



鋼鐵工業叢書

ZENYANG SHI XIAOGAOLU
GAOCHAN YOUZHI

怎样使小高炉高产优质

重慶人民出版社

序 言

1958年全民大煉鋼鐵運動以來，不過一年的時間，在“小土群”的基礎上，全國出現了几百個中小型鋼鐵廠，建設起千百座中小型的煉鐵高爐。這樣的建設速度，是冶金工業史上從來不曾有過的。從1890年我國第一個鋼鐵廠——漢陽鋼鐵廠開始建設起，舊中國漫長的五十九年中所建設的高爐，還不到我們一年中建設起來的中小型高爐容積的六分之一。第一個五年計劃期間，我們建設的高爐即超過解放前五十九年的成就；但1958年至1959年大躍進中一年的建設速度，又大大地超過了第一個五年。我國鋼鐵工業這樣高速度的發展，是我國人民貫徹執行黨的社會主義建設總路綫和一整套“兩條腿走路”的方針的偉大勝利。

中小型高爐擔負着全國半數的生鐵生產任務，在完1958年和1959年的生鐵生產中已起了重大作用。“兩條腿走路”的方針，是我國社會主義建設的長遠方針，實行這個方針能夠加快我國社會主義工業化的速度。所以，中小型高爐不僅在目前有着重大的作用，而且將長期發生作用，它有着無窮無盡的生命力和不可限量的前程。

為了充分發揮小高爐在社會主義建設中的偉大作用，因此，研究和總結小高爐生產的經驗和出現的問題，從而把小高爐的利用系數和生鐵質量提得更高，成本降得更低，這是一項很有意義的工作。

一年來，在黨的正確領導下，在社會主義建設總路綫的鼓舞下，小高爐戰綫上的職工同志們，發揮了沖天的干劲，戰勝了無數的困難，在提高小高爐的產量和質量、降低成本方面，都取得了很大的成績，並從中獲得了許多寶貴的經驗，充分地說明了小高爐是能夠高產優質的。我們現根據四川省小高爐生產的經驗，參考國內其他地方小高爐的資料，並結合我們在生产實踐中的體會，就怎樣使小高爐高產優質的幾個主要問題，加以總結，以供小高爐工作者參考。

編 者

1959年12月

目 录

序 言

第一章	加强原材料的准备与处理	1
§1	提高铁矿石的品位.....	2
§2	小粒度矿石入爐.....	4
§3	原料分級入爐.....	6
§4	加强原料的混勻工作.....	8
§5	用块状石灰代石灰石.....	9
§6	严格要求焦炭的质量.....	11
第二章	鼓足風量, 提高冶炼强度	14
第三章	提高热風温度	19
§1	風温对焦比的影响.....	19
§2	多嘴燃烧热風爐的分析.....	20
§3	关于热風爐的结构.....	23
§4	采用多嘴燃烧需要注意的几个問題.....	30
§5	进一步提高風温的方法.....	30
§6	热風爐的計算和烟道、烟囱尺寸的决定.....	32
第四章	加强爐内外脫硫	41
§1	高爐爐内脫硫.....	41
§2	爐渣硷度对脫硫的影响.....	42
§3	温度对脫硫的影响.....	45
§4	鉄水爐外脫硫.....	46

第五章	改进操作技术	53
§1	上部调剂	53
§2	下部调剂	56
§3	造渣制度	58
§4	防止结瘤	61
§5	高爐开爐	62
§6	休風和复風操作	66
第六章	延长高爐寿命	70
§1	爐衬损坏的原因	7
§2	延长爐子寿命的措施	74
§3	高爐下部使用炭素搗固	77
第七章	选择适宜的小高爐內形	83
§1	高爐有效容积	83
§2	高爐有效高度	84
§3	爐缸直径	87
§4	爐腹角和爐腹高度	91
§5	爐身角和爐喉直径	91

