

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

T/

团 体 标 准

T/CECS xxxx—202*

弧面对压法混凝土抗压强度检测标准

Technical standard for inspection of concrete compressive strength by arc face
pressure method

（征求意见稿）

2022 年 4 月

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

***** 发 布

中国工程建设标准化协会标准

弧面对压法混凝土抗压强度检测标准

Technical standard for inspection of concrete compressive strength by
arc face pressure method

主编单位： 廊坊市阳光建设工程质量检测有限公司

批准单位： 中国工程建设标准化协会

施行日期：

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2020 年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2020]23 号）的要求，编制组经过广泛调查研究，深入试验分析，认真总结经验，参考国内外有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分 5 章，主要技术内容包括：总则、术语和符号、试验装置、检测技术和混凝土强度推定。

本标准由中国工程建设标准化协会检测与试验专业委员会归口管理，由廊坊市阳光建设工程质量检测有限公司负责具体技术内容的解释，在使用过程中，如发现需要修改和补充之处，请将意见或建议寄往解释单位（地址：河北省廊坊市龙河高新技术产业区夏荣道 10 号，邮政编码：065000）。

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 2

3 试验装置 3

 3.1 一般规定 3

 3.2 弧面对压仪 3

 3.3 钻芯机 4

 3.4 耦合材料 4

4 检测技术 6

 4.1 一般规定 6

 4.2 试件钻取 6

 4.3 弧面对压试验 7

5 混凝土强度计算 9

 5.1 测点混凝土强度换算 9

 5.2 混凝土强度推定 9

附录 A 弧面对压仪的校准方法 12

附录 B 弧面对压法检测混凝土强度原始记录表 13

附录 C 专用或地方强度换算系数制定的基本要求 14

附录 D 推定区间上限值与下限值系数表 16

本标准用词说明 17

引用标准名录 18

Contents

1 General Provisions	1
2 Terms and Symbols	2
2.1 Terms	2
2.2 Symbols	2
3 Testing Device	3
3.1 General Requirements	3
3.2 Arc Face Voltmeter	3
3.3 Core Drilling Machine	4
3.4 Coupling Material	4
4 Testing Technology	6
4.1 General Requirements	6
4.2 Specimen Drilling	6
4.3 Arc Surface Pressure Test	7
5 Estimation of concrete strength	9
5.1 Conversion of Compressive Strength of Concrete for Testing point	9
5.2 Estimated Compressive Strength of Concrete	9
Appendix A Calibration method of arc surface voltmeter	12
Appendix B Original record of concrete strength test by arc surface pressure method	13
Appendix C Basic requirements for formulating special or regional strength conversion factors	14
Appendix D Coefficient table of upper limit and lower limit of estimated interval	16
Explanation of wording in this specification	17
List of quoted standards	18

弧面对压法混凝土抗压强度检测标准

1 总则

1.0.1 为规范弧面对压法检测混凝土抗压强度(以下简称混凝土强度)技术,保证检测精度,制定本标准。

【条文说明】制订本标准是为了规范使用弧面对压检测混凝土强度的方法,保证检测结果的准确性。弧面对压法是近年新研发的一种混凝土微破损检测方法,具有高效、直观、精度高以及对结构损伤小的特点,适用于建筑工程、市政工程和桥梁工程普通混凝土强度的检测。尤其是对钢筋密集构件、尺寸较小构件以及装配式结构构件的检测有着明显的优势。

1.0.2 本标准适用于弧面对压法检测普通混凝土强度。

【条文说明】本标准适用于强度范围(20~80)MPa的普通混凝土强度检测,不适用纤维混凝土、受化学侵蚀、高温或受冻损伤层的混凝土强度检测。

1.0.3 应用弧面对压法进行检测的人员均应通过专门的培训。

【条文说明】本条规定采用弧面对压法的检测人员均应通过专门的培训,以便采用统一规范的方法进行检测,确保检测结果的一致。培训并不限于上级行政主管部门组织的培训,本单位或部门组织的专门培训经考试均可起到熟悉和掌握本标准的目的。

1.0.4 弧面对压法检测混凝土强度除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明】本标准涉及的其它有关技术应符合国家和行业相关强制性条文的规定,如涉及施工现场测试、高空作业、现场用电用水、劳动保护和环境保护等尚应遵守国家现行的有关标准规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 弧面对压试件 arc pressure specimen

