

煉鐵原料的 鑑別、化驗及配料

冶金工業部 設計司 合編
地質研究所

冶金工業出版社

炼鉄原料の鑑別、化驗及配料

冶金工业部設計司合編
地質研究所

編輯：王忠义 設計：童胞庵、魯芝芳 責任校対：李澤民

1958年9月第一版 1958年9月北京第一次印刷201,000册

787×1092·1/32·28,000字·印张 $1\frac{16}{32}$ ·定价0.18元

北京新华印刷厂印 新华書店发行 書号：1231

冶金工业出版社出版(地址：北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第093号

序 言

在党中央及毛主席的领导下，全国人民正在轰轰烈烈的为今年鋼产量翻一番的宏伟号召而进行坚强的战斗。各省生鉄的产量正在逐日猛升。为了使小高爐、土高爐鉄水长流，首先应该了解各种炼鉄原料的性质及其成分，进一步掌握各种原料的鑑別法，找出正确的配料比，則对小高爐炼鉄有决定性的意义。

本書共分三部分，第一部分介紹炼鉄所用各种矿石的性质及其简单鑑別法。第二部分介紹各种矿石主要成分的分析法。关于生鉄成分的分析，則請參閱冶金工业出版社出版的另一部“鋼鉄原材料的土法分析”一書。第三部分介紹一般炼鉄配料計算法。所有这些内容，皆系一般知識，希各地区能参考这些内容結合本地区所产各种矿石的成分，在炼鉄过程中，进一步总结經驗，找出本地区小高爐鉄水长流的規律来。

本書編写仓促，有不正确之处，希予指正。

目 录

第一章	铁矿石的种类及其特性	1
第二章	铁矿石的简易辨别方法	5
第三章	石灰石及白云石	8
第四章	炼铁燃料	9
第五章	炼铁原料的分析方法	12
	I. 试样的制备	12
	II. 铁矿石的分析方法	13
	一、铁矿石中铁的测定	13
	二、铁矿石中二氧化硅的测定	16
	三、铁矿石中硫的测定	17
	四、铁矿石中钙、镁的测定	20
	五、铁矿石中三氧化二铝的测定	23
	III. 石灰石的分析	26
	一、石灰石中钙、镁的测定	26
	IV. 焦炭的分析	27
	一、焦炭中硫的测定	27
	二、焦炭中灰份的测定	28
第六章	炼铁的配料方法	30
	I. 配料计算所必需的数据	30

1. 原料、燃料的化学成份	30
2. 生铁的品种及其成份	30
3. 爐渣成份	31
4. 燃料消耗量(焦比)	32
5. 其它一些需要假定的数据	33
II. 計算方法	33
1. 数 据	33
2. 計 算	34
附录	38
附表 1. 需用仪器	38
附表 2. 需用試剂	39
附表 3. 戥子市制重量換算公制用表	40
附表 4. 小高爐开爐配料表	43

第一章 鉄矿石的种类及其特性

最常見的鉄矿石有下面几种：磁鉄矿、赤鉄矿、菱鉄矿、褐鉄矿。現在分別叙述如下：

1. 磁鉄矿：这种矿石最显著的特点是具有磁性，可以用一块磁铁把它吸起来，磁性强的磁鉄矿本身也可以吸起鉄粉或鉄針。磁鉄矿的顏色是黑的，所以也可叫做黑鉄矿。这种矿石比一般的石头重的多，其含鉄量很高，最高的含鉄达70%，化学成份是四氧化三鉄 (Fe_3O_4)，但是天然的矿石都含有杂质，因而含鉄量也就相对的降低了。一般的习惯对含鉄大于45%的叫做“富矿”，也就是可以直接用来炼鉄；含鉄小于45%的叫做“貧矿”，要经过“选矿”处理，去掉其中一部分杂质，还要烧結成块状，再送入高爐冶炼。选矿、烧結的设备都很复杂，对小高爐不适合，所以用小高爐炼鉄，最好使用富矿，因此对选矿烧結的情况不做介绍了。

