

中国工程建设标准化协会标准

**超声回弹综合法
检测混凝土强度技术规程**

**Technical specification for
detecting strength of concrete
by ultrasonic-rebound
combined method**

2005 北京

中国工程建设标准化协会标准

超声回弹综合法 检测混凝土强度技术规程

Technical specification for
detecting strength of concrete
by ultrasonic-rebound
combined method

CECS 02: 2005

主编单位：中国建筑科学研究院

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2005年12月1日

中国建筑工业出版社

2005 北京

前 言

根据（2000）建标协字第 15 号文《关于印发中国工程建设标准化协会 2000 年第一批推荐性标准制、修订计划的通知》的要求，对原规程进行了修订。

本规程在《超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程》CECS 02：88 的基础上，吸收了国内外超声检测仪器的最新成果和超声检测技术的新经验，结合我国建设工程中混凝土质量检测的实际需要进行了修订。

本规程的主要内容是：1 总则，2 术语、符号，3 回弹仪，4 混凝土超声波检测仪器，5 测区回弹值和声速值的测量及计算，6 结构混凝土强度推定。

本规程主要修订的内容是：1 规定了混凝土回弹仪的检定方法；2 增加了超声波角测、平测及其声速计算方法；3 扩大了测强曲线的适用范围；4 改变了结构混凝土强度的推定方法。

根据国家计委[1986]1649 号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》的要求，现批准发布协会标准《超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程》，编号为 CECS 02：2005，推荐给工程设计、施工、使用单位采用。自本规程施行之日起，原规程 CECS 02：88 废止。

本规程由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会 CECS/TC5 归口管理，由中国建筑科学研究院结构研究所（北京北三环东路 30 号，邮政编码：100013）负责解释。在施行过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和资料径寄解释单位。

主编单位：中国建筑科学研究院

参编单位：陕西省建筑科学研究设计院、广西区建筑科学研究设计院、湖南大学土木工程学院、贵州中建建筑科研设计院、浙江省建筑科学设计研究院、山东乐陵市回弹仪厂。

主要起草人：邱平、张治泰、张荣成、李杰成、黄政宇、袁海军、张晓、徐国孝、王明堂。

中国工程建设标准化协会

2005 年 10 月 1 日

目 次

- 1 总则
- 2 术语、符号
 - 2.1 术语
 - 2.2 主要符号
- 3 回弹仪
 - 3.1 一般规定
 - 3.2 检定要求
 - 3.3 维护保养
- 4 混凝土超声波检测仪器
 - 4.1 一般规定
 - 4.2 换能器技术要求
 - 4.3 校准和保养
- 5 测区回弹值和声速值的测量及计算
 - 5.1 一般规定
 - 5.2 回弹测试及回弹值计算
 - 5.3 超声测试及声速值计算
- 6 结构混凝土强度推定
- 附录 A 建立专用或地区混凝土强度曲线的基本要求
- 附录 B 超声波角测、平测和声速计算方法
 - B.1 超声波角测方法
 - B.2 超声波平测方法
- 附录 C 测区混凝土强度换算
 - C.1 测区混凝土强度换算表（卵石）
 - C.2 测区混凝土强度换算表（碎石）
- 附录 D 综合法测定混凝土强度曲线的验证方法
- 附录 E 用实测空气声速法校准超声仪
- 附录 F 超声回弹综合法检测记录表
- 附录 G 结构混凝土抗压强度计算表
- 本规程用词说明
- 附：条文说明

1 总 则

1.0.1 为了统一采用中型回弹仪、混凝土超声波检测仪综合检测并推断混凝土结构中普通混凝土抗压强度的方法，做到技术先进、安全可靠、经济合理、方便使用，制定本规程。

1.0.2 在正常情况下，混凝土强度的验收和评定应按现行有关国家标准执行。当对结构中的混凝土有强度检测要求时，可按本规程进行检测，并推定结构混凝土的强度，作为混凝土结构处理的一个依据。

1.0.3 本规程不适用于检测因冻害、化学侵蚀、火灾、高温等已造成表面疏松、剥落的混凝土。

1.0.4 按本规程进行工程检测的人员，应通过专业培训并持有相应的资格证书。

1.0.5 采用超声回弹综合法检测及推定混凝土强度，除应遵守本规程外，尚应符合现行有关强制性标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 检测单元 Detective element

按照检测要求确定的混凝土结构的组成单元。

2.1.2 测区 Detecting region

在进行结构或构件混凝土强度检测时确定的检测区域。

2.1.3 测点 Detecting point

测区内的检测点。

2.1.4 超声回弹综合法 Ultrasonic-rebound combined method

根据实测声速值和回弹值综合推定混凝土强度的方法。本方法采用带波形显示器的低频超声波检测仪，并配置频率为 50~100kHz 的换能器，测量混凝土中的超声波声速值，以及采用弹击锤冲击能量为 2.207J 的混凝土回弹仪，测量回弹值。

2.1.5 超声波速度 Velocity of ultrasonic wave

在混凝土中，超声脉冲波单位时间内的传播距离。

2.1.6 波幅 Amplitude of wave

超声脉冲波通过混凝土被换能器接收后，由超声波检测仪显示的首波信号的幅度。

2.1.7 测区混凝土抗压强度换算值 Conversion value for the compression strength of concrete at detecting region

根据测区混凝土中的声速代表值和回弹代表值，通过测强曲线换算所得的该测区现龄期混凝土的抗压强度值。

2.1.8 混凝土抗压强度推定值 Inferable value for compression strength of concrete

根据测区混凝土抗压强度换算值推定的结构或构件中现龄期混凝土的抗压强度值。

2.2 主要符号

e_r — 相对误差；

$f_{cu,i}^c$ — 结构或构件第 i 个测区的混凝土抗压强度换算值；

$f_{cu,e}$ — 结构混凝土抗压强度推定值；

$f_{cu,min}^c$ — 结构或构件最小的测区混凝土抗压强度换算值；

f_{cu}^o — 混凝土立方体试件的抗压强度实测值；

f_{cor}^o — 混凝土芯样试件的抗压强度实测值；

l_i — 第 i 个测点的超声测距；

$m_{f_{cu}^c}$ — 结构或构件测区混凝土抗压强度换算值的平均值；

n — 测区数, 测点数, 立方体试件数, 芯样试件数；

R_i — 第 i 个测点的有效回弹值；

R — 测区回弹代表值；

R_a — 修正后的测区回弹代表值；

$R_{a\alpha}$ — 测试角度为 α 时的测区回弹修正值；

R_a^t 、 R_a^b — 测量混凝土浇筑顶面或底面时的测区回弹修正值；

$s_{f_{cu}^c}$ — 结构或构件测区混凝土抗压强度换算值的标准差；

T_k — 空气的摄氏温度；

t_i — 第 i 个测点的声时读数；

t_0 — 声时初读数；

v — 测区混凝土中声速代表值；

v_a — 修正后的测区混凝土中声速代表值；

v_k — 空气中声速计算值；

v^o — 空气中声速实测值；

v_i — 第 i 点个测点的混凝土中声速值；

α — 回弹仪测试角度；

β — 超声测试面的声速修正系数；

η — 修正系数；

λ — 平测声速修正系数。

3 回弹仪

3.1 一般规定

3.1.1 所采用的回弹仪应符合国家计量检定规程《混凝土回弹仪》JJG 817 的要求，并通过技术鉴定，必须具有产品合格证和检定证，并应具有中国计量器具制造 CMC 许可证标志。

3.1.2 所采用的回弹仪应符合下列标准状态的要求：

- 1 水平弹击时，在弹击锤脱钩的瞬间，回弹仪弹击锤的冲击能量应为 2.207J；
- 2 弹击锤与弹击杆碰撞的瞬间，弹击拉簧应处于自由状态，检定器上指针滑块刻线应置于“0”处；
- 3 在洛氏硬度 HRC 为 60 ± 2 的钢砧上，回弹仪的率定值应为 80 ± 2 。

3.1.3 回弹仪使用时，环境温度应为 $-4 \sim 40^{\circ}\text{C}$ 。

3.2 检定要求

3.2.1 回弹仪有下列情况之一时，应经检定单位检定后方可使用：

- 1 新回弹仪启用前；
- 2 超过检定有效期；
- 3 累计弹击次数超过 6000 次；
- 4 经常规保养后，钢砧率定值不合格；
- 5 遭受严重撞击或其他损害。

3.2.2 回弹仪应由有资格的检定单位按照现行国家计量检定规程《混凝土回弹仪》JJG 817 的规定进行检定。

3.2.3 在下列情况之一时，回弹仪应在钢砧上进行率定试验：

- 1 回弹仪当天使用前；
- 2 测试过程中对回弹仪性能有怀疑时。

当回弹仪率定值不在 80 ± 2 范围内时，应按本规程第 3.3 节的要求，对回弹仪进行常规保养后再进行率定。若再次率定仍达不到要求，则应送检定单位检定。

3.2.4 回弹仪率定试验宜在干燥、室温 $5 \sim 35^{\circ}\text{C}$ 条件下进行。率定时，钢砧应稳固地平放在刚度大的物体上。测定回弹值时，取连续向下弹击三次的稳定回弹值计算平均值。弹击杆应分三次旋转，每次宜旋转 90° 。每旋转一次弹击杆，率定平均值应为 80 ± 2 。

3.3 维护保养

3.3.1 回弹仪有下列情况之一时，应进行常规保养：

- 1 弹击超过 2000 次；
- 2 对检测值有怀疑时；
- 3 钢砧上的率定值不符合要求。

3.3.2 回弹仪的常规保养应符合下列规定：

- 1 使弹击锤脱钩后取出机芯，卸下弹击杆，取出缓冲压簧，并取出弹击拉簧和拉簧座；
- 2 清洗机芯各零部件，重点清洗中心导杆、弹击锤和弹击杆的内孔和冲击面。

清洗后在中心导杆上薄薄涂抹钟表油，其他零部件均不得抹油；

- 3 清理机壳内壁，卸下刻度尺，并检查指针，其摩擦力应为 0.5~0.8N；
- 4 不得旋转尾盖上已定位紧固的调零螺丝；
- 5 不得自制或更换零部件；
- 6 保养后按本规程第 3.2.4 条的要求进行率定试验。

3.3.3 回弹仪使用完毕后，应使弹击杆伸出机壳，清除弹击杆、杆前端球面、刻度尺表面和外壳上的污垢、尘土。回弹仪不使用时，应将弹击杆压入仪器内，经弹击后用按钮锁住机芯，将回弹仪装入仪器箱，平放在干燥阴凉处。

4 混凝土超声波检测仪器

4.1 一般规定

4.1.1 所采用的混凝土超声波检测仪应通过技术鉴定,必须具有产品合格证和检定证。

4.1.2 用于混凝土的超声波检测仪可分为下列两类:

- 1 模拟式: 接收的信号为连续模拟量,可由时域波形信号测读声学参数;
- 2 数字式: 接收的信号转化为离散数字量,具有采集、储存数字信号、测读声学参数

和对数字信号处理的智能化功能。

4.1.3 所采用的超声波检测仪应符合现行行业标准《混凝土超声波检测仪》JG/T 5004 的要求,并在计量检定有效期内使用。

4.1.4 超声波检测仪应满足下列要求:

- 1 具有波形清晰、显示稳定的示波装置;
- 2 声时最小分度值为 $0.1 \mu\text{s}$;
- 3 具有最小分度值为 1dB 的信号幅度调整系统;
- 4 接收放大器频响范围 $10\sim 500\text{kHz}$,总增益不小于 80dB,接收灵敏度(信噪比 3:1 时)不大于 $50 \mu\text{V}$;
- 5 电源电压波动范围在标称值 $\pm 10\%$ 情况下能正常工作;
- 6 连续正常工作时间不少于 4h。

4.1.5 模拟式超声波检测仪还应满足下列要求:

- 1 具有手动游标和自动整形两种声时测读功能;
- 2 数字显示稳定,声时调节在 $20\sim 30 \mu\text{s}$ 范围内,连续静置 1h 数字变化不超过 $\pm 0.2 \mu\text{s}$ 。

4.1.6 数字式超声波检测仪还应满足下列要求:

- 1 具有采集、储存数字信号并进行数据处理的功能;
- 2 具有手动游标测读和自动测读两种方式。当自动测读时,在同一测试条件下,在 1h 内每 5min 测读一次声时值的差异不超过 $\pm 0.2 \mu\text{s}$;
- 3 自动测读时,在显示器的接收波形上,有光标指示声时的测读位置。

4.1.7 超声波检测仪器使用时,环境温度应为 $0\sim 40^\circ\text{C}$ 。

4.2 换能器技术要求

4.2.1 换能器的工作频率宜在 $50\sim 100\text{kHz}$ 范围内。

4.2.2 换能器的实测主频与标称频率相差不应超过±10%。

4.3 校准和保养

4.3.1 超声波检测仪的声时计量检验,应按“时-距”法测量空气中声速实测值 v^0 (附录E),并与按下列公式计算的空气中声速计算值 v_k 相比较,二者的相对误差不应超过±0.5%。

$$v_k = 331.4\sqrt{1+0.00367T_k} \quad (4.3.1)$$

式中 331.4— 0℃时空气中的声速值 (m/s) ;

v_k — 温度为 T_k 时空气中的声速计算值 (m/s) ;

