

ICS 73.020

CCS 点击此处添加 CCS 号

**DZ**

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T XXXXX—XXXX

## 选矿试验技术方法 第4部分：磁选

Technical methods of mineral processing test—Part 4: Magnetic separation

(报批稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中华人民共和国自然资源部 发布



## 目 次

前言 .....	II
引言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 目的任务 .....	1
5 试验样品 .....	1
6 试验设备 .....	2
6.1 称量设备 .....	2
6.2 磁选设备 .....	2
6.3 其他设备 .....	2
7 试验方法 .....	2
7.1 试验条件 .....	2
7.2 古依法比磁化系数测定 .....	2
7.3 矿物可选性试验 .....	3
7.4 常规磁选试验 .....	3
7.5 试验操作 .....	4
7.6 样品处理 .....	4
8 试验记录 .....	4
附录 A（资料性） 实验室常用磁选设备型号 .....	6
附录 B（资料性） 湿式电磁滚筒磁选机操作方法 .....	7
附录 C（资料性） 干式永磁辊式磁选机操作方法 .....	8
附录 D（资料性） 周期式高梯度磁选机操作方法 .....	9
附录 E（资料性） 立环式高梯度磁选机操作方法 .....	10
参考文献 .....	11

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是DZ/T XXXX《选矿试验技术方法》的第4部分，DZ/T XXXX已经发布了以下部分：

- 第1部分：破碎筛分
- 第2部分：磨矿分级
- 第3部分：重选
- 第4部分：磁选
- 第5部分：浮选

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会（TC93）归口。

本文件起草单位：中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所、长沙矿冶研究院有限责任公司、武汉理工大学、华北理工大学、中国地质科学院水文地质环境地质研究所、包钢集团矿山研究院（有限责任公司）。

本文件主要起草人：李作敏、冯安生、吕振福、马晓楠、张博冉、丁国峰、杨卉芃、柳林。

## 引 言

DZ/T XXX《选矿试验技术方法》是选矿试验操作的标准化和规范化指引，以保证试验数据的准确性和试验结果的可靠性。DZ/T XXX《选矿试验技术方法》拟由9个部分组成。

- 第1部分：破碎筛分；
- 第2部分：磨矿分级；
- 第3部分：重选；
- 第4部分：磁选；
- 第5部分：浮选；
- 第6部分：焙烧；
- 第7部分：球团；
- 第8部分：浸出；
- 第9部分：拣选。

本部分为DZ/T XXXX的第4部分，明确了实验室选矿试验中的磁选试验技术方法，其中包括相关的术语与定义、目的任务、试验样品、试验设备、试验方法及试验记录等，与相关技术标准配套使用。



