



中华人民共和国国家标准

GB/T 1429—2025

代替 GB/T 1429—2009, GB/T 24527—2009

炭素材料工业分析方法

Proximate analysis of carbon materials

2025-08-29 发布

2026-03-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

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。

本文件代替 GB/T 1429—2009《炭素材料灰分含量的测定方法》和 GB/T 24527—2009《炭素材料内在水分的测定》，与 GB/T 1429—2009 和 GB/T 24527—2009 相比，除结构调整和编辑性修改外，主要技术变化如下：

- a) 更改了适用范围(见第 1 章,GB/T 1429—2009 的第 1 章、GB/T 24527—2009 的第 1 章)；
- b) 更改了术语和定义(见第 3 章,GB/T 1429—2009 的第 3 章、GB/T 24527—2009 的第 3 章)；
- c) 更改了“取样及制样”(见第 4 章,GB/T 1429—2009 的第 5 章、GB/T 24527—2009 的第 5 章)；
- d) 增加了“试剂和材料”(见 5.2、6.2)；
- e) 更改了仪器设备(见 5.3、6.3,GB/T 1429—2009 的第 4 章、GB/T 24527—2009 的第 4 章)；
- f) 更改了试验步骤(见 5.4、6.4,GB/T 1429—2009 的第 6 章、GB/T 24527—2009 的第 6 章)；
- g) 增加了灰分测定方法二(见 6.4.2)；
- h) 增加了挥发分测定方法(见第 7 章)；
- i) 更改了精密度要求(见 5.6、6.6,GB/T 1429—2009 的第 8 章、GB/T 24527—2009 的第 8 章)；
- j) 增加了固定碳计算方法(见第 8 章)。

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。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本文件起草单位：郴州市产商品质量监督检验所、成都方大炭炭复合材料股份有限公司、山西聚贤石墨新材料有限公司、贵阳铝镁设计研究院有限公司、河南五星新材科技股份有限公司、吉林炭素有限公司、方大炭素新材料科技股份有限公司、南阳天成新能源科技有限公司、武汉科技大学、冶金工业信息标准研究院。

本文件主要起草人：李建新、李弯弯、连鹏飞、赵世贵、张向军、白胜伍、杜玉蛟、崔强、王晶、张利勤、周双清、周智勇、杨波、董增亮、杨胜、赵俊通、高勃、殷朝霞、喻宏兴、徐建平、田宁郴、李星佐、马卫、赵俊一、王晓远、李飞、崔丹、朱刚、涂莉娟、刘伟、曹晖、邓晓兵。

本文件所代替文件的历次版本发布情况为：

——GB/T 1429,1978 年首次发布,1985 年第一次修订,2009 年第二次修订；

——GB/T 24527,2009 年首次发布。

炭素材料工业分析方法

1 范围

本文件描述了炭素材料内在水分、灰分、挥发分含量的测定方法和固定碳含量的计算方法。
本文件适用于各种炭素材料内在水分、灰分、挥发分含量的测定和固定碳含量的计算。

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。

- GB/T 1427 炭素材料取样方法
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 8718 炭素材料术语



3 术语和定义

GB/T 8718 界定的术语和定义适用于本文件。

4 取样及制样

4.1 取样

按 GB/T 1427 或相应产品标准的规定或供需双方协商的方式进行。

4.2 制样

4.2.1 糊类

先将采取样品全部破碎至小于 4 mm,混匀后用四分法缩分至约 60 g,再将缩分出的样品全部粉碎至小于 0.5 mm,用于内在水分、灰分和挥发分测试。

4.2.2 泥浆类

先将采取样品置于 200 °C 干燥箱中固化,再将固化后的样品全部破碎至小于 4 mm,混匀后用四分法缩分至约 60 g,再将缩分出的样品全部粉碎至 0.15 mm 以下,用于灰分和挥发分测试。

4.2.3 块状类

4.2.3.1 通过锯、车、铣、钻、压裂等方式制取不少于 100 g 小样块或颗粒,用于内在水分测试。

4.2.3.2 灰分含量大于或等于 0.1% 的试样先通过锯、车、铣、钻、压裂等方式制取不少于 100 g 小样块或颗粒,然后全部粉碎至小于 0.15 mm,用于灰分和挥发分测试。

