

# 铁矿地质勘查工作手册

## （一）性质和用途

铁为银灰色的金属。常见铁的化合物主要为正二价、正三价，个别为正六价，其中以正三价的化合物最稳定。铁的熔点为  $1535^{\circ}\text{C}$ ，沸点  $3000^{\circ}\text{C}$ ，单质铁是具有光泽的白色金属，有铁磁性，是最重要的基本结构材料，其化学性质为中等活泼性的金属，在高温下易和氧、硫、氯等非金属发生强烈反应，易溶于稀的无机酸溶液和浓盐酸溶液中，金属铁能被浓碱溶液侵蚀。

铁是钢铁工业的基本原料，广泛应用于国民经济的各个部门和人民日常生活的各个方面。铁矿石可冶炼成生铁、熟铁、铁合金、炭素钢、合金钢、特种钢等。纯磁铁矿还可作合成氨的催化剂。

## （二）铁矿物及铁矿石类型

### 1、主要的铁矿物

铁在自然界中，大多呈铁的氧化物、硫化物和含铁碳酸盐及含铁硅酸盐等矿物，但在当前的技术经济条件下，具有工业利用价值的矿物主要有以下几种：

磁铁矿 $\text{Fe}_3\text{O}_4$	含 Fe 72.4%
赤铁矿 $\text{Fe}_2\text{O}_3$	含 Fe 70.0%
镜铁矿 $\text{Fe}_2\text{O}_3$	含 Fe 70.0%
菱铁矿 $\text{FeCO}_3$	含 Fe 48.2%
褐铁矿 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	含 Fe 48—62.9%
针铁矿 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	含 Fe 62.9%

### 2、铁矿石类型

#### (1)铁矿石的自然类型

①按组成矿石的主要铁矿物可分为磁铁矿石、赤铁矿石、镜铁矿石、假象赤铁矿石、钒钛磁铁矿石、褐铁矿石、菱铁矿石，以及由两种以上铁矿物作为主要组成的复合矿石等。

②按矿石中主要脉石矿物的种类可分为石英型、闪石型、辉石型、斜长石型、石榴子石型、铁白云石型、碧玉型铁矿石等。

③按结构构造可分为浸染状、网脉状、条纹一条带状、致密块状、角砾状、鲕状、肾状、蜂窝状、粉状铁矿石等。

(2) 铁矿石工业类型

①炼钢用铁矿石：含铁量  $w(\text{TFe}) \geq 56\%$ 、有害杂质含量及块度均符合直接入炉炼钢质量标准的铁矿石，主要用于平炉、电炉(炼钢做氧化剂)、转炉(炼钢做冷却剂)。

②炼铁用铁矿石：含铁量  $w(\text{TFe}) \geq 50\%$  [褐铁矿石、菱铁矿石扣除烧损后  $w(\text{TFe}) \geq 50\%$ ]、有害杂质含量及块度均符合直接入炉炼铁质量标准的铁矿石。炼铁用铁矿石及铁精矿粉按主要造渣组分的比值，又可划分为碱性矿石、自熔性矿石、半自熔性矿石和酸性矿石。其标准见表 1—1。

表 1—1 炼铁用铁矿石质量标准表

矿 石 类 型	$w(\text{CaO}+\text{MgO}) / w(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)$
碱性矿石	$>1.2$
自熔性矿石	$1.2 \sim 0.8$
半自熔性矿石	$<0.8 \sim 0.5$
酸性矿石	$<0.5$
注：当MgO和Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 含量都很低时，亦可采用 $w(\text{CaO}) / w(\text{SiO}_2)$ 值确定酸碱度。	

③需选铁矿石：含量较低的铁矿石(贫矿)，或含铁量高但有害杂质含量超过规定、含伴生有用组分不符合入炉冶炼要求的一般富矿 [ $w(\text{TFe}) \geq 50\%$ ] 统称需选铁矿石。这些矿石需要选矿、烧结或球团处理后，才能入炉冶炼。

需选铁矿石工业类型，从选矿工艺要求出发，根据磁性铁(mFe)对全铁(TFe)的占有率，将其划分为磁性铁矿石和弱磁性铁矿石。

[ $w(\text{mFe})/w(\text{TFe}) \geq 85\%$ ] 为磁性铁矿石， [ $w(\text{mFe})/w(\text{TFe}) \leq 85\%$ ] 为弱磁性铁矿石。当矿石矿物成分复杂，矿石中硅酸铁(siFe)、硫化铁(sfFe)和碳酸铁(cFe)的质量分数大于 3%，或三者之和大于 3% 时， [ $w(\text{mFe})/w(\text{TFe}-\text{siFe}-\text{sfFe}-\text{cFe}) \geq 85\%$ ] 为磁性铁矿石， [ $w(\text{mFe})/w(\text{TFe}-\text{siFe}-\text{sfFe}-\text{cFe}) \leq 85\%$ ] 为弱磁性铁矿石。

3、关于用磁性铁占有率及用磁性率划分矿石类型的问题

过去地质勘探工作中，一直沿用磁性率(TFe / FeO)的比值来划分矿石类型。比值小于 2.7 划为原生矿(磁铁矿石)，比值大于 3.5 划为氧化矿(赤铁矿石)，比值界于 2.7—3.5 之间为混合矿石，并以此标准确定划分原生矿石带与氧化矿石带的界线。磁铁矿(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·FeO)的理论磁性率为  $\text{TFe} / \text{FeO} = 56 \times 3 / (56+16) = 168 / 72 = 2.33$ ，当比值定为 2.7

时，则磁铁矿所含的铁占矿石中全铁的 86.4%，赤铁矿占 13.6%；当比值为 3.5 时，磁铁矿所含的铁占矿石中全铁的 66.7%，赤铁矿占 33.3%。可是当矿石中还含有其它二价铁(FeO)的矿物时，用 TFe / FeO 的比值划分矿石类型就会产生很大错误(表 1—2)。

表 1—2 矿石中含二价铁(FeO)的矿物时用 TFe/FeO 的比值划分矿石类型产生错误的情况

矿 区 名 称	普 通 化 学 分 析			磁性率 $\frac{TFe}{FeO}$	物 相 分 析 (%)					磁性铁 占有率 MFe/TFe (%)	弱磁选指标	
	TFe (%)	SFe (%)	FeO (%)		磁铁矿中的铁	赤 褐 铁 矿 中的铁	硅酸铁 中的铁	碳酸铁 中的铁	硫化铁 中的铁		精矿 品位 TFe(%)	回收率 (%)
河南方城 张 行 庄	21.56	19.05	13.07	1.67	10.99	2.99	7.03	—	0.79	50.41	62.25	52.15
河南舞阳 小 韩 庄	25.97	20.19	14.93	1.71	18.42	1.14	5.70	—	0.09	72.66	66.00	72.16
河南舞阳 经 山 寺	23.96	18.88	14.00	1.71	14.80	—	8.80	—	—	62.71	68.12	61.42
安 徽 庐 江 罗 河	32.10	28.98	11.87	2.70	56.26	17.70	7.40	7.23	11.41	56.26	68.10	60.10
注：安徽庐江罗河铁矿物相分析一栏中各种铁含量系指各物相中所含的铁对全铁(TFe)的占有率。												

从表 1—2 中可看出，选矿样品中 TFe / FeO 的比值<2.7，理应划为原生矿，但磁选回收率却很低。从物相分析结果得知铁矿石物质组分较复杂，不仅含有磁铁矿，还存在有赤褐铁、硅酸铁、碳酸铁等含铁矿物，由于上述含铁矿物中 FeO 的影响，使 TFe / FeO 比值较低，从而使所划分的矿石工业类型产生假像。

但在另外很多情况下，TFe / FeO 的比值大于 3.5 而磁选的效果却很好(表 1—3)。

表 1—3 TFe / FeO 的比值大于 3.5 而磁选的效果

矿区名称	磁性率 TFe / FeO	原矿品位 TFe( %)	精矿品位 TFe( %)	回收率 ( %)
山东莱芜西尚庄	6.2	47.57	61.19	79.38
广东连平大顶	5	50.00	65.00	90.00

表 1—3 说明选矿样品中可能有相当数量的磁性较强的半假像赤铁矿等，在弱磁选流程中随磁铁矿进入铁精矿。

因此，上世纪八十年代颁布的铁矿勘探规范就已规定，采用物相分析确定的磁性铁(MFe)对全铁(TFe)的占有率作为划分矿石类型的依据。从表 1—2 中可看出，磁性铁占有率与弱磁选选矿的回收率相接近，其实用效果好。

### （三）铁矿床主要类型

#### 1、岩浆晚期铁矿床

##### （1）岩浆晚期分异型铁矿床

产于辉长岩—橄辉岩等基性、超基性火成岩体中。单个含矿岩体断续延长数千米至数十千米，宽一至几千米。矿体呈较规整的多层似层状，产于岩体中下部、韵律层的底部。矿体(层)累积厚度数十至二三百米，延深数百至千米以上，多为大型矿床。成矿后断裂和岩脉发育，常破坏矿体在走向、倾向上的连续性。矿石具浸染状、条带状、块状构造，陨铁嵌晶结构、固溶体分解结构。金属矿物以钛磁铁矿为主，粒状钛铁矿为次，并含少量磁黄铁矿、黄铁矿及其他钴镍硫化物。脉石矿物有辉石、基性斜长石、橄榄石、磷灰石等。矿石一般  $w(\text{TFe})20\% \sim 45\%$ ， $w(\text{TiO}_2)3\% \sim 16\%$ ， $w(\text{V}_2\text{O}_5)0.15\% \sim 0.5\%$ ， $w(\text{Cr}_2\text{O}_3)0.1\% \sim 0.38\%$ ，伴生有 Cu、Co、Ni、Ga、Mn、P、Se、Te、Sc 及铂族元素等。矿石均需选矿后才可冶炼。矿床实例：攀枝花铁矿。

