

中国工程建设协会标准

摆锤敲入法检测蒸压加气混凝土砌块与砂浆
抗压强度技术规程

Technical specification for testing compressive strength of autoclaved aerated
concrete block and mortar by pendulum bob knocking-in resistance method

T/CECS *** : 2019

(征求意见稿)

中国工程建设协会标准

摆锤敲入法检测蒸压加气混凝土砌块与砂浆抗压强度技术规程

Technical specification for testing compressive strength of autoclaved aerated
concrete block and mortar by pendulum bob knocking-in resistance method

T/CECS * : 2019**

主编单位：

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2019年××月××日

中国计划出版社

2019 北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈中国工程建设标准化协会 2019 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2018]015 号）要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，制定了本规程。

本规程共分 5 章和 4 个附录，主要技术内容包括：总则，术语和符号，检测仪器，检测技术，蒸压加气混凝土砌块与砌筑砂浆抗压强度计算及推定等。

本规程的某些内容涉及摆锤敲击法检测材料强度的装置（ZL 2017 2 0118021.2）及摆锤敲击法检测材料强度的装置及材料强度检测方法（ZL 2017 1 0070127.4）等专利。涉及专利的具体技术问题，使用者可直接与本规程的主编单位协商处理。本规程发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会砌体结构专业委员会归口管理，由中建土木（北京）工程检测鉴定中心负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中建土木（北京）工程检测鉴定中心（北京市朝阳区胜古南里 18 号楼 8-102，邮政编码：100029）。

主编单位：

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	3
3 检测仪器	4
3.1 仪器及性能	4
3.2 核查与校准	5
4 检测技术	7
4.1 一般规定	7
4.2 摆锤敲入法检测	8
5 蒸压加气混凝土砌块与砂浆抗压强度计算及推定	10
附录 A 蒸压加气混凝土砌块抗压强度摆锤敲入检测记录表	13
附录 B 砂浆抗压强度摆锤敲入检测记录表	14
附录 C 蒸压加气混凝土砌块与砂浆地区或专用测强曲线制定方法.....	15
附录 D 检测报告	18
本规程用词说明	19
引用标准目录	20

Contents

1 General Provisions	1
2 Terms and Symbols	2
2.1 Terms	2
2.2 Symbols	3
3 Testing Instruments	4
3.1 Instruments and Performance	4
3.2 Verification and Calibration	5
4 Testing Technology	7
4.1 General Requirements	7
4.2 Testing by Pendulum Bob Knocking-in Resistance	8
5 Calculation and inference of Compressive Strength for Autoclaved aerated concrete block and Mortar	10
Appendix A Testing Record Table for Compressive Strength of Autoclaved aerated concrete block	13
Appendix B Testing Record Table for Compressive Strength of Masonry Mortar ...	14
Appendix C Method of Formulating for Special Curve of Testing Strength for Masonry Autoclaved aerated concrete block and Mortar	15
Appendix D Testing Report	18
Explanation of Wording in This Specification	19
List of Quoted Standards	20

1 总 则

1.0.1 为了规范使用摆锤敲入法检测蒸压加气混凝土砌块与砂浆抗压强度技术，保证现场检测数据准确、评价正确，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于砌体工程中蒸压加气混凝土砌块与砌筑砂浆抗压强度的现场检测，不适用于遭受高温、冻害、化学侵蚀、火灾等表面损伤的砌块与砌筑砂浆的检测。

1.0.3 摆锤敲入法检测蒸压加气混凝土砌块与砂浆抗压强度除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 摆锤敲入法检测 test by pendulum bob knocking-in resistance method

摆锤敲入仪锤头自由下摆将测钉敲入蒸压加气混凝土砌块或砂浆中,依据测钉的敲入深度来推定蒸压加气混凝土砌块或砂浆抗压强度的检测方法。

2.1.2 蒸压加气混凝土砌块 autoclaved aerated concrete block

以硅质材料和钙质材料为主要原料,经加水搅拌,以铝粉(膏)为发气剂,经浇注、静停、切割和蒸压养护等工艺过程而制成的多孔硅酸盐砌块。

2.1.3 专用砌筑砂浆 special masonry mortar

专门用于砌筑块体材料的砌体,并能有效提高其工作性能及砌体结构力学性能的砂浆。

2.1.4 构件 member

组成房屋整体结构的基本墙单元,以一层高、一自然间的一轴线为一个构件。

2.1.5 检验批 inspection lot

材料强度等级、生产工艺、原材料、成型工艺、养护条件等相同,由一定数量构件构成的检测对象。

2.1.6 测区 test area

检测蒸压加气混凝土砌块或砂浆强度时,在构件上随机布置的一个检测区域。

2.1.7 测点 test point

在测区内按检测方法要求布置的若干个检测点。

2.1.8 测孔 pin hole

摆锤敲入法检测后,在蒸压加气混凝土砌块或砂浆上所留下的孔。

2.1.9 蒸压加气混凝土砌块抗压强度换算值 conversion value of autoclaved aerated concrete block compressive strength

