

260553

煉 鐵 概 論

武漢鋼鐵學院煉鐵教研組編

一九七二年八月

260553



0265360

毛主席语录

路綫是个綱，綱举目張。

教育必須为无产階級政治服务，必須同生产劳动相結合。

教材要徹底改革，有的首先删繁就簡。

認識从实践始，經過实践得到了理論的認識，还須再回到实践去。認識的能动作用，不但表現于从感性的認識到理性的認識之能动的飛跃，更重要的还須表現于从理性的認識到革命的实践这一个飛跃。

目 录

前 言

§ 1. 我国发展钢铁工业中的两条路线斗争.....	(1)
一、办工业走什么道路.....	(1)
二、发展钢铁工业应把立足点放在那里.....	(2)
三、要不要大搞群众运动.....	(2)
四、要不要抓矿山.....	(2)
五、要不要加强党的一元化领导.....	(2)
§ 2. 炼铁厂在钢铁联合企业中的地位及与其他厂矿的关系.....	(2)
一、炼铁厂在钢铁联合企业中的地位.....	(2)
二、炼铁与采矿的关系.....	(3)
三、炼铁厂与烧结厂、球团厂、焦化厂的关系.....	(3)
四、炼铁厂与炼钢厂的关系.....	(3)
§ 3. 高炉冶炼产品和主要技术经济指标.....	(3)
一、高炉冶炼的产品.....	(3)
二、主要技术经济指标.....	(5)
第一章 高炉原料	(7)
§ 1. 铁矿石.....	(7)
一、铁矿石的种类.....	(7)
二、铁矿石的计价.....	(8)
三、天然铁矿石在冶炼前的准备处理.....	(12)
§ 2. 锰矿石.....	(26)
一、含锰量.....	(26)
二、脉石成分.....	(26)
三、有害杂质.....	(26)
四、含铁量.....	(26)
§ 3. 熔剂.....	(27)
一、熔剂在高炉冶炼中的作用.....	(27)
二、熔剂的质量要求.....	(27)
三、白云石的作用.....	(28)
四、用生石灰代替石灰石.....	(28)

	五、高碱度烧结矿作熔剂.....	(28)
§ 4.	燃料.....	(28)
	一、燃料在高炉内的作用.....	(28)
	二、焦炭质量的评定.....	(28)
	三、其他燃料.....	(30)
§ 5.	高炉原料代用品.....	(30)
	一、硫酸渣.....	(30)
	二、高炉炉尘.....	(30)
	三、碱性平炉渣.....	(30)
	四、均热炉渣.....	(31)
§ 6.	高炉简易配料计算.....	(31)
	一、已知条件.....	(31)
	二、计算步骤.....	(32)
第二章 炉前操作		(34)
§ 1.	炉前操作的重要意义.....	(34)
§ 2.	出铁口的维护.....	(34)
§ 3.	出铁操作.....	(37)
§ 4.	渣口维护与放渣操作.....	(38)
§ 5.	风、渣、铁口的冷却系统的维护和更换.....	(39)
§ 6.	炉前事故及其处理.....	(40)
第三章 高炉内操作		(43)
§ 1.	高炉炉内操作常见的现象.....	(43)
	一、炉温.....	(43)
	二、炉渣碱度.....	(44)
	三、生铁质量.....	(44)
	四、煤气分布.....	(44)
	五、难行悬料.....	(44)
§ 2.	炉况判断.....	(45)
	一、直接观察.....	(45)
	二、仪表测定.....	(48)
	三、化学成分.....	(50)
§ 3.	高炉冶炼过程的矛盾分析.....	(51)
	一、炉料和煤气相对运动的力.....	(52)
	二、炉料和煤气的相对运动以及炉料和煤气的分布.....	(53)
	三、炉冷和炉热.....	(59)
	四、高炉冶炼过程的主要矛盾.....	(60)