##### （2）岩浆晚期贯入式矿床

产于辉长岩和斜长岩岩体中。矿体沿岩体中一定裂隙分布，或产于辉长岩与斜长岩的接触带内。矿体形状不规则，一般呈扁豆状、似脉状成群出现，雁行排列并向深部侧伏。单个矿体长数米、数十至数百米不等，厚度数米至数十米，延深数十至数百米。矿床规模多为中小型。矿石呈致密块状、浸染状构造。矿石中有用矿物颗粒较粗大，常见金红石而未见钛铁晶石。矿石矿物成分和化学成分大体与岩浆晚期分异型铁矿床类似，但常含有多量的斜长石、辉石、纤闪石、阳起石、磷灰石，岩体中局部可形成单独的铁磷矿体。矿石易选。矿床实例：大庙铁矿。

#### 2、接触交代—热液铁矿床

本类型矿床一般含铁较高，分布普遍。接触交代型矿床主要产于中—酸性侵入体与碳酸盐类岩石的接触带内。矿床规模一般为中小型，少数为大型。矿体一般长数十至数百米，少数达数千米，延深几十至数百米以上，厚度几米至几十米。矿体的形态及分布受接触带控制，有似层状、扁豆状、巢状等，常有盲矿体存在。矿石以块状构造为主，浸染状为次，亦有角砾状构造，具有交代和粒状结构。矿石矿物以磁铁矿为主，假象赤铁矿为次，有的矿区出现较多菱铁矿。硫化物以黄铁矿为主，部分矿区有黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉钼矿等。少数矿床中含有锡石和“胶态锡”。脉石矿物以透辉石、石榴子石为主，角闪石、碳酸盐矿物等次之。有的矿区脉石矿物蛇纹石较多。矿石全铁质量分数  $30\% \sim 70\%$ ，硫质量分数一般在  $4\%$  以下，磷低， $w(\text{SiO}_2)4\% \sim 15\%$ ，伴生有 Cu、

Co、Ni、Pb、Zn、Au、Ag、W、Sn、Mo 等。矿石一般可选性良好，除某些含锡较高的矿床未利用外，均已被广泛开采利用。矿石中常含有能综合回收的伴生有用元素，如 Co、Ni、Cu、Au、Ag、S 等。矿床实例：大冶铁矿。

### 3、与火山—侵入活动有关的铁矿床

#### (1) 与陆相火山—侵入活动有关的铁矿床

矿床在火山机构中的产出位置可分为：①产于火山碎屑岩中的火山—沉积矿床；②产于玢岩体内部、顶部及其与周围火山岩接触带中的铁矿床；③产于玢岩体与周围沉积岩接触带中的铁矿床。其中以位于玢岩体顶部及其与周围火山岩接触带中的矿体规模最大，矿石较富。与陆相火山—侵入活动有关的矿床，矿体规模大小不等。大型矿体长千米以上，厚度几十至二三百米，宽数百至近千米。矿体呈似层状、饼状、透镜状、钟状、环状、囊状。产状多近水平，或以缓角度向四周倾伏。矿石矿物以磁铁矿、假象赤铁矿、赤铁矿为主，并含有黄铁矿。脉石矿物有透辉石、阳起石、磷灰石、碱性长石及硬石膏等。围岩蚀变发育。矿体外有时形成单独的黄铁矿体及硬石膏矿体。矿石具块状、浸染状、浸染网脉状、角砾状、斑杂状、条纹条带状等构造。浸染状矿石一般  $w(\text{TFe})$  为 17%~30%，块状矿石一般  $w(\text{TFe})$  为 35%~57%， $w(\text{P})$  为 0.1%~1.34%， $w(\text{S})$  为 0.03%~8% 或更高， $w(\text{V}_2\text{O}_5)$  为 0.1%~0.3%。矿床实例：梅山铁矿。

#### (2) 与海相火山—侵入活动有关的铁矿床

矿床产于地槽褶皱带的海底火山喷发中心附近，矿体赋存于一套由火山碎屑岩—碳酸盐岩—熔岩(细碧岩与角斑岩)组成的建造中。矿体呈层状、似层状、透镜状，少数为脉状、囊状，常成群成带出现。单个矿体走向延长几十米至千米以上，厚几米至几十米，最厚达百米，延深百米或数百米，最大达千米。矿体一般产状平缓，中小矿体有时产状复杂。矿石构造与陆相火山—侵入活动有关的矿床相同，并具杏仁状构造、定向排列构造等。矿石中金属矿物以磁铁矿、赤铁矿为主，另有假象赤铁矿、菱铁矿和硫化物。脉石矿物有石英、钠长石、绢云母、铁绿泥石等。矿石含铁量与陆相火山—侵入活动有关的铁矿床相似，并多含 Cu、Co。多数铁矿床含铁品位一般较高，矿石易选，但有的矿区含有一定数量的菱铁矿、黄铁矿、硅酸铁矿物等，影响选矿效果。矿石中伴生的 S、P、 $\text{V}_2\text{O}_5$ 、Cu、Co 等，可综合回收。矿床实例：大红山铁矿。

### 4、沉积铁矿床

#### (1) 浅海相沉积铁矿床

①震旦纪沉积赤铁矿、菱铁矿矿床：产于震旦系中，矿层底板为细砂岩或砂质页岩，

顶板为黑色页岩夹薄层砂岩，一般有三四层矿，单层厚 0.7m~2m。矿石类型以赤铁矿石为主，菱铁矿石次之。矿石以鲕状构造为主，一般  $w(\text{TFe})$  为 30%~50%，硫、磷含量较低。在局部地段，小断层较发育。矿床实例：庞家堡铁矿。

②泥盆纪沉积赤铁矿、菱铁矿矿床：产于中上泥盆统中，含矿建造以砂、页岩为主，含矿一至四层，累积厚度不大，但较稳定。矿石类型以赤铁矿石、菱铁矿石为主，其次为鲕绿泥石矿石及混合型矿石。矿石以中等品位为主， $w(\text{TFe})$  为 25%~50%，一般含磷高，含硫低。矿床实例：火烧坪铁矿。

## （2）海陆交替—湖相沉积铁矿床

铁矿层往往与煤系地层关系密切，有的矿层产于碳酸盐类岩石古侵蚀面上，与铝土矿、粘土矿共生。层位稳定，矿床规模多为中、小型。矿体有似层状、层状、透镜状，或由结核状和扁豆状矿石与粘土页岩或煤层组成不连续的菱铁矿、赤铁矿或褐铁矿含矿层。矿石以菱铁矿为主，或以赤铁矿为主，或两者兼有。脉石有绿泥石、石英、粘土矿物等。 $w(\text{TFe})$  为 30%~55%，含磷高，含硫低，有的矿区含锰、铝、硫较高。本类型矿床矿石采、选、冶困难，鲕绿泥石型矿石目前国内尚难利用。矿床实例：土台铁矿。

## 5、沉积变质铁矿床

### （1）变质铁硅建造铁矿

矿体一般大而贫，也有少量富矿。物质组分一般较简单。可分为三个亚类：①产于以角闪质岩石为主并夹有黑云变粒岩等岩石的岩层中的铁矿，有时夹有石英岩；②产于以绢云母质绿泥石质千枚岩和片岩为主的岩层中的铁矿；③产于夹有大理岩的片岩、片麻岩及变粒岩的岩层中的铁矿。此类矿床的含矿带在区域构造上常呈复式褶皱，使矿体(层)重复出现；轴部矿体加厚；有的矿床受后期剥蚀或断层影响，在局部范围内呈单斜构造或向斜构造产出。一个矿区内铁矿有的是多层，也有一至二层的。矿层厚者可达二三百米。矿体延长一般几百米至几千米，极少数可达十余千米，延深数百米至千米以上。矿体形态简单，多呈层状，似层状，产状与围岩基本一致。在贫矿层中的有利部位有时见富矿，个别富矿体沿走向仅百余米，延深却可达千余米。矿石矿物一般以磁铁矿为主，少数矿区赤铁矿、假象赤铁矿较多。矿石中普遍含少量碳酸铁、硅酸铁，个别矿区含量较高。脉石矿物有石英、绿泥石、镁铁闪石、铁铝榴石、黑云母、碳酸盐矿物等，一般含少量黄铁矿。矿石多具条纹条带状构造，花岗变晶、鳞片变晶结构。多数矿区的矿石  $w(\text{TFe})$  为 20%~40%， $w(\text{SiO}_2)$  40~50%，一般要做选矿处理；少数矿区产有富矿， $w(\text{TFe})$  达 50%~60%，含硫、磷低，可供直接入炉冶炼用。矿床实例：鞍山铁矿。