第 一 章

加强原材料的准备与处理

高爐技术经济指标（利用系数、焦比和成本）的高低，与原材料的质量和冶炼前原料的准备和处理工作有极大的关系。化学成份稳定、块度合格和一定品质的原料，加上恰当的准备处理，能有效地改善爐内爐料的透气性和还原过程，促使高爐进一步的强化。例如本溪第一鉄厂两座中型高爐的利用系数从1958年1月份的1.312吨提高到1959年4月的2.305吨，冶炼强度从0.996吨提高到1.437吨，焦比由0.766吨降低到0.657吨〔1〕。其主要經驗是在改善操作的同时，大力改善原材料。很多鉄厂由于重視原材料的管理工作，他們的技术经济指标都很先进，相反有的鉄厂对原料管理不重視，因而技术经济指标不好。

小高爐所用原材料的质量虽然較大高爐要求低一些，但是也有一定的规格。根据小高爐會議的規定，入爐原材料应符合下列的规格：

1. 矿石含鉄量一般应大于40%，硫小于0.15%；
2. 焦炭中的灰分小于15~20%，硫小于1.5%；
3. 石灰石中二氧化硅和三氧化二鋁的总量应小于5%；
4. 原材料的粒度应为：鉄矿石5~25毫米，焦炭15~80毫米，石灰石10~30毫米。有效容积小于10立方米的高爐原料的粒度上限可适当的縮小，如使用褐鉄矿和菱鉄矿，粒度

的上限可至40毫米。原料应分級入爐。下面分別叙述：

§1 提高鉄矿石的品位

矿石的含鉄量愈高，熔剂和焦炭的消耗便愈低，高爐的产量随之相应的提高。其原因何在呢？因为高爐冶炼不但是一个还原过程，而且还需要造渣、熔化生鉄，因此必須供給足够的热量和还原剂。焦炭的任务就是发热、作还原剂和保証爐內料柱的透气性。焦炭燃烧发出的热量和热风带入的热量，消耗在冶炼必須的許多項目上，两者組成了高爐的热平衡。研究热平衡可发现热量消耗在各个項目的多少，以及应采取什么措施，减少那些消耗热量过多的項目，从而降低焦比，产量隨焦比的降低相应地得到提高。

某厂5立方米高爐热平衡表 表1

收入項目	热量 (千卡/公 斤生鉄)	(%)	支出項目	热量 (千卡/公 斤生鉄)	(%)
1. 焦炭燃烧的热量	4862	82.02	1. 还原所需的热量	653.24	11.00
			2. 碳酸盐分解所需的热量	877.5	14.50
			3. 爐料水的蒸发	221.5	3.70
2. 热风带入的热量	772	13.02	4. 生鉄含热量	300.0	5.50
			5. 爐渣含热量	1477.0	24.90
			6. 鼓風水分的分解	209.5	3.52
3. 爐渣生成放出的热量	294	4.96	7. 煤气带走的热量	1141.0	19.43
			8. 热的损失	1048.26	17.45
共 計	5928	100.00	共 計	5928.00	100.00

表1列出某厂5立方米小高爐的热平衡。根据的条件是：

铁矿石含鉄30%，焦炭含灰分22%，風温为 300°C ，煤气中含4~6%的二氧化碳，生鉄含硅2%。

由表1看出：小高爐每公斤生鉄的热量消耗較大高爐多1.5倍。大高爐的热量支出中有一半是用在还原上，而小高爐消耗在2、5、7、8四項的热量占总热量的75%，还原消耗的热仅11%。其中第7項的热量是与焦比有关的，只有焦比降低才能使其减少，第8項由于小高爐的散热面积（对每立方米有效容积而言）較大，热量損失也大，虽然能减小一些冷却水带走的和表面散失的热，但毕竟是較少的。可以大为縮减的是2、5兩項，矿石含鉄量低是这两項热量消耗多的主要原因。由于貧矿冶炼时要多加石灰石造渣，使渣量增加，加热和熔化爐渣消耗的热也增加，焦比相应增高，加上焦炭灰分又高，又进一步促使熔剂消耗增加，和渣量再增加。某5立方米高爐渣鉄比达到3:1，而大高爐仅0.6:1；熔剂消耗量增多，分解消耗的热也多。

此外，矿石的間接还原不够，引起爐缸大量的直接还原。据某厂5立方米高爐計算的直接还原度(T_d)达72%；爐子經常出黑渣。这說明，在小高爐里矿石多半是以直接还原方式进行的，大量的直接还原不仅引起焦炭的消耗增加，也易降低爐缸温度。

