

工专(002)

内部

# 专题情报资料

(非焦炼铁)

四川省科学技术情报研究所  
四川省冶金局情报标准中心站

一九七七年十二月

## 前 言

在华主席“抓纲治国”战略决策的指引下，冶金战线广大工人、革命干部和革命知识分子，以阶级斗争为纲，贯彻“**独立自主，自力更生**”和“**两条腿走路**”的方针，深入开展工业学大庆、普及大庆式企业的群众运动，大搞技术革新和技术革命，在白煤、烟煤等非焦炭炼铁方面，创造了不少行之有效的好经验，对发展我省地方钢铁工业作出了应有的贡献。

为了互通情报，我们将一九七六年十二月在敘永县召开的“炼铁情报网全国白煤炼铁经验交流会”的部分经验材料，进行增补和修改，加以选编，提供参考，不妥之处，敬請批评指正。

一九七七年十月



## 目 录

10米<sup>3</sup> 高炉白煤块炼铁.....鼓永县后山铁厂 ( 1 )

电炉白煤炼铁.....福建省福州铁厂 ( 25 )

碳酸化铁砂白煤粉料球的制造及冶炼生产总结

.....福建省永春下洋铁厂 ( 32 )

高炉烟煤炼铁的现状和特点.....重庆大学 丁宝忠 ( 46 )

# 10 米<sup>3</sup> 高炉白煤块炼铁

叙永县后山铁厂

叙永县后山铁厂于1958年建成投产，1960年开始试用白煤炼铁。十七年来，经过反复实践，逐步认识了白煤炼铁的某些规律，各项生产技术经济指标不断有所改善。历年的技术经济指标见表。

四川省叙永县后山铁厂历年技术经济指标

| 指<br>标<br>时<br>間<br>年 | 高炉<br>容积<br>米 <sup>3</sup> | 入炉<br>品位<br>(%) | 熟料比<br>(%) | 入炉<br>矿比 | 煤比    | 生铁<br>合格率<br>(%) | 利 用<br>系 数 | 冶炼<br>强度 | 生 铁<br>产 量<br>(吨) | 成 本<br>元/吨 |
|-----------------------|----------------------------|-----------------|------------|----------|-------|------------------|------------|----------|-------------------|------------|
| 1961                  | 8.73                       | 47.50           |            | 2.100    | 1.500 | 100              | 0.820      | 0.931    | 1782.80           | 264.16     |
| 1964                  | 8.94                       | 46.43           |            | 2.098    | 1.516 | 97.81            | 0.951      | 1.253    | 1802.23           |            |
| 1966                  | 8.94                       | 43.87           |            |          |       | 92.70            | 1.217      | 1.415    | 3334.06           |            |
| 1971                  | 9.32                       | 52.14           | 28.98      | 1.716    | 1.401 | 99.41            | 1.371      | 1.669    | 3480.50           | 189.60     |
| 1973                  | 9.32                       | 57.10           | 41.30      | 1.846    | 1.669 | 100              | 1.382      | 2.006    | 3509              | 168.03     |
| 1975                  | 9.80                       | 58.00           | 37.50      | 1.753    | 1.636 | 99.63            | 1.324      | 1.902    | 3200 <sup>△</sup> | 180.18     |
| 1976<br>1—10月         | 9.80                       |                 |            | 1.895    | 1.569 | 99.25            | 1.220      | 1.682    | 3173              | 178.90     |

△ 七五年因高炉大修只生产十个月

## 第一 白煤 的 特 性

我厂使用的白煤是属于二叠纪乐平煤系的优质无烟煤。煤岩性属半亮型，条带壮和层壮结构。颜色为深黑色，具有金属光泽。断口为参差壮。煤层厚度稳定，是适于用作高炉冶炼的煤种。

### (一) 化 学 成 分

白煤作为原生的自然燃料，根据不同地区的形成条件和变质程度，其化学成分的差异极大，如表1—1，为了便于分析比较，表中列有代表性的焦炭（表中的新民焦是宜宾地区质量最好的土焦），以及区内外部分用于炼铁的白煤的数据。

白煤和焦炭的化学成分

表 1—1

| 化学<br>成分<br>地区 | 工业分析 |       |      |       |       | 发热量<br>千卡/<br>公斤 | 灰 份 分 析          |                                |       |       |                                |
|----------------|------|-------|------|-------|-------|------------------|------------------|--------------------------------|-------|-------|--------------------------------|
|                | 水份   | 灰份    | 挥发份  | 固定碳   | 硫     |                  | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| 河南济源<br>钢铁厂    | 3.50 | 5.90  | 5.70 | 84.90 | 0.469 | 7771             | 41.5             | 22.00                          | 19.60 | 6.40  |                                |
| 山西阳城<br>应朝铁厂   | 0.78 | 17.40 | 5.69 | 76.13 | 0.60  | 7073             |                  |                                |       |       |                                |
| 山西晋城<br>钢铁厂    | 1.27 | 9.84  | 6.23 | 82.70 | 0.57  | 7647             | 44.9             | 31.88                          | 14.00 |       |                                |
| 四川叙永<br>后山铁厂   | 1.04 | 18.15 | 5.86 | 74.95 | 0.15  | 6960             | 78.97            | 11.07                          | 4.15  | 0.02  | 1.73                           |
| 四川珙县<br>铁厂     | 0.29 | 20.45 | 2.20 | 72.10 | 1.22  |                  |                  |                                |       |       |                                |
| 四川高县<br>铁厂     |      | 23.36 | 9    | 67.64 | 1.12  |                  | 73.12            | 0.98                           | 7.15  | 1.40  | 4.44                           |
| 四川筠连<br>县铁厂    |      | 17.05 | 4.76 | 78.19 | 1.13  |                  | 51               | 15.32                          | 10.29 | 15.08 | 15.80                          |
| 四川泸县<br>新民焦炭   | 2.51 | 21.53 | 4.30 | 71.66 | 0.63  | 6495             | 58.47            | 26.72                          | 0.63  | 1.10  | 6.96                           |
| 重钢焦炭           |      | 15.04 | 1.96 | 83.00 | 1.02  | 7111             | 53.70            | 31.44                          | 4.00  | 4.65  | 9.15                           |

