



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 13241—2017  
代替 GB/T 13241—1991

---

## 铁矿石 还原性的测定方法

Iron ores—Determination of reducibility

2017-09-07 发布

2018-06-01 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 13241—1991《铁矿石 还原性的测定方法》，本标准与 GB/T 13241—1991 相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

- 修改了规范性引用文件；
- 删去了术语“还原性”；
- 修改了试验所使用气体和纯度要求；
- 明确了试验设备应使用质量流量控制器控制气体流量，并提高了气体的控制精度要求；
- 提高了试验恒温区的要求；
- 增加了流量计与热电偶校准周期的规定；
- 以附录 A 的形式增加了一氧化碳发生炉。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国铁矿石与直接还原铁标准化技术委员会(SAC/TC 317)归口。

本标准起草单位：鞍山市科翔仪器仪表有限公司、鞍钢股份有限公司。

本标准主要起草人：张大鹏、闻永辉、刘洪涛、胡广峰、周明顺、马连壮、张靖熙、王汇颖。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 13241—1991。

# 铁矿石 还原性的测定方法

**警示**——本标准的使用可能涉及到某些危险的材料、操作和设备,但并未对与此有关的所有安全问题都提出建议。用户在使用本标准之前有责任采用适当的安全和保护措施,并保证符合国家有关法规规定的条件。



## 1 范围

本标准规定了铁矿石还原性能测定方法的试验条件、试验设备、试样制备、试验步骤、结果的计算和试验报告。

注:所规定的试验方法的特点是:在固定床中用CO和N<sub>2</sub>的混合气体进行等温还原;试样具有一定的粒度范围。

本方法适用于以还原度和还原速率表示的铁矿石(包括天然铁矿石、烧结矿、球团矿,以下简称铁矿石)的还原性的测定。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

GB/T 6003.1 试验筛 技术要求和检验 第1部分:金属丝编织网试验筛

GB/T 6003.2 试验筛 技术要求和检验 第2部分:金属穿孔板试验筛

GB/T 6005 试验筛 金属丝编织网、穿孔板和电成型薄板 筛孔的基本尺寸

GB/T 6730.5 铁矿石 全铁含量的测定 三氯化钛还原法

GB/T 6730.8 铁矿石 亚铁含量的测定 重铬酸钾滴定法

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 10322.1 铁矿石 取样和制样方法

GB/T 20565 铁矿石和直接还原铁 术语

## 3 术语和定义

GB/T 20565 界定的以及下列术语和定义适应于本文件。

### 3.1

**还原度 degree of reduction**

**R<sub>r</sub>**

以三价铁状态为基准(即假定铁矿石中的铁全部以Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>形式存在,并把这些Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>中的氧算作100%),还原一定时间后所达到的脱氧的程度,以质量分数(%)表示。

### 3.2

**还原度指数 reduction index**

**RI**

将粒度为10.0 mm~12.5 mm的铁矿石试样置于固定床中,通入15 L由30%CO和70%N<sub>2</sub>组成

的还原气体,在 900 °C 的温度下,以三价铁状态为基准,3 h 后的还原度,以质量分数(%)表示。

### 3.3

#### 还原速率 reduction velocity

以 1 min 为时间单位,以三价铁状态为基准,铁矿石在还原过程中单位时间内还原度的变化值,以质量分数(%)表示。

### 3.4

#### 还原速率指数 reduction velocity index

##### RVI

以三价铁状态为基准,当原子比 O/Fe 为 0.9 时的还原速率,以(%/min)表示。

## 4 原理

将一定粒度范围的试料置于固定床中,用由 CO 和 N<sub>2</sub> 组成的还原气体,在 900 °C 的温度下进行等温还原。每隔一定时间称试样质量,以三价铁状态为基准,计算还原 3 h 后的还原度和原子比 O/Fe 等于 0.9 时的还原速率。