## （2）变质碳酸盐型铁矿

铁矿产于千枚岩、大理岩、白云质大理岩、板岩等各类岩层之中或其接触面上，以矿体厚度变化大和富矿占比例大为特征。矿体呈层状、似层状、扁豆状或不规则状。矿石矿物有赤铁矿、菱铁矿、磁铁矿、褐铁矿。脉石矿物有石英、绢云母、绿泥石及碳酸盐类。矿石构造以块状为主，鲕状、条带状次之。矿床实例：大栗子铁矿。

## 6、风化淋滤型铁矿床

本类型矿床由各类原生铁矿、硫化物矿床以及其他含铁岩石经风化淋滤富集而成，也称风化壳矿床。本类矿床以“铁帽”分布广泛为特征，矿体形态受地形及构造影响，呈不规则或扁豆状，规模一般小型，也有大、中型矿床。矿石以疏松多孔褐铁矿为主。脉石为石英、碳酸盐类、粘土矿物等。矿石具块状、蜂窝状、葡萄状或土状构造。矿石  $w(\text{TFe})$  为 35%~60%。多数矿床随原生矿(岩)石的不同成分，常含 Pb、Zn、Cu、As、Co、Ni、S、Mn、W、Bi 等杂质。矿石难选，工业利用上存在一定局限性，多作为配矿利用。矿床实例：大宝山铁矿。

## 7、其他类型铁矿床

指由多时期多因素形成，而主要成矿因素、成矿时期尚有不同认识的矿床，如海南石碌、内蒙古白云鄂博等铁矿床。

石碌铁矿的地层主要为一套浅海泻湖相沉积岩系，并经受了程度较浅的区域变质和接触变质作用。铁矿体主要赋存于白云岩、白云质结晶灰岩中的透辉石透闪石岩内呈层状或似层状，产于复式向斜的两翼或一翼。矿区外围见中生代花岗岩。主矿体长 2570m，宽 460m，最大垂厚 430m。矿石矿物以赤铁矿和石英为主，并含少量磁铁矿及半假象赤铁矿、铁碧玉等。矿石平均  $w(\text{TFe})$  为 51%， $w(\text{SiO}_2)$  为 6%~33%， $w(\text{S})$  为 0.22%~0.6%， $w(\text{P})$  为 0.01%~0.04%。矿石中  $w(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{SiO}_2)>90\%$ 。矿体底板以下有单独的铜钴矿体。该铁矿所产铁矿石为优质富铁矿石。

白云鄂博铁矿的地层为前寒武纪浅变质的石英岩、板岩、白云岩夹云母片岩，铁矿产于白云岩中或白云岩与硅质板岩接触处，呈似层状、透镜状顺层产出。含矿带东西长 16 千米，南北宽 1~2 千米，主矿体长 1250m，水平厚度平均为 245m，真厚度 99m，最大延深 970m。铁矿石主要由磁铁矿、赤铁矿、假象赤铁矿组成，在矿体和围岩中普遍含有多重稀有、稀土矿物。脉石矿物有萤石、钠辉石、钠闪石、云母、重晶石、白云石、石英等。近矿围岩中含稀有、稀土元素，有时可单独构成矿体。铁矿石  $w(\text{TFe})$  为 27%~55%，平均  $w(\text{TFe})$  为 31%~36%， $w(\text{S})$  为 0.2%~2%， $w(\text{P})$  为 0.3%~1%， $w(\text{F})$  为 2

%~10%， $w(\text{TR}_2\text{O}_3)$ 为2%~8%， $(\text{Nb、Ta})_2\text{O}_5$ 在富集地段质量分数为0.05%~0.1%。  
由于矿石组分复杂，属难选矿石。

#### （四）铁矿石的工业要求

##### 1、工业上对铁矿石质量的要求

目前工业用铁矿石中，有用的含铁矿物主要有磁铁矿、钛磁铁矿、赤铁矿、镜铁矿、褐铁矿和菱铁矿等，暂不能利用的有含铁硅酸盐、铁白云石和含铁硫化物等矿物。在地质勘探工作中，要根据铁矿石含铁矿物的物理、化学特性，采用手标本观察、岩矿鉴定等物理物相分析和化学物相分析方法，研究有用铁矿物与暂无工业利用价值的铁矿物种类、含量、比例、分布规律及其在矿石中的嵌布特征，了解各种矿物中所含铁对全铁的占有率。这是评价铁矿床工业价值的重要基础资料。

勘探铁矿床时，可依据铁矿石含铁矿物种类、含铁量高低、伴生有益组份及有害杂质含量高低、铁矿石结构构造及脉石矿物种类等特征，并结合采、选、冶工业利用要求来划分铁矿石工业类型及品级。

由于铁矿床成矿地质条件不同，常常在一个矿床中有几种采选冶性质不同的矿石类型。了解铁矿石中含铁矿物的种类以及每一种对全铁含量的占有率，了解铁矿石中有害杂质及有用伴生组份的赋存状态及其在各种物相中的分配率，研究各种矿石工业类型、品级分布情况，是制定选、冶方案和选择工艺流程的依据。

根据工业利用的途径不同，可将铁矿石划分为炼钢用铁矿石，炼铁用铁矿石及需选铁矿石。

##### (1)炼钢用铁矿石(原称平炉富矿)

直接用于平炉、电炉做氧化剂，用于转炉做冷却剂。综合全国主要钢铁企业对炼钢用铁矿石的入炉品位和质量要求如下。这些要求也可用于矿床地质评价时参考。

磁铁矿石、赤铁矿石

$\text{TFe} \geq 56 \sim 60\%$

其它有害杂质含量要求：

$\text{SiO}_2 \leq 8 \sim 13\%$        $\text{S} \leq 0.1 \sim 0.15\%$

$\text{P} \leq 0.1 \sim 0.15\%$        $\text{Cu} \leq 0.2\%$

$\text{As} \leq 0.04\%$        $\text{Pb} < 0.04\%$

$\text{Zn} \leq 0.04\%$        $\text{Sn} \leq 0.04\%$



矿石入炉块度要求:

①平炉用铁矿石一般为 25~250 毫米,

②转炉用铁矿石一般为 10~50 毫米.

(2)炼铁用铁矿石(原称高炉富矿)

直接用于高炉炼铁。目前冶金部门对高炉冶炼采取“精料方针”，对炼铁用铁矿石入炉品位和质量要求相应有所提高，其要求如下。这些要求也可用于矿床地质评价时的参考。

磁铁矿石、赤铁矿石

$\text{TFe} \geq 50\%$

其它有害杂质含量要求:

$\text{S} < 0.3\%$

$\text{P}$  一般要求  $\leq 0.25\%$

按所炼生铁品种的不同，对铁矿石含磷量有不同要求:

酸性转炉炼钢生铁	$\leq 0.03\%$
----------	---------------

碱性平炉炼钢生铁	$0.03 \sim 0.18\%$
----------	--------------------

碱性侧吹转炉炼钢生铁	$0.2 \sim 0.8\%$
------------	------------------

托马斯生铁	$0.8 \sim 1.2\%$
-------	------------------

普通铸造生铁	$0.05 \sim 0.15\%$
--------	--------------------

高磷铸造生铁	$0.15 \sim 0.6\%$
--------	-------------------

$\text{Cu} \leq 0.1 \sim 0.2\%$

$\text{As} \leq 0.04 \sim 0.07\%$

$\text{Pb} \leq 0.1\%$

$\text{Zn} \leq 0.05 \sim 0.1\%$

$\text{Sn} \leq 0.08\%$

$\text{F} \leq 1.0\%$

褐铁矿石、菱铁矿石

扣除烧损折算后，全铁(TFe)含量应  $\geq 50\%$ ，其它有害杂质含量经折算后亦应符合上述要求。

自熔性矿石:

$\text{TFe} \geq 40\%$

$$\text{SiO}_2 \leq 10\%$$

自熔性矿石杂质含量应符合上述要求。

矿石入炉块度要求：一般为 8~40 毫米。炼铁用铁矿石及铁精矿粉按造渣组份的酸碱度可划分为：

碱性矿石  $(\text{CaO}+\text{MgO}) / (\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3) > 1.2$

自熔性矿石  $(\text{CaO}+\text{MgO}) / (\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3) = 0.8 \sim 1.2$

半自熔性矿石  $(\text{CaO}+\text{MgO}) / (\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3) = 0.5 \sim 0.8$

酸性矿石  $(\text{CaO}+\text{MgO}) / (\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3) < 0.5$

铁矿石中  $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{BaO}$  都属于造渣组份。凡是提供直接入炉使用的矿石，在地质勘探阶段，都要查明造渣组份含量。除特殊情况外，由于  $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{BaO}$  在铁矿石中含量一般都很低，故通常多采用  $(\text{CaO}+\text{MgO}) / (\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)$  的比值来确定铁矿石酸碱度。在  $\text{MgO}$  和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  都很低的情况下，也可以采用  $\text{CaO} / \text{SiO}_2$ 。对含  $\text{Al}_2\text{O}_3$  高或含  $\text{MgO}$  高的铁矿石，其酸碱度的计算视具体情况而定。

### (3)需选矿石

对于含铁品位较低的铁矿石，或含铁品位虽高但有害杂质含量超过规定的矿石，或含伴生有用组份的铁矿石，均需进行选矿，选出精矿经配料烧结或球团焙烧处理后，才能入炉使用。这几种矿石，统称需选矿石。在我国铁矿资源中，约有 95% 以上铁矿石属需选矿石。