T_k — 测试时空气的温度 (℃)。

4.3.2 检测时,应根据测试需要在仪器上配置合适的换能器和高频电缆线,并测定声时初读数 t_0 。检测过程中如更换换能器或高频电缆线,应重新测定 t_0 。

4.3.3 超声波检测仪应定期保养。

5 测区回弹值和声速值的测量及计算

5.1 一般规定

5.1.1 测试前应具备下列资料：

- 1 工程名称和设计、施工、建设、委托单位名称；
- 2 结构或构件名称、施工图纸和混凝土设计强度等级；
- 3 水泥的品种、强度等级和用量，砂石的品种、粒径，外加剂或掺合料的品种、掺量和混凝土配合比等；
- 4 模板类型，混凝土浇筑、养护情况和成型日期；
- 5 结构或构件检测原因的说明。

5.1.2 检测数量应符合下列规定：

- 1 按单个构件检测时，应在构件上均匀布置测区，每个构件上测区数量不应少于 10 个；
- 2 同批构件按批抽样检测时，构件抽样数不应少于同批构件的 30%，且不应少于 10 件；对一般施工质量的检测和结构性能的检测，可按照现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T50344 的规定抽样。

3 对某一方向尺寸不大于 4.5m 且另一方向尺寸不大于 0.3m 的构件，其测区数量可适当减少，但不应少于 5 个。

5.1.3 按批抽样检测时，符合下列条件的构件可作为同批构件：

- 1 混凝土设计强度等级相同；
- 2 混凝土原材料、配合比、成型工艺、养护条件和龄期基本相同；
- 3 构件种类相同；
- 4 施工阶段所处状态基本相同。

5.1.4 构件的测区布置宜满足下列规定：

- 1 在条件允许时，测区宜优先布置在构件混凝土浇筑方向的侧面；
- 2 测区可在构件的两个对应面、相邻面或同一面上布置；
- 3 测区宜均匀布置，相邻两测区的间距不宜大于 2m；
- 4 测区应避开钢筋密集区和预埋件；
- 5 测区尺寸宜为 200 mm×200 mm；采用平测时宜为 400mm×400mm；

6 测试面应清洁、平整、干燥，不应有接缝、施工缝、饰面层、浮浆和油垢，并应避免蜂窝、麻面部位。必要时，可用砂轮片清除杂物和磨平不平整处，并擦净残留粉尘。

5.1.5 结构或构件上的测区应编号，并记录测区位置和外观质量情况。

5.1.6 对结构或构件的每一测区，应先进行回弹测试，后进行超声测试。

5.1.7 计算混凝土抗压强度换算值时，非同一测区内的回弹值和声速值不得混用。

5.2 回弹测试及回弹值计算

5.2.1 回弹测试时，应始终保持回弹仪的轴线垂直于混凝土测试面。宜首先选择混凝土浇筑方向的侧面进行水平方向测试。如不具备浇筑方向侧面水平测试的条件，可采用非水平状态测试，或测试混凝土浇筑的顶面或底面。

5.2.2 测量回弹值应在构件测区内超声波的发射和接收面各弹击 8 点；超声波单面平测时，可在超声波的发射和接收测点之间弹击 16 点。每一测点的回弹值，测读精确度至 1。

5.2.3 测点在测区范围内宜均匀布置，但不得布置在气孔或外露石子上。相邻两测点的间距不宜小于 30mm；测点距构件边缘或外露钢筋、铁件的距离不应小于 50 mm，同一测点只允许弹击一次。

5.2.4 测区回弹代表值应从该测区的 16 个回弹值中剔除 3 个较大值和 3 个较小值，根据其余 10 个有效回弹值按下列公式计算：

$$R = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} R_i \quad (5.2.4)$$

式中 R — 测区回弹代表值，取有效测试数据的平均值，精确至 0.1；

R_i — 第 i 个测点的有效回弹值。

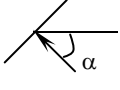
5.2.5 非水平状态下测得的回弹值，应按下列公式修正：

$$R_a = R + R_{\alpha} \quad (5.2.5)$$

式中 R_a — 修正后的测区回弹代表值；

R_{α} — 测试角度为 α 时的测区回弹修正值，按表 5.2.5 的规定采用。

表 5.2.5 非水平状态下测试时的回弹修正值 R_{α}

测试角 度 R	 回弹仪向上				 回弹仪向下			
	+90	+60	+45	+30	-30	-45	-60	-90
20	-6.0	-5.0	-4.0	-3.0	+2.5	+3.0	+3.5	+4.0
25	-5.5	-4.5	-3.8	-2.8	+2.3	+2.8	+3.3	+3.8
30	-5.0	-4.0	-3.5	-2.5	+2.0	+2.5	+3.0	+3.5
35	-4.5	-3.8	-3.3	-2.3	+1.8	+2.3	+2.8	+3.3
40	-4.0	-3.5	-3.0	-2.0	+1.5	+2.0	+2.5	+3.0
45	-3.8	-3.3	-2.8	-1.8	+1.3	+1.8	+2.3	+2.8
50	-3.5	-3.0	-2.5	-1.5	+1.0	+1.5	+2.0	+2.5

注：1. 当测试角度等于 0 时，修正值为 0； R 小于 20 或大于 50 时，分别按 20 或 50 查表；

2. 表中未列数值，可采用内插法求得，精确至 0.1。

5.2.6 在混凝土浇筑的顶面或底面测得的回弹值，应按下列公式修正：

$$R_a = R + (R_a^t + R_a^b) \quad (5.2.6)$$

式中 R_a^t — 测量顶面时的回弹修正值，按表 5.2.6 的规定采用；

R_a^b — 测量底面时的回弹修正值，按表 5.2.6 的规定采用。

表 5.2.6 测试混凝土浇筑顶面或底面时的回弹修正值 R_a^t 、 R_a^b

测试面 R 或 R_a	顶 面 R_a^t	底 面 R_a^b
20	+2.5	-3.0
25	+2.0	-2.5
30	+1.5	-2.0
35	+1.0	-1.5
40	+0.5	-1.0
45	0	-0.5
50	0	0

注：1. 在侧面测试时，修正值为 0； R 小于 20 或大于 50 时，分别按 20 或 50 查表；

2. 当先进行角度修正时，采用修正后的回弹代表值 R_a ；

3. 表中未列数值，可采用内插法求得，精确至 0.1。

5.2.7 测试时回弹仪处于非水平状态，同时测试面又非混凝土浇筑方向的侧面，则应对测得的回弹值先进行角度修正，然后对角度修正后的值再进行顶面或底面修正。

5.3 超声测试及声速值计算

5.3.1 超声测点应布置在回弹测试的同一测区内，每一测区布置 3 个测点。超声测试宜优先采用对测或角测，当被测构件不具备对测或角测条件时，可采用单面平测（附录 B）。

5.3.2 超声测试时，换能器辐射面应通过耦合剂与混凝土测试面良好耦合。

5.3.3 声时测量应精确至 0.1 μ s，超声测距测量应精确至 1.0mm，且测量误差不应超过 $\pm 1\%$ 。声速计算应精确至 0.01km/s。

5.3.4 当在混凝土浇筑方向的侧面对测时，测区混凝土中声速代表值应根据该测区中 3 个测点的混凝土中声速值，按下列公式计算：

$$v = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \frac{l_i}{t_i - t_0} \quad (5.3.4)$$

式中 v — 测区混凝土中声速代表值 (km/s)；

l_i — 第 i 个测点的超声测距 (mm)。角测时测距按本规程附录 B 第 B.1 节计算；

t_i — 第 i 个测点的声时读数 (μ s)；

t_0 — 声时初读数 (μ s)。

5.3.5 当在混凝土浇筑的顶面或底面测试时，测区声速代表值应按下列公式修正：

$$v_a = \beta \cdot v \quad (5.3.5)$$

式中 v_a — 修正后的测区混凝土中声速代表值 (km/s)；

β — 超声测试面的声速修正系数，在混凝土浇筑的顶面和底面间对测或斜测时，

$\beta=1.034$ ；在混凝土浇灌的顶面或底面平测时，测区混凝土中声速代表值应按本规程

附录 B 第 B.2 节计算和修正。

6 结构混凝土强度推定

6.0.1 本规程规定的强度换算方法适用于符合下列条件的普通混凝土：

1 混凝土用水泥应符合现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》GB 175、《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥》GB 1344 和《复合硅酸盐水泥》GB 12958 的要求；

2 混凝土用砂、石骨料应符合现行行业标准《普通混凝土用砂石质量标准及检验方法》的要求；

3 可掺或不掺矿物掺合料、外加剂、粉煤灰、泵送剂；

4 人工或一般机械搅拌的混凝土或泵送混凝土；

5 自然养护；

6 龄期 7~2000d；

7 混凝土强度 10~70MPa；

6.0.2 结构或构件中第 i 个测区的混凝土抗压强度换算值，可按本规程第 5.2 节和第 5.3 节的规定求得修正后的测区回弹代表值 R_{ai} 和声速代表值 v_{ai} 后，优先采用专用测强曲线或地区测强曲线换算而得。

6.0.3 当无专用和地区测强曲线时，按本规程附录 D 通过验证后，可按附录 C 规定的全国统一测区混凝土抗压强度换算表换算，也可按下列全国统一测区混凝土抗压强度换算公式计算：

1 当粗骨料为卵石时：

$$f_{cu,i}^c = 0.0056 v_{ai}^{1.439} R_{ai}^{1.769} \quad (6.0.3-1)$$

2 当粗骨料为碎石时：

$$f_{cu,i}^c = 0.0162 v_{ai}^{1.656} R_{ai}^{1.410} \quad (6.0.3-2)$$

式中 $f_{cu,i}^c$ — 第 i 个测区混凝土抗压强度换算值 (MPa)，精确至 0.1 MPa。

6.0.4 专用测强曲线或地区测强曲线应按本规程附录 A 的规定制定，并经工程质量监督主管部门组织审定和批准实施。专用或地区测强曲线的抗压强度相对误差 e_r 应符合下列规定：

专用测强曲线 相对误差 $e_r \leq 12\%$ ；

地区测强曲线 相对误差 $e_r \leq 14\%$ 。

其中，相对误差 e_r 应按式 (A.0.8-2) 计算。

6.0.5 当结构或构件中的测区数不少于 10 个时，各测区混凝土抗压强度换算值的平均值和标准差应按下列公式计算：

$$m_{f_{cu}^c} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i}^c \quad (6.0.5-1)$$

$$s_{f_{cu}^c} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^c)^2 - n(m_{f_{cu}^c})^2}{n-1}} \quad (6.0.5-2)$$

式中 $f_{cu,i}^c$ — 结构或构件第 i 个测区的混凝土抗压强度换算值 (MPa)；

$m_{f_{cu}^c}$ — 结构或构件测区混凝土抗压强度换算值的平均值 (MPa)，精确至 0.1 MPa；

$s_{f_{cu}^c}$ — 结构或构件测区混凝土抗压强度换算值的标准差 (MPa)，精确至 0.01 MPa。

n — 测区数。对单个检测的构件，取一个构件的测区数；对批量检测的构件，取被抽检构件测区数之总和。

6.0.6 当结构或构件所采用的材料及其龄期与制定测强曲线所采用的材料及其龄期有较大差异时，应采用同条件立方体试件或从结构或构件测区中钻取的混凝土芯样试件的抗压强度进行修正。试件数量不应少于 4 个。此时，采用式 (6.0.3) 计算测区混凝土抗压强度换算值应乘以下列修正系数 η 。

1 采用同条件立方体试件修正时：

$$\eta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i}^o / f_{cu,i}^c \quad (6.0.6-1)$$

2 采用混凝土芯样试件修正时：

$$\eta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cor,i}^o / f_{cu,i}^c \quad (6.0.6-2)$$

