢铁公司、北京钢铁学院、武汉钢铁公司、冶金部情报研究总所等单位的有关同志。现借这套《丛书》出版的机会,向上述单位和参加工作的同志表示感谢。

整套《丛书》的书目较多,篇幅较大,而翻译、出版时间又较仓促,书中错误和不妥之处,欢迎广大读者批评指正。

一九八〇年二月

# 目 录

<b>第1章 高炉炼铁概述</b> .....	1	(4) 燃烧的反应 .....	51
1. 高炉炼铁 .....	1	2. 从散料充填层的角度分析高炉炉内现象 .....	52
2. 高炉生产的特点 .....	5	(1) 煤气的流动和炉内现象 .....	52
3. 高炉生产的重要指标 .....	6	(2) 炉内传热和温度分布 .....	53
<b>第2章 原料</b> .....	8	3. 高炉过程的模拟 .....	54
1. 绪言 .....	8	(1) 物料平衡与热平衡 .....	54
2. 铁矿石 .....	8	(2) 炉温模型 .....	55
(1) 整粒矿 .....	9	(3) 过程分析和模拟 .....	56
(2) 烧结矿 .....	10	<b>第6章 近年来高炉操作技术的发展</b> .....	58
(3) 球团矿 .....	11	1. 绪言 .....	58
3. 焦炭 .....	14	2. 装料技术 .....	59
4. 熔剂、锰矿石及其它原料 .....	17	(1) 块矿、粉矿的混匀 .....	59
<b>第3章 生铁及副产品</b> .....	19	(2) 烧结矿、球团矿配合使用效果 及两者的比较 .....	61
1. 生铁 .....	19	(3) 焦炭 .....	62
(1) 炼钢生铁 .....	19	(4) 预还原铁 .....	62
(2) 铸造生铁 .....	19	3. 送风技术 .....	63
2. 副产品 .....	19	(1) 高温送风 .....	63
(1) 高炉煤气 .....	19	(2) 综合鼓风 .....	64
(2) 高炉炉尘 .....	19	(3) 高压操作 .....	67
(3) 炉渣制品 .....	20	4. 装料技术 .....	68
<b>第4章 高炉操作</b> .....	21	5. 出铁出渣操作技术 .....	72
1. 一般高炉操作 .....	21	6. 检测、控制、自动化及计算机控制技术 .....	73
(1) 绪言 .....	21	(1) 装料设备的自动化和计算 .....	73
(2) 高炉操作管理和操作的基本原则 .....	21	(2) 热风炉和高温送风的控制 .....	73
(3) 高炉操作参数 .....	22	(3) 送风测量和控制 .....	74
(4) 主要操作因素 .....	25	(4) 高炉操作控制 .....	75
(5) 炉温调整 .....	28	(5) 各种炉体探测器的研制 .....	75
(6) 生铁及炉渣成分调整 .....	31	(6) 炉顶煤气分析计的研制 .....	78
(7) 各种操作因素对焦比的影响 .....	33	(7) 其它检测技术 .....	78
(8) 操作故障 .....	34	(8) 计算机控制 .....	78
2. 开炉, 停炉 .....	38	<b>第7章 有关高炉操作的各种计算方法</b> .....	79
(1) 开炉 .....	41	1. 配料计算 .....	79
(2) 停炉 .....	43	2. 炉顶煤气量及风量 .....	80
<b>第5章 高炉炉内反应及炉内现象</b> .....	45	(1) 炉顶煤气量 .....	80
1. 高炉炉内反应 .....	45	(2) 风量 .....	81
(1) 预热带的反应 .....	45	3. 冶炼周期 .....	82
(2) 还原带的反应 .....	46		
(3) 精炼带的反应 .....	49		

# 教学指导书

<b>第1章 高炉炼铁概述</b> .....	83	2-21 焦炭的反应性 .....	89
1. 学习目的 .....	83	2-22 透液性 .....	89
2. 术语及补充说明 .....	83	2-23 JIS .....	89
1-1 还原 .....	83	2-24 转鼓法 .....	89
1-2 出铁, 出渣 .....	83	2-25 转鼓试验法 .....	89
1-3 过程 .....	83	2-26 热强度 .....	90
1-4 达得·达得莱 .....	83	<b>第3章 生铁及副产品</b> .....	90
1-5 阿伯莱哈姆·达比 .....	83	1. 学习目的 .....	90
1-6 尼尔孙 .....	83	<b>第4章 高炉操作</b> .....	90
1-7 大岛高任 .....	84	1. 学习目的 .....	90
1-8 纯氧转炉 .....	84	2. 术语及补充说明 .....	90
1-9 炉内反应 .....	84	4-1 一般高炉操作 .....	90
1-10 脉石 .....	84	4-2 高炉操作管理及高炉操作 .....	90
1-11 有效容积 .....	84	4-3 脱硫能力, 炉渣碱度 .....	91
<b>第2章 原料</b> .....	84	4-4 料批 .....	91
1. 学习目的 .....	84	4-5 石灰石比, 烧结矿碱度 .....	91
2. 术语及补充说明 .....	84	4-6 与送风有关的主要因素对高炉 操作的影响 .....	91
2-1 原料预处理 .....	84	4-7 焦炭量, 矿石量 .....	91
2-2 地壳中物质的平均化学组成 .....	85	4-8 配料计算 .....	91
2-3 近年来从国外输入铁矿石的情况 .....	85	4-9 大钟间隙 .....	91
2-4 专用船 .....	85	4-10 可调炉喉保护板 .....	92
2-5 透气性 .....	86	4-11 装入深度(料线) .....	92
2-6 悬料, 滑料 .....	86	4-12 焦批 .....	92
2-7 烧结矿的碱度 .....	86	4-13 烧结矿及球团矿使用比率 .....	92
2-8 烧结矿的落下强度 .....	86	4-14 渣涌 .....	93
2-9 烧结矿的转鼓强度(回转强度) .....	86	4-15 生降 .....	93
2-10 烧结矿的(低温)还原粉化 .....	86	4-16 壁落 .....	93
2-11 对含铁量低的贫矿进行选矿处 理以增加矿粉产量 .....	87	4-17 石墨 .....	93
2-12 微粉料 .....	87	4-18 渗碳体 .....	93
2-13 膨润土 .....	87	4-19 巢 .....	93
2-14 输入球团概况 .....	87	4-20 透气性指数 .....	93
2-15 酸性球团, 自熔性球团 .....	87	4-21 炉内停留时间 .....	93
2-16 日本的球团厂概况 .....	88	4-22 硫(S)的控制 .....	93
2-17 球团的抗压强度 .....	88	4-23 液泛现象 .....	93
2-18 球团回转强度(转鼓试验强度) .....	88	4-24 炉腹渣 .....	93
2-19 还原性(铁矿石类的) .....	88	<b>第5章 高炉炉内反应及炉内现象</b> .....	94
2-20 球团矿的膨胀指数 .....	88	1. 学习目的 .....	94

