

鐵礦石冶金價值的評價

董智虞

在工業建設中，鋼鐵冶金工業不斷的高度發展，對鐵礦石的需要量不斷的增長。至於如何充分合理的利用鐵礦石的礦產資源，則必須首先對鐵礦石予以正確的冶金價值的評價，即是確定鐵礦石的冶煉質量及其利用的必要技術條件，從而才能充分合理地利用，也才能可靠地進行建廠設計和投入生產。否則，將是盲目地進行，會造成不良的後果，致帶來重大的損失，特別是對大規模的現代化鋼鐵企業，更是如此。

對鐵礦石的冶金價值，應通過一系列的試驗研究之後，查明礦石與冶煉有關的各種性質，才能予以正確的評價。茲分述如下。

一、物質組成

鐵礦石由一定的物質組成，就具有一定的冶煉質量，所以對其物質組成的研究，是評定冶金價值的首要工作。應對鐵礦石進行礦物鑑定、光譜全分析及化學分析；如必要時，尚需進行物相分析，以便充分地瞭解其物質組成。物質組成中，各種成分的含量，對冶煉有不同的影響，根據具體的情況，而提出不同的要求。

(一) 主要成分

鐵礦石中含鐵量的多少，是決定冶煉是否有利的主要因素。按礦石中實際含鐵量與理論含鐵量之比，可將鐵礦石分為三級：

礦石中實際含鐵量
礦石中理論含鐵量 $\times 100$ 大於 85% 的為一級礦石；

等於 75~85% 的為二級礦石；

小於 75% 為三級礦石。

在天然的鐵礦石中，一般以大於 70% 的為富礦，小於 70% 的為貧礦。但是可否適於冶煉的最低含鐵量，還應根據脈石成分，以及其他經濟條件等具體情況而定。

由於一般鐵礦石的脈石中，以 SiO_2 的含量最多，為了減少渣量，降低焦比，合乎經濟條件起見，故對用在高爐冶煉的鐵礦石含鐵成分的要求，一般為：

菱鐵礦不低於 30%；

褐鐵礦不低於 45%；

赤鐵礦不低於 54%；

磁鐵礦不低於 56%；

鈦磁鐵礦（含鈦）不低於 40%。

如礦石中 $\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}$ 的比值接近於 1 時，在冶

煉過程中，可不另加熔劑或少加熔劑。這種鐵礦石的含鐵量可降低到 28%。

如礦石中含有益金屬成分—鈾和鎳時，則其含鐵量的要求，更可降低。例如：

塊狀鈦磁鐵礦……含鐵量可降低為 39%；

含 TiO_2 小於 10% 的鈦磁鐵礦可降低到 25%；

含鎳的天然合金型的褐鐵礦可降低到 30%。

至於平爐用的鐵礦石，含鐵量要高。赤鐵礦、假象赤鐵礦及磁鐵礦的含鐵量，最好不低於 60—62%，褐鐵礦則不低於 55%。

當鐵礦石的含鐵量未達到以上要求時，應先進行選礦，然後才用於冶煉。

(二) 造渣氧化物

鐵礦石中的主要造渣氧化物為 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 及 MgO 。其含量的多少，對確定冶煉生產效率和配料成分均有重大的關係。

鐵礦石的脈石，若 $\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}$ 接近於 1 (0.9—

1.2) 時，稱為自熔性礦石。這些礦石用於冶煉不僅節省熔劑，而且降低焦比，非常有利，其冶金價值很大。但在自然界中，這種礦石並不多見。

當脈石中， $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ 大於 1 時，稱為矽質礦石；

小於 1 的，稱為鋁質礦石。前者不適於冶煉酸性生鐵，後者很適於冶煉鑄造生鐵。 Al_2O_3 大於 12—15%，而 Al_2O_3 : SiO_2 又不少於 1.5 的不太富的鋁質鐵礦石，用於冶煉，可得到鋁矽酸鹽的爐渣，這是貴重的快干水泥原料。

