

LIANTIEXUE

任贵义 主编

炼铁学

下册

冶金工业出版社

炼 铁 学

下 册

任贵义 主编

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2004

图书在版编目(CIP)数据

炼铁学 下册/任贵义主编. —北京:冶金工业出版社,
1996(2004 重印)

ISBN 7-5024-1853-9

I. 炼… II. 任… III. 炼铁学—专业学校—教材 IV. TF5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 12985 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

北京兴顺印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

1996 年 10 月第 1 版,2004 年 1 月第 4 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 22.75 印张; 552 千字; 358 页; 9001~12000 册

36.00 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

为适应当前科学技术的发展,满足冶金职业技术学校教学需求,在1980年冶金工业出版社出版的《炼铁学》(上册贺友多主编,下册张光祖编)的基础上,结合多年的中专教学实践,重新组织编写本书。全书分为两册,上册为高炉原材料和高炉基本原理两篇,下册为高炉操作和高炉车间设备构造两篇。本书作为职业技术学校炼铁专业教材,亦可供职工大学、工厂培训班使用,还可供有关工程技术人员参考。

本书编写力求反映近年来国内外炼铁的最新理论及科研成果。扩充了熟料的内容,将操作部分专设一篇,适当增加有关小高炉的内容,增设非高炉炼铁一章。书中每章后均附有复习思考题。全书按320学时编写,各校在使用中可视具体情况安排教学。

全书由山西工程职业技术学院任贵义主编。各章编写分工如下:上册第一至六章河北工业职业技术学院于秉芳,第八至十五章及绪论任贵义;下册第十六至二十一章四川机电职业技术学院姚永贵,第二十三、二十四及二十六至二十九章上海冶金工业学校沈达广,第七、二十二及二十五章山西工程职业技术学院王明海。

参加本书审稿工作的有重庆钢铁高等专科学校罗吉敖,邢台军需工业学院郭志坤,太原钢铁公司刘志欣,山西工程职业技术学院邹孝慈。他们对本书提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于时间紧迫,加之编者水平所限,本书存在的缺点和不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第三篇 高 炉 操 作

第十六章 高炉炉内操作	1
第一节 高炉操作的基本制度.....	1
第二节 高炉炉况的直接判断.....	6
第三节 高炉炉况的间接判断.....	9
第四节 高炉失常炉况的处理	13
第五节 严重失常炉况的预防及处理	20
第六节 高炉操作计算机控制	26
第十七章 高炉炉前操作	33
第一节 炉前操作指标	33
第二节 出铁口的维护	36
第三节 出铁操作	38
第四节 砂口操作	41
第五节 放渣操作	43
第十八章 高炉开炉、停炉、封炉、休风、送风及事故处理	46
第一节 高炉开炉	46
第二节 开炉配料计算	49
第三节 开炉操作	54
第四节 高炉停炉	56
第五节 高炉封炉	61
第六节 休、送风及事故处理	64
第十九章 热风炉工艺及操作	68
第一节 提高热风温度的途径	68
第二节 热风炉的操作经验	70
第三节 热风炉的操作制度	73
第四节 热风炉换炉、休风及事故处理	76
第二十章 特殊矿石冶炼	80
第一节 含氟含碱铁矿石的高炉冶炼	80
第二节 钒钛磁铁矿的高炉冶炼	84
第二十一章 非高炉炼铁	92
第一节 直接还原法	92
第二节 熔融还原法	97
第三节 钢铁生产新工艺流程的展望.....	101

第四篇 炼铁车间构筑物及设备

第二十二章 高炉本体	105
第一节 高炉座数及有效容积的确定.....	105
第二节 高炉炉型.....	106
第三节 高炉炉衬.....	115
第四节 高炉冷却.....	134
第五节 风口、渣口及铁口.....	151
第六节 高炉基础.....	155
第七节 高炉金属结构.....	158
第二十三章 高炉供料系统	167
第一节 供料设施的类型及流程.....	167
第二节 贮矿槽及其设备.....	173
第三节 槽下运输及称量设备.....	178
第四节 炉顶上料设备.....	187
第二十四章 炉顶装料设备	199
第一节 双钟式炉顶装料设备.....	199
第二节 新型炉顶设备.....	221
第二十五章 高炉送风系统	232
第一节 高炉鼓风机.....	232
第二节 热风炉.....	246
第二十六章 高炉煤气净化系统	288
第一节 除尘原理与设备.....	288
第二节 煤气处理系统.....	302
第三节 煤气洗涤污水处理.....	307
第四节 煤气透平发电设备.....	308
第二十七章 渣铁处理系统	311
第一节 出铁场与风口工作平台.....	311
第二节 炉前设备.....	314
第三节 生铁处理设备.....	327
第四节 炉渣处理设备.....	333
第二十八章 高炉喷吹设备	337
第一节 固体燃料喷吹.....	337
第二节 液体燃料喷吹.....	342
第三节 气体燃料喷吹.....	346
第二十九章 高炉车间设计	349
第一节 设计概述.....	349
第二节 厂址选择.....	350
第三节 高炉车间规划和布置.....	351