铁矿石的选矿方法目前有单一流程，如弱磁选、强磁选、焙烧磁选、重选和浮选等；有联合流程，即上述任何两种或几种流程联合。针对不同的含铁矿物，工业上采用不同的选矿方法，要求在地质勘探中，将选矿方法不同的矿石分别圈定出来。根据铁矿石选矿难易程度及技术经济条件，提出评价铁矿床的一般指标如下：

表 1—4 评价铁矿床的一般指标

矿石工业类型	TFe % $\geq$	
	边界品位	工业品位
磁铁矿石	20	25
赤铁矿石	25	28~30
菱铁矿石	20	25
褐铁矿石	25	30

①如果矿石易采、易选，经济效果好，或含有可以综合回收的伴生组份时，则全铁(TFe)品位要求还可以低一些。如果矿石中硅酸铁、硫化铁、铁白云石含量较高时，其全铁(TFe)品位要求则应适当提高。

②矿石工业类型均以铁矿石中含铁量占全铁(TFe)85%以上的某种含铁矿物来命名。

③磁铁矿石、赤铁矿石采用磁性铁(mFe)对全铁(TFe)的占有率进行划分，其标准为：

$mFe / TFe \geq 85\%$             磁铁矿石

$mFe / TFe 85 \sim 15\%$         混合矿石

$mFe / TFe \leq 15\%$             赤铁矿石

④如矿床的矿石物质成分较简单，铁矿石中硅酸铁、硫化铁、铁白云石等含量 $<3\%$ ，主要铁矿物为磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿，也可采用传统的磁性率法，即用  $TFe / FeO$  比值来划分矿石工业类型。 $TFe / FeO \leq 2.7$  为磁铁矿石。

由于某些矿石中的半假象赤铁矿在弱磁选时也可被选出，其  $TFe / FeO$  比值虽 $>2.7$ ，磁选效果仍较好，故亦可将其划属磁铁矿石类型之中。因此，要求在采用  $TFe / FeO$  比值划分矿石类型时，还要用磁性铁占有率方法进行检验。

上述所列炼钢用铁矿石、炼铁用铁矿石及需选矿石的质量要求，是根据多年生产实践归纳出来的，作为评价铁矿床的一般质量要求。对于可采厚度及夹石剔除厚度的要求，则因矿山开采方式、规模、机械化程度等不同而定。目前大、中型露天铁矿生产要求可采厚度为 2~4 米，夹石剔除厚度为 1~2 米，甚至还要大一些；地下开采要求可采厚度为 1~2 米，夹石剔除厚度 1 米。

对每个详细勘探矿区的具体工业指标，应由地质勘探单位提出有关地质资料和对工业指标的初步意见，经矿山设计部门进行技术经济条件比较的基础上，按隶属关系报请工业主管部门研究确定。

## 2、铁矿石质量对冶炼及钢铁质量的影响

矿石的质量要求，是根据矿产资源特点，选、冶加工技术水平及最终经济效益综合权衡确定的。

直接入炉铁矿石(包括铁精矿)的质量，主要以矿石中含铁量，有益组分及有害杂质含量，脉石成分及造渣组分的比值，化学成分的稳定性，粒度的均匀性，以及矿石的机械强度、还原性和高温冶炼特性等因素决定的。现就主要组分对冶炼及钢铁质量的影响简要说明如下：

(1) 含铁量：是决定炉渣量的主要因素，直接关系到冶炼的经济效果。生产实践证

明，一般入炉矿石的铁含量提高 1%，可降低焦比 2%，产量增加 3%。因此，适当提高入炉铁矿石的品位，是节焦、增产、改善冶炼操作条件和技术经济指标的有效途径。

(2)  $\text{SiO}_2$ ：是主要的造渣组分，矿石中含量过高，冶炼时会使炉渣粘稠，影响脱硫和杂质分离。为了稀释炉渣，则需往炉料中加入相应比例的  $\text{CaO}$  (由石灰石加热分解生成)，从而增加渣量和焦炭的消耗，降低高炉利用系数。根据有关资料，在相同的铁品位下， $\text{SiO}_2$  每增高 1%，焦比将增加 1%~1.2%，产量降低 1.2%~1.5%。

(3)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ：是两性氧化物，在酸性炉渣中生成铝硅酸盐，在碱性炉渣中生成铝钒土，冶炼时全部进入炉渣。当炉渣中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的含量小于 10% 时，炉渣熔点低于 1400℃；达 15% 时，炉渣粘度增加，不利于冶炼操作；当达到 18—20% 以上时，则炉渣性质急剧恶化，炉况不顺。

(4)  $\text{CaO}$ ：是造渣组分中的有益成分，它可中和酸性造渣组分，降低炉渣的熔点和粘度；与硫化物则生成硫化钙，有一定的脱硫能力，所以矿石中在铁含量一定的条件下，含  $\text{CaO}$  不仅无害，而且越高越好，有的可作为“熔剂性铁矿石”使用。

(5)  $\text{MgO}$ ：矿石中含一定量的  $\text{MgO}$ ，可降低炉渣熔点，增加炉渣流动性，有利于脱硫和炉况顺行。据国内外资料，炉渣中  $\text{MgO}$  含量以不大于 20% 为宜，如含量过高，不仅影响冶炼指标，而且会导致炉渣粘度增大，易凝固，造成操作困难。

(6)  $\text{TiO}_2$ ：钢中含钛能细化晶粒，改善其耐磨性、耐蚀性，提高机械强度，是一种很有益处的元素。在某些高炉冶炼中，定期投入含  $\text{TiO}_2$  的矿石进行冶炼，可以起到护炉、延长炉龄和改善钢铁产品结构，提高钢铁质量的作用，但矿石中  $\text{TiO}_2$  含量过高时（炉渣中  $\text{TiO}_2$  大于 30%），则使炼铁工艺复杂化，在高炉冶炼中，由于部分  $\text{TiO}_2$  被还原生成的  $\text{TiC}$ 、 $\text{TiN}$  的急剧增加，使炉渣粘度提高，降低脱硫效率，炉底结厚，炉缸堆积，为此要求冶炼时要严格执行低硅钛方针，采用喷吹消稠工艺，或配用部分普通富矿。

(7)  $\text{S}$ ：冶炼时大部分进入炉渣，少量可被蒸发，一部分进入生铁并转入钢中。硫是钢中最有害的杂质，硫化亚铁可溶于铁水中，冷却中可与铁形成二元共晶，并析出在晶体界面上，由于共晶物的熔点低（985℃），在加工或使用过程中，当温度高时，晶界处的共晶首先熔化，从而使晶面间的结合力削弱，导致钢材出现热脆性，降低钢的韧性和塑性。

(8)  $\text{P}$ ：在冶炼过程中，还原后全部进入生铁，形成一种硬而脆的  $\text{Fe}_3\text{P}$ ，而使钢的强度和硬度增加，塑性下降，从而使钢在冷加工中易于断裂，称“冷脆性”，钢水结晶过程中，由于各种元素在钢中的扩散速度不一致，磷在铁（面心立方晶格）中的扩散速度

慢，使钢产生化学成分的不均匀性，发生成分偏析，从而使钢各部分的性能不一致，以致降低质量。

(9) **Zn**: 对冶炼极为不利，硫化锌增加硫的负荷，影响钢铁的质量。由于锌的熔点(419.5℃)和沸点(907℃)低，900℃时即可被还原成金属锌，并很快成为锌蒸气，升华至高炉上部的炉衬上、大钟下，以及煤气管道内等温度低于 400℃的部位冷凝下来，被再氧化或结成炉瘤，或渗入到砖衬裂隙气孔中，不仅堵塞煤气管道，影响高炉顺行，还能破坏炉衬，减少高炉寿命。炉瘤越积越多，会引起高炉崩料，悬料以及导致炉缸铁水温度降低和炉渣变稠，从而提高焦比，降低产品的产量和质量。

(10) **Pb**: 是低熔点易还原的元素，加之比重大，渗透能力强，不溶于生铁，所以高炉冶炼时，铅沉积于炉底，并对炉底起破坏作用。另外，由于铅的气化温度不高(1540℃)，铅蒸气在炉内循环可形成炉瘤，破坏炉衬并影响炉料顺行。铅呈气体挥发，污染大气，造成公害。

(11) **As**: 冶炼时全部被还原进入生铁，然后转入钢中。砷能使钢发生冷脆和热脆，给轧制带来困难。当钢中含砷量达 0.1%以上，容易出现龟裂，严重影响钢的质量。当铁矿石含 **As**、**Pb**、**Zn** 较高时，高炉出铁时散发出大量的白色气体，影响正常操作，危害人体健康。从高炉逸出的砷蒸气污染环境。

(12) **Sn**: 炼铁时易还原成金属、且溶于铁水中，由于锡的熔点低，在热加工轧制时，钢材表面易出现裂纹，降低钢材质量。根据实验资料，当钢中含 **Sn** 量控制在 0.09%以下，其机构强度无明显影响。

(13) **F**: 矿石中含 **F** 量适当时，能改善炉渣的性质，有利于脱硫作用；当含 **F** 量大于 4%~5%时，对炉体各部分的耐火材料有明显的侵蚀作用，对废气通过的金属阀门有腐蚀作用，放渣时发生刺激性很强的气味，危害人体。

