

炼铁工艺计算手册

冶金工业出版社

炼铁工艺计算手册

鞍钢炼铁厂等編

冶金工业出版社

本《手册》扼要地介绍了高炉操作制度諸因素的作用、常用操作参数，通过实例叙述了炼铁工艺过程各个环节的经验計算和理論計算方法等。《手册》的正文部分共八章，内容包括：高炉炼铁概述，炼铁原料，热风炉操作，炉前操作，高炉冶炼操作，封炉、停炉及开炉，炼铁綜合計算和炼铁生产管理等；《手册》的附录部分包括：同炼铁工艺与計算有关的数、理、化常用数据和国外高炉炼铁生产概况。

炼铁工艺计算手册

鞍鋼炼铁厂等編

*

冶金工业出版社出版
鞍山市革委会一工交科技处发行
北京印刷七厂印刷

*

开本小32 印张17 插頁2 字数 368 千字
1973年4月第一版 1973年11月第一次印刷
印数 00,001~15,000 册
統一书号: 15062·3040 定价 (科五) 2.00元

G108/11

毛主席语录

政治工作是一切经济工作的生命线。

路线是个纲，纲举目张。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。这就是马克思主义的认识论，就是辩证唯物论的认识论。

前 言

遵照伟大领袖毛主席关于“要认真总结经验”的教导，为适应我国钢铁工业发展的需要，为进一步提高广大炼铁工人、技术人员的操作水平、管理水平，我们组织鞍钢炼铁厂、鞍钢钢铁研究所和鞍山钢铁大学等单位，并在东北工学院的积极参加下，共同编写了《炼铁工艺计算手册》。本《手册》是在总结鞍钢炼铁厂广大革命职工在毛主席的革命路线指引下，在二十几年来生产实践经验的基础上写成的。书中扼要地介绍了高炉操作制度诸因素的作用、常用的操作参数，通过实例叙述了炼铁工艺过程各个环节的经验计算和理论计算方法等。

由于水平所限，经验不足，加之时间仓促，未能征求其他兄弟单位的意见，书中可能会有不少缺点或错误。希望读者提出批评指正。

鞍山市革委会一工交科技处

一九七二年五月

目 录

第一章 高炉炼铁概述	1
(一) 高炉生产的工艺过程	1
(二) 高炉冶炼的基本原理	3
(三) 高炉技术经济指标和生产特点	6
第二章 炼铁原料	8
(一) 人造富矿	8
一、烧结矿	8
1. 烧结矿的质量要求	8
2. 鞍钢历年来的烧结矿质量	11
二、球团矿	11
(二) 铁矿石	17
一、铁矿石的评价	17
二、鞍钢高炉用铁矿石的品种和理化性能	22
(三) 锰矿石	26
(四) 熔剂	28
一、石灰石	28
二、白云石	29
(五) 燃料	30
一、焦炭	30
1. 焦炭的质量要求	34
2. 鞍钢历年来的焦炭质量	36
二、其它燃料	36
(六) 辅助原料	43
一、萤石	43
二、金属附加物	43

(七) 原料对高炉生产的影响·····	44
一、原料质量对高炉生产的綜合影响·····	44
二、铁矿石质量对高炉生产的影响·····	48
三、焦炭质量对高炉生产的影响·····	51
(八) 原料的貯料和装料設備·····	56
第三章 热风炉操作 ·····	57
(一) 影响热风溫度的因素·····	57
一、热风溫度与炉頂溫度的关系·····	57
1. 热风溫度与炉頂溫度的关系·····	57
2. 热风炉炉頂溫度的选择·····	61
3. 炉頂溫度和理論燃烧溫度的关系·····	61
4. 燃料燃烧計算·····	62
5. 影响理論燃烧溫度的因素·····	66
6. 热风溫度計算·····	74
二、废气溫度和风溫的关系·····	79
1. 影响废气溫度的因素·····	79
2. 废气溫度和风溫的关系·····	81
3. 废气溫度和热效率的关系·····	81
4. 煤气和空气消耗量計算·····	82
5. 废气溫度的允許范围·····	84
三、热风炉的合理周期·····	84
1. 风溫和送风時間的关系·····	84
2. 热风炉合理周期的确定·····	85
四、热风炉結構对风溫的影响·····	86
五、影响风溫的其他因素·····	89
1. 煤气量(或煤气压力)波动对风溫的影响·····	89
2. 高炉操作对风溫的影响·····	89
3. 燃烧器能力对风溫的影响·····	89
(二) 我厂热风炉的設備概况·····	89

