

浙江省工程建设标准

回弹法检测泵送混凝土抗压强度 技 术 规 程

Technical Specification for Inspection of Pumped Concrete
Compressive Strength by Rebound Method

DB33/T1049-2016

Jxxxxx-xxxx

浙江省工程建设标准

回弹法检测泵送混凝土抗压强度 技 术 规 程

Technical Specification for Inspection of Pumped Concrete
Compressive Strength by Rebound Method

DB33/T1049-2016

主编单位：浙江省建筑科学设计研究院有限公司

舟山市博远科技开发有限公司

杭州隆欣建材有限公司

批准部门：浙江省住房和城乡建设厅

前 言

根据浙江省住房和城乡建设厅建设发〔2014〕103号《2013年度浙江省建筑节能及相关工程建设地方标准制修订计划》通知的要求，编制组结合浙江省泵送混凝土地方材料的特点，在调查研究和大量试验验证的基础上，并经广泛征求意见后，修订了本规程。

本规程的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 回弹仪；4 检测技术；5 混凝土强度计算；附录等。

修订的主要技术内容是：1、研制了浙江省粗骨料为碎石的泵送混凝土（以下简称碎石泵送混凝土）测强曲线；2、增加了碎石泵送混凝土（60.1~80.0）MPa 强度段的检测；3、碎石泵送混凝土检测龄期调整为（7~1000）d；4、取消了底面和顶面混凝土强度检测要求。

本规程由浙江省住房与城乡建设厅负责管理，浙江省建筑科学设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请与浙江省建筑科学设计研究院有限公司（杭州市文二路 28 号 邮政编码：310012）联系。

本规程主编单位：浙江省建筑科学设计研究院有限公司

舟山市博远科技开发有限公司

杭州隆欣建材有限公司

本规程参编单位：浙江省混凝土协会

金华市建筑材料试验所有限公司

舟山市大昌预拌混凝土有限公司

宁波市建筑工程安全质量监督总站

温州市建设工程质量监督站

衢州市商品混凝土有限公司

浙江永和建材有限公司

湖州雀跃混凝土制品有限公司

浙江龙业建材有限公司
浙江求是工程检测有限公司
浙江方远建材科技有限公司
宁波今新集团有限公司
浙江广天构件股份有限公司
杭州交工混凝土有限公司
杭州方汇建设工程检测有限公司
杭州钱潮商品混凝土有限公司
杭州市建筑工程质量检测中心有限公司
浙江省天和建材集团有限公司
杭州市商品混凝土管理站
浙江省标准设计站

本规程主要起草人：徐国孝 丁伟军 季 宏 李 锋 周仁刀 吕 晨
周岳年 何照祥 邓利锋 沈广华 卞顺发 杨茂林
范晓冬 李正福 盛惠佳 何建明 余炎富 尤新刚
钟志刚 胡艳心 杨海明 李保海 谢 含

本规程主要审查人员：杨 杨 赵宇宏 姚光恒 孙盛佩 方旭慧 张文灿
王建铨 邵 斌 应伟荣

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	回弹仪	4
3.1	技术要求	4
3.2	检定	4
3.3	保养	5
4	检测技术	7
4.1	一般规定	7
4.2	回弹值测量	9
4.3	回弹值计算	9
4.4	碳化深度值测量	10
5	混凝土强度计算	11
附录 A	碎石泵送混凝土测区强度换算表	14
附录 B	卵石泵送混凝土测区强度换算表	22
附录 C	回弹法检测泵送混凝土抗压强度原始记录表	30
附录 D	回弹法检测泵送混凝土抗压强度报告	31
	本规程用词说明	32
	引用标准名录	33

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Symbols.....	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols.....	3
3	Rebound Hammer.....	4
3.1	Technical Requirements.....	4
3.2	Verification.....	4
3.3	Maintenance.....	5
4	Testing Technology.....	7
4.1	General Requirements.....	7
4.2	Rebound Value Measurement.....	9
4.3	Calculation of Rebound Value.....	9
4.4	Carbonation Depth Measurement.....	9
5	Presumption for Strength of structural Concrete.....	11
	Appendix A Conversion Value Table of Compressive Strength for Pumped Concrete prepared with Crushed Stone in Test Area.....	14
	Appendix B Conversion Value Table of Compressive Strength for Pumped Concrete prepared with Pebble in Test Area.....	22
	Appendix C Original Records Table of Pumped Concrete Compressive Strength Inspected by Rebound Method	30
	Appendix D Report of Pumped Concrete Compressive Strength Inspected by Rebound Method.....	31
	Explanation of Wording in This Specification.....	32
	List of Quoted Standards.....	33

1 总 则

1.0.1 为规范浙江省回弹仪检测泵送混凝土抗压强度的方法，保证检测精度，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于泵送混凝土抗压强度（以下简称混凝土强度）的检测，不适用于表层与内部质量有明显差异或内部存在缺陷的混凝土强度检测。

1.0.3 使用回弹法进行检测的人员，应通过专门的技术培训。

1.0.4 回弹法检测混凝土强度除应符合本规程外，尚应符合国家和地方现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 泵送混凝土 pumped concrete

指按《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55 中泵送混凝土配合比设计要求制作的混凝土，混凝土拌合物的坍落度不低于 100mm。

2.1.2 测区 test area

检测构件混凝土强度时的一个检测单元。

2.1.3 测点 test point

测区内的一个回弹检测点。

2.1.4 泵送混凝土测区强度换算值 conversion value of pumped concrete compressive strength in test area

由测区的平均回弹值和碳化深度值通过测强曲线或测区强度换算表得到的测区现龄期混凝土强度值。

2.1.5 泵送混凝土抗压强度推定值 presumption value of pumped concrete compression strength

相应于强度换算值总体分布中保证率不低于 95%的构件中的混凝土强度值。

2.2 符 号

d_m ——测区的平均碳化深度值。

$f_{cu,i}^c$ ——测区混凝土强度换算值。

$f_{cor,m}$ ——芯样试件混凝土强度平均值。

$f_{cu,m0}^c$ ——对应于钻芯部位回弹测区混凝土强度换算值的平均值。

$f_{cor,i}$ ——第 i 个混凝土芯样试件的强度值。

$f_{cu,i0}^c$ ——修正前第 i 个测区的混凝土强度换算值。

$f_{cu,i1}^c$ ——修正后第 i 个测区的混凝土强度换算值。

$f_{cu,\min}^c$ ——构件中测区混凝土强度换算值的最小值。

$f_{cu,e}$ ——构件混凝土强度推定值。

$m_{f_{cu}^c}$ ——测区混凝土强度换算值的平均值。

$S_{f_{cu}^c}$ ——构件测区混凝土强度换算值的标准差。

R_i ——测区第 i 个测点的回弹值。

R_m ——测区或试件的回弹平均值。

η ——测区混凝土强度修正系数。

3 回 弹 仪

3.1 技术要求

3.1.1 回弹仪可为数字式的，也可为指针直读式的。

3.1.2 回弹仪应具有产品合格证及计量检定证书，并应在回弹仪的明显位置上标注名称、型号、制造厂名（或商标）、出厂编号等。

3.1.3 回弹仪除应符合现行国家标准《回弹仪》GB/T9138 的规定外，尚应符合下列规定：

1 水平弹击时，在弹击锤脱钩瞬间，回弹仪的标称能量应为 2.207J；

2 在弹击锤与弹击杆碰撞的瞬间，弹击拉簧应处于自由状态，且弹击锤起跳点应位于指针指示刻度尺上“0”处；

3 在洛氏硬度 HRC 为 60 ± 2 、质量为 16kg 的钢砧上，回弹仪的率定值应为 80 ± 2 ；

4 数字式回弹仪应带有指针直读示值系统；数字显示的回弹值与指针直读示值相差不应超过 1。

3.1.4 回弹仪使用时的环境温度应为 $(-4 \sim 40) ^\circ\text{C}$ 。

3.2 检 定

3.2.1 回弹仪检定周期为半年，当回弹仪具有下列情况之一时，应由法定计量检定机构按现行行业标准《回弹仪》JJG817 进行检定：

1 新回弹仪启用前；

2 超过检定有效期限；

3 数字式回弹仪数字显示的回弹值与指针直读示值相差大于 1；

4 经保养后，在钢砧上的率定值不合格；

5 遭受严重撞击或其他损害。

3.2.2 回弹仪的率定试验应符合下列规定：

- 1 率定试验应在室温为（5~35）℃的条件下进行；
- 2 钢砧表面应干燥、清洁，并稳固地平放在刚度大的物体上；
- 3 回弹值应取连续向下弹击三次的稳定回弹结果的平均值；
- 4 率定试验应分四个方向进行，且每个方向弹击前，弹击杆应旋转 90 度，每个方向的回弹平均值均应为 80 ± 2 。

3.2.3 回弹仪率定试验所用的钢砧应每 2 年送授权计量检定机构检定或校准。

3.3 保 养

3.3.1 当回弹仪存在下列情况之一时，应进行保养：

- 1 回弹仪弹击超过 2000 次；
- 2 在钢砧上的率定值不合格；
- 3 对检测值有怀疑。

3.3.2 回弹仪的保养应按下列步骤进行：

1 先将弹击锤脱钩，取出机芯，然后卸下弹击杆，取出里面的缓冲压簧，并取出弹击锤、弹击拉簧和拉簧座。

2 清洁机芯各零部件，并应重点清理中心导杆、弹击锤和弹击杆的内孔及冲击面。清理后，应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，检查指针，其摩擦力应为（0.5~0.8）N。
- 4 对于数字式回弹仪，还应按产品要求的维护程序进行维护。
- 5 保养时，不得旋转尾盖上已定位紧固的调零螺丝，不得自制或更换零部件。

6 保养后应按本规程第 3.2.2 条的规定进行率定。

3.3.3 回弹仪使用完毕，应使弹击杆伸出机壳，并应清除弹击杆、杆前端球面以及刻度尺表面和外壳上的污垢、尘土。回弹仪不用时，应将弹击杆压入机壳内，经弹击后应按下按钮，锁住机芯，然后装入仪器箱。仪器箱应平放在干燥阴凉处。当数字式回弹仪长期不用时，应取出电池。

4 检测技术

4.1 一般规定

4.1.1 采用回弹法检测混凝土强度时，宜具有包含下列内容的资料：

- 1 工程名称、设计单位、施工单位；
- 2 构件名称、数量及混凝土类型、强度等级；
- 3 水泥安定性，外加剂、掺合料品种，混凝土配合比等；
- 4 施工模板，混凝土浇筑、养护情况及浇筑日期等；
- 5 必要的设计图纸和施工记录；
- 6 检测原因。

4.1.2 回弹仪在检测前后，均应在钢砧上做率定试验，并应符合本规程第 3.1.3 条的规定。

4.1.3 混凝土强度可按单个构件检测或按批量进行检测，并应符合下列规定：

- 1 单个构件的检测应符合本规程第 4.1.4 条的规定。
- 2 对于混凝土生产工艺、强度等级相同，原材料、配合比、养护条件基本一致且龄期相近的一批同类构件的检测应采用批量检测。按批量进行检测时，应随机抽取构件，抽检数量不宜少于同批构件总数的 30% 且不宜少于 10 件。当检验批构件数量大于 30 个时，抽样构件数量可适当调整，但不得少于国家现行有关标准规定的最小抽样数量。

