

iekuangshi Jianyan Jishu

铁矿石检验技术

李凤贵 张西春 主编

 中国标准出版社



铁矿石检验技术

李凤贵 张西春 主编

中国标准出版社

图书在版编目(CIP)数据

铁矿石检验技术/李凤贵,张西春主编. —北京:中国标准出版社,2005

ISBN 7-5066-3788-X

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 046953 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码:100045

网址 www.bzcb.com

电话:68523946 68517548

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 29 字数 676 千字

2005 年 6 月第一版 2005 年 6 月第一次印刷

*

定价 55.00 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)68533533

编委会名单

主 编：李凤贵 张西春

编 审：于 桦 王 新 张 纳 王作佳

副主编：胡正明 马学军 张金信 岳春雷

郭 兵

编写人员（按姓氏笔画为序排列）：

丁仕兵 于立洋 马学军 刘 萍

刘 稚 曲晓霞 孙 健 李凤贵

李从温 张金信 张西春 张 刚

吴 斌 杨宇红 岳春雷 周忠信

周 航 胡正明 郭 兵 郭 武

魏爱鹏

审 定：张加明 宋吉国 张西春

序

铁矿石(粉),是对国民经济发展有重要影响的钢铁工业最主要的原料,也是我国进口的主要大宗商品之一。铁矿石(粉)的质量和品位是保证钢铁产品质量的根本,以规范的检测方法对铁矿石(粉)进行取样、制样和化学分析是控制铁矿石(粉)品位和质量的重要手段。我国是一个较为缺乏富铁矿藏的国家,随着我国加入 WTO 后融入世界经济一体化进程的加快,经济步入快速发展轨道,铁矿石(粉)进口量将不断增加,2000 年进口铁矿石(粉)6 997 万 t,2003 年增加到 1.5 亿 t,2004 年突破 2 亿 t 大关,达到 2.08 亿 t,近几年进口铁矿石(粉)将达到 2.5 亿 t~3 亿 t。检验检疫机构需要对铁矿石(粉)进行准确检验,防止不合格商品和欺诈行为的发生,以维护国家的根本利益。

为了科学、合理、有效地生产和利用铁矿石(粉),进口部门和矿山、钢铁企业需要了解所有铁矿石(粉)的品位和质量,以确定矿区经济价值,并指导铁矿的生产;钢铁企业需要了解有关进厂铁矿的品位情况,以指导钢铁生产,并对其产品进行质量控制;矿山地质勘探部门要正确评价勘探区的铁矿品位、基本特征及其变化的规律;进口部门需要科学准确的检验结果;所有这一切都离不开铁矿石(粉)的检验工作。因此,正确的取样、制样和化学分析对于铁矿石(粉)贸易、钢铁企业应用、地质勘探、矿山生产和洗选加工等各方面都有着重要的意义。

铁矿石(粉)的检验必须要有一定的规范,做到有章可循,而规范的制定既要有标准和一定的理论作为指导,又要有实践经验的总结,由黄岛检验检疫局组织人员编写的《铁矿石检验技术》,在理论分析基础上,总结了铁矿石(粉)检验的实践经验,系统的阐述了铁矿石(粉)取样、制样和化学分析方法,为检验检疫和生产、科研、教学、设计等工作提供了一套工具书。我对此书的出版表示祝贺。

葛志荣 2005年5月

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 t,2003 年增加到 1.5 亿 t,2004 年更是突破 2 亿 t 大关,达到 2.08 亿 t,近几年进口铁矿石将达到 2.5 亿 t~3 亿 t。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。

目 录

第一章 概论

第一节	铁矿石概述	1
第二节	铁矿石生产与钢铁炼制	10
第三节	铁矿石检验	17

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	20
第二节	检验误差理论	22
第三节	统计检验	36
第四节	方差分析	53
第五节	相关与回归分析	64
第六节	样本数据异常的检验与质量管理图 ...	76

第三章 取样制样基本原理

第一节	铁矿石取样方案与概型	94
第二节	检验各阶段误差的合成	105
第三节	质量检验结果精密度的检验	113

第四章 化学分析基本原理

第一节	滴定和重量试验方法	118
第二节	吸光光度法	128
第三节	原子吸收光谱法	134
第四节	发射光谱法	141
第五节	ICP 光谱法	147

第六节	X 射线荧光光谱法	155
-----	-----------------	-----

第五章 铁矿石取样制样方法

第一节	取样的目的和意义	166
第二节	取样制样总体原则	169
第三节	手工取样方法	174
第四节	机械化取样方法	187
第五节	铁矿石样品的制样方法	206
第六节	物理试验用试样取样和制样方法	232
第七节	取样制样工程实践	241
第八节	国内主要取制样系统设备介绍	264

第六章 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	282
第二节	校核取样精密度试验方法	290
第三节	校核取样偏差的试验方法	305
第四节	评定品质波动的试验方法	326
第五节	校核制样精密度试验方法	338