## 选矿试验技术方法 第4部分：磁选

### 1 范围

本文件给出了固体矿产实验室磁选试验相关的术语和定义，明确了目的任务、试验样品、试验设备试验方法和试验记录等要求。

本文件适用于固体矿产实验室选矿试验中的磁选试验。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

DZ/T 0130.1 地质矿产实验室测试质量管理规范 第1部分：总则

DZ/T 0130.2 地质矿产实验室测试质量管理规范 第2部分：岩石矿物分析试样制备

DZ/T 0130.3 地质矿产实验室测试质量管理规范 第3部分：岩石矿物样品化学成分分析

DZ/T 0372 固体矿产选冶试验样品配制规范

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**磁选 magnetic separation**

利用矿物间磁性差异进行分选的一种方法。

#### 3.2

**磁场强度 magnetic field strength**

单位磁量在该点所受磁力的大小，单位为A/m(国际单位制)、Oe(绝对电磁单位制)。

#### 3.3

**比磁化系数 coefficient of magnetization**

单位体积物质在标准磁场内受力的大小。

注：单位为 $\text{m}^3/\text{kg}$ 。

### 4 目的任务

确定矿石中磁性矿物的磁性大小及含量；确定具体的矿石分选所需的条件、流程；为有必要的矿物分选试验提供合格的矿样；分离磁性矿物和非磁性矿物，得到合格的产品。

### 5 试验样品

5.1 矿样应单独存放在固定的储存场所内，确保矿样不与其他物品混合或反应。易氧化矿样应密封保存。

5.2 试验样品应具有统一的编号。

5.3 应充分混匀缩分后取样使具有代表性。

5.4 应根据矿物嵌布粒度及解离特征将试验样品磨至合适粒度。

5.5 磁性分析的试验样品粒度不宜大于0.3mm，可选性试验的试验样品粒度不应大于0.5mm。

5.6 应根据试验要求、矿石性质与使用的磁选设备设定矿样质量，并符合切乔特公式。

## 6 试验设备

### 6.1 称量设备

6.1.1 称量设备一般用于矿样质量、矿浆质量的称重。

6.1.2 根据矿样质量选择合适的称量设备，称量 1kg 以下的矿样一般选择电子台秤，常用的电子台秤量程有 1kg、3kg、5kg 等，感量值为 0.001kg；称量 1kg 以上的样品一般采用台秤或案秤，最大量程和最小刻度的对应关系应符合 DZ/T XXX《选矿试验技术方法 第 1 部分：破碎筛分》表 1 要求。

6.1.3 对质量精细度要求较高时，可选用半微量电子天平，量程不高于 250g，感量值为 0.0001g。

### 6.2 磁选设备

6.2.1 分选比磁化系数大于  $35 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{kg}$  的矿物，应选择磁场强度小于 200KA/m 的弱磁场磁选机，型号见附录 A。

6.2.2 分选比磁化系数为  $7.5 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{kg}$  至  $0.1 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{kg}$  的矿物，应选择磁场强度为 400KA/m~1600KA/m 的强磁场磁选机，实验室常用磁选设备型号见附录 A。

### 6.3 其他设备

6.3.1 过滤设备宜采用真空过滤机。

6.3.2 烘干设备宜采用电热鼓风干燥箱，调温范围 50°C~200°C。

6.3.3 手工研磨器宜采用玻璃研钵、玛瑙研钵和陶瓷研钵。

6.3.4 机械研磨机宜采用三头研磨机和振动研磨机。

## 7 试验方法

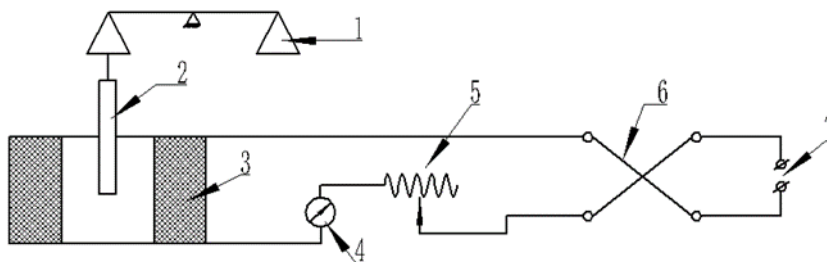
### 7.1 试验条件

7.1.1 应在磁选实验室进行试验，应配备除尘装置、降噪装置。

7.1.2 实验室内应配备完善的排水系统。

7.1.3 试验人员不随身携带和佩戴易受磁场干扰的手机、手表等物品，应穿工作服、手套等防护工具。

### 7.2 古依法比磁化系数测定



标引序号说明：

- 1—分析天平；
- 2—薄壁玻璃管；
- 3—多层螺管线圈；
- 4—直流电流表；
- 5—变阻器；
- 6—转换开关；
- 7—直流电源。

图1 古依法测定矿物比磁化系数装置图

7.2.1 称量空玻璃管的质量，将样品装入玻璃管内并压紧，样品高度 350mm。

7.2.2 称量带样品的玻璃管质量，挂在分析天平的左盘下，使其下端位于线圈的中心。

7.2.3 接通线圈电源，在磁场中称量带有样品的玻璃管质量，按照公式 (1) 计算出样品重量，按照公



式(2)计算出样品在磁场中的重量增量。

$$P = (m_2 - m_1)g \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- $P$  ——样品重量,单位为牛顿(N);  
 $m_1$  ——空玻璃管的质量,单位为千克(kg);  
 $m_2$  ——带样品的玻璃管质量,单位为千克(kg);  
 $g$  ——重力加速度,  $9.8\text{m/s}^2$ 。

$$\Delta p = (m_3 - m_2)g \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- $\Delta p$  ——样品在磁场中的重量增量,单位为牛顿(N);  
 $m_3$  ——磁场中带样品的玻璃管质量,单位为千克(kg)。