第三篇 高炉操作

第十六章 高炉炉内操作

高炉冶炼是一个复杂的过程。上升的热煤气流和下降的冷炉料相向运动贯穿着整个冶炼进程。

高炉炉内操作的目的是保证上升的煤气流与下降的炉料顺利进行。顺行是冶炼过程中各种矛盾的相对统一。高炉冶炼受许多主客观因素的影响。原燃料性能或成分的波动，气候条件的变化，设备工作条件的改变，操作方面的失误等因素，都将使顺行遭到破坏，炉况失常。高炉操作者应该及时而准确地把握外界条件的变动，分析高炉内部各种参数的改变并综合判断它们对炉况的影响，适时并且准确地采取调节措施，保证高炉顺行，获得最好的技术经济指标。

第一节 高炉操作的基本制度

选择好合理的操作制度是高炉操作的基本任务。操作制度是根据高炉炉型特点、设备条件、原料条件、冶炼生铁的品种及优质低耗指标的要求制定的工作准则。只有选择好合理的操作制度才能充分发挥各种调节手段的作用。

通常高炉操作基本制度包括：炉缸热制度、造渣制度、装料制度及送风制度四个方面。它们彼此间有密切的联系，高炉操作者就是根据这些制度，灵活运用上部调剂与下部调剂手段来运作高炉。

一、炉缸热制度

它是指炉缸所具有的温度水平，或者说是根据冶炼条件，为获得最佳效益而选择的适当的炉缸温度。稳定而均匀的炉缸热制度是顺行的基础。

代表炉缸温度水平的参数有两方面：一是铁水温度，一般在 $1350^{\circ}\text{C}\sim 1500^{\circ}\text{C}$ ，又称为物理热；其二是生铁含〔Si〕量，在其它条件相同的情况下，〔Si〕高表示温度高，反之亦然，又称化学热。还原 1kgSi 耗热是还原 1kgFe 耗热的 8 倍（参看还原一章）。

炉缸温度与煤气流分布及造渣过程的正常进行有密切关系，所以热制度又是其它几种制度的综合反映。

冶炼不同生铁品种时要求的炉温水平不一样，故选择的热制度亦有差异。冶炼炼钢生铁时〔Si〕应保持在 $0.2\%\sim 0.5\%$ ；冶炼铸造铁时应根据牌号来确定生铁含〔Si〕量，如冶炼 18[#] 铸造生铁时，可将〔Si〕控制在 1.7% 左右。为节约燃料，在条件允许（渣温充足、炉子顺行）时，应尽量将〔Si〕稳定在较低的水平。为稳定炉温，上下两炉生铁含〔Si〕差不应大于 $\pm 0.1\%$ 。

影响热制度波动的因素很多，大体归纳为三类：

（1）原燃料性质的变化，如矿石的含铁量和还原性，焦炭的灰分和含硫量，熔剂的用量，以及它们的强度、粒度、含粉率、熟料率等。

(2) 冶炼参数变动引起风温、湿度、富氧率、炉顶压力、煤气中(混合煤气) CO_2 含量以及料柱透气性指数的变化等。

(3) 设备条件与其它方面的事故引起的变化, 如冷却器漏水, 布料器工作失灵, 亏料线作业, 称量误差以及天气变化等。

二、造渣制度

根据原燃料条件(主要是含 S) 和生铁成分的要求(主要是 $[\text{Si}]$ 和 $[\text{Mn}]$) 来选择合适的炉渣成分及碱度。

选择造渣制度时应满足以下要求:

- (1) 初成渣形成要晚, 软化区间应窄, 这有利于料柱透气性的改善;
- (2) 保证炉渣在正常温度下有良好的流动性及足够的脱硫能力;
- (3) 保证炉渣有良好的热稳定性和化学稳定性。当炉渣成分或温度波动时, 能保持较稳定的物理性质;
- (4) 有利于炉况顺行, 保证生铁成分合格。

通常, 在保证生铁含硫合格的前提下, 应选择较低的炉渣碱度, 适当调节其它成分。

在一些具体情况下, 应考虑以下选择原则:

- (1) 当冶炼炼钢生铁、低硅铁时, 宜采用较高碱度(二元碱度) 炉渣。
- (2) 当冶炼锰铁时, 宜采用高 CaO 炉渣, 如表 16-1。

表 16-1 生铁品种与炉渣碱度的关系

铁 种	硅 铁	铸造生铁	炼钢生铁	低 硅 铁	锰 铁
CaO/SiO_2	0.6~0.9	0.95~1.10	1.05~1.20	1.10~1.25	1.20~1.50

- (3) 冶炼铸造生铁、硅铁时宜用酸性渣。
- (4) 当炉缸堆积或有凝结物时, 一般宜采用较高炉温, 用 CaF_2 炉渣或 MnO 炉渣洗炉。
- (5) 处理由于碱度过高而形成的炉缸堆积时, 一般宜采用低碱度炉渣及高炉温操作。
- (6) 如原燃料中碱性氧化物较多, 宜用中温低碱度排碱(K、Na)。
- (7) 利用 MgO 代替部分 CaO , 对于脱硫、排碱及冶炼低硅铁均有明显效果。 MgO 以 7%~12% 为宜, (参阅高炉强化一章中低硅铁冶炼一节)。

三、送风制度

它是指在一定的冶炼条件下, 确定适宜的鼓风量、鼓风质量和进风状态, 它是实现煤气合理分布的基础, 是保证炉料顺行, 炉温稳定的必要条件。或者说是依据客观冶炼条件、鼓风质量、鼓风参数、高炉冶炼状况选择适宜的风口面积和长度, 达到一定的鼓风动能和风口循环区, 并应用可变的鼓风参数进行调剂, 使煤气流在炉缸内的初始分布达到合理。