含鉄45%的规定不是绝对的。含鉄低的“貧矿”并不是不能冶炼，只是用的燃料較多，不大經濟而已。根据我国目前情况，一般說来小高爐不宜用含鉄量低于40%的矿石，当然究竟用含鉄量多富的矿石，还是要按照当地的具体情况加以变通的。如果当地沒有較富的矿石，那么稍貧一些的矿石，还是应当設法利用。

用磁鉄矿炼鉄比用赤鉄矿炼鉄困难一些，另外磁鉄矿比其他几种鉄矿都硬，所以开采时的人工及炸藥都稍多一些。

2. 赤鉄矿：这种矿石是由于它的顏色是暗紅色而定名的，也可以叫做紅鉄矿。它的含鉄量越高，顏色就越深，甚

至于接近黑色，但是“条痕”（詳見下节）則仍是紅色。其形状常見的有魚子状（学名鲕状，就是矿石好象是由很多小米粒粘成的），腎状（俗称蚕豆状，矿石表面上有很多象蚕豆形的痕迹），及块状（就是和普通的石块形状相似）。

最富的赤鉄矿含鉄可达 72%，其化学成份是三氧化二鉄（ Fe_2O_3 ）。赤鉄矿富矿和貧矿的界限，一般也規定为 45%，但同磁鉄矿一样，含鉄量在 40% 以上的，小高爐都可以冶炼。这种矿石含鉄很低时，就是俗称为“紅土子”的东西了。

赤鉄矿沒有閃光的“結晶”面，但有一种叫做“鏡鉄矿”的矿石，具有閃閃发光的結晶面，但化学成份和其他性質和赤鉄矿相同。这仅是“矿物学”上的区别，对炼鉄來說沒有多大意义。

赤鉄矿和磁鉄矿是最主要的两种鉄矿，世界上絕大部份的鉄是由这两种矿石冶炼出来的。这两种矿石有时单独存在，也有时共同存在，但在冶炼时，最好把两种矿石分开冶炼为宜。

3. 菱鉄矿：这种矿石的顏色很多，有暗粉紅色，灰黑色，灰色，浅灰色等，因此不能依靠顏色来辨認它，不注意时很容易把它当做一般的石头。

这种矿石的化学成份是碳酸鉄（ FeCO_3 ），最富的含鉄量可达 49%。菱鉄矿焙烧时就要分解，放出二氧化碳气，剩下的就是三氧化二鉄了。由于去掉了一部分二氧化碳，含鉄量的百分数就相对的提高了。不經過焙烧就送入高爐也可以，这样实际上就是在高爐中进行了焙烧。因为有这个特点，所以菱鉄矿的貧富界限比磁鉄矿和赤鉄矿低，一般規定 35% 为界，照目前情况，土小高爐采用含鉄 30% 的菱鉄矿也是可以的。

菱鉄矿是最容易“还原”的，也就是說最节省燃料。

菱鉄矿大多和赤鉄矿“共生”，常常夹在赤鉄矿层內或在矿层的上面及下面，成为薄层，如果不注意就很可能当做石头扔掉，这就可惜了。单独存在的大量的菱鉄矿也有，但不常見。

4. 褐鉄矿：这种矿石的顏色是黃褐色，其化学成分是氧化鉄和氢氧化鉄 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2(\text{OH})_6$)。它是赤鉄矿“风化”生成的，有的地方称为“黃土子”，其性質和赤鉄矿差不多。这种矿的矿量都不大，多在赤鉄矿表面或裂隙中存在，不多介紹。

5. 砂鉄矿：这是磁鉄矿的晶粒，被风化后冲积在河岸或河底的砂砾中形成的。可以用简单的淘洗办法从砂砾中将鉄矿选洗出来，或用較强的磁铁吸取出来。这种砂矿是很好的鉄矿，不过因为顆粒太小，需要燒結成块才能冶炼，或者用来炼“海棉鉄”。如果当地不能冶炼，将矿砂运送到外地去也还值得，因为这种矿砂的含鉄量很高，一般的均在65%以上。