由於爐渣內 Al_2O_3 的含量接近於 18—20% 時，爐渣的粘性變高；而小於 8—10% 時，也對高爐熔煉行程產生不良影響。因此在鐵礦石中 Al_2O_3 的理想含量是在脈石內含有的 SiO_2 : Al_2O_3 之值，不應超過接近於正常成分的高爐爐渣中此二者的比例範圍以外（近代焦炭高爐中，爐渣含 SiO_2 的最大量以不超過 38% 為準）。

鐵礦石中， MgO 的含量，以在配料計算所得爐渣成分內不超過 10% 為宜，過高則將引起爐渣的粘度增

大，造成不利；若含量适合，可以降低爐渣粘度，有助于脫硫作用。

平爐用的鐵礦石的造渣氧化物，以 SiO_2 与 Al_2O_3 的含量之和不得高于6—8%为限度。

(三) 揮发組分

揮发組分主要包括礦石中的結晶水、二氧化碳及其他一些部分揮发性的物質—硫、砷和砷金屬氧化物等。一般对此没有什么要求的标准，但在冶煉过程中，这些揮发組分將消耗一部分热量，是其不利。如果揮发組分含量較高（大于10%）时，应先进行焙燒，特别是用木炭冶煉生鐵更应如此。

(四) 其他雜質

硫 易使金屬熱脆，是有害雜質。在高爐中，用焦炭（含硫不超过1.5—2.0%）冶煉时，鐵礦石含硫量的限制条件，一般为每1%的铁含硫量不超过0.005%，至于具体的規定如表1。一般限定，在高爐中用焦炭冶煉的鐵礦石，其含硫量不得超过0.15%。

表 1

鐵礦石的种类	含鐵量 %	在焦炭中含硫的条件下， 礦石內所允許的含硫量%			
		0—0.5 1.0	0.5— 1.0	1.0— 1.5	1.5—2.0
菱鐵礦.....	30—35	0.50	0.35	0.20	0.10
褐鐵礦.....	40	1.10	0.90	0.70	0.50
“ “ “.....	45	0.85	0.70	0.50	0.30
“ “ “.....	50	0.70	0.50	0.30	0.15
赤鐵礦及假象赤鐵礦	50	1.00	0.75	0.55	0.35
同 上	55	0.70	0.55	0.35	0.15
同 上	60	0.60	0.40	0.20	0.10
同 上	65	0.30	0.15	0.05	0.05

在高爐中，用木炭冶煉时，鐵礦石含硫量的限制条件为每1%的铁含硫量不超过0.001%。以酸性渣进行特殊的木炭冶煉时，对冶煉一般質量的生鐵來說，鐵礦石中的硫不得超过0.03—0.04%，而对冶煉優質生鐵，則此含量不得超过0.015—0.025%。

当采用碱性爐渣进行冶煉，特别是采用爐外脫硫时，鐵礦石中的允許含硫量可高一些。

平爐用的鐵礦石含硫量不得超过0.05%，而酸性平爐煉鋼时，則此含量不得高于0.02—0.03%。

含硫高的鐵礦石，虽然选矿可获得良好的脫硫效果，但是費用較貴。因此工业上不采用此法，而是采用焙燒或燒結的去硫方法，特别是采用燒結法对冶煉有更多的好处。

磷 使金屬发生冷脆，是有害雜質。在焙燒或燒結以及高爐冶煉的过程中，均不能去磷，而完全进入生鐵。但在碱性煉鋼时，可以除去很大一部分磷，其煉鋼爐渣可用作磷肥原料。关于鐵礦石中磷的限制

条件如表2。

表 2

礦石的标号及其用途	礦石中每1%的铁， 磷的允許成分%
标号(0)为木炭生鐵冶煉	不大于0.00015
标号(1)为木炭生鐵冶煉	不大于0.00022
标号(П)为普通平爐生鐵的冶煉	0.0068—0.0030
标号(MM)为含錳少的鑄鋼及滾軸生鐵的冶煉	不大于0.0025
标号(S)为貝士麥用生鐵的冶煉	不大于0.00075
标号(П)为普通鑄造生鐵的冶煉	0.0025—0.0075
标号(T)为托馬斯的高磷的轉爐鑄造生鐵的冶煉	0.0075或者以上
标号(XH)为鉻錳特殊生鐵的冶煉	不大于0.0025
标号(TM)为錳鐵的特殊生鐵的冶煉	不大于0.0020