## 5 试验条件



### 5.1 一般条件

本标准所用的气体体积和流量采用标准状态下(0 °C 和 101.325 kPa)的体积和流量。

### 5.2 还原气体成分(体积分数)

CO 30%±0.5%

N<sub>2</sub> 70%±0.5%

### 5.3 还原气体的纯度(体积分数)

CO ≥99.9%

N<sub>2</sub> ≥99.99%

### 5.4 还原气体的流量

在整个试验期间,还原气体的标态流量保持 15 L/min±0.5 L/min。

### 5.5 试验温度

铁矿石试料在 900 °C 温度下进行等温还原,在整个试验期间,进入料层的气体温度,料层温度保持在 900 °C±5 °C 之间。

## 6 试验设备

### 6.1 气体的净化、配置系统

气体的净化、配置系统包括:

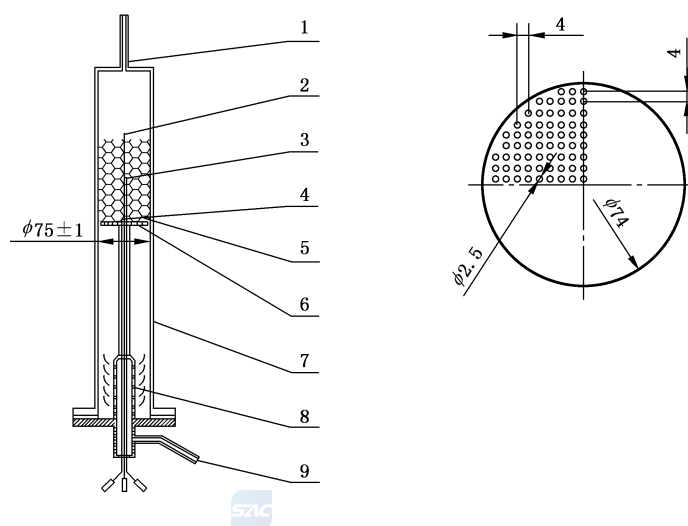
- a)  $N_2$  质量流量控制器: 量程 20 L/min, 精度不低于  $\pm 1.5\%$ F.S。  
 b) CO 质量流量控制器: 量程 5 L/min, 精度不低于  $\pm 1.5\%$ F.S。  
 c) 洗气+配气室容积:  $\leq 5$  L。(使用 CO 发生炉发生 CO 时, CO 的净化系统除外)

质量流量控制器每年至少校准一次。在没有瓶装 CO 的地方, 可以参见附录 A 中的 CO 发生炉及净化系统制造 CO 气体。

## 6.2 还原管

还原管与筛板结构示意图见图 1, 反应管内径  $\phi 75 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ , 由耐热不起皮金属制成, 能耐  $900^\circ\text{C}$  以上的温度。

单位为毫米



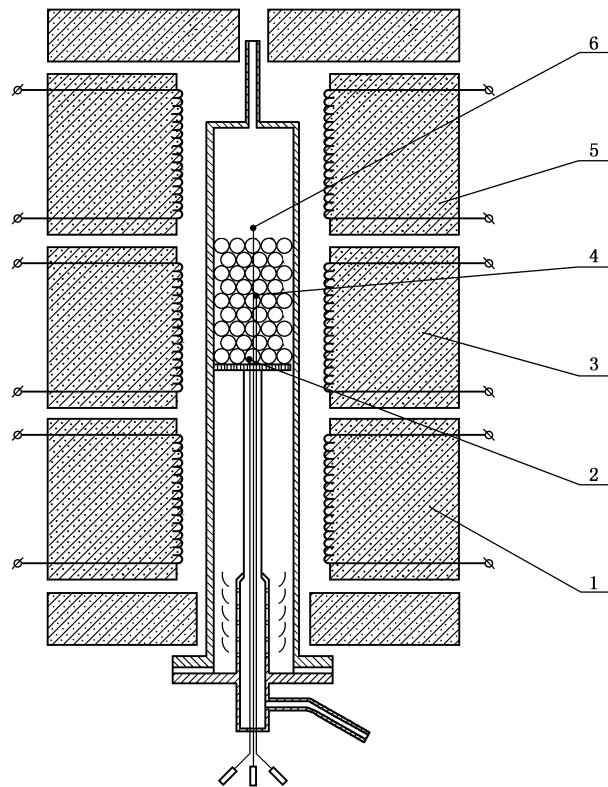
说明:

- 1——气体出口;  
 2——上部控温点;  
 3——中部控温点;  
 4——下部控温点;  
 5——铁矿石试料;  
 6——筛板;  
 7——底装反应管;  
 8——气体均配管;  
 9——气体入口。

图 1 还原管与筛板结构示意图

## 6.3 还原炉

三段式加热炉, 在线显示恒温区温度, 试验时保证试料在  $900^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  恒温区之内。三段独立控温管式加热电阻炉结构示意图见图 2。



说明：

- 1——下段内嵌铂纤维加热套；
- 2——试料底部监控热电偶；
- 3——中段内嵌铂纤维加热套；
- 4——试料中部监控热电偶；
- 5——上段内嵌铂纤维加热套；
- 6——试料上部监控热电偶。

图 2 三段独立控温管式加热电阻炉结构示意图

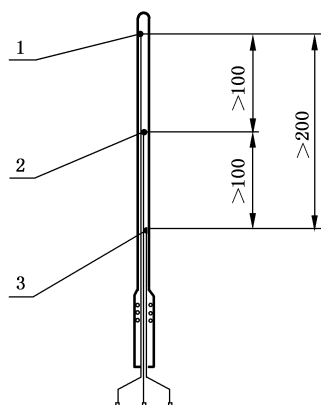
#### 6.4 温度控制装置

6.4.1 温度控制装置有三路温度显示系统，实时显示试料层上、中、下温度，保证还原气体与试料反应时，进入试料层的气体温度、整个试料层温度稳定在  $900\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  范围之内。

6.4.2 温度控制精度为  $900\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，温度控制精度等级应不低于 0.2 级。

#### 6.5 热电偶

三点式监控热电偶结构示意图见图 3，应不低于工业级 II 级，热电偶测量端分别位于试料中心的上部、中部和下部。



说明:

- 1——上段控温电偶;
- 2——中段控温电偶;
- 3——下段控温电偶。

图 3 三点式监控热电偶结构示意图

## 6.6 辅助设备

6.6.1 热重天平:分辨率不低于 0.01 g。

6.6.2 CO 报警仪:固定式、便携式各一台,现场操作人员应随身携带。

6.6.3 试验用筛:符合 GB/T 6003.1、GB/T 6003.2 和 GB/T 6005 规定,正方形筛孔为 16.0 mm,12.5 mm 和 10.0 mm。

6.6.4 二分器:槽宽 32 mm。

6.6.5 数料机:粒度范围  $\phi 10.0$  mm~ $\phi 12.5$  mm。

## 7 试样制备

### 7.1 取样和制样

试验试样应按照 GB/T 10322.1 的规定进行取样和制样。试验试样应在  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  的温度下烘干,烘干时间不小于 2 h,然后冷却至室温,并保存在干燥器中。

### 7.2 还原性试验用的试样

#### 7.2.1 试样总量

试验试样的总量不少于 2.5 kg,以干基计算。

#### 7.2.2 球团矿

通过筛分得到粒度范围 10.0 mm~12.5 mm 的试样不少于 2.5 kg。

#### 7.2.3 天然铁矿石和烧结矿

筛出大于 12.5 mm 的试样,并小心破碎大于 12.5 mm 的部分。直至全部通过 16.0 mm 的筛子,然后合并各部分进行筛分,从试样中筛除大于 12.5 mm 和小于 10.0 mm 部分。然后将得到的 10.0 mm~12.5 mm 这部分试样混匀,保证 10.0 mm~12.5 mm 的试样不少于 2.5 kg。