6. 自熔性矿石：天然的鉄矿石中全都含有杂质，在大多数的情况下，这些杂质是“二氧化硅”，就是日常說的砂子一类的物質（有时还有氧化铝）。要在冶炼中去掉这些杂质，就要加入“熔剂”（石灰石），使得杂质和熔剂起化学变化而造成“渣”，流出爐外。但是有些矿石所含的杂质，不仅有砂质，同时也有石灰石，这样就可以不必再加（或少加些）石灰石即可在爐內造成渣流出，这种自含熔剂的矿石就叫做“自熔性矿石”。当然，不同矿石自熔性的程度也有差异，有的所含杂质恰好适合造渣，这样就不需要再加石灰石，这就是完全的自熔性，有的则需要少加一些石灰石，另外也有

不仅不需要加石灰石，还可加入一些不自熔的矿石来配合。

因为有上述原因，自熔性矿石的經濟价值較高。一般說来，含鉄 40% 的自熔性矿石就相当于含鉄 50% 的非自熔性矿石。因此，这种矿石的入爐品位可以低些。

自熔性矿石是工业上的名称，不是矿物学上的名称，不論那种矿石都可以是或不是自熔性的。

第二章 鉄矿石的簡易辨認方法

鉄矿石的簡易辨認方法有下列各种：

1. 顏色：各种鉄矿石的顏色前面已經說过。应注意的是矿石表面上往往沾有別的东西，所以要以新断裂面的顏色为依据。

2. 光澤：磁鉄矿具有“金屬光澤”，就是說看上去好象金屬那样发亮，但是有的磁鉄矿不很显著。其它如赤鉄矿，菱鉄矿，褐鉄矿都沒有金屬光澤。

3. 硬度：矿石的硬度可以简单的分为这样几級，即(1)指甲划得动的，(2)銅錢划得动的，(3)刀子划得动的，(4)刀子划不动的。所謂划得动是指能划出一道痕迹来，同样也要用新断裂面来試驗。

几种鉄矿石的硬度都在刀子划得动和指甲划不动的范围内。磁鉄矿最硬，赤鉄矿次之，菱鉄矿和褐鉄矿較軟，后两种矿石有时用銅錢划得动。用硬度可以辨別几种似鉄矿而非鉄矿的矿物。

4. 条痕：条痕指用矿石在不上釉子的瓷板上划出的痕迹，这个痕迹的顏色可以帮助辨認矿石。磁鉄矿条痕顏色是黑的，赤鉄矿是紅色，菱鉄矿是淡黃色，褐鉄矿是黃色。条痕的顏色与矿石的顏色不見得一致，例如有的赤鉄矿是黑色或接近黑色的，但条痕却是紅色。

5. 磁性：磁性是辨別磁鉄矿的一項很重要的方法，磁性强的磁鉄矿很容易被磁鉄吸引，較弱的則以用指南針辨認較為明显。方法是把一个指南針放平，待針靜止后，用一块矿

石靠近針摆动，如果針也跟着摆动就說明矿石有磁性。

6. 比重：矿石比重是矿石重量与同等体积的水的重量之比。測定的方法很簡單：把一块矿石用戥子称出它的重量，再用一根細綫將矿石捆住，吊在水中（要把矿石全部浸沒，但不得接触容器的底和边），綫的另一端拴在戥子的盘上，称出矿石在水中的重量，用矿石重量减去矿石在水中的重量去除矿石的重量，所得的商数就是它的比重。例如一块矿石的重量是3.6两，浸沒到水中以后的重量是2.8两，那么这种矿石的比重就是 $3.6 \div (3.6 - 2.8) = 4.5$ 。关于这方面的原理参看普通中学的物理教科書就能明了。

測定比重时矿石块的大小没有关系，但不应使用太小的块，这样測定的結果不准确。所选用的矿石，要用坚密的，不要用有很多裂隙或孔洞的矿石，否則結果也不准确。

不同的矿石有不同的比重。磁鉄矿是4.9~5.2，赤鉄矿4.9~5.3，菱鉄矿3.8~3.9，褐鉄矿3.6~4。但这指的是比較純的矿石。因为矿石都含有杂质，所以一般的鉄矿石的比重要比上列数字为低。在积累了經驗之后，可以从鉄矿石的比重来判断大致的含鉄量。

7. 用盐酸辨認法：上述的几种鉄矿石都能溶在盐酸中。把矿石先研成細末，放入玻璃管中，加入盐酸，再用火加热，矿石就逐漸溶解，但矿石中的杂质不溶解（自熔性矿石例外，有一部分杂质溶解）。溶解的越多，剩下的残渣越少，說明鉄矿石的質量越好。