式中 η — 修正系数，精确至小数点后两位；

$f_{cu,i}^c$ — 对应于第 i 个立方体试件或芯样试件的混凝土抗压强度换算值 (MPa)，精确至 0.1MPa；

$f_{cu,i}^o$ — 第 i 个混凝土立方体 (边长 150mm) 试件的抗压强度实测值 (MPa)，精确至 0.1MPa；

$f_{cor,i}^o$ — 第 i 个混凝土芯样 ($\phi 100 \times 100$ mm) 试件的抗压强度实测值 (MPa)，精确至 0.1MPa；

n — 试件数。

6.0.7 结构或构件混凝土抗压强度推定值 $f_{cu,e}$ ，应按下列规定确定：

1 当结构或构件的测区抗压强度换算值中出现小于 10.0MPa 的值时，该构件的混凝土抗压强度推定值 $f_{cu,e}$ 取小于 10MPa。

2 当结构或构件中测区数少于 10 个时

$$f_{cu,e} = f_{cu,min}^c \quad (6.0.7-1)$$

式中 $f_{cu,min}^c$ — 结构或构件最小的测区混凝土抗压强度换算值 (MPa)，精确至 0.1MPa。

3 当结构或构件中测区数不少于 10 个或按批量检测时

$$f_{cu,e} = m_{f_{cu}^c} - 1.645 s_{f_{cu}^c} \quad (6.0.7-2)$$

6.0.8 对按批量检测的构件，当一批构件的测区混凝土抗压强度标准差出现下列情况之一时，该批构件应全部重新按单个构件进行检测：

1 一批构件的混凝土抗压强度平均值 $m_{f_{cu}^c} < 25.0$ MPa，标准差 $s_{f_{cu}^c} > 4.50$ MPa；

2 一批构件的混凝土抗压强度平均值 $m_{f_{cu}^c} = 25.0 \sim 50.0$ MPa，标准差 $s_{f_{cu}^c} > 5.50$ MPa；

3 一批构件的混凝土抗压强度平均值 $m_{f_{cu}^c} > 50.0$ MPa，标准差 $s_{f_{cu}^c} > 6.50$ MPa。

附录 A 建立专用或地区混凝土强度曲线的基本要求

- A. 0. 1** 采用中型回弹仪，并应符合本规程第 3. 1 节的各项要求。
- A. 0. 2** 采用低频超声波检测仪，并应符合本规程第 4. 1 节的各项要求。
- A. 0. 3** 选用的换能器应符合本规程第 4. 2 节的各项要求。
- A. 0. 4** 混凝土用水泥应符合现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》GB 175、《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥》GB 1344 和《复合硅酸盐水泥》GB 12958 的要求，混凝土用砂、石应符合现行行业标准《普通混凝土用砂石质量标准及检验方法》的要求。
- A. 0. 5** 选用本地区常用水泥、粗骨料、细骨料，按常用配合比制作混凝土强度等级为 C10~C60 的、边长 150mm 的立方体试件。
- A. 0. 6** 试件准备应按下列步骤进行：
- 1 试模应采用符合相关标准要求的钢模；
 - 2 每一混凝土强度等级的试件数宜为 21 块，采用同一盘混凝土均匀装模振动成型；
 - 3 试件拆模后如采用自然养护，宜先放置在水池或湿砂堆中养护 7d，然后按“品”字形堆放在不受日晒雨淋处，备在各龄期测试用；如采用蒸气养护，则试块的养护制度应与构件预设的养护制度相同；
 - 4 试件的测试龄期宜分为 7d、14d、28d、60d、90d、180d 和 365d；
 - 5 对同一强度等级的混凝土，在每个测试龄期测 3 个试件（一组）。
- A. 0. 7** 试件的测试应按下列步骤进行：
- 1 整理试件。将被测试件四个浇筑侧面上的尘土、污物等擦拭干净，以同一强度等级混凝土的 3 个试件作为一组，依次编号；
 - 2 在试件测试面上标示超声测点。取试块浇筑方向的侧面为测试面，在两个相对测试面上分别画出相对应的 3 个测点（图 A. 0. 7）；
 - 3 测量试件的超声测距。采用钢卷尺或钢板尺，在两个超声测试面的两侧边缘处逐点测量两测试面的垂直距离，取两边缘对应垂直距离的平均值作为测点的超声测距值 l_1 、 l_2 、 l_3 ；
 - 4 测量试件的声时值。在试件两个测试面的对应测点位置涂抹耦合剂，将一对发射和接收换能器耦合在对应测点上，并始终保持两个换能器的轴线在同一直线上。逐点测读声时读数 t_1 、 t_2 、 t_3 ，精确至 0. 1 μ s；
 - 5 计算声速值。分别计算 3 个测点的声速值 v_i 。取 3 个测点声速的平均值作为该试件的混凝土中声速代表值 v ，即：

$$v = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \frac{l_i}{t_i - t_0} \quad (\text{A. 0. 7})$$

式中 v — 试件混凝土中声速值 (km/s), 精确至 0.01km/s;

l_i — 第 i 个测点超声测距 (mm), 精确至 1mm;

t_i — 第 i 个测点混凝土中声时读数 (μs), 精确至 0.1 μs ;

t_0 — 声时初读数 (μs)。

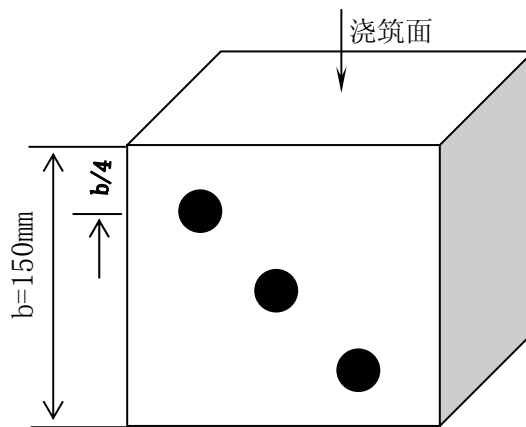


图 A. 0. 7 声时测量测点布置示意

6 测量回弹值。应先将试件超声测试面的耦合剂擦拭干净, 再置于压力机上下承压板之间, 使另外一对侧面朝向便于回弹测试的方向, 然后加压至 30 ~ 50 kN 并保持此压力。分别在试件两个相对侧面上按本规程第 5.2.1 条规定的水平测试方法各测 8 点回弹值, 精确至 1。剔除 3 个最大值和 3 个最小值, 取余下 10 个有效回弹值的平均值作为该试件的回弹代表值 R , 计算精确至 0.1。

7 抗压强度试验。回弹值测试完毕后, 卸荷将回弹测试面放置在压力机承压板正中, 按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法》GB/T 50081 的规定速度连续均匀加荷至破坏。计算抗压强度实测值 f_{cu}° , 精确至 0.1MPa。

A. 0. 8 测强曲线应按下述步骤进行计算:

1 数据整理汇总。将各试块测试所得的声速值 v 、回弹值 R 和试块抗压强度实测值 f_{cu}° 汇总;

2 回归分析。宜采用下列形式的回归方程式计算:

$$f_{\text{cu}}^{\circ} = av^b R^c \quad (\text{A. 0. 8-1})$$

式中 a — 常数项;

b 、 c — 回归系数;

f_{cu}^c — 混凝土试件抗压强度换算值 (MPa)。

3 误差计算。测强曲线的相对误差 e_r 应按下列公式计算:

$$e_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{f_{cu,i}^o}{f_{cu,i}^c} - 1 \right)^2}{n}} \times 100\% \quad (\text{A. 0. 8-2})$$

式中 e_r — 相对误差;

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

$f_{cu,i}^c$ — 第 i 个立方体试件按式 (A. 0. 8-1) 计算的抗压强度换算值 (MPa)。

A. 0. 9 回归方程式的误差如符合本规程第 6. 0. 4 条的要求, 则经有关部门批准后, 可作为专用或地区测强曲线。

A. 0. 10 可根据回归方程 (A. 0. 8-1), 按系列回弹代表值和声速代表值计算出混凝土抗压强度换算值, 列出“测区混凝土抗压强度换算表 ($f_{cu}^c - v_a - R_a$)”, 供速查用。

A. 0. 11 测区混凝土抗压强度换算表只限于在建立测强曲线的立方体试件强度范围内使用, 不得外延。

附录 B 超声波角测、平测和声速计算方法

B.1 超声波角测方法

B.1.1 当结构或构件被测部位只有两个相邻表面可供检测时，可采用角测方法测量混凝土中声速。每个测区布置 3 个测点，换能器布置如图 B.1.1 所示。

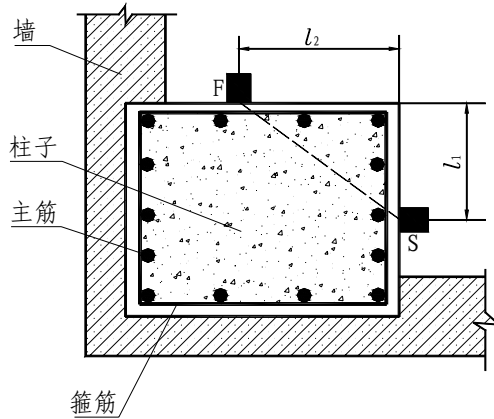


图 B.1.1 超声波角测示意

B.1.2 布置超声角测点时，换能器中心与构件边缘的距离 l_1 、 l_2 不宜小于 200mm。

B.1.3 角测时超声测距应按下列公式计算：

$$l_i = \sqrt{l_{1i}^2 + l_{2i}^2} \quad (\text{B.1.3})$$

式中 l_i — 角测第 i 个测点的超声测距 (mm)；

l_{1i} 、 l_{2i} — 角测第 i 个测点换能器与构件边缘的距离 (mm)。

B.1.4 角测时，混凝土中声速代表值应按下列公式计算：

$$v = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \frac{l_i}{t_i - t_0} \quad (\text{B.1.4})$$

式中 v — 角测时混凝土中声速代表值 (km/s)；

t_i — 角测第 i 个测点的声时读数 (μs)；

t_0 — 声时初读数 (μs)。

B. 2 超声波平测方法

B. 2. 1 当 结构或构件被测部位只有一个表面可供检测时,可采用平测方法测量混凝土中声速。每个测区布置 3 个测点。换能器布置如图 B. 2. 1 所示。

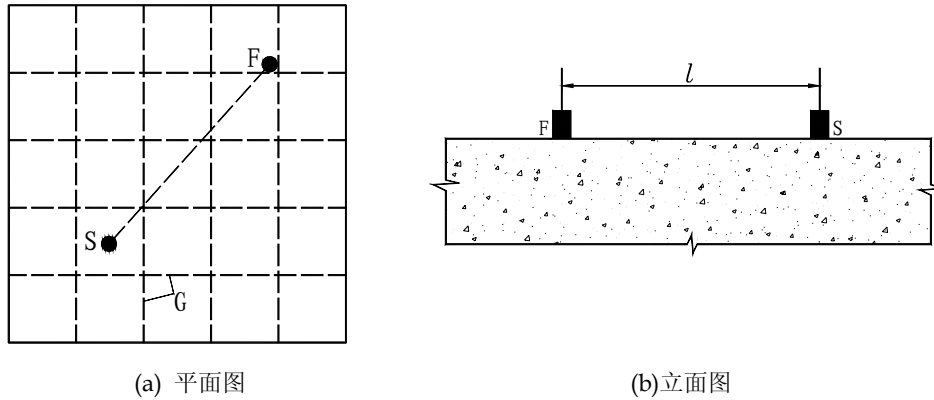


图 B. 2. 1 超声波平测示意

F—发射换能器; S—接收换能器; G—钢筋轴线

B. 2. 2 布置超声平测点时,宜使发射和接收换能器的连线与附近钢筋轴线成 $40\sim 50^\circ$, 超声测距 l 宜采用 $350\sim 450\text{mm}$ 。

B. 2. 3 宜采用同一构件的对测声速 v_d 与平测声速 v_p 之比求得修正系数 λ ($\lambda = v_d / v_p$), 对平测声速进行修正。

B. 2. 4 当被测结构或构件不具备对测与平测的对比条件时,宜选取有代表性的部位,以测距 $l=200\text{mm}$ 、 250mm 、 300mm 、 350mm 、 400mm 、 450mm 、 500mm , 逐点测读相应声时值 t , 用回归分析方法求出直线方程 $l = a + bt$ 。以回归系数 b 代替对测声速 v_d , 再按本规程第 B. 2. 3 条的规定对各平测声速进行修正。

B. 2. 5 平测时,修正后的混凝土中声速代表值应按下列公式计算:

$$v_a = \frac{\lambda}{3} \sum_{i=1}^3 \frac{l_i}{t_i - t_0} \quad (\text{B. 2. 5})$$

式中 v_a — 修正后的平测时混凝土中声速代表值 (km/s);

l_i — 平测第 i 个测点的超声测距 (mm);

t_i — 平测第 i 个测点的声时读数 (μs);

λ — 平测声速修正系数。

B. 2. 6 平测声速可采用直线方程 $l = a + bt$ ，根据混凝土浇筑的顶面或底面平测数据求得，修正后的混凝土中声速代表值应按下列公式计算：

$$v = \frac{\lambda\beta}{3} \sum_{i=1}^3 \frac{l_i}{t_i - t_0} \quad (\text{B. 2. 6})$$