7.2.4 按照公式(3)计算出比磁化系数。

$$x_0 = \frac{2g\Delta pL}{\mu_0PH^2} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- $x_0$  ——样品的比磁化系数,单位为每千克立方米( $\text{m}^3/\text{kg}$ );  
 $g$  ——重力加速度,  $9.8\text{m/s}^2$ ;  
 $\Delta p$  ——样品在磁场中的重量增量,单位为牛顿(N);  
 $P$  ——样品重量,单位为牛顿(N);  
 $L$  ——试样长度,单位为米(m);  
 $\mu_0$  ——真空中导磁系数,  $4\pi \times 10^{-7}\text{N/A}^2$ ;  
 $H$  ——样品两端最高磁场强度,单位为每米安(A/m)。

### 7.3 矿石可选性试验

7.3.1 矿石可选性试验一般采用磁选管进行试验。

7.3.2 取适量具有代表性的试验样品装入小烧杯中调浆,使其充分分散。

7.3.3 将水引入磁选管的玻璃管内并调节玻璃管上下端橡皮管的夹子,使管内水流保持稳定,且水面高于磁极30mm。

7.3.4 接通直流电源,调节磁场强度至预先设定值,开始给矿。

7.3.5 先将烧杯中的矿泥由玻璃管的上端冲洗到管内,再将沉于杯底的矿砂给入磁选管。

7.3.6 磁性矿物被吸附到磁极的管内壁,非磁性矿物随冲洗水从玻璃管下端排出至接矿桶内,视为尾矿。

7.3.7 管内水清晰时视为分选完成,停止给水,放出管内剩余的水,更换接矿桶,切断直流电源,洗出磁性矿物,视为精矿。

7.3.8 应根据矿样的磁性特征确定不少于4个磁场强度进行条件试验并分别记录试验结果。

7.3.9 精矿和尾矿分别脱水、烘干、称重、取样并送化学分析,试验结果计入选矿试验结果记录表内,见《选矿试验技术方法 第3部分:重选》表4。

7.3.10 计算精矿产率与回收率,并分析磁选分离效果,确定矿物可选性。

### 7.4 常规磁选试验

7.4.1 实验室磁选试验一般采用小型磁选机进行预选试验,宜用少量试样进行广泛探索,寻求最佳试验方案。

7.4.2 一般对不同磨矿粒度及各种选别条件下的产品进行磁性分析,初步确定适宜的入选粒度、选别段数、选别条件、磁选机型号以及可达到的指标。

7.4.3 弱磁性矿物磁选应先用弱磁场磁选机去除夹杂的强磁性矿物,然后使用强磁场磁选机进行分离。

7.4.4 粗粒矿石宜采用干式磁选,细粒矿石宜采用湿式磁选。

7.4.5 一般根据预先试验确定好的磁选机型号做初步探索试验,根据试验现象调节给矿粒度、给矿速

度、磁场强度等影响因素。

7.4.6 弱磁性矿物若经一次磁选试验后结果不理想，一般宜采用细磨-弱磁选-强磁选的试验方案进行再选；强磁性矿物若经一次磁选试验后效果不理想，一般宜采用细磨—磁选-精选的试验方案进行。

7.4.7 用少量试验样品确定适宜的试验条件后，一般宜用大量试验样品进一步进行试验验证。

7.4.8 单次试验时，应根据矿石中矿物比磁化系数及原生粒度、解离度关系选择合适的磁选设备。

7.4.9 磁选试验一般不做全流程连续试验，必要时多进行作业连续试验；连续试验时应根据矿石中矿物比磁化系数及原生粒度、解离度关系以及原有单次试验的实验室试验流程制定选别方案拟定连续试验流程。

