



中华人民共和国国家标准

GB/T 2999—2002
代替 GB/T 2999—1982

耐火材料 颗粒体积密度试验方法

**Refractory materials—Determination of bulk
density of granular materials**

(ISO 8840:1987, Refractory materials—Determination
of bulk density of granular materials
(grain density), MOD)

2002-12-31 发布

2003-06-01 实施

中华人民共和国
国家质量监督检验检疫总局 发布

前 言

本标准修改采用 ISO 8840:1987《耐火材料 颗粒体积密度(颗粒比重)的测定》(英文版)。

本标准根据 ISO 8840:1987 重新起草。为了方便比较,在附录 A 中将 ISO 8840:1987 的真空水银法列出。在附录 B 中列出了本标准条款和国际标准条款的对照一览表。

本标准在采用国际标准时进行了修改,这些技术性差异用垂直线标识在它们涉及的条款的页边空白处。在附录 C 中给出了技术性差异及其原因一览表以供参考。

为便于使用,本标准还做了下列编辑性修改:

- a) ‘本国际标准’一词改为‘本标准’;
- b) 用小数点‘.’代替作为小数点的逗号‘,’;
- c) 删除国际标准的前言。

本标准代替 GB/T 2999—1982《粒状耐火材料体积密度实验方法》。

本标准与前一版本的主要差异有以下三点:

- a) 试样粒度由 2.0 mm~5.0 mm 修改为 2.0 mm~5.6 mm;
- b) 测定饱和试样质量所用的液体饱和过的棉纱布,由“用手尽可能拧干……”修改为“再用手拧干,使已湿润的棉纱布质量为其干棉纱布质量的 1.8~2.2 倍”;
- c) 由“吸水率计算至整数”修改为“吸水率计算后修约至一位小数”。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 均为资料性附录。

本标准由原国家冶金工业局提出。

本标准由全国耐火材料标准化技术委员会归口。

本标准由洛阳耐火材料研究院、海城华宇耐火材料集团公司起草。

本标准主要起草人郑祥华、梁殿后、李春颖、刘琳玫、张 晴。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为 YB/T 842—1975 及 GB/T 2999—1982。

耐火材料 颗粒体积密度试验方法

1 适用范围

本标准规定了测定粒度大于 2.0 mm 的颗粒状耐火材料体积密度的两种方法：

——方法 1：称量法；

——方法 2：滴定管法。

方法 1 用作仲裁法。

根据被测材料的性质，两种方法可以得出不同的结果。因此，报告体积密度值时应说明所用的方法或在有争议时应该使用的方法。对于试样的体积测定，选样和制样，计算体积密度以及提出的试验报告都应采用同一种方法。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 2997—2000 致密定形耐火制品体积密度、显气孔率和真气孔率的试验方法（eqv ISO 5017:1998）

GB/T 5071—1997 耐火材料真密度试验方法

GB/T 6005—1997 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 8170—1987 数值修约规则

GB/T 17617—1998 耐火原料和不定形耐火材料 取样

3 术语和定义

本标准采用下列术语和定义：

3.1

颗粒体积密度 bulk density of a granular material (grain density)

颗粒材料的干燥质量与其总体积之比。

3.2

吸水率 water absorption

带有气孔的干燥材料中所有开口气孔所吸收的水的质量与其干燥材料的质量之比，用%表示。

3.3

表观质量 apparent mass

饱和试样的质量减去被排除的液体的质量，即相当于饱和试样悬挂在液体中的质量。

3.4

闭气孔 closed pores

封闭在耐火材料内部按 GB/T 2997 规定条件浸渍液体时，不能被液体填充的气孔。

4 原理

用液体置换法测量已知质量的颗粒材料的体积。

GB/T 2999—2002

5 取样

按照 GB/T 17617 或有关方面协商的标准抽样方案进行抽样。

6 试样的制备、数量及大小

6.1 试样的制备

将实验室试样按规定缩分成试验用的材料约 1 000 g, 随破碎随筛(小于 5.6 mm 的颗粒料可直接过筛), 直至全部通过孔径为 5.6 mm 的筛网(8.1.1), 并将小于 2.0 mm 的颗粒弃去。将试样放在供洗涤用的筛网(8.1.2)上, 用水洗或者空气吹(对水敏感的试样)除去表面附着的粉尘或松散的颗粒。

