

黑色金属矿石

选矿试验

冶金工业出版社

74.918
628

黑色金属矿石选矿试验

《黑色金属矿石选矿试验》编写组

24586/17



黑色金属矿石选矿试验
《黑色金属矿石选矿试验》编写组

*
冶金工业出版社出版
新华书店北京发行所发行
冶金工业出版社印刷厂印刷

*
850×1168 1/32 印张 25 7/8 字数 685 千字

1978年12月第一版 1978年12月第一次印刷

印数 00,001~6,500 册

统一书号：15062·3369 定价（科三）2.40 元

(82543)

前 言

为了适应大打矿山之仗的需要，在总结建国以来黑色金属矿石选矿试验工作经验的基础上，我们选编了这本《黑色金属矿石选矿试验》。

本书介绍了我国黑色金属矿石选矿试验研究方法及其某些实践经验。书中包括：总论、黑色金属矿石的特点及工业要求、矿样的采取与制备、选矿工艺常用若干测定方法、磁化焙烧、磁选、电选、重选、浮选、数据处理和试验设计等内容，还列举了我国一些黑色金属选矿厂的生产实例。

本书是从事选矿试验研究工作者的参考用书。可供生产厂矿试验室、科研单位的工人、干部和技术人员参考，对设计人员和大专院校师生也有一定参考价值。

本书由马鞍山矿山研究院、长沙矿冶研究所、鞍钢烧结总厂和鞍山黑色冶金矿山设计研究院共同编写，并由鞍山黑色冶金矿山设计研究院汇编而成。

在编写过程中，得到有关单位的大力支持和帮助，提供了许多技术资料和宝贵意见。东北工学院、鞍山钢铁大学参加了审核和修改工作。何玉魁同志对本书进行了全面审校，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中一定还存在缺点和错误，恳请广大读者批评指正。

《黑色金属矿石选矿试验》 编写组

一九七六年十二月

33786

目 录

前言

第一章 总论	1
第一节 黑色金属矿石资源特点及选矿概况	1
一、资源特点.....	1
二、选矿概况.....	4
第二节 选矿方法的选择	6
一、一般原则.....	6
二、铁矿石的选矿方法.....	7
三、锰矿石的选矿方法.....	12
四、铬矿石的选矿方法.....	13
五、钛和钒矿石的选矿方法.....	14
第三节 选矿试验	15
一、任务.....	15
二、目的、规模和内容.....	16
三、试验工作的开展.....	21
第二章 黑色金属矿石的特点及工业要求	24
第一节 黑色金属矿石特点及可选性	24
一、铁矿石.....	24
二、锰矿石.....	52
三、铬矿石.....	78
四、钛矿石.....	80
五、钒矿石.....	84
第二节 黑色金属矿产的一般工业要求	88
一、铁.....	88
二、锰.....	94
三、铬.....	98

四、钛	100
五、钒	100
第三章 矿样的采取与制备	102
第一节 矿床试样的采取	102
一、选矿试验对矿样的要求	102
二、编制采样设计必备的技术资料	104
三、编制采样设计	105
四、采样施工及品位验证	110
五、采样时的特殊问题和解决办法	111
六、矿样包装及采样说明书内容	112
第二节 选矿过程中试样的采取	113
一、采样流程图及采样表	113
二、原矿及选矿产品的采样	116
三、辅助物质的采样	131
第三节 矿样的制备	134
一、选矿试验用样的配制	134
二、矿样制备的计算和方法	137
第四章 选矿物料工艺性质和参数的测定方法	140
第一节 选矿物料工艺性质的测定方法	140
一、摩擦角和堆积角的测定	140
二、比重的测定	141
三、选矿物料粒度的测定	145
四、矿石相对可磨度的测定	155
五、矿浆沉淀速度的测定	159
六、矿物比磁化系数的测定	159
第二节 选矿工艺参数的测定方法	165
一、矿浆比重、浓度和 pH 值的测定	165
二、药剂浓度和用量的测定	172
第三节 选矿设备工艺参数的测定	173
一、生产能力的测定	173