式中 β — 超声测试面的声速修正系数，顶面平测 $\beta=1.05$ ，底面平测 $\beta=0.95$ 。

附录 C 测区混凝土抗压强度换算

C.1 测区混凝土抗压强度换算表（卵石）

$\begin{matrix} v_a \\ f_{cu}^c \\ R_a \end{matrix}$	3.80	3.82	3.84	3.86	3.88	3.90	3.92	3.94	3.96	3.98	4.00	4.02	4.04
23.0	—	—	10.0	10.0	10.1	10.2	10.3	10.3	10.4	10.5	10.6	10.6	10.7
24.0	10.6	10.6	10.7	10.8	10.9	11.0	11.1	11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.5
25.0	11.4	11.4	11.5	11.6	11.7	11.8	11.9	12.0	12.1	12.1	12.2	12.3	12.4
26.0	12.2	12.3	12.4	12.5	12.5	12.6	12.7	12.8	12.9	13.0	13.1	13.2	13.3
27.0	13.0	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9	14.0	14.1	14.2
28.0	13.9	14.0	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9	15.1	15.2
29.0	14.8	14.9	15.0	15.1	15.2	15.3	15.4	15.6	15.7	15.8	15.9	16.0	16.1
30.0	15.7	15.8	15.9	16.0	16.2	16.3	16.4	16.5	16.6	16.8	16.9	17.0	17.1
31.0	16.6	16.7	16.9	17.0	17.1	17.3	17.4	17.5	17.6	17.8	17.9	18.0	18.2
32.0	17.6	17.7	17.8	18.0	18.1	18.2	18.4	18.5	18.7	18.8	18.9	19.1	19.2
33.0	18.6	18.7	18.8	19.0	19.1	19.3	19.4	19.6	19.7	19.8	20.0	20.1	20.3
34.0	19.6	19.7	19.9	20.0	20.2	20.3	20.5	20.6	20.8	20.9	21.1	21.2	21.4
35.0	20.6	20.8	20.9	21.1	21.2	21.4	21.5	21.7	21.9	22.0	22.2	22.3	22.5
36.0	21.7	21.8	22.0	22.1	22.3	22.5	22.6	22.8	23.0	23.1	23.3	23.5	23.6
37.0	22.7	22.9	23.1	23.2	23.4	23.6	23.8	23.9	24.1	24.3	24.5	24.6	24.8
38.0	23.8	24.0	24.2	24.4	24.6	24.7	24.9	25.1	25.3	25.5	25.7	25.8	26.0
39.0	24.9	25.1	25.3	25.5	25.7	25.9	26.1	26.3	26.5	26.7	26.9	27.1	27.2
40.0	26.1	26.3	26.5	26.7	26.9	27.1	27.3	27.5	27.7	27.9	28.1	28.3	28.5
41.0	27.3	27.5	27.7	27.9	28.1	28.3	28.5	28.7	28.9	29.1	29.3	29.6	29.8
42.0	28.4	28.7	28.9	29.1	29.3	29.5	29.7	30.0	30.2	30.4	30.6	30.8	31.1
43.0	29.7	29.9	30.1	30.3	30.6	30.8	31.0	31.2	31.5	31.7	31.9	32.2	32.4
44.0	30.9	31.1	31.3	31.6	31.8	32.1	32.3	32.5	32.8	33.0	33.2	33.5	33.7
45.0	32.1	32.4	32.6	32.9	33.1	33.4	33.6	33.9	34.1	34.3	34.6	34.8	35.1
46.0	33.4	33.7	33.9	34.2	34.4	34.7	34.9	35.2	35.4	35.7	36.0	36.2	36.5
47.0	34.7	35.0	35.2	35.5	35.8	36.0	36.3	36.6	36.8	37.1	37.4	37.6	37.9
48.0	36.0	36.3	36.6	36.8	37.1	37.4	37.7	37.9	38.2	38.5	38.8	39.1	39.3
49.0	37.4	37.6	37.9	38.2	38.5	38.8	39.1	39.4	39.6	39.9	40.2	40.5	40.8
50.0	38.7	39.0	39.3	39.6	39.9	40.2	40.5	40.8	41.1	41.4	41.7	42.0	42.3
51.0	40.1	40.4	40.7	41.0	41.3	41.6	41.9	42.2	42.5	42.9	43.2	43.5	43.8
52.0	41.5	41.8	42.1	42.4	42.8	43.1	43.4	43.7	44.0	44.4	44.7	45.0	45.3
53.0	42.9	43.2	43.6	43.9	44.2	44.6	44.9	45.2	45.5	45.9	46.2	46.5	46.9
54.0	44.4	44.7	45.0	45.4	45.7	46.1	46.4	46.7	47.1	47.4	47.8	48.1	48.5
55.0	45.8	46.2	46.5	46.9	47.2	47.6	47.9	48.3	48.6	49.0	49.3	49.7	50.0

注：1 表内未列数值可采用内插法求得，精确至 0.1MPa；

2 表中 v_a (km/s) 为修正后的测区声速代表值， R_a 为修正后的测区回弹代表值；

3 采用对测和角测时，表中 v_a 用 v 代替；当在侧面水平回弹时，表中 R_a 用 R 代替；

4 f_{cu}^c (MPa) 为测区混凝土抗压强度换算值，也可按公式 (6.0.3-1) 计算。

续表 C.1

R_a \ f_{cu}^c \ v_a	4.06	4.08	4.10	4.12	4.14	4.16	4.18	4.20	4.22	4.24	4.26	4.28	4.30
21.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10.0
22.0	10.0	10.0	10.1	10.2	10.2	10.3	10.4	10.5	10.5	10.6	10.7	10.8	10.8
23.0	10.8	10.9	10.9	11.0	11.1	11.2	11.2	11.3	11.4	11.5	11.6	11.6	11.7
24.0	11.6	11.7	11.8	11.9	12.0	12.0	12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	12.5	12.6
25.0	12.5	12.6	12.7	12.8	12.9	12.9	13.0	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6
26.0	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9	14.0	14.1	14.2	14.3	14.4	14.4	14.5
27.0	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9	15.0	15.1	15.2	15.3	15.4	15.6
28.0	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	16.0	16.1	16.3	16.4	16.5	16.6
29.0	16.2	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8	16.9	17.1	17.2	17.3	17.4	17.5	17.6
30.0	17.3	17.4	17.5	17.6	17.7	17.9	18.0	18.1	18.2	18.4	18.5	18.6	18.7
31.0	18.3	18.4	18.5	18.7	18.8	18.9	19.1	19.2	19.3	19.5	19.6	19.7	19.9
32.0	19.3	19.5	19.6	19.7	19.9	20.0	20.2	20.3	20.4	20.6	20.7	20.9	21.0
33.0	20.4	20.6	20.7	20.9	21.0	21.1	21.3	21.4	21.6	21.7	21.9	22.0	22.2
34.0	21.5	21.7	21.8	22.0	22.1	22.3	22.4	22.6	22.8	22.9	23.1	23.2	23.4
35.0	22.7	22.8	23.0	23.1	23.3	23.5	23.6	23.8	24.0	24.1	24.3	24.4	24.6
36.0	23.8	24.0	24.2	24.3	24.5	24.7	24.8	25.0	25.2	25.4	25.5	25.7	25.9
37.0	25.0	25.2	25.4	25.5	25.7	25.9	26.1	26.2	26.4	26.6	26.8	27.0	27.2
38.0	26.2	26.4	26.6	26.8	27.0	27.1	27.3	27.5	27.7	27.9	28.1	28.3	28.5
39.0	27.4	27.6	27.8	28.0	28.2	28.4	28.6	28.8	29.0	29.2	29.4	29.6	29.8
40.0	28.7	28.9	29.1	29.3	29.5	29.7	29.9	30.1	30.3	30.5	30.8	31.0	31.2
41.0	30.0	30.2	30.4	30.6	30.8	31.0	31.3	31.5	31.7	31.9	32.1	32.3	32.6
42.0	31.3	31.5	31.7	32.0	32.2	32.4	32.6	32.8	33.1	33.3	33.5	33.8	34.0
43.0	32.6	32.8	33.1	33.3	33.5	33.8	34.0	34.2	34.5	34.7	34.9	35.2	35.4
44.0	34.0	34.2	34.4	34.7	34.9	35.2	35.4	35.7	35.9	36.2	36.4	36.6	36.9
45.0	35.3	35.6	35.8	36.1	36.4	36.6	36.9	37.1	37.4	37.6	37.9	38.1	38.4
46.0	36.7	37.0	37.3	37.5	37.8	38.1	38.3	38.6	38.8	39.1	39.4	39.6	39.9
47.0	38.2	38.4	38.7	39.0	39.3	39.5	39.8	40.1	40.4	40.6	40.9	41.2	41.5
48.0	39.6	39.9	40.2	40.5	40.7	41.0	41.3	41.6	41.9	42.2	42.5	42.7	43.0
49.0	41.1	41.4	41.7	42.0	42.3	42.6	42.8	43.1	43.4	43.7	44.0	44.3	44.6
50.0	42.6	42.9	43.2	43.5	43.8	44.1	44.4	44.7	45.0	45.3	45.6	45.9	46.3
51.0	44.1	44.4	44.7	45.0	45.4	45.7	46.0	46.3	46.6	46.9	47.3	47.6	47.9
52.0	45.6	46.0	46.3	46.6	46.9	47.3	47.6	47.9	48.3	48.6	48.9	49.2	49.6
53.0	47.2	47.5	47.9	48.2	48.6	48.9	49.2	49.6	49.9	50.2	50.6	50.9	51.3
54.0	48.8	49.1	49.5	49.8	50.2	50.5	50.9	51.2	51.6	51.9	52.3	52.6	53.0
55.0	50.4	50.8	51.1	51.5	51.8	52.2	52.6	52.9	53.3	53.7	54.0	54.4	54.7

续表 C.1

R_a \ f_{cu}^c \ v_a	4.32	4.34	4.36	4.38	4.40	4.42	4.44	4.46	4.48	4.50	4.52	4.54	4.56
20.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.0
21.0	10.0	10.1	10.2	10.2	10.3	10.4	10.4	10.5	10.6	10.6	10.7	10.8	10.8
22.0	10.9	11.0	11.0	11.1	11.2	11.3	11.3	11.4	11.5	11.6	11.6	11.7	11.8
23.0	11.8	11.9	11.9	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.7
24.0	12.7	12.8	12.9	13.0	13.1	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6	13.7	13.7
25.0	13.7	13.8	13.8	13.9	14.0	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8
26.0	14.6	14.7	14.8	14.9	15.0	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8
27.0	15.7	15.8	15.9	16.0	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8	16.9
28.0	16.7	16.8	16.9	17.0	17.1	17.3	17.4	17.5	17.6	17.7	17.8	17.9	18.0
29.0	17.8	17.9	18.0	18.1	18.2	18.4	18.5	18.6	18.7	18.8	19.0	19.1	19.2
30.0	18.9	19.0	19.1	19.2	19.4	19.5	19.6	19.7	19.9	20.0	20.1	20.3	20.4
31.0	20.0	20.1	20.3	20.4	20.5	20.7	20.8	20.9	21.1	21.2	21.3	21.5	21.6
32.0	21.1	21.3	21.4	21.6	21.7	21.9	22.0	22.1	22.3	22.4	22.6	22.7	22.9
33.0	22.3	22.5	22.6	22.8	22.9	23.1	23.2	23.4	23.5	23.7	23.8	24.0	24.1
34.0	23.5	23.7	23.9	24.0	24.2	24.3	24.5	24.6	24.8	25.0	25.1	25.3	25.4
35.0	24.8	24.9	25.1	25.3	25.4	25.6	25.8	25.9	26.1	26.3	26.4	26.6	26.8
36.0	26.0	26.2	26.4	26.6	26.7	26.9	27.1	27.3	27.4	27.6	27.8	28.0	28.1
37.0	27.3	27.5	27.7	27.9	28.1	28.3	28.4	28.6	28.8	29.0	29.2	29.4	29.5
38.0	28.7	28.8	29.0	29.2	29.4	29.6	29.8	30.0	30.2	30.4	30.6	30.8	31.0
39.0	30.0	30.2	30.4	30.6	30.8	31.0	31.2	31.4	31.6	31.8	32.0	32.2	32.4
40.0	31.4	31.6	31.8	32.0	32.2	32.4	32.6	32.9	33.1	33.3	33.5	33.7	33.9
41.0	32.8	33.0	33.2	33.4	33.7	33.9	34.1	34.3	34.5	34.8	35.0	35.2	35.4
42.0	34.2	34.4	34.7	34.9	35.1	35.4	35.6	35.8	36.0	36.3	36.5	36.7	37.0
43.0	35.7	35.9	36.1	36.4	36.6	36.9	37.1	37.3	37.6	37.8	38.1	38.3	38.5
44.0	37.1	37.4	37.6	37.9	38.1	38.4	38.6	38.9	39.1	39.4	39.6	39.9	40.1
45.0	38.6	38.9	39.2	39.4	39.7	39.9	40.2	40.5	40.7	41.0	41.2	41.5	41.8
46.0	40.2	40.4	40.7	41.0	41.3	41.5	41.8	42.1	42.3	42.6	42.9	43.2	43.4
47.0	41.7	42.0	42.3	42.6	42.9	43.1	43.4	43.7	44.0	44.3	44.5	44.8	45.1
48.0	43.3	43.6	43.9	44.2	44.5	44.8	45.1	45.4	45.6	45.9	46.2	46.5	46.8
49.0	44.9	45.2	45.5	45.8	46.1	46.4	46.7	47.0	47.3	47.6	48.0	48.3	48.6
50.0	46.6	46.9	47.2	47.5	47.8	48.1	48.4	48.8	49.1	49.4	49.7	50.0	50.3
51.0	48.2	48.5	48.9	49.2	49.5	49.8	50.2	50.5	50.8	51.1	51.5	51.8	52.1
52.0	49.9	50.2	50.6	50.9	51.2	51.6	51.9	52.3	52.6	52.9	53.3	53.6	53.9
53.0	51.6	52.0	52.3	52.7	53.0	53.3	53.7	54.0	54.4	54.7	55.1	55.4	55.8
54.0	53.4	53.7	54.1	54.4	54.8	55.1	55.5	55.9	56.2	56.6	56.9	57.3	57.7
55.0	55.1	55.5	55.9	56.2	56.6	57.0	57.3	57.7	58.1	58.5	58.8	59.2	59.6