6.2 试样的数量

将全部 2.0 mm~5.6 mm 颗粒用四分法缩分至约 200 g~500 g, 供试验用。

7 试样质量(m_1)的测定

将试样置于 $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的电热干燥箱(8.1.3)中烘干至恒量, 并于干燥器(8.1.4)中自然冷却至室温。用天平(8.1.5)分别称取两个 40 g~60 g 的试样, 精确至 0.01 g。

8 试样体积的测定——方法 1: 称量法

8.1 设备

8.1.1 试验筛: 符合 GB/T 6005, 孔径 2.0 mm、5.6 mm 并配有筛底及筛盖。

8.1.2 筛网: 孔径为 2 mm 的标准筛网。

8.1.3 电热干燥箱: 控温精度 $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

8.1.4 干燥器。

8.1.5 天平: 分度值为 0.01 g。

8.1.6 不吸水的纤维布。

8.1.7 容器: 用镀锌薄板制成。

8.1.8 抽真空装置: 能将绝对压力降至不大于 2 500 Pa, 并能够测量绝对压力值。

8.1.9 浸液: 自来水或工业纯有机液体。

8.1.10 网篮: 用孔径 1 mm 的筛网制成带有提手的网篮。

8.1.11 带溢流管的容器。

8.1.12 棉纱布: 尺寸约为 60 cm×60 cm。

8.1.13 称量瓶: 直径 60 mm, 高 30 mm。

8.1.14 液体比重天平或比重计: 分度值为 0.001 g/cm^3 。

8.2 试样浸渍

小心地将称量过的试样放在不吸水的纤维布(8.1.6)上, 用细绳将其包扎牢固, 放入容器(8.1.7)内并置于抽真空装置(8.1.8)中, 抽真空至其绝对压力小于 2 500 Pa, 试样在此真空度下保持 5 min, 然后在 5 min 内缓慢地注入供试样吸收的浸液(8.1.9), 直至试样完全淹没, 再保持抽真空 5 min, 停止抽气, 将容器取出静置于空气中, 使其液体达到室温。

8.3 饱和试样表现质量(m_2)的测定

把网篮(8.1.10)吊挂在天平的挂钩上, 并使液体完全淹没网篮, 将天平调整到零点, 再将网篮取出备用。然后, 打开包扎布, 将饱和试样小心地刮入网篮, 迅速移至带有溢流管容器的浸液中, 当浸液完全淹没试样后, 上下移动网篮几次, 使残留气泡逸出, 将网篮吊在天平的挂钩上称量, 精确至 0.01 g。

8.4 饱和试样质量(m_3)的测定

8.4.1 将棉纱布(8.1.12)烘干, 叠成 4 层~8 层厚, 称其质量, 然后用浸液使其饱和, 再用手拧干, 使已

湿润的棉纱布质量为其干棉纱布质量的 1.8 倍~2.2 倍。

8.4.2 从浸液中取出试样,小心地将其从网篮中移到不吸水的纤维布(8.1.6)上,除去多余的液滴,将试样连同不吸水的纤维布放到已拧过的湿润棉纱布上,仔细地用棉纱布擦去颗粒表面附着的浸液,直到颗粒间不再互相粘连、颗粒表面附着的浸液看不见为止(但不能把气孔中的浸液吸出),立即放在称量瓶(8.1.13)中,称量饱和试样在空气中的质量(务必保证不会因浸液的挥发而导致称量有明显的变化),精确至 0.01 g。

8.5 浸液密度的测定

测定在试验温度下所用的浸液的密度,可采用液体比重天平(8.1.14)法或液体比重计(8.1.14)法,精确至 0.001 g/cm³。

8.6 结果计算

8.6.1 体积按式(1)计算:

$$V_R = \frac{m_3 - m_2}{\rho_l} \quad \dots\dots\dots (1)$$

8.6.2 体积密度按式(2)计算:

$$\rho_R = \frac{m_1}{V_R} = \frac{m_1 \rho_l}{m_3 - m_2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

8.6.3 吸水率按式(3)计算:

$$\omega_a = \frac{m_3 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

V_R ——试样的体积,单位为立方厘米(cm³);

ρ_R ——试样的体积密度,单位为克每立方厘米(g/cm³);

