

ICS 13.020.20

Z04

DB1331

雄 安 新 区 地 方 标 准

DB1331/T XX—XXXX

雄安新区回弹法检测混凝土抗压强度技术规程

Technical specification for inspecting of concrete compressive strength by
rebound method

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

河北雄安新区管理委员会建设和交通管理局 联合发布
河北雄安新区管理委员会改革发展局

雄安新区地方标准

雄安新区回弹法检测混凝土抗压强度技术规程

Technical specification for inspecting of concrete compressive strength by rebound
method

DB1331/T XX—XXXX

批准部门：河北雄安新区管理委员会建设和交通管理局

施行日期：xxxx 年 xx 月 xx 日

前言

根据河北雄安新区管理委员会改革发展局《关于印发2022年雄安新区地方标准第一批立项项目计划的通知》等要求，雄安新区绿建协会混凝土与水泥制品分会会同有关单位开展了本标准的编制工作。

标准编制组开展了广泛的调查研究，认真总结实践经验，参考有关国家标准、行业标准、地方标准等，并在广泛征求意见的基础上，制定了本标准。

本标准的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 回弹仪；4. 检测技术；5. 测强曲线；6. 混凝土强度推定。

本标准由河北雄安新区管理委员会建设和交通运输局负责管理，由雄安新区绿建协会混凝土与水泥制品分会负责标准的具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至雄安新区绿建协会混凝土与水泥制品分会（地址：河北保定市容城县津海大街12号院，邮政编码：071700，hunningtufenhui@sina.com）。

主编单位：XXXXXXXXXX

参编单位：XXXXXXXXXX

主要起草人员：XXXXXXXXXX

主要审查人员：XXXXXXXXXX

目 录

1 总 则.....	错误!未定义书签。
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.....	6
4.1 一般规定.....	6
4.2 回弹值测量与计算.....	7
4.3 碳化深度值测量.....	8
5 测强曲线.....	9
6 混凝土强度推定.....	10
附录 A 测区混凝土强度换算表.....	12
附录 B 非水平方向检测时的回弹值修正值.....	20
附录 C 不同浇筑面的回弹值修正值.....	22
附录 D 地区和专用测强曲线的制定方法.....	23
附录 E 回弹法检测混凝土抗压强度报告.....	25
附录 F 回弹法检测混凝土抗压强度记录单.....	25
本规程用词说明.....	30
引用标准名录.....	31
附：条文说明.....	32

Contents

1	General Provisions	错误!未定义书签。
2	Terms and Symbol	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbol	3
3	Rebound Hammer	4
3.1	Technical Requirements.....	4
3.2	Verification.....	4
3.3	Maintenance	5
4	Testing Technology	6
4.1	General Requirements.....	6
4.2	Rebound Value Measurement	7
4.3	Carbonation Depth Measurement	8
5	Testing Strength Curve.....	9
6	Calculation of Compressive Strength for Concrete	10
	Appendix A Conversion Table of Compressive Strength of Concrete for Test Area	12
	Appendix B Modified Value of Rebound Value under Non-horizontal Testing.....	20
	Appendix C Modified Value of Rebound Value of Different Pouring Planes.....	22
	Appendix D Method of Formulating Testing Strength Curve for Different Regionals and ProjectTypes.....	23
	Appendix E Report for Testing of Concrete Compressive Strength by Rebound Method.....	25
	Appendix F Record Sheet for Testing of Concrete Compressive Strengthby Rebound Method	26
	Explanation of Wording in this Specification	30
	List of Quoted Standards	31
	Addition: Explanation of provisions	32

1 总 则

1.0.1 为提高在雄安地区检测混凝土抗压强度（以下简称混凝土强度）的精度，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于雄安地区建设工程混凝土强度的检测。当对结构构件的混凝土强度有检测要求时，可按本规程进行检测，检测结果可作为处理混凝土质量问题的依据之一。本规程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结构构件的检测。

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 雄安新区回弹法检测混凝土强度除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 测区 test area

检测构件混凝土强度时的一个检测单元。

2.1.2 测点 test point

测区内的一个回弹检测点。

2.1.3 测区混凝土强度换算值 conversion value of concrete compressive strength of test area

由测区的回弹平均值、碳化深度值等参数，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。

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

相应于强度换算值总体分布中保证率不低于 95%的构件现龄期混凝土强度值。

2.2 符 号

d_m	——	构件所有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；
$f_{cu,m}$	——	同条件立方体试块混凝土强度平均值；
$f_{cu,m0}^c$	——	对应于钻芯部位或同条件试块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抗压强度；
$f_{cu,i}$	——	第 i 个混凝土立方体试块的抗压强度；
$f_{cu,i0}^c$	——	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；
$f_{cu,min}^c$	——	结构构件中测区混凝土强度换算值的最小值；
$f_{cu,e}$	——	结构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；
$S_{f_{cu}^c}$	——	结构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	——	测区或试块的平均回弹值；
Δ_{tot}	——	测区混凝土强度修正量。

3 回弹仪

3.1 技术要求

3.1.1 回弹仪宜为数字式，也可为指针直读式。

3.1.2 回弹仪应具有产品合格证，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《回弹仪》GB/T 9138 的要求外，尚应符合下列规定。

- 1 水平弹击时，弹击锤脱钩瞬间，回弹仪的标称能量应为 2.207J。
- 2 弹击锤与弹击杆碰撞的瞬间，弹击拉簧处于自由状态，此时弹击锤起跳点相应于指针指示刻度尺上“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 。
- 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 $(-4\sim 40)$ °C。

3.2 检 定

3.2.1 回弹仪检定周期为半年，当回弹仪有下列情况之一时，应由检测机构按现行行业标准《混凝土回弹仪》JJG 817 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 回弹仪率定试验应符合下列规定：

- 1 率定试验应在室温为 $(5\sim 35)$ °C 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 率定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，每个方向的率定值均应为 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 $(0.5 \sim 0.8)N$ ；
- 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。数字式回弹仪长期不用时，应取出电池或定期充电。

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，宜具有下列资料：

- 1 工程名称、建设单位、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；
- 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，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 回弹仪在检测前后，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：

- 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可以组成一个检验批。按批量进行检测时，应随机抽取构件，抽取数量不宜少于同批构件总数的 30%且不宜少于 10 件。当检测批构件数量大于 30 个时，抽样构件数量可适当调整，并不得少于《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 规定的最小抽检数量；
- 3 当不需要提供单个构件推定值时，每个构件的测区数可适当减少，但不应少于 3 个。

4.1.4 构件的测区应符合下列规定：

- 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 测区宜选在能使回弹仪处于水平方向的混凝土浇筑侧面。也可选使回弹仪处于非水平方向的混凝土浇筑表面或底面；

4 测区宜均匀布置在构件的两个对称可测面上，当不能布置在构件的两个对称可测面上时，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 对于弹击时产生颤动的薄壁、小型构件应进行固定。

4.1.5 测区应有清晰的标识，并宜记录测区布置情况和外观质量情况。

4.1.6 当检测条件与本规程有较大差异时，可采用在构件上钻取的混凝土芯样强度或同条件试块强度对测区混凝土强度换算值进行修正。对同一检验批混凝土修正时，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。同条件试块修正时，试块不应少于 6 个，试块边长应为 150mm。

4.2 回弹值测量与计算

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，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取应精确至 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。

4.2.3 计算测区平均回弹值时，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，其余的 10 个回弹值应按下式计算：

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{10} R_i}{10} \quad (4.2.3-1)$$

式中 R_m ——测区或试块的平均回弹值，精确至 0.1；

R_i ——测区第 i 个测点的回弹值。

4.2.4 本规程测强曲线是按混凝土浇筑侧面建立，检测时测区应选在混凝土浇筑侧面。

4.3 碳化深度值测量

4.3.1 回弹值测量完毕后，应在有代表性的测区位置上测量碳化深度值，测点不应少于构件测区数的 30%，应取其平均值作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。