续表 C.1

R_a \ f_{cu}^c \ v_a	4.58	4.60	4.62	4.64	4.66	4.68	4.70	4.72	4.74	4.76	4.78	4.80	4.82
20.0	10.0	10.1	10.1	10.2	10.3	10.3	10.4	10.5	10.5	10.6	10.6	10.7	10.8
21.0	10.9	11.0	11.1	11.1	11.2	11.3	11.3	11.4	11.5	11.5	11.6	11.7	11.7
22.0	11.9	11.9	12.0	12.1	12.2	12.2	12.3	12.4	12.5	12.5	12.6	12.7	12.8
23.0	12.8	12.9	13.0	13.1	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6	13.6	13.7	13.8
24.0	13.8	13.9	14.0	14.1	14.2	14.3	14.4	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9
25.0	14.9	15.0	15.0	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	16.0
26.0	15.9	16.0	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8	16.9	17.0	17.1
27.0	17.0	17.1	17.2	17.4	17.5	17.6	17.7	17.8	17.9	18.0	18.1	18.2	18.3
28.0	18.2	18.3	18.4	18.5	18.6	18.7	18.8	19.0	19.1	19.2	19.3	19.4	19.5
29.0	19.3	19.4	19.6	19.7	19.8	19.9	20.1	20.2	20.3	20.4	20.5	20.7	20.8
30.0	20.5	20.6	20.8	20.9	21.0	21.2	21.3	21.4	21.6	21.7	21.8	22.0	22.1
31.0	21.7	21.9	22.0	22.2	22.3	22.4	22.6	22.7	22.8	23.0	23.1	23.3	23.4
32.0	23.0	23.1	23.3	23.4	23.6	23.7	23.9	24.0	24.2	24.3	24.5	24.6	24.8
33.0	24.3	24.4	24.6	24.7	24.9	25.1	25.2	25.4	25.5	25.7	25.8	26.0	26.1
34.0	25.6	25.8	25.9	26.1	26.2	26.4	26.6	26.7	26.9	27.1	27.2	27.4	27.6
35.0	26.9	27.1	27.3	27.5	27.6	27.8	28.0	28.1	28.3	28.5	28.7	28.8	29.0
36.0	28.3	28.5	28.7	28.9	29.0	29.2	29.4	29.6	29.8	29.9	30.1	30.3	30.5
37.0	29.7	29.9	30.1	30.3	30.5	30.7	30.9	31.1	31.2	31.4	31.6	31.8	32.0
38.0	31.2	31.4	31.6	31.8	32.0	32.2	32.4	32.5	32.7	32.9	33.1	33.3	33.5
39.0	32.6	32.8	33.0	33.3	33.5	33.7	33.9	34.1	34.3	34.5	34.7	34.9	35.1
40.0	34.1	34.3	34.6	34.8	35.0	35.2	35.4	35.6	35.9	36.1	36.3	36.5	36.7
41.0	35.7	35.9	36.1	36.3	36.6	36.8	37.0	37.2	37.5	37.7	37.9	38.1	38.4
42.0	37.2	37.4	37.7	37.9	38.1	38.4	38.6	38.9	39.1	39.3	39.6	39.8	40.0
43.0	38.8	39.0	39.3	39.5	39.8	40.0	40.3	40.5	40.8	41.0	41.2	41.5	41.7
44.0	40.4	40.7	40.9	41.2	41.4	41.7	41.9	42.2	42.4	42.7	43.0	43.2	43.5
45.0	42.0	42.3	42.6	42.8	43.1	43.4	43.6	43.9	44.2	44.4	44.7	45.0	45.2
46.0	43.7	44.0	44.3	44.5	44.8	45.1	45.4	45.6	45.9	46.2	46.5	46.8	47.0
47.0	45.4	45.7	46.0	46.3	46.5	46.8	47.1	47.4	47.7	48.0	48.3	48.6	48.9
48.0	47.1	47.4	47.7	48.0	48.3	48.6	48.9	49.2	49.5	49.8	50.1	50.4	50.7
49.0	48.9	49.2	49.5	49.8	50.1	50.4	50.7	51.0	51.3	51.7	52.0	52.3	52.6
50.0	50.6	51.0	51.3	51.6	51.9	52.2	52.6	52.9	53.2	53.5	53.9	54.2	54.5
51.0	52.5	52.8	53.1	53.4	53.8	54.1	54.4	54.8	55.1	55.4	55.8	56.1	56.5
52.0	54.3	54.6	55.0	55.3	55.7	56.0	56.3	56.7	57.0	57.4	57.7	58.1	58.4
53.0	56.1	56.5	56.9	57.2	57.6	57.9	58.3	58.6	59.0	59.4	59.7	60.1	60.4
54.0	58.0	58.4	58.8	59.1	59.5	59.9	60.2	60.6	61.0	61.3	61.7	62.1	62.5
55.0	60.0	60.3	60.7	61.1	61.5	61.8	62.2	62.6	63.0	63.4	63.8	64.1	64.5

续表 C.1

R_a	f_{cu}^c	ν_a	4.84	4.86	4.88	4.90	4.92	4.94	4.96	4.98	5.00	5.02	5.04	5.06	5.08
20.0	10.8	10.9	11.0	11.0	11.1	11.2	11.2	11.3	11.4	11.4	11.5	11.6	11.6	11.6	11.6
21.0	11.8	11.9	12.0	12.0	12.1	12.2	12.2	12.3	12.4	12.5	12.5	12.6	12.7	12.7	12.7
22.0	12.8	12.9	13.0	13.1	13.1	13.2	13.3	13.4	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.8	13.8
23.0	13.9	14.0	14.0	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9	14.9	14.9
24.0	15.0	15.1	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	16.0	16.0	16.0	16.0
25.0	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8	16.9	17.0	17.1	17.2	17.3	17.3	17.3
26.0	17.2	17.3	17.5	17.6	17.7	17.8	17.9	18.0	18.1	18.2	18.3	18.4	18.5	18.5	18.5
27.0	18.4	18.5	18.7	18.8	18.9	19.0	19.1	19.2	19.3	19.4	19.5	19.7	19.8	19.8	19.8
28.0	19.7	19.8	19.9	20.0	20.1	20.2	20.4	20.5	20.6	20.7	20.8	21.0	21.1	21.1	21.1
29.0	20.9	21.0	21.2	21.3	21.4	21.5	21.7	21.8	21.9	22.0	22.2	22.3	22.4	22.4	22.4
30.0	22.2	22.3	22.5	22.6	22.7	22.9	23.0	23.1	23.3	23.4	23.5	23.7	23.8	23.8	23.8
31.0	23.5	23.7	23.8	24.0	24.1	24.2	24.4	24.5	24.7	24.8	25.0	25.1	25.2	25.2	25.2
32.0	24.9	25.0	25.2	25.3	25.5	25.6	25.8	25.9	26.1	26.2	26.4	26.5	26.7	26.7	26.7
33.0	26.3	26.5	26.6	26.8	26.9	27.1	27.2	27.4	27.6	27.7	27.9	28.0	28.2	28.2	28.2
34.0	27.7	27.9	28.0	28.2	28.4	28.5	28.7	28.9	29.0	29.2	29.4	29.6	29.7	29.7	29.7
35.0	29.2	29.4	29.5	29.7	29.9	30.0	30.2	30.4	30.6	30.8	30.9	31.1	31.3	31.3	31.3
36.0	30.7	30.9	31.0	31.2	31.4	31.6	31.8	32.0	32.1	32.3	32.5	32.7	32.9	32.9	32.9
37.0	32.2	32.4	32.6	32.8	33.0	33.2	33.3	33.5	33.7	33.9	34.1	34.3	34.5	34.5	34.5
38.0	33.7	33.9	34.1	34.4	34.6	34.8	35.0	35.2	35.4	35.6	35.8	36.0	36.2	36.2	36.2
39.0	35.3	35.5	35.8	36.0	36.2	36.4	36.6	36.8	37.0	37.2	37.5	37.7	37.9	37.9	37.9
40.0	37.0	37.2	37.4	37.6	37.8	38.1	38.3	38.5	38.7	38.9	39.2	39.4	39.6	39.6	39.6
41.0	38.6	38.8	39.1	39.3	39.5	39.8	40.0	40.2	40.5	40.7	40.9	41.2	41.4	41.4	41.4
42.0	40.3	40.5	40.8	41.0	41.2	41.5	41.7	42.0	42.2	42.5	42.7	42.9	43.2	43.2	43.2
43.0	42.0	42.2	42.5	42.7	43.0	43.3	43.5	43.8	44.0	44.3	44.5	44.8	45.0	45.0	45.0
44.0	43.7	44.0	44.3	44.5	44.8	45.0	45.3	45.6	45.8	46.1	46.4	46.6	46.9	46.9	46.9
45.0	45.5	45.8	46.1	46.3	46.6	46.9	47.1	47.4	47.7	48.0	48.2	48.5	48.8	48.8	48.8
46.0	47.3	47.6	47.9	48.2	48.4	48.7	49.0	49.3	49.6	49.9	50.2	50.4	50.7	50.7	50.7
47.0	49.2	49.4	49.7	50.0	50.3	50.6	50.9	51.2	51.5	51.8	52.1	52.4	52.7	52.7	52.7
48.0	51.0	51.3	51.6	51.9	52.2	52.5	52.8	53.2	53.5	53.8	54.1	54.4	54.7	54.7	54.7
49.0	52.9	53.2	53.5	53.9	54.2	54.5	54.8	55.1	55.4	55.8	56.1	56.4	56.7	56.7	56.7
50.0	54.8	55.2	55.5	55.8	56.1	56.5	56.8	57.1	57.5	57.8	58.1	58.5	58.8	58.8	58.8
51.0	56.8	57.1	57.5	57.8	58.1	58.5	58.8	59.2	59.5	59.9	60.2	60.5	60.9	60.9	60.9
52.0	58.8	59.1	59.5	59.8	60.2	60.5	60.9	61.2	61.6	61.9	62.3	62.7	63.0	63.0	63.0
53.0	60.8	61.2	61.5	61.9	62.2	62.6	63.0	63.3	63.7	64.1	64.4	64.8	65.2	65.2	65.2
54.0	62.8	63.2	63.6	64.0	64.3	64.7	65.1	65.5	65.8	66.2	66.6	67.0	67.4	67.4	67.4
55.0	64.9	65.3	65.7	66.1	66.5	66.8	67.2	67.6	68.0	68.4	68.8	69.2	69.6	69.6	69.6

