

重庆市工程建设标准

混凝土抗压强度检测技术标准

Technical standard for inspection of concrete
compressive strength

DBJ50/T-195-2025

主编单位:重庆市建筑科学研究院有限公司

中冶建工集团重庆混凝土工程有限公司

批准部门:重庆市住房和城乡建设委员会

施行日期:2 0 2 5 年 6 月 1 日

2025 重 庆

重庆工程建设

重庆市住房和城乡建设委员会文件

渝建标〔2025〕5号

重庆市住房和城乡建设委员会 关于发布《混凝土抗压强度检测技术标准》的通知

各区县(自治县)住房城乡建委,两江新区、重庆高新区建设局,万盛经开区住房城乡建委、双桥经开区建设局、经开区生态环境建管局,有关单位:

现批准《混凝土抗压强度检测技术标准》为我市工程建设地方标准,编号为 DBJ50/T-195-2025,自 2025 年 6 月 1 日起施行,原《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》DBJ50-057-2006、《高强混凝土抗压强度检测技术规程》DBJ50/T-195-2014 同时废止。标准文本可在标准备案后登录重庆市住房和城乡建设技术发展中心官网免费下载。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆市建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容解释。

重庆市住房和城乡建设委员会

2025 年 2 月 13 日

重庆工程建设

前 言

根据重庆市住房和城乡建设委员会《2017 年度重庆市工程建设标准制订(修订)项目计划(第二批)》(渝建〔2017〕628 号)的要求,编制组开展了系统验证试验,采集了大量试验数据,在分析实验数据、参考国内有关技术标准并广泛征求意见的基础上,对《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》DBJ50-057-2006 和《高强混凝土抗压强度检测技术规程》DBJ50/T-195-2014 进行合并修编,形成了本标准。

本标准的主要技术内容为:1. 总则;2. 术语和符号;3. 基本规定;4. 回弹法;5. 超声回弹综合法;6. 钻芯法;7. 钻芯修正法。

本标准合并修订的主要技术内容是:

1. 修订了普通混凝土回弹测强曲线、高强混凝土回弹测强曲线和超声回弹综合法测强曲线;
2. 修改了回弹法测点数量的相关要求;
3. 增加了混凝土抗压强度现场检测的基本规定;
4. 明确了回弹仪的选用标准,增加了数字回弹仪的相关规定;
5. 删除了卵石混凝土回弹测强曲线。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆市建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。为了提高标准质量,请各单位在执行本标准过程中注意积累资料,总结经验,并将意见和建议反馈至重庆市建筑科学研究院有限公司(地址:重庆市渝中区长江二路 221 号,邮政编码:400016, E-mail: 645793666@qq.com),以供今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和审查专家：

主 编 单 位：重庆市建筑科学研究院有限公司

中冶建工集团重庆混凝土工程有限公司

参 编 单 位：重庆市建设工程质量检验检测中心有限公司

重庆市住房和城乡建设工程质量安全总站

重庆经开区生态环境和建设管理局

重庆市江津区建设工程质量技术服务中心

重庆市沙坪坝区建设工程质量监督站

重庆砼磊高新混凝土有限公司

重庆华西易通建设股份有限公司

重庆中检工程质量检测有限公司

重庆市渝北区建设工程质量检测所

重庆北纬建设工程质量检测有限公司

重庆华盛检测技术有限公司

重庆市混凝土协会

重庆富普新材料科技股份有限公司

重庆建工第十一建筑工程有限责任公司

秀山工业发展投资有限公司

重庆永固新型建材有限公司

主要起草人：颜丙山 李志坤 张京街 陈建松 王 炯

谭 睿 成 亮 班克成 李新春 李 磊

王 超 蒲 鲲 成 慧 王镜尧 陈家全

邓铃夕 李月霞 黄 波 刘 亮 王 强

董 东 夏小春 郭 帅 黎 伟 曾昌洪

付春雷 苏定勤 冯 斌 段后红 晏维江

王 明 高 峰 朱海良 何 牟 彭 博

杨 露 蒋 嫔 张逸飞 李 林 廖 亮

崔 越 宋文杰 程俊锋 李安亮 郑寒英

甘戈金 李文科 邓 超 汪 彪 韦 青

黄 涛 王 晋 刘正豪

审 查 专 家: 杨长辉 汤启明 唐 毅 兰国权 陈 岳
任增洲 王进勇

重庆工程职业技术学院

重庆工程建设

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	5
3.1	一般规定	5
3.2	检测的基本程序和要求	5
3.3	检测和评定方式	7
3.4	检测报告	7
4	回弹法	9
4.1	一般规定	9
4.2	仪器设备	9
4.3	检测技术	12
4.4	回弹值计算	13
4.5	测强曲线	14
4.6	混凝土强度推定	15
5	超声回弹综合法	18
5.1	一般规定	18
5.2	仪器设备	18
5.3	检测技术	19
5.4	回弹值及声速值计算	20
5.5	测强曲线	20
5.6	混凝土强度推定	21
6	钻芯法	22

6.1	一般规定	22
6.2	仪器设备	22
6.3	芯样钻取及加工	23
6.4	试件抗压试验及强度计算	24
6.5	混凝土抗压强度推定值	25
7	钻芯修正法	27
附录 A	测区强度换算表	29
附录 B	非水平状态检测普通混凝土时的回弹值修正值	52
附录 C	普通混凝土不同浇筑面的回弹值修正值	54
附录 D	碳化深度修正系数	55
附录 E	回弹法检测混凝土抗压强度记录	56
附录 F	超声回弹法检测混凝土抗压强度记录	57
附录 G	长龄期混凝土强度龄期修正	58
	本标准用词说明	59
	引用标准名录	60
	条文说明	61

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic provisions	5
3.1	General provisions	5
3.2	Programme and requirement of inspection	5
3.3	Sampling methods and evaluation rules	7
3.4	Report of inspection	7
4	Rebound method	9
4.1	General provisions	9
4.2	Testing instruments and equipment	9
4.3	Testing technology and requirements	12
4.4	Calculation of rebound value	13
4.5	Concrete strength-measuring curve	14
4.6	Estimated compressive strength of concrete	15
5	Ultrasonic-rebound combined method	18
5.1	General provisions	18
5.2	Testing instruments and equipment	18
5.3	Testing technology and requirements	19
5.4	Calculation of rebound value and velocity of ultrasonic wave	20
5.5	Concrete strength-measuring curve	20
5.6	Estimated compressive strength of concrete	21

6	Drilled core method	22
6.1	General provisions	22
6.2	Testing instruments and equipment	22
6.3	Core sample drilling and processing	23
6.4	Test requirements and calculation of compressive strength	24
6.5	Estimated compressive strength of concrete	25
7	Drilled core correction method	27
Appendix A	Conversion table of compressive strength of concrete for test area	29
Appendix B	Modified value of rebound value under non-hori- zontal testing	52
Appendix C	Modified value of rebound value of different pouring planes	54
Appendix D	Correction factor of carbonization depth	55
Appendix E	Testing record table of concrete compressive strength of rebound method	56
Appendix F	Testing record table of concrete compressive strength of ultrasonic-rebound combined method	57
Appendix G	Provisions for concrete rebound value modification of long aged concrete	58
	Explanation of Wording in this standard	59
	List of quoted standards	60
	Explanation of provisions	61

1 总 则

1.0.1 为规范结构混凝土抗压强度的检测,做到方法科学、结果准确,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于回弹法、超声回弹综合法和钻芯法对工程结构中混凝土抗压强度的检测与推定。回弹法、超声回弹综合法不适用于表层和内部质量有明显差异、长期处于高温环境下的混凝土以及遭受了严重冻伤、化学侵蚀或火灾的混凝土的强度检测。

1.0.3 采用本标准检测及推定混凝土强度时,除应遵守本标准外,尚应符合国家、行业及重庆市现行有关技术标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 回弹法 rebound method

通过检测混凝土的回弹值和碳化深度值来推定混凝土抗压强度的方法。

2.1.2 超声回弹综合法 ultrasonic-rebound combined method

通过检测混凝土的超声波声速值和回弹值来推定混凝土抗压强度的方法。

2.1.3 芯样试件抗压强度值 compressive strength of core specimen

由芯样试件得到的相当于边长为 150mm 立方体试块的抗压强度。

2.1.4 标准芯样试件 standard core specimen

取芯质量符合要求,芯样直径为 100mm、高径比为 1:1 的混凝土圆柱体试件。

2.1.5 检测单元 testing element

按照检测要求确定的混凝土结构的组成单元。

2.1.6 测区 testing region

按检测方法要求布置测点的区域。

2.1.7 测点 testing point

测区内取得检测数据的检测点。

2.1.8 测区混凝土抗压强度换算值 conversion value for the compressive strength of concrete at detecting region

根据混凝土测区上测得的物理特征值,通过混凝土测强曲线

计算所得的现龄期混凝土抗压强度值。

2.1.9 混凝土抗压强度推定值 estimation value for compressive strength of concrete

对测区混凝土抗压强度换算值或芯样抗压强度值进行分析,并应用一定规则,得到的代表现龄期混凝土抗压强度总体评价的统计值。

2.1.10 推定区间 estimate interval

被测试量的值落在指定置信度的范围,该范围由用于推定强度的上限值和下限值界定。

2.2 符 号

A —— 芯样试件抗压截面面积;

D —— 芯样试件的平均直径;

H —— 抗压芯样试件的高度;

l_i —— 第 i 个测点的超声测距;

R_i —— 测区中第 i 个测点回弹值;

R_m —— 构件或测区的平均回弹值;

R_{ma} —— 回弹仪非水平状态检测时,测区的平均回弹值;

R_m^t —— 回弹仪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顶面时,回弹值的修正值;

R_a^b —— 回弹仪检测混凝土浇筑底面时,回弹值的修正值;

R_{aa} —— 回弹仪非水平状态检测时,回弹值的修正值;

d_m —— 构件上测区的平均碳化深度值;

d_{ms} —— 构件的碳化深度值;

k_d —— 构件上测区回弹强度换算值的碳化修正系数;

- $f_{cu,i}^{cs}$ ——非泵送混凝土第 i 个测区回弹强度换算值；
 $f_{cu,i}^{cb}$ ——泵送混凝土第 i 个测区回弹强度换算值；
 $m_{f_{cu}}$ ——测区混凝土强度换算值的平均值；
 $f_{cu,min}^c$ ——构件中测区的混凝土强度最小换算值；
 $S_{f_{cu}}^c$ ——结构或构件测区混凝土强度换算值标准差；
 $f_{cu,e}$ ——混凝土抗压强度推定值；
 $f_{cu,i}^{ex}$ ——长龄期混凝土测区换算强度；
 $f_{cu,i}^c$ ——结构或构件第 i 个测区的混凝土抗压强度换算值；
 f_{cor} ——混凝土芯样试件的抗压强度实测值；
 $f_{cor,m}$ ——芯样试件的混凝土抗压强度平均值；
 $f_{cu,e1}$ ——混凝土抗压强度推定上限值；
 $f_{cu,e2}$ ——混凝土抗压强度推定下限值；
 F_c ——混凝土芯样试件的破坏荷载；
 $S_{f_{cor}}$ ——芯样试件抗压强度样本的标准差；
 δ ——变异系数；
 α_n ——长龄期混凝土强度修正系数；
 Δf ——测区混凝土强度修正量；
 k_1, k_2 ——推定区间上限值系数和下限值系数；
 n ——测区数，测点数，立方体试件数，芯样试件数；
 T_k ——测试时空气的温度(℃)；
 t_i ——第 i 个测点的声时读数；
 t_0 ——声时初读数；
 v ——测区混凝土中声速代表值；
 v_0 ——空气中声速实测值；
 v_k ——温度为 T_k 时空气中的声速计算值；
 v_i ——第 i 个测点的混凝土中声速值。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 测区或取样位置应布置在无缺陷、无损伤且具有代表性的部位；当委托方有特定要求时，可对要求的部位进行专项检测。

3.1.2 混凝土强度检测宜选用回弹法、超声回弹综合法等无损检测方法；当选用钻芯法时，钻芯位置宜选择在构件受力较小的部位，不得影响结构安全。

3.1.3 回弹仪使用时的环境温度宜为 $-4^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ；超声波检测仪器使用时的环境温度宜为 $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。

3.2 检测的基本程序和要求

3.2.1 混凝土抗压强度检测宜按图 3.2.1 的流程进行。

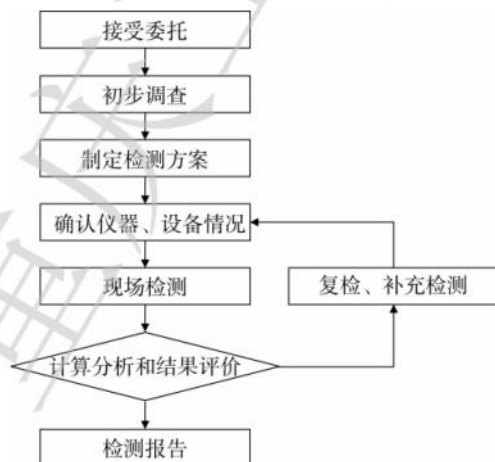


图 3.2.1 检测工作流程

3.2.2 混凝土抗压强度检测工作可接受单方委托,存在质量争议时宜由当事各方共同委托。

3.2.3 初步调查应以确认委托方的检测要求和制定有针对性的检测方案为目的。初步调查可采取现场踏勘、搜集和分析资料及询问有关人员等方式。

3.2.4 检测方案宜包括下列主要内容:

1 工程或结构概况,包括结构类型、设计、施工及监理单位,建造年代或检测时工程的进度情况等;

2 委托方的检测目的或检测要求;

3 检测的依据,包括检测所依据的标准及有关的技术资料等;

4 检测范围、检测项目和选用的检测方法;

5 检测的方式、检验批的划分、抽样方法和检测数量;

6 检测人员和仪器设备情况;

7 检测工作进度计划;

8 需要委托方配合的工作;

9 检测中的安全与环保措施。

3.2.5 检测所用仪器、设备的适用范围和检测精度应满足检测项目的要求。检测时,所用仪器、设备应在检定或校准周期内,并应处于正常状态。

3.2.6 现场检测的测区和测点应有明晰标注和编号,必要时标注和编号宜保留一定时间。

3.2.7 现场取得的试样应及时标识并妥善保存。

3.2.8 当发现检测数据数量不足或检测数据出现异常情况时,应进行补充检测或复检。

3.2.9 混凝土结构现场检测工作结束后,应及时提出针对由于检测造成结构或构件局部损伤的修补建议。如设计有要求,应按设计要求进行修补;若无特殊要求,宜采用比该构件混凝土设计强度等级高一个等级的膨胀细石混凝土或环氧树脂混凝土进行修补。

3.3 检测和评定方式

3.3.1 混凝土抗压强度现场检测可采取全数检测或抽样检测两种检测方式。抽样检测时,宜随机抽取样本。当不具备随机抽样条件时,可按约定方法抽取样本。

3.3.2 遇到下列情况时宜采用全数检测方式:

- 1 受检范围较小或构件数量较少;
- 2 变异性大或构件状况差异较大;
- 3 委托方要求进行全数检测。

3.3.3 混凝土抗压强度检测分为单个构件检测和批量检测,单个构件检测适用于单个柱、梁、墙、基础等构件的检测,其检测结论不得扩大到未检测的构件或范围;批量检测适用于一定批次混凝土强度的检测。符合下列条件的构件可作为同批构件:

- 1 混凝土设计强度等级相同;
- 2 构件类型相同;
- 3 混凝土原材料、配合比、成型工艺、养护条件及龄期基本相同;
- 4 在施工阶段所处状态相同。

3.3.4 标准差未知,批量评定需给出推定区间时,计量抽样和分层计量抽样的推定区间限值系数可参考《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 的规定取值。对推定区间上限值与下限值之差值宜进行控制。

3.4 检测报告

3.4.1 检测报告应结论明确、用词规范、文字简练,对于容易混淆的术语和概念应以文字解释或图例、图像说明。

3.4.2 检测报告应包括下列内容:

- 1 委托方名称；
- 2 建筑工程概况，包括工程名称、地址、结构类型、规模、施工日期及现状等；
- 3 设计单位、施工单位及监理单位名称；
- 4 检测原因、检测目的及以往相关检测情况概述；
- 5 检测项目、检测方法及依据的标准；
- 6 检验方式、抽样方法、检测数量与检测的位置；
- 7 检测结果、检测结论；
- 8 检测日期，报告完成日期；
- 9 检测、审核和批准人员的签名；
- 10 检测机构的有效印章。

4 回弹法

4.1 一般规定

4.1.1 采用回弹法对混凝土抗压强度进行检测时,应根据待测混凝土的设计强度等级或预估抗压强度选用相应的回弹仪和测强曲线。设计强度等级为 C45 及以下时,宜选用中型回弹仪;设计强度等级为 C50 及以上时,宜选用重型回弹仪,当实测换算强度低于 50MPa 时,宜采用中型回弹仪重新进行检测。

4.1.2 当有下列情况之一时,测区混凝土强度不得按本标准附录 A 进行强度换算:

1 非泵送混凝土粗骨料最大公称粒径大于 60.0mm,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 测试面混凝土厚度小于 50mm。

4.1.3 被测构件的测试面应平整、清洁,测试面有饰面层、浮浆或薄弱层时应予以清除,并做磨平处理。浸水构件或表面潮湿的构件,应经自然干燥或对测试面进行烘干处理后方可进行检测。

4.1.4 对于弹击时产生颤动的薄壁、小型构件,应进行固定。

4.2 仪器设备

4.2.1 回弹仪应具有产品合格证及计量检定合格证,并应在回弹仪的明显位置上具有下列标识:名称、型号、制造厂名(或商标)、出厂编号、出厂日期等。

4.2.2 回弹仪除应符合现行国家标准《回弹仪》GB/T 9138 的规定外,尚应符合下列规定:

1 水平弹击时,弹击锤脱钩的瞬间,中型回弹仪的标称能量应为 2.207J,重型回弹仪的标称能量应为 4.5J;

2 弹击锤与弹击杆碰撞的瞬间,弹击拉簧应处于自由状态,此时弹击锤起跳点应在指针指示刻度尺的“0”处;