由以上分析可以看出提高矿石含鉄量的重要性。根据前面热平衡計算的数据，理論計算出不同含鉄量的矿石对焦比影响的数字列于表2。

由表2看出：当矿石含鉄量由30%提高到40%时，焦炭可节省44%，产量也相应地提高44%，熔剂减少了47%。我們認為矿石含鉄量由30%提高到40%，产量还可以提得更高，至少可提高50%；如果矿石含鉄量提高至50%，則产量

矿石含鉄量对焦比的影响

表 2

矿石含鉄量 (%)	单位生鉄原材料消耗量 (公斤/吨生鉄)		
	焦 炭	矿 石	石 灰 石
30	2780	2798	2135
40	1560	2200	1123
50	1220	1720	553

将增加一倍以上。

本溪第一鉄厂中型高爐生产經驗表明，鉄分每提高1%，高爐将增产4~8%，而不是一般理論上所說的2%。这是由于鉄分升高，渣量降低，改善了高爐下部透气性，能促进高爐强化。某厂30立方米高爐，矿石平均含鉄28%，产量只12吨，在相同情况下，矿石含鉄量增至40%，产量上升到20吨。因此，提高产量应尽可能創造条件，使用高品位矿石。

品位低的矿石提高含鉄量有两种办法。一种是从矿山到入爐的矿石采取“一条龙”的人工选矿方法，根据矿石的色泽和比重进行挑选。开采出来的矿石夹有很多废石，只要从矿山起在搬运、混匀、焙烧、破碎、二次混匀直到入爐的过程中都贯彻人工选矿，作到不經過挑选的矿石不入爐。这样經過“一条龙”的选矿后，矿石含鉄量将大大提高。另一种是采用机械进行选矿；这种方法比人工选矿节约劳动力很大，效率更高，因此小高爐选矿工作必須迅速实现机械化。

§2 小粒度矿石入爐

目前小高爐生产中較普遍的现象是矿石間接还原发展不

够，煤气的热能和化学能未充分利用。其因素之一是矿石粒度大，一般采用的是15~40毫米，有时还更大。减小矿石粒度，可促使间接还原反应的加速发展。粒度减小后，矿石与煤气接触的表面加大，这由表3可明显的看出。当球矿直径由40毫米减少到5~15毫米时，其表面积增大3~8倍。

球矿直径大小与其表面积的关系 表3

球形矿石的直径 (毫米)	40	30	25	15	10	5
每1立方体积内球矿 的表面积(平方米)	78.5	104.8	125.7	203.5	314	628

矿石粒度减小后其还原性也得到改善。由图1看出，当矿石粒度小于25毫米时，还原度随矿石的粒度减少而迅速增加。此外，当矿石粒度较小时(例如小于5毫米)能在煤气中呈悬浮状态，这样能使煤气与矿石的接触表面达到最大的程度，因而还原速度大大地提高。

减小矿石粒度后炉料的透气性是否会大大地恶化呢？根据一些小高炉使用的情况看来，矿石粒度减小后(由25毫米减至8~15毫米)风压有些升高，但升高不多(约100~150毫米水柱)，在操作过程中炉况一直正常，煤气中二氧化碳的含量有一些升高。

当然，矿石粒度的尺寸还应根据炉子容积的大小和矿石的性能来具体的确定，对于炉容小于13立方米和还原困难的矿石，粒度还应适当的缩小。

如贵州水城铁厂改小原料粒度，一级矿由50~35毫米缩小到35~25毫米，二级矿由35~25毫米改为25~15毫米，三级矿由25~15毫米改为15~8毫米，焦炭、石灰石的粒度都缩小25~30%，与此同时，焦批由58公斤改为46公斤，

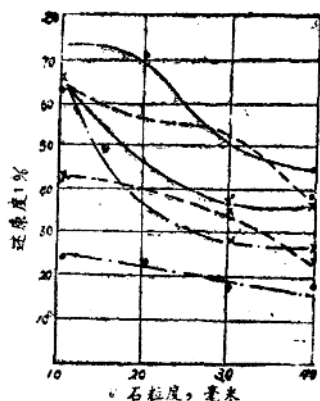


图1 矿石粒度对还原速度的影响(鞍山矿区)