续表 C.1

R_a \ f_{cu}^c \ v_a	5.10	5.12	5.14	5.16	5.18	5.20	5.22	5.24	5.26	5.28	5.30	5.32	5.34
20.0	11.7	11.8	11.8	11.9	12.0	12.0	12.1	12.2	12.2	12.3	12.4	12.4	12.5
21.0	12.7	12.8	12.9	13.0	13.0	13.1	13.2	13.3	13.3	13.4	13.5	13.5	13.6
22.0	13.8	13.9	14.0	14.1	14.2	14.2	14.3	14.4	14.5	14.5	14.6	14.7	14.8
23.0	15.0	15.1	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.6	15.7	15.8	15.9	16.0
24.0	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8	16.9	17.0	17.1	17.2	17.2
25.0	17.3	17.4	17.5	17.6	17.7	17.8	17.9	18.0	18.1	18.2	18.3	18.4	18.5
26.0	18.6	18.7	18.8	18.9	19.0	19.1	19.2	19.3	19.4	19.5	19.7	19.8	19.9
27.0	19.9	20.0	20.1	20.2	20.3	20.4	20.6	20.7	20.8	20.9	21.0	21.1	21.2
28.0	21.2	21.3	21.4	21.6	21.7	21.8	21.9	22.0	22.2	22.3	22.4	22.5	22.6
29.0	22.6	22.7	22.8	22.9	23.1	23.2	23.3	23.5	23.6	23.7	23.8	24.0	24.1
30.0	24.0	24.1	24.2	24.4	24.5	24.6	24.8	24.9	25.0	25.2	25.3	25.5	25.6
31.0	25.4	25.5	25.7	25.8	26.0	26.1	26.2	26.4	26.5	26.7	26.8	27.0	27.1
32.0	26.8	27.0	27.2	27.3	27.5	27.6	27.8	27.9	28.1	28.2	28.4	28.5	28.7
33.0	28.4	28.5	28.7	28.8	29.0	29.2	29.3	29.5	29.6	29.8	30.0	30.1	30.3
34.0	29.9	30.1	30.2	30.4	30.6	30.7	30.9	31.1	31.2	31.4	31.6	31.8	31.9
35.0	31.5	31.6	31.8	32.0	32.2	32.4	32.5	32.7	32.9	33.1	33.3	33.4	33.6
36.0	33.1	33.3	33.4	33.6	33.8	34.0	34.2	34.4	34.6	34.8	34.9	35.1	35.3
37.0	34.7	34.9	35.1	35.3	35.5	35.7	35.9	36.1	36.3	36.5	36.7	36.9	37.1
38.0	36.4	36.6	36.8	37.0	37.2	37.4	37.6	37.8	38.0	38.2	38.5	38.7	38.9
39.0	38.1	38.3	38.5	38.7	39.0	39.2	39.4	39.6	39.8	40.0	40.3	40.5	40.7
40.0	39.8	40.1	40.3	40.5	40.7	41.0	41.2	41.4	41.7	41.9	42.1	42.3	42.6
41.0	41.6	41.9	42.1	42.3	42.6	42.8	43.0	43.3	43.5	43.8	44.0	44.2	44.5
42.0	43.4	43.7	43.9	44.2	44.4	44.7	44.9	45.2	45.4	45.7	45.9	46.2	46.4
43.0	45.3	45.5	45.8	46.0	46.3	46.6	46.8	47.1	47.3	47.6	47.9	48.1	48.4
44.0	47.2	47.4	47.7	48.0	48.2	48.5	48.8	49.0	49.3	49.6	49.8	50.1	50.4
45.0	49.1	49.3	49.6	49.9	50.2	50.5	50.7	51.0	51.3	51.6	51.9	52.1	52.4
46.0	51.0	51.3	51.6	51.9	52.2	52.5	52.8	53.0	53.3	53.6	53.9	54.2	54.5
47.0	53.0	53.3	53.6	53.9	54.2	54.5	54.8	55.1	55.4	55.7	56.0	56.3	56.6
48.0	55.0	55.3	55.6	55.9	56.3	56.6	56.9	57.2	57.5	57.8	58.1	58.5	58.8
49.0	57.1	57.4	57.7	58.0	58.3	58.7	59.0	59.3	59.6	60.0	60.3	60.6	61.0
50.0	59.1	59.5	59.8	60.1	60.5	60.8	61.1	61.5	61.8	62.2	62.5	62.8	63.2
51.0	61.2	61.6	61.9	62.3	62.6	63.0	63.3	63.7	64.0	64.4	64.7	65.1	65.4
52.0	63.4	63.7	64.1	64.5	64.8	65.2	65.5	65.9	66.3	66.6	67.0	67.3	67.7
53.0	65.5	65.9	66.3	66.7	67.0	67.4	67.8	68.2	68.5	68.9	69.3	69.7	70.0
54.0	67.7	68.1	68.5	68.9	69.3	69.7	—	—	—	—	—	—	—
55.0	70.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 C.2 测区混凝土抗压强度换算表（碎石）

R_a \ f_{cu}^c \ v_a	3.80	3.82	3.84	3.86	3.88	3.90	3.92	3.94	3.96	3.98	4.00	4.02	4.04
20.0	10.1	10.2	10.3	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7	10.8	10.9	11.0	11.1	11.2
21.0	10.8	10.9	11.0	11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.6	11.7	11.8	11.9	12.0
22.0	11.5	11.6	11.7	11.8	11.9	12.0	12.1	12.2	12.3	12.5	12.6	12.7	12.8
23.0	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	12.9	13.0	13.1	13.3	13.4	13.5	13.6
24.0	13.0	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	14.0	14.1	14.2	14.3	14.4
25.0	13.8	13.9	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.7	14.8	14.9	15.0	15.2	15.3
26.0	14.6	14.7	14.9	15.0	15.1	15.2	15.4	15.5	15.6	15.8	15.9	16.0	16.2
27.0	15.4	15.5	15.7	15.8	15.9	16.1	16.2	16.3	16.5	16.6	16.8	16.9	17.0
28.0	16.2	16.3	16.5	16.6	16.8	16.9	17.1	17.2	17.4	17.5	17.6	17.8	17.9
29.0	17.0	17.2	17.3	17.5	17.6	17.8	17.9	18.1	18.2	18.4	18.5	18.7	18.8
30.0	17.9	18.0	18.2	18.3	18.5	18.6	18.8	19.0	19.1	19.3	19.4	19.6	19.8
31.0	18.7	18.9	19.0	19.2	19.4	19.5	19.7	19.9	20.0	20.2	20.4	20.5	20.7
32.0	19.6	19.7	19.9	20.1	20.3	20.4	20.6	20.8	20.9	21.1	21.3	21.5	21.7
33.0	20.4	20.6	20.8	21.0	21.1	21.3	21.5	21.7	21.9	22.1	22.2	22.4	22.6
34.0	21.3	21.5	21.7	21.9	22.1	22.2	22.4	22.6	22.8	23.0	23.2	23.4	23.6
35.0	22.2	22.4	22.6	22.8	23.0	23.2	23.4	23.6	23.8	24.0	24.2	24.4	24.6
36.0	23.1	23.3	23.5	23.7	23.9	24.1	24.3	24.5	24.7	24.9	25.1	25.4	25.6
37.0	24.0	24.2	24.4	24.6	24.9	25.1	25.3	25.5	25.7	25.9	26.1	26.4	26.6
38.0	24.9	25.1	25.4	25.6	25.8	26.0	26.2	26.5	26.7	26.9	27.1	27.4	27.6
39.0	25.9	26.1	26.3	26.5	26.8	27.0	27.2	27.5	27.7	27.9	28.1	28.4	28.6
40.0	26.8	27.0	27.3	27.5	27.7	28.0	28.2	28.5	28.7	28.9	29.2	29.4	29.7
41.0	27.7	28.0	28.2	28.5	28.7	29.0	29.2	29.5	29.7	30.0	30.2	30.5	30.7
42.0	28.7	29.0	29.2	29.5	29.7	30.0	30.2	30.5	30.7	31.0	31.3	31.5	31.8
43.0	29.7	29.9	30.2	30.5	30.7	31.0	31.2	31.5	31.8	32.0	32.3	32.6	32.8
44.0	30.7	30.9	31.2	31.5	31.7	32.0	32.3	32.5	32.8	33.1	33.4	33.6	33.9
45.0	31.6	31.9	32.2	32.5	32.7	33.0	33.3	33.6	33.9	34.2	34.4	34.7	35.0
46.0	32.6	32.9	33.2	33.5	33.8	34.1	34.4	34.6	34.9	35.2	35.5	35.8	36.1
47.0	33.6	33.9	34.2	34.5	34.8	35.1	35.4	35.7	36.0	36.3	36.6	36.9	37.2
48.0	34.7	35.0	35.3	35.6	35.9	36.2	36.5	36.8	37.1	37.4	37.7	38.0	38.4
49.0	35.7	36.0	36.3	36.6	36.9	37.2	37.6	37.9	38.2	38.5	38.8	39.2	39.5
50.0	36.7	37.0	37.3	37.7	38.0	38.3	38.6	39.0	39.3	39.6	40.0	40.3	40.6
51.0	37.7	38.1	38.4	38.7	39.1	39.4	39.7	40.1	40.4	40.8	41.1	41.4	41.8
52.0	38.8	39.1	39.5	39.8	40.2	40.5	40.8	41.2	41.5	41.9	42.2	42.6	42.9
53.0	39.8	40.2	40.5	40.9	41.2	41.6	42.0	42.3	42.7	43.0	43.4	43.7	44.1
54.0	40.9	41.3	41.6	42.0	42.3	42.7	43.1	43.4	43.8	44.2	44.5	44.9	45.3
55.0	42.0	42.4	42.7	43.1	43.5	43.8	44.2	44.6	45.0	45.3	45.7	46.1	46.5

注：1 表内未列数值可采用内插法求得，精确至 0.1MPa；

2 表中 v_a (km/s) 为修正后的测区声速代表值， R_a 为修正后的测区回弹代表值；

3 采用对测和角测时，表中 v_a 用 v 代替；当在侧面水平回弹时，表中 R_a 用 R 代替；

4 f_{cu}^c (MPa) 为测区混凝土抗压强度换算值，也可按公式 (6.0.3-2) 计算。

续表 C. 2

R_a \ f_{cu}^c \ v_a	4.06	4.08	4.10	4.12	4.14	4.16	4.18	4.20	4.22	4.24	4.26	4.28	4.30
20.0	11.3	11.3	11.4	11.5	11.6	11.7	11.8	11.9	12.0	12.1	12.2	12.3	12.4
21.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.9	13.0	13.1	13.2	13.3
22.0	12.9	13.0	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9	14.0	14.2
23.0	13.7	13.8	13.9	14.0	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	15.0	15.1
24.0	14.6	14.7	14.8	14.9	15.0	15.1	15.3	15.4	15.5	15.6	15.8	15.9	16.0
25.0	15.4	15.5	15.7	15.8	15.9	16.0	16.2	16.3	16.4	16.6	16.7	16.8	17.0
26.0	16.3	16.4	16.6	16.7	16.8	17.0	17.1	17.2	17.4	17.5	17.6	17.8	17.9
27.0	17.2	17.3	17.5	17.6	17.7	17.9	18.0	18.2	18.3	18.5	18.6	18.7	18.9
28.0	18.1	18.2	18.4	18.5	18.7	18.8	19.0	19.1	19.3	19.4	19.6	19.7	19.9
29.0	19.0	19.2	19.3	19.5	19.6	19.8	19.9	20.1	20.3	20.4	20.6	20.7	20.9
30.0	19.9	20.1	20.3	20.4	20.6	20.8	20.9	21.1	21.2	21.4	21.6	21.8	21.9
31.0	20.9	21.0	21.2	21.4	21.6	21.7	21.9	22.1	22.3	22.4	22.6	22.8	23.0
32.0	21.8	22.0	22.2	22.4	22.5	22.7	22.9	23.1	23.3	23.5	23.6	23.8	24.0
33.0	22.8	23.0	23.2	23.4	23.5	23.7	23.9	24.1	24.3	24.5	24.7	24.9	25.1
34.0	23.8	24.0	24.2	24.4	24.6	24.8	25.0	25.2	25.3	25.5	25.7	25.9	26.1
35.0	24.8	25.0	25.2	25.4	25.6	25.8	26.0	26.2	26.4	26.6	26.8	27.0	27.2
36.0	25.8	26.0	26.2	26.4	26.6	26.8	27.0	27.3	27.5	27.7	27.9	28.1	28.3
37.0	26.8	27.0	27.2	27.4	27.7	27.9	28.1	28.3	28.6	28.8	29.0	29.2	29.5
38.0	27.8	28.0	28.3	28.5	28.7	29.0	29.2	29.4	29.7	29.9	30.1	30.4	30.6
39.0	28.9	29.1	29.3	29.6	29.8	30.0	30.3	30.5	30.8	31.0	31.2	31.5	31.7
40.0	29.9	30.1	30.4	30.6	30.9	31.1	31.4	31.6	31.9	32.1	32.4	32.6	32.9
41.0	31.0	31.2	31.5	31.7	32.0	32.2	32.5	32.7	33.0	33.3	33.5	33.8	34.0
42.0	32.0	32.3	32.6	32.8	33.1	33.3	33.6	33.9	34.1	34.4	34.7	35.0	35.2
43.0	33.1	33.4	33.7	33.9	34.2	34.5	34.7	35.0	35.3	35.6	35.9	36.1	36.4
44.0	34.2	34.5	34.8	35.0	35.3	35.6	35.9	36.2	36.5	36.7	37.0	37.3	37.6
45.0	35.3	35.6	35.9	36.2	36.5	36.8	37.0	37.3	37.6	37.9	38.2	38.5	38.8
46.0	36.4	36.7	37.0	37.3	37.6	37.9	38.2	38.5	38.8	39.1	39.4	39.7	40.0
47.0	37.5	37.8	38.1	38.5	38.8	39.1	39.4	39.7	40.0	40.3	40.6	41.0	41.3
48.0	38.7	39.0	39.3	39.6	39.9	40.3	40.6	40.9	41.2	41.5	41.9	42.2	42.5
49.0	39.8	40.1	40.5	40.8	41.1	41.4	41.8	42.1	42.4	42.8	43.1	43.4	43.8
50.0	41.0	41.3	41.6	42.0	42.3	42.6	43.0	43.3	43.7	44.0	44.4	44.7	45.0
51.0	42.1	42.5	42.8	43.2	43.5	43.8	44.2	44.5	44.9	45.3	45.6	46.0	46.3
52.0	43.3	43.6	44.0	44.3	44.7	45.1	45.4	45.8	46.1	46.5	46.9	47.2	47.6
53.0	44.5	44.8	45.2	45.6	45.9	46.3	46.7	47.0	47.4	47.8	48.1	48.5	48.9
54.0	45.7	46.0	46.4	46.8	47.2	47.5	47.9	48.3	48.7	49.1	49.4	49.8	50.2
55.0	46.8	47.2	47.6	48.0	48.4	48.8	49.2	49.6	49.9	50.3	50.7	51.1	51.5