送风制度包括风量、风温、鼓风湿度、富氧情况以及风口面积和长度等。风口喷吹燃料属于综合鼓风, 喷吹亦可纳入送风制度。

1. 选择送风制度应达到以下要求:

- (1) 煤气分布合理;
- (2) 炉缸工作均匀;
- (3) 热量充足, 煤气利用好;

- (4) 炉缸工作活跃，铁水质量合格；
 - (5) 炉况顺行；
 - (6) 有利于炉型和设备的维护。
2. 检验送风制度的指标包括以下几方面：
- (1) 标准态风速。

$$v_{\text{标}}=\frac{Q}{n\cdot\frac{\pi d^2}{4}}$$

式中 Q ——风量， m^3/s ；

n ——风口数，个；

d ——风口直径， m 。

不同类型高炉的标准态风速的参考值见表 16—2。

表 16-2 高炉有效容积与风速的关系

有效容积 m^3	20~50	50	100	255~300	700	1000
$v_{\text{标}}$ ， m/s	50~70	>70	>80	>100	>120	>140

- (2) 鼓风动能 E 。不同容积高炉的合理鼓风动能 ($E_{\text{合适}}$) 参考表 16-3。

表 16-3 高炉有效容积与鼓风动能的关系

有效容积， m^3	20~50	50~80	100	225	>300	500~1000	1000~1200
$E_{\text{合适}}$	1000	1000~2000	2000~3000	3000~3500	3500~4000	5000~6000	6000~7000

表 16-4 为判断合适鼓风动能的直观表象。

表 16-4 判断合适鼓风动能的直观表象

内 容		鼓风动能正常	鼓风动能过大	鼓风动能过小
仪 表	风 压	稳定，并在一定范围内出现小的波动。	波动大而有规律，出铁、出渣前显著升高，出铁后降低。	曲线死板，风压升高时容易悬料、崩料。
	风 量	稳定，在小范围内发生波动。	波动大，随风压升高风量减少，风压降低风量增加。	曲线呆死，风压升高，崩料后风量下降很多。
	料 尺	下料均匀、整齐。	不均匀，出铁前料慢，出铁后料快。	不均匀，有时出现滑料与过满现象。
	炉顶温度	带宽正常，相互交错，波动小。	带窄，波动大，料快时温度低，料慢时升高。	带宽，四个方向有分叉。
风口工作		各风口工作均匀、活跃，风口破损少。	风口活跃，但显凉，严重时风口破损较多，且多坏风口内侧下端。	风口明亮，但不均匀，有生降，炉况不顺时，风口自动灌渣，破损多。
炉 渣		渣温充足，流动性好，上下渣均匀，上渣带铁少，渣口破损少。	渣温不均匀，上渣带铁多，易喷花，上渣难放，渣口破损较多。	渣温不均匀，上渣热，而变化大，有时带铁多，渣口易坏。
生 铁		物理热足，炼钢生铁常是灰口，有石墨碳析出。	物理热稍低，炼钢生铁白口多，而硫低，石墨少。	铁水暗红，炼钢生铁为白口、硫高、几乎没有石墨。

(3) 风口前理论燃烧温度 $t_{理}$ 。首钢高炉的 $t_{理}$ 计算公式为

$$t_{理} = 1536 + 0.7938t + 40.3O_2 - 2.0W_{煤}$$

式中 $t_{理}$ ——风口前理论燃烧温度, $^{\circ}\text{C}$;

t ——热风温度, $^{\circ}\text{C}$;

O_2 ——富氧率, %;

$W_{煤}$ ——喷煤量, kg/t 。

(4) 风口循环区与深度。希望风口数目多些, 风口循环区面积大一些, 这样有利于炉缸工作均匀与炉况顺行。循环区深一些, 有利于活跃炉缸中心, 也有利于改善生产和煤气利用。

(5) 风口圆周工作均匀程度。根据高炉冶炼特点, 要求圆周方向工作均匀, 因此各风口进风量、风口直径、长度和斜度等参数应基本一致。

3. 鼓风参数与日常调剂。由于各种不可控因素的影响, 虽然高炉冶炼操作制度合理, 炉况仍会出现不同程度的波动, 如不及时纠正将引起炉况严重失常, 操作者必须准确判断炉况, 及时运用下部调剂手段(风温、湿度、喷吹量、氧气和风量等)使炉况保持稳定顺行。

(1) 风温。提高风温是高炉强化的措施之一, 风温高低又是调剂炉温的重要手段。热风带入的物理热集中于炉缸, 如果相应降低焦比, 炉顶温度也降低, 提高了高炉内热能利用率。

改变风温还将改变鼓风动能, 导致炉内煤气流分布改变, 当提高风温导致炉缸温度升高时, 上升煤气的上浮力增加而不利顺行。在调剂中应注意以下几点:

1) 因炉热而减风温时幅度要大一些, 一次可减到所需要的风温水平。炉凉时提风温幅度宜小, 每次 $10^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$, 以防煤气体积迅速膨胀而破坏顺行。

