

Tiekuangshi Jianyan Jishu

铁矿石 检验技术

(第2版)

李凤贵 张西春 郭兵◎主编



中国质检出版社
中国标准出版社

铁矿石检验技术

第2版

李凤贵 张西春 郭兵 主编

中国质检出版社

中国标准出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

铁矿石检验技术/李凤贵,张西春,郭兵主编.—2版.
—北京:中国标准出版社,2014.6
ISBN 978-7-5066-7388-4

I. ①铁… II. ①李… ②张… ③郭… III. ①铁矿物-检验 IV. ①TF521

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 255973 号

中国质检出版社 出版发行
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 26.5 字数 615 千字
2014 年 6 月第二版 2014 年 6 月第四次印刷

*

定价 68.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107

编委会名单

主 编：李凤贵 张西春 郭 兵

主 审：刘心同 杜恒清

副主编：赵祖亮 项海波 马学军 岳春雷

于仕超

编 委 （按姓氏笔画为序排列）：

丁仕兵 于立洋 司连春 刘 萍

刘 稚 张 西 张庆建 苏君利

周忠信 胡首鹏 袁晓鹰 郭 武

管 嵩 魏爱朋

再版说明

本书自 2005 年 6 月出版以来,作为铁矿石取样、制样和化学分析等方面的参考书,受到了广大从事相关工作人员的欢迎,《铁矿石检验技术》第 1 版已经销售一空。为满足广大读者的需求,决定再版此书。本书再版增加了机器人取样制样新工艺、国际海上固体散装矿石规则及适载性能检测、水尺计重和实验室质量控制等内容,删除了一些过时的内容。希望再版以后的书能够对广大读者有更大的参考和指导作用。

编者

2014 年 5 月

第1版前言

铁矿石是钢铁工业最主要的原料,也是我国进口的主要商品之一。铁矿石的质量和品位是保证钢铁产品质量的根本,用规范的检测方法对铁矿石进行取样、制样和化学分析是控制铁矿石品位和质量的重要手段。随着我国加入 WTO 后融入世界经济一体化进程的加快,我国经济步入快速发展轨道,铁矿石进口量将不断增加,2000 年进口铁矿石 6 997 万吨,2003 年增加到 1.5 亿吨,2004 年更是突破 2 亿吨大关,达到 2.08 亿吨,近几年进口铁矿石将达到 2.5 亿吨~3 亿吨。铁矿石是一种特殊的商品,它的特性在于它是一种非均质的矿产品,具有其他任何商品不具有的特殊性,而且它的性质随产地的不同相差很大,它的质量因开采方式、运输方式、储存方式和管理水平的不同有较大的差别,对目前严格的环保要求来讲,还要考虑铁矿石中的有害元素,因此,对铁矿石品位和质量的评价指标比较多,而且由于它是一种非均质的混合物,所以铁矿石品位和质量评价的规范性要求也比较高。

铁矿石的取样、制样和化学分析必须要有一定的规范,做到有章可循,而规范的制定不仅要有标准和一定的理论作为指导,而且要有实践经验的总结,所以本书从铁矿石的不均匀性这一特点出发,从理论和实践两个方面全面阐述铁矿石取样、制样和化学分析方法和经验。本书可作为铁矿石取样、制样和化学分析人员的工具书,也可供科研、教学、设计、生产等有关部门参考。本书中内容如有与国际标准和国家标准相违背的地方,则应以国际标准和国家标准为准,由于我们水平有限,错误和不当之处,敬请读者指正。

第2版前言

铁矿石,是国民经济的基础,是钢铁工业最主要的原料,也是我国进口的主要商品之一。铁矿石的品位和质量是保证钢铁产品质量的根本,用规范的检测方法对铁矿石进行取样、制样和化学分析是控制铁矿石品位和质量的重要手段。我国铁矿石原矿年产量从1990年的1.8亿吨增加到2004年的3.1亿吨,而2009年又跃升到8.8亿吨,2012年达到13.1亿吨,是排名世界第一的铁矿石生产大国。而我国铁矿石进口量也逐年大幅增加,2000年进口铁矿石6 997万吨,2012年达到7.4亿吨,相当于全球铁矿石出口的65%。我国自2004年以来,一直是世界最大的铁矿石进口国,同时连续十多年保持世界第一钢铁生产大国的地位,预计未来仍将连续保持领先地位。