4.2.3.3 灰分含量小于 0.1% 的试样先通过锯、车、铣等方式加工成一定尺寸的测试样块,然后用洁净的

刀具刮去表层,吹掉粘附的粉尘,用于灰分测试。

4.2.4 颗粒类

4.2.4.1 灰分含量大于或等于 0.1% 的试样,混匀后用四分法缩分出不少于 100 g 样品,再将缩分出的样品全部粉碎至小于 0.15 mm,用于内在水分、灰分和挥发分测试。

4.2.4.2 灰分含量小于 0.1% 的试样,取样后直接用于内在水分和灰分测试。

4.2.5 粉末类

试样混匀后直接用于测试。

4.2.6 石墨纸、石墨毡等软质类

试样剪成碎片状,用于内在水分和灰分测试;取不少于 20 g 碎片状试样全部粉碎至小于 0.5 mm,用于挥发分测试。

4.2.7 注意事项

4.2.7.1 需测试内在水分的试样,应在试样制备后立即进行,如不能立即测定时,应立即将试样保存在磨口瓶中。

4.2.7.2 灰分和挥发分测试样品制备好后放入干燥箱中,于 $110\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 干燥 $2\text{ h}\pm 10\text{ min}$,取出置于干燥器中冷却至室温备测。

4.2.7.3 试样在制备过程中,应采取诸如清洗研钵、清洁工作台面等有效措施以尽量避免污染试样。

5 内在水分的测定

5.1 原理

称取一定质量的空气干燥基试样,置于预先鼓风的干燥箱中,在一定的温度下干燥至质量恒定,以试样损失的质量占初始试样质量的百分数作为试样的内在水分含量。

5.2 试剂和材料

5.2.1 变色硅胶:工业用品。

5.2.2 无水氯化钙:化学纯,粒状。

5.3 仪器和设备

5.3.1 干燥箱:带有自动控温和鼓风装置,并能保持温度在 $110\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内。

5.3.2 分析天平:分度值 0.000 1 g 。

5.3.3 干燥器:内装变色硅胶或粒状无水氯化钙。

5.3.4 玻璃称量瓶:尺寸不小于 $\phi 60\text{ mm}\times 25\text{ mm}$ 。

5.3.5 瓷皿:容积不小于 60 mL 。

5.4 试验步骤

5.4.1 将玻璃称量瓶(瓷皿)置于已预先鼓风加热至 $110\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的干燥箱中,干燥 $1\text{ h}\sim 2\text{ h}$,取出立即置于干燥器内,冷却至室温(约 1 h)后立即称重,精确至 0.000 1 g ,记为 m_0 。

5.4.2 炭糊类试样用瓷皿称取 $10\text{ g}\sim 20\text{ g}$;石墨纸、石墨毡等软质试样用玻璃称量瓶称取 $2\text{ g}\sim 10\text{ g}$;其

他试样用玻璃称量瓶称取 25 g~50 g;精确至 0.000 1 g,记为 m_1 。

5.4.3 将盛有试样的玻璃称量瓶(瓶盖打开)或瓷皿置于已预先鼓风加热至 $110\text{ }^\circ\text{C}\pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ 的干燥箱中,干燥 1 h~2 h,取出立即置于干燥器内,冷却至室温(约 1h)后立即称重,精确至 0.000 1 g,记为 m_2 。

5.4.4 重复 5.4.3 步骤进行检查性干燥,每次 30 min,直到连续两次称重质量减少不超过 0.001 0 g 或质量增加时为止。在后一种情况下,要采用质量增加前一次的质量为计算依据。

5.5 试验数据处理

5.5.1 试样内在水分含量(质量分数)按公式(1)计算:

$$w_{\text{水}} = \frac{m_0 + m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$w_{\text{水}}$ ——试样内在水分含量(质量分数);

m_0 ——玻璃称量瓶(瓷皿)的质量,单位为克(g);

m_1 ——干燥前试样的质量,单位为克(g);

m_2 ——干燥后试样加玻璃称量瓶或瓷皿的质量,单位为克(g)。

5.5.2 试验数据处理按附录 A 规定的程序进行,计算结果表示至小数点后两位,数值修约按 GB/T 8170 的规定进行。

5.6 精密度

在重复性限和再现性限条件下,内在水分 2 次独立测试结果的绝对差值应符合表 1 的规定。

表 1 内在水分测定精密度

$w_{\text{水}}/\%$	重复性限(r)/%	再现性限(R)/%
>1.00	0.15	0.20
$\geq 0.10\sim 1.00$	0.08	0.10
<0.10	0.04	0.05