一、热风炉设备及结构·····	89
二、热风炉各种格子砖热工性能·····	92
三、各种閘門的形状和尺寸·····	92
(三) 热风炉寿命問題·····	93
一、热风炉损坏情况·····	93
二、热风炉损坏原因·····	93
第四章 炉前操作 ·····	99
(一) 炉前工作指标·····	99
(二) 出鉄·····	100
一、确定适宜的出鉄次数·····	100
二、鉄口构造·····	102
三、出鉄操作和鉄口维护·····	103
(三) 出渣·····	112
一、經常放好上渣的意义·····	112
二、渣口的构造和位置·····	113
三、渣口的维护·····	113
(四) 特殊情况的炉前操作·····	115
一、封炉后的开炉·····	116
二、开炉时的炉前操作·····	117
三、大修停炉出残鉄·····	117
(五) 炉前设备、备品、工具概况·····	128
第五章 高炉冶炼操作 ·····	133
(一) 高炉冶炼的基本規律及其調剂与控制·····	133
一、高炉冶炼的基本規律·····	133
二、高炉操作制度的选择·····	134
三、以下部調剂为基础，上下部調剂相結合运用的基本 准則·····	136
(二) 下部調剂·····	141
一、正确选择风口的面积和长度，确定合理的送风制度·····	141

1. 按鼓风动能确定风口面积的根据·····	141
2. 高炉設備和鼓风动能的关系·····	148
3. 原料条件和鼓风动能的关系·····	150
4. 冶炼强度和鼓风动能的关系·····	151
5. 燃料噴吹量和鼓风动能的关系·····	151
6. 风口的选择和調整·····	168
7. 高炉噴吹燃料的炉缸工作状态·····	169
8. 有关計算的計算方法与实例·····	176
(1) 高炉鼓风动能的計算·····	176
(2) 噴吹燃料时鼓风动能的計算·····	197
(3) 噴吹燃料补偿热的計算·····	210
(4) 炉缸风口区域理論燃烧溫度計算·····	214
二、日常操作調剂·····	220
1. 热风溫度·····	221
2. 鼓风湿分·····	221
3. 噴吹燃料·····	223
4. 风量·····	232
5. 正确运用下部調剂手段·····	244
(三) 上部調剂·····	246
一、装料設備与炉料分布·····	248
二、装入方法与炉料分布·····	249
三、批重大小与炉料分布·····	251
四、日常調剂参考指数的計算·····	258
(四) 負荷調剂·····	265
一、造渣制度·····	265
1. 鞍鋼高炉渣的特点·····	266
2. 炉渣性能的生产实践与試驗測定資料·····	269
二、变料·····	273
1. 热量換算系数·····	275

2. 矿石消耗石灰石量·····	277
3. 焦炭消耗石灰石量·····	278
4. 生铁含锰量的计算·····	278
5. 炉渣碱度及炉渣成分的核算·····	286
6. 由制钢铁改炼铸造铁·····	292
7. 变料单的填写·····	294
三、负荷调整·····	298
1. 布料器停止转动时·····	298
2. 短时间停止喷吹时·····	298
3. 低料线时·····	298
4. 长期休风时·····	299
5. 长期减风操作时·····	299
6. 下雨时的焦炭负荷调整·····	301
7. 倒装洗炉时·····	301
8. 负荷变化对炉温的影响·····	301
(五) 影响高炉产量和焦比的有关因素的计算·····	304
一、高压操作的效果·····	304
二、富氧鼓风的效果·····	305
三、减风影响产量的计算·····	305
四、提高风温节省焦炭量的计算·····	305
五、直接还原度 (r_d) 的计算·····	306
六、高炉直接还原度 (R_d) 的计算·····	313
七、一氧化碳利用率的计算·····	314
八、氢利用率的计算·····	315
九、影响焦比和产量的因素及其数据·····	316
十、校正焦比的方法·····	324
十一、喷吹重油、煤粉时置换比的计算·····	327
第六章 封炉、停炉及开炉·····	332
(一) 封炉·····	332

一、焦比的确定·····	332
二、封炉操作·····	333
三、封炉后的开炉·····	333
(二) 停炉·····	338
一、停炉的准备工作·····	339
二、停炉操作·····	341
三、最大耗水量的计算·····	341
(三) 开炉·····	344
一、准备工作及开炉操作·····	344
1. 烘炉·····	345
2. 开炉操作·····	349
(1) 原料、配料及其计算·····	349
(2) 送风制度·····	349
(3) 煤气操作·····	353
二、开炉操作的发展过程·····	353
三、开炉配料计算·····	353
第七章 炼铁综合计算·····	359
(一) 炼铁综合计算的原始资料及其整理·····	359
(二) 高炉配料联合计算法·····	374
(三) 喷吹条件下炼铁全计算·····	403
(四) 焦比的计算·····	425
第八章 生产管理·····	439
(一) 生产计划·····	439
(二) 炼铁产品·····	443
(三) 生铁成本·····	450
(四) 高炉整理记录填写说明·····	452
附录 I 数理化常用数据·····	457
(一) 物理部分·····	457
1. 常用单位及其换算·····	457