铁矿石是一种特殊的商品,其特性在于它是一种非均质的矿产品,具有其他任何商品不具有的特殊性,而且它的性质随产地的不同相差很大,质量因开采方式、运输方式、储存方式和管理水平的不同有较大的差别,对目前严格的环保要求来讲,还要考虑铁矿石中的有害元素,因此,对铁矿石品位和质量的评价指标比较多,而且由于它是一种非均质的混合物,所以铁矿石品位和质量评价的规范性要求也比较高。铁矿石的取样、制样和化学分析必须要有一定的规范,做到有章可循,而规范的制定不仅要以标准和一定的理论作为指导,而且要有实践经验的总结,因此山东省出入境检验检疫局在多年实践经验基础上,从铁矿石的不均匀性这一特点出发,在理论和实践两个方面全面阐述铁矿石取样、制样和化学分析方法。本书再版后增加了机器人取样制样新工艺、国际海上固体散装矿石规则及适载性能检测、水尺计重和实验室质量控制等内容,删除了一些过时的内容。

本书可作为铁矿石检验部门取样、制样和化学分析人员的工具

书,也可供贸易、科研、教学、设计、矿山和钢铁生产等有关部门参考。

本书中的内容如有与国际标准和国家标准差异之处,应以国际标准和国家标准为准。由于作者水平有限,书中的错误和不当之处在所难免,敬请读者指正。

编者

2014年5月

目 录

第一章 概 论

第一节	铁矿石概述	1
第二节	铁矿石生产与贸易	9
第三节	铁矿石检验	16

第二章 检验理论基础

第一节	铁矿石检验常用数理统计方法	19
第二节	检验误差理论	21
第三节	统计检验	35
第四节	样本数据异常的检验与质量管理图	53

第三章 取样制样及化学分析基本原理

第一节	铁矿石取样方案与概型	70
第二节	检验各阶段误差的合成	81
第三节	质量检验结果精密度的检验	89
第四节	化学分析基本原理	93

第四章 铁矿石取样制样方法

第一节	取样的目的和意义	104
第二节	取样制样总体原则	107
第三节	手工取样方法	112
第四节	机械化取样方法	125
第五节	铁矿石样品的制样方法	144
第六节	物理试验用试样取样和制样方法	170

第七节	常规机械取样制样工程实践	179
第八节	机器人取样制样新工艺	193
第九节	国内主要取样制样系统设备及机器人取样制样新工艺	202

第五章 校核取样制样精密度和偏差试验

第一节	取样系统性能检验	228
第二节	校核取样精密度试验方法	236
第三节	校核取样偏差的试验方法	251
第四节	评定品质波动的试验方法	272
第五节	校核制样精密度试验方法	284

第六章 铁矿石物理项目测定

第一节	水分含量的测定	295
第二节	粒度含量的测定	305
第三节	还原度的测定	321
第四节	相对还原度和自由膨胀指数的测定	324
第五节	球团抗压强度的测定	328
第六节	转鼓强度试验方法	329
第七节	铁矿石密度和孔隙率的测定	331
第八节	散装矿石海运规则及适运水分极限测定	334
第九节	水尺计重	341

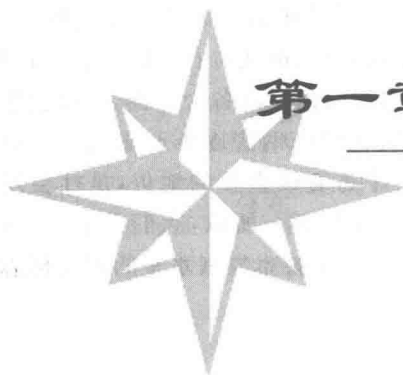
第七章 铁矿石中常见元素化学分析

第一节	化学分析前的准备	349
第二节	全铁的测定	354
第三节	金属铁的测定	360
第四节	酸溶亚铁含量测定——滴定法	360
第五节	铜元素的测定	361
第六节	铅元素的测定	363
第七节	锌元素的测定	364
第八节	镍元素的测定	364
第九节	锰元素的测定	367
第十节	钛元素的测定	368
第十一节	磷元素的测定	372

