



土高炉煉鐵技術改造叢書

煤的加工

戴克仁編

貴州人民出版社

土高炉炼鉄技术改造丛书

煤 的 加 工

戴克仁 編

*

貴州人民出版社出版

(贵阳市延安中路3号)

(貴州省书刊出版业营业許可証出字第001号)

貴州省新华书店发行 貴州人民印刷公司印刷

*

开本: 787×1092 $\frac{1}{2}$ 印張: 8 字数: 12,000

1958年12月第1版

1958年12月第1次印刷

印数: 00,001—10,084册

前 言

在全党全民大办钢铁工业的伟大事业中，煤炭占有十分重要的地位。煤炭是冶金工业所不可缺少的燃料，目前还用木炭木柴冶炼铁的土高炉，均将逐渐改用煤炭或焦炭作燃料。用煤炭或焦炭炼铁的成败，土高炉生产率的高低，主要决定于煤的加工。

煤的加工所包括的范围很广，总的说来，可分机械加工和化学加工两部分。机械加工包括：破碎、过筛、洗选、制造煤砖和煤球等。化学加工主要是炼焦气化和人造石油等。本书包括的内容是炼铁生产上的一些关键性的问题，但对煤的加工来说，这只是一小部分，所介绍的方法也是最简单的方法，一般小型铁厂均能做好的。编写这本小册子的目的是对小型铁厂进行煤的加工提出一些基本的要求，希望能对土高炉的生产正常化和土高炉的技术改造起一点推动作用。

限于作者水平，文中缺点和错误在所难免，请读者批评指正。

作者 1958年11月

目 录

前 言

第一章 炼鉄煤的一般常識	(1)
第一节 煤的組成	(1)
第二节 白煤的特点	(3)
第三节 炼鉄煤的基本要求	(6)
第二章 煤的粒度和破碎	(7)
第一节 炼鉄燃料的粒度	(7)
第二节 煤的破碎	(9)
第三章 选煤——桶选法	(10)
第一节 桶选法的原理和优点	(10)
第二节 选煤工具	(11)
第三节 选煤操作方法	(12)
第四节 煤的去硫	(13)
第四章 煤的热处理	(14)
第一节 热处理的作用	(14)
第二节 热处理的方法	(15)
第五章 煤粉的加工	(16)

第一章 炼鉄煤的一般常識

第一节 煤的組成

煤是一种矿产，是由古代植物变成的一种有机岩。所謂古代，并不是指人类历史上的古代。以貴州而論，絕大部分煤炭都是二迭紀时生成的，距今約二亿年左右。当时的植物亿万年来被河流和海洋中的泥砂所复盖，这些泥砂到現在早已变成了坚硬的岩石。

由于煤是植物变成的，所以煤和木材是相近的，尤其和木炭更为近似。只是木炭比較松散和純淨而已。

煤的化学成分，主要是碳、氧、氢和氮四种元素所組成的复杂有机化合物。不同类煤的各种元素含量也不同，普通的煤是：碳83—90%，氧9—10%，氢5%左右，氮只有百分之一。此外，还有硫和磷等对鉄的质量有害的元素。

以上是煤的可燃体中的元素成分，除可燃体外，还有水分和矿物质。可燃体中一部分可以揮发，叫做揮发分，不揮发的叫做固定碳。矿物质經加热后也有少部分可以揮发，残余的部分叫做灰分。在工业生产中，对煤进行分析，通常就是分析水分、灰分、揮发分和固定碳四項。

煤里第一种对冶炼最有害的杂质就是矿物杂质，因此灰分的高低，是评价煤的质量的主要条件之一。煤中灰分一般均小于40%，大于40%的叫做炭质頁岩，不能燃燒。但也有少数煤含灰分高达60%，还能燃燒。所含灰分低于10%的称为低灰煤，含灰分10—30%的称为中灰煤，灰分高于30%的即为高灰

煤。

煤里的矿物杂质是选煤的主要对象。有些矿物杂质是夹矸状（贵州地方語叫做荒），这种杂质容易选掉。也有的矿物质与好煤混合在一起，則很难洗选，叫做难选煤。因此，鉴定煤的好坏，不仅要注意灰分的高低，还要同时注意煤的可选性。