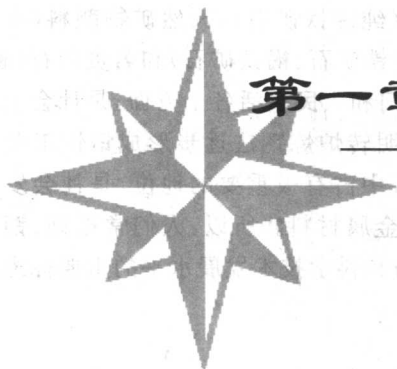
第七章 铁矿石物理项目测定

第一节	水分含量的测定	349
第二节	粒度含量的测定	359
第三节	还原度的测定	376
第四节	相对还原度的测定	379
第五节	球团抗压强度的测定	382
第六节	转鼓强度试验方法	384
第七节	体积密度的测定	386

第八章 铁矿石中常见元素化学分析

第一节	化学分析前的准备	388
第二节	全铁的测定	393
第三节	金属铁的测定	398
第四节	酸溶亚铁含量测定——滴定法	399
第五节	铜元素的测定	400

第六节	铅元素的测定	402
第七节	锌元素的测定	403
第八节	镍元素的测定	403
第九节	锰元素的测定	406
第十节	钛元素的测定	407
第十一节	磷元素的测定	411
第十二节	砷元素的测定	413
第十三节	二氧化硅的测定	415
第十四节	三氧化二铝的测定	418
第十五节	氧化钙及氧化镁的测定	422
第十六节	氧化钾和氧化钠的测定	424
第十七节	硫元素的测定	426
第十八节	各种元素的测定——ICP 发射光谱法	428
第十九节	各种元素的测定——X-荧光光谱法	430
附录 1	t 分布表	433
附录 2	F 分布表	434
附录 3	X^2 分布表	441
附录 4	极差系数表	442
附录 5	相关系数表	443
附录 6	ISO TC102 铁矿石检验国际标准索引	444
附录 7	铁矿石检验国家标准索引	447
参考资料		450



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,用量也是最多的一种金属,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(含碳量一般在 2%以上)和钢(含碳量一般在 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

磁铁矿石中含 FeO 为31.03%, Fe_2O_3 为68.97%或含 Fe 为72.2%, O 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。 $\text{Fe}_{(2+x)}^{2+}\text{Fe}_{(2-2x)}^{3+}\text{Ti}_x\text{O}_4$ ($0 < x < 1$),含 TiO_2 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 $\text{Fe}^{2+}(\text{Fe}^{3+}\text{V})\text{O}_4$,含 V_2O_5 有时高达68.41%~72.04%。

(3) 钒钛磁铁矿石。其成分为更为复杂的上述两种矿物的固溶体产物。

(4) 铬磁铁矿石。含 Cr_2O_3 可达百分之几。

(5) 镁磁铁矿石。含 MgO 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,称之为磁赤铁矿石。

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。为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。 $\alpha\text{-FeO}(\text{OH})$,含 Fe 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。 $\gamma\text{-FeO}(\text{OH})$,含 Fe 62.9%。含不定量的吸附水者,称水纤铁矿石 $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot \text{NH}_2\text{O}$ 。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 中含 Fe 36.8%,Ti 36.6%,O 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 , 含 FeO 62.01%, 含 CO_2 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(VIII B)的元素。它与钴和镍同属四周期 VIII B 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 $^{12}\text{C}=12.000$ 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 7.86g/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、钒钛磁铁矿石、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: 50 mm~250 mm;

电炉用铁矿石: 50 mm~100 mm;

转炉用铁矿石: 10 mm~50 mm。

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/%			
	T Fe	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: 含 Cu≤0.2%, 含 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 $P \leq 0.03\% \sim 0.18\%$;

碱性侧吹转炉炼钢生铁矿石 $P \leq 0.2\% \sim 0.8\%$;

托马斯生铁矿石 $P \leq 0.8\% \sim 1.2\%$;

普通铸造生铁矿石 $P \leq 0.05\% \sim 0.15\%$;

高磷铸造生铁矿石 $P \leq 0.15\% \sim 0.6\%$ 。

(3) 需选铁矿石

对于含铁量较低或含铁量虽高但有害杂质含量超过规定要求的矿石或含伴生有益组分的铁矿石,均需进行选矿处理,选出的铁精粉经配料烧结或球团处理后才能入炉使用。

需经选矿处理的铁矿石要求:

磁铁矿石 $TFe \geq 25\%, mFe \geq 20\%$;

赤铁矿石 $TFe \geq 28\% \sim 30\%$;

菱铁矿石 $TFe \geq 25\%$;

褐铁矿石 $TFe \geq 30\%$ 。

对需选矿石工业类型划分,通常以单一弱磁选工艺流程为基础,采用磁性铁占有率来划分。根据我国矿山生产经验,其一般标准是:

矿石类型(%) mFe/TFe ;