6 灰分的测定

6.1 原理

称取一定质量的试样,将其置于高温炉中于有氧环境下灼烧至质量恒定,以残留物的质量占初始试样质量的百分数作为试样的灰分含量。

6.2 试剂和材料

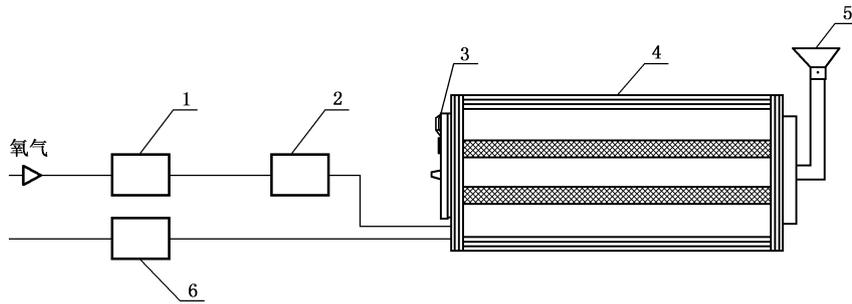
6.2.1 变色硅胶:工业用品。

6.2.2 无水氯化钙:化学纯,粒状。

6.2.3 氧气: O_2 纯度(体积分数)大于或等于 99%。

6.3 仪器和设备

6.3.1 气氛炉:带有气体管路和流量控制装置,带有自动测温和控温装置,额定温度不低于 $1\ 000\text{ }^\circ\text{C}$,控温精度优于 $\pm 20\text{ }^\circ\text{C}$,炉膛具有足够的恒温区,设备结构原理示意图见图 1。



标引序号说明：

- 1——气阀；
- 2——气体流量计；
- 3——炉门；
- 4——炉体；
- 5——烟囱；
- 6——温度控制装置。

图 1 气氛炉结构原理示意图

6.3.2 马弗炉：带有自动测温和控温装置，额定温度不低于 1 000 ℃，控温精度优于 ±20 ℃，炉膛具有足够的恒温区。

6.3.3 干燥箱：带有自动控温和鼓风装置，并能保持温度在 110 ℃±5 ℃范围内。

6.3.4 分析天平：分度值 0.000 1 g。

6.3.5 分析天平：分度值 0.000 01 g。

6.3.6 干燥器：内装变色硅胶(6.2.1)或无水氯化钙(6.2.2)。

6.3.7 瓷方舟：长宽尺寸 60 mm×30 mm、120 mm×60 mm 或其他满足测试要求尺寸。

6.3.8 铂坩埚：容积不小于 50 mL。

6.3.9 坩埚钳。

6.3.10 耐热瓷板。

6.3.11 硬质合金刀具或陶瓷刀具。

6.4 试验步骤

6.4.1 方法一：马弗炉灼烧法

6.4.1.1 将洁净的瓷方舟(铂坩埚)置于 900 ℃±20 ℃的马弗炉中灼烧至恒重[当用分析天平(6.3.4)称量时，重复灼烧至两次称量结果差值不大于 0.000 2 g；当用分析天平(6.3.5)称量时，重复灼烧至两次称量结果差值不大于 0.000 15 g]，称量精确至 0.000 1 g(0.000 01 g)，记为 m_3 。

6.4.1.2 按表 2 要求称取试样，精确至 0.000 1 g(0.000 01 g)，记为 m_4 。

表 2 灰分测定称样量

灰分含量/%	试样量/g	
>0.10	1~5	
≥0.01~0.10	10~20	
<0.01	块状、颗粒状试样	50~100
	粉末、石墨纸等软质试样	15~50

6.4.1.3 用坩埚钳将盛有试样的瓷方舟(铂坩埚)放到已升温至 $850\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的马弗炉口(炭糊等高挥发分试样则从室温以不高于 $200\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的升温速率升温至 $850\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$),预热 3 min 左右,然后推入炉膛恒温区内,微开炉门,灼烧至瓷方舟(铂坩埚)中无肉眼可见红色亮点后,用坩埚钳取出放在耐热瓷板上,稍冷后移入干燥器内,冷却至室温后(约 1 h)立即称重,精确至 0.000 1 g (0.000 01 g),记为 m_5 。