4.1.4 单个构件的检测应符合下列规定：

- 1 对于一般构件，测区数不宜少于 10 个。当受检构件数量大于 30 个且不需提供单个构件推定强度或受检构件某一方向尺寸不大于 4.5m 且另一方向尺寸不大于 0.3m 时，每个构件的测区数量可适当减少，但不应少于 5

个。

2 相邻两测区的间距不应大于 2m，测区离构件端部或施工缝边缘的距离不宜大于 0.5m，且不宜小于 0.2m。

3 测区应选在使回弹仪处于水平方向的混凝土浇筑侧面。

4 测区宜布置在构件的两个对称可测面上，当不能布置在对称的可测面上时，也可布置在同一可测面上，且应均匀分布。在构件的重要部位及薄弱部位应布置测区，并应避免预埋件。

5 测区的面积不宜大于 0.04m²。

6 测区表面应为混凝土原浆面，并应清洁、平整，不应有疏松层、浮浆、油垢、涂层以及蜂窝、麻面。

7 对弹击时产生颤动的薄壁、小型构件，应进行固定。

4.1.5 测区应标有清晰的编号，并宜在记录纸上绘制测区布置示意图和描述外观质量情况。

4.1.6 当检测条件与测强曲线的适用条件有较大差异时，可采用在构件上钻取的混凝土芯样对测区混凝土强度换算值进行修正。对同一强度等级混凝土修正时，芯样数量不应少于 6 个，公称直径宜为 100mm，高径比应为 1。芯样应在测区内钻取，每个芯样应只加工一个试件。计算时，测区混凝土强度修正系数及测区混凝土强度换算值的修正应符合下列规定：

1 修正系数应按下列公式计算：

$$\eta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cor,i} / f_{cu,i}^c \quad (4.1.6-1)$$

式中， η ——修正系数，精确到 0.01；

$f_{cor,i}$ ——第 i 个混凝土芯样试件的抗压强度值，精确到 0.1MPa；

$f_{cu,i}^c$ ——对应于第 i 个芯样部位回弹平均值和碳化深度值的混凝土强

度换算值，应按附录 A 或附录 B 查取；

n ——试件数。

2 测区混凝土强度换算值的修正应按下式计算：

$$f_{cu,i1}^c = \eta f_{cu,i0}^c \quad (4.1.6-2)$$

式中： $f_{cu,i0}^c$ ——第 i 个测区修正前的混凝土强度换算值 (MPa)，精确到 0.1MPa。

$f_{cu,i1}^c$ ——第 i 个测区修正后的混凝土强度换算值(MPa)，精确到 0.1MPa。

4.1.7 钻芯后，应及时对钻芯造成的构件破损部位进行有效修补。

4.2 回弹值测量

4.2.1 测量回弹值时，回弹仪的轴线应始终垂直于混凝土检测面，并应缓慢施压、准确读数、快速复位。

4.2.2 每一测区应读取 16 个回弹值，每一测点的回弹值读数应精确至 1。测点宜在测区范围内均匀分布，相邻两测点的净距离不宜小于 20mm；测点距外露钢筋、预埋件的距离不宜小于 30mm；测点不应在气孔或外露石子上，同一测点应只弹击一次。

4.3 回弹值计算

4.3.1 计算测区回弹平均值时，应从该测区的 16 个回弹值中剔除 3 个最大值和 3 个最小值，其余的 10 个回弹值应按下式计算：

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{10} R_i}{10} \quad (4.3.1)$$

式中 R_m ——测区回弹平均值，精确至 0.1；

R_i ——第 i 个测点的回弹值。

4.4 碳化深度值测量

4.4.1 回弹值测量完毕后，应在有代表性的测区上测量碳化深度值，测点数量不应少于构件测区数的 30%，应取其平均值为该构件每个测区的碳化深度值。当碳化深度值极差大于 2.0mm 时，应在每一测区分别测量碳化深度值。

4.4.2 碳化深度值的测量，应符合下列规定：

- 1 可采用工具在测区表面形成直径约 15mm 的孔洞，其深度应大于混凝土的碳化深度；
- 2 应清除孔洞中的粉末和碎屑，并不得用水擦洗；
- 3 应采用浓度为 1%~2% 的酚酞酒精溶液滴在孔洞内壁的边缘处，当已碳化与未碳化界线清楚时，应采用碳化深度测量仪测量已碳化与未碳化混凝土交界面到混凝土表面的垂直距离，并应测量 3 次，每次测读应精确至 0.25mm；
- 4 应取三次测量的平均值作为检测结果，并应精确至 0.5mm；
- 5 当碳化深度平均值大于 6.0mm 时，应取 6mm 作为该测区碳化深度值。

5 混凝土强度计算

5.0.1 采用按本规程附录 A 和附录 B 的规定进行强度换算的泵送混凝土，应符合下列要求：

- 1 采用普通成型工艺；
- 2 采用符合国家标准规定的模板；
- 3 混凝土拌合物坍落度不低于 100mm；
- 4 混凝土表层为干燥状态；
- 5 自然养护，且碎石泵送混凝土龄期为（7~1000）d，卵石泵送混凝土龄期为（14~1000）d；
- 6 碎石泵送混凝土抗压强度为（15.0~80.0）MPa；卵石泵送混凝土抗压强度为（10.0~60.0）MPa。

5.0.2 符合本规程第 5.0.1 条的泵送混凝土，测区强度应按下列规定换算：

- 1 当粗骨料为碎石时，应按本规程附录 A 的规定换算；
- 2 当粗骨料为卵石时，应按本规程附录 B 的规定换算。

5.0.3 当有下列情况之一时，测区混凝土强度值不得按本规程附录 A 或附录 B 进行强度换算：

- 1 泵送混凝土粗骨料最大公称粒径大于 31.5mm；
- 2 检测部位曲率半径小于 250mm。

5.0.4 构件的测区混凝土强度平均值应根据各测区的混凝土强度换算值计算。当测区数为 10 个及以上时，还应计算强度标准差。平均值及标准差应按下列公式计算：

$$m_{f_{cu}}^c = \frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^c}{n} \quad (5.0.4-1)$$

$$S_{f_{cu}}^c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^c)^2 - n(m_{f_{cu}}^c)^2}{n-1}} \quad (5.0.4-2)$$

式中 $m_{f_{cu}}^c$ ——构件测区混凝土强度换算值的平均值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

n ——对于单个检测的构件, 取该构件的测区数; 对批量检测的构件, 取所有被抽检构件测区数之和;

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

5.0.5 构件的现龄期混凝土强度推定值 ($f_{cu,e}$) 应符合下列规定:

1 当构件测区数少于 10 个时, 应按下式计算:

$$f_{cu,e} = f_{cu,\min}^c \quad (5.0.5-1)$$

式中 $f_{cu,\min}^c$ ——构件中最小的测区混凝土强度换算值。

2 当构件测区数不少于 10 个时, 应按下式计算:

$$f_{cu,e} = m_{f_{cu}}^c - 1.645S_{f_{cu}}^c \quad (5.0.5-2)$$

3 当批量检测时, 应按下式计算:

$$f_{cu,e} = m_{f_{cu}}^c - kS_{f_{cu}}^c \quad (5.0.5-3)$$

式中: k ——推定系数, 宜取 1.645。当需要进行推定强度区间时, 可按国家现行有关标准的规定取值。

4 对碎石泵送混凝土, 当构件的测区强度值中出现小于 15.0MPa 时, 应按下式确定:

$$f_{cu,e} < 15.0\text{MPa} \quad (5.0.5-4)$$

当构件的测区强度值中出现大于 80.0MPa 时，按单个构件计算时，应按 5.0.5-1 式确定；按批量计算时，大于 80.0MPa 的测区强度值取 80.0MPa。

5 对卵石泵送混凝土，当构件的测区强度值中出现小于 10.0MPa 时，应按下式确定：

$$f_{cu,e} < 10.0\text{MPa} \quad (5.0.5-3)$$

当构件的测区强度值中出现大于 60.0MPa 时，按单个构件计算时，应按 5.0.5-1 式确定；按批量计算时，大于 60.0MPa 的测区强度值取 60.0MPa。

注：构件的混凝土强度推定值是指相应于强度换算值总体分布中保证率不低于 95% 的构件中混凝土抗压强度值。

5.0.6 对按批量检测的构件，当该批构件混凝土强度标准差出现下列情况之一时，则该批构件应全部按单个构件检测：

- 1 当该批构件混凝土强度平均值小于 25MPa、 $S_{f_{cu}^c}$ 大于 4.50MPa 时；
- 2 当该批构件混凝土强度平均值不小于 25MPa 且不大于 60.0MPa、 $S_{f_{cu}^c}$ 大于 5.50MPa 时；
- 3 当该批构件混凝土强度平均值大于 60.0MPa 且不大于 80.0MPa、 $S_{f_{cu}^c}$ 大于 6.50MPa 时。

5.0.7 回弹法检测混凝土抗压强度原始记录可按本规程附录 C 的格式填写，混凝土抗压强度报告可按附录 D 的格式编写。

附录 A 碎石泵送混凝土测区强度换算表

表 A 碎石泵送混凝土测区强度换算表

平均回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
20.6	15.0												
20.8	15.3	15.0											
21.0	15.5	15.3	15.0										
21.2	15.8	15.5	15.3	15.1									
21.4	16.0	15.8	15.6	15.3	15.1								
21.6	16.3	16.1	15.8	15.6	15.3	15.1							
21.8	16.6	16.3	16.1	15.8	15.6	15.3	15.1						
22.0	16.8	16.6	16.3	16.1	15.8	15.6	15.3	15.1					
22.2	17.1	16.9	16.6	16.3	16.1	15.8	15.6	15.4	15.1				
22.4	17.4	17.1	16.9	16.6	16.3	16.1	15.8	15.6	15.4	15.1			
22.6	17.7	17.4	17.1	16.9	16.6	16.3	16.1	15.8	15.6	15.4	15.1		
22.8	17.9	17.7	17.4	17.1	16.9	16.6	16.3	16.1	15.8	15.6	15.4	15.1	
23.0	18.2	17.9	17.7	17.4	17.1	16.9	16.6	16.3	16.1	15.8	15.6	15.4	15.1
23.2	18.5	18.2	17.9	17.7	17.4	17.1	16.9	16.6	16.3	16.1	15.8	15.6	15.4
23.4	18.8	18.5	18.2	17.9	17.7	17.4	17.1	16.9	16.6	16.3	16.1	15.8	15.6
23.6	19.1	18.8	18.5	18.2	17.9	17.6	17.4	17.1	16.8	16.6	16.3	16.1	15.8
23.8	19.4	19.1	18.8	18.5	18.2	17.9	17.6	17.4	17.1	16.8	16.6	16.3	16.1
24.0	19.6	19.3	19.0	18.8	18.5	18.2	17.9	17.6	17.4	17.1	16.8	16.6	16.3
24.2	19.9	19.6	19.3	19.0	18.7	18.4	18.2	17.9	17.6	17.3	17.1	16.8	16.5
24.4	20.2	19.9	19.6	19.3	19.0	18.7	18.4	18.1	17.9	17.6	17.3	17.1	16.8
24.6	20.5	20.2	19.9	19.6	19.3	19.0	18.7	18.4	18.1	17.8	17.6	17.3	17.0
24.8	20.8	20.5	20.2	19.9	19.6	19.3	19.0	18.7	18.4	18.1	17.8	17.6	17.3

