云南省工程建设地方标准 **DB**

DBXXX-XXX-XXXX

云南省公路工程回弹法检测混凝土抗压强度技术规程

**Technical Specification for Inspection of Concrete Compressive Strength by Rebound Method of Highway Engineering**

（征求意见稿）

20XX-XX-XX发布 20XX-XX-XX实施

 发布

云南省工程建设地方标准

公路工程回弹法检测混凝土抗压强度

技术规程

**Technical Specification for Inspection of Concrete Compressive Strength by Rebound Method of Highway Engineering**

**XXX/XXX-XXX-XXX**

主编单位：

批准部门：

施行日期：20XX年XX月XX日

XXXXX出版社

XXXX X X

前 言

根据\*\*的要求，本规程由云南省建筑科学研究院会同有关单位共同编制完成。

本规程在编制过程中，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并广泛征求意见，最后经审查定稿。

本规程共分7章和3个附录，主要技术内容是：1 总则；2 术语、符号；3 回弹仪；4 检测技术；5 回弹值计算；6 测强曲线；7 混凝土强度计算。

本规程由云南省交通运输厅工程质量监督局负责管理，由云南省建筑科学研究院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送云南省建筑科学研究院（地址：云南省昆明市学府路150号，邮编650000）以供今后修订时参考。

本规程主编单位：云南省建筑科学研究院

 云南省交通运输厅工程质量监督局

云南省公路科学技术研究院

云南建筑工程质量检验站有限公司

本规程参编单位：

本规程主要起草人员：XXX XXX XXX

本规程主要审查人员：XXX XXX XXX

# 目 次

[1 总 则 1](#_Toc23861108)

[2 术语和符号 2](#_Toc23861109)

[2.1 术语 2](#_Toc23861110)

[2.2 符号 2](#_Toc23861111)

[3 回 弹 仪 3](#_Toc23861112)

[3.1 一般规定 3](#_Toc23861113)

[3.2 检定 3](#_Toc23861114)

[3.3 保养 3](#_Toc23861115)

[4 检 测 技 术 5](#_Toc23861116)

[4.1 一般规定 5](#_Toc23861117)

[4.2 回弹值测量 6](#_Toc23861118)

[4.3 碳化深度值测量 6](#_Toc23861119)

[5 回弹值计算 8](#_Toc23861120)

[6 测强曲线 9](#_Toc23861121)

[7 混凝土强度的计算 10](#_Toc23861122)

[附录A 回弹法云南地区混凝土构件强度换算表 11](#_Toc23861123)

[附录B 非水平方向检测时的回弹修正值 17](#_Toc23861124)

[附录C 不同浇筑面的回弹修正值 18](#_Toc23861125)

[本规程用词说明 19](#_Toc23861126)

[引用标准名录 20](#_Toc23861127)

[条文说明 21](#_Toc23861128)

**Contents**

[1 General Provisions 1](#_Toc23858556)

[2 Terms and Symbols 2](#_Toc23858557)

[2.1 Terms 2](#_Toc23858558)

[2.2 Symbols 2](#_Toc23858559)

[3 Rebound Hammer 3](#_Toc23858560)

[3.1 General Requirements 3](#_Toc23858561)

[3.2 Verification 3](#_Toc23858562)

[3.3 Maintenance 3](#_Toc23858563)

[4 Testing Technology 5](#_Toc23858564)

[4.1 Gerenal Requirements 5](#_Toc23858565)

[4.2 Rebound Value Measurement 6](#_Toc23858566)

[4.3 Carbonation Depth Measurement 6](#_Toc23858567)

[5 Calculation of Rebound Value 8](#_Toc23858568)

[6 Testing Strength Curve 9](#_Toc23858569)

[7 Calculation of Compressive Strength of Concrete 10](#_Toc23858570)

[Appendix A Conversion Table of Concrete Compressive Strength by Rebound Method in Yunnan Province 11](#_Toc23858571)

[Appendix B Modified Rebound Value under Non-horizontal Testing 17](#_Toc23858572)

[Appendix C Modified Rebound Value of Different Pouring Planes 18](#_Toc23858573)

[Explanation of Wording in This Specification 19](#_Toc23858574)

[List of Quoted Standards 20](#_Toc23858575)

[Explanation of Provisions 21](#_Toc23858576)

# 1 总 则

**1.0.1** 为提高回弹法在云南地区公路工程检测普通混凝土抗压强度（以下简称混凝土强度）的精度，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于云南地区公路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以及遭受冻害、化学侵蚀、火灾、高温损伤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，应通过专业培训并应持有相应的资格证书。

**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。

**2.1.4** 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；

$f\_{cu,m}$——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强度值；

$f\_{cu,i}$——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；

$R\_{mα}$——回弹仪非水平方向检测时，测区的平均回弹值；

$R\_{m}^{t}$——回弹仪在水平方向检测混凝土浇筑表面时，测区的平均回弹值；

$R\_{m}^{b}$——回弹仪在水平方向检测混凝土浇筑底面时，测区的平均回弹值；

$R\_{a}^{t}$——回弹仪检测混凝土浇筑表面时，回弹的修正值；

$R\_{a}^{b}$——回弹仪检测混凝土浇筑底面时，回弹的修正值；

$R\_{aα}$——非水平方向检测时，回弹的修正值；

$∆\_{tot}$——测区混凝土强度修正量。

3 回 弹 仪

## 3.1 一般规定

**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的要求外，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（-4～40）℃。

## 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《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** 在下列情况之一时，回弹仪应在钢砧上进行率定试验：

1 回弹仪当天使用前后；

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。

**3.2.3** 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，回弹仪每个方向的回弹平均值均应为80±2。

**3.2.4** 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。

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、设计单位、施工单位；

2 结构构件名称、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，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，并不得少于国家现行有关标准规定的最少抽样数量。

**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。当不能满足这一要求时，也可选在使回弹仪处于非水平方向的混凝土浇筑表面或底面。

4 测区宜布置在构件的两个对称的可测面上，当不能布置在构件对称的可测面上时，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，并应避开预埋件。

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** 测区应标有清晰的编号，并宜在记录纸上描述测区布置示意图和外观质量情况。

**4.1.6** 当检测条件与本规程第6.0.1条有较大差异时，可采用在构件上钻取的混凝土芯样或同条件试块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。同条件试块修正时，试块不应少于6个，试块边长应为150mm 。计算时，测区混凝土强度修正量及测区混凝土强度换算值的修正应符合下列规定：