在混凝土中钻取的直径为 38mm、长度不小于 61mm 的芯样试件。

2.1.2 弧面对压法 arc face pressure method

对弧面对压试件进行弧面对压试验，根据弧面对压应力换算混凝土强度的方法。

2.1.3 测点 testing point

构件上钻取弧面对压试件的位置。

2.1.4 检测批 inspection lot

混凝土设计强度等级、生产工艺相同，原材料、配合比、养护条件基本一致且龄期相近，由一定数量构件构成的检测对象。

2.1.5 抽样检测 sampling inspection

从检测批中抽取样本，通过对样本的检测确定检测批混凝土强度的检测方法。

2.1.6 测点混凝土强度换算值 conversion value of concrete compressive strength of test area

通过本标准中混凝土强度换算公式计算得到的现龄期测点混凝土强度值。

2.1.7 混凝土强度推定值 estimation value of strength for concrete

相当于混凝土强度换算值总体分布中的 0.05 分位值的估计值。

2.2 符号

- D_i ——第 i 个弧面对压试件直径的两次有效测量值；
 $D_{m,i}$ ——第 i 个测点对应的弧面对压试件直径有效测量值的算术平均值；
 A_i ——第 i 个测点对应的弧面对压试件承压部位的名义投影面积；
 F_i ——第 i 个测点对应的弧面对压试件破型力峰值；
 $f_{a,i}$ ——第 i 个测点混凝土弧面对压应力值；
 $f_{cu,i}^c$ ——第 i 个测点混凝土强度换算值；
 β ——强度换算系数，取 1.0806；
 $f_{cu,c}$ ——结构或构件混凝土强度代表值；
 $f_{cu,e1}$ ——检测批混凝土强度推定上限值；
 $f_{cu,e2}$ ——检测批混凝土强度推定下限值；
 $f_{cu,m}^c$ ——检测批测点混凝土强度换算平均值；
 k_1, k_2 ——推定区间上限值系数，推定区间下限值系数；
 s_{cu} ——检测批测点混凝土强度换算值样本的标准差。

3 试验装置

3.1 一般规定

3.1.1 弧面对压法试验装置由弧面对压仪、钻芯机等组成。

3.1.2 弧面对压法试验装置应有产品合格证，并应具有法定计量机构出具的检定或校准证书。弧面对压仪应有出厂铭牌。

【条文说明】本条规定了弧面对压法试验装置的计量要求，明确了弧面对压仪上应有出厂铭牌，铭牌上标注名称、型号、规格、编号、制造厂名及生产日期等信息，其中弧面对压仪必须经法定计量检定机构进行检定或校准后才能使用，试验过程中所用到的其它计量器具，如游标卡尺、塞尺、直尺以及钢筋定位仪等均需检定或校准，并在有效期内使用。

3.1.3 弧面对压仪应定期进行维护保养。

【条文说明】试验结束后，弧面对压仪应复位至初始状态。对试验中残留的金刚砂和混凝土粉末及时清理，保持仪器整洁干净，并置于干燥通风环境中存放。液压油在长期使用和存放过程中会发生物理和化学变化，导致各种性能指标的降低并可能会堵塞油路，因此应按照仪器说明书要求定期更换液压油。更换液压油时应同时检查密封圈的性能，发现其性能变差时及时更换。压力表、电机等带有充电部件的，长期不用时应按产品说明书的要求定期充电保养，以延长电池寿命。

3.2 弧面对压仪

3.2.1 弧面对压仪由动力装置、施压装置、测力装置和电振动装置组成。

3.2.2 动力装置的加荷方式可为自动或手动。

【条文说明】动力装置的加荷方式可为自动和手动两种。采用手动加荷方式的弧面对压仪应在检测前对试验人员进行专门训练，以保证试验过程中能均匀加荷；自动加荷方式的弧面对压仪加荷速率能恒定控制在 $(0.6 \sim 0.9) \text{ kN/s}$ 范围内。

3.2.3 施压装置的弧面施压块和弧面承压块（图 3.2.3-1、图 3.2.3-2）开口宽度为 $(33.77 \pm 0.09) \text{ mm}$ ，高度为 $(31.00 \pm 0.10) \text{ mm}$ ，弧面直径为 $(39.00 \pm 0.10) \text{ mm}$ ，采用屈服强度不小于 355 MPa 、洛氏硬度（HRC） $55 \sim 65$ 的金属材料制作。

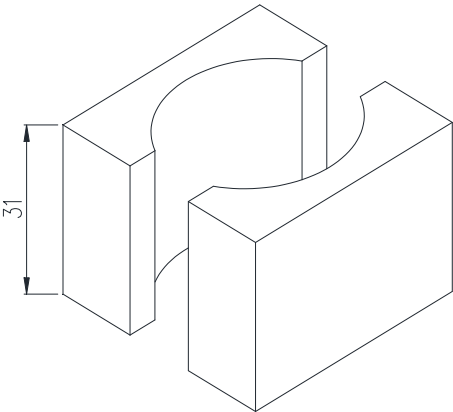


图 3.2.3-1 施压装置轴测示意图

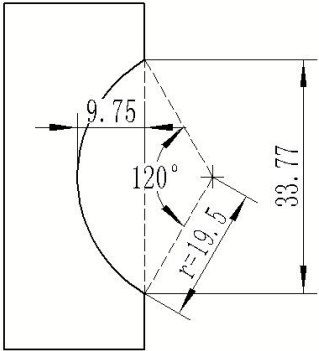


图 3.2.3-2 弧面施压块和弧面承压块平面示意图

【条文说明】弧面施压块和弧面承压块组成施压装置，弧面对压试件置于施压装置内进行试验。弧面施压块和弧面承压块的圆弧直径为 $(39.00 \pm 0.10) \text{ mm}$ ，比弧面对压试件直径大 1 mm ，便于试件的放置与取出。试验时弧面施压块和弧面承压块的弧面部位对试件施加弧面压力。试件直径为 $(38 \pm 0.4) \text{ mm}$ ，受压部分长度为 31 mm ，其受压部分投影面积为 $(1007 \sim 1031) \text{ mm}^2$ ，除去边缘损失则受压面积约为 1000 mm^2 ，便于试验人员进行弧面对压应力的初步估算。