2. 术语及补充说明.....94	6—1 球团矿在还原过程的还原停滞.....95
5—1 热当量.....94	6—2 球团矿的软化特性.....95
5—2 平衡状态图.....94	6—3 风口前理论燃烧温度.....95
5—3 图5-5 .....94	6—4 喷吹燃料时风口前的热补偿.....96
5—4 风口内风速及鼓风动能.....94	6—5 从风口吹入燃料的显热低于风 口前焦炭显热.....96
5—5 焦炭回旋区.....95	6—6 重油分解热.....96
5—6 高炉下部实验炉.....95	<b>第7章 有关高炉操作的各种算法 .....96</b>
5—7 模拟.....95	1. 学习目的.....96
<b>第6章 近年来高炉操作技术的进步 .....95</b>	
1. 学习目的.....95	
<b>附：《钢铁厂技术培训参考丛书》书目 .....97</b>	

# 第1章 高炉炼铁概述

## 1. 高炉炼铁

**高炉炼铁** 高炉（熔矿炉）——正像它的名称一样，是向空中高高耸立的炉子。它的雄伟外形，被看作是钢铁工业的象征。高炉在钢铁工业中所占的位置是相当重要的。

高炉是冶炼生铁的设备。所谓高炉炼铁，指的是以铁矿石、焦炭、石灰石等作为原料，从高炉上部装入，从炉子下部的风口吹入热风，使焦炭在炉内燃烧，靠由此产生的高温煤气（还原气体）还原（参见指导书1—1）铁矿石，并使之熔化，生成生铁和炉渣，每隔一定时间，分别从铁口和渣口排出（参见指导书1—2）的一系列过程（参见指导书1—3）。

高炉炼铁的物料转化过程如图1-1所示。

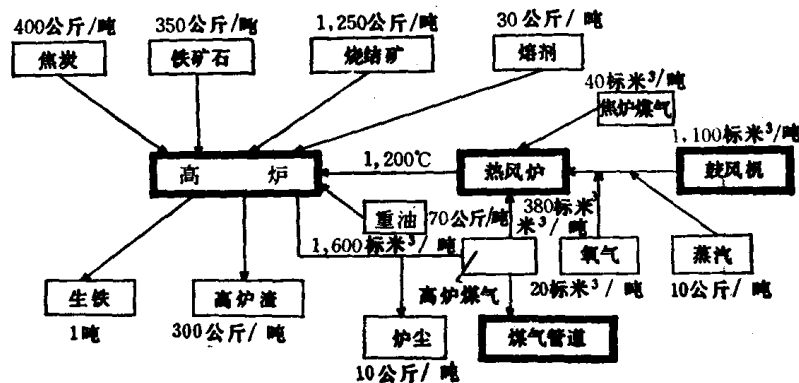


图 1-1 高炉炼铁的物料转化过程示意图（图中数字表示与1吨生铁相应的各种物料量）

**在世界上的历史** 一般认为高炉是在大约500年前的中世纪时期在欧洲出现的。开始时用的燃料是木炭，但随着生铁需要量的增加，木炭量显著的不足，因而开始研究使用煤及由煤加工得到的焦炭来代替木炭。十七世纪初叶，英国的达得·达得莱（参见指导书1—4）使用煤炼铁获得成功，到了十八世纪初叶，英国的阿伯莱哈姆·达比（参见指导书1—5）又成功地使用焦炭炼出了铁，于是焦炭炼铁法的应用在欧洲得到了推广。随着炉体规模的扩大，生产量也逐渐增加，由此开始了炼铁技术的近代化。但是，同木炭相比较，焦炭燃烧困难，灰分多，为使其渣化（造渣）需要大量的热。因此，用焦炭炼铁就必须具备强有力的送风机。由于詹姆斯·瓦特发明的蒸汽机（1769年）应用在送风机上，这个问题基本上算是解决了。但是焦炭炼铁这项技术的真正确立，那还是在又过了50年（1828年）英国人尼尔孙（参见指导书1—6）发明了加热送风即引入了热风使用技术之后。也就是说，由于尼尔孙建造了热风炉，就使得一直采用冷风的高炉开始采用热风，并使由采用焦炭带来的麻烦问题最终得到了解决。从此高炉生产方式就大体上确定下来，直到现在。