§ 4. 炉况综合判断与调节	(63)
一、炉料和煤气分布失常的判断和处理	(63)
二、造渣制度失常	(65)
三、结瘤	(65)
四、炉缸堆积	(66)
五、热制度失常	(66)
六、连续崩料	(71)
七、悬料	(72)
§ 5. 强化高炉操作	(73)
一、必须解放人的思想才能强化高炉	(73)
二、本钢的强化过程	(74)
三、强化高炉操作的主要特点	(75)
四、强化高炉的主要措施	(76)
§ 6. 操作高炉的指导思想	(78)
一、人与物	(78)
二、主动与被动	(78)
三、攻与守	(79)
四、主与辅	(80)
五、局部与全局	(80)
§ 7. 高炉的开炉与停炉	(81)
一、武钢—高炉大中修后的开炉经过	(81)
二、高炉开炉的主要经验	(82)
三、高炉的停炉	(88)
四、武钢—高炉第三次中修的停炉经过	(90)
五、汉阳钢铁厂 83.5M ³ 高炉开炉配料计算实例	(91)

第四章 高炉内的主要反应 (95)

§ 1. 铁氧化物的还原	(95)
一、与氧的亲合力	(95)
二、还原剂	(95)
三、研究还原反应的目的	(95)
四、用 CO 还原铁氧化物	(96)
五、用炭还原铁氧化物	(100)
六、用 H ₂ 还原铁氧化物	(105)
七、Fe ₂ SiO ₄ 的还原	(106)
§ 2. 其他元素的还原	(106)
一、Mn 的还原	(107)

	二、Si的还原.....	(107)
	三、P的还原.....	(108)
§ 3.	生铁的生成.....	(108)
	一、铁的渗炭.....	(108)
	二、其他元素的溶入.....	(109)
§ 4.	炉渣的形成及性质.....	(109)
	炉渣的形成过程.....	(109)
	炉渣的几个主要性质.....	(111)
§ 5.	炉渣成分选择与脱硫.....	(115)
	一、炉渣成分选择.....	(115)
	二、生铁的脱硫.....	(116)
§ 6.	高炉内的燃烧反应.....	(119)
	一、焦炭在风口前的燃烧过程.....	(120)
	二、燃烧带的大小对高炉生产的影响.....	(122)
	三、炉缸煤气成分.....	(123)
	四、煤气在上升过程中成分的变化.....	(124)
第五章 高炉喷吹燃料		(125)
§ 1.	高炉喷吹燃料的好处.....	(125)
§ 2.	喷吹对高炉冶炼的影响.....	(125)
	一、喷吹与降低焦比.....	(125)
	二、喷吹燃料与冶炼强度.....	(127)
	三、喷吹燃料对煤气分布的影响.....	(128)
	四、喷吹燃料对高炉顺行的影响.....	(128)
	五、喷吹燃料对生铁质量的影响.....	(128)
§ 3.	喷吹各种燃料的比较.....	(129)
§ 4.	喷吹燃料工艺流程和设备.....	(130)
	一、加压设备.....	(131)
	二、喷咀.....	(131)
	三、计量设备和自动控制设备.....	(131)
	四、安全设备.....	(132)
	五、其他设备.....	(132)
	六、喷吹燃料工艺流程举例.....	(132)
第六章 高炉设备和构造		(135)
§ 1.	高炉本体构造.....	(135)
	一、高炉内形.....	(135)
	二、炉衬及耐火材料.....	(140)

三、高炉基础	(146)
四、高炉金属结构	(147)
五、铁口、渣口、风口装置	(149)
六、高炉冷却设备	(152)
七、炉顶装料设备	(157)
§ 2. 原料储运系统	(164)
一、贮矿场	(167)
二、贮矿槽(原料栈桥)和料坑	(168)
三、上料设备	(170)
§ 3. 高炉送风系统及其操作	(171)
一、风机选择与提高风机出力的途径	(171)
二、加热鼓风的意义	(188)
三、蓄热式热风炉构造	(190)
四、确定热风炉主要尺寸的举例	(193)
五、热风炉的换炉操作	(199)
六、热风炉的合理燃烧制度	(203)
七、进一步提高风温的方向	(209)
八、热风炉的附属设备	(212)
九、管式热风炉	(219)
§ 4. 煤气系统及其操作	(223)
一、常用的除尘设备	(223)
二、除尘系统的选择	(229)
三、煤气系统的其他设备	(231)
四、高炉休风、复风和引煤气操作	(234)
五、煤气安全常识	(238)
§ 5. 渣铁处理	(240)
一、炉渣的处理	(240)
二、铁水的处理	(241)