从表1—1可以看出:

- 1.白煤的挥发分一般比焦炭高。
- 2.固定碳低于冶金焦,但质量较好的白煤则接近,或者略高于土焦。
- 3.优质白煤的硫分大多数低于焦炭。

## (二) 物理性质

主要指假比重、堆比重、气孔率和自然堆角。白煤和焦炭相比,结构致密,气孔率低,堆比重大。(如表1—2)

白煤块和焦炭的气孔率和堆比重

表 1—2

| 地区<br>项 目            | 四川叙永<br>后山铁厂  | 四川筠连<br>巡司铁厂 | 河南济源<br>钢铁厂   | 山西晋城<br>钢铁厂 | 山西阳城<br>应朝铁厂 | 鞍 钢  | 四川泸县<br>新民煤矿 |
|----------------------|---------------|--------------|---------------|-------------|--------------|------|--------------|
| 煤种                   | 白 煤           | 白 煤          | 白 煤           | 白 煤         | 白 煤          | 焦 炭  | 焦 炭          |
| 堆比重 吨/米 <sup>3</sup> | 0.82          | 1.05         | 0.99<br>—1.04 | 0.828       | 0.83         | 0.45 | 0.63         |
| 开口气孔率%               | 2.49<br>—4.06 |              | 2.0—4.0       |             |              | 50   | 31.39        |

## (三) 机械强度

1.抗压强度 由于我厂所用的白煤为层状结构,解理发育,其抗压强度有明显的方向性。顺着解理方向和横向加压,其强度有显著的差异(表1—3),但无论横向或纵向都大于本区土焦,也远远超过高炉内的静压强度要求。

白煤与土焦的抗压强度(公斤/平方厘米) 表 1—3

| 试样号<br>煤种 | 1*         | 2*          | 平均值   |
|-----------|------------|-------------|-------|
| 后山白煤      | 78.29 (順向) | 215.36 (橫向) | —     |
| 新民焦炭      | 49.74      | 43.52       | 46.63 |

2. 落下强度 落下强度的测定方法是：每次取粒度50—80毫米的试样10公斤，从2米高处下落到钢板上，共测五次，最后以大于25毫米试样的平均值作为落下强度的指标。其测定结果如表1—4。

白煤块和焦炭的落下强度 表 1—4

| 煤种<br>品名 | 粒级<br>>50毫米<br>% | 50—40毫米<br>% | 40—25毫米<br>% | 25—10毫米<br>% | <10毫米<br>% | >25毫米<br>% |
|----------|------------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|
| 后山 1* 白煤 | 80.4             | 2.8          | 3.6          | 3.6          | 8.6        | 86.8       |
| 后山 2* 白煤 | 86.4             | 4.8          | 3.0          | 3.4          | 2.4        | 94.2       |
| 沪洲新民土焦   | 86.0             | 4.4          | 4.4          | 2.8          | 2.4        | 94.8       |

试验结果表明，后山白煤块在冷态下的落下强度与土焦近似。

3. 轉鼓强度 试验方法是取粒径25—40毫米的试样10公斤，装入直径为500毫米，寬为300毫米的轉鼓中，以每分钟25轉的轉速轉动4分钟，然后篩分，以>25毫米试样的百分比作为轉鼓强度指标。试验结果如表1—5。

白煤和焦炭的轉鼓强度 表1—5

| 煤种<br>品名 | 粒级<br>>25毫米<br>% | <10毫米<br>% |
|----------|------------------|------------|
| 后山一*白煤   | 65.3             | 24.1       |
| 后山二*白煤   | 75.0             | 15.8       |
| 沪洲新民土焦   | 90.5             | 5.1        |

从试验结果可知，白煤的轉鼓强度远不及新民土焦。

#### (四) 热裂性

指白煤在受热时碎裂的特性，这是焦炭所沒有或表現得十分微小的。

白煤热裂试验是用铁筒盛一公斤左右粒度一定的白煤在电炉内加热。当升温到預定值，或在一定温度下(所取温度均摹拟高炉上部各段)加热一定時間，即将被加热的煤



连筒取出，在隔绝空气的密闭条件下缓慢冷却。为了使试验接近炉料在运动中受热的状况，筛分前还进行一次由0.5米高度落下冲击，使部分已裂口的煤块散开。热裂试验结果如表1—6、图1—1。

后山白煤逐渐加热热裂试验结果 表1—6

| 号<br>别 | 试样粒度<br>(毫米) | 加热温度<br>(℃) | 加 热<br>或 升<br>温 时 间<br>(分钟) | 白煤热裂后的筛分组成(%) |              |               |               |               |             |
|--------|--------------|-------------|-----------------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
|        |              |             |                             | <5<br>(毫米)    | 5—20<br>(毫米) | 20—25<br>(毫米) | 25—60<br>(毫米) | 60—80<br>(毫米) | >20<br>(毫米) |
| 一      | 20—25        | 室温—600      | 110                         | 1.8           | 9.9          | 88.3          |               |               | 88.3        |
|        | 20—25        | 200—800     | 120                         | 3.5           | 37.2         | 59.3          |               |               | 59.3        |
|        | 60—80        | 室温—400      | 60                          | 0.6           | 0.7          |               | 0.8           | 97.9          | 98.7        |
|        | 60—80        | 室温—800      | 120                         | 4.0           | 5.8          |               | 41.3          | 48.9          | 90.2        |
| 二      | 20—25        | 100—650     | 120                         | 3.4           | 11.8         | 84.8          |               |               | 84.8        |
|        | 20—25        | 400—900     | 120                         | 3.9           | 19.0         | 77.8          |               |               | 77.9        |
|        | 60—80        | 室温—600      | 120                         | 1.1           | 1.1          |               | 33.0          | 64.8          | 97.8        |
|        | 60—80        | 室温—600      | 145                         | 1.8           | 3.8          |               | 23.1          | 71.3          | 94.4        |