3.2.4 弧面对压仪技术性能应符合下列规定：

- 1 动力装置额定压力为 100kN，试验压力宜在额定值的 20%~80%范围内；
- 2 施压装置工作行程 $\geq 10\text{mm}$ ；
- 3 测力装置应具有荷载值显示和峰值保持功能，力值相对分辨力 $\geq 0.1\%$ ，零点漂移相对误差 $\leq 1\%$ ，示值相对误差 $\leq \pm 1\%$ ；
- 4 电振动装置宜在（3~5）s内能振实间隙内的耦合材料。

【条文说明】

本标准适用检测的混凝土强度范围为（20~80）MPa，试验压力宜在额定值的20%~80%范围内，弧面对压仪动力装置的额定压力应为100kN。测力装置具有荷载值显示功能和峰值保持功能，便于检测人员观察力值的变化情况和记录破型力峰值。由于电振动装置选用的振动马达型号不同，其频率、振幅、加速度均无法统一要求，故只要在（3~5）s内能通过振动使间隙内的耦合材料填充均匀、饱满，保证试验快速有效进行即可。

3.2.5 弧面对压仪使用时的环境温度应为（-4~40）℃。

【条文说明】经试验验证，温度超出（-4~40）℃范围会导致测量结果的稳定性变差以及弧面对压试验的可操作性变差。故本条对试验环境温度进行了规定。

3.2.6 弧面对压仪检定或校准周期宜为 1 年。当遇有下列情况之一时，弧面对压仪应重新检定或校准：

- 1 对影响检测结果的零部件进行维修或更换后，重新使用前；
- 2 检测数据异常；
- 3 遭受严重撞击或其他损害。

【条文说明】规定了弧面对压仪检定或校准的有效周期宜为1年。在有效期内使用时，如仪器设备发生了本条所规定的状况时可能影响检测结果，需进行重新检定或校准合格并经确认符合性后，才能继续使用；周期以新检定或校准日期重新开始计算。对出现并不影响检测结果的故障，如：摇把松动、油缸缺油、支脚松动、更换电池等，可在专业人员进行维修后，经试用仪器状况正常，则无需进行检定或校准即可继续使用。

3.2.7 弧面对压仪可按本标准附录 A 的规定进行校准。

【条文说明】在无专用弧面对压仪校准规程的情况下，可按本附录对弧面对压仪进行整体校准。当有专用的地方或行业校准规程时应按相关规定进行检定或校准。

3.3 钻芯机

3.3.1 钻芯机应具有足够的刚度，应设有水冷却系统，宜设有控制芯样钻取长度的装置。

【条文说明】钻芯机设有钻取芯样长度控制装置，这便于控制钻头的钻进深度，控制装置的设置长度应略大于试件要求的长度尺寸，才能保证取出的试件长度满足规定要求。

3.3.2 钻头有效长度不宜小于 150mm，内径应为 $(38.5 \pm 0.4)\text{mm}$ 。

【条文说明】考虑到钻芯机钻制时的摆动因素，钻头的内径一般需比弧面对压试件的直径大 0.5mm 左右，才能保证钻制的试件直径满足标准要求。

3.4 耦合材料

3.4.1 耦合材料宜为金刚砂。

【条文说明】本标准数据的取得均为采用金刚砂作耦合材料进行试验而来，在无可靠试验依据的情况下不得采用其它耦合材料来进行替换，以免试验结果产生误差。当有可靠试验依据时，可采用其他耦合材料。

3.4.2 金刚砂技术性能指标宜符合下列规定：

1 细度为（80~120）目；

2 莫氏硬度为9.0~9.2。

【条文说明】试验用金刚砂的细度宜为（80~120）目之间，其粒径为（0.125~0.18）mm。试验用过的金刚砂会掺杂有混凝土颗粒和粉末，不经处理重复使用会影响检测结果。可采用80目和130目的标准筛进行筛分，去除其中的混凝土废渣和粉末，筛分后留在130目标准筛上的金刚砂仍可重复使用，以减少浪费。金刚砂的莫氏硬度为9.0~9.2之间，耦合材料的硬度低于该标准时会发生金刚砂被压成粉末的情况，影响检测结果。

4 检测技术

4.1 一般规定

4.1.1 采用弧面对压法检测混凝土强度时宜收集下列资料：

- 1 工程名称及建设单位、设计单位、监理单位和施工单位名称；
- 2 受检构件名称、数量和混凝土设计强度等级；
- 3 粗骨料品种、最大粒径；
- 4 混凝土原材料和配合比试验资料、成型日期、施工养护情况；
- 5 有关设计图纸及施工资料；

【条文说明】本条规定了进行混凝土强度检测前宜收集的相关资料，以确定本标准的适用性，同时可依据相关资料明确检测目的，确定检测范围，为检测方案制定提供必要的依据。

4.1.2 混凝土强度可按单个构件或按批量检测。

【条文说明】按单个构件检测时，混凝土强度代表值仅代表所检构件的混凝土强度，不得推广到同批混凝土的其它构件。按批抽样检测时测点布置和抽样数量应满足相关规定，检测结果为该批实体构件混凝土具有一定保证率的强度推定值。

4.1.3 测点布置符合下列规定：

- 1 按单个构件检测时，每个构件应均匀布置3个测点。
- 2 按检测批检测时，应随机抽取构件，同一批检测构件数量不宜少于9个，同一批随机抽测构件的最小数量应符合表4.1.4的规定，每个抽测构件布置不宜少于3个测点；当检测批构件数量不足9个时，应按单个构件检测。