煤里第二种最有害的杂质就是硫分。炼铁的煤炭和焦炭，最忌有硫分。煤中硫分含量高低不等，最低者仅仅千分之一、二，高的达10%以上。贵州省的煤炭一般含硫0.3~4%。根据所含硫分的高低，可将煤炭分为四种：

①低硫煤：含硫量低于1.5%

②中硫煤：含硫量 1.5~2.5%

③含硫煤：含硫量 2.5~4.0%

④高硫煤：含硫量高于4.0%

煤中硫分有三种形态：黄铁矿硫、有机硫和硫酸盐硫。

黄铁矿硫是硫化铁中的硫，常常是煤中含硫的主要部分。黄铁矿呈黄白色，多呈块状或立方体结晶，有金属光泽，很象铜，俗称铜矿。实际上里边没有铜。这种硫容易选出，黄铁矿的颗粒愈大，则愈容易选掉。

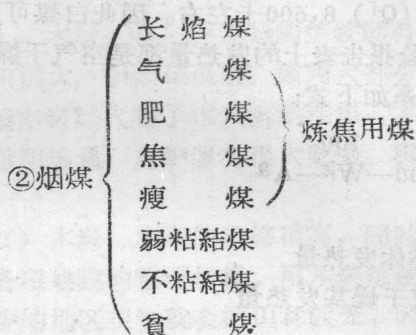
有机硫是和煤中的有机质化合在一起的，不能选掉，常占煤中全部硫分的三分之一左右，个别地区有超过二分之一的。这种硫是看不到的，但燃烧时，可以嗅觉到硫磺的气味。

硫酸盐硫在煤的矿物质中含量很低，一般只占0.1~0.2%，对炼铁没有什么害处。

磷也是煤中的一种有害元素，通常含量均在万分之一以下，若含量大于万分之一，对炼铁的危害就非常大。

煤的种类很多，根据变质程度（主要以挥发分为标志），自高而低依次可分为：

①褐煤



③无烟煤（白煤）

炼焦用煤分为四类，用四类煤配合炼焦可以获得质量最好的焦炭。若单独炼焦，则最好用焦煤。

弱粘結煤和不粘結煤的变质程度和炼焦用煤是相同的，但其結焦性能不好。

貧煤是一种最接近无烟煤性质的烟煤，可根据其挥发分加以区别。挥发分（均以可燃体挥发分为标准）小于10%者为无烟煤，在10%至20%之间者为貧煤。以前也有将貧煤称为半无烟煤的。从炼铁角度来看，貧煤和无烟煤的性能是有很大的区别的。这一点将在下节中介绍。

第二节 白煤的特点

白煤（即无烟煤）是变质程度最高的煤。是由碳、氢、氮和氧组成的一种紧密的复杂的高分子化合物。由于化合得紧密，所以比重大，难于挥发，产生的挥发物很少。純白煤比重约为1.4，但比重会随灰分的增加而增加。白煤中的灰分增加1%，则白煤比重约增大0.01。白煤的挥发分一般常在5—10%之间。

白煤的发热量很高，与焦煤，瘦煤和貧煤相差不多，一般

白煤的可燃体发热量 (Q^r) 8,600卡左右。因此白煤可以作为炼铁的燃料。一般化验报告表上的发热量都是空气干燥基发热量 (Q^a)，二者的关系如下式：

$$Q^r = Q^a \frac{100}{100 - W^a - A^a}$$

式中：

Q^r ——可燃体发热量

Q^a ——空气干燥基发热量

W^a ——水分

A^a ——灰分

白煤的挥发分低、不粘结、发热量高，这些特点与焦炭和木炭都是非常相近的。不同点是：焦炭具有气孔，木炭比较松散，所以较白煤容易燃烧一些。自然，木炭的突出优点是含有杂质少。