7.4.10 应制定取样点、取样时间、取样种类、取样方法等取样流程方案。

## 7.5 试验操作

7.5.1 单次试验时，矿样各产品应分别收集、分别处理。连续试验时，矿样各产品应结合试验规模，具体确定采用分别截取法取样还是分别收集取样。

7.5.2 连续试验时，应考虑物料在管道、连接设备、分选设备中达到平衡的时间并保证其持续稳定 8 小时。湿式电磁筒磁选机的操作方法参见附录 B、干式永磁辊式磁选机的操作方法参见附录 C、周期式高梯度磁选机的操作方法参见附录 D、立环式高梯度磁选机的操作方法参见附录 E。

7.5.3 采用截取法取样时，应在试验稳定后进行，可定时多次取样。

7.5.4 磁选试验应根据矿石性质确定是否接取中矿及其个数，必要时中矿按其性质单独选别，其产品按照品位分别归入精矿或尾矿中。特殊情况时中矿可作为单独产品。连续试验时中矿可以根据其物质组成特征返回到原矿或单独处理。

## 7.6 样品处理

7.6.1 磁选试验产品制样时，应待矿浆澄清后抽出上层澄清水；使用过滤机过滤样品时应确认设备干净，倒入矿浆时应防止溅出。

7.6.2 启动过滤机时应先开启电源后打开补加水，关闭过滤机时应先关闭补加水后关闭电源。

7.6.3 过滤结束后应将滤饼完全取出。

7.6.4 样品的干燥温度应保证矿样的物理化学性质不受影响，易挥发矿或硫化矿设置温度应低于 80℃，易氧化矿物设置温度应低于 110℃。

7.6.5 样品烘干后宜用夹钳取出，以防烫伤。

7.6.6 试验样品分别称重并记录数据，见《选矿试验技术方法 第 3 部分：重选》表 4。

7.6.7 将样品进行混匀缩分，可参考 DZ/T 0372 附录 A 规定的混匀缩分方法操作，混匀缩分后的样品放入装样小袋，其余样品单独存放。

7.6.8 混匀缩分后，根据分析测试要求确定选用手工研磨、三头研磨机研磨、振动磨样机研磨，确保研磨设备或工具对样品无污染。

7.6.9 将样品装袋并按照统一规则记录编号，必要时送至检验分析；分析质量按照 DZ/T 0130.1、DZ/T 0130.2、DZ/T 0130.3 执行。

## 8 试验记录

8.1 试验编号应遵循统一的编号规则。

8.2 试验计量应使用法定计量单位。

8.3 试验流程宜绘制流程图。

8.4 磁选试验应有完整的试验记录，根据试验设备的不同调整试验记录，相关内容见附录 B、附录 C、附录 D、附录 E。

8.5 试验结束将产品名称、重量以及化验品位写入选矿试验结果记录表，记录表参见《选矿试验技术方法 第 3 部分：重选》表 4。

### 8.6 试验数据分析

8.6.1 应按照计量设备的感量确定有效数字。

- 8.6.2 计算所得的试验数据宜采用“四舍六入五凑偶”的规则保留有效数字。
- 8.6.3 按照产率计算公式计算出各产品产率计入选矿试验结果记录表，产率计算公式参见《选矿试验技术方法 第1部分：破碎筛分》公式（2）。
- 8.6.4 按照回收率计算公式计算出各产品回收率写入选矿试验记录表，回收率计算公式参见《选矿试验技术方法 第3部分：重选》公式（4）。
- 8.6.5 计算结束后需对试验数据进一步判断，以选择最佳试验流程，判断依据应按照《选矿试验技术方法 第3部分：重选》8.6.5执行。
- 8.7 试验误差
  - 8.7.1 批次磁选试验前后矿样质量损失不应大于总质量的3%。
  - 8.7.2 连续磁选试验前后矿样质量损失不应大于总质量的1%。