续表 A

平均回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
25.0	21.1	20.8	20.5	20.2	19.8	19.5	19.2	18.9	18.7	18.4	18.1	17.8	17.5
25.2	21.4	21.1	20.8	20.4	20.1	19.8	19.5	19.2	18.9	18.6	18.3	18.1	17.8
25.4	21.7	21.4	21.1	20.7	20.4	20.1	19.8	19.5	19.2	18.9	18.6	18.3	18.0
25.6	22.0	21.7	21.4	21.0	20.7	20.4	20.1	19.8	19.4	19.1	18.9	18.6	18.3
25.8	22.3	22.0	21.6	21.3	21.0	20.7	20.3	20.0	19.7	19.4	19.1	18.8	18.5
26.0	22.6	22.3	21.9	21.6	21.3	20.9	20.6	20.3	20.0	19.7	19.4	19.1	18.8
26.2	22.9	22.6	22.2	21.9	21.6	21.2	20.9	20.6	20.3	20.0	19.6	19.3	19.0
26.4	23.3	22.9	22.5	22.2	21.9	21.5	21.2	20.9	20.5	20.2	19.9	19.6	19.3
26.6	23.6	23.2	22.8	22.5	22.1	21.8	21.5	21.1	20.8	20.5	20.2	19.9	19.6
26.8	23.9	23.5	23.2	22.8	22.4	22.1	21.8	21.4	21.1	20.8	20.4	20.1	19.8
27.0	24.2	23.8	23.5	23.1	22.7	22.4	22.0	21.7	21.4	21.0	20.7	20.4	20.1
27.2	24.5	24.1	23.8	23.4	23.0	22.7	22.3	22.0	21.7	21.3	21.0	20.7	20.3
27.4	24.8	24.5	24.1	23.7	23.3	23.0	22.6	22.3	21.9	21.6	21.3	20.9	20.6
27.6	25.2	24.8	24.4	24.0	23.6	23.3	22.9	22.6	22.2	21.9	21.5	21.2	20.9
27.8	25.5	25.1	24.7	24.3	23.9	23.6	23.2	22.9	22.5	22.2	21.8	21.5	21.1
28.0	25.8	25.4	25.0	24.6	24.3	23.9	23.5	23.1	22.8	22.4	22.1	21.8	21.4
28.2	26.1	25.7	25.3	24.9	24.6	24.2	23.8	23.4	23.1	22.7	22.4	22.0	21.7
28.4	26.5	26.1	25.7	25.3	24.9	24.5	24.1	23.7	23.4	23.0	22.7	22.3	22.0
28.6	26.8	26.4	26.0	25.6	25.2	24.8	24.4	24.0	23.7	23.3	22.9	22.6	22.2
28.8	27.1	26.7	26.3	25.9	25.5	25.1	24.7	24.3	24.0	23.6	23.2	22.9	22.5
29.0	27.5	27.0	26.6	26.2	25.8	25.4	25.0	24.6	24.2	23.9	23.5	23.1	22.8
29.2	27.8	27.4	26.9	26.5	26.1	25.7	25.3	24.9	24.5	24.2	23.8	23.4	23.1
29.4	28.1	27.7	27.3	26.8	26.4	26.0	25.6	25.2	24.8	24.5	24.1	23.7	23.3
29.6	28.5	28.0	27.6	27.2	26.8	26.3	25.9	25.5	25.1	24.8	24.4	24.0	23.6

续表 A

平均回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
29.8	28.8	28.4	27.9	27.5	27.1	26.7	26.2	25.8	25.4	25.1	24.7	24.3	23.9
30.0	29.2	28.7	28.3	27.8	27.4	27.0	26.6	26.1	25.7	25.3	25.0	24.6	24.2
30.2	29.5	29.0	28.6	28.2	27.7	27.3	26.9	26.5	26.0	25.6	25.3	24.9	24.5
30.4	29.8	29.4	28.9	28.5	28.0	27.6	27.2	26.8	26.4	25.9	25.5	25.2	24.8
30.6	30.2	29.7	29.3	28.8	28.4	27.9	27.5	27.1	26.7	26.3	25.8	25.4	25.1
30.8	30.5	30.1	29.6	29.2	28.7	28.3	27.8	27.4	27.0	26.6	26.1	25.7	25.3
31.0	30.9	30.4	29.9	29.5	29.0	28.6	28.1	27.7	27.3	26.9	26.4	26.0	25.6
31.2	31.2	30.8	30.3	29.8	29.4	28.9	28.5	28.0	27.6	27.2	26.7	26.3	25.9
31.4	31.6	31.1	30.6	30.2	29.7	29.2	28.8	28.3	27.9	27.5	27.1	26.6	26.2
31.6	32.0	31.5	31.0	30.5	30.0	29.6	29.1	28.7	28.2	27.8	27.4	26.9	26.5
31.8	32.3	31.8	31.3	30.8	30.4	29.9	29.4	29.0	28.5	28.1	27.7	27.2	26.8
32.0	32.7	32.2	31.7	31.2	30.7	30.2	29.8	29.3	28.9	28.4	28.0	27.5	27.1
32.2	33.0	32.5	32.0	31.5	31.0	30.6	30.1	29.6	29.2	28.7	28.3	27.8	27.4
32.4	33.4	32.9	32.4	31.9	31.4	30.9	30.4	30.0	29.5	29.0	28.6	28.2	27.7
32.6	33.8	33.2	32.7	32.2	31.7	31.2	30.8	30.3	29.8	29.4	28.9	28.5	28.0
32.8	34.1	33.6	33.1	32.6	32.1	31.6	31.1	30.6	30.1	29.7	29.2	28.8	28.3
33.0	34.5	34.0	33.4	32.9	32.4	31.9	31.4	30.9	30.5	30.0	29.5	29.1	28.6
33.2	34.9	34.3	33.8	33.3	32.8	32.3	31.8	31.3	30.8	30.3	29.9	29.4	28.9
33.4	35.2	34.7	34.2	33.6	33.1	32.6	32.1	31.6	31.1	30.6	30.2	29.7	29.3
33.6	35.6	35.1	34.5	34.0	33.5	33.0	32.5	32.0	31.5	31.0	30.5	30.0	29.6
33.8	36.0	35.4	34.9	34.4	33.8	33.3	32.8	32.3	31.8	31.3	30.8	30.3	29.9
34.0	36.4	35.8	35.3	34.7	34.2	33.7	33.1	32.6	32.1	31.6	31.1	30.7	30.2
34.2	36.8	36.2	35.6	35.1	34.5	34.0	33.5	33.0	32.5	32.0	31.5	31.0	30.5
34.4	37.1	36.6	36.0	35.4	34.9	34.4	33.8	33.3	32.8	32.3	31.8	31.3	30.8

续表 A

平均回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
34.6	37.5	36.9	36.4	35.8	35.3	34.7	34.2	33.7	33.1	32.6	32.1	31.6	31.1
34.8	37.9	37.3	36.7	36.2	35.6	35.1	34.5	34.0	33.5	33.0	32.4	31.9	31.5
35.0	38.3	37.7	37.1	36.5	36.0	35.4	34.9	34.3	33.8	33.3	32.8	32.3	31.8
35.2	38.7	38.1	37.5	36.9	36.3	35.8	35.2	34.7	34.2	33.6	33.1	32.6	32.1
35.4	39.1	38.5	37.9	37.3	36.7	36.1	35.6	35.0	34.5	34.0	33.4	32.9	32.4
35.6	39.5	38.8	38.3	37.7	37.1	36.5	35.9	35.4	34.8	34.3	33.8	33.3	32.7
35.8	39.9	39.2	38.6	38.0	37.4	36.9	36.3	35.7	35.2	34.6	34.1	33.6	33.1
36.0	40.2	39.6	39.0	38.4	37.8	37.2	36.7	36.1	35.5	35.0	34.5	33.9	33.4
36.2	40.6	40.0	39.4	38.8	38.2	37.6	37.0	36.5	35.9	35.3	34.8	34.3	33.7
36.4	41.0	40.4	39.8	39.2	38.6	38.0	37.4	36.8	36.2	35.7	35.1	34.6	34.1
36.6	41.4	40.8	40.2	39.6	38.9	38.3	37.7	37.2	36.6	36.0	35.5	34.9	34.4
36.8	41.8	41.2	40.6	39.9	39.3	38.7	38.1	37.5	36.9	36.4	35.8	35.3	34.7
37.0	42.2	41.6	40.9	40.3	39.7	39.1	38.5	37.9	37.3	36.7	36.2	35.6	35.1
37.2	42.6	42.0	41.3	40.7	40.1	39.5	38.9	38.3	37.7	37.1	36.5	35.9	35.4
37.4	43.1	42.4	41.7	41.1	40.5	39.8	39.2	38.6	38.0	37.4	36.9	36.3	35.7
37.6	43.5	42.8	42.1	41.5	40.8	40.2	39.6	39.0	38.4	37.8	37.2	36.6	36.1
37.8	43.9	43.2	42.5	41.9	41.2	40.6	40.0	39.3	38.7	38.1	37.6	37.0	36.4
38.0	44.3	43.6	42.9	42.3	41.6	41.0	40.3	39.7	39.1	38.5	37.9	37.3	36.7
38.2	44.7	44.0	43.3	42.7	42.0	41.4	40.7	40.1	39.5	38.9	38.3	37.7	37.1
38.4	45.1	44.4	43.7	43.1	42.4	41.7	41.1	40.5	39.8	39.2	38.6	38.0	37.4
38.6	45.5	44.8	44.1	43.5	42.8	42.1	41.5	40.8	40.2	39.6	39.0	38.4	37.8
38.8	45.9	45.2	44.5	43.9	43.2	42.5	41.9	41.2	40.6	39.9	39.3	38.7	38.1
39.0	46.4	45.6	44.9	44.3	43.6	42.9	42.2	41.6	40.9	40.3	39.7	39.1	38.5
39.2	46.8	46.1	45.4	44.7	44.0	43.3	42.6	42.0	41.3	40.7	40.1	39.4	38.8