2) 在大量喷吹燃料之后, 调剂炉温常用的办法是保持最高风温水平, 固定风温而调节喷吹量(或湿度), 这样可最大限度发挥高风温的作用。

3) 风温对焦比(或热平衡)的影响, 随风温升高而减弱, 亦即对炉温的作用随之减小。

(2) 风量的调剂。一般情况下, 风量与下料速度、冶炼强度和生铁产量成正比关系。风量调剂的作用有以下几方面:

1) 控制料批, 实现计划的冶炼强度, 并保持料线。

2) 稳定气流, 在炉况不顺的初期, 减少风量是降低压差、消除管道、防止难行、崩料和悬料的有效手段。

3) 炉凉时减风控制料速, 可迅速稳定炉温, 当热行而料速减慢时, 可酌情加风。

风量与料柱透气性要相互适应, 所以改善料柱透气性是增加风量的基础。加风时, 一次不能过猛, 否则将破坏顺行。一般中型高炉, 每次加风应控制在 $30 \sim 50 \text{m}^3/\text{min}$, 间隔 $20 \sim 30 \text{min}$ 。在非特殊情况下, 应保持全风操作, 不要轻易减风。必须减风时, 一次减到需要水平。在未出渣铁时, 减风之际密切注意风口, 避免灌渣。

(3) 风压。风压直接反映炉内煤气与料柱透气性的适应情况, 它的波动是冶炼过程的综合反映, 亦是判断炉况的重要依据。目前高炉普遍装有透气性指数($Q/\Delta P$)仪表, 它对炉况变化的反映灵敏, 有利于操作人员判断炉况。

(4) 加湿与喷吹量。改变二者的使用量均可起到调剂炉温并且充分发挥风温的作用。无论是加湿或减喷吹量, 均是固定最高风温而调节湿度或喷吹量。当炉冷时, 则减少鼓风湿

度或增加喷吹量；炉子热行时增加湿度或减少喷吹量。用改变喷吹量调节炉况，不如改变风温或湿分来得迅速。改变喷吹量时，因有滞后时间，所以需尽早调节喷吹量，对炉温趋势尽早作出准确的判断，及时调节。调节喷吹量的幅度不宜过大，以免影响气流分布和炉缸工作状态发生剧烈变化。

(5) 风口面积和长度。风口面积和长度对风口的进风状态起决定性的作用。生产实践表明，在一定冶炼强度下，必须有合适的鼓风动能相配合。影响鼓风动能的因素有风量、风温和风口截面积等。在高冶炼强度时，由于风量、风温必须保持最高水平，通常采用改变风口进风面积的办法来调剂鼓风动能，有时也用改变风口长度的办法来调节边沿与中心气流。

确定风口面积的依据有四个方面：

其一是原燃料条件。如果原燃料强度提高，粒度均匀，粉末和渣量少时，炉料透气性改善，则有可能接受较高的鼓风动能和压差操作，否则相反。

其二，喷吹燃料使炉缸煤气体积增大，促使煤气流向炉缸中心发展，为防中心过吹，应适当扩大风口面积。

其三，高炉失常时，由于长期减风操作而造成中心堆积，炉缸工作状态出现异常，为尽快消除失常，发展中心气流，活跃炉缸，应采取缩小风口面积或堵死部分风口的措施。

其四，炉缸直径、风口数目都是确定风口进风面积的依据。

确定风口长度的依据：

当高炉为低冶炼强度生产和炉墙侵蚀严重时，可采用长风口操作，这相当于减少炉缸工作截面积，易使循环区向炉缸中心移动，有利于吹透中心和保护炉墙。

小高炉的生产实践证明，风口向下倾斜，可使煤气直接冲向渣铁层，缩短风口和渣铁层间的距离，有利提高渣铁温度，而且有助于消除炉缸堆积和提高炉渣的脱硫能力，一般小高炉的风口下斜 $7^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 。

四、装料制度

根据高炉设备特点，原燃料的物化性能，利用不同的装料方法改变炉料在炉喉的分布，控制煤气流，充分利用热能和化学能。

调剂的内容（即上部调节）包括：料批大小、料线高低、装入顺序和布料制度，对无料钟炉顶还包括溜槽倾角等。

1. 改倒装 主要用于疏松边沿气流，促进炉况顺行。但有降低炉温的作用，所以在炉凉时不宜采用，一定要采用时应考虑减轻焦炭负荷。

2. 改正装 用于压制边沿气流并有提高炉温的作用。当炉温急剧转热时不可改正装，以免悬料，一般是逐渐增加正装比例。

3. 改双装 主要是加厚料层，促使煤气流分布均匀，但也有堵塞中心气流的作用，主要是在高冶炼强度下，中心气流比较发展的情况下采用。

4. 加空焦 其作用是改善料柱透气性，促进煤气流分布均匀，并提高炉温，当炉况失常时，加空焦以利恢复。

5. 提高冶炼强度时，不宜采用加重边沿的措施，以免炉况不顺。

第二节 高炉炉况的直接判断

高炉炉况的直接判断包括看渣、看铁和看风口等。它对判断炉况是很有帮助的，尤其是某些中小型高炉现代化监测仪表不足时更为重要。直接判断法并不全面，它仅反应冶炼的结果，而无法反映冶炼的全过程。因此，还必须对炉况进行间接判断与直接判断，将二者结合起来。