依据测钉敲入蒸压加气混凝土砌块的深度,通过测强曲线计算得到的蒸压加气混凝土砌块抗压强度值。

2.1.10 砂浆抗压强度换算值 conversion value of mortar compressive strength

依据测钉敲入砂浆的深度，通过测强曲线计算得到的砂浆抗压强度值。

2.2 符 号

$d_{1,i}$ ——蒸压加气混凝土砌块第 i 个测点的敲入深度值；

$m_{1,j}$ ——第 j 个构件中蒸压加气混凝土砌块的敲入深度平均值；

$d_{2,i}$ ——砂浆第 i 个测点的敲入深度值；

$m_{2,j}$ ——第 j 个构件中砂浆的敲入深度平均值；

$f_{1,j}^c$ ——第 j 个构件中蒸压加气混凝土砌块的抗压强度换算值；

$m_{f_1^c}$ ——同批构件蒸压加气混凝土砌块抗压强度换算值的平均值；

$s_{f_1^c}$ ——同批构件蒸压加气混凝土砌块抗压强度换算值的标准差；

$\delta_{f_1^c}$ ——同批构件蒸压加气混凝土砌块抗压强度换算值的变异系数；

$f_{1,e}^c$ ——蒸压加气混凝土砌块抗压强度推定值；

$f_{2,j}^c$ ——第 j 个构件的砂浆抗压强度换算值；

$m_{f_2^c}$ ——同批构件砂浆抗压强度换算值的平均值；

$f_{2,e}^c$ ——砂浆抗压强度推定值；

$f_{2,\min}^c$ ——同批构件中砂浆抗压强度换算值的最小值。

3 检测仪器

3.1 仪器及性能

3.1.1 摆锤敲入法检测仪器应包括摆锤敲入仪和深度测量仪。

3.1.2 摆锤敲入仪（图 3.1.2）应包括锤头、摆杆、悬臂、竖板、测钉、测钉座、调节螺丝、水准泡、激发杆、把手等组件。

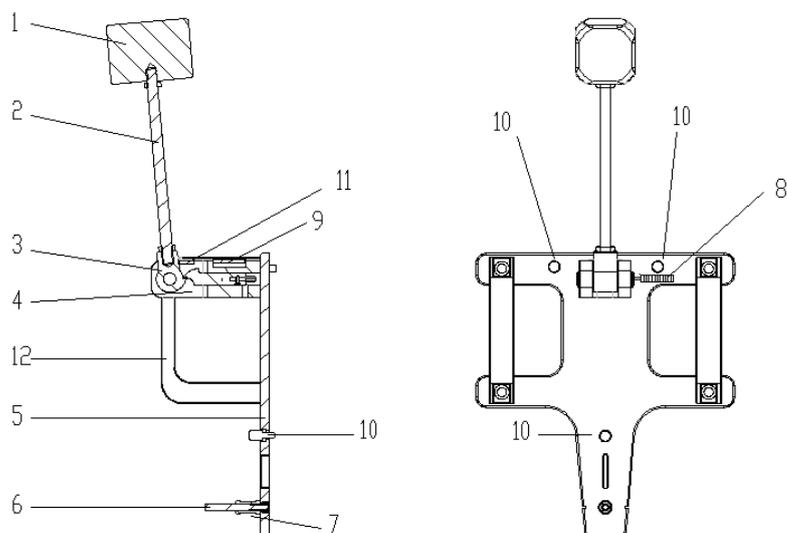


图 3.1.2 摆锤敲入仪构造示意图

1—锤头；2—摆杆；3—轴承；4—悬臂；5—竖板；6—测钉；

7—测钉座；8—激发杆；9—水准泡；10—调节螺丝；11—限位销；12—把手

3.1.3 摆锤敲入仪和深度测量表应具有产品合格证及经校准后符合测试要求的校准证书。

3.1.4 摆锤敲入仪应符合下列技术要求：

- 1 锤头质量应为 (2 ± 0.02) kg；
- 2 摆杆直径应为 (10 ± 0.1) mm；
- 3 轴承中心到锤头中心的距离应为 (223 ± 2) mm；
- 4 摆动角度应为 $(175 \pm 1)^\circ$ ；

5 当将摆锤敲入仪水平向固定于支架上时，锤头自由摆动的最大速度不应小于 1.94m/s。

3.1.5 深度测量表（图 3.1.5）的最大量程不应小于 48.00mm，测量表的分度值不应大于 0.02mm。

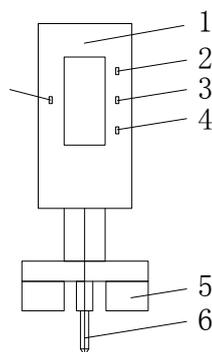


图 3.1.5 深度测量表示意图

1-深度测量表；2-保持键；3-清零键；4-开关；5-扁头；6-尖测针；

3.1.6 测钉宜采用工具钢，其洛氏硬度 HRC 宜为 45~50，并应符合下列规定：

- 1 测钉两端为平头，角部有呈 R1 的弧度。
- 2 细端长度为 16.00mm，直径为 (4.00 ± 0.06) mm；
- 3 测钉过渡段长度为 4.00mm；
- 4 粗端长度为 60.00mm，直径为 (6.00 ± 0.06) mm。

3.1.7 深度测量表使用的环境温度应为 $(-4 \sim 40)$ °C。

3.2 核查与校准

3.2.1 使用摆锤敲入仪前应对其进行核查，并符合下列规定：

- 1 将摆锤敲入仪水平固定于支架上时，锤头自顶部自由下摆后的持续摆动时间不应少于 2min；
- 2 摆锤敲入仪轴承中心到锤头中心的距离应为 (223 ± 2) mm；
- 3 测钉应无弯曲变形，细端的直径应为 (4.00 ± 0.06) mm，粗端的直径应为 (6.00 ± 0.06) mm。