菱鉄矿放在盐酸內，不用加热就溶解，同时还产生气泡，这是分辨菱鉄矿与其他鉄矿最好的方法。

如果矿石放在盐酸內經過加热也不溶解，或溶解的很

少，說明不是鐵礦。

下面再談談兩種常被誤認為鐵礦的礦石：

1. 石榴子石：這是一種常見的礦石，顏色是紅或黑，很重，很硬，可能被誤認為鐵礦石。它和磁鐵礦及赤鐵礦的區別方法如下：

條痕：石榴子石是白色條痕，與赤鐵礦和磁鐵礦完全不同，這是最簡易的辨認方法。

硬度：石榴子石刀子划不動，赤鐵礦和磁鐵礦刀子划得動。

磁性：石榴子石無磁性，這與磁鐵礦很易區別。不過如石榴子石內夾有少量磁鐵礦時，也能呈現微弱磁性。

化學性質：石榴子石在鹽酸內不溶解。

2. 黃鐵礦：它是鐵和硫的化合物，雖然名為鐵礦，但因含硫太高，不能用來煉鐵，而是煉硫的原料。黃鐵礦通常是黃色，結晶很明顯，有閃光，常被誤認為銅礦。但也有時結晶不明顯，呈黑色，就容易被誤認為鐵礦了。鑒別的方法：可以放在火中燒一下，便能聞到硫的刺鼻臭味，或者放在鹽酸中煮一下，可以聞到另外一種臭味。應該說明，很多鐵礦中含有微量的黃鐵礦，但仍能冶煉。

第三章 石灰石及白云石

石灰石是最普通的岩石，到处都有。其化学成份是碳酸鈣 (CaCO_3)。不过炼鉄用的石灰石要求較高，所含杂质应不大于2%至3%。杂质高的石灰石用起来就多消耗燃料，所以杂质越少越好。石灰石所含杂质的多少，用眼不易看出，不过积累了經驗以后，还是可以看出个大略情况。在沒有經驗时，应该用化学分析的方法来检查。

石灰石很容易在盐酸中溶解，但所含杂质不溶解。

白云石是一种在外觀上和性質上跟石灰石很相似的一种岩石。其化学成份是碳酸鈣和碳酸鎂 ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$)，也可以說它實質上是含“鎂”的石灰石。白云石也可用来做为炼鉄的熔剂，作用和石灰石也基本相同。用白云石造成的渣含有鎂，这种渣比用石灰石造的渣粘性小，流动性好，这是优点；但对爐壁侵蚀性較大。另外含鎂高的渣对去掉鉄中的“硫”效能低。因之，完全用白云石炼鉄不相宜，而是和石灰石配合使用，但如果鉄矿或焦炭中含硫較高时应不用或少用白云石。

純的白云石是很有价值的耐火材料，不应用来炼鉄，只应该用不純的質量不好的白云石做为熔剂。

很多石灰石中含有白云石，叫做白云質石灰石，也可以用来做熔剂，应该根据这种岩石中含鎂量的多少来决定是单独使用还是与一般的石灰石配合使用。

第四章 炼铁燃料

小高爐所用燃料可因地制宜，采用焦炭，无烟煤（白煤）、半焦和木炭。对燃料的要求是热量高，含灰低，含硫低。茲分述如下：

一、焦炭：

1. 外形：顏色銀灰至深灰，組織致密、气孔均匀为宜。色黑者表示水份高或揮发份高，这是“生焦”，不宜于炼铁。
2. 强度：不必要求太高，但經過墮落或摩擦应不产生大量粉末。
3. 块度：装爐前应將焦粉篩出来，用于小高爐的焦炭块度一般 20 公厘至 40 公厘即可，不宜太大。
4. 焦炭的成份：除应当知道灰份及硫份以便配料时考虑熔剂的用量外，水份一般不应超过 4~6%，揮发份不应超过 1~1.5%。
5. 用焦数量：在开爐时要多加一些，等爐温上升生产正常后再逐漸减少，但仍应保持正常温度，使鉄水及矿渣保持流动性。
6. 焦炭在高爐中的作用：焦炭在风口附近燃烧，借此保持高爐上层有必要温度，与此同时，焦炭在下降过程中与从高爐底部升上来的二氧化碳气反应后生成一氧化碳，一氧化碳又夺取鉄矿中的氧再变为二氧化碳，鉄矿逐漸還元成金屬鉄。焦炭本身在高温下也直接参加鉄矿還元的反应，即夺取鉄矿中的氧，变成一氧化碳或二氧化碳。所以焦炭除給高爐加热外还起還元剂的作用。