**在日本的历史** 日本的近代高炉炼铁，是以安政四年（1857年）大岛高任（参见指导书1—7）在大桥（现在岩手县釜石）建设木炭洋式高炉为开端，1859年使用北海道夕张煤进行炼焦，并用焦炭炼铁获得成功，由此确立了日本近代高炉炼铁的基础。

**其后的发展** 当时一座高炉每天的产量不过1~2吨，经过长期的发展，特别是战后的五十年，目前采用的新技术相继出现，六十年代以大型化为中心的综合技术得到了发展，如今已出现了日产超过万吨的大型高炉，可谓取得了惊人的进步。

以高炉大型化为中心的炼铁技术的发展，是近年来日本钢铁工业显著发展的一个重要原因。可靠地为纯氧转炉（参见指导书1—8）和大型轧制设备供给大量铁水是现代钢铁企业管理中不可缺少的条件。对这一需求必须充分地予以满足，反过来高炉大型化又促进了转炉和轧制设备的大型化。近年来日本和几个主要国家生铁和粗钢生产量的变化如图1-2、3所示。

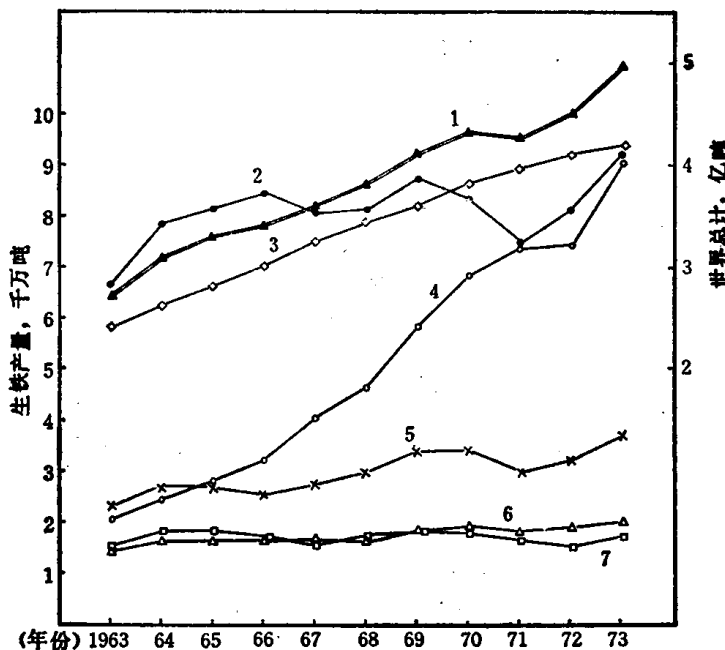


图 1-2 日本和几个主要国家生铁产量的变化  
1—世界；2—美国；3—苏联；4—日本；5—西德；6—法国；7—英国

**高炉辅助设备** 在高炉的周围，有贮存铁矿石、焦炭等炉料，并将其称量后运往炉顶装入炉内的装料设备（由贮料排料设备、输送设备、炉顶装料设备等三部分构成），有向炉内鼓入空气的鼓风机，有在空气入炉前将其加热到高温（1000~1200°C）的热风炉，有处理从高炉下部排出的生铁及炉渣的出铁场，有使从炉顶排出的煤气净化的煤气净化装置等一系列辅助设备。图1-4所示是高炉本体及其辅助设备系统。

**高炉本体** 高炉本体呈大嘴酒瓶形，其内部是个空洞，周围砌筑厚砖而外侧包有铁皮。炉子底部设有出铁口，其上稍高位置有出渣口，再往上的整个圆周每隔一定的距离有一个圆孔，这些圆孔称为风口，热风就是从这里鼓入炉内的。高炉各段如图1-5所示，从上至下依次叫做炉喉、炉身、炉腰、炉腹和炉缸。



当人们在高炉构筑完毕、炉料入炉之前进入炉内时，会有一种置身于巨大怪物腹中的感觉。现代的大型高炉，从它的腹中每天能排出上万吨铁水；它的食物——炉料是铁矿石（也包括烧结矿和球团矿）约16000吨，焦炭约4000吨；同时要吸进约1100万标准立方米的空气；当然在排出铁水的同时从怪物的腹中还能排出3000吨炉渣。

