

UDC

中华人民共和国行业标准

TB

TB 10426—2004
J 342—2004

P

铁路工程结构混凝土强度检测规程

Inspection specification for structure concrete
strength of railway engineering

2004-03-09 发布

2004-04-01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

关于发布《铁路工程土工试验规程》等 5 项 铁路工程建设标准的通知

铁建设函〔2004〕121 号

《铁路工程土工试验规程》(TB 10102—2004)、《铁路工程水文地质勘察规程》(TB 10049—2004)、《铁路工程物理勘探规程》(TB 10013—2004)、《铁路隧道衬砌质量无损检测规程》(TB 10223—2004) 及《铁路工程结构混凝土强度检测规程》(TB 10426—2004) 等 5 项铁路工程建设标准, 经审查现予发布, 自 2004 年 4 月 1 日起施行。原《铁路工程土工试验方法》(TBJ 102—87, 含 1996 年局部修订版)、《填土密度湿度核子仪测试规程》(TB/T 10217—96)、《铁路供水水文地质勘测规则》(TBJ 15—96)、《铁路工程水文地质勘测规范》(TB 10049—96)、《铁路工程物理勘探规程》(TB 10013—98) 同时废止。

以上标准由铁道部建设管理司负责解释, 由中国铁道出版社和铁路工程技术标准所组织出版发行。

中华人民共和国铁道部
二〇〇四年三月九日

中华人民共和国行业标准
铁路工程结构混凝土强度检测规程
TB 10426—2004
J 342—2004

*

中国铁道出版社出版发行
(100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)
北京兴顺印刷厂印

开本: 850 mm×1168 mm 1/32 印张: 3.125 字数: 79 千字
2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月第 1 次印刷
印数: 1~10 000 册

统一书号: 15113·1990 定价: 13.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社发行部调换。

联系电话: 路 (021) 73169, 市 (010) 63545969

前 言

本规程是根据铁道部《关于印发 2003 年铁路工程建设规范、定额、标准设计编制计划的通知》(铁建设函〔2003〕41 号)的要求编制而成的。

本规程在编制过程中,广泛吸收了路内外结构混凝土强度检测的成熟经验,并结合铁路工程的特点提出了铁路混凝土无损检测的五种检测方法,与《铁路混凝土强度检验评定标准》(TB10425—94)和《铁路混凝土与砌体工程施工质量验收标准》(TB10424—2003)配套使用。

本规程共分 8 章和 17 个附录。其主要内容包括:总则、术语和符号、基本规定、钻芯法、回弹法、超声回弹综合法、后装拔出法、同条件养护试件法等。

本规程以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

在执行本规程过程中,希望各单位结合工程实践,认真总结经验,积累资料。如发现需要修改和补充之处,请及时将意见及有关资料寄交中铁三局集团有限公司(山西省太原市迎泽大街 269 号,邮政编码:030001),并抄送铁路工程技术标准所(北京市羊坊店路甲 8 号,邮政编码:100038),供今后修订时参考。

本规程由铁道部建设管理司负责解释。

本规程主编单位:中铁三局集团有限公司。

本规程参编单位:铁路工程技术标准所。

本规程主要起草人:吴仁友、薛吉岗、张良春、刘志江、白民毅、唐南生。

目 次

1 总 则	1
2 术语和符号	2
2.1 术 语	2
2.2 符 号	2
3 基本规定	4
4 钻 芯 法	5
4.1 一般规定	5
4.2 主要仪器设备	6
4.3 芯样钻取及加工	6
4.4 芯样强度试验	8
4.5 混凝土强度换算及推定	8
5 回 弹 法	10
5.1 一般规定	10
5.2 回 弹 仪	11
5.3 回弹试验	12
5.4 混凝土强度换算及推定	13
6 超声回弹综合法	17
6.1 一般规定	17
6.2 主要仪器设备	17
6.3 超声回弹试验	19
6.4 混凝土强度换算及推定	21
7 后装拔出法	24
7.1 一般规定	24
7.2 后装拔出试验装置	25
7.3 后装拔出试验	27

7.4	混凝土抗压强度换算及推定	29
8	同条件养护试件法	31
8.1	一般规定	31
8.2	同条件养护试件的留置和养护	31
8.3	等效养护龄期	31
8.4	混凝土强度折算和评定	32
附录 A	钻芯法检测现场操作记录	33
附录 B	钻芯法芯样端面补平方法	34
附录 C	芯样抗压强度试验记录和 钻芯法试验报告	36
附录 D	回弹法非水平状态检测时回弹值 的修正值	38
附录 E	回弹法不同浇筑面上回弹值的修正值	40
附录 F	回弹法专用测强曲线的制定方法	41
附录 G	回弹法测区混凝土强度换算表	43
附录 H	回弹法检测泵送混凝土时测区混凝土强度 换算值的修正值	52
附录 J	回弹法检测记录和检测报告	53
附录 K	超声回弹综合法测定混凝土强度曲线 的验证方法	56
附录 L	超声回弹综合法测区混凝土强度换算表	57
附录 M	超声回弹综合法测试记录	66
附录 N	用超声仪在空气中实测声速的检验方法	67
附录 P	超声回弹综合法建立专用或地区混凝土 强度曲线的基本规定	68
附录 Q	超声回弹综合法检测报告	71
附录 R	建立后装拔出法测强曲线的基本规定	72
附录 S	同条件养护试件法养护温度记录	74
	本规程用词说明	75
	《铁路工程结构混凝土强度检测规程》条文说明	76

1 总 则

1.0.1 为统一铁路工程结构混凝土抗压强度（简称结构混凝土强度）的检测技术和方法，保证检测质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于铁路工程结构混凝土抗压强度的检测。

1.0.3 结构混凝土强度检测前应根据检测目的、结构类型、结构状态、结构所处环境条件等选用适宜的检测方法。

1.0.4 从事结构混凝土强度检测的单位及人员应具备相应的资质、资格。

1.0.5 结构混凝土强度检测除应符合本规程外，尚应符合国家现行的有关强制性标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 结构混凝土强度 structure concrete compressive strength

对现浇混凝土结构或预制混凝土构件实体按规定的方法进行检测所得出的混凝土抗压强度值。

2.1.2 测区 test area

检测结构或构件混凝土抗压强度时的一个检测单元。

2.1.3 测点 test point

测区内的一个检测点。

2.1.4 混凝土强度换算值 conversion value of concrete compressive strength

检测值通过某种换算关系换算成相当于被测结构物所处条件及龄期下、边长为 150 mm 混凝土立方体试块的抗压强度值。

2.1.5 混凝土强度推定值 putative value of concrete compressive strength

相应于混凝土强度换算值总体分布中保证率不低于 95% 的强度值。

2.1.6 等效养护龄期 equivalent curing age

混凝土同条件养护试件达到标准条件下养护效果所需要的时间。

2.2 符 号

d_i ——第 i 次测量的碳化深度值

F ——后装拔出力或芯样试件的最大压力

f_{cu}^c ——混凝土抗压强度换算值

$f_{cu,e}$ ——混凝土抗压强度推定值

l ——超声测距

$m f_{cu}^c$ ——混凝土强度换算值的平均值

R_i ——第 i 个测点的回弹值

$S f_{cu}^c$ ——混凝土强度换算值的标准差

t ——测区中各点声时值

v ——测区声速值

β ——不同高径比混凝土芯样试件强度换算系数或超声测试面修正系数

η ——修正系数

3 基本规定

3.0.1 结构混凝土强度检测前应具备下列资料：

- 1 结构类型、尺寸及所处部位；
- 2 设计要求的混凝土强度等级；
- 3 粗骨料品种、最大粒径及混凝土配合比；
- 4 混凝土浇筑、养护情况及龄期。

3.0.2 结构混凝土强度检测所用仪器设备应符合相关标准的规定且状态良好，并应按规定进行检定、校验。

3.0.3 结构混凝土强度检测部位及所取试件应具有代表性。在实体结构上检测时应避开主筋、预埋件和管线，并尽量避免其他钢筋。

3.0.4 用钻芯法与其他非破损方法综合测定混凝土强度时，钻芯部位应在该方法的测区内或测区附近。

3.0.5 因检测混凝土强度而破损的结构部位，在检测工作结束后应按规定及时进行修补。

4 钻芯法

4.1 一般规定

4.1.1 钻芯法适用于除预应力混凝土结构外的结构混凝土强度检测。

4.1.2 钻芯法芯样试件钻取部位应考虑下列因素：

- 1 受力较小的部位；
- 2 混凝土质量有代表性的部位；
- 3 钻孔中心距结构或构件边缘不宜小于 150mm；
- 4 便于钻芯机安放与操作的部位；
- 5 避开主筋、预埋件和管线的位置，并尽量避免其他钢筋。

4.1.3 每个构件的芯样数量不应少于 3 个。对基桩取芯时应符合下列规定：

1 桩径小于 1.2m 时钻 1 孔，桩径为 1.2~2.0m 时钻 2 孔，桩径大于 2.0m 时钻 3 孔；

2 桩长小于或等于 30m 时，每孔取 3 组（每组 3 个）；桩长大于 30m 时，每孔取 4 组。

4.1.4 芯样试件直径应为 100mm 或 150mm，且不宜小于骨料最大粒径的 3 倍。

4.1.5 芯样试件的高度与直径之比应为 1~2。

4.1.6 芯样试件内不应含有钢筋。当不能满足时，每个试件内最多只允许含 2 根直径小于 10mm 的钢筋，且钢筋应与芯样轴线垂直。

4.1.7 钻取芯样后的结构或构件应及时对孔洞进行修补。修补材料可选用树脂类或微膨胀水泥类细骨料混凝土。当采用微膨胀水泥类细骨料混凝土修补时，应比原设计混凝土强度提高一个等级。

4.2 主要仪器设备

4.2.1 钻芯机应具有足够的刚度、操作灵活、移动方便和便于固定, 并应有水冷却系统。

4.2.2 钻取基桩芯样应采用液压操纵的钻芯机。钻芯机应配备单动双管钻具以及相应的孔口管、扩孔器、卡簧和扶正稳定器。钻杆应顺直, 直径宜为 50 mm。钻芯机设备参数应符合下列规定:

- 1 额定最高转速不低于 790 r/min;
- 2 转速调节范围不少于 4 挡;
- 3 额定配用压力不低于 1.5 MPa。

4.2.3 钻头宜采用金刚石或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、倾斜及喇叭口变形。钻头胎体对钢体的同心度偏差不得大于 0.3 mm, 钻头的径向跳动不得大于 1.5 mm。

4.2.4 锯切机应具有冷却系统和夹紧芯样的装置, 配套使用的人造金刚石圆锯片应有足够的刚度。

4.2.5 芯样补平装置(或磨平机)应保证芯样的端面平整和端面与芯样轴线垂直。

4.2.6 探测钢筋位置的磁感仪, 应适于现场操作, 最大探测深度不应小于 60 mm, 探测位置的允许偏差宜为 ± 5 mm。

4.2.7 取芯及加工完成后, 应及时对钻芯机和芯样加工设备进行维修保养。

4.3 芯样钻取及加工

4.3.1 钻芯机必须安放平稳, 固定牢靠。固定方法可根据钻芯机的构造和施工现场的具体情况确定。

4.3.2 钻芯机应在安装钻头前通电检查主轴旋转方向, 并将主轴轴线调整到与被钻取芯样的混凝土表面相垂直。

4.3.3 钻芯机接通水源、电源后, 将变速钮调到所需转速。正

向转动操作手柄, 使钻头缓慢接触混凝土表面, 待钻头刃部入槽稳定后方可加压。进钻到预定深度后, 反向转动操作手柄, 将钻头提升到接近混凝土表面, 然后停电、停水。

4.3.4 钻芯时用于冷却钻头和排除混凝土碎屑的冷却水流量宜为 3~5 L/min, 出口水温不宜大于 30℃。

4.3.5 卸取芯样时, 应采取保护措施, 保证芯样完整。

4.3.6 取出的芯样应在稍微晾干后标上清晰的标记, 并按本规程附录 A 做好记录。

芯样在运送前应仔细包装, 以防损坏。

4.3.7 采用锯切机加工芯样试件时, 应将芯样固定, 并使锯切平面垂直于芯样轴线。锯切过程中, 应冷却人造金刚石圆锯片和芯样。

4.3.8 锯切后的芯样, 当不能满足平整度及垂直度要求时, 宜采用下列方法进行端面加工:

1 在磨平机上磨平。

2 用水泥砂浆(水泥净浆)或硫磺胶泥(硫磺)等材料在专用补平装置上补平。水泥砂浆(水泥净浆)补平厚度不宜大于 5 mm; 硫磺胶泥(硫磺)补平厚度不宜大于 1.5 mm。补平层与芯样必须结合牢固。

芯样端面补平方法可按本规程附录 B 进行。

4.3.9 加工后的芯样应对其几何尺寸进行下列测量:

1 平均直径: 用游标卡尺测量芯样中部, 在相互垂直的 2 个位置上, 取测量的算术平均值, 精确至 0.5 mm;

2 芯样高度: 用钢卷尺或钢板尺进行测量, 精确至 1 mm;

3 垂直度: 用万能角度尺测量两个端面与母线的夹角, 精确至 0.1° ;

4 平整度: 用钢板尺紧靠芯样端面上, 一面转动钢板尺, 一面用塞尺测量钢板尺与芯样端面之间的缝隙。

4.3.10 芯样尺寸偏差及外观质量应符合下列规定:

1 加工后的芯样, 高度大于 $0.95d$ (d 为芯样试件平均直

径)并小于 $2.05d$;

- 2 沿芯样高度任一直径与平均直径相差小于 2mm ;
- 3 芯样端面平整度的允许偏差在 100mm 长度内为 $\pm 0.1\text{mm}$;
- 4 芯样端面与轴线垂直度的允许偏差为 $\pm 2^\circ$;
- 5 芯样无裂缝或其他较大缺陷。

4.4 芯样强度试验

4.4.1 芯样试件的抗压强度试验应按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081)中圆柱体试件抗压强度试验的规定进行。

4.4.2 芯样试件应在与被检测结构或构件混凝土湿度基本一致的条件下进行试验。

当结构所处环境比较干燥时,芯样试件应在室内自然干燥 3d 后进行试验。

当结构所处环境比较潮湿时,芯样试件应在 $20\text{C} \pm 5\text{C}$ 的清水中浸泡 $40\sim 48\text{h}$,从水中取出后立即进行试验。

4.5 混凝土强度换算及推定

4.5.1 芯样试件的混凝土强度换算值系指将钻芯法测得的芯样强度,换算成相应测试龄期的、边长为 150mm 立方体试块的抗压强度。

4.5.2 芯样试件的混凝土强度换算值,应按下式计算:

$$f_{\text{cu}}^{\text{c}} = 4\beta F / \pi d^2 \quad (4.5.2)$$

式中 f_{cu}^{c} ——芯样试件混凝土强度换算值(MPa),精确至 0.1 ;

F ——芯样试件抗压试验测得的最大压力(N);

d ——芯样试件的平均直径(mm);

β ——不同高径比的芯样试件混凝土强度换算系数,按表4.5.2选用。

4.5.3 高度和直径均为 100mm 或 150mm 芯样试件的抗压强度测试值,可直接作为混凝土的强度换算值。

表 4.5.2 芯样试件混凝土强度换算系数

高径比 (H/d)	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
换算系数 (β)	1.00	1.04	1.07	1.10	1.13	1.15	1.17	1.19	1.20	1.22	1.24

4.5.4 单个构件或单个构件局部区域的混凝土强度推定值可取芯样试件混凝土强度换算值中的最小值,即

$$f_{\text{cu},e} = f_{\text{cu},\min}^{\text{c}} \quad (4.5.4)$$

式中 $f_{\text{cu},e}$ ——混凝土强度推定值(MPa);

$f_{\text{cu},\min}^{\text{c}}$ ——混凝土强度换算值中的最小值(MPa)。

4.5.5 检测工作完成后,应按本规程附录C的规定填写试验记录 and 试验报告。

5 回弹法

5.1 一般规定

5.1.1 回弹法适用于结构混凝土强度检测，必要时可用钻芯法验证。

回弹法不适用于表面有明显缺陷、遭受冻害、化学侵蚀、火灾和高温损伤的结构混凝土强度检测。

5.1.2 结构或构件混凝土强度检测数量应符合下列规定：

- 1 单个检测：适用于单个结构或构件的检测。
- 2 批量检测：适用于混凝土强度等级相同，原材料、配合比、成型工艺、养护条件基本一致且龄期相近的同类结构或构件。按批进行检测的构件，抽检数量不得少于同批构件总数的50%且构件数量不得少于2件。

5.1.3 结构或构件的测区应符合下列规定：

- 1 每一结构或构件测区数不应少于10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 测区宜选在使回弹仪处于水平状态检测混凝土浇筑侧面。当不能满足这一要求时，可使回弹仪处于非水平状态检测混凝土浇筑侧面、顶面或底面。
- 4 测区宜选在构件的两个对称可测面上，也可选在一个可测面上，且应均匀分布。在构件的重要部位及薄弱部位必须布置测区，并应避免预埋件。
- 5 测区的面积不宜大于0.04m²。
- 6 检测面应为混凝土表面，并应清洁、平整，不应有疏松层、浮浆、油垢、涂层以及蜂窝、麻面，必要时可用砂轮清除疏

松层和杂物，且不应有残留的粉末或碎屑。

5.1.4 结构或构件的测区应标有清晰的编号，必要时应在记录纸上描述测区布置示意图和外观质量情况。

5.2 回弹仪

5.2.1 回弹仪应符合下列标准状态的规定：

- 1 水平弹击时，弹击锤脱钩的瞬间，回弹仪的标准能量应为2.207J；
- 2 弹击锤与弹击杆碰撞的瞬间，弹击拉簧应处于自由状态，此时弹击锤起跳点相应于指针指示刻度尺上“0”处；
- 3 在洛氏硬度HRC为60±2的钢砧上，回弹仪的率定值应为80±2。

5.2.2 回弹仪使用时的环境温度应为-4℃~+40℃。

5.2.3 回弹仪遇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（有效期为半年）；
 - 3 累计弹击次数超过6000次；
 - 4 经常规保养后钢砧率定值不合格；
 - 5 遭受严重撞击或其他损害。
- 5.2.4 回弹仪在工程检测前后，应按规定做率定试验。率定试验宜在干燥、室温为5℃~35℃的条件下进行。率定时，钢砧应稳固地平放在刚度大的物体上。测定回弹值时，取连续向下弹击3次回弹值的平均值。弹击杆应分4次旋转，每次旋转宜为90°。弹击杆每旋转1次的率定平均值应为80±2。

5.2.5 回弹仪遇下列情况之一时应进行常规保养：

- 1 弹击大于2000次；
 - 2 对回弹值有怀疑时；
 - 3 在钢砧上的率定值不合格。
- 5.2.6 回弹仪的常规保养应符合下列规定：
- 1 拆开维护时应先使弹击锤脱钩后取出机芯，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 机芯各零部件应进行清洗,重点清洗中心导杆、弹击锤和弹击杆的内孔和冲击面。清洗后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 清理机壳内壁时,应卸下刻度尺,并检查指针的摩擦力,其值应为0.5~0.8N。