磷在礦石中的允許含量，也可根据具体情况，按下式来确定：

$$P_{\text{礦石}} = \frac{P_{\text{生鐵}} - P_{\text{熔、焦、附}}}{K} \times 100$$

$$= \frac{(P_{\text{生鐵}} - P_{\text{熔、焦、附}}) Fe_{\text{礦石}}}{Fe_{\text{生鐵}}} \times 100$$

式中： $P_{\text{礦石}}$ —礦石中的允許含磷量，%；

$P_{\text{生鐵}}$ —生鐵中的含磷量，%；

$P_{\text{熔、焦、附}}$ —熔剂、焦炭和附加物所帶进的含磷量，%；当不用平爐渣时， $P_{\text{熔、焦、附}}$ 約为0.03%；

$Fe_{\text{生鐵}}$ —由礦石帶入生鐵中的铁，%；当不用附加物时， $Fe_{\text{生鐵}}$ 約为91%；

$Fe_{\text{礦石}}$ —礦石中含鐵量，%；

$$K = \frac{Fe_{\text{生鐵}}}{Fe_{\text{礦石}}}$$

在鐵礦石中，如磷超过允許含量，則应进行选矿或往爐料中加入适当数量的含磷少的富矿进行冶煉。若煉托馬斯生鐵，礦石中的磷，以愈高愈好。

平爐用的鐵礦石，其磷含量的限制与硫相同。

砷 在煉鐵或煉鋼时，砷几乎全部进入金屬中，是有害雜質。当含量在0.1%以上时，使鋼冷脆，并使其焊接性变坏。冶煉平爐生鐵时，鐵礦石中砷的允許含量不得超过0.07%，当冶煉高質量的生鐵时，鐵礦石中砷的存在是完全不允許的。

在礦石中，如砷不呈砷酸鹽状态时，可用焙燒或燒結的方法除去一些。若呈独立的狀態时，可用选矿的方法除去。

銅 在冶煉时，进入生鐵，而后再进入鋼中。鋼中若含少量的銅（0.2—0.3%）能提高鋼的强度、硬度和耐蝕能力；但含量过多时，就將引起熱脆，降低鋼的熱加工性能。

为了冶炼普通生铁，铁矿石中含铜量达0.2%时，是完全允许的。但冶炼特殊优质钢的生铁时，其含量不得超过0.05%，而冶炼不锈钢的生铁时，相反的含量应不少于0.5%。

若冶炼一定质量的生铁，而铁矿石中含铜量过高时，可用选矿方法降低其含量。

铅易还原成金属而沉于炉底，使炉底毁坏，故铁矿石中的铅不得多于0.1%，多则采用选矿方法除去。

锌在冶炼中，会毁坏炉壁及形成高炉瘤，造成严重事故。一般铁矿石中锌的含量，不得大于0.1%。

锡在冶炼时，进入铁和钢中，可使钢具有很大的脆性，故铁矿石中锡的允许含量不得超过0.07—0.08%。

锰是有益成分。在高炉冶炼时，有60%左右的锰进入生铁，能提高生铁质量并有降低炉渣粘度的作用。根据生铁的用途，在铁矿石中锰的需要量如表3。

表3

生铁的用途	在铁矿石中锰的需要含量, %
平炉及托马斯炉冶炼用	不低于1.2—1.5
贝士麦炉用	“ “ 0.6—1.2
铸造用	“ “ 0.5—1.2
锻造及軋压生铁	不高於0.2

在铁矿石中，锰的含量若低于适当的界限时，必须于炉内加入锰矿石或含锰的炉渣。

钛在一般的高炉冶炼情况下，钛是矿石中不希望有的杂质，因有90—95%的钛进入炉渣，而使炉渣粘度增高，并形成难熔的碳化钛。炉渣中若含大量钛的氧化物，常在高炉下部生成炉瘤，影响冶炼过程的顺利进行。铁矿石中的TiO₂允许含量不得超过5—8%，过高时，很难进行正常的熔炼。用苏联M.A.巴甫洛夫院士所提出的采用高钛度含钛炉渣的配料方法，可冶炼含TiO₂高达14—16%的铁矿石。当钛的含量不高时，对铸造生铁是适宜的，会使生铁的结构得到改善。钛在钢中是一种有益杂质，但是以钛铁合金加于钢中的。