3.2.2 摆锤敲入仪应由校准机构进行校准，校准周期宜为 3 年。

3.2.3 当出现下列情况之一时，应对摆锤敲入仪进行校准：

- 1 新仪器启用前；
- 2 达到校准周期；
- 3 更换主要零件或对仪器进行过调整；

4 检测数据异常；

5 将摆锤敲入仪水平固定于支架上，锤头自顶部自由下摆后的持续摆动时间少于 2min 时。

3.2.4 摆锤敲入仪的校准应符合本规程第 3.1.4 条第 5 款的要求。

3.2.5 深度测量表应经计量部门检定合格。

4 检测技术

4.1 一般规定

4.1.1 用摆锤敲入法检测的蒸压加气混凝土砌块应符合下列规定：

- 1 外观质量合格的完整砌块；
- 2 表面应干燥、清洁、平整；
- 3 抗压强度应在 0.8 MPa~10.0MPa 范围内。

4.1.2 用摆锤敲入法检测的砌筑砂浆应符合下列规定：

- 1 自然养护；
- 2 龄期不应少于 28d；
- 3 表面应干燥、清洁、平整，且不应有粉刷层、勾缝砂浆等；
- 4 水平灰缝内的砂浆应饱满，其厚度不应小于 8mm，且不应凸于蒸压加气混凝土砌块以外；
- 5 抗压强度应在 0.4 MPa~10.0MPa 范围内。

4.1.3 检测砌体工程中蒸压加气混凝土砌块与砂浆抗压强度时，委托单位宜提供下列资料：

- 1 建设单位、设计单位、施工单位名称；
- 2 工程名称、结构类型、有关图纸；
- 3 砂浆品种、砂浆强度等级、蒸压加气混凝土砌块强度等级；
- 4 施工日期、施工及养护情况；
- 5 检测原因。

4.1.4 砌体工程中蒸压加气混凝土砌块与砌筑砂浆抗压强度的检测，可按单个构件或按检验批抽样进行检测。

按检验批抽样检测时，一个检验批抽样数不应少于 6 个。当一个检验批不足 6 个构件时，应对每个构件进行检测。

4.1.5 构件上测区、测点的布置应符合下列规定：

1 应避开门窗洞口及预埋件等布置测区，测区不宜小于 $0.9\text{ m}\times 0.9\text{ m}$ ；

2 检测蒸压加气混凝土砌块抗压强度时，应在所测构件上选择 3 块条面向外、且长度不小于 300 mm 的蒸压加气混凝土砌块，在每块蒸压加气混凝土砌块长向侧面中心线上均匀布置 5 个测点，同一砌块上两相邻测点间的距离、测点与砌块边缘的距离均不宜小于 50 mm 。每一构件上共布置 15 个测点。所选择的蒸压加气混凝土砌块与构件边缘的距离不宜小于 600 mm ，测点与蒸压加气混凝土砌块边缘的距离不宜小于 20 mm 。

3 检测砂浆抗压强度时，应在所测构件上选择不少于 3 条水平灰缝，每条灰缝上布置的测点不宜多于 4 个，共布置 12 个测点。所选择的测点与构件边缘的距离不宜小于 600 mm ，同一条灰缝上两相邻测点间的距离不宜小于 100 mm 。

4.2 摆锤敲入法检测

4.2.1 摆锤敲入法检测应按下列程序操作：

1 将锤头提至顶部，将测钉插入竖板上的测钉座中。检测蒸压加气混凝土砌块时，测钉粗端朝被测构件；检测砂浆时，测钉细端朝被测构件。测钉座对准蒸压加气混凝土砌块或水平灰缝。

2 将摆锤敲入仪的竖板紧贴在构件上，使竖板处于铅直位置。当构件本身不完全铅直时，可调整摆锤敲入仪上的调节螺丝，使水准泡居中，以保证竖板处于铅直位置。

3 紧压摆锤敲入仪的把手，确认水准泡居中后，拇指压激发杆，使锤头自由下摆，将测钉敲入蒸压加气混凝土砌块或砂浆中。

4.2.2 当测点处的蒸压加气混凝土砌块或灰缝砂浆有开裂、缺损时，应重新选定测点进行补测。

4.2.3 测钉敲入深度的测量应按下列程序操作：

1 开启深度测量表，将其置于平整量块上，直至扁头端面和量块表面重合，使深度测量表的读数为零（图 4.2.3）。

2 拔出测钉，如测孔内有异物，用橡皮吹风机吹净测孔中的粉尘。

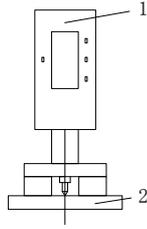


图 4.2.3 深度测量表示意图

1-深度测量表； 2-钢制平整量块

3 将深度测量表的尖测针对准测孔，使深度测量表扁头紧贴蒸压加气混凝土砌块或砂浆，并保持测量表垂直于被测砌体蒸压加气混凝土砌块或灰缝砂浆的表面，从测量表中读取显示值 d_i 并记录，精确至 0.02mm。摆锤敲入法检测蒸压加气混凝土砌块与砂浆抗压强度的记录格式可分别采用本规程附录 A 和附录 B 的记录表。

5 蒸压加气混凝土砌块与砂浆抗压强度计算及推定

5.0.1 第 j 个构件中蒸压加气混凝土砌块的敲入深度平均值应按下列公式计算：

$$m_{1,j} = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^n d_{1,i} \quad (5.0.1)$$

式中： $m_{1,j}$ ——第 j 个构件中蒸压加气混凝土砌块的敲入深度平均值(mm)，精确至 0.02mm；

$d_{1,i}$ ——蒸压加气混凝土砌块第 i 个测点的敲入深度值(mm)，精确至 0.02mm。

5.0.2 计算第 j 个构件中砂浆的敲入深度平均值时，应先剔除 12 个测量值中的 1 个最大值和 1 个最小值，其余 10 个砂浆敲入深度的平均值应按下列公式计算：

$$m_{2,j} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^n d_{2,i} \quad (5.0.2)$$