4.3.2 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，且不得用水擦洗；

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晰时，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，每次读数精确至 0.25mm；

4 取三次测量的平均值作为检测结果，精确至 0.5 mm。

5 测强曲线

5.0.1 本规程列给出的混凝土测强曲线为地区测强曲线。被检测的混凝土应与制定该测强曲线混凝土的适用条件相同，不得超出该测强曲线的适用范围。

5.0.2 测区混凝土强度换算值按本规程附录进行换算时，混凝土应符合下列条件：

- 1 水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定；
- 2 砂、石应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定；
- 3 混凝土采用的外加剂、掺合料、拌合用水等符合国家现行有关标准的规定；
- 4 混凝土施工时采用的模板应符合国家现行有关标准的规定；
- 5 自然养护龄期为 14d~1000d；
- 6 混凝土强度范围为 10.0MPa~60.0MPa。

6 混凝土强度推定

6.0.1 构件第 i 个测区混凝土强度换算值，可按本规程第 4.2 节所求得平均回弹值 (R_m) 及按本规程第 4.3 节所求得平均碳化深度值 (d_m) 由本规程附录查表或计算得出。

6.0.2 构件的测区混凝土强度换算值的平均值及标准差应按下列公式计算：

$$m_{f_{cu}^c} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^c}{n} \quad (6.0.2-1)$$

$$S_{f_{cu}^c} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^c)^2 - n(m_{f_{cu}^c})^2}{n-1}} \quad (6.0.2-2)$$

式中 $m_{f_{cu}^c}$ ——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和；

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

6.0.3 构件的现龄期混凝土强度推定值 ($f_{cu,e}$) 应按下列公式确定：

1 当构件测区数少于 10 个时，应按下式计算：

$$f_{cu,e} = f_{cu,\min}^c \quad (6.0.3-1)$$

式中 $f_{cu,\min}^c$ ——结构构件中测区混凝土强度换算值的最小值。

2 当构件的测区强度值中出现小于 10.0MPa 时，应按下式确定：

$$f_{cu,e} < 10.0\text{MPa} \quad (6.0.3-2)$$

3 当构件测区数不少于 10 个，应按下式计算：

$$f_{cu,e} = m_{f_{cu}^c} - 1.645s_{f_{cu}^c} \quad (6.0.3-3)$$

结论：检验批混凝土强度宜给出推定区间。推定区间的置信度宜为 0.90，特

殊情况下可为 0.85；检验批混凝土强度的推定应符合《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 的相关规定。

6.0.4 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，该批构件应全部按单个构件检测：

- 1 该批结构构件的混凝土抗压强度平均值 $m_{f_{cu}^c}$ 小于 25.0 MPa 时，其标准差 $S_{f_{cu}^c}$ 大于 4.50 MPa；
- 2 该批结构构件的混凝土抗压强度平均值 $m_{f_{cu}^c}$ 在 25.0 MPa~50.0 MPa 的范围内时，其标准差 $S_{f_{cu}^c}$ 大于 5.50 MPa；
- 3 该批结构构件的混凝土抗压强度平均值 $m_{f_{cu}^c}$ 大于 50.0 MPa 时，其标准差 $S_{f_{cu}^c}$ 大于 6.50 MPa。

附录 A 测区混凝土强度换算表

表 A 测区混凝土强度换算表

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	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
15.0	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15.2	10.2	10.1	10.0	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15.4	10.4	10.3	10.3	10.2	10.1	10.0	—	—	—	—	—	—	—
15.6	10.6	10.6	10.5	10.4	10.3	10.2	10.1	10.0	—	—	—	—	—
15.8	10.9	10.8	10.7	10.6	10.5	10.4	10.3	10.2	10.1	10.1	10.0	—	—
16.0	11.1	11.0	10.9	10.8	10.7	10.6	10.5	10.4	10.3	10.3	10.2	10.1	10.0
16.2	11.3	11.2	11.1	11.0	10.9	10.8	10.7	10.6	10.5	10.5	10.4	10.3	10.2
16.4	11.5	11.4	11.3	11.2	11.1	11.0	10.9	10.8	10.8	10.7	10.6	10.5	10.4
16.6	11.7	11.6	11.5	11.4	11.3	11.2	11.2	11.1	11.0	10.9	10.8	10.7	10.6
16.8	12.0	11.9	11.8	11.7	11.6	11.5	11.4	11.3	11.2	11.1	11.0	10.9	10.8
17.0	12.2	12.1	12.0	11.9	11.8	11.7	11.6	11.5	11.4	11.3	11.2	11.1	11.0
17.2	12.4	12.3	12.2	12.1	12.0	11.9	11.8	11.7	11.6	11.5	11.4	11.3	11.2
17.4	12.7	12.5	12.4	12.3	12.2	12.1	12.0	11.9	11.8	11.7	11.6	11.5	11.4
17.6	12.9	12.8	12.7	12.6	12.4	12.3	12.2	12.1	12.0	11.9	11.8	11.7	11.6
17.8	13.1	13.0	12.9	12.8	12.7	12.6	12.5	12.3	12.2	12.1	12.0	11.9	11.8
18.0	13.3	13.2	13.1	13.0	12.9	12.8	12.7	12.6	12.5	12.3	12.2	12.1	12.0
18.2	13.6	13.5	13.3	13.2	13.1	13.0	12.9	12.8	12.7	12.6	12.5	12.4	12.2
18.4	13.8	13.7	13.6	13.5	13.3	13.2	13.1	13.0	12.9	12.8	12.7	12.6	12.5
18.6	14.1	13.9	13.8	13.7	13.6	13.5	13.3	13.2	13.1	13.0	12.9	12.8	12.7
18.8	14.3	14.2	14.0	13.9	13.8	13.7	13.6	13.5	13.3	13.2	13.1	13.0	12.9
19.0	14.5	14.4	14.3	14.2	14.0	13.9	13.8	13.7	13.6	13.4	13.3	13.2	13.1
19.2	14.8	14.6	14.5	14.4	14.3	14.2	14.0	13.9	13.8	13.7	13.6	13.4	13.3
19.4	15.0	14.9	14.8	14.6	14.5	14.4	14.3	14.1	14.0	13.9	13.8	13.7	13.5
19.6	15.3	15.1	15.0	14.9	14.7	14.6	14.5	14.4	14.2	14.1	14.0	13.9	13.8