3 在洛氏硬度(HRC)为 60 ± 2 的钢砧上,中型回弹仪的率定值应为 80 ± 2 ,重型回弹仪的率定值应为 88 ± 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。

4.2.3 回弹仪具有下列情况之一时应送检定单位检定:

- 1 新回弹仪启用前;
- 2 超过检定有效期限(有效期限为半年);
- 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 常规保养后在钢砧上率定值不合格;
- 5 更换零件和检修后;
- 6 遭受严重撞击或其它损害。

4.2.4 遇有下列情况之一时,回弹仪应进行率定:

- 1 检测项目执行之前和之后;
- 2 检测过程中回弹值异常;
- 3 对回弹仪进行常规保养后。

4.2.5 回弹仪的率定试验应符合下列规定:

- 1 率定试验宜在室温为 $5^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ 的条件下进行;
- 2 钢砧表面应干燥、清洁,并应稳固地平放在刚度大的物体或硬化坚实的地面上;

3 率定试验应分四个方向进行,回弹仪弹击杆应分 3 次旋转,每次旋转 90° 度;

- 4 每个方向率定值应取连续向下弹击三次的稳定回弹值的

平均值,四个方向的率定值均应满足要求。

4.2.6 回弹仪率定试验所用的钢砧应每 2 年送法定计量检定机构检定或校准。

4.2.7 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 对回弹值有异议;
- 3 钢砧上的率定值不合格。

4.2.8 常规保养宜按以下步骤进行:

1 在回弹仪冲击锤脱钩状态,旋开回弹仪前端盖帽和后端尾盖,取出前端卡环及后端压簧,取出机芯,卸下弹击杆,然后取出缓冲压簧、弹击锤、弹击拉簧和拉簧座;

2 清洗机芯各零部件,重点清洗弹击锤中心导杆、弹击锤、弹击杆的内孔和冲击面。清洗后在中心导杆上均匀涂抹少量的钟表油,其它零部件均不得抹油;

3 卸下刻度尺,清洁机壳内壁,检查指针并测试指针与指针导杆间的摩擦力,应为 $0.65 \pm 0.15\text{N}$;

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 完成以上保养、检查后,将机芯装回机壳,按本标准第 4.2.5 条的要求,进行率定;

6 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。

4.2.9 回弹仪每次使用完毕后,应使弹击杆伸出机壳,并清除弹击杆、杆前端球面、刻度尺表面和外壳上的污垢、尘土,再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,平放在干燥阴凉处。

4.2.10 数字式回弹仪长期不用时,应取出电池。

4.3 检测技术

4.3.1 批量检测时,应进行随机抽样,抽检数量不宜少于同批构件总数的 30%,且不宜少于 10 件。当检验批中抽检构件数量大于 30 个时可适当调整,但不得少于国家现行有关标准规定的最少抽样数量。

4.3.2 每一构件上布置的测区和测区内的测点应符合下列规定:

1 每一构件上的测区数不应少于 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,或受检构件检测面某一方尺寸不大于 4.5m 且另一方向尺寸不大于 0.3m 时,每个构件上的测区数量可适当减少,但不应少于 5 个;

2 相邻两测区的间距应控制在 2m 以内,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 测区应优先布置在构件混凝土浇筑方向的侧面。采用中型回弹仪时,测区宜布置在能使回弹仪处于水平方向进行检测的浇筑侧面;当不能满足这一要求时,也可使回弹仪处于非水平方向检测的浇筑表面或底面。采用重型回弹仪时,测区应布置在能使回弹仪处于水平方向的浇筑侧面;

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,且宜均匀分布。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 测区面积宜为 0.04m^2 ;

6 每一测区应布置 12 个测点,测点宜在测区范围内均匀分布,相邻两测点的净距不宜小于 20mm;测点距外露钢筋、预埋件距离不宜小于 30mm;测点不应布置在气孔或外露石子上。

4.3.3 检测时回弹仪的轴线应始终垂直于混凝土检测面,缓慢施压,准确读数后复位;回弹值读数估读至 1,同一测点应只弹击

一次。

4.3.4 采用中型回弹仪进行检测时,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。测点数不应少于测区数的30%,测点位置宜均匀分布,应取其平均值作为该构件每个测区的碳化深度值。当同一构件碳化深度的极差大于2.0mm时,应在每一测区分别测量碳化深度值。

4.3.5 碳化深度值的测量与计算应符合下列规定:

1 采用适当的工具在测区表面形成直径约15mm的孔洞,其深度应大于6mm;

2 应清除孔洞中的粉末和碎屑,不得用水擦洗;

3 用浓度为1%~2%的酚酞酒精溶液滴在孔内壁处,待碳化与未碳化界线清晰时,及时用碳化深度测定仪测量碳化与未碳化交界面到混凝土表面的垂直距离,测量3次,且测试点宜在孔周均匀分布,每次读数精确至0.25mm;

4 应取3次测量的平均值作为该点碳化深度的代表值,精确至0.5mm。

4.4 回弹值计算

4.4.1 从每个测区的12个回弹值中剔除1个最大值和1个最小值后,按下式计算余下的10个回弹值的平均值,作为该测区的平均回弹值。

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{10} R_i}{10} \quad (4.4.1)$$

式中: R_m ——测区平均回弹值,精确到0.1;

R_i ——第*i*个测点的回弹值。

4.4.2 非水平方向检测时,测区平均回弹值应按式4.4.2进行修正:

$$R_m = R_{ma} + R_{aa} \quad (4.4.2)$$

式中： R_{ma} ——非水平状态检测时测区平均回弹值，精确到 0.1；

R_{aa} ——非水平状态检测时测区平均回弹值修正值，按本标准附录 B 采用。

4.4.3 水平方向检测普通混凝土浇筑顶面或底面时，应按下列公式修正 R_m ：

$$R_m = R_m^t + R_a^t \quad (4.4.3-1)$$

$$R_m = R_m^b + R_a^b \quad (4.4.3-2)$$

式中： R_m^t 、 R_m^b ——水平方向检测混凝土浇筑顶面、底面时，测区平均回弹值，精确到 0.1；

R_a^t 、 R_a^b ——混凝土浇筑顶面、底面回弹值的修正值，按本标准附录 C 采用。

4.4.4 当回弹仪为非水平方向且测试面为非混凝土浇筑侧面时，应先对回弹值进行角度修正，换算为水平方向检测的测区平均回弹值，再用该值进行浇筑面修正。

4.5 测强曲线

4.5.1 符合下列条件的混凝土，可按本标准进行测区强度换算：

1 采用的水泥、砂石、外加剂、掺合料、拌合用水符合国家现行有关标准；

2 不掺引气型外加剂；

3 采用符合现行《混凝土结构工程施工验收规范》GB 50204 规定的成型工艺和模板；

4 自然养护或蒸气养护出池后 7d 以上，且混凝土表面层为干燥状态；

5 龄期为 7d~1000d。

4.5.2 抗压强度为 10.0MPa~60.0MPa 且符合 4.5.1 条规定的泵送混凝土，采用中型回弹仪检测时，测区强度可按本标准附录 A.0.2 进行换算，也可按下式计算：

$$f_{cu,i}^{cb} = 0.1167 \times R_m^{1.6286} \times 10^{(-0.0147d_m)} \quad (4.5.2)$$

4.5.3 抗压强度为 10.0MPa~60.0MPa 且符合 4.5.1 条规定的非泵送混凝土,采用中型回弹仪检测时,测区强度可按本标准附录 A.0.1 进行换算,也可按下式计算:

$$f_{cu}^{cs} = 0.041 \times R_m^{1.88} \times k_d \quad (4.5.3)$$

式中: k_d ——构件上测区换算强度的碳化深度修正系数,见附录 D。

4.5.4 抗压强度为 50.0MPa~80.0MPa 且符合 4.5.1 条规定的泵送混凝土,采用重型回弹仪检测时,测区强度可按本标准附录 A.0.3 进行换算,也可按下式计算:

$$f_{cu,i}^{cb} = 0.0168 \times R_m^2 - 0.4824 \times R_m + 35.87 \quad (4.5.4)$$

4.6 混凝土强度推定

4.6.1 根据各测区的强度换算值计算构件的测区换算强度平均值。当测区数 $n \geq 10$ 时,应计算强度标准差。平均值和标准差按下列公式计算:

$$m_{f_{cu}^c} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^c}{n} \quad (4.6.1-1)$$

$$S_{f_{cu}^c} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^c)^2 - n(m_{f_{cu}^c})^2}{n-1}} \quad (4.6.1-2)$$

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

n ——对单个构件检测,取该构件的测区数;对批量检测,取被测构件测区数之和;

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

4.6.2 长龄期混凝土的回弹强度换算值应进行龄期修正,修正后测区换算强度按下式计算:

$$f_{cu,i}^{cx} = \alpha_n \times f_{cu,i}^c \quad (4.6.2)$$

式中： α_n ——长龄期混凝土强度修正系数，按附录 G 中表 G.0.3 的规定取用。

4.6.3 单个构件检测时，构件的现龄期混凝土强度推定值应符合下列规定：

1 当构件测区数少于 10 个或测区混凝土强度换算值出现大于 80.0MPa 的情况时：

$$f_{cu,e} = f_{cu,min}^c \quad (4.6.3-1)$$

式中： $f_{cu,e}$ ——构件的混凝土强度推定值；

$f_{cu,min}^c$ ——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，按下列公式计算：

$$f_{cu,e} = m_{f_{cu}^c} - 1.645 \times S_{f_{cu}^c} \quad (4.6.3-2)$$

3 当构件的测区强度值中出现小于 10.0MPa 时：

$$f_{cu,e} < 10.0 \text{MPa} \quad (4.6.3-3)$$

4 当构件的测区混凝土强度换算值均大于 80.0MPa 时：

$$f_{cu,e} > 80.0 \text{MPa} \quad (4.6.3-4)$$

4.6.4 批量检测时，该批构件的现龄期混凝土强度推定值应按下列下式确定：

$$f_{cu,e} = m_{f_{cu}^c} - k \times S_{f_{cu}^c} \quad (4.6.4)$$

式中： k ——推定系数，宜取 1.645，当需要给出推定强度区间时，可按《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 的规定取值上、下限值系数。

注：结构或构件的混凝土强度推定值是指相当于强度换算值总体分布中保证率为 95% 的结构或构件中的混凝土抗压强度值。

4.6.5 批量检测时，当构件的测区强度值中出现小于 10.0MPa 或者大于 80.0MPa 时，应按单个构件检测或者重新划分检验批。

4.6.6 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 该批构件混凝土换算强度平均值小于 25MPa , $S_{f_{cu}}^e > 4.5\text{MPa}$ 时;

2 该批构件混凝土换算强度平均值不小于 25MPa , $S_{f_{cu}}^e > 5.5\text{MPa}$ 时。

4.6.7 检测原始记录可参考本标准附录 E 填写。

5 超声回弹综合法

5.1 一般规定

5.1.1 采用超声回弹综合法检测混凝土强度时,混凝土的组成材料、成型工艺、养护方式、干湿状态及几何特性等均应满足本标准回弹法的相关要求,适用混凝土的龄期为 7d~2000d,抗压强度为 50.0MPa~80.0MPa。

5.1.2 应先在测区内进行回弹值检测,再进行声速值检测。

5.2 仪器设备

5.2.1 回弹仪应满足本标准 4.2 节中对重型回弹仪的要求。

5.2.2 超声波检测仪应符合现行行业标准《混凝土超声波检测仪》JG/T 5004 的要求,并满足以下规定:

- 1 具有波形清晰、显示稳定的示波装置;
- 2 声时最小分度值为 $0.1\mu\text{s}$,声时测量范围宜为 $0.1\mu\text{s}\sim 999.9\mu\text{s}$;
- 3 具有最小分度值为 1dB 的信号幅度调整系统,总增益不小于 80dB;
- 4 接收放大器频响范围 $10\text{kHz}\sim 250\text{kHz}$,接收灵敏度(信噪比 3:1 时)不大于 $50\mu\text{V}$;
- 5 电源电压波动范围在标称值 $\pm 10\%$ 情况下能正常工作;
- 6 连续正常工作时间不少于 4h;
- 7 具有采集、储存数字信号并进行数据处理的功能;
- 8 具有手动游标测读和自动测读两种方式,当自动测读时,

同一测试条件下,在 1h 内每 5min 测读一次声时值的差异不超过 $\pm 0.2\mu\text{s}$,并应在显示器的接收波形上,有光标指示声时、幅度的测读位置。

5.2.3 换能器应符合以下技术要求:

- 1 换能器的工作频率在 50kHz~100kHz 范围内;
- 2 换能器的实测主频与标称频率相差不应超过 $\pm 10\%$ 。

5.2.4 超声波检测仪在工作前,应完成校准并应符合以下规定:

- 1 应按下式计算空气中声速计算值:

$$v_k = 331.4 \sqrt{1 + 0.0367 T_k} \quad (5.2.4)$$

式中:331.4——0℃时空气中的声速值(m/s);

v_k ——温度为 T_k 时空气中的声速计算值(m/s);

T_k ——测试时空气的温度(℃)。

- 2 超声波检测仪的声时计量检验,应按“时—距”法测量空气中声速实测值 v_0 ,且 v_0 与 v_k 相对误差不超过 $\pm 0.5\%$;

- 3 检测时根据测试需要在仪器上配置合适的换能器和高频电缆线,并测定声时初读数 t_0 。

5.3 检测技术

5.3.1 超声回弹综合法检测混凝土抗压强度的构件抽样数量、测区测点布置、回弹值检测均应符合本标准 4.3 节回弹法检测的相关要求。

5.3.2 声速测试应在回弹测试完毕的测区内进行,每一测区布置 3 个测点。超声测试宜采用对测,当被测构件不具备对测条件时,也可采用角测和单面平测方法检测。

5.3.3 超声测试应符合下列规定:

- 1 正式测试前,应先测定声时初读数(t_0),检测过程中若更换换能器或高频电缆,应重新测定声时读数(t_0);

- 2 超声测试时,换能器辐射面应通过耦合剂与混凝土测试

面良好耦合；

3 声时测量应精确至 $0.1\mu\text{s}$ ，超声测距测量应精确至 1mm ，且测量误差不应超过超声测距的 $\pm 1\%$ ，声速计算应精确至 0.01km/s 。

5.4 回弹值及声速值计算

5.4.1 回弹值的计算应符合本标准 4.4 节的要求。

5.4.2 测区混凝土中声速代表值为该测区中 3 个测点的平均声速值，当在浇筑侧面对测时，按下列公式计算：

$$v_d = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \frac{l_i}{t_i - t_0} \quad (5.4.2)$$

式中： v_d ——测区混凝土中声速代表值 (km/s)；

l_i ——第 i 个测点的超声测距 (mm)；

t_i ——第 i 个测点的声时读数 (μs)；

t_0 ——声时初读数 (μs)。

5.4.3 当在混凝土浇筑的表面和底面对测时，测区混凝土中声速代表值应按式修正：

$$v_a = \beta v_d \quad (5.4.3)$$

式中： v_a ——修正后的测区混凝土中声速代表值 (km/s)；

β ——超声测试面的声速修正系数，取 1.034。

5.5 测强曲线

5.5.1 符合本标准 5.1.1 条规定的混凝土，采用重型回弹仪和超声波检测仪进行超声回弹综合法进行检测时，测区强度可按本标准附录 A.0.4 进行换算，也可按下式计算：

$$f_{cu,i}^c = 0.8562 \times R^{0.8975} \times v^{0.4587} \quad (5.5.1)$$

式中： $f_{cu,i}^c$ ——第 i 个测区的混凝土抗压强度换算值，精确至

0.1MPa;

R ——测区回弹代表值,即测区 12 个回弹值中剔除 1 个最大值和 1 个最小值后剩余 10 个回弹值的平均值,精确至 0.1;

v ——测区混凝土中声速代表值(km/s)。

5.6 混凝土强度推定

5.6.1 混凝土抗压强度的推定需满足本标准 4.6 节的要求。

5.6.2 检测原始记录可参考本标准附录 F 填写。

6 钻芯法

6.1 一般规定

6.1.1 抗压芯样试件宜使用直径为 100mm 的芯样,且其直径不宜小于骨料最大粒径的 3 倍;也可采用小直径芯样,但其直径不应小于 70mm 且不得小于骨料最大粒径的 2 倍。

6.1.2 采用钻芯法对混凝土抗压强度进行单个构件检测时,芯样试件的数量不应少于 3 个;钻芯对构件工作性能影响较大的小尺寸构件,芯样试件的数量不得少于 2 个。

6.1.3 采用钻芯法对混凝土抗压强度进行批量检测时,取样应遵守下列规定:

1 芯样试件的数量应根据检测批的容量确定,标准芯样试件的最小样本量不宜小于 15 个,小直径芯样试件的最小样本量不宜小于 20 个;

2 芯样应从检测批的结构构件中随机抽取,每个芯样宜取自一个单独的构件或结构的局部部位,取芯位置尚应符合本标准第 6.3.1 条的规定。

6.1.4 钻芯法检测混凝土抗压强度用以判定是否满足设计强度等级的要求时,受检构件的混凝土龄期应达到相应要求,或受检构件同条件养护试件强度应达到设计强度要求后检测。

6.2 仪器设备

6.2.1 钻芯机应具有足够刚度,操作灵活、固定和移动方便,并应有水冷却系统。钻取混凝土芯样时宜采用人造金刚石薄壁钻

头,钻头胎体不得有肉眼可见的裂缝、缺边、少角、倾斜或喇叭口变形。

6.2.2 锯切混凝土芯样使用的锯切机和磨平芯样的磨平机,应具有冷却系统和牢固夹紧芯样的装置;配套使用的人造金刚石圆锯片应有足够的刚度。

6.2.3 探测钢筋位置的钢筋检测仪应适用于现场操作,最大探测深度不应小于 60mm,探测位置偏差不宜大于 3mm。

6.2.4 在钻芯工作完毕后,应对钻芯机和芯样加工设备进行维护保养。

6.3 芯样钻取及加工

6.3.1 芯样宜在结构或构件的下列部位钻取:

- 1 结构或构件受力较小的部位;
- 2 混凝土强度具有代表性的部位;
- 3 便于钻芯机安放与操作的部位;
- 4 避开主筋、预埋件和管线的位置。

6.3.2 在构件上钻取多个芯样时,芯样宜取自不同部位。

6.3.3 钻芯机就位并安放平稳后,应将钻芯机固定;钻芯机在未安装钻头之前,应先通电确认主轴的旋转方向为顺时针方向。

6.3.4 钻取芯样时宜保持匀速钻进,并持续供应适量的流动水,用于冷却钻头和排除混凝土碎屑。

6.3.5 芯样应采取保护措施,避免在运输和贮存中损坏。

6.3.6 抗压芯样试件的高径比(H/d)宜为 1。

6.3.7 试件加工时,锯切后的芯样应进行端面处理,宜采取在磨平机上磨平端面的处理方法,也可采取硫黄胶泥、环氧胶泥或聚合物水泥砂浆补平,补平层的厚度不宜大于 2mm。抗压强度低于 30MPa 的芯样试件,不宜采用磨平端面的处理方法;抗压强度高于 60MPa 的芯样试件,不宜采用补平的处理方法。

6.3.8 芯样试件内不宜含有钢筋,如不能满足此项要求,也可有一根直径不大于 10mm 的钢筋,且钢筋应与芯样试件的轴线基本垂直并离端面 10mm 以上。

6.3.9 钻芯操作和芯样加工应遵守国家有关安全生产和劳动保护的规定,并应遵守现场和实验室安全生产的有关规定。

6.4 试件抗压试验及强度计算

6.4.1 应按下列规定测量芯样试件的尺寸:

1 平均直径用游标卡尺在芯样试件上部、中部和下部相互垂直的两个位置上测量,取测量的算术平均值作为芯样试件的直径,精确至 0.5mm;

2 芯样试件高度用钢板尺或钢卷尺进行测量,精确至 1.0mm;

3 垂直度用游标量角器测量芯样试件两个端面与母线的夹角,取最大值,精确至 0.1° ;

4 平整度用钢板尺或角尺紧靠在芯样试件端面上,一面转动钢板尺,一面用塞尺测量钢板尺与芯样试件端面之间的缝隙,取最大值,精确至 0.01mm;也可采用其它专用设备量测。

6.4.2 试验前应对芯样试件的尺寸偏差及外观质量进行检查,当出现下列情况之一时,相应的芯样试件不宜用于试验:

1 芯样试件的实际高径比(H/d)小于要求高径比的 0.95 或大于 1.05;

2 沿芯样试件高度的任一直径与平均直径相差超过 1.5mm;

3 抗压芯样试件端面的不平整度在 100mm 长度内超过 0.1mm;

4 芯样试件端面与轴线的不垂直度超过 1° ;

5 芯样有裂缝或有其他较大缺陷。

6.4.3 芯样试件应在自然干燥状态下进行抗压试验。当结构工作条件比较潮湿,需要确定潮湿状态下混凝土的强度时,芯样试件宜在 $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的清水中浸泡 $40\text{h}\sim 48\text{h}$,从水中取出,去除表面水渍后,立即进行试验。

6.4.4 试验操作应符合现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 中对立方体试块抗压试验的规定。

6.4.5 芯样试件的混凝土抗压强度值,按下式计算:

$$f_{\text{cor}} = \frac{F_c}{A} \quad (6.4.5)$$

式中: f_{cor} ——芯样试件的混凝土抗压强度值(MPa);

F_c ——芯样试件的破坏荷载(N);

A ——芯样试件受压面积(mm^2)。

6.5 混凝土抗压强度推定值

6.5.1 钻芯法确定单个构件混凝土抗压强度推定值时,按芯样试件混凝土抗压强度值中的最小值确定,不应进行数据的舍弃。

6.5.2 检测批混凝土抗压强度的推定值应按下列方法确定:

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

$$\text{上限值: } f_{\text{cu,e1}} = f_{\text{cor,m}} - k_1 \times S_{f_{\text{cor}}} \quad (6.5.2-1)$$

$$\text{下限值: } f_{\text{cu,e2}} = f_{\text{cor,m}} - k_2 \times S_{f_{\text{cor}}} \quad (6.5.2-2)$$

$$f_{\text{cor,m}} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{\text{cor},i}}{n} \quad (6.5.2-3)$$

$$S_{f_{\text{cor}}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{\text{cor},i})^2 - n(f_{\text{cor,m}})^2}{n-1}} \quad (6.5.2-4)$$

式中: $f_{\text{cor,m}}$ ——芯样试件的混凝土抗压强度平均值(MPa),按公式(6.5.2-3)计算,精确至 0.1MPa ;

$f_{\text{cu,e1}}$ ——混凝土抗压强度推定上限值(MPa),精确至

0.1MPa;

$f_{cu,e2}$ ——混凝土抗压强度推定下限值(MPa),精确至0.1MPa;

k_1, k_2 ——推定区间上限值系数和下限值系数,按《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 查得;

$S_{f_{cor}}$ ——芯样试件抗压强度样本的标准差(MPa),按公式(6.5.2-4)计算,精确至0.01MPa。

2 $f_{cu,e1}$ 和 $f_{cu,e2}$ 所构成推定区间的置信度宜为0.90,当采用小直径芯样试件时,推定区间的置信度可为0.85;

3 $f_{cu,e1}$ 与 $f_{cu,e2}$ 之间的差值不宜大于0.1倍 $f_{cor,m}$ 和5.0MPa的较大值,不满足时可适当增加样本容量,或重新划分检测批,否则不宜进行批量评定;

4 宜以推定上限值 $f_{cu,e1}$ 作为检测批混凝土强度的推定值。

6.5.3 钻芯法确定检测批混凝土抗压强度推定值时,可剔除芯样试件抗压强度样本中的异常值。剔除规则应按现行国家标准《数据的统计处理和解释正态样本离群值的判断和处理》GB/T 4883 规定执行。当确有试验依据时,可对芯样试件抗压强度样本的标准差进行符合实际情况的修正或调整。

7 钻芯修正法

7.0.1 采用回弹法、超声回弹综合法对混凝土抗压强度检测时,当构件所采用的材料及龄期与指定测强曲线所采用的材料及龄期有较大差异或对检测结果有异议时,可在构件上钻取混凝土芯样对测区混凝土抗压强度换算值进行修正。

7.0.2 按本标准对间接测强方法进行钻芯修正时,直径 100mm 芯样试件的数量不应少于 6 个,小直径芯样试件的数量不应少于 9 个。

7.0.3 应在回弹法、超声回弹综合法现场测试完成后再进行钻芯,并应在测区内钻取,每个芯样应只加工 1 个试件;回弹法检测应符合本标准第 4 章的要求,超声回弹综合法应符合本标准第 5 章的要求,芯样试件的钻取、加工等应满足本标准第 6 章的要求。

7.0.4 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 测区混凝土强度修正量应按下式计算:

$$\Delta f = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{\text{cor},i} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{\text{cu},i}^c \quad (7.0.4-1)$$

式中: Δf ——测区混凝土强度修正量,精确到 0.1MPa;

$f_{\text{cor},i}$ ——第 i 个混凝土芯样试件的抗压强度;

$f_{\text{cu},i}^c$ ——对应于第 i 个芯样部位间接法测得的测区混凝土强度换算值;

n ——混凝土芯样数量。

2 测区混凝土强度换算值的修正应按下式计算:

$$f_{\text{cu},i1}^c = f_{\text{cu},i0}^c + \Delta f \quad (7.0.4-2)$$

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

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

7.0.5 对测区混凝土强度换算值修正后,按第 4.6 节对混凝土强度进行推定。

附录 A 测区强度换算表

A.0.1 采用中型混凝土回弹仪对非泵送混凝土进行检测时,混凝土测区强度可按表 A.0.1 进行换算。

表 A.0.1 非泵送混凝土测区强度换算表

测区平均 回弹值	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度(mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0
18.6	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18.8	10.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19.0	10.4	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19.2	10.6	10.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19.4	10.8	10.4	10.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19.6	11.0	10.6	10.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19.8	11.2	10.9	10.5	10.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.0	11.4	11.1	10.7	10.3	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—
20.2	11.7	11.3	10.9	10.5	10.1	—	—	—	—	—	—	—	—
20.4	11.9	11.5	11.1	10.7	10.3	10.0	—	—	—	—	—	—	—
20.6	12.1	11.7	11.3	10.9	10.5	10.2	—	—	—	—	—	—	—
20.8	12.3	11.9	11.5	11.1	10.7	10.4	10.0	—	—	—	—	—	—
21.0	12.5	12.1	11.7	11.3	10.9	10.6	10.2	—	—	—	—	—	—
21.2	12.8	12.3	11.9	11.5	11.1	10.7	10.4	10.0	—	—	—	—	—
21.4	13.0	12.6	12.1	11.7	11.3	10.9	10.6	10.2	—	—	—	—	—
21.6	13.2	12.8	12.3	11.9	11.5	11.1	10.7	10.4	10.0	—	—	—	—
21.8	13.5	13.0	12.6	12.1	11.7	11.3	10.9	10.6	10.2	—	—	—	—

续表 A.0.1

测区平均 回弹值	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度(mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0
22.0	13.7	13.2	12.8	12.3	11.9	11.5	11.1	10.7	10.4	10.0	—	—	—
22.2	13.9	13.5	13.0	12.6	12.1	11.7	11.3	10.9	10.6	10.2	—	—	—
22.4	14.2	13.7	13.2	12.8	12.3	11.9	11.5	11.1	10.7	10.4	10.0	—	—
22.6	14.4	13.9	13.4	13.0	12.5	12.1	11.7	11.3	10.9	10.5	10.2	—	—
22.8	14.6	14.1	13.7	13.2	12.7	12.3	11.9	11.5	11.1	10.7	10.4	10.0	—
23.0	14.9	14.4	13.9	13.4	13.0	12.5	12.1	11.7	11.3	10.9	10.5	10.2	—
23.2	15.1	14.6	14.1	13.6	13.2	12.7	12.3	11.9	11.5	11.1	10.7	10.3	10.0
23.4	15.4	14.9	14.3	13.9	13.4	12.9	12.5	12.1	11.7	11.3	10.9	10.5	10.1
23.6	15.6	15.1	14.6	14.1	13.6	13.1	12.7	12.3	11.8	11.4	11.0	10.7	10.3
23.8	15.9	15.3	14.8	14.3	13.8	13.4	12.9	12.4	12.0	11.6	11.2	10.8	10.5
24.0	16.1	15.6	15.0	14.5	14.0	13.6	13.1	12.6	12.2	11.8	11.4	11.0	10.6
24.2	16.4	15.8	15.3	14.8	14.3	13.8	13.3	12.8	12.4	12.0	11.6	11.2	10.8
24.4	16.6	16.1	15.5	15.0	14.5	14.0	13.5	13.0	12.6	12.2	11.8	11.4	11.0
24.6	16.9	16.3	15.8	15.2	14.7	14.2	13.7	13.2	12.8	12.4	11.9	11.5	11.2
24.8	17.2	16.6	16.0	15.5	14.9	14.4	13.9	13.4	13.0	12.6	12.1	11.7	11.3
25.0	17.4	16.8	16.2	15.7	15.2	14.6	14.1	13.7	13.2	12.7	12.3	11.9	11.5
25.2	17.7	17.1	16.5	15.9	15.4	14.9	14.4	13.9	13.4	12.9	12.5	12.1	11.7
25.4	17.9	17.3	16.7	16.2	15.6	15.1	14.6	14.1	13.6	13.1	12.7	12.3	11.8
25.6	18.2	17.6	17.0	16.4	15.8	15.3	14.8	14.3	13.8	13.3	12.9	12.4	12.0
25.8	18.5	17.8	17.2	16.6	16.1	15.5	15.0	14.5	14.0	13.5	13.1	12.6	12.2
26.0	18.7	18.1	17.5	16.9	16.3	15.8	15.2	14.7	14.2	13.7	13.3	12.8	12.4
26.2	19.0	18.4	17.7	17.1	16.5	16.0	15.4	14.9	14.4	13.9	13.4	13.0	12.6
26.4	19.3	18.6	18.0	17.4	16.8	16.2	15.7	15.1	14.6	14.1	13.6	13.2	12.7

续表 A.0.1

测区平均 回弹值	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度(mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0
26.6	19.6	18.9	18.3	17.6	17.0	16.5	15.9	15.3	14.8	14.3	13.8	13.4	12.9
26.8	19.8	19.2	18.5	17.9	17.3	16.7	16.1	15.6	15.0	14.5	14.0	13.6	13.1
27.0	20.1	19.4	18.8	18.1	17.5	16.9	16.3	15.8	15.3	14.7	14.2	13.7	13.3
27.2	20.4	19.7	19.0	18.4	17.8	17.2	16.6	16.0	15.5	14.9	14.4	13.9	13.5
27.4	20.7	20.0	19.3	18.6	18.0	17.4	16.8	16.2	15.7	15.1	14.6	14.1	13.7
27.6	21.0	20.3	19.6	18.9	18.2	17.6	17.0	16.4	15.9	15.4	14.8	14.3	13.8
27.8	21.3	20.5	19.8	19.2	18.5	17.9	17.3	16.7	16.1	15.6	15.0	14.5	14.0
28.0	21.5	20.8	20.1	19.4	18.7	18.1	17.5	16.9	16.3	15.8	15.2	14.7	14.2
28.2	21.8	21.1	20.4	19.7	19.0	18.4	17.7	17.1	16.6	16.0	15.4	14.9	14.4
28.4	22.1	21.4	20.6	19.9	19.3	18.6	18.0	17.4	16.8	16.2	15.6	15.1	14.6
28.6	22.4	21.7	20.9	20.2	19.5	18.9	18.2	17.6	17.0	16.4	15.9	15.3	14.8
28.8	22.7	21.9	21.2	20.5	19.8	19.1	18.5	17.8	17.2	16.6	16.1	15.5	15.0
29.0	23.0	22.2	21.5	20.7	20.0	19.4	18.7	18.0	17.4	16.9	16.3	15.7	15.2
29.2	23.3	22.5	21.8	21.0	20.3	19.6	18.9	18.3	17.7	17.1	16.5	15.9	15.4
29.4	23.6	22.8	22.0	21.3	20.5	19.9	19.2	18.5	17.9	17.3	16.7	16.1	15.6
29.6	23.9	23.1	22.3	21.6	20.8	20.1	19.4	18.8	18.1	17.5	16.9	16.3	15.8
29.8	24.2	23.4	22.6	21.8	21.1	20.4	19.7	19.0	18.4	17.7	17.1	16.5	16.0
30.0	24.5	23.7	22.9	22.1	21.3	20.6	19.9	19.2	18.6	18.0	17.3	16.8	16.2
30.2	24.8	24.0	23.2	22.4	21.6	20.9	20.2	19.5	18.8	18.2	17.6	17.0	16.4
30.4	25.2	24.3	23.5	22.7	21.9	21.2	20.4	19.7	19.1	18.4	17.8	17.2	16.6
30.6	25.5	24.6	23.8	22.9	22.2	21.4	20.7	20.0	19.3	18.6	18.0	17.4	16.8
30.8	25.8	24.9	24.1	23.2	22.4	21.7	20.9	20.2	19.5	18.9	18.2	17.6	17.0
31.0	26.1	25.2	24.3	23.5	22.7	21.9	21.2	20.5	19.8	19.1	18.4	17.8	17.2

续表 A.0.1

测区平均 回弹值	测区混凝土强度换算值(MPa)													
	平均碳化深度(mm)													
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0	
31.2	26.4	25.5	24.6	23.8	23.0	22.2	21.4	20.7	20.0	19.3	18.7	18.0	17.4	
31.4	26.7	25.8	24.9	24.1	23.3	22.5	21.7	21.0	20.3	19.6	18.9	18.3	17.6	
31.6	27.1	26.1	25.2	24.4	23.5	22.8	22.0	21.2	20.5	19.8	19.1	18.5	17.9	
31.8	27.4	26.4	25.5	24.7	23.8	23.0	22.2	21.5	20.7	20.0	19.4	18.7	18.1	
32.0	27.7	26.8	25.8	25.0	24.1	23.3	22.5	21.7	21.0	20.3	19.6	18.9	18.3	
32.2	28.0	27.1	26.1	25.3	24.4	23.6	22.8	22.0	21.2	20.5	19.8	19.1	18.5	
32.4	28.4	27.4	26.5	25.5	24.7	23.8	23.0	22.2	21.5	20.8	20.0	19.4	18.7	
32.6	28.7	27.7	26.8	25.8	25.0	24.1	23.3	22.5	21.7	21.0	20.3	19.6	18.9	
32.8	29.0	28.0	27.1	26.1	25.2	24.4	23.6	22.7	22.0	21.2	20.5	19.8	19.2	
33.0	29.3	28.4	27.4	26.4	25.5	24.7	23.8	23.0	22.2	21.5	20.7	20.0	19.4	
33.2	29.7	28.7	27.7	26.7	25.8	25.0	24.1	23.3	22.5	21.7	21.0	20.3	19.6	
33.4	30.0	29.0	28.0	27.0	26.1	25.2	24.4	23.5	22.8	22.0	21.2	20.5	19.8	
33.6	30.4	29.3	28.3	27.4	26.4	25.5	24.7	23.8	23.0	22.2	21.5	20.7	20.0	
33.8	30.7	29.7	28.6	27.7	26.7	25.8	24.9	24.1	23.3	22.5	21.7	21.0	20.3	
34.0	31.0	30.0	29.0	28.0	27.0	26.1	25.2	24.3	23.5	22.7	21.9	21.2	20.5	
34.2	31.4	30.3	29.3	28.3	27.3	26.4	25.5	24.6	23.8	23.0	22.2	21.4	20.7	
34.4	31.7	30.7	29.6	28.6	27.6	26.7	25.8	24.9	24.1	23.2	22.4	21.7	20.9	
34.6	32.1	31.0	29.9	28.9	27.9	27.0	26.0	25.2	24.3	23.5	22.7	21.9	21.2	
34.8	32.4	31.3	30.3	29.2	28.2	27.3	26.3	25.4	24.6	23.7	22.9	22.1	21.4	
35.0	32.8	31.7	30.6	29.5	28.5	27.6	26.6	25.7	24.8	24.0	23.2	22.4	21.6	
35.2	33.1	32.0	30.9	29.9	28.8	27.9	26.9	26.0	25.1	24.3	23.4	22.6	21.9	
35.4	33.5	32.4	31.2	30.2	29.1	28.2	27.2	26.3	25.4	24.5	23.7	22.9	22.1	
35.6	33.8	32.7	31.6	30.5	29.4	28.5	27.5	26.5	25.7	24.8	23.9	23.1	22.3	