6.4.1.4 重复 6.4.1.3 步骤进行检查性灼烧,每次不少于 30 min ,直至恒重,计算时取最小数据。

6.4.1.5 若盛有试样的瓷方舟(铂坩埚)灼烧恒重后质量小于空白瓷方舟(铂坩埚)的质量,且灼烧残留物没有粘在瓷方舟(铂坩埚)上时,可吹扫净瓷方舟(铂坩埚)内残留物后称重,以此质量作为空白瓷方舟(铂坩埚)的质量。

注:本方法适用于所有炭素材料灰分的测定。

6.4.2 方法二:气氛炉灼烧法

6.4.2.1 将洁净的瓷方舟(铂坩埚)置于 $900\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的马弗炉中灼烧至恒重[当用分析天平(6.3.4)称量时,重复灼烧至两次称量结果差值不大于 0.000 2 g ;当用分析天平(6.3.5)称量时,重复灼烧至两次称量结果差值不大于 0.000 15 g],称量精确至 0.000 1 g (0.000 01 g),记为 m_3 。

6.4.2.2 称样同 6.4.1.2。

6.4.2.3 用坩埚钳将盛有试样的瓷方舟(铂坩埚)放到已升温至 $850\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的气氛炉口,预热 3 min 左右,然后推入炉膛恒温区内,引入适宜流量的氧气流[避免试样或灼烧残留物从瓷方舟(铂坩埚)中吹出],当灼烧至瓷方舟(铂坩埚)中无肉眼可见红色亮点后,用坩埚钳取出放在耐热瓷板上,稍冷后移入干燥器内,冷却至室温后(约 1 h)立即称重,精确至 0.000 1 g (0.000 01 g),记为 m_5 。

6.4.2.4 重复 6.4.2.3 步骤进行检查性灼烧,每次不少于 30 min ,直至恒重,计算时取最小数据。

6.4.2.5 若盛有试样的瓷方舟(铂坩埚)灼烧恒重后质量小于空白瓷方舟(铂坩埚)的质量,且灼烧残留物没有粘在瓷方舟(铂坩埚)上时,可吹扫净瓷方舟(铂坩埚)内残留物后称重,以此质量作为空白瓷方舟(铂坩埚)的质量。

注:本方法适用于灰分含量小于 0.1% 的炭素材料灰分的测定。

6.5 试验数据处理

6.5.1 试样灰分含量(质量分数)按公式(2)计算:

$$\omega_{\text{灰}} = \frac{m_5 - m_3}{m_4} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$\omega_{\text{灰}}$ —— 试样的灰分含量(质量分数);

m_3 —— 瓷方舟(铂坩埚)的质量,单位为克(g);

m_4 —— 干燥试样的质量,单位为克(g);

m_5 —— 灼烧恒重后瓷方舟(铂坩埚)加残留物的质量,单位为克(g)。

6.5.2 试验数据处理按附录 A 的规定进行,计算结果大于或等于 0.01% 时,取至小数点后两位;小于 0.01% 时,取至小数点后四位,数值修约按 GB/T 8170 的规定进行。

6.6 精密度

在重复性限和再现性限条件下,灰分 2 次独立测试结果的绝对差值应符合表 3 的规定。

表 3 灰分测定精密度

$w_{\text{灰}}/\%$		重复性限(r)/%	再现性限(R)/%
>1.00		0.20	0.30
$>0.10\sim 1.00$		0.05	0.10
$\geq 0.01\sim 0.10$		0.01	0.02
<0.01	块状、颗粒状试样	0.000 2	0.000 3
	粉末、石墨纸等软质试样	0.000 4	0.000 6