- 团矿
- ×—— 武安
- 烧结矿
- ×—— 樱桃圆
- 弓长岭磁铁矿
- ×—— 七道沟

技术指标得到了改善，产量上升11.25%，焦比由0.85降低到0.83，焦炭负荷由1.63增加到1.87。黄继光炉高产经验之一就是使用小粒度原料（0.43~0.15毫米占原料中60%）。

为了改善矿石的物理性能，最好采用氧化焙烧的方法。但不同种类和性能的矿石焙烧的作用是不相同的：坚实致密难还原的磁铁矿，氧化焙烧后可提高矿石的氧化度易于还原；组织疏松破碎容易的褐铁矿和菱铁矿，氧化焙烧的作用主要是去除结晶水和碳酸气，提高含铁量；容易还原的赤铁矿，因含结晶水很少，焙烧的效果无前者显著；焙烧效果最显著的是含硫矿石，而且这种矿石必须在焙烧后才能使用，因为氧化焙烧有去硫的作用，在生产条件掌握适宜时，矿石硫含量将急剧下降，去硫程度可高达90%。

§3 原料分级入炉

高炉鼓入的风量应与炉料的透气性相适应，如果炉料的

透气性好，則能增大風量而不致妨碍爐料正常下降。爐料的透气性是與料塊之間的孔隙大小有關，如果料塊粒度均勻，則孔隙度的大小與料塊的粒度沒有關係。為了說明這點，假設直徑為 d 的球，有規則的按圖2排列，則孔隙度為：

$$\begin{aligned}\text{孔隙度} &= \frac{d^3 - \frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3}{d^3} = 1 - \frac{\pi d^3}{6d^3} \\ &= 1 - \frac{\pi}{6} = 47.2\%\end{aligned}$$

當然這種排列時的孔隙度最大，實際情況要比較小些。如果大塊和小塊礦石混合在一起（圖3），小塊礦將填入大塊礦的孔隙中，增加了煤氣通過的阻力，使爐料的透气性變壞；如果將大塊和小塊分開裝，則僅在大小塊接觸處減少一

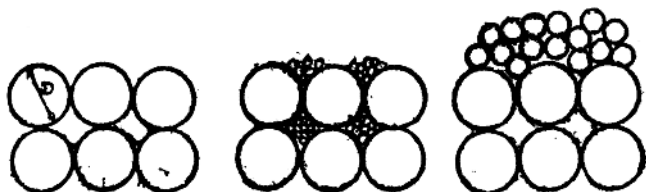


圖2

圖3

圖4

些空隙，而在其他地方的小塊就不能嵌入（圖4），此外分開裝避免了在布料時產生的偏折現象。若混裝，小塊會落在堆尖上，而大塊滾向爐子中心，使煤氣分布不均勻。因此分級入爐無論對爐料的透气性和布料而言都是有好處的。一般小高爐的礦石可分為5~15毫米和15~25毫米，焦炭分為10~25毫米和大于25毫米兩級，級數太多將增加操作的困難，也是不必要的。在分級裝料時也不要一批大塊和一批小塊交錯

装，这样在爐料下降过程中，小块又会与大块混合，最好每隔几批循环装入，减少大小块混合的机会。此外，还必须仔细的篩去原料中的粉末。如某 300 立方米的中型高爐，将原料中小于 5 毫米的燒結粉末，由 30% 减少到 10% 以下时，高爐上部透气性得到改善，产量提高 10%。

焦炭分級也能改善爐身料柱的透气性，强化高爐。本溪第一鉄厂将焦炭分級分爐使用，收到了显著的效果。如大于 60 毫米的大块焦集中 1 高爐使用；30~60 毫米集中 2 高爐使用。結果 1 高爐产量提高 10%，冶炼强度提高了 5%，焦比降低 3%；2 高爐产量与冶炼强度也各提高 4%。由此可见，焦炭分級、单級入爐，是一种立竿見影的增产措施。