### 7.3 试料缩分

试样用二分器缩分成4份,每份取出100 g混成一份试样,大约400 g,作为测定TFe和FeO的试样,其余的分开密封保存,作为还原性试验试样。

## 8 试验步骤

### 8.1 实验测定次数

对同一个试样,至少进行两次试验。

### 8.2 试料量

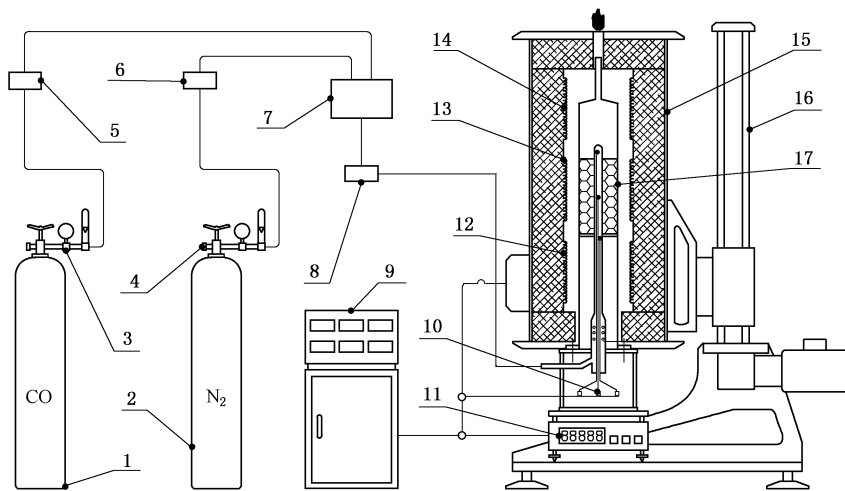
取一份还原性试验试样,称取500 g( $\pm 1$ 粒)试料,精确至0.01 g,记录为 $m_0$ 。

注:重复性试验,试料粒度差 $\leq 1$ 粒。

### 8.3 还原实验工艺流程

**警示**——由于含一氧化碳的还原气体是有毒和危险的,试验应在有良好通风环境中或在抽风罩下进行,为了保证操作人员的安全,应根据国家有关的安全规则,采取防护措施。试验现场,CO含量 $\leq 50 \times 10^{-6}$ ,试验人员进入试验现场应携带CO报警仪,且不要长期处于试验环境中。

8.3.1 铁矿石中温还原实验工艺流程图见图4,将试料放到还原管的多孔板上,铺平,插入热电偶后将密封盖密封,还原管放入还原炉内,试料处于还原炉恒温区中心部位。还原管放入还原炉内时,还原炉温度 $\leq 200$  °C。



说明:

1——CO 钢瓶;

2——N<sub>2</sub> 钢瓶;

3——CO 减压阀;

4——N<sub>2</sub> 减压阀;

5——CO 质量流量控制器;

6——N<sub>2</sub> 质量流量控制器;

7——还原气稳压室;

8——流量计;

9——系统控制柜;

10——三点控温热电偶;

11——热重天平;

12——下加热段;

13——中加热段;

14——上加热段;

15——还原炉体;

16——电动升降机构;

17——反应管。

图 4 铁矿石中温还原实验工艺流程图



8.3.2 还原炉开始升温,升温速度不得大于 10 °C/min。200 °C~900 °C,通氮气保护,流量为 5 L/min。900 °C时,增大氮气流量至 15 L/min,恒温 30 min,称量试料和还原管总质量,精确至 0.1 g,记录为  $m_1$ ,然后,以 15 L/min±0.5 L/min 的还原气体取代保护氮气,还原 180 min,用热重天平连续记录还原过程中试料与还原管总质量,精确至 0.1 g,记录为  $m_t$ 。还原过程中,保证进入试料层的气体温度、试料层整体温度保持在 900 °C±5 °C 之内。