必须强调指出，白煤的一项重要特点，就是具有热破碎的性质。即当突然受热时，会爆裂成为细小的煤粉。这样，就会堵塞高炉炉料中的通风孔道，因而降低炉温，甚至迫使高炉停产。但是，这种性质是可以通过热处理加以改变的。

用木炭炼铁比较容易，各地都有很成熟的经验。至于全部采用焦炭炼铁，只要焦炭符合质量标准，已经没有人怀疑它的优越性了。但是，白煤炼铁还是一种新的技术，白煤炼铁成功的地区也还有高炉产量不正常的现象。因而产生了各种各样的说法。例如：“某处白煤可以炼铁，这里不行”。“白煤炼铁产量必然降低”等。这些说法是没有科学根据的。不能否认，白煤炼铁在技术上与木炭炼铁确实有一定区别，但只要加工处理得好，无论那种白煤都可以炼铁。当然，有害杂质含量大的白煤，选煤回收率较低，有热破碎性质的白煤需要经过热处理。

为了说明白煤炼铁的可能性，不妨将白煤与可以用于炼铁

的各种燃料作一比較：

(1) 木材：是一种原始的炼鉄燃料。用木材炼鉄需要高炉的容积很大，但效率很低。因为大部分空間用于木材干餾——即燒木炭，代替了木炭密的作用，木材在高炉內消耗了很多的风量和热量，对炉溫有很大影响。現在一般已不采用木材炼鉄。

(2) 木炭：木炭的价格很高，同时燒木炭的原料木材又是国家各項建設的重要材料。用木炭炼鉄必然大量砍伐树木，森林較少的地区很快就会把山林砍光，因此木炭炼鉄确非长久之計。

不可否认，因为木炭質地純淨，用木炭可以冶炼出特种高級的鋼鉄。但炼一般的鉄用木炭未免代价过高。

木炭炼鉄也是有缺点的。由于木炭松散質輕，单位体积的发热量較低需要的高炉容积較大，对高炉生产率也有一定影响。

(3) 焦炭：焦炭是一种很理想的冶金燃料。主要优点是：发热量大；有气孔，便于燃燒；机械强度大，能够保持較大的块度，使炉內通风順利。焦炭常常含有一定数量的灰分和硫分等有害杂质，只要这些杂质的含量不超过規定的标准，則对鋼鉄的冶炼沒有多大影响。

褐煤或变质程度浅的烟煤炼成的半焦炭，也可以用作为冶金燃料，但它的机械强度較小，不如焦炭。

(4) 煤：炼鉄煤的首要条件是不粘結。炼焦用煤自然不能直接炼鉄，因为煤在高炉中粘結会造成高炉縮料的困难，同时也容易损坏炉壁。基于这一点，白煤、貧煤和不粘結煤都可以炼鉄，白煤易于热破碎，貧煤热稳定性較好，因此用不經热处理的貧煤炼鉄有时亦能得到很好的效果。不粘結煤是一种可燃体揮发分等于20——40%的沒有粘結性的煤，其发热量低于

貧煤和白煤，在加熱過程中易于松散成粉。由此看來，白煤經洗選後可以達到與焦炭相同的質量，經熱處理後還可以產生一部分氣孔與焦炭的區別是微乎其微的。因此白煤（包括貧煤）不但可以煉鐵，而且可以獲得高產。關鍵在於做好煤的加工。

第三節 煉鐵煤的基本要求

煉鐵煤的基本要求有以下几点：

（1）水分：嚴格地說，水分也是一種有害雜質。煤中含有大量水分，碳的含量就相對減少；這些水分的蒸發還要消耗熱量，又相對地降低了爐溫。若煤中含有10%的水分，將另外消耗2%的煤發出的熱量。煤中的水分最高不應超過1.5%，將煤在空氣乾燥的狀態下儲藏，就可以達到這個標準。若經過熱處理或脫水，可將余水分基本除掉。