7 挥发分的测定

7.1 原理

称取一定质量的干燥试样,在规定试验条件下加热一定时间,以试样损失的质量占初始试样质量的百分数作为试样的挥发分含量。

7.2 试剂和材料

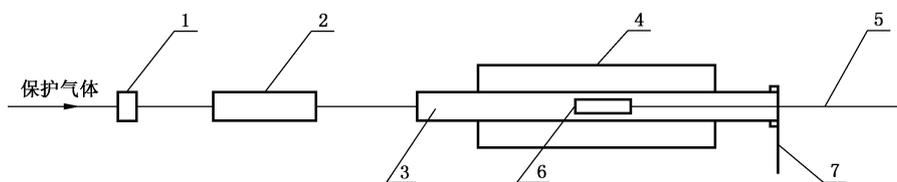
7.2.1 变色硅胶:工业用品。

7.2.2 无水氯化钙:化学纯,粒状。

7.2.3 保护气体:氮气、氦气或氩气,纯度(体积分数)大于或等于 99.99%。

7.3 仪器和设备

7.3.1 管式气氛炉:带有气体管路和流量控制装置,带有自动测温和控温装置,额定温度不低于 1 000 °C,控温精度优于 ± 10 °C,炉膛具有足够的恒温区,设备结构原理示意图见图 2。



标引序号说明:

1——气体流量微调阀;

2——气体流量计;

3——方形石英管;

4——炉体;

5——导样杆;

6——坩埚架;

7——炉门。

图 2 管式气氛炉结构原理示意图

7.3.2 马弗炉:带有自动测温和控温装置,额定温度不低于 1 000 °C,控温精度 ± 10 °C,并能确保放入冷坩埚后在 3 min 内重新升温到设定温度。炉子上应具有供挥发物逸出的通道,热电偶的热接点应在炉的恒温区,与炉底距离为 20 mm~30 mm。