1 修正量应按下列公式计算：

$∆\_{tot}=f\_{cor,m}-f\_{cu,m0}^{c}$ （4.1.6-1）

$∆\_{tot}=f\_{cu,m}-f\_{cu,m0}^{c}$ （4.1.6-2）

$f\_{cor,m}=\frac{1}{n}\sum\_{i=1}^{n}f\_{cor,i}$ （4.1.6-3）

$f\_{cu,m}=\frac{1}{n}\sum\_{i=1}^{n}f\_{cu,i}$ （4.1.6-4）

$f\_{cu,m0}^{c}=\frac{1}{n}\sum\_{i=1}^{n}f\_{cu,i}^{c}$ （4.1.6-5）

式中：

$∆\_{tot}$——测区混凝土强度修正量(MPa) 精确到0.1MPa；

$f\_{cor,m}$——芯样试件混凝土强度平均值(MPa)，精确到0.1MPa；

$f\_{cu,m}$——150mm同条件立方体试块混凝土强度平均值(MPa)，精确到0.1MPa；

$f\_{cu,m0}^{c}$——对应于钻芯部位或同条件立方体试块回弹测区混凝土强度换算值的平均值(MPa)，精确到0.1MPa；

$f\_{cor,i}$——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；

$f\_{cu,i}^{c}$——对应于第i个芯样部位或同条件立方体试块测区回弹值和碳化深度值的混凝土强度换算值，可按本规程附录B查表取值；

——芯样或试块数量。

2 测区混凝土强度换算值的修正应按下列公式计算：

$f\_{cu,i1}^{c}=f\_{cu,i0}^{c}+∆\_{tot}$ （4.1.6-6）

式中：

$f\_{cu,i0}^{c}$——修正前第*i*个测区的混凝土强度换算值(MPa)，精确到0.1MPa。

$f\_{cu,i1}^{c}$——修正后第i个测区的混凝土强度换算值(MPa)，精确到0.1MPa。

## 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，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，同一测点应只弹击一次。

## 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，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，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，每次读数精确至0.25mm；

4 应取三次测量的平均值作为检测结果，精确至0.5 mm。

5 回弹值计算

**5.0.1** 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：

$R\_{m}=\frac{\sum\_{i=1}^{10}R\_{i}}{10}$ （5.0.1）

式中：

*R*m——测区或试块的平均回弹值，精确至0.1；

*Ri*——测区第i个测点的回弹值。

**5.0.2** 非水平方向检测混凝土浇筑侧面时，测区的平均回弹值应按下式修正：

$R\_{m}=R\_{mα}+R\_{aα}$ （5.0.2）

式中：

$R\_{mα}$——非水平方向检测时测区的平均回弹值，精确至0.1；

$R\_{aα}$——非水平方向检测时回弹修正值，应按本规程附录B取值。

**5.0.3** 水平方向检测混凝土浇筑表面或浇筑底面时，测区的平均回弹值应按下式修正：

$R\_{m}=R\_{m}^{t}+R\_{a}^{t}$ （5.0.3-1）

$R\_{m}=R\_{m}^{b}+R\_{a}^{b}$ （5.0.3-2）

式中：

$R\_{m}^{t}、R\_{m}^{b}$——水平方向检测混凝土浇筑表面、底面时，测区的平均回弹值，精确至0.1；

$R\_{a}^{t}、R\_{a}^{b}$——混凝土浇筑表面、底面回弹值的修正值，应按本规程附录C取值。

**5.0.4** 当回弹仪为非水平方向且测试面为混凝土的非浇筑侧面时，应先对回弹值进行角度修正，并应对修正后的回弹值进行浇筑面修正。

6 测强曲线

**6.0.1** 规程的测强曲线适用于符合下列条件的普通混凝土强度的检测：

1 云南地区公路工程一般机械搅拌的混凝土或泵送混凝土；

2 采用普通成型工艺；

3 采用符合现行国家有关标准规定的模板；

4 自然养护，且混凝土表层为干燥状态；

5 龄期为7d～360d；

6 抗压强度为25MPa～70MPa。

**6.0.2** 有下列情况之一时，测区混凝土强度不得按本规程给出的强度换算曲线计算：

1 非泵送混凝土粗骨料最大公称粒径大于60mm或泵送混凝土粗骨料最大公称粒径大于31.5mm；

2 特种成型工艺制作的混凝土；

3 检测部位曲率半径小于250mm；

4 潮湿或浸水混凝土。

7 混凝土强度的计算

**7.0.1** 构件第*i*个测区混凝土强度换算值，可按本规程第5章所求得的平均回弹值（*R*m）及按本规程第4.3节所求得的平均碳化深度值（）由本规程附录A查表或按下式计算得出：

$f\_{cu}^{c}=0.5956R\_{m}^{1.1903}×10^{-0.0065d\_{m}}$ （7.0.1）

**7.0.2** 测区数为10个及以上时，应计算强度平均值、标准差。平均值及标准差应按下列公式计算：

$m\_{f\_{cu}^{c}}=\frac{\sum\_{i=1}^{n}f\_{cu,i}^{c}}{n}$ （7.0.2-1）

$S\_{f\_{cu}^{c}}=\sqrt{\frac{\sum\_{i=1}^{n}(f\_{cu,i}^{c})^{2}-n(m\_{f\_{cu}^{c}})^{2}}{n-1}}$ （7.0.2-2）

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；

——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。

**7.0.3** 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：

$f\_{cu,e}=f\_{cu,min}^{c}$ （7.0.3-1）

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25.0MPa时，应按下式确定：

$f\_{cu,e}$＜25.0MPa （7.0.3-2）

3. 当构件测区数不少于10个或按批量检测时，应按下式计算：

$f\_{cu,e}=m\_{f\_{cu}^{c}}-1.645S\_{f\_{cu}^{c}}$ （7.0.3-3）

**7.0.4** 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$m\_{f\_{cu}^{c}}$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；