高 爐 煉 鐵 概 論

緒 言

§ 1. 我国发展鋼鐵工业中的两条路綫斗争

毛主席教导说：“一个粮食，一个钢铁，有了这两个东西就什么都好办了”，这一教导充分说明了钢铁工业在社会主义建设中的重要性。但是旧中国遗留下来的基础是十分薄弱的。全国解放时，1949年的钢产量只有十五万八千吨，就在这个基础上，全国广大钢铁工人，在毛主席的英明领导下，经过三年的经济恢复和第一个五年计划建设，钢铁工业有很大发展，1957年钢产量535万吨，是1949年的三十三倍多。1958年毛主席制定了“鼓足干劲，力争上游，多、快、好、省地建設社会主义”的总路线和一整套两条腿走路的方针。全国人民破除迷信，解放思想，掀起了大办钢铁的群众运动，一个个钢铁厂如雨后春笋遍布全国，地方钢铁产量迅猛增涨，在钢铁总产量中佔有很大的比重。1960年毛主席亲自制定了“鞍钢宪法”，规定了五项基本原则：“坚持政治挂帅，加强党的领导，大搞群众运动，实行两参一改三结合，大搞技术革新和技术革命。”这是办社会主义企业的基本原则。

~~叛徒、内奸、工贼刘少奇及其在冶金部和各地的代理人，疯狂干扰破坏毛主席革命路线，推行“抓中间带两头”，搞无米之炊，使得建成的一些高炉，由于没有矿石不能投产，更为严重的是他们利用三年自然灾害造成的暂时困难，对钢铁工业大砍大杀，他们疯狂叫嚣“钢铁要退狗，多一吨都不要”，“挖地三尺消灭大跃进痕迹”，使得很多地区又回到手无寸铁的境地，如四川没有铸锅的铁，黑龙江连釘马掌的钢都没有。他们还封锁抵制“鞍钢宪法”，复辟“马钢宪法”，这一切使迅速发展的我国钢铁工业遭到了严重地破坏，使我国钢产量出现了十年徘徊！~~

无产阶级文化大革命打倒了叛徒、内奸、工贼刘少奇及其在各地的代理人，广大革命群众揭露、控诉了他们破坏钢铁工业的滔天罪行，批判了他们的修正主义办企业路线。学习了毛主席有关钢铁工业的指示和“鞍钢宪法”，阶级斗争、路线斗争和继续革命的觉悟大大提高，他们响应毛主席结束钢铁工业十年徘徊的伟大号召，抓革命，促生产，我国钢铁工业又出现一派朝气蓬勃的景象。1971年的钢产量比1970年增长18%达到两千一百万吨，实现了毛主席这一号召，标志着整个工业上升到一个新的水平。

从钢铁工业的两条路线斗争中，使我们初步认识到以下几个主要问题是两条路线斗争的焦点：

一、办工业走什么道路？

是执行“鞍钢宪法”还是执行“马钢宪法”，是两条腿走路还是一条腿走路，这是

走社会主义道路还是走资本主义道路的大是大非问题。在中国共产党第八届六中全会上毛主席指出：“今年我国国民经济的飞跃发展，证明了党的在优先发展重工业的基础上实行工业和农业同时并举的方针，重工业和轻工业同时并举的方针，在工业战线上以钢为纲全面跃进的方针，中央工业和地方工业同时并举的方针，大型企业和中小型企业同时并举的方针，土法生产和洋法生产同时并举的方针以及工业方面的集中领导必须同在工业方面大搞群众运动相结合的方针，一句话，用两条腿走路的方针，而不是一条腿或者一条半腿走路的方针。这样的一整套方针是正确的。”

二、发展钢铁工业应把立足点放在那里？

是坚持独立自主，自力更生，艰苦奋斗，勤俭建国的方针，还是依赖外援，洋奴哲学，爬行主义，贪大求洋，铺张浪费，这是多、快、好、省还是少、慢、差、费的关键问题。

三、要不要大搞群众运动？

发展钢铁工业要不要大搞群众运动，实质是执不执行大、中、小并举，多搞中小，土洋结合，由土到洋的方针，是执行不执行中央工业和地方工业同时并举的方针，发挥两个积极性的问题。

四、要不要抓矿山？

发展钢铁工业首先要搞矿山，搞小矿、搞富矿，这个路子是对的，使高炉有数量充足，质量好的原料，这是钢铁工业可靠的物质基础。刘少奇一伙则推行“抓中间，带两头”，搞无米之炊，使高炉成为空中楼阁。