4 不得旋转转盖盖上已定位紧固的调零螺丝。

5 不得自制或更换零部件。

6 保养后应按第5.2.4条的规定做率定试验。

5.2.7 回弹仪使用完毕后应使弹击杆伸出机壳,清除弹击杆、杆前端球面、刻度尺表面和机壳上的污垢、尘土。回弹仪不用时,应将弹击杆压入机壳内,待弹击后方可按下按钮锁住机芯装入仪器箱,平放在干燥阴凉处。

5.3 回弹试验

5.3.1 检测时,回弹仪的轴线应始终垂直于结构或构件的混凝土检测面,缓慢施压,准确读数,快速复位。

对弹击时产生颤动的薄壁和小型构件应进行固定。

5.3.2 测点在测区范围内宜均匀分布,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,同一测点只应弹击一次。每一测区应记取16个回弹值,每一测点的回弹值读数估读至1.0。

5.3.3 回弹值测量完毕后,应在有代表性的位置上测量碳化深度值,测点数不应少于构件测区数的30%,取其平均值为该构件每测区的碳化深度值。当碳化深度值极差大于2.0mm时,应在每一测区测量碳化深度值。

5.3.4 碳化深度值测量,可采用适当的工具在测区表面形成直径约15mm的孔洞,其深度应大于混凝土的碳化深度。孔洞中的粉末和碎屑应除净,并不得用水擦洗。同时,应采用浓度为1%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,再用深度测量工具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,测量不应少于3次,取其平均值。每次读数精确至0.5mm。

5.3.5 计算测区平均回弹值,应从该测区的16个回弹值中剔除3个最大值和3个最小值,余下的10个回弹值应按下式计算:

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{10} R_i}{10} \quad (5.3.5)$$

式中 R_m ——测区平均回弹值,精确至0.1;

R_i ——第*i*个测点的回弹值。

5.3.6 非水平状态检测混凝土浇筑侧面时,应按下式修正:

$$R_m = R_m^* + R_a^* \quad (5.3.6)$$

式中 R_m^* ——非水平状态检测时测区的平均回弹值,精确至0.1;

R_a^* ——非水平状态检测时回弹值的修正值,应按本规程附录D采用。

5.3.7 非水平状态检测混凝土浇筑顶面或底面时,应按下列公式修正:

$$R_m = R_m^t + R_a^t \quad (5.3.7-1)$$

$$R_m = R_m^b + R_a^b \quad (5.3.7-2)$$

式中 R_m^t, R_m^b ——非水平状态检测混凝土浇筑顶面、底面时,测区的平均回弹值,精确至0.1;

R_a^t, R_a^b ——混凝土浇筑顶面、底面回弹值的修正值,应按本规程附录E采用。

5.3.8 当检测时回弹仪为非水平状态且测试面为非混凝土的浇筑侧面时,应先按本规程附录D对回弹值进行角度修正,再按本规程附录E对修正后的回弹值进行浇筑面修正。

5.4 混凝土强度换算及推定

5.4.1 混凝土强度换算值可采用以下三类测强曲线计算:

1 统一测强曲线：由全国有代表性的材料、成型养护工艺配制的混凝土试件，通过试验所建立的曲线。其允许的强度平均相对误差(δ)应为 $\pm 15.0\%$ ，相对标准差(e_r)不应大于 18.0% 。

2 地区测强曲线：由本地区常用的材料、成型养护工艺配制的混凝土试件，通过试验所建立的曲线。其允许的强度平均相对误差(δ)应为 $\pm 14.0\%$ ，相对标准差(e_r)不应大于 17.0% 。

3 专用测强曲线：由与结构或构件混凝土相同的材料、成型养护工艺配制的混凝土试件，通过试验所建立的曲线。其允许的强度平均相对误差(δ)应为 $\pm 12.0\%$ ，相对标准差(e_r)不应大于 14.0% 。

4 平均相对误差(δ)和相对标准差(e_r)的计算应符合本规程附录F的规定。

5 各检测单位应按专用测强曲线、地区测强曲线、统一测强曲线的次序选用测强曲线。

5.4.2 地区和专用测强曲线应与制定该类测强曲线条件相同的混凝土相适应，不得超出该类测强曲线的适用范围。应经常抽取一定数量的同条件试件进行校核，当发现有显著差异时，应及时查找原因，并不得继续使用。

5.4.3 符合下列条件的混凝土应采用本规程附录G进行测区混凝土强度换算：

- 1 混凝土采用的材料、拌和用水符合国家现行的有关标准；
- 2 不掺引气型外加剂；
- 3 采用普通成型工艺；
- 4 采用符合现行的《铁路混凝土与砌体工程施工质量验收标准》(TB10424)规定的模板；
- 5 自然养护或蒸汽养护出池后经自然养护7d以上，且混凝土表层为干燥状态；
- 6 龄期为14~1000d；
- 7 抗压强度为10~60MPa。

5.4.4 当有下列情况之一时，测区混凝土强度值不得按本规程

附录G换算，但可制定专用测强曲线或通过试验进行修正，专用测强曲线的制定方法应符合本规程附录F的有关规定：

- 1 粗集料最大粒径大于60mm；
- 2 特种成型工艺配制的混凝土；
- 3 检测部位曲率半径小于250mm；
- 4 潮湿或浸水混凝土。

5.4.5 结构或构件第*i*个测区混凝土强度换算值($f_{cu,i}$)的计算应符合下列规定：

1 符合第5.4.3条规定的混凝土强度换算值可按第5.3.3条所求得的碳化深度平均值及按第5.3.5~第5.3.8条所求得的平均回弹值由本规程附录G查表得出。

2 泵送混凝土制作的结构或构件的碳化深度值不大于2.0mm时，混凝土强度换算值应按本规程附录H修正；碳化深度值大于2.0mm时，可按其他检测方法进行检测和换算。

3 当有地区测强曲线或专用测强曲线时，混凝土强度换算值应按地区测强曲线或专用测强曲线换算得出。

5.4.6 结构或构件的混凝土强度换算值的平均值可根据各测区的混凝土强度换算值计算。当测区数为10个及以上时，应计算测区混凝土强度换算值的标准差。平均值及标准差应按下列公式计算：

$$m_{fcu}^c = \frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^c}{n} \quad (5.4.6-1)$$

$$S_{fcu}^c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^c)^2 - n(m_{fcu}^c)^2}{n-1}} \quad (5.4.6-2)$$

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

n ——对于单个检测的构件，取一个构件的测区数；对批量检测的构件，取被抽检构件测区数之和；

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

5.4.7 结构或构件的混凝土强度推定值 ($f_{cu,e}$), 应按下列公式确定:

1 按单个检测时

$$f_{cu,e} = f_{cu,min}^c \quad (5.4.7-1)$$

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

2 按批检测时

$$f_{cu,e} = m_{f_{cu}}^c - 1.645 S_{f_{cu}}^c \quad (5.4.7-2)$$

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

1 当该批构件混凝土换算强度平均值小于 25 MPa 时

$$S_{f_{cu}}^c > 4.5 \text{ MPa}$$

2 当该批构件混凝土换算强度平均值不小于 25 MPa 时

$$S_{f_{cu}}^c > 5.5 \text{ MPa}$$

5.4.9 检测后应按本规程附录 J 的规定填写检测记录和检测报告。

6 超声回弹综合法

6.1 一般规定

6.1.1 超声回弹综合法的适用范围和检测数量应符合本规程第 5.1.1 条、第 5.1.2 条的规定。

6.1.2 采用超声回弹综合法对结构或构件长龄期的混凝土强度进行检测推定时, 应用钻芯法作校核。

6.1.3 检测结构或构件混凝土强度时, 应优先采用专用或地区测强曲线。当缺少该类曲线时, 按本规程附录 K 验证方法验证符合要求后可采用本规程附录 L。

6.1.4 结构测区布置应符合本规程第 5.1.3 条和第 5.1.4 条的规定。

6.1.5 当按批抽样检测时, 应符合本规程第 5.1.2 条的规定。

6.2 主要仪器设备

6.2.1 回弹仪的标准状态、检定、率定试验及保养应符合本规程第 5.2.1~第 5.2.7 条的规定。

6.2.2 模拟式超声波检测仪应符合下列规定:

1 声时范围宜为 0.5~9999 μs , 测读精度应为 0.1 μs 。

2 具有良好的稳定性, 声时显示调节在 20~30 μs 范围内时, 2h 内声时显示的允许漂移应为 $\pm 0.2 \mu\text{s}$ 。

3 放大器频率响应宜分为 10~200 kHz、200~500 kHz 两频段。

4 具有示波屏显示及手动游标测读功能, 显示应清晰稳定。如采用整形自动测读, 混凝土超声测距不宜超过 1m。

5 应能适用于温度为 -10 $^{\circ}\text{C}$ ~ +40 $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于

80%、电源电压波动为 $220\text{V} \pm 22\text{V}$ 的环境中,且能连续 4h 正常工作。

6.2.3 数字式超声波检测仪应符合下列规定:

- 1 频率响应范围应为 $1\sim 100\text{kHz}$ 。
- 2 A/D 转换位数宜为 16 位,不应低于 12 位。
- 3 A/D 转换最高采样间隔 $0.2\mu\text{s}$,应具有负延时功能。
- 4 信号通道 2 个以上,各通道量程独立可调,范围宜为 $0.1\sim 5\text{V}$ 。每个通道的记录长度不应少于 4kB,并应具有通道触发功能。
- 5 测试软件具有波形显示、存储和时域、频域分析功能。

6.2.4 激振器宜为压电激振器。应能在混凝土中激发 $10\sim 50\text{kHz}$ 的声波。

6.2.5 接收传感器应为短余振压电传感器。共振频率宜为 $50\sim 100\text{kHz}$,工作频率应为 $10\sim 50\text{kHz}$ 。

6.2.6 换能器应符合下列规定:

- 1 宜采用厚度振动形式压电材料;
- 2 频率宜在 $50\sim 100\text{kHz}$ 范围内;
- 3 实测频率与标称频率相差不应超过 $\pm 10\%$ 。

6.2.7 超声仪检验时应符合下列规定:

- 1 缓慢调节延时旋钮,数字显示满足十进位递变的要求;
- 2 调节聚焦、辉度和扫描延时旋钮,扫描基线清晰稳定;
- 3 换能器与标准棒耦合良好,衰减器及发射电压正常;
- 4 超声波在空气中传播的声速与实测声速值相比,相差不应超过 $\pm 0.5\%$ 。

6.2.8 超声仪应按下列步骤进行操作:

1 仪器在接通电源前,应检查电源电压,接上电源后,仪器宜预热 10min ;

2 换能器与标准棒应耦合良好,调节首波幅度至 $30\sim 40\text{mm}$ 后测读声时值,有调零装置的仪器应调节调零电位器以扣除初读数;

3 实测时,接收信号的首波幅度均应调至 $30\sim 40\text{mm}$ 后,才能测读每个测点的声时值。

6.2.9 超声波检测仪应按下列规定进行维护:

- 1 较长时间内停用,每月应通电一次,每次不少于 1h ;
- 2 应存放在通风、阴凉、干燥处,无论存放或工作,均需防尘;
- 3 在搬运过程中必须防止碰撞和剧烈振动。

6.2.10 换能器应避免摔损和撞击,工作完毕应擦拭干净单独存放,换能器的耦合面应避免磨损。

6.3 超声回弹试验

6.3.1 结构或构件的每一测区,宜先进行回弹测试,后进行超声测试,并按本规程附录 M 做好记录。

6.3.2 对弹击时产生震动的薄壁、小型构件应进行固定。

6.3.3 非同一测区内的回弹值及超声声速值,在计算混凝土强度换算值时不得混用。

6.3.4 采用回弹仪测试应符合下列规定:

1 回弹仪宜处于水平状态,测试混凝土浇筑侧面。如不能满足这一要求,也可非水平状态测试混凝土浇筑侧面、顶面或底面。

2 对构件上的两个相对测试面各弹 8 点,每一测点的回弹值读数估读至 1.0。

3 测点在测区内宜均匀分布,但不得布置在气孔或外漏石子上,相邻两测点的间距一般不小于 20mm ;测点距构件边缘或外漏钢筋、铁件的距离不小于 30mm ,且同一测点只应弹击一次。

6.3.5 测区平均回弹值按本规程第 5.3.5 条的规定计算。

6.3.6 非水平状态测得的回弹值,应按本规程第 5.3.6~第 5.3.8 条的规定进行修正。

6.3.7 超声测试应符合下列规定:

1 超声测点布置在回弹测试的同一测区内。当采用表面直

达波法超声测试时,应以回弹测试的测区为中心安装发射换能器和接收传感器。

2 测试声时时,应保证换能器与混凝土耦合良好。

3 声时值应精确至 $0.1\mu\text{s}$,声速值应精确至 0.01km/s ,超声测距的测量允许误差应 $\pm 1\%$ 。

4 在每个测区的相对测试面上,应各布置3个测点,且发射和接收换能器的轴线应在同一轴线上。

5 当采用表面直达波法超声测试时,每个测点重复测试三次。

6.3.8 测区声速应采用本规程附录 N 规定的方法,并按下列公式计算:

$$v = l/t_m \quad (6.3.8-1)$$

$$t_m = (t_1 + t_2 + t_3)/3 \quad (6.3.8-2)$$

式中 v ——测区声速值 (km/s);

l ——超声测距 (mm);

t_m ——测区平均声时值 (μs);

t_1, t_2, t_3 ——分别为测区中 3 个测点的声时值 (μs)。

6.3.9 当在混凝土浇筑顶面或底面测试时,测区声速应按下列公式修正:

$$v_a = \beta v \quad (6.3.9)$$

式中 v_a ——修正后的测区声速值 (km/s);

β ——超声测试面修正系数。在混凝土浇筑顶面及底面测试时, $\beta = 1.034$; 在混凝土侧面测试时, $\beta = 1$ 。

6.3.10 采用表面直达波法超声测试时,声速值应按下列公式计算:

$$v = L/(t - t_0) \quad (6.3.10)$$

式中 v ——纵波声速值 (km/s);

L ——发射点至接收点间的距离 (m);

t —— $(t_1 + t_2 + t_3)/3$, 纵波旅行时间的平均值 (s);

t_0 ——系统延迟时间(采用时距曲线法,用与实测相同的

布置方式测定,以 s 计)。

6.4 混凝土强度换算及推定

6.4.1 测强曲线的建立除应符合本规程附录 P 的基本规定外,尚应符合本规程第 5.4.1 条和第 5.4.2 条的规定。

6.4.2 构件第 i 个测区的混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$,应根据修正后的测区回弹值 R_{si} 及修正后的测区声速值 v_{si} ,优先采用专用或地区测强曲线推定,当无该类测强曲线时,经验证后也可按本规程附录 L 的规定确定或按下列公式计算:

1 粗骨料为卵石时

$$f_{cu,i}^c = 0.0038(v_{si})^{1.23}(R_{si})^{1.95} \quad (6.4.2-1)$$

2 粗骨料为碎石时

$$f_{cu,i}^c = 0.0038(v_{si})^{1.72}(R_{si})^{1.57} \quad (6.4.2-2)$$

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

v_{si} ——第 i 个测区修正后的超声声速值 (km/s),精确至 0.01 ;

R_{si} ——第 i 个测区修正后的回弹值,精确至 0.1 。

6.4.3 当结构混凝土所用材料与制定测强曲线时混凝土所用材料有较大差异时,须用同条件混凝土立方体试块或从结构构件测区钻取的混凝土芯样进行修正,试件数量应不少于 3 个。此时,得到的测区混凝土强度换算值应乘以修正系数。修正系数可按下列公式计算:

1 有同条件混凝土立方体试块时

$$\eta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i} / f_{cu,i}^c \quad (6.4.3-1)$$

2 有混凝土芯样试件时

$$\eta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cor,i} / f_{cu,i}^c \quad (6.4.3-2)$$

式中 η ——修正系数,精确至 0.01 ;

$f_{cu,i}$ ——第 i 个混凝土立方体试块 (以边长为 150 mm 计)

抗压强度值 (MPa), 精确至 0.1;

$f_{cu,i}^c$ ——对应于第 i 个混凝土立方体试块或芯样试件抗压强度换算值 (MPa), 精确至 0.1;

$f_{cu,i}$ ——第 i 个混凝土芯样试件 (以 $\phi 100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 计)

抗压强度值 (MPa), 精确至 0.1;

n ——试件个数。

6.4.4 结构或构件的混凝土强度推定值 $f_{cu,e}$, 应符合下列规定:

1 当按单个构件检测时, 单个构件的混凝土强度推定值 $f_{cu,e}$, 取该构件各测区中最小的混凝土强度换算值 $f_{cu,\min}^c$ 。

2 当按批抽样检测时, 该批构件的混凝土强度推定值应按下列公式计算:

$$f_{cu,e} = m_{fc}^c - 1.645 S_{fc}^c \quad (6.4.4-1)$$

$$m_{fc}^c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i}^c \quad (6.4.4-2)$$

$$S_{fc}^c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^c)^2 - n(m_{fc}^c)^2}{n-1}} \quad (6.4.4-3)$$

式中 m_{fc}^c ——各测区混凝土强度换算值的平均值 (MPa);

S_{fc}^c ——各测区混凝土强度换算值的标准差 (MPa)。

3 当同批测区混凝土强度换算值的标准差 S_{fc}^c 过大时, 批构件的混凝土强度推定值也可按下式计算:

$$f_{cu,e} = m_{fc,\min}^c = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m f_{cu,\min,j}^c \quad (6.4.4-4)$$

式中 $m_{fc,\min}^c$ ——该批每个构件中测区混凝土强度换算值的最小值的平均值 (MPa);

$f_{cu,\min,j}^c$ ——第 j 个构件中测区混凝土强度换算值中的最小值 (MPa)。

6.4.5 当属同批构件按批抽样检测时, 若全部测区混凝土换算强度的标准差出现下列情况之一时, 则该批构件应全部按单个构件检测:

1 当该批构件混凝土换算强度平均值小于 25 MPa 时

$$S_{fc}^c > 4.5 \text{ MPa}$$

2 当该批构件混凝土换算强度平均值不小于 25 MPa 时

$$S_{fc}^c > 5.5 \text{ MPa}$$

6.4.6 检测后应按本规程附录 Q 的规定填写检测报告。

7 后装拔出法

7.1 一般规定

7.1.1 后装拔出法适用于表面与内部质量无明显差异的工程结构混凝土抗压强度的检测。

7.1.2 采用后装拔出法检测前,应通过专门试验按本规程附录R的规定建立后装拔出法测强曲线,其允许相对标准差不应大于12%。

7.1.3 后装拔出法检测前,对钻孔机、磨槽机、拔出仪的工作状态均应检查。

7.1.4 后装拔出法检测混凝土抗压强度可按下列规定分批抽样检测:

1 当混凝土检验批的试块抗压强度不能满足要求时,应在试块代表的结构相应部位抽样检测;

2 对铁路工程结构混凝土抗压强度有怀疑时,可按单个结构或同批结构分批抽样检测;