2 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。

7.0.5

回弹法检测混凝土抗压强度报告可按相关标准的格式编写。

# 附录A 回弹法云南地区混凝土构件强度换算表

|  |  |
| --- | --- |
| 测区回弹代表值R | 测区混凝土强度换算值*f c cu*(MPa) |
| 测区碳化深度代表值*dm*(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  | 6.0  |
| 20.0  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 20.2  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 20.4  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 20.6  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 20.8  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 21.0  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 21.2  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 21.4  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 21.6  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 21.8  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 22.0  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 22.2  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 22.4  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 22.6  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 22.8  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 23.0  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 23.2  | 25.1  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 23.4  | 25.4  | 25.2  | 25.0  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 23.6  | 25.7  | 25.5  | 25.3  | 25.1  | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 23.8  | 25.9  | 25.7  | 25.5  | 25.3  | 25.1  | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 24.0  | 26.2  | 26.0  | 25.8  | 25.6  | 25.4  | 25.2  | 25.0  | / | / | / | / | / | / |
| 24.2  | 26.4  | 26.2  | 26.0  | 25.8  | 25.7  | 25.5  | 25.3  | 25.1  | / | / | / | / | / |
| 24.4  | 26.7  | 26.5  | 26.3  | 26.1  | 25.9  | 25.7  | 25.5  | 25.3  | 25.1  | / | / | / | / |
| 24.6  | 27.0  | 26.8  | 26.6  | 26.4  | 26.2  | 26.0  | 25.8  | 25.6  | 25.4  | 25.2  | 25.0  | / | / |
| 24.8  | 27.2  | 27.0  | 26.8  | 26.6  | 26.4  | 26.2  | 26.0  | 25.8  | 25.6  | 25.4  | 25.3  | 25.1  | / |
| 25.0  | 27.5  | 27.3  | 27.1  | 26.9  | 26.7  | 26.5  | 26.3  | 26.1  | 25.9  | 25.7  | 25.5  | 25.3  | 25.1  |
| 25.2  | 27.7  | 27.5  | 27.3  | 27.1  | 26.9  | 26.7  | 26.5  | 26.3  | 26.1  | 25.9  | 25.7  | 25.5  | 25.4  |
| 25.4  | 28.0  | 27.8  | 27.6  | 27.4  | 27.2  | 27.0  | 26.8  | 26.6  | 26.4  | 26.2  | 26.0  | 25.8  | 25.6  |
| 25.6  | 28.3  | 28.0  | 27.8  | 27.6  | 27.4  | 27.2  | 27.0  | 26.8  | 26.6  | 26.4  | 26.2  | 26.0  | 25.8  |
| 25.8  | 28.5  | 28.3  | 28.1  | 27.9  | 27.7  | 27.5  | 27.3  | 27.1  | 26.9  | 26.7  | 26.5  | 26.3  | 26.1  |
| 26.0  | 28.8  | 28.6  | 28.4  | 28.1  | 27.9  | 27.7  | 27.5  | 27.3  | 27.1  | 26.9  | 26.7  | 26.5  | 26.3  |
| 26.2  | 29.1  | 28.8  | 28.6  | 28.4  | 28.2  | 28.0  | 27.8  | 27.6  | 27.4  | 27.2  | 27.0  | 26.8  | 26.6  |
| 26.4  | 29.3  | 29.1  | 28.9  | 28.7  | 28.5  | 28.2  | 28.0  | 27.8  | 27.6  | 27.4  | 27.2  | 27.0  | 26.8  |
| 26.6  | 29.6  | 29.4  | 29.1  | 28.9  | 28.7  | 28.5  | 28.3  | 28.1  | 27.9  | 27.7  | 27.4  | 27.2  | 27.0  |
| 26.8  | 29.8  | 29.6  | 29.4  | 29.2  | 29.0  | 28.7  | 28.5  | 28.3  | 28.1  | 27.9  | 27.7  | 27.5  | 27.3  |

