

**T/GRM**

**中关村绿色矿山产业联盟团体标准**

**T/GRM XXXX—XXXX**

# 难选铁矿石微波-流态化焙烧技术规范

Technical Specification for Microwave-Fluidized Roasting of Refractory Iron  
ore

草案版次选择

在提交反馈意见时, 请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

## 目 次

前言 .....	II
引言 .....	III
1 范围 .....	4
2 规范性引用文件 .....	4
3 术语和定义 .....	4
4 方法 .....	4
4.1 试验条件 .....	4
4.2 条件试验 .....	4
4.3 试验操作 .....	5
4.4 样品处理 .....	5
5 仪器设备 .....	5
5.1 称量设备 .....	5
5.2 焙烧设备 .....	5
5.3 其他设备 .....	5
6 试验记录 .....	5
6.1 试验记录规则 .....	5
6.2 试验数据分析 .....	6
7 安全事项 .....	6
附录 A (资料性) 相关计算公式 .....	7
A.1 磁性转化率计算公式 .....	7
附录 B (资料性) 焙烧试验记录表 .....	8
B.1 烘干产品记录表 .....	8
B.2 焙烧制度记录表 .....	8
附录 C (资料性) 常见焙烧设备 .....	9
C.1 试验用微波焙烧炉 .....	9
C.2 常见的供气系统设备 .....	9
C.3 供气系统控制器 .....	9
参考文献 .....	10

## 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。

本文件由××××提出。

本文件由××××归口。

本文件起草单位：山东科技大学、东北大学、广西大学。

本文件主要起草人：周文涛，袁帅，杨金林，孙永升，柳晓，赵曰茂，秦研清，朱向楠，赵永强，于旭阳

## 引 言

本文件作为选矿试验操作的标准化和规范化指引，规定了难选铁矿石微波-流态化焙烧试验方法、试验装置和技术规范要求，以保证试验数据的准确性和试验结果的可靠性。

本文件明确了实验室选矿试验中的焙烧试验技术方法，其中包括相关的术语与定义、仪器设备、操作步骤、试验方法、试验记录等，与相关技术标准配套使用。

# 难选铁矿石微波-流态化焙烧技术规范

## 范围

本文件规定了难选铁矿石微波-流态化焙烧的试验方法、仪器设备、试验记录和安全事项等。  
本文件适用于难选铁矿石微波-流态化焙烧。

## 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
- DZ/T 0464.1 选矿试验技术方法 第1部分：破碎筛分

## 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 焙烧 Roasting

试验样品在适宜的气氛和低于矿物原料熔融的条件下，目的组分发生物理和化学反应的过程。

### 难选铁矿石 Refractory iron ore

在当前常规选矿技术条件下，因矿物组成复杂、嵌布粒度微细、伴生元素有害或磁性差异小等原因，难以通过单一或常规物理选矿方法获得高品位铁精矿的细粒磁铁矿、耳状磁铁矿、褐铁矿、净铁矿等铁矿石。

### 磁性转化率 Magnetic conversion rate

用于评价赤铁矿经还原焙烧后转变为强磁相的转化程度。

## 试验方法

### 试验条件

- 1.1.1 试验应在焙烧实验室焙烧，应配备除尘装置和通风装置。
- 1.1.2 实验室应具备护目镜、过滤口罩、工作服、隔热手套等防护工具。

### 条件试验

1.1.3 试验前应对试验样品进行理化性质分析，根据目标反应产物进行热力学分析，设定目标反应产物的焙烧工艺参数。

条件试验应包括焙烧温度、焙烧时间、还原气浓度、微波功率、通气量、焙烧气氛等。

1.1.4 条件试验应按“一次一因素”方法，每次调整一个影响因素，根据附录A的公式计算磁性转化率，得到最佳试验条件，待条件试验完成后应进行综合验证试验。

1.1.5 试验条件和顺序应根据试验结果和试验现象及时调整。

## 试验操作

试验操作应按下列步骤执行：

- a) 将难选铁矿石破碎、混匀制成一定质量的铁矿粉样品，然后置入焙烧管。
- b) 打开保护气阀门，通过供气装置先向焙烧管通入一定量的保护性气体，并使铁矿粉样品处于流态化状态。
- c) 开启电源，磁控管产生微波，天线帽防止微波发射时损坏波导内腔，通过微波功率仪控制微波功率，波导对微波导向，微波通过波导传输进入微波腔体，对铁矿粉加热，通过热电偶监测铁矿粉样品温度，并且可通过控制微波功率实现智能控制铁矿粉样品温度。
- d) 铁矿粉样品在焙烧过程中，温度达到预定值时，打开还原气阀门，开始通入还原性气体，铁矿粉样品开始发生微波流化态磁化焙烧反应。
- e) 微波焙烧反应结束后，关闭气阀门，停止通入还原性气体，关闭电源，切断微波发射源，铁矿粉样品冷却至室温后，停止通入保护性气体。

## 样品处理

样品处理应按下列步骤执行：

- a) 样品在焙烧前，先进行破碎，磨矿，筛分处理，可参照 DZ/T0464.1 执行。
- b) 焙烧试验样品水淬后抽滤，然后放入烘箱中烘干，直到样品为干燥状态，取出后称重。
- c) 试验样品分别称重并记录数据，记录表见附录 B.1。
- d) 试验样品混匀缩分，可参照 DZ/T 0372 的规定执行，混匀缩分后的样品放入装样小袋，其余样品单独存放。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。
- e) 将样品装袋并按统一规则记录编号，必要时送至检验分析；分析质量按 DZ/T 0130.1、DZ/T 0130.2、DZ/T 0130.3 执行。