3 对既有铁路工程结构需要检测混凝土抗压强度时,可按同批结构分批抽样检测。

7.1.5 符合下列条件的结构可作为同批结构:

1 混凝土强度等级相同;

2 混凝土原材料、配合比、施工工艺、养护条件及龄期基本相同;

3 结构种类相同;

4 结构所处环境相同。

7.1.6 测点布置应符合下列规定:

1 对被抽样的结构相应部位或单个结构进行后装拔出法检

测混凝土抗压强度时,应在同一母体混凝土范围内至少设置5个测点;

2 当同批结构按批抽样检测时,抽检数量应不少于同批结构总数的50%,且不少于2个,每个结构不应少于5个测点;

3 测点相互之间距离不应小于200mm;测点距结构混凝土边缘距离不应小于100mm;测点位置处的结构混凝土厚度不应小于80mm;

4 测点宜布置在结构混凝土的浇筑侧面,如不能满足这一要求时,可布置在结构混凝土的浇筑顶面或底面;

5 测点应避开接缝、蜂窝、麻面部位和结构混凝土表层的钢筋、预埋件等;

6 测点表面应平整、清洁、干燥,对表面的浮浆应予清除,必要时进行磨平处理。

7.1.7 结构的测点应标明编号,并应描绘测点布置的示意图。

7.2 后装拔出试验装置

7.2.1 后装拔出试验装置由后装拔出装置、钻孔机、磨槽机、锚固件及拔出仪等组成。

7.2.2 后装拔出装置包括胀簧扩拔器和可调承力环。胀簧扩拔器由胀簧、胀杆和拉杆组成。后装拔出装置可分为圆环式(见图7.2.2—1)和三点式(见图7.2.2—2)两种。其具体技术指标和使用范围应符合下列规定:

1 圆环式后装拔出装置应符合下列规定:

1) 钻孔直径 $d_1 = 18\text{mm}$;

2) 胀簧张开后着力面外缘直径 $d_2 = 25\text{mm}$;

3) 承力环内径 $d_3 = 55\text{mm}$;

4) 胀簧着力面埋深 $h = 25\text{mm}$;

5) 承力环和胀簧扩拔器应处于同一轴线上;

6) 宜用于粗骨料最大粒径不大于40mm的混凝土。

2 三点式后装拔出装置应符合下列规定:

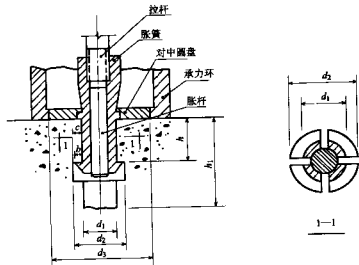


图 7.2.2-1 圆环式拔出装置示意图

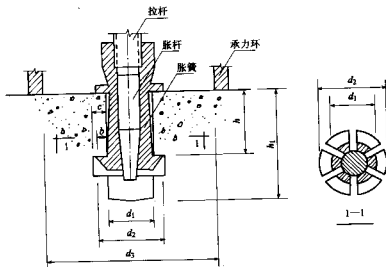


图 7.2.2-2 三点式拔出装置示意图

- 1) 钻孔直径 $d_1 = 22 \text{ mm}$;
- 2) 胀簧张开后着力面外缘直径 $d_2 = 25 \text{ mm}$;
- 3) 承力环外径 $d_3 = 120 \text{ mm}$;
- 4) 胀簧着力面埋深 $h = 35 \text{ mm}$;
- 5) 承力环和胀簧扩拔器应处于同一轴线;
- 6) 宜用于粗骨料最大粒径不大于 60 mm 的混凝土。

7.2.3 钻孔机可采用金刚石薄壁空心钻或冲击电锤。钻孔机宜带有控制垂直度及深度的装置，金刚石薄壁空心钻应带有冷却水装置。

7.2.4 磨槽机由电钻、金刚石磨头、定位圆盘及冷却水装置组成。

7.2.5 锚固件由胀簧和胀杆组成。胀簧锚固台阶宽度 $b = 3.5 \text{ mm}$ (见图 7.2.2-1 或图 7.2.2-2)。

7.2.6 拔出仪由加荷装置、测力装置及反力支撑三部分组成。其技术性能和标定周期应符合下列规定：

1 额定最大拔出力应大于测试范围内的最大拔出力，且不小于 60 kN 。

2 工作行程：对于圆环式拔出装置不小于 4 mm ；对于三点式拔出装置不小于 6 mm 。

3 允许示值误差为 $\pm 2\%$ (F.S.)。

4 测力装置应具有峰值保持功能。

5 拔出仪应每年至少标定一次。遇下列情况时，应重新标定：

- 1) 更换液压油后；
- 2) 更换测力装置后；
- 3) 经维修后；
- 4) 拔出仪出现异常时。

7.3 后装拔出试验

7.3.1 钻孔与磨槽应符合下列规定：

- 1 在钻孔过程中，钻头应始终与混凝土表面保持垂直，垂

直度允许偏差应为 3° 。

2 在混凝土钻孔内的孔壁磨环形槽时,磨槽机的定位圆盘应始终紧靠混凝土表面回转,磨出的环形槽形状应规整。

3 成孔尺寸应满足下列要求:

- 1) 钻孔直径应较第 7.2.2 条中的 d_1 值大 0.1 mm,且不宜大于 1.0 mm;
- 2) 钻孔深度 h_1 应较锚固深度 h 深 20~30 mm;
- 3) 锚固深度 h 应符合第 7.2.2 条的规定,允许误差为 ± 0.8 mm;
- 4) 环形槽深度 c 应为 3.6~4.5 mm。

7.3.2 安装扩拔器应注意下列事项:

1 将胀簧插入成型孔内,通过胀杆使胀簧锚固台阶完全嵌入环形槽内,务必保证锚固可靠;

2 将拉杆一端旋入胀簧,另一端与拔出仪连接对中,务必使拔出仪与混凝土表面垂直。

7.3.3 拉拔扩拔器时应符合下列规定:

1 施加拔出力应连续均匀,将拉拔速度控制在 0.5~1.0 kN/s。

2 施加拔出力至混凝土开裂破坏,测力显示器读数不再增加为止,记录极限拔出力值,精确至 0.1 kN。

3 对结构进行后装拔出法检测混凝土抗压强度时,应采取有效措施防止拔出仪及机具脱落摔坏或伤人。

4 当发生下列情况之一时,应作详细记录,并将该值舍去,在其附近补测一个测点。

- 1) 不见环形突痕,也没有其他破坏现象;
- 2) 承力环内仅有小部分破损,而大部分没有破损,也无突痕;
- 3) 承力环外的混凝土有裂缝。

7.4 混凝土抗压强度换算及推定

7.4.1 结构混凝土抗压强度换算应符合下列规定:

1 后装拔出力计算值取值,应将 5 次后装拔出试验的拔出力中最大值和最小值舍去后取平均值。

2 当具有按本规程附录 R 的规定建立的后装拔出法测强曲线时,拔出试验结果应按下列公式进行混凝土抗压强度换算:

$$f_{cu}^c = A \cdot F + B \quad (7.4.1-1)$$

式中 f_{cu}^c ——混凝土抗压强度换算值 (MPa),精确至 0.1;

F ——后装拔出力平均值 (kN),精确至 0.1;

A, B ——后装拔出法测强曲线回归系数。

3 当不具有按本规程附录 R 的规定建立的后装拔出法测强曲线时,拔出试验结果可按下列公式进行混凝土抗压强度换算:

$$f_{cu}^c = 1.59F - 5.8 \quad (7.4.1-2)$$

式中 f_{cu}^c ——混凝土抗压强度换算值 (MPa),精确至 0.1;

F ——后装拔出力平均值 (kN),精确至 0.1。

7.4.2 结构混凝土抗压强度推定值取值应符合下列规定:

1 单个结构混凝土抗压强度推定值 $f_{cu,e}$,按其混凝土抗压强度换算值确定,即

$$f_{cu,e} = f_{cu}^c \quad (7.4.2-1)$$

2 同批结构抽样检测的混凝土抗压强度推定值 $f_{cu,e}$ 应按下列公式计算:

$$f_{cu,e} = m_{fc}^c - 1.645 S_{fc}^c \quad (7.4.2-2)$$

$$m_{fc}^c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i}^c \quad (7.4.2-3)$$

$$S_{fc}^c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^c)^2 - n (m_{fc}^c)^2}{n-1}} \quad (7.4.2-4)$$

式中 m_{fc}^c ——同批结构抽样检测的混凝土抗压强度换算值的平均值 (MPa),精确至 0.1;

$f_{cu,i}^c$ ——第 i 个结构混凝土抗压强度换算值 (MPa), 精确至 0.1;

$S_{f_{cu}}^c$ ——同批结构抽样检测的混凝土抗压强度换算值的标准差 (MPa), 精确至 0.1;

n ——同批结构抽样检测的混凝土抗压强度换算值的总个数。

3 对于按批抽样检测的结构, 当全部抽样检测的混凝土抗压强度换算值的标准差出现下列情况时, 则该批结构应全部按单个结构检测:

- 1) 当混凝土抗压强度换算值的平均值小于等于 25 MPa 时
 $S_{f_{cu}}^c > 4.5 \text{ MPa}$
- 2) 当混凝土抗压强度换算值的平均值大于 25 MPa 时
 $S_{f_{cu}}^c > 5.5 \text{ MPa}$

8 同条件养护试件法

8.1 一般规定

8.1.1 本方法主要用于涉及混凝土结构安全的重要部位的结构混凝土强度检测。

8.1.2 同条件养护试件的标准成型方法及强度试验方法均应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081) 的有关规定。

8.1.3 同条件养护试件所对应的结构部位, 应由监理 (建设)、施工单位共同选定。

8.2 同条件养护试件的留置和养护

8.2.1 对选定的混凝土结构部位, 在混凝土施工时, 均应留置同条件养护试件。

8.2.2 同一强度等级的同条件养护试件, 其留置的组数应根据混凝土工程量和重要性确定, 不宜少于 5 组, 且不应少于 2 组。具体留置组数应在混凝土结构施工前, 由监理 (建设)、施工单位共同确定。

8.2.3 同条件养护试件应在混凝土浇筑入模处取样。

8.2.4 同条件养护试件拆模后, 应放置在靠近相应结构部位的适当位置, 采取与结构部位相同的养护方法。且应采取可靠的保护措施, 保证同条件养护试件不丢失和损坏。

8.3 等效养护龄期

8.3.1 同条件养护试件的等效养护龄期应根据同条件养护试件强度与在标准养护条件下 28 d 龄期试件强度相等的原则确定。

附录 B 钻芯法芯样端面补平方法

B.0.1 水泥砂浆（或水泥净浆）补平

1 补平前先将芯样端面污物清除干净，然后将端面用水湿润。

2 在平整度为每长100mm不超过0.5mm的钢板上涂一薄层矿物油或其他脱模剂。然后，倒上适量水泥砂浆摊成薄层，稍许用力将芯样压入水泥砂浆中，并保持芯样与钢板垂直。2h后，再补另一端面。仔细清除侧面多余水泥砂浆，在室内静放一昼夜后，送入养护室内养护。待补平材料强度不低于芯样强度时，方可进行抗压试验，见图B.0.1。

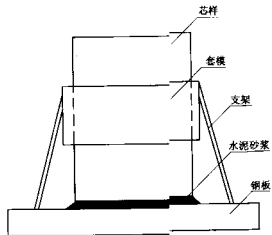


图 B.0.1 水泥砂浆（或水泥净浆）补平示意图

本方法一般适用于潮湿状态下抗压试验的芯样试件补平。

B.0.2 硫磺胶泥（或硫磺）补平

1 补平前先将芯样端面污物清除干净，然后将芯样垂直地夹持在补平器的夹具中，并提升到一定高度，见图B.0.2。

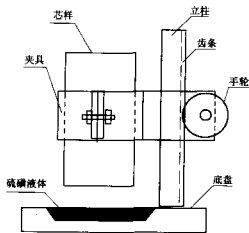


图 B.0.2 硫磺胶泥（或硫磺）补平示意图

2 在补平器底盘上涂薄层矿物油或其他脱模剂，以防硫磺胶泥与底盘粘结。

3 将硫磺胶泥置放于容器中加热熔化。待硫磺胶泥溶液由黄色变成棕色时（约150℃），倒入补平器底盘中。转动手轮使芯样下移至端面与底盘接触。待硫磺胶泥凝固后，反向转动手轮，将芯样提起，打开夹具取出芯样。然后，按上述步骤补平该芯样的另一端面。

补平器底盘内表面的机械加工平整度，要求每长100mm不超过0.05mm。

本方法一般适用于自然干燥状态下抗压试验的芯样试件补平。

附录 C 芯样抗压强度试验记录 和钻芯法试验报告

C.0.1 芯样抗压强度试验记录可按表C.0.1采用。

表 C.0.1 芯样抗压强度试验记录

委托单位 _____ 试验编号 _____
 工程名称 _____ 委托编号 _____
 构件名称 _____ 取芯部位 _____
 取芯日期 _____ 试验日期 _____

仪器设备 及 环境条件	名称	型号	编号	示值范围	分辨率	温度 (℃)	相对湿度 (%)
检测前后检查情况				采用标准			
工程概况	混凝土设计强度等级			粗骨料品种、粒径			
	施工单位			施工日期			
芯样钻取 加工情况	端面加工方法			端面补平材料			
	含水状态			芯样含有钢筋情况	数量		
	外观描述				直径		
抗压试验龄期(d)			位置				
芯样试件 编号	芯样尺寸 (mm)		承压 面积 (mm ²)	破坏荷载 (kN)	抗压 强度 (MPa)	换算 系数 β	芯样换算 强度 (MPa)
	平均 直径	高度					
结构混凝土强度推定值 $f_{cu,e}$							MPa

试验 _____ 计算 _____ 复核 _____

C.0.2 钻芯法试验报告可按表C.0.2采用。

表 C.0.2 钻芯法试验报告

委托单位 _____ 报告编号 _____
 工程名称 _____ 委托编号 _____
 构件名称 _____ 试验编号 _____
 取芯部位 _____ 报告日期 _____

混凝土设计强度等级		粗骨料品种、粒径			
施工单位		施工日期			
芯样端面加工方法		芯样端面补平材料			
芯样含水状态		外观描述			
取芯日期		抗压龄期(d)			
芯样试件 编号	芯样 抗压强度 (MPa)	芯样强度 换算系数 β	芯样换 算强度 (MPa)	结构混凝土 强度推定值 (MPa)	备 注
检测评定依据:				试验意见:	

试验 _____ 复核 _____ 技术负责人 _____ 单位(章) _____

附录 D 回弹法非水平状态检测时
回弹值的修正值

表 D

R_m	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

续表 D

R_m	检测角度							
	向上				向下			
	90°	60°	45°	30°	-30°	-45°	-60°	-90°
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_m 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_m 的修正值 R_a , 可用内插法求得, 精确至 0.1。

附录 E 回弹法不同浇筑面上回弹值的修正值

表 E

R_m^L 或 R_m^b	顶面修正值 (R_d^+)	底面修正值 (R_d^-)	R_m^L 或 R_m^b	顶面修正值 (R_d^+)	底面修正值 (R_d^-)
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^L 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顶面的修正系数，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 表中未列人的相应于 R_m^L 或 R_m^b 的 R_d^+ 或 R_d^- 值，可用内插法求得，精确至 0.1。

附录 F 回弹法专用测强曲线的制定方法

F.0.1 制定专用测强曲线的试件应与欲测结构或构件的原材料（含品种、规格）、成型工艺和养护方法等相同。

F.0.2 试件的制作、养护应符合下列规定：

1 按 5 个强度等级分别设计最佳配合比，每一强度等级每一龄期制作 6 个边长为 150 mm 立方体试件，同一龄期试件宜在同一天内成型完毕；

2 在成型后的第二天，应将试件移至与被测结构或构件相同的条件下养护，试件拆模日期宜与结构或构件的拆模日期相同。

F.0.3 试件的测试应符合下列规定：

1 到达龄期的试件表面应擦净，以浇筑侧面的两个相对面置于压力机的上下承压板之间，加压 30~80 kN（低强度试件取低值加压）；

2 在试件保持 30~80 kN 的压力下，用符合本规程第 5.2.1 条规定的标准状态的回弹仪和本规程第 5.3.1 条规定的操作方法，在试件的另外两个相对侧面上分别选择均匀分布的 8 个点按本规程第 5.3.2 条的要求进行弹击；

3 从每一试件的 16 个回弹值分别剔除其中 3 个最大值和 3 个最小值，然后再求余下的 10 个回弹值的平均值，计算精确至 0.1，即得该试件的平均回弹值 R_m ；

4 将试件加荷直至破坏，然后计算试件的抗压强度值 f_{cu} (MPa)，精确至 0.1。

F.0.4 专用测强曲线的计算应符合下列规定：

1 专用测强曲线的回归方程式，应按每一试件求得的 R_m 和 f_{cu} (MPa) 数据，采用最小二乘法原理计算。

2 回归方程宜采用下式:

$$f_m^c = AR_m^B \quad (\text{F.0.4-1})$$

3 用下式计算回归方程式的强度平均相对误差 δ 和强度相对标准差 e_r , 当 δ 和 e_r 均符合本规程第 5.4.1 条的规定时, 即可报请上级主管部门审批。

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

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

式中 δ ——回归方程式的强度平均相对误差(%), 精确至 0.1;

e_r ——回归方程式的强度相对标准差(%), 精确至 0.1;

$f_{cu,i}$ ——由第 i 个试件抗压试验得出的混凝土抗压强度值(MPa), 精确至 0.1。

$f_{cu,i}^c$ ——由同一试件的平均回弹值 R_m 按回归方程式算出的混凝土的强度换算值(MPa), 精确至 0.1;

n ——制定回归方程式的试件数。

F.0.5 当需制定具有较宽龄期范围的专用测强曲线时, 应在试验及回归分析时引入碳化深度变量, 并求得碳化深度修正系数。

附录 G 回弹法测区混凝土强度换算表

表 G

平均回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}^c$ (MPa)													
	平均碳化深度值 d_m (mm)													
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0	
20.0	10.3	10.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.2	10.5	10.3	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.4	10.7	10.5	10.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.6	11.0	10.8	10.4	10.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.8	11.2	11.0	10.6	10.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21.0	11.4	11.2	10.8	10.5	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21.2	11.6	11.4	11.0	10.7	10.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21.4	11.8	11.6	11.2	10.9	10.4	10.0	—	—	—	—	—	—	—	—
21.6	12.0	11.8	11.4	11.0	10.6	10.2	—	—	—	—	—	—	—	—
21.8	12.3	12.1	11.7	11.3	10.8	10.5	10.1	—	—	—	—	—	—	—
22.0	12.5	12.2	11.9	11.5	11.0	10.6	10.2	—	—	—	—	—	—	—
22.2	12.7	12.4	12.1	11.7	11.2	10.8	10.4	10.0	—	—	—	—	—	—
22.4	13.0	12.7	12.4	12.0	11.4	11.0	10.7	10.3	10.0	—	—	—	—	—
22.6	13.2	12.9	12.5	12.1	11.6	11.2	10.8	10.4	10.2	—	—	—	—	—
22.8	13.4	13.1	12.7	12.3	11.8	11.4	11.0	10.6	10.3	—	—	—	—	—
23.0	13.7	13.4	13.0	12.6	12.1	11.6	11.2	10.8	10.5	10.1	—	—	—	—
23.2	13.9	13.6	13.2	12.8	12.2	11.8	11.4	11.0	10.7	10.3	10.0	—	—	—
23.4	14.1	13.8	13.4	13.0	12.4	12.0	11.6	11.2	10.9	10.4	10.2	—	—	—
23.6	14.4	14.1	13.7	13.2	12.7	12.2	11.8	11.4	11.1	10.7	10.4	10.1	—	—
23.8	14.6	14.3	13.9	13.4	12.8	12.4	12.0	11.5	11.2	10.8	10.5	10.2	—	—