2. 常用材料的比重、容重、堆比重·····	463
3. 其他·····	465
(二) 化学部分·····	468
1. 化合物的生成热·····	468
2. 高炉冶炼过程的主要化学反应·····	472
3. 某些元素的理化性质·····	477
4. 某些氧化物的理化性质·····	478
5. 高炉冶炼中主要化学反应的平衡常数 (K_p) 与温 度 (T) 之间的关系式·····	480
6. 铁的氧化物还原反应的平衡气相成分·····	482
7. 有关元素与化合物的热容·····	483
8. 生铁炉渣及烧结矿的热含量 ·····	497
9. 各种元素在炉渣中的损失 (μ) 以及挥发损失 (λ) ·····	498
10. 化学元素周期表·····	500
(三) 数学部分·····	501
1. 平方、立方、平方根、立方根、圆周长、圆面积、 倒数的计算·····	501
2. 常用面积计算公式·····	504
3. 常用体积计算公式·····	506
附录 II 国外高炉炼铁生产概况 ·····	508

第一章 高炉炼铁概述

(一) 高炉生产的工艺过程

自然界的铁大多是以铁的氧化物状态存在于矿石中。高炉炼铁就是用还原的方法从矿石中提取铁。

高炉是一个竖直的圆筒形炉子，外面用钢板制成炉壳，里面用耐火砖砌筑内衬。生产时从炉顶装入铁矿石、燃料(焦炭)、熔剂(石灰石)，从高炉下部的风口吹进热风。在高温下焦炭(包括喷吹的重油和煤粉)燃烧生成一氧化碳和氢气以及固体碳将铁矿石的氧夺取出来，从而得到铁。这个过程叫作还原。铁矿石通过还原反应炼出生铁，铁水由铁口放出。铁矿石中的杂质与加入炉内的石灰石结合生成炉渣，从渣口排出。煤气从炉顶导出，经除尘后，供热风炉及平炉、焦炉等作燃料。

高炉冶炼流程如图 1-1 所示。

工艺流程除高炉本体外还分以下几个系统：

1. 上料系统——包括贮矿槽、料坑、称量车(或采用皮带称量系统)、斜桥、卷扬机、料车或料罐。
2. 送风系统——主要包括风机、热风炉、热风总管、热风围管等。
3. 除尘系统——从高炉出来的煤气含尘量较高，需要进行清洗才能使用。除尘系统一般包括重力除尘器、洗涤塔和文氏管等。
4. 渣铁处理系统——包括炉前平台，出铁场、泥炮、