| 续表A |
| --- |
| 测区回弹代表值R | 测区混凝土强度换算值*f c cu*(MPa) |
| 测区碳化深度代表值*dm*(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  | 6.0  |
| 27.0  | 30.1  | 29.9  | 29.7  | 29.4  | 29.2  | 29.0  | 28.8  | 28.6  | 28.4  | 28.1  | 27.9  | 27.7  | 27.5  |
| 27.2  | 30.4  | 30.1  | 29.9  | 29.7  | 29.5  | 29.3  | 29.0  | 28.8  | 28.6  | 28.4  | 28.2  | 28.0  | 27.8  |
| 27.4  | 30.6  | 30.4  | 30.2  | 30.0  | 29.7  | 29.5  | 29.3  | 29.1  | 28.9  | 28.6  | 28.4  | 28.2  | 28.0  |
| 27.6  | 30.9  | 30.7  | 30.4  | 30.2  | 30.0  | 29.8  | 29.6  | 29.3  | 29.1  | 28.9  | 28.7  | 28.5  | 28.3  |
| 27.8  | 31.2  | 30.9  | 30.7  | 30.5  | 30.3  | 30.0  | 29.8  | 29.6  | 29.4  | 29.1  | 28.9  | 28.7  | 28.5  |
| 28.0  | 31.4  | 31.2  | 31.0  | 30.7  | 30.5  | 30.3  | 30.1  | 29.8  | 29.6  | 29.4  | 29.2  | 29.0  | 28.7  |
| 28.2  | 31.7  | 31.5  | 31.2  | 31.0  | 30.8  | 30.5  | 30.3  | 30.1  | 29.9  | 29.6  | 29.4  | 29.2  | 29.0  |
| 28.4  | 32.0  | 31.7  | 31.5  | 31.3  | 31.0  | 30.8  | 30.6  | 30.3  | 30.1  | 29.9  | 29.7  | 29.5  | 29.2  |
| 28.6  | 32.2  | 32.0  | 31.8  | 31.5  | 31.3  | 31.1  | 30.8  | 30.6  | 30.4  | 30.1  | 29.9  | 29.7  | 29.5  |
| 28.8  | 32.5  | 32.3  | 32.0  | 31.8  | 31.6  | 31.3  | 31.1  | 30.9  | 30.6  | 30.4  | 30.2  | 29.9  | 29.7  |
| 29.0  | 32.8  | 32.5  | 32.3  | 32.1  | 31.8  | 31.6  | 31.3  | 31.1  | 30.9  | 30.6  | 30.4  | 30.2  | 30.0  |
| 29.2  | 33.1  | 32.8  | 32.6  | 32.3  | 32.1  | 31.8  | 31.6  | 31.4  | 31.1  | 30.9  | 30.7  | 30.4  | 30.2  |
| 29.4  | 33.3  | 33.1  | 32.8  | 32.6  | 32.3  | 32.1  | 31.9  | 31.6  | 31.4  | 31.2  | 30.9  | 30.7  | 30.5  |
| 29.6  | 33.6  | 33.3  | 33.1  | 32.8  | 32.6  | 32.4  | 32.1  | 31.9  | 31.6  | 31.4  | 31.2  | 30.9  | 30.7  |
| 29.8  | 33.9  | 33.6  | 33.4  | 33.1  | 32.9  | 32.6  | 32.4  | 32.1  | 31.9  | 31.7  | 31.4  | 31.2  | 31.0  |
| 30.0  | 34.1  | 33.9  | 33.6  | 33.4  | 33.1  | 32.9  | 32.6  | 32.4  | 32.1  | 31.9  | 31.7  | 31.4  | 31.2  |
| 30.2  | 34.4  | 34.1  | 33.9  | 33.6  | 33.4  | 33.1  | 32.9  | 32.6  | 32.4  | 32.2  | 31.9  | 31.7  | 31.4  |
| 30.4  | 34.7  | 34.4  | 34.2  | 33.9  | 33.7  | 33.4  | 33.2  | 32.9  | 32.7  | 32.4  | 32.2  | 31.9  | 31.7  |
| 30.6  | 34.9  | 34.7  | 34.4  | 34.2  | 33.9  | 33.7  | 33.4  | 33.2  | 32.9  | 32.7  | 32.4  | 32.2  | 31.9  |
| 30.8  | 35.2  | 35.0  | 34.7  | 34.4  | 34.2  | 33.9  | 33.7  | 33.4  | 33.2  | 32.9  | 32.7  | 32.4  | 32.2  |
| 31.0  | 35.5  | 35.2  | 35.0  | 34.7  | 34.4  | 34.2  | 33.9  | 33.7  | 33.4  | 33.2  | 32.9  | 32.7  | 32.4  |
| 31.2  | 35.8  | 35.5  | 35.2  | 35.0  | 34.7  | 34.5  | 34.2  | 33.9  | 33.7  | 33.4  | 33.2  | 32.9  | 32.7  |
| 31.4  | 36.0  | 35.8  | 35.5  | 35.2  | 35.0  | 34.7  | 34.5  | 34.2  | 33.9  | 33.7  | 33.4  | 33.2  | 32.9  |
| 31.6  | 36.3  | 36.0  | 35.8  | 35.5  | 35.2  | 35.0  | 34.7  | 34.5  | 34.2  | 33.9  | 33.7  | 33.4  | 33.2  |
| 31.8  | 36.6  | 36.3  | 36.0  | 35.8  | 35.5  | 35.2  | 35.0  | 34.7  | 34.5  | 34.2  | 33.9  | 33.7  | 33.4  |
| 32.0  | 36.9  | 36.6  | 36.3  | 36.0  | 35.8  | 35.5  | 35.2  | 35.0  | 34.7  | 34.5  | 34.2  | 33.9  | 33.7  |
| 32.2  | 37.1  | 36.9  | 36.6  | 36.3  | 36.0  | 35.8  | 35.5  | 35.2  | 35.0  | 34.7  | 34.5  | 34.2  | 33.9  |
| 32.4  | 37.4  | 37.1  | 36.9  | 36.6  | 36.3  | 36.0  | 35.8  | 35.5  | 35.2  | 35.0  | 34.7  | 34.5  | 34.2  |
| 32.6  | 37.7  | 37.4  | 37.1  | 36.8  | 36.6  | 36.3  | 36.0  | 35.8  | 35.5  | 35.2  | 35.0  | 34.7  | 34.4  |
| 32.8  | 38.0  | 37.7  | 37.4  | 37.1  | 36.8  | 36.6  | 36.3  | 36.0  | 35.8  | 35.5  | 35.2  | 35.0  | 34.7  |
| 33.0  | 38.2  | 37.9  | 37.7  | 37.4  | 37.1  | 36.8  | 36.6  | 36.3  | 36.0  | 35.7  | 35.5  | 35.2  | 34.9  |
| 33.2  | 38.5  | 38.2  | 37.9  | 37.7  | 37.4  | 37.1  | 36.8  | 36.5  | 36.3  | 36.0  | 35.7  | 35.5  | 35.2  |
| 33.4  | 38.8  | 38.5  | 38.2  | 37.9  | 37.6  | 37.4  | 37.1  | 36.8  | 36.5  | 36.3  | 36.0  | 35.7  | 35.5  |
| 33.6  | 39.1  | 38.8  | 38.5  | 38.2  | 37.9  | 37.6  | 37.3  | 37.1  | 36.8  | 36.5  | 36.2  | 36.0  | 35.7  |
| 33.8  | 39.3  | 39.0  | 38.8  | 38.5  | 38.2  | 37.9  | 37.6  | 37.3  | 37.1  | 36.8  | 36.5  | 36.2  | 36.0  |
| 34.0  | 39.6  | 39.3  | 39.0  | 38.7  | 38.4  | 38.2  | 37.9  | 37.6  | 37.3  | 37.0  | 36.8  | 36.5  | 36.2  |
| 34.2  | 39.9  | 39.6  | 39.3  | 39.0  | 38.7  | 38.4  | 38.1  | 37.9  | 37.6  | 37.3  | 37.0  | 36.7  | 36.5  |
| 34.4  | 40.2  | 39.9  | 39.6  | 39.3  | 39.0  | 38.7  | 38.4  | 38.1  | 37.8  | 37.6  | 37.3  | 37.0  | 36.7  |
| 34.6  | 40.4  | 40.1  | 39.8  | 39.6  | 39.3  | 39.0  | 38.7  | 38.4  | 38.1  | 37.8  | 37.5  | 37.3  | 37.0  |