续表 G

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,c}$ (MPa)													
	平均碳化深度值 d_m (mm)													
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0	
24.0	14.9	14.6	14.2	13.7	13.1	12.7	12.2	11.8	11.5	11.0	10.7	10.4	10.1	
24.2	15.1	14.8	14.3	13.9	13.3	12.8	12.4	11.9	11.6	11.2	10.9	10.6	10.3	
24.4	15.4	15.1	14.6	14.2	13.6	13.1	12.6	12.2	11.9	11.4	11.1	10.8	10.4	
24.6	15.6	15.3	14.8	14.4	13.7	13.3	12.8	12.3	12.0	11.5	11.2	10.9	10.6	
24.8	15.9	15.6	15.1	14.6	14.0	13.5	13.0	12.6	12.2	11.8	11.4	11.1	10.7	
25.0	16.2	15.9	15.4	14.9	14.3	13.8	13.3	12.8	12.5	12.0	11.7	11.3	10.9	
25.2	16.4	16.1	15.6	15.1	14.4	13.9	13.4	13.0	12.6	12.1	11.8	11.5	11.0	
25.4	16.7	16.4	15.9	15.4	14.7	14.2	13.7	13.2	12.9	12.4	12.0	11.7	11.2	
25.6	16.9	16.6	16.1	15.7	14.9	14.4	13.9	13.4	13.0	12.5	12.2	11.8	11.3	
25.8	17.2	16.9	16.3	15.8	15.1	14.6	14.1	13.6	13.2	12.7	12.4	12.0	11.5	
26.0	17.5	17.2	16.6	16.1	15.4	14.9	14.4	13.8	13.5	13.0	12.6	12.2	11.6	
26.2	17.8	17.4	16.9	16.4	15.7	15.1	14.6	14.0	13.7	13.2	12.8	12.4	11.8	
26.4	18.0	17.6	17.1	16.6	15.8	15.3	14.8	14.2	13.9	13.3	13.0	12.6	12.0	
26.6	18.3	17.9	17.4	16.8	16.1	15.6	15.0	14.4	14.1	13.5	13.2	12.8	12.1	
26.8	18.6	18.2	17.7	17.1	16.4	15.8	15.3	14.6	14.3	13.8	13.4	12.9	12.3	
27.0	18.9	18.5	18.0	17.4	16.6	16.1	15.5	14.8	14.6	14.0	13.6	13.1	12.4	
27.2	19.1	18.7	18.1	17.6	16.8	16.2	15.7	15.0	14.7	14.1	13.8	13.3	12.6	
27.4	19.4	19.0	18.4	17.8	17.0	16.4	15.9	15.2	14.9	14.3	14.0	13.4	12.7	
27.6	19.7	19.3	18.7	18.0	17.2	16.6	16.1	15.4	15.1	14.5	14.1	13.6	12.9	
27.8	20.0	19.6	19.0	18.2	17.4	16.8	16.3	15.6	15.3	14.7	14.2	13.7	13.0	
28.0	20.3	19.7	19.2	18.4	17.6	17.0	16.5	15.8	15.4	14.8	14.4	13.9	13.2	
28.2	20.6	20.0	19.5	18.6	17.8	17.2	16.7	16.0	15.6	15.0	14.6	14.0	13.3	
28.4	20.9	20.3	19.7	18.8	18.0	17.4	16.9	16.2	15.8	15.2	14.8	14.2	13.5	
28.6	21.2	20.6	20.0	19.1	18.2	17.6	17.1	16.4	16.0	15.4	15.0	14.3	13.6	
28.8	21.5	20.9	20.2	19.4	18.5	17.8	18.3	16.6	16.2	15.6	15.2	14.5	13.8	

续表 G

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,c}$ (MPa)													
	平均碳化深度值 d_m (mm)													
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0	
29.0	21.8	21.1	20.5	19.6	18.7	18.1	17.5	16.8	16.4	15.8	15.4	14.6	13.9	
29.2	22.1	21.4	20.8	19.9	19.0	18.3	17.7	17.0	16.6	16.0	15.6	14.8	14.1	
29.4	22.4	21.7	21.1	20.2	19.3	18.6	17.9	17.2	16.8	16.2	15.8	15.0	14.2	
29.6	22.7	22.0	21.3	20.4	19.5	18.8	18.2	17.5	17.0	16.4	16.0	15.1	14.4	
29.8	23.0	22.3	21.6	20.7	19.8	19.1	18.4	17.7	17.2	16.6	16.2	15.3	14.5	
30.0	23.3	22.6	21.9	21.0	20.0	19.3	18.6	17.9	17.4	16.8	16.4	15.4	14.7	
30.2	23.6	22.9	22.2	21.2	20.3	19.6	18.9	18.2	17.6	17.0	16.6	15.6	14.9	
30.4	23.9	23.2	22.5	21.5	20.6	19.8	19.1	18.4	17.8	17.2	16.8	15.8	15.1	
30.6	24.3	23.6	22.8	21.9	20.9	20.2	19.4	18.7	18.0	17.5	17.0	16.0	15.2	
30.8	24.6	23.9	23.1	22.1	21.2	20.4	19.7	18.9	18.2	17.7	17.2	16.2	15.4	
31.0	24.9	24.2	23.4	22.4	21.4	20.7	19.9	19.2	18.4	17.9	17.4	16.4	15.5	
31.2	25.2	24.4	23.7	22.7	21.7	20.9	20.2	19.4	18.6	18.1	17.6	16.6	15.7	
31.4	25.6	24.8	24.1	23.0	22.0	21.2	20.5	19.7	18.9	18.4	17.8	16.9	15.8	
31.6	25.9	25.1	24.3	23.3	22.3	21.5	20.7	19.9	19.2	18.6	18.0	17.1	16.0	
31.8	26.2	25.4	24.6	23.6	22.5	21.7	21.0	20.2	19.4	18.9	18.2	17.3	16.2	
32.0	26.5	25.7	24.9	23.9	22.8	22.0	21.2	20.4	19.6	19.1	18.4	17.5	16.4	
32.2	26.9	26.1	25.3	24.2	23.1	22.3	21.5	20.7	19.9	19.4	18.6	17.7	16.6	
32.4	27.2	26.4	25.6	24.5	23.4	22.6	21.8	20.9	20.1	19.6	18.8	17.9	16.8	
32.6	27.6	26.8	25.9	24.8	23.7	22.9	22.1	21.3	20.4	19.9	19.0	18.1	17.0	
32.8	27.9	27.1	26.2	25.1	24.0	23.2	22.3	21.5	20.6	20.1	19.2	18.3	17.2	
33.0	28.2	27.4	26.5	25.4	24.3	23.4	22.6	21.7	20.9	20.3	19.4	18.5	17.4	
33.2	28.6	27.7	26.8	25.7	24.6	23.7	22.9	22.0	21.2	20.5	19.6	18.7	17.6	
33.4	28.9	28.0	27.1	26.0	24.9	24.0	23.1	22.3	21.4	20.7	19.8	18.9	17.8	
33.6	29.3	28.4	27.4	26.4	25.2	24.2	23.3	22.6	21.7	20.9	20.0	19.1	18.0	
33.8	29.6	28.7	27.7	26.6	25.4	24.4	23.5	22.8	21.9	21.1	20.2	19.3	18.2	

续表 G

平均回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}$ (MPa)													
	平均碳化深度值 d_m (mm)													
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0	
34.0	30.0	29.1	28.0	26.8	25.6	25.6	23.7	23.0	22.1	21.3	20.4	19.5	18.3	
34.2	30.3	29.4	28.3	27.0	25.8	24.8	23.9	23.2	22.3	21.5	20.6	19.7	18.4	
34.4	30.7	29.8	28.6	27.2	26.0	25.0	24.1	23.4	22.5	21.7	20.8	19.8	18.6	
34.6	31.1	30.2	28.9	27.4	26.2	25.2	24.3	23.6	22.7	21.9	21.0	20.0	18.8	
34.8	31.4	30.5	29.2	27.6	26.4	25.4	24.5	23.8	22.9	22.1	21.2	20.2	19.0	
35.0	31.8	30.8	29.6	28.0	26.7	25.8	24.8	24.0	23.2	22.3	21.4	20.4	19.2	
35.2	32.1	31.1	29.9	28.2	27.0	26.0	25.0	24.2	23.4	22.5	21.6	20.6	19.4	
35.4	32.5	31.5	30.2	28.6	27.3	26.3	25.4	24.4	23.7	22.8	21.8	20.8	19.6	
35.6	32.9	31.9	30.6	29.0	27.6	26.6	25.7	24.7	24.0	23.0	22.0	21.0	19.8	
35.8	33.3	32.3	31.0	29.3	28.0	27.0	26.0	25.0	24.3	23.3	22.2	21.2	20.0	
36.0	33.6	32.6	31.2	29.6	28.2	27.2	26.2	25.2	24.5	23.5	22.4	21.4	20.2	
36.2	34.0	33.0	31.6	29.9	28.6	27.5	26.5	25.5	24.8	23.8	22.6	21.6	20.4	
36.4	34.4	33.4	32.0	30.3	28.9	27.9	26.8	25.8	25.1	24.1	22.8	21.8	20.6	
36.6	34.8	33.8	32.4	30.6	29.2	28.2	27.1	26.1	25.4	24.4	23.0	22.0	20.9	
36.8	35.2	34.1	32.7	31.0	29.6	28.5	27.5	26.4	25.7	24.6	23.2	22.2	21.1	
37.0	35.5	34.4	33.0	31.2	29.8	28.8	27.7	26.6	25.9	24.8	23.4	22.4	21.3	
37.2	35.9	34.8	33.4	31.6	30.2	29.1	28.0	26.9	26.2	25.1	23.7	22.6	21.5	
37.4	36.3	35.2	33.8	31.9	30.5	29.4	28.3	27.2	26.5	25.4	24.0	22.9	21.8	
37.6	36.7	35.6	34.1	32.3	30.8	29.7	28.6	27.5	26.8	25.7	24.2	23.1	22.0	
37.8	37.1	36.0	34.5	32.6	31.2	30.0	28.9	27.8	27.1	26.0	24.5	23.4	22.3	
38.0	37.5	36.4	34.9	33.0	31.5	30.3	29.2	28.1	27.4	26.2	24.8	23.6	22.5	
38.2	37.9	36.8	35.2	33.4	31.8	30.6	29.5	28.4	27.7	26.5	25.0	23.9	23.7	
38.4	38.3	37.2	35.6	33.7	32.1	30.9	29.8	28.7	28.0	26.8	25.3	24.1	23.0	
38.6	38.7	37.5	36.0	34.1	32.4	31.2	30.1	29.0	28.3	27.0	25.5	24.4	23.2	
38.8	39.1	37.9	36.4	34.4	32.7	31.5	30.4	29.3	28.5	27.2	25.8	24.6	23.5	

续表 G

平均回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}$ (MPa)													
	平均碳化深度值 d_m (mm)													
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0	
39.0	39.5	38.2	36.7	34.7	33.0	31.8	30.6	29.6	28.8	27.4	26.0	24.8	23.7	
39.2	39.9	38.5	37.0	35.0	33.3	32.1	30.8	29.8	29.0	27.6	26.2	25.0	24.0	
39.4	40.3	38.8	37.3	35.3	33.6	32.4	31.0	30.0	29.2	27.8	26.4	25.2	24.2	
39.6	40.7	39.1	37.6	35.6	33.9	32.7	31.2	30.2	29.4	28.0	26.6	25.4	24.4	
39.8	41.2	39.6	38.0	35.9	34.2	33.0	31.4	30.5	29.7	28.2	26.8	25.6	24.7	
40.0	41.6	39.9	38.3	36.2	34.5	33.3	31.7	30.8	30.0	28.4	27.0	25.8	25.0	
40.2	42.0	40.3	38.6	36.5	34.8	33.6	32.0	31.1	30.2	28.6	27.3	26.0	25.2	
40.4	42.4	40.7	39.0	36.9	35.1	33.9	32.3	31.4	30.5	28.8	27.6	26.2	25.4	
40.6	42.8	41.1	39.4	37.2	35.4	34.2	32.6	31.7	30.8	29.1	27.8	26.5	25.7	
40.8	43.3	41.6	39.8	37.7	35.7	34.5	32.9	32.0	31.2	29.4	28.1	26.8	26.0	
41.0	43.7	42.0	40.2	38.0	36.0	34.8	33.2	32.3	31.5	29.7	28.4	27.1	26.2	
41.2	44.1	42.3	40.6	38.4	36.3	35.1	33.5	32.6	31.8	30.0	28.7	27.3	26.5	
41.4	44.5	42.7	40.9	38.7	36.6	35.4	33.8	32.9	32.0	30.3	28.9	27.6	26.7	
41.6	45.0	43.2	41.4	39.2	36.9	35.7	34.2	33.3	32.4	30.6	29.2	27.9	27.0	
41.8	45.4	43.6	41.8	39.5	37.2	36.0	34.5	33.6	32.7	30.9	29.5	28.1	27.2	
42.0	45.9	44.1	42.2	39.9	37.6	36.3	34.9	34.0	33.0	31.2	29.8	28.5	27.5	
42.2	46.3	44.4	42.6	40.3	38.0	36.6	35.2	34.3	33.3	31.5	30.1	28.7	27.8	
42.4	46.7	44.8	43.0	40.6	38.3	36.9	35.5	34.6	33.6	31.8	30.4	29.0	28.0	
42.6	47.2	45.3	43.4	41.1	38.7	37.3	35.9	34.9	34.0	32.1	30.7	29.3	28.3	
42.8	47.6	45.7	43.8	41.4	39.0	37.6	36.2	35.2	34.3	32.4	30.9	29.5	28.6	
43.0	48.1	46.2	44.2	41.8	39.4	38.0	36.6	35.6	34.6	32.7	31.3	29.8	28.9	
43.2	48.5	46.6	44.6	42.2	39.8	38.3	36.9	35.9	34.9	33.0	31.5	30.1	29.1	
43.4	49.0	47.0	45.1	42.6	40.2	38.7	37.2	36.3	35.3	33.3	31.8	30.4	29.4	
43.6	49.4	47.4	45.4	43.0	40.5	39.0	37.5	36.6	35.6	33.6	32.1	30.6	29.6	
43.8	49.9	47.9	45.9	43.4	40.9	39.4	37.9	36.9	35.9	33.9	32.4	30.9	29.9	

续表 G

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0
44.0	50.4	48.4	46.4	43.8	41.3	39.8	38.3	37.3	36.3	34.3	32.8	31.2	30.2
44.2	50.8	48.8	46.7	44.2	41.7	40.1	38.6	37.6	36.6	34.5	33.0	31.5	30.5
44.4	51.3	49.2	47.2	44.6	42.1	40.5	39.0	38.0	36.9	34.9	33.3	31.8	30.8
44.6	51.7	49.6	47.6	45.0	42.4	40.8	39.3	38.3	37.2	35.2	33.6	32.1	31.0
44.8	52.2	50.1	48.0	45.4	42.8	41.2	39.7	38.6	37.6	35.5	33.9	32.4	31.3
45.0	52.7	50.6	48.5	45.8	43.2	41.6	40.1	39.0	37.9	35.8	34.3	32.7	31.6
45.2	53.2	51.1	48.9	46.3	43.6	42.0	40.4	39.4	38.3	36.2	34.6	33.0	31.9
45.4	53.6	51.5	49.4	46.6	44.0	42.3	40.7	39.7	38.6	36.4	34.8	33.2	32.2
45.6	54.1	51.9	49.8	47.1	44.4	42.7	41.1	40.0	39.0	36.8	35.2	33.5	32.5
45.8	54.6	52.4	50.2	47.5	44.8	43.1	41.5	40.4	39.3	37.1	35.5	33.9	32.8
46.0	55.0	52.8	50.6	47.9	45.2	43.5	41.9	40.8	39.7	37.5	35.8	34.2	33.1
46.2	55.5	53.3	51.1	48.3	45.5	43.8	42.2	41.1	40.0	37.7	36.1	34.4	33.3
46.4	56.0	53.8	51.5	48.7	45.9	44.2	42.6	41.4	40.3	38.1	36.4	34.7	33.6
46.6	56.5	54.2	52.0	49.2	46.3	44.6	42.9	41.8	40.7	38.4	36.7	35.0	33.9
46.8	57.0	54.7	52.4	49.6	46.7	45.0	43.3	42.2	41.0	38.8	37.0	35.3	34.2
47.0	57.5	55.2	52.9	50.0	47.2	45.2	43.7	42.6	41.4	39.1	37.4	35.6	34.5
47.2	58.0	55.7	53.4	50.5	47.6	45.8	44.1	42.9	41.8	39.4	37.7	36.0	34.8
47.4	58.5	56.2	53.8	50.9	48.0	46.2	44.5	43.3	42.1	39.8	38.0	36.3	35.1
47.6	59.0	56.6	54.3	51.3	48.4	46.6	44.8	43.7	42.5	40.1	38.4	36.6	35.4
47.8	59.5	57.1	54.7	51.8	48.8	47.0	45.2	44.0	42.8	40.5	38.7	36.9	35.7
48.0	60.0	57.6	55.2	52.2	49.2	47.4	45.6	44.4	43.2	40.8	39.0	37.2	36.0
48.2	—	58.0	55.7	52.6	49.6	47.8	46.0	44.8	43.6	41.1	39.3	37.5	36.3
48.4	—	58.6	56.1	53.1	50.0	48.2	46.4	45.1	43.9	41.5	39.6	37.8	36.6
48.6	—	59.0	56.6	53.5	50.4	48.6	46.7	45.5	44.3	41.8	40.0	38.1	36.9
48.8	—	59.5	57.1	54.0	50.9	49.0	47.1	45.9	44.6	42.2	40.3	38.4	37.2