7.3.3 干燥箱:带有自动控温和鼓风装置,并能保持温度在 110 °C ± 5 °C 范围内。

7.3.4 分析天平:分度值 0.000 1 g。

7.3.5 干燥器:内装变色硅胶(7.2.1)或无水氯化钙(7.2.2)。

7.3.6 双盖瓷坩埚:坩埚盖子都要紧密结合,上口外径 30 mm,中口外径 26.3 mm,下底外径20.5 mm,高 44 mm,详细规格见图 3。

单位为毫米

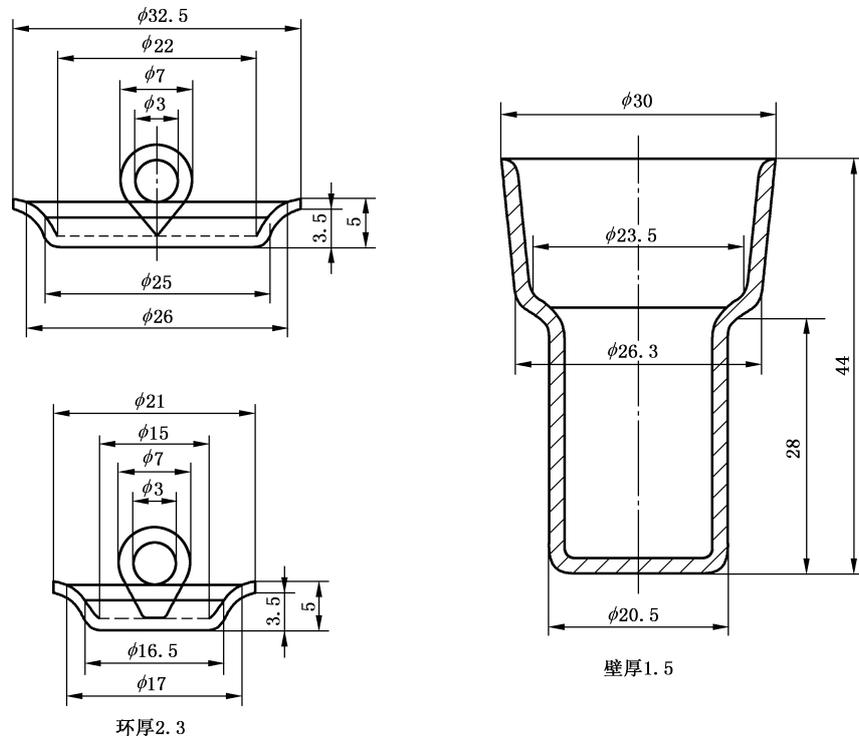


图 3 双盖瓷坩埚结构示意图

7.3.7 单盖瓷坩埚:容积 25 mL,上口外径 38 mm~39 mm,下底外径 22 mm~25 mm,高 37 mm~38 mm,详细规格见图 4。

单位为毫米

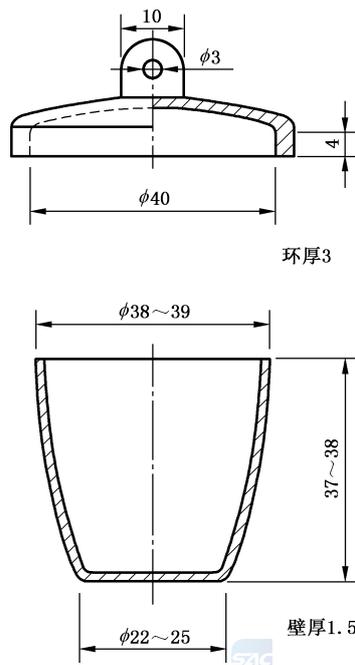


图 4 单盖瓷坩埚结构示意图

7.3.8 坩埚架:用镍铬丝或其他耐热金属丝制成,其规格尺寸应能使所有的坩埚都在恒温区内,放在架上的坩埚底部距炉底间的距离为 20 mm~30 mm。

7.3.9 坩埚钳。

7.3.10 导样杆:用镍铬或其他耐热金属制成,其规格尺寸应能把坩埚架推入气氛炉的恒温区内。

7.3.11 耐热瓷板。

7.3.12 计时器。

7.4 试验步骤

7.4.1 方法一:普通高温法

7.4.1.1 将洁净的瓷坩埚置于 950 °C ±10 °C 的马弗炉中灼烧至恒重(重复灼烧至两次称重结果差值不大于 0.000 2 g),称重精确至 0.000 1 g,记为 m_6 。

7.4.1.2 在灼烧恒重的双盖瓷坩埚(炭糊类试样用单盖瓷坩埚)中称取干燥试样约 2 g(炭糊类试样称取约 3 g),精确到 0.000 1 g,记为 m_7 。

7.4.1.3 轻轻振动坩埚使试样摊平,盖好盖子,放在坩埚架上。

7.4.1.4 用坩埚钳迅速将装有坩埚的坩埚架放入已升温至 900 °C ±10 °C 的马弗炉的恒温区内,同时启动计时,迅速关好炉门,准确加热 7 min。要求坩埚架放入后炉温在 3 min 以内恢复到 900 °C ±10 °C,否则此次试验作废。

7.4.1.5 加热 7 min 后立即用坩埚钳取出坩埚架,放在耐热瓷板上,稍冷后移入干燥器内,冷却至室温后(约 1 h)立即称重,精确至 0.000 1 g,记为 m_8 。

7.4.2 方法二:氮气保护法

7.4.2.1 将洁净的双盖瓷坩埚置于 950 °C ±10 °C 的马弗炉中灼烧至恒重(重复灼烧至两次称重结果差值不大于 0.000 2 g),称重精确至 0.000 1 g,记为 m_6 。

7.4.2.2 在灼烧恒重的双盖瓷坩埚中称取干燥试样约 2 g,精确到 0.000 1 g,记为 m_7 。

7.4.2.3 轻轻振动坩埚使试样摊平,盖好盖子,放在坩埚架上。

7.4.2.4 用坩埚钳将装有坩埚的坩埚架放入已升温至 900 °C ±10 °C 并已稳定通入适宜流量保护气体的管式气氛炉口,然后用导样杆迅速将坩埚架推入恒温区内,同时启动计时,迅速关好炉门,准确加热 7 min。要求坩埚架放入后炉温在 3 min 以内恢复到 900 °C ±10 °C,否则此次试验作废。

7.4.2.5 加热 7 min 后立即用导样杆将坩埚架钩至炉口,然后用坩埚钳取出放在耐热瓷板上,稍冷后移入干燥器内,冷却至室温后(约 1 h)立即称重,精确至 0.000 1 g,记为 m_8 。

注:本方法为经过 1 000 °C 以上高温热处理过的炭素材料挥发分测定的仲裁方法。

7.5 试验数据处理

7.5.1 试样挥发分含量(质量分数)按公式(3)计算:

$$\omega_{\text{挥}} = \frac{m_6 + m_7 - m_8}{m_7} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$\omega_{\text{挥}}$ ——试样的挥发分含量(质量分数);

m_6 ——瓷坩埚的质量,单位为克(g);

m_7 ——干燥试样的质量,单位为克(g);

m_8 ——灼烧后试样加瓷坩埚的质量,单位为克(g)。

7.5.2 试验数据处理按规范性附录 A 规定的程序进行,计算结果表示至小数点后两位,数值修约按 GB/T 8170 的规定进行。

7.6 精密度

在重复性限和再现性限条件下,挥发分 2 次独立测试结果的绝对差值应符合表 4 的规定。

表 4 挥发分测定精密度

$w_{\text{挥}}/\%$		重复性限(r)/%	再现性限(R)/%
>10.00		0.30	0.50
$\geq 1.00 \sim 10.00$		0.20	0.30
<1.00	方法一	0.15	0.20
	方法二	0.07	0.10