ω_a ——试样的吸水率,用%表示;

m_1 ——干燥试样的质量,单位为克(g);

m_2 ——饱和试样的表观质量,单位为克(g);

m_3 ——饱和试样在空气中的质量,单位为克(g);

ρ_l ——试验温度下,浸液的密度,单位为克每立方厘米(g/cm³)。

8.6.4 如需要试样的显气孔率可以按照 GB/T 2997 规定进行计算得出。

9 试样体积的测定——方法 2:滴定管法

9.1 设备

9.1.1 烧杯:150 mL。

9.1.2 标定的滴定管:50 mL 或 100 mL,分度值为 0.1 mL。

9.1.3 放大镜。

9.1.4 漏斗:上口直径为 100 mm。

9.2 试样体积的测定

把干燥和称量好的试样(见 7)放入烧杯(9.1.1)中,在室温下加水直至淹没试样。

每次使用前,先将滴定管(9.1.2)除去油脂并冲洗干净。加水至 20 mL 和 25 mL 之间,放置 1 min 后,用放大镜(9.1.3)估计读数到 0.05 mL。然后将漏斗(9.1.4)放在滴定管上。

每次测定前,将棉纱布(8.1.12)叠成 4 层~8 层厚的方块,用水饱和并用手拧干(8.4.1)。

试样至少浸泡 2 min 后,在烧杯上盖上玻璃,挡住试样,将水尽可能的完全倒出。然后将试样移到不吸水的纤维布(8.1.6)上,除去多余的水滴后,将试样连同不吸水的纤维布再放到已拧干的棉纱布上,仔细地用棉纱布吸附颗粒表面上的水,直到颗粒表面附着的水消失为止。接着把纤维布折起来使试样

GB/T 2999—2002

经过漏斗装入滴定管。用放大镜估计读取最终液面读数,精确到 0.05 mL。

滴定管的最终读数和起始读数之差就是试样体积。

9.3 结果计算

试样体积密度 ρ_R 按式(4)计算

$$\rho_R = \frac{m}{V_R} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

ρ_R ——试样体积密度,单位为克每立方厘米(g/cm^3);

m ——干燥试样的质量,单位为克(g);

V_R ——试样的体积,单位为立方厘米(cm^3)。

10 数值修约

按 GB/T 8170—1987 规定,体积密度计算后修约至两位小数,吸水率计算后修约至一位小数。

11 允许误差

11.1 同一试验室,同一试验方法,同一个试样的平行试验和复验误差体积密度不允许超过 $0.02 \text{ g}/\text{cm}^3$,吸水率不允许超过 0.3%。

11.2 不同试验室,同一试验方法,同一个试样的复验误差体积密度不允许超过 $0.04 \text{ g}/\text{cm}^3$,吸水率不允许超过 0.6%。

11.3 同一试样的两个平行试验,其结果若超过允许误差,试验必须重做。

12 试验报告

试验报告应包括以下内容:

- a) 依据标准;
- b) 所用方法;
- c) 委托单位;
- d) 试样牌号、名称及编号;
- e) 试验结果的单值及平均值;
- f) 试验所用浸液名称;
- g) 试验日期;
- h) 试验人员。