续表 G

平均 回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,i}$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0
49.0	—	60.0	57.5	54.4	51.3	49.4	47.5	46.2	45.0	42.5	40.6	38.8	37.5
49.2	—	—	58.0	54.8	51.7	49.8	47.9	46.6	45.4	42.8	41.0	39.1	37.8
49.4	—	—	58.5	55.3	52.1	50.2	48.3	47.1	45.8	43.2	41.3	39.4	38.2
49.6	—	—	58.9	55.7	52.5	50.6	48.7	47.4	46.2	43.6	41.7	39.7	38.5
49.8	—	—	59.4	56.2	53.0	51.0	49.1	47.8	46.5	43.9	42.0	40.1	38.8
50.0	—	—	59.9	56.7	53.4	51.4	49.5	48.2	46.9	44.3	42.3	40.4	39.1
50.2	—	—	—	57.1	53.8	51.9	49.9	48.5	47.2	44.6	42.6	40.7	39.4
50.4	—	—	—	57.6	54.3	52.3	50.3	49.0	47.7	45.0	43.0	41.0	39.7
50.6	—	—	—	58.0	54.7	52.7	50.7	49.4	48.0	45.4	43.4	41.4	40.0
50.8	—	—	—	58.5	55.1	53.1	51.1	49.8	48.4	45.7	43.7	41.7	40.3
51.0	—	—	—	59.0	55.6	53.5	51.5	50.1	48.8	46.1	44.1	42.0	40.7
51.2	—	—	—	59.4	56.0	54.0	51.9	50.5	49.2	46.4	44.4	42.3	41.0
51.4	—	—	—	59.9	56.4	54.4	52.3	50.9	49.6	46.8	44.7	42.7	41.3
51.6	—	—	—	—	56.9	54.8	52.7	51.3	50.0	47.2	45.1	43.0	41.6
51.8	—	—	—	—	57.3	55.2	53.1	51.7	50.3	47.5	45.4	43.3	41.8
52.0	—	—	—	—	57.8	55.7	53.6	52.1	50.7	47.9	45.8	43.7	42.3
52.2	—	—	—	—	58.2	56.1	54.0	52.5	51.1	48.3	46.2	44.0	42.6
52.4	—	—	—	—	58.7	56.5	54.4	53.0	51.5	48.7	46.5	44.4	43.0
52.6	—	—	—	—	59.1	57.0	54.8	53.4	51.9	49.0	46.9	44.7	43.3
52.8	—	—	—	—	59.6	57.4	55.2	53.8	52.3	49.4	47.3	45.1	43.6
53.0	—	—	—	—	60.0	57.8	55.6	54.2	52.7	49.8	47.6	45.4	43.9
53.2	—	—	—	—	—	58.3	56.1	54.6	53.1	50.2	48.0	45.8	44.3
53.4	—	—	—	—	—	58.7	56.5	55.0	53.5	50.5	48.3	46.1	44.6
53.6	—	—	—	—	—	59.2	56.9	55.4	53.9	50.9	48.7	46.4	44.9
53.8	—	—	—	—	—	59.6	57.3	55.8	54.3	51.3	49.0	46.8	45.3

续表 G

平均回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,c}$ (MPa)												
	平均碳化深度值 d_m (mm)												
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0
54.0	—	—	—	—	—	—	57.8	56.3	54.7	51.7	49.4	47.1	45.6
54.2	—	—	—	—	—	—	58.2	56.7	55.1	52.1	49.8	47.5	46.0
54.4	—	—	—	—	—	—	58.6	57.1	55.6	52.5	50.2	47.9	46.3
54.6	—	—	—	—	—	—	59.1	57.5	56.0	52.9	50.5	48.2	46.6
54.8	—	—	—	—	—	—	59.5	57.9	56.4	53.2	50.9	48.5	47.0
55.0	—	—	—	—	—	—	59.9	58.4	56.8	53.6	51.3	48.9	47.3
55.2	—	—	—	—	—	—	58.8	57.2	54.0	51.6	49.3	47.7	
55.4	—	—	—	—	—	—	59.2	57.6	54.4	52.0	49.6	48.0	
55.6	—	—	—	—	—	—	59.7	58.0	54.8	52.4	50.0	48.4	
55.8	—	—	—	—	—	—	58.5	55.2	52.8	50.3	48.7		
56.0	—	—	—	—	—	—	58.9	55.6	53.2	50.7	49.1		
56.2	—	—	—	—	—	—	59.3	56.0	53.5	51.1	49.4		
56.4	—	—	—	—	—	—	59.7	56.4	53.9	51.4	49.8		
56.6	—	—	—	—	—	—	56.8	54.3	51.8	50.1			
56.8	—	—	—	—	—	—	57.2	54.7	52.2	50.5			
57.0	—	—	—	—	—	—	57.6	55.1	52.5	50.8			
57.2	—	—	—	—	—	—	58.0	55.5	52.9	51.2			
57.4	—	—	—	—	—	—	58.4	55.9	53.3	51.6			
57.6	—	—	—	—	—	—	58.9	56.3	53.7	51.9			
57.8	—	—	—	—	—	—	59.3	56.7	54.0	52.3			
58.0	—	—	—	—	—	—	59.7	57.0	54.4	52.7			
58.2	—	—	—	—	—	—	—	57.4	54.8	53.0			
58.4	—	—	—	—	—	—	—	57.8	55.2	53.4			
58.6	—	—	—	—	—	—	—	58.2	55.6	53.8			
58.8	—	—	—	—	—	—	—	58.6	55.9	54.1			

续表 G

平均回弹值 R_m	测区混凝土强度换算值 $f_{cu,c}$ (MPa)															
	平均碳化深度值 d_m (mm)															
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	≥6.0			
59.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.0	56.3	54.5
59.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.4	56.7	54.9
59.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.8	57.1	55.2
59.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	57.5	55.6
59.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	57.9	56.0
60.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	58.3	56.4

注：本表系按全国统一曲线制定。

附录 H 回弹法检测泵送混凝土时测区 混凝土强度换算值的修正值

表 H

碳化深度值 (mm)	抗压强度值(MPa)				
	0.0;0.5;1.0	$f_{cu,t}^c$ (MPa)	≤ 40.0	45.0	50.0
K (MPa)		+4.5	+3.0	+1.5	0.0
1.5;2.0	$f_{cu,t}^c$ (MPa)	≤ 30.0	35.0	40.0~60.0	
	K (MPa)	+3.0	+1.5	0.0	

注：表中未列入的 $f_{cu,t}^c$ 值可用内插法求得其修正值，精确至 0.1 MPa。

附录 J 回弹法检测记录和检测报告

J.0.1 回弹法检测记录可按表 J.0.1 采用。

J.0.2 回弹法检测报告可按表 J.0.2 采用。

表 J.0.1 回弹法检测记录

 委托单位名称 _____ 工程名称 _____
 施工单位 _____ 施工日期 _____

 检测编号 _____ 委托编号 _____
 检测日期 _____ 检测依据 _____

编号	测试回弹值 R_i																碳化深度 d_f (mm)	测试状况	修正后回弹值			测区强度值 (MPa)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			测区平均回弹值	角度修正后	测区强度修正后	
测区名称																						
同条件抗压强度 R_m																						
强度计算																	$f_{cu} =$	$f_{cu} =$				$f_{cu} =$
说明	回弹仪																回弹仪检定证书	其他	混凝土龄期 (d)	混凝土设计强度等级	检测环境温度 (°C)	
	型号																测试人员上岗证号					
	编号																测强曲线类别					
	率定值																					

记录 _____ 计算 _____ 复核 _____

共 _____ 页 第 _____ 页

表 J.0.2 回弹法检测报告

 委托单位 _____ 报告编号 _____
 工程名称 _____ 委托编号 _____
 施工单位 _____ 检测日期 _____
 检测日期 _____ 报告日期 _____

检测编号	结构构件名称	混凝土抗压强度换算值 (MPa)			现龄期混凝土强度推定值 (MPa)	备注
		平均值	标准差	最小值		
说明	回弹仪	型	号			
		编	号			
	率	定 值				
	测试资质	回弹仪检定证书				
其他	测试人员上岗证号					
	测强曲线类别					
检测意见	混凝土设计强度等级					
	检测环境温度 (°C)					

测试 _____ 计算 _____ 复核 _____ 技术负责人 _____ 单位 (章) _____

附录 K 超声回弹综合法测定混凝土 强度曲线的验证方法

K.0.1 如缺少专用或地区测强曲线时,在采用本规程基准测强曲线前,应进行验证。

K.0.2 测强曲线按下列方法进行验证:

1 选用该地区常用混凝土的原材料按最佳配合比配制强度等级为 C10、C20、C30、C40、C50 的混凝土,制作边长为 150 mm 立方体试块各 3 组,采用自然养护。

2 使用符合本规程第 6.2.1 条和 6.2.2 条各项要求的回弹仪和超声波检测仪。

3 按龄期为 28 d、60 d 和 90 d 进行综合法测试和试块抗压试验。

4 根据每个试块测得的回弹值 R_n 、超声声速值 v_n ,由表 L.0.1—1 和表 L.0.1—2 查出强度 $f_{cu,i}^c$ 。

5 将实测试块抗压强度 $f_{cu,i}$ 和查表所得强度 $f_{cu,i}^c$,按式 (P.0.9—1) ~ 式 (P.0.9—3) 进行计算,如 $e_r \leq 15\%$,则可使用本规程附录 L 测强曲线,如 $e_r > 15\%$,应另建立专用或地区测强曲线。

附录 L 超声回弹综合法测区 混凝土强度换算表

L.0.1 超声回弹综合法测区混凝土强度应按表 L.0.1—1 和表 L.0.1—2 换算。

L.0.2 本附录的强度换算表适用于下列条件的普通混凝土:

1 混凝土用水泥符合国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB175) 和《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥与粉煤灰硅酸盐水泥》(GB1344) 的要求。

2 混凝土用粗、细骨料应符合现行《铁路混凝土与砌体工程施工质量验收标准》(TB10424) 的要求。

3 掺或不掺减水剂或早强剂。

4 人工或一般机械搅拌、成型。

5 模板符合《铁路混凝土与砌体工程施工质量验收标准》(TB10424) 的有关规定。

6 自然养护。

7 龄期为 7~730 d。如超过此龄期时,可钻取混凝土芯样进行校核。

8 混凝土强度等级为 C10~C50。

表 L.0.1—1 超声回弹综合法测区混凝土强度换算表(卵石)

$\frac{f_{cu,i}^c}{R_{ai}}$	3.80	3.82	3.84	3.86	3.88	3.90	3.92	3.94	3.96	3.98	4.00	4.02	4.04	4.06	4.08	4.10
24.0					10.0	10.0	10.1	10.2	10.2	10.3	10.4	10.4	10.5	10.5	10.6	10.7
25.0	10.5	10.6	10.7	10.7	10.8	10.9	10.9	11.0	11.1	11.1	11.1	11.2	11.3	11.3	11.4	11.5
26.0	11.4	11.4	11.5	11.6	11.7	11.7	11.8	11.9	12.0	12.0	12.1	12.2	12.2	12.3	12.4	12.5
27.0	12.2	12.3	12.4	12.5	12.5	12.6	12.7	12.8	12.9	12.9	13.0	13.1	13.2	13.3	13.3	13.4
28.0	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9	14.0	14.1	14.1	14.2	14.3	14.4
29.0	14.1	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9	15.0	15.1	15.1	15.2	15.3	15.4
30.0	15.0	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	16.0	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5
31.0	16.0	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8	16.9	17.0	17.1	17.2	17.3	17.5	17.6
32.0	17.0	17.1	17.2	17.3	17.5	17.6	17.7	17.8	17.9	18.0	18.1	18.2	18.3	18.5	18.6	18.7
33.0	18.1	18.2	18.3	18.4	18.5	18.7	18.8	18.9	19.0	19.1	19.2	19.4	19.5	19.6	19.7	19.8
34.0	19.1	19.3	19.4	19.5	19.6	19.8	19.9	20.0	20.1	20.2	20.3	20.4	20.5	20.6	20.9	21.0
35.0	20.3	20.4	20.5	20.7	20.8	20.9	21.0	21.1	21.2	21.3	21.4	21.6	21.7	21.8	22.0	22.2
36.0	21.4	21.5	21.7	21.8	22.0	22.1	22.2	22.4	22.5	22.7	22.8	22.9	23.1	23.2	23.4	23.5
37.0	22.6	22.7	22.9	23.0	23.2	23.3	23.5	23.6	23.7	23.9	24.0	24.2	24.3	24.5	24.6	24.8
38.0	23.8	23.9	24.1	24.2	24.4	24.6	24.7	24.9	25.0	25.2	25.3	25.5	25.6	25.8	25.9	26.1
39.0	25.0	25.2	25.3	25.5	25.7	25.8	26.0	26.1	26.3	26.5	26.6	26.8	27.0	27.1	27.3	27.5
40.0	26.3	26.5	26.6	26.8	27.0	27.1	27.3	27.5	27.6	27.8	28.0	28.2	28.3	28.5	28.7	28.8
41.0	27.6	27.8	27.9	28.1	28.3	28.5	28.6	28.8	29.0	29.2	29.4	29.5	29.7	29.9	30.1	30.3
42.0	28.9	29.1	29.3	29.5	29.6	29.8	30.0	30.2	30.3	30.6	30.8	31.0	31.1	31.3	31.5	31.7
43.0	30.3	30.5	30.6	30.8	31.0	31.1	31.3	31.4	31.6	31.8	32.0	32.2	32.4	32.6	32.8	33.2
44.0	31.6	31.8	32.1	32.3	32.5	32.7	32.9	33.1	33.3	33.5	33.7	33.9	34.1	34.3	34.5	34.7
45.0	33.1	33.3	33.5	33.7	33.9	34.1	34.3	34.6	34.8	35.0	35.2	35.4	35.6	35.9	36.3	36.3
46.0	34.5	34.7	35.0	35.2	35.4	35.6	35.9	36.1	36.3	36.6	36.8	37.0	37.2	37.4	37.7	37.9
47.0	36.0	36.2	36.5	36.7	36.9	37.2	37.4	37.6	37.8	38.1	38.3	38.6	38.9	39.1	39.3	39.5
48.0	37.5	37.7	38.0	38.2	38.5	38.7	39.0	39.2	39.4	39.7	39.9	40.2	40.4	40.7	41.1	41.2
49.0	39.0	39.3	39.5	39.8	40.0	40.3	40.5	40.8	41.1	41.4	41.6	41.8	42.1	42.4	42.8	42.8
50.0	40.6	40.9	41.1	41.4	41.7	42.0	42.2	42.4	42.8	43.1	43.5	43.8	44.0	44.3	44.6	44.6

续表 L.0.1—1

$\frac{f_{cu,i}^c}{R_{ai}}$	4.12	4.14	4.16	4.18	4.20	4.22	4.24	4.26	4.28	4.30	4.32	4.34	4.36	4.38	4.40	4.42
23.0			10.0	10.1	10.1	10.2	10.2	10.3	10.4	10.4	10.5	10.5	10.6	10.7	10.7	10.8
24.0	10.7	10.8	10.9	10.9	11.0	11.1	11.1	11.2	11.2	11.3	11.4	11.4	11.5	11.6	11.7	11.8
25.0	11.6	11.7	11.8	11.8	11.9	12.0	12.0	12.1	12.2	12.2	12.3	12.4	12.5	12.5	12.6	12.7
26.0	12.5	12.6	12.7	12.8	12.8	12.9	13.0	13.1	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6	13.7	13.7
27.0	13.5	13.6	13.7	13.7	13.8	13.9	14.0	14.1	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.7
28.0	14.5	14.6	14.7	14.7	14.8	14.9	15.0	15.1	15.2	15.3	15.4	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8
29.0	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	16.0	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8	16.9	16.9
30.0	16.6	16.7	16.8	16.9	17.0	17.1	17.2	17.3	17.4	17.5	17.6	17.7	17.8	17.9	18.0	18.1
31.0	17.7	17.8	17.9	18.0	18.1	18.2	18.3	18.4	18.5	18.6	18.7	18.8	18.9	19.0	19.1	19.3
32.0	18.8	18.9	19.0	19.1	19.2	19.3	19.5	19.6	19.7	19.8	19.9	20.0	20.2	20.3	20.4	20.5
33.0	19.9	20.1	20.2	20.3	20.4	20.5	20.7	20.8	20.9	21.0	21.1	21.2	21.3	21.4	21.5	21.7
34.0	21.1	21.3	21.4	21.5	21.6	21.8	21.9	22.0	22.2	22.3	22.4	22.5	22.6	22.8	22.9	23.0
35.0	21.4	22.5	22.6	22.8	22.9	23.0	23.2	23.3	23.4	23.5	23.6	23.7	23.8	24.0	24.1	24.4
36.0	23.6	23.8	23.9	24.1	24.2	24.3	24.5	24.6	24.8	24.9	25.0	25.2	25.3	25.5	25.6	25.8
37.0	24.9	25.1	25.2	25.4	25.5	25.7	25.8	26.0	26.1	26.2	26.4	26.5	26.7	26.9	27.0	27.2
38.0	26.3	26.4	26.6	26.7	26.9	27.0	27.2	27.4	27.5	27.7	27.8	28.0	28.1	28.3	28.5	28.6
39.0	27.6	27.8	28.0	28.1	28.3	28.4	28.6	28.8	28.9	29.1	29.2	29.4	29.6	29.8	29.9	30.1
40.0	29.0	29.2	29.4	29.5	29.7	29.9	30.1	30.2	30.4	30.6	30.8	30.9	31.1	31.3	31.5	31.6
41.0	30.4	30.6	30.8	31.0	31.1	31.3	31.4	31.6	31.7	31.9	32.1	32.3	32.5	32.6	32.8	33.2
42.0	31.9	32.1	32.3	32.5	32.7	32.9	33.1	33.3	33.4	33.6	33.8	34.0	34.1	34.3	34.4	34.8
43.0	33.4	33.6	33.8	34.0	34.2	34.4	34.6	34.8	35.0	35.2	35.4	35.6	35.8	36.0	36.2	36.4
44.0	34.9	35.2	35.4	35.6	35.8	36.0	36.2	36.4	36.6	36.8	37.0	37.2	37.4	37.7	37.9	38.1
45.0	36.5	36.7	36.9	37.2	37.4	37.6	37.8	38.0	38.2	38.4	38.6	38.8	39.1	39.3	39.5	39.8
46.0	38.1	38.3	38.6	38.8	39.0	39.2	39.4	39.6	39.8	40.0	40.2	40.4	40.6	40.8	41.1	41.5
47.0	39.7	40.0	40.2	40.4	40.6	40.8	41.0	41.2	41.4	41.6	41.8	42.1	42.4	42.8	43.3	43.3
48.0	41.4	41.7	41.9	42.1	42.4	42.6	42.9	43.1	43.4	43.6	43.9	44.1	44.4	44.7	45.1	45.1
49.0	43.1	43.4	43.6	43.9	44.1	44.4	44.6	44.9	45.2	45.4	45.7	45.9	46.2	46.5	46.7	47.0
50.0	44.8	45.1	45.4	45.6	45.9	46.2	46.4	46.7	47.0	47.2	47.5	47.8	48.1	48.3	48.6	48.9

