

中华人民共和国国家标准

GB/T 11969—2020
代替 GB/T 11969—2008

蒸压加气混凝土性能试验方法

Test methods of autoclaved aerated concrete

2020-09-29 发布

2021-08-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

GB/T 11969—2020

目 次

前言	I
1 范围	1
2 术语和定义	1
3 干密度、含水率和吸水率	1
4 力学性能	3
5 干燥收缩	9
6 抗冻性	12
7 碳化	14
8 干湿循环	17
9 试验报告	17



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 11969—2008《蒸压加气混凝土性能试验方法》，与 GB/T 11969—2008 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 增加了术语和定义(见第 2 章)；
- 修改了试件测量仪器要求(见 3.1、4.1、5.1、6.1、7.1、8.1,2008 年版的 2.1、3.1、4.1、5.1、6.1、7.1)；
- 增加了体积含水率和体积吸水率计算方法(见 3.5.3、3.5.5)；
- 修改了抗压强度试验时含水率控制方法(见 4.2.7.2,2008 年版的 3.2.6.2)；
- 修改了干燥收缩特性曲线绘制方法(见 5.4.4.3,2008 年版的 4.4.4.3)；
- 修改了抗冻性试验方法(见第 6 章,2008 年版的第 5 章)。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

本标准由全国水泥制品标准化技术委员会(SAC/TC 197)归口。

本标准起草单位：中国加气混凝土协会、同济大学、浙江开元新型墙体材料有限公司、山东京博环保材料有限公司、长兴伊通有限公司、安徽科达机电有限公司、天津市建筑材料产品质量监督检测中心、广州发展环保建材有限公司、浙江元筑住宅产业化有限公司、江苏宁国耐磨材料有限公司、舟山市质量技术监督检测研究院、舟山弘业环保材料有限公司、浙江天达环保股份有限公司、福建群峰机械有限公司、常州市建筑材料研究所有限公司、浙江杭加泽通建筑节能新材料有限公司、广西鲁临建材科技有限公司、浙江德鑫新材料有限公司、偃师市华泰综合利用建材有限公司、浙江省建筑设计研究院有限公司、陕西凝远新材料科技股份有限公司、常州市江山新型建筑材料有限公司、浙江丰众建筑材料科技股份有限公司、广西建工集团建筑产业投资有限公司、浙江恒尊新材料科技有限公司、湖北楚峰建科集团荆州开元新材股份有限公司。

本标准主要起草人：姜勇、苏宇峰、陆洁、程才渊、陈宏平、陈新疆、白锡庆、贺铁明、周剑国、赖少忠、刘义、王明军、熊海东、田森岳、张晓海、李存军、任宪德、王全省、徐宇衍、杨尚富、张本建、戴小俊、何志昂、李军奇、陈海鸣、马英杰、李文智、舒凯、吴凯、张辉、刘品德、孙正壹、胡士军、朱瑞胜。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB 11969—1989、GB/T 11969—1997、GB/T 11969—2008；
- GB 11970—1989、GB/T 11970—1997；
- GB 11971—1989、GB/T 11971—1997；
- GB 11972—1989、GB/T 11972—1997；
- GB 11973—1989、GB/T 11973—1997；
- GB 11974—1989、GB/T 11974—1997；
- GB 11975—1989、GB/T 11975—1997。

蒸压加气混凝土性能试验方法

1 范围

本标准规定了蒸压加气混凝土干密度、含水率和吸水率、力学性能、干燥收缩、抗冻性、碳化、干湿循环等项目的试验方法和试验报告。

本标准适用于民用与工业建筑物中使用的蒸压加气混凝土。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

试样 sample

用于进行检验的代表总体特性量值的少量物质。

注：试样包括蒸压加气混凝土砌块、蒸压加气混凝土板生产中同一模的砌块、端头块或板中锯取部分。

2.2

试件 specimen

从试样中按规定尺寸锯切的用于性能检验试验的小块物质。

2.3

平行试件 contrast specimen

与试件在同一块试样中同时锯切用于对比或留存的另一组试件。

3 干密度、含水率和吸水率

3.1 仪器设备和试验室

3.1.1 电热鼓风干燥箱：最高温度 200 ℃。

3.1.2 托盘天平或磅秤：称量 2 000 g，感量 0.1 g。

3.1.3 钢板直尺：规格为 300 mm，分度值为 1 mm。

3.1.4 游标卡尺或数显卡尺：规格为 300 mm，分度值为 0.1 mm。

3.1.5 恒温水槽：水温(20±2)℃。

3.1.6 试验室：室温(20±5)℃。

3.2 试件

3.2.1 试件的制备采用机锯。锯切时不应将试件弄湿。

3.2.2 试件应沿制品发气方向中心部分上、中、下顺序锯取一组，“上”块的上表面距离制品顶面 30 mm，“中”块在制品正中处，“下”块的下表面离制品底面 30 mm。

3.2.3 试件表面应平整，不得有裂缝或明显缺陷，尺寸允许偏差应为±1 mm，平整度应不大于0.5 mm，垂直度应不大于0.5 mm。试件应逐块编号，从同一块试样中锯切出的试件为同一组试件，以“Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ…”表示组号；当同一组试件有上、中、下位置要求时，以下标“上、中、下”注明试件锯取的位置；当同一组试件没有位置要求，则以下标“1、2、3…”注明，以区别不同试件；平行试件以“Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ…”加注上标

GB/T 11969—2020

“+”以示区别。试件以“↑”标明发气方向。

以长度 600 mm,宽度 250 mm 的制品为例,试件锯取部位如图 1 所示。

单位为毫米

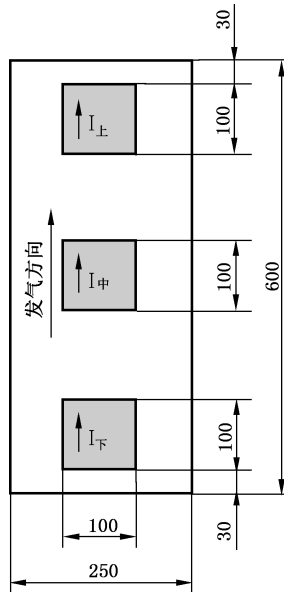


图 1 干密度、含水率和吸水率试件锯取示意图

3.2.4 试件为 2 组 100 mm×100 mm×100 mm 立方体。试件也可采用抗压强度平行试件。

3.3 干密度和含水率试验步骤

3.3.1 取试件 1 组,逐一量取长、宽、高三个方向的轴线尺寸,精确至 0.1 mm,计算试件的体积;并称取试件质量(*M*),精确至 1 g。

3.3.2 将试件放入电热鼓风干燥箱内,在(60±5)℃下保持 24 h,然后在(80±5)℃下保持 24 h,再在(105±5)℃下烘至恒质(*M*₀)。恒质指在烘干过程中间隔 4 h,前后两次质量差不应超过 2 g。