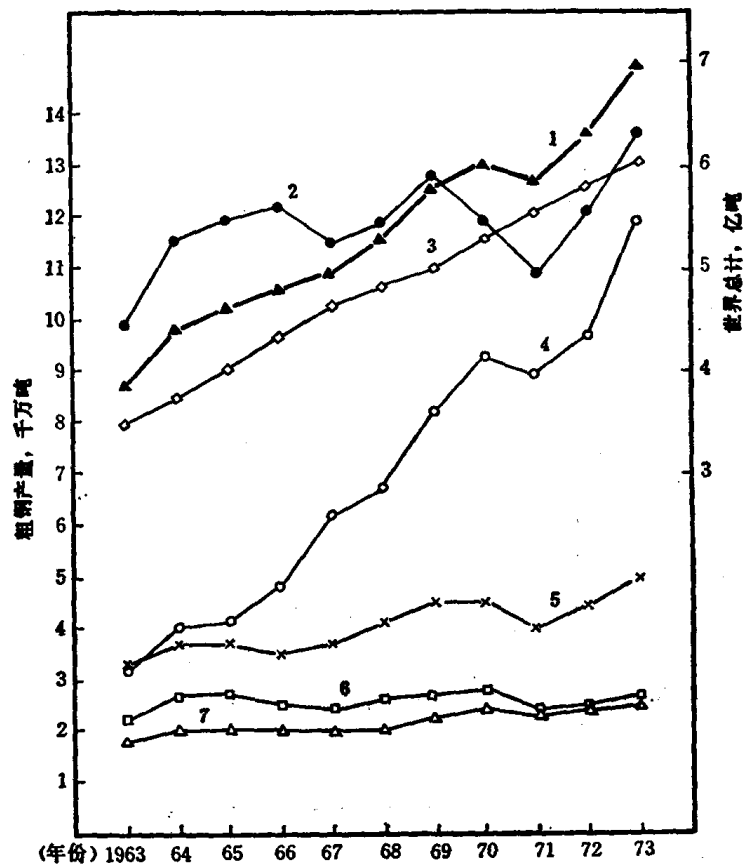


图 1-3 日本和几个主要国家粗钢产量的变化  
1—世界；2—美国；3—苏联；4—日本；5—西德；6—英国；7—法国

**炉内反应 (参见指导书1—9)的简单说明** 所谓炉内反应,就是指在这个怪物的腹中铁是怎样生成的,让我们结合图1-6来说明。

首先让我们来看看进入高炉的炉料。炉料在炉子上部被从下面升上来的煤气所干燥和预热。由于焦炭在风口前燃烧,当装入的炉料降到炉子下部的高温区域时,铁矿石就被CO、H<sub>2</sub>以及C还原。再往下,从铁矿石分离出来的脉石(参见指导书1—10)和焦炭燃烧后的灰分以及CaO等起反应,生成高炉渣,积存在炉缸里。另一方面,还原生成的铁,吸收碳、硅等形成生铁,和高炉渣一样积存在炉缸里,并从出铁口排出。若问这些反应的动力是什么,那就是从风口吹入的热风,在风口前燃烧了焦炭及从风口吹入的重油等燃料所产生的还原性气体。风口前焦炭燃烧产生的还原性气体上升时的变化是:首先,从风口吹进来的热风中的氧气燃烧了焦炭中的碳和重油中的碳氢化合物,产生高温的CO和H<sub>2</sub>。由

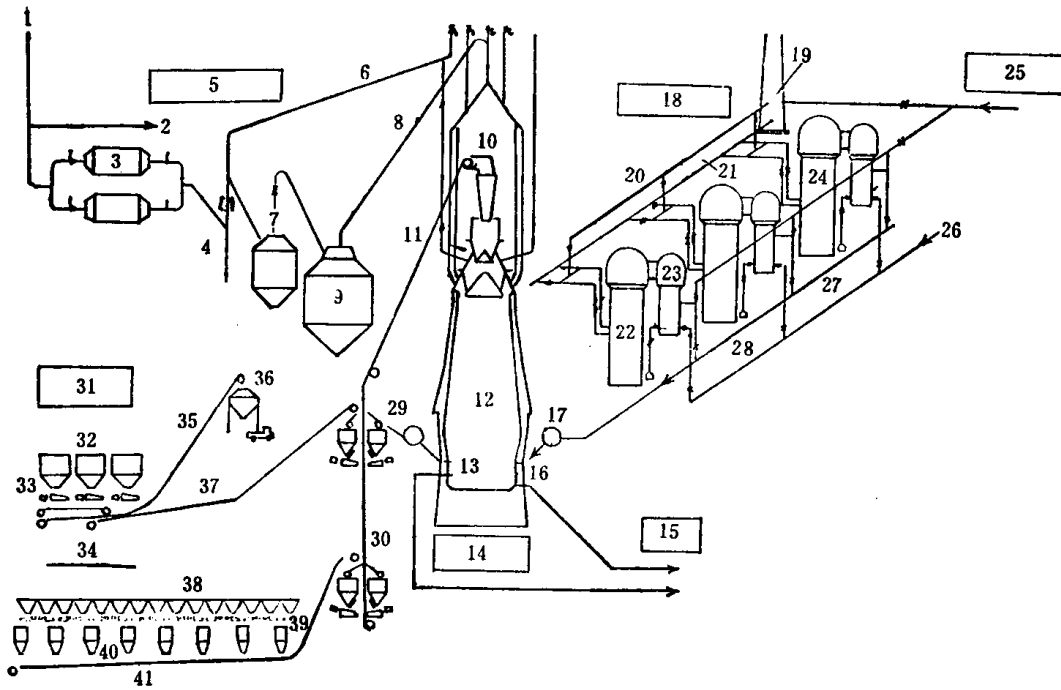


图 1-4 高炉本体和辅助设备系统图

- 1—往煤气管道；2—往热风炉；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；40—称量漏斗；41—漏矿皮带

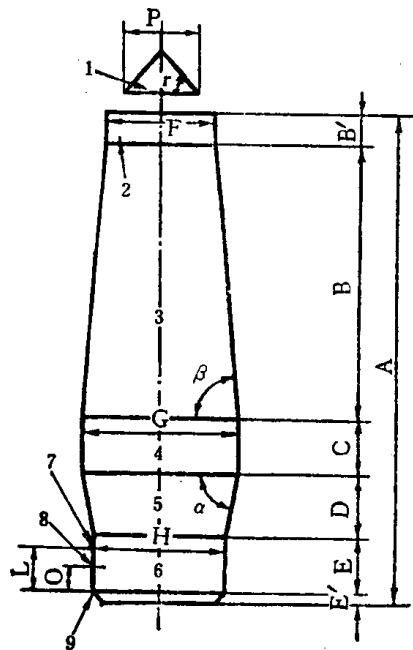


图 1-5 高炉各部分的名称

- 1—大钟；2—炉喉；3—炉身；4—炉腰；5—炉腹；6—炉缸；7—风口；8—渣口；9—铁口

于空气中有 $N_2$ ，所以高温气体中自然也含有 $N_2$ 。这种气体在炉内上升的途中把热量传给炉料，它本身从炉子下部上升的过程完成了熔化、还原、预热和干燥等使命，待其上升到