续表 L.0.1—1

$\frac{f_{cu,i}^c}{R_{ai}} \cdot v_{ai}$	4.44	4.46	4.48	4.50	4.52	4.54	4.56	4.58	4.60	4.62	4.64	4.66	4.68	4.70	4.72	4.74
22.0		10.0	10.0	10.1	10.2	10.2	10.3	10.3	10.4	10.4	10.5	10.5	10.6	10.6	10.7	10.8
23.0	10.8	10.9	10.9	11.0	11.1	11.1	11.2	11.3	11.3	11.4	11.4	11.5	11.6	11.6	11.7	11.7
24.0	11.8	11.8	11.9	12.0	12.0	12.1	12.2	12.2	12.3	12.4	12.4	12.5	12.5	12.6	12.7	12.7
25.0	12.7	12.8	12.9	12.9	13.0	13.1	13.2	13.2	13.3	13.4	13.4	13.5	13.6	13.7	13.7	13.8
26.0	13.7	13.8	13.9	14.0	14.0	14.1	14.2	14.3	14.4	14.4	14.5	14.6	14.7	14.7	14.8	14.9
27.0	14.8	14.9	15.0	15.0	15.1	15.2	15.3	15.4	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	15.9	16.0
28.0	15.9	16.0	16.1	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8	16.8	16.9	17.0	17.1	17.2
29.0	17.0	17.1	17.2	17.3	17.4	17.5	17.6	17.7	17.8	17.8	17.9	18.0	18.1	18.2	18.3	18.4
30.0	18.2	18.3	18.4	18.5	18.6	18.7	18.8	18.9	19.0	19.1	19.2	19.3	19.4	19.5	19.6	19.7
31.0	19.4	19.5	19.6	19.7	19.8	19.9	20.0	20.1	20.2	20.3	20.4	20.5	20.6	20.8	20.9	21.0
32.0	20.6	20.7	20.8	20.9	21.0	21.1	21.2	21.3	21.4	21.5	21.6	21.7	21.8	22.0	22.1	22.2
33.0	21.9	22.0	22.1	22.2	22.3	22.4	22.5	22.6	22.7	22.8	23.0	23.1	23.2	23.3	23.4	23.7
34.0	23.2	23.3	23.4	23.5	23.6	23.7	23.8	23.9	24.1	24.2	24.3	24.4	24.5	24.6	24.8	25.1
35.0	24.5	24.7	24.8	24.9	25.1	25.2	25.3	25.5	25.6	25.7	25.9	26.0	26.2	26.3	26.4	26.6
36.0	25.9	26.0	26.2	26.3	26.5	26.6	26.8	26.9	27.1	27.2	27.3	27.5	27.6	27.8	27.9	28.1
37.0	27.3	27.5	27.6	27.8	27.9	28.1	28.2	28.4	28.5	28.7	28.8	29.0	29.1	29.3	29.4	29.6
38.0	28.8	28.9	29.1	29.2	29.4	29.6	29.7	29.9	30.1	30.3	30.4	30.5	30.7	30.9	31.0	31.2
39.0	30.3	30.4	30.6	30.8	30.9	31.1	31.3	31.4	31.6	31.8	32.0	32.1	32.3	32.5	32.6	32.8
40.0	31.8	32.0	32.2	32.3	32.5	32.7	32.9	33.0	33.2	33.4	33.6	33.7	33.9	34.1	34.3	34.5
41.0	33.4	33.6	33.7	33.9	34.1	34.3	34.5	34.7	34.9	35.0	35.2	35.4	35.6	35.8	36.0	36.1
42.0	35.0	35.2	35.4	35.6	35.8	35.9	36.1	36.3	36.5	36.7	36.9	37.1	37.3	37.5	37.7	37.9
43.0	36.6	36.8	37.0	37.2	37.4	37.6	37.8	38.0	38.2	38.5	38.7	38.9	39.1	39.3	39.5	39.7
44.0	38.3	38.5	38.8	39.0	39.2	39.4	39.6	39.8	40.0	40.2	40.4	40.6	40.8	41.0	41.3	41.5
45.0	40.0	40.2	40.5	40.7	40.9	41.1	41.3	41.5	41.8	42.0	42.2	42.4	42.6	42.8	43.1	43.4
46.0	41.8	42.0	42.2	42.4	42.6	42.8	43.0	43.2	43.4	43.6	43.8	44.0	44.2	44.4	44.6	44.8
47.0	43.6	43.8	44.0	44.2	44.4	44.6	44.8	45.0	45.2	45.4	45.6	45.8	46.0	46.2	46.4	46.6
48.0	45.4	45.6	45.8	46.0	46.2	46.4	46.6	46.8	47.0	47.2	47.4	47.6	47.8	48.0	48.2	48.4
49.0	47.2	47.4	47.6	47.8	48.0	48.2	48.4	48.6	48.8	49.0	49.2	49.4	49.6	49.8	49.9	
50.0	49.1	49.4	49.7	50.0												

续表 L.0.1—1

$\frac{f_{cu,i}^c}{R_{ai}} \cdot v_{ai}$	4.76	4.78	4.80	4.82	4.84	4.86	4.88	4.90	4.92	4.94	4.96	4.98	5.00
21.0			10.0	10.0	10.1	10.1	10.2	10.2	10.3	10.3	10.4	10.4	10.5
22.0	10.8	10.9	10.9	11.0	11.0	11.1	11.2	11.2	11.3	11.3	11.4	11.4	11.5
23.0	11.8	11.9	11.9	12.0	12.0	12.1	12.2	12.2	12.3	12.3	12.4	12.5	12.5
24.0	12.8	12.9	12.9	13.0	13.1	13.1	13.2	13.3	13.3	13.4	13.5	13.5	13.6
25.0	13.9	13.9	14.0	14.1	14.2	14.2	14.3	14.4	14.4	14.5	14.6	14.7	14.7
26.0	15.0	15.0	15.1	15.2	15.3	15.4	15.4	15.5	15.6	15.7	15.7	15.8	15.9
27.0	16.1	16.2	16.3	16.4	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8	16.9	16.9	17.0	17.1
28.0	17.3	17.4	17.5	17.6	17.6	17.7	17.8	17.9	18.0	18.1	18.2	18.3	18.4
29.0	18.5	18.6	18.7	18.8	18.9	19.0	19.1	19.2	19.3	19.4	19.5	19.6	19.7
30.0	19.8	19.9	20.0	20.1	20.2	20.3	20.4	20.5	20.6	20.7	20.8	20.9	21.0
31.0	21.1	21.2	21.3	21.4	21.5	21.6	21.7	21.8	22.0	22.1	22.2	22.3	22.4
32.0	22.4	22.5	22.7	22.8	22.9	23.0	23.1	23.2	23.4	23.5	23.6	23.7	23.8
33.0	23.8	23.9	24.1	24.2	24.3	24.4	24.5	24.7	24.8	24.9	25.0	25.2	25.3
34.0	25.2	25.4	25.5	25.6	25.8	25.9	26.0	26.1	26.3	26.4	26.5	26.7	26.8
35.0	26.7	26.8	27.0	27.1	27.3	27.4	27.5	27.7	27.8	27.9	28.1	28.2	28.4
36.0	28.2	28.4	28.5	28.6	28.8	28.9	29.1	29.2	29.4	29.5	29.7	29.8	30.0
37.0	29.8	29.9	30.1	30.2	30.4	30.5	30.7	30.8	31.0	31.1	31.3	31.5	31.6
38.0	31.3	31.5	31.7	31.8	32.0	32.2	32.3	32.5	32.6	32.8	33.0	33.1	33.3
39.0	33.0	33.1	33.3	33.5	33.7	33.8	34.0	34.2	34.3	34.5	34.7	34.8	35.0
40.0	34.6	34.8	35.0	35.2	35.4	35.5	35.7	35.9	36.1	36.3	36.4	36.6	36.8
41.0	36.3	36.5	36.7	36.9	37.1	37.3	37.5	37.7	37.9	38.0	38.2	38.4	38.6
42.0	38.1	38.3	38.5	38.7	38.9	39.1	39.3	39.5	39.7	39.9	40.1	40.3	40.5
43.0	39.9	40.1	40.3	40.5	40.7	40.9	41.1	41.3	41.5	41.7	42.0	42.2	42.4
44.0	41.7	41.9	42.1	42.4	42.6	42.8	43.0	43.2	43.4	43.7	43.9	44.1	44.3
45.0	43.6	43.8	44.0	44.3	44.5	44.7	44.9	45.2	45.4	45.6	45.8	46.1	46.3
46.0	45.5	45.7	46.0	46.2	46.4	46.7	46.9	47.1	47.4	47.6	47.8	48.1	48.3
47.0	47.4	47.7	47.9	48.2	48.4	48.7	48.9	49.2	49.4	49.6	49.9		
48.0	49.4	49.7	49.9										

- 注: 1 表内未列数值要用内插法求得, 精确至 0.1 MPa;
 2 表中 R_{ai} 为修正后的测区回弹值, v_{ai} 为修正后的超声声速值 (km/s);
 3 $f_{cu,i}^c$ 为测区混凝土强度换算值 (MPa), 也可按式 (6.4.2—1) 计算。

续表 L.0.1—2

$\frac{f_{cu,i}^c}{R_{ai}} \sqrt{v_{ai}}$	4.44	4.46	4.48	4.50	4.52	4.54	4.56	4.58	4.60	4.62	4.64	4.66	4.68	4.70	4.72	4.74
20.0	11.5	11.6	11.7	11.8	11.9	12.0	12.1	12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	12.9
21.0	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	12.9	13.0	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9
22.0	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9	14.0	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	15.0
23.0	14.3	14.4	14.6	14.7	14.8	14.9	15.0	15.1	15.2	15.3	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	16.0
24.0	15.3	15.4	15.6	15.7	15.8	15.9	16.0	16.2	16.3	16.4	16.5	16.6	16.8	16.9	17.0	17.1
25.0	16.3	16.5	16.6	16.7	16.8	17.0	17.1	17.2	17.3	17.5	17.6	17.7	17.9	18.0	18.1	18.2
26.0	17.4	17.5	17.8	17.8	17.9	18.0	18.2	18.3	18.4	18.6	18.7	18.9	19.0	19.1	19.3	19.4
27.0	18.4	18.6	18.7	18.8	19.0	19.1	19.3	19.4	19.6	19.7	19.9	20.0	20.2	20.3	20.5	20.6
28.0	19.5	19.6	19.8	19.9	20.1	20.3	20.4	20.6	20.7	20.9	21.0	21.2	21.5	21.7	21.8	21.8
29.0	20.6	20.7	20.9	21.1	21.2	21.4	21.6	21.7	21.9	22.0	22.2	22.4	22.5	22.7	22.9	23.0
30.0	21.7	21.9	22.0	22.2	22.4	22.6	22.7	22.9	23.1	23.2	23.4	23.6	23.8	23.9	24.1	24.3
31.0	22.9	23.0	23.3	23.4	23.6	23.7	23.9	24.1	24.3	24.5	24.7	24.8	25.0	25.2	25.4	25.6
32.0	24.0	24.2	24.4	24.6	24.8	25.0	25.1	25.3	25.5	25.7	25.9	26.1	26.3	26.5	26.7	26.9
33.0	25.3	25.4	25.6	25.8	26.0	26.2	26.4	26.6	26.8	27.0	27.2	27.4	27.6	27.8	28.0	28.2
34.0	26.4	26.6	26.8	27.0	27.2	27.4	27.7	27.9	28.1	28.3	28.5	28.7	28.9	29.1	29.3	29.6
35.0	27.6	27.9	28.1	28.3	28.5	28.7	28.9	29.2	29.4	29.6	29.8	30.0	30.3	30.5	30.7	30.9
36.0	28.9	29.1	29.3	29.6	29.8	30.0	30.3	30.5	30.7	30.9	31.1	31.3	31.5	31.7	32.1	32.3
37.0	30.1	30.4	30.6	30.9	31.1	31.3	31.6	31.8	32.0	32.3	32.5	32.8	33.0	33.3	33.5	33.7
38.0	31.4	31.7	31.9	32.2	32.4	32.7	32.9	33.2	33.4	33.7	33.9	34.2	34.4	34.7	34.9	35.2
39.0	32.7	33.0	33.3	33.5	33.8	34.0	34.3	34.5	34.8	35.1	35.3	35.6	35.8	36.1	36.4	36.6
40.0	34.1	34.3	34.6	34.9	35.1	35.4	35.6	35.9	36.2	36.5	36.7	37.0	37.3	37.6	37.8	38.1
41.0	35.4	35.7	36.0	36.3	36.5	36.8	37.1	37.3	37.6	37.9	38.2	38.5	38.8	39.1	39.3	39.6
42.0	36.8	37.1	37.4	37.7	38.0	38.3	38.5	38.8	39.1	39.4	39.7	40.0	40.3	40.6	40.9	41.2
43.0	38.2	38.4	38.7	39.0	39.3	39.6	39.9	40.2	40.5	40.8	41.1	41.4	41.7	42.0	42.3	42.7
44.0	39.5	39.7	39.9	40.2	40.5	40.8	41.1	41.4	41.7	42.0	42.3	42.6	42.9	43.2	43.5	43.8
45.0	41.0	41.3	41.6	41.9	42.2	42.5	42.8	43.1	43.4	43.7	44.0	44.3	44.6	44.9	45.2	45.5
46.0	42.4	42.7	43.0	43.3	43.6	43.9	44.2	44.5	44.8	45.1	45.4	45.7	46.0	46.3	46.6	46.9
47.0	43.9	44.2	44.5	44.8	45.1	45.4	45.7	46.0	46.3	46.6	46.9	47.2	47.5	47.8	48.1	48.4
48.0	45.3	45.6	45.9	46.2	46.5	46.8	47.1	47.4	47.7	48.0	48.3	48.6	48.9	49.2	49.5	49.8
49.0	46.8	47.1	47.4	47.7	48.0	48.3	48.6	48.9	49.2	49.5	49.8					
50.0	48.3	48.6	48.9	49.2	49.5	49.8										

续表 L.0.1—2

$\frac{f_{cu,i}^c}{R_{ai}} \sqrt{v_{ai}}$	4.76	4.78	4.80	4.82	4.84	4.86	4.88	4.90	4.92	4.94	4.96	4.98	5.00
20.0	13.0	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9	14.0	14.1
21.0	14.0	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9	15.0	15.1	15.2
22.0	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	16.1	16.2	16.3	16.4
23.0	16.1	16.3	16.4	16.5	16.6	16.7	16.9	17.0	17.1	17.2	17.3	17.5	17.6
24.0	17.3	17.4	17.5	17.6	17.8	17.9	18.0	18.1	18.3	18.4	18.5	18.7	18.8
25.0	18.4	18.5	18.7	18.8	18.9	19.1	19.2	19.3	19.5	19.6	19.7	19.9	20.0
26.0	19.6	19.7	19.8	20.0	20.1	20.3	20.4	20.6	20.7	20.9	21.0	21.1	21.3
27.0	20.8	20.9	21.1	21.2	21.4	21.5	21.7	21.8	22.0	22.1	22.3	22.4	22.6
28.0	22.0	22.1	22.3	22.4	22.6	22.8	22.9	23.1	23.3	23.4	23.6	23.7	23.9
29.0	23.2	23.4	23.5	23.7	23.9	24.1	24.2	24.4	24.6	24.7	24.9	25.1	25.3
30.0	24.5	24.6	24.8	25.0	25.2	25.4	25.5	25.7	25.9	26.1	26.3	26.5	26.6
31.0	25.8	25.9	26.1	26.3	26.5	26.7	26.9	27.1	27.3	27.5	27.7	27.8	28.0
32.0	27.1	27.3	27.5	27.7	27.9	28.1	28.3	28.5	28.7	28.9	29.1	29.3	29.5
33.0	28.4	28.6	28.8	29.0	29.2	29.4	29.7	29.9	30.1	30.3	30.5	30.7	30.9
34.0	29.8	30.0	30.2	30.4	30.6	30.9	31.1	31.3	31.5	31.7	32.0	32.2	32.4
35.0	31.2	31.4	31.6	31.8	32.1	32.3	32.5	32.7	33.0	33.2	33.4	33.7	33.9
36.0	32.6	32.8	33.0	33.3	33.5	33.7	34.0	34.2	34.5	34.7	34.9	35.2	35.4
37.0	34.0	34.2	34.5	34.7	35.0	35.2	35.5	35.7	36.0	36.2	36.5	36.7	37.0
38.0	35.4	35.7	35.9	36.2	36.5	36.7	37.0	37.2	37.5	37.8	38.0	38.3	38.6
39.0	36.9	37.2	37.4	37.7	38.0	38.3	38.5	38.8	39.1	39.3	39.6	39.9	40.2
40.0	38.4	38.7	39.0	39.2	39.5	39.8	40.1	40.4	40.6	40.9	41.2	41.5	41.8
41.0	39.9	40.2	40.5	40.8	41.1	41.4	41.7	42.0	42.3	42.5	42.8	43.1	43.4
42.0	41.4	41.7	42.1	42.4	42.7	43.0	43.3	43.6	43.9	44.2	44.5	44.8	45.1
43.0	43.0	43.3	43.6	43.9	44.3	44.6	44.9	45.2	45.5	45.8	46.2	46.5	16.8
44.0	44.6	44.9	45.2	45.6	45.9	46.2	46.5	46.9	47.2	47.5	47.9	48.2	48.5
45.0	46.2	46.5	46.9	47.2	47.5	47.9	48.2	48.5	48.9	49.2	49.6	49.9	
46.0	47.8	48.1	48.5	48.8	49.2	49.5	49.9						
47.0	49.4	49.8											
48.0													
49.0													
50.0													

注： 1 表内未列数值要用内插法求得，精确至 0.1MPa；
 2 表中 R_{ai} 为修正后的测区回弹值， v_{ai} 为修正后的超声声速值 (km/s)；
 3 $f_{cu,i}^c$ 为测区混凝土强度换算值 (MPa)，也可按式 (6.4.2—2) 计算。

附录 M 超声回弹综合法测试记录

表 M

委托单位		工程名称		委托编号		检测依据		检测日期																									
施工单位		施工日期		检测编号		检测日期		检测日期																									
修正系数	同条件试块	修正后强度		修正后速度 (km/s)		修正后声速 (km/s)		修正后声时值 (μs)		修正后回弹值		回弹平均值 R_m		测试面状况		碳化深度		测试回弹值 R_i		修正后强 换算度 (MPa)													
	芯样试件																																
换算强度		声速 v (km/s)		测距 L (mm)		声速修正系数		超声面修正系数		修正后声速 (km/s)		修正后声时值 (μs)		角度修正值		角度修正后		测距修正后		修正后回弹值		回弹平均值 R_m		测试面状况		碳化深度		测试回弹值 R_i		强度计算			
7												1		1		1		1															
7												2		2		2		2															
7												3		3		3		3															
7												4		4		4		4															
7												5		5		5		5															
7												6		6		6		6															
7												7		7		7		7															
7												8		8		8		8															
7												9		9		9		9															
7												10		10		10		10															

检测日期: _____ 共 第 _____ 页

记录

计算

复核

附录 N 用超声仪在空气中实测声速的检验方法

N.0.1 测试步骤

取常用平面换能器一对，接于超声波仪器上，开机预热 30 min，在空气中将两换能器辐射面对准，在变动两辐射面相隔距离的情况下（如 0.1 m, 0.15 m, 0.2 m, 0.25 m, 0.3 m, 0.35 m, 0.4 m），将接收信号尽可能放大，以手动游标或自动关门方式测出相应于各间距的声时读数 t_1, t_2, t_3, \dots ，同时测量空气温度 T （准确至 0.2℃）。