附录 A
(资料性附录)
ISO 8840:1987(部分)
试样体积的测定

真空水银法

A.1 原理

用真空水银置换法测定试样体积,真空度低于 30 mbar。最好是 1.33 mbar(约 1 托)。

注: 1 bar=10⁵ Pa。

A.2 设备

A.2.1 真空比重计

示于图 A.1(锥形磨口塞按 ISO 383)。

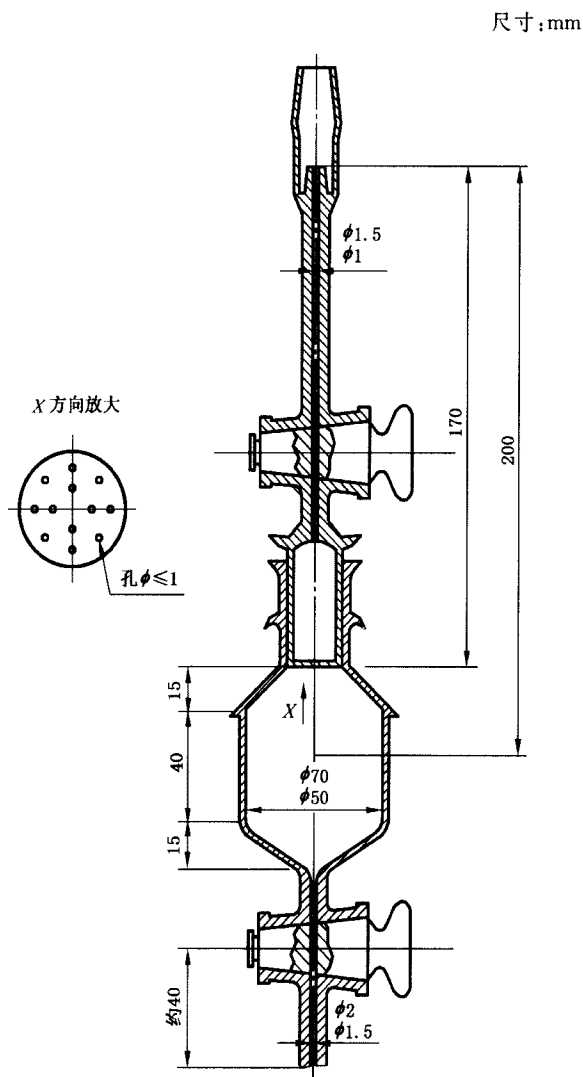
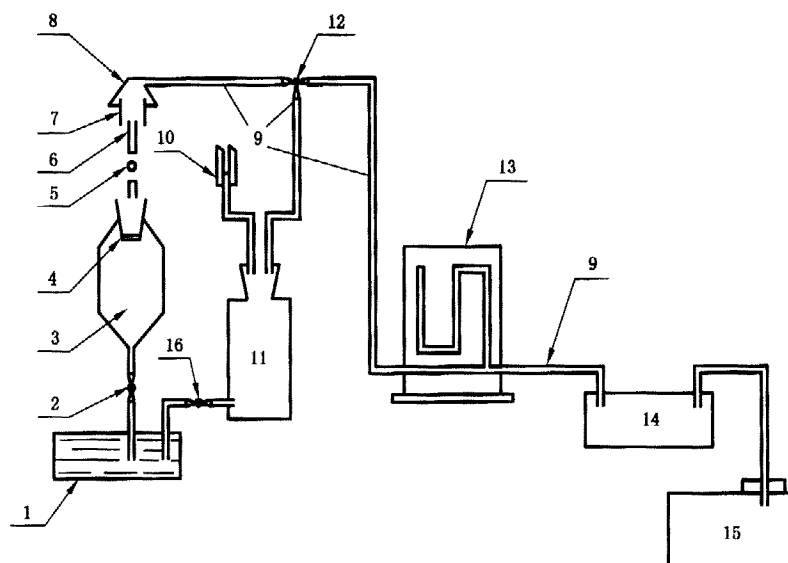


图 A.1 真空比重计

GB/T 2999—2002

A.2.2 试验装配

示于图 A.2。



- 1—水银槽；
- 2—阀门2；
- 3—比重计下部；
- 4—带空的玻璃塞(孔径 ≤ 1 mm)；
- 5—阀门5；
- 6—比重计上部；
- 7—溢流毛细管；
- 8—比重计真空接头；
- 9—真空管；
- 10—水银排出套；
- 11—水银储槽；
- 12—三通阀；
- 13—真空压力计；
- 14—沃尔夫瓶；
- 15—真空泵；
- 16—阀门。

图 A.2 试验装置示意图

A.3 真空比重计重量的测定

清洗和干燥空的真空比重计并称量,精确至 0.1 g。

注:如果所有的测定是在同一温度下进行,则不必称量空的真空比重计。

A.4 充水银后真空比重计重量的测定

将真空比重计抽真空,并吸入水银直到从毛细管溢出为止(见图 A.2)。

按顺序关闭阀门 2 和阀门 5 断开真空泵。倒出从毛细管中溢出的剩余水银,并用钢丝除去留在空吸管里到阀门 2 以下的水银。称量充水银的比重计,精确至 0.1 g。