一、看风口

风口区是高炉内温度最高的区域。通过观看焦炭在风口区前的运动状态和明亮程度，可以判断炉缸圆周各点的工作情况、温度和顺行情况等。经常观察风口可以为操作者提供较早的炉况变化情况，能够做出及时的调节，确保高炉稳定顺行。

1. 用风口判断炉缸工作状态。炉缸状态应均匀、活跃，这是高炉顺行的一个重要标志。各风口明亮均匀，说明炉缸圆周各点温度均匀，各风口焦炭运动活跃均匀，说明炉缸圆周各点鼓风量和鼓风动能一致，说明炉缸圆周各点工作正常。否则表明炉况失常。对没有布料器的小高炉，在观察风口时，应考虑到因炉喉圆周布料不均而造成一边风口明亮，热一些，其对面的风口暗，温度低。

2. 用风口判断炉缸温度。高炉炉况正常，炉温充足时，风口明亮，无生降，不挂渣。当炉温下降时，风口亮度也随之变暗，有生降出现，风口同时挂渣。在炉缸太凉时，风口挂渣、涌渣、甚至灌渣。炉缸冻结时，大部分风口会灌渣。

如果炉温充足时风口挂渣，说明炉渣碱度可能过高；炉温不足时，风口周围挂渣；风口破损时，局部挂渣。在观察风口时，以上几种情况应区别开来。

3. 用风口判断顺行情况。高炉顺行时各风口明亮但不耀眼，而且均匀活跃。每小时料批数均匀稳定，风口前无生降，不挂渣，风口破损少。

高炉难行时，风口前焦炭运动呆滞。例如悬料时，风口焦炭运动微弱，严重时停滞。

当高炉崩料时，如果属于上部崩料，风口没有什么反映。若是下部成渣区崩料很深时，在崩料前，风口表现非常活跃，而崩料后，焦炭运动呆滞。

高炉产生管道时，正对管道方向，在管道形成初期风口很活跃，循环区也很深，但风口不明亮。当管道崩溃后，焦炭运动呆滞，有生料在风口前堆积。炉凉若发生管道崩溃，则风口灌渣。冶炼铸造生铁时这种现象较少，而冶炼炼钢生铁时较多。当高炉热行时，风口光亮夺目，焦炭循环区较浅，运动缓慢。

如果发生偏料时，低料面一侧风口发暗，有生料和挂渣。炉凉时则涌渣灌渣。

4. 用风口判断大小套漏水情况。当风口小套烧坏漏水时，风口将挂渣，发暗，并且水管出水不均匀，夹有气泡，出水温度差升高。

因此，高炉操作人员必须勤看风口。由于各风口反映的炉况不可能同样灵敏，要着重看某些风口（反映灵敏的风口）和其它风口相结合起来。

二、看出渣

炉渣是冶炼过程的产出物，它反映冶炼的结果。高炉冶炼过程有热惯性。因此，可以用炉渣外观及炉渣温度来判断炉渣碱度及炉缸温度。

炼铁工作者有名俗话，“炼好铁必须先炼好渣”，只有好的渣才会有好的铁。渣是直接判断炉况的重要手段，一看渣碱度，二看渣温，三看渣的流动性及出渣过程中的变化。

1. 用炉渣判断炉缸温度。炉缸温度通常是指炉渣与铁水的温度水平。

炉热时，渣温充足，光亮夺目。在正常碱度时，炉渣流动性良好，不易粘沟。上下渣温基本一致。渣中不带铁，上渣口出渣时有大量煤气喷出，渣流动时，表面有小火焰。冲水渣时，呈大的白色泡沫浮在水面。

炉凉时，渣温逐渐下降，渣的颜色变为暗红，流动性差，易粘沟，渣口易被凝渣堵塞，打不开；上渣带铁多，渣口易烧坏，喷出的煤气量少，渣面起泡，渣流动时，表面有铁花飞溅；冲水渣时，冲不开，大量黑色硬块沉于渣池。

2. 用上下渣判断炉缸工作状态。炉缸工作均匀时，上下渣温基本一致。

当炉缸中心堆积时，上渣热而下渣凉。放上渣时，开始炉渣温度高而后温度低；边沿堆积时，上渣凉而下渣热，有时渣口打不开，放上渣时，炉渣开始温度低而后温度升高。

当炉缸圆周工作不均匀时，各渣口渣温和上、下渣温相差较大。

高炉偏料或产生管道时，低料面一侧或接近管道处的渣口比另一侧渣口温度低。

3. 用渣样判断炉缸温度及碱度

(1) 棍样。用细铁棍粘取炉渣，观察其凝固状态，来判断炉渣温度及碱度。

炉热时，棍样表面凹凸不平，无光泽，表面有气孔，呈白色。

炉凉时，棍样表面光滑，颜色变为黑色。

炉渣碱度高时，棍样为灰白色石头状；而炉渣碱度低时，则为褐色玻璃状（酸性渣），粘样时可拉长丝。

(2) 勺样。用样勺取样，待冷凝后，观察断面状况，可用来判断炉缸温度及炉渣碱度。

当炉温和碱度高时，渣样断面呈蓝白色，这时炉渣二元碱度为 1.2~1.3 左右。若断面呈褐玻璃状并夹有石头斑点，表明炉温较高，其二元碱度为 1.10~1.20 左右；如果断面边沿呈褐玻璃状，中心呈石头状，一般称之为灰心玻璃渣，表明炉温中等，碱度为 1.0~1.1 左右。如果二元碱度为 1.3 以上时，冷却后，表面出现灰色粉状风化物；当碱度小于 1.0 时，将逐渐失去光泽，变成不透明的暗褐玻璃状渣，易脆；低温炉渣，其断面为黑色，并随着渣中 FeO 增加而加深（一般渣中 $\text{FeO} > 2\%$ 渣就变黑了），严重炉凉时，渣会变得象沥青一样黑。渣中含 MnO 多时，渣呈豆绿色；渣含 MgO 较多时，渣呈浅蓝色； MgO 再增加时，渣逐渐变成淡黄色石状渣，如 $\text{MgO} > 10\%$ ，炉渣断面为蛋黄色石状渣。