单一弱磁选矿石 ≥ 65 ;

其他流程选矿石 < 65 。

对磁铁矿石、赤铁矿石也可采用另一种划分标准:

$mFe/TFe \geq 85$ 磁铁矿石;

$mFe/TFe 85 \sim 15$ 混合矿石;

$mFe/TFe \leq 15$ 赤铁矿石。

五、铁矿石资源状况

截至 1996 年底,全国共查明铁矿石产地 1 834 处。累计探明铁矿石储量(A+B+C+D 级)504.78 亿 t,按全国铁矿石平均含铁品位 33% 计算,铁金属量为 166.58 亿 t。扣除历年开采与损失,尚保有铁矿石储量(A+B+C+D 级)463.47 亿 t,铁金属 152.95 亿 t,其中 A+B+C 级铁矿石储量 222.09 亿 t,铁金属为 73.29 亿 t,D 级铁矿石储量 241.38 亿 t,铁金属为 79.66 亿 t。

从 1955 年到 1995 年我国铁矿石保有储量整整增长了 10 倍。图 1-1-1 示出了我国铁矿石保有储量近 40 年来的增长情况。

根据 20 世纪 80 年代中期地质科研部门对我国铁矿石资源的预测(表 1-1-4),将全国大陆划分为 17 个预测区,共有有望航磁异常区 1 084 处,预测资源潜力 606 亿 t。其中 11 个预测区分布在东经 105° 线以东地区,有望航磁异常区 754 处,预测资源潜力为 317 亿 t,东部地区找矿程度较高,预测资源多以隐伏矿或盲矿体分布在已知矿带的深部和周边部。东经 105° 线以西地区,包括 6 个预测区,有望航磁异常 330 处,预测资源潜力为 289 亿 t,西部地区找矿和研究工作程度较低或很低,尚有发现新矿区的前景。据美国地质调查所和矿业局 1996 年 1 月的统计,世界铁矿石资源量超过 8 000 亿 t,折合金属量超过 2 300 亿 t。1995 年世界铁矿石储量 1 500 亿 t、储量基础 2 300 亿 t,折合铁金属量分别为

650 亿 t、1 000 亿 t(表 1-1-5),若以我国 A+B+C 级储量与世界各国储量基础比较,我国铁金属储量 73.29 亿 t,应在俄罗斯、澳大利亚、加拿大、巴西之后居世界第 5 位。从铁矿石储量看,2000 年世界铁矿石储量 3 000 亿 t,我国铁矿石储量 500 亿 t,占 16.7%,居世界第一位,但是,上面谈到我国铁矿石平均含铁品位 33%,而如巴西的铁矿砂其含铁品位高,即赤铁矿(四氧化三铁)含铁量 60.0%~67.0%,磁铁矿(二氧化三铁)含铁量 50.0%~60.0%,澳大利亚的铁矿砂其含铁品位高也在 60.0%~65.0%。如果从铁矿石储量来看,我国居世界首位,但储量铁矿石原矿含铁品位低(30%左右),若按铁矿石成品矿(含铁 53.2%)储量对比,我国则在巴西、独联体(俄罗斯)和澳大利亚之后,居世界第 4 位或第 5 位。

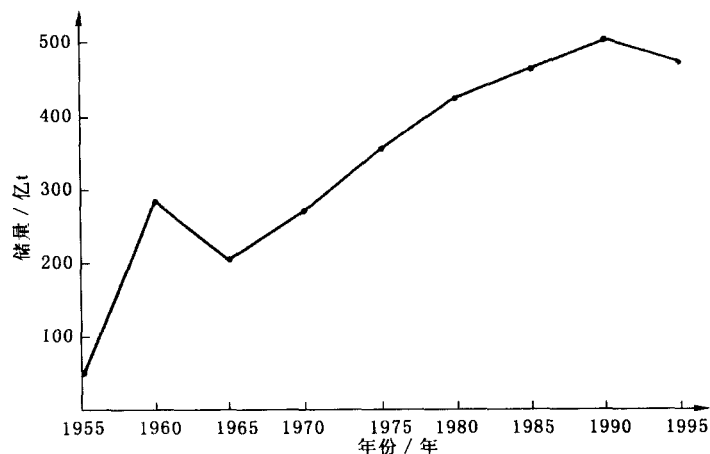


图 1-1-1 中国铁矿石保有储量增长曲线

表 1-1-4 1995 年我国 17 个重要铁矿石区(带)预测资源潜力统计

区(带)简称	有望航磁异常/处	预测资源潜力/亿 t
总计	1 084	606
东部地区	754	316.58
密云-怀柔	24	20.0
张家口	45	17.9
冀东	127	26.5
五台	24	19.7
蒙中	86	34.6
鞍山-本溪	77	112.5
辽西	77	57.4
闽南	32	5.0
粤北	116	1.1
宁(南京)芜湖	56	2.5
陕南	90	19.4