续表 A

平均回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
39.4	47.2	46.5	45.8	45.1	44.4	43.7	43.0	42.3	41.7	41.0	40.4	39.8	39.2
39.6	47.6	46.9	46.2	45.5	44.8	44.1	43.4	42.7	42.1	41.4	40.8	40.1	39.5
39.8	48.1	47.3	46.6	45.9	45.2	44.5	43.8	43.1	42.4	41.8	41.1	40.5	39.9
40.0	48.5	47.7	47.0	46.3	45.6	44.9	44.2	43.5	42.8	42.2	41.5	40.9	40.2
40.2	48.9	48.2	47.4	46.7	46.0	45.3	44.6	43.9	43.2	42.5	41.9	41.2	40.6
40.4	49.3	48.6	47.8	47.1	46.4	45.7	45.0	44.3	43.6	42.9	42.2	41.6	41.0
40.6	49.8	49.0	48.3	47.5	46.8	46.1	45.3	44.6	44.0	43.3	42.6	42.0	41.3
40.8	50.2	49.4	48.7	47.9	47.2	46.5	45.7	45.0	44.3	43.7	43.0	42.3	41.7
41.0	50.7	49.9	49.1	48.3	47.6	46.9	46.1	45.4	44.7	44.0	43.4	42.7	42.0
41.2	51.1	50.3	49.5	48.8	48.0	47.3	46.5	45.8	45.1	44.4	43.7	43.1	42.4
41.4	51.5	50.7	50.0	49.2	48.4	47.7	46.9	46.2	45.5	44.8	44.1	43.4	42.8
41.6	52.0	51.2	50.4	49.6	48.8	48.1	47.3	46.6	45.9	45.2	44.5	43.8	43.1
41.8	52.4	51.6	50.8	50.0	49.3	48.5	47.7	47.0	46.3	45.6	44.9	44.2	43.5
42.0	52.9	52.0	51.2	50.4	49.7	48.9	48.1	47.4	46.7	46.0	45.2	44.5	43.9
42.2	53.3	52.5	51.7	50.9	50.1	49.3	48.6	47.8	47.1	46.3	45.6	44.9	44.2
42.4	53.7	52.9	52.1	51.3	50.5	49.7	49.0	48.2	47.5	46.7	46.0	45.3	44.6
42.6	54.2	53.4	52.5	51.7	50.9	50.1	49.4	48.6	47.9	47.1	46.4	45.7	45.0
42.8	54.6	53.8	53.0	52.2	51.4	50.6	49.8	49.0	48.3	47.5	46.8	46.1	45.3
43.0	55.1	54.3	53.4	52.6	51.8	51.0	50.2	49.4	48.7	47.9	47.2	46.4	45.7
43.2	55.6	54.7	53.9	53.0	52.2	51.4	50.6	49.8	49.1	48.3	47.6	46.8	46.1
43.4	56.0	55.1	54.3	53.5	52.6	51.8	51.0	50.2	49.5	48.7	47.9	47.2	46.5
43.6	56.5	55.6	54.7	53.9	53.1	52.2	51.4	50.6	49.9	49.1	48.3	47.6	46.9
43.8	56.9	56.0	55.2	54.3	53.5	52.7	51.9	51.1	50.3	49.5	48.7	48.0	47.2
44.0	57.4	56.5	55.6	54.8	53.9	53.1	52.3	51.5	50.7	49.9	49.1	48.4	47.6

续表 A

平均回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
44.2	57.8	57.0	56.1	55.2	54.4	53.5	52.7	51.9	51.1	50.3	49.5	48.8	48.0
44.4	58.3	57.4	56.5	55.7	54.8	54.0	53.1	52.3	51.5	50.7	49.9	49.1	48.4
44.6	58.8	57.9	57.0	56.1	55.2	54.4	53.5	52.7	51.9	51.1	50.3	49.5	48.8
44.8	59.2	58.3	57.4	56.5	55.7	54.8	54.0	53.1	52.3	51.5	50.7	49.9	49.2
45.0	59.7	58.8	57.9	57.0	56.1	55.2	54.4	53.6	52.7	51.9	51.1	50.3	49.6
45.2	60.2	59.3	58.3	57.4	56.6	55.7	54.8	54.0	53.1	52.3	51.5	50.7	49.9
45.4	60.7	59.7	58.8	57.9	57.0	56.1	55.3	54.4	53.6	52.7	51.9	51.1	50.3
45.6	61.1	60.2	59.3	58.3	57.4	56.6	55.7	54.8	54.0	53.1	52.3	51.5	50.7
45.8	61.6	60.7	59.7	58.8	57.9	57.0	56.1	55.3	54.4	53.6	52.7	51.9	51.1
46.0	62.1	61.1	60.2	59.3	58.3	57.4	56.6	55.7	54.8	54.0	53.1	52.3	51.5
46.2	62.6	61.6	60.6	59.7	58.8	57.9	57.0	56.1	55.2	54.4	53.6	52.7	51.9
46.4	63.0	62.1	61.1	60.2	59.2	58.3	57.4	56.5	55.7	54.8	54.0	53.1	52.3
46.6	63.5	62.5	61.6	60.6	59.7	58.8	57.9	57.0	56.1	55.2	54.4	53.5	52.7
46.8	64.0	63.0	62.0	61.1	60.1	59.2	58.3	57.4	56.5	55.6	54.8	53.9	53.1
47.0	64.5	63.5	62.5	61.5	60.6	59.7	58.7	57.8	56.9	56.1	55.2	54.4	53.5
47.2	65.0	64.0	63.0	62.0	61.1	60.1	59.2	58.3	57.4	56.5	55.6	54.8	53.9
47.4	65.5	64.4	63.5	62.5	61.5	60.6	59.6	58.7	57.8	56.9	56.0	55.2	54.3
47.6	65.9	64.9	63.9	62.9	62.0	61.0	60.1	59.1	58.2	57.3	56.5	55.6	54.7
47.8	66.4	65.4	64.4	63.4	62.4	61.5	60.5	59.6	58.7	57.8	56.9	56.0	55.1
48.0	66.9	65.9	64.9	63.9	62.9	61.9	61.0	60.0	59.1	58.2	57.3	56.4	55.5
48.2	67.4	66.4	65.4	64.4	63.4	62.4	61.4	60.5	59.5	58.6	57.7	56.8	56.0
48.4	67.9	66.9	65.8	64.8	63.8	62.8	61.9	60.9	60.0	59.1	58.1	57.2	56.4
48.6	68.4	67.4	66.3	65.3	64.3	63.3	62.3	61.4	60.4	59.5	58.6	57.7	56.8
48.8	68.9	67.9	66.8	65.8	64.8	63.8	62.8	61.8	60.9	59.9	59.0	58.1	57.2

续表 A

平均回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
49.0	69.4	68.3	67.3	66.3	65.2	64.2	63.2	62.3	61.3	60.4	59.4	58.5	57.6
49.2	69.9	68.8	67.8	66.7	65.7	64.7	63.7	62.7	61.7	60.8	59.9	58.9	58.0
49.4	70.4	69.3	68.3	67.2	66.2	65.2	64.2	63.2	62.2	61.2	60.3	59.4	58.4
49.6	70.9	69.8	68.8	67.7	66.7	65.6	64.6	63.6	62.6	61.7	60.7	59.8	58.9
49.8	71.4	70.3	69.2	68.2	67.1	66.1	65.1	64.1	63.1	62.1	61.2	60.2	59.3
50.0	71.9	70.8	69.7	68.7	67.6	66.6	65.5	64.5	63.5	62.5	61.6	60.6	59.7
50.2	72.5	71.3	70.2	69.2	68.1	67.0	66.0	65.0	64.0	63.0	62.0	61.1	60.1
50.4	73.0	71.8	70.7	69.6	68.6	67.5	66.5	65.4	64.4	63.4	62.5	61.5	60.5
50.6	73.5	72.3	71.2	70.1	69.0	68.0	66.9	65.9	64.9	63.9	62.9	61.9	61.0
50.8	74.0	72.8	71.7	70.6	69.5	68.5	67.4	66.4	65.3	64.3	63.3	62.4	61.4
51.0	74.5	73.4	72.2	71.1	70.0	68.9	67.9	66.8	65.8	64.8	63.8	62.8	61.8
51.2	75.0	73.9	72.7	71.6	70.5	69.4	68.3	67.3	66.3	65.2	64.2	63.2	62.3
51.4	75.5	74.4	73.2	72.1	71.0	69.9	68.8	67.8	66.7	65.7	64.7	63.7	62.7
51.6	76.1	74.9	73.7	72.6	71.5	70.4	69.3	68.2	67.2	66.1	65.1	64.1	63.1
51.8	76.6	75.4	74.2	73.1	72.0	70.9	69.8	68.7	67.6	66.6	65.6	64.5	63.6
52.0	77.1	75.9	74.7	73.6	72.5	71.3	70.2	69.2	68.1	67.0	66.0	65.0	64.0
52.2	77.6	76.4	75.3	74.1	73.0	71.8	70.7	69.6	68.6	67.5	66.5	65.4	64.4
52.4	78.2	77.0	75.8	74.6	73.4	72.3	71.2	70.1	69.0	68.0	66.9	65.9	64.9
52.6	78.7	77.5	76.3	75.1	73.9	72.8	71.7	70.6	69.5	68.4	67.4	66.3	65.3
52.8	79.2	78.0	76.8	75.6	74.4	73.3	72.2	71.1	70.0	68.9	67.8	66.8	65.7
53.0	79.7	78.5	77.3	76.1	74.9	73.8	72.6	71.5	70.4	69.3	68.3	67.2	66.2
53.2		79.0	77.8	76.6	75.4	74.3	73.1	72.0	70.9	69.8	68.7	67.7	66.6
53.4		79.6	78.3	77.1	75.9	74.8	73.6	72.5	71.4	70.3	69.2	68.1	67.1
53.6			78.9	77.6	76.4	75.3	74.1	73.0	71.8	70.7	69.6	68.6	67.5

续表 A

平均回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
53.8			79.4	78.2	77.0	75.8	74.6	73.4	72.3	71.2	70.1	69.0	68.0
54.0			79.9	78.7	77.5	76.3	75.1	73.9	72.8	71.7	70.6	69.5	68.4
54.2				79.2	78.0	76.8	75.6	74.4	73.3	72.1	71.0	69.9	68.9
54.4				79.7	78.5	77.3	76.1	74.9	73.7	72.6	71.5	70.4	69.3
54.6					79.0	77.8	76.6	75.4	74.2	73.1	72.0	70.8	69.8
54.8					79.5	78.3	77.1	75.9	74.7	73.6	72.4	71.3	70.2
55.0					80.0	78.8	77.6	76.4	75.2	74.0	72.9	71.8	70.7
55.2						79.3	78.1	76.9	75.7	74.5	73.4	72.2	71.1
55.4						79.8	78.6	77.4	76.2	75.0	73.8	72.7	71.6
55.6							79.1	77.8	76.6	75.5	74.3	73.2	72.0
55.8							79.6	78.3	77.1	75.9	74.8	73.6	72.5
56.0								78.8	77.6	76.4	75.2	74.1	72.9
56.2								79.3	78.1	76.9	75.7	74.6	73.4
56.4								79.8	78.6	77.4	76.2	75.0	73.9
56.6									79.1	77.9	76.7	75.5	74.3
56.8									79.6	78.4	77.2	76.0	74.8
57.0										78.9	77.6	76.4	75.3
57.2										79.3	78.1	76.9	75.7
57.4										79.8	78.6	77.4	76.2
57.6											79.1	77.9	76.7
57.8											79.6	78.4	77.1
58.0												78.8	77.6
58.2												79.3	78.1
58.4												79.8	78.6
58.6													79.0
59.0													80.0