测量时应注意下列事项：

- 1 换能器间距的测量误差应小于或等于 0.5%；
- 2 换能器宜悬空相对，若置于地板或桌上时，须在换能器下面垫上海绵块。

N.0.2 计算空气声速

以换能器距离为纵坐标，声时读数为横坐标，将各组数据点绘在直角坐标图上，各点应在一直线上。在坐标纸上画出该直线，并算出直线斜率，即为空气声速实测值 v^0 。

N.0.3 空气声速计算值按下列公式计算：

$$v^c = 340.3 \sqrt{1 + 0.003663T} \quad (N.0.3)$$

式中 v^c ——空气声速计算值 (m/s)；

T ——空气温度 (℃)。

N.0.4 误差计算

空气声速计算值 v^c 与空气声速实测值 v^0 之间相对误差 e_r ，按下列公式计算：

$$e_r = \frac{v^c - v^0}{v^c} \times 100\% \quad (N.0.4)$$

超声仪在正常情况下，相对误差不应大于 0.5%。

附录 P 超声回弹综合法建立专用或地区 混凝土强度曲线的基本规定

P.0.1 采用的回弹仪,应符合本规程第6.2.1条的各项规定。

P.0.2 采用的超声检测仪应符合本规程第6.2.2条和第6.2.3条的各项规定。

P.0.3 选用的换能器应符合本规程第6.2.6条的各项规定。

P.0.4 混凝土用水泥应符合现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB175)和《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥与粉煤灰硅酸盐水泥》(GB1344)的要求,混凝土用粗、细骨料应符合现行铁道行业标准《铁路混凝土与砌体工程施工质量验收标准》(TB10424)的要求。

P.0.5 选用本单位常用水泥、粗、细骨料,按最佳配合比制作混凝土强度等级为C10~C50的边长为150mm立方体试块。

P.0.6 试块试验应按下列步骤进行:

1 分别按龄期为7d、14d、28d、60d、90d、180d、和365d进行立方体试块强度试验。

2 每一龄期的每组试件由3个(或6个)试块组成。

3 每种混凝土强度等级的试块数不应少于30块,并宜在同一天内用同条件的混凝土成型。

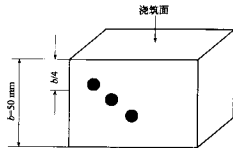
4 试块采用振动台成型,成型后的第二天拆模。

5 如系自然养护,应将试块移至不直接受日晒雨淋处,按品字形堆放,盖上草袋并浇水养护。如用蒸汽养护,则试块静停时间和养护条件应与构件预期的相同。

P.0.7 试块声时值测试时,应按下列规定进行:

1 试块声时测量,应取试块浇筑侧面为测试面,宜采用黄油为耦合剂。

2 声时测量应采用对测法,在一个相对测试面上测3点(测点布置见图P.0.7),发射和接收换能器轴线应在同一直线上,试块声时值 t_m 为3点平均值,精确至 $0.1\mu\text{s}$ 。试块边长测量精确至1mm,测量允许误差为 $\pm 1\%$ 。



图P.0.7 声时测量测点布置示意图

3 试块的声速值应按下式计算

$$v_s = l/t_m \quad (\text{P.0.7})$$

式中 v_s ——试块声速值(km/s),精确至0.01;

l ——超声测距(mm)。

P.0.8 试块回弹值应按下列规定进行测试:

1 回弹值测量应选用不同于声时测量的另一个相对侧面。将试块油污擦净放置在压力机上下承压板之间,加压至30~50kN,并在此压力下,在试块相对测试面上按本规程第6.3.4条的规定各弹击8个回弹值,剔除3个最大和最小值将余下10个回弹值的平均值作为该试块的回弹值 R_s ,计算精确至0.1。

2 回弹值测试完毕后,卸荷将回弹面放置在压力机上下承压板间,以 $(6\pm 4)\text{kN/s}$ 的速度连续均匀加荷至破坏。抗压强度值 f_{cu} 精确至 0.1MPa 。

P.0.9 测强曲线按下述步骤进行计算:

1 将各试块测试所得的声速值 v_s 、回弹值 R_s 及试块抗压强度 f_{cu} 汇总,进行多元回归分析和误差分析。

2 回归分析时,可采用下列回归方程式:

附录 R 建立后装拔出法测强曲线的基本规定

R.0.1 后装拔出试验装置应符合本规程的有关规定。

R.0.2 混凝土所用的原材料品质指标应符合现行国家标准或行业标准的规定。

R.0.3 建立后装拔出法测强曲线所用的混凝土，其强度等级不宜少于6个，每个强度等级混凝土成型立方体试件应不少于6组，每组由一个至少可布置3个测点的后装拔出试件和相应的3块立方体试件组成。

R.0.4 每组后装拔出试件和立方体试件，应采用同盘混凝土拌合物、在同一振动台上同时振捣成型、并同条件自然养护。

R.0.5 后装拔出试验应按下列规定进行：

1 后装拔出试验的测点应布置在后装拔出试件的成型侧面。

2 在每个后装拔出试件上，应进行不少于3个测点的后装拔出试验，取平均值作为该试件的后装拔出力计算值 F (kN)，精确至0.1。

3 3块立方体试件的抗压强度代表值，应按现行《铁路混凝土强度检验评定标准》(TB10425)确定。

R.0.6 后装拔出法测强曲线的计算应按下列步骤进行：

1 将每组后装拔出试件的拔出力计算值及立方体试块的抗压强度代表值进行汇总，然后按最小二乘法原理进行回归分析。

2 推荐采用的回归方程式如下：

$$f_{cu}^c = A \cdot F + B \quad (\text{R.0.6-1})$$

式中 f_{cu}^c ——混凝土抗压强度换算值 (MPa)，精确至0.1；

F ——后装拔出力 (kN)，精确至0.1；

A 、 B ——后装拔出法测强曲线回归系数。

3 回归曲线的相对标准差 e_r ，可按下式计算：

$$e_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}/f_{cu,i}^c - 1)^2}{n-1}} \times 100\% \quad (\text{R.0.6-2})$$

式中 e_r ——回归曲线相对标准差；

$f_{cu,i}$ ——第 i 组立方体试件抗压强度代表值 (MPa)，精确至0.1；

$f_{cu,i}^c$ ——第 i 个后装拔出试件的抗压强度换算值 (MPa)，精确至0.1，其可由第 i 个后装拔出试件的后装拔出力 F_i 按式 (R.0.6-1) 计算获得；

n ——建立后装拔出法测强曲线所用的试件总组数。

R.0.7 经上述计算，回归曲线相对标准差 $e_r \leq 12\%$ 时，方允许使用。

R.0.8 后装拔出法测强曲线的使用，仅限于在建立该后装拔出法测强曲线时所试验的混凝土强度范围内，不得外推。

《铁路工程结构混凝土强度检测规程》

条文说明

本条文说明系对重点条文的编制依据、存在的问题以及在执行中应注意的事项等予以说明。为了减少篇幅，只列条文号，未抄录原文。

4.1.1 钻芯法对结构有一定的破坏，考虑到结构的安全，规定对预应力混凝土结构一般不允许钻取芯样。

4.1.2 钻芯法属局部破损检测法，因此在选择钻芯位置时应尽量选择结构受力较小的部位，尤其对于正在工作中的结构更应特别注意，尽量避免对结构安全工作造成影响。

在混凝土结构中，由于受施工、养护或位置的影响，其各部分的强度并不是均匀一致的，因此在选择钻芯位置时应考虑这些因素，以使取芯位置的混凝土强度具有代表性和避免对结构造成过大损伤。

在钻芯过程中如果碰到钢筋、预埋件或管线，不仅容易损坏钻头，甚至取出的芯样不符合要求，而且也给修复工作带来困难。因此在取芯前，应根据结构图并借助混凝土测厚仪等查明这些物品的位置。

4.1.3 关于取芯数量有两种不同情况：

一是当构件体积或截面尺寸较大时，取芯数量应不少于3个，取芯位置应尽量分散，以减少对结构强度的影响。

二是由于基桩施工的特殊性，为保证其检测结果的可靠性，规定了基桩不同桩径和长度的取芯数量。

另外，对于基础和墩台等大型混凝土构件，可以根据结构特点，按均匀取样原则，划分若干个局部区域进行检测。

4.1.4 我国现行钻芯法技术规程中，规定直径100mm或150mm的芯样为标准芯样，当高径比为1时，其抗压强度可直接与立方体抗压强度进行代换。国内外大量研究表明，芯样直径与骨料最大粒径之比大于3时，对芯样强度影响较小；小于3时影响较大。

4.1.5 芯样的高度对抗压强度有较大的影响，因此芯样高径比必须限制在一定的范围内。关于允许采用高径比为1~2的芯样试件是根据国内外一些单位的试验研究提出的，其理由是降低因芯样长度的变异性和几何尺寸等对试验结果产生的不利影响。

在进行强度计算时，需要将标准圆柱体试件强度换算成标准尺寸的立方体试块强度。国内外的一些试验证明，高度和直径均为100mm或150mm的芯样试件与边长为150mm立方体试块的强度比较接近。对截面尺寸较小的构件，钻取小芯样对结构的安全性和经济性都是比较合适的，因此宜采用直径和高度均为100mm的芯样试件。

4.1.6 芯样试件中存在钢筋对试验结果会产生一定的影响，因此芯样中应尽量避免含有钢筋。但在取芯过程中很难完全避免，所以对芯样中钢筋的直径、数量及方位提出了一些限制。

4.1.7 钻取芯样后的构件应及时对孔洞进行修补，以保证结构正常工作。为了保证结构的原有强度，规定采用微膨胀水泥类细骨料混凝土修补时，应比构件原设计强度提高一个强度等级。

4.2.1 目前国内能够生产多种型号或规格的钻芯机，基本满足了钻芯工作的需要。为了保证钻取的芯样符合要求、加快钻取芯样速度和操作方便，对钻芯机的技术性能提出了基本要求。

4.2.2 基桩钻机宜采用岩芯钻探的液压钻机，并配有相应的钻塔和牢固的底座，机械技术性能良好，不得使用立轴旷动过大的钻机。

孔口管和扶正稳定器（导向器）应根据需要选用。桩较长时，应使用扶正稳定器确保钻机的垂直度。

4.2.3 为了保证芯样质量，除采用符合要求的钻芯机外，还应

采用金刚石钻头和符合现行国家专业标准《人造金刚石薄壁钻头》要求的钻头进行取样。如钻头胎体有裂纹、缺边、少角、倾斜及喇叭口变形或径向跳动过大，不仅降低钻头寿命，而且会影响钻芯质量。

4.2.4 为了把芯样加工成符合试验要求的芯样试件，宜采用锯切方法。锯切机按锯切方式可分为两类：一种是锯片固定，工作台移动；另一种是工作台固定，锯片移动。但无论采用哪种型式的锯切机，芯样必须用夹紧装置固定。锯切用的锯片，也应采用人造金刚石锯片。

4.2.5 芯样试件进行抗压试验时，对端面平整度及垂直度有很高的要求。为此，可采用研磨或补平的方法解决。目前研磨设备（岩石磨平机）已有定型产品，而补平装置一般都是各单位自制的。为了保证芯样的补平效果，满足端面平整度及垂直度的要求，提出了一些原则性的要求。

4.2.6 目前国内外有多种混凝土保护层厚度测定仪，可以比较准确地测定混凝土内钢筋和其他金属预埋件的位置，基本满足取芯工作的需要。

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

4.3.1 在钻芯过程中，如钻芯机固定不稳，钻机就容易发生晃动和位移。这不仅影响钻芯机和钻头的使用寿命，而且很容易发生卡钻或芯样折断事故。因此，在钻取芯样之前，应根据钻芯机的构造和现场的具体情况，采用合适的方法，将钻芯机固定牢固。钻进过程中应经常对钻机立轴进行校正，及时纠正立轴偏差，确保钻芯过程不发生倾斜、移位。

4.3.2 钻芯机主轴都是按顺时针方向旋转，以保证连接头与胀卡牢固连接。以三相电动机为动力源的钻机，在三相中某一相接法的改变都会改变主轴的旋转方向。因此，在没有安装钻头之前，应先通电检查主轴旋转方向是否正确。如与所标方向相反，

应将电源进行调相处理。如果先安装钻头后通电试验，一旦方向相反则主轴与连接头变成退扣旋转，容易将钻头甩掉而造成事故。

进钻时，钻头应与被钻混凝土表面保持垂直，以保证钻头四周受力均匀，钻进顺利。

4.3.3 开钻前，钻芯机应接好水源、电源，然后将变速钮调到所需的转速。钻机转速一般都分为慢速和快速两种。进钻时为了减少钻头摆动，使钻头与混凝土表面有良好的接触，一般先采用慢速，尤其在打横钻时更应如此。进钻时应使钻头慢慢地接近混凝土表面，当钻头入槽稳定后，再调到快速挡适当加压进钻。在钻进过程中如发现钻机振动较大或回水中有银白色小钢屑出现，表明钻头已在切削钢筋或其他金属物，此时应适当减小钻杆压力，直到钢筋被切断为止，或者钻头另选位置钻进。

钻进到预定深度后，不能立即停电停水，否则，钻孔中的混凝土碎屑很难完全排出，容易发生卡钻现象。这时，应在继续通电通水的情况下，反向转动操作手柄，将钻头提升到接近混凝土表面后再停电停水，这样操作比较稳妥可靠。

4.3.4 钻芯机必须通冷却水后才能达到冷却钻头和排出混凝土碎屑的目的。高温下金刚石钻头容易烧损，混凝土碎屑不能及时排出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。当回水温度超过30℃时，水量可适当加大。深孔取芯时如发现供水正常而没有回水，说明混凝土已漏水，应立即停钻，以免烧损钻头。

4.3.5 提钻卸取芯样时，应采取可靠措施确保芯样完整，如使用专门的自由钳拧卸钻头和扩孔器。严禁敲打卸样，因敲打可能导致芯样损坏。

4.3.6 将芯样取出并稍微晾干后，应标上芯样的编号，并应记录取芯构件名称、取芯位置、芯样长度及外观质量等，必要时应拍摄照片。如发现不符合制作芯样试件条件，应另行钻取。芯样在搬运之前应采用草袋、编织袋或彩条布等材料仔细包装，以免

碰坏。

取芯现场的全部记录应与芯样抗压记录一起存档。

4.3.7 从结构混凝土中取出的芯样常常是长短不齐的,需用锯切机将芯样加工成一定长度。锯切前必须将芯样固定,并使芯样的轴线与锯切机的金刚石圆锯片相垂直。锯切过程中为了保证冷却充分,冷却水应注入到锯切面上。

4.3.8 芯样在锯切过程中,由于受到振动、夹持不紧、偏斜等原因的影响,芯样端面的平整度和垂直度有时不能满足试验要求,因此应采用专门的机具进行磨平或补平。

根据国内一些单位的试验研究,补平层厚度对芯样抗压强度会产生一些影响,补平层愈厚强度愈低,因此对补平层厚度提出了限制。

4.3.9 钻芯过程中,由于受到钻机振动、钻头偏摆等因素的影响,芯样的直径在各个方向并不十分均匀,因此只能用平均直径表示。

对于直径为 100 mm 的芯样,当直径测量精度为 0.5 mm 时,其截面积的误差为 0.89%。为了使截面积误差限制在 1% 以内,因此规定平均直径精度为 0.5 mm。

由于芯样长度对抗压强度的影响与截面相比要小,因此精度放宽到 1 mm。

芯样端面与轴线的垂直度可用万能角度尺进行测量。测量时万能角度尺的两只脚分别紧贴在芯样侧面和端面,测出其最大偏差,测完一个端面再测另一个端面。

在测定平整度时,将钢板尺立起横放在芯样端面上,然后慢慢旋转 360°,用塞尺测量其最大间隙。

4.3.10 不同高径比的芯样试件换算成标准高径比芯样试件强度时,应乘以相应的修正系数。为了避免再对芯样试件高径比进行修正,因此规定芯样的高度不得小于 0.95d 且不得大于 2.05d (d 为芯样试件平均直径)。国内外的试验大部分是针对高径比为 1~2 的芯样进行的,超过这个长度较多时会影响试验结果的准

确性。

芯样端面的平整度对抗压强度影响很大。根据国内有关单位对磨平法、水泥净浆补平和硫磺胶泥补平芯样试验表明,端面不平整度达 0.1 mm 的芯样抗压强度无明显影响。

关于芯样端面与垂直轴线的偏差,中国建筑科学研究院对偏离轴线在 2° 以内凡是采用补平器补平的芯样,其端面与轴线的偏差一般都不超过 2°。

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芯样强度难以估算的,不能作为抗压试验用的试件。

4.4.1 芯样试件进行抗压试验时,对压力机及承压板的精度要求和试验步骤,与圆柱体试件是相同的,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) 中的圆柱体试件抗压试验方法进行。

4.4.2 芯样试件抗压状态应根据构件所处环境的含水程度而定。

当结构所处环境比较干燥时,由于芯样在钻取、锯切或端面补平后的养护过程中都是比较潮湿的,需要自然干燥一段时间后才能进行抗压试验。在我国一般试验室很难做到恒温恒湿,因此为了取得一个统一的相对干的标准,规定芯样在室内自然干燥 3d 后进行抗压试验。

当所处环境比较潮湿时,试件应在水中浸泡一定的时间后才能进行抗压试验。关于芯样浸泡水的温度,实际上除非水温过高或过低会对混凝土强度产生影响外,一般影响很小,可以将水温范围适当放宽,因此规定水温为 $20\text{℃} \pm 5\text{℃}$ 。

关于芯样在水中浸泡时间的规定,主要是为了使芯样试件中的含水量达到饱和。

4.5.1 本方法所指的强度换算值,不等于在施工现场取样、成型、与构件同条件养护试块的抗压强度,也不等于标准养护 28 d 的试块抗压强度。它只代表构件混凝土的芯样试件在测试龄期的抗压结果换算成边长为 150 mm 立方体试块的实际强度值。

4.5.2 在《铁路混凝土强度检验评定标准》(TB10425)中,是以边长为150mm立方体试块的强度做为混凝土强度验收与评定的标准,因此芯样强度必须换算成立方体试块的强度。

4.5.3 国内外的试验证明,高度与直径均为100mm或150mm的芯样强度值与同条件边长为150mm立方体试块的强度值是非常接近的,从结构的安全考虑和为了计算上的方便,规定将高径比为1的芯样试件强度值,直接作为边长为150mm立方体试块的换算强度。

4.5.4 在混凝土结构的受力过程中,一般都是从最薄弱区域首先破坏,为了结构的安全,对于单个构件或单个构件的局部区域,规定取其强度换算值的最小值作为其强度推定值。

4.5.5 钻芯法检测混凝土强度报告是存档的技术文件,应按附录C表格的内容认真填写。

5.1.1 回弹法是通过回弹仪检测混凝土表面的硬度来推算混凝土强度的方法,因此测试的结构或构件的混凝土表面质量不得存在明显缺陷,对检测结果有争议或怀疑时,可用钻芯法进行验证。