表4.1.4 随机抽测构件最小数量

同一批检测构件总数	9~25	26~50	51~90	91~150
抽测构件最小数量	5	8	13	20
同一批检测构件总数	151~280	281~500	501~1200	1201~3200
抽测构件最小数量	32	50	80	125

- 3 测点应布置在结构构件受力较小且具有代表性的部位，宜优先布置在混凝土浇筑侧面，也可选在混凝土浇筑顶面或底面；
- 4 相邻两测点的间距不应小于150mm，测点距构件边缘不应小于100mm；
- 5 应避开接缝部位以及钢筋、预埋件和管线；
- 6 检测面应清洁、平整。

【条文说明】单个构件检测时应均匀设置3个测点，以代表构件整体混凝土强度。由于弧面对压试件尺寸较小，钻取时对构件的损伤小，故一般情况下三个测点的分布既可在构件的不同检测面上，也可均匀分布在同一检测面上。规定了按检测批抽样检测时随机抽测构件最小数量，每个抽测构件布置不宜少于3个测点，所抽测构件上的所有测点测量值均参与批检测计算。试件钻取位置应选择在构件受力较小的部位，该部位的混凝土应具有代表性。优先布置在混凝土浇筑侧面，当布置在侧面有困难时也可选取在浇筑顶面或底面。如在浇筑顶面钻取的试件表层发现砂浆层较厚时宜适当加大钻取深度，使试件的受压部分混凝土能代表构件内部实际状况。规定了相邻测点间的最小距离和测点距构件边缘的最小距离。钻取前应用钢筋定位仪确定钢筋的位置，避开钢筋和预埋件。

4.1.4 测点应标有编号，必要时宜绘制测点布置示意图。

【条文说明】每个测点应标注编号，必要时宜绘制测点布置示意图，以增强检测结果的可溯性。

4.2 试件钻取

4.2.1 试件钻取过程中，钻芯机应固定牢固并保持匀速钻进，钻头应与检测面保持垂直。冷却水流量应能冷却钻头和排出混凝土碎屑，且中途不应断流。

【条文说明】钻芯机钻制时应匀速钻进至要求深度，中途不应忽快忽慢，不应中途撤出钻头后再次推进，否则会造成试件侧面不平整度超出标准要求。冷却水应保证中途不出现断流，如因冷却水中途断流造成的钻机停顿，则可能影响试件质量。

4.2.2 试件尺寸测量应符合下列规定：

1 直径测量应采用游标卡尺在试件受压部位中部相互垂直的两个位置各量取1次，2次测量值之差小于0.10mm时测量值有效，取两次有效测量值的算术平均值作为试件的直径，精确至0.1mm。

2 用长度为50mm的钢尺紧靠在试件的受压部位侧面，一边转动钢尺一边用塞尺测量直尺与试件侧面间的缝隙，取最大值作为试件的不平整度。也可采用其他专用设备进行测量。

【条文说明】

在试件受压部位中部相互垂直的两个位置分别进行1次直径测量并计算测量值的算术平均值，是为保证测量结果的准确性。一般情况下测量值之间出现差异主要是由于测量时卡尺未与试件轴线保持垂直造成的。此条规定两次测量值之差小于0.10mm为有效测量值，测量值无效时需重新测量，当重新测量的测量值仍然无效时，应检查测量方法是否正确或检查钻机是否存在质量问题。并按检查结果进行处理。

试件侧面的不平整度测量应使用长度为50mm的直尺靠紧试件受压部位侧面，受压部位长度为31mm，直尺长度为50mm，能保证受压部位在测量范围内，测量部分之外的不平整度可不考虑。如采用其它专用装置测量应事先进行比对试验。

4.2.3 试件尺寸偏差及外观质量应符合下列规定：

- 1 直径为 (38 ± 0.4) mm，侧面短边长度不小于61mm；
- 2 不平整度在50mm范围内不大于0.2mm；
- 3 外观无明显缺陷、表干、无泥浆等污物；
- 4 无外露钢筋、孔洞及泥块、砖块、木屑等杂物。

【条文说明】

本条对试件的直径和短边长度尺寸做出了规定。试件从混凝土中取出后有两个端面，一端是内部折断后的断面，另一端是混凝土表面，表面端附近往往存在一些缺陷，如：侧面的不平整度过大、石子偏少、混凝土碳化以及疏松等，这些缺陷会给试验结果带来不良影响，而断面端往往参差不齐，需留出一段距离便于试验操作，经验证试件表面端距施压装置边缘不小于20mm、断面端距施压装置另一边缘不小于10mm时，数据稳定且操作方便，再加上31mm的受压部位长度，因此规定试件短边长度不应小于61mm。试件从混凝土中取出后发现短边长度不能满足要求时，应重新钻取。

对试件侧面的不平整度做了规定，试验表明：当试件侧面不平整度在50mm范围内超出0.2mm时，试验过程中容易造成试件破型之前发生折断，折断时力值会出现短时停止增长，容易导致峰值误判。