在酸性渣范围内，渣表面由粗糙变为光滑而有光泽时，说明碱度由高到低，渣易拉丝，渣呈酸性；在碱性渣范围内的炉渣断面呈石头状，表面粗糙。

此外，在看渣时，还应注意比较不同渣口的渣，上渣与下渣，渣温和碱度是否均匀，出渣时前后渣温变化预示着炉况凉热的趋势。这时全面掌握炉缸工作状态和炉缸温度水平都有很大益处。

三、看出铁

主要是观察生铁中 $[\text{Si}]$ 和 $[\text{S}]$ 的含量，以确定生铁的品种是否符合标准。同时用以判断炉缸温度变化及炉缸工作状态，并根据生铁成分来调节焦炭负荷。一般在炉料不变的情况下，生铁中 $[\text{Si}]$ 和 $[\text{S}]$ 的变化，反映着炉缸热制度的变化。

高炉炉温充足时，生铁中 $[\text{Si}]$ 升高而 $[\text{S}]$ 降低。炉凉时，生铁中 $[\text{Si}]$ 降低而 $[\text{S}]$ 升高；当炉缸温度变化时，生铁中 $[\text{S}]$ 的波动幅度比 $[\text{Si}]$ 快 10 倍左右。在炉渣碱度不变的条件下，生铁含 $[\text{Si}]$ 量同炉缸温度成正比例。因此，在其他条件与状况相同时可以用生

铁含〔Si〕量来判断炉缸温度，生铁中含〔S〕量的变动成为判断炉缸温度变化趋势的标志。

在炉缸中心堆积的情况下，生铁含〔Si〕水平无变化，但由于铁水温度降低，致使生铁中〔S〕升高。在出铁时，后期比前期〔S〕高，这同炉渣先热后凉相一致。

高炉边沿堆积时，生铁含〔Si〕无变化，而生铁中的〔S〕前期比后期高。

高炉炉况失常时，生铁含〔S〕大幅度升高，但生铁含〔Si〕波动幅度较小。

判断生铁含〔Si〕的方法有：

1. 看火花

(1) 冶炼铸造铁。

当〔Si〕>2.5%时，铁水流动时没有火花飞溅；

〔Si〕在2.5%~1.5%时，铁水流动时出现火花，但数量少，火花呈球状；

〔Si〕<1.5%时，铁水流动时出现的火花较多，跳跃高度降低，呈绒球火花；

(2) 冶炼制钢铁。

当〔Si〕在1.0%~0.7%时，铁水流动时火花急剧增多，跳跃较低；

〔Si〕<0.7%时，铁水表面分布着密集的针状火花束，非常多而跳得很低；可从铁口一直延伸到铁模或铁水罐。

2. 看烟雾

(1) 冶炼铸造铁。

当〔Si〕在1.5%~2.5%时，铁水流时表面升腾白色烟雾，但不很多，也不浓；

〔Si〕在1.5%以下时，出现红褐色烟雾；

〔Si〕>2.5%时，铁水表面烟雾很浓，尤其〔Si〕>3.0%时，出铁时除有烟雾外，并有白色粉末散落下来。当生铁含〔S〕<0.03%以下时，还伴随有片状黑灰色石墨碳飞扬。