式中： $m_{2,j}$ ——第 j 个构件中砂浆的敲入深度平均值(mm)，精确至 0.02mm；

$d_{2,i}$ ——砂浆第 i 个测点的敲入深度值(mm)，精确至 0.02mm。

5.0.3 第 j 个构件中蒸压加气混凝土砌块的抗压强度换算值应符合下列规定：

1 应按下列公式计算：

$$f_{1,j}^c = 30.0 m_{1,j}^{-0.92} \quad (5.0.3)$$

式中： $f_{1,j}^c$ ——第 j 个构件中蒸压加气混凝土砌块的抗压强度换算值(MPa)，精

确至 0.1 MPa;

2 当按式 (5.0.3) 计算所得蒸压加气混凝土砌块的抗压强度换算值大于 10.0MPa, 取 10.0MPa。

5.0.4 第 j 个构件中砂浆的抗压强度换算值应符合下列规定:

1 应按下式计算:

$$f_{2,j}^c = 96.6m^{-\frac{1.62}{2,j}} \quad (5.0.4)$$

式中: $f_{2,j}^c$ ——第 j 个构件中砂浆的抗压强度换算值(MPa), 精确至 0.1 MPa;

2 当按式(5.0.4)计算所得砂浆的抗压强度换算值大于 10.0MPa, 取 10.0MPa。

5.0.5 当需要制定某地区的测强曲线或某工程项目的专用测强曲线时, 其测强曲线的制定应符合本规程附录 C 的规定。

5.0.6 蒸压加气混凝土砌块抗压强度的推定, 应符合下列规定:

1 当按单个构件检测时, 蒸压加气混凝土砌块抗压强度推定值应按下式计算:

$$f_{1,e}^c = f_{1,j}^c \quad (5.0.6)$$

式中: $f_{1,e}^c$ ——蒸压加气混凝土砌块抗压强度推定值(MPa), 精确至 0.1MPa;

$f_{1,j}^c$ ——第 j 个构件的蒸压加气混凝土砌块抗压强度换算值(MPa), 精确至 0.1MPa。

2 当按批抽检时, 检验批的蒸压加气混凝土砌块抗压强度等级推定, 应按表 5.0.6 中同批构件蒸压加气混凝土砌块抗压强度的平均值 $m_{f_i}^c$ 和该批构件抗压强度中的最小值 $f_{1j,\min}$ 推定检测批的蒸压加气混凝土砌块抗压强度等级。

表 5.0.6 蒸压加气混凝土砌块抗压强度等级的推定

抗压强度推定等级	抗压强度的平均值 $m_{f_i}^c \geq$ (MPa)	抗压强度中的最小值 $f_{1j,\min} \geq$ (MPa)
A7.5	7.5	6.0
A5.0	5.0	4.0
A3.5	3.5	2.8
A2.5	2.5	2.0

5.0.7 砌筑砂浆抗压强度的推定，应符合下列规定：

1 当按单个构件检测时，该构件的砌筑砂浆抗压强度推定值应按下列式计算：

$$f_{2,e}^c = 0.91 f_{2,j}^c \quad (5.0.7-1)$$

式中： $f_{2,e}^c$ ——砂浆抗压强度推定值(MPa)，精确至 0.1MPa；

$f_{2,j}^c$ ——第 j 个构件的砂浆抗压强度换算值(MPa)，精确至 0.1MPa。

2 当按批抽检时，砌筑砂浆抗压强度的推定值应取下式中的较小值：

$$f_{2,e}^c = 0.91 m_{f_2^c} \quad (5.0.7-2)$$

$$f_{2,e}^c = 1.18 f_{2,\min}^c \quad (5.0.7-3)$$

式中： $m_{f_2^c}$ ——同批构件砂浆抗压强度换算值的平均值，精确至 0.1MPa；

$f_{2,\min}^c$ ——同批构件中砂浆抗压强度换算值的最小值，精确至 0.1MPa。

5.0.8 摆锤敲入法检测蒸压加气混凝土砌块与砂浆抗压强度报告可按本规程附录 D 的格式编写。

附录 A 蒸压加气混凝土砌块抗压强度摆锤敲入检测记录表

表 A 蒸压加气混凝土砌块抗压强度摆锤敲入检测记录表

共 页第 页

工程名称:				
检测仪器型号及编号:		构件表面状况:		
蒸压加气混凝土砌块设计强度等级:		施工日期:		
环境温度:		检测依据:		
构件位置	蒸压加气混凝土砌块编号	敲入深度 $d_{1,i}$ (mm)		
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
		第 j 个构件中蒸压加气混凝土砌块的敲入深度平均值 $m_{1,j} = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} d_{1,i} =$		
		第 j 个构件中蒸压加气混凝土砌块的抗压强度换算值=		
构件位置	蒸压加气混凝土砌块编号	敲入深度 $d_{1,i}$ (mm)		
	1			
	2			
	3			

	4			
	5			
	<p>第 j 个构件中蒸压加气混凝土砌块的敲入深度平均值 $m_{1,j} = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} d_{1,i} =$</p> <p>第 j 个构件中蒸压加气混凝土砌块的抗压强度换算值=</p>			

检测：

记录：

校核：

检测日期：

附录 B 砂浆抗压强度摆锤敲入检测记录表

表 B 砂浆抗压强度摆锤敲入检测记录表

共 页第 页

工程名称:			
检测仪器型号及编号:		构件表面状况:	
砂浆品种与厚度:			
砂浆设计强度等级:		施工日期:	
环境温度:		检测依据:	
序号	敲入深度 $d_{2, i}$ (mm)	序号	敲入深度 $d_{2, i}$ (mm)
1		7	
2		8	
3		9	
4		10	
5		11	
6		12	
备注	计算砂浆的敲入深度平均值时，去掉 12 个测点中的 1 个最大值和 1 个最小值		
<p>第 j 个构件中砂浆的敲入深度平均值 $m_{2j} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} d_{2, i} =$</p> <p>第 j 个构件中砂浆的抗压强度换算值 =</p>			