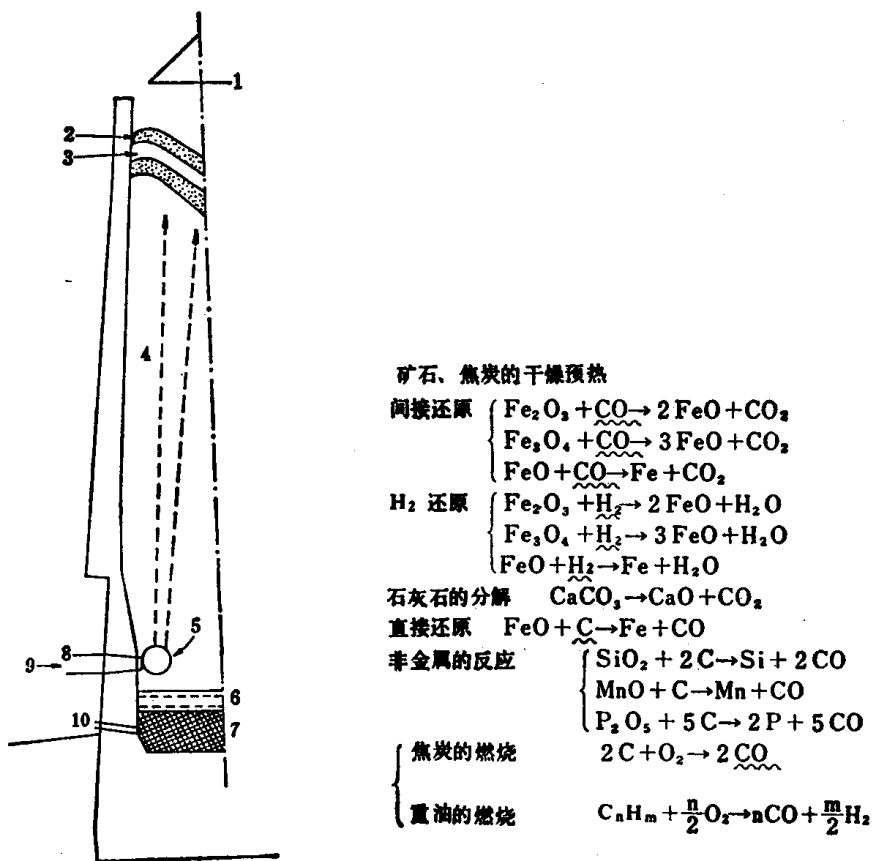


图 1-6 高炉炉内反应

1—大钟；2—矿石；3—焦炭；4—煤气；5—燃烧带；6—熔渣；7—熔铁；8—风口；9—送风；10—铁口

炉顶时，它的温度下降， $CO$ 和 $H_2$ 含量减少， $CO_2$ 和 $H_2O$ 含量增加。在铁矿石被加热的同时，它的还原能力减弱，并被排出炉外。由此可见炉内是固体（炉料）、液体（铁和渣）和气体（煤气）共存的，其反应极为复杂。

## 2. 高炉生产的特点

如前所述，高炉法虽然经历了相当长的时间没有发生根本性的变化，但是由于多次的改进已经有了很大的发展，其原因是什么呢？

看来，第一个理由是生产能力大，也就是说生产效率高。现在，一座高炉的日产量最多可达一万吨。1974年日本的高炉平均有效容积（参见指导书1—11）为2153立方米，平均日出铁量达4306吨。若以此为基础进行比较，目前，即使是引人注目的直接炼铁法，其单一设备的日产量也只有1000吨左右。高炉炼铁的规模越大，生产能力也就越大，这一点已成为决定性的有利条件。

第二个理由是热效率高。与其说是热效率高，倒不如说为了提高热效率，使高炉的形

状逐渐演化到现在的这个样子这一事实本身。热风炉的出现就是以外部送风带入热量（热风）的形式供给炼铁所必需的热量。使用冷风时，燃料消耗高，需要的风量也大。同时，由于燃料量增加，入炉的矿石量减少，结果生铁产量也随之减少。使用热风则可克服这一缺点。此外，炉顶排出的煤气可用于加热鼓风，从而使燃料中不能直接在高炉内利用的那部分热量也得到了利用。所以，总的热效率也就提高了。然而，鼓风中为炉内反应所必要的东西仅仅是氧气，由于送风使用的是空气，这样在热风炉里就同时将相当于氧气体积4倍的无用物（氮）也加热了。因此，还原铁矿石后煤气带走的热量也增多，为了回收热量，就把炉内料柱的高度提高了，使煤气能充分预热炉料。也就是说，在热风炉内加热的氮气与炉内反应无关，而是作为一种热载体被利用的。由此可见，高炉正是由于其高，才具有生产能力大和热效率高的优点。根据一些假定进行计算，可求得高炉的热效率在85%左右，这在工业炉中可说是很高的了。

具有上述这些特点的高炉，通过包括原料条件在内的操作条件的改善，实现了大型化、自动化，减轻了劳动强度，提高了生产效率，从而才取得了现在这样稳固的地位。

### 3. 高炉生产的重要指标

一般说来，当生产某种物品时，基本上都希望“质量好些，产量多些，成本低些”。

基于这样的考虑，对高炉操作的重要指标可作如下说明：

所谓“质量好些”，就是高炉炼出的生铁作为下一步炼钢的原料，其成分规格必须符合要求。

生铁含有的主要成分是Fe(铁)，其次还有C(碳)、Si(硅，又叫矽)、Mn(锰)、P(磷)、S(硫)，此外还含有其它微量元素。成分中的Si、S含量尤为重要。Si含量通常在0.30~0.80%范围内，它在炼钢操作上是重要的。S含量也是重要的，因为它将影响炼钢的成品——钢的质量。在一般情况下，S含量在0.035%以下，当然再少些更好。

所谓“产量多些”，就是要提高生产率。这一指标是以高炉的日产量除以高炉有效容积所得的数值来表示的，即有效容积利用系数（又叫出铁比、操作率）。1974年日本全国的高炉平均利用系数是2.0吨/米<sup>3</sup>·日，近年来的月平均最高记录则达到2.86吨/米<sup>3</sup>·日。出铁量最大的月平均值达到11063吨/日。