(2) 冶炼制钢铁。

当生铁含〔Si〕在1.0%以下时，出铁时表面升腾起红褐色烟雾。〔Si〕降低越多，烟雾越浓。

3. 看试样（或模样）断口及凝固状态

(1) 看断口。

1) 冶炼铸造铁：

〔Si〕在1.5%~2.5%时，模样断口为灰色，晶粒较细；

〔Si〕>2.5%时，断口表面晶粒变粗，呈黑灰色；

〔Si〕>3.5%时，断口逐渐变为灰色，晶粒又开始变细。

2) 冶炼制钢铁：

〔Si〕<1.0%时，断口边沿有白边；

〔Si〕<0.5%时，断口呈全白色；

〔Si〕在0.5%~1.0%时，为过渡状态，中心灰白，〔Si〕越低，白边越宽。

(2) 看凝固状态。铁水注入模内，待冷凝后，可以根据铁模样的表面情况来判断。

〔Si〕<1.0%时，冷却后中心下凹，生铁含〔Si〕越低，下凹程度越大；

〔Si〕1.0%~1.5%时，中心略有凹陷；

〔Si〕在1.5%~2.0%时，表面较平；

〔Si〕>2.0%以后，随着〔Si〕的升高，模样表面鼓起程度越大。

4. 看铁水流动性。在生铁含〔S〕合格的情况下，可以根据铁水的流动性来判断炉温。

(1) 冶炼铸造铁时。

〔Si〕在1.5%~2.0%时，铁水流动性良好，但比炼钢铁粘些；

〔Si〕>2.5%时，铁水变粘，流动性变差，随着〔Si〕的升高粘度增大。

(2) 冶炼制钢铁时。铁水流动性良好，不粘沟。判断生铁含〔S〕的几种方法：

1) 看铁水凝固速度及状态：

〔S〕<0.04%时，铁水很快凝固；

〔S〕在0.04%~0.06%时，稍过一会儿铁水即凝固，生铁含〔S〕越高，凝固越慢，含〔S〕越低，凝固越快；

〔S〕在0.03%以下时，铁水凝固后表面很光滑；

〔S〕在0.05%~0.07%时，铁水凝固后表面出现斑痕，但不多；

〔S〕>0.1%时，表面斑痕增多，〔S〕越高，表面斑痕越多。

2) 看铁水表面油皮及样模断口：

〔S〕<0.03%时，铁水流动时表面没有油皮；

〔S〕>0.05%时，表面出油皮；

〔S〕>0.1%时，铁水表面完全被油皮覆盖。

将铁水注入铁模，并急剧冷却，打开断口观察：

〔S〕>0.08%时，断口呈灰色，边沿呈白色；

〔S〕>0.1%时，断口为白口，冷却后表面粗糙，如铁水注入铁模，缓慢冷却，则边沿呈黑色。

出铁过程中前后期铁水成分变化不大，一般说明炉缸工作均匀，炉况正常。若相差较大，说明炉温向某个方向发展，据此可掌握炉况发展的趋势。

四、看料速和料尺运动状态

下料速度受风量大小、批重及其它许多因素的影响。看料速主要是比较下料快慢及均匀性，看每小时下料批数和批距即两批料的间隔时间。探料尺运动状态直接表示炉料的运动状态，真实反映下料情况。

炉况正常时，料尺均匀下降，没有停滞和陷落现象；

炉温向凉时，每小时料批数增加；而向热时，料批数减少；难行时，料尺呆滞。

炉况反常时，料尺突然下降300mm以上时，称崩料；如果料尺不动，时间较长（约超过两批料的时间）称为悬料；如两尺料经常性地相差>300mm时，称为偏料（可结合炉缸炉温来判断），偏料属于不正常炉况。如两料尺距离相差很大，若装完一批料后，距离缩小很多时，一般是管道引起的现象。

在送风量及矿石批重不变的情况下，料尺下降速度间接地表示炉缸温度变化的动向及炉况的顺行情况。

第三节 高炉炉况的间接判断

炉况的间接判断即利用热工仪表判断炉况。高炉使用热工仪表测量风量、风温、风压及炉内不同部位的煤气压力、温度、成分等。根据上述参数的变化来了解煤气流的分布状态及煤气能量利用程度，从而判断高炉顺行情况和炉缸温度现状及发展趋势。

由于炉缸内的煤气压力不便直接测定，故间接地用热风压力来代替炉缸煤气压力。煤气量一般为鼓风量的 1.30~1.35 倍，因此也可以间接地用风量来代替煤气量。

一、利用 CO_2 曲线判断高炉炉况

1. 高炉剖面变化与炉缸工作状态同 CO_2 曲线的关系 炉况正常时，在焦炭、矿石粒度不均匀的条件下，有较发展的两道煤气流，即高炉边沿与中心的气流都比中间环圈内的气流相对发展，这有利于顺行，同时也有利于煤气能量的利用（如果高炉原燃料质量好，粒度均匀，可以使这两道煤气流弱一些）。这种情况下形成边沿与中心两点 $\text{CO}_2\%$ 含量低，而最高点在第三点的双峰式曲线。如果边沿与中心两点 $\text{CO}_2\%$ 含量差值不大于 2%（对于某些工厂的高炉），这时炉况顺行，整个炉缸工作均匀、活跃，其曲线呈平峰式。

如果高炉煤气流分布失常，炉况难行，可以从煤气曲线中显示出来，其曲线的特征是：

炉缸中心堆积时，中心气流微弱，边沿气流发展，这时边沿第一点与中心点 $\text{CO}_2\%$ 差值大于 2%（针对某些工厂的高炉而言，下同），有时边沿很低，最高点移向第四点，严重时移向中心，其 CO_2 曲线呈馒头状。

炉缸边沿气流不足，而中心气流过分发展时，由于中心气流过多，而使中心气流 $\text{CO}_2\%$ 值为曲线的最低点，而最高点移向第二点，严重时移向第一点，边沿与中心 $\text{CO}_2\%$ 差值大于 2%，其曲线呈“V”形。

高炉结瘤时，使第一点的 $\text{CO}_2\%$ 值升高，炉瘤越大， $\text{CO}_2\%$ 值越高，甚至第二点、第三点也升高，而炉瘤表面上方的那一点 $\text{CO}_2\%$ 值最低。如果一侧结瘤时，则一侧煤气曲线失常；圆周结瘤时， CO_2 曲线全部失常。