第十二节	砷元素的测定	374
第十三节	二氧化硅的测定	376
第十四节	三氧化二铝的测定	379
第十五节	氧化钙及氧化镁的测定	383
第十六节	氧化钾和氧化钠的测定	385
第十七节	硫元素的测定	387
第十八节	各种元素的测定——ICP 发射光谱法	389
第十九节	各种元素的测定——X-荧光光谱法	391

第八章 实验室质量控制

第一节	质量管理体系	395
第二节	实验室质量控制	396
参考资料		407



第一章

概 论

第一节 铁矿石概述

一、铁、铁矿的发现与利用

铁是世界上发现最早、利用最广、用量最多的一种金属,其消耗量约占金属总消耗量的 95%¹⁾左右。中国是世界上利用铁最早的国家之一。早在 19 000 年前,周口店“山顶洞人”就开始使用赤铁矿粉作为赭红色颜料,涂于装饰品上或者随葬撒在尸体周围。这是人类利用天然矿物颜料的开始。到新石器时代(距今 4 000 年~10 000 年),兴起了制陶业,并发明绘制各种风格的彩陶。绘制赭红色彩陶的原料就是赭石(赤铁矿)。

人类使用铁器制品至少有 5 000 多年历史,开始是用铁陨石中的天然铁制成铁器。最早的陨铁器是在尼罗河流域的格泽(Gerzeh)和幼发拉底河流域乌尔(Ur)出土于公元前 4 000 多年前的铁珠和匕首。目前中国最早的陨铁文物是 1972 年在河北藁城台西村商代中期(公元前 13 世纪中期)遗址中发现的铁刃青铜钺。这件古兵器,经全面的科学考查,确定刃部是陨铁加热锻造成的。它表明我国商代人们已掌握一定水平的锻造技术和对铁的认识,熟悉铁加工性能,并认识铁与青铜在性质上的差别。但那时人们还不会利用铁矿石炼铁,而铁陨石又很少,所以当时的铁制品是十分珍贵的物品。

我国用铁矿石直接炼铁,早期的方法是块炼铁,后来用竖炉炼铁。在春秋时代晚期(公元前 6 世纪)已炼出可供浇铸的液态生铁,铸成铁器,应用于生产,并发明了铸铁柔化术。这一发明加快了铁器取代铜器等生产工具的历史进程。战国冶铁业兴盛,生产的铁器制品以农具、手工工具为主,兵器则青铜、钢、铁兼而有之。据记载,今山东临淄和河北邯郸铁矿等,春秋战国时期都已进行开采。

铁矿石主要用于钢铁工业,冶炼含碳量不同的生铁(碳含量一般在 2%以上)和钢(碳含量一般在 2%以下)。生铁通常按用途不同分为炼钢生铁、铸造生铁、合金生铁。钢按组成元素不同分为碳素钢、合金钢。合金钢是在碳素钢的基础上,为改善或获得某些性能而有意加入适量的一种或多种元素的钢,加入钢中的元素种类很多,主要有铬、锰、钒、钛、

1) 本书中凡含“%”者,若无特殊说明,均指质量分数。——编者注

镍、钼、硅。此外,铁矿石还用于作合成氨的催化剂(纯磁铁矿石),天然矿物颜料(赤铁矿石、镜铁矿石、褐铁矿石),饲料添加剂(磁铁矿石、赤铁矿石、褐铁矿石)和名贵药石(磁石)等,但用量很少。钢铁制品广泛用于国民经济各部门和人民生活各个方面,是社会生产和公众生活所必需的基本材料。自从 19 世纪中期发明转炉炼钢法逐步形成钢铁工业大生产以来,钢铁一直是最重要的结构材料,在国民经济中占有极重要的地位,是社会发展的重要支柱产业,是现代化工业最重要和应用最多的金属材料。所以,人们常把钢、钢材的产量、品种、质量作为衡量一个国家工业、农业、国防和科学技术发展水平的重要标志。