注：本表系采用浙江省碎石泵送混凝土测强曲线制定。

附录 B 卵石泵送混凝土测区强度换算表

表 B 卵石泵送混凝土测区强度换算表

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
20.0	10.3	10.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.2	10.5	10.3	10.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.4	10.7	10.5	10.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.6	11.0	10.8	10.4	10.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.8	11.2	11.0	10.6	10.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21.0	11.4	11.2	10.8	10.5	10.0	-	-	-	-	-	-	-	-
21.2	11.6	11.4	11.0	10.7	10.2	-	-	-	-	-	-	-	-
21.4	11.8	11.6	11.2	10.9	10.4	10.0	-	-	-	-	-	-	-
21.6	12.0	11.8	11.4	11.0	10.6	10.2	-	-	-	-	-	-	-
21.8	12.3	12.1	11.7	11.3	10.8	10.5	10.1	-	-	-	-	-	-
22.0	12.5	12.2	11.9	11.5	11.0	10.6	10.2	-	-	-	-	-	-
22.2	12.7	12.4	12.1	11.7	11.2	10.8	10.4	10.0	-	-	-	-	-
22.4	13.0	12.7	12.4	12.0	11.4	11.0	10.7	10.3	10.0	-	-	-	-
22.6	13.2	12.9	12.5	12.1	11.6	11.2	10.8	10.4	10.2	-	-	-	-
22.8	13.4	13.1	12.7	12.3	11.8	11.4	11.0	10.6	10.3	-	-	-	-
23.0	13.7	13.4	13.0	12.6	12.1	11.6	11.2	10.8	10.5	10.1	-	-	-
23.2	13.9	13.6	13.2	12.8	12.2	11.8	11.4	11.0	10.7	10.3	10.0	-	-
23.4	14.1	13.8	13.4	13.0	12.4	12.0	11.6	11.2	10.9	10.4	10.2	-	-
23.6	14.4	14.1	13.7	13.2	12.7	12.2	11.8	11.4	11.1	10.7	10.4	10.1	-
23.8	14.6	14.3	13.9	13.4	12.8	12.4	12.0	11.5	11.2	10.8	10.5	10.2	-
24.0	14.9	14.6	14.2	13.7	13.1	12.7	12.2	11.8	11.5	11.0	10.7	10.4	10.1
24.2	15.1	14.8	14.3	13.9	13.3	12.8	12.4	11.9	11.6	11.2	10.9	10.6	10.3
24.4	15.4	15.1	14.6	14.2	13.6	13.1	12.6	12.2	11.9	11.4	11.1	10.8	10.4

续表 B

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
24.6	15.6	15.3	14.8	14.4	13.7	13.3	12.8	12.3	12.0	11.5	11.2	10.9	10.6
24.8	15.9	15.6	15.1	14.6	14.0	13.5	13.0	12.6	12.2	11.8	11.4	11.1	10.7
25.0	16.2	15.9	15.4	14.9	14.3	13.8	13.3	12.8	12.5	12.0	11.7	11.3	10.9
25.2	16.4	16.1	15.6	15.1	14.4	13.9	13.4	13.0	12.6	12.1	11.8	11.5	11.0
25.4	16.7	16.4	15.9	15.4	14.7	14.2	13.7	13.2	12.9	12.4	12.0	11.7	11.2
25.6	16.9	16.6	16.1	15.7	14.9	14.4	13.9	13.4	13.0	12.5	12.2	11.8	11.3
25.8	17.2	16.9	16.3	15.8	15.1	14.6	14.1	13.6	13.2	12.7	12.4	12.0	11.5
26.0	17.5	17.2	16.6	16.1	15.4	14.9	14.1	13.8	13.5	13.0	12.6	12.2	11.6
26.2	17.8	17.4	16.9	16.4	15.7	15.1	14.6	14.0	13.7	13.2	12.8	12.4	11.8
26.4	18.0	17.6	17.1	16.6	15.8	15.3	14.8	14.2	13.9	13.3	13.0	12.6	12.0
26.6	18.3	17.9	17.4	16.8	16.1	15.6	15.0	14.4	14.1	13.5	13.2	12.8	12.1
26.8	18.6	18.2	17.7	17.1	16.4	15.8	15.3	14.6	14.3	13.8	13.4	12.9	12.3
27.0	18.9	18.5	18.0	17.4	16.6	16.1	15.5	14.8	14.6	14.0	13.6	13.1	12.4
27.2	19.1	18.7	18.1	17.6	16.8	16.2	15.7	15.0	14.7	14.1	13.8	13.3	12.6
27.4	19.4	19.0	18.4	17.8	17.0	16.4	15.9	15.2	14.9	14.3	14.0	13.4	12.7
27.6	19.7	19.3	18.7	18.0	17.2	16.6	16.1	15.4	15.1	14.5	14.1	13.6	12.9
27.8	20.0	19.6	19.0	18.2	17.4	16.8	16.3	15.6	15.3	14.7	14.2	13.7	13.0
28.0	20.3	19.7	19.2	18.4	17.6	17.0	16.5	15.8	15.4	14.8	14.4	13.9	13.2
28.2	20.6	20.0	19.5	18.6	17.8	17.2	16.7	16.0	15.6	15.0	14.6	14.0	13.3
28.4	20.9	20.3	19.7	18.8	18.0	17.4	16.9	16.2	15.8	15.2	14.8	14.2	13.5
28.6	21.2	20.6	20.0	19.1	18.2	17.6	17.1	16.4	16.0	15.4	15.0	14.3	13.6
28.8	21.5	20.9	20.2	19.4	18.5	17.8	17.3	16.6	16.2	15.6	15.2	14.5	13.8
29.0	21.8	21.1	20.5	19.6	18.7	18.1	17.5	16.8	16.4	15.8	15.4	14.6	13.9
29.2	22.1	21.4	20.8	19.9	19.0	18.3	17.7	17.0	16.6	16.0	15.6	14.8	14.1
29.4	22.4	21.7	21.1	20.2	19.3	18.6	17.9	17.2	16.8	16.2	15.8	15.0	14.2

续表 B

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
29.6	22.7	22.0	21.3	20.4	19.5	18.8	18.2	17.5	17.0	16.4	16.0	15.1	14.4
29.8	23.0	22.3	21.6	20.7	19.8	19.1	18.4	17.7	17.2	16.6	16.2	15.3	14.5
30.0	23.3	22.6	21.9	21.0	20.0	19.3	18.6	17.9	17.4	16.8	16.4	15.4	14.7
30.2	23.6	22.9	22.2	21.2	20.3	19.6	18.9	18.2	17.6	17.0	16.6	15.6	14.9
30.4	23.9	23.2	22.5	21.5	20.6	19.8	19.1	18.4	17.8	17.2	16.8	15.8	15.1
30.6	24.3	23.6	22.8	21.9	20.9	20.2	19.4	18.7	18.0	17.5	17.0	16.0	15.2
30.8	24.6	23.9	23.1	22.1	21.2	20.4	19.7	18.9	18.2	17.7	17.2	16.2	15.4
31.0	24.9	24.2	23.4	22.4	21.4	20.7	19.9	19.2	18.4	17.9	17.4	16.4	15.5
31.2	25.2	24.4	23.7	22.7	21.7	20.9	20.2	19.4	18.6	18.1	17.6	16.6	15.7
31.4	25.6	24.8	24.1	23.0	22.0	21.2	20.4	19.7	18.9	18.4	17.8	16.9	15.8
31.6	25.9	25.1	24.3	23.3	22.3	21.5	20.7	19.9	19.2	18.6	18.0	17.1	16.0
31.8	26.2	25.4	24.6	23.6	22.5	21.7	21.0	20.2	19.4	18.9	18.2	17.3	16.2
32.0	26.5	25.7	24.9	23.9	22.8	22.0	21.2	20.4	19.6	19.1	18.4	17.5	16.4
32.2	26.9	26.1	25.3	24.2	23.1	22.3	21.5	20.7	19.9	19.4	18.6	17.7	16.6
32.4	27.2	26.4	25.6	24.5	23.4	22.6	21.8	20.9	20.1	19.6	18.8	17.9	16.8
32.6	27.6	26.8	25.9	24.8	23.7	22.9	22.1	21.3	20.4	19.9	19.0	18.1	17.0
32.8	27.9	27.1	26.2	25.1	24.0	23.2	22.3	21.5	20.6	20.1	19.2	18.3	17.2
33.0	28.2	27.4	26.5	25.4	24.3	23.4	22.6	21.7	20.9	20.3	19.4	18.5	17.4
33.2	28.6	27.7	26.8	25.7	24.6	23.7	22.9	22.0	21.2	20.5	19.6	18.7	17.6
33.4	28.9	28.0	27.1	26.0	24.9	24.0	23.1	22.3	21.4	20.7	19.8	18.9	17.8
33.6	29.3	28.4	27.4	26.4	25.2	24.2	23.3	22.6	21.7	20.9	20.0	19.1	18.0
33.8	29.6	28.7	27.7	26.6	25.4	24.4	23.5	22.8	21.9	21.1	20.2	19.3	18.2
34.0	30.0	29.1	28.0	26.8	25.6	24.6	23.7	23.0	22.1	21.3	20.4	19.5	18.3
34.2	30.3	29.4	28.3	27.0	25.8	24.8	23.9	23.2	22.3	21.5	20.6	19.7	18.4
34.4	30.7	29.8	28.6	27.2	26.0	25.0	24.1	23.4	22.5	21.7	20.8	19.8	18.6
34.6	31.1	30.2	28.9	27.4	26.2	25.2	24.3	23.6	22.7	21.9	21.0	20.0	18.8