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	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
19.8	15.5	15.4	15.2	15.1	15.0	14.9	14.7	14.6	14.5	14.4	14.2	14.1	14.0
20.0	15.8	15.6	15.5	15.4	15.2	15.1	15.0	14.8	14.7	14.6	14.5	14.3	14.2
20.2	16.0	15.9	15.7	15.6	15.5	15.3	15.2	15.1	14.9	14.8	14.7	14.6	14.4
20.4	16.3	16.1	16.0	15.8	15.7	15.6	15.4	15.3	15.2	15.0	14.9	14.8	14.7
20.6	16.5	16.4	16.2	16.1	15.9	15.8	15.7	15.5	15.4	15.3	15.1	15.0	14.9
20.8	16.8	16.6	16.5	16.3	16.2	16.1	15.9	15.8	15.6	15.5	15.4	15.2	15.1
21.0	17.0	16.9	16.7	16.6	16.4	16.3	16.2	16.0	15.9	15.7	15.6	15.5	15.3
21.2	17.3	17.1	17.0	16.8	16.7	16.5	16.4	16.3	16.1	16.0	15.8	15.7	15.6
21.4	17.5	17.4	17.2	17.1	16.9	16.8	16.6	16.5	16.4	16.2	16.1	15.9	15.8
21.6	17.8	17.6	17.5	17.3	17.2	17.0	16.9	16.7	16.6	16.5	16.3	16.2	16.0
21.8	18.1	17.9	17.7	17.6	17.4	17.3	17.1	17.0	16.8	16.7	16.6	16.4	16.3
22.0	18.3	18.2	18.0	17.8	17.7	17.5	17.4	17.2	17.1	16.9	16.8	16.7	16.5
22.2	18.6	18.4	18.3	18.1	17.9	17.8	17.6	17.5	17.3	17.2	17.0	16.9	16.7
22.4	18.8	18.7	18.5	18.4	18.2	18.0	17.9	17.7	17.6	17.4	17.3	17.1	17.0
22.6	19.1	18.9	18.8	18.6	18.5	18.3	18.1	18.0	17.8	17.7	17.5	17.4	17.2
22.8	19.4	19.2	19.0	18.9	18.7	18.6	18.4	18.2	18.1	17.9	17.8	17.6	17.5
23.0	19.6	19.5	19.3	19.1	19.0	18.8	18.7	18.5	18.3	18.2	18.0	17.9	17.7
23.2	19.9	19.7	19.6	19.4	19.2	19.1	18.9	18.7	18.6	18.4	18.3	18.1	18.0
23.4	20.2	20.0	19.8	19.7	19.5	19.3	19.2	19.0	18.8	18.7	18.5	18.4	18.2
23.6	20.5	20.3	20.1	19.9	19.8	19.6	19.4	19.3	19.1	18.9	18.8	18.6	18.4
23.8	20.7	20.6	20.4	20.2	20.0	19.9	19.7	19.5	19.3	19.2	19.0	18.9	18.7
24.0	21.0	20.8	20.6	20.5	20.3	20.1	19.9	19.8	19.6	19.4	19.3	19.1	18.9
24.2	21.3	21.1	20.9	20.7	20.6	20.4	20.2	20.0	19.9	19.7	19.5	19.4	19.2
24.4	21.6	21.4	21.2	21.0	20.8	20.7	20.5	20.3	20.1	20.0	19.8	19.6	19.4
24.6	21.8	21.7	21.5	21.3	21.1	20.9	20.7	20.6	20.4	20.2	20.0	19.9	19.7

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	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
24.8	22.1	21.9	21.7	21.6	21.4	21.2	21.0	20.8	20.6	20.5	20.3	20.1	19.9
25.0	22.4	22.2	22.0	21.8	21.6	21.5	21.3	21.1	20.9	20.7	20.6	20.4	20.2
25.2	22.7	22.5	22.3	22.1	21.9	21.7	21.5	21.4	21.2	21.0	20.8	20.6	20.5
25.4	23.0	22.8	22.6	22.4	22.2	22.0	21.8	21.6	21.4	21.3	21.1	20.9	20.7
25.6	23.3	23.1	22.9	22.7	22.5	22.3	22.1	21.9	21.7	21.5	21.3	21.2	21.0
25.8	23.5	23.3	23.1	22.9	22.7	22.6	22.4	22.2	22.0	21.8	21.6	21.4	21.2
26.0	23.8	23.6	23.4	23.2	23.0	22.8	22.6	22.4	22.2	22.1	21.9	21.7	21.5
26.2	24.1	23.9	23.7	23.5	23.3	23.1	22.9	22.7	22.5	22.3	22.1	21.9	21.8
26.4	24.4	24.2	24.0	23.8	23.6	23.4	23.2	23.0	22.8	22.6	22.4	22.2	22.0
26.6	24.7	24.5	24.3	24.1	23.9	23.7	23.5	23.3	23.1	22.9	22.7	22.5	22.3
26.8	25.0	24.8	24.6	24.4	24.2	23.9	23.7	23.5	23.3	23.1	22.9	22.7	22.5
27.0	25.3	25.1	24.9	24.6	24.4	24.2	24.0	23.8	23.6	23.4	23.2	23.0	22.8
27.2	25.6	25.4	25.2	24.9	24.7	24.5	24.3	24.1	23.9	23.7	23.5	23.3	23.1
27.4	25.9	25.7	25.4	25.2	25.0	24.8	24.6	24.4	24.2	24.0	23.7	23.5	23.3
27.6	26.2	26.0	25.7	25.5	25.3	25.1	24.9	24.7	24.4	24.2	24.0	23.8	23.6
27.8	26.5	26.3	26.0	25.8	25.6	25.4	25.2	24.9	24.7	24.5	24.3	24.1	23.9
28.0	26.8	26.6	26.3	26.1	25.9	25.7	25.4	25.2	25.0	24.8	24.6	24.4	24.2
28.2	27.1	26.9	26.6	26.4	26.2	25.9	25.7	25.5	25.3	25.1	24.9	24.6	24.4
28.4	27.4	27.2	26.9	26.7	26.5	26.2	26.0	25.8	25.6	25.3	25.1	24.9	24.7
28.6	27.7	27.5	27.2	27.0	26.8	26.5	26.3	26.1	25.9	25.6	25.4	25.2	25.0
28.8	28.0	27.8	27.5	27.3	27.1	26.8	26.6	26.4	26.1	25.9	25.7	25.5	25.3
29.0	28.3	28.1	27.8	27.6	27.4	27.1	26.9	26.7	26.4	26.2	26.0	25.7	25.5
29.2	28.6	28.4	28.1	27.9	27.6	27.4	27.2	26.9	26.7	26.5	26.3	26.0	25.8
29.4	28.9	28.7	28.4	28.2	27.9	27.7	27.5	27.2	27.0	26.8	26.5	26.3	26.1
29.6	29.2	29.0	28.7	28.5	28.2	28.0	27.8	27.5	27.3	27.1	26.8	26.6	26.4

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	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	29.6	29.3	29.0	28.8	28.6	28.3	28.1	27.8	27.6	27.3	27.1	26.9	26.6
30.0	29.9	29.6	29.4	29.1	28.9	28.6	28.4	28.1	27.9	27.6	27.4	27.2	26.9
30.2	30.2	29.9	29.7	29.4	29.2	28.9	28.7	28.4	28.2	27.9	27.7	27.4	27.2
30.4	30.5	30.2	30.0	29.7	29.5	29.2	29.0	28.7	28.5	28.2	28.0	27.7	27.5
30.6	30.8	30.5	30.3	30.0	29.8	29.5	29.3	29.0	28.8	28.5	28.3	28.0	27.8
30.8	31.1	30.9	30.6	30.3	30.1	29.8	29.6	29.3	29.1	28.8	28.6	28.3	28.1
31.0	31.5	31.2	30.9	30.6	30.4	30.1	29.9	29.6	29.4	29.1	28.9	28.6	28.4
31.2	31.8	31.5	31.2	31.0	30.7	30.4	30.2	29.9	29.7	29.4	29.1	28.9	28.6
31.4	32.1	31.8	31.5	31.3	31.0	30.7	30.5	30.2	30.0	29.7	29.4	29.2	28.9
31.6	32.4	32.1	31.9	31.6	31.3	31.0	30.8	30.5	30.3	30.0	29.7	29.5	29.2
31.8	32.7	32.5	32.2	31.9	31.6	31.4	31.1	30.8	30.6	30.3	30.0	29.8	29.5
32.0	33.1	32.8	32.5	32.2	31.9	31.7	31.4	31.1	30.9	30.6	30.3	30.1	29.8
32.2	33.4	33.1	32.8	32.5	32.3	32.0	31.7	31.4	31.2	30.9	30.6	30.4	30.1
32.4	33.7	33.4	33.1	32.9	32.6	32.3	32.0	31.7	31.5	31.2	30.9	30.7	30.4
32.6	34.0	33.8	33.5	33.2	32.9	32.6	32.3	32.1	31.8	31.5	31.2	31.0	30.7
32.8	34.4	34.1	33.8	33.5	33.2	32.9	32.6	32.4	32.1	31.8	31.5	31.3	31.0
33.0	34.7	34.4	34.1	33.8	33.5	33.2	33.0	32.7	32.4	32.1	31.8	31.6	31.3
33.2	35.0	34.7	34.4	34.1	33.9	33.6	33.3	33.0	32.7	32.4	32.1	31.9	31.6
33.4	35.4	35.1	34.8	34.5	34.2	33.9	33.6	33.3	33.0	32.7	32.5	32.2	31.9
33.6	35.7	35.4	35.1	34.8	34.5	34.2	33.9	33.6	33.3	33.0	32.8	32.5	32.2
33.8	36.0	35.7	35.4	35.1	34.8	34.5	34.2	33.9	33.6	33.4	33.1	32.8	32.5
34.0	36.4	36.1	35.8	35.5	35.2	34.8	34.5	34.3	34.0	33.7	33.4	33.1	32.8
34.2	36.7	36.4	36.1	35.8	35.5	35.2	34.9	34.6	34.3	34.0	33.7	33.4	33.1
34.4	37.1	36.7	36.4	36.1	35.8	35.5	35.2	34.9	34.6	34.3	34.0	33.7	33.4
34.6	37.4	37.1	36.8	36.4	36.1	35.8	35.5	35.2	34.9	34.6	34.3	34.0	33.7