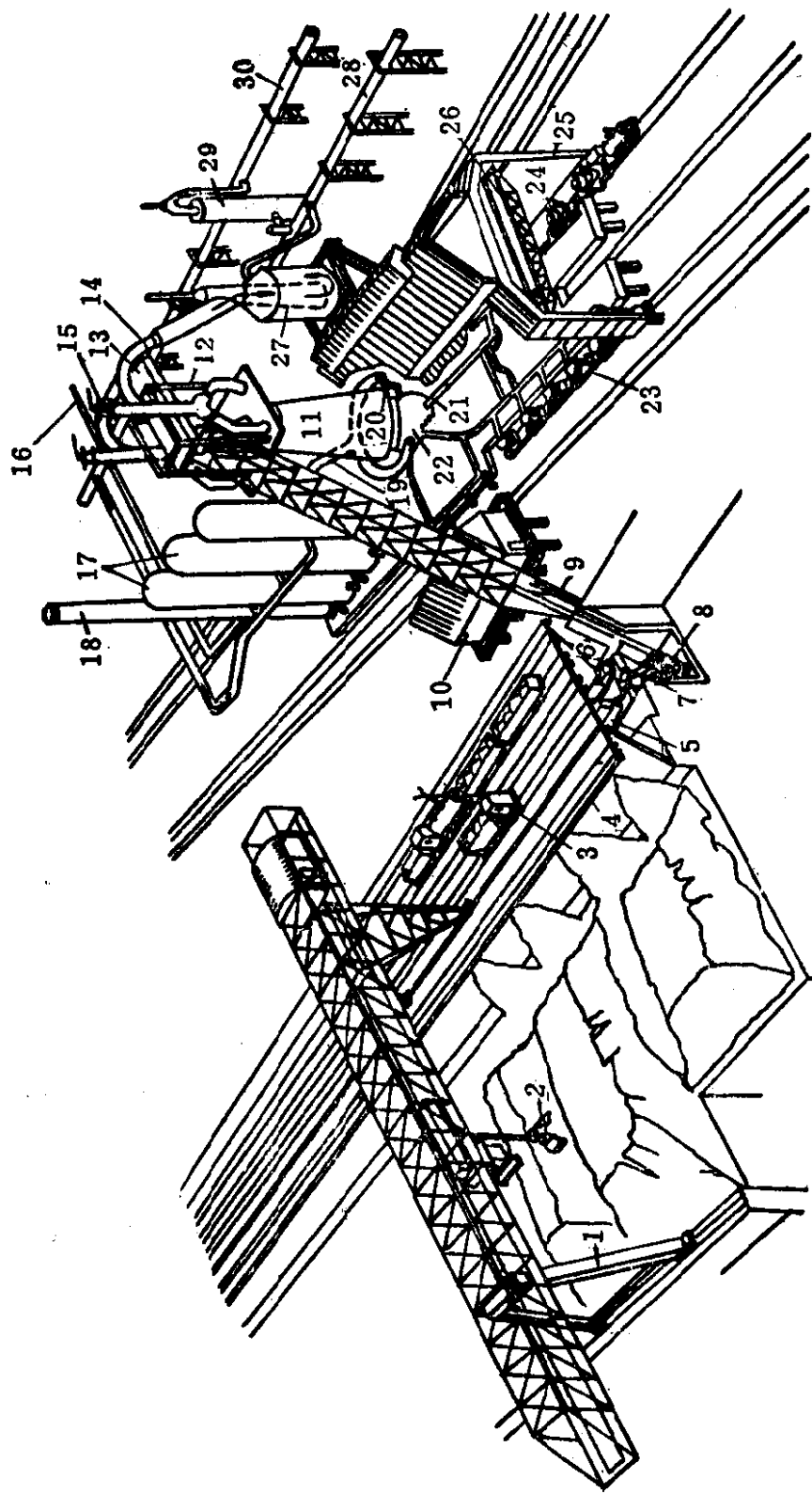


图 1-1 高炉冶炼流程图

1—門型起重機；2—抓斗；3—运矿車；4—儲矿槽高道；5—称量車；6—焦炭篩；7—秤量漏斗；8—料車；9—斜
 桥；10—卷揚機室；11—高炉；12—炉頂起重機；13—荒煤气管；14—荒煤气管；15—炉頂放散閥；16—冷风管；
 17—热风管；18—烟窗；19—热风管；20—风口裝置；21—出鉄口及鉄沟；22—出渣口；23—渣罐；24—鉄水罐；
 25—出鉄場建筑；26—出鉄吊車；27—除尘器；28—半淨煤气管；29—洗滌塔；30—淨煤气管

堵渣机、铸铁机、渣罐（不用渣罐的采用炉前水力冲渣）和铁罐。

（二）高炉冶炼的基本原理

高炉冶炼过程是在炉料下降和煤气上升的逆流条件下进行的。高炉开炉后，生产是连续不断进行的，炉料不断地下降，焦炭在风口处燃烧，炉料在高炉内不停地进行化学反应，生成铁水及炉渣。一般说来，炉料下降均匀，炉温正常，造渣情况好，生铁合格率高，这样就是高炉操作顺行。

炉料通过炉顶装料装置分批装入炉内。焦炭层透气性比矿石层好，因此煤气较易通过，反之煤气通过矿石层的阻力就较大。为了充分发挥煤气热能和化学能的作用，要求煤气和炉料很好接触，达到煤气流合理均匀分布。为此，高炉上部可改变装料制度（装料顺序，批重和料线等）来调整，一般称为上部调剂。

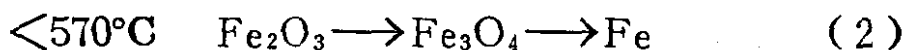
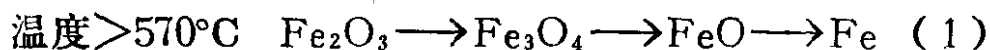
炉料在下降过程中主要进行以下一些物理化学反应：