二、铁矿石的种类

铁矿石种类繁多,目前已发现的铁矿石和含铁矿石物约 300 余种,其中常见的有 170 余种。但在当前技术条件下,具有工业利用价值的主要是磁铁矿石、赤铁矿石、磁赤铁矿石、钛铁矿石、褐铁矿石和菱铁矿石等。

1. 磁铁矿石

磁铁矿石中 FeO 含量为 31.03%, Fe_2O_3 含量为 68.97% 或 Fe 含量为 72.2%, O 含量为 27.6%, 等轴晶系。单晶体常呈八面体,较少呈菱形十二面体。在菱形十二面体面上,长对角线方向常现条纹。集合体多呈致密块状和粒状。颜色为铁黑色、条痕为黑色,半金属光泽,不透明。硬度¹⁾ 5.5~6.5。相对密度 4.9~5.2。具强磁性。

磁铁矿石中常有相当数量的 Ti^{4+} 以类质同象代替 Fe^{3+} , 还伴随有 Mg^{2+} 和 V^{3+} 等相应地代替 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} , 因而形成一些矿物亚种, 即:

(1) 钛磁铁矿石。 $\text{Fe}_{2+x}^{2+}\text{Fe}_{2-2x}^{3+}\text{Ti}_x\text{O}_4$ ($0 < x < 1$), TiO_2 含量为 12%~16%。常温下, 钛从其中分离成板状和柱状的钛铁矿石及布纹状的钛铁晶石。

(2) 钒磁铁矿石。 FeV_2O_4 或 $\text{Fe}^{2+}(\text{Fe}^{3+}\text{V})\text{O}_4$, V_2O_5 含量有时高达 68.41%~72.04%。

(3) 钒钛磁铁矿石。其成分更为复杂的上述两种矿物的固溶体产物。

(4) 铬磁铁矿石。 Cr_2O_3 含量可达百分之几。

(5) 镁磁铁矿石。 MgO 含量可达 6.01%。

磁铁矿石是岩浆成因铁矿石床、接触交代—热液铁矿石床、沉积变质铁矿石床, 以及一系列与火山作用有关的铁矿石床中铁矿石的主要矿物。此外, 也常见于砂矿床中。

磁铁矿石氧化后可变成赤铁矿石(假象赤铁矿石及褐铁矿石), 但仍能保持其原来的晶形。

2. 赤铁矿石

自然界中 Fe_2O_3 的同质多象变种已知有两种, 即 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 和 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 。前者在自然条件下稳定, 称为赤铁矿石; 后者在自然条件下不如 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 稳定, 处于亚稳定状态, 称为磁赤铁矿石。

赤铁矿石: Fe 为 69.94%, O 为 30.06%, 常含类质同象混入物 Ti 、 Al 、 Mn 、 Fe^{2+} 、 Ca 、 Mg 及少量 Ga 和 Co 。三方晶系, 完好晶体少见。结晶赤铁矿石为钢灰色, 隐晶质; 土状

1) 本书的硬度指莫氏硬度。

赤铁矿石呈红色。条痕为樱桃红色或鲜猪肝色。金属至半金属光泽。有时光泽暗淡。硬度 5~6。相对密度 5~5.3。

赤铁矿石的集合体有各种形态,形成一些矿物亚种,即:

(1) 镜铁矿石。具金属光泽的玫瑰花状或片状赤铁矿石的集合体。

(2) 云母赤铁矿石。具金属光泽的晶质细鳞状赤铁矿石。

(3) 鲕状或肾状赤铁矿石。形态呈鲕状或肾状的赤铁矿石。

赤铁矿石是自然界中分布很广的铁矿石物之一,可形成于各种地质作用,但以热液作用、沉积作用和区域变质作用为主。在氧化带里,赤铁矿石可由褐铁矿石或纤铁矿石、针铁矿石经脱水作用形成。但也可以变成针铁矿石和水赤铁矿石等。在还原条件下,赤铁矿石可转变为磁铁矿石,称假象磁铁矿石。