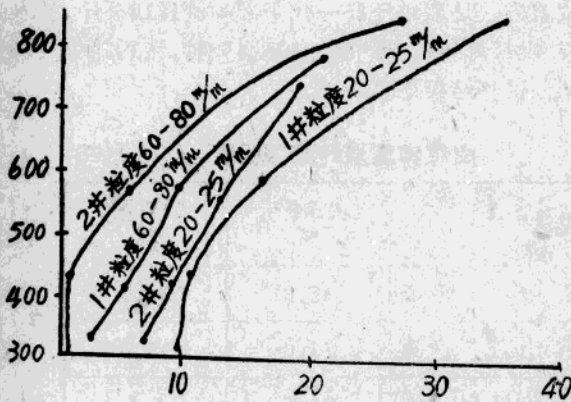


图1—1 后山白煤急剧加热热裂试验结果（升温时间30分钟）

从上述两个煤种的试验结果可以看出，

1. 不论块度大小，升温快慢，煤块的开裂程度总是随着温度的升高而增加，特别在800℃—900℃时，碎裂剧增。
2. 在相同的加热条件下，大粒度产生的<20毫米的碎粒比小粒度的少。
3. 急剧加热的试样的碎裂程度比逐渐加热的大。

此外根据我们的观察，化学组成和结构上不同的白煤，其热裂性也有较大的差异。一般挥发分较低，断口无明显的解理，呈沥青壮或大方格晶体结构的，受热后碎裂较少。反之，挥发分高，结构为层壮，贝壳壮和小方格晶体的热裂较严重。

白煤热裂的原因，根据试验和分析，我们认为主要是由于：

1. 白煤受热时，致密的结构阻障着内在水分的蒸发和挥发分的挥发，当蒸气和挥发物的压力超过煤块的结构强度时，煤块即被胀裂。如温度急剧增高，内压力也会剧增而使煤块炸开，产生大量的碎粒和粉末。

2. 煤岩拌份中的化学成分和内部结构的不均一，导热性和其它物理性质也不一致，受热时产生热应力而碎裂。

## (五) 反应性和燃烧性

反应性系指白煤中的固定碳与二氧化碳作用生成一氧化碳的能力。而燃烧性则是固定碳同氧作用生成二氧化碳的能力。

我们对后山白煤和新民焦进行了反应性的对比测定。测定的方法是：以0.9—1.9毫米的试样10克装入瓷舟，放入已升温至700℃—800℃的管式电炉瓷管的中部用橡皮塞塞紧密封，然后先驱除试样中的水份和挥发份，再升温电炉，并保持在950℃通入每分钟流量50毫升的二氧化碳气体，最后分析反应气体的成分，并以气体中的

$$\frac{\text{CO}\%}{\text{CO}\% + \text{CO}_2\%} \times 100$$

为反应指数，测得的结果如表1—7（燃烧性没有测定，但生产实践中普遍有白煤燃烧慢的概念）。

白煤和焦炭的反应性

表 1—7

| 燃料种类   | 后山一* 白煤 | 后山二* 白煤 | 沪洲新民焦炭 |
|--------|---------|---------|--------|
| 反应性指数% | 27.2    | 34.1    | 12.2   |

## 第二 白煤炼铁的冶炼现象分析

白煤块作为高炉炼铁的燃料，由于本身所具有的特性，必然在高炉中表现出不同于焦炭高炉的现象和特点。以下着重分析我们在生产实践中比较常见的几个问题。

### (一) 料柱透气性

由于白煤的气孔率低，外形平整，致使在高炉上部所形成的煤气通道断面积很小，再加上白煤的转鼓强度低，热裂等特性，以致在下降过程中不断因磨擦、挤压，以及受



热炸裂而产生大量碎粒和粉末，使料柱的透气性恶化。同时，在高炉下部，当白煤粉末混入初渣后，炉渣变稠，也使料柱的透气性变坏。

料柱对上升煤气流的阻力，也是煤气对料柱的支撑力，当料柱透气性变坏时，开始是入炉风量减少，下部风压升高，上部煤气压力降低。如煤气阻力继续增大，高炉会出现难行和悬料。图2—1是我区筠连县巡司铁厂8米<sup>3</sup>高炉在不同白煤配比时的热风压力（ $P_{\text{热风}}$ ）压头损失（ $\Delta P$ ）和冶炼强度变化的情况。