（2）灰分：應不超過10%，若超過這個標準，則每增加1%的灰分，便會增加煤炭消耗量2.3—2.5%，並減低高爐的產量約5%。

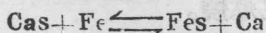
煤中的灰分和礦石中的岩石一樣，大多是由酸性化合物所組成。煤中的灰分愈多，則灰分熔化為爐渣所需要的熔劑（石灰岩）也愈多。這就需要增加更多的煤炭來熔化額外的熔劑，也減少了爐體的有效容積，使產量降低。

（3）硫分：一般不應超過1.5%，最好能小於1%。試驗證明：硫分高於規定的標準時，每增加0.1%將多消耗煤炭2.5%；硫分低於規定標準時，每增加0.1%將多消耗煤炭1.1%。硫分每增加0.1%則減少高爐的產量1.1—2.4%。大體說來，0.1%的硫分的害處相當於10%灰分的害處。

硫分在高爐熔煉過程中會轉移到生鐵中去，而且爐內溫度愈低轉移到生鐵中去的數量愈多。鐵中含硫多，其質量就不好。在冶煉中，硫下降到爐底，便在熱風中燃燒，變成三氧化

硫 (SO_2) 气体,这种气体和已变成液体的生鉄和炉渣相接触,鉄本身和渣中的鈣均与硫剧烈地化合而成为硫化鉄 (FeS) 和硫化鈣 (CaS)。

生鉄和炉渣中的硫是可逆反应:



硫化鉄在炉渣中的熔解度是有限的,最多不超过 6 %,其余的就会跑到生鉄中去,与鉄化合成为硫化亚鉄。当煤中含硫量高时,为了减少硫轉移到生鉄中去的数量,必須增加炉渣量,并使液体状态的生鉄和炉渣密切接触,让生鉄中的硫分轉移到炉渣中去。这就要熔化額外的炉渣,并要使炉渣过热,也就需要消耗大量的热,增加煤炭的消耗。同时,炉渣是粘性的,炉渣过多又会影响炉内气体的流通,以致影响高炉的正常生产。由此可见,硫分是特别有害的。

(4) 磷分: 煤中磷的含量不宜大于 0.01 %。煤中的磷有 90 % 将熔解到生鉄中去,严重地影响鉄的质量,害处很大。但我国絕大多数煤田出产的煤含磷量都低,不超过这个标准。

(5) 不粘結,以免縮料困难和损坏炉壁。

(6) 具有一定数量的孔隙。經过热处理的白煤可以产生 10—20 % 的气孔,因而更接近了焦炭的性质。

(7) 粒度: 以 3—6 公分为宜,詳見第二章。

第二章 煤的粒度和破碎

第一节 炼鉄燃料的粒度

高炉炉料对向上流动的气体的阻力大小,大部决定于燃料

的筛分組成。我們知道，燃料之間的孔隙愈大，对气体的阻力就愈小。所以煤的块度应当有相当大小，并且是均匀的。

确定高炉燃料的粒度，除了必須考虑对炉内气体的阻力以外，还要考虑到燃料的燃燒性能。很显然，在同样的鼓风条件下，小块的煤較大块的容易燃燒。

煤的燃料性能还与燃料的密度有着密切的关系。例如焦炭本身有很多气孔和裂紋，木炭有更多的小裂紋；而白煤則比較密，即使經過热处理，它的气孔和裂紋也远远不及焦炭和木炭多。因此白煤的粒度应較焦炭略小，未經热处理的白煤要比經過热处理的小。木炭就可以采用較大的粒度。

由于燃料的机械强度和热稳定性不同，对于燃料粒度的要求也有所不同。机械强度小和热稳定性差的燃料，在縮料过程中会自然地破碎成小块，在投料时需要选用較大的粒度，以免煤下降到炉底时成为很小的顆粒，而妨碍鼓风的孔道。例如木炭的机械强度較小，所以投入較大块的木炭，到炉底已自然变成小块的木炭了。現代化高炉所采用的焦炭以40—80公厘的粒度最为适宜。

現在根据高炉有效容积的大小，将不同燃料的理想粒度，列表如下：

(单位：公厘)

高炉容积 燃料类别		3 立方米以上	1—3 立方米	1 立方米以下
白	煤	30—60	20—50	15—40
焦	炭	40—80	25—60	20—40
木	炭	80—150	60—100	40—80