续表 A.0.1

测区平均 回弹值	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度(mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0
35.8	34.2	33.0	31.9	30.8	29.8	28.8	27.8	26.8	25.9	25.0	24.2	23.4	22.6
36.0	34.6	33.4	32.2	31.1	30.1	29.1	28.1	27.1	26.2	25.3	24.4	23.6	22.8
36.2	34.9	33.7	32.6	31.5	30.4	29.4	28.4	27.4	26.5	25.6	24.7	23.9	23.1
36.4	35.3	34.1	32.9	31.8	30.7	29.7	28.7	27.7	26.7	25.8	25.0	24.1	23.3
36.6	35.7	34.4	33.3	32.1	31.0	30.0	29.0	28.0	27.0	26.1	25.2	24.4	23.5
36.8	36.0	34.8	33.6	32.5	31.3	30.3	29.3	28.2	27.3	26.4	25.5	24.6	23.8
37.0	36.4	35.2	34.0	32.8	31.7	30.6	29.6	28.5	27.6	26.6	25.7	24.9	24.0
37.2	36.8	35.5	34.3	33.1	32.0	30.9	29.9	28.8	27.9	26.9	26.0	25.1	24.3
37.4	37.1	35.9	34.6	33.5	32.3	31.2	30.2	29.1	28.1	27.2	26.3	25.4	24.5
37.6	37.5	36.2	35.0	33.8	32.6	31.5	30.5	29.4	28.4	27.5	26.5	25.6	24.8
37.8	37.9	36.6	35.3	34.1	33.0	31.9	30.8	29.7	28.7	27.7	26.8	25.9	25.0
38.0	38.3	37.0	35.7	34.5	33.3	32.2	31.1	30.0	29.0	28.0	27.1	26.1	25.3
38.2	38.6	37.3	36.1	34.8	33.6	32.5	31.4	30.3	29.3	28.3	27.3	26.4	25.5
38.4	39.0	37.7	36.4	35.2	34.0	32.8	31.7	30.6	29.6	28.6	27.6	26.7	25.8
38.6	39.4	38.1	36.8	35.5	34.3	33.1	32.0	30.9	29.9	28.8	27.9	26.9	26.0
38.8	39.8	38.4	37.1	35.9	34.6	33.5	32.3	31.2	30.2	29.1	28.1	27.2	26.3
39.0	40.2	38.8	37.5	36.2	35.0	33.8	32.6	31.5	30.5	29.4	28.4	27.4	26.5
39.2	40.6	39.2	37.8	36.5	35.3	34.1	32.9	31.8	30.7	29.7	28.7	27.7	26.8
39.4	41.0	39.6	38.2	36.9	35.6	34.4	33.3	32.1	31.0	30.0	29.0	28.0	27.0
39.6	41.3	39.9	38.6	37.3	36.0	34.8	33.6	32.4	31.3	30.3	29.2	28.2	27.3
39.8	41.7	40.3	38.9	37.6	36.3	35.1	33.9	32.7	31.6	30.6	29.5	28.5	27.5
40.0	42.1	40.7	39.3	38.0	36.7	35.4	34.2	33.0	31.9	30.8	29.8	28.8	27.8
40.2	42.5	41.1	39.7	38.3	37.0	35.8	34.5	33.3	32.2	31.1	30.1	29.1	28.1

续表 A.0.1

测区平均 回弹值	测区混凝土强度换算值(MPa)													
	平均碳化深度(mm)													
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0	
40.4	42.9	41.5	40.1	38.7	37.4	36.1	34.9	33.7	32.5	31.4	30.4	29.3	28.3	
40.6	43.3	41.9	40.4	39.0	37.7	36.4	35.2	34.0	32.8	31.7	30.6	29.6	28.6	
40.8	43.7	42.2	40.8	39.4	38.0	36.8	35.5	34.3	33.2	32.0	30.9	29.9	28.9	
41.0	44.1	42.6	41.2	39.8	38.4	37.1	35.8	34.6	33.5	32.3	31.2	30.1	29.1	
41.2	44.5	43.0	41.6	40.1	38.8	37.5	36.2	34.9	33.8	32.6	31.5	30.4	29.4	
41.4	45.0	43.4	41.9	40.5	39.1	37.8	36.5	35.2	34.1	32.9	31.8	30.7	29.7	
41.6	45.4	43.8	42.3	40.9	39.5	38.1	36.8	35.6	34.4	33.2	32.1	31.0	29.9	
41.8	45.8	44.2	42.7	41.2	39.8	38.5	37.2	35.9	34.7	33.5	32.4	31.3	30.2	
42.0	46.2	44.6	43.1	41.6	40.2	38.8	37.5	36.2	35.0	33.8	32.7	31.5	30.5	
42.2	46.6	45.0	43.5	42.0	40.5	39.2	37.8	36.5	35.3	34.1	32.9	31.8	30.8	
42.4	47.0	45.4	43.9	42.4	40.9	39.5	38.2	36.9	35.6	34.4	33.2	32.1	31.0	
42.6	47.4	45.8	44.3	42.7	41.3	39.9	38.5	37.2	36.0	34.7	33.5	32.4	31.3	
42.8	47.9	46.2	44.6	43.1	41.6	40.2	38.9	37.5	36.3	35.0	33.8	32.7	31.6	
43.0	48.3	46.6	45.0	43.5	42.0	40.6	39.2	37.8	36.6	35.3	34.1	33.0	31.9	
43.2	48.7	47.0	45.4	43.9	42.4	41.0	39.5	38.2	36.9	35.6	34.4	33.3	32.1	
43.4	49.1	47.5	45.8	44.3	42.7	41.3	39.9	38.5	37.2	36.0	34.7	33.5	32.4	
43.6	49.5	47.9	46.2	44.6	43.1	41.7	40.2	38.8	37.6	36.3	35.0	33.8	32.7	
43.8	50.0	48.3	46.6	45.0	43.5	42.0	40.6	39.2	37.9	36.6	35.3	34.1	33.0	
44.0	50.4	48.7	47.0	45.4	43.9	42.4	40.9	39.5	38.2	36.9	35.6	34.4	33.3	
44.2	50.8	49.1	47.4	45.8	44.2	42.8	41.3	39.9	38.5	37.2	35.9	34.7	33.6	
44.4	51.3	49.5	47.8	46.2	44.6	43.1	41.6	40.2	38.9	37.5	36.2	35.0	33.8	
44.6	51.7	49.9	48.2	46.6	45.0	43.5	42.0	40.5	39.2	37.8	36.6	35.3	34.1	
44.8	52.1	50.4	48.6	47.0	45.4	43.9	42.3	40.9	39.5	38.2	36.9	35.6	34.4	

续表 A.0.1

测区平均 回弹值	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度(mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0
45.0	52.6	50.8	49.1	47.4	45.7	44.2	42.7	41.2	39.9	38.5	37.2	35.9	34.7
45.2	53.0	51.2	49.5	47.8	46.1	44.6	43.1	41.6	40.2	38.8	37.5	36.2	35.0
45.4	53.5	51.6	49.9	48.2	46.5	45.0	43.4	41.9	40.5	39.1	37.8	36.5	35.3
45.6	53.9	52.1	50.3	48.6	46.9	45.3	43.8	42.3	40.9	39.5	38.1	36.8	35.6
45.8	54.4	52.5	50.7	49.0	47.3	45.7	44.1	42.6	41.2	39.8	38.4	37.1	35.9
46.0	54.8	52.9	51.1	49.4	47.7	46.1	44.5	43.0	41.5	40.1	38.7	37.4	36.2
46.2	55.2	53.4	51.5	49.8	48.1	46.5	44.9	43.3	41.9	40.4	39.1	37.7	36.5
46.4	55.7	53.8	52.0	50.2	48.5	46.8	45.2	43.7	42.2	40.8	39.4	38.0	36.8
46.6	56.1	54.2	52.4	50.6	48.9	47.2	45.6	44.0	42.6	41.1	39.7	38.4	37.1
46.8	56.6	54.7	52.8	51.0	49.2	47.6	46.0	44.4	42.9	41.4	40.0	38.7	37.4
47.0	57.1	55.1	53.2	51.4	49.6	48.0	46.3	44.7	43.3	41.8	40.3	39.0	37.7
47.2	57.5	55.6	53.7	51.8	50.0	48.4	46.7	45.1	43.6	42.1	40.7	39.3	38.0
47.4	58.0	56.0	54.1	52.2	50.4	48.8	47.1	45.5	43.9	42.4	41.0	39.6	38.3
47.6	58.4	56.4	54.5	52.7	50.8	49.1	47.5	45.8	44.3	42.8	41.3	39.9	38.6
47.8	58.9	56.9	55.0	53.1	51.2	49.5	47.8	46.2	44.6	43.1	41.6	40.2	38.9
48.0	59.4	57.3	55.4	53.5	51.6	49.9	48.2	46.5	45.0	43.5	42.0	40.5	39.2
48.2	59.8	57.8	55.8	53.9	52.1	50.3	48.6	46.9	45.4	43.8	42.3	40.9	39.5
48.4	60.3	58.2	56.3	54.3	52.5	50.7	49.0	47.3	45.7	44.1	42.6	41.2	39.8
48.6	—	58.7	56.7	54.8	52.9	51.1	49.3	47.6	46.1	44.5	43.0	41.5	40.1
48.8	—	59.2	57.1	55.2	53.3	51.5	49.7	48.0	46.4	44.8	43.3	41.8	40.4
49.0	—	59.6	57.6	55.6	53.7	51.9	50.1	48.4	46.8	45.2	43.6	42.1	40.7
49.2	—	60.1	58.0	56.0	54.1	52.3	50.5	48.8	47.1	45.5	44.0	42.5	41.0
49.4	—	—	58.5	56.5	54.5	52.7	50.9	49.1	47.5	45.9	44.3	42.8	41.4

续表 A.0.1

测区平均 回弹值	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度(mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0
49.6	—	—	58.9	56.9	54.9	53.1	51.3	49.5	47.9	46.2	44.6	43.1	41.7
49.8	—	—	59.4	57.3	55.3	53.5	51.7	49.9	48.2	46.6	45.0	43.5	42.0
50.0	—	—	59.8	57.8	55.8	53.9	52.0	50.3	48.6	46.9	45.3	43.8	42.3
50.2	—	—	60.3	58.2	56.2	54.3	52.4	50.6	49.0	47.3	45.7	44.1	42.6
50.4	—	—	—	58.6	56.6	54.7	52.8	51.0	49.3	47.6	46.0	44.4	42.9
50.6	—	—	—	59.1	57.0	55.1	53.2	51.4	49.7	48.0	46.3	44.8	43.3
50.8	—	—	—	59.5	57.5	55.5	53.6	51.8	50.1	48.3	46.7	45.1	43.6
51.0	—	—	—	59.9	57.9	56.0	54.0	52.2	50.4	48.7	47.0	45.4	43.9
51.2	—	—	—	60.4	58.3	56.4	54.4	52.5	50.8	49.1	47.4	45.8	44.2
51.4	—	—	—	—	58.7	56.8	54.8	52.9	51.2	49.4	47.7	46.1	44.6
51.6	—	—	—	—	59.2	57.2	55.2	53.3	51.6	49.8	48.1	46.5	44.9
51.8	—	—	—	—	59.6	57.6	55.6	53.7	51.9	50.1	48.4	46.8	45.2
52.0	—	—	—	—	60.0	58.0	56.0	54.1	52.3	50.5	48.8	47.1	45.5
52.2	—	—	—	—	—	58.5	56.4	54.5	52.7	50.9	49.1	47.5	45.9
52.4	—	—	—	—	—	58.9	56.8	54.9	53.1	51.2	49.5	47.8	46.2
52.6	—	—	—	—	—	59.3	57.3	55.3	53.4	51.6	49.8	48.2	46.5
52.8	—	—	—	—	—	59.7	57.7	55.7	53.8	52.0	50.2	48.5	46.9
53.0	—	—	—	—	—	60.1	58.1	56.1	54.2	52.4	50.6	48.8	47.2
53.2	—	—	—	—	—	—	58.5	56.5	54.6	52.7	50.9	49.2	47.5
53.4	—	—	—	—	—	—	58.9	56.9	55.0	53.1	51.3	49.5	47.9
53.6	—	—	—	—	—	—	59.3	57.3	55.4	53.5	51.6	49.9	48.2
53.8	—	—	—	—	—	—	59.7	57.7	55.8	53.8	52.0	50.2	48.6
54.0	—	—	—	—	—	—	60.2	58.1	56.2	54.2	52.4	50.6	48.9

续表 A.0.1

测区平均 回弹值	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度(mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0
54.2	—	—	—	—	—	—	—	58.5	56.5	54.6	52.7	50.9	49.2
54.4	—	—	—	—	—	—	—	58.9	56.9	55.0	53.1	51.3	49.6
54.6	—	—	—	—	—	—	—	59.3	57.3	55.4	53.5	51.7	49.9
54.8	—	—	—	—	—	—	—	59.7	57.7	55.7	53.8	52.0	50.3
55.0	—	—	—	—	—	—	—	60.1	58.1	56.1	54.2	52.4	50.6
55.2	—	—	—	—	—	—	—	—	58.5	56.5	54.6	52.7	51.0
55.4	—	—	—	—	—	—	—	—	58.9	56.9	55.0	53.1	51.3
55.6	—	—	—	—	—	—	—	—	59.3	57.3	55.3	53.4	51.6
55.8	—	—	—	—	—	—	—	—	59.7	57.7	55.7	53.8	52.0
56.0	—	—	—	—	—	—	—	—	60.1	58.1	56.1	54.2	52.4
56.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	58.5	56.5	54.5	52.7
56.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	58.8	56.8	54.9	53.1
56.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.2	57.2	55.3	53.4
56.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.6	57.6	55.6	53.8
57.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60.0	58.0	56.0	54.1
57.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	58.4	56.4	54.5
57.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	58.7	56.7	54.8
57.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.1	57.1	55.2
57.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.5	57.5	55.6
58.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.9	57.9	55.9
58.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60.3	58.2	56.3
58.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	58.6	56.6
58.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.0	57.0

续表 A.0.1

测区平均 回弹值	测区混凝土强度换算值(MPa)													
	平均碳化深度(mm)													
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0	
58.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.4	57.4	
59.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.8	57.7	
59.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60.1	58.1	
59.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	58.5	
59.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	58.9	
59.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.2	
60.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.6	
60.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60.0	

注:表中未列入的回弹值及对应的换算强度,可用内插法求得,精确到 0.1MPa。

A.0.2 采用中型混凝土回弹仪对普通泵送混凝土进行检测时,混凝土测区强度可按表 A.0.2 进行换算。

表 A.0.2 普通泵送混凝土测区强度换算表

测区平均 回弹值	测区混凝土强度换算值(MPa)													
	平均碳化深度(mm)													
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0	
15.4	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
15.6	10.2	10.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
15.8	10.5	10.3	10.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
16.0	10.7	10.5	10.3	10.1	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—	
16.2	10.9	10.7	10.5	10.3	10.2	10.0	—	—	—	—	—	—	—	
16.4	11.1	10.9	10.7	10.6	10.4	10.2	10.0	—	—	—	—	—	—	
16.6	11.3	11.1	11.0	10.8	10.6	10.4	10.2	10.1	—	—	—	—	—	
16.8	11.6	11.4	11.2	11.0	10.8	10.6	10.4	10.3	10.1	—	—	—	—	

续表 A.0.2

测区平均 回弹值	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度(mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0
17.0	11.8	11.6	11.4	11.2	11.0	10.8	10.6	10.5	10.3	10.1	—	—	—
17.2	12.0	11.8	11.6	11.4	11.2	11.0	10.8	10.7	10.5	10.3	10.1	10.0	9.8
17.4	12.2	12.0	11.8	11.6	11.4	11.2	11.0	10.9	10.7	10.5	10.3	10.2	10.0
17.6	12.5	12.3	12.0	11.8	11.6	11.4	11.3	11.1	10.9	10.7	10.5	10.3	10.2
17.8	12.7	12.5	12.3	12.1	11.9	11.7	11.5	11.3	11.1	10.9	10.7	10.5	10.4
18.0	12.9	12.7	12.5	12.3	12.1	11.9	11.7	11.5	11.3	11.1	10.9	10.7	10.5
18.2	13.2	12.9	12.7	12.5	12.3	12.1	11.9	11.7	11.5	11.3	11.1	10.9	10.7
18.4	13.4	13.2	12.9	12.7	12.5	12.3	12.1	11.9	11.7	11.5	11.3	11.1	10.9
18.6	13.6	13.4	13.2	13.0	12.7	12.5	12.3	12.1	11.9	11.7	11.5	11.3	11.1
18.8	13.9	13.6	13.4	13.2	13.0	12.7	12.5	12.3	12.1	11.9	11.7	11.5	11.3
19.0	14.1	13.9	13.6	13.4	13.2	13.0	12.8	12.5	12.3	12.1	11.9	11.7	11.5
19.2	14.4	14.1	13.9	13.6	13.4	13.2	13.0	12.8	12.5	12.3	12.1	11.9	11.7
19.4	14.6	14.4	14.1	13.9	13.6	13.4	13.2	13.0	12.8	12.5	12.3	12.1	11.9
19.6	14.8	14.6	14.4	14.1	13.9	13.6	13.4	13.2	13.0	12.7	12.5	12.3	12.1
19.8	15.1	14.8	14.6	14.3	14.1	13.9	13.6	13.4	13.2	13.0	12.7	12.5	12.3
20.0	15.3	15.1	14.8	14.6	14.3	14.1	13.9	13.6	13.4	13.2	13.0	12.7	12.5
20.2	15.6	15.3	15.1	14.8	14.6	14.3	14.1	13.9	13.6	13.4	13.2	12.9	12.7
20.4	15.8	15.6	15.3	15.1	14.8	14.6	14.3	14.1	13.8	13.6	13.4	13.2	12.9
20.6	16.1	15.8	15.6	15.3	15.0	14.8	14.5	14.3	14.1	13.8	13.6	13.4	13.1
20.8	16.4	16.1	15.8	15.5	15.3	15.0	14.8	14.5	14.3	14.0	13.8	13.6	13.3
21.0	16.6	16.3	16.1	15.8	15.5	15.3	15.0	14.8	14.5	14.3	14.0	13.8	13.6
21.2	16.9	16.6	16.3	16.0	15.8	15.5	15.2	15.0	14.7	14.5	14.2	14.0	13.8
21.4	17.1	16.8	16.6	16.3	16.0	15.7	15.5	15.2	15.0	14.7	14.5	14.2	14.0