(14) **Cu**: 对高炉炼铁工艺不仅没有不利影响，而且当铁矿石中 **Fe** 含量相同时，每增加 1%的铜，至少降低焦比 2%。炼铁时铜进入生铁，可以细化组织，提高硬度和强度。钢中含少量铜，可以提高钢的冲击韧性、耐腐蚀性和机械强度。但当含 **Cu** 量超过 0.3%~0.4%时，在高温下由于选择性氧化，可析出低熔点的富铜相，并向晶粒界面渗透，使晶粒界面结合力减弱，热压力加工时，沿晶粒界面裂开，产生“热脆性”，而且不易焊接。

铁矿石中的铜如果以硫化物出现，含量在 0.2%以上，一般可通过选矿进行综合回收。

(15) **Mn**: 能稀释炉渣，起熔剂作用，还可将 **FeS** 中的 **Fe** 置换出来，生成 **MnS** 进入炉渣中；炼钢时用锰可以夺取钢水中 **FeO** 的氧，生成不熔的氧化物飘浮于上部渣中。

因此锰是钢铁生产中良好的脱氧剂和脱硫剂。同时锰还是钢的重要合金元素，尤其炼制高锰特别钢种时，锰更是关键元素。但锰含量过高，会恶化钢材的焊接性能。

(16) V：在钢中可以细化晶粒，提高钢的强度和低温冲击韧性，改善钢的焊接性和回火稳定性，并产生二次硬化作用。钒还可以提高钢的耐磨性、抗腐蚀性和抗蠕变性能，降低脱碳敏感性，提高零件的表面质量。铸造生铁加入钒，可提高生铁的硬度、压力强度、抗弯强度、韧性、密度和耐磨性。

(17)  $K_2O$ 、 $Na_2O$ ：过量的  $K_2O$ 、 $Na_2O$  在高炉内循环积蓄会造成焦炭粉碎、风口损坏、悬料、崩料、结瘤，以及球团矿、烧结矿粉化和环境污染等问题。

### 3、对铁矿床(石)中伴生组份综合评价的要求

铁矿床(石)中伴生的元素可能有钒、钛、钴、铜、镍、铅、锌、锡、铬、钼、硫、磷、镓、锗、硼、铂族元素、稀有稀土元素及放射性铀等。不同的铁矿床含有不同的有用元素组份，有些元素的含量如超过一定限度时，即成为炼铁的有害组份。但当这些有害组份通过选、冶途径分离出来并可综合回收利用时，又可成为有用组份。

所谓具有工业价值的伴生组份，即指在采、选、冶过程中能顺便回收利用而在经济上合理的伴生组份，在勘探工作中应计算它们的储量，列为能利用的储量(表内矿)；在目前技术经济条件下暂不能利用而将来有可能利用的应列为暂不能利用储量(表外矿)。有些组份不能顺便回收，直接进入生铁和钢中，从而提高铁和钢的性能，也可视为有益组份，但不单独计算其储量。

对铁矿石而言，有些伴生组份需要进行选别，才能得到合格的铁精矿。当这些伴生组份在选矿或冶炼过程中富集，并可综合回收利用时，则将大大提高矿石的工业价值，当其含量很高又易于回收时，甚至可超过铁的工业价值。

这些伴生组份回收的难易，取决于其赋存状态、矿物颗粒度及嵌布关系，而其工业价值的大小则取决于其含量高低、回收的难易程度及矿床规模大小。因此，在地质勘探工作中，必须查明伴生组份的赋存状态和分布规律，并对它们在不同矿物中的分配率进行了解。进行选矿试验时，必须对伴生组份回收利用可能性进行研究。

铁矿床中的伴生元素达到表 1—5 含量要求时，即应注意综合评价。某些矿床的伴生组份含量虽低于表中要求，但在选矿后的尾矿中能高度富集，也应注意评价。

### 4、关于扣除烧损折算铁的品位问题

对于炼铁用的褐铁矿石及菱铁矿石，工业部门要求在扣除烧损折算后，其全铁(TFe)含量应大于 50%。表 1—6 是在不同烧损率的情况下，铁矿石扣除烧损后折算成的铁品位。

表1—5

铁矿床（石）中伴生组份综合评价的要求表

伴生组分	质量分数	伴生组分	质量分数
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15%~0.20%	Mo	0.02%
TiO <sub>2</sub>	5%	S	2%~4%
Co	0.02%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1%~2%
Cu	0.1%~0.2%	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05%
Ni	0.1%~0.2%	TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5%
Pb	0.2%	U	0.005%
Zn	0.5%	Au	(0.1~0.30)×10 <sup>-6</sup>
Sn	0.1%	Ag	5×10 <sup>-6</sup>

注①表中Co、Cu、Ni、Pb、Zn、Mo、S、Au、Ag系指这些元素赋存于硫化物中的质量分数；

②V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>指赋存于有用铁矿物中的质量分数；

③P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>指磷灰石状态时的质量分数；

④U指以晶质铀矿、方钍石等独立矿物存在时的质量分数；

⑤Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>指以铌铁矿矿物为主的质量分数；

⑥TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub>指以独居石、氟碳铈矿矿物为主时的质量分数；

⑦Sn指富集在铁精矿中的锡，当铁精矿还原焙烧时，锡被挥发，可在烟道中回收或在铁尾矿中呈锡石单独矿物的质量分数；

⑧TiO<sub>2</sub>指钒钛磁铁矿床中，可被选出的粒状钛铁矿中的质量分数；

⑨铁矿石中其他有用组分，如铬、镓、锗、硼等达到多少质量分数即可综合回收，目前尚无成熟经验，在工作中可据具体情况与有关部门商定；

表中质量分数一般为块段平均品位。

表 1-6

## 扣除烧损后折算成铁的品位

[illegible]



5、铁矿床一般工业指标

(1) 炼钢用铁矿石见表 1—7。

表 1—7 炼钢用铁矿石一般工业指标

矿石类型	$W(\text{TFe})$	主要有害物质			其他有害物质
		$W(\text{SiO}_2)$	$W(\text{S})$	$W(\text{P})$	
磁铁矿石 赤铁矿石	$\geq 56\%$	$\leq 13\%$	$\leq 0.15\%$	$\leq 0.15\%$	$W(\text{Cu}) \leq 0.2\%$ $W(\text{As}) \leq 0.1\%$

注：矿石块度要求为平炉用铁矿石 25 mm~250 mm；电炉用铁矿石 50 mm~100 mm；转炉用铁矿石 10 mm~50 mm。

(2) 炼铁用铁矿石一般工业指标

表 1—8 炼铁用铁矿石一般工业指标

矿石类型	$W(\text{TFe})$	主要有害物质			其他有害物质
		$W(\text{SiO}_2)$	$W(\text{S})$	$W(\text{P})$	
磁铁矿石 赤铁矿石 褐铁矿石 菱铁矿石	$\geq 50\%$	$\leq 18\%$	$\leq 0.30\%$	$\leq 0.25\%$	$W(\text{Cu}) \leq 0.2\%$ $W(\text{Pb}) \leq 0.1\%$ $W(\text{Zn}) \leq 0.1\%$ $W(\text{Sn}) \leq 0.08\%$ $W(\text{As}) \leq 0.07\%$ $W(\text{F}) \leq 1.0\%$

注1：褐铁矿石、菱铁矿石为扣除烧损后折算的标准；自熔性矿石全铁质量分数 $[W(\text{TFe})]$ 可降至 $\geq 40\%$ 。磷含量为一般要求，按炼铁品种不同对矿石含磷量要求也不同：酸性转炉炼钢生铁矿石 $W(\text{P}) \leq 0.03\%$ ；碱性平炉炼钢生铁矿石 $W(\text{P}) \leq (0.03\% \sim 0.18\%)$ ；碱性侧吹炉炼钢生铁矿石 $W(\text{P}) \leq (0.2\% \sim 0.8\%)$ ；托马斯生铁矿石 $W(\text{P}) \leq (0.8\% \sim 1.2\%)$ ；普通铸造生铁矿石 $W(\text{P}) \leq (0.05\% \sim 0.15\%)$ ；高磷铸造生铁矿石 $W(\text{P}) \leq (0.15\% \sim 0.6\%)$ 。

注2：矿石块度要求：8mm~40mm。

(3) 需选铁矿石见表 1—9。

表 1—9 需进行选矿的铁矿石一般工业指标

矿石类型	$W(\text{TFe})\%$	
	边界品位	工业品位
磁铁矿石	$\geq 20$ $W(\text{mFe}) \geq 15$	$\geq 25$ $W(\text{mFe}) \geq 20$
赤铁矿石 菱铁矿石 褐铁矿石	$\geq 25$ $\geq 20$ $\geq 25$	28~30 $\geq 25$ $\geq 30$

如果矿石易采、易选，经济效果好，或含有可以综合回收的伴生组分，则全铁(TFe)的含量要求可适当降低；磁铁矿石中硅酸铁、硫化铁、碳酸铁含量较高，则采用磁性铁(mFe)标准。