当发现混凝土表面经受物理或化学作用产生损伤时,不得采用回弹法。

5.1.2 批量检测应遵守“随机”取样原则,并宜由监理单位和施工单位共同商定检测范围和方法。提出了批量检测的结构或构件,必须是强度等级相同,原材料、配合比、成型工艺和养护条件基本一致且龄期近似的规定。

5.1.3 按铁路工程混凝土结构或构件的特点,将测区数定为不少于10个。对布置测区时相邻两测区的间距和测区距构件端部、施工缝的距离都做出了规定。

布置测区时宜选在构件的两个对称的可测面上,当条件不具备时,也可布置在构件的一个可测面上。测区宜选在能使回弹仪处于水平状态检测混凝土浇筑侧面,当不能满足这一规定时,也可选在回弹仪处于非水平状态检测混凝土浇筑侧面、顶面或底

面。

5.1.4 检测的结构或构件的测区,应标明清晰的编号,并将测区的位置、特点和外观质量在记录中描述,以便判断回弹结果时参考。

5.2.1 本条对回弹仪的标准状态作出三条规定:

1 水平弹击时,弹击锤脱钩的瞬间,回弹仪的标准能量为2.207J。当结构或构件混凝土抗压强度大于60MPa时,可采用标准能量大于2.207J的回弹仪,并应另行制订检测方法和专用测强曲线进行检测。

2 当弹击拉簧的工作长度为0.0615m时,弹击拉簧的冲击长度(即拉伸长度)为0.075m。此时弹击锤应相应于刻度尺上的“100”处脱钩,也即在“0”处起跳。

3 回弹仪的标准能量是否为2.207J、测试性能是否稳定和机芯的滑动部分是否有污垢,均可通过回弹仪的率定值是否符合 80 ± 2 来确定。

5.2.2 回弹仪只能在 $-4^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 的环境温度中检测,否则会影响其性能。

5.2.3, 5.2.4 此两条是防止回弹仪在使用过程中出现非标准状态而作出的规定,并对率定试验的环境、温度、方法和取值作出规定。

5.2.5~5.2.7 对回弹仪常规保养的条件、步骤和方法以及使用完毕后的维护存放作出了规定。

5.3.1 本条规定了检测过程中回弹仪的轴线必须与混凝土的检测面垂直,并缓慢施压、快速复位,以保证读数准确。

薄壁和小型构件回弹时易发生颤动,造成能量损失,致使检测结果偏低,因此在检测前应以有效支撑加以固定。

5.3.2 本条规定每个测区测点的数量、位置和距外露钢筋与预埋件的最小距离。并规定同一测点只能弹击一次,以防重复弹击造成弹击值偏高。

5.3.3, 5.3.4 本规程附录G中的强度换算值是由平均回弹值

和平均碳化深度确定,因此对每个测区碳化深度的测量数量、方法和取值作出规定。

5.3.5 每个测区16个测点的回弹值有一定的离散性,因此规定测区平均回弹值应从该测区16个回弹值中剔除3个最大值和3个最小值,取剩余10个回弹值的平均值。

5.3.6~5.3.8 当结构或构件不能满足水平状态检测混凝土浇筑侧面的规定时,应按本规程附录D和附录E对测得的回弹值进行修正。

当检测时回弹仪为非水平状态且检测面为混凝土的浇筑顶面或底面时,应先按本规程附录D对回弹值进行角度修正,再将角度修正后的回弹值按本规程附录E进行混凝土的浇筑顶面或底面修正。

5.4.1, 5.4.2 我国地域辽阔,铁路工程遍布各省区,施工环境变化较大,采用回弹法推算混凝土强度时,可采用统一测强曲线;为了提高其精度,应因地制宜,结合地区和单位的条件及施工水平,制定和采用专用测强曲线和地区测强曲线,并对测强曲线的强度误差值作出规定。

当采用地区和专用测强曲线时,必须与该曲线制定的测试条件一致,并经常抽取一定数量同条件试件校核,当发现出现较大差异时,应及时查找原因,并停止使用。

5.4.4 本条规定出不能按本规程附录G进行测区混凝土强度换算的4款条件,当具有该4款条件之一时,可按本规程附录F制定专用测强曲线或通过试验修正。

5.4.5 本条对结构或构件第*i*个测区混凝土换算值的计算作出规定。当泵送混凝土碳化深度大于2.0mm时,可采取同条件试件或钻取混凝土芯样等其他方法检测和换算。

5.4.7 按单个结构或构件检测时,因样本太少,固取其最小值;按批检测结构或构件时,则按常规公式计算。

5.4.8 当测区间的标准差过大时,说明已出现某些偶然因素,不属于同一母体,因此不能按批进行推定。

5.4.9 混凝土抗压强度回弹法检测报告,是回弹法检测的最后结果,因此必须按本规程附录J的内容逐项填写。

6.1.2 对于长龄期混凝土,因混凝土碳化层对测试结果的影响较大,因此,只有在钻取芯样试件作校核条件下,才能按本规程对结构或构件进行检测强度推定。

6.1.3 由于专用及地区测强曲线准确性比较高,检测结构或构件的混凝土强度时,应优先采用。若缺少该类曲线,须按本规程附录K规定,用该工程所用材料及条件进行验证并校核后,方可采用附录L。

6.2.2 本条是对超声仪的选用及使用条件的规定。

1 仪器声时测读范围是由仪器能测混凝土最大距离决定的。一般低频超声检测仪有效的最大探测距离在10m以上,如混凝土声速为4.00km/s,声时达2500 μ s,本条规定声时范围宜为0.5~9999 μ s,测读精度为0.1 μ s,足可满足不同测距要求。

仪器声时测读精度直接影响强度测量的准确度,因此,除声时控制在 $\pm 1\%$ 误差范围内,超声测距误差也应满足不超过 $\pm 1\%$ 。

2 仪器的稳定性是准确测量数据的基础,一般要求仪器能连续工作4个小时以上,在工作期间仪器性能必须保持稳定。超声仪器的时间测读精度为0.1 μ s,它取决于晶体振荡器(10MHz)和计时门控方波的稳定可靠程度。在两个小时内声时最小数字显示漂移不超过 $\pm 0.2\mu$ s时,既可认为仪器稳定性良好。

3 仪器的放大器频率响应与接受信号信噪比、放大倍数、信号失真度等因素有关。一般混凝土构件超声检测时是使用频率为10~200kHz,所以仪器的频响在10~500kHz即能满足要求。如仪器的频响太宽,由于现场外界信号的干扰,使信噪比降低,为改善信噪比,可把放大器频响分成几段。

4 超声仪除了测量传播时间、信号幅度以外,有时还要求波形显示,因此,要求超声仪应具有示波屏。波形显示的优点

有:

(1) 接收波形的首波起始点能清晰可辨, 利用手动标记信号使与首波起始点重合, 可测读时间, 避免丢波。

(2) 利用首波等幅测量传播时间, 可减少误差。如采用等压换能器, 还可减少耦合影响, 提高测试精度。

(3) 衰减测量也需要观察波形, 且调节固定接受信号的首波幅度。

(4) 测量混凝土内部缺陷时, 须观察畸变和衰减程度。

同济大学通过测试表明, 在相同的测试技术条件下, 各型号仪器的声速有不同程度的差异, 其中 CTS-25 型和 SYC-2 型的测试值较接近, JC-2 型和英国 PUNDIT 的测试值较接近。如以 CTS-25 型的值为 1, 其他型号超声仪的相对修正系数如说明表 6.2.2 所示。

说明表 6.2.2 超声仪相对系数表

修正系数 仪器型号	龄期 (d)	
	48	65
JC-2 型	1.024	1.043
PUNDIT	1.015	1.022
CTS-25 型	1.000	1.000
SYC-2 型	1.006	1.009

试验认为: 仪器分别扣除 t_0 后, 以相同技术条件作声速测量的对比试验, 确定系统不同型号的差异系数, 在 1 m 测距以内, 仪器可以互换。

5 超声仪在出厂前采取抽样进行例行试验, 包括温度、相对湿度、振动和电源电压波动等试验。例行试验时即要求保证仪器能在 $-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ 环境下正常工作, 基本能适应我国寒冷和炎热天气的测试环境。相对湿度小于或等于 80% 的规定是为了避免仪器的电子元件不被电击穿而损坏仪器。由于施工现场供电网路电压波动较大, 因此, 要求仪器在 $220 (1 \pm 10\%) \text{ V}$ 波

动范围内也能正常工作。

6.2.4 压电激振器的高压发生器与发射换能器间应用屏蔽线相连, 线长不大于 20 m, 线径不宜过细, 以减少线路损耗。高压发生器的稳定性应符合重复 100 次, 时间误差小于 $1 \mu\text{s}$ 的要求。

6.2.6 本条是对换能器选用的规定。

1 平面测试中采用的换能器, 大多数是厚度伸缩模式振动, 而孔中测试所用的换能器通常采用径向振动模式的增压式换能器。因综合法均属平面测试, 故宜采用厚度振动模式换能器。

2 混凝土超声检测的换能器选择以测量声时精度要求、探测距离以及混凝土质量而定。一般频率选择在 $20 \sim 200 \text{ kHz}$ 。试块测量及测距小于 1 m 的结构测量, 可用 $50 \sim 100 \text{ kHz}$ 的换能器。对测距在 1 m 以上的结构测试, 可用 25 kHz 或 50 kHz 的换能器。

3 换能器实测与标称频率相差应不大于 $\pm 10\%$ 。频率相差过大, 可能造成数据分析比较没有规律性。所以, 对换能器规定这一指标要求, 也可有效促进换能器生产质量的提高。

6.2.7 本条是对超声仪检验的规定。

超声仪检验时:

1 为了解数字显示电路的集成元件工作是否正常, 在试验之前或定期对数字及十进位显示作逐步检查, 检查内容有: 数码显示是否正常, 调节延时旋钮, 观察数码显示是否满足十进位的要求 (对于自动整形关门仪器, 如 J 2 C、PUNDIT 等则采用调整接收、发射换能器之间距离, 来检查数码显示是否正常)。凡不按顺序递变显示的, 均属仪器数显不正常, 将会导致测读数据错误。因此, 须注意此项检查。

2 在测试过程中, 要求仪器扫描线和波形清晰稳定。因此, 测试前需调节聚焦、辉度和扫描延迟旋钮, 一方面是检查这些控制元件作用功能, 同时也检查仪器是否满足上述要求。

3 换能器应与标准棒耦合良好, 调整增益时, 观察波形信号是否随增益大小而变化。然后将增益置于最大, 调节衰减器观

察波形信号是否随衰减值增大而减小。再调节发射电压,也观察波形信号是否随电压增大而增大,通过上述检测如仪器工作正常,则该仪器可认为符合测试要求。如果每次检查均采用同技术条件(即包括所采用换能器频率、导线、耦合条件、脉冲重复频率和发射电压等保持一致),并定期检查记录,这样就可以了解仪器的稳定性和灵敏度性能。

4 这种检验方法为定期检验仪器综合性能的稳定性提供一种理论值的标准。检验应按附录 N 的方法进行。

6.2.9~6.2.10 规定了超声仪和换能器的维护保养和存放要求。只有正确操作仪器和维护保养,测试仪器才能处于正常状态,检测的数据才能正确可靠。

6.3.4 采用回弹仪测试时的规定:

1 因为在建立测强基准曲线时,是将回弹仪置于水平方向测试混凝土试块成型侧面。在一般情况下,均应按此要求进行回弹值测试。如果当结构或构件不能满足这一要求时,也可将回弹仪置于非水平方向,测试混凝土浇筑顶面和底面,但测试时回弹仪的轴线方向仍应与结构或构件的测试面垂直。

2 规定测区测点数量及测试数据的记录。

3 规定测区测点位置。

6.3.7 采用超声仪测试时的规定:

1 对超声测点布置的要求。

2 应确保换能器与混凝土耦合良好。必要时应对混凝土表面进行特殊处理。

3 声时测量后按照测距计算出声速,要求在声时读数时,重复测试误差不超过 $\pm 1\%$,超声测距测试误差为不超过 $\pm 1\%$ 。只有按此要求才能保证声速的误差不超过 $\pm 2\%$ 。声时测读保留小数点后一位,声速测读保留小数点后两位数。

4 为了准确测量超声声时,在构件检测时,应在构件相对面布置测区,测区尺寸位置应准确,超声测试时才能保证收、发换能器轴线在同一轴线上。

5 规定了表面直达波法测试次数。

6.3.9 当超声测点在浇筑侧面时,声速修正值为 1.0,如需测试混凝土浇筑顶面和底面时,或已安装好的预制构件,只有浇筑顶面和底面可供测试时,根据中国建筑科学研究院结构所和中建四局科研所对试件侧面和顶、底面分别进行超声波测试的结果认为:由于顶面强度低,底面强度高,综合起来与浇筑侧面是有区别的,另外,因浇筑顶面不平整,因此会使声速偏低,所以进行浇筑顶面和底面测试时声速应乘以 1.034 进行修正。

6.4.1 专用测强曲线和地区测强曲线应按本规程的基本要求建立,并需经主管质量的部门审定。专用和地区测强曲线的强度换算规定如下:

(1) 专用测强曲线,相对标准差 e_r 不超过 12%。

(2) 地区测强曲线,相对标准差 e_r 不超过 14%。

6.4.2 在结构或构件测区所取得的回弹值和超声声速修正后,优先采用专用或地区测强曲线确定混凝土强度值。如无该类曲线,经验证后可按附录 L 或按式(6.4.2—1)、式(6.4.2—2)计算确定。

6.4.3 当结构所用原材料与制定测强曲线所用材料有较大差异时,须用同条件试块或在测区钻取的混凝土芯样进行强度修正,本条规定了修正方法、要求和修正系数的计算方法。

6.4.4 本条规定了结构或构件的混凝土强度推定值按单个构件检测,或按批抽样检测两种方法推定。

根据铁道部现行标准《铁路混凝土强度检验评定标准》(TB10425)规定,混凝土强度等级应按照标准抗压强度值 $f_{cu,k}$ 确定,立方体抗压标准强度系指按照标准方法制作和养护的边长为 150 mm 立方体试件,在 28 d 龄期,用标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度。而非破损检测混凝土强度,一般都是龄期超过 28 d 后进行测试的,同时构件并非在标准条件下进行养护。因此,对结构或构件混凝土强度不能进行“评定”,而是通过非破损检测获得一些参数进行计算,最后进行“推定”。

6.4.5 各测区间的标准差过大,则说明已有某些偶然因素在起作用,这些测区不能认为是属于同一母体,不能按批进行推定。本规程规定了按批检测时的离散性界限,超过此界限则应逐个检测,以找出确切的问题部位和原因。

7.1.1 本条对后装拔出法的适用范围作出了明确规定。混凝土强度采用后装拔出法检测,要求其表层与内部质量应一致,目的是为了检测能准确反映结构实体的实际质量情况。

7.1.2 建立符合规定的后装拔出法测强曲线是混凝土强度采用后装拔出法检测的可靠依据,本条对后装拔出法测强曲线建立时的试验方法和曲线误差作了具体规定,应予严格执行。

7.1.3 钻孔机、磨槽机及拔出仪是后装拔出试验装置的基本器具,其工作状态的好坏会直接影响混凝土强度检测结果,本条规定在后装拔出法检测前,应对其工作状态进行检查。

7.1.4 本条对采用后装拔出法检测混凝土强度的适用范围作了具体规定。

7.1.5 本条对同批结构应具备的条件作了具体规定,否则不能按同批结构处理。

7.1.6~7.1.7 对采用后装拔出法检测混凝土强度时的测点布置注意事项作了具体规定,实际操作时应严格执行。

7.2.1~7.2.6 对组成后装拔出试验装置的各种仪器、器具的技术指标、配套装置、技术性能、适用范围及相应的标定条件均作了具体规定,实际操作中应严格执行。

7.3.1 为确保后装拔出试验结果准确,本条对钻孔和磨槽以及成孔尺寸要求均作了具体规定,实际操作中应严格掌握和适时进行测量。

7.3.2~7.3.3 此两条对扩拔器的安装和拉拔应注意的事项做出了具体规定,并对出现异常的测点判定和处理给出了具体的判定标准和处理方法,操作中应予以重视。

7.4.1 本条就后装拔出力计算取值和结构混凝土强度换算方法做出了具体规定。其中对结构混凝土强度换算给出了两个计算公

式,一为专用曲线,一为统一曲线。实际检测时应优先考虑符合规定的专用曲线;当不具备专用曲线而采用统一曲线时注意收集采用统一曲线时的验证数据。

7.4.2 本条对混凝土强度采用后装拔出法检测时结构混凝土强度推定值的取值作了具体规定。其分为单个结构混凝土强度和按批抽样混凝土强度推定两种。对按批抽样检测的结构混凝土强度推定结果,本条尚规定应对其混凝土强度换算值标准差审查,当出现超差时,该批结构混凝土强度推定值应全部重新按单个结构进行混凝土强度推定。

8.1.1 采用本办法主要是验证性检查。其目的是为了加强混凝土结构,特别是混凝土结构的重要部位的施工质量验收,真实地反映结构实体的混凝土强度情况,确保结构安全。本方法不适用于混凝土施工工艺过程控制的同条件养护试件。

8.2.1 为全面反映结构实体的混凝土强度情况,对确定的土结构部位,各混凝土强度等级均应留置同条件养护试件。

8.2.2 本条考虑检验结果的代表性,规定了同条件养护试件的留置组数。规定不宜少于5组,为构成统计方法评定混凝土强度的基本条件;规定不宜少于2组,是为了按小样本方法检验混凝土强度时,有足够的代表性。

8.3.1 由于同条件养护试件和结构同条件养护,其养护温度、湿度与标准养护条件存有差异。因此,其养护龄期应按本条的原则通过试验研究确定。

8.3.2 试验研究表明,在自然养护条件下,当逐日养护温度达到 $600^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 时,基本反映了养护温度对混凝土强度增长的影响,因此,同条件养护试件强度与标准养护条件下28d龄期的试件强度之间有较好的对应关系。

当气温为 0°C 及以下时,混凝土强度停止增长,所以与此对应的养护时间不计入等效养护龄期。当养护龄期小于14d时,混凝土尚处于增长期;当养护龄期超过60d时,混凝土强度增长缓慢,故等效养护龄期范围取为14~60d。

8.3.3 本条规定一些特殊情况同条件养护试件的等效养护龄期，应按结构实际养护条件、实践经验和试验研究结果，由监理（建设）、施工等各方，根据第 8.3.1 条的规定共同确定。

8.3.4 为便于同条件养护试件法养护温度的记录和计算，并做到有据可查，本条规定了测温结果应按附录 S 填写。

8.4.2 同条件养护试件检验时，可将同组试件的强度代表值乘以折算系数 1.10 后取用。折算系数 1.10 主要是考虑实际混凝土结构及同条件养护试件可能失水等不利于强度增长的因素，经试验研究及工程调查而确定。各单位也可以根据试验统计结果对折算系数作适当的调整，但若增大折算系数时，应持谨慎态度。