3.4 吸水率试验步骤

3.4.1 取另 1 组试件放入电热鼓风干燥箱内,在(60±5)℃下保持 24 h,然后在(80±5)℃下保持 24 h,再在(105±5)℃下烘至恒质(*M*₀)。

3.4.2 试件在室内冷却 6 h 后,放入水温为(20±2)℃的恒温水槽内,然后加水至试件高度的 1/3,保持 24 h,再加水至试件高度的 2/3,经 24 h 后,加水高出试件 30 mm 以上,保持 24 h。

3.4.3 将试件从水中取出,用湿布抹去表面水分,立即称取每块质量(*M*_g),精确至 1 g。

3.5 结果计算与评定

3.5.1 干密度按式(1)计算:

$$r_0 = \frac{M_0}{V} \times 10^6 \dots\dots\dots(1)$$

式中:

*r*₀ ——干密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

*M*₀ ——试件烘干后质量,单位为克(g);

V ——试件体积,单位为立方毫米(mm³)。

3.5.2 质量含水率按式(2)计算:

$$W_s = \frac{M - M_0}{M_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

W_s ——质量含水率,用百分数(%)表示;

M ——试件烘干前的质量,单位为克(g)。

3.5.3 体积含水率按式(3)计算:

$$W_v = \frac{M - M_0}{1 \cdot (V/1\ 000)} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

W_v ——体积含水率,用百分数(%)表示;

1 ——水在 20 °C 时的密度,单位为克每立方厘米(g/cm³)。

3.5.4 质量吸水率按式(4)计算:

$$W_r = \frac{M_g - M_0}{M_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

W_r ——质量吸水率,用百分数(%)表示;

M_g ——试件吸水后质量,单位为克(g)。

3.5.5 体积吸水率按式(5)计算:

$$W_g = \frac{M_g - M_0}{1 \cdot (V/1\ 000)} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

W_g ——体积吸水率,用百分数(%)表示;

1 ——水在 20 °C 时的密度,单位为克每立方厘米(g/cm³)。

3.5.6 结果按 1 组试件试验的算术平均值进行评定,干密度计算精确至 1 kg/m³,质量含水率、体积含水率、质量吸水率和体积吸水率计算精确至 0.1%。

4 力学性能

4.1 仪器设备和试验室

4.1.1 材料试验机:精度(示值的相对误差)不应低于±2%,量程的选择应能使试件的预期最大破坏荷载处在全量程的 20%~80%范围内。

4.1.2 托盘天平或磅秤:称量 2 000 g,感量 1g。

4.1.3 电热鼓风干燥箱:最高温度 200 °C。

4.1.4 钢板直尺:规格为 300 mm,分度值为 1 mm。

4.1.5 游标卡尺或数显卡尺:规格为 300 mm,分度值为 0.1 mm。

4.1.6 劈裂抗拉钢垫条的直径为 75 mm,如图 2 所示。钢垫条与试件之间应垫以木质三合板垫层,垫层宽度应为 15 mm~20 mm,厚 3 mm~4 mm,长度不应短于试件边长,垫层不应重复使用。