#### (4) 矿床开采技术指标

表1—10

矿床开采技术指标表

矿床开采技术指标	露天矿	坑内矿
最小可采厚度(m)	2~4	1~2
夹石剔除厚度(m)	1~2	1

#### (5) 磁性矿为主的磁铁精矿质量标准

表1—11

磁性矿为主的磁铁精矿质量标准表

铁精矿类型		磁性矿为主的磁铁精矿				
品级代号		C67	C65	C63	C60	
TFe≥， %		67	65	63	60	
TFe允许范围		I类	+1.0%~-0.5%			
		II类	+1.5%~-1.0%			
杂质≤（%）	SiO <sub>2</sub>	I类	3	4	5	7
		II类	6	8	10	13
	S	I组	0.10~0.19			
		II组	0.20~0.40			
	P	I级	0.05~0.09			
		II级	0.10~0.30			
	Cu		0.10~0.20			
	pb		0.10			
	Zn		0.10~0.20			
	Sn		0.08			
	As		0.04~0.07			
	TiO <sub>2</sub>		—			
	F		1.0			
	K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O		0.25			
水份≤， %	I	10				
	II	11				

## （五）勘查类型、推荐的工程间距和勘查类型实例

### 1、确定勘查类型的主要地质依据

表 1—12

铁矿床勘查类型划分依据表

划分因素	类 型	影响勘查类型划分的主要地质因素特征
矿体规模	大 型	矿体沿走向长度大于 1000 m，沿倾向延深大于 500 m；表生风化型矿体连续展布面积大于 1.0 km <sup>2</sup>
	中 型	矿体沿走向长度 500 m~1 000 m，沿倾向延深 200 m~500 m；表生风化型矿体连续展布面积 0.1 km <sup>2</sup> ~1.0 km <sup>2</sup> 。
	小 型	矿体沿走向长度小于 500 m，沿倾向延深小于 200 m；表生风化型矿体连续展布面积小于 0.1 km <sup>2</sup>
矿体形态复杂程度	简 单	矿体以层状或似层状产出；分枝复合少，夹石很少见，厚度变化小(厚度变化系数 $V_m < 50\%$ )
	中 等	矿体多以似层状、脉状或大型透镜状产出，间有夹石；膨胀收缩和分枝复合常见，厚度变化中等(厚度变化系数 $V_m = 50\% \sim 100\%$ )
	复 杂	矿体以透镜状、扁豆状、脉状、囊状、筒柱状或羽毛状以及其他不规则形状断续产出；膨胀收缩和分枝复合多且复杂，厚度变化大(厚度变化系数 $V_m > 100\%$ )
构造复杂程度	简 单	产状稳定，呈单斜或宽缓褶皱产出；一般没有较大断层或岩脉切割穿插，局部可能有小断层或小型岩脉，但对矿体的稳定程度无明显影响
	中 等	产状较稳定，常呈波状褶皱产出；有为数不多，但具有一定规模的断层或岩脉切割穿插，对矿体的稳定程度有一定影响
	复 杂	产状不稳定，褶皱发育，断层多且断距大，或岩脉切割穿插严重，矿体遭受到严重破坏，常以断块状产出
矿床有用组分分布均匀程度	均 匀	矿化连续，品位分布均匀(品位变化系数 $V_m < 50\%$ )，品位变化曲线为平滑型(相邻品位绝对差值 $< 5\%$ )
	较均匀	矿化基本连续，品位分布较均匀(品位变化系数 $V_m = 50\% \sim 100\%$ )，品位变化曲线以波型(相邻品位绝对差值 $5\% \sim 7\%$ )为主，兼有尖峰型(相邻品位绝对差值 $7\% \sim 11\%$ )
	不均匀	矿化不连续或很不连续，品位分布不均匀或很不均匀(品位变化系数 $V_m > 100\%$ )，品位变化曲线为尖峰型或多峰型(相邻品位绝对差值 $> 11\%$ )

## 2、勘查类型的划分

表 1—13

铁矿床勘查类型划分表

勘查类别	类 型	主 矿 体 特 征	勘查类型实例
I	简单型	矿体规模为大型，矿体形态和构造变化均简单，矿石有用组分分布均匀	南芬铁矿(铁山、黄柏峪矿段)、庞家堡铁矿(10—36 线区段矿体)等
II	中等型	矿体规模中等，矿体形态和构造变化中等，矿石有用组分分布较均匀	梅山铁矿、石碌铁矿、白云鄂博铁矿(主矿体、东矿体)
III	复杂型	矿体规模小型，矿体形态和构造变化复杂，矿石有用组分分布不均匀	大冶铁矿、凤凰山铁矿、大庙铁矿、大栗子铁矿等

## 3、推荐的各勘查类型的工程间距

确定工程间距的基本原则是:类型简单工程间距相对稀疏，类型复杂则工程间距相对密集；相邻勘查类型和控制程度之间的勘查工程间距原则上为整数级差关系；勘查工程间距可有一定变化范围，以适应同一勘查类型不同矿床或同一矿床不同矿体(或矿段)的实际变化差异。

表 1—14

推荐的铁矿床各勘查类型工程间距表

勘 查 类 型	勘查工程间距 (m)	
	控 制 的	
	沿走向	沿倾向
I	400	200~400
II	200	100~200
III	100	50~100

4、铁矿勘查类型实例

表 1—15 铁 矿 勘 查 类 型 实 例 表

矿床名称	确定勘探类型的主要地质因素				勘 查 实 况		套用本规范		
	矿体规模	矿体形态	矿体构造	组分分布	类型与网度	探采对比	勘查类型 确定依据	类型	工程间距
1、南芬铁矿 沉积变质型 12.8亿吨 w(TFe): 31.82%	主矿层(第三层矿): 长度 2900m 厚 6m~ 157m, (平均 87.8m) 垂深>1145m	厚大、稳定、规则的层状矿体(由地表至-200m,高差大于 500 m,厚度变化为: 92 m~88m~94m间)	呈单斜构造,沿走向、倾向均呈舒缓波状起伏。矿体西北段顶部被断层F <sub>1</sub> 切割,在详勘地段矿体中断层少	矿石以磁铁矿石英岩为主,呈条带状构造,矿化连续,品位分布均匀	1953~1976年勘探第 I 勘探类型 A <sub>2</sub> (200m×200m) B (200m~230m)× (200m~260m) C <sub>1</sub> (200m~350m)× (200m~400m)	1976年已采 12 个露采平台,资料对比;面积重合率 89%,平均品位绝对误差 [w(TFe)] 为 -1.43% 储量平均相对误差 -3.16%	矿体规模超大型、矿体形态和构造简单、矿石有用组分分布均匀,按规定定为第 I 勘查类型	I	探明: 200m×200m 控制: 400m×(200m~400m)
	大型	简单	简单	均匀					
2、攀枝花铁矿 岩浆晚期分异型 10.8亿吨 w(TFe): 33.23%	露头长 15 km,累计厚 130m,以主矿体计:长 1000~2000 m。厚>15m,有两个矿区矿体平均厚 137~164m。垂深已控制 300~650m	似层状	断层发育,主要有 NE 向逆断层、SN 向和 NW 向横断层三组,均对矿体有一定程度的破坏	主矿种元素(Fe)分布较均匀,但共生元素多而复杂(计 12 种可综合利用元素)	1955~1958 年勘探第 I—II 勘探类型 A <sub>2</sub> 100m×(50~60m) B 100m×(100~120m) C <sub>1</sub> 200m×(100~120m)	1、稀空 200 m×100 m 与 A <sub>2</sub> 对比: 品位差 0.35%,储量差 4.85% 2、已采地段与 A <sub>2</sub> 对比(段高 15m): 5 个台阶储量相对误差为 1.07%、1.92%、3.31%、3.75%、13.08%	矿体规模、形态和主元素特征,可归入第 I 勘探类型;但共生组分和构造均为中等复杂程度,后期断层影响了矿体的实际规模,是勘查工作增加难度的主要原因,按规范定为第 II 勘查类型	II	探明: 100 m×(50m ~ 100 m) 控制: 200m×(100m ~ 200 m)
	大型	简单	中等	较均匀					
3、大庙铁矿 岩浆分凝—贯入型 4657万吨 w(TFe): 25.69%	由 52 个矿体组成,多数长度<1000m,主矿体 8 个:长 100m~300 m,厚 12 m~100 m,斜深 200m~300m	透镜状、扁豆状、囊状、似脉状,分枝复合膨缩尖灭。矿体大小悬殊,厚度变化大,地表几个矿体向深部可变成一个矿体	常见后期岩脉(粗面岩和玢岩岩脉)切穿矿体,破坏了矿体的完整性	矿化连续,品位分布均匀全铁品位变化系数为 20%~50%	1954~1956 年勘探第 III、IV 勘探类型 B(15m~50m)× (30m~60m) 坑探(坑道间距) C <sub>1</sub> 50×50(钻探)	以 24 号矿体开采资料与勘探对比: 1.面积重合率: 882m 以上: 84%,872m~800m: 53%~74%, 800m 以下: 46%。 2.储量相对误差 77%~-26%,平均 16.8%。	800 m 标高以上:规模小,形态复杂,岩脉破坏按规范定为第 III 勘查类型  800 m 标高以下:坑探加密其重合率仍低,比第 III 勘查类型更复杂	III	探明: 50m×50m 控制: 100m×50m
	小型	复杂	中等	均匀					探明: 50m×50m 控制: 100m×50m

## (六)铁矿勘查中的物探工作

1、勘探磁性铁矿床时，必须运用地面磁测资料对矿体的分布范围、形状、产状、埋深和厚度变化以及地质构造进行推断和圈定，以利于勘探工程的合理布置和施工。测量比例尺一般应与矿床地形地质图相吻合。