检测:

记录:

校核:

检测日期:

附录 C 蒸压加气混凝土砌块与砂浆地区或 专用测强曲线制定方法

C.0.1 制定地区或专用测强曲线的试件应与检测砌体在原材料、成型工艺与养护方法等方面的条件相同。

C.0.2 宜选取 A2.5、A3.5、A5.0、A7.5 等 4 个强度等级的蒸压加气混凝土砌块，制作砌块抗压强度试样。

C.0.3 砂浆试块的制作和养护应符合下列规定：

1 按常用配合比设计，可选取 M2.5、M5、M7.5 等 3 个强度等级，也可按实际需要选取强度等级，但实测抗压强度范围宜为 0.4 MPa~10.0MPa；

2 对每一强度等级，应制作不少于 30 个尺寸为 70.7mm×70.7mm×70.7mm 的立方体试块，并应用同盘砂浆制作，砂浆试块底模应采用蒸压加气混凝土砌块；

3 将拆模后的试块摊开，在室内进行自然养护，并应保证各个试块的养护条件相同。

C.0.4 墙体试件的制作应符合下列规定：

1 在室内砌筑由 3 面墙组合成“U”形的试件，墙体高度为 1.5m，每面墙的长度不宜小于 1.2m；

2 墙体试件在室内自然养护。

C.0.5 对蒸压加气混凝土砌块进行试验时，应符合下列规定：

1 完成各龄期的砂浆试验后，按第 4 章的要求，对各强度等级的蒸压加气混凝土砌块进行摆锤敲入检测。检测时，测钉粗端朝被测砌块。

2 每一强度等级选 3 块蒸压加气混凝土砌块，每块蒸压加气混凝土砌块检测 5 个测点，将 5 个敲入深度平均值作为代表值 m_1 (mm)，精确至 0.02mm；

3 按《蒸压加气混凝土性能试验方法》GB/T 11969 的要求对各强度等级的蒸压加气混凝土砌块进行抗压强度试验。沿制品发气方向中心部分的上、中、下锯取一组试件（3 块），抗压强度试验时，试件的受压方向应垂直于制品的发气方向，以 3 块试件的平均值作为蒸压加气混凝土砌块抗压强度值。

C.0.6 对砂浆进行试验时，应符合下列规定：

1 按龄期 28d、42d、56d、84d、112d 分别进行砂浆试块的抗压强度和墙体试件水平灰缝的砂浆摆锤敲入试验；

2 按第 4 章的要求，对每一强度等级墙体试件水平灰缝的砂浆进行摆锤敲入检测。检测时，测钉细端朝被测砂浆，检测 12 个测点，去掉 12 个测点中的 1 个最大值和 1 个最小值，将其余 10 个敲入深度平均值作为代表值 m_2 (mm)，精确至 0.02mm。

3 取同龄期同强度等级且同盘制作的 6 个同条件养护砂浆试件，进行抗压强度试验。砂浆试块抗压强度试验参照现行行业标准《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70 规定的试验方法进行，砂浆立方体抗压强度按式 (C.0.6) 计算，并应取 6 块试件的抗压强度平均值为代表值 f_2 (MPa)，精确至 0.1MPa。

$$f_{m,cu} = \frac{N_u}{A} \quad (C.0.6)$$

式中： $f_{m,cu}$ ——砂浆立方体试件抗压强度(MPa)，精确至 0.1 MPa；

N_u ——试件破坏荷载 (N)；

A ——试件承压面积(mm²)。

C.0.7 专用测强曲线的计算应符合下列规定：

1 专用测强曲线的回归方程式：

1) 对于蒸压加气混凝土砌块应按每块蒸压加气混凝土砌块的抗压强度 f_1 和对应蒸压加气混凝土砌块的敲入深度平均值 m_1 数据，采用最小二乘法进行计算。

2) 对于砂浆应按每一组试件的代表值 f_2 和对应砂浆的敲入深度平均值 m_2 数据，采用最小二乘法进行计算。

2 回归方程式宜采用下式：

$$f^c = \alpha \times m_d^\beta \quad (C.0.7)$$

式中： α 、 β ——测强曲线回归系数；

m_d ——敲入深度平均值 (mm)；

f^c ——蒸压加气混凝土砌块或砂浆抗压强度换算值(MPa)。

C.0.8 测强曲线的平均相对误差不应大于 18%，相对标准差不应大于 20%。平均相对误差和相对标准差按下式计算：

$$m_{\delta} = \pm \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left| \frac{f_j^c}{f_j} - 1 \right| \times 100 \quad (\text{C.0.8-1})$$

$$e_r = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n \left(\frac{f_j^c}{f_j} - 1 \right)^2} \times 100 \quad (\text{C.0.8-2})$$

式中： m_{δ} ——蒸压加气混凝土砌块抗压强度换算值相对于蒸压加气混凝土砌块实测强度值的平均相对误差（%），或砂浆抗压强度换算值相对于立方体砂浆试件抗压强度平均值的平均相对误差（%），精确至 0.1；

e_r ——蒸压加气混凝土砌块抗压强度换算值相对于蒸压加气混凝土砌块实测强度值的平均相对标准差（%），或砂浆抗压强度换算值相对于立方体砂浆试件抗压强度平均值的平均相对标准差（%），精确至 0.1；

f_j ——第 j 蒸压加气混凝土砌块的抗压强度值或第 j 组立方体砂浆试件抗压强度平均值 (MPa)，精确至 0.1MPa。

n ——用于建立测强曲线的蒸压加气混凝土砌块的数量或立方体砂浆试件组数。

附录 D 检测报告

D.0.1 检测报告宜包括下列内容：

- 1 委托单位、设计单位及施工单位名称；
- 2 建筑工程概况，包括工程名称、砌块规格与灰缝的厚度、施工日期、现状及结构平面图；
- 3 检测原因；
- 4 检测项目、检测方法、检测数量及检测依据；
- 5 蒸压加气混凝土砌块抗压强度推定值，砌筑砂浆抗压强度推定值，汇总结果、检测结论；
- 6 出具报告的单位名称，主检、审核及批准人员签字；
- 7 检测及出具报告的日期。