续表 A.0.2

测区平均 回弹值	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度(mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0
21.6	17.4	17.1	16.8	16.5	16.3	16.0	15.7	15.4	15.2	14.9	14.7	14.4	14.2
21.8	17.7	17.4	17.1	16.8	16.5	16.2	16.0	15.7	15.4	15.2	14.9	14.7	14.4
22.0	17.9	17.6	17.3	17.0	16.7	16.5	16.2	15.9	15.7	15.4	15.1	14.9	14.6
22.2	18.2	17.9	17.6	17.3	17.0	16.7	16.4	16.2	15.9	15.6	15.4	15.1	14.8
22.4	18.5	18.1	17.8	17.5	17.2	17.0	16.7	16.4	16.1	15.8	15.6	15.3	15.1
22.6	18.7	18.4	18.1	17.8	17.5	17.2	16.9	16.6	16.4	16.1	15.8	15.5	15.3
22.8	19.0	18.7	18.4	18.1	17.8	17.5	17.2	16.9	16.6	16.3	16.0	15.8	15.5
23.0	19.3	18.9	18.6	18.3	18.0	17.7	17.4	17.1	16.8	16.5	16.3	16.0	15.7
23.2	19.5	19.2	18.9	18.6	18.3	18.0	17.7	17.4	17.1	16.8	16.5	16.2	15.9
23.4	19.8	19.5	19.2	18.8	18.5	18.2	17.9	17.6	17.3	17.0	16.7	16.4	16.2
23.6	20.1	19.8	19.4	19.1	18.8	18.5	18.2	17.8	17.5	17.3	17.0	16.7	16.4
23.8	20.4	20.0	19.7	19.4	19.0	18.7	18.4	18.1	17.8	17.5	17.2	16.9	16.6
24.0	20.6	20.3	20.0	19.6	19.3	19.0	18.7	18.3	18.0	17.7	17.4	17.1	16.9
24.2	20.9	20.6	20.2	19.9	19.6	19.2	18.9	18.6	18.3	18.0	17.7	17.4	17.1
24.4	21.2	20.9	20.5	19.8	19.5	19.2	18.8	18.5	18.2	17.9	17.6	17.3	17.0
24.6	21.5	21.1	20.8	20.4	20.1	19.8	19.4	19.1	18.8	18.5	18.1	17.8	17.5
24.8	21.8	21.4	21.1	20.7	20.4	20.0	19.7	19.3	19.0	18.7	18.4	18.1	17.8
25.0	22.1	21.7	21.3	21.0	20.6	20.3	19.9	19.6	19.3	18.9	18.6	18.3	18.0
25.2	22.4	22.0	21.6	21.2	20.9	20.5	20.2	19.9	19.5	19.2	18.9	18.6	18.2
25.4	22.6	22.3	21.9	21.5	21.2	20.8	20.5	20.1	19.8	19.4	19.1	18.8	18.5
25.6	22.9	22.6	22.2	21.8	21.4	21.1	20.7	20.4	20.0	19.7	19.4	19.0	18.7
25.8	23.2	22.8	22.5	22.1	21.7	21.3	21.0	20.6	20.3	19.9	19.6	19.3	19.0
26.0	23.5	23.1	22.7	22.4	22.0	21.6	21.3	20.9	20.5	20.2	19.9	19.5	19.2

续表 A.0.2

测区平均 回弹值	测区混凝土强度换算值(MPa)													
	平均碳化深度(mm)													
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0	
26.2	23.8	23.4	23.0	22.6	22.3	21.9	21.5	21.2	20.8	20.5	20.1	19.8	19.4	
26.4	24.1	23.7	23.3	22.9	22.5	22.2	21.8	21.4	21.1	20.7	20.4	20.0	19.7	
26.6	24.4	24.0	23.6	23.2	22.8	22.4	22.1	21.7	21.3	21.0	20.6	20.3	19.9	
26.8	24.7	24.3	23.9	23.5	23.1	22.7	22.3	22.0	21.6	21.2	20.9	20.5	20.2	
27.0	25.0	24.6	24.2	23.8	23.4	23.0	22.6	22.2	21.8	21.5	21.1	20.8	20.4	
27.2	25.3	24.9	24.5	24.1	23.7	23.3	22.9	22.5	22.1	21.7	21.4	21.0	20.7	
27.4	25.6	25.2	24.8	24.4	23.9	23.5	23.1	22.8	22.4	22.0	21.6	21.3	20.9	
27.6	25.9	25.5	25.1	24.6	24.2	23.8	23.4	23.0	22.6	22.3	21.9	21.5	21.2	
27.8	26.2	25.8	25.4	24.9	24.5	24.1	23.7	23.3	22.9	22.5	22.1	21.8	21.4	
28.0	26.5	26.1	25.7	25.2	24.8	24.4	24.0	23.6	23.2	22.8	22.4	22.0	21.7	
28.2	26.9	26.4	26.0	25.5	25.1	24.7	24.3	23.9	23.5	23.1	22.7	22.3	21.9	
28.4	27.2	26.7	26.3	25.8	25.4	25.0	24.5	24.1	23.7	23.3	22.9	22.5	22.2	
28.6	27.5	27.0	26.6	26.1	25.7	25.2	24.8	24.4	24.0	23.6	23.2	22.8	22.4	
28.8	27.8	27.3	26.9	26.4	26.0	25.5	25.1	24.7	24.3	23.9	23.5	23.1	22.7	
29.0	28.1	27.6	27.2	26.7	26.3	25.8	25.4	25.0	24.5	24.1	23.7	23.3	22.9	
29.2	28.4	27.9	27.5	27.0	26.6	26.1	25.7	25.2	24.8	24.4	24.0	23.6	23.2	
29.4	28.7	28.3	27.8	27.3	26.9	26.4	26.0	25.5	25.1	24.7	24.3	23.9	23.5	
29.6	29.1	28.6	28.1	27.6	27.2	26.7	26.2	25.8	25.4	24.9	24.5	24.1	23.7	
29.8	29.4	28.9	28.4	27.9	27.5	27.0	26.5	26.1	25.7	25.2	24.8	24.4	24.0	
30.0	29.7	29.2	28.7	28.2	27.8	27.3	26.8	26.4	25.9	25.5	25.1	24.7	24.2	
30.2	30.0	29.5	29.0	28.5	28.1	27.6	27.1	26.7	26.2	25.8	25.3	24.9	24.5	
30.4	30.3	29.8	29.3	28.8	28.4	27.9	27.4	27.0	26.5	26.1	25.6	25.2	24.8	
30.6	30.7	30.2	29.6	29.2	28.7	28.2	27.7	27.2	26.8	26.3	25.9	25.5	25.0	

续表 A.0.2

测区平均 回弹值	测区混凝土强度换算值(MPa)													
	平均碳化深度(mm)													
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0	
30.8	31.0	30.5	30.0	29.5	29.0	28.5	28.0	27.5	27.1	26.6	26.2	25.7	25.3	
31.0	31.3	30.8	30.3	29.8	29.3	28.8	28.3	27.8	27.4	26.9	26.4	26.0	25.6	
31.2	31.7	31.1	30.6	30.1	29.6	29.1	28.6	28.1	27.6	27.2	26.7	26.3	25.8	
31.4	32.0	31.4	30.9	30.4	29.9	29.4	28.9	28.4	27.9	27.5	27.0	26.6	26.1	
31.6	32.3	31.8	31.2	30.7	30.2	29.7	29.2	28.7	28.2	27.8	27.3	26.8	26.4	
31.8	32.7	32.1	31.6	31.0	30.5	30.0	29.5	29.0	28.5	28.0	27.6	27.1	26.7	
32.0	33.0	32.4	31.9	31.4	30.8	30.3	29.8	29.3	28.8	28.3	27.9	27.4	26.9	
32.2	33.3	32.8	32.2	31.7	31.1	30.6	30.1	29.6	29.1	28.6	28.1	27.7	27.2	
32.4	33.7	33.1	32.5	32.0	31.5	30.9	30.4	29.9	29.4	28.9	28.4	27.9	27.5	
32.6	34.0	33.4	32.9	32.3	31.8	31.2	30.7	30.2	29.7	29.2	28.7	28.2	27.8	
32.8	34.3	33.8	33.2	32.6	32.1	31.6	31.0	30.5	30.0	29.5	29.0	28.5	28.0	
33.0	34.7	34.1	33.5	33.0	32.4	31.9	31.3	30.8	30.3	29.8	29.3	28.8	28.3	
33.2	35.0	34.4	33.9	33.3	32.7	32.2	31.6	31.1	30.6	30.1	29.6	29.1	28.6	
33.4	35.4	34.8	34.2	33.6	33.1	32.5	32.0	31.4	30.9	30.4	29.9	29.4	28.9	
33.6	35.7	35.1	34.5	33.9	33.4	32.8	32.3	31.7	31.2	30.7	30.2	29.6	29.2	
33.8	36.1	35.5	34.9	34.3	33.7	33.1	32.6	32.0	31.5	31.0	30.4	29.9	29.4	
34.0	36.4	35.8	35.2	34.6	34.0	33.5	32.9	32.3	31.8	31.3	30.7	30.2	29.7	
34.2	36.8	36.1	35.5	34.9	34.4	33.8	33.2	32.7	32.1	31.6	31.0	30.5	30.0	
34.4	37.1	36.5	35.9	35.3	34.7	34.1	33.5	33.0	32.4	31.9	31.3	30.8	30.3	
34.6	37.5	36.8	36.2	35.6	35.0	34.4	33.8	33.3	32.7	32.2	31.6	31.1	30.6	
34.8	37.8	37.2	36.6	35.9	35.3	34.7	34.2	33.6	33.0	32.5	31.9	31.4	30.9	
35.0	38.2	37.5	36.9	36.3	35.7	35.1	34.5	33.9	33.3	32.8	32.2	31.7	31.2	
35.2	38.5	37.9	37.2	36.6	36.0	35.4	34.8	34.2	33.6	33.1	32.5	32.0	31.4	

续表 A.0.2

测区平均 回弹值	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度(mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0
35.4	38.9	38.2	37.6	37.0	36.3	35.7	35.1	34.5	34.0	33.4	32.8	32.3	31.7
35.6	39.2	38.6	37.9	37.3	36.7	36.1	35.5	34.9	34.3	33.7	33.1	32.6	32.0
35.8	39.6	38.9	38.3	37.6	37.0	36.4	35.8	35.2	34.6	34.0	33.4	32.9	32.3
36.0	40.0	39.3	38.6	38.0	37.3	36.7	36.1	35.5	34.9	34.3	33.7	33.2	32.6
36.2	40.3	39.6	39.0	38.3	37.7	37.1	36.4	35.8	35.2	34.6	34.0	33.5	32.9
36.4	40.7	40.0	39.3	38.7	38.0	37.4	36.8	36.1	35.5	34.9	34.4	33.8	33.2
36.6	41.1	40.4	39.7	39.0	38.4	37.7	37.1	36.5	35.9	35.3	34.7	34.1	33.5
36.8	41.4	40.7	40.0	39.4	38.7	38.1	37.4	36.8	36.2	35.6	35.0	34.4	33.8
37.0	41.8	41.1	40.4	39.7	39.1	38.4	37.8	37.1	36.5	35.9	35.3	34.7	34.1
37.2	42.2	41.4	40.8	40.1	39.4	38.7	38.1	37.4	36.8	36.2	35.6	35.0	34.4
37.4	42.5	41.8	41.1	40.4	39.7	39.1	38.4	37.8	37.1	36.5	35.9	35.3	34.7
37.6	42.9	42.2	41.5	40.8	40.1	39.4	38.8	38.1	37.5	36.8	36.2	35.6	35.0
37.8	43.3	42.5	41.8	41.1	40.4	39.8	39.1	38.4	37.8	37.2	36.5	35.9	35.3
38.0	43.6	42.9	42.2	41.5	40.8	40.1	39.4	38.8	38.1	37.5	36.8	36.2	35.6
38.2	44.0	43.3	42.6	41.8	41.1	40.4	39.8	39.1	38.4	37.8	37.2	36.5	35.9
38.4	44.4	43.6	42.9	42.2	41.5	40.8	40.1	39.4	38.8	38.1	37.5	36.9	36.2
38.6	44.8	44.0	43.3	42.6	41.8	41.1	40.4	39.8	39.1	38.4	37.8	37.2	36.5
38.8	45.1	44.4	43.6	42.9	42.2	41.5	40.8	40.1	39.4	38.8	38.1	37.5	36.9
39.0	45.5	44.8	44.0	43.3	42.5	41.8	41.1	40.4	39.8	39.1	38.4	37.8	37.2
39.2	45.9	45.1	44.4	43.6	42.9	42.2	41.5	40.8	40.1	39.4	38.8	38.1	37.5
39.4	46.3	45.5	44.8	44.0	43.3	42.5	41.8	41.1	40.4	39.8	39.1	38.4	37.8
39.6	46.7	45.9	45.1	44.4	43.6	42.9	42.2	41.5	40.8	40.1	39.4	38.7	38.1
39.8	47.1	46.3	45.5	44.7	44.0	43.2	42.5	41.8	41.1	40.4	39.7	39.1	38.4

续表 A.0.2

测区平均 回弹值	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度(mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0
40.0	47.4	46.6	45.9	45.1	44.3	43.6	42.9	42.1	41.4	40.7	40.1	39.4	38.7
40.2	47.8	47.0	46.2	45.5	44.7	44.0	43.2	42.5	41.8	41.1	40.4	39.7	39.0
40.4	48.2	47.4	46.6	45.8	45.1	44.3	43.6	42.8	42.1	41.4	40.7	40.0	39.4
40.6	48.6	47.8	47.0	46.2	45.4	44.7	43.9	43.2	42.5	41.7	41.0	40.4	39.7
40.8	49.0	48.2	47.4	46.6	45.8	45.0	44.3	43.5	42.8	42.1	41.4	40.7	40.0
41.0	49.4	48.6	47.7	46.9	46.2	45.4	44.6	43.9	43.1	42.4	41.7	41.0	40.3
41.2	49.8	48.9	48.1	47.3	46.5	45.7	45.0	44.2	43.5	42.8	42.0	41.3	40.6
41.4	50.2	49.3	48.5	47.7	46.9	46.1	45.3	44.6	43.8	43.1	42.4	41.7	41.0
41.6	50.6	49.7	48.9	48.1	47.3	46.5	45.7	44.9	44.2	43.4	42.7	42.0	41.3
41.8	51.0	50.1	49.3	48.4	47.6	46.8	46.0	45.3	44.5	43.8	43.0	42.3	41.6
42.0	51.4	50.5	49.7	48.8	48.0	47.2	46.4	45.6	44.9	44.1	43.4	42.6	41.9
42.2	51.8	50.9	50.0	49.2	48.4	47.6	46.8	46.0	45.2	44.5	43.7	43.0	42.3
42.4	52.2	51.3	50.4	49.6	48.8	47.9	47.1	46.3	45.6	44.8	44.0	43.3	42.6
42.6	52.6	51.7	50.8	50.0	49.1	48.3	47.5	46.7	45.9	45.1	44.4	43.6	42.9
42.8	53.0	52.1	51.2	50.3	49.5	48.7	47.9	47.1	46.3	45.5	44.7	44.0	43.2
43.0	53.4	52.5	51.6	50.7	49.9	49.0	48.2	47.4	46.6	45.8	45.1	44.3	43.6
43.2	53.8	52.9	52.0	51.1	50.3	49.4	48.6	47.8	47.0	46.2	45.4	44.6	43.9
43.4	54.2	53.3	52.4	51.5	50.6	49.8	49.0	48.1	47.3	46.5	45.7	45.0	44.2
43.6	54.6	53.7	52.8	51.9	51.0	50.2	49.3	48.5	47.7	46.9	46.1	45.3	44.6
43.8	55.0	54.1	53.2	52.3	51.4	50.5	49.7	48.9	48.0	47.2	46.4	45.7	44.9
44.0	55.4	54.5	53.6	52.7	51.8	50.9	50.1	49.2	48.4	47.6	46.8	46.0	45.2
44.2	55.8	54.9	54.0	53.1	52.2	51.3	50.4	49.6	48.8	47.9	47.1	46.3	45.6
44.4	56.2	55.3	54.4	53.5	52.6	51.7	50.8	50.0	49.1	48.3	47.5	46.7	45.9