五、要不要加强党的一元化领导？

过去修建钢铁厂的时候，生产单位，施工单位，设计单位，甲、乙、丙三足鼎立，形成“甲方出钱看，乙方看钱干，丙方说了算”，造成“订不完的合同，扯不完的皮肤，打不完的官司，算不完的账”，这就是对甲乙丙三足鼎立的真实写照。文化大革命，冲垮了这套修正主义的办法，由生产单位，施工单位，设计单位在上级党委的统一领导下，组成统一的会战指挥部，实行大协作，加强了党的一元化领导，出现了新的大协作作风，建厂速度大大超过了历史上的最高水平。

§ 2. 炼铁厂在钢铁联合企业中的地位及其与其他厂矿的关系

一、炼铁厂在钢铁联合企业中的地位

铁矿石开采出来后，富的块矿直接送到炼铁厂，富矿粉和贫矿经选矿后得到的精矿

粉运到烧结厂或球团厂，造块后运到炼铁厂，熔剂开采出来经破碎筛分运到炼铁厂和烧结厂球团厂，煤开采出来后运到焦化厂，炼成焦炭后运到炼铁厂，炼铁厂用这些原料炼出炼钢生铁，铸造生铁或铁合金，其中炼钢生铁运到炼钢厂炼成各种钢，这些钢运到轧钢厂轧成各种钢材，供各个部门的需要。由此可见炼铁厂在钢铁联合企业中是处于咽喉的地位。

二、炼铁与采矿的关系

必须是找到了矿才能考虑建厂，根据矿藏的储量确定厂的规模，建厂必须先建矿山，不能搞“无米之炊”，更不能先建厂后找矿，不然的话必然是“捧着金饭碗讨饭吃”。

三、炼铁厂与烧结厂、球团厂、焦化厂的关系

烧结厂，球团厂，焦化厂都是为炼铁厂加工原料、燃料的，是高炉的“炊事员”，供给炼铁厂数量充足质量好的原料、燃料，保证高炉“吃饱吃好”。

四、炼铁厂与炼钢厂的关系

由于我国废钢不多，所以目前炼钢的主要原料是生铁，生铁质量对炼钢的产量、质量、炉龄、金属损失等等都有很大影响，由于炼铁厂是处于咽喉地位，它的产量与钢锭钢材的产量有着十分密切的关系，因此高炉又是炼钢炉的“炊事员”，应保证炼钢炉“吃饱吃好”。

§ 3. 高炉冶炼产品和主要技术经济指标

一、高炉冶炼的产品

高炉冶炼的主要产品是生铁或铁合金，副产品是煤气和炉渣。

1. 生铁：

1) 炼钢生铁：这是炼钢的主要原料，对于大、中型企业来说这是高炉炼铁的主要任务，根据炼钢方法不同，对炼钢生铁的成分要求也不同，见表1

炼钢生铁中，除酸性转爐铁（这种铁很少生产）外，硅越低越好，对任何生铁都要求硫越低越好。

2) 铸造生铁：由于铸件常常必须加工，因此硬度不能太大，为了提高铸件的机械强度，要求韧性好，脆性低、填充性好，因此要求铸造生铁硅比较高，硫比较低，为了增加铁水的流动性要求生铁中有一定的锰含量，但不能太高，太高则硬度太大，不好加工，对于某些形状复杂的小铸件表面较光，薄壁精细强度要求不高的铸件，应当适当增加生铁中的磷含量。各种铸造生铁的成分见表2

表 1 我国炼钢生铁规格

铁种	铁 号		化 学 成 分, %							
	牌 号	代 号	硅	锰	磷			硫		
					1 级	2 级	3 级	1 类	2 类	3 类
							不 大 于			
碱性平炉炼钢生铁	碱平08	P08	≤0.85	不 规 定	≤0.15	≤0.20	≤0.40	0.03	0.05	0.07
	碱平10	P10	0.86~1.25							
酸性侧吹转炉炼钢生铁	酸转10	S10	0.75~1.25	0.50~1.00	≤0.07	≤0.07	≤0.07	0.04	0.05	0.06
	酸转15	S15	1.26~1.75							
碱性侧吹转炉炼钢生铁	碱转08	J08	0.60~1.10	0.50~1.50	—	0.40~0.80	0.81~1.60	0.04	0.06	0.07
	碱转13	J13	1.11~1.60							