高炉使用的燃料粒度大小适当并且均匀，可以使冶炼过程

的燃料消耗量减少10%左右，并可提高高炉的生产率。此外，还可以改善炉况，使生铁的化学成分比较稳定，使石灰石的消耗量减少。

第二节 煤的破碎

从矿井中开采出来的煤，可先按各种不同粒度分级，并将过大的煤打碎。最简单的方法是手选，但效率很低，往往需占用大量的劳动力，机械化或半机械化的破碎机，一时尚难普遍得到供应。下面介绍一种简易的破碎和过筛方法，作为参考。

首先需要制备一套筛子，有60公厘、30公厘和15公厘的三种。厚煤通过筛后分成四级：

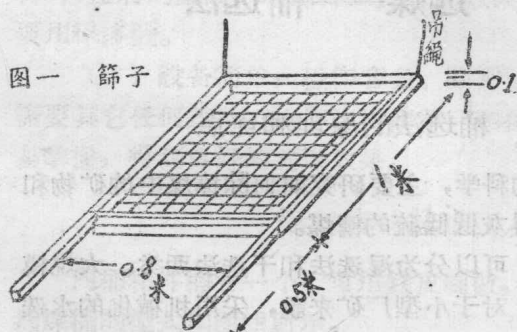
(1) 大于60公厘的，需要破碎至通过60公厘筛网。

(2) 30~60公厘的，可用于较大土高炉。

(3) 15~30公厘的，可用于较小土高炉。

(4) 小于15公厘的，可用于煅矿、烧石灰、或制成煤球后炼铁，或作其它用。

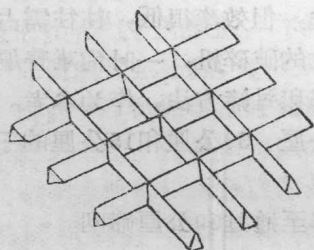
筛子的规格：最好略呈长方形，在一边装两个柄，筛边要高一些，以便多装煤，筛条可用铁丝或竹条编成。其型式及规格可参考第一图：



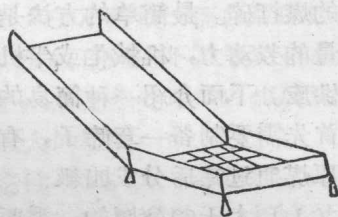
为了提高工作效率，可将一套筛子重迭起来，使通过第一筛网的煤直接落在第二个筛子的上面。但这只有在大块煤占多数的情况下才适用。若煤粉数量很多，则

可将一套筛子并列，使煤先通过小号筛网。

除很大的煤块应先予破碎外，均应先筛后碎。破碎最好直接在大孔筛子上进行，但这种筛网必须是铸铁制成的格子（如图二）。将铸铁格子安放在筛槽内（如图三），在这种筛槽上破碎的煤就可以自动地落下去。



图二 破碎煤用的铸铁格子



图三 筛槽

无论在任何情况下，在破碎和过筛的过程中，均应将较大粒度的矸石和黄铁矿用手选掉。

第三章 选煤——桶选法

第一节 桶选法的原理和优点

选煤是一项专门的科学，主要研究如何除掉煤中的矿物和硫分等杂质，以便获得灰低低硫的精煤。

选煤的方法很多，可以分为湿选法和干选法两类。大规模的选煤多采用水选法。对于小型厂矿来说，采用机械化的水选法一时尚难做到。下面介绍一种比较简单的选煤方法——桶选

法，一般厂矿都很容易做到。

桶选法是利用水的冲压力和浮力将质量不同的煤分开。即采用两个桶，外桶装水，内桶装煤，内桶的底是由筛网制成的。当内桶自上而下放入外筒时，外筒的水将从内桶的筛底直冲而上，将煤浮悬在水中。由于精煤最轻，次煤较重，矸石更重。因此一时浮悬在水中的煤将依它的重量大小而先后下沉，重者先沉，轻者后沉。这样，精煤则全部浮于内桶的上层，与矸石和劣质煤分开。