续表 A.0.2

测区平均 回弹值	测区混凝土强度换算值(MPa)												
	平均碳化深度(mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0
44.6	56.6	55.7	54.8	53.8	52.9	52.1	51.2	50.3	49.5	48.6	47.8	47.0	46.2
44.8	57.1	56.1	55.2	54.2	53.3	52.4	51.6	50.7	49.8	49.0	48.2	47.4	46.6
45.0	57.5	56.5	55.6	54.6	53.7	52.8	51.9	51.1	50.2	49.4	48.5	47.7	46.9
45.2	57.9	56.9	56.0	55.0	54.1	53.2	52.3	51.4	50.6	49.7	48.9	48.1	47.3
45.4	58.3	57.3	56.4	55.4	54.5	53.6	52.7	51.8	50.9	50.1	49.2	48.4	47.6
45.6	58.7	57.7	56.8	55.8	54.9	54.0	53.1	52.2	51.3	50.4	49.6	48.8	47.9
45.8	59.2	58.2	57.2	56.2	55.3	54.4	53.4	52.5	51.7	50.8	49.9	49.1	48.3
46.0	59.6	58.6	57.6	56.6	55.7	54.7	53.8	52.9	52.0	51.2	50.3	49.5	48.6
46.2	60.0	59.0	58.0	57.0	56.1	55.1	54.2	53.3	52.4	51.5	50.7	49.8	49.0
46.4	—	59.4	58.4	57.4	56.5	55.5	54.6	53.7	52.8	51.9	51.0	50.2	49.3
46.6	—	59.8	58.8	57.8	56.9	55.9	55.0	54.0	53.1	52.2	51.4	50.5	49.7
46.8	—	60.2	59.2	58.2	57.3	56.3	55.4	54.4	53.5	52.6	51.7	50.9	50.0
47.0	—	—	59.6	58.6	57.7	56.7	55.7	54.8	53.9	53.0	52.1	51.2	50.4
47.2	—	—	60.1	59.0	58.1	57.1	56.1	55.2	54.3	53.3	52.5	51.6	50.7
47.4	—	—	—	59.5	58.5	57.5	56.5	55.6	54.6	53.7	52.8	51.9	51.1
47.6	—	—	—	59.9	58.9	57.9	56.9	55.9	55.0	54.1	53.2	52.3	51.4
47.8	—	—	—	60.3	59.3	58.3	57.3	56.3	55.4	54.5	53.5	52.6	51.8
48.0	—	—	—	—	59.7	58.7	57.7	56.7	55.8	54.8	53.9	53.0	52.1
48.2	—	—	—	—	60.1	59.1	58.1	57.1	56.1	55.2	54.3	53.4	52.5
48.4	—	—	—	—	—	59.5	58.5	57.5	56.5	55.6	54.6	53.7	52.8
48.6	—	—	—	—	—	59.9	58.9	57.9	56.9	55.9	55.0	54.1	53.2
48.8	—	—	—	—	—	60.3	59.3	58.3	57.3	56.3	55.4	54.4	53.5
49.0	—	—	—	—	—	—	59.7	58.7	57.7	56.7	55.7	54.8	53.9

续表 A.0.2

测区平均 回弹值	测区混凝土强度换算值(MPa)													
	平均碳化深度(mm)													
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0	
49.2	—	—	—	—	—	—	60.0	59.0	58.1	57.1	56.1	55.2	54.3	
49.4	—	—	—	—	—	—	—	59.4	58.4	57.5	56.5	55.5	54.6	
49.6	—	—	—	—	—	—	—	59.8	58.8	57.8	56.9	55.9	55.0	
49.8	—	—	—	—	—	—	—	60.2	59.2	58.2	57.2	56.3	55.3	
50.0	—	—	—	—	—	—	—	—	59.6	58.6	57.6	56.6	55.7	
50.2	—	—	—	—	—	—	—	—	60.0	59.0	58.0	57.0	56.1	
50.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.4	58.4	57.4	56.4	
50.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.7	58.7	57.8	56.8	
50.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60.1	59.1	58.1	57.2	
51.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.5	58.5	57.5	
51.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.9	58.9	57.9	
51.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60.3	59.3	58.3	
51.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.6	58.6	
51.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60.0	59.0	
52.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.4	
52.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.7	
52.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60.1	

注:表中未列入的回弹值及对应的换算强度,可用内插法求得,精确到 0.1MPa。

A.0.3 采用重型混凝土回弹仪对高强泵送混凝土进行检测时,混凝土测区强度可按表 A.0.3 进行换算。

表 A.0.3 高强泵送混凝土测区强度换算表

R_m	$f_{cu,i}^e$	R_m	$f_{cu,i}^e$	R_m	$f_{cu,i}^e$	R_m	$f_{cu,i}^e$	R_m	$f_{cu,i}^e$
46.7	50.0	49.2	52.8	51.7	55.8	54.2	59.1	56.7	62.5
46.8	50.1	49.3	52.9	51.8	56.0	54.3	59.2	56.8	62.7
46.9	50.2	49.4	53.0	51.9	56.1	54.4	59.3	56.9	62.8
47.0	50.3	49.5	53.2	52.0	56.2	54.5	59.5	57.0	63.0
47.1	50.4	49.6	53.3	52.1	56.3	54.6	59.6	57.1	63.1
47.2	50.5	49.7	53.4	52.2	56.5	54.7	59.7	57.2	63.2
47.3	50.6	49.8	53.5	52.3	56.6	54.8	59.9	57.3	63.4
47.4	50.7	49.9	53.6	52.4	56.7	54.9	60.0	57.4	63.5
47.5	50.9	50.0	53.8	52.5	56.8	55.0	60.2	57.5	63.7
47.6	51.0	50.1	53.9	52.6	57.0	55.1	60.3	57.6	63.8
47.7	51.1	50.2	54.0	52.7	57.1	55.2	60.4	57.7	64.0
47.8	51.2	50.3	54.1	52.8	57.2	55.3	60.6	57.8	64.1
47.9	51.3	50.4	54.2	52.9	57.4	55.4	60.7	57.9	64.3
48.0	51.4	50.5	54.4	53.0	57.5	55.5	60.8	58.0	64.4
48.1	51.5	50.6	54.5	53.1	57.6	55.6	61.0	58.1	64.6
48.2	51.6	50.7	54.6	53.2	57.8	55.7	61.1	58.2	64.7
48.3	51.8	50.8	54.7	53.3	57.9	55.8	61.3	58.3	64.8
48.4	51.9	50.9	54.8	53.4	58.0	55.9	61.4	58.4	65.0
48.5	52.0	51.0	55.0	53.5	58.1	56.0	61.5	58.5	65.1
48.6	52.1	51.1	55.1	53.6	58.3	56.1	61.7	58.6	65.3
48.7	52.2	51.2	55.2	53.7	58.4	56.2	61.8	58.7	65.4
48.8	52.3	51.3	55.3	53.8	58.5	56.3	62.0	58.8	65.6
48.9	52.5	51.4	55.5	53.9	58.7	56.4	62.1	58.9	65.7
49.0	52.6	51.5	55.6	54.0	58.8	56.5	62.2	59.0	65.9
49.1	52.7	51.6	55.7	54.1	58.9	56.6	62.4	59.1	66.0

续表 A.0.3

R_m	$f_{cu,i}^e$	R_m	$f_{cu,i}^e$	R_m	$f_{cu,i}^e$	R_m	$f_{cu,i}^e$	R_m	$f_{cu,i}^e$
59.2	66.2	60.9	68.8	62.6	71.5	64.3	74.3	66.0	77.2
59.3	66.3	61.0	69.0	62.7	71.7	64.4	74.5	66.1	77.4
59.4	66.5	61.1	69.1	62.8	71.8	64.5	74.6	66.2	77.6
59.5	66.6	61.2	69.3	62.9	72.0	64.6	74.8	66.3	77.7
59.6	66.8	61.3	69.4	63.0	72.2	64.7	75.0	66.4	77.9
59.7	66.9	61.4	69.6	63.1	72.3	64.8	75.2	66.5	78.1
59.8	67.1	61.5	69.7	63.2	72.5	64.9	75.3	66.6	78.3
59.9	67.3	61.6	69.9	63.3	72.6	65.0	75.5	66.7	78.4
60.0	67.4	61.7	70.1	63.4	72.8	65.1	75.7	66.8	78.6
60.1	67.6	61.8	70.2	63.5	73.0	65.2	75.8	66.9	78.8
60.2	67.7	61.9	70.4	63.6	73.1	65.3	76.0	67.0	79.0
60.3	67.9	62.0	70.5	63.7	73.3	65.4	76.2	67.1	79.1
60.4	68.0	62.1	70.7	63.8	73.5	65.5	76.3	67.2	79.3
60.5	68.2	62.2	70.9	63.9	73.6	65.6	76.5	67.3	79.5
60.6	68.3	62.3	71.0	64.0	73.8	65.7	76.7	67.4	79.7
60.7	68.5	62.4	71.2	64.1	74.0	65.8	76.9	67.5	79.9
60.8	68.6	62.5	71.3	64.2	74.1	65.9	77.0	67.6	80.0

注:1 表中强度值是根据曲线公式 $f_{cu,i}^{ch} = 0.0168 \times R_m^2 - 0.4824 \times R_m + 35.87$ 计算得出;

2 表中 R_m 为测区平均回弹值, $f_{cu,i}^e$ 为测区混凝土强度换算值。

3 表中未注明的测区混凝土强度换算值为小于 50MPa 或大于 80MPa。

A.0.4 采用重型混凝土回弹仪和超声仪对混凝土进行超声回弹检测时,混凝土强度可按表 A.0.4 进行换算。

表 A.0.4 超声回弹综合法测区混凝土强度换算表

$\begin{matrix} f_{cu,i}^e \\ R \end{matrix} \backslash v$	4.00	4.05	4.10	4.15	4.20	4.25	4.30	4.35	4.40	4.45	4.50	4.55	4.60
43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50.2	50.4
44	—	—	—	—	—	—	—	50.2	50.4	50.7	51.0	51.2	51.5
45	—	—	—	50.1	50.4	50.6	50.9	51.2	51.5	51.7	52.0	52.3	52.5
46	50.2	50.5	50.8	51.1	51.4	51.7	51.9	52.2	52.5	52.8	53.0	53.3	53.6
47	51.2	51.5	51.8	52.1	52.4	52.7	52.9	53.2	53.5	53.8	54.1	54.3	54.6
48	52.2	52.5	52.8	53.1	53.4	53.7	54.0	54.2	54.5	54.8	55.1	55.4	55.7
49	53.2	53.5	53.8	54.1	54.4	54.7	55.0	55.3	55.5	55.8	56.1	56.4	56.7
50	54.1	54.5	54.8	55.1	55.4	55.7	56.0	56.3	56.6	56.9	57.2	57.4	57.7
51	55.1	55.4	55.7	56.1	56.4	56.7	57.0	57.3	57.6	57.9	58.2	58.5	58.8
52	56.1	56.4	56.7	57.0	57.4	57.7	58.0	58.3	58.6	58.9	59.2	59.5	59.8
53	57.1	57.4	57.7	58.0	58.3	58.7	59.0	59.3	59.6	59.9	60.2	60.5	60.8
54	58.0	58.3	58.7	59.0	59.3	59.7	60.0	60.3	60.6	60.9	61.2	61.6	61.9
55	59.0	59.3	59.7	60.0	60.3	60.6	61.0	61.3	61.6	61.9	62.3	62.6	62.9
56	59.9	60.3	60.6	61.0	61.3	61.6	62.0	62.3	62.6	62.9	63.3	63.6	63.9
57	60.9	61.3	61.6	61.9	62.3	62.6	63.0	63.3	63.6	64.0	64.3	64.6	64.9
58	61.9	62.2	62.6	62.9	63.3	63.6	63.9	64.3	64.6	65.0	65.3	65.6	66.0
59	62.8	63.2	63.5	63.9	64.2	64.6	64.9	65.3	65.6	66.0	66.3	66.6	67.0
60	63.8	64.1	64.5	64.9	65.2	65.6	65.9	66.3	66.6	67.0	67.3	67.7	68.0
61	64.7	65.1	65.5	65.8	66.2	66.6	66.9	67.3	67.6	68.0	68.3	68.7	69.0
62	65.7	66.1	66.4	66.8	67.2	67.5	67.9	68.3	68.6	69.0	69.3	69.7	70.0
63	66.6	67.0	67.4	67.8	68.1	68.5	68.9	69.2	69.6	70.0	70.3	70.7	71.0
64	67.6	68.0	68.3	68.7	69.1	69.5	69.9	70.2	70.6	71.0	71.3	71.7	72.0
65	68.5	68.9	69.3	69.7	70.1	70.5	70.8	71.2	71.6	72.0	72.3	72.7	73.1
66	69.5	69.9	70.3	70.7	71.0	71.4	71.8	72.2	72.6	72.9	73.3	73.7	74.1
67	70.4	70.8	71.2	71.6	72.0	72.4	72.8	73.2	73.6	73.9	74.3	74.7	75.1
68	71.4	71.8	72.2	72.6	73.0	73.4	73.8	74.2	74.5	74.9	75.3	75.7	76.1
69	72.3	72.7	73.1	73.5	73.9	74.3	74.7	75.1	75.5	75.9	76.3	76.7	77.1
70	73.2	73.7	74.1	74.5	74.9	75.3	75.7	76.1	76.5	76.9	77.3	77.7	78.1
71	74.2	74.6	75.0	75.4	75.9	76.3	76.7	77.1	77.5	77.9	78.3	78.7	79.1
72	75.1	75.5	76.0	76.4	76.8	77.2	77.6	78.1	78.5	78.9	79.3	79.7	80.1
73	76.0	76.5	76.9	77.3	77.8	78.2	78.6	79.0	79.4	79.9	80.3	80.7	81.1
74	77.0	77.4	77.9	78.3	78.7	79.2	79.6	80.0	—	—	—	—	—
75	77.9	78.4	78.8	79.2	79.7	80.1	80.5	—	—	—	—	—	—
76	78.8	79.3	79.7	80.2	80.6	—	—	—	—	—	—	—	—
77	79.8	80.2	80.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
78	80.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

续表 A.0.4

$f_{cu,i}^c$	v	4.60	4.65	4.70	4.75	4.80	4.85	4.90	4.95	5.0	5.05	5.10	5.15	5.20
R														
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50.0
41	—	—	—	—	—	—	—	50.0	50.2	50.4	50.7	50.9	51.1	
42	—	—	—	50.1	50.3	50.6	50.8	51.1	51.3	51.5	51.8	52.0	52.2	
43	50.4	50.7	50.9	51.2	51.4	51.7	51.9	52.1	52.4	52.6	52.9	53.1	53.3	
44	51.5	51.7	52.0	52.2	52.5	52.7	53.0	53.2	53.5	53.7	54.0	54.2	54.5	
45	52.5	52.8	53.0	53.3	53.6	53.8	54.1	54.3	54.6	54.8	55.1	55.3	55.6	
46	53.6	53.8	54.1	54.4	54.6	54.9	55.1	55.4	55.7	55.9	56.2	56.4	56.7	
47	54.6	54.9	55.2	55.4	55.7	56.0	56.2	56.5	56.7	57.0	57.3	57.5	57.8	
48	55.7	55.9	56.2	56.5	56.8	57.0	57.3	57.6	57.8	58.1	58.4	58.6	58.9	
49	56.7	57.0	57.3	57.5	57.8	58.1	58.4	58.6	58.9	59.2	59.4	59.7	60.0	
50	57.7	58.0	58.3	58.6	58.9	59.1	59.4	59.7	60.0	60.3	60.5	60.8	61.1	
51	58.8	59.1	59.3	59.6	59.9	60.2	60.5	60.8	61.1	61.3	61.6	61.9	62.2	
52	59.8	60.1	60.4	60.7	61.0	61.3	61.6	61.8	62.1	62.4	62.7	63.0	63.3	
53	60.8	61.1	61.4	61.7	62.0	62.3	62.6	62.9	63.2	63.5	63.8	64.1	64.3	
54	61.9	62.2	62.5	62.8	63.1	63.4	63.7	64.0	64.3	64.6	64.9	65.1	65.4	
55	62.9	63.2	63.5	63.8	64.1	64.4	64.7	65.0	65.3	65.6	65.9	66.2	66.5	
56	63.9	64.2	64.5	64.9	65.2	65.5	65.8	66.1	66.4	66.7	67.0	67.3	67.6	
57	64.9	65.3	65.6	65.9	66.2	66.5	66.8	67.2	67.5	67.8	68.1	68.4	68.7	
58	66.0	66.3	66.6	66.9	67.3	67.6	67.9	68.2	68.5	68.8	69.2	69.5	69.8	
59	67.0	67.3	67.6	68.0	68.3	68.6	68.9	69.3	69.6	69.9	70.2	70.5	70.9	
60	68.0	68.3	68.7	69.0	69.3	69.7	70.0	70.3	70.6	71.0	71.3	71.6	71.9	
61	69.0	69.4	69.7	70.0	70.4	70.7	71.0	71.4	71.7	72.0	72.4	72.7	73.0	
62	70.0	70.4	70.7	71.1	71.4	71.7	72.1	72.4	72.8	73.1	73.4	73.7	74.1	
63	71.0	71.4	71.7	72.1	72.4	72.8	73.1	73.5	73.8	74.1	74.5	74.8	75.1	

续表 A.0.4

$\begin{matrix} v \\ f_{cu,i}^c \\ R \end{matrix}$	4.60	4.65	4.70	4.75	4.80	4.85	4.90	4.95	5.0	5.05	5.10	5.15	5.20
64	72.0	72.4	72.8	73.1	73.5	73.8	74.2	74.5	74.9	75.2	75.5	75.9	76.2
65	73.1	73.4	73.8	74.1	74.5	74.9	75.2	75.6	75.9	76.3	76.6	76.9	77.3
66	74.1	74.4	74.8	75.2	75.5	75.9	76.2	76.6	77.0	77.3	77.7	78.0	78.4
67	75.1	75.4	75.8	76.2	76.6	76.9	77.3	77.6	78.0	78.4	78.7	79.1	79.4
68	76.1	76.5	76.8	77.2	77.6	77.9	78.3	78.7	79.0	79.4	79.8	80.1	80.5
69	77.1	77.5	77.8	78.2	78.6	79.0	79.3	79.7	80.1	80.5	80.8	—	—
70	78.1	78.5	78.9	79.2	79.6	80.0	80.4	80.8	—	—	—	—	—
71	79.1	79.5	79.9	80.3	80.6	—	—	—	—	—	—	—	—
72	80.1	80.5	80.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注:1 表内未列数值可采用内插法求得,精确至 0.1MPa;

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

3 $f_{cu,i}^c$ (MPa)为测区混凝土抗压强度换算值,也可按公式(5.5.1)计算;