续表 C. 2

R_a \ f_{cu}^c \ v_a	4.32	4.34	4.36	4.38	4.40	4.42	4.44	4.46	4.48	4.50	4.52	4.54	4.56
20.0	12.5	12.6	12.7	12.8	12.9	13.0	13.0	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6
21.0	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9	14.0	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6
22.0	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9	15.0	15.1	15.3	15.4	15.5	15.6
23.0	15.2	15.3	15.4	15.5	15.7	15.8	15.9	16.0	16.1	16.2	16.4	16.5	16.6
24.0	16.1	16.2	16.4	16.5	16.6	16.7	16.9	17.0	17.1	17.3	17.4	17.5	17.6
25.0	17.1	17.2	17.3	17.5	17.6	17.7	17.9	18.0	18.1	18.3	18.4	18.5	18.7
26.0	18.1	18.2	18.3	18.5	18.6	18.7	18.9	19.0	19.2	19.3	19.5	19.6	19.7
27.0	19.0	19.2	19.3	19.5	19.6	19.8	19.9	20.1	20.2	20.4	20.5	20.7	20.8
28.0	20.0	20.2	20.3	20.5	20.7	20.8	21.0	21.1	21.3	21.4	21.6	21.8	21.9
29.0	21.1	21.2	21.4	21.5	21.7	21.9	22.0	22.2	22.4	22.5	22.7	22.9	23.0
30.0	22.1	22.3	22.4	22.6	22.8	22.9	23.1	23.3	23.5	23.6	23.8	24.0	24.2
31.0	23.1	23.3	23.5	23.7	23.8	24.0	24.2	24.4	24.6	24.8	24.9	25.1	25.3
32.0	24.2	24.4	24.6	24.8	24.9	25.1	25.3	25.5	25.7	25.9	26.1	26.3	26.5
33.0	25.3	25.5	25.7	25.8	26.0	26.2	26.4	26.6	26.8	27.0	27.2	27.4	27.6
34.0	26.4	26.6	26.8	27.0	27.2	27.4	27.6	27.8	28.0	28.2	28.4	28.6	28.8
35.0	27.5	27.7	27.9	28.1	28.3	28.5	28.7	28.9	29.2	29.4	29.6	29.8	30.0
36.0	28.6	28.8	29.0	29.2	29.4	29.7	29.9	30.1	30.3	30.6	30.8	31.0	31.2
37.0	29.7	29.9	30.1	30.4	30.6	30.8	31.1	31.3	31.5	31.8	32.0	32.2	32.5
38.0	30.8	31.1	31.3	31.5	31.8	32.0	32.3	32.5	32.7	33.0	33.2	33.5	33.7
39.0	32.0	32.2	32.5	32.7	33.0	33.2	33.5	33.7	34.0	34.2	34.5	34.7	35.0
40.0	33.1	33.4	33.6	33.9	34.2	34.4	34.7	34.9	35.2	35.5	35.7	36.0	36.2
41.0	34.3	34.6	34.8	35.1	35.4	35.6	35.9	36.2	36.4	36.7	37.0	37.3	37.5
42.0	35.5	35.8	36.0	36.3	36.6	36.9	37.1	37.4	37.7	38.0	38.3	38.5	38.8
43.0	36.7	37.0	37.3	37.5	37.8	38.1	38.4	38.7	39.0	39.3	39.6	39.8	40.1
44.0	37.9	38.2	38.5	38.8	39.1	39.4	39.7	40.0	40.3	40.6	40.9	41.2	41.5
45.0	39.1	39.4	39.7	40.0	40.3	40.6	40.9	41.2	41.6	41.9	42.2	42.5	42.8
46.0	40.4	40.7	41.0	41.3	41.6	41.9	42.2	42.5	42.9	43.2	43.5	43.8	44.1
47.0	41.6	41.9	42.2	42.6	42.9	43.2	43.5	43.9	44.2	44.5	44.8	45.2	45.5
48.0	42.9	43.2	43.5	43.8	44.2	44.5	44.8	45.2	45.5	45.8	46.2	46.5	46.9
49.0	44.1	44.5	44.8	45.1	45.5	45.8	46.2	46.5	46.9	47.2	47.5	47.9	48.2
50.0	45.4	45.7	46.1	46.4	46.8	47.1	47.5	47.9	48.2	48.6	48.9	49.3	49.6
51.0	46.7	47.0	47.4	47.8	48.1	48.5	48.8	49.2	49.6	49.9	50.3	50.7	51.0
52.0	48.0	48.3	48.7	49.1	49.5	49.8	50.2	50.6	50.9	51.3	51.7	52.1	52.5
53.0	49.3	49.7	50.0	50.4	50.8	51.2	51.6	52.0	52.3	52.7	53.1	53.5	53.9
54.0	50.6	51.0	51.4	51.8	52.2	52.5	52.9	53.3	53.7	54.1	54.5	54.9	55.3
55.0	51.9	52.3	52.7	53.1	53.5	53.9	54.3	54.7	55.1	55.6	56.0	56.4	56.8

续表 C. 2

R_a \ f_{cu}^c \ v_a	4.58	4.60	4.62	4.64	4.66	4.68	4.70	4.72	4.74	4.76	4.78	4.80	4.82
20.0	13.7	13.8	13.9	14.0	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9
21.0	14.7	14.8	14.9	15.0	15.1	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	16.0
22.0	15.7	15.8	15.9	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5	16.6	16.7	16.9	17.0	17.1
23.0	16.7	16.9	17.0	17.1	17.2	17.3	17.5	17.6	17.7	17.8	18.0	18.1	18.2
24.0	17.8	17.9	18.0	18.2	18.3	18.4	18.5	18.7	18.8	18.9	19.1	19.2	19.3
25.0	18.8	19.0	19.1	19.2	19.4	19.5	19.6	19.8	19.9	20.1	20.2	20.3	20.5
26.0	19.9	20.0	20.2	20.3	20.5	20.6	20.8	20.9	21.1	21.2	21.3	21.5	21.6
27.0	21.0	21.1	21.3	21.4	21.6	21.7	21.9	22.0	22.2	22.4	22.5	22.7	22.8
28.0	22.1	22.2	22.4	22.6	22.7	22.9	23.0	23.2	23.4	23.5	23.7	23.9	24.0
29.0	23.2	23.4	23.5	23.7	23.9	24.0	24.2	24.4	24.6	24.7	24.9	25.1	25.2
30.0	24.3	24.5	24.7	24.9	25.0	25.2	25.4	25.6	25.8	25.9	26.1	26.3	26.5
31.0	25.5	25.7	25.9	26.0	26.2	26.4	26.6	26.8	27.0	27.2	27.4	27.5	27.7
32.0	26.7	26.8	27.0	27.2	27.4	27.6	27.8	28.0	28.2	28.4	28.6	28.8	29.0
33.0	27.8	28.0	28.2	28.4	28.6	28.8	29.1	29.3	29.5	29.7	29.9	30.1	30.3
34.0	29.0	29.2	29.5	29.7	29.9	30.1	30.3	30.5	30.7	30.9	31.2	31.4	31.6
35.0	30.2	30.5	30.7	30.9	31.1	31.3	31.6	31.8	32.0	32.2	32.5	32.7	32.9
36.0	31.5	31.7	31.9	32.2	32.4	32.6	32.8	33.1	33.3	33.5	33.8	34.0	34.2
37.0	32.7	32.9	33.2	33.4	33.7	33.9	34.1	34.4	34.6	34.9	35.1	35.3	35.6
38.0	34.0	34.2	34.5	34.7	34.9	35.2	35.4	35.7	35.9	36.2	36.4	36.7	37.0
39.0	35.2	35.5	35.7	36.0	36.2	36.5	36.8	37.0	37.3	37.5	37.8	38.1	38.3
40.0	36.5	36.8	37.0	37.3	37.6	37.8	38.1	38.4	38.6	38.9	39.2	39.5	39.7
41.0	37.8	38.1	38.3	38.6	38.9	39.2	39.5	39.7	40.0	40.3	40.6	40.9	41.1
42.0	39.1	39.4	39.7	40.0	40.2	40.5	40.8	41.1	41.4	41.7	42.0	42.3	42.6
43.0	40.4	40.7	41.0	41.3	41.6	41.9	42.2	42.5	42.8	43.1	43.4	43.7	44.0
44.0	41.8	42.1	42.4	42.7	43.0	43.3	43.6	43.9	44.2	44.5	44.8	45.1	45.4
45.0	43.1	43.4	43.7	44.0	44.4	44.7	45.0	45.3	45.6	45.9	46.3	46.6	46.9
46.0	44.5	44.8	45.1	45.4	45.8	46.1	46.4	46.7	47.1	47.4	47.7	48.0	48.4
47.0	45.8	46.2	46.5	46.8	47.2	47.5	47.8	48.2	48.5	48.8	49.2	49.5	49.9
48.0	47.2	47.5	47.9	48.2	48.6	48.9	49.3	49.6	50.0	50.3	50.7	51.0	51.4
49.0	48.6	49.0	49.3	49.7	50.0	50.4	50.7	51.1	51.4	51.8	52.2	52.5	52.9
50.0	50.0	50.4	50.7	51.1	51.5	51.8	52.2	52.6	52.9	53.3	53.7	54.0	54.4
51.0	51.4	51.8	52.2	52.5	52.9	53.3	53.7	54.0	54.4	54.8	55.2	55.6	56.0
52.0	52.8	53.2	53.6	54.0	54.4	54.8	55.2	55.5	55.9	56.3	56.7	57.1	57.5
53.0	54.3	54.7	55.1	55.5	55.9	56.3	56.7	57.1	57.5	57.9	58.3	58.7	59.1
54.0	55.7	56.1	56.5	56.9	57.4	57.8	58.2	58.6	59.0	59.4	59.8	60.2	60.7
55.0	57.2	57.6	58.0	58.4	58.9	59.3	59.7	60.1	60.5	61.0	61.4	61.8	62.2