二、浮选时间的测定	175
三、磁场强度的测定	176
第四节 焙烧矿的质量检验	182
一、化学分析检验法	183
二、测定焙烧矿的磁性	184
三、用磁性分析仪检验	184
第五章 磁化焙烧	186
第一节 磁化焙烧基本原理	187
一、磁化焙烧分类	187
二、铁矿物焙烧图	188
三、影响磁化焙烧的主要因素	190
四、焙烧时间	194
第二节 磁化焙烧试验	195
一、竖炉磁化焙烧试验	195
二、转炉(或称回转窑)还原焙烧试验	224
三、沸腾焙烧炉还原焙烧试验	235
四、斜坡炉磁化焙烧试验	274
第三节 焙烧用燃料简介	278
一、气体燃料	278
二、液体燃料	279
三、固体燃料	280
四、煤气的特性及安全技术	280
第四节 还原焙烧实例	283
一、50米 ³ 竖炉	283
二、100米 ³ 竖炉	288
第六章 磁、电选	292
第一节 磁选原理	292
一、磁选的基本条件	292
二、磁力	293
三、矿粒在磁场中受力的分析	294

四、矿物的磁性	298
第二节 磁选试验	303
一、试验室试验	303
二、半工业及工业试验	354
第三节 电选试验	365
一、电选试验设备	365
二、入选前矿石的处理	370
三、条件试验	371
四、流程试验	373
第四节 磁系设计资料	374
一、电磁磁系	374
二、永磁磁系	393
三、磁选机研制用资料	405
第五节 磁、电选实例	416
一、铁矿石	416
二、锰矿石	428
三、钛砂矿	428
第七章 重选	432
第一节 重选主要依据	433
第二节 重选试验	435
一、重选试验的特点	435
二、重液和悬浮液试验	437
三、水力分级和脱泥试验	447
四、洗矿试验	464
五、重介质选矿试验	469
六、跳汰试验	477
七、螺旋选矿机及螺旋溜槽试验	491
八、扇形溜槽选矿试验	503
九、摇床选矿试验	507
十、离心选矿机选矿试验	516

第三节 重选实例	527
一、铁矿石的重选	527
二、锰矿石的重选	539
三、某铬铁矿重选厂	542
四、某钛铁矿选矿厂	543
第八章 浮选	546
第一节 铁矿物的可浮性	546
第二节 浮选方法	552
一、铁矿石的浮选	552
二、锰矿石的浮选	565
三、钛矿石的浮选	567
四、选择性絮凝脱泥	570
第三节 浮选试验	573
一、试验室试验	573
二、小型连续浮选试验	597
三、半工业或工业试验	607
第四节 浮选药剂	609
一、浮选药剂的分类	609
二、常用浮选药剂	610
三、脂肪酸及其皂类捕收剂的分析项目和分析方法	610
第五节 浮选实例	628
一、铁矿石	628
二、锰矿石	633
第九章 数据处理和试验设计	637
第一节 能变性的衡量尺度	637
一、试验值的偏差	638
二、平均值的误差	640
三、可疑试验值的舍弃	641
四、准确度和精确度的检验	645
第二节 变量之间的关系	647

一、一元线性回归	648
二、两条回归线的比较	651
三、多项式回归	653
四、二元回归分析	659
第三节 平均数的比较	664
一、两个平均数的比较 (t —显著性检定)	664
二、多个平均数的比较	
(单因素多水平的方差分析法)	669
三、多道工序作业的分析	675
第四节 简单比较试验法	680
第五节 优选试验法	682
一、单因素分割法 (0.618法)	682
二、单因素等分法 (分数法)	683
三、二因素等高线法	684
四、二因素优选-析因法	687
第六节 正交试验设计	690
一、多因素筛选试验	695
二、主要因素的全面试验	698
三、正交表的分析	704
四、多水平的试验	719
附录	761
附录一 主要黑色金属矿物数据表	761
一、主要铁矿物数据表	761
二、主要含铁硅酸盐和含铁碳酸盐矿物数据表	763
三、铁矿石中主要含硫、磷、砷的矿物数据表	769
四、主要锰矿物数据表	771
五、铬铁矿数据表	774
六、主要钛矿物数据表	775
七、主要钒矿物数据表	776
附录二 选矿方法的方案比较	777