续表 B

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
34.8	31.4	30.5	29.2	27.6	26.4	25.4	24.5	23.8	22.9	22.1	21.2	20.2	19.0
35.0	31.8	30.8	29.6	28.0	26.7	25.8	24.8	24.0	23.2	22.3	21.4	20.4	19.2
35.2	32.1	31.1	29.2	28.2	27.0	26.0	25.0	24.2	23.4	22.5	21.6	20.6	19.4
35.4	32.5	31.5	30.2	28.6	27.3	26.3	25.4	24.4	23.7	22.8	21.8	20.8	19.6
35.6	32.9	31.9	30.6	29.0	27.6	26.6	25.7	24.7	24.0	23.0	22.0	21.0	19.8
35.8	33.3	32.3	31.0	29.3	28.0	27.0	26.0	25.0	24.3	23.3	22.2	21.2	20.0
36.0	33.6	32.6	31.2	29.6	28.2	27.2	26.2	25.2	24.5	23.5	22.4	21.4	20.2
36.2	34.0	33.0	31.6	29.9	28.6	27.5	26.5	25.5	24.8	23.8	22.6	21.6	20.4
36.4	34.4	33.4	32.0	30.3	28.9	27.9	26.8	25.8	25.1	24.1	22.8	21.8	20.6
36.6	34.8	33.8	32.4	30.6	29.2	28.2	27.1	26.1	25.4	24.4	23.0	22.0	20.9
36.8	35.2	34.1	32.7	31.0	29.6	28.5	27.5	26.4	25.7	24.6	23.2	22.2	21.1
37.0	35.5	34.4	33.0	31.2	29.8	28.8	27.7	26.6	25.9	24.8	23.4	22.4	21.3
37.2	35.9	34.8	33.4	31.6	30.2	29.1	28.0	26.9	26.2	25.1	23.7	22.6	21.5
37.4	36.3	35.2	33.8	31.9	30.5	29.4	28.3	27.2	26.5	25.4	24.0	22.9	21.8
37.6	36.7	35.6	34.1	32.3	30.8	29.7	28.6	27.5	26.8	25.7	24.2	23.1	22.0
37.8	37.1	36.0	34.5	32.6	31.2	30.0	28.9	27.8	27.1	26.0	24.5	23.4	22.3
38.0	37.5	36.4	34.9	33.0	31.5	30.3	29.2	28.1	27.4	26.2	24.8	23.6	22.5
38.2	37.9	36.8	35.2	33.4	31.8	30.6	29.5	28.4	27.7	26.5	25.0	23.9	22.7
38.4	38.3	37.2	35.6	33.7	32.1	30.9	29.8	28.7	28.0	26.8	25.3	24.1	23.0
38.6	38.7	37.5	36.0	34.1	32.4	31.2	30.1	29.0	28.3	27.0	25.5	24.4	23.2
38.8	39.1	37.9	36.4	34.4	32.7	31.5	30.4	29.3	28.5	27.2	25.8	24.6	23.5
39.0	39.5	38.2	36.7	34.7	33.0	31.8	30.6	29.6	28.8	27.4	26.0	24.8	23.7
39.2	39.9	38.5	37.0	35.0	33.3	32.1	30.8	29.8	29.0	27.6	26.2	25.0	24.0
39.4	40.3	38.8	37.3	35.3	33.6	32.4	31.0	30.0	29.2	27.8	26.4	25.2	24.2
39.6	40.7	39.1	37.6	35.6	33.9	32.7	31.2	30.2	29.4	28.0	26.6	25.4	24.4

续表 B

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
39.8	41.2	39.6	38.0	35.9	34.2	33.0	31.4	30.5	29.7	28.2	26.8	25.6	24.7
40.0	41.6	39.9	38.3	36.2	34.5	33.3	31.7	30.8	30.0	28.4	27.0	25.8	25.0
40.2	42.0	40.3	38.6	36.5	34.8	33.6	32.0	31.1	30.2	28.6	27.3	26.0	25.2
40.4	42.4	40.7	39.0	36.9	35.1	33.9	32.3	31.4	30.5	28.8	27.6	26.2	25.4
40.6	42.8	41.1	39.4	37.2	35.4	34.2	32.6	31.7	30.8	29.1	27.8	26.5	25.7
40.8	43.3	41.6	39.8	37.7	35.7	34.5	32.9	32.0	31.2	29.4	28.1	26.8	26.0
41.0	43.7	42.0	40.2	38.0	36.0	34.8	33.2	32.3	31.5	29.7	28.4	27.1	26.2
41.2	44.1	42.3	40.6	38.4	36.3	35.1	33.5	32.6	31.8	30.0	28.7	27.3	26.5
41.4	44.5	42.7	40.9	38.7	36.6	35.4	33.8	32.9	32.0	30.3	28.9	27.6	26.7
41.6	45.0	43.2	41.4	39.2	36.9	35.7	34.2	33.3	32.4	30.6	29.2	27.9	27.0
41.8	45.4	43.6	41.8	39.5	37.2	36.0	34.5	33.6	32.7	30.9	29.5	28.1	27.2
42.0	45.9	44.1	42.2	39.9	37.6	36.3	34.9	34.0	33.0	31.2	29.8	28.5	27.5
42.2	46.3	44.4	42.6	40.3	38.0	36.6	35.2	34.3	33.3	31.5	30.1	28.7	27.8
42.4	46.7	44.8	43.0	40.6	38.3	36.9	35.5	34.6	33.6	31.8	30.4	29.0	28.0
42.6	47.2	45.3	43.4	41.1	38.7	37.3	35.9	34.9	34.0	32.1	30.7	29.3	28.3
42.8	47.6	45.7	43.8	41.4	39.0	37.6	36.2	35.2	34.3	32.4	30.9	29.5	28.6
43.0	48.1	46.2	44.2	41.8	39.4	38.0	36.6	35.6	34.6	32.7	31.3	29.8	28.9
43.2	48.5	46.6	44.6	42.2	39.8	38.3	36.9	35.9	34.9	33.0	31.5	30.1	29.1
43.4	49.0	47.0	45.1	42.6	40.2	38.7	37.2	36.3	35.3	33.3	31.8	30.4	29.4
43.6	49.4	47.4	45.4	43.0	40.5	39.0	37.5	36.6	35.6	33.6	32.1	30.6	29.6
43.8	49.9	47.9	45.9	43.4	40.9	39.4	37.9	36.9	35.9	33.9	32.4	30.9	29.9
44.0	50.4	48.4	46.4	43.8	41.3	39.8	38.3	37.3	36.3	34.3	32.8	31.2	30.2
44.2	50.8	48.8	46.7	44.2	41.7	40.1	38.6	37.6	36.6	34.5	33.0	31.5	30.5
44.4	51.3	49.2	47.2	44.6	42.1	40.5	39.0	38.0	36.9	34.9	33.3	31.8	30.8
44.6	51.7	49.6	47.6	45.0	42.4	40.8	39.3	38.3	37.2	35.2	33.6	32.1	31.0
44.8	52.2	50.1	48.0	45.4	42.8	41.2	39.7	38.6	37.6	35.5	33.9	32.4	31.3

续表 B

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
45.0	52.7	50.6	48.5	45.8	43.2	41.6	40.1	39.0	37.9	35.8	34.3	32.7	31.6
45.2	53.2	51.1	48.9	46.3	43.6	42.0	40.4	39.4	38.3	36.2	34.6	33.0	31.9
45.4	53.6	51.5	49.4	46.6	44.0	42.3	40.7	39.7	38.6	36.4	34.8	33.2	32.2
45.6	54.1	51.9	49.8	47.1	44.4	42.7	41.1	40.0	39.0	36.8	35.2	33.5	32.5
45.8	54.6	52.4	50.2	47.5	44.8	43.1	41.5	40.4	39.3	37.1	35.5	33.9	32.8
46.0	55.0	52.8	50.6	47.9	45.2	43.5	41.9	40.8	39.7	37.5	35.8	34.2	33.1
46.2	55.5	53.3	51.1	48.3	45.5	43.8	42.2	41.1	40.0	37.7	36.1	34.4	33.3
46.4	56.0	53.8	51.5	48.7	45.9	44.2	42.6	41.4	40.3	38.1	36.4	34.7	33.6
46.6	56.5	54.2	52.0	49.2	46.3	44.6	42.9	41.8	40.7	38.4	36.7	35.0	33.9
46.8	57.0	54.7	52.4	49.6	46.7	45.0	43.3	42.2	41.0	38.8	37.0	35.3	34.2
47.0	57.5	55.2	52.9	50.0	47.2	45.2	43.7	42.6	41.4	39.1	37.4	35.6	34.5
47.2	58.0	55.7	53.4	50.5	47.6	45.8	44.1	42.9	41.8	39.4	37.7	36.0	34.8
47.4	58.5	56.2	53.8	50.9	48.0	46.2	44.5	43.3	42.1	39.8	38.0	36.3	35.1
47.6	59.0	56.6	54.3	51.3	48.4	46.6	44.8	43.7	42.5	40.1	38.4	36.6	35.4
47.8	59.5	57.1	54.7	51.8	48.8	47.0	45.2	44.0	42.8	40.5	38.7	36.9	35.7
48.0	60.0	57.6	55.2	52.2	49.2	47.4	45.6	44.4	43.2	40.8	39.0	37.2	36.0
48.2	-	58.0	55.7	52.6	49.6	47.8	46.0	44.8	43.6	41.1	39.3	37.5	36.3
48.4	-	58.6	56.1	53.1	50.0	48.2	46.4	45.1	43.9	41.5	39.6	37.8	36.6
48.6	-	59.0	56.6	53.5	50.4	48.6	46.7	45.5	44.3	41.8	40.0	38.1	36.9
48.8	-	59.5	57.1	54.0	50.9	49.0	47.1	45.9	44.6	42.2	40.3	38.4	37.2
49.0	-	60.0	57.5	54.4	51.3	49.4	47.5	46.2	45.0	42.5	40.6	38.8	37.5
49.2	-	-	58.0	54.8	51.7	49.8	47.9	46.6	45.4	42.8	41.0	39.1	37.8
49.4	-	-	58.5	55.3	52.1	50.2	48.3	47.1	45.8	43.2	41.3	39.4	38.2
49.6	-	-	58.9	55.7	52.5	50.6	48.7	47.4	46.2	43.6	41.7	39.7	38.5
49.8	-	-	59.4	56.2	53.0	51.0	49.1	47.8	46.5	43.9	42.0	40.1	38.8
50.0	-	-	59.9	56.7	53.4	51.4	49.5	48.2	46.9	44.3	42.3	40.4	39.1

续表 B

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
50.2	-	-	-	57.1	53.8	51.9	49.9	48.5	47.2	44.6	42.6	40.7	39.4
50.4	-	-	-	57.6	54.3	52.3	50.3	49.0	47.7	45.0	43.0	41.0	39.7
50.6	-	-	-	58.0	54.7	52.7	50.7	49.4	48.0	45.4	43.4	41.4	40.0
50.8	-	-	-	58.5	55.1	53.1	51.1	49.8	48.4	45.7	43.7	41.7	40.3
51.0	-	-	-	59.0	55.6	53.5	51.5	50.1	48.8	46.1	44.1	42.0	40.7
51.2	-	-	-	59.4	56.0	54.0	51.9	50.5	49.2	46.4	44.4	42.3	41.0
51.4	-	-	-	59.9	56.4	54.4	52.3	50.9	49.6	46.8	44.7	42.7	41.3
51.6	-	-	-	-	56.9	54.8	52.7	51.3	50.0	47.2	45.1	43.0	41.6
51.8	-	-	-	-	57.3	55.2	53.1	51.7	50.3	47.5	45.4	43.3	41.8
52.0	-	-	-	-	57.8	55.7	53.6	52.1	50.7	47.9	45.8	43.7	42.3
52.2	-	-	-	-	58.2	56.1	54.0	52.5	51.1	48.3	46.2	44.0	42.6
52.4	-	-	-	-	58.7	56.5	54.4	53.0	51.5	48.7	46.5	44.4	43.0
52.6	-	-	-	-	59.1	57.0	54.8	53.4	51.9	49.0	46.9	44.7	43.3
52.8	-	-	-	-	59.6	57.4	55.2	53.8	52.3	49.4	47.3	45.1	43.6
53.0	-	-	-	-	60.0	57.8	55.6	54.2	52.7	49.8	47.6	45.4	43.9
53.2	-	-	-	-	-	58.3	56.1	54.6	53.1	50.2	48.0	45.8	44.3
53.4	-	-	-	-	-	58.7	56.5	55.0	53.5	50.5	48.3	46.1	44.6
53.6	-	-	-	-	-	59.2	56.9	55.4	53.9	50.9	48.7	46.4	44.9
53.8	-	-	-	-	-	59.6	57.3	55.8	54.3	51.3	49.0	46.8	45.3
54.0	-	-	-	-	-	-	57.8	56.3	54.7	51.7	49.4	47.1	45.6
54.2	-	-	-	-	-	-	58.2	56.7	55.1	52.1	49.8	47.5	46.0
54.4	-	-	-	-	-	-	58.6	57.1	55.6	52.5	50.2	47.9	46.3
54.6	-	-	-	-	-	-	59.1	57.5	56.0	52.9	50.5	48.2	46.6
54.8	-	-	-	-	-	-	59.5	57.9	56.4	53.2	50.9	48.5	47.0
55.0	-	-	-	-	-	-	59.9	58.4	56.8	53.6	51.3	48.9	47.3