8.3.3 还原结束后,切断还原气体,通入氮气,流量为 15 L/min,排除试验设备管路与反应管内还原气体,5 min 后关闭氮气,还原管出炉,试验结束。

## 9 结果计算

### 9.1 还原度的计算

用式(1)计算时间  $t$  的还原度  $R_t$ ,计算  $R_t$  时, $t$  为 180 min。以三价铁状态为基准,用质量分数(%)表示。

$$R_t(\%) = \left\{ \frac{0.111W_1}{0.430W_2} + \frac{m_1 - m_t}{m_0 \times 0.430w_2} \times 100 \right\} \times 100 \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

$m_0$ ——试料的质量,单位为克(g);

$m_1$ ——还原开始前试料和还原管总质量,单位为克(g);

$m_t$ ——还原  $t$  分钟后试料和还原管总质量,单位为克(g);

$W_1$ ——试验前试样中用 GB/T 6730.8 测得的亚铁含量,用质量分数(%)表示;

$W_2$ ——试验前试样中用 GB/T 6730.5 测得的全铁含量,用质量分数(%)表示。

注 1: 公式的推导参见附录 B。

注 2: 商检试验时,建议采用交货批量的  $W_1$  和  $W_2$ ,而不用 7.3 中的 500 g 试样的  $W_1$  和  $W_2$  画出还原度  $R_t(\%)/t$  (min) 曲线。

### 9.2 还原速率指数的计算

从还原曲线读出还原度达到 30% 和 60% 时相对应的的时间,单位为分(min)。

还原速率指数(RVI),用原子比 O/Fe 为 0.9 时的还原速率(%/min)表示,按式(2)计算:

$$RVI = dR_t/dt = 33.6/(t_{60} - t_{30}) \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

$t_{30}$  ——还原度达到 30% 时的时间,单位为分(min);

$t_{60}$  ——还原度达到 60% 时的时间,单位为分(min);

33.6 ——常数。

在某种情况下,试验达不到 60% 的还原度,此时按式(3)计算较低的还原度:

$$RVI = dR_t/dt = K/(t_y - t_{30}) \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

$t_y$  ——还原度到达  $y$ (%) 时的时间,单位为分(min);

$K$  ——取决于  $y$ (%) 的常数;当  $y$  为 50% 时, $K=20.0$ ;当  $y$  为 55% 时, $K=26.5$ 。

注 1: 原子比 O/Fe=0.9,相当于还原度为 40%。

注 2: 公式的推导参见附录 B。

### 9.3 允许误差和试验次数

还原度指数 RI 的允许误差,对一对试验结果,两个结果之差值,烧结矿不超过 5%(绝对值),球团

矿不超过 3%(绝对值),天然矿由供需双方商定。如果两个结果之差值在上述范围内,试验可以结束。如果不在上述范围内,则应按附录 C 中规定的程序进行。

#### 9.4 最终结果表示

还原度指数 RI 应按附录 C 的规定按实验结果的平均数报出,用%表示,精确到小数点后一位数字,按 GB/T 8170 规定进行修约。

还原速率指数 RVI 的试验结果的取值与还原度指数 RI 的取值相一致,并以其平均数报出,用%/min 表示,精确到 0.01%/min。

以 3 h 的还原度指数 RI 作为考核指标,还原速率指数 RVI 作为参考指标。

### 10 试验报告

本标准的试验结果应与其他试验,特别是那些表示铁矿石在还原时的其他冶金性能的试验结果联系起来考虑。试验报告应包括以下内容:

- a) 试验单位;
- b) 试验报告发表日期;
- c) 参照本标准;
- d) 试样说明(包括还原前全铁和亚铁量含量);
- e) 试料质量及粒数。
- f) 还原度指数 RI 和还原速率指数 RVI;
- g) 如果需要,列出相应时间的质量损失。