二、无烟煤（白煤）：在缺乏焦炭但出产无烟煤的地区，就应当利用无烟煤来炼铁。现在湖南邵阳及山西阳城均曾使用，并已得出不少经验。用无烟煤炼铁必须采用热稳定性好的，即在燃烧过程中不爆裂的。检查热稳定性可以将白煤置于普通炉火中烧，看它是否爆裂来判定。

对于热稳定性不好的无烟煤，如何利用来炼铁目前还未解决，提出下列三个办法可参考试验，（1）用预热办法改善其稳定性，即在装煤之前先将无烟煤在缓火中加热，使煤内气体慢慢逸出，再入炉炼铁。（2）用粉煤加黄土制成球，供土高炉用，（3）矮炼铁炉中可以用热稳定性不好的煤炼铁，但尚须进一步试验。

无烟煤的另一特点是较坚实，比重大，在高炉内燃烧缓慢，因此用无烟煤炼铁的高炉，要求炉缸直径大一些，再则鼓风机力量要求比用焦炭的炉子足一些。

三、半焦：半焦是煤炼油工业的产品。以含油率高而粘结性较弱的煤为原料，在 $500-600^{\circ}\text{C}$ 的温度下，用低温干馏炉（干馏原理与炼焦炉同，但炉形不同）或用成堆干馏（与土法炼焦同，为了多取油温度达到 600°C 就熄火）来提炼低温焦油（其性质与石油的原油相似），炉中剩余的固体物因尚含有一部分挥发物未除净，再则由于煤的粘结性不强又是用小煤块炼制的，故强度不太大，因而称为半焦。现在石油部正在山西北部如大同，朔县等地推广这种炼油方法，其他各省也有采用这种方法炼油的。半焦的含碳量也高，做为小高炉的燃料是能胜任的，但现在产半焦的地区尚不多，可先与焦炭掺合着用，逐渐吸取经验后再大力推广，也是解决炼铁燃料不足的一个方向。

四、木炭：木炭在古代就用之煉鐵，現在我國貴州、廣西各省尚有利用木炭煉鐵的，雖然用木炭可以煉出含硫低的生鐵，但由於木炭煉鐵消耗木材太多，從我國的整個資源利用方針來看太不經濟，故最好不使用木炭煉鐵。

第五章 炼鉄原料的分析方法

I. 試样的制备

同样是一种矿石，它的成份、性質也可能是不均匀的，至于两种以上的矿石混合在一起，它們的成份更是不同，为了使所分析的試样能具有一定的代表性，因此，分析前必須按一定的方法来制备試样。

1. 取样的步骤：(1) 选取代表性的試样：选取的方法是在矿石（或焦炭）堆的上、中、下三处各选取与其周围比較一致的矿石或焦炭数块。鉄矿石及石灰石所需試样各为 1 公斤左右；焦炭約需 0.5 公斤左右。如果高爐所用的矿石不是同一类型的，比如用两种或两种以上的鉄矿石同时入爐，則試样的重量必須按每一类型矿石入爐的重量比例来选取。

(2) 搗碎：将选取的試样用鉄錘搗碎，搗成約 1 公厘大小的碎块。

(3) 取均匀試样：用四分法从中取出均匀混合試样。四分法的取法是：將試样鋪开成圓形薄层，然后通过圓心划十字綫，将其分成四等分，把十字綫的两对角部分抛开，余下的合在一起，然后再按上述方法分成四等分，这样反复进行数次，直到剩下的試样足够作分析用的数量为止。

分析用試样的数量規定如下：鉄矿石 30 克，石灰石 30 克，焦炭 50 克。

(4) 研細：将分析用試样投入鋼鉢中搗碎，使其通过孔