必须运用井中三分量磁测，确定钻孔穿过矿层(体)的部位，解决矿体延伸和对应连接问题，探测井旁和井底盲矿体。在控制剖面上的钻孔应保证井中磁测曲线异常能穿过矿层进入正常场，以利于正确解释。

应用磁化率测井成果代替部分岩心钻探取样化验时，必须取得可行的论证对比资料，并经有关部门鉴定认可。

2、勘探赤铁矿、褐铁矿、菱铁矿等弱磁性或无磁性铁矿床时，应通过试验，选用高精度磁测、重力或电法等，取得有益于对矿床认识与解释的信息。

3、勘探矿区应对控制剖面的地表、岩矿心进行放射性检查，发现异常时，应查明原因，并做出评价。

4、对孔深大于 800m 的钻孔，应进行参数测井，以取得地下原始状态的原位岩、矿物性参数。

## (七)铁矿石分析与试验

### 1、基本分析项目

磁性铁矿石或其他类型矿石用磁性铁含量圈定矿体时，分析项目为：TFe、mFe，赤铁矿石、褐铁矿石、菱铁矿石为 TFe，矿石中的共生矿产，也应列入基本分析；

### 2、光谱全分析

用以确定组合分析、化学全分析项目和对矿床进行综合评价提供参考资料。样品应按矿石类型、品级和岩石类型以及蚀变带从基本分析样品的副样中抽取。

### 3、组合分析项目

组合分析样从基本分析样品的副样中按长度比例抽取，重量一般为 100—200 克。分析项目根据光谱全分析和化学全分析的结果确定。一般为：Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、FeO、CO<sub>2</sub>、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Cu、Pb、Zn、As、Co、MgO、CaO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Ni、Mo、Sn、Ge、Ga、Mn、U、Pt 族元素。

### 4、化学全分析

是在光谱全分析和岩矿鉴定的基础上进行。用以查定各种矿石类型中主要元素及其他组分的含量，以确定矿石性质和特点。每种矿石类型一般做一至三件。根据需要围岩亦可做少量化学全分析。全分析的结果总和在 99.3%~100.7% 范围以内。

## 5、单矿物分析

用以查定矿石中主要有用矿物的化学成分，主要伴生组分的赋存状态和含量。采样时应注意代表性，样品可从工程揭露的矿体或矿体露头上采取。送交实验室的单矿物样品质量，需根据分析项目和实验室要求而定。

## 6、关于铁矿石的物相分析

物相分析一般将铁矿石中的含铁矿物分为磁性铁、硅酸铁、碳酸铁、硫化铁和赤(褐)铁。

根据需选矿石中不同的含铁矿物，必须用不同的选矿方法进行处理。对易于单体分离的磁性铁矿石(含磁铁矿、半假象赤铁矿等)，一般采用单一弱磁选进行选矿，对含弱磁性或无磁性铁矿物的赤铁矿石、镜铁矿石、菱铁矿石和褐铁矿石等，一般采用单一的强磁选、重选、浮选或焙烧磁选等方法进行选矿，对于由磁铁矿、赤铁矿和菱铁矿所组成的混合矿石，一般用联合流程进行选矿。然而，铁矿石中还不同程度地含有硅酸铁、硫化铁、铁白云石等工业上暂不能利用的铁矿物，因此，要求在地质勘探阶段，查明各种工业上能利用及暂不能利用的含铁矿物种类、比例、晶粒大小、嵌布特征及其分布规律，以便在工业利用时选择合理的选、冶工艺流程。不同的铁矿物采用不同的选冶处理方法，而确定不同铁矿物的属类和含量的手段是用物相分析。

根据铁矿石中含铁矿物的光性、磁性、电磁性、比重等物理性质的差异，以研究铁矿石中各物相的组成和含量情况的方法，是物理物相分析方法，根据含铁矿物化学性质的不同，利用选择性溶解的化学分析手段，以研究物相的组成和含量情况的方法是化学物相分析方法。物理物相分析中，用显微镜观察的样品大小有限；磁选法有时因含铁矿物粒度过细而影响矿物分离的纯度。由于化学物相分析是在一定溶剂条件下测定某一种含铁矿物的含量，随着欲测含铁矿物的溶解,其它共生的某种含铁矿物也会部分地溶解，因而也影响测定的效果。这些情况都说明，物相分析方法的定量仍不能很精确。因此，在地质勘探工作中，要根据不同矿床情况注意采取具有代表性的物相分析样品，经过试验，选用有效的物相分析方法，并按下列工作步骤和方法了解铁矿石中各种含铁矿物的含量及其分布规律：

①如铁矿床(石)中仅含单一有用铁矿物，如单一磁铁矿床(石)、单一赤铁矿床(石)、

单一菱铁矿床(石)等,根据肉眼观察和系统的显微镜鉴定资料,即可确定矿床(石)的物质组成和结构构造。

②当矿石中含有磁铁矿与其它含铁矿物共生时,则必须:

A.在肉眼观察的基础上,采取基本分析的单个样品进行化学全铁(TFe)分析;

B.在化学分析的副样中,要求按基本分析的单个样品或组合样测定磁性铁占有率,并根据测定结果按磁性铁占有率 $>85\%$ 、 $85\sim 15\%$ 、 $<15\%$ 划分矿石类型。必须注意,试样中磁性铁矿物的磨矿粒度多数要达到单体解离的程度;

C.根据肉眼观察及物理物相分析,确定矿石中的含铁矿物及大致含量,为合理选择化学物相分析方法提出资料;

D.在根据磁性铁占有率划分的三类矿石中,采取组合样进行化学物相分析。在每一勘探工程中,可按每 5~20 件基本分析样采取一个组合样,也可以选择在一些起控制作用的勘探工程中采取组合样。各矿区组合样品数量的多少视矿床规模大小及物质成分变化的稳定、复杂程度而定。

③当矿石中不含磁铁矿,而是由其它几种含铁矿物共生组成时,上述分析步骤中可省去磁性铁占有率的测定一项。

④选取岩矿鉴定样要注意在矿石类型、矿物组份、结构构造以及切片的方向上(平行或斜交片理、层理等)具有代表性。

⑤统计矿物的粒度时,划分粒度的等级最好与选矿的磨矿细度一致。即按+100 目(0.149mm)、- 100 ~ +200(0.074mm)目、- 200 ~ +325(0.043mm)目、- 325 ~ +400(0.034mm)目、-400 目等,分别统计矿物颗粒在各粒级中的百分比。

## (八)矿石选冶试验样品的采集与试验

地质勘探阶段需做的选矿试验,一般由勘探单位负责进行;半工业、工业试验由工业部门负责进行,勘探单位配合工业部门进行采样,见表 1-16。

## (九)岩矿石物理技术性能测试样品的采集与试验

1、为进行矿产资源 / 储量估算及研究矿床开采技术条件,在详查和勘探阶段应测定岩矿石的物理技术性能。测试项目为岩矿石的体积质量(体重)、块度、湿度、孔隙度、松散系数、安息角、硬度以及抗压、抗剪、抗拉强度等。采样方法、数量和质量要求按《金属非金属矿产地质普查勘探采样规定及方法》执行。



2、体积质量(体重)样应按矿石类型和品级分别采集，在空间分布上应有代表性。小体积质量(体重)样每种矿石类型或品级的样品数量不少于 30 件。对裂隙发育或松散多孔的矿石(如氧化铁矿石等)每种矿石类型或品级还应测定二至五个大体积质量(体重)样，用于校正小体积质量(体重)值或直接参与资源 / 储量估算。小体积质量(体重)样品的体积一般为 60 cm<sup>3</sup>~120 cm<sup>3</sup>，大体积质量(体重)样品的体积一般不小于 0.125 m<sup>3</sup>。测定矿石体积质量(体重)的同时还应测定矿石的主元素品位、湿度、孔隙度等。

表 1—16 铁矿选矿试验重量参考表

试验种类	矿石类型	一般选矿方法	试样重量（Kg）
可选性试验	磁铁矿 赤铁矿 多金属矿	磁选 浮选、焙烧磁选 浮选、磁浮选	50~100 100~300 300~500
实验室流程试验	磁铁矿 赤铁矿 多金属矿	磁选 浮选、焙烧磁选 重选 浮选、磁浮选 重选、磁重选	200~400 500~1000 2000~3000 1000~1500 >2000~3000

（十）矿体圈定原则及储量计算中有关问题的说明

1、矿体圈定原则

（1）矿体圈定与连接，应当在控矿地质条件研究比较清楚、地质依据比较充分的基础上进行。矿体边界必须按工程从等于或大于边界品位的样品圈起。

（2）不同储量类别、工业类型的矿石应单独圈定。在圈定表内矿边界时，遇有连续多个表外矿样品，一般允许带入相当于“夹石厚度”以内的样品。对厚大且又能连成片的表外矿要单独圈定。对表内矿中分布的零星难以分采的表外矿,或氧化带(赤铁矿石)内零星分布的原生矿或原生带(磁铁矿石)中零星分布的氧化矿，不单独圈定。