一、选择选矿方案的主要影响因素	777
二、选矿方案比较的基础资料	777
三、选矿方案比较的主要内容和计算方法	778
四、实例	779
附录三 选矿效率	785
一、选矿效率公式	785
二、计算中的几个问题	787
三、分配曲线法计算选矿效率	789
附录四 选矿试验室设计实例	790
一、试验室规模	790
二、试验室设备	791
三、试验室布置	792
四、试验室的水、电及煤气用量	792
附录五 选矿试验室常用设备	796
附录六 常见标准筛制	800
附录七 选矿试验“外委”项目及要 一、岩矿鉴定的委托及要求	801
二、物相分析的委托及要求	801
三、光谱分析的委托及要求	802
四、多元素化学分析的委托及要求	802
五、试金分析的委托及要求	802
附录八 铁矿石化学分析允许误 差范围(参考)	803
附录九 铁矿石全分析结果的合 量计算方法(参考)	809
附录十 常用单位及其换算	810
一、长度单位及其换算	810
二、重量单位及其换算	810
三、容积单位及其换算	811
四、力的单位及其换算	811

五、功、能和热量单位及其换算	811
六、功率单位及其换算	812
七、温度单位及其换算	812
八、压力单位及其换算	812
九、流量单位及其换算	813
十、粘度单位及其换算	813
十一、电磁单位及其换算	813

第一章 总 论

黑色金属矿石选矿试验研究工作是发展我国矿山和钢铁工业的重要组成部分。建国二十多年来，在毛主席的无产阶级革命路线指引下，黑色金属矿石选矿试验研究工作，贯彻执行了党的各项方针政策，坚持以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，坚持无产阶级专政下的继续革命，这一工作得到迅速发展，并将继续发挥重要作用。

当前，黑色金属矿石选矿试验研究工作面临着十分艰巨而光荣的任务。从冶炼来看，精料入炉，是充分利用我国的矿石和焦煤资源，挖掘冶炼潜力，加速钢铁工业发展的有效措施。贯彻精料方针必须搞好矿山和选矿（尤其是赤铁矿选矿），多产优质精矿，保证高炉吃饱吃好。炼铁实践得出：入炉矿石铁品位每提高1%，焦比降低约2%，利用系数提高约3%。因此，目前要求铁精矿品位（磁铁矿、赤铁矿）在65%以上，钛铁矿精矿品位（二氧化钛）在48%以上。为满足钢铁发展的需要，各种黑色金属矿石量和精矿量必须大幅度的增长。每生产1吨钢需要铁精矿或富矿石约2吨，对于贫矿石约需4~5吨；需要成品锰矿石约70公斤；铬矿石约10公斤。从我国黑色金属矿石资源条件看，随着矿石开采量的增加，较难选的弱磁性铁矿石和多铁矿物铁矿石所占比例日益增多，入选矿石的品位逐渐下降，矿石的矿物成分也愈来愈复杂。

从上述情况不难看出，黑色金属矿石选矿试验研究工作，对高速发展我国钢铁工业所起的作用是十分重要的。

第一节 黑色金属矿石资源特点及选矿概况

一、资源特点

根据已有的勘探结果说明，我国的黑色金属矿石资源丰富，

其特点是：储量大，矿床类型多，贫矿石多，磁铁-赤铁矿石和赤铁矿石多，细粒嵌布的多，多金属共生矿石占相当比例。这种资源特点决定了多数矿石均需选矿处理，且入选矿石性质复杂。