试件从混凝土中取出后，只需保持表干、无泥浆等污物即可进行试验，无需使试件风干至干燥；

试件表面不得有钢筋、孔洞及泥块、砖块、木屑等杂物，出现此类情况则可能导致试验数据异常。

4.2.4 试件应标有清晰的编号，在混凝土浇筑侧面钻取的试件应标出混凝土浇筑方向。

【条文说明】垂直和平行混凝土浇筑方向对试件施加荷载破型力值会略有差异，前者的破型力值略小于后者。本标准统一要求施加压力的方向应与混凝土浇筑方向垂直。当测点布置在混凝土浇筑顶面和底面时，试件钻取方向与顶面和底面保持垂直，钻取的试件侧面必然与混凝土浇筑方向一致，无论从哪个角度对试件侧面施加垂直压力均与混凝土浇筑方向保持垂直，该类试件无需进行标识；当测点布置在混凝土浇筑侧面时，钻取的试件侧面与混凝土浇筑方向垂直，在试件取出前的上下两个侧面施加压力为平行浇筑方向，在左右两个侧面施加压力为垂直浇筑方向，因此在试件表面端应标识混凝土浇筑方向，以便试件放置时检测人员能识别浇筑方向并保持与试验压力方向垂直。

4.2.5 弧面对压试件（以下简称试件）钻取后，应及时对构件上留下的孔洞进行有效修补。

【条文说明】钻取弧面对压试件留下的孔洞应及时进行修补，修补时采用比构件混凝土强度高一个等级的细石混凝土，拌制混凝土时可掺入适量的微膨胀剂，也可采用专用的商品修补混凝土进行修补。

4.3 弧面对压试验

4.3.1 试件居中置于施压装置内，与内壁宜保持（2~3）mm 间隙，且其受压方向应与混凝土浇筑方向垂直。试件浇筑表面端宜伸出施压装置边缘不宜小于 20mm。

【条文说明】试件居中置于弧面对压仪的施压装置内，并保持居中且与弧面施压块和弧面承压块的内壁间隙均为（2~3）mm。经试验验证缝隙过大或过小均可导致试验数值的不稳定。

4.3.2 金刚砂灌注试件与施压装置内壁的间隙并应溢出间隙上端。振动（3~5）s，使间隙内的金刚砂填充饱满、均匀。

【条文说明】向试件与施压装置的内壁间隙中灌注金刚砂时应使金刚砂溢出间隙，经振动后金刚砂仍能保持高出间隙上表面，保证间隙内填充饱满。

4.3.3 连续、均匀施加试验荷载，其速率宜控制在（0.6~0.9）kN/s。

【条文说明】加荷速率可根据混凝土强度的大小在（0.6~0.9）kN/s 范围内适当调整，均匀加荷，过程中不可中断。

4.3.4 试验荷载应施加至力值不再增加为止，记录极限荷载，精确至 0.01kN。

【条文说明】弧面对压试件破坏时与普通混凝土试块受压破坏时荷载的变化规律有所不同。普通混凝土试块受压破坏时荷载值迅速下降，而弧面对压试件破坏时荷载先保持不再增长并缓慢下降，此时应注意观察，发现荷载稳定上升的过程中峰值不再上升且荷载值开始下降则应确定该峰值为极限荷载值。

4.3.5 当弧面对压试验出现下列异常情况之一时，应将该值舍去并在原测点附近补测一个测点。

- 1 试件破坏部位有粒径超过 31.5mm 的粗骨料；
- 2 试件受压部位或非受压部位的断裂破坏面上有较大石子脱落；
- 3 试件破坏部位内部有明显影响检测精度的缺陷或异物。

【条文说明】当取出已破型的试件后应仔细观察破碎状态，如发现有粒径大于 31.5mm 的大石子位于受压部位内部则可能导致破型力值异常，该测试数据不具备代表性；试件受压部位或非受压部位的断裂面上有较大石子未破坏并从石子表面脱落，会造成破型力值明显偏小，该测试数据不具备代表性；试件受压部分破碎后如发现混凝土内部有泥块、砖块、木屑、孔洞等缺陷时，则该测试数据不具备代表性。

5 混凝土强度计算

5.1 测点混凝土强度换算

5.1.1 第*i*个测点混凝土强度换算值按下列公式计算：

$$f_{cu,i}^c = \beta \cdot f_{a,i} \quad (5.1.1-1)$$

$$f_{a,i} = \frac{F_i}{A_i} \quad (5.1.1-2)$$

$$A_i = 0.87 h D_{m,i} \quad (5.1.1-3)$$

$$D_{m,i} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 D_i \quad (5.1.1-4)$$

式中： $f_{cu,i}^c$ ——第*i*个测点混凝土强度换算值（MPa），精确至0.01MPa；

β ——强度换算系数，取1.0806；

$f_{a,i}$ ——第*i*个测点混凝土弧面对压应力值（MPa），精确至0.01MPa；

F_i ——第*i*个测点对应的弧面对压试件破型力峰值（kN），精确至0.01kN；

A_i ——第*i*个测点对应的弧面对压试件承压部位的名义投影面积（mm²），精确至0.01mm²；

h ——弧面对压试件受压高度，取值为31mm；

$D_{m,i}$ ——第*i*个测点对应的弧面对压试件直径有效测量值的算术平均值（mm），精确至0.1mm；

D_i ——第*i*个弧面对压试件直径的两次有效测量值（mm），精确至0.02mm。

【条文说明】本条规定了弧面对压试件平均直径、受压面积、对压应力与强度换算值的计算公式。强度换算系数 β 为编制组在大量试验的基础上回归取得的，线性数学模型回归曲线的相关系数为0.9292，平均相对误差为9.63%，相对标准差为11.77%。