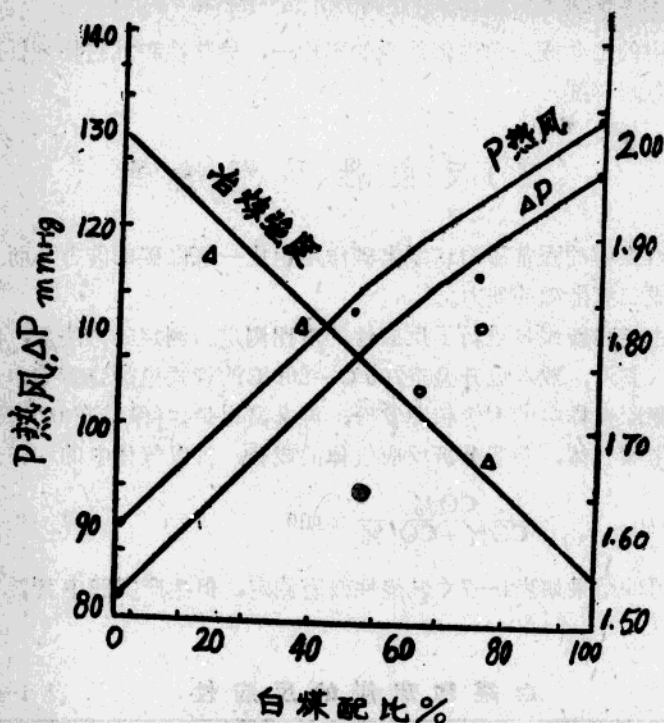


图2—1 白煤配比和热风压力，压力降，冶炼强度的关系

从图2—1可以看出，当高炉由焦炭改为全白煤冶炼后，热风压力升高47.3%，气体压头损失增加53.9%，冶炼强度降低22%。

为了查明白煤在高炉料柱各部位影响透气性的具体情况，我们测试了本厂10米<sup>3</sup>高炉煤气压力的变化（图2—2），可以看出，白煤高炉下部分的压头损失比焦炭高炉的小，而上部的压头损失则比焦炭高炉的大。根据研究证明，上部压头损失的大小，主要决定于炉料的粒度组成、装料制度和炉料的气孔率、机械强度、热稳定性等。而决定下部压头损失的则是风量、风温、初渣流动性与初渣数量。因此，我厂白煤高炉上部压头损失之所以比焦炭高炉的大，主要是因白煤在炉内碎裂，使料柱透气性变坏而引起的。又如图2—2 II II 平面之间煤气压力降较之 I I 平面的为高，这是由于前者的温度高，白煤因受热炸裂的程度更为严重所致。因此，白煤高炉为了达到顺行，减少难行、悬料，和进一步改善技术经济指标，首要的是改善透气性，而改善上部料柱的透气性，又是改善整个料柱透气性的主要方向。

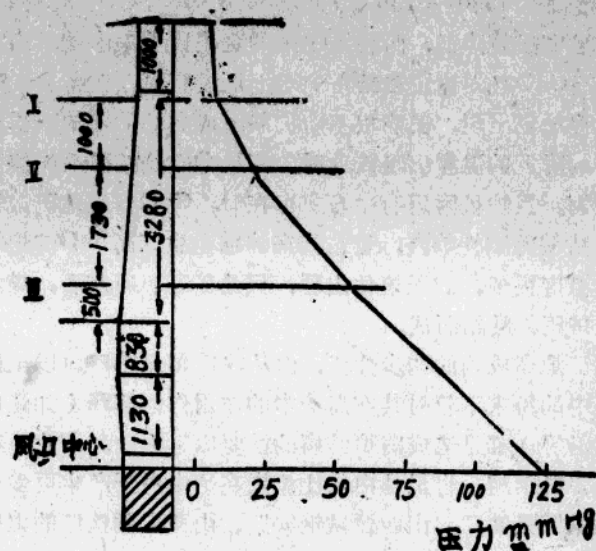


图2-2 后山铁厂10米<sup>3</sup>高炉煤气压力变化

## (二) 白煤高炉结瘤

1973年以前,我厂高炉平均一至二月结瘤一次,严重时一个月达三、四次之多。高炉结瘤后,经常难行、悬料,煤比升高,产量降低,给高炉生产带来极大的危害。

我厂高炉的炉瘤有从下部炉腹、炉腰开始的,有从炉身中、下部开始的。从炉瘤的形状看,有环形的、半月形的。厚度为300~400毫米至1000毫米左右,并有明显的方向性,一般在料桥方向的瘤最厚,随着向两侧延伸,炉瘤减薄,与料桥相对的方向的瘤最薄,有时甚至没有。

炉瘤的组成,根据肉眼观察,下部炉瘤为熔融状的整体结构,金属铁含量较高,成片状或网络状嵌布于瘤体中,硬而多孔,不易敲碎。炉身中、下部炉瘤也大部份为熔体结构,并含有固体的生石灰块,质硬而脆。炉身上部的炉瘤为矿石、石灰、白煤的混合体,组织疏松,见空气和水后易自然散开。

炉瘤生成的原因,一般说都是先有熔化的或半熔化的物体生成,随后发生温度降低,使熔化或半熔化的物体粘附在炉墙上,随着粘结物的不断长大,终至发展而成炉瘤。我厂使用的矿石为褐铁矿和普通烧结矿,前者疏松多孔,易于还原;后者结构致密,含FeO高,难于还原。在普通烧结矿中的易熔化合物为 $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ , 熔化温度 $1205^\circ\text{C}$ , 由于我厂烧结矿含FeO高达45%, 烧结矿中除 $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ 外,估计还会有FeO与 $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ 结合成熔化温度更低的( $1177^\circ\text{C}$ )低熔点物质。加上我厂长期低料线作业,边沿煤气流过份发展,致使矿石未充分还原便进入高温区,在炉墙附近处熔化成高FeO的初渣。低料线作业也使生石灰易于集中在炉墙处,此时若遇上崩料或坐料,炉墙附近的高FeO矿石熔体和生石灰一起落入下部(炉腹、炉腰)高温区, CaO进入矿石熔体造渣,并使 $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ 中的FeO游离出来,这种自由状态的FeO极易还原成金属铁。失去FeO的

初渣生成熔化温度高达  $1540-2130^{\circ}\text{C}$  的硅酸钙 ( $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ )。同时, 被还原时大量吸热, 使该处炉墙温度显著降低, 而还原出来的金属铁因未渗碳, 熔点也很高。于是这种含大量金属铁的高  $\text{CaO}$  凝固体便粘结在炉墙上形成瘤根。在高炉生产不正常时, 这种粘结物的形成过程反复出现, 使瘤根不断扩展而成高炉下部的铁质炉瘤。在高炉炉身的中、下部, 当炉墙附近的温度出现波动时, 高  $\text{FeO}$  的烧结矿最先熔化, 而后凝固在炉墙上形成坚实的炉瘤。当炉墙附近有生石灰存在时,  $\text{CaO}$  与烧结矿熔体进行成渣反应, 生成熔点很高的, 粘稠的碱性炉渣, 也粘结在炉墙上生成高  $\text{FeO}$  的炉瘤。至于炉身上部的炉瘤, 由于该处温度更低, 尚无熔体出现, 只是矿石、石灰石, 煤粒等在下、中部炉瘤的基础上堆积、挤压, 粘结而成。