3. 磁赤铁矿石

$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$,其化学组成中常含有 Mg、Ti 和 Mn 等混入物。等轴晶系,五角三四面体晶类,多呈粒状集合体,致密块状,常具磁铁矿石假象。颜色及条痕均为褐色,硬度 5,相对密度 4.88,强磁性。

磁赤铁矿石主要是磁铁矿石在氧化条件下经次生变化作用形成。磁铁矿石中的 Fe^{2+} 完全为 Fe^{3+} 所代替($3\text{Fe}^{2+} \rightarrow 2\text{Fe}^{3+}$),所以有 $1/3\text{Fe}^{2+}$ 所占据的八面体位置产生了空位。另外,磁赤铁矿石可由纤铁矿石失水而形成,亦有由铁的氧化物经有机作用而形成的。

4. 褐铁矿石

实际上并不是一个矿物种,而是针铁矿石、纤铁矿石、水针铁矿石、水纤铁矿石以及含水氧化硅、泥质等的混合物。化学成分变化大,含水量变化也大。

(1) 针铁矿石。 $\alpha\text{-FeO(OH)}$,Fe 含量为 62.9%。含不定量的吸附水者,称水针铁矿石 $\text{HFeO}_2 \cdot \text{NH}_2\text{O}$ 。斜方晶系,形态有针状、柱状、薄板状或鳞片状。通常呈豆状、肾状或钟乳状。切面具平行或放射纤维状构造。有时成致密块状、土状,也有呈鲕状。颜色红褐、暗褐至黑褐。经风化而成的粉末状、赭石状褐铁矿石则呈黄褐色。针铁矿石条痕为红褐色,硬度 5~5.5,相对密度 4~4.3。而褐铁矿石条痕则一般为淡褐或黄褐色,硬度 1~4,相对密度 3.3~4。

(2) 纤铁矿石。 $\gamma\text{-FeO(OH)}$,Fe 含量为 62.9%。含不定量的吸附水者,称水纤铁矿石 $\text{FeO(OH)} \cdot \text{NH}_2\text{O}$ 。斜方晶系。常见鳞片状或纤维状集合体。颜色暗红至黑红色。条痕为桔红色或砖红色。硬度 4~5,相对密度 4.01~4.1。

5. 钛铁矿石

FeTiO_3 中 Fe 含量为 36.8%,Ti 含量为 36.6%,O 含量为 31.6%。三方晶系。菱面体晶类。常呈不规则粒状、鳞片状或厚板状。在 950℃ 以上钛铁矿石与赤铁矿石形成完全类质同象。当温度降低时,即发生熔离,故钛铁矿石中常含有细小鳞片状赤铁矿石包体。钛铁矿石颜色为铁黑色或钢灰色。条痕为钢灰色或黑色。含赤铁矿石包体时呈褐色或带褐的红色条痕。金属至半金属光泽。不透明,无解理。硬度 5~6.5,相对密度 4~5。弱磁性。钛铁矿石主要出现在超基性岩、基性岩、碱性岩、酸性岩及变质岩中。我国攀枝花钒钛磁铁矿石床中,钛铁矿石呈粒状或片状分布于钛磁铁矿石等矿物颗粒之间,或沿钛

磁铁矿石裂开面成定向片晶。

6. 菱铁矿石

FeCO_3 , FeO 含量为 62.01%, CO_2 含量为 37.99%, 常含 Mg 和 Mn。三方晶系。常见菱面体, 晶面常弯曲。其集合体成粗粒状至细粒状。亦有呈结核状、葡萄状、土状者。黄色、浅褐黄色(风化后为深褐色), 玻璃光泽。硬度 3.5~4.5, 相对密度 3.96 左右, 因 Mg 和 Mn 的含量不同而有所变化。

三、铁的化学和物理性质

铁元素(Ferrum)的原子序数为 26, 符号为 Fe。在元素周期表上, 铁是第四周期第八副族(ⅧB)的元素。它与钴和镍同属四周期ⅧB 族。

在自然界中, 铁元素有 4 种稳定同位素, 其同位素丰度(%)如下(Hertz, 1960):