表 2 我国铸造生铁规格

铁种	铁 号		化 学 成 分 %																			
	牌 号	代 号	硅	锰			磷					硫										
				1 级	2 级	3 级	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	1 类	2 类	3 类								
							低 P	普 通		高 p	不 大 于											
普通铸造生铁	铸35	Z 35	3.26~3.75	小于	0.51	0.91	≤	0.11	0.21	0.41	0.71	0.03	0.04	0.05								
	铸30	Z 30	2.76~3.25																			
	铸25	Z 25	2.26~2.75												0.50	0.90	1.30	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00
	铸20	Z 20	1.76~2.25																			
	铸15	Z 15	1.26~1.75												0.04	0.05	0.06					
冷铸车轮生铁	冷08	L 08	0.50~1.00	0.50~1.00			0.15~0.35					0.07										

2. 铁合金:

高炉生产的铁合金一般都是低品位的铁合金,通常是作为炼钢的脱氧剂和合金剂,因此要求硫、磷越低越好,其成分见表3

表3 我国高炉铁合金化学成分

铁, 种	硅, %	锰, %	磷, %	硫, %
硅 铁	9~13.0	3.0	<0.3	<0.03
锰 铁	≤2.0~2.5	50~75	≤0.6~0.7	≤0.03
镜 铁	2.0	10~25	0.20	<0.03
硅 镜 铁	9~13.0	18~24	0.20	<0.03

3. 煤气:

高炉煤气中含CO 22~32%, H₂ 1~6% (与喷吹物有关), 发热值一般850~950千卡/M³, 是很好的气体燃料。高炉产生的煤气量很大, 每吨焦炭可产生3500~4000M³, 因此高炉煤气必须充分利用, 由于煤气中有大量炉尘, 应除尘, CO有剧毒应注意安全。

4. 炉渣:

炉渣中主要含CaO、SiO₂、Al₂O₃, 某些厂由于造渣的需要一般还含MgO 6~8%, 此外还有少量MnO、FeO、CaS等。干渣一般用处不大, 常用作铺路或作混凝土的骨料, 水渣主要是作水泥的原料, 也可加入其他物质作成各种炉渣制品作建筑材料, 或作绝热, 隔音的材料, 渣棉可作绝热, 隔音防潮的材料。

二、主要技术经济指标

高炉生产水平和技术水平可用技术经济指标来衡量, 总的说来是要求高产、优质、低耗、长寿, 其主要指标有:

1. 有效容积利用系数 η_v

高炉每一立方米有效容积一昼夜的生铁产量称为有效容积利用系数。

$$\eta_v = \frac{P}{V_u} \quad \tau / \text{M}^3 \cdot \text{日}$$

P——高炉的日产量 τ

V_u——高炉的有效容积 M^3

η_v 愈高说明高炉的生产效率愈高, 我国先进的大、中型高炉 η_v 达到2.0左右, 小高炉达到3.0左右。

2. 焦比 K

每炼一吨生铁所消耗的焦炭量称为焦比

$$K = \frac{\text{焦炭消耗量}}{\text{生铁产量}} \quad \tau / \tau \quad \text{或} \quad K^{\text{kg}} / \tau$$

焦比的高低标志着每吨生铁燃料消耗的高低, 由于炼焦煤较少, 焦炭价格较高, 生铁成本中焦炭约佔40~70%。因此采取有效措施降低焦比, 具有十分重要的意义, 目前

我国先进大、中型高炉焦比已降到500公斤左右，小高炉焦比已降到600公斤左右。

3. 冶炼强度 I

每立方米高炉有效容积每天燃烧的焦炭量称为冶炼强度

$$I = \frac{\text{每天入炉焦炭量}}{V_u} \quad \tau/\text{M}^3 \cdot \text{日}$$

冶炼强度是标志高炉作业强化程度的高低，它取决于高炉所能接受的风量，鼓入的风愈多，燃烧的焦炭也就愈多，在焦比不变或增加不多的情况下，高炉产量也就愈高。

η_v 、K、I 三者之间的关系为：

$$\eta_v = \frac{I}{K}$$

因此提高冶炼强度与降低焦比双管齐下是提高产量，降低成本的重要措施。

4. 合格率

生铁的化学成分符合国家规定的规格要求的产量，佔高炉总产量的百分数叫合格率，它是评价高炉生产质量好坏的指标。如果只求产量，不求质量，将会造成巨大的浪费，因此计算产量时是按合格生铁的产量计算。