| 34.8  | 40.7  | 40.4  | 40.1  | 39.8  | 39.5  | 39.2  | 38.9  | 38.6  | 38.4  | 38.1  | 37.8  | 37.5  | 37.2  |
| 35.0  | 41.0  | 40.7  | 40.4  | 40.1  | 39.8  | 39.5  | 39.2  | 38.9  | 38.6  | 38.3  | 38.1  | 37.8  | 37.5  |
| 35.2  | 41.3  | 41.0  | 40.7  | 40.4  | 40.1  | 39.8  | 39.5  | 39.2  | 38.9  | 38.6  | 38.3  | 38.0  | 37.7  |
| 35.4  | 41.6  | 41.3  | 40.9  | 40.6  | 40.3  | 40.0  | 39.7  | 39.4  | 39.2  | 38.9  | 38.6  | 38.3  | 38.0  |
| 35.6  | 41.8  | 41.5  | 41.2  | 40.9  | 40.6  | 40.3  | 40.0  | 39.7  | 39.4  | 39.1  | 38.8  | 38.5  | 38.3  |
| 35.8  | 42.1  | 41.8  | 41.5  | 41.2  | 40.9  | 40.6  | 40.3  | 40.0  | 39.7  | 39.4  | 39.1  | 38.8  | 38.5  |
| 36.0  | 42.4  | 42.1  | 41.8  | 41.5  | 41.2  | 40.8  | 40.5  | 40.2  | 39.9  | 39.6  | 39.3  | 39.1  | 38.8  |
| 36.2  | 42.7  | 42.4  | 42.1  | 41.7  | 41.4  | 41.1  | 40.8  | 40.5  | 40.2  | 39.9  | 39.6  | 39.3  | 39.0  |
| 36.4  | 43.0  | 42.6  | 42.3  | 42.0  | 41.7  | 41.4  | 41.1  | 40.8  | 40.5  | 40.2  | 39.9  | 39.6  | 39.3  |
| 36.6  | 43.2  | 42.9  | 42.6  | 42.3  | 42.0  | 41.7  | 41.3  | 41.0  | 40.7  | 40.4  | 40.1  | 39.8  | 39.5  |
| 36.8  | 43.5  | 43.2  | 42.9  | 42.6  | 42.2  | 41.9  | 41.6  | 41.3  | 41.0  | 40.7  | 40.4  | 40.1  | 39.8  |
| 37.0  | 43.8  | 43.5  | 43.2  | 42.8  | 42.5  | 42.2  | 41.9  | 41.6  | 41.3  | 41.0  | 40.7  | 40.3  | 40.0  |
| 37.2  | 44.1  | 43.8  | 43.4  | 43.1  | 42.8  | 42.5  | 42.2  | 41.8  | 41.5  | 41.2  | 40.9  | 40.6  | 40.3  |
| 37.4  | 44.4  | 44.0  | 43.7  | 43.4  | 43.1  | 42.7  | 42.4  | 42.1  | 41.8  | 41.5  | 41.2  | 40.9  | 40.6  |
| 37.6  | 44.7  | 44.3  | 44.0  | 43.7  | 43.3  | 43.0  | 42.7  | 42.4  | 42.1  | 41.7  | 41.4  | 41.1  | 40.8  |
| 37.8  | 44.9  | 44.6  | 44.3  | 43.9  | 43.6  | 43.3  | 43.0  | 42.6  | 42.3  | 42.0  | 41.7  | 41.4  | 41.1  |
| 38.0  | 45.2  | 44.9  | 44.6  | 44.2  | 43.9  | 43.6  | 43.2  | 42.9  | 42.6  | 42.3  | 42.0  | 41.7  | 41.3  |
| 38.2  | 45.5  | 45.2  | 44.8  | 44.5  | 44.2  | 43.8  | 43.5  | 43.2  | 42.9  | 42.5  | 42.2  | 41.9  | 41.6  |
| 38.4  | 45.8  | 45.5  | 45.1  | 44.8  | 44.4  | 44.1  | 43.8  | 43.5  | 43.1  | 42.8  | 42.5  | 42.2  | 41.9  |
| 38.6  | 46.1  | 45.7  | 45.4  | 45.1  | 44.7  | 44.4  | 44.1  | 43.7  | 43.4  | 43.1  | 42.8  | 42.4  | 42.1  |
| 38.8  | 46.4  | 46.0  | 45.7  | 45.3  | 45.0  | 44.7  | 44.3  | 44.0  | 43.7  | 43.3  | 43.0  | 42.7  | 42.4  |
| 39.0  | 46.6  | 46.3  | 46.0  | 45.6  | 45.3  | 44.9  | 44.6  | 44.3  | 43.9  | 43.6  | 43.3  | 43.0  | 42.6  |
| 39.2  | 46.9  | 46.6  | 46.2  | 45.9  | 45.5  | 45.2  | 44.9  | 44.5  | 44.2  | 43.9  | 43.5  | 43.2  | 42.9  |
| 39.4  | 47.2  | 46.9  | 46.5  | 46.2  | 45.8  | 45.5  | 45.1  | 44.8  | 44.5  | 44.1  | 43.8  | 43.5  | 43.2  |
| 39.6  | 47.5  | 47.1  | 46.8  | 46.4  | 46.1  | 45.8  | 45.4  | 45.1  | 44.7  | 44.4  | 44.1  | 43.7  | 43.4  |
| 39.8  | 47.8  | 47.4  | 47.1  | 46.7  | 46.4  | 46.0  | 45.7  | 45.3  | 45.0  | 44.7  | 44.3  | 44.0  | 43.7  |
| 40.0  | 48.1  | 47.7  | 47.4  | 47.0  | 46.7  | 46.3  | 46.0  | 45.6  | 45.3  | 44.9  | 44.6  | 44.3  | 43.9  |
| 40.2  | 48.4  | 48.0  | 47.6  | 47.3  | 46.9  | 46.6  | 46.2  | 45.9  | 45.5  | 45.2  | 44.9  | 44.5  | 44.2  |
| 40.4  | 48.6  | 48.3  | 47.9  | 47.6  | 47.2  | 46.9  | 46.5  | 46.2  | 45.8  | 45.5  | 45.1  | 44.8  | 44.5  |
| 40.6  | 48.9  | 48.6  | 48.2  | 47.8  | 47.5  | 47.1  | 46.8  | 46.4  | 46.1  | 45.7  | 45.4  | 45.1  | 44.7  |
| 40.8  | 49.2  | 48.9  | 48.5  | 48.1  | 47.8  | 47.4  | 47.1  | 46.7  | 46.4  | 46.0  | 45.7  | 45.3  | 45.0  |
| 41.0  | 49.5  | 49.1  | 48.8  | 48.4  | 48.0  | 47.7  | 47.3  | 47.0  | 46.6  | 46.3  | 45.9  | 45.6  | 45.3  |
| 41.2  | 49.8  | 49.4  | 49.1  | 48.7  | 48.3  | 48.0  | 47.6  | 47.3  | 46.9  | 46.5  | 46.2  | 45.9  | 45.5  |
| 41.4  | 50.1  | 49.7  | 49.3  | 49.0  | 48.6  | 48.2  | 47.9  | 47.5  | 47.2  | 46.8  | 46.5  | 46.1  | 45.8  |
| 41.6  | 50.4  | 50.0  | 49.6  | 49.3  | 48.9  | 48.5  | 48.2  | 47.8  | 47.4  | 47.1  | 46.7  | 46.4  | 46.0  |
| 41.8  | 50.7  | 50.3  | 49.9  | 49.5  | 49.2  | 48.8  | 48.4  | 48.1  | 47.7  | 47.4  | 47.0  | 46.7  | 46.3  |
| 42.0  | 50.9  | 50.6  | 50.2  | 49.8  | 49.4  | 49.1  | 48.7  | 48.3  | 48.0  | 47.6  | 47.3  | 46.9  | 46.6  |
| 42.2  | 51.2  | 50.9  | 50.5  | 50.1  | 49.7  | 49.4  | 49.0  | 48.6  | 48.3  | 47.9  | 47.5  | 47.2  | 46.8  |
| 42.4  | 51.5  | 51.1  | 50.8  | 50.4  | 50.0  | 49.6  | 49.3  | 48.9  | 48.5  | 48.2  | 47.8  | 47.5  | 47.1  |
| 42.6  | 51.8  | 51.4  | 51.0  | 50.7  | 50.3  | 49.9  | 49.5  | 49.2  | 48.8  | 48.4  | 48.1  | 47.7  | 47.4  |