以上是对我厂炉瘤成因的初步分析, 但从我厂和兄弟厂, 以至国内、外焦炭高炉的经验总结, 炉料中的粉末不管对其在高炉中的作用作何解释 (如造成煤气爆震, 形成管道行程, 阻塞边沿等) 都是造成高炉结瘤的重要因素之一。因此, 在相同条件下, 白煤高炉比焦炭高炉容易结瘤, 也正是白煤比焦炭在炉内易于产生更多的粉末所致。根据河南济源钢铁厂、泌阳县铁厂、山西晋城钢铁厂、山西应朝铁厂的经验, 过去高炉结瘤较多, 随着生产条件和操作制度的改进, 现在高炉已很少结瘤, 而偶一出现炉瘤则多在雨天, 使入炉粉末大量增加的情况下所致。再如, 我厂高炉自1975年大修后, 由于提高了料线, 提高了炉顶煤气压力 (由70毫米水柱到30毫米汞柱), 特别是大修后供料系统由料堆改为料仓, 在出料口装了固定孔筛, 由此筛除的料末占入炉料的  $6-7\%$ , 尽管在生产过程中动力极不稳定, 烧结矿质量也没有显著的改善, 但结瘤事故还是大为减少。另一个证明是我厂高炉炉瘤在料桥方向的最厚, 这显然是人工倒料时小矿粒和粉末集中在料桥一侧所致, 75年大修时增加一个漏斗形的布料器后, 消除了装料时的偏析现象, 其后, 结瘤时, 料桥方向的炉瘤就较其它三个方位的低而且薄了。

综上所述, 可见白煤高炉为了防止瘤的产生, 首先要尽可能选择落下强度、转鼓强度和热稳定性较好的白煤, 在入炉前去掉炉料中的粉末, 同时在生产操作中注意:

- 1、避免使用高  $\text{FeO}$  的烧结矿和难还原矿;
- 2、禁止把石灰石或生石灰加到炉墙附近;
- 3、不使边沿煤气流过份发展和产生剧烈的波动;
- 4、稳定操作制度减少崩料和人工坐料。

实践证明, 在白煤高炉上, 炉瘤仍然是可以防止的。

### (三) 炉 缸 堆 积

白煤高炉比焦炭高炉的炉缸易于堆积现象是:

- 1、炉底上涨, 铁口角度变小, 有时钢钎要向上开铁口才能来铁, 渣口见渣较早, 有时渣口来铁。
- 2、炉缸缩小, 渣铁口变深, 渣口不易打开, 风口容易挂渣和看到涌渣现象, 风口易于烧坏, 渣、铁出不净。
- 3、中心出现死铁柱, 捅杀铁口时钢钎不易穿透中心。



造成白煤高炉炉缸堆积的原因，根据兄弟厂的经验我们的实践与分析。

1、由于白煤在高炉内产生大量碎粒和粉末，混入炉渣后既不能在风口被烧掉，又不能熔于渣中，使炉渣变得十分粘稠，当炉缸温度降低时，就可能淤积，把炉缸分隔为一些互不连通的小坑，使出铁不畅，甚至出不净，另外，粘稠的炉渣还容易粘附在炉缸壁上，使炉缸缩小，渣口变深。

2、白煤中没有选净的矽石，装入高炉后不易烧尽，也不易熔于渣，有的在炉缸内逐渐沉积。

3、使用碱渣操作的高炉，在炉缸向凉时，炉渣变粘稠，更容易出现炉底上涨，炉缸缩小，渣铁出不净等炉缸堆积现象。

总的说来，白煤在炉内产生粉末，一些质量较差的白煤含有不易选净的矽石，以及白煤因堆比重大、气孔率低，炉缸工作一般不如焦炭高炉均匀、活跃等性能上的缺陷，是白煤高炉易于出现炉缸堆积的基本原因，而小高炉的炉缸容积小，渣铁温度较低，不大的温度波动也会引起炉缸向凉，渣铁变稠，而致炉缸堆积。

现在，随着高炉设备、操作技术的改进，白煤高炉的炉缸堆积问题已基本解决，我们防止炉缸堆积的主要措施，概括起来有以下几点：

1、重视白煤的性质，尽可能选择机械强度和热稳性比较好的白煤，并在入炉前力争选净矽石和高灰份煤。

2、缩短炉缸高度，增大风口倾角，以利于提高炉缸渣铁温度。

3、加大鼓风能力，适当选择风口动能，使炉缸工作均匀活跃。

4、适当喷吹渣铁口，出净渣铁，保证炉缸通畅。

5、统一三班操作，稳定各项操作制度。

#### (四) 燃料消耗比

在条件近似的情况下，白煤高炉的燃料消耗比高于焦炭高炉。我厂高炉在使用焦炭时平均焦比在1.1以下，而使用白煤后煤比上升到1.4—1.7，本地区其他兄弟厂也有类似情况，升高幅视白煤质量而异。如前所述，白煤和土焦所含的固定碳与灰份的化学成份都很接近，但白煤的煤比却高于焦炭，其原因，一般认为主要是：