钴是铁矿石中非常珍贵的成分，能全部进入生铁和钢中。当矿中含有千分之几的钴时，即可作为提钴的原料。

钒也是很珍贵的成分。在高炉冶炼时，有70—85%的钒进入生铁。矿石含V₂O₅达0.2%以上时，即可作为钒矿石开采，而为工业上的提钒原料。

铬在高炉冶炼时，有80—90%进入生铁，对冶炼高炉合金铁和铸造生铁，铬是有益元素。但在炼钢生铁矿石中，含铬虽对高炉冶炼不起显著的作用，而

在炼钢时会使渣变稠，增加操作上的困难，所以是不希望有的杂质。铬在铁矿石中，一般以不超过0.4—0.6%为限度。冶炼可锻生铁和軋压生铁时，铁矿石中的铬不得超过0.03%，甚而使用成本很高的双联炼钢法（用贝士麦炉和平炉进行两次冶炼）冶炼含铬的天然合金型的褐铁矿时，矿石中的铬也不应超过1.5—2%。

镍是有益的成分，能全部进入生铁和钢中。含镍高于0.3—0.4%的铁矿石，非常适合于提炼天然合金。当矿石含镍10%时，即可作为提镍原料。

平炉用的铁矿石中的硫、磷含量，如前述的限制外，其他有害杂质或合金成分都是不适宜的，特别是炼优质钢更是如此。炼普通钢用的铁矿石，在不得已的情况下，只可允许含0.1%的铜、镍和砷，与含0.5%的锌、铅和铬，并且每次应按照一吨钢的矿石消耗量和所炼的钢的牌号中的杂质允许含量来检查上述金属的允许含量。

二、矿石块度

矿块过大，不易全部还原，能够一直落到高炉炉缸而破坏炉缸内的热力。但当矿块过小时，又易阻塞通风或破坏通风的均匀分布，且也易被吹出（小于3公厘以下的），增多炉尘，故块度过大或过小均为不利。

高炉用的各种铁矿石，实际用的块度，系根据矿石种类及高炉大小来决定，其一般规格如表4：

表4

矿石种类	允许的最大规格	最适宜的规格
磁铁矿	75公厘	35—50公厘
赤铁矿和假象赤铁矿	150 “ “	40—50 “ “
褐铁矿和菱铁矿	75—120 “ “	60—50 “ “
烧结矿、焙烧过的菱铁矿和褐铁矿	150 “ “	40—50 “ “

我国第二次全国高炉会议决定，适于高炉冶炼的块度为：磁铁矿8—40公厘；赤铁矿10—50公厘。

平炉用的铁矿石，最大规格为300—400公厘；最小的宜为25公厘，但在必要时可小至10公厘。

过大的矿石，要进行破碎；过小的，则应造块，二者均会造成设备投资的增加，故对矿石的块度，以适合于冶炼要求的份量愈多愈好。

三、矿石的堆比重

矿石堆积时单位体积的重量（吨/立方公尺），与矿石的含铁量、气孔率、块度、湿度、堆存时间及松散情况等有关，并影响在冶炼时需要通风量的大小和矿石在炉中停留时间的长短，在其他条件固定的情况下，矿石堆比重愈大，则通风量也需愈大，或是在炉

广东省的煤炭资源

刘英勇

在社会主义建设大跃进中，已经掀起了全党全民办钢铁工业的高潮。高炉林立，铁水奔流，如果没有炼焦煤是不能保证钢铁生产加一番的，因而促使我们必须大搞煤的勘探和开发利用。过去旧地质学者曾说“广东地区火成岩发育，对于多金属成矿是有利的”。但这绝不等于在广东地区没有成煤的地质环境，广东省的全体地质工作者在党的领导下，破除了迷信，解放了思想，经过一年的实际工作，终于找到了许多煤田。从已获得的资料证实我省有着堆积煤的良好古地理条件，而且工业用煤的牌号很齐全。按煤堆积时的构造条件来看，有地槽型煤田、地台型煤田以及过渡型煤田。以上铁的事实说明广东不是“无煤”，而是有较丰富的煤炭资源。