续表 B

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
55.2	-	-	-	-	-	-	-	58.8	57.2	54.0	51.6	49.3	47.7
55.4	-	-	-	-	-	-	-	59.2	57.6	54.4	52.0	49.6	48.0
55.6	-	-	-	-	-	-	-	59.7	58.0	54.8	52.4	50.0	48.4
55.8	-	-	-	-	-	-	-	-	58.5	55.2	52.8	50.3	48.7
56.0	--	--	--	--	--	--	--	--	58.9	55.6	53.2	50.7	49.1
56.2	-	-	-	-	-	-	-	-	59.3	56.0	53.5	51.1	49.4
56.4	-	-	-	-	-	-	-	-	59.7	56.4	53.9	51.4	49.8
56.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56.8	54.3	51.8	50.1
56.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57.2	54.7	52.2	50.5
57.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57.6	55.1	52.5	50.8
57.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58.0	55.5	52.9	51.2
57.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58.4	55.9	53.3	51.6
57.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58.9	56.3	53.7	51.9
57.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59.3	56.7	54.0	52.3
58.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59.7	57.0	54.4	52.7
58.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57.4	54.8	53.0
58.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57.8	55.2	53.4
58.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58.2	55.6	53.8
58.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58.6	55.9	54.1
59.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59.0	56.3	54.5
59.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59.4	56.7	54.9
59.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59.8	57.1	55.2
59.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57.5	55.6
59.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57.9	56.0
60.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58.3	56.4

注：本表系按全国统一曲线制定。

附录 C 回弹法检测泵送混凝土抗压强度原始记录表

表 C 回弹法检测泵送混凝土抗压强度原始记录表

浇筑日期	年 月 日										记录编号						共__页第__页					
委托单位											工程名称											
监理单位											构件名称及轴线编号											
测 区	回弹值 R_i																碳化深度 d_i (mm)				强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	R_m	1	2	3		d_m
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
回弹仪	检定证号					混凝土强度设计等级					C	计算结果	$m_{f_{cu}}^c =$					回弹仪率定值	检测前			
	编号																		$S_{f_{cu}}^c =$			
												$f_{cu,e}^c = m_{f_{cu}}^c - 1.645 S_{f_{cu}}^c$					检测环境温度:					
检测						记录						计算						检测日期		年 月 日		

附录 D 回弹法检测泵送混凝土抗压强度报告

表 D 回弹法检测泵送混凝土抗压强度报告

报告编号					第__页共__页		
委托单位				报告日期			
工程名称				检测日期			
编 号	构件名称 及轴线部位	强度 设计 等级	龄期 (d)	混凝土抗压强度换算值(MPa)			现龄期混凝 土强度推定 值 (MPa)
				平均值	标准差	最小值	
说 明	1、检测依据： 2、混凝土输送方式： 3、检测环境温度： 4、回弹仪编号_____检定证号_____ 5、(有需要说明的其它问题)：						

批准：_____ 审核：_____ 主检_____

本规程用词说明

1 为便于执行本规程条文时区别对待，对于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的写法为：“应按……执行”或“应符合……规定（或要求）”。

引用标准名录

- 1 《回弹仪》 GB/T9138
- 2 《回弹仪》 JJG817
- 3 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ55
- 4 《回弹法检测混凝土抗压技术规程》 JGJ/T23

浙江省工程建设标准

回弹法检测泵送混凝土抗压强度技术规程

DB33/T1049-2016

条文说明

目 次

1	总则	37
3	回弹仪	39
3.1	技术要求	39
3.2	检定	39
3.3	保养	39
4	检测技术	40
4.1	一般规定	40
4.2	回弹值测量	43
4.3	回弹值计算	43
4.4	碳化深度值测量	43
5	混凝土强度计算	45

1 总 则

1.0.1 浙江省工程建设标准《回弹法检测泵送混凝土抗压强度技术规程》DB33/T1049-2008 是在 2008 年 7 月 1 日出版实施的，至今已近 8 年。该规程的测强曲线研究数据是在 2004 年前后完成，迄今已超过十年。经过十多年的工程实践检验，该规程已经存在一些问题，如测强曲线误差较大、碳化系数对回弹值的影响不敏感、C60 以上混凝土强度无法检测等。十多年来，我省机制砂和聚羧酸外加剂已普遍使用，高强混凝土也开始大量出现。

行业标准《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T23-2011 已修订发布，但我国地域辽阔，混凝土材料种类繁多，各地情况千差万别。近年来全国各地有条件的省市，像北京、江苏、福建、陕西、宁夏、四川、广东、山东、海南等省市已陆续编制或修订了各自地区的回弹法地方标准。行业标准 JGJ/T23-2011 第 6.1.2 条也规定：“对有条件的地区和部门，应制定本地区的测强曲线或专用测强曲线，经上级主管部门组织审定和批准后实施。应按专用测强曲线、地区测强曲线、统一测强曲线的次序选用测强曲线。”因此，及时修订《回弹法检测泵送混凝土抗压强度技术规程》DB33/T1049-2008 已十分需要。

浙江省建筑科学设计研究院有限公司会同舟山博远科技有限公司和杭州隆欣建材有限公司组织浙江省部分建设工程质量监督站、检测单位和商品混凝土公司，重新研制了碎石泵送混凝土测强曲线，修订了部分条款，编制了本规程，以提高检测精度，保证检测结构的可靠性。

1.0.2 本规程是为用回弹法检测浙江省泵送混凝土抗压强度而制定的。规程中所提的泵送混凝土，是指按《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55-2011 中泵送混凝土配合比设计要求制作的混凝土，混凝土拌合物的坍落度不低于 100mm，并用泵送施工。如该混凝土没有经过泵送过程而直接浇捣时，也可执行本规程。

由于回弹法是通过回弹仪检测混凝土表面硬度从而推算出混凝土强度的方法，因此不适用于表层与内部质量有明显差异或内部存在缺陷的混凝土的检测。当混凝土表面遭受了火灾、冻伤、受化学物质侵蚀或内部有缺陷时，就不能直接采用回弹法检测。

1.0.3 由于本规程规定的方法是处理混凝土质量问题的依据，若不进行统一培训，则会对同一构件混凝土强度的推定结果存在着因人而异的混乱现象，因此本条规定，凡从事本项检测的人员应经过技术培训并持有相应的资格证书。

1.0.4 本规程涉及的其它有关方面，例如钻芯取样，高空、深坑检测时的安全技术和劳动保护等，均应遵守相应的国家和浙江省标准或规范。

3 回 弹 仪

3.1 技术要求

3.1.1 国家标准《回弹仪》GB/T9138-2015 和国家计量检定规程《回弹仪》JJG 817-2011 均将数字式回弹仪纳入了标准。2005 年 10 月起，回弹仪未列入《中华人民共和国依法管理的计量器具目录（型式批准部分）》，故本规程取消“中华人民共和国制造计量器具许可证（CMC 证书）”内容。

3.1.2 本规程适用的回弹仪应为国家标准《回弹仪》GB/T9138-2015 规定的 M225 型中型回弹仪，其标称能量为 2.207J。其中“标准状态”即为回弹仪技术参数与产品标准所规定值的误差为零时的状态。《回弹仪》GB/T9138-2015 也规定不同型号回弹仪应使用不同规格的率定钢砧。

3.1.3 和 **3.1.4** 分别引用了《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T23-2011 第 **3.1.3** 和 **3.1.4** 条内容。

3.2 检定

本节引用了《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T23-2011 第 **3.2** 条内容。

3.3 保养

本节内容与《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T23-2011 中第 3.3 节一致。

4 检测技术

4.1 一般规定

4.1.1 本条引用了《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T23-2011 第 4.1.1 条内容。

4.1.2 本条引用了《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T23-2011 第 4.1.2 条内容。

4.1.3 《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784-2013 已颁布实施。本条增加了《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784-2013 中关于抽样数量的规定。

抽取试样应严格遵守“随机”的原则，并宜由建设单位、监理单位、施工单位会同检测单位共同商定抽样的范围、数量和方法。

4.1.4 本条主要引用《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T23-2011 第 4.1.4 条内容。但本次修订没有针对泵送混凝土浇筑顶面和底面进行试验验证，因此混凝土顶面和底面的检测取消，测区只能选在使回弹仪处于水平方向且混凝土的浇筑侧面。

4.1.5 本条引用了《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T23-2011 第 4.1.5 条内容。

4.1.6 本条部分引用了《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T23-2011 第 **4.1.6** 条内容。

由于修正系数法既修正强度值，又修正强度标准差，还能看出钻芯强度与换算强度间的相关性好坏；修正系数大于 1 时，采用修正系数法计算出的标准差会大于修正量法计算出的标准差，反之则小；泵送混凝土强度越高相应的标准差也大，而修正量法不能体现这一规律。因此本规程沿用了修正系数法。表 4 是浙江省建科院分别用修正系数法和修正量法计算出的四个不同工程的构件强度推定值。

表 4 不同取芯修正方法混凝土强度批量推定值

工程名称	修正方法	设计等级	龄期 (d)	混凝土强度换算值(MPa)			混凝土强度批量推定值 (MPa)
				测区平均值	测区标准差	测区最小值	
工程 1	修正系数	C30	185	22.2	2.93	15.5	17.4
	修正量	C30	185	23.3	4.51	12.9	15.9
工程 2	修正系数	C30	185	19.7	1.76	16.1	16.8
	修正量	C30	185	19.9	2.64	14.6	15.6
工程 3	修正系数	C30	185	34.6	3.11	28.4	29.5
	修正量	C30	185	34.7	3.46	27.8	29.0
工程 4	修正系数	C30	221	36.3	3.08	30.3	31.2
	修正量	C30	221	36.3	2.99	30.4	31.4