续表 C. 2

R_a \ f_{cu}^c \ v_a	4.84	4.86	4.88	4.90	4.92	4.94	4.96	4.98	5.00	5.02	5.04	5.06	5.08
20.0	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	16.0	16.1	16.2	16.3
21.0	16.1	16.2	16.3	16.5	16.6	16.7	16.8	16.9	17.0	17.1	17.2	17.4	17.5
22.0	17.2	17.3	17.5	17.6	17.7	17.8	17.9	18.1	18.2	18.3	18.4	18.5	18.7
23.0	18.3	18.5	18.6	18.7	18.8	19.0	19.1	19.2	19.3	19.5	19.6	19.7	19.9
24.0	19.5	19.6	19.7	19.9	20.0	20.1	20.3	20.4	20.5	20.7	20.8	21.0	21.1
25.0	20.6	20.8	20.9	21.0	21.2	21.3	21.5	21.6	21.8	21.9	22.0	22.2	22.3
26.0	21.8	21.9	22.1	22.2	22.4	22.5	22.7	22.8	23.0	23.1	23.3	23.5	23.6
27.0	23.0	23.1	23.3	23.5	23.6	23.8	23.9	24.1	24.3	24.4	24.6	24.7	24.9
28.0	24.2	24.4	24.5	24.7	24.9	25.0	25.2	25.4	25.5	25.7	25.9	26.0	26.2
29.0	25.4	25.6	25.8	25.9	26.1	26.3	26.5	26.6	26.8	27.0	27.2	27.4	27.5
30.0	26.7	26.8	27.0	27.2	27.4	27.6	27.8	28.0	28.1	28.3	28.5	28.7	28.9
31.0	27.9	28.1	28.3	28.5	28.7	28.9	29.1	29.3	29.5	29.7	29.9	30.1	30.3
32.0	29.2	29.4	29.6	29.8	30.0	30.2	30.4	30.6	30.8	31.0	31.2	31.4	31.6
33.0	30.5	30.7	30.9	31.1	31.3	31.5	31.8	32.0	32.2	32.4	32.6	32.8	33.0
34.0	31.8	32.0	32.2	32.5	32.7	32.9	33.1	33.3	33.6	33.8	34.0	34.2	34.5
35.0	33.1	33.4	33.6	33.8	34.0	34.3	34.5	34.7	35.0	35.2	35.4	35.7	35.9
36.0	34.5	34.7	35.0	35.2	35.4	35.7	35.9	36.1	36.4	36.6	36.9	37.1	37.4
37.0	35.8	36.1	36.3	36.6	36.8	37.1	37.3	37.6	37.8	38.1	38.3	38.6	38.8
38.0	37.2	37.5	37.7	38.0	38.2	38.5	38.7	39.0	39.3	39.5	39.8	40.1	40.3
39.0	38.6	38.9	39.1	39.4	39.7	39.9	40.2	40.5	40.7	41.0	41.3	41.5	41.8
40.0	40.0	40.3	40.5	40.8	41.1	41.4	41.7	41.9	42.2	42.5	42.8	43.1	43.3
41.0	41.4	41.7	42.0	42.3	42.6	42.8	43.1	43.4	43.7	44.0	44.3	44.6	44.9
42.0	42.8	43.1	43.4	43.7	44.0	44.3	44.6	44.9	45.2	45.5	45.8	46.1	46.4
43.0	44.3	44.6	44.9	45.2	45.5	45.8	46.1	46.4	46.7	47.1	47.4	47.7	48.0
44.0	45.8	46.1	46.4	46.7	47.0	47.3	47.6	48.0	48.3	48.6	48.9	49.2	49.6
45.0	47.2	47.6	47.9	48.2	48.5	48.9	49.2	49.5	49.8	50.2	50.5	50.8	51.2
46.0	48.7	49.0	49.4	49.7	50.1	50.4	50.7	51.1	51.4	51.8	52.1	52.4	52.8
47.0	50.2	50.6	50.9	51.2	51.6	51.9	52.3	52.6	53.0	53.3	53.7	54.0	54.4
48.0	51.7	52.1	52.4	52.8	53.2	53.5	53.9	54.2	54.6	55.0	55.3	55.7	56.0
49.0	53.3	53.6	54.0	54.4	54.7	55.1	55.5	55.8	56.2	56.6	56.9	57.3	57.7
50.0	54.8	55.2	55.5	55.9	56.3	56.7	57.1	57.4	57.8	58.2	58.6	59.0	59.4
51.0	56.3	56.7	57.1	57.5	57.9	58.3	58.7	59.1	59.5	59.9	60.3	60.6	61.0
52.0	57.9	58.3	58.7	59.1	59.5	59.9	60.3	60.7	61.1	61.5	61.9	62.3	62.7
53.0	59.5	59.9	60.3	60.7	61.1	61.5	61.9	62.4	62.8	63.2	63.6	64.0	64.4
54.0	61.1	61.5	61.9	62.3	62.8	63.2	63.6	64.0	64.5	64.9	65.3	65.7	66.2
55.0	62.7	63.1	63.5	64.0	64.4	64.8	65.3	65.7	66.1	66.6	67.0	67.5	67.9

续表 C.2

R_a \ f_{cu}^c \ v_a	5.10	5.12	5.14	5.16	5.18	5.20	5.22	5.24	5.26	5.28	5.30	5.32	5.34
20.0	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8	17.0	17.1	17.2	17.3	17.4	17.5	17.6	17.7
21.0	17.6	17.7	17.8	17.9	18.0	18.2	18.3	18.4	18.5	18.6	18.7	18.9	19.0
22.0	18.8	18.9	19.0	19.1	19.3	19.4	19.5	19.6	19.8	19.9	20.0	20.1	20.3
23.0	20.0	20.1	20.3	20.4	20.5	20.6	20.8	20.9	21.0	21.2	21.3	21.4	21.6
24.0	21.2	21.4	21.5	21.6	21.8	21.9	22.1	22.2	22.3	22.5	22.6	22.8	22.9
25.0	22.5	22.6	22.8	22.9	23.1	23.2	23.4	23.5	23.7	23.8	24.0	24.1	24.3
26.0	23.8	23.9	24.1	24.2	24.4	24.5	24.7	24.9	25.0	25.2	25.3	25.5	25.6
27.0	25.1	25.2	25.4	25.6	25.7	25.9	26.0	26.2	26.4	26.5	26.7	26.9	27.0
28.0	26.4	26.6	26.7	26.9	27.1	27.2	27.4	27.6	27.8	27.9	28.1	28.3	28.5
29.0	27.7	27.9	28.1	28.3	28.4	28.6	28.8	29.0	29.2	29.4	29.5	29.7	29.9
30.0	29.1	29.3	29.5	29.6	29.8	30.0	30.2	30.4	30.6	30.8	31.0	31.2	31.4
31.0	30.5	30.6	30.8	31.0	31.2	31.4	31.6	31.8	32.1	32.3	32.5	32.7	32.9
32.0	31.8	32.1	32.3	32.5	32.7	32.9	33.1	33.3	33.5	33.7	33.9	34.2	34.4
33.0	33.3	33.5	33.7	33.9	34.1	34.3	34.6	34.8	35.0	35.2	35.4	35.7	35.9
34.0	34.7	34.9	35.1	35.4	35.6	35.8	36.1	36.3	36.5	36.7	37.0	37.2	37.4
35.0	36.1	36.4	36.6	36.8	37.1	37.3	37.6	37.8	38.0	38.3	38.5	38.8	39.0
36.0	37.6	37.8	38.1	38.3	38.6	38.8	39.1	39.3	39.6	39.8	40.1	40.3	40.6
37.0	39.1	39.3	39.6	39.8	40.1	40.4	40.6	40.9	41.1	41.4	41.7	41.9	42.2
38.0	40.6	40.8	41.1	41.4	41.6	41.9	42.2	42.4	42.7	43.0	43.2	43.5	43.8
39.0	42.1	42.4	42.6	42.9	43.2	43.5	43.7	44.0	44.3	44.6	44.9	45.1	45.4
40.0	43.6	43.9	44.2	44.5	44.8	45.0	45.3	45.6	45.9	46.2	46.5	46.8	47.1
41.0	45.2	45.5	45.8	46.1	46.3	46.6	46.9	47.2	47.5	47.8	48.1	48.4	48.7
42.0	46.7	47.0	47.3	47.6	47.9	48.3	48.6	48.9	49.2	49.5	49.8	50.1	50.4
43.0	48.3	48.6	48.9	49.2	49.6	49.9	50.2	50.5	50.8	51.2	51.5	51.8	52.1
44.0	49.9	50.2	50.5	50.9	51.2	51.5	51.9	52.2	52.5	52.8	53.2	53.5	53.8
45.0	51.5	51.8	52.2	52.5	52.8	53.2	53.5	53.9	54.2	54.5	54.9	55.2	55.6
46.0	53.1	53.5	53.8	54.2	54.5	54.9	55.2	55.6	55.9	56.3	56.6	57.0	57.3
47.0	54.8	55.1	55.5	55.8	56.2	56.5	56.9	57.3	57.6	58.0	58.4	58.7	59.1
48.0	56.4	56.8	57.1	57.5	57.9	58.3	58.6	59.0	59.4	59.7	60.1	60.5	60.9
49.0	58.1	58.5	58.8	59.2	59.6	60.0	60.4	60.7	61.1	61.5	61.9	62.3	62.7
50.0	59.8	60.1	60.5	60.9	61.3	61.7	62.1	62.5	62.9	63.3	63.7	64.1	64.5
51.0	61.4	61.8	62.2	62.6	63.0	63.5	63.9	64.3	64.7	65.1	65.5	65.9	66.3
52.0	63.1	63.6	64.0	64.4	64.8	65.2	65.6	66.0	66.5	66.9	67.3	67.7	68.1
53.0	64.9	65.3	65.7	66.1	66.6	67.0	67.4	67.8	68.3	68.7	69.1	69.6	70.0
54.0	66.6	67.0	67.5	67.9	68.3	68.8	69.2	69.7	—	—	—	—	—
55.0	68.3	68.8	69.2	69.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—

附录 D 综合法测定混凝土强度曲线的验证方法

D.0.1 当缺少专用或地区测强曲线时,可采用本规程规定的全国统一测强曲线,但使用前应进行验证。

D.0.2 测强曲线可按下列方法进行验证:

1 选用本地区常用的混凝土原材料,按最佳配合比配制强度等级为 C15、C20、C30、C40、C50、C60 的混凝土,制作边长为 150mm 的立方体试件各 3 组(共 18 组),7d 潮湿养护后再用自然养护;

2 采用符合本规程第 3.1 节各项要求的回弹仪和符合本规程第 4.1 节各项要求的超声波检测仪;

3 按龄期为 28d、60d 和 90d 进行综合法测试和试件抗压试验;

4 根据每个试件测得的回弹值 R_a 、声速值 v_a ,由附录 C 表 C.1 或 C.2 查出该试件的抗压强度换算值 $f_{cu,i}^c$;

5 将试件抗压试验所得的抗压强度实测值 $f_{cu,i}^0$ 和按附录 C 表 C.1 或表 C.2 查得的相应抗压强度换算值 $f_{cu,i}^c$,代入式(A.0.8-2)进行计算,如所得相对误差 $e_r \leq 15\%$,则可使用本规程规定的全国统一测强曲线;如所得相对误差 $e_r > 15\%$,则应另行建立专用或地区测强曲线。

附录 E 用实测空气声速法校准超声仪

E.0.1 空气中声速的测试步骤如下:

取常用平面换能器一对,接于超声波仪器上。开机预热 10min。在空气中将两个换能器的辐射面对准,依次改变两个换能器辐射面之间的距离 l (如 50mm, 60mm, 70mm, 80mm, 90mm, 100mm, 110mm, 120mm, ……), 在保持首波幅度一致的条件下,读取各间距所对应的声时值 t_1 、 t_2 、 t_3 、…… t_n 。同时测量空气温度 T_k , 精确至 0.5℃。

测量时应注意下列事项:

- 1 两个换能器辐射面的轴线始终保持在同一直线上;
- 2 换能器辐射面间距的测量误差应不超过±1%,且测量精度为 0.5mm;
- 3 换能器辐射面宜悬空相对放置;若置于地板或桌面上,必须在换能器下面垫以吸声材料。

E.0.2 实测空气中声速可采用下列两种方法之一计算:

1 以换能器辐射面间距为纵座标,声时读数为横坐标,将各组数据点绘在直角座标图上。穿越各点形成一直线,算出该直线的斜率,即为空气中声速实测值 v^0 。

2 以各测点的测距 l 和对应的声时 t 求回归直线方程 $l = a + bt$ 。回归系数 b 便是空气中声速实测值 v^0 。

E.0.3 空气中声速计算值 v_k 可按式 (4.3.1) 求得。

E.0.4 误差计算

空气中声速计算值 v_k 与空气中声速实测值 v^0 之间的相对误差 e_r , 可按下列公式计算:

$$e_r = (v_k - v^0) / v_k \times 100\% \quad (\text{E.0.4})$$

按式 (E.0.4) 计算所得的 e_r 值不应超过±0.5%。否则,应检查仪器各部位的连接后重测,或更换超声波检测仪。

附录 F 超声回弹综合法检测记录表

工程名称 _____ 构件名称 _____
 设 备：回弹仪 _____ 率定值 _____ 超声仪 _____ 换能器 _____ kHz, t_0 _____ 环境温度 _____ °C
 回弹测试面 _____ 测试角度 _____ ° 超声测试方式 对测(侧, 顶-底)；平测(侧, 顶, 底)；角测 _____

共 页第 页

构件 编号	测 区	测点回弹值 R_i								测区回 弹代表 值 R	测点测距 l_i / 声时 t_i			测区声速 代表值 v (km/s)	备 注
		1	2	3	4	5	6	7	8		1	2	3		
	1														
	2														
	3														
	4														
	5														
	6														
	7														
	8														
	9														
	10														

复核： _____ 计算： _____ 记录： _____ 检验： _____ 测试日期： 年 月 日

附录 G 结构混凝土抗压强度计算表

构件名称和编号:

共 页第 页

计 算 项 目		测 区									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
回 弹 值	测区代表值										
	角度修正值										
	角度修正后										
	浇筑面修正值										
	浇筑面修正后										
声 速 值 (km/s)	测区代表值										
	修正系数 β 、 λ										
	修正后的值										
强度修正系数值 η											
测区强度换算值 (MPa)											
强度推定值 (MPa) $n =$		$m_{f_{cu}^c} =$ MPa			$s_{f_{cu}^c} =$ MPa			$f_{cu,e} =$ MPa			
使用的测区强度 换算表		规程, 地区, 专用				备 注					

复核:

计算:

计算日期: 年 月 日

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”；

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时，写法为：“应按……执行”或“应符合……规定（或要求）”。