附 录 A  
(资料性附录)  
一氧化碳发生炉

**警示**——一氧化碳是无色、无味对人体有伤害的有毒气体。本实验使用一氧化碳发生炉时,一氧化碳要随产随用,不允许储存。使用完毕后,要用氮气或空气清扫试验设备及管路,室内应安装一氧化碳报警仪,试验在有良好通风条件的场合中进行,室内的一氧化碳浓度不允许超过  $50 \times 10^{-6}$ 。

### A.1 原理

将木炭装入金属反应器中,加热到  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$  通入氮气,通过干馏,使木炭脱水、脱氢及去除其他挥发分,然后通入  $\text{CO}_2$  气体,与木炭反应生成  $\text{CO}$  气体。

### A.2 原料

$\text{N}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、木炭;

$\text{N}_2$ :纯度 99.99%;

$\text{CO}_2$ :纯度 99.5%;

木炭:灰分 $\leq 5.0\%$ ;固定碳 $\geq 70\%$ ;小于 10 mm 的颗粒 $\leq 10\%$ 。

### A.3 设备

CO 发生炉工艺流程图见图 A.1,包括:

a) 反应罐:

材质 GH3044,带汽水分离器。

b) 加热炉:

工作温度:1 000  $^{\circ}\text{C}$ 。

c) 控温装置:

控温范围,常温至 1 000  $^{\circ}\text{C}$ 。

d) 净化装置:

净化气体末端安装三级过滤器。

脱水剂:变色硅胶。

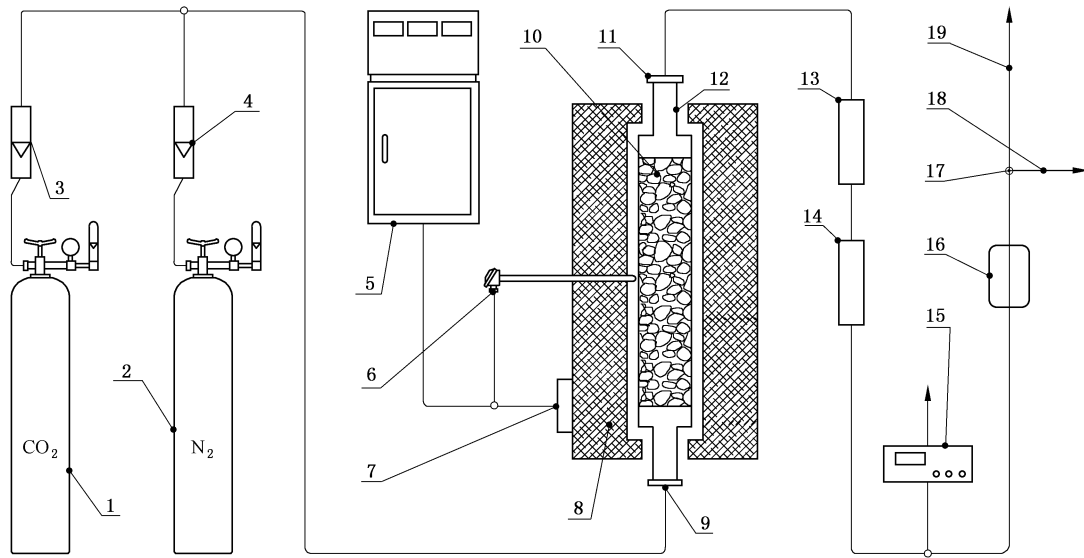
$\text{CO}_2$  吸附剂:碱石灰。

e) 气体流量计:

$\text{N}_2$  流量控制器:量程 0 L/min~5 L/min,精度 $\leq 1.0\%$  F.S;

$\text{CO}_2$  流量控制器:量程 0 L/min~5 L/min,精度 $\leq 1.0\%$  F.S;