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	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	37.7	37.4	37.1	36.8	36.5	36.2	35.8	35.5	35.2	34.9	34.6	34.3	34.0
35.0	38.1	37.8	37.4	37.1	36.8	36.5	36.2	35.9	35.5	35.2	34.9	34.6	34.3
35.2	38.4	38.1	37.8	37.4	37.1	36.8	36.5	36.2	35.9	35.6	35.3	35.0	34.7
35.4	38.8	38.4	38.1	37.8	37.5	37.1	36.8	36.5	36.2	35.9	35.6	35.3	35.0
35.6	39.1	38.8	38.5	38.1	37.8	37.5	37.1	36.8	36.5	36.2	35.9	35.6	35.3
35.8	39.5	39.1	38.8	38.5	38.1	37.8	37.5	37.2	36.8	36.5	36.2	35.9	35.6
36.0	39.8	39.5	39.1	38.8	38.5	38.1	37.8	37.5	37.2	36.8	36.5	36.2	35.9
36.2	40.2	39.8	39.5	39.1	38.8	38.5	38.1	37.8	37.5	37.2	36.8	36.5	36.2
36.4	40.5	40.2	39.8	39.5	39.1	38.8	38.5	38.1	37.8	37.5	37.2	36.8	36.5
36.6	40.9	40.5	40.2	39.8	39.5	39.1	38.8	38.5	38.1	37.8	37.5	37.2	36.8
36.8	41.2	40.9	40.5	40.2	39.8	39.5	39.1	38.8	38.5	38.1	37.8	37.5	37.2
37.0	41.6	41.2	40.9	40.5	40.2	39.8	39.5	39.1	38.8	38.5	38.1	37.8	37.5
37.2	41.9	41.6	41.2	40.9	40.5	40.2	39.8	39.5	39.1	38.8	38.5	38.1	37.8
37.4	42.3	41.9	41.6	41.2	40.9	40.5	40.2	39.8	39.5	39.1	38.8	38.5	38.1
37.6	42.6	42.3	41.9	41.6	41.2	40.8	40.5	40.1	39.8	39.5	39.1	38.8	38.4
37.8	43.0	42.6	42.3	41.9	41.5	41.2	40.8	40.5	40.1	39.8	39.4	39.1	38.8
38.0	43.4	43.0	42.6	42.3	41.9	41.5	41.2	40.8	40.5	40.1	39.8	39.4	39.1
38.2	43.7	43.3	43.0	42.6	42.2	41.9	41.5	41.2	40.8	40.5	40.1	39.8	39.4
38.4	44.1	43.7	43.3	43.0	42.6	42.2	41.9	41.5	41.1	40.8	40.4	40.1	39.7
38.6	44.4	44.1	43.7	43.3	42.9	42.6	42.2	41.8	41.5	41.1	40.8	40.4	40.1
38.8	44.8	44.4	44.0	43.7	43.3	42.9	42.5	42.2	41.8	41.5	41.1	40.8	40.4
39.0	45.2	44.8	44.4	44.0	43.6	43.3	42.9	42.5	42.2	41.8	41.4	41.1	40.7
39.2	45.5	45.1	44.8	44.4	44.0	43.6	43.2	42.9	42.5	42.1	41.8	41.4	41.1
39.4	45.9	45.5	45.1	44.7	44.3	44.0	43.6	43.2	42.8	42.5	42.1	41.8	41.4
39.6	46.3	45.9	45.5	45.1	44.7	44.3	43.9	43.6	43.2	42.8	42.5	42.1	41.7

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	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	46.6	46.2	45.8	45.5	45.1	44.7	44.3	43.9	43.5	43.2	42.8	42.4	42.1
40.0	47.0	46.6	46.2	45.8	45.4	45.0	44.6	44.3	43.9	43.5	43.1	42.8	42.4
40.2	47.4	47.0	46.6	46.2	45.8	45.4	45.0	44.6	44.2	43.8	43.5	43.1	42.7
40.4	47.8	47.3	46.9	46.5	46.1	45.7	45.3	45.0	44.6	44.2	43.8	43.4	43.1
40.6	48.1	47.7	47.3	46.9	46.5	46.1	45.7	45.3	44.9	44.5	44.2	43.8	43.4
40.8	48.5	48.1	47.7	47.3	46.9	46.5	46.1	45.7	45.3	44.9	44.5	44.1	43.7
41.0	48.9	48.5	48.0	47.6	47.2	46.8	46.4	46.0	45.6	45.2	44.8	44.5	44.1
41.2	49.3	48.8	48.4	48.0	47.6	47.2	46.8	46.4	46.0	45.6	45.2	44.8	44.4
41.4	49.6	49.2	48.8	48.4	48.0	47.5	47.1	46.7	46.3	45.9	45.5	45.1	44.8
41.6	50.0	49.6	49.2	48.7	48.3	47.9	47.5	47.1	46.7	46.3	45.9	45.5	45.1
41.8	50.4	50.0	49.5	49.1	48.7	48.3	47.9	47.4	47.0	46.6	46.2	45.8	45.4
42.0	50.8	50.3	49.9	49.5	49.1	48.6	48.2	47.8	47.4	47.0	46.6	46.2	45.8
42.2	51.2	50.7	50.3	49.8	49.4	49.0	48.6	48.2	47.7	47.3	46.9	46.5	46.1
42.4	51.5	51.1	50.7	50.2	49.8	49.4	48.9	48.5	48.1	47.7	47.3	46.9	46.5
42.6	51.9	51.5	51.0	50.6	50.2	49.7	49.3	48.9	48.5	48.0	47.6	47.2	46.8
42.8	52.3	51.9	51.4	51.0	50.5	50.1	49.7	49.2	48.8	48.4	48.0	47.6	47.2
43.0	52.7	52.2	51.8	51.3	50.9	50.5	50.0	49.6	49.2	48.8	48.3	47.9	47.5
43.2	53.1	52.6	52.2	51.7	51.3	50.8	50.4	50.0	49.5	49.1	48.7	48.3	47.9
43.4	53.5	53.0	52.6	52.1	51.7	51.2	50.8	50.3	49.9	49.5	49.1	48.6	48.2
43.6	53.9	53.4	52.9	52.5	52.0	51.6	51.1	50.7	50.3	49.8	49.4	49.0	48.6
43.8	54.2	53.8	53.3	52.9	52.4	52.0	51.5	51.1	50.6	50.2	49.8	49.3	48.9
44.0	54.6	54.2	53.7	53.2	52.8	52.3	51.9	51.4	51.0	50.6	50.1	49.7	49.3
44.2	55.0	54.6	54.1	53.6	53.2	52.7	52.3	51.8	51.4	50.9	50.5	50.0	49.6
44.4	55.4	54.9	54.5	54.0	53.5	53.1	52.6	52.2	51.7	51.3	50.8	50.4	50.0
44.6	55.8	55.3	54.9	54.4	53.9	53.5	53.0	52.5	52.1	51.6	51.2	50.8	50.3