(一) 铁矿

我国已探明的铁矿遍及全国，以东北、华北和西南储量较大。在铁矿总储量中，富矿石比例小，贫矿石比例大。而富矿石的2/3左右由于含有可供综合利用的有用成分或应去除的有害杂质，所以占储量95%左右的铁矿石都需要选矿。贫矿石绝大部分是细粒嵌布的，其中磁铁矿石约占30%，含多金属铁矿石和弱磁性铁矿石约占70%。伴生成分有锰、钒、钛、铜、钴、铅、锌、钨、锡、钼、砷、硫、磷、煤和稀土、稀散以及放射性元素等。

铁矿床主要类型有沉积变质型、沉积型、岩浆型、热液型和矽卡岩型五种，见表1—1。后三种都属于内生矿床。近年来地质界有的意见将热液型和矽卡岩型两类矿床的一部分划为火山岩地区的铁矿。

我国铁矿床的主要类型

表 1—1

矿床类型		储量, %	矿石类型	主要分布地区
沉积变质型		48.7	磁铁矿石、多铁矿物铁矿石(磁铁-赤铁矿石, 磁铁-菱铁矿石, 镜铁-菱铁矿石-赤铁矿等)	鞍山、冀东、山西、甘肃、湖南
内生矿床	岩浆型	14.2	含钒钛磁铁矿石	四川、河北
	矽卡岩型	9.5	含硫化物的多金属铁矿石	鄂东、邯邢
	热液型	11.0	含硫化物、磷或稀土的多金属铁矿石	内蒙、宁芜、云南
沉积型		15.0	鲕状赤铁矿石(赤铁-菱铁矿石、菱铁矿石等)	鄂西、湘东、云南、河北
未划分及其他		1.6		

沉积变质型铁矿床储量和开采量都占首位，以露天开采为主。矿石绝大多数是酸性贫矿石，主要是磁铁矿石和磁铁-赤铁矿石，一般比较易选，有较多的选矿生产实践。内生铁矿床储量和开采量居第二位，露天和地下开采。该类型的富矿石中磁铁矿石比例较大，有酸性和自溶性矿石，常伴生各种有用成分，有综合回收价值，选矿较复杂，但有选矿生产实践。沉积型铁矿床储量和开采量均列末位，以地下开采为主。主要是鲕状赤铁矿石，富矿石占一定比例，有酸性、自溶性和碱性矿石，有的含磷或锰等成分，一般比较难选。

各类矿床中，都有一部分难选的矿石。例如，鲕状赤铁矿石、微粒嵌布磁铁-赤铁矿石、含有色金属褐铁矿石、含稀土磁铁-赤铁矿石和含钒钛磁铁矿石等。为了实现钢铁工业的合理布局和资源综合利用，必须充分利用这些矿石。

除天然的铁矿资源外，近年来对硫酸渣、铁渣和钢渣等工业废料中的铁也开展了综合回收的研究并已开始用于生产。

(二) 锰矿

我国的锰矿资源也很丰富，大部分集中在中南和西南。贫矿占总储量的90%左右，矿物嵌布粒度细，相当大一部分是含铁或含磷的。碳酸锰矿石约占储量的2/3，氧化锰矿石约占1/3。锰矿石除了伴生铁和磷之外，有的还伴生钴、镍、铅、锌、银、铜和硼等，有综合利用价值。

锰矿床的主要类型有沉积型和风化型两种（见表1—2）。沉积型锰矿床储量多，规模大，一般是地下开采，以碳酸锰矿石为主，也有氧化锰矿石，选矿生产实践不多。风化型锰矿床储量分散，规模较小，但目前开采量上占首位，常为露天开采，以次生氧化锰矿石为主，有洗选生产实践。

锰矿石中，除风化型含泥矿石可以用洗矿方法处理外，一般选矿都比较复杂，有些是难选矿石。

(三) 铬、钛和钒矿

铬矿目前是我国的稀缺矿种。建国后由于大力勘探，取得不

少进展。已探明的铬铁矿储量中，贫矿石占一半以上，主要集中在我国西部和华北。矿床主要是产于超基性岩体中的铬铁矿，矿石类型主要有致密块状-稠密浸染状矿石和稠密-中等浸染状矿石两种，前者主要是富矿石，后者主要是贫矿石（见表1—2）。