| 42.8  | 52.1  | 51.7  | 51.3  | 50.9  | 50.6  | 50.2  | 49.8  | 49.4  | 49.1  | 48.7  | 48.3  | 48.0  | 47.6  |
| 43.0  | 52.4  | 52.0  | 51.6  | 51.2  | 50.8  | 50.5  | 50.1  | 49.7  | 49.3  | 49.0  | 48.6  | 48.3  | 47.9  |
| 43.2  | 52.7  | 52.3  | 51.9  | 51.5  | 51.1  | 50.7  | 50.4  | 50.0  | 49.6  | 49.3  | 48.9  | 48.5  | 48.2  |
| 43.4  | 53.0  | 52.6  | 52.2  | 51.8  | 51.4  | 51.0  | 50.6  | 50.3  | 49.9  | 49.5  | 49.2  | 48.8  | 48.4  |
| 43.6  | 53.3  | 52.9  | 52.5  | 52.1  | 51.7  | 51.3  | 50.9  | 50.5  | 50.2  | 49.8  | 49.4  | 49.1  | 48.7  |
| 43.8  | 53.6  | 53.2  | 52.8  | 52.4  | 52.0  | 51.6  | 51.2  | 50.8  | 50.4  | 50.1  | 49.7  | 49.3  | 49.0  |
| 44.0  | 53.8  | 53.4  | 53.0  | 52.7  | 52.3  | 51.9  | 51.5  | 51.1  | 50.7  | 50.3  | 50.0  | 49.6  | 49.2  |
| 44.2  | 54.1  | 53.7  | 53.3  | 52.9  | 52.5  | 52.1  | 51.8  | 51.4  | 51.0  | 50.6  | 50.2  | 49.9  | 49.5  |
| 44.4  | 54.4  | 54.0  | 53.6  | 53.2  | 52.8  | 52.4  | 52.0  | 51.7  | 51.3  | 50.9  | 50.5  | 50.1  | 49.8  |
| 44.6  | 54.7  | 54.3  | 53.9  | 53.5  | 53.1  | 52.7  | 52.3  | 51.9  | 51.5  | 51.2  | 50.8  | 50.4  | 50.0  |
| 44.8  | 55.0  | 54.6  | 54.2  | 53.8  | 53.4  | 53.0  | 52.6  | 52.2  | 51.8  | 51.4  | 51.0  | 50.7  | 50.3  |
| 45.0  | 55.3  | 54.9  | 54.5  | 54.1  | 53.7  | 53.3  | 52.9  | 52.5  | 52.1  | 51.7  | 51.3  | 50.9  | 50.6  |
| 45.2  | 55.6  | 55.2  | 54.8  | 54.4  | 54.0  | 53.6  | 53.2  | 52.8  | 52.4  | 52.0  | 51.6  | 51.2  | 50.8  |
| 45.4  | 55.9  | 55.5  | 55.1  | 54.7  | 54.2  | 53.8  | 53.4  | 53.0  | 52.6  | 52.3  | 51.9  | 51.5  | 51.1  |
| 45.6  | 56.2  | 55.8  | 55.4  | 54.9  | 54.5  | 54.1  | 53.7  | 53.3  | 52.9  | 52.5  | 52.1  | 51.7  | 51.4  |
| 45.8  | 56.5  | 56.1  | 55.6  | 55.2  | 54.8  | 54.4  | 54.0  | 53.6  | 53.2  | 52.8  | 52.4  | 52.0  | 51.6  |
| 46.0  | 56.8  | 56.3  | 55.9  | 55.5  | 55.1  | 54.7  | 54.3  | 53.9  | 53.5  | 53.1  | 52.7  | 52.3  | 51.9  |
| 46.2  | 57.1  | 56.6  | 56.2  | 55.8  | 55.4  | 55.0  | 54.6  | 54.2  | 53.7  | 53.3  | 53.0  | 52.6  | 52.2  |
| 46.4  | 57.4  | 56.9  | 56.5  | 56.1  | 55.7  | 55.3  | 54.8  | 54.4  | 54.0  | 53.6  | 53.2  | 52.8  | 52.4  |
| 46.6  | 57.7  | 57.2  | 56.8  | 56.4  | 56.0  | 55.5  | 55.1  | 54.7  | 54.3  | 53.9  | 53.5  | 53.1  | 52.7  |
| 46.8  | 57.9  | 57.5  | 57.1  | 56.7  | 56.2  | 55.8  | 55.4  | 55.0  | 54.6  | 54.2  | 53.8  | 53.4  | 53.0  |
| 47.0  | 58.2  | 57.8  | 57.4  | 57.0  | 56.5  | 56.1  | 55.7  | 55.3  | 54.9  | 54.5  | 54.0  | 53.6  | 53.2  |
| 47.2  | 58.5  | 58.1  | 57.7  | 57.2  | 56.8  | 56.4  | 56.0  | 55.6  | 55.1  | 54.7  | 54.3  | 53.9  | 53.5  |
| 47.4  | 58.8  | 58.4  | 58.0  | 57.5  | 57.1  | 56.7  | 56.3  | 55.8  | 55.4  | 55.0  | 54.6  | 54.2  | 53.8  |
| 47.6  | 59.1  | 58.7  | 58.3  | 57.8  | 57.4  | 57.0  | 56.5  | 56.1  | 55.7  | 55.3  | 54.9  | 54.5  | 54.1  |
| 47.8  | 59.4  | 59.0  | 58.5  | 58.1  | 57.7  | 57.2  | 56.8  | 56.4  | 56.0  | 55.6  | 55.1  | 54.7  | 54.3  |
| 48.0  | 59.7  | 59.3  | 58.8  | 58.4  | 58.0  | 57.5  | 57.1  | 56.7  | 56.3  | 55.8  | 55.4  | 55.0  | 54.6  |
| 48.2  | 60.0  | 59.6  | 59.1  | 58.7  | 58.2  | 57.8  | 57.4  | 57.0  | 56.5  | 56.1  | 55.7  | 55.3  | 54.9  |
| 48.4  | 60.3  | 59.9  | 59.4  | 59.0  | 58.5  | 58.1  | 57.7  | 57.2  | 56.8  | 56.4  | 56.0  | 55.5  | 55.1  |
| 48.6  | 60.6  | 60.2  | 59.7  | 59.3  | 58.8  | 58.4  | 58.0  | 57.5  | 57.1  | 56.7  | 56.2  | 55.8  | 55.4  |
| 48.8  | 60.9  | 60.5  | 60.0  | 59.6  | 59.1  | 58.7  | 58.2  | 57.8  | 57.4  | 56.9  | 56.5  | 56.1  | 55.7  |
| 49.0  | 61.2  | 60.7  | 60.3  | 59.8  | 59.4  | 59.0  | 58.5  | 58.1  | 57.6  | 57.2  | 56.8  | 56.4  | 55.9  |
| 49.2  | 61.5  | 61.0  | 60.6  | 60.1  | 59.7  | 59.2  | 58.8  | 58.4  | 57.9  | 57.5  | 57.1  | 56.6  | 56.2  |
| 49.4  | 61.8  | 61.3  | 60.9  | 60.4  | 60.0  | 59.5  | 59.1  | 58.6  | 58.2  | 57.8  | 57.3  | 56.9  | 56.5  |
| 49.6  | 62.1  | 61.6  | 61.2  | 60.7  | 60.3  | 59.8  | 59.4  | 58.9  | 58.5  | 58.1  | 57.6  | 57.2  | 56.8  |
| 49.8  | 62.4  | 61.9  | 61.5  | 61.0  | 60.6  | 60.1  | 59.7  | 59.2  | 58.8  | 58.3  | 57.9  | 57.5  | 57.0  |
| 50.0  | 62.7  | 62.2  | 61.8  | 61.3  | 60.8  | 60.4  | 59.9  | 59.5  | 59.1  | 58.6  | 58.2  | 57.7  | 57.3  |
| 50.2  | 63.0  | 62.5  | 62.1  | 61.6  | 61.1  | 60.7  | 60.2  | 59.8  | 59.3  | 58.9  | 58.5  | 58.0  | 57.6  |
| 50.4  | 63.3  | 62.8  | 62.4  | 61.9  | 61.4  | 61.0  | 60.5  | 60.1  | 59.6  | 59.2  | 58.7  | 58.3  | 57.9  |
| 50.6  | 63.6  | 63.1  | 62.6  | 62.2  | 61.7  | 61.3  | 60.8  | 60.3  | 59.9  | 59.5  | 59.0  | 58.6  | 58.1  |