附 录 A  
(资料性)  
实验室常用磁选设备型号

表A.1 实验室常用磁选设备型号

设备类型	设备名称	设备型号	磁场强度 (KA/m)	适用粒度范围 (mm)	处理量 (kg/h)
弱磁场磁选机	湿式电磁滚筒磁选机	CTS-400×240	<120	<2.5	<50
	干式永磁滚筒磁选机	CTG-400×240	160	<3	<60
强磁场磁选机	磁选管	CGS-50	<1200	<0.5	<2
	干式滚筒磁选机	CTG-400×300	640	<1	<60
	干式永磁辊式磁选机	CGG-34	<1560	<3	<1000
	周期式高梯度磁选机	-	<1200	<1	<2
	立环式高梯度磁选机	CTDL-7	<1560	<1.3	<500
	平环式高梯度磁选机	SHPII-560	<1390	<0.5	<600
	内筒式强磁选机	ZCLA-600	<550	<20	<2000

## 附录 B

(资料性)

## 湿式电磁滚筒磁选机操作方法

- B.1 检查设备电气线路是否安全可靠、所有紧固件是否完全紧固、设备各润滑部位是否良好。
- B.2 检查电磁筒式弱磁选机滚筒筒皮外观是否完好、有无破损现象，分选槽和精矿槽内有无杂物。
- B.3 使用湿式电磁筒磁选机操作如下：
- a) 启动滚筒，空转 0.5min~1min，确定滚筒运转稳定且无异响后，启动激磁电源调节电流，将磁场强度调至设定值。
  - b) 将溢流管和尾矿管放入尾矿接矿桶中，将精矿管放入精矿接矿桶中。
  - c) 开始给矿前需加水调节磁选液面，给矿过程中需要控制磁选的液面。
  - d) 先打开精矿冲洗水，再开始给矿，给矿应连续且稳定，沿整个给料斗均匀给矿。
  - e) 观察滚筒表面，当滚筒在转动过程中带走部分精矿时，及时增加精矿冲洗水量。
  - f) 给矿完毕后，关闭滚筒电源，待滚筒停止运转后关闭精矿冲洗水。
  - g) 打开尾矿管阀门，将尾矿排出，用清水将分选槽内的尾矿全部冲洗干净。
  - h) 将精矿管放入精矿接矿桶中，关闭激磁电源，打开精矿冲洗水，启动滚筒，用清水将分选槽和精矿槽内的精矿全部冲洗干净。
  - i) 关闭精矿冲洗水，关闭滚筒电源。
  - j) 试验记录应按照表 B.1 记录。

表B.1 试验记录表

原矿质量 (g)	冲洗水 (cm <sup>3</sup> /min)	矿浆浓度 (g/L)	磁选机型号	磁场强度 (A/m)	滚筒转速 (r/min)	运行时长 (min)	产品名称	产品质量 (g)

- B.4 使用湿式电磁滚筒磁选机应注意设备有异响时，应立即停机检修。

## 附录 C

(资料性)

## 干式永磁辊式磁选机操作方法

- C.1 设备使用前应检查皮带表面有无杂物、分矿板是否灵活可调；调节皮带张紧力至合适大小。
- C.2 使用干式永磁辊式磁选机的操作如下：
- 启动设备，调节磁辊转速至合适大小，空转 0.5min~1min，磁辊运转应稳定且无异响，皮带不应有跑偏现象。
  - 启动给料机，调整至合适的给矿速度。
  - 给矿应连续稳定，使矿粒沿整个给料机的给料盘均匀分布。
  - 注意观察分选效果，及时调整分矿板的角度。
  - 给矿完毕后关闭给料机，待滚筒上的矿粒全部排出，再停机。
  - 试验记录应按照表 C.1 记录。

表C.1 试验记录表

原矿质量 (g)	设备型号	磁辊转速 (r/min)	给料机振动频率 (Hz)	分矿板角 (°)	运行时长 (min)	产品名称	产品质量 (g)

- C.3 使用干式永磁辊式磁选机应注意设备异响时，应立即停机检修。

## 附录 D

(资料性)