5. 休风率

休风时间佔全部日历生产时间的百分数叫休风率。休风率反映了设备维护水平和高炉操作水平。我国先进高炉的休风率已降到1%以下，实践证明：降低1%的休风率，高炉产量可提高2%。

6. 生铁成本

生铁成本是高炉生产经济效益总的评价，生铁的车间成本包括原料费、冶炼费（包括动力、运输、折旧、工资）车间经费等，（付产品的回收费应扣除），成本中最大的一项就是焦炭。

7. 冶炼周期

炉料在炉内停留的时间称为冶炼周期，它说明炉料下降速度的快慢，显然冶炼周期愈短，产量愈高。

$$\tau = \frac{24 V_u}{P_{v'}} \quad \text{或} \quad \tau = \frac{24}{\eta_v v'}$$

τ —— 冶炼周期 小时

v' —— 一吨生铁所需炉料在高炉内的容积 M^3

用时间表示冶炼周期常常不能满足高炉操作的需要，因而生产中，常常采用以料批数来表示冶炼周期。

$$N = \frac{V_u}{0.87 v}$$

N —— 一个冶炼周期的料批数

v —— 每批料的容积 M^3

0.87 —— 炉料在炉内的收缩系数，一般是0.85~0.90焦比高高炉小取上限，焦比低，高爐大取下限。

第一章 高 爐 原 料

高爐原料是高爐的“糧食”，是高爐冶煉的基礎。高爐能否高產、優質、低耗、長壽，與原料的數量質量有密切關係，因此如何改善原料質量，改進原料管理與供應，保證高爐吃飽吃好，是原料工作的主要任務。

§ 1. 鐵 礦 石

鐵礦石是高爐煉鐵的主要原料，它的質量好壞對高爐煉鐵的影響極大。

一、鐵礦石的種類

鐵礦石的種類很多，作為煉鐵原料的主要有以下四種：

1. 赤鐵礦

赤鐵礦是最常見的鐵礦石，化學式為 Fe_2O_3 ，顏色是豬肝色、暗紅色或土紅色，在毛瓷板上划出的條痕是暗紅色。結晶的赤鐵礦叫錳鐵礦。赤鐵礦中往往含有1~8%的殘余磁鐵礦以及部分風化為褐鐵礦。

2. 磁鐵礦

磁鐵礦也是最常見的鐵礦石，化學式為 Fe_3O_4 ，顏色是灰色至灰黑色，但條痕都是黑色，有金屬光澤，一般都很致密，還原性差，有磁性，磁鐵礦中或多或少含有 Fe_2O_3 。磁鐵礦中含有較多的鈦叫鈦磁鐵礦，這種礦中一般還含有0.2~0.4%的錒。

3. 褐鐵礦

褐鐵礦是含水的 Fe_2O_3 ，其化學通式用 $mFe_2O_3 \cdot nH_2O$ 來表示。主要有以下幾種：見表4

表 4 褐 鐵 礦 的 種 類

名 稱	化 學 式	理 論 含 鐵 量 %
褐 鐵 礦	$2 Fe_2O_3 \cdot 3 H_2O$	60.0
針 鐵 礦	$Fe_2O_3 \cdot H_2O$	62.9
三 鐵 二 水 褐 鐵 礦	$3 Fe_2O_3 \cdot 4 H_2O$	60.9
四 鐵 一 水 褐 鐵 礦	$2 Fe_2O_3 \cdot H_2O$	66.2
二 鐵 二 水 褐 鐵 礦	$Fe_2O_3 \cdot 2 H_2O$	57.1
二 鐵 三 水 褐 鐵 礦	$Fe_2O_3 \cdot 3 H_2O$	52.3

褐铁矿是由赤铁矿或菱铁矿风化而成，虽然种类很多，但大多数是以 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 的形式存在，颜色是褐色，条痕是黄褐色，结构较松，还原性好。

4. 菱铁矿

很少有大的菱铁矿床，多为分散，化学式为 FeCO_3 ，颜色是灰色或粉红色，一般表面包有一层黄色，这是菱铁矿被风化成了褐铁矿，用盐酸滴在菱铁矿上立即起泡，焙烧后有磁性这是识别菱铁矿的主要特征，菱铁矿焙烧后含铁量大大提高，还原性很好。