GB/T 11969—2020

单位为毫米

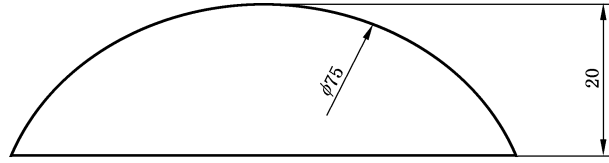


图 2 劈裂抗拉钢垫条

4.1.7 变形测量仪表:精度不应低于 0.001 mm,当使用镜式引伸仪时,允许精度不低于 0.002 mm。

4.1.8 试验室:室温(20±5)℃。

4.2 试件

4.2.1 抗压、劈裂抗拉试件制备按 3.2.1、3.2.2、3.2.3 和 3.2.4 进行,试件锯取部位如图 3 所示。

4.2.2 抗折试件制备按 3.2.1 和 3.2.3 在制品中心部分平行于制品发气方向锯取,试件锯取部位如图 4 所示。

4.2.3 当 1 组试件不能在同一块试样中锯取时,可以在同一模的相邻部位采样锯取。

4.2.4 轴心抗压、弹性模量试件制备按 3.2.1、3.2.2 和 3.2.3 进行,试件锯取部位如图 5 所示。

单位为毫米

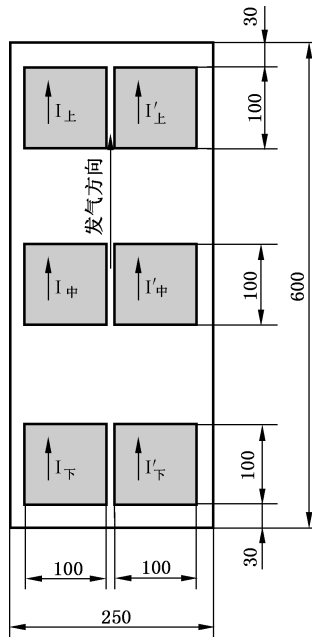


图 3 抗压强度、劈裂抗拉强度试件锯取示意图

单位为毫米

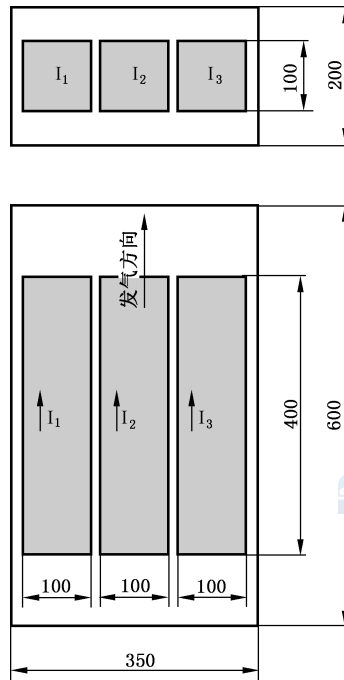


图 4 抗折强度试件锯取示意图

单位为毫米

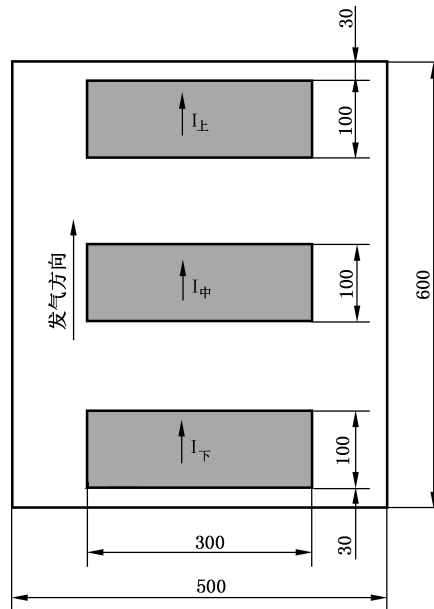


图 5 轴心抗压、弹性模量试件锯取示意图

4.2.5 试件受压面的平整度应小于 0.1 mm,相邻面的垂直度应小于 1 mm。

4.2.6 试件数量如下:

- 抗压强度:100 mm×100 mm×100 mm 立方体试件 1 组,平行试件 1 组;
- 劈裂抗拉强度:100 mm×100 mm×100 mm 立方体试件 1 组,平行试件 1 组;
- 抗折强度:100 mm×100 mm×400 mm 棱柱体试件 1 组;
- 轴心抗压强度:100 mm×100 mm×300 mm 棱柱体试件 1 组;

GB/T 11969—2020

——静力受压弹性模量:100 mm×100 mm×300 mm 棱柱体试件 2 组。

4.2.7 试件应在含水率 $(10\pm 2)\%$ 下进行试验。如果含水率超出以上范围时,宜在 $(60\pm 5)^\circ\text{C}$ 条件下烘至所要求的含水率,并应在室内放置 6 h 以后进行抗压强度试验。

4.2.8 当受检样品尺寸不能满足抗压强度试验时,允许按以下尺寸制作:

——100 mm×100 mm×50 mm,试件的受压面为 100 mm×100 mm;

——50 mm×50 mm×50 mm,试件的受压面为 50 mm×50 mm;

—— $\phi 100$ mm×100 mm,试件的受压面为 $\phi 100$ mm;

—— $\phi 100$ mm×50 mm,试件的受压面为 $\phi 100$ mm。

4.3 试验步骤

4.3.1 抗压强度

4.3.1.1 检查试件外观。

4.3.1.2 测量试件的尺寸,精确至 0.1 mm,并计算试件的受压面积(A_1)。

4.3.1.3 将试件放在材料试验机的下压板的中心位置,试件的受压方向应垂直于制品的发气方向。

4.3.1.4 开动试验机,当上压板与试件接近时,调整球座,使接触均衡。

4.3.1.5 以 (2.0 ± 0.5) kN/s 的速度连续而均匀地加荷,直至试件破坏,记录破坏荷载(p_1)。

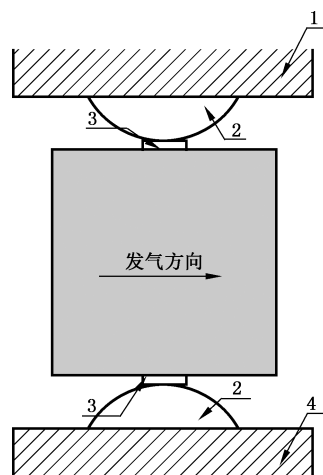
4.3.1.6 试验后应立即称取破坏后的全部或部分试件质量,然后在 $(105\pm 5)^\circ\text{C}$ 下烘至恒质,计算其含水率。

4.3.2 劈裂抗拉强度(劈裂法)

4.3.2.1 检查试件外观。

4.3.2.2 在试件中部划线定出劈裂面的位置,劈裂面垂直于制品发气方向,测量尺寸,精确至 0.1 mm,计算劈裂面面积(A_2)。

4.3.2.3 将试件放在试验机下压板的中心位置,在上、下压板与试件之间垫以劈裂抗拉钢垫条及垫层各一条。钢垫条与试件中心线重合,如图 6 所示。



说明:

1——试验机上压板;

2——劈裂抗拉钢垫条;

3——垫层;

4——试验机下压板。

图 6 劈裂抗拉试验示意图

4.3.2.4 开动试验机,当上压板与试件接近时,调整球座,使接触均衡。

4.3.2.5 以 (0.20 ± 0.05) kN/s 的速度连续而均匀地加荷,直至试件破坏,记录破坏荷载(p_2)。

4.3.2.6 将试验后的试件全部或部分称取质量,然后在 (105 ± 5) °C 下烘至恒质,计算含水率。

4.3.3 抗折强度

4.3.3.1 检查试件外观。

4.3.3.2 在试件中部测量其宽度和高度,精确至 0.1 mm。

4.3.3.3 将试件放在抗弯支座辊轮上,支点间距为 300 mm,开动试验机,当加压辊轮与试件接近时,调整加压辊轮及支座辊轮,使接触均衡,其所有间距的尺寸偏差不应大于 ± 1 mm。加荷方式如图 7 所示。