## 周期式高梯度磁选机操作方法

D.1 检查脉动装置和调速电机是否完好、磁介质是否完好；根据样品粒度组成选择合适的充填介质，检查充填介质内有无杂物，将充填介质放入分选室内。

D.2 使用周期式高梯度磁选机操作如下：

- a) 打开冷却水，启动激磁电源，启动脉动电源。
- b) 调节电流，调节脉动频率，调节漂洗水量，开启排矿阀；
- c) 设备带水空转 0.5min-1min，电流指示值应稳定，脉动频率应稳定，给矿室水位应基本稳定。
- d) 将尾矿接矿桶放在排矿口下方。
- e) 给矿应连续且稳定，观察给矿室水位，防止因给矿过快而引起矿粒堵塞介质网。
- f) 给矿完毕，待排矿水中无尾矿将尾矿接矿桶移开，换成精矿接矿桶。
- g) 关闭激磁电源，待排矿的水中无精矿为止，关闭漂洗水，停止脉动电源，关闭冷却水。
- h) 待给矿室内的水全部排出后，关闭排矿阀。
- i) 试验记录表应按照表 D.1 记录。

表D.1 试验记录表

原矿质量 (g)	冲洗水 (cm <sup>3</sup> /min)	矿浆浓度 (g/L)	磁选机型号	磁场强度 (A/m)	脉动频率 (Hz)	介质型号	运行时长 (min)	产品名称	产品质量 (g)

D.3 若长期不使用设备，应将介质从给矿室内取出。

D.4 当出现突然掉磁时，检查冷却水水压的稳定性。

**附录 E**  
(资料性)  
**立环式高梯度磁选机操作方法**

**E.1 设备启动前的操作：**

- a) 检查磁介质是否松动、磁介质内有无堵塞，使用棒介质时应紧固螺栓，使用网介质时应紧固压杆；检查脉动机构及冲洗水结构是否运转正常、运转部件附近有无铁器或其他杂物。
- b) 磁介质宜优先选用棒介质，网介质宜在微细弱磁性矿物的扫选和精选中应用。在具有粗选和扫选的过程中，粗选宜采用棒介质，在不影响回收率的前提下，扫选和精选宜采用棒介质。
- c) 开启冷却介质管阀，检查冷却管路有无漏水、漏油现象。
- d) 开启漂洗水，使液位斗内注满清水，液位高度与溢流斗液面处于同样高度，保证有溢流水流出。

**E.2 使用立环式高梯度磁选机的操作如下：**

- a) 启动总电源，启动转环电源，启动激磁电源，启动脉动电源。
- b) 空车运转 0.5min~1min，转环运转应平稳，电流指示值应稳定，脉动频率应稳定。
- c) 打开精矿冲洗水，开始给矿，给矿应连续且稳定。
- d) 观察磁介质内的精矿卸料情况，及时调整精矿冲洗水量。
- e) 观察液位斗的液面，通过调节尾矿斗下部的尾矿阀和漂洗水量控制液位高度。
- f) 给矿完毕后，先关闭激磁电源。
- g) 设备空转 2 分钟，将磁介质内的磁性物全部冲洗出来后，关闭精矿冲洗水，关闭漂洗水。矿物未完全排出停止转环易造成磁介质堵塞。
- h) 停止脉动电源，停止转环电源，关闭总电源，关闭冷却介质管阀。
- i) 用清水将精矿斗、中矿斗、尾矿斗和液位斗冲洗干净，关闭尾矿阀。
- j) 试验记录表应按照表 E.1 记录。

**表E.1 试验记录表**

原矿质量 (g)	冲洗水 (cm <sup>3</sup> /min)	矿浆浓度 (g/L)	磁选机型号	介质型号	磁场强度 (A/m)	脉动频率 (Hz)	转环转速 (r/min)	漂洗水液位 (cm)	运行时长 (min)	产品名称	产品质量 (g)

**E.3 操作过程中如遇警铃报警，应首先检查冷却水、油压是否正常，若无异常再检查激磁电路是否短路，排除故障后，按复位键再重新激磁。若找不到故障原因应立即停机。**



参 考 文 献

- [1] JB/T 7895-2018 永磁筒式磁选机
  - [2] JB/T 11113-2010 立环式电磁感应强磁选机
  - [3] JB/T 5507-2007 永磁双辊磁选机
-