5.1.2 当有可靠的试验依据时，强度换算系数 β 可根据混凝土原材料和施工工艺情况通过试验确定。试验应符合附录C的要求。

【条文说明】由于我国疆域广阔，各地所用混凝土原材料、配合比和混凝土施工工艺等均不相同。为提高弧面对压法检测混凝土强度的准确度，有条件的单位或地区宜自行确定专用或地区强度换算系数。在选用时应遵从首先选用专用强度换算系数、其次选用地区强度换算系数、最后选用统一强度换算系数的原则。专用强度换算系数和地区强度换算系数应通过专家鉴定并经该地区建设行政主管部门备案后应用。

5.1.3 采用弧面对压法检测混凝土强度时应符合下列规定：

- 1 龄期为28d及以上；
- 2 自然干燥状态；
- 3 抗压强度为（20.0~80.0）MPa。

【条文说明】本标准课题用混凝土采用的混凝土养护方式为自然养护。如采用本标准对蒸压养护混凝土进行检测前需进行验证。

混凝土龄期为28d及以上，如养护环境温度较低时应适当延长混凝土养护龄期。

本标准课题试验用混凝土设计强度等级为C15~C80，一年龄期试验结束时，抗压强度值在80MPa以上的数据约占总数据量的6.11%，（20~80）MPa强度区间内试验数据呈现线性关系且相关性较好，强度超过80MPa后线性关系相对略差，故该标准只选取了（20~80）MPa的强度区间做为适用区间。

5.2 混凝土强度推定

5.2.1 单个构件混凝土强度推定值确定应符合下列规定：

- 1 当构件 3 个测点混凝土强度换算值的最大值或最小值与中间值之差均小于中间值的 15% 时，应取 3 个测点混凝土强度换算值的最小值作为该构件混凝土强度推定值；
- 2 当构件 3 个测点混凝土强度换算值的最大值或最小值与中间值之差大于中间值的 15% 时，则应在最小值测点附近加测 2 个测点，将 2 个加测测点的混凝土强度换算值与最小值一起取平均值，再与原中间值进行比较，取较小值作为该构件混凝土强度推定值。

【条文说明】当单个构件 3 个测点混凝土强度换算值中最大值和最小值与中间值之差均小于中间值的 15% 时，说明构件混凝土均质性较好且检测误差小。为保证受检构件混凝土强度具有一定的保证率，将最小值作为该构件混凝土强度推定值。

当单个构件 3 个测点混凝土强度换算值中最大值或最小值与中间值之差大于中间值的 15% 时，说明构件混凝土均质性较差或检测误差较大。为证实最小值测点的真实性，消除试验误差，在最小值测点附近加测 2 个测点，对此种情况的处理方法仍然是为保证受检构件混凝土强度具有一定保证率的原则来确定。

5.2.2 单个构件混凝土强度代表值确定应符合下列规定：

- 1 当构件 3 个测点混凝土强度换算值的最大值和最小值与中间值之差均小于中间值的 15% 时，应取 3 个测点换算值的算术平均值作为该构件混凝土强度代表值；
- 2 当构件 3 个测点混凝土强度换算值的最大值或最小值与中间值之差大于中间值的 15% 时，应取中间值作为该构件混凝土强度代表值；
- 3 当构件 3 个测点混凝土强度换算值的最大值和最小值与中间值之差均大于中间值的 15% 时，则需在该构件最大值和最小值测点附近各加测 1 个测点，取 5 个测点的中位数作为该构件混凝土强度代表值。

【条文说明】本条第1款、第2款的取值方法参照了《混凝土强度检验评定标准》GB50107-2010中混凝土试块强度代表值的取值方法。当同一构件的3个测点强度换算值的最大值和最小值与中间值之差均大于中间值的15%时，说明混凝土离散性大或检测误差较大，需在最大值和最小值测点附近各加测一个测点，以确定测量值的真实性，消除试验误差。当测点数较少时，取中位数比取平均值有更好的估计精度。

5.2.3 检测批混凝土强度推定值应按下列方法确定：

- 1 检测批混凝土强度推定值应计算推定区间，推定区间的上限值和下限值按下列公式计算：

$$f_{cu,e1} = f_{cu,m}^c - k_1 s_{cu} \quad (5.2.3-1)$$

$$f_{cu,e2} = f_{cu,m}^c - k_2 s_{cu} \quad (5.2.3-2)$$

$$f_{cu,m}^c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i}^c \quad (5.2.3-3)$$

$$s_{cu} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^c - f_{cu,m}^c)^2}{n-1}} \quad (5.2.3-4)$$

式中： $f_{cu,e1}$ ——检测批混凝土强度推定上限值（MPa），精确至 0.1 MPa；

$f_{cu,e2}$ ——检测批混凝土强度推定下限值（MPa），精确至 0.1 MPa；

$f_{cu,m}^c$ ——检测批测点混凝土强度换算平均值（MPa），精确至 0.1 MPa；

$f_{cu,i}^c$ ——第 i 个测点混凝土强度换算值，精确至 0.1 MPa；

k_1, k_2 ——推定区间上限值系数，推定区间下限值系数，按本标准附录D查得；

s_{cu} ——检测批测点混凝土强度换算值样本的标准差（MPa），精确至 0.1 MPa。

- 2 $f_{cu,e1}$ 和 $f_{cu,e2}$ 所构成推定区间的置信度宜为 0.90， $f_{cu,e1}$ 和 $f_{cu,e2}$ 之间的差值不宜大于 5.0 MPa 和 0.10 $f_{cu,m}^c$ 两者的较大值。
- 3 $f_{cu,e1}$ 和 $f_{cu,e2}$ 之间的差值大于 5.0 MPa 和 0.10 $f_{cu,m}^c$ 两者的较大值时，可适当增加样本容量，或重新划分检测批，直至满足本条第2款的规定。