4 表中未注明的测区混凝土强度换算值为小于 50MPa 或大于 80MPa。

附录 B 非水平状态检测普通混凝土时 的回弹值修正值

R_{ma}	检测角度							
	向上				向下			
	90°	60°	45°	30°	-90°	-60°	-45°	-30°
20	-6.0	-5.0	-4.0	-3.0	4.0	3.5	3.0	2.5
21	-5.9	-4.9	-4.0	-3.0	4.0	3.5	3.0	2.5
22	-5.8	-4.8	-3.9	-2.9	3.9	3.4	2.9	2.4
23	-5.7	-4.7	-3.9	-2.9	3.9	3.4	2.9	2.4
24	-5.6	-4.6	-3.8	-2.8	3.8	3.3	2.8	2.3
25	-5.5	-4.5	-3.8	-2.8	3.8	3.3	2.8	2.3
26	-5.4	-4.4	-3.7	-2.7	3.7	3.2	2.7	2.2
27	-5.3	-4.3	-3.7	-2.7	3.7	3.2	2.7	2.2
28	-5.2	-4.2	-3.6	-2.6	3.6	3.1	2.6	2.1
29	-5.1	-4.1	-3.6	-2.6	3.6	3.1	2.6	2.1
30	-5.0	-4.0	-3.5	-2.5	3.5	3.0	2.5	2.0
31	-4.9	-4.0	-3.5	-2.5	3.5	3.0	2.5	2.0
32	-4.8	-3.9	-3.4	-2.4	3.4	2.9	2.4	1.9
33	-4.7	-3.9	-3.4	-2.4	3.4	2.9	2.4	1.9
34	-4.6	-3.8	-3.3	-2.3	3.3	2.8	2.3	1.8
35	-4.5	-3.8	-3.3	-2.3	3.3	2.8	2.3	1.8
36	-4.4	-3.7	-3.2	-2.2	3.2	2.7	2.2	1.7
37	-4.3	-3.7	-3.2	-2.2	3.2	2.7	2.2	1.7
38	-4.2	-3.6	-3.1	-2.1	3.1	2.6	2.1	1.6

R_{ma}	检测角度							
	向上				向下			
	90°	60°	45°	30°	-90°	-60°	-45°	-30°
39	-4.1	-3.6	-3.1	-2.1	3.1	2.6	2.1	1.6
40	-4.0	-3.5	-3.0	-2.0	3.0	2.5	2.0	1.5
41	-4.0	-3.5	-3.0	-2.0	3.0	2.5	2.0	1.5
42	-3.9	-3.4	-2.9	-1.9	2.9	2.4	1.9	1.4
43	-3.9	-3.4	-2.9	-1.9	2.9	2.4	1.9	1.4
44	-3.8	-3.3	-2.8	-1.8	2.8	2.3	1.8	1.3
45	-3.8	-3.3	-2.8	-1.8	2.8	2.3	1.8	1.3
46	-3.7	-3.2	-2.7	-1.7	2.7	2.2	1.7	1.2
47	-3.7	-3.2	-2.7	-1.7	2.7	2.2	1.7	1.2
48	-3.6	-3.1	-2.6	-1.6	2.6	2.1	1.6	1.1
49	-3.6	-3.1	-2.6	-1.6	2.6	2.1	1.6	1.1
50	-3.5	-3.0	-2.5	-1.5	2.5	2.0	1.5	1.0

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

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

附录 C 普通混凝土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_a^b)	R_m^t 或 R_m^b	表面修正值 (R_a^t)	底面修正值 (R_a^b)
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,均分别按 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 表中未列入的相应于 R_m^t 或 R_m^b 的 R_a^t 或 R_a^b 值,可用内插法求得,精确至 0.1。

附录 D 碳化深度修正系数

碳化深度 d_m (mm)	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
修正系数 k_d	1.000	0.966	0.933	0.901	0.870	0.841	0.812
碳化深度 d_m (mm)	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	>6.0
修正系数 k_d	0.784	0.758	0.732	0.707	0.683	0.660	0.660

附录 F 回弹法检测混凝土抗压强度记录

工程名称: 检测依据:

委托单位: _____
检测日期: _____

回弹仪型号及编号:

[illegible]

检测:

复核:

第 页 共 页

附录 F 超声回弹法检测混凝土抗压强度记录

工程名称:

委托单位:

检测依据:

检测日期:

构件名称及部位		设计强度等级		浇筑日期												
混凝土种类		☐ 泵送混凝土 ☐ 碎石混凝土	回弹测试面	☐ 侧面 ☐ 表面 ☐ 底面	回弹测试角度											
超声测试方式		☐ 对测 ☐ 平测 ☐ 角测	环境温度 $^{\circ}\text{C}$		超声仪											
回弹仪			率定值		换能器频率 kHz											
测区	项目	测点检测值												测区 代表值	修正后的 测区代表值	测区强度 换算值 MPa
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	回弹值 R_i															
	声速值 $v_i, \text{km/s}$															
2	回弹值 R_i															
	声速值 $v_i, \text{km/s}$															
3	回弹值 R_i															
	声速值 $v_i, \text{km/s}$															
4	回弹值 R_i															
	声速值 $v_i, \text{km/s}$															
5	回弹值 R_i															
	声速值 $v_i, \text{km/s}$															

检测:

复核:

第 页 共 页

附录 G 长龄期混凝土强度龄期修正

G.0.1 本附录适用于龄期已超过 1000d 且由于结构构造等原因无法采用取芯法对回弹检测结果进行修正的混凝土结构构件。

G.0.2 当采用本规定的龄期修正系数对回弹法检测得到的测区混凝土抗压强度换算值进行修正时,应符合下列条件:

- 1 龄期已超过 1000d,但处于干燥状态的普通混凝土;
- 2 混凝土外观质量正常,未受环境介质作用的侵蚀;
- 3 经超声波或其他探测法检测结果表明,混凝土内部无明显的不密实区和蜂窝状局部缺陷;
- 4 混凝土抗压强度等级在 C20~C50 之间,且实测的碳化深度已大于 6mm。

G.0.3 混凝土抗压强度换算值可乘以表 G.0.3 的修正系数 α_n 予以修正。

表 G.0.3 测区混凝土抗压换算值龄期修正系数

龄期 d	1000	2000	4000	6000	8000	10000	15000	20000	30000
修正系数 α_n	1.00	0.98	0.96	0.94	0.93	0.92	0.89	0.86	0.82

G.0.4 龄期修正系数应用示例如下:

现场测得碎石混凝土构件某测区平均回弹值 $R_m = 50.8$; 其平均碳化深度 $d_m > 6.0\text{mm}$; 由附录 A-1 查得: 测区混凝土换算值 $f_{cu,i}^c = 42.9\text{MPa}$ 。若被测混凝土的龄期已达到 15000d, 则由本规定表 G.0.3 可查得龄期修正系数 $\alpha_n = 0.89$; $f_{cu,i}^c(15000\text{d}) = 42.9 \times 0.89 = 38.2\text{MPa}$ 。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

- 1) 表示很严格,非这样做不可的:
正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;
- 2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:
正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;
- 3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:
正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;
- 4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

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

引用标准名录

- 1 《回弹仪》GB/T 9138
- 2 《回弹仪》JJG 817
- 3 《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784
- 4 《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T 384
- 5 《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 23
- 6 《高强混凝土强度检测技术规程》JGJ/T 294
- 7 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107

重庆市工程建设标准

混凝土抗压强度检测技术标准

DBJ50/T-195-2025

条文说明

2025 重 庆

重庆工程建设

目 次

1	总则	65
3	基本规定	66
3.1	一般规定	66
3.2	检测的基本程序和要求	66
3.3	检测和评定方式	68
3.4	检测报告	69
4	回弹法	70
4.1	一般规定	70
4.2	仪器设备	72
4.3	检测技术	74
4.4	回弹值计算	76
4.5	测强曲线	76
4.6	混凝土强度推定	77
5	超声回弹综合法	79
5.1	一般规定	79
5.2	仪器设备	79
5.3	检测技术	81
5.4	回弹值及声速值计算	81
5.5	测强曲线	82
6	钻芯法	83
6.1	一般规定	83
6.2	仪器设备	83
6.3	芯样钻取及加工	84
6.4	试件抗压试验及强度计算	85

6.5 混凝土抗压强度推定值	86
7 钻芯修正法	87

重庆工程职业技术学院

1 总 则

1.0.2 回弹法、超声回弹综合法测定混凝土强度是通过检测混凝土表面硬度推算混凝土强度的方法,所以当表层和内部质量有明显差异、长期处于高温环境中以及遭受严重冻伤、火灾、化学侵蚀等灾害时,则不能采用回弹法测定其抗压强度。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.2 回弹法、超声回弹综合法属于无损检测方法,其检测效率高,对结构、构件无损伤,适用于结构的一般检测和数量较大时的初步检测;钻芯法属于微破损法,对结构构件有一定的损伤,但其检测结果更为直接、可靠。

3.1.3 环境温度异常时,对仪器的性能有影响,故规定了其使用时的环境温度,当环境温度超出规定温度时,应对仪器的测试精度进行对比验证。

3.2 检测的基本程序和要求

3.2.1 本条规定了混凝土抗压强度现场检测工作的基本程序。检测工作自身的质量应有一套程序来保证,对于一般混凝土强度现场检测工作,程序框图中描述的从接受委托到检测报告的各个阶段都是必不可少的。

对于特殊情况的检测,则应根据检测的目的确定其检测程序和相应的内容。

3.2.2 存在质量争议的工程质量检测宜由当事各方共同委托,一方面可以保证检测工作的公正、公平性,保护当事各方利益;另一方面有利于检测结论的接受和采信,避免重复检测及由此产生的费用和时间损失。司法鉴定涉及的检测工作应满足相应程序要求。

3.2.3 了解结构的状况和收集有关资料,不仅有利于较好地制

定检测方案,而且有助于确定检测的重点。现场调查主要是了解被检测结构的混凝土浇筑情况,同时应与委托方商定检测的目的、范围、重点和方法。

混凝土的浇筑情况包括:浇筑季节、浇筑时间、混凝土的坍落度、扩展度等。观察构件的外观质量及缺陷包括:表面平整度、裂缝、孔洞等。了解构件的环境情况包括:构件表面抹灰、管道架设、使用状况等,以便制定检测方案。

3.2.4 本条规定了检测方案的主要内容。现场检测中的安全问题包括检测人员、检测仪器设备、受检结构及相邻构件的安全问题。

3.2.5 本条对检测所用仪器、设备提出要求。在检定或校准周期内的仪器设备并不都处于正常状态,实施检测时,应进行必要的校验。

3.2.6 现场检测的测区和测点应有明晰标注和编号,不仅方便检测机构内部的检查,也有利于相关方对检测工作的监督;同时,便于对异常数据进行追踪和复检。保留时间可根据工程具体情况确定。

3.2.7 现场取得的试样应与结构实体上取样位置形成对应关系,才能根据试样的检测分析结果评价结构实体对应区域的性能。混淆现场取得的试样可能造成错误的判断;丢失现场取得的试样甚至引起异议导致全部检测无效。

3.2.8 为了避免人为随意舍弃数据,同时考虑到复检或补充检测要重新进入现场,容易造成误解,因此进行复测或补充检测时应有必要说明。

3.2.9 混凝土结构现场检测工作不应受检结构或构件造成安全隐患,因此现场检测工作结束后,应及时提出针对因检测造成的结构或构件局部损伤的修补建议。当采用环氧树脂混凝土进行修补时,修补部位的混凝土含水率不应大于8%。

3.3 检测和评定方式

3.3.1 现场检测一般有全数检测和抽样检测两种方式。

3.3.2 本条提出了采用全数检测方式的适用情况。所谓全数检测并不意味对整个工程的全部构件(区域)进行检测,全数对应于检验批内的全部构件(区域),当检验批缩小至单个构件时,全数对应于该构件可布置的测区。

3.3.3 单个构件检测适用于单个柱、梁、墙、基础等的混凝土强度检测,其检测结论不得扩大到未检测的构件或范围。大型结构按施工顺序可划分为若干个检测区域,每个检测区域作为一个独立检测单元;每个检测单元可选择单个构件检测,也可选择按批抽样检测。

3.3.4 国家现行标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 对材料性能和几何参数提出如下要求:可按其概率分布的 0.05 分位值确定。当总体均值和标准差未知时,根据样本数据确定分位数时,需要用到非中心参数为 δ 的 t 分布。

国家现行标准《正态分布分位数与变异系数的置信限》GB/T 10094 提供了根据样本容量及给定置信水平,确定分位数 x_p 置信区间的方法。

《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 依据国家现行标准《正态分布完全样本可靠度置信下限》GB/T 4885 并补充了部分数据,给出了样本容量与推定区间限值系数的对应关系表。

在置信度相同的前提下,推定区间越小,推定结果的不确定性越小。样本的标准差 s 和样本容量 n 决定了推定区间的大小,因此减小样本的标准差 s 或增加样本的容量 n 是减小检测结果不确定性的措施。对于无损检测方法来说,增加样本容量相对容易实现,对于局部破损的取样检测方法和原位检测方法来说,增加样本容量相对难于实现。对于后者来说,减小测试误差更为重要。

3.4 检测报告

3.4.1 检测报告是工程质量评定和结构性能评估的依据。当报告中出现容易混淆的术语和概念时,应以文字解释或图例、图像说明。必要时,在报告中添加所检测构件平面分布图等内容。

3.4.2 本条提出检测报告应包括的内容,保证信息的完整性。

4 回弹法

4.1 一般规定

4.1.1 本标准的测强曲线是根据混凝土实际强度与回弹仪型号类别通过大量的试验回归建立的。当混凝土强度等级为 C45 及以下时,其抗压强度一般为 10.0MPa~60.0MPa,选用标称能量为 2.207J 的中型回弹仪,按本标准附录 A.0.1、A.0.2 执行;当混凝土强度等级不低于 C50 时,其抗压强度一般不低于 50.0MPa,用标称能量为 4.5J 的重型回弹仪,按本标准附录 A.0.3 执行。但工程结构中设计强度等级与结构实体混凝土抗压强度可能存在较大差别,给回弹仪的选用带来困难;实际工作中宜根据构件的设计强度等级、同条件混凝土试块强度等进行初步确定。

1 混凝土设计强度等级为 C45 及以下或构件的同条件混凝土试块强度代表值低于 50MPa 时,宜选用中型回弹仪;

2 混凝土设计强度等级不小于 C50 或构件的同条件混凝土试块强度代表值不低于 50MPa 时,宜选用重型回弹仪;

3 现场没有同条件混凝土试块强度或同条件混凝土试块强度结果没有代表值,且初步判断其实际强度在 50MPa 左右时;可分别使用中型回弹仪、重型回弹仪进行部分构件的试测,并根据本标准附录 A 推定混凝土的强度范围,根据试测结果确定回弹仪型号。若两种回弹仪检测混凝土强度换算值均大于 50MPa,则用重型回弹仪;若两种回弹仪检测混凝土强度换算值都小于 50MPa,则用中型回弹仪;若两种回弹仪检测结果分别大于和小于 50MPa,则应采用其它有效方法进行验证检测。

4.1.2 本条给出本标准测强曲线不适用的情况范围,因此若存

在本条款所属的混凝土,则不能按本标准的测强曲线进行强度换算值的计算,但可以建立专用测强曲线。

1 非泵送混凝土目前在建筑领域已濒临淘汰,卵石混凝土已被限制使用,此次未进行过研究,因而本编制组未将卵石混凝土纳入实验方案。考虑到小规模自建房或二次浇筑构件等仍有所应用,本标准制定了自拌碎石混凝土的测强曲线;最大公称粒径大于 60mm,已超出试验时试块及试件粗骨料的最大粒径,泵送混凝土粗集料最大公称粒径大于 31.5mm 时已不能满足泵送的要求,故予以限制;

2 构件生产中,有的并非一般机械成型工艺可以完成,例如混凝土轨枕,上、下水管道等,需采用加压振动或离心法成型工艺,超出了该测强曲线的使用范围;

3 对于在非平面构件上测得的回弹值与在平面上测得的回弹值关系,我市目前尚无试验资料,参照《回弹法检测混凝土强度技术规程》(JGJ/T 23)的规定,凡测试部位的曲率半径小于 250mm 的构件不能采用该测强曲线;

4 构件表层混凝土厚度太薄,回弹法测试结果受内部材料性能的影响较大,难以真实反应混凝土的力学性能;此外,厚度太薄的构件,其混凝土设计配合比可能已不同于常用混凝土。

4.1.3 为保证检测面为混凝土原浆面,对于已经粉刷的构件应将粉刷层清理干净,不可将粉刷层当作混凝土原浆面进行检测。如果因养护不当等原因,造成混凝土原浆面出现疏松层时,检测前应将疏松层清除并打磨平整后方可检测,否则会造成误判。

制定测强曲线的统计数据统一在自然养护、表层干燥的条件下测得。被水浸泡或表层潮湿的混凝土,与制定测强曲线时的构件表面条件相差较大,会产生较大误差。工程检测中可对浸泡构件经自然干燥 3 天以上,或对潮湿的表面进行烘干处理后进行测试。

4.1.4 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。

4.2 仪器设备

4.2.1 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。

4.2.2 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,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 为 2.207J,常规重型回弹仪标准能量有 4.5J、5.5J 两种,本标准采用的是标准能量为 4.5J 的重型回弹仪;

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;

3 检验回弹仪的率定值的作用是保证回弹仪处于标准状态,即检验回弹仪的标称能量是否满足要求,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,可按本标准 4.2.8 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 现有数字式回弹仪大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。

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。否则,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,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。故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。

4.2.3 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,这样规定与目前使用回弹仪的情况基本相符。回弹仪属于量具,检定混凝土回弹仪的单位应由主管部门授权,并按照《回弹仪》JJG 817 进行才能使检测精度得到保证。

4.2.4 回弹仪的率定也直接关系到检测精度,本条明确了率定的条件,以保证在使用中及时发现和纠正回弹仪的非标准状态。

4.2.5 本条给出了回弹仪作率定时的试验条件和试验方法,弹击杆分 3 次旋转,每次约 90° 正好完成弹击杆旋转一周四个方向上的钢砧率定操作。

4.2.6 根据现行国家标准《回弹仪》GB/T 9138,中型回弹仪率定时,钢砧性能应满足:质量为 16kg,直径为 145mm,砧芯直径不小于 31mm,砧芯撞击面洛氏硬度(HRC)为 60 ± 2 ;重型回弹仪率定时,钢砧性能应满足:质量为 20kg,直径为 150mm,砧芯直径不小于 31mm,砧芯撞击面洛氏硬度(HRC)为 60 ± 2 。

钢砧的砧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检定或校准一次。

4.2.7 本条主要规定了回弹仪常规保养的要求。

4.2.8 本条主要规定了回弹仪拆开保养的常规步骤。进行拆开

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。中心导杆上薄薄涂抹钟表油,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。