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	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥ 6
44.8	56.2	55.7	55.3	54.8	54.3	53.8	53.4	52.9	52.5	52.0	51.6	51.1	50.7
45.0	56.6	56.1	55.6	55.2	54.7	54.2	53.8	53.3	52.8	52.4	51.9	51.5	51.0
45.2	57.0	56.5	56.0	55.6	55.1	54.6	54.1	53.7	53.2	52.7	52.3	51.8	51.4
45.4	57.4	56.9	56.4	55.9	55.5	55.0	54.5	54.0	53.6	53.1	52.7	52.2	51.8
45.6	57.8	57.3	56.8	56.3	55.8	55.4	54.9	54.4	54.0	53.5	53.0	52.6	52.1
45.8	58.2	57.7	57.2	56.7	56.2	55.7	55.3	54.8	54.3	53.9	53.4	52.9	52.5
46.0	58.6	58.1	57.6	57.1	56.6	56.1	55.7	55.2	54.7	54.2	53.8	53.3	52.8
46.2	59.0	58.5	58.0	57.5	57.0	56.5	56.0	55.6	55.1	54.6	54.1	53.7	53.2
46.4	59.4	58.9	58.4	57.9	57.4	56.9	56.4	55.9	55.5	55.0	54.5	54.0	53.6
46.6	59.8	59.3	58.8	58.3	57.8	57.3	56.8	56.3	55.8	55.3	54.9	54.4	53.9
46.8	—	59.7	59.2	58.7	58.2	57.7	57.2	56.7	56.2	55.7	55.2	54.8	54.3
47.0	—	—	59.6	59.1	58.6	58.1	57.6	57.1	56.6	56.1	55.6	55.1	54.7
47.2	—	—	60.0	59.5	59.0	58.5	58.0	57.5	57.0	56.5	56.0	55.5	55.0
47.4	—	—	—	59.9	59.4	58.9	58.3	57.8	57.3	56.9	56.4	55.9	55.4
47.6	—	—	—	60.3	59.8	59.2	58.7	58.2	57.7	57.2	56.7	56.3	55.8
47.8	—	—	—	—	—	59.6	59.1	58.6	58.1	57.6	57.1	56.6	56.1
48.0	—	—	—	—	—	60.0	59.5	59.0	58.5	58.0	57.5	57.0	56.5
48.2	—	—	—	—	—	—	59.9	59.4	58.9	58.4	57.9	57.4	56.9
48.4	—	—	—	—	—	—	—	59.8	59.3	58.8	58.3	57.8	57.3
48.6	—	—	—	—	—	—	—	—	59.7	59.1	58.6	58.1	57.6
48.8	—	—	—	—	—	—	—	—	60.0	59.5	59.0	58.5	58.0
49.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.9	59.4	58.9	58.4
49.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.8	59.3	58.8
49.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.6	59.1
49.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60.0	59.5

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	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6
49.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.9

注：1、表中未注明的测区混凝土换算值为小于 10.0MPa 或大于 60.0MPa；

2、表中数值是根据曲线方程 $f = 0.139843 \times R^{1.577084} \times 10^{-0.007492 \times d_m}$ 。

附录 B 非水平方向检测时的回弹值修正值

表 B 非水平方向检测时的回弹值修正值

$R_{m\alpha}$	检 测 角 度							
	向 上				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
21	-5.9	-4.9	-4.0	-3.0	+2.5	+3.0	+3.5	+4.0
22	-5.8	-4.8	-3.9	-2.9	+2.4	+2.9	+3.4	+3.9
23	-5.7	-4.7	-3.9	-2.9	+2.4	+2.9	+3.4	+3.9
24	-5.6	-4.6	-3.8	-2.8	+2.3	+2.8	+3.3	+3.8
25	-5.5	-4.5	-3.8	-2.8	+2.3	+2.8	+3.3	+3.8
26	-5.4	-4.4	-3.7	-2.7	+2.2	+2.7	+3.2	+3.7
27	-5.3	-4.3	-3.7	-2.7	+2.2	+2.7	+3.2	+3.7
28	-5.2	-4.2	-3.6	-2.6	+2.1	+2.6	+3.1	+3.6
29	-5.1	-4.1	-3.6	-2.6	+2.1	+2.6	+3.1	+3.6
30	-5.0	-4.0	-3.5	-2.5	+2.0	+2.5	+3.0	+3.5
31	-4.9	-4.0	-3.5	-2.5	+2.0	+2.5	+3.0	+3.5
32	-4.8	-3.9	-3.4	-2.4	+1.9	+2.4	+2.9	+3.4
33	-4.7	-3.9	-3.4	-2.4	+1.9	+2.4	+2.9	+3.4
34	-4.6	-3.8	-3.3	-2.3	+1.8	+2.3	+2.8	+3.3
35	-4.5	-3.8	-3.3	-2.3	+1.8	+2.3	+2.8	+3.3
36	-4.4	-3.7	-3.2	-2.2	+1.7	+2.2	+2.7	+3.2
37	-4.3	-3.7	-3.2	-2.2	+1.7	+2.2	+2.7	+3.2
38	-4.2	-3.6	-3.1	-2.1	+1.6	+2.1	+2.6	+3.1
39	-4.1	-3.6	-3.1	-2.1	+1.6	+2.1	+2.6	+3.1
40	-4.0	-3.5	-3.0	-2.0	+1.5	+2.0	+2.5	+3.0
41	-4.0	-3.5	-3.0	-2.0	+1.5	+2.0	+2.5	+3.0

42	-3.9	-3.4	-2.9	-1.9	+1.4	+1.9	+2.4	+2.9
43	-3.9	-3.4	-2.9	-1.9	+1.4	+1.9	+2.4	+2.9
44	-3.8	-3.3	-2.8	-1.8	+1.3	+1.8	+2.3	+2.8
45	-3.8	-3.3	-2.8	-1.8	+1.3	+1.8	+2.3	+2.8
46	-3.7	-3.2	-2.7	-1.7	+1.2	+1.7	+2.2	+2.7
47	-3.7	-3.2	-2.7	-1.7	+1.2	+1.7	+2.2	+2.7
48	-3.6	-3.1	-2.6	-1.6	+1.1	+1.6	+2.1	+2.6
49	-3.6	-3.1	-2.6	-1.6	+1.1	+1.6	+2.1	+2.6
50	-3.5	-3.0	-2.5	-1.5	+1.0	+1.5	+2.0	+2.5

注：1、 R_{ma} 小于 20 或大于 50 时，分别按 20 或 50 查表；

2、表中未列入的相应于 R_{ma} 的修正值 R_{ma} ，可用内插法求得，精确至 0.1。

附录 C 不同浇筑面的回弹值修正值

表 C 不同浇筑面的回弹值修正值

R_m^t 或 R_m^b	表面修正值 (R_a^t)	底面修正值 (R_b^a)	R_m^t 或 R_m^b	表面修正值 (R_a^t)	底面修正值 (R_b^a)
20	+2.5	-3.0	36	+0.9	-1.4
21	+2.4	-2.9	37	+0.8	-1.3
22	+2.3	-2.8	38	+0.7	-1.2
23	+2.2	-2.7	39	+0.6	-1.1
24	+2.1	-2.6	40	+0.5	-1.0
25	+2.0	-2.5	41	+0.4	-0.9
26	+1.9	-2.4	42	+0.3	-0.8
27	+1.8	-2.3	43	+0.2	-0.7
28	+1.7	-2.2	44	+0.1	-0.6
29	+1.6	-2.1	45	0	-0.5
30	+1.5	-2.0	46	0	-0.4
31	+1.4	-1.9	47	0	-0.3
32	+1.3	-1.8	48	0	-0.2
33	+1.2	-1.7	49	0	-0.1
34	+1.1	-1.6	50	0	0
35	+1.0	-1.5	—	—	—