D.0.2 对于无法用文字表述清楚的内容，应附简图。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为，“应符合……规定”或“应按……执行”。

引用标准目录

- 1 《蒸压加气混凝土砌块》 GB 11968
- 2 《蒸压加气混凝土性能试验方法》 GB /T 11969
- 3 《建筑砂浆基本性能试验方法标准》 JGJ/T 70
- 4 《蒸压加气混凝土砌块砌体结构技术规范》 CECS 289
- 5 《非烧结块材砌体专用砂浆技术规程》 CECS 311

中国工程建设协会标准

摆锤敲入法检测蒸压加气混凝土砌块与砂浆
抗压强度技术规程

T/CECS *** : 2019

条文说明

目 次

1 总则	22
3 检测仪器	23
3.1 仪器及性能	23
3.2 核查与校准	24
4 检测技术	25
4.1 一般规定	25
4.2 摆锤敲入法检测	26
5 蒸压加气混凝土砌块与砂浆抗压强度计算及推定	27
附录 C 蒸压加气混凝土砌块与砂浆地区或专用测强曲线制定方法.....	29

1 总 则

1.0.1 在蒸压加气混凝土砌块砌体中，蒸压加气混凝土砌块与砂浆的抗压强度是新建工程质量事故和既有建筑物鉴定的重要数据基础，科学准确地检测砌体中蒸压加气混凝土砌块与砂浆的抗压强度至关重要。至今尚无现场原位的无损检测方法，摆锤敲入法是一种根据摆锤将测钉敲入砌体工程中蒸压加气混凝土砌块或砂浆的深度，确定蒸压加气混凝土砌块或砂浆抗压强度的无损检测方法，操作简单、检测快捷、检测结果精度较高，受人为影响因素小，适用于低强度砂浆检测，具有比较广阔的应用前景。

1.0.2 摆锤敲入法检测砌体工程中蒸压加气混凝土砌块或砂浆的抗压强度，是通过测钉敲入砌体工程中蒸压加气混凝土砌块或砂浆的表面深度进行检测的新方法。当蒸压加气混凝土砌块或砂浆的表面遭受冻害、环境侵蚀、火灾等损伤时，敲入的深度将会受到影响，从而不再适用已建立的蒸压加气混凝土砌块或砂浆测强曲线。因此，摆锤敲入法检测技术不适用于表面有损伤的蒸压加气混凝土砌块或砂浆抗压强度检测。

1.0.3 正常情况下，建筑用蒸压加气混凝土砌块或砂浆强度的检验和评定应按国家现行标准执行，不允许用本规程取代制作试件的规定。但是，当建筑用蒸压加气混凝土砌块或砂浆的抗压强度不符合相关标准规范的要求或对其有怀疑，以及对既有建筑进行检测鉴定时，可按本规程进行检测，并作为蒸压加气混凝土砌块或砂浆抗压强度检测的依据。

3 检测仪器

3.1 仪器及性能

3.1.1、3.1.2 摆锤敲入仪是通过测钉敲入构件的深度推定构件材料强度的一种新型检测仪器。摆锤敲入仪主要由锤头、摆杆、悬臂、竖板、测钉、测钉座、调节螺丝、水准泡、激发杆等组成。深度测量表是用数显式百分表改制而成，精度高且可靠耐用。为了准确地测定敲入的深度，摆锤敲入仪测钉敲入部分的直径为4mm或6mm，深度测量表测针的直径为3.5mm。

3.1.3 摆锤敲入仪在使用前，应由校准机构对其进行校准，校准结果应符合本规程的技术要求。摆锤敲入仪为计量仪器，应在其明显位置标注名称、型号、制造厂名、生产日期及出厂编号。

3.1.4 摆锤敲入仪的敲入能量是通过锤头自由下摆的摆动获得的。锤头的重量、摆杆的长度、轴承中心到锤头中心的距离等性能指标决定了敲入能量的大小。通过试验确定敲入能量为8.80J是较为合适的，如果能量较小，其相应敲入深度小，不同强度的材料，敲入深度不易被拉开；如果能量过大，同时考虑到检测人员安全操作的需要，不能通过加长摆杆的长度，只能增加锤头的重量，从而引起摆锤敲入时离心力的增加，这样就难以满足检测时一个人对摆锤敲入仪操控的需要。

摆锤敲入仪的摆动角度为 175° ，是考虑在不借助外力的作用下摆锤便可自由下摆，从而确保摆锤敲入仪具有固定的敲入能量。当摆锤敲入仪经长时间的使用，有可能阻尼增大，测量自由摆动速度的目的是保证其敲击时能量不变。

3.1.6 工具钢具有硬度高，且其韧性、耐磨性和耐热性均较好，是制作测钉的理想材料。测钉的形状和几何尺寸是通过试验确定的。测钉两端为平头，角部R1表示半径为1mm的倒角。当细端为平头时，一方面，测钉不易磨损，另一方面，对于不同强度的材料，在测钉大小不变的情况下，敲入的深度变化量与材料强度间的相关性更好；之所有要将测钉做成大小头，是因为蒸压加气混凝土砌块的强度比砂浆低，用粗端来测蒸压加气混凝土砌块的强度。当测钉的几何尺寸和公差不能满足本规程要求时，将影响检测结果的精度。