## 仪器设备

### 称量设备

1.1.6 试验样品质量应称量。

1.1.7 称量设备应根据试验样品质量选择，称量 1kg 以下的试验样品宜选择电子台秤，电子台秤量程可采用 1kg、3kg、5kg 等，感量值应为 0.001kg；称量 1kg 以上的试验样品宜采用台秤或案秤，最大量程和最小量程的对应关系应符合 DZ/T 0464.1 的规定。

1.1.8 对质量精度要求较高时，可选择半微量电子天平，量程不应高于 250g，感量值应为 0.0001g。

### 焙烧设备

实验室用微波气氛焙烧炉、供气系统、供气系统控制器等焙烧设备应根据试验条件选择，型号见附录 C。

### 其他设备

1.1.9 烘干设备宜采用电热鼓风干燥箱，调温范围宜为 50~200℃。

1.1.10 手工研磨器宜采用玻璃研钵、玛瑙研钵和陶瓷研钵。

1.1.11 机械研磨机宜采用三头研磨机和振动研磨机。

## 试验记录

### 试验记录

1.1.12 试验编号应遵循统一的编号规则。

1.1.13 试验计量应使用法定计量单位。

1.1.14 试验流程宜绘制流程图。

1.1.15 焙烧试验应有完整的试验记录，应包括焙烧温度、焙烧时间、还原气浓度、微波功率、通气量、焙烧气氛等内容，试验记录见附录 B.2。

### 试验数据分析

- 1. 1. 16 磁性转化率宜按附录 A 的公式计算，并对微波焙烧试验效果初步判定。
- 1. 1. 17 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。
- 1. 1. 18 试验结束后，应对样品检测结果记录分析，记录表见附录 B.2。

### 安全事项

焙烧后取出样品时，试验人员应穿戴护目镜、过滤口罩、工作服、隔热手套等防护工具。  
易碎玻璃管应轻拿轻放。  
试验样品水淬时应小心溅出水花。

## 附录 A (资料性) 相关计算公式

#### A. 1 磁性转化率可按下式计算：

$$R = \frac{Mb}{ML} \times 100\% \quad \text{(A.1)}$$

式中：

Mb—焙烧后物料的比磁化强度或饱和磁化强度实测值。

ML—原料中全部赤铁矿完全转化为磁铁矿时对应的理论磁化强度。

附录 B  
(资料性)  
焙烧试验记录表

B. 1 烘干产品记录见表 B. 1。

表 B.1 烘干产品记录表

样品名称	焙烧前质量(g)	焙烧后质量(g)	产率(%)	化验品位(%)	回收率(%)

B. 2 焙烧制度记录见表 B. 2。

表 B.2 焙烧制度记录表

样品名称	焙烧温度(°C)	焙烧时间(min)	还原气浓度(mol/L)	微波功率(kw/h)	通气量(mL/min)	还原气氛(mL)	焙烧前品位(%)	焙烧后品位(%)	焙烧后磁性转化率(%)

附录 C  
(资料性)  
常见焙烧设备

C. 1 试验用微波焙烧炉见表 C. 1。

表 C.1 试验用微波焙烧炉

型号	微波功率 (W)	频率 (MHz)	气氛	炉腔类型	工作温度 (°C)
MKX-M1B	800	2450	天然气氛	箱式	0~1100
MKX-M2AF	1600	2450	保护气氛	箱式	0~1200
MKX-M2B	1600	2450	保护气氛/真 空	箱式	500~1300
MKX-T4A	3200	2450	保护气氛	箱式	500~1300
MKX-T4B	3200	2450	保护气氛/真 空	箱式	500~1300
MKX-T6B	4800	2450	保护气氛/真 空	箱式	700~1500
MKX-M1UB	800	2450	保护气氛	箱式	0~1000
MKX-M2TA	1600	2450	保护气氛	箱式	0~1100
MKX-M2HB	1600	2450	保护气氛/真 空	箱式	0~1100
MKX-M4DH	3200	2450	保护气氛/真 空	箱式	500~1400
MKX-T4DH	3200	2450	保护气氛/真 空	箱式	700~1500
MKX-SM8B	4000	2450	保护气氛	升降式	0~1200
MKX-M4RA	3200	2450	保护气氛	回转式	0~900

C. 2 供气系统设备见表 C. 2。

表 C.2 供气系统设备

介质	型号	材质	工作压力	接口螺纹
氮气	40 L / 15 MPa	37Mn 碳钢	15 MPa	G5/8-RH-SS
氢气	40 L / 15 MPa	37Mn 碳钢	15 MPa	W21.8-LH-SS
二氧化碳	40 L / 5-7 MPa	37Mn 碳钢	15 MPa	G5/8-RH-SS

C. 3 供气系统控制器见表 C. 3。

表 C.2 供气系统控制器

型号	通道数	单通道流量范围	混合精度	特色与接口
MCQ GB100	3	0~500 mL/min	±0.1 % F.S.	紧凑型、USB/RS485、PC 软件实时监测
MCQ GB 3000 / 6000	4~6	0~10 SLM	±1 % F.S.	机架式、可编程步进曲线、VNC 远程
Sonimix 7100	5+1*	0~20 SLM	±0.3 %	触摸屏、EPA/ISO 6145-7 认证、NIST 可追溯
Kojima BRENDAM® Series	6	5 SCCM~10 SLM	±1 %	7" 触屏、数据日志 USB、紧急停机

### 参 考 文 献

[1] GB/T 10067.413-2015 电热装置基本技术条件 第413部分：实验用电阻