桶选法有以下几个主要优点：

(1) 效率高：一次可以选一百斤到几百斤，一人一天可选5—20吨。比用手选提高效率10倍到几十倍。

(2) 质量好：矸石很容易用肉眼识别，但有很多劣质煤却很难识别。缺乏经验的人用手选法选煤时，常将好煤当做坏煤选出，而将坏煤当做好煤选进。对于粒度较小的煤炭，即使操作熟练的人，也无法将其中质量不好的煤炭选去。如采用桶选法，则不论煤块大小，都可以精确地将各种质量不同的煤炭分选开来。还可以根据人们的意愿分选出若干级质量不同的煤炭。

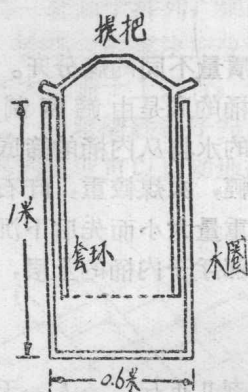
(3) 选煤时只需要少量的水，加入一些氯化钙配成比重约1.4左右的重液，可以得到更好的效果。但大量使用氯化钙要用很多钱。

(4) 设备简单，操作容易。除需要内桶和外桶以外，不需要其它任何设备。操作也很简单，即使技术生疏的人也很容易掌握，得到良好的选煤效果。

第二节 选煤工具

内桶和外桶各一个，可用铁皮制做，也可以用木材制造。选煤桶的型式如图四所示。

外桶高1公尺左右，直径约60公分，上下直径一样。其大



图四 选煤桶

做一个斜出的边缘。桶上方的提把是操作时不可缺少的。套环处可以卸开，以便分出精煤和劣质煤。

第三节 选煤操作方法

将过筛后的各级煤分别放在选煤桶中洗选，操作时需注意以下几点：

(1) 外桶装水要达到半桶以上。经过几次选煤后，外桶的水少于半桶时，须陆续补充。

(2) 内桶每次装煤数量要固定不变，但不能超过内桶高度的一半。

装煤数量、煤的质量好坏和内桶套环的位置互相之间有很大关系。套环之上应为精煤，其下为劣质煤和矸石。如果需要选出50%的煤作为精煤，则装煤高度应等于套环距桶底高度的两倍。可用公式表示它们之间的关系：

$$P = \frac{a-b}{a}$$

式中 P —精煤回收率

a—装煤的高度

b—套环到桶底的距离

(3) 将内桶放入外桶中，再提起，再放下，往返地进行，一般不应少于20次。推下时用力愈大，则水的压力也愈大，选煤效果就愈好，并可以减少往返操作的次数。

(4) 将内桶取出，沿套环处卸开，精煤自然落下，再将下部的劣质煤和矸石倒在另一处，备做它用。

(5) 选好的精煤运至石灰水坑内除硫，然后进行热处理。

第四节 煤的去硫

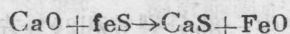
煤的去硫是很复杂的问题，小型厂矿一般可以采用以下几种方法：

(1) 在破碎或过筛的过程中，将较大块的黄铁矿和含黄铁矿很重的煤选出。这些选出的部分可以用来炼硫磺，一举两得。千万不要丢掉。

(2) 用桶选法或用其它方法选煤，可以将大部分集中的黄铁矿硫选掉，这是去硫的主要方法。

(3) 用石灰水泡。在水中加入10%的石灰，然后将已经选过的煤浸在石灰水中，浸泡24小时以上。未经破碎的大块煤不得浸入石灰水中，因为大块煤与石灰水接触面积较小，除硫的效果不大。

生石灰的成分是氧化钙，在水中与煤中硫分接触时，则化合为硫化钙，沉淀在石灰水中。其反应式如下：



温度愈高、煤块愈小，则除硫的效果愈好。

(4) 利用碱性的植物灰脱硫。用水浸泡植物灰，再将煤置入水中浸泡，硫则与灰中的氢氧基化合成一部分硫酸，硫酸