（3）工程间有限外推矿体长度，一般按自然尖灭推工程间距的二分之一；见矿工程外无工程控制的无限外推矿体长度，一般平推高一级别工程间距的二分之一。

（4）矿体界线一般采用自然曲线连接。在连接矿体时，工程间推定的矿体厚度不能大于工程控制的最大厚度；工程外推矿体厚度不能大于工程控制厚度。

（5）相邻剖面间矿体被断层、岩脉破坏切割,两侧矿体原则上应分别圈定、分别计算储量。

2、储量计算中有关问题的说明

（1）各储量类别必须根据工程控制程度合理确定。其中 B 级储量必须四面控制；C、D 级储量除 B、C 级外推外亦须工程控制；各级储量工程间距内，单剖面、单工程控制

的矿体，只能计算 D 级储量。凡外推储量均应降级，即 B 级外推降为 C 级，C 级外推降为 D 级。

(2) 相邻剖面对应矿体的工程控制程度已达到相应的级别要求，但储量类别、矿石类型不对应时，可按储量级别划分矿段，用统计法计算储量。

(3) 伴生有用组份的储量计算，其储量级别视研究程度和控制程度确定。一般伴生有用组份 C+D 储量,可作为矿山设计的依据。共生矿产的储量计算应符合该矿种“规范”的要求。

### (十一) 铁矿床规模及铁矿山生产规模的划分

见表 1—17。

表 1—17 铁矿床规模划分

矿 种		资源 / 储量 (亿吨)	矿床规模		
			大 型	中 型	小 型
铁矿	贫矿	矿石	>1	0.1~1	<0.1
	富矿	矿石	>0.5	0.05~0.5	<0.05

表 1—18 铁矿山规模划分

矿山生产规模	年生产能力 (矿石, 万吨 / 年)		最低生产建设规模 (矿石, 万吨/年)	
	地下	露天	地 下	露 天
大 型	≥100	≥200	3	5
中 型	100—30	200—60		
小 型	<30	<60		

### (十二) 名词解释

#### 1、全铁(TFe)

指岩矿石样品经化验分析确定的铁元素的总含量。全铁是评价铁矿石质量的主要技术指标。

#### 2、磁性铁(mFe)

一般是指强磁性铁矿物中的铁。其含量可根据铁矿石的物相分析结果确定。磁铁矿、钛磁铁矿、半假象赤铁矿等都属于具有工业价值的强磁性铁矿物。在磁场强度为  $(6.4 \times 10^4) \sim (8.0 \times 10^4) \text{ A / m}$  的磁场中可进行磁选。磁黄铁矿虽具有强磁性，但因含硫高，故在铁矿床中不作为具工业价值的磁性铁矿物。在地质勘查中，铁矿石中磁性铁占全铁

的百分率称为磁性铁占有率，是评价铁矿床工业价值和划分矿石工业类型的依据。

### 3、硫化铁(sfTe)

指铁矿石经化学物相分析结果确定的含铁硫化物中的铁，包括黄铁矿、白铁矿、砷黄铁矿、磁黄铁矿等矿物中的铁。

### 4、碳酸铁(cFe)

指铁矿石经化学物相分析结果确定的含铁碳酸盐矿物中的铁，包括菱铁矿、铁白云石等矿物中的铁。菱铁矿( $\text{FeCO}_3$ )中  $w(\text{FeO})$  为 62.1%， $w(\text{CO}_2)$  37.9%，焙烧以后  $\text{CO}_2$  烧失， $\text{FeO}$  含量相对提高。因此在评价菱铁矿床时，其工业指标可略低于磁铁矿石和赤铁矿石。铁白云石含铁低，属于铁白云石类型的矿石，不具工业价值，但可作为熔剂利用。

### 5、硅酸铁(siFe)

指铁矿石经化学物相分析结果确定的含铁硅酸盐矿物中的铁。含铁硅酸盐矿物种类很多，主要有橄榄石类、石榴子石类、辉石类、闪石类、黑云母、铁绿泥石、阳起石、绿帘石等。这些含铁硅酸盐矿物一般含铁量较低，且含硅高，为工业不可用铁，需要在选矿过程中将其选除。

过去认为铁矿石中的硅酸铁不溶于稀盐酸，因而称为非可溶铁，全铁减去硅酸铁称可溶铁(SFe)。实践证明有很多含铁硅酸盐矿物可不同程度地溶于稀盐酸。以钙铁榴石为例，在分析可溶铁时，其铁含量的 50% 可被溶解。故笼统地说硅酸铁为非可溶铁是不正确的，采用可溶铁作为评价铁矿石的标准也不合适。

### 6、赤(褐)铁(oFe)

指铁矿石经化学物相分析结果确定的赤铁矿、褐铁矿、镜铁矿等矿物中的铁。属于该类型的需选矿石，选矿工艺比磁铁矿复杂，因此在评价该类型矿床时，矿石的铁含量要求应略高于磁铁矿矿床。

### 7、造渣组分

铁矿石中不能被还原进入生铁的氧化物称为造渣组分。主要造渣组分有酸性氧化物( $\text{SiO}_2$ )、碱性氧化物( $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{BaO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ )和两性氧化物( $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$  等)。在炉渣中起主要作用的是其中的  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  等组分。

### 8、假象赤铁矿

交代其他矿物形成的赤铁矿，它保持被交代矿物的外形，称之为假象赤铁矿。

### 9、半自熔性铁矿石

铁矿石中 $(\text{CaO}+\text{MgO}) / (\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)=0.5\sim 0.8$  的矿石称半自熔性铁矿石。

#### 10、自熔性铁矿石

铁矿石中 $(\text{CaO}+\text{MgO}) / (\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)=0.8\sim 1.2$  的矿石称自熔性铁矿石。

自熔性铁矿石是指在高炉炼铁过程中不加或少加熔剂就可以得到比较理想的炉渣和合格生铁的铁矿石。在高炉炼铁中，焦炭的灰分呈酸性，矿石中的碱性氧化物除中和自身的酸性氧化物外，还要中和焦炭灰分中的酸性氧化物。因而铁矿石中必须有较高的碱性氧化物，入炉冶炼时，才能不加或少加溶剂而达到渣铁分离。

#### 11、熟料

系指铁矿石经选矿得到的铁精矿，再经配料焙烧而成的烧结矿或经造球焙烧而成的球团矿。

#### 12、利用系数

有高炉利用系数和平炉利用系数。

(1)高炉利用系数是指一座高炉有效容积每昼夜每立方米生产生铁的吨数(生铁  $\text{t} / \text{m}^3 \cdot \text{昼夜}$ )。

(2)平炉利用系数是指一座平炉有效面积每昼夜每平方米生产钢的吨数(钢  $\text{t} / \text{m}^2 \cdot \text{昼夜}$ )。

#### 13、焦比

系指冶炼一吨生铁所需要的焦炭量(kg)。

#### 14、含铝高的铁矿石

系指炼铁用铁矿石中含铝高的矿石。

$\text{Al}_2\text{O}_3$  是铁矿石中较普遍的组分，亦是炉渣中主要组分之一。在高炉冶炼时，全部进入炉渣。炉渣中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量高时，便影响炉渣的流动性和降低脱硫能力。当炉渣中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  小于 10% 时，炉渣熔点小于  $1400^\circ\text{C}$ ，而  $\text{Al}_2\text{O}_3$  大于 20% 时，熔点就升高，炉渣变稠，高炉不顺。炉渣中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{SiO}_2$  的平衡极其重要，当  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$  等于 2.36 时，炉渣流动性最好，此时若  $\text{Al}_2\text{O}_3$  为 15%，则  $\text{SiO}_2$  为 35.4%。按两吨铁矿石炼一吨生铁计算，为使炉渣中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  小于 15%，则要求铁矿石中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  一般小于 7.5%，过高时，则增加焦比和熔剂消耗。考虑焦炭和熔剂中含部分  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ，故当入炉铁矿石中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  大于 5% 时，就要研究矿石中所含的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  能否参与酸碱度计算，能否直接入炉使用，或是否需要配矿以及选矿等问题。

#### 15、含镁高的铁矿石

系指炼铁用铁矿石中含镁高的矿石。

铁矿石中适量的  $\text{MgO}$  可以增加炉渣的流动性，降低炉渣的熔点，有利于脱硫和炉况的顺行。炉渣中  $\text{MgO}$  的含量为 7%~12% 是有利的。据国内外资料，炉渣中  $\text{MgO}$  含量以不大于 20% 为适宜。由于炉渣中  $\text{MgO}$  来源于铁矿石，焦炭和熔剂，因此，不能仅以原铁矿石中  $\text{MgO}$  含量作为衡量  $\text{MgO}$  含量高低的依据。按两吨铁矿石炼出一吨生铁计算，当铁矿石中  $\text{MgO}$  含量达到 3.5%~6% 时，就要研究矿石中所含的  $\text{MgO}$  能否参与酸碱度计算，能否直接入炉使用，或是否需要配矿及选矿等问题。

## 16、冶金辅助原料

系指冶金工业中用作熔剂和耐火材料的总称。用作熔剂的原料有石灰石、白云石、硅石、萤石、铁钒土等。它们分别用来提高炉料的碱度或酸度，使炉料冶炼时达到酸碱中和，渣铁分离，并增强炉渣的流动性，排除硫磷等杂质。用作耐火材料的有菱镁矿、耐火粘土、高铝粘土、白云石、硅石、高铝矿物原料(红柱石、矽线石、蓝晶石、蓝线石)以及型砂等。它们分别用来做炉壁、炉衬的酸性和碱性耐火砖、铸造模型等，蓝晶石专用作不定型高级耐火材料。