单位为毫米

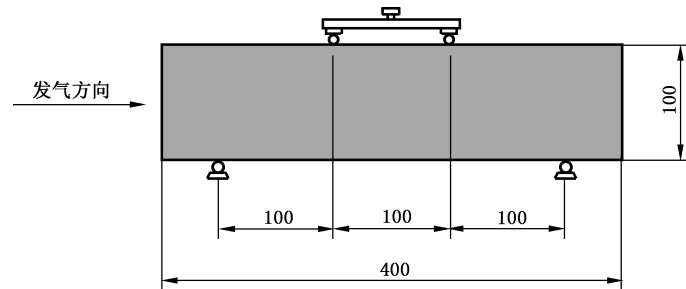


图 7 抗折强度试验示意图

4.3.3.4 试验机与试件接触的两个支座辊轮和两个加压辊轮应具有直径为 30 mm 的弧形顶面,并应至少比试件的宽度长 10 mm。其中 3 个(一个支座辊轮及两个加压辊轮)宜做到能滚动并前后倾斜。

4.3.3.5 以 (0.20 ± 0.05) kN/s 的速度连续而均匀地加荷,直至试件破坏,记录破坏荷载(p)及破坏位置。

4.3.3.6 将试验后的半段试件,立即称取质量,然后在 (105 ± 5) °C 下烘至恒质,计算含水率。

4.3.4 轴心抗压强度

4.3.4.1 检查试件外观。

4.3.4.2 在试件中部测量试件的边长精确至 0.1 mm,并计算试件的受压面积(A_3)。

4.3.4.3 将试件直立放置在材料试验机的下压板上,试件的轴心与材料试验机下压板的中心对准。

4.3.4.4 开动材料试验机,当上压板与试件接近时,调整球座,使接触均衡。

4.3.4.5 以 (2.0 ± 0.5) kN/s 的速度连续而均匀地加荷。

4.3.4.6 当试件接近破坏而开始迅速变形时,停止调整材料试验机,直至试件破坏,记录破坏荷载(p_3)。

4.3.4.7 取试验后试件的一部分,立即称取质量,然后在 (105 ± 5) °C 下烘至恒质,计算含水率。

4.3.5 静力受压弹性模量

4.3.5.1 本方法测定的蒸压加气混凝土弹性模量是指应力为轴心抗压强度 40% 时的加荷割线模量。

4.3.5.2 取 1 组试件,按 4.3.4 的规定测定轴心抗压强度(f_{cp})。

4.3.5.3 取另 1 组试件,作静力弹性模量试验,其步骤如下:

a) 检查试件外观;

b) 在试件中部测量试件的边长精确至 0.1 mm,并计算试件的横截面面积(A);

c) 将测量变形的仪表安装在供弹性模量测定的试件上,仪表应精确地安在试件的两对应大面的中心线上;

GB/T 11969—2020

- d) 试件的测量标距为 150 mm;
- e) 将装有变形测量仪表的试件置于材料试验机的下压板上,使试件的轴心与材料试验机下压板的中心对准;
- f) 启动材料试验机,当上压板与试件接近时,调整球座,使之接触均衡;
- g) 以 (2.0 ± 0.5) kN/s 的速度连续而均匀地加荷;当达到应力为 0.1 MPa 的荷载 p_{b1} 时,保持该荷载 30 s,然后以同样的速度加荷至应力为 $0.4f_{cp}$ 的荷载 p_{a1} ,保持该荷载 30 s,然后以同样的速度卸荷至应力为 0.1 MPa 的荷载 p_{b2} ,保持该荷载 30 s;如此反复预压 3 次(图 8);

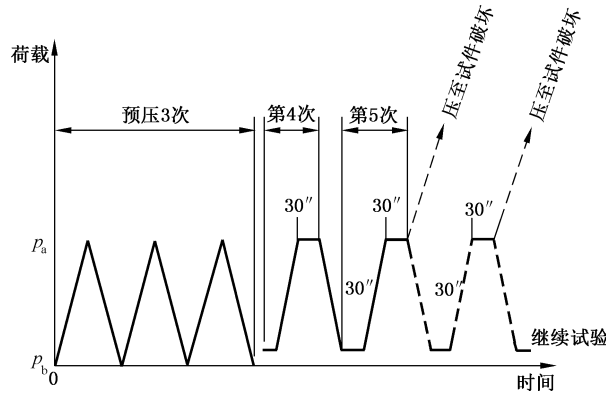


图 8 弹性模量试验加荷制度示意图

- h) 按上述加荷和卸荷方法,分别读取第 4 次荷载循环,以 p_{b4} 与 p_{a4} 时试件两侧相应的变形读数 δ_{b4} 与 δ_{a4} ,计算两侧变形值的平均值 δ_4 ,按同样方法进行第 5 次荷载循环,并计算 δ_5 ;
- i) 如果 δ_4 与 δ_5 之差不大于 0.003 mm,则卸除仪表,以同样速度加荷至试件破坏,并计算轴心抗压强度 f_{cp} ;
- j) 如果 δ_4 与 δ_5 之差大于 0.003 mm,继续按上述方法加荷与卸荷,直至相邻两次两侧变形平均值之差不大于 0.003 mm 为止。并按最后一次的变形平均值计算弹性模量值。但在试验报告中应注明计算时的次数;
- k) 取试验后试件的一部分立即称取质量,然后在 (105 ± 5) °C 下烘至恒质,计算含水率。

4.4 结果计算

4.4.1 抗压强度按式(6)计算:

$$f_{cc} = \frac{p_1}{A_1} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- f_{cc} —— 试件的抗压强度,单位为兆帕(MPa);
- p_1 —— 破坏荷载,单位为牛顿(N);
- A_1 —— 试件受压面积,单位为平方毫米(mm^2)。

4.4.2 抗折强度按式(7)计算:

$$f_t = \frac{p \cdot L}{b \cdot h^2} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

- f_t —— 试件的抗折强度,单位为兆帕(MPa);
- p —— 破坏荷载,单位为牛顿(N);
- b —— 试件宽度,单位为毫米(mm);

h —— 试件高度,单位为毫米(mm);

L —— 支座间距即跨度,单位为毫米(mm)。

4.4.3 劈裂抗拉强度按式(8)计算:

$$f_{ts} = \frac{2p_2}{\pi A_2} \approx 0.637 \frac{p_2}{A_2} \dots\dots\dots(8)$$

式中:

f_{ts} —— 试件的劈裂抗拉,单位为兆帕(MPa);

p_2 —— 破坏荷载,单位为牛顿(N);