4.2.9 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。

4.3 检测技术

4.3.1 按批进行检测的构件,抽取试件应严格遵守随机原则,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。

抽检数量应在保证质量安全的基础上,尽可能地减少检测工作量。当检验批中抽检构件数量大于 30 个时,可按《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进行抽样,根据工程实际情况可分别按以下三种情况执行:

1 当有下列情况之一时,宜按检测类别 C 进行抽样:

- 1) 未按规定制作试件或制作试件数量不足;
- 2) 制作的标准养护试件或同条件试件与所成型的构件在材料用料、配合比等方面有较大差异,已不能代表构件的混凝土质量;
- 3) 标准养护试块或同条件试块抗压强度不合格;
- 4) 工程出现质量事故。

2 当混凝土质保资料符合要求,仅需对结构或构件混凝土强度进行验收普查或验证核查时,可适当减少检测构件数量,抽

检构件数量可按检测类别 A 进行抽样；

3 施工资料完善,需要进一步确定混凝土质量状况的工程质量检测,如对结构或构件进行结构安全性鉴定时,可按检测类别 B 进行抽样。

4.3.2 测区优先选在混凝土浇筑侧面的规定,主要是考虑泵送混凝土的流动性大,其浇注的表面和底面性能相差较大,需要进行角度和浇筑面的修正,可能造成检测误差偏大。标准编制过程中,对采用中型回弹仪进行非水平方向检测和底面、顶面检测做了对比实验分析,得出了相应的修正值。

需要采用重型回弹仪进行检测的高强度混凝土多用于竖向承载的构件,大多具备浇筑侧面的检测条件,故重型回弹仪测强曲线,是仅针对在水平弹击混凝土成型侧面建立的,不进行检测角度和浇筑面的修正。

本条规定每一测区记取 12 点回弹值,不包含弹击隐藏在表层薄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,容易区分,应予以剔除。目前泵送混凝土相对均匀,回弹仪性能也较为稳定,从 12 个回弹值中剔除 1 个较大值和 1 个较小值,取余下 10 个回弹值的平均值作为测区回弹代表值。此种计算方法经过数据分析,发现误差较小,且可降低现场工作量,故从原来的 16 个回弹值简化为 12 个回弹值。

4.3.3 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。

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。

4.3.4 本标准附录 A 中测区混凝土强度换算值由回弹值和碳化深度值两个因素确定,因此采用中型回弹仪进行检测时需要确定每一个构件的碳化深度值,碳化深度的测点宜在构件测区上均匀选取,极差大于 2.0mm 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。

4.3.5 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。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测量仪器也可采用游标卡尺,每个测点测量 3 次,测量位置宜在孔洞周边均匀选取。

对于因养护不当或酸性脱模剂等因素引起的异常碳化,可用其它方法对检测结果进行修正。

4.4 回弹值计算

4.4.1 本条规定的测区平均回弹值计算方法和建立测强曲线时的取舍方法一致。

4.4.2~4.4.4 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,附录 B、附录 C 系参考《回弹法检测混凝土强度技术规程》(JGJ/T 23)标准和本编制组总结的大量试验结果而制定的。

该条款只适用于选用中型回弹仪检测抗压强度为 10.0MPa ~60.0MPa 的混凝土的修正。

4.5 测强曲线

4.5.2 为保证回弹法测强曲线的代表性和检测精度,我们在统一仪器标准,统一测试技术,统一数据处理,统一强度推定方法的基础上,本着尽可能体现地方技术特色,符合地方泵送混凝土的生产,施工现状的要求,遵循《回弹法检测混凝土强度技术规程》

JGJ/T 23 对建立测强曲线的基本规定而获得本程的测强曲线。

编制组通过分析比较,对于抗压强度为 10.0MPa~60.0MPa 的普通泵送混凝土,采用中型回弹仪进行回弹值测定时,按照最小二乘法的原理,通过回归而得到的幂函数曲线方程为: $f_{cu,i}^{cb} = 0.1167 \times R_m^{1.6286} \times 10^{(-0.0147d_m)}$ 。

高强泵送混凝土在原材料、配合比、搅拌、运输、浇注、振捣、养护等环节与普通泵送的混凝土都有很大的区别,回弹检测中选用仪器的标准能量也不相同,为了适用混凝土技术的迅猛发展,提高回弹法检测高强泵送混凝土的精度,这次把高强泵送混凝土进行单独回归。

通过分析比较,对于抗压强度为 50.0MPa~80.0MPa 的高强泵送混凝土,采用重型回弹仪进行回弹值测定时,按照最小二乘法的原理,通过回归而得到的二次多项式曲线方程为: $f_{cu,i}^{cb} = 0.0168 \times R_m^2 - 0.4824 \times R_m + 35.87$ 。

本标准给出的测强曲线的强度误差值满足《回弹法检测混凝土强度技术规程》(JGJ/T 23)的规定。

4.6 混凝土强度推定

4.6.2 当对建筑物结构进行改造或加固设计,遇有长龄期混凝土却无法取芯而进行回弹测强、碳化深度大于 6mm 时,可按本标准附录 G 的规定对强度换算值进行龄期修正。

附录 G 是参考《混凝土结构加固设计规范》GB 50367-2013 中对“已有结构混凝土回弹值龄期修正”的规定。附录中当混凝土龄期在 1000 天以内时,龄期修正系数为 1,龄期 1000 天以上时,按表 G.0.3 取龄期修正系数。回弹换算强度作长龄期修正后的结果,对结构的改造或加固设计较为安全可靠。现场条件便于取芯,应适量钻芯取样,一方面可对换算强度进行修正,另一方面

也可作为长龄期结构混凝土的检测研究积累重要数据资料。

4.6.3 当测区数量不小于 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;当构件测区数小于 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(如小于 10.0MPa 或大于 80.0MPa)时,因无法计算平均值及标准差,只能以最小值作为该强度推定值。

当测区混凝土强度换算值均大于 80.0MPa 时,因无法扩延换算,取 $f_{cu,e} > 80.0\text{MPa}$ 。

4.6.6 按批量检测的构件,当标准差过大说明混凝土强度质量不稳定,若排除测试误差影响,就应是其它因素影响所致,如构件是否为同类构件、龄期差异较大等,使抽检构件不属于同一批,使测区换算强度不是“简单随机样本”。出现这种情况按单根构件处理有利于结构安全和对构件的处理。

5 超声回弹综合法

5.1 一般规定

5.1.1 本条对本标准规定的混凝土抗压强度推定方法适用的混凝土进行了详细的规定。其中,混凝土中各种材料需要执行的国家现行标准《通用硅酸盐水泥》GB 175、《建设用砂》GB/T 14684、《建设用卵石、碎石》GB/T 14685、《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52、《混凝土用水标准》JGJ 63 等。

现场工程经验表明,采用超声回弹综合法进行检测的一般是受力较大,强度较高的重要构件,故本次试验及数据处理仅针对高强混凝土(C50~C80)。

5.1.2 超声检测时需要在混凝土表面涂抹耦合剂,耦合剂会影响回弹值的检测,故应先进行回弹值检测再进行声速值检测。

5.2 仪器设备

5.2.2 目前常用的超声波检测仪均为数字式混凝土超声波检测仪,本条对相关功能做出规定。

1 混凝土抗压强度检测主要利用超声波传播速度获得可靠的声速值。因此,为了准确测量声时,超声仪须具有稳定、清晰的波形显示系统;

2 参考现行行业标准《混凝土超声波检测仪》JG/T 5004 对声时测量范围的要求,综合考虑声波的穿透距离,规定此声时测量的最小范围,符合实际应用情况;声时分辨力是声时测量精度的决定因素,在测量小尺寸构件(试件)时,为保证声时测量精度,

混凝土超声波检测仪应满足这个要求；

3 仪器的幅度测量范围越大，表征仪器接收弱信号的能力越强，综合考虑应用需要和仪器现发展水平，规定了幅度测量指标。由于不同首波高度下测量的声时值存在一定差异，因此在声时测量中宜采用衰减器先将首波调至一定高度后再进行测读。混凝土超声波检测仪应具有最小分度为 1dB 的衰减器；

4 仪器接收放大器的频响范围应与混凝土超声检测中所采用的换能器频率相适应。检测混凝土抗压强度所采用的换能器一般为 50kHz~100kHz，所以接收放大器在此频响范围内可以满足电气性能要求。对仪器不能单纯追求接收放大器的增益，应同时考虑仪器的噪声水平，采用信噪比达到 3:1 时的接收灵敏度较为适当，可以直观地反映出仪器的真实测试灵敏度；

6 采集、存储数字信号并按检测要求对数据进行计算处理，是数字式混凝土超声波检测仪应具有的基本功能；

8 具备手动游标测读和自动测读两种声参量测读功能，是为收波形较好时，利用自动测读功能可以提升检测效率；当接收波形畸变、且无法自动测读时，利用手动游标测读功能也能准确测读声参量；自动测读时，仪器可以自动标记测读位置，可避免对声参量的误判和错判。

5.2.3 大量模拟试验表明，由于超声脉冲波的频散效应，采用不同频率换能器测量的混凝土中声速有所不同，且声速有随换能器频率增高而增大的趋势。当换能器标称频率为 50kHz~100kHz 时，所测声速偏差较小，所以本标准对换能器的标称频率作了限制，目前测强所用换能器的标称频率一般为 50kHz。

换能器的实际频率应尽量与标称频率保持一致。若实际频率与标称频率差异过大，则测读的声时值会产生较大误差，以致测出的声速值难以反映混凝土的真实强度值。

5.2.4 为确保仪器处于正常状态，需要定期对超声仪进行检定、校准和保养。

空气中的声速除了随温度而变化外,受其他因素的影响很小。因此,采用测量空气中声速的方法检验仪器的性能,是一种简单易行的方法。该方法不仅检验仪器的计时机构是否可靠,还检验了仪器操作者的声时读取方法是否正确。

一般说来,只要超声仪正常,操作人员的测试操作也准确无误,空气中声速计算值(v_k)与空气中声速实测值(v_0)之间的相对误差(Δ)应不超过 $\pm 0.5\%$ 。如果二者之间的相对误差(Δ)超过 $\pm 0.5\%$,应首先复核测试操作是否正确,否则属于仪器计时系统不正常。

在声时测量过程中有一个声时初读数(t_0),而声时初读数(t_0)除了与仪器的传输电路有关外,还与换能器的构造和高频电缆长度有关。因此,每次检测时应先对所用仪器和按需要配置的换能器、电缆线进行声时初读数(t_0)测量。

5.3 检测技术

5.3.3 换能器辐射面与混凝土测试面耦合,能保证换能器辐射面与混凝土测试面达到完全面接触,排除其间的空气和杂物。同时,每一测点的耦合层达到最薄,以保持耦合状态一致,这样才能保证声时测量条件的一致性。

5.4 回弹值及声速值计算

5.4.3 本条规定了对测区混凝土中声速代表值(v_d)的计算和修正方法。测区混凝土中声速代表值是取测区内3个测点混凝土声速平均值。当超声测点在浇筑方向的侧面对测时,声速不做修正。如只能沿构件浇筑的表面和底面对测时,测得的声速偏低。

5.5 测强曲线

5.5.1 测强曲线为结合本地区混凝土实验数据及经验公式制定,因此不能仅根据测强公式而任意外推,以免得出错误的计算结果。

6 钻芯法

6.1 一般规定

6.1.1 大量试验研究证明,在抗压试验中,使用直径为 100mm 的芯样试件样本的标准差相对较小;使用小直径芯样试件可能会造成样本的标准差增大,因此,宜使用直径为 100mm 的芯样试件确定混凝土抗压强度值。现多采用泵送混凝土,泵送混凝土骨料粒径相对较小,直径 70mm~75mm 芯样试件抗压强度值的平均值与 100mm 的芯样试件抗压强度值的平均值基本相当;因此,当构件中钢筋较密、构件较小或钻孔孔径对构件工作性能有较大影响时,允许使用小直径芯样试件。

6.1.2 本条对钻芯法确定单个构件混凝土抗压强度推定值的最小芯样数量进行规定。综合考虑工程检测的可操作性和检测结果的可靠性。采用了目前较为常用的以最小值作为推定值的评定方法。

6.1.3 本条给出了芯样试件的最小样本容量,合理划分检测批并确定合适的芯样试件数量是满足推定区间要求的重要保证。

6.2 仪器设备

6.2.1、6.2.2 钻芯机、锯切机等检测设备的技术性能直接影响到芯样的质量。影响到芯样试件强度样本的标准差。因此每台设备均应有产品合格证并满足相应的要求。

6.2.3 钢筋探测仪在钻芯工作中主要用于确定混凝土中钢筋的位置。避免钻芯过程中损伤钢筋,保证钻芯取样的顺利实施。对

探测位置偏差限值的要求与现行行业标准《混凝土中钢筋检测技术标准》JGJ/T 152 的规定一致。

6.2.4 为了保证钻芯机、锯切机等设备的正常工作,除应定期检修外,每次钻芯工作结束后,应及时卸下钻头、胀卡等零部件,仔细擦去污物水渍。并应在齿条、导轨等处涂油防锈。

6.3 芯样钻取及加工

6.3.1 合理选择钻芯位置可减小测试误差,尽可能减小对结构造成损伤。

6.3.2 对单个构件钻取多个芯样时,对取样的代表性提出要求,如可在构件的上部、中部或下部分别取样。

6.3.3 在钻芯过程中,如固定不稳,钻芯机容易发生晃动和位移。这不仅影响芯样质量。还会影响钻芯机和钻头的使用寿命,容易发生卡钻或芯样折断。

在没有安装钻头之前,应先通电确认主轴旋转方向是否正确。如果先安钻头后通电试验,一旦方向相反则主轴与连接头变成退扣旋转,容易把钻头甩掉而造成事故。

6.3.4 采用较高的钻进速度会加大芯样的损伤,因此应控制钻进速度。钻芯机必须通冷却水才能达到冷却钻头和排出混凝土碎屑的目的,在高温下会使金刚石钻头烧损,混凝土碎屑不能及时排除不仅会加速钻头的磨损,还会影响钻进速度和芯样表面质量。

6.3.6 芯样试件高径比是根据对结构实体检测的可操作性并结合标准试件的尺寸综合确定的。

6.3.8 抗压芯样试件内含有钢筋,往往会对芯样抗压强度值产生影响,故本条规定抗压芯样试件内不宜含有钢筋。但受现场条件限制,如构件钢筋较密、钢筋埋置较深、取芯位置受限等情况,取芯时很难完全避开钢筋。通过以往的比对试验分析,当抗压芯

样试件内有一根直径不大于 10mm 的钢筋,且钢筋应与芯样试件的轴线垂直并离端面 10mm 以上时,对芯样抗压强度值无明显影响。

6.4 试件抗压试验及强度计算

6.4.1 钻芯过程中,由于受钻芯机振动、钻头偏摆等因素的影响,芯样的直径在各个方向不一定完全相等,故用平均直径表示。由于芯样高度对强度的影响与截面面积相比要小,故精度放宽到 1.0mm。

6.4.2 对芯样试件提出相应要求,目的是减小测试偏差和样本的标准差。芯样中的缺边、掉角等小缺陷允许进行修补,但对于有裂缝或修补后的芯样强度损失难以估算时,不宜作为试验用的试件。

6.4.3 芯样试件一般应在自然干燥的状态下进行试验。芯样试件的含水量对强度有一定影响,含水愈多则强度愈低。一般来说,强度等级高的混凝土强度降低较少,强度等级低的混凝土强度降低较多;因此,建议自然干燥状态与潮湿状态两种试验情况。

6.4.4 芯样试件进行抗压试验时,对于压力机及压板的精度要求和试验步骤,与立方体试件是一样的,应按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 中的立方体试件抗压试验方法进行。

6.4.5 试验研究表明,直径为 100mm 的芯样试件的抗压强度与同条件养护同龄期 150mm 立方体试件的抗压强度基本相当,无固定的换算系数。关于小直径芯样试件,高径比为 1:1 时,直径为 70mm~75mm 芯样试件的抗压强度与直径为 100mm 的芯样试件的抗压强度基本相当。因此本标准提出使用式(6.4.5)的强度计算公式。

6.5 混凝土抗压强度推定值

6.5.1 综合考虑工程检测的可操作性和检测结果的可靠性,采用了目前较为常用的以最小值作为推定值的评定方法。

6.5.2 本条对检测批混凝土抗压强度推定值的确定进行了规定:

1 检测批混凝土抗压强度的推定区间的确定方法。由于抽样检测必然存在着抽样不确定性。给出确定的推定值必然与检测批混凝土强度值的真值存在偏差。因此给出一个推定区间更为合理。推定区间是对检测批混凝土相应强度真值的估计区间。按此规定给出的推定区间应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的相关规定;

2 对推定区间进行控制,包括推定区间的置信度、上限值与下限值之差。减小样本的标准差,合理确定芯样试件的数量是满足推定区间要求的两个因素;

3 以检测批混凝土抗压强度推定区间的上限值作为混凝土工程施工质量的评定界限。应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 关于错判概率不大于 0.05 的规定;芯样试件抗压强度值一般不会高出结构或构件混凝土的实际强度,一般略低于实际强度。

6.5.3 异常数据的舍弃应有一定的规则,本条提供了异常数据的舍弃标准。试验研究表明:芯样试件抗压强度样本的标准差一般大于立方体试件的标准差。小直径芯样试件抗压强度样本的标准差更大。因此允许根据实际情况适当调整芯样试件抗压强度样本的标准差。但是调整要有试验依据,而且要事先将调整方法告知委托方。

7 钻芯修正法

7.0.1 当现场检测条件与测强曲线的适用条件有较大差异时,可在构件上钻取混凝土芯样进行修正。修正的方法有修正系数法和修正量法,本标准采用修正量法。

7.0.2 本条提出钻芯修正所需芯样试件的数量要求,与现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 的要求一致;并对芯样钻取原则和部位提出要求。

7.0.4 混凝土强度修正一般有修正量和修正系数两种方法。本标准建议采用修正量的方法,修正实际上是对成对观测的两个均值进行比较,修正量的概念与国家标准《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 3361 的概念相符。修正量方法只对间接方法测得的混凝土强度的平均值进行修正。不修正标准差,因此可能更适合钻芯法的特点。