所谓“成本低些”，就是生铁成本要低些。在生铁成本中，铁矿石、焦炭等原、燃料费约占85%左右，原料费中主要是铁矿石和焦炭费用。铁矿石成本主要取决于其品位高低，从操作技术角度来看，要降低成本就要降低焦炭使用量。由于日本是用从外国高价购入的煤来炼焦的，所以尽量减少焦炭用量不但现在而且在今后也是重要的问题。生产一吨生铁所需要的焦炭量叫做焦比（公斤/吨），它是关系到“成本低些”的一项重要指标。因此焦比又被称为冶炼技术的晴雨表。

本书后面还要提到，从风口吹入重油（或焦油）等燃料来代替部分焦炭，是为了使生铁“成本低些”。每吨生铁的吹油量叫做油比（公斤/吨）。而焦比和油比的总和叫做燃料比，它也是关系到生铁“成本低些”的指标。

在高炉生产中，人们不断追求的就是上面谈的这三点，而“提高利用系数，降低焦比和燃料比”更是追求的目标。近二十年来的利用系数、焦比及燃料比的变化情况如图1-7所示。

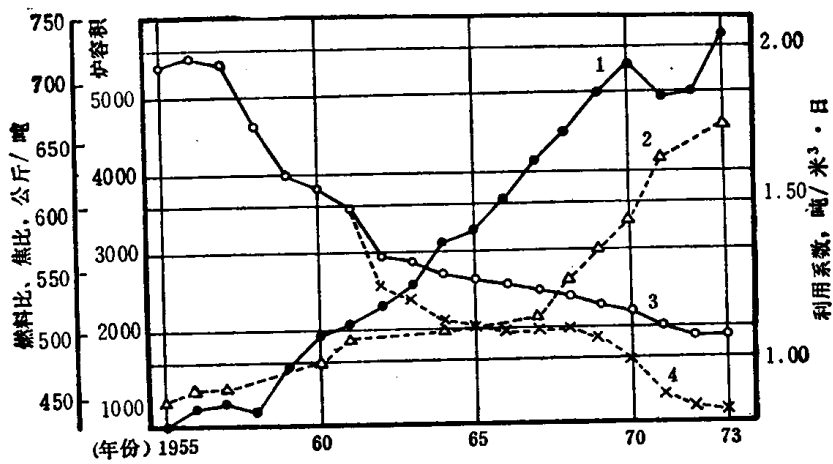


图 1-7 利用系数、燃料比、焦比的变化

1—利用系数；2—最大炉容；3—燃料比；4—焦比

## 第 2 章 原 料

### 1. 绪言

高炉原料主要是铁矿石和焦炭。此外还有熔剂、锰矿石、钢渣、杂料等。

正如营养丰富的食物有益于人的健康一样，高炉也只有使用好的原料，才能稳产高产。所谓确保稳产高产的操作，就是入炉原料能平顺地下降，风口能稳定地鼓风，在炉内，铁矿石可得到充分地还原，从而得到所需成分的生铁。

日本钢铁冶炼技术能获得今天这样的发展，主要是靠原料条件好。也就是靠原料预处理（参见指导书2—1）技术的进步。高炉能否稳产，和原料条件密切相关。

原料对高炉生产效率以及生铁质量的影响非常大；原料费用占生铁成本的大部分。日本的原料资源极缺，大部分依靠国外输入，所以多年来在原料方面是非常重要的。

高炉炼铁要消耗大量的各种原料。最近，日本高炉消耗原料的实际情况如图2-1所示。

表 2-1 各种原料用量 (1973年) (单位: 千吨)

	铁矿石 (输入球团矿除外)		铁 锰 矿 石	输 入 球团矿	砂 铁	硫 酸 烧 渣	其它含 铁原料	合 计
	输 入	国 内						
烧 结 矿	84095	652	666	—	3563	215	10919	100110
球 团 矿	28486	—	753	12308	—	—	946	42493

1973年 { 生铁 生产量 90010千吨  
          { 烧结矿 生产量 104999  
          { 球团矿 生产量 6399

生产一吨生铁消耗原料量的变化 (公斤/吨)

年 度	铁 矿 石	烧结矿和球团矿	碎 铁	其它含铁原料	石 灰 石	焦 炭
1967	517	1039	6	29	51	501
1968	470	1094	4	25	39	504
1969	389	1179	2	24	32	496
1970	371	1199	1	22	25	478
1971	320	1276	—	15	15	451
1972	326	1277	—	13	10	442
1973	318	1291	—	11	10	438

### 2. 铁矿石

在自然界里铁的存在是丰富的。在地壳内的金属中(参见指导书2—2)，铁含量仅次于铝，约为4.7%。而在容易冶炼的矿石中，铁矿石要算是最为丰富的。这是由于铝不易还原，而铁多以集中形式存在。

铁的一般存在形式有赤铁矿（三氧化二铁 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）、磁铁矿（四氧化三铁 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ）、褐铁矿（含水赤铁矿 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）和菱铁矿（碳酸铁 $\text{FeCO}_3$ ）等。而在自然界里以上述这样纯态大量存在的情况是很少的，大部分是以与其它物质混合的形式存在。也就是说，还含有杂质（称脉石或夹杂物），如二氧化硅（ $\text{SiO}_2$ ）、氧化铝（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ）、氧化钙（ $\text{CaO}$ ）、氧化镁（ $\text{MgO}$ ）、锰（ $\text{Mn}$ ）、磷（ $\text{P}$ ）和硫（ $\text{S}$ ）等。铁矿应能使冶炼生铁是经济的，但不能规定其含铁量非达到百分之几十以上不可。例如，有的矿石虽然含铁较少，但经过预处理后就能够经济地、有效地利用。