A_2 —— 劈裂面面积,单位为平方毫米(mm^2)。

4.4.4 轴心抗压强度按式(9)计算:

$$f_{cp} = \frac{p_3}{A_3} \dots\dots\dots(9)$$

式中:

f_{cp} —— 轴心抗压强度,单位为兆帕(MPa);

p_3 —— 试件的破坏荷载,单位为牛顿(N);

A_3 —— 试件中部截面面积,单位为平方毫米(mm^2)。

4.4.5 静力弹性模量按式(10)计算:

$$E_c = \frac{p_a - p_b}{A} \times \frac{l}{\delta_5} \dots\dots\dots(10)$$

式中:

E_c —— 试件静力弹性模量,单位为兆帕(MPa);

p_a —— 应力为 $0.4f_{cp}$ 时的荷载,单位为牛顿(N);

p_b —— 应力为 0.1 MPa 时的荷载,单位为牛顿(N);

A —— 试件的横截面面积,单位为平方毫米(mm^2);

δ_5 —— 第五次荷载循环时试件两侧变形平均值,单位为毫米(mm);

l —— 测点标距,150 mm。

4.4.6 抗压强度和轴心抗压强度的计算精确至 0.1 MPa;抗拉强度和抗折强度的计算精确至 0.01 MPa;静力弹性模量的计算精确至 100 MPa。抗压强度试验中,如果实测含水率超出要求范围,则试验结果无效。

4.5 结果评定

4.5.1 静力弹性模量按 1 组试件测试值的算术平均值计算,如果 1 组的其中之一试件的轴心抗压强度 f'_{cp} 与 f_{cp} 之差超过 20% f_{cp} ,则弹性模量值按另 2 个试件测值的算术平均值计算,如有 2 个试件与 f_{cp} 之差超过规定,则试验结果无效。其他按 1 组试件试验值的算术平均值进行评定,精确至 0.1 MPa。

4.5.2 当被检产品难以制作 100 mm×100 mm×100 mm 立方体抗压强度试件时,允许以其他规定的试件进行试验,结果评定时以尺寸效应系数修正。

5 干燥收缩

5.1 仪器设备与试验室

5.1.1 立式收缩仪:精度为 0.005 mm。

5.1.2 收缩测量头:采用黄铜或不锈钢制成,如图 9 所示:

GB/T 11969—2020

单位为毫米

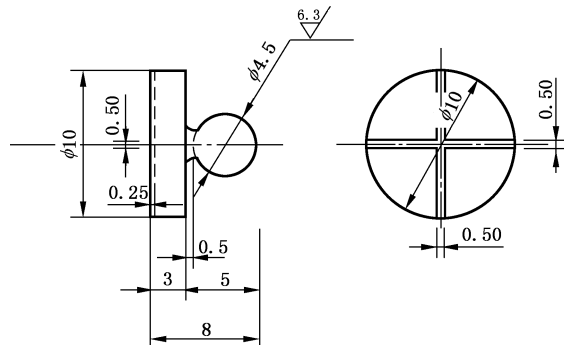


图 9 收缩测量头

- 5.1.3 电热鼓风干燥箱:最高温度 200 °C。
- 5.1.4 自控干燥收缩试验箱:最高工作温度 150 °C,最高相对湿度(95±3)%。
- 5.1.5 天平:称量 500 g,感量 0.1 g。
- 5.1.6 干燥器。
- 5.1.7 干湿球温度计:最高温度 100 °C。
- 5.1.8 恒温水槽:水温(20±2)°C。
- 5.1.9 试验室:室温(20±5)°C。

5.2 试件

5.2.1 试件按 3.2.1 从抽取的试样中部锯取,试件长度方向平行于制品的发气方向,锯取部位如图 10 所示。锯好后立即将试件密封。

单位为毫米

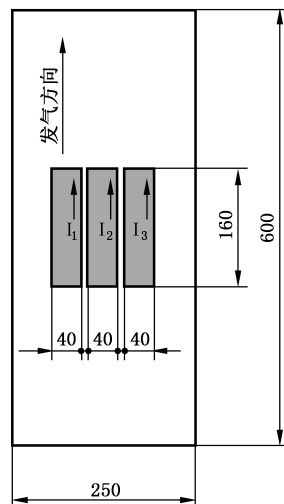


图 10 干燥收缩试件锯取示意图

- 5.2.2 试件尺寸为 40 mm×40 mm×160 mm,数量 1 组;尺寸允许偏差为(0,-1) mm,两个端面的平行度应为 0.1 mm。
- 5.2.3 在试件的两个端面找到中心,并通过中心画出相互垂直的十字线。
- 5.2.4 在试件端面的中心部位涂抹粘结剂,直径范围约 10 mm,厚度约 1 mm。将收缩测量头中心线与

试件端面十字线重合压实,静置 2 h 后,检查收缩头安装是否牢固,否则重装。在一端的收缩测量头粘结安装完全凝固后,再进行另一端的粘结安装。

5.3 试验步骤

5.3.1 试件放置 1 d 后,浸入水温为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 恒温水槽中,水面应高出试件 30 mm,保持 72 h。

5.3.2 将试件从水中取出,用湿布抹去表面水分,并将收缩测量头擦干净,立即称取试件的质量。

5.3.3 用标准杆调整仪表原点(一般可取 2.000 mm),然后按标明的测试方向立即测定试件初始长度,记下初始百分表读数。

5.3.4 试件长度测试误差为 ± 0.005 mm,称取质量误差为 ± 0.1 g。

5.3.5 将试件放入温度为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$,相对湿度为 $(45 \pm 5)\%$ 的干燥收缩试验箱中。

5.3.6 试验的前 5 d 每天将试件在 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的房间内测量长度 1 次,以后每隔 4 d 测量长度 1 次,直至质量变化小于 0.1% 为止,测量前需校准仪器原点,要求每组试件在 10 min 内测完。

5.3.7 每测量 1 次长度,应同时称取试件的质量。

5.3.8 试验结束,将试件按 3.3.2 烘至恒质,并称取质量。

5.4 结果处理与评定

5.4.1 干燥收缩值按式(11)计算:

$$\Delta = \frac{s_1 - s_2}{s_0 - (y_0 - s_1) - s} \times 1000 \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中:

Δ ——干燥收缩值,单位为毫米每米(mm/m);

s_0 ——标准杆长度,单位为毫米(mm);

y_0 ——百分表的原点,单位为毫米(mm);

s_1 ——试件初始长度(百分表读数),单位为毫米(mm);

s_2 ——试件干燥后长度(百分表读数),单位为毫米(mm);

s ——二个收缩头测量长度之和,单位为毫米(mm)。

5.4.2 收缩值以 1 组试件试验值的算术平均值进行评定,精确至 0.01 mm/m。

5.4.3 含水率按式(2)计算。

5.4.4 干燥收缩特性曲线是反映蒸压加气混凝土在不同含水状态下至干燥后的收缩曲线,由各测试点计算的干燥收缩值绘制而成。

5.4.5 各测试点的含水率按式(2)计算。

5.4.6 各测试点的干燥收缩值按式(12)计算:

$$\Delta_i = \frac{s_i - s_2}{s_0 - (y_0 - s_i) - s} \times 1000 \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中:

Δ_i ——各测试点干燥收缩值,单位为毫米每米(mm/m);

s_i ——试件在各测试点长度(百分表读数),单位为毫米(mm)。

5.4.7 以 1 组试件在各测试点的收缩值和含水率的算术平均值(精确至 0.01 mm/m),在图 11 中描绘出对应于含水率的干燥收缩特性曲线。

GB/T 11969—2020

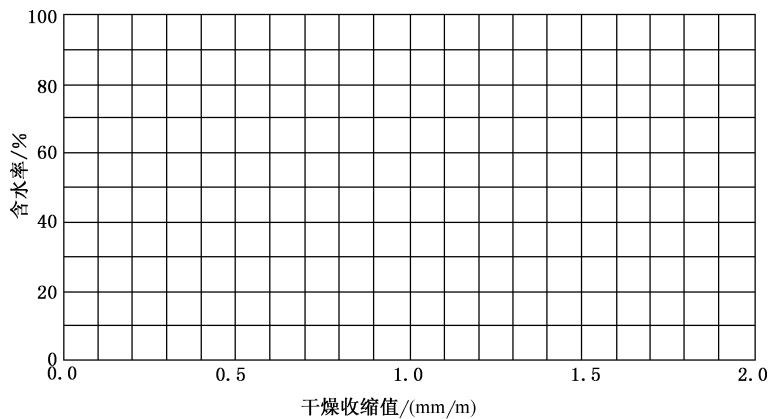


图 11 干燥收缩特性曲线绘制格式

6 抗冻性

6.1 仪器设备及试验室

- 6.1.1 低温箱或冷冻室:最低工作温度 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下。
- 6.1.2 恒温恒湿室或恒温恒湿箱:温度 $(20\pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度 95% 。
- 6.1.3 恒温水槽:水温 $(20\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 6.1.4 托盘天平或磅秤:称量 $2\ 000\text{ g}$,感量 1 g 。
- 6.1.5 电热鼓风干燥箱:最高温度 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 6.1.6 游标卡尺或数显卡尺:规格为 300 mm ,分度值为 0.1 mm 。
- 6.1.7 试验室:室温 $(20\pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.2 试件

- 6.2.1 试件制备按 3.2.1、3.2.2、3.2.3、3.2.4 和 4.2.4 进行,试件锯取部位如图 3 所示。
- 6.2.2 试件尺寸和数量如下:

- $100\text{ mm}\times 100\text{ mm}\times 100\text{ mm}$ 立方体冻融试件 1 组;
 - $100\text{ mm}\times 100\text{ mm}\times 100\text{ mm}$ 立方体平行试件 1 组;
- 1 组冻融试件用于冻融循环试验;1 组平行试件用于测定试验前含水率、干密度及抗压强度。

6.3 试验步骤

- 6.3.1 用游标卡尺或数显卡尺测量冻融试件和平行试件长、宽、高的轴线尺寸,精确至 0.1 mm ,并计算体积和受压面积(A_1)。
- 6.3.2 将冻融试件和平行试件浸入水温为 $(20\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温水槽保持 48 h ,前 24 h 水面位于冻融试件和平行试件的一半高度,后 24 h 水面应高出冻融试件和平行试件 30 mm 。然后取出放入密封的塑料袋中静置 24 h 。
- 6.3.3 从塑料密封袋中取出冻融试件并立即称取质量(M_{10}),精确至 1 g ,然后放入预先降温至 $(-15\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的低温箱或冷冻室中木制托架上,试件与试件之间及其试件与箱壁间距不应小于 50 mm ,当温度再次降至 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时记录时间并保持不少于 8 h 后取出。
- 6.3.4 取出的冻融试件放入温度 $(20\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度 95% 的恒温恒湿室或恒温恒湿箱中木制托架上,试件与试件之间及其试件与箱壁间距不应小于 50 mm ,并保持不少于 6 h 。

6.3.5 以冻 8 h 和融 6 h 作为一次冻融循环,以此冻融循环 15 次。

6.3.6 在冻融试件开始冷冻时,平行试件也从塑料密封袋中取出并立即称取质量(M_{20}),精确至 1 g,然后放入温度(20 ± 2) $^{\circ}\text{C}$,相对湿度 95% 的恒温恒湿室或恒温恒湿箱中木制托架上,试件与试件之间及其试件与箱壁间距不应小于 50 mm,直至冻融试件完成 15 次冻融循环。

6.3.7 每隔 5 次循环后检查并记录试件在冻融过程中的破坏情况。

6.3.8 冻融试验过程中,如发现冻融试件呈破碎、剥落等明显破坏现象,应取出冻融试件,停止冻融试验,并记录冻融次数、称取冻融试件的湿质量(M_{1w})。

6.3.9 循环过程中如遇试验中断,应将冻融试件置于温度(20 ± 2) $^{\circ}\text{C}$,相对湿度 95% 的恒温恒湿室或恒温恒湿箱中,等待恢复试验。