我国锰、铬、钛、钒矿床主要类型

表 1—2

矿床类型		矿石类型	主要分布地区
锰	沉积型	碳酸锰矿石	湖南、广西、贵州
		氧化锰矿石	辽宁、江西
	风化型	氧化锰矿石	广西、湖南
铬	超基性岩型	致密块状-稠密浸染状铬 铁矿石	新疆、西藏
		稠密-中等浸染状铬铁 矿石	内蒙、河北
钛、 钒	岩浆型钒钛磁铁矿床	含钒钛磁铁矿石	四川、河北
	钛铁矿砂矿床	钛铁矿锆英石砂矿	广东、广西、山东
	沉积型钒矿床	含钒炭质板岩	湖北、湖南、浙江

根据目前勘探情况，我国的钛矿资源以钛铁矿为主，储量十分丰富，但高钛矿物，如金红石和白钛石等较少，基本上都是贫矿石。矿床主要有岩浆型钒钛磁铁矿床和钛铁矿砂矿床两种。前者储量很大，作为铁矿石已经开采和选别，钛、钒的综合利用亦有生产实践，并且还在研究提高。后者储量分散，钛铁矿常与锆英石、独居石共生，有的也含金红石，可以综合回收（见表1—2）。

我国的钒矿以含钒铁矿床为主，包括岩浆型钒钛磁铁矿床和热液型含钒铁矿床。此外，还有单独的钒矿床，如沉积型含钒炭质板岩等（见表1—2）。

二、选矿概况

解放初期铁矿石的选矿厂全国只有两个，到1973年底已经建

成的重点铁矿选矿厂共21个，原矿年处理能量是1950年的74倍或1965年的2.9倍。这些选矿厂入选矿石，磁铁矿石占64%，采用弱磁选或弱磁选-硫化物浮选方法；弱磁性铁矿石和磁铁-赤（菱）铁矿石共占36%左右，其中采用焙烧磁选的占9.3%，采用浮选的占9.1%，采用弱磁选与浮选、重选或强磁选联合流程的占17.6%。此外，生产上也有采用重选方法处理弱磁性铁矿石的。除了选别单一铁矿石外，还从含多金属铁矿石中综合回收了铜、钴、硫、磷、稀土、钒和钛等有用成分。

在锰、铬、钛和钒矿石的选矿方面，解放后，从无到有建立了一批选矿厂。除了用洗矿和重选处理氧化锰矿石外，还建成了用还原焙烧磁选-重选方法选别含铁锰矿石和浮选碳酸锰矿石的选矿厂。成功地应用了富锰渣、酸浸和电解等方法处理难选锰矿石。贫铬矿石的选别已在工业上应用。从海滨砂矿中用重选、强磁选、电选和浮选等方法综合回收了钛铁矿、金红石、锆英石和独居石等多种有用成分。从含钒铁矿石中用火法和湿法冶金提取钒已有工业生产。

随着钢铁工业的发展，黑色金属矿石选矿的技术水平有很大提高。已用于生产的主要技术革新成果有：铁矿石的自磨；磁选设备永磁化；磁铁矿石的干磨干选；贫赤铁矿石的闭路磁化焙烧；以石油化工产品及其副产品为原料的赤铁矿石浮选药剂；用蒸汽喷射泵强化浮选精矿的过滤；振动溜槽和旋流器等重介质选矿设备；离心选矿机、螺旋选矿机、扇形溜槽和圆锥选矿机等细粒矿石重选设备；各种型式的强磁场磁选机，高压电选机以及在选矿设备上应用铸石、橡胶、锦纶、玻璃钢和铸型尼龙等耐磨材质和新材质等。经过试验取得较好效果的还有：浮选柱、螺旋溜槽和多梯度磁选机等各种选别设备，各种型式的粉矿磁化焙烧炉以及微粒嵌布赤铁矿石的选择性絮凝分选等。选矿自动化的研究也有了良好的开端。对各种难选黑色金属矿石开展了选矿与冶金联合方法的研究，许多已用于生产。