4 当不具备本条第3款条件时，不宜进行批量推定。

5 宜以 $f_{cu,el}$ 作为检测批混凝土强度推定值。

6 确定检测批混凝土强度推定值时，可剔除强度换算值样本中的异常值。剔除规则应按现行国家标准《数据的统计处理和解释正态样本离群值的判断和处理》GB/T 4883规定执行。

【条文说明】规定了检测批混凝土强度推定区间的计算方法。由于抽样检测必然存在着不确定性，给出具体的推定值必然与检测批混凝土强度值的真值存在偏差，因此以推定区间形式给出更为合理。推定区间是对检测批混凝土相应强度真值的估计区间。按此规定给出的推定区间符合现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784的相关规定。

通过规定推定区间置信度以及上限值与下限值的差值来对推定区间进行控制。合理确定弧面对压试件样本数量、降低样本标准差是推定区间满足要求的两个因素。

以检测批混凝土强度推定区间的上限值作为混凝土工程施工质量的评定界限，符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300关于错判概率不大于0.05的规定。

异常数据的舍弃应符合相关规则。本条提供了本标准异常数据舍弃依据。

附录 A 弧面对压仪的校准方法

- A.0.1 弧面对压仪的测力系统应符合现行行业标准《工作测力仪检定标准》JJG 455 的有关规定，并定期进行校准。
- A.0.2 在无专用弧面对压仪校准标准的情况下，可按本附录对弧面对压仪进行整体校准。当有专用的地方或行业校准标准后应按相关规定进行检定或校准。
- A.0.3 当校准装置无法置于弧面对压仪的施压装置的空间内时可借助校准工装进行校准。校准工装与弧面对压仪测力系统所采用材质及力学性能应相同。
- A.0.4 检定时周围无影响校准结果的磁场、振动及其它干扰源。
- A.0.5 选择精度级别为 0.3 级的标准测力仪。
- A.0.6 标准测力仪的安装应保证弧面对压仪的施力轴线与标准测力仪的受力轴线重合。
- A.0.7 弧面对压仪的校准要求为：
- 1

2
- 相对误差要求 $\leq \pm 1\%$ ；
绝对误差要求符合表 A.0.1。

表 A.0.1 测力系统校准绝对误差要求表

校准点 (%)	标准仪示值 (kN)	绝对误差 (kN)
20	20	± 0.2
40	40	± 0.4
60	60	± 0.6
80	80	± 0.8
100	100	± 1.0

A.0.8 弧面对压仪的零点为起始点，在测量范围内至少校准 5 个校准点，各点分布均匀，一般校准测量上限值的 20%、40%、60%、80%、100%等 5 个点，每个点测量 3 次，校准数据应按表 A.0.2 进行记录和计算。

表 A.0.2 测力系统校准记录表

校准日期： 年 月 日

校准点	标准仪示值 N_i	弧面对压仪示值 X_i				绝对误差 $\varepsilon=X_i-N_i$	相对误差 $\delta=(X_i-N_i) / N_i \times 100\%$	备注
		1	2	3	平均			
平均								

A.0.9 经校准，绝对误差和相对误差均符合弧面对压仪规定要求为校准合格。

附录 B 弧面对压法检测混凝土强度原始记录表

弧面对压法检测混凝土强度原始记录表

共 页，第 页

工程名称						检测依据						
仪器名称及编号												
构件名称	混凝土强度	试件编号	试件直径 (mm)			试件不平整度 (mm)			破型荷载值 (kN)	强度换算值 (MPa)	分布示意图	
			1	2	平均值	1	2	平均值				

试验： 复核： 批准： 试验日期：

附录 C 专用或地方强度换算系数制定的基本要求

C.0.1 制定专用或地方强度换算系数试验应符合本附录规定。

C.0.2 弧面对压仪应符合本标准第 3 章规定。

C.0.3 试验可按下列步骤进行：

1 选用混凝土生产厂家常用原材料和配合比配制混凝土材料，制作边长 150mm 立方体试件，强度等级在 C20～C80 之间，每相邻强度间隔不应大于两个强度等级，每强度等级不少于 5 组，每组 6 块立方体试件，并自然养护；

【条文说明】制作试块的强度等级宜在 C20～C80 之间选取常用区间段，每相邻强度间隔不应大于 2 个强度等级，试块规格选用标准立方体试块，每设计强度等级不少于 5 组，每组 6 个立方体试块，自然养护，冬季成型则应采取冬施保温措施。当 28 天时实际强度值超出设计强度值 1 个等级时应重新制作。

2 28d、60d、90d、180d、360d 龄期时每组试块中的 3 块进行弧面对压法试验，另外 3 块进行立方体试件抗压强度试验，弧面对压试件应在试块浇筑侧面垂直钻取，测点高度宜在试块高度中部。