广东煤层形成条件

据目前所获的资料，广东有六个造煤时期，即下石炭纪上部，上二叠纪，三叠纪，侏罗纪，第三纪和中停留的时间愈长，反之亦然。堆比重的大小，还用于计算料批的重量和体积。

四、矿石的气孔率

矿石的气孔率包括显气孔率和密闭气孔率两种。还原气体对显气孔是直接接触其较大孔的面积，所以比较容易使矿石还原。至于密闭气孔虽其孔内未与还原气体直接接触，但还原气体自孔外表面向内逐渐渗透时，较为容易达到里层，故矿石的还原也较容易，而实心的则不易还原至中心。所以矿石的显气孔率和密闭气孔率，对其还原作用均有影响，故应测定全气孔率。全气孔率愈高，则矿石的还原性愈好；反之，则还原性愈差。

五、矿石的软化及熔化温度

矿石的软化及熔化温度，与其矿物组成和化学成分有关。一般来说，含FeO较高或SiO₂较多的矿石，具有较低的软化温度，且软化到熔化温度的区间最小（约250—280°C）。熔化温度较低的矿石，由于未来得及还原的一氧化铁熔入脉石中，影响其还原，因此，以软化到熔化温度区间较大的，而且熔化温度较高的矿石为好，若为难还原而易熔化的矿石—磁铁矿，对

第四纪，但各个时代地层的分布、产状、含煤地层的变化、煤层稳定程度、煤质变化与地质构造特征等都各有不同，兹分别简述如下：

下石炭纪上部芙蓉山煤系，主要是陆相地层，局部也有海陆交替相，以砂页岩为主，其中含有煤层，分布范围以广州为起点，在粤东、粤北及粤西北等地均有出露。厚度各地不一，粤北曲仁一带厚度达800公尺，为纯陆相地层，含煤3—7层，粤西北阳山一带，含煤7层，每层各厚0.3—1公尺，煤层稳定程度较差。煤质为无烟煤，煤中含硫亦较高，黄铁矿与硫酸盐硫均有，具有硫酸盐硫是煤遭受风化的一个证明。

粤中阳春芙蓉山煤系地层是以陆相为主（部分海陆交替相），含煤地层厚度约300公尺，煤层3—4层，煤层多呈凸透镜体常有加厚或尖灭的现象，最大凸透镜体煤层厚达4—5公尺。粤东北梅县一带亦有下石炭纪地层出露。

省内芙蓉山含煤地层仍属于中朝地台的一部分，

高炉冶炼操作是不利的。

六、矿石的还原性

在高炉冶炼的过程中，主要的是铁矿石的还原反应。易还原的矿石，在高炉内可以下降得快些，从而缩短了熔炼的时间；但难还原的矿石，就应当下降得慢些，致使熔炼时间加以延长。在设计高炉时，对爐喉、爐胸、爐腰、爐腹及爐缸的高矮、直径和角度，就应当适应于所用矿石的还原性能，例如：爐胸的倾角为85°的，适于冶炼块度较小而质较松的铁矿石（菱铁矿，褐铁矿或赤铁矿）；爐胸的倾角86°的，适于中等块度而松硬适合的铁矿石；而对87°的，则适于坚实而块大的铁矿石（磁铁矿）。矿石的还原性不仅影响于高炉的冶炼，而用之于炼钢时，其作用是用来氧化生铁中的碳，因此铁矿石本身也是一种还原过程，故对平炉用的铁矿石也应考虑其还原性。

天然矿石中，最易还原的是菱铁矿，其次为褐铁矿、赤铁矿，最难还原的是磁铁矿。烧结矿中，若FeO较多时，则难还原，因含FeO多，即意味着磷酸铁多，而磷酸铁是易熔难还原的，故以FeO不超过18—24%的为佳。