CO 流量检测器:量程 0 L/min~5 L/min,精度 $\leq 1.0\%$  F.S。



说明：

- |                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1 —— CO <sub>2</sub> 钢瓶；    | 11 —— 气体出口；               |
| 2 —— N <sub>2</sub> 钢瓶；     | 12 —— 反应管；                |
| 3 —— CO <sub>2</sub> 流量控制器； | 13 —— 脱水器；                |
| 4 —— N <sub>2</sub> 流量控制器；  | 14 —— 脱 CO <sub>2</sub> ； |
| 5 —— 控温仪；                   | 15 —— 气体分析；               |
| 6 —— 控温热电偶；                 | 16 —— 混气罐；                |
| 7 —— 加热端子；                  | 17 —— 转换阀；                |
| 8 —— 加热炉体；                  | 18 —— CO 出口；              |
| 9 —— 气体入口；                  | 19 —— 排空出口。               |
| 10 —— 木炭；                   |                           |

图 A.1 CO 发生炉工艺流程图

## A.4 CO 发生步骤

### A.4.1 木炭干馏

CO 发生炉启动, 200 °C 时向炉内通入流量为 5 L/min 的氮气, 加热到 950 °C 时, 开始恒温干馏, 以脱除木炭中的水分与挥发分。恒温 60 min 后, 停止干馏过程。

### A.4.2 CO 发生、洗气与配气

发生炉内通入 2.25 L/min ± 0.01 L/min CO<sub>2</sub>。CO 经过脱水, 脱 CO<sub>2</sub>, 脱尘, 进入 CO 流量检测器。通过调节 CO<sub>2</sub> 流量, 使 CO 流量达到 4.50 L/min ± 0.01 L/min。CO 气体进入混合器与 N<sub>2</sub> (10.5 L/min ± 0.01 L/min) 混合, 试验开始。

### A.4.3 气路清洗

试验结束后, CO<sub>2</sub> 切换为 N<sub>2</sub>, 流量为 5 L/min。排清反应罐、管路、洗气系统中的 CO, 试验结束。

**附 录 B**  
(资料性附录)  
**还原性公式的推导**

**B.1** 还原度表示从铁氧化物中排除氧的难易程度,通常表示如下:

$$\text{还原度}(\%) = \frac{\text{从铁氧化物中排除的氧量}}{\text{原先铁结合的氧量}} \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

**B.2** 在式(B.1)中,假定所有与铁结合的氧都以  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的形式存在,但实际上大部分铁矿石都存在一些  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{FeO}$  甚至金属铁。因此,根据还原时试样的质量损失和试样原先的理论含氧量与实际含氧量之差的和来评价还原度。而试样原先的理论含氧量是根据所有的铁都结合为  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  计算的。实际含氧量是根据试样中实际存在的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{FeO}$  的含量计算的,  $R_t$  按式(B.2)进行计算。

$$R_t(\%) = \frac{m_0 w_1 \times \frac{8}{71.85}}{m_0 w_2 \times \frac{48}{111.7}} \times 100 + \frac{m_1 - m_t}{m_0 \times \frac{w_2}{100} \times \frac{48}{111.7}} \times 100 \dots\dots\dots (\text{B.2})$$

将式(B.2)化简后即可得出式(B.3):

$$R_t(\%) = \left\{ \frac{0.111W_1}{0.430W_2} + \frac{m_1 - m_t}{m_0 \times 0.430w_2} \times 100 \right\} \times 100 \dots\dots\dots (\text{B.3})$$

在式(B.3)中,假定从铁矿石中去除氧的速率对其瞬时含氧量来说(在动力学上)属于一级反应。

$$\frac{dO}{dt} = K \times O_v \dots\dots\dots (\text{B.4})$$

$$dO = -dR_t \times \frac{O_t}{100} \dots\dots\dots (\text{B.5})$$

$$\frac{O_v}{O_t} = 1 - \frac{R_t}{100} \dots\dots\dots (\text{B.6})$$

式中:

$O_v$  —— 铁矿石在还原过程中的瞬时含氧量;

$O_t$  —— 与铁结合的总氧量(按  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  计算);

$R_t$  —— 时间为  $t$  时的还原度,用质量分数(%)表示;

$t$  —— 时间,单位为分(min)。

从式(B.4)、式(B.5)、式(B.6)中推导出还原速率:

$$\frac{dR_t}{dt} = K \times \left( 1 - \frac{R_t}{100} \right) \times 100 \dots\dots\dots (\text{B.7})$$

式(B.7)积分后得到式(B.8):

$$\log_{10} \left( 1 - \frac{R_t}{100} \right) = -0.434K \times t \dots\dots\dots (\text{B.8})$$

30%和60%之间的还原度按式(B.9)计算:

$$K = \frac{-\log_{10}(1 - 60/100) + \log_{10}(1 - 30/100)}{0.434(t_{60} - t_{30})} = \frac{0.56}{t_{60} - t_{30}} \dots\dots\dots (\text{B.9})$$

在  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  的情况下, O/Fe 原子比 0.9 与  $R = 40\%$  有同样的意义,把  $R = 40\%$  和式(B.8)代入式(B.7),得到  $\frac{dR_t}{dt}$  值(在 O/Fe=0.9 时),即:

$$\text{RVI} = \frac{dR_t}{dt} = \frac{33.6}{t_{60} - t_{30}} \dots\dots\dots (\text{B.10})$$

附 录 C  
(规范性附录)  
重复性和试验次数

还原度指数 RI 两个试验结果之极差的大小,将决定是否需要进行补充试验。极差范围的等级列于表 C.1。

表 C.1 极差范围

| 极 差<br>等 级 | $ x_1 - x_2 $ |     |     |
|------------|---------------|-----|-----|
|            | A             | B   | C   |
| 烧结矿        | 5.0           | 6.0 | 6.6 |
| 球团矿        | 3.0           | 3.6 | 3.9 |

注：块矿的 A、B、C 值由供需双方商定。

最终试验结果数值的确定程序见 a)~d),平均指数精确到小数点后一位数字:

- a) 如果  $|x_1 - x_2| \leq A$ ,则取两次结果的平均值。
- b) 如果  $A < |x_1 - x_2| \leq B$ ,则进行第三次试验,得出  $x_3$ 。包括下面四种情况:
  - 1) 如果  $x_{\max} - x_{\min} \leq B$ ,则取三个结果的平均值。
  - 2) 如果  $x_{\max} - x_{\min} > B$ ,则做第四次试验,得出  $x_4$ 。
  - 3) 如果  $x_{\max} - x_{\min} \leq C$ ,取四次结果的平均值。
  - 4) 如果  $x_{\max} - x_{\min} > C$ ,则舍去  $x_{\max}$  和  $x_{\min}$ ,取其余两个中间值的平均值。
- c) 如果  $B < |x_1 - x_2| \leq C$ ,一次就要再做两次试验,得出  $x_3$ 、 $x_4$ 。包括下面两种情况:
  - 1) 如果  $x_{\max} - x_{\min} \leq C$ ,则取四次结果的平均值。
  - 2) 如果  $x_{\max} - x_{\min} > C$ ,则舍去  $x_{\max}$  和  $x_{\min}$ ,取其次两个中间值的平均值。
- d) 如果  $|x_1 - x_2| > C$ ,则一次就要再做两次试验,得出  $x_3$  和  $x_4$ ,舍去其中的  $x_{\max}$  和  $x_{\min}$ ,取其中两个中间值的平均值。

$x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  和  $x_4$  分别为第一次、第二次、第三次、第四次试验的结果。

$x_{\max}$  和  $x_{\min}$  分别为本次检验的 3 或 4 个结果中的最大值和最小值。