3.1.7 环境温度异常时，对深度测量表的性能有影响，故规定了其使用环境温度应为 $-4^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。

3.2 校准基本要求

3.2.1 为便于检测单位对有效期内的摆锤敲入仪进行自校，可制作摆锤敲入仪自校用的支架。支架由 1 块尺寸为 400mm×240mm×10mm 的钢板和 2 根高 350mm、宽 200mm、直径不小于 14mm 的“U”形钢筋焊接而成，2 根“U”形钢筋间距为 200mm。自校时，将摆锤敲入仪放在支架上，固定摆锤敲入仪和激发杆，将锤头提至最高处，使锤头自由下摆，摆锤自由摆动一个周期为一次，当摆锤自由摆动的时间少于 2min 时，应对仪器维修、调试，并重新进行校准。

3.2.2 仪器的校准是为了保证仪器的检测状态满足摆锤敲入仪的技术要求。只有统一仪器的性能，才能适用规程所建立的测强曲线，才能保证检测结果的可靠性，才能在同一水平上进行比较。由于仪器在使用中，轴承转动时的摩擦力会随着仪器的使用次数、油的粘度变化而发生变化，因此，规程规定了定期校准的要求。

3.2.3 当更换或调整仪器的主要零件时，轴承到锤头中心的距离、摆动角度等技术指标会发生变化，因此，在更换主要零件或对仪器进行调整时应进行校准。

将摆锤敲入仪水平置于支架上，测试其自由摆动的持续时间是为了验证摆锤自由下摆时的阻尼。经理论计算和实际测试，摆锤敲入仪自由摆动的周期约为 1s，自由摆动的持续时间不少于 2min，即自由摆动的次数不少于 120 次。

摆锤敲入仪其重量是恒定的，不像回弹仪、贯入仪依靠弹簧压缩来提供能量，而弹簧是随着使用的次数，其刚度会降低。当摆锤敲入仪锤头缺损或锈蚀严重，有可能导致质量发生改变，超出其允许偏差范围时，应更换摆锤敲入仪。

3.2.4 摆锤敲击时的能量大小与速度直接相关，计量部门可用激光测量装置，对摆锤的速度进行测试。如果竖向放置摆锤敲入仪，测试最低点的速度，由于水平向撞击作用，其测试结果波动较大；而水平向放置摆锤敲入仪，测试最低点的速度，无水平向撞击作用，其测试结果波动较小。

3.2.5 深度测量表的准确性对检测结果的影响较大，使用前应经法定部门检定合格。

4 检测技术

4.1 一般规定

4.1.1 蒸压加气混凝土砌块受潮或被雨淋湿后表面硬度降低，当对其进行敲入法检测时，敲入深度会变大，因此，被检测蒸压加气混凝土砌块表面应为自然干燥状态。蒸压加气混凝土砌块的表面是否清洁、平整，对敲入深度的检测有较大影响，故要求被检测蒸压加气混凝土砌块的表面应清洁、平整。当蒸压加气混凝土砌块的表面不平时，用磨石或其他工具将被检蒸压加气混凝土砌块表面打磨至平整，再用毛刷刷去粉尘。

4.1.2 在现行国家标准《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203-2011 第 5.3.2 条中规定，砖砌体的水平灰缝厚度和竖向灰缝宽度一般为 10mm，但不应小于 8mm，也不应大于 12mm；在现行协会标准《蒸压加气混凝土砌块砌体结构技术规范》CECS 289-2011 第 7.3.15 条中规定，普通砂浆的灰缝厚度不宜大于 15mm；灰缝过小，会减小砂浆对测钉的约束，故本规程要求灰缝厚度不应小于 8mm。

砂浆受潮或被雨淋湿后表面硬度降低，当对其进行敲入法检测时，敲入深度会变大，因此被检测砂浆表面应为自然干燥状态。砌体灰缝被测处是否清洁、平整，对敲入深度的检测与测量影响也较大，故要求被检测砂浆的表面应清洁、平整。当砂浆凸于砌块以外时，凸于砌块外的砂浆与砌体灰缝内的砂浆约束条件不同，影响敲入深度的检测。当砂浆表面不平时或砂浆凸于砌块以外时，用砂轮或其他工具将被检砂浆表面打磨至平整，再用毛刷刷去粉尘。

4.1.4 砂浆品种是指普通水泥砂浆和非烧结块材砌体专用砂浆。敲入法检测时构件的划分原则和取样原则。对于在建或新建工程，按检验批抽样检测时，可取龄期相同或相近的同楼层、同品种、同强度等级的砂浆为一批。按检验批抽样检测时，抽样构件数参照《砌体工程现场检测技术标准》GB/T 50315 的规定不应小于 6 个构件。当被检测工程情况复杂时，宜适当增加构件数量。

4.1.5 参照《砌体工程现场检测技术标准》GB/T 50315，综合考虑砌体工程质量需要、检测成本及对构件的损伤等因素影响，本规程规定每一测区蒸压加气混凝土砌块检测 15 个测点、砂浆检测 12 个测点。

为使检测砂浆强度时的测点尽可能分布开，故规定每条灰缝布置不多于 2 个

测点; 考虑到砌筑砂浆的强度普遍不高, 摆锤敲入法检测后测点周围的砂浆会受到影响, 同一条灰缝上两相邻测点间的距离不应小于 100mm。

4.2 摆锤敲入法检测

4.2.3 敲入试验后, 如测孔内有粉尘等异物, 可用橡皮吹风机将测孔内的粉尘吹干净, 否则将导致敲入深度测量结果偏浅。

5 蒸压加气混凝土砌块与砂浆抗压强度计算及推定

5.0.3、5.0.4 本规程所建立的测强曲线，是在大量试验数据的基础上，通过对试验结果进行回归分析建立的，试验数据取自北京、安徽、辽宁、重庆、吉林、山东、河南等省市，测强曲线的回归效果见表 1。