6.3.10 冻融循环试验结束,应立即称取冻融试件的湿质量(M_{1w}),同时称取平行试件的湿质量(M_{2w}),精确至 1 g。

6.3.11 将完成冻融后的冻融试件和平行试件放在电热鼓风干燥箱内,在(60 ± 5) $^{\circ}\text{C}$ 下保持 24 h,然后在(80 ± 5) $^{\circ}\text{C}$ 下保持 24 h,再在(105 ± 5) $^{\circ}\text{C}$ 下烘至恒质,密封冷却至室温后,立即称取质量(M_{1d} , M_{2d}),精确至 1 g。

6.3.12 将冻融循环试验后并经烘干的冻融试件和平行试件按 4.3.1 有关规定测定抗压强度(f_{1d} 和 f_{2d})。

6.4 结果计算与评定

6.4.1 冻融试验前的含水率按式(13)计算:

$$W_0 = \frac{M_{20} - M_{2d}}{M_{2d}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:

W_0 ——冻融试验前的含水率,用百分数(%)表示;

M_{20} ——冻融试件试验前(从密封袋中取出时)平行试件的湿质量,单位为克(g);

M_{2d} ——冻融试验后平行试件的干质量,单位为克(g)。

6.4.2 冻融试验后的含水率按式(14)计算:

$$W_d = \frac{M_{1w} - M_{1d}}{M_{1d}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中:

W_d ——冻融试验后的含水率,用百分数(%)表示;

M_{1w} ——冻融试验后冻融试件的湿质量,单位为克(g);

M_{1d} ——冻融试验后冻融试件的干质量,单位为克(g)。

6.4.3 冻融试验前冻融试件的等效干质量按式(15)计算:

$$m_{1d} = \frac{M_{2d}}{M_{20}} \times M_{10} \quad \dots\dots\dots(15)$$

式中:

m_{1d} ——冻融试验前冻融试件的等效干质量,单位为克(g);

M_{10} ——冻融试件试验前的湿质量,单位为克(g)。

6.4.4 质量损失按式(16)计算:

$$M_m = \frac{m_{1d} - M_{1d}}{m_{1d}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(16)$$

式中:

M_m ——质量损失,用百分数(%)表示。

GB/T 11969—2020

6.4.5 抗压强度损失按式(17)计算。

$$F_m = \frac{f_{2d} - f_{1d}}{f_{2d}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(17)$$

式中:

F_m ——抗压强度损失,用百分数(%)表示;

f_{1d} ——冻融试验后冻融试件的抗压强度,单位为兆帕(MPa);

f_{2d} ——冻融试验后平行试件的抗压强度,单位为兆帕(MPa)。

6.4.6 抗冻性按冻融质量损失平均值和抗压强度损失平均值进行评定,精确至 0.1%。

7 碳化

7.1 仪器设备、试剂和试验室

7.1.1 游标卡尺或数显卡尺:规格为 300 mm,分度值为 0.1 mm。

7.1.2 自控碳化试验箱:相对湿度(55±5)%,二氧化碳浓度(质量分数)为(20±3)%;或人工碳化箱:下部设有进气孔,上部设有排气孔,且有湿度观察装置,盖(门)应严密。

7.1.3 二氧化碳钢瓶。

7.1.4 转子流量计。

7.1.5 气体分析仪。

7.1.6 电热鼓风干燥箱:最高温度 200 ℃。

7.1.7 托盘天平或磅秤:称量 2 000 g,感量 1 g。

7.1.8 干湿球温度计:最高温度 100 ℃。

7.1.9 二氧化碳气体:浓度大于 80%(质量分数)。

7.1.10 钠石灰。

7.1.11 工业用硝酸镁(保湿剂)。

7.1.12 质量分数 1%酚酞溶液:用浓度(质量分数)为 70%的乙醇配制。

7.1.13 质量分数 30%氢氧化钾溶液。

7.1.14 试验室:室温(20±5)℃。

7.2 试件

7.2.1 试件制备按 3.2.1 和 3.2.3 进行。

7.2.2 试件在同一块制品中心部分,沿制品发气方向中心部分的上、中、下顺序相邻部位锯取 2 组试件。用于碳化后做抗压强度检验的试件和平行试件应在同一块试样中锯取,锯取部位如图 12 所示。其他用于碳化程度检验的试件参照图 12 锯取。

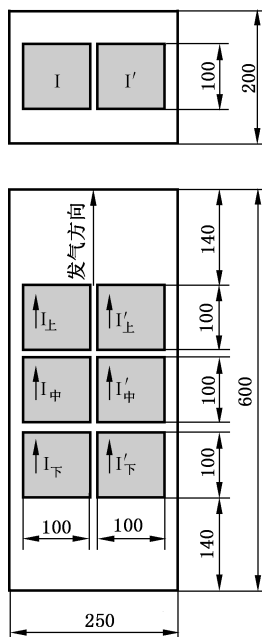


图 12 碳化试件锯取示意图

7.2.3 试件数量为 $100\text{ mm} \times 100\text{ mm} \times 100\text{ mm}$ 立方体试件 5 组。其中 1 组用于测定碳化后抗压强度, 1 组为平行试件, 另外 3 组用于碳化程度检查。

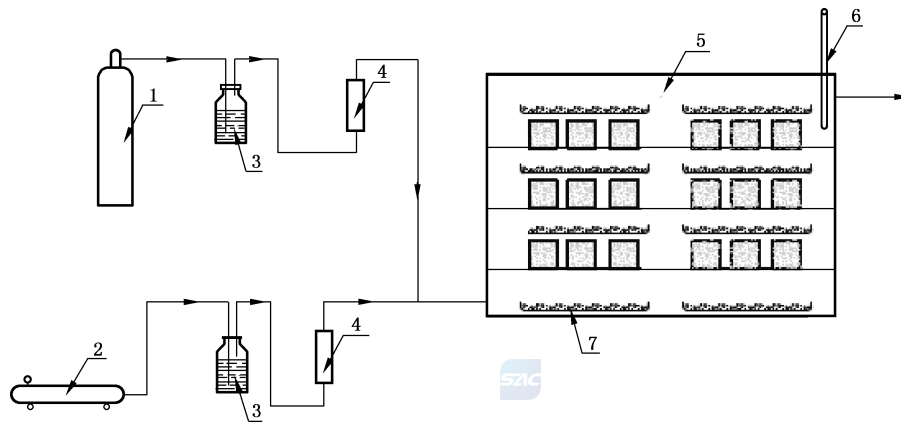
7.3 试验条件

7.3.1 碳化过程的相对湿度规定值为 $(55 \pm 5)\%$:

- 当采用自控碳化试验箱时, 可将相对湿度调到规定值;
- 当采用人工碳化装置时, 空气和二氧化碳分别通过盛有硝酸镁(保湿剂)过饱和溶液(以 1 kg 工业纯硝酸镁, 200 mL 水的比例配制)的广口瓶, 以控制介质湿度。应经常保持溶液中有硝酸镁固相存在。

7.3.2 二氧化碳浓度规定值为 $(20 \pm 3)\%$ (质量分数):

- 当采用自控碳化试验箱时, 可将二氧化碳浓度调到规定值;
- 当采用人工碳化装置时, 可按以下程序控制:
 - 如图 13 所示, 装配人工碳化装置, 分别调节二氧化碳钢瓶和空气压缩机上的针形阀, 通过流量计控制二氧化碳浓度(质量分数)为 $(20 \pm 3)\%$;



说明：

- 1——二氧化碳钢瓶；
- 2——空气压缩机；
- 3——保湿剂瓶；
- 4——转子流量计；
- 5——碳化箱；
- 6——干湿球温度计；
- 7——内盛保湿剂的搪瓷盘。

图 13 人工碳化装置示意图

- 2) 每隔一定时期对箱内的二氧化碳浓度做一次测定，一般在第一天、第二天每隔 2 h 测定一次，以后每隔 4 h 测定一次。并根据测得的二氧化碳浓度，随时调节其流量，保湿剂也应经常予以更换；
- 3) 二氧化碳浓度采用气体分析仪测定，精确至 1% (质量分数)。

7.4 试验步骤

- 7.4.1 用游标卡尺或数显卡尺测量测定碳化后抗压强度的试件和平行试件长、宽、高的轴线尺寸，精确至 0.2 mm。
- 7.4.2 全部试件放入温度(60±5)℃的电热鼓风干燥箱内，烘至恒质。电热鼓风干燥箱内需放入适量的钠石灰，以吸收箱内的二氧化碳。
- 7.4.3 将平行试件按 4.3.1 有关规定测定抗压强度(f_{c0})。
- 7.4.4 取 1 组测定碳化后抗压强度的试件和 3 组用于碳化程度检查的试件放入碳化箱进行碳化，试件间隔不得小于 20 mm。4 d 后，每天取 1 块用于碳化程度检查的试件劈开，用 1% (质量分数) 酚酞溶液测定碳化深度，直至试件中心不显红色，则认为已完全碳化。此时，取测定碳化后抗压强度的试件放入温度(60±5)℃的电热鼓风干燥箱内烘至恒质，按 4.3.1 有关规定测定其碳化后的抗压强度(f_{cd})。

7.5 结果计算与评定

7.5.1 碳化系数按式(18)计算：

$$K_c = \frac{f_{cd}}{f_{c0}} \dots\dots\dots (18)$$

式中：

- K_c ——碳化系数；
- f_{cd} ——碳化后试件抗压强度平均值，单位为兆帕(MPa)；
- f_{c0} ——平行试件抗压强度平均值，单位为兆帕(MPa)。

7.5.2 试验结果按 1 组试件试验的算术平均值进行评定,精确至 0.01。

8 干湿循环

8.1 仪器设备和试验室

- 8.1.1 电热鼓风干燥箱:最高温度 200 ℃。
 8.1.2 恒温水槽或水箱:水温(20±5)℃。
 8.1.3 托盘天平或磅秤:称量 2 000 g,感量 1 g。
 8.1.4 游标卡尺或数显卡尺:规格为 300 mm,分度值为 0.2 mm。
 8.1.5 试验室:室温(20±5)℃。

8.2 试件

- 8.2.1 试件制备按 7.2.1 和 7.2.2 进行。
 8.2.2 试件尺寸和数量如下:
 ——100 mm×100 mm×100 mm 立方体试件 1 组;
 ——平行试件 1 组。

8.3 试验步骤

- 8.3.1 取试件和平行试件一起放入电热鼓风干燥箱内,在(60±5)℃下烘至恒质,用游标卡尺或数显卡尺测量长、宽、高的轴线尺寸,精确至 0.1 mm。平行试件密封置于室内。
 8.3.2 将试件在(20±5)℃的室内冷却 20 min,然后放入钢丝网箱(恒温水槽或水箱)内,并浸入水温为(20±5)℃的水中。水高出试件上表面 30 mm,保持 5 min 后取出,放在室内晾干 30 min,放入电热鼓风干燥箱内,在(60±5)℃下烘 7 h,在室内冷却 20 min,作为 1 次干湿循环,以此干湿循环 15 次。当试验中断时,试件应烘干状态置于室内等待继续试验。
 8.3.3 经 15 次干湿循环后的试件,继续在(60±5)℃下烘至恒质,取出并密封冷却至室温。
 8.3.4 将干湿循环后试件和平行试件按 4.3.2 的有关规定,分别进行劈裂抗拉强度试验,并计算各组劈裂抗拉强度平均值 f'_{ts} 和 f_{ts} 。

8.4 结果计算与评定

8.4.1 干湿循环性能以干湿强度系数表示,干湿强度系数按式(19)计算:

$$K = \frac{f'_{ts}}{f_{ts}} \dots\dots\dots (19)$$

式中:

- K ——干湿强度系数;
 f'_{ts} ——经 15 次干湿循环后试件劈裂抗拉强度平均值,单位为兆帕(MPa);
 f_{ts} ——平行试件劈裂抗拉强度平均值,单位为兆帕(MPa)。

8.4.2 试验结果精确至 0.01。

9 试验报告

试验报告应载明以下内容:

- a) 产品名称;
 b) 标准编号、试验项目;

GB/T 11969—2020

- c) 试件编号、尺寸及数量；
 - d) 试验条件；
 - e) 所用的主要试验仪器；
 - f) 试验结果：每项性能试验的单个值和每组的算术平均值。同时给出相应的含水率和干密度，干燥收缩试验还应给出干燥收缩曲线图；
 - g) 试验单位、试验人、报告审核人、日期及其他。
-