高炉产生管道行程时，管道方向第一、第二点 $\text{CO}_2\%$ 值下降，其它点则正常，管道方向最高点移向第四点。

高炉崩料、悬料时，曲线紊乱，无一定规则形式，曲线多数表示平坦，边沿与中心气流都不发展。

2. 炉温与 CO_2 曲线的关系 CO_2 曲线也可用来预测炉温发展趋势。

当 CO_2 曲线各点 $\text{CO}_2\%$ 值普遍下降时，或边沿一、二、三点显著下降，表明炉内直接还原度增加，或边沿气流发展，预示炉温向凉。同时，混合煤气中 CO_2 值也下降。煤气曲线由正常变为边沿气流发展，预示在负荷不变的条件下炉温趋势向凉，煤气利用程度降低。

当边沿一、二、三点普遍上升，中心也上升时，则表示在负荷不变的条件下，煤气利用程度改善，间接还原增加，预示炉温向热。同时，混合煤气中 CO_2 值也将升高，把两者结合起来判断，可以为操作者指出调节的方向。

3. 炉况与混合煤气成分的关系 利用 $\text{CO}\%$ 和 $\text{CO}_2\%$ 含量的比例能反映高炉冶炼过程中的还原度和煤气能量利用状况。

一般在焦炭负荷不变的情况下 CO/CO_2 值升高，说明煤气能量利用变差，预示高炉向凉； CO/CO_2 值降低，则说明煤气能量利用改善，预示炉子热行。

二、利用热风压力、煤气压力、压差判断炉况

煤气产生于炉缸，煤气压力接近于热风压力。热风压力计安装在热风总管上。热风压力可反映出炉内煤气压力与炉料相适应的情况，并能准确及时地说明炉况的稳定程度，是判断炉况最重要的仪表之一。因为热风压力与炉料粉末的多少、焦炭强度、风量、炉温、喷吹燃料量以及炉缸渣铁量等因素有关。可以说高炉各基本制度的变化均能从热风压力表上

看出征兆。在一定的冶炼条件下，风量与风压成一定的比例关系，每座高炉适宜的风压水平可通过生产实践去摸索。

炉顶煤气压力计安装在炉顶煤气上升管上，它代表煤气在上升过程中克服料柱阻力而到达炉顶时的煤气压力，简称炉顶煤气压力。常压高炉的炉顶煤气压力对判断炉况有一定的作用，常压高炉炉况正常时，煤气压力稳定（大钟打开向炉喉布料时炉顶煤气压力出现周期性瞬时下降，属正常情况。）若炉顶压力经常出现向上或向下的波动，表示煤气流分布不稳或发生管道和崩料。悬料时，由于炉内不易接受风量，产生的煤气量少，炉顶煤气压力明显降低。在看炉顶煤气压力表数值时，应防止假像（如测量元件堵塞时，则读数很小或为零；当煤气清洗系统积灰时，则压力较高），应与风量、热风压力表结合起来观察与判断（因为它还与风量、炉顶煤气放散阀开度以及炉况波动等因素有关）。

热风压力与炉顶压力的差值近似于煤气在料柱中的压头损失，称为压差。热风压力计更多的反映出高炉下部料柱透气性的变化，在炉顶煤气压力变化不大时，也表示整个料柱透气性的变化；而炉顶煤气压力计能更多的反映高炉上部料柱透气性的变化。

当炉温向热时，由于炉内煤气体积膨胀，风压缓慢上升，压差也随之升高，炉顶煤气压力则很少变化，高压炉顶操作时更是如此。

当炉温向凉时，由于煤气体积缩小而风压下降，压差也降低，炉顶压力变化不大或稍有升高（常压炉顶操作）。

煤气流失常时，下料不顺，热风压力剧烈波动。

高炉顺行时，热风压力相对稳定，炉顶压力也相应稳定，因此，压差只在一个小范围内波动。

高炉难行时，由于料柱透气性相对变差，使热风压力升高，而炉顶压力降低，因此压差升高；高压炉顶操作时虽然炉顶煤气压力不变，因热风压力的升高，压差也是增加的。

高炉崩料前热风压力下降，崩料后转为上升，这是由于崩料前高炉料柱产生明显的管道，而崩料后料柱压结，透气性变坏。

高炉悬料时，料柱透气性恶化，热风压力升高，压差也随之升高。

三、利用冷风流量计来判断炉况

冷风流量计安装在放风阀与热风炉之间的冷风管道上，是判断炉况的重要仪表之一。它与风压变化相对应。在正常操作中，增加风量，热风压力随之上升，例如攀钢1000m³高炉，风量每增加100m³/min，风压相应增加约0.01MPa。

在判断炉况时，必须把风量与风压结合起来考虑。当料柱透气性恶化时，风压升高，风量相应自动减少；当料柱透气性改善时，风压降低，而风量自动增加。炉热时，风压升高而风量降低；炉凉时，则相反。

四、利用炉顶、炉喉、炉身温度判断炉况

1. 利用炉顶温度判断炉况 炉顶温度系指煤气离开炉喉料面的温度，它可以用来判断煤气热能利用程度；也用来判断炉内煤气的分布。测定炉顶煤气温度的热电偶一般装在煤气上升管根部或煤气封盖上，其曲线呈“之”字形。

正常炉况时，煤气利用好，各点温差不大于50℃（对某些高炉而言），而且相互交叉。炉缸中心堆积时，各点温差大于50℃（对某些高炉而言，下同），甚至有时达100℃左右，曲线分散，而且各点温度水平普遍升高。