注：1 R_m^t 或 R_m^b 小于 20 或大于 50 时，分别按 20 或 50 查表；

2 表中有关混凝土浇筑表面的修正系数，是指一般原浆抹面的修正值；

3 表中有关混凝土浇筑底面的修正系数，是指构件底面与侧面采用同一类模板在正常浇筑情况下的修正值；

4 表中未列入相应于 R_m^t 或 R_m^b 的 R_a^t 和 R_b^a ，可用内插法求得，精确至 0.1。

附录 D 地区和专用测强曲线的制定方法

D.0.1 制定地区和专用测强曲线的试块应与被测构件在原材料(含品种、规格)、成型工艺、养护方法等方面条件相同。

D.0.2 试块的制作、养护应符合下列规定：

1 C10~C60 混凝土按最佳配合比设计 5 个强度等级，每一强度等级不同龄期分别制作不少于 6 个 150mm 立方体试块；

2 在成型 24h 后，应将试块移至与被测构件相同条件下养护，试块拆模日期宜与构件的拆模日期相同。

D.0.3 试块的测试应符合下列规定：

1 擦净试块表面，以浇筑侧面的两个相对面置于压力机的上下承压板之间，加压（60~100）kN（低强度试件取低值）；

2 在试块保持压力下，用符合本规程第 3.1.3 条规定的标准状态的回弹仪和本规程 4.2.1 条规定的操作方法，在试块的两个侧面上分别弹击 8 个点；

3 从每一试块的 16 个回弹值中分别剔除 3 个最大值和 3 个最小值，以余下的 10 个回弹值的平均值（计算精确至 0.1）作为该试块的平均回弹值 R_m ；

4 将试块加荷直至破坏，计算试块的抗压强度值 f_{cu} (MPa),精确至 0.1 MPa;

5 按本规程 4.3 条在破坏后的试块边缘测量该试块的平均碳化深度值。

D.0.4 地区和专用测强曲线的计算应符合下列规定：

1 地区和专用测强曲线的回归方程式,应按每一试件测得的 R_m 、 d_m 和 f_{cu} ，采用最小二乘法原理计算；

2 回归方程宜采用以下函数关系式：

$$f_{cu}^c = aR_m^b \cdot 10^{cdm} \quad (\text{G.0.4-1})$$

3 用下式计算回归方程式的强度平均相对误差 δ 和强度相对标准差 e_r ，当 δ 和 e_r 均符合第 6.3.1 条规定时,即可报请上级主管部门审批。

$$\delta = \pm \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{f_{cu,i}^c}{f_{cu,i}} - 1 \right| \times 100 \quad (\text{G.0.4-2})$$

$$e_r = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{f_{cu,i}^c}{f_{cu,i}} - 1 \right)^2} \times 100 \quad (\text{G.0.4-3})$$

式中： δ —回归方程式的强度平均相对误差（%），精确至 0.1；

e_r —回归方程式的强度相对标准差（%），精确至 0.1；

$f_{cu, i}$ —由第 i 个试块抗压试验得出的混凝土抗压强度值（MPa），

精确至 0.1 MPa；

$f_{cu, i}^c$ —由同一试块的平均回弹值 R_m 及平均碳化深度值 d_m 按回归方

程式算出的混凝土的强度换算值（MPa），精确至 0.1MPa；

n —制定回归方程式的试件数。

附录 F 回弹法检测混凝土抗压强度记录单

表 F-1 混凝土构件位置原始记录单

合同编号：

记录单编号：

工程名称					
工程地址					
构件类型			检测批数		
检测批编号	G1	G2	G3	...	...
构件数量					
设计等级					
浇筑日期					
构件编号	构件位置		构件编号	构件位置	
1			.....	
2			.....	
3			.....	
4			.....	
5			.....	
6			.....	
7			.....	
8			.....	
9			.....	
10			.....	
.....				
.....				
.....				
备注					

记录：

复核：

检测日期：

表 F-2 混凝土构件回弹测区分布及碳化深度测量原始记录

合同编号：

记录单编号：

合同编号：

记录单编号：

工程名称											
工程地址											
构件编号				构件位置							
碳化尺	型号			管理编号				检定证号			
测区碳化深度 d_i (mm)										构件碳化深度	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	d_m (mm)	
构件回弹（碳化）测区位置示意图											
检测人员资格证号 1						检测人员资格证号 2					
备注：		表中测区碳化深度值 d_i 是该碳化测点连续测量 3 次结果的平均值，精确至 0.25mm。									

检测：

复核：

检测日期：

表 F-3 混凝土构件回弹测量与计算原始记录单

合同编号：

记录单编号：

工程名称															
工程地址															
构件编号	.....	构件位置													
设计等级					浇筑日期										
测区	回弹值 R_i												R_m	碳化深度 d_i (mm)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1															
2															
3															
...															
9															
10															
测面状态				回 弹 仪	型号		回弹仪检定证号								
					管理编号		检测人员证号 1								
测试角度					率定值		检测人员证号 2								

表 F-4 构件混凝土强度计算表

测区		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
回 弹 值	测区平均值										
	角度修正值										
	角度修正后										
	浇筑面修正值										
	浇筑面修正后										
碳化深度 (mm)											
测区强度值 (MPa)											
比对修正值 (MPa)											
比对修正后 (MPa)											
强度计算 (MPa)											
测区强度换算曲线											
执行标准											
备注:											

检测:

复核:

检测日期:

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”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

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

引用标准名录

- 1 《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107
- 2 《混凝土结构现场检测技术标准》 GB/T 50784
- 3 《回弹仪》 GB/T 9138
- 4 《钻芯法检测混凝土强度技术规程》 JGJ 384
- 5 《回弹仪》 JJG 817

雄安新区地方标准

回弹法检测混凝土抗压强度技术规程

条文说明

目 录

1 总 则	34
3 回弹仪	35
3.1 技术要求	35
3.2 检定	36
3.3 保养	37
4 检测技术	38
4.1 一般规定	38
4.2 回弹值测量与计算	40
4.3 碳化深度测量	41
5 测强曲线	42
6 混凝土强度的计算	43

1 总 则

1.0.1 统一回弹仪检测方法，保证检测精度是本规程制定的目的。回弹法在我国已使用了几十年，应用非常广泛，为了保证检测的准确性和可靠性，就必须统一检测方法。

1.0.2 本条所指的普通混凝土系主要由水泥、砂、石、外加剂、掺合料和水配制的密度为 $2000\text{kg/m}^3 \sim 2800\text{kg/m}^3$ 的混凝土。

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培训并持有相应的资格证书。

1.0.4 凡本规程涉及的其他有关方面，例如钻芯取样，高空、深坑作业时的安全技术和劳动保护等，均应遵守相应的标准和规范。

3 回弹仪

3.1 技术要求

3.1.1 随着光电子技术在回弹仪上的应用，国内数字式回弹仪的技术水平有了很大的提高，技术上已经成熟，我国一些回弹仪企业生产的数字回弹仪性能已相当稳定。为了推广和应用先进技术，提高工作效率，减少人为产生的读数、记录、计算等过程出现差错，因此，本条规定可使用数字式回弹仪也可使用传统指针直读式回弹仪。