^{54}Fe 5.81, ^{56}Fe 91.64, ^{57}Fe 2.21, ^{58}Fe 0.34。

铁的相对原子质量平均为 55.847(当 ^{12}C 相对原子质量为 12.000 时)。

铁的原子半径, 取 12 配位数时, 为 $1.26 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。铁的原子密度为 7.86 g/cm^3 。

铁原子的电子结构是 $3d^6 4s$ 。

铁原子很容易失掉最外层的两个 s 电子而呈二价离子(Fe^{2+})。如果再失掉次外层的 1 个 d 电子, 则呈正三价离子(Fe^{3+})。铁元素的这种变价特征, 导致铁在不同氧化还原反应中显示出不同的地球化学性质。

铁原子失去第一个电子的电离势(I_1)为 7.90eV, 失去第二个电子的电离势(I_2)为 16.18eV, 失去第三个电子的电离势(I_3)为 30.64eV。

铁的离子半径随配位数和离子电荷而变化。据 Ahrens(1952)资料, 取 6 配位数时, Fe^{2+} 的离子半径为 0.074nm, Fe^{3+} 的离子半径为 0.064nm。铁离子在含氧盐和卤化物等中构成离子化合物。

铁常与硫和砷等构成共价化合物。铁的共价半径为 $1.17 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。其键性强度可用铁和硫、砷等的电负性差求得。铁的电负性, Fe^{2+} 为 1.8, Fe^{3+} 为 1.9(波林, 1964)。

凡是原子半径与铁相近的元素, 当晶体结构相同时, 易与铁形成金属互化物, 如铁和铂族形成的金属互化物粗铂矿(Pt, Fe)。凡是离子半径与铁相近的元素, 当化学结构式相同时, 易与铁发生类质同象替换, 如硅酸盐中的铁橄榄石和镁橄榄石类质同象系列; 碳酸盐中的菱铁矿石和菱锰矿类质同象系列; 以及钨酸盐中的钨铁矿石和钨锰矿类质同象系列, 等等。

离子电位(Φ)是一个重要的地球化学指标。 Fe^{2+} 的离子电位为 2.70, 可在水溶液中呈自由离子(Fe^{2+})迁移。 Fe^{3+} 的离子电位较高, 为 4.69, 它易呈水解产物沉淀。因此, 在还原条件下, 有利于 Fe^{2+} 呈自由离子迁移; 在氧化条件下, 则 Fe^{2+} 易氧化为 Fe^{3+} 而呈水解产物沉淀。与铁共沉淀的元素(同价的或异价的)共生组合, 可用离子电位图来预测。

铁及其化合物的密度、熔点和沸点, 以及它们在水中的溶解度或溶度积, 是决定铁进行地球化学迁移的重要物理常数(表 1-1-1)。

铁化合物的溶度积(18℃时), $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 为 1.1×10^{-36} , $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 为 1.04×10^{-14} , FeS 为 3.7×10^{-14} , 等等。

铁的熔化潜热为 269.55J/g,蒸发潜热为 6 343J/g。

表 1-1-1 铁及其化合物的物理常数

分子式	密度/(g/cm ³)	熔点/℃	沸点/℃	在 100g 水中的溶解度	
				20℃	100℃
Fe	7.86	1 535	3 000	不溶	不溶
FeCl ₂	2.98	672	升华	64.4(10℃)	105.7
FeCl ₃	2.8	304(282)	升华 303(315)	91.9	537
Fe ₃ O ₄	5.18	1 550(1 538)	分解为 FeO	不溶	不溶
Fe ₂ O ₃	5.24	1 565	—	不溶	不溶
Fe(OH) ₃	3.4	500(—1.5H ₂ O)	—	5×10 ⁻⁵	—
FeS	4.7	1 193	分解	微溶	—
FeS ₂ (白)	4.9	—	分解	5×10 ⁻⁴	—
FeS ₂ (黄)	5.0	1 171	分解	0.5	—
FeSO ₄ ·7H ₂ O	1.9	64	—7H ₂ O 300	26.5	50.9(70℃)