§4 加强原料的混匀工作

高爐操作中要求爐缸热制度和造渣制度稳定，只有这样，高产优質才有保証，尤其是小高爐，显得更加重要。小高爐爐缸积蓄的热量較少，对热制度的波动很敏感，加以測量仪表不全，預先判断爐况的发展趋向的可能性比大高爐差。原料成分的波动給高爐热制度带来很不利的影响，如果矿石的含鉄量增高，則重料下来使爐子变冷，輕料下来使爐况变热，对高爐操作很不利。如果小高爐上没有进行原料的混匀工作，矿石的含鉄量波动大，便能引起爐缸热制度急剧改变，造成操作上盲目和被动，而被迫地經常使高爐貯有富裕的热量，来預防意外的爐况变化。

矿石混匀的方法是平鋪直取，将某类矿石依一定的方向平鋪成一条堆，每层不要很厚，这样鋪完一层后再鋪第二层，逐渐鋪成一条堆，同时从上往下取，使所取的料每层都

有一些，成分就比較均勻。条堆的矿石量愈多，每层厚度愈薄，則成分愈均勻，在原料充足、料場較大的厂子，条堆的矿石量应鋪大些，至少要保持一条矿堆能用2~3天以上。此外应抓住一切可利用的条件采取“一条龙”的混勻方法，采矿时按成分开采，开采的矿石堆放和运输时进行平鋪直取，焙烧前也进行平鋪直取，焙烧破碎篩分后的矿石也进行平鋪直取，这样可以提高混勻效率；在“一条龙”的混勻工作中，应使焙烧前（最好是篩分后）平鋪的条堆量保持2~3天的用量。

§5 用块状石灰代石灰石

石灰石入爐后要進行分解，因而消耗大量的熱，使焦炭消耗量增加，据計算每减少100公斤石灰石，可節約焦炭40~50公斤【2】，如以石灰代替石灰石可節約大量的焦炭，使產量大增；由于焦比降低，焦炭帶入的硫量减少，生鉄質量提高。河北石家莊鋼鐵厂的小高爐以石灰代替石灰石作熔劑后，获得很好的效果，試驗期間高爐利用系数由0.63提高至1.13吨/米³，焦比由2.26降至1.61吨/吨生鉄，生鉄含硫量大大降低。唐山鉄厂試用石灰作熔劑后，產量提高67%，焦比降低37%。宣化鋼鐵厂在71立方米的高爐上試用的效果也很好，說明較大的爐子还是可以使用。

煅烧石灰要用質量較好含硫低的煤，尽量减少煤中的硫分进入石灰中。煅烧石灰当然要比石灰石的成本高些，但节省的焦炭完全可以补偿。利用多余的高爐煤气进行煅烧石灰石，是一个很好的方法，既利用了废物又節約了煤。

石灰块的强度較石灰石差些，使用时可根据爐子容积的

大小，将石灰的块度放大些，一般在40~80毫米内比较合适。石灰很容易吸收水分而硝化，因此不能放在露天或潮湿的地方，储存量不宜过多。除块状石灰外还有大量的粉状石灰可用来作自溶性烧结矿或自溶性球矿。

一般铁厂都会剩下很多的矿粉、焦粉和石灰石粉，不加以利用是很可惜的，解决的方法以采取作自溶性的烧结矿较好，它有下列的优点：

1. 使大量的粉末原料得以利用；
2. 减少了高炉原料中石灰石的数量，节省焦炭消耗量，提高产量；

3. 自溶性烧结矿疏松多孔，容易还原。

生产自溶性烧结矿的设备非常简单，只需用白泡石砌一土烧结炉（图5），鼓风机一台（木制也可）就可以进行生产。

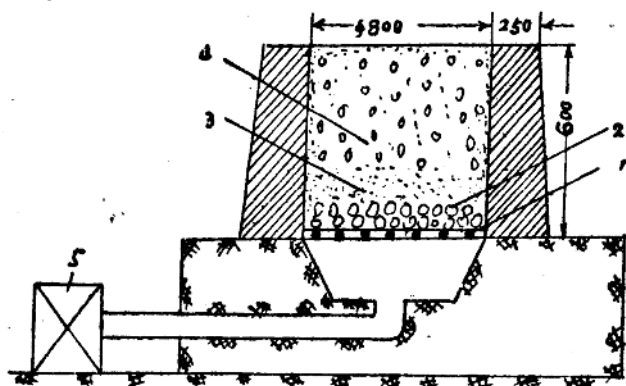


图5 土烧结炉示意图

- | | | |
|--------|--------|--------|
| 1. 爐篦子 | 2. 垫底料 | 3. 引火料 |
| 4. 烧结料 | 5. 鼓风机 | |