一种矿石能否作为铁矿石使用的主要条件是：

- ①含铁量多（锰、石灰质是有用的）；
- ②杂质少，尤其是那些在炼铁、炼钢过程中难以去除、对钢铁制品将产生有害影响的杂质，或者会给炼铁、炼钢过程带来不良影响的杂质更要少；
- ③还原性和物理性质好；
- ④贮量大且成分均一。

此外，还必须能够经济地进行采矿、选矿和预处理。当然，也希望能够稳定。

像这样能用于炼铁的铁矿石，日本几乎全部依赖从国外输入。随着钢铁生产的增长，矿石输入量也必然增加，因此在1973年输入铁矿石12870万吨，占使用铁矿石总量的99%。输入的国家 and 地区（参见指导书2—3）在十几年期间有了很大的变化，即从东南亚输入的比率减少，现在主要是从智利、秘鲁、巴西等南美国家及澳大利亚、印度、果阿等国家和地区输入。1973年从澳大利亚输入的占50%，印度占15%，巴西占10%。

随着输入量的增加，大量地建造了大型运矿专用船（参见指导书2—4）。与此同时，对堆卸矿石的港湾也进行了整备。

（1）整粒矿 输入的矿石按粒度可分为：①块状矿石（块矿）和粉状矿石（粉矿）混杂在一起，即呈现刚采掘出来时的原始状态（称为原矿）；②在产地去除了大块和粉末即经过整粒处理的整粒矿；③对矿石进行分类，这项工作在高炉的原料处理设备上进行，即将大于高炉装入粒度上限的矿石用破碎机破碎，而将小于粒度下限的筛除，使矿石粒度适于高炉使用，这种经过整粒的矿石叫做整粒矿。

铁矿石粒度越小，还原性越好（在动力学方面），但象高炉这样的竖炉，当粉状东西装入多时，透气性（参见指导书2—5）变坏，气流的分布也不均匀，并因此原因发生悬料、滑料（参见指导书2—6）使炉况不顺。因而对铁矿石来说，从还原角度需有一个粒度上限，从透气性角度则需有一个粒度下限。

由此可见，铁矿石即使经过整粒后再使用，它的粒度对高炉操作也有很大影响，如图

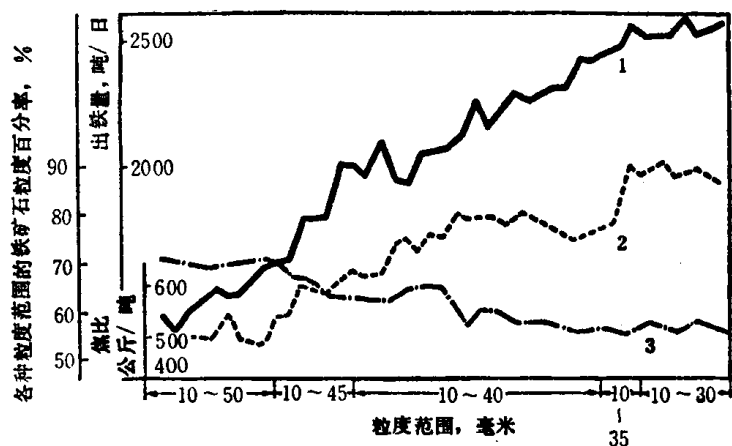


图 2-1 高炉用整粒矿的结果实例

1—出铁量；2—铁矿石粒度；3—焦比

2-1所示。整粒矿的粒度范围也需考虑到经济上的合理性，它是逐渐缩小的，目前下限多控制在8~10毫米，上限则多控制在25~30毫米。

矿石除粒度外，另一个值得重视的性质是热裂。热裂的矿石其用量将受到限制，因为它在加热时会出现裂纹，产生细粒。

随着热裂矿用量的增加，透氧性恶化，产生滑料、悬料，粉尘增多，故现在限定其配比在10%以下。

(2) 烧结矿 输入矿石为整粒进行破碎、筛分处理时产生的粉矿以及直接输入的粉矿，还有硫酸渣、铁矿砂、氧化铁皮、高炉尘、转炉尘等杂料，与石灰石粉和焦粉混合，再经烧结机烧结所得到的产品就是烧结矿。石灰石粉是为调整烧结矿碱度（参见指导书2-7）、改善烧结矿的性质而加入的，焦粉则是烧结的燃料，即靠它燃烧产生的热量使矿石得到烧结。

通过添加石灰石粉适当地调整了碱度的烧结矿叫做自熔性烧结矿，这种烧结矿与生矿中不添加石灰的酸性烧结矿比较，其还原性要好得多，由于使用这种烧结矿，高炉生产指标大幅度地上升。日本的高炉所用炉料的铁矿石现在已经以自熔性烧结矿为主体。使用自熔性烧结矿的优越性如图2-2所示。随着烧结矿碱度增大，显示出生铁产量增加、焦比降