注:1 密度为室温下的密度;
2 熔点和沸点为 101 325Pa 时的温度,或者在括号内的压力下的温度;
3 H₂O 后面的温度为水逸出的温度。

四、用途与技术经济指标

铁矿石是指岩石(或矿物)中 TFe 含量达到最低工业品位要求者。

按照矿物组分、结构、构造和采、选、冶及工艺流程等特点,可将铁矿石分为自然类型和工业类型两大类。

1. 自然类型

(1) 根据含铁矿石物种类可分为:磁铁矿石、赤铁矿石、假象或半假象赤铁矿石、钕铁磁铁矿石、褐铁矿石、菱铁矿石以及由其中两种或两种以上含铁矿石物组成的混合矿石。

(2) 按有害杂质(S、P、Cu、Pb、Zn、V、Ti、Co、Ni、Sn、F、As)含量的高低,可分为高硫铁矿石、低硫铁矿石、高磷铁矿石、低磷铁矿石等。

(3) 按结构、构造可分为浸染状矿石、网脉浸染状矿石、条纹状矿石、条带状矿石、致密块状矿石、角砾状矿石,以及鲕状、豆状、肾状、蜂窝状、粉状、土状矿石等。

(4) 按脉石矿物可分为石英型、闪石型、辉石型、斜长石型、绢云母绿泥石型、夕卡岩型、阳起石型、蛇纹石型、铁白云石型和碧玉型铁矿石等。

2. 工业类型

(1) 工业上能利用的铁矿石,即表内铁矿石,包括炼钢用铁矿石、炼铁用铁矿石、需选铁矿石。

(2) 工业上暂不能利用的铁矿石,即表外铁矿石,矿石含铁量介于最低工业品位与边界品位之间。

3. 一般工业质量要求

(1) 炼钢用铁矿石(原称平炉富矿)

矿石入炉块度要求:

平炉用铁矿石: 50mm~250mm;

电炉用铁矿石: 50mm~100mm;

转炉用铁矿石: 10mm~50mm。

直接用于炼钢的矿石质量要求见表 1-1-2(适用于磁铁矿石、赤铁矿石、褐铁矿石)。

表 1-1-2 炼钢用铁矿石质量要求

品 级	化学组分/%			
	TFe	SiO ₂	S	P
一级品	≥64	≤8	≤0.1	≤0.1
二级品	≥60	≤11	≤0.1	≤0.1
三级品	≥57	≤12	≤0.15	≤0.15
四级品	≥55	≤13	≤0.2	≤0.15
	≥50	≤10	≤0.2	≤0.15

注: 其他杂质含量要求: Cu≤0.2%, As≤0.1%。

(2) 炼铁用铁矿石(原称高炉富矿)

矿石入炉块度要求: 一般为 8mm~40mm。

炼铁用铁矿石, 按造渣组分的酸碱度可划分为:

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

直接用于高炉炼铁用铁矿石质量要求见表 1-1-3(适用于各种铁矿石类型块矿)。

表 1-1-3 高炉炼铁用铁矿石质量要求

品 级	化学组分/%							
	TFe	SiO ₂	S			P		
			I 组	II 组	III 组	I 组	II 组	III 组
一级品	≥58	≤12	≤0.1	≤0.3	≤0.5	≤0.2	≤0.5	<0.9
二级品	≥55	≤14	≤0.1	≤0.3	≤0.5	≤0.2	<0.5	<0.9
三级品	≥50	≤17	≤0.1	≤0.3	≤0.5	≤0.2	<0.5	<0.9
四级品	≥45	≤18	≤0.1	≤0.3	≤0.5	≤0.2	<0.5	<0.9

其他含量要求: Cu≤0.2%, As≤0.07%, Sn≤0.08%, Pb≤0.1%, Zn≤0.1%, P 含量为一般要求, 按炼生铁品种不同对矿石 P 含量要求也不同。

酸性转炉炼钢生铁矿石 $P \leq 0.03\%$;

碱性平炉炼钢生铁矿石 $P \leq 0.03\% \sim 0.18\%$;