1. 炉料受热分解

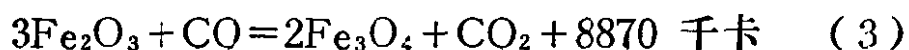
包括炉料中水分分解和蒸发（ $100\sim 400^{\circ}\text{C}$ ）；碳酸盐分解（ $600\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ）；燃料挥发分的挥发（ $>800^{\circ}\text{C}$ ）。

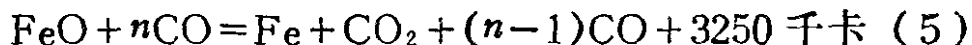
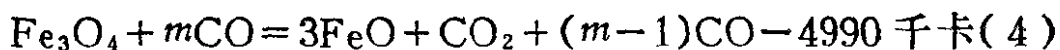
2. 铁矿石的还原

天然矿或人造富矿（烧结或球团）主要是铁的氧化物，是逐级还原的：



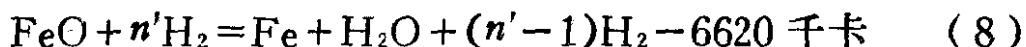
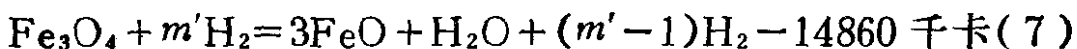
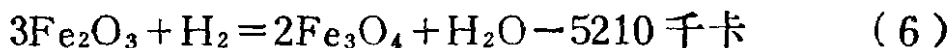
矿石在下降过程中与上升的气体还原剂（一氧化碳）相遇进行如下还原反应





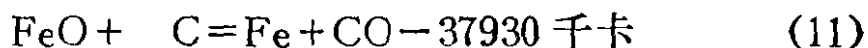
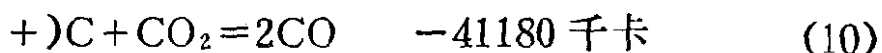
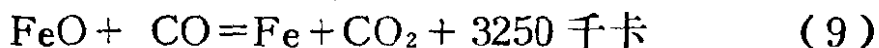
铁氧化物用气体还原剂还原出铁的反应一般称为间接还原，在高炉小于1100°C的温度区域进行。

高炉下部鼓风中水分分解或喷吹含碳氢化合物的燃料时，形成一部分氢，也和一氧化碳一样参加了还原反应：



由于一氧化碳和氢还原时热效应以及气体理化性质不同，一般在高温区氢的还原能力比一氧化碳强，而在低温区，一氧化碳还原比氢有利。

在高温区 (>1100°C) 铁氧化物还和焦炭固体碳进行还原，按以下反应：



这种铁氧化物和碳的还原称为直接还原。

高炉内间接还原（用CO作还原剂）是放热反应，增加了热量，但还原同样量的铁和直接还原比，消耗的还原剂就较多。反之，直接还原是吸热反应，还原时需消耗大量的热，但还原剂的耗量就较间接还原时少。因此两种还原发展各有利弊。高炉要达到经济冶炼，即获得低燃料比，两种还原过程都要求有一个适当比例的发展。直接还原的铁占还原整个

FeO 的铁比率称为直接还原度 (r_d)。高炉要达到理论最低焦比, 必定有一个最适宜的直接还原度。当前冶炼条件下, 实际直接还原度还远远大于最适宜值, 为此, 不断降低直接还原度是当前任务之一。

3. 还原铁的渗碳

高炉还原出的铁与一氧化碳分解出的碳作用形成 Fe_3C 和另外一些碳化物, 以后到高温和焦炭接触又进一步渗碳, 最后形成生铁。



4. 熔化和造渣

焦炭燃烧生成热量, 由上升煤气流带走将生铁和炉渣熔化并加热到一定温度, 才能从铁口和渣口放出来。

高炉加入熔剂 (石灰石) 主要是用来降低脉石的熔点, 造成炉渣以达到杂质与铁水分离的目的。

在高炉内某些金属氧化物不能或很少被还原, 如 Al_2O_3 , CaO , SiO_2 , MgO 等。它们是炉渣的主要成分。生铁脱硫要求炉渣有一定的碱度 $\left(\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}\right)$ 。

控制好造渣制度 (渣的成分, 流动性等) 对高炉顺行, 获得优质生铁是一个重大关键问题。

5. 燃料燃烧

焦炭和风口吹入的重油、煤粉等在风口前燃烧是高炉气体还原剂和热量供应的主要源泉。由于炉缸温度高, 有过量的过剩碳存在, 生成的炉缸煤气除含 N_2 以外, 几乎全是含 CO 和 H_2 的还原性气体。