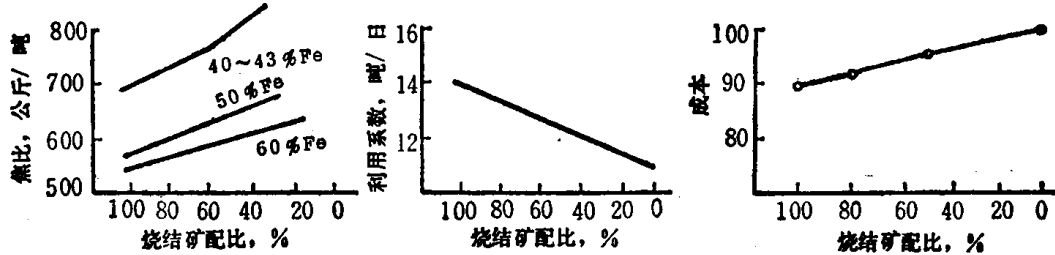


图 2-2 使用自熔性烧结矿的优越性

低的趋势，烧结生产对烧结矿碱度的规定是在入炉烧结矿配比提高的条件下，烧结矿碱度应调整到使高炉内石灰石用量极少。当前，烧结矿碱度在1.20~2.0范围内。

表2-2所列是烧结矿质量的一个实例。

表 2-2 烧结矿质量的一例

工厂	化 学 成 分 (%)													CaO/SiO <sub>2</sub>
	TFe	FeO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn	CaO	MgO	S	P	Cu	C	TiO <sub>2</sub>	Zn	
A	55.94	7.44	5.99	1.83	0.23	10.18	0.60	0.011	0.059	0.017	0.03	0.16	0.015	1.70
B	57.65	9.55	5.98	2.06	0.53	9.53	0.50	0.009	0.053	0.048	0.03	0.18	0.090	1.60
C	54.90	9.81	6.07	1.71	0.50	12.08	1.41	0.016	0.066	0.018	0.15	0.15	—	1.99
D	57.23	5.98	5.94	1.96	0.41	8.60	0.52	0.026	0.065	0.012	0.03	0.58	—	1.45

工厂	粒 度 (%)						平均粒度 (毫米)	落下强度 (10毫米以上) (%)
	>75毫米	75~50	50~25	25~10	10~5	< 5		
A	0.3	5.4	22.4	52.3	17.9	1.7	22.6	87.1
B	0.8	8.9	23.7	40.6	13.7	3.3	37.5	81.9
C	0.6	1.3	3.9	46.2	42.9	5.1	13.2	89.2
D	0	5.2	27.6	39.6	23.6	4.0	22.5	86.7



反映烧结矿质量而值得重视的参量有化学成分、粒度、强度（属于物理特性）和还原粉化等。

象整粒矿那样，将烧结矿的粒度限制在较窄的范围内是非常有效的。当前，下限大多控制在5~6毫米、上限50~70毫米的范围内。

高炉的透气性指数和烧结矿粒度的关系如图2-3所示。烧结矿中5毫米以下的含有率增加时，透气性变坏。另外，在高炉矿槽下设置的筛子的筛分效果如图2-4所示。

烧结矿是粉矿烧结的产物，它比天然矿石容易破碎。为防止在装料过程中和在炉内破碎，也为了防止在运输过程中及在钢铁厂内处理过程中破碎粉化，烧结矿强度的高低是很重要的。常用的强度表示法是测定其落下强度（参见指导书2—8）以及转鼓强度（参见指导书2—9）（回转强度）。在一般情况下，前者的下限值为80~85%，后者为40~45%。图2-5所示是烧结矿强度对高炉操作的影响的一个实例。

目前，烧结矿的还原粉化（参见指导书2—10）状态已经成为评价其质量的一个参量，但对其重视程度各厂不尽相同。

**(3) 球团矿** 最普通的粉矿造块方法就是上面讲过的烧结法，但在将细粒矿粉作为烧结原料使用时，会使烧结过程透气性恶化，故难以大量使用。而在低品位贫矿的选矿处理过程中，矿粉量（参见指导书2—11）不断增加，为处理这部分矿粉，出现了球团法，并逐渐发展起来，用这种方法制造的成品叫做球团矿。

球团生产工艺是：在微粉料（参见指导书2—12）中加入皂土（参见指导书2—13）

（约1%）等添加剂，根据情况配入一些石灰石粉，再添加水分（8~10%），然后经过造球，再将生球放入焙烧炉里烧结成球团矿。

在日本，作为高炉原料使用的球团矿，有从国外输入的和在国内生产的两种。输入球团（参见指导书2—14）始于1963年，现在主要是从澳大利亚、秘鲁、果阿等地进口，1973年总计1120万吨，约为国产球团矿的2倍。进口的球团都是用单品种铁矿石制造的所谓酸性球团矿（参见指导书2—15）。

国产球团是从1966年开始大规模建厂（参见指导书2—16）、投产的，是添加石灰石粉的优质自溶性球团矿。

图2-6所示是球团矿的生产和输入量。为便于比较，列出了国内烧结矿的产量。1973年烧结矿产量是9780万吨，球团矿产量是1760万吨，约为烧结矿的1/5。图2-7所示是历年来高炉原料配比的变化。

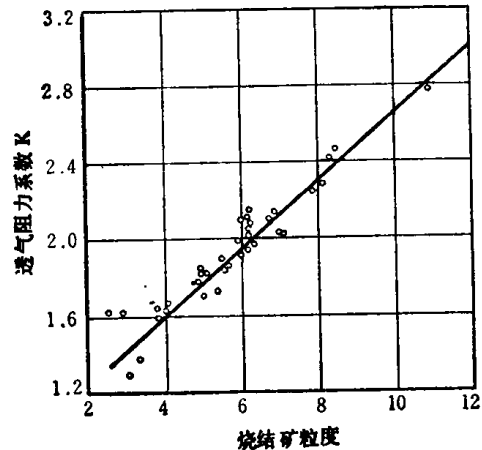


图 2-3 透气阻力系数与烧结矿粒度（5毫米以下%）的关系

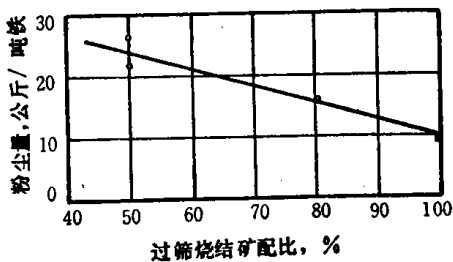


图 2-4 烧结矿过筛的效果