表 1 摆锤敲入法检测蒸

压加气混凝土砌块与砂浆抗强度测强曲线

类别	测强曲线	相关系数	平均相对误差
蒸压加气混凝土砌块	$f_{1,j}^c = 30.0m_{1,j}^{-0.92}$	0.91	16.7%
砂浆	$f_{2,j}^c = 96.6m_{2,j}^{-1.62}$	0.88	17.8%

蒸压加气混凝土砌块抗压强度测强曲线的建立是采用将同一强度等级的蒸压加气混凝土砌块分成两组，一组进行抗压强度试验，一组进行摆锤敲入法试验。本规程所建立的蒸压加气混凝土砌块抗压强度测强曲线适用于敲入深度为 5.08mm~36.00mm 的蒸压加气混凝土砌块抗压强度换算，当敲入深度超出上述范围时，该测强曲线不再适用。

砂浆抗压强度测强曲线的建立是采用同盘砂浆分别制作以蒸压加气混凝土砌块为底模的立方体试件和砌筑墙体，同条件养护后，对立方体试件进行抗压强度试验，对墙体砌筑砂浆进行摆锤敲入法试验。砂浆包括普通水泥砂浆和非烧结块材砌体专用砂浆，通过对试验数据的分析，普通水泥砂浆和非烧结块材砌体专用砂浆抗压强度测强曲线的差别不显著，因此，本规程所建立的砂浆抗压强度测强曲线不再区分普通水泥砂浆和非烧结块材砌体专用砂浆。本规程所建立的砂浆抗压强度测强曲线适用于敲入深度为 3.79mm~13.39mm 的砂浆抗压强度换算，当敲入深度超出上述范围时，该测强曲线不再适用。

5.0.6 推定蒸压加气混凝土砌块的强度等级参照产品标准《蒸压加气混凝土砌块》GB 11968。

5.0.7 按批抽样时的砂浆抗压强度推定是参考国家标准《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203-2011 第 4.0.12 条推导得出的，采用计算公式(5.0.7-1)、(5.0.7-2)和(5.0.7-3)。在《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203-2011 第 4.0.12

条的注 1 中规定，同一验收批砂浆只有 1 组或 2 组试件时，每组试件抗压强度平均值应大于或等于设计强度等级值的 1.10 倍。本规程对单个构件的砌筑砂浆抗压强度推定值的计算公式（5.0.8-1）便是由此推导得到的。

砌筑砂浆抗压强度推定值因龄期、养护条件等与标准试件不同，两者的结果并不完全相同。故称为“推定值”。

附录 C 蒸压加气混凝土砌块与砂浆地区或 专用测强曲线制定方法

C.0.1 当制定地区或专用测强曲线的试件，在原材料、成型工艺与养护方法等方面与被检测的工程相同时，测强曲线的针对性强，检测结果的重复性好，检测精度高。

C.0.2 在建立蒸压加气混凝土砌块专用测强曲线时，选取的 A2.5、A3.5、A5.0、A7.5 蒸压加气混凝土砌块是最低要求。在条件允许时，应尽量选择不同的蒸压加气混凝土砌块。

C.0.3 这是建立砂浆专用测强曲线的最低要求。在条件允许时，应尽量进行更多的试验，有利于提高所建立测强曲线的可靠性和适用性。

制作砂浆试块时，采用 70.7mm×70.7mm×70.7mm 的无底试模，将无底试模放在预先铺有吸水性较好的纸的蒸压加气混凝土砌块上，试模内壁事先涂刷薄层机油或脱模剂。

砂浆试块体积较小，容易失水，也很容易被环境所影响。在进行自然养护时，为了保证各个试块的养护条件相同，应将试块平摊在地面上进行自然养护，各个试块之间应保持足够的距离，最好在 200mm 以上，在养护早期，每隔 2 小时应该将试块翻个面，使各个试块面轮流与地面接触，随着龄期的增加，可以逐步延长试块翻转的时间间隔。制作试块时，宜每 2 组试块拌制一次砂浆，同时振捣成型。

C.0.4 为了更真实地模拟现场情况，砌筑墙体，对墙体灰缝内的蒸压加气混凝土砌块和砂浆进行摆锤敲入法检测。墙体的砌筑采用 3 个强度等级的蒸压加气混凝土砌块、砂浆砌筑。砌筑用的蒸压加气混凝土砌块同制作蒸压加气混凝土砌块抗压强度试样的蒸压加气混凝土砌块为同一批、同一强度等级；砌筑用的砂浆与砂浆试块为同盘砂浆。墙体试件与砂浆试块同条件养护。

C.0.5 在墙体试件上每个强度等级选取 10 块蒸压加气混凝土砌块，每块蒸压加气混凝土砌块上检测 5 个测点，取 5 个测点的敲入深度平均值为代表值。对各个强度等级的蒸压加气混凝土砌块抗压强度试样的按《蒸压加气混凝土性能试验方

法》 GB /T 11969 的要求对蒸压加气混凝土砌块进行抗压强度试验,每一块蒸压加气混凝土砌块的抗压强度值为代表值。

C.0.6 在不同龄期,对墙体试件中每个强度等级的砂浆分别进行摆锤敲入法检测,每个强度等级检测 12 个测点,去掉 12 个测点中的 1 个最大值和 1 个最小值,将 10 个敲入深度平均值为代表值。砌筑砂浆摆锤敲入法检测完成后立即取 6 个同龄期、同强度等级、同条护养护的砂浆试块进行抗压强度试验,并应取 6 块试件的抗压强度平均值为代表值。