燒結用的原料粒度：礦粉 <5 毫米；焦粉和石灰石粉 <3 毫米。採用石灰作熔劑的鐵廠剩下的石灰粉是很好的熔劑原料。

自熔性燒結礦的鹼度可以作到與高爐爐渣的鹼度相同或高至 $1\sim1.2$ 之間。燒結料中焦粉量約為 $7\sim9\%$ ，水分約為 $8\sim10\%$ ，水分適宜的標準是以手捏成團為合適。焦粉和水分的數量，可根據燒結的情況而加以調整。

在高爐的原料準備與處理工作中，將礦石造成 $10\sim25$ 毫米的球團是今後發展的方向，國外已有應用，我國鞍山已於1958年10月生產出球礦，供給大高爐試用，效果良好。球礦的優點是粒度均勻，機械强度高，氣孔率大，氧化度高，氧化鐵低，還原性好，是目前造塊方法中最有前途的。應該說明，發展球礦，並不排斥燒結，因球礦要求成球的原料粒度愈細愈好，而燒結的要求沒有球礦嚴格。小高爐用的原料中剩下的細礦粉摻入 $15\sim25\%$ 的石灰粉，加水至以手能捏成團，或以模子壓成 $10\sim25$ 毫米的小球，利用高爐煤氣進行干燥和氧化焙燒，使生球的強度提高。有的小高爐曾試用過，不僅解決粉礦利用的問題，也改善了高爐的技術經濟指標。

§6 嚴格要求焦炭的質量

高爐原料中，90%以上的硫是從焦炭帶入的。焦炭含硫過高，將直接影響生鐵質量，要想生鐵含硫量降低，必須降低焦中硫含量，這就要求煉焦煤中的硫分盡量低。焦炭灰分很高，不僅增加熔劑消耗和渣量，還使高爐產量降低。通常認為：灰分每增加1%，焦比升高2%，產量降低2%。

洗煤不僅可以降低焦中的灰分，還可以降低部分的硫含

量。在当前钢铁生产中，首要的问题是抓质量，抓洗煤，作到煤不洗不入炼焦爐。也就使燃料中的硫、灰分的来源大大缩小，是小高爐高产优质的最重要的一环。

洗煤的办法很多，有土有洋。条件许可，应修建简易洗煤厂。因为在原煤中，常混入不少石块，根据石块和煤的外形特征，可用手挑选，一般石块较重，好煤较轻；石块浑暗呈黄褐色，好煤黝黑发亮。为保证劳动生产率，一般只对大于50毫米的进行手选，小于50毫米的筛出另行处理。

洗煤是由于煤和煤中的矸石具有不同的比重，在流动水中，比重较高的矸石容易下沉，而和煤分离。下面介绍一种投资小，建设快的圆筒洗煤法[3]（见图6）。

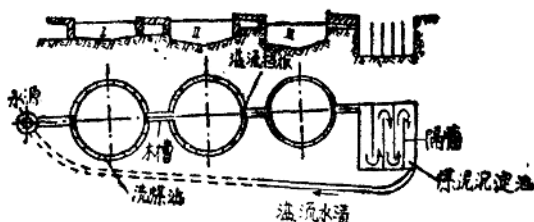


图 6 圓池洗煤裝置圖

设备：用砖或低級水泥修三个直径为3~4米的水池，位于不同标高之处，以便水能自由地經木溜槽由水池Ⅰ經水池Ⅱ流入水池Ⅲ。各池溢流口設一木質閘板，調節池內水面高低和溢流量。池Ⅲ后联一煤泥沉淀池，以供回收煤泥和澄清洗水之用。澄清之水应回收循环使用。

操作：先将原煤破碎到3毫米以下。开始洗煤时，将煤和水均匀不断的放入池Ⅰ，然后用木棒在池中搅拌，较重矸石，沉于池底，其余随水流入池Ⅱ。在池Ⅱ重复上述操作，