以上四种铁矿的主要特性列于表5

表5 主要铁矿石的重要特性

名称	化学式	理论含铁量%	比重	颜色	条痕	冶炼性能			
						实际含铁量%	有害杂质	强度	还原性
赤铁矿	Fe_2O_3	70.0	4.7~5.3	暗红	红	35~68	S,P少	较松	较好
磁铁矿	Fe_3O_4	72.4	5.2	灰、灰黑	黑	40~70	S,P高	坚硬致密	不好
褐铁矿	$m\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	52~66	3.0~4.4	黄褐	黄	37~55	P高	疏松软	好
菱铁矿	FeCO_3	48.2	3.8	灰或粉红	灰	30~40	S,P少	较易碎	焙烧后好

注：理论含铁量是按化学式计算的含铁量，也就是绝对纯的铁矿物的含铁量，但世界上没有绝对纯的东西，所以实际是不可能达到理论含铁量。

二、铁矿石的评价

铁矿石的质量好坏对高炉炼铁的影响极大，炼铁工作人员，对铁矿石的质量评价，必须了解。

1. 含铁量

即矿石的全铁，含铁愈高，脉石愈少，冶炼时渣量也就愈少，相应的燃料消耗也就愈少，因此随着含铁量的提高，其价格的提高速度大于含铁量的提高速度。

矿山开采出来的铁矿石一般含铁23~70%，含铁高的叫富矿，低的叫贫矿，各种矿石的理论含铁量不同，因此对富矿的含铁要求也不一样，一般实际含铁量为理论含铁量的70%以上者叫富矿，可直接入炉，贫矿最好是经过选矿造块后入炉。

2. 脉石成分

铁矿石中除铁矿物以外的物质统称脉石，脉石的数量取决于含铁量，脉石数量只能说明矿石贫富，脉石成分对高炉炼铁的影响很大，因此即使含铁相同但脉石成分不同，矿石的冶炼价值也不相同。

一般脉石中主要是 SiO_2 是酸性物质，这种铁矿石叫酸性铁矿石，自然界中大量的这种矿石，冶炼时要用石灰石作熔剂， SiO_2 愈高则消耗的熔剂就愈多，渣量也愈大，如鄂城西山矿就是这类矿石， SiO_2 含量高达25~35%。用这类矿石炼铁，石灰石用量大，渣量大，造成炉况不順，现将鄂钢5号高炉70年第三季度所用原料的含铁量，

SiO₂含量与所需要的石灰石用量,渣量的关系列于表6

表6 铁矿石的含铁量 SiO₂量与石灰石用量渣量的关系

铁矿石含铁量%	58.5	56.5	56.0	55.5	54.2	54.0	51.5	50.4	43.5
" SiO ₂ %	12.0	13.2	12.9	13.4	13.2	14.5	16.0	20.6	34.7
石灰石用量 ^{Kc} / _{T,Fe}	580	570	540	690	650	750	900	1140	1940
渣量 ^{Kz} / _{T,Fe}	700	660	650	800	770	900	1000	1250	2150

正是由于一般铁矿石中 SiO₂ 含较高,因此当脉石中含有 CaO 时,是有利的,冶炼时可以少加不加甚至可以配入一部分酸性矿,这种矿叫自熔性矿石,我国有些矿区是这种矿石。

MgO 是碱性物质,能改善炉渣的流动性和稳定性,和 CaO 一样也起熔剂作用,一般含量不多。

有的矿区脉石中含 Al₂O₃ 较高,焦炭灰分中 Al₂O₃ 一般含量为 30~40%,因此当矿石中含 Al₂O₃ 较高时,高炉渣中 Al₂O₃ 必然较高,Al₂O₃ 对炉渣性能的影响:一般情况是渣中 Al₂O₃ 含量 8~12% 流动性最好,低于 8% 渣的稳定性差,高于 12% 渣的流动性变坏,高于 20%,渣难熔,流动性不好,给高炉操作带来困难。

在评价 Al₂O₃ 时,不能孤立地看 Al₂O₃,还必须和脉石中其他成分结合起来看,特别是要和 SiO₂ 结合起来看,通常情况下矿石中 $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 3 \sim 5$ 为宜,比值大的适宜炼钢生铁,比值小的适宜炼铸造生铁,比值太小不宜单独使用,应配入含 Al₂O₃ 低的矿石一同使用,当脉石中 CaO、MgO 含量较高,焦比较高,要求 Al₂O₃ 含量低一些。

3. 有害元素:

1) 硫

在铸造生铁中,硫使铸件形成“白口”,硬而脆不好加工,强度低,铸件气孔多。钢中硫高使钢“热脆”,强度低,轧制时容易产生裂纹,因此硫是很有害的元素。

矿石中硫常以黄铁矿(FeS₂)形式存在,也有黄铜矿(FeCuS₂),重晶石(BaSO₄)石膏(CaSO₄·2H₂O)等形式存在。在高炉冶炼时硫大部分转入炉渣中,一部分挥发随煤气带走,约有 3~5% 进入生铁,矿石中一般含 S 0.15~0.30%,大于 0.3% 叫高硫矿,应进行焙烧或烧结去硫后再入炉。

2) 磷

磷在生铁和钢中引起冷脆,降低钢的冲击韧性,铸铁中有一定的磷含量,可提高铸件的表面质量。矿石中磷是以磷灰石 Ca₃(PO₄)₂ 或兰铁矿 Fe₃(PO₄)₂ 的形式存在,高炉炼铁时,磷几乎全部还原进入生铁,因此生铁中的磷含量,取决于原料的磷含量,当矿石中磷含量达到 0.2% 以上只能炼碱性转炉铁。

3) 砷

砷和磷很相似,同样引起冷脆,降低钢的焊接性能。炼铁时全部进入生铁中,矿石

中一般很少有砷，它在矿石中是以毒砂 FeAs_2 和 As_2O_3 、 As_3O_5 等形式存在，矿石中含砷一般不许超过0.05~0.07%。

4) 锌

锌常以闪锌矿 ZnS 存在，高炉炼铁时，锌很容易还原，但不进入生铁，而成锌的蒸汽挥发到高炉上部凝结和被氧化为 ZnO ，凝结在炉料上的又随炉料下降进入高温区又挥发，有的渗入砖缝中使砖衬胀破，严重时把炉壳胀破，凝结在炉身上部的形成炉瘤，一般要求矿石中含锌不大于0.1%，最高不大于0.3%。

5) 铅

铁矿石中铅是比较少见的，它常以方铅矿 PbS 的形式存在。在高炉中铅是很容易还原的，由于它的熔点低 (327°C) 沸点高 (1740°C) 比重大 (11.3) 不溶于生铁中，正是由于它这五个特点，对高炉炉底具有破坏作用；还原出来的铅沸点高很少挥发，不溶于铁，比铁重所以沉在铁水下面的炉底上渗入砖缝中，比重大因而对砖的浮力很大，使炉底砖上浮，由于其熔点低因而可以渗入到很深的炉底，严重破坏炉底，所以高炉要求铁矿石中含铅量必须小于0.1%。

6) 氟

氟在铁矿石中是少见的元素，(我国有含氟铁矿)常以萤石 CaF_2 的形式存在，炉渣中含 CaF_2 2%左右，可降低炉渣的熔点，改善炉渣的流动性，因此矿石中含少量的 CaF_2 是有利的，但渣中 CaF_2 更高一些，使炉渣的熔点太低，流动性太好，不利于铁矿石的还原，降低炉缸温度，对炉墙的侵蚀很厉害，大量烧坏风口，同时 HF 对钢和耐火材料有强烈的侵蚀作用，对人的身体健康有不良影响，对家畜和庄稼都有不利的影响，因此矿石中 CaF_2 含量不能太高，若太高了，冶炼前应选去。

4. 有益元素

1) 锰

几乎所有的铁矿石中都含有或多或少的锰，但含量一般都不超过5%，锰在铁矿石中一般是以软锰矿 MnO_2 的形式存在，高炉炼铁时，锰的还原率为50~60%，炼锰铁时还原率可达80%左右。

生铁中含有一定的锰能降低生铁的含硫量，增加生铁和钢的强度和硬度，在烧结过程中能改善烧结矿质量，由于锰有阻止生铁中炭素石墨化的作用，因此球墨铸铁要求锰含量低。

2) 镍

镍是很贵重的合金元素；国外的不锈钢都含有大量的镍和铬，镍能提高钢的淬透性，促使钢奥氏体化，强化铁素体，提高钢的强度，在生铁中促进石墨化的能力仅次于硅。

铁矿石中一般很少有镍，它多存在于褐铁矿中，高炉炼铁时镍能全部还原进入生铁中。

3) 钨

钨也是很贵重的合金元素，作不锈钢的合金元素提高钢的抗腐能力和钢的强度。