4.1.7 对于钻芯造成构件混凝土破损，可采用高于构件混凝土强度等级的细石混凝土（适当掺加膨胀剂）、灌浆混凝土等流动性较好且无收缩材料进行修补。如果钢筋切断，应采用补焊等方法进行修补，以确保结构安全。

4.2 回弹值测量

本节引用了《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》

JGJ/T23-2011 中第 4.2 节内容。

4.3 回弹值计算

4.3.1 本条引用了《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T23-2011 中第 5.0.1 条内容。

4.4 碳化深度值测量

4.4.1 本条引用了《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T23-2011 第 4.3.1 条内容。

4.4.2 本条引用了《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T23-2011 第 4.3.2 条内容。

4.4.3 浙江省碎石泵送混凝土回弹测强曲线数据共有 9807 组，碳化深度值最大达 14.0mm，超过 6mm 数据 215 个。分别对碳化深度超过 8.0mm 取 8mm 和超过 6.0mm 取 6mm 按最小二乘法的原理，用幂函数方程进行回归计算，详见表 5。由表 5 可见碳化深度超过 6.0mm 取 6mm 回归的测强曲线幂函数方程相关系数较好，平均相对误差和相当标准差较小。因此本规程选择了碳化深度超过 6.0mm 取 6mm 情况时的测强曲线。

表 5 不同碳化深度回归的碎石泵送混凝土测强曲线方程及其误差

碳化深度	碳化深度 8.0mm 以上取 8mm	碳化深度 6.0mm 以上取 6mm
回归方程	$f_{cu,i}^c = 0.072028 R_i^{1.7639} 10^{-0.0113d_i}$	$f_{cu,i}^c = 0.071262 R_i^{1.7682} 10^{-0.0135d_i}$
相关系数 r	0.915	0.916
平均相对误差 δ (%)	± 11.78	± 11.74
相对标准差 e_r (%)	15.44	15.39

负误差 (个)	4774	4877
正误差 (个)	5043	5019

5 混凝土强度计算

5.0.1 本条规定了浙江省泵送混凝土强度换算方法适用的条件。卵石泵送混凝土强度段沿用原省规程（10.0~60.0）MPa 范围。碎石泵送混凝土测强曲线则重新进行了试验研究。

碎石泵送混凝土测强曲线采用了全省 10 个地区 20 家单位试验的 9807 组数据，按最小二乘法的原理，用幂函数方程进行回归计算，碳化深度超过 6.0mm 时取 6mm，其幂函数回归曲线方程为：

$$f_{cu,i}^c = 0.071262 R_i^{1.7682} 10^{-0.0135d_i}$$

其相关系数 (r) 为 0.916，平均相对误差 (δ) 为 ±11.74%，相对标准差 (e_r) 为 15.39%，强度段在 (15.0~80.0) MPa 范围内的平均相对误差 (δ) 为 ±11.27%，相对标准差 (e_r) 为 14.92%，均符合部标 JGJ/T23-2011 中“地区测强曲线平均相对误差 (δ) 不应大于 ±14.0%，相对标准差 (e_r) 不应大于 17.0%”的规定。

碎石和卵石混合使用的泵送混凝土测强误差验证：温州建设集团公司建筑构件公司对用 30%碎石和 70%卵石混合的泵送混凝土进行回弹测强试验，共计 18 组试件数据，详见表 6。表 6 表明，在碎石量不小于 30%情况下,碎石和卵石混合使用的泵送混凝土可以按本规

程碎石泵送混凝土测强曲线检测。

表 6 30%碎石掺 70%卵石混凝土回弹测强误差

石子种类	平均相对误差 δ (%)	试验数据量 (个)	正误差数量 (个)	负误差数量 (个)
30%碎石掺 70%卵石 (25.9~51.2) MPa	± 9.66	18	14	4

机制砂、机制砂与河砂混合及河砂制作的泵送混凝土测强误差验证：杭州交工混凝土有限公司分别用 100%机制砂、机制砂和河砂各 50%及 100%河砂制作泵送混凝土试块，其测强误差详见表 7。

表 7 100%机制砂、机制砂和河砂各 50%及 100%河砂混凝土测强误差

砂种类	平均相对误差 δ (%)	试验数据量 (个)	正误差数量 (个)	负误差数量 (个)
100%机制砂 (22.1~69.3) MPa	± 9.36	173	100	73
机制砂和河砂各 50% (25.8~64.9) MPa	± 3.35	32	15	17
100%河砂 (24.0~65.8) MPa	± 3.68	33	20	13

掺不同外加剂的碎石泵送混凝土测强误差验证：掺聚羧酸、脂肪族、萘系等外加剂的泵送混凝土试验数据分别按本规程测强曲线计算，其测强误差详见表 8。由表 8 可见掺脂肪族外加剂的泵送混凝土测强误差偏高。

表 8 掺不同外加剂的泵送混凝土测强误差

外加剂种类	平均相对误差 δ (%)	总试验数据量 (个)	正误差数量 (个)	负误差数量 (个)
掺聚羧酸泵送混凝土	± 12.96	4308	2711	1597
掺脂肪族泵送混凝土	± 14.49	3190	1535	1655
掺萘系泵送混凝土	± 11.16	2022	729	1293

掺石灰石粉的碎石泵送混凝土测强误差验证：湖州市雀跃混凝土制品有限公司 141 组掺石灰石粉的泵送混凝土试验数据按本规程计算，其测强误差见表 9。由表 9 可知，其平均相对误差符合误差要求范围。

表 9 掺石灰石粉的泵送混凝土测强误差

平均相对误差 δ (%)	试验数据量 (个)	正误差数量 (个)	负误差数量 (个)
± 13.36	141	46	95

不同龄期的碎石泵送混凝土测强误差验证：9807 组数据按本规程测强曲线计算测强误差，详见表 10。考虑到高强混凝土的大量使用，7 天龄期混凝土检测需求较大，表 10 中 7 天龄期测强误差也在误差要求范围，因此本规程碎石泵送混凝土龄期规定为（7~1000）d。

表 10 不同龄期且碎石泵送混凝土测强误差

强度范围 (MPa)	混凝土龄期 (天)	平均相对误差 δ (%)	试验数据量 (个)	正误差数量 (个)	负误差数量 (个)
15.0~79.1	7	± 12.07	1180	549	631
15.0~79.4	14	± 12.65	1299	670	629
16.7~79.3	28	± 11.84	1405	763	641
19.6~80.0	60	± 10.50	1263	642	621
22.2~80.0	90	± 11.32	1279	641	638
21.3~79.9	180	± 11.34	1192	684	508
21.6~79.9	365	± 11.08	1188	610	576
22.9~80.0	500	± 11.36	1126	495	631
36.4~80.0	720	± 8.15	136	69	67
40.5~79.3	1000	± 12.27	163	95	68
54.8~71.5	1030~1600	± 7.03	13	2	11

由于没有自密实混凝土、再生骨料混凝土试验数据，因此本规程不适合该类混凝土的回弹测强。

5.0.2 本条为浙江省回弹法检测泵送混凝土强度换算值查表要求。当粗骨料为卵石时，沿用了原省规程卵石测强曲线。当粗骨料为碎石时，全省 20 家单位试验汇总数据 9807 组，回归的测强曲线、相关系数、平均相对误差及相当标准差详见条文说明第 4.4.3 条和 5.0.1 条。

碎石泵送混凝土芯样强度误差验证，详见表 11。

表 11

碎石泵送混凝土芯样强度误差验证

验证单位及混凝土芯样直径、 混凝土龄期和碳化深度	强度范围 (MPa)	平均相对误差 δ ($\pm\%$)	试验数据 量 (个)
浙江永和建材有限公司: 芯样直径 100mm, 龄期 (7~500) d, 碳化深度 在 (0~6) mm	20.8~79.9	15.54	240
浙江省建科院: 芯样直径 80mm, 龄期) 75~348) d, 碳化深度 (0.5~6) mm	20.0~64.6	12.89	84
浙江省建科院: 芯样直径 100mm, 龄期 (112~158) d, 碳化深度 (2.5~6) mm	24.4~47.7	8.93	42
湖州市雀立混凝土制品有限公司: 芯样 直径 100mm, 龄期 (28~365) d, 碳化 深度 (1.0~4.0) mm	23.9~42.3	13.58	47
衢州市商品混凝土有限公司: 芯样直径 100mm, 龄期 (61~365) d, 碳化深度 (0.5~4.2) mm	46.5~74.9	16.59	12
杭州市建筑工程质量检测中心有限公 司: 芯样直径 100mm, 龄期 (50~78) d, 碳化深度 0	26.7~50.2	11.73	58
浙江求是工程检测有限公司: 芯样直径 100mm, 龄期 (113~274) d, 碳化深 度 (1.0~4.5) mm	26.1~40.0	15.28	28
金华市建筑材料试验所有限公司: 芯样 直径 100mm, 龄期 (15~365) d, 碳化 深度 (0~6) mm	22.9~52.7	13.37	18
	60.0~73.8	11.40	12

5.0.3 本条明确指出不适用于回弹法检测泵送混凝土强度曲线的情况。由于在研制本规程测强曲线时的泵送混凝土试块,并非在泵送后制作,因此,按《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55-2011中泵送混凝土配合比设计要求制作的混凝土,当其不采用泵送施工时,也可按本规程测强曲线回弹检测并推定强度。其余部分内容引用了《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T23-2011第6.2.4条内容。

5.0.4 本条内容引用了《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T23-2011第7.0.2条内容。

5.0.5 本规程碎石泵送混凝土测强曲线强度段在 15MPa 以下时误差较大，强度段在（15.0~80.0）MPa 时平均相对误差（ δ ）为±11.27%，相对标准差（ e_r ）为 14.92%。因此碎石泵送混凝土强度检测最小值取 15.0MPa，最大值取 80.0MPa。卵石泵送混凝土沿用了原省规程最小强度值取 10.0MPa，最大值取 60.0MPa。

按批量计算时，为便于批量统计，卵石泵送混凝土强度大于 60.0MPa 的测区抗压强度换算值取 60.0MPa，碎石泵送混凝土强度大于 80.0MPa 的测区抗压强度换算值取 80.0MPa。

本条部分内容引用了《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T23-2011 第 7.0.3 条内容。

5.0.6 本条规定对按检测批检测的构件推定强度，应满足规定的不同强度平均值对应的标准差。不能满足时，该批构件应全部按单个构件进行强度推定。

一批构件的混凝土抗压强度平均值小于 25.0 MPa，标准差大于 4.50 MPa；以及平均值在范围内（25.0~60.0）MPa，标准差大于 5.50 MPa，参照了《混凝土强度检验评定标准》GB / T50107-2010 对混凝土搅拌站生产的混凝土“一般”质量水平的规定。

高强混凝土已广泛用于工程，抗压强度平均值大于 60.0MPa 时的标准差取值，采用了《深圳市回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》SJG28-2016 中的数据。

5.0.7 浙江省回弹法检测泵送混凝土抗压强度原始记录和检测报告可按本规程格式填写。