1.白煤高炉炉前采用经常的喷吹与捅杀操作，不仅煤气带走大量的热量，而且也喷出（更多的是捅出）大量煤块和煤粒，据我厂的粗略统计约为入炉煤的10%左右。

2.由于白煤的气孔率低，反应面积小，透气性差，在炉缸内燃烧缓慢，致使燃烧带向上发展，造成高温带扩大，成渣线上升，使高炉的直接还原发展，降低了炉内碳素的有效利用系数。

对于上述两个原因，前者是比较直观的，对后者，为了观察白煤高炉的温度分布情况和成渣带位置，我们对本厂高炉沿炉身高度进行了温度测量和煤气与炉料的取样（图2—3）并同11米<sup>3</sup>焦炭高炉温度的分布相比较（图2—4）。由图看出，测得的白煤高炉的高温区并不比焦炭高炉的高，相反还有所降低。

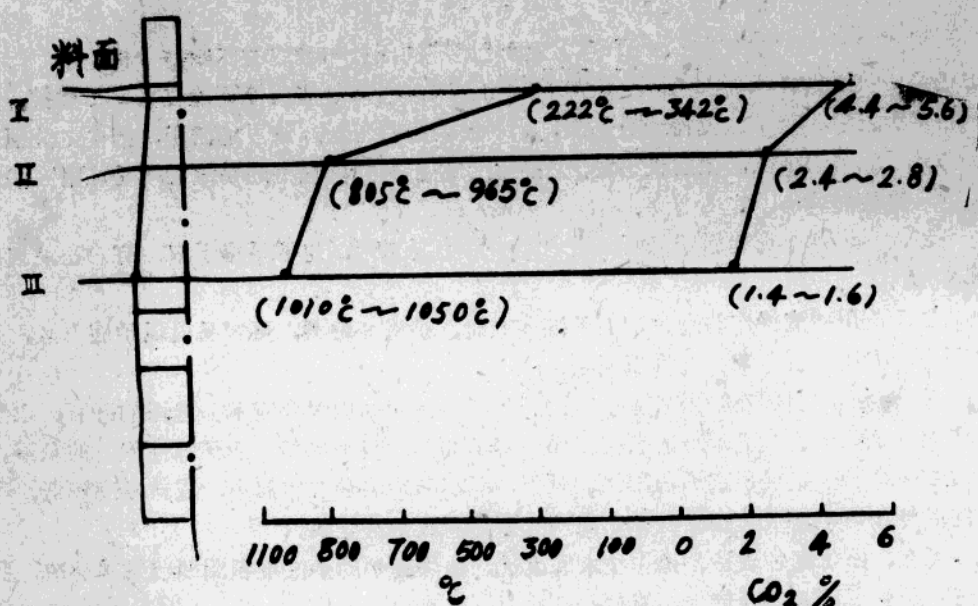


图 2—3 沿高炉高度温度和煤气中 $\text{CO}_2\%$ 的变化

我们从炉身第Ⅲ水平取出的炉料试样情况是：第一个试样在冶炼强度为1.83，风温 $463^\circ\text{C}$ ，煤比为1.44，烧结矿配比为43.5%的条件下，边沿温度为 $1050^\circ\text{C}$ ，中心温度为 $1010^\circ\text{C}$ ，取出的试样中，矿石、白煤和生石灰都以分散的固相存在。褐铁矿仍保持原有的轮廓，烧结矿仅表面有少许软化，未发现液相初渣生成。

第二个试样是在冶炼强度1.69，风温为 $354^\circ\text{C}$ ，煤比为1.75，烧结矿配比为46%的条件下，边沿温度为 $1020^\circ\text{C}$ ，中心温度因取样管前端被烧熔，没有测得，但在取样铁管表面粘附有液相的初渣。炉料试样中发现有很小的金属铁珠，可以证明中心温度当在 $1150^\circ\text{C}$ 以上。

根据白煤的特性，从理论上分析，确有使燃烧带扩展，致高温区和成渣带上移的倾向。但实际生产中影响高炉温度分布的因素很多，上述两个试样证明，燃烧带向上扩展与是否引起高温区上移，并不决定于用白煤作燃料这一单一的因素。也与风温、煤比、冶炼强度、矿石熔化温度等有关。

后山铁厂高炉煤气成份(%)

表 2—1

| $\text{CO}_2$ | CO   | $\text{H}_2$ | $\text{CH}_4$ | $\text{N}_2$ | $\text{CO}/\text{CO}_2$ |
|---------------|------|--------------|---------------|--------------|-------------------------|
| 5.4           | 29.1 | 7.8          | 1.4           | 56.8         | 5.38                    |
| 6.0           | 29.5 | 9.4          | 0.65          | 54.5         | 4.92                    |

但我厂高炉的直接还原发展，煤气化学能利用差却比较突出。从表 2—1 可知煤气中CO和 $\text{CO}_2$ 的比值高达4.92至5.38，而一般焦炭高炉的 $\text{CO}/\text{CO}_2$ 仅为1.3—3.0。其原因

可能与下列因素有关。

1、我厂高炉炉料中使用有45—50%的高FeO烧结矿。这种烧结矿由于在烧结中产生大量液相生成物——主要是硅酸铁( $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ )，使烧结矿结构致密，不利于气体还原剂进行间接还原；同时，从 $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ 中还原FeO要比自由的FeO困难得多，也会导致直接还原的发展。

2、由于白煤高炉的料柱透气性差，生产中一般都采取发展边沿煤气和较低料线的装料制度，这样虽有利于炉料的下降和高炉顺行，但使煤气还原能力的利用有所降低。

3、从我厂所作的白煤性能试验表明，白煤的反应性比焦炭好，因而扩大了高炉上部的直接还原区。

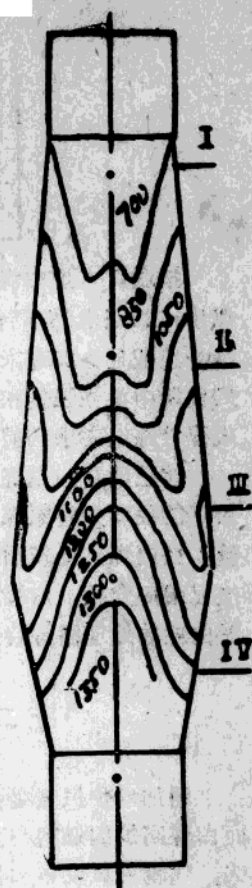
从图2—3亦可看出，在ⅠⅡ平面之间的温度虽高，但煤气中 $\text{CO}_2$ 含量一直缓慢的增加，也可作为直接还原在该区间内较为发展的佐证。