A.5 装试样并充水银后比重计重量的测定

把干燥并称重的试样全部装入水银比重计中,按 A.4 规定抽真空并吸入水银。这将给这些颗粒施加约 256 mbar 的平均压力,称量整个比重计,精确至 0.1 g。立即在真空下吸走比重计中的水银。去除试样上粘附的水银,称量试样重并计算出与原始试样重之差,从而确定残留在试样里的水银量。如果试样中残留的水银重量超过原始试样重量的 5%,在试验报告中应说明该数值,以重量百分数来表示。

A.6 试样体积的计算

如果在恒温条件下按 A.4 和 A.5 称重(水银密度恒定),那么试样的体积 V_R (mL) 计算公式为:

$$V_R = \frac{m_G + m_p - m_T}{\rho} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

如果在不同的温度下按 A.4 和 A.5 称重(水银密度不同),那么试样的体积 V_R (mL) 计算公式为:

$$V_R = \frac{m_G - m_L}{\rho_1} - \frac{m_T - m_L - m_p}{\rho_2} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

m_G ——充水银后比重计的重量,单位为克(g);

m_T ——装试样并充水银后比重计的重量,单位为克(g);

m_L ——空的比重计的重量,单位为克(g);

m_p ——试样的重量,单位为克(g);

ρ ——在同一温度下进行校准和测量的水银密度,单位为克每立方厘米(g/cm^3);

ρ_1 ——称量充水银后比重计时水银的密度,单位为克每立方厘米(g/cm^3);

ρ_2 ——称量装试样并充水银后比重计时水银的密度,单位为克每立方厘米(g/cm^3)。

水银的密度是温度的函数,见表 A.1。

表 A.1 水银密度与温度的关系

温度/°C	密度/(g/cm^3)	温度/°C	密度/(g/cm^3)
15	13.559	23	13.539
16	13.556	24	13.536
17	13.554	25	13.534
18	13.551	26	13.532
19	13.549	27	13.529
20	13.546	28	13.527
21	13.544	29	13.524
22	13.541	30	13.522

GB/T 2999—2002

附录 B

(资料性附录)

本标准章条编号与 ISO 8840:1987 章条编号对照

表 B.1 给出了本标准章条编号与 ISO 8840:1987 章条编号对照一览表。

表 B.1 本标准章条编号与 ISO 8840:1987 章条编号对照

本标准章条编号	对应的国际标准章条编号
3.2~3.3	—
6.1~6.2	6.1~6.2
7	7
8	8
9	8.6、10
10~11	—
12	11
附录 A	8
附录 B	—
附录 C	--

附录 C

(资料性附录)

本标准与 ISO 8840:1987 的技术性差异及其原因

表 C.1 给出了本标准与 ISO 8840:1987 的技术性差异及其原因一览表。

表 C.1 本标准与 ISO 8840:1987 的技术性差异及其原因

本标准的章条编号	技术性差异	原因
3.2~3.3	增加了吸水率和表观质量两个定义	因为我国耐火材料原料产品标准中还需要吸水率的指标;另外本标准采用了称量法测量试样体积,中间过程需要测定试样表观质量
6.1~6.2	增加了从大批原料中取样后再分别缩分成约 1 000 g、200 g~500 g 的规定。以两个平行试样代替三个平行试样。 删去 6.3	ISO 8840 没有规定从大批原料中取多少试样,可操作性差。同时通过我们条件试验认为只要严格按标准程序,用两个平行样已经足够。 因为国际标准中的 6.3 内容已与本标准第 7 章合并
7	以称取 40 g~60 g 试样代替 50 g 试样	通过试验证明,在实际操作中规定 40 g~60 g 为宜
8	以称量法代替真空水银法	真空水银法有下列弊病:(1) 水银污染环境;(2) 残留在试样气孔内的水银不宜清除干净,影响试验结果;(3) 我国某些耐火材料原料产品标准中规定有原料的吸水率和气孔率指标,真空水银法无法测定。故不采用该法
9	以棉纱布代替毛巾,把试样中多余液滴先在不吸水的纤维布上除去。再将试样连同不吸水的纤维布放在已拧干的棉纱布上	国际标准中采用的毛巾不宜,因为细小颗粒易在毛巾上粘连,易造成人为误差,而且操作过程很繁琐
10~11	增加了试验结果的数据处理和试验误差的规定	不规定试验结果数据处理和误差,就无法对试验结果的精度和复现性进行评价
12	增加了试验报告相应项目	第 8 章内容已修改,试验报告内容必须增加