| 50.8  | 63.9  | 63.4  | 62.9  | 62.5  | 62.0  | 61.5  | 61.1  | 60.6  | 60.2  | 59.7  | 59.3  | 58.8  | 58.4  |
| 51.0  | 64.2  | 63.7  | 63.2  | 62.8  | 62.3  | 61.8  | 61.4  | 60.9  | 60.5  | 60.0  | 59.6  | 59.1  | 58.7  |
| 51.2  | 64.5  | 64.0  | 63.5  | 63.1  | 62.6  | 62.1  | 61.7  | 61.2  | 60.7  | 60.3  | 59.8  | 59.4  | 59.0  |
| 51.4  | 64.8  | 64.3  | 63.8  | 63.4  | 62.9  | 62.4  | 61.9  | 61.5  | 61.0  | 60.6  | 60.1  | 59.7  | 59.2  |
| 51.6  | 65.1  | 64.6  | 64.1  | 63.6  | 63.2  | 62.7  | 62.2  | 61.8  | 61.3  | 60.9  | 60.4  | 59.9  | 59.5  |
| 51.8  | 65.4  | 64.9  | 64.4  | 63.9  | 63.5  | 63.0  | 62.5  | 62.1  | 61.6  | 61.1  | 60.7  | 60.2  | 59.8  |
| 52.0  | 65.7  | 65.2  | 64.7  | 64.2  | 63.8  | 63.3  | 62.8  | 62.3  | 61.9  | 61.4  | 61.0  | 60.5  | 60.1  |
| 52.2  | 66.0  | 65.5  | 65.0  | 64.5  | 64.0  | 63.6  | 63.1  | 62.6  | 62.2  | 61.7  | 61.2  | 60.8  | 60.3  |
| 52.4  | 66.3  | 65.8  | 65.3  | 64.8  | 64.3  | 63.9  | 63.4  | 62.9  | 62.4  | 62.0  | 61.5  | 61.1  | 60.6  |
| 52.6  | 66.6  | 66.1  | 65.6  | 65.1  | 64.6  | 64.1  | 63.7  | 63.2  | 62.7  | 62.3  | 61.8  | 61.3  | 60.9  |
| 52.8  | 66.9  | 66.4  | 65.9  | 65.4  | 64.9  | 64.4  | 64.0  | 63.5  | 63.0  | 62.5  | 62.1  | 61.6  | 61.2  |
| 53.0  | 67.2  | 66.7  | 66.2  | 65.7  | 65.2  | 64.7  | 64.2  | 63.8  | 63.3  | 62.8  | 62.4  | 61.9  | 61.4  |
| 53.2  | 67.5  | 67.0  | 66.5  | 66.0  | 65.5  | 65.0  | 64.5  | 64.1  | 63.6  | 63.1  | 62.6  | 62.2  | 61.7  |
| 53.4  | 67.8  | 67.3  | 66.8  | 66.3  | 65.8  | 65.3  | 64.8  | 64.3  | 63.9  | 63.4  | 62.9  | 62.4  | 62.0  |
| 53.6  | 68.1  | 67.6  | 67.1  | 66.6  | 66.1  | 65.6  | 65.1  | 64.6  | 64.1  | 63.7  | 63.2  | 62.7  | 62.3  |
| 53.8  | 68.4  | 67.9  | 67.4  | 66.9  | 66.4  | 65.9  | 65.4  | 64.9  | 64.4  | 64.0  | 63.5  | 63.0  | 62.5  |
| 54.0  | 68.7  | 68.2  | 67.7  | 67.2  | 66.7  | 66.2  | 65.7  | 65.2  | 64.7  | 64.2  | 63.8  | 63.3  | 62.8  |
| 54.2  | 69.0  | 68.5  | 68.0  | 67.5  | 67.0  | 66.5  | 66.0  | 65.5  | 65.0  | 64.5  | 64.0  | 63.6  | 63.1  |
| 54.4  | 69.3  | 68.8  | 68.3  | 67.8  | 67.3  | 66.8  | 66.3  | 65.8  | 65.3  | 64.8  | 64.3  | 63.8  | 63.4  |
| 54.6  | 69.6  | 69.1  | 68.6  | 68.1  | 67.6  | 67.1  | 66.6  | 66.1  | 65.6  | 65.1  | 64.6  | 64.1  | 63.6  |
| 54.8  | 69.9  | 69.4  | 68.9  | 68.4  | 67.9  | 67.4  | 66.9  | 66.4  | 65.9  | 65.4  | 64.9  | 64.4  | 63.9  |
| 55.0  | / | 69.7  | 69.2  | 68.7  | 68.2  | 67.6  | 67.1  | 66.6  | 66.1  | 65.7  | 65.2  | 64.7  | 64.2  |
| 55.2  | / | / | 69.5  | 69.0  | 68.5  | 67.9  | 67.4  | 66.9  | 66.4  | 65.9  | 65.4  | 65.0  | 64.5  |
| 55.4  | / | / | 69.8  | 69.3  | 68.7  | 68.2  | 67.7  | 67.2  | 66.7  | 66.2  | 65.7  | 65.2  | 64.8  |
| 55.6  | / | / | / | 69.6  | 69.0  | 68.5  | 68.0  | 67.5  | 67.0  | 66.5  | 66.0  | 65.5  | 65.0  |
| 55.8  | / | / | / | 69.9  | 69.3  | 68.8  | 68.3  | 67.8  | 67.3  | 66.8  | 66.3  | 65.8  | 65.3  |
| 56.0  | / | / | / | / | 69.6  | 69.1  | 68.6  | 68.1  | 67.6  | 67.1  | 66.6  | 66.1  | 65.6  |
| 56.2  | / | / | / | / | 69.9  | 69.4  | 68.9  | 68.4  | 67.9  | 67.4  | 66.9  | 66.4  | 65.9  |
| 56.4  | / | / | / | / | / | 69.7  | 69.2  | 68.7  | 68.2  | 67.6  | 67.1  | 66.6  | 66.1  |
| 56.6  | / | / | / | / | / | 70.0  | 69.5  | 69.0  | 68.4  | 67.9  | 67.4  | 66.9  | 66.4  |
| 56.8  | / | / | / | / | / | / | 69.8  | 69.2  | 68.7  | 68.2  | 67.7  | 67.2  | 66.7  |
| 57.0  | / | / | / | / | / | / | / | 69.5  | 69.0  | 68.5  | 68.0  | 67.5  | 67.0  |
| 57.2  | / | / | / | / | / | / | / | 69.8  | 69.3  | 68.8  | 68.3  | 67.8  | 67.3  |
| 57.4  | / | / | / | / | / | / | / | / | 69.6  | 69.1  | 68.6  | 68.1  | 67.5  |
| 57.6  | / | / | / | / | / | / | / | / | 69.9  | 69.4  | 68.8  | 68.3  | 67.8  |
| 57.8  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | 69.7  | 69.1  | 68.6  | 68.1  |
| 58.0  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | 69.9  | 69.4  | 68.9  | 68.4  |
| 58.2  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | 69.7  | 69.2  | 68.7  |
| 58.4  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | 70.0  | 69.5  | 68.9  |
| 58.6  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | 69.7  | 69.2  |
| 58.8  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | 69.5  |
| 59.0  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | 69.8  |
| 59.2  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 59.4  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 59.6  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 59.8  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 60.0  | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |

注：1、表中未注明的测区混凝土强度换算值为大于70MPa或小于25MPa；

2、表内未列数值可用内插法求得，精度至0.1MPa，也可按公式$f\_{cu}^{c}=0.5956R\_{m}^{1.1903}×10^{-0.0065d\_{m}}$计算。

# 附录B 非水平方向检测时的回弹修正值

|  |  |
| --- | --- |
| *R*mα | 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*mα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*mα的修正值*R*aα，可用内插法求得，精度至0.1。

# 附录C 不同浇筑面的回弹修正值

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Rt m或Rb m | 表面修正值（Rt a） | 底面修正值（Rb a） | Rt m或Rb m | 表面修正值（Rt a） | 底面修正值（Rb 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、*Rt m*或*Rb m*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；

2、表中未列入的相应于*Rt m*或*Rb m*的*Rt a*或*Rb a*，可用内插法求得，精度至0.1。

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用词，采用“可”。

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

引用标准名录

1 《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 23-2011

2 《高强混凝土强度检测技术规程》JGJ/T 294-2013

3 《回弹仪》GB/T 9138

4 《普通混凝土力学性能试验方法标准》 GB/T 50081

5 《建筑结构检测技术标准》GB/T50344

6 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52

7 《混凝土用水标准》JGJ 63

8 《混凝土试模》JG 237

9 《混凝土回弹仪》 JJG 817

10 《通用硅酸盐水泥》GB 175

条文说明

制订说明

《云南省公路工程回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》DBXXX，经XXX 年 月 日以 号文公告批准、发布。

本规程编制过程中，编制组开展了大量的试验研究，获得了云南省公路工程混凝土强度检测的重要数据。

为便于广大工程设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《云南省公路工程回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明。对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

[1 总 则 24](#_Toc522805400)

[3 回弹仪 25](#_Toc522805401)

[3.1技术要求 25](#_Toc522805402)

[3.2检定 25](#_Toc522805403)

[3.3保养 26](#_Toc522805404)

[4 检测技术 27](#_Toc522805405)

[4.1 一般规定 27](#_Toc522805406)

[4.2回弹值测量 27](#_Toc522805407)

[4.3碳化深度值测量 28](#_Toc522805408)

[5 回弹值计算 29](#_Toc522805409)

[6 测强曲线 30](#_Toc522805410)

[7 混凝土强度的计算 31](#_Toc522805411)

1 总 则

**1.0.1** 依据《回弹法检测混凝土强度技术规程》（JGJ/T23）第6.1.2条“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。”结合云南地区公路工程所使用的水泥、粗、细骨料以及配合比制定本地区回弹法规程。本条所指泵送（普通）混凝土系主要由水泥、砂、石、外加剂、掺合料和水配置的密度为2000kg/m3～2800 kg/m3的混凝土。

**1.0.2** 本条限定本规程的适用区域范围和对混凝土的要求。在正常情况下，应当按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量规范》GB 50204及《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107验收评定混凝土强度，不允许用本规程取代国家标准对制作混凝土标准试件的要求。但是，由于管理不善、施工质量不良，试件与结构中混凝土质量不一致或对混凝土标准试件检验结果有怀疑时，可以按本规程进行检测，推定混凝土强度，并作为处理混凝土质量问题的主要依据。

**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，若不进行专业培训，则会对同一结构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** 凡本规程涉及的其它有关方面，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规范。

3 回弹仪

## 3.1一般规定

**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，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。根据对回弹仪的测试性能试验研究和应用经验，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：

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

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 检验普通回弹仪的率定值是否符合80±2的作用是：检验普通回弹仪的标准能量是否为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率定值时，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，并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 现在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** 本条明确指出，检定混凝土回弹仪的单位应由当地主管部门授权，并按照国家计量检定规程《混凝土回弹仪》JJG 817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。目前有的单位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标准要求的错误方法；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。

回弹仪检定期限为：中型回弹仪为半年或累计弹击6000次为限，这样规定比较符合我国目前使用回弹仪的情况。其中6000次的规定，是参照国内外现有试验资料而定的，一般如不超过这一界限，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。

3.2.2 本条给出了回弹仪应在什么情况下进行率定试验。

**3.2.3** 本条给出了回弹仪的率定方法。

**3.2.4** 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步骤及要求。

**3.3.2** 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。数字回弹仪长期不用，电池内的电解质宜发生泄漏，腐蚀电路的连线系统。

4 检测技术

## 4.1 一般规定

**4.1.1** 本条列举的1～5项资料，是为了对被检测的结构构件有全面、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故责任不清的问题。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结构构件混凝土的龄期。

**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。

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。测区布置时，应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。

检测面必须为混凝土原浆面，已经粉刷的构件应将粉刷层清除干净，注意，切不可误将砂浆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、成型工艺的差异，可以采用同条件试件或钻取混凝土芯样进行修正，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，则取芯工作量太大，有些构件又不宜取过多芯样，影响其结构安全性，因此规定数量不少于6个。当采用其它尺寸的试块和芯样时，还需要进行尺寸修正，而每一次修正必然会带来新的误差，因此规定试块的边长为150 mm，芯样的直径为100 mm，高径比为1。另外，需要指出的是：每一个芯样表面均需有构件混凝土原浆面，先测定回弹值、碳化深度值，然后再制作芯样试件。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系数。芯样的钻取、加工、计算可参照《钻芯法检测混凝土强度技术规程》CECS03规定执行。

## 4.2回弹值测量

**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。

## 4.3碳化深度值测量

**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。碳化深度值的测量准确与否与回弹值一样，直接影响推定混凝土强度的精度，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测量仪器。对于因养护不当及酸性脱模剂等因素引起的异常碳化，可进行打磨处理或者进行其它方法的修正。

5 回弹值计算

**5.0.1** 规定了测区回弹值的计算方法。

**5.0.2、5.0.3** 由于现场检测条件的限制，有时不能满足水平方向检测混凝土浇筑侧面的要求，需按照规定修正。本规程附录B及附录C系参考国内有关标准而制定的。

**5.0.4** 当检测时回弹仪为非水平方向且测试面为非混凝土的浇筑侧面时，应先按本规程附录B对会回弹值进行角度修正，然后用上述按角度修正后的回弹值查本规程附录C再进行修正，两次修正后的值可理解为水平方向检测混凝土浇筑侧面的回弹值。这种先后修正的顺序不能颠倒，更不允许分别修正后的值直接与原始回弹值相加减。

6 测强曲线

**6.0.1、6.0.2** 这两条限定了本规程测强曲线的适用条件。本次建立测强曲线采用的混凝土立方体试件共384组1152块，取自小龙、弥泸、香丽、昭通大山包四条高速公路，涵盖了C30、C35、C40、C45、C50、C55共6个强度等级和7d、14d、28d、60d、90d、180d、360d共7个养护龄期。按照最小二乘法原理，利用EXCEL进行曲线拟合，得到的回归方程如下：

$$f\_{cu}^{c}=0.5956R\_{m}^{1.1903}×10^{-0.0065d\_{m}}$$

该曲线的相关系数为0.816，平均相对误差（*δ*）为±7.63%，相对标准差（*e*r）为10.05%，均符合《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 23规定的平均相对误差不应大于14%，相对标准差不应大于17%的要求。

该曲线的回弹值区间为27.0~50.9，实测抗压强度值区间为（25.5~74.5）MPa。

**6.0.3** 本条给出了现行行业标准《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T23对于专用测强曲线强度误差值的要求。

7 混凝土强度的计算

**7.0.1** 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出。

**7.0.2** 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。

**7.0.3** 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値；当构件测区数＜10个时，因样本太少，取最小值。此外，当构件中出现测区强度无法查出（即回弹仪$f\_{cu}^{c}$＜25.0MPa、$f\_{cu}^{c}$＞70MPa）情况时，因无法计算平均值及标准差，也只能以最小值作为该构件强度推定值。

**7.0.4** 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。

**7.0.5** 检测报告是工程测试的最后结果，是处理混凝土质量问题的依据，因此要求按统一格式出具。