8 固定碳的计算

8.1 灰分小于 0.1% 的产品,固定碳含量(质量分数)按公式(4)计算:

$$w_{\text{碳}} = 100\% - w_{\text{灰}} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

$w_{\text{碳}}$ ——试样的固定碳含量(质量分数);

$w_{\text{灰}}$ ——试样的灰分含量(质量分数)。

8.2 灰分大于或等于 0.1% 的产品,固定碳含量(质量分数)按公式(5)计算:

$$w_{\text{碳}} = 100\% - w_{\text{灰}} - w_{\text{挥}} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

$w_{\text{碳}}$ ——试样的固定碳含量(质量分数);

$w_{\text{灰}}$ ——试样的灰分含量(质量分数);

$w_{\text{挥}}$ ——试样的挥发分含量(质量分数)。

9 试验报告

试验报告应包括下列内容:

- a) 识别样品、实验室和试验日期所需的全部资料;
- b) 本文件编号;
- c) 结果及其表示;
- d) 测定中发现的异常现象;
- e) 对结果可能产生影响的本文件中未作规定的各种操作或任选的操作。

附录 A
(规范性)
试验数据处理程序

试验数据处理按图 A.1 规定的程序进行。

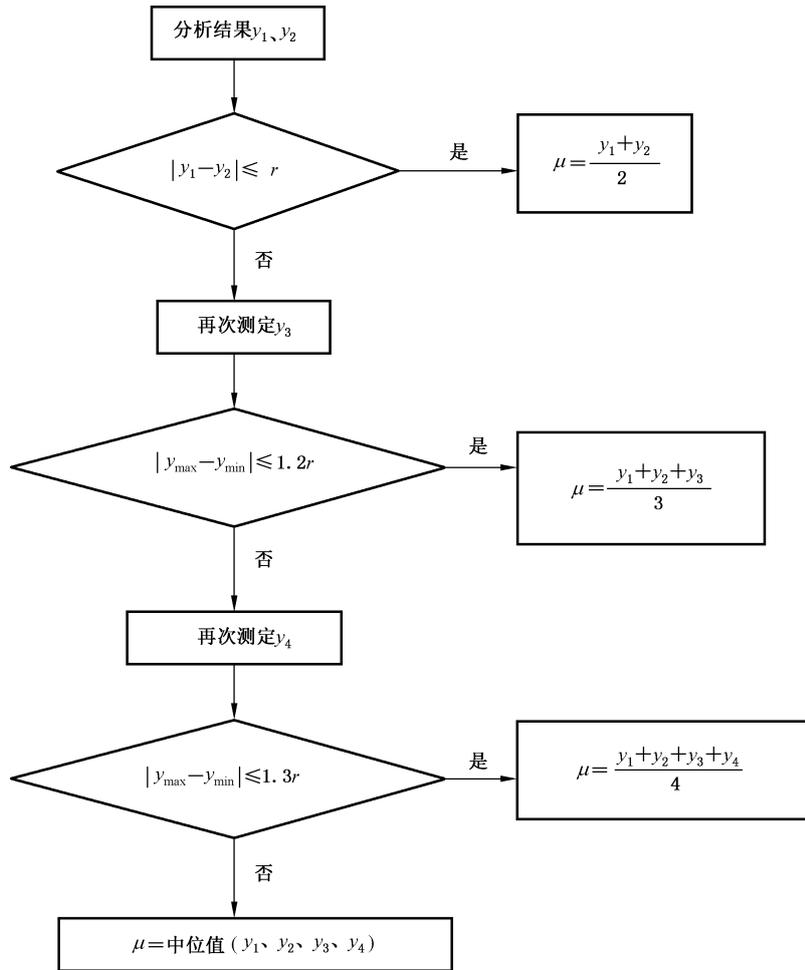


图 A.1 试验数据处理程序图