因此，降低白煤高炉的煤比，根据我厂当前的设备和操作水平，应以以下两个方面为主：

1、以改进高炉设备和操作制度来实现高炉的顺行，尽量减少炉前的喷吹与捅杀操作。

2、改进热风炉，提高风温。我厂的高炉煤气按表2—1的成份计算其发热量高达1200千卡/米<sup>3</sup>以上，提高热风温度以回收煤气中带走的热能在白煤高炉上是更加有效的手段。

图2—4 11米<sup>3</sup>焦炭高炉冶炼铸造生铁时的等温线图→



### 第三 白煤炼铁的强化冶炼措施

针对白煤的性质、冶炼现象，采取相应的措施使高炉顺行，实现良好技术经济指标。对此，根据兄弟厂的经验 and 我们的实践，有以下几点。

#### (一) 选用适于高炉冶炼的白煤

白煤高炉中出现的一些不利于高炉顺行的冶炼现象基本上都与白煤的特性有关。如白煤容易在高炉内碎裂产生大量碎粒和粉末就是白煤高炉的料柱透气性差，高炉容易出现结瘤和炉缸堆积的主要原因之一。为了了解白煤在炉内的碎裂情况，我们从风口取了白煤的试样，其粒度组成如表3—1。



白煤从风口取样的筛分组成(%) 表3-1

| 粒度范围<br>(毫米) | 风口 | >40 | 40—20 | 20—10 | <10  |
|--------------|----|-----|-------|-------|------|
|              |    |     |       |       |      |
| 1* 2*        |    | 2.4 | 30.3  | 12.1  | 55.2 |
| 3*           |    | 5.1 | 54.1  | 18.2  | 22.6 |

按我厂入炉白煤>40毫米的占80%以上,达到风口时此一粒级已存留无几。而入炉煤中<20毫米的不到2%,风口前却高达40—67%。一般大、中型焦炭高炉风口焦炭的筛分组成是>25毫米的在80—90%,由此可知,白煤在炉内的碎裂极为严重,说明白煤的性质中机械强度和热稳定性是保证高炉顺行的关键。因此选择白煤的重点在其化学组成符合炼铁要求的前提下应以机械强度和热稳定性为主。

前已述及,白煤的热裂主要是由于挥发和煤块受热后产生内应力所致。根据一些兄弟厂的经验如将原煤在入炉前进行热处理,可以改善其热稳定性,并且还可以降低含硫量。但白煤热处理后虽然物理性能和化学成份有所改善,但成块的回收率不高,根据一些兄弟厂介绍,白煤焙烧后仅50—60%能回收入炉,同时,人力、设备相应增加。因而对白煤的处理需综合地全面考虑。

## (二) 大风量、高风压和足够的鼓风动力

增加入炉风量是强化高炉冶炼,提高高炉生产技术经济指标的最有效的手段之一。而白煤高炉因燃料与炉型特点,采用大风量后其效果尤为显著,我厂从一九六四年以来,随着鼓风设备和鼓风动力的多次改造,冶炼强度不断提高,利用系数逐年上升(见表3-2)。

后山铁厂高炉鼓风和冶炼指标改进情况

表3-2

| 日期      | 炉容  | 鼓风机风 | 鼓风机动力             | 热风压力<br>毫米汞柱 | 冶炼强度 | 煤比   | 系数<br>利用 |
|---------|-----|------|-------------------|--------------|------|------|----------|
| 1961    | 8.7 | 叶式7* | 30匹馬力旋<br>浆式水轮机   | 70—80        | 1.00 | 1.30 | 0.77     |
| 1964    | 8.9 | 叶式7* | 40匹馬力木制<br>两击式水轮机 | 100—110      | 1.25 | 1.52 | 0.83     |
| 1971    | 9.3 | 罗茨8* | 50匹馬力铁制<br>两击式水轮机 | 110—120      | 1.67 | 1.40 | 1.19     |
| 1974    | 9.3 | 叶式9* | 55KW电动机           | 130—140      | 1.92 | 1.53 | 1.25     |
| 1975.10 | 10  | 叶式9* | 55KW电动机           | 150—160      | 2.10 | 1.51 | 1.40     |

目前,不少白煤小高炉都配有较大的鼓风机,但由于风机质量、配用的动力和操作条件的不同,往往同一型号风机的实际入炉风量也极悬殊,但总的都远远小于铭牌风量。在一般小高炉都没有装设风量的情况下,我们按80%的碳素在风口燃烧来推算了

一些兄弟厂和我厂的实际入炉风量如表3—3。

白煤高炉的风量、风压、风温

表3—3

| 厂 名     | 高炉容积<br>(米 <sup>3</sup> ) | 时 期       | 风 量<br>(米 <sup>3</sup> /分) | 热风压力<br>(毫米汞柱) | 热度温风<br>(℃) |
|---------|---------------------------|-----------|----------------------------|----------------|-------------|
| 泌阳县铁厂   | 5                         | 1975.9    | 30                         | 140—160        | 500         |
| 济源钢铁厂   | 5                         | 1974.10   | 27                         | 115            | 500         |
| 应 朝 铁 厂 | 15                        | 1975.10   | 49                         | 220            | 400         |
| 济源钢铁厂   | 28                        | 1974.11   | 60                         | 315            | 620         |
| 后 山 铁 厂 | 10                        | 1975.10   | 38                         | 140            | 495         |
| 晋城钢铁厂   | 30                        | 1975.7—9月 | 84                         | 250            | 380         |