3.1.2 由于回弹仪为计量仪器，因此在回弹仪明显的位置上要标明名称、型号、制造厂名、生产编号及生产日期。

3.1.3 回弹仪的质量及测试性能直接影响混凝土强度推定结果的准确性。根据多年对回弹仪的测试性能试验研究，编制组认为：回弹仪的标准状态是统一仪器性能的基础，是使回弹法广泛应用于现场的关键所在；只有采用质量统一，性能一致的回弹仪，才能保证测试结果的可靠性，并能在同一水平上进行比较。在此基础上，提出了下列回弹仪标准状态的各项具体指标：

1 水平弹击时，对于中型回弹仪弹击锤脱钩的瞬间，回弹仪的标准能量 E ，即中型回弹仪弹击拉簧恢复原始状态所作的功为：

$$E = \frac{1}{2} KL^2 = \frac{1}{2} \times 784.532 \times 0.075^2 = 2.207J$$

式中：

K ——弹击拉簧的刚度系数（N/m）；

L ——弹击拉簧工作时拉伸长度（m）。

2 弹击锤与弹击杆碰撞瞬间，弹击拉簧应处于自由状态，此时弹击锤起跳点应相应于刻度尺上的“0”处，同时弹击锤应在相应于刻度尺上的“100”处脱钩，也即在“0”处起跳。

试验表明，当弹击拉簧的工作长度、拉伸长度及弹击锤的起跳点不符合以上规定的要求，即不符合回弹仪工作的标准状态时，则各仪器在同一试块上测得的回弹值的极差高达 7.82 分度值，调为标准状态后，极差为 1.72 分度值。

3 检验回弹仪的率定值是否符合 80 ± 2 的作用是：检验回弹仪的标称能量是否

为 2.207J；回弹仪的测试性能是否稳定；机芯的滑动部分是否有污垢等。

当钢砧率定值达不到规定值时，不允许用混凝土试块上的回弹值予以修正，更不允许旋转调零螺丝人为地使其达到率定值。试验表明上述方法不符合回弹仪测试性能，破坏了零点起跳亦即使回弹仪处于非标准状态。此时，可按本规程第 3.3 节要求进行常规保养，若保养后仍不合格，可送检定单位检定。

4 现有绝大多数数字式回弹仪都是在传统机械构造和标准技术参数的基础上实现回弹值的数字化采样的，即现有数字式回弹仪所得到的回弹值采样系统都是把回弹仪的指针示值实现数字化采样。也只有这种形式的数字回弹仪才符合现行回弹法技术规程的使用要求。

市场上少数劣质数字回弹仪采样系统所采用的技术手段落后、器件质量耐久性差，工作不久就经常出现采样数据与实际指针回弹值发生偏差的故障。如早期机械接触式数显回弹仪，由于采样系统的电阻片耐久性差，容易发生低值区严重磨损出现率定值（采样高值区）正确而实际检测值（采样低值区）严重失真的情况。

保留人工直读示值系统能使数字回弹仪的操作者在实际检测过程中随时核对数字回弹仪所显示的采样值是否与指针示值相同，及时发现仪器采样系统的故障。

如数字回弹仪不保留人工直读示值系统，检测单位或操作人员将难以及时发现和判断数字回弹仪采样系统的故障，极易造成检测结果错误，严重时将影响被测建筑物的安全性判断。因此，规定数字式回弹仪应带有指针直读系统，这是保证数字式回弹仪的数字显示与指针显示一致性的基本要求。

3.1.4 环境温度异常时，对回弹仪的性能有影响，故规定了其使用时的环境温度。

3.2 检 定

3.2.1 本条指出，检定混凝土回弹仪的单位应由主管部门授权，并按照国家计量检定规程《回弹仪》JJG817（新修订的计量检定规程将原《混凝土回弹仪》更名为《回弹仪》）进行。开展检定工作要备有回弹仪检定器、拉簧刚度测量仪等设备。目前有的地区或部门不具备检定回弹仪的资格及条件，甚至不懂得回弹仪的标准状态，进行调整调零螺丝以使其钢砧率定值达到 80 ± 2 的错误做法；有的没

有检定设备也开展检定工作，以至于影响了回弹法的正确推广应用。因此，有必要强调检定单位的资格和统一检定回弹仪的方法。

目前，回弹仪生产不能完全保证每台新回弹仪均为标准状态，因此新回弹仪在使用前必须检定。回弹仪检定期限为半年，这样规定比较符合我国目前使用回弹仪的情况。原规程规定的 6000 次，是参照国内外有关试验资料而定的。一般情况下，如不超过这一界限，正常质量的弹击拉簧不会产生显著的塑性变形而影响其工作性能。但是，6000 次如何具体定量，相对较困难，所以这次予以删除，用半年期限和其他参数控制。

3.2.2 本条给出了回弹仪的率定方法。

3.2.3 钢砧的钢芯硬度和表面状态会随着弹击次数的增加而变化，故规定钢砧应每两年校验一次。

3.3 保 养

3.3.1 本条主要规定了回弹仪常规保养的要求。

3.3.2 本条给出了回弹仪常规保养的步骤。进行常规保养时，必须先使弹击锤脱钩后再取出机芯，否则会使弹击杆突然伸出造成伤害。取机芯时要将指针轴向上轻轻抽出，以免造成指针片折断。此外，各零部件清洗完后，不能在指针轴上抹油，否则，使用中由于指针轴的油污垢，将使指针摩擦力变化，直接影响检测结果。数字式回弹仪结构和原理较复杂，其厂商已提供了使用和维护手册，应按该手册的要求进行维护和保养。

3.3.3 回弹仪每次使用完毕后，应及时清除表面污垢。不用时，应将弹击杆压入仪器内，必须经弹击后方可按下按钮锁住机芯，如果未经弹击而锁住机芯，将使弹击拉簧在不工作时仍处于受拉状态，极易因疲劳而损坏。存放时回弹仪应平放在干燥阴凉处，如存放地点潮湿将会使仪器锈蚀。

4 检测技术

4.1 一般规定

4.1.1 本条列举的 1~6 项资料,是为了对被检测的构件有全面、系统的了解。此外,必须了解水泥的安定性。如水泥安定性不合格则不能检测,如不能确切提供水泥安定性合格与否则应在检测报告上说明,以免产生由于后期混凝土强度因水泥安定性不合格而降低或丧失所引起的事责任不清的问题。另外,也应了解清楚混凝土成型日期,这样可以推算出检测时构件混凝土的龄期。

4.1.2 本条是为了保证在使用中及时发现和纠正回弹仪的非标准状态。

4.1.3 由于回弹法测试具有快速、简便的特点,能在短期内进行较多数量的检测,以取得代表性较高的总体混凝土强度数据,故规定:按批进行检测的构件,抽检数量不得少于同批构件总数的 30%且构件数量不得少于 10 个。当检验批构件数量过多时,抽检构件数量可按照《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 进行适当调整。

此外,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 某一方向尺寸不大于 4.5m 且另一方向尺寸不大于 0.3m 时,作为是否需要 10 个测区数的界线。另外,当受检构件数量较多且混凝土质量较均匀时,如果还按 10 个测区,检测工作量太大,可以适当减少测区数量,但不得少于 5 个测区。

检测构件布置测区时,相邻两测区的间距及测区离构件端部或施工缝的距离应遵守本条规定。布置测区时,宜选在构件两个对称的可测面上。当可测面的对称面无法检测时,也可在一个检测面上布置测区。

检测面应为混凝土原浆面,已经粉刷的构件应将粉刷层清除干净,不可将粉刷层当作混凝土原浆面进行检测。如果养护不当,混凝土表面会产生疏松层,尤其在气候干燥地区更应注意,应将疏松层清除后方可检测,否则会造成误判。