【条文说明】每强度等级的 6 块混凝土试块应随机分为两组，每组 3 块，分别用于弧面对压测试和抗压强度试验。试件应在浇筑侧面垂直浇筑方向钻取。测点位置靠近试块顶面时细骨料会较多，测试数据偏小；测点位置靠近底部粗骨料会较多，测试数据偏大且稳定性差。测点选在试块高度中部时测试数据最为稳定。

C.0.4 强度换算系数的计算应符合下列规定：

1 将每组数据中的弧面对压应力和抗压强度分别按大小进行排序再建立对应关系，以试块抗压强度作为因变量，以弧面对压应力作为自变量，采用线性数学模型 $f_{cu,i}^c = \beta \cdot f_{a,i}$ 按最小二乘法回归得到地方强度换算系数 β 。

【条文说明】同组数据中的抗压强度值和弧面对压应力值来自同批混凝土的 6 个不同试块母体，6 个试块的抗压强度本身不可避免地存在着强度差异，这必然导致试验得到的抗压强度值和弧面对压应力值均存在大小差异，在建立对应关系前应考虑这种随机分组所客观存在的强度大小差异，将每组数据中的弧面对压应力和抗压强度分别按大小进行排序再建立对应关系符合混凝土的客观规律。

2 根据实测试件抗压强度和换算强度，按下式计算平均相对误差 δ 和相对标准差 e_r ：

$$\delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{f_{cu,i}^c}{f_{cu,i}} - 1 \right| \times 100 \% \quad (C.0.4-1)$$

$$e_r = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{f_{cu,i}^c}{f_{cu,i}} - 1 \right)^2} \times 100 \% \quad (C.0.4-2)$$

式中： δ ——平均相对误差(%)，精确至 0.01%；

e_r ——相对标准差(%)，精确至 0.01%；

$f_{cu,i}$ ——第 i 个立方体标准试件的抗压强度实测值 (MPa)；

$f_{cu,i}^c$ ——第 i 个弧面对压试件按本标准测强曲线所计算的混凝土换算强度值 (MPa)；

n ——制定回归方程的数据数量。

C.0.5 专用和地区强度换算系数的强度误差应符合下列规定：

- 1 专用强度换算系数：平均相对误差 δ 不大于 8.00%，相对标准差 e_r 不大于 10.00%；
- 2 地区强度换算系数：平均相对误差 δ 不大于 10.00%，相对标准差 e_r 不大于 13.00%。

C.0.6 专用和地区强度换算系数仅适用于试验所涉及的区域范围和混凝土强度范围，均不得外延应用。

附录 D 推定区间上限值与下限值系数表

样本 容量	0.05 分位值		样本 容量	0.05 分位值		样本 容量	0.05 分位值	
	$k_1 (0.05)$	$k_2 (0.05)$		$k_1 (0.05)$	$k_2 (0.05)$		$k_1 (0.05)$	$k_2 (0.05)$
5	0.81778	4.20268	26	1.22455	2.27530	47	1.32058	2.08081
6	0.87477	3.70768	27	1.23135	2.26005	48	1.32360	2.07535
7	0.92037	3.39947	28	1.23780	2.24578	49	1.32653	2.07008
8	0.95803	3.18729	29	1.24395	2.23241	50	1.32939	2.06499
9	0.98987	3.03124	30	1.24981	2.21984	60	1.35412	2.02216
10	1.01730	2.91096	31	1.25540	2.20800	70	1.37364	1.98987
11	1.04127	2.81499	32	1.26075	2.19682	80	1.38959	1.96444
12	1.06247	2.73634	33	1.26588	2.18625	90	1.40294	1.94376
13	1.08141	2.67050	34	1.27079	2.17623	100	1.41433	1.92654
14	1.09848	2.61443	35	1.27551	2.16672	110	1.42421	1.91191
15	1.11397	2.56600	36	1.28004	2.15768	120	1.43289	1.89929
16	1.12812	2.52366	37	1.28441	2.14906	130	1.44060	1.88827
17	1.14112	2.48626	38	1.28861	2.14085	140	1.44750	1.87852
18	1.15311	2.45295	39	1.29266	2.13300	150	1.45372	1.86984
19	1.16423	2.42304	40	1.29657	2.12549	160	1.45938	1.86203
20	1.17458	2.39600	41	1.30035	2.11831	170	1.46456	1.85497
21	1.18425	2.37142	42	1.30399	2.11142	180	1.46931	1.84854
22	1.19330	2.34896	43	1.30752	2.10481	190	1.47370	1.84265
23	1.20181	2.32832	44	1.31094	2.09846	200	1.47777	1.83724
24	1.20982	2.30929	45	1.31425	2.09235	250	1.49443	1.81547
25	1.21739	2.29167	46	1.31746	2.08648	300	1.50687	1.79964

本标准用词说明

1. 为便于在执行本标准条文时区别对待，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……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081
- 2 《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344
- 3 《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784
- 4 《混凝土强度检验评定标准》GB 50107
- 5 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 6 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52
- 7 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 8 《混凝土试模》JG 237
- 9 《天然石材试验方法 第5部分 硬度试验》GB9966.5-2020
- 10 《普通磨料 棕刚玉》GB/T 2478-2008
- 11 《试验筛 技术要求和检验 第一部分 金属丝网编织试验筛》GB/T6003.1-2012
- 12 《工作测力仪》JJG445
- 13 《拉力、压力和万能试验机计量检定规程》JJG 139-2014
- 14 《数据的统计处理和解释正态样本离群值的判断和处理》GB/T4883