从表3—3可以看出：有效容积5米<sup>3</sup>的高炉实际入炉风量为高炉容积的5.4—6.0倍，10—15米<sup>3</sup>的为3.3—3.8倍，28—30米<sup>3</sup>为2.2—2.8倍。说明小高炉随着炉容增大，料柱增高，透气性变坏，也就愈不易接受风量。同一个厂也多以较小容积高炉的指标较好。

白煤高炉由于料柱透气性差，要求较高的操作风压，因而，以往焦炭小高炉设计中采取的鼓风机能力和所配用的动力对白煤高炉来说都显得过小。目前，一般白煤小高炉配备的风机和动力都大大超过焦炭高炉的通用设计（见表3—4）。但在一定的原料条件和操作制度下，高炉强化应有一个适宜的风量限度。否则也会破坏高炉顺行。

白煤高炉和焦炭高炉鼓风机能力和鼓风动力比较

表3—4

| 高炉容积<br>(米 <sup>3</sup> ) | 5—8                              | 10—15                             | 28—30                       | 55                           |
|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 设计的<br>焦炭高炉               | $\frac{50-60}{2.0-2.5}$ (30—40)  | $\frac{84-112}{2.0-2.5}$ (75—100) | $\frac{120-168}{3.0-3.5}$   | $\frac{200}{5.0}$ (350)      |
| 现有的<br>白煤高炉               | $\frac{80-82}{3.0-3.5}$ (75—100) | $\frac{120}{5.0}$ (155)           | $\frac{200}{5.0}$ (240—300) | $\frac{300}{10.0}$ (500—600) |

注：表中，分子—风量(米<sup>3</sup>/分)，分母—风压(米水柱)，括号—鼓风机功率(KW)

### (三) 提高炉顶煤气压力

生产实践证明，高炉采用高压炉顶的强化冶炼措施后，

1、提高炉内煤气压力可使煤气体积减小，在风量不变时煤气流速降低，穿过料柱的阻力损失减小，可以增加入炉风量。

2、由于煤气流速降低，可以减少炉尘的吹出量。同时，CO<sub>2</sub>开始被C还原的温度升高，间接还原区将扩大，提高炉顶压力还可以改善煤气分布，有利于降低煤比。

白煤高炉由于料柱透气性差，不易接受风量，易于难行和悬料，直接还原比较发

展，煤气化学能利用差，炉尘吹出量大等特点，如果采用高压（或按许可的条件提高炉顶压力）操作，无疑会收到更加显著的效果。

我厂从一九七五年十月以来，以调节重力除尘器的遮断阀的方法将炉顶压力由原来的10毫米汞柱提高到30毫米汞柱，收到一定效果。其主要表现是白煤负荷增加，煤气化学能利用改善，煤比降低，悬料减少，一年来高炉仅结瘤三次，而以往一至二月要处理炉瘤一次，严重时每月达三、四次。我厂高炉提高炉顶压力前后的情况如表3—5、3—6，目前因受高炉设备、鼓风能力的局限，炉顶压力无法继续提高。

后山铁厂高炉提高炉顶煤气压力的效果

表3—5

| 日 期       | 冷风压力<br>毫米汞柱 | 炉顶压力<br>毫米汞柱 | 冶 炼<br>强 度 | 白 煤<br>负 荷 | 煤 比  | 利 用<br>系 数 | 悬 料<br>数 次 |
|-----------|--------------|--------------|------------|------------|------|------------|------------|
| 1975.10上旬 | 165          | 5.0          | 2.31       | 1.01       | 1.64 | 1.40       | 17         |
| 1975.10中旬 | 159          | 4.7          | 2.07       | 1.05       | 1.58 | 1.30       | 9          |
| 1975.10下旬 | 172          | 24           | 1.92       | 1.22       | 1.30 | 1.48       | 5          |

后山铁厂高炉炉顶压力和煤气成分的关系

表3—6

| 炉顶<br>压力毫米汞柱 | 煤气成分<br>(%) | CO <sub>2</sub> | CO        | $\frac{OC}{CO_2}$ |
|--------------|-------------|-----------------|-----------|-------------------|
| 4.8          |             | 6.0             | 29.5      | 4.90              |
| 17           |             | 6.6—6.8         | 27.0—30.4 | 3.97              |
| 25—27        |             | 7.6—7.8         | 27.5—28.8 | 3.52              |

#### (四) 高 风 温

使用高风温冶炼是降低焦（煤）比，提高产量的有效手段，由于小高炉炉缸散热损失大，炉缸蓄热量小，当高炉热制度波动时，容易引起炉缸向凉，渣铁温度降低。小高炉白煤炼铁，保持充沛的炉缸温度尤为重要。因此，小高炉白煤炼铁，使用高风温是个重要的问题。我厂高炉使用的是两座换热面积50米<sup>2</sup>的管式热风炉。这是我省从大跃进以来被普遍采用，在结构上也比较合理的一种管式热风炉。使用效果较好，一般风温可以烧到550℃—600℃。但我厂由于使用管理，维修，管道隔热等方面问题，实际入炉风温一直很低。我们曾经作过一次测定，结果如下。

后山铁厂高炉热风温度降落的测量数据

表3—7

| 测量部位   | 热风炉出口 | 圈管前 | 三通管<br>距窥视孔400<br>毫米 | 直吹管<br>距窥视孔750<br>毫米 | 风 口<br>距窥视孔950<br>毫米 |
|--------|-------|-----|----------------------|----------------------|----------------------|
| 温 风 °C | 570   | 470 | 365                  | 360                  | 328                  |