对于薄壁小型构件，如果约束力不够，回弹时产生颤动，会造成回弹能量损失，使检测结果偏低。因此必须加以可靠支撑，使之有足够的约束力时方可检测。

4.1.5 在记录纸上描述测区在构件上的位置和外观质量（例如有无裂缝），目的是以备推定和分析处理构件混凝土强度时参考。

4.1.6 当检测条件与测强曲线的适用条件有较大差异时，例如龄期、成型工艺、养护条件等有差异时，可以采用钻取混凝土芯样或同条件试块进行修正，修正时试件数量应不少于 6 个。芯样数量太少代表性不够，且离散较大。如果数量过大，则钻取芯工作量太大，有些构件又不宜取过多芯样，否则影响其结构安全性，因此，规定芯样数量不少于 6 个。考虑到芯样强度计算时，不同的规格修正会带来新的误差，因此规定芯样的直径宜为 100mm，高径比为 1。另外，需要指出的是，此处每一个钻取芯样的部位均应在回弹测区内，先测定测区回弹值、碳化深度值，然后再钻取芯样。不可以将较长芯样沿长度方向截取为几个芯样试件来计算修正值。芯样的钻取、加工、计算可参照中国工程建设标准化协会标准《钻芯法检测混凝土强度技术规程》CECS03 的规定执行。同样，同条件试块修正时，试块数量不少于 6 个，试块边长应为 150mm，避免试块尺寸不同进行换算时带来二次误差。

为了更精确、合理的对测区混凝土强度进行修正，修订编制组经过反复讨论，推荐采用修正量方法对测区混凝土强度进行修正。具体理由如下：

1 国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T50344-2004 的第 4.3.3 条文为“采用钻芯修正法时，宜选用总体修正量的方法。”中国工程建设标准化协会标准《钻芯法检测混凝土强度技术规程》CECS03：2007 的第 3.3.1 条文为“对间接测强方法进行钻芯修正时，宜采用修正量的方法”；

2 经过数学公式的推定及查阅国内相关的技术文章，得出统一结论：修正量方法对测区强度进行修正后，只修正混凝土测区强度值，不会改变同一构件或同批构件的标准差；

3 根据 CECS03: 2007 的条文解释, 修正量的概念与现行国家标准《数据的统计处理和解释在成对观测值情形下两个均值的比较》GB/T3361 的概念相符; 欧洲标准《Assessment of in-suit compressive strength in structures and precast concrete components》BSEN13791: 2007 也采取修正量的方法。

4.2 回弹值测量与计算

4.2.1 检测时, 应注意回弹仪的轴线应始终垂直于混凝土检测面, 并且缓慢施压不能冲击, 否则回弹值读数不准确。

4.2.2 本条规定每一测区记取 16 点回弹值, 它不包含弹击隐藏在薄薄一层水泥浆下的气孔或石子上的数值, 这两种数值与该测区的正常回弹值偏差很大, 很好判断。同一测点只允许弹击一次, 若重复弹击则后者回弹值高于前者, 这是因为经弹击后该局部位置较密实, 再弹击时吸收的能量较小从而使回弹值偏高。

4.2.3 本条规定了计算平均回弹值的方法。

4.2.4 因本标准回弹曲线的建立是以试块的侧面取值计算所得, 因此检测时应选构件浇筑侧面进行回弹。

4.3 碳化深度测量

4.3.1 本规程附录 A 中测区混凝土强度换算值由回弹值及碳化深度值两个因素确定, 因此需要具体确定每一个测区的碳化深度值。当出现测区间碳化深度值极差大于 2.0mm 情况时, 可能预示该构件混凝土强度不均匀, 因此要求每一测区应分别测量碳化深度值。

4.3.2 由于现在所用水泥掺合料品种繁多, 有些水泥水化后不能立即呈现碳化与未碳化的界线, 需等待一段时间显现。因此本条规定了量测碳化深度时, 需待碳化与未碳化界线清楚时再进行量测的内容。与回弹值一样, 碳化深度值的测量准确与否, 直接影响推定混凝土强度的准确性, 因此在测量碳化深度值时应为垂直距离, 并非孔洞中显现的非垂直距离。测量碳化深度值时应采用专用碳化深度测量仪, 每个点测量 3 次, 每次测量碳化深度可以精确到 0.25mm, 3 次测量结果取平均值, 精确到 0.5mm。当测区的碳化深度的极差大于 2.0mm 时, 可能预

示着该构件的混凝土强度不均匀，因此要求每一个测区均需要测量碳化深度值。征求意见稿中有些专家提出“用 2% 的酚酞酒精溶液来显示碳化深度，效果较好”，经编制组的多次试验，1% 的酚酞酒精溶液和 2% 的酚酞酒精溶液差别不大，因此将原来规定的 1% 的酒精酚酞溶液改为 1%~2% 的酚酞酒精溶液。对于因养护不当及酸性隔离剂等因素引起的异常碳化，可用其他方法对检测结果进行修正。

5 测强曲线

5.0.2 为了适用雄安新区混凝土技术的发展，提高回弹法检测的精度，本次实验数据的采集采用了 13 个不同的配合比，每个配合比的混凝土试块由 C15～C60 不同的混凝土强度等级分别浇筑。各参建单位共采集数据 2537 组。按照最小二乘法原理，通过回归得到幂函数曲线为 $f = 0.139843 \times R^{1.577084} \times 10^{-0.007492 \times d_m}$ 其强度误差值为：平均相对误差（ δ ） $\pm 11.18\%$ ；相对标准差（ er ） 16.70% 。该曲线方程与全国部分地方曲线方程相比，在混凝土抗压强度区间（10.0～60.0）MPa 范围内，各地的测强曲线中回弹值既有一定的差异，同时又比较接近，这就充分说明了本次修订的泵送混凝土的测强曲线具有广泛的适应性和可靠性。

下面是全国部分地方曲线方程强度在（10.0～60.0）MPa 范围内的回弹区间：

陕西省回弹值 17.0～48.6 强度值（MPa）10.0～59.8；

山东省回弹值 20.6～45.8 强度值（MPa）9.8～60.1；

浙江省（碎石）回弹值 18.2～47.6 强度值（MPa）13.1～59.9；

浙江省（卵石）回弹值 20.0～48.0 强度值（MPa）10.3～60.0；

辽宁省回弹值 20.0～54.8 强度值（MPa）10.0～60.0；

北京市回弹值 20.0～50.0 强度值（MPa）10.9～60.1；

唐山市（2003 年）回弹值 20.0～47.6 强度值（MPa）14.5～60.0；

成都市（1997 年）回弹值 35.0～43.6 强度值（MPa）31.9～60.2；

温州市（2003 年）回弹值 27.0～47.2 强度值（MPa）17.4～60.2；

焦作市回弹值 18.6～46.6 强度值（MPa）10.0～59.5；

宁夏回族自治区回弹值 21.0～46.2 强度值（MPa）11.2～60.3；

本次雄安新区地标回弹值 15.0～49.8 强度值（MPa）10.0～60.0。

6 混凝土强度的计算

6.0.1 构件的每一测区的混凝土强度换算值，是由每一测区的平均回弹值及平均碳化深度值按照测强曲线计算或查表得出。

6.0.2 此条给出了测区混凝土强度平均值及标准差的计算方法。需要说明的是，在计算标准差时，强度平均值应精确至 0.01MPa，否则会因二次数据修约而增大计算误差。

6.0.3 当测区数量 ≥ 10 个时，为了保证构件的混凝土强度满足 95%的保证率，采用数理统计的公式计算强度推定值；当构件测区数 < 10 个时，因样本太少，取最小值作为强度推定值。此外，当构件中出现测区强度无法查出（如 $< 10.0\text{MPa}$ 或 $> 60\text{MPa}$ ）时，因无法计算平均值及标准差，也只能以最小值作为该强度推定值。

6.0.4 当测区间的标准差过大时，说明已有某些系统误差因素起作用，例如构件不是同一强度等级，龄期差异较